ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΑΡΙΑ ΚΑΠΑΣΣΑ
ΧΗΜΙΚΟΣ, ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΑΕΙΦΟΡΙΑΣ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ

ΤΟΜΟΣ Ι

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΑΘΗΝΑ 2013

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΑΡΙΑ ΚΑΠΑΣΣΑ
ΧΗΜΙΚΟΣ, ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΑΕΙΦΟΡΙΑΣ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ

ΤΟΜΟΣ Ι

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΑΘΗΝΑ 2013

ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ

Από τη δημοσίευση της έκθεσης «*Το κοινό μας μέλλον*» το 1987 και τη Διακήρυξη του Ρίο το 1992, η αειφορία εμφανίζεται να είναι πρωταρχικός πολιτικός στόχος σε παγκόσμιο επίπεδο. Στο βασικό καθοδηγητικό κείμενο της συνδιάσκεψης του Ρίο, την Ατζέντα 21, αναφέρεται ότι η διεπιστημονική εκπαίδευση αποτελεί απαραίτητο όχημα για την πραγμάτωση της αειφορίας. Η στροφή προς την Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και την Αειφορία διεθνώς, δίνει έμφαση στη εισαγωγή και διείσδυση των αρχών της αειφορίας σε όλα τα επίπεδα της εκπαίδευσης.

Η πράσινη χημεία *(Green Chemistry)* είναι μία νέα προσέγγιση της Χημείας η οποία δίνει έμφαση στην πρόληψη και εγγενή μείωση των αρνητικών συνεπειών των χημικών προϊόντων. Η μελλοντικά βιώσιμη κοινωνία θα στηριχθεί σημαντικά στην προμήθεια και χρήση των «πράσινων» χημικών για την παραγωγή καταναλωτικών αγαθών. Η αναγκαιότητα ενσωμάτωσης της πράσινης χημείας στην εκπαίδευση ως ενός πεδίου που συνεισφέρει τα μέγιστα στην αειφορία, σε συνδυασμό με την έλλειψη εκπαιδευτικού υλικού που εμφαίνει στην εκμετάλλευση και χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών και απευθύνεται σε μαθητές της δευτεροβάθμιας ελληνικής εκπαίδευσης, αποτέλεσε την αφορμή για την εκπόνηση της παρούσας διατριβής.

Βασικός σκοπός της διατριβής ήταν η ανάπτυξη και εφαρμογή πρωτότυπου εκπαιδευτικού υλικού για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση με κύριο άξονα την έβδομη αρχή της πράσινης χημείας που αφορά στην εκμετάλλευση και χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Το παραχθέν υλικό περιλαμβάνει δραστηριότητες που αφορούν γενικά στις ανανεώσιμες πρώτες ύλες (σύσταση, ορισμό, προέλευση, σύγκριση υδρογονανθράκων-υδατανθράκων, ανοικτός-κλειστός κύκλος άνθρακα, μέθοδοι παραγωγής βιοπροϊόντων) και δραστηριότητες που αφορούν στα βιοπροϊόντα όπως τα βιοκαύσιμα, τα βιουλικά-βιοχημικά (κόλλες, πλαστικά, καλλυντικά, φαρμακευτικά είδη, βιοπολυμερή, διαλύτες) κ.λπ. Οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να γνωρίσουν ορισμένες από τις βασικές αρχές της πράσινης χημείας ενώ, τα θέματα που προτείνονται να συζητηθούν μέσα στη σχολική τάξη συσχετίζονται με πραγματικά παραδείγματα της καθημερινής ζωής ενισχύοντας με αυτόν τον τρόπο τους σκοπούς της εκπαίδευσης για το Περιβάλλον και την Αειφορία.

Μέρος του εκπαιδευτικού υλικού που αναπτύχθηκε εφαρμόστηκε με κατάλληλα διαμορφωμένο τρόπο σε 414 μαθητές Β΄ και Γ΄ Γυμνασίου με βασική επιδίωξη να εξεταστεί η επίδραση του στις γνώσεις και στις αντιλήψεις τους για το θέμα. Παράλληλα διερευνήθηκαν και οι πρότερες γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών για το συγκεκριμένο ζήτημα. Για τις ανάγκες της έρευνας συντάχθηκε ένα μετρητικό εργαλείο-ερωτηματολόγιο που περιλάμβανε υποκλίμακα γνώσεων με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και υποκλίμακα αντιλήψεων πεντάβαθμης κλίμακας

Likert. Η επίδραση του εκπαιδευτικού υλικού εξετάστηκε με τη μέθοδο του προελέγχου και μεταελέγχου με τη χρήση πειραματικής ομάδας.

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έδειξε ότι οι πρότερες γνώσεις των μαθητών για το συγκεκριμένο θέμα είναι μάλλον περιορισμένες, ατελείς και πολλές φορές λανθασμένες ενώ, ένα ελάχιστο ποσοστό μαθητών εμφανίστηκε να έχει αρνητικές αντιλήψεις για το θέμα. Το φύλο, όπως και η πρότερη συμμετοχή σε Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης φάνηκε να προκαλεί διαφοροποίηση στις γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών. Διαφοροποίηση στις γνώσεις των μαθητών προκαλούν ο τόπος διαμονής και το επίπεδο εκπαίδευσης των γονέων, ενώ δεν φαίνεται να επιδρούν στις αντιλήψεις τους. Η διδακτική παρέμβαση που πραγματοποιήθηκε επέφερε στατιστικά σημαντική αύξηση των γνώσεων των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες και επέδρασε θετικά στις αντιλήψεις τους. Ειδικότερα, η διδακτική παρέμβαση φαίνεται να είχε μεγαλύτερη επίδραση στις γνώσεις και αντιλήψεις των αγοριών, σε όσους δεν είχαν πρότερη συμμετοχή σε ΠΠΕ, καθώς και σε όσους προέρχονταν από περιοχές εκτός Αθήνας. Διαφοροποίηση στην επίδραση της παρέμβασης στις γνώσεις και στις αντιλήψεις παρατηρήθηκε και ανάλογα με το επίπεδο εκπαίδευσης των γονέων.

Με δεδομένη την σύνδεση της πράσινης χημείας με την καθημερινή ζωή φαντάζει ως επιτακτική η ανάγκη για ενσωμάτωση των αρχών της στα αναλυτικά προγράμματα της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Τα αποτέλεσμα της έρευνας υπογραμμίζουν την ανάγκη αυτής της διάχυσης σε συνδυασμό με την ανάπτυξη ανάλογων εκπαιδευτικών υλικών στο πλαίσιο της εκπαίδευσης για το Περιβάλλον και την αειφορία. Το υλικό που δημιουργήθηκε μπορεί να αποτελέσει ένα εργαλείο για τους εκπαιδευτικούς, πηγή έμπνευσης για το «πρασίνισμα» της χημείας στην Δευτεροβάθμια εκπαίδευση αλλά και να τους διευκολύνει στον σχεδιασμό παρόμοιων δραστηριοτήτων με άξονα την αειφορία.

ABSTRACT

Since the publication of the ‘‘Our common future’’ report (WCED 1987) and the Rio Summit in 1992, sustainable development has become the overarching political objective globally. As indicated in Chapter 36 of Agenda 21 (1992), appropriate multi and interdisciplinary education is needed. The idea of a strong shift to Education for Environment and Sustainability clearly recommends the introduction and permeation of sustainability principles in all ‘‘sectoral educations’’.

Green Chemistry is a new approach of chemistry that emphasizes to prevention and reduction of chemicals negative impact. The future sustainable society will rely greatly on the supply and use of "green" chemicals to produce consumer goods. The need to incorporate the principles of Green Chemistry in education as it contributes the best to sustainability, in combination to lack of educational material which focuses on the use of renewable materials formed the basis for the preparation of this thesis.

The main purpose of this dissertation was the development and implementation of original educational material for secondary education by focusing on the seventh principle of Green Chemistry concerning the use of renewable raw materials. The resulting material includes activities generally relate to renewable raw materials (definition, origin, open-closed carbon cycle, methods of bioproducts production) and activities related to bioproducts such as biofuels, biomaterials-biochemicals (glues , plastics, cosmetics, pharmaceuticals, polymers, solvents), etc. Students learn some of the basic principles of green chemistry while issues proposed to be discussed in the classroom are correlated with real-world examples enhancing thereby the purposes of education for Environment and Sustainability.

Part of the educational material was tested at 414 students of 8th and 9th grades aiming to investigate its effect on their knowledge and perceptions about renewable feedstocks/biomass and their utilization in the context of Green Chemistry. Previous knowledge and perceptions of students were also investigated. Data were collected via an anonymous closed-type questionnaire. The method of pretest and meta-test control using experimental group was used to examine the effect of educational material.

The statistical analysis showed that students' previous knowledge on the issue is rather limited, incomplete and sometimes wrong, while a small percentage of students appeared to have negative perceptions. Gender and the previous participation in Environmental Education activities seem to have significant impact on students knowledge and perceptions. School location and therefore the residence background of the students as well as their parents educational background seem to have

significant impact on their knowledge, while they have no signicant effect on their perceptions. The conducted educational intervention resulted in statistically significant increase of students' knowledge on renewable raw materials, while had positive impact on their perceptions. In particular, the intervention seemed to have greater impact on knowledge and perceptions of boys, those who had previous participation in Environmental Education activities and those who live in suburban areas. Differentiation on intervention effect on students knowledge and perceptions was accordingly observed on parents educational background.

Given the connection of green chemistry to everyday life the need to integrate Green Chemistry's principles to secondary curricula seems of great importance. The findings highlight the need for green chemistry diffusion in all relevant disciplines in combination with the development of educational materials in the context of Education for the Environment and Sustainability. The educational material which was created for the purposes of this research can be an effective tool for educators capable to inspire and help them to design similar activities focusing on sustainability.

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΑΕΙΦΟΡΙΑΣ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

-Αμπελιώτης Κων/νος, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Γνωστικό Αντικείμενο «Διαχείριση Περιβάλλοντος – Υπολογιστικά Συστήματα Αντιρρυπαντικής Τεχνολογίας».

-Σκούλλος Μιχαήλ, Καθηγητής, Τμήμα Χημείας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Γνωστικό Αντικείμενο «Χημεία Περιβάλλοντος».

-Παπαγεωργίου Γεώργιος, Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Γνωστικό Αντικείμενο «Χημεία με έμφαση στη Διδακτική της Χημείας και στην Οργανική Χημεία».

Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή

1. Αμπελιώτης Κων/νος, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Γνωστικό Αντικείμενο «Διαχείριση Περιβάλλοντος – Υπολογιστικά Συστήματα Αντιρρυπαντικής Τεχνολογίας» (Επιβλέπων).
2. Σκούλλος Μιχαήλ, Καθηγητής, Τμήμα Χημείας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Γνωστικό Αντικείμενο «Χημεία Περιβάλλοντος» (μέλος).
3.Παπαγεωργίου Γεώργιος, Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Γνωστικό Αντικείμενο «Χημεία με έμφαση στη Διδακτική της Χημείας και στην Οργανική Χημεία» (μέλος).
4. Σίσκος Παναγιώτης, Ομότιμος Καθηγητής, Τμήμα Χημείας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Γνωστικό Αντικείμενο «Αναλυτική και Περιβαλλοντική Χημεία» (μέλος).
5. Δασενάκης Εμμανουήλ, Καθηγητής, Τμήμα Χημείας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Γνωστικό Αντικείμενο «Χημεία περιβάλλοντος – Χημική Ωκεανογραφία»
6. Καλογερόπουλος Νικόλαος, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Επιστήμης Διαιτολογίας-Διατροφής, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Γνωστικό Αντικείμενο «Χημεία Τροφίμων και Περιβάλλοντος» (μέλος)
7. Κουτρούμπα Κωνσταντίνα, Επίκουρη καθηγήτρια, Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Γνωστικό Αντικείμενο «Παιδαγωγικά-Διδακτική» (μέλος)

Αφιερώνεται σε όσους με στήριξαν
κατά τη διάρκεια της εκπόνησης του παρόντος

Πρόλογος

Η παρούσα διδακτορική διατριβή πραγματοποιήθηκε στο Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου υπό την επίβλεψη του επίκουρου καθηγήτη κου Κωνσταντίνου Αμπελιώτη. Αφορμή στάθηκε η συνεργασία της γράφουσας με τον προαναφερθέντα για την απόδοση στην Ελληνική του βιβλίου Green Chemistry: Theory and Practice των Paul Anastas και John Clark, το οποίο σήμερα κυκλοφορεί από τις Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Με την ανάγκη για αλλαγή των παραγωγικών προτύπων και την εφαρμογή των αρχών της πράσινης ή βιώσιμης ή αειφόρου χημείας να φαντάζουν περισσότερο από ποτέ ως επιτακτικές, φιλοδοξούμε το εκπαιδευτικό υλικό που αναπτύχθηκε να βοηθήσει τις επόμενες γενιές των αυριανών ενεργών πολιτών στην ανάληψη ουσιαστικών και αποτελεσματικών δράσεων.

Για την εκπόνηση της διατριβής χρειάστηκαν πολλές ώρες διαβάσματος. Όμως το μακρύ ταξίδι μέσα στα μονοπάτια της πράσινης χημείας μας αποζημίωσε. Οφείλω θερμές ευχαριστίες στον επιβλέποντα επίκουρο καθηγητή κο Κωνσταντίνο Αμπελιώτη για την άμεση βοήθεια του σε όλα τα στάδια εκπόνησης του παρόντος. Θερμές ευχαριστίες οφείλω στον κο Μιχάλη Σκούλλο, Καθηγητή του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών και στον κο Γεώργιο Παπαγεωργίου, Καθηγητή του Δημοκρίτειου Πανεπιστήμιο Θράκης για την σημαντική βοήθεια τους καθ' όλη τη διάρκεια της ερευνητικής αυτής προσπάθειας και τις εύστοχες παρατηρήσεις τους σε κάθε αδιέξοδο. Επίσης, ευχαριστώ από καρδιάς τον καθηγητή του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών κο Παναγιώτη Σίσκο για την παρακίνηση και την ενθάρρυνση στην ανάληψη της ερευνητικής αυτής προσπάθειας.

Ευχαριστώ όλους τους φίλους-συμφοιτητές στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα Διδακτική της Χημείας και Νέες Τεχνολογίες-καθηγητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για την σημαντική συμβολή τους στην εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού και τις καίριες υποδείξεις τους. Ευχαριστώ όλους τους μαθητές που συμμετείχαν σε αυτήν την ερευνητική προσπάθεια.

Τέλος οφείλω πολλά ευχαριστώ στους δικούς μου ανθρώπους, οικογένεια και φίλους για την πολύτιμη στήριξη τους κατά τον χρόνο εκπόνησης του παρόντος.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΜΕΡΟΣ Α΄ Θεωρητικό μέρος.....1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΑ.....1

1.1 Γενικά.....1

1.2 Το εννοιολογικό πλαίσιο της βιώσιμης ανάπτυξης 2

1.2.1 Η εξέλιξη της ιδέας της βιώσιμης Ανάπτυξης.....2

1.2.2 Οι θεμελιώδεις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης.....6

1.3 Η εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία 7

1.3.1 Από την περιβαλλοντική εκπαίδευση στην εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία.....7

1.3.2 Χαρακτηριστικά και προσεγγίσεις της εκπαίδευσης για την αειφορία.....9

1.3.3 Οι αρχές και οι στόχοι της εκπαίδευσης για την αειφορία.....12

1.3.4 Ορόσημα της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης: Από την περιβαλλοντική εκπαίδευση στην εκπαίδευση για την αειφορία.....13

1.3.5 Οι κύριες δράσεις στην Ελλάδα για την προώθηση της εκπαίδευσης για την αειφορία.....22

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΡΑΣΙΝΗ ΧΗΜΕΙΑ: ΜΙΑ ΝΕΑ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ.....25

2.1 Η θέση της χημείας στον σύγχρονο κόσμο και ο περιβαλλοντικός της ρόλος.....25

2.1.1 Η απαρχή της επιστήμης και η περιβαλλοντική υποβάθμιση.....25

2.1.2 Η «καλή» και η «κακή» χημεία 25

2.1.3 Η χημειοφοβία της κοινής γνώμης και οι διάφοροι περιβαλλοντικοί κανονισμοί 27

2.2 Ένα νέο Παράδειγμα: Η πράσινη χημεία.....29

2.2.1 Μετατόπιση Παραδείγματος: Από την χημεία στην πράσινη χημεία και την βιομηχανική οικολογία.....29

2.2.2 Η ορολογία, ο ορισμός της πράσινης χημείας και οι έννοιες που εμπεριέχει 31

2.2.3 Η πράσινη χημεία ως όχημα επίτευξης της αειφορίας και οι λόγοι καθυστέρησης της εφαρμογής της 33

2.2.4 Ο ρόλος των χημικών.....35

2.3 Οι αρχές της πράσινης χημείας 36

2.3.1 Πρόληψη: Είναι καλύτερα να προλαμβάνεται η δημιουργία αποβλήτων παρά να επιδιώκεται η εκ των υστέρων επεξεργασία τους.....37

2.3.2 Οικονομία ατόμων: Οι συνθετικές μέθοδοι πρέπει να σχεδιάζονται έτσι, ώστε να μεγιστοποιείται η ενσωμάτωση στο τελικό προϊόν όλων των χρησιμοποιούμενων στη διεργασία υλικών 38

2.3.3 Λιγότερο επικίνδυνες χημικές συνθέσεις: Όπου είναι πρακτικά εφικτό, οι συνθετικές μεθοδολογίες πρέπει να χρησιμοποιούν ή να παράγουν χημικές ουσίες με μικρή ή μηδενική τοξικότητα για τον άνθρωπο και το περιβάλλον .....….41
2.3.4 Σχεδιασμός ασφαλέστερων χημικών: Τα χημικά προϊόντα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να διατηρείται η λειτουργικότητα τους και να μειώνεται η τοξικότητα τους .....…..41
2.3.5 Ασφαλέστεροι διαλύτες και βοηθητικά μέσα: Η χρήση βοηθητικών ουσιών, θα πρέπει να αποφεύγεται ή να χρησιμοποιούνται με ασφαλή τρόπο.....…..42
2.3.6 Σχεδιασμός για ενεργειακή αποτελεσματικότητα: Οι περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις των ενεργειακών αναγκών πρέπει να αναγνωρίζονται και να ελαχιστοποιούνται .....…..44
2.3.7 Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών: Οι πρώτες ύλες πρέπει να είναι ανανεώσιμες……..45
2.3.8 Μείωση ενδιαμέσων παραγώγων: Η άσκοπη παραγωγοποίηση πρέπει να ελαχιστοποιείται ή να αποφεύγεται .....….49
2.3.9 Κατάλυση: Τα καταλυτικά αντιδραστήρια είναι ανώτερα από τα στοιχειομετρικά……...49
2.3.10 Σχεδιασμός αποικοδομήσιμων προϊόντων: Τα χημικά προϊόντα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε στο τέλος της χρήσης τους να αποικοδομούνται προς αβλαβή προϊόντα.....….50
2.3.11 Ανάλυση σε πραγματικό χρόνο: Οι αναλυτικές μεθοδολογίες χρειάζονται περαιτέρω ανάπτυξη προς την κατεύθυνση της παρακολούθησης μιας διεργασίας σε πραγματικό χρόνο και του έγκαιρου ελέγχου πριν από τον σχηματισμό επικίνδυνων ουσιών.....…..51
2.3.12 Ασφαλέστερη χημεία για την πρόληψη ατυχημάτων: Οι ουσίες που συμμετέχουν σε κάποια χημική διεργασία πρέπει να επιλέγονται έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το ενδεχόμενο χημικών ατυχημάτων .....….52
2.4 Αντιπροσωπευτική επιστημονική και εκπαιδευτική δραστηριότητα σε παγκόσμιο επίπεδο στο πεδίο της πράσινης χημείας .....…..53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ: ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ ΣΤΟΥΣ ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ .....….60
3.1 Γενικά.....…..60
3.2 Ανανεώσιμες πρώτες ύλες: η σημασία της επιλογής τους και η χρήση τους ως εργαλείο της πράσινης χημείας.....…..60
3.3 Ανανεώσιμες πρώτες ύλες .....…..61
3.3.1 Ορισμός και σύσταση .....…..61
3.3.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών-κύκλος άνθρακα.....…..63

3.3.3 Μέθοδοι επεξεργασίας της βιομάζας....64
3.3.3.1 Βιοχημικές μέθοδοι....65
3.3.3.2 Θερμοχημικές μέθοδοι....65
3.4 Η έννοια του βιοδιυλιστηρίου: μόρια-πλατφόρμες και χημικά μεγάλου όγκου....67
3.4.1 Γενικά....67
3.4.2 Η έννοια του βιοδιυλιστηρίου....67
3.4.3 Είδη βιοδιυλιστηρίου....69
3.4.4 Μόρια πλατφόρμες και χημικά μεγάλου όγκου....70
3.4.5 Φυτά ως εργοστάσια παραγωγής;....74
3.5 Βιοπροϊόντα....75
3.5.1 Γενικά....75
3.5.2 Έρευνα για την παραγωγή προϊόντων από ανανεώσιμες πρώτες ύλες: τελευταίες εξελίξεις....77
3.5.3 Καταγραφή υφιστάμενης κατάστασης: μη διατροφικές συγκομιδές και διείσδυση των ανανεώσιμων πρώτων υλών και βιοπροϊόντων στην παγκόσμια αγορά με έμφαση στην Ευρωπαϊκή Ένωση....81
3.5.3.1 Πολυμερή....82
3.5.3.2 Βιολιπαντικά....86
3.5.3.3 Βιοδιαλύτες....86
3.5.3.4 Επειφανειοδραστικά....87
3.5.3.5 Φυτικές ίνες....88
3.5.3.6 Μη διατροφικές συγκομιδές ανά χώρα στην Ευρωπαϊκή Ένωση....89
3.5.4 Προοπτικές των ανανεώσιμων πρώτων υλών και παγκόσμια δικτύωση....90
ΜΕΡΟΣ Β΄ Πειραματικό μέρος....95
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ....96
4.1. Σκοπός της διατριβής....96
4.2. Γενικοί στόχοι του εκπαιδευτικού υλικού....96
4.3. Πρωτοτυπία και αναγκαιότητα της έρευνας....97
4.4 Εκπαιδευτική έρευνα: Μια γενική επισκόπηση....99
4.4.1 Σχεδιάζοντας μια εκπαιδευτική έρευνα....102
4.5 Πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε στην παρούσα έρευνα....104
4.6 Υποθέσεις και ερωτήματα της παρούσας έρευνας....105
4.7 Συγγραφή του εκπαιδευτικού υλικού: Βιβλίο Δραστηριοτήτων για μαθητές με άξονα τις

Ανανεώσιμες Πρώτες Ύλες 107
4.7.1 Γενική περιγραφή της σχεδίασης του εκπαιδευτικού υλικού 107
4.7.2 Περιγραφή του βιβλίου δραστηριοτήτων για μαθητές με άξονα τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες.....109
4.7.3 Τρόποι εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού.....114
4.8 Υποστηρικτικό υλικό, σχέδια μαθήματος και οδηγίες για τις δραστηριότητες που εφαρμόστηκαν 118
4.8.1. Γενικό πλαίσιο.....118
4.8.2 Αρχές, μέθοδοι διδασκαλίας, υλικά και μέσα για την πραγματοποίηση/υποστήριξη των δραστηριοτήτων.....120
4.8.3 Αναλυτική περιγραφή των σχεδίων μαθήματος: Στόχοι και πορεία της εκπαιδευτικής διαδικασίας ανά δραστηριότητα 122
4.9 Πληθυσμός της έρευνας και μέθοδος δειγματοληψίας.....122
4.10 Γενική επισκόπηση μέσων συλλογής δεδομένων σε μία εκπαιδευτική έρευνα.....126
4.10.1. Επιλογή μέσου συλλογής δεδομένων στην παρούσα έρευνα 127
4.10.2 Στάδια ανάπτυξης και δόμησης ενός ερωτηματολογίου και προσαρμογή στην παρούσα έρευνα.....128
4.10.2.1 Προσδιορισμός των ερευνητικών ερωτημάτων/ Καθορισμός ερωτήσεων.....128
4.10.2.2 Σκιαγράφηση των στοιχείων του μετρητικού εργαλείου.....129
4.10.2.3 Διαδοχή των στοιχείων 131
4.10.2.4 Σχεδιασμός του ερωτηματολογίου 132
4.10.2.5 Πιλοτική δοκιμή και διόρθωση του ερωτηματολογίου 135
4.10.2.6 Ανάπτυξη στρατηγικής για τη συλλογή δεδομένων, τη στατιστική ανάλυση και επεξεργασία τους.....134
4.11 Η διαδικασία της πιλοτικής αξιολόγησης του μετρητικού εργαλείου που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες της έρευνας.....136
4.11.1 Γενικό πλαίσιο.....136
4.11.2.Αρχική διαμόρφωση του ερωτηματολογίου… 137
4.11.3 Πηγές ερωτήσεων που ελήφθησαν υπόψη για την κατασκευή του μετρητικού εργαλείου 138
4.11.4 Το στάδιο των κριτών: Παρατηρήσεις και σχολιασμός 139
4.11.5 Εγκυρότητα και αξιοπιστία του ερωτηματολογίου.....140
4.11.6 Γενικά στοιχεία για την οργάνωση της πιλοτικής εφαρμογής.....142

4.11.7 Τα κοινωνικοδημογραφικά στοιχεία του δείγματος της πιλοτικής εφαρμογής.....143
4.11.8 Τα αποτελέσματα της πιλοτικής εφαρμογής του ερευνητικού εργαλείου.....144
4.11.8.1 Γενικές παρατηρήσεις από την πιλοτική εφαρμογή.....144
4.11.8.2 Περιγραφή της τελικής έκδοσης του ερωτηματολογίου.....146
4.11.8.3 Αξιολόγηση των γνωστικών ερωτήσεων του ερευνητικού εργαλείου.....147
4.11.8.3.1 Δείκτης δυσκολίας των γνωστικών ερωτήσεων.....147
4.11.8.3.2 Περιγραφική ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στις γνωστικές ερωτήσεις 148
4.11.8.4 Αξιολόγηση των ερωτήσεων που αφορούν στις αντιλήψεις των μαθητών.....150
4.12 Τρόπος επεξεργασίας των ερωτήσεων.....152
4.13 Παραδοχές της έρευνας 153
4.14 Περιορισμοί της έρευνας.....153
4.15 Γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών για συναφή με το ερευνητικό ζήτημα θέματα.....155
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΣΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ.....162
5.1 Αποτύπωση των γνώσεων και των αντιλήψεων των μαθητών πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων 162
5.1.1 Εισαγωγή 162
5.1.2 Τα χαρακτηριστικά του δείγματος 163
5.1.3 Οι γνώσεις των μαθητών Γυμνασίου για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες μέσα από τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία 166
5.1.4 Οι γνώσεις των μαθητών Γυμνασίου για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες μέσα από τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία με βάση τον τόπο διαμονής τους 170
5.1.4.1 Γενικά 170
5.1.4.2 Οι γνώσεις των μαθητών Γυμνασίου για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες μέσα από τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία με βάση τον τόπο διαμονής τους 173
5.1.5 Ανάλυση των αντιλήψεων των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες.....178
5.1.6 Η επίδραση των δημογραφικών και κοινωνικών χαρακτηριστικών των μαθητών στις γνώσεις και τις αντιλήψεις τους.....186
5.1.6.1 Επίδραση του φύλου στις γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες.....187
5.1.6.2 Επίδραση της πρότερης συμμετοχής σε πρόγραμμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης στις γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες 192

5.1.6.3 Επίδραση του τόπου διαμονής στις γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες.....197
5.1.6.4. Επίδραση του επιπέδου εκπαίδευσης των γονέων στις γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες.....201
5.1.6.4.1 Επίδραση του επιπέδου εκπαίδευσης του πατέρα στις γνώσεις και στις στάσεις των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες.....203
5.1.6.4.2 Επίδραση του επιπέδου εκπαίδευσης της μητέρας στις γνώσεις και στις αντιλήψεις των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες.....204
5.1.7 Συσχέτιση γνώσεων και αντιλήψεων των μαθητών για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών.....206
5.2 Αποτύπωση των γνώσεων και των αντιλήψεων των μαθητών μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων.....207
5.2.1 Γενικά.....207
5.2.2 Συγκριτική συνολική αποτύπωση των γνώσεων των μαθητών Γυμνασίου για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων.....207
5.2.3 Συγκριτική αποτύπωση των γνώσεων των μαθητών Γυμνασίου για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων με βάση τον τόπο διαμονής τους.....215
5.2.4 Συγκριτική συνολική ανάλυση των αντιλήψεων των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων.....222
5.2.5 Επεξεργασία ειδικού μέρους των ερωτηματολογίων.....237
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....241
6.1 Γενικό πλαίσιο.....241
6.2 Ανάπτυξη του «πράσινου» εκπαιδευτικού υλικού.....244
6.3 Συμπεράσματα για τις πρότερες γνώσεις και τις αντιλήψεις των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες.....245
6.4 Συμπεράσματα από την εκπαιδευτική παρέμβαση που πραγματοποιήθηκε.....249
6.5 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....252
6.6 Προτάσεις διάχυσης της πράσινης χημείας στα αναλυτικά προγράμματα.....252
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....257
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....257
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....266
ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ.....293
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....303

ΜΕΡΟΣ Α΄ Θεωρητικό μέρος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΑ

1.1 Γενικά

Η **βιώσιμη ανάπτυξη** (sustainable development) αποτελεί έννοια κλειδί για τον 21^{ο} αιώνα και δεν είναι δυνατόν να αγνοηθεί τόσο από τους επιστήμονες, που ασχολούνται με θέματα ανάπτυξης και περιβάλλοντος, όσο και από κάθε πολίτη που προβληματίζεται για την κατάσταση στο σύγχρονο κόσμο. Η βιώσιμη ανάπτυξη έχει πυροδοτήσει διαφωνίες σχετικά με την έννοια, την χρησιμότητα και την σκοπιμότητά της, αλλά όλοι συμφωνούν ότι αποτελεί την κοινή αφετηρία διαλόγου όλων των **ενδιαφερομένων μερών** (stakeholders): των εθνικών και τοπικών κυβερνήσεων, του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα, των μη-κυβερνητικών οργανώσεων και των πολιτών. Η βιώσιμη ανάπτυξη επηρεάζει σε μικρό ή σε μεγάλο βαθμό όλους τους παράγοντες της κοινωνίας, γιατί δεν περικλείει μόνο την έννοια της απλής περιβαλλοντικής προστασίας, αλλά εμφαίνει στην σύγκλιση περιβαλλοντικών και αναπτυξιακών διαδικασιών, που πρέπει να συντελεσθούν μέσω της αλλαγής του συστήματος αξιών.

Εναλλακτικά του όρου βιώσιμη ανάπτυξη χρησιμοποιούνται οι όροι αειφορία, ολοκληρωμένη, διατηρήσιμη, διαρκής ή αειφόρος ανάπτυξη κλπ. Ο όρος «**βιωσιμότητα**» (sustainability) φαίνεται να είναι ο πιο αντιπροσωπευτικός, αφού παρακάμπτεται η σύγχυση της ανάπτυξης με την αύξηση και τη μεγέθυνση. Η βιωσιμότητα με την σημερινή έννοια του όρου αποτελεί μια πορεία, μια διαδικασία του ανθρώπου να διατηρηθεί στο πεπερασμένο οικοσύστημα της Γης. Δεν είναι μια συγκεκριμένη και παγιωμένη ιδέα, αλλά μια εξελικτική πορεία βελτίωσης της διαχείρισης των φυσικών και ανθρωπίνων συστημάτων μέσα από την καλύτερη κατανόηση και γνώση. Από πολλούς θεωρείται ανάλογη με την εξέλιξη των ειδών, η οποία είναι μια μη-προδιαγεγραμμένη διαδικασία, που δεν έχει αποτέλεσμα γνωστό εκ των προτέρων.

Ο βασικός στόχος της βιωσιμότητας είναι η επιβίωση του ανθρώπου και με αυτή την έννοια είναι ανθρωποκεντρική, αλλά διαφέρει απόλυτα από την άγρια ή απεριόριστη ανάπτυξη ή μεγέθυνση, διότι θέτει περιορισμούς. Η βιωσιμότητα, όπως ήδη αναφέρθηκε είναι έννοια πολύ ευρύτερη από την προστασία του περιβάλλοντος, διότι προϋποθέτει μακροπρόθεσμες αλλαγές. Ο γνωστότερος ορισμός της βιώσιμης ανάπτυξης ανήκει αναμφισβήτητα στην πρωθυπουργό της Νορβηγίας Gro Harlem Brundtland. Ως πρόεδρος της Παγκόσμιας Επιτροπής για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη η Brundtland παρέδωσε στη Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών, το 1987, την αναφορά της με τίτλο «**Το κοινό μας μέλλον**» που είναι γνωστή ως "Brundtland report" μέσα στην οποία ορίζεται η βιώσιμη ανάπτυξη «ως η ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες των

σύγχρονων γενεών χωρίς να θέτει σε κίνδυνο την ικανότητα των επόμενων γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες» (WCED, 1987).

Στη Διεθνή Συνδιάσκεψη του Ρίο το 1992 από την οποία προέκυψε η Agenda 21 (UN-Department of Economic and Social Affairs, 2011), κείμενο βασισμένο στη συστημική μεθοδολογία, διατυπώθηκαν για πρώτη φορά και επίσημα οι αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης. Εκεί η βιώσιμη ανάπτυξη ορίζεται ως η ανάπτυξη που παρέχει μακροπρόθεσμα οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη φροντίζοντας τις ανάγκες τόσο της παρούσας γενεάς, όσο και των μελλοντικών. Οι συνθήκες του Maastricht, του Amsterdam, η Διεθνής Συνδιάσκεψη του Johannesburg, επιβεβαίωσαν και καθιέρωσαν νομικά την αναγκαιότητα της βιωσιμότητας και ενσωματώθηκαν στο Διεθνές Δίκαιο και το Δίκαιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

1.2 Το εννοιολογικό πλαίσιο της βιώσιμης ανάπτυξης

1.2.1 Η εξέλιξη της ιδέας της βιώσιμης Ανάπτυξης

Η αειφορία αποτελεί καρπό του περιβαλλοντικού λόγου, που αναπτύχθηκε τις τελευταίες δεκαετίες του 20^{ου} αιώνα και εμπεριέχει διεργασίες, καταστάσεις και ιδέες σε πλήρη εξέλιξη μέσα στις οποίες εμπλέκονται έννοιες όπως η πολιτική, η κοινωνία, η οικονομία και η φύση. Εξ ορισμού η έννοια της αειφορίας εμπεριέχει το περιβάλλον και δηλώνει την άρρηκτη σχέση και αλληλεπίδραση του με θέματα κοινωνίας, οικονομίας και ανάπτυξης. Συνδυάζει δύο εξαιρετικά πεδία δυναμικής: τις φυσικές διεργασίες και τις συσχετιζόμενες με αυτές κοινωνικές διεργασίες (Σοφούλης, 2003).

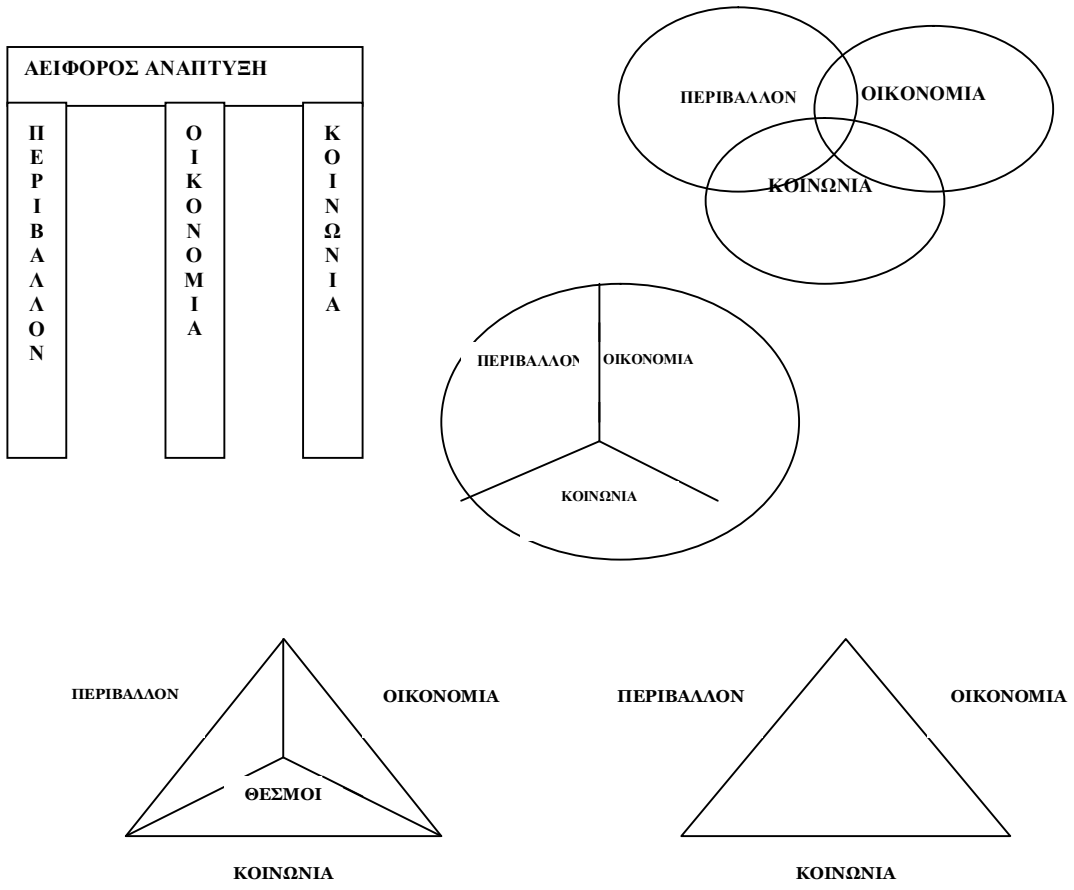
Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι η έννοια αειφορία είναι γνωστή εδώ και πολλά χρόνια από την επιστήμη της δασολογίας, ενώ οι αρχές της στην σημερινή μορφή τους εκφράζουν την συμπυκνωμένη εμπειρία τριών αιώνων, αρχής γενομένης από την μεγάλη έλλειψη ξύλου (Γαλανός & Αλμπάνης, 1993). Η έννοια της αειφόρου ανάπτυξης, δηλαδή μιας ανάπτυξης που «αεί φέρει καρπούς» και δεν υποθηκεύει τις δυνατότητες των μελλοντικών γενεών να αντιμετωπίσουν τα δικά τους προβλήματα, θα έπρεπε να είναι αυτόματα και άμεσα κατανοητή (Σκούλλος, 2001). Ήδη από τη δεκαετία του 1960 αναδείχθηκαν στο πεδίο του περιβάλλοντος το πεπερασμένο των φυσικών πόρων του πλανήτη και η περιορισμένη «**φέρουσα ικανότητα**» (carrying capacity)των φυσικών συστημάτων, η οποία θέτει αναπτυξιακά όρια στις κοινωνίες της αφθονίας και της κατανάλωσης. Η έννοια της Φέρουσας ικανότητας δηλώνει τον μέγιστο αριθμό ατόμων ενός δεδομένου είδους, τον οποίο το φυσικό περιβάλλον μπορεί να στηρίξει επ' αόριστον. Όταν ένας πληθυσμός υπερβεί αυτόν τον μέγιστο αριθμό, οι φυσικοί πόροι αρχίζουν να φθίνουν και αργότερα το ίδιο θα συμβεί και με

τον πληθυσμό (Γεωργόπουλος, 1998). Οι δεκαετίες του 70 και του 80 σημαδεύονται από την ανάδειξη σοβαρών τοπικών, περιφερειακών και παγκόσμιων προβλημάτων.

Η έννοια της αειφορίας εισάγεται στα τέλη της δεκαετίας του 70. Οι Αμερικάνοι περιβαλλοντολόγοι Dennis Clark Pirages (1977) και Lester Brown (1980) εκδίδουν αντίστοιχα τα βιβλία "The Sustainable Society: implications for limited growth" και "Building a Sustainable Society" και προτείνουν τη δημιουργία μιας «**αειφόρου κοινωνίας**» (sustainable society) (Φλογαίτη, 2006). Από την πλευρά των διεθνών οργανισμών, η IUCN (International Union for Conservation of Nature/www.iucn.org), το UNEP (United Nations Environment Programme - www.unep.org) και το WWF (World Wildlife Fund/www.wwf.org) εκπονούν την «Παγκόσμια στρατηγική για τη διατήρηση» (IUCN/ UNEP/ WWF, 1980) και προτείνουν τη δημιουργία των συνθηκών προς την «αειφόρο ανάπτυξη».

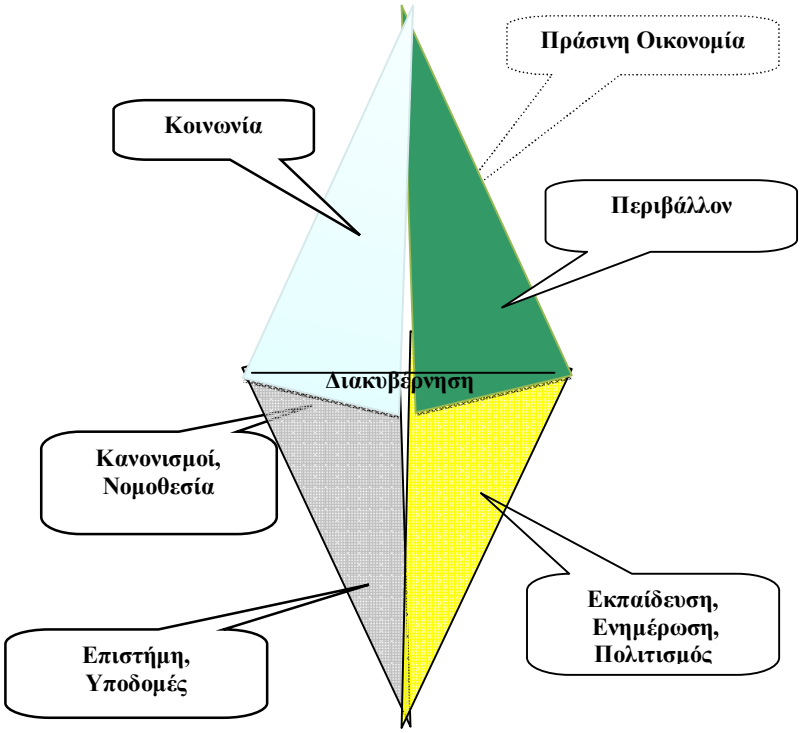
Τα όρια της οικονομικής ανάπτυξης και μεγέθυνσης και οι πιθανότητες μιας παγκόσμιας καταστροφής παρουσιάσθηκαν για πρώτη φορά το 1972 στο κλασικό πλέον "Limits to Growth", έργο μιας ομάδας επιστημόνων δυναμικών συστημάτων (Meadows et al., 1972). Την ίδια χρονιά στη Διακήρυξη της Στοκχόλμης αναφέρεται ότι, η οικονομική ανάπτυξη δεν είναι δυνατόν να συνεχισθεί χωρίς την παράλληλη προστασία του περιβάλλοντος.

Σήμερα, είναι γενικότερα αποδεκτό ότι η βιωσιμότητα είναι μια δυναμική διαδικασία που στηρίζεται σε τρεις πυλώνες: την οικονομία, την κοινωνία και το περιβάλλον, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.1. Για την κατανόηση και εφαρμογή της βιωσιμότητας είναι απαραίτητη-χωρίς ωστόσο να είναι αρκετή- η γνώση της δομής και της λειτουργίας των περιβαλλοντικών και ανθρώπινων συστημάτων που εμπεριέχουν τα συστήματα της οικονομίας και της κοινωνίας.



Σχήμα 1.1 *Απεικονίσεις της αειφόρου ανάπτυξης*

Εντυπωσιακές πάντως είναι και οι απεικονίσεις που παρουσιάζονται από τον καθηγητή Μ. Σκούλλο σχετικά με την αειφόρο ανάπτυξη, όπου μεταξύ άλλων η εκπαίδευση αποτελεί τμήμα μιας μεγαλύτερης παρέμβασης, της λεγόμενης διακυβέρνησης (Σκούλλος, 2003, 2004). Ως Διακυβέρνηση θεωρείται το σύνολο των ενεργειών και των διατεταγμένων, οργανωμένων λειτουργιών μιας κοινωνίας η οποία μπορεί να αντιμετωπίσει τα προβλήματα. Η Διακυβέρνηση είναι μια από τις βασικές λειτουργίες που μαζί με τη νομοθεσία/θεσμούς, την τεχνολογία, την ειδική προστασία για το περιβάλλον, την ειδική κοινωνική πρόνοια και κοινωνική ευθύνη και τη λειτουργία της οικονομίας, εξασφαλίζει την αειφόρο ανάπτυξη.



Σχήμα 1.2 *Η εκπαίδευση για την αειφορία προαπαιτούμενο συστατικό της Διακυβέρνησης για την αειφορία*

Τα αίτια που οδήγησαν στον επαναπροσδιορισμό της βιωσιμότητας μπορούν να συνοψισθούν σε πέντε κατηγορίες, αίτια:

1. Την κλασική οικονομική θεωρία (τέλη του 18^{ου} και τις αρχές του 19^{ου} αιώνα), η οποία οδήγησε στην ανάγκη για βιώσιμη ανάπτυξη.
2. Την ανάπτυξη διεθνών και άλλων οργανισμών, κυρίως μετά τον Β΄ παγκόσμιο Πόλεμο.
3. Τις διάφορες περιβαλλοντικές κρίσεις σε τοπική ή παγκόσμια κλίμακα ή αλλιώς τα λεγόμενα παγκόσμια-πλανητικά περιβαλλοντικά προβλήματα (μείωση της στιβάδας του όζοντος, υπερθέρμανση του πλανήτη, ατυχήματα βιομηχανικού τύπου (Bhopal, Τσερνομπίλ κλπ).
4. Τα περιβαλλοντικά κινήματα και η περιβαλλοντική βιβλιογραφία.
5. Η ανάπτυξη της περιβαλλοντικής προστασίας ως αποτέλεσμα των δύο ανωτέρω.

Η βιβλιογραφία σχετικά με την Βιώσιμη Ανάπτυξη είναι ανεξάντλητη αλλά γενικά συμφωνεί ως προς τα παρακάτω χαρακτηριστικά της:

- Χώρος:

-Κάθετη θεώρηση χώρου: Τοπικό, περιφερειακό, εθνικό, και διεθνές επίπεδο ανάπτυξης (Think globally, Act locally).

-Οριζόντια θεώρηση χώρου: Ισόρροπη ανάπτυξη των υπό ανάπτυξη χωρών -τρίτες χώρες [intra-generational equity, (Pearce et al, 1996)].

- Χρόνος: Μακροπρόθεσμοι στόχοι/διάρκεια και βραχυπρόθεσμη δράση, ισότητα ευκαιριών για ανάπτυξη ανάμεσα στις τωρινές γενιές και τις μελλοντικές (inter-generational equity).
- Θεματολογία: Τρία είναι τα βασικά συστατικά της αειφόρου ανάπτυξης (Οι παρακάτω παράγοντες εξετάζονται ως προς το αντικείμενο κάθε φορά καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους):

-Οικονομία (Οικονομική Ανάπτυξη)

-Κοινωνία (Κοινωνική Δικαιοσύνη)

-Περιβάλλον (Περιβαλλοντική Προστασία) (Costanza et al, 1992).

- Ολοκλήρωση: Η όσο το δυνατόν πλήρης ενσωμάτωση του περιβάλλοντος στην διαδικασία λήψης αποφάσεων και η εξέταση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των κοινωνικοοικονομικών και περιβαλλοντικών παραγόντων που υπεισέρχονται σε αυτήν (έννοια η οποία έχει υιοθετηθεί στο 5ο και 6ο Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον και την Αειφόρο Ανάπτυξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης).

1.2.2 Οι θεμελιώδεις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης

Σύμφωνα με τον Δεκλερή (1996, 2000), το γενικό πλαίσιο της βιώσιμης ανάπτυξης διαμορφώνεται με βάση δώδεκα θεμελιώδεις αρχές οι οποίες παρατίθενται στη συνέχεια.

1. *Αρχή της Δημόσιας Οικολογικής Τάξης:* Η βιώσιμη ανάπτυξη αποτελεί ευθύνη του κράτους και δεν αφήνεται στη λειτουργία της αγοράς.
2. *Αρχή της Βιωσιμότητας:* Προάγεται η διατήρηση του φυσικού κεφαλαίου και η απαγόρευση κάθε μείωσης ή υποβάθμισης.
3. *Αρχή της Φέρουσας Ικανότητας:* Προάγεται η διατήρηση της σταθερής κατάστασης των οικοσυστημάτων με ανάπτυξη που βρίσκεται κάτω από τα όρια αντοχής τους.
4. *Αρχή της Υποχρεωτικής Αποκατάστασης* διαταραχθέντων οικοσυστημάτων: Η αποκατάσταση του απολεσθέντος φυσικού κεφαλαίου τίθεται σε πρώτη προτεραιότητα.
5. *Αρχή της Βιοποικιλότητας:* Η διατήρηση της βιοποικιλότητας θεωρείται κριτήριο και παράγοντας ευρωστίας των οικοσυστημάτων.
6. *Αρχή της κοινής φυσικής κληρονομιάς:* Τα κοινά φυσικά αγαθά δεν επιτρέπεται να ιδιοποιηθούν και η κοινή χρήση τους να περιορισθεί ή να καταργηθεί.

7. *Αρχή της Ήπιας Ανάπτυξης των Ευπαθών Οικοσυστημάτων:* Στα ευπαθή οικοσυστήματα, όπως τα δάση, οι ακτές, τα βουνά, τα μικρά νησιά, οι τοποθεσίες φυσικού κάλους επιτρέπεται «ήπια» ανάπτυξη η οποία ορίζεται κατά περίπτωση, ώστε να μην επιβαρύνει το περιβάλλον.
8. *Αρχή της Χωρονομίας:* Επιβάλλεται ο συνολικός σχεδιασμός και ο χωροταξικός σχεδιασμός των δραστηριοτήτων, ώστε να εξασφαλίζεται η διατήρηση της φέρουσας ικανότητας των οικοσυστημάτων.
9. *Αρχή της Πολιτιστικής Κληρονομιάς:* Επιδιώκεται η διατήρηση των σπουδαιότερων πολιτιστικών στοιχείων, όπως μνημεία, αρχιτεκτονικά σύνολα κλπ.
10. *Αρχή του Βιώσιμου Αστικού Περιβάλλοντος:* Επιδιώκεται η διατήρηση της ποιότητας ζωής στις πόλεις και η αναχαίτιση της ανάπτυξης μεγα-πόλεων.
11. *Αρχή προστασίας του Φυσικού Κάλλους:* Προάγεται η διατήρηση και προστασία του τοπίου με παρεμβάσεις που δεν το αλλοιώνουν.
12. *Αρχή της Οικολογικής Συνείδησης:* Επιδιώκεται η καθιέρωση της οικολογικής συνείδησης των πολιτών οι οποίοι είναι και οι προστάτες του περιβάλλοντος.

1.3 Η εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία

1.3.1 Από την περιβαλλοντική εκπαίδευση στην εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία

Πολλές από τις θεωρητικές αναφορές και τις σύγχρονες παιδαγωγικές και διδακτικές προσεγγίσεις εδράζονται στις σχέσεις των ανθρώπινων κοινωνιών με το περιβάλλον. Όλοι οι πατέρες της ευρωπαϊκής εκπαίδευσης, θεωρούν το περιβάλλον ως πηγή σημαντικών εμπειριών, γνώσεων και εκπαιδευτικών εργαλείων. Όλοι οι διάδοχοί τους μέχρι τον Dewey και τον παιδαγωγικό ριζοσπαστισμό του 20ου αιώνα ταύτισαν την εκπαιδευτική ανανέωση με την έξοδο από τους στενούς τοίχους του σχολείου και την πορεία προς την τοπική κοινότητα, η οποία θεωρείται ένα γόνιμο εκπαιδευτικό πεδίο και ταυτόχρονα ένα πλούσιο σύστημα κοινωνικοπολιτισμικών σχέσεων.

Η περιβαλλοντική εκπαίδευση, μέσα από την ολιστική προσέγγιση της γνώσης, έχει ως στόχο να συνδέσει την επιστήμη με το φυσικό και το κοινωνικό περιβάλλον. Μέσα από την αξιοποίηση εναλλακτικών εκπαιδευτικών μεθόδων και εργαλείων, αναζητά νέες πηγές γνώσης και πεδία μελέτης. Τα σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα οδήγησαν προοδευτικά στο μετασχηματισμό της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης σε **εκπαίδευση για την αειφορία**, επαναπροσδιορίζοντας τους στόχους της. Το περιβάλλον δεν αποτελεί απλώς πηγή γνώσης και εκπαίδευσης, αλλά γίνεται κατανοητό ως ένα σύνθετο σύστημα ισορροπιών και σχέσεων, των οποίων οι αλλαγές εμπεριέχουν

κινδύνους για το φυσικό περιβάλλον και τον άνθρωπο. Η εκπαίδευση για την αειφορία επιδιώκει να καλλιεργήσει στους μαθητές και κατ' επέκταση στους αυριανούς πολίτες τις αρχές της ενεργού, ατομικής και κοινωνικής συμμετοχής στην προστασία του περιβάλλοντος (Ματσαγγούρας, 2002).

Το όραμα της αειφορίας βασίζεται στη γνώση της πολυπλοκότητας, που συνδέει τα οικοσυστήματα της γης και στην κατανόηση των ορίων της αντοχής τους (Αριανούτσου, 1999). Επίσης, απαιτεί την απόκτηση εκείνων των δεξιοτήτων και τον ενστερνισμό εκείνων των αξιών, οι οποίες καθιστούν αυτονόητο και εφικτό το «είναι» των «ανθρώπινων δικαιωμάτων» σε παγκόσμια κλίμακα στο παρόν και στο μέλλον. Στην εξασφάλιση των παραπάνω απαιτούμενων προϋποθέσεων θεωρείται ως κυρίαρχος ο ρόλος της εκπαίδευσης (Unesco, 2005˙ Κατσίκης & Ζαχαρίου, 2005).

Η εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία είναι η μετεξέλιξη της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης σύμφωνα με τα δεδομένα και τις απαιτήσεις της εποχής. Η επιστημονική γνώση στην εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία δεν είναι αυτοσκοπός. Στόχος είναι η επιστημονική κατάρτιση των εκπαιδευόμενων, ώστε να αποκτήσουν και να αναπτύξουν επιστημονική γνώση, αλλά να καλλιεργήσουν και ικανότητα να διαβάζουν κριτικά, να κατανοούν και να εκφράζουν απόψεις σε επιστημονικά ζητήματα, να κατανοούν και να εκφράσουν απόψεις σε επιστημονικά θέματα (Miller, 1983).

Σήμερα ο σχετικά νέος όρος **εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία** (education for the environment and sustainability) είναι στο επίκεντρο παιδαγωγικών αλλαγών για το περιβάλλον, αλλά και μιας γενικότερης στρατηγικής για τις εκπαιδευτικές μεταρρυθμίσεις γενικότερα. Η εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία συνιστά μια ριζοσπαστική μορφή της εκπαίδευσης για την αειφόρο ανάπτυξη η οποία προβάλλεται από διεθνείς οργανισμούς και χώρους της επιστήμης και της διανόησης ως το νέο εκπαιδευτικό ρεύμα που θα δράσει μετασχηματιστικά στην εκπαίδευση και στην κοινωνία. Πρόκειται ουσιαστικά για τη μετεξέλιξη ή τη νέα γενιά της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης που αναπτύσσεται στους χρόνους της μετανεωτερικότητας. Συγκροτεί ένα ποικίλο και μετανεωτερικό πεδίο στο οποίο δύσκολα αποδίδεται ένας συγκεκριμένος και ακριβής ορισμός (Hart, 2003). Χαρακτηρίζεται από συστημικές και διεπιστημονικές προσεγγίσεις, ενώ είναι μια εκπαίδευση που εστιάζεται στην ανάπτυξη της στοχαστικοκεντρικής κριτικής σκέψης. Παραμένει σταθερά προσανατολισμένη στις αξίες, γι' αυτό είναι μια εκπαίδευση πολιτική, δημοκρατική, που εμφαίνει στη σύνδεση του σχολείου με την κοινωνία και στον μετασχηματιστικό του ρόλο (Beierle, 1999).

Πρόκειται ουσιαστικά για μια εκπαίδευση μετανεωτερική, με την έννοια ότι ευδοκιμεί στο πλαίσιο της σύμφυσης μιας μεγάλης ποικιλίας επιστημονικών, κοινωνικών, οικονομικών, πολιτικών, πολιτιστικών, ηθικών προσεγγίσεων, μέσω των οποίων επεξεργάζεται τα ζητήματα της

αειφορίας. Εξετάζει τα ζητήματα που συνδέονται με τις αλληλεπιδράσεις και τις αλληλεξαρτήσεις του τρίπτυχου «άνθρωπος-κοινωνία-φύση» (Sauve, 1994) στη βάση της έννοιας, των ιδεών και των αξιών της αειφορίας ή πιο συγκεκριμένα όπως επισημαίνει και ο Robottom (2000) ενδιαφέρεται να διερευνήσει τους τρόπους με τους οποίους η ποιότητα της ζωής, οι δημοκρατικές διαδικασίες και η κοινωνική δικαιοσύνη δομούνται, κατακτώνται και διατηρούνται σε συγκεκριμένα περιβάλλοντα.

Στην εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία ο εκπαιδευτικός είναι πηγή πληροφόρησης και οργανωτής-συντονιστής συνεργατικών και επικοινωνιακών παιδαγωγικών προγραμμάτων με χειραφετικούς στόχους, τα οποία προκύπτουν ως προϊόντα διαπραγμάτευσης με τους μαθητές και την κοινότητα. Ο κοινωνικά κριτικός προσανατολισμός στην εκπαίδευση επιδιώκει οι μαθητές να καταστούν γνώστες των ιδεολογικών τους καταβολών, των πεποιθήσεων τους κα των στόχων τους στη ζωή, να έχουν συνείδηση των ανισοτήτων και των άλλων προβλημάτων που δημιουργούνται από τις άνισες σχέσεις εξουσίας στην κοινωνία (Fien, 1993a).

Στην συνέχεια θα αναπτυχθούν τα χαρακτηριστικά οι στόχοι και οι αρχές της εκπαίδευσης για την αειφορία.

1.3.2 Χαρακτηριστικά και προσεγγίσεις της εκπαίδευσης για την αειφορία

Ο χαρακτήρας της εκπαίδευσης για την αειφορία είναι ολιστικός, συστημικός και διεπιστημονικός. Ο ολιστικός χαρακτήρας αφορά πολλά επίπεδα (Tilbury, 1995˙ Φλογαίτη & Δασκολιά, 2004). Καθίσταται σαφές ότι, οι αρχές της αειφορίας θα πρέπει να ενσωματωθούν στα αναλυτικά προγράμματα σπουδών σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες, χωρίς η εκπαίδευση για την Αειφορία να αποτελεί ξεχωριστό «μάθημα». Σε παιδαγωγικό επίπεδο η εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία:

- Αναγνωρίζει την αλληλοσύνδεση και την αλληλεπίδραση όλων των εκπαιδευτικών διαστάσεων, όπως είναι το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών, οι εκπαιδευτικές δομές και οι προβαλλόμενες αξίες αλλά και γενικότερα όλων των εμπλεκομένων στην εκπαιδευτική διαδικασία.
- Υποστηρίζει μια ολιστική προσέγγιση της μάθησης, όπου συνδυάζει όλα τα πεδία της γνώσης και της εμπειρίας (ανθρώπινο και κοινωνικό, αισθητικό και δημιουργικό, γλωσσικό, λογοτεχνικό, μαθηματικό, ηθικό, φυσικό, επιστημονικό, τεχνολογικό και πνευματικό).
- Κινητοποιεί την ολόπλευρη ανάπτυξη του ατόμου, γνωστική, συναισθηματική, ψυχοκινητική, κοινωνική και ηθική.

Η πραγματικότητα απαρτίζεται από πολύπλοκα συστήματα τα οποία αλληλεπιδρούν και για αυτό απαιτείται η σύζευξη επιστημών και διαδικασιών, προκειμένου να γίνει κατανοητή και διαχειρίσιμη. Η γνώση αποκτά πραγματικό νόημα και την απαιτούμενη εφαρμοσιμότητα στην καθημερινή ζωή κυρίως μέσα από την ολιστική, ενιαιοποιημένη και διεπιστημονική της μορφή (Walker & Soltis, 1997). Είναι γνωστό ότι η συστημική σκέψη αποτελεί ένα πλαίσιο για να αντιλαμβανόμαστε τις σχέσεις και όχι τα μεμονωμένα στοιχεία.

Η εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία είναι πολυδιάστατη, κριτική και συνθετική, θέτει ερωτήματα σε βάθος, περιεκτικά και συνολικά (Sterling, 2001). Το μεταρρυθμιστικό πλαίσιο που προβάλει η εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία μέσα από την ολιστική και συστημική προσέγγιση της πραγματικότητας εκφράζεται μέσα από συγκεκριμένες μεθοδολογικές επιλογές, οι οποίες εστιάζονται στο διεπιστημονικό μοντέλο (UNESCO-UNEP, 1994). Η διεπιστημονικότητα ορίζεται ως η σύμφυση γνώσεων, δηλαδή εννοιών, μεθοδολογικών εργαλείων και προσεγγίσεων, που προέρχονται από διαφορετικές επιστήμες, με ζητούμενο την ενιαιοποίηση της γνώσης και την σφαιρική ανάλυση και κατανόηση της πραγματικότητας. Έτσι η διεπιστημονικότητα είναι εγγενής μεθοδολογική προσέγγιση στην εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία και μάλιστα στην ευρύτερη δυνατή μορφή της, αυτήν της ενιαιοποίησης της γνώσης που προέρχεται από φυσικές και κοινωνικές επιστήμες (Τσαπαρλής, 2003). Οι μονοεπιστημονικές προσεγγίσεις ή οι διεπιστημονικές θεωρήσεις στο πλαίσιο μόνο των φυσικών επιστημών, οι οποίες αδυνατούν να συλλάβουν την πολυπλοκότητα των σχέσεων ανθρώπου-κοινωνίας-φύσης, φέρονται ως κατεξοχήν αιτία των προβλημάτων του περιβάλλοντος και της μη αειφορίας (Λιαράκου & Φλογαΐτη, 2007). Ο Orr (1992) υποστηρίζει με σαφήνεια ότι οι φυσικές επιστήμες είναι απαραίτητες για την περιγραφή των φαινομένων και των συμπτωμάτων της περιβαλλοντικής υποβάθμισης.

Η ευρύτατα διεπιστημονική και συστημική φύση των ζητημάτων του περιβάλλοντος και της αειφορίας απαιτεί καινούργιες μορφές στην προσέγγιση και στη διαμόρφωση του περιεχομένου και της δομής του προγράμματος σπουδών της εκπαίδευσης για το περιβάλλον και την αειφορία. Για να επιτευχθεί σε βάθος αυτή η κατανόηση του θέματος, οι αναγκαίες γνώσεις αντλούνται από διάφορα γνωστικά πεδία και επιστήμες, δηλαδή επιστρατεύεται η διεπιστημονικότητα. Στην διερεύνηση του ζητήματος εμπλέκονται εκπαιδευόμενοι και εκπαιδευτές με τέτοιο τρόπο ώστε να διασαφηνιστούν και να κατανοηθούν τα φαινόμενα, οι αξίες, οι απόψεις, οι θέσεις και τα συμφέροντα, οι πολιτικές και οι κοινωνικές σχέσεις, οι αντιπαραθέσεις και οι αντιφάσεις που διαπλέκονται συστημικά και συνιστούν το ζήτημα αυτό καθ’ αυτό.

Όπως επισημαίνεται (Παπαδημητρίου, 2005), στην εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία δεν δίνεται έμφαση στην κατανόηση από τη μεριά των εκπαιδευόμενων συγκεκριμένου σώματος γνώσης που προέρχεται από κάποιο ή κάποια από τα παραδοσιακά γνωστικά αντικείμενα. Ενδιαφέρει κυρίως η δόμηση ενός ευρύτερου εννοιολογικού οικοδομήματος που εμπεριέχει πέρα από τη γνώση, αξίες, στάσεις, συμπεριφορές, σκέψεις και αισθήματα. Επομένως η εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία οφείλει εξ ορισμού να θεωρείται ολιστική, συστημική, διεπιστημονική και διαθεματική εκπαίδευση, ενώ μπορεί να διαδραματίσει ουσιαστικό ρόλο στην μετανεωτερική εποχή.

Επιπρόσθετα, η εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία προωθεί μια διαδικασία που αναπτύσσει την ικανότητα του να είναι κανείς «κριτικά σκεπτόμενος και δρων παράγοντας αλλαγής» (Giroux, 1987) με στόχο τη δημιουργία μιας πραγματικά δημοκρατικής κοινωνίας (Giroux, 1988). Η κριτική σκέψη είναι μια νοητικο-συναισθηματική λειτουργία η οποία μας επιτρέπει να αναλύουμε, να διασαφηνίζουμε, να αξιολογούμε και να αμφισβητούμε τις προκαταλήψεις, τις αντιλήψεις και τις πεποιθήσεις μας, καθώς και να κατανοούμε τις απόψεις των άλλων, προκειμένου να καταλήξουμε σε συμπεράσματα, διαπιστώσεις, κρίσεις και επιλογές δράσης (Sauve, 1994˙ Ματσαγγούρας, 2000). Βασικά προσδιοριστικά στοιχεία της κριτικής σκέψης είναι ότι πρόκειται περισσότερο για διαδικασία παρά για αποτέλεσμα, είναι μια δραστηριότητα παραγωγική και θετική, εμπεριέχει τόσο τη λογική όσο και τα συναισθήματα, προϋποθέτει την αναζήτηση εναλλακτικών θεωρήσεων και τον εντοπισμό και τη διερεύνηση εναλλακτικών λύσεων (Χατζηγεωργίου, 2000˙ Ματσαγγούρας, 2000˙ McPeck, 1981).

Η κριτική σκέψη αποτελεί αναγκαία συνθήκη για την ανάπτυξη της ιδιότητας του πολίτη και την συμμετοχή του ατόμου στη διαμόρφωση των όρων και των πρακτικών της αειφορίας. Τα χαρακτηριστικά της κριτικής εκπαίδευσης για το περιβάλλον και την αειφορία είναι η ανάπτυξη στοχαστικο-κριτικής γνώσης, ικανοτήτων και η εμπειρία σε περιβαλλοντική πολιτική δράση δηλαδή, συμμετοχή σε πραγματικές ή μέσω προσομοίωσης διαδικασίες πολιτικής και κοινωνικής δράσης σχετικά με το περιβάλλον, την αειφορία και την εκπαίδευση σε διάφορα επίπεδα (Φλογαίτη, 2006).

Επιπρόσθετα χαρακτηριστικά της εκπαίδευσης για το περιβάλλον και την αειφορία αποτελούν η καλλιέργεια δεξιοτήτων, επίλυσης προβλημάτων για την ενίσχυση της αυτοπεποίθησης και της ενεργού συμμετοχής για την αντιμετώπιση των ζητημάτων της αειφόρου ανάπτυξης, η χρήση ποικιλίας μεθοδολογιών, κατάλληλα επιλεγμένων ανάλογα με τους μαθησιακούς στόχους οι οποίες είναι βιωματικές και μαθητοκεντρικές, προωθούν την συνεργατικότητα, την εργασία σε ομάδες (Μπομπέτσης & Στεφανή, 2004) και την προώθηση των συμμετοχικών διαδικασιών στη λήψη

αποφάσεων, ενώ καλλιεργούν την προσωπική έκφραση (π.χ. αξιοποίηση των τεχνών κλπ). Τέλος βασικό χαρακτηριστικό της εκπαίδευσης για το περιβάλλον και την αειφορία είναι ότι θα πρέπει να είναι βασισμένη και εφαρμόσιμη στην καθημερινή ζωή των εκπαιδευόμενων ώστε, η γνώση που αποκτούν να είναι χρήσιμη και άρα, πιο ενδιαφέρουσα στους μαθητές (Bruner, 1960).

Πίνακας 1.1 *Η Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και την Αειφορία σε σχέση με βασικές διαστάσεις της εκπαιδευτικής πράξης (Φλογαίτη, 2006).*

	Προκαθορισμένη κλειστή διαδικασία μάθησης		
Επιβολή	Η εκπαίδευση ως αναπαραγωγή, χωρίς καθόλου συμμετοχή	Η εκπαίδευση ως αναπαραγωγή, με συμμετοχή ως αποτέλεσμα προπαγάνδας	Συμμετοχή
	Η εκπαίδευση με ενεργές διαδικασίες μάθησης και επίλυσης προβλημάτων σε σχέση με προεπιλεγμένα ζητήματα χωρίς συμμετοχή με βασικές επιλογές και χωρίς δημοκρατικές λήψεις αποφάσεων.	Η εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία με συμμετοχικές και δημοκρατικές διαδικασίες.	
	Ανακαλυπτική ανοικτή διαδικασία μάθησης		

Πηγή: Προσαρμοσμένο από Wals & Jickling, 2000, σελ 139 (Wals & Jickling, 2000)

1.3.3 Οι αρχές και οι στόχοι της εκπαίδευσης για την αειφορία

Επιχειρώντας να καταγράψουμε τις αρχές της εκπαίδευσης για την αειφορία μπορούμε να τις συνοψίσουμε όπως παρακάτω:

- Η εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία θεμελιώνεται στην κριτική και καινοτόμο σκέψη που εκδηλώνεται σε κάθε κατάσταση, σε κάθε τόπο και χρόνο και προωθεί την αλλαγή και την αναδόμηση της κοινωνίας και της εκπαίδευσης.
- Δεν είναι αξιολογικά ουδέτερη, αλλά στηρίζει τις ουμανιστικές αξίες της κοινωνικής και οικολογικής αλληλεγγύης στον χωροχρόνο, της κοινωνικής δικαιοσύνης, της αυτονομίας, της υπευθυνότητας και της ανεκτικότητας. Έχοντας ως γνώμονα τα προηγούμενα επεξεργάζεται τα ζητήματα της αειφορίας και προωθεί δημοκρατικές κοινωνικές αλλαγές.
- Εξετάζει συστημικά και διεπιστημονικά τις σχέσεις μεταξύ ανθρώπου, κοινωνίας και φύσης και τα ζητήματα που προκύπτουν από την αλληλεπίδραση τους.
- Αναγνωρίζει όλες τις διαφορετικές μορφές γνώσης: η γνώση είναι συσσωρευτική και παράγεται κοινωνικά, δεν είναι προνόμιο και δεν μονοπωλείται.
- Η εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία είναι τόσο ατομική όσο και συλλογική. Ενθαρρύνει την δημοκρατική συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων (Fiorino, 1996) και την υπεύθυνη ατομική και συλλογική δράση σχετικά με ζητήματα που αφορούν, τη μάθηση και την κοινωνία.

- Αναδεικνύει την πολυπλοκότητα και την αμφιλεγόμενη φύση των ζητημάτων που σχετίζονται με το περιβάλλον και την ανάπτυξη και καλλιεργεί ικανότητες για κριτικές διερευνήσεις, συλλογικές αποφάσεις και συνεργατικές δράσεις που οδηγούν στην αειφορία.
- Η εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία δεν χρησιμοποιεί άκριτα την έννοια της αειφορίας και δεν θεωρεί το περιεχόμενο και τις πρακτικές της αειφορίας δεδομένα. Διερευνά κριτικά τα ζητήματα της αειφορίας που διαπλέκουν παράγοντες περιβαλλοντικούς, κοινωνικούς, οικονομικούς και πολιτικούς.
- Η εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία είναι μια εκπαίδευση κριτική, συμμετοχική και πολιτική, με στόχο αλλαγές στην εκπαιδευτική, κοινωνική και περιβαλλοντική πραγματικότητα (Τρικαλίτη, 2002-2003).
- Είναι μια εκπαίδευση που προσφέρει όραμα για ένα αειφόρο μέλλον, το οποίο δημιουργείται με συνεργατικό και δημοκρατικό τρόπο από άτομα που έχουν αναπτύξει με υπευθυνότητα την ιδιότητα του πολίτη.
- Η εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία αναπτύσσει και εφαρμόζει διδακτικές στρατηγικές ενεργητικής και βιωματικής μάθησης σε συνάφεια με τις αρχές και τους στόχους της.

Οι κύριοι στόχοι της εκπαίδευσης για την αειφορία, έτσι όπως έχουν διατυπωθεί σε διακηρύξεις διεθνών οργανισμών, εστιάζονται:

α) στην απόκτηση ικανοτήτων κατανόησης της αλληλεξάρτησης όλων των μορφών ζωής στον πλανήτη και των επιπτώσεων που έχουν οι ενέργειες και οι αποφάσεις των ανθρώπων, τόσο στο παρόν όσο και στο μέλλον, στο φυσικό περιβάλλον, στην παγκόσμια και τοπική κοινότητα,

β) στην αύξηση της ενημέρωσης για τις οικονομικές, πολιτικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές δυνάμεις που προάγουν ή εμποδίζουν τη βιώσιμη ανάπτυξη, και

γ) στην ανάπτυξη της ενημέρωσης, της επάρκειας, των κατάλληλων στάσεων και αξιών των ανθρώπων, ώστε να καταστούν ικανοί να συμμετέχουν αποτελεσματικά στη βιώσιμη ανάπτυξη σε τοπικό, εθνικό και διεθνές επίπεδο, να εργαστούν για ένα πιο δίκαιο και βιώσιμο μέλλον και να λαμβάνουν οικονομικές αποφάσεις συνυπολογίζοντας το περιβάλλον.

1.3.4 Ορόσημα της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης: Από την περιβαλλοντική εκπαίδευση στην εκπαίδευση για την αειφορία

Οι δεκαετίες του 70 και του 80 θεωρούνται ως εξαιρετικά σημαντικές για την ανάπτυξη και εδραίωση της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης (Φλογαίτη, 2006). Στη δεκαετία του 90 και κυρίως με

την μετάβαση από το 20^{ο} στο 21^{ο} αιώνα η έννοια που προσδιορίζει την περιβαλλοντική εκπαίδευση είναι η αειφορία, η οποία προβάλει ως μια έννοια γενικότερη από αυτήν του περιβάλλοντος, γιατί ενσωματώνει ταυτόχρονα το περιβάλλον, την κοινωνία και την οικονομία.

Ο μετασχηματισμός της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης σε εκπαίδευση για την αειφορία πραγματοποιήθηκε σταδιακά και αποτυπώθηκε σε διάφορα κείμενα αποφάσεων και διακηρύξεων διεθνών οργανισμών. Στα κείμενα αυτά αναπτύσσονται οι αρχές της αειφόρου ανάπτυξης και ο ρόλος της εκπαίδευσης προς την κατεύθυνση της επίτευξης των στόχων της αειφορίας. Στην συνέχεια παρατίθενται κάποιες πρωτοβουλίες-ορόσημα της εκπαίδευσης για την αειφορία.

- **Συνδιάσκεψη της Στοκχόλμης - 1972**

Στη Συνδιάσκεψη της Στοκχόλμης για το *Περιβάλλον του ανθρώπου* το 1972, υιοθετήθηκαν και ενεργοποιήθηκαν οι βασικές αρχές Δικαίου του Περιβάλλοντος ενώ, την ίδια χρονιά ιδρύεται από την UNESCO και το Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον (UNEP- United Nations Environmental Program), το Διεθνές Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (I.E.E.P.) το οποίο οργανώνει και προωθεί σχετικές δραστηριότητες.

Οι βασικοί στόχοι του I.E.E.P. αφορούν στον σχεδιασμό δραστηριοτήτων, απαραίτητων για την ανάπτυξη ενός διεθνούς προγράμματος στον τομέα της ΠΕ, την προώθηση της έρευνας, τον σχεδιασμό καινούριων μεθόδων, διδακτικού υλικού και εκπαιδευτικών προγραμμάτων στον τομέα του περιβάλλοντος, την κατάρτιση εκπαιδευτικών και ερευνητών και την παροχή βοήθειας στα κράτη μέλη του ΟΗΕ για την ανάπτυξη προγραμμάτων ΠΕ. (UNESCO – P.N.U.E., 1984).

- **Διεθνές συνέδριο του Βελιγραδίου-1975**

Από το συγκεκριμένο συνέδριο προέκυψε η Χάρτα του Βελιγραδίου (UNESCO, 1975) ένα από τα δύο ιδρυτικά κείμενα (το άλλο είναι η Διακήρυξη της Τυφλίδας, βλέπε παρακάτω). Στην Χάρτα του Βελιγραδίου αποτυπώνονται προτάσεις στις οποίες η περιβαλλοντική εκπαίδευση αποκτά σταδιακά τα χαρακτηριστικά μιας σφαιρικής, ολιστικής και διεπιστημονικής εκπαίδευσης. Το βάρος μετατίθεται από την γνώση, στις ικανότητες, αξίες και στάσεις, σε μεθοδολογικές προσεγγίσεις επίλυσης προβλήματος και λήψης απόφασης, σε δράσεις αλλά και σε ηθικές διαστάσεις (Gayford, 1996).

Πάντως ως αποτελέσματα του Συνεδρίου του Βελιγραδίου θεωρούνται ο επαναπροσδιορισμός της έννοιας της ανάπτυξης και της σχέσης ανθρώπου και περιβάλλοντος και ο καθορισμός μέτρων για την αντιμετώπιση της περιβαλλοντικής υποβάθμισης (UNESCO-UNEP, 1976).

- **Διακυβερνητική διάσκεψη της Τιφλίδας – 1977**

Στη Διακυβερνητική Διάσκεψη της Τιφλίδας το 1977, τέθηκαν οι βασικές αρχές για την περιβαλλοντική εκπαίδευση, διατυπώθηκαν δηλαδή οι σκοποί, οι στόχοι και οι κατευθυντήριες αρχές της, προσδιορίστηκαν η φύση της και οι άξονες δράσης, ενώ συντάχθηκε το βασικό θεωρητικό πλαίσιο της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης (Καλαϊτζίδης, 1999). Αποτυπώθηκε λοιπόν ότι:

α) … *ένας βασικός στόχος είναι η κατανόηση, από τους ανθρώπους και τις κοινότητές τους, της σύνθετης φύσης του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος, όπως προκύπτει από την αλληλεπίδρασή τους με τις βιολογικές, φυσικές, κοινωνικές, οικονομικές και πολιτισμικές όψεις τους, και η απόκτηση γνώσεων, αξιών, στάσεων και πρακτικών ικανοτήτων, ώστε να συμμετέχουν με υπευθυνότητα και αποτελεσματικότητα στην πρόβλεψη και επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων και στη διαχείριση ενός ποιοτικού περιβάλλοντος*.

β) ... *ένας επιπλέον βασικός στόχος είναι η σαφής ανάδειξη της αλληλεξάρτησης του οικονομικού, του πολιτικού και του οικολογικού πεδίου στο σύγχρονο κόσμο, όπου οι αποφάσεις και δράσεις των κοινοτήτων μπορεί να έχουν διεθνή αντίκτυπο.*

Η επίτευξη των στόχων που αναφέρθηκαν συντελείται μέσα από μια διαρκή εκπαιδευτική διαδικασία, όπου οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να αντιληφθούν τα διάφορα θέματα μέσα από την πολυπλοκότητά τους και όχι διαμέσου απλουστευτικών αιτιακών σχέσεων. Η αλήθεια είναι ότι ήδη στην Χάρτα του Βελιγραδίου το 1975 και στην συνέχεια στα κείμενα της Τυφλίδας περιλαμβάνονται τα βασικά στοιχεία γύρω από τα οποία συγκροτείται η έννοια της αειφορίας (Flogaitis, 1998) και τα οποία είναι:

α) Επαναπροσδιορισμός βασικών εννοιών όπως ποιότητα ζωής, ευημερία και ανθρώπινη ευτυχία, σύμφωνα με τις ιδιαιτερότητες της κουλτούρας κάθε λαού

β) Επαναπροσδιορισμός της έννοιας της ανάπτυξης με στόχο την ικανοποίηση των αναγκών και επιδιώξεων όλων των πολιτών στη βάση της κοινωνικής ισότητας, της δικαιοσύνης, του πλουραλισμού των κοινωνιών και της ισόρροπης σχέσης μεταξύ ανθρώπου και περιβάλλοντος

γ) Νέα παγκόσμια οικονομική τάξη βασισμένη στην ισότητα, στην απουσία εκμετάλλευσης, στην ειρήνη και στον αφοπλισμό

δ) Ολιστική αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών και κοινωνικών προβλημάτων

ε) Αλληλεγγύη για τις επόμενες γενιές

στ) Διαφοροποίηση στα συστήματα αξιών, στις στάσεις ζωής, στις σχέσεις ανθρώπου- φύσης και ανθρώπου με άνθρωπο.

- **Παγκόσμια επιτροπή για το περιβάλλον και την ανάπτυξη - 1987**

Η έννοια της «αειφορίας», ως μέτρο αξιολόγησης και στόχος πολιτικής για τις σύγχρονες κοινωνίες, αποτυπώνεται-έχει ήδη αναφερθεί-για πρώτη φορά στην Έκθεση της Brundtland, «*Το Κοινό μας Μέλλον*» η οποία παρουσιάζεται στην παγκόσμια επιτροπή. Στην έκθεση αυτή προβάλλονται οι συνέπειες της παραγωγής και κατανάλωσης στους μελλοντικούς κατοίκους του πλανήτη, αποτυπώνονται με σαφήνεια οι ανησυχίες για τα παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα, ενώ προβάλλονται η αναποτελεσματικότητα των λίγων και αποσπασματικών τρόπων αντιμετώπισης τους. Μέσα στην έκθεση τονίζεται χαρακτηριστικά ότι: «*ο πλανήτης αυτός δεν μας ανήκει, τον δανειστήκαμε από τις μελλοντικές γενιές*», πρόταση που αποτελεί και το φιλοσοφικό υπόβαθρο της αρχής της αειφορίας. Ουσιαστικά αυτό που προκύπτει είναι ότι το φυσικό κεφάλαιο του πλανήτη δηλαδή οι φυσικοί πόροι και η βιοποικιλότητα δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται ή να αναλώνονται σε τέτοιο βαθμό ώστε να μην επιτρέπεται η μεσο-μακροπρόθεσμη φυσική ανανέωση ή αναπαραγωγή τους. Θα πρέπει δηλαδή να δαφυλλάσονται διαρκώς και οι οικονομικές δραστηριότητες δεν θα πρέπει να διακυβεύουν την ποιότητα ζωής των επερχόμενων γενιών.

Αυτό που καθίσταται σαφές είναι ότι η αειφόρος ανάπτυξη περιλαμβάνει τις διαστάσεις της οικολογικής αειφορίας, της δημοκρατικής συμμετοχής, της οικονομικής αποτελεσματικότητας, της πολιτισμικής χειραφέτησης και της ειρηνικής επίλυσης των διαφορών και επιτρέπει να συντελείται η ανθρώπινη αναπτυξιακή δραστηριότητα μέσα σε ένα πλήρως προστατευόμενο φυσικό περιβάλλον, του οποίου δεν διαταράσσονται οι ρυθμοί εξέλιξης.

- **Διεθνές Συνέδριο για την περιβαλλοντική εκπαίδευση και κατάρτιση- 1987**

Το Διεθνές Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (ΔΠΠΕ) οργάνωσε στη Μόσχα το διεθνές συνέδριο για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και Κατάρτιση προκειμένου να διαμορφώσει τη Διεθνή Στρατηγική για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στη δεκαετία του 90 (UNESCO-UNEP, 1988). Στο συνέδριο αυτό επιβεβαιώθηκε το πλαίσιο που είχε διατυπωθεί στην Τυφλίδα, ενώ και επίσημα η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση εμπλουτίζεται με την έννοια της αειφορίας και αναγνωρίζεται ως βασικός παράγοντας για την ανάπτυξη της (Φλογαίτη, 1993).

- **Συμβούλιο Υπουργών Παιδείας της Ευρωπαϊκής Κοινότητας - 1988**

Το ψήφισμα της Συνεδρίαση της 24ης Μαΐου 1988 για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση του Συμβουλίου των Υπουργών Παιδείας (Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. C177, 1988) αποτελεί την αφετηρία της κοινής δράσης των μελών της Ευρωπαϊκής Κοινότητας στον τομέα της

Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης. Βασικοί στόχοι που τέθησαν για την κοινή δράση στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση είναι:

α) η διάχυση της περιβαλλοντικής οπτικής σε όλα τα πεδία και επίπεδα διδασκαλίας

β) η διευκρίνιση και ο ορισμός ενός ελάχιστου κοινού περιεχομένου στα αναλυτικά προγράμματα

γ) η επιμόρφωση των εκπαιδευτών

δ) η ανάπτυξη μορφών δια βίου περιβαλλοντικής εκπαίδευσης

ε) η υποστήριξη και προώθηση διεπιστημονικών κέντρων δράσης, επιμόρφωσης και έρευνας στον τομέα της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης.

- **Ευρωπαϊκό Συμβούλιο – 1990**

Στη διακήρυξή του για το Περιβάλλον στο Δουβλίνο (Ιούνιος 1990), το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο τόνισε την ειδική ευθύνη των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Κοινότητας στη διεθνή σκηνή, υποστηρίζοντας ότι «*η Κοινότητα πρέπει να χρησιμοποιήσει αποτελεσματικότερα το ηθικό, οικονομικό και πολιτικό της κύρος, για να τονώσει τις διεθνείς προσπάθειες για την επίλυση των πλανητικών προβλημάτων και για να προωθήσει την αειφόρο ανάπτυξη και το σεβασμό των κοινών πλανητικών αγαθών*».

- **Συνδιάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το περιβάλλον και την ανάπτυξη - 1992**

Στόχος της συνδιάσκεψης των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (UNCED) η οποία πραγματοποιήθηκε στο Rio de Janeiro ήταν η εύρεση αποτελεσματικών μεθόδων για την προστασία του περιβάλλοντος. Αποτέλεσμα αυτής της Συνδιάσκεψης ήταν ο καθορισμός των βασικών αρχών Δίκαιου του Περιβάλλοντος, οι οποίες είναι: α) η αρχή της ενημέρωσης και της πληροφόρησης β) η αρχή της ευθύνης και της αποζημίωσης και γ) η αρχή της πρόληψης. Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης συνδιάσκεψης καθορίστηκε το περιεχόμενο των ευρωπαϊκών στρατηγικών της Ημερήσιας Διάταξης για τον 21ο Αιώνα (Agenda 21), η οποία αναφέρεται: α) στις κοινωνικές και οικονομικές διαστάσεις της αειφορίας, στην προστασία και διαχείριση των αναπτυξιακών πόρων, στην ενίσχυση του ρόλου σημαντικών κοινωνικών ομάδων όπως οι αγρότες και οι εργάτες και στα μέσα εφαρμογής, όπως η ενημέρωση, η ανάπτυξη της τεχνολογίας και η εκπαίδευση.

Καθίσταται σαφές ότι, μετά την Συνδιάσκεψη του Ρίο η περιβαλλοντική εκπαίδευση συνδέθηκε άρρηκτα με την αειφορία, η έννοια της οποίας αναφέρεται σε τρεις πυλώνες: το περιβάλλον, την κοινωνία και την οικονομία. Ως βάση αυτών των πυλώνων, ορίζεται η περιβαλλοντική εκπαίδευση, η οποία πλέον έχει κοινωνικό και οικονομικό προσανατολισμό. Με

τον τρόπο αυτό ο ρόλος και το περιεχόμενο της εκπαίδευσης στην επίτευξη της αειφόρου ανάπτυξης γίνεται πλέον διακριτός και πιο σαφής και ορίζεται ως εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία (Knapp, 2000). Πάντως, ακόμη, ένα από τα σημαντικότερα συμπεράσματα της διάσκεψης στο Ρίο, ήταν ότι η εκπαίδευση για το περιβάλλον και την ανάπτυξη πρέπει να ενσωματωθεί ως ένα σημαντικό και ουσιώδες κομμάτι της τυπικής και μη- τυπικής εκπαίδευσης (Palmer, 1998).

- **Συνθήκη του Μάαστριχ - 1992**

Η Συνθήκη του Μάαστριχ συνέπεσε χρονικά με την παγκόσμια διάσκεψη του Ρίο. Στο άρθρο 2 της Συνθήκης γίνεται έμμεση αναφορά στην αρχή της αειφορίας, όπου και τίθεται ως στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης ως «*μια…διαρκής.... και σεβόμενη το περιβάλλον ανάπτυξη*»**.**

- **Συνθήκη του Άμστερνταμ - 1992**

Με τη Συνθήκη του Άμστερνταμ το 1992, η αρχή της αειφορίας ή βιώσιμης ανάπτυξης χαρακτηρίζεται ως καταστατική αρχή της Ευρωπαϊκής Ένωσης (η οποία ισχύει από την 1^{η} Μαΐου του 1999). Στο άρθρο 2 της Συνθήκης σημειώνεται ως στόχος της: «*...να επιτύχει ισόρροπη και αειφόρο ανάπτυξη*». Ο όρος «ισόρροπη» αναφέρεται στην αρχή της οικονομικής και κοινωνικής συνοχής που αποσκοπεί στην ισόρροπη ανάπτυξη των κρατών -μελών της Ένωσης.

Με τη Συνθήκη του Άμστερνταμ αναγνωρίζεται η «*αρχή της Ενσωμάτωσης*» ως προϋπόθεση της αειφορίας (Δελλής, 1998). Στην ουσία επιβεβαιώνεται, ότι οι πολιτικές στρατηγικές που εφαρμόζονται σε όλους τους τομείς θα πρέπει να ενσωματώνουν την αρχή της αειφορίας. Αυτό σημαίνει ότι οι πολιτικές που αφορούν σε οικονομικές δραστηριότητες, όπως μεταφορές, βιομηχανία, τουρισμός κ.λπ. θα πρέπει να μετεξελιχθούν σε πολιτικές φιλικές προς το περιβάλλον και να προωθούν αειφορικά πρότυπα παραγωγής και κατανάλωσης, δηλαδή να λαμβάνουν υπόψη τον κύκλο ζωής των προϊόντων, να χρησιμοποιούν πρώτες ύλες φιλικές προς το περιβάλλον, ήπιες μορφές ενέργειας για την παραγωγή, να παρέχουν τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης ή ανακύκλωσης (ουσιαστικά γίνεται αναφορά στην χρήση των αρχών της πράσινης χημείας).

Μετέπειτα συναντήσεις κορυφής διαμόρφωσαν τις διαστάσεις που συνθέτουν την έννοια της αειφορίας στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Στρατηγικής. Μέσα από μια σειρά επίσημων κείμενων, Διακηρύξεων και Κείμενων Δράσης (Declarations-Action Plans) η εκπαίδευση για την αειφορία αναπτύσσεται στη βάση μακρόχρονων προγραμμάτων τόσο στην Ευρώπη όσο και παγκοσμίως. Στο πλαίσιο αυτών των κειμένων διαμορφώθηκε το 5ο Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το Πρόγραμμα αυτό βασίζεται σε σχετική σύσταση των Υπουργών Παιδείας της Ε.Ε. (Recommendation No (91)8, Ιούνιος 1991) και αναφορικά με το ρόλο της εκπαίδευσης και

της κατάρτισης σημειώνεται ότι: «Η επιτυχία της προσπάθειας για την επίτευξη της αειφορίας θα εξαρτηθεί σε μεγάλο βαθμό από τις αποφάσεις, τις ενέργειες και την επίδραση που ασκεί το ευρύ κοινό. ... Η σημασία της παιδείας για την ανάπτυξη της περιβαλλοντικής συνείδησης είναι προφανής και για το λόγο αυτό η περιβαλλοντική εκπαίδευση θα πρέπει να αποτελεί αναπόσπαστο μέρος των σχολικών προγραμμάτων ήδη από την πρωτοβάθμια εκπαίδευση».

- **Θεσσαλονίκη – 1997**

Κύριο προϊόν της διάσκεψης είναι η Διακήρυξη της Θεσσαλονίκης. Έτσι, στη διεθνή διάσκεψη με θέμα: «Περιβάλλον και Κοινωνία: Εκπαίδευση και Ευαισθητοποίηση των Πολιτών για την αειφορία», στη Θεσσαλονίκη μεταξύ 8 και 12 Δεκεμβρίου τονίζεται, μεταξύ άλλων, ότι: «*Η εκπαίδευση είναι ένα αναντικατάστατο μέσο, προκειμένου να δοθεί σε όλους τους ανθρώπους του κόσμου η ικανότητα να ορίζουν τη ζωή τους, να ασκούν το δικαίωμα των προσωπικών επιλογών και υπευθυνότητας, να επιτυγχάνουν τη δια βίου μάθηση, ανεξάρτητα από σύνορα γεωγραφικά, πολιτικά, πολιτιστικά, θρησκευτικά, γλωσσικά ή βασιζόμενα στο φύλο*» και ότι *«… ο επαναπροσανατολισμός της εκπαίδευσης στο σύνολο της, όπως επιτάσσει το Κεφάλαιο 36 της Agenda 21, πρέπει να εμπλέκει όχι μόνο την εκπαιδευτική κοινότητα, αλλά επίσης τις Κυβερνήσεις, τους οικονομικούς φορείς και άλλους εταίρους*».

Στο Άρθρο 11 της Διακήρυξης της Θεσσαλονίκης, η παιδεία αναγνωρίζεται ως ισότιμος πυλώνας της αειφορίας μαζί με την οικονομία, τη νομοθεσία και την τεχνολογία και μάλιστα ως το υπόβαθρο και την προϋπόθεση της αποτελεσματικής λειτουργίας των άλλων τριών. Στο ίδιο άρθρο προτείνεται ο όρος «*Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και την Αειφορία*». Βασικός στόχος της είναι η προώθηση σε τοπικό, εθνικό και διεθνές επίπεδο μιας αποτελεσματικής εκπαίδευσης για την αειφόρο ανάπτυξη μέσα από την ενσωμάτωση της «κοινωνικής» και «αναπτυξιακής» εκπαίδευσης, της οποίας το περιεχόμενο αναφέρεται αφενός στη γνώση των φυσικών διαδικασιών και των τρόπων ορθολογικής διαχείρισης των φυσικών πόρων με σκοπό τη διατήρηση του περιβάλλοντος ή και την αποκατάστασή του όπου αυτό έχει διαταραχθεί και αφετέρου στην υιοθέτηση των κοινωνικών αξιών της συμμετοχής, της αλληλεγγύης, της δικαιοσύνης και της διαφορετικότητας στο πλαίσιο της κοινωνικής συνοχής. Πάντως οι ερευνητές, οι εκπαιδευτικοί και γενικότερα ο κόσμος της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης σε παγκόσμιο επίπεδο θεωρούν την παραπάνω διακήρυξη ως μια διακήρυξη για την περιβαλλοντική εκπαίδευση.

Η Διάσκεψη της Θεσσαλονίκης κατέληγε ότι «ο επαναπροσανατολισμός της εκπαίδευσης προς την αειφορία, αφορά όλα τα επίπεδα της τυπικής, μη τυπικής και άτυπης εκπαίδευσης σε όλες τις χώρες» και προτείνει ότι η δράση για τυπική εκπαίδευση με στέρεους και σταθερούς στόχους,

καθώς και οι στρατηγικές για μη τυπική και άτυπη εκπαίδευση, πρέπει να τελειοποιηθούν σε εθνικά και τοπικά επίπεδα (UNESCO-EPD-97/CONF.401/CLD.2 Διακήρυξη της Θεσσαλονίκης, 1997).

- **Παγκόσμια διάσκεψη κορυφής για την αειφόρο ανάπτυξη - 2002**

Τα δύο επίσημα έγγραφα, που υιοθετήθηκαν από τις εθνικές κυβερνήσεις στη σύνοδο κορυφής στο Γιοχάνεσμπουργκ, ήταν η Δήλωση του Γιοχάνεσμπουργκ και το Σχέδιο της Εφαρμογής. Οι πέντε βασικοί θεματικοί άξονες στο Σχέδιο Εφαρμογής είναι:

- Η καταπολέμηση της φτώχειας και η αποτελεσματική προστασία του περιβάλλοντος.
- Η αλλαγή των μη αειφόρων προτύπων παραγωγής και κατανάλωσης.
- Η προστασία των φυσικών πόρων και η αποτελεσματική χρήση και διαχείρισή τους, με βάση την αρχή της αειφορίας.
- Η παγκοσμιοποίηση σε συνδυασμό με την αειφόρο ανάπτυξη.
- Η αναδιαμόρφωση της διεθνούς θεσμικής αρχιτεκτονικής στον τομέα της προστασίας του περιβάλλοντος και της βιώσιμης ανάπτυξης (Καραγεώργου, 2002).

Στην Παγκόσμια Συνδιάσκεψη της ολομέλειας του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών η δεκαετία 2005 - 2014 ανακηρύχθηκε ως Παγκόσμια δεκαετία της εκπαίδευσης για την αειφορία. Κύριο θεματικό της πεδίο είναι η υιοθέτηση ενός συστήματος αξιών, το οποίο θα αλλάξει ριζικά το κυρίαρχο καταναλωτικό πρότυπο πάνω στο οποίο βασίζεται το σημερινό οικονομικό μοντέλο. Ουσιαστικά στοχεύει στη δημιουργία ενεργών πολιτών με περιβαλλοντική συνείδηση. Έτσι λοιπόν, τα σχολικά έτη της δεκαετίας 2005- 2014 χαρακτηρίζονται με το παρακάτω θεματικό περιεχόμενο:

2006: Νερό – Γαλάζιος Πλανήτης
2007: Καταναλωτισμός & Περιβάλλον
2008: Δάσος – Πράσινος Πλανήτης
2009: Γεωργία, Διατροφή & Ποιότητα Ζωής
2010: Ενέργεια- Ανανεώσιμες Πηγές & Τοπικές Κοινωνίες
2011: Εκπαίδευση για τα Ανθρώπινα Δικαιώματα
2012: Υγεία & Παραγωγικές Διαδικασίες
2013: Ανθρωπογενές Περιβάλλον & Αειφόρος Διαχείριση
2014: Ενεργοί Πολίτες

Στο πλαίσιο αυτό, τα σχολικά προγράμματα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης προτρέπονται να εργαστούν σε γνωστικές περιοχές σχετικές με το θεματικό έτος και ταυτόχρονα, να καταλήξουν, τόσο μέσα από διαδικασίες επίλυσης προβλημάτων, όσο και από προσεγγίσεις θεωρητικές και

βιωματικές, σε προτεινόμενες πρωτοβουλίες και δράσεις της μαθητικής κοινότητας, με επίδραση στην τοπική κοινωνία ή την πολιτεία. Η εκπαίδευση για την αειφορία επεκτείνεται σε όλα τα επίπεδα της τυπικής και μη τυπικής / άτυπης εκπαίδευσης σε όλες τις χώρες. Ως έννοια περιλαμβάνει όχι μόνο το περιβάλλον, αλλά και τα προβλήματα της φτώχειας, του πληθυσμού, της υγείας, της εξασφάλισης τροφής, της δημοκρατίας, των ανθρωπίνων δικαιωμάτων και της ειρήνης.

- **Κίεβο - 2003**

Κατά τη διάρκεια της περιφερειακής συνάντησης στο Κίεβο, τα Ηνωμένα Έθνη, η UNESCO και η Ευρωπαϊκή Ένωση αποδέχονται μια *Κοινή Δήλωση για την Εκπαίδευση.* Από τότε και στο εξής αναπτύσσουν ένα κείμενο στρατηγικής που μεταφράζεται σε κάθε γλώσσα και μετασχηματίζεται σε εθνική στρατηγική με βάση τις εθνικές ανάγκες και επιλογές.

- **Βίλνα - 2005**

Στο Βίλνιους, το 2005, στη συνάντηση των Υπουργών Περιβάλλοντος και Παιδείας της Οικονομικής Επιτροπής των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη (UNECE) καθορίστηκε η στρατηγική της UNECE για την εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη. Οι στόχοι της στρατηγικής ήταν (UN, ECONOMIC AND SOCIAL COUNCIL, 2005):

- Να εξασφαλίσει πολιτικά, ρυθμιστικά και λειτουργικά πλαίσια υποστήριξης της εκπαίδευσης για την αειφόρο ανάπτυξη.
- Να προωθήσει την εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη μέσω της τυπικής, μη τυπικής και άτυπης εκπαίδευσης.
- Να εξοπλίσει τους εκπαιδευτικούς με την ικανότητα να συμπεριλάβουν στη διδασκαλία τους την εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη
- Να εξασφαλίσει ότι τα αναγκαία για την εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη εργαλεία και υλικά είναι προσιτά.
- Να προωθήσει την έρευνα και την ανάπτυξη της εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη
- Να ενισχύσει τη συνεργασία για την εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη σε όλα τα επίπεδα μέσα στην περιοχή της UNECE.

Η εκπόνηση της στρατηγικής για την εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη υιοθετήθηκε από τους Υπουργούς Περιβάλλοντος και Παιδείας 55 χωρών (Χώρες ΕΕ, Τουρκία, Ισραήλ, Χώρες Κεντρικής Ασίας, Καναδάς και ΗΠΑ).

- **Στρασβούργο - 2006**

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο εγκρίνει την ανανεωμένη Στρατηγική της Ε.Ε. για την αειφόρο ανάπτυξη (Επισκόπηση της Συνόδου Ευρωπαϊκής Ολομέλειας, 2006). Κύριοι άξονες αυτής της Στρατηγικής είναι: η περιβαλλοντική πολιτική, η πολιτική της κοινωνικής αλληλεγγύης και η σύνθεση των πολιτικών σε όλους τους τομείς. Ταυτόχρονα, αποφασίζεται ότι η οικονομική αειφορία και η μείωση της φτώχειας θα πρέπει να έχουν ίση προτεραιότητα με περιβαλλοντικούς στόχους. Για να πραγματοποιηθεί, η αρχή της αειφορίας, θα πρέπει να συνδυαστούν η κοινωνική πρόοδος -που θα αναγνωρίζει και θα λαμβάνει υπόψη τις ανάγκες όλων των πολιτών-, η αποτελεσματική περιβαλλοντική διαχείριση και η διατήρηση υψηλών ρυθμών οικονομικής μεγέθυνσης και απασχόλησης.

- **Βρυξέλλες - 2007**

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο σε σχετικό ψήφισμα τονίζει, μεταξύ άλλων, ότι η προαγωγή της αειφορικής οικονομικής ανάπτυξης και η εξάλειψη της φτώχειας, με παράλληλη διασφάλιση της προστασίας του περιβάλλοντος, είναι από τις σημαντικότερες προκλήσεις των πολιτικών αναπτυξιακής συνεργασίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης., οι οποίες δεν είναι δυνατόν να επιτευχθούν χωρίς τον καθορισμό κοινωνικών και περιβαλλοντικών στόχων, που περιλαμβάνουν την περιβαλλοντική προστασία, τη δίκαιη πρόσβαση στους φυσικούς πόρους, καθώς και τον επιμερισμό των οφελών τους.

- **Κοπεγχάγη - 2009**

Στην ιστορική Διάσκεψη της Κοπεγχάγης βασική επιδίωξη αποτελούσε η επίτευξη μίας παγκόσμιας νέας, ενιαίας, και νομικά δεσμευτικής συμφωνίας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, η οποία θα αντικαθιστούσε το πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο λήγει το 2012. Αντικειμενικοί στόχοι των διαπραγματεύσεων της συγκεκριμένης διασκέψεως ήταν μεταξύ άλλων ο καθορισμός των επιπέδων δέσμευσης όλων των αναπτυγμένων κρατών για συγκεκριμένα ποσοστά μείωσης των παραγόμενων ρύπων και η επίτευξη δέσμευσης για μέτρα μείωσης των εκπομπών αερίων των αναπτυσσόμενων χωρών. Ειδικότερα και σε ότι αφορά στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή κοινοποίησε επισήμως την πρόθεση της να συμμετάσχει στη Συμφωνία και υπέβαλε τους στόχους που έχει θέσει η Ευρώπη για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με χρονικό ορίζοντα το 2020. Κατά συνέπεια, η Ευρωπαϊκή Ένωση δεσμεύτηκε να επιδιώξει έναν ανεξάρτητο στόχο μείωσης των εκπομπών έως το 2020, σε όλο το φάσμα της

οικονομίας, κατά 20% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 και να ανεβάσει τη μείωση αυτή σε 30% υπό ορισμένους όρους που θα συμφωνηθούν στο Ευρωπαϊκό Συμβούλιο.

1.3.5 Οι κύριες δράσεις στην Ελλάδα για την προώθηση της εκπαίδευσης για την αειφορία (Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας, 2009)

Το Ελληνικό Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων συμβαδίζοντας με τους στόχους της UNESCO, διαμόρφωσε δράσεις για την τρέχουσα δεκαετία, οι οποίες αφενός στοχεύουν στο να καλλιεργήσουν στους μαθητές στάσεις που χαρακτηρίζουν τον ενεργό πολίτη και αφετέρου προωθούν το άνοιγμα του σχολείου στην κοινωνία, μέσω της από κοινού υλοποίησης δράσεων με κοινωνικούς φορείς. Στο πλαίσιο αυτό, η χώρα μας έχει συνυπογράψει τη στρατηγική της εκπαίδευσης για την αειφόρο ανάπτυξη, που εγκρίθηκε κατά τη Συνάντηση Υψηλού Επιπέδου των Υπουργών Περιβάλλοντος και Παιδείας των χωρών της Οικονομικής Επιτροπής για την Ευρώπη των Ηνωμένων Εθνών (UNECE), στη Βίλνα το 2005. Επιπρόσθετα, η χώρα μας έχει την προεδρία της Διοικούσας Επιτροπής της εκπαίδευσης για την αειφόρο ανάπτυξη, (Οργανωτική Επιτροπή-*Steering Committee*- της UNECE), μεταξύ 45 εκπροσώπων κρατών και διεθνών οργανισμών.

Μετά την επιτυχία του διεθνούς συνεδρίου για την επίσημη έναρξη της Δεκαετίας για την Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη στις Παραμεσόγειες χώρες, που πραγματοποίησε το ΥΠΕΠΘ το Νοέμβριο του 2005 στην Αθήνα, τα κράτη – μέλη της UNECE ανέθεσαν στη χώρα μας την προεδρία της Οργανωτικής Επιτροπής, προεδρία η οποία το Δεκέμβριο του 2007 ανανεώθηκε μέχρι το 2014. Αντικείμενο αυτής της επιτροπής είναι κυρίως η παρακολούθηση της εφαρμογής της εκπαίδευσης για την αειφόρο ανάπτυξη στα κράτη – μέλη. Με βάση τη Στρατηγική αυτή, θα ληφθούν συγκεκριμένα μέτρα προσαρμογής των υφιστάμενων Προγραμμάτων περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, εκπαίδευσης για την ισότητα των φύλων, αγωγής υγείας, ανθρωπίνων δικαιωμάτων κ.λπ., στο πλαίσιο της εκπαίδευσης για την αειφόρο ανάπτυξη και εφαρμογής της στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα. Φορείς που θα συνεργασθούν και θα εφαρμόσουν το πρόγραμμα της εκπαίδευσης για την αειφόρο ανάπτυξη είναι: το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, τα Κέντρα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης, μη κυβερνητικές οργανώσεις, η Εθνική Επιτροπή Εκπαίδευσης για την Αειφόρο Ανάπτυξη, Ιδρύματα Ανώτατης Εκπαίδευσης και τα υφιστάμενα θεματικά δίκτυα των σχολικών μονάδων.

Σημαντικό γεγονός αποτελεί η σύσταση των Εθνικών Επιτροπών προκειμένου να ενθαρρύνουν συνεργασίες φορέων σε περιφερειακό, ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο για το συντονισμό των δράσεων που προβλέπονται κατά τη διάρκεια της δεκαετίας 2005-2014. Στόχος τους είναι η δραστηριοποίησή τους -μέσω μιας σειράς δημόσιων προσκλήσεων και γεγονότων- για την αύξηση

της δημόσιας εγρήγορσης σχετικά με τα θέματα της Εκπαίδευσης για την Αειφορία. Οι Εθνικές Επιτροπές, σε διασύνδεση με τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών και την UNESCO, αποτελούν ένα συνεργατικό δίκτυο υποστήριξης των δραστηριοτήτων που αναπτύσσονται από εθνικούς φορείς για την υιοθέτηση αειφόρων πρακτικών σε τοπικό επίπεδο.

Επιπρόσθετα, δύο ακόμα βασικά στοιχεία προώθησης της Εκπαίδευσης για το περιβάλλον και την αειφορία αποτελούν ο επαναπροσδιορισμός του ρόλου των Κέντρων Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (Κ.Π.Ε.), η εμπλοκή τους στην τοπική ανάπτυξη (Τσαλίκη, 2003) αλλά και η επιμόρφωση εκπαιδευτικών σε επιστημονικά και παιδαγωγικά θέματα που σχετίζονται με τους στόχους της δεκαετίας 2005-2014 καθώς επίσης και η παραγωγή σχετικού εκπαιδευτικού υλικού.

Πάντως, οι στόχοι που θέτει η UNESCO για την εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία επικεντρώνονται στα παρακάτω σημεία (UNESCO, 2007): α) Ενσωμάτωση της αειφόρου ανάπτυξης στις εκπαιδευτικές δραστηριότητες β) Αναμόρφωση του περιεχομένου των αναλυτικών Προγραμμάτων από το νηπιαγωγείο μέχρι το πανεπιστήμιο γ) Προσανατολισμός της δια βίου εκπαίδευσης στην απόκτηση γνώσεων, δεξιοτήτων και αξιών που απαιτούνται από τους πολίτες για τη βελτίωση της ποιότητας της ζωής σε έναν αειφόρο κόσμο δ) Παροχή συνεχούς επιμόρφωσης σε ιθύνοντες και εκπαιδευτικούς

Τα καθοριστικά κείμενα της υποχρεωτικής εκπαίδευσης (Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών και Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών) περιλαμβάνουν στις βασικές αρχές και στην στοχοθεσία τους γνώσεις, δεξιότητες και αξίες που απαιτεί η αειφορία: «[…..] Ειδικότερα, και σχετικά με τη βελτίωση των συνθηκών του περιβάλλοντος και τη διατήρηση της βιωσιμότητας του πλανήτη μας, οι κοινωνικές ανάγκες επιβάλλουν τη διαμόρφωση στάσεων και συμπεριφορών που δεν θέτουν σε κίνδυνο τη εξάντληση των φυσικών πόρων, οι οποίοι προορίζονται για την κάλυψη των αναγκών των επόμενων γενεών. Η αειφόρος ανάπτυξη αποτελεί αδιαμφισβήτητη πρόταση για την εξασφάλιση της ευημερίας σε ολόκληρο τον πλανήτη, μέσα από την προστασία και τη διατήρηση της ισορροπίας του περιβάλλοντος. Η πρόταση αυτή απαιτεί τον επαναπροσδιορισμό των αναγκών του ατόμου και των κοινωνικών ομάδων, γεγονός που επιβάλει, με τη σειρά του, επαναπροσδιορισμό του συστήματος αξιών που έχουμε υιοθετήσει μέχρι σήμερα ως άτομα και ως κοινωνίες. Για να επιτευχθεί αυτός ο σκοπός, απαιτείται κατάλληλη παιδεία, […] στο θέμα της σωστής διαχείρισης των φυσικών πόρων, με στόχο την ακύρωση κάθε κερδοσκοπικής προσπάθειας, που θέτει σε μακροπρόθεσμο κίνδυνο το φυσικό περιβάλλον […….]» (Δ.Ε.Π.Π.Σ., 2003).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΡΑΣΙΝΗ ΧΗΜΕΙΑ: ΜΙΑ ΝΕΑ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

2.1 Η θέση της χημείας στον σύγχρονο κόσμο και ο περιβαλλοντικός της ρόλος

2.1.1 Η απαρχή της επιστήμης και η περιβαλλοντική υποβάθμιση

Για να γίνει κατανοητή η φύση της χημικής επιστήμης, η χρονική εξέλιξη της και ο περιβαλλοντικός της ρόλος είναι απαραίτητο να επισημανθεί η καταγωγή της. Η ιστορία της χημείας, διαιρείται σε δύο περιόδους, καταφανώς οριοθετημένες: την προεπιστημονική εποχή (από την αρχαιότητα μέχρι τις αρχές του 16^{ου} αιώνα) και την επιστημονική (από τις αρχές του 16^{ου} μέχρι σήμερα) (Stengers & Bensaude-Vincent, 1999˙ Leicester, 1993). Επιχειρώντας μια ιστορική αναδρομή, διαφαίνεται ότι οι τεχνολογικοί κλάδοι της πρώιμης χημείας ανιχνεύονται στους προϊστορικούς χρόνους (Lambert, 2002). Οι άνθρωποι έγιναν «χημικοί» όταν ξεκίνησαν να μεταβάλλουν τη χημική σύσταση των ακατέργαστων πρώτων υλικών. Μετέτρεπαν τον πηλό σε αγγεία, την άμμο σε γυαλί, το ορυκτό-μετάλλευμα σε μέταλλο και ποικίλα οργανικά και ανόργανα υλικά σε βαφές και χρώματα (Κατάκης, 2002). Οι δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυτού του τεχνικού πολιτισμού και τεχνικών μεθόδων επικεντρώνονταν στις πυρκαγιές, στην εξαφάνιση ορισμένων ειδών, στην υπερβόσκηση, καθώς και στις καταστροφικές για το περιβάλλον πολεμικές συρράξεις.

Προκειμένου να υπάρχει αντικειμενικότητα θα λέγαμε ότι οι απαρχές της περιβαλλοντικής υποβάθμισης ανιχνεύονται στη βιομηχανική περίοδο, κατά τη διάρκεια της οποίας αρχίζει η εκτεταμένη χρήση των ορυκτών καυσίμων αλλά, και η εκθετική αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού (Τμήμα Περιβάλλοντος Πανεπιστημίου Αιγαίου, 2007). Από τότε και μέχρι σήμερα η ποιότητα του περιβάλλοντος διαρκώς φθίνει, αφού εμφανίζονται δραστικές αλλαγές στους ρυθμούς μεταβολής κρίσιμων περιβαλλοντικών παραμέτρων. Οι επιστήμονες σήμερα, αντιμετωπίζοντας ενιαία και συνολικά τη βιόσφαιρα μιλάνε για παγκόσμια περιβαλλοντικά πλανητικά προβλήματα, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, τη μείωση της συγκέντρωσης του στρατοσφαιρικού όζοντος, κά, τα οποία ανάγονται σε πολλά τοπικά προβλήματα.

2.1.2 Η «καλή» και η «κακή» χημεία

Η χημεία είναι βασικός παράγοντας ανάπτυξης κάθε βιομηχανοποιημένης χώρας. Όπως ήδη αναφέρθηκε, αποτελεί μια από τις πιο παλιές επιστήμες. Δεν είναι τυχαίο ότι καλείται «κεντρική επιστήμη» αφού προσφέρει τα μέγιστα στην γεωπονία, στη μηχανική, στην ιατρική, στην ηλεκτρονική, στη βιολογία, στην περιβαλλοντική επιστήμη, στη μεταλλουργία, στη γεωλογία και

στην επιστήμη των υπολογιστών (Breslow, 1997). Αναμφισβήτητα τα επιτεύγματα της χημείας αύξησαν τον μέσο όρο ζωής και βοήθησαν στην βελτίωση της ποιότητας της καθημερινής ζωής. Αγαθά και διαδικασίες, όπως είναι τα καύσιμα, τα φάρμακα, οι υφάνσιμες ύλες, τα καλλυντικά, τα αρώματα, τα λιπάσματα, τα γεωργικά φάρμακα, τα απορρυπαντικά, ο καθαρισμός του νερού και του αέρα είναι αποτελέσματα της επιστήμης της χημείας.

Δυστυχώς όμως, οι διαδικασίες παραγωγής όλων των παραπάνω αγαθών είχαν και αρνητικές συνέπειες τόσο στο περιβάλλον, όσο και στην ανθρώπινη υγεία. Η παρασκευή, η αλόγιστη χρήση και η διάθεση των συνθετικών χημικών ουσιών από την χημική βιομηχανία οδήγησαν σε φαινόμενα περιβαλλοντικής υποβάθμισης, όπως είναι η ρύπανση της ατμόσφαιρας, των υδάτων και του εδάφους, η διατάραξη των οικοσυστημάτων και η μείωση της βιοποικιλότητας καθώς επίσης και σε προβλήματα που σχετίζονται με την ανθρώπινη υγεία όπως οι καρκινογενέσεις, οι μεταλλάξεις και οι ορμονικές δυσλειτουργίες. Ενδεικτικές αλλά πολύ χαρακτηριστικές περιπτώσεις που επιβεβαιώνουν τα παραπάνω αποτελούν: α) η εκτεταμένη χρήση του εντομοκτόνου DDT το οποίο λόγω βιοσσυσώρευσης προκάλεσε βλάβες στη βιοποικιλότητα β) η θαλιδομίδη, ουσία η οποία χορηγούνταν στις εγκύους για την καταπολέμηση της «πρωινής αδιαθεσίας» και ευθυνόταν για τις σημαντικές γενετικές ανωμαλίες με τις οποίες γεννιόνταν τα βρέφη τη δεκαετία του εβδομήντα γ) η όξυνση των επιφανειακών υδάτων μέσω της όξινης βροχής με πιο χαρακτηριστική την περίπτωση της Σουηδίας, όπου το 1970 παρατηρήθηκε ότι η οξύτητα σε 18.000 λίμνες της είχε ξεπεράσει τα φυσιολογικά όρια και στις μισές από αυτές, ο πληθυσμός των ψαριών είχε μειωθεί δραματικά (Καστανίδη, 2008).

Στο σημείο αυτό και επιπρόσθετα με όλα τα παραπάνω, θα πρέπει να επισημανθούν και τα διάφορα ατυχήματα που κατά καιρούς έχουν συμβεί και τα οποία, εκτός των δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων είχαν σημαντικές απώλειες ανθρώπινων ζωών. Ενδεικτική είναι η γνωστή περίπτωση του ατυχήματος σε εργοστάσιο του Bhopal στην Ινδία όπου, ο αριθμός των νεκρών κυμάνθηκε μεταξύ 3000-10000, υπήρξαν πάνω από 500000 τραυματίες ενώ 50000 άτομα υπέστησαν ολική ή μερική αναπηρία. Ταυτόχρονα στην περιοχή προκλήθηκε εκτεταμένη χημική ρύπανση αφού, σύμφωνα με αναφορά της Greenpeace, στα υπόγεια ύδατα ανιχνεύτηκε τετραχλωρομεθάνιο σε επίπεδα 1705 φορές υψηλότερα από αυτά που προβλέπονται από την νομοθεσία, ενώ μετρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις υδραργύρου και άλλων τοξικών μετάλλων καθώς και οργανοχλωριωμένων ενώσεων στο έδαφος (Allen , 2000).

2.1.3 Η χημειοφοβία της κοινής γνώμης και οι διάφοροι περιβαλλοντικοί κανονισμοί

Δυστυχώς η χημεία, τα χημικά και οι χημικοί στην συνείδηση του κοινού παραμένουν συνυφασμένα με προβλήματα και κινδύνους. Έρευνα του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου Χημικής Βιομηχανίας (European Chemical Industry Council -CEFIC) επιβεβαιώνει ότι το 60% του κοινού έχει αρνητική γνώμη για την χημική βιομηχανία, ενώ σύμφωνα με μια άλλη έρευνα, η οποία πραγματοποιήθηκε, στις Ηνωμένες Πολιτείες για την Ένωση Χημικών Παρασκευαστών (Chemical Manufacturers Association-CMA) κατέληξε στο ότι μόνο το 26% του κοινού είναι φιλικά προσκείμενο στη χημική βιομηχανία. Οι κυριότεροι λόγοι για την κακή εικόνα της χημικής βιομηχανίας φαίνεται να είναι οι αρνητικές επιπτώσεις της στο περιβάλλον, η έλλειψη ασφάλειας και τα απόβλητα. Σύμφωνα με την ίδια έρευνα, λιγότερο από το ένα τρίτο των ερωτηθέντων πιστεύουν ότι η χημική βιομηχανία ενδιαφέρεται για την προστασία του περιβάλλοντος ενώ, λιγότεροι από τους μισούς θεωρούν ότι η χημική βιομηχανία ασχολείται με την ανάπτυξη τεχνικών που επιλύουν τα περιβαλλοντικά προβλήματα (Clark,1999).

Οι αρνητικές επιπτώσεις της χημείας, σε συνδυασμό με διάφορα μεγάλα ατυχήματα δημιούργησαν «χημειοφοβία» στο ευρύ κοινό δηλαδή φόβο για την χημεία και τα χημικά. Τα επιτεύγματα της επιστήμης της χημείας υπερκαλύπτονταν από τα δυσάρεστα συμβάντα και διαμόρφωναν αρνητικά την κοινή γνώμη.

Ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του 60, αναπτύχθηκαν με γοργούς ρυθμούς περιβαλλοντικοί νόμοι και κανονισμοί. Η θέσπιση τους συνήθως γινόταν μετά από κάποιο περιστατικό μεγάλης περιβαλλοντικής καταστροφής και επέφεραν δαπάνες, περιορισμούς στην χρήση χημικών και αύξηση των δοκιμών στις χημικές ουσίες προκειμένου να καθοριστεί η επικινδυνότητα τους (Anastas & Warner, 1998˙ Environmental Protection Agency, 2011a).

Καθώς οι συνέπειες της τοξικότητας γίνονταν περισσότερο γνωστές, οι περιβαλλοντικοί νόμοι αντικατόπτριζαν τη γνώση αυτή, μέσω του αυστηρότερου ελέγχου των ποσοτήτων των παραγόμενων απόβλητων. Στην ουσία καθορίζονταν ανώτερα επιτρεπτά επίπεδα συγκεντρώσεων (παραμετρικές τιμές), ωστόσο στην περίπτωση αυτή, δεν συνυπολογίζονταν οι συνεργιστικές επιδράσεις των άλλων χημικών ουσιών.

Ταυτόχρονα με όλα αυτά το ενδιαφέρον του κοινού αυξανόταν και αναζητούσε περισσότερη πληροφόρηση σχετικά με τα χημικά. Για παράδειγμα στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, περίπου το 1986 τέθηκε σε ισχύ ο νόμος του Επείγοντος Σχεδιασμού και του Δικαιώματος της Κοινότητας να μάθει (Emergency Planning and Community Right-to-Know Act-EPCRA). Με αυτόν τον τρόπο το κοινό ενημερωνόταν για τις χημικές ουσίες που απελευθερώνονταν από τη βιομηχανία στον αέρα, στο νερό και στο έδαφος και τις τοξικές επιδράσεις τους (Goldman, 1992˙ Konar & Cohen,

1997). Κατά συνέπεια, η βιομηχανία αντιμετώπιζε τεράστια πίεση, όχι μόνο για μείωση της έκλυσης τοξικών χημικών στο περιβάλλον, αλλά και της χρήσης τους. Επίσης, από το 1989, τηρείται αρχείο των εκλυόμενων από τη βιομηχανία τοξικών χημικών στο περιβάλλον (Toxics Release Inventory, TRI). Η τήρηση αυτού του αρχείου θεωρείται ότι συνεισέφερε στη μείωση των τοξικών χημικών εκπομπών κατά 45% (Koehler & Spengler, 2007).

Στις αρχές της δεκαετίας του 90, στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής ψηφίστηκε ο νόμος για την Πρόληψη της Ρύπανσης (Pollution Prevention Act, PPA), ο οποίος για πρώτη φορά διαμορφώσει πολιτική πρόληψης δημιουργίας αποβλήτων (Bayrakal, 2006). Επιπρόσθετα το συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης το 1996 εξέδωσε την οδηγία IPPC [Οδηγία 96/61/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου (24/9/1996)] σχετικά με την ολοκληρωμένη πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης από βιομηχανικές και γεωργικές δραστηριότητες, υψηλού δυναμικού ρύπανσης όπως ενεργειακές βιομηχανίες, παραγωγή και μεταποίηση μετάλλων, εξορυκτική και χημική βιομηχανία.

Από τον Ιούνιο του 2007 και σε συνέχεια των οδηγιών που έχουν πλέον αναπτυχθεί ισχύει ο περιβόητος κανονισμός REACH (Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals), ο οποίος υιοθετήθηκε τυπικά από το Ευρωπαϊκό κοινοβούλιο τον Δεκέμβριο του 2006 (European Environmental Agency, 2011a). Ο νέος αυτός κανονισμός στοχεύει στην βελτίωση της προστασίας της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος μέσω της καλύτερης αποτίμησης των χημικών ουσιών. Έτσι, ο κανονισμός REACH του οποίου η εφαρμογή έγινε υποχρεωτική από την 1η Ιουνίου 2007 αποδίδει μεγάλη υπευθυνότητα στην βιομηχανία και απαιτεί από τους κατασκευαστές και εισαγωγείς να δίνουν πληροφορίες για τις ουσίες που υπάρχουν στα είδη που πωλούν και να εγγράφουν τις πληροφορίες σε μια βάση δεδομένων. Ουσιαστικά, ο κανονισμός οδηγεί τελικά σε μια προοδευτική αντικατάσταση των πιο επικίνδυνων για την υγεία και το περιβάλλον χημικών ουσιών, από εναλλακτικά-πράσινα χημικά (Valavanidis, Scoullos, Mantzara & Tomassini, 2007).

Επίσης, τα τελευταία χρόνια, σε παγκόσμιο επίπεδο παρατηρείται μια στροφή προς νέα πρότυπα, τα οποία συνεισφέρουν και ενδυναμώνουν τις προσπάθειες για την προστασία του περιβάλλοντος. Στα πλαίσια αυτά, ένα από τα σημαντικότερα θέματα που αφορά στις επιχειρήσεις και στους διάφορους οργανισμούς είναι η **Περιβαλλοντική Διαχείριση** (Environmental Management). Τα συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης είναι μία μεθοδολογία συστηματοποίησης των διεργασιών μίας επιχείρησης, με σκοπό τη βελτίωση των περιβαλλοντικών και κατ' επέκταση οικονομικών της επιδόσεων, αφού η εφαρμογή τους ισχυροποιεί την ανταγωνιστική θέση της στο επιχειρηματικό πεδίο και μειώνει το κόστος παραγωγής και λειτουργίας (Αραβώσης, 2002). Η συμμόρφωση με την περιβαλλοντική νομοθεσία, η ανταπόκριση στις πιέσεις της αγοράς για προϊόντα και διαδικασίες που δεν εμπλέκονται στην αλόγιστη

κατανάλωση πόρων αποτελούν ορισμένα από τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής ενός συστήματος περιβαλλοντικής διαχείρισης μέσω του οποίου μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας, πραγματοποιείται ορθολογική διαχείριση των αποβλήτων και μειώνονται οι εκπομπές των ατμοσφαιρικών ρύπων. Παράλληλα, μέσω της εφαρμογής των συστημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης δημιουργούνται ευκαιρίες για συνεργασίες με μεγάλα βιομηχανικά και εμπορικά συγκροτήματα που αναζητούν προμηθευτές με ξεχωριστή περιβαλλοντική επίδοση και τεκμηριωμένη αξιοπιστία, οπότε απευθείας αυτό αποτελεί ένα λόγο που οδηγεί τις επιχειρήσεις να επενδύουν στην ανάπτυξη συστημάτων περιβαλλοντικής διαχείρισης, είτε σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο ISO 14001, είτε σύμφωνα με το ευρωπαϊκό σχήμα-πλαίσιο EMAS (Eco-Management Audit Scheme) (Κανονισμός 761/2001/ΕΚ & Κανονισμός EMAS 1836/93). Παράλληλα τα βραβεία EMAS AWARDS τα οποία έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή μέσω των οποίων επιβραβεύονται οι καλύτεροι φορείς για την περιβαλλοντική τους επίδοση συνεπικουρούν προς την κατεύθυνση αυτή.

Όλα τα παραπάνω και πολλά περισσότερα είχαν, εκτός των άλλων ως αποτέλεσμα να παρακινηθούν οι βιομηχανίες να αναζητήσουν υποκατάστατα και εναλλακτικές χημικές ουσίες, με μικρότερο ή μηδενικό περιβαλλοντικό αντίκτυπο οπότε, δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι, από το 1990, η πράσινη χημεία, όντας ένας ιδιαίτερος τρόπος πρόληψης της ρύπανσης βρίσκεται στο επίκεντρο της παγκόσμιας επιστημονικής κοινότητας και εμπλέκεται σε ένα μεγάλο αριθμό δραστηριοτήτων. Μιας και ζούμε στην εποχή της Πληροφορίας θα πρέπει στο σημείο αυτό να αναφέρουμε την συμβολή των μέσων μαζικής ενημέρωσης στη διάχυση της. Σήμερα, η πράσινη χημεία κερδίζει συνεχώς έδαφος τόσο μέσα στα Πανεπιστήμια και στην βιομηχανία, όσο και στο ευρύ κοινό, ενώ υπάρχουν και πολλά δημοσιεύματα στον τύπο μέσα από τα οποία πρωτοπόροι καθηγητές και ερευνητές τονίζουν συνεχώς τη σημασία του επιστημονικού αυτού πεδίου (New York Times, 2009a) με ιδιαίτερη έμφαση στο γεγονός ότι η χημεία και η βιωσιμότητα δεν είναι δύο έννοιες αλληλοσυγκρουόμενες (New York Times, 2008b) υπογραμμίζοντας παράλληλα την σύνδεση της με την καθημερινή ζωή (LA Times, 2008).

2.2 Ένα νέο Παράδειγμα: Η πράσινη χημεία

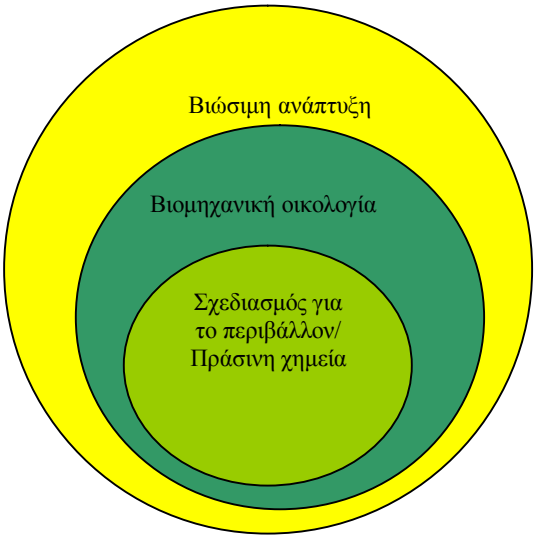
2.2.1 Μετατόπιση Παραδείγματος: Από την χημεία στην πράσινη χημεία και την βιομηχανική οικολογία

Η πράσινη χημεία είναι η απάντηση των λειτουργών της επιστήμης σε μια προσπάθεια τους να επαναπροσδιορίσουν την στάση τους προς το περιβάλλον. Η πράσινη χημεία αποτελεί μια νέα φιλοσοφία της επιστήμης της χημείας, ένα καινούργιο Παράδειγμα (Paradigm). Κατά τον Kuhn ως

Παράδειγμα νοείται «ένα σύνολο πεποιθήσεων, αναγνωρισμένων τεχνικών και αξιών που ασπάζονται τα μέλη μιας δεδομένης ομάδας επιστημόνων. Περικλείει ταυτόχρονα νόμους, θεωρίες, εφαρμογές και πειραματισμό και αποτελείται από ένα ισχυρό πλέγμα εννοιολογικών, θεωρητικών, πειραματικών και μεθοδολογικών παραδοχών» (Kuhn, 1981).

Επιβεβαιώνοντας αυτήν τη μετατόπιση Παραδείγματος στην επιστήμη της χημείας, η οποία ξεκίνησε στον επιστημονικό χώρο στις αρχές της τελευταίας δεκαετίας του 20ου αιώνα, ο αμερικανός χημικός Paul Anastas, ο οποίος θεωρείται πατέρας της πράσινης χημείας (Royal Chemistry Society Publishing, 2011a˙ Hendrix College Official Website, 2011˙ Brandeis University, 2011˙ Chemical Strategies Partnership, 2011) υποστηρίζει ότι «η πράσινη χημεία είναι ένας ιδιαίτερος τρόπος πρόληψης της ρύπανσης αφού προσφέρει μια θεμελιώδη μεθοδολογία αλλαγής της εγγενούς φύσης ενός χημικού προϊόντος ή μιας χημικής διαδικασίας, έτσι ώστε αυτά να ενέχουν λιγότερους κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον».

Η πράσινη χημεία περιλαμβάνει όλες τις πρακτικές αποτροπής και πρόληψης της ρύπανσης κατά την παρασκευή χημικών προϊόντων. Με άλλα λόγια δεν διαχειρίζεται απλώς τα απόβλητα αλλά, προλαμβάνει τον σχηματισμό τους προάγοντας ταυτόχρονα και την βιομηχανική οικολογία. Η βιομηχανική οικολογία, με την σειρά της θεωρήθηκε από τον Λευκό Οίκο επί κυβερνήσεως Κλίντον το «νέο παράδειγμα» στην περιβαλλοντική προστασία. Θεωρείται ως το άθροισμα διαφόρων περιβαλλοντικών τάσεων που περιλαμβάνουν, τον βιομηχανικό μετασχηματισμό, τον σχεδιασμό για το περιβάλλον, την ανάλυση κύκλου ζωής των προϊόντων, την πράσινη χημεία, την προστασία από τη ρύπανση, τις φιλικά περιβαλλοντικές κατασκευές και την βιώσιμη ανάπτυξη. Σύμφωνα με το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας (*National Research Council*) των Ηνωμένων Πολιτειών η βιομηχανική οικολογία εντάσσεται στους τομείς αυξημένου ενδιαφέροντος για το μέλλον (Oldenburg & Geiser, 1997).



Η βιομηχανική οικολογία θεωρείται η διευρυμένη επιστήμη της βιωσιμότητας με έμφαση στην προσεκτική χρήση και επαναχρησιμοποίηση των πόρων. Επικεντρώνεται **στον σχεδιασμό για το περιβάλλον** (design for the environment) και την **πράσινη χημεία** (green chemistry) που αποτελούν τα κεντρικά κομμάτια της. Η πράσινη χημεία και ο σχεδιασμός για το περιβάλλον είναι οι συνιστώσες μιας μεθόδου περιβαλλοντικής προστασίας. Με δεδομένο ότι η πράσινη χημεία

παρέχει τις μεθόδους και τα υλικά με τα οποία μπορούν να γίνουν οι διεργασίες και να παρασκευαστούν προϊόντα και αναγνωρίζοντας ότι ο σχεδιασμός για το περιβάλλον προϋποθέτει την κατανόηση για τις αλλαγές που χρειάζεται να γίνουν σε αυτές τις μεθόδους και υλικά, μπορεί κανείς να κατανοήσει γιατί στην βιομηχανική οικολογία, η πράσινη χημεία αναφέρεται συχνά ως «**τεχνολογική ώθηση- πίεση -ανάγκη**» (*technology push*) και ο σχεδιασμός για το περιβάλλον ως «**τεχνολογική δύναμη-μέσο**» (*technology pull*) (Anastas & Breen, 1997). Κλασσικό παράδειγμα βιομηχανικής οικολογίας αποτελεί η ανάπτυξη μια μεθοδολογίας από τον καθηγητή Mark Holtzapple του Πανεπιστημίου του Τέξας κατά την οποία υλικά που αρχικά θεωρούνταν απόβλητα μετατρέπονται μέσω συγκεκριμένων τεχνικών σε ζωική τροφή, χημικά προϊόντα όπως βουτυρικό οξύ, ακετόνη και ισοπροπανόλη καθώς και καύσιμα. Σημειώνεται ότι ο συγκεκριμένος καθηγητής κέρδισε το 1996 την πρώτη θέση στα προεδρικά βραβεία πράσινης χημείας (Environmental Protection Agency, 1996b).

2.2.2 Η ορολογία, ο ορισμός της πράσινης χημείας και οι έννοιες που εμπεριέχει

Ο όρος πράσινη χημεία πρωτοχρησιμοποιήθηκε μεταξύ 1996 και 1997. Αντικείμενο μεγάλης συζήτησης αποτέλεσε η ορολογία η οποία θα απέδιδε πλήρως, ρητώς και χωρίς παρανοήσεις το νέο αυτό πεδίο. Δύο ήταν οι όροι που κυριάρχησαν: «*πράσινη χημεία*» ή «*βιώσιμη χημεία*». Και οι δύο αυτές εκφράσεις χρησιμοποιήθηκαν για να εκφράσουν στην ουσία την ίδια έννοια. Η λέξη «πράσινη» θεωρείται εντυπωσιακή, αλλά μπορεί να προσλάβει και άλλες σημασιολογικές ερμηνείες[1], ενώ ο όρος «βιώσιμη» μπορεί να παραφραστεί ως «η χημεία για τη βιώσιμη ανάπτυξη» και να μην αποδώσει πλήρως το γνωστικό αυτό πεδίο. Πάντως προτάθηκαν και άλλοι όροι όπως, «*η*

[1] *Σε πολλές χώρες η λέξη «πράσινο» σχετίζεται με πολιτικά κόμματα που ασχολούνται κατεξοχήν με περιβαλλοντικά ζητήματα. Στην Αμερική το πράσινο συμβολίζει το χρώμα το χρήματος. Σε περιοχές που χρησιμοποιούν το δολάριο ως νόμισμα, το πράσινο υποδηλώνει το χρήμα, την ευμάρεια, τον πλούτο και τον καπιταλισμό. Η σημαία της Λιβύης είναι εξολοκλήρου πράσινη. Το πράσινο είναι το παραδοσιακό χρώμα του Ισλάμ. Επίσης το πράσινο είναι το σύμβολο της Ιρλανδίας, το οποίο συχνά αναφέρεται ως "Το σμαραγδένιο νησί". Το πράσινο στη βρετανική παράδοση θεωρείται «γρουσούζικο» χρώμα. Στην θεϊκή κωμωδία του Δάντη, το πράσινο είναι το χρώμα της ελπίδας. Στην Ρωμαιοκαθολική εκκλησία το πράσινο συμβολίζει την ελπίδα και το δέντρο της ζωής. Επίσης το ίδιο χρώμα αποτελεί σύμβολο ασθένειας. Στην Ιαπωνία το πράσινο συμβολίζει την ασφάλεια και την πολυτέλεια, ενώ στην ρωσική γλώσσα το πράσινο είναι συνώνυμο του άγουρου.*

χημεία για το περιβάλλον», που όμως θεωρήθηκε ότι δεν αντικατοπτρίζει την οικονομική και κοινωνική διάσταση της αειφορίας (Tundo & Aricò, 2007).

Ο Paul Anastas και ο John Warner ορίζουν την πράσινη χημεία ως «την χρησιμοποίηση ενός συνόλου αρχών, με την εφαρμογή των οποίων μειώνεται ή εξαλείφεται η χρήση ή η δημιουργία επικίνδυνων ουσιών στις διεργασίες σχεδιασμού, παραγωγής και εφαρμογής των χημικών προϊόντων». Εκτός από τον όρο πράσινη χημεία περιγράφουν το πεδίο και με άλλες εκφράσεις που ουσιαστικά αποδίδουν την ίδια έννοια: περιβαλλοντικά ήπια χημική σύνθεση, εναλλακτικές συνθετικές οδοί για πρόληψη της ρύπανσης, σχεδιασμένη ως περιβαλλοντικά φιλική (Anastas & Warner, 1998).

Παρόμοια, ο ορισμός που υιοθετεί η IUPAC για την πράσινη χημεία έχει ως ακολούθως: «Η επινόηση, ο σχεδιασμός και η εφαρμογή χημικών προϊόντων και διεργασιών για την ελάττωση ή τον περιορισμό της χρήσης και της δημιουργίας επικίνδυνων ουσιών» (Tundo, Anastas, Black et al, 2000). Ο ορισμός αυτός σηματοδοτεί μια σημαντική μετατόπιση για τον τρόπο με τον οποίο λαμβάνονταν υπόψη ή αγνοούνταν τα περιβαλλοντικά προβλήματα, κατά τον σχεδιασμό των τόσο των μορίων, όσο και των διεργασιών της χημικής βιομηχανίας. Στην Ιαπωνία η πράσινη ή βιώσιμη χημεία έχει οριστεί ως η χημεία η οποία «διασφαλίζει την υγεία και την ασφάλεια των ανθρώπων και διατηρεί τους ενεργειακούς και φυσικούς πόρους μέσω των τεχνολογικών καινοτομιών που εισάγει, οι οποίες λαμβάνουν υπόψη τους τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος, τον σχεδιασμό, την επιλογή των πρώτων υλών, τα μέσα παραγωγής και χρήσης» (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2011).

Από τον ορισμό πάντως απορρέει ότι, απαιτώντας την επινόηση και τον σχεδιασμό οι επιπτώσεις από τα χημικά προϊόντα και τις διεργασίες λαμβάνονται υπόψη εξαρχής, ενώ επιπρόσθετα συνδέεται η επικινδυνότητα με τα κριτήρια της απόδοσης. Αντίθετα με την έμφαση που έδινε η κλασική επιστήμη στις σχηματιζόμενες ουσίες μιας διαδικασίας, η πράσινη χημεία εμφαίνει σε όλες τις χημικές ουσίες που λαμβάνουν μέρος σε μια διεργασία, δηλαδή στις πρώτες ύλες, στους χρησιμοποιούμενους διαλύτες, στα αντιδραστήρια, τα προϊόντα, τα συμπροϊόντα και τα παραπροϊόντα. Τέλος, από τον ορισμό της πράσινης χημείας προκύπτει ότι μέσω των τεχνικών που προτείνει δίνει μεγαλύτερη βαρύτητα στους εγγενείς κινδύνους των χημικών ουσιών παρά στις συνθήκες της χρήσης τους.

2.2.3 Η πράσινη χημεία ως όχημα επίτευξης της αειφορίας και οι λόγοι καθυστέρησης της εφαρμογής της

Τα τελευταία χρόνια η πράσινη χημεία βρίσκεται στο επίκεντρο της προσοχής αφού ακόμα και τα μέσα μαζικής ενημέρωσης αναφέρονται σε αυτήν ως την μεγάλη επανάσταση στην χημεία (American Chemical Society, 2007a). Ο καθηγητής βιομηχανικής και εφηρμοσμένης χημείας James Clark από το Πανεπιστήμιο του York παρατηρεί ότι η εφαρμογή της πράσινης χημείας έχει λάβει διεθνώς τη μορφή επανάστασης (Clark, 1999).

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, η υιοθέτηση της πράσινης χημείας ως πρωταρχικής μεθόδου πρόληψης της ρύπανσης είναι ένα σχετικά πρόσφατο φαινόμενο. Είναι λογικό λοιπόν, να αναρωτιόμαστε γιατί η προσέγγιση αυτή πραγματοποιείται τώρα. Η απάντηση βρίσκεται σε έναν συνδυασμό οικονομικών, επιστημονικών, ακόμα και κοινωνικών παραγόντων, ο οποίος έδρασε αθροιστικά μέσα στη δεκαετία του 90 και έδωσε ώθηση στην πράσινη χημεία (Tundo, & Aricò, 2007). Τις προηγούμενες δεκαετίες, οι χημικοί δεν είχαν την επαρκή και απαραίτητη γνώση για τους κινδύνους των χημικών και την σχέση δομής-δραστικότητας προκειμένου για την ανάπτυξη και εφαρμογή μιας περιβαλλοντικά φιλικής επιστήμης. Σήμερα, ως αποτέλεσμα της συνεχούς έρευνας και κατανόησης της μοριακής δομής γνωρίζουν πλέον τον τρόπο σχεδιασμού χημικών ενώσεων και διεργασιών οι οποίες είναι λιγότερο επικίνδυνες ή ακίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Γνωρίζουν επίσης να διαχειρίζονται την τοξικότητα ενώ, το συνεχώς αυξανόμενο υψηλό κόστος της χρήσης και διάθεσης επικίνδυνων ουσιών αποτελεί ένα κίνητρο ισχυρό για την εφαρμογή των αρχών της πράσινης χημείας στη βιομηχανία. Έτσι λοιπόν η απάντηση στο ερώτημα: γιατί τώρα ξεκινά η εφαρμογή της πράσινης χημείας είναι γιατί τώρα υπάρχουν τα απαραίτητα εκείνα επιστημονικά εργαλεία για να αντιμετωπιστούν τα περιβαλλοντικά ζητήματα σε μοριακό επίπεδο.

Η πράσινη χημεία διαδραματίζει θεμελιώδη ρόλο στην κρίσιμη πορεία της παγκόσμιας κοινότητας προς την βιωσιμότητα και την επίτευξη ενός αειφορικού πολιτισμού (Anastas, 2002˙ Collins, 2001). Ειδικότερα και σε ότι αφορά την περιβαλλοντική προστασία η πράσινη χημεία αποτελεί μια από τις βασικότερες επιλογές (Tundo & Seddon, 2006) ενώ, είναι στενά συνδεδεμένη και με το γρήγορα αναπτυσσόμενο πεδίο της περιβαλλοντικής οικονομίας (Uffelman, 2004).

Όλες οι ανθρώπινες δραστηριότητες που σχετίζονται με οικολογικά ζητήματα απαιτούν βιώσιμη θεώρηση (Jin, Wang & Wei, 2004). Η πράσινη χημεία δίνει λύσεις σε ζητήματα που σχετίζονται με την βιωσιμότητα του πλανήτη**.** Η εφαρμογή της είναι οικονομικά βιώσιμη γιατί είναι λιγότερο δαπανηρή από την κλασική χημεία, εφόσον οι αντιδράσεις της είναι αποτελεσματικότερες. Επίσης είναι βιώσιμη από την άποψη των υλικών, διότι χρησιμοποιεί αποτελεσματικά τις πρώτες

ύλες και τα υλικά. Τέλος, είναι βιώσιμη ως προς τα απόβλητα που παράγει καθώς οδηγεί στην ελαχιστοποίηση της ρύπανσης ή ακόμα και στην ολοκληρωτική πρόληψη της.

Τα πιο σημαντικά προβλήματα που αντιμετωπίζει ο πλανήτης είναι η πληθυσμιακή αύξηση, η ενέργεια, το διατροφικό απόθεμα, η μείωση των φυσικών πόρων, η παγκόσμια κλιματική αλλαγή, οι υδάτινοι πόροι, η δημιουργία και διασπορά τοξικών ουσιών. Ο πίνακας 2.1 καταγράφει κάποια από τα παγκόσμια προβλήματα και τις λύσεις που προτείνει η πράσινη χημεία αποδεικνύοντας περίτρανα τους λόγους που αποτελεί όχημα για την επίτευξη της αειφορίας.

Πίνακας 2.1 *Οι λύσεις που προτείνει η πράσινη χημεία για την αντιμετώπιση των παγκόσμιων προβλημάτων*

Παγκόσμια προβλήματα	Τι προτείνει η πράσινη χημεία
Απόβλητα και επικίνδυνες χημικές ουσίες	Είναι προϊόντα της βιομηχανικής παραγωγής. Η συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων σκουπιδιών έχει δυσμενείς επιδράσεις στο περιβάλλον λόγω μη ανακύκλωσης και μη αποδόμησης υλικών (πλαστικά, πολυμερή). Η πράσινη χημεία προωθεί την ανακύκλωση και παράγει υλικά που βιοαποδομούνται, ανακυκλώνονται ή μετατρέπονται σε βασικές πρώτες ύλες. Η νομοθεσία επιβάλλει τη μείωση τους (Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων, 2011), κάτι που τεχνικά το επιτυγχάνει η πράσινη χημεία.
Τοξικές ουσίες	Είναι προϊόντα της βιομηχανικής παραγωγής, της παραγωγής και χρήση ενέργειας και της αγροτικής παραγωγής. Μέσω των πράσινων τεχνικών σχεδιάζονται και αντικαθίστανται οι τοξικές χημικές ουσίες ή προϊόντα.
Ενέργεια	Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας η οποία σήμερα παράγεται κυρίως από μη-ανανεώσιμες πηγές επιβαρύνει το περιβάλλον. Η πράσινη χημεία συμβάλλει στη μείωση της χρήσης ενέργειας και της ανάπτυξης τεχνολογιών παραγωγής πράσινης ενέργειας.
Αλόγιστη χρήση φυσικών πόρων	Η χρήση μη-ανανεώσιμων πρώτων υλών για παραγωγή ενέργειας και αγαθών μειώνει ή υποβαθμίζει τους φυσικούς πόρους. Η πράσινη χημεία προάγει την παραγωγή προϊόντων από ανανεώσιμες πρώτες ύλες (Eissen & Metzger, 2004).
Παγκόσμιες αλλαγές	Η διάχυση χημικών ουσιών στο περιβάλλον δημιουργεί προβλήματα. Μέσω των τεχνικών της πράσινης χημείας αυτό ανατρέπεται και ουσίες όπως το διοξείδιο του άνθρακα που αποτελεί ρύπο του θερμοκηπίου τις μετατρέπει από απόβλητο σε πρώτη ύλη (υπερκρίσιμο CO_2).
Διατροφικό απόθεμα	Η αυξημένη ζήτηση τροφής συνεπάγεται αυτομάτως την χρήση όλο και μεγαλυτέρων ποσοτήτων λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων που ρυπαίνουν το περιβάλλον. Η πράσινη χημεία αναπτύσσει πράσινα φυτοφάρμακα, λιπάσματα και πρόσθετα.
Διαχείριση υδάτινων πόρων	Τα αποθέματα νερού μειώνονται ποσοτικά ενώ, ταυτόχρονα υποβαθμίζεται η ποιότητα τους. Η πράσινη χημεία σχεδιάζει μεθόδους τέτοιες που δεν χρησιμοποιούν το νερό ή δεν παράγουν επικίνδυνες και τοξικές ενώσεις που μπορούν να εισέλθουν στον υδρολογικό κύκλο.

2.2.4 Ο ρόλος των χημικών

Είναι γεγονός ότι, οι χημικοί, ως λειτουργοί της χημικής επιστήμης αντιμετωπίζονταν πάντα καχύποπτα από την κοινωνία ενώ έχουν κατηγορηθεί ότι με τις παραγωγικές διεργασίες που ακολουθούν επιβαρύνουν το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία (Steinhauser et al, 2004). Οι επιστημονικές κοινότητες λοιπόν οφείλουν να αποσυνδέσουν την χημεία από την «τοξική και επικίνδυνη» εικόνα της, να αναδείξουν την ανάγκη για καθαρότερη παραγωγή η οποία επιτυγχάνεται μέσα από την πράσινη τεχνολογία και ταυτόχρονα να παρακινήσουν τη βιομηχανία να υιοθετήσει την πρόληψη της ρύπανσης που προτείνει προβάλλοντας τα οικονομικά οφέλη (εκτός των περιβαλλοντικών). Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί, ότι σε πολλές περιπτώσεις το επιστημονικό αντικείμενο της πράσινης χημείας αναγνωρίζεται ότι έχει λάβει και κοινωνικό χαρακτήρα (Woodhouse & Breyman, 2005˙ Friedman, 2006).

Η πρόκληση για τους χημικούς έγκειται στην ολοκληρωτική επίτευξη των κοινωνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών στόχων, δηλαδή κατ' ουσίαν της αειφορικής ανάπτυξης. Λόγω της διεπιστημονικότητας του πεδίου, θεωρείται απαραίτητη η συνεργασία μεταξύ επιστημόνων από διαφορετικά πεδία (Clark, 1999˙ Berkley Science Review, 2011): χημικών, χημικών μηχανικών, βιολόγων, περιβαλλοντολόγων, μηχανολόγων και οικονομολόγων. Στόχος του συνθετικού χημικού κατά τον σχεδιασμό πράσινων διεργασιών και προϊόντων πρέπει να είναι η προαγωγή της βιομηχανικής οικολογίας εστιάζοντας εξίσου και στα πέντε στάδια του κύκλου ζωής των προϊόντων (προπαρασκευή, παρασκευή, διανομή, χρήση και κατάληξη) (Graedel, 1999˙ University of York, Green Chemistry Centre of Excellence, 2011a). Ωστόσο, απαιτείται ένας μετασχηματισμός της επιστημονικής κοινότητας, έτσι ώστε όταν οι χημικοί διδάσκουν στους μαθητές τις συνθέσεις, τους μηχανισμούς, την οικονομική αξία των χημικών διεργασιών, να δίνουν έμφαση στους κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία το περιβάλλον.

Δυστυχώς, οι περισσότεροι από τους σημερινούς ενεργούς χημικούς δεν έχουν διδαχθεί τις έννοιες της αειφορίας και πολύ περισσότερο το πνεύμα και τις τεχνικές του νέου «Παραδείγματος». Χρειάζεται λοιπόν η διάχυση των αρχών της πράσινης χημείας και η ενσωμάτωση τους στην χημική εκπαίδευση και πρακτική. Πρώτα από όλα χρειάζεται οι χημικοί να αποκτήσουν περιβαλλοντική συνείδηση την οποία και θα ενσωματώνουν στις αποφάσεις που παίρνουν και αφορούν στις αντιδράσεις και στις τεχνολογίες που αναπτύσσουν στο εργαστήριο. Δεύτερον, είναι σημαντικό να αναγνωρίζονται οι χημικές διεργασίες που δεν είναι πραγματικά πράσινες, να υπάρχει διαφάνεια και ενημέρωση του κοινού. Τρίτον, χρειάζεται συνεργασία μεταξύ των κυβερνήσεων, των πανεπιστημίων και των βιομηχανιών. Τέλος, η κατανόηση της ηθικής της βιωσιμότητας είναι σημαντικό συστατικό μιας υγιούς χημικής εκπαίδευσης (Πούλος, 2007).

2.3 Οι αρχές της πράσινης χημείας

Η πράσινη χημεία συνοψίζεται σε 12 αρχές, οι οποίες εμπερικλείουν όλη την φιλοσοφία του νέου επιστημονικού πεδίου και απουσίαζαν από την μέχρι τώρα προσέγγιση που επιχειρούσε η κλασική επιστήμη. Ο Paul Anastas, από την Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Προστασίας των ΗΠΑ (EPA) και ο John C. Warner, καθηγητής του Πανεπιστημίου της Μασαχουσέτης, ανέπτυξαν τις 12 αρχές της πράσινης χημείας, τις οποίες καταγράφουν στο βιβλίο τους "Green Chemistry: Theory and Practice" το οποίο κυκλοφορεί στην ελληνική από τις Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης (Σίσκος, Αμπελιώτης & Καπασσά, 2007). Οι αρχές αυτές παρατίθενται στην συνέχεια:

1) ***Πρόληψη:*** Είναι καλύτερα να προλαμβάνεται η δημιουργία αποβλήτων παρά να επιδιώκεται η εκ των υστέρων επεξεργασία τους.

2) ***Οικονομία ατόμων:*** Οι συνθετικές μέθοδοι πρέπει να σχεδιάζονται έτσι, ώστε να μεγιστοποιείται η ενσωμάτωση στο τελικό προϊόν όλων των χρησιμοποιούμενων στη διεργασία υλικών.

3) ***Λιγότερο επικίνδυνες χημικές συνθέσεις***: Όπου είναι πρακτικά εφικτό, οι συνθετικές μεθοδολογίες πρέπει να χρησιμοποιούν ή να παράγουν χημικές ουσίες με μικρή ή μηδενική τοξικότητα για τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

4) ***Σχεδιασμός ασφαλέστερων χημικών:*** Τα χημικά προϊόντα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να διατηρείται η λειτουργικότητα τους και να μειώνεται η τοξικότητα τους.

5) ***Ασφαλέστεροι διαλύτες και βοηθητικά μέσα:*** Η χρήση βοηθητικών ουσιών, θα πρέπει να αποφεύγεται ή να χρησιμοποιούνται με ασφαλή τρόπο.

6) ***Σχεδιασμός για ενεργειακή αποτελεσματικότητα***: Οι περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις των ενεργειακών αναγκών πρέπει να αναγνωρίζονται και να ελαχιστοποιούνται.

7) ***Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών***: Οι πρώτες ύλες πρέπει να είναι ανανεώσιμες.

8) ***Μείωση* ενδιαμέσων *παραγώγων:*** Η άσκοπη παραγωγοποίηση πρέπει να ελαχιστοποιείται ή να αποφεύγεται.

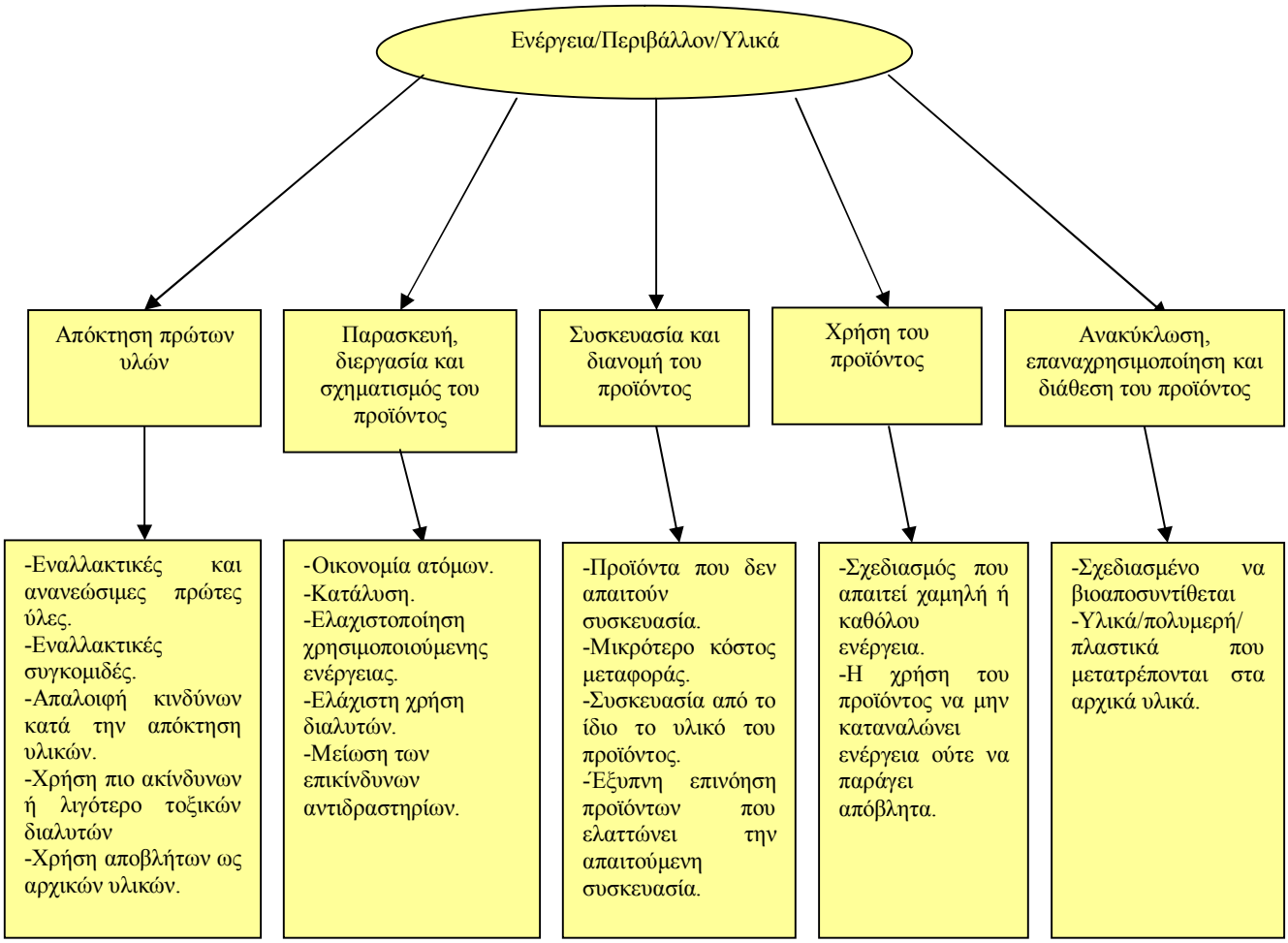
9) ***Κατάλυση:*** Τα καταλυτικά αντιδραστήρια είναι ανώτερα από τα στοιχειομετρικά.

10) ***Σχεδιασμός αποδομήσιμων προϊόντων:*** Τα χημικά προϊόντα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε στο τέλος της χρήσης τους να αποδομούνται προς αβλαβή προϊόντα.

11) ***Ανάλυση σε πραγματικό χρόνο***: Οι αναλυτικές μεθοδολογίες χρειάζονται περαιτέρω ανάπτυξη προς την κατεύθυνση της παρακολούθησης μιας διεργασίας σε πραγματικό χρόνο και του έγκαιρου ελέγχου πριν από τον σχηματισμό επικίνδυνων ουσιών.

12) ***Ασφαλέστερη χημεία για την πρόληψη ατυχημάτων*:** Οι ουσίες που συμμετέχουν σε κάποια χημική διεργασία πρέπει να επιλέγονται έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το ενδεχόμενο χημικών ατυχημάτων.

Το σχήμα 2.1 απεικονίζει ενδεικτικά την εφαρμογή των αρχών της πράσινης χημείας σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής των προϊόντων.



Σχήμα 2.1*. Εφαρμογή των αρχών της πράσινης χημείας στα στάδια του κύκλου ζωής των προϊόντων*

2.3.1 Πρόληψη: Είναι καλύτερα να προλαμβάνεται η δημιουργία αποβλήτων παρά να επιδιώκεται η εκ των υστέρων επεξεργασία τους.

Η πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων είναι από τις βασικές αρχές της πράσινης χημείας αφού έχει αντίκτυπο όχι μόνο στην επιλογή της πορείας μιας διεργασίας, αλλά και στην χρήση των βοηθητικών ουσιών, όπως των διαλυτών ή των μέσων διαχωρισμού (Van Arnum, 2005).

Σε έναν βιώσιμο πολιτισμό οι οποιεσδήποτε διεργασίες πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να μην παράγονται απόβλητα. Οι δαπάνες επεξεργασίας και διάθεσης των παραγόμενων χημικών ουσιών είναι μεγάλες και μάλιστα όσο πιο επικίνδυνη είναι μια χημική ουσία τόσο υψηλότερο είναι το κόστος επεξεργασίας της (Anastas & Warner, 1998). Η δημιουργία αποβλήτων κατά τη διεργασία δημιουργεί άμεσα την ανάγκη για διαχωρισμό, επεξεργασία και απομάκρυνση των

επικίνδυνων ουσιών. Αυτό συνεπάγεται πρόσθετες δαπάνες σε ενέργεια και χρόνο. Έτσι, πολλές χημικές βιομηχανίες δαπανούν τεράστια χρηματικά ποσά για την διάθεση, διαχείριση και θεραπεία των απόβλητων τους. Κάποιες άλλες, λόγω της μη ασφαλούς ή της παράνομης διάθεσης των αποβλήτων τους προκαλούν σημαντικές περιβαλλοντικές βλάβες, όπως για παράδειγμα ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων και αρνητικές επιδράσεις στη βιοποικιλότητα.

Ο μοναδικός και ουσιαστικά αποτελεσματικός τρόπος ώστε να περιοριστούν οι δαπάνες θεραπείας των αποβλήτων είναι η αποφυγή της δημιουργίας ή της χρήσης επικίνδυνων χημικών ουσιών, μέσω των τεχνικών που προτείνει η πράσινη χημεία. Διαφαίνεται έτσι ότι, η εφαρμογή της πράσινης χημείας εκτός των άλλων συνεισφέρει θετικά στους δύο από τους πυλώνες που στηρίζουν την αειφορία, δηλαδή την οικονομία και το περιβάλλον.

2.3.2 Οικονομία ατόμων: Οι συνθετικές μέθοδοι πρέπει να σχεδιάζονται έτσι, ώστε να μεγιστοποιείται η ενσωμάτωση στο τελικό προϊόν όλων των χρησιμοποιούμενων στη διεργασία υλικών.

Ο Barry M. Trost, χημικός από το Πανεπιστήμιο του Στάντφορντ (University of Standford) ανέπτυξε την ιδέα της οικονομίας του ατόμου (Ryan & Tinnesand, 2002), σημαντική αρχή, η οποία διέπει την πράσινη χημεία. Η οικονομία ατόμων περιλαμβάνει τη μεγιστοποίηση της εισαγωγής-ενσωμάτωσης της ύλης, που προέρχεται από τα αντιδρώντα, στο τελικό προϊόν, οπότε με αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιούνται τα απόβλητα παραπροϊόντα (Trost, 1991). Ουσιαστικά, η οικονομία του ατόμου είναι μια αξιολόγηση, με βάση την οποία μετράται ο βαθμός ενσωμάτωσης κάθε αντιδρώντος στο τελικό προϊόν. Επομένως, εάν όλα τα άτομα των αντιδρώντων ενσωματώνονται πλήρως στο προϊόν, τότε η συνθετική πορεία είναι πλήρως επιτυχής από πλευράς οικονομίας ατόμου.

Παραδοσιακά η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και της αποδοτικότητας μιας σύνθεσης γινόταν με βάση την απόδοση. Όμως, μια διεργασία μπορεί να έχει απόδοση 100% αλλά ταυτόχρονα να δημιουργεί απόβλητα πολύ μεγαλύτερα σε μάζα και όγκο. Κλασικό παράδειγμα που επιβεβαιώνει τα παραπάνω είναι η αντίδραση Witting, η οποία μπορεί να έχει απόδοση ακόμα και 100%, όμως η οικονομία του ατόμου που επιτυγχάνεται είναι χαμηλή.

Η ιδέα της οικονομίας του ατόμου ποσοτικοποιήθηκε από τον Roger A. Sheldon, καθηγητή στο Πανεπιστήμιο Delft της Ολλανδίας (Sheldon, 1992). Στο βιβλίο Real- World Cases in Green Chemistry (Cann & Connelly, 2000) οι συγγραφείς προτείνουν έναν μαθηματικό τύπο για τον υπολογισμό του ποσοστού οικονομίας ατόμου: αθροίζοντας το ατομικό βάρος (FW) όλων των

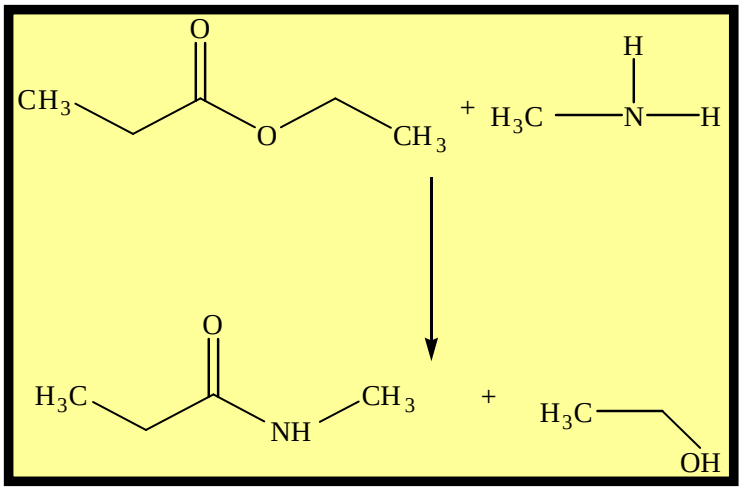
αντιδρώντων ατόμων που ενσωματώνονται στο τελικό προϊόν και διαιρώντας το με το συνολικό ατομικό βάρος των ατόμων όλων των αντιδρώντων.

$$\%\ Οικονομία\ Ατόμου = \frac{FW\ των\ χρησιμοποιούμενων\ ατόμων}{FW\ όλων\ των\ αντιδρώντων\ που\ χρησιμοποιούνται\ στην\ αντίδραση}$$

Χαρακτηριστική «πράσινη» εφαρμογή οικονομίας ατόμου αποτελεί η περίπτωση του ιβουπροφένιου, του ενεργού συστατικού αρκετών φαρμάκων. Σε μια διαδικασία έξι σταδίων, που είχε αναπτυχθεί τη δεκαετία του 60, μόνο το 40% των αντιδρώντων ενσωματώνονταν στο τελικό προϊόν ενώ, το 60% κατέληγε ως ανεπιθύμητο παραπροϊόν-απόβλητο προς τελική διάθεση. Η νέα διαδικασία που ακολουθήθηκε, απαιτεί μόνο τρία στάδια, και είναι σχεδιασμένη με τέτοιο τρόπο ώστε το 77% των αντιδρώντων ατόμων να ενσωματώνονται στο τελικό ιβουπροφένιο (Sheldon, 1997). Έτσι, οι ποσότητες των χημικών αποβλήτων σε ετήσια βάση μειώνονται.

Χαρακτηριστικούς τύπους αντιδράσεων που χωρούν με μικρή οικονομία ατόμων αποτελούν:

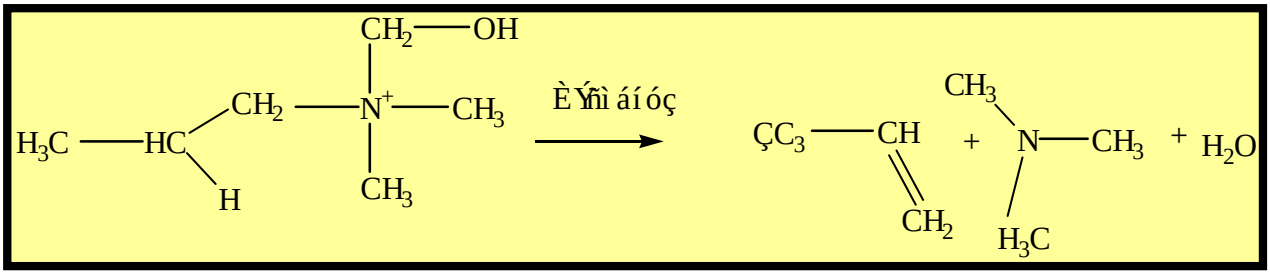
α) οι αντιδράσεις υποκατάστασης: σε αυτές τις αντιδράσεις μια ομάδα υποκατάστασης εκτοπίζει την αποχωρούσα ομάδα, η οποία αποτελεί και το απόβλητο προϊόν της αντίδρασης, αφού δεν ενσωματώνεται στο τελικό προϊόν και έτσι μειώνεται η οικονομία ατόμου της συγκεκριμένης αντίδρασης. Τέτοιο παράδειγμα είναι η αντίδραση του αιθυλικού προπυλεστέρα με την μεθυλαμίνη.



(οικονομία ατόμου: 87,120/133,189x100=65,41%)

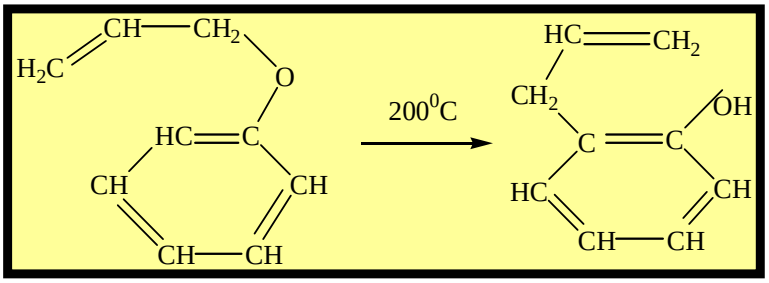
β) Οι αντιδράσεις απόσπασης: σε αυτές τις αντιδράσεις μεταβάλλεται το υπόστρωμα, και μειώνονται τα άτομα που σχηματίζουν το τελικό προϊόν. Σε αυτή την περίπτωση, το χρησιμοποιούμενο αντιδραστήριο δεν ενσωματώνεται στο τελικό προϊόν και τα αποσπώμενα άτομα

«χάνονται» ως απόβλητα. Πάντως, οι αντιδράσεις απόσπασης έχουν εγγενώς τη μικρότερη οικονομία ατόμου (Anastas & Warner 1998). Η απόσπαση κατά Hoffman είναι χαρακτηριστική:



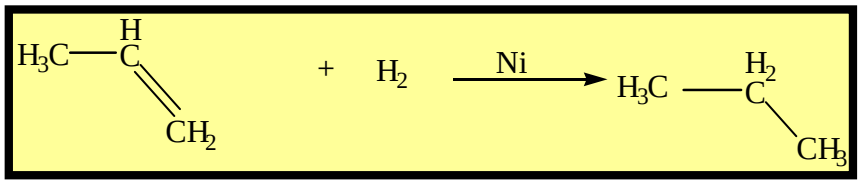
(οικονομία ατόμου: 42,080/119,205x100=35,30%)

Χαρακτηριστικούς τύπους αντιδράσεων που χωρούν με μεγάλη οικονομία ατόμου αποτελούν: α) οι αντιδράσεις αναδιάταξης: γίνεται αναδιοργάνωση των ατόμων που συγκροτούν ένα μόριο, οπότε όλα τα αντιδρώντα ενσωματώνονται στο προϊόν. Στις εν λόγω αντιδράσεις υπάρχει 100% οικονομία ατόμων. Η αντίδραση Clainsen είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα:



(οικονομία ατόμου: 134, 175/134,75x100=100%)

β) οι αντιδράσεις προσθήκης (κυκλοπροσθήκη, αλογόνωση αλκενίων, κά): άτομα ή μόρια του αντιδρώντος προστίθενται σε κάποιο προϋπάρχον στα αντιδρώντα υπόστρωμα, με αποτέλεσμα την συνολική ενσωμάτωση τους. Το παράδειγμα της καταλυτικής υδρογόνωσης του προπενίου είναι χαρακτηριστικό.



(οικονομία ατόμου: 44,096/44,096x100=100%)

2.3.3 Λιγότερο επικίνδυνες χημικές συνθέσεις: Όπου είναι πρακτικά εφικτό, οι συνθετικές μεθοδολογίες πρέπει να χρησιμοποιούν ή να παράγουν χημικές ουσίες με μικρή ή μηδενική τοξικότητα για τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

Πολλές βιομηχανίες και εργαστήρια χρησιμοποιούν διεργασίες με αρχικά υλικά επικίνδυνα και επιζήμια για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Η πράσινη χημεία επικουρεί προς την κατεύθυνση της μείωσης των κινδύνων χρησιμοποιώντας ασφαλέστερα αντιδρώντα για να παράξει τα ίδια προϊόντα. Συνεπώς, με την πραγματοποίηση της πράσινης χημείας ο σύγχρονος άνθρωπος έχει τη δυνατότητα να απολαμβάνει την τεχνολογική πρόοδο με τρόπο ασφαλή για την υγεία του και το περιβάλλον.

Τα συστατικά για μια ιδανική χημική σύνθεση παρουσιάζονται στο σχήμα 2.2 (Clark,1999).



Σχήμα 2.2 *Η ιδανική σύνθεση*

Η ελαχιστοποίηση ή η εξάλειψη του κινδύνου αποτελεί βασική προϋπόθεση κατά τον σχεδιασμό. Αυτό πρέπει να συμβαίνει για δύο λόγους: α) οικονομικούς, διότι όπου και όταν απαιτούνται μηχανισμοί ελέγχου του κινδύνου αυξάνεται ταυτόχρονα και το κόστος μιας διεργασίας και β) διότι υπάρχει πιθανότητα οι μηχανισμοί ελέγχου να αποτύχουν.

2.3.4 Σχεδιασμός ασφαλέστερων χημικών: Τα χημικά προϊόντα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να διατηρείται η λειτουργικότητα τους και να μειώνεται η τοξικότητα τους.

Σε όλους τους λειτουργούς της χημικής επιστήμης, είναι γνωστό ότι, η γνώση της μοριακής δομής, οδηγεί στον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών και των ιδιοτήτων των χημικών ενώσεων. Η μεγάλη πρόοδος που συντελέστηκε στην κατανόηση της τοξικότητας των χημικών ουσιών και

στους μηχανισμούς δράσης τους έχει οδηγήσει πλέον στον σχεδιασμό ασφαλέστερων χημικών ουσιών. Γνωρίζοντας με λεπτομέρεια τον μηχανισμό δράσης μιας ουσίας, ο χημικός μπορεί να επέμβει με ακρίβεια στη δομή της και να την τροποποιήσει προκειμένου να μην υπάρξουν τοξικά αποτελέσματα. Να σημειωθεί βέβαια ότι αναφερόμαστε σε δομικές τροποποιήσεις που εξασφαλίζουν τη διατήρηση τόσο της λειτουργικότητας όσο και της απόδοσης ενός μορίου.

Ο σχεδιασμός ασφαλέστερων χημικών μπορεί να επιτευχθεί και μέσω της ελαχιστοποίησης της βιοδιαθεσιμότητας. Μια χημική ουσία μπορεί μεν να είναι τοξική, όμως αν δεν μπορεί να φτάσει σε κάποιο όργανο (π.χ. στομάχι, πνεύμονα, συκώτι), στο οποίο να εκδηλώσει την τοξικότητα της καθίσταται αβλαβής (Anastas & Warner, 1998). Οι χημικοί, με την γνώση που έχουν μπορούν να χειριστούν τα μόρια με τέτοιο τρόπο, συνήθως μέσω της αλλαγής των χαρακτηριστικών και των ιδιοτήτων τους, ώστε να καταστήσουν δύσκολη ή αδύνατη την απορρόφηση τους μέσω των βιολογικών μεμβρανών και των ιστών. Αυτό βέβαια πρέπει να γίνει με την προϋπόθεση ότι δε βλάπτει τη λειτουργικότητα και την χρήση του.

2.3.5 Ασφαλέστεροι διαλύτες και βοηθητικά μέσα: Η χρήση βοηθητικών ουσιών, θα πρέπει να αποφεύγεται ή να χρησιμοποιούνται με ασφαλή τρόπο.

Στην παρασκευή, επεξεργασία και χρήση των χημικών ουσιών, χρησιμοποιούνται βοηθητικές ουσίες οι οποίες επικουρούν στον χειρισμό αυτών, αλλά δεν αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι του ίδιου του μορίου. Ωστόσο, η χρήση όλων αυτών των βοηθητικών ουσιών εμφανίζει ποικίλα ζητήματα. Οι διάφορες βοηθητικές ουσίες, για παράδειγμα που χρησιμοποιούνται για την επίτευξη διαχωρισμών αφενός μεν απαιτούν μεγάλα ποσά ενέργειας, αφετέρου μετά την επεξεργασία αποτελούν μέρος του απόβλητου ρεύματος και πιθανόν χρειάζονται περαιτέρω επεξεργασία και απομάκρυνση. Χαρακτηριστική είναι η μέθοδος διαχωρισμού με ανακρυστάλλωση, η οποία απαιτεί την χρήση ενέργειας, αλλά και επιπλέον χημικών ουσιών που προστίθενται προκειμένου να επιτευχθεί καταβύθιση.

Είναι γνωστό ότι, στη βιομηχανία χρησιμοποιούνται επίσης μεγάλες ποσότητες διαλυτών. Πολλοί από αυτούς είναι επικίνδυνοι και επιβλαβείς τόσο για την ανθρώπινη υγεία όσο και για το περιβάλλον, αφού αφενός μεν είναι τοξικοί και ενέχουν αυξημένο κίνδυνο για εκρήξεις και πυρκαγιές και αφετέρου ρυπαίνουν τα οικοσυστήματα. Υπολογίζεται ότι η ετήσια παγκόσμια κατανάλωση τους φτάνει τα 14 Gt (Μαρουλής, Χατζηαντωνίου, & Τζελέπης, 2007).

Οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενοι διαλύτες είναι οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), ουσίες εξαιρετικά τοξικές παρά τις άριστες διαλυτικές ιδιότητες τους. Πρόκειται κυρίως για αλειφατικούς και αρωματικούς υδρογονάνθρακες με τάση ατμών μεταξύ 1 και 760 mmHg σε

θερμοκρασία 25^{o} C. Παραδείγματα αυτής της επικίνδυνης ομάδας ενώσεων αποτελούν το βενζόλιο, η ακετόνη, το διχλωρομεθάνιο, τα πολυχλωριούχα διφαινύλια (PCBs), το χλωροφόρμιο, το στυρένιο, η νάφθα, το τετραχλωροαιθυλένιο, ο τετραχλωράνθρακας κά. Αντιδρώντας με τα οξείδια του αζώτου, τα οποία είναι παραπροϊόντα της καύσης των ορυκτών καυσίμων, μέσω φωτοχημικών αντιδράσεων σχηματίζουν το όζον της τροπόσφαιρας, νιτρικό οξύ και οργανικές ενώσεις. Αυτό το μίγμα προϊόντων αποτελεί την αιθαλομίχλη (Baird, 1999). Ειδικά το όζον της τροπόσφαιρας εκτός των άλλων επιδρά αρνητικά στην υγεία, ενώ μελέτες έδειξαν ότι η μακρόχρονη έκθεση σε συνθήκες αιθαλομίχλης τριπλασιάζουν την πιθανότητα για καρκίνο (Commondreams, 1988).

Άλλη κατηγορία διαλυτών που η χρήση τους δημιουργεί προβλήματα είναι οι οργανοαλογωνωμένες ενώσεις, όπως οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs), οι υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFCs) και το υπερχλωροαιθυλένιο (PERC). Ενώ το εύρος των χρήσεων τους, τους καθιστά εξαιρετικά χρήσιμους, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επιφέρουν τους καθιστούν απαγορευτικούς. Οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs) και οι υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFCs) είναι γνωστοί για την λέπτυνση που προκαλούν στη στιβάδα του όζοντος, ενώ το υπερχλωροαιθυλένιο (PERC) ρυπαίνει τα υπόγεια ύδατα και προκαλεί βλάβες στο συκώτι και τα νεφρά (Environmental Protection Agency, 1994c).

Με την εφαρμογή της πράσινης χημείας οι επικίνδυνοι και τοξικοί διαλύτες που αναφέρθηκαν υποκαθίστανται όπου είναι δυνατόν με διαλύτες ασφαλέστερους. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση των διαλυτών από βιομάζα. Οι βιομηχανικές χρήσεις τους είναι πολλές. Στα πλεονεκτήματα τους συγκαταλέγονται ότι είναι μη τοξικοί, βιοδιασπώμενοι και μη καρκινογόνοι. Χαρακτηριστικοί τέτοιοι διαλύτες είναι ο γαλακτικός αιθυλεστέρας, ο μεθυλικός εστέρας σόγιας, τα d-λεμονένιο, το a-πινένιο, ο οξικός αιθυλεστέρας και η αιθανόλη.

Εναλλακτική λύση επίσης αποτελεί και η χρήση των υπερκρίσιμων ρευστών όπως το υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα, ή το υπερκρίσιμο νερό τα οποία είναι αβλαβή για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον ενώ επιπροσθέτως αυξάνουν την ευκολία του διαχωρισμού και την εκλεκτικότητα (DeSimone et al, 1994˙ Μαρουλής, Χατζηαντωνίου & Καλκάνη, 2007). Τα υπερκρίσιμα ρευστά σχηματίζονται υποβάλλοντας μικρά μόρια, σε κατάλληλη θερμοκρασία και πίεση, ώστε να επιτευχθεί το κρίσιμο σημείο, στο οποίο τα μόρια αποκτούν τον χαρακτήρα ενός ρευστού, ή καλύτερα μιας κατάστασης μεταξύ ενός υγρού και ενός αερίου. Τα ρευστά αυτά έχουν την ιδιότητα να είναι ρυθμιζόμενοι διαλύτες, δηλαδή οι ιδιότητες τους μπορούν να ρυθμιστούν, με τη ρύθμιση της θερμοκρασίας και της πίεσης. Αυτό ακριβώς είναι που επιτρέπει στα υπερκρίσιμα συστήματα διάλυσης να αντικαταστήσουν μια ποικιλία άλλων διαλυτών, ενδεχομένως επικίνδυνων (Anastas & Warner, 1998).

Οι εφαρμογές του υπερκρίσιμου διοξειδίου του άνθρακα εκτείνονται από την παρασκευή ποτών και καφέ, την εκχύλιση αιθέριων ελαίων και λιπών για την παρασκευή καλλυντικών και την απομόνωση ενεργών συστατικών με φαρμακευτική δράση, έως την χρήση του ως ενισχυτικού παράγοντα στην επεξεργασία πολυμερών, ως εντομοκτόνου στις μυοκτονίες και την χρήση του στις νέες διεργασίες στεγνού καθαρίσματος των ρούχων αντικαθιστώντας το εξαιρετικά τοξικό υπερχλωροαιθυλένιο (Κουρουκλίδης, Βάλλα & Χριστιανοπούλου, 2007).

Τα συστήματα χωρίς διαλύτη έχουν σαφή πλεονεκτήματα αναφορικά με ζητήματα κινδύνου και αρνητικών επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία. Πολλές εταιρείες και ακαδημαϊκοί αναπτύσσουν μεθόδους, όπου τα χημικά αντιδραστήρια και τα αρχικά υλικά παίζουν και το ρόλο του διαλύτη. Η πτητικότητα ορισμένων διαλυτών, η οποία έχει βλαβερές επιπτώσεις στα εκτιθέμενα άτομα αλλά και στην ποιότητα του αέρα φαίνεται ότι αντιμετωπίστηκε με την χρήση ακινητοποιημένων διαλυτών. Η ακινητοποίηση πήρε διάφορες μορφές αλλά, ο στόχος όλων των μορφών είναι ο ίδιος: να διατηρηθεί η διαλυτική ικανότητα ενός υλικού, μετατρέποντας το ταυτόχρονα σε μη πτητικό.

Τέλος μια βασική κατηγορία πράσινων διαλυτών είναι οι ιοντικοί διαλύτες. Τα ιοντικά υγρά είναι υγρά άλατα σε μια περιοχή θερμοκρασιών από 85^{o}C έως 223^{o}C . Έχουν ιδιαίτερα επιθυμητές ιδιότητες, όπως η αμελητέα τάση ατμών, η καλή θερμική σταθερότητα, η υψηλή αγωγιμότητα. Το βασικό πλεονέκτημα τους είναι ότι υπάρχει διαθέσιμος ένας μεγάλος αριθμός ανιόντων και κατιόντων, ώστε να σχεδιαστούν εξειδικευμένοι διαλύτες για κάθε εφαρμογή. Έτσι βασικές ιδιότητες όπως ο βαθμός πολικότητας, άρα και η διαλυτική ικανότητα και η διαλυτότητα στο νερό μπορούν να ρυθμιστούν. Άλλα πλεονεκτήματα τους είναι ότι μπορούν να ανακυκλωθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν, ο συνδυασμός της λειτουργίας διαλύτη και καταλύτη ταυτόχρονα, ενώ παράλληλα η χρήση καταλυτών αυξάνει την απόδοση και την εκλεκτικότητας μιας αντίδρασης (Μαρουλής, Χατζηαντωνίου & Τσιτσιριδάκη, 2007).

2.3.6 Σχεδιασμός για ενεργειακή αποτελεσματικότητα: Οι περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις των ενεργειακών αναγκών πρέπει να αναγνωρίζονται και να ελαχιστοποιούνται.

Η παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας έχει σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ένας παραγωγικός κλάδος ο οποίος καταναλώνει ένα τεράστιο ποσοστό της συνολικής ενέργειας στα ανεπτυγμένα κράτη, είναι η βιομηχανία. Μέσω όμως των κατάλληλων χημικών μετασχηματισμών μπορεί να επιτευχθεί η μείωση της απαιτούμενης ενέργειας.

Είναι γνωστό ότι, για να πραγματοποιηθούν αρκετές χημικές αντιδράσεις απαιτείται θέρμανση, μέσω της οποίας καταναλώνεται ενέργεια. Χαρακτηριστικές είναι οι περιπτώσεις

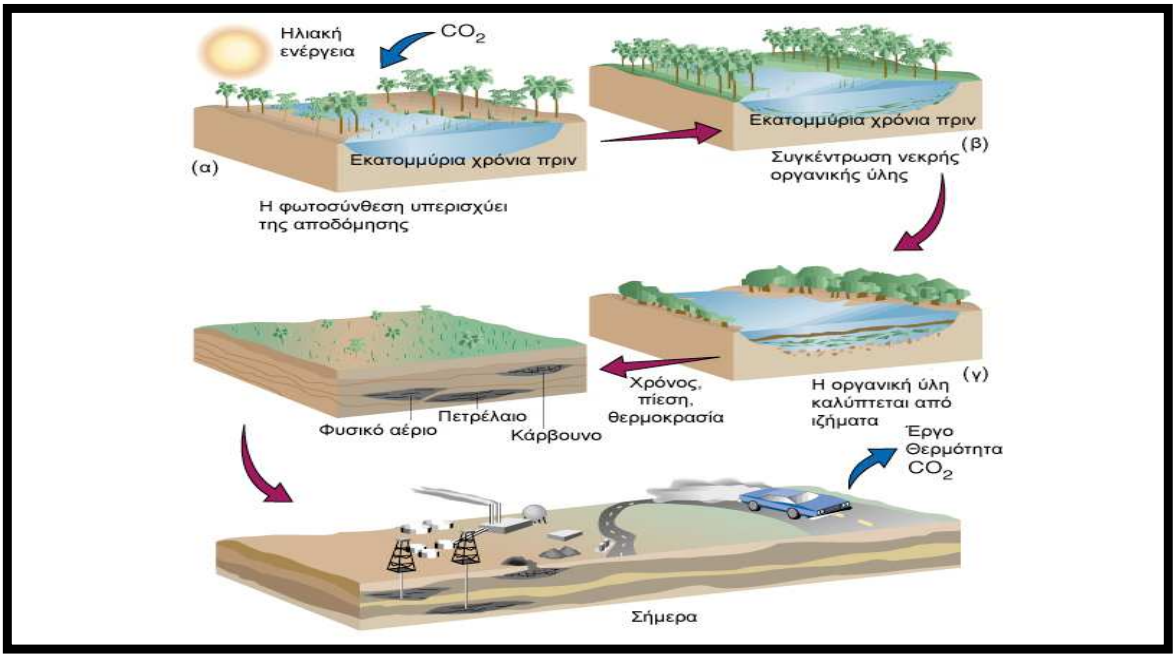
αντιδράσεων στις οποίες οδηγούμαστε στο θερμοδυναμικό προϊόν και οι οποίες για να ολοκληρωθούν απαιτούν την χρήση θερμικής ενέργειας. Η θερμική ενέργεια χρησιμοποιείται για να υπερνικήσει την ενέργεια ενεργοποίησης που απαιτείται, για να ολοκληρωθεί η αντίδραση. Μείωση της ενέργειας ενεργοποίησης, οπότε και ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης θερμικής ενέργειας επιτυγχάνεται με την χρήση καταλυτών (βλέπε και υποενότητα 2.3.9). Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και στις αντιδράσεις που απαιτούν ψύξη (πχ ισχυρά εξώθερμες). Πάντως, χημικοί μετασχηματισμοί που συνδέονται με ενεργοβόρες διαδικασίες, όπως αυτές του καθαρισμού και του διαχωρισμού (βλέπε και υποενότητα 2.3.5) ανεξάρτητα από τον τρόπο που γίνονται (απόσταξη, ανακρυστάλλωση, υπερδιήθηση), πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η ανάγκη για κατανάλωση ενέργειας. Να τονιστεί εδώ ότι σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις υπάρχει περιβαλλοντικό και οικονομικό κόστος, κάτι που αντιβαίνει στην αειφορική ανάπτυξη.

Μια τεχνική που δεν απαιτεί θέρμανση είναι αυτή που χρησιμοποιεί την ενέργεια από μικροκύματα. Η εφαρμογή της ακτινοβολίας μικροκυμάτων στην οργανική σύνθεση αποτελεί μια νέα προσέγγιση με απώτερο σκοπό την επίτευξη συνθηκών αντίδρασης φιλικών προς το περιβάλλον. Σήμερα βρίσκει πολλές εφαρμογές στην οργανική σύνθεση, τις ετερογενείς αντιδράσεις και την οργανομεταλλική χημεία, δεδομένου ότι βελτιώνει εκπληκτικά την ταχύτητα, εξοικονομεί χρόνο χάρη στην επιλεκτική απορρόφηση μικροκυματικής ακτινοβολίας από πολικά μόρια και δεν μεταβάλει αρνητικά την τελική απόδοση (Κατσούρης, Γιορμάνης, Βάλλα & Χριστιανοπούλου, 2007). Επίσης, ορισμένοι τύποι χημικών αντιδράσεων όπως οι αντικαταστάσεις (πχ παρασκευή θειοκαρβαμιδίων), οι προσθήκες (πχ προσθήκη αζιδίων σε 2-αλκυλεστέρες) και οι οξειδώσεις (πχ διυδροξυλοποίηση ολεφινών με υπερήχους και υπερμαγγανικό κάλιο) έχουν βελτιωθεί από πλευράς ταχύτητας και απόδοσης με την χρήση υπερηχητικής ενέργειας από συσκευή υπερήχων (Μούγιος, 2002). Συμπερασματικά, κατά την αξιολόγηση μιας διεργασίας, οι χημικοί πρέπει να συμπεριλαμβάνουν τις ενεργειακές ανάγκες όλων των διαφορετικών σταδίων της και να προσπαθούν να τις ελαχιστοποιήσουν.

2.3.7 Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών: Οι πρώτες ύλες πρέπει να είναι ανανεώσιμες.

Οι ανανεώσιμες πρώτες ύλες έχουν συγκεντρώσει το ενδιαφέρον των επιστημόνων, της βιομηχανίας και των κυβερνήσεων στα πλαίσιο των περιβαλλοντικών πολιτικών τους. Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο είχε εγκρίνει ψήφισμα τον Μάρτιο του 2006 σχετικά με την προώθηση των καλλιεργειών που δεν προορίζονται για διατροφή (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2004/2259 (INI)). Σήμερα η πλειονότητα των οργανικών χημικών παρασκευάζεται από μη –ανανεώσιμες πρώτες ύλες (Center for Resilience at the Ohio State University, 2008).

Οι Anastas & Warner (Anastas & Warner, 1998) αναφέρουν ότι η διαφορά μεταξύ ενός ανανεώσιμου φυσικού πόρου και ενός εξαντλούμενου βρίσκεται στη λέξη χρόνος.



Σχήμα 2.3. *Σχηματική αναπαράσταση της δημιουργίας των ορυκτών καυσίμων*

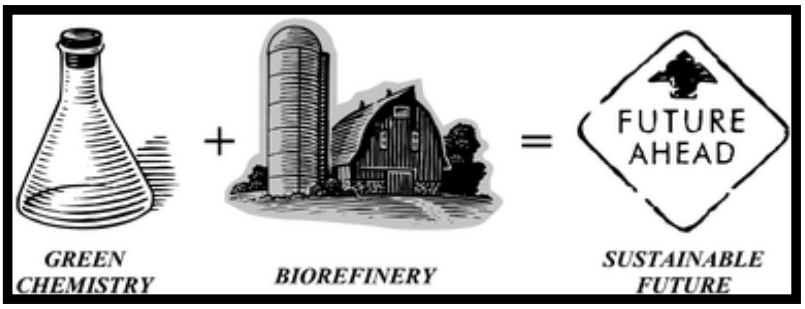
Ως εξαντλούμενοι φυσικοί πόροι θεωρούνται τα ορυκτά καύσιμα, τα οποία μπορούν να χαρακτηριστούν ως ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι δεδομένου ότι η βλάστηση μπορεί να μετατραπεί σε πετρέλαιο, όμως απαιτούνται εκατομμύρια χρόνια. Κατά τον Παλαιοζωικό και τον Μεσοζωικό αιώνα, 500 - 100 εκατομμύρια χρόνια πριν, ένα μεγάλο μέρος της επιφάνειας της γης καλυπτόταν από βάλτους και ρηχές θάλασσες, που υποστήριζαν έντονη παρόχθια βλάστηση και φυτοπλαγκτόν. Με τον θάνατο των φυτικών οργανισμών στις υδάτινες μάζες, δημιουργούνταν συνήθως ευτροφισμός και τα κατώτερα στρώματα παρουσίαζαν αναερόβιες συνθήκες με συνέπεια να συγκεντρώνονται μεγάλες ποσότητες οργανικής ύλης στον πυθμένα τους. Με την πάροδο εκατομμυρίων ετών, η οργανική ύλη καλύφθηκε από ιζήματα και λόγω των έντονων συνθηκών πίεσης και θερμοκρασίας, μετατράπηκε σε γαιάνθρακες, πετρέλαιο και φυσικό αέριο (Χατζηχρηστίδης, 1991). Έτσι, χαρακτηρίζονται εξαντλούμενοι πόροι. Από την άλλη, η ηλιακή ενέργεια θεωρείται ανανεώσιμη μορφή ενέργειας παρότι σε κάποια εκατομμύρια χρόνια ο Ήλιος θα εξαντληθεί.

Το μεγαλύτερο ζήτημα που ανακύπτει αναφορικά με τους εξαντλούμενους φυσικούς πόρους είναι ότι η υπερεκμετάλλευση τους αντιβαίνει τις αρχές της αειφορίας. Σχετίζονται με τα περισσότερα περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, τη ρύπανση του

αέρα και του νερού, την καταστροφή των ενδιαιτημάτων και των οικοσυστημάτων. Οι πετρελαϊκοί υδρογονάνθρακες απαντώνται γενικά στην πλήρως ανηγμένη μορφή τους και απαιτούν διεργασίες οξείδωσης για να λειτουργήσουν και να παράγουν μια ποικιλία άλλων χρήσιμων προϊόντων, κάτι το οποίο είναι εξαιρετικά ρυπογόνο (χρήση βαρέων μετάλλων ως οξειδωτικών αντιδραστηρίων (Καλκάνης & Χατήρης, 1998), με σημαντικές επιπτώσεις τόσο στην ανθρώπινη υγεία όσο και στο περιβάλλον.

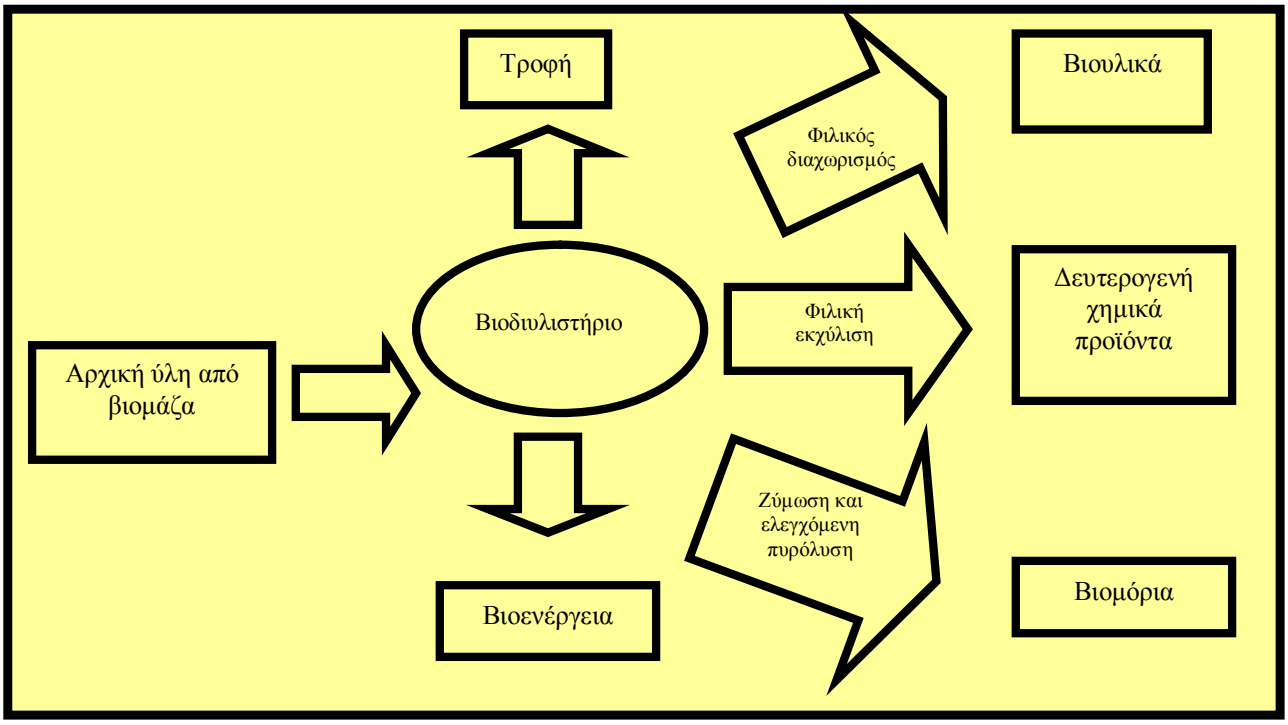
Τα βιολογικά και φυτικά αρχικά υλικά θεωρούνται ως ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Η γλυκόζη για παράδειγμα, η οποία παράγεται από το καλαμπόκι, από τους βλαστούς και τα πεσμένα φύλλα των φυτών μπορεί να αποτελέσει αρχική πρώτη ύλη για πολλά προϊόντα. Με μια πρόχειρη ματιά θα λέγαμε ότι με την χρήση των φυτικών και βιολογικών υλών έχουν επιλυθεί όλα τα προβλήματα, περιβαλλοντικής και οικονομικής φύσεως. Μια πιο προσεκτική θεώρηση όμως μας θέτει μπροστά σε προβληματισμούς όπως: α) η διαθεσιμότητα τους, αφού απαιτείται συνεχώς μια νέα τεράστια ποσότητα πρώτων υλών, η οποία μπορεί για κάποιους λόγους (ξηρασία, αποτυχία καλλιέργειας) να μην υπάρξει και β) η χρήση γης, αφού η χωρική εξάπλωση των καλλιεργειών σε βάρος των δασών, των υδροβιοτόπων και άλλων οικοσυστημάτων αποτελεί ένα φαινόμενο που συνεχώς εντείνεται. Χαρακτηριστική είναι η καταστροφή των δασών της Βραζιλίας και η μετατροπή τους σε καλλιέργειες ζαχαροκάλαμου για την παραγωγή βιοαιθανόλης (Standage, 2007), κάτι το οποίο κάνει φανερό ότι ένας πράσινος στόχος, ο περιορισμός της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα, συγκρούεται με έναν άλλο, την προστασία του περιβάλλοντος. Να σημειώσουμε επίσης και τη δυσκολία μιας βιώσιμης παραγωγής βιομηχανικών προϊόντων που σήμερα παράγονται από το πετρέλαιο από τα αγροτικά προϊόντα.

Εφαρμόζοντας πράσινες χημικές τεχνολογίες, με τις οποίες μετασχηματίζονται υλικά από βιομάζα, χαμηλής αξίας και ευρέως διαθέσιμα, συμπεριλαμβανομένων των αποβλήτων, μπορούμε να δημιουργήσουμε περιβαλλοντικά φιλικά και βιώσιμα χημικά για τον 21^{ο} αιώνα. Ο συνδυασμός που προτείνεται φαίνεται στο σχήμα 2.4.



Σχήμα 2.4 *Βιώσιμο μέλλον: Συνδυασμός της πράσινης χημείας και της ιδέας του βιοδιυλιστηρίου(Clark, Budarin et al, 2006)*

Η μετατόπιση από την πετροχημική βιομηχανία στο βιοδιυλιστήριο που βασίζεται στις ανανεώσιμες πρώτες ύλες (βλέπε σχήμα 2.5) είναι ήδη γεγονός, με πολυάριθμες ευκαιρίες για χημική έρευνα και περιλαμβάνει μεταξύ άλλων την φιλική εκχύλιση διαφόρων χημικών από βιομάζα, την χρήση φυσικών πολυμερών όπως αμύλου και κυτταρίνης για την παρασκευή μιας πληθώρας άλλων μορίων (Azapagic, Podan & Clift, 2004˙ Stevens & Verte , 2004). Σε επόμενο κεφάλαιο θα επανέλθουμε πιο αναλυτικά στην χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών.



Σχήμα 2. 5*. Πράσινη χημεία και βιοδιυλιστήριο (Clark, 2006)*

2.3.8 Μείωση ενδιαμέσων παραγώγων: Η άσκοπη παραγωγοποίηση πρέπει να ελαχιστοποιείται ή να αποφεύγεται.

Συχνό φαινόμενο στην συνθετική χημεία αποτελεί η δημιουργία ενός χημικού παραγώγου ή η επίτευξη μιας μοριακής τροποποίησης προκειμένου να πραγματοποιηθεί ένας συγκεκριμένος μετασχηματισμός. Χαρακτηριστική τέτοιου είδους τεχνική αποτελεί η χρήση καλυπτικών ομάδων. Οι καλυπτικές ή προστατευτικές ομάδες χρησιμοποιούνται για την προστασία ενός ευαίσθητου τμήματος κάποιου αντιδρώντος του οποίου η λειτουργικότητα μπορεί να διακινδυνεύσει, από τις συνθήκες της αντίδρασης, εάν αφεθεί απροστάτευτο.

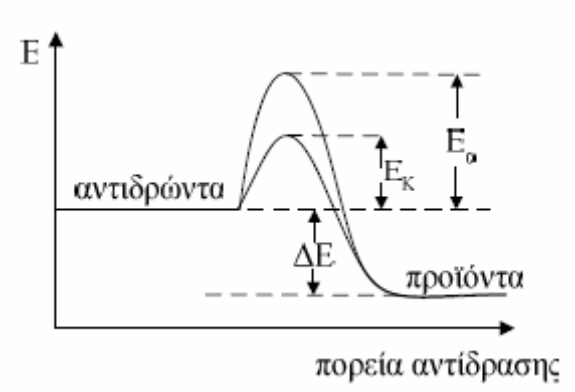
Η δημιουργία χημικών παραγώγων τέτοιου είδους είναι ιδιαίτερα κοινότυπη, στη σύνθεση εξευγενισμένων χημικών, φαρμακευτικών παρασκευασμάτων, εντομοκτόνων και διαφόρων βαφών (Anastas & Warner, 1998). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η προστασία μιας αλκοόλης, μέσω της μετατροπής της σε βενζυλαιθέρα, προκειμένου να επιτευχθεί μια οξείδωση σε ένα άλλο τμήμα του μορίου, χωρίς να επηρεάσει την αλκοόλη. Μετά το πέρας της οξείδωσης, η αλκοόλη μπορεί εύκολα να αναγεννηθεί μέσω της διάσπασης του βενζυλαιθέρα. Όπως γίνεται φανερό κατά την αποπροστασία αναγεννιέται ως απόβλητο το βενζυλοχλωρίδιο.

Επίσης, για να καλυφθούν οι ανάγκες μιας διεργασίας χρειάζεται να τροποποιηθούν ορισμένες ιδιότητες, όπως το ιξώδες, η τάση ατμών, η υδατοδιαλυτότητα, η πολωσιμότητα μερικών ουσιών που λαμβάνουν μέρος σε αυτή τη διεργασία. Η εν λόγω ουσία μπορεί να μετασχηματιστεί σε ένα παράγωγο άλας, οπότε όταν ικανοποιηθούν οι λειτουργικές ανάγκες μπορεί εύκολα να αναγεννηθεί. Είναι προφανές ότι αυτή η διεργασία παράγει απόβλητο, όταν αναγεννιέται η αρχική ουσία. Ένα άλλο παράδειγμα παραγωγοποίησης που δημιουργεί απόβλητα είναι η χρήση αλογονοπαραγώγων για να επιτευχθούν αντιδράσεις νουκλεόφιλης υποκατάστασης. Το αλογόνο κάνει τη θέση του πιο ελκυστική, μετατρέποντας την σε πιο ηλεκτροθετική, ενώ ταυτόχρονα το ίδιο το αλογόνο αποτελεί μια καλή αποχωρούσα ομάδα. Είναι προφανές ότι η διεργασία αυτή παράγει αλογονοαπόβλητα.

2.3.9 Κατάλυση: Τα καταλυτικά αντιδραστήρια είναι ανώτερα από τα στοιχειομετρικά.

Η κατάλυση είναι ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία της πράσινης χημείας (Anastas, Bartlett et al, 2000). Όπως είναι γνωστό, οι καταλύτες διευκολύνουν τον χημικό μετασχηματισμό, χωρίς να ενσωματώνονται στο τελικό προϊόν και μετά το πέρας της αντίδρασης αναγεννώνται. Ένας καταλύτης, σε αντίθεση με ένα στοιχειομετρικό αντιδραστήριο επιτυγχάνει πολύ μεγάλο αριθμό μετασχηματισμών πριν εξαντληθεί. Βέβαια εδώ να σημειώσουμε ότι διάφορες κατηγορίες καταλυτών, όπως τα βαριά μέταλλα, είναι εξαιρετικά τοξικοί και έχουν προκαλέσει σοβαρή

ρύπανση στο έδαφος και στα ύδατα. Οι περιβαλλοντικά φιλικοί καταλύτες όπως οι πηλοί και οι ζεόλιθοι μπορούν να αντικαταστήσουν τους πιο επικίνδυνους διαλύτες.



Σχήμα 2.6. *Η ενέργεια ενεργοποίησης είναι μεγαλύτερη, όταν δεν χρησιμοποιείται καταλύτης.*

Η κατάλυση προσφέρει σημαντικά οφέλη μερικά εκ των οποίων είναι: α) οι χαμηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις, αφού η χρήση καταλυτών οδηγεί στην μείωση της ενέργειας ενεργοποίησης, με αποτέλεσμα να υπάρχει καλύτερος έλεγχος και μείωση των θερμοκρασιών β) η αυξημένη εκλεκτικότητα, αφού μέσω της εκλεκτικής κατάλυσης επιτρέπεται ο έλεγχος του βαθμού της αντίδρασης (π.χ. μονοπροσθήκες σε σχέση με πολλαπλές προσθήκες), του σημείου αντίδρασης (π.χ. C-μεθυλιώσεις σε σχέση με O-μεθυλιώσεις), της στερεοχημείας της αντίδρασης (π.χ. R- σε σχέση με S- εναντιομερές) γ) η μείωση της χρήσης των μέσων διαχωρισμού δ) η βελτίωση της αποδοτικότητας των διεργασιών ε) ο περιορισμός της χρήσης υπερβολικών ποσοτήτων αντιδραστηρίων και η ελαχιστοποίηση της παραγωγής αποβλήτων (Anastas, Kirchhoff & Williamson, 2001). Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί και η σημασία της βιοκατάλυσης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα η σύνθεση του αδιπικού οξέος από γλυκόζη με τη βοήθεια των βακτηρίων E.coli, μονομερούς το οποίο χρησιμοποιείται στη παρασκευή του nylon-6,6 (Draths & Frost, 1998, 1990, 1991).

2.3.10 Σχεδιασμός αποικοδομήσιμων προϊόντων: Τα χημικά προϊόντα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε στο τέλος της χρήσης τους να αποικοδομούνται προς αβλαβή προϊόντα.

Όταν ο «πράσινος» συνθετικός χημικός σχεδιάζει ένα χημικό προϊόν, ένα από τα πρώτα πράγματα που συνυπολογίζει είναι οι ιδιότητες που πρέπει να έχει το χημικό προϊόν και ο τρόπος διάθεσης του μετά την ολοκλήρωση της λειτουργίας του. Δυστυχώς, οι διάφορες χημικές διεργασίες δεν σχεδιάζονταν πάντα έτσι ώστε τα χημικά προϊόντα να αποδομούνται στο στάδιο της τελικής τους διάθεσης. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι οι έμμονοι οργανικοί ρύποι (POPs), οι οποίοι παράγονται από τις χαρτοβιομηχανίες, τις βιομηχανίες χαλκού, τις μονάδες παραγωγής ενέργειας ή κατά την παρασκευή του PVC (Scheringer, 2004). Οι ρύποι αυτοί παραμένουν εκεί όπου αποτέθηκαν, με την ίδια μορφή ή απορροφούνται από διάφορα φυτικά ή ζωικά είδη, συσσωρεύονται σε αυτά προκαλώντας τους τοξικές βλάβες (Βαλαβανίδης & Βλαχογιάννης, 2008).

Μια άλλη κατηγορία υλικών, τα πλαστικά, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, δεν αποδομούνται με αποτέλεσμα να δημιουργούν σοβαρά ζητήματα τόσο στους χώρους υγειονομικής ταφής, όσο και στα υδάτινα οικοσυστήματα, αφού καταλήγουν στον πυθμένα των θαλασσών και ωκεανών νεκρώνοντας τη ζωή στην περιοχή με άμεση πρόκληση βλαβών στην βιοποικιλότητα, όπως στις θαλάσσιες χελώνες και τα θαλασσοπούλια (Grassie, 1966, Καρακασίδης, 1999).

Πάντως τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες αντικατάστασης των κλασικών πλαστικών με τα «βιοαποδομήσιμα». Τα τελευταία, λόγω της σύστασης τους μέσω συγκεκριμένων φυσικών διεργασιών, μετατρέπονται σε διοξείδιο του άνθρακα, νερό και οργανική ύλη –βιομάζα (Κατσαρός, 2007).

Τέλος τα εντομοκτόνα, τα οποία έχουν οργανοαλογονωμένες δομές τείνουν να βιοσυσσωρεύονται στο λιπώδη ιστό ή λιπώδη κύτταρα πολλών φυτικών και ζωικών ειδών (Rockstein, 1999). Αυτό μπορεί να προκαλέσει βλάβη, τόσο σε αυτά τα είδη όσο και στον άνθρωπο, εφόσον τα καταναλώσει (χαρακτηριστικό είναι το εντομοκτόνο DDT στο οποίο έχουμε ήδη αναφερθεί).

Κατά τις διεργασίες της βιοαποδόμησης θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, στα οικοσυστήματα και στη βιοποικιλότητα. Η εκ των προτέρων αξιολόγηση των ουσιών στις οποίες αποσυντίθεται το μητρικό προϊόν θεωρείται απαραίτητη προϋπόθεση, ώστε με την τοποθέτηση χαρακτηριστικών ομάδων στη μοριακή δομή ενός χημικού προϊόντος, να διευκολύνεται η αποσύνθεση του. Ιδιότητες που είναι ευαίσθητες στην υδρόλυση, στη φωτόλυση ή σε οποιαδήποτε άλλη διάσπαση, έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς, προκειμένου να διασφαλιστεί, ότι τα προϊόντα θα είναι βιοαποδομήσιμα. Να επισημανθεί εδώ ότι τα αποδομήσιμα προϊόντα μπορεί να ενέχουν κινδύνους, οπότε έτσι δεν επιτυγχάνεται ο στόχος της πράσινης χημείας (Καλδέλλης & Χαλβατζής , 2005).

2.3.11 Ανάλυση σε πραγματικό χρόνο: Οι αναλυτικές μεθοδολογίες χρειάζονται περαιτέρω ανάπτυξη προς την κατεύθυνση της παρακολούθησης μιας διεργασίας σε πραγματικό χρόνο και του έγκαιρου ελέγχου πριν από τον σχηματισμό επικίνδυνων ουσιών.

Η ανάπτυξη μεθόδων χειρισμού και ελέγχου των χημικών διεργασιών κατά τη διάρκεια που αυτές πραγματοποιούνται (real-time), ώστε να προλαμβάνεται η παραγωγή επικίνδυνων ουσιών αποτελεί έναν από τους στόχους της «πράσινης» επιστημονικής κοινότητας. Ο σωστός έλεγχος προϋποθέτει την ακριβή μέτρηση. Έτσι λοιπόν, για την αξιολόγηση του κινδύνου που ενέχει μια χημική διεργασία χρειάζεται να υπάρχουν αξιόπιστα όργανα και συσκευές παρακολούθησης

προκειμένου να παρακολουθείται η παραγωγή επικίνδυνων παραπροϊόντων ή παράπλευρων αντιδράσεων. Ακόμα και αν ανιχνευτούν σε ιχνοποσότητες διάφορες τοξικές ουσίες μπορούν να γίνουν τέτοιες ρυθμίσεις ώστε να μειωθεί ή να εξαλειφθεί ο σχηματισμός τους. Εάν οι αισθητήρες συνδέονται άμεσα με τα σημεία ελέγχου της διεργασίας, η ελαχιστοποίηση του κινδύνου μπορεί κάλλιστα να αυτοματοποιηθεί.

Σε πολλές περιπτώσεις, οι χημικές διεργασίες απαιτούν τη συνεχή προσθήκη αντιδραστηρίου ώστε η αντίδραση να συμπληρωθεί. Με την παρακολούθηση της διεργασίας σε πραγματικό χρόνο, υπάρχει η δυνατότητα προσδιορισμού του τέλους της αντίδρασης οπότε αποφεύγεται η περίσσεια αντιδραστηρίου και οι επικίνδυνες χημικές ουσίες μπορεί να μην καταλήξουν στο απόβλητο ρεύμα (Anastas & Warner, 1998).

2.3.12 Ασφαλέστερη χημεία για την πρόληψη ατυχημάτων: Οι ουσίες που συμμετέχουν σε κάποια χημική διεργασία πρέπει να επιλέγονται έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το ενδεχόμενο χημικών ατυχημάτων

Η πρόληψη των ατυχημάτων αποτελεί έναν από τους σπουδαιότερους στόχους του πεδίου εφαρμογής της πράσινης χημείας. Διάφορα μεγάλα ατυχήματα, μερικά εκ των οποίων έχουν ήδη αναφερθεί (Bhopal της Ινδίας, Sevezo της Ιταλίας) έχουν οδηγήσει κατά το παρελθόν στην απώλεια μεγάλου αριθμού ανθρώπινων ζωών. Ο χημικός λοιπόν, θα πρέπει κατά τον σχεδιασμό των χημικών διεργασιών και προϊόντων να μην εστιάζει μόνο στην αποφυγή της ρύπανσης και της οικοτοξικότητας, αλλά να προλαμβάνει τον πιθανό κίνδυνο που σχετίζεται με την εκρηκτικότητα, την ευφλεκτικότητα και την τοξικότητα.

Η παραγωγή και γρήγορη κατανάλωση επικινδύνων χημικών ουσιών μέσα σε μια διεργασία είναι δυνατόν να μειώσει την ανάγκη για αποθήκευση μεγάλων αποθεμάτων επικίνδυνων χημικών ουσιών, οι οποίες όταν φυλάσσονται υπό ακατάλληλες συνθήκες μπορούν να προκαλέσουν επικίνδυνα ατυχήματα. Η ανακύκλωση ενός διαλύτη μετά από μια διεργασία, αποτελεί έναν τρόπο πρόληψης της ρύπανσης και των εκλύσεων στο περιβάλλον, ταυτόχρονα όμως μπορεί να αυξάνει τις πιθανότητες για πρόκληση ατυχήματος ή πυρκαγιάς. Πρέπει λοιπόν η επιλογή των διαδικασιών να γίνεται με κριτήρια συνολικής θεώρησης. Οι διάφορες πτητικές υγρές ή αέριες χημικές ουσίες σχετίζονται με τον αυξημένο κίνδυνο πρόκλησης ατυχημάτων, οπότε είναι προτιμότερη η χρήση στερεών ουσιών ή η χρήση ουσιών με χαμηλή τάση ατμών. Επίσης συνίσταται η αποφυγή χρήσης μεγάλων ποσοτήτων μοριακών αλογόνων, τα οποία υποκαθίστανται από αντιδραστήρια που φέρουν τα αλογόνα, μετασχηματισμένα όμως σε μια πιο ακίνδυνη μορφή (Anastas & Warner, 1998).

2.4 Αντιπροσωπευτική επιστημονική και εκπαιδευτική δραστηριότητα σε παγκόσμιο επίπεδο στο πεδίο της πράσινης χημείας

Η πράσινη ή βιώσιμη χημεία αποτελεί, σήμερα, έναν επιστημονικό κλάδο στον οποίο παρουσιάζεται ιδιαίτερα αυξημένη δραστηριότητα σε παγκόσμιο επίπεδο. Το εντεινόμενο ενδιαφέρον για την πράσινη χημεία αποδεικνύεται από τον διαρκώς αυξανόμενο αριθμό συνεδρίων και άλλων γεγονότων που λαμβάνουν χώρα σε Αμερική, Ευρώπη και Ασία, την ανάγκη ίδρυσης οργανισμών και οργανώσεων πράσινης χημείας σε παγκόσμιο επίπεδο, αλλά και της δικτύωσης προκειμένου να υπάρχει ανταλλαγή δραστηριοτήτων και δράσεων.

Το 1993 θεωρείται ένα εποικοδομητικό έτος για το κίνημα της πράσινης χημείας καθώς οι Paul T. Anastas και Carol A. Farris εξέδωσαν το πρώτο βιβλίο της ACS Symposium Series: *Benign by Design, Alternative Synthetic Design for Pollution Prevention*. Το βιβλίο βασιζόταν σε ένα συμπόσιο που έλαβε χώρα στην 206η Εθνική Συνάντηση της Αμερικάνικης Ένωσης Χημείας (*American Chemical Society-ACS)* στο Σικάγο τον Αύγουστο του 1993 με την υποστήριξη της Επιτροπής της Περιβαλλοντικής Χημείας (*Division of Environmental Chemistry)*. Το βιβλίο αυτό έδινε την ευκαιρία σε αρκετούς χημικούς, πρωτοπόρους στο αναδυόμενο επιστημονικό πεδίο της πράσινης χημείας να παρουσιάσουν την έρευνα τους και να ενθαρρύνουν άλλους επιστήμονες να εμπλακούν σε μια πιο υπεύθυνη περιβαλλοντικά επιστήμη.

Τον ίδιο χρόνο (1993) στην Ιταλία, ιδρύθηκε η διαπανεπιστημιακή συνεργασία Η χημεία για το περιβάλλον (INCA) (Interuniversity National Consortium “Chemistry for the Environment” /INCA, 1997a) με σκοπό την συνεργασία ακαδημαϊκών ομάδων που ενδιαφέρονται για την σχέση χημείας και περιβάλλοντος. Μια από τις περιοχές μείζονος ενδιαφέροντος της συνεργασίας αυτής είναι η πρόληψη της ρύπανσης μέσω της ανάπτυξης καθαρότερων αντιδράσεων, προϊόντων και διεργασιών. Η Ιταλική Διαπανεπιστημιακή Συνεργασία « Η Χημεία για το Περιβάλλον» (*Interuniversity Consortium on Chemistry for the Environment*) με πρόεδρο τον καθηγητή Pietro Tundo έχει πλούσια δράση στο πεδίο της πράσινης χημείας (Ενημερωτική έκδοση του INCA της Ιταλίας για τις δράσεις του, 2007) που εκτείνεται από διάφορα προγράμματα που αφορούν τη βιομηχανία και τις «Καθαρές Χημικές Παραγωγικές Διεργασίες» (*Clean Chemical Production Processes*) μέχρι θερινά σχολεία (*summer schools*), εκδόσεις εκπαιδευτικών περιοδικών, όπως το *GREEN* (The Interuniversity Consortium Chemistry for the Environment-GREEN, 2006) το οποίο διανέμεται στα σχολεία δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και αποτελεί σημαντικό βοήθημα για τους μαθητές ώστε να κατανοήσουν θέματα που άπτονται της πράσινης χημείας, όπως τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αλλά και η σειρά βιβλίων *GREEN CHEMISTRY SERIES* (International Union for Pure and Applied Chemistry, 2002c). Να σημειωθεί ότι η Ιταλία είναι η πρώτη χώρα του *OECD*

(*Organization For Economic Cooperation and Development*) που πραγματοποίησε απονομή βραβείων Βιώσιμης Χημείας (*Green Chem.*,1999).

Τα συνέδρια *Gordon Green Chemistry* (Gordon Research Conferences, 1996) τα οποία πραγματοποιούνται από το 1995, εναλλάξ σε Ευρώπη και Αμερική, σε συνδυασμό και με άλλα διεθνή γεγονότα αποτελούν εξαιρετικά παραδείγματα αποτελεσματικών συναντήσεων χημικών ή χημικών μηχανικών από διαφορετικούς ερευνητικούς και παραγωγικούς κλάδους όπως τη βιομηχανία και το πανεπιστήμιο, με κοινό σκοπό την εφαρμογή της πράσινης χημείας μέσα στις χημικές βιομηχανίες (Tundo & Anastas, 1999˙ Anastas, Kazlauskas & Sheldrake, 2006).

Γενικά πάντως, οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και η Ιαπωνία πρωτοπορούν στον χώρο της έρευνας και της ανάπτυξης. Το 2007 ιδρύθηκε η πρώτη έδρα πράσινης χημείας. στο Πανεπιστήμιο του Yale των Ηνωμένων πολιτειών με καθηγητή τον Paul T. Anastas (Yale University, Department of Chemistry, Center for Green Chemistry and Green Engineering, 2008). Στη Γερμανία η πράσινη χημεία δεν αναγνωρίζεται ως ανεξάρτητο επιστημονικό πεδίο, όπως στην Αμερική ή στην Ιαπωνία. Εντούτοις υπήρξαν διάφορες προσπάθειες προς την κατεύθυνση εκπαίδευσης νέων χημικών σε πράσινες τεχνικές (Förster, 2004). Η Ένωση για την χημική μηχανική και βιοτεχνολογία (Society for Chemical Engineering and Biotechnology-DECHEMA) έχει ιδρύσει μια ομάδα εργασίας για τη Βιώσιμη Χημεία (Society for Chemical Engineering and Biotechnology, 2010). Η Ιταλία κρατάει τα σκήπτρα στην εκπαίδευση αφού το Ιταλικό *INCA* έχει επιλεγεί από τον Οργανισμό για την Οικονομική Συνεργασία και Ανάπτυξη (*ΟΟΣΑ)* (Interuniversity National Consortium "Chemistry for the Environment" /INCA, 2007b) ως συντονιστής των εκπαιδευτικών δράσεων για την πράσινη χημεία.

Η IUPAC, όπως είναι αναμενόμενο, υποστηρίζει την διοργάνωση πολλών συνεδρίων και συμποσίων (International Union for Pure and Applied Chemistry, 2001a). Έτσι, για πρώτη φορά, τον Αύγουστο του 1996, η IUPAC ενεργοποιήθηκε στο πεδίο της πράσινης χημείας με την διοργάνωση ενός συνεδρίου με θέμα: «Βιώσιμη παραγωγή, Χρήση, Διάθεση και Ανακύκλωση» (*Sustainable Production, Use, Disposal and Recycling of Materials)* (International Union for Pure and Applied Chemistry, 1997b).

Επόμενο σημαντικό βήμα στην ανάπτυξη της πράσινης χημείας αποτέλεσε η ίδρυση του Ινστιτούτου πράσινης χημείας (*Green Chemistry Institute -GCI*) στην Αμερική, το 1997. Μετά από ένα χρόνο σχεδιασμού από εκπροσώπους της βιομηχανίας, της κυβέρνησης, της ακαδημαϊκής κοινότητας δημιουργήθηκε αυτός ο μη κερδοσκοπικός οργανισμός με αποστολή να διευκολύνει τις συνεργασίες βιομηχανίας και κυβέρνησης με τα πανεπιστήμια και τα εθνικά εργαστήρια και να συμβάλει στην ανάπτυξη οικονομικά βιώσιμων και καθαρών παραγωγικών τεχνολογιών. Από τις

πρώτες μέρες λειτουργίας του, το Ινστιτούτο φάνηκε ως ο πρώτος φορέας ο οποίος είχε τη γνώση, την εμπειρία και τη δυνατότητα να κατευθύνει την χημική βιομηχανία προς την βιωσιμότητα, μέσω των αρχών της πράσινης χημείας. Βέβαια, τέσσερα χρόνια αργότερα, τον Ιανουάριο του 2001, το ινστιτούτο πράσινης χημείας προσχώρησε στην Αμερικάνικη Ένωση Χημείας (American Chemical Society, 2001d) σε μια συνολική προσπάθεια αντιμετώπισης των παγκόσμιων ζητημάτων, με άξονα τη χημεία.

Το ινστιτούτο πράσινης χημείας ενεργεί για την ενοποίηση της πράσινης χημείας σε όλα τα επίπεδα της χημικής εκπαίδευσης, φιλοξενεί συνέδρια και συντονίζει ενέργειες σε μια προσπάθεια διάρθρωσης ενός διεθνούς δικτύου υποστηρικτών της πράσινης χημείας. Προσφέρει δύο βραβεία που συστάθηκαν στην μνήμη των Kenneth G. Hancock και Joseph Breen. Ο πρώτος υπήρξε διευθυντής της επιτροπής χημείας (*Division of Chemistry)* στην Αμερικάνικη Ένωση Χημείας και ένας από τους πρώτους υποστηρικτές της πράσινης χημείας. Το Βραβείο στη μνήμη του (*Hancock Memorial Award)* (American Chemical Society, 1999b) δίνει τη δυνατότητα σε προπτυχιακούς φοιτητές και πτυχιούχους χημείας να συναγωνιστούν στην ερευνητική τους προσπάθεια πάνω σε θέματα πράσινης χημείας. Το 2000, καθιερώθηκε και η υποτροφία στη μνήμη του Joseph Breen *(Joseph Breen Memorial Fund)* (American Chemical Society, 2000c). Ο Breen ήταν ο ιδρυτής του παγκόσμιου κινήματος πράσινης χημείας και ο πρώτος διευθυντής του ινστιτούτου πράσινης χημείας.

Στο μεταξύ, το Σεπτέμβρη του 1997, διεξήχθη στη Βενετία το 1^{ο} διεθνές συνέδριο για τις προοπτικές και τις προκλήσεις της πράσινης χημείας. Η συνάντηση είχε χορηγό την IUPAC και συν-χορηγούς την Αμερικανική Ένωση Χημείας (ACS), την Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Προστασίας (EPA) και την UNESCO. Στα τέλη των 1990s και στην αρχή της νέας χιλιετίας, το ενδιαφέρον για την πράσινη χημεία εξαπλώνεται. Το 1998, μετά από πρόταση της Υπηρεσίας Περιβαλλοντικής Προστασίας, ο Οργανισμός για την Οικονομική Συνεργασία και Ανάπτυξη(ΟΟΣΑ) (Organization for Economic Co-operation and Development- OECD) (Organization for Economic Cooperation and Development, 1999a) εξέδωσε οδηγία για την ανάπτυξη ενός προγράμματος πράσινης χημείας.

Έναν χρόνο αργότερα, το 1999 η βρετανική Βασιλική Ένωση της Χημείας (*Royal Society of Chemistry)* ξεκίνησε την έκδοση ενός νέου περιοδικού, εξολοκλήρου αφιερωμένο στην βιώσιμη χημεία με το όνομα *Green Chemistry* (Royal Society of Chemistry, 1999a). Περίπου την ίδια χρονιά ή και λίγο αργότερα (2000) ξεκίνησαν διάφορες δραστηριότητες σε πολλές χώρες. Μερικά παραδείγματα είναι αυτά που ακολουθούν:

- Ίδρυση του ινστιτούτου πράσινης χημείας στην Ισπανία το Φεβρουάριο του 2000 (Ινστιτούτο Επιστήμης και Τεχνολογίας Ισπανίας, 2000).
- Δημιουργία του δικτύου πράσινης και βιώσιμης χημείας στην Ιαπωνία το 1998, το οποίο επιχειρεί επίσημα από το 2000 (Green and Sustainable Chemistry Network, 1998a).
- Ίδρυση του κέντρου πράσινης χημείας στο Πανεπιστήμιο του Monash στην Αυστραλία, το οποίο επιχειρεί από τον Ιανουάριο του 2000 (Centre for Green Chemistry, Monash University, 2000).

Το 2000 πραγματοποιήθηκε στην πόλη Swansea, της Μ. Βρετανίας, υπό την αιγίδα της Βασιλική Ένωσης της Χημείας το 1^{ο} Διεθνές συνέδριο με θέμα «Πράσινη χημεία: Προϊόντα και Διεργασίες» (*Green Chemistry: Sustainable Products and Processes*) (Clark, 2000). Επίσης, στα Πανεπιστήμια της Ιρλανδίας αναπτύσσεται ένας αρκετά μεγάλος αριθμός ερευνητικών έργων στο πλαίσιο της πράσινης χημείας με έμφαση στις καθαρές τεχνολογίες (Clark & Hodnett, 2001).

Στη συνέχεια και τα επόμενα έτη, η IUPAC ενεπλάκη σε διάφορα έργα που σχετίζονται με την πράσινη χημεία μερικά εκ των οποίων αναφέρονται στην συνέχεια:

- Το διεθνές συνέδριο οργανικής σύνθεσης (International Conference on Organic Synthesis-ICOS 13) που πραγματοποιήθηκε το 2000 στην Πολωνία, όπου και έλαβε χώρα ένα μικρό συμπόσιο πράσινης οργανικής σύνθεσης (Mini Symposium on Green Organic Synthesis) (Pure and Applied Chemistry, 2000).
- Το συνέδριο «CHEMRAWN- Χημική Έρευνα προσαρμοσμένη στις Παγκόσμιες Ανάγκες» (Chemistry Research Applied to World Needs) που έλαβε χώρα το 2001, στο Κολοράντο των Ηνωμένων Πολιτειών.
- Το 38^{ο} συνέδριο της IUPAC, στο Brisbane της Αυστραλίας το 2001, το οποίο είχε μια θεματική ενότητα αφιερωμένη στην περιβαλλοντική χημεία και την εφαρμογή Πράσινων διεργασιών στη βιομηχανία.

Τον Ιούλιο του 2001, η IUPAC ενέκρινε την ίδρυση υποεπιτροπής για την πράσινη χημεία υπό την εποπτεία της επιτροπής της για την Οργανική και Βιομοριακή Χημεία (Division III). Ο κεντρικός στόχος της υποεπιτροπής είναι ο σχεδιασμός και η πραγματοποίηση εκπαιδευτικών προγραμμάτων πράσινης χημείας. Η επιτροπή οργάνωσε διεθνή συμπόσια, συνέδρια και ομάδες εργασίας, ενώ επιπρόσθετα ετοιμάζει και διανέμει αρκετά βιβλία όπως την σειρά βιβλίων με τίτλο: *The Green Chemistry Series,* τα οποία πραγματεύονται παγκόσμια θέματα που σχετίζονται με την πράσινη/βιώσιμη χημεία και τα οποία απευθύνονται κυρίως σε φοιτητές.

Τον Νοέμβριο του 2001 πραγματοποιήθηκε στο Δελχί το 1^{ο} μεγάλο συνέδριο πράσινης χημείας όπου συζητήθηκε και παρουσιάστηκε ένα μεγάλο εύρος ζητημάτων πράσινης χημείας (International Union for Pure and Applied Chemistry, 2001d). Μεταξύ άλλων περιλαμβάνονταν η βιοκατάλυση, η χημεία της ενεργειακής παραγωγής, η μείωση των θερμοκηπιακών αερίων, τα υδάτινα οικοσυστήματα και οι περιβαλλοντικά φιλικές χημικές τεχνολογίες. Το σημαντικό ήταν η συμμετοχή χωρών με μικρότερη πείρα σε θέματα πράσινης χημείας, όπως η Εσθονία και η Αργεντινή.

Τον Μάρτιο του 2003, στο Τόκιο έλαβε χώρα στο Πανεπιστήμιο του Waseda, το *1^{ο} Διεθνές Συνέδριο Πράσινης και Βιώσιμης Χημείας*, το οποίο οργανώθηκε από το δίκτυο πράσινης και βιώσιμης Χημείας (Green and Sustainable Chemistry Network, 2003b). Μεταξύ άλλων, η συνεδρίαση 4 αφορούσε στην εκπαίδευση και οργανώθηκε με σκοπό τη βελτίωση της εικόνας και αξιοπιστίας της χημείας στην κοινωνία, ενώ δόθηκε έμφαση στην ενίσχυση της επικοινωνίας μεταξύ των φοιτητών, των μαθητών, των καθηγητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και των ερευνητών σε ακαδημαϊκούς και βιομηχανικούς τομείς (Segawa, 2003). Τον Οκτώβριο του ίδιου έτους στο Σαν Φρανσίσκο (San Francisco) πραγματοποιήθηκε η 1^{η} Διεθνής συνάντηση του Παγκόσμιου Δικτύου Πανεπιστημίων (*The 1st International Worldwide Universities Network Meeting*) με τίτλο «*Excellence in Green Chemistry*», την οποία οργάνωσε η ομάδα εργασίας για την πράσινη χημεία του Παγκόσμιου Δικτύου Πανεπιστημίων (Green Chemistry Working Party -WUN) σε συνεργασία με το δίκτυο πράσινης χημείας (Green Chemistry Network -GCN) (Summerton, 2003).

Προκειμένου να ικανοποιηθεί η αυξημένη ανάγκη για εκπαίδευση στην πράσινη χημεία, το 2005, στη συνάντηση των G8 Υπουργών για την Έρευνα (Carnegie Group), εξαγγέλθηκε η ίδρυση ενός ερευνητικού και εκπαιδευτικού δικτύου πράσινης χημείας με την ονομασία «Διεθνές Πράσινο Δίκτυο» (*International Green Network-IGN*). Ως κεντρικό σημείο του IGN επιλέχθηκε το INCA στη Βενετία. Το συγκεκριμένο δίκτυο στοχεύει στην προαγωγή της τεχνογνωσίας, τον συντονισμό και την υποστήριξη των επιστημονικών συνεργασιών, την κατάλληλη εκπαίδευση της νέας γενιάς χημικών και την στήριξη της βιώσιμης χημείας στα αναπτυσσόμενα κράτη.

Ένα άλλο δίκτυο πράσινης χημείας ιδρύθηκε το Δεκέμβριο του 2005. Πρόκειται για το Μεσογειακό Δίκτυο Πράσινης Χημείας (*Mediterranean Countries Network on Green Chemistry-MEGREC*) (Mediterranean Green Chemistry Network, 2007). Το δίκτυο δημιουργήθηκε για να διευκολύνει την συνεργασία μεταξύ των Ευρωπαϊκών χωρών της Μεσογείου και των χωρών της Βόρειας Αφρικής σε θέματα πράσινης χημείας. Τα ιδρυτικά μέλη του MEGREC είναι το Πανεπιστήμιο του Suez Canal, (Αίγυπτος), το Πανεπιστήμιο Επιστήμης και Τεχνολογίας της

Μπαρτσελόνας (Ισπανία), το Πανεπιστήμιο του Φεζ (Μαρόκο), το Πανεπιστήμιο του Βελιγραδίου (Σερβία), το Πανεπιστήμιο της Αθήνας (Ελλάδα) και το INCA (Ιταλία). Μεταξύ των σκοπών του MEGREC είναι η δημιουργία ενός μεταπτυχιακού προγράμματος πράσινης χημείας και η στρατολόγηση νέων ερευνητών σε εργαστήρια.

Τον Δεκέμβρη του 2005, η Βασιλική Ένωση Χημείας (*Royal Society of Chemistry)* οργάνωσε στο Cambridge ένα διεθνές συνέδριο, όπου συζητήθηκε ο ρόλος της κατάλυσης και της βιοκατάλυσης στην πράσινη χημεία. Την ίδια ώρα, στην Χαβάη στο *PACIFICHEM* 2005 συζητούνταν διάφορα ζητήματα πράσινης χημείας (Leitner, 2006). Η χρονιά εκείνη σφραγίστηκε με το απροσδόκητο, αν και κοινό στην χημική κοινότητα μυστικό, της απονομής του Βραβείου Νόμπελ Χημείας στους Yves Chauvin, Bob Grubbs και Richard Schrock για τη συνεισφορά τους στην ανάπτυξη της μεθόδου μετάθεσης των ολεφινών στην οργανική σύνθεση (Nobel Prize Official website, 2005), ερευνητικό αντικείμενο που συνεισφέρει στους σκοπούς της πράσινης χημείας.

Το 2006 στη Δρέσδη, το *INCA* και η Γερμανική Ένωση Χημείας (*German Chemical Society)* οργάνωσαν το 1^{ο} διεθνές συνέδριο της IUPAC αφιερωμένο στην πράσινη-βιώσιμη χημεία (German Chemical Society, 2006**)**. Η ευρεία θεματολογία του συνεδρίου προσέλκυσε πολλούς ερευνητές της βιομηχανίας, των πανεπιστημίων, πολιτικούς και φοιτητές. Η μεγάλη προσπάθεια της οργανωτικής επιτροπής δημιούργησε ένα πόλο 450 συμμετεχόντων από 42 χώρες.

Τον Ιούλιο του 2007, στο Οντάριο του Καναδά η IUPAC οργάνωσε το συνέδριο *CHEMRAWN-XVII και ICCDU-IX* με θέμα «Θερμοκηπιακά αέρια» (*Conference on Greenhouse Gases—Mitigation and Utilization*). Επίσης το 2007 το δίκτυο πράσινης και βιώσιμης χημείας συνδιοργάνωσε το 1^{ο} Ασιατικό-Ωκεανικό Συνέδριο Πράσινης και Βιώσιμης Χημείας (Asian-Oceania Conference on Green and Sustainable Chemistry)**.** Τέλος, το 2^{ο} Διεθνές συνέδριο της IUPAC για την πράσινη χημεία πραγματοποιήθηκε πάνω σε κρουαζιερόπλοιο που ταξιδέψε από τη Μόσχα στο St. Petersburg, την τελευταία εβδομάδα του Σεπτεμβρίου 2008.

Τον Ιούνιο του 2009 έλαβε χώρα το 17ο Ευρωπαϊκό Συνέδριο για την Βιομάζα, στο Hamburg της Γερμανίας (http://www.conference-biomass.com/index.htm) ενώ τον Ιούλιο του ίδιου έτους πραγματοποιήθηκε στο Eugene των Ηνωμένων πολιτειών εκπαιδευτικό συνέδριο που αφορούσε την πράσινη χημεία (http://chemistry.gsu.edu/CWCS/green.php). Επιπρόσθετα, τον Ιούνιο του 2009 πραγματοποιήθηκε το 6^{ο} Συμπόσιο πράσινης χημείας και καταναλωτή με έμφαση στην ενεργειακή αποδοτικότητα των πράσινων καταναλωτικών προϊόντων και με την συμμετοχή εμπορικών επιχειρήσεων, μη κυβερνητικών οργανώσεων, ακαδημαϊκών, καταναλωτικών οργανώσεων και άλλων ιθυνόντων προκειμένου να γίνουν ευρέως γνωστές οι λύσεις που προτείνει η πράσινη χημεία. Τον Αύγουστο του 2009 πραγματοποιήθηκε στην Σιγκαπούρη Διεθνές συνέδριο για την πράσινη

και βιώσιμη ανάπτυξη (http://snic.org.sg/icgsc/), ενώ τον Σεπτέμβριο του 2009 πραγματοποιήθηκε το 3ο Πανελλήνιο συμπόσιο πράσινης χημείας και βιώσιμης ανάπτυξης στη Θεσσαλονίκη.

Επίσης, το 2^{ο} Διεθνές συμπόσιο πράσινης χημείας για το περιβάλλον και την υγεία διεξήχθη στη Μύκονο, τον Σεπτέμβριο του 2010 υπό την αιγίδα του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής με ευρεία θεματολογία.

Καθώς το 2011 ήταν το Διεθνές έτος Χημείας πολλές ήταν οι δραστηριότητες που έλαβαν χώρα σε μια προσπάθεια της διεθνούς χημικής κοινότητας να αναγνωριστούν από το ευρύ κοινό τα οφέλη της χημείας. Για το 2012 εξαιρετικό ενδιαφέρον παρουσίασε το συνέδριο με τίτλο «3rd Annual Next generation Bio-Based Chemicals» που διεξήχθη στις αρχές του έτους στην Καλιφόρνια των Ηνωμένων Πολιτειών.

Για οικονομία χώρου δεν θα παραθέσουμε άλλα προγραμματισμένα γεγονότα αφού σε κάθε ενημερωτικό δελτίο του Green Chemistry Network υπάρχει πλέον σχετικό ενημερωτικό δελτίο (βλέπε http://www.greenchemistrynetwork.org/news.htm).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ: ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ ΣΤΟΥΣ ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ

3.1 Γενικά

Η εκμετάλλευση των ορυκτών φυσικών πόρων σχετίζεται διαχρονικά με αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον. Επιπρόσθετα, η εξάντληση των ορυκτών αποθεμάτων και η διαρκώς αυξανόμενη τιμή τους καθιστούν, και από οικονομικής απόψεως μη βιώσιμη τη χρήση τους ως αρχικών πρώτων υλών.

Από την άλλη μεριά, η επιτακτική ανάγκη για βιώσιμη ανάπτυξη έχει οδηγήσει στην αναζήτηση εναλλακτικών πρώτων υλών και στον σχεδιασμό λιγότερο αβλαβών διεργασιών και χημικών συνθέσεων. Οι βιολογικές και γεωργικές απόβλητες πρώτες ύλες μπορούν αποδεδειγμένα πλέον να αποτελέσουν άριστες εναλλακτικές προτάσεις. Πολλές από αυτές είναι ήδη πολύ οξυγονωμένες και έτσι η χρήση τους αντί των πετρελαϊκών πρώτων υλών εξαλείφει την ανάγκη για το ρυπογόνο στάδιο της οξείδωσης. Επιπλέον, οι συνθέσεις που μπορούν να επιτευχθούν με τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες είναι λιγότερο επικίνδυνες (Anastas & Warner, 2000). Ουσιαστικά, με τη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών «κλείνει» ο κύκλος του άνθρακα, κάτι το οποίο δεν συμβαίνει με την χρήση των ορυκτών πρώτων υλών.

Οι διάφορες έρευνες που διεξάγονται με εντεινόμενο ρυθμό τα τελευταία χρόνια αποδεικνύουν ότι αυτές οι πρώτες ύλες μπορούν να μετασχηματιστούν, μέσω ενός ευρέως φάσματος διεργασιών, σε διάφορα καταναλωτικά προϊόντα όπως, πλαστικά, καύσιμα, νάιλον, υφάνσιμες ύλες, καλλυντικά, είδη οικιακής χρήσης, συγκολλητικά κα. Υπάρχει δε η άποψη ότι η παραγωγή τέτοιων προϊόντων θα συνεισφέρει σημαντικά στην επίλυση δύο σημαντικών περιβαλλοντικών προβλημάτων:της κλιματικής αλλαγής και της ελάττωσης των ορυκτών πόρων (Hermann, Blok, & Patel, 2007). Η βιομηχανική παραγωγή τέτοιων προϊόντων έχει ήδη ξεκινήσει, οι παραγωγικές διεργασίες βελτιώνονται συνεχώς, ενώ τα επόμενα 20-30 χρόνια αναμένεται ότι θα είναι και οικονομικά συμφέρουσες.

3.2 Ανανεώσιμες πρώτες ύλες: η σημασία της επιλογής τους και η χρήση τους ως εργαλείο της πράσινης χημείας

Σύμφωνα με τους Eggersdorfer et al. (Eggersdorfer et al, 1992) η ετήσια παραγωγή βιομάζας σε παγκόσμιο επίπεδο ανέρχεται σε 170 δισεκατομμύρια τόνους, από τους οποίους μόνο το 3% χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση. Επίσης, σύμφωνα με σχετικά πρόσφατες εκτιμήσεις,

μόνο το 1/7 της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτεται από τη βιομάζα και αυτή αφορά κυρίως τις παραδοσιακές χρήσεις της (καυσόξυλα κλπ.).

Την τελευταία δεκαετία η επιστημονική, βιομηχανική και περιβαλλοντική κοινότητα, έχουν επικεντρώσει την προσοχή τους στην χρήση των ανανεώσιμων φυσικών πόρων ως αρχικών υλών. Γενικά, η επιλογή των πρώτων υλών είναι μείζονος σημασίας αφού καθορίζει σημαντικά τα χαρακτηριστικά μιας συνθετικής πορείας, ενώ επιδρά τόσο στην αποτελεσματικότητα της, όσο και στις συνέπειες που έχει η διεργασία αυτή στο περιβάλλον και στην υγεία. Κάθε πρώτη ύλη πρέπει να αξιολογείται, έτσι, ώστε να εξετάζεται το αν μπορεί να προκαλέσει χρόνια τοξικότητα, καρκινογένεση, οικοτοξικότητα κ.λ.π. (Βαλαβανίδης και Βλαχογιάννης, 2008).

Η απόφαση σχετικά με το ποια πρώτη ύλη πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε μια παραγωγική διαδικασία έχει σημαντικές επιπτώσεις σε ολόκληρη τη διεργασία αφού, για παράδειγμα καθορίζει και τους κινδύνους που πρόκειται να αντιμετωπίσουν οι εργαζόμενοι που χειρίζονται αυτή την χημική ουσία, εκείνοι που θα ασχοληθούν με τη βιομηχανική παραγωγή της και εκείνοι που θα τη μεταφέρουν. Επίσης, η επιλογή της πρώτης ύλης μπορεί να απαιτεί τη χρήση μιας εξαιρετικά τοξικής ουσίας σε επόμενο στάδιο μιας σύνθεσης, κάτι το οποίο δεν είναι ιδιαίτερα επιθυμητό. Για παράδειγμα οι πολυσακχαρίτες αποτελούν μια καλή βιολογική πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοβασισμένων συγκολλητικών, ωστόσο η διεργασία παραγωγής τους εμπερικλείει την χρήση επικίνδυνων αντιδραστηρίων (Haag et al. 2006). Επομένως, η επιλογή των πρώτων υλών αποτελεί ένα βασικό κομμάτι στη διαδικασία λήψης αποφάσεων για τους σκοπούς της πράσινης χημείας.

Οι γεωργικές και βιολογικές πρώτες ύλες φαίνεται ότι αποτελούν μια εναλλακτική λύση σε μια προσπάθεια αντικατάστασης των ορυκτών πόρων. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι περισσότερες από αυτές είναι ήδη πολύ οξυγονωμένες και έτσι εξαλείφεται η ανάγκη για το ρυπογόνο στάδιο της οξείδωσης. Επιπλέον, οι συνθέσεις που μπορούν να επιτευχθούν με αυτές τις πρώτες ύλες είναι σαφώς λιγότερο επικίνδυνες, από τις αντίστοιχες με τα πετρελαϊκά προϊόντα (Anastas & Warner, 2000).

3.3 Ανανεώσιμες πρώτες ύλες

3.3.1 Ορισμός και σύσταση

Οι ανανεώσιμες πρώτες ύλες είναι συνδεδεμένες με τα βιολογικά και φυτικά αρχικά υλικά και εμπερικλείουν οποιοδήποτε οργανικό υλικό είναι διαθέσιμο σε ανανεώσιμη ή περιοδική μορφή (U.S. Congress, 2000). Ωστόσο, ο όρος μπορεί ισοδύναμα να χαρακτηρίσει και χημικές ουσίες που αναγεννιούνται εύκολα μέσα σε χρονικά πλαίσια αποδεκτά για την ανθρώπινη διάρκεια ζωής. Οι Anastas και Warner (Anastas & Warner, 2000) αναφέρουν τον χρόνο ως σημαντική παράμετρο για

τον χαρακτηρισμό μιας ουσίας ως ανανεώσιμης. Έτσι λοιπόν, χημικές ουσίες, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, που μπορούν να παραχθούν από ένα απόθεμα πηγών, τόσο φυσικό όσο και συνθετικό, θεωρούνται ως ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι. Το ίδιο επιχείρημα μπορεί να υπάρξει και για το αέριο μεθάνιο, αφού υπάρχουν πολλές φυσικές πηγές του, μεταξύ των οποίων τα μεγάλα θηλαστικά ή το φυτικό υλικό σε αποσύνθεση.

Πιο συγκεκριμένα, στον όρο ανανεώσιμες πρώτες ύλες περιλαμβάνονται (Αποστολάκης, Κυρίτσης & Σούτερ, 1987):

α) οι φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα όπως π.χ. τα αυτοφυή φυτά και δάση, είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες δηλαδή φυτά που καλλιεργούνται ειδικά με σκοπό την παραγωγή βιομάζας για παραγωγή ενέργειας, είτε από γεωργικά και δασικά είδη, όπως π.χ. το σόργο το σακχαρούχο, το καλάμι, ο ευκάλυπτος κ.ά.

β) τα υποπροϊόντα και κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως π.χ. τα άχυρα, στελέχη αραβόσιτου, στελέχη βαμβακιάς, κλαδοδέματα, κλαδιά δένδρων, φύκη, κτηνοτροφικά απόβλητα, οι κληματίδες κ.ά.,

γ) τα υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή επεξεργασία των υλικών αυτών όπως π.χ. τα ελαιοπυρηνόξυλα, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, το πριονίδι κ.ά.,

δ) το οργανικό κλάσμα των αστικών και βιομηχανικών λυμάτων και σκουπιδιών.

Ουσιαστικά, η βιομάζα αποτελεί μία δεσμευμένη και αποθηκευμένη μορφή της ηλιακής ενέργειας και είναι αποτέλεσμα της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτικών οργανισμών. Η χλωροφύλλη των φυτών μετασχηματίζει την ηλιακή ενέργεια με μια σειρά διεργασιών, χρησιμοποιώντας ως βασικές πρώτες ύλες διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα καθώς και νερό και ανόργανα συστατικά από το έδαφος. Σχηματικά, η διεργασία αυτή μπορεί να παρασταθεί ως εξής:

Νερό + Διοξείδιο του άνθρακα +Ηλιακή ενέργεια (φωτόνια) + Ανόργανα στοιχεία → Βιομάζα + Οξυγόνο.

Η βιομάζα αποτελείται από υλικά λιγνοκυτταρικής φύσεως σε ποσοστό περίπου 70-75%, που περιέχουν άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο, έλαια και λιπαρά οξέα σε ποσοστό περίπου 15–20% που περιέχουν τα ίδια στοιχεία και πρωτεΐνες σε ποσοστό περίπου 5% οι οποίες περιέχουν άνθρακα, υδρογόνο, οξυγόνο, άζωτο και θείο. Η σύσταση της βιομάζας ποικίλει ανάλογα την προέλευση της και αποτελεί τον καθοριστικό παράγοντα τόσο της ευκολίας μετατροπής της σε πρώτες ύλες για επεξεργασία, όσο και των ιδιοτήτων των τελικών προϊόντων. Για παράδειγμα, η σύσταση της κυτταρινικής βιομάζας είναι κυτταρίνη 38-50%, ημικυτταρίνη 23-32%, λιγνίνη 15-25% και διάφορα άλλα συστατικά 5-13% (Public Forum Institute, 2010). Πάντως, η σπουδαιότητα της σύστασης της

βιομάζας έγκειται στο ότι τα απαραίτητα στοιχεία υπάρχουν ήδη στα αρχικά υλικά και δεν χρειάζεται να εισαχθούν (Haveren, Scott & Sanders, 2008).

3.3.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών-κύκλος άνθρακα

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών είναι (Zeikus, 2001):

α) Η μείωση της ενεργειακής εξάρτησης, η οποία φυσικά επιφέρει και αντίστοιχες μεταβολές σε όλες τις οικονομίες.

β) Οι χαμηλότερες εκπομπές θερμοκηπιακών και άλλων τοξικών αερίων καθώς και η αποτροπή του φαινομένου της όξινης βροχής. Ειδικότερα, η βιομάζα δεν συνεισφέρει ιδιαίτερα στην αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στην ατμόσφαιρα διότι, ενώ κατά την καύση της παράγεται το συγκεκριμένο αέριο, κατά την παραγωγή της και μέσω της φωτοσύνθεσης επαναδεσμεύονται σημαντικές ποσότητες αυτού του αερίου κάτι το οποίο δεν συμβαίνει κατά την καύση των ορυκτών πρώτων υλών. Με άλλα λόγια, ο κύκλος της καύσης των ορυκτών πρώτων υλών είναι ανοικτός ενώ, ο αντίστοιχος κύκλος της βιομάζας είναι κλειστός. Επιπρόσθετα, η περιεκτικότητα της βιομάζας σε θείο είναι πρακτικά αμελητέα, οπότε η συνεισφορά της στο φαινόμενο της όξινης βροχής μέσω της παραγωγής οξειδίων είναι πολύ χαμηλή (Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας-ΚΑΠΕ, 1998).

γ) Η αναζωογόνηση των αγροτικών περιοχών λόγω της συγκράτησης του πληθυσμού μέσω της εξασφάλισης εργασίας. Η δημιουργία μονάδων επεξεργασίας της βιομάζας κοντά σε περιοχές παραγωγής της δημιουργεί θέσεις εργασίας.

δ) Ειδικότερα, η εκμετάλλευση των αστικών οργανικών αποβλήτων οδηγεί στη μείωση των εκροών καθώς επίσης και στον περιορισμό της ρύπανσης του νερού, του αέρα και του εδάφους. Επιπρόσθετα, τα αστικά οργανικά απόβλητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ενέργειας οπότε έτσι μειώνεται και το πρόβλημα της διάθεσης τους.

Τα μειονεκτήματα που συνδέονται με την χρήση της βιομάζας αφορούν (Vitousek, Ehrlich & Matson, 1986):

α) Δυσκολίες στην εκμετάλλευσή της, όπως οι δυσχέρειες στη διαχείριση της κατά την συλλογή, την μεταφορά και την αποθήκευση της.

β) Η περιεκτικότητά της σε υγρασία.

γ) Η μεγάλη διασπορά της.

δ) Η εποχική της παραγωγή: Το πλεονέκτημα της γρήγορης παραγωγής, σε πραγματικό χρόνο, των ανανεώσιμων πρώτων υλών, γίνεται μειονέκτημα, όταν είναι απαραίτητη συνεχώς, μια τεράστια ποσότητα πρώτων υλών. Το απόθεμα των πρώτων υλών, εξαιτίας μιας ξηρασίας ή μιας αποτυχίας στη σοδειά, μπορεί να εκλείψει.

ε) Η συνολική χρήση γης και νερού: Ειδικότερα σε ότι αφορά το τελευταίο, η συνολική χρήση γης, για την στήριξη της παραγωγής βιομηχανικών προϊόντων από αγροτικά προϊόντα, μπορεί να οδηγήσει στη μείωση της βιοποικιλότητας, στην αύξηση της ζήτησης νερού και λιπασμάτων, ζιζανιοκτόνων και παρασιτοκτόνων, με αρνητικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα. Επιπλέον, η χρήση γενετικά τροποποιημένων μικροοργανισμών σε διάφορες διεργασίες αποτελεί ένα θέμα συζήτησης, ενώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι η χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών θα πρέπει να προχωρήσει έτσι ώστε να διασφαλίζεται το διατροφικό απόθεμα. Τέλος, θεωρείται ότι οι γρήγορες καλλιέργειες μπορεί να είναι πιο ευαίσθητες στις ασθένειες ή μπορούν να υποβαθμίσουν τα αποθέματα του τοπικού νερού.

Επιπρόσθετα και σε ότι αφορά στην συνολική επίδραση των βιοπροιόντων αυτή φαίνεται να μην είναι ξεκάθαρη. Αξίζει να σημειωθεί εδώ ότι, σε μια αναφορά του 2001, ο Οργανισμός για την Οικονομική Συνεργασία και Ανάπτυξη (OECD) ανασκόπησε την περιβαλλοντική και οικονομική απόδοση των βιομηχανιών παραγωγής βιοπροιόντων χρησιμοποιώντας την **αξιολόγηση του κύκλου ζωής** (**L**ife **C**ycle **A**ssessment) και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι για την παρασκευή των βιοπροιόντων σε σχέση με την αντίστοιχη των συμβατικών καταναλώνεται λιγότερη ενέργεια και παράγονται λιγότερα θερμοκηπιακά αέρια. Η ίδια αναφορά βέβαια κατέληγε στο ότι τα βιοπροϊόντα είναι σπάνια ανώτερα από τα συμβατικά προϊόντα σε ότι αφορά όλο το φάσμα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που μπορεί να έχουν σε σχέση με τα συμβατικά. Για παράδειγμα, μερικές βιομηχανίες βιοπροιόντων που βασίζονται στην βιομάζα μπορεί να συνεισφέρουν στον ευτροφισμό των λιμνών, των ποταμών και άλλων επιφανειακών υδάτων (Ogilvie & Layzell, 2004).

3.3.3 Μέθοδοι επεξεργασίας της βιομάζας

Οι μέθοδοι επεξεργασίας της βιομάζας και κατ' επέκταση της παραγωγής βιοπροϊόντων μπορούν να ομαδοποιηθούν στις βιοχημικές και τις θερμοχημικές. Οι βιοχημικές χρησιμοποιούν ένζυμα ή μικροοργανισμούς για τη μετατροπή των πρώτων υλών στα επιθυμητά χημικά προϊόντα. Σημαντικό πλεονέκτημα της χρήσης των διεργασιών αυτών είναι η δομική ποικιλία των μορίων που λαμβάνονται. Από την άλλη μεριά, οι θερμοχημικές μέθοδοι όπως η πυρόλυση και η αεριοποίηση χρησιμοποιούν καταλύτες ή/και υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες. Σε αρκετές περιπτώσεις για την παραγωγή ενός προϊόντος μπορεί να απαιτηθεί συνδυασμός βιοχημικών και θερμοχημικών μεθόδων

σε διαδοχικά στάδια (Klass, 1998). Για παράδειγμα, η ζύμωση των σακχάρων της βιομάζας μπορεί να είναι βιοχημική μέθοδος, ωστόσο περαιτέρω επεξεργασία τους μπορεί να είναι θερμοχημική. Επίσης είναι δυνατό το επιθυμητό μόριο να σχηματίζεται βιοχημικά μέσα στα φυτά αλλά η διεργασία εξαγωγής του να είναι θερμοχημική. Επιπρόσθετα, η αναερόβια χώνευση κατά την οποία παράγεται βιοαέριο (μεθάνιο) είναι βιοχημική διεργασία, ωστόσο η μετέπειτα αναβάθμιση του μεθανίου απαιτεί θερμοχημικές διεργασίες.

3.3.3.1 Βιοχημικές μέθοδοι

Οι βιοχημικές τεχνολογίες χρησιμοποιούν ένζυμα ή μικροοργανισμούς για την μετατροπή της αρχικής πρώτης ύλης στο επιθυμητό προϊόν (πχ ζύμωση) ή το προϊόν παράγεται μέσα στο φυτό (πχ ίνα, εκχύλισμα)(ενότητα 3.4.5). Βιοχημική διεργασία είναι και η αναερόβια χώνευση μέσω της οποίας οδηγούμαστε στην παραγωγή βιοαερίου. Οι διεργασίες ζύμωσης χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή οργανικών οξέων, όπως του κιτρικού οξέος, του σουσιννικού οξέος ή του λακτικού οξέος και αιθανόλης. Συνήθως μέσω των βιοχημικών μεθόδων (ενζυματικής υδρόλυσης κλπ) οδηγούμαστε στα μόρια-πλατφόρμες και στην συνέχεια στην παραγωγή διαφόρων χημικών (ενότητα 3.4.4).

Ο ρόλος των ενζύμων αλλά και των μικροοργανισμών στις βιοχημικές μεθόδους είναι σημαντικός και δεν είναι τυχαίο ότι, στο πλαίσιο της έννοιας του βιοδιυλιστηρίου χαρακτηρίζονται ως «βιομηχανικά αντιδραστήρια (indrustrial agents). Στην Βρετανία για παράδειγμα, μια χημική εταιρεία με την επωνυμία Avecia χρησιμοποιεί τα βακτήρια Pseudomonas, ένα πολύ γνωστό βακτήριο που βρίσκεται στο έδαφος και στο νερό, για την παραγωγή του S-χλωροπροπιονικού οξέος, ενός χημικού ενδιαμέσου που χρησιμοποιείται στην παραγωγή διαφόρων **ζιζανιοκτόνων** (herbicides). Η χρήση της μεθόδου αυτής έχει χαμηλότερο κόστος και λιγότερα απόβλητα. Επίσης, η εταιρεία Mitsubishi Rayon αντί για χαλκό ή οξείδια του θείου χρησιμοποιεί το ένζυμο νιτρίλιο υδρατάσης για την παραγωγή ακρυλαμιδίου. Η μέθοδος οδηγεί σε καλύτερη απόδοση, χαμηλότερο κόστος και εξοικονόμηση ενέργειας (Ogilvie & Layzell, 2004).

3.3.3.2 Θερμοχημικές μέθοδοι

Οι θερμοχημικές τεχνολογίες χρησιμοποιούν καταλύτες όπως οξύ, μέταλλο ή συνδυασμό τους και /ή υψηλή πίεση για την μετατροπή των συστατικών της βιομάζας στο επιθυμητό προϊόν. Ένας εξαιρετικός καταλύτης για παράδειγμα προκειμένου για την αεριοποίηση της βιομάζας είναι ο $Rh/CeO_2/SiO_2$ σε θερμοκρασία 823–973 K. Τα έλαια και τα βιοπροϊόντα από ξυλώδεις φυσικούς

πόρους λαμβάνονται μέσω θερμοχημικών διεργασιών. Μερικές θερμοχημικές μέθοδοι επεξεργασίας της βιομάζας θεωρούνται η αεριοποίηση, η πυρόλυση και η καύση(Asadullah et al, 2002).

Η αεριοποίηση είναι μια διαδικασία παρόμοια με την πυρόλυση με τη διαφορά ότι εισάγετε οξυγόνο όταν θερμαίνεται η βιομάζα. Είναι μια διεργασία αποδόμησης αποτελούμενη από θερμικές και θερμοχημικές διεργασίες που πρακτικά μετατρέπουν όλον τον άνθρακα της βιομάζας σε αεριώδη μορφή αφήνοντας ένα αδρανές υπόλειμμα. Πραγματοποιείται σε υψηλές θερμοκρασίες. Το παραγόμενο αέριο (συναέριο), περιέχει μονοξείδιο του άνθρακα (CO), υδρογόνο (H_2), διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), μεθάνιο (CH_4) και άζωτο (N_2), ενώ περιέχει και υλικά όπως πίσσες, έλαια, στάχτη (η οποία αποτελείται από οξείδια του ασβεστίου, του καλίου, του νατρίου, του μαγνησίου και του πυριτίου) και μικρά τεμαχίδια ξυλάνθρακα (Bauen, 2004). Ουσιαστικά, η αεριοποίηση της βιομάζας επιτρέπει την μετατροπή της σε αεριώδη καύσιμα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν με την σειρά τους σε συμβατικές μηχανές ή για την παραγωγή θέρμανσης και ηλεκτρισμού ή υδρογόνου.

Το συναέριο έχει λιγότερες θερμοκηπιακές εκπομπές από τα ορυκτά καύσιμα και μπορεί να αντικαταστήσει το φυσικό αέριο για την παραγωγή ηλεκτρισμού, ενώ αποτελεί και την αρχική πρώτη ύλη για την παραγωγή χημικών όπως η αμμωνία και υγρά καύσιμα, όπως η μεθανόλη, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας μετατρέπεται σε υψηλής αξίας χημικά όπως η φορμαλδεΰδη, ο τεταρτοταγής μεθυλο-βουτυλαιθέρας και το οξικό οξύ. Αξίζει να σημειωθεί ότι, η εφαρμογή της αεριοποίησης στην βιομάζα άρχισε να μελετάτε έντονα από την δεκαετία του 1970 (American Chemistry Council, 2002˙ Bridgwater, 1995). Ειδικότερα, στην βιβλιογραφία αναφέρεται ότι μέσω των συστημάτων αεριοποίησης της βιομάζας μπορεί να παραχθεί ισχύς η οποία να τροφοδοτεί μικρά χωριά με πλεονεκτήματα όπως η ανεξαρτητοποίηση από την κεντρική παραγωγή, η μείωση της τοπικής ανεργίας και η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του θείου (Ravindranatha, 1993). Τα αποκεντρωμένα συστήματα παραγωγής ισχύος είναι επιθυμητά καθώς μειώνεται το κόστος των γραμμών μεταφοράς και οι απώλειες.

Τέλος τα σάκχαρα της βιομάζας εκτός από τη ζύμωση μπορούν να μετατραπούν σε πολύτιμα προϊόντα μέσω θερμοχημικών μεθόδων. Μερικές θερμοχημικές διεργασίες όπως η παραγωγή σορβιτόλης από γλυκόζη είναι σε ισχύ για πάνω από 50 χρόνια. Πρόσφατα, η παραγωγή προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας από σάκχαρα βιομάζας πήρε νέα ώθηση λόγω της ανάπτυξης νέων και βελτιωμένων καταλυτών. Γενικότερα και σε σχέση με την θερμοχημεία των σακχάρων έμφαση δίνεται στην παραγωγή σορβιτόλης, λαιβουλινικού οξέος και στα παράγωγα τους (Brown et al, 2003).

Η πυρόλυση είναι η άμεση θερμική αποσύνθεση των οργανικών συστατικών της βιομάζας απουσία οξυγόνου για την παραγωγή χρήσιμων προϊόντων όπως υγρά και στερεά παράγωγα και

αέρια καύσιμα. Είναι ουσιαστικά παρόμοια διαδικασία με την αεριοποίηση εκτός από το γεγονός ότι το μίγμα που παράγεται από υψηλή θερμοκρασία και συνθήκες πίεσης αποτελείται κυρίως από υγρά, στερεά και λίγο αέριο. Το αέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ισχύος. Τα στερεά είναι σε μορφή πούδρας, παρόμοια με άνθρακα. Το υγρό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αντικατάσταση του πετρελαίου σε εφαρμογές όπως η οικιακή ή εμπορική θέρμανση. Ανάλογα με τις συνθήκες πυρόλυσης και τις αρχικές πρώτες ύλες το υγρό μπορεί να περιέχει πολύτιμα χημικά και χημικά ενδιάμεσα. Η πρόκληση από τεχνικής απόψεως είναι η ανάπτυξη τεχνολογιών διαχωρισμού ικανών και οικονομικά αποτελεσματικών μεθόδων να απομονώσουν αυτά τα χημικά(Klass, 1998).

Αναφορικά με την άμεση καύση της βιομάζας αυτή χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού και ηλεκτρισμού. Η θερμαντική αξία των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων επηρεάζεται από τον τρόπο καύσης τους.

3.4 Η έννοια του βιοδιυλιστηρίου: μόρια-πλατφόρμες και χημικά μεγάλου όγκου

3.4.1 Γενικά

Η βιώσιμη ανάπτυξη απαιτεί ασφαλείς, ανανεώσιμες πρώτες ύλες για την βιομηχανική παραγωγή. Η διασφάλιση και διαχείριση των πόρων αποτελούν θεμελιώδη πολιτικά πεδία έτσι όπως αποτυπώνονται τόσο μέσα στην Ατζέντα 21 ως πρόγραμμα-δράσης για τον 21ο αιώνα από 170 κράτη στο Ρίο, όσο και στην επικαιροποίηση της το 2002 στο Γιοχάνεσμπουργκ. Έτσι λοιπόν, οι νέες προσεγγίσεις στην έρευνα και στην ανάπτυξη θεωρούνται απαραίτητες.

Τα βιοδιυλιστήρια συνδυάζουν τις απαραίτητες τεχνολογίες που αφορούν στις ανανεώσιμες πρώτες ύλες, στα βιομηχανικά ενδιάμεσα και στα τελικά προϊόντα καθώς και έναν συνδυασμό μεταξύ βιοτεχνολογικών και χημικών μετατροπών. Είναι ξεκάθαρο ότι, οι βιολογικές και χημικές επιστήμες θα διαδραματίσουν ηγετικό ρόλο στην γενιά των βιομηχανιών του 21ου αιώνα, ενώ θα αναπτυχθούν συνεργίες μεταξύ διαφόρων επιστημών. Η ανάπτυξη των βιοδιυλιστηρίων φαίνεται να αποτελεί «το κλειδί για την πρόσβαση σε μια ενιαία παραγωγή τροφής, χημικών, υλικών, αγαθών και καυσίμων στο εγγύς μέλλον (National Research Council, 2000).

3.4.2 Η έννοια του βιοδιυλιστηρίου

Η έννοια του βιοδιυλιστηρίου ξεκίνησε αρχικά από τις βιομηχανίες τροφίμων και χάρτου και σήμερα εφαρμόζεται για την παραγωγή ενέργειας, χημικών και διαφόρων υλικών από ανανεώσιμες πρώτες ύλες (Bozell, 2006). Το βιοδιυλιστήριο είναι ένα εργοστάσιο το οποίο επεξεργάζεται τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες και τις μετατρέπει σε διάφορα εξευγενισμένα προϊόντα με τρόπο ανάλογο

με αυτόν ενός πετροχημικού διυλιστηρίου (Audsley & Annetts, 2003). Το ιδανικό βιοδιυλιστήριο του μέλλοντος θα έχει τη δυνατότητα να μετατρέπει πρώτες ύλες χαμηλής αξίας, όπως για παράδειγμα τα αγροτικά υπολείμματα σε μόρια πλατφόρμες ή βιοπροϊόντα, βιοκαύσιμα και βιοενέργεια (Stevens & Verte, 2004).

Ο όρος πράσινο βιοδιυλιστήριο ορίσθηκε το 1998 σε διεθνές συμπόσιο ως εξής: «Τα πράσινα βιοδιυλιστήρια αποτελούν περίπλοκα, ενιαιοποιημένα συστήματα βιώσιμων, περιβαλλοντικά φιλικών τεχνολογιών για την ολιστική χρήση και εκμετάλλευση των βιολογικών πρώτων υλών που προέρχονται από στοχευμένη βιώσιμη χρήση γης (Kamm et al, 1998). Το αμερικάνικο Υπουργείο Ενέργειας στο εγχειρίδιο που αφορά στο περιβάλλον, στην ενέργεια και στην οικονομία, χρησιμοποιεί τον παρακάτω ορισμό (U.S. Department of Energy, 1997): «Ένα βιοδιυλιστήριο είναι μια συνολική εφαρμογή διαδικασιών όπου η βιομάζα που αποτελεί την αρχική πρώτη ύλη μετατρέπεται και εξάγεται ένα φάσμα πολύτιμων προϊόντων, όμοιων με τα αντίστοιχα του πετροχημικού διυλιστηρίου».

Σύμφωνα με τον Scott ένα βιοδιυλιστήριο αυξάνει την αξία των συστατικών της βιομάζας (Scott, 2008). Ουσιαστικά η έννοια του βιοδιυλιστηρίου εμπεριέχει τη μεγιστοποίηση της χρήσης της βιομάζας μέσω ενός ολοκληρωμένου συστήματος διεργασιών παραγωγής ενέργειας, χημικών και υλικών με ταυτόχρονη αξιοποίηση των συμπροϊόντων και παραπροϊόντων και την βελτιστοποίηση στην ανάκτηση ενέργειας, στη διαχείριση του νερού και των αποβλήτων. Ζωτικής σημασίας για την περιβαλλοντική βιωσιμότητα ενός βιοδιυλιστηρίου αποτελούν οι διεργασίες που ακολουθεί οι οποίες θα πρέπει να προκαλούν όσο το δυνατόν μικρότερη περιβαλλοντική επίπτωση. Μεγάλα βιοδιυλιστήρια στα οποία πραγματοποιούνται διεργασίες μετατροπής υδατανθράκων σε βιοπροϊόντα υπάρχουν στις Ηνωμένες Πολιτείες αλλά και στην Ευρώπη (Paster et al, 2003). Μάλιστα οι Kamm et al., υποστηρίζουν ότι στην Ευρώπη οι επιτυχίες στην έρευνα και στην ανάπτυξη σε αυτό το νέο πεδίο είναι πιο εμφανής σε σχέση με τις Ηνωμένες Πολιτείες (Kamm et al, 1998˙ Kamm et al, 2000˙ Narodoslawsky, 1999).

Σε κάθε βιοδιυλιστήριο οι βιολογικές πρώτες ύλες μετατρέπονται σε διάφορα προϊόντα. Η παλέτα των προϊόντων ενός βιοδιυλιστηρίου περιέχει όχι μόνο προϊόντα αντίστοιχα με αυτά που παράγονται στα συμβατικά διυλιστήρια αλλά και πολλά άλλα. Σημαντική λοιπόν θεωρείται η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών όπως: (1) το διυλιστήριο λιγνοκυτταρινικών πρώτων υλών (LCF), που περιλαμβάνει LCF προ-επεξεργασία και αποτελεσματικό διαχωρισμό σε λιγνίνη, κυτταρίνη και ημικυτταρίνη (2) η ανάπτυξη θερμικών, χημικών και μηχανικών διεργασιών όπως οι εξαγωγικές μέθοδοι, η αεριοποίηση και η υγροποίηση της βιομάζας (3) η ανάπτυξη των βιολογικών διεργασιών (βιοσύνθεση, βακτήρια για την αποδόμηση του αμύλου και της κυτταρίνης κλπ) (4) συνδυασμούς

μετατροπών, όπως οι βιοτεχνολογικές και χημικές διεργασίες (5) η ιδέα του βιοδιυλιστηρίου με πρώτη ύλη το καλαμπόκι (6) η ιδέα του πράσινου βιοδιυλιστηρίου (7) η προαγωγή της έρευνας και ανάπτυξης της φάσης ΙΙΙ του βιοδιυλιστηρίου (biomass feedstock-mix + process-mix → product-mix) (National Research Council, 2000˙ Kamm et al, 2000).

3.4.3 Είδη βιοδιυλιστηρίου

Οι Kamm et al (Kamm et al, 2004) υποστηρίζουν την κατηγοριοποίηση των βιοδιυλιστηρίων σε τρία είδη: α) το «Βιοδιυλιστήριο Ολόκληρου Καρπού» (Whole Crop Biorefinery) το οποίο χρησιμοποιεί ως πρώτη ύλη τα δημητριακά και τον αραβόσιτο β)το «Πράσινο Βιοδιυλιστήριο» (Green Biorefinery) το οποίο χρησιμοποιεί ως πρώτη ύλη τη φυσικά υγρή βιομάζα όπως το γρασίδι, το τριφύλλι και τα άγουρα δημητριακά και γ)το «Λιγνινοκυτταρινικό Βιοδιυλιστήριο» (Lignocellulose Feedstock Biorefinery) το οποίο χρησιμοποιεί ως πρώτη ύλη τη φυσικά ξηρή βιομάζα, όπως την κυτταρινούχα βιομάζα και τα διάφορα απόβλητα. Σε κείμενο για την καινοτομική και βιώσιμη χρήση των δασικών ανανεώσιμων πρώτων υλών (Forest-Based Sector Technology Platform, 2005) αναφέρεται και η έννοια του ξυλο-διυλιστηρίου (wood-refinery) όπου μέσω της αξιοποίησης των αποβλήτων του μπορούν να παραχθούν διάφορα χημικά όπως η φουρφουράλη, η ξυλόζη, το οξικό οξύ που περιέχονται σε καταναλωτικά είδη όπως προϊόντα περιποίησης και ατομικής φροντίδας, κόλλες κλπ.

Σε ότι αφορά τα είδη του βιοδιυλιστηρίου:

α) το **βιοδιυλιστήριο ολόκληρου καρπού** (whole crop biorefinery): Τα αρχικά υλικά που χρησιμοποιεί είναι τα δημητριακά όπως η σίκαλη, το καλαμπόκι (maize), το triticale (διασταύρωση σίτου και ρυζιού) και το άχυρο σίτου. Το πρώτο βήμα είναι ο μηχανικός διαχωρισμός σε καλαμπόκι και άχυρο. Στην συνέχεια υπάρχει δυνατότητα διαχωρισμού σε κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και λιγνίνη και την περαιτέρω μετατροπή τους όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί. Επιπρόσθετα, το άχυρο αποτελεί αρχικό υλικό για την παραγωγή συναερίου (syngas) μέσω διαδικασιών πυρόλυσης προκειμένου για την σύνθεση καυσίμων. Επίσης, το καλαμπόκι μπορεί να μετατραπεί σε άμυλο ή να χρησιμοποιηθεί απευθείας μετά το άλεσμα και μέσω διεργασιών όπως η διάσπαση, η πλαστικοποίηση, η χημική μετατροπή (αιθεροποίηση σε καρβοξυμέθυλο-άμυλο, εστεροποίηση, hydrogenative διάσπαση σε σορβιτόλη, αιθυλενογλυκόλη, προπυλενογλυκόλη, γλυκερίνη) ή η βιοτεχνολογική μετατροπή μέσω γλυκόζης (πολύ-3-υδροξυβουτυρικό οξύ) να καταλήξει σε διάφορα προϊόντα (Nonato et al, 2001).

β) το **πράσινο βιοδιυλιστήριο** (green biorefinery): Τα πράσινα βιοδιυλιστήρια είναι πολυπαραγωγικά συστήματα τα οποία χειρίζονται τα υπολείμματα των διυλίσεων τους, τα

κλάσματα και τα προϊόντα ανάλογα με την φυσιολογία του αντίστοιχου φυτικού υλικού και εκμεταλλεύονται την ποικιλία των συνθέσεων που επιτυγχάνεται από τη φύση. Ο όρος πράσινη βιομάζα εμπεριέχει φυτικά υλικά όπως το γρασίδι από την καλλιέργεια αγρών και πράσινες συγκομιδές όπως το τριφύλλι και τα άγουρα δημητριακά. Τα πράσινα φυτά αποτελούν ένα φυσικοχημικό εργοστάσιο. Σε πρώτο στάδιο χρησιμοποιείται η τεχνολογία υγρής κλασμάτωσης (αρχικό διυλιστήριο) ώστε να απομονωθούν οι πράσινες χημικές ουσίες στην φυσική τους μορφή. Έτσι, οι πράσινες συγκομιδές (ή τα οργανικά υγρά απόβλητα) διαχωρίζονται σε μια αποχυμωμένη συμπαγή μάζα πλούσια σε ίνες και έναν πλούσιο πράσινο χυμό. Εκτός από την κυτταρίνη και το άμυλο, η αποχυμωμένη συμπαγής μάζα περιέχει πολύτιμες χρωστικές και πιγμέντα, ακατέργαστες φαρμακευτικές και άλλες οργανικές ουσίες. Ο πράσινος χυμός περιέχει πρωτεΐνες, ελεύθερα αμινοξέα, οργανικά οξέα, χρωστικές, ένζυμα, ορμόνες, άλλες οργανικές ουσίες και ανόργανα συστατικά. Από τον πράσινο χυμό, προκύπτουν προϊόντα όπως το γαλακτικό οξύ και τα παράγωγα του, τα αμινοξέα, η αιθανόλη και οι πρωτεΐνες. Η αποχυμωμένη συμπαγής μάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή πράσινων **παλετών τροφοδοσίας** (feed pellets), οι οποίες με την σειρά τους χρησιμεύουν ως αρχική πρώτη ύλη για την παραγωγή χημικών, όπως λαιβουλινικού οξέος και για την μετατροπή σε συναέριο και υδρογονάνθρακες (συνθετικά καύσιμα). Τα υπολείμματα της μετατροπής είναι κατάλληλα για την παραγωγή βιοαερίου, σε συνδυασμό με την παραγωγή θερμικής ενέργειας και ηλεκτρισμού.

γ) το λιγνινοκυτταρινικό βιοδιυλιστήριο» (lignocellulose feedstock biorefinery-LFB): Θεωρείται ο πιο επιτυχημένος τύπος διυλιστηρίου. Από την μια μεριά, η κατάσταση της αρχικής πρώτης ύλης θεωρείται ευνοϊκή (άχυρο, ξύλο, χαρτοαπόβλητα, καλάμι, γρασίδι κλπ) ενώ από την άλλη, τα προϊόντα της μετατροπής θεωρούνται αρκετά αντάξια των παραδοσιακών πετροχημικών. Τα λιγνοκυτταρινικά υλικά αποτελούνται από τρία χημικά κλάσματα: α)τις ημικυτταρίνες/πολυόσες και τα σακχαροπολυμερή από πεντόζες β) την κυτταρίνη, πολυμερές της γλυκόζης και γ) την λιγνίνη, πολυμερές των φαινολών. Θα πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι δεν υπάρχουν φυσικά ένζυμα να διασπάσουν την φυσικά σχηματιζόμενη λιγνίνη σε βασικά μονομερή όπως γίνεται για παράδειγμα με τις πρωτεΐνες (Ringpfeil, 2002). Ειδικότερα η φουρφουράλη και η υδροξυφουρφουράλη είναι πολύ ενδιαφέροντα προϊόντα. Η φουρφουράλη είναι το αρχικό υλικό για την παραγωγή Νάυλον 6,6 και Νάυλον 6.

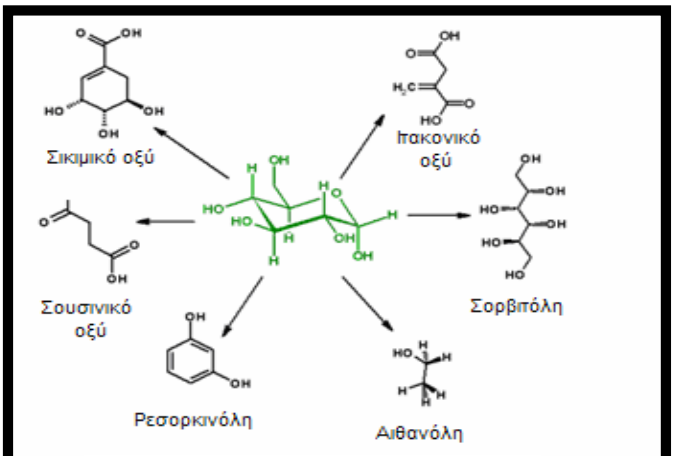
3.4.4 Μόρια *πλατφόρμες* και χημικά μεγάλου όγκου

Σε γενικές γραμμές, η βασική μονάδα ενός βιοδιυλιστηρίου αποτελείται από δύο πλατφόρμες: την πλατφόρμα των βιοχημικών μετατροπών των σακχάρων και την πλατφόρμα των θερμοχημικών

μετατροπών του συναερίου (syngas). Ειδικότερα η πλατφόρμα μετατροπής των σακχάρων θεωρείται μείζονος σημασίας για τα βιοδιυλιστήρια του μέλλοντος (Ragauskas et al, 2006). Καίριοι παράγοντες για την υιοθέτηση της τεχνολογίας του βιοδιυλιστηρίου θεωρούνται η ανάλυση του κύκλου ζωής του προϊόντος, οι νομοθετικές ρυθμίσεις και οι απαιτήσεις των καταναλωτών για τα προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες (Clark et al, 2006˙Bohlmann, 2004).

Μία λοιπόν από τις κύριες μεθόδους διεργασιών για την παραγωγή βιοπροϊόντων από βιομάζα είναι μέσω των μορίων-πλατφόρμας (Gallezot, 2007). Ως **μόρια-πλατφόρμες** (platform chemicals) ορίζονται τα χημικά που εξυπηρετούν στην σύνθεση **χημικών μεγάλου όγκου παραγωγής** (bulk chemicals). Ήδη, ένας μεγάλος αριθμός μορίων-πλατφόρμας έχουν ταυτοποιηθεί και πλέον μετατρέπονται σε διάφορα εξευγενισμένα χημικά. Σημαντικά μόρια-πλατφόρμες θεωρούνται η γλυκόζη, η φρουκτόζη, η σουκρόζη, η αραβινόζη, η ξυλόζη τα οποία μπορούν εύκολα να παραχθούν από συγκομιδές πλούσιες σε υδατάνθρακες και μάλιστα με μεγάλη καθαρότητα. Επίσης, η λακτόζη, της οποίας η ετήσια παραγωγή ανέρχεται σε 6.10^5 ton και προέρχεται από την γαλακτοβιομηχανία αποτελεί ένα ακόμα μόριο-πλατφόρμα. Μόρια-πλατφόρμες αποτελούν επίσης το α-και το β-πινένιο τα οποία εξάγονται από διάφορα έλαια. Ωστόσο, η μετατροπή των σακχάρων σε αρωματικές ενώσεις είναι ακόμα σε πρώιμο στάδιο (Haveren et al, 2008).

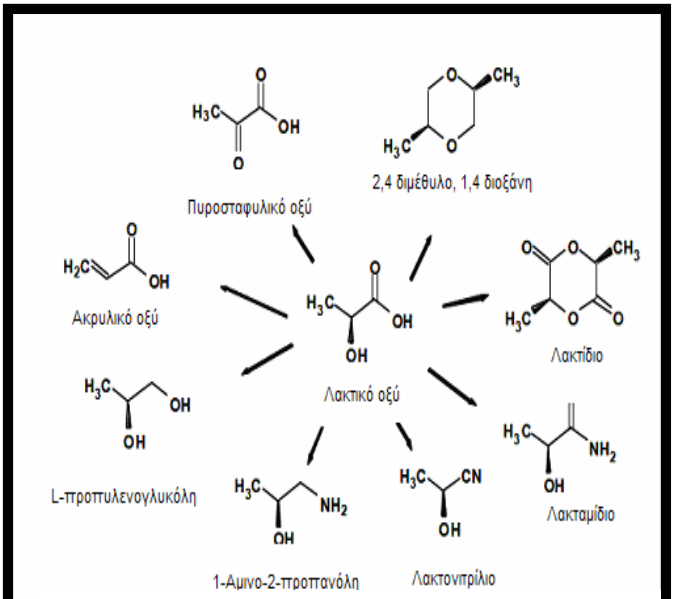
Τα περισσότερα από τα μόρια-πλατφόρμες παράγονται με ζύμωση από την γλυκόζη ή άλλους υδατάνθρακες μέσω διαφόρων διεργασιών που συνεχώς βελτιώνονται. Όπως φαίνεται και από το σχήμα 3.1, η πλατφόρμα της γλυκόζης, δίνει πολύ χρήσιμα μόρια. Το σουσινικό οξύ παράγεται βακτηριακά από αυτήν με υψηλή απόδοση, χαμηλό κόστος και πολλές εφαρμογές. Επίσης, η σορβιτόλη χρησιμοποιείται στις οδοντόπαστες, στα επειφανειοδραστικά, στα τζελ, στα είδη προσωπικής υγιεινής. Πρόσφατα ανακαλύφθηκε ότι τα ελαφρά αλκάνια, όπως το μεθάνιο, το προπάνιο και το εξάνιο μπορούν να παραχθούν από σορβιτόλη. Το ιτακονικό οξύ, το οποίο παράγεται από γλυκόζη μέσω ζύμωσης fungal βρίσκει εφαρμογές στην παρασκευή συνθετικών ρητινών, επιχρισμάτων και άλλων βιομηχανικών προϊόντων. Διάφορα παράγωγα του ιτακονικού οξέος, όπως το 3-THF ή η 3 μεθυλοπυριδίνη μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως διαλύτες. Η αιθανόλη που παράγεται από τη γλυκόζη μέσω ζύμωσης αποτελεί και αυτή ένα ακόμα μόριο –πλατφόρμα αφού από αυτήν



Σχήμα 3.1 *Η πλατφόρμα της γλυκόζης*

παράγονται το αιθυλενοξείδιο, το οξικό οξύ, το αιθυλένιο, διάφοροι εστέρες κλπ. Το σικιμικό οξύ και η ρεσορκινόλη μπορούν επίσης να παραχθούν απευθείας μέσω μικροβιακής κατεργασίας της γλυκόζης και εξυπηρετούν στην περαιτέρω παραγωγή μιας τεράστιας ποικιλίας προϊόντων (Williams & Oyetunde, 2008).

Άλλα σημαντικά μόρια πλατφόρμες που προέρχονται από σάκχαρα και αποτελούν τις δομικές μονάδες μέσω των οποίων παράγονται χημικά υψηλής ποιότητας είναι: τα 1,4 δυοξέα (φουμαρικό και μαλικό οξύ), το 2,5 φουρανοδιακαρβοξυλικό οξύ, το 2- και 3-υδροξυπροπιονικό οξύ, το ασπαρτικό οξύ, το γλουταμικό οξύ, η 2,5 υδροξυμεθυλοφουρφουράλη, το γλουκαρικό οξύ, το λαιβουλινικό οξύ, η γλυκερόλη, η 3-υδροξυβουτυρολακτόνη, η ξυλιτόλη και η 1,3 προπανοδιόλη (Werpy et al, 2004).



Σχήμα 3.2 *Η πλατφόρμα του γαλακτικού οξέος*

Για παράδειγμα, το 2- υδροξυπροπιονικό ή γαλακτικό οξύ αποτελεί την αρχική πρώτη ύλη για την παρασκευή διαφόρων χημικών ενδιαμέσων που με την σειρά τους βρίσκουν εφαρμογή σε διαλύτες, καθαριστικά, φιλμς, ρητίνες, πλαστικοποιητές, μη ιοντικά επειφανειοδραστικά, λιπαντικά, υφάνσιμες ύλες, επικαλυπτικά, υπεραπορροφητικά πολυμερή, κά (Drumright et al, 2000), ενώ από το 3 υδροξυ-προπιονικό οξύ παράγεται το ακρυλικό οξύ, το ακριλονιτρίλιο και το ακριλαμίδιο, με εφαρμογές σε βαφές, συγκολλητικά, επειφανειοδραστικά, συσκευασίες, απορροφητικά υλικά και διάφορα είδη οικιακής χρήσης. Επίσης, η προπανοδιόλη βρίσκει εφαρμογές στα αποσμητικά, ενώ η εταιρεία Terra Naturals την χρησιμοποιεί ως μέρος της πολιτικής της για τα πράσινα προϊόντα (Biofuels, Bioprod. Bioref., 2007).

Η γλυκερόλη αποτελεί την πρώτη ύλη για την παραγωγή αιθυλενογλυκόλης και προπυλενογλυκόλης, δύο χημικών που παράγονται σε μεγάλες ποσότητες. Ειδικότερα, η 1,2 προπυλενογλυκόλη η οποία χρησιμοποιείται ως υγραντικό και αντιπηκτικό παράγεται με ζύμωση μέσω γλυκερόλης και έχει χρησιμοποιηθεί από την εταιρεία DUPONT [www.dupont.com] για την παραγωγή ινών τύπου PPT (Sorona) (Fahey, 2001) που με την σειρά τους χρησιμοποιούνται για την παρασκευή ενδυμάτων, χαλιών, ρητινών, ιατρικών ενδυμάτων και εξοπλισμού. Μάλιστα η εταιρεία θεωρεί τη διαδικασία αυτή και οικονομικά συμφέρουσα.

Πάντως σε ότι αφορά τα χημικά των οποίων οι ετήσιες ποσότητες υπερβαίνουν τους 50.000 τόνους ετησίως (bulk chemicals), και τα οποία παράγονταν αποκλειστικά από πετρελαϊκές πρώτες ύλες είναι γεγονός ότι υπάρχει τάση για αντικατάσταση τους με αντίστοιχα από βιομάζα, ιδιαίτερα για τα οξυγονωμένα όπως η αιθυλενογλυκόλη, η προπυλενογλυκόλη, η ισοπροπανόλη, η ακετόνη, το βουτυλένιο και η μεθυλοαιθυλοκετόνη. Η πλειονότητα αυτών των χημικών μεγάλου όγκου παραγωγής μπορούν να παραχθούν από έξι μόρια-πλατφόρμες: το αιθυλένιο, το προπυλένιο, τις ολεφίνες με τέσσερις άνθρακες, το βενζόλιο, το τολουένιο, και το ξυλένιο τα οποία είναι συγχρόνως και χημικά μεγάλου όγκου παραγωγής (Haveren et al, 2008).

Το αιθυλένιο μπορεί να μετατραπεί σε διάφορα χημικά, όπως το αιθυλενοξείδιο, η αιθυλενογλυκόλη και το βινυλοχλωρίδιο τα οποία με τη σειρά τους μπορούν να μετατραπούν σε διάφορα προϊόντα όπως πολυβινυλοχλωρίδιο, επιφανειοδραστικά, πολυεστέρες και πολυουρεθάνια. Ομοίως, από το προπυλένιο προκύπτουν το προπυλενοξείδιο, η προπυλενογλυκόλη, η αλλυλική αλκοόλη και η 1,4 βουτανοδιόλη και στην συνέχεια ένα πλήθος προϊόντων όπως πολυμερή και διαλύτες. Επιπρόσθετα, το αιθυλένιο και το προπυλένιο αποτελούν και αρχικές πρώτες ύλες για σπουδαία χημικά όπως το ακρυλικό οξύ, το ακρυλονιτρίλιο και το ακριλαμίδιο τα οποία αποτελούν με την σειρά τους σημαντικές πρώτες ύλες για την παραγωγή πολυμερών (Haveren et al, 2008). Ήδη μεγάλες εταιρείες στηρίζουν την παραγωγή βιοχημικών. Η εταιρεία Braskem έχει ανακοινώσει ότι ανέπτυξε επιτυχώς πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας από βιοαιθανόλη και ότι η παραγωγή σε βιομηχανική κλίμακα αναμένεται να ξεκινήσει στο τέλος του 2009 με δυνατότητα ετήσιας παραγωγής 200000 τόνων (Braskem Company, 2008). Επίσης η εταιρεία DOW ανακοίνωσε την συνεργασία της με μια από τις μεγαλύτερες εταιρείες παραγωγής αιθανόλης της Βραζιλίας με σκοπό την εκκίνηση παραγωγής βιο-πολυαιθυλενίου με στόχο μέχρι το 2011 να παράγεται σε ετήσια βάση ποσότητα 350000 mt. Επίσης, η εταιρεία Solvay έχει ξεκινήσει την παραγωγή της επιχλωριδρίνης (bulk chemical) από γλυκερόλη από τα μέσα του 2007 (Solvay Chemicals Worldwide, 2008). Η μέθοδος χρησιμοποιεί λιγότερο χλώριο και νερό ενώ παράγεται σχετικά περιορισμένη ποσότητα παραπροϊόντων.

Μέσα στα επόμενα 20-30 χρόνια αναμένεται να ωριμάσουν οι τεχνολογίες και να ξεκινήσει δυναμικά η παραγωγή χημικών μεγάλων ποσοτήτων από βιομάζα. Οι Hermann et al (Hermann, Blok & Patel, 2007) υποστηρίζουν ότι μελλοντικά, η βιομηχανική βιοτεχνολογία είναι δυνατόν να μειώσει σε παγκόσμιο επίπεδο τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 500-1000 εκατομμύρια τόνους. Επίσης με την ήδη υπάρχουσα τεχνολογία υπάρχει εξοικονόμηση κατά 100% στη χρήση μη ανανεώσιμης ενέργειας.

3.4.5 Φυτά ως εργοστάσια παραγωγής;

Τα φυτά εκτός των διεργασιών που μπορεί να υποστούν για την παραγωγή σακχάρων, και άλλων συστατικών για βιομηχανικά προϊόντα, μπορούν επιπρόσθετα να παράγουν βιοπροϊόντα με άμεσο τρόπο μέσα στον ιστό τους. Τα αντιοξειδωτικά για παράδειγμα, όπως η Βιταμίνη Ε και άλλες τοκοφερόλες παράγονται φυσικά από διάφορα φυτά και μπορούν να εξαχθούν και να χρησιμοποιηθούν σε προϊόντα υγιεινής και φροντίδας.

Οι πολυυδροξυαλκανοϊκοί εστέρες (Polyhydroxyalkanoates -PHAs) αποτελούν μια οικογένεια πολυμερών (πολυεστέρων) που μπορούν να παραχθούν μέσω ζύμωσης, ωστόσο μια πιο οικονομικά ορθή προσέγγιση θεωρείται η γενετική τροποποίηση ενός συγκεκριμένου φυτού με το όνομα panicum virgatum προκειμένου οι συγκεκριμένοι πολυεστέρες να αναπτυχθούν άμεσα, μέσα στο φυτό. Το φυτικό υλικό που παραμένει μετά την εξαγωγή των πολυεστέρων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή καυσίμων, ισχύος και άλλων προϊόντων (Paster et al, 2003).

Το Guayule είναι ένα άλλο φυτό το οποίο αναπτύσσεται για την παραγωγή βιοπροϊόντων. Είναι ένας αυτόχθων θάμνος της ερήμου που φύεται στις νοτιοδυτικές ΗΠΑ και στο βόρειο Μεξικό και παράγει έναν φυσικό, γομώδη γαλακτώδη χυμό στα κύτταρα του φλοιού του. Σήμερα στην αγορά η φυσική γόμα προέρχεται από το βραζιλιάνικο φυτό Hevea Brasiliensis και χρησιμοποιείται ευρέως στην κατασκευή των ιατρικών συσκευών. Ειδικότερα στις ΗΠΑ η αλλεργία που οφείλεται στη φυσική γόμα αποτελεί ένα μείζον θέμα αφού περίπου 20 εκατομμύρια Αμερικανοί είναι αλλεργικοί στις πρωτεΐνες που υπάρχουν σε αυτή (Cornish et al, 2001).

Σύμφωνα με τους επιστήμονες του Epobio (EPOBIO Project, Bioproducts from Non-food Crops, 2007) ο θάμνος Guayule που αναπτύσσεται σε ξηρές περιοχές μπορεί να αποτελέσει μια οικεία καλλιέργεια στους αγρούς της Ν. Ευρώπης. Η Ευρωπαϊκή βιομηχανία είναι εξαρτημένη από τις εισαγωγές καουτσουκόδεντρου από χώρες της Νοτιοανατολικής Ασίας, έτσι η αναζήτηση άλλων ειδών είναι επιτακτική. Τα πλεονεκτήματα του Guayule είναι η προσαρμοστικότητα του στο κλίμα των ημι-άνυδρων περιοχών της νότιας Ευρώπης, ενώ απαιτεί χαμηλή αγροτική επένδυση για την παραγωγή ικανοποιητικής απόδοσης (Stein, 2007). Η γόμα του φυτού Guayule δεν προκαλεί αλλεργίες ενώ βρίσκει εφαρμογή σε γάντια, προφυλακτικά και άλλα προϊόντα όπου η σταθερότητα και η ανθεκτικότητα της φυσικής γόμας είναι επιθυμητή χωρίς διάφορες αλλεργικές επιδράσεις. Το συγκεκριμένο φυτό περιέχει επίσης ρητίνη η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως επικαλυπτικό προστασίας του ξύλου από τους τερμίτες και την σήψη του ξύλου (Durham, 2002).

Ένα άλλο φυτό που θεωρείται ως ένα εν δυνάμει φυτό-εργοστάσιο είναι το φυτό γένους Asclepias. Η ίνα του χρησιμοποιείται για το γέμισμα κλινοσκεπασμάτων και μαξιλαριών, ωστόσο έχει ανακαλυφθεί ότι τα κατάλοιπα του μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτικό του

μεθυλοβρωμιδίου για τον έλεγχο των νηματόζωων (McGraw, 1999). Να σημειωθεί εδώ ότι το μεθυλοβρωμίδιο συνεισφέρει στην λέπτυνση της στιβάδας του όζοντος και το 1999 ξεκίνησε στις Ηνωμένες Πολιτείες μια εκστρατεία μείωσης της χρήσης του η οποία ολοκληρώθηκε το 2005 (Environmental Protection Agency, 2006h).

Επιπροσθέτως, οι επιστήμονες πιστεύουν ότι οι εστέρες κήρου είναι από τα πλέον υποσχόμενα βιολιπαντικά για βιομηχανικές εφαρμογές, κυρίως στα μηχανοκίνητα. Έχουν όμως ένα μεγάλο πρόβλημα: λαμβάνονται από ένα όργανο (spermaceti) που βρίσκεται στο κεφάλι της φάλαινας physeter cathodon και σε ένα τροπικό φυτό που ονομάζεται jojoba. Έτσι, οι ειδικοί προτείνουν μια τολμηρή λύση: τη γενετική τροποποίηση του Αβυσσιανού λάχανου (Crambe abyssinica), ενός ελαιώδους φυτού σπάνια καλλιεργούμενου στην Ευρώπη. Η επιλογή του λάχανου γίνεται με βάση τρία κριτήρια, που όλα μαζί δίνουν στο φυτό πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλα ανταγωνιστικά φυτά (ελαιοκάμβη και ηλιοτρόπιο): πρώτα από όλα οι γεωπονικές του ιδιότητες, καθώς δεν απαιτεί πολύ νερό ή λίπασμα. Επίσης το φυτό αυτό δεν χρησιμοποιείται για διατροφικούς λόγους, κάτι που θα βοηθήσει το Ευρωπαϊκό κοινό να δεχθεί τη γενετική του τροποποίηση και τέλος, το γεγονός ότι είναι αδύνατο τα εισαγόμενα γονίδια να μεταφερθούν σε άλλα φυτά. Αυτό δίνει τη δυνατότητα αποφυγής της γενετικής ρύπανσης, κάτι που θα δημιουργούσε διάφορα ζητήματα. Σύμφωνα με διάφορους υπολογισμούς που έχουν γίνει η παραγωγή εστέρων κήρους (κηρώδεις εστέρες) από το συγκεκριμένο λάχανο είναι οικονομικά κερδοφόρα, ιδίως αν τα υπολείμματα βιομάζας, που παραμένουν μετά την εκχύλιση του λαδιού χρησιμοποιούνται για να παραχθεί ηλεκτρισμός και θέρμανση (Environmental Protection Agency, 2006h).

3.5 Βιοπροϊόντα

3.5.1 Γενικά

Βιοπροϊόντα ονομάζονται όλα τα εμπορικά ή βιομηχανικά προϊόντα που μπορούν να παρασκευαστούν, αποκλειστικώς ή μερικώς από βιομάζα (Paster at al, 2003). Τέτοια βιοπροϊόντα είναι η βιοενέργεια (θερμότητα και ηλεκτρισμός), τα βιοκαύσιμα (αιθανόλη, βιοντήζελ κλ), βιομηχανικά βιοχημικά προϊόντα, βιοπλαστικά από άμυλο καλαμποκιού και προϊόντα όπως σαμπουάν, πλαστικά, ίνες και διαλύτες και πολλά άλλα. Ο ορισμός των βιοπροϊόντων δεν περιλαμβάνει τα τρόφιμα και τα συστατικά τους (παράγωγα, γευστικά πρόσθετα, διατροφικά πρόσθετα), τα είδη ένδυσης και τα υλικά ξυλείας (ξυλεία, χαρτοπολτός, χαρτί, κοντραπλακέ (Μαρούλης, Χατζηαντωνίου-Μαρούλη & Καραμπέρης, 2003).

Οι Paster, Pellegrino και Carole (Paster et al, 2003) αναφέρουν ότι τα βιοχημικά προϊόντα μπορούν να ομαδοποιηθούν σε πέντε κύριες κατηγορίες:

-Βιοπροϊόντα από άμυλο και σάκχαρα τα οποία παράγονται μέσω ζύμωσης και θερμοχημικών διεργασιών συμπεριλαμβανομένων των αλκοολών, οξέων, αμύλου και άλλων προϊόντων που παράγονται από σάκχαρα βιομάζας. Τα αρχικά υλικά περιλαμβάνουν σακχαροκάλαμο, ζαχαρότευτλο, καλαμπόκι άχυρο, ρύζι, πατάτες, κριθάρι, καρπό σόργου, ξύλο και άλλα.

-Βιοπροϊόντα από έλαια και λίπη συμπεριλαμβανομένων λιπαρών οξέων, ελαίων, αλκυλο-ρητινών, γλυκερίνης και ποικιλίας φυτικών ελαίων από καρπούς σόγιας, κράμβης, ελαιοκάμβης και άλλους ελαιόκαρπους.

-Κόλλες-Κόμμεα και ξυλοχημικά συμπεριλαμβανομένων του κολοφωνίου, των αλκυδικών ρητινών, πίσσες, λιπαρά οξέα, τερεβινθίνη και άλλα χημικά που παράγονται από δέντρα.

-Παράγωγα κυτταρίνης, ίνες και πλαστικά συμπεριλαμβανομένων προϊόντων από κυτταρίνη, όπως αναγεννημένη-αναζωογονημένη κυτταρίνη, τριοξικός εστέρας, οξικός εστέρας κυτταρίνης κά. Οι αρχικές πηγές κυτταρίνης είναι ο λευκασμένος ξυλοπολτός και τα χνούδια βαμβακιού μετά την εκκόκκιση.

-Βιομηχανικά ένζυμα τα οποία χρησιμοποιούνται ως βιοκαταλύτες σε μια πληθώρα βιοχημικών αντιδράσεων στην παραγωγή αμύλου και σακχάρων, αλκοολών και ελαίων. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε καθαριστικά πλυντηρίου, βυρσοδεψία δερμάτων και αστάρωμα υφασμάτων (Uhlig,1998).

Το ερώτημα που εύλογα ανακύπτει είναι γιατί υπάρχει την συγκεκριμένη χρονική στιγμή μια παγκόσμια στροφή προς αυτό το είδος προϊόντων. Η αλήθεια είναι ότι τα τελευταία πενήντα χρόνια, η κατανόηση μας για τον κόσμο και τις διάφορες μορφές ζωής άλλαξαν ριζικά. Η επιστήμη και η τεχνολογία προχωρούν με γρήγορους ρυθμούς ενώ, η γνώση της βιολογίας σε μοριακό επίπεδο βελτιώνεται συνεχώς. Οι εξελίξεις των επιστημών, καθώς επίσης και της θερμοχημείας οδήγησαν στην ανακάλυψη νέων τρόπων διάσπασης και χρήσης των βιολογικών υλικών. Μέσω της έρευνας νέα βιομηχανικά προϊόντα και διεργασίες που χρησιμοποιούν βιομάζα αντί για ορυκτά καύσιμα έχουν προκύψει όπως τα βιοπλαστικά, τα προϊόντα υγιεινής και τα βιοκαύσιμα. Η παρασκευή τέτοιων βιοπροϊόντων φανερώνει την αρχή για στροφή προς μια οικονομία που «βιοβασίζεται» (Hanson & Edwards, 2002).

Στον πίνακα 3.1 παρατίθενται ενδεικτικά προϊόντα που μπορούν να παραχθούν από βιομάζα ενώ, στην τρίτη στήλη φαίνεται και ποια ορυκτή πρώτη ύλη αντικαθίσταται (Ogilvie & Layzell, 2004).

Πίνακας 3.1. *Ενδεικτικά προϊόντα που μπορούν να παραχθούν από βιομάζα*

Προϊόν	Βιολογική πρώτη ύλη	Ορυκτή πρώτη ύλη που αντικαθίσταται
Ηλεκτρική ενέργεια	Ξύλο, φυτικές ίνες	Άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο
Καύσιμο ντίζελ	Φυτικά έλαια, ζωικά λίπη	Καύσιμο ντίζελ από πετρέλαιο
Καύσιμο κίνησης	Αιθανόλη από άμυλο και κυτταρίνη	Βενζίνη από πετρέλαιο
Αέριο θέρμανσης	Μεθάνιο από ζωικά και αστικά απόβλητα	Φυσικό αέριο (κυρίως μεθάνιο)
Ατσάλι	Ξυλάνθρακας ή ξυλέλαιο για αναγωγή του σιδηρομεταλλεύματος	Κωκ από λιθάνθρακα για αναγωγή του σιδηρομεταλλεύματος
Πλαστικά	Πολυλακτικό οξύ από άμυλο	Πολυαιθυλένιο
Επικαλυπτικά δαπέδου	Φελλός, λινάρι, γιούτα	Πολυβινυλοχλωρίδιο
Ίνες, υφάσματα	Κάνναβις, Λινάρι, άλλες φυτικές ίνες	Πολυεστέρες
Μονωτικά	Άμυλο, συγκολλητική πρωτεΐνη	Πολυστυρένιο
Υδραυλικά, λιπαντικά έλαια	Φυτικά έλαια	Ορυκτά έλαια
Ξυλο-ύαλοι	Φυτικές ρητίνες, έλαια	Πολυακρυλικοί εστέρες, γλυκόλες
Ινο-ενισχυμένα υλικά	Ρητίνη γομαλάκας, ίνες καννάβεως	Ανθρακο-ίνες, πολυαμίδιο
Χρωστικές βαφές	Φυτικές βαφές	Αζω-πιγμέντα

3.5.2 Έρευνα για την παραγωγή προϊόντων από ανανεώσιμες πρώτες ύλες: τελευταίες εξελίξεις

Εδώ και αρκετά χρόνια λαμβάνει χώρα εκτεταμένη επιστημονική έρευνα για την παραγωγή προϊόντων από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Η έρευνα αυτή αποτελεί αποτέλεσμα κοινωνικών πιέσεων τόσο των μη Κυβερνητικών οργανώσεων όσο και των καταναλωτών, για μεγαλύτερη ασφάλεια, καλύτερη υγεία και καθαρότερο περιβάλλον. Επίσης, οι διάφορες εταιρίες στα πλαίσια της εταιρικής κοινωνικής ευθύνης προσπαθούν να αναπτύξουν προϊόντα με μικρότερη ή ελάχιστη επίπτωση στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Στην συνέχεια επιχειρείται μια ενδεικτική παράθεση των τελευταίων επιτευγμάτων σε ερευνητικό επίπεδο αναφορικά με την χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών και την παραγωγή ποικιλίας προϊόντων από αυτές.

Σε πρόσφατη δημοσίευση αναφέρεται ότι ορισμένοι τύποι απόβλητων ή βιομάζας χαμηλής αξίας, περιέχουν σημαντικές ποσότητες πυριτικών (περίπου 10%) τα οποία αποτελούν πρωταρχικό συστατικό του τσιμέντου, όπως για παράδειγμα οι φλοιοί ρυζιού οι οποίοι παράγονται σε μεγάλες ποσότητες σε πολλά μέρη του κόσμου όπως στις ΗΠΑ, στην Κίνα και στη Βραζιλία. Η ποσότητα αυτή των πυριτικών μπορεί να απομονωθεί εύκολα με καύση των ριζοφλοιών και να βοηθήσει στην παρασκευή τσιμέντου τύπου Πόρτλαντ (Romano & Rodrigues, 2008), ενώ η όλη διαδικασία έχει μειωμένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Σε άρθρο από το Εθνικό Ινστιτούτο Μηχανικής και Βιομηχανικής Καινοτομίας της Λισσαβόνας, αναφέρεται ότι ένας αριθμός προϊόντων μπορεί να παραχθεί από χαμηλής αξίας λιγνίνες, όπως για παράδειγμα διάφορα χηλικά μέσα, βαφές και επικαλυπτικά (Sena-Martins et al, 2008). Σε μια ελληνική δημοσίευση (Kiassos et

al, 2009) αναφέρεται η εκμετάλλευση των αποβλήτων από κρεμμύδι, τα εκχυλίσματα από τα οποία δείχνουν να έχουν αντιοξειδωτική δράση (και powerful antiplatelet activity). Η διαδικασία της εκχύλισης γίνεται με έναν διαλύτη νερού-αιθανόλης-κιτρικού οξέος, φιλικού προς το περιβάλλον. Να σημειωθεί ότι ετησίως στην Ευρώπη παράγονται 450000 τόνοι απόβλητων από κρεμμύδι. Μια ερευνητική ομάδα από το Santiago de Compostela (Vázquez et al, 2009) αναφέρει τη χρήση των εκχυλισμάτων από απόβλητα καστανιάς και ευκαλύπτου χαμηλής αξίας από την βιομηχανία τροφίμων και επίπλων αντίστοιχα. Φαίνεται ότι αυτά τα εκχυλίσματα βρίσκουν εφαρμογή σε αντιοξειδωτικά, συγκολλητικά και ταννίνες επεξεργασίας δέρματος.

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε από το κέντρο πράσινης χημείας του York απεδείχθη ότι διάφοροι επιφανειακοί κήροι από χαμηλής αξίας άχυρο σίτου (το οποίο σημειώνεται ότι περιέχει περίπου 1% κβ φυτικούς κήρους) μπορούν να εξαχθούν με την χρήση υπερκρίσιμου διοξειδίου του άνθρακα (Deswarte et al, 2006). Οι χημικές ενώσεις που περιέχονται στους κήρους μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην κοσμετική, και στην παρασκευή εντομοαπωθητικών (Clark, Deswarte & Ford, 2008). Αναφέρεται επίσης η παρασκευή υπεραπορροφητικών υδροτζέλ από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Το υλικό αυτό είναι συνδυασμός κυτταρίνης βαμβακιού και σουσινικού οξέος από βιομάζα, ωστόσο η μέθοδος δεν θεωρείται πράσινη αφού χρησιμοποιεί επικίνδυνους διαλύτες και αντιδραστήρια (Yoshimura et al, 2006).

Ερευνητικές ομάδες από την Ιταλία κατάφεραν να παρασκευάσουν μια νέα κατηγορία θερμοπλαστικών και βιοδιασπώμενων φιλμς, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στις συσκευασίες τροφίμων (Pucci et al, 2007). Πλαστικά μπορούν να παραχθούν και από απόβλητα ζαχαροκάλαμου, μέσω του πολυλακτικού οξέος. Το συγκεκριμένο είδος αποβλήτων παράγεται σε μεγάλες ποσότητες ενώ, το πολυλακτικό οξύ που προέρχεται από την κατάλληλη επεξεργασία αυτών των καταλοίπων θεωρείται το πιο επιτυχημένο παράδειγμα πράσινου πλαστικού στην αγορά, αφού η ανάλυση του κύκλου ζωής του έχει δείξει ότι αποτελεί πράσινο υλικό όσον αφορά στην αρχική πρώτη ύλη, στις διαδικασίες παραγωγής του, στην βιοδιασπασιμότητα και στους μειωμένους κινδύνους που ενέχει (Adsul, Varma & Gokhale, 2007). Εδώ αξίζει να σημειωθεί, ότι η ιαπωνική εταιρεία NTT DoCoMo χρησιμοποίησε το πολυλακτικό οξύ, από ανανεώσιμες πρώτες ύλες, ως συστατικό της για τα κινητά τηλέφωνα (http://www.nec.co.jp/press/en/0603/2001.html).

Η έρευνα για τα βιοαποδομήσιμα υλικά απαιτεί εκτός των «πράσινων» πολυμερών και πράσινα πρόσθετα, όπως για παράδειγμα τους πλαστικοποιητές, οι οποίοι προσδίδουν ελαστικότητα. Οι φθαλικοί εστέρες που χρησιμοποιούνταν ως πλαστικοποιητές είναι πλέον γνωστοί για την τοξικότητα τους. Η γλυκερόλη εκτός όλων των άλλων χρήσεων της βρίσκει εφαρμογή και ως πλαστικοποιητής. Πρόσφατα ανακοινώθηκε η χρήση της σε ένα πρωτεϊνικό ανανεώσιμο

πολυμερές με το όνομα **καφιρίνη** (kafirin), το οποίο χρησιμοποιείται για την παρασκευή φιλμς και προέρχεται από το δημητριακό σόργο (η έρευνα είναι σε αρχικό στάδιο) (Gao et al, 2006).

Τα επιφανειοδραστικά χρησιμοποιούνται σε πολυάριθμα καταναλωτικά και βιομηχανικά προϊόντα όπως στα είδη οικιακής χρήσης, στα καθαριστικά κά. Το κανονιστικό πλαίσιο το οποίο έχει θεσπιστεί και αφορά την οδηγία για τα επιφανειοδραστικά (Commission Regulation-EC 907, 2006) και τον κανονισμό REACH απαιτεί την βιοαποδόμηση τους μέσα σε 28 μέρες κάτω από αερόβιες συνθήκες. Ερευνητές στην Γαλλία και στην Γερμανία έχουν αναπτύξει μια νέα κατηγορία χημικών με ιδιότητες διαλυτών και επιφανειοδραστικών που ονομάζεται «solvosurfactants» και αποτελούν ουσιαστικά εστέρες της γλυκερόλης (Queste et al, 2006). Το κέντρο έρευνας και ανάπτυξης DuPont έχει αναπτύξει χημικές μεθόδους ώστε να παράγει επειφανειοδραστικές ουσίες από λεβουλινικό οξύ προερχόμενο από κυτταρινική βιομάζα. Όπως έχει και πρωτύτερα αναφερθεί, το λεβουλινικό οξύ είναι ένα καλό παράδειγμα μορίου πλατφόρμας από ανανεώσιμες πρώτες ύλες και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ευρύ φάσμα προϊόντων. Σε πρόσφατο άρθρο μια ερευνητική ομάδα από την Ταϊβάν ανέφερε την παρασκευή νέων επειφανειοδραστικών, βιοδιασπώμενων που βασίζονται στις δεξτρίνες, οι οποίες αποτελούν σακχαρίτες εύκολα παραγόμενους από το άμυλο (Wang & Chen, 2005). Πρόσφατα η εταιρεία Marks and Spenser αναδεικνύοντας την περιβαλλοντική της πολιτική σε νέες κυκλοφορίες προϊόντων καθαρισμού δεν συμπεριλάμβανε χημικές ουσίες όπως τριχλωσάνες και φθαλικούς εστέρες. Για την παρασκευή των προϊόντων της χρησιμοποιεί υλικά από φυτικές πρώτες ύλες όπως κιτρικό οξύ και citronella (Marks and Spenser Company, 2009).

Ερευνητικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η χιτοσάνη, ένα πολυμερές που παρασκευάζεται εύκολα από την χιτίνη που με τη σειρά της παρασκευάζεται από απόβλητα μαλάκια ή οστρακόδερμα τα οποία αποτελούν μια από τις πιο μεγάλες ανανεώσιμες πηγές άνθρακα του πλανήτη. Οι χιτοσάνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε προϊόντα περιποίησης μαλλιών λόγω των μαλακτικών ιδιοτήτων τους και της υψηλής τους ικανότητας να δεσμεύουν νερό. Χρησιμοποιούνται επίσης στα γαλακτώματα και στα ενυδατικά, ενώ οι στερεές χιτοσάνες χρησιμοποιούνται και στους φακούς επαφής. Η χρήση της χιτοσάνης δοκιμάζεται επίσης και στις συσκευασίες τροφίμων. Ωστόσο εμφανίζει πρόβλημα ευθραυστότητας, οπότε και απαιτεί την χρήση ενός πλαστικοποιητή προκειμένου να αυξηθεί η ελαστικότητα της. Πρόσφατα, μια ερευνητική ομάδα από την Γαλλία ανέφερε ότι κατάφερε να βελτιώσει τις μηχανικές ιδιότητες της χιτοσάνης χρησιμοποιώντας γλυκερόλη και πολυαιθυλενογλυκόλη (Suyatma et al, 2005). Μια άλλη έρευνα από το Πανεπιστήμιο της Nebraska απέδειξε ότι κατά την παρασκευή φιλμς από χιτοσάνη και άμυλο, όταν

αυξηθεί η αναλογία του αμύλου αυξάνεται η ελαστικότητα και η αντοχή στην θραύση, ενώ το προϊόν που λαμβάνεται είναι περισσότερο υδροφοβικό (Xu et al, 2005).

Η κυτταρίνη, το πιο διαδεδομένο βιομόριο αποτελεί αδελφό-μόριο της χιτίνης, αφού έχουν σχεδόν την ίδια μοριακή δομή με την μόνη διαφορά ότι η υδροξυλομάδα της κυτταρίνης αντικαθίσταται με μία ακετυλάμινο-ομάδα στην χιτίνη. Η κυτταρίνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή καλής ποιότητας νανοκαλωδίων (nanowires) τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα ηλιακά συστήματα κ.ά (Venkataramanan et al, 2007).

Ομάδα επιστημόνων από το Πανεπιστήμιο του Cornell και το ινστιτούτο τεχνολογίας της Georgia αναφέρουν την παραγωγή διαφόρων υλικών με καλές μηχανικές ιδιότητες από αλεύρι σόγιας και ρητίνης από λινάρι (Chabba et al, 2005). Η χρήση της σόγιας ως αρχικής πρώτης ύλης για τις κατασκευές έχει μακρά ιστορία καθώς ο Henry Ford χρησιμοποίησε πλαστικό από σόγια για να κατασκευάσει διάφορα εξαρτήματα αυτοκινήτου σε μια προσπάθεια του να αποδείξει ότι «*οι αγροί είναι τα εργοστάσια του μέλλοντος*». Μια ομάδα από την Βόρεια Βιρτζίνια των Ηνωμένων Πολιτειών δημοσίευσε ένα άρθρο μέσα στο οποίο τονίζεται η χρήση υπολειμμάτων κόκκων καφέ για την παραγωγή βιοντίζελ, ωστόσο η διεργασία της εξαγωγής του ελαίου δεν είναι τόσο βιώσιμη αφού χρησιμοποιεί οργανικούς διαλύτες (Kondamuli et al,2008).

Τα διάφορα φυτικά έλαια παρέχουν ευκαιρίες μετατροπής τους σε χημικά με διάφορες ιδιότητες, εκτός από βιοκαύσιμα και πολυμερή. Φυτικά έλαια παράγονται σήμερα κυρίως από σόγια, ηλιοτρόπιο, κράμβη, κάστορ (Ρίκινος ο Κοινός- ricinus communis) και λιναρόσπορο. Μέσω της εποξείδωσης μπορούν να δώσουν βιοαποδομήσιμα προϊόντα όπως για παράδειγμα λιπαντικά (Sharma et al., 2007). Είναι γνωστό ότι, τα εκχυλίσματα από τα φυτά χρησιμοποιούνται και σε διάφορα είδη προσωπικής φροντίδας. Ωστόσο η διαδικασία εξαγωγής τους δεν είναι και τόσο πράσινη αφού γίνεται χρήση επικίνδυνων διαλυτών. Όμως σε ένα άρθρο από την Ιταλία περιγράφεται η χρήση μικροκυμάτων για την αποφυγή διαλυτών (Villa et al, 2009). Πρόσφατα αναφέρθηκε από ερευνητές στην Ν. Υόρκη ότι από τα φυτικά έλαια μέσω ζυμώσεων μπορούν να παραχθούν χημικές ενώσεις χρήσιμες ως αποδομήσιμα επιφανειοδραστικά με χρήσεις σε προϊόντα περιποίησης δέρματος και μαλλιών (Shah et al, 2007). Άλλες πιθανές χρήσεις των φυτικών ελαίων είναι η παραγωγή αντηλιακών και η χρήση των διαφόρων παραγώγων τους ως αντιμυκητικών φορέων. Επιπρόσθετα από τα φυτικά έλαια, παράγονται και διάφοροι διαλύτες.

3.5.3 Καταγραφή υφιστάμενης κατάστασης: μη διατροφικές συγκομιδές και διείσδυση των ανανεώσιμων πρώτων υλών και βιοπροϊόντων στην παγκόσμια αγορά με έμφαση στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ehrenberg et al, 2002)

Στις μέρες μας, παρ' όλη την μεγάλη διαθεσιμότητα των αγροτικών απόβλητων και της φυτικής βιομάζας φαίνεται ότι οι παραγόμενες ποσότητες δεν αξιοποιούνται όπως θα έπρεπε. Ανασταλτικός παράγοντας θεωρείται το μάλλον υψηλό κόστος των παραγωγικών διεργασιών σε σύγκριση με των αντίστοιχων που βασίζονται στις πετρελαϊκές πρώτες ύλες ενώ, βασική προϋπόθεση για την εκτεταμένη χρήση τους αποτελεί η κατανόηση της δομής των βιομορίων ώστε να προσαρμοστούν σε αυτή οι νέες, ήδη υπάρχουσες ή αναπτυσσόμενες διεργασίες. Κρίσιμοι παράγοντες ωστόσο θεωρούνται η έρευνα για τη βελτίωση της απόδοσης των διεργασιών μετατροπής τους σε βιοπροϊόντα και βιοχημικά καθώς και η δημιουργία ενός νομοθετικού και κανονιστικού πλαισίου (National Research Council (NRC), 2000).

Κατά γενική ομολογία σήμερα εμφανίζεται παγκοσμίως μια μεγάλη κινητικότητα, τόσο σε ερευνητικό όσο και πολιτικό επίπεδο σχετικά με την χρήση και την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Η πρόταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για το έβδομο πρόγραμμα πλαίσιο για την έρευνα και την τεχνολογική ανάπτυξη (2007-2013) αποδίδει υψηλή προτεραιότητα στην έρευνα με αντικείμενο τη βιομάζα. Πολλές δράσεις του προγράμματος αυτού έχουν ένα σκέλος που αφορά στη βιομάζα όπως για παράδειγμα οι: «*Εφαρμογές των Βιοεπιστημών και των Βιοτεχνολογιών στην ανάπτυξη και την παραγωγή αειφόρων μη εδώδιμων προϊόντων και διαδικασιών*», όπου περιλαμβάνεται η χρήση της βιοτεχνολογίας για τη βελτίωση της παραγωγικότητας, της αειφορίας, της σύνθεσης των πρώτων υλών βιομάζας και η ανάπτυξη νέων βιοδιεργασιών (Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Σχέδιο δράσης για τη Βιομάζα, 2005). Επίσης, οι δραστηριότητες για την μη διατροφική παραγωγή εντάσσονται και χρηματοδοτούνται μέσα από την θεματική ενότητα: «Τροφή, Γεωργία και Αλιεία και Βιοτεχνολογία». Σχετικά έργα μπορούν να χρηματοδοτηθούν μέσα από θεματικές ενότητες που καλύπτουν την Ενέργεια και τα Υλικά (Coombs, 2007).

Σύμφωνα με το Αμερικάνικο Υπουργείο Ενέργειας το ενδιαφέρον για τα βιοπροϊόντα αυξάνεται σταθερά σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι πωλήσεις των βιοπροϊόντων στις Ηνωμένες πολιτείες έχουν υπερδιπλασιαστεί μεταξύ 1983 και 1995 από 5,4 δις δολάρια σε 11 δις δολάρια. Το «Όραμα για την Ενέργεια και τα Βιοπροϊόντα» που εξέδωσε το 2002 το συγκεκριμένο υπουργείο έθετε ως στόχο για τις Ηνωμένες Πολιτείες μέχρι το 2030, την αύξηση του μεριδίου στην αγορά των βιοκαυσίμων στο 20% και των βιοπροϊόντων στο 25% (Vision for Bioenergy & Biobased Products in the United States, Biomass Technical Advisory Committee -BTAC, 2002).

Πρόσφατα στην Ιαπωνία τα βιοπροϊόντα θεωρήθηκαν ως μια από τις τρεις βιοτεχνολογικές πρωτοβουλίες που στοχεύουν στο μετασχηματισμό της συμβατικής βιομηχανίας σε μια καθαρότερη βιομηχανία με λιγότερες θερμοκηπιακές εκπομπές. Στην Βραζιλία η χρήση αιθανόλης προερχόμενης από ζαχαροκάλαμο απαιτείται τουλάχιστον σε ποσοστό 20-25% στην βενζίνη. Τέλος στις Σκανδιναβικές χώρες ενθαρρύνεται η γρήγορη φύτευση και καλλιέργεια λευκών και ιτιών για την παραγωγή διαφόρων βιοπροϊόντων (Christie & Mitchell, 2004). Πάντως, από πολλούς υποστηρίζεται ότι μέχρι το 2025, το 30% των αρχικών πρώτων υλών που απαιτούνται για την χημική βιομηχανία θα μπορούσε να προέρχεται από φυτικές πρώτες ύλες υπό τον όρο της διεξαγωγής κατάλληλης έρευνας και ανάπτυξης (European Technology Platform Plants for the Future, Strategic Research Agenda 2025, 2007). Ειδικότερα στην Ευρώπη και στο συγκεκριμένο πεδίο υπάρχει σε ισχύ μόνο η Οδηγία για την *Προαγωγή και χρήση των βιοκαυσίμων* στα καύσιμα μεταφοράς (Official Journal of the European Union L123/42, 2003), ενώ δεν υπάρχουν σχετικές οδηγίες για άλλα βιοπροϊόντα.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση σήμερα περίπου το 10% του αργού πετρελαίου που καταναλώνεται ετησίως χρησιμοποιείται ως αρχική πρώτη ύλη σε διάφορες βιομηχανικές διεργασίες, με πιο σημαντική την παρασκευή πολυμερών (Patel, 1999). Σύμφωνα με τον Johansson (2000) στην Ευρωπαϊκή αγορά, η σημερινή διείσδυση των ανανεώσιμων πρώτων υλών εντοπίζεται σε τέσσερις κατηγορίες, όπως φαίνεται στον πίνακα που ακολουθεί, ενώ εκτιμάται ότι το ποσοστό αυτό της διείσδυσης τους αποφέρει μείωση των θερμοκηπιακών αερίων κατά τουλάχιστον 2.100 kt.

Πίνακας 3.2. *Κατηγορίες προϊόντων που έχουν διεισδύσει στην Ευρωπαϊκή αγορά*

	Ποσοστό διείσδυσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών στην Ευρωπαϊκή αγορά	Μείωση θερμοκηπιακών αερίων εκφρασμένα σε ισοδύναμα CO_2 (χιλιάδες τόνοι)
Πολυμερή	0,15%	100
Λιπαντικά	2%	200
Διαλύτες	1,5%	-
Επιφανειοδραστικά	20% (16% από φυτικά έλαια και 6% από ζωικά λίπη και έλαια)	1700

3.5.3.1 Πολυμερή

Τα πολυμερή αποτελούν το πεδίο με την μεγαλύτερη χρήση των ορυκτών καυσίμων που αφορά στον μη ενεργειακό τομέα. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, τα εμπορικά πολυμερή που προέρχονται σήμερα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες είναι κυρίως από κυτταρίνη, άμυλο και σάκχαρα (Gross & Karla, 2002). Υπάρχουν ωστόσο και κάποια πολυμερή που προέρχονται από

μικρές ομάδες πρωτεϊνών και λιπαρών οξέων. Να σημειωθεί βέβαια ότι υπάρχουν και βιοαποδομήσιμα πολυμερή που προέρχονται από πετρελαϊκές πρώτες ύλες, όπως η καπρολακτόνη και διάφοροι συμ-πολυεστέρες (American Chemistry Council, 2008h).

Σύμφωνα με δεδομένα της Ένωσης Βιομηχανιών IBAW, η οποία πρόσφατα μετονομάστηκε σε «European Bioplastics» και αποτελεί έναν ισχυρό εκπρόσωπο της Ευρωπαϊκής Βιομηχανίας Βιοπλαστικών, η κατανάλωση βιοαποδομήσιμων πολυμερικών προϊόντων (προερχόμενων από ανανεώσιμους και συμβατικούς πόρους) για το 2001 στην ΕΕ των 15 εκτιμάται σε 20 kt, δηλαδή ποσοστό 0,05% από τους 40 Mt της συνολικής κατανάλωσης πλαστικών. Το ποσό αυτό περίπου διπλασιάστηκε για το 2003 φτάνοντας τους 35-40 kt (ποσοστό 0,9-1,9% της συνολικής κατανάλωσης). Μέσα στο 2010 αναμένεται πάντως η αγορά των βιοαποδομήσιμων πλαστικών να ανέλθει σε 0,5-1 Mt, εάν βέβαια ρυθμιστεί και το ανάλογο κανονιστικό πλαίσιο (European Bioplastics Association, 2009).

Ειδικότερα, τα πολυμερή από άμυλο μπορεί να κατηγοριοποιηθούν σε αυτά όπου το άμυλο χρησιμοποιείται λίγο έως πολύ μη τροποποιημένο και στα πολυμερή από ζυμωμένο άμυλο, όπου το άμυλο αφού πρώτα ζυμωθεί στην συνέχεια πολυμερίζεται. Οι συγκομιδές που τροφοδοτούν την παραγωγή πολυμερών από άμυλο στην Ευρωπαϊκή Ένωση ποικίλουν, ανάλογα την περιοχή, από καλαμπόκι, πατάτες και σίτο (Fachagentur Nachwashsende Rohstoffe /FNR, 2011) στην Γερμανία. Στις ΗΠΑ το καλαμπόκι θεωρείται η πιο διαδεδομένη πρώτη ύλη για την παρασκευή τέτοιων πολυμερών. Στην συνέχεια απεικονίζεται η παραγωγή αμύλου ανά αρχική πρώτη ύλη στην ΕΕ(15), στις ΗΠΑ και σε άλλες χώρες (2000) (σε εκατομμύρια τόνους περιεχόμενου αμύλου).

Πίνακας 3.3. *Παραγωγή αμύλου ανά αρχική πρώτη ύλη (σε εκατομμύρια τόνους περιεχόμενου αμύλου).*

	Καλαμπόκι(maize)	Πατάτες	Σίτος	Άλλα	Σύνολο
Ευρωπαϊκή Ένωση	3,9	1,8	2,8	0,0	8,4
ΗΠΑ	24,6	0,0	0,3	0,0	24,9
Άλλες χώρες	10,9	0,8	1,1	2,5	15,2
Παγκόσμια	39,4	2,6	4,1	2,5	48,5

Πηγή: European Commission Starch Report 2000

Ειδικότερα στον πίνακα που ακολουθεί καταγράφονται ο αριθμός των εργοστασίων παραγωγής ιθαγενούς αμύλου στην Ευρωπαϊκή Ένωση (2001).

Πίνακας 3.4. *Εργοστάσια παραγωγής αμύλου στην* Ευρωπαϊκή Ένωση (*2001*).

	Καλαμπόκι (maize)	Καλαμπόκι(maize) και Σίτος	Πατάτες	Σίτος, βρώμη και κριθάρι	Ρύζι	Σύνολο
Αυστρία	1	-	1	-	-	2
Βέλγιο	-	-	-	1	1	2
Δανία	-	-	4	-	-	4
Φιλανδία	-	-	3	3	-	6
Γαλλία	2	2	3	2	-	9
Γερμανία	2	-	8	6	-	16
Ελλάδα	1	-	-	-	-	1
Ιταλία	2	-	-	2	-	4
Ολλανδία	1	2	2	1	-	6
Πορτογαλία	1	-	-	-	-	1
Ισπανία	3	-	-	-	-	3
Σουηδία	-	-	4	3	-	7
Ηνωμένο Βασίλειο	2	-	-	3	-	5
Σύνολο	15	4	25	21	1	66

Πηγή: European Commission Starch Report 2001

Πάντως, για το 2002 η συνολική παραγωγή αμύλου στην ΕΕ ήταν 20,3 Mt (European Commision, 2002).

Σύμφωνα με μια γαλλική έρευνα, στην αγορά της Ευρωπαϊκής Ένωσης το συνολικό ποσό των πλαστικών από άμυλο για το 1997 ήταν 50000 τόνοι. Στην ίδια έρευνα αναφέρεται ότι το συνολικό επίπεδο της υποκατάστασης θα μπορούσε το 2010 να φτάσει τις 500000 τόνους ετησίως (Taylor-Nelson-Sofres Consulting, 1998). Η ιταλική κατασκευαστική εταιρεία Novamont έχει ετήσια ικανότητα παραγωγής 8 kt ενός βιοπλαστικού αμυλο-πολυκαπρολακτόνης με την ονομασία Mater-BiTM (Novamont Company, 2010). Η γαλλική κατασκευαστική Roverc'h ανάπτυξε ένα πλαστικό βασισμένο στο άμυλο χρησιμοποιώντας σίκαλη ως αρχική πρώτη ύλη με ετήσια δυνατότητα παραγωγής 5 kt (Taylor-Nelson-Sofres Consulting, 1998). Διάφορες άλλες βιομηχανίες από την ΕΕ και από αλλού παράγουν πολυμερικά προϊόντα βασισμένα σε θερμοπλαστικό άμυλο. Παραδείγματα αποτελούν η ICI/ National Starch & Chemical η οποία παράγει το προϊόν ECO-FOAM® για διάφορες εφαρμογές συσκευασίας καθώς επίσης και η Japan Corn Starch η οποία παράγει παρόμοια προϊόντα (Wood, 1998).

Σε ότι αφορά στο πολυλακτικό οξύ αποτελεί ένα πολυμερές από ανανεώσιμες πρώτες ύλες με καλές ιδιότητες αλλά, θεωρείται ακριβό σε σχέση με τα συμβατικά πολυμερή. Ωστόσο υπάρχουν και σε αυτό διαφωνίες αναφορικά με την σχέση τιμής/απόδοσης. Σύμφωνα με τους Hermann και Patel (Hermann & Patel, 2007), το πολυλακτικό οξύ (μαζί με το οξικό οξύ και το αιθυλένιο) δεν θεωρείται οικονομικά βιώσιμα στο άμεσο μέλλον παρά μόνο εάν αυξηθεί η τιμή του αργού πετρελαίου

Η αλήθεια είναι πως διάφοροι παράγοντες μπορούν να αυξήσουν την χρήση των πολυμερών από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Η χρήση βιοδιασπώμενων πλαστικών μπορεί να αποφέρει σημαντικές μειώσεις στο κόστος διαχείρισης των αποβλήτων. Σημαντικό μέτρο προώθησης της χρήσης των βιοδιασπώμενων πλαστικών είναι η χωριστή συλλογή τους από τα συμβατικά πολυμερή. Για παράδειγμα, στο Kassel της Γερμανίας είχε εφαρμοστεί μια μελέτη μέσα στο δεύτερο εξάμηνο του 2000 όπου τα βιοδιασπώμενα πλαστικά συλλέγονταν χωριστά από τα συμβατικά μέσα σε ειδικούς βιο-κάδους μαζί με τα απόβλητα του κήπου και των νοικοκυριών. Το συλλεγόμενο υλικό οδηγούνταν σε εγκαταστάσεις αναερόβιας κομποστοποίησης για την παραγωγή κομπόστ ως εδαφοβελτιωτικού. Σύμφωνα με κάποιες εκτιμήσεις το κόστος διαχείρισης του απόβλητου πλαστικού μειώθηκε από τα 1,35 ευρώ σε 0,33 ευρώ, ενώ παράλληλα μέσω των αναερόβιων χωνεύσεων υπήρχε δυνατότητα ενεργειακής παραγωγής. Μια παρόμοια μελέτη εφαρμόστηκε και στην Ιταλία με την χρήση κομποστοποιήσιμων τσαντών όπου μέσα εναποτήθεντο τα κομποστοποιήσιμα απόβλητα.

Ανασταλτικοί παράγοντες της παραγωγής και χρήσης ανανεώσιμων πολυμερών είναι η μη ύπαρξη κανονιστικών μέτρων, η χαμηλότερη μάλλον τεχνική απόδοση των αμυλοβασισμένων πολυμερών σε σχέση με την αντίστοιχη των συμβατικών που ωστόσο αναμένεται -σε ότι αφορά τουλάχιστον τα πολυμερή από πολυλακτικό οξύ- στο άμεσο μέλλον να αλλάξει και τέλος το υψηλότερο κόστος των ανανεώσιμων πολυμερών.

Πάντως κάτω από τις γενικότερες νομοθετικές πιέσεις πολλές αρχικές πρώτες ύλες ενδεχομένως φανούν ελκυστικές στις βιομηχανίες και έτσι αυξηθεί το μερίδιο αγοράς των αμυλοβασισμένων πολυμερών. Σύμφωνα με τους Hermann και Patel (Hermann & Patel, 2007) τα αμυλοβασισμένα πλαστικά εξοικονομούν, σε σύγκριση με τα πετροχημικά πλαστικά, από 0,8-3,2 τόνους CO_2 ανά τόνο πλαστικού, ανάλογα με το μερίδιο των πετροχημικών συμπολυμερών στα πλαστικά. Αν υποθέσουμε ότι ετησίως η παραγωγή αμυλοβασισμένων πολυμερών είναι 300000 τόνοι ετησίως με δεκαετή περίοδο αναφοράς και έναν μέσο όρο εξοικονόμησης διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) δύο τόνους ανά τόνο πλαστικού, η ετήσια εξοικονόμηση CO_2 στην ΕΕ θα είναι 600000 τόνοι. Να σημειωθεί βέβαια ότι το πλεονέκτημα των βιο-πλαστικών σε σχέση με τα συμβατικά αναφορικά πάντα με τις θερμοκηπιακές εκπομπές εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την διαδικασία παραγωγής τους.

3.5.3.2 Βιολιπαντικά (IVAM Research and Consultancy on Sustainability, 2004˙ Lubrizol Company, 2010˙ Hill, 2000˙ Boyde, 2002˙ Europalub, 2011**)**

Στον τομέα των βιολιπαντικών, τα τριγλυκερίδια που χρησιμοποιούνται ως σημείο εκκίνησης για την παραγωγή βιολιπαντικών προέρχονται από φοίνικες, και πυρήνες φοινίκων, έλαιο καρύδας, ελαιοκάμβη και ηλιοτρόπιο. Από αυτά τα δύο τελευταία αναπτύσσονται στην Ευρώπη με το 70% των συνολικά παραχθέντων ελαίων να προέρχεται από ελαιοκάμβη και το 20% από ηλιοτρόπιο (σύμφωνα με στοιχεία του 2003). Για το 2003 η συνολική κατανάλωση ελαίων στην Ευρωπαϊκή Ένωση ήταν 13,1 Mt. Αντίστοιχα, στον πίνακα 3.5 φαίνεται το μερίδιο αγοράς για τα βιολιπαντικά την ίδια χρονιά.

Πίνακας 3.5*. Αγορά λιπαντικών (1999).*

Είδος βιολιπαντικών	Όγκοι αγοράς σε τόνους
Υδραυλικά έλαια	51000
Έλαια αλυσίδας (chainsaw oils)	29000
Concrete release agents	10650
Υγρά μεταλλουργικών εργασιών	4000
Έλαια διέμβολων μηχανών	2000
Γράσα	1700
Έλαια συνεργείου (Gear oils)	1000

Πηγή: Background document: Development of Criteria for the Award of the European Eco-Label to lubricants, IVAM, April 2004

Πάντως για το έτος 2000, το ετήσιο μερίδιο αγοράς για τα λιπαντικά στην Ευρώπη ήταν 5 Mt με το αντίστοιχο ετήσιο μερίδιο αγοράς για τα βιολιπαντικά να ανέρχεται στους 100 kt (2% της αγοράς).

Η χαμηλή τοξικότητα των βιολιπαντικών σε συνδυασμό με την αποδομησιμότητα τους αποτελούν έναν βασικό παράγοντα άσκησης πίεσης για μεγαλύτερη διείσδυση τους στην αγορά. Στην Γερμανία, στην Ολλανδία και στις Σκανδιναβικές χώρες υπάρχει σύστημα οικολογικής σήμανσης (eco-labelling) βασισμένο σε κριτήρια που αφορούν στην τοξικότητα, στην βιοαποδομησιμότητα, στην ασφάλεια και στην ανανεωσιμότητα (Legrand, 1998). Πάντως ισχυρό εμπόδιο διείσδυσης των βιολιπαντικών στην αγορά αποτελεί το κόστος τους, αφού εμφανίζεται 2-4 φορές πάνω από τα αντίστοιχα συμβατικά.

3.5.3.3 Βιοδιαλύτες

Σε ότι αφορά στους διαλύτες, είναι γεγονός ότι στην Ευρωπαϊκή αγορά το μερίδιο αγοράς των συμβατικών διαλυτών μειώνεται με ρυθμό 1-2% ετησίως λόγω της τοξικότητας τους. Ένας από

τους βασικότερους λόγους που οδηγούν στην αντικατάσταση των συμβατικών διαλυτών είναι οι επιδράσεις που έχουν στην υγεία. Γενικότερα η Ευρωπαϊκή Ένωση είναι πολύ ενεργή στο πεδίο των οργανικών διαλυτών. Η υιοθέτηση της οδηγίας για τους πτητικούς διαλύτες (Οδηγία 42/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, 2004) οδήγησε σε μείωση των εκπομπών κατά 67% (στοιχεία 2007) σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1999. Τα πιο πολλά κράτη-μέλη έχουν ενσωματώσει την Οδηγία στο εθνικό τους δίκαιο.

Το δίκτυο IENICA (Interactive European Network for Industrial Crops and their Applications) εκτιμά ότι περίπου δύο εκατομμύρια τόνοι συμβατικοί διαλύτες χρησιμοποιούνται ετησίως στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ενώ περίπου 250 kt (12,5%) μπορούν να αντικατασταθούν με διαλύτες παραγόμενους από φυτικά έλαια. Άλλες βέβαια εκτιμήσεις είναι ότι το συνολικό μερίδιο στην αγορά δεν μπορεί να ξεπερνά τις 100 kt (Legrand, 1998). Η υποκατάσταση έφτανε μόλις το 1,5% το 2000 (Interactive European Network for Industrial Crops and their Applications-IENICA, 2000).

Ειδικότερα για τα εκτυπωτικά μελάνια που βασίζονται στις φυτικές πρώτες ύλες, το μερίδιο της αγοράς στην Ευρώπη έχει φτάσει σήμερα τους 120 kt ετησίως κυρίως σε χώρες όπως το Βέλγιο, η Ολλανδία, η Γερμανία και οι Σκανδιναβικές χώρες. Ειδικότερα στην Βελγική αγορά η διείσδυση των διαλυτών από ανανεώσιμες πρώτες ύλες ανέρχεται σε ποσοστό 80%. Επίσης, στην Γαλλία ο τομέας των εκτυπωτικών μελανιών από ανανεώσιμες πρώτες ύλες εμφανίζει αύξηση με το μερίδιο αγοράς να ανέρχεται σε 18 kt. Αναφορικά με τους διαλύτες για χρώματα χρησιμοποιούνται αλκυλορητίνες από φυτικά έλαια κυρίως σόγιας και ηλιοτροπίου.

Εμπόδια της περαιτέρω διείσδυσης των βιοδιαλυτών θεωρούνται η μικρή ενημέρωση των καταναλωτών και η ρύθμιση του κανονιστικού πλαισίου.

3.5.3.4 Επειφανειοδραστικά (Patel, 2004)

Η παγκόσμια παραγωγή επειφανειοδραστικών για το 2000 ανήλθε σε 17 εκατομμύρια τόνους (συμπεριλαμβανομένων και των σαπουνιών). Η Ευρωπαϊκή αγορά σε επειφανειοδραστικά ανέρχεται σε 2,4 Mt, από τα οποία το 30% προέρχεται από φυτικές πρώτες ύλες (συμπεριλαμβανομένων και των σαπουνιών). Από την συνολική ετήσια παραγωγή επειφανειοδραστικών στην Ευρωπαϊκή Ένωση (εκτός των σαπουνιών), το 16% είναι φυτικής προέλευσης και το 4% ζωικής προέλευσης (Claude, 1999).

Προκειμένου να φανεί η συμβολή των συμβατικών επειφανειοδραστικών στην κλιματική αλλαγή παραθέτουμε στοιχεία από μια μελέτη που αφορά στην περίπτωση της Γερμανίας (Patel, 1999) όπου εκτιμάται ότι οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από αυτά ανήλθε σε 1,5 Mt (1996), όταν η συνολική παραγωγή επειφανειοδραστικών ήταν 350 kt. Αυτό αντιστοιχεί σε 1,2 % των

συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα της γερμανικής βιομηχανίας. Με την σημερινή παραγωγή επειφανειοδραστικών από βιομάζα αποφεύγεται η εκπομπή άλλων 350 kt διοξειδίου του άνθρακα.

Τα φυτικά έλαια αποτελούν την πιο σημαντική πρώτη ύλη παραγωγής των επειφανειοδραστικών μαζί με τα ζωικά λιπαρά. Για τα επειφανειοδραστικά, οι μεσαίες και μικρές αλυσίδες λιπαρών οξέων θεωρούνται καταλληλότερες οπότε τα έλαια καρύδας και φοινικοπυρήνα είναι τα πιο σημαντικά αρχικά υλικά. Για την παραγωγή γλυκόζης που χρησιμοποιείται σε επειφανειοδραστικά τύπου APG (Alkylpolyglucoside /Αλκυλοπολυγλυκοζίδιο), μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια ποικιλία σοδειών αμύλου, όπως οι πατάτες, ο σίτος και το καλαμπόκι.

Η χρήση επειφανειοδραστικών από ανανεώσιμες πρώτες ύλες είναι σχετικά διαδομένη. Ο πιο σημαντικός παράγοντας για περαιτέρω διείσδυση τους είναι η τεχνική τους πληρότητα και το οικονομικό τους κόστος. Ωστόσο ανασταλτικός παράγοντας θεωρείται η μειωμένη ενημέρωση των καταναλωτών.

3.5.3.5 Φυτικές ίνες

Η πλειονότητα των ινών που παράγονται σήμερα είναι από πετρελαϊκές πρώτες ύλες. Ωστόσο, ίνες λαμβάνονται από μια ποικιλία σοδειών, όπως το φυτό γιούτα (corchorus olitorius), το kenaf (Hibiscus cannabinus), η abaca (είδος μπανάνας-βλέπε διπλανή φωτό), η τσουκνίδα (nettle), το λινάρι (flax), το ramie (ποώδες πολυετές Boehmeria nivea) και η κάνναβης (hemp). Στην Ευρώπη φυτά που καλλιεργούνται για την παραγωγή ινών είναι το λινάρι (flax) και η κάνναβης (hemp) (Kessler, 2000) ενώ είναι και τα μόνα διαθέσιμα σε βιομηχανική κλίμακα (Interactive European Network for Industrial Crops and their Applications, 1999). Ειδικότερα, η κάνναβης (hemp) θεωρείται σημαντική ως βιομηχανική σοδειά στην Ευρώπη τα τελευταία χρόνια.

Η βιομηχανική χρήση φυτικών ινών μπορεί να υποδιαιρεθεί σε τρεις κατηγορίες: α) τις εφαρμογές χαμηλού επιπέδου (όπως οι γλάστρες φυτών και τα γεωυφάσματα), β) τις εφαρμογές μεσαίου επιπέδου (όπως το εσωτερικό των αυτοκινήτων) και γ) τις εφαρμογές υψηλού επιπέδου (όπως τα υφάσματα, τα πλαίσια των κουφωμάτων και το υψηλής ποιότητας χαρτί).

Ο τομέας με την μεγαλύτερη ανάπτυξη στις φυσικές ίνες είναι η αυτοκινητοβιομηχανία. Η Ευρωπαϊκή βιομηχανία αυτοκινήτων χρησιμοποιεί 15 kt φυτικών ινών ετησίως, ενώ τα επόμενα χρόνια αναμένεται αύξηση σε 20 kt. Άλλο αναπτυσσόμενο πεδίο εφαρμογής αποτελούν οι φυτικές ίνες για την οικιακή μόνωση. Πλεονεκτήματα της χρήσης των φυτικών ινών στην αυτοκινητοβιομηχανία είναι η μείωση του βάρους, και κατ΄επέκταση η μείωση κατανάλωσης καυσίμου. Η γενική προσπάθεια για πιο αποτελεσματικά οχήματα αναφορικά με τα καύσιμα είναι

δυνατόν να οδηγήσουν τους Ευρωπαίους κατασκευαστές στην περαιτέρω χρήση των φυτικών ινών, ωστόσο παραμένουν τα διάφορα οικονομικά εμπόδια.

3.5.3.6 Μη διατροφικές συγκομιδές ανά χώρα στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Johansson, 2000)

Η σημερινή κατάσταση ανά χώρα αναφορικά με τις καλλιέργειες μη διατροφικών συγκομιδών στην Ευρωπαϊκή Ένωση παρατίθεται στην συνέχεια:

Στην Αυστρία: Μεταξύ των συγκομιδών ελαιόσπορων, το ηλιοτρόπιο, η ελαιοκάμβη, το φασόλι σόγιας, η γλυκοκολοκύθα, το έλαιο παπαρούνας και ο λιναρόσπορος καλλιεργούνται για εμπορικούς λόγους. Ωστόσο υπάρχει σε εξέλιξη έρευνα και σε άλλα είδη. Τα βιοπροϊόντα που ήδη χρησιμοποιούνται είναι τα λιπαντικά από φυτικά έλαια για αγροτικά και δασικά μηχανήματα (1,2 εκατομμύρια λίτρα ετησίως), τα εκτυπωτικά μελάνια και τα επικαλυπτικά προϊόντα. Επίσης, υδατάνθρακες με την μορφή αμύλου παράγονται από πατάτες (220 kt) και αραβόσιτο (170 kt) από τα οποία περίπου το 40% χρησιμοποιείται στην μη-διατροφική βιομηχανία. Επίσης από τα ζαχαρότευτλα παράγονται 480 kt σακχάρων από τα οποία μόνο οι 14 kt χρησιμοποιούνται για μη διατροφικούς λόγους, κυρίως στην φαρμακοβιομηχανία.

Στο Βέλγιο: Οι σοδειές ελαιόσπορων περιορίζονται στην ελαιοκάμβη, η παραγωγή των οποίων εκτιμάται σε 7-15 kt ετησίως. Η παραγωγή σοδειών για ίνες είναι πολύ περιορισμένη. Δεν υπάρχουν καλλιέργειες για μη διατροφική χρήση υδατανθράκων.

Στη Δανία: Ο αγροτικός τομέας στην χώρα είναι προσανατολισμένος στην διατροφική παραγωγή. Ωστόσο τελευταία έχουν ξεκινήσει δειλά κάποιες πρωτοβουλίες.

Στην Φιλανδία: Η γεωργία γενικά είναι περιορισμένη εξαιτίας των κλιματολογικών συνθηκών που καθορίζουν και τον τύπο των καλλιεργειών. Αναφορικά με τους ελαιόσπορους, το είδος spring turnip είναι το πιο ευρέως καλλιεργούμενο ενώ επίσης, πραγματοποιείται πειραματική καλλιέργεια της ποικιλίας Phalaris arundinacea (reed canary grass). Η Φιλανδία πάντως έχει υψηλό επίπεδο τεχνογνωσίας στην χρήση αμύλου από την χαρτοβιομηχανία ενώ πραγματοποιείται έρευνα και για άλλες εφαρμογές.

Στη Γαλλία: Σε γενικές γραμμές παράγονται σε μεσαία κλίμακα, βιολιπαντικά, επειφανειοδραστικά και διάφορα πρόσθετα για πλαστικά, βαφές, μελάνια και προϊόντα φυτοπροστασίας από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Η χρήση προϊόντων αμύλου στους τομείς πολτού και χαρτιού είναι σε συνεχή αύξηση.

Στη Γερμανία: Η συγκεκριμένη χώρα έχει μεγάλες καλλιεργήσιμες περιοχές. Το 1998 περίπου 4,5% του συνολικού οργώσιμου εδάφους της χώρας χρησιμοποιούνταν για καλλιέργεια ανανεώσιμων πρώτων υλών. Οι τομείς παραγωγής αμύλου και σακχάρων είναι υπό ανάπτυξη και

υπάρχει ένα υψηλό ενδιαφέρον αγοράς τέτοιων προϊόντων από τις φαρμακευτικές βιομηχανίες και τις βιομηχανίες καλλυντικών. Ο τομέας των καλλιεργειών για ίνες θεωρείται ακόμα αδύναμος, ενώ υπάρχει μεγάλη παραγωγή βιοαποδομήσιμων λιπαντικών.

Στην Ελλάδα: Υπάρχουν κυρίως ενεργειακές καλλιέργειες. Θεωρείται πάντως ότι η στροφή στις βιομηχανικές καλλιέργειες θα ωφελήσει στην μείωση της διάβρωσης του εδάφους.

Στην Ιρλανδία: Υπάρχει δυναμική για παραγωγή αιθανόλης από σάκχαρα ημικυτταρίνης, εξαγωγή ξυλόζης για βιομηχανική χρήση και καλλιέργεια καννάβεως για παραγωγή ινών.

Στην Ιταλία: Επί του παρόντος δεν καλλιεργούνται μη διατροφικές σοδειές σε εμπορική βάση, παρά μόνο πολύ περιορισμένα. Φαίνεται ότι μάλλον υπάρχει έλλειψη ενδιαφέροντος από τις βιομηχανίες και τον αγροτικό τομέα. Ωστόσο υπάρχει ένα εργοστάσιο παραγωγής βιοντίζελ μέσω της εστεροποίησης φυτικών ελαίων.

Στην Ισπανία: Δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα.

Στην Πορτογαλία: Η αγροτική παραγωγή στην χώρα εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες. Ειδικότερα και σε ότι αφορά τις καλλιέργειες παραγωγής ινών είναι εξαιρετικά περιορισμένες και είναι γνωστό ότι η πορτογαλική βιομηχανία υφάνσιμων υλών εισάγει πρώτες ύλες.

Στην Βρετανία: Η μελλοντική ζήτηση για προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες αναμένεται να αυξηθεί ωστόσο δεν έχουν ωριμάσει ακόμα οι συνθήκες. Παρόλα αυτά υπάρχει μεγάλο ακαδημαϊκό ενδιαφέρον για τον τομέα των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Τα βιομηχανικά έλαια και λίπη είναι η πιο ανεπτυγμένη αγορά σε ότι αφορά τις μη διατροφικές καλλιέργειες.

Στην Ολλανδία: Η μη διατροφική βιομηχανία χρησιμοποιεί μικρά ποσά των αγροτικών προϊόντων. Οι κύριες σοδειές ελαιόσπορων που καλλιεργούνται είναι η ελαιοκάμβη και ο λιναρόσπορος.

Στην Σουηδία: Τα προϊόντα για παραγωγή υδατανθράκων που καλλιεργούνται στην Σουηδία είναι οι πατάτες, τα ζαχαρότευτλα και ο σίτος. Το άμυλο χρησιμοποιείται εδώ και πολύ καιρό στην Σουηδική βιομηχανία. Ουσιαστική δυναμική για τις μη διατροφικές εφαρμογές των αγροτικών προϊόντων αναμένεται στους τομείς του πολτού, του χαρτιού, των συσκευασιών και των φαρμακευτικών ειδών.

3.5.4 Προοπτικές των ανανεώσιμων πρώτων υλών και παγκόσμια δικτύωση

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το ενδιαφέρον για τα βιοπροϊόντα αναπτύσσεται σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα πλεονεκτήματα των «πράσινων» προϊόντων είναι αρκετά: είναι εύκολα βιοαποδομήσιμα, λιγότερο τοξικά και απαιτούν λιγότερη ενέργεια για να κατασκευαστούν. Ωστόσο,

η επιτυχία τους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το κόστος των διαδικασιών παρασκευής τους, τις τεχνικές τους επιδόσεις, και το κόστος αγοράς τους από τους καταναλωτές. Σημαντικό στοιχείο που θα πρέπει να αναπτυχθεί είναι η «πράσινη» καταναλωτική συνείδηση (Zabeau, 2006). Να διαμορφωθεί δηλαδή ένα καταναλωτικό κοινό που θα ζητάει από τις χημικές βιομηχανίες «πράσινα» και όχι πετροχημικά προϊόντα, και που θα είναι έτοιμο να πληρώσει για αυτά λίγο περισσότερο καθώς θα τα επιλέγει συνειδητά.

Για να αυξηθεί η παραγωγή χημικών προϊόντων από ανανεώσιμες φυτικές πρώτες ύλες πρέπει να καθιερωθεί ένα πολιτικό, οικονομικό και κοινωνικό πλαίσιο από τους διεθνείς οργανισμούς, τις κυβερνήσεις και τις τοπικές αρχές για την υλοποίηση των αρχών της πράσινης χημείας. Το πλαίσιο αυτό θα πρέπει να δίνει κίνητρα αντικατάστασης των ορυκτών πρώτων υλών, να χρηματοδοτεί ερευνητικά προγράμματα για τη βελτίωση των μεθόδων παρασκευής, να δημιουργεί τις κατάλληλες συνθήκες για την κατασκευή βιοδιυλιστηρίων, να αναπτύσσει τις κατάλληλες αγροτικές υποδομές για την ύπαρξη σταθερής και αδιάλειπτης ροής ανανεώσιμων πρώτων υλών με χαμηλό κόστος μέχρι την είσοδο τους στο βιοδιυλιστήριο, να δίνει κίνητρα για την αντικατάσταση χημικών ενώσεων που ρυπαίνουν το περιβάλλον και έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων, των ζώων και των φυτών.

Η αλήθεια είναι ότι η προώθηση της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης βασίζεται στον αγροτικό τομέα, στους σωστά εκπαιδευμένους αγρότες αλλά και στις σταθερές πολιτικές και οικονομικές συνθήκες. Τον Ιούνιο του 2004 εξεφράστη από τον επίτροπο Busquin το όραμα«*Τα φυτά για το μέλλον*» (Plants for the Future). Η οραματική αυτή αναφορά έχει τέσσερις προκλήσεις:

-Την ανάπτυξη βιώσιμης αγροτικής παραγωγής, ταυτόχρονα με την διατήρηση του περιβάλλοντος: Η αγροτική παραγωγή πρέπει να γίνει όχι μόνο οικονομική αλλά και περιβαλλοντικά βιώσιμη. Με άλλα λόγια θα πρέπει η φυτική παραγωγικότητα και ποιότητα να βελτιωθεί, να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της γεωργίας και να ενισχυθούν η βιοποικιλότητα και η αισθητική εικόνα.

-Την διασφάλιση διατροφικού αποθέματος το οποίο θα πρέπει να είναι υψηλής ποιότητας

-Την ανάπτυξη νέων προϊόντων για την βιομηχανία που χρησιμοποιεί ανανεώσιμες πρώτες ύλες: Τα βιουλικά, βιοχημικά και βιοκαύσιμα θα πρέπει να αντικαταστήσουν τα πετροχημικά προϊόντα.

-Την διασφάλιση της Ευρωπαϊκής ανταγωνιστικότητας και της επιλογής του καταναλωτή: Επιστημονικό, εκπαιδευτικό, νομικό ηθικό και οικονομικό πλαίσιο.

Η στρατηγική Ατζέντα για την Έρευνα (Strategic Research Agenda- SRA) αποτελεί οδηγό για: α) το νέο Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα-Πλαίσιο FP7 β) Εθνικά Ερευνητικά Προγράμματα γ) νέες δημόσιες/ιδιωτικές συνεργασίες έρευνας δ) διακρατικά προγράμματα

Ήδη έχει αναπτυχθεί ένας μεγάλος αριθμός εθνικών εμπορικών οργανισμών με προμηθευτές και χρήστες των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν: η ACTIN (Alternative Crops Technology Interaction Network) στο Ηνωμένο Βασίλειο (Alternative Crops Technology Interaction Network, 2011), η FNR (Fachagentur Nachwashsende Rohstoffe) στην Γερμανία (Fachagentur Nachwashsende Rohstoffe -Agency for Renewable Resources, 2011), η AGRICE (Agriculture pour la Chimie et L' Energie) στην Γαλλία (Agriculture pour la Chimie et l' energie- AGRICE, 2011) και η AIACE (Agricoltura Innovativa per L' Ambiente, la Chimica e l' Energia) στην Ιταλία. Όλοι αυτοί οι οργανισμοί συνεργάζονται με την Ευρωπαϊκή Ένωση Ανανεώσιμων Πρώτων Υλών (European Renewable Raw Materials Association-ERRMA) (European Renewable Raw Materials Association-ERRMA, 2011) η οποία έχει σκοπό την προαγωγή τους στην αγορά, την προώθηση του κατάλληλου κανονιστικού πλαισίου και την σύσταση υποστηρικτικών δικτύων σε παγκόσμιο επίπεδο.

Σημαντική πλατφόρμα πληροφόρησης στο πεδίο των ανανεώσιμων πρώτων υλών που υποστηρίζεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Έρευνας και φιλοξενείται από το κεντρικό επιστημονικό εργαστήριο του York αποτελεί το διαδραστικό Ευρωπαϊκό δίκτυο για τις βιομηχανικές καλλιέργειες και τις εφαρμογές τους (Interactive European Network for Industrial Crops and their Applications –IENICA). Επίσης στην Γερμανία το τμήμα του Πανεπιστημίου της Στουτγάρδης (Biomasse-Info-Zentrum- BIZ) στοχεύει στην πληροφόρηση μεταξύ παραγωγών και χρηστών των βιοπροϊόντων και στην αύξηση της χρήσης τους. Τέλος, το γαλλικό γραφείο για το περιβάλλον και την ενεργειακή διαχείριση (ADEME) (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie/ ADEME, 2010) δραστηριοποιείται στο πεδίο των ανανεώσιμων πρώτων υλών όπως επίσης και το Γερμανικό ινστιτούτο για το περιβάλλον και την καινοτομία (Nova-Institute GmbH) ενώ, το nova-Insitute GmbH (Dep. Renewable Resources) στην Γερμανία προωθεί την έρευνα στο πεδίο με έμφαση στις ίνες καννάβεως.

Πίνακας 3.6.Μεγαλύτεροι παραγωγοί βιοπροϊόντων (Paster, Pellegrino & Carole, 2003)

Κατηγορία βιοπροϊόντος	Παραγωγοί
Προϊόντα αμύλου και σακχάρων	ADM (αιθανόλη, κιτρικό οξύ, σορβιτόλη) Arkenol (αιθανόλη) Cargill (κιτρικό οξύ, σορβιτόλη) Cargill Dow (ethyl lactate, PLA) Cargill Corn Milling (ζάχαρη) Minnesota Corn Processors (αιθανόλη) Midwest Grain Products (αιθανόλη) DuPont (1,3-προπανοδιόλη) Grain Processing Company (αιθανόλη) Tate & Lyle Citric Acid (κιτρικό οξύ) Tate & Lyle - A.E. Staley (άμυλο, αιθανόλη) Williams Bio-Energy (αιθανόλη)
Κυτταρίνη	Dow Chemical (κυτταρινικά παράγωγα) Celanese (κυτταρινικά παράγωγα)
Χημικά από ξύλο	Westvaco (ενεργοποιημένος άνθρακας, ξυλοχημικά) Hercules (ενεργοποιημένος άνθρακας, ξυλοχημικά) Norit America (ενεργοποιημένος άνθρακας) Arizona Chemical (ξυλοχημικά) Georgia Pacific (ξυλοχημικά) Akzo Nobel Resins (gum rosin)
Έλαια και λιπίδια	Cambrex (παράγωγα καστορέλαιου) Vertec Biosolvents, Inc. (προϊόντα σόγιας) AG Environmental Products LLC (σογιοδιαλύτες, λιπαντικά) West Central Soy (σογιοδιαλύτες, καθαριστικά, λιπαντικά) Lonza (γλυκερίνη, λιπαρά οξέα)

Άλλες χημικές εταιρίες ερευνούν την χρήση διεργασιών βιομάζας χαμηλού κόστους για την παρασκευή χημικών και πλαστικών που σήμερα παρασκευάζονται μέσω ακριβών πετροχημικών διεργασιών (πχ., DuPont's Sorona® polymer precursor, 1,3-προπανοδιόλη) (Fahey, 2001).

Πάντως, τις επόμενες δύο δεκαετίες αναμένεται να γιγαντωθούν στρατηγικές συνεργασίες μεταξύ της χημικής βιομηχανίας και διαφόρων τομέων όπως της βιομηχανίας τροφίμων, της βιομηχανίας των υφάνσιμων υλών και του αγροτικού τομέα. Για παράδειγμα η χημική βιομηχανία Dow Chemical (Dow Chemical, 2011), συνεργάζεται με την Universal Textile (Universal Textiles, 2011), εταιρεία με υφάνσιμα είδη όπως χαλιά προκειμένου να λανσάρουν ένα πολυμερές με την επωνυμία BIOBALANCE. Πρόκειται για ένα προϊόν βασισμένο σε σόγια το οποίο μπορεί να αντικαταστήσει το πολυουρεθάνιο, το οποίο χρησιμοποιείται στην παρασκευή χαλιών. Επιπρόσθετα, το συγκεκριμένο προϊόν, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο εσωτερικό των οχημάτων καθώς και σε άλλες υφάνσιμες εφαρμογές.

Η εταιρεία Procter & Gamble (P&G) (Procter & Gamble, 2010) ένας τεράστιος παραγωγός γλυκερίνης και άλλων βιοπροϊόντων για είδη οικιακής χρήσης ανέπτυξε ένα «τεχνολογικό συμβούλιο» σε συνεργασία με την Archer Daniels Midland (ADM) [http://www.adm.com]

προκειμένου να αναπτύξει νέα φυσικά προϊόντα με τα πλεονεκτήματα της Procter & Gamble (P&G) και τις αρχικές πρώτες ύλες της ADM. Η P&G συνεργάζεται επίσης και με την USDA (United States Department of Agriculture) (United States Department of Agriculture/USDA, 2009) προκειμένου να αναπτυχθεί μια διεργασία παραγωγής λορικού ελαίου από cuphea, ενός ελαιόκαρπου που αναπτύσσεται στις Ηνωμένες Πολιτείες προκειμένου να αντικαταστήσει το ακριβά εισαγόμενα τροπικά έλαια (McCoy, 2002).

Μια άλλη τάση της αγοράς αποτελεί η ανάγκη για δημιουργία φιρμών στα καινοτόμα βιοπροϊόντα. Ένα παράδειγμα είναι η εταιρεία Vertec BioSolvents (Vertec BioSolvents Inc, 2010) η οποία αναπτύσσει φιλοπεριβαλλοντικούς διαλύτες από καλαμπόκι και φασόλια σόγιας σε σχετικά μικρή κλίμακα, ωστόσο επεκτείνεται συνεχώς σε νέες αγορές (Donlan and Costerton, 2002).

Η ανάπτυξη των βιοδιυλιστηρίων και η χρήση των βιοπροϊόντων η βελτίωση της γνώσης και η εμπλοκή του καταναλωτικού κοινού, η εξασφάλιση του διατροφικού αποθέματος, η βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη και το σωστό νομικό πλαίσιο θεωρούνται βασικά εργαλεία για την προώθηση της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών (Center for Advanced & Renewable Materials/CARM, 2002).

Πίνακας 3.7*.Προτεινόμενα μέτρα για την προώθηση της ευρύτερης χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών.*

Περιοχή εφαρμογής ανανεώσιμων πρώτων υλών	Τι χρειάζεται να γίνει;	Προτεινόμενα μέτρα
Πολυμερή	Να γίνει γνωστή η βιοαποδομησιμότητα των πλαστικών στους καταναλωτές	Βελτίωση των υποδομών για ξεχωριστή διαλογή και θεραπεία των βιοδιασπώμενων πλαστικών.
Λιπαντικά	Επέκταση της χρήσης βιοαποδομήσιμων και μη τοξικών λιπαντικών σε εφαρμογές με υψηλό κίνδυνο διαρροής στο περιβάλλον	Νομοθετικά μέτρα, φορολογικά κίνητρα για την χρήση βιοαποδομήσιμων λιπαντικών.
Για όλα τα πεδία εφαρμογής	Περισσότερη έρευνα για την επέκταση της καταλληλότητας, και τη μείωση του κόστους στην χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών.	Προώθηση εφαρμοσμένων ερευνητικών προγραμμάτων που στοχεύουν στην εμπορευματοποίηση των προϊόντων από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.
	Να γίνουν πιο ελκυστικά τα υλικά από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.	Φορολογικά κίνητρα που εννοούν τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες.
	Διευκόλυνση της εμπορευματοποίησης και δημιουργία οικονομιών που στηρίζουν τα ανανεώσιμα προϊόντα.	Δημόσιες προμήθειες που ευνοούν προϊόντα μερικώς ή ολικώς βασισμένα σε ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Ανάδειξη των βιομηχανιών που στηρίζονται στις ανανεώσιμες πρώτες ύλες.
	Διέγερση της ζήτησης και τους ενδιαφέροντος για τα προϊόντα που βασίζονται στις ανανεώσιμες πρώτες ύλες.	Απαιτήσεις στα προϊόντα έχοντας κριτήρια με EU-eco-labeling.

ΜΕΡΟΣ Β΄ Πειραματικό μέρος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

4.1. Σκοπός της διατριβής

Σκοπός της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι η ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού χημείας με κύριο άξονα την έβδομη αρχή της πράσινης χημείας, που αφορά στην εκμετάλλευση και χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών και στη συνέχεια η εφαρμογή του σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Ειδικότερα, και σε ό,τι αφορά στην εφαρμογή, ορισμένες από τις δραστηριότητες εφαρμόστηκαν με κατάλληλα διαμορφωμένο τρόπο στους μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης με βασική επιδίωξη να εξεταστεί η επίδραση τους:

α) στις γνώσεις τους σε ότι αφορά στις ανανεώσιμες πρώτες ύλες, στην εκμετάλλευση και στην χρήση τους για την παραγωγή βιοπροϊόντων.

β) στις αντιλήψεις τους σχετικά με την εκμετάλλευση και χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών για την παραγωγή βιοπροϊόντων, την καταναλωτική τους συμπεριφορά και την συνεισφορά της πράσινης χημείας στη βιώσιμη ανάπτυξη και στην προστασία του περιβάλλοντος.

Ουσιαστικά, το εκπαιδευτικό υλικό που αναπτύχθηκε, χρησιμοποιήθηκε ως εργαλείο για να διερευνηθούν οι γνώσεις και οι αντιλήψεις των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Με αφορμή και το γεγονός ότι το 2011 εορτάστηκε το Διεθνές έτος Χημείας, φιλοδοξία μας αποτελεί το υλικό που δημιουργήθηκε να αποτελέσει για τους εκπαιδευτικούς ένα εργαλείο, ικανό να στηρίξει την ανάπτυξη δραστηριοτήτων χημείας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση με έμφαση σε ζητήματα περιβάλλοντος σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών, πηγή έμπνευσης για το «πρασίνισμα» της χημείας στην Δευτεροβάθμια εκπαίδευση αλλά και να τους διευκολύνει στον σχεδιασμό παρόμοιων δραστηριοτήτων με άξονα την αειφορία.

4.2. Γενικοί στόχοι του εκπαιδευτικού υλικού

Το εκπαιδευτικό υλικό που δημιουργήθηκε και εφαρμόστηκε είναι πρωτότυπο και κατασκευάστηκε εξαρχής για τους σκοπούς της έρευνας. Οι γενικοί στόχοι ολόκληρου του εκπαιδευτικού υλικού, το οποίο απευθύνεται σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης είναι (Χημικό Τμήμα, Πανεπιστήμιο Αθηνών, MIO-ECSDE, 2003):

- Η απόκτηση γνώσεων για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες, τις μεθόδους παραγωγής βιοπροϊόντων και τις χρήσεις τους.
- Η γνωριμία τους με τις βασικότερες αρχές της πράσινης χημείας.
- Η κατανόηση της σύνδεσης της πράσινης χημείας με την καθημερινή ζωή.

- Η ασφαλής πειραματική προσέγγιση βασικών εννοιών χημείας μέσω πράσινων εφαρμογών και παραδειγμάτων.
- Η κατανόηση της συνεισφοράς της πράσινης χημείας στη βιώσιμη ανάπτυξη του πλανήτη.
- Η καλλιέργεια δεξιοτήτων όπως η κριτική σκέψη, η συνεργασία, η έκφραση, η επίλυση προβλημάτων και η επιχειρηματολογία για θέματα πράσινης χημείας.
- Η ανάπτυξη πληροφοριακών δεξιοτήτων όπως η εξεύρεση, η σύνθεση, η ανάλυση και αξιολόγηση στοιχείων και πληροφοριών.
- Η διαμόρφωση κινήτρων και αισθήματος προσωπικής δέσμευσης για την ενεργό ατομική και συλλογική δραστηριοποίηση τους σχετικά με την επίτευξη της αειφόρου ανάπτυξης.
- Η δημιουργία ενεργών πολιτών και υπεύθυνων καταναλωτών, οι οποίοι θα συμβάλλουν στην προστασία του περιβάλλοντος και στην αειφορική ανάπτυξη του πλανήτη.

Οι παραπάνω στόχοι βρίσκονται σε αντιστοιχία με τους στόχους που περιγράφονται στο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών της χημείας για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών Φυσικής και Χημείας) και επιπροσθέτως ικανοποιούν τους στόχους της εκπαίδευσης για την αειφορία, έτσι όπως διαμορφώνονται σε διεθνές επίπεδο.

4.3. Πρωτοτυπία και αναγκαιότητα της έρευνας

Η πρωτοτυπία της διατριβής έγκειται: α) στην ανάπτυξη πρωτότυπου εκπαιδευτικού υλικού για την δευτεροβάθμια εκπαίδευση που αφορά στις ανανεώσιμες πρώτες ύλες, στην εκμετάλλευση και στην χρήση τους για την παρασκευή καταναλωτικών προϊόντων β) στην καταγραφή των γνώσεων και των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με το θέμα της εκμετάλλευσης και χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών υπό το πρίσμα της πράσινης χημείας. Η εκτενής και σε βάθος χρόνου αναζήτηση στη διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία ανέδειξε το γεγονός ότι δεν υπάρχει παρόμοια εργασία που να αφορά στην καταγραφή γνώσεων και αντιλήψεων μαθητών Γυμνασίου με θέμα τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες και την χρήση τους υπό το πρίσμα της πράσινης χημείας. Στην διδακτορική διατριβή της η Σάλτα αναφέρει (Σάλτα, 2000) ότι μετά από βιβλιογραφική ανασκόπηση που έκανε φαίνεται ότι υπάρχουν πολλές έρευνες για τις στάσεις των μαθητών απέναντι στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών και ελάχιστες για τις στάσεις απέναντι στο μάθημα της Χημείας. Στο βαθμό που η επιμελής αναζήτηση σε βιβλιοθήκες και ηλεκτρονικές βιβλιογραφικές βάσεις επιτρέπει, ισχυριζόμαστε ότι η παρούσα διατριβή είναι μοναδική σε διεθνές επίπεδο γ) στην εφαρμογή μέρους του εκπαιδευτικού υλικού σε μαθητές της δευτεροβάθμιας

εκπαίδευσης δ) στην αποτύπωση της επίδρασης του εκπαιδευτικού υλικού και στην καταγραφή των (ενδεχόμενων) αλλαγών στις γνώσεις και στις αντιλήψεις τους για το ίδιο θέμα.

Η εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού έγινε στο πλαίσιο του μαθήματος της χημείας ή της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, μέσα από ειδικά διαμορφωμένα σχέδια μαθήματος. Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής επιλέχθηκε να δοκιμαστούν οι εξής δραστηριότητες του βιβλίου δραστηριοτήτων για μαθητές με άξονα τις Ανανεώσιμες Πρώτες Ύλες:

- «Φτιάχνοντας βιοντίζελ από τηγανισμένο λάδι».
- «Σαπούνι: Ένα καταναλωτικό προϊόν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες».
- «Φτιάχνοντας κόλλα από γάλα!».
- «Σακούλες από άμυλο και με....οικολογική συνείδηση».
- «Είδη οικιακής χρήσης από ανανεώσιμες πρώτες ύλες».
- «Παραγωγή γλυκόζης από καλαμοσάκχαρο».

Η επιλογή έγινε έτσι ώστε να δοκιμαστούν δραστηριότητες διαφόρων κατηγοριών, όπως πειραματικές, ανάλυσης κειμένου κλπ. Για κάποιες από τις δραστηριότητες, κυρίως για τις πειραματικές, υπάρχουν στη βιβλιογραφία προτάσεις εφαρμογής τους σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ή προπτυχιακούς φοιτητές με διαφορετικούς όμως στόχους από αυτούς που έχουμε θέσει εμείς και χωρίς να εμφαίνουν στις αρχές της πράσινης χημείας.

Είναι ξεκάθαρο πάντως, ότι δεν υπάρχει στην Ελλάδα εκπαιδευτικό υλικό το οποίο να απευθύνεται σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και να αναδικνύει την εκμετάλλευση και χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών για την παραγωγή καταναλωτικών προϊόντων. Στη μεταπτυχιακή εργασία ειδίκευσης με τίτλο: «Προβλήματα ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος οφειλόμενα στην παραγωγή ενέργειας και προοπτικές επίλυσης τους. Ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για το περιβάλλον και την αειφόρο ανάπτυξη» που έχει εκπονηθεί στο τμήμα Χημείας του Πανεπιστημίου Αθηνών από τον κο Δημήτρη Δικαιάκο, μεταξύ άλλων προτείνονται πειραματικές δραστηριότητες που αφορούν στη χρήση της βιομάζας εστιάζοντας όμως στην παραγωγή βιοκαυσίμων, όπως η βιοαιθανόλη ή το βιοαέριο. Επιπρόσθετα, οι δραστηριότητες αυτές είναι δοσμένες και δομημένες σε διαφορετικό πλαίσιο ενώ, το εν λόγω αξιόλογο εκπαιδευτικό υλικό δεν έχει εφαρμοστεί και δοκιμαστεί.

Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής αναπτύχθηκε ένα ερωτηματολόγιο για τη μέτρηση των γνώσεων και αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με το θέμα της εκμετάλλευσης και χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών για την παραγωγή καταναλωτικών προϊόντων, υπό το πρίσμα της πράσινης Χημείας. Στην ελληνική και ξενόγλωσση βιβλιογραφία μετά από έρευνα που πραγματοποιήθηκε δε βρέθηκαν ερωτηματολόγια, τα οποία να εξετάζουν αποκλειστικά το

συγκεκριμένο θέμα. Τα ερωτηματολόγια που υπάρχουν στη βιβλιογραφία, περιλαμβάνουν ερωτήσεις για την εξέταση των γνώσεων και των στάσεων ανθρώπων για διάφορα άλλα περιβαλλοντικά θέματα (Leeming, Dwyer & Bracken, 1995) αλλά και μαθητών για γενικότερα θέματα χημείας.

Μέχρι σήμερα πάντως στον ελλαδικό χώρο δεν έχει αναφερθεί κάποια παρόμοια ολοκληρωμένη ερευνητική προσπάθεια. Πιο συγκεκριμένα, στην ελληνική βιβλιογραφία βρέθηκε μια μόνο έρευνα που πραγματοποιήθηκε με ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου σε τυχαίο δείγμα μαθητών και αφορά μια προσπάθεια καταγραφής των απόψεων μαθητών γυμνασίων στο Ν. Σάμου από τους Αποστολοπούλου και Αμπελιώτη (Αποστολοπούλου & Αμπελιώτης, 2004) όπου εξετάζεται η γνώση των μαθητών σχετικά με ζητήματα που άπτονται των αρχών της πράσινης χημείας όπως η πρόληψη της ρύπανσης, η χρήση καταλυτών, η χρήση διαλυτών όπως το βενζόλιο και τέλος η εκμετάλλευση ανανεώσιμων φυσικών πόρων ως πρώτων υλών. Στόχοι της έρευνας ήταν μεταξύ άλλων να καταγραφεί τι καταλαβαίνουν οι μαθητές όταν ακούν τον όρο «πράσινη χημεία» και κατά πόσο επιθυμούν περαιτέρω ενημέρωση σχετικά με αυτό το θέμα αλλά και να διαπιστωθεί η γνώση τους σε θέματα που άπτονται κάποιων αρχών της πράσινης χημείας. Το κυριότερο συμπέρασμα της έρευνας είναι ότι το πεδίο της πράσινης χημείας είναι άγνωστο στους μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα. Από την ίδια έρευνα φαίνεται ότι η αρχή της πράσινης χημείας για την χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών δεν είναι ιδιαίτερα γνωστή (για παράδειγμα το 60% των παιδιών δηλώνει ότι δεν γνωρίζει ότι παράγονται υγρά καύσιμα με πρώτη ύλη το καλαμπόκι).

4.4 Εκπαιδευτική έρευνα: Μια γενική επισκόπηση

Η επιστημονική έρευνα δέχεται ότι για να είναι έγκυρη η γνώση πρέπει να επαληθεύεται από εμπειρικά δεδομένα και να αποσκοπεί στη γενίκευση, δηλαδή τα συμπεράσματα που βγαίνουν να έχουν τη μεγαλύτερη δυνατή ισχύ. Η επιστημονική έρευνα απορρίπτει τις προσωπικές εμπειρίες ως μεθόδους απόκτησης γνώσης και δέχεται ως έγκυρη και αξιόπιστη γνώση μόνον αυτή που μπορεί να επαληθευτεί από την εμπειρική πραγματικότητα. Ο Mouly (1978) αναφέρει ότι: «Ο καλύτερος τρόπος να συλλάβουμε την έρευνα είναι να την θεωρήσουμε ως πορεία επίτευξης αξιόπιστων λύσεων σε προβλήματα, διαμέσου της προγραμματισμένης και συστηματικής συλλογής, ανάλυσης και ερμηνείας δεδομένων. Είναι ένα άκρως σημαντικό εργαλείο, που συμβάλλει στο να προχωρήσει η γνώση, να προωθηθεί η πρόοδος και να γίνει ικανός ο άνθρωπος να σχετιστεί πιο αποτελεσματικά με το περιβάλλον του, να πραγματοποιήσει τους σκοπούς του και να αντιμετωπίσει τις αντιθέσεις του».

Ο όρος έρευνα μπορεί να προσλάβει μια ποικιλία σημασιών. Ωστόσο για τους δικούς μας σκοπούς θα περιοριστούμε στην κοινωνική έρευνα. Όταν μιλάμε για κοινωνική έρευνα εννοούμε την συστηματική και δόκιμη εφαρμογή των αρχών μιας επιστήμης της συμπεριφοράς στα προβλήματα των ανθρώπων μέσα στα κοινωνικά τους περιβάλλοντα και όταν χρησιμοποιούμε τον όρο εκπαιδευτική έρευνα, εννοούμε την εφαρμογή αυτών των ίδιων ακριβώς αρχών στα προβλήματα διδασκαλίας και μάθησης μέσα στο τυπικό εκπαιδευτικό πλαίσιο και στη διασάφηση των ζητημάτων που έχουν άμεση ή έμμεση σχέση με αυτές τις έννοιες.

Η ιδιαίτερη αξία της επιστημονικής έρευνας στην εκπαίδευση είναι ότι θα δώσει την ικανότητα στους παιδαγωγούς να αναπτύξουν το είδος της ισχυρής γνωστικής βάσης η οποία χαρακτηρίζει άλλα επαγγέλματα και γνωστικούς κλάδους, μια ικανότητα η οποία θα διασφαλίσει για την εκπαίδευση μια ωριμότητα και μια κίνηση προς τα εμπρός (Cohen, Manion & Morrison, 2007). Ειδικότερα, η Α. Ρήγα αναφέρει ότι στην κοινωνική έρευνα εκείνο που έχει σημασία είναι πως η διεξαγωγή της έρευνας πεδίου θα γίνει με τον καλύτερο μεθοδολογικό τρόπο έτσι ώστε τα συμπεράσματα που θα εξαχθούν από αυτήν να συμβάλλουν καλύτερα στην επίλυση του προβλήματος (Παπαστάμου, με τη συνεργασία των: Αντωνίου, Κατερέλου, Μαντόγλου, Προδρομίτη, Ρήγα, Σακαλάκη, 2001). Η επιστημονική έρευνα μπορεί να ταξινομηθεί με διάφορους τρόπους. Μερικοί από τους τρόπους ταξινόμησης είναι οι εξής: α) Βασική ή θεωρητική έρευνα και εφαρμοσμένη έρευνα ως προς τη δυνατότητα πρακτικής αξιοποίησης των ερευνητικών αποτελεσμάτων β) Παιδαγωγική, βιολογική, κοινωνιολογική, ιστορική, εθνογραφική κ.λπ. ως προς τον επιστημονικό κλάδο γ) Εργαστηριακή, επιτόπια κ.λ.π ως προς τον χώρο όπου διενεργείται η έρευνα δ) Δειγματοληπτική, ατομική περίπτωση ως προς τον αριθμό των εξεταζόμενων ατόμων ε) Περιγραφική και πειραματική έρευνα με βάση τον έλεγχο των παραγόντων.

Σύμφωνα με τον Best (1970), η περιγραφική έρευνα αφορά συνθήκες ή σχέσεις που υπάρχουν, πρακτικές που υπερισχύουν, πεποιθήσεις και απόψεις ή συμπεριφορές που επικρατούν, διαδικασίες που συνεχίζονται, επιδράσεις που γίνονται αισθητές ή τάσεις που βρίσκονται σε εξέλιξη. Η περιγραφική έρευνα πολλές φορές αφορά το πώς συνδέεται το τι είναι ή τι υπάρχει με ένα προηγούμενο γεγονός που έχει ωθήσει ή επηρεάσει μια τωρινή κατάσταση ή ένα γεγονός. Ο ερευνητής προσπαθεί να βρει την ποσοτική σχέση μεταξύ μεταβλητών, χωρίς να επηρεάζει καμία μεταβλητή. Δηλαδή οι περιγραφικές έρευνες ασχολούνται με φαινόμενα που εξελίσσονται στο φυσικό τους πλαίσιο.

Σε αυτόν τον τύπο έρευνας είναι πολύ δύσκολο να αποδοθεί αιτιώδης σχέση μεταξύ των μεταβλητών. Οι «τρίτοι» παράγοντες κατά τον χρόνο που παρατηρούμε την ανεξάρτητη και εξαρτημένη μεταβλητή, αφήνονται ελεύθεροι να συνυπάρχουν και να επιδρούν. Στη χειρότερη

περίπτωση αγνοούμε τις επιδράσεις των παραγόντων αυτών. Στην καλύτερη περίπτωση προσπαθούμε εκ των υστέρων να λάβουμε υπόψη μας αυτές τις επιδράσεις. Τρία είναι τα προαπαιτούμενα στοιχεία για τον σχεδιασμό μιας οποιαδήποτε επισκόπησης: ο προσδιορισμός του ακριβούς σκοπού της έρευνας, του πληθυσμού στον οποίο πρόκειται να επικεντρωθεί και των πόρων που είναι διαθέσιμοι (Hoinville & Jowel, 1978).

Ο γενικός σκοπός μιας έρευνας πρέπει να μεταφραστεί σε έναν ειδικό κεντρικό στόχο. Αφού έχει αποφασιστεί και αποσαφηνιστεί ο πρωταρχικός στόχος της επισκόπησης, η δεύτερη φάση του προγραμματισμού αφορά στον εντοπισμό και στο διαχωρισμό των δευτερογενών ζητημάτων τα οποία σχετίζονται με τον κεντρικό στόχο της. Η τρίτη φάση αφορά τον προσδιορισμό των πληροφοριών που απαιτούνται σχετικά με το καθένα από αυτά τα θέματα. Σημαντική προσοχή πρέπει να δοθεί στον τρόπο συλλογής των πληροφοριών.

Το δεύτερο προαπαιτούμενο στοιχείο για τον σχεδιασμό της έρευνας είναι ο προσδιορισμός του πληθυσμού, τον οποίο αφορά η έρευνα αφού επηρεάζει τις αποφάσεις που πρέπει να πάρουν οι ερευνητές όσον αφορά τη δειγματοληψία αλλά και τους πόρους. Συχνά τα κριτήρια με βάση τα οποία προσδιορίζονται οι πληθυσμοί είναι δύσκολο να λειτουργήσουν. Επιπλέον, οι πληθυσμοί διαφέρουν σημαντικά ανάλογα με τον βαθμό που μπορεί να είναι προσβάσιμοι. Ένα τρίτο προαπαιτούμενο στοιχείο είναι το οικονομικό κόστος.

Ο Rosier (1997) υποστηρίζει ότι ο σχεδιασμός μιας επισκόπησης πρέπει να περιλαμβάνει διευκρίνιση:

- Των ερευνητικών ερωτημάτων στα οποία πρέπει να δοθούν απαντήσεις.
- Του εννοιολογικού πλαισίου της επισκόπησης, ορίζοντας τους επακριβείς όρους των εννοιών που θα χρησιμοποιηθούν και θα διερευνηθούν.
- Της λειτουργικοποίησης των ερευνητικών ερωτημάτων (πχ τις υποθέσεις).
- Των εργαλείων που θα χρησιμοποιηθούν για την συλλογή δεδομένων.
- Των στρατηγικών δειγματοληψίας και υποομάδων εντός του δείγματος.
- Της προ-πιλοτικής επίδοσης της επισκόπησης.
- Των πιλοτικών επιδόσεων της επισκόπησης.
- Των πρακτικών ζητημάτων και της διεξαγωγής της συλλογής δεδομένων (πχ άδειες, χρηματοδότηση, ποσοστό ανταπόκρισης κλπ).
- Της προετοιμασίας των δεδομένων (πχ κωδικοποίηση, εισαγωγή δεδομένων κ.λπ).
- Της ανάλυσης δεδομένων (πχ στατιστικές διαδικασίες, κατασκευή μεταβλητών και ανάλυση παραγόντων).
- Της έκθεσης των πορισμάτων (να δοθεί απάντηση στο ερευνητικό ερώτημα).

Η παρούσα έρευνα μπορεί να χαρακτηριστεί ως πειραματική με περιγραφικά στοιχεία και στοιχεία έρευνας συσχετίσεων. Ως πειραματική έρευνα επιχειρεί να εξετάσει την σχέση αιτίου και αποτελέσματος μεταξύ ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών. Η πειραματική έρευνα χρησιμοποιείται εκεί όπου οι μεταβλητές καθορίζουν ένα ή περισσότερα «αίτια», και μπορούν να χρησιμοποιηθούν με συστηματικό τρόπο, ώστε να διακρίνονται οι «συνέπειες» στις άλλες μεταβλητές. Ως περιγραφική ερευνητική μέθοδος επιχειρεί να περιγράψει και να ερμηνεύσει τις γνώσεις και τις αντιλήψεις των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες και τον ρόλο της πράσινης χημείας σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, γίνεται προσπάθεια να ανακαλυφθούν ή να αποσαφηνιστούν σχέσεις ανάμεσα σε μεταβλητές, με τη χρήση των συντελεστών συσχέτισης και επομένως μπορεί να θεωρηθεί και ως έρευνα συσχετίσεων. Γενικά, η έρευνα συσχετίσεων περιλαμβάνει την διερεύνηση της σχέσης διαφόρων μεταβλητών μέσω της χρήσης διαφόρων μετρήσεων στατιστικής συσχέτισης και έτσι αποκτώνται γνώσεις σχετικά με την υποκείμενη σχέση μεταξύ φυσικών μεταβλητών.

4.4.1 Σχεδιάζοντας μια εκπαιδευτική έρευνα (UNESCO, 2005)

Η εκπαιδευτική έρευνα υπάγεται στην παιδαγωγική έρευνα και αφορά θέματα εκπαιδευτικού ενδιαφέροντος. Χαρακτηριστικό είναι ότι ο Binet ο οποίος θεωρείται ο εμπνευστής της σύγχρονης εκπαιδευτικής έρευνας στην Γαλλία έγραψε στο βιβλίο του «*Η Πνευματική κόπωση*» (*La Fatigue Intellectuelle*) το 1898 ότι η εκπαίδευση πρέπει να στηρίζεται στην παρατήρηση και στον πειραματισμό (Δόκου, 2005).

Ο σχεδιασμός της εκπαιδευτικής έρευνας δεν αποτελεί ένα αυθαίρετο ζήτημα. Τόσο η ερευνητική κοινότητα, όσο και τα άτομα που χρησιμοποιούν τα ερευνητικά ευρήματα έχουν το δικαίωμα να προσδοκούν ότι η έρευνα διεξάγεται με επιστημονική αυστηρότητα, με ευσυνειδησία καθώς και με δεοντολογικά ορθό τρόπο που υποστηρίζει τα ερευνητικά ζητήματα. Πρωτίστως μια εκπαιδευτική έρευνα πρέπει να είναι εμποτισμένη από την αρχή της συνειδητής συναίνεσης από το πρώτο κιόλας στάδιο του προγραμματισμού. Η πρόσβαση και αποδοχή είναι πολύ σημαντική υπόθεση. Ο Bell (1991) τονίζει ότι: « …*Μόλις έχει συμφωνηθεί το περίγραμμα ενός προγράμματος, είναι καλό να γίνεται μια επίσημη προσέγγιση, κατά προτίμηση γραπτή στα άτομα ή τον σχετικό οργανισμό σκιαγραφώντας τα σχέδια σας*».

Κατά την κοινωνική εκπαιδευτική έρευνα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι κοινωνικές επιστήμες δεν αποκαλύπτουν την τελική αλήθεια, ωστόσο μας βοηθούν να κατανοήσουμε τον κόσμο (Beck, 1979). Σύμφωνα με τον Κατσίλη (1998), «τέλειες έρευνες δεν υπάρχουν». Δηλαδή οι έρευνες παρουσιάζουν δυσεπίλυτα προβλήματα και αδυναμίες και ως προς τα δεδομένα που

συλλέγονται και ως προς την ανάλυση τους. Σύμφωνα με τον παραπάνω ερευνητή, η παραδοχή των προβλημάτων και αδυναμιών όχι μόνο δεν μειώνουν την εγκυρότητα μιας έρευνας αλλά της προσθέτουν σοβαρότητα και υπευθυνότητα.

Η περιγραφή και διατύπωση του προβλήματος που δικαιολογεί την έρευνα είναι το πρώτο στάδιο της μελέτης. Σημαντικό είναι η επιδίωξη της ομαλής προσέγγισης των υπεύθυνων ατόμων που θα βοηθήσουν στην διεξαγωγή της έρευνας. Εφόσον η έρευνα είναι πιθανό να διαταράξει και να ενοχλήσει τη διεξαγωγή των μαθημάτων, πρέπει να υπάρχουν εγκάρδιες σχέσεις του ερευνητή με τους εκπαιδευτικούς. Έχοντας οι ερευνητές εντοπίσει τα επίσημα και σημαντικά άτομα από τα οποία απαιτείται η συναίνεση για την έρευνα, πρέπει να ξεκαθαρίσουν στο μυαλό τους την ακριβή φύση και τον σκοπό της έρευνας.

Μια κοινωνική έρευνα πρέπει να διέπεται από δεοντολογικές αρχές δηλαδή προσωπικούς και κοινωνικούς κώδικες συμπεριφοράς οι οποίοι βασίζονται σε ένα σύνολο αρχών που μπορεί να είναι εμφανές και κωδικοποιημένο ή υπονοούμενο και που μπορεί να είναι αφηρημένο και απρόσωπο ή συγκεκριμένο και προσωπικό (Zimbardo, 1984). Πολύ σημαντικό στοιχείο αποτελεί η εμπιστευτικότητα σε μια έρευνα. Σύμφωνα με τους Frankfort-Nachmias και Nachmias (1992): «Η υποχρέωση να προστατευτεί η ανωνυμία των συμμετεχόντων σε μια έρευνα και να κρατηθούν τα στοιχεία της έρευνας εμπιστευτικά είναι ουσιαστική. Πρέπει να εξασφαλίζεται με κάθε τρόπο, εκτός εάν γίνουν ρυθμίσεις περί του αντιθέτου και εκ των προτέρων με τους συμμετέχοντες». Ειδικότερα, ο Kimmel (1988) σημειώνει ότι μερικοί που θα μπορούσαν να πάρουν μέρος στην έρευνα θα αρνηθούν να συνεργαστούν εάν η διαβεβαίωση για εμπιστευτικότητα είναι ασθενής ή ασαφής, ή μη κατανοητή ή θεωρείται εύκολο να παραβιαστεί.

Πιο συγκεκριμένα, το πλαίσιο ζητημάτων που αφορούν στον σχεδιασμό μιας έρευνας, εκπαιδευτικής ή μη περιλαμβάνει (Cohen, Manion & Morrison, 2007):
α) τους γενικούς σκοπούς και στόχους της έρευνας β) τους τρόπους με τους οποίους μπορούν να λειτουργικοποιηθούν οι στόχοι και οι σκοποί γ) τη διατύπωση των ερευνητικών ερωτημάτων δ) τον εντοπισμό και την ιεράρχηση των προτεραιοτήτων και των περιορισμών της έρευνας ε) τη διαμόρφωση του ερευνητικού σχεδίου στ) την εστίαση της έρευνας ζ) την ερευνητική μεθοδολογία η) τα ζητήματα δεοντολογίας θ) τους αποδέκτες της έρευνας ι) τη διαμόρφωση των ερευνητικών εργαλείων κ) τη δειγματοληψία λ) τα χρονοδιαγράμματα μ) τις πηγές που απαιτούνται ν) την εγκυρότητα και την αξιοπιστία ξ) την ανάλυση δεδομένων ο) την επιβεβαίωση και επικύρωση δεδομένων π) την αναφορά και την τελική συγγραφή της έρευνας.

Τα παραπάνω μπορούν να διαχωριστούν σε τέσσερις βασικούς τομείς (Morrison, 1993):

- Αποφάσεις προσανατολισμού

- Σχεδιασμός και μεθοδολογία της έρευνας
- Ανάλυση δεδομένων
- Παρουσίαση και αναφορά αποτελεσμάτων

4.5 Πειραματικό σχέδιο που εφαρμόστηκε στην παρούσα έρευνα

Προκειμένου για την εφαρμογή ορισμένων από τις δραστηριότητες που αναπτύχθηκαν σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης χρησιμοποιήθηκε το πειραματικό σχέδιο με προέλεγχο και μεταέλεγχο της πειραματικής ομάδας (Cohen, Manion & Morrison, 2007˙Bieger & Gerlach, 1996). Το σχήμα αυτό με τις δύο μετρήσεις (προ-μετά) στην πειραματική ομάδα μπορεί να παρασταθεί ως εξής:

Πειραματική ομάδα	O_1	X	O_2

Να σημειωθεί ότι το X αντιπροσωπεύει την έκθεση μιας ομάδας σε μια πειραματική μεταβλητή ή γεγονός, ενώ το O αναφέρεται στη διαδικασία παρατήρησης ή μέτρησης. Τα χρησιμοποιούμενα σύμβολα και σχέδια είναι από το βιβλίο των Campbell και Stanley(1963).



Σχήμα 4.1 *Σχηματική παρουσίαση της οργάνωσης της έρευνας(Thorndike, 1971)*

Η εφαρμογή των συγκεκριμένων δραστηριοτήτων στόχευε να επηρεάσει κάποιες μεταβλητές βασισμένες στο Μοντέλο Ροής Συμπεριφοράς των Hungerford και Volk (1990) όπως: α) τις βασικές γνώσεις των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες και τη χρήση τους, β) τις αντιλήψεις τους για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες και τη χρήση τους, και ειδικότερα: i) την κατανόηση και το ενδιαφέρον τους για το ίδιο ζήτημα ii) την πεποίθηση τους ότι η προσωπική δράση τους μπορεί να διαδραματίσει βασικό ρόλο στην προστασία του περιβάλλοντος iii) τη δέσμευση τους για δράση σχετικά με την χρήση προϊόντων από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.

4.6 Υποθέσεις και ερωτήματα της παρούσας έρευνας

Κύρια επιδίωξη της έρευνας ήταν να εξεταστεί αν το εκπαιδευτικό υλικό το οποίο αναπτύχθηκε (ανεξάρτητη μεταβλητή) βοηθάει τους μαθητές να αυξήσουν τις γνώσεις τους και να βελτιώσουν τις αντιλήψεις τους στο θέμα της εκμετάλλευσης και χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών για την παρασκευή καταναλωτικών προϊόντων (εξαρτημένη μεταβλητή). Έγινε προσπάθεια να περιοριστούν όσο το δυνατόν περισσότερο οι εξωτερικοί παράγοντες οι οποίοι μπορούσαν να επηρεάσουν τις μετρήσεις στο δείγμα (ως εξωτερικοί παράγοντες μπορούν, για παράδειγμα, να θεωρηθούν: ο καθηγητής που διδάσκει και ασκεί επίδραση στο δείγμα, η προσωπικότητα κάθε μαθητή, ο χρόνος διδασκαλίας, κά).

Προκειμένου για τον έλεγχο της επίδρασης του εκπαιδευτικού υλικού στις γνώσεις και στις αντιλήψεις των μαθητών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης για το συγκεκριμένο θέμα πραγματοποιήθηκε πειραματική έρευνα. Παράλληλα, εξετάστηκε και η σχέση μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών, φύλο, μόρφωση γονέων, πρότερη συμμετοχή σε Πρόγραμμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, τόπος διαμονής με τις εξαρτημένες μεταβλητές γνώσεις και αντιλήψεις του μαθητή για το θέμα της εκμετάλλευσης και χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών.

Για να εκτιμηθεί η αποτελεσματικότητα του εκπαιδευτικού υλικού, πραγματοποιήθηκε διδακτική παρέμβαση σε Γυμνάσια από διάφορες γεωγραφικές περιοχές. Τα δεδομένα της έρευνας συγκεντρώθηκαν με τη βοήθεια κατάλληλων ερωτηματολογίων τα οποία συμπληρώθηκαν από τους μαθητές που συμμετείχαν.

Γενικά στις έρευνες διατυπώνονται υποθέσεις-κατ' ουσία επιχειρούνται προβλέψεις- και εξετάζεται αν επαληθεύονται ή όχι με βάση κάποια από τις μεθόδους πραγματοποίησης έρευνας (King, Morris & Fitz-Gibbon, 1987˙ Δοκού, 2005). Οι υποθέσεις που έγιναν στην προκειμένη περίπτωση είναι οι ακόλουθες:

- Η διδακτική παρέμβαση με τη χρήση του συγκεκριμένου εκπαιδευτικού υλικού θα αυξήσει τις γνώσεις των μαθητών σε θέματα που αφορούν στις ανανεώσιμες πρώτες ύλες, στην εκμετάλλευση τους και στην χρήση τους για την παραγωγή βιοπροϊόντων όπως καύσιμα, καλλυντικά, συγκολλητικά, πλαστικά κά.
- Η διδακτική παρέμβαση θα συμβάλει στην καλλιέργεια θετικών αντιλήψεων στους μαθητές σχετικά με τις καταναλωτικές τους συνήθειες, την αγορά προϊόντων φιλικών προς το περιβάλλον και την αειφόρα διαχείριση των οικοσυστημάτων και της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών.

Παράλληλα δόθηκε η δυνατότητα για την εξαγωγή συμπερασμάτων για τις πρότερες γνώσεις και

αντιλήψεις των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες, την χρήση τους και την εκμετάλλευση τους για την παραγωγή βιοπροϊόντων.

Επιπρόσθετα και για τη διερεύνηση της σχέσης που πιθανόν υπάρχει μεταξύ του φύλου[2], του επιπέδου εκπαίδευσης των γονέων, του τόπου διαμονής και της πρότερης συμμετοχής του μαθητή σε ΠΠΕ με τις γνώσεις και τις αντιλήψεις του για τη χρήση και εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πρώτων υλών τέθηκαν και τα ακόλουθα ερωτήματα:

- Υπάρχει εξάρτηση/επίδραση του φύλου, της εκπαίδευσης των γονέων3, του τόπου διαμονής και της πρότερης συμμετοχής του μαθητή σε ΠΠΕ στις γνώσεις του για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες, την εκμετάλλευση και χρήση τους;
- Υπάρχει εξάρτηση/επίδραση του φύλου, της εκπαίδευσης των γονέων4, του τόπου διαμονής και της πρότερης συμμετοχής του μαθητή σε ΠΠΕ στις αντιλήψεις του για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες, την εκμετάλλευση και χρήση τους;

Για τον έλεγχο κάθε ερωτήματος αρχικά διατυπώθηκε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση (Ho)[5]. Εάν η μηδενική υπόθεση διαψευστεί τότε θα ισχύει η εναλλακτική υπόθεση (H_1) η οποία έχει γίνει[6]. Για τις ανεξάρτητες μεταβλητές φύλο, μόρφωση γονέων, τόπος διαμονής και συμμετοχή του μαθητή σε ΠΠΕ, με βάση τη μηδενική υπόθεση, αρχικά θεωρήθηκε ότι δεν υπάρχει εξάρτηση/επίδραση με τις εξαρτημένες μεταβλητές γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών για την εκμετάλλευση και χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών.

---

2 Από μια ανασκόπηση 200 ερευνών (Schibeci, 1984) που πραγματοποιήθηκαν από το 1976 έως το 1983 το φύλο φαίνεται να είναι σημαντική μεταβλητή σε ότι αφορά στις γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών απέναντι στις επιστήμες.

[3] Σε μια δημοσίευση των Γκούσια- Ρίζου και Σδράλη (Γκούσια-Ρίζου & Σδράλη, 2005) αναφέρεται η θετική συσχέτιση του μορφωτικού επιπέδου των γονιών με μια σειρά μεταβλητών, όπως για παράδειγμα οι προτάσεις που καταθέτουν οι μαθητές για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, ή στις συζητήσεις των μαθητών με φίλους τους για θέματα περιβάλλοντος ή η παρακολούθηση εκπομπών από ΜΜΕ.

[4] Σε μια δημοσίευση των Γκούσια- Ρίζου και Σδράλη (Γκούσια-Ρίζου & Σδράλη, 2005) αναφέρεται η θετική συσχέτιση του μορφωτικού επιπέδου των γονιών με μια σειρά μεταβλητών, όπως για παράδειγμα οι προτάσεις που καταθέτουν οι μαθητές για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, ή στις συζητήσεις των μαθητών με φίλους τους για θέματα περιβάλλοντος ή η παρακολούθηση εκπομπών από ΜΜΕ.

[5] Στην προκειμένη περίπτωση η μηδενική υπόθεση είναι ότι στους μαθητές που έγινε η διδακτική παρέμβαση δεν υπήρξε βελτίωση των γνώσεων και των στάσεων τους ως προς το θέμα της εκμετάλλευσης και χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών.

[6] Στην προκειμένη περίπτωση η εναλλακτική ή πειραματική υπόθεση είναι ότι στους μαθητές που έγινε η διδακτική παρέμβαση υπήρξε βελτίωση των γνώσεων και των στάσεων τους ως προς το θέμα της εκμετάλλευσης και χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών.

Το φαινόμενο της **έλλειψης δεδομένων** (missing data) σε κάποια ερωτηματολόγια αντιμετωπίστηκε με την τεχνική της **διαγραφής κατά ζεύγη** (pairwise deletion). Άλλη διαδεδομένη τεχνική αντιμετώπισης του φαινομένου της έλλειψης δεδομένων είναι η **διαγραφή γραμμής** (listwise deletion) (Howitt & Cramer, 2003). Βέβαια έχουν αναπτυχθεί και άλλες τεχνικές αντιμετώπισης του προβλήματος των ελλιπών δεδομένων, όπως είναι η **τεχνική της μέγιστης πιθανότητας εκτίμησης** (maximum likelihood estimation). Ωστόσο, η τεχνική αυτή έχει εφαρμοστεί σε περιορισμένο αριθμό ερευνών (Peugh & Enders, 2004).

4.7 Συγγραφή του εκπαιδευτικού υλικού: Βιβλίο Δραστηριοτήτων για μαθητές με άξονα τις Ανανεώσιμες Πρώτες Ύλες

4.7.1 Γενική περιγραφή της σχεδίασης του εκπαιδευτικού υλικού

Είναι προφανές ότι για να εισαχθούν και να εμπεδωθούν οι αρχές της πράσινης χημείας πρέπει να παραχθεί εκπαιδευτικό υλικό και να σχεδιαστούν πειράματα που να ικανοποιούν τις αρχές της πράσινης χημείας. Από την βιβλιογραφική έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα βρέθηκε ότι υπάρχει πολύ περιορισμένος αριθμός δομημένων εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων χημείας που να απευθύνονται σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, να διέπονται από τις αρχές της πράσινης χημείας και να εμφαίνουν στην χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών. Η βασική έλλειψη που παρουσιάζεται είναι ότι οι ήδη υπάρχουσες δραστηριότητες είναι διάσπαρτες, ενώ επικεντρώνουν κυρίως στα βιοκαύσιμα. Οι Α. Ι Μαρουλής και Κ. Χατζηαντωνίου-Μαρουλή έχουν αναπτύξει ένα αξιόλογο εκπαιδευτικό υλικό βασισμένο σε πειράματα μέσα από το οποίο αναπτύσσονται οι δώδεκα αρχές της πράσινης χημείας, που όμως απευθύνεται κυρίως σε φοιτητές χημείας.

Το αυτοτελές βιβλίο με τίτλο: «Βιβλίο Δραστηριοτήτων για μαθητές με άξονα τις Ανανεώσιμες Πρώτες Ύλες», το οποίο αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα, προϊόν και παραδοτέο της παρούσας διατριβής, περιλαμβάνει δραστηριότητες οι οποίες αποτελούν κατά τη γνώμη μας χρήσιμο και πρωτότυπο υλικό για τους εκπαιδευτικούς της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης με τα εξής χαρακτηριστικά:

- Προσεγγίζει το θέμα της χρήσης και της εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών υπό το πρίσμα της πράσινης χημείας.
- Αναδεικνύει τα ζητήματα της εξάρτησης από τους ορυκτούς πόρους και εμφαίνει στην εξάντλησης τους και στην ανάγκη για άμεση απεξάρτηση από αυτούς.
- Είναι ευέλικτο και παρέχει δυνατότητες στους εκπαιδευτικούς για την αξιοποίηση του κατά το δοκούν. Ταυτόχρονα δε, είναι ανοικτό σε συμβολές και σε ενδεχόμενες τροποποιήσεις από αυτούς που θα το χρησιμοποιήσουν ώστε να μην θεωρείται «έτοιμο» προϊόν. Το υλικό μπορεί

να αξιοποιηθεί στο πλαίσιο υλοποίησης προγραμμάτων περιβαλλοντικής εκπαίδευσης καθώς και στο πλαίσιο της καθημερινής διδακτικής πράξης. Ειδικότερα στην καθημερινή διδακτική πράξη, ο εκπαιδευτικός θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει τις δραστηριότητες προκειμένου να εμπλουτίσει, θέματα που επεξεργάζεται με τους μαθητές στο πλαίσιο του αναλυτικού προγράμματος, καθώς επίσης και να εισάγει έννοιες που ευνοούν την εκπλήρωση των στόχων της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης στα διάφορα μαθήματα του αναλυτικού προγράμματος.

Όλες οι δραστηριότητες έχουν παρόμοια δομή. Αποτελούνται από την εισαγωγή, τους επιμέρους στόχους, οι οποίοι βρίσκονται σε αντιστοιχία με τους γενικούς στόχους του εκπαιδευτικού υλικού, την ηλικία των μαθητών που απευθύνεται, την εκτιμώμενη διάρκεια κάθε δραστηριότητας, τα εμπλεκόμενα γνωστικά πεδία (δηλαδή τα μαθήματα του σχολικού αναλυτικού προγράμματος στα οποία μπορεί να ενσωματωθεί), τις αρχές της πράσινης χημείας που θίγονται/προσεγγίζονται μέσα από τη δραστηριότητα, τις λέξεις-κλειδιά (δηλαδή τις βασικές έννοιες που σχετίζονται με το θέμα), τα απαιτούμενα σκεύη και αντιδραστήρια και την πορεία της δραστηριότητας όπου περιγράφονται με σαφήνεια και ακρίβεια όλα τα διακριτά βήματα-στάδια της εκτέλεσης της. Στις περισσότερες δραστηριότητες υπάρχει φύλλο εργασίας, το οποίο έρχεται κατά περίπτωση να οργανώσει παρατηρήσεις, να οδηγήσει σε συμπεράσματα, να ενισχύσει την αποκτηθείσα γνώση διευρύνοντας την και σε άλλες γνωστικές περιοχές, να διασυνδέσει γνωστικές περιοχές, να διαμορφώσει θετικές στάσεις και να οδηγήσει σε ανάληψη δράσης. Σε ορισμένες από τις δραστηριότητες υπάρχουν και ένθετα συμπληρωματικών δραστηριοτήτων.

Η σχεδίαση του υλικού βασίστηκε σε δύο κύριες παιδαγωγικές κατευθύνσεις: Στη συνεργατική μάθηση και στη μαθητοκεντρική προσέγγιση (Scoullos & Malotidi, 2004) όπου, οι μαθητές παρακινούνται και καλούνται να αναρωτηθούν, να διερευνήσουν αίτια και συνέπειες, να καταγράψουν, να συγκρίνουν, να προτείνουν, να δράσουν, να δημιουργήσουν, να ευαισθητοποιήσουν. Ειδικότερα, το συγκεκριμένο εκπαιδευτικό υλικό δίνει την δυνατότητα χρήσης διαφόρων μαθησιακών μεθόδων όπως: το πείραμα και η παρατήρηση, η συζήτηση, η παρουσίαση διαφανειών, η ανάγνωση και η γραφή κειμένων, η τέχνη/ ζωγραφική και το παιχνίδι, η παρατήρηση /σύγκριση, η επισκόπηση κοινωνικού πεδίου.

Η πραγματοποίηση πειραμάτων δίνει την ευκαιρία στους μαθητές να δραστηριοποιούνται, να πειραματίζονται, να δημιουργούν και να ανακαλύπτουν τη γνώση. Η εργαστηριακή άσκηση, με την προϋπόθεση ότι δεν καταδικάζει το μαθητή στο ρόλο του παθητικού θεατή, τον βοηθά να αποκτήσει μια πρόγευση της επιστημονικής μεθόδου και να ανιχνεύσει τα βήματα που ακολουθήθηκαν στη διατύπωση των νόμων και των αρχών των Φυσικών επιστημών (Κουλουμπαρίτση, 2002-2003). Ειδικότερα η εργαστηριακή άσκηση δίνει την ευκαιρία στους

μαθητές να αυτενεργήσουν και να αποκτήσουν ή να αναδείξουν περισσότερες ικανότητες, δεξιότητες και στάσεις (Μαυρόπουλος, 2005).

Η συζήτηση βοηθάει στην ανάλυση θεμάτων, διαφορετικών ιδεών και ορισμένες φορές στην αλλαγή στάσης όσων συμμετέχουν σε αυτή (Scoullos & Malotidi, 2004). Ο μαθητής ωθείται στον προβληματισμό και στην συμμετοχή, ενώ παράλληλα μαθαίνει να οργανώνει τα επιχειρήματα του, να τα τροποποιεί και να τα απορρίπτει όταν πεισθεί ότι είναι λανθασμένα.

Η ζωγραφική και γενικότερα οι καλλιτεχνικές δράσεις χρησιμοποιούνται ως μαθησιακές στρατηγικές διότι η τέχνη αποτελεί πηγή ξεκούρασης, ικανοποίησης και χαράς για τους μαθητές κατά τη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας (Bloom, 1978). Επιπρόσθετα, η σύγκριση κατά τους Gagne et al. (1993) αποτελεί σημαντική παιδαγωγική προσέγγιση ενώ, η ανάγνωση και η γραφή συνιστούν ουσιαστικά τμήματα των αναλυτικών προγραμμάτων (Braus & Wood, 1993).

Σε αρκετές από τις δραστηριότητες τους παρόντος εκπαιδευτικού υλικού προτείνεται η εφαρμογή τους σε ομάδες. Σύμφωνα με τον Δερβίση (1998) η ομαδοκεντρική μορφή διδασκαλίας ενεργοποιεί τους μαθητές κατά τη διαδικασία διδασκαλίας-μάθησης, συμβάλλει στην κοινωνικοποίηση τους, προσφέρει στους μαθητές ευκαιρίες να αναλάβουν ευθύνες, να αναπτύξουν πρωτοβουλίες και να συναποφασίσουν, συμβάλλει στη ανάπτυξη αμοιβαίας εμπιστοσύνης και της προσωπικότητας τους. Γενικά είναι αποδεκτό ότι τα παιδιά αποκτούν εμπιστοσύνη και ικανότητες επικοινωνίας με το να συζητούν διάφορα θέματα και να μοιράζονται απόψεις μέσα σε μικρές ομάδες (Connect, UNESCO-UNEP Environmental Education Newsletter, 1976-1991˙ Lane & Rossow, 1997).

4.7.2 Περιγραφή του βιβλίου δραστηριοτήτων για μαθητές με άξονα τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες (Kapassa et Abeliotis, 2012).

Στο εκπαιδευτικό υλικό που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής έχει γίνει προσπάθεια να καλυφθεί όλο το φάσμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών: δραστηριότητες που αφορούν γενικά στις ανανεώσιμες πρώτες ύλες (σύσταση, ορισμό, προέλευση, παράγοντες επίδρασης στην σύσταση τους, τα μόρια-πλατφόρμες, σύγκριση υδρογονανθράκων-υδατανθράκων, ανοικτός-κλειστός κύκλος άνθρακα, μέθοδοι παραγωγής βιοπροϊόντων) και δραστηριότητες που αφορούν στα βιοπροϊόντα όπως τα βιοκαύσιμα, τα βιουλικά-βιοχημικά (κόλλες, πλαστικά, καλλυντικά, φαρμακευτικά είδη, βιοπολυμερή, διαλύτες) κλπ. Μέσα από τις προτεινόμενες δραστηριότητες οι μαθητές γνωρίζουν κάποιες από τις βασικές αρχές της πράσινης χημείας ενώ, γίνεται προσπάθεια ώστε τα θέματα που συζητούνται μέσα στην σχολική τάξη να συσχετίζονται με πραγματικά παραδείγματα της καθημερινής ζωής. Επίσης, στο τέλος του βιβλίου δραστηριοτήτων

προτείνεται η σύνδεση της κάθε δραστηριότητας με το αναλυτικό πρόγραμμα, δηλαδή κατ' ουσίαν προτείνονται τρόποι εφαρμογής/ένταξης της δραστηριότητας αυτούσια ή τροποποιημένα -τις περισσότερες φορές- στο αναλυτικό πρόγραμμα Χημείας του Γυμνασίου και στα ΔΕΠΠΣ μαθημάτων όπως η Οικιακή Οικονομία, η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση κλπ, καθώς και στο πλαίσιο της ευέλικτης ζώνης.

Ειδικότερα:

Στη πρώτη δραστηριότητα με τίτλο «Γνωριμία με τη βιομάζα» οι μαθητές καλούνται να αναγνωρίσουν ορισμένες μορφές βιομάζας, ενώ διαβάζοντας ένα κείμενο που τους δίνεται αντιλαμβάνονται ότι η χρήση της βιομάζας δεν είναι πρωτόγνωρη για την ανθρωπότητα. Στην συνέχεια μελετούν τον κύκλο της βιομάζας και τον αντιπαραβάλλουν με τον αντίστοιχο του πετρελαίου ενώ, συζητούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης της βιομάζας. Τέλος εξετάζουν τη δυνατότητα αξιοποίησης μιας μορφής βιομάζας, όπως τα οργανικά απόβλητα των δήμων. Οι συμπληρωματικές δραστηριότητες που προτείνονται ωθούν τους μαθητές να ερευνήσουν το σχέδιο δράσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη βιομάζα, αλλά και να κατανοήσουν ότι διαφορετικά είδη φυτών παράγουν διαφορετικά ποσά βιομάζας.

Στη δεύτερη δραστηριότητα με τίτλο «Σύσταση της βιομάζας: Υδατάνθρακες vs Υδρογονάνθρακες» οι μαθητές διαπυστώνουν την ύπαρξη σακχάρων σε διάφορα φυτά, ενώ μέσα από κάποιες χημικές δομές που τους παρατίθενται μαθαίνουν την σύσταση της βιομάζας και την συγκρίνουν με την αντίστοιχη του πετρελαίου. Παράλληλα προσπαθούν να ερμηνεύσουν τα περιβαλλοντικά οφέλη της βιομάζας που προκύπτουν από τη σύσταση της.

Στην τρίτη δραστηριότητα με τίτλο «Διυλιστήριο vs βιοδιυληστήριο» οι μαθητές καλούνται μέσω δύο εικόνων που τους παρατίθενται να συγκρίνουν και αντιπαραβάλλουν τις διεργασίες ενός πετροχημικού διυλιστηρίου με τις αντίστοιχες ενός βιοδιυλιστηρίου αλλά και να ερευνήσουν την ύπαρξη βιοδιυλιστηρίων στην Ελλάδα και στην Ευρώπη. Τέλος, στην συμπληρωματική δραστηριότητα καλούνται να αναλύσουν και να ερμηνεύσουν κάποιες απόψεις που τους παρατίθενται σχετικά με τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες.

Στην τέταρτη δραστηριότητα με τίτλο «Παραγωγή γλυκόζης από υπολείμματα γεωργικής και δασικής παραγωγής» οι μαθητές χρησιμοποιούν τρίμματα άχυρου ή κομμάτια από βαμβάκι ή μικρή ποσότητα χαρτιού ή ξύσματα από ξύλο προκειμένου να παρασκευάσουν γλυκόζη. Έτσι, οι μαθητές διαμορφώνουν θετική αντίληψη σχετικά με την εκμετάλλευση των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων, ενώ αντιλαμβάνονται ότι η όξινη υδρόλυση της κυτταρίνης που εκτελούν είναι μια από τις διεργασίες επεξεργασίας της βιομάζας. Παράλληλα μέσα από το φύλλο εργασίας που συμπληρώνουν αντιλαμβάνονται ότι η γλυκόζη αποτελεί ένα μόριο –πλατφόρμα με μεγάλη

σπουδαιότητα για την παραγωγή βιοπροϊόντων ενώ κατανοούν και τον χαρακτηρισμό «εργοστάσια παραγωγής» που αποδίδεται στα φυτά.

Στην πέμπτη δραστηριότητα με τίτλο «Παραγωγή γλυκόζης από καλαμοσάκχαρο» οι μαθητές υδρολύουν τη ζάχαρη και παίρνουν γλυκόζη, τη δομική μονάδα των φυτικών ειδών, η οποία αποτελεί την πρώτη ύλη για την παραγωγή διαφόρων βιοπροϊόντων. Μέσα από την συγκεκριμένη δραστηριότητα οι μαθητές αναγνωρίζουν ότι η ενζυματική υδρόλυση των πολυσακχαριτών είναι μια από τις βιοχημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται κατά την επεξεργασία της βιομάζας και ταυτόχρονα προβληματίζονται σχετικά με την αλόγιστη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών.

Στην έκτη δραστηριότητα με τίτλο «Άμυλο: Αποθηκευτικό μέσο των φυτικών ειδών και πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοπροϊόντων» οι μαθητές διαπιστώνουν πειραματικά την ύπαρξη του αμύλου στα διάφορα φυτικά είδη και παρατηρούν τους αμυλόκκοκους με τη βοήθεια μικροσκοπίου. Με αυτόν τον τρόπο αντιλαμβάνονται την φυτική προέλευση της πρώτης ύλης διαφόρων προϊόντων. Ταυτόχρονα, μαθαίνουν ότι το άμυλο εξάγεται από τα φυτικά είδη μέσω κατάλληλης βιομηχανικής επεξεργασίας, ενώ αυξάνουν τις γνώσεις τους σε οικονομικά θέματα της βιομηχανίας αμύλου.

Στην έβδομη δραστηριότητα με τίτλο «Βιοπολυμερή: Φιλμ αμύλου από πατάτα» οι μαθητές εξάγουν μέσω πειραματικής διαδικασίας το άμυλο από μια πατάτα και στη συνέχεια παρασκευάζουν ένα φιλμ αμύλου. Μέσω της συγκεκριμένης δραστηριότητας οι μαθητές αντιλαμβάνονται ότι ένα από τα συστατικά της βιομάζας αποτελεί την πρώτη ύλη για την παρασκευή προϊόντων καθημερινής χρήσης, αυξάνουν τις γνώσεις τους για τα βιοπολυμερή και τα πλαστικά και ταυτόχρονα αναγνωρίζουν τις χρήσεις τους και τα περιβαλλοντικά τους οφέλη.

Στην όγδοη δραστηριότητα με τίτλο «Σακούλες από άμυλο και με....οικολογική συνείδηση: Η λύση στο πρόβλημα της πλαστικής σακούλας» οι μαθητές καλούνται να αναγνωρίζουν το πρόβλημα που δημιουργείται στο περιβάλλον από τη χρήση της πλαστικής σακούλας. Σε μια γλάστρα θάβουν ένα κομμάτι πλαστικής σακούλας και ένα κομμάτι σακούλας από άμυλο και συγκρίνουν τους χρόνους αποδόμησης τους, ενώ προσεγγίζουν την έννοια της βιοαποδόμησης με όρους χημείας. Έτσι συνειδητοποιούν πόσο σημαντικός είναι ο σχεδιασμός προϊόντων που βιοαποδομούνται. Συνεργάζονται μεταξύ τους, αναζητούν τρόπους προώθησης της «οικολογικής σακούλας» και ταυτόχρονα ωθούνται στην υιοθέτηση συμπεριφοράς περιβαλλοντικά υπεύθυνου καταναλωτή.

Στην ένατη δραστηριότητα με τίτλο «Φτιάχνοντας κόλλα από γάλα» οι μαθητές εκτελώντας μια πειραματική διαδικασία παρασκευάζουν κόλλα από γάλα (ζωική ανανεώσιμη πρώτη ύλη). Μέσω αυτής της πειραματικής διαδικασίας κατανοούν τη χρησιμότητα των ανανεώσιμων πρώτων υλών στην καθημερινή ζωή και στην παρασκευή συγκολλητικών.

Στη δέκατη δραστηριότητα με τίτλο «Νάιλον από φυτικές πρώτες ύλες» οι μαθητές προβαίνουν σε ανάλυση κειμένου. Καλούνται να μελετήσουν δύο κείμενα που τους δίνονται σχετικά με τους τρόπους παραγωγής του νάιλον μέσω αδιπικού οξέος: τον παραδοσιακό ο οποίος ενέχει κινδύνους τόσο για το περιβάλλον όσο και για την ανθρώπινη υγεία και τον εναλλακτικό που χρησιμοποιεί ως πρώτη ύλη τη βιομάζα. Μέσω της δραστηριότητας είναι δυνατόν οι μαθητές να αποκτήσουν θετική στάση για τη χρήση της βιομάζας ως αρχικής πρώτης ύλης, εκτιμούν τη συνεισφορά των τεχνικών της πράσινης χημείας στην περιβαλλοντική προστασία και επισημαίνουν τη χρησιμότητα της στην κατασκευή υλικών καθημερινής χρήσης.

Στην ενδέκατη δραστηριότητα με τίτλο «Σαπούνι: Ένα καταναλωτικό προϊόν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες» οι μαθητές αντιλαμβάνονται ότι ένα κοινό προϊόν καθημερινής χρήσεως, το σαπούνι παρασκευάζεται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Μέσω μιας καθοδηγούμενης πορείας προσεγγίζουν έννοιες χημείας, προβληματίζονται για θέματα που αφορούν στην ορθολογική χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών, στην ανακύκλωση ενώ, αναζητούν και εντοπίζουν στις διάφορες συσκευασίες σαπουνιών τα φυτικά έλαια που περιέχονται. Μέσω της συμπληρωματικής δραστηριότητας οι μαθητές παρασκευάζουν με εύκολο τρόπο σαπούνι.

Στη δωδέκατη δραστηριότητα με τίτλο «Φτιάχνοντας βιοντίζελ από τηγανισμένο λάδι» οι μαθητές παρασκευάζουν βιοντίζελ με πρώτη ύλη απόβλητα τηγανισμένα λάδια που καλούνται να φέρουν από το σπίτι τους ή κάποιο εστιατόριο. Μέσα από αυτή τη δραστηριότητα οι μαθητές ασκούνται στην ασφαλή οργανική σύνθεση, προσεγγίζουν την έννοια της μετεστεροποίησης μέσα από μια πράσινη διαδικασία, ευαισθητοποιούνται σε θέματα ανακύκλωσης και πρόληψης της ρύπανσης μέσω της αξιοποίησης των αποβλήτων αλλά και των παραπροϊόντων της αντίδρασης και αποκτούν θετική στάση για τα περιβαλλοντικά οφέλη του βιοντίζελ. Ταυτόχρονα οι μαθητές προτείνουν τρόπους για την οργάνωση συστήματος ανακύκλωσης τηγανελαίων στο δήμο τους.

Στη δέκατη τρίτη δραστηριότητα με τίτλο «Μέτρηση της θερμικής ενέργειας διαφόρων βιοκαυσίμων» οι μαθητές εκτελούν ένα πείραμα καύσης και εκτιμούν την θερμική ενέργεια που παράγεται από τα διάφορα βιοκαύσιμα ή καύσιμα φυτικής προέλευσης, συγκρίνουν με τα συμβατικά καύσιμα και προβληματίζονται σχετικά τους τρόπους εκμετάλλευσης των φυτικών υπολειμμάτων για την παραγωγή ενέργειας.

Στη δέκατη τέταρτη δραστηριότητα με τίτλο «Αξιοποίηση αποβλήτων στην χημική βιομηχανία: η περίπτωση της γλυκερίνης» οι μαθητές καλούνται να σκεφτούν τον τρόπο παραγωγής της γλυκερίνης και να αναρωτηθούν κατά πόσο μπορεί να θεωρείται απόβλητο της διαδικασίας παρασκευής του βιοντίζελ συνδυάζοντας και στοιχεία για την εμπορική της αξία. Παράλληλα μέσω

κειμένων και εικόνων που τους δίνονται αντιλαμβάνονται τη σπουδαιότητα της γλυκερίνης ως μορίου-πλατφόρμας.

Στη δέκατη πέμπτη δραστηριότητα με τίτλο «Πράσινο πολυαιθυλένιο από βιομάζα» οι μαθητές μέσω εικόνων που τους παρατίθενται μαθαίνουν τον τρόπο παραγωγής του πολυαιθυλενίου από ανανεώσιμες πρώτες ύλες και τον συγκρίνουν με τον αντίστοιχο από ορυκτές πρώτες ύλες, ενώ εμβαθύνουν στην οικονομία του ατόμου. Παράλληλα προσεγγίζουν την έννοια του πολυμερισμού ενώ, προβληματίζονται σχετικά με την αλόγιστη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών.

Στη δέκατη έκτη δραστηριότητα με τίτλο «Είδη οικιακής χρήσης από ανανεώσιμες πρώτες ύλες» οι μαθητές καταγράφουν το πλήθος των ειδών των προϊόντων οικιακής χρήσης που χρησιμοποιούν, συσχετίζουν την χρήση τους με τον αριθμό των δηλητηριάσεων και μαθαίνουν να αναγνωρίζουν τις φράσεις ή σύμβολα κινδύνου που υπάρχουν στις συσκευασίες. Στην συνέχεια μαθαίνουν για τα ενζυμικά απορρυπαντικά υδρολύοντας πρωτεΐνες από πρωτεάσες ενώ, με βάση τον οδηγό της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την προμήθεια «πράσινων» καθαριστικών προϊόντων προσπαθούν να πείσουν τους δημάρχους και τους υπεύθυνους των τμημάτων προμηθειών των δήμων να αγοράζουν καθαριστικά προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.

Στη δέκατη έβδομη δραστηριότητα με τίτλο «Κομποστοποίηση: Μια πράσινη χημική διεργασία» οι μαθητές μελετούν την κομποστοποίηση με όρους χημείας και αντιλαμβάνονται ότι είναι μια χημική διεργασία με ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Κατανοούν τη σημασία της για την περιβαλλοντική προστασία και την ανάγκη εφαρμογή της με δεδομένο τον διαρκώς αυξανόμενο όγκο οργανικών αποβλήτων. Οι μαθητές καλούνται να αναλάβουν πρωτοβουλία για την προώθηση προγραμμάτων κομποστοποίησης.

Τέλος, στο βιβλίο δραστηριοτήτων περιλαμβάνονται παραρτήματα με:

- Ενδεικτική γενική βιβλιογραφία και βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε ανά δραστηριότητα.
- Προτάσεις για σύνδεση/ενδεχόμενη ένταξη των επιμέρους δραστηριοτήτων με/στα αναλυτικά προγράμματα σπουδών του Γυμνασίου.
- Λύσεις και υποδείξεις των δραστηριοτήτων για τους εκπαιδευτικούς (όπου θεωρήθηκε απαραίτητο).

Να σημειωθεί ότι για την υποστήριξη των εκπαιδευτικών, δημιουργήθηκαν διαφάνειες για εκείνες τις δραστηριότητες που εφαρμόστηκαν στα σχολεία. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι οι σημερινοί εκπαιδευτικοί δεν έχουν διδαχθεί τις αρχές και τα εργαλεία της πράσινης χημείας, ενώ αρκετοί έχουν άγνοια για το θέμα.

4.7.3 Τρόποι εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού

Δυστυχώς σήμερα στην ελληνική δευτεροβάθμια εκπαίδευση δεν διδάσκονται η πράσινη χημεία και οι αρχές της. Η έννοια της πράσινης χημείας δεν υπάρχει στο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών της Χημείας. Επίσης, στα βιβλία του Γυμνασίου και Λυκείου δεν αναφέρεται τίποτα για την πράσινη χημεία. Μικρή εξαίρεση αποτελεί το βιβλίο Χημείας της τρίτης Γυμνασίου των Π. Θεοδωρόπουλου, Π. Παπαθεοφάνους και Φ. Σιδέρη, όπου στο ένθετο «Είναι θέμα….Χημείας» στην σελίδα 95 αναφέρεται ο ορισμός της πράσινης χημείας και ορισμένες από τις αρχές της. Αξιοσημείωτο είναι δε ότι, στην σελίδα 94 και πριν τον ορισμό αναφέρεται το εξής κείμενο: «Υπάρχει λύση; Μπροστά τους ορατούς πλέον κινδύνους για μια οικολογική καταστροφή οι πολίτες, οι επιστήμονες και οι κυβερνήσεις μοιάζουν να προβληματίζονται σοβαρά και να προσανατολίζονται προς λύσεις που θα οδηγήσουν σε μια βιώσιμη ανάπτυξη, όπου η παραγωγή αγαθών και υπηρεσιών δε συνοδεύεται από τη υποβάθμιση του περιβάλλοντος». Στο ίδιο σημείο αναφέρεται μεταξύ άλλων η έννοια της Βιομάζας-Βιοντίζελ ως ανανεώσιμης πηγής ενέργειας.

Σύμφωνα με τον Καθηγητή Χημείας του Πανεπιστημίου Πατρών Κων/νο Πούλο, πρόεδρο του Ελληνικού δικτύου πράσινης χημείας, η εισαγωγή της πράσινης χημείας στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση σε πρώτη φάση μπορεί να γίνει ως εξής (Πούλος, 2004):

- Με την ένταξη θεμάτων πράσινης χημείας στα διάφορα μαθήματα.
- Με δραστηριότητες (πειραματικές ή άλλου είδους) που μπορούν να ενταχθούν στα μαθήματα ή εργαστήρια της χημείας, της φυσικής και της βιολογίας.
- Μέσω της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης.
- Μέσω της Αγωγής Υγείας.
- Μέσω εκδηλώσεων.

Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να σημειώσουμε ότι σε συνέδρια πράσινης χημείας και βιώσιμης ανάπτυξης που έχουν πραγματοποιηθεί στην χώρα μας, οι τρόποι εισαγωγής της πράσινης χημείας στην εκπαίδευση σύμφωνα με γραπτές ή προφορικές ανακοινώσεις, σε γενικές γραμμές, κινούνται στο ίδιο πλαίσιο με αυτό που εισηγείται ο καθηγητής Κ. Πούλος.

Αξίζει να αναφερθεί ένα καλοκαιρινό πρόγραμμα Επιστήμης που πραγματοποιήθηκε στο κολέγιο ANATOLIA στην Θεσσαλονίκη από τις 21 Ιουνίου έως τις 2 Ιουλίου 2010 και περιελάμβανε μια «πράσινη» ενότητα (Kalambokis et al, 2010a). Το πρόγραμμα ήταν καινοτόμο και στόχευε να εισάγει τους μαθητές γυμνασίου και λυκείου στον επιστημονικό τρόπο σκέψης μέσω πειραματικών δραστηριοτήτων. Συμμετείχαν συνολικά 20 μαθητές ηλικίας 12-14 ετών. Οι πειραματικές δραστηριότητες έγιναν από ομάδες των τριών μαθητών. Το πρόγραμμα περιείχε δραστηριότητες πράσινης χημείας, ανάλυσης κύκλου ζωής, πράσινης κοσμετολογίας, βιοκαυσίμων,

βιοαποδομήσιμων πολυμερών, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Επιπρόσθετα, το πρόγραμμα κάλυπτε θέματα όπως: βιολογία, νανοτεχνολογία, μηχανική. Ειδικότερα, η ενότητα της πράσινης χημείας υπό τον τίτλο «Το πρασίνισμα στη Ζωή μας» (*Greening in our lives*) έδινε έμφαση στην πράσινη χημεία, στις αρχές της και στις πράσινες πρακτικές.

Να σημειωθεί εδώ ότι, μεταξύ των δραστηριοτήτων που πραγματοποίησαν οι μαθητές ήταν η παρασκευή βιοντίζελ από έλαιο ηλιοτροπίου, ενώ έγινε και ένα πείραμα επίδειξης παρασκευής πολυμερών αμύλου. Επίσης παρασκευάστηκε ενυδατική κρέμα σώματος από φυσικά υλικά (κερί μέλισσας, φυτικά έλαια κλπ). Κάποιες από τις παραπάνω δραστηριότητες περιλαμβάνονται και στο δικό μας εκπαιδευτικό υλικό ωστόσο είναι δοσμένες ή εκτελέστηκαν με άλλο τρόπο και εξυπηρετώντας διαφορετικούς μαθησιακούς στόχους. Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι δεν υπάρχει κάποια αναφορά με μετρήσιμο αποτέλεσμα σχετικά με την επίδραση του συγκεκριμένου προγράμματος στις γνώσεις, αντιλήψεις και στάσεις των μαθητών.

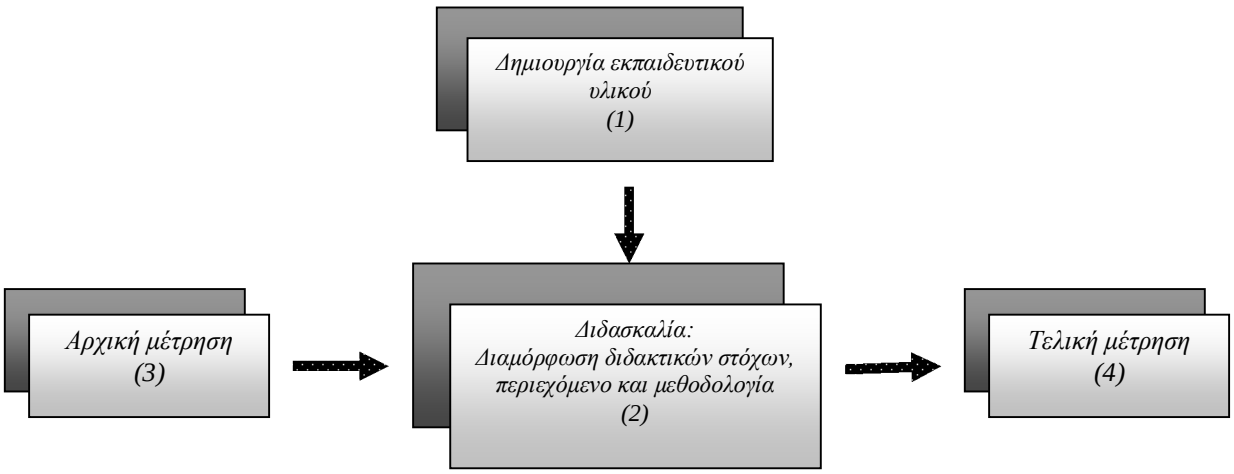
Οι ίδιοι συγγραφείς (Kalambokis et al, 2010b) αναφέρουν ότι το κολέγιο της ANATOLIA Θεσσαλονίκης είναι το πρώτο ελληνικό λύκειο το οποίο έχει εισάγει κάποιες αρχές της πράσινης χημείας στο εργαστήριο χημείας του και βρίσκεται μερικά βήματα μπροστά από το γενικό εθνικό αναλυτικό πρόγραμμα. Έχει ξεκινήσει λοιπόν μια ενότητα εργαστηρίου πράσινης χημείας μέσω του οποίου εισάγονται κάποιες αρχές της. Τα «πράσινα» εργαστήρια, όπως λέγονται, πρέπει να πληρούν τα παρακάτω κριτήρια: Α) Να μπορούν να πραγματοποιηθούν μέσα σε 45 λεπτά ή λιγότερο β) Να μειώνουν ή να περιορίζουν την χρήση τοξικών οργανικών διαλυτών και βαρέων μετάλλων γ) Να κοστίζουν φθηνότερα από τα συμβατικά εργαστήρια δ) Να κεντρίζουν το ενδιαφέρον των μαθητών ε) Να χρησιμοποιούν και να διδάσκουν βασικές εργαστηριακές τεχνικές στ) Τα υλικά και τα αντιδραστήρια που απαιτούν να είναι εύκολο να βρεθούν.

Το εκπαιδευτικό υλικό που αναπτύχθηκε προϋποθέτει την εμπλοκή επιμέρους επιστημονικών κλάδων στη διδασκαλία. Κατά τη γνώμη μας, η εφαρμογή του στο πλαίσιο του σχολικού αναλυτικού προγράμματος μπορεί να γίνει μέσω του «μοντέλου διάχυσης» κατά το οποίο, οι δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στο εκπαιδευτικό υλικό ενσωματώνονται αυτούσιες ή τροποποιημένες κυρίως στο μάθημα της χημείας και στην Περιβαλλοντική εκπαίδευση. Εναλλακτικά, και μέσω του «διεπιστημονικού» μοντέλου οι δραστηριότητες του εκπαιδευτικού υλικού μπορεί να αποτελέσουν το αντικείμενο ενός ξεχωριστού και ολοκληρωμένου προγράμματος εκπαίδευσης για την αειφορία, όπου οι διαφορετικές επιστήμες-μαθήματα συμβάλλουν και συνεργάζονται. Όσον αφορά τις πειραματικές δραστηριότητες, η μεθοδολογία που ακολουθείται είναι η επαγωγική καθοδηγούμενη ανακαλυπτική (ομαδική ή ατομική) εργασία. Ουσιαστικά δίνονται τα απαιτούμενα υλικά και σκεύη, η πορεία της εργασίας και οι μαθητές εξασκούνται,

εκτός των άλλων σε μια μορφή κλειστής έρευνας. Επιπρόσθετα, οι προτεινόμενες δραστηριότητες ευνοούν την εφαρμογή μεθόδων όπως η συζήτηση σε ομάδες, η βιβλιογραφική έρευνα και τα σχέδια εργασίας.

Οι έρευνες έχουν δείξει ότι ο συνδυασμός των εκπαιδευτικών μεθόδων έχει τα καλύτερα αποτελέσματα (Milton, Cleveland & Gates, 1995). Επιπρόσθετα, τα εργαστηριακά μαθήματα πρέπει να είναι κατεξοχήν όσο πιο διεπιστημονικά, «λόγω του ότι τα εργαστηριακά πειράματα που φέρνουν τους σπουδαστές αντιμέτωπους με προβλήματα του πραγματικού κόσμου δεν διαχωρίζονται εύκολα σε συμβατικά γνωστικά αντικείμενα» (National Research Council, 2002).

Στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής, μέρος του εκπαιδευτικού υλικού που αναπτύχθηκε δοκιμάστηκε σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, από διάφορα γυμνάσια που επιλέχθηκαν τυχαία, σε ώρες χημείας και περιβαλλοντικής εκπαίδευσης. Η εφαρμογή του «πράσινου» υλικού έγινε με στόχο να επιδράσει θετικά στις γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών που θα το παρακολουθήσουν. Κατά την εφαρμογή ακολουθήθηκε το Γενικό Διδακτικό Μοντέλο (General Teaching Model). Το 4.2 σχήμα είναι χαρακτηριστικό (Hungerford & Volk, 1998: οι αριθμοί στα παραλληλόγραμμα δηλώνουν την χρονολογική σειρά εκτέλεσης των περιγραφόμενων στο σχήμα ενεργειών).

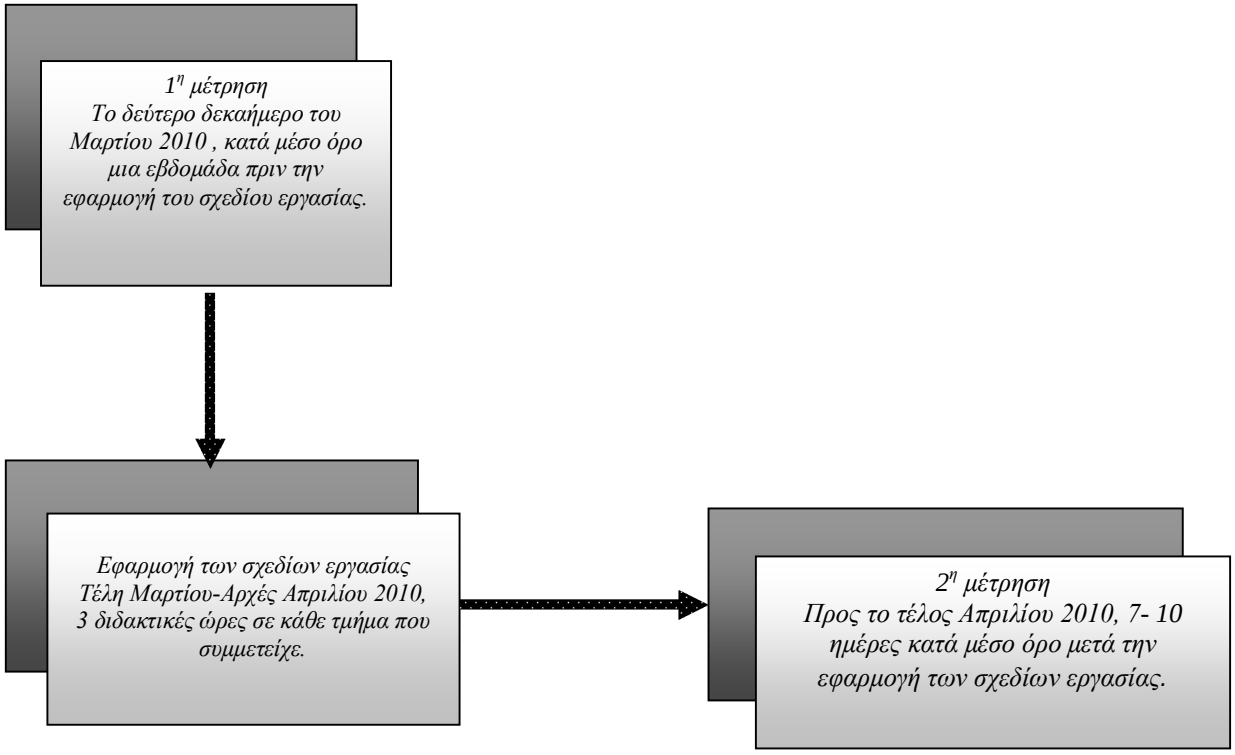


Σχήμα 4.2 *Αναπαράσταση του διδακτικού μοντέλου που ακολουθήθηκε*

Η μέτρηση πριν την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού (pre-testing) θεωρείται κρίσιμο στάδιο, ειδικά όταν δεν υπάρχει καμιά προηγούμενη γνώση του γνωστικού επιπέδου και των αντιλήψεων των μαθητών.

Η εφαρμογή των σχεδίων εργασίας κατόπιν συνεννοήσεως με τους καθηγητές που τα πραγματοποίησαν και ανάλογα με τον προγραμματισμό του κάθε σχολείου ξεκίνησε στα τέλη

Μαρτίου-Αρχές Απριλίου 2010 και ολοκληρώθηκε μέσα στον επόμενο μήνα (Μάιο του 2010).



Σχήμα 4.3 *Σχηματική απεικόνιση του χρόνου εφαρμογής της έρευνας*

Πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων μέσω των σχεδίων εργασίας, οι μαθητές συμπλήρωσαν το σχετικό ερωτηματολόγιο έτσι όπως διαμορφώθηκε, μετά την πιλοτική του εφαρμογή. Οι καθηγητές που εφάρμοσαν τις δραστηριότητες και ουσιαστικά έδρασαν ως πολλαπλασιαστές είχαν την πλήρη στήριξη της υποφαινόμενης καθ' όλη τη διάρκεια της εφαρμογής τους, ενώ προηγήθηκαν συναντήσεις με στόχο να δοθούν σαφείς οδηγίες και διευκρινήσεις καθώς και να επιλυθούν τυχόν απορίες τους.

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πρόγραμμα SPSS 11 (Howitt & Cramer, 2003). Γενικότερα, το συγκεκριμένο στατιστικό πακέτο έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως από ερευνητές για κοινωνιολογικές έρευνες (Τρικαλίτη, 1995˙ Howard, 2002˙ Shepard & Speelman, 1985/86˙ Paul & Volk 2002˙ Powell & Wells˙ 2002).

Εν κατακλείδι και συνολικά θεωρούμε ότι, οι δραστηριότητες που προτείνονται επιτρέπουν και δίνουν τη δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να τις χειριστεί ανάλογα με τις εμπειρίες των μαθητών, την ηλικία τους, τις δυνατότητες της τάξης του, τις εκάστοτε συνθήκες και κυρίως ανάλογα με τις επιδιώξεις του. Ο εκπαιδευτικός έχει τη δυνατότητα:

-Να εφαρμόσει το σύνολο του εκπαιδευτικού υλικού, όπως προτείνεται, δηλαδή με τη δομή σχεδίων μαθήματος.

-Να εφαρμόσει ένα μέρος του υλικού επιλέγοντας κατά την κρίση του θέματα και δραστηριότητες.
-Να αντλήσει κατά την κρίση του από το υλικό, στόχους, ιδέες προσέγγισης των θεμάτων και τρόπους που θα τροφοδοτήσουν δημιουργικά τη διδασκαλία του.

Γενικότερα, η θεώρηση του υλικού από τη μεριά των εκπαιδευτικών ως εργαλείου με παραδειγματικό και επιμορφωτικό χαρακτήρα αποτελεί τον πλέον γόνιμο τρόπο χρήσης του. Αν θεωρηθεί έτσι, μπορεί να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να επινοήσουν, να πειραματιστούν και να προχωρήσουν σε καινοτομίες με στόχο τον «πράσινο» εμπλουτισμό της διδασκαλίας τους.

4.8 Υποστηρικτικό υλικό, σχέδια μαθήματος και οδηγίες για τις δραστηριότητες που εφαρμόστηκαν

4.8.1. Γενικό πλαίσιο

Μέρος των δραστηριοτήτων που αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο της διατριβής τροποποιήθηκαν και προσαρμόστηκαν (κυρίως χρονικά) κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν ολιγόωρα μαθητικά προγράμματα με άξονα τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες και τη χρήση τους υπό το πρίσμα της πράσινης χημείας έχοντας ταυτόχρονα ως γενικό σκοπό οι μαθητές να αποκτήσουν γνώσεις για το συγκεκριμένο θέμα, ταυτόχρονα δε να διαμορφώσουν θετικές αντιλήψεις, ώστε να καταστούν ενεργοί πολίτες και ενημερωμένοι καταναλωτές προκειμένου να συμβάλλουν στην οικοδόμηση μιας αειφόρου κοινωνίας.

Τα σχέδια μαθήματος που προτείνονται μπορούν κατά τη γνώμη μας να εφαρμοστούν στο πλαίσιο των μαθημάτων χημείας, βιολογίας, οικιακής οικονομίας, όπως επίσης και της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης. Επιπρόσθετα μπορούν κάλλιστα να εφαρμοστούν στο πλαίσιο της ευέλικτης ζώνης. Ειδικότερα μέσα από τα αναλυτικά σχέδια μαθήματος που προτείνονται επιδιώκεται οι μαθητές:

-Να διαμορφώσουν ένα βασικό εννοιολογικό πλαίσιο σχετικά με την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πρώτων υλών που αποτελεί βασική αρχή της πράσινης χημείας και την χρήση τους για την παρασκευή προϊόντων καθημερινής χρήσης αλλά και τους κινδύνους που ενέχει η αλόγιστη χρήση τους.

-Να αναπτύξουν κριτική σκέψη και να διαμορφώσουν θετικές στάσεις και συμπεριφορές καλλιεργώντας ικανότητες επεξεργασίας και ανάλυσης δεδομένων, ατομικής και ομαδικής εργασίας, συζήτησης και διαλόγου, προφορικής και γραπτής έκφρασης και επιχειρηματολογίας.

-Να ενθαρρυνθούν στην ενεργό συμμετοχή για την επίλυση περιβαλλοντικών ζητημάτων και να αντιληφθούν τον ρόλο της πράσινης χημείας τόσο προς την κατεύθυνση αυτή, όσο και μέσα στην καθημερινότητα τους.

Σε ότι αφορά στους καθηγητές που έλαβαν μέρος στην εφαρμογή των δραστηριοτήτων:

Αρχικά συμφώνησαν να εφαρμόσουν τα προτεινόμενα σχέδια μαθήματος στα σχολεία τους, μετά και από συνεννόηση με τον διευθυντή τους. Να σημειωθεί ότι όλοι οι καθηγητές (12) που εφάρμοσαν τις δραστηριότητες ανήκαν στον κλάδο ΠΕ04 (Φυσικοί, Χημικοί και Βιολόγοι) ενώ, αρκετοί από αυτούς είναι κάτοχοι του μεταπτυχιακού διπλώματος ειδίκευσης «Διδακτική της Χημείας και Νέες Τεχνολογίες». Αποφασίστηκε να δοθεί προς εφαρμογή ένα συγκεκριμένο σχέδιο μαθήματος για κάθε δραστηριότητα και όλοι οι καθηγητές να το ακολουθήσουν προκειμένου να ελέγχεται η έρευνα και η διδακτική πρακτική.

Στη συνέχεια, ακολούθησε προσωπική επαφή και αναλυτική συζήτηση με τον καθένα ξεχωριστά όπου εκτός των άλλων τους έγινε μια εισαγωγική παρουσίαση (βλέπε σχετικό παράρτημα), ενώ μετά από συνεννόηση με την γράφουσα και λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες του κάθε σχολείου (πχ εργαστηριακή υποδομή για την πραγματοποίηση των πειραμάτων κλπ) συναποφασίστηκε ποια από τις έξι δραστηριότητες θα εφάρμοζαν. Σε γενικές γραμμές πάντως οι καθηγητές έδειξαν μεγάλη προθυμία να συνεργαστούν και μάλιστα προσφέρθηκαν να συστήσουν και άλλους εκπαιδευτικούς-συναδέλφους τους.

Έγινε προσπάθεια ώστε κάθε σχέδιο μαθήματος/δραστηριότητα να εφαρμοστεί σε δείγμα μαθητών τόσο από αστική, όσο και από ημιαστική περιοχή. Οι δραστηριότητες έτσι όπως εφαρμόστηκαν είχαν τους παρακάτω τίτλους:

- «Ανανεώσιμες πρώτες ύλες-Φτιάχνοντας βιοντίζελ από τηγανισμένο λάδι».
- «Σαπούνι: Ένα καταναλωτικό προϊόν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες».
- «Ανανεώσιμες πρώτες ύλες-Φτιάχνοντας κόλλα από γάλα!».
- «Ανανεώσιμες πρώτες ύλες- Σακούλες από άμυλο και με....οικολογική συνείδηση».
- «Είδη οικιακής χρήσης από ανανεώσιμες πρώτες ύλες».
- «Ανανεώσιμες πρώτες ύλες- Παραγωγή γλυκόζης από καλαμοσάκχαρο».

Στο σχετικό παράρτημα παρατίθεται αναλυτικά και για κάθε δραστηριότητα που εφαρμόστηκε το αναλυτικό σχέδιο μαθήματος με τους επιμέρους στόχους, τις φάσεις εξέλιξης της εκπαιδευτικής διδασκαλίας και συμπληρωματικό/επικουρικό υλικό με διαφάνειες οι οποίες παρουσιάστηκαν στους μαθητές μέσω του διαφανοσκοπίου (έντυπα) ή μέσω Power Point Presentation (ηλεκτρονικά).

Έγινε προσπάθεια ώστε συνολικά η εκπαιδευτική διαδικασία να είναι προσαρμοσμένη στην καθημερινή διδακτική πράξη και η εφαρμογή κάθε σχεδίου μαθήματος/δραστηριότητας να ολοκληρώνεται μέσα σε τρεις διδακτικές ώρες. Επίσης να σημειωθεί ότι, κατά την εξέλιξη της εκπαιδευτικής διαδικασίας η πρώτη ώρα ήταν κοινή για όλα τα σχέδια μαθήματος.

4.8.2 Αρχές, μέθοδοι διδασκαλίας, υλικά και μέσα για την πραγματοποίηση/υποστήριξη των δραστηριοτήτων

Για την εκπόνηση και εφαρμογή των σχεδίων μαθήματος ελήφθησαν υπόψη ορισμένες από τις βασικές ψυχοπαιδαγωγικές μαθησιακές/διδακτικές αρχές οι οποίες και αναφέρονται στην συνέχεια(Κουρεμένος, 1993˙ Τσαπαρλής, 1988˙ Groves, 1975˙ Fontana, 1998˙ Joyce & Weil, 1896˙ Lindgreen, 1976˙ Thorndike, 1932):

α) Η αρχή της ενεργητικής συμμετοχής, η οποία αποτελεί βασική προϋπόθεση για επιτυχημένη διδασκαλία.

β) Η αρχή της επεξεργασίας των πληροφοριών, μέσω της οποίας επέρχεται η μάθηση.

γ) Η αρχή της λελογισμένης επέμβασης του διδάσκοντος κατά τη οποία η μάθηση πρέπει να προσαρμόζεται στο μέτρο των φυσιολογικών δυνατοτήτων του μαθητή.

Δ) Η αρχή της συνδιερεύνησης, η οποία εμπερικλείει δύο αρχές (Ματσαγγούρας, 2003): i) την αρχή της διερεύνησης η οποία στηρίζεται από την ψυχολογία των κινήτρων και η οποία διαπιστώνει ότι οι διερευνητικές προσεγγίσεις ενεργοποιούν τα εσωτερικά κίνητρα των μαθητών για μάθηση, αλλά και από τις εποικοδομητικές θεωρίες μάθησης που τονίζουν τον ενεργό ρόλο του μαθητή κατά τη διαδικασία της μάθησης ii) την αρχή της συλλογικής δράσης όπου οι σχέσεις εκπαιδευτικού-μαθητή είναι συμπληρωματικές και παράλληλα αναβαθμίζονται οι διαμαθητικές σχέσεις.

δ) Η αρχή της αυτενέργειας, κυρίως της καθοδηγούμενης κατά την οποία ο μαθητής οδηγείται σε αυτενεργό δράση ύστερα από την ύπαρξη ενός αρχικού ερεθίσματος το οποίο προέρχεται από τον εκπαιδευτικό (πχ επίδειξη διαφανειών). Γενικότερα, η αυτενεργός μάθηση στηρίζεται στο ότι για να αποκτήσει το άτομο αληθινή μόρφωση πρέπει να δραστηριοποιηθεί, προάγεται έτσι το συναίσθημα της υπευθυνότητας (Θεοφιλίδης, 2002).

ε) Η αρχή της συνολικότητας, κατά την οποία η διδασκαλία θα πρέπει να έχει ενότητα, ομοιογένεια και πληρότητα, τα οποία απαιτούν κατάλληλη προετοιμασία και ευκρινές σχέδιο διδασκαλίας από την πλευρά του εκπαιδευτικού.

στ) Η αρχή της εγγύτητας στη ζωή, κατά την οποία το σχολείο είναι μικρογραφία της κοινωνίας και κατά συνέπεια θα πρέπει το σχολείο να γίνει πραγμάτωση της ίδιας της κοινωνίας.

ζ) Η αρχή της βιωματικότητας, κατά την οποία η διδασκαλία θα πρέπει να διεγείρει τον συναισθηματικό κόσμο των μαθητών (Ματσαγγούρας, 2003). Η βιωματικότητα εμφαίνει στους δεσμούς μεταξύ της σχολικής τάξης, της καθημερινής ζωής των μαθητών και της κοινωνικής πραγματικότητας (Κλεάνθους-Παπαδημητρίου, 1952/1980˙ Χρυσαφίδης, 2002) και συνδυάζεται με την προηγούμενη αρχή αυτή της εγγύτητας στη ζωή.

η) Η αρχή της γνωστικής (υλικής) επάρκειας, κατά την οποία αποτελεί υποχρέωση του εκπαιδευτικού να κατέχει το γνωστικό του αντικείμενο.

Για την πραγματοποίηση των δραστηριοτήτων ακολουθήθηκε ένας συνδυασμός μεθόδων διδασκαλίας όπως:

α) της διδακτικής ερωτήσεων-απαντήσεων. Βασική προϋπόθεση αποτελεί η ερώτηση του εκπαιδευτικού να είναι φυσική. Με τις καλές ερωτήσεις ο εκπαιδευτικός μπορεί να δημιουργήσει και να διατηρήσει καλή ατμόσφαιρα στην τάξη καθώς και να καλλιεργήσει τις ανώτερες πνευματικές δεξιότητες των μαθητών του. Ο Dottrens τις κατατάσσει σε ερωτήσεις ελέγχου ή ερωτήσεις ως επικουρικό μέσο διδασκαλίας. Ο ίδιος συνεχίζει υποστηρίζοντας ότι οι ερωτήσεις που χρησιμοποιούνται ως επικουρικό μέσο διδασκαλίας αποβλέπουν στο να κατανοηθεί μια νέα έννοια, προτρέπουν στην ανάληψη πρωτοβουλίας από τον μαθητή και προκαλούν την αυτενέργεια του. Θα πρέπει να διατυπώνονται καθαρά και με σαφήνεια, να μην υποκρύπτουν την απάντηση και να απευθύνονται σε όλη την τάξη (Dottrens, 1930).

β) του διαλόγου με τους μαθητές, της ανοικτής συζήτησης, του καταιγισμού ιδεών, της ανάλυσης πληροφοριών και δεδομένων και της επίδειξης-συζήτησης. Αφορά μια σειρά πληροφοριών που δίνονται στους μαθητές με διάφορες εικόνες. Οι εικόνες αυτές μπορεί να είναι και διαφάνειες, προέρχονται από ειδικά βιβλία, διαφημιστικά φυλλάδια, εγκυκλοπαίδειες,, ημερήσιο περιοδικό τύπο (επιστημονικό ή μη). Όλο το υλικό αυτό αφορά πάντα το περιεχόμενο του μαθήματος και σχετίζεται με την καθημερινή ζωή. Η μέθοδος όπου εφαρμόστηκε είχε πολύ καλά αποτελέσματα (Γιούρη-Τσόχατζη & Μανουσάκης, 2000).

γ) της πραγματοποίησης πειραμάτων, τόσο από τους ίδιους τους μαθητές όσο και επίδειξης τα οποία εκτελέστηκαν από τον εκπαιδευτικό. Είναι βέβαιο ότι τα καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται όταν ο κάθε μαθητής εκτελεί τα πειράματα μόνος του ή κατά ομάδες γιατί με αυτό τον τρόπο αποκτά εμπειρία από «πρώτο» χέρι. Πραγματοποιήθηκαν και πειράματα επίδειξης, τα οποία θεωρήθηκε ότι βοηθούν στην προσέγγιση του θέματος αν και κάποιοι υποστηρίζουν ότι δεν αποτελούν πάντα αποτελεσματικό τρόπο μάθησης διότι ο μαθητής δεν συμμετέχει ενεργά.

δ) της έρευνας με παρατήρηση ή ερωτηματολόγια και της άμεσης εμπειρίας

ε) της ομαδικής εργασίας. Η μέθοδος διδασκαλίας σε ομάδες καλλιεργεί πνεύμα συνεργασίας, ο μαθητής αποκτά αυτογνωσία, αναπτύσσει πρωτοβουλίες και καλλιεργείται η αυτοπεποίθηση του ενώ ταυτόχρονα, η μέθοδος συμβάλλει στην κοινωνικοποίηση του και περιορίζει το πρόβλημα της φυγοπονίας.

στ) της καλλιτεχνικής έκφρασης και του παιχνιδιού (πχ. Επίλυση σταυρόλεξου). Ο Decroly προτείνει την χρήση του παιχνιδιού ως μέσο διδασκαλίας (UNESCO, 1993).

Θεωρήθηκε ότι οι παραπάνω μέθοδοι (στρατηγικές) ήταν κατάλληλες για την διδασκαλία και επεξεργασία του συγκεκριμένου θέματος και ότι θα βοηθούσαν στην αύξηση των γνώσεων των μαθητών και στην στην καλλιέργεια θετικών αντιλήψεων.

Για να μην είναι ανιαρή μια διδασκαλία χρησιμοποιούνται εποπτικά μέσα (Κανάκης, 1989˙ Βασαλά, 1994). Η χρήση εποπτικού υλικού διεγείρει το ενδιαφέρον του μαθητή, παρέχει τη δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να οργανώσει και να ανατροφοδοτήσει τη διδασκαλία, όπως επίσης να προσεγγίσει περιοχές της γνώσης που δεν είναι προσβάσιμες από άλλα διδακτικά υλικά. Προκειμένου για την πραγματοποίηση της διδασκαλίας χρειάστηκε διαφανοσκόπιο ή βιντεοπροβολέας με υπολογιστή, πίνακας και κιμωλίες. Από έρευνες που έχουν γίνει βρέθηκε ότι η γνώση που συσσωρεύει ο άνθρωπος προέρχεται κατά 83% από την όραση, 11% από την ακοή, 3,5% από την όσφρηση, 1,5% από την αφή και 1% από τη γεύση. Γι' αυτό πολλές φορές τα εποπτικά μέσα διδασκαλίας χαρακτηρίζονται ως οπτικοακουστικά μέσα διδασκαλίας (Γιούρη-Τσόχατζη & Μανουσάκης, 2000). Η χρήση διαφανοσκοπίου ή βιντεοπροβολέα έχει ως πλεονεκτήματα ότι εξοικονομείται χρόνος και αυξάνεται το ενδιαφέρον των μαθητών επειδή συνδυάζεται λόγος και εικόνα δημιουργώντας ισχυρές και ενεργές παραστάσεις στους μαθητές .Για την πραγματοποίηση των πειραμάτων απαιτήθηκαν υλικά και όργανα τα οποία αναφέρονται στις αντίστοιχες δραστηριότητες.

4.8.3 Αναλυτική περιγραφή των σχεδίων μαθήματος: Στόχοι και πορεία της εκπαιδευτικής διαδικασίας ανά δραστηριότητα

Στο σχετικό παράρτημα περιγράφεται αναλυτικά η πορεία της εκπαιδευτικής διαδικασίας (Mager, 1985˙ Unesco, 1983) για κάθε δραστηριότητα που πραγματοποιήθηκε από τους καθηγητές. Οι διαφάνειες που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε δραστηριότητα παρατίθενται επίσης σε αντίστοιχο παράρτημα.

4.9 Πληθυσμός της έρευνας και μέθοδος δειγματοληψίας

Η ποιότητα μιας ερευνητικής εργασίας ενισχύεται, εκτός των άλλων, και από την ποιότητα της δειγματοληψίας. Ο κάθε ερευνητής οφείλει να λάβει τις αποφάσεις του αναφορικά με την δειγματοληψία στα πρώτα στάδια του συνολικού προγραμματισμού της ερευνητικής μελέτης του. Πολύ συχνά οι ερευνητές πρέπει να αποσπάσουν πληροφορίες και δεδομένα από μια μικρότερη ομάδα ή από μια υποομάδα του συνολικού πληθυσμού κατά τρόπο τέτοιον ώστε η γνώση που αποκομίζεται να είναι αντιπροσωπευτική του συνολικού πληθυσμού που βρίσκεται υπό μελέτη στην έρευνα. Αυτή η συγκεκριμένη μικρότερη ομάδα ή υποομάδα αποτελεί το δείγμα.

Σε μια έρευνα, φάσεις-κλειδιά αποτελούν οι αποφάσεις σχετικά με: α) το μέγεθος του δείγματος, β) την αντιπροσωπευτικότητα και τις διάφορες παραμέτρους του δείγματος, γ) την πρόσβαση στο δείγμα και δ) την στρατηγική δειγματοληψίας που θα χρησιμοποιηθεί.

Η αλήθεια είναι ότι δεν υπάρχει ξεκάθαρη απάντηση για το πόσο μεγάλο πρέπει να είναι το μέγεθος του δείγματος, λόγω του ότι το κατάλληλο μέγεθος του δείγματος καθορίζεται τόσο από τους σκοπούς της ερευνητικής μελέτης, όσο και από την ιδιαίτερη φύση του πληθυσμού που βρίσκεται υπό εξέταση. Πάντως να σημειωθεί ότι ένα μεγάλο δείγμα δεν είναι ικανό να μας εξασφαλίσει αντιπροσωπευτικότατα (Κατσίλλης, 1998).

Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ένας πίνακας των Krejcie και Morgan (1970) ο οποίος υποδεικνύει το κατάλληλο μέγεθος ενός τυχαίου δείγματος πιθανοτήτων για ένα δεδομένο αριθμό του ευρύτερου πληθυσμού. Έτσι, για πληθυσμό 1.000.000 ένα τυχαίο αντιπροσωπευτικό δείγμα είναι 384 με ένα σφάλμα στη δειγματοληψία της τάξεως του 5% με επίπεδο εμπιστοσύνης 95% (Borg & Gall, 1996).

Σε ότι αφορά στην αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος κάθε ερευνητής πρέπει να είναι ξεκάθαρος στο τι ακριβώς είναι αυτό που αντιπροσωπεύεται δηλαδή θα πρέπει να ορίσει τις παραμέτρους των χαρακτηριστικών του ευρύτερου πληθυσμού και το πλαίσιο της δειγματοληψίας με ξεκάθαρο τρόπο. Επιπρόσθετα, ο ερευνητής θα πρέπει να διασφαλίζει ότι θα του επιτραπεί η πρόσβαση στο δείγμα προκειμένου να εξασφαλίσει τα αποτελέσματα του. Τέλος, ο ερευνητής καθορίζει την στρατηγική δειγματοληψίας που πρόκειται να χρησιμοποιήσει. Για να γίνουν γενικεύσεις από το δείγμα στον πληθυσμό, προϋποτίθεται να υπάρχει δείγμα πιθανοτήτων το οποίο έχει εξαχθεί από τον πληθυσμό (Συλλογή πληροφορίας από το τυχαίο δείγμα → Εξαγωγή συμπερασμάτων για τον πληθυσμό). Επιπρόσθετα το τυχαίο δείγμα θα πρέπει να επιλεγεί έτσι ώστε χρησιμοποιώντας τα χαρακτηριστικά-μεταβλητές του δείγματος, να περιγραφούν ικανοποιητικά οι μεταβλητές του πληθυσμού.

Κατ' ουσίαν υπάρχουν δύο βασικές μέθοδοι δειγματοληψίας (Schofield, 1996). Η μια βασίζεται στη θεωρία των πιθανοτήτων (γνωστή και ως τυχαίο δείγμα) και η άλλη στη θεωρία μη πιθανοτήτων (γνωστή και ως δείγμα σκοπιμότητας). Η διαφορά μεταξύ τους έγκειται στο εξής: σε ένα δείγμα πιθανοτήτων, οι πιθανότητες που υπάρχουν στο να επιλεγούν μέλη της ευρύτερης κοινωνίας στο δείγμα είναι γνωστές, ενώ σε ένα δείγμα μη πιθανοτήτων οι αντίστοιχες πιθανότητες επιλογής είναι άγνωστες. Στην πρώτη περίπτωση κάθε μέλος της ευρύτερης κοινωνίας έχει ίσες πιθανότητες να επιλεγεί, η ένταξη δηλαδή ή ο αποκλεισμός από το δείγμα είναι καθαρά ζήτημα τύχης. Στη δεύτερη περίπτωση, κάποια μέλη του ευρύτερου πληθυσμού θα αποκλειστούν από το δείγμα, ενώ κάποια άλλα θα περιληφθούν οπωσδήποτε σε αυτό.

Στα δείγματα πιθανοτήτων εντάσσονται τα δείγματα από διαφορετικά είδη δειγματοληψίας: απλή τυχαία, συστηματική, στρωματοποιημένη, κατά συστάδες, σταδιακή και πολυφασική δειγματοληψία. Στα δείγματα μη πιθανοτήτων εντάσσονται, αντίστοιχα, τα δείγματα από δειγματοληψία: βολική, ποσοστιαία, σκοπιμότητας, κατά διαστάσεις και χιονοστιβάδας.

Ειδικότερα για τη θεωρία των πιθανοτήτων (γνωστή και ως τυχαίο δείγμα) κάποιοι από τους βασικούς τρόπους με τους οποίους μπορεί να γίνει η δειγματοληψία αναλύονται στην συνέχεια:

1. «Απλή» τυχαία δειγματοληψία. Στην τυχαία δειγματοληψία κάθε άτομο του πληθυσμού έχει ίση πιθανότητα να συμπεριληφθεί στο δείγμα. Η επιλογή του δείγματος γίνεται με κλήρωση ή με επιλογή από πίνακες τυχαίων αριθμών οι οποίοι αντιπροσωπεύουν τα άτομα του πληθυσμού. Όπου χρησιμοποιείται η απλή τυχαία δειγματοληψία, το μέγεθος του δείγματος το οποίο πρέπει να αντικατοπτρίζει την πληθυσμιακή αξία μιας συγκεκριμένης μεταβλητής εξαρτάται τόσο από το μέγεθος του πληθυσμού όσο και από το ποσοστό ετερογένειας του συγκεκριμένου πληθυσμού (Bailey, 1978).

2. «Κατά στρώματα» τυχαία δειγματοληψία. Στην κατά στρώματα τυχαία δειγματοληψία τα μέλη του πληθυσμού κατηγοριοποιούνται σε ομάδες με βάση ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά. Από κάθε ομάδα η οποία σχηματίζεται, λαμβάνονται τυχαία τόσα άτομα, ώστε κάθε ομάδα να αντιπροσωπεύεται αναλογικά στο δείγμα. Η κατά στρώματα τυχαία δειγματοληψία παρουσιάζει τα περισσότερα μεθοδολογικά πλεονεκτήματα και καλό είναι να επιλέγεται από τους ερευνητές, όπου υπάρχει η δυνατότητα.

3. «Κατά επίπεδα»τυχαία δειγματοληψία. Στην κατά επίπεδα τυχαία δειγματοληψία αρχικά από τον πληθυσμό επιλέγεται ένας μεγάλος αριθμός ατόμων με βάση ένα χαρακτηριστικό. Από την ομάδα που σχηματίζεται, φτιάχνεται μια νέα ομάδα με λιγότερα άτομα με βάση κάποιο άλλο χαρακτηριστικό. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι να σχηματιστεί μια ομάδα με τον επιθυμητό αριθμό ατόμων για το δείγμα (Παρασκευόπουλου, 1993).

4. Κατά συστάδες τυχαία δειγματοληψία. Στην κατά συστάδες τυχαία δειγματοληψία ο ερευνητής επιλέγει ομάδες ατόμων με τα χαρακτηριστικά τα οποία θέλει να έχουν τα άτομα του δείγματος. Ένα μειονέκτημα στην κατά συστάδες τυχαία δειγματοληψία είναι ότι, αν και ο ερευνητής επιλέγει τυχαία ομάδες με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά για το δείγμα του, δεν φτάνει στην τυχαία επιλογή ατόμων. Η συγκεκριμένη δειγματοληπτική μέθοδος καλό είναι να εφαρμόζεται στις περιπτώσεις που δεν είναι δυνατή η εφαρμογή κάποιας από τις άλλες δειγματοληπτικές μεθόδους (Παρασκευόπουλου, 1993).

Κατά την εξέταση των γνώσεων και των αντιλήψεων των μαθητών του Γυμνασίου για το θέμα που αφορά στην εκμετάλλευση και χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών ως πληθυσμός της

έρευνας ορίστηκε το σύνολο των μαθητών της Β' και Γ' Γυμνασίου της Ελλάδας (αστικών κέντρων και ημιαστικών περιοχών). Στην συνέχεια παρατίθενται οι λόγοι για τους οποίους επιλέχθηκε ο συγκεκριμένος πληθυσμός:

-Επιλέχθηκε να μην εφαρμοστεί το υλικό σε τάξεις του Λυκείου λόγω του φορτωμένου προγράμματος και του περιορισμένου χρόνου, ειδικότερα στις δύο μεγαλύτερες τάξεις. Πολλοί από τους καθηγητές που εφάρμοσαν το εκπαιδευτικό υλικό στο γυμνάσιο και παράλληλα διδάσκουν και στο λύκειο έκριναν ότι τα χρονικά περιθώρια για την εφαρμογή σε μεγαλύτερες τάξεις είναι εξαιρετικά περιορισμένα. Δεν τίθεται συζήτηση για τους μαθητές της Γ' Λυκείου που είναι επιφορτισμένοι με τις πανελλήνιες εξετάσεις κάτι που καθιστά εξαιρετικά δύσκολη την συμμετοχή τους σε διάφορες δραστηριότητες. Να σημειωθεί ότι ειδικά στο Λύκειο, οι ώρες του μαθήματος της Χημείας είναι εξαιρετικά περιορισμένες ενώ, οι μαθητές των συγκεκριμένων τάξεων (Β΄ και Γ΄ Λυκείου) σπάνια συμμετέχουν σε προγράμματα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης.

-Σε ότι αφορά στην εφαρμογή του υλικού στο Γυμνάσιο εξετάστηκαν οι γνώσεις και οι αντιλήψεις των μαθητών της Β' και Γ' Γυμνασίου προκειμένου να διερευνηθεί το επίπεδο των γνώσεων και των αντιλήψεων τους για το συγκεκριμένο θέμα. Δεν έγινε εφαρμογή σε μαθητές της Α' Γυμνασίου διότι δεν διδάσκονται το μάθημα της χημείας.

Στην έρευνα που πραγματοποιήσαμε έγινε κατά συστάδες τυχαία δειγματοληψία. Δεν ήταν εύκολο να χρησιμοποιηθεί κάποια άλλη μέθοδος δειγματοληψίας. Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη (Τρικαλίτη, 1995˙ Barraza & Walford, 2002) ειδικά όταν πρόκειται να πραγματοποιηθεί διδακτική παρέμβαση (Ballantyne, Fien & Packer, 2001) διότι με αυτόν τον τρόπο δεν διαταράσσεται η λειτουργία του σχολείου. Έτσι, για την εξέταση των γνώσεων και των αντιλήψεων των μαθητών για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών επιλέχθηκαν ολόκληρα τμήματα των Β΄και Γ΄τάξεων του Γυμνασίου.

Οι συστάδες που χρησιμοποιήσαμε είναι 10 τμήματα της Β Γυμνασίου και 9 τμήματα της Γ' Γυμνασίου. Ως δειγματοληπτική μονάδα (Φίλιας, 1994) για τον σκοπό της παρούσας έρευνας καθορίστηκε ο μαθητής. Η αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος εξασφαλίστηκε μέσα από την τυχαία επιλογή αριθμού μαθητών Β΄ και Γ΄ τάξεως Γυμνασίου διαφορετικών σχολείων. Επιλέχθηκαν κυρίως δημόσια γυμνάσια (καθώς και ένα ιδιωτικό), επειδή αποτελούν τον κύριο κορμό της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην χώρα μας. Τα σχολεία βρίσκονται σε αστικά κέντρα και ημιαστικές περιοχές και σε αυτά φοιτούν μαθητές και μαθήτριες που προέρχονται από διάφορα κοινωνικοοικονομικά επίπεδα και περιοχές με διαφορετική πληθυσμιακή και περιβαλλοντική φυσιογνωμία. Επιλέχθηκε να εφαρμοστεί το εκπαιδευτικό υλικό και σε σχολεία ημιαστικών περιοχών προκειμένου να γίνει προσπάθεια να εξαχθούν συγκριτικά αποτελέσματα μεταξύ των

μαθητών των αστικών κέντρων και των ημιαστικών περιοχών. Η αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος μας επιτρέπει να εξάγουμε κάποια συμπεράσματα για τις γνώσεις και αντιλήψεις όλων των μαθητών Β' και Γ' Γυμνασίου της χώρας.

Ένα δείγμα θα πρέπει να έχει μέγεθος τουλάχιστον 30 ατόμων, για να ικανοποιείται η κατανομή Gauss και έτσι να έχει νόημα ο υπολογισμός παραμετρικών κριτηρίων για τις μεταβλητές που εξετάζονται (Javeau, 2000). Μερικά παραμετρικά κριτήρια είναι η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και η σύγκριση μέσων όρων. Για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας ένα δείγμα 400 μαθητών κρίθηκε επαρκές.

4.10 Γενική επισκόπηση μέσων συλλογής δεδομένων σε μία εκπαιδευτική έρευνα

Τα κύρια μέσα συλλογής των δεδομένων σε μία έρευνα είναι το ερωτηματολόγιο, η συνέντευξη, η παρατήρηση και ο συνδυασμός αυτών.

Το ερωτηματολόγιο είναι ένα έντυπο που περιέχει μια σειρά από ερωτήσεις που έχουν επιλεγεί με βάση το σκοπό της έρευνας που επιχειρείται. Ο ερωτώμενος διαβάζει τις ερωτήσεις και απαντά. Το ερωτηματολόγιο θεωρείται ότι έχει το πλεονέκτημα της περιορισμένης υποκειμενικότητας αφού ο ερευνητής και ο συμμετέχων στη έρευνα δεν έχουν προσωπική επαφή ώστε να υπάρχει μεροληψία. Το μειονέκτημά του είναι ότι τα ερευνητικά προβλήματα δεν εξετάζονται σε βάθος (Κασσωτάκης, 1999).

Η συνέντευξη είναι μια προσωπική επικοινωνία μεταξύ ερευνητή και συμμετέχοντος στη έρευνα. Οι επιλεγμένες ερωτήσεις υποβάλλονται προφορικά από τον εξεταστή στον συμμετέχοντα. Ο συμμετέχων στη έρευνα απαντά προφορικά στις απαραίτητες πληροφορίες και ο ερευνητής τις καταγράφει όσο το δυνατόν πιστότερα. Το πλεονέκτημα της συνέντευξης είναι ότι δίνει τη δυνατότητα στον ερευνητή να διερευνήσει το ερευνητικό πρόβλημα σε μεγαλύτερο βάθος. Το μειονέκτημα της συνέντευξης είναι η υποκειμενικότητα και η μεροληψία και των δύο πλευρών, αφού οι προσωπικές ανάγκες και οι προκαταλήψεις ωθούν τα εμπλεκόμενα μέρη στην διαφορετική πολλές φορές ερμηνεία της συζήτησης.

Η παρατήρηση είναι η θέαση ή ακρόαση από τον ίδιο τον ερευνητή της εξέλιξης του υπό μελέτη φαινομένου. Ο ερευνητής καταγράφει τις σχετικές με το ερευνώμενο θέμα πληροφορίες με βάση τα όσα διαπιστώνει ο ίδιος. Η παρατήρηση πλεονεκτεί σε σχέση με τις άλλες μεθόδους συλλογής δεδομένων στην περίπτωση που εξετάζονται θέματα στάσεων και αξιών. Στις περιπτώσεις αυτές, επειδή όλοι έχουν την τάση να δίνουν κοινωνικοποιημένες απαντήσεις, υπάρχει ο κίνδυνος αλλοίωσης των πραγματικών διαθέσεων και επιλογών εκ μέρους των υποκειμένων (Παρασκευόπουλου, 1993).

4.10.1. Επιλογή μέσου συλλογής δεδομένων στην παρούσα έρευνα

Το ερωτηματολόγιο ως μέσο συλλογής πληροφοριών αποτελεί ένα από τα πιο διαδεδομένα και πολυχρησιμοποιημένα μέσα. Εφόσον είναι κατασκευασμένο σωστά, επιτρέπει τη συλλογή έγκυρων και αξιόπιστων δεδομένων με εύκολο, φτηνό και χρονικά σύντομο τρόπο. Η κατασκευή ενός ερωτηματολογίου δεν είναι εύκολη. Προκειμένου να κατασκευαστεί ένα έγκυρο και αξιόπιστο ερωτηματολόγιο απαιτούνται 10-50 ώρες, μέσα στις οποίες συμπεριλαμβάνονται η πιλοτική δοκιμή, η προσαρμογή του και η επανεξέταση του (Anderson & Arsenault, 1998).

Η απόφαση για την χρήση ερωτηματολογίου σε μια έρευνα προκύπτει από την ανάγκη για συλλογή δεδομένων ρουτίνας από έναν μεγάλο αριθμό δείγματος, που βρίσκονται σε διάσπαρτους χώρους (Anderson & Arsenault, 1998). Γενικά στην εκπαιδευτική έρευνα η χρήση ερωτηματολογίου είναι διαδεδομένη διότι δεν υποβάλλεται κανείς σε μεγάλη δαπάνη για να φτάσει σε αντιπροσωπευτικά και αντικειμενικά αποτελέσματα, προσφέρεται η δυνατότητα να συνδεθεί η έρευνα με προϋπάρχουσες έρευνες (Κωνσταντινόπουλος, 2002), ενώ θεωρείται η καταλληλότερη μέθοδος για τη διερεύνηση αντιλήψεων και στάσεων (Βαμβουκάς, 1991).

Η Βασαλά (1994), η Αγγελίδου (1995) και η Τρικαλίτη (1995) έχουν χρησιμοποιήσει γραπτό ερωτηματολόγιο για τη διερεύνηση των γνώσεων και στάσεων των μαθητών για διάφορα περιβαλλοντικά θέματα.

Στην παρούσα έρευνα και προκειμένου για τη μέτρηση των γνώσεων και των αντιλήψεων των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για το θέμα της εκμετάλλευσης και χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί ένα ερωτηματολόγιο το οποίο διαμορφώθηκε εξαρχής για τον σκοπό της έρευνας και αξιολογήθηκε κατά την πορεία της. Χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο λόγω του σχετικά μεγάλου δείγματος της έρευνας καθώς επίσης και για να αξιοποιηθούν τα πλεονεκτήματα τα οποία παρέχει αυτός ο τρόπος συγκέντρωσης δεδομένων (για παράδειγμα η περιορισμένη μεροληψία όπως αναφέρθηκε παραπάνω) καθώς και γιατί το ερωτηματολόγιο αποτελεί ένα ανιχνευτικό μέσο για μελέτες εύκολα μετρήσιμες και διαχρονικά συγκρίσιμες (Javeau, 2000). Επιπρόσθετα, το ερωτηματολόγιο ως μέσο συλλογής δεδομένων χρησιμοποιήθηκε τόσο λόγω της ανωνυμίας την οποία εξασφαλίζει, όσο και λόγω αντικειμενικών και διοικητικών δυσκολιών: δεν ήταν εύκολο να συγκεντρωθούν δεδομένα με άλλον τρόπο λόγω χρόνου, δυσκολιών στο ωρολόγιο πρόγραμμα, απόστασης του ερευνητή από τους μαθητές (σχολεία της επαρχίας) κλπ. Η συνέντευξη και η συγκέντρωση δεδομένων με παρατήρηση δεν προτιμήθηκαν στη διεξαγωγή της συγκεκριμένης έρευνας λόγω του ότι απαιτούν σημαντική εμπειρία από τον ερευνητή (η οποία μάλλον δεν υπάρχει) καθώς και διότι είναι ευάλωτες σε υποκειμενικά κριτήρια όπως προαναφέρθηκε. Ταυτόχρονα απαιτούν και πολύ περισσότερο χρόνο.

Πρέπει δε να σημειωθεί ότι γενικά ο σχολικός χρόνος είναι περιορισμένος και οι παρεμβάσεις εκτός αναλυτικού προγράμματος δεν είναι εύκολες.

4.10.2 Στάδια ανάπτυξης και δόμησης ενός ερωτηματολογίου και προσαρμογή στην παρούσα έρευνα

Για την ανάπτυξη και κατασκευή ενός ερωτηματολογίου ακολουθούνται έξι βασικά βήματα: Α) Προσδιορισμός των ερευνητικών ερωτημάτων/ Καθορισμός ερωτήσεων Β) Σκιαγράφηση-προσχεδίαση των στοιχείων-αντικειμένων Γ) Διαδοχή-ακολουθία των στοιχείων-αντικειμένων Δ) Σχεδιασμός του ερωτηματολογίου Ε) Πιλοτική δοκιμή και διόρθωση του ερωτηματολογίου ΣΤ) Ανάπτυξη στρατηγικής για τη συλλογή δεδομένων και την ανάλυση τους.

4.10.2.1 Προσδιορισμός των ερευνητικών ερωτημάτων/ Καθορισμός ερωτήσεων

Προκειμένου να αναπτυχθεί ένα έγκυρο ερωτηματολόγιο πρέπει να ξεκαθαριστούν και να ταυτοποιηθούν οι υπάρχουσες ανάγκες για πληροφορίες. Ο καθορισμός των αναγκών είναι κρίσιμος και διευκολύνει το στήσιμο των ερωτήσεων που θα απαντήσουν στα ερωτήματα της έρευνας και θα επιτύχουν τους σκοπούς της (*ειδικότερα, στην παρούσα έρευνα για τον καθορισμό των ερωτημάτων και των υποθέσεων βλέπε ενότητα 4.6*). Καλό είναι οι ερωτήσεις να είναι συγκεκριμένες και να επικεντρώνουν στο κύριο θέμα. Επιπρόσθετα, το ερωτηματολόγιο θα πρέπει να χωρίζεται σε υποενότητες. Ο αριθμός των ερωτήσεων θα πρέπει να είναι διαχειρίσιμος αφού, ο μεγάλος αριθμός ερωτήσεων δεν συνίσταται.

Για τη σύνταξη ενός ερωτηματολογίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο τύποι ερωτήσεων: οι ανοικτού και κλειστού τύπου. Στις ερωτήσεις ανοικτού τύπου ο ερωτώμενος εκθέτει τα γεγονότα και τις απόψεις του σε συνεχή λόγο. Οι ερωτήσεις ανοικτού τύπου διακρίνονται σε ερωτήσεις ελεύθερης αναπτύξεως και σε ερωτήσεις σύντομης απαντήσεως. Η έκταση της απάντησης αποτελεί και την διαφορά στα είδη αυτών των ερωτήσεων (Κασσωτάκης, 1999). Το μέγεθος του κενού που αφήνει ο ερευνητής σε κάθε τέτοια ερώτηση επιδρά στον ερωτώμενο για το μέγεθος της απάντησης του αντίστοιχα. Στις ερωτήσεις κλειστού τύπου κατατάσσονται οι ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, διαζευκτικής απαντήσεως, συζεύξεως και συμπληρώσεως.

Πιο συγκεκριμένα, στο ερωτηματολόγιο που συμπλήρωσαν οι μαθητές όλες οι ερωτήσεις ήταν κλειστού τύπου (πολλαπλής επιλογής με αρκετές ερωτήσεις στις οποίες υπήρχαν περισσότερες από μια σωστές επιλογές) στην ενότητα των γνώσεων και ερωτήσεις διαβαθμισμένης πεντάβαθμης κλίμακας Likert στην ενότητα που αφορούσε στις αντιλήψεις των μαθητών.

4.10.2.2 Σκιαγράφηση των στοιχείων του μετρητικού εργαλείου

Μόλις καθοριστούν τα ερωτήματα της έρευνας καθώς και οι ερωτήσεις και οι υποερωτήσεις προκύπτει το θέμα της σχεδίασης των αντικειμένων. Η εμπειρία λέει ότι η συμπλήρωση κενού, η πολλαπλή επιλογή, οι ερωτήσεις σχολιασμού, η λίστα (κατάλογος), η κλίμακα Likert, οι ερωτήσεις σειράς κατάταξης, οι ερωτήσεις διαζευκτικής απαντήσεως ή ερωτήσεις του τύπου «σωστό - λάθος» και οι ερωτήσεις συζεύξεως εξυπηρετούν τις περισσότερες ανάγκες και οδηγούν σε αξιόπιστες και έγκυρες απαντήσεις. Επιπρόσθετα, τα παραπάνω είδη θεωρούνται και πιο προσφιλή στους ερωτώμενους. Πιο αναλυτικά, οι τύποι ερωτήσεων για την κατάρτιση ενός ερωτηματολογίου είναι:

-Ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού: Πρόκειται για ερωτήσεις οι οποίες αφού γίνουν, υπάρχει ένα κενό για την απάντηση. Συνήθως η απάντηση που απαιτούν είναι ένας αριθμός, μια λέξη ή μια φράση. Το κενό της ερώτησης ακολουθεί την απάντηση. Είναι καλό να είναι στην ίδια σειρά με την ερώτηση και το κενό να έχει το μήκος που απαιτείται.

-Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής: Είναι ερωτήσεις παρόμοιες με τις συμπλήρωσης κενού, μόνο που ο ερωτώμενος καλείται να επιλέξει μια απάντηση από ένα σύνολο δοσμένων απαντήσεων. Συνήθως το πλήθος των απαντήσεων που δίνεται προκειμένου να επιλέξουν οι ερωτώμενοι είναι από 4-8 επιλογές. Πολλές φορές ανάμεσα στις επιλογές υπάρχει και η επιλογή της κενής απάντησης. Συνίσταται να αποφεύγονται οι εναλλακτικές απαντήσεις του τύπου: «δεν ξέρω», «καμιά από τις παραπάνω απαντήσεις», «όλες οι παραπάνω απαντήσεις», ωστόσο δεν θα πρέπει να αποκλείονται. Συνήθως οι ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής συνοδεύονται και από αντίστοιχα κουτάκια προκειμένου ο ερωτώμενος να επιλέξει την απάντηση. Γενικά πάντως οι ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής δίνουν τη δυνατότητα ελέγχου όλης της εκτάσεως της ύλης σε σύντομο χρονικό διάστημα ενώ παράλληλα μειώνουν την πιθανότητα των απαντήσεων στην τύχη (Κασσωτάκης, 1999).

-Ερωτήσεις σχολιασμού: Οι ερωτήσεις σχολιασμού είναι παρόμοιες με αυτές τις συμπλήρωσης κενού αλλά με μια βασική διαφορά. Οι ερωτήσεις σχολιασμού στοχεύουν σε μια εκτεταμένη απάντηση και αφήνουν περιθώριο για να γραφτεί μια μικρή παράγραφος. Βέβαια, τέτοιου είδους ερωτήσεις δεν πρέπει να πολυχρησιμοποιούνται διότι επηρεάζουν το αποτέλεσμα. Εξάλλου, οι πληροφορίες που παρέχουν είναι δύσκολο να αναλυθούν και με άλλους τρόπους. Η εκτεταμένη χρήση τέτοιων ερωτήσεων φανερώνει βιασύνη εκ μέρους του ερευνητή (Anderson & Arsenault, 1998). Το κενό που αφήνεται για απάντηση από τον ερευνητή προσδιορίζει και το βαθμό λεπτομέρειας στην απάντηση που αναμένει.

-Λίστα: Αυτού του είδους οι ερωτήσεις «πιέζουν» τον ερωτώμενο να σκεφτεί απαντήσεις χωρίς να έχει ήδη διαθέσιμες κάποιες απαντήσεις ώστε να μπορεί να επιλέξει. Σε αυτού του είδους τις ερωτήσεις χρήσιμο είναι να ζητάτε λίστα με σειρά σπουδαιότητας, η οποία δίνει δυνατότητες

ανάλυσης στην συνέχεια. Πάντως πολλοί ερευνητές θεωρούν σημαντικό ο ερωτώμενος να ενθαρρύνεται να απαριθμεί 3-5 απαντήσεις.

-Κλίμακα Likert: Αποτελούν έναν από τους πιο σημαντικούς τύπους ερωτήσεων. Θεωρείται ότι πετυχαίνουν μεγάλο βαθμό αξιοπιστίας (Moser & Calton, 1979). Η κλίμακα ονομάστηκε έτσι από το Rensis Likert ο οποίος την ανέπτυξε το 1952. Η κλίμακα Likert αποτελεί ένα άριστο μέσο συλλογής γνωμών και στάσεων σε μικρό σχετικά χρονικό διάστημα. Ο ερωτώμενος καλείται να απαντήσει αν συμφωνεί ή διαφωνεί για μια άποψη, στάση ή κρίση σε τριτοβάθμια, πενταβάθμια ή επταβάθμια κλίμακα. Η πεντάβαθμη κλίμακα Likert είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη και καλύπτει τις περισσότερες ερευνητικές ανάγκες, ωστόσο συχνά χρησιμοποιείται και η επταβάθμια (Matell & Jacoby, 1972). Έχει βρεθεί ότι, όσο μικραίνει ο αριθμός των εναλλακτικών απαντήσεων στην κλίμακα Likert, τόσο μικραίνει το ποσοστό επιλογής της απάντησης «δεν γνωρίζω» και αυξάνει ο χρόνος συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου (Matell & Jacoby, 1972).

Όταν σε ένα ερωτηματολόγιο χρησιμοποιείται η κλίμακα Likert πρέπει να περιέχονται οδηγίες για το πως γίνεται η συμπλήρωση. Η ερώτηση δεν τίθεται με ερωτηματική μορφή. Στην ουσία πρόκειται για μια φράση-δήλωση και ο ερωτώμενος επιλέγει τον βαθμό που τον αντιπροσωπεύει. Ο δεκάλογος των καλών και αποτελεσματικών προτάσεων για την περίπτωση της κλίμακας Likert δίνεται στην συνέχεια (Anderson & Arsenault, 1998):

- Οι προτάσεις να είναι εύκολες και να περιλαμβάνουν η κάθε μια από μια πλήρη σκέψη.
- Οι προτάσεις να είναι σύντομες, σπάνια πάνω από 20 λέξεις.
- Οι δηλώσεις δεν πρέπει να είναι παρελθοντικού χρόνου και να αναφέρονται σε γεγονότα.
- Οι δηλώσεις πρέπει να καλύπτουν όλο το εύρος των αναμενόμενων απαντήσεων ενώ πρέπει να αποφεύγονται οι ερωτήσεις που είναι πιθανόν να απαντηθούν όμοια από όλους.
- Πρέπει να αποφεύγονται δηλώσεις που δεν είναι τεκμηριωμένες ή μεταφράζονται ως τέτοιες.
- Λέξεις όπως μόνο, απλώς κλπ πρέπει να αποφεύγονται.
- Πρέπει να αποφεύγονται δηλώσεις που μπορεί να ερμηνευτούν με πολλούς τρόπους.
- Πρέπει να αποφεύγεται η χρήση γενικοτήτων όπως όλα, πάντα, ποτέ, κανένα.
- Δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται οι διπλές αρνήσεις
- Πρέπει να αποφεύγεται η χρήση λέξεων που δεν είναι κατανοητές.

-Ερωτήσεις κατάταξης: Είναι τύπος ερωτήσεων όπου δίνεται στον ερωτώμενο μια λίστα και ζητείται να τα βάλουν με σειρά σπουδαιότητας.

-Ερωτήσεις διαζευκτικής απαντήσεως ή ερωτήσεις του τύπου «σωστό - λάθος»: Σε αυτές τις ερωτήσεις ο ερωτώμενος απαντά αν η πρόταση που αναγράφεται είναι σωστή ή λάθος. Αυτό το

είδος των ερωτήσεων υπόκειται πολύ στην επίδραση της τύχης.

-Ερωτήσεις συζεύξεως: Σε αυτές τις ερωτήσεις ο ερωτώμενος καλείται να συσχετίσει τις έννοιες που αναγράφονται σε δύο, παράλληλες μεταξύ τους στήλες. Καλό είναι στις δύο στήλες ο αριθμός των επιλογών που υπάρχουν να είναι διαφορετικός (Johnstone & Ambusaidi, 2001).

Σε ότι αφορά στο ερωτηματολόγιο της παρούσας έρευνας: Για την υποενότητα των γενικών γνώσεων των μαθητών (το οποίο μετρούσε την υποκλίμακα γνώσεις) επιλέχθηκαν εννιά ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και 4-7 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, ανάλογα με τη δραστηριότητα για το ειδικό μέρος εξέτασης των γνώσεων (υποενότητα ειδικών γνώσεων ανάλογα με τη δραστηριότητα). Με αυτόν τον τρόπο θεωρήθηκε ότι υπήρχε δυνατότητα ελέγχου μεγάλης έκτασης της ύλης σε μικρό χρονικό διάστημα ενώ παράλληλα, μειώθηκε η πιθανότητα των τυχαίων απαντήσεων. Επίσης, η κωδικοποίηση και ταξινόμηση τους έγινε πιο εύκολα. Κάποιες από τις ερωτήσεις τόσο του γενικού, όσο και του ειδικού μέρους είχαν παραπάνω από μια σωστές απαντήσεις και επομένως μεγαλύτερο βαθμό δυσκολίας.

Για την υποενότητα των αντιλήψεων (η οποία μετρούσε την υποκλίμακα αντιλήψεις) επιλέχθηκαν δεκαοχτώ στοιχεία (φράσεις) για τα οποία οι μαθητές κλήθηκαν να δηλώσουν τον βαθμό συμφωνίας ή διαφωνίας τους σε πεντάβαθμη κλίμακα Likert. Επιλέχθηκε αυτό το είδος ερωτήσεων γιατί όπως αναφέρθηκε και παραπάνω θεωρείται ότι πετυχαίνουν μεγάλο βαθμό αξιοπιστίας και αποτελούν ένα άριστο μέσο συλλογής δεδομένων σε μικρό σχετικά χρονικό διάστημα. Για τη σύνταξη των δεκαοχτώ ερωτήσεων ελήφθη υπόψη ο δεκάλογος των καλών και αποτελεσματικών προτάσεων (βλέπε παραπάνω και σχετική βιβλιογραφία).

4.10.2.3 Διαδοχή των στοιχείων

Τα καλά ερωτηματολόγια περιέχουν υποενότητες, εκτός αν είναι πολύ σύντομα. Οι υποενότητες δίνουν την αίσθηση της δομής σε ένα ερωτηματολόγιο και επικοινωνούν κατά κάποιον τρόπο τον σκοπό στον ερωτώμενο. Οι ερωτήσεις ομαδοποιούνται μέσα σε κάθε ενότητα. Δεν ενδείκνυται ένα ερωτηματολόγιο να ξεκινά ποτέ με ερώτηση ανοικτού τύπου η οποία χρειάζεται μεγάλη ανάπτυξη, με άλλα λόγια πολύ γράψιμο αφού αυτό συνήθως αποθαρρύνει τους ερωτώμενους και μειώνει τον απαντητικό ρυθμό. Ένα καλό ερωτηματολόγιο, προκειμένου να πετύχει τους στόχους του πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο σύντομο. Τυπικά πρέπει να περιορίζεται σε 2-4 σελίδες.

Ειδικότερα και σε ότι αφορά στην παρούσα έρευνα το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε είχε τρεις υποενότητες: την υποενότητα με τα δημογραφικά στοιχεία, την υποενότητα με τις ερωτήσεις γνώσεων και την υποενότητα με τις ερωτήσεις των αντιλήψεων. Το ερωτηματολόγιο που

δόθηκε για συμπλήρωση μετά την εφαρμογή του σχεδίου εργασίας περιελάμβανε και μια τέταρτη υποενότητα/ειδικό μέρος εξέτασης επιπλέον γνώσεων ανάλογα με τη δραστηριότητα που εφαρμόστηκε. Κρίθηκε, ότι η συμπλήρωση κάθε ειδικού μέρους θα εξυπηρετούσε και ως ένας τρόπος αξιολόγησης της κάθε δραστηριότητας. Να σημειωθεί εδώ ότι η ενότητα με τα δημογραφικά στοιχεία περιελάμβανε τις ανεξάρτητες μεταβλητές της έρευνας (όχι όλες) δηλαδή το φύλο, το επίπεδο εκπαίδευσης των δύο γονέων και την πρότερη συμμετοχή ή μη σε πρόγραμμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης.

Για λόγους κωδικοποίησης, σωστής εισαγωγής των δεδομένων στον υπολογιστή αλλά και διασφάλισης της μοναδικότητας του ερωτηματολογίου εζητείτο από τους μαθητές να συμπληρώσουν έξι τετράγωνα: Στα δύο πρώτα τετράγωνα τους εζητείτο να γράψουν τα αρχικά του ονόματος της μητέρας τους, στα δύο επόμενα τετράγωνα τα αρχικά του ονόματος του πατέρα τους, ενώ στα δύο επόμενα τετράγωνα τους εζητείτο να γράψουν τον αριθμό της διεύθυνσης του σπιτιού τους. Διευκρινιζόταν ότι εάν ο αριθμός αυτός ήταν μονοψήφιος, έπρεπε να γράψουν πρώτα το μηδέν και μετά τον αριθμό, ενώ εάν ήταν τριψήφιος τους εζητείτο να γράψουν τα δύο πρώτα ψηφία. Με αυτόν τον τρόπο ελέγχθηκε αν για κάθε μαθητή υπήρχαν συμπληρωμένα δύο ερωτηματολόγια.

4.10.2.4 Σχεδιασμός του ερωτηματολογίου

Η μορφή ενός ερωτηματολογίου είναι πολύ σημαντική. Ένα ελκυστικό ερωτηματολόγιο απαντάται ευκολότερα από ένα άλλο, λιγότερο ελκυστικό. Πολλοί ερευνητές θεωρούν ότι ένα ερωτηματολόγιο καλού τύπου είναι αυτό με την μορφή φυλλαδίου. Αυτό συμβαίνει γιατί: α) ένα φυλλάδιο είναι απλό στην χρήση και εύκολο στο να παραχθεί β) τα φυλλάδια μειώνουν την χρήση χαρτιού ενώ αν σταλούν διαδικτυακά περιορίζουν τα ταχυδρομικά τέλη γ) τα ερωτηματολόγια που τυπώνονται και από τις δύο πλευρές «*φαίνονται*» λιγότερο επίπονα στο συμπλήρωμα από άλλα που είναι τυπωμένα μόνο από την μια μεριά και συρραμμένα στην γωνία δ) τα φυλλάδια μπορούν να παραχθούν σε οποιοδήποτε σχήμα.

Αν το ερωτηματολόγιο είναι μικρό (4 σελίδες και κάτω) είναι καλό να υπάρχει εξώφυλλο ενώ, σε κάθε περίπτωση πρέπει να υπάρχει μια εισαγωγική παράγραφος. Η παράγραφος αυτή θα πρέπει να περιλαμβάνει πληροφορίες όπως τον σκοπό του ερωτηματολογίου, ποιος το στέλνει, γιατί επιλέχθηκε ο ερωτώμενος, πότε και πως θα επιστραφεί το ερωτηματολόγιο, με ποιον θα έρθουν σε επαφή εάν υπάρχουν ερωτήσεις, ότι οι ερωτήσεις είναι εμπιστευτικές καθώς και ότι θα πρέπει να απαντηθούν όλες οι ερωτήσεις.

Ειδικότερα και σε ότι αφορά την παρούσα έρευνα: Για το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε σχεδιάστηκε η παρακάτω εισαγωγική παράγραφος:

Το ερωτηματολόγιο που ακολουθεί αναφέρεται στις γνώσεις και στις αντιλήψεις σου απέναντι στο θέμα της εκμετάλλευσης και χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών για την παρασκευή βιοπροιόντων.

Παρακαλώ **απάντησε σε όλες** τις ερωτήσεις με ειλικρίνεια.

Το ερωτηματολόγιο **είναι ανώνυμο** και **δεν βαθμολογείσαι** για την συμπλήρωση του.

Μην αφήσεις ερωτήσεις χωρίς απάντηση. Αν κάτι δεν καταλαβαίνεις **μη διαστάσεις να ρωτήσεις**. Χρησιμοποίησε στυλό για να γράψεις τις απαντήσεις σου.

Χρειαζόμαστε τη βοήθεια σου προκειμένου να αξιολογήσουμε εκπαιδευτικό υλικό[7] το οποίο απευθύνεται σε μαθητές της ηλικίας σου.

Για την αποφυγή λαθών θα γίνει κωδικοποίηση των ερωτηματολογίων.

Να σημειωθεί εδώ ότι ένας από τους λόγους που το ερωτηματολόγιο ήταν ανώνυμο είναι για να αποφευχθεί το σύνδρομο της κοινωνικής αποδοχής (social desirability) σύμφωνα με το οποίο οι μαθητές απαντούν θετικά για να εντυπωσιάσουν το δάσκαλο τους και για να έχουν κοινωνική αποδοχή (Streimer & Norman, 1989).

Το ερωτηματολόγιο που δόθηκε στους μαθητές πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων ήταν έξι σελίδων ενώ, το αντίστοιχο που δόθηκε μετά και περιλαμβάνει και το ειδικό μέρος ήταν επτά σελίδων. Κάποιοι πρακτικοί κανόνες σχεδιασμού ενός ερωτηματολογίου που αναφέρονται στην βιβλιογραφία ελήφθησαν υπόψη και παρατίθενται στην συνέχεια, χωρίς ωστόσο να ακολουθούνται κατά γράμμα:

-Δεν αλλάζουμε σελίδα στη μέση μιας ερώτησης

-Δίνουμε σαφείς οδηγίες στους ερωτώμενους

-Αριθμούμε τις ερωτήσεις

-Συμπεριλαμβάνουμε έναν τίτλο και μια επεξηγηματική εισαγωγή ώστε οι ερωτώμενοι να βοηθηθούν καταλλήλως κατά την συμπλήρωση και να γνωρίζουν ακριβώς τι κάνουν

-Οργανώνουμε το ερωτηματολόγιο σε ενότητες ώστε να απλοποιηθεί η ανάλυση και να γίνει πιο λειτουργική η δομή.

-Ομαδοποιούμε παρόμοιους τύπους αντικειμένων μαζί (πχ οι ερωτήσεις συμπλήρωσης κενού και πολλαπλής επιλογής μπορούν να ανακατευτούν)

-Χρησιμοποιούμε όλο τον απαραίτητο χώρο για σχολιασμό

[7] *Με αυτόν τον τρόπο γίνεται σαφές στους μαθητές ότι πρόκειται για ερευνητική εργασία (Williams & McCrorie, 1990· Βασαλά, 1994).*

-Προσπαθούμε να περιορίσουμε το ερωτηματολόγιο σε 4 σελίδες

-Προσπαθούμε έτσι ώστε το ερωτηματολόγιο να έχει καλή οπτική εμφάνιση

4.10.2.5 Πιλοτική δοκιμή και διόρθωση του ερωτηματολογίου

Αδιαμφισβήτητα, είναι δύσκολο κάποιος που κατασκευάζει ένα ερωτηματολόγιο να το «δει» με αμερόληπτη ματιά και να το κριτικάρει. Είναι βασικό λοιπόν, πριν εφαρμοστεί συνολικά σε όλο το δείγμα, να προηγηθεί η πιλοτική εφαρμογή του σε ένα μικρό αριθμό ερωτώμενων. Η πιλοτική αυτή δοκιμή βοηθά στον προσδιορισμό των ασαφειών πάσης φύσεως αλλά και στη διόρθωση τυχόν λαθών (Anderson & Arsenault, 1998). Εξάλλου, η πιλοτική εφαρμογή του ερωτηματολογίου έχει αρκετές λειτουργίες, κυρίως όμως συντείνει στην αύξηση της αξιοπιστίας, της εγκυρότητας και της πρακτικότητας του (Morrison, 1993).

Ένας αποτελεσματικός τρόπος για να δοκιμαστεί πιλοτικά ένα ερωτηματολόγιο είναι η αξιολόγηση του από ομάδα κριτών οι οποίοι αφού αφεθούν να το μελετήσουν, ενθαρρύνονται να το σχολιάσουν. Στη συνέχεια ακολουθεί ανασκόπηση των σχολίων που έγιναν και το ερωτηματολόγιο προσαρμόζεται ανάλογα με τα σχόλια.

Στην προκειμένη περίπτωση η διαδικασία κρίσης του ερωτηματολογίου που χρησιμοποιήθηκε, έγινε τόσο από κριτές όσο και μέσω της πιλοτικής εφαρμογής του σε μικρό αριθμό μαθητών πριν την κυρίως έρευνα. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε προκειμένου να καταλήξουμε στο τελικό μετρητικό εργαλείο περιγράφεται διεξοδικά σε επόμενη ενότητα.

4.10.2.6 Ανάπτυξη στρατηγικής για τη συλλογή δεδομένων, τη στατιστική ανάλυση και επεξεργασία τους

Υπάρχουν πολλοί τρόποι διανομής ενός ερωτηματολογίου. Σε κάθε έρευνα επιλέγεται ο πιο εύκολος τρόπος και αυτός που θεωρείται ότι θα έχει τα καλύτερα αποτελέσματα (δηλαδή το υψηλότερο ποσοστό απαντημένων/απεσταλμένων ερωτηματολογίων –λιγότερες απώλειες). Για παράδειγμα, ένα ερωτηματολόγιο μπορεί να σταλεί ακόμα και μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου αν και η επιστροφή του σε αυτή την περίπτωση δεν είναι εγγυημένη.

Στην παρούσα έρευνα η διανομή του ερωτηματολογίου έγινε από τους αντίστοιχους καθηγητές που εφάρμοσαν το εκπαιδευτικό υλικό και τις δύο φορές (πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση), οι οποίοι προηγουμένως είχαν ενημερώσει το διευθυντή του σχολείου τους. Με την επιστροφή των πρώτων ερωτηματολογίων ξεκίνησε η διαδικασία εισαγωγής των δεδομένων. Όπως έχει ήδη αναφερθεί τα ερωτηματολόγια είχαν αποκτήσει ταυτότητα μέσω κωδικού που συμπλήρωναν οι μαθητές σύμφωνα με οδηγίες προκειμένου να αποφευχθούν τυχόν λάθη και

ακολούθησε η διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, ο κάθε εκπαιδευτικός απάντησε σε όλες τις απορίες που διατύπωσαν οι μαθητές, σε όλες τις φάσεις συμπλήρωσης. Επίσης, κατά την παραλαβή των απαντημένων ερωτηματολογίων ο κάθε εκπαιδευτικός διενεργούσε έναν γρήγορο πρόχειρο έλεγχο ώστε να εξετάζεται αν απαντήθηκαν όλες οι ερωτήσεις με το σωστό τρόπο.

Η κωδικοποίηση των απαντήσεων έγινε α) για τις ερωτήσεις γνώσεων 1=σωστή απάντηση, 0=λάθος απάντηση, 0=δεν γνωρίζω β) για τις αντιλήψεις χρησιμοποιήθηκε η 5-βάθμια Likert. Επίσης, ο τρόπος κωδικοποίησης των δημογραφικών μεταβλητών στο στατιστικό πρόγραμμα επεξεργασίας ήταν: i) Για το φύλο, η μεταβλητή «αγόρι» κωδικοποιήθηκε με τον αριθμό 1 και η μεταβλητή «κορίτσι» με τον κωδικό 2 ii) Για το Επίπεδο εκπαίδευσης γονέων:, η επιλογή «Δεν Τελείωσε το Δημοτικό» με τον κωδικό 1, η επιλογή «Έχει απολυτήριο Δημοτικού» με τον κωδικό 2, η επιλογή «Έχει απολυτήριο Γυμνασίου» με τον κωδικό 3, η επιλογή «Έχει απολυτήριο Λυκείου ή Εξαταξίου Γυμνασίου» με τον κωδικό 4, η επιλογή «Έχει πτυχίο Τεχνολογικού ιδρύματος (ΤΕΙ)» με τον κωδικό 5, η επιλογή «Έχει πτυχίο Πανεπιστημίου ή Πολυτεχνείου(ΑΕΙ)» με τον κωδικό 6 iii) Για την μεταβλητή «Πρότερη συμμετοχή σε πρόγραμμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης» η επιλογή «Ναι» κωδικοποιήθηκε με τον αριθμό 1 και η επιλογή «Όχι» με τον αριθμό 2. Για τη μεταβλητή «τόπος διαμονής», η «αστική περιοχή» κωδικοποιήθηκε με 1 και η «ημιαστική περιοχή» με 2.

Οι περιγραφικές αναλύσεις που έγιναν περιλαμβάνουν συχνότητες (frequencies), ποσοστά (percentages), μέσους όρους (mean scores), τυπική απόκλιση (standard deviation), τυπικό σφάλμα μέσου (standard Error of Mean) κλπ. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι υπολογίστηκε η συνολική βαθμολογία των μαθητών ανά ερώτηση γνώσης, το ποσοστό σωστής συμπλήρωσης, ο μέσος όρος ανά ερώτηση, τα ποσοστά των τάσεων των μαθητών ανά ερώτηση, τόσο πριν την εφαρμογή των σχεδίων εργασίας, όσο και μετά. Οι γραφικές απεικονίσεις δημιουργήθηκαν μέσω του Excel.

Επιπρόσθετα χρησιμοποιήθηκαν και μέθοδοι επαγωγικής ανάλυσης. Εφαρμόστηκε επίσης το παραμετρικό κριτήριο σύγκρισης των μέσων όρων δύο ανεξάρτητων ομάδων t (independent samples t-test) τόσο για την συνολική βαθμολογία (σκορ) στο ερωτηματολόγιο των γνώσεων, όσο και του συνόλου των ερωτήσεων που αφορούσαν στις αντιλήψεις αλλά και ανά ερώτηση ξεχωριστά για τις ανεξάρτητες μεταβλητές φύλο, τόπος διαμονής, συμμετοχή ή μη σε ΠΠΕ προκειμένου να εξεταστεί αν υπάρχει μια πραγματική συσχέτιση μεταξύ τους, καθώς και ο βαθμός αυτής της συσχέτισης (υφίσταται πραγματικά;/είναι στατιστικά σημαντική ή όχι;). Στην παρούσα έρευνα αποφασίστηκε ότι αν ο αριθμός που εκφράζει την σημαντικότητα αυτή είναι μικρότερος του 0,05 μπορούμε να ισχυριστούμε, με ένα περιθώριο λάθους 5% που αποτελεί ένα «καλό» όριο αποδοχής, ότι οι μεταβλητές μας δεν είναι ανεξάρτητες και ότι υπάρχει μεταξύ τους κάποια πραγματική σχέση.

Να σημειωθεί ότι το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας που ορίστηκε είναι και αυτό που παραδοσιακά χρησιμοποιείται στις κοινωνιολογικές έρευνες (Eagles & Muffit, 1990). Αναφορικά με την μεταβλητή του μορφωτικού επίπεδου των γονέων των μαθητών χρησιμοποιήθηκε αρχικά το παραμετρικό κριτήριο one-way ANOVA (Dunkan and LSD statistic/Posthoc Multiple Comparison). Ωστόσο τα αποτελέσματα μας οδήγησαν στην επανακωδικοποίηση των δεδομένων και στην διενέργεια του παραμετρικού κριτηρίου σύγκρισης των μέσων όρων δύο ανεξάρτητων ομάδων t (independent samples t-test) .

Τέλος, κρίθηκε σκόπιμο να εξεταστεί η γραμμική σχέση και συσχέτιση μεταξύ των υποκλιμάκων γνώσεων και των αντιλήψεων του ερωτηματολογίου μέσω του δείκτη Pearson r (Pearson coefficient correlation).

4.11 Η διαδικασία της πιλοτικής αξιολόγησης του μετρητικού εργαλείου που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες της έρευνας

4.11.1 Γενικό πλαίσιο

Η αναγκαιότητα για τη δημιουργία ενός αξιόπιστου και έγκυρου μετρητικού εργαλείου προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα από την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού που αναπτύχθηκε για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας οδήγησε στην πιλοτική εφαρμογή του σε ένα πρώτο μικρό δείγμα του πληθυσμού-στόχου. Όπως αναφέρει ο Tuckman (1972): «*Η πιλοτική εφαρμογή πρέπει να ελέγχει ένα ερωτηματολόγιο πριν δοθεί για εφαρμογή σε μεγάλη κλίμακα. Η πιλοτική εφαρμογή έχει ως στόχο να ελέγξει κατά πόσο οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου διαθέτουν την επιθυμητή ποιότητα μετρησιμότητας και διακρισιμότητας*».

Στόχος της πιλοτικής εφαρμογής μεταξύ άλλων εκτός από την επίτευξη ενός καλού βαθμού εγκυρότητας αλλά και αξιοπιστίας του μετρητικού εργαλείου ήταν ο προσδιορισμός ασαφειών και λαθών, η αναγνωσιμότητα του και ο εντοπισμός δυσκολιών, αποριών και άγνωστων λέξεων. Επίσης μέσω της πιλοτικής εφαρμογής δόθηκε η δυνατότητα υπολογισμού του χρόνου συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου. Το ερωτηματολόγιο πριν δοθεί για πιλοτική συμπλήρωση, αξιολογήθηκε από τα μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής της παρούσας διδακτορικής διατριβής.

Μετά την πιλοτική εφαρμογή έγιναν οι απαραίτητες διορθώσεις και στη συνέχεια η τελική του έκδοση χρησιμοποιήθηκε στην κυρίως έρευνα. Από τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από τις επισημάνσεις των κριτών καθώς και από τη φάση της πιλοτικής διαδικασίας διαμορφώθηκε το τελικό ερωτηματολόγιο. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι όλες οι έρευνες που ασχολούνται με τον σχεδιασμό εργαλείων μέτρησης, δοκιμαστικά πάντα το εφαρμόζουν σε μικρό δείγμα του

πληθυσμού-στόχου, πριν την τελική του εφαρμογή (Shringley & Johnson, 1973˙ Lombard, 1982˙ Koballa, 1984˙ Simpson & Oliver, 1985˙ Orion & Hofstein, 1991˙ Wareing, 1982˙ Germann, 1988).

4.11.2.Αρχική διαμόρφωση του ερωτηματολογίου

Σε συνεννόηση με τον επιβλέποντα της διδακτορικής διατριβής αναπτύχθηκαν δύο ερωτηματολόγια: ένα ερωτηματολόγιο το οποίο προοριζόταν για συμπλήρωση από τους μαθητές πριν την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού και ένα ερωτηματολόγιο το οποίο προοριζόταν για συμπλήρωση από τους μαθητές μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού. Έγινε προσπάθεια, όπως έχει ήδη αναφερθεί, να γίνει συστηματική επιλογή των ερωτήσεων μέσω και άλλων διαθέσιμων βιβλιογραφικά ερωτηματολογίων που εξετάζουν διάφορα περιβαλλοντικά θέματα και προσαρμογή στις ανάγκες της παρούσας έρευνας (εγκυρότητα αντιπροσωπευτικού περιεχομένου). Με άλλα λόγια έγινε προσπάθεια να διαμορφωθούν ερωτήσεις που να ανταποκρίνονται στις υποθέσεις και στα ερωτήματα της έρευνας. Ουσιαστικά τα δύο ερωτηματολόγια ήταν ίδια στο μεγαλύτερο μέρος τους, αφού αποτελούνταν:

Α) Από μια υποενότητα με τα δημογραφικά στοιχεία, τα οποία αποτελούν τις ανεξάρτητες μεταβλητές του δείγματος. Οι ανεξάρτητες μεταβλητές ήταν το φύλο, η μόρφωση των γονέων και η πρότερη συμμετοχή ή μη σε πρόγραμμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης. Να σημειωθεί ότι η έρευνα επεδίωκε να μετρήσει την επίδραση αυτών των ανεξάρτητων μεταβλητών στις εξαρτημένες μεταβλητές της έρευνας, δηλαδή στις δύο υποκλίμακες του ερωτηματολογίου (γνώσεις και αντιλήψεις). Σχετικές έρευνες έχουν αποδείξει ότι διάφορα κοινωνικοδημογραφικά χαρακτηριστικά μπορεί να έχουν σημαντικές επιδράσεις στην γνώση, στις αντιλήψεις και στις στάσεις διαφόρων κοινωνικών ομάδων (Rickinson, 2001˙ Kollmuss & Agyeman, 2002˙ Δανασσής-Αφεντάκης, 1988). Η ανεξάρτητη μεταβλητή «*τόπος διαμονής»* δεν συμπεριλήφθηκε στην ενότητα αυτή διότι τα ερωτηματολόγια ανάλογα με τη μεταβλητή αυτή διαχωρίστηκαν από την ερευνήτρια κατά τη συλλογή τους και στο αρχικό στάδιο της εισαγωγής των δεδομένων στο Excel.

Β) Από μια υποενότητα ερωτήσεων που αφορούσε τις αντιλήψεις με είκοσι δύο (22) ερωτήσεις διατυπωμένες σε πενταβάθμια κλίμακα Likert σχετικά με τη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Μεταξύ άλλων στην υποενότητα αυτή επιδιωκόταν να ανιχνευτούν οι προθέσεις των μαθητών για ανάληψη δράσης μέσω των καταναλωτικών τους επιλογών, ο βαθμός του προσωπικού τους ενδιαφέροντος για ενημέρωση, οι θέσεις τους για τη χημική βιομηχανία και το ρόλο της πράσινης χημείας κά.

Γ) Από μια υποενότητα γνώσεων (η οποία μετρούσε την υποκλίμακα των γνώσεων) με εννιά (9) γνωστικές ερωτήσεις κλειστού τύπου με τέσσερις ή πέντε εναλλακτικές απαντήσεις οι οποίες

μετράνε γνώσεις σχετικά με την χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών και την πράσινη χημεία. Τέσσερις από αυτές τις ερωτήσεις γνώσεων είχαν παραπάνω από μια σωστή απάντηση και οι μαθητές καλούνταν με σχετική ένδειξη που αναγραφόταν μετά την κάθε ερώτηση να «*Σημειώσουν όλα όσα γνωρίζουν*».

Η διαφορά μεταξύ των δύο ερωτηματολογίων ήταν ότι το ερωτηματολόγιο που δόθηκε για συμπλήρωση μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων περιελάμβανε και ένα ειδικό μέρος το οποίο εξετάζει τις γνώσεις των μαθητών, ανάλογα με τη δραστηριότητα που πραγματοποίησαν. Κρίθηκε σκόπιμο να υπάρχει αυτό το ειδικό μέρος προκειμένου να αποτελέσει μια μορφή αξιολόγησης της εκπαιδευτικής διαδικασίας (test επίδοσης= αποσκοπούν στην εκτίμηση συγκεκριμένων γνώσεων ή του βαθμού της κατανόησης που έχει αποκτήσει ο μαθητής για κάποιο συγκεκριμένο θέμα) αλλά και να εξετάσει τις ειδικές γνώσεις που αποκόμισαν οι μαθητές από την εφαρμογή της συγκεκριμένης δραστηριότητας. Να σημειωθεί ότι για το σχεδιασμό του μετρητικού εργαλείου αναφορικά με τον αριθμό των ερωτήσεων ελήφθη υπόψη ότι ένα εκτεταμένο ερωτηματολόγιο κουράζει τους συμμετέχοντες στην έρευνα, έχοντας ως αποτέλεσμα τη μείωση της αξιοπιστίας των καταγραφόμενων πληροφοριών. Επιπρόσθετα, στο ερωτηματολόγιο που δόθηκε στους μαθητές μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων κρίθηκε σκόπιμο να παραληφθούν τα δημογραφικά στοιχεία για χάριν οικονομίας χρόνου.

4.11.3 Πηγές ερωτήσεων που ελήφθησαν υπόψη για την κατασκευή του μετρητικού εργαλείου

Η σύνταξη ενός σταθμισμένου ερωτηματολογίου είναι δύσκολη υπόθεση. Γενικότερα προτείνεται η χρήση σταθμισμένων ερωτηματολογίων τα οποία υπάρχουν ήδη στην βιβλιογραφία ώστε να εξοικονομείται χρόνος και κόπος αφενός, και αφετέρου, τα αποτελέσματα να είναι πιο έγκυρα και αξιόπιστα. Όταν δεν υπάρχουν έγκυρα σταθμισμένα ερωτηματολόγια, καλό είναι να χρησιμοποιούνται έτοιμα αυτοσχέδια ερωτηματολόγια τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί έστω και μία φορά. Με αυτό τον τρόπο δίνεται στον ερευνητή η δυνατότητα να συγκρίνει τα αποτελέσματά του. Τελευταία επιλογή πρέπει να είναι η κατάρτιση ενός ερωτηματολογίου, διότι χρειάζονται ειδικές γνώσεις τις οποίες δεν έχουν όλοι οι ερευνητές (Παρασκευόπουλου, 1993).

Προκειμένου για την κατάρτιση του ερωτηματολογίου που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση των γνώσεων και των αντιλήψεων των μαθητών για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών πραγματοποιήθηκε έρευνα στην Ελληνική και ξενόγλωσση βιβλιογραφία για να βρεθούν ερωτήσεις οι οποίες αφορούν στο θέμα. Στην Ελληνική βιβλιογραφία βρέθηκε ένα σχετικό ερωτηματολόγιο (Αποστολοπούλου & Αμπελιώτης, 2004), ενώ τόσο στην ελληνική αλλά και ξένη

βιβλιογραφία βρέθηκαν έτοιμα ερωτηματολόγια τα οποία όμως άπτονταν διαφόρων περιβαλλοντικών θεμάτων. Από τις ερωτήσεις αυτών των ερωτηματολογίων κριτικά, αναζητήθηκαν ιδέες για την ανάπτυξη ερωτήσεων οι οποίες αφορούσαν στο θέμα της παρούσας έρευνας.

4.11.4 Το στάδιο των κριτών: Παρατηρήσεις και σχολιασμός

Η πρώτη έκδοση των δύο ερωτηματολογίων εστάλη ηλεκτρονικά προς κρίση και σχολιασμό στα μέλη της τριμελούς επιτροπής, τα οποία ουσιαστικά αποτέλεσαν και τους κριτές που θα τεκμηρίωναν το περιεχόμενο του μετρητικού εργαλείου, θα αύξαναν την κατά τεκμήριο εγκυρότητα του αλλά θα σχολίαζαν και το κατά πόσο τα ερωτηματολόγια εξυπηρετούν τους ερευνητικούς σκοπούς για τους οποίους κατασκευάστηκαν. Η διαδικασία κρίσης διήρκησε περίπου τρεις εβδομάδες (Ιανουάριος-Φεβρουάριος 2010). Να σημειωθεί ότι μαζί με τα ερωτηματολόγια εστάλησαν και οι δραστηριότητες του εκπαιδευτικού υλικού που επρόκειτο να εφαρμοστεί στα σχολεία προκειμένου να ληφθούν υπόψη κατά τον σχολιασμό/κρίση του ερωτηματολογίου.

Γενικά, οι κριτές χρησιμοποιούνται για την καλύτερη τεκμηρίωση του περιεχομένου ενός ερωτηματολογίου. Αρκετές έρευνες που αφορούν στην κατασκευή ερωτηματολογίων πιστοποιούν την εγκυρότητα τους από τους κριτές (Moore, 1973˙ Fraser, 1978˙ Wareing, 1982˙ Hough, & Piper, 1982˙ Simpson & Oliver, 1985˙ Germann, 1988˙ Misiti, Shringley & Hanson, 1991˙ Orion & Hofstein, 1991). Σε κάποιες μάλιστα έρευνες οι κριτές συμμετέχουν στο σχηματισμό των ίδιων των ερωτήσεων, επειδή οι περισσότερες έρευνες δεν προϋποθέτουν το στάδιο της προέρευνας (Fisher, 1973˙ Harty, Andersen & Enochs, 1984a˙ Harty, Andersen & Enochs, 1984b). Πάντως, μια επιθεώρηση σχετικών άρθρων φανερώνει ότι ο αριθμός των κριτών που χρησιμοποιούν οι διάφοροι ερευνητές, δεν είναι δεδομένος και κυμαίνεται από 3-19 (Χαλκιά, 1995). Θα πρέπει δε να τονιστεί ότι η συντριπτική πλειονότητα των ερευνών αυτών χρησιμοποιεί τους κριτές ως το μόνο έλεγχο της εγκυρότητας του εργαλείου τους.

Σε γενικές γραμμές πάντως τα σχόλια των κριτών ήταν θετικά. Τα επιμέρους σχόλια τους βοήθησαν στην ανακατανομή κάποιων ερωτήσεων, στην επαναδιατύπωση τους καθώς και στην πρόσθεση ή αφαίρεση κάποιων άλλων. Βασικό και κοινό σχόλιο των κριτών αποτέλεσε το ότι στο ερωτηματολόγιο που θα δινόταν στους μαθητές πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων, στην ενότητα των ερωτήσεων που εξετάζονται οι αντιλήψεις των μαθητών θα πρέπει να υπάρχουν επεξηγήσεις για τις λέξεις «πράσινη χημεία», «Ανανεώσιμες πρώτες ύλες» και «Βιοαποδομησιμότητα» λόγω του ότι θεωρούνται μάλλον νέες έννοιες για τους μαθητές. Επιπρόσθετα, και σε συνέχεια του προηγούμενου σχολίου προτάθηκε η ενότητα του γενικού μέρους

των γνώσεων να προηγηθεί της ενότητας των ερωτήσεων που εξέταζαν τις αντιλήψεις, τα συμπληρωμένα ερωτηματολόγια να μαζευτούν προκειμένου να μην υπάρξει αλληλεπίδραση λόγω των επεξηγήσεων των όρων που αναφέρθηκαν και στην συνέχεια να δοθεί ξεχωριστά η ενότητα των ερωτήσεων που εξέταζαν τις αντιλήψεις με μια εισαγωγική παράγραφο με τις επεξηγήσεις των προαναφερθέντων εννοιών. Να σημειωθεί ότι στο ερωτηματολόγιο που δόθηκε στους μαθητές μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων, οι επεξηγήσεις των εννοιών δεν περιλήφθησαν διότι οι μαθητές τις είχαν διδαχθεί μέσω του μαθήματος που πραγματοποιήθηκε.

Οι κριτές θεώρησαν ότι ο αριθμός των ερωτήσεων που εξέταζαν τις αντιλήψεις ήταν μεγάλος, οπότε αποφασίστηκε από 22 που ήταν αρχικά στην 1η έκδοση του ερωτηματολογίου να μειωθούν στις 18. Ένας κριτής θεώρησε ότι έχει δοθεί πολύ έμφαση στις γνώσεις, ειδικά στο ειδικό μέρος του ερωτηματολογίου. Επειδή όμως θέλαμε να μετρήσουμε τις ειδικές γνώσεις των μαθητών έτσι όπως διαμορφώθηκαν μετά την εφαρμογή της κάθε δραστηριότητας δεν προχωρήσαμε σε αλλαγές. Επίσης, στην πρώτη ερώτηση κάθε ειδικού μέρους (η οποία να σημειωθεί ότι ήταν κοινή για όλες τις δραστηριότητες) θεωρήθηκε σκόπιμο να τροποποιηθούν οι επιλογές της. Έτσι, ενώ η ερώτηση αρχικά διατυπωνόταν: «Η δραστηριότητα σας φάνηκε: α) Πολύ ενδιαφέρουσα β) Ενδιαφέρουσα γ) Αδιάφορη δ) Βαρετή ε) Πολύ βαρετή» τροποποιήθηκε σε «Η δραστηριότητα σας φάνηκε: α) Πολύ χρήσιμη β)Αρκετά χρήσιμη γ) Αδιάφορη δ) Περιττή»

Λαμβάνοντας υπόψη τα σχόλια/παρατηρήσεις των κριτών τα ερωτηματολόγια αναπροσαρμόστηκαν και έτσι προέκυψε η $2^{η}$ έκδοση τους. Το ερωτηματολόγιο που θα δινόταν στους μαθητές πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων δοκιμάστηκε πιλοτικά σε τρία τμήματα μαθητών Γυμνασίου.

4.11.5 Εγκυρότητα και αξιοπιστία του ερωτηματολογίου

Οι έννοιες της εγκυρότητας και της αξιοπιστίας μπορούν να ειδωθούν από πολλές πλευρές αφού υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι εγκυρότητας και αξιοπιστίας. Γενικά προτείνεται ότι η αξιοπιστία είναι απαραίτητος και ανεπαρκής όρος για να επιτευχθεί η εγκυρότητα σε μια έρευνα, αντίθετα η εγκυρότητα είναι απαραίτητη προϋπόθεση για να υπάρξει αξιοπιστία (Cohen, Manion & Morrison, 2007). Προκειμένου για ένα ερωτηματολόγιο, ο όρος εγκυρότητα αναφέρεται στην ικανότητα του να μετράει αυτό για το οποίο κατασκευάστηκε (Clark & Watson, 1995). Προκειμένου να επιτευχθεί η εγκυρότητα ενός ερωτηματολογίου είναι απαραίτητη η αξιοπιστία όχι όμως ικανή συνθήκη (Moss, 1994).

Είναι αδύνατον μια ερευνητική μελέτη να είναι 100% έγκυρη (Cohen, Manion & Morrison 2007). Η εγκυρότητα πρέπει να αντιμετωπίζεται περισσότερο ως ένα συγκριτικό θέμα παρά ως μια

απόλυτη κατάσταση (Gronlund, 1981). Η εγκυρότητα πληροφορεί για το είδος των συμπερασμάτων που μπορούν να προκύψουν από τις μετρήσεις του ερωτηματολογίου (Anastasi, 1990). Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι εγκυρότητας, για παράδειγμα: του περιεχομένου (content validity), η εσωτερική, η εξωτερική, η συμπερασματική, η ερμηνευτική, η θεωρητική, η αξιολογική, η εννοιολογικής δομής, κ.λπ.

Η εγκυρότητα περιεχομένου προϋποθέτει τη συστηματική επιλογή των ερωτήσεων και αναφέρεται στο βαθμό στον οποίο ένα όργανο μέτρησης καλύπτει με επάρκεια, πληρότητα και ακρίβεια όλη την συμπεριφορά που επιδιώκεται να μετρηθεί (Nunnally & Bernstein, 1994). Η εσωτερική εγκυρότητα ελέγχεται με ερωτήσεις ίδιου περιεχομένου διατυπωμένες με διαφορετικούς τρόπους (Moser & Calton, 1979)

Αν οι μετρήσεις ενός ερωτηματολογίου συγκριθούν με μετρήσεις, οι οποίες προέρχονται από άλλο ερωτηματολόγιο, το οποίο αναφέρεται στην ίδια έννοια, μπορεί να εξεταστεί ένας δείκτης συμφωνίας μεταξύ των δύο ερωτηματολογίων. Σε περίπτωση που οι μετρήσεις του ερωτηματολογίου συμφωνούν με το γενικά «αποδεκτό» άλλο μέσο, τότε υπάρχει συγχρονική συνάφεια και οι μετρήσεις είναι έγκυρες (Anastasi & Urbina, 1997). Όταν οι μετρήσεις ενός ερωτηματολογίου μπορούν να προβλέψουν κάποιο εξωτερικό κριτήριο που ίσως και να γίνει εμφανές μετά από χρόνια, τότε το ερωτηματολόγιο επιτυγχάνει προβλεπτικής συνάφειας εγκυρότητα (Αλεξόπουλος, 1998).

Για το ερωτηματολόγιο μέτρησης των γνώσεων και των αντιλήψεων των μαθητών για το θέμα της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών επιδιώχθηκε να επιτευχθεί η εγκυρότητα αντιπροσωπευτικού περιεχομένου με τη συστηματική επιλογή των ερωτήσεων οι οποίες χρησιμοποιούνται στο ερωτηματολόγιο μέσω της συλλογής διαθέσιμων βιβλιογραφικά ερωτηματολογίων που εξετάζουν περιβαλλοντικά θέματα και την προσαρμογή τους στις ανάγκες της παρούσας έρευνας. Για την επίτευξη της κατά τεκμήριο εγκυρότητας χρησιμοποιούνται κριτές (Litwin, 1995). Στην προκειμένη περίπτωση επιδιώχθηκε να εξασφαλιστεί η εγκυρότητα περιεχομένου αφού χρησιμοποιήθηκαν ως κριτές τα μέλη της τριμελούς επιτροπής τα οποία αξιολόγησαν τις ερωτήσεις Οι κριτές αποφάνθηκαν αν ο αριθμός των ερωτήσεων είναι επαρκής και το περιεχόμενο σχετικό με τις μεταβλητές της έρευνας. Η εσωτερική εγκυρότητα επιτεύχθηκε μέσω της πιλοτικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε.

Το αίτημα της αξιοπιστίας των ερωτηματολογίων κρίνεται θεμελιώδες στη διεθνή βιβλιογραφία. Συγκεκριμένα για ερωτηματολόγια που βασίζονται στην τεχνική Likert, ο συντελεστής αξιοπιστίας που χρησιμοποιείται είναι ο alpha του Cronbach (Anastasi, 1990˙ Cronbach, 1951˙ Kaiser & Michael, 1975). Η αξιοπιστία είναι ουσιαστικά συνώνυμο της συνέπειας

και της δυνατότητας αναπαραγωγής σε βάθος χρόνου, σε ερευνητικά εργαλεία και σε ομάδες απαντώντων. Έχει να κάνει με την συνέπεια και την ακρίβεια. Σημαίνει ότι, αν επαναλάβουμε τη μέτρηση στο ίδιο άτομο, θα έχουμε το ίδιο αποτέλεσμα ή περίπου ίδιο. Υπάρχουν πολλά ζητήματα που μπορούν να επηρεάσουν την αξιοπιστία ενός ερωτηματολογίου. Ο Wolf (1994) προτείνει τέσσερις βασικούς παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν την αξιοπιστία: α) την ευρύτητα της ομάδας που υποβάλλεται στο τεστ β) το επίπεδο κατάρτισης γ) τη διάρκεια του τεστ (όσο μεγαλύτερο σε διάρκεια είναι το ερωτηματολόγιο, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα σφαλμάτων) και δ) τον τρόπο με τον οποίο υπολογίζεται η αξιοπιστία.

Ένα ερωτηματολόγιο, για να είναι αποτελεσματικό εργαλείο για τη συγκέντρωση δεδομένων, θα πρέπει να είναι αξιόπιστο. Αξιόπιστο ονομάζεται ένα ερωτηματολόγιο, όταν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, δίνει τις ίδιες μετρήσεις. Κάποια είδη αξιοπιστίας για ένα ερωτηματολόγιο, είναι η αξιοπιστία επαναληπτικών μετρήσεων, η αξιοπιστία ημικλάστων, η αξιοπιστία εσωτερικής συνέπειας, η αξιοπιστία μεταξύ βαθμολογητών και η αξιοπιστία ισοδύναμων τύπων (Anastasi & Urbina, 1997).

Στην αξιοπιστία επαναληπτικών μετρήσεων επαναλαμβάνεται η μέτρηση στα ίδια άτομα κάτω από τις ίδιες συνθήκες με το ίδιο ερωτηματολόγιο και εξετάζεται η συσχέτιση των δύο βαθμολογιών οι οποίες λαμβάνονται. Στην αξιοπιστία ισοδύναμων τύπων χορηγούνται δύο τύποι του ερωτηματολογίου στα ίδια άτομα, κάτω από τις ίδιες συνθήκες σε διαφορετική όμως χρονική στιγμή. Στη συνέχεια εξετάζεται κατά πόσο συσχετίζονται οι δύο βαθμολογίες από τις δύο μετρήσεις. Στην αξιοπιστία των ημίκλαστων το ερωτηματολόγιο χορηγείται μία φορά και βαθμολογούνται χωριστά οι άρτιες από τις περιττές ερωτήσεις. Στην αξιοπιστία εσωτερικής συνέπειας προσδιορίζεται η συνέπεια των απαντήσεων και βασίζεται σε κάθε ερώτηση της κλίμακας χωριστά (Anastasi & Urbina, 1997).

Στην παρούσα έρευνα για το ερωτηματολόγιο μέτρησης των γνώσεων και των αντιλήψεων των μαθητών για το θέμα της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών υπολογίστηκε η αξιοπιστία εσωτερικής συνέπειας (δείκτης alpha Cronbach) με την πιλοτική έρευνα. Επίσης, υπολογίστηκε η αξιοπιστία των ημίκλαστων.

4.11.6 Γενικά στοιχεία για την οργάνωση της πιλοτικής εφαρμογής

Η πιλοτική εφαρμογή της 2^{ης} έκδοσης του ερωτηματολογίου έλαβε χώρα μέσα στο πρώτο δεκαήμερο του Μαρτίου 2010 σε μαθητές δευτέρας και τρίτης γυμνασίου. Διεξήχθη σε ώρες χημείας, αφού μετά από συνεννόηση με τον υπεύθυνο καθηγητή κρίθηκε ότι σε ώρα χημείας το ερωτηματολόγιο δεν θα αντιμετωπιστεί με χαλαρότητα από τους μαθητές, εφόσον το εκλαμβάνουν

ως μέρος της διδακτικής ώρας του συγκεκριμένου μαθήματος. Σε γενικές γραμμές πάντως θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι μαθητές έδειξαν μεγάλη προθυμία να συνεργαστούν.

Εφαρμόστηκε η κατά συστάδες τυχαία δειγματοληψία η οποία είναι και η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος για επιλογή δείγματος μαθητών (Τρικαλίτη, 1995˙ Connell, Fien, Lee, Sykes & Yencken, 1999˙ Barraza & Walford, 2002) ειδικά όταν πρόκειται να πραγματοποιηθεί διδακτική παρέμβαση (Ballantyne, Fien & Packer, 2003˙ Δίτσιου, 2002). Χρησιμοποιείται διότι επιλέγοντας ολόκληρα τμήματα μαθητών για τη διεξαγωγή μιας έρευνας δεν διαταράσσεται η λειτουργία του σχολείου. Συνολικά στην πιλοτική εφαρμογή πήραν μέρος 56 μαθητές (23 αγόρια και 33 κορίτσια) τριών τμημάτων: 25 μαθητές ενός τμήματος της Β' Γυμνασίου και 31 μαθητές δύο τμημάτων της Γ' Γυμνασίου. Να σημειωθεί εδώ, ότι τα τμήματα στα οποία έγινε η πιλοτική εφαρμογή του ερωτηματολογίου δεν συμμετείχαν στην κυρίως έρευνα.

Συμπληρώθηκαν 56 ερωτηματολόγια από μαθητές της Β΄ και Γ΄ Γυμνασίου. Τα ερωτηματολόγια ήταν όλα έγκυρα και συνεπώς το ποσοστό σωστής συμπλήρωσης ήταν 100%.

4.11.7 Τα κοινωνικοδημογραφικά στοιχεία του δείγματος της πιλοτικής εφαρμογής

Το 41,1% του δείγματος της πιλοτικής εφαρμογής αποτελείτο από αγόρια και το 58,9% από κορίτσια. Αναλυτικότερα στον πίνακα 4.1 που ακολουθεί φαίνεται η κατανομή του δείγματος ανάλογα με το φύλο.

Πίνακας 4.1 *Ανάλυση ανά φύλο των έγκυρων ερωτηματολογίων*

Α/Α	Φύλο	Μαθητές Γυμνασίου (N=56)	Ποσοστό (%)
1	Αγόρι	23	41,1
2	Κορίτσι	33	58,9

Η συντριπτική πλειονότητα των μαθητών του δείγματος της πιλοτικής εφαρμογής είχε γονείς με ανώτατο επίπεδο *εκπαίδευσης*: 98,2% και 94,7% των μαθητών έχει αντίστοιχα πατέρα και μητέρα με ανώτατη πανεπιστημιακή μόρφωση. Ο πίνακας 4.2 που ακολουθεί απεικονίζει τα παραπάνω.

Πίνακας 4.2 *Επίπεδο εκπαίδευσης γονέων*

Α/Α	Μόρφωση γονέων:	Μαθητές Γυμνασίου (N=56)			
		Πατέρας	Μητέρα	Πατέρας (%)	Μητέρα (%)
1	Δεν Τελείωσε το Δημοτικό	0	0	0	0
2	Έχει απολυτήριο Δημοτικού	0	0	0	0

3	Έχει απολυτήριο Γυμνασίου	0	0	0	0
4	Έχει απολυτήριο Λυκείου ή Εξαταξίου Γυμνασίου	0	3	0	5,3
5	Έχει πτυχίο Τεχνολογικού ιδρύματος (ΤΕΙ)	1	0	1,8	0
6	Έχει πτυχίο Πανεπιστημίου ή Πολυτεχνείου(ΑΕΙ)	55	53	98,2	94,7

Τέλος, το 62,5% των μαθητών του δείγματος της πιλοτικής εφαρμογής έχει συμμετάσχει έστω και σε ένα μόνο πρόγραμμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, ενώ ποσοστό 37,5% δεν έχει συμμετάσχει.

Πίνακας 4.3 *Ανάλυση δείγματος ανάλογα με την συμμετοχή ή μη σε ΠΠΕ*

Α/Α	Έχεις συμμετάσχει έστω και σε ένα μόνο πρόγραμμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης;	Μαθητές Γυμνασίου (N=56)	Ποσοστό (%)
1	ΝΑΙ	35	62,5
2	ΟΧΙ	21	37,5

4.11.8 Τα αποτελέσματα της πιλοτικής εφαρμογής του ερευνητικού εργαλείου

4.11.8.1 Γενικές παρατηρήσεις από την πιλοτική εφαρμογή

Η δοκιμαστική αυτή εφαρμογή επέτρεψε να γίνουν κάποιες παρατηρήσεις. Σε γενικές γραμμές οι απορίες/ερωτήσεις των μαθητών από όλα τα τμήματα φάνηκε ότι ήταν κοινές σε μεγάλο αριθμό. Κάποιοι από τους μαθητές ρώτησαν για ποιο λόγο γίνεται η έρευνα, ενώ κάποιοι άλλοι ρώτησαν αν μπορούν να χρησιμοποιήσουν μολύβι ή στυλό. Έτσι λοιπόν, στην εισαγωγική παράγραφο προστέθηκε η φράση «Χρησιμοποίησε στυλό για να γράψεις τις απαντήσεις σου».

Συνολικά και ως προς την κατανόηση, διαπιστώθηκε ότι οι ερωτώμενοι αν και διατύπωσαν κάποιες απορίες, εν τούτοις δεν έδειξαν να μην κατανοούν τη διατύπωση των ερωτήσεων. Σε ότι αφορά στην ενότητα των δημογραφικών στοιχείων, αρκετά μεγάλος αριθμός μαθητών στην ερώτηση σχετικά με την μόρφωση των γονέων διατύπωσε την απορία αν θα πρέπει να συμπληρώσουν μόνο το τελικό επίπεδο σπουδών ή και τα προηγούμενα. Έτσι, θεωρήθηκε σκόπιμο δίπλα από τον τίτλο *Μόρφωση γονέων* να προστεθεί η φράση: «*Συμπλήρωσε μόνο το ανώτερο επίπεδο σπουδών των γονιών σου».*

Σε ότι αφορά στις ενότητες με τις ερωτήσεις γνώσεων και αντιλήψεων, μερικοί μαθητές (2 ή 3 κάθε φορά) ανέφεραν ότι δεν γνώριζαν το νόημα των λέξεων αίρεση, τηγανέλαια, βιοποικιλότητα, διύλιση και καθαριστικά. Σε συνεννόηση με τον επιβλέποντα αποφασίστηκε στην τρίτη έκδοση των

ερωτηματολογίων να γίνουν αλλαγές σε ορισμένες από αυτές τις λέξεις. Έτσι, η λέξη «αίρεση» μετατράπηκε σε «θρησκευτικό δόγμα», η λέξη «τηγανέλαια» σε «λάδια τηγανίσματος», η λέξη «καθαριστικά» σε «είδη καθαρισμού». Αποφασίστηκε να μην δοθεί διευκρίνιση για τις λέξεις «βιοποικιλότητα» και «διύλιση» με το σκεπτικό ότι αναφέρονται στα σχολικά εγχειρίδια.

Επιπρόσθετα, σε ότι αφορά στην ενότητα των γνώσεων, διευκρινήσεις ζητήθηκαν στις εξής ερωτήσεις: α) Στην ερώτηση 2 σχετικά με το: «*Τι σημαίνει δυνατότητα αξιοποίησης οργανικών μορφών αποβλήτων;*». Κρίθηκε σκόπιμο όμως να μη χορηγηθεί κάποια διευκρίνιση ή να γίνει κάποια αλλαγή στη διατύπωση, τόσο επειδή πρόκειται για ερώτηση γνώσης, όσο και επειδή οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα επιλογής της εναλλακτικής απάντησης «Δε γνωρίζω» β) Στην ερώτηση 4 ένας μαθητής ζήτησε διευκρίνηση αφού νόμισε ότι όλες οι προτάσεις είναι καλές για το περιβάλλον. Αποφασίστηκε ωστόσο να μην υπάρξει αλλαγή στην διατύπωση της ερώτησης (μεμονωμένο περιστατικό) αφού και εδώ υπάρχει η εναλλακτική απάντηση «Δε γνωρίζω».
γ) Στην ερώτηση 7 δύο μαθητές ρώτησαν «Το πετρέλαιο δεν είναι από μόνο του καύσιμο;». Κρίθηκε σκόπιμο λοιπόν, στην διατύπωση της συγκεκριμένης ερώτησης αντί για «πετρέλαιο» να γραφτεί «αργό πετρέλαιο».

Σε ότι αφορά στην ενότητα με τις ερωτήσεις που αφορούσαν στις αντιλήψεις των μαθητών, κοινή απορία ήταν τι να σημειώσουν αν δεν γνωρίζουν αν κάτι γίνεται ή όχι. Αποφασίστηκε λοιπόν στην τρίτη στήλη της ενότητας των συγκεκριμένων ερωτήσεων στη διατύπωση του βαθμού συμφωνίας, η φράση *Ούτε διαφωνώ, ούτε συμφωνώ* να συμπληρωθεί σε *Ούτε διαφωνώ, ούτε συμφωνώ/ Δεν έχω άποψη*. Τέλος, διευκρινήσεις ζητήθηκαν στην ερώτηση 10 σχετικά με το τι ακριβώς περιλαμβάνεται στη λέξη «ενημέρωση» (Τι εννοεί να ενημερωθώ; Να παίρνω φυλλάδια στο σπίτι;). Κρίθηκε σκόπιμο να επαναδιατυπωθεί η φράση ως εξής: «Επιθυμώ να ενημερωθώ με οποιονδήποτε τρόπο (σχολείο, διαδίκτυο, μέσα ενημέρωσης) για καταναλωτικά προϊόντα φιλικότερα προς το περιβάλλον».

Μέσα από την πιλοτική εφαρμογή του ερωτηματολογίου δόθηκε η δυνατότητα να υπολογιστεί και ο χρόνος συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου ο οποίος μετρήθηκε στα 17,6 λεπτά της ώρας. Αναλυτικότερα ο χρόνος συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου:

-Για το πρώτο τμήμα της Γ’ Γυμνασίου κυμάνθηκε από 14-23 min της ώρας.

-Για το δεύτερο τμήμα της Γ’ Γυμνασίου κυμάνθηκε από 12-22 min της ώρας.

-Για το τμήμα της Β’ Γυμνασίου κυμάνθηκε από 15-20 min της ώρας.

4.11.8.2 Περιγραφή της τελικής έκδοσης του ερωτηματολογίου

Με βάση τα στοιχεία που προέκυψαν από την πιλοτική εφαρμογή, το ερωτηματολόγιο επανατροποποιήθηκε και προέκυψε η τρίτη και τελική έκδοση του. Η 3η έκδοση των ερωτηματολογίων χρησιμοποιήθηκε στην κυρίως έρευνα και διανεμήθηκε στους μαθητές από τον κάθε καθηγητή που εφάρμοσε την κάθε δραστηριότητα.

Έτσι, στην 3η έκδοση του ερωτηματολογίου, στην υποενότητα των γνώσεων υπήρχαν εννέα ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, με τέσσερις από αυτές να έχουν παραπάνω από μια σωστή απάντηση. Οι ερωτήσεις κάλυπταν βασικές έννοιες που αφορούν στις ανανεώσιμες πρώτες ύλες, στα πλεονεκτήματα τους σε σχέση με τις εξαντλούμενες, στα προϊόντα τους, στις συνέπειες από την μη ορθή χρήση τους, στην πράσινη χημεία και στις αρχές της. Πιο αναλυτικά: Στην πρώτη ερώτηση οι μαθητές κλήθηκαν να επιλέξουν μέσα από μια λίστα πρώτων υλών αυτή που δεν θεωρείται ανανεώσιμη. Στην δεύτερη ερώτηση ζητήθηκε από τους μαθητές να σημειώσουν όλα τα πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πρώτων υλών σε σχέση με τις εξαντλούμενες. Στην τρίτη ερώτηση οι μαθητές ερωτήθηκαν για τη βασική διαδικασία δημιουργίας των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Στην τέταρτη ερώτηση οι μαθητές κλήθηκαν να αναγνωρίσουν τις αρχές της πράσινης χημείας και να επιλέξουν τη φράση που δεν αποτελεί αρχή της. Στην πέμπτη ερώτηση, ζητήθηκε από τους μαθητές να επισημάνουν τι δεν είναι η πράσινη Χημεία, ενώ η έκτη ερώτηση διερευνούσε αν γνωρίζουν τον πιο τρόπο προστασίας του περιβάλλοντος. Η έβδομη ερώτηση καλούσε τους μαθητές να σημειώσουν -μέσα από μια λίστα που τους δινόταν- τα προϊόντα του πετρελαίου, ενώ στην όγδοη ερώτηση τους εζητείτο να σημειώσουν τα προϊόντα που θεωρούν ότι μπορούν να παρασκευαστούν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Τέλος, μέσα από την ένατη ερώτηση οι μαθητές καλούνταν να επισημάνουν τις συνέπειες της μη ορθής χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών.

Στην υποενότητα των ερωτήσεων που αφορούσαν στις αντιλήψεις των μαθητών υπήρχαν δεκαοχτώ φράσεις στις οποίες οι μαθητές καλούνταν να σημειώσουν το βαθμό που συμφωνούν ή διαφωνούν. Έτσι, οι ερωτήσεις 5, 6, 12,13, 16, 18 καλούσαν τους μαθητές να δηλώσουν το βαθμό συμφωνίας τους σε σχέση με το αν μπορεί να παραχθεί καύσιμο από λάδια τηγανίσματος, πλαστική σακούλα με πρώτη ύλη το καλαμπόκι ή την πατάτα, σαπούνι από έλαια ελιάς και φοίνικα, κόλλα με πρώτη ύλη το γάλα, καύσιμο οχημάτων από ζάχαρη και απορρυπαντικά από φυτικές ύλες. Οι ερωτήσεις 3 και 4 καλούσαν τους μαθητές να δηλώσουν το βαθμό συμφωνίας τους με την άποψη ότι όταν αγοράζουμε ένα προϊόν πρέπει να εξετάζουμε αν προέρχεται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες καθώς και να εξετάζουμε αν είναι βιοαποδομήσιμο. Η ερώτηση 2 ουσιαστικά διερευνούσε το επίπεδο συμφωνίας των μαθητών με την διατυπωμένη άποψη ότι «Η χρήση προϊόντων από ανανεώσιμες πρώτες ύλες δεν προκαλεί βλάβες στο περιβάλλον», ενώ με διαφορετική διατύπωση η

ερώτηση 9 τους ρωτούσε κατά πόσο συμφωνούν με την άποψη ότι «Η αλόγιστη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών μπορεί να οδηγήσει σε επιβάρυνση των οικοσυστημάτων».

Η ερώτηση 10 διερευνούσε το βαθμό επιθυμίας των μαθητών για περαιτέρω ενημέρωση σχετικά με καταναλωτικά προϊόντα φιλικότερα προς το περιβάλλον, ενώ η ερώτηση 17 διερευνούσε τον βαθμό συμφωνίας των μαθητών με την άποψη ότι ένας ενημερωμένος καταναλωτής αποτελεί έναν ενεργό πολίτη. Η ερώτηση 1 διερευνούσε τον βαθμό συμφωνίας των μαθητών με την άποψη ότι αγοράζοντας προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες βοηθάμε στην προστασία του περιβάλλοντος. Με την ερώτηση 14 ανιχνευόταν κατά πόσο δυνατή είναι η προσωπική πεποίθηση του κάθε μαθητή ότι με τις καταναλωτικές του επιλογές μπορεί να βοηθήσει στην προστασία του περιβάλλοντος.

Μέσω της ερώτησης 11 καταγράφεται κατά πόσο οι μαθητές θεωρούν σημαντικό τον ρόλο της πράσινης χημείας στην προστασία του περιβάλλοντος, ενώ στην ερώτηση 15 διερευνάται ο βαθμός συμφωνίας τους με την άποψη ότι η πράσινη χημεία στοχεύει στην βελτίωση των χημικών προϊόντων προς όφελος του περιβάλλοντος. Τέλος, στη ερώτηση 7 οι μαθητές σημείωσαν το βαθμό συμφωνίας τους στην άποψη «Το μερίδιο ευθύνης της χημικής βιομηχανίας στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος είναι μεγάλο», ενώ η ερώτηση 8 αποσκοπούσε να ανιχνεύσει κατά πόσο οι μαθητές συμφωνούν με την άποψη ότι ένα προϊόν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες είναι κατώτερης ποιότητας από ένα αντίστοιχο που προέρχεται από ορυκτούς πόρους.

4.11.8.3 Αξιολόγηση των γνωστικών ερωτήσεων του ερευνητικού εργαλείου

4.11.8.3.1 Δείκτης δυσκολίας των γνωστικών ερωτήσεων

Με βάση τα δεδομένα της πιλοτικής εφαρμογής από τους μαθητές για κάθε γνωστική ερώτηση υπολογίστηκε ο δείκτης δυσκολίας. Ο δείκτης αυτός αποτελεί ένα σημαντικό κριτήριο για τον καθορισμό του επιπέδου δυσκολίας μιας ερώτησης σε ένα ερωτηματολόγιο γνώσεων και εκφράζει το ποσοστό των ατόμων που απάντησαν σωστά μια ερώτηση. Η σχέση του συντελεστή με την δυσκολία είναι αντιστρόφως ανάλογη, δηλαδή όσο πιο μεγάλη είναι η δυσκολία μιας ερώτησης τόσο πιο μικρός είναι ο συντελεστής και το αντίθετο. Για να υπολογιστεί ο συντελεστής δυσκολίας διαιρούμε τον αριθμό των σωστών απαντήσεων με το σύνολο των σωστών και λάθος απαντήσεων. Συνήθως ο τύπος υπολογισμού του συντελεστή δυσκολίας είναι:

$$\Delta\Delta = A_i / N_i$$

όπου: ΔΔ = ο δείκτης δυσκολίας μιας ερώτησης

A_i = ο αριθμός των σωστών απαντήσεων σε μια ερώτηση

N_i = το σύνολο των σωστών και λάθος απαντήσεων σε μια ερώτηση

Ο ΔΔ παίρνει τιμές από 0 έως 1. Για να θεωρηθεί ότι μια ερώτηση ή το σύνολο του ερωτηματολογίου έχει μεσαίου επιπέδου δυσκολία, ο δείκτης δυσκολίας πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 0,5 – 0,6. Οι αποδεκτές τιμές του ΔΔ από την βιβλιογραφία είναι στην περιοχή 0,30< ΔΔ <0,70 (Κασσωτάκης, 1981). Σε περίπτωση που ο δείκτης δυσκολίας είναι πιο χαμηλός από 0,2 τότε θεωρείται υψηλής δυσκολίας, επομένως θα πρέπει να διερωτηθούμε για τους λόγους εμφάνισης αυτού του επιπέδου δυσκολίας (Nunally & Bernstein, 1994). Ο πίνακας 4.4 που ακολουθεί συνοψίζει τον βαθμό δυσκολίας κάθε ερώτησης που περιλαμβάνεται στην ενότητα των γνώσεων του ερωτηματολογίου.

Πίνακας 4.4 *Δείκτης δυσκολίας ανά γνωστική ερώτηση*

Ερώτηση	Δείκτης δυσκολίας	Ερώτηση	Δείκτης δυσκολίας
1	0,45	6	0,45
2	0,44	7	0,46
3	0,3	8	0,25
4	0,23	9	0,36
5	0,68		

Οι περισσότερες ερωτήσεις έχουν δείκτη δυσκολίας μέσα στα αποδεκτά από τη βιβλιογραφία όρια (0,30 < ΔΔ < 0,70). Εξαίρεση αποτελούν οι ερωτήσεις 4 και 8 όπου ο δείκτης δυσκολίας βρέθηκε να είναι λίγο έξω από αυτά. Ωστόσο, η απόκλιση αυτή κρίθηκε ότι είναι μικρή και οι ερωτήσεις παρέμειναν στην υποενότητα των γνώσεων.

4.11.8.3.2 Περιγραφική ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στις γνωστικές ερωτήσεις

Από την αποδελτίωση των ερωτηματολογίων προέκυψε ότι, οι μαθητές σε ποσοστό 44,6% αναγνωρίζουν ότι το πετρέλαιο δεν είναι ανανεώσιμη πρώτη ύλη. Επίσης, 16,1%, 14,3% και 21,4% των μαθητών αντίστοιχα δεν αναγνωρίζουν τα οργανικά αστικά απόβλητα, τα υπολείμματα των γεωργικών καλλιεργειών καθώς και τα κτηνοτροφικά απόβλητα ως ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Ένα πολύ μικρό ποσοστό της τάξεως του 1,8% απαντά ότι δεν γνωρίζει ποιο δεν θεωρείται ανανεώσιμη πρώτη ύλη.

Μόλις 5 στους 56 μαθητές, δηλαδή ένα ποσοστό 8,9% σημειώνει όλα τα πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Οι μαθητές επιλέγουν ως πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πρώτων υλών τη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα σε ποσοστό 78,6%, τη δυνατότητα

αξιοποίησης οργανικών μορφών αποβλήτων σε ποσοστό 66,1%, και τη μείωση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου σε ποσοστό 58,9%. Σε ποσοστό 82,1% οι μαθητές δεν αναγνωρίζουν ως πλεονέκτημα των ανανεώσιμων πρώτων υλών την ενίσχυση της οικονομίας των αγροτικών περιοχών. Το ποσοστό επιλογής του «Δε γνωρίζω» περιορίζεται στο 5,4%.

Οι μαθητές δεν αναγνωρίζουν σε ποσοστό 73,2% τη βασική διαδικασία δημιουργίας των ανανεώσιμων πρώτων υλών που είναι η φωτοσύνθεση. Σε ποσοστό 26,8% οι μαθητές σημειώνουν τη διύλιση ως τη βασική διαδικασία δημιουργία των ανανεώσιμων πρώτων υλών, ενώ ποσοστό 32,1% των ερωτηθέντων επιλέγει να απαντήσει ότι «Δε γνωρίζει».

Στην ερώτηση «Ποιο από τα παρακάτω δε θεωρείται αρχή της πράσινης χημείας;» το ποσοστό της σωστής επιλογής, δηλαδή ότι «η επεξεργασία των αποβλήτων που προκύπτουν στο τέλος μιας χημικής διεργασίας» δεν είναι αρχή της πράσινης χημείας είναι σχετικά χαμηλό αφού αγγίζει μόλις το 23,2%. Χαρακτηριστικό είναι, ότι οι μαθητές σε ποσοστό 17,9% θεωρούν ότι ο σχεδιασμός των προϊόντων για βιοαποδόμηση δεν θεωρείται αρχή της πράσινης χημείας, σε ποσοστό 30,4% δεν αναγνωρίζουν την ασφάλεια κατά την εκτέλεση μιας χημικής διεργασίας ως αρχή της πράσινης χημείας, σε ποσοστό 10,7% δεν σημειώνουν την πρόληψη της ρύπανσης ενώ, 6 στους 56 μαθητές (ποσοστό 5,4%) δεν αναγνωρίζουν ως αρχή της πράσινης χημείας την χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών.

Οι μαθητές στην ερώτηση «Τι δεν είναι η πράσινη χημεία» επιλέγουν τη σωστή απάντηση δηλαδή ότι δεν είναι αίρεση σε ποσοστό 67,9%. Το 21,4% των ερωτηθέντων επιλέγει την απάντηση «Ο κλάδος της χημείας που ασχολείται με την προστασία των δασών», το 3,6 % απαντά «Η φιλική προς το Περιβάλλον Χημεία» ενώ, 1,8% των μαθητών απαντά ότι δε γνωρίζει.

Το ποσοστό των ερωτηθέντων που θεωρούν ότι η πρόληψη της ρύπανσης είναι ο πιο σωστός τρόπος για την προστασία του περιβάλλοντος φτάνει το 44,6%. Λίγο μικρότερο (41,1%) είναι το ποσοστό των μαθητών που θεωρούν ότι η ανακύκλωση είναι ο πιο σωστός τρόπος προστασίας του περιβάλλοντος ενώ, το 8,9% των ερωτηθέντων σημειώνει ότι δεν γνωρίζει.

Μέσα από μια λίστα προϊόντων καθημερινής χρήσης που τους παρατίθεται μόλις 3 στους 56 μαθητές (ποσοστό 5,6%) αναγνωρίζουν όλα τα προϊόντα του πετρελαίου. Οι μαθητές σε ποσοστό 91,1 % αναγνωρίζουν τα καύσιμα ως προϊόντα του πετρελαίου, ένα ποσοστό 67,9 % επιλέγουν τις πλαστικές σακούλες, ένα ποσοστό 44,6% επιλέγουν τα απορρυπαντικά και τα καθαριστικά ενώ, ένα μικρότερο ποσοστό της τάξεως του 25% επιλέγουν τα εντομοκτόνα.

Μόλις 2 στους 56 μαθητές (ποσοστό 3,6%) αναγνωρίζουν όλα τα προϊόντα που μπορούν να παρασκευαστούν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες και τους παρατίθενται σε λίστα στην ερώτηση 8. Οι μαθητές σε ποσοστό 33,9 % αναγνωρίζουν ότι τα καύσιμα μπορούν να παρασκευαστούν από

ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Αντίθετα, ποσοστό 67,9% δεν σημειώνει τα συγκολλητικά ως προϊόντα που μπορούν να παρασκευαστούν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες, ενώ σε ποσοστό 64,3% οι μαθητές δεν επιλέγουν τα πλαστικά. Επιπρόσθετα, οι μαθητές σε ποσοστό 76,8% φαίνεται να μην γνωρίζουν ότι τα καθαριστικά μπορούν να παρασκευαστούν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.

Μόλις 8 στους 56 μαθητές (ποσοστό 14,3%) σημειώνουν όλες τις συνέπειες που έχει η μη ορθή παργωγή και χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Οι μαθητές σε ποσοστό 76,8% θεωρούν ότι η μη ορθή χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών οδηγεί στην καταστροφή των οικοσυστημάτων, ενώ το 46,4% θεωρεί ότι οδηγεί στη μείωση της βιοποικιλότητας. Χαρακτηριστικό είναι ότι σε ποσοστό 80,4 % οι μαθητές δεν αναγνωρίζουν ότι η μη ορθή χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών οδηγεί στη μείωση του διατροφικού αποθέματος.

Αναλυτικότερα οι πίνακες με τις απαντήσεις των μαθητών που έλαβαν μέρος στην πιλοτική εφαρμογή ανά γνωστική ερώτηση παρατίθενται στο σχετικό παράρτημα.

4.11.8.4 Αξιολόγηση των ερωτήσεων που αφορούν στις αντιλήψεις των μαθητών

Κατά τη στατιστική επεξεργασία των ερωτήσεων που αφορούσαν στις αντιλήψεις των μαθητών, η θετική θέση παίρνει το μέγιστο αριθμό και η αρνητική θέση το μικρότερο δυνατό αριθμό (Διαφωνώ απολύτως→1, Μάλλον διαφωνώ→2, Ούτε διαφωνώ, ούτε συμφωνώ→3, Μάλλον συμφωνώ→4, Συμφωνώ απολύτως→5). Οι ερωτήσεις οι οποίες είναι αρνητικά διατυπωμένες, επανακωδικοποιούνται κατά τη στατιστική επεξεργασία, για να πάρει η θετική θέση το μέγιστο αριθμό. Στην συγκεκριμένη περίπτωση αυτό έγινε στην ερώτηση 2 (Ερώτηση 2: Η χρήση προϊόντων από ανανεώσιμες πρώτες ύλες δεν προκαλεί βλάβες στο περιβάλλον.) και ερώτηση 8 (Ερώτηση 8: Ένα προϊόν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες είναι κατώτερης ποιότητας από ένα αντίστοιχο που προέρχεται από ορυκτούς πόρους).

Για την μέτρηση της αξιοπιστίας εσωτερικής συνέπειας υπολογίστηκε ο δείκτης Cronbach alpha (Based on Standardized Items) και ο συντελεστής συνάφειας ερώτησης με το σύνολο των ερωτήσεων. Βασικό στην παρούσα φάση είναι να τονιστεί ότι για την συγκεκριμένη ενότητα ερωτήσεων ο δείκτης Cronbach's alpha μετρήθηκε να είναι 0,73[8] (αυτό πρακτικά σημαίνει ότι 73 φορές στις 100 που θα επαναχορηγήσουμε το ίδιο ερωτηματολόγιο σε αντίστοιχα τυχαία ίδιου μεγέθους δείγματα, θα λάβουμε παρόμοιες μετρήσεις (Μυλωνάς, 1999). Οι αποδεκτές τιμές του συγκεκριμένου δείκτη πρέπει να κυμαίνονται μεταξύ 0,7-0,9. Ωστόσο σε μη δοκιμασμένα ερωτηματολόγια η τιμή του μπορεί να κυμαίνεται και μεταξύ 0,5-0,9 (Σαχίνη-Καρδάση, 1997). Σε

8 Κατά την κύρια έρευνα και από τα 414 έγκυρα ερωτηματολόγια μετρήθηκε ξανά ο δείκτης Cronbach's Alpha (Based on Standardized Items) ο οποίος βρέθηκε 0,6814.

άλλη διδακτορική εργασία γίνονται αποδεκτοί συντελεστές αξιοπιστίας με τιμές 0,47, 0,39 και 0,23 (Ντόλκα, 2001). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπολογίστηκε για κάθε ερώτηση ο Cronbach's Alpha if Item Deleted και οι τιμές βρέθηκαν μεταξύ 0,68 και 0,74. Σε γενικές γραμμές δηλαδή καμιά ερώτηση αν παραληφθεί δεν θα αυξηθεί η τιμή του παραπάνω δείκτη. Οι τιμές αυτές δείχνουν ότι η υποενότητα των ερωτήσεων που αφορούν στις αντιλήψεις των μαθητών εμφανίζει ικανοποιητική και αποδεκτή αξιοπιστία.

Σε ότι αφορά στη συνάφεια ερώτησης-αθροίσματος λοιπών ερωτήσεων για κάποιες ερωτήσεις είναι μικρότερη των ελάχιστων ορίων για να περιληφθεί μια ερώτηση (ελάχιστο όριο 0,2). Ωστόσο οι ερωτήσεις αυτές κρίθηκε σκόπιμο να παραμείνουν στο ερωτηματολόγιο αφού η εξαίρεση τους θα αδυνάτιζε το εύρος των υπό εξέταση ζητημάτων, τα οποία σχηματίζουν και αποδίδουν κατά τη γνώμη μας μια συνολικότερη εικόνα σε σχέση με τις αντιλήψεις των μαθητών απέναντι στις ανανεώσιμες πρώτες ύλες υπό το πρίσμα της πράσινης χημείας. Κρίθηκε σκόπιμο δηλαδή ότι ο στόχος δεν πρέπει να είναι η ικανοποίηση του παραπάνω κριτηρίου με πλήθος προτάσεων που θα απέδιδαν μια ίδια κατάσταση, αλλά η ευρύτερη τοποθέτηση των μαθητών απέναντι σε αντικειμενικά ζητήματα που αφορούν στο θέμα. Στις προθέσεις μας εξάλλου δεν ήταν η κατασκευή ενός σταθμισμένου ερευνητικού εργαλείου αλλά η διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών απέναντι στο συγκεκριμένο ζήτημα.

Πίνακας 4.5 *Δείκτης Cronbach a και διακύμανση ερωτήσεων στάσεων*

Αριθμός ερωτήσεων στάσεων	18
Διακύμανση ερωτήσεων των στάσεων	60,137
Cronbach a	0,73

Ο μέσος όρος του συνόλου των ερωτήσεων των στάσεων βρέθηκε 69,84 (Τυπική απόκλιση=7,755) και είναι μεγαλύτερη από τη μέση τιμή της κλίμακας αν αφαιρεθεί κάθε φορά μόνο μια ερώτηση. Επίσης η διακύμανση του συνόλου των στάσεων βρέθηκε 60,137 και είναι μεγαλύτερη από τη διακύμανση της κλίμακας των στάσεων αν αφαιρεθεί κάθε φορά μόνο μια ερώτηση. Τα παραπάνω δείχνουν ότι οι ερωτήσεις είναι κατάλληλες. Ο μέσος όρος των στάσεων των μαθητών είναι 3,880 με τον χαμηλότερο μέσο όρο να βρίσκεται στο 2,714 και τον μεγαλύτερο στο 4,64 με διακύμανση 0,347.

Περαιτέρω έγινε προσπάθεια να μετρηθεί η αξιοπιστία ημίκλαστων κατά την οποία το ερωτηματολόγιο χορηγείται μία φορά και βαθμολογούνται χωριστά οι άρτιες από τις περιττές

ερωτήσεις. Έτσι λοιπόν, η ανάλυση για την αξιοπιστία ημίκλαστων θεωρείται μάλλον καλή για την ενότητα των στάσεων αν και θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ο χαμηλός αριθμός των ερωτήσεων.

Πίνακας 4.6 *Πίνακας με στοιχεία από τις μετρήσεις της αξιοπιστίας ημίκλαστων*

Correlation Between Forms	0,685
Guttman Split-Half Coefficient	0,803
Cronbach's Alpha for Part 1 (9 items in Part 1)	0,389
Cronbach's Alpha for Part 2 (9 items in Part 2)	0,607
Equal Length Spearman-Brown Coefficient	0,813
Unequal Length Spearman-Brown Coefficient	0,813

Ο Cronbach a για τις περιττές ερωτήσεις είναι 0,389, ενώ για τις άρτιες είναι 0,607. Η συσχέτιση μεταξύ των περιττών και των άρτιων ερωτήσεων βρέθηκε να είναι 0,685, τιμή που θεωρείται ικανοποιητική. Πάντως καλό θα ήταν να είναι «πιο κοντά», δηλαδή να διαφέρουν από +/- 0,50-0,100 μονάδες. Ο δείκτης Spearman-Brown Coefficient (S-B coefficient) βρέθηκε 0,813 (θεωρείται καλή τιμή). Επίσης ο δείκτης Guttman Split-Half Coefficient βρέθηκε 0,803, δηλαδή η τιμή του είναι αρκετά καλή (αποδεκτές τιμές > 0 ,70).

4.12 Τρόπος επεξεργασίας των ερωτήσεων

Οι γνώσεις δεν μεταδίδονται απλώς, αλλά κατασκευάζονται σιγά-σιγά (Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott, 1994). Παρότι η σχέση μεταξύ γνώσης και δράσης δεν είναι πλήρως διασαφηνισμένη (Arcury, 1990˙ Ramsey & Rickson, 1976) εντούτοις ένα καλό γνωστικό υπόβαθρο βοηθάει συνολικά στην λήψη υπεύθυνων αποφάσεων για το περιβάλλον (Richmold, 1978) και αποτελεί σαφέστατα προϋπόθεση για ανάληψη υπεύθυνης δράσης (Engleson & Yockers, 1994).

Έχουν προταθεί διάφορες θεωρίες για τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να γίνει η κατηγοριοποίηση των γνώσεων. Ειδικότερα και με βάση τους στόχους που εξυπηρετούν οι ερωτήσεις ο B. Bloom τις ταξινόμησε σε 6 κατηγορίες: γνώση, κατανόηση, εφαρμογή, ανάλυση, σύνθεση και αξιολόγηση. Ανάλογα με το νοητικό επίπεδο των ατόμων στους οποίους απευθύνεται το ερωτηματολόγιο, μπορεί να περιέχει ερωτήσεις για όλους τους στόχους ή για κάποιες κατηγορίες τους. Προκειμένου να περιοριστεί ο παράγοντας συμπλήρωσης των ερωτημάτων στην τύχη, προτείνεται η αύξηση του αριθμού των ερωτημάτων. Όσο μεγαλώνει ο αριθμός των ερωτημάτων, τόσο μικραίνει το ποσοστό των ερωτήσεων οι οποίες απαντήθηκαν σωστά λόγω τύχης (Thorndike, 1971).

Οι γνωστικές ερωτήσεις του ερωτηματολογίου βαθμολογήθηκαν κατά τέτοιο τρόπο ώστε ο

αριθμός “1” να αντιστοιχεί σε σωστή απάντηση και ο αριθμός “0” σε λάθος (Bartholomew, Steele, Moustaki & Galbraith, 2002). Η απάντηση «δεν γνωρίζω» βαθμολογήθηκε επίσης με “0” (Kuhlemeier, Van den Bergh, & Lagerweij, 1999). Στις ερωτήσεις που υπήρχαν περισσότερες από μια επιλογές έγινε επιμερισμός της μονάδας, κατά περίπτωση.

Κατά την στατιστική επεξεργασία των αντιλήψεων (εκφρασμένη σε πεντάβαθμη κλίμακα) η θετική θέση «συμφωνώ απολύτως» παίρνει το μέγιστο αριθμό (5) και η αρνητική θέση «διαφωνώ απολύτως» το μικρότερο δυνατό αριθμό (1). Οι αντιλήψεις οι οποίες είναι αρνητικά διατυπωμένες, επανακωδικοποιούνται κατά τη στατιστική επεξεργασία, για να πάρει η θετική άποψη το μέγιστο αριθμό. Στις ερωτήσεις μέτρησης αντιλήψεων δεν γίνεται διόρθωση λόγω του παράγοντα τύχης, διότι είναι υποκειμενικές οι επιλογές που σημειώνει ο εξεταζόμενος. Για τις ερωτήσεις των αντιλήψεων εκτός των άλλων μετρήθηκε ο μέσος όρος ανά ερώτηση.

4.13 Παραδοχές της έρευνας

Είναι προφανές, ότι για να πραγματοποιηθεί η έρευνα έγιναν κάποιες παραδοχές οι οποίες διατυπώνονται στην συνέχεια:

- Οι μαθητές απάντησαν με ειλικρίνεια στα ερωτήματα των ερωτηματολογίων τα οποία τους δόθηκαν προς συμπλήρωση.
- Κάθε μέτρηση αντιστοιχεί σε ένα άτομο.
- Όλα τα θέματα τα οποία διαπραγματεύονται σε κάθε ερωτηματολόγιο, θεωρούνται ισότιμα.
- Η επίδραση των εξωτερικών παραγόντων είναι περιορισμένη στον μικρότερο δυνατό βαθμό.

4.14 Περιορισμοί της έρευνας

Εκ των πραγμάτων προκύπτουν κάποιοι περιορισμοί στην έρευνα, αναφορικά με το εκπαιδευτικό υλικό και την εφαρμογή του, τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων, όσο και τη δειγματοληψία.

Σε ότι αφορά στο εκπαιδευτικό υλικό είναι πιθανό επειδή οι δραστηριότητες εφαρμόστηκαν για πρώτη φορά να μην ήταν πλήρως στοχευμένες στην επίδραση των δύο μεταβλητών. Επίσης, ο χρόνος μέσα στον οποίο εφαρμόστηκε το εκπαιδευτικό υλικό είναι πιθανόν να μην επέτρεψε την πλήρη εμπέδωση του (βλέπε και παραπάνω για εξωτερικούς παράγοντες).

Επιπρόσθετα, οι περιορισμοί της έρευνας λόγω των ερωτηματολογίων που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι ακόλουθοι:

- Το ερωτηματολόγιο μέτρησης των γνώσεων και των αντιλήψεων των μαθητών για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών κατέγραψε μόνο τις γνώσεις και τις αντιλήψεις των μαθητών τις οποίες ανέφεραν οι ίδιοι
- Ο χρόνος για τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου που αφορούσε στις γνώσεις και στις αντιλήψεις των μαθητών για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών ήταν περίπου είκοσι λεπτά (βλέπε σχετικά και 5). Αν και ο χρόνος αυτός όπως προέκυψε και από την πιλοτική εφαρμογή ήταν επαρκής, κάποιοι μαθητές ενδέχεται να χρειάζονται περισσότερο χρόνο για την συμπλήρωση του ερωτηματολογίου.
- Το ερωτηματολόγιο επειδή δεν έχει χρησιμοποιηθεί άλλη φορά είναι πιθανό να στερείται ευαισθησίας να αποτυπώσει πλήρως τις επιλεγμένες μεταβλητές.

Οι περιορισμοί οι οποίοι προκύπτουν κατά τη δειγματοληψία είναι οι ακόλουθοι:

- Η μέτρηση των γνώσεων και των αντιλήψεων για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών αφορά τους μαθητές της Β’ και Γ' τάξης του Γυμνασίου σχολείων συγκεκριμένων περιοχών. Ο περιορισμός αυτός οφείλεται κυρίως σε αντικειμενικούς λόγους και πρακτικές δυσκολίες που αφορούν στην πρόσβαση στα σχολεία, στον σχεδιασμό και στην εκτέλεση της έρευνας σε εύλογο χρονικό διάστημα.
- Δεν υπήρξε δυνατότητα να παρακολουθηθούν οι μαθητές κατά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού. Για το λόγο αυτό δεν μπορούμε να αποκλείσουμε τελείως την επίδραση κάποιων ανεξάρτητων μεταβλητών στα τμήματα των μαθητών που συμμετείχαν στην έρευνα.

Για να αντιμετωπιστούν οι παραπάνω περιορισμοί θα πρέπει κατά τη γνώμη μας το ερωτηματολόγιο να δοκιμαστεί περαιτέρω, ώστε να βελτιωθεί ακόμα περισσότερο στην καταγραφή των γνώσεων και των αντιλήψεων. Εξάλλου, όπως ισχυρίζονται και οι Stokking et al. (1999) δεν υπάρχει το τέλειο ερωτηματολόγιο, απλά το συγκεκριμένο μετρητικό εργαλείο μπορεί να βελτιώνεται μέσα από τα λάθη και τις ατέλειες που ανακαλύπτονται στην πορεία. Επίσης, καλό θα ήταν να γίνει μια πιο μακροχρόνια και συστηματική εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού. Έχει εντοπιστεί ότι για την μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα η εφαρμογή εκπαιδευτικών παρεμβάσεων πρέπει να έχει μακροχρόνιο ορίζοντα και συχνή επανάληψη (Bogner, 1998). Ιδιαίτερη έμφαση στην συχνή και τακτική εφαρμογή ενός περιβαλλοντικού προγράμματος δίνουν και οι Armstrong & Impara (1991) (Armstrong & Impara, 1991).

Τέλος, καλό θα ήταν να υπάρξει μια αξιολόγηση του εκπαιδευτικού υλικού από τους καθηγητές. Όπως τονίζει και η McDuff (2002) η αποτελεσματική αξιολόγηση πρέπει να είναι συνεχής διαδικασία. Τα εκπαιδευτικά προγράμματα δεν θα πρέπει να θεωρούνται τελειωμένα προϊόντα αλλά αντιθέτως, να είναι δυναμικά και συνεχώς εξελισσόμενα ενώ θα πρέπει να μπορούν

να προσαρμόζονται στην χρήση τους (Fien, 2001). Συνεπώς, η ανάγκη συνέχισης και βελτίωσης της εν λόγω έρευνας αποκτά ιδιαίτερη σημασία.

4.15 Γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών για συναφή με το ερευνητικό ζήτημα θέματα

Υπάρχει ένας σημαντικός όγκος εκπαιδευτικής έρευνας που σχετίζεται με τις γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών και καλύπτει ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών εννοιών (Pfundt & Duit, 1994). Όπως έχει ήδη αναφερθεί δεν βρέθηκαν στη βιβλιογραφία έρευνες οι οποίες να πραγματεύονται τις γνώσεις και τις αντιλήψεις των μαθητών για την χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Ωστόσο, πολλές έρευνες έχουν γίνει για τις γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών για διάφορα περιβαλλοντικά ζητήματα (e.g.,Boyes & Stanisstreet, 1993, 1997˙Stanisstreet & Boyes, 1998). Για παράδειγμα, πολλές έρευνες έχουν διεξαχθεί την τελευταία δεκαετία οι οποίες επικεντρώνουν στους τρόπους κατανόησης και στις αντιλήψεις των μαθητών, των καθηγητών αλλά και του ευρύτερου κοινού για μερικά από τα σημαντικότερα σημερινά περιβαλλοντικά ζητήματα. Το ενδιαφέρον αυτών των ερευνών επικεντρώνεται κυρίως σε θέματα όπως η κλιματική αλλαγή, η παγκόσμια θέρμανση σε συνδυασμό με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την λέπτυνση της στιβάδας του όζοντος καθώς και τη διαχείριση των αποβλήτων.

Είναι σαφές ότι, οι πρότερες αντιλήψεις των μαθητών πρέπει να αποτελούν ένα διαγνωστικό εργαλείο της εκπαιδευτικής διαδικασίας (UNESCO-UNEP, No. 8, (1983)˙ UNESCO-PNUE, 1988). Επιπρόσθετα, η περιβαλλοντική εκπαίδευση αποτελεί μια σπουδαία στρατηγική προς την κατεύθυνση της προστασίας του περιβάλλοντος και θα πρέπει να βασίζεται σε απτά αποτελέσματα επί των αντιλήψεων των μαθητών και όχι σε υποθέσεις για το τι πιστεύουν και γνωρίζουν (Loughland et al., 2002, 2003). Πάντως, όταν οι εκπαιδευτικοί γνωρίζουν τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών ή τις παρανοήσεις τους καθώς και τις στάσεις που αποκτούν ή διαμορφώνουν μέσα από την τυπική ή άτυπη εκπαίδευση, τότε υπάρχει αυξημένη δυνατότητα να κατευθύνουν-διαμορφώσουν αυτές τις στάσεις και αντιλήψεις μέσα από τα σχολικά αναλυτικά προγράμματα (Skamp, 2000). Η ενσωμάτωση των περιβαλλοντικών ζητημάτων, στα προγράμματα σπουδών της επιστήμης, συμβάλει στο να καταστούν τα μαθήματα των φυσικών επιστημών πιο επίκαιρα (Brody, 1994) σχετίζοντας τα με πραγματικές καταστάσεις (Bybee, 1993), που απαιτούν μια διεπιστημονική προσέγγιση (Iozzi, 1989). Επιπλέον, οι αντιλήψεις των μαθητών σχετίζονται με την γνώση της καθημερινής ζωής (Koulaidis & Kouzelis, 1990˙Matthews, 1994).

Δεν αποτελεί σκοπό της παρούσας ενότητας η εξαντλητική έρευνα της βιβλιογραφίας αναφορικά με τις γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για το

περιβάλλον και τα διάφορα περιβαλλοντικά ζητήματα, ωστόσο θα επιχειρήσουμε στην συνέχεια μια συνοπτική ανασκόπηση.

Σε έρευνα που έγινε σε μαθητές στη Μ. Βρετανία ηλικίας 12-13 ετών για τις αντιλήψεις τους σχετικά με την αειφορία, το ουσιαστικότερο εύρημα ήταν ότι υπάρχει ένα μεγάλο εύρος όσον αφορά στην κατανόηση της συγκεκριμένης έννοιας, που κυμαινόταν μεταξύ της φύσης της, του σκοπού και του χρονοδιαγράμματος επίτευξης της (Walshe, 2008).

Το 1992 πραγματοποιήθηκε έρευνα στην Ολλανδία σε μαθητές της Γ' Γυμνασίου, οι οποίοι προέρχονταν από 206 σχολεία. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας, το 57% των μαθητών εμφάνιζαν θετική στάση προς το περιβάλλον, ωστόσο οι γνώσεις τους ήταν αποσπασματικές και πολλές φορές λανθασμένες. Σημαντική συσχέτιση μεταξύ των γνώσεων, των στάσεων και της συμπεριφοράς δε βρέθηκε, όπως επίσης και μεταξύ των στάσεων, της προθυμίας για πραγματοποίηση προσωπικών θυσιών και της υπεύθυνης περιβαλλοντικής συμπεριφοράς (Kuhlemeier et al., 1999). Παρομοίως, το 1993, στο Hong Kong πραγματοποιήθηκε μια έρευνα στην οποία εξετάσθηκαν οι γνώσεις και οι στάσεις των μαθητών απέναντι σε θέματα περιβάλλοντος. Η έρευνα έδειξε χαμηλό βαθμό κατανόησης των περιβαλλοντικών θεμάτων. Επίσης, οι μαθητές φάνηκε να είναι απρόθυμοι στο να αναλάβουν ενεργό ρόλο στην προστασία του περιβάλλοντος όταν πρόκειται να κάνουν προσωπικές θυσίες (Yeung, 1998). Πάντως, ο Yencken (2000) αναφέρει μια έντονη σχέση μεταξύ περιβαλλοντικής γνώσης και συμπεριφοράς των μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Την ίδια χρονιά (1993), ο P. Membiela και οι συνεργάτες του έδωσαν σε Ισπανούς μαθητές ηλικίας 15 ετών ένα ερωτηματολόγιο το οποίο αφορούσε στο θέμα των αστικών απορριμμάτων. Η συγκεκριμένη έρευνα έδειξε ότι οι μαθητές δεν είχαν αίσθηση της αλληλεπίδρασης που υπάρχει ανάμεσα σε διάφορα περιβαλλοντικά θέματα. Αξιοσημείωτο ήταν ότι το 35,4% των μαθητών δεν ήξεραν τι σημαίνει η λέξη ανακύκλωση (Membiela et al., 1993). Παρόμοια, σε μια έρευνα στο Νεπάλ (1999) σε 1152 μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης φάνηκε ότι οι μαθητές, ενώ είναι ευαισθητοποιημένοι στο θέμα της διαχείρισης των απορριμμάτων, δεν ακολουθούν περιβαλλοντικά φιλικούς τρόπους για τη διαχείριση τους (Hiroyuki, 1999).

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε Κινέζους μαθητές φάνηκε ότι οι τελευταίοι ενδιαφέρονται και ανησυχούν για τα παγκόσμια περιβαλλοντικά ζητήματα (Lee et al., 2000). Σε έρευνα που πραγματοποίησε ο Clarke (1996) στην Αυστραλία σε εντεκάχρονους μαθητές φάνηκε ότι τα παιδιά είχαν περιορισμένες γνώσεις για το περιβάλλον, ωστόσο εκδήλωναν προφορική και έμπρακτη δέσμευση απέναντι στα περιβαλλοντικά θέματα. Οι μαθητές έδειξαν ότι είχαν σύγχυση για το φαινόμενο του θερμοκηπίου, ενώ υπήρχε υψηλό ποσοστό απαντήσεων όπως «δεν είμαι σίγουρος» και «δεν ξέρω» (Clarke, 1996). Στην ίδια χώρα και σε έρευνα που έλαβε χώρα από τον

Connell και τους συνεργάτες του (1998) και εξέταζε τις γνώσεις και στάσεις μαθητών 16 έως 17 χρονών για περιβαλλοντικά θέματα βρέθηκε ότι μεγαλύτερο ενδιαφέρον για την προστασία του περιβάλλοντος δείχνουν τα κορίτσια (Connell et al., 1998). Επιπρόσθετα, οι Mogensen και Nielsen (2001) πραγματοποίησαν μια έρευνα σε γυμνάσια στη Δανία με στόχο να εξετάσουν τις γνώσεις των μαθητών για τα περιβαλλοντικά ζητήματα καθώς και το βαθμό στον οποίο οι μαθητές μπορούν να δράσουν. Βρέθηκε ότι, τα κορίτσια σε σχέση με τα αγόρια θεωρούν ότι μπορούν να αναλάβουν προσωπική δράση για το περιβάλλον. Αξιοσημείωτο είναι ότι, στην συγκεκριμένη έρευνα, από τα περιβαλλοντικά προβλήματα οι μαθητές θεωρούν το πρόβλημα της ρύπανσης ως το κυριότερο.

Σε έρευνα που πραγματοποίησαν οι Tikka et al. (2000) για τις στάσεις μαθητών ως προς το περιβάλλον, διαφοροποιήσεις παρατηρήθηκαν κυρίως σε σχέση με το φύλο και το μορφωτικό επίπεδο των γονέων. Τα κορίτσια εμφανίζονταν να είναι περισσότερο υπεύθυνα προς το περιβάλλον σε σχέση με τα αγόρια ενώ, το μορφωτικό επίπεδο των γονέων φαίνεται να επηρεάζει τις στάσεις και το βαθμό ανάληψης δράσης.

Οι A. Worsley και G. Skrzypiec (1998) πραγματοποίησαν έρευνα στην Ν. Αυστραλία, στην οποία εξέταζαν τις περιβαλλοντικές στάσεις τελειόφοιτων μαθητών. Στην έρευνα συμμετείχαν μαθητές τόσο από αστικές, όσο και αγροτικές περιοχές. Η έρευνα έδειξε ότι όλοι οι μαθητές ενδιαφέρονται για το περιβάλλον με τα κορίτσια να εμφανίζουν περισσότερο πεσιμιστικές απόψεις για την πορεία του περιβάλλοντος. Επίσης, τα αγόρια φάνηκε να δείχνουν μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στην αποτελεσματικότητα της επιστήμης για την επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων. Επιπρόσθετα, τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι, το ενδιαφέρον για τα περιβαλλοντικά θέματα ποικίλει ανάλογα με το φύλο, το είδος του σχολείου και την κοινωνικοοικονομική κατάσταση των μαθητών (Worsley & Skrzypiec, 1998).

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Τουρκία προκειμένου να καταγραφούν οι απόψεις των μαθητών για διάφορα περιβαλλοντικά θέματα που διδάσκονται μέσα από το αναλυτικό πρόγραμμα (Yilmaz et al., 2004) φάνηκε ότι οι μαθητές με υψηλό οικογενειακό εισόδημα οι οποίοι ζουν σε αστικές περιοχές εμφανίζουν σε μεγαλύτερο βαθμό θετικές στάσεις για τα περιβαλλοντικά ζητήματα από ότι οι μαθητές με χαμηλό οικογενειακό εισόδημα που ζουν σε ημιαστικές περιοχές.

Η στατιστική επεξεργασία των ερωτηματολογίων που συμπληρώθηκαν από 660 μαθητές 16 και 17 χρονών στο Λίβανο και αφορούσε στις γνώσεις και στάσεις τους σχετικά με το περιβάλλον έδειξε ότι οι μαθητές δείχνουν επιθυμητή περιβαλλοντική συμπεριφορά, αλλά έχουν περιορισμένες περιβαλλοντικές γνώσεις. Οι περιβαλλοντικές γνώσεις τους σχετίζονται σημαντικά με τις γνώσεις των γονέων τους, καθώς και με τα πιστεύω και τις προσωπικές δεσμεύσεις που παίρνουν εκείνοι για

το περιβάλλον. Επίσης η περιβαλλοντική τους συμπεριφορά σχετίζεται σημαντικά με τις περιβαλλοντικές προθέσεις τους (Makki et al., 2003).

Σε άλλη έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί φάνηκε ότι η έννοια του περιβάλλοντος δεν είναι ξεκάθαρη στους νέους ανθρώπους (Boyes & Stanisstreet, 1996). Επιπρόσθετα, ο Cullingford (1996) αναφέρει ότι οι νέοι αντιλαμβάνονται ως έννοια το περιβάλλον με διαφορετικό τρόπο από ότι οι ενήλικες. Σημειώνει ωστόσο, ότι κατανοούν το περιβάλλον με τον τρόπο που τους επηρεάζει. Για παράδειγμα, θα σκεφτούν το περιβάλλον μέσα από την ρύπανση. Οι αντιλήψεις και οι στάσεις των πολιτών, συμπεριλαμβανομένων και των νέων ανθρώπων σχετικά με τη φύση και την περιβαλλοντική υποβάθμιση επηρεάζουν τις αποφάσεις τους (Ballantyne & Packer, 1996˙Yencken, 2000). Πολλές δε από τις αντιλήψεις τους, συμπεριλαμβανομένων των παρανοήσεων και των στάσεων δημιουργούνται κατά τη διάρκεια των σχολικών χρόνων.

Σε μια έρευνα που έγινε στις Σέρρες σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Karapantsios et al., 1999) και συγκρίνει τα αποτελέσματα της με μια αντίστοιχη Ισπανική πόλη και τους μαθητές της φαίνεται ότι, τόσο οι Έλληνες όσο και οι Ισπανοί αναγνωρίζουν τα περιβαλλοντικά και τα κοινωνικά προβλήματα ως ίδιας σημαντικότητας. Από την ίδια έρευνα φαίνεται να προκύπτει ότι οι μαθητές, ιδίως όσον αφορά στις βασικές πτυχές της καθημερινής ζωής στην πόλη, όπως η διαχείριση των στερεών αποβλήτων αναπτύσσουν προβληματισμούς, ενώ έχουν πολύ περιορισμένη γνώση για τους ζωντανούς οργανισμούς της πόλης τους, ιδίως για τα φυτά. Σοβαρές ελλείψεις έχουν επισημανθεί στη βιβλιογραφία και αφορούν τόσο στην κατανόηση των περιβαλλοντικών θεμάτων από τους μαθητές αλλά και στη διαθεσιμότητα αξιόπιστης μεθοδολογίας και διαδικασιών σχεδιασμού αναλυτικών προγραμμάτων (Hungerfold et al., 1983˙Robottom, 1990˙Flogaiti, 1996).

Ο Fien και οι συνεργάτες του (2002) πραγματοποίησαν μια έρευνα στην οποία εξέταζαν τις ομοιότητες και τις διαφορές των μαθητών Λυκείου στην Αυστραλία και στο Μπουνέι σχετικά με τις γνώσεις, τα πιστεύω και τις δράσεις τους για το περιβάλλον. Η έρευνα έδειξε ότι οι μαθητές από αυτές τις δύο χώρες βρίσκονται σε παρόμοιο επίπεδο σχετικά με τις γνώσεις και τις στάσεις τους σε περιβαλλοντικά θέματα. Η έρευνα κατέληγε στο ότι είναι απαραίτητο να αναθεωρηθούν τα αναλυτικά προγράμματα σπουδών έτσι ώστε να δοθεί η δυνατότητα στους μαθητές να γνωρίσουν όλους τους πιθανούς τρόπους με τους οποίους μπορεί να επιτευχθεί η βιώσιμη ανάπτυξη (Fien et al., 2002).

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε μεταξύ 467 μαθητών σε 41 σχολεία στις Ηνωμένες Πολιτείες εξετάσθηκε ο βαθμός κατανόησης για θέματα που σχετίζονται με την οικολογική κρίση: την όξινη βροχή, την ρύπανση και τη διαχείριση των θαλάσσιων πόρων. Παρατηρήθηκαν κοινότυπες παρανοήσεις, οι γνώσεις των μαθητών για τα περιβαλλοντικά θέματα κρίθηκαν από τον

ερευνητή ως ανεπαρκείς ενώ, θεωρήθηκε σκόπιμο τα αποτελέσματα να ληφθούν υπόψη στο σχεδιασμό των αναλυτικών προγραμμάτων (Brody, 1994).

Σε άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε για τις αντιλήψεις των μαθητών (ηλικίας 6, 8 και 10 ετών) σχετικά με τη φύση της αέριας ρύπανσης, τις βιολογικές της συνέπειες, το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την όξινη βροχή προέκυψε ότι οι μαθητές θεωρούν ότι η εκπαίδευση και το αίσθημα ευθύνης είναι πιο ισχυρά όπλα από την νομοθεσία, ενώ θεωρούν τη νομοθεσία ένα μέσο για τη μείωση της αέριας ρύπανσης (Skamp, Boyes & Stanisstreet, 2004). Στην ίδια έρευνα φαίνεται ότι οι μαθητές μεγαλώνοντας δεν ξεκαθαρίζουν τις αντιλήψεις τους για το εάν η αέρια ρύπανση είναι φυσική, αντίθετα, αυξάνεται η αναλογία των μαθητών που είναι αβέβαιοι ως προς αυτό. Η ίδια έρευνα καταλήγει ότι η πλειονότητα των μαθητών ενδιαφέρεται να μάθει για την αέρια ρύπανση, ενώ θεωρεί ότι χρειάζεται περαιτέρω εκπαίδευση, κάτι που εναρμονίζεται με τα ευρήματα των Connell et al.(1998) και Sykes et al. (2000) ότι οι μαθητές δευτεροβάθμιας κατατάσσουν το πρόβλημα της ποιότητας του αέρα μεταξύ των κορυφαίων οκτώ περιβαλλοντικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η Αυστραλία.

Έρευνα μέσω ερωτηματολογίου κλειστού τύπου πραγματοποιήθηκε στην Αγγλία το 2004 σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών ηλικίας 11-16 ετών (N=1000) για την αέρια ρύπανση (Myers, Boyes & Stanisstreet, 2004). Ερευνήθηκαν οι αντιλήψεις των μαθητών για την σύσταση του ρυπασμένου αέρα, τη φύση της αέριας ρύπανσης, τις βιολογικές και περιβαλλοντικές της συνέπειες και τρόπους μείωσης της. Οι μαθητές γενικά φάνηκαν καλά ενημερωμένοι σχετικά με τις συνέπειες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, αν και υπήρχε ένας βαθμός αβεβαιότητας ως προς το τι ακριβώς συνίσταται ο καθαρός αέρας. Το ερωτηματολόγιο διερευνούσε επίσης τις απόψεις των μαθητών για το τι θα μπορούσε να γίνει για να μειωθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση. Σε αυτό φαινόταν να συμφωνούν ότι οι οικονομικές κυρώσεις ήταν λιγότερο αποδεκτές σε σχέση με τη νομοθετική συμμόρφωση.

Τέλος, αρκετές μελέτες έχουν γίνει για τις αντιλήψεις των μαθητών για το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Παρόλο που είναι οικείο σαν έννοια (Yencken, 2000), το γνωστικό τους επίπεδο για το φαινόμενο δεν είναι υψηλό. Μάλιστα οι Boyes and Stranisstreet (1993, 1996) αναφέρουν μεταξύ άλλων ότι καθώς οι μαθητές μεγαλώνουν δεν ξεκαθαρίζουν σημαντικά στοιχεία που αφορούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σε μια άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην γειτονική Τουρκία (Kılınç et al., 2008) σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και αφορούσε στο φαινόμενο της παγκόσμιας θέρμανσης βρέθηκε ότι οι γνώσεις των μαθητών ήταν ελλείπεις. Οι μαθητές εμφάνιζαν παρανοήσεις για το συγκεκριμένο θέμα. Πιο συγκεκριμένα, εντοπίστηκαν παρανοήσεις αναφορικά με τις αιτίες και τις «θεραπείες» του φαινομένου. Επιπρόσθετα, οι μαθητές φαίνεται να συγχέουν τις

αιτίες και τις συνέπειες της υπερθέρμανσης του πλανήτη με εκείνα της καταστροφής της στιβάδας του όζοντος. Για παράδειγμα η παγκόσμια θέρμανση σχετίστηκε από πολλούς μαθητές με τον καρκίνο του δέρματος, κάτι το οποίο σχετίζεται με την λέπτυνση της στιβάδας του όζοντος. Επιπρόσθετα, φάνηκε να υπάρχει μια σύγχυση σχετικά με τις δράσεις που μειώνουν το φαινόμενο. Σε πιο πρακτικό επίπεδο, σχετικά λίγοι μαθητές έχουν συνειδητοποιήσει ότι η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας συμβάλει στη μείωση της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Η ενθάρρυνση μαθητών προς την κατεύθυνση της μείωσης της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί έναν τρόπο εκπαίδευσης τους σχετικά με τη σημασία της φιλο-περιβαλλοντικών δράσεων από ιδιώτες και τους παρέχει τη δυνατότητα να αναλάβουν κάποιες τέτοιες ενέργειες. Πάντως, οι Ryea et al. (1997) αναφέρουν ότι όταν οι μαθητές ερωτώνται: « Τι περνάει από το μυαλό σου, όταν σκέφτεσαι την παγκόσμια θέρμανση;», οι περισσότεροι απαντούν συνδέοντας το με τη λέπτυνση της στιβάδας του όζοντος και την υπεριώδη ακτινοβολία. Οι μισοί από τους μαθητές απαντούν ότι η λέπτυνση της στιβάδας του όζοντος είναι η βασικότερη αιτία της παγκόσμιας θέρμανσης και ότι το διοξείδιο του άνθρακα καταστρέφει τη στιβάδα του όζοντος.

Έρευνα πραγματοποιήθηκε στην επαρχία της Βαλένθια της Ισπανίας (Punter et al., 2011). για τις αντιλήψεις των μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε σχέση με τις αιτίες και τις συνέπειες από την κλιματική αλλαγή. Τα αποτελέσματα έδειξαν, μεταξύ άλλων, ότι οι μαθητές συνδέουν ξεκάθαρα την κακή χρήση των οχημάτων και τις εκπομπές των εργοστασίων με το πρόβλημα. Ωστόσο, η προφανής συσχέτιση του φαινομένου με τη χρήση της ενέργειας από τα νοικοκυριά δεν παρατηρήθηκε. Από την ίδια έρευνα προκύπτει η συνήθης σύγχυση με άλλα περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως είναι η τρύπα στη στιβάδα του όζοντος. Προκύπτει επίσης ότι οι μαθητές δεν αναγνωρίζουν κανένα αέριο του θερμοκηπίου παρά μόνο το διοξείδιο του άνθρακα, ενώ οι κοινωνικο-οικονομικές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής είναι οι λιγότερο αντιληπτές. Να σημειωθεί εδώ ότι, τα αποτελέσματα έρευνας που έγινε σε δείγμα μαθητών και ενηλίκων για την λέπτυνση της στιβάδας του όζοντος (Leighton & Bisanz, 2003) έδειξαν ότι οι ενήλικες γνωρίζουν περισσότερα για την στιβάδα του όζοντος σε σχέση με τους μαθητές, ωστόσο τόσο οι ενήλικες όσο και οι μαθητές έχουν ελάχιστη γνώση για τον τρόπο προστασίας από την λέπτυνση της στιβάδας του όζοντος.

Οι Gambrio και Switzky (1999) σε μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε το 1989 σε 2200 μαθητές Λυκείου από 51 σχολεία εξέτασαν ποιες μεταβλητές σχετίζονται με τις γνώσεις των μαθητών για διάφορα περιβαλλοντικά θέματα που πραγματεύονται την ενέργεια και τη ρύπανση. Η στατιστική επεξεργασία των ερωτηματολογίων έδειξε ότι σημαντικό ρόλο στις γνώσεις των μαθητών διαδραματίζουν το μορφωτικό επίπεδο των γονέων, το φύλο και τα προγράμματα των

θετικών επιστημών. Όσο αύξανε το μορφωτικό επίπεδο των γονέων αύξανε και το ποσοστό των σωστών απαντήσεων που έδιναν οι μαθητές.

Έρευνα τέλος πραγματοποιήθηκε σε 626 Έλληνες μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (2ας γυμνασίου και 2ας λυκείου) σχετικά με τις αντιλήψεις τους για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή (Liarakou et al., 2011). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μεγαλύτεροι μαθητές ήταν καλύτερα ενημερωμένοι σε σχέση με τις αιτίες, τις επιπτώσεις και τις πιθανές λύσεις αν και κάποιες παρανοήσεις όπως η σχέση μεταξύ του φαινομένου του θερμοκηπίου και της λέπτυνσης της στιβάδας του όζοντος, παραμένουν ανεξάρτητα από την ηλικία και άρα την τάξη. Οι μαθητές φαίνεται να έχουν αρκετά σαφείς αντιλήψεις για τις επιπτώσεις των φαινομένων αν και φαίνονται μάλλον μπερδεμένοι για τις λύσεις και κυρίως για τις αιτίες. Επιπρόσθετα, ο ρόλος της τηλεόρασης στην πληροφόρηση φαίνεται να είναι κυρίαρχος. Να σημειωθεί εδώ ότι, οι Sykes et al. (2000), παρατηρούν σε μια έρευνα τους σε εννέα χώρες ότι μόνο σε δύο από αυτές το 50% των μαθητών ή και περισσότερο οι μαθητές δηλώνουν ότι η περιβαλλοντική τους πληροφόρηση προέρχεται από το σχολείο. Η συμμετοχή σε Προγράμματα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης φαίνεται να αποτελεί κρίσιμο παράγοντα αφού επηρεάζει τις αντιλήψεις των μαθητών με θετικό τρόπο. Στην ίδια έρευνα των Liarakou et al. (2011) φαίνεται ότι το φύλο δεν αποτελεί μεταβλητή που επηρεάζει στατιστικώς σημαντικά τα αποτελέσματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΣΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ.

5.1 Αποτύπωση των γνώσεων και των αντιλήψεων των μαθητών πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων (Kapassa et al, 2013).

5.1.1 Εισαγωγή

Προκειμένου να μετρηθεί η επίδραση της εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού στις γνώσεις και στις αντιλήψεις των μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, χρησιμοποιήθηκε η τρίτη έκδοση των ερωτηματολογίων. Έτσι, στην αρχή της εκπαιδευτικής διαδικασίας δόθηκε προς συμπλήρωση η τρίτη και τελική έκδοση του ερωτηματολογίου.

Η χορήγηση του συγκεκριμένου ερωτηματολογίου πραγματοποιήθηκε προκειμένου να γίνει μια αρχική αποτύπωση των γνώσεων και των αντιλήψεων των μαθητών για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Οι απαντήσεις αυτού του ερωτηματολογίου αποτέλεσαν το σημείο αναφοράς έτσι ώστε, αφού εφαρμόστηκαν οι επιλεγμένες δραστηριότητες, να διερευνηθεί η επίδραση τους στις μαθητικές γνώσεις και αντιλήψεις.

5.1.2 Τα χαρακτηριστικά του δείγματος

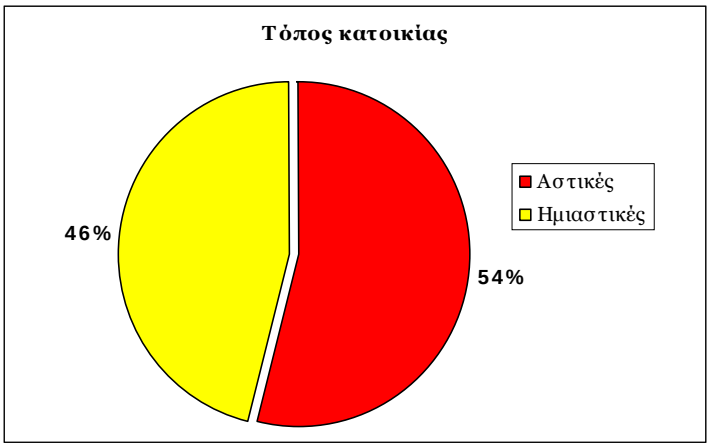
Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε συνολικά δώδεκα σχολεία: επτά σχολεία της Αθήνας και πέντε σχολεία της επαρχίας. Από τα επτά σχολεία της περιοχής της Αττικής, το ένα ήταν ιδιωτικό και τα υπόλοιπα έξι δημόσια.

Συνολικά στην έρευνα πήραν μέρος 428 μαθητές από 10 τμήματα Β΄ και 9 τμήματα Γ΄ Γυμνασίου. Συμπληρώθηκαν συνεπώς 428 ερωτηματολόγια από 428 μαθητές, από τα οποία θεωρήθηκαν έγκυρα κατά την επεξεργασία 414. Τα δεκατέσσερα ερωτηματολόγια που απορρίφθηκαν ήταν κυρίως λόγω: α) της ελλιπούς συμπλήρωσης και β) της λάθος ή διπλής συμπλήρωσης.

Στον πίνακα 5.1 που ακολουθεί γίνεται ανάλυση του συνόλου των έγκυρων ερωτηματολογίων ανά γεωγραφική περιοχή (Αττική /Επαρχία) και είδος σχολείου (Δημόσιο /Ιδιωτικό). Να σημειωθεί ότι οι επαρχιακές περιοχές στις οποίες διεξήχθη η έρευνα ήταν η Αχαΐα, η Άνδρος και η Θεσπρωτία.

Πίνακας 5.1. *Ανάλυση έγκυρων ερωτηματολογίων ανά γεωγραφική περιοχή και είδος σχολείου*

	Αττική (Αριθμός έγκυρων ερωτηματολογίων)	Επαρχία (Αριθμός έγκυρων ερωτηματολογίων)	Σύνολο έγκυρων ερωτηματολογίων
Δημόσιο	198	191	389
Ιδιωτικό	25	-	25
Σύνολο	223	191	414



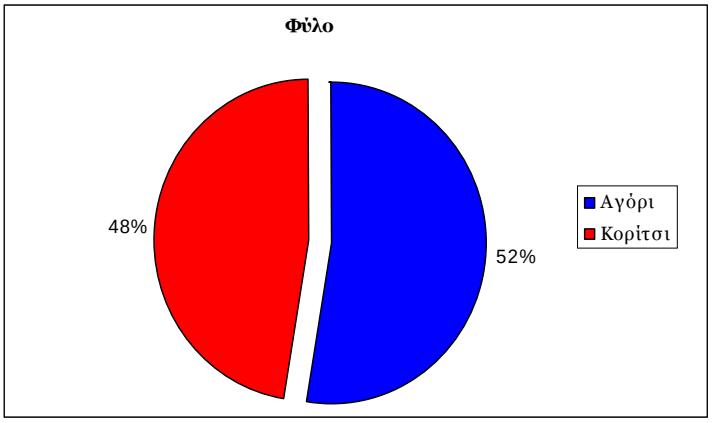
Σχήμα 5. 1 *Κατανομή των έγκυρων ερωτηματολογίων με βάση τον τόπο κατοικίας*

Από τα 414 έγκυρα ερωτηματολόγια που συλλέχθηκαν, ποσοστό 52% συμπληρώθηκε από αγόρια (N=217) και το υπόλοιπο 48% από κορίτσια (N=197).

Πίνακας 5.2. *Ανάλυση των έγκυρων ερωτηματολογίων ανά φύλο*

Α/Α	Φύλο	Μαθητές Γυμνασίου (N=414)	Ποσοστό (%)
1	Αγόρι	217	52
2	Κορίτσι	197	48

Το διάγραμμα 5.2 σχηματοποιεί την κατανομή του συνόλου των έγκυρων ερωτηματολογίων σε σχέση με το φύλο.



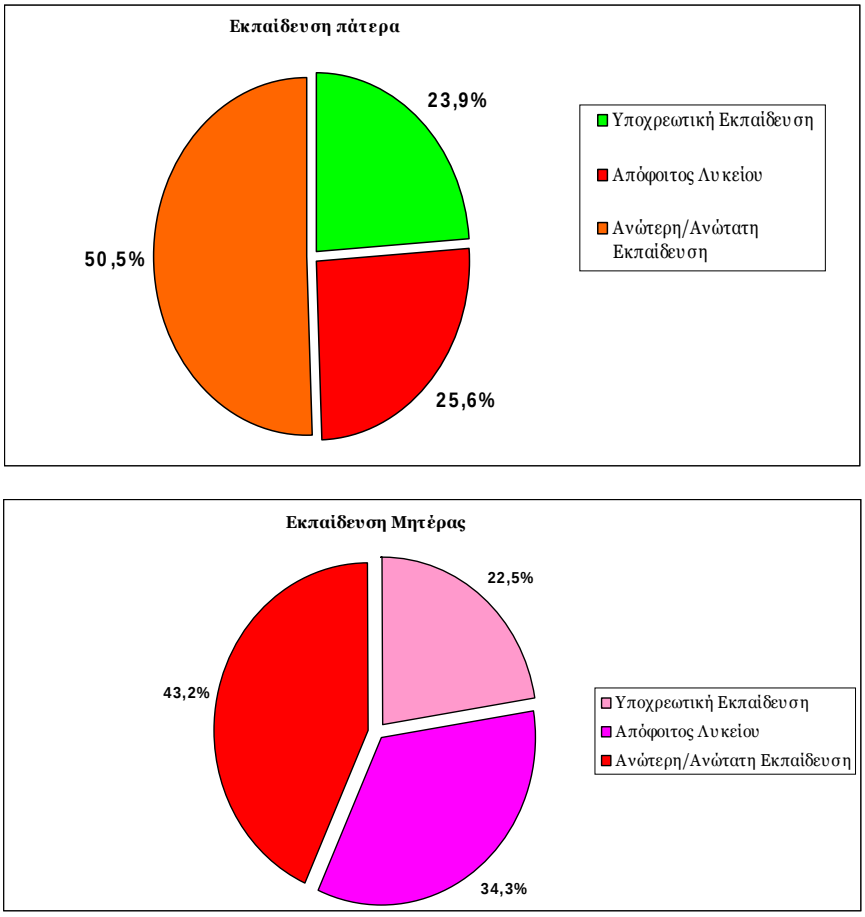
Σχήμα 5.2 *Κατανομή των έγκυρων ερωτηματολογίων με βάση το φύλο*

Ποσοστό 50,5 % και 43,3% των μαθητών που συμπλήρωσαν με έγκυρο τρόπο το ερωτηματολόγιο έχουν γονείς, πατέρα ή μητέρα αντίστοιχα, με ανώτερη ή ανώτατη μόρφωση (πτυχίο ανώτερου ή ανώτατου εκπαιδευτικού ιδρύματος, ΑΕΙ ή ΤΕΙ).

Ποσοστό 37,7 % και 46,9% των μαθητών που συμπλήρωσαν με έγκυρο τρόπο το ερωτηματολόγιο έχουν γονείς, πατέρα ή μητέρα με απολυτήριο Γυμνασίου ή Λυκείου. Τέλος, ποσοστό 11,8% και 9,9% έχουν γονείς, πατέρα ή μητέρα που δεν έχουν τελειώσει το Δημοτικό ή έχουν απολυτήριο Δημοτικού.

Πίνακας 5.3 *Επίπεδο εκπαίδευσης των γονέων των μαθητών που συμπλήρωσαν με έγκυρο τρόπο το ερωτηματολόγιο*

Α/Α	Επίπεδο εκπαίδευσης γονέων:	Μαθητές Γυμνασίου (N=414)			
		Πατέρας	Μητέρα	Πατέρας (%)	Μητέρα (%)
1	Δεν Τελείωσε το Δημοτικό	5	1	1,2	0,24
2	Έχει απολυτήριο Δημοτικού	44	40	10,6	9,7
3	Έχει απολυτήριο Γυμνασίου	50	52	12,1	12,6
4	Έχει απολυτήριο Λυκείου ή Εξαταξίου Γυμνασίου	106	142	25,6	34,3
5	Έχει πτυχίο Τεχνολογικού ιδρύματος (ΤΕΙ)	122	88	29,5	21,3
6	Έχει πτυχίο Πανεπιστημίου ή Πολυτεχνείου(ΑΕΙ)	87	91	21	22

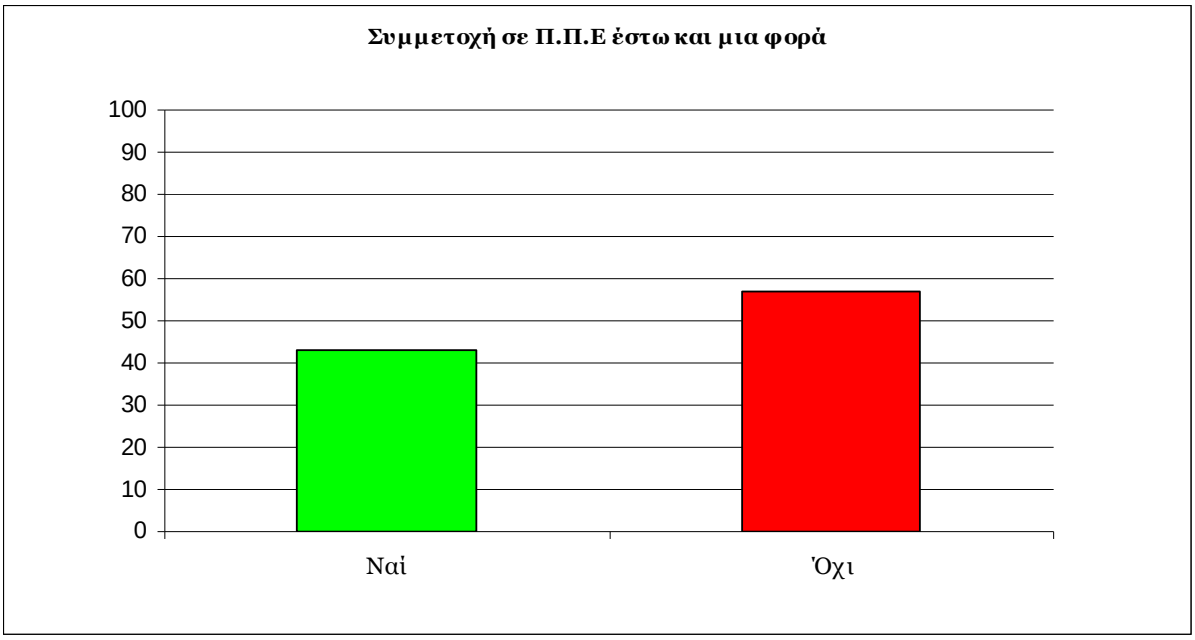


Σχήμα 5.3 *Κατανομή δείγματος με βάση το επίπεδο εκπαίδευσης των γονέων*

Τέλος, ποσοστό της τάξεως του 43% των μαθητών που συμπλήρωσαν με έγκυρο τρόπο το ερωτηματολόγιο δηλώνει ότι έχει συμμετάσχει έστω και σε ένα μόνο πρόγραμμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, ενώ ποσοστό 57% δηλώνει ότι δεν έχει συμμετάσχει.

Πίνακας 5.4 *Ανάλυση δείγματος ανάλογα με την πρότερη συμμετοχή ή μη σε ΠΠΕ*

Α/Α	Έχεις συμμετάσχει έστω και σε ένα μόνο πρόγραμμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης;	Μαθητές Γυμνασίου (N=414)	Ποσοστό (%)
1	ΝΑΙ	178	43,0
2	ΟΧΙ	236	57,0



Σχήμα 5.4 *Κατανομή δείγματος με βάση την πρότερη συμμετοχή ή με σε ΠΠΕ*

5.1.3 Οι γνώσεις των μαθητών Γυμνασίου για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες μέσα από τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία

Σε ποσοστό 58,9 % οι μαθητές αναγνωρίζουν μεταξύ διαφόρων υλικών που τους παρατίθενται ότι το αργό πετρέλαιο δεν είναι ανανεώσιμη πρώτη ύλη. Ποσοστό 8,9%, 2,4% και 7,0% των μαθητών αντίστοιχα δεν αναγνωρίζουν τα οργανικά αστικά απόβλητα, τα υπολείμματα των γεωργικών καλλιεργειών και τα κτηνοτροφικά απόβλητα ως ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Ένα ποσοστό της τάξεως του 17,9% απαντά ότι δεν γνωρίζει ποιο από τα προϊόντα που τους παρατίθεται δεν θεωρείται ανανεώσιμη πρώτη ύλη.

Οι μαθητές σε ποσοστό 33,8% δηλώνουν ότι δεν γνωρίζουν τη βασική διαδικασία δημιουργίας των ανανεώσιμων πρώτων υλών, ενώ ένα συνολικό ποσοστό της τάξεως του 37,7% έχει λανθασμένη αντίληψη και θεωρεί ως βασική διαδικασία δημιουργίας τους τη διύλιση, την εξάτμιση ή την εξόρυξη. 28,5% των μαθητών απαντά ότι η φωτοσύνθεση αποτελεί την βασική διαδικασία δημιουργίας των ανανεώσιμων πρώτων υλών.

Σε ότι αφορά στην ερώτηση για τα πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πρώτων υλών, αξιοσημείωτο είναι ότι μόλις το 2,1% των μαθητών, δηλαδή εννιά στους 414 μαθητές αναγνωρίζουν όλα τα πλεονεκτήματα τους. Ως πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πρώτων υλών οι μαθητές αναγνωρίζουν κυρίως τη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα σε ποσοστό 46,1% και ακριβώς με το ίδιο ποσοστό τη μείωση της εκπομπής θερμοκηπιακών αερίων. Η ενίσχυση της οικονομίας των αγροτικών περιοχών και η δυνατότητα αξιοποίησης των οργανικών μορφών

αποβλήτων δεν αναγνωρίζονται από τους μαθητές ως πλεονεκτήματα σε ποσοστά 78,7% και 74,4% αντίστοιχα με άλλα λόγια, μόλις το 21,3% των μαθητών σημειώνει ως πλεονέκτημα των ανανεώσιμων πρώτων υλών την ενίσχυση της οικονομίας των αγροτικών περιοχών και 25,6% τη δυνατότητα αξιοποίησης των οργανικών μορφών αποβλήτων.

Σε ότι αφορά στις γνώσεις των μαθητών για την πράσινη χημεία στην ερώτηση «Ποιο από τα παρακάτω δεν θεωρείται αρχή της πράσινης χημείας», περίπου οι μισοί μαθητές (ποσοστό 44,9%) απαντούν ότι δεν γνωρίζουν. Μόλις το 14,5% των μαθητών αναγνωρίζει ότι η επεξεργασία των αποβλήτων που προκύπτουν στο τέλος μιας χημικής διεργασίας δεν αποτελεί αρχή της πράσινης χημείας, ενώ το 40,5% των μαθητών σημειώνουν λάθος επιλογές. Στην ερώτηση «Τι δεν είναι πράσινη χημεία», το 63,5% των μαθητών δίνει την απάντηση «Ένα θρησκευτικό δόγμα», ενώ το υπόλοιπο 36,4% των ερωτηθέντων σημειώνει τις υπόλοιπες επιλογές συμπεριλαμβανομένης και της επιλογής «Δεν γνωρίζω». Βέβαια στη συγκεκριμένη ερώτηση υπάρχει περίπτωση οι μαθητές να απάντησαν με αυτόν τον τρόπο επειδή η σωστή επιλογή εμφανίζεται ως η πιο λογική.

Σε ποσοστό 65% οι μαθητές αναγνωρίζουν την ανακύκλωση ως τον πιο σωστό τρόπο για την προστασία του περιβάλλοντος, ενώ μόλις το 21,7% σημειώνει ως πιο σωστό τρόπο την πρόληψη της ρύπανσης. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο γεγονός ότι οι μαθητές «βομβαρδίζονται» από μηνύματα για την ανακύκλωση, μέσα από διαφημίσεις, επιμέρους καμπάνιες γνωστών εταιριών κλπ. Υπάρχουν δε ακόμα και δράσεις δήμων που εμφαίνουν στην ανακύκλωση ως βασικό τρόπο προστασίας του περιβάλλοντος. Σε παλαιότερη πάντως ερευνητική προσπάθεια που είχε γίνει σε μαθητές Γυμνασίου του Ν. Σάμου (Αποστολοπούλου & Αμπελιώτης, 2005), είχε φανεί ότι το 37,1% των παιδιών γνωρίζει ότι η πρόληψη της ρύπανσης είναι ο πιο σωστός τρόπος προστασίας του περιβάλλοντος, ενώ το 35,5% θεωρούσε την ανακύκλωση ως τον καλύτερο τρόπο.

Στην ερώτηση όπου ζητείται από τους μαθητές να σημειώσουν τα προϊόντα του αργού πετρελαίου μέσα από μια λίστα που τους παρατίθεται (πλαστικές σακούλες, εντομοκτόνα, καύσιμα, απορρυπαντικά και καθαριστικά), χαρακτηριστικό είναι ότι μόλις το 3,4% των μαθητών (11 μαθητές σε σύνολο 414) αναγνωρίζει όλα τα πετροχημικά προϊόντα. Το 84,5% και το 69,1 % αναγνωρίζει τα καύσιμα και τις πλαστικές σακούλες αντίστοιχα ως προϊόντα του πετρελαίου. Σημαντικά μεγάλο μέρος των μαθητών, δηλαδή ποσοστό 77,1% δεν αναγνωρίζουν ως προϊόντα του πετρελαίου τα απορρυπαντικά και τα καθαριστικά ενώ, ένα ποσοστό της τάξεως του 80,4% δεν αναγνωρίζει τα εντομοκτόνα.

Στην ερώτηση όπου ζητείται από τους μαθητές να σημειώσουν τα προϊόντα που μπορούν να παρασκευαστούν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες, είναι χαρακτηριστικό ότι μόλις 2,7% των μαθητών (δηλαδή 11 μαθητές στους 414) αναγνωρίζει όλα τα προϊόντα που μπορούν να παρασκευαστούν

από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών δηλαδή το 41,3% αναγνωρίζουν τα πλαστικά ως προϊόντα που μπορούν να παρασκευαστούν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Αξιοσημείωτο είναι ότι το 31,9% των μαθητών δηλώνουν ότι δεν γνωρίζουν κανένα προϊόν που μπορεί να παρασκευαστεί από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Επιπρόσθετα, το 76,8% των μαθητών δεν σημειώνουν τα καύσιμα ως προϊόν που μπορεί να παραχθεί από ανανεώσιμες πρώτες ύλες, το 68,6% δεν σημειώνει τα συγκολλητικά και τις κόλλες ενώ, το 72,9 % τα καθαριστικά.

Σε ότι αφορά στην ερώτηση σχετικά με τη μη ορθή παραγωγή και χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών, μόλις το 5,8% των μαθητών σημειώνει όλες τις συνέπειες που έχει η μη ορθή παραγωγή και χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών, ενώ περίπου 1 στους 3 μαθητές σημειώνει ότι δεν γνωρίζει καμία συνέπεια της μη ορθής παραγωγής και χρήσης τους. Οι πιο πολλοί μαθητές αναγνωρίζουν ως συνέπεια της μη ορθής παραγωγής και χρήσης την καταστροφή των οικοσυστημάτων (ποσοστό 64%), ενώ ένα ποσοστό 37,2% αναγνωρίζει ως συνέπεια τη μείωση της βιοποικιλότητας. Χαρακτηριστικό είναι ότι μόλις το 19,6 % σημειώνει τη μείωση του διατροφικού αποθέματος ως συνέπεια της μη ορθής παραγωγής και χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών.

Από την επεξεργασία του συνόλου των έγκυρων ερωτηματολογίων προέκυψε ότι το ποσοστό σωστής συμπλήρωσης για το σύνολο των μαθητών αγγίζει το 38,0% (Συνολικό σκορ=1415,92/ Μέγιστο-Άριστο σκορ =3726)[9].

Στο σύνολο των ερωτήσεων με άριστα τα 9 μόρια οι μαθητές σημείωσαν μέση επίδοση 3,42 μόρια (1415,92/414). Συγκεκριμένοι στατιστικοί δείκτες για τις γνώσεις των μαθητών παρουσιάζονται στον πίνακα 5.5.

Πίνακας 5.5 *Στατιστικοί δείκτες για την επίδοση των μαθητών στις γνωστικές ερωτήσεις*

N	414
Έγκυρα ερωτηματολόγια	414
Μέση τιμή	3,4
Τυπικό σφάλμα μέτρησης μέσου όρου	0,074
Διάμεσος	3,42
Τυπική απόκλιση	1,51
Διακύμανση	2,27

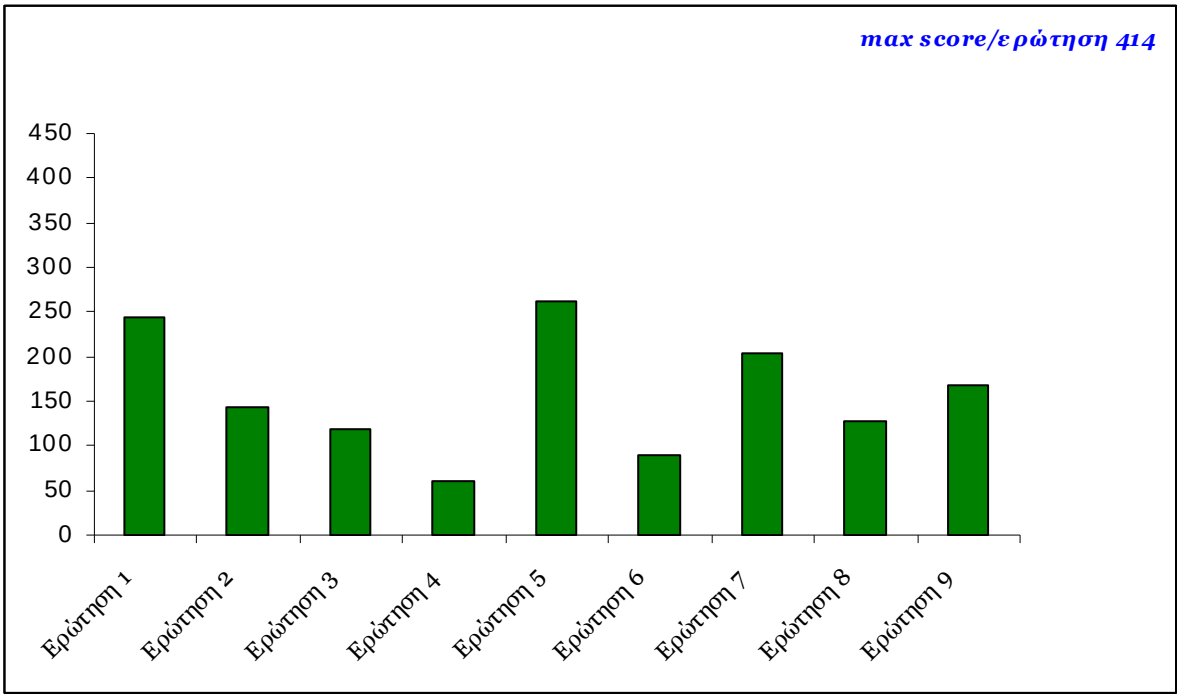
[9] *Για τους υπολογισμούς υπήρχε το εξής δεδομένο: Η ανώτερη βαθμολογία για κάθε ερώτηση ήταν 1. Για τις ερωτήσεις 1, 3, 4, 5, 6 οι οποίες είχαν από μια σωστή απάντηση η βαθμολογία ήταν 0 ή 1. Για τις ερωτήσεις με περισσότερες σωστές απαντήσεις (Ερωτήσεις 2,7,8,9) το εύρος της βαθμολογίας ήταν από 0-1. Πιο αναλυτικά ο μαθητής μπορούσε να σημειώσει βαθμολογία: στις ερωτήσεις 2, 7, 8 από 0-1 αφού, οι σωστές επιλογές για κάθε ερώτηση ήταν 4, οπότε με κάθε σωστή επιλογή έπαιρνε 0,25 βαθμούς και στην ερώτηση 9 από 0-1 αφού, οι σωστές επιλογές ήταν 3 και για κάθε σωστή επιλογή έπαιρνε 0,33. .Η άριστη βαθμολογία για κάθε μαθητή/ ερωτηματολόγιο ήταν 9.*

Δεσπόζουσα τιμή	3,08
Εύρος	7,17
Ελάχιστο	0,00
Μέγιστο	7,17

Οι μαθητές σημειώνουν το μικρότερο σκορ στην ερώτηση 4, ενώ το μεγαλύτερο στην ερώτηση 5.

Πίνακας 5.6 *Στατιστικά στοιχεία για την επίδοση των μαθητών στις γνωστικές ερωτήσεις ανά ερώτηση*

A/A	Συνολική βαθμολογία ανά ερώτηση	Ποσοστό (%) σωστής συμπλήρωσης ανά ερώτηση	Μέση επίδοση ανά ερώτηση
Ερώτηση 1	244	58,94	0,59
Ερώτηση 2	144	34,78	0,35
Ερώτηση 3	118	28,5	0,29
Ερώτηση 4	60	14,5	0,14
Ερώτηση 5	263	63,53	0,64
Ερώτηση 6	90	21,74	0,22
Ερώτηση 7	203	49,03	0,49
Ερώτηση 8	127,25	30,74	0,31
Ερώτηση 9	167,12	40,26	0,40
Σύνολο	1415,92	38,0%	3,42



Σχήμα 5.5 *Γραφική απεικόνιση της βαθμολογίας που πέτυχαν οι μαθητές ανά γνωστική ερώτηση*

Συμπερασματικά θα λέγαμε ότι οι γνώσεις των μαθητών Γυμνασίου για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών είναι μάλλον περιορισμένες, ελλείπεις και αρκετές φορές λανθασμένες. Γενικότερα στη βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετές έρευνες για τις γνώσεις των μαθητών για διάφορα περιβαλλοντικά ζητήματα από χώρες του εξωτερικού. Μέσα από τις έρευνες αυτές οι γνώσεις των μαθητών χαρακτηρίζονται μάλλον ως περιορισμένες, ελλιπείς ή λανθασμένες (Kuhlemeier, Van den Bergh & Lagerweij, 1999˙ Brody, 1994˙ Clarke, 1996˙ Boyes & Stanisstreet, 1994˙ Boyes & Stanisstreet, 1992˙ Myers, Boyes & Stanisstreet, 2004˙Boyes, Stanisstreet & Yeung, 2004).

Ανατρέχοντας στη βιβλιογραφία δεν βρέθηκαν σχετικές έρευνες οι οποίες να αφορούν τις γνώσεις μαθητών για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών προκειμένου να γίνουν συγκρίσεις. Βρέθηκε μόνο μια παλαιότερη έρευνα που διεξήχθη σε ελλαδικό χώρο (Αποστολοπούλου & Αμπελιώτης, 2004) στην οποία εξεταζόταν η γνώση των μαθητών σχετικά με ζητήματα που άπτονται των αρχών της πράσινης χημείας. Σύμφωνα με αυτήν την έρευνα, οι γνώσεις των μαθητών βρέθηκαν να είναι περιορισμένες και μάλιστα η χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών φαινόταν να μην είναι ιδιαίτερα γνωστή στους μαθητές.

5.1.4 Οι γνώσεις των μαθητών Γυμνασίου για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες μέσα από τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία με βάση τον τόπο διαμονής τους

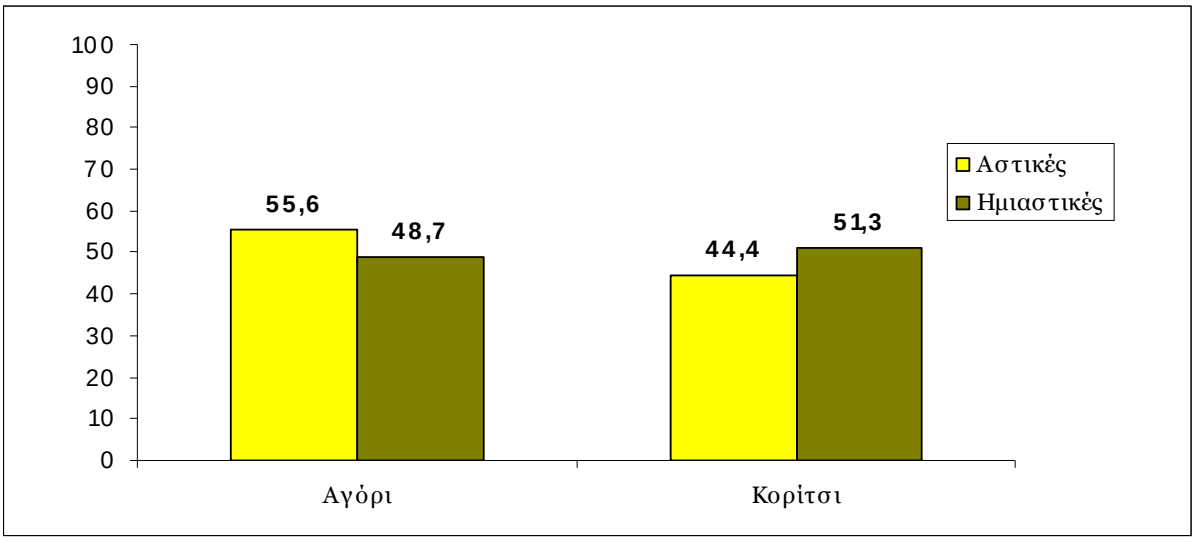
5.1.4.1 Γενικά

Στην παρούσα φάση κρίθηκε σκόπιμο να γίνει ανάλυση των αποτελεσμάτων για τις γνωστικές ερωτήσεις των μαθητών που προέρχονται από αστικές και αντίστοιχα ημιαστικές περιοχές, προκειμένου να ερευνηθεί αν οι μαθητές των ημιαστικών περιοχών έχουν περισσότερες γνώσεις σχετικά με το θέμα της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών λόγω της πιο κοντινής τους προσέγγισης σε διάφορα είδη ανανεώσιμων πρώτων υλών όπως τα υπολείμματα των δασικών οικοσυστημάτων, τα υπολείμματα των γεωργικών καλλιεργειών, ή τα κτηνοτροφικά απόβλητα.

Έτσι λοιπόν, αναλύοντας το δείγμα με βάση τον τόπο προέλευσης/διαμονής των μαθητών στην παρούσα έρευνα συμμετείχαν 223 μαθητές Γυμνασίου από αστικές περιοχές και 191 μαθητές από ημιαστικές περιοχές. Αντίστοιχα, το ποσοστό των μαθητών από αστικές περιοχές ήταν 53,9%, ενώ το ποσοστό των μαθητών από τις ημιαστικές περιοχές ήταν λίγο μικρότερο δηλαδή 46,1%. Στον πίνακα 5.7 φαίνονται τα δημογραφικά στοιχεία με βάση τον προαναφερθέντα διαχωρισμό, ανά γεωγραφική περιοχή και φύλο.

Πίνακας 5.7. *Ανάλυση έγκυρων ερωτηματολογίων ανά γεωγραφική περιοχή (αστική/ημιαστική) και φύλο*

		Αστικές		Ημιαστικές	
Α/Α	Φύλο	Μαθητές Γυμνασίου	Ποσοστό (%)	Μαθητές Γυμνασίου	Ποσοστό (%)
1	Αγόρι	124	55,6	93	48,7
2	Κορίτσι	99	44,4	98	51,3
Σύνολο		223	100	191	100



Σχήμα 5.6 *Κατανομή των έγκυρων ερωτηματολογίων με βάση το φύλο και τον τόπο διαμονής*

Σε ότι αφορά στο επίπεδο εκπαίδευσης των γονέων από τα στατιστικά στοιχεία προκύπτει ότι τα ποσοστά των μαθητών που προέρχονται από αστικές περιοχές έχουν γονείς με υψηλότερο επίπεδο σπουδών σε σχέση με τα παιδιά που προέρχονται από ημιαστικές περιοχές. Ο πίνακας 5.8 αποτυπώνει το παραπάνω.

Πίνακας 5.8 *Επίπεδο εκπαίδευσης των γονέων των μαθητών που συμπλήρωσαν με έγκυρο τρόπο το ερωτηματολόγιο με βάση τον τόπο διαμονής*

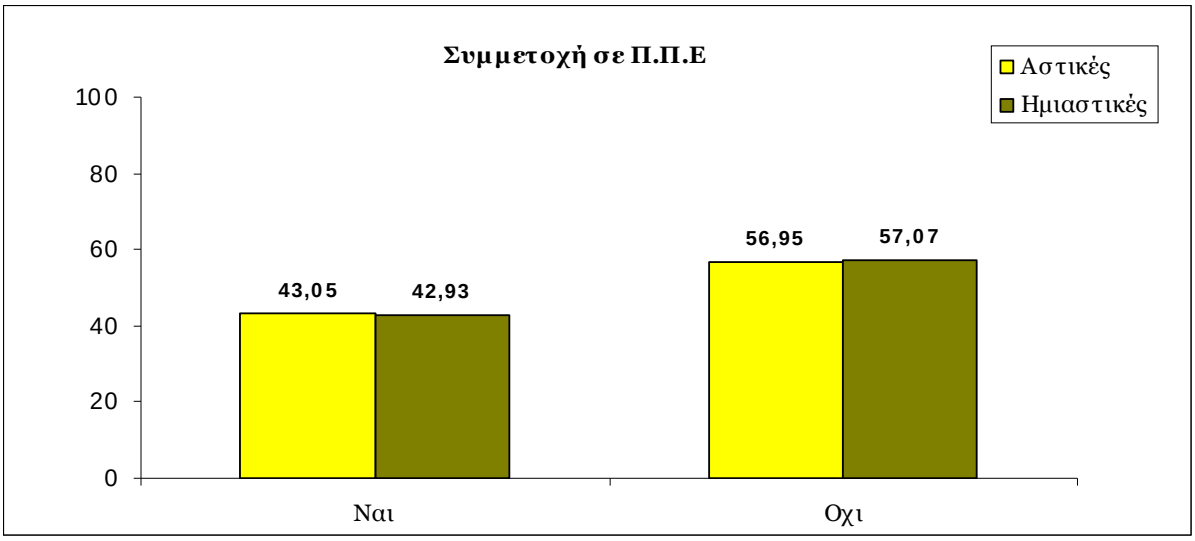
Α/Α	Επίπεδο εκπαίδευσης γονέων:	Μαθητές Γυμνασίου (N=414)							
		Πατέρας		Μητέρα		Πατέρας (%)		Μητέρα (%)	
		Α [10]	Η[11]	Α	Η	Α	Η	Α	Η
1	Δεν Τελείωσε το Δημοτικό	2	3	0	1	0,89	1,57	0	0,52
2	Έχει απολυτήριο Δημοτικού	4	40	8	32	1,79	20,94	3,59	16,75
3	Έχει απολυτήριο Γυμνασίου	17	33	18	34	7,62	17,28	8,07	17,80
4	Έχει απολυτήριο Λυκείου ή Εξαταξίου Γυμνασίου	52	54	76	63	23,32	28,27	34,08	32,98
5	Έχει πτυχίο Τεχνολογικού ιδρύματος (ΤΕΙ)	81	41	59	32	36,32	21,47	26,46	16,75
6	Έχει πτυχίο Πανεπιστημίου ή Πολυτεχνείου(ΑΕΙ)	67	20	62	29	30,05	10,47	27,80	15,18

Τέλος, οι μαθητές του δείγματος που προέρχονται από αστικές περιοχές δηλώνουν ότι έχουν συμμετάσχει έστω και σε ένα πρόγραμμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης σε ποσοστό 23,2% σε σχέση με αυτούς που προέρχονται από ημιαστικές περιοχές (ποσοστό 19,8%). Στον πίνακα 5.9 απεικονίζονται τα παραπάνω.

Πίνακας 5.9 *Ανάλυση δείγματος ανάλογα με την πρότερη συμμετοχή ή μη σε ΠΠΕ με βάση τον τόπο κατοικίας*

		Αστικές	Ημιαστικές
Α/Α	Έχεις συμμετάσχει έστω και σε ένα μόνο πρόγραμμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης;	Ποσοστό (%)	Ποσοστό (%)
1	ΝΑΙ	43,05	42,93
2	ΟΧΙ	56,95	57,07

[10] *Α: Αναφέρεται σε αστικές περιοχές*
[11] *Η: Αναφέρεται σε ημιαστικές περιοχές*



Σχήμα 5.7. *Κατανομή του δείγματος με βάση τον τόπο διαμονής και την πρότερη συμμετοχή ή μη σε ΠΠΕ*

5.1.4.2 Οι γνώσεις των μαθητών Γυμνασίου για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες με βάση τον τόπο διαμονής τους μέσα από τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία

Σε ποσοστό 64,04 % έναντι 52,88 % οι μαθητές των αστικών περιοχών αναγνωρίζουν -μεταξύ διαφόρων υλικών που τους παρατίθενται -ότι το πετρέλαιο δεν είναι ανανεώσιμη πρώτη ύλη. Οι μαθητές από τις ημιαστικές περιοχές αναγνωρίζουν ως ανανεώσιμες πρώτες ύλες τα υπολείμματα των γεωργικών καλλιεργειών και τα οργανικά αστικά απόβλητα σε μεγαλύτερο ποσοστό σε σχέση με τους μαθητές από τις αστικές περιοχές. Από την άλλη μεριά, οι μαθητές των αστικών περιοχών αναγνωρίζουν σε μεγαλύτερα ποσοστά σε σχέση με τους αντίστοιχους των ημιαστικών περιοχών τα υπολείμματα των δασικών οικοσυστημάτων και τα κτηνοτροφικά απόβλητα ως ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Τέλος, οι μαθητές των ημιαστικών περιοχών δηλώνουν σε αρκετά μεγαλύτερο ποσοστό ότι δεν γνωρίζουν (22,54% έναντι 13,92% των αστικών περιοχών) ποιο από τα προϊόντα που τους παρατίθεται δεν θεωρείται ανανεώσιμη πρώτη ύλη.

Οι μαθητές από τις αστικές περιοχές σε ποσοστό μόλις 5,38% σημειώνουν όλα τα πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πρώτων υλών, ενώ το ίδιο ποσοστό για τους μαθητές των ημιαστικών περιοχών είναι χαμηλότερο φτάνοντας μόλις το 1,08%. Οι μαθητές των αστικών περιοχών αναγνωρίζουν σε μεγαλύτερο ποσοστό σε σχέση με αυτούς των ημιαστικών περιοχών τη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα και τη μείωση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου ως πλεονεκτήματα της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Αντίθετα, η δυνατότητα αξιοποίησης των οργανικών μορφών αποβλήτων και η ενίσχυση της οικονομίας των

αγροτικών περιοχών αναγνωρίζονται περισσότερο, από τους μαθητές των ημιαστικών περιοχών ως πλεονεκτήματα της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών.

Οι μαθητές των ημιαστικών περιοχών απαντούν σε λίγο μεγαλύτερο ποσοστό (29,26 %) σωστότερα σε σχέση με αυτούς των αστικών περιοχών (27,85 %) ότι η φωτοσύνθεση είναι η βασική διαδικασία δημιουργίας των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Αξιοσημείωτο είναι ότι, σε μεγαλύτερο ποσοστό, οι μαθητές των αστικών περιοχών έχουν τη λανθασμένη αντίληψη ότι η διύλιση είναι η βασική διαδικασία δημιουργίας των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Τέλος, οι μαθητές από τις ημιαστικές περιοχές επιλέγουν να δηλώσουν ότι δεν γνωρίζουν τη βασική διαδικασία δημιουργίας των ανανεώσιμων πρώτων υλών σε ποσοστό 36,63% έναντι 31,37% που είναι το αντίστοιχο ποσοστό για τους μαθητές των αστικών περιοχών.

Στην ερώτηση όπου ζητείται από τους μαθητές να σημειώσουν ποια επιλογή δεν θεωρούν ότι αποτελεί αρχή της πράσινης χημείας, οι μαθητές των αστικών περιοχών σημειώνουν τη σωστή επιλογή, δηλαδή την επεξεργασία των αποβλήτων που προκύπτουν στο τέλος μιας χημικής διεργασίας σε λίγο μεγαλύτερο ποσοστό (15,78 %) σε σχέση με αυτούς των ημιαστικών περιοχών (13,01 %). Ωστόσο, τα ποσοστά της σωστής επιλογής είναι αρκετά χαμηλά και για τις δύο ομάδες μαθητών. Αξιοσημείωτο είναι ότι, οι μαθητές των αστικών περιοχών δεν θεωρούν την ασφάλεια κατά την εκτέλεση μιας χημικής διεργασίας ως αρχή της πράσινης χημείας σε αρκετά μεγαλύτερο ποσοστό της τάξης του 16,15% σε σχέση με τους μαθητές των ημιαστικών περιοχών (6,29%). Στη συγκεκριμένη ερώτηση τα ποσοστά συμπλήρωσης της επιλογής «Δεν γνωρίζω» είναι αρκετά μεγάλα, τόσο για τους μαθητές των αστικών, όσο και των ημιαστικών περιοχών (42,51% και 47,03% αντίστοιχα).

Στην ερώτηση «Τι δεν είναι πράσινη χημεία», οι μαθητές των αστικών περιοχών σημειώνουν σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό σε σχέση με τους μαθητές των ημιαστικών περιοχών τη σωστή επιλογή δηλαδή ότι η πράσινη χημεία δεν είναι ένα θρησκευτικό δόγμα. Αξιοσημείωτο είναι ότι μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών των ημιαστικών περιοχών σημειώνουν την επιλογή «Δεν γνωρίζω» (29,28% έναντι 6,68% των μαθητών από τις αστικές περιοχές).

Σε ποσοστό 66,98 % οι μαθητές των αστικών περιοχών αναγνωρίζουν την ανακύκλωση ως τον πιο σωστό τρόπο για την προστασία του περιβάλλοντος, σε σχέση με τους μαθητές των ημιαστικών περιοχών που την σημειώνουν σε ποσοστό 64,23 %. Η πρόληψη της ρύπανσης αναγνωρίζεται ως ο πιο σωστός τρόπος για την προστασία του περιβάλλοντος σε ποσοστό 21,54% από τους μαθητές των αστικών περιοχών και 21,89% από τους μαθητές των ημιαστικών περιοχών. Τέλος σε ποσοστό 12,07 % οι μαθητές των αστικών περιοχών θεωρούν την επεξεργασία των

αποβλήτων ως τον πιο σωστό τρόπο προστασίας του περιβάλλοντος ενώ, την ίδια επιλογή οι μαθητές των ημιαστικών περιοχών τη σημειώνουν σε ποσοστό 8,89%.

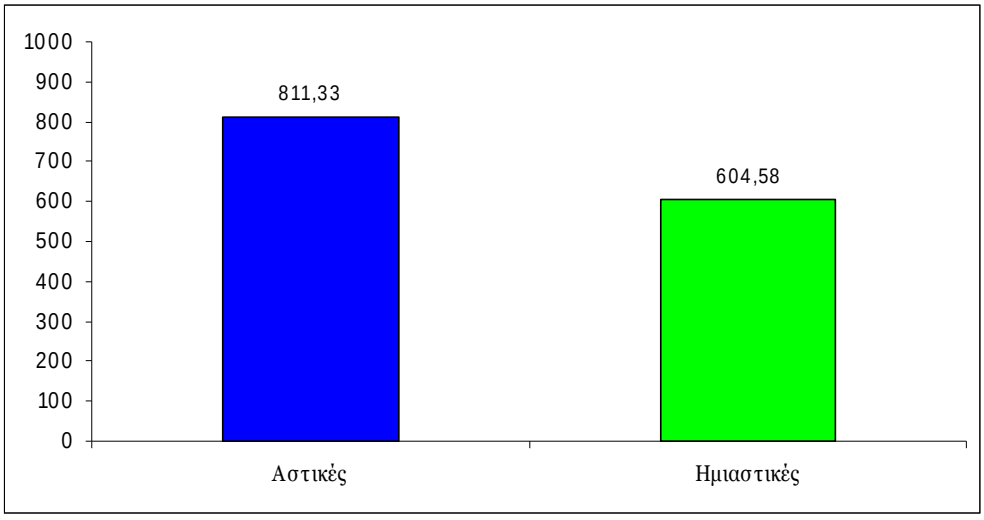
Στην ερώτηση όπου ζητείται από τους μαθητές να σημειώσουν τα προϊόντα του αργού πετρελαίου μέσα από μια λίστα που τους παρατίθεται (ήτοι πλαστικές σακούλες, εντομοκτόνα, καύσιμα, απορρυπαντικά και καθαριστικά), χαρακτηριστικό είναι ότι μόλις το 6,68 % των μαθητών που προέρχονται από τα αστικά κέντρα σημειώνουν όλα τα προϊόντα του πετρελαίου, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για τους μαθητές των ημιαστικών περιοχών είναι 4,23%. Και τα δύο ποσοστά κρίνονται χαμηλά. Πάντως σε ότι αφορά στην ίδια ερώτηση, όλες οι επιλογές που παρατίθενται σημειώνονται από τους μαθητές των αστικών περιοχών σε μεγαλύτερα ποσοστά σε σχέση με αυτά των μαθητών των ημιαστικών περιοχών. Εξαίρεση αποτελούν τα εντομοκτόνα όπου οι μαθητές των ημιαστικών περιοχών τα αναγνωρίζουν σε μεγαλύτερο ποσοστό σε σχέση με αυτούς που προέρχονται από τις αστικές περιοχές. Τέλος, οι μαθητές των ημιαστικών περιοχών δηλώνουν σε μεγαλύτερο ποσοστό σε σχέση με τους μαθητές των αστικών περιοχών ότι δεν αναγνωρίζουν κανένα προϊόν του πετρελαίου.

Στην ερώτηση όπου ζητείται από τους μαθητές να σημειώσουν τα προϊόντα που μπορούν να παρασκευαστούν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες, οι μαθητές που προέρχονται από τις αστικές περιοχές αναγνωρίζουν σε μεγαλύτερο ποσοστό όλα τα προϊόντα που μπορούν να παραχθούν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Έτσι, ποσοστό 4,46% των μαθητών που προέρχονται από αστικές περιοχές σημειώνουν όλα τα προϊόντα που μπορούν να παρασκευαστούν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες σε σχέση με ένα ποσοστό μόλις 1,08 % που τα σημειώνουν οι μαθητές των ημιαστικών περιοχών. Τα ποσοστά αυτά κρίνονται εξαιρετικά χαμηλά. Οι μαθητές των αστικών περιοχών αναγνωρίζουν, σε υψηλότερα ποσοστά, ως προϊόντα των ανανεώσιμων πρώτων υλών, τα καύσιμα και τα καθαριστικά ενώ, οι μαθητές των ημιαστικών περιοχών σημειώνουν σε μεγαλύτερα ποσοστά τα συγκολλητικά και τις κόλλες καθώς και τα πλαστικά. Αξιοσημείωτο βέβαια εδώ είναι ότι οι μαθητές των αστικών περιοχών σε ποσοστό 38,61 % δηλώνουν ότι δεν γνωρίζουν κανένα προϊόν που μπορεί να παρασκευαστεί από ανανεώσιμες πρώτες ύλες, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για τους μαθητές των ημιαστικών περιοχών είναι 24,06%.

Σε ότι αφορά στην ερώτηση σχετικά με τη μη ορθή παραγωγή και χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών, μόλις το 6,31% των μαθητών των αστικών περιοχών έναντι 5,20% των μαθητών των ημιαστικών περιοχών αναγνωρίζουν όλες τις συνέπειες από τη μη ορθή παραγωγή και χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Τα ποσοστά βέβαια είναι χαμηλά. Οι μαθητές των αστικών περιοχών σημειώνουν σε μεγαλύτερα ποσοστά την επιλογή που αφορά «Στην καταστροφή των οικοσυστημάτων». Αντίστοιχα, οι μαθητές των ημιαστικών περιοχών σημειώνουν σε μεγαλύτερο

ποσοστό τις επιλογές «Στη μείωση του διατροφικού αποθέματος» και «Στη μείωση της βιοποικιλότητας». Τέλος οι μαθητές των αστικών περιοχών δηλώνουν σε ποσοστό 27,29 % ότι δεν αναγνωρίζουν καμιά συνέπεια από την μη ορθή παραγωγή και χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών, ενώ το ίδιο ποσοστό για τους μαθητές των ημιαστικών περιοχών είναι λίγο μικρότερο (25,58 %).

Σε γενικές γραμμές οι μαθητές που προέρχονται από αστικές περιοχές πετυχαίνουν μεγαλύτερη βαθμολογία σε σχέση με αυτούς που προέρχονται από ημιαστικές περιοχές. Από την επεξεργασία του συνόλου των ερωτηματολογίων και με βάση τα όσα έχουν αναφερθεί παραπάνω προέκυψε ότι το ποσοστό σωστής συμπλήρωσης για τους μαθητές από αστικές περιοχές αγγίζει το 40,42% (Συνολικό σκορ=811,33, Μέγιστο-Άριστο σκορ=2007), ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για τους μαθητές των ημιαστικών περιοχών είναι 35,17% (Συνολικό σκορ=604,58, Μέγιστο-Άριστο σκορ=1719). Ένας από τους λόγους που ενδεχομένως να συμβαίνει αυτό είναι γιατί οι μαθητές που διαμένουν σε αστικές περιοχές μπορεί να έχουν μεγαλύτερη πρότερη συμμετοχή σε προγράμματα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης σε σχέση με τους μαθητές που διαμένουν σε ημιαστικές περιοχές. Στη βιβλιογραφία πάντως δεν βρέθηκαν έρευνες στις οποίες να γίνεται σύγκριση των γνώσεων μαθητών από αστικές και ημιαστικές περιοχές για περιβαλλοντικά θέματα γενικά, αλλά και για το συγκεκριμένο θέμα ειδικότερα.



Σχήμα 5.8 *Συνολικό σκορ που πέτυχαν οι μαθητές με βάση τον τόπο διαμονής τους*

Στο σύνολο των ερωτήσεων με άριστα τα 9 μόρια οι μαθητές των αστικών περιοχών σημείωσαν μέση επίδοση 3,64 μόρια (811,33/223), ενώ οι μαθητές των ημιαστικών περιοχών σημείωσαν μέση επίδοση 3,16 μόρια (604,58/191). Η μέση επίδοση των μαθητών των αστικών

περιοχών εμφανίζεται μεγαλύτερη από την μέση επίδοση του συνόλου των μαθητών (βρέθηκε 3,42 μόρια), ενώ το αντίθετο συμβαίνει με τη μέση επίδοση των μαθητών από τις ημιαστικές περιοχές η οποία είναι χαμηλότερη από τη μέση επίδοση του συνόλου των μαθητών.

Πίνακας 5.10 *Στατιστικοί δείκτες για την επίδοση των μαθητών στις γνωστικές ερωτήσεις ανά τόπο διαμονής*

	Αστικές	Ημιαστικές
N	223	191
Έγκυρα ερωτηματολόγια	223	191
Μέση τιμή	3,64	3,16
Τυπικό σφάλμα μέτρησης μέσου όρου	0,11	0,099
Διάμεσος	3,75	3,17
Τυπική απόκλιση	1,59	1,37
Διακύμανση	2,52	1,87
Δεσπόζουσα τιμή	3,08	2,08
Εύρος	7,17	6,67
Ελάχιστο	0,00	0,00
Μέγιστο	7,17	6,67

Τόσο οι μαθητές από τις αστικές περιοχές, όσο και από τις ημιαστικές περιοχές σημειώνουν το μικρότερο σκορ στην ερώτηση 4. Να υπενθυμίσουμε εδώ ότι το ίδιο ίσχυε και για το σύνολο των μαθητών του δείγματος. Οι μαθητές από τις αστικές περιοχές σημειώνουν το μεγαλύτερο σκορ στην ερώτηση 5, όπως ακριβώς και το σύνολο των μαθητών, ενώ οι μαθητές των ημιαστικών περιοχών σημειώνουν τη μεγαλύτερη βαθμολογία στην ερώτηση 1.

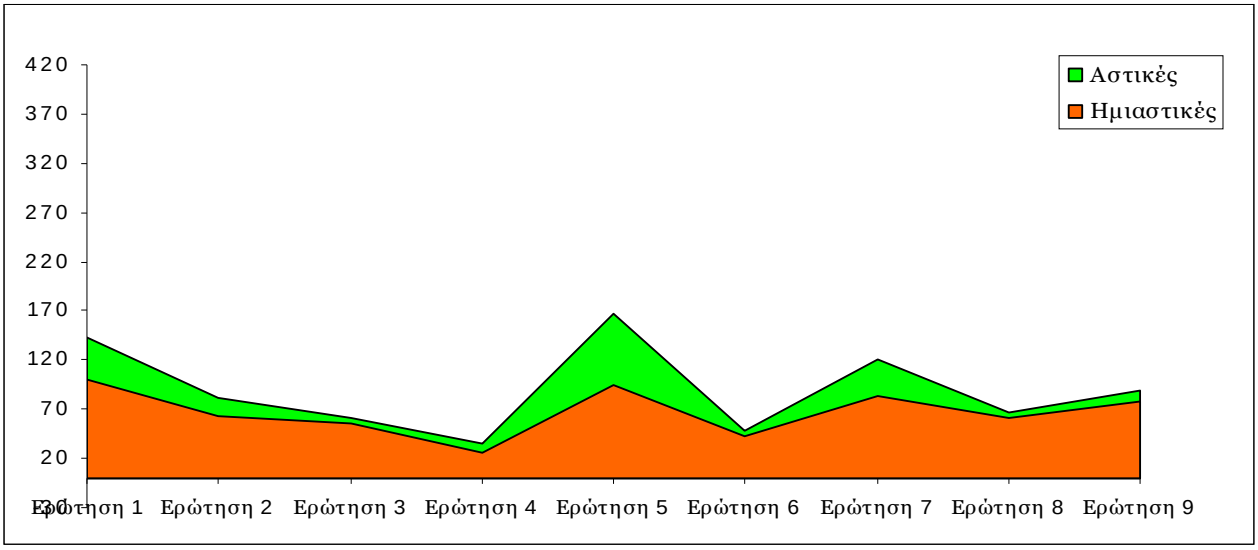
Πίνακας 5.11 *Στατιστικά στοιχεία για την επίδοση των μαθητών στις γνωστικές ερωτήσεις ανά ερώτηση με βάση τον τόπο διαμονής τους*

	Αστικές περιοχές			Ημιαστικές περιοχές		
A/A	Συνολική βαθμολογία ανά ερώτηση	Ποσοστό (%) σωστής συμπλήρωσης ανά ερώτηση[12]	Μέσος όρος βαθμολογίας ανά ερώτηση	Συνολική βαθμολογία ανά ερώτηση	Ποσοστό (%) σωστής συμπλήρωσης ανά ερώτηση13	Μέσος όρος βαθμολογίας ανά ερώτηση
Ερώτηση 1	143	64,1	0,64	101	52,87	0,53
Ερώτηση 2	81	36,3	0,36	63	32,98	0,33
Ερώτηση 3	62	27,8	0,28	56	29,32	0,29
Ερώτηση 4	35	15,69	0,16	25	13,09	0,13

12 Προκύπτει με βάση τον αριθμό των μαθητών από τις αστικές περιοχές (223)

13 *Προκύπτει με βάση τον αριθμό των μαθητών από τις ημιαστικές περιοχές (191)*

Ερώτηση 5	168	75,33	0,75	95	49,7	0,50
Ερώτηση 6	48	21,5	0,215	42	21,99	0,220
Ερώτηση 7	120	53,8	0,54	83	43,45	0,43
Ερώτηση 8	66	29,59	0,296	61,25	32,06	0,32
Ερώτηση 9	88,33	39,6	0,3961	78,33	41,01	0,41
Σύνολο	**811,33**	**40,42**	**3,64**	**604,58**	**35,17%**	**3,17**



Σχήμα 5.9 *Γραφική απεικόνιση της βαθμολογίας που πέτυχαν οι μαθητές από τις αστικές και ημιαστικές περιοχές ανά ερώτηση γνώσης*

5.1.5 Ανάλυση των αντιλήψεων των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες

Από την επεξεργασία του δεύτερου μέρους των ερωτηματολογίων που αφορούσε στις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες και τα προϊόντα τους, την πράσινη χημεία και τον ρόλο της στην προστασία του περιβάλλοντος, προέκυψε ο πίνακας 5.12 στον οποίο απεικονίζονται τα ποσοστά των μαθητών ανά αντικείμενο/ερώτηση. Να σημειωθεί ότι έγινε αντιστροφή της κλίμακας των απαντήσεων στις ερωτήσεις 2 και 8 οι οποίες ήταν αρνητικά διατυπωμένες (*επανακωδικοποίηση των αρνητικά διατυπωμένων ερωτήσεων*).

Πίνακας 5.12 *Στοιχεία με τα ποσοστά ανά βαθμίδα της κλίμακας Likert που αφορούν στις αντιλήψεις των μαθητών ανά δήλωση*

	Ποσοστό μαθητών που «διαφωνούν απόλυτα»	Ποσοστό μαθητών που «μάλλον διαφωνούν»	Ποσοστό μαθητών που «Ούτε διαφωνούν, ούτε συμφωνούν/ Δεν έχουν άποψη	Ποσοστό μαθητών που «Μάλλον Συμφωνούν»	Ποσοστό μαθητών που «Συμφωνούν απολύτως»
Αγοράζοντας προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες βοηθάμε στην προστασία του περιβάλλοντος.	3,14	5,07	10,63	37,43	43,7
Η χρήση προϊόντων από ανανεώσιμες πρώτες ύλες δεν προκαλεί βλάβες στο περιβάλλον.	22,2	34,29	21,49	14,01	7,97
Όταν αγοράζουμε ένα προϊόν πρέπει να εξετάζουμε αν προέρχεται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.	5,6	10,63	35,27	27,54	21,01
Όταν αγοράζουμε ένα προϊόν πρέπει να εξετάζουμε αν είναι βιοαποδομήσιμο.	9,18	11,35	35,27	25,12	19,08
Μπορεί να παραχθεί καύσιμο από λάδια τηγανίσματος.	23,42	19,81	26,09	18,84	11,83
Μπορεί να παραχθεί πλαστική σακούλα με πρώτη ύλη το καλαμπόκι ή την πατάτα.	35,74	20,53	29,47	9,42	4,83
Το μερίδιο ευθύνης της χημικής βιομηχανίας στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος είναι μεγάλο.	4,10	3,62	14,49	31,64	46,13
Ένα προϊόν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες είναι κατώτερης ποιότητας από ένα αντίστοιχο που προέρχεται από ορυκτούς πόρους.	7,49	14,73	36,23	13,77	27,77
Η αλόγιστη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών μπορεί να οδηγήσει σε επιβάρυνση των οικοσυστημάτων.	12,80	14,25	27,29	25,12	20,53
Επιθυμώ να ενημερωθώ με οποιονδήποτε τρόπο (σχολείο, διαδίκτυο, μέσα ενημέρωσης) για καταναλωτικά προϊόντα φιλικότερα προς το περιβάλλον.	3,62	4,11	10,87	27,29	54,11

Ο ρόλος της πράσινης χημείας στην προστασία του περιβάλλοντος είναι σημαντικός.	2,89	4,11	21,01	24,15	47,83
Μπορεί να παραχθεί σαπούνι από έλαια ελιάς και φοίνικα.	4,83	7,00	19,32	34,06	34,78
Μπορεί να παραχθεί κόλλα με πρώτη ύλη το γάλα.	23,91	23,68	40,34	8,45	3,62
Με τις καταναλωτικές μου επιλογές μπορώ να βοηθήσω στην προστασία του περιβάλλοντος.	5,31	5,31	17,88	31,64	39,85
Η πράσινη χημεία στοχεύει στην βελτίωση των χημικών προϊόντων προς όφελος του περιβάλλοντος.	5,56	5,07	27,29	29,71	32,37
Μπορεί να παραχθεί καύσιμο οχημάτων από ζάχαρη.	31,64	28,02	29,47	7,49	3,38
Ένας ενημερωμένος καταναλωτής αποτελεί έναν ενεργό πολίτη.	5,31	5,79	16,18	35,7	36,96
Μπορεί να παραχθούν απορρυπαντικά από φυτικές ύλες.	10,39	16,91	24,88	30,43	17,39

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα:

-Οι μαθητές σε ποσοστό περίπου 80% μάλλον συμφωνούν ή να συμφωνούν απολύτως ότι αγοράζοντας προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες βοηθούν στην προστασία του περιβάλλοντος (ερώτηση 1). Περίπου 9% των μαθητών δηλώνουν ότι μάλλον διαφωνούν ή διαφωνούν απολύτως ενώ, ποσοστό λίγο πάνω από το 10% απαντούν ουδέτερα.

-Οι μαθητές σε ποσοστό περίπου 56% μάλλον συμφωνούν ή συμφωνούν απολύτως ότι η χρήση των προϊόντων από ανανεώσιμες πρώτες ύλες δεν προκαλεί βλάβες στο περιβάλλον (ερώτηση 2). Βέβαια ένα ποσοστό της τάξεως περίπου της τάξεως του 21% απαντά ουδέτερα δηλαδή ούτε διαφωνεί /ούτε συμφωνεί/δεν έχει άποψη, ενώ ένα ποσοστό περίπου 22% μάλλον διαφωνεί ή διαφωνεί απολύτως θεωρώντας ότι η χρήση των προϊόντων από ανανεώσιμες πρώτες ύλες προκαλεί βλάβες στο περιβάλλον .

-Περίπου οι μισοί μαθητές (ποσοστό περίπου 49%) μάλλον συμφωνούν ή συμφωνούν απολύτως ότι κατά την αγορά ενός προϊόντος πρέπει να εξετάζουν αν προέρχεται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Η γνώμη των υπόλοιπων μαθητών κυμαίνεται μεταξύ του διαφωνώ απολύτως και της ουδέτερης στάσης (ούτε συμφωνώ/ούτε διαφωνώ)(ερώτηση 3). Το ποσοστό εκείνων που εκφράζονται

ουδέτερα είναι περίπου 35% ενώ, το ποσοστό εκείνων που μάλλον διαφωνούν ή διαφωνούν απολύτως είναι λίγο πάνω από το 16% .

-Περίπου το 45% των μαθητών μάλλον συμφωνούν ή συμφωνούν απολύτως ότι κατά την αγορά ενός προϊόντος πρέπει να εξετάζουν αν είναι βιοαποδομήσιμο. Περίπου το 35% των μαθητών δηλώνει ότι δεν έχει άποψη ενώ, ποσοστό περίπου 20% μάλλον διαφωνεί ή διαφωνεί απολύτως (ερώτηση 4).

-Ποσοστό λίγο πάνω από 40% μάλλον διαφωνεί ή διαφωνεί απολύτως με την άποψη ότι μπορεί να παραχθεί καύσιμο από λάδια τηγανίσματος. Ένα ποσοστό της τάξεως του 26% ούτε συμφωνεί/ ούτε διαφωνεί/δεν έχει άποψη για το συγκεκριμένο θέμα ενώ, ένα ποσοστό κοντά στο 30% μάλλον συμφωνεί ή συμφωνεί απολύτως για τη δυνατότητα παραγωγής καυσίμου από λάδια τηγανίσματος)(ερώτηση 5).

-Πάνω από τους μισούς μαθητές και σε ποσοστό περίπου 55% μάλλον διαφωνούν ή διαφωνούν απολύτως με την άποψη ότι μπορεί να παραχθεί πλαστική σακούλα με πρώτη ύλη το καλαμπόκι ή την πατάτα. Ποσοστό περίπου 30% εκφράζεται ουδέτερα, ενώ ένα ποσοστό της τάξεως του 15% μάλλον συμφωνεί ή συμφωνεί απολύτως (ερώτηση 6).

-Σε ποσοστό περίπου 77% οι μαθητές μάλλον συμφωνούν ή συμφωνούν απολύτως για το ότι το μερίδιο ευθύνης της χημικής βιομηχανίας στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος είναι μεγάλο. Ένα ποσοστό της τάξεως περίπου του 14% δεν εκφράζει άποψη ενώ, ποσοστό λίγο πάνω από το 7% μάλλον διαφωνεί ή διαφωνεί απολύτως (ερώτηση 7).

-Σε ποσοστό περίπου 42% οι μαθητές μάλλον συμφωνούν ή συμφωνούν απολύτως ότι ένα προϊόν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες είναι κατώτερης ποιότητας από ένα αντίστοιχο που προέρχεται από ορυκτούς πόρους. Ένα ποσοστό περίπου 22% μάλλον διαφωνεί ή διαφωνεί απολύτως με τη συγκεκριμένη άποψη ενώ, ένα ποσοστό κοντά στο 36% διατυπώνει ουδέτερη άποψη ή δεν έχει άποψη (ερώτηση 8).

-Οι μαθητές σε ποσοστό περίπου 45% μάλλον συμφωνούν ή συμφωνούν απολύτως ότι η αλόγιστη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών μπορεί να οδηγήσει σε επιβάρυνση των οικοσυστημάτων. Ωστόσο, ένα ποσοστό της τάξεως περίπου του 27% εκφράζεται ουδέτερα ή δεν έχει άποψη ενώ, ένα ποσοστό λίγο μεγαλύτερο του 26% μάλλον διαφωνεί ή διαφωνεί απολύτως με την συγκεκριμένη άποψη)(ερώτηση 9).

-Σε ποσοστό λίγο πάνω από 80% οι μαθητές εκδηλώνουν την επιθυμία τους να ενημερωθούν με οποιοδήποτε τρόπο για καταναλωτικά προϊόντα φιλικότερα προς το περιβάλλον. Ένα ποσοστό κοντά στο 8% δεν επιθυμεί τέτοιου είδους ενημέρωση ενώ, ένα ποσοστό λίγο λιγότερο από το 11% εκφράζεται ουδέτερα ή δεν έχει άποψη (ερώτηση 10).

-Ποσοστό λίγο πάνω από 70% των μαθητών δηλώνει ότι μάλλον συμφωνεί ή συμφωνεί απολύτως με την άποψη ότι ο ρόλος της πράσινης χημείας στην προστασία του περιβάλλοντος είναι σημαντικός. Ωστόσο, ένα ποσοστό κοντά στο 7% μάλλον διαφωνεί ή διαφωνεί απολύτως με την συγκεκριμένη άποψη ενώ, ένα ποσοστό περίπου 21 % διατυπώνει ουδέτερη στάση ή δεν έχει άποψη (ερώτηση 11). Αξίζει να αναφερθεί εδώ ότι, σε παλαιότερη έρευνα που πραγματοποίησαν οι Σάλτα και Τζουγκράκη μεταξύ μαθητών Ελληνικών Λυκείων, προκύπτει ότι οι μαθητές στην πλειονότητα τους έχουν την πεποίθηση ότι η Χημεία συνεισφέρει στην επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων και βελτιώνει τη ζωή τους (Salta & Tzougraki, 2004).

-Σε ποσοστό κοντά στο 69% οι μαθητές μάλλον συμφωνούν ή συμφωνούν απόλυτα με την άποψη ότι μπορεί να παραχθεί σαπούνι από έλαια ελιάς και φοίνικα. Ένα ποσοστό περίπου 20% δεν εκφέρει άποψη, ενώ ένα ποσοστό περίπου 11% μάλλον διαφωνεί ή διαφωνεί απολύτως (ερώτηση 12).

-Οι μαθητές σε ποσοστό περίπου 46% μάλλον διαφωνούν ή διαφωνούν απολύτως με την άποψη ότι μπορεί να παραχθεί κόλλα με πρώτη ύλη το γάλα. Σε ποσοστό 40% περίπου εμφανίζονται να έχουν ουδέτερη άποψη ή να μην έχουν άποψη για τη δυνατότητα παραγωγής κόλλας από γάλα, ενώ μόλις ένα 12% των μαθητών μάλλον συμφωνεί ή συμφωνεί απολύτως (ερώτηση 13).

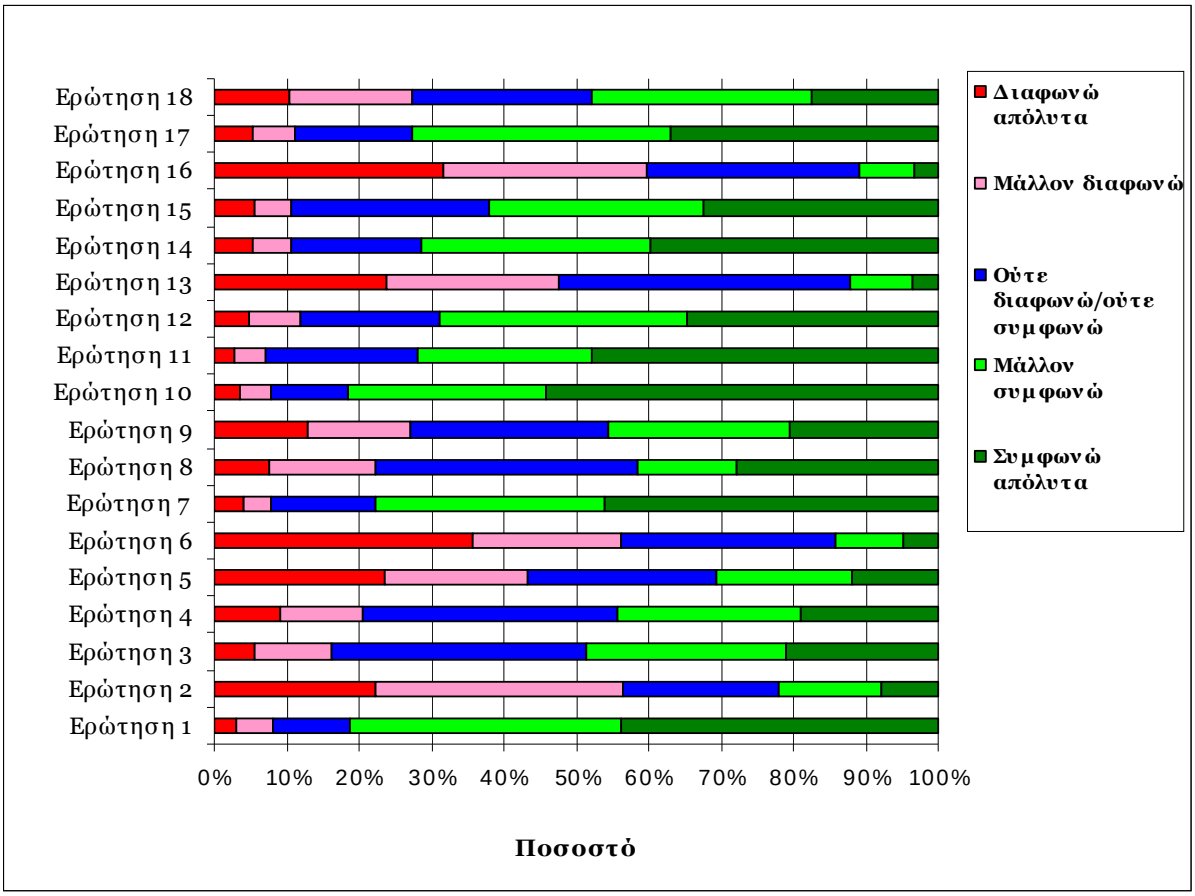
-Ένα ποσοστό των μαθητών λίγο μεγαλύτερο του 70% μάλλον συμφωνεί ή συμφωνεί απολύτως ότι με τις καταναλωτικές τους συνήθειες μπορούν να βοηθήσουν την προστασία του περιβάλλοντος. Ποσοστό λίγο μεγαλύτερο του 17% των μαθητών διατυπώνει ουδέτερη άποψη ή δεν έχει άποψη, ενώ ποσοστό περίπου 10% μάλλον διαφωνεί ή διαφωνεί απολύτως (ερώτηση 14).

-Σε ποσοστό λίγο πάνω από 61 % οι μαθητές μάλλον συμφωνούν ή συμφωνούν απολύτως με την άποψη ότι η πράσινη χημεία στοχεύει στη βελτίωση των χημικών προϊόντων προς όφελος του περιβάλλοντος. Ωστόσο ένα ποσοστό κοντά στο 11% μάλλον διαφωνεί ή διαφωνεί πλήρως με τη συγκεκριμένη άποψη ενώ, ποσοστό περίπου 27% των μαθητών διατυπώνει ουδέτερη άποψη ή δεν έχει άποψη (ερώτηση 15).

-Μόλις περίπου το 11% των μαθητών μάλλον συμφωνεί ή συμφωνεί απολύτως με την άποψη ότι μπορεί να παραχθεί καύσιμο από ζάχαρη. Ποσοστό κοντά στο 60% μάλλον διαφωνεί ή διαφωνεί απολύτως με τη συγκεκριμένη άποψη ενώ, ποσοστό περίπου 30% έχει ουδέτερη γνώμη (ερώτηση 16).

-Με την άποψη ότι ένας ενημερωμένος καταναλωτής αποτελεί έναν ενεργό πολίτη μάλλον συμφωνεί ή συμφωνεί απολύτως περίπου το 70% των μαθητών. Περίπου το 10% μάλλον διαφωνεί ή διαφωνεί απολύτως με τη συγκεκριμένη άποψη ενώ, περίπου το 17% των μαθητών εκφράζεται ουδέτερα ή δεν έχει άποψη (ερώτηση 17).

-Τέλος περίπου οι μισοί μαθητές μάλλον συμφωνούν ή συμφωνούν απολύτως με την άποψη ότι μπορεί να παραχθούν απορρυπαντικά από φυτικές ύλες. Ωστόσο, ένα ποσοστό λίγο μεγαλύτερο του 25% δηλώνει ότι μάλλον διαφωνεί ή διαφωνεί απολύτως με την συγκεκριμένη άποψη ενώ, περίπου αντίστοιχο ποσοστό διατυπώνει ουδέτερη ή καθόλου άποψη (ερώτηση 18).



Σχήμα 5.10*. Γραφική απεικόνιση των ποσοστών των αντιλήψεων των μαθητών ανά ερώτηση με βάση την πεντάβαθμη κλίμακα Likert που χρησιμοποιήθηκε.*

Πίνακας 5.13 *Στατιστικοί δείκτες για το σύνολο των αντιλήψεων των μαθητών*

N	414
Έγκυρα ερωτηματολόγια	414
Μέση τιμή	3,4045
Τυπικό σφάλμα μέτρησης μέσου όρου	0,022
Διάμεσος	3,3889
Τυπική απόκλιση	0,44806
Διακύμανση	0,20076
Δεσπόζουσα τιμή	3,56
Εύρος	3,39
Ελάχιστο	1,00

Μέγιστο	4,39
Ασυμμετρία	-0,499 (τυπικό σφάλμα κύρτωσης 0,120)
Κύρτωση	1,426 (τυπικό σφάλμα κύρτωσης 0,239)

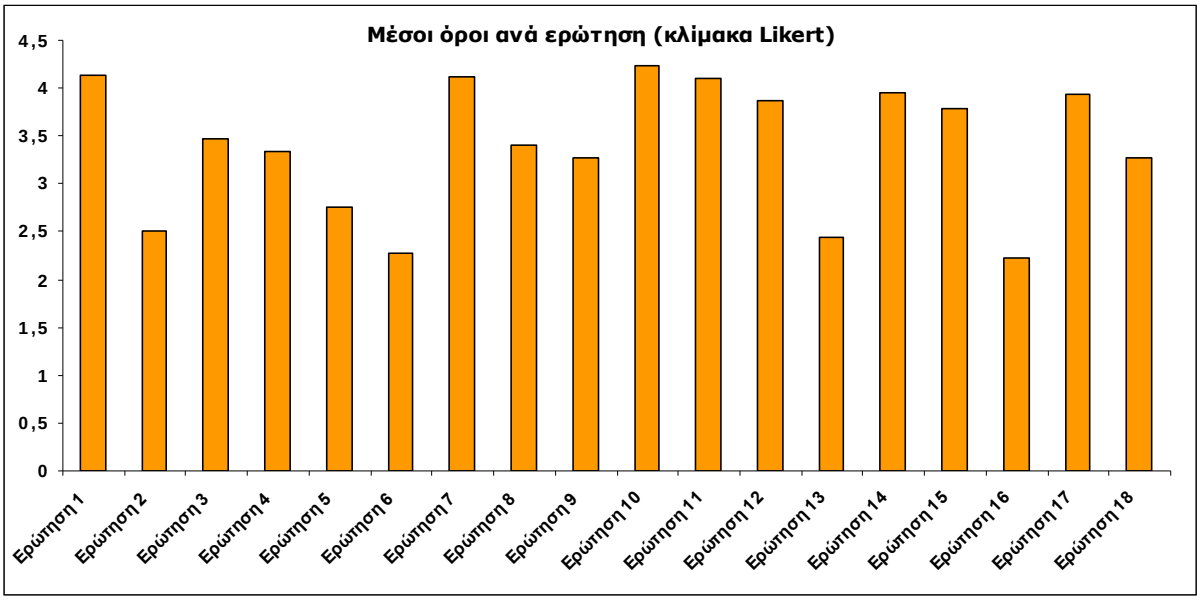
Πίνακας 5.14 *Στατιστικά στοιχεία για τις αντιλήψεις των μαθητών ανά ερώτηση*

Α/Α	Ερώτηση	Μέσος όρος ανά ερώτηση	Τυπικό σφάλμα μέτρησης μέσου όρου	Τυπική απόκλιση	Διακύμανση
1	Αγοράζοντας προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες βοηθάμε στην προστασία του περιβάλλοντος.	4,14	0,049	1,007	1,013
2	Η χρήση προϊόντων από ανανεώσιμες πρώτες ύλες δεν προκαλεί βλάβες στο περιβάλλον.	2,51	0,05931	1,20676	1,4562
3	Όταν αγοράζουμε ένα προϊόν πρέπει να εξετάζουμε αν προέρχεται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.	3,48	0,054	1,104	1,219
4	Όταν αγοράζουμε ένα προϊόν πρέπει να εξετάζουμε αν είναι βιοαποδομήσιμο.	3,34	0,058	1,177	1,386
5	Μπορεί να παραχθεί καύσιμο από λάδια τηγανίσματος.	2,76	0,065	1,320	1,743
6	Μπορεί να παραχθεί πλαστική σακούλα με πρώτη ύλη το καλαμπόκι ή την πατάτα.	2,27	0,058	1,181	1,394
7	Το μερίδιο ευθύνης της χημικής βιομηχανίας στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος είναι μεγάλο.	4,12	0,052	1,053	1,109
8	Ένα προϊόν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες είναι κατώτερης ποιότητας από ένα αντίστοιχο που προέρχεται από ορυκτούς πόρους.	3,4	0,06104	1,24196	1,54245
9	Η αλόγιστη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών μπορεί να οδηγήσει σε επιβάρυνση των οικοσυστημάτων.	3,26	0,063	1,289	1,662
10	Επιθυμώ να ενημερωθώ με οποιονδήποτε τρόπο (σχολείο, διαδίκτυο, μέσα ενημέρωσης) για καταναλωτικά προϊόντα φιλικότερα προς το περιβάλλον.	4,24	0,051	1,041	1,084
11	Ο ρόλος της πράσινης χημείας στην προστασία του περιβάλλοντος είναι σημαντικός.	4,10	0,052	1,052	1,106
12	Μπορεί να παραχθεί σαπούνι από έλαια ελιάς και φοίνικα.	3,87	0,055	1,114	1,242

13	Μπορεί να παραχθεί κόλλα με πρώτη ύλη το γάλα.	2,44	0,052	1,055	1,1114
14	Με τις καταναλωτικές μου επιλογές μπορώ να βοηθήσω στην προστασία του περιβάλλοντος.	3,95	0,055	1,127	1,269
15	Η πράσινη χημεία στοχεύει στην βελτίωση των χημικών προϊόντων προς όφελος του περιβάλλοντος.	3,78	0,055	1,120	1,255
16	Μπορεί να παραχθεί καύσιμο οχημάτων από ζάχαρη.	2,23	0,053	1,079	1,165
17	Ένας ενημερωμένος καταναλωτής αποτελεί έναν ενεργό πολίτη.	3,93	0,055	1,114	1,240
18	Μπορεί να παραχθούν απορρυπαντικά από φυτικές ύλες.	3,28	0,060	1,230	1,512

Από τους πίνακες 5.13 και 5.14 προκύπτει ότι η μέση τιμή που αφορά στις αντιλήψεις των μαθητών για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών είναι 3,4. Χαρακτηριστικό είναι ότι μόλις το 0,2% των μαθητών έχει, σε γενικές γραμμές, αρνητικές αντιλήψεις (σημειώνουν συνολικά στην κλίμακα Likert 1 ή 2). Επιπρόσθετα, άξιο σχολιασμού είναι ότι ο υψηλότερος μέσος όρος για την κλίμακα Likert σημειώθηκε στην ερώτηση 10 (mean = 4.24, SD = 1,041) όπου, οι μαθητές δηλώνουν ότι θα ήθελαν να ενημερωθούν με οποιονδήποτε τρόπο για καταναλωτικά προϊόντα φιλικότερα προς το περιβάλλον, ενώ ο αμέσως υψηλότερος μέσος όρος στην κλίμακα Likert σημειώθηκε στην ερώτηση 1 (mean = 4.14, SD = 1,007) όπου οι μαθητές πιστεύουν ότι αγοράζοντας προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες βοηθούν στην προστασία του περιβάλλοντος. Τέλος, υψηλός μέσος όρος σημειώνεται και στην ερώτηση που αφορά στον ρόλο της πράσινης χημείας όπου αναγνωρίζεται από τους μαθητές η σημαντική συμβολή της στην προστασία του περιβάλλοντος (mean = 4.10, SD = 1,052). Και για τις τρεις αυτές ερωτήσεις ο μέσος όρος εμφανίζεται πολύ μεγαλύτερος από το συνολικό μέσο όρο.

Από τον πίνακα 5.14 φαίνεται επίσης ότι, ο χαμηλότερος μέσος όρος εμφανίζεται στην ερώτηση όπου διατυπώνεται η άποψη «Μπορεί να παραχθεί καύσιμο οχημάτων από ζάχαρη» (mean=2,23, SD = 1,079). Να σημειωθεί ότι και σε παρόμοιες ερωτήσεις όπως στην ερώτηση 6 «Μπορεί να παραχθεί πλαστική σακούλα με πρώτη ύλη το καλαμπόκι ή την πατάτα», στην ερώτηση 13 «Μπορεί να παραχθεί κόλλα με πρώτη ύλη το γάλα» και στην ερώτηση 5 «Μπορεί να παραχθεί καύσιμο από λάδια τηγανίσματος» εμφανίζονται χαμηλές μέσες τιμές .



Σχήμα 5.11*. Γραφική απεικόνιση των μέσων όρων των αντιλήψεων των μαθητών ανά ερώτηση*

5.1.6 Η επίδραση των δημογραφικών και κοινωνικών χαρακτηριστικών των μαθητών στις γνώσεις και τις αντιλήψεις τους

Προκειμένου η έρευνα να είναι πιο ολοκληρωμένη έγινε προσπάθεια ελέγχου της εξάρτησης μεταξύ των ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών.

Στην προκειμένη περίπτωση ως εξαρτημένη μεταβλητή θεωρούνται οι γνώσεις και οι αντιλήψεις των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Ως ανεξάρτητες μεταβλητές θεωρούνται το φύλο, το επίπεδο εκπαίδευση των γονέων, η πρότερη συμμετοχή ή μη σε ΠΠΕ των μαθητών του μαθητή και ο τόπος διαμονής τους.

Για να εξεταστεί η επίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών με τη χρήση παραμετρικών κριτηρίων θα πρέπει να ικανοποιούνται τα κριτήρια για την κύρτωση και την ασυμμετρία. Έτσι λοιπόν έπρεπε να υπολογιστούν οι τιμές κύρτωσης και ασυμμετρίας προκειμένου να εξεταστεί αν τα δεδομένα της κλίμακας των γνώσεων και των στάσεων έχουν κανονική κατανομή. Τιμές κύρτωσης μεταξύ +/-1 θεωρούνται πολύ καλές ωστόσο, συνήθως αποδεκτές είναι και οι τιμές κύρτωσης μεταξύ +/-2. Το ίδιο ισχύει και για την ασυμμετρία (http://psychology.illinoisstate.edu/jccutti/138web/spss/spss3.html).

Οι τιμές λοιπόν για την κύρτωση και την ασυμμετρία βρέθηκαν να είναι σε γενικές γραμμές ανάμεσα στα αποδεκτά όρια, οπότε προχωρήσαμε στην εφαρμογή των παραμετρικών κριτηρίων.

5.1.6.1 Επίδραση του φύλου στις γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες

Η πρώτη ανεξάρτητη μεταβλητή που εξετάστηκε είναι το φύλο. Επιδιώχθηκε να εξεταστεί αν υπάρχει διαφορά μεταξύ αγοριών και κοριτσιών στις γνώσεις και στις αντιλήψεις τους για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Υποθέτουμε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση δηλαδή ότι δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ αγοριών και κοριτσιών στις γνώσεις και στις αντιλήψεις τους για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών.

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετές έρευνες οι οποίες υποστηρίζουν ότι με βάση το φύλο διαφοροποιούνται οι μαθητές ως προς τις γνώσεις τους για διάφορα περιβαλλοντικά θέματα (Gambro & Switzky, 1999˙ Τρικαλίτη, 1995). Επίσης πολλές έρευνες υποστηρίζουν ότι το φύλο επιδρά στις στάσεις των μαθητών τόσο απέναντι στην επιστήμη, όσο και απέναντι σε διάφορα περιβαλλοντικά ζητήματα (Weinburg, 1995˙ Greenfield, 1996˙ Simpson & Oliver, 1985˙ Gail Jones, Howe & Rua, 2000˙ Jenkins, & Pell, 2006˙ Ghali, 2008).

Εφαρμόστηκε το παραμετρικό κριτήριο σύγκρισης των μέσων όρων δύο ανεξάρτητων ομάδων t (independent samples t-test) τόσο για τη συνολική βαθμολογία στο ερωτηματολόγιο των γνώσεων, όσο και του συνόλου των ερωτήσεων που αφορούσαν στις αντιλήψεις των μαθητών. Η πιθανότητα στατιστικού σφάλματος στην ανάλυση που πραγματοποιήθηκε είναι μικρότερη του 5%.

Η εφαρμογή του κριτηρίου σύγκρισης των μέσων όρων t, έδειξε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά (t= -2, 693, df=412, p(2-tailed)=0.007) μεταξύ αγοριών και κοριτσιών στις γνώσεις τους για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Από τους μέσους όρους προκύπτει ότι τα κορίτσια έχουν περισσότερες γνώσεις για το συγκεκριμένο θέμα σε σχέση με τα αγόρια αφού πέτυχαν μεγαλύτερη βαθμολογία ($Mean_{κορίτσια}$=3,6292, $Mean_{αγόρια}$=3,2324). Άρα δεν ισχύει η μηδενική υπόθεση που διατυπώθηκε αρχικά σε ότι αφορά τις γνώσεις των μαθητών.

Στη βιβλιογραφία δεν βρέθηκαν σχετικά στοιχεία προκειμένου να γίνουν συγκρίσεις. Ωστόσο, παρουσιάζονται διάφορα ευρήματα για τις γνώσεις των μαθητών για διάφορα περιβαλλοντικά ζητήματα. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η Τρικαλίτη (1995) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τα αγόρια της Γ' Λυκείου έχουν περισσότερες γνώσεις για τα περιβαλλοντικά θέματα σε σχέση με τις συμμαθήτριες τους ενώ, σε μια έρευνα που έλαβε χώρα στην Τουρκία (Alp et al., 2006) δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αγοριών και κοριτσιών αναφορικά με τις περιβαλλοντικές τους γνώσεις.

Οι Conell et al (1998) υποστηρίζουν ότι τα κορίτσια διαθέτουν περισσότερες εννοιολογικές γνώσεις για το περιβάλλον από τα αγόρια, μιας και είναι καλύτερα ενημερωμένα κυρίως για τοπικά περιβαλλοντικά ζητήματα και για θέματα όπως η ανακύκλωση, η διαχείριση των απορριμμάτων, τα

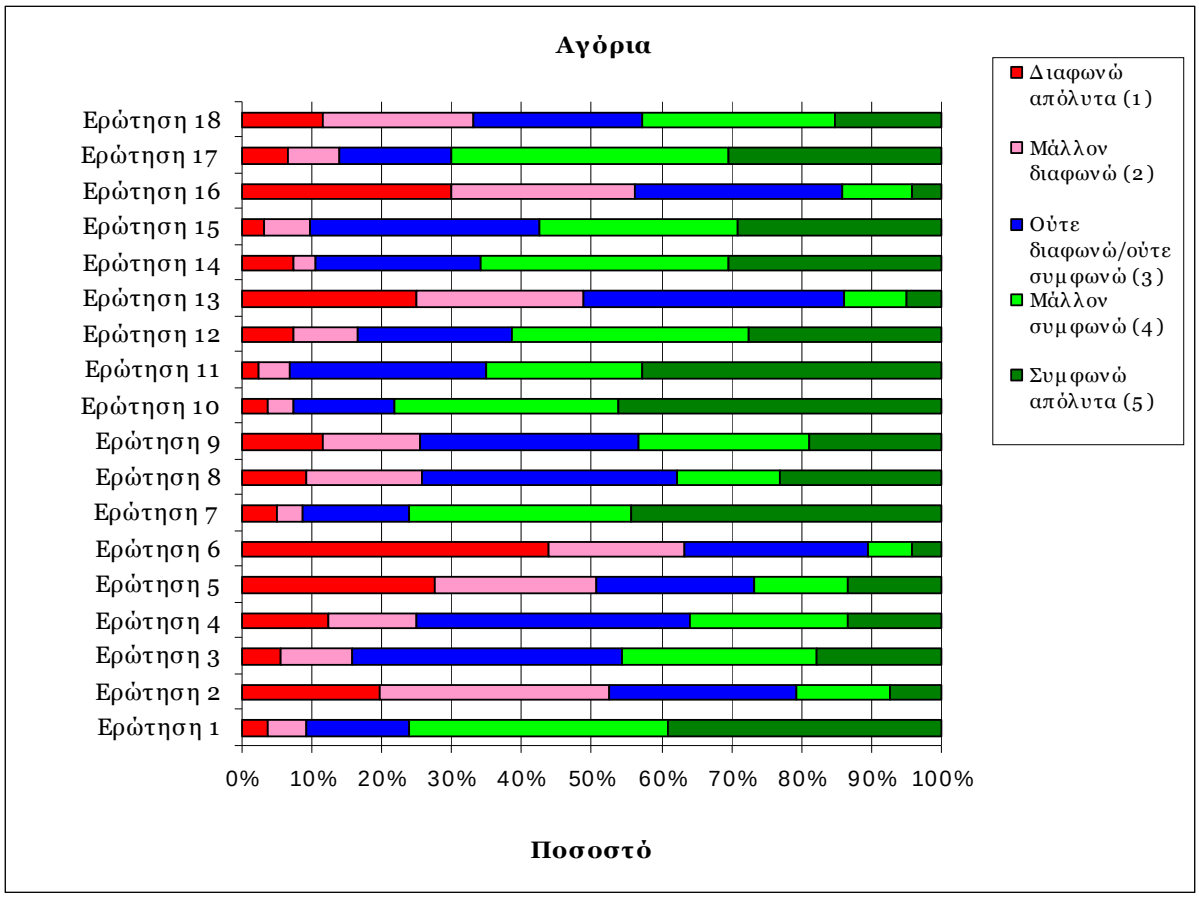
είδη προς εξαφάνιση κ.ά. Άλλες έρευνες υποστηρίζουν ότι τα αγόρια έχουν πιο εκτεταμένες περιβαλλοντικές γνώσεις κυρίως για παγκόσμια προβλήματα (Zimmerman, 1996˙ Rickinson, 2001˙ Kollmuss & Agyeman, 2002).

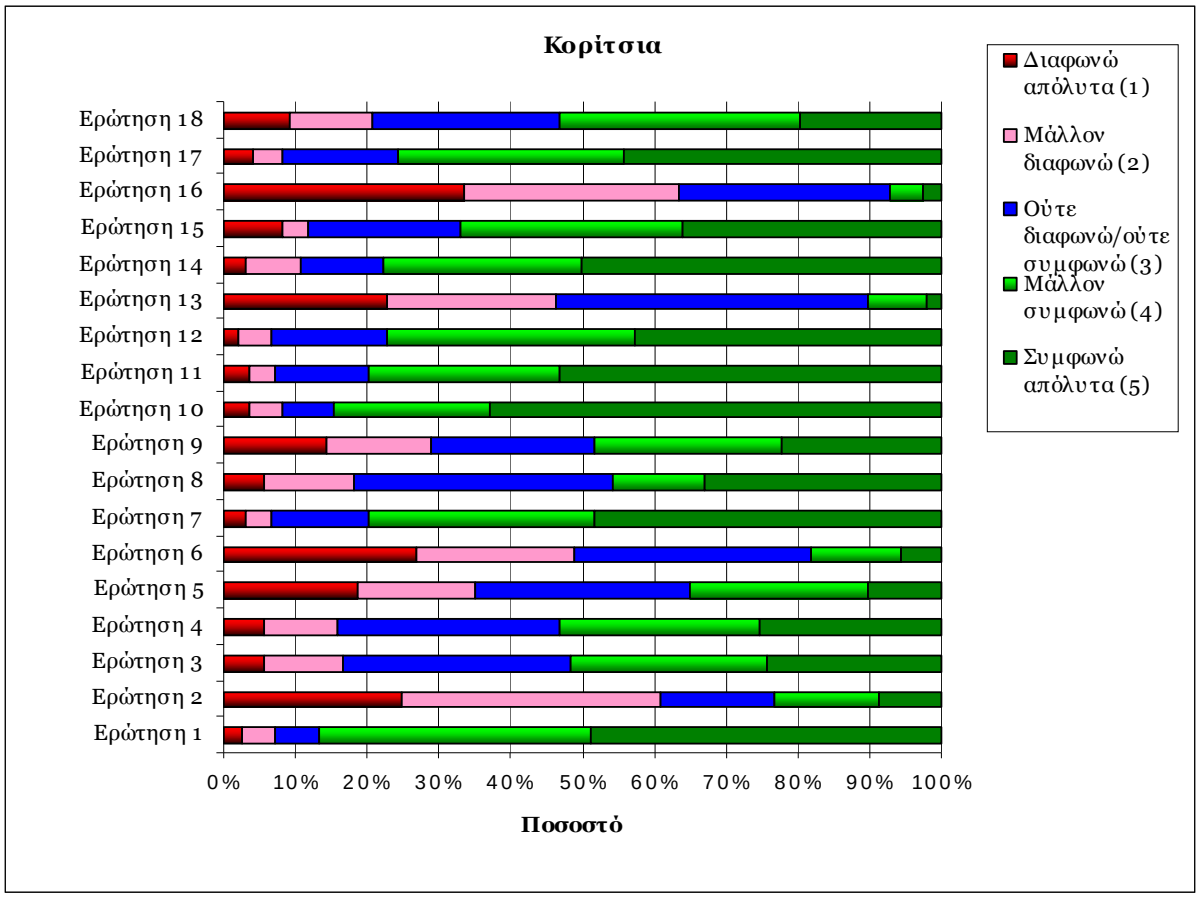
Στον πίνακα 5.15 δίνονται τα στατιστικά στοιχεία της εφαρμογής του κριτηρίου t για την επίδραση του φύλου στις γνώσεις των μαθητών.

Πίνακας 5.15. *Στατιστικά στοιχεία της εφαρμογής του κριτηρίου t για την επίδραση του φύλου στις γνώσεις των μαθητών.*

Φύλο	N	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση	Πιθανότητα σφάλματος p (2-tailed)
Αγόρια	217	3,2324	1,45881	0.007
Κορίτσια	197	3,6292	1,53841	0.007

Αναφορικά με τις αντιλήψεις των μαθητών, στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται τα ποσοστά μαθητών ανά ερώτηση με βάση το φύλο.





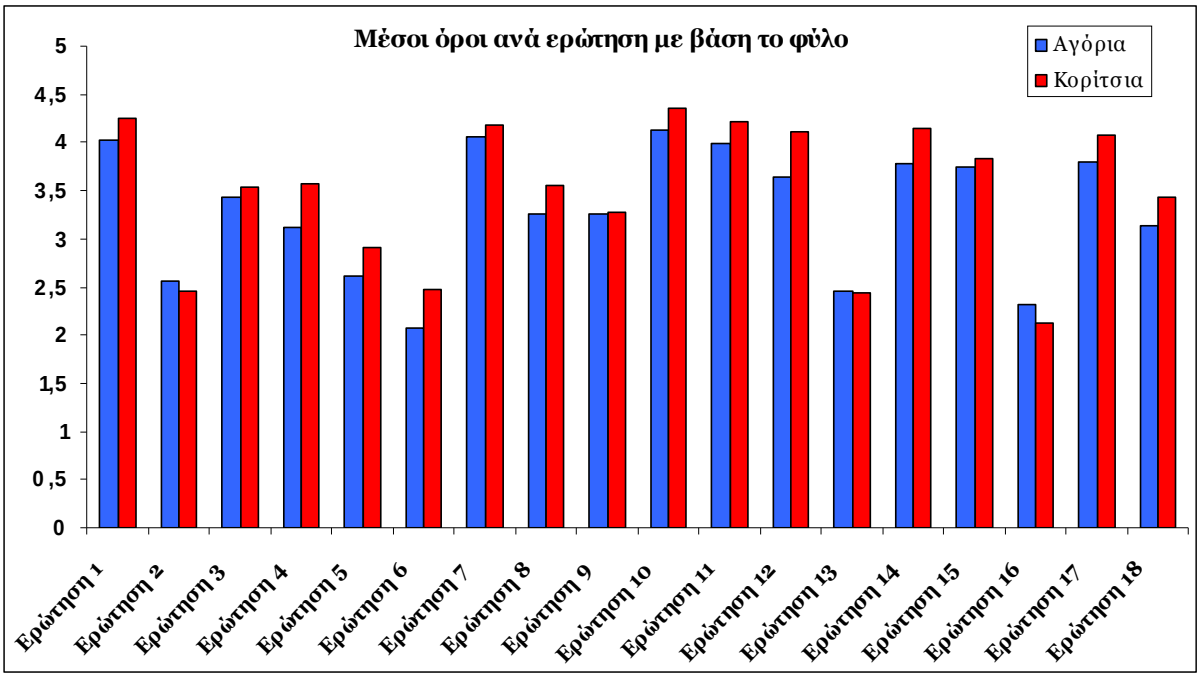
Σχήμα 5.12 *Γραφική απεικόνιση των ποσοστών των μαθητών ανά ερώτηση στάσης με βάση την πεντάβαθμη κλίμακα Likert που χρησιμοποιήθηκε και το φύλο.*

Σε ότι αφορά συνολικά στις αντιλήψεις των μαθητών για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων έγινε εφαρμογή του κριτηρίου σύγκρισης t των μέσων όρων. Η εφαρμογή αυτή έδειξε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αγοριών και κοριτσιών αναφορικά με τις αντιλήψεις τους για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών (t=-4,617, df=412, p(2-tailed)=0.000).

Πίνακας 5.16 *Στατιστικά στοιχεία της εφαρμογής του κριτηρίου t για την επίδραση του φύλου στις αντιλήψεις των μαθητών.*

Φύλο	N	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση	Πιθανότητα σφάλματος p (2-tailed)
Αγόρια	217	59,3963	7,37925	0.000
Κορίτσια	197	62,9695	8,36654	0.000

Από τους μέσους όρους φαίνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις αντιλήψεις μεταξύ αγοριών και κοριτσιών. Τα κορίτσια εμφανίζουν θετικότερα σε σχέση με τα αγόρια (Mean $_{κορίτσια}$=62,9695, Mean $_{αγόρια}$=59,3963) στο θέμα της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Το φύλο, λοιπόν, προκαλεί διαφοροποίηση στις αντιλήψεις των μαθητών για το συγκεκριμένο θέμα. Συνεπώς η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται σε ότι αφορά στις αντιλήψεις των μαθητών ανά φύλο.



Σχήμα 5.13 *Γραφική απεικόνιση των μέσων όρων ανά ερώτηση με βάση το φύλο*

Ειδικότερα, η εφαρμογή του κριτηρίου σύγκρισης των μέσων όρων t ανά ερώτηση, έδειξε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αγοριών και κοριτσιών στις αντιλήψεις τους για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών σε κάποιες από τις διατυπωμένες προτάσεις στις οποίες οι μαθητές καλούνται να συμφωνήσουν ή διαφωνήσουν σε πεντάβαθμη κλίμακα Likert.

Έτσι, από την επεξεργασία των σχετικών πινάκων που προέκυψαν από την εισαγωγή των δεδομένων στο υπολογιστικό πρόγραμμα στατιστικώς σημαντικά παρουσιάζονται τα παρακάτω:

Για την ερώτηση 1 «Αγοράζοντας προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες βοηθάμε στην προστασία του περιβάλλοντος»:Τα κορίτσια είχαν μεγαλύτερη τάση να απαντούν πιο θετικά από ότι τα αγόρια (t= -2,395, df=412, p(2-tailed)=0.017)/ Mean$_{κορίτσια}$=4,26, Mean$_{αγόρια}$=4,02.

Για την ερώτηση 4, «Όταν αγοράζουμε ένα προϊόν πρέπει να εξετάζουμε αν είναι βιοαποδομήσιμο»: Τα κορίτσια είχαν μεγαλύτερη τάση να απαντούν πιο θετικά από ότι τα αγόρια (t= -3,987, df=412, p(2-tailed)=0.000)/ Mean$_{κορίτσια}$=3,57, Mean$_{αγόρια}$=3,12.

Για την ερώτηση 5, «Μπορεί να παραχθεί καύσιμο από λάδια τηγανίσματος»:Τα κορίτσια είχαν μεγαλύτερη τάση να απαντούν πιο θετικά από ότι τα αγόρια(t= -2,301, df=411,959 p(2-tailed)=0,022)/ $Mean_{κορίτσια}$=2,91, $Mean_{αγόρια}$=2,62.

Για την ερώτηση 6, «Μπορεί να παραχθεί πλαστική σακούλα με πρώτη ύλη το καλαμπόκι ή την πατάτα»: Τα κορίτσια είχαν μεγαλύτερη τάση να απαντούν πιο θετικά από ότι τα αγόρια (t= -3,524 df=412, p(2-tailed)=0,000)/ $Mean_{κορίτσια}$=2,48, $Mean_{αγόρια}$=2,08.

Για την ερώτηση 8, «Ένα προϊόν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες είναι κατώτερης ποιότητας από ένα αντίστοιχο που προέρχεται από ορυκτούς πόρους»: Τα αγόρια είχαν μεγαλύτερη τάση να απαντούν πιο θετικά από ότι τα κορίτσια (t=2,389, df=409,127, p(2-tailed)=0,017)/ $Mean_{κορίτσια}$=3,5482, $Mean_{αγόρια}$=3,2581.

Για την ερώτηση 10, «Επιθυμώ να ενημερωθώ με οποιονδήποτε τρόπο (σχολείο, διαδίκτυο, μέσα ενημέρωσης) για καταναλωτικά προϊόντα φιλικότερα προς το περιβάλλον»:Τα κορίτσια είχαν μεγαλύτερη τάση να απαντούν πιο θετικά από ότι τα αγόρια (t= -2,223, df=412, p(2-tailed)=0,027) /$Mean_{κορίτσια}$=4,36, $Mean_{αγόρια}$=4,13.

Για την ερώτηση 11, «Ο ρόλος της πράσινης χημείας στην προστασία του περιβάλλοντος είναι σημαντικός»: Τα κορίτσια είχαν μεγαλύτερη τάση να απαντούν πιο θετικά από ότι τα αγόρια (t= -2,303, df=412, p(2-tailed)=0,022) /$Mean_{κορίτσια}$=4,22, $Mean_{αγόρια}$=3,99.

Για την ερώτηση 12, «Μπορεί να παραχθεί σαπούνι από έλαια ελιάς και φοίνικα»:Τα κορίτσια είχαν μεγαλύτερη τάση να απαντούν πιο θετικά από ότι τα αγόρια (t= -4,341, df=407,706, p(2-tailed)=0,000) /$Mean_{κορίτσια}$=4,11, $Mean_{αγόρια}$=3,65.

Για την ερώτηση 14, «Με τις καταναλωτικές μου επιλογές μπορώ να βοηθήσω στην προστασία του περιβάλλοντος»: Τα κορίτσια είχαν μεγαλύτερη τάση να απαντούν πιο θετικά από ότι τα αγόρια(t= -3,274, df=412, p(2-tailed)=0,001)/ $Mean_{κορίτσια}$=4,14, $Mean_{αγόρια}$=3,78.

Για την ερώτηση 17, «Ένας ενημερωμένος καταναλωτής αποτελεί έναν ενεργό πολίτη»:Τα κορίτσια είχαν μεγαλύτερη τάση να απαντούν πιο θετικά από ότι τα αγόρια (t= -2,519, df=412, p(2-tailed)=0,012)/ $Mean_{κορίτσια}$=4,08, $Mean_{αγόρια}$=3,80.

Για την ερώτηση 18, «Μπορεί να παραχθούν απορρυπαντικά από φυτικές ύλες»:Τα κορίτσια είχαν μεγαλύτερη τάση να απαντούν πιο θετικά από ότι τα αγόρια (t= -2,476, df=412, p(2-tailed)=0,014)/ $Mean_{κορίτσια}$=3,43, $Mean_{αγόρια}$=3,13.

Τα παραπάνω ευρήματα επιβεβαιώνονται, σε γενικές γραμμές, βιβλιογραφικά αφού σε πολλές δημοσιευμένες έρευνες τα κορίτσια εμφανίζεται να έχουν θετικότερες στάσεις γενικά για το περιβάλλον (Alp et al., 2006, 2008) ενώ, δείχνουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον και ευαισθησία σε σχέση με τα αγόρια για την επίλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων και την προστασία του

περιβάλλοντος (Aho, Permikangas & Lyra, 1989˙ Connell et al, 1998˙ Tuncer et al, 2005). Επίσης, βιβλιογραφικά, τα κορίτσια εμφανίζονται να έχουν πιο υπεύθυνη στάση για το περιβάλλον σε σχέση με τα αγόρια (Tikka, Kuitunen & Tynys, 2000) ενώ, εμφανίζουν θετικότερες ηθικοπλαστικές συμπεριφορές για το περιβάλλον (Eagles & Demare, 1999). Επιπρόσθετα, άλλες έρευνες υποστηρίζουν ότι τα κορίτσια είναι περισσότερο ευαισθητοποιημένα περιβαλλοντικά, δείχνουν περισσότερο ενδιαφέρον για την υποβάθμιση του περιβάλλοντος, πιστεύουν λιγότερο στις τεχνολογικές λύσεις και είναι περισσότερο πρόθυμα να υιοθετήσουν φιλοπεριβαλλοντικές συμπεριφορές (Conell et al, 1998˙ Zimmerman, 1996˙ Rickinson, 2001˙ Kollmuss & Agyeman, 2002). Ο Δημήτρης Παπαδόπουλος στη διδακτορική του διατριβή αναφέρει ότι τα κορίτσια έχουν περιβαλλοντικά φιλικότερη στάση για το θέμα της διαχείρισης απορριμμάτων σε σύγκριση με τα αγόρια (Παπαδόπουλος, 2005).

5.1.6.2 Επίδραση της πρότερης συμμετοχής σε πρόγραμμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης στις γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες

Η δεύτερη ανεξάρτητη μεταβλητή που εξετάστηκε είναι η πρότερη συμμετοχή ή μη σε Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (ΠΠΕ). Εξετάστηκε δηλαδή αν υπάρχει διαφοροποίηση των γνώσεων και των αντιλήψεων των μαθητών για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών με βάση τη συγκεκριμένη μεταβλητή. Θεωρήθηκε και εδώ αρχικά ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση, δηλαδή ότι δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά οι γνώσεις και οι αντιλήψεις των μαθητών για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών ανάλογα με την πρότερη συμμετοχή ή μη σε ΠΠΕ. Εφαρμόστηκε το παραμετρικό κριτήριο σύγκρισης των μέσων όρων δύο ανεξάρτητων ομάδων.

Σε ότι αφορά στις γνώσεις των μαθητών, στον πίνακα 5.17 δίνονται τα στατιστικά στοιχεία της εφαρμογής του κριτηρίου t για την επίδραση της πρότερης συμμετοχής σε ΠΠΕ στις γνώσεις των μαθητών Γυμνασίου για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες.

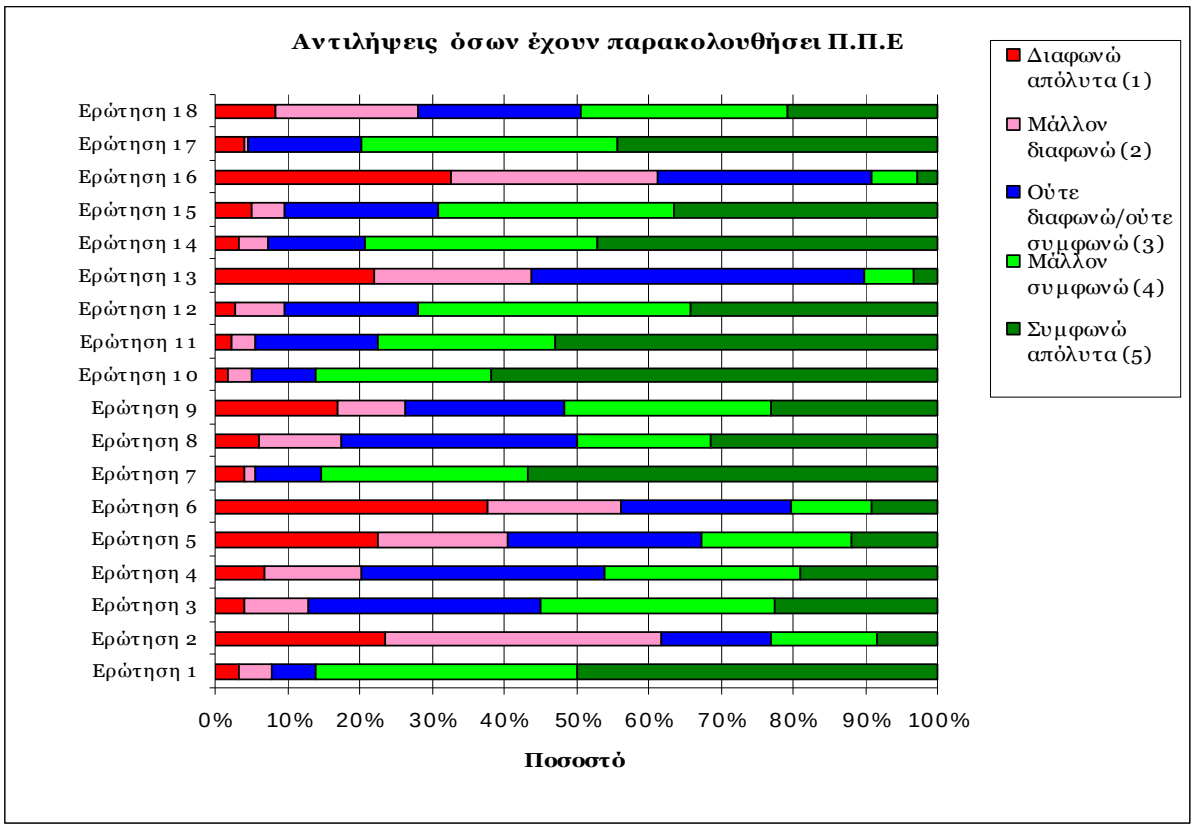
Πίνακας 5.17*. Στατιστικά στοιχεία της εφαρμογής του κριτηρίου t για την επίδραση της συμμετοχής σε ΠΠΕ στις γνώσεις των μαθητών Γυμνασίου για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες.*

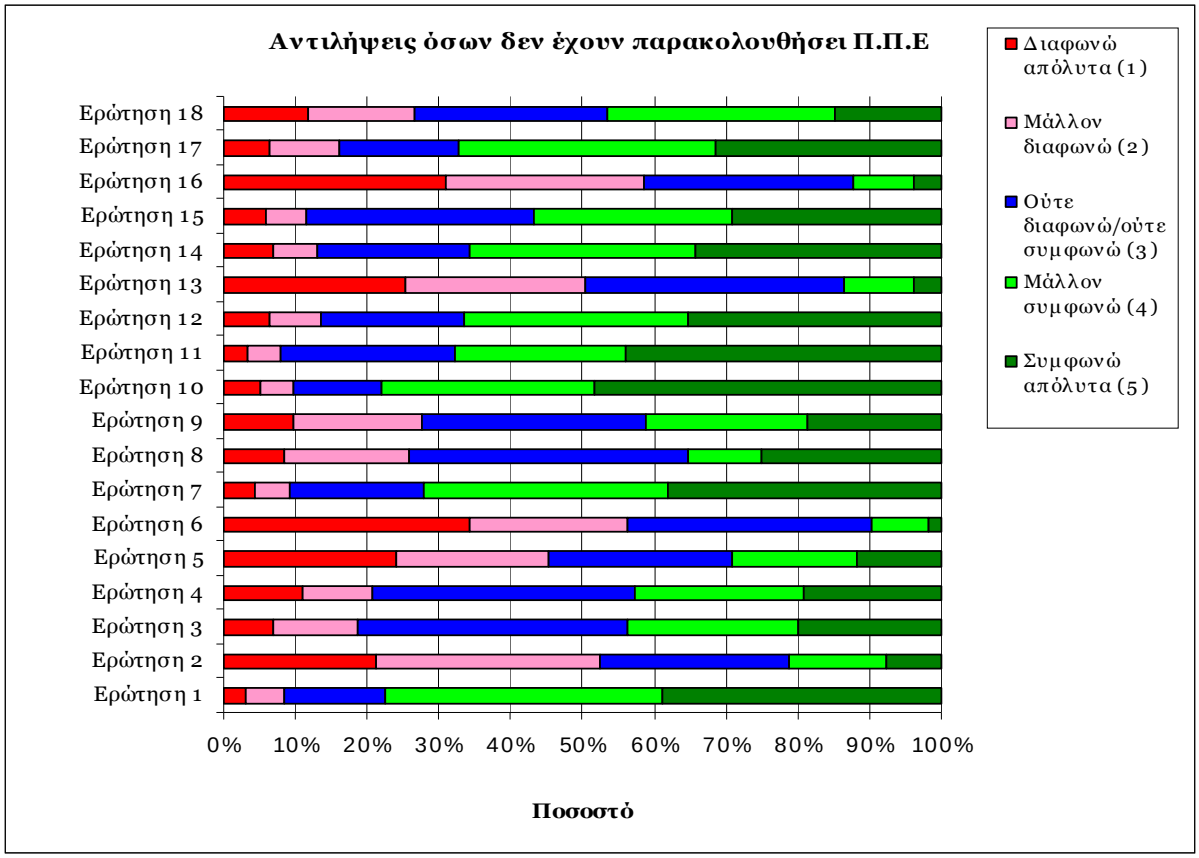
Συμμετοχή σε ΠΠΕ έστω και μια φορά	N	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση	Πιθανότητα σφάλματος sig(2-tailed)
Ναι	178	3,8285	1,37266	0,000
Όχι	236	3,114ο	1,53609	0,000

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά (t=4,980, df=400,294, sig(2-tailed) =0,000) στις γνώσεις των μαθητών που έχουν πάρει μέρος σε ΠΠΕ έστω και μια φορά σε σχέση με αυτούς που δεν έχουν συμμετάσχει ποτέ σε τέτοιου είδους πρόγραμμα. Από τη σύγκριση των μέσων όρων (Mean $_{(\text{έχουν πάρει μέρος σε ΠΠΕ})}$ =3,8285, M $_{(\text{δεν έχουν πάρει μέρος σε ΠΠΕ})}$ = 3,1140) προκύπτει ότι οι μαθητές που έχουν πάρει μέρος έστω και μια φορά σε ΠΠΕ γνωρίζουν περισσότερα για το θέμα σε σχέση με τους υπόλοιπους. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι υπάρχει διαφοροποίηση στις γνώσεις των μαθητών σε σχέση με την συμμετοχή τους σε ΠΠΕ. Άρα η μηδενική υπόθεση στην προκειμένη περίπτωση δεν ισχύει.

Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας αναφορικά με την επίδραση της συμμετοχής σε ΠΠΕ στις γνώσεις των μαθητών συμφωνούν με τη βιβλιογραφία. Σχετική έρευνα έχει δείξει ότι οι μαθητές από σχολεία στα οποία πραγματοποιείται Περιβαλλοντική Εκπαίδευση γνωρίζουν σε μεγαλύτερο ποσοστό έννοιες σχετικές με το περιβάλλον (Barraza & Walford, 2002). Οι Hsu και Roth (1999) υποστηρίζουν ότι τα προγράμματα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης μπορούν να επηρεάσουν το γνωστικό επίπεδο των μαθητών.

Αναφορικά με τις αντιλήψεις των μαθητών, στον πίνακα 5.18 που ακολουθεί δίνονται τα ποσοστά των μαθητών ανά ερώτηση με βάση την συμμετοχή ή όχι σε ΠΠΕ .





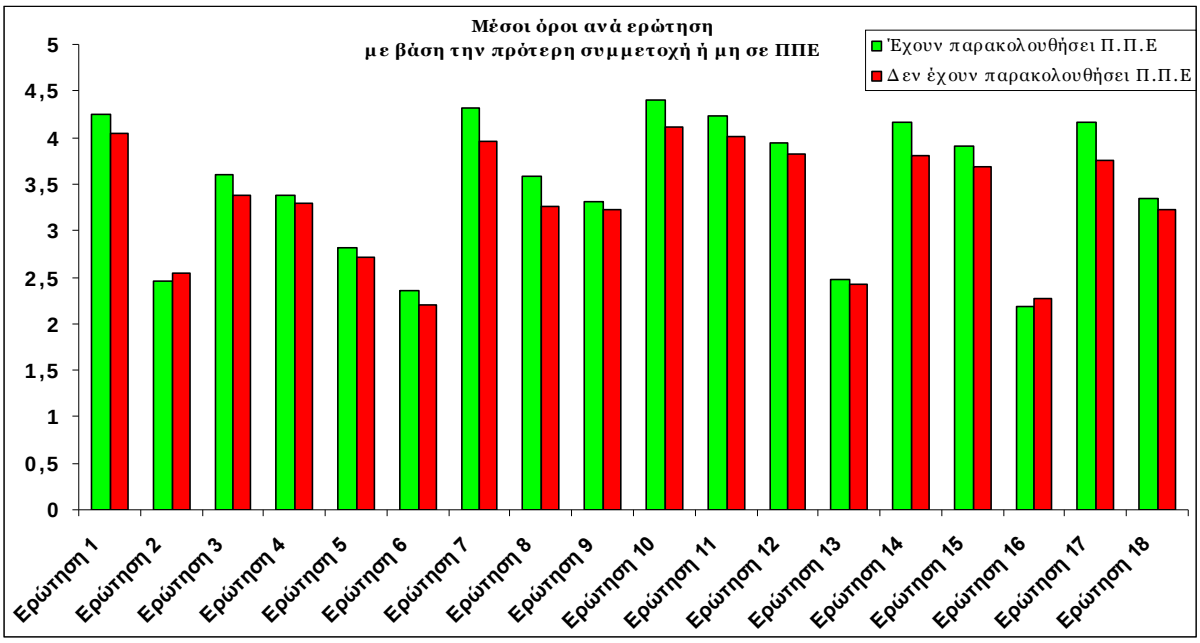
Σχήμα 5.14 *Γραφική απεικόνιση των ποσοστών των μαθητών ανά ερώτηση με βάση την πεντάβαθμη κλίμακα Likert που χρησιμοποιήθηκε και την συμμετοχή ή μη σε ΠΠΕ.*

Σε ότι αφορά συνολικά στις αντιλήψεις των μαθητών για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών, η εφαρμογή του κριτηρίου σύγκρισης των μέσων όρων t, έδειξε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά συνολικά στις αντιλήψεις μεταξύ των μαθητών που έχει πάρει μέρος σε ΠΠΕ έστω και μια φορά σε σχέση με αυτούς που δεν έχουν συμμετάσχει ποτέ σε τέτοιου είδους πρόγραμμα για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών (t=3,973 df=412, sig(2-tailed)=0,000). Από την σύγκριση των μέσων όρων (Mean $_{\text{(έχουν πάρει μέρος σε ΠΠΕ)}}$ = 62,8764, M $_{\text{(δεν έχουν πάρει μέρος σε ΠΠΕ)}}$ = 59,7542) φαίνεται ότι οι μαθητές που έχουν πάρει μέρος έστω και μια φορά σε ΠΠΕ εμφανίζονται θετικότεροι για το θέμα σε σχέση με τους υπόλοιπους. Η πρότερη συμμετοχή δηλαδή σε ΠΠΕ προκαλεί διαφοροποίηση στις αντιλήψεις των μαθητών για το θέμα. Άρα η μηδενική υπόθεση στην προκειμένη περίπτωση δεν ισχύει.

Πίνακας 5.18. *Στατιστικά στοιχεία της εφαρμογής του κριτηρίου t για την επίδραση της συμμετοχής σε ΠΠΕ στο σύνολο των αντιλήψεων των μαθητών Γυμνασίου για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες.*

Συμμετοχή σε ΠΠΕ έστω και μια φορά	N	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση	Πιθανότητα σφάλματος sig(2-tailed)
Ναι	178	62,8764	8,01809	0,000
Όχι	236	59,7542	7,83656	0,000

Η Τρικαλίτη (1995) έχει καταλήξει στο συμπέρασμα ότι οι μαθητές που έχουν πάρει μέρος σε ΠΠΕ έχουν φιλικότερες στάσεις για το περιβάλλον.



Σχήμα 5. 15 *Γραφική απεικόνιση των μέσων όρων ανά ερώτηση με βάση την πρότερη συμμετοχή ή μη σε ΠΠΕ*

Η εφαρμογή του κριτηρίου σύγκρισης των μέσων όρων t, έδειξε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ όσων έχουν πρότερη συμμετοχή σε ΠΠΕ και αυτών που δεν έχουν για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών σε κάποιες από τις διατυπωμένες προτάσεις στις οποίες οι μαθητές καλούνται να συμφωνήσουν ή διαφωνήσουν σε πεντάβαθμη κλίμακα Likert. Έτσι, από την επεξεργασία των δεδομένων στατιστικώς σημαντικά εμφανίζονται τα παρακάτω:

Για την ερώτηση 1«Αγοράζοντας προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες βοηθάμε στην προστασία του περιβάλλοντος»: Όσοι έχουν παρακολουθήσει έστω και μια φορά ΠΠΕ είχαν

μεγαλύτερη τάση να απαντούν πιο θετικά από τους υπόλοιπους (t= 1,972, df=412, sig(2-tailed)=0,049)/ Mean (έχουν πάρει μέρος σε ΠΠΕ) =4,25, M (δεν έχουν πάρει μέρος σε ΠΠΕ) = 4,05.

Για την ερώτηση 3 «Όταν αγοράζουμε ένα προϊόν πρέπει να εξετάζουμε αν προέρχεται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες»: Όσοι έχουν παρακολουθήσει έστω και μια φορά ΠΠΕ είχαν μεγαλύτερη τάση να απαντούν πιο θετικά από τους υπόλοιπους (t=2,065, df=412, sig(2-tailed)=0,040)/ Mean (έχουν πάρει μέρος σε ΠΠΕ) =3,61, M (δεν έχουν πάρει μέρος σε ΠΠΕ) = 3,38.

Για την ερώτηση 7 «Το μερίδιο ευθύνης της χημικής βιομηχανίας στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος είναι μεγάλο»: Όσοι έχουν παρακολουθήσει έστω και μια φορά ΠΠΕ είχαν μεγαλύτερη τάση να απαντούν πιο θετικά από τους υπόλοιπους (t= 3,487, df=412, sig(2-tailed)=0,001)/ Mean (έχουν πάρει μέρος σε ΠΠΕ) =4,.33 Mean (δεν έχουν πάρει μέρος σε ΠΠΕ) =3,97.

Για την ερώτηση 8, «Ένα προϊόν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες είναι κατώτερης ποιότητας από ένα αντίστοιχο που προέρχεται από ορυκτούς πόρους»: Όσοι έχουν παρακολουθήσει έστω και μια φορά ΠΠΕ είχαν μικρότερη τάση να απαντούν πιο θετικά από τους υπόλοιπους (t= 2,615, df=412, sig(2-tailed)=0,009)/ Mean (έχουν πάρει μέρος σε ΠΠΕ) =3,5787, M (δεν έχουν πάρει μέρος σε ΠΠΕ) = 3,2585).

Για την ερώτηση 10, «Επιθυμώ να ενημερωθώ με οποιονδήποτε τρόπο (σχολείο, διαδίκτυο, μέσα ενημέρωσης) για καταναλωτικά προϊόντα φιλικότερα προς το περιβάλλον»: Όσοι έχουν παρακολουθήσει έστω και μια φορά ΠΠΕ είχαν μεγαλύτερη τάση να απαντούν πιο θετικά από τους υπόλοιπους (t= 2.967, df=409,274, sig(2-tailed)=0,003) / Mean (έχουν πάρει μέρος σε ΠΠΕ) =4,41, M (δεν έχουν πάρει μέρος σε ΠΠΕ) = 4,11.

Για την ερώτηση 11, «Ο ρόλος της πράσινης χημείας στην προστασία του περιβάλλοντος είναι σημαντικός»: Όσοι έχουν παρακολουθήσει έστω και μια φορά ΠΠΕ είχαν μεγαλύτερη τάση να απαντούν πιο θετικά από τους υπόλοιπους (t= 2,120, df=412, sig(2-tailed)=0,035) / Mean (έχουν πάρει μέρος σε ΠΠΕ) =4,22, M (δεν έχουν πάρει μέρος σε ΠΠΕ) = 4,00.

Για την ερώτηση 14, «Με τις καταναλωτικές μου επιλογές μπορώ να βοηθήσω στην προστασία του περιβάλλοντος»: Όσοι έχουν παρακολουθήσει έστω και μια φορά ΠΠΕ είχαν μεγαλύτερη τάση να απαντούν πιο θετικά από τους υπόλοιπους (t= 3,287, df=403,649, sig(2-tailed)=0,001) / Mean (έχουν πάρει μέρος σε ΠΠΕ) =4,16, M (δεν έχουν πάρει μέρος σε ΠΠΕ) = 3,80.

Για την ερώτηση 15, « Η πράσινη χημεία στοχεύει στην βελτίωση των χημικών προϊόντων προς όφελος του περιβάλλοντος»: Όσοι έχουν παρακολουθήσει έστω και μια φορά ΠΠΕ είχαν μεγαλύτερη τάση να απαντούν πιο θετικά από τους υπόλοιπους (t= 2,018, df=412, sig(2-tailed)=0.044) / Mean (έχουν πάρει μέρος σε ΠΠΕ) =3,91, M (δεν έχουν πάρει μέρος σε ΠΠΕ) = 3,69.

Για την ερώτηση 17, «Ένας ενημερωμένος καταναλωτής αποτελεί έναν ενεργό πολίτη»: Όσοι έχουν παρακολουθήσει έστω και μια φορά ΠΠΕ είχαν μεγαλύτερη τάση να απαντούν πιο θετικά από τους υπόλοιπους (t=3,716, df=408,185, sig(2-tailed)=0.000) / Mean $_{(\text{έχουν πάρει μέρος σε ΠΠΕ})}$ =4,16, M $_{(\text{δεν έχουν πάρει μέρος σε ΠΠΕ})}$ = 3,76.

5.1.6.3 Επίδραση του τόπου διαμονής στις γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες

Η τρίτη ανεξάρτητη μεταβλητή που ερευνήθηκε για την επίδραση της στις γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών ήταν ο τόπος διαμονής τους. Εξετάστηκε λοιπόν αν υπάρχει διαφοροποίηση των γνώσεων και των αντιλήψεων των μαθητών με βάση τη συγκεκριμένη μεταβλητή.

Θεωρήθηκε αρχικά ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση, δηλαδή ότι δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά οι γνώσεις και οι αντιλήψεις των μαθητών για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών ανάλογα με τον τόπο διαμονής τους. Εφαρμόστηκε και στην συγκεκριμένη περίπτωση το παραμετρικό κριτήριο σύγκρισης των μέσων όρων δύο ανεξάρτητων ομάδων.

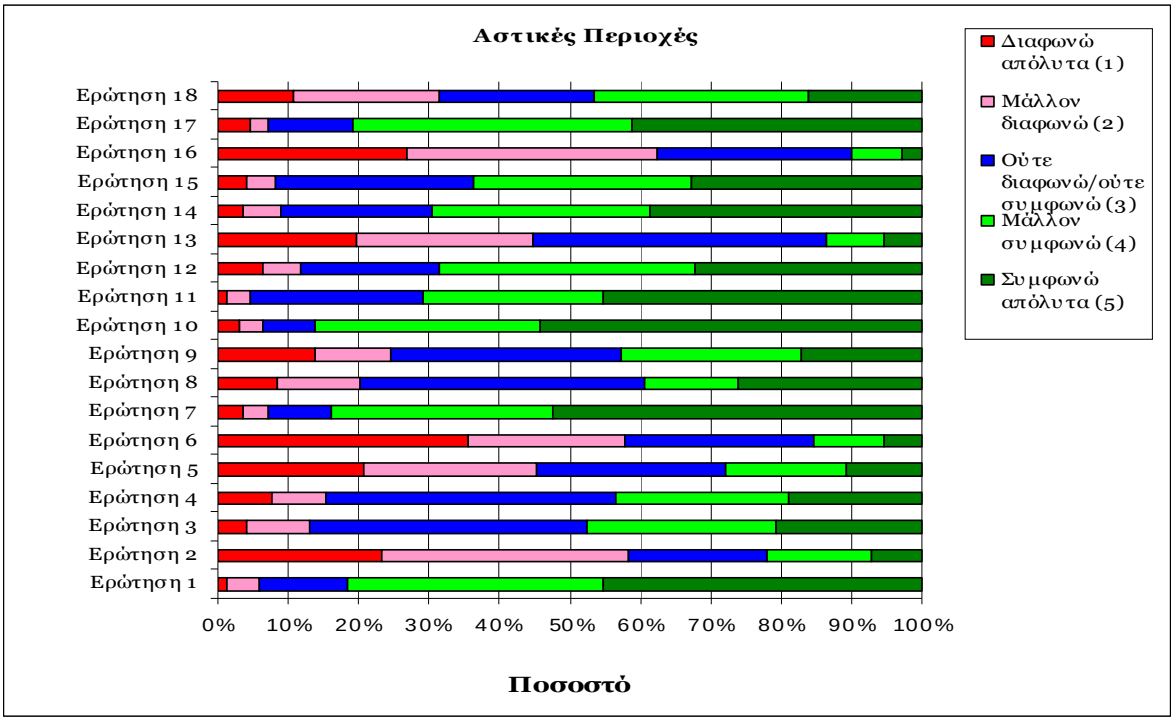
Σε ότι αφορά στις γνώσεις των μαθητών, στον πίνακα 5.19 δίνονται τα στατιστικά στοιχεία της εφαρμογής του κριτηρίου t για την επίδραση του τόπου διαμονής στις γνώσεις των μαθητών Γυμνασίου για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες.

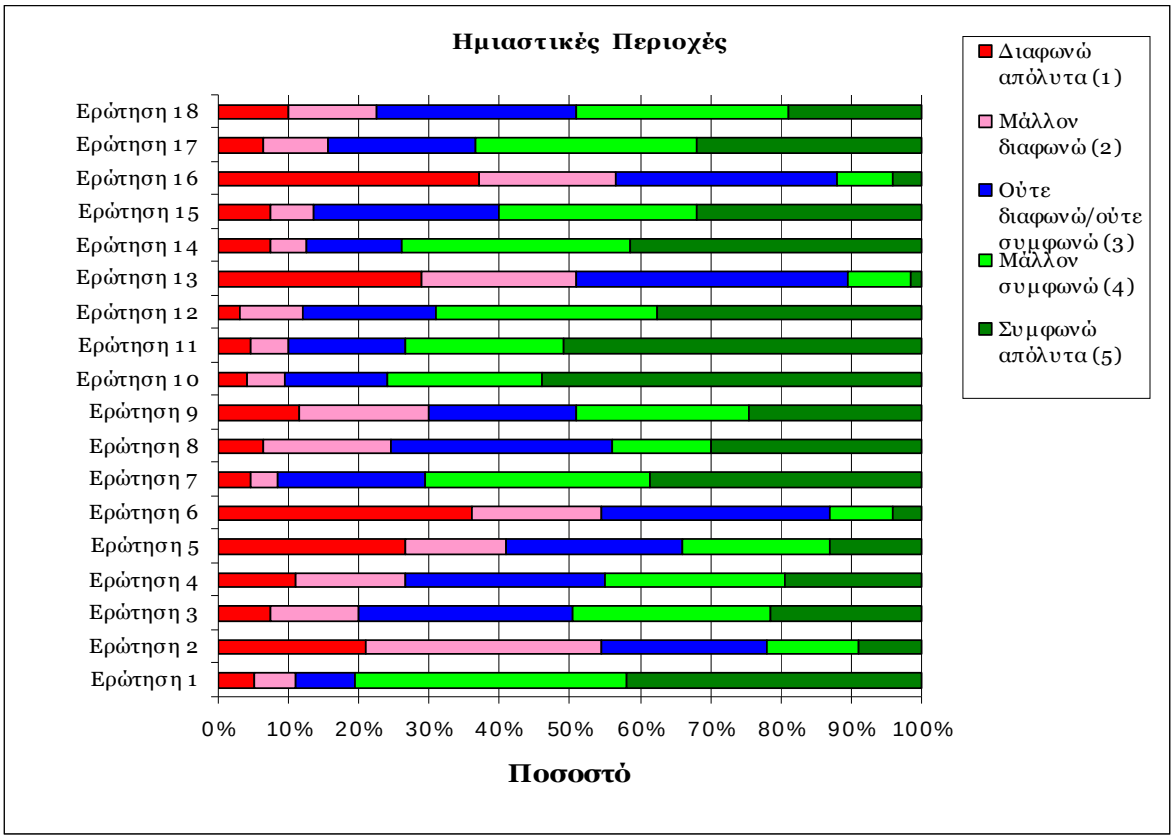
Πίνακας 5.19. *Στατιστικά στοιχεία της εφαρμογής του κριτηρίου t για την επίδραση του τόπου διαμονής στις γνώσεις των μαθητών Γυμνασίου για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες.*

Τόπος διαμονής	N	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση	Πιθανότητα σφάλματος sig(2-tailed)
Αστικές περιοχές	223	3,6393	1,58937	0,001
Ημιαστικές περιοχές	191	3,1665	1,36886	0,001

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά (t=3,252, df=411,986, sig(2-tailed)=0.001) στις γνώσεις των μαθητών που διαμένουν σε αστικές περιοχές σε σχέση με αυτούς που προέρχονται από ημιαστικές περιοχές. Από την σύγκριση λοιπόν των μέσων όρων (Mean $_{\text{αστικών περιοχών}}$ =3,6393, M $_{\text{ημιαστικών περιοχών}}$ =3,1665) φαίνεται ότι υπάρχει διαφοροποίηση των γνώσεων που έχουν οι μαθητές από αστικές περιοχές για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών σε σχέση με αυτούς που προέρχονται από ημιαστικές περιοχές. Συνεπώς η μηδενική υπόθεση δεν ισχύει.

Αναφορικά με τις αντιλήψεις των μαθητών, στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται τα ποσοστά των μαθητών ανά ερώτηση με βάση τον τόπο διαμονής τους.





Σχήμα 5.16. *Οι αντιλήψεις των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες ανά ερώτηση με βάση τον τόπο διαμονής τους.*

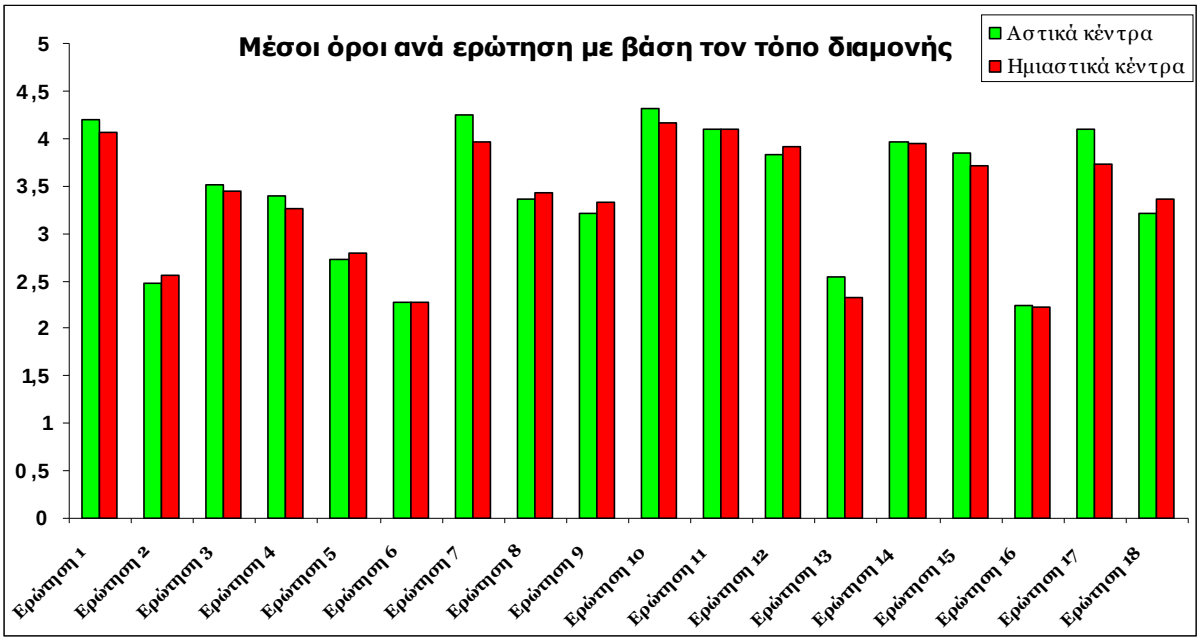
Σε ότι αφορά συνολικά στις αντιλήψεις των μαθητών για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών, η εφαρμογή του κριτηρίου σύγκρισης των μέσων όρων t, έδειξε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο σύνολο για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών μεταξύ των μαθητών που προέρχονται από αστικές περιοχές και αυτών που προέρχονται από ημιαστικές περιοχές (t=1,206, df=412, sig(2-tailed)=0.229).

Πίνακας 5.20. *Στατιστικά στοιχεία της εφαρμογής του κριτηρίου t για την επίδραση του τόπου διαμονής στο σύνολο των αντιλήψεων των μαθητών Γυμνασίου για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες.*

Τόπος διαμονής	N	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση	Πιθανότητα σφάλματος sig(2-tailed)
Αστικές περιοχές	223	61,5381	8,47876	0,229
Ημιαστικές περιοχές	191	60,5812	7,52067	0,229

Από τους μέσους όρους (Mean $_{\text{αστικών περιοχών}}$ =61,5381, M $_{\text{ημιαστικών περιοχών}}$ =60,5812), φαίνεται ότι οι μαθητές που προέρχονται από αστικές περιοχές έχουν θετικότερες τάσεις για το θέμα σε σχέση με τους μαθητές που προέρχονται από ημιαστικές περιοχές ωστόσο η διαφορά αυτή δεν είναι στατιστικά σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας >95%. Με άλλα λόγια δεν παρατηρείται καμιά στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο σημαντικότητας $p<0,05$ με βάση τον τόπο διαμονής των μαθητών η οποία να αναφέρεται στο σύνολο των αντιλήψεων τους. Αυτό σημαίνει ότι ο τόπος διαμονής των μαθητών δεν προκαλεί διαφοροποίηση στις αντιλήψεις των μαθητών, ή εναλλακτικά μπορούμε να πούμε ότι μαθητές ανεξάρτητα από τον τόπο διαμονής έχουν ίδιες αντιλήψεις απέναντι στο εξεταζόμενο θέμα. Συνεπώς, ισχύει η μηδενική υπόθεση, η οποία διατυπώθηκε αρχικά.

Ανατρέχοντας στη βιβλιογραφία βρέθηκαν αντικρουόμενα αποτελέσματα για την επίδραση του τόπου διαμονής στις αντιλήψεις και στάσεις των μαθητών για το περιβάλλον. Σε μια έρευνα που έγινε σε μαθητές Γυμνασίου στην Νότια Αυστραλία για τις περιβαλλοντικές τους στάσεις προκύπτει ότι τόσο οι μαθητές των αστικών, όσο και των αγροτικών περιοχών ανησυχούν και εμφανίζονται μάλλον απαισιόδοξοι για το περιβάλλον (Worsley & Skrzypiec, 1998). Σε άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Τουρκία (Yilmaz, Boone & Andersen, 2004) καταγράφεται ότι οι μαθητές με υψηλό οικογενειακό εισόδημα και αυτοί που ζούν σε πόλη εμφανίζουν θετικότερες στάσεις απέναντι σε περιβαλλοντικά θέματα σε σχέση με μαθητές χαμηλού οικογενειακού εισοδήματος και αυτούς οι οποίοι ζούνε σε ημιαστικές περιοχές.



Σχήμα 5. 17 *Γραφική απεικόνιση των μέσων όρων ανά ερώτηση με βάση τον τόπο διαμονής των μαθητών*

Η εφαρμογή του κριτηρίου σύγκρισης των μέσων όρων t, έδειξε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις αντιλήψεις μεταξύ μαθητών από αστικές και ημιαστικές περιοχές για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών σε τρεις από τις διατυπωμένες προτάσεις όπου οι μαθητές καλούνται να συμφωνήσουν ή διαφωνήσουν σε πεντάβαθμη κλίμακα Likert.

Έτσι, από την επεξεργασία των σχετικών στοιχείων στατιστικώς σημαντική διαφορά εμφανίζεται στις παρακάτω προτάσεις:

Για την ερώτηση 7 «Το μερίδιο ευθύνης της χημικής βιομηχανίας στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος είναι μεγάλο»: Οι μαθητές που διαμένουν σε αστικές περιοχές είχαν μεγαλύτερη τάση να απαντούν πιο θετικά από τους μαθητές που διαμένουν σε ημιαστικές περιοχές (t=2,839, df=412, sig(2-tailed)=0,005)/ Mean $_{\text{αστικών περιοχών}}$ =4,26, M $_{\text{ημιαστικών περιοχών}}$ =3,96.

Για την ερώτηση 13 «Μπορεί να παραχθεί κόλλα με πρώτη ύλη το γάλα»: Οι μαθητές που διαμένουν σε αστικές περιοχές είχαν μεγαλύτερη τάση να απαντούν πιο θετικά από τους μαθητές που διαμένουν σε ημιαστικές περιοχές (t=2,104, df=412, sig(2-tailed)=0,036)/ Mean $_{\text{αστικών περιοχών}}$ =2,54, M $_{\text{ημιαστικών περιοχών}}$ =2,32.

Για την ερώτηση 17 «Ένας ενημερωμένος καταναλωτής αποτελεί έναν ενεργό πολίτη»: Οι μαθητές που διαμένουν σε αστικές περιοχές είχαν μεγαλύτερη τάση να απαντούν πιο θετικά από τους μαθητές που διαμένουν σε ημιαστικές περιοχές (t=3,375, df=377,173, sig(2-tailed)=0,001)/ Mean $_{\text{αστικών περιοχών}}$ =4,10, M $_{\text{ημιαστικών περιοχών}}$ =3,73.

5.1.6.4. Επίδραση του επιπέδου εκπαίδευσης των γονέων στις γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες

Η τέταρτη ανεξάρτητη μεταβλητή η οποία εξετάστηκε για την επίδραση της στις γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες είναι το επίπεδο εκπαίδευσης των γονέων. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν πολλές έρευνες που υποστηρίζουν ότι οι γνώσεις και οι αντιλήψεις των μαθητών για το περιβάλλον σχετίζονται με το οικογενειακό περιβάλλον (Eagles & Demare, 1999) και το επίπεδο εκπαίδευσης των γονέων (Gambro & Switzky, 1999˙ Τρικαλίτη, 1995). Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται και από άλλους ερευνητές (Hampel, Holdsworth & Boldero, 1996˙ Kuhleimer, Van den Bergh, & Lagerweij, 1999). Οι Abeliotis et al (2010) αναφέρουν ότι ένας από τους πιο βασικούς παράγοντες που επιδρούν στην ανάπτυξη στάσεων φιλικών προς το περιβάλλον είναι το υπόβαθρο των γονέων, ενώ ο Payne (2005) υπογραμμίζει τον εκπαιδευτικό ρόλο των γονέων στο σπίτι. Τέλος, οι Zhang & Brown (2005) αναφέρουν ότι οι γονείς είναι δυνατόν να παρακινήσουν τα παιδιά τους να καταναλώνουν περιβαλλοντικά φιλικά προϊόντα, να ακολουθούν σωστές πρακτικές ανακύκλωσης και να μειώνουν την κατανάλωση νερού.

Στην προκειμένη περίπτωση, εφαρμόστηκε το παραμετρικό κριτήριο της μονοπαραγοντικής ανάλυσης διακύμανσης (one-way ANOVA-Dunkan και LSD criteria) (http://www.ats.ucla.edu/stat/spss/whatstat/whatstat.htm) για τις έξι διαβαθμίσεις του επιπέδου εκπαίδευσης των γονέων. Συγκρίθηκαν με όλους τους δυνατούς συνδυασμούς και ανά δύο οι μέσοι όροι των έξι ομάδων μαθητών, έτσι όπως προκύπτουν με βάση το επίπεδο εκπαίδευσης των γονέων.

Ένα γενικό συμπέρασμα που προκύπτει από την επεξεργασία των πινάκων είναι ότι οι μαθητές που έχουν πατέρα με ανώτατο επίπεδο εκπαίδευσης εμφανίζονται να έχουν στατιστικά σημαντικά περισσότερες γνώσεις (έχουν μεγαλύτερο μέσο όρο βαθμολογίας) για το θέμα σε σχέση με τους υπόλοιπους μαθητές. Από τα υπόλοιπα αποτελέσματα, αν και υπάρχουν κάποιες στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ άλλων κατηγοριών, δε μπορούν να προκύψουν ασφαλή γενικευμένα συμπεράσματα.

Σε ότι αφορά στις αντιλήψεις των μαθητών, η πρώτη ομάδα που προκύπτει από την κατηγοριοποίηση του επιπέδου εκπαίδευσης του πατέρα (Δεν Τελείωσε το Δημοτικό) διαφοροποιείται από τις υπόλοιπες πέντε αφού, όσοι μαθητές ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία εμφανίζουν στατιστικώς σημαντικά αρνητικότερες αντιλήψεις για το θέμα σε σχέση με των υπολοίπων. Επιπρόσθετα, προκύπτουν διαφοροποιήσεις στατιστικώς σημαντικές και μεταξύ άλλων κατηγοριών. Περίπου ανάλογα εμφανίζονται τα εξαγόμενα και σε ότι αφορά στο επίπεδο εκπαίδευσης της μητέρας χωρίς να μπορούν να εξαχθούν σαφή γενικευμένα συμπεράσματα.

Λόγω των παραπάνω καθώς και του πολύ μικρού δείγματος της πρώτης κατηγορίας «Δεν Τελείωσε το Δημοτικό» κρίθηκε σκόπιμο σε μεταγενέστερο χρόνο να δημιουργηθούν τρεις νέες διαβαθμίσεις για το επίπεδο εκπαίδευσης των γονέων ως εξής:

1η διαβάθμιση: Δεν Τελείωσε το Δημοτικό, Έχει απολυτήριο Δημοτικού.

2η διαβάθμιση: Έχει απολυτήριο Γυμνασίου, Έχει απολυτήριο Λυκείου ή Εξαταξίου Γυμνασίου.

$3^{η}$ διαβάθμιση: έχει πτυχίο Τεχνολογικού ιδρύματος (ΤΕΙ), Έχει πτυχίο Πανεπιστημίου ή Πολυτεχνείου (ΑΕΙ).

Εφαρμόστηκε εκ νέου το παραμετρικό κριτήριο της μονοπαραγοντικής ανάλυσης διακύμανσης (one-way ANOVA-Dunkan και LSD criteria) για τις τρεις διαβαθμίσεις του επιπέδου εκπαίδευσης των γονέων. Συγκρίθηκαν ανά δύο οι μέσοι όροι των νέων ομάδων των μαθητών έτσι όπως προέκυψαν με βάση αυτή τη νέα κατηγοριοποίηση του επιπέδου εκπαίδευσης των γονέων.

Σε ότι αφορά στο επίπεδο εκπαίδευσης του πατέρα, προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση: ο μέσος όρος της βαθμολογίας των γνώσεων της 3ης διαβάθμισης είναι υψηλότερος από τον αντίστοιχο της $1^{ης}$ και της $2^{ης}$ διαβάθμισης. Το ίδιο ισχύει και σε ότι αφορά στο επίπεδο εκπαίδευσης της μητέρας.

Σε ότι αφορά στις αντιλήψεις των μαθητών, προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση: οι μαθητές που το επίπεδο εκπαίδευσης του πατέρα τους ανήκει στην πρώτη διαβάθμιση εμφανίζονται αρνητικότεροι για το θέμα σε σχέση με τους μαθητές που οι γονείς τους έχουν το επίπεδο εκπαίδευσης $3^{ης}$ διαβάθμισης. Αντίστοιχα, οι μαθητές που το επίπεδο εκπαίδευσης της μητέρας τους ανήκει στην $3^{η}$ διαβάθμιση, εμφανίζονται στατιστικά σημαντικά θετικότεροι σε σχέση με των υπολοίπων διαβαθμίσεων.

Έτσι, προκειμένου να εξαχθούν πιο γενικευμένα και ασφαλή συμπεράσματα αποφασίστηκε, τελικά, να δημιουργηθούν μόνο δύο διαβαθμίσεις για το επίπεδο εκπαίδευσης των γονέων:

1η διαβάθμιση: Δεν Τελείωσε το Δημοτικό, έχει απολυτήριο Δημοτικού, έχει απολυτήριο Γυμνασίου (δηλαδή καλύπτει το διάστημα της υποχρεωτικής εκπαίδευσης).

2η διαβάθμιση: Έχει απολυτήριο Λυκείου ή Εξαταξίου Γυμνασίου, έχει πτυχίο Τεχνολογικού ιδρύματος (ΤΕΙ), έχει πτυχίο Πανεπιστημίου ή Πολυτεχνείου (ΑΕΙ).

Εξετάστηκε ξεχωριστά η επίδραση του επιπέδου εκπαίδευσης του πατέρα και της μητέρας στις γνώσεις και στις αντιλήψεις των μαθητών για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Εφαρμόστηκε το παραμετρικό κριτήριο σύγκρισης των μέσων όρων δύο ανεξάρτητων ομάδων t (independent samples t-test) τόσο για τη συνολική βαθμολογία (σκορ) στο ερωτηματολόγιο των γνώσεων, όσο και του συνόλου των αντιλήψεων αλλά και ανά ερώτηση ξεχωριστά. Η πιθανότητα στατιστικού σφάλματος στην ανάλυση που πραγματοποιήθηκε είναι μικρότερη του 5% .

5.1.6.4.1 Επίδραση του επιπέδου εκπαίδευσης του πατέρα στις γνώσεις και στις στάσεις των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες

Υποθέτουμε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση δηλαδή ότι δεν υπάρχει διαφορά στις γνώσεις και στις αντιλήψεις των μαθητών Γυμνασίου για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών ανάλογα με το επίπεδο εκπαίδευσης του πατέρα τους.

Η εφαρμογή του κριτηρίου σύγκρισης των μέσων όρων t, έδειξε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά (t= -3,246, df=194,787, sig (2-tailed)=0,001) μεταξύ των μαθητών που ο πατέρας τους έχει την εκπαίδευση των κατηγοριών της 1ης διαβάθμισης και αυτών που έχει την εκπαίδευση των κατηγοριών της 2ης διαβάθμισης στις γνώσεις τους για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Ειδικότερα οι μαθητές των οποίων ο πατέρας έχει επίπεδο εκπαίδευσης 2ης διαβάθμισης έχουν περισσότερες γνώσεις (εμφανίζουν μεγαλύτερο μέσο όρο) για το θέμα από τους μαθητές που ο πατέρας τους έχει επίπεδο εκπαίδευσης 1ης διαβάθμισης ($M_{1ης}$ διαβάθμισης=3,0347, $M_{2ης}$ διαβάθμισης= 3,5427). Άρα για την ανεξάρτητη μεταβλητή του επιπέδου εκπαίδευσης του πατέρα δεν ισχύει η μηδενική υπόθεση που διατυπώθηκε αρχικά σε ότι αφορά στις γνώσεις των μαθητών.

Στον πίνακα 5.21 δίνονται περισσότερα στατιστικά στοιχεία της εφαρμογής του κριτηρίου t για την επίδραση του επιπέδου εκπαίδευσης του πατέρα στις γνώσεις των μαθητών.

Πίνακας 5.21. Στατιστικά στοιχεία της εφαρμογής του κριτηρίου t για την επίδραση του επιπέδου εκπαίδευσης του πατέρα στις γνώσεις των μαθητών.

Επίπεδο εκπαίδευσης πατέρα	N	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση	Πιθανότητα σφάλματος sig(2-tailed)
Δεν Τελείωσε το Δημοτικό, έχει απολυτήριο Δημοτικού, έχει απολυτήριο Γυμνασίου	99	3,0347	1,29106	0,001
Έχει απολυτήριο Λυκείου ή Εξαταξίου Γυμνασίου, έχει πτυχίο Τεχνολογικού ιδρύματος ή ΑΕΙ	315	3,5427	1,55271	0,001

Σε ότι αφορά συνολικά στις αντιλήψεις των μαθητών για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών, η εφαρμογή του κριτηρίου σύγκρισης των μέσων όρων t, έδειξε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών που ο πατέρας τους έχει την εκπαίδευση των κατηγοριών της 1ης διαβάθμισης και αυτών που έχει την εκπαίδευση των κατηγοριών της 2ης διαβάθμισης (t=-0,803, df=412, sig(2-tailed)=0,422). Από τους μέσους όρους φαίνεται μεν ότι οι μαθητές που το

επίπεδο εκπαίδευσης του πατέρα τους είναι υψηλότερο εμφανίζονται θετικότεροι ως προς τις αντιλήψεις τους για το θέμα ($M_{1ης}$ διαβάθμισης=60,42, $M_{2ης}$ διαβάθμισης= 61,1302), ωστόσο η διαφορά αυτή δεν είναι στατιστικά σημαντική

Συνεπώς, ισχύει η μηδενική υπόθεση, η οποία αρχικά διατυπώθηκε δηλαδή ότι δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ των μαθητών που ο πατέρας τους έχει την εκπαίδευση της $1^{ης}$ διαβάθμισης και αυτών που έχει την αντίστοιχη της $2^{ης}$ διαβάθμισης συνολικά στις αντιλήψεις τους για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών.

Ενδεικτικά εδώ να αναφέρουμε ότι, η εφαρμογή του κριτηρίου σύγκρισης των μέσων όρων t, έδειξε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών που ο πατέρας τους έχει την εκπαίδευση της $1^{ης}$ διαβάθμισης και αυτών που έχει της $2^{ης}$ διαβάθμισης στις αντιλήψεις τους για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών μόνο σε μια από τις διατυπωμένες προτάσεις στις οποίες οι μαθητές καλούνται να συμφωνήσουν ή διαφωνήσουν σε πεντάβαθμη κλίμακα Likert.

Έτσι, από την επεξεργασία των σχετικών πινάκων που προέκυψαν στατιστικώς σημαντικά παρουσιάζονται τα παρακάτω:

Για την ερώτηση 1 «Αγοράζοντας προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες βοηθάμε στην προστασία του περιβάλλοντος»: Οι μαθητές που ο πατέρας τους έχει την εκπαίδευση της 2ης διαβάθμισης απαντούν πιο θετικά από αυτούς που ο πατέρας τους έχει την εκπαίδευσης της $1^{ης}$ διαβάθμισης (t= -2,230, df=412, sig(2-tailed)=0,026)/ Mean $_{πατέρα\ 1ης\ διαβάθμισης}$ =3,94, Mean $_{πατέρα\ 2ης\ διαβάθμισης}$= 4,20.

5.1.6.4.2 Επίδραση του επιπέδου εκπαίδευσης της μητέρας στις γνώσεις και στις αντιλήψεις των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες

Υποθέτουμε ότι ισχύει η μηδενική υπόθεση δηλαδή ότι δεν υπάρχει διαφορά στις γνώσεις και στις αντιλήψεις των μαθητών Γυμνασίου για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών ανάλογα με το επίπεδο εκπαίδευσης της μητέρας τους.

Η εφαρμογή του κριτηρίου σύγκρισης των μέσων όρων t, έδειξε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά (t= -3,709, df=175,759, sig (2-tailed)=0,000) μεταξύ των μαθητών που η μητέρα τους έχει την εκπαίδευση των κατηγοριών της 1ης διαβάθμισης και αυτών που έχει την εκπαίδευση των κατηγοριών της 2ης διαβάθμισης στις γνώσεις τους για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Οι μαθητές που έχουν μητέρα με εκπαίδευση της $2^{ης}$ διαβάθμισης έχουν περισσότερες γνώσεις σε σχέση με αυτούς που έχουν μητέρα με εκπαίδευση της $1^{ης}$ διαβάθμισης ($M_{1ης}$ διαβάθμισης=2,9642, $M_{2ης}$ διαβάθμισης= 3,5536).

Άρα για την ανεξάρτητη μεταβλητή της εκπαίδευσης της μητέρας δεν ισχύει η μηδενική υπόθεση που διατυπώθηκε αρχικά σε ότι αφορά στις γνώσεις των μαθητών.
Στον πίνακα 5.22 δίνονται περισσότερα στατιστικά στοιχεία της εφαρμογής του κριτηρίου t για την επίδραση του επιπέδου εκπαίδευσης της μητέρας στις γνώσεις των μαθητών.

Πίνακας 5.22 Στατιστικά στοιχεία της εφαρμογής του κριτηρίου t για την επίδραση του επιπέδου εκπαίδευσης της μητέρας στις γνώσεις των μαθητών.

Επίπεδο εκπαίδευσης μητέρας	N	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση	Πιθανότητα σφάλματος sig(2-tailed)
Δεν Τελείωσε το Δημοτικό, έχει απολυτήριο Δημοτικού, έχει απολυτήριο Γυμνασίου	93	2,9642	1,28769	0.000
Έχει απολυτήριο Λυκείου ή Εξαταξίου Γυμνασίου, έχει πτυχίο Τεχνολογικού ιδρύματος	321	3,5536	1,54334	0.000

Σε ότι αφορά συνολικά στις αντιλήψεις των μαθητών για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών, η εφαρμογή του κριτηρίου σύγκρισης των μέσων όρων t, έδειξε πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών που η μητέρα τους έχει την εκπαίδευση των κατηγοριών της 1ης διαβάθμισης και αυτών που έχει την εκπαίδευση των κατηγοριών της 2ης διαβάθμισης (t=-1,414, df=412, sig(2-tailed)=0,158). Από τους μέσους όρους προκύπτει μεν οι μαθητές που το επίπεδο εκπαίδευσης της μητέρας τους είναι υψηλότερο να εμφανίζονται θετικότεροι ως προς το μελετόμενο θέμα ($M_{1ης}$ διαβάθμισης=59,9785, $M_{2ης}$ διαβάθμισης= 61,2461), ωστόσο η διαφορά αυτή δεν είναι στατιστικά σημαντική.

Συνεπώς, ισχύει η μηδενική υπόθεση, η οποία αρχικά διατυπώθηκε δηλαδή ότι δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ των μαθητών που η μητέρα τους έχει την εκπαίδευση της $1^{ης}$ διαβάθμισης και των αντίστοιχων της $2^{ης}$ διαβάθμισης συνολικά στις αντιλήψεις τους για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών.

Ενδεικτικά εδώ να αναφέρουμε ότι, η εφαρμογή του κριτηρίου σύγκρισης των μέσων όρων t, έδειξε πως υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μαθητών που η μητέρα τους έχει την εκπαίδευση της $1^{ης}$ διαβάθμισης και αυτών που έχει της $2^{ης}$ διαβάθμισης στις αντιλήψεις τους για το

θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών σε δύο από τις διατυπωμένες προτάσεις στις οποίες οι μαθητές καλούνται να συμφωνήσουν ή διαφωνήσουν σε πεντάβαθμη κλίμακα Likert.

Έτσι, από την επεξεργασία των σχετικών πινάκων που προέκυψαν στατιστικώς σημαντικά παρουσιάζονται τα παρακάτω:

Για την ερώτηση 1 «Αγοράζοντας προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες βοηθάμε στην προστασία του περιβάλλοντος»: Οι μαθητές που η μητέρα τους έχει εκπαίδευση της 2ης διαβάθμισης απαντούν πιο θετικά από αυτούς που η μητέρα τους έχει την εκπαίδευση της $2^{ης}$ διαβάθμισης (t= -2,065, df=412, sig(2-tailed)=0.040)/ Mean $_{πατέρα\ 1ης\ διαβάθμισης}$ =3,95, Mean $_{πατέρα\ 2ης\ διαβάθμισης}$= 4,19.

Για την ερώτηση 7 «Το μερίδιο ευθύνης της χημικής βιομηχανίας στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος είναι μεγάλο.»: Οι μαθητές που η μητέρα τους έχει την εκπαίδευση της 2ης διαβάθμισης απαντούν πιο θετικά από τους αντίστοιχους με μητέρα που έχει την εκπαίδευση της $2^{ης}$ διαβάθμισης (t= -2,160, df=412, sig(2-tailed)=0.031)/ Mean $_{πατέρα\ 1ης\ διαβάθμισης}$ =3,91, Mean $_{πατέρα\ 2ης\ διαβάθμισης}$= 4,18.

5.1.7 Συσχέτιση γνώσεων και αντιλήψεων των μαθητών για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών

Κρίθηκε σκόπιμο να εξεταστεί αν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των γνώσεων και των αντιλήψεων των μαθητών για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών στο πλαίσιο της πράσινης χημείας. Από την εξέταση αυτή προέκυψε στατιστικά σημαντική θετική γραμμική συσχέτιση (Pearson Correlation r=0,387, sig(2-tailed)<=0.000), δηλαδή όσο αυξάνεται το επίπεδο των γνώσεων (ή βελτιώνεται η βαθμολογία στις ερωτήσεις των γνώσεων), τόσο πιο θετικές γίνονται οι αντιλήψεις των μαθητών.

Στην προκειμένη περίπτωση, όσοι μαθητές είχαν υψηλό επίπεδο γνώσεων παρουσίαζαν και τις θετικότερες αντιλήψεις ως προς την χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Υπήρξε δηλαδή μια σημαντική συσχέτιση του τμήματος των γνώσεων και του τμήματος των αντιλήψεων του ερωτηματολογίου. Αυτό βέβαια δεν υποδηλώνει απαραίτητα αιτιατότητα (causality), ότι δηλαδή οι γνώσεις οδηγούν στις θετικότερες αντιλήψεις ή το αντίθετο. Πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι οι γνώσεις δεν αποτελούν προϋπόθεση για περιβαλλοντική δράση (Arvai, Baird, & Campbell, 2004· Hungerford, Peyton & Wilke, 1980).

Να σημειωθεί εδώ ωστόσο, ότι οι Σκούλλος και Μαλοτίδη αναφέρουν το γραμμικό μοντέλο σχέσης μεταξύ περιβαλλοντικής γνώσης, στάσεων και συμπεριφοράς το οποίο υιοθετούν πολλοί θεωρητικοί της Περιβαλλοντικής εκπαίδευσης. Αναφέρουν ουσιαστικά ότι, οι θετικές στάσεις για

το περιβάλλον και η συναφής συμπεριφορά είναι αποτέλεσμα του αυξημένου επιπέδου περιβαλλοντικών γνώσεων (Scoullos & Malotidi, 2004).

5.2 Αποτύπωση των γνώσεων και των αντιλήψεων των μαθητών μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων.

5.2.1 Γενικά

Μετά την πραγματοποίηση των δραστηριοτήτων δόθηκε προς συμπλήρωση η τρίτη και τελική έκδοση του ερωτηματολογίου.

Η χορήγηση του συγκεκριμένου ερωτηματολογίου έγινε προκειμένου να αποτυπωθεί η επίδραση (ή μη) από την εφαρμογή των δραστηριοτήτων στις γνώσεις και στις αντιλήψεις των μαθητών για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών υπό το πρίσμα της πράσινης χημείας. Η συμπλήρωση του πραγματοποιήθηκε χρονικά από επτά έως δέκα ημέρες μετά την εφαρμογή των σχεδίων μαθήματος. Κατά μέσο όρο η συμπλήρωση των συγκεκριμένων ερωτηματολογίων διήρκησε 16-22 λεπτά. Να σημειωθεί ότι το εν λόγω ερωτηματολόγιο περιελάμβανε και ένα ειδικό μέρος γνωστικών ερωτήσεων που αφορούσε στην δραστηριότητα που είχαν εκτελέσει οι μαθητές γι' αυτό και ο χρόνος συμπλήρωσης ήταν μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο χρόνο για τη συμπλήρωση του ερωτηματολόγιου πριν την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού.

Τα κοινωνικοδημογραφικά στοιχεία του δείγματος δεν άλλαξαν. Ο αριθμός των έγκυρων ερωτηματολογίων παρέμεινε ο ίδιος (414) αφού οι καθηγητές που εφάρμοσαν τις δραστηριότητες είχαν κληθεί κατά τη συγκέντρωση των συμπληρωμένων ερωτηματολογίων να κάνουν ένα γρήγορο έλεγχο.

5.2.2 Συγκριτική συνολική αποτύπωση των γνώσεων των μαθητών Γυμνασίου για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων

Οι μαθητές μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων αναγνωρίζουν μεταξύ διαφόρων υλικών που τους παρατίθενται ότι το πετρέλαιο δεν είναι ανανεώσιμη πρώτη ύλη σε ποσοστό 84,3% συγκριτικά με 58,9% που ήταν πριν, σημειώθηκε δηλαδή αύξηση κατά 25,4%. Αντίστοιχα, το ποσοστό των μαθητών που σημειώνει τις υπόλοιπες επιλογές ανά κατηγορία είναι μειωμένο. Ουσιαστικά, ενώ οι μαθητές πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων δεν αναγνωρίζουν τα οργανικά αστικά απόβλητα, τα υπολείμματα των γεωργικών καλλιεργειών και τα κτηνοτροφικά απόβλητα ως ανανεώσιμες πρώτες ύλες σε ποσοστά 8,9%, 2,4% και 7,0% αντίστοιχα, μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων τα ποσοστά αυτά εμφανίζουν μείωση στα 4,1%, 0,2% και 1,9%

αντίστοιχα. Τέλος το ποσοστό των μαθητών που επιλέγουν την απάντηση «δε γνωρίζω» σχεδόν υποδιπλασιάζεται.

Το ποσοστό των μαθητών που δηλώνουν ότι δεν γνωρίζουν τη βασική διαδικασία δημιουργίας των ανανεώσιμων πρώτων υλών φαίνεται να είναι μειωμένο στο 14,2% από 33,8% που ήταν πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων. Οι μαθητές στο μεγαλύτερο μέρος τους (71,2%) σημειώνουν την σωστή επιλογή (την φωτοσύνθεση), ενώ σε ένα ποσοστό της τάξεως του 14,6% επιλέγουν τις υπόλοιπες λάθος απαντήσεις.

Ενενήντα τέσσερις μαθητές, δηλαδή ποσοστό 22,7%, αναγνωρίζουν πλέον όλα τα πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων σημειώθηκε αύξηση 20,6% σε σχέση με το ποσοστό πριν που ήταν 2,1%. Το ποσοστό των μαθητών που αναγνωρίζει ως πλεονέκτημα των ανανεώσιμων πρώτων υλών την μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα αυξήθηκε στο 84,1 % (λίγο μικρότερο από το διπλάσιο σε σχέση με πριν), ενώ η μείωση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου αναγνωρίζεται πλέον ως πλεονέκτημα σε ποσοστό 80,9% (από 46,1% που ήταν πριν). Επίσης, η δυνατότητα αξιοποίησης των οργανικών μορφών αποβλήτων σημειώνεται από τους μαθητές σε ποσοστό 55,6%, ενώ πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων ήταν 25,6%, ουσιαστικά δηλαδή επιλέχθηκε σχεδόν από διπλάσιους μαθητές. Η επιλογή που αφορά στην ενίσχυση της οικονομίας των αγροτικών περιοχών σημειώνεται από τους μαθητές σε σχεδόν τριπλάσιο ποσοστό (από 21,3% σε 60,4%). Χαρακτηριστικό είναι ότι κανένας μαθητής μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων δεν σημειώνει την επιλογή «δε γνωρίζω».

Σε ότι αφορά στις γνώσεις των μαθητών για την πράσινη χημεία στην ερώτηση «Ποιο από τα παρακάτω δεν θεωρείται αρχή της πράσινης χημείας», λίγο πάνω από τους μισούς μαθητές (ποσοστό 51,5%) απαντούν σωστά. Φαίνεται λοιπόν, ότι υπάρχει μια σημαντική αύξηση κατά 37% των μαθητών που απαντούν σωστά. Ένα ποσοστό της τάξεως του 24,1% επιλέγει την απάντηση «δε γνωρίζω», ενώ οι μαθητές σε ποσοστό 24,4% επιλέγουν τις λάθος απαντήσεις. Στην ερώτηση «Τι δεν είναι πράσινη χημεία», το ποσοστό των ερωτηθέντων που επιλέγουν τη σωστή απάντηση φτάνει το 93.5% από 63,5% που ήταν πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων. Το 6,6% των ερωτηθέντων σημειώνει τις υπόλοιπες επιλογές συμπεριλαμβανομένης και της επιλογής «Δεν γνωρίζω».

Το 69,8% των μαθητών επιλέγει ως πιο σωστό τρόπο προστασίας του περιβάλλοντος την πρόληψη της ρύπανσης, ενώ το 26,8% των μαθητών συνεχίζει να θεωρεί την ανακύκλωση ως τον καταλληλότερο τρόπο προστασίας του περιβάλλοντος. Η αλλαγή στην επιλογή των μαθητών στην συγκεκριμένη ερώτηση θεωρείται μάλλον αξιόλογη αφού πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων οι μαθητές αναγνώριζαν την ανακύκλωση ως τον πιο σωστό τρόπο για την προστασία του περιβάλλοντος σε ποσοστό 65%.

Στην ερώτηση όπου ζητείται από τους μαθητές να σημειώσουν τα προϊόντα του αργού πετρελαίου μέσα από τη λίστα που τους παρατίθεται (πλαστικές σακούλες, εντομοκτόνα, καύσιμα, απορρυπαντικά και καθαριστικά), το ποσοστό των μαθητών που αναγνωρίζουν πλέον όλα τα προϊόντα του πετρελαίου (πετροχημικά) μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων φτάνει το 36,5% από μόλις 3,4% που ήταν πριν αυτήν την εφαρμογή. Ειδικότερα, οι μαθητές αναγνωρίζουν σε μεγαλύτερο ποσοστό (93,2%) τα καύσιμα και τις πλαστικές σακούλες αντίστοιχα σε ποσοστό 89,6%. Σημαντικά μεγάλο μέρος των μαθητών αναγνωρίζουν, σε ποσοστό 73,4% τα απορρυπαντικά και τα καθαριστικά ως προϊόντα του πετρελαίου. Τέλος, σε μικρότερο ποσοστό (57,5%) οι μαθητές αναγνωρίζουν τα εντομοκτόνα ως προϊόντα του πετρελαίου.

Στην ερώτηση όπου ζητείται από τους μαθητές να σημειώσουν τα προϊόντα που μπορούν να παρασκευαστούν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες, είναι χαρακτηριστικό ότι το 37% των μαθητών αναγνωρίζει πλέον όλα τα προϊόντα που μπορούν να παρασκευαστούν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες (δηλαδή 153 στους 414). Σε όλες τις επιλογές προϊόντων που παρατίθενται στους μαθητές εμφανίζεται μεγάλη αύξηση, αφού αρχικά, ενώ το 41,3% των μαθητών αναγνώριζαν τα πλαστικά ως προϊόντα που μπορούν να παρασκευαστούν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες τώρα είναι αναγνωρίσιμα σε ποσοστό σχεδόν διπλάσιο (80,2%). Επίσης, ενώ πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων οι μαθητές αναγνώριζαν τα καύσιμα σε ποσοστό 23,2%, πλέον τα αναγνωρίζει το 79,2% των μαθητών, δηλαδή η αύξηση είναι μεγαλύτερη από τριπλάσια. Σχεδόν τριπλάσιο (77,5%) είναι το ποσοστό των μαθητών που αναγνωρίζουν πλέον τα καθαριστικά σε σχέση με πριν (27,1%). Τέλος, οι μαθητές σε ποσοστό λίγο πάνω από το διπλάσιο (67,4%) έναντι 31,4% αναγνωρίζουν τα συγκολλητικά και τις κόλλες ως προϊόντα που μπορούν να παρασκευαστούν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.

Σε ότι αφορά στην ερώτηση σχετικά με τη μη ορθή χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών, το 34,5% των μαθητών (έναντι 5,8% που ήταν πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων) σημειώνει πλέον όλες τις συνέπειες που έχει η μη ορθή παραγωγή και χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Οι πιο πολλοί μαθητές συνεχίζουν να αναγνωρίζουν σε μεγαλύτερο ωστόσο ποσοστό (89,6%) ως συνέπεια της μη ορθής παραγωγής και χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών την καταστροφή των οικοσυστημάτων, ενώ ένα ποσοστό πλέον 74,6% (σχεδόν διπλάσιο από τα ποσοστό πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων) αναγνωρίζει ως συνέπεια τη μείωση της βιοποικιλότητας. Χαρακτηριστικό είναι ότι πλέον το 49,3% των μαθητών αναγνωρίζει τη μείωση του διατροφικού αποθέματος ως συνέπεια της μη ορθής παραγωγής και χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών ωστόσο παραμένει υψηλότερο το ποσοστό εκείνων που δεν το σημειώνουν (50,7%). Το ποσοστό που οι μαθητές σημειώνουν την επιλογή «δε γνωρίζω» είναι μηδενικό.

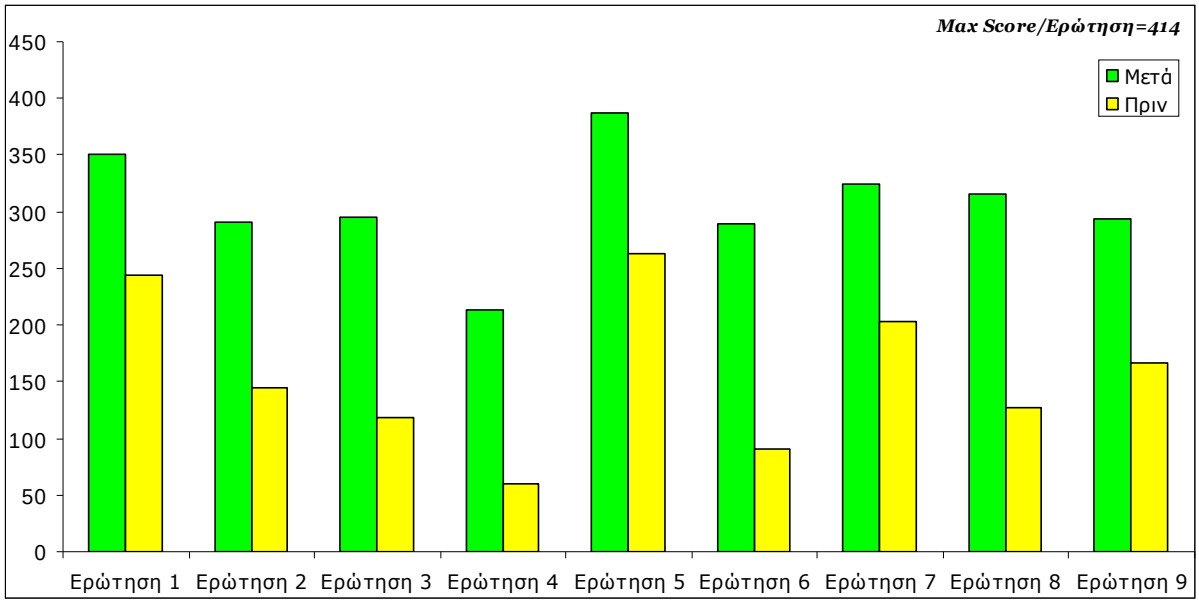
Συμπερασματικά, οι γνώσεις των μαθητών Γυμνασίου για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών μετά την εφαρμογή των σχεδίων εργασίας έχουν βελτιωθεί αρκετά, το ποσοστό των ορθών απαντήσεων έχει αυξηθεί, ενώ παράλληλα τα ποσοστά της επιλογής «δε γνωρίζω» έχουν ελαττωθεί. Από την επεξεργασία του συνόλου των ερωτηματολογίων προέκυψε ότι μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων το ποσοστό σωστής συμπλήρωσης (σωστών απαντήσεων) για το σύνολο των μαθητών ανέρχεται στο 74,01% (Συνολικό σκορ=2757,90, Μέγιστο-Άριστο σκορ =3726). Να σημειωθεί εδώ ότι το αντίστοιχο ποσοστό πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων ήταν 38,0%. Ουσιαστικά δηλαδή το ποσοστό σωστής συμπλήρωσης / επιλογής σωστών απαντήσεων αυξήθηκε κατά 36%.

Στο σύνολο των ερωτήσεων με άριστα τα 9 μόρια οι μαθητές πέτυχαν μέση επίδοση 6,66 μόρια, σχεδόν δηλαδή διπλάσια από πριν. Η αύξηση αυτή συνολικά εμφανίζεται να είναι στατιστικά σημαντική (t=-36,792, df=413, sig(2-tailed)=0,000). Οι διαφορές κάποιων στατιστικών δεικτών σχετικά με τις γνώσεις των μαθητών πριν και μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων παρουσιάζονται στον πίνακα 5.23.

Πίνακας 5.23 *Στατιστικοί δείκτες για την επίδοση των μαθητών στις γνωστικές ερωτήσεις πριν και μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων*

	Πριν	Μετά
N	414	414
Έγκυρα ερωτηματολόγια	414	414
Μέση τιμή	3,4	6,66
Τυπικό σφάλμα μέτρησης μέσου όρου	0,074	0,07205
Διάμεσος	3,42	6,91
Τυπική απόκλιση	1,51	1,46606
Διακύμανση	2,27	2,14933
Δεσπόζουσα τιμή	3,08	8,75
Εύρος	7,17	8,50
Ελάχιστο	0,00	0,50
Μέγιστο	7,17	9,00

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 5.23 η διάμεσος (κεντρικός άξονας πεδίου τιμών) και η δεσπόζουσα τιμή είναι μεγαλύτερες από τη μέση τιμή. Έτσι, μπορούμε να πούμε ότι για το σύνολο του δείγματος μας παρατηρείται σταθερή τάση για επίδοση ανώτερη του μέσου όρου.



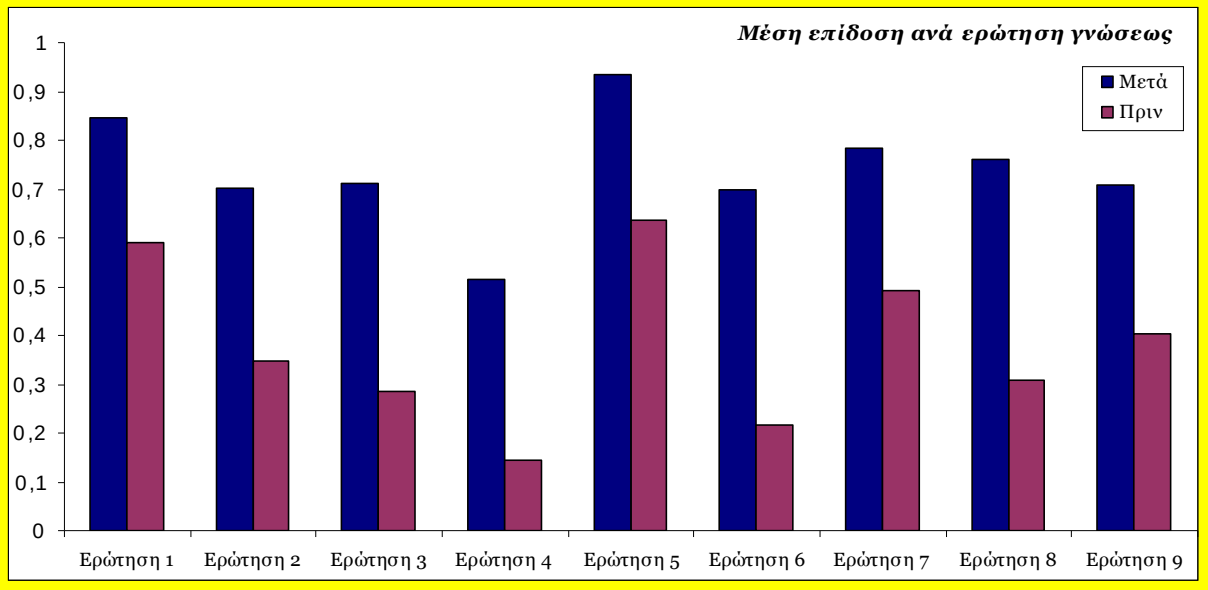
Σχήμα 5.18 *Συγκριτική γραφική απεικόνιση της βαθμολογίας που πέτυχαν οι μαθητές ανά γνωστική ερώτηση πριν και μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων*

Όπως φαίνεται και από τον πίνακα 5.24, οι μαθητές σημειώνουν το μικρότερο σκορ στην ερώτηση 4, ενώ το μεγαλύτερο στην ερώτηση 5. Το ίδιο είχε προκύψει και πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων.

Πίνακας 5.24 *Συγκριτικά στατιστικά στοιχεία για την επίδοση των μαθητών στις γνωστικές ερωτήσεις ανά ερώτηση*

	Πριν		Μετά	
Α/Α	Συνολική βαθμολογία ανά ερώτηση	Μέση επίδοση ανά ερώτηση	Συνολική βαθμολογία ανά ερώτηση	Μέση επίδοση ανά ερώτηση
Ερώτηση 1	244	0,59	350	0,85
Ερώτηση 2	144	0,35	290,75	0,7023
Ερώτηση 3	118	0,29	295	0,71
Ερώτηση 4	60	0,14	213	0,51
Ερώτηση 5	263	0,64	387	0,93
Ερώτηση 6	90	0,22	289	0,70
Ερώτηση 7	203	0,49	325	0,7850
Ερώτηση 8	127,25	0,31	315	0,7609
Ερώτηση 9	167,12	0,40	293,15	0,7081
Σύνολο	1415,92	3,42	2757,9	6,66

Για κάθε γνωστική ερώτηση σημειώνεται αύξηση της μέσης επίδοσης. Μάλιστα η αύξηση αυτή είναι στατιστικά σημαντική (p(2-tailed)=0.000) για όλες τις ερωτήσεις. Σχηματοποιημένα η αύξηση αυτή παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.19.



Σχήμα 5.19 *Συγκριτική γραφική απεικόνιση της μέσης επίδοσης που πέτυχαν οι μαθητές ανά γνωστική ερώτηση πριν και μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων*

Συνήθως στις έρευνες για την αποτελεσματικότητα ενός εκπαιδευτικού υλικού προκύπτει ως συμπέρασμα η αύξηση των γνώσεων των μαθητών για το συγκεκριμένο θέμα (Kortland, 1997). Στην προκειμένη περίπτωση τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι η εφαρμογή των δραστηριοτήτων επέφερε μεγάλη αύξηση του ποσοστού των σωστών απαντήσεων των μαθητών σε σχέση με την αρχική μέτρηση. Η αύξηση αυτή ήταν στατιστικά σημαντική τόσο για κάθε γνωστική ερώτηση ξεχωριστά, όσο και για το σύνολο των ερωτήσεων των γνώσεων(t=-36,792, df=413, sig(2-tailed)=0,000). Μπορούμε λοιπόν να ισχυριστούμε ότι η ποσοστιαία αύξηση των σωστών απαντήσεων των μαθητών στην υποενότητα των γνώσεων κατά 36% (το ποσοστό των σωστών απαντήσεων κατά την πρώτη μέτρηση ήταν 38,0% και αυξήθηκε σε 74,01% κατά τη δεύτερη μέτρηση) οφείλεται στην εφαρμογή των δραστηριοτήτων.

Ωστόσο, θα πρέπει να επισημάνουμε και κάτι ακόμα. Η αύξηση της μέσης επίδοσης που παρατηρήθηκε στις γνώσεις των μαθητών μπορεί να οφείλεται σε δύο αιτίες: στην πιθανότητα οι μαθητές να αύξησαν τις γνώσεις τους ως απόρροια της επανάληψης της συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου και δεύτερον στο γεγονός ότι οι ερωτήσεις είχαν προκαθορισμένες απαντήσεις και επομένως υπήρχαν πιθανότητες από τύχη να απαντήσουν σωστά (Leeming, Dwyer & Bracken, 1995˙ Bogner, 1998). Επίσης δεν μπορεί να αποκλειστεί η περίπτωση οι καθηγητές μετά τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου την πρώτη φορά να συζήτησαν κάποιες απαντήσεις μέσα στην

τάξη ή οι ίδιοι οι μαθητές από δική τους περιέργεια χρησιμοποιώντας άλλες πηγές να βελτίωσαν τις γνώσεις τους.

Γενικά, αλλαγές στο γνωστικό αντικείμενο, δηλαδή βελτίωση των γνώσεων έχουν παρατηρηθεί σε σειρά ερευνών που περιελάμβαναν παρεμβάσεις μερικών ημερών μέσα στην τάξη ή εκτός σχολείου. Στατιστικά σημαντικές αυξήσεις στις γνώσεις παρατηρήθηκαν σε μαθητές ηλικίας 12-13 ετών μετά από εφαρμογή προγραμμάτων που είχαν διάρκεια μία έως πέντε ημέρες (Bogner, 1998). Η εφαρμογή διδασκαλίας με 15 δραστηριότητες (οκτώ από τις οποίες πραγματοποιήθηκαν στο σχολείο σε ώρες μαθήματος) σε μαθητές Γ' Γυμνασίου επέφερε σημαντική αύξηση του γνωστικού αντικειμένου σχετικά με τη διάβρωση του εδάφους (Βασαλά, 1994). Ακόμη και μετά από παρεμβάσεις μερικών ωρών έχουν καταγραφεί αυξήσεις του γνωστικού αντικειμένου. Μετά την εφαρμογή ενός προγράμματος για απειλούμενα είδη διάρκειας μιάμισης ώρας σε μαθητές δημοτικού σχολείου καταγράφηκε στατιστικά σημαντική αύξηση του γνωστικού αντικειμένου (Ballantyne, Connell & Fien, 1998). Επίσης στατιστικά σημαντική αύξηση των γνώσεων των μαθητών για το θέμα της διαχείρισης των απορριμμάτων αναφέρει ο Παπαδόπουλος μετά από εφαρμογή σχετικού εκπαιδευτικού υλικού σε μαθητές Γυμνασίου, ΤΕΕ και Ενιαίου Λυκείου (Παπαδόπουλος, 2005).

Θα πρέπει βέβαια να σημειωθεί ότι υπάρχουν και έρευνες που δεν καταγράφουν αύξηση του γνωστικού αντικειμένου παρά την εφαρμογή εκπαιδευτικών προγραμμάτων. Σε μαθητές τρίτης, τετάρτης τάξης Δημοτικού και Δευτέρας Γυμνασίου η εκπαιδευτική παρέμβαση 10 διδακτικών ωρών δεν είχε επίδραση στις γνώσεις τους (Edwards et al από Leeming, Dwyer, Porter, Cobern, 1993).

Εξετάζοντας την επίδραση της διδακτικής παρέμβασης στο δείγμα της έρευνας υπό το πρίσμα της ανεξάρτητης μεταβλητής φύλο φαίνεται ότι τόσο στα αγόρια (t=-28,141, df=216, sig(2-tailed)=0,000, Μπριν=3,229, Μμετά=6,667), όσο και στα κορίτσια (t=-24,058, df=196, sig(2-tailed)=0,000, Μπριν=3,624, Μμετά=6,656) του δείγματος εμφανίζεται στατιστικά σημαντική αύξηση στις γνώσεις τους μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση. Μεγαλύτερη αύξηση στις γνώσεις για το συγκεκριμένο θέμα έχει πραγματοποιηθεί στα αγόρια. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο ότι τα αγόρια είχαν μεγαλύτερο περιθώριο βελτίωσης καθώς οι γνώσεις τους πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων ήταν λιγότερες από αυτές των κοριτσιών.

Σε ότι αφορά το διαχωρισμό του δείγματος με βάση την πρότερη ή μη συμμετοχή σε Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης: Για τους μαθητές που έχουν πρότερη συμμετοχή σε πρόγραμμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση της εκπαιδευτικής παρέμβασης στις γνώσεις τους για το συγκεκριμένο θέμα (t=-22,042, df=177, sig(2-

tailed)=0,ooo, Μπριν=3,823, Μμετά=6,784). Το ίδιο ισχύει και για τους μαθητές που δεν δηλώνουν πρότερη συμμετοχή σε Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής εκπαίδευσης (t=-30,021, df=235, sig(2-tailed)=0,ooo, Μπριν=3,110, Μμετά=6,569). Πάντως μεγαλύτερη επίδραση η διδακτική παρέμβαση φαίνεται να είχε σε όσους μαθητές δηλώνουν ότι δεν έχουν πρότερη συμμετοχή σε Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι οι μαθητές που δεν είχαν συμμετάσχει σε προηγούμενα προγράμματα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης είχαν περιορισμένες γνώσεις, άρα το περιθώριο βελτίωσης αυτών των γνώσεων ήταν μεγαλύτερο.

Σε ότι αφορά τη μεταβλητή που σχετίζεται με την εκπαίδευση των γονέων, τόσο του πατέρα όσο και της μητέρας, μετά την επεξεργασία των δεδομένων (t-test paired samples) προκύπτει ότι η εκπαιδευτική παρέμβαση αύξησε στατιστικά σημαντικά τις γνώσεις όλων των μαθητών έτσι όπως κατανέμονται με βάση τις εκπαιδευτικές βαθμίδες που έχουν οριστεί.

Πίνακας 5.25 *Στατιστικά στοιχεία της εφαρμογής του κριτηρίου t για την επίδραση της διδακτικής παρέμβασης στις γνώσεις των μαθητών με βάση το επίπεδο εκπαίδευσης των γονέων*

Επίπεδο εκπαίδευσης	t	df	Sig. (2-tailed)		t	df	Sig. (2-tailed)
	Πατέρας				Μητέρα		
Δεν Τελείωσε το Δημοτικό.	-3,028	4	0,039		-	-	-
Έχει απολυτήριο Δημοτικού.	-13,221	43	0,000		-13,765	39	0,000
Έχει απολυτήριο Γυμνασίου.	-17,438	49	0,000		-15,654	51	0,000
Έχει απολυτήριο Λυκείου ή Εξαταξίου Γυμνασίου.	-19,703	105	0,000		-22,752	138	0,000
Έχει πτυχίο Τεχνολογικού ιδρύματος (ΤΕΙ).	-20,956	121	0,000		-15,963	90	0,000
Έχει πτυχίο Πανεπιστημίου ή Πολυτεχνείου (ΑΕΙ).	-12,879	86	0,000		-14,335	90	0,000

Από τον πίνακα 5.25 προκύπτει ότι μεγαλύτερη επίδραση στις γνώσεις των μαθητών φαίνεται να συντελέστηκε σε όσους έχουν γονείς με απολυτήριο Λυκείου ή εξαταξίου Γυμνασίου και πτυχίο Τεχνολογικού ιδρύματος.

5.2.3 Συγκριτική αποτύπωση των γνώσεων των μαθητών Γυμνασίου για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων με βάση τον τόπο διαμονής τους

Επειδή πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων είχε γίνει σύγκριση των γνώσεων των μαθητών που προέρχονται από αστικές και ημιαστικές περιοχές αντίστοιχα, κρίθηκε σκόπιμο η σύγκριση να επαναληφθεί και μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων. Τα γενικά στοιχεία του δείγματος παραμένουν ίδια (βλέπε παραπάνω).

Σε ποσοστό 82,99% οι μαθητές των αστικών και 86,27% οι αντίστοιχοι των ημιαστικών περιοχών αντίστοιχα (τα ποσοστά πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων ήταν 64,04 % και 52,88 %αντίστοιχα) φαίνεται να αναγνωρίζουν -μεταξύ των διαφόρων υλικών που τους παρατίθενται -ότι το πετρέλαιο δεν είναι ανανεώσιμη πρώτη ύλη. Δηλαδή, η σωστή επιλογή εμφανίζει υψηλότερα ποσοστά συμπλήρωσης σε σχέση με πριν. Αντίστοιχα, όλες οι υπόλοιπες λανθασμένες επιλογές σημειώνονται σε μικρότερα ποσοστά και από τις δύο ομάδες του δείγματος. Τέλος, οι μαθητές των ημιαστικών περιοχών δηλώνουν σε μεγαλύτερο ποσοστό ότι δεν γνωρίζουν (9,32 % έναντι 6,68% των αστικών περιοχών) ποιο από τα προϊόντα που τους παρατίθενται δεν θεωρείται ανανεώσιμη πρώτη ύλη.

Το ποσοστό των μαθητών που σημειώνουν όλα τα πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πρώτων υλών έχει αυξηθεί και για τις δύο ομάδες του δείγματος σε σχέση με την πρώτη μέτρηση. Έτσι, οι μαθητές από τις αστικές περιοχές σε ποσοστό 31,39% (από μόλις 5,38%) σημειώνουν όλα τα πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πρώτων υλών, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για τους μαθητές των ημιαστικών περιοχών είναι χαμηλότερο φτάνοντας το 25,13% (από μόλις 1,08%). Τα ποσοστά επιλογής της απάντησης «Δε γνωρίζω» έχουν περιοριστεί σημαντικά και για τις δύο ομάδες μαθητών. Οι μαθητές των αστικών περιοχών συνεχίζουν να αναγνωρίζουν σε μεγαλύτερο ποσοστό σε σχέση με αυτούς των ημιαστικών περιοχών τη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα και τη μείωση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου ως πλεονεκτήματα της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Φαίνεται δε ότι η δυνατότητα αξιοποίησης των οργανικών μορφών αποβλήτων και η ενίσχυση της οικονομίας των αγροτικών περιοχών αναγνωρίζονται με σχεδόν τα ίδια ποσοστά ως πλεονεκτήματα της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών τόσο από τους μαθητές των αστικών, όσο και των ημιαστικών περιοχών.

Οι μαθητές των αστικών περιοχών απαντούν σε μεγαλύτερο ποσοστό σωστότερα (73,15% έναντι 69,14%) ότι η φωτοσύνθεση είναι η βασική διαδικασία δημιουργίας των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Το αντίθετο είχε καταγραφεί πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων όπου οι μαθητές των ημιαστικών περιοχών είχαν επιλέξει σε λίγο μεγαλύτερο ποσοστό (29,26 %) την σωστή απάντηση. Ένα διόλου ευκαταφρόνητο ποσοστό της τάξεως του 12,14% των μαθητών που

προέρχονται από ημιαστικές περιοχές συνεχίζει να επιλέγει τη διύλιση ως τη βασική διαδικασία δημιουργίας των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Τέλος, οι μαθητές από τις ημιαστικές περιοχές δηλώνουν ότι δεν γνωρίζουν τη βασική διαδικασία δημιουργίας των ανανεώσιμων πρώτων υλών σε ποσοστό 17,34% (πριν ήταν 36,63%) έναντι 11,70% (πριν ήταν 31,37%) που είναι το αντίστοιχο ποσοστό για τους μαθητές των αστικών περιοχών.

Στην ερώτηση όπου ζητείται από τους μαθητές να σημειώσουν ποια επιλογή δεν θεωρούν ότι αποτελεί αρχή της πράσινης χημείας φαίνεται ότι και οι δύο ομάδες του δείγματος σημειώνουν την σωστή επιλογή, σε περίπου ίδια ποσοστά (51,98% και 50,72% αντίστοιχα) και ταυτόχρονα αρκετά μεγαλύτερα σε σχέση με την πρώτη μέτρηση. Αντίστοιχα παρατηρούνται χαμηλά ποσοστά στην επιλογή των υπόλοιπων λανθασμένων απαντήσεων. Στην συγκεκριμένη ερώτηση τα ποσοστά συμπλήρωσης της επιλογής «Δεν γνωρίζω» παραμένουν σχετικά μεγάλα (ωστόσο σαφώς μικρότερα σε σχέση με την πρώτη μέτρηση), τόσο για τους μαθητές των αστικών, όσο και των ημιαστικών περιοχών (27,29% και 20,37% αντίστοιχα).

Στην ερώτηση «Τι δεν είναι πράσινη χημεία», η συντριπτική πλειονότητα των μαθητών τόσο από τις αστικές όσο και από τις ημιαστικές περιοχές σημειώνουν ότι η πράσινη χημεία δεν είναι ένα θρησκευτικό δόγμα. Στην συγκεκριμένη ερώτηση οι υπόλοιπες επιλογές συμπεριλαμβανομένης και της επιλογής «Δεν γνωρίζω» είναι εξαιρετικά περιορισμένες.

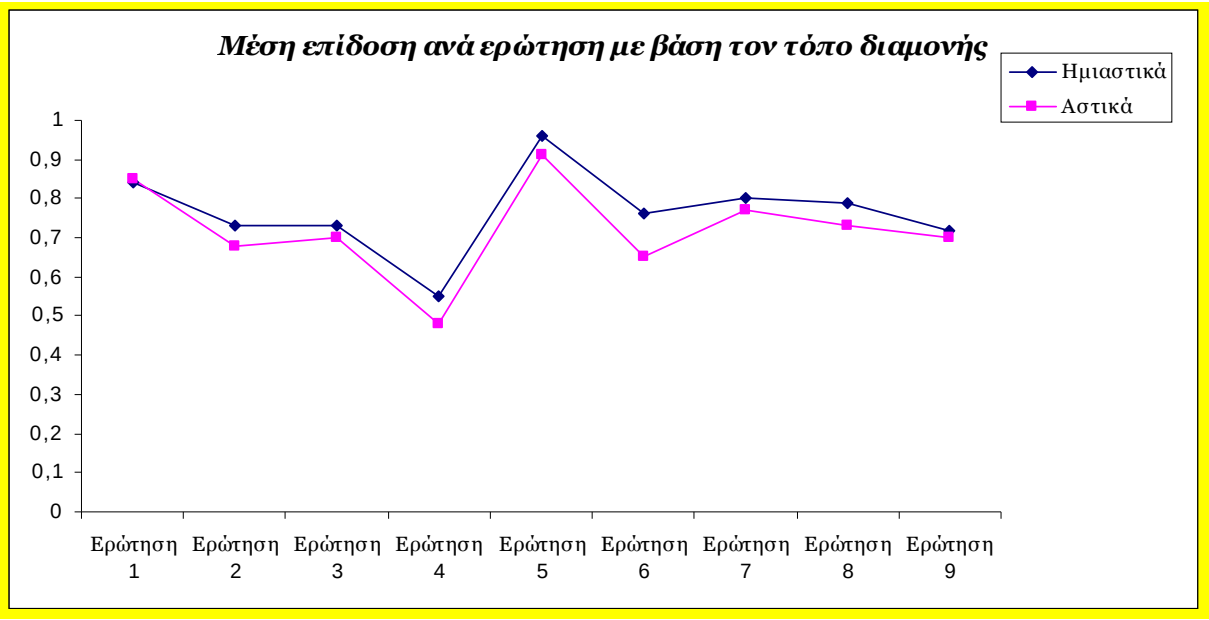
Η πρόληψη της ρύπανσης αναγνωρίζεται ως ο πιο σωστός τρόπος για την προστασία του περιβάλλοντος από τους μαθητές των αστικών περιοχών σε ποσοστό 75,74% και 62,86% από τους μαθητές των ημιαστικών περιοχών. Τα ποσοστά αυτά εμφανίζονται ενισχυμένα και για τις δύο ομάδες του δείγματος συγκριτικά με την πρώτη μέτρηση. Υψηλά παραμένουν βέβαια και τα ποσοστά επιλογής της απάντησης που αφορά στην ανακύκλωση ως πιο σωστού τρόπου προστασίας του περιβάλλοντος (20,98% για τους μαθητές των αστικών και 33,81% για τους μαθητές των ημιαστικών περιοχών), ωστόσο εμφανώς μειωμένα σε σχέση με την πρώτη μέτρηση.

Στην ερώτηση όπου ζητείται από τους μαθητές να σημειώσουν τα προϊόντα του αργού πετρελαίου μέσα από τη λίστα που τους παρατίθεται (πλαστικές σακούλες, εντομοκτόνα, καύσιμα, απορρυπαντικά και καθαριστικά), χαρακτηριστικό είναι ότι το 34,1% (από 6,68%) των μαθητών που προέρχονται από τα αστικά κέντρα σημειώνουν όλα τα προϊόντα του πετρελαίου, ενώ οι μαθητές των ημιαστικών περιοχών τα σημειώνουν όλα σε ποσοστό 38,7% (από 4,23%). Η αύξηση είναι σχετικά μεγάλη και για τις δύο κατηγορίες του δείγματος. Χαρακτηριστικό είναι ότι τα εντομοκτόνα εμφανίζουν το χαμηλότερο ποσοστό επιλογής και από τις δύο κατηγορίες του δείγματος.

Στην ερώτηση όπου ζητείται από τους μαθητές να σημειώσουν τα προϊόντα που μπορούν να παρασκευαστούν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες, κατά τη δεύτερη μέτρηση προκύπτει ότι οι μαθητές που προέρχονται από τις ημιαστικές περιοχές τα αναγνωρίζουν σε μεγαλύτερο ποσοστό (41,36%) σε σχέση με αυτούς από τις αστικές περιοχές (33,2%). Σε γενικές γραμμές τα ποσοστά όλων των επιλογών και για τις δύο κατηγορίες δείγματος εμφανίζονται αυξημένα.

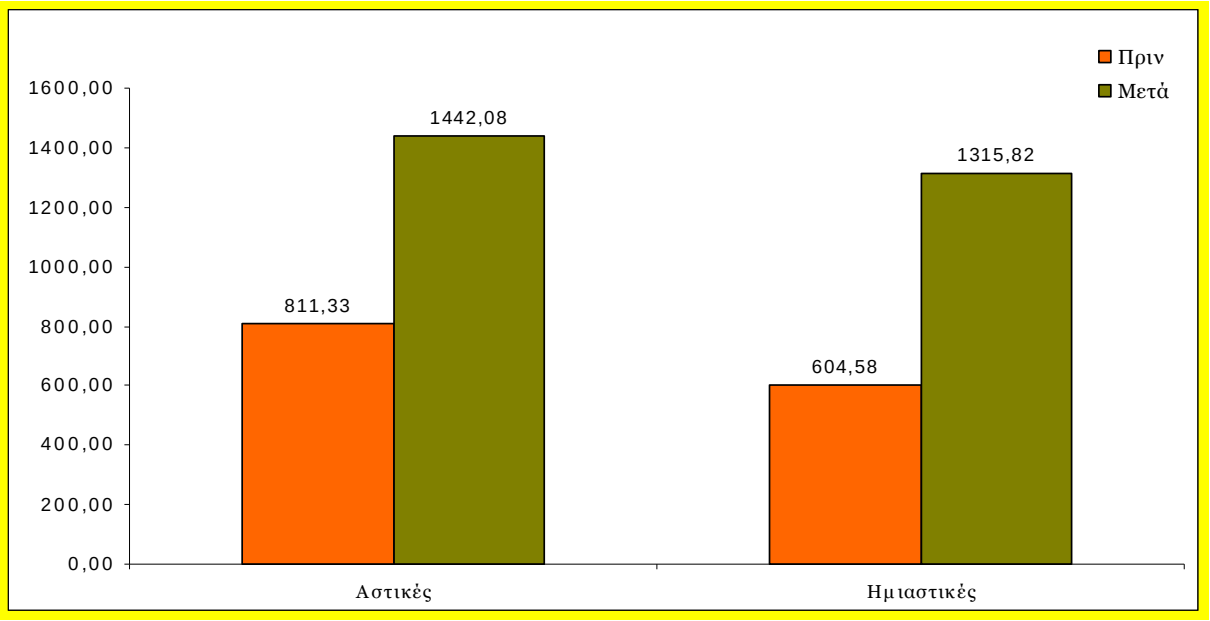
Σε ότι αφορά στην ερώτηση σχετικά με τη μη ορθή παραγωγή και χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών, το 32,7% των μαθητών των αστικών περιοχών έναντι 36,6% των μαθητών των ημιαστικών περιοχών αναγνωρίζουν όλες τις συνέπειες από τη μη ορθή παραγωγή και χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Τα ποσοστά είναι αρκετά αυξημένα σε σχέση με την πρώτη μέτρηση. Και για τις δύο κατηγορίες του δείγματος όλες οι επιλογές είναι αυξημένες σε σχέση με την πρώτη μέτρηση.

Από την επεξεργασία του συνόλου των ερωτηματολογίων και με βάση τα όσα έχουν αναφερθεί παραπάνω προέκυψε ότι το ποσοστό σωστής συμπλήρωσης (σωστών επιλογών) για τους μαθητές από τις αστικές περιοχές αγγίζει το 71,8% (Συνολικό σκορ=1442,08, Μέγιστο-Άριστο σκορ=2007), ενώ πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων ήταν 40,42%, δηλαδή σημειώθηκε αύξηση της τάξεως του 31,38 %. Για τους μαθητές των αστικών περιοχών φαίνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση της εκπαιδευτικής παρέμβασης στις γνώσεις τους για το συγκεκριμένο θέμα (t=-23,664, df=222, sig(2-tailed)=0,000, Μπριν=3,635, Μμετά=6,467). Το ίδιο φαίνεται να ισχύει και για τους μαθητές που προέρχονται από τις ημιαστικές περιοχές (t=-30,596, df=190, sig(2-tailed)=0,000, Μπριν=3,162, Μμετά=6,889). Ειδικότερα για τους μαθητές των ημιαστικών περιοχών το ποσοστό σωστής συμπλήρωσης (σωστών επιλογών) είναι 76,55 % (Συνολικό σκορ=1315,82, Μέγιστο-Άριστο σκορ=1719), ενώ πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων ήταν 35,17%, δηλαδή σημειώθηκε αύξηση της τάξεως του 41,38%. Η επίδραση της εκπαιδευτικής παρέμβασης φαίνεται να είναι μεγαλύτερη στους μαθητές που προέρχονται από τις ημιαστικές περιοχές. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο γεγονός που αναδείχθηκε από το ερωτηματολόγιο πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων, ότι οι μαθητές αυτοί είχαν χαμηλότερο γνωστικό υπόβαθρο (σε σχέση με τους συμμαθητές τους από αστικά κέντρα) και άρα μεγαλύτερα περιθώρια βελτίωσης. Στη βιβλιογραφία πάντως δεν βρέθηκαν έρευνες στις οποίες να γίνεται σύγκριση των γνώσεων μαθητών από αστικές και ημιαστικές περιοχές για το συγκεκριμένο θέμα (αλλά και γενικότερα για άλλα περιβαλλοντικά θέματα) μετά από διδακτική παρέμβαση.



Σχήμα 5.20 *Μέση επίδοση ανά ερώτηση που πέτυχαν οι μαθητές μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων με βάση τον τόπο διαμονής τους*

Στο σύνολο των ερωτήσεων με άριστα τα 9 μόρια, η μέση επίδοση των μαθητών από τις αστικές περιοχές είναι 6,47 (έναντι 3,64 που ήταν πριν). Η μέση επίδοση των μαθητών από τις ημιαστικές περιοχές είναι 6,89 (έναντι 3,16 που ήταν πριν).



Σχήμα 5.21 *Συνολική συγκριτική βαθμολογία που πέτυχαν οι μαθητές με βάση τον τόπο διαμονής τους*

Η μέση επίδοση των μαθητών των αστικών περιοχών εμφανίζεται λίγο μικρότερη από τη μέση επίδοση του συνόλου των μαθητών (βρέθηκε 6,66 μόρια), ενώ το αντίθετο συμβαίνει με τη μέση επίδοση των μαθητών από τις ημιαστικές περιοχές η οποία είναι λίγο μεγαλύτερη από την μέση επίδοση του συνόλου των μαθητών.

Πίνακας 5.26 *Συγκριτικοί στατιστικοί δείκτες για την επίδοση των μαθητών στις γνωστικές ερωτήσεις ανά τόπο διαμονής*

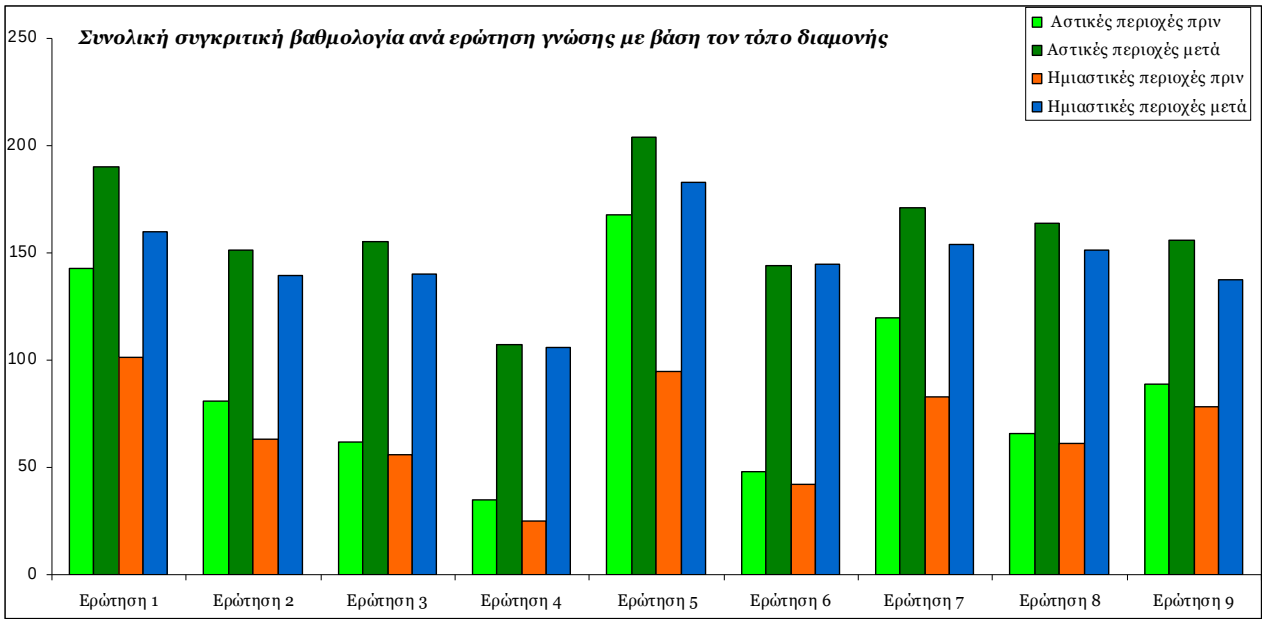
	Αστικές		Ημιαστικές	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά
N	223	223	191	191
Έγκυρα ερωτηματολόγια	223	223	191	191
Μέση τιμή	3,64	6,4667	3,16	6,8891
Τυπικό σφάλμα μέτρησης μέσου όρου	0,11	0,10635	0,099	0,09234
Διάμεσος	3,75	6,58	3,17	7,000
Τυπική απόκλιση	1,59	1,58813	1,37	1,27610
Διακύμανση	2,52	2,52215	1,87	1,62844
Δεσπόζουσα τιμή	3,08	8,75	2,08	7,41
Εύρος	7,17	8,50	6,67	7,00
Ελάχιστο	0,00	0,50	0,00	2,00
Μέγιστο	7,17	9,00	6,67	9,00

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, τόσο για τους μαθητές από τις αστικές όσο και από τις ημιαστικές περιοχές η διάμεσος (κεντρικός άξονας πεδίου τιμών) και η δεσπόζουσα τιμή είναι μεγαλύτερες από τη μέση τιμή. Έτσι, μπορούμε να πούμε ότι και για τις δύο κατηγορίες μαθητών του δείγματος μας παρατηρείται σταθερή τάση για επίδοση ανώτερη του μέσου όρου.

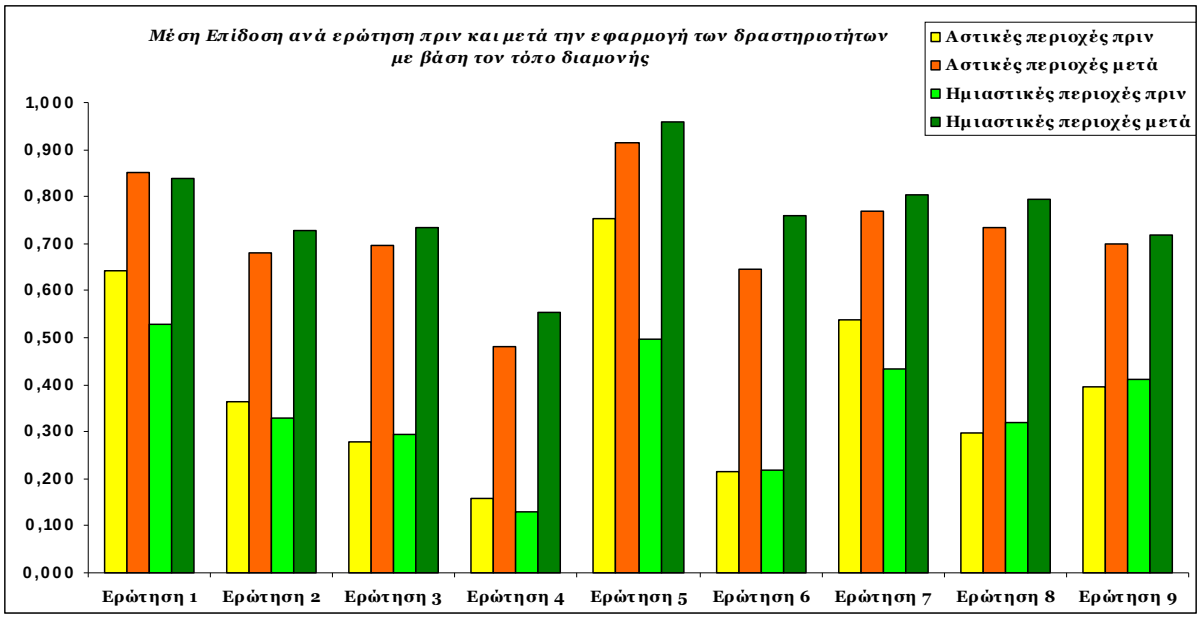
Τόσο οι μαθητές από τις αστικές περιοχές, όσο και από τις ημιαστικές περιοχές σημειώνουν τη μικρότερη επίδοση στην ερώτηση 4, όπως ακριβώς συμβαίνει και με το σύνολο του δείγματος. Το ίδιο ίσχυε και πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων. Επιπρόσθετα, οι μαθητές από τις αστικές όσο και από τις ημιαστικές περιοχές σημειώνουν τη μεγαλύτερη βαθμολογία στην ερώτηση 5, όπως ακριβώς και το σύνολο των μαθητών.

Πίνακας 5.27 *Συγκριτικά στατιστικά στοιχεία για την επίδοση των μαθητών στις γνωστικές ερωτήσεις ανά ερώτηση με βάση τον τόπο διαμονής τους*

	Αστικές				Ημιαστικές			
	Συνολική βαθμολογία ανά ερώτηση		Μέσος όρος βαθμολογίας ανά ερώτηση		Συνολική βαθμολογία ανά ερώτηση		Μέσος όρος βαθμολογίας ανά ερώτηση	
A/A	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά
Ερώτηση 1	143	190	0,64	0,85	101	160	0,53	0,84
Ερώτηση 2	81	151,50	0,36	0,6794	63	139,25	0,33	0,7291
Ερώτηση 3	62	155	0,28	0,70	56	140	0,29	0,73
Ερώτηση 4	35	107	0,16	0,48	25	106	0,13	0,55
Ερώτηση 5	168	204	0,75	0,91	95	183	0,50	0,96
Ερώτηση 6	48	144	0,215	0,65	42	145	0,220	0,76
Ερώτηση 7	120	171,25	0,54	0,7679	83	153,75	0,43	0,8050
Ερώτηση 8	66	163,50	0,296	0,7332	61,25	151,50	0,32	0,7932
Ερώτηση 9	88,33	155,83	0,3961	0,6988	78,33	137,32	0,41	0,7190
Σύνολο	**811,33**	**1442,08**	**3,64**	**6,4667**	**604,58**	**1315,82**	**3,17**	**6,8891**

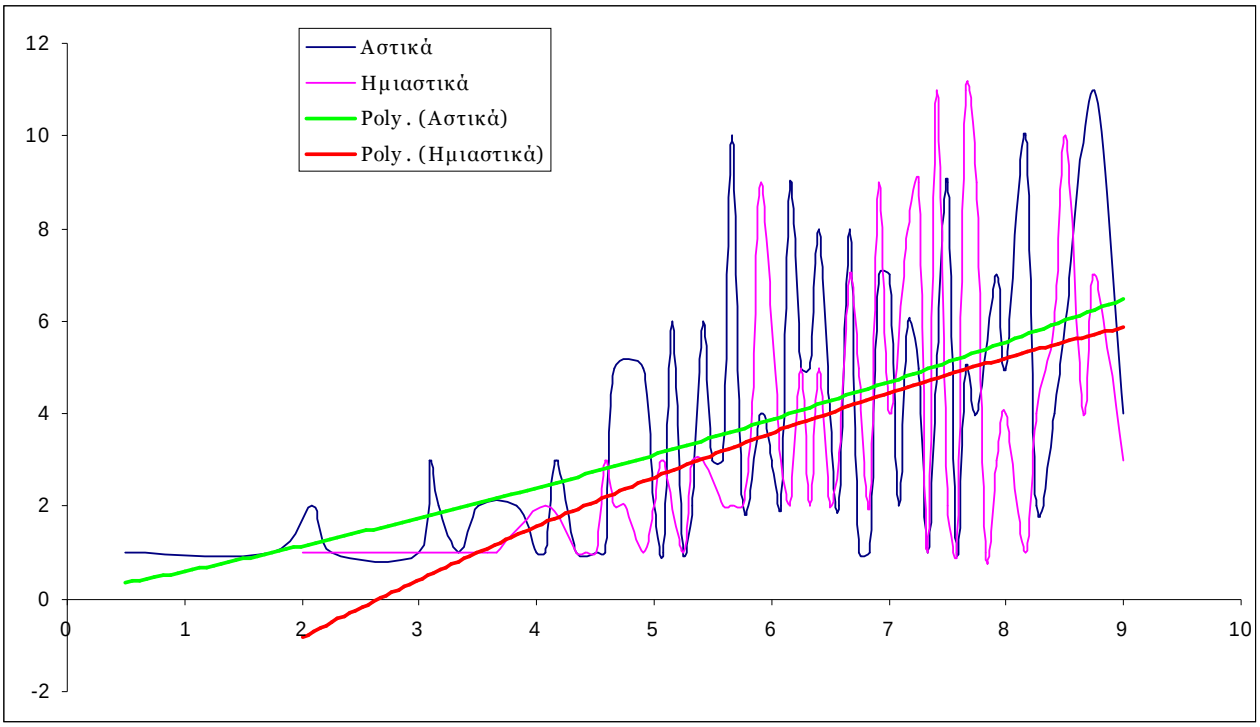


Σχήμα 5.22 *Συγκριτική γραφική απεικόνιση της συνολικής βαθμολογίας που πέτυχαν οι μαθητές με βάση τον τόπο διαμονής τους ανά ερώτηση γνώσης*



Σχήμα 5.23 *Συγκριτική γραφική απεικόνιση της συνολικής βαθμολογίας που πέτυχαν οι μαθητές με βάση τον τόπο διαμονής τους ανά ερώτηση γνώσης*

Προσπαθώντας να απεικονίσουμε πολυωνυμικά τις βαθμολογίες των μαθητών με βάση τον τόπο διαμονής τους προέκυψε το διάγραμμα 5.24. Στον άξονα χ απεικονίζεται η βαθμολογία ανά άτομο (η μέγιστη βαθμολογία ανά άτομο είναι 9) ενώ, στον άξονα ψ το πλήθος των ατόμων.



Σχήμα 5.24 *Πολυωνυμική γραφική απεικόνιση της βαθμολογίας που πέτυχαν οι μαθητές με βάση τον τόπο διαμονής τους*

Από το διάγραμμα 5.24 παρατηρούμε ότι σε όλο το εύρος της βαθμολογίας η καμπύλη των μαθητών που προέρχονται από τις αστικές περιοχές βρίσκεται πάνω από την αντίστοιχη των μαθητών που προέρχονται από τις ημιαστικές περιοχές. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι για μια συγκεκριμένη τιμή βαθμολογίας ή για κάποιο βαθμολογικό εύρος το μεγαλύτερο πλήθος των μαθητών που την επιτυγχάνουν προέρχεται από τις αστικές περιοχές Για το εύρος βαθμολογίας περίπου [5-8] οι δύο καμπύλες τείνουν να πλησιάσουν.

5.2.4 Συγκριτική συνολική ανάλυση των αντιλήψεων των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων

Κατά την επεξεργασία των στοιχείων που προέκυψαν από τη δεύτερη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων έγινε, επίσης, αντιστροφή των απαντήσεων στις ερωτήσεις 2 και 8 οι οποίες ήταν αρνητικά διατυπωμένες (*επανακωδικοποίηση των αρνητικά διατυπωμένων ερωτήσεων*). Τα νέα ποσοστά απεικονίζονται στον πίνακα 5.28. Από τον πίνακα και συγκρίνοντας με το αντίστοιχο διάγραμμα του προηγούμενου κεφαλαίου που αφορά στις αντιλήψεις των μαθητών κατά την πρώτη μέτρηση, μπορούμε να πούμε ότι σε γενικές γραμμές οι μαθητές διαμόρφωσαν μάλλον θετικότερες αντιλήψεις μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Πίνακας 5.28 *Συγκριτικά στοιχεία με τα ποσοστά ανά βαθμίδα της κλίμακας Likert που αφορούν στις αντιλήψεις των μαθητών ανά δήλωση*

	Ποσοστό μαθητών που «διαφωνούν απόλυτα»		Ποσοστό μαθητών που «μάλλον διαφωνούν»		Ποσοστό μαθητών που «Ούτε διαφωνούν, ούτε συμφωνούν/ Δεν έχουν άποψη		Ποσοστό μαθητών που «Μάλλον Συμφωνούν»		Ποσοστό μαθητών που «Συμφωνούν απολύτως»	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά
Αγοράζοντας προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες βοηθάμε στην προστασία του περιβάλλοντος.	3,14	1,52	5,07	1,52	10,63	3,55	37,43	44,67	43,7	48,73
Η χρήση προϊόντων από ανανεώσιμες πρώτες ύλες δεν προκαλεί βλάβες στο περιβάλλον.	22,2	3,55	34,29	7,61	21,49	10,15	14,01	59,39	7,97	19,29
Όταν αγοράζουμε ένα προϊόν πρέπει να εξετάζουμε αν προέρχεται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.	5,6	1,02	10,63	3,05	35,27	21,83	27,54	49,75	21,01	24,36
Όταν αγοράζουμε ένα προϊόν πρέπει να εξετάζουμε αν είναι βιοαποδομήσιμο.	9,18	0,51	11,35	2,03	35,27	25,89	25,12	50,25	19,08	21,32
Μπορεί να παραχθεί καύσιμο από λάδια τηγανίσματος.	23,42	3,05	19,81	3,05	26,09	29,44	18,84	35,02	11,83	29,44
Μπορεί να παραχθεί πλαστική σακούλα με πρώτη ύλη το καλαμπόκι ή την πατάτα.	35,74	6,60	20,53	4,06	29,47	31,47	9,42	42,64	4,83	15,23
Το μερίδιο ευθύνης της χημικής βιομηχανίας στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος είναι μεγάλο.	4,10	0,00	3,62	1,52	14,49	11,67	31,64	42,13	46,13	44,67
Ένα προϊόν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες είναι κατώτερης ποιότητας από ένα αντίστοιχο που προέρχεται από ορυκτούς πόρους.	7,49	2,54	14,73	7,61	36,23	39,09	13,77	22,84	27,77	27,92
Η αλόγιστη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών μπορεί να οδηγήσει σε επιβάρυνση των	12,80	2,03	14,25	2,53	27,29	8,12	25,12	50,25	20,53	37,06

οικοσυστημάτων.										
Επιθυμώ να ενημερωθώ με οποιονδήποτε τρόπο (σχολείο, διαδίκτυο, μέσα ενημέρωσης) για καταναλωτικά προϊόντα φιλικότερα προς το περιβάλλον.	3,62	1,52	4,11	0,51	10,87	5,58	27,29	27,41	54,11	64,97
Ο ρόλος της πράσινης χημείας στην προστασία του περιβάλλοντος είναι σημαντικός.	2,89	0,00	4,11	0,51	21,01	8,63	24,15	37,56	47,83	53,30
Μπορεί να παραχθεί σαπούνι από έλαια ελιάς και φοίνικα.	4,83	0,00	7,00	1,52	19,32	11,17	34,06	43,15	34,78	44,16
Μπορεί να παραχθεί κόλλα με πρώτη ύλη το γάλα.	23,91	6,09	23,68	11,17	40,34	51,27	8,45	27,41	3,62	4,06
Με τις καταναλωτικές μου επιλογές μπορώ να βοηθήσω στην προστασία του περιβάλλοντος.	5,31	0,00	5,31	3,06	17,88	7,11	31,64	39,09	39,85	50,76
Η πράσινη χημεία στοχεύει στην βελτίωση των χημικών προϊόντων προς όφελος του περιβάλλοντος.	5,56	0,51	5,07	1,02	27,29	15,23	29,71	46,70	32,37	36,55
Μπορεί να παραχθεί καύσιμο οχημάτων από ζάχαρη.	31,64	9,14	28,02	13,2	29,47	54,82	7,49	20,30	3,38	2,54
Ένας ενημερωμένος καταναλωτής αποτελεί έναν ενεργό πολίτη.	5,31	0,51	5,79	0,51	16,18	10,66	35,7	43,65	36,96	44,67
Μπορεί να παραχθούν απορρυπαντικά από φυτικές ύλες.	10,39	2,03	16,91	2,03	24,88	18,78	30,43	49,75	17,39	27,41

Ειδικότερα, και αναλύοντας τον παραπάνω πίνακα ανά ερώτηση προκύπτουν τα ακόλουθα:

-Οι μαθητές σε ποσοστό λίγο πάνω από 90% (από 80% που ήταν πριν) φαίνεται μάλλον να συμφωνούν ή να συμφωνούν απολύτως ότι αγοράζοντας προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες βοηθούν την προστασία του περιβάλλοντος (ερώτηση 1). Περίπου 3% (από 10% που ήταν πριν) των μαθητών δηλώνουν ότι μάλλον διαφωνούν ή διαφωνούν απολύτως ενώ, το 3,55% των μαθητών (από 10% που ήταν πριν) έχουν ουδέτερη στάση.

-Οι μαθητές σε ποσοστό περίπου 11% (από 56% που ήταν πριν) φαίνεται να θεωρούν ότι η χρήση των προϊόντων από ανανεώσιμες πρώτες ύλες δεν προκαλεί βλάβες στο περιβάλλον (ερώτηση 2). Ένα ποσοστό της τάξεως περίπου του 80% φαίνεται μάλλον να συμφωνεί ή να συμφωνεί απολύτως

ότι για το ότι η χρήση προϊόντων από ανανεώσιμες πρώτες ύλες προκαλεί βλάβες στο περιβάλλον(από 21% που ήταν πριν), ενώ ένα ποσοστό γύρω στο 10% δεν έχει άποψη.

-Λίγο πάνω από το 70% των μαθητών (από 50% που ήταν πριν) μάλλον συμφωνούν ή συμφωνούν απολύτως ότι κατά την αγορά ενός προϊόντος πρέπει να εξετάζουμε αν προέρχεται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες (ερώτηση 3). Η γνώμη των υπόλοιπων μαθητών κυμαίνεται μεταξύ του διαφωνώ απολύτως και της ουδετερότητας (ούτε συμφωνώ/ούτε διαφωνώ). Το ποσοστό εκείνων που εκφράζουν ουδέτερη στάση είναι περίπου 22% (από 35% που ήταν πριν) ενώ, το ποσοστό των μαθητών που μάλλον διαφωνούν ή διαφωνούν απολύτως είναι μικρότερο του 5%.

-Περίπου το 72% των μαθητών (από 45% που ήταν πριν) μάλλον συμφωνούν ή συμφωνούν απολύτως ότι κατά την αγορά ενός προϊόντος πρέπει να εξετάζουμε αν είναι βιοαποδομήσιμο(ερώτηση 4). Περίπου το 26% των μαθητών (από 35% που ήταν πριν) διατυπώνει ουδέτερη στάση ενώ, ποσοστό περίπου 3% (από 20% που ήταν πριν) μάλλον διαφωνεί ή διαφωνεί απολύτως.

-Ποσοστό της τάξεως του 6% (από 40% που ήταν πριν) μάλλον διαφωνεί ή διαφωνεί απολύτως για τη δυνατότητα παραγωγής καυσίμου από λάδια τηγανίσματος (ερώτηση 5). Ένα ποσοστό της τάξεως του 29,44% (από 30% που ήταν πριν) διατυπώνει ουδέτερη στάση αφού ούτε συμφωνεί ούτε διαφωνεί ενώ, ένα ποσοστό περίπου κοντά στο 65% μάλλον συμφωνεί ή συμφωνεί απολύτως για τη δυνατότητα παραγωγής καυσίμου από λάδια τηγανίσματος).

-Σχεδόν το 11% των μαθητών (από 55% που ήταν πριν) μάλλον διαφωνούν ή διαφωνούν απολύτως με την άποψη ότι μπορεί να παραχθεί πλαστική σακούλα με πρώτη ύλη το καλαμπόκι ή την πατάτα (ερώτηση 6). Ποσοστό περίπου 32% (από 30% που ήταν πριν) ούτε συμφωνεί ούτε διαφωνεί, ενώ ένα ποσοστό της τάξεως του 57% (από 15% που ήταν πριν) μάλλον συμφωνεί ή συμφωνεί απολύτως.

-Σε ποσοστό περίπου 86% (από 75% που ήταν πριν) οι μαθητές μάλλον συμφωνούν ή συμφωνούν απολύτως για το ότι το μερίδιο ευθύνης της χημικής βιομηχανίας στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος είναι μεγάλο(ερώτηση 7). Ένα ποσοστό της τάξεως περίπου του 12% (από 13% που ήταν πριν) δεν εκφράζει άποψη ενώ, περίπου ένα 1,5% (από 12% που ήταν πριν) μάλλον διαφωνεί ή διαφωνεί απολύτως.

-Σε ποσοστό περίπου 10% (από περίπου 23% που ήταν πριν) οι μαθητές μάλλον διαφωνούν ή διαφωνούν απολύτως με την άποψη ότι ένα προϊόν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες είναι ανώτερης ποιότητας από ένα αντίστοιχο που προέρχεται από ορυκτούς πόρους (ερώτηση 8). Ένα ποσοστό περίπου 50% (από 41% που ήταν πριν) συμφωνούν ή συμφωνούν απολύτως με την συγκεκριμένη άποψη ενώ, ένα ποσοστό περίπου 39% (από 36,23 % που ήταν πριν) διατυπώνει ουδέτερη άποψη.

-Οι μαθητές σε ποσοστό περίπου 87% (από 45% που ήταν πριν) μάλλον συμφωνούν ή συμφωνούν απολύτως ότι η αλόγιστη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών μπορεί να οδηγήσει σε επιβάρυνση των οικοσυστημάτων (ερώτηση 9). Ωστόσο, ένα ποσοστό της τάξεως περίπου 8% (από 28% που ήταν πριν) διατυπώνει ουδέτερη άποψη ενώ, ένα ποσοστό περίπου 4,5% (από λίγο μεγαλύτερο του 25% που ήταν πριν) μάλλον διαφωνεί ή διαφωνεί απολύτως με την συγκεκριμένη άποψη).

-Σε ποσοστό περίπου 90% (από 80% που ήταν πριν) οι μαθητές εκδηλώνουν την επιθυμία τους να ενημερωθούν με οποιοδήποτε τρόπο για καταναλωτικά προϊόντα φιλικότερα προς το περιβάλλον (ερώτηση 10). Ποσοστό περίπου 2% (από 10% που ήταν πριν) δεν επιθυμεί τέτοιου είδους ενημέρωση ενώ, ένα περίπου 5,6 % των μαθητών (από περίπου 10% που ήταν πριν) διατηρεί ουδέτερη στάση.

-Ποσοστό περίπου 90% των μαθητών (από λίγο πάνω από 70% που ήταν πριν) δηλώνει ότι μάλλον συμφωνεί ή συμφωνεί απολύτως με την άποψη ότι ο ρόλος της πράσινης χημείας στην προστασία του περιβάλλοντος είναι σημαντικός (ερώτηση 11). Ένα ποσοστό ελάχιστο, περίπου 0,5% διαφωνεί με την συγκεκριμένη άποψη, ενώ χαρακτηριστικό είναι ότι το ποσοστό της απόλυτης διαφωνίας είναι μηδενικό. Πριν από την εφαρμογή των δραστηριοτήτων ένα ποσοστό περίπου 7% μάλλον διαφωνούσε ή διαφωνούσε απολύτως με την συγκεκριμένη άποψη. Τέλος, ένα ποσοστό περίπου 8,63% (από 21% που ήταν πριν) διατυπώνει ουδέτερη άποψη.

-Σε ποσοστό περίπου 90% (από κοντά στο 70% που ήταν πριν) οι μαθητές μάλλον συμφωνούν ή συμφωνούν απόλυτα με την άποψη ότι μπορεί να παραχθεί σαπούνι από έλαια ελιάς και φοίνικα (ερώτηση 12). Ένα ποσοστό περίπου 11% (από περίπου 20% που ήταν πριν) δεν εκφέρει άποψη, ενώ ένα ποσοστό 1,52 % μάλλον διαφωνεί ή διαφωνεί απολύτως. Και στη ερώτηση αυτή χαρακτηριστικό είναι ότι το ποσοστό της απόλυτης διαφωνίας είναι μηδενικό.

-Οι μαθητές σε ποσοστό περίπου 17% (από 45% που ήταν πριν) μάλλον διαφωνούν ή διαφωνούν απολύτως με την άποψη ότι μπορεί να παραχθεί κόλλα με πρώτη ύλη το γάλα (ερώτηση 13). Σε ποσοστό 51,27% (από 40% που ήταν πριν) έχουν ουδέτερη άποψη για τη δυνατότητα παραγωγής κόλλας από γάλα, ενώ ένα 31% (από μόλις 15% που ήταν πριν) μάλλον συμφωνεί ή συμφωνεί απολύτως.

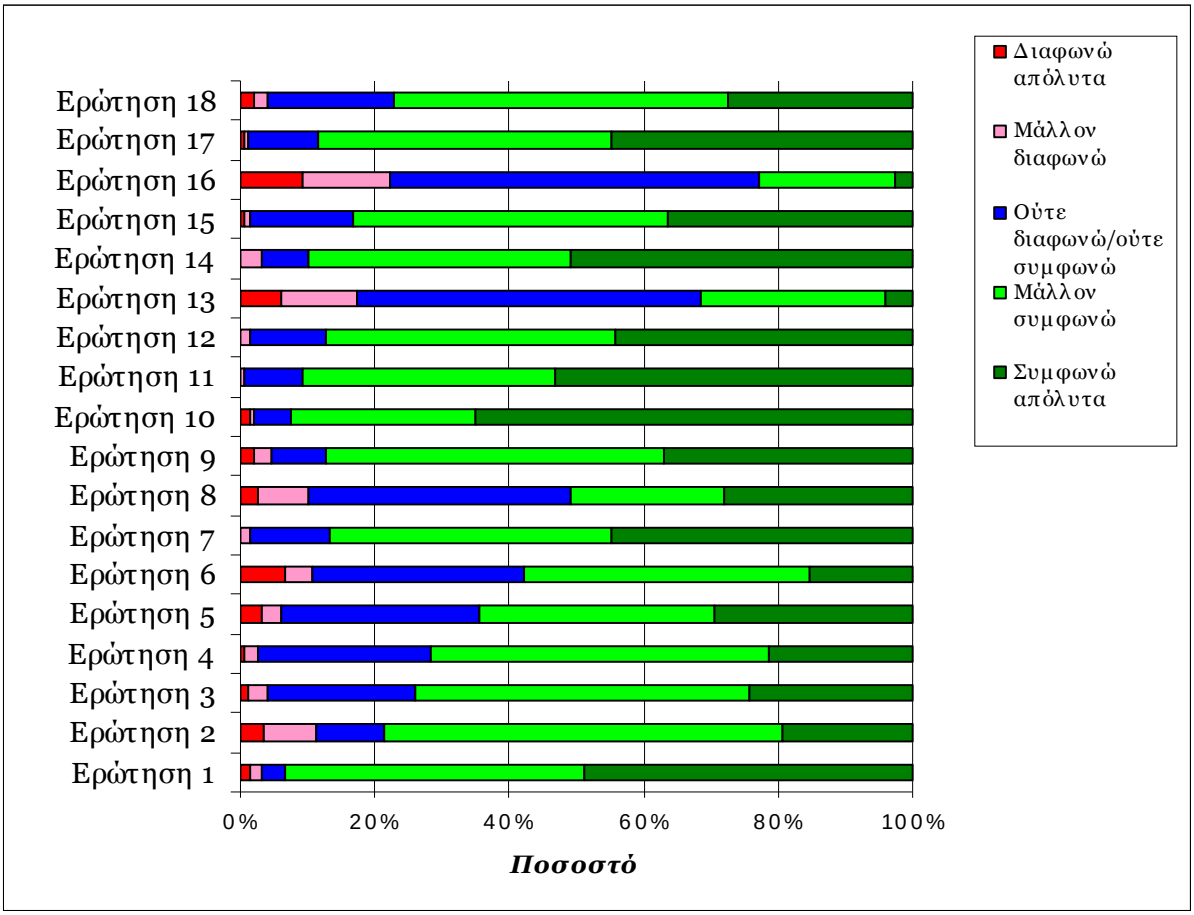
-Ένα ποσοστό των μαθητών γύρω στο 90% (από λίγο μεγαλύτερο του 70% που ήταν πριν) μάλλον συμφωνεί ή συμφωνεί απολύτως ότι με τις καταναλωτικές τους συνήθειες μπορούν να βοηθήσουν την προστασία του περιβάλλοντος (ερώτηση 14). Ποσοστό περίπου 7% των μαθητών (από λίγο μεγαλύτερο του 17% που ήταν πριν) διατυπώνει ουδέτερη άποψη, ενώ ποσοστό περίπου 3% (από 11% που ήταν πριν) μάλλον διαφωνεί ή διαφωνεί απολύτως.

-Σε ποσοστό λίγο πάνω από 82% (από λίγο πάνω από 60 % που ήταν πριν) οι μαθητές μάλλον συμφωνούν ή συμφωνούν απολύτως με την άποψη ότι η πράσινη χημεία στοχεύει στη βελτίωση των χημικών προϊόντων προς όφελος του περιβάλλοντος (ερώτηση 15). Ένα πολύ μικρό ποσοστό 1,5% (από περίπου 9% που ήταν πριν) μάλλον διαφωνεί ή διαφωνεί πλήρως με την συγκεκριμένη άποψη ενώ, ποσοστό 15,23% των μαθητών (από περίπου 27% που ήταν πριν) διατυπώνει ουδέτερη άποψη.

-Το 23% περίπου των μαθητών (από περίπου 11% που ήταν πριν) μάλλον συμφωνεί ή συμφωνεί απολύτως με την άποψη ότι μπορεί να παραχθεί καύσιμο από ζάχαρη (ερώτηση 16). Ποσοστό περίπου 22% (από 60% που ήταν πριν) μάλλον διαφωνεί ή διαφωνεί απολύτως με την συγκεκριμένη άποψη ενώ, ποσοστό περίπου 55% (από 30% που ήταν πριν) έχει ουδέτερη άποψη.

-Με την άποψη ότι ένας ενημερωμένος καταναλωτής αποτελεί έναν ενεργό πολίτη (ερώτηση 17) μάλλον συμφωνεί ή συμφωνεί απολύτως περίπου το 88% των μαθητών (από 70% που ήταν πριν). Ποσοστό περίπου 1,5% (από περίπου 10% που ήταν πριν) μάλλον διαφωνεί ή διαφωνεί απολύτως με την συγκεκριμένη άποψη ενώ, περίπου 10% των μαθητών (από 17% που ήταν πριν) έχει ουδέτερη άποψη.

-Τέλος, το 87% των μαθητών (από περίπου 70% που ήταν πριν) μάλλον συμφωνούν ή συμφωνούν απολύτως με την άποψη ότι μπορεί να παραχθούν απορρυπαντικά από φυτικές ύλες (ερώτηση 18). Ωστόσο, ένα ποσοστό 4,5 % περίπου (από λίγο μεγαλύτερο του 25% που ήταν πριν) δηλώνει ότι μάλλον διαφωνεί ή διαφωνεί απολύτως με την συγκεκριμένη άποψη ενώ, περίπου το 19% των μαθητών (από 25% που ήταν πριν) διατυπώνει ουδέτερη άποψη.



Σχήμα 5.25. *Γραφική απεικόνιση των ποσοστών των αντιλήψεων των μαθητών ανά ερώτηση με βάση την πεντάβαθμη κλίμακα Likert που χρησιμοποιήθηκε μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων.*

Από τον πίνακα 5.29 και τις τιμές των στατιστικών δεικτών φαίνεται ότι η διάμεσος και η δεσπόζουσα τιμή είναι μεγαλύτερες από τον μέσο όρο με τον οποίο προσδιορίζεται αριθμητικά το σύνολο των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες, δηλαδή παρατηρείται σταθερή τάση για αντιλήψεις πιο θετικές του μέσου όρου.

Πίνακας 5.29 *Συγκριτικοί στατιστικοί δείκτες για το σύνολο των αντιλήψεων των μαθητών*

	Πριν	Μετά
N	414	414
Έγκυρα ερωτηματολόγια	414	414
Μέση τιμή	3,4045	3,9368
Τυπικό σφάλμα μέτρησης μέσου όρου	0,022	0,01515
Διάμεσος	3,3889	3,9444
Τυπική απόκλιση	0,44806	0,30818
Διακύμανση	0,20076	0,09498
Δεσπόζουσα τιμή	3,56	4,06

Εύρος	3,39	1,67
Ελάχιστο	1,00	2,94
Μέγιστο	4,39	4,61
Ασυμμετρία	-0,499 (τυπικό σφάλμα κύρτωσης 0,120)	-0,310 (τυπικό σφάλμα κύρτωσης 0,120)
Κύρτωση	1,426 (τυπικό σφάλμα κύρτωσης 0,239)	-0,182426 (τυπικό σφάλμα κύρτωσης 0,239)

Πίνακας 5.30 *Συγκριτικά στατιστικά στοιχεία για τις αντιλήψεις των μαθητών ανά ερώτηση*

	Μέσος όρος ανά ερώτηση		Τυπικό σφάλμα μέτρησης μέσου όρου		Τυπική απόκλιση		Διακύμανση	
A/A	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά
Αγοράζοντας προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες βοηθάμε στην προστασία του περιβάλλοντος.	4,14	4,31	0,049	0,038	1,007	0,769	1,013	0,592
Η χρήση προϊόντων από ανανεώσιμες πρώτες ύλες δεν προκαλεί βλάβες στο περιβάλλον.	2,51	3,86	0,05931	0,04940	1,20676	1,00520	1,4562	1,01042
Όταν αγοράζουμε ένα προϊόν πρέπει να εξετάζουμε αν προέρχεται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.	3,48	3,89	0,054	0,038	1,104	0,780	1,219	0,609
Όταν αγοράζουμε ένα προϊόν πρέπει να εξετάζουμε αν είναι βιοαποδομήσιμο.	3,34	3,83	0,058	0,038	1,177	0,768	1,386	0,590
Μπορεί να παραχθεί καύσιμο από λάδια τηγανίσματος.	2,76	3,80	0,065	0,053	1,320	1,070	1,743	1,145
Μπορεί να παραχθεί πλαστική σακούλα με πρώτη ύλη το καλαμπόκι ή την πατάτα.	2,27	3,45	0,058	0,051	1,181	1,040	1,394	1,081
Το μερίδιο ευθύνης της χημικής βιομηχανίας στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος είναι μεγάλο.	4,12	4,27	0,052	0,038	1,053	0,781	1,109	0,611
Ένα προϊόν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες είναι κατώτερης	3,4	3,68					1,54245	1,07001

ποιότητας από ένα αντίστοιχο που προέρχεται από ορυκτούς πόρους.			0,06104	0,05084	1,24196	1,03441		
Η αλόγιστη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών μπορεί να οδηγήσει σε επιβάρυνση των οικοσυστημάτων.	3,26	4,12	0,063	0,043	1,289	0,881	1,662	0,776
Επιθυμώ να ενημερωθώ με οποιονδήποτε τρόπο (σχολείο, διαδίκτυο, μέσα ενημέρωσης) για καταναλωτικά προϊόντα φιλικότερα προς το περιβάλλον.	4,24	4,45	0,051	0,037	1,041	0,750	1,084	0,563
Ο ρόλος της πράσινης χημείας στην προστασία του περιβάλλοντος είναι σημαντικός.	4,10	4,33	0,052	0,037	1,052	0,751	1,106	0,564
Μπορεί να παραχθεί σαπούνι από έλαια ελιάς και φοίνικα.	3,87	4,21	0,055	0,036	1,114	0,741	1,242	0,549
Μπορεί να παραχθεί κόλλα με πρώτη ύλη το γάλα.	2,44	3,16	0,052	0,045	1,055	0,916	1,1114	0,840
Με τις καταναλωτικές μου επιλογές μπορώ να βοηθήσω στην προστασία του περιβάλλοντος.	3,95	4,22	0,055	0,040	1,127	0,809	1,269	0,655
Η πράσινη χημεία στοχεύει στην βελτίωση των χημικών προϊόντων προς όφελος του περιβάλλοντος.	3,78	4,13	0,055	0,038	1,120	0,774	1,255	0,600
Μπορεί να παραχθεί καύσιμο οχημάτων από ζάχαρη.	2,23	2,98	0,053	0,046	1,079	0,927	1,165	0,859
Ένας ενημερωμένος καταναλωτής αποτελεί έναν ενεργό πολίτη.	3,93	4,24	0,055	0,035	1,114	0,720	1,240	0,519
Μπορεί να παραχθούν απορρυπαντικά από φυτικές ύλες.	3,28	3,93	0,060	0,042	1,230	0,862	1,512	0,743

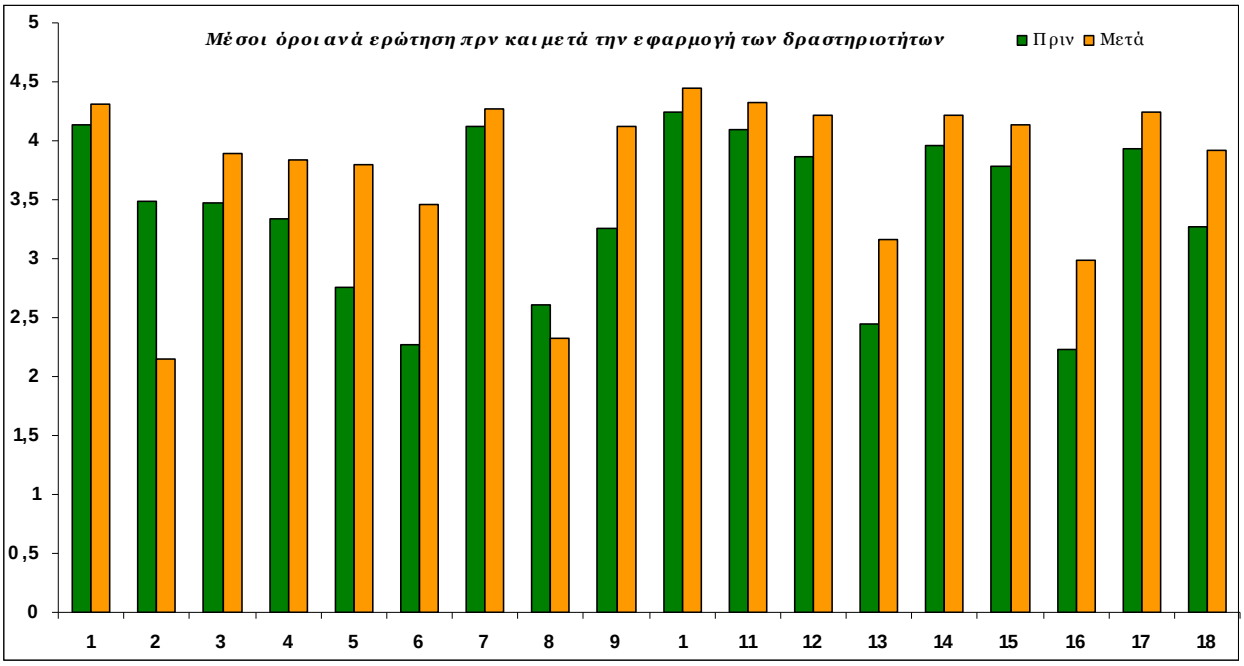
Από τους πίνακες 5.29 και 5.30 προκύπτει ότι η μέση τιμή των αντιλήψεων των μαθητών για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων έχει αυξηθεί από 3,4 σε 3,94. Χαρακτηριστικό είναι ότι το ποσοστό των μαθητών που είχε αρνητικές αντιλήψεις

(σημειώνουν συνολικά στην κλίμακα Likert 1 ή 2) εμφανίζεται να είναι μηδενικό (από 0,2% που ήταν αρχικά).

Σε όλες τις ερωτήσεις φαίνεται να σημειώνεται αύξηση της μέσης τιμής και μάλιστα η αύξηση αυτή είναι στατιστικά σημαντική(sig(2-tailed)=0,000) για κάθε ερώτηση. Η μεγαλύτερη αύξηση της μέσης τιμής (t=-20,851, df=413, sig(2-tailed)=0,000) εμφανίζεται στην ερώτηση 2 σχετικά με την πρόκληση βλαβών στο περιβάλλον από τη χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών όπου αυξάνονται οι μαθητές που συμφωνούν με την συγκεκριμένη άποψη. Η μικρότερη αύξηση της μέσης τιμής (t=-4,229, df=413, sig(2-tailed)=0,000) παρατηρείται στην ερώτηση 7 («Το μερίδιο ευθύνης της χημικής βιομηχανίας στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος είναι μεγάλο»): αυτό πρακτικά σημαίνει ότι μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων είναι μικρό το ποσοστό των μαθητών που έχει διαμορφώσει θετικότερη άποψη.

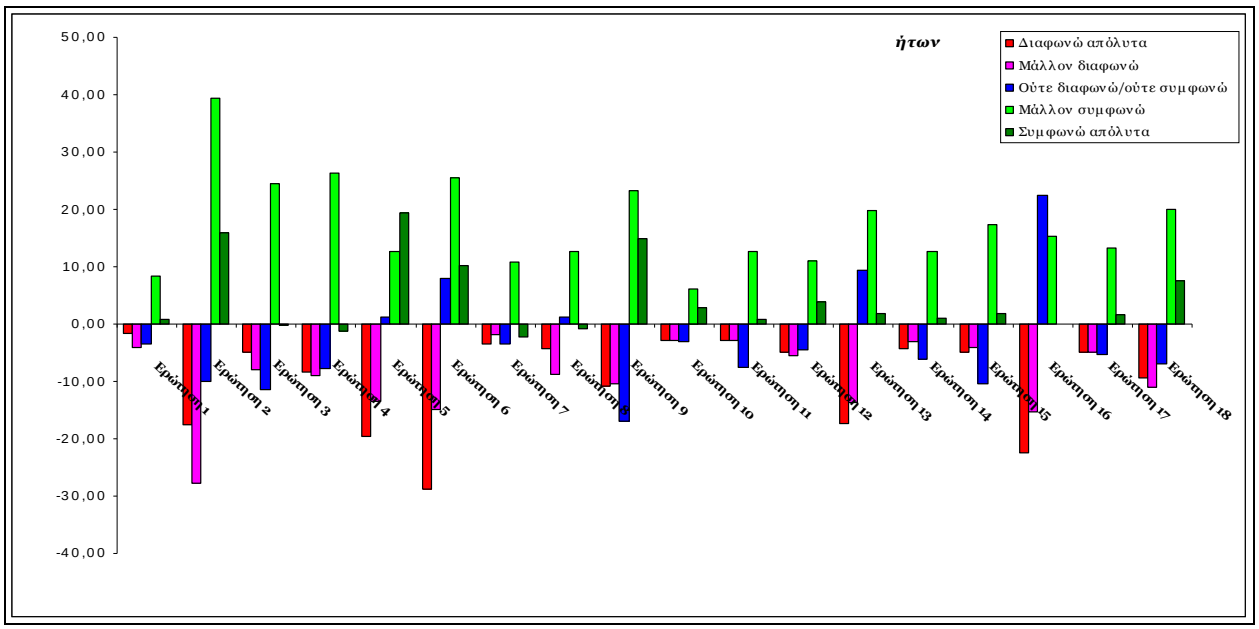
Χαρακτηριστικό είναι ότι και μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων, ο υψηλότερος μέσος όρος για την κλίμακα των αντιλήψεων συνεχίζει να σημειώνεται στην ερώτηση 10 (mean = 4,45, SD = 0,750) όπου, οι μαθητές δηλώνουν ότι θα ήθελαν να ενημερωθούν με οποιονδήποτε τρόπο για καταναλωτικά προϊόντα φιλικότερα προς το περιβάλλον, ενώ ο αμέσως επόμενος μέσος όρος στην κλίμακα Likert σημειώθηκε στην ερώτηση 11 (mean = 4,33, SD = 0,751) που αφορά στον ρόλο της πράσινης χημείας όπου αναγνωρίζεται από τους μαθητές η σημαντική συμβολή της στην προστασία του περιβάλλοντος. Και για τις δύο αυτές ερωτήσεις ο μέσος όρος εμφανίζεται πολύ μεγαλύτερος από τον συνολικό μέσο όρο.

Επιπρόσθετα, φαίνεται ότι, ο χαμηλότερος μέσος όρος συνεχίζει να εμφανίζεται και μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων στην ερώτηση 16, όπου διατυπώνεται η άποψη «Μπορεί να παραχθεί καύσιμο οχημάτων από ζάχαρη» (mean=2,98, SD = 0,927), ωστόσο στην ίδια ερώτηση σημειώνεται μία από τις μεγαλύτερες αυξήσεις μέσων τιμών. Να σημειωθεί ότι και σε παρόμοιες ερωτήσεις όπως στην ερώτηση 6 «Μπορεί να παραχθεί πλαστική σακούλα με πρώτη ύλη το καλαμπόκι ή την πατάτα», στην ερώτηση 13 «Μπορεί να παραχθεί κόλλα με πρώτη ύλη το γάλα» και στην ερώτηση 5 «Μπορεί να παραχθεί καύσιμο από λάδια τηγανίσματος» εμφανίζονται χαμηλές μέσες τιμές ακριβώς όπως και πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων ταυτόχρονα ωστόσο σημειώνονται μερικές από τις μεγαλύτερες αυξήσεις μέσων τιμών μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων.



Σχήμα 5.26*. Συγκριτική γραφική απεικόνιση των μέσων όρων των αντιλήψεων ανά ερώτηση*

Στον σχήμα 5.27 φαίνονται οι διαφορές των ποσοστών στις αντιλήψεις των μαθητών πριν και μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων. Σημαντική μείωση της επιλογής «Διαφωνώ απόλυτα» εμφανίζεται στις ερωτήσεις 2, 4, 5, 12,15. Επίσης αύξηση της επιλογής «Μάλλον συμφωνώ» εμφανίζεται στις ερωτήσεις 2, 3, 4, 6,9.

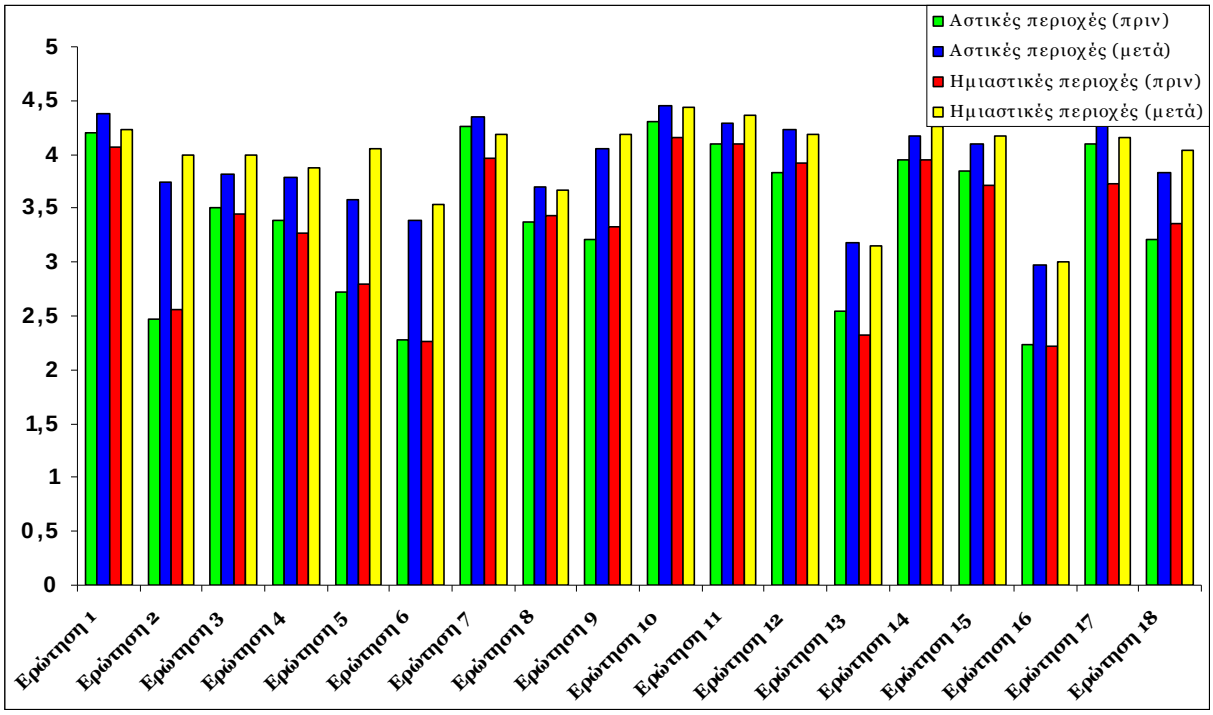


Σχήμα 5.27*. Συγκριτική γραφική απεικόνιση των διαφορών στις αντιλήψεις των μαθητών πριν και μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων*

Συμπερασματικά, υπήρξε στατιστικά σημαντική θετική επίδραση του εκπαιδευτικού υλικού συνολικά στις αντιλήψεις των μαθητών (t=-31,581, df=413, sig(2-tailed)=0,000). Υπάρχουν έρευνες που έχουν καταδείξει στατιστικά σημαντικές αυξήσεις στη βαθμολογία των αντιλήψεων και στάσεων μετά από εκπαιδευτική παρέμβαση Για το θέμα που η παρούσα διατριβή πραγματεύεται, δεν βρέθηκαν βιβλιογραφικά αποτελέσματα προκειμένου να γίνουν συγκρίσεις. Έχει αποδειχθεί ωστόσο ότι οι εκπαιδευτικές παρεμβάσεις μπορούν να διαμορφώσουν θετικές προς το περιβάλλον συμπεριφορές (Zelensky, 1999). Αλλαγή στις στάσεις των μαθητών αναφέρουν διάφοροι ερευνητές. Οι Leeming et al. (1993). αναφέρουν ότι παρατήρησαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις στάσεις των μαθητών προς το περιβάλλον μετά από εκπαιδευτικές παρεμβάσεις διάρκειας 2-10 ωρών μέσα στην τάξη. Ανάλογη ήταν και η εμπειρία των Wilson & Tomera (1980) που διαπίστωσαν αλλαγή περιβαλλοντικών στάσεων σε μαθητές μετά από τριήμερη εφαρμογή μελετών περίπτωσης (case studies). Μετά την εφαρμογή παιδαγωγικού προγράμματος για 50 λεπτά κάθε μέρα για διάστημα 5-6 εβδομάδων, αναφέρονται στατιστικά σημαντικές βελτιώσεις της πειραματικής ομάδας σε στάσεις, αξίες και δεξιότητες (Stapp, Cox, Zeph & Zimbelman, 1983).

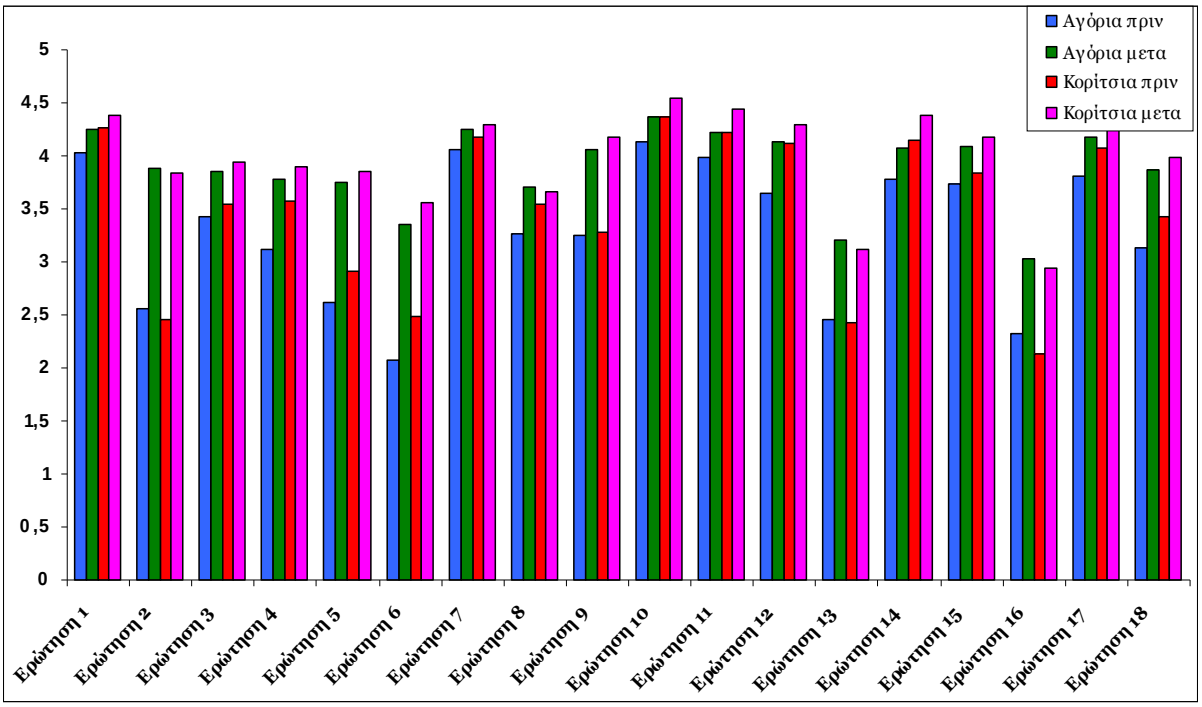
Από την άλλη μεριά, υπάρχουν και έρευνες που δεν έχουν καταγράψει σημαντικές αλλαγές στις στάσεις των μαθητών μετά από εκπαιδευτική παρέμβαση. Για παράδειγμα, ανάμεσα σε μαθητές τρίτης, τετάρτης τάξης Δημοτικού και δευτέρας Γυμνασίου η εκπαιδευτική παρέμβαση διάρκειας 10 διδακτικών ωρών στο διάστημα δύο εβδομάδων δεν είχε επίπτωση στις στάσεις (Edwards et al από Leeming, Dwyer, Porter, Cobern, 1993).

Σε ότι αφορά στις αντιλήψεις των μαθητών ανάλογα με τον τόπο διαμονής τους, παρατηρείται ότι τόσο στους μαθητές των αστικών περιοχών (t=-20,396, df=222, sig(2-tailed)=0,000, $M_{πριν}$=61,529, $M_{μετά}$=70,318) όσο και στους αντίστοιχους των ημιαστικών (t=-20,396, df=222, sig(2-tailed)=0,000, $M_{πριν}$=61,529, $M_{μετά}$=70,318), υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση της εκπαιδευτικής παρέμβασης στις αντιλήψεις τους για το συγκεκριμένο θέμα. Φαίνεται δε ότι, η επίδραση της εκπαιδευτικής παρέμβασης είναι μεγαλύτερη στους μαθητές των ημιαστικών περιοχών, δηλαδή οι τελευταίοι σημειώνουν μεγαλύτερη βελτίωση στις αντιλήψεις τους σε σχέση με τους συνομηλίκους τους από τις αστικές περιοχές.



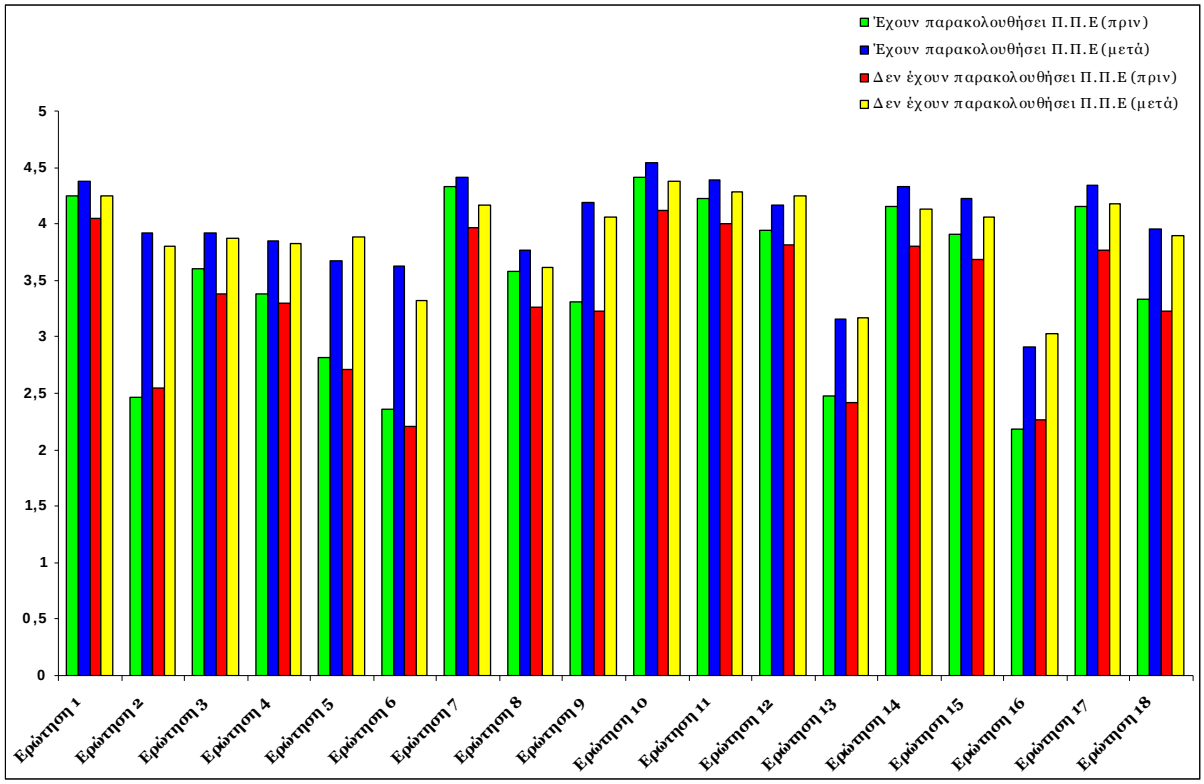
Σχήμα 5.28 *Συγκριτική απεικόνιση των μέσων όρων ανά ερώτηση με βάση τον τόπο διαμονής των μαθητών*

Για τα αγόρια υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση της εκπαιδευτικής παρέμβασης στις αντιλήψεις τους για το συγκεκριμένο θέμα (t=-24,466, df=216, sig(2-tailed)=0,000, $M_{πριν}$= 59,396, $M_{μετά}$=70,037). Το ίδιο ισχύει και για τα κορίτσια (t=-20,472, df=196, sig(2-tailed)=0,ooo, $M_{πριν}$=62,959, $M_{μετά}$=71,772). Ωστόσο, η επίδραση της εκπαιδευτικής παρέμβασης είναι μεγαλύτερη στα αγόρια σε σχέση με τα κορίτσια, δηλαδή η διδακτική παρέμβαση βελτίωσε περισσότερο τις αντιλήψεις των αγοριών σε σχέση με τις αντίστοιχες των κοριτσιών.



Σχήμα 5.29 *Συγκριτική απεικόνιση των μέσων όρων ανά ερώτηση με βάση το φύλο*

Τόσο οι μαθητές που έχουν πρότερη συμμετοχή σε πρόγραμμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης (t=-19,857, df=177, sig(2-tailed)=0,000, Μπριν=62,865, Μμετά=71,753) όσο και αυτοί που δεν έχουν (t=-24,815, df=235, sig(2-tailed)=0,000, Μπριν=59,754, Μμετά=70,191) έχουν στατιστικά σημαντική βελτίωση των αντιλήψεων τους μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση. Ωστόσο, η επίδραση της εκπαιδευτικής παρέμβασης είναι μεγαλύτερη σε όσους μαθητές δηλώνουν ότι δεν έχουν πρότερη συμμετοχή σε Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης. Αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο γεγονός που αναδείχθηκε από το ερωτηματολόγιο πριν την εφαρμογή των δραστηριοτήτων, ότι οι μαθητές αυτοί είχαν χαμηλότερο γνωστικό υπόβαθρο (σε σχέση με τους συμμαθητές τους από αστικά κέντρα) και άρα μεγαλύτερα περιθώρια βελτίωσης.



Σχήμα 5. 30 *Συγκριτική γραφική απεικόνιση των μέσων όρων ανά ερώτηση με βάση την πρότερη συμμετοχή ή μη σε ΠΠΕ*

Σε ότι αφορά τη μεταβλητή που σχετίζεται με την εκπαίδευση των γονέων, τόσο του πατέρα όσο και της μητέρας, μετά την επεξεργασία των δεδομένων (t-test paired samples), η εκπαιδευτική παρέμβαση βελτίωσε στατιστικά σημαντικά τις αντιλήψεις όλων των μαθητών έτσι όπως κατανέμονται με βάση τις εκπαιδευτικές βαθμίδες που έχουν προκαθοριστεί.

Πίνακας 5.31 Στατιστικά στοιχεία της εφαρμογής του κριτηρίου t για την επίδραση της διδακτικής παρέμβασης στις αντιλήψεις των μαθητών με βάση το επίπεδο εκπαίδευσης των γονέων

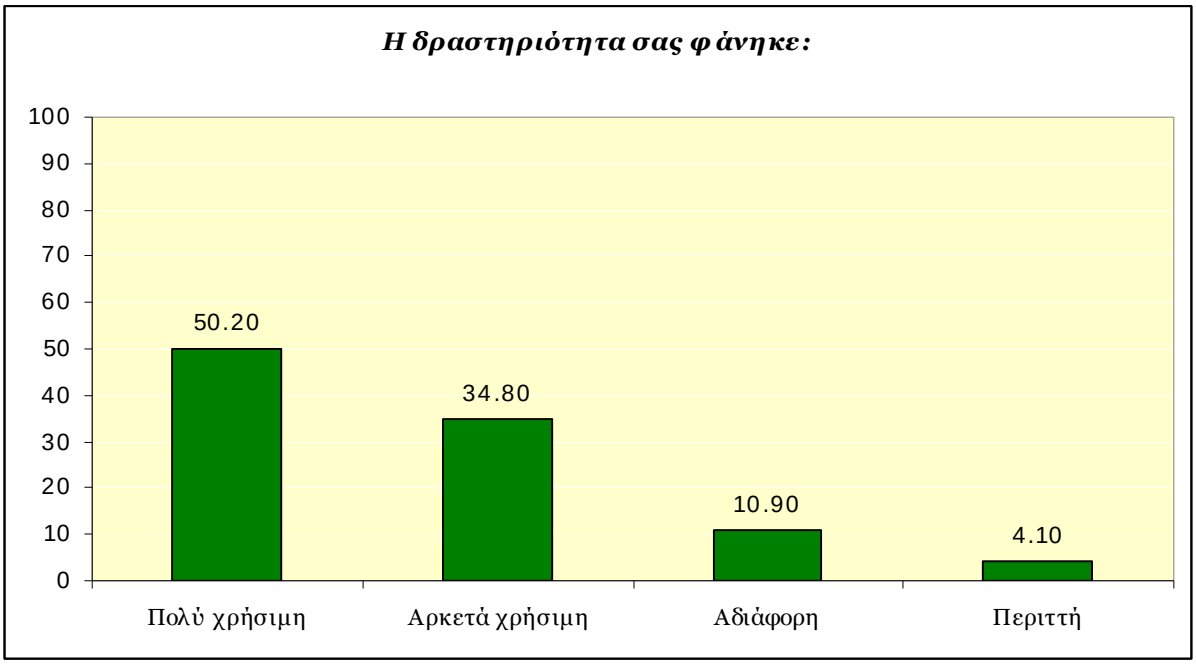
Επίπεδο εκπαίδευσης	t	df	Sig. (2-tailed)		t	df	Sig. (2-tailed)
	Πατέρας				Μητέρα		
Δεν Τελείωσε το Δημοτικό.	-2,878	4	0,045		-	-	-
Έχει απολυτήριο Δημοτικού.	-14,104	43	0,000		-11,388	39	0,000
Έχει απολυτήριο Γυμνασίου.	-13,554	49	0,000		-15,436	51	0,000
Έχει απολυτήριο Λυκείου ή Εξαταξίου Γυμνασίου.	-14,927	105	0,000		-18,270	138	0,000
Έχει πτυχίο Τεχνολογικού ιδρύματος (ΤΕΙ).	-18,378	121	0,000		-14,700	90	0,000
Έχει πτυχίο Πανεπιστημίου ή Πολυτεχνείου (ΑΕΙ).	-11,692	86	0,000		-12,011	90	0,000

Από τον πίνακα 5.31 προκύπτει ότι μεγαλύτερη επίδραση στις αντιλήψεις των μαθητών φαίνεται να συντελέστηκε σε όσους έχουν γονείς με απολυτήριο Λυκείου ή εξαταξίου Γυμνασίου και πτυχίο Τεχνολογικού ιδρύματος.

5.2.5 Επεξεργασία ειδικού μέρους των ερωτηματολογίων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί το ερωτηματολόγιο που δόθηκε στους μαθητές μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων περιείχε και ένα ειδικό μέρος ανάλογα με τη δραστηριότητα που είχαν εκτελέσει. Το ειδικό μέρος κρίθηκε σκόπιμο να δοθεί στους μαθητές προς συμπλήρωση υπό μορφή τεστ αξιολόγησης. Όλα τα ειδικά μέρη είχαν μια κοινή ερώτηση που εζητείτο από τους μαθητές να αξιολογήσουν αν η δραστηριότητα τους φάνηκε πολύ χρήσιμη, αρκετά χρήσιμη, αδιάφορη ή περιττή. Οι επόμενες ερωτήσεις αφορούσαν κυρίως στη δραστηριότητα που είχαν εκτελέσει και στόχευαν να ελέγξουν επιμέρους γνώσεις που ενδεχομένως είχαν αποκτήσει οι μαθητές μετά το πέρας των μαθημάτων.

Σε ότι αφορά στην πρώτη κοινή ερώτηση σχεδόν μισοί από τους μαθητές (50,2%) σημείωσαν ότι η δραστηριότητα τους φάνηκε πολύ χρήσιμη. Μόνο το 4,1% των μαθητών δήλωσαν ότι η δραστηριότητα τους φάνηκε περιττή ενώ, ως αδιάφορη την χαρακτήρισε το 10,9% των παιδιών. Τέλος, το 34,8% των μαθητών χαρακτηρίζουν τη δραστηριότητα αρκετά χρήσιμη.



Σχήμα 5. 31 *Γραφική απεικόνιση της γνώμης των μαθητών σχετικά με τη δραστηριότητα που παρακολούθησαν*

Τα αγόρια θεωρούν τη δραστηριότητα πολύ χρήσιμη σε ποσοστό 51,2%, ενώ τα κορίτσια σε ποσοστό 49,2%. Αρκετά χρήσιμη φάνηκε η δραστηριότητα στο 34,6% των αγοριών και στο 35% των κοριτσιών. Αδιάφορη φάνηκε η δραστηριότητα στο 11,1% των αγοριών και στο 10,7% των κοριτσιών ενώ τέλος, περιττή την χαρακτήρισαν το 3,2% των αγοριών και το 5,1% των κοριτσιών. Ωστόσο, μετά από σχετική ανάλυση προέκυψε ότι οι διαφορές αυτές σε σχέση με τη μεταβλητή του φύλου δεν είναι στατιστικά σημαντικές.

Οι μαθητές από τις αστικές περιοχές θεωρούν τη δραστηριότητα πολύ χρήσιμη σε ποσοστό 51,1%, χρήσιμη σε ποσοστό 30,5%, αδιάφορη σε ποσοστό 13,5% και περιττή σε ποσοστό 4,9%. Αντίστοιχα, οι μαθητές από τις ημιαστικές περιοχές θεωρούν τη δραστηριότητα πολύ χρήσιμη σε ποσοστό 49,2%, χρήσιμη σε ποσοστό 39,8%, αδιάφορη σε ποσοστό 7,9% και περιττή σε ποσοστό 3,1%. Από ότι φαίνεται βέβαια μετά από σχετική επεξεργασία ο τόπος διαμονής δεν προκαλεί διαφοροποίηση στατιστικά σημαντική.

Τέλος, οι μαθητές που δεν έχουν πρότερη συμμετοχή σε ΠΠΕ βρίσκουν τη δραστηριότητα πολύ χρήσιμη σε ποσοστό 52,1%, έναντι 47,8% που είναι το αντίστοιχο ποσοστό για τους μαθητές με πρότερη συμμετοχή σε ΠΠΕ. Οι τελευταίοι θεωρούν τη δραστηριότητα χρήσιμη σε ποσοστό 37,6% έναντι 32,6% των πρώτων. Σε ποσοστό 12,9% οι μαθητές με πρότερη συμμετοχή σε ΠΠΕ θεωρούν την δραστηριότητα αδιάφορη, ενώ μικρότερο είναι το αντίστοιχο ποσοστό (9,3%) για όσους δεν έχουν πρότερη συμμετοχή. Τέλος περιττή χαρακτηρίζεται η δραστηριότητα από το 1,7%

των μαθητών με πρότερη συμμετοχή σε ΠΠΕ και 5,9% από όσους δεν έχουν πρότερη συμμετοχή. Οι διαφορές αυτές ωστόσο δεν είναι στατιστικά σημαντικές, όπως προέκυψε μετά και από σχετική περαιτέρω ανάλυση.

Σε ότι αφορά στη δραστηριότητα «Σαπούνι: Ένα καταναλωτικό προϊόν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες» το οποίο εφαρμόστηκε σε 41 μαθητές, το ποσοστό σωστής συμπλήρωσης έφτασε στο 78,11% (Συνολικό σκορ=96,07/Μέγιστο-Άριστο σκορ=123), ενώ η μέση επίδοση ήταν 2,34 (με μέγιστο το 3).

Σε ότι αφορά στη δραστηριότητα «Είδη οικιακής χρήσης από ανανεώσιμες πρώτες ύλες», το οποίο εφαρμόστηκε σε 43 μαθητές, το ποσοστό σωστής συμπλήρωσης έφτασε στο 60,50% (104,07/172), ενώ η μέση επίδοση ήταν 2,42 (με μέγιστο το 4).

Σε ότι αφορά στη δραστηριότητα «Ανανεώσιμες πρώτες ύλες- Παραγωγή γλυκόζης από καλαμοσάκχαρο», το οποίο εφαρμόστηκε σε 105 μαθητές, το ποσοστό σωστής συμπλήρωσης έφτασε στο 43,2% (272,20/630), ενώ η μέση επίδοση ήταν 2,59 (με μέγιστο το 6).

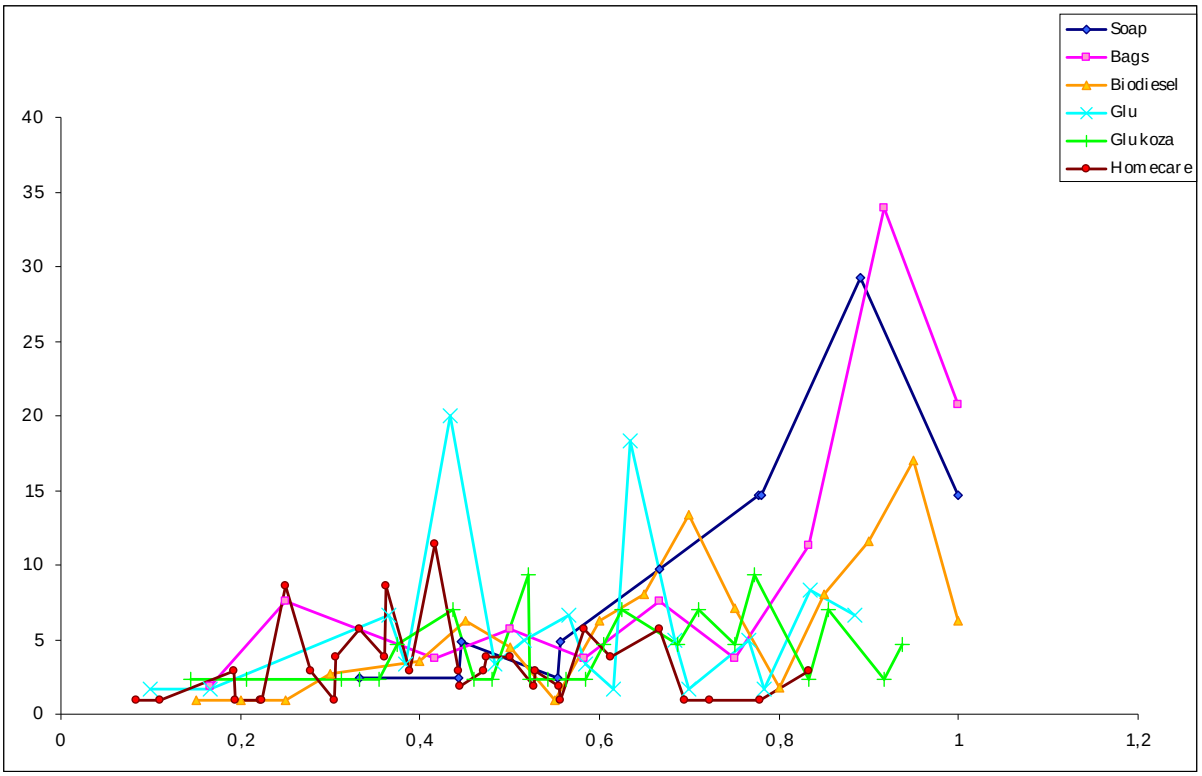
Σε ότι αφορά στη δραστηριότητα «Ανανεώσιμες πρώτες ύλες-Φτιάχνοντας βιοντίζελ από τηγανισμένο λάδι» το οποίο εφαρμόστηκε σε 112 μαθητές, το ποσοστό σωστής συμπλήρωσης έφτασε στο 73,08% (409,25/560), ενώ η μέση επίδοση ήταν 3,65 (με μέγιστο το 5).

Σε ότι αφορά στη δραστηριότητα ««Ανανεώσιμες πρώτες ύλες-Φτιάχνοντας κόλλα από γάλα!», το οποίο εφαρμόστηκε σε 60 μαθητές, το ποσοστό σωστής συμπλήρωσης έφτασε στο 72,46% (173,92/240), ενώ η μέση επίδοση ήταν 2,89 (με μέγιστο το 4).

Σε ότι αφορά στη δραστηριότητα «Ανανεώσιμες πρώτες ύλες- Σακούλες από άμυλο και με....οικολογική συνείδηση», το οποίο εφαρμόστηκε σε 53 μαθητές, το ποσοστό σωστής συμπλήρωσης έφτασε στο 77,98% (124/159), ενώ η μέση επίδοση ήταν 2,34 (με μέγιστο το 3).

Προχωρόντας παραπέρα την επεξεργασία των ειδικών μερών του ερωτηματολογίου προέκυψε το παρακάτω σταθμισμένο διάγραμμα. Στον άξονα χ απεικονίζεται η σταθμισμένη συνολική βαθμολογία των μαθητών (σε κλίμακα από 0 έως 1) ανά πραγματοποιηθέν σχέδιο μαθήματος/ δραστηριότητα. Στον άξονα ψ απεικονίζεται το ποσοστό των μαθητών στην αντίστοιχη συνολική βαθμολογία. Από το διάγραμμα προκύπτει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών που πετυχαίνει και την καλύτερη βαθμολογία εμφανίζεται στους μαθητές που πραγματοποίησαν το σχέδιο μαθήματος «Ανανεώσιμες πρώτες ύλες- Σακούλες από άμυλο και με....οικολογική συνείδηση» αφενός, και αφετέρου στο σχέδιο μαθήματος «Σαπούνι: Ένα καταναλωτικό προϊόν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες». Αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι η παρασκευή σαπουνιού από λάδι είναι μια σχετικά γνωστή διαδικασία ενώ, οι πλαστικές σακκούλες είναι ένα προϊόν που βρίσκεται σε καθημερινή χρήση από τα ελληνικά νοικοκυριά.

Αξιοσημείωτες είναι και οι δύο κορυφές που εμφανίζονται στην καμπύλη που απεικονίζει τη βαθμολογία των μαθητών στο σχέδιο μαθήματος «Ανανεώσιμες πρώτες ύλες- Παραγωγή γλυκόζης από καλαμοσάκχαρο»: ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών βρίσκεται σε βαθμολογικό εύρος [0,4-0,5] και [0,6-0,7].



Σχήμα 5.32 *Σταθμισμένο διάγραμμα απεικόνισης της βαθμολογίας των μαθητών με βάση τη δραστηριότητα που παρακολούθησαν*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

6.1 Γενικό πλαίσιο

Σε παγκόσμιο επίπεδο το ενδιαφέρον για τη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών και κυρίως της βιομάζας για την παραγωγή πολυμερών υλικών, οργανικών χημικών προϊόντων και καυσίμων παρουσιάζεται εξαιρετικά αυξημένο (Narayan, 1992). Οι αρχές της διάσκεψης των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (UNCED) που πραγματοποιήθηκε στο Ρίο τον Ιούνιο του 1992, τα συμπεράσματα της παγκόσμιας συνόδου κορυφής για την βιώσιμη ανάπτυξη τον Αύγουστο του 2002 στο Γιοχάνεσμπουργκ και η Ατζέντα 21 που αποτελεί το ολοκληρωμένο σχέδιο δράσης για τον 21^{ο} αιώνα και υιοθετήθηκε από περισσότερες από 170 κυβερνήσεις συνιστούν το πλαίσιο αντιμετώπισης των πιεστικών σημερινών προβλημάτων ενώ, ταυτόχρονα έχουν στόχο την προετοιμασία του πλανήτη απέναντι στις προκλήσεις του νέου αιώνα.

Η διατήρηση και διαχείριση των φυσικών πόρων βρίσκονται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος με την επιστήμη της χημείας να έχει ουσιαστική συμβολή. Άλλωστε, η βιώσιμη χρήση των πρώτων υλών αποτελεί έναν από τους στόχους της Ατζέντας 21. Πολλά προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες μπορεί να υπολείπονται των αντίστοιχων πετροχημικών ωστόσο μελλοντικά αυτό αναμένεται να αλλάξει κυρίως λόγω της τιμής του πετρελαίου ενώ, σε μακροπρόθεσμη βάση οι ανανεώσιμες πρώτες ύλες μπορούν να αντικαταστήσουν τις ορυκτές (Metzger & Biermann, 2006˙ Καπασσά & Αμπελιώτης, 2009).

Η εκπαίδευση αποτελεί ένα κρίσιμο συστατικό για την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης μέσω της οποίας, μεταξύ άλλων, βελτιώνεται η ικανότητα των ανθρώπων να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα που σχετίζονται με το περιβάλλον. Όπως επισημαίνεται στο κεφάλαιο 36 της Ατζέντας 21 είναι αναγκαία η πολύπλευρη και διεπιστημονική εκπαίδευση. Το Διεθνές Συνέδριο για το Περιβάλλον και τη Κοινωνία: *Εκπαίδευση και Ευαισθητοποίηση των Πολιτών για την αειφορία* (Scoullos, 1998) που έλαβε χώρα στη Θεσσαλονίκη, προήγαγε την ιδέα της αλλαγής κατεύθυνσης προς την «Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και την Αειφορία» ενώ, μέσα από την σχετική διακήρυξη καθίσταται σαφής η αναγκαιότητα της εισαγωγής και διάχυσης των αρχών της βιωσιμότητας σε όλους τους τομείς της εκπαίδευσης. Με την απόφαση του Γιοχάνεσμπουργκ (2002) για εντατικοποίηση των προσπαθειών για την προώθηση της Βιώσιμης Ανάπτυξης μέσα από την συστηματική εισαγωγή και προαγωγή της «Εκπαίδευσης για την Αειφορία», η Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών (UNGA, 2002) ξεκίνησε την «Δεκαετία για την Εκπαίδευση για την Αειφορία» και τα 56 κράτη- μέλη της Οικονομικής Επιτροπής για την Ευρώπη των Ηνωμένων

Εθνών(UNECE) επεξεργάστηκαν και υιοθέτησαν την στρατηγική της εκπαίδευσης για την αειφορία (UNECE ESD Strategy) στο Βίλνιους (Scoullos, 2007). Και στις δύο προσεγγίσεις, δίνεται έμφαση στο ό,τι θα πρέπει να ενσωματωθούν στους ήδη υπάρχοντες εκπαιδευτικούς κλάδους οι αρχές της αειφορίας και κατά συνέπεια να αναπτυχθούν τα κατάλληλα εργαλεία και μέθοδοι προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος του μετασχηματισμού της κοινωνίας προς τα βιώσιμα πρότυπα παραγωγής και κατανάλωσης.

Στην παρούσα διατριβή σχεδιάστηκε, αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε πρωτότυπο εκπαιδευτικό υλικό με βασικό άξονα την έβδομη αρχή της πράσινης χημείας, η οποία αφορά στην εκμετάλλευση και χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών έτσι όπως την αναφέρουν οι Anastas and Warner στο κλασικό πλέον βιβλίο τους για την πράσινη χημεία. Μέσα από το υλικό που δημιουργήθηκε έγινε προσπάθεια να θίγονται και κάποιες άλλες βασικές αρχές της πράσινης χημείας όπως η ασφάλεια, η βιοαποδόμηση, η οικονομία του ατόμου, η ελαχιστοποίηση της χρήσης ενέργειας, η πρόληψη της ρύπανσης ταυτόχρονα δε να ικανοποιούνται και οι στόχοι της εκπαίδευσης για την αειφορία, όπως η διαμόρφωση κινήτρων και αισθήματος προσωπικής δέσμευσης για την ενεργό ατομική και συλλογική δραστηριοποίηση των μαθητών σχετικά με την επίτευξη της αειφόρου ανάπτυξης, η δημιουργία ενεργών πολιτών και υπεύθυνων καταναλωτών, οι οποίοι θα συμβάλλουν στην προστασία του περιβάλλοντος και στην αειφορική ανάπτυξη του πλανήτη, αλλά και η καλλιέργεια δεξιοτήτων όπως η κριτική σκέψη, η συνεργασία, η έκφραση, η επίλυση προβλημάτων. Σημειώνεται ότι παρά το γεγονός ότι υπάρχουν διαθέσιμα εκπαιδευτικά υλικά τα οποία απευθύνονται σε προπτυχιακούς φοιτητές χημείας, δεν υπάρχει ελληνικό εκπαιδευτικό υλικό το οποίο να απευθύνεται σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και να εμφαίνει στην εκμετάλλευση και χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών για την παραγωγή καταναλωτικών προϊόντων. Άρα, λοιπόν, η παρούσα διατριβή ήρθε να καλύψει ένα σημαντικό κενό της βιβλιογραφίας.

Ως αρχικό σημείο της διατριβής υλοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο με στόχο τη μέτρηση των μέχρι εκείνη τη στιγμή γνώσεων και αντιλήψεων των μαθητών για το θέμα της χρήσης και εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών υπό το πρίσμα της πράσινης χημείας και με δεδομένη την εξαντλησιμότητα των ορυκτών φυσικών πόρων. Από τη βιβλιογραφική έρευνα που πραγματοποιήθηκε δεν βρέθηκε αντίστοιχο δοκιμασμένο μετρητικό εργαλείο. Το ερωτηματολόγιο που σχεδιάστηκε, δοκιμάστηκε πιλοτικά σε δείγμα 56 μαθητών. Από τα δεδομένα που ελήφθησαν έγιναν οι απαραίτητες τροποποιήσεις προκειμένου να διαμορφωθεί το τελικό μετρητικό εργαλείο. Το τελικό ερωτηματολόγιο δόθηκε σε 414 μαθητές από γυμνάσια της Αττικής, της Αχαΐας, της Άνδρου και της Θεσπρωτίας προκειμένου να γίνει μια πρώτη καταγραφή των γνώσεων και των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με το θέμα της εκμετάλλευσης και χρήσης των ανανεώσιμων

πρώτων υλών υπό το πρίσμα της πράσινης χημείας. Να σημειωθεί ότι στο ελλαδικό χώρο δεν υπάρχει πρότερη αντίστοιχη καταγραφή εκτός από μια η οποία αφορούσε στις απόψεις μαθητών γυμνασίων στο Ν. Σάμου όπου μέσω ενός ερωτηματολογίου κλειστού τύπου εξεταζόταν η γνώση τους σχετικά με ζητήματα που άπτονται των αρχών της πράσινης χημείας όπως η πρόληψη της ρύπανσης, η χρήση καταλυτών, η χρήση διαλυτών όπως το βενζόλιο και τέλος η εκμετάλλευση ανανεώσιμων φυσικών πόρων ως πρώτων υλών. Το βασικότερο συμπέρασμα της συγκεκριμένης έρευνας ήταν ότι το πεδίο της πράσινης χημείας είναι άγνωστο στους μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα.

Στη συνέχεια, ορισμένες από τις δραστηριότητες που αναπτύχθηκαν, εφαρμόστηκαν, μετά από τις απαραίτητες τροποποιήσεις, μέσα από ειδικά διαμορφωμένα σχέδια μαθήματος σε μαθητές Β΄ και Γ΄ Γυμνασίου. Η εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού έγινε στο πλαίσιο του μαθήματος της χημείας ή της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης. Οι καθηγητές οι οποίοι εφάρμοσαν τις δραστηριότητες είχαν προηγουμένως εκπαιδευτεί από την ερευνήτρια, υποψήφια διδάκτορα. Μετά από την υλοποίηση της τρίωρης διδακτικής παρέμβασης πραγματοποιήθηκε μια δεύτερη μέτρηση με βασική επιδίωξη την αποτύπωση της επίδρασης των δραστηριοτήτων στις γνώσεις και στις αντιλήψεις των μαθητών για το ίδιο θέμα.

Για να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα μεταξύ της πρώτης και δεύτερης μέτρησης χρησιμοποιήθηκε το ίδιο ερωτηματολόγιο (Fitz-Gibbon & Morris, 1987). Η δεύτερη μέτρηση δεν πραγματοποιήθηκε αμέσως μετά την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού, αλλά μετά την παρέλευση ορισμένων ημερών. Θεωρήθηκε καλύτερο να περάσει ένα χρονικό διάστημα ώστε να μην είναι "νωπές" οι εντυπώσεις από την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού και για να μην υπάρχει αυξημένη πιθανότητα οι μαθητές να επιδείξουν θετική τάση στον τρόπο που θα απαντήσουν. Εξάλλου, η πιθανότητα να απαντήσουν θετικά αυξάνεται όσο πιο άμεσα γίνεται η δεύτερη μέτρηση μετά από εκπαιδευτική παρέμβαση (Leeming et al., 1993). Αρκετοί ερευνητές έχουν επιλέξει μικρά χρονικά διαστήματα (από εβδομάδα μέχρι και μήνα) για τη δεύτερη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων (Βασαλά, 1994˙ Αγγελίδου, 1995˙ Ballantyne, Connell & Fien, 1998˙ Bogner, 1998˙ Agelidou, Balafoutas, & Flogaitis, 2000˙ Powell & Wells, 2002). Αντιθέτως, διαστήματα δύο μηνών ή και παραπάνω έχουν επιλεγεί από ερευνητές για να εξετάσουν τα μακροχρόνια αποτελέσματα (delayed posttest) κάποιας παρέμβασης (Dettmann-Easler & Pease, 1999).

6.2 Ανάπτυξη του «πράσινου» εκπαιδευτικού υλικού

Η ανάγκη για ανάπτυξη «πράσινου» πρωτότυπου εκπαιδευτικού υλικού προέκυψε μετά από τη διαπίστωση έλλειψης σχετικού υλικού για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Είναι αλήθεια ότι δεν υπάρχει ελληνικό εκπαιδευτικό υλικό το οποίο να απευθύνεται σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και να εμφαίνει στην εκμετάλλευση και χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών για την παραγωγή καταναλωτικών προϊόντων.

Οι δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στο εκπαιδευτικό υλικό προσεγγίζουν το θέμα της χρήσης και της εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών υπό το πρίσμα της πράσινης χημείας, αναδεικνύουν τα ζητήματα της εξάρτησης από τους ορυκτούς πόρους και εμφαίνουν στην εξάντληση τους και στην ανάγκη για άμεση απεξάρτηση από αυτούς. Ειδικότερα, στο εκπαιδευτικό υλικό που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής έγινε προσπάθεια να καλυφθεί όλο το φάσμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Το υλικό που αναπτύχθηκε περιλαμβάνει δραστηριότητες που αφορούν γενικά στις ανανεώσιμες πρώτες ύλες (σύσταση, ορισμό, προέλευση, παράγοντες επίδρασης στην σύσταση τους, τα μόρια-πλατφόρμες, σύγκριση υδρογονανθράκων-υδατανθράκων, ανοικτός-κλειστός κύκλος άνθρακα, μέθοδοι παραγωγής βιοπροϊόντων) και δραστηριότητες που αφορούν στα βιοπροϊόντα όπως τα βιοκαύσιμα, τα βιουλικά-βιοχημικά (κόλλες, πλαστικά, καλλυντικά, φαρμακευτικά είδη, βιοπολυμερή, διαλύτες) κ.λπ. Οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να γνωρίσουν κάποιες από τις βασικές αρχές της χημείας ενώ, γίνεται προσπάθεια ώστε τα θέματα που προτείνονται να συζητηθούν μέσα στη σχολική τάξη να συσχετίζονται με πραγματικά παραδείγματα της καθημερινής ζωής. Στο τέλος του βιβλίου δραστηριοτήτων προτείνεται η σύνδεση της κάθε δραστηριότητας με το αναλυτικό πρόγραμμα. Ουσιαστικά προτείνονται τρόποι εφαρμογής/ένταξης της δραστηριότητας με αυτούσια ή τροποποιημένα -τις περισσότερες φορές- στο αναλυτικό πρόγραμμα Χημείας του Γυμνασίου και στα ΔΕΠΠΣ μαθημάτων όπως η Οικιακή Οικονομία, η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση κ.λπ., καθώς και στο πλαίσιο της ευέλικτης ζώνης.

Το παραχθέν εκπαιδευτικό υλικό είναι δομημένο και ευέλικτο, με δυνατότητα αξιοποίησης, τέτοιας ώστε να μην θεωρείται «έτοιμο» προϊόν. Το υλικό μπορεί να αξιοποιηθεί στο πλαίσιο υλοποίησης προγραμμάτων περιβαλλοντικής εκπαίδευσης καθώς και στο πλαίσιο της καθημερινής διδακτικής πράξης. Ειδικότερα στην καθημερινή διδακτική πράξη, ο εκπαιδευτικός θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει τις δραστηριότητες προκειμένου να εμπλουτίσει, θέματα που επεξεργάζεται με τους μαθητές του στο πλαίσιο του αναλυτικού προγράμματος, καθώς επίσης και να εισάγει έννοιες που ευνοούν την εκπλήρωση των στόχων της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης στα διάφορα μαθήματα του αναλυτικού προγράμματος.

Η σχεδίαση του υλικού βασίστηκε σε δύο κύριες παιδαγωγικές κατευθύνσεις: Στη

συνεργατική μάθηση και στη μαθητοκεντρική προσέγγιση όπου, οι μαθητές παρακινούνται και καλούνται να αναρωτηθούν, να διερευνήσουν αίτια και συνέπειες, να καταγράψουν, να συγκρίνουν, να προτείνουν, να δράσουν, να δημιουργήσουν, να ευαισθητοποιήσουν. Ειδικότερα, το συγκεκριμένο εκπαιδευτικό υλικό δίνει τη δυνατότητα χρήσης διαφόρων μαθησιακών μεθόδων όπως: το πείραμα και η παρατήρηση, η συζήτηση, η παρουσίαση διαφανειών, η ανάγνωση και η γραφή κειμένων, η τέχνη/ ζωγραφική και το παιχνίδι, η παρατήρηση /σύγκριση, η επισκόπηση κοινωνικού πεδίου. Όλες οι δραστηριότητες έχουν παρόμοια δομή. Αποτελούνται από την εισαγωγή, τους επιμέρους στόχους, οι οποίοι βρίσκονται σε αντιστοιχία με τους γενικούς στόχους του εκπαιδευτικού υλικού, την ηλικία των μαθητών που απευθύνεται, την εκτιμώμενη διάρκεια κάθε δραστηριότητας, τα εμπλεκόμενα γνωστικά πεδία (δηλαδή τα μαθήματα του σχολικού αναλυτικού προγράμματος στα οποία μπορεί να ενσωματωθεί), τις αρχές της πράσινης χημείας που θίγονται/προσεγγίζονται μέσα από την κάθε δραστηριότητα, τις λέξεις-κλειδιά (δηλαδή τις βασικές έννοιες που σχετίζονται με το θέμα), τα απαιτούμενα σκεύη και αντιδραστήρια και την πορεία της δραστηριότητας όπου περιγράφονται με σαφήνεια και ακρίβεια όλα τα διακριτά βήματα-στάδια της εκτέλεσης της. Στις περισσότερες δραστηριότητες υπάρχει φύλλο εργασίας, το οποίο έρχεται κατά περίπτωση να οργανώσει παρατηρήσεις, να οδηγήσει σε συμπεράσματα, να ενισχύσει την αποκτηθείσα γνώση διευρύνοντας την και σε άλλες γνωστικές περιοχές, να διασυνδέσει γνωστικές περιοχές, να διαμορφώσει θετικές απόψεις και στάσεις και να οδηγήσει σε ανάληψη δράσης. Σε ορισμένες από τις δραστηριότητες υπάρχουν ένθετα συμπληρωματικών δραστηριοτήτων.

6.3 Συμπεράσματα για τις πρότερες γνώσεις και τις αντιλήψεις των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα και σε ότι αφορά το ερώτημα της έρευνας σχετικά με τις πρότερες γνώσεις των μαθητών για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες, τη χρήση τους και εκμετάλλευση τους για την παραγωγή βιοπροϊόντων, αυτές κρίνονται μάλλον περιορισμένες, ατελείς και πολλές φορές λανθασμένες. Από την επεξεργασία των ερωτηματολογίων προέκυψε ότι το ποσοστό σωστής συμπλήρωσης για το σύνολο των μαθητών αγγίζει το 38,0% (Συνολικό σκορ=1415,92/ Μέγιστο-Άριστο σκορ =3726) ενώ, η μέση επίδοση που σημείωσαν οι μαθητές ήταν 3,42 μόρια (με άριστα το 9). Ανατρέχοντας στη βιβλιογραφία δε βρέθηκαν σχετικές έρευνες προκειμένου να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων. Ωστόσο η μάλλον χαμηλή επίδοση των μαθητών καταδεικνύει την έλλειψη των εννοιών της πράσινης χημείας στο αναλυτικό πρόγραμμα καθώς και στο αντίστοιχο εκπαιδευτικό υλικό ενώ, ταυτόχρονα υπογραμμίζει την ανάγκη για «πρασίνισμα» των αναλυτικών προγραμμάτων αλλά και δημιουργίας σχετικού εκπαιδευτικού υλικού.

Οι μαθητές σε ποσοστό 58,9% αναγνωρίζουν μεταξύ διαφόρων υλικών, όπως τα οργανικά αστικά απόβλητα, τα υπολείμματα των γεωργικών καλλιεργειών και τα κτηνοτροφικά απόβλητα, ότι το πετρέλαιο δεν είναι ανανεώσιμη πρώτη ύλη. Από την άλλη μεριά βέβαια μόνο το 3,4% των μαθητών αναγνωρίζει όλα τα πετροχημικά προϊόντα που τους παρατίθενται. Κυρίως οι μαθητές αναγνωρίζουν ως προϊόντα του αργού πετρελαίου τα καύσιμα και τις πλαστικές σακούλες ενώ μεγάλο είναι το ποσοστό των μαθητών που αγνοεί ότι τα εντομοκτόνα και τα απορρυπαντικά είναι προϊόντα του πετρελαίου. Αυτό ως αποτέλεσμα μάλλον αποτελεί έκπληξη και φανερώνει την έλλειψη γνώσεων των μαθητών για τις εφαρμογές της χημείας στην καθημερινή ζωή.

Αντίστοιχα χαμηλά εμφανίζονται τα ποσοστά στις ερωτήσεις που σχετίζονται με τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Μόλις το 2,7% αναγνωρίζει όλα τα προϊόντα που μπορούν να παρασκευαστούν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Χαρακτηριστικό δε είναι ότι το 31,9% των μαθητών δηλώνουν ότι δεν γνωρίζουν κανένα προϊόν που να μπορεί να παρασκευαστεί από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Επιπρόσθετα και σε ποσοστό 33,8% οι μαθητές δηλώνουν ότι δεν γνωρίζουν τη βασική διαδικασία δημιουργίας των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Μάλιστα σε ποσοστό 37,7% έχουν λανθασμένη αντίληψη θεωρώντας ως βασική διαδικασία δημιουργίας τους τη διύλιση, την εξάτμιση ή την εξόρυξη, ενώ μόνο ένας στους τρεις απαντά ότι η φωτοσύνθεση αποτελεί τη βασική διαδικασία δημιουργίας των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Μόλις το 2,1% των μαθητών, δηλαδή εννιά στους τετρακόσιους δέκα τέσσερις μαθητές αναγνωρίζουν όλα τα πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πρώτων υλών ενώ, μόλις το 5,8% των μαθητών σημειώνει όλες τις συνέπειες που έχει η μη ορθή χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών, ενώ περίπου 1 στους 3 μαθητές σημειώνει ότι δεν γνωρίζει καμία συνέπεια της μη ορθής χρήσης τους.

Σχετικά με τις γνώσεις των παιδιών για την πράσινη χημεία στην ερώτηση που αφορά στις αρχές της περίπου οι μισοί απαντούν ότι δεν γνωρίζουν και μόλις το 14,5% των μαθητών αναγνωρίζει ότι η επεξεργασία των αποβλήτων που προκύπτουν στο τέλος μιας χημικής διεργασίας δεν αποτελεί αρχή της πράσινης χημείας. Στην ερώτηση «Τι δεν είναι πράσινη χημεία», το 63,5% των μαθητών δίνει την σωστή απάντηση, ενώ το υπόλοιπο 36,4% των ερωτηθέντων σημειώνει τις υπόλοιπες επιλογές συμπεριλαμβανομένης και της επιλογής «Δεν γνωρίζω». Τέλος, μόλις το 21,7% των μαθητών σημειώνει την πρόληψη της ρύπανσης ως τον πιο σωστό τρόπο προστασίας του περιβάλλοντος.

Σε ότι αφορά το ερώτημα της έρευνας σχετικά με τις πρότερες αντιλήψεις των μαθητών για το ίδιο θέμα μπορούμε να αποφανθούμε ότι είναι μάλλον ελαφρώς θετικές (μέση τιμή συνολικά 3,4). Το αποτέλεσμα αυτό αν και δεν μπορεί να κριθεί ως ικανοποιητικό, εντούτοις είναι ελπιδοφόρο με

δεδομένο μάλιστα ότι, μόλις το 0,2% των μαθητών φαίνεται να έχουν αρνητικές απόψεις/ αντιλήψεις.

Ο υψηλότερος μέσος όρος (mean = 4.24, SD = 1,041) εμφανίζεται στη ερώτηση όπου οι μαθητές εκδηλώνουν την επιθυμία τους να ενημερωθούν με οποιονδήποτε τρόπο για καταναλωτικά προϊόντα φιλικότερα προς το περιβάλλον, ενώ παράλληλα, περίπου το 70% των μαθητών μάλλον συμφωνεί ή συμφωνεί απολύτως με την άποψη ότι ένας ενημερωμένος καταναλωτής αποτελεί έναν ενεργό πολίτη. Η Kirchoff (2001) αναφέρει ότι πολλοί μαθητές ενδιαφέρονται για τη βιωσιμότητα του κόσμου, ανησυχούν για τη ρύπανση και θέλουν ενημέρωση. Περίπου ίδιο (70%) εμφανίζεται και το ποσοστό των μαθητών που μάλλον συμφωνεί ή συμφωνεί απολύτως ότι με τις καταναλωτικές τους συνήθειες μπορούν να βοηθήσουν την προστασία του περιβάλλοντος.

Υψηλού μέσου όρου (mean = 4.14, SD = 1,007) εμφανίζεται και η άποψη των μαθητών ότι αγοράζοντας προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες βοηθούν στην προστασία του περιβάλλοντος. Αξιοσημείωτο είναι δε το ό,τι ενώ οι μαθητές θεωρούν ότι το μερίδιο ευθύνης της χημικής βιομηχανίας στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος είναι μεγάλο (mean=4,12, SD = 1,053) αναγνωρίζουν παράλληλα τον ρόλο της πράσινης χημείας και τη σημαντική συμβολή της στην προστασία του περιβάλλοντος (mean = 4,10, SD = 1,052). Επιπρόσθετα δε και σε σχέση με το προαναφερθέν οι μαθητές σε ποσοστό λίγο πάνω από 61% μάλλον συμφωνούν ή συμφωνούν απολύτως με την άποψη ότι η πράσινη χημεία στοχεύει στη βελτίωση των χημικών προϊόντων προς όφελος του περιβάλλοντος. Στις ερωτήσεις που αποτυπώνουν γνωστική διάσταση εμφανίζονται οι μικρότεροι μέσοι όροι. Προφανώς αυτό σχετίζεται και με το χαμηλό ποσοστό σωστής συμπλήρωσης που εμφανίζεται στην υποενότητα των γνώσεων. Πάντως θα λέγαμε ότι οι ελαφρά θετικές απόψεις/ αντιλήψεις των μαθητών που καταγράφονται μάλλον δεν έχουν στέρεες γνωστικές βάσεις αφού οι γνώσεις τους κυμαίνονται σε πιο χαμηλά επίπεδα. Συνεπώς οι αντιλήψεις των μαθητών υπολείπονται γνωστικής βάσης και οφείλονται μάλλον στο περιβάλλον του κάθε μαθητή, οικογενειακό ή φιλικό καθώς και στις προσλαμβάνουσες που έχει από την μη τυπική εκπαίδευση. Οι αντιλήψεις δε που δεν είναι εδραιωμένες σε γνωστικά στοιχεία δεν μπορούν κατά τη γνώμη μας να θεωρηθούν ως πραγματικά αειφορικές.

Στο ερώτημα της έρευνας σχετικά με το αν υπάρχει συσχέτιση/επίδραση του φύλου, της πρότερης συμμετοχής του μαθητή σε ΠΠΕ, του τόπου διαμονής και της εκπαίδευσης των γονέων, στις γνώσεις του για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες, την εκμετάλλευση και χρήση τους τα συμπεράσματα αποτυπώνονται στην συνέχεια:

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το φύλο είναι ένας παράγοντας που προκαλεί διαφοροποίηση στις γνώσεις και στις αντιλήψεις των μαθητών για το συγκεκριμένο θέμα. Βρέθηκε λοιπόν, ότι τόσο

στις γνώσεις όσο και στις αντιλήψεις υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αγοριών και κοριτσιών με τα κορίτσια να έχουν περισσότερες γνώσεις για το συγκεκριμένο θέμα καθώς επίσης να εμφανίζουν και θετικότερες απόψεις/αντιλήψεις.

Επιπρόσθετα, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις γνώσεις των μαθητών που έχουν λάβει μέρος σε ΠΠΕ έστω και μια φορά σε σχέση με αυτούς που δεν έχουν συμμετάσχει ποτέ σε τέτοιου είδους πρόγραμμα. Φαίνεται δηλαδή ότι οι μαθητές που έχουν λάβει μέρος έστω και μια φορά σε ΠΠΕ γνωρίζουν περισσότερα για το θέμα σε σχέση με τους υπόλοιπους. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι υπάρχει εξάρτηση ανάμεσα στις γνώσεις των μαθητών και στην προηγούμενη συμμετοχή τους σε ΠΠΕ. Το ίδιο ισχύει και για τις αντιλήψεις των μαθητών αφού καταγράφηκε ότι όσοι έχουν πάρει μέρος έστω και μια φορά σε ΠΠΕ εμφανίζονται θετικότεροι για το θέμα σε σχέση με τους υπόλοιπους. Η πρότερη συμμετοχή δηλαδή σε ΠΠΕ προκαλεί διαφοροποίηση στις γνώσεις και στις αντιλήψεις των μαθητών για το θέμα. Το αποτέλεσμα αυτό μάλλον ήταν αναμενόμενο. Εδώ βέβαια να σημειωθεί ότι, αν και τα αποτελέσματα από διάφορες έρευνες παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις, φαίνεται ότι η συμμετοχή σε προγράμματα ΠΕ στο σχολείο επιδρούν έστω και κατ' ελάχιστο τόσο στις γνώσεις όσο και στις αντιλήψεις των μαθητών (Bogner, 1998˙ Dettmann-Easler & Pease, 1999).

Στατιστικά σημαντική διαφορά φαίνεται ότι υπάρχει και μεταξύ των γνώσεων που έχουν οι μαθητές ανάλογα με τον τόπο διαμονής τους. Έτσι, οι μαθητές που προέρχονται από τις αστικές περιοχές γνωρίζουν περισσότερα για το συγκεκριμένο θέμα σε σχέση με αυτούς που προέρχονται από ημιαστικές περιοχές. Σε ότι αφορά στις αντιλήψεις δεν εμφανίζεται στατιστικά σημαντική διαφορά με βάση τον τόπο διαμονής, οι μαθητές δηλαδή ανεξάρτητα από τον τόπο διαμονής τους έχουν ίδιες αντιλήψεις απέναντι στο εξεταζόμενο θέμα. Εδώ βέβαια, θα ήταν αναμενόμενο, οι μαθητές από τις ημιαστικές περιοχές να έχουν περισσότερες γνώσεις και να είναι θετικότερα διακείμενοι ως προς τις χρήσεις της βιομάζας και των γεωργικών και κτηνοτροφικών υπολειμμάτων αφού βρίσκονται εκ των πραγμάτων πιο κοντά στο φυσικό περιβάλλον.

Σε σχέση με την επίδραση του εκπαιδευτικού επιπέδου των γονέων, στις γνώσεις και τις αντιλήψεις των μαθητών, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όσο υψηλότερης βαθμίδας είναι η εκπαίδευση των γονέων τόσο περισσότερες είναι οι γνώσεις των μαθητών και μάλιστα η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική. Σε ότι αφορά στις αντιλήψεις των μαθητών δεν βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά εξαρτόμενη από το επίπεδο εκπαίδευσης των γονέων, αν και οι μαθητές με γονείς υψηλότερου επιπέδου εκπαίδευσης εμφανίζονται θετικότεροι για το θέμα. Σε έρευνες που έχουν γίνει έχει βρεθεί συσχέτιση των περιβαλλοντικών γνώσεων των μαθητών με το μορφωτικό επίπεδο των γονέων τους, και μάλιστα, όσο αυξάνεται το μορφωτικό επίπεδο τόσο αυξάνονται οι

περιβαλλοντικές γνώσεις των μαθητών (Παπαδόπουλος, 2005˙ Makki, 2003˙ Τρικαλίτη, 1995˙ Gambrio & Switzky, 1999). Ο Δικαιάκος (2009) αναφέρει διαφοροποίηση για τους μαθητές του Γυμνασίου ανάλογα με τις θεματικές ενότητες: κατέληξε δηλαδή ότι το μορφωτικό επίπεδο και των δύο γονέων έχει επίδραση στο γνωστικό επίπεδο των θεματικών ενοτήτων: φαινόμενο του θερμοκηπίου και εξοικονόμηση ενέργειας, ενώ στις θεματικές ενότητες της λέπτυνσης της στιβάδας του όζοντος και της όξινης βροχής επίδραση έχει μόνο το μορφωτικό επίπεδο της μητέρας.

Τέλος εξετάζοντας αν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των γνώσεων και των αντιλήψεων των μαθητών για το θέμα των ανανεώσιμων πρώτων υλών στο πλαίσιο της πράσινης χημείας προέκυψε θετική γραμμική συσχέτιση και μάλιστα στατιστικά σημαντική (Pearson Correlation r=0,387, sig(2-tailed)<=0.000), δηλαδή οι μαθητές που είχαν υψηλό επίπεδο γνώσεων παρουσιάζονταν θετικότεροι ως προς το θέμα της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Θετική συσχέτιση μεταξύ γνώσεων και στάσεων υπάρχει και σε άλλες έρευνες (Βασιλοπούλου, 1998˙ Franson & Garling, 1999˙ Ballantyne, Fien & Packer, 2001). Τέλος, η Zimmermann (1996) σε έρευνα που πραγματοποίησε αναφέρει πιο θετικές στάσεις από μαθητές με υψηλό επίπεδο γνώσεων.

Πάντως η καλύτερη γνώση οδηγεί σε θετικότερη στάση και στη συνέχεια αυτή η θετική στάση οδηγεί στην απόκτηση άλλων γνώσεων (Ramsey & Rickson, 1976). Οι γνώσεις και οι αντιλήψεις των μαθητών που καταγράφηκαν στην παρούσα έρευνα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να βοηθήσουν στον σχεδιασμό περαιτέρω διδακτικών παρεμβάσεων. Ότι καταγράφηκε σε αυτή την έρευνα βοηθά τους εκπαιδευτικούς να αντιληφθούν τις δυσκολίες που συναντούν οι μαθητές. Εξάλλου είναι σημαντικό ένας εκπαιδευτικός να γνωρίζει τι υπάρχει ήδη στην γνωστική δομή των μαθητών (Ausubel, Novac & Hanesian, 1978).

6.4 Συμπεράσματα από την εκπαιδευτική παρέμβαση που πραγματοποιήθηκε

Συνήθως σε έρευνες για την αποτελεσματικότητα ενός εκπαιδευτικού υλικού προκύπτει ως συμπέρασμα μόνο η αύξηση των γνώσεων των μαθητών για το συγκεκριμένο θέμα (Παπαδόπουλος, 2005˙ Smith-Sebasto & Semrau, 2004˙ Kortland, 1997). Όμως αναφέρονται και έρευνες στις οποίες το δείγμα παρουσίασε βελτίωση των γνώσεων και τροποποίηση των στάσεων σε συγκεκριμένα περιβαλλοντικά θέματα (Βασιλοπούλου, 1998, Mangas, Martinez & Pedauye, 1997˙ Morgil et al, 2004). Να σημειωθεί ότι, σύμφωνα με τους Kasperson (1980) και Hungerford and Volk (1990) η γνώση μάλλον διαφοροποιεί παρά προκαλεί στάσεις (Κρίβας, 1998).

Μετά την εφαρμογή των σχεδίων εργασίας, στατιστικά σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν σε όλες τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που χρησιμοποιήθηκε. Ειδικότερα, η διδακτική παρέμβαση που πραγματοποιήθηκε επέφερε σημαντικότατη βελτίωση του επιπέδου των γνώσεων

των μαθητών σχετικά με τη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Από τα αποτελέσματα διαφαίνεται η αύξηση του ποσοστού των ορθών απαντήσεων κατά 36%, με ταυτόχρονη μείωση του ποσοστού επιλογής «δε γνωρίζω». Η μέση επίδοση των μαθητών σχεδόν διπλασιάστηκε και η αύξηση αυτή βρέθηκε στατιστικά σημαντική. Στατιστικά σημαντική αύξηση της μέσης επίδοσης σημειώθηκε σε κάθε γνωστική ερώτηση ξεχωριστά. Τόσο στα αγόρια όσο και στα κορίτσια εμφανίζεται στατιστικά σημαντική αύξηση στις γνώσεις τους μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση, με τη μεγαλύτερη αύξηση να έχει πραγματοποιηθεί στα αγόρια. Εντύπωση προκαλεί το γεγονός ότι μεγαλύτερη επίδραση, η διδακτική παρέμβαση είχε σε όσους μαθητές δηλώνουν ότι δεν έχουν πρότερη συμμετοχή σε πρόγραμμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης και σε αυτούς που προέρχονται από ημιαστικές περιοχές. Άρα, η δυναμική της δράσης που αναπτύχθηκε επέδρασε περισσότερο σε αυτές τις δύο κατηγορίες των μαθητών. Τέλος η εκπαιδευτική παρέμβαση αύξησε στατιστικά σημαντικά τις γνώσεις όλων των μαθητών έτσι όπως κατανέμονται με βάση τις βαθμίδες που έχουν οριστεί για την εκπαίδευση των γονέων.

Στατιστικά σημαντική επίδραση του εκπαιδευτικού υλικού υπήρξε και συνολικά στις αντιλήψεις των μαθητών. Σε όλες τις ερωτήσεις φαίνεται να σημειώνεται στατιστικά σημαντική αύξηση της μέσης τιμής για κάθε ερώτηση. Υψηλότερος μέσος όρος συνεχίζει να σημειώνεται στην ερώτηση (mean = 4,45, SD = 0,750) όπου, οι μαθητές δηλώνουν ότι επιθυμούν να ενημερωθούν με οποιονδήποτε τρόπο για καταναλωτικά προϊόντα φιλικότερα προς το περιβάλλον, ενώ ο αμέσως υψηλότερος μέσος όρος για την κλίμακα Likert σημειώθηκε στην ερώτηση (mean = 4,33, SD = 0,751) που αφορά στον ρόλο της πράσινης χημείας όπου αναγνωρίζεται από τους μαθητές η σημαντική συμβολή της στην προστασία του περιβάλλοντος. Και για τις δύο αυτές ερωτήσεις ο μέσος όρος εμφανίζεται πολύ μεγαλύτερος από το συνολικό μέσο όρο.

Συμπερασματικά, το εκπαιδευτικό υλικό που διαμορφώθηκε πέτυχε το στόχο του, που ήταν η αύξηση των γνώσεων των μαθητών αλλά και η καλλιέργεια θετικών αντιλήψεων στους μαθητές σχετικά με την χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών, τις καταναλωτικές τους συνήθειες και την αγορά προϊόντων φιλικών προς το περιβάλλον, σε ικανοποιητικό βαθμό.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι πολύ θετικές αντιλήψεις που καταγράφηκαν δεν μεταφράζονται κατ’ ανάγκη και σε ανάλογη συμπεριφορά. Γενικά όλα τα παιδιά εκφράζουν την ευχή και τη διάθεση να δράσουν προκειμένου να σώσουν το περιβάλλον. Και αυτό θα πρέπει να διερευνηθεί κατά πόσο ανταποκρίνεται σε αυθεντική διάθεση (Φλογαΐτη, 2003). Εξάλλου όπως έχουν καταδείξει πολλές έρευνες, υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ στάσεων και συμπεριφοράς (Kollmuss & Agyeman, 2002).

Όπως έχει αναφερθεί, ο σχετικά περιορισμένος χρόνος εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού πιθανόν να μην επέτρεψε την πλήρη ανάπτυξη και εμπέδωση όλων των πτυχών των δραστηριοτήτων. Παρά την ομαλή συνεργασία που επέδειξαν οι καθηγητές των οποίων οι τάξεις συμμετείχαν στην έρευνα, η πίεση του χρόνου να καλύψουν τη διδακτέα ύλη δεν επέτρεψε την εφαρμογή των σχεδίων εργασίας σε μεγαλύτερη έκταση. Είναι γνωστό ότι η πίεση του χρόνου για να καλυφτεί η διδακτέα ύλη δεν επιτρέπει πολλές δραστηριότητες (Αθανασάκη, 1996). Κατά την γνώμη μας χρειάζεται μια πιο μακροχρόνια και συστηματική εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού και μια πιο άνετη εφαρμογή του σε σχέση με τον χρόνο. Όπως τονίζει και ο Bogner (1998) η εφαρμογή εκπαιδευτικών παρεμβάσεων πρέπει να έχει μακροχρόνιο ορίζοντα και συχνή επανάληψη. Ιδιαίτερη έμφαση στη συχνή και τακτική εφαρμογή ενός εκπαιδευτικού προγράμματος δίνουν και οι Armstrong & Impara (1991). Το υλικό θα μπορούσε να εφαρμοστεί και στο Λύκειο, κάτι το οποίο δεν κατέστη δυνατόν στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας. Εξάλλου, όπως τονίζει ο Iozzi (1989b) οι στάσεις και οι αξίες των μαθητών θα πρέπει κατά τακτά διαστήματα να ενισχύονται καθώς περνούν μέσα από όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης.

Το ό,τι οι δραστηριότητες εφαρμόστηκαν για πρώτη φορά και επομένως μπορεί να μην ήταν πλήρως στοχευμένες στην επίδραση των μεταβλητών της έρευνας αποτελεί έναν περιορισμό της έρευνας. Οι δραστηριότητες που εφαρμόστηκαν θα πρέπει να δοκιμαστούν ξανά ώστε να εξαχθούν συμπληρωματικά συμπεράσματα, ενώ θα πρέπει να δοκιμαστούν και οι υπόλοιπες δραστηριότητες του εκπαιδευτικού πακέτου. Αυτό μπορεί να γίνει είτε με εφαρμογή τους μέσα από το αναλυτικό πρόγραμμα ή ως πρόγραμμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης. Το υλικό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί από καθηγητές που θέλουν να «πρασινίσουν» τα μαθήματα τους ή από τους εμπλεκόμενους καθηγητές στην περιβαλλοντική εκπαίδευση. Ο σχεδιασμός ενός προγράμματος περιβαλλοντικής εκπαίδευσης ο οποίος θα περιλαμβάνει όλες τις δραστηριότητες του εκπαιδευτικού υλικού με την δυνατότητα υλοποίησης τους σε σχολεία της χώρας ή μέσω των κέντρων περιβαλλοντικής εκπαίδευσης αποτελεί μελλοντική πρόκληση η οποία έρχεται να συμπληρώσει την ανάγκη για ευρύτερη διάχυση.

Σε ότι αφορά το ερωτηματολόγιο, να σημειωθεί, ότι γενικότερα έχει εντοπιστεί ότι τα ερωτηματολόγια ενέχουν δυσκολίες στην καταγραφή στάσεων και ότι στερούνται της δυναμικής εντύπωσης κοινωνικών δράσεων, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν είναι χρήσιμα εργαλεία (Mazur, 1998). Επομένως, το ερωτηματολόγιο θα πρέπει περαιτέρω να δοκιμαστεί ώστε να βελτιωθεί στην καταγραφή τόσο των γνώσεων όσο και των αντιλήψεων. Όπως ισχυρίζονται οι Stokking et al (1999) δεν υπάρχει το τέλειο ερωτηματολόγιο, απλά βελτιώνεται μέσα από τα λάθη και τις ατέλειες που θα ανακαλύπτονται στην πορεία.

6.5 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η ανάγκη συνέχισης της παρούσας έρευνας αποκτάει ιδιαίτερη σημασία, αφού όπως έχει ήδη αναφερθεί στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση στην Ελλάδα υπάρχει έλλειψη παρόμοιου εκπαιδευτικού υλικού αλλά και αντίστοιχων ερευνών. Ειδικότερα και σε μια συνολική προσπάθεια που θα πρέπει να ξεκινήσει για το πρασίνισμα της χημείας στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση το υλικό αυτό μπορεί να συνεπικουρήσει στην ενημέρωση των μαθητών. Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας μπορούν να συνεισφέρουν σημαντικά στο πρασίνισμα της χημείας στην εκπαίδευση και το εκπαιδευτικό υλικό που σχεδιάστηκε μπορεί να αποτελέσει τον οδηγό για την ανάπτυξη νέων εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων με άξονα και τις υπόλοιπες αρχές της πράσινης χημείας. Θεωρείται αναγκαίο να διαποτιστούν όλα τα μαθήματα με ανάλογο περιβαλλοντικό περιεχόμενο και με σύγχρονους περιβαλλοντικούς προβληματισμούς. Θα πρέπει να αυξηθούν οι ενότητες, που αναφέρονται στη σύγχρονη προβληματική για το περιβάλλον και εκπληρώνουν τις απαιτήσεις της εκπαίδευσης για την αειφορία, για διεπιστημονικότητα, ολιστικότητα, προσανατολισμό στην κατάσταση, στη δράση και στο πρόβλημα. Σημαντικό είναι να τονιστεί η επιμόρφωση των καθηγητών σε θέματα που αφορούν την περιβαλλοντική εκπαίδευση. Καθίσταται επομένως φανερός ο ρόλος που καλούνται να διαδραματίσουν τα πανεπιστήμια στον τομέα αυτό καθώς επίσης και η ανάγκη εναρμονισμού των προγραμμάτων σπουδών στις εξελίξεις του σύγχρονου κόσμου .

Επίσης η έρευνα θα μπορούσε να συμπεριλάβει ποιοτικά χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, η διεξαγωγή προσωπικών συνεντεύξεων θα μπορούσε να εμπλουτίσει τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν με το ερωτηματολόγιο, να εμβαθύνει περαιτέρω και να ανακαλύψει πιθανά απροσδόκητες πτυχές των στάσεων και των αντιλήψεων των μαθητών. Επιπρόσθετα, απαιτείται η συνεχής αξιολόγηση του εκπαιδευτικού υλικού από τους εκπαιδευτικούς και γενικά από όσους θα ασχοληθούν με την εφαρμογή του. Αυτή η συνεχής διαδικασία μπορεί να διασφαλίσει τις αναγκαίες αλλαγές και βελτιώσεις και να αντιμετωπίσει τον σχετικό περιορισμό της έρευνας. Όπως τονίζει η McDuff (2002) η αποτελεσματική αξιολόγηση πρέπει να είναι συνεχής διαδικασία. Τα εκπαιδευτικά υλικά δεν θα πρέπει να θεωρούνται ολοκληρωμένα προϊόντα, αλλά αντιθέτως να είναι δυναμικά, να εξελίσσονται συνεχώς και να μπορούν να προσαρμόζονται (Fien, 2001).

6.6 Προτάσεις διάχυσης της πράσινης χημείας στα αναλυτικά προγράμματα

Η πράσινη χημεία είναι μία νέα προσέγγιση της χημείας η οποία όπως έχει ήδη επισημανθεί εμφανίστηκε δυναμικά στον επιστημονικό χώρο στις αρχές της τελευταίας δεκαετίας του 20^{ου} αιώνα. Η ανάγκη να διδαχτεί η αξία της πράσινης χημείας στους αυριανούς χημικούς θεωρείται επιτακτική (Busch, 2000).

Η Υπηρεσία για την Περιβαλλοντική προστασία των Η.Π.Α και η Αμερικάνικη Ένωση Χημείας (ACS) έχουν αναγνωρίσει την ανάγκη να «πρασινίσει» το αναλυτικό πρόγραμμα της χημείας (Matlack, 1999). Έτσι, σε διεθνές επίπεδο υπάρχει κινητικότητα για την ανάπτυξη εκπαιδευτικού «πράσινου» υλικού μιας και είναι καθολικά αποδεκτό ότι η πράσινη χημεία αποτελεί επιστημονικό πεδίο το οποίο συνεισφέρει στη βιωσιμότητα του πλανήτη. Το 1998, το διεθνές τμήμα δραστηριοτήτων της EPA υπέγραψε συμφωνία με το γραφείο πρόληψης ρύπανσης και τοξικών ουσιών (OPPT- Office of Pollution Prevention and Toxics) η οποία προτρέπει: α) την ανάπτυξη και διάχυση εκπαιδευτικών υλικών πράσινης χημείας β) την εύρεση τρόπων προώθησης της πράσινης χημείας στα σχολεία, σε ποικίλα ακροατήρια και στο ευρύτερο κοινό γενικότερα. Στην Αμερική, η πράσινη χημεία έχει εισαχθεί στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση με το βιβλίο χημείας Chemistry in Context (American Chemical Society, 2006) ενώ υπάρχει και το βιβλίο που απευθύνεται σε μαθητές γυμνασίου με τίτλο «Η χημεία στην Κοινωνία» (ChemCom, 2011).

Σε γενικές γραμμές, σήμερα, η προώθηση της πράσινης χημείας στην εκπαίδευση γίνεται από επιστημονικές οργανώσεις, μη-κυβερνητικούς οργανισμούς και τα πανεπιστήμια. Είναι έξω από τους σκοπούς της παρούσας διατριβής η παράθεση πηγών με εκπαιδευτικό υλικό. Παράθεση πηγών με τέτοιο υλικό επιχειρείται στην διπλωματική εργασία ειδίκευσης με τίτλο «Η πράσινη χημεία στην Εκπαίδευση» της Ελένης Μπίκου στο πλαίσιο του μεταπτυχιακού διπλώματος διδακτική της χημείας και νέες τεχνολογίες, στο αριστοτέλειο πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Όπως φάνηκε από την έρευνα οι γνώσεις των μαθητών για θέματα σχετικά με την πράσινη χημεία είναι μάλλον περιορισμένες. Με δεδομένη τη σύνδεση της πράσινης χημείας με την καθημερινή ζωή φαντάζει ως επιτακτική η ανάγκη για ενσωμάτωση των αρχών της στο αναλυτικό πρόγραμμα.

Η πράσινη χημεία έχει τη δυναμική να καταστήσει τους μαθητές πιο καινοτόμους και ενεργούς, καθώς επίσης και να διορθώσει την δημόσια, μάλλον «κακή»,εικόνα της χημείας (Kitchens et al., 2006). Σε γενικές γραμμές θεωρείται προτιμότερο ο μαθητής να έλθει σε επαφή με την πράσινη χημεία σε όσο το δυνατόν μικρότερη ηλικία. Η εισαγωγή της δίνει κίνητρα στους μαθητές για την προστασία του περιβάλλοντος (Cacciatore, 2006). Πολλοί είναι εξάλλου οι μαθητές που ενδιαφέρονται για τη βιωσιμότητα του κόσμου. Με αυξημένο το ενδιαφέρον για την παγκόσμια θέρμανση και τα θερμοκηπιακά αέρια οι μαθητές ενδιαφέρονται να κατανοήσουν τον τρόπο με τον οποίο οι ανθρώπινες δραστηριότητες επηρεάζουν τον πλανήτη. Εξάλλου όλα τα περιβαλλοντικά προβλήματα εμπερικλείουν χημικές διεργασίες και προϊόντα (Hjeresen, et al, 2000).

Η αλήθεια είναι ότι έτσι όπως είναι διαμορφωμένο το αναλυτικό πρόγραμμα στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση δεν δίνεται έμφαση στην πράσινη χημεία. Και δεν αναφερόμαστε μόνο

στο ισχύον αναλυτικό πρόγραμμα της χημείας αλλά και άλλων συναφών γνωστικών αντικειμένων όπως η τεχνολογία, η βιολογία ή η περιβαλλοντική εκπαίδευση, μέσω των οποίων θα μπορούσε να επιχειρηθεί διάχυση των αρχών της. Σε πανεπιστημιακό επίπεδο θα πρέπει να σημειωθεί ότι πολλές σχολές έχουν εισάγει τις αρχές της πράσινης χημείας στο πρόγραμμα σπουδών τους και σε εργαστηριακό επίπεδο. Για παράδειγμα στο τμήμα χημείας του πανεπιστημίου Πατρών με ομόφωνη απόφαση της γενικής συνέλευσης υιοθετήθηκε η πράσινη χημεία και για την προώθησή της με την ίδια απόφαση δημιουργήθηκε ομάδα πράσινης χημείας η οποία επεξεργάστηκε το θέμα της εισαγωγής της πράσινης χημείας στο προπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών του τμήματος χημείας. Κάτι αντίστοιχο έχει γίνει και στο αριστοτέλειο πανεπιστήμιο της Θεσσαλονίκης όπου οι φοιτητές μέσω των εργαστηριακών ασκήσεων έρχονται σε επαφή με την πράσινη χημεία. Να σημειωθεί πάντως ότι, η διάχυση των αρχών της πράσινης χημείας στο προπτυχιακό επίπεδο είναι ευκολότερη από την αντίστοιχη στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Ware, 2001).

Στα συμπόσια πράσινης χημείας τα οποία έχουν διεξαχθεί μέχρι στιγμής στην Ελλάδα και περιλαμβάνουν ενότητα σχετικά με την εκπαίδευση προβάλλεται η ανάγκη εισαγωγή της μέσω της κατάθεσης/ εισήγησης διαφόρων διδακτικών προτάσεων. Σημαντικό είναι να τονιστεί ότι η εκπαίδευση των καθηγητών στις αρχές της πράσινης χημείας θεωρείται κρίσιμη ενώ, θα πρέπει να επισημανθεί ξανά ότι οι σημερινοί καθηγητές της δευτεροβάθμιας δεν έχουν εκπαιδευτεί στις αρχές της πράσινης χημείας. Απαιτείται λοιπόν η εκπαίδευση τους.

Για να εισαχθεί ουσιωδώς η πράσινη χημεία και οι αρχές της στα σχολεία θα πρέπει να γίνει μια λεπτομερής και σωστή ανάλυση της σχολικής ύλης ώστε να εντοπιστούν εκείνα τα κεφάλαια που αναφέρονται στο περιβάλλον και τα οποία μπορούν να υποστηρίξουν την παρουσίαση κάποιων αρχών της πράσινης χημείας απλοποιημένα, την συζήτηση στην σχολική τάξη με παραδείγματα πράσινης χημείας από την καθημερινή ζωή, την εισαγωγή απλών εργαστηριακών ασκήσεων και πειραμάτων, την σύγκριση πειραμάτων της σχολικής ύλης που μπορούν να εκτελεστούν με συμβατική και πράσινη μέθοδο και να τονιστούν τα πράσινα πλεονεκτήματα τους. Η διδασκαλία με όλους τους παραπάνω τρόπους κατά τη γνώμη μας θα πρέπει να γίνεται ακολουθώντας κατά προτίμηση την διδακτέα ύλη. Η διάθεση ενημερωτικών φυλλαδίων και περιοδικών πράσινης χημείας, η οργάνωση από ακαδημαϊκούς επιδείξεων πράσινης χημείας σε σχολεία με διαλέξεις, μπορούν να συνεπικουρήσουν.

Η εισαγωγή «πράσινων» μελετών περίπτωσης με στόχο την περιβαλλοντική ενημέρωση των μαθητών Λυκείου αλλά και των φοιτητών αποτελεί έναν ακόμα τρόπο διάχυσης της πράσινης χημείας στα αναλυτικά προγράμματα. Οι Terzakis et al (2010) προτείνουν κάτι αντίστοιχο και υποστηρίζουν ότι η βιώσιμη εκπαίδευση για τη χημεία μέσα από τις πράσινες μελέτες περίπτωσης

αποτελεί έναν καλό τρόπο για να αποκτήσουν οι μαθητές περιβαλλοντική συνείδηση αλλά και να αντιληφθούν τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στο περιβάλλον μέσα από πραγματικά προβλήματα. Μεταξύ των μελετών περίπτωσης που προτείνουν είναι και η περίπτωση του βιοδιυλιστηρίου. Επιπρόσθετα, οι Μαρουλής κ.ά. (2009) δίνουν αναλυτικές οδηγίες για τη διδασκαλία των βιοπλαστικών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, μέσω μιας πειραματικής διαδικασίας με τίτλο «Κάνε το δικό σου βιοπλαστικό» προτείνοντας διαδικτυακά τη διδασκαλία τους.

Παράλληλα, οι Σαββιλωτίδης κ.ά (2009) θεωρούν ότι οι εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης των πόλεων και πολύ περισσότερο της επαρχίας έρχονται αντιμέτωποι με μια σειρά προβλημάτων προκειμένου για την υλοποίηση προγραμμάτων πράσινης χημείας. Μεταξύ των προβλημάτων αναφέρουν την έλλειψη ειδικών χώρων και κατάλληλης υλικοτεχνικής υποδομής, την επιφυλακτικότητα των διευθυντών των σχολείων, τη μη θεσμοθέτηση με νόμο της σύνδεσης των προγραμμάτων με τα αναλυτικά προγράμματα, την άρνηση γονέων και κηδεμόνων. Οι συγγραφείς θεωρούν ότι ο μόνος τρόπος υλοποίησης προγραμμάτων είναι μέσα από προγράμματα πράσινης χημείας με τη μέθοδο της ανοικτής και εξ αποστάσεως εκπαίδευσης που θα εκπονούνται σε συνεργασία με τους εκπαιδευτικούς.

Στο 2ο πανελλήνιο συμπόσιο πράσινης χημείας και βιώσιμης ανάπτυξης, οι Διαμαντοπούλου, Δελής και Περλεπές (2007) αναρωτιούνται αν είναι ουτοπία η διδασκαλία των αρχών της πράσινης χημείας στους Έλληνες μαθητές Λυκείου και προτείνουν ένα τρίωρο εκπαιδευτικό πρόγραμμα με έμφαση στην αρχή της πράσινης χημείας περί οικονομίας του ατόμου. Οι ίδιοι συγγραφείς θεωρούν ότι η διάχυση των αρχών της πράσινης χημείας στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση είναι σε πρώιμα στάδια.

Στο 3ο συνέδριο πράσινης χημείας και βιώσιμης ανάπτυξης ο Αδαλής (2009) αναφέρει τα αποτελέσματα από μια πιλοτική διεπιστημονική διδακτική προσέγγιση για την Περιβαλλοντική εκπαίδευση σχετικά με τις ανανεώσιμες και μη μορφές ενεργείας. Οι στόχοι της διδασκαλίας ήταν η βελτίωση του γνωστικού επιπέδου των μαθητών και η ανάπτυξη σωστών συμπεριφορών και πρακτικών. Οι μαθητές παρακολούθησαν διαλέξεις σχετικές με την ύλη του μαθήματος. Οργανώθηκαν επισκέψεις στο πεδίο και τους ανατέθηκαν εργασίες τις οποίες παρουσίασαν στην εκπαιδευτική και ευρύτερη κοινότητα στα πλαίσια των εκδηλώσεων για την εβδομάδα περιβάλλοντος. Οι μαθητές συμπλήρωσαν κατάλληλα δομημένα ερωτηματολόγια πριν και μετά την εφαρμογή της διδασκαλίας ώστε να καταστεί εφικτή η αξιολόγηση της διδακτικής πρότασης. Η επεξεργασία των ερωτηματολογίων που συμπλήρωσαν οι μαθητές κατέδειξε σημαντική βελτίωση

στο γνωστικό τους επίπεδο κατά 16%, στο συμπεριφορικό κατά 10% ενώ η συνολική βελτίωση ήταν 13%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αγγελίδου, Ε. (1995). *Σχηματοποίηση της πληροφορίας. Μια διδακτική στρατηγική στη διάθεση της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης. Εφαρμογή σε διδακτική Ενότητα νερού Γ' τάξη γυμνασίου,* Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Αδαλής, Δ.(2009). Πιλοτική διεπιστημονική διδακτική προσέγγιση για την Περιβαλλοντική εκπαίδευση «Οι ανανεώσιμες και οι μη μορφές ενέργειας», *Πρακτικά 30υ συνέδριου Πράσινης Χημείας και Βιώσιμης Ανάπτυξης*, Θεσσαλονίκη.
- Αθανασάκη, Α. (1996). *Οικο-περιβαλλοντική παιδαγωγική*. Αθήνα: Εκδόσεις Χρήστος Ε. Δαρδανός.
- Αλεξόπουλος, Σ. Δ. (1998). Ψυχομετρία, Σχεδιασμός τεστ και ανάλυση ερωτήσεων, Τόμος Α΄, Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.
- Αποστολάκης, Κ., Σ. Κυρίτσης και Χ. Σούτερ (1987). *Το ενεργειακό δυναμικό της βιομάζας γεωργικών και δασικών υποπροϊόντων*, ΕΛΚΕΠΑ-ΙΤΕ, Αθήνα.
- Αποστολοπούλου, Μ., Κ. Αμπελιώτης, (2004). Μελέτη της στάσης των μαθητών γυμνασίων στο Ν. Σάμου σχετικά με την πράσινη χημεία, *Πρακτικά 1^{ου} Πανελλήνιου Συμποσίου Πράσινης Χημείας και Βιώσιμης Ανάπτυξης*, Αθήνα.
- Αποστολοπούλου, Μ., Κ. Αμπελιώτης, (2005). «Η πράσινη χημεία ως αντικείμενο της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης». *Πρακτικά*: *2ο Πανελλήνιο Συμπόσιο της Ελληνικής Εταιρείας για την Προστασία του Περιβάλλοντος και της Πολιτιστικής Κληρονομιάς με θέμα «Έμπνευση-Στοχασμός και Φαντασία στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση»*, Πανεπιστήμιο Πειραιά.
- Αραβώσης, Κ.(2002). Συστήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης ISO 14001 - EMAS σαν μέσα σχεδιασμού, διαχείρισης και αξιολόγησης περιβαλλοντικών προγραμμάτων επιχειρήσεων, *Περιβάλλον & Δίκαιο*, Τεύχος 4, σελ. 718 - 731.
- Αριανούτσου, Μ. (1999). Οικολογικά συστήματα. Στο Αριανούτσου, Μ., Γεωργίου Κ., Δημητρακόπουλος, Α., Καρτάλης, Κ., Παναγιωτίδης, Π., Σταματόπουλος, Κ., *Εισαγωγή στο Φυσικό και Ανθρωπογενές Περιβάλλον: Το Φυσικό Περιβάλλον*, 17-73, ΕΑΠ, Πάτρα.
- Βαλαβανίδης, Αθ. και Θ. Βλαχογιάννης (2008). *Περιβαλλοντική Χημεία και Οικοτοξικολογία. Διαχείριση Οικοσυστημάτων. Εκτίμηση Οικολογικού Κινδύνου*, Έκδοση του Τμήματος Χημείας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα, http://www.chem.uoa.gr/courses/organiki_1/val_oikotox.htm.

- Βαμβουκάς, Μ. (1991). Εισαγωγή στην Ψυχοπαιδαγωγική Έρευνα και Μεθοδολογία, Εκδόσεις Γρηγόρης Αθήνα.
- Βασαλά, Π. (1994). Η διάβρωση του εδάφους ως παράδειγμα διδασκαλίας στην περιβαλλοντική εκπαίδευση. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Βασιλοπούλου, Μ. (1998). Διερεύνηση και διδακτική αντιμετώπιση των πρότερων αντιλήψεων των μαθητών Γυμνασίου για τη βιοποικιλότητα. Διδακτορική Διατριβή ΕΚΠΑ.
- Γαλανός, Φ., & Αλμπάνης, Κ. (1993). *Η αειφορία και οι επιδράσεις της στα δάση, το περιβάλλον και την οικονομία*. Αθήνα: Επτάλοφος Α.Ε.Β.Ε.
- Γεωργόπουλος, Α. (1998). Γη, *Ένας Μικρός και Εύθραυστος Πλανήτης*. Gutenberg, Αθήνα.
- Γιούρη-Τσόχατζη, Κ., και Γ. Μανουσάκης (2000). Διδακτική της Χημείας, Εκδόσεις Ζήτη, Θες/νικη.
- Γκούσια-Ρίζου, Μ. και Σδράλη, Δ.(2005). Ανάπτυξη περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος από τους μαθητές. Ο ρόλος της οικογένειας και του Σχολείου, *Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων*, τ.10, ΥΠΕΠΘ, ΠΙ, Αθήνα.
- Δανασσής-Αφεντάκης, Α. (1988), Οι εξωσχολικοί παράγοντες και η σχολική επίδοση των μαθητών μέσης εκπαίδευσης (Τόμοι Α και Β) ($2^{η}$ έκδοση), Αθήνα, Εργαστήριο Πειραματικής Παιδαγωγικής, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Δεκλερής, Μ. (1996). *Ο Δωδεκάδελτος του Περιβάλλοντος*. Εγκόλπιο Βιωσίμου Αναπτύξεως, Εκδόσεις Σάκκουλα, Αθήνα.
- Δεκλερή, Μ. (2000). *Το Δίκαιο της Βιωσίμου Αναπτύξεως. Γενικές Αρχές*. Εκδόσεις Σάκκουλα, Αθήνα.
- Δελλής, Γ. (1998). *Κοινοτικό Δίκαιο Περιβάλλοντος, Οι διαστάσεις της προστασίας του περιβάλλοντος στην Κοινοτική έννομη τάξη*, Εκδ. Α. Σάκκουλας και Καράκωστας, Ι. (2006), Περιβάλλον και Δίκαιο.
- Δ.Ε.Π.Π.Σ., ΦΕΚ 303/13-3-2003, σελ. 3734-3736.
- Δερβίσης, Σ.Ν., (1998). *Οι μαθητές μιας τάξης ως κοινωνική ομάδα και ομαδοκεντρική διδασκαλία*. Αθήνα: Gutemberg.
- Διαμαντοπούλου, Ε., Δελής Γ. και Σπ. Περλεπές (2007). Είναι ουτοπία η διδασκαλία των αρχών της πράσινης χημείας στους Έλληνες μαθητές Λυκείου; Πρόταση για μια άσκηση, *Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συμποσίου Πράσινης Χημείας και Βιώσιμης Ανάπτυξης*, Πάτρα.

- Δικαιάκος, Δ. (2009). *Εφαρμογή εκπαιδευτικού υλικού για την αειφόρο ανάπτυξη και το περιβάλλον σε θέματα που αφορούν την ενέργεια*, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ, Αθήνα.
- Δίτσιου, Μ. (2002). Αξιολόγηση του προγράμματος περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, Πρώτη γνωριμία με τους φυσικούς πόρους: Από την παραγωγή στην κατανάλωση, Διδακτορική διατριβή, Ε.Κ.Π.Α., Φιλοσοφική Σχολή, Τμήμα Φιλοσοφίας-Παιδαγωγικής-Ψυχολογίας, τομέας Παιδαγωγικής, Αθήνα.
- Δόκου, Μ. (2005). Η σύγχρονη εκπαιδευτική έρευνα, *Χημικά Χρονικά,* 5, 17-19.
- Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Σχέδιο δράσης για τη Βιομάζα (2005), COM (2005) 628 τελικό, {SEC (2005) 1573}. Βρυξέλλες, 07.12.2005.
- Θεοφιλίδης, Χρ.(2002). *Διαθεματική προσέγγιση της Διδασκαλίας*, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.
- Καλαϊτζίδης, Δ. (1999). Πρόλογος, στο: *Βασικά κείμενα για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Η Διακήρυξη της Τυφλίδας, ΠΕΕΚΠΕ, Ελληνική Εταιρεία για την Προστασία του Περιβάλλοντος και της Πολιτιστικής Κληρονομιάς*, Τεύχος 2.
- Καλδέλλης, Ι. και Κ. Χαλβατζής (2005). *Περιβάλλον και Βιώσιμη Ανάπτυξη, Αειφορία και Ανάπτυξη-Ατμοσφαιρική Ρύπανση*, Εκδόσεις Σταμούλη, Τόμος Α΄, Αθήνα.
- Καλκάνης, Γ. και Χατήρης, Ι. (1998). *Τεχνολογία Υλικών*, Εκδόσεις Ίων, Έκδοση 2^{η} (ISBN 960-405-692-1).
- Καμαρινού, Δ. (1995). Έρευνα - Δράση στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης: Σχεδιασμός, Υλοποίηση και αξιολόγηση ενός εκπαιδευτικού προγράμματος περιβαλλοντικής εκπαίδευσης για την τοπική αρχιτεκτονική κληρονομιά, Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή παιδαγωγική, Τμήμα παιδαγωγικό δημοτικής εκπαίδευσης, Πάτρα (ΕΙΕ, http://thesis.ekt.gr/8608).
- Κανάκης, Ι. Ν., (1989), Διδασκαλία και μάθηση με σύγχρονα μέσα επικοινωνίας. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.
- Κανονισμός 761/2001/ΕΚ της 19ης Μαρτίου 2001 «Για την εκούσια συμμετοχή των οργανισμών σε Κοινοτικό Σύστημα Οικολογικής Διαχείρισης και Οικολογικού Ελέγχου», Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, L 114 της 24/4/2001.
- Κανονισμός EMAS 1836/93, ΕC 29/06/1993.

- Καπασσά Μ. και Κ. Αμπελιώτης (2009). «Παραγωγή Προϊόντων από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Που βρισκόμαστε σήμερα;». Πρακτικά: 3ο Συνέδριο Πράσινης Χημείας και Βιώσιμης Ανάπτυξης, Θεσσαλονίκη, 25-27/9/2009.
- Καραγεώργου, Β. (2002). Η Παγκόσμια Διάσκεψη του Γιοχάνεσμπουργκ για την Αειφόρο Ανάπτυξη, *Περιβάλλον και Δίκαιο,* 21, Νομική Βιβλιοθήκη.
- Καρακασίδης, Ν. (1999). *Συσκευασία και Περιβάλλον*, Εκδόσεις Ίων, Έκδοση 2η, ISBN 960-405-942-4.
- Καστανίδη, Ε. (2008). Εσωτερικά Ύδατα*, Υλικό περιβαλλοντικής εκπαίδευσης για τον καθηγητή (ΕΠΕΑΕΚ)*, ΚΕΕ, Αθήνα.
- Κατάκης, Δ. (1991). *Πρακτικά Ανοργάνου Χημείας*, ΟΕΔΒ, Αθήνα.
- Κατάκης, Δ. (2002). «Χημικοί: Οι ιερείς και ιέρειες της αλλαγής», *Χημικά Χρονικά*, 123, 4.
- Κατσαρός, Ν. (2007), Φωτο-Βιοαποικοδομήσιμα πλαστικά-Η λύση στο πρόβλημα της περιβαλλοντικής ρύπανσης της πλαστικής σακούλας, *Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συμποσίου, Πράσινη Χημεία και Βιώσιμη Ανάπτυξη*, Πάτρα.
- Κατσίκης, Απ., Ζαχαρίου, Αρ. (2005). Η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στην Ευρώπη: Πορεία και Προοπτικές . Στο Γεωργόπουλος, Α. (επιμ), *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση: Ο νέος πολιτισμός που αναδύεται*, σελ. 253-278. Gutenberg, Αθήνα.
- Κατσούρης, Ε., Α. Γιορμάνης, Β. Βάλλα και Μ. Χριστιανοπούλου (2007). Τα μικροκύματα στην οργανική σύνθεση στα πλαίσια της πράσινης χημείας, *Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συμποσίου, Πράσινη Χημεία και Βιώσιμη Ανάπτυξη*, Πάτρα.
- Κασσωτάκης, Μ. (1981). *Η αξιολόγηση της επίδοσης των Μαθητών. Μέσα, προβλήματα, προοπτικές*, 9η έκδοση, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.
- Κατσίλλης, Ι. (1998). *Οι μικροϋπολογιστές στις κοινωνικές Επιστήμες. Επιστημονική εμπειρική έρευνα και στατιστικές αναλύσεις*. Gutenberg, Αθήνα.
- Κατσίλλης, Ι.(1998). *Το μέγεθος του δείγματος στις κοινωνικές έρευνες*, στο Μέθοδοι στην Κοινωνιολογική έρευνα με επιμέλεια Γιώτα Παπαγεωργίου, Εκδόσεις Τυπωθήτω-Γιώργος Δαρδανός.
- Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας, (2009). *e-μαθήματα Εκπαίδευσης για την Αειφορία*, ΕΠΕΑΕΚ ΙΙ, Γ' ΚΠΣ.
- Κλεάνθους-Παπαδημητρίου, Μ., *Η Νέα Αγωγή*, Τόμοι Ι-ΙΙΙ, Αθήνα 1952/1980.

- Κουλουμπαρίτση, Αλ.(2002-2003). Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος «Παιδαγωγική και Οργάνωση της Διδασκαλίας: Αναλυτικά Προγράμματα-Διδακτική Μεθοδολογία-Σχολικά εγχειρίδια» στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα ΔΙΧΗΝΕΤ, Αθήνα.
- Κουρεμένος, Κ.(1993). *Η διδασκαλία των φυσικών μαθημάτων στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο*, Εκδόσεις Γρηγόρης, Αθήνα.
- Κουρουκλίδης, Χ., Βάλλα, Β. και Χριστιανοπούλου, Μ. (2007). Νέες τάσεις στην χρήση διαλυτών στην οργανική σύνθεση, *Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συμποσίου, Πράσινη Χημεία και Βιώσιμη Ανάπτυξη*, Πάτρα.
- Κρίβας, Σ. (1998). Περιβαλλοντική αγωγή και περιβαλλοντική συμπεριφορά: μια κριτική συνθετική προσέγγιση μέσω μιας βιβλιογραφικής διερεύνησης, *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, 27, 41-70.
- Κωνσταντινόπουλος, Σ. Π. (2002). Στάσεις των δασκάλων απέναντι στην περιβαλλοντική εκπαίδευση: το παράδειγμα των δασκάλων του νομού Φλώρινας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ). Διδακτορική διατριβή. Παιδαγωγική Σχολή Φλώρινας. Τμήμα Παιδαγωγικό Δημοτικής Εκπαίδευσης, (ΕΙΕ, http//thesis.ekt.gr/13413).
- Λιαράκου, Γ. και Ε. Φλογαΐτη (2007). *Από την περιβαλλοντική εκπαίδευση στην εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη. Προβληματισμοί, Τάσεις και Προτάσεις*. Αθήνα: Νήσος.
- Μαρούλης, Α., Κ. Χατζηαντωνίου-Μαρούλη, Χ. Καραμπέρης (2003). Χημεία και Καθημερινή Ζωή. Η Φυτική Παραγωγή ως Πηγή Πρώτων Υλών της Χημικής Βιομηχανίας. Η πράσινη Προσέγγιση, *Πρακτικά 1ου Συμποσίου Πράσινης Χημείας και Βιώσιμης Ανάπτυξης*, Αθήνα.
- Μαρουλής, Α., Κ. Χατζηαντωνίου και Α. Καλκάνη (2007). Πράσινη χημεία και Εκπαίδευση: Υπέρθερμο και υπερκρίσιμο νερό. Μια πράσινη προσέγγιση στην εκχύλιση, *Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συμποσίου, Πράσινη Χημεία και Βιώσιμη Ανάπτυξη*, Πάτρα.
- Μαρουλής, Α., Χατζηαντωνίου, Κ και Τζελέπης, Γ. (2007). Διαλύτες από βιομάζα, *Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συμποσίου, Πράσινη Χημεία και Βιώσιμη Ανάπτυξη,* Πάτρα.
- Μαρουλής, Α., Κ. Χατζηαντωνίου και Α. Τσιτσιριδάκη (2007). Εναλλακτικοί διαλύτες, ιοντικοί διαλύτες, *Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συμποσίου, Πράσινη Χημεία και Βιώσιμη Ανάπτυξη*, Πάτρα.
- Μαρουλής, Α., Χατζηαντωνίου-Μαρουλή, Κ., Γκιγκούδη, Α., Καλμουκίδης, Γ., Τολανούδης, Μ. (2009). Βιοπλαστικά-Βιοαποικοδομήσιμα Πλαστικά, *Πρακτικά 3ου Συνεδρίου Πράσινης Χημείας και Βιώσιμης Ανάπτυξης*, Θεσσαλονίκη.

- Ματσαγγούρας, Η. (2000). *Θεωρία και πράξη της διδασκαλίας. Στρατηγικές διδασκαλίας. Η κριτική σκέψη στη διδακτική πράξη*. Αθήνα: Gutenberg.
- Ματσαγγούρας, Η. (2002). *Ευέλικτη Ζώνη Διαθεματικών Προσεγγίσεων: Μια εκπαιδευτική καινοτομία που αλλάζει το σχολείο*, στο «Επιθεώρηση εκπαιδευτικών θεμάτων, Ειδικό αφιέρωμα στην Ευέλικτη Ζώνη», Τεύχος 6, Αθήνα.
- Ματσαγγούρας, Η. (2003). *Η Διαθεματικότητα στην σχολική Γνώση: Εννοιοκεντρική Αναπλαισίωση και Σχέδια Εργασίας*, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.
- Μαυρόπουλος, Μ. Σ. (2005). Η ερευνητική εργαστηριακή άσκηση, *Χημικά Χρονικά*, 5, 20-21.
- MIO-ECSDE, 2003, Μεθοδολογία για την εφαρμογή εκπαιδευτικών υλικών την Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και την Αειφορία Πρακτικά Επιμορφωτικού Σεμιναρίου, 25-26 Οκτωβρίου, Χημικό Τμήμα, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Μούγιος, Π. (2002). Ερευνητική και Εκπαιδευτική διερεύνηση της πράσινης χημείας και εφαρμογές στην οργανική σύνθεση με την χρήση υπερήχων και μικροκυμάτων, Ερευνητική εργασία διπλώματος Ειδίκευσης, ΕΚΠΑ, Αθήνα.
- Μπομπέτσης, Α. και Στεφανή, Χ. (2004). *Εφαρμογή της Ομαδοσυνεργατικής μεθόδου στην εργαστηριακή διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών-Έρευνα και Πράξη*, Τεύχος 8-9, σελ. 22-31, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.
- Μυλωνάς, Κ. (1999). Θεωρητικές Έννοιες Μετρικής και Ψυχομετρίας. (Πανεπιστημιακές σημειώσεις), ΕΚΠΑ, Αθήνα.
- Ντόλκα, Μ. (2001). *Η περιβαλλοντική συνείδηση σε εφήβους (μαθητές/τριες) και ενήλικες: Γνωστικές, συναισθηματικές, πραξιακές και ηθικές διαστάσεις*. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών Επιστημών, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Τομέας Παιδαγωγικής.
- Οδηγία 96/61/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου (24/9/1996), σχετικά με την ολοκληρωμένη πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης στη Βιομηχανία (οδηγία IPPC).
- Οδηγία 42/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (2004), σχετικά με τον περιορισμό των εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων που οφείλονται στη χρήση οργανικών διαλυτών σε χρώματα διακόσμησης και βερνίκια και σε προϊόντα φανοποιΐας αυτοκινήτων της 21ης Απριλίου 2004.

- Παπαδημητρίου, Β. (2005). «Ο κονστρουκτιβισμός στις φυσικές επιστήμες και στην περιβαλλοντική εκπαίδευση». Στο: Α. Γεωργόπουλος (επιμ.), *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Ο Νέος Πολιτισμός που αναδύεται* (σ. 393-420). Αθήνα: Gutenberg.
- Παπαδόπουλος, Δ. (2005). *Ανάπτυξη, εφαρμογή και αξιολόγηση προγραμμάτων περιβαλλοντικής εκπαίδευσης για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων*, Διδακτορική διατριβή, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα χημείας, ΕΚΠΑ, Αθήνα.
- Παπαστάμου, Σ., με τη συνεργασία των: Αντωνίου Σ., Κατερέλου Ι. Δ., Μαντόγλου Α., Προδρομίτη Γ., Ρήγα Α.Β., Σακαλάκη Μ. (2001). *Εισαγωγή στην Κοινωνική ψυχολογία. Τόμος Α:Επιστημολογικοί προβληματισμοί και μεθοδολογικές κατευθύνσεις*, εκδ. Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.
- Παρασκευόπουλου, Ν. Ι. (1993). *Μεθοδολογία Επιστημονικής Έρευνας*, Τόμος 2, Αθήνα.
- Πούλος, Κ. (2004). Εισαγωγή της πράσινης χημείας στα Προγράμματα Σπουδών Δευτεροβάθμιας και Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης, *Πρακτικά 1ου Πανελλήνιου Συμποσίου Πράσινης Χημείας και Βιώσιμης Ανάπτυξης*, Αθήνα.
- Πούλος, Κ. (2007). Η διάχυση της πράσινης χημείας στην Εκπαίδευση: Μια πρόκληση και μια αναγκαιότητα για την αειφορία, *Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συμποσίου, Πράσινη Χημεία και Βιώσιμη Ανάπτυξη*, Πάτρα.
- Σαββιλωτίδης, Κ., Σαββιλωτίδου, Βασ (2009). Η καινοτόμος καθιέρωση διεπιστημονικών προγραμμάτων πράσινης χημείας με τη μέθοδο της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης και η συμβολή τους στη βιωσιμότητα του πλανήτη μας, *Πρακτικά 3ου Συνεδρίου Πράσινης Χημείας και Βιώσιμης Ανάπτυξης*, Θεσσαλονίκη.
- Σάλτα, Αικ. (2001). Οι στάσεις των μαθητών της Β' Τάξης του Ενιαίου Λυκείου απέναντι στο μάθημα της χημείας, Διπλωματική εργασία ειδίκευσης, ΔΙΧΗΝΕΤ, ΕΚΠΑ, Σχόλη Θετικών Επιστημών, Τμήμα Χημείας, Αθήνα.
- Σάλτα, Αικ.(2007). Διερεύνηση των γνώσεων, δεξιοτήτων και στάσεων που αποκτούν οι μαθητές από το μάθημα της Χημείας κατά την εκπαίδευση τους και του ρόλου που παίζουν αυτές στην καθημερινή τους ζωή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Χημείας, Αθήνα.
- Σαχίνη-Καρδάση Α. (1997). *Μεθοδολογία Έρευνας: Εφαρμογές στο Χώρο της Υγείας*, Γ΄ έκδ., Εκδ. ΒΗΤΑ, Αθήνα.

- Σίσκος Π., Κ. Αμπελιώτης, Μ. Καπασσά (2007). Η εισαγωγή ενός εγχειριδίου Πράσινης Χημείας στην Ελλάδα. Π*ρακτικά: 2ο Συμπόσιο Πράσινης Χημείας και Βιώσιμης Ανάπτυξης, Πάτρα*, 8-10/3/2007.
- Σκούλλος, Μ. (2001). Αειφόρος ανάπτυξη και τα ορόσημα περιβαλλοντικής πολιτικής του άμεσου μέλλοντος, *Δαίμων της Οικολογίας*, τ.1, Φεβρουάριος.
- Σκούλλος, Μ. (2003). Εξέλιξη εννοιών σχετικών με την Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και την Αειφορία, Μεθοδολογία για την εφαρμογή εκπαιδευτικών υλικών στην Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και την Αειφορία, *Πρακτικά Επιμορφωτικού Σεμιναρίου*, 25-26 Οκτωβρίου, Χημικό Τμήμα, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Σκούλλος, Μ. (2004). «Εξελίξεις εννοιών και Διεθνείς Πρωτοβουλίες στην Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και την Αειφόρο Ανάπτυξη». Στο Π.Ε.ΕΚ.Π.Ε., *Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συνεδρίου: Βιώσιμη Ανάπτυξη, Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Τοπικές κοινωνίες*. Ουρανούπολη Χαλκιδικής, 15-17/10/2004, Εκδοτικός Όμιλος ΙΩΝ (CD).
- Σοφούλης, Κ. (2003), «Η περιβαλλοντική αειφορική πολιτική ως βιώσιμο σύστημα». Στο Γ. Ι. Τσάλτας (επιμ.) Γιοχάνεσμπουργκ. *Το περιβάλλον μετά την Συνδιάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για την Αειφόρο Ανάπτυξη*. Αθήνα: Ι. Σιδέρης.
- Τμήμα Περιβάλλοντος Πανεπιστημίου Αιγαίου (2007). Εισαγωγή στο Περιβάλλον, *Σημειώσεις διαδικτυακών μαθημάτων*.
- Τρικαλίτη, Αγ.(1995). *Διερεύνηση γνωστικών, κοινωνικών και ψυχολογικών παραμέτρων συνδεόμενων με την περιβαλλοντική εκπαίδευση*. Διδακτορική διατριβή, ΕΚΠΑ, Φιλοσοφική Σχολή, Τμήμα Φιλοσοφίας, Παιδαγωγικής, Ψυχολογίας, Τομέας Παιδαγωγικής, Αθήνα.
- Τρικαλίτη, Αγ. (2002-2003), *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Από τη Θεωρία στην Πράξη*, Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα ΔΙΧΗΝΕΤ, Αθήνα.
- Τσαλίκη, Ε. (2003). Η λειτουργία των ΚΠΕ στην Ελλάδα και η συμβολή τους στην προώθηση της ΠΕ, Μεθοδολογία για την εφαρμογή εκπαιδευτικών υλικών στην Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και την Αειφορία, *Πρακτικά Επιμορφωτικού Σεμιναρίου, 25-26 Οκτωβρίου*, Χημικό Τμήμα, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Τσαπαρλής, Γ. (1988). Χημεία και αυριανοί πολίτες, *Πρακτικά 12^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Χημείας*, Θες/νίκη.
- Τσαπαρλής, Γ. (2003). Ο Εποικοδομητισμός στην Διδασκαλία της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης και η Σύνδεση της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης με τις Φυσικές Επιστήμες,

Μεθοδολογία για την εφαρμογή εκπαιδευτικών υλικών στην Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και την Αειφορία, *Πρακτικά Επιμορφωτικού Σεμιναρίου*, 25-26 Οκτωβρίου 2003, Χημικό Τμήμα, Πανεπιστήμιο Αθηνών.

- Φίλιας, Β. (1994). *Εισαγωγή στη Μεθοδολογία και στις Τεχνικές των Κοινωνικών Ερευνών*, Αθήνα: Gutenberg.
- Φλογαίτη, Ε. (1993). *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση*. Αθήνα: Ελληνικές Πανεπιστημιακές Εκδόσεις, Ελληνικά Γράμματα, 1998.
- Φλογαΐτη, Ε. (2003). Αντιλήψεις μαθητών για το περιβάλλον: Ανασκόπηση της διεθνούς αρθρογραφίας. Θέματα στην εκπαίδευση, 4 (1), 85-95.
- Φλογαίτη, Ευγ. (2006). *Εκπαίδευση Για το Περιβάλλον και την Αειφορία*, Ελληνικά Γράμματα.
- Φλογαίτη, Ε και Μ. Δασκολιά (2004). «Περιβαλλοντική Εκπαίδευση: Σχεδιάζοντας ένα αειφόρο μέλλον». Στο: Π. Αγγελίδης και Γ. Μαυροειδής (επιμ), *Εκπαιδευτικές καινοτομίες για το σχολείο του μέλλοντος* (σσ 281-302). Αθήνα: Τυπωθήτω-Γιώργος Δαρδανός.
- Χαλκιά, Κρ. (1995). Οι Έλληνες Εκπαιδευτικοί της Α/Θμιας και της Β/Θμιας Εκπαίδευσης απέναντι στο μάθημα της Φυσικής, Διδακτορική Διατριβή, Παιδαγωγικό Τμήμα Δ.Ε, Τομέας Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Χατζηγεωργίου, Γ. (2000). *Γνώθι το curriculum*. Αθήνα: Ατραπός.
- Χατζηχρηστίδης, Ν. (1991). *Σημειώσεις Χημείας και Τεχνολογίας Πετρελαίου*, ΕΚΠΑ, Αθήνα.
- Χημικό Τμήμα, Πανεπιστήμιο Αθηνών, ΜΙΟ-ECSDE (2003). Μεθοδολογία για την εφαρμογή εκπαιδευτικών υλικών την Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και την Αειφορία, *Πρακτικά Επιμορφωτικού Σεμιναρίου*, 25-26 Οκτωβρίου.
- Χρυσαφίδης, Κ. (2002). *Βιωματική, Επικοινωνιακή Διδασκαλία,* Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.
- Cohen, L., L. Manion και K. Morrison, (2007). *Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας*, Εκδόσεις Μεταίχμιο, Αθήνα.
- Fontana, D. (1998). *Ο εκπαιδευτικός στην τάξη*, εκδ. Σαββάλα, Αθήνα.
- Howitt D., and Cramer, D. (2003). *Στατιστική με το SPSS 11 για τα WINDOWS*, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα.
- Kuhn, T.S. (1981). *Η δομή των επιστημονικών επαναστάσεων*, μτφρ. Γ. Γεωργακόπουλος Β. Κάλφας, επιμ. Β. Κάλφας, Σύγχρονα Θέματα, Θεσσαλονίκη.
- Mager, R.(1985). *Διδακτικοί στόχοι και διδασκαλία*, Αφοί Κυριακίδη, Θες/νικη.

- Standage, T. (2007). Ξαναγυρνώντας στο……Wood-stock, *The Economist*, Τεύχος 40, 18-20.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abeliotis, K., M. Goussia-Rizou, D. Sdrali and I. Vassiloudis (2010). How parents report their environmental attitudes: a case study from Greece, *Environment, Development and Sustainability*, 12, 329-339, DOI: 10.1007/s10668-009-9197-0.
- Adsul, G. M., A. J. Varma and D. V. Gokhale (2007). Lactic acid production from waste sugarcane bagasse derived cellulose, *Green Chem.*, 9, 58-62.
- Agelidou, E., Balafoutas, G., Flogaitis, E. (2000). Schematization of concepts-a teaching strategy for environmental education implementation in a water module third grade in junior high school (gymnasium-15 years old). *Environmental Education Research*, 6(3), 223-243.
- Aho, L., T. Permikangas and S. Lyra (1989). Finnish primary school children's preferences in environmental problem solving. *Science Education*, 73(5), 635-642.
- Ajzen, I. and M. Fishbein (1980). Understanding Attitudes and Predicting Social Behavior, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Allen, B. (2000). Bhopal - 15 years on, *Green Chem.*, 2, G56-G58.
- Alp, E., H. Ertepinar, C. Tekkaya, A. Yilmaz (2006). A Statistical Analysis of Children's Environmental Knowledge and Attitudes in Turkey. *International Research in Geographical and Environmental Education,* 15(3), 210 – 223.
- Alp, E., H. Ertepinar, C. Tekkaya, A. Yilmaz (2008). A survey on Turkish elementary school students' environmental friendly behaviours and associated variables. *Environmental Education Research,* 14(2),129 – 143.
- Allport, G. (1935). Attitudes, in: A Handbook of Social Psychology, Worcester, Massachusetts, Clark University Press, London, Humphrey Milford: Oxford University Press, 798-844.
- Alport, G. W. (1961). Pattern and Growth in Personality. New York: Holt, Rinehart and Winston Pub.
- American Chemistry Council (2002). Guide to the Business of Chemistry 2000, Washington, DC, data for 1999 Chemical News and Intelligence, Reed, Business Information.
- Anastas, T.P. and Warner, C. J. (1998). *Πράσινη Χημεία Θεωρία και Πράξη, μτφ Κ. Αμπελιώτης, Μ. Καπασσά, Π. Σίσκος, Πανεπιστημαικές Εκδόσεις Κρήτης*, p.5.

- Anastas, P. and Warner, C. J. (1998). *Πράσινη Χημεία Θεωρία και Πράξη, μτφ Κ. Αμπελιώτης, Μ. Καπασσά, Π. Σίσκος, Πανεπιστημαικές Εκδόσεις Κρήτης*, p. 15.
- Anastas, P. and Warner, C. J. (1998). *Πράσινη Χημεία Θεωρία και Πράξη, μτφ Κ. Αμπελιώτης, Μ. Καπασσά, Π. Σίσκος, Πανεπιστημαικές Εκδόσεις Κρήτης*, p. 41.
- Anastas, P. and Warner, C. J. (1998). *Πράσινη Χημεία Θεωρία και Πράξη, μτφ Κ. Αμπελιώτης, Μ. Καπασσά, Π. Σίσκος, Πανεπιστημαικές Εκδόσεις Κρήτης*, p. 46.
- Anastas, P. and Warner, C. J. (1998). *Πράσινη Χημεία Θεωρία και Πράξη, μτφ Κ. Αμπελιώτης, Μ. Καπασσά, Π. Σίσκος, Πανεπιστημαικές Εκδόσεις Κρήτης*, p.50-51.
- Anastas, P. and Warner, C. J. (1998). *Πράσινη Χημεία Θεωρία και Πράξη, μτφ Κ. Αμπελιώτης, Μ. Καπασσά, Π. Σίσκος, Πανεπιστημαικές Εκδόσεις Κρήτης*, p.55.
- Anastas, P. and Warner, C. J. (1998). *Πράσινη Χημεία Θεωρία και Πράξη, μτφ Κ. Αμπελιώτης, Μ. Καπασσά, Π. Σίσκος, Πανεπιστημαικές Εκδόσεις Κρήτης*, p.62.
- Anastas, P. and Warner, C. J. (1998). *Πράσινη Χημεία Θεωρία και Πράξη, μτφ Κ. Αμπελιώτης, Μ. Καπασσά, Π. Σίσκος, Πανεπιστημαικές Εκδόσεις Κρήτης*,p. 67.
- Anastas, P. and Warner, C. J. (1998). *Πράσινη Χημεία Θεωρία και Πράξη, μτφ Κ. Αμπελιώτης, Μ. Καπασσά, Π. Σίσκος, Πανεπιστημαικές Εκδόσεις Κρήτης*, p. 74.
- Anastas, P. and Warner, C. J. (1998). *Πράσινη Χημεία Θεωρία και Πράξη, μτφ Κ. Αμπελιώτης, Μ. Καπασσά, Π. Σίσκος, Πανεπιστημαικές Εκδόσεις Κρήτης*, p. 76.
- Anastas, P., J. Warner (2000). *Πράσινη Χημεία Θεωρία και Πράξη, μτφ Κ. Αμπελιώτης, Μ. Καπασσά, Π. Σίσκος, Πανεπιστημαικές Εκδόσεις Κρήτης.*
- Anastas, P.(2002). Green Chemistry: Meeting the challenges to sustainability, *Plenary Lecture at the Opening Ceremony of the 8th FECS Conference on Chemistry and the Environment: Chemistry for a Sustaining World*, Athens, Greece. All conference report available to *Environ Sci & Pollut Res.* 9, (6), p. 443-444.
- Anastas, P. and J. Breen (1997). Design for the environment and Green Chemistry: the heart and soul of industrial ecology, *J. Cleaner Prod*. 5, (1-2), 97-102.
- Anastas, P., L. B. Bartlett, M. M. Kirchhoff and T. C. Williamson (2000). The role of catalysis in the design, development, and implementation of green chemistry, *Catalysis Today*, 55, 11-22.
- Anastas, P., M. Kirchhoff, T. Williamson (2001). Catalysis as a foundational pillar of green chemistry, *Applied Catalysis A: General*, 221 3-13.

- Anastas, P., R. Kazlauskas and G. Sheldrake (2006). Ten years of green chemistry at the Gordon Research Conferences: frontiers of science, *Green Chem*., 8, 677.
- Anastasi, A. (1990). Psychological Testing, New York: Macmillan Pub. Co.
- Anastasi, A. and S. Urbina (1997). Psychological testing, 7th Edition, Prentice-Hall, USA.
- Anderson, G. and N. Arsenault (1998). Fundamentals on Educational Research, 2nd Edition, Falmer Press, Taylor and Francis Group.
- Arcury, T. A.(1990). Environmental attitude & environmental knowledge. *Human Organization*, 49 (4), 300-304.
- Armstrong, B. J. and J. C. Impara (1991). The impact of an environmental education program on knowledge and attitude. *The Journal of Environmental Education*, 22(2), 163-173.
- Armstrong, B. J. and J. C. Impara (1991). The Impact of an environmental education program on knowledge and attitude, *The Journal of Environmental Education*, 22 (4), 36-40.
- Arvai, J.L., A. Baird and A. Campbell (2004). Teaching students to make better decisions about the environment: Lessons from the decision sciences. *The Journal of Environmental Education*, 36 (1), 33-44.
- Asadullah, M., T. Miyazawa, S.I. Ito, K. Kunimori, M. Yamada and K. Tomishige (2002). Novel biomass gasification method with high efficiency: Catalytic gasification at low temperature. *Green Chemistry*, 4, 385–389.
- Audsley, E. and J. E. Annetts (2003). Modelling the value of a rural biorefinery-part I: the model description. *Agric. Syst*., 76(1), 39–59.
- Ausubel, D. P., Novac, J. D. And Hanesian, H. (1978). Educational Psychology. A cognitive view, New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Azapagic, A., S. Podan and R. Clift (2004) (ed). Sustainable Development in Practice, Wiley, Chichester.
- Bailey, K.D.(1978). Methods of Social Research. Basingstoke: Collier-Macmillan.
- Baird, C. (1999). Environmental Chemistry, W.H. Freeman: New York, 2nd ed.
- Ballantyne, R., & M. Packer (1996). Teaching and learning in environmental education: Developing environmental conceptions. *Journal of Environmental Education*, 27(2), 25–32.
- Ballantyne, R., J. Fien, and J. Packer (2001). Program effectiveness in facilitating intergenerational influence in environmental education: Lessons from the field, *The Journal of Environmental Education*, 2001, 32(4), 8-15.

- Ballantyne, R., J. Fien, and J. Packer (2003). Program effectiveness in facilitating intergenerational influence in environmental education: Lessons from the field. *The Journal of Environmental Education*, 34(3), 12-21.
- Ballantyne, R., S. Connell, & Fien, J. (1998). Factors contributing to intergenerational communication regarding environmental programs: preliminary research findings, *Australian Journal of Environmental Education*, 14, 1-10.
- Barraza, L. and Walford, A. R.(2002). Environmental education: a comparison between English and Mexican school children, *Environmental Education Research*, 8(2), 171-186.
- Bartholomew, D. J., F. Steele, I. Moustaki, I. J. Galbraith (2002). The analysis and interpretation of multivariate data for social sciences, Boca Raton FL: Chapman & Hall/CRC.
- Bauen, A. (2004). Biomass Gasification. *Encyclopedia of Energy*, 1, 213-221.
- Bayrakal, S. (2006). The U.S. Pollution Prevention Act: A policy implementation analysis, *The Social Science Journal*, 43 (1), 127-145.
- Beck, R. N. (1979), Handbook in Social Philosophy, Macmillan, New York.
- Beierle T. C. (1999). Using Social Goals to Evaluate Public Participation in Environmental Decisions, *Policy Studies Review*, 16 (3/4), pp.75-103.
- Bell, J. (1991). Doing Your Research Project. Milton Keynes: Open University Press.
- Best, J. W. (1970). Research in Education. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Bieger R. G. and Gerlach, J. G. (1996). Educational Research, A practical approach, Delmar Publishers, USA.
- *Biofuels, Bioprod. Bioref.*, 2007, 1, 24.
- Bloom, S. B. (1978). New views of the learner: implications for instruction & Curriculum, *Education Leadership*, 35(7), 563-576.
- Bogner, F.X. (1998). The influence of short-term outdoor ecology education on long-term variables of environmental perspective, *The Journal of Environmental Education*, 29(4), 17-29.
- Bohlmann, G.M. (2004). Biodegradable packaging life-cycle assessment. *Environ. Prog.*, 23 (4), 342-346.
- Borg, W. R and D. M. Gall (1996). Educational Research: an introduction, 6th Edition, New York: Longman.
- Boyde, S. (2002). High Performance Lubricants from Renewable Raw Materials Lubricating the market: The Future of Bio-Based Lubricants, an ACTIN conference, Warwick.

- Boyes, E. and M. Stanisstreet (1992). Students' perceptions of global warming. *International Journal of Environmental Studies*, 42(4), 287 – 300.
- Boyes, E. and M. Stanisstreet (1993). The Greenhouse Effect: Children's perceptions of causes, consequences and cures. *International Journal of Science Education,* 15, 531–552.
- Boyes, E. and M. Stanisstreet (1994). The ideas of secondary school children concerning ozone layer damage, *Global Environmental Change*, 4(4), 311-324.
- Boyes, E., & M. Stanisstreet (1996). Threats to the global atmospheric environment: The extent of pupil understanding. *International Research in Geographical and Environmental Education,* 5(3), 186–195.
- Boyes, E. and M.Stanisstreet (1997). The environmental impact of cars: Children's ideas and reasoning. *Environmental Education Research,* 3, 269–282.
- Boyes, E. M. Stanisstreet, and S. Puiming Yeung (2004). Air Pollution: The Knowledge and Attitudes of Secondary School Students in Hong Kong. *International Research in Geographical and Environmental Education.*
- Bozell, J.J. (2006) in Feedstocks for the future, *J.J. Bozell and M.K. Patel (eds), ACS Symposium Series 921,* American Chemical Society, Washington, p.1.
- Braus A. J., & D. Wood (1993). Environmental education in the schools creating a program that works: Washington, DC.:NAAEE.
- Breslow, R. (1997). *Chemistry Today and Tomorrow*, American Chemical Society, Washington, DC, ISBN 0841234604.
- Bridgwater, A. V. (1995). The technical and economic feasibility of biomass gasification for power generation. *Fuel*, 74(5), 631–653.
- Brody, J.M. (1994). Student science knowledge related to ecological crises. *International Journal of Science Education*, 16(4), 421-435.
- Brown, R. C., T. Heindel, A. Dispirto and B. Nikolau (2003). *Biopolymers from Syngas Fermentation, Office of Biorenewables Programs*, Iowa State University.
- Bruner, J. S. (1960). *The process of Education.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Busch, D. (2000). The Ivory Tower Goes Green; Green chemistry in the curriculum boosts student interest in science, 2008.
- Bybee, R. W. (1993). Reforming science education - social perspectives and personal reflections. New York: Teachers College Press.

- Cacciatore, L. K., Sevian, H. (2006). Teaching Lab Report Writing through Inquiry: A Green Chemistry Stoichiometry Experiment for General Chemistry, Journal of Chemical Education, 83, (7), 1039.
- Cambrio, J. and H. N. Switzky (1999). Variables associated with American high school students' knowledge of environmental issues related to energy and pollution, *The Journal of Environmental Education*, 30 (2), 15-22.
- Campbell, D. T and Stanley, J. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research on teaching*. Στο N Gage (επιμ.). Handbook of Research on Teaching. Chicago: Rand McNally, 171-246.
- Cann, M. and M. E. Connelly (2000). *Real- World Cases in Green Chemistry*, American Chemical Society, ISBN 0-8412-3733-6.
- Center for Advanced & Renewable Materials/CARM (2002), *Renewable Feedstock for Sustainable Materials, BIOPRODUCTS -Their Importance to Wales*: A Scoping Study.
- Chabba, S., F .G. Mattews, et al (2005). Green composites using cross-linked soy flour and flax yarns. *Green Chemistry*, 7, 576–581.
- Christie, P. and H. Mitchell (2004). Primer on Bioproducts, What Other Nations Are Doing? Edited by Randee Holmes, Pollution Probe and BIOCAP Canada Foundation, ISBN 0-919764-57-6.
- Clark, J. (1999). Editorial, Green Chem.,1, G53.
- Clark, J. (1999). Green chemistry: Challenges and Opportunities, *Green Chemistry*, 1, p. 1-9.
- Clark, H. J.(2006). Green chemistry: today and tomorrow, *Green Chem.*, 8, 17–21.
- Clark, J. (2000). Green chemistry in developing countries, *Green Chem.*, 2, G84.
- Clark J., V. Budarin, F. E. I. Deswarte, J. J. E. Hardy, F. M. Kerton, A. J. Hunt, R. Luque, D. J. Macquarrie, K. Milkowski, A. Rodriguez, O. Samuel, S.J. Tavener, R. J. White and A. J. Wilson (2006). Green chemistry and the biorefinery: a partnership for a sustainable future**,** *Green Chem.*, 8, 853 – 860.
- Clark, J. and K. Hodnett (2001). Editorial**:** Green chemistry in Ireland**,** *Green Chem.*, 3, G 60.
- Clark, A. L. and Watson, D. (1995). Constructing validity: Basic issues in objective scale development, *Psychological Assesment*, 7 (3), 309-319.
- Clark, H. J., V. Budarin, F. E. I. Deswarte, J. J. E. Hardy, F. M. Kerton, A. J. Hunt, R. Luque, D. J. Macquarrie, K. Milkowski, A. Rodriguez, O. Samuel, S. J. Tavener, R.J. White and

A. J. Wilson(2006). Green chemistry and the biorefinery: a partnership for a sustainable future. *Green Chem*., 8, 853 – 860.

- Clarke, B. (1996). Environmental attitudes and knowledge of year 11 students in Queensland high school. *Australian Journal of Environmental Education*, 12, 19-36.
- Claude, S. (1999). Oleochemistry as an opportunity to consolidate the sustainable development of European oil crops - an updated prospect, OCL.
- Commission Regulation-EC 907, 2006.
- Connect, UNESCO-UNEP Environmental Education Newsletter (1976-1991), Changing Minds-Earthwise, a selection of Articles, 1976-1991. Paris: Author.
- Connell, S., J. Fien, H. Sykes, and D. Yencken (1998). Youth environmental attitudes in Australia. *Australian Journal of Environmental Education*, 14, 39–48.
- Connell, S., J. Fien, H. Sykes and D. Yencken (1998). Young people and the environment in Australia: beliefs, knowledge, commitment and educational implications, *Australian Journal of Environmental Education*, 14, 39-48.
- Connell, S., J. Fien, J. Lee, H. Sykes, and D. Yencken (1999). If it doesn't directly affect you, you don't think about it: a qualitative study of young people's environmental attitudes in two Australian cities. *Environmental Education Research*, 5(1), 95-113.
- Costanza, R., and Daly. E. H. (1992). Natural capital and sustainable development. *Conservation Biology*, 6, 37-46.
- Conell S., J. Fien, H. Sykes and D. Yencken (1998). Young People and the Environment in Australia: Beliefs, Knowledge, Commitment and Educational Implications. *Australian Journal of Environmental Education*, 14, 39-48.
- Coombs, J. (2007) (prepared). Building the European knowledge based bio-economy– the impact of 'non-food' research (1988 to 2008), Outputs from the EPOBIO projectCPL Scientific Publishing Services Ltd, ISBN: 978-1-872691-34-3.
- Cornish, K., L. J. Brichta, P. Yu, F. D. Wood, W. M. McGlothlin and A. J. Martin (2001). Guayule Latex Provides a Solution for the Critical Demands of the Non-Allergenic Medical Products Market, Agro-Food-Industry Hi-Tech, November/December.
- Cronbach, L. J (1951). Coefficient alpha and the internal structure of the tests, *Psychometrica*, 16, pp.297-334.
- Cullingford, C. (1996). Children's attitudes to the environment, in: G. HARRIS & C. BLACKWELL (Eds) Environmental Issues in Education (London, Arena).

- DeSimone, J.M., Maury, E.E., Menceloglu, Y.Z., McClain J.B., Romack, T.J., Combes, J.R., (1994). Dispersion Polymerizations in Supercritical Carbon Dioxide, *Science*, 265, p. 356-358.
- Deswarte, F., Clark, J., Hardy, J. and P. Rose (2006). The fractionation of valuable wax products from wheat straw using CO2, *Green Chem*., 8, 39–42.
- Dettmann-Easler, D. & Pease, J. L. (1999). Evaluating the effectiveness of residential environmental education programs in fostering positive attitudes toward wildlife. *The Journal of Environmental Education*, 31(1), 33-39.
- Donlan, M. R., and J. W. Costerton (2002). Biofilms: Survival Mechanisms of Clinically Relevant Microorganisms. *Clinical Microbiology Reviews*, 15(2), 167-193.
- Dottrens, R. (1930). The new education in Austria, ed. Paul L. Dengler, New York : J. Day.
- Draths, K. M. and Frost, J. W. (1990). Genomic direction of synthesis during plasmid-based biocatalysis, *J. Am. Chem. Soc*., 112(26), p. 9630-9632.
- Draths, K. M. and Frost, J. W. (1990). Synthesis using plasmid-based biocatalysis: plasmid assembly and 3-deoxy-D-arabino-heptulosonate production, J. Am. Chem. Soc., 112(4), p. 1657-1659.
- Draths, K. M. and Frost, J. W. (1991). Conversion of D-glucose into catechol: the not-so-common pathway of aromatic biosynthesis, *J. Am. Chem. Soc*., 113(24), p. 9361-9363.
- Draths, K.M., J. W. Frost (1998), in: P. T. Anastas, T.C. Williamson (Eds), Green Chemistry: Frontiers in Benign Chemical Syntheses and Processes, Oxford University Press, New York, , Ch. 9, p.150.
- Driver, R., H. Asoko, J. Leach, E. Mortimer and P. Scott (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom, *Educational Researcher*, 23 (7), 5-12.
- Drumright, R., E. Gruber, R. Patrick and D. Henton (2000). Polylactic Acid Technology. *Advanced Materials*, 12(23), 1841-1846.
- Durham, S. (2002). Biodegradable Lubricants Developed from Alternative Crops. *Agricultural Research Magazine*, 50 (4).
- Eagles P.F.J, & S. Muffit (1990). An Analysis of children's attitudes toward animals, *The Journal of Environmental Education*, 21(3), 41-44.
- Eagles F. J. and P. R. Demare (1999). Factors Influencing Children's Environmental Attitudes. *The Journal of Environmental Education*, 30 (4), 33 – 37.

- Edwards et al από Leeming, C. F., Dwyer, O. W., Porter, E.B., Cobern, K. M. (1993). Outcome Research in Environmental Education: A Critical Review, *The Journal of Environmental Education*, 24(4), 8-2.
- Eggersdorfer, M., J. Meijer and P. Eckes (1992). Use of renewable resources for non-food materials. *FEMS Microbiol. Rev*. 103, 355.
- Eissen, M. and J. O. Metzger (2004). Concepts on the contribution of chemistry to a sustainable development. Renewable raw materials, *Comptes Rendus Chimie*, 7 (6-7), 569-581.
- Engleson, D. C. & D. H. Yockers (1994). A guide to curriculum planning in environmental education (2nd ed.) Madison Wisconsin: Wisconsin Department of Public Instruction.
- EPA, 1996b (Environmental Protection Agency). Presidential Green Chemistry Challenge Award, http://epa.gov/gcc/pubs/pgcc/presgcc.html, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- European Commision (2002h). The evaluation of the Community Policy for Starch and Starch Products, Chapter 2, Final Report.
- Fahey, J. (2001). Shucking Petroleum, *Forbes Magazine*, November 26, p. 206.
- Fielding, N., & Schreier, M. (2001). Introduction: On the Compatibility between Qualitive and Quantative Research Methods. *Forum: Qualitative Social Research*, 2(1).
- Fien, J.(1993a). *Education for the Environment. Critical Curriculum theorizing and Environmental Education*. Geelong: Deakin University Press.
- Fien, J. (2001). The learning for a sustainable project: a case study of an action network for teacher education. *Australian Journal of Environmental Education*, 17, 77-86.
- Fien, J., I. Poh Ai, D. Yencken, H. Sykes and D. Treagust (2002). Youth environmental attitudes in Australia and Brunei: implications for education, *The Environmentalist*, 22 (3), 205-216.
- Fiorino, D. J. (1996), Environmental policy and the participation gap, στο: Lafferty W. M., Meadowcroft J., (Eds), *Democracy and the Environment, Problems and Prospects*, Edward Elgar, Cheltenham UK, Lyme, US.
- Fishbein, M. & Ajzen I. (1975). Belief, Attitude and Intention as predictors of Behavior. Reading MA: Addison Welsey.
- Fisher, T. (1973). The Development of an Attitude Survey for Junior High Science, *School Science and Mathematics*, 73, 647-652.

- Fitz-Gibbon, C. T., & Morris, L.L. (1987). How to design a program evaluation. Nebury Park, CA: Sage Publications.
- Flogaitis, E. (1996). Environmental education; approaches and arguments. In Symposium of the Ministry of Youth and the Ministry of Environment, Ecology, Society and Education: reality and perspectives in Greece Iatrou, G.D. and Mardiris, Th.A., eds. Livani: Athens.
- Flogaitis, E. (1998). The contribution of Environmental Education in sustainability. In: M. Scoullos (ed), Environment and Society: Education and Public Awareness for Sustainability, *Proceedings of the Thessaloniki International Conference organized by UNESCO and the Government of Greece*, 8-12 December 1997, pp 189-193.
- Förster, A. (2004). Andreas Förster from DECHEMA gives an overview of the current status of activities related to Green Chemistry within the major German funding agencies, public organisations, scientific societies and associations, Green Chemistry in Germany**,** *Green Chem.*, 6, G33-35.
- Frankfort-Nachmias, C and Nachmias, D. (1992). Research Methods in the Social Sciences. London: Edward Arnold.
- Franson, N. and Garling, T. (1999). Environmental concern: Conceptual definitions, measurement method and research findings, *Journal of Environmental Psychology*, 19, 369-382.
- Fraser, B. (1978). Some Attitude Scales for Ninth Grade Science, *School Science and Mathematics*, 78, 379-384.
- Friedman, L. T.(2006). The green leap forward, The New York Times.
- Gail, J., M., A. Howe, and M. J. Rua (2000). Gender differences in students' experiences, interests, and attitudes toward science and scientists. *Science Education*, 84(2), 180–192.
- Gallezot, P. (2007). Process options for converting renewable feedstocks to bioproducts, *Green Chem*., 9, 295-302.
- Gao, C., M. Stading and N. Wellner (2006). Plasticization of a protein-based film by glycerol: A spectroscopic, mechanical, and thermal study, *J. Agric. Food Chem*., 54, 4611–4616.
- Gagne, E. D., Yekovich, C. W. & Yekovich, F. R. (1993). The Cognitive Psychology of School learning, New York: Harper Collins College Publications.
- Gambro S. J., and H.N Switzky (1999). Variables associated with American high school students' knowledge of environmental issues related to energy and pollution. *The Journal of Environmental Education*, 30(2), 15-22.

- Gayford, Ch. (1996). The nature and purposes of environmental Education. In G. Harris & C. Blackwell (eds), *Environmental Issues In Education* (pp. 1-20). Cambridge: Arena.
- Germann, P. J. (1988). Development of the attitude toward science in school assessment and its use to investigate the relationship between science achievement and attitude toward science in school, Journal of Research in Science Teaching, 25(8), 689-703.
- Ghali, H. (2008). Attitudes toward science among Australian tertiary and secondary school students. *Research in Science & Technological Education*, 26(2), 129 – 147.
- Giroux, H. A.(1987). Citizenship, public philosophy and the struggle for democracy. *Educational Theory*, 37, 2, 103-120.
- Giroux, H. A. (1988), *Teachers as Intellectuals: Towards a Critical Pedagogy of Learning*. New York: Bergin and Garvey.
- Goldman, A.B. (1992). Community right to know: Environmental information for citizen participation, *Environmental Impact Assessment Review*, 12, (3), 315-325.
- Graedel, T.(1999). Green Chemistry in an industrial ecology context**,** *Green Chem*., 1, G126-G128.
- Grassie, N. (1966). *Fundamental Chemistry of Polymer Degradation*, in Weathering and Degradation of Plastics, Pinner, S.H. (ed.), Columbine Press, pp. 1-13.
- *Green Chem*. (1999). Green chemistry in Italy**,** Italian green chemistry recognition program, 1**,** G48**.**
- Greenfield, T. A. (1996). Gender, ethnicity, science achievement and attitudes. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 901-933.
- Gronlund, N.E. (1981), Measurement and Evaluation in Teaching, 4th edition. New York: Collier-MacMillan.
- Gross, R. A. and B.Karla (2002). Biodegradable Polymers for the Environment. *Science*, 297, 803-807.
- Groves, P.(1975). Educational Techniques in the teaching of Chemistry and other Sciences, A report of a Symposium, Surrey.
- Grutchfield, P.T and D. Krech (1948). Theory & Problems of Social Psychology, New York: McGraw-Hill.
- Haag, A. P., et al (2006). *Int. J. Adhesion and Adhesives*, 26, 177.

- Hampel, B., R. Holdsworth, & J. Boldero, (1996). The impact of parental work experience and education on environmental knowledge, concern and behavior among adolescents. *Environmental Education Research*, 2(3), 287-300.
- Hart, P. (2003). *Teachers' Thinking in Environmental Education. Consciousness and Responsibility*. New York: Peter Lang.
- Harty, H., Andersen, H., and Enochs, L. (1984a). Science Teaching Attitudes and Class Control Ideologies of Preservice Elementary Teachers with and without Early Field Experiencies, Science Education, 68 (1), 53-59.
- Harty, H., Andersen, H., and Enochs, L. (1984b). Exploring Relationships among Elementary School Students's Interest in Science Attitudes toward Science and reactive Curiosity. *School Science and Mathematics*, 84 (4), 308-314.
- Haveren, Van J., E. L. Scott and J. Sanders (2008). Bulk chemicals from biomass. *Biofuels, Bioprod. Bioref*. 2:41–57.
- Hermann, B.G., Blok, K. & M. K. Patel (2007). Producing Bio-Based Bulk Chemicals Using Industrial Biotechnology Saves Energy and Combats Climate Change. *Environmental Science and Technology, 41* (22), 7915-7921.
- Hermann, B. G. and M. Patel (2007). Today's and tomorrow's bio-based bulk chemicals from white biotechnology-a techno-economic analysis. *Appl. Biochem. Biotechnol., 136*, (3) 361-388.
- Hill, K. (2000), Fats and Oils as Oleochemical Raw Materials, *Pure Appl. Chem.*, 72(7), 1255-1264.
- Hiroyuki, H. (1999). Attitudes toward waste management and perceptions of environmental education in Pokhara Nepal, Ms Thesis, Michigan State University, USA.
- Hjeresen, L. D, David L. Schutt, and Janet M. Boese (2000). Green Chemistry and Education, *Journal of Chemical Education*, 77 (12), 1543- 1547.
- Hoinville, G. and R. Jowel (1978). Survey Research Practice. London: Heinemann.
- Hough, L. and Piper, M. (1982). The Relationship between Attitudes toward Science and Science Achievement, *Journal of Research in Science Teaching*, 19 (1), 33-38.
- Howard, J. L. (2002). Exploring the relationship between conservation agencies & school, *Australian Journal of Environmental Education*, 18, 27-33.

- Hsu, S J. and Roth, R. E.(1999). Predicting Taiwanese secondary teachers' responsible environmental behavior through environmental literacy variables. *Journal of Environmental Education*, 30 (4) 11-18.
- Hungerford, H. R., Peyton, R.B., and Wilke, R. J. (1980). Goals for curriculum development in environmental education. *The Journal of Environmental Education*, 11, 42-47.
- Hungerfold, H.R., B. Peyton, and J. Wilke (1983). Yes environmental education does have definition and structure. *Journal of Environmental Education*, 14(3), 1-2.
- Hungerford, H. R., and L. T Volk (1990). Changing learner behavior through environmental education, *The Journal of Environmental Education*, 21(3), 8-21.
- Hungerford, H. R & L.T Volk (1998). Curriculum development in environmental education for the primary school: Challenges & Responsibilities, In H. Hungerford, W. Bluhm, T. Volk & J. Ramsey (Eds), Essential readings in environmental education(pp.99-109), Champaign, IL: Stipes Publishing L.L.C.
- Interactive European Network for Industrial Crops and their Applications/ IENICA (2000), Funded by DG Research of the European Commission), «Background scenario and executive summary to European overview», (final draft) p. 12.
- Iozzi, L.A. (1989). What research says to the educator, part one: Environmental education anf the affective domain. *The Journal of Environmental Education*, 20(3), 3-9.
- IUCN/ UNEP/ WWF, 1980, World Conservation Strategy: Living Resource Conservation for Sustainable Development. Gland, Switzerland: IUCN/ UNEP/ WWF.
- IVAM Research and Consultancy on Sustainability (2004), Background document: Development of Criteria for the Award of the European Eco-Label to lubricants.
- Javeau, C. (2000). *Η έρευνα με ερωτηματολόγιο, Το εγχειρίδιο του καλού ερευνητή*, Εκδόσεις Γιώργος Δαρδανός, Αθήνα.
- Jenkins, W. E. and R. G. Pell (2006). Me and the Environmental Challenges: A survey of English secondary school students' attitudes towards the environment. *International Journal of Science Education*, 28(7), 765 – 780.
- Jin, Y., Wang D. and F. Wei (2004). The ecological perspective in chemical engineering, *Chemical Engineering Science*, 59, 8-9, 1885-1895.
- Johnstone, H. A. and A. Ambusaidi (2001). Fixed-response questions with a difference, *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2(3), 313-327.

- Joyce, B. and M. Weil (1896). *Models of teaching*, 3rd ed., Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
- Kaiser, H. F. and W.B. Michael, (1975). Domain validity and generalizability, *Educational & Psychological Measurement* 35, 31-35.
- Kalambokis, E., Kalkani, A., Maroulis, J. A., Hadjiantoniou-Maroulis, C. (2010a). A Green Module as part of Anatolia College Summer Science Program, *Book of Abstracts of the second international symposium on green chemistry for environment and health*, Mykonos.
- Kalambokis, E., Maroulis, J. A., Hadjiantoniou- Maroulis, C. and A. Kalkani (2010b). The Greening of Anatolia College High School Chemistry Labs, *Book of Abstracts of the second international symposium on green chemistry for environment and health*, Mykonos.
- Kamm B., M. Kamm and K. Soyez (1998). The green biorefinery, concept of technology. *First international symposium on green biorefinery*. Neuruppin, Society of Ecological Technology and System Analysis, Berlin.
- Kamm, B., et al (2000). Green biorefinery Brandenburg, article to development of products and of technologies and assessment. Brandenburg Umweltber 8, 260–269.
- Kamm, B. and Kamm, M.(2004). Biorefinery – Systems. *Chem. Biochem. Eng. Q*. 18 (1) 1–6.
- Kapassa, M., Abeliotis, K., Scoullos M. (2013). Knowledge, beliefs and attitudes of Secondary School Students on Renewable Feedstocks/Biomass: The case of Greece. *Environment, Development and Sustainability,* 15 (1), pp. 101-116.
- Kapassa M., Abeliotis, K. (2012). «Development of educational material for the secondary schools in Greece focusing on the utilisation of biomass as a raw material». *Proceedings of the 3rd International Symposium on Green Chemistry For Environment, Health and Development*, 3-5 October, Skiathos Island.
- Karapantsios, T., E. Boutskou and A.I. Balouktsis (1999). Students' awareness of the urban environment in a small Greek city, *The Environmentalist*, 19, 305-316.
- Kessler, R.W. (2000). Perspectives of Fibers in High Level Applications. *Paper presented at the Green-Tech 2000 Conference*, Utrecht, The Netherlands, 3-5 April.
- Kiassos, E., S. Mylonaki, D. Makris, P. Kefalas (2009). Implementation of response surface methodology to optimise extraction of onion (Allium cepa) solid waste phenolics. *Innovative Food Science and Emerging Technologies,* 10, 246–252.

- Kılınç, A., M. Stanisstreet and E. Boyes (2008). Turkish Students' Ideas about Global Warming, *International Journal of Environmental & Science Education*, 2008, 3(2), 89 – 98.
- Kimmel, A.J. (1988). Ethics and Values in Applied Social Research. Beverly Hills: Sage Publications.
- King, J.A., Morris, L.L., & Fitz-Gibbon, C.T. (1987). How to assess program implementation. Newburry Park, CA: Sage Publications.
- Kirchhoff, M. M. (2001). Topics in Green Chemistry, *J. Chem. Educ.*, 78 (12), 1577.
- Kitchens, C., Charney, R., Naistat, D., Farrugia, J., Clarens, A., Adam O'Neil, Lisowski, C.and B. Braun (2006). Completing Our Education. Green Chemistry in the Curriculum, *J. Chem. Educ.*, *83* (8), 1126.
- Klass, L.D. (1998). *Biomass for Renewable Energy, Fuels and Chemicals, Entech International*, Inc. Academic Press, California.
- Knapp, D. (2000), The Thessaloniki Declaration: A Wake-Up Call for Environmental Education, *Journal of Environmental Education*, 31(3), pp. 32-39.
- Koballa, T. (1984). Designing a Likert-type scale to assess attitude toward energy conservation: a nine step process. *Journal of Research in Science Teaching*, 20 (7), 709-723.
- Koehler, D.A and J. D. Spengler (2007). The toxic release inventory: Fact or fiction? A case study of the primary aluminum industry, *Journal of Environmental Management*, 85(2), 296-307.
- Kollmuss, A. & Agyeman, J. (2002). Mind the Gap: why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research*, 8(3), 239-260.
- Konar, S. and M. A. Cohen (1997). Information As Regulation: The Effect of Community Right to Know Laws on Toxic Emissions, *Journal of Environmental Economics and Management*, 32 (1), 109-124.
- Kondamuli, N., et al. (2008). J. Agric. Food Chem., 56 (24), 11757-11760.
- Kortland, J. (1997). Garbage: dumping, burning and reusing/recycling: student's perception of waste issue, *International Journal of Science Education*, 19 (1), 65-77.
- Koulaidis, V., and Kouzelis, G. (1990). On the paradigmatic constitution of science education: An epistemological approach. *New Education*, 53, 151-169.
- Krejcie, R. V and W. D. Morgan (1970). Determining sample size for research activities, *Educational and Psychological Measurement*, 30, 607-610.

- Kuhlemeier, H., H. Van den Bergh & N. Lagerweij (1999). Environmental knowledge, attitudes and behavior in Dutch secondary education, *The Journal of Environmental Education*, 30 (2), 4-14.
- Lambert, B. J. (2002). Archaeological Chemistry, Editorial from the "*Accounts of Chemical Research*", American Chemical Society, 35, 8.
- Lane, J. F & E. C. Rossow (1997). Sources & ideas for special projects. In R. J. Wilke(Ed), Environmental education. Teacher Resource, A practical Guide for K-12 Environmental Education (pp 225-260). Thousand Oaks, CA Corwin Press, Inc.
- Legrand, J. (1998). Performing lubricants and solvents based on oleochemicals. *Results of the European Conference on Renewable Raw Materials*. Gmunden, Austria, 6-8 October.
- Leeming, C.F., Dwyer, O.W., Porter, E. B., Cobern K. M. (1993). Outcome Research in Environmental Education: A Critical Review". *The Journal of Environmental Education,* 24(4), 8-21.
- Leeming, F. C., Dwyer, W.O., & Bracken B.A. (1995). Children's environmental attitude and knowledge scale: Construction and validation, *The Journal of Environmental Education*, 26(3), p. 22-31.
- Leicester H. (1993). *The Historical Background of Chemistry*, Dover Publ., Inc., New York.
- Leighton, J. & G. Bisanz (2003). Children's and adults' knowledge and models of reasoning about the ozone layer and its depletion, *International Journal of Science Education*, 25(1), 117-139.
- Leitner, W **(**2006). Reflections on green chemistry in 2005**,** *Green Chem.*, 8**,** 125.
- Liarakou, G., I. Athanasiadis and C. Gavrilakis (2011). What Greek secondary school students believe about climate change? *International Journal of Environmental & Science Education*, 6(1), 79-98.
- Lindgreen, H. C. (1976). *Educational Psychology in the classroom*, 5th ed., New York: John Wiley.
- Litwin, M. S.(1995). How to measure survey reliability & validity. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Lee, J., B. An, K. Chan and T. Kwan (2000). Students' environmental concerns and opinions: a Chinese perspective, *The Environmentalist*, 20 (2), 141-155.
- Lombard, A. (1982). Effects of Reasoning Workshops on the Teaching Strategies of Secondary Science Teachers, *Science Education* 66(4), 653-664.

- Loughland, T., A. Reid and P. Petocz (2002). Young People's Conceptions of Environment: A phenomenographic analysis, *Environmental Education Research*, 8 (2), 187-197.
- Loughland, T., A. Reid, K. Walker and P. Petocz (2003). Factors Influencing Young People's Conceptions of Environment, *Environmental Education Research*, 9 (1), 3-19.
- Makki, M. H., Abd-El-Khalick F., and S. Boujaoude (2003). Lebanese secondary school students' environmental knowledge and attitudes. *Environmental Education Research*, 9(1), 21-33.
- Mangas, V. J., Martinez, P. and Pedauye, R. (1997). Analysis of Environmental concepts and attitudes among Biology degree students. *The Journal of Environmental Education*, 29 (1), 28-33.
- Matell S. M. and Jacoby. J (1971). Is there an optimal number of alternatives for Likert scale items? Study I: Reliability and validity, *Educational and Psychological Measurement*, 31, 657-674.
- Matell S. M. and Jacoby, J. (1972). Is there an optimal number of alternatives for Likert scale items? Effects of testing time and scale properties, *Journal of Applied Psychology*, 56(6), 506-509.
- Matthews, M. L (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. London: Routledge.
- Matlack, A. (1999). Teaching green chemistry, *Green Chemistry*, 1, G19-G20.
- Mazur, N. (1998). Between the turnstiles: Zoos as agents of environmental education. *Australian Journal of Environmental Education*, 14, 71-80.
- McDuff, M. (2002). Needs for assessment for participatory evaluation of environmental education programs, *Applied Environmental Education and Communication*, 1(1), 25-36.
- McGraw, L.(1999). Three New Crops for the Future, *Agricultural Research Magazine*, 47 (12), 18.
- McPeck, J.E.(1981). *Critical Thinking and Education*. New York: Saint Martin's Press.
- McCoy, M. (2002). Procter & Gamble Embraces Chemicals, *C&E News*, March 4.
- Meadows et al., (1972). *The Limits to Growth*. New York: Universe Books.
- Membiela, P., E. Nogueiras and M. Suarez, Students' preconceptions about urban environmental problems and solid waste, *The Journal of Environmental Education*, 1993, 24 (2), 30-34.

- Metzger, O. J. and U. Biermann (2006), Sustainable Development and Renewable Feedstocks for Chemical Industry, Feedstocks for the Future, *ACS Symposium Series*, 921, 13–26.
- Miller, J. D. (1983). *Scientific Literacy: A Conceptual and Empirical Review*. Daedalus, 112 (2), 29-48.
- Milton, B., Cleveland, E., and Gates, D. B. (1995). Changing perceptions of nature, self, and others: a report on a park/school program, *The Journal of Environmnental Education*, 26(3), 32-39.
- Misiti, F., Shringley, R. and Hanson, L. (1991). Science Attitude Scale for Middle School Students, *Science Education*, 75 (5), 525-540.
- Mogensen, F. and K. Nielsen (2001). Students' knowledge about environmental matters and their belief in their own action possibilities- a Danish study, *The Journal of Environmental Education*, 33 (1), 33-35.
- Morgil, I., Arda, S., Secken, N., Yavuz, S. and Oskay, O.O. (2004). The influence of computer-assisted education on environmental knowledge and environmental awareness, *Chemistry Education Research and Practice in Europe*, 5(2), 99-110.
- Moore, R. (1973). The Development, Field Test, and Validation of Scales to Assess Teachers' Attitudes Toward Teaching Elementary School Science, *Science Education*, 57 (3), 271-278.
- Morrison, K. R. B. (1993). Planning and Accomplishing School-Centred Evaluation. Norfolk: Peter Francis Publishers.
- Morrison, R. T. and R. N. Boyd. (1992). Organic Chemistry, 6th Edition, (ISBN 0-13-643669-2).
- Moser, C. A and G. Calton (1979). Survey methods in social investigation, 2nd Edition London, Gower.
- Moss, A. P. (1994). Can there be validity without reliability? *Educational Researcher*, 23(2), 5-12.
- Mouly, G. J.(1978). Educational Research: the Art and Science of Investigation. Boston: Allyn & Bacon.
- Myers, G., E. Boyes and M. Stanisstreet (2004). School students' ideas about air pollution: knowledge and attitudes. *Research in Science & Technological Education*, 22(2), 133 – 152.

- Narodoslawsky, M. (1999) (Ed). Green Biorefinery, 2nd International Symposium Green Biorefinery, October 13-14, Feldbach, Austria. Proceedings, SUSTAIN, Verein zur Koordination von Forschung uber Nachhaltigkeit, Graz TU, Austria.
- National Research Council (NRC) (2000). Biobased industrial products, Priorities for Research and Commercialization. National Academic Press, Washington, D.C.
- Nonato, R., P. Mantellato and C. Rossel (2001). Integrated production of biodegradable plastic, sugar and ethanol. *Appl. Microbiol. Biotechnol*, 57 (1-2), 1–5.
- Nunally, J.C, Bernstein, IH.(1994). Psychometric theory, 3rd Edn, McGraw-HiII, Inc, New York: 87-95, 182-185.
- Official Journal of the European Union L123/42, 2003. European Parliament and Council, Directive 2003/30/EC on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport, Brussels. 17.05.2003.
- Ogilvie, B. K. and D. Layzell (2004). *Primer on bioproducts*, *Chapter 6, Understanding the Issues.* Pollution Probe and BIOCAP Canada Foundation, ISBN 0-919764-57-6.
- Oldenburg, K. and K. Geiser (1997). Pollution prevention and…or industrial ecology? , *Journal of Cleaner Production*, 5 (1-2), 103-108.
- Oppenheim, N. A. (1986). Questionnaire design and attitude measurement, London, Gower (reprinted).
- Orion, N. and Hofstein, A. (1991). The Measurement of Students' Attitudes Towards Scientific Field Trips, *Science Education* 75 (5), 513-523.
- Orr, D.(1992). *Ecological Literacy: Education and the Transition to a postmodern World*. Albany: SUNY Press.
- Palmer, J. (1998), Environmental Education in the 21st Century: Theory, Practice, Progress and Promise, London: Routledge.
- Paster, M., J. Pellegrino and T. Carole (2003). *Industrial Bioproducts: Today and Tomorrow*, Washington, D.C., U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Office of the Biomass Program.
- Patel, M. (1999). Closing carbon cycles, (Ph.D. thesis) Utrecht University, The Netherlands.
- Patel, M. (2004). Surfactants Based on Renewable Raw Materials: Carbon Dioxide Reduction Potential and Policies and Measures for the European Union. *Journal of Industrial Ecology*, Special Issue on Biobased Products, 7 (3-4), 47 – 62.

- Paul, G. & L. T. Volk (2002). Ten years of teacher workshops in an environmental problem-solving model: Teacher implementation and perceptions, *The Journal of Environmental Education*, 33 (3), 10-20.
- Payne, P. (2005). Families, homes and environmental education. *Australian Journal of Environmental Education*, 21, 81-95.
- Pearce, D., Hamilton, K. & Atkinson, Giles, 1996. Measuring sustainable development: progress on indicators. *Environment and Development Economics*, 1 (01), 85-101. Cambridge University Press.
- Peugh, L. J. and C. K. Enders (2004). Missing data in educational research: A review of reporting practices and suggestions for improvement. *Review of Educational Research*, 74 (4), 525-556.
- Petty, R. E., and J. T. Cacioppo (1981). Attitudes and Persuasion: Classic and Contemporary Approaches, Dubuque, IA: Brown.
- Pfundt, H., and Duit, R. (1994). Bibliography "Student's alternative frameworks and science education". Kieh IPN-University of Kiel.
- Powell, K., & M. Wells (2002). The effectiveness of three experiential teaching approaches on student science learning in fifth-grade school classrooms, *The Journal of Environmental Education*, 33(2), 33-38.
- Praktanis, A. R. and G. A. Greenwald (1989). A Sociocognitive Model of Attitude Structure and Function in Advances in Experimental Social Psychology, ed Berkowitz, L., New York: Academic Press.
- Pucci, A., et al (2007), *J. Materials Chem.*, 17, 783.
- Punter, P., M. O. Pardo & J. Garcia (2011). Spanish Secondary School Students' Notions on the Causes and Consequences of Climate Change, *International Journal of Science Education*, 33(3), 2011, 447-464.
- Queste, S., P. Bauduin, D. Touraud, W. Kunz and M. J. Aubry (2006). Short chain glycerol 1-monoethers—a new class of green solvo-surfactants, Green *Chem., 8, 822–830.*
- Ragauskas, A. J., K. C. Williams, H. B. Davison, G. Britovsek, J. Cairney, A. C. Eckert, J. W. Frederick, P. J. Hallett, J. D. Leak, L. C. Liotta, R. J. Mielenz, R. Murphy, R. Templer, and T. Tschaplinski (2006). The Path Forward for Biofuels and Biomaterials. *Science*, 311 (5760), 484-489.
- Rajeski, D. W.(1990). Attitudes. Massachusetts, Sinauer Pub. Inc.

- Ramani Narayan (1992). Biomass (Renewable) Resources for Production of Materials, Chemicals, and Fuels: A Paradigm Shift, Emerging Technologies for Materials and Chemicals from Biomass, *ACS Symposium Series* 476, 1–10.
- Ramsey, C. E. and Rickson, E.R. (1976). Environmental Knowledge and Attitudes, *The Journal of Environmental Education*, 8, 10-18.
- Ravindranatha, H. N.(1993). Biomass gasification: Environmentally sound technology for decentralized power generation, a case study from India. *Biomass and Bioenergy*, 4(1), 49-60.
- Richmold, J. M. (1978). Some outcomes of an environmental knowledge & attitudes survey in England. *Research in Science Education*, 8, 119-125.
- Rickinson, M. (2001). Learners and learning in environmental education: A critical review of the evidence. *Environmental Education Research*, 7(3), 207-320.
- Rickinson, M. (2001). Learners and learning in Environmental Education. *Australian Journal of Environmental Education*, 25 (2), 21-31.
- Robottom, I. (1990). Contestation and consensus in environmental education, *Curriculum Perspectives*, 7(1), 23-7.
- Robottom, I. (2000). Environmental education in changing times. In: Moon, B., Brown, S. & Ben-Peretz, M. (eds), *Routledge International Companion to Education* pp. 502-512, Routledge, London.
- Rockstein, M. (1999). Ed., Biochemistry of Insects, Academic Press, New York.
- Romano, S. J. and A. F. Rodrigues (2008). Cements obtained from rice hull: Encapsulation of heavy metals. *Journal of Hazardous Materials*, 154(1-3), pp.1075-1080.
- Rosenberg, M. J. and C. I. Hovland (1960), in Attitude Organization and Change: An Analysis of Consistency among Attitude Components, eds Rosenberg, M. J., Hovland, C. I., McGuire, W. J., Abelson, R. P., and Brehm, J. W., New Haven, CT: Yale University Press.
- Rosier, M. J. (1997). Survey research methods, στο J. P. Keeves (επιμ.) Educational Research, Methodology and Measurement: an International Handbook, 2η έκδοση. Oxford: Elsevier Science Ltd., 154-162.
- Ryan, A. M., M. Tinnesand (2002) (ed). Introduction to Green Chemistry, Instructional Activities for Introductory Chemistry, American Chemical Society. (ISBN 0-8412-3848-0).
- Ryea, J., P. Rubbab and R. Wiesenmayerc (1997). An investigation of middle school students' alternative conceptions of global warming, *International Journal of Science Education*, 19 (5), 527-551.

- Salta, K., & Tzougraki, C. (2004). Attitudes toward chemistry among 11th grade students in high schools in Greece. *Science Education*, 88(4), 535-547.
- Sauve, L. (1994). *Pour une education relative a l' environment*. Montreal: Guerin, Paris: Eska.
- Scott, E. (2008). Valorisation of Plant Production Chains, Wageningen University and Research Center, Industrial Biomass Application-The bridge Between Agriculture and Chemistry, 5th European Biorefinery Symposium.
- Scoullos M. (1998). Environment and Society: Education and Public Awareness for Sustainability. *Proceedings of the Thessaloniki International Conference organised by UNESCO and the Government of Greece* (8-12 Dec 1997).
- Scoullos, M. and V. Malotidi (2004). *Handbook on Methods used in Environmental Education and Education for Sustainable Development*, MIO-ECSDE, Athens.
- Scoullos M. (2007). *Evolution and principles of the Education for Sustainable Development,* Thalo, Vol I, "Education and Sustainability", July 2007 (In Greek)
- Scheringer, M (2004). Persistent Organic Pollutants (POPs) in the Focus of Science and Politics, *Environ Sci & Pollut Re.*, 11 (1), p. 1 – 2.
- Schibeci, R. A. (1984). Attitudes to Science: An update, Studies in Science Education, 11, 26-59.
- Schofield, W. (1996). Survey Sampling, στο R. Sapsford και Jupp, V. (1996). Data Collection and Analysis. London: Sage Publications and the Open University Press, 25-55.
- Sena-Martins, G., E. Almeida-Vara, C. J. Duarte (2008). Eco-friendly new products from enzymatically modified lignins. *Ind. Crops Prod*. 27, 189–195.
- Segawa, K. (2003). 1st International Conference on Green & Sustainable Chemistry (GSC TOKYO), *Green Chem*.,5, G68.
- Shah, V., M. Jurjevic and D. Badia (2007). Utilization of Restaurant Waste Oil as a Precursor for Sophorolipid Production. *Biotechnol. Prog.*, 23 (2), 512-515.
- Sharma, K. B., K. M. Doll and S. Z. Erhan (2007). Oxidation, friction reducing, and low temperature properties of epoxy fatty acid methyl esters, *Green Chem*., 9, 469-474.
- Sheldon, R. A. (1992). Organic synthesis—past, present and future. *Chem Ind* , 903–906.
- Sheldon, R. A. (1997). Catalysis and Pollution Prevention, *Chem. Ind*., 12-15.
- Shepard, C.L., and Speelman, L.R. (1985/86). Affecting environmental attitudes through outdoor education, *The Journal of Environmental Education*, 17(2), 20-23.

- Shringley, R. and Johnson, T. (1973). The Attitude of In-Service Elementary Teachers Toward Science. *School Science and Mathematics*, 74(5), 437-446.
- Smith-Sebasto, N.J. and Semrau, H. J. (2004). Evaluation of the environmental education program at the New Jersey school of conservation. *The Journal of Environmental Education*, 36(1), 3-18.
- Simpson, R. and Oliver, S.(1985). Attitudes Toward Science and Achievement Motivation Profiles of Male and Female Science Students in Grades Six Through Ten, *Science Education*, 69(4), 511-526.
- Skamp, K. (2000). Environmental concepts: Important and neglected? In G. Young (Ed.), Southern crossings: Pointers for change (pp. 106–119). Sydney, Australia: Australian Association for Environmental Education.
- Skamp, K., E. Boyes and M. Stanisstreet (2004). Students' Ideas and Attitudes about Air Quality, *Research in Science Education*, 34, 313–342.
- Stanisstreet, M., and Boyes, E. (1998). High school students' perceptions of how major global environmental issues might cause skin cancer. *Journal of Environmental Education, 29*, 31–36.
- Stapp , B.W., Cox, A. D., Zeph, T.P., Zimbelman, S. K. (1983). The Development, Implementation, and Evaluation of a Transportation Curriculum Module for Middle School-Aged Youth, international Environmental Education. *The Journal of Environmental Education*, 14 (3) 3-12.
- Steinhauser, G. K., P. Greiner, S. Richter, J. Penning and M. Angrick (2004), Editorial, Sustainable Chemistry: Signal for Innovation or only Slogan?, *Environ Sci & Pollut Res*., 11 (5),281-283.
- Stengers I., Bensaude-Vincent B. (1999). *Ιστορία της Χημείας*, Μετάφραση- Επιστημονική Επιμέλεια Μπιτσάκης Ιωάννης, Εκδοτικός οίκος Τραυλός, Έκδοση Πρώτη, Τίτλος πρωτοτύπου: Histoire de la Chimie.
- Sterling, S. (2001). *Sustainable Education (Schumacher Briefings).* No 6, Bristol: Green Books.
- Stevens, C. V. and R. Verte (2004)(ed). *Renewable Bioresources: Scope and modification for non-food applications,* Wiley, Chichester.
- Stevens, .V. C and R. G. Verte , (2004) (ed). *Renewable Bioresources,* Wiley, Chichester.

- Stokking, H., Van Aert, L., Meijberg, W., Kaskens, A. (1999). *Evaluating Environmental Education*. Gland, Switzerland and Cambridge, UK:IUCN.
- Streimer, D. and L. Norman (1989). Health measurement scales. A practical guide to their development and use. New York: Oxford University Press.
- Summerton, L. (2003), The first Worldwide Universities Network symposium on green chemistry, *Green Chem.*, 5, G89.
- Suyatma, N.E. et al (2005). *J. Agric. Food. Chem*., 53, 3950.
- Sykes, H., D.Yencken, J. Fien, & F. Choo (2000). Young people and the environment: Attitudes, knowledge and behaviour. In D. Yencken, J. Fien, & H. Sykes (Eds.), *Environment, education and society in the Asia-Pacific: Local traditions and global discourses* (pp. 189–220). London: Routledge.
- Taylor-Nelson-Sofres Consulting (1998). L'utilisation non alimentaire des produits agricoles: conséquences pour l'industrie chimique et pétrochimique européenne ("The utilisation of non-food agricultural products: consequences for the chemical and petrochemical industry"), Taylor-Nelson-Sofres Consulting, p 22.
- Taylor-Nelson-Sofres Consulting (1998). L'utilisation non alimentaire des produits agricoles: conséquences pour l'industrie chimique et pétrochimique européenne ("The utilisation of non-food agricultural products: Consequences for the chemical and petrochemical industry"), p. 36-37.
- Terzakis, S. Ragkou, P. and T. Antoniou (2010). Introducing Green Chemistry successful case studies, aiming to strengthen environmental awareness among high school and university students, *Proceedings of the 2nd International Symposium on Green Chemistry for Environment and Heal*th, Mykonos.
- Thorndike, E. L. (1932). *The fundamentals of Learning*, New York: Teachers College, Columbia University.
- Thorndike, L. R. (1971). Educational Measurement, 2nd Edition, American Council on Education, Washington, USA.
- Tikka, M. P., M. T. Kuitunen and S. M. Tynys (2000). Effects of Educational Background on Students' Attitudes, Activity Levels, and Knowledge Concerning the Environment. *The Journal of Environmental Education*, 31 (3), 12 – 19.
- Tilbury, D. (1995). Environmental education for sustainability: Defining the new focus of environmental education in the 1990s. *Environmental Education Research*, 1(2), 195-211.

- Trost, M. B. (1991). The atom economy, a search for synthetic efficiency, *Science*, 254(5037), 1471-1477.
- Tuckman, B. (1972). Conducting Educational research, New York: Harcourt Brace Jovanovich Inc.
- Tuncer, G., H. Ertepinar, C. Tekkaya, and S. Sungur (2005). Environmental attitudes of young people in Turkey: effects of school type and gender. *Environmental Education Research*, 11(2), 215-233.
- Tundo P. and P. T. Anastas (1999) (ed). Green Chemistry: Challenging Perspectives, Oxford Science, Oxford.
- Tundo, P., P. Anastas, D. StC. Black, J. Breen, T. Collins, S. Memoli, J. Miyamoto, M. Polyakoff, and W. Tumas (2000). Synthetic pathways and processes in green chemistry. Introductory overview, *Pure Appl. Chem.*, 72 (7), 1207-1228.
- Tundo, P. and K. R. Seddon (2006). Green Chemistry: A Tool for Socio-Economic Development and Environmental Protection, *Chemistry International*, November-December, 32-33.
- Tundo, P. and F. Aricò (2007). Green Chemistry on the Rise: Thoughts on the Short History of the Field, *Chemistry International***,** 29 (5), 4-7.
- Tundo, P. and F. Aricò *(*2007). Green Chemistry on the Rise: Thoughts on the Short History of the Field, *Chemistry International***,** 29(5), 4-7.
- Uffelman, S. E. (2004). News from Online: Green Chemistry, *J. Chem. Edu.*, 81, 2, 172-176.
- Uhlig, H. (1998). *Industrial Enzymes and Their Applications*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- UNESCO (1975). Colloque International sur l' education relative a l' environment, Belgrade, Yugoslavie, 13-22 Oct., Rapport final, Paris: UNESCO.
- UNESCO-UNEP (1976). The Belgrade Charter: A global framework for environmental education. Connect: UNESCO-UNEP Environmental Education Newsletter, 1, (1) pp. 1-2.
- UNESCO (1983). Teaching school chemistry, Ed. D.J. Waddington N. Y.
- UNESCO-UNEP (1983). International Environmental Education Programme, Environmental Education Series, No. 8.
- UNESCO – P.N.U.E. (επιμ), (1984), L'action du Programme International d' education relative a l' environment, Paris.

- UNESCO-PNUE (1988). Strategie d'Action en Matiere d'Education et de Formation Relatives a l' Environment Pour les Annees 1990. Nairobi-Paris: UNESCO-PNUE.
- UNESCO-UNEP (1994). International Environmental Education Programme. Environmental Series 22: A Discussion Guide for UNESCO Training Seminars on Environmetal Education.
- UNESCO, (2005). United Nations Decade of Education for Sustainable development 2005-2014. International Implementation Scheme. DRAFT. UNESCO, Paris.
- UNGA (2002), Resolution 57/254, United Nations General Assembly, Dec 2002, adopting the UN Decade on ESD (2005-2014).
- Valavanidis, A., M. Scoullos, B. Mantzara and B. Tomassini (2007). Educational Material on the New European Chemicals Policy REACH, Ed. T. Vlachogianni & A. Roniotes(MIO-ECSDE), Athens.
- Van Arnum, S. D. (2005). An Approach Towards Teaching Green Chemistry Fundamentals, *J. Chem. Edu*., 82 (11), 1689-1692.
- Vázquez, G., J. González-Alvarez, J. Santos, M.S. Freire and G. Antorrena (2009). Evaluation of potential applications for chestnut (Castanea sativa) shell and eucalyptus (Eucalyptus globulus) bark extracts. *Industrial Crops and Products*, 29 (2-3), 364–370.
- Venkataramanan, S. N., K. Matsui, H. Kawanami and Y. Ikushima (2007). Green synthesis of titania nanowire composites on natural cellulose fibers, *Green Chem.*, 9, 18-19.
- Villa C., et al. (2009). *International Journal of Cosmetic Science*, 31, 55-61.
- Vitousek, P.M., P.R. Ehrlich, and P.A. Matson (1986). Human appropriation of the products of photosynthesis. *Bioscience*, 36, 368–373.
- Walker D., Soltis J. (1997). *Curriculum and aims*, New York and London: Columbia University, Teachers College.
- Wals, A. E.J. & Jickling, B. (2000). Process-based environmental education. Seeking standards without standardizing. In: Jensen, B.B., Schnack, K. & Simovska, V. (eds), *Critical Environmental and Health Education. Research Issues and Challenges* (pp. 127-149). Copenhagen NV: Research Centre for Environmental and Health Education. The Danish University of Education.
- Walshe, N. (2008). Understanding students' conceptions of sustainability, *Environmental Education Research*, 14(5), 537-558.
- Wang, H.J. & K.M. Chen (2005). *J. Applied Polymer Science*, 98, 711.

- Wareing, C. (1982), Developing the WASP: Wareing attitudes toward Science Protocol, *Journal of Research in Science Teaching*, 19(8), 639-645.
- WCED (1987), Our Common Future, World Commission on Environment and Development-. Oxford: Oxford University Press (ISBN 0-19-282080-X).
- Weinburg, M.(1995). Gender differences in student attitudes toward science: a meta-analysis of the literature from 1970-1991. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 387-398.
- Werpy, T., G. Petersen, A. Aden, J. Bozell et al (2004). Top Value Added Chemicals from Biomass, Volume I—Results of Screening for Potential Candidates from Sugars and Synthesis Gas Produced by Staff at the Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) and the National Renewable Energy Laboratory (NREL).
- Williams I. and T. Oyetunde (2008). Focus on Glucose: a world of sugar, *Newsletter*: *Green Chemistry and the Consumer*, Issue 30.
- Williams, S. M., & R. McCrorie (1990). The analysis of ecological attitudes in town and country, *Journal of Environmental Management*, 31, 157-162.
- Wilson, R. J., & Tomera, A.N. (1980). Enriching traditional biology with an environmental perspective. Using case studies in a simulation format to influence students' environmental attitudes, *The Journal of Environmental Education*, 12(1), 9-12.
- Wolf, R. M. (1994). The validity and reliability of outcome measure, στο A. C. Tuijnaman και T. N. Postlethwaite (επιμ.) Monitoring the Standards of Education, Oxford: Pergamon, 121-132.
- Wood, A. (1998). Breaking into the Big Time- Biodegradables: Ready to Take Off, Chemical Week.
- Woodhouse, E. J. and S. Breyman (2005), Green Chemistry as Social Movement? *Science, Technology and Human Values*, 30,2, 199-222.
- Worsley, An. and G. Skrzypiec (1998). Environmental attitudes of senior secondary school students in South Australia. *Global Environmental Change*, 8 (3), 209-225.
- Xu, X. Y., K. M. Kim, M. A. Hanna and D. Nag (2005). Chitosan-starch composite film: preparation and characterization, *Industrial Crops and Products*, 21, 185–192.
- Yencken, D. (2000). Young people and the environment: The implications for environmentalism. In D. Yencken, J. Fien, & H. Sykes (Eds.), Environment, education and society in the Asia-Pacific: Local traditions and global discourses (pp. 221–250). London: Routledge.

- Yeung, S. (1998). Environmental consciouseness among students in senior secondary schools:the case of Hong Kong, *Environmental Education Research*, 1998, 4 (3), 251-267.
- Yilmaz, O., W. F.Boone, and H.O. Andersen (2004). Views of elementary and middle school Turkish students toward environmental issues. *International Journal of Science Education*, 26(12), 1527-1546.
- Yoshimura, T., Matsuo, K. and R. Fujioka (2006). Novel biodegradable superabsorbent hydrogels derived from cotton cellulose and succinic anhydride: Synthesis and characterization, *J. Applied Polymer Science*, 99, 3251–3256.
- Zabeau, M.(2006). European Technology Platform "Plants for the Future", European Plant Science Organization – EPSO, EPOBIO Workshop, Wageningen, May 22-24.
- Zeikus, G. J (2001). *Biobased Industrial Products: Back to the Future for Agriculture*, The Biobased Economy of the Twenty-First Century: Agriculture Expanding into Health, Energy, Chemicals, and Materials.
- Zelensky, L.C(1999). Educational interventions that improve environmental behaviors: a meta-analysis, *The Journal of Environmental Education*, 31 (1), 5-14.
- Zhang, H., and D. Brown (2005). Understanding urban residential water use in Beijing and Tianjin, China. *Habitat International*, 29(3), 469-491.
- Zimbardo, P. C. (1984). On the ethics of intervention in human psychological research with specific reference to the "Stanfrod Prison Experiment". Στο Murphy, M. J. and Brown, H. (επιμ.). Dialogues and Debates in Social Psychology. London: Lawrence Erlbaum Associates in association with the Open University Press.
- Zimmerman, L.K., (1996). Knowledge, affect and the environment: 15 years of Research (1979-1993). *Journal of Environmental Education*, 27 (3), 41-45.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

- Ελληνική Εταιρεία Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (2011), Ελληνική και Ευρωπαϊκή νομοθεσία, http://www.eedsa.gr/Contents.aspx?CatId=8, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Ενημερωτική έκδοση του INCA της Ιταλίας για τις δράσεις του (2007), http://www.incaweb.org/green/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.

- Επισκόπηση της Συνόδου Ευρωπαϊκής Ολομέλειας, 2006 (Στρασβούργο 16 - 19 Ιανουαρίου), http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?type=IM-PRESS&reference=20060113BKG04268&language=EL, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. C177, 1988. Ψήφισμα του Συμβουλίου και των Υπουργών Παιδείας που συνήλθαν στα πλαίσια του Συμβουλίου σχετικά με την περιβαλλοντική αγωγή της 24ης Μαΐου 1988, σ. 0008 – 0010, http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:41988X0706(02):EL:HTML, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2004/2259 (INI), Ψήφισμα σχετικά με την προώθηση των καλλιεργειών που δεν προορίζονται για τη διατροφή, http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+P6-TA-2006-0116+0+DOC+XML+V0//EL, , Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Ινστιτούτο Επιστήμης και Τεχνολογίας Ισπανίας (2000). Science and Technology for Chemical and Pharmaceutical Industries, http://www.iuct.com/old/eng/intro_eng_frame.htm, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας/ ΚΑΠΕ (1998). Έκδοση του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για τη Βιομάζα διαθέσιμο, http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie/ ADEME, 2010, http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?id=11433&m=3&cid=96, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Agriculture pour la Chimie et l' energie- AGRICE (2011), http://www.ademe.fr/partenaires/agrice/index.htm, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Alternative Crops Technology Interaction Network (2011), http://www.ist-world.org/OrgUnitDetails.aspx?OrgUnitId=aadb5d329b88497a9526312e9cce16f6, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- American Chemical Society (2007a), Paul Anastas, Green Chemistry: What does it mean? YCC Newsletter Fall 2007, http://membership.acs.org/y/ycc/newslett/current/Fall%202007%20Newsletter.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Μάιος 2008.

- American Chemical Society (1999b), Kenneth G. Hancock Memorial Award, http://portal.acs.org/portal/acs/corg/content?_nfpb=true&_pageLabel=PP_SUPERARTICLE&node_id=1342&use_sec=false&sec_url_var=region1, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- American Chemical Society (2000c), Joseph Breen Memorial Fellowship, *http://portal.acs.org/portal/acs/corg/content?_nfpb=true&_pageLabel=PP_SUPERARTICLE&node_id=1343&use_sec=false&sec_url_var=region1*, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- American Chemical Society (2001d), http://portal.acs.org/portal/acs/corg/content?_nfpb=true&_pageLabel=PP_TRANSITIONMAIN&node_id=830&use_sec=false&sec_url_var=region1, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- American Chemistry Council (2008h). Bio-Polymers & New Materials: Polymers from Renewable Resources**,** στο www.americanchemistry.com, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Brandeis University (2011)**,** http://www.brandeis.edu/now/2009/june/anastasnomination.html, και http://www.brandeis.edu/catalyst/07-01/winter_2007.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Braskem Company (2008), www.braskem.com, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Centre for Green Chemistry, Monash University (2000), http://www.chem.monash.edu.au/green-chem/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Center for Resilience at the Ohio State University (2008). Paul T. Anastas, Julie Zimmerman, Green Chemistry's Role in Resilience, http://www.resilience.osu.edu/PaulAnastas.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Μάιος 2008.
- ChemCom (2011), http://www.lapeer.org/chemcom/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Chemical Strategies Partnership (2011), http://www.chemicalstrategies.org/other_green.htm, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.

- Collins, T. (2001). Toward Sustainable Chemistry, *Science*, 291 (5501), 48–49, στο http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/291/5501/48#dag, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Commondreams (1998), Lung Cancer Among Men; New Evidence for Cleaner Gasoline, Vehicle Standards, December 9, http://www.commondreams.org/pressreleases/Dec98/120998b.htm, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Daryle Busch (2000), Former president of the American Chemical Society, http://academic.uofs.edu/faculty/cannm1/intro.html, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Dow Chemical (2011), http://www.dow.com/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Ehrenberg, J. (2002). Current situation and future prospects of EU industry using renewable raw materials, European Commission, DG Enterprise, Unit E.1: Environmental Aspects of Industry Policy και IENECA European summary report 2000-2005, www.ienica.net. (Interactive European Network for Industrial Crops and their Applications), Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Environmental Protection Agency (2011a), http://www.epa.gov/lawsregs/bizsector/chemicals.html, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Environmental Protection Agency (1994c). Chemical Fact Sheet, Chemicals in the Environment: Perchloroethylene, Office of Pollution Prevention and Toxics, (1994), www.epa.gov/opptintr/chemfact/f_perchl.txt, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Environmental Protection Agency (2006h). *The Phaseout of Methyl Bromide*, http://www.epa.gov/Ozone/mbr/index.html, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- EPOBIO Project, Bioproducts from Non-food Crops (2007), http://www.epobio.net/epobio.htm, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Europalub (2011), www.europalub.org -ιστοσελίδα σχετική με την Ευρωπαϊκή αγορά λιπαντικών, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.

- European Bioplastics Association (2009), Highlights in Bioplastics, http://ibaw.org/eng/downloads/050203_Highlights_in_Bioplastics_en.pdf και www.european-bioplastics.org (Details of bioplastic products currently on the market), Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Σεπτέμβριος 2009.
- European Environmental Agency (2011a), http://www.eea.europa.eu/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος, 2011.
- European Renewable Raw Materials Association-ERRMA (2011), http://www.errma.com/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- European Technology Platform Plants for the Future, Strategic Research Agenda 2025, 2007, http://www.epsoweb.org/catalog/tp/tpcom_home.htm, (European Plant Science Organisation), Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Fachagentur Nachwashsende Rohstoffe (Agency for Renewable Resources) (2011), http://www.fnr.de/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Fachagentur Nachwashsende Rohstoffe /FNR (2011)-Στα Αγγλικά: Federal Office for Agriculture and Food (BLE). Biologisch abbaubare Werkstoffe und naturfaserverstärkte Kunststoffe- Biodegradable Materials and Plastics Reinforced with Natural Fibres, http://www.dainet.de/fnr/de/index.htm και http://www.ble.de/cln_090/DE/00__Home/homepage__node.html?__nnn=true, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Forest-Based Sector Technology Platform (2005) , Innovative and Sustainable Use of Forest Resources, The Forest-Based Sector Technology Platform, A Technology Platform Initiative by the European Forest-based Sector, http://www.forestplatform.org/files/FTP_Vision_Document_20303.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- German Chemical Society (2006), http://www.gdch.de/oearbeit/press/2006/27.htm, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Gordon Research Conferences (1996). http://www.grc.org/home.aspx, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Green and Sustainable Chemistry Network (1998a), http://www.gscn.net/indexE.html, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Green and Sustainable Chemistry Network (2003b), http://www.gscn.net/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.

- Hanson, J. and S. Edwards (2002). *Towards a Biobased Economy: Issues and Challenges Paper*, http://www.pollutionprobe.org/Reports/biobased.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Hendrix College Official Website (2011), http://www.hendrix.edu/news/news.aspx?id=3677&terms=anastas, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Interactive European Network for Industrial Crops and their Applications (1999), Report from the state of the United Kingdom forming part of the IENICA project. Surrey, United Kingdom, Prepared by ACTIN, http://www.ienica.net/reports/uk.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- International Union for Pure and Applied Chemistry (2001a). Symposia and Conferences Sponsored by IUPAC, http://old.iupac.org/symposia/2001.html#100101, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- International Union for Pure and Applied Chemistry (1997b). Conference Report IUPAC CHEMRAWN IX, The role of Advanced Materials in Sustainable Development, http://old.iupac.org/symposia/conferences/chemrawn/chemrawnIX.html, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- International Union for Pure and Applied Chemistry (2002c). Green Chemistry Education, Green Chemistry Series, http://old.iupac.org/publications/books/author/tundo2.html, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- International Union for Pure and Applied Chemistry (2001d), http://old.iupac.org/symposia/reports/2001/100101_isgc.html, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Interuniversity National Consortium "Chemistry for the Environment" /INCA (1997a), http://www.incaweb.org/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Interuniversity National Consortium "Chemistry for the Environment" /INCA (2007b). International Scientific Collaborations of INCA, http://www.incaweb.org/research/pdf/proj_mae.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Johansson, D. (2000). Renewable Raw Materials: a way to reduce greenhouse gas emissions for the EU industry?, European Commission, Stagiaire DG Enterprise/E.1,

http://europa.eu.int/comm/enterprise/environment/reports_studies/reports/rrm-finalreport-dj-july2000.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Σεπτέμβριος 2009.

- LA Times (2008). Products derived from natural, nontoxic ingredients - once seen as fringe - are now mainstream, http://www.latimes.com/news/science/environment/la-me-greenchem14-2008sep14,0,6918253.story?page=1, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Lubrizol Company (2010), www.lubrizol.com, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Marks and Spenser Company (2009), http://www.marksandspenser.com/thecompany/mediacentre/pressreleases/2005/foo2005-02-16-00.shtml., Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Σεπτέμβριος 2009.
- Mediterranean Green Chemistry Network (2007), www.megrec.org, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (2011), http://www.aist.go.jp/aist_e/aist_today/2004_13/feature2/feature_09.html, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- National Research Council (2002). Committee on Undergratuate Education to Prepare Research Scientists for the 21st Century, BIO2010: Undergraduate education to prepare biomedical research scientists. Washington, DC: National Academic Press, http://www.nap.edu/books/0309085357/html, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Δεκέμβριος 2010.
- New York Times (2009a). Green Chemistry Movement Sprouts in Colleges, Companies, http://www.nytimes.com/gwire/2009/03/25/25greenwire-green-chemistry-movement-sprouts-in-colleges-c-10287.html, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- New York Times (2008b). Green Policies in California Generated Jobs, http://www.nytimes.com/2008/10/20/business/20green.html?partner=rssnyt&emc=rss, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Nobel Prize Official website (2005) http://nobelprize.org/chemistry/laureates/2005/press.html, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Novamont Company (2010), http://www.materbi.com/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.

- Organization for Economic Cooperation and Development (1999a), http://www.oecd.org/home/0,2987,en_2649_201185_1_1_1_1_1,00.html, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Procter & Gamble (2010), http://www.pg.com/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Public Forum Institute (2010). Dempsey Roxanne, Biomass Program: Growing America's Energy Future, Office of the Biomass Program, Energy Efficiency and Renewable Energy, U.S. Department of Energy, http://www.publicforuminstitute.org/activities/2007/fl/Panel%204%20%20Dempsey.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Pure and Applied Chemistry (2000), http://www.iupac.org/publications/pac/72/9/, Τα πρακτικά του συνεδρίου στο *Pure and Applied Chemistry*, 2000, Vol. 72, No. 9, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Ringpfeil M. (2002). Biobased industrial products and biorefinery systems—Industrielle Zukunft des 21 Jahrhunderts? Brandenburgische Umweltberichte 10 (in press), http://www.biopract.de, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Royal Society of Chemistry (1999a), http://www.rsc.org, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Royal Chemistry Society Publishing (2011a), http://www.rsc.org/Publishing/Journals/gc/News/anastasaward.asp, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Society for Chemical Engineering and Biotechnology (2010). http://www.dechema.de, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Solvay Chemicals Worldwide (2008), www.solvaychemicals.com, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Stein, M. (2007), *Food for oil, Research* eu, No. 52*, 26-28 of June (διαθέσιμο και στο http://ec.europa.eu/research/research-eu/pdf/research_eu_54_en.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011).
- The Interuniversity Consortium Chemistry for the Environment-GREEN (2006), Τριμηνιαίο περιοδικό GREEN που εκδίδει το INCA στην Ιταλία, http://www.incaweb.org/green/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.

- The Ivory Tower Goes Green; Green chemistry in the curriculum boosts student interest in science (2008), *Chemical and Engineering News: Education*, 86 (36), 64-67, http://portal.acs.org/portal/acs/corg/content?_nfpb=true&_pageLabel=PP_SUPERARTICLE&node_id=560&use_sec=false&sec_url_var=region1&__uuid=380a6ad0-0951-49c5-a5db-e52aafe84378, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης:Φεβρουάριος 2011.
- UN, ECONOMIC AND SOCIAL COUNCIL, (2005), UNECE Strategy for Education for Sustainable Development, Vilnius, 17-18 March 2005, http://www.unece.org/env/documents/2005/cep/ac.13/cep.ac.13.2005.3.rev.1.e.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- UN- Department of Economic and Social Affairs, Division for Sustainable Development, http://www.un.org/esa/dsd/agenda21/res_agenda21_00.shtml, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- UNESCO (1993). PROSPECTS: the quarterly review of comparative education, Paris, UNESCO: International Bureau of Education, vol. 23, no. 1/2, 1993, p. 249–75, http://www.ibe.unesco.org/publications/ThinkersPdf/decrolye.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2010.
- UNESCO (2005). Educational research: some basic concepts and terminology. Quantitative research methods in educational planning, Series editor: Kenneth N.Ross, UNESCO International Institute for Educational Planning, publication is available on http://www.unesco.org/iiep/PDF/TR_Mods/Qu_Mod1.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2012.
- UNESCO (2007). Highlights on DESD Progress Date. http://www.desd.org/Highlights%20on%20ESD%20progress-%20Jan%202007.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- UNESCO-UNEP (1988), International strategy for action in the field of environmental education and training for the 1990s, International Congress on Environmental Education and Training, Moscow 1987, Publ. NAIROBI, Paris, http://unesdoc.unesco.org/images/0008/000805/080583eo.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- University of York, Green Chemistry Centre of Excellence (2011a), http://www.york.ac.uk/res/gcg/brochures.html, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.

- Universal Textiles (2011), http://www.universal-textiles.com/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- United States Department of Agriculture/USDA (2009), www.usda.gov/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- U.S. Congress (2000), Biomass research and development, Act of 2000. [U.S. Congress, Washington, D.C.], http://www.brdisolutions.com/about/bio_act.asp, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011 και U.S. President (1999): Developing and promoting biobased products and bioenergy. (Executive order 13101/13134/ William J. Clinton/ The White House, Washington, D.C.
- U.S. Department of Energy (1997), Energy, environmental, and economics (E3) handbook—a resource tool to aid the office of industrial technologies, 1st edn., http://www.p2pays.org/ref/36/e3/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Σεπτέμβριος 2009.
- Vertec BioSolvents Inc., 2010, www.vertecbiosolvents.com/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Vision for Bioenergy & Biobased Products in the United States, Biomass Technical Advisory Committee (BTAC) 2002, http://www.climatevision.gov/sectors/electricpower/pdfs/bioenergy_vision.pdf, (Climate VISION – Voluntary Innovative Sector Initiatives), Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Ware, A. S.(2001), Greening the curriculum. American Chemical Society Education Programs, Pure Appl. Chem., Vol. 73, No. 8, pp. 1247–1250, http://iupac.org/publications/pac/2001/pdf/7308x1247.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Μάρτιος 2011.
- Yale University, Department of Chemistry, Center for Green Chemistry and green Engineering (2008). http://www.chem.yale.edu/faculty/anastas.html, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 4

4.1 Το τελικό ερωτηματολόγιο πριν και μετά την εφαρμογή των δραστηριοτήτων.

4.2 Διαφάνειες της εισαγωγικής/αρχικής παρουσίασης που πραγματοποιήθηκε σε κάθε καθηγητή που πήρε μέρος στην υλοποίηση των δραστηριοτήτων.

4.3 Οδηγίες και διαφάνειες για την εφαρμογή της δραστηριότητας με τίτλο: «Ανανεώσιμες πρώτες ύλες-Φτιάχνοντας βιοντίζελ από τηγανισμένο λάδι».

4.4 Οδηγίες και διαφάνειες για την εφαρμογή της δραστηριότητας με τίτλο:«Σαπούνι: Ένα καταναλωτικό προϊόν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες».

4.5 Οδηγίες και διαφάνειες για την εφαρμογή της δραστηριότητας με τίτλο: «Ανανεώσιμες πρώτες ύλες-Φτιάχνοντας κόλλα από γάλα!».

4.6 Οδηγίες και διαφάνειες για την εφαρμογή της δραστηριότητας με τίτλο: «Ανανεώσιμες πρώτες ύλες- Σακούλες από άμυλο και με....οικολογική συνείδηση».

4.7 Οδηγίες και διαφάνειες για την εφαρμογή της δραστηριότητας με τίτλο: «Είδη οικιακής χρήσης από ανανεώσιμες πρώτες ύλες».

4.8 Οδηγίες και διαφάνειες για την εφαρμογή της δραστηριότητας με τίτλο: «Ανανεώσιμες πρώτες ύλες- Παραγωγή γλυκόζης από καλαμοσάκχαρο».

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΜΑΘΗΤΩΝ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

Το ερωτηματολόγιο που ακολουθεί αναφέρεται στις γνώσεις και στην στάση σου απέναντι στο θέμα της εκμετάλλευσης και χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών για την παρασκευή βιοπροιόντων.
Παρακαλώ **απάντησε σε όλες** τις ερωτήσεις με ειλικρίνεια.
Το ερωτηματολόγιο **είναι ανώνυμο** και **δεν βαθμολογείσαι** για την συμπλήρωση του.
Μην αφήσεις ερωτήσεις χωρίς απάντηση. Αν κάτι δεν καταλαβαίνεις **μη διαστάσεις να ρωτήσεις**. Χρησιμοποίησε στυλό για να γράψεις τις απαντήσεις σου.
Χρειαζόμαστε τη βοήθεια σου προκειμένου να αξιολογήσουμε εκπαιδευτικό υλικό το οποίο απευθύνεται σε μαθητές της ηλικίας σου.
Για την αποφυγή λαθών θα γίνει κωδικοποίηση των ερωτηματολογίων.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ

Α) Στα δύο πρώτα τετράγωνα γράψε τα αρχικά του ονόματος της μητέρας σου.
Β) Στα δύο επόμενα τετράγωνα γράψε τα αρχικά του ονόματος του πατέρα σου.
Γ) Στα δύο επόμενα τετράγωνα γράψε τον αριθμό της διεύθυνσης του σπιτιού σου. Αν είναι μονοψήφιος γράψε πρώτα το μηδέν και μετά τον αριθμό. Αν είναι τριψήφιος γράψε τα δύο πρώτα ψηφία.

ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Συμπλήρωσε με Χ το αντίστοιχο τετράγωνο:

Φύλο: Αγόρι ☐ Κορίτσι ☐

Επίπεδο εκπαίδευσης γονέων:
(Συμπλήρωσε μόνο το ανώτερο επίπεδο σπουδών των γονιών σου)

	Πατέρας	Μητέρα
Δεν Τελείωσε το Δημοτικό	☐	☐
Έχει απολυτήριο Δημοτικού	☐	☐
Έχει απολυτήριο Γυμνασίου	☐	☐
Έχει απολυτήριο Λυκείου ή Εξαταξίου Γυμνασίου	☐	☐
Έχει πτυχίο Τεχνολογικού ιδρύματος (ΤΕΙ)	☐	☐
Έχει πτυχίο Πανεπιστημίου ή Πολυτεχνείου(ΑΕΙ)	☐	☐

Έχεις συμμετάσχει έστω και σε ένα μόνο πρόγραμμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης; Ναι ☐ Όχι ☐

Διάβασε κάθε ερώτηση και τις προτεινόμενες απαντήσεις προσεκτικά. Σημείωσε με (Χ) το τετράγωνο της απάντησης που πιστεύεις ότι είναι σωστή. Παρακαλώ **απάντησε σε όλες** τις ερωτήσεις.

1) Ποιο από τα παρακάτω δεν θεωρείται ανανεώσιμη πρώτη ύλη; (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Τα υπολείμματα των δασικών οικοσυστημάτων
- ❖ Το αργό πετρέλαιο
- ❖ Τα οργανικά αστικά απόβλητα
- ❖ Τα υπολείμματα των γεωργικών καλλιεργειών
- ❖ Τα κτηνοτροφικά απόβλητα
- ❖ Δε γνωρίζω

2) Το πλεονέκτημα των ανανεώσιμων πρώτων υλών σε σχέση με τις εξαντλούμενες είναι : (Σημείωσε όλα όσα γνωρίζεις)

- ❖ Η μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα
- ❖ Η δυνατότητα αξιοποίησης οργανικών μορφών αποβλήτων
- ❖ Η μείωση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου
- ❖ Η ενίσχυση της οικονομίας των αγροτικών περιοχών
- ❖ Δε γνωρίζω

3) Βασική διαδικασία για την δημιουργία των ανανεώσιμων πρώτων υλών είναι: (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Η φωτοσύνθεση
- ❖ Η εξόρυξη
- ❖ Η διύλιση
- ❖ Η εξάτμιση
- ❖ Δε γνωρίζω

4) Ποιο από τα παρακάτω δε θεωρείται αρχή της πράσινης χημείας; (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Ο σχεδιασμός των προϊόντων για βιοαποδόμηση
- ❖ Η ασφάλεια κατά την εκτέλεση μιας χημικής διεργασίας
- ❖ Η επεξεργασία των αποβλήτων που προκύπτουν στο τέλος μιας χημικής διεργασίας
- ❖ Η χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών
- ❖ Η πρόληψη της ρύπανσης
- ❖ Δε γνωρίζω

5) Τι δεν είναι η «πράσινη χημεία»: (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Ο κλάδος της χημείας που ασχολείται με την προστασία των δασών
- ❖ Η φιλική προς το Περιβάλλον Χημεία
- ❖ Ο κλάδος της Χημείας που ασχολείται με την ανακύκλωση των υλικών
- ❖ Ένα θρησκευτικό δόγμα
- ❖ Δε γνωρίζω

6) Ποιος είναι ο πιο σωστός τρόπος για την προστασία του περιβάλλοντος; (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Η επεξεργασία των αποβλήτων
- ❖ Η ανακύκλωση
- ❖ Η πρόληψη της ρύπανσης
- ❖ Δε γνωρίζω

7) Τα παρακάτω είναι προϊόντα του αργού πετρελαίου; (Σημείωσε όλα όσα γνωρίζεις)

- ❖ Οι πλαστικές σακούλες
- ❖ Τα εντομοκτόνα
- ❖ Τα καύσιμα
- ❖ Τα απορρυπαντικά και τα είδη καθαρισμού
- ❖ Δε γνωρίζω

8) Ποια από τα παρακάτω προϊόντα μπορούν να παρασκευαστούν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες; (Σημείωσε όλα όσα γνωρίζεις)

- ❖ Τα καύσιμα
- ❖ Τα συγκολλητικά και οι κόλλες
- ❖ Τα πλαστικά
- ❖ Τα καθαριστικά
- ❖ Δε γνωρίζω

9) Η μη ορθή χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών μπορεί να οδηγήσει: (Σημείωσε όλα όσα γνωρίζεις)

- ❖ Στην καταστροφή των οικοσυστημάτων
- ❖ Στην μείωση της βιοποικιλότητας
- ❖ Στη μείωση τους διατροφικού αποθέματος
- ❖ Δε γνωρίζω

ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ

Α) Στα δύο πρώτα τετράγωνα γράψε τα αρχικά του ονόματος της μητέρας σου.
Β) Στα δύο επόμενα τετράγωνα γράψε τα αρχικά του ονόματος του πατέρα σου.
Γ) Στα δύο επόμενα τετράγωνα γράψε τον αριθμό της διεύθυνσης του σπιτιού σου. Αν είναι μονοψήφιος γράψε πρώτα το μηδέν και μετά τον αριθμό. Αν είναι τριψήφιος γράψε τα δύο πρώτα ψηφία.

Στην συνέχεια διατυπώνονται απόψεις σχετικά με την εκμετάλλευση και χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Με δεδομένο ότι:

Α) ***Ανανεώσιμες*** είναι οι πρώτες ύλες οι οποίες προέρχονται από φυτική ή ζωική πηγή και οι οποίες διαρκώς ανανεώνονται. Παραδείγματα τέτοιων πρώτων υλών είναι το ξύλο των δένδρων, τα προϊόντα αλλά και τα απόβλητα της αγροτικής και ζωικής παραγωγής.

Β) ***Πράσινη χημεία*** είναι μια σύγχρονη προσέγγιση της Χημείας που στηρίζεται στην εφαρμογή ενός συνόλου αρχών που μειώνουν ή εξαλείφουν τη χρήση ή τη δημιουργία επικίνδυνων ουσιών κατά τον σχεδιασμό, την παρασκευή και τη χρήση των χημικών προϊόντων. Σκοπός της πράσινης χημείας, λοιπόν, είναι η πρόληψη της ρύπανσης του περιβάλλοντος αλλά και της μείωσης της επικινδυνότητας των χημικών προϊόντων για τον άνθρωπο.

Γ) ***Βιοαποδομήσιμο*** χαρακτηρίζεται ένα υλικό (το οποίο συνήθως προέρχεται από φυτική ή ζωική πηγή) όταν στο τέλος του κύκλου της ζωής του, μπορεί να διασπαστεί από μικροοργανισμούς και τα συστατικά του να ενσωματωθούν στη φύση.

θα θέλαμε να μας πεις πόσο συμφωνείς ή διαφωνείς σε καθεμιά από τις παρακάτω προτάσεις. Δεν υπάρχουν σωστές ή λάθος απαντήσεις. **Κύκλωσε** τον αριθμό που αντιστοιχεί στο βαθμό συμφωνίας ή διαφωνίας της γνώμης σου με την κάθε πρόταση.

<u>Μην αφήσεις προτάσεις χωρίς απάντηση.</u>

		Διαφωνώ απολύτως	Μάλλον διαφωνώ	Ούτε διαφωνώ, ούτε συμφωνώ/ Δεν έχω άποψη	Μάλλον συμφωνώ	Συμφωνώ απολύτως
1	Αγοράζοντας προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες βοηθάμε στην προστασία του περιβάλλοντος.	1	2	3	4	5
2	Η χρήση προϊόντων από ανανεώσιμες πρώτες ύλες δεν προκαλεί βλάβες στο περιβάλλον.	1	2	3	4	5
3	Όταν αγοράζουμε ένα προϊόν πρέπει να εξετάζουμε αν προέρχεται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.	1	2	3	4	5
4	Όταν αγοράζουμε ένα προϊόν πρέπει να εξετάζουμε αν είναι βιοαποδομήσιμο.	1	2	3	4	5
5	Μπορεί να παραχθεί καύσιμο από λάδια τηγανίσματος.	1	2	3	4	5
6	Μπορεί να παραχθεί πλαστική σακούλα με πρώτη ύλη το καλαμπόκι ή την πατάτα.	1	2	3	4	5
7	Το μερίδιο ευθύνης της χημικής βιομηχανίας στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος είναι μεγάλο.	1	2	3	4	5
8	Ένα προϊόν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες είναι κατώτερης ποιότητας από ένα αντίστοιχο που προέρχεται από ορυκτούς πόρους.	1	2	3	4	5
9	Η αλόγιστη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών μπορεί να οδηγήσει σε επιβάρυνση των οικοσυστημάτων.	1	2	3	4	5
10	Επιθυμώ να ενημερωθώ με οποιονδήποτε τρόπο (σχολείο, διαδίκτυο, μέσα ενημέρωσης) για καταναλωτικά προϊόντα φιλικότερα προς το περιβάλλον.	1	2	3	4	5
11	Ο ρόλος της πράσινης χημείας στην προστασία του περιβάλλοντος είναι σημαντικός.	1	2	3	4	5

12	Μπορεί να παραχθεί σαπούνι από έλαια ελιάς και φοίνικα.	1	2	3	4	5
13	Μπορεί να παραχθεί κόλλα με πρώτη ύλη το γάλα.	1	2	3	4	5
14	Με τις καταναλωτικές μου επιλογές μπορώ να βοηθήσω στην προστασία του περιβάλλοντος.	1	2	3	4	5
15	Η πράσινη χημεία στοχεύει στην βελτίωση των χημικών προϊόντων προς όφελος του περιβάλλοντος.	1	2	3	4	5
16	Μπορεί να παραχθεί καύσιμο οχημάτων από ζάχαρη.	1	2	3	4	5
17	Ένας ενημερωμένος καταναλωτής αποτελεί έναν ενεργό πολίτη.	1	2	3	4	5
18	Μπορεί να παραχθούν απορρυπαντικά από φυτικές ύλες.	1	2	3	4	5

ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΥΜΕ ΠΟΛΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΑΣ

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ ΜΑΘΗΤΩΝ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

Το ερωτηματολόγιο που ακολουθεί αναφέρεται στις γνώσεις και στην στάση σου απέναντι στο θέμα της εκμετάλλευσης και χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών για την παρασκευή βιοπροϊόντων.
Παρακαλώ **απάντησε σε όλες** τις ερωτήσεις με ειλικρίνεια.
Το ερωτηματολόγιο **είναι ανώνυμο** και **δεν βαθμολογείσαι** για την συμπλήρωση του.
Μην αφήσεις ερωτήσεις χωρίς απάντηση. Αν κάτι δεν καταλαβαίνεις **μη διαστάσεις να ρωτήσεις**. Χρησιμοποίησε στυλό για να γράψεις τις απαντήσεις σου.
Χρειαζόμαστε τη βοήθεια σου προκειμένου να αξιολογήσουμε εκπαιδευτικό υλικό το οποίο απευθύνεται σε μαθητές της ηλικίας σου.
Για την αποφυγή λαθών θα γίνει κωδικοποίηση των ερωτηματολογίων.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ

Α) Στα δύο πρώτα τετράγωνα γράψε τα αρχικά του ονόματος της μητέρας σου.
Β) Στα δύο επόμενα τετράγωνα γράψε τα αρχικά του ονόματος του πατέρα σου.
Γ) Στα δύο επόμενα τετράγωνα γράψε τον αριθμό της διεύθυνσης του σπιτιού σου. Αν είναι μονοψήφιος γράψε πρώτα το μηδέν και μετά τον αριθμό. Αν είναι τριψήφιος γράψε τα δύο πρώτα ψηφία.

Διάβασε κάθε ερώτηση και τις προτεινόμενες απαντήσεις προσεκτικά. Σημείωσε με (Χ) το τετράγωνο της απάντησης που πιστεύεις ότι είναι σωστή. Παρακαλώ **απάντησε σε όλες** τις ερωτήσεις.

1) Ποιο από τα παρακάτω δεν θεωρείται ανανεώσιμη πρώτη ύλη; (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Τα υπολείμματα των δασικών οικοσυστημάτων
- ❖ Το αργό πετρέλαιο
- ❖ Τα οργανικά αστικά απόβλητα
- ❖ Τα υπολείμματα των γεωργικών καλλιεργειών
- ❖ Τα κτηνοτροφικά απόβλητα
- ❖ Δε γνωρίζω

2) Το πλεονέκτημα των ανανεώσιμων πρώτων υλών σε σχέση με τις εξαντλούμενες είναι : (Σημείωσε όλα όσα γνωρίζεις)

- ❖ Η μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα
- ❖ Η δυνατότητα αξιοποίησης οργανικών μορφών αποβλήτων
- ❖ Η μείωση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου
- ❖ Η ενίσχυση της οικονομίας των αγροτικών περιοχών
- ❖ Δε γνωρίζω

3) Βασική διαδικασία για την δημιουργία των ανανεώσιμων πρώτων υλών είναι: (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Η φωτοσύνθεση
- ❖ Η εξόρυξη
- ❖ Η διύλιση
- ❖ Η εξάτμιση
- ❖ Δε γνωρίζω

4) Ποιο από τα παρακάτω δε θεωρείται αρχή της πράσινης χημείας; (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Ο σχεδιασμός των προϊόντων για βιοαποδόμηση
- ❖ Η ασφάλεια κατά την εκτέλεση μιας χημικής διεργασίας
- ❖ Η επεξεργασία των αποβλήτων που προκύπτουν στο τέλος μιας χημικής διεργασίας
- ❖ Η χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών
- ❖ Η πρόληψη της ρύπανσης
- ❖ Δε γνωρίζω

5) Τι δεν είναι η «πράσινη χημεία»: (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Ο κλάδος της χημείας που ασχολείται με την προστασία των δασών
- ❖ Η φιλική προς το Περιβάλλον Χημεία
- ❖ Ο κλάδος της Χημείας που ασχολείται με την ανακύκλωση των υλικών
- ❖ Ένα θρησκευτικό δόγμα
- ❖ Δε γνωρίζω

6) Ποιος είναι ο πιο σωστός τρόπος για την προστασία του περιβάλλοντος; (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Η επεξεργασία των αποβλήτων
- ❖ Η ανακύκλωση
- ❖ Η πρόληψη της ρύπανσης
- ❖ Δε γνωρίζω

7) Τα παρακάτω είναι προϊόντα του αργού πετρελαίου; (Σημείωσε όλα όσα γνωρίζεις)

- ❖ Οι πλαστικές σακούλες
- ❖ Τα εντομοκτόνα
- ❖ Τα καύσιμα
- ❖ Τα απορρυπαντικά και τα είδη καθαρισμού
- ❖ Δε γνωρίζω

8) Ποια από τα παρακάτω προϊόντα μπορούν να παρασκευαστούν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες; (Σημείωσε όλα όσα γνωρίζεις)

- ❖ Τα καύσιμα
- ❖ Τα συγκολλητικά και οι κόλλες
- ❖ Τα πλαστικά
- ❖ Τα καθαριστικά
- ❖ Δε γνωρίζω

9) Η μη ορθή χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών μπορεί να οδηγήσει: (Σημείωσε όλα όσα γνωρίζεις)

- ❖ Στην καταστροφή των οικοσυστημάτων
- ❖ Στην μείωση της βιοποικιλότητας
- ❖ Στη μείωση τους διατροφικού αποθέματος
- ❖ Δε γνωρίζω

Ειδικό μέρος (θα απαντηθεί από όσους συμμετείχαν στο σχέδιο εργασίας που αφορούσε στο βιοντίζελ)

10) Η δραστηριότητα σας φάνηκε: (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Πολύ χρήσιμη
- ❖ Αρκετά χρήσιμη
- ❖ Αδιάφορη
- ❖ Περιττή

11) Τι γνωρίζεις για το βιοντίζελ; (Σημείωσε όλα όσα γνωρίζεις)

- ❖ Κατατάσσετε στα βιοκαύσιμα
- ❖ Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας σε οχήματα
- ❖ Μπορεί να παραχθεί από λίπη και έλαια
- ❖ Εκπέμπει λιγότερα τοξικά αέρια από το κοινό ντίζελ
- ❖ Δε γνωρίζω τίποτα

12) Ο καλύτερος περιβαλλοντικά τρόπος διαχείρισης των τηγανελαίων που παράγονται από ένα φαστ-φούντ είναι: (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Η απόρριψη στους μπλε κάδους ανακύκλωσης
- ❖ Η απόρριψη στην αποχέτευση
- ❖ Η συλλογή και ασφαλής διάθεση τους
- ❖ Η απόρριψη στον κάδο απορριμμάτων
- ❖ Δε γνωρίζω

13) Η οικονομία του ατόμου που επιτυγχάνεται κατά την διαδικασία παραγωγής του βιοντίζελ είναι: (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ 0%
- ❖ 20%
- ❖ 60%
- ❖ 75%
- ❖ 100%
- ❖ Δε γνωρίζω

14) Η γλυκερίνη που παράγεται κατά την αντίδραση παρασκευής του βιοντίζελ: (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Αποχύνεται στο ποτάμι που βρίσκεται πιο κοντά στην μονάδα παραγωγής της για να μην καταναλώνονται καύσιμα κατά τη μεταφορά της
- ❖ Αποτελεί απόβλητο και οδηγείται στις χωματερές
- ❖ Μπορεί να αποτελέσει πρώτη ύλη για την παρασκευή σαπουνιών και καλλυντικών
- ❖ Δε γνωρίζω

15) Κατά τη διαδικασία παρασκευής του βιοντίζελ: (Σημείωσε όλα όσα γνωρίζεις)

- ❖ Δεν παράγονται απόβλητα
- ❖ Χρησιμοποιούνται ανανεώσιμες πρώτες ύλες
- ❖ Αξιοποιούνται απόβλητα τηγανέλαια
- ❖ Υπάρχει μέγιστη οικονομία ατόμου
- ❖ Δε γνωρίζω

Ειδικό μέρος (θα απαντηθεί από όσους συμμετείχαν στο σχέδιο εργασίας που αφορούσε στις σακούλες από άμυλο)

10) Η δραστηριότητα σας φάνηκε: (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Πολύ χρήσιμη
- ❖ Αρκετά χρήσιμη
- ❖ Αδιάφορη
- ❖ Περιττή

11) Η χρήση των πλαστικών τσαντών(Σημείωσε όλα όσα γνωρίζεις)

- ❖ Οδηγεί σε επιβάρυνση των φυσικών πόρων
- ❖ Προκαλεί βλάβες στα οικοσυστήματα
- ❖ Οδηγεί σε περαιτέρω κατανάλωση ενέργειας
- ❖ Δημιουργεί προβλήματα στους χώρους εδαφικής διάθεσης των στερεών αποβλήτων τις χωματερές
- ❖ Δε γνωρίζω

12) Ένα σημαντικό μειονέκτημα των τσαντών από άμυλο είναι: (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Η μυρωδιά τους
- ❖ Η μικρότερη ανθεκτικότητα σε σχέση με τις πλαστικές
- ❖ Η διάσπαση τους όταν απορρίπτονται στις χωματερές
- ❖ Η υψηλότερη τιμής τους σε σχέση με τις πλαστικές
- ❖ Δε γνωρίζω

13) Μερικά χαρακτηριστικά των τσαντών από άμυλο είναι ότι (Σημείωσε όλα όσα γνωρίζεις):

- ❖ Προέρχονται από άμυλο πατάτας ή καλαμποκιού
- ❖ Μετά την απόρριψη τους διασπώνται
- ❖ Δεν προκαλούν ρύπανση
- ❖ Για την παρασκευή τους δεν απαιτείται πετρέλαιο
- ❖ Δε γνωρίζω τίποτα

Ειδικό μέρος (θα απαντηθεί από όσους συμμετείχαν στο σχέδιο εργασίας που αφορούσε στο σαπούνι)

10) Η δραστηριότητα σας φάνηκε: (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Πολύ χρήσιμη
- ❖ Αρκετά χρήσιμη
- ❖ Αδιάφορη
- ❖ Περιττή

11) Τι γνωρίζεις για το σαπούνι; (Σημείωσε όλα όσα γνωρίζεις)

- ❖ Για την παρασκευή του χρησιμοποιούνται φυτικά έλαια
- ❖ Για την παρασκευή του χρησιμοποιούνται ζωικά έλαια
- ❖ Είναι βιοαποδομήσιμο
- ❖ Δε γνωρίζω τίποτα

12) Τα φυτικά έλαια (Σημείωσε όλα όσα γνωρίζεις):

- ❖ Αποτελούν εξαντλήσιμες πρώτες ύλες
- ❖ Αποτελούν ανανεώσιμες πρώτες ύλες
- ❖ Μπορεί να προέρχονται από το φοινικέλαιο και το λάδι καρύδας
- ❖ Χρησιμοποιούντα για την παρασκευή καλλυντικών και άλλων ειδών καθημερινής χρήσης
- ❖ Δε γνωρίζω τίποτα

13) Το ζώο που κινδυνεύει από την αποψίλωση των τροπικών δασών για την φύτευση φοινικόδεντρων στην Νοτιοανατολική Ασία είναι: (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Το λιοντάρι
- ❖ Ο σκίουρος
- ❖ Το κοάλα
- ❖ Ο ουραγκοτάγκος
- ❖ Η ζέμπρα

Ειδικό μέρος (θα απαντηθεί από όσους συμμετείχαν στο σχέδιο εργασίας που αφορούσε στα είδη οικιακής χρήσης)

10) Η δραστηριότητα σας φάνηκε: (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Πολύ χρήσιμη
- ❖ Αρκετά χρήσιμη
- ❖ Αδιάφορη
- ❖ Περιττή

11) Η χρήση των συμβατικών ειδών οικιακής χρήσης (Σημείωσε όλα όσα γνωρίζεις):

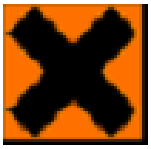
- ❖ Οδηγεί σε μείωση των αποθεμάτων πετρελαίου
- ❖ Δημιουργεί προβλήματα ευτροφισμού σε λίμνες και ποτάμια
- ❖ Προκαλεί προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία
- ❖ Δε γνωρίζω

12) Όταν στην συσκευασία ενός καθαριστικού υπάρχει το διπλανό σχήμα αυτό σημαίνει ότι: (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)



- ❖ Το προϊόν είναι εκρηκτικό
- ❖ Το προϊόν είναι τοξικό
- ❖ Το προϊόν είναι επιβλαβές για το περιβάλλον
- ❖ Το προϊόν είναι καρκινογόνο
- ❖ Δε γνωρίζω

13) Όταν στην συσκευασία ενός καθαριστικού υπάρχει το διπλανό σχήμα αυτό σημαίνει: ότι: (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)



- ❖ Το προϊόν είναι διαβρωτικό
- ❖ Το προϊόν είναι επιβλαβές για το περιβάλλον
- ❖ Το προϊόν είναι ερεθιστικό
- ❖ Το προϊόν είναι καρκινογόνο
- ❖ Δε γνωρίζω

14) Τα καθαριστικά από ανανεώσιμες πρώτες ύλες: (Σημείωσε όλα όσα γνωρίζεις):

- ❖ Είναι ασφαλέστερα από τα συμβατικά
- ❖ Είναι βιοαποδομήσιμα
- ❖ Προκαλούν ίδια ρύπανση με τα συμβατικά
- ❖ Για την παρασκευή τους καταναλώνεται περισσότερη ενέργεια
- ❖ Δε γνωρίζω

15) Τα ένζυμα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες (Σημείωσε όλα όσα γνωρίζεις):

- ❖ Χρησιμοποιούνται στην παρασκευή καθαριστικών
- ❖ Είναι οι λιπάσες και οι πρωτεάσες
- ❖ Είναι οι αμυλάσες
- ❖ Δεν υπάρχουν
- ❖ Δε γνωρίζω

16) Σε μια νοικοκυρά που χρησιμοποιεί συμβατικά προϊόντα καθαρισμού θα πρότεινες : (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Να συνεχίσει να τα χρησιμοποιεί
- ❖ Να τα αντικαταστήσει με προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες
- ❖ Να αποφεύγει να τα εισπνέει
- ❖ Να σταματήσει να καθαρίζει
- ❖ Δε θα πρότεινα τίποτα

Ειδικό μέρος (θα απαντηθεί από όσους συμμετείχαν στο σχέδιο εργασίας που αφορούσε στην παρασκευή κόλλας από γάλα)

10) Η δραστηριότητα σας φάνηκε: (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Πολύ χρήσιμη
- ❖ Αρκετά χρήσιμη
- ❖ Αδιάφορη
- ❖ Περιττή

11) Τα συγκολλητικά παράγονται από: (Σημείωσε όλα όσα γνωρίζεις)

- ❖ Κτηνοτροφικά απόβλητα
- ❖ Οργανικά απόβλητα των δήμων
- ❖ Απόβλητα γαλακτοβιομηχανίας
- ❖ Πετρέλαιο
- ❖ Δε γνωρίζω

12)Ο καλύτερος περιβαλλοντικά τρόπος διαχείρισης των αποβλήτων γαλακτοβιομηχανίας είναι: (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Η απόρριψη τους στην αποχέτευση
- ❖ Η απόρριψη τους στο πλησιέστερο χωράφι
- ❖ Η χρήση τους για την παραγωγή συγκολλητικών
- ❖ Η απόρριψη τους στο πλησιέστερο ποτάμι
- ❖ Δε γνωρίζω τίποτα

13) Σημείωσε ποιες αρχές της πράσινης χημείας εφαρμόστηκαν στο πείραμα που πραγματοποίησες: (Σημείωσε όλα όσα γνωρίζεις)

- ❖ Πρόληψη της ρύπανσης
- ❖ Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών
- ❖ Ελαχιστοποίηση της χρήσης ενέργειας
- ❖ Οικονομία ατόμου
- ❖ Δε γνωρίζω

14) Ποιο αέριο παράγεται κατά την προσθήκη της βάσης; (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Η αμμωνία
- ❖ Το μονοξείδιο του άνθρακα
- ❖ Το διοξείδιο του άνθρακα
- ❖ Το υδροχλώριο
- ❖ Δε γνωρίζω

15) Η εργαστηριακή διαδικασία που ακολούθησες μπορεί να εφαρμοστεί σε βιομηχανική κλίμακα για την παρασκευή μεγάλων ποσοτήτων κόλλας: (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Ναι
- ❖ Όχι
- ❖ Εξαρτάται από τις συνθήκες
- ❖ Δε γνωρίζω

Ειδικό μέρος (θα απαντηθεί από όσους συμμετείχαν στο σχέδιο εργασίας που αφορούσε στην παραγωγή γλυκόζης από καλαμοσάκχαρο):

10) Η δραστηριότητα σας φάνηκε: (Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Πολύ χρήσιμη
- ❖ Αρκετά χρήσιμη
- ❖ Αδιάφορη
- ❖ Περιττή

11) Το ζαχαροκάλαμο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην χημική βιομηχανία για την παρασκευή (Σημείωσε όλα όσα γνωρίζεις):

- ❖ Φαρμακευτικών ειδών
- ❖ Απορρυπαντικών
- ❖ Καυσίμων
- ❖ Καλλυντικών
- ❖ Δε γνωρίζω

12) Η διεργασία παραγωγής της γλυκόζης από καλαμοσάκχαρο είναι η:(Σημείωσε μόνο μια απάντηση)

- ❖ Εκχύλιση
- ❖ Αποσύνθεση
- ❖ Πυρόλυση
- ❖ Υδρόλυση
- ❖ Αεριοποίηση
- ❖ Δε γνωρίζω

13) Η αλόγιστη καλλιέργεια ζαχαροκάλαμου μπορεί να (Σημείωσε όλα όσα γνωρίζεις):

- ❖ Οδηγήσει σταδιακά στην επέκταση των καλλιεργειών εις βάρος των οικοσυστημάτων
- ❖ Μειώσει τις διατροφικές καλλιέργειες
- ❖ Προκαλέσει βλάβες στην βιοποικιλότητα
- ❖ Μην έχει καμία επίπτωση

14) Η διεργασία παραγωγής της γλυκόζης από καλαμοσάκχαρο μπορεί να: (Σημείωσε όλα όσα γνωρίζεις)

- ❖ Εφαρμοστεί σε βιομηχανική κλίμακα
- ❖ Οδηγήσει στην παρασκευή βιοπροιόντων
- ❖ Οδηγήσει σε βιοαποδομήσιμα προϊόντα
- ❖ Δε γνωρίζω

ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ

Α) Στα δύο πρώτα τετράγωνα γράψε τα αρχικά του ονόματος της μητέρας σου.
Β) Στα δύο επόμενα τετράγωνα γράψε τα αρχικά του ονόματος του πατέρα σου.
Γ) Στα δύο επόμενα τετράγωνα γράψε τον αριθμό της διεύθυνσης του σπιτιού σου. Αν είναι μονοψήφιος γράψε πρώτα το μηδέν και μετά τον αριθμό. Αν είναι τριψήφιος γράψε τα δύο πρώτα ψηφία.

Στην συνέχεια διατυπώνονται απόψεις σχετικά με την εκμετάλλευση και χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών. **Θα θέλαμε να μας πεις πόσο συμφωνείς ή διαφωνείς σε καθεμιά από τις παρακάτω προτάσεις**. Δεν υπάρχουν σωστές ή λάθος απαντήσεις. **Κύκλωσε** τον αριθμό που αντιστοιχεί στο βαθμό συμφωνίας ή διαφωνίας της γνώμης σου με την κάθε πρόταση.

<u>Μην αφήσεις προτάσεις χωρίς απάντηση.</u>

		Διαφωνώ απολύτως	Μάλλον διαφωνώ	Ούτε διαφωνώ, ούτε συμφωνώ/ Δεν έχω άποψη	Μάλλον συμφωνώ	Συμφωνώ απολύτως
1	Αγοράζοντας προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες βοηθάμε στην προστασία του περιβάλλοντος.	1	2	3	4	5
2	Η χρήση προϊόντων από ανανεώσιμες πρώτες ύλες δεν προκαλεί βλάβες στο περιβάλλον.	1	2	3	4	5
3	Όταν αγοράζουμε ένα προϊόν πρέπει να εξετάζουμε αν προέρχεται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.	1	2	3	4	5
4	Όταν αγοράζουμε ένα προϊόν πρέπει να εξετάζουμε αν είναι βιοαποδομήσιμο.	1	2	3	4	5
5	Μπορεί να παραχθεί καύσιμο από λάδια τηγανίσματος.	1	2	3	4	5
6	Μπορεί να παραχθεί πλαστική σακούλα με πρώτη ύλη το καλαμπόκι ή την πατάτα.	1	2	3	4	5
7	Το μερίδιο ευθύνης της χημικής βιομηχανίας στην επιβάρυνση του περιβάλλοντος είναι μεγάλο.	1	2	3	4	5
8	Ένα προϊόν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες είναι κατώτερης ποιότητας από ένα αντίστοιχο που προέρχεται από ορυκτούς πόρους.	1	2	3	4	5
9	Η αλόγιστη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών μπορεί να οδηγήσει σε επιβάρυνση των οικοσυστημάτων.	1	2	3	4	5
10	Επιθυμώ να ενημερωθώ με οποιονδήποτε τρόπο (σχολείο, διαδίκτυο, μέσα ενημέρωσης) για καταναλωτικά προϊόντα φιλικότερα προς το περιβάλλον.	1	2	3	4	5
11	Ο ρόλος της πράσινης χημείας στην προστασία του περιβάλλοντος είναι σημαντικός.	1	2	3	4	5

12	Μπορεί να παραχθεί σαπούνι από έλαια ελιάς και φοίνικα.	1	2	3	4	5
13	Μπορεί να παραχθεί κόλλα με πρώτη ύλη το γάλα.	1	2	3	4	5
14	Με τις καταναλωτικές μου επιλογές μπορώ να βοηθήσω στην προστασία του περιβάλλοντος.	1	2	3	4	5
15	Η πράσινη χημεία στοχεύει στην βελτίωση των χημικών προϊόντων προς όφελος του περιβάλλοντος.	1	2	3	4	5
16	Μπορεί να παραχθεί καύσιμο οχημάτων από ζάχαρη.	1	2	3	4	5
17	Ένας ενημερωμένος καταναλωτής αποτελεί έναν ενεργό πολίτη.	1	2	3	4	5
18	Μπορεί να παραχθούν απορρυπαντικά από φυτικές ύλες.	1	2	3	4	5

ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΥΜΕ ΠΟΛΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΑΣ

Διαφάνειες της εισαγωγικής/αρχικής παρουσίασης που πραγματοποιήθηκε σε κάθε καθηγητή που πήρε μέρος στην υλοποίηση των δραστηριοτήτων.

Διαφάνεια Καθηγητή 1



Πράσινη Χημεία:
Χρήση και εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πρώτων υλών για την παρασκευή βιοπροϊόντων

Διαφάνεια Καθηγητή 2

Η χρήση και εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πρώτων υλών για την παρασκευή διαφόρων προϊόντων καθημερινής χρήσης όπως καυσίμων (βιοντίζελ), συγκολλητικών, απορρυπαντικών, καλλυντικών, τσαντών από άμυλο κά αποτελεί παγκόσμια τάση σε βιομηχανικό και τεχνολογικό επίπεδο.





Η χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών αποτελεί ισχυρό εργαλείο και μια από τις αρχές της ***Πράσινης Χημείας*** και Τεχνολογίας.

Πράσινη Χημεία:

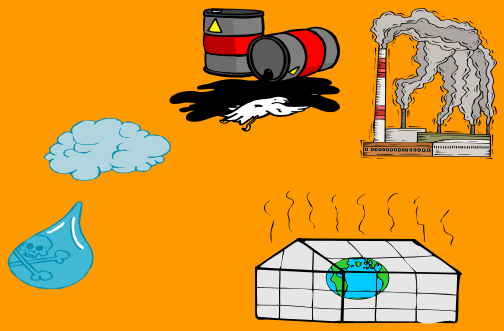
Ένα σύνολο αρχών μέσων των οποίων σχεδιάζονται ασφαλέστερα προϊόντα και προλαμβάνεται η ρύπανση.

Διαφάνεια Καθηγητή 3

Η πλειονότητα των προϊόντων που χρησιμοποιούμε καθημερινά: τα πλαστικά, τα απορρυπαντικά, τα καύσιμα, οι βαφές, τα συγκολλητικά, τα λιπαντικά και πολλά άλλα προέρχονται από το πετρέλαιο και τις ορυκτές πρώτες ύλες.







Λόγω των περιβαλλοντικών προβλημάτων που ενέχει η χρήση των ορυκτών καυσίμων αλλά και με δεδομένο ότι αποτελούν εξαντλήσιμους φυσικούς πόρους, η διεθνής επιστημονική κοινότητα έχει στραφεί στην εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πρώτων υλών όπως, των διαφόρων μορφών βιομάζας, ή του οργανικού κλάσματος των αστικών και βιομηχανικών λυμάτων και σκουπιδιών και την χρήση τους για την παρασκευή βιοπροιόντων.

Διαφάνεια Καθηγητή 4

Έχει γίνει προσπάθεια να αναπτυχθεί εκπαιδευτικό υλικό μέσα από το οποίο τονίζεται ο ρόλος της Πράσινης Χημείας και αναδεικνύεται η χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών και η εκμετάλλευση τους για την παραγωγή προϊόντων καθημερινής χρήσης.



Γενικοί στόχοι:

- ✓ Η αύξηση της γνώσης των μαθητών σχετικά με το θέμα.
- ✓ Η καλλιέργεια θετικών στάσεων για τον ρόλο της Πράσινης Χημείας και για τα προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.
- ✓ Η υποκίνηση των μαθητών να υιοθετήσουν μια πιο περιβαλλοντικά υπεύθυνη καταναλωτική συμπεριφορά.

Διαφάνεια Καθηγητή 5



Εφαρμογή σε μαθητές δευτέρας ή τρίτης Γυμνασίου προκειμένου να ερευνηθεί η αποτελεσματικότητα του.
Η εφαρμογή θα γίνει μέσα σε 2 ή 3 διδακτικές ώρες στο πλαίσιο των μαθημάτων χημείας, οικιακής οικονομίας, βιολογίας ή περιβαλλοντικής εκπαίδευσης.

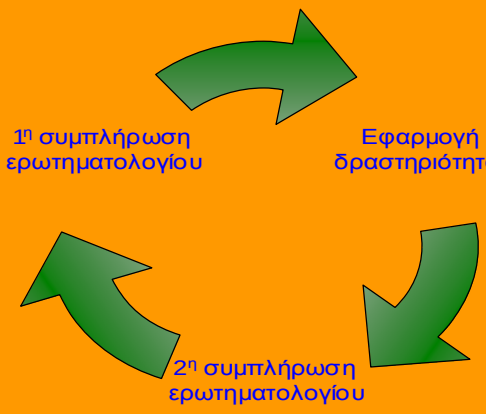


ΤΙΤΛΟΙ

- ✓«Ανανεώσιμες πρώτες ύλες-Φτιάχνοντας βιοντίζελ από τηγανισμένο λάδι».
- ✓«Σαπούνι: Ένα καταναλωτικό προϊόν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες».
- ✓«Ανανεώσιμες πρώτες ύλες-Φτιάχνοντας κόλλα από γάλα!».
- ✓«Ανανεώσιμες πρώτες ύλες- Σακούλες από άμυλο και με….οικολογική συνείδηση».
- ✓ Είδη οικιακής χρήσης από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.
- ✓«Ανανεώσιμες πρώτες ύλες- Παραγωγή γλυκόζης από καλαμοσάκχαρο».

Διαφάνεια Καθηγητή 6

ΠΟΡΕΙΑ



✓ 1η Συμπλήρωση ερωτηματολογίου προκειμένου να καταγραφούν αρχικά οι γνώσεις και οι στάσεις των μαθητών για την χρήση και εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πρώτων υλών και τον ρόλο της Πράσινης Χημείας.

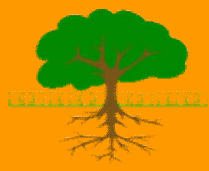
✓ Εκπαιδευτική διαδικασία: Υλοποίηση δραστηριότητας από τον εθελοντή-καθηγητή σύμφωνα με τις οδηγίες που θα έχει πάρει.

✓ 2η Συμπλήρωση ερωτηματολογίου για να ελεγχθεί η επίδραση της εκπαιδευτικής διαδικασίας στις γνώσεις και στάσεις των μαθητών.

Διαφάνεια Καθηγητή 7



Για την δραστηριότητα που θα εφαρμόσει ο κάθε καθηγητής θα έχει στη διάθεση του υλικό αποκλειστικά για αυτόν με τους στόχους, τις φάσεις εξέλιξης της εκπαιδευτικής διδασκαλίας και συμπληρωματικό-επικουρικό υλικό με διαφάνειες καθώς και όπου χρειάζεται τα υλικά και αντιδραστήρια για τα πειράματα.



Μέσα από την εκπαιδευτική διαδικασία που προτείνεται θίγονται βασικές αρχές της Πράσινης Χημείας όπως:

- *Η χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών*
- *Η ασφάλεια*
- *Η βιοαποδόμηση*
- *Η αποτροπή δημιουργίας αποβλήτων-Πρόληψη της ρύπανσης*
- *Η οικονομία ατόμου*

ενώ επιδιώκεται η σύνδεση με την καθημερινή ζωή και τις καταναλωτικές συνήθειες των μαθητών.

Διαφάνεια Καθηγητή 8



Ειδικότερα για τις πειραματικές δραστηριότητες προτείνεται να εφαρμοστούν από καθηγητές του κλάδου ΠΕ0 4.

Διαφάνεια Καθηγητή 9

Η 1η ώρα έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να είναι κοινή για όλες τις δραστηριότητες.

Μέσα από την εκπαιδευτική πορεία που προτείνεται:

- ✓ ***Δίνεται ο ορισμός των ανανεώσιμων πρώτων υλών.***
- ✓ ***Γίνεται αντιπαραβολή με τις εξαντλούμενες πρώτες ύλες.***
- ✓ ***Καλούνται οι μαθητές να αναγνωρίζουν τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες.***
- ✓ ***Δίνονται τα πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πρώτων υλών.***
- ✓ ***Επισημαίνονται οι αρνητικές συνέπειες από την αλόγιστη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών.***
- ✓ ***Επισημαίνεται ότι ο επιστημονικός κλάδος που έχει ως αρχή του την χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών για την παρασκευή διαφόρων προϊόντων είναι η Πράσινη Χημεία.***
- ✓ ***Δίνεται ο ορισμός της Πράσινης Χημείας και εξηγούνται κάποιες αρχές της.***
- ✓ ***Επισημαίνεται ότι τα ίδια προϊόντα που σήμερα παρασκευάζονται από το πετρέλαιο ή τα παράγωγα του μπορούν να παρασκευαστούν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.***

Διαφάνεια Καθηγητή 10

Η 2η και 3η ώρα έχει σχεδιαστεί ανάλογα με τη δραστηριότητα.

Ανανεώσιμες πρώτες ύλες-
Φτιάχνοντας βιοντίζελ από τηγανισμένο λάδι



Οι μαθητές ενθαρρύνονται να φέρουν τηγανισμένο λάδι από το σπίτι τους ή από το αγαπημένο τους φαστ φουντ και σε ομάδες μέσω μιας απλής πειραματικής διαδικασίας παρασκευάζουν βιοντίζελ μαθαίνοντας παράλληλα ότι τα απόβλητα τηγανέλαια των εστιατορίων αντί να πετιώνται μπορούν να αξιοποιηθούν και να αποτελέσουν πρώτη ύλη για την παρασκευή καυσίμου.
Πριν την εκτέλεση της πειραματικής διαδικασίας παρουσιάζονται τα μέτρα προφύλαξης και τα προειδοποιητικά σήματα τους.
Οι μαθητές συμπληρώνουν ένα φύλλο εργασίας μέσα από το οποίο πραγματεύονται τα περιβαλλοντικά οφέλη της χρήσης βιοντίζελ, λύνουν σταυρόλεξο, επιχειρηματολογούν σε θέματα ανακύκλωσης και υπολογίζουν την οικονομία ατόμου της αντίδρασης που πραγματοποίησαν.

Διαφάνεια Καθηγητή 11

Σαπούνι: Ένα καταναλωτικό προϊόν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες





Οι μαθητές ενθαρρύνονται να φέρουν συσκευασίες σαπουνιών από το σπίτι τους. Μέσα από διαφάνειες που προβάλλονται οι μαθητές αντιλαμβάνονται ότι ένα κοινό προϊόν καθημερινής χρήσεως, παρασκευάζεται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Μέσω μιας καθοδηγούμενης πορείας οι μαθητές προβληματίζονται και συζητούν για θέματα που αφορούν στην ορθολογική χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών, στην ανακύκλωση, στην βιοαποδόμηση ενώ, αναζητούν και εντοπίζουν στις διάφορες συσκευασίες σαπουνιών τα φυτικά έλαια που περιέχονται. Χωρίζονται σε ομάδες και διατυπώνουν γραπτά τι θα έλεγε ένας ουραγκοτάγκος αν μπορούσε να μιλήσει σχετικά με την αντικατάσταση των τροπικών δασών από φοινικόδεντρα, για την παραγωγή διαφόρων ελαίων. Τέλος, τους ζητείται να διεξάγουν μια πολύ μικρή έρευνα για το τι κάνουν τις συσκευασίες από το σαπούνι που χρησιμοποιούν.

Διαφάνεια Καθηγητή 12

Ανανεώσιμες πρώτες ύλες-Φτιάχνοντας κόλλα από γάλα!





Οι μαθητές ενθαρρύνονται να φέρουν γάλα με χαμηλά λιπαρά και ξύδι από το σπίτι τους και σε ομάδες μέσω μιας απλής πειραματικής διαδικασίας παρασκευάζουν κόλλα μαθαίνοντας παράλληλα ότι τα απόβλητα της γαλακτοβιομηχανίας μπορούν να αξιοποιηθούν και να αποτελέσουν πρώτη ύλη για την παρασκευή συγκολλητικών. Πριν την εκτέλεση της πειραματικής διαδικασίας παρουσιάζονται τα μέτρα προφύλαξης και τα προειδοποιητικά σήματα τους.
Μετά το τέλος του πειράματος οι μαθητές δοκιμάζουν την κόλλα που παρασκεύασαν και συμπληρώνουν το φύλλο εργασίας μέσα από το οποίο εκτός των άλλων καλούνται να προβληματιστούν για το κατά πόσο μπορεί να αξιοποιηθεί η εργαστηριακή διαδικασία που ακολούθησαν στην παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων κόλλας σε βιομηχανική κλίμακα.

Διαφάνεια Καθηγητή 13

Ανανεώσιμες πρώτες ύλες- Σακούλες από άμυλο και με.... οικολογική συνείδηση!



Οι μαθητές μέσα από διαφάνειες που προβάλλονται καλούνται να αναγνωρίσουν το πρόβλημα που δημιουργείται στο περιβάλλον από την χρήση της πλαστικής σακούλας. Μαθαίνουν ότι πλέον παρασκευάζονται σακούλες από άμυλο πατάτας ή καλαμποκιού που υπάρχει σε αφθονία στη φύση και είναι φιλικές προς το περιβάλλον ενώ, καλούνται να εξετάσουν μακροσκοπικά μια τέτοια σακούλα. Στη συνέχεια συγκρίνουν τον κύκλο ζωής μιας πλαστικής σακούλας και μιας σακούλας από άμυλο. Επισημαίνεται, η χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών για την παρασκευή τους και εισάγεται η έννοια της βιοαποδόμησης. Επισημαίνεται ότι ένας από τους λόγους δυσκολίας ενσωμάτωσης τους στην αγορά είναι το οικονομικό τους κόστος που είναι μεγαλύτερο από των συμβατικών και οι μαθητές καλούνται να λύσουν ένα αριθμητικό πρόβλημα προκειμένου να το κατανοήσουν ενώ, τους ζητείται να συμβάλλουν σε μια εκστρατεία ενημέρωσης για τις σακούλες από άμυλο σχεδιάζοντας μια σχετική διαφημιστική αφίσα προώθησης της χρήσης τους.

Διαφάνεια Καθηγητή 14

Είδη οικιακής χρήσης από ανανεώσιμες πρώτες ύλες



Οι μαθητές ενθαρρύνονται να φέρουν συσκευασίες από απορρυπαντικά, υγρά καθαρισμού και άλλα είδη οικιακής χρήσης από το σπίτι τους. Μαθαίνουν ότι η πλειονότητα των διαφόρων ειδών οικιακής χρήσης παρασκευάζεται από το πετρέλαιο και συζητώνται οι αρνητικές επιδράσεις τους στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον. Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες και καταγραφούν τις ουσίες που αναγράφονται στις συσκευασίες των ειδών οικιακής χρήσης που έφεραν από το σπίτι τους.

Επισημαίνεται στους μαθητές ότι τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερες εταιρείες μέσω των μεθόδων της Πράσινης Χημείας έχουν αναπτύξει και παρασκευάζουν τα διάφορα είδη οικιακής χρήσης, φροντίζοντας ώστε οι ουσίες που περιέχουν να προέρχονται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Επισημαίνεται από τον καθηγητή ότι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα νέων απορρυπαντικών είναι τα ενζυμικά προϊόντα καθαρισμού, και ο καθηγητής εκτελεί ένα πείραμα επίδειξης για τα ενζυμικά προϊόντα με τίτλο: «Υδρόλυση των πρωτεϊνών από πρωτεάσες» παρουσιάζοντας έτσι τη δράση τους. Συμπληρώνεται φύλλο εργασίας.

Τέλος ζητείται από τους μαθητές να γράψουν μια πρόταση-εισήγηση για το δημοτικό συμβούλιο της περιοχής τους στην οποία θα προσπαθούν να πείσουν τους δημοτικούς συμβούλους να υιοθετήσουν την αγορά καθαριστικών προϊόντων από ανανεώσιμες πρώτες ύλες στις δημόσιες προμήθειες.

Διαφάνεια Καθηγητή 15

Ανανεώσιμες πρώτες ύλες- Παραγωγή γλυκόζης από καλαμοσάκχαρο





Οι μαθητές ενθαρρύνονται να φέρουν ζάχαρη από το σπίτι τους. Εξηγείται στους μαθητές ότι μέσω μιας σειράς πολύπλοκων βιομηχανικών διεργασιών το ζαχαροκάλαμο μετατρέπεται σε γλυκόζη. Σε ομάδες μέσω μιας απλής πειραματικής διαδικασίας παρασκευάζουν γλυκόζη μαθαίνοντας παράλληλα ότι αποτελεί την πρώτη ύλη στην χημική βιομηχανία για την παραγωγή διαφόρων φαρμακευτικών ειδών, καλλυντικών, απορρυπαντικών, καθώς επίσης και καυσίμων. Πριν την εκτέλεση της πειραματικής διαδικασίας παρουσιάζονται τα μέτρα προφύλαξης και τα προειδοποιητικά σήματα τους. Τέλος, οι μαθητές συμπληρώνουν ένα φύλλο εργασίας μέσα από το οποίο πραγματεύονται θέματα που αφορούν στην αλόγιστη καλλιέργεια ζαχαροκάλαμου και αντιλαμβάνονται ότι η διαδικασία που ακολούθησαν είναι μια βιομηχανική διεργασία.

Διαφάνεια Καθηγητή 16





ΤΕΛΟΣ



Οδηγίες και διαφάνειες για την εφαρμογή της δραστηριότητας με τίτλο: «Ανανεώσιμες πρώτες ύλες-Φτιάχνοντας βιοντίζελ από τηγανισμένο λάδι»

Στόχοι της εκπαιδευτικής διαδικασίας είναι οι μαθητές……

1) Να διατυπώνουν τον ορισμό των ανανεώσιμων πρώτων υλών.
2) Να αναγνωρίζουν τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες και να τις διακρίνουν από τις μη ανανεώσιμες.
3) Να αναφέρουν ορισμένα πλεονεκτήματα της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών αλλά και να συνειδητοποιήσουν τους κινδύνους που ενέχει η αλόγιστη χρήση τους.
4) Να γνωρίσουν την πράσινη χημεία και κάποιες από τις αρχές της.
5) Να αναφέρουν προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.
6) Να περιγράφουν την πορεία σχηματισμού και μετασχηματισμού των ανανεώσιμων πρώτων υλών.
7) Να αποκτήσουν επιδεξιότητα στην πραγματοποίηση απλών πειραμάτων και να ασκηθούν στην οργανική σύνθεση.
8) Να ευαισθητοποιηθούν σε θέματα ανακύκλωσης και αξιοποίησης των αποβλήτων.
9) Να διαμορφώσουν θετική στάση για την χρήση του βιοντίζελ ως καυσίμου και να αναγνωρίζουν τα περιβαλλοντικά οφέλη του.
10) Να αυξήσουν τις γνώσεις τους για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες.
11) Να διαπιστώσουν την σύνδεση της πράσινης χημείας με την καθημερινή ζωή.
12) Να ασκηθούν στην επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων που τους παρέχονται.
13) Να ασκηθούν στην ομαδική εργασία.

Φάσεις εξέλιξης της εκπαιδευτικής διαδικασίας

Πριν την πραγματοποίηση της δραστηριότητας, οι μαθητές έχουν ενθαρρυνθεί να φέρουν τηγανισμένο λάδι από το σπίτι τους ή από το αγαπημένο τους φαστ φουντ.

1η διδακτική ώρα

Ερωτώνται οι μαθητές τι θεωρούν ότι είναι οι ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Δίνεται ο ορισμός των ανανεώσιμων πρώτων υλών και γίνεται αντιπαραβολή με τις εξαντλούμενες (Διαφάνεια 1,

στόχος 1). Ζητείται από τους μαθητές να αναφέρουν κάποιες ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Δίνεται σε διαφάνεια μια λίστα και τους ζητείται να αναγνωρίσουν τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες αιτιολογώντας την επιλογή τους (διαφάνεια 2, στόχος 2).

Ερωτώνται οι μαθητές αν γνωρίζουν τα πλεονεκτήματα της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών έναντι των μη ανανεώσιμων. Δίνεται σε διαφάνεια μια λίστα με πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Επισημαίνεται ότι η αλόγιστη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες στα οικοσυστήματα (διαφάνεια 3, στόχος 3).

Επισημαίνεται στους μαθητές ότι ο επιστημονικός κλάδος που έχει ως αρχή του την χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών για την παρασκευή διαφόρων προϊόντων είναι η πράσινη χημεία. Δίνεται σε διαφάνεια ο ορισμός της πράσινης χημείας και εξηγούνται κάποιες βασικές αρχές της (διαφάνεια 4, στόχος 4).

Ερωτώνται οι μαθητές να αναφέρουν κάποια προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Δίνεται σε διαφάνεια μια λίστα με τέτοια προϊόντα (διαφάνεια 5, στόχος 5). Επισημαίνεται ότι τα ίδια προϊόντα σήμερα σε ευρεία κλίμακα παρασκευάζονται από το πετρέλαιο ή τα παράγωγα του. Δίνεται η διαφάνεια 6 και ακολουθεί ανάλυση της μέσω διεξαγωγής συζήτησης με τους μαθητές (διαφάνεια 6, στόχος 6).

2η διδακτική ώρα

Ερωτώνται οι μαθητές αν θεωρούν ότι τα απόβλητα από τα τηγανέλαια των εστιατορίων αντί να πετιώνται μπορούν να αξιοποιηθούν και να αποτελέσουν πρώτη ύλη για την παρασκευή καυσίμου. Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες των τριών ατόμων προκειμένου να εκτελέσουν πειραματική δραστηριότητα. Πριν την εκτέλεση της πειραματικής διαδικασίας παρουσιάζονται τα μέτρα προφύλαξης και τα προειδοποιητικά σήματα (Διαφάνεια 7, στόχος 4). Πραγματοποιείται το πείραμα παρασκευής βιοντίζελ από τηγανισμένο λάδι που έχουν φέρει οι ίδιοι οι μαθητές (στόχοι 7, 8, 11, 13). Κατά τη διάρκεια του πειράματος ο καθηγητής εξηγεί ότι η διαδικασία παραγωγής του βιοντίζελ ονομάζεται μετεστεροποίηση και γίνεται με όλα τα λίπη και έλαια.

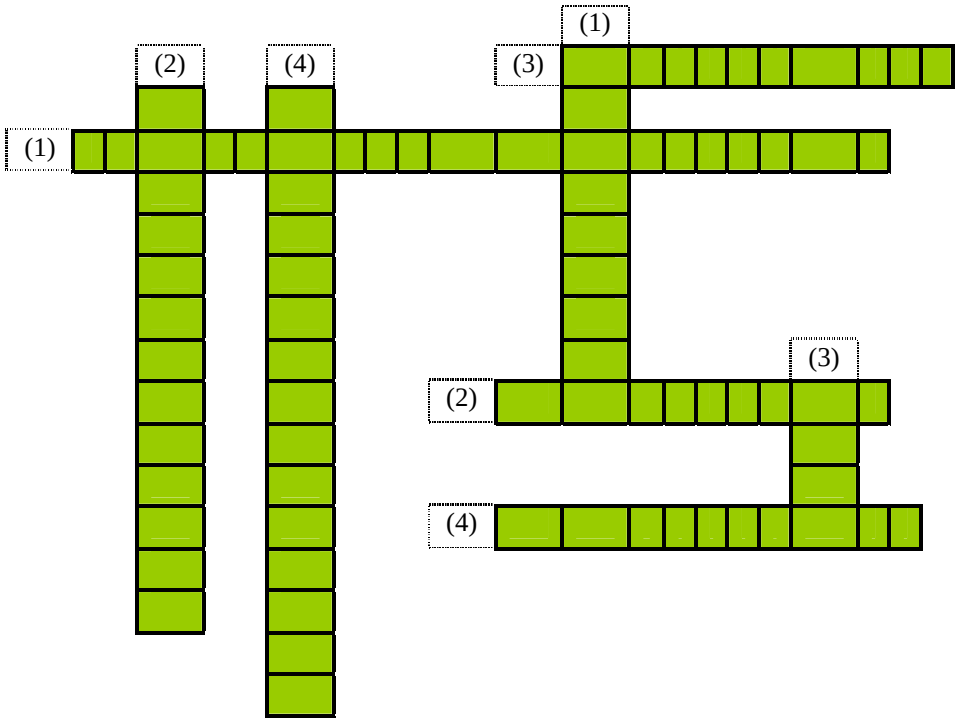
3η διδακτική ώρα

Μετά το πέρας του πειράματος συμπληρώνεται ομαδικά και με ανοικτή συζήτηση το φύλλο εργασίας (στόχοι 10, 13).



Φύλλο εργασίας

1) Συμπλήρωσε το σταυρόλεξο και δοκίμασε τις γνώσεις σου (στόχος 10)



Οριζόντια	Κάθετα
(1) Ο καταλύτης της αντίδρασης (3 λέξεις)	(1) Το κύριο προϊόν της αντίδρασης
(2) Το παραπροϊόν της αντίδρασης	(2) Τα λίπη και τα έλαια είναι.....
(3) Το βιοντίζελ είναι ένα....	(3) Η αρχική πρώτη ύλη του πειράματος
(4) Το βιοντίζελ χρησιμοποιείται ως..... πηγή ενέργειας	4) Η αντίδραση που πραγματοποιήθηκε ονομάζεται.....

2) Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι διαφορές στους εκπεμπόμενους ρύπους του βιοντίζελ σε σχέση με το συμβατικό ντίζελ που προέρχεται από το πετρέλαιο. Συζήτησε με τους συμμαθητές σου τα στοιχεία που παρατίθενται. Τι συμπεραίνεις για τα περιβαλλοντικά οφέλη από την χρήση του βιοντίζελ (στόχος 8, 9).

Εκπομπή	B100
Μονοξείδιο του άνθρακα	-48%
Άκαυστοι υδρογονάνθρακες	-67%
Σωματίδια	-47%
Οξείδια του αζώτου	+10%
Οξείδια του Θείου	-100%
Τοξικά αέρια	-60% έως -90%

3) Εξήγησε πως εφαρμόζονται οι παρακάτω αρχές της πράσινης χημείας στη δραστηριότητα που πραγματοποίησες (στόχος 4).

Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών
Οικονομία ατόμου
Πρόληψη της ρύπανσης
Ασφάλεια
Σχεδιασμός για αποδόμηση

4) Με δεδομένα ότι:

α) οι τιμές του πετρελαίου τα τελευταία χρόνια έχουν σημειώσει άνοδο και

β) τη μείωση των αποθεμάτων του

εξήγησε πόσο σημαντική είναι από οικονομικής απόψεως η παραγωγή του βιοντίζελ από τα απόβλητα τηγανέλαια των εστιατορίων.

Ποια επιχειρήματα θα χρησιμοποιούσες για να πείσεις έναν ιδιοκτήτη εστιατορίου ή φαστ φουντ να ανακυκλώνει τα απόβλητα τηγανέλαια του (στόχοι 8, 10, 11,12).

_____

_____

_____

5) Η οικονομία του ατόμου αποτελεί μια από τις βασικές αρχές της πράσινης χημείας. Με τον όρο «οικονομία ατόμου» εννοούμε την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ενσωμάτωση των ατόμων των αντιδρώντων στο επιθυμητό προϊόν της αντίδρασης έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται τα απόβλητα παραπροϊόντα.

Η αντίδραση παραγωγής του βιοντίζελ δίνεται στην συνέχεια

$$C_{30}H_{50}O_6 + 3CH_3OH \rightarrow 3C_{10}H_{18}O_2 + C_3H_8O_3$$

Α) Με δεδομένο ότι η γλυκερίνη που παράγεται μαζί με το βιοντίζελ βρίσκει πολλες εφαρμογές σε καλλυντικά και φαρμακευτικά σκευάσματα απάντησε αν υπάρχουν απόβλητα.

Β) Συμπλήρωσε τον πίνακα που ακολουθεί. Στην συνέχεια με βάση τον τύπο που δίνεται υπολόγισε το ποσοστό οικονομίας του ατόμου για την αντίδραση. Δίνονται τα ατομικά βάρη:

AB_{C} = 12,011 AB_{O} = 15,9994 AB_{H} = 1 ,00794 (στόχος 4).

	Αριθμός και είδος ατόμων	Αριθμός και είδος ατόμων που ενσωματώνονται στα προϊόντα	Μάζα ατόμων που ενσωματώνονται στα προϊόντα
Αρχικά υλικά			
Τελικά προϊόντα			

$$\frac{\text{Συνολική μάζα ατόμων που ενσωματώνονται στο προϊόν}}{\text{Συνολική μάζα όλων των προϊόντων (κύριων και αποβλήτων)}} \times 100 = \textbf{Ποσοστό οικονομίας ατόμου}$$

Διαφάνεια Βιοντίζελ 1

Ανανεώσιμες πρώτες ύλες είναι οι πρώτες ύλες που προέρχονται από φυτικά ή βιολογικά-οργανικά υλικά.

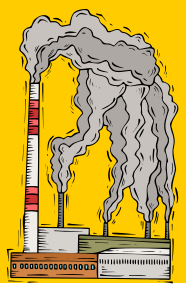
Περιλαμβάνονται:

- ✓Φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα είτε από γεωργικά και δασικά είδη.
- ✓Υποπροϊόντα και κατάλοιπα δασικής, φυτικής, ζωικής και αλιευτικής παραγωγής πχ φύκη, κτηνοτροφικά απόβλητα, κλαδοδέματα, στελέχη βαμβακιάς.
- ✓Υποπροϊόντα μεταποίησης ή επεξεργασίας των παραπάνω υλικών όπως το πριονίδι, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού κά.
- ✓Το οργανικό κλάσμα των αστικών και βιομηχανικών λυμάτων και σκουπιδιών









Σε σχέση με τις εξαντλούμενες πρώτες ύλες, όπως το πετρέλαιο, τους γαιάνθρακες κλπ **οι ανανεώσιμες πρώτες ύλες, είναι ανεξάντλητες και η χρήση τους φιλικότερη προς το περιβάλλον.**

Διαφάνεια Βιοντίζελ 2

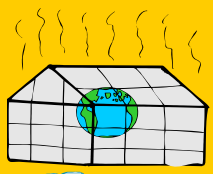
Άχυρα	
Οργανικά απόβλητα δήμων	
Κλαδιά δέντρων	
Τσιμέντο	
Στελέχη αραβόσιτου	
Αλάτι	
Μαγγάνιο	
Φύκη	
Κοπριά αγελάδας	
Πριονίδι	
Γρανίτης	
Χρυσός	
Αγροτικές σοδειές (πχ καλαμπόκι, πατάτες)	

Διαφάνεια Βιοντίζελ 3



Πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πρώτων υλών









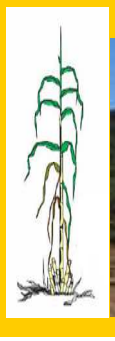
- ✓ Μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα
- ✓ Δυνατότητα αξιοποίησης οργανικών μορφών αποβλήτων
- ✓ Μείωση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου
- ✓ Περιορισμός του φαινομένου της όξινης βροχής
- ✓ Ενίσχυση της οικονομίας των αγροτικών περιοχών



Οι καλλιέργειες αγροτικών ειδών μπορεί να επεκταθούν εις βάρος των δασικών εκτάσεων.

Διατάραξη οικοσυστημάτων: Στην Βραζιλία εκχερσώνονται τα δάση και μετατρέπονται σε καλλιέργειες ζαχαροκάλαμου για την παραγωγή βιοκαυσίμων όπως η βιοαιθανόλη.

Προβλήματα στην βιοποικιλότητα / Μείωση διατροφικού αποθέματος



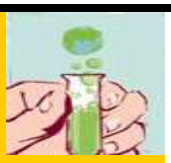


Διαφάνεια Βιοντίζελ 4



Πράσινη χημεία:

Ένα σύνολο αρχών μέσω των οποίων σχεδιάζονται ασφαλέστερα προϊόντα και προλαμβάνεται η ρύπανση.









Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών

Ασφάλεια

ΠΡΑΣΙΝΗ ΧΗΜΕΙΑ

Πρόληψη της ρύπανσης







Βιοαποδόμηση

Οικονομία ατόμου



Διαφάνεια Βιοντίζελ 5

- ✓Καύσιμα
- ✓Καθαριστικά, διαλύτες και απορρυπαντικά
- ✓Κόλλες και συγκολλητικά
- ✓Υφάνσιμες ίνες
- ✓Πλαστικά
- ✓Βαφές και χρώματα
- ✓Καλλυντικά
- ✓Εξαρτήματα κινητών και αυτοκινήτων









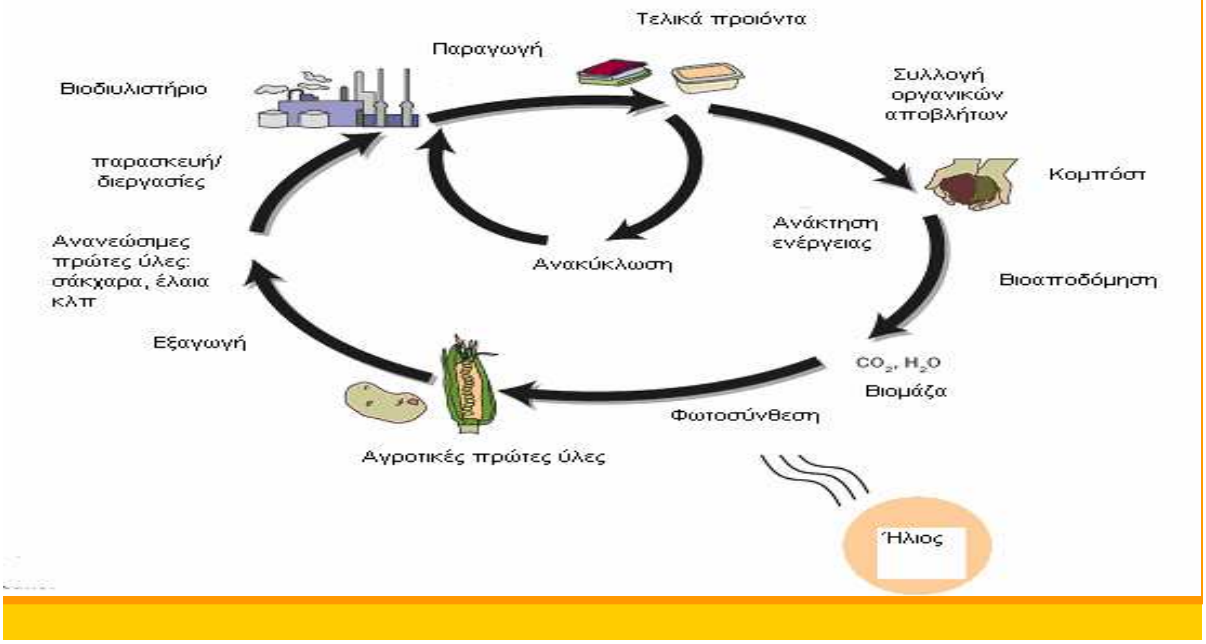








Διαφάνεια Βιοντίζελ 6



Διαφάνεια Βιοντίζελ 7

Μέτρα Προφύλαξης

Γάντια και γυαλιά





- Το *υδροξείδιο του καλίου* (KOH) είναι διαβρωτικό και ερεθιστικό. Σε περίπτωση επαφής με το δέρμα ή τα μάτια χρειάζεται πλύσιμο με νερό και ιατρική συμβουλή. Κατά την προετοιμασία του διαλύματος το εμβαπτίζουμε σε λουτρό πάγου. Αποδίδει μεγάλα ποσά θερμότητας κατά την προετοιμασία. Η περίσσεια του εξουδετερώνεται με υδροχλωρικό οξύ 3Μ και το ουδέτερο πλέον διάλυμα ξεπλένεται με άφθονο νερό.



- *Η μεθανόλη* είναι εύφλεκτη και τοξική. Την περίσσεια της την εξατμίζουμε στον απαγωγό. Το δοχείο αποθήκευσης της πρέπει να είναι ερμητικά κλειστό και μακριά από εστίες φωτιάς. Πρέπει να αποφεύγεται η επαφή με το δέρμα.



Οδηγίες και διαφάνειες για την εφαρμογή της δραστηριότητας με τίτλο:«Σαπούνι: Ένα καταναλωτικό προϊόν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες».

Στόχοι της εκπαιδευτικής διαδικασίας είναι οι μαθητές……

1. Να διατυπώνουν τον ορισμό των ανανεώσιμων πρώτων υλών.
2. Να αναγνωρίζουν τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες και να τις διακρίνουν από τις μη ανανεώσιμες.
3. Να αναφέρουν ορισμένα πλεονεκτήματα της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών αλλά και να συνειδητοποιήσουν τους κινδύνους που ενέχει η αλόγιστη χρήση τους.
4. Να γνωρίσουν την πράσινη χημεία και κάποιες από τις αρχές της.
5. Να αναφέρουν προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.
6. Να περιγράφουν την πορεία σχηματισμού και μετασχηματισμού των ανανεώσιμων πρώτων υλών.
7. Να αντιληφθούν ότι το σαπούνι παρασκευάζεται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.
8. Να αναγνωρίζουν τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες από τις οποίες παρασκευάζεται το σαπούνι.
9. Να αντιληφθούν την αναγκαιότητα της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών.
10. Να κατανοήσουν ότι οι ανανεώσιμες πρώτες ύλες πρέπει να χρησιμοποιούνται με υπεύθυνο και βιώσιμο τρόπο.
11. Να ευαισθητοποιηθούν σε θέματα ανακύκλωσης και να υποκινηθούν για συμμετοχή σε προγράμματα ανακύκλωσης.
12. Να ασκηθούν στην ομαδική εργασία και στην επιχειρηματολογία.

Φάσεις εξέλιξης της εκπαιδευτικής διαδικασίας

Πριν την εφαρμογή της δραστηριότητας, ζητάμε από τους μαθητές να φέρουν διάφορα είδη σαπουνιού με τις συσκευασίες τους από το σπίτι.

1η διδακτική ώρα

Ερωτώνται οι μαθητές τι θεωρούν ότι είναι οι ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Δίνεται ο ορισμός των ανανεώσιμων πρώτων υλών και γίνεται αντιπαραβολή με τις εξαντλούμενες (Διαφάνεια 1,

στόχος 1). Ζητείται από τους μαθητές να αναφέρουν κάποιες ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Δίνεται σε διαφάνεια μια λίστα και τους ζητείται να αναγνωρίσουν τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες αιτιολογώντας την επιλογή τους (διαφάνεια 2, στόχος 2).

Ερωτώνται οι μαθητές αν γνωρίζουν τα πλεονεκτήματα της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών έναντι των μη ανανεώσιμων. Δίνεται σε διαφάνεια μια λίστα με πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Επισημαίνεται ότι η αλόγιστη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες στα οικοσυστήματα (διαφάνεια 3, στόχος 3).

Επισημαίνεται στους μαθητές ότι ο επιστημονικός κλάδος που έχει ως αρχή του την χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών για την παρασκευή διαφόρων προϊόντων είναι η πράσινη χημεία. Δίνεται σε διαφάνεια ο ορισμός της πράσινης χημείας και εξηγούνται κάποιες βασικές αρχές της (διαφάνεια 4, στόχος 4).

Ερωτώνται οι μαθητές να αναφέρουν κάποια προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Δίνεται σε διαφάνεια μια λίστα με τέτοια προϊόντα (διαφάνεια 5, στόχος 5). Επισημαίνεται ότι τα ίδια προϊόντα σήμερα σε ευρεία κλίμακα παρασκευάζονται από το πετρέλαιο ή τα παράγωγα του. Δίνεται η διαφάνεια 6 και ακολουθεί ανάλυση της μέσω διεξαγωγής συζήτησης με τους μαθητές (διαφάνεια 6, στόχος 6).

2η διδακτική ώρα

Ζητείται από τους μαθητές να παρατηρήσουν τις εικόνες της διαφάνειας 7 και να απαντήσουν στην ερώτηση «Όλα χρησιμοποιούνται για την παρασκευή σαπουνιού εκτός από ένα! Ποιο;». Γίνεται συζήτηση ενώ, ο καθηγητής επισημαίνει ότι το φοινικέλαιο και το λάδι από καρύδα είναι φυτικά έλαια και χρησιμοποιούνται συχνά για την παρασκευή σαπουνιού. Επισημαίνεται επίσης ότι το σαπούνι παρασκευάζεται και από ζωικά λιπαρά, ωστόσο δεν αποτελεί πολύ κοινή διαδικασία. Γίνεται αναφορά στον αρχαίο λαό των Φοινίκων που πρωτοέφτιαξε σαπούνι από λίπος κατσίκας (στόχοι 7, 8).

Ζητείται από τους μαθητές να καταγράψουν τα φυτικά έλαια που περιέχονται και αναγράφονται στις συσκευασίες των σαπουνιών που έφεραν από το σπίτι τους. Ο καθηγητής εξηγεί ότι τα φυτικά έλαια είναι ένα παράδειγμα ανανεώσιμων πρώτων υλών τα οποία χρησιμοποιούνται για την παραγωγή διαφόρων χημικών ειδών (στόχος 8).

Ζητείται από τους μαθητές να παρατηρήσουν τις εικόνες της διαφάνειας 8 και να απαντήσουν στην ερώτηση «Ποιο δεν αποτελεί ανανεώσιμη πρώτη ύλη;». Γίνεται συζήτηση και επισημαίνεται ότι τα ορυκτά καύσιμα χρειάζονται χρόνια για να σχηματιστούν. Εξηγείται στους μαθητές ότι τα

περισσότερα προϊόντα κατασκευάζονται από μη ανανεώσιμες πρώτες ύλες και ότι είναι σημαντικό να κατασκευάσουμε τα ίδια προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες αφού τα πετρελαϊκά αποθέματα στερεύουν αλλά έχουν και αρνητικές περιβαλλοντικές επιδράσεις» (στόχος 9).

Στην συνέχεια ο καθηγητής επισημαίνει ότι η αλόγιστη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών μπορεί να επιφέρει αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ζητείται από τους μαθητές να παρατηρήσουν τις εικόνες της διαφάνειας 9 και να απαντήσουν στην ερώτηση «Το σαπούνι συνδέεται με τη ζωή κάποιου από αυτά τα ζώα. Ποιού; ». Γίνεται συζήτηση ενώ ο καθηγητής επισημαίνει ότι τα τροπικά δάση αποτελούν τους χώρους όπου ζουν οι ουραγκοτάγκοι και ότι μερικές φορές αποψιλώνονται για τη φύτευση φοινικόδεντρων από τα οποία εξάγονται φυτικά έλαια για την παρασκευή πολλών καθημερινών προϊόντων όπως το σαπούνι, το λιπστικ, τα διάφορα καλλυντικά, η μαργαρίνη κά και ότι αυτό δημιουργεί προβλήματα στα συγκεκριμένα ζώα» (στόχοι 3 και 10). Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες των πέντε ατόμων και από κάθε ομάδα ζητείται να διατυπώσει γραπτά τι θα έλεγε ένας ουραγκοτάγκος αν μπορούσε να μιλήσει. Κάθε ομάδα παρουσιάζει το κείμενο της.

3η διδακτική ώρα

Όπως είναι χωρισμένοι οι μαθητές σε ομάδες, τους παρουσιάζεται η διαφάνεια 10 και τους ζητείται να ερευνήσουν τι κάνουν τις συσκευασίες από το σαπούνι που χρησιμοποιούν. Στην συνέχεια τους ζητείτε να επεξεργαστούν τα στοιχεία του πίνακα, να υπολογίσουν την σχετική συχνότητα (%) για κάθε περίπτωση και να διατυπώσουν το συμπέρασμα τους (στόχοι 11, 12).

Εισάγεται από τον καθηγητή η έννοια της βιοαποδόμησης. Εξηγείται στους μαθητές ότι είναι η ικανότητα διάσπασης (αποσύνθεσης) ενός υλικού υπό κατάλληλες συνθήκες (υγρασία, βακτηρίδια κλπ). Ζητείται από τους μαθητές να παρατηρήσουν τις εικόνες της διαφάνειας 11 και να απαντήσουν στην ερώτηση «ποιο δεν είναι βιοαποδομήσιμο». Γίνεται συζήτηση ενώ, ο καθηγητής ζητά από την κάθε ομάδα να καταγράψει-σχεδιάσει την πορεία του σαπουνιού μετά την χρήση του (στόχος 4).

Προβάλλεται η διαφάνεια 12 και ζητείτε από τους μαθητές να συμπληρώσουν τις λέξεις που λείπουν.

Διαφάνεια Σαπούνι 1

Ανανεώσιμες πρώτες ύλες είναι οι πρώτες ύλες που προέρχονται από φυτικά ή βιολογικά-οργανικά υλικά.



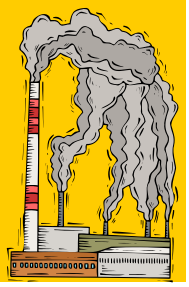
Περιλαμβάνονται:

- ✓Φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα είτε από γεωργικά και δασικά είδη.
- ✓Υποπροϊόντα και κατάλοιπα δασικής, φυτικής, ζωικής και αλιευτικής παραγωγής πχ φύκη, κτηνοτροφικά απόβλητα, κλαδοδέματα, στελέχη βαμβακιάς.
- ✓Υποπροϊόντα μεταποίησης ή επεξεργασίας των παραπάνω υλικών όπως το πριονίδι, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού κά.
- ✓Το οργανικό κλάσμα των αστικών και βιομηχανικών λυμάτων και σκουπιδιών



Σε σχέση με τις εξαντλούμενες πρώτες ύλες, όπως το πετρέλαιο, τους γαιάνθρακες κλπ **οι ανανεώσιμες πρώτες ύλες, είναι ανεξάντλητες και η χρήση τους φιλικότερη προς το περιβάλλον.**





Διαφάνεια Σαπούνι 2

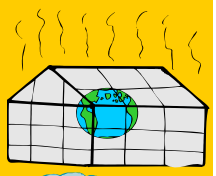
Άχυρα	
Οργανικά απόβλητα δήμων	
Κλαδιά δέντρων	
Τσιμέντο	
Στελέχη αραβόσιτου	
Αλάτι	
Μαγγάνιο	
Φύκη	
Κοπριά αγελάδας	
Πριονίδι	
Γρανίτης	
Χρυσός	
Αγροτικές σοδειές (πχ καλαμπόκι, πατάτες)	

Διαφάνεια Σαπούνι 3



Πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πρώτων υλών









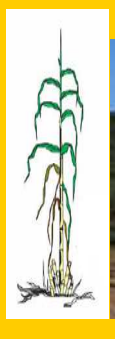
- ✓ Μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα
- ✓ Δυνατότητα αξιοποίησης οργανικών μορφών αποβλήτων
- ✓ Μείωση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου
- ✓ Περιορισμός του φαινομένου της όξινης βροχής
- ✓ Ενίσχυση της οικονομίας των αγροτικών περιοχών



Οι καλλιέργειες αγροτικών ειδών μπορεί να επεκταθούν εις βάρος των δασικών εκτάσεων.

Διατάραξη οικοσυστημάτων: Στην Βραζιλία εκχερσώνονται τα δάση και μετατρέπονται σε καλλιέργειες ζαχαροκάλαμου για την παραγωγή βιοκαυσίμων όπως η βιοαιθανόλη.

Προβλήματα στην βιοποικιλότητα / Μείωση διατροφικού αποθέματος



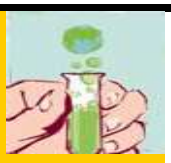


Διαφάνεια Σαπούνι 4



Πράσινη χημεία:

Ένα σύνολο αρχών μέσω των οποίων σχεδιάζονται ασφαλέστερα προϊόντα και προλαμβάνεται η ρύπανση.









Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών

Ασφάλεια

Πρόληψη της ρύπανσης



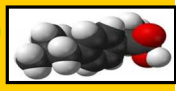


ΠΡΑΣΙΝΗ ΧΗΜΕΙΑ



Βιοαποδόμηση

Οικονομία ατόμου



Διαφάνεια Σαπούνι 5

- ✓Καύσιμα
- ✓Καθαριστικά, διαλύτες και απορρυπαντικά
- ✓Κόλλες και συγκολλητικά
- ✓Υφάνσιμες ίνες
- ✓Πλαστικά
- ✓Βαφές και χρώματα
- ✓Καλλυντικά
- ✓Εξαρτήματα κινητών και αυτοκινήτων









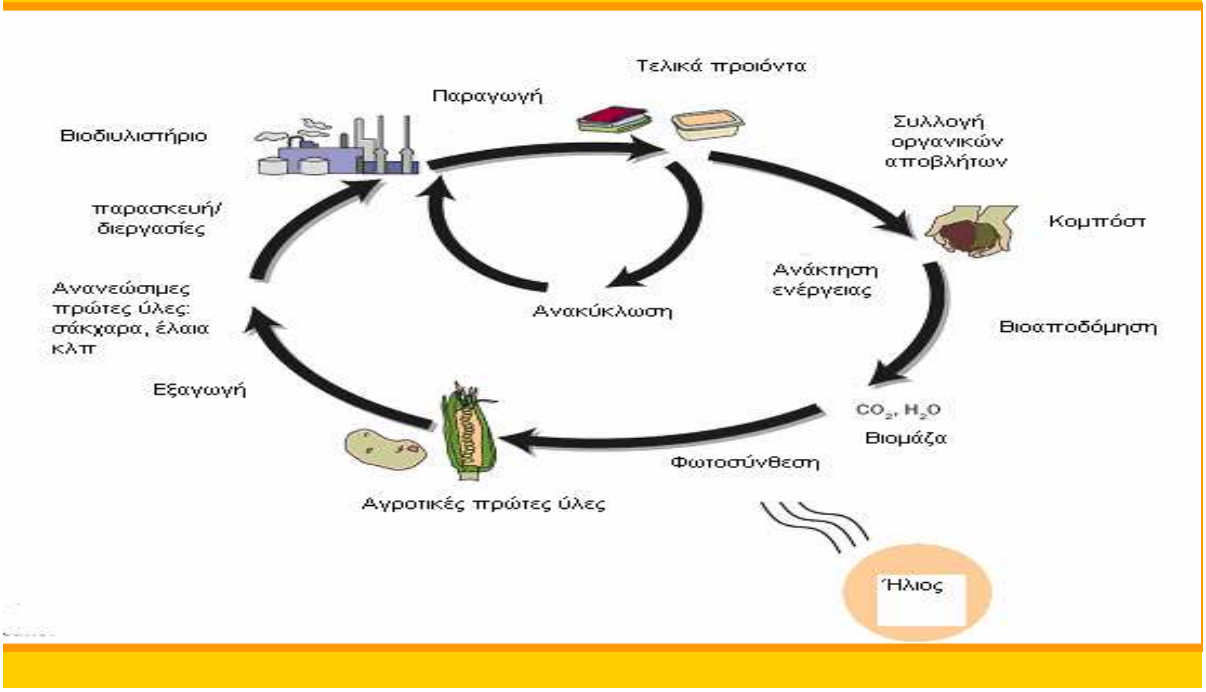









Διαφάνεια Σαπούνι 6



Διαφάνεια Σαπούνι 7






Όλα χρησιμοποιούνται για την παρασκευή σαπουνιού εκτός από ένα! Ποιο;

Διαφάνεια Σαπούνι 8






Ποιο δεν αποτελεί ανανεώσιμη πρώτη ύλη;

Διαφάνεια Σαπούνι 9



Το σαπούνι συνδέεται με τη ζωή κάποιου από αυτά τα ζώα. Ποιού;

Οι ανανεώσιμες πρώτες ύλες πρέπει να χρησιμοποιούνται με ΥΠΕΥΘΥΝΟ ΚΑΙ ΒΙΩΣΙΜΟ ΤΡΟΠΟ!!!

Διαφάνεια Σαπούνι 10



Τρόπος διαχείρισης συσκευασιών	Αριθμός μαθητών
Τις πετάνε στον κάδο	
Τις ανακυκλώνουν	
Τις ξαναχρησιμοποιούν	
Άλλο	

Διαφάνεια Σαπούνι 11



Ποιο δεν είναι βιοαποδομήσιμο;

Διαφάνεια Σαπούνι 12

Να συμπληρώσετε τα παρακάτω κενά (κάθε γράμμα αντιστοιχεί σε ένα κενό):

Τα φυτικά έλαια αποτελούν _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ πρώτες _ _ _ _.

Πολλές φορές οι απαιτήσεις για αυξημένη παραγωγή σαπουνιού οδηγούν στην αποψίλωση των δασών για την φύτευση φοινικόδεντρων.

Αυτό έχει αρνητικές επιπτώσεις στους _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ που διαβιούν εκεί.

Το σαπούνι είναι ένα _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ προϊόν.

Μετά την χρήση του, μέσω των αποχετεύσεων καταλήγει στους _ _ _ _ _ _ _ _ _ και από εκεί στη θάλασσα και στα ποτάμια.





[*Λύσεις: ανανεώσιμες- ύλες, ουραγκοτάγκους, βιοαποδομήσιμο, υπόνομους*]

Οδηγίες και διαφάνειες για την εφαρμογή της δραστηριότητας με τίτλο: «Ανανεώσιμες πρώτες ύλες-Φτιάχνοντας κόλλα από γάλα!»

Στόχοι της εκπαιδευτικής διαδικασίας είναι οι μαθητές……

1. Να διατυπώνουν τον ορισμό των ανανεώσιμων πρώτων υλών.
2. Να αναγνωρίζουν τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες και να τις διακρίνουν από τις μη ανανεώσιμες.
3. Να αναφέρουν ορισμένα πλεονεκτήματα της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών αλλά και να συνειδητοποιήσουν τους κινδύνους που ενέχει η αλόγιστη χρήση τους.
4. Να γνωρίσουν την πράσινη χημεία και κάποιες από τις αρχές της.
5. Να αναφέρουν προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.
6. Να περιγράφουν την πορεία σχηματισμού και μετασχηματισμού των ανανεώσιμων πρώτων υλών.
7. Να αποκτήσουν επιδεξιότητα στην πραγματοποίηση απλών πειραμάτων.
8. Να κατανοήσουν τον τρόπο χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών και την χρησιμότητα τους στην καθημερινή τους ζωή.
9. Να ευαισθητοποιηθούν σε θέματα αξιοποίησης των αποβλήτων.
10. Να αυξήσουν τις γνώσεις τους για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες.
11. Να αναπτύξουν πνεύμα συνεργασίας και ομαδικότητας.

Φάσεις εξέλιξης της εκπαιδευτικής διαδικασίας

Πριν την εφαρμογή της δραστηριότητας, οι μαθητές έχουν ενθαρρυνθεί να φέρουν γάλα με χαμηλά λιπαρά και ξύδι από το σπίτι τους.

1η διδακτική ώρα

Ερωτώνται οι μαθητές τι θεωρούν ότι είναι οι ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Δίνεται ο ορισμός των ανανεώσιμων πρώτων υλών και γίνεται αντιπαραβολή με τις εξαντλούμενες (Διαφάνεια 1, στόχος 1). Ζητείται από τους μαθητές να αναφέρουν κάποιες ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Δίνεται σε

διαφάνεια μια λίστα και τους ζητείται να αναγνωρίσουν τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες αιτιολογώντας την επιλογή τους (διαφάνεια 2, στόχος 2).

Ερωτώνται οι μαθητές αν γνωρίζουν τα πλεονεκτήματα της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών έναντι των μη ανανεώσιμων. Δίνεται σε διαφάνεια μια λίστα με πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Επισημαίνεται ότι η αλόγιστη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες στα οικοσυστήματα (διαφάνεια 3, στόχος 3).

Επισημαίνεται στους μαθητές ότι ο επιστημονικός κλάδος που έχει ως αρχή του την χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών για την παρασκευή διαφόρων προϊόντων είναι η πράσινη χημεία. Δίνεται σε διαφάνεια ο ορισμός της πράσινης χημείας και εξηγούνται κάποιες βασικές αρχές της (διαφάνεια 4, στόχος 4).

Ερωτώνται οι μαθητές να αναφέρουν κάποια προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Δίνεται σε διαφάνεια μια λίστα με τέτοια προϊόντα (διαφάνεια 5, στόχος 5). Επισημαίνεται ότι τα ίδια προϊόντα σήμερα σε ευρεία κλίμακα παρασκευάζονται από το πετρέλαιο ή τα παράγωγα του. Δίνεται η διαφάνεια 5 και ακολουθεί ανάλυση της μέσω διεξαγωγής συζήτησης με τους μαθητές (διαφάνεια 6, στόχος 6).

2η διδακτική ώρα

Ερωτώνται οι μαθητές αν θεωρούν ότι τα απόβλητα των βιομηχανιών γάλακτος αντί να πετιώνται μπορούν να αξιοποιηθούν. Επισημαίνεται από τον καθηγητή ότι μπορεί να αποτελέσουν πρώτη ύλη για την παρασκευή συγκολλητικών. Επισημαίνεται ότι η καζεΐνη που είναι η πρωτεΐνη του γάλακτος και βρίσκεται στα απόβλητα της γαλακτοβιομηχανίας χρησιμοποιείται για την παρασκευή συγκολλητικών και υλικών επικόλλησης, προστατευτικών επιχρισμάτων και μεμβρανών, πλαστικών (όπως χερούλια μαχαιριών και βελόνες πλεξίματος), υφασμάτων κά (στόχοι 8, 9).

Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες των τριών ατόμων προκειμένου να εκτελέσουν πειραματική δραστηριότητα. Πριν την εκτέλεση της πειραματικής διαδικασίας παρουσιάζονται τα μέτρα προφύλαξης και τα προειδοποιητικά σήματα (Διαφάνεια 7, στόχος 4). Πραγματοποιείται το πείραμα παρασκευής κόλλας από γάλα που έχουν φέρει οι ίδιοι οι μαθητές (στόχοι 7,8, 9,10,11).

Μετά το πέρας του πειράματος οι μαθητές δοκιμάζουν την κόλλα που παρασκεύασαν κολλώντας δύο χαρτιά ή δύο ξυλάκια μεταξύ τους (στόχος 8). Στην συνέχεια συμπληρώνεται ομαδικά και με ανοικτή συζήτηση το φύλλο εργασίας (στόχοι 10, 11).



Φύλλο εργασίας

1) Εξήγησε πως εφαρμόζονται οι παρακάτω αρχές της πράσινης χημείας στη δραστηριότητα που πραγματοποίησες (στόχος 4).

2) Γιατί πρόσθεσες ξύδι στο γάλα (στόχος 10);

Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών
Ασφάλεια
Πρόληψη της ρύπανσης

(Για να μετατρέψουμε την καζεΐνη σε μια αδιάλυτη μορφή, τα πήγματα-το ξύδι βοηθά στο διαχωρισμό των πηγμάτων από το υδαρές υπόλοιπο)

_____

_____

_____

3) Γιατί πρόσθεσες την βάση; Γράψε την σχετική αντίδραση εξουδετέρωσης (στόχος 10).

(Για να εξουδετερωθεί οποιαδήποτε περίσσεια οξέος)

_____

_____

_____

4) Ποιο αέριο παράγεται κατά την προσθήκη της βάσης; Με ποιον τρόπο μπορείς να ανιχνεύσεις το παραγόμενο αέριο. Περιγράψτε και γράψτε την αντίδραση που λαμβάνει χώρα (στόχος 10).

(το διοξείδιο του άνθρακα-παράγονται φυσαλίδες του αερίου-να το διαβιβάσω μέσα από διάλυμα υδροξειδίου του ασβεστίου)

_____

_____

_____

5) Μπορεί να αξιοποιηθεί η εργαστηριακή διαδικασία που ακολουθήσατε για την παραγωγή σε βιομηχανική κλίμακα μεγάλων ποσοτήτων κόλλας και με ποιον τρόπο; Εξήγησε (στόχοι 9, 10).



_____

_____

_____

Διαφάνεια Κόλλα 1

Ανανεώσιμες πρώτες ύλες είναι οι πρώτες ύλες που προέρχονται από φυτικά ή βιολογικά-οργανικά υλικά.

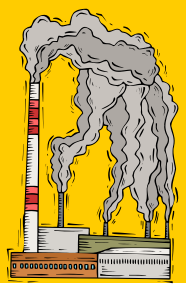


Περιλαμβάνονται:

- ✓Φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα είτε από γεωργικά και δασικά είδη.
- ✓Υποπροϊόντα και κατάλοιπα δασικής, φυτικής, ζωικής και αλιευτικής παραγωγής πχ φύκη, κτηνοτροφικά απόβλητα, κλαδοδέματα, στελέχη βαμβακιάς.
- ✓Υποπροϊόντα μεταποίησης ή επεξεργασίας των παραπάνω υλικών όπως το πριονίδι, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού κά.
- ✓Το οργανικό κλάσμα των αστικών και βιομηχανικών λυμάτων και σκουπιδιών







Σε σχέση με τις εξαντλούμενες πρώτες ύλες, όπως το πετρέλαιο, τους γαιάνθρακες κλπ **οι ανανεώσιμες πρώτες ύλες, είναι ανεξάντλητες και η χρήση τους φιλικότερη προς το περιβάλλον.**

Διαφάνεια Κόλλα 2

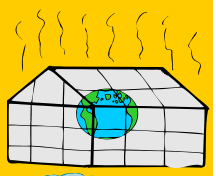
Άχυρα	
Οργανικά απόβλητα δήμων	
Κλαδιά δέντρων	
Τσιμέντο	
Στελέχη αραβόσιτου	
Αλάτι	
Μαγγάνιο	
Φύκη	
Κοπριά αγελάδας	
Πριονίδι	
Γρανίτης	
Χρυσός	
Αγροτικές σοδειές (πχ καλαμπόκι, πατάτες)	

Διαφάνεια Κόλλα 3



Πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πρώτων υλών









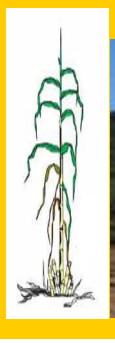
- ✓ Μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα
- ✓ Δυνατότητα αξιοποίησης οργανικών μορφών αποβλήτων
- ✓ Μείωση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου
- ✓ Περιορισμός του φαινομένου της όξινης βροχής
- ✓ Ενίσχυση της οικονομίας των αγροτικών περιοχών



Οι καλλιέργειες αγροτικών ειδών μπορεί να επεκταθούν εις βάρος των δασικών εκτάσεων.

Διατάραξη οικοσυστημάτων: Στην Βραζιλία εκχερσώνονται τα δάση και μετατρέπονται σε καλλιέργειες ζαχαροκάλαμου για την παραγωγή βιοκαυσίμων όπως η βιοαιθανόλη.

Προβλήματα στην βιοποικιλότητα / Μείωση διατροφικού αποθέματος





Διαφάνεια Κόλλα 4



Πράσινη χημεία:

Ένα σύνολο αρχών μέσω των οποίων σχεδιάζονται ασφαλέστερα προϊόντα και προλαμβάνεται η ρύπανση.











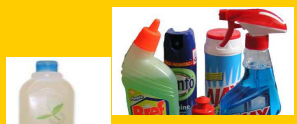




Διαφάνεια Κόλλα 5

- ✓Καύσιμα
- ✓Καθαριστικά, διαλύτες και απορρυπαντικά
- ✓Κόλλες και συγκολλητικά
- ✓Υφάνσιμες ίνες
- ✓Πλαστικά
- ✓Βαφές και χρώματα
- ✓Καλλυντικά
- ✓Εξαρτήματα κινητών και αυτοκινήτων





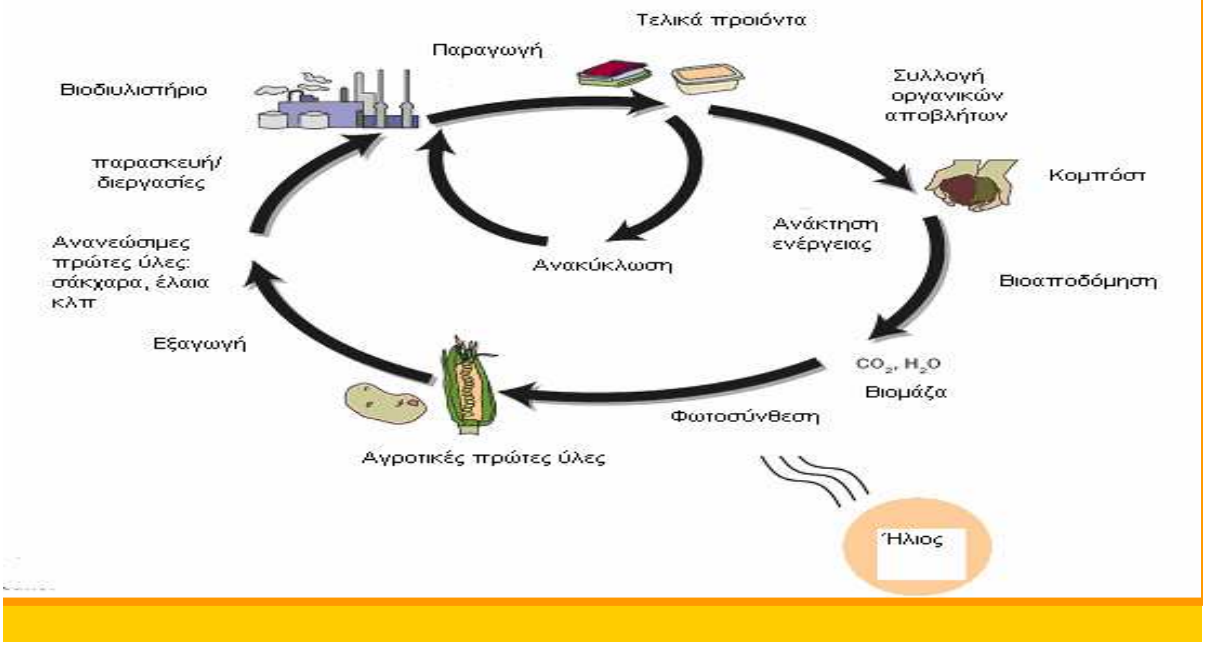









Διαφάνεια Κόλλα 6



Διαφάνεια Κόλλα 7

Μέτρα Προφύλαξης
Γάντια και γυαλιά

- Οι χρησιμοποιούμενες βάσεις είναι ερεθιστικές για τα μάτια και το δέρμα. Σε περίπτωση επαφής με το δέρμα ή τα μάτια χρειάζεται πλύσιμο με νερό και ιατρική συμβουλή.
- Προσοχή στα εγκαύματα.



Οδηγίες και διαφάνειες για την εφαρμογή της δραστηριότητας με τίτλο: «Ανανεώσιμες πρώτες ύλες- Σακούλες από άμυλο και με....οικολογική συνείδηση»

Στόχοι της εκπαιδευτικής διαδικασίας είναι οι μαθητές……

1. Να διατυπώνουν τον ορισμό των ανανεώσιμων πρώτων υλών.
2. Να αναγνωρίζουν τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες και να τις διακρίνουν από τις μη ανανεώσιμες.
3. Να αναφέρουν ορισμένα πλεονεκτήματα της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών αλλά και να συνειδητοποιήσουν τους κινδύνους που ενέχει η αλόγιστη χρήση τους.
4. Να γνωρίσουν την πράσινη χημεία και κάποιες από τις αρχές της.
5. Να αναφέρουν προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.
6. Να περιγράφουν την πορεία σχηματισμού και μετασχηματισμού των ανανεώσιμων πρώτων υλών.
7. Να αναγνωρίζουν το πρόβλημα που δημιουργείται στο περιβάλλον από την χρήση της πλαστικής σακούλας.
8. Να εντοπίσουν την εφαρμογή κάποιων αρχών της πράσινης χημείας στην καθημερινή τους ζωή και στον σχεδιασμό προϊόντων.
9. Να αυξήσουν τις γνώσεις τους για τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες.
10. Να διαμορφώσουν θετική στάση για την χρήση των τσαντών από άμυλο και να αναγνωρίζουν τα περιβαλλοντικά οφέλη της.
11. Να υποκινηθούν στην υιοθέτηση συμπεριφοράς περιβαλλοντικά υπεύθυνου καταναλωτή.
12. Να αντιληφθούν τη σύνδεση της οικονομίας και του περιβάλλοντος.
13. Να αναπτύξουν πνεύμα συνεργασίας ομαδικότητας και καλλιτεχνικής έκφρασης.

Φάσεις εξέλιξης της εκπαιδευτικής διαδικασίας

1η διδακτική ώρα

Ερωτώνται οι μαθητές τι θεωρούν ότι είναι οι ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Δίνεται ο ορισμός των ανανεώσιμων πρώτων υλών και γίνεται αντιπαραβολή με τις εξαντλούμενες (Διαφάνεια 1,

στόχος 1). Ζητείται από τους μαθητές να αναφέρουν κάποιες ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Δίνεται σε διαφάνεια μια λίστα και τους ζητείται να αναγνωρίσουν τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες αιτιολογώντας την επιλογή τους (διαφάνεια 2, στόχος 2).

Ερωτώνται οι μαθητές αν γνωρίζουν τα πλεονεκτήματα της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών έναντι των μη ανανεώσιμων. Δίνεται σε διαφάνεια μια λίστα με πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Επισημαίνεται ότι η αλόγιστη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες στα οικοσυστήματα (διαφάνεια 3, στόχος 3).

Επισημαίνεται στους μαθητές ότι ο επιστημονικός κλάδος που έχει ως αρχή του την χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών για την παρασκευή διαφόρων προϊόντων είναι η πράσινη χημεία. Δίνεται σε διαφάνεια ο ορισμός της πράσινης χημείας και εξηγούνται κάποιες βασικές αρχές της (διαφάνεια 4, στόχος 4).

Ερωτώνται οι μαθητές να αναφέρουν κάποια προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Δίνεται σε διαφάνεια μια λίστα με τέτοια προϊόντα (διαφάνεια 5, στόχος 5). Επισημαίνεται ότι τα ίδια προϊόντα σήμερα σε ευρεία κλίμακα παρασκευάζονται από το πετρέλαιο ή τα παράγωγα του. Δίνεται η διαφάνεια 6 και ακολουθεί ανάλυση της μέσω διεξαγωγής συζήτησης με τους μαθητές (διαφάνεια 6, στόχος 6).

2η διδακτική ώρα

Ο καθηγητής γράφει στον πίνακα την πρόταση : «Ποια είναι τα προβλήματα που δημιουργούν οι πλαστικές σακούλες στο περιβάλλον;». Υπογραμμίζει την φράση και ρωτά δυνατά τους μαθητές ποιες λέξεις ή μικρές εκφράσεις τους έρχονται αυθόρμητα στο μυαλό όταν ακούνε την ερώτηση. Ο καθηγητής σημειώνει στον πίνακα τις απαντήσεις των μαθητών. Παρουσιάζεται στους μαθητές η διαφάνεια 7 και ακολουθεί συζήτηση για τις επιπτώσεις από την χρήση τους στην πανίδα και τη χλωρίδα των χερσαίων και υδάτινων οικοσυστημάτων. Ο καθηγητής αναφέρει ότι «Για να κατασκευασθούν οι πλαστικές σακούλες που χρησιμοποιούνται κάθε χρόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες απαιτούνται 12 εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου ενώ στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται 1500 βαρέλια πετρελαίου ετησίως για την κατασκευή τους». Γίνεται συζήτηση επικεντρώνοντας κυρίως στην επιβάρυνση των φυσικών πόρων αλλά και την κατανάλωση ενέργειας (στόχος 7).

Ερωτώνται οι μαθητές αν γνωρίζουν για τις σακούλες από άμυλο καλαμποκιού ή πατάτας που παρασκευάζονται σήμερα. Ο καθηγητής επιδεικνύει μια τέτοια σακούλα και παροτρύνει τους μαθητές να την εξετάσουν μακροσκοπικά (ως προς την υφή της). Εξηγεί ότι το άμυλο αποτελεί ένα

σημαντικό σάκχαρο, το οποίο βρίσκεται σε αφθονία στη φύση και το οποίο εξάγεται από αγροτικές σοδειές όπως το καλαμπόκι ή οι πατάτες μέσω σύγχρονων τεχνικών με υψηλή απόδοση και καθαρότητα. Επισημαίνεται ότι το άμυλο χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη, για την παραγωγή ταινιών αμύλου και κατ' επέκταση στον τομέα της συσκευασίας (στόχοι 4, 8, 9,10).

Στην συνέχεια ερωτώνται οι μαθητές αν γνωρίζουν κάποια περιβαλλοντικά οφέλη των αμυλο-σακουλών. Επισημαίνεται, η χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών για την παρασκευή τους και εισάγεται η έννοια της βιοαποδόμησης (διαφάνεια 8). Γίνεται συζήτηση. Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες. Ζητείται από κάθε ομάδα να καταγράψει τα προβλήματα που δημιουργούνται στους χώρους εδαφικής διάθεσης των στερεών αποβλήτων (χωματερές) από τις πλαστικές σακούλες και να συγκρίνουν με τις σακούλες από άμυλο. Στην συνέχεια τους ζητείτε να σχεδιάσουν και να συγκρίνουν τον κύκλο ζωής μιας πλαστικής σακούλας και μιας σακούλας από άμυλο (στόχοι 10, 11, 13). Η κάθε ομάδα παρουσιάζει τα αποτελέσματα της.

3η διδακτική ώρα

Ο καθηγητής αναφέρει στους μαθητές ότι σε παγκόσμιο επίπεδο έχουν ληφθεί μέτρα από τις κυβερνήσεις για την σταδιακή κατάργηση της πλαστικής σακούλας και ότι υπάρχουν διάφορες πρωτοβουλίες και στην Ελλάδα κυρίως από τις δημοτικές αρχές, όπως το μνημόνιο συνεργασίας του δήμου Αθηναίων με τις μεγάλες αλυσίδες σούπερ μάρκετ (Διαφάνεια 9). Επισημαίνεται ωστόσο ότι ένας από τους λόγους δυσκολίας ενσωμάτωσης τους στην αγορά είναι το οικονομικό κόστος τους που είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο των συμβατικών. Τίθεται στους μαθητές κάθε ομάδας το ακόλουθο πρόβλημα: «Οι μεγάλες σακούλες απορριμμάτων από άμυλο κοστίζουν περίπου 7,5 Ευρώ το πακέτο. Κάθε πακέτο περιέχει 10 σακούλες. Αντίστοιχα οι πλαστικές σακούλες απορριμμάτων κοστίζουν περίπου 1,6 Ευρώ το πακέτο». Ζητείτε από τους μαθητές να υπολογίσουν το κόστος ανά μονάδα για κάθε κατηγορία και να συζητήσουν πόσο εφικτή είναι για τον προϋπολογισμό των δήμων η προμήθεια των τσαντών από άμυλο για τα δημοτικά απορρίμματα. Οι μαθητές παροτρύνονται να καταγράψουν τα συμπεράσματα τους τα οποία και παρουσιάζουν στις υπόλοιπες ομάδες (στόχοι 12, 13).

Ζητείτε από τους μαθητές να φανταστούν ότι ο δήμαρχος της πόλης που κατοικούν τους ζητά να συμβάλλουν σε μια εκστρατεία ενημέρωσης για τις σακούλες από άμυλο σχεδιάζοντας μια σχετική διαφημιστική αφίσα προώθησης της χρήσης τους (στόχος 13).

Διαφάνεια Σακούλες 1

Ανανεώσιμες πρώτες ύλες είναι οι πρώτες ύλες που προέρχονται από φυτικά ή βιολογικά-οργανικά υλικά.

Περιλαμβάνονται:

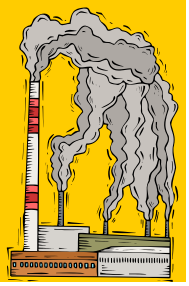
- ✓Φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα είτε από γεωργικά και δασικά είδη.
- ✓Υποπροϊόντα και κατάλοιπα δασικής, φυτικής, ζωικής και αλιευτικής παραγωγής πχ φύκη, κτηνοτροφικά απόβλητα, κλαδοδέματα, στελέχη βαμβακιάς.
- ✓Υποπροϊόντα μεταποίησης ή επεξεργασίας των παραπάνω υλικών όπως το πριονίδι, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού κά.
- ✓Το οργανικό κλάσμα των αστικών και βιομηχανικών λυμάτων και σκουπιδιών





Σε σχέση με τις εξαντλούμενες πρώτες ύλες, όπως το πετρέλαιο, τους γαιάνθρακες κλπ **οι ανανεώσιμες πρώτες ύλες, είναι ανεξάντλητες και η χρήση τους φιλικότερη προς το περιβάλλον.**





Διαφάνεια Σακούλες 2

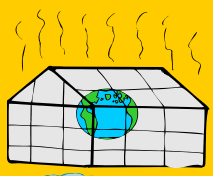
Άχυρα	
Οργανικά απόβλητα δήμων	
Κλαδιά δέντρων	
Τσιμέντο	
Στελέχη αραβόσιτου	
Αλάτι	
Μαγγάνιο	
Φύκη	
Κοπριά αγελάδας	
Πριονίδι	
Γρανίτης	
Χρυσός	
Αγροτικές σοδειές (πχ καλαμπόκι, πατάτες)	

Διαφάνεια Σακούλες 3



Πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πρώτων υλών









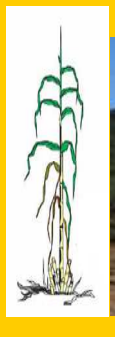
- ✓ Μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα
- ✓ Δυνατότητα αξιοποίησης οργανικών μορφών αποβλήτων
- ✓ Μείωση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου
- ✓ Περιορισμός του φαινομένου της όξινης βροχής
- ✓ Ενίσχυση της οικονομίας των αγροτικών περιοχών



Οι καλλιέργειες αγροτικών ειδών μπορεί να επεκταθούν εις βάρος των δασικών εκτάσεων.

Διατάραξη οικοσυστημάτων: Στην Βραζιλία εκχερσώνονται τα δάση και μετατρέπονται σε καλλιέργειες ζαχαροκάλαμου για την παραγωγή βιοκαυσίμων όπως η βιοαιθανόλη.

Προβλήματα στην βιοποικιλότητα / Μείωση διατροφικού αποθέματος



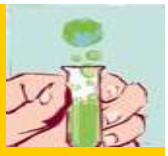


Διαφάνεια Σακούλες 4



Πράσινη χημεία:

Ένα σύνολο αρχών μέσω των οποίων σχεδιάζονται ασφαλέστερα προϊόντα και προλαμβάνεται η ρύπανση.









Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών

Ασφάλεια

Πρόληψη της ρύπανσης



ΠΡΑΣΙΝΗ ΧΗΜΕΙΑ



Βιοαποδόμηση

Οικονομία ατόμου



Διαφάνεια Σακούλες 5

- ✓Καύσιμα
- ✓Καθαριστικά, διαλύτες και απορρυπαντικά
- ✓Κόλλες και συγκολλητικά
- ✓Υφάνσιμες ίνες
- ✓Πλαστικά
- ✓Βαφές και χρώματα
- ✓Καλλυντικά
- ✓Εξαρτήματα κινητών και αυτοκινήτων









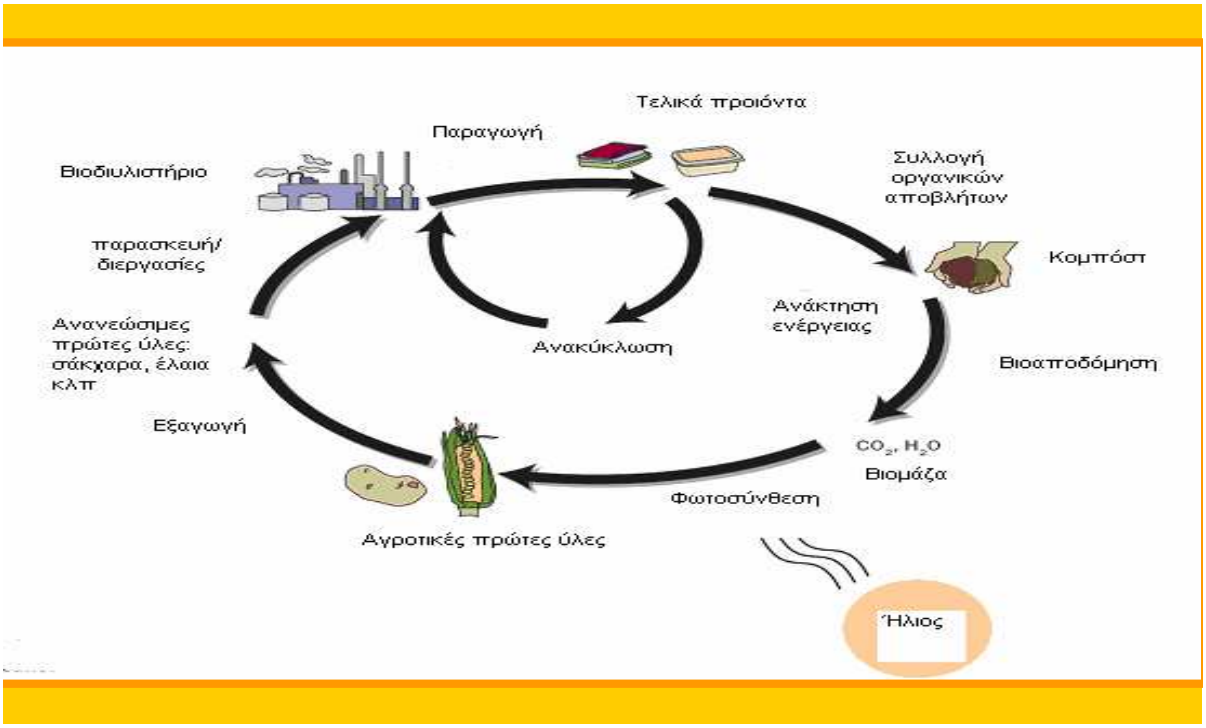









Διαφάνεια Σακούλες 6



Διαφάνεια Σακούλες 7



Διαφάνεια Σακούλες 8



Διαφάνεια Σακούλες 9





11-02-2008: Υπογράφηκε το Μνημόνιο Συνεργασίας για τη σταδιακή αντικατάσταση της πλαστικής σακούλας μεταξύ του Δήμου Αθηναίων και ορισμένων αλυσίδων σούπερ μάρκετ μεταξύ των οποίων: ΑΒ Βασιλόπουλος Α.Ε., Ατλάντικ Σούπερ Μάρκετ Α.Ε.Ε., Αφοί Βερόπουλοι Α.Ε.Β.Ε., Bazaar Α.Ε., Γαλαξίας, Carrefour Μαρινόπουλος Α.Ε., Dia Hellas, My Market της ΜΕΤΡΟ Α.Ε.Β.Ε. και Σκλαβενίτης.

Οδηγίες και διαφάνειες για την εφαρμογή της δραστηριότητας με τίτλο: «Είδη οικιακής χρήσης από ανανεώσιμες πρώτες ύλες»

Στόχοι της εκπαιδευτικής διαδικασίας είναι οι μαθητές……

1. Να διατυπώνουν τον ορισμό των ανανεώσιμων πρώτων υλών.
2. Να αναγνωρίζουν τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες και να τις διακρίνουν από τις μη ανανεώσιμες.
3. Να αναφέρουν ορισμένα πλεονεκτήματα της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών αλλά και να συνειδητοποιήσουν τους κινδύνους που ενέχει η αλόγιστη χρήση τους.
4. Να γνωρίσουν την πράσινη χημεία και κάποιες από τις αρχές της.
5. Να αναφέρουν προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.
6. Να περιγράφουν την πορεία σχηματισμού και μετασχηματισμού των ανανεώσιμων πρώτων υλών.
7. Να αναγνωρίζουν το πρόβλημα που δημιουργείται στην υγεία και στο περιβάλλον από την χρήση των συμβατικών προϊόντων καθαρισμού.
8. Να εξοικειωθούν με τα σύμβολα και τις φράσεις κινδύνου των συμβατικών προϊόντων καθαρισμού.
9. Να αναπτύξουν πνεύμα συνεργασίας και ομαδικότητας.
10. Να εντοπίσουν την εφαρμογή των αρχών της πράσινης χημείας στην καθημερινή τους ζωή και στον σχεδιασμό προϊόντων ευρείας χρήσης.
11. Να κατανοήσουν την δράση των ενζύμων στα προϊόντα καθαρισμού.
12. Να υποκινηθούν στην υιοθέτηση συμπεριφοράς περιβαλλοντικά υπεύθυνου καταναλωτή.
13. Να αντιληφθούν τη σύνδεση της οικονομίας και του περιβάλλοντος.

Φάσεις εξέλιξης της εκπαιδευτικής διαδικασίας

Πριν την εφαρμογή της δραστηριότητας, ζητάμε από τους μαθητές να φέρουν συσκευασίες από απορρυπαντικά, υγρά καθαρισμού και άλλα είδη οικιακής χρήσης από το σπίτι τους.

1η διδακτική ώρα

Ερωτώνται οι μαθητές τι θεωρούν ότι είναι οι ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Δίνεται ο ορισμός των ανανεώσιμων πρώτων υλών και γίνεται αντιπαραβολή με τις εξαντλούμενες (Διαφάνεια 1, στόχος 1). Ζητείται από τους μαθητές να αναφέρουν κάποιες ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Δίνεται σε διαφάνεια μια λίστα και τους ζητείται να αναγνωρίσουν τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες αιτιολογώντας την επιλογή τους (διαφάνεια 2, στόχος 2).

Ερωτώνται οι μαθητές αν γνωρίζουν τα πλεονεκτήματα της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών έναντι των μη ανανεώσιμων. Δίνεται σε διαφάνεια μια λίστα με πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Επισημαίνεται ότι η αλόγιστη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες στα οικοσυστήματα (διαφάνεια 3, στόχος 3).

Επισημαίνεται στους μαθητές ότι ο επιστημονικός κλάδος που έχει ως αρχή του την χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών για την παρασκευή διαφόρων προϊόντων είναι η πράσινη χημεία. Δίνεται σε διαφάνεια ο ορισμός της πράσινης χημείας και εξηγούνται κάποιες βασικές αρχές της (διαφάνεια 4, στόχος 4).

Ερωτώνται οι μαθητές να αναφέρουν κάποια προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Δίνεται σε διαφάνεια μια λίστα με τέτοια προϊόντα (διαφάνεια 5, στόχος 5). Επισημαίνεται ότι τα ίδια προϊόντα σήμερα σε ευρεία κλίμακα παρασκευάζονται από το πετρέλαιο ή τα παράγωγα του. Δίνεται η διαφάνεια 6 και ακολουθεί ανάλυση της μέσω διεξαγωγής συζήτησης με τους μαθητές (διαφάνεια 6, στόχος 6).

2η διδακτική ώρα

Ερωτώνται οι μαθητές ποια είναι η πρώτη ύλη παρασκευής των διαφόρων ειδών οικιακής χρήσης, όπως τα απορρυπαντικά, τα κάθε είδους καθαριστικά, τα εντομοκτόνα, τα αποσμητικά χώρου κά. Επισημαίνεται από τον καθηγητή ότι αποτελούν προϊόντα του πετρελαίου. Παρουσιάζεται η διαφάνεια 7 και με αφορμή τις εικόνες και το διάγραμμα συζητούνται οι αρνητικές επιδράσεις των ειδών οικιακής χρήσης, κυρίως των απορρυπαντικών τόσο στην ανθρώπινη υγεία, όσο και στο περιβάλλον (στόχος 7).

Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες (στόχος 9). Δίνεται η διαφάνεια 8 και από κάθε ομάδα ζητείται να καταγράψουν ποιες από τις ουσίες που περιέχονται στη διαφάνεια αναγράφονται στις συσκευασίες των ειδών οικιακής χρήσης που έφεραν από το σπίτι τους. Σε περίπτωση που οι ετικέτες αναγράφονται στα αγγλικά ο καθηγητής βοηθά. Στην συνέχεια δίνεται η διαφάνεια 9 και με

τον ίδιο τρόπο τους ζητείται να καταγράψουν τα σύμβολα ή τις φράσεις που επιγράφονται στις συσκευασίες (στόχος 8).

Μοιράζεται στους μαθητές σε φωτοτυπία το κείμενο που ακολουθεί και ο καθηγητής τους παροτρύνει να το διαβάσουν προσεκτικά.

L' arbre vert



Δεν χρησιμοποιεί παράγωγα πετρελαίου, δεν περιέχει φωσφορικά άλατα, φθαλικά άλατα, γλυκοαιθέρες και αλλεργιογόνα. Οι πρώτες ύλες και τα αρώματα είναι φυτικά.

Awalan (AURO)

Είναι απαλλαγμένο από πετροχημικά, πετρελαιοπαράγωγα, και φωσφορικά άλατα.



Από το ΟΙΚΟ της Καθημερινής

Με αφορμή το κείμενο επισημαίνεται στους μαθητές ότι τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερες εταιρείες μέσω των μεθόδων της πράσινης χημείας που έχουν αναπτύξει, παρασκευάζουν τα διάφορα είδη οικιακής χρήσης, φροντίζοντας ώστε οι ουσίες που περιέχουν να προέρχονται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Δίνεται η διαφάνεια 10 με τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα των νέων αυτών καθαριστικών και γίνεται συζήτηση (στόχοι 10, 12).

Επισημαίνεται από τον καθηγητή ότι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα νέων απορρυπαντικών είναι τα ενζυμικά προϊόντα καθαρισμού, στα οποία χρησιμοποιούνται δημοφιλείς κατηγορίες ενζύμων από ανανεώσιμους πόρους, όπως οι λιπάσες, οι πρωτεάσες, οι αμυλάσες και οι κυτταρινάσες (οι ονομασίες γράφονται στον πίνακα). Εξηγείται ποιο είδος λεκέδων καθαρίζει κάθε κατηγορία ενζύμων. Ο καθηγητής εκτελεί ένα πείραμα επίδειξης για τα ενζυμικά προϊόντα με τίτλο: «Υδρόλυση των πρωτεϊνών από πρωτεάσες» παρουσιάζοντας έτσι τη δράση τους (στόχοι 10, 11)

3η διδακτική ώρα

Συμπληρώνεται το φύλλο εργασίας ομαδικά και συζητώντας μέσα στην τάξη (στόχος 9). Στην συνέχεια ο καθηγητής πληροφορεί τους μαθητές ότι η Ευρωπαική επιτροπή έχει εκδώσει έναν

οδηγό προκειμένου να διευκολύνει τις τοπικές αρχές (δήμους) στην προμήθεια «πράσινων» καθαριστικών προιόντων. Ζητείται από τους μαθητές (όπως είναι χωρισμένοι σε ομάδες) να φανταστούν ότι είναι υπεύθυνοι του τμήματος προμηθειών στο δήμο που κατοικούν. Τους ζητείται να γράψουν μια πρόταση-εισήγηση για το δημοτικό συμβούλιο της περιοχής τους στην οποία θα προσπαθούν να πείσουν τους δημοτικούς συμβούλους να υιοθετήσουν την αγορά καθαριστικών προιόντων από ανανεώσιμες πρώτες ύλες στις δημόσιες προμήθειες. Η πρόταση θα πρέπει να περιλαμβάνει:

α) Τους λόγους αντικατάστασης των συμβατικών προιόντων με αυτά από ανανεώσιμους πόρους

β)Οικονομικά στοιχεία (πόσο εύκολη είναι η αντικατάσταση αυτή από οικονομικής απόψεως) λαμβάνοντας υπόψιν δεδομένα από τον πίνακα της διαφάνειας 11.

γ)Άλλα οφέλη και προστιθέμενη αξία για τον δήμο. Στην συνέχεια ζητείται από κάθε ομάδα παρουσιάζει την πρόταση της στις υπόλοιπες ομάδες (στόχοι 9, 12, 13).



Φύλλο εργασίας

1) Διαβάστε προσεκτικά το κείμενο που ακολουθεί:

«…….Μία από τις λύσεις που προτείνει η πράσινη χημεία είναι η χρήση ενζύμων στα προϊόντα καθαρισμού. Τα ένζυμα χρησιμοποιούνται ως εναλλακτική λύση κυρίως προς αντικατάσταση των σουλφονικών τασενεργών ενώσεων που αποτελούν βασικά συστατικά των απορρυπαντικών, διότι προσφέρουν το πλεονέκτημα της μείωσης της θερμοκρασίας του πλυσίματος κατά 20^{o}C αλλά και της ελάττωσης του ποσού του απορρυπαντικού που απαιτείται για κάθε πλύση. Ειδικότερα, χρησιμοποιώντας ενζυμικά προϊόντα καθαρισμού απαιτείται λιγότερος χρόνος πλυσίματος, μειώνεται σημαντικά η ενεργειακή κατανάλωση λόγω των χαμηλότερων θερμοκρασιών που χρησιμοποιούνται, μειώνεται η κατανάλωση νερού λόγω της μεγαλύτερης δραστικότητας, ελαττώνονται οι αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον αφού είναι βιοδιασπάσιμα ενώ προέρχονται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες……»

Με βάση τα παραπάνω, καταγράψτε και δικαιολογείστε με σαφήνεια ποιες αρχές της πράσινης χημείας ικανοποιούν τα ενζυμικά προϊόντα καθαρισμού.

_____

_____

_____

2) Συμπληρώστε με τις παρακάτω λέξεις το κείμενο που ακολουθεί:

αμυλάσες, λίπη, αποικοδομούν, κυτταρινάσες,

Οι πρωτεάσες, …….. τις πρωτεΐνες. Οι …….. διασπούν το άμυλο αφαιρώντας έτσι τους αντίστοιχους λεκέδες και εμποδίζουν το γάριασμα των ρούχων που προκαλείται μετά από πολλές πλύσεις. Οι …… βοηθούν στη συντήρηση του χρώματος και μειώνουν το γάριασμα λόγω της επίδρασής τους στη βαμβακερή ίνα, ενώ οι λιπάσες διαλύουν τα ……. και χρησιμοποιούνται συχνά στα υγρά απορρυπαντικά.

Διαφάνεια Είδη οικιακής χρήσης 1

Ανανεώσιμες πρώτες ύλες είναι οι πρώτες ύλες που προέρχονται από φυτικά ή βιολογικά-οργανικά υλικά.

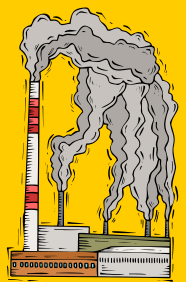


Περιλαμβάνονται:

- ✓Φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα είτε από γεωργικά και δασικά είδη.
- ✓Υποπροϊόντα και κατάλοιπα δασικής, φυτικής, ζωικής και αλιευτικής παραγωγής πχ φύκη, κτηνοτροφικά απόβλητα, κλαδοδέματα, στελέχη βαμβακιάς.
- ✓Υποπροϊόντα μεταποίησης ή επεξεργασίας των παραπάνω υλικών όπως το πριονίδι, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού κά.
- ✓Το οργανικό κλάσμα των αστικών και βιομηχανικών λυμάτων και σκουπιδιών







Σε σχέση με τις εξαντλούμενες πρώτες ύλες, όπως το πετρέλαιο, τους γαιάνθρακες κλπ **οι ανανεώσιμες πρώτες ύλες, είναι ανεξάντλητες και η χρήση τους φιλικότερη προς το περιβάλλον.**

Διαφάνεια Είδη οικιακής χρήσης 2

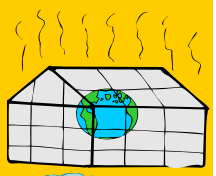
Άχυρα	
Οργανικά απόβλητα δήμων	
Κλαδιά δέντρων	
Τσιμέντο	
Στελέχη αραβόσιτου	
Αλάτι	
Μαγγάνιο	
Φύκη	
Κοπριά αγελάδας	
Πριονίδι	
Γρανίτης	
Χρυσός	
Αγροτικές σοδειές (πχ καλαμπόκι, πατάτες)	

Διαφάνεια Είδη οικιακής χρήσης 3



Πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πρώτων υλών









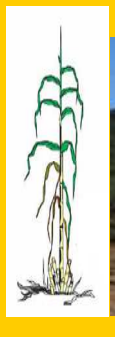
- ✓ Μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα
- ✓ Δυνατότητα αξιοποίησης οργανικών μορφών αποβλήτων
- ✓ Μείωση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου
- ✓ Περιορισμός του φαινομένου της όξινης βροχής
- ✓ Ενίσχυση της οικονομίας των αγροτικών περιοχών



Οι καλλιέργειες αγροτικών ειδών μπορεί να επεκταθούν εις βάρος των δασικών εκτάσεων.

Διατάραξη οικοσυστημάτων: Στην Βραζιλία εκχερσώνονται τα δάση και μετατρέπονται σε καλλιέργειες ζαχαροκάλαμου για την παραγωγή βιοκαυσίμων όπως η βιοαιθανόλη.

Προβλήματα στην βιοποικιλότητα / Μείωση διατροφικού αποθέματος



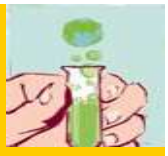


Διαφάνεια Είδη οικιακής χρήσης 4



Πράσινη χημεία:

Ένα σύνολο αρχών μέσω των οποίων σχεδιάζονται ασφαλέστερα προϊόντα και προλαμβάνεται η ρύπανση.









Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών

Ασφάλεια

Πρόληψη της ρύπανσης



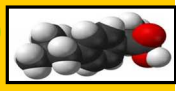


ΠΡΑΣΙΝΗ ΧΗΜΕΙΑ



Βιοαποδόμηση

Οικονομία ατόμου



Διαφάνεια Είδη οικιακής χρήσης 5

- ✓Καύσιμα
- ✓Καθαριστικά, διαλύτες και απορρυπαντικά
- ✓Κόλλες και συγκολλητικά
- ✓Υφάνσιμες ίνες
- ✓Πλαστικά
- ✓Βαφές και χρώματα
- ✓Καλλυντικά
- ✓Εξαρτήματα κινητών και αυτοκινήτων









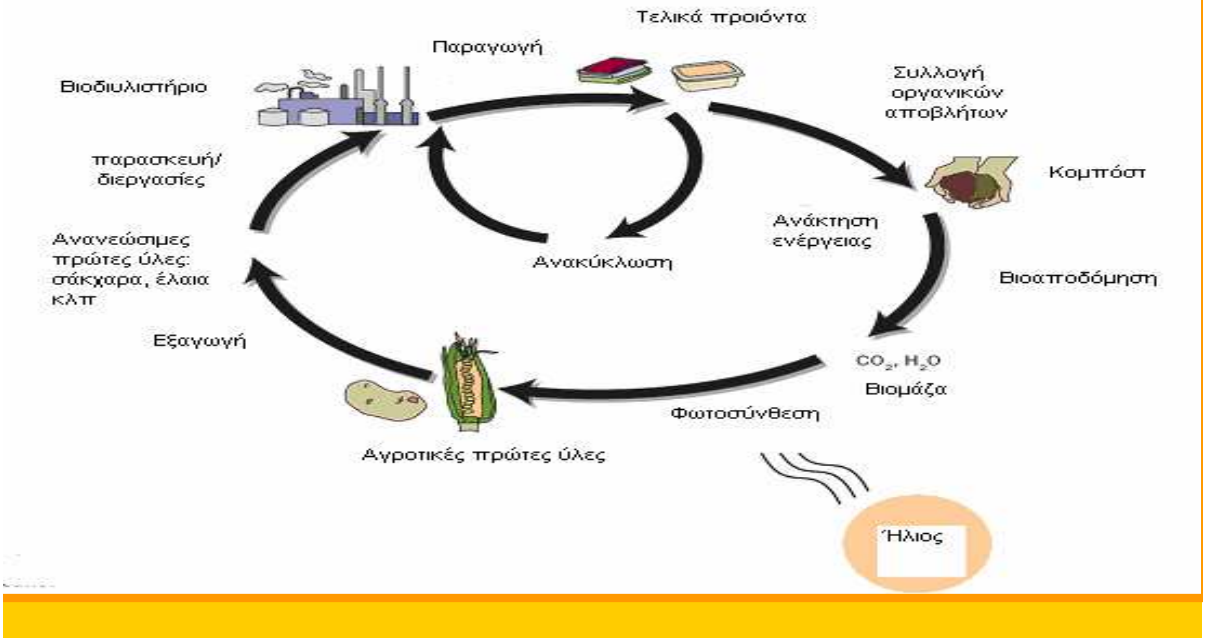








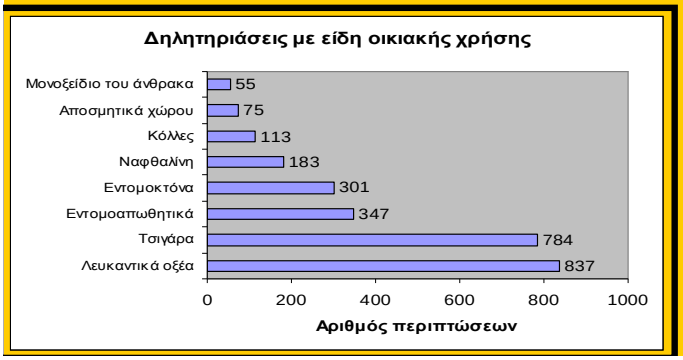
Διαφάνεια Είδη οικιακής χρήσης 6



Διαφάνεια Είδη οικιακής χρήσης 7



Προβλήματα ευτροφισμού από την χρήση απορρυπαντικών



Ετήσιος απολογισμός του κέντρου δηλητηριάσεων

Διαφάνεια Είδη οικιακής χρήσης 8



Φορμαλδεΰδη, φωσφορικές ενώσεις, λευκαντικοί παράγοντες με βάση το χλώριο, πολυχλωριούχα διφαινύλια (DCB), παραδιχλωροβενζόλιο, πινένιο, μυρκένιο, ναθφαλίνιο, τετραχλωράνθρακας, χλωροφόρμιο, p-διχλωροβενζόλιο, m-διχλωροβενζόλιο, 1,1,1-τριχλωροαιθάνιο, τετραχλωροαιθυλένιο, εννεάνιο, δεκάνιο, βενζόλιο, βενζοικό οξύ, βενζοπυρένιο, τριχλωροαιθάνιο, τριχλωροσάνη.







Διαφάνεια Είδη οικιακής χρήσης 9

	Διαβρωτικό	Εάν έρθει σε επαφή με το δέρμα, μπορεί να προκαλέσει κάψιμο.
	Πολύ εύφλεκτο	Μπορεί να προκαλέσει πυρκαγιά.
	Τοξικό	Εάν έρθει σε επαφή με το δέρμα, εάν καταποθεί ή εισπνευστούν οι ατμοί του μπορεί να προκαλέσει βλάβες.
	Επιβλαβές για το περιβάλλον	Εάν απελευθερωθεί στο περιβάλλον μπορεί να προκαλέσει βλάβες στους διάφορους οργανισμούς.
	Ερεθιστικό	Οποιαδήποτε επαφή μπορεί να προκαλέσει βλάβες στο δέρμα ή στα μάτια.
	Εκρηκτικό	Μπορεί να προκαλέσει έκρηξη
	Καρκινογόνο	Εάν έρθει σε επαφή με το σώμα ή σε περίπτωση κατάποσης μπορεί να προκαλέσει καρκίνο.

Διαφάνεια Είδη οικιακής χρήσης 10



- ✓ Παρασκευάζονται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες
- ✓ Είναι βιοαποδομήσιμα
- ✓ Είναι ασφαλέστερα
- ✓ Προκαλούν λιγότερη ρύπανση
- ✓ Για την παρασκευή τους καταναλώνεται λιγότερη ενέργεια





Διαφάνεια Είδη οικιακής χρήσης 11



ΜΕΓΕΘΟΣ: 750 ml	**ΜΕΓΕΘΟΣ:** 2 lt	**ΜΕΓΕΘΟΣ:** 2 lt	**ΜΕΓΕΘΟΣ:** 1,5 lt	**ΜΕΓΕΘΟΣ:** 5 lt
ΤΙΜΗ: 9,88 **ευρώ**	**ΤΙΜΗ:** 12,55 **ευρώ**	**ΤΙΜΗ:** 11,76 **ευρώ**	**ΤΙΜΗ:** 8,82 **ευρώ**	**ΤΙΜΗ:** 36,50 **ευρώ**

Οδηγίες και διαφάνειες για την εφαρμογή της δραστηριότητας με τίτλο: «Ανανεώσιμες πρώτες ύλες- Παραγωγή γλυκόζης από καλαμοσάκχαρο»

Στόχοι της εκπαιδευτικής διαδικασίας είναι οι μαθητές……

1. Να διατυπώνουν τον ορισμό των ανανεώσιμων πρώτων υλών.
2. Να αναγνωρίζουν τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες και να τις διακρίνουν από τις μη ανανεώσιμες.
3. Να αναφέρουν ορισμένα πλεονεκτήματα της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών αλλά και να συνειδητοποιήσουν τους κινδύνους που ενέχει η αλόγιστη χρήση τους.
4. Να γνωρίσουν την πράσινη χημεία και κάποιες από τις αρχές της.
5. Να αναφέρουν προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.
6. Να περιγράφουν την πορεία σχηματισμού και μετασχηματισμού των ανανεώσιμων πρώτων υλών.
7. Να αποκτήσουν επιδεξιότητα στην πραγματοποίηση απλών πειραμάτων.
8. Να αποκτήσουν θετική στάση σχετικά με την χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών.
9. Να αντιληφθούν τη διαδικασία παραγωγής της γλυκόζης από καλαμοσάκχαρο.
10. Να αναγνωρίζουν ότι η ενζυματική υδρόλυση των πολυσακχαριτών είναι μια από τις βιοχημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται κατά την επεξεργασία της βιομάζας.
11. Να αντιληφθούν ότι η γλυκόζη που παράγεται με αυτή τη διαδικασία αποτελεί την πρώτη ύλη για την παραγωγή διαφόρων βιοπροϊόντων.
12. Να ασκηθούν στην ομαδική εργασία.

Φάσεις εξέλιξης της εκπαιδευτικής διαδικασίας

Πριν την εφαρμογή της δραστηριότητας, οι μαθητές έχουν ενθαρρυνθεί να φέρουν ζάχαρη από το σπίτι τους.

1η διδακτική ώρα

Ερωτώνται οι μαθητές τι θεωρούν ότι είναι οι ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Δίνεται ο ορισμός των ανανεώσιμων πρώτων υλών και γίνεται αντιπαραβολή με τις εξαντλούμενες (Διαφάνεια 1, στόχος 1). Ζητείται από τους μαθητές να αναφέρουν κάποιες ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Δίνεται σε διαφάνεια μια λίστα και τους ζητείται να αναγνωρίσουν τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες αιτιολογώντας την επιλογή τους (διαφάνεια 2, στόχος 2).

Ερωτώνται οι μαθητές αν γνωρίζουν τα πλεονεκτήματα της χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών έναντι των μη ανανεώσιμων. Δίνεται σε διαφάνεια μια λίστα με πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Επισημαίνεται ότι η αλόγιστη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες στα οικοσυστήματα (διαφάνεια 3, στόχος 3).

Επισημαίνεται στους μαθητές ότι ο επιστημονικός κλάδος που έχει ως αρχή του την χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών για την παρασκευή διαφόρων προϊόντων είναι η πράσινη χημεία. Δίνεται σε διαφάνεια ο ορισμός της πράσινης χημείας και εξηγούνται κάποιες βασικές αρχές της (διαφάνεια 4, στόχος 4).

Ερωτώνται οι μαθητές να αναφέρουν κάποια προϊόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Δίνεται σε διαφάνεια μια λίστα με τέτοια προϊόντα (διαφάνεια 5, στόχος 5). Επισημαίνεται ότι τα ίδια προϊόντα σήμερα σε ευρεία κλίμακα παρασκευάζονται από το πετρέλαιο ή τα παράγωγα του. Δίνεται η διαφάνεια 6 και ακολουθεί ανάλυση της μέσω διεξαγωγής συζήτησης με τους μαθητές (διαφάνεια 6, στόχος 6).

2η διδακτική ώρα

Ερωτώνται οι μαθητές αν γνωρίζουν το ζαχαροκάλαμο. Ερωτώνται στην συνέχεια αν γνωρίζουν κάποια προϊόντα που προέρχονται από αυτό. Εξηγείται στους μαθητές ότι μέσω μιας σειράς πολύπλοκων βιομηχανικών διεργασιών το ζαχαροκάλαμο μετατρέπεται σε γλυκόζη η οποία αποτελεί την πρώτη ύλη στην χημική βιομηχανία για την παραγωγή διαφόρων φαρμακευτικών ειδών, καλλυντικών, απορρυπαντικών, καθώς επίσης και καυσίμων (Διαφάνεια 7, στόχοι 4, 8, 11).

Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες των τριών ατόμων και τους εξηγείται ότι από την ζάχαρη που έφεραν θα παρασκευάσουν γλυκόζη. Πριν την εκτέλεση της πειραματικής διαδικασίας παρουσιάζονται τα μέτρα προφύλαξης και τα προειδοποιητικά σήματα (Διαφάνεια 8, στόχος 4). Πραγματοποιείται το πείραμα (στόχοι 7, 8, 9, 10,11).

Ολοκληρώνεται η πειραματική δραστηριότητα. Μετά το πέρας του πειράματος συμπληρώνεται ομαδικά και με ανοικτή συζήτηση το φύλλο εργασίας (στόχοι 3, 5, 8, 11,12).



Φύλλο εργασίας

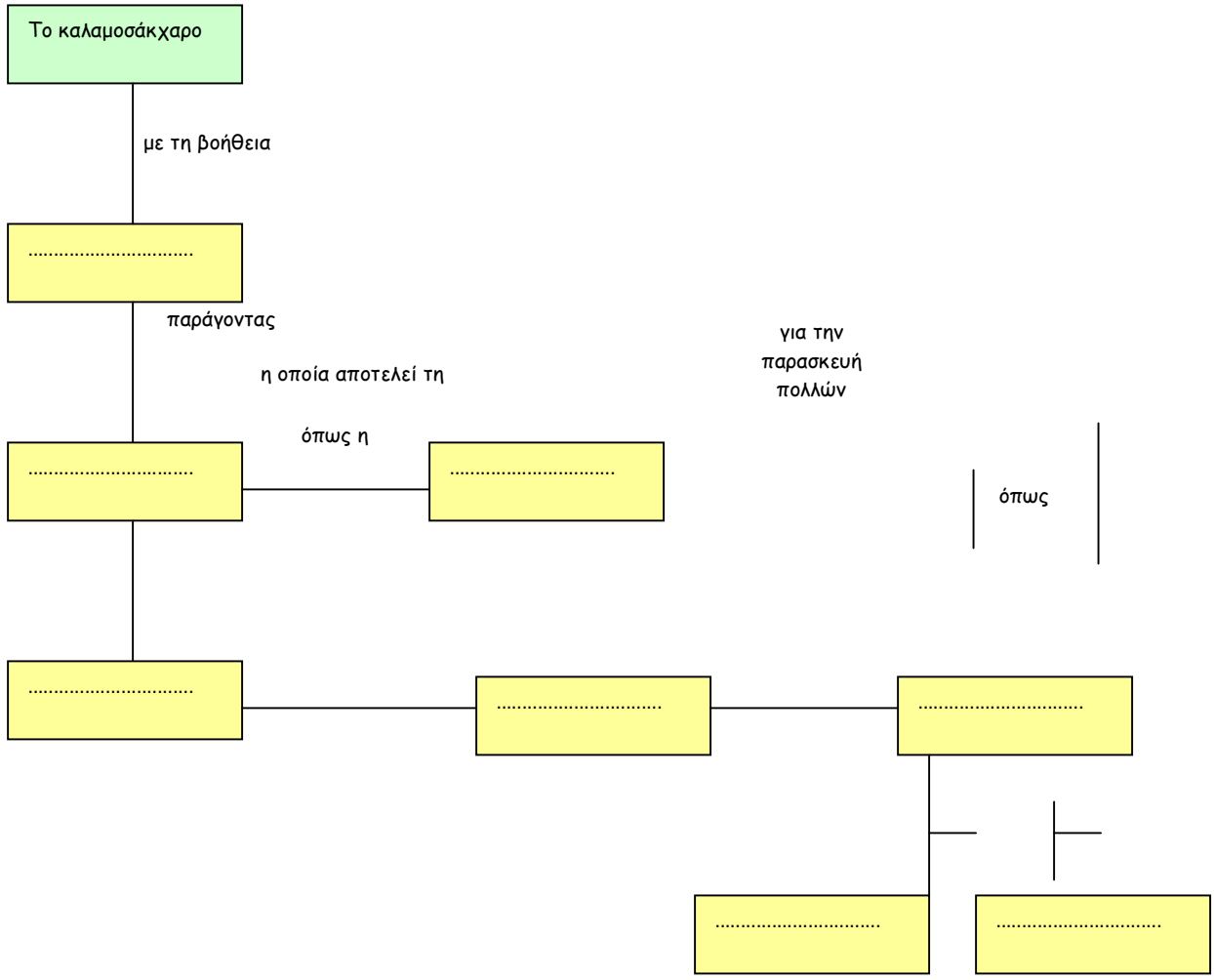
1) Η νωπή ζύμη που χρησιμοποίησες περιλαμβάνει τα ένζυμα ζυμάση, ιμβερτάση και μαλτάση. Τι διεργασία είναι η παραγωγή γλυκόζης από καλαμοσάκχαρο;

_____
_____
_____

2) «Η αλόγιστη καλλιέργεια ζαχαροκάλαμου έχει οδηγήσει στην επέκταση των καλλιεργειών εις βάρος των οικοσυστημάτων αλλά και εις βάρος των διατροφικών καλλιεργειών». Συζήτησε με τους συμμαθητές σου τις περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις όλων των παραπάνω.

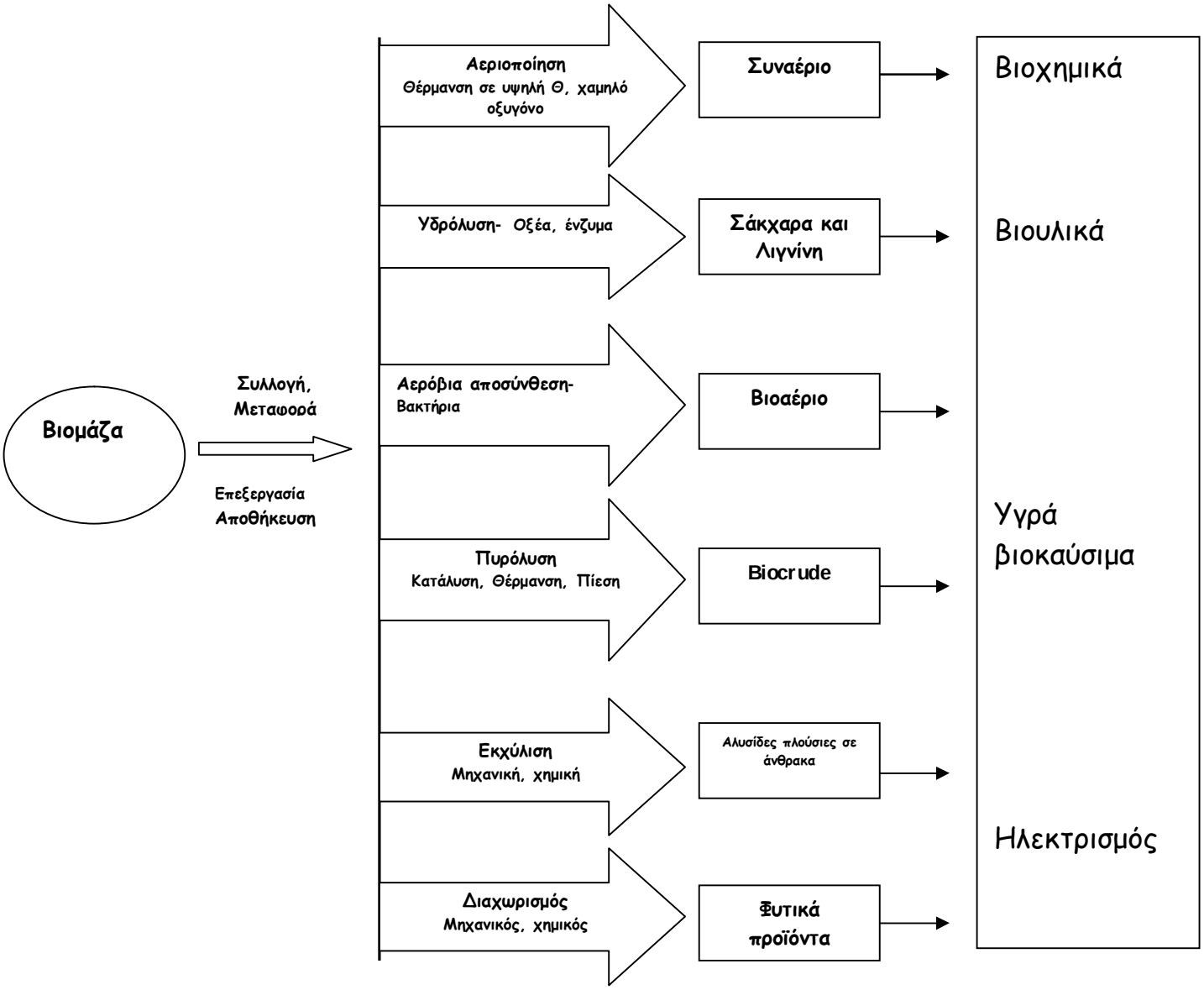
_____
_____
_____

3)Συνοψίστε συμπληρώνοντας το ακόλουθο διάγραμμα:



(Λύση: Το καλαμοσάκχαρο υδρολύεται με τη βοήθεια ενζύμων (όπως η μαλτάση) παράγοντας γλυκόζη η οποία αποτελεί την πρώτη ύλη-δομική μονάδα για την παρασκευή πολλών βιοπροϊόντων όπως καλλυντικά, απορρυπαντικά, καύσιμα)

4) Στην ακολουθία των διεργασιών της βιομάζας, χρωμάτισε αυτήν την ακολουθία που ακολουθήσατε στο πείραμα που εκτελέσατε.


Βιομάζα
Συλλογή, Μεταφορά
Επεξεργασία Αποθήκευση
Αεριοποίηση
Θέρμανση σε υψηλή Θ, χαμηλό οξυγόνο
Υδρόλυση- Οξέα, ένζυμα
Αερόβια αποσύνθεση- Βακτήρια
Πυρόλυση
Κατάλυση, Θέρμανση, Πίεση
Εκχύλιση
Μηχανική, χημική
Διαχωρισμός
Μηχανικός, χημικός
Συναέριο
Σάκχαρα και Λιγνίνη
Βιοαέριο
Biocrude
Αλυσίδες πλούσιες σε άνθρακα
Φυτικά προϊόντα
Βιοχημικά
Βιουλικά
Υγρά βιοκαύσιμα
Ηλεκτρισμός

Διαφάνεια Καλαμοσάκχαρο 1

Ανανεώσιμες πρώτες ύλες είναι οι πρώτες ύλες που προέρχονται από φυτικά ή βιολογικά-οργανικά υλικά.

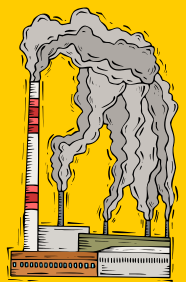


Περιλαμβάνονται:

- ✓Φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα είτε από γεωργικά και δασικά είδη.
- ✓Υποπροϊόντα και κατάλοιπα δασικής, φυτικής, ζωικής και αλιευτικής παραγωγής πχ φύκη, κτηνοτροφικά απόβλητα, κλαδοδέματα, στελέχη βαμβακιάς.
- ✓Υποπροϊόντα μεταποίησης ή επεξεργασίας των παραπάνω υλικών όπως το πριονίδι, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού κά.
- ✓Το οργανικό κλάσμα των αστικών και βιομηχανικών λυμάτων και σκουπιδιών







Σε σχέση με τις εξαντλούμενες πρώτες ύλες, όπως το πετρέλαιο, τους γαιάνθρακες κλπ **οι ανανεώσιμες πρώτες ύλες, είναι ανεξάντλητες και η χρήση τους φιλικότερη προς το περιβάλλον.**

Διαφάνεια Καλαμοσάκχαρο 2

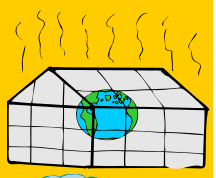
Άχυρα	
Οργανικά απόβλητα δήμων	
Κλαδιά δέντρων	
Τσιμέντο	
Στελέχη αραβόσιτου	
Αλάτι	
Μαγγάνιο	
Φύκη	
Κοπριά αγελάδας	
Πριονίδι	
Γρανίτης	
Χρυσός	
Αγροτικές σοδειές (πχ καλαμπόκι, πατάτες)	

Διαφάνεια Καλαμοσάκχαρο 3



Πλεονεκτήματα των ανανεώσιμων πρώτων υλών





- ✓ Μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα
- ✓ Δυνατότητα αξιοποίησης οργανικών μορφών αποβλήτων
- ✓ Μείωση της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου
- ✓ Περιορισμός του φαινομένου της όξινης βροχής
- ✓ Ενίσχυση της οικονομίας των αγροτικών περιοχών



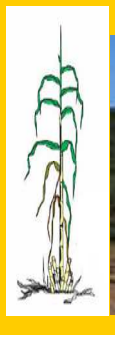




Οι καλλιέργειες αγροτικών ειδών μπορεί να επεκταθούν εις βάρος των δασικών εκτάσεων.

Διατάραξη οικοσυστημάτων: Στην Βραζιλία εκχερσώνονται τα δάση και μετατρέπονται σε καλλιέργειες ζαχαροκάλαμου για την παραγωγή βιοκαυσίμων όπως η βιοαιθανόλη.

Προβλήματα στην βιοποικιλότητα / Μείωση διατροφικού αποθέματος



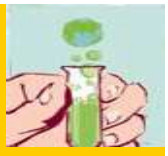


Διαφάνεια Καλαμοσάκχαρο 4



Πράσινη χημεία:

Ένα σύνολο αρχών μέσω των οποίων σχεδιάζονται ασφαλέστερα προϊόντα και προλαμβάνεται η ρύπανση.







Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών



Ασφάλεια

ΠΡΑΣΙΝΗ ΧΗΜΕΙΑ

Πρόληψη της ρύπανσης

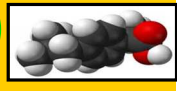






Βιοαποδόμηση

Οικονομία ατόμου



Διαφάνεια Καλαμοσάκχαρο 5

- ✓Καύσιμα
- ✓Καθαριστικά, διαλύτες και απορρυπαντικά
- ✓Κόλλες και συγκολλητικά
- ✓Υφάνσιμες ίνες
- ✓Πλαστικά
- ✓Βαφές και χρώματα
- ✓Καλλυντικά
- ✓Εξαρτήματα κινητών και αυτοκινήτων







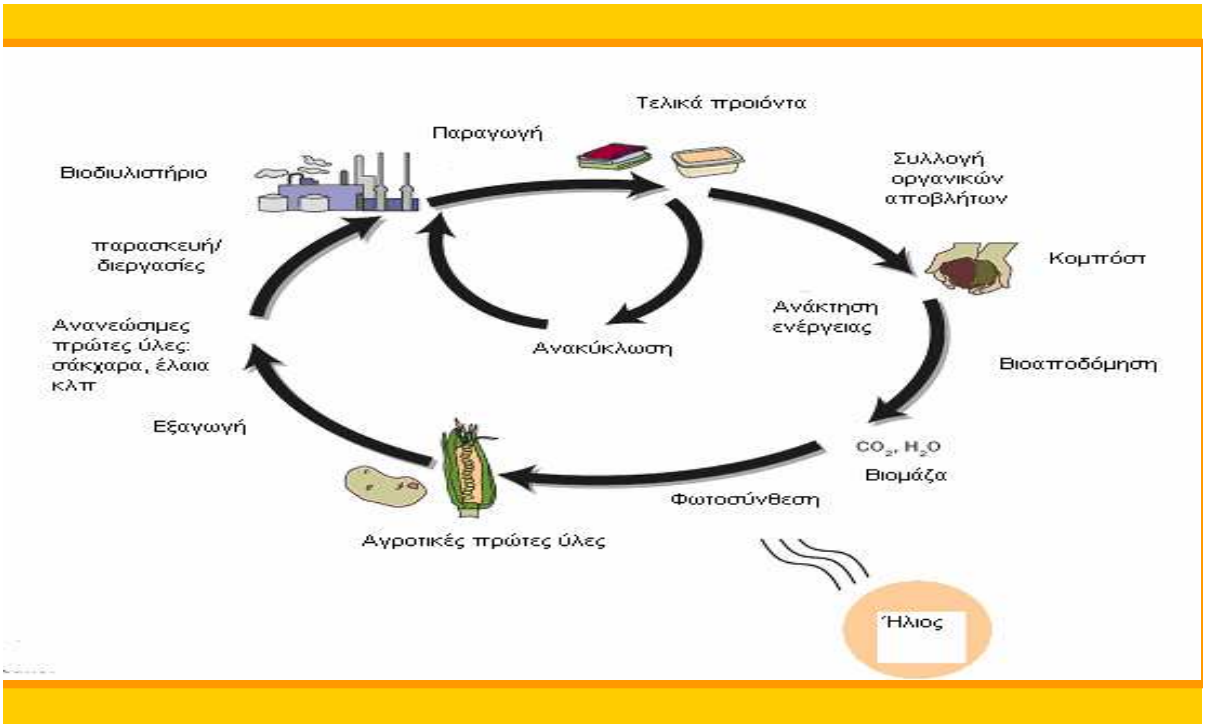






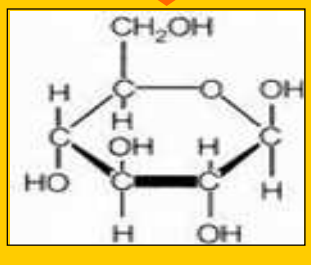



Διαφάνεια Καλαμοσάκχαρο 6



Διαφάνεια Καλαμοσάκχαρο 7





Βιοκαύσιμα (βιοαιθανόλη)

Καλλυντικά

Απορυπαντικά

Φαρμακευτικά είδη







Διαφάνεια Καλαμοσάκχαρο 8

Μέτρα Προφύλαξης

Γάντια και γυαλιά

Το φελίγγειο υγρό είναι διαβρωτικό. Μπορεί να προκαλέσει σοβαρά εγκαύματα. Σε περίπτωση επαφής με το δέρμα ή τα μάτια χρειάζεται πλύσιμο με νερό και ιατρική συμβουλή.



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ 7

ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΞΕΝΌΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adams, R. M., B. H. Hurd, and J. Reilly (1999). A Review of Impacts to U.S. Agriculture Resources. A report prepared for the Pew Center on Global Climate Change, Arlington, VA.
- Aden, A., Ruth, M., Ibsen, K., Jechura, J., Neeves, K., Sheehan, J., Wallace, B., Montague, L., Slayton, A., Lukas, J. (2002). Lignocellulosic Biomass to Ethanol Process Design and Economics Utilizing Co- Current Dilute Acid Prehydrolysis and Enzymatic Hydrolysis For Corn Stover, Technical report, National Renewable Energy Laboratory (NREL): Golden, Co.
- Akiyama, M., Tsuge, T., Doi, Y. (2003). Environmental life cycle comparison of polyhydroxyalkanoates produced from renewable carbon resources by bacterial fermentation. *Polym. Degrad. Stab.*, *80* (1), 183-194.
- Arntzen, C.J., Dale, B.E. et al. (2000). *Biobased Industrial Products*. National Academy Press, Washington, D.C.
- Background Document: Development of Criteria for the Award of the European Eco-Label to Lubricants, IVAM, April 2004.
- Boswell, C. (2001). Bioplastics aren't the stretch they once seemed, Chemical Market Reporter, 260.
- Bozell, J.J. (ed.) (2001). Chemicals and Materials from Renewable Resources: ACS Symposium Series #784. American Chemical Society, Washington, D.C.
- Bozell, J. J., and Landucci, R. (eds.) (1993). Alternative Feedstocks Program, Technical and Economic Assessment: Thermal/Chemical and Bioprocessing Components. National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO.
- Ceccarini, L., Angelini, L. G. (2003). Spartium Junceum L.: A New Crop for Natural Fibre for the Automotive Industry. *International South Europe Symposium: Non-Food Crops: From Agriculture to Industry,* An IENICA seminar, Bologna, Italy, May.
- Ditchfield, C. (1999). Hemp and Other Natural Fibres: Today and Tomorrow A report for the Rural Industries Research and Development Corporation, Australia.
- Donaldson, T.L., and Culberson, O.L. (1983). *Chemicals from Biomass: An Assessment of the Potential for Production of Chemical Feedstocks from Renewable Resource*s. ORNL/TM-8432, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN.

- Devine, T. E., and Hatley, O. E. (1998a). Registration of 'Donegal' Forage Soybean, *Crop Science*, 38,1719-1720.
- Devine, T. E., E. O. Hatley, and Starner, E. D. (1998b). Registration of 'Derry' Forage Soybean, *Crop Science*, 38,1719.
- Devine, T. E., E. O. Hatley, and Starner, E. D. (1998c). Registration of 'Tyrone' Forage Soybean, *Crop Science* 38,1720.
- Devine, T., and J. E. McMurtrey III. 2004. Registration of "Tara" Soybean, *Crop Science* 44, 1020.
- Dr. Ingo Sartorius, Association of Plastics Manufacturers in Germany, Presentation on the 'Development of Plastics Manufacturing Industry in Europe, with Respect to Biodegradable Plastics' to the Expert Group Meeting on 'EDP's and Sustainable Development', Trieste, September 2002.
- Erbach, D.C., Graham, R.L , Perlack, R.D., Stokes, B.J., Turhollow, A.F., Wright, L.L. (2005). Biomass as a Feedstock for a Bioenergy and BioProducts Industry: The Technical Feasibility of a Billion-Ton Annual Supply, DOE/USDA.
- Executive Steering Committee, Renewables Vision 2020. (1999). The Technology Roadmap for Plant/Crop-Based Renewable Resources 2020. DOE/GO-10099-706, U.S. Department of Energy, Washington, DC.
- FAO (U.N. Food and Agriculture Organization) 2001. Global Forest Resources Assessment, 2000. Forestry Paper 140.
- FAO (U.N. Food and Agriculture Organization) 2003. World Agriculture: Towards 2015/2030: An FAO Perspective, http://www.fao.org/es/ESD/gstudies.htm.
- Franz Fischler (2003). *The European Conference on Rural Development*, Salzburg, November.
- Fuller, G., McKeon, T. A., and Bills, D. D. (eds.) (1996). *Agricultural Materials as Renewable Resources – Nonfood and Industrial Applications: ACS Symposium Series #647*. American Chemical Society, Washington, D.C.
- Goldstein, I. S. (ed.) (1981). Organic Chemicals from Biomass. CRC Press, Boca Raton, FL. Morris, D., and Ahmed, I. (1992). The Carbohydrate Economy: Making Chemicals and Industrial Materials from Plant Matter. Institute for Local Self-Reliance, Washington, D.C.
- Greene, N. (2004). Growing Energy: How Biofuels Can Help End America's Oil Dependence. NRDC.

- HGCA Research Review 52: The Opportunities for Use of Esters of Rapeseed Oil as Bio-Renewable Solvents, March 2004.
- Hill, K. (2000). Fats and Oils as Oleochemical Raw Materials, *Pure Appl. Chem*., 72(7), 1255-1264.
- Industry using Renewable Raw materials. Edited by Joachim Ehrenberg, European Commission, DG Enterprise, Unit E.1: Environmental Aspects of Industry Policy.
- Karus, M. (2002). European Hemp Industry 2002: Cultivation, Processing and Product Lines nova-Institute, Germany.
- Kim, S., Dale, B. E. (2005). Life cycle assessment study of biopolymers (PHA)-derived from no-tilled corn. *Int. J. LCA, 10* (2), 200- 210.
- Kim, S., Dale, B. E. (2005). Environmental aspects of ethanol derived from no-tilled corn grain: Non-renewable energy consumption and greenhouse gas emissions. *Biomass Bioenergy*, 28 (5), 475-489.
- Landucci, R., Goodman, B., Wyman, C. E. (1994). Methodology for evaluating the economics of biologically producing chemicals and materials from alternative feedstocks. *Appl. Biochem. Biotechnol*., 45/46, 677-696.
- Lynd, L.R. (2005). Liquid Transportation Fuels, *World Congress on Industrial Biotech and Bioprocessing*, Orlando, FL, April 20-22.
- Macedo, I. C. (1998). Greenhouse gas emissions and bio-ethanol in Brazil. *Int. Sugar J*., 100 (1189), 2-5.
- McLauglin, S. B., D. G. De La Torre-Ugarte, C. T. Garten, Jr., L. R. Lynd, M. A. Sanderson, V. R. Tolbert, and D. D. Wolf (2002). High-Value Renewable Energy from Prairie Grasses, *Environ. Sci. Technol*. 36, 2122-2199.
- McLaughlin, S. B., and L. A. Kszos (2005). Summary of 10 years of Research Progress in Improvement of Dedicated Herbaceous Bioenergy Feedstocks. Biomass and Bioenergy (in press).
- McMurtrey, J. E., C. S. T Daughtry, T. E. Devine, and L. A. Corp (2005). Spectral Detection of Crop Residues for Soil Conservation from Conventional and Large Biomass Soybean, J. Agronomy (in press).
- Morris, D. (2002). Accelerating the Shift to a Carbohydrate Economy: The Federal Role, Executive Summary of the Minority Report of the Biomass Research & Development Technical Advisory Committee.

- Nelson, R. G. (2002). Resource Assessment and Removal Analysis for Corn Stover and Wheat Straw in the Eastern and Midwestern United States: Rainfall and Wind-Induced Soil Erosion Methodology, *Biomass and Bioenergy*, 22, 349–363.
- Ousted, I., Panvalkar, S. G. (2001). Eco-profiles of the Systems Used to Produce Starch and Related Products (Confidential), Technical report, Association des Amidonneries de Crales de l'UE (ACC): Brussels, Belgium.
- Perlack, D. R., Wright, L. L., Turhollow, F. A., Graham, L. R., Stokes, J. B., Erbach C. D. (2005). *Biomass as Feedstock for a Bioenergy and Bioproducts Industry: The Technical Feasibility of a Billion-Ton Annual Supply*, U.S. Department of Energy, U.S.Department of Agriculture.
- Philipp, K.(2003). State of the art, novel developments and trends in the fields of natural fibre reinforced composites in automotive interiors, *Proceedings of the (IENICA sponsored) 4th International Symposium 'Materials from Renewable Resources'*, Erfurt, Germany, 11-12 September.
- Plants for the Future, A European vision for plant genomics and biotechnology (2025). European Commission by Philippe Busquin, European Commissioner for Research.
- Rowell, R. M., Schultz, T. P. and Narayan, R. (eds.) (1992). Emerging Technologies for Materials and Chemicals from Biomass: ACS Symposium Series #476. American Chemical Society, Washington, D.C.
- Rooney, T. (1998). Lignocellulosic Feedstock Resource Assessment. NREL/TP-580-24189. Prepared by NEOS Corporation for the National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado, September.
- Saha, B. C. and Woodward, J. (eds.) (1997). Fuels and Chemicals from Biomass: ACS Symposium Series #666. American Chemical Society, Washington, D.C.
- Scholz, C. and Gross, R. A. (eds.) (2000). Polymers from Renewable Resources – Biopolyesters and Biocatalysis: ACS Symposium Series #764. American Chemical Society, Washington, D.C.
- Sheehan, J., Aden, A., Paustian, K., Killian, K., Brenner, J., Walsh, M., Nelson, R. (2003). Energy and environmental aspects of using corn stover for fuel ethanol. *J. Ind. Ecol.*, 7 (3-4), 117-146.
- Stokes, B. J. (1992). Harvesting Small Trees and Forest Residues, *Biomass and Bioenergy* 2(1), 131–147.

- Winandy, J. (2004). USDA Madison, at the 5th Global Wood and Natural Fibres Composites Symposium, Kassel, Germany, April.
- Wu, S., et al. (2004). "Soil Conservation Benefits of Large Biomass Soybean (LBS) for Increasing Crop Residue Cover." *J. Sustainable Agric*. 24(1), 107–128.
- Yang, H. S., et al. (2004). Hybrid Maize: A Maize Simulation Model That Combines Two Crop Modeling Approaches, *Field Crops Res*., 87, 131–154.
- Zeikus, G. J. (1990). *Biotechnology: Science, Education and Commercialization, in Accomplishments in Microbial Biotechnology*. New York: Elsevier Science Publishing Co.
- Zeikus, G. J., Jain K. M, Elankovan P (1999). Biotechnology of Succinic Acid Production and Markets for Derived Industrial Products, *Applied Microbiol. Biotechnol.*, 51: 545–552.

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

- AGRANA (one of the leading sugar companies in Central and Eastern Europe), www.agrana.com, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Askew, M. F. (2000). Interactive European Network for Industrial Crops and their Applications (FAIR CT96-1495): Summary Report for European Union. European Commission Directorate General Research, http://www.ienica.net/ienicareports.htm, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Association des Amidonneries de Céréales de l'Union Européenne (Association of Cereals Starch Industries of the European Union - AAC), www.aac-eu.org, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- AVEBE (An innovating company producing solutions based on potato starch for food, paper, building, textiles, adhesives and feed industries), www.avebe.com, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Australian New Crops, www.newcrops.uq.edu.au, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- BioMatNet: www.nf-2000.org
- Cambridge Biopolymers Ltd, www.cambridge-biopolymers.com, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- European Agency for the Evaluation of Medicinal Products, EMEA: www.emea.eu.int
- EC Baltic Renewable Energy Centre, www.ecbrec.pl, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.

- European Commission: www.europa.eu.int
- European Cooperative Programme for Crop Genetic Resources Networks, www.ecpgr.cgiar.org, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- European Directorate for the Quality of Medicines, www.edqm.org, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Frost and Sullivan Market Report (1998), www.frost.com, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- http://europa.eu.int/comm/agriculture/events/salzburg/index_en.htm.
- IBAW - International Biodegradable Polymers Association & Working Groups, www.ibaw.org, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Living tree paper company, http://www.livingtreepaper.com, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- Riley, P. A., and L. Hoffman (1999). Value Enhanced Crops: Biotechnology's Next Stage, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, Retrieved July, 2004 from htpp://www.biotechknowledge.com.
- The BioComposites Centre, Innovation in biomaterials for industry, www.bc.bangor.ac.uk, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- The European Biodiesel Board, www.ebb-eu.org, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.
- US Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, http://www1.eere.energy.gov/biomass/posters_papers.html, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Φεβρουάριος 2011.

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΑΡΙΑ ΚΑΠΑΣΣΑ
ΧΗΜΙΚΟΣ, ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

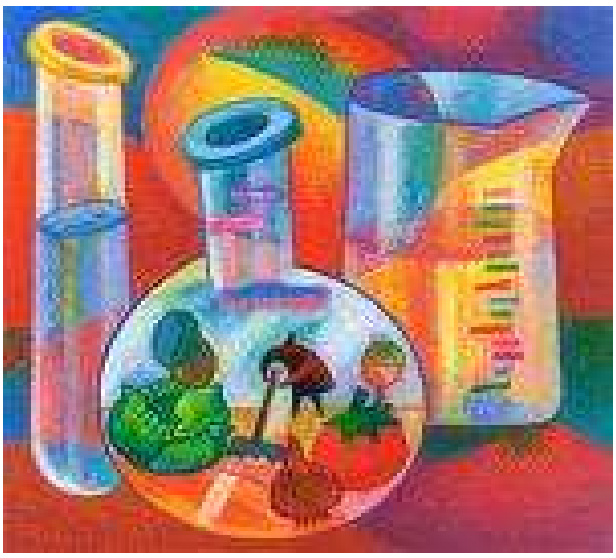
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΠΡΑΣΙΝΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΑΕΙΦΟΡΙΑΣ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ

ΤΟΜΟΣ ΙΙ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΑΘΗΝΑ 2013

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ



Βιβλίο Δραστηριοτήτων για μαθητές με άξονα τις Ανανεώσιμες Πρώτες Ύλες

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΑΘΗΝΑ 2013



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1) Γνωριμία με τη βιομάζα…….4
2) Σύσταση της βιομάζας: Υδατάνθρακες vs Υδρογονάνθρακες……..13
3) Διυλιστήριο vs βιοδιυλιστήριο……..19
4) Παραγωγή γλυκόζης από υπολείμματα γεωργικής και δασικής παραγωγής……....25
5) Παραγωγή γλυκόζης από καλαμοσάκχαρο……..34
6) Άμυλο: Αποθηκευτικό μέσο των φυτικών ειδών και πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοπροϊόντων…….....42
7) (Βιο)πολυμερή: Φιλμ αμύλου από πατάτα……49
8) Σακούλες από άμυλο και με....οικολογική συνείδηση: Η λύση στο πρόβλημα της πλαστικής σακούλας……..57
9) Φτιάχνοντας κόλλα από γάλα!.....64
10) Νάυλον από φυτικές πρώτες ύλες……..72
11) Σαπούνι: Ένα καταναλωτικό προϊόν από «ανανεώσιμες» πρώτες ύλες……81
12) Φτιάχνοντας βιοντίζελ από τηγανισμένο λάδι……...91
13) Μέτρηση της θερμικής ενέργειας διαφόρων βιοκαυσίμων…….102
14) Αξιοποίηση αποβλήτων στην χημική βιομηχανία: η περίπτωση της γλυκερίνης……...107
15) «Πράσινο» πολυαιθυλένιο από βιομάζα……..118
16) Είδη οικιακής χρήσης από ανανεώσιμες πρώτες ύλες…….....126
17) Κομποστοποίηση: Μια πράσινη χημική διεργασία…….139

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ……..…….150





Γνωριμία με τη βιομάζα

Εισαγωγή



Η βιομάζα είναι το σύνολο της ύλης που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Περιλαμβάνει οποιοδήποτε υλικό προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το ζωικό ή το φυτικό κόσμο. Τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης δεσμεύουν την ηλιακή ακτινοβολία η οποία στην συνέχεια μετατρέπεται σε χημική ενέργεια που αποταμιεύεται στους ιστούς των φυτών.

Η βιομάζα αποτελεί ανανεώσιμη πρώτη ύλη, αφού αναγεννάται μέσα σε σύντομο χρονικό πλαίσιο. Σήμερα αποτελεί ένα σημαντικό αρχικό υλικό για την παραγωγή ενέργειας και διαφόρων καταναλωτικών προϊόντων, ενώ η χρήση της θεωρείται ότι συμβάλλει στην μείωση των εκπομπών θερμοκηπιακών αερίων και κατ΄ επέκταση στη μάχη κατά της κλιματικής αλλαγής.

Στόχοι της δραστηριότητας: οι μαθητές...

- ✓ Να αναγνωρίζουν κάποιες μορφές της βιομάζας
- ✓ Να περιγράφουν τον «κλειστό» και «ανοικτό» κύκλο του άνθρακα της βιομάζας και του πετρελαίου αντίστοιχα
- ✓ Να αναφέρουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα από την χρήση της βιομάζας
- ✓ Να αυξήσουν τις γνώσεις τους για τη βιομάζα
- ✓ Να διαμορφώσουν θετική στάση σχετικά με την εκμετάλλευση και χρήση της βιομάζας

• Ενδεικτική διάρκεια δραστηριότητας: 2 διδακτικές ώρες • Μαθητές: Γυμνασίου-Λυκείου • Σχετιζόμενα μαθήματα: Χημεία, Περιβαλλοντική εκπαίδευση, Βιολογία	**Αρχές της Πράσινης Χημείας που θίγονται** • Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών

Λέξεις-κλειδιά: Βιομάζα, φωτοσύνθεση, οργανική ύλη, βιοαποδόμηση, σχέδιο δράσης



Υλικά /Όργανα

Μολύβι, χαρτί

Πορεία εργασίας

(Χωριστείτε σε ομάδες των τεσσάρων ατόμων)



1. Στον παρακάτω πίνακα σημειώστε ποιο από τα παρακάτω υλικά μπορεί να θεωρηθεί ως βιομάζα (ανανεώσιμη πρώτη ύλη); Εξηγείστε γιατί.

Άχυρα	
Οργανικά απόβλητα δήμων	
Κλαδιά δέντρων	
Τσιμέντο	
Στελέχη αραβόσιτου	
Αλάτι	
Μαγγάνιο	
Φύκη	
Κοπριά αγελάδας	
Πριονίδι	
Γρανίτης	
Χρυσός	
Αγροτικές σοδειές (πχ καλαμπόκι, πατάτες)	

2. Διαβάστε προσεκτικά το κείμενο που ακολουθεί:



«.....Ο πρωτόγονος άνθρωπος, για να ζεσταθεί και να μαγειρέψει, χρησιμοποίησε την θερμότητα από την καύση των ξύλων και των διάφορων φυτικών υπολειμμάτων. Χρησιμοποίησε επίσης διάφορα είδη φυτών και δέντρων για να εξάγει διάφορες χρωστικές ουσίες όπως το ινδικό, από τα φύλλα του φυτού Indigotier, τον κρόκο από το φυτό Crocus sativus, την αλιζαρίνη από τη ρίζα του φυτού Rubia tinctorum. Οι χρωστικές αυτές έχουν ανιχνευτεί σε διάφορες αρχαίες τοιχογραφίες. Για την κατεργασία του δέρματος χρησιμοποιούνταν διάφορες φυτικές ύλες πλούσιες σε ταννίνες ενώ μια πληθώρα ουσιών που παράγουν τα φυτά εξάγονταν για την παρασκευή αιθέριων ελαίων και αρωμάτων.....»

Με βάση το κείμενο που διαβάσατε να απαντήσετε εμπεριστατωμένα στις παρακάτω ερωτήσεις:
Α) Είναι καινούργια η χρήση της βιομάζας ως αρχικής πρώτης ύλης;

_____

_____

_____

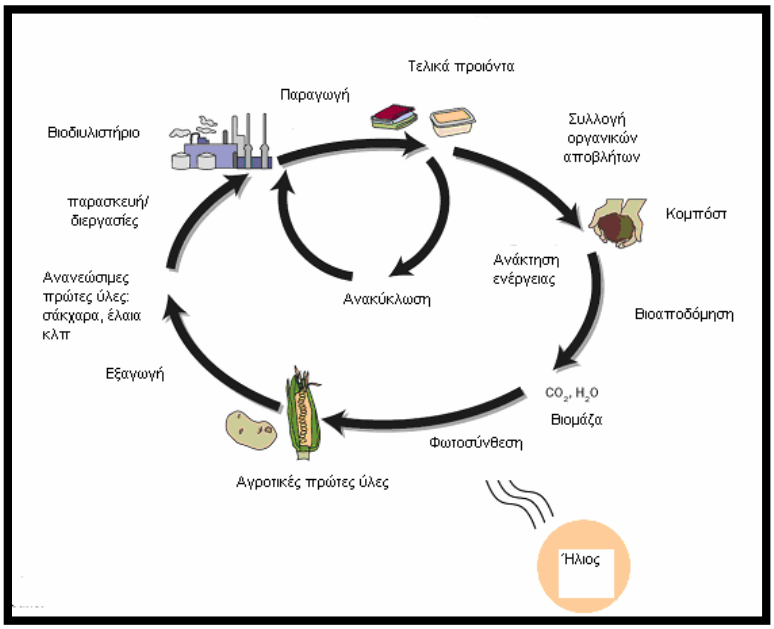
Β) Αναφέρεται κάποιες χρήσεις της βιομάζας στην αρχαιότητα;

_____

_____

_____

3. Στο σχήμα που ακολουθεί δίνεται σχηματικά η πορεία σχηματισμού και μετασχηματισμού των ανανεώσιμων πρώτων υλών. Αφού μελετήσετε το παρακάτω σχήμα:



Α) Περιγράψτε την εικόνα με δικά σας λόγια φροντίζοντας να είστε όσο το δυνατόν περιγραφικότεροι.

_____

_____

_____

Β) Απαντήστε στις ακόλουθες ερωτήσεις:

- ❖ Πως σχηματίζονται οι ανανεώσιμες πρώτες ύλες; Προσπαθήστε να γράψετε ποιοτικά την χημική αντίδραση.

_____

_____

_____

- ❖ Τι παράγεται κατά την βιοαποδόμηση;

_____

_____

_____

Γ) Προσπαθήσετε να σχεδιάσετε ένα αντίστοιχο σχήμα ξεκινώντας από ορυκτές πρώτες ύλες (πετρέλαιο). Να είστε όσο πιο αναλυτικοί μπορείτε. Στην συνέχεια συγκρίνετε τα δύο σχήματα. Να ανταλλάξετε τις απόψεις σας με τους συμμαθητές σας από τις άλλες ομάδες.

_____

_____

_____

4. Η εκμετάλλευση και η χρήση της βιομάζας για την παραγωγή βιοκαυσίμων και βιοπροϊόντων έχει πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα. Κατατάξτε τις παρακάτω φράσεις ανάλογα με το αν τις θεωρείται ως πλεονέκτημα ή μειονέκτημα. Στην συνέχεια συζητήστε μεταξύ σας και δικαιολογείστε πλήρως τις επιλογές σας.

- Η εκμετάλλευση της βιομάζας οδηγεί σε μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα.
- Η συνολική χρήση γης για την παραγωγή βιομάζας μπορεί να οδηγήσει στη μείωση της βιοποικιλότητας.
- Η δημιουργία μονάδων επεξεργασίας της βιομάζας κοντά σε περιοχές παραγωγής της δημιουργεί θέσεις εργασίας και συγκρατεί τον τοπικό πληθυσμό.

- Η εκμετάλλευση των αστικών οργανικών αποβλήτων οδηγεί στον περιορισμό της ρύπανσης.
- Η ενδεχόμενη μεγάλη περιεκτικότητά της βιομάζας σε υγρασία δυσχεραίνει τη διαχείριση της.
- Η χρήση της βιομάζας οδηγεί σε χαμηλότερες θερμοκηπιακές εκπομπές και στην αποτροπή του φαινομένου της όξινης βροχής.



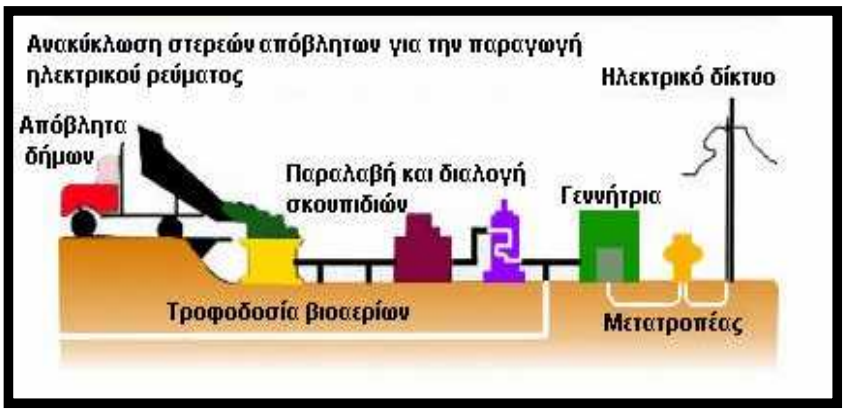
- Για την στήριξη της παραγωγής βιομάζας ενδέχεται να αυξηθεί η ζήτηση σε νερό, λιπάσματα και παρασιτοκτόνα.
- Μια περίοδος ξηρασίας μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του αποθέματος ανανεώσιμων πρώτων υλών.
- Κατά τις διάφορες διεργασίες της βιομάζας χρησιμοποιούνται γενετικά τροποποιημένοι μικροοργανισμοί.

_____

_____

_____

5. Τα οργανικά απόβλητα των δήμων αποτελούν μια μορφή βιομάζας. Μελετήστε την παρακάτω εικόνα.



Πως θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν τα οργανικά απόβλητα των δήμων; Ερευνήστε εάν στο δήμο σας γίνεται συλλογή και εκμετάλλευση των οργανικών αποβλήτων. Ποια είναι τα οφέλη που προκύπτουν από την αξιοποίηση αυτών των αποβλήτων;

_____

_____

_____

◊ **Συμπληρωματική δραστηριότητα 1: «Σχέδιο δράσης για τη βιομάζα»**

Στόχος της δραστηριότητας: οι μαθητές.....

✓Να γνωρίσουν τι συντελείτε σε πολιτικό επίπεδο στον τομέα της βιομάζας

Αναζητήστε, διαβάστε και συζητήστε με τους συμμαθητές σας το «***Σχέδιο δράσης για την βιομάζα***» που έχει ανακοινώσει η επιτροπή των Ευρωπαϊκών κοινοτήτων [COM (2005) 628 τελικό-SEC(2005) 1573]. Εστιάστε στα παρακάτω σημεία:

► Τι μέτρα περιλαμβάνει το συγκεκριμένο σχέδιο δράσης;

► Ποια είναι τα οφέλη που αναμένεται να προκύψουν από την αύξηση της χρήσης της βιομάζας;

► Πως θα επικουρήσει η κοινή γεωργική Πολιτική στην αύξηση της χρήσης της βιομάζας;

► Ποιες εναλλακτικές λύσεις προτείνονται για την αξιοποίηση των αποβλήτων;

► Αναζήτησε εάν έχει καταρτιστεί στην Ελλάδα το εθνικό σχέδιο δράσης για τη βιομάζα.

◊ **Συμπληρωματική δραστηριότητα 2**: ***Ποιο φυτό παράγει περισσότερη βιομάζα***;

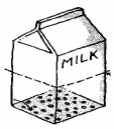
Στόχος της δραστηριότητας: οι μαθητές...

✓Να κατανοήσουν ότι διαφορετικά είδη φυτών παράγουν διαφορετικά ποσά βιομάζας.

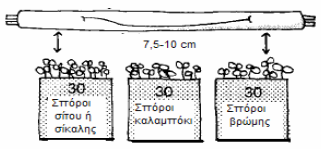
Υλικά: Σπόροι σιταριού ή σικάλεως, σπόροι καλαμποκιού, σπόροι βρώμης, τρεις χάρτινες συσκευασίες από γάλα, χώμα, ζυγαριά, έναν λαμπτήρα φθορισμού (grow-type fluorescent lamp), απορροφητικό χαρτί.

Πορεία εργασίας:

1. Κόψτε στην μέση τις τρεις χάρτινες συσκευασίες. Γεμίστε με χώμα και φυτέψτε ίσο αριθμό σπόρων σιταριού ή σικάλεως, καλαμποκιού και βρώμης. Κρατήστε τα υγρά.



2. Τοποθετήστε τις τρεις χάρτινες συσκευασίες κάτω από τον λαμπτήρα φθορισμού σε απόσταση 7,5-10 cm από την λάμπα. Καταγράψτε τις παρατηρήσεις σας στον πίνακα που ακολουθεί.



		Βλάστηση και ανάπτυξη φυτού									
		Βλάστηση			Μέσο ύψος						
Είδος φυτού	**Μέρα φύτευσης**	**1η μέρα βλάστησης**	**2η μέρα βλάστησης**	**3η μέρα βλάστησης**	**2η μέρα**	**4η μέρα**	**6η μέρα**	**8η μέρα**	**10η μέρα**	**12η μέρα**	**14η μέρα**
Σιτάρι ή σίκαλη											
Καλαμπόκι											
Βρώμη											

3. Μετά από τις 14 ημέρες ξεριζώστε τα φυτά. Ξεπλύνετε και στεγνώστε τα με απορροφητικό χαρτί.

4. Ζυγίστε το κάθε φυτό και καταγράψτε το βάρος του.

5. Ξηράνετε τα φυτά στον ήλιο. Ζυγίστε ξανά και καταγράψτε.

	Βάρος	
Είδος φυτού	**Αρχικό βάρος**	**Βάρος μετά την ξήρανση**
Σιτάρι ή σίκαλη		
Καλαμπόκι		
Βρώμη		

6. Απαντήστε στην ερώτηση: ***Ποιο φυτό είναι καλύτερος μετατροπέας της ηλιακής ενέργειας σε βιομάζα***;

Πρόταση ένταξης της δραστηριότητας στο αναλυτικό πρόγραμμα

Η δραστηριότητα με τίτλο: «Γνωριμία με τη βιομάζα» θα μπορούσε τροποποιημένη, να ενταχθεί ως ενδεικτική διαθεματική στην τρίτη στήλη του αναλυτικού προγράμματος της χημείας Γ' Γυμνασίου αφού εξυπηρετεί κάποιους από τους στόχους της Γενικής ενότητας 3: Η Χημεία του Άνθρακα έτσι όπως αναφέρονται στο ΑΠΣ.

Συμπληρωματικά η συγκεκριμένη δραστηριότητα θα μπορούσε να εκτελεστεί τροποποιημένη παράλληλα με τις ενδεικτικές δραστηριότητες με τίτλους: «Μελέτη των βιογεωχημικών κύκλων των στοιχείων-Παρεμβάσεις του ανθρώπου και συνέπειες» και «Μελέτη της διαθεσιμότητας των ενεργειακών αποθεμάτων του πλανήτη μας» που προτείνονται μέσα στο ΔΕΠΠΣ Βιολογίας Γ΄ Γυμνασίου.

Τέλος, η δραστηριότητα θα μπορούσε να ενταχθεί/ εκτελεστεί αυτούσια ή τροποποιημένη στο πλαίσιο των προτεινόμενων διαθεματικών σχεδίων εργασίας που υπάρχουν στο Διαθεματικό

Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών (ΔΕΠΠΣ), ωστόσο υπό διαφορετικό πρίσμα και προσέγγιση, και ειδικότερα στα παρακάτω:

- Β΄ Γυμνασίου ΔΕΠΠΣ Χημείας -Θέμα: Αγροτική παραγωγή
- Γ΄ Γυμνασίου ΔΕΠΠΣ Χημείας- Θέμα: Το πετρέλαιο
- Δ.Ε.Π.Π.Σ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ- Θέμα**:** «Το Ενεργειακό Πρόβλημα: Ενέργεια - Υπερεκμετάλλευση φυσικών ορυκτών πόρων –Ήπιες και εναλλακτικές μορφές ενέργειας».

Βιβλιογραφία

- Ανακοίνωση της επιτροπής των ευρωπαϊκών κοινοτήτων, Σχέδιο δράσης για τη βιομάζα, COM (2005) 628 τελικό, {SEC(2005) 1573}.
- Anastas, P. and J. Warner (2000). *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press, New York.
- Hermann, B.G., Blok, K., Patel, M.K. (2007). Producing bio-based bulk chemicals using industrial biotechnology saves energy and combats climate change. *Environmental Science and Technology* 41 (22), 7915-7921.
- Eggersdorfer M., Meijer J., and P. Eckes (1992), *FEMS Microbiol. Rev*. 103, 355.
- Αποστολάκης, Κ., Σ. Κυρίτσης και Χ. Σούτερ (1997). *Το ενεργειακό δυναμικό της βιομάζας γεωργικών και δασικών υποπροϊόντων*, ΕΛΚΕΠΑ-ΙΤΕ, Αθήνα.
- The Public Forum Institute, Dempsey, R., Biomass Program: Growing America's Energy Future, Office of the Biomass Program, Energy Efficiency and Renewable Energy, U.S. Department of Energy, http://www.publicforuminstitute.org/activities/2007/fl/Panel%204%20-%20Dempsey.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- J. Gregory Zeikus, Biobased Industrial Products: Back to the Future for Agriculture, The Biobased Economy of the Twenty-First Century: Agriculture Expanding into Health, Energy, Chemicals, and Materials, 2001.
- Vitousek, P.M., P.R. Ehrlich, and P.A. Matson (1986). Human appropriation of the products of photosynthesis. *Bioscience*, 36, 368–373.
- Pollution Probe and BIOCAP Canada Foundation, K.B. Ogilvie, David Layzell, Primer on bioproducts, Chapter 6, Understanding the Issues, November 2004, ISBN 0-919764-57-6, http://www.biocap.ca/images/pdfs/BioproductsPrimerE.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Klass, L. D. (1998). *Biomass for Renewable Energy, Fuels and Chemicals*, Entech

International, Inc. Academic Press, California.

- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Έκδοση του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) για τη Βιομάζα, http://www.cres.gr/energy-saving/images/pdf/biomass_guide.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικής-Χημείας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Περιβαλλοντικής, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/31depps_Peribalontikis.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικών Επιστημών, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/21depps%20Fisikon%20Epistimon.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/17deppsaps_OikiakisOikonomias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Ευέλικτης Ζώνης, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 28depps_EveliktiZoni.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Βιολογίας, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 22deppsaps_Biologias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.



Σύσταση της βιομάζας: Υδατάνθρακες vs Υδρογονάνθρακες

Εισαγωγή



Η σύσταση της βιομάζας ποικίλει και αποτελεί τον παράγοντα που καθορίζει την ευκολία μετατροπής της σε πρώτες ύλες για επεξεργασία στο βιοδιυλιστήριο αλλά και τις ιδιότητες των τελικών προϊόντων.

Τα βασικότερα συστατικά της βιομάζας είναι οι υδατάνθρακες ή σάκχαρα, τα έλαια και οι πρωτεΐνες. Τα κυριότερα σάκχαρα της βιομάζας είναι το άμυλο, η κυτταρίνη, η λιγνίνη και η ημικυτταρίνη. Το άμυλο και η κυτταρίνη είναι φυσικά πολυμερή της γλυκόζης, ενώ η ημικυτταρίνη και η λιγνίνη αποτελούνται κυρίως από τους μονοσακχαρίτες ξυλόζη και αραβινόζη. Τα φυτικά έλαια παράγονται από λιπαρά οξέα και γλυκερίνη, ενώ οι πρωτεΐνες είναι φυσικά πολυμερή των αμινοξέων. Ειδικότερα, οι διεργασίες κατεργασίας των σακχάρων που περιέχει η βιομάζα καταλήγουν στην παραγωγή διαφόρων χρήσιμων προϊόντων.

Μέρος Α΄:Ανίχνευση σακχάρων σε φυτά

Στόχοι της δραστηριότητας: οι μαθητές...

✓ Να διαπιστώσουν πειραματικά την ύπαρξη σακχάρων σε διάφορα φυτά

Ενδεικτική διάρκεια δραστηριότητας:
Μέρος Α’ : 25 λεπτά

- Μαθητές: Γυμνασίου-Λυκείου
- Σχετιζόμενα μαθήματα: Χημεία, Περιβαλλοντική εκπαίδευση, Βιολογία

Αρχές της Πράσινης Χημείας που θίγονται

- Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών

Λέξεις-κλειδιά: Βιομάζα, υδατάνθρακες ή σάκχαρα

Υλικά / Όργανα



Οι μαθητές ενθαρρύνονται να φέρουν διάφορα μέρη φυτών από τις γλάστρες που έχουν στο σπίτι τους.

Απαραίτητα αντιδραστήρια: διάλυμα Βενεδικτίνης, νερό. Τα όργανα που θα χρειαστούν είναι: ένα γουδί, δοκιμαστικός σωλήνα, ποτήρι ζέσεως, λύχνος υγραερίου, σταγονόμετρο, ρολόι.

Πορεία εργασίας



1. Λιώστε στο γουδί τα φυτά που θέλετε να εξετάσετε αν περιέχουν σάκχαρα.
2. Προσθέστε λίγο νερό, ώστε να σχηματίζεται ένα εναιώρημα.
3. Αδειάστε περίπου 2 ml (8 σταγόνες) από το εναιώρημα σε έναν δοκιμαστικό σωλήνα. 4. Προσθέστε περίπου 22 ml (28 σταγόνες) διαλύματος Βενεδικτίνης στο δοκιμαστικό σωλήνα και ανακινήστε τον.
5. Βράστε λίγο νερό σε ένα ποτήρι ζέσεως με την βοήθεια του λύχνου.
6. Τοποθετήστε στο ποτήρι ζέσεως με το νερό τον δοκιμαστικό σωλήνα και αφήστε τον για 1-2 λεπτά.
7. Η δημιουργία ιζήματος (συνήθως πράσινο ή καφέ) υποδηλώνει την ύπαρξη σακχάρου. Σημειώστε τις παρατηρήσεις σας.

Μέρος Β΄: Υδατάνθρακες vs Υδρογονάνθρακες

Στόχοι της δραστηριότητας: οι μαθητές...

- ✓ Να αναγνωρίζουν κάποια από τα βασικότερα σάκχαρα της βιομάζας
- ✓ Να συγκρίνουν την σύσταση της βιομάζας με αυτή του πετρελαίου
- ✓ Να κατανοήσουν κάποια περιβαλλοντικά οφέλη της βιομάζας που σχετίζονται με την σύσταση της
- ✓ Να ασκηθούν στην επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων που τους παρέχονται και στην εξαγωγή συμπερασμάτων

Ενδεικτική διάρκεια δραστηριότητας: Μέρος Β’ : 25 λεπτά	**Αρχές της Πράσινης Χημείας που θίγονται** • Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών
• Μαθητές: Γυμνασίου-Λυκείου • Σχετιζόμενα μαθήματα: Χημεία, Περιβαλλοντική εκπαίδευση, Βιολογία	

Λέξεις-κλειδιά: Βιομάζα, σύσταση βιομάζας, περιβαλλοντικά οφέλη



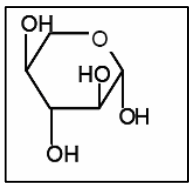
Υλικά /Όργανα

Μολύβι, χαρτί

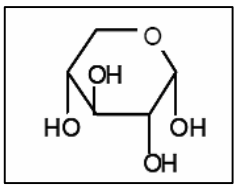
Πορεία εργασίας

1. Στην συνέχεια δίνονται οι δομές απλών σακχάρων οι οποίες συνδυαζόμενες δίνουν τα πιο πολύπλοκα σάκχαρα της βιομάζας. Αφού παρατηρήσετε καλά τις δομές να σημειώσετε τα χημικά στοιχεία από τα οποία αποτελούνται.

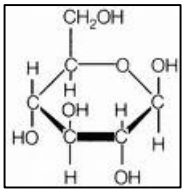
Αραβινόζη



Ξυλόζη



Γλυκόζη



_____

_____

_____

2. Κάποια συστατικά του πετρελαίου απεικονίζονται στην συνέχεια. Αφού μελετήσετε τα σχήματα, σημειώστε τα χημικά στοιχεία από τα οποία αποτελούνται. Συγκρίνεται με τα αντίστοιχα της βιομάζας.

CH_4	C_2H_4	C_3H_6	C_6H_6	C_4H_8
Μεθάνιο	Αιθένιο	Προπένιο	Βενζόλιο	Βουτένιο

H_2S	C_4H_4S	Fe , V, Ni
Υδρόθειο	Θειοφαίνιο	Μέταλλα

RSH (R: τυχόν αλκύλια αποτελούμενα από C, H)

Μερκαπτάνες

RSR’ και RSSR’ (R και R’ : τυχόν αλκύλια αποτελούμενα από C, H)

Σουλφίδια και δισουλφίδια

_____

_____

_____

3. Με βάση την σύσταση, προσπαθήστε να εξηγήσετε γιατί η χρήση της βιομάζας δεν συνεισφέρει στο φαινόμενο της όξινης βροχής.

_____

_____

_____

Πρόταση ένταξης της δραστηριότητας στο αναλυτικό πρόγραμμα

Η δραστηριότητα με τίτλο: «Σύσταση της βιομάζας: Υδατάνθρακες vs Υδρογονάνθρακες» θα μπορούσε τροποποιημένη, να ενταχθεί ως ενδεικτική διαθεματική στην τρίτη στήλη του αναλυτικού προγράμματος της χημείας Γ’ Γυμνασίου αφού εξυπηρετεί κάποιους από τους στόχους της Γενικής ενότητας 3: Η Χημεία του Άνθρακα, έτσι όπως αναφέρονται στο ΑΠΣ.
Η δραστηριότητα θα μπορούσε να ενταχθεί/εκτελεστεί αυτούσια ή τροποποιημένη στο πλαίσιο των προτεινόμενων διαθεματικών σχεδίων εργασίας που υπάρχουν στο Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών (ΔΕΠΠΣ), ωστόσο υπό διαφορετικό πρίσμα και προσέγγιση, και ειδικότερα στα παρακάτω:

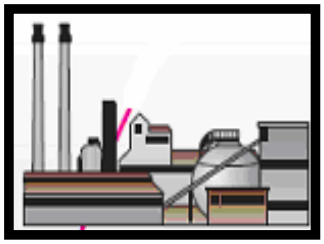
- Γ΄ Γυμνασίου ΔΕΠΠΣ Χημείας- Θέμα: Το πετρέλαιο
- Δ.Ε.Π.Π.Σ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ- Θέμα**:** «Το Ενεργειακό Πρόβλημα: Ενέργεια - Υπερεκμετάλλευση φυσικών ορυκτών πόρων –Ήπιες και εναλλακτικές μορφές ενέργειας».

Βιβλιογραφία

- Anastas, P. and J. Warner (2000). *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press, New York.
- Stagiaire J. D. (2000). Renewable Raw Materials- A way to reduced greenhouse gas emissions for the EU industry, DG Enterprise/E.1.
- Ματσαγγούρας Η. (2003). *Η Διαθεματικότητα στη Σχολική Γνώση -Εννοιοκεντρική Αναπλαισίωση και Σχέδια Εργασίας*, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα
- Τρικαλίτη Α. (2002-2003). Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Από τη Θεωρία στην Πράξη, Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα ΔΙΧΗΝΕΤ, Αθήνα.
- Φλογαίτη, Ε. και Βασαλά, Π. (2004). *Ο κόσμος της θάλασσας, Διαθεματική προσέγγιση-Εναλλακτικές διδακτικές τεχνικές και σχέδια εργασίας*, Εκδόσεις Μεταίχμιο, Αθήνα.
- The BioComposites Centre**,** Renewable Feedstock for Sustainable Materials-BIOPRODUCTS -Their Importance to Wales: A Scoping Study, The Centre for Advanced & Renewable Materials, University of Wales, November 2002, http://www.bc.bangor.ac.uk/suscomp/assets/pdf/CARM_Bioproducts_report.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- The Mediterranean Education Initiative For Environment and Sustainability, http://www.medies.net/staticpages/index.php?page=intheclass, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικής-Χημείας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Περιβαλλοντικής, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/31depps_Peribalontikis.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικών Επιστημών, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/21depps%20Fisikon%20Epistimon.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/17deppsaps_OikiakisOikonomias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Ευέλικτης Ζώνης, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 28depps_EveliktiZoni.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης:

Ιανουάριος 2011.

- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Βιολογίας, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/22deppsaps_Biologias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf



Διυλιστήριο vs βιοδιυλιστήριο

Εισαγωγή



Η βιομάζα είναι πολύ σημαντική ανανεώσιμη πρώτη ύλη γιατί επιτρέπει την υλοποίηση της ιδέας του βιοδιυλιστηρίου, του διυλιστηρίου δηλαδή που για πρώτη ύλη δεν έχει το αργό πετρέλαιο αλλά τη βιομάζα.

Τα βιοδιυλιστήρια χρησιμοποιούν ποικιλία μορφών βιομάζας, όπως καρπούς, γεωργικά υπολείμματα και πολτό, καθώς και ποικιλία διαδικασιών επεξεργασίας ώστε να παράγουν ποικιλία προϊόντων, όπως καύσιμα, ενέργεια, χημικές ουσίες και διάφορα προϊόντα. Τα υπολείμματα δεν καταστρέφονται αλλά χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας που είναι απαραίτητη για τη λειτουργία του βιοδιυλιστηρίου.

Στόχοι της δραστηριότητας: οι μαθητές...

- ✓ Να εξοικειωθούν με την έννοια του βιοδιυλιστηρίου
- ✓ Να συγκρίνουν και αντιπαραβάλλουν τις διεργασίες ενός πετροχημικού διυλιστηρίου με τις αντίστοιχες ενός βιοδιυλιστηρίου
- ✓ Να ασκηθούν στην επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων που τους παρέχονται και στην εξαγωγή συμπερασμάτων

Ενδεικτική διάρκεια δραστηριότητας: 1 διδακτική ώρα	**Αρχές της Πράσινης Χημείας που θίγονται** • Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών • Πρόληψη της ρύπανσης
• Μαθητές: Γυμνασίου-Λυκείου • Σχετιζόμενα μαθήματα: Χημεία, Περιβαλλοντική εκπαίδευση	

Λέξεις-κλειδιά: Βιομάζα, βιοδιυλιστήριο

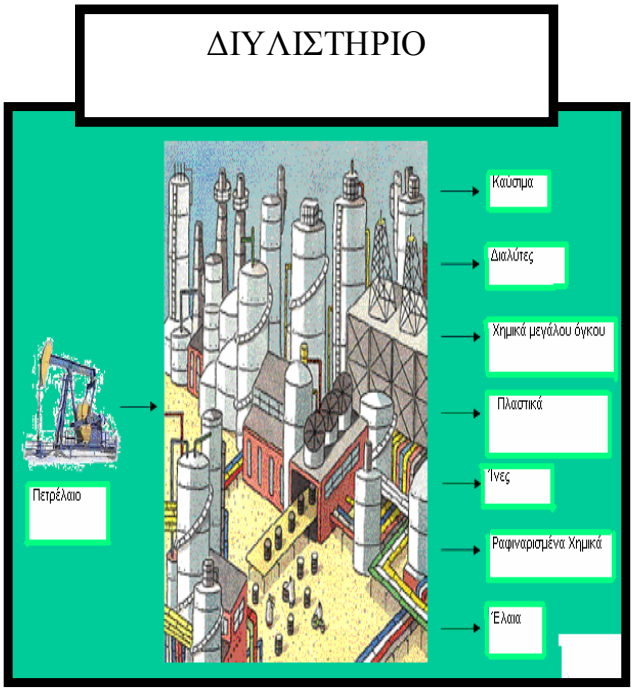


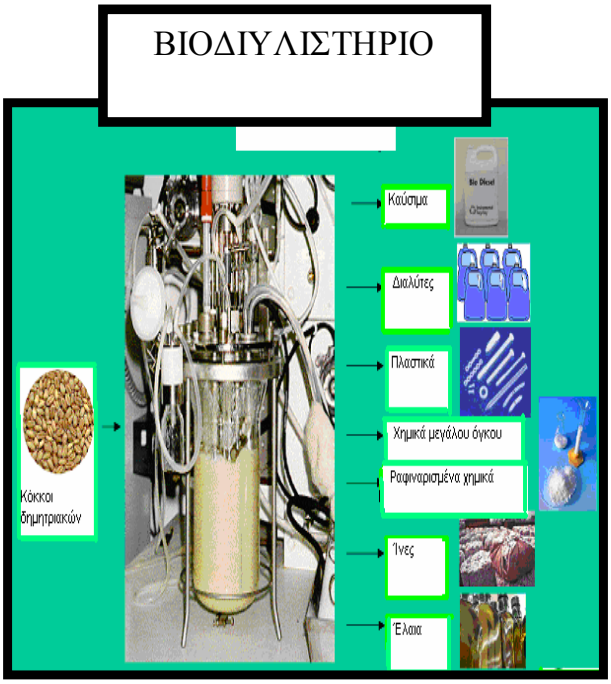
Υλικά /Όργανα

Μολύβι, χαρτί

Πορεία εργασίας

1. Χωριστείτε σε ομάδες των τεσσάρων ατόμων. Με βάση αυτά που διαβάσατε στην εισαγωγή και αφού παρατηρήσετε τις εικόνες που ακολουθούν απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις:





Α) Ποια είναι η πρώτη ύλη ενός κοινού διυλιστηρίου και ποια ενός βιοδιυλιστηρίου;

_____

_____

_____

Β) Ποια είναι τα τελικά προϊόντα ενός κοινού διυλιστηρίου και ποια ενός βιοδιυλιστηρίου;

_____

_____

_____

Γ) Γιατί η λειτουργία των βιοδιυλιστηρίων ελαχιστοποιεί την παραγωγή αποβλήτων;

_____

_____

_____

2. Για τις παρακάτω έννοιες φτιάξτε έναν χάρτη εννοιών φροντίζοντας να δοθεί η πληρέστερη συσχέτιση μεταξύ αυτών.

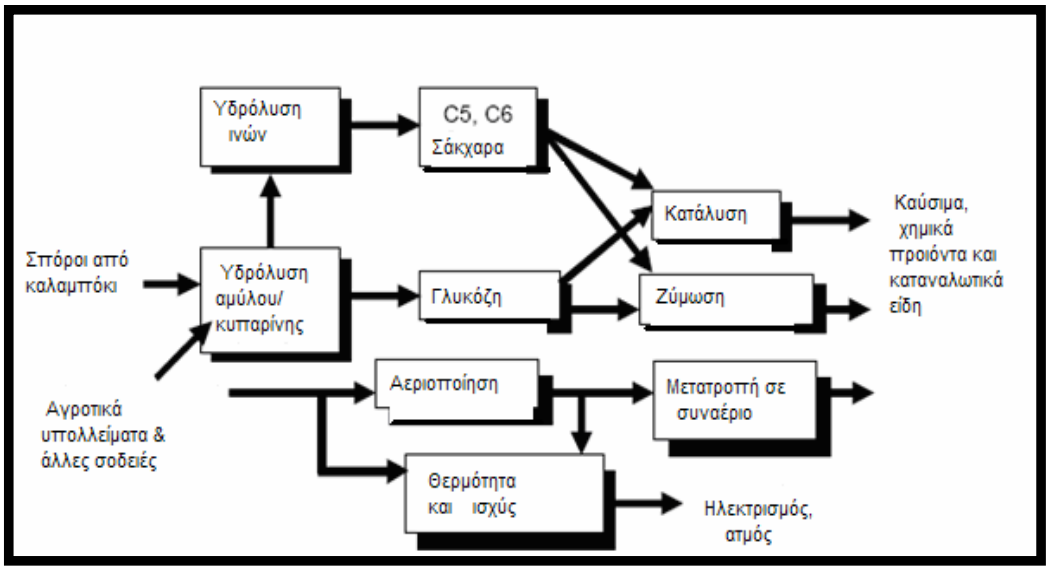
Βιοδιυλιστήριο, θερμοκηπιακές εκπομπές, πλαστικά, καύσιμα, διαλύτες, αγροτικά υπολείμματα, σάκχαρα, γλυκόζη, αραβινόζη, υδρόλυση, γεωργικά απόβλητα, ανανεώσιμες πρώτες ύλες

_____

_____

_____

3. Δίνεται το παρακάτω σχήμα. Αφού το μελετήσετε προσεκτικά, ονομάστε τις διεργασίες στις οποίες υπόκειται η αρχική πρώτη ύλη. Στην συνέχεια, αναζήτησε τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την επεξεργασία του πετρελαίου.



_____

_____

_____

4. Αναζητήστε αν λειτουργούν σήμερα βιοδιυλιστήρια στην Ελλάδα; Στην Ευρώπη; Τι

παράγουν;

_____

_____

_____

◊ **Συμπληρωματική δραστηριότητα 1: «Μετάβαση σε μια πιο πράσινη κοινωνία;»**



Στόχος της δραστηριότητας: οι μαθητές.....

✓ Να αναπτύξουν δεξιότητες έκφρασης και επιχειρηματολογίας

Στην συνέχεια παρατίθενται τρεις απόψεις οι οποίες αντικατοπτρίζουν το όραμα για την χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών:

❖ *«Μεταβαίνουμε από μια οικονομία βασισμένη στην γεωλογία σα μια άλλη βασισμένη στην βιολογία», United States Department of Agriculture - USDA (www.usda.gov)*

❖ *«Οι αλλαγές που θα έχουν αποτελέσματα παρόμοια με αυτά της Βιομηχανικής Επανάστασης ξεκινούν τώρα»,* Phillip Abelson-Περιοδικό Science

❖ *«Οι Ηνωμένες Πολιτείες αποτελούν την Σαουδική Αραβία των υδατανθράκων», David Morris, Institute for Local Self Reliance.*

Συζητήστε με τους συμμαθητές σας και προσπαθήστε να ερμηνεύσετε τις παραπάνω προτάσεις. Στην συνέχεια γράψτε μια μικρή παράγραφο στην οποία να παραθέτετε τις σκέψεις σας σχετικά με την πορεία προς μια «πράσινη» κοινωνία.

Πρόταση ένταξης της δραστηριότητας στο αναλυτικό πρόγραμμα

Η δραστηριότητα με τίτλο: «Διυλιστήριο vs βιοδιυλιστήριο» θα μπορούσε τροποποιημένη, να ενταχθεί ως ενδεικτική διαθεματική στην τρίτη στήλη του αναλυτικού προγράμματος της χημείας Γ' Γυμνασίου αφού εξυπηρετεί κάποιους από τους στόχους της Γενικής ενότητας 3: Η Χημεία του Άνθρακα, έτσι όπως αναφέρονται στο ΑΠΣ.

Η δραστηριότητα θα μπορούσε να ενταχθεί/εκτελεστεί αυτούσια ή τροποποιημένη στο πλαίσιο των προτεινόμενων διαθεματικών σχεδίων εργασίας που υπάρχουν στο Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών (ΔΕΠΠΣ), ωστόσο υπό διαφορετικό πρίσμα και προσέγγιση, και ειδικότερα στα παρακάτω:

- Γ΄ Γυμνασίου ΔΕΠΠΣ Χημείας- Θέμα: Το πετρέλαιο
- Δ.Ε.Π.Π.Σ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ- Θέμα**:** «Το Ενεργειακό Πρόβλημα: Ενέργεια - Υπερεκμετάλλευση φυσικών ορυκτών πόρων –Ήπιες και εναλλακτικές μορφές ενέργειας».

Βιβλιογραφία

- Sheehan, J. J.(2009). Biofuels and the conundrum of sustainability, *Current Opinion in Biotechnology*, 20, 318–324.
- Αποστολάκης, Κ., Σ. Κυρίτσης, Χ. Σούτερ, (1987). *Το ενεργειακό δυναμικό της βιομάζας γεωργικών και δασικών υποπροϊόντων*, ΕΛΚΕΠΑ-ΙΤΕ, Αθήνα.
- EPOBIO**,** Products from Plants – the Biorefinery Future, BioFuture Strategy: A Global Perspective, EPOBIO Workshop, Wageningen, May 2006, http://www.epobio.net/workshop0605/mclaren.pdf.
- Ματσαγγούρας Η. (2003). *Η Διαθεματικότητα στη Σχολική Γνώση -Εννοιοκεντρική Αναπλαισίωση και Σχέδια Εργασίας*, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.
- Τρικαλίτη Αγ. (2002-2003), Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Από τη Θεωρία στην Πράξη, Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα ΔΙΧΗΝΕΤ, Αθήνα.
- Φλογαίτη, Ε., Βασαλά, Π. (2004). *Ο κόσμος της θάλασσας, Διαθεματική προσέγγιση-Εναλλακτικές διδακτικές τεχνικές και σχέδια εργασίας*, Εκδόσεις Μεταίχμιο, Αθήνα.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικής-Χημείας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Περιβαλλοντικής, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/31depps_Peribalontikis.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικών Επιστημών, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/21depps%20Fisikon%20Epistimon.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/17deppsaps_OikiakisOikonomias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Ευέλικτης Ζώνης, http://www.pi-

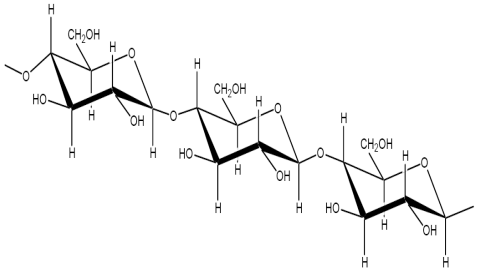
schools.gr/programs/depps/ 28depps_EveliktiZoni.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.

- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Βιολογίας, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 22deppsaps_Biologias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf
- MEDIES: The Mediterranean Education Initiative For Environment and Sustainability, http://www.medies.net/staticpages/index.php?page=intheclass, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.



Παραγωγή γλυκόζης από υπολείμματα γεωργικής και δασικής παραγωγής

Εισαγωγή



Η κυτταρίνη θεωρείται το πιο διαδεδομένο πολυμερές στη φύση. Τα δασικά ή αγροτικά υπολείμματα αποτελούν δύο μορφές βιομάζας οι οποίες περιέχουν πολύ μεγάλες ποσότητες κυτταρίνης.

Η κυτταρίνη αποτελείται από δομικές μονάδες γλυκόζης ενωμένες με 1-4 γλυκοζιτικούς δεσμούς. Η κατάλληλη επεξεργασία της οδηγεί στην παραγωγή γλυκόζης, η οποία θεωρείται ένα σημαντικό μόριο – πλατφόρμα, αφού εξυπηρετεί στην σύνθεση πληθώρας άλλων μορίων, χρήσιμων στην χημική βιομηχανία και κατ' επέκταση στην παραγωγή διαφόρων καταναλωτικών ειδών, όπως καλλυντικών, απορρυπαντικών, τροφίμων, φαρμάκων και καυσίμων.

Στόχοι της δραστηριότητας: οι μαθητές...

- ✓ Να γνωρίσουν κάποιες από τις αρχές της Πράσινης Χημείας
- ✓ Να αποκτήσουν θετική στάση σχετικά με την εκμετάλλευση των υπολειμμάτων της δασικής και γεωργικής παραγωγής και να αντιληφθούν ότι μπορούν να αποτελέσουν φτηνή πρώτη ύλη
- ✓ Να αναγνωρίζουν ότι η όξινη υδρόλυση των πολυσακχαριτών είναι μια από τις χημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται κατά τα στάδια επεξεργασίας της βιομάζας
- ✓ Να προσεγγίσουν πειραματικά βασικές έννοιες χημείας (υδρόλυση, λειτουργία δεικτών)
- ✓ Να κατανοήσουν την σπουδαιότητα της γλυκόζης ως μορίου-πλατφόρμα
- ✓ Να αναπτύξουν δεξιότητες γραπτής έκφρασης και επιχειρηματολογίας
- ✓ Να ασκηθούν στην ομαδική συνεργασία, στην κριτική ανάλυση πληροφοριών και στη παρουσίαση των ευρημάτων τους

Ενδεικτική διάρκεια δραστηριότητας: 2 διδακτικές ώρες	**Αρχές της Πράσινης Χημείας που θίγονται** • Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών

	• Σχεδιασμός για αποδόμηση • Ασφάλεια • Πρόληψη της ρύπανσης • Ελαχιστοποίηση της απαιτούμενης ενέργειας
• Μαθητές: Γυμνασίου-Λυκείου • Σχετιζόμενα μαθήματα: Χημεία, Περιβαλλοντική εκπαίδευση, Βιολογία, Τεχνολογία	

Λέξεις-κλειδιά: Βιομάζα, κυτταρίνη, γλυκόζη, υδρόλυση, μέτρα προφύλαξης, μόριο-πλατφόρμα

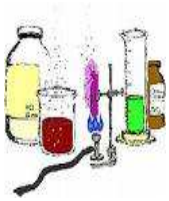
Υλικά/ Όργανα



Οι μαθητές ενθαρρύνονται να φέρουν μικρή ποσότητα τριμμάτων αχύρου ή κομμάτια από βαμβάκι ή μικρή ποσότητα χαρτιού ή ξύσματα από ξύλο.

Απαραίτητα αντιδραστήρια: Πυκνό διάλυμα θειικού οξέος, διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου, φελίγγειο υγρό ($CuSO_4$, NaOH και τρυγικά ιόντα), βάμμα του ηλιοτροπίου, απεσταγμένο νερό. Τα όργανα που θα χρειαστούν είναι: γυάλινη ράβδος, ένα γκαζάκι βουτανίου, τρεις δοκιμαστικούς σωλήνες pyrex, ξύλινη λαβίδα, σταγονόμετρο.

Πορεία εργασίας



1. Αριθμήστε τους δοκιμαστικούς σωλήνες (1, 2, 3).
2. Στο δοκιμαστικό σωλήνα 1 τοποθετήστε μικρή ποσότητα τριμάτων αχύρου ή ένα κομμάτι βαμβάκι ή μικρή ποσότητα χαρτιού κομμένη σε μικρά κομματάκια ή τα ξύσματα ξύλου.
3. Προσθέστε με αργό ρυθμό και υπό ανάδευση με την βοήθεια της ράβδου σταγόνες διαλύματος θειικού οξέος μέχρι το περιεχόμενο του δοκιμαστικού σωλήνα να διαλυθεί.
4. Στο δοκιμαστικό σωλήνα 2 βάλτε 1-1,5 ml νερό και προσθέστε σταγόνα-σταγόνα με προσοχή το διάλυμα του δοκιμαστικού σωλήνα 1.
5. Θερμάνετε το διάλυμα του δοκιμαστικού σωλήνα 2 (μέχρι βρασμού) για διάστημα 5 λεπτών.
6. Αφήστε το διάλυμα να κρυώσει και χωρίστε το σε δύο ίσα μέρη (δοκιμαστικοί σωλήνες 2 και 3).
7. Στον σωλήνα 2 προσθέστε μια σταγόνα βάμμα του ηλιοτροπίου και στην συνέχεια μετρήστε και καταγράψτε πόσες σταγόνες διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου απαιτούνται για την

εξουδετέρωση (αλλαγή χρώματος) υπό συνεχή ανάδευση.

8. Στον σωλήνα 3 προσθέστε υπό ανάδευση τον ίδιο αριθμό σταγόνων διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου. Στην συνέχεια προσθέστε σταγόνες φελίγγειου υγρού. Καταγράψτε το χρώμα.

9. Θερμάνετε τον δοκιμαστικό σωλήνα ήπια και καταγράψτε το χρώμα που αποκτά το περιεχόμενο του σωλήνα.



Μέτρα Προφύλαξης

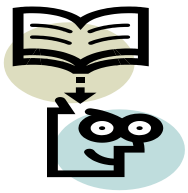
Γάντια και γυαλιά



↳Το φελίγγειο υγρό είναι διαβρωτικό. Μπορεί να προκαλέσει σοβαρά εγκαύματα. Σε περίπτωση επαφής με το δέρμα ή τα μάτια χρειάζεται πλύσιμο με νερό και ιατρική συμβουλή.

↳Το *υδροξείδιο του νατρίου* είναι διαβρωτικό. Προκαλεί κάψιμο. Σε περίπτωση επαφής με το δέρμα ή τα μάτια χρειάζεται πλύσιμο με νερό και ιατρική συμβουλή.

↳Το *πυκνό θειικό οξύ* είναι διαβρωτικό. Πρέπει να αποφεύγετε οποιαδήποτε επαφή με το δέρμα, τα μάτια και τα ρούχα. Όταν έρθει σε επαφή με το δέρμα και τα μάτια χρειάζεται πλύσιμο με άφθονο νερό.



Φύλλο εργασίας*

1) Για ποιο λόγο στο βήμα 7 της πειραματικής δραστηριότητας προσθέσατε βάμμα του ηλιοτροπίου και στη συνέχεια μετρήσατε τις σταγόνες διοξειδίου του νατρίου που χρησιμοποιήσατε για την εξουδετέρωση;

_____

_____

_____

2) Ποιο ήταν το χρώμα του διαλύματος μετά την προσθήκη του φελίγγειου υγρού στο βήμα 7;

_____

_____

_____

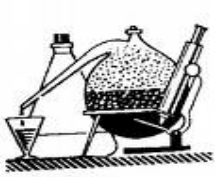
3) Ποιο ήταν το χρώμα του διαλύματος μετά την θέρμανση στο βήμα 9; Εξηγήστε.

_____

_____

_____

4) Η μεταβολή του χρώματος του φελίγγειου υγρού από μπλε σε καστανέρυθρο υποδηλώνει την παρουσία απλών σακχάρων, όπως η γλυκόζη. Τι συμπεραίνετε σε σχέση με το περιεχόμενο του δοκιμαστικού σωλήνα;



_____

_____

_____

Για την συμπλήρωση των ερωτήσεων 7 και 8 του φύλλου εργασίας προτείνεται οι μαθητές να έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο.

5) Ποιο είναι το προϊόν της όξινης υδρόλυσης της κυτταρίνης όπως προκύπτει από την συγκεκριμένη πειραματική δραστηριότητα;

_____

_____

_____

6) Μπορούμε κατά την γνώμη σας να εκμεταλλευτούμε σε βιομηχανική κλίμακα την πειραματική διαδικασία υδρόλυσης της κυτταρίνης; Αν ναι, εξηγήστε προσπαθώντας να φτιάξετε ένα διάγραμμα ροής διαδικασιών ξεκινώντας από την αρχική πρώτη ύλη μέχρι το τελικό προϊόν.

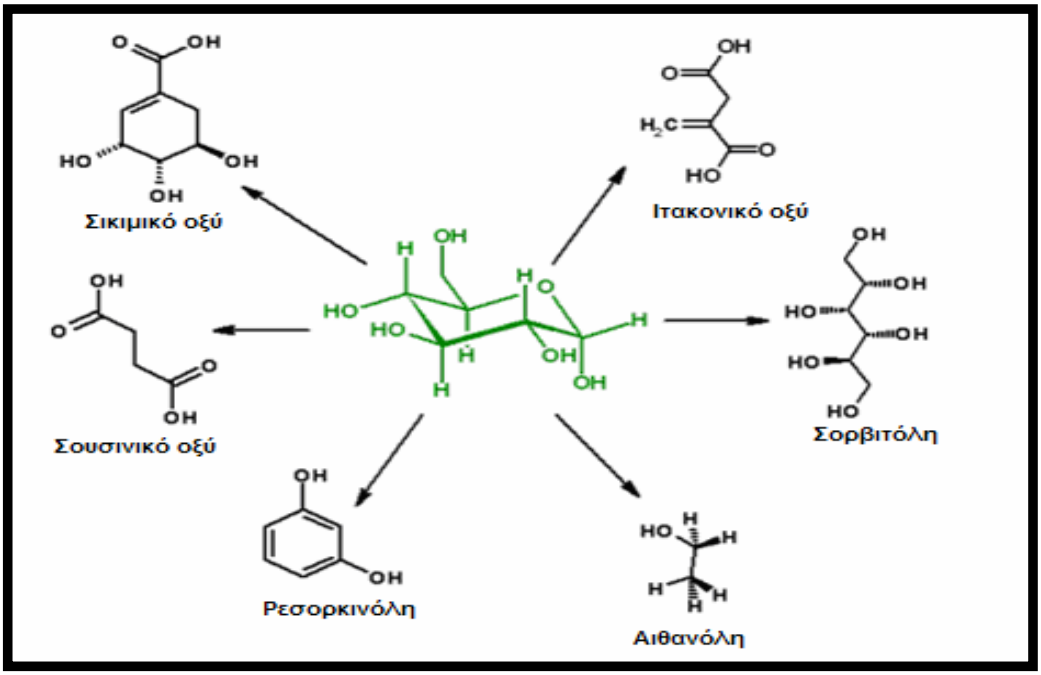
_____

_____

_____

7) Αντλώντας πληροφορίες από το παρακάτω διάγραμμα και από το κείμενο που ακολουθεί εξηγείστε με σαφήνεια γιατί η γλυκόζη θεωρείται ένα σημαντικό μόριο-πλατφόρμα και κατ' επέκταση σημαντική πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοαποδομήσιμων υλικών.





- Από την γλυκόζη μπορεί να παραχθεί αιθανόλη από την οποία μπορούν να παραχθούν πληθώρα χημικών όπως αιθυλένιο αιθυλενοξείδιο, οξικό οξύ κλπ.

-Η παγκόσμια παραγωγή του ιτακονικού οξέος κυμαίνεται μεταξύ 10000 - 15000 τόνων και βρίσκει εφαρμογές σε συνθετικές ρητίνες, επικαλυπτικά κά. Τα παράγωγα του χρησιμοποιούνται και ως διαλύτες.

- Το σικιμικό οξύ χρησιμοποιείται στην φαρμακοβιομηχανία.

-Η ετήσια παραγωγή σορβιτόλης φτάνει παγκοσμίως τους 1,2 εκατομμύρια τόνους. Λαμβάνεται με καταλυτική υδρογόνωση κάτω από υψηλή πίεση. Βρίσκει εφαρμογή στις οδοντόπαστες, στα τζελ, στα είδη προσωπικής υγιεινής. Πρόσφατα ανακαλύφθηκε ότι τα ελαφριά αλκάνια όπως το μεθάνιο, το προπάνιο και το εξάνιο μπορούν να παραχθούν από σορβιτόλη.

8) Χωριστείτε σε ομάδες των πέντε ατόμων. Με δεδομένα ότι:

1. Συχνά στη βιβλιογραφία[1] τα δέντρα και τα υπολείμματα της φυτικής παραγωγής χαρακτηρίζονται ως «*εργοστάσια χημικής παραγωγής*» και



2. Το παρακάτω απόσπασμα[2]*:* «……. *Για να μπορέσει η βιομηχανία να βασιστεί στην υπολειμματική βιομάζα πρέπει να εξασφαλιστούν οι παρακάτω προϋποθέσεις:*

-Ικανοποιητικού μεγέθους πηγή πρώτων υλών ώστε να αντιμετωπιστούν οι ανάγκες της αγοράς

-Κατάλληλη τεχνολογία

-Μεγάλη απόδοση από τις διάφορες διαδικασίες

-Προϊόντα που θα προσφέρονται σε ανταγωνιστικές τιμές…….»

συζητήστε με επιχειρήματα:

Για ποιον λόγο αποδίδεται στα δέντρα αυτός ο χαρακτηρισμός;

Γιατί είναι σημαντική η αξιοποίηση των φυτικών και δασικών υπολειμμάτων;

Είναι βιώσιμα αυτά τα εργοστάσια αναφορικά με το κόστος των πρώτων υλών;

---

[1] *Clark, H. J.,.et al (2006). Green Chemistry and the biorefinery: a partnership for a sustainable future, Green Chem., 8, 853-860.*

[2] *Αποστολάκη, Μ., Σ. Κυρίτση και Χ. Σούτερ (1987). Το ενεργειακό δυναμικό της βιομάζας γεωργικών και δασικών υποπροϊόντων (έρευνα στον Ελληνικό χώρο), Ινστιτούτο Τεχνολογικών Εφαρμογών, ΕΛΚΕΠΑ, Αθήνα.*

Ερευνήστε στο διαδίκτυο αν είναι οικονομικά βιώσιμη μια τέτοια μονάδα παραγωγής, σε σχέση με το κόστος των πρώτων υλών, τα λειτουργικά έξοδα και την ανταγωνιστικότητα των προϊόντων. Σε τι εύρος εφαρμόζονται σήμερα οι κατάλληλες τεχνολογίες; Υπάρχουν περιβαλλοντικά οφέλη σε σχέση με την κατανάλωση ενέργειας;

Καταγράψτε τα συμπεράσματα σας και παρουσιάστε τα μπροστά στις άλλες ομάδες.

(φτηνή πρώτη ύλη, μείωση ενέργειας που χρησιμοποιείται λόγω αποφυγής του ρυπογόνου σταδίου της οξείδωσης)

_____

_____

_____

Πρόταση ένταξης της δραστηριότητας στο αναλυτικό πρόγραμμα

Η δραστηριότητα με τίτλο: «Παραγωγή γλυκόζης από υπολείμματα γεωργικής και δασικής παραγωγής», θα μπορούσε τροποποιημένη, να ενταχθεί ως ενδεικτική διαθεματική στην τρίτη στήλη του αναλυτικού προγράμματος της χημείας Γ' Γυμνασίου στην Γενική ενότητα 3: Η Χημεία του Άνθρακα.

Η δραστηριότητα θα μπορούσε να ενταχθεί/εκτελεστεί αυτούσια ή τροποποιημένη στο πλαίσιο των προτεινόμενων διαθεματικών σχεδίων εργασίας που υπάρχουν στο Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών (ΔΕΠΠΣ), ωστόσο υπό διαφορετικό πρίσμα και προσέγγιση, και ειδικότερα στα παρακάτω:

- Β΄ Γυμνασίου Δ.Ε.Π.Π.Σ Χημείας -Θέμα: Αγροτική παραγωγή

Επιπλέον, στα πλαίσια της Ευέλικτης Ζώνης για το Γυμνάσιο η δραστηριότητα ενδεχομένως θα μπορούσε τροποποιημένη να ενταχθεί στην θεματική περιοχή Επιστήμη και Καθημερινή ζωή: Εφαρμογές Φυσικών, Κοινωνικών Επιστημών που περιέχεται στο ΔΕΠΠΣ Ευέλικτης Ζώνης.

Βιβλιογραφία

- Clark, H. J., V. Budarin, F. E. I. Deswarte, J. J. E. Hardy, F. M. Kerton, A. J. Hunt, R. Luque, D. J. Macquarrie, K. Milkowski, A. Rodriguez, O. Samuel, S. J. Tavener, R. J. White and A. J. Wilson (2006). Green Chemistry and the biorefinery: a partnership for a sustainable future, *Green Chem*., 2006, 8(10), 853-860.
- Gallezot, P. (2007). Process options for converting renewable feedstocks to bioproducts, Green Chem., 9, 295-302.

- Green Chemistry Network, Ian Williams & Temidayo Oyetunde (2008), Focus on Glucose: A World of Sugar, Green Chemistry and the Consumer Newsletter, Issue 30, http://www.rsc.org/chemsoc/gcn/industry.htm, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Hermann, G. B., K. Blok, and M. K. Patel (2007). Producing Bio-Based Bulk Chemicals Using Industrial Biotechnology Saves Energy and Combats Climate Change, *Environ. Sci. Technol*., 41, 7915-7921.
- *Παραγωγή ενέργειας από βιομάζα, οικονομική και πολιτική προσέγγιση* (1989), Μελέτη του ΟΟΣΑ, ΕΛΚΕΠΑ, Αθήνα.
- Αποστολάκη, Μ., Σ. Κυρίτση και Χ. Σούτερ (1987). *Το ενεργειακό δυναμικό της βιομάζας γεωργικών και δασικών υποπροϊόντων (έρευνα στον Ελληνικό χώρο),* Ινστιτούτο Τεχνολογικών Εφαρμογών, ΕΛΚΕΠΑ, Αθήνα.
- Ραγκούσης Τ., Κατσίνης Δ., Αγγελόπουλος Β., (1994). *Πειράματα και εργαστηριακές ασκήσεις χημείας*, Εκδόσεις Σαββάλα.
- Σιδέρη, Μητσιάδη (1994), Οδηγός Πειραμάτων Χημείας, Εκδόσεις Σαββάλας.
- Βαλαβανίδης, Αθ. (2007). Βασικές Αρχές Υγιεινής και Ασφάλειας σε Χημικά και Βιοχημικά Εργαστήρια. Πληροφορίες για Επικίνδυνες Χημικές Ουσίες, ΕΚΠΑ.
- Forest-Based Sector Technology Platform - a European partnership for research and development, http://www.forestplatform.org/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Greener Industry, http://www.greener-industry.org.uk/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- SIRI MSDS Index**,** http://www.hazard.com/msds/index.php (δελτία δεδομένων ασφαλείας για τα χρησιμοποιούμενα αντιδραστήρια της δραστηριότητας), Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικής-Χημείας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Περιβαλλοντικής, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/31depps_Peribalontikis.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικών Επιστημών, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/21depps%20Fisikon%20Epistimon.pdf,

Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.

- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/17deppsaps_OikiakisOikonomias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Ευέλικτης Ζώνης, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 28depps_EveliktiZoni.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Βιολογίας, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 22deppsaps_Biologias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- MEDIES: The Mediterranean Education Initiative For Environment and Sustainability, http://www.medies.net/staticpages/index.php?page=intheclass, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.



Παραγωγή γλυκόζης από καλαμοσάκχαρο

Εισαγωγή

Το ζαχαροκάλαμο είναι ένα ποώδες φυτό το οποίο αναπτύσσεται κατά συστάδες και παράγει έναν αριθμό καλαμιών που το ύψος τους είναι από 2 έως 7 μέτρα. Η βιομάζα που παράγεται από τις καλλιέργειες ζαχαροκάλαμου, μέσω μιας σειράς πολύπλοκων διεργασιών μετατρέπεται σε γλυκόζη. Μια από τις βιοχημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται κατά την επεξεργασία της βιομάζας είναι και η ενζυματική υδρόλυση των πολυσακχαριτών.



Η γλυκόζη που παράγεται από το καλαμοσάκχαρο αποτελεί την πρώτη ύλη στην χημική βιομηχανία για την παραγωγή διαφόρων φαρμακευτικών ειδών, καλλυντικών, απορρυπαντικών, τροφίμων καθώς επίσης και καυσίμων.

Στόχοι της δραστηριότητας: οι μαθητές...

- ✓ Να αποκτήσουν θετική στάση σχετικά με την χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών
- ✓ Να αντιληφθούν τη διαδικασία παραγωγής της γλυκόζης από καλαμοσάκχαρο
- ✓ Να αναγνωρίζουν ότι η ενζυματική υδρόλυση των πολυσακχαριτών είναι μια από τις βιοχημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται κατά την επεξεργασία της βιομάζας
- ✓ Να αντιληφθούν ότι η γλυκόζη που παράγεται με αυτή τη διαδικασία αποτελεί την πρώτη ύλη για την παραγωγή διαφόρων βιοπροϊόντων
- ✓ Να προβληματιστούν σχετικά με την αλόγιστη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών
- ✓ Να διαπιστώσουν την σύνδεση της πράσινης Χημείας με την καθημερινή ζωή

Ενδεικτική διάρκεια δραστηριότητας: 1 διδακτική ώρα	**Αρχές της Πράσινης Χημείας που θίγονται** • Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών • Σχεδιασμός για αποδόμηση
• Μαθητές: Γυμνασίου-Λυκείου • Σχετιζόμενα μαθήματα: Χημεία, Περιβαλλοντική εκπαίδευση, Βιολογία, Τεχνολογία	

Λέξεις-κλειδιά: Βιομάζα, ζαχαροκάλαμο, υδρόλυση, γλυκόζη, βιοπροϊόντα

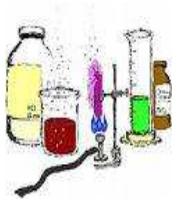
Υλικά/ Όργανα



Οι μαθητές ενθαρρύνονται να φέρουν ζάχαρη και νωπή ζύμη (σακχαρομύκητες) αρτοποιίας από το σπίτι τους.

Απαραίτητα αντιδραστήρια: 3 g ζάχαρης, 20 g νωπή ζύμη (σακχαρομύκητες) αρτοποιίας, λεπτή πλυμένη άμμο, φελίγγειο υγρό ($CuSO_4$, NaOH και τρυγικά ιόντα), απεσταγμένο νερό. Τα όργανα που θα χρειαστούν είναι: ζυγός, ένα ποτήρι ζέσεως, γυάλινη ράβδο, υδρόλουτρο, ένα θερμόμετρο, έναν ογκομετρικό κύλινδρο, δύο δοκιμαστικούς σωλήνες, ένα γκαζάκι βουτανίου, εργαστηριακό γουδί.

Πορεία εργασίας



1.Τοποθέτηστε στο γουδί 20 g νωπής ζύμης, μικρή ποσότητα λεπτόκοκκης άμμου και 5 ml νερού στο γουδί και λειοτριβήστε για περίπου 4-5 λεπτά.

2. Προσθέστε με αργό ρυθμό και υπό ανάδευση 40 ml νερό.

3. Αφήστε το παρασκεύασμα σε ηρεμία για 30 λεπτά, σε θερμοκρασία δωματίου και ανάδευε κατά διαστήματα το μίγμα.

4. Μετά το τέλος των 30 λεπτών, διηθήστε το παρασκεύασμα και παραλάβετε το διήθημα.

5. Ζυγίστε 3 g ζάχαρης, τοποθετήστε τα στον ογκομετρικό κύλινδρο ζέσης και αραιώστε τα σε 100 ml απεσταγμένου νερού (διάλυμα καλαμοσάκχαρου).

6. Σε ένα ποτήρι ζέσεως τοποθετήστε 20 ml διηθήματος ενζύμου, 2 ml διαλύματος καλαμοσάκχαρου και 18 ml απεσταγμένου νερού και αφήστε το για μισή ώρα.

7. Τοποθετήστε το ποτήρι ζέσεως σε υδρόλουτρο θερμοκρασίας 35^o C για μισή ώρα.

8. Αριθμήστε τους δύο δοκιμαστικούς σωλήνες (1, 2). Στον δοκιμαστικό σωλήνα 1

τοποθετήστε το διάλυμα καλαμοσακχάρου και στον δοκιμαστικό σωλήνα 2 το προϊόν της κατεργασίας.

9. Προσθέστε και στους δύο δοκιμαστικούς σωλήνες φελίγγειο υγρό και θερμάνετε ήπια.

10. Με δεδομένο ότι η μεταβολή του χρώματος του φελίγγειου υγρού από μπλε σε καστανέρυθρο υποδηλώνει την παρουσία απλών σακχάρων, όπως η γλυκόζη συμπληρώστε τον πίνακα που ακολουθεί.

Δοκιμαστικός σωλήνας	Περιεχόμενο δοκιμαστικού σωλήνα	Αλλαγή χρώματος	Συμπέρασμα
1			
2			

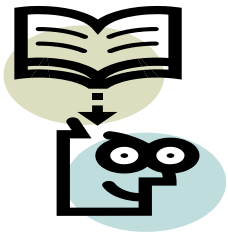


Μέτρα Προφύλαξης

Γάντια και γυαλιά



Το φελίγγειο υγρό είναι διαβρωτικό. Μπορεί να προκαλέσει σοβαρά εγκαύματα. Σε περίπτωση επαφής με το δέρμα ή τα μάτια χρειάζεται πλύσιμο με νερό και ιατρική συμβουλή.



Φύλλο εργασίας

1) Που οφείλεται κατά την γνώμη σας η παραγωγή της γλυκόζης; Εξηγήστε.

_____

_____

_____

2) Η νωπή ζύμη που χρησιμοποιήσατε περιλαμβάνει τα ένζυμα ζυμάση, ιμβερτάση και μαλτάση. Τι διεργασία είναι η παραγωγή γλυκόζης από καλαμοσάκχαρο;



_____

_____

_____

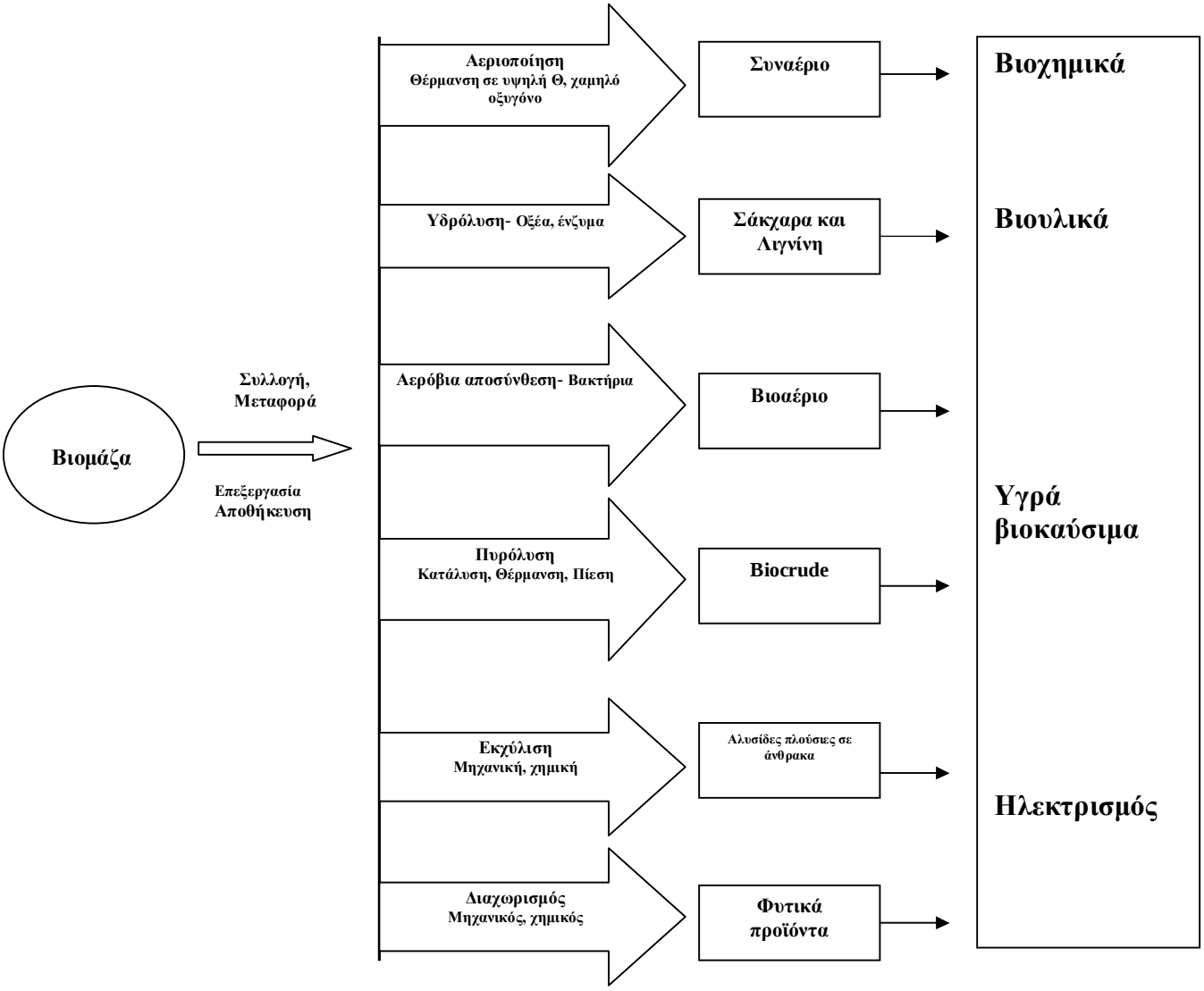
3) «Η αλόγιστη καλλιέργεια ζαχαροκάλαμου έχει οδηγήσει στην επέκταση των καλλιεργειών εις βάρος των οικοσυστημάτων αλλά και εις βάρος των διατροφικών καλλιεργειών». Να εξηγήσετε τις περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις όλων των παραπάνω.

_____

_____

_____

4) Στην ακολουθία των διεργασιών της βιομάζας, χρωμάτισε αυτήν την ακολουθία που ακολουθήσατε στο πείραμα που εκτελέσατε.



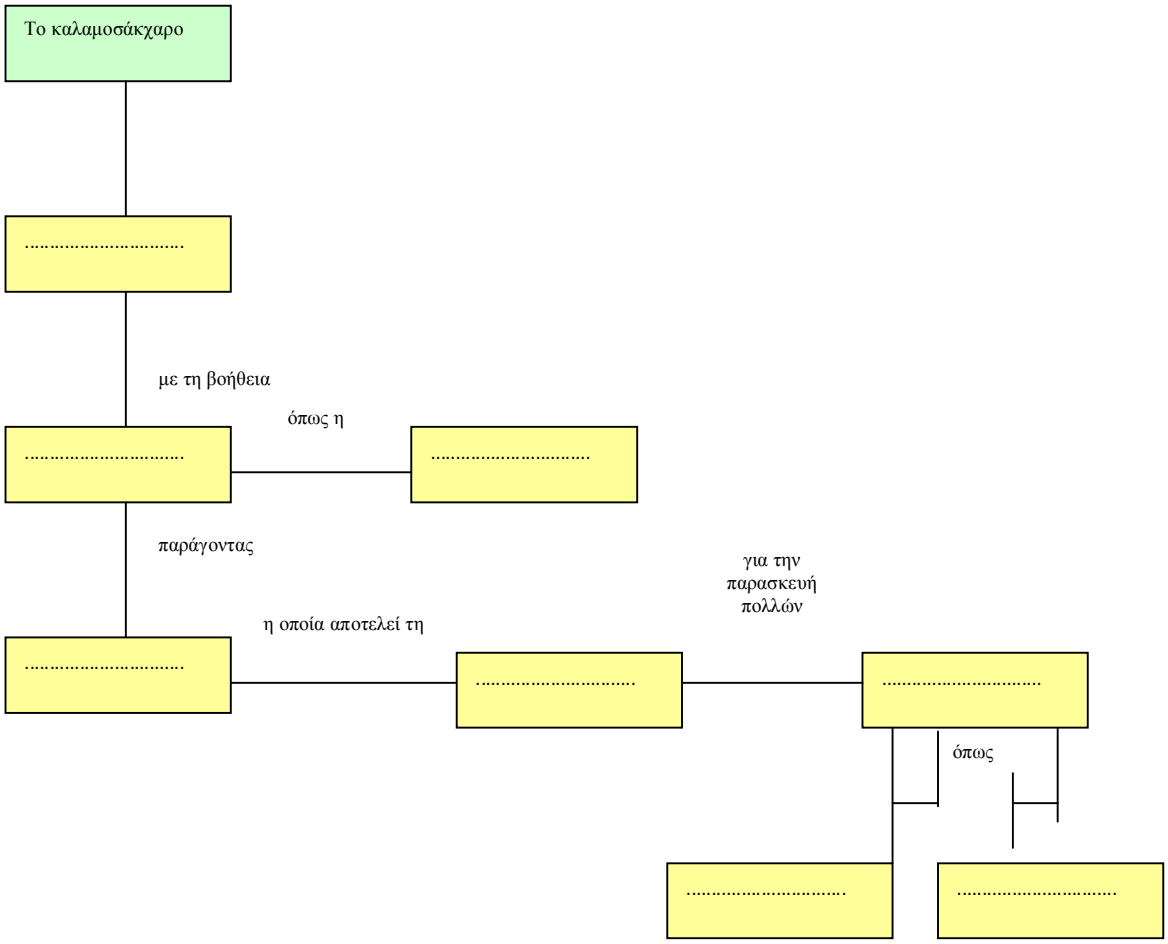
5) Αναζητήστε υλικά καθημερινής χρήσης στα οποία η γλυκόζη αποτελεί έμμεσα ή άμεσα την πρώτη ύλη. Είναι τα υλικά αυτά βιοαποδομήσιμα;

_____

_____

_____

6) Συνοψίστε συμπληρώνοντας το ακόλουθο διάγραμμα:



(Λύση: Το καλαμοσάκχαρο υδρολύεται με τη βοήθεια ενζύμων (όπως η μαλτάση) παράγοντας γλυκόζη η οποία αποτελεί την πρώτη ύλη-δομική μονάδα για την παρασκευή πολλών βιοπροϊόντων όπως καλλυντικά, απορρυπαντικά, καύσιμα)



Πρόταση ένταξης της δραστηριότητας στο αναλυτικό πρόγραμμα

Η δραστηριότητα με τίτλο: «Παραγωγή γλυκόζης από καλαμοσάκχαρο», θα μπορούσε τροποποιημένη, να ενταχθεί ως ενδεικτική διαθεματική στην τρίτη στήλη του αναλυτικού προγράμματος της χημείας Γ' Γυμνασίου στην Γενική ενότητα 3: Η Χημεία του Άνθρακα.
Η δραστηριότητα θα μπορούσε να ενταχθεί/εκτελεστεί αυτούσια ή τροποποιημένη στο πλαίσιο των προτεινόμενων διαθεματικών σχεδίων εργασίας που υπάρχουν στο Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών (ΔΕΠΠΣ), ωστόσο υπό διαφορετικό πρίσμα και προσέγγιση, και ειδικότερα στα παρακάτω:

- Β΄ Γυμνασίου Δ.Ε.Π.Π.Σ Χημείας -Θέμα: Αγροτική παραγωγή

Επιπλέον, στα πλαίσια της Ευέλικτης Ζώνης για το Γυμνάσιο η δραστηριότητα ενδεχομένως θα μπορούσε τροποποιημένη να ενταχθεί στην θεματική περιοχή Επιστήμη και Καθημερινή ζωή: Εφαρμογές Φυσικών, Κοινωνικών Επιστημών που περιέχεται στο ΔΕΠΠΣ Ευέλικτης Ζώνης.

Βιβλιογραφία

- Paster, M., Joan L. Pellegrino, *Tracy M. Carole, Industrial bioproducts: Today and Tomorrow, Energetics, Incorporated for the U.S Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, Office of the Biomass Program,* Washington, D.C., July 2003.
- *Παραγωγή ενέργειας από βιομάζα, οικονομική και πολιτική προσέγγιση (*1989), Μελέτη του ΟΟΣΑ, ΕΛΚΕΠΑ, Αθήνα.
- Ραγκούσης Τ., Κατσίνης Δ., Αγγελόπουλος Β. (1994). *Πειράματα και εργαστηριακές ασκήσεις χημείας*, Εκδόσεις Σαββάλα.
- Σιδέρη, Μητσιάδη (1994), Οδηγός Πειραμάτων Χημείας, Εκδόσεις Σαββάλας.
- Βαλαβανίδης, Αθ. (2007). *Βασικές Αρχές Υγιεινής και Ασφάλειας σε Χημικά και Βιοχημικά Εργαστήρια. Πληροφορίες για Επικίνδυνες Χημικές Ουσίες*, ΕΚΠΑ.
- Greener Industry, http://www.greener-industry.org.uk/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- SIRI MSDS Index**,** http://www.hazard.com/msds/index.php (δελτία δεδομένων ασφαλείας για τα χρησιμοποιούμενα αντιδραστήρια της δραστηριότητας), Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.

- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικής-Χημείας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Περιβαλλοντικής, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/31depps_Peribalontikis.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικών Επιστημών, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/21depps%20Fisikon%20Epistimon.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/17deppsaps_OikiakisOikonomias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Ευέλικτης Ζώνης, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 28depps_EveliktiZoni.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Βιολογίας, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 22deppsaps_Biologias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf
- MEDIES: The Mediterranean Education Initiative For Environment and Sustainability, http://www.medies.net/staticpages/index.php?page=intheclass, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.



Άμυλο: Αποθηκευτικό μέσο των φυτικών ειδών και πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοπροϊόντων

Εισαγωγή



Ένα από τα κυριότερα συστατικά της φυτικής βιομάζας είναι οι υδατάνθρακες και πιο συγκεκριμένα το άμυλο. Το άμυλο βρίσκεται σε διάφορα φυτικά είδη. Είναι προϊόν της δέσμευσης του διοξειδίου του άνθρακα από τα φυτικά κύτταρα και αποθηκεύεται σε αυτά με τη μορφή κόκκων. Αποτελεί το κύριο ενεργειακό τους απόθεμα και εξάγεται από αυτά ως βιομηχανικό άμυλο. Έχει πολύπλοκη δομή[3] που βασίζεται σε δακτυλίους γλυκόζης.

Η περιεκτικότητα του αμύλου στα διάφορα φυτικά είδη διαφέρει. Η ανίχνευση του στα φυτά γίνεται με τη βοήθεια διαλύματος βάμματος ιωδίου το οποίο δεσμεύεται στα μόρια του αμύλου και δίνει ιώδες χρώμα. Το άμυλο αποτελεί την πρώτη ύλη για την παρασκευή διαφόρων βιοπροϊόντων, όπως βαφές, κάψουλες φαρμάκων και ζιζανιοκτόνων, συγκολλητικά, οδοντόπαστες, ζελέ, διάφορες συσκευασίες κα.

Στόχοι της δραστηριότητας: οι μαθητές...

- ✓ Να διαπιστώσουν πειραματικά την ύπαρξη αμύλου στα φύλλα διαφόρων φυτών
- ✓ Να αντιληφθούν ότι η περιεκτικότητα σε άμυλο διαφέρει ανάμεσα στα φυτικά είδη
- ✓ Να παρατηρήσουν τους κόκκους αμύλου σε διάφορα φυτικά είδη
- ✓ Να κατανοήσουν ότι το άμυλο αποτελεί την πρώτη ύλη παρασκευής βιοπροϊόντων
- ✓ Να αυξήσουν τις γνώσεις τους σε οικονομικά θέματα της βιομηχανίας αμύλου
- ✓ Να αναφέρουν προϊόντα από άμυλο

---

[3] *Το άμυλο είναι μίγμα α-αμυλόζης (10-30%) και αμυλοπηκτίνης (70-90%) που τα μόρια τους αποτελούν ευθύγραμμες αλυσίδες μορίων γλυκόζης με α-1,4 γλυκοζιτικούς δεσμούς. Η αμυλοπηκτίνη εμφανίζει και μικρές πλευρικές αλυσίδες.*

Ενδεικτική διάρκεια δραστηριότητας: Μέρος Α' : 25 λεπτά Μέρος Β': 20 λεπτά Μέρος Γ': 25 λεπτά • Μαθητές: Γυμνασίου-Λυκείου • Σχετιζόμενα μαθήματα: Χημεία, Περιβαλλοντική εκπαίδευση, Βιολογία, Μαθηματικά	**Αρχές της Πράσινης Χημείας που θίγονται** • Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών • Σχεδιασμός για αποδόμηση

Λέξεις-κλειδιά: Βιομάζα, άμυλο, οικονομία

Μέρος Α΄: Ανίχνευση αμύλου σε φύλλα φυτών

Υλικά /Όργανα



Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες και ενθαρρύνονται να φέρουν φύλλα διαφόρων φυτών από τουλάχιστον πέντε διαφορετικά είδη τα οποία θα βρουν είτε στην αυλή του σχολείου τους είτε στις γλάστρες του σπιτιού τους.

Απαραίτητα υλικά: Καθαρό οινόπνευμα, ποτήρια ζέσης 50 mL, λαβίδες, διάλυμα βάμματος ιωδίου, ύαλοι ωρολογίου, σταγονόμετρο, χαρτί κουζίνας.

Πορεία εργασίας



Πριν την ημέρα του πειράματος βάλτε τα φύλλα από τα φυτά σε ποτήρια με καθαρό οινόπνευμα και τα αφήνουμε 1-2 ημέρες να ασπρίσουν και να απομακρυνθεί το μεγαλύτερο μέρος της χλωροφύλλης τους.

1. Με τη βοήθεια της λαβίδας βγάλτε τα φύλλα από το οινόπνευμα και σκουπίστε τα απαλά με χαρτί κουζίνας. Στη συνέχεια τοποθετήστε τα σε υάλους ωρολογίου (ή εναλλακτικά πάνω σε στεγνό και καθαρό λευκό χαρτί).

2. Προσθέστε σταγόνες βάμματος ιωδίου. Τι παρατηρείται; Συμπληρώστε τον πίνακα που ακολουθεί.

Είδος φύλλου	Υπάρχει άμυλο;	Παρατηρήσεις
1.		(μπλε κηλίδες σε διάφορες περιοχές του φύλλου, ένδειξη ύπαρξης αμύλου)
2.		
3.		
4.		
5.		

3. Για τα είδη των φυτών στα οποία ανιχνεύσατε άμυλο αναζητήστε πληροφορίες για την περιεκτικότητα τους σε άμυλο. Συνοψίστε τις πληροφορίες που βρήκατε.



Μέτρα Προφύλαξης

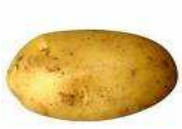


↳Το οινόπνευμα είναι εύφλεκτο και ερεθιστικό για τα μάτια.
Μην αναπνέετε τους ατμούς του.

- Με προσοχή χρησιμοποιούμε το διάλυμα βάμματος ιωδίου γιατί βάφει.
- Το φύλλο που θα βάλουμε στο οινόπνευμα να είναι από φυτό που ήταν στον ήλιο και όχι από εσωτερικό σκιερό χώρο. Τα φυτά στους σκοτεινούς χώρους δεν έχουν άμυλο στα φύλλα τους.

Μέρος Β΄: Παρατήρηση αμυλόκοκκων σε διάφορα φυτικά είδη μέσω οπτικού μικροσκοπίου

Υλικά/ Όργανα



Μαχαίρι ή ξυραφάκι, αντικειμενοφόρες πλάκες, οπτικό μικροσκόπιο, σταγονόμετρο, απιονισμένο νερό, καλυπτρίδες, χαρτί κουζίνας, ξύσματα πατάτας, ρυζάλευρο, καλαμποκάλευρο, αλεύρι.

Πορεία εργασίας

1. Κόψτε μια πατάτα και από το εσωτερικό της με ένα μαχαίρι ή ξυραφάκι πάρτε λίγα ξύσματα, τα οποία τοποθετείστε στο κέντρο μιας αντικειμενοφόρου πλάκας.
2. Με το σταγονόμετρο προσθέστε μια σταγόνα νερό, καλύψτε με καλυπτρίδα και αφού

σκουπίσετε απαλά με χαρτί κουζίνας βάλτε το παρασκεύασμα στο μικροσκόπιο για να παρατηρήσετε τους αμυλόκοκκους.

3. Παρατηρήστε πρώτα με το φακό μικρής μεγέθυνσης, μετά μεγαλύτερης κοκ.

4. Επαναλάβετε τα τρία προηγούμενα βήματα χρησιμοποιώντας αντί για ξύσματα πατάτας, ρυζάλευρο, καλαμποκάλευρο, αλεύρι, κλπ.

5. Σημειώστε τις παρατηρήσεις σας στον παρακάτω πίνακα συγκρίνοντας το σχήμα και το μέγεθος των αμυλόκοκκων.

Είδος	**Παρατηρήσεις**
Ξύσματα πατάτας	
Ρυζάλευρο	
Καλαμποκάλευρο	
Αλεύρι	

Μέρος Γ΄: Μελέτη οικονομικών στοιχείων της βιομηχανίας αμύλου και προϊόντα με πρώτη ύλη το άμυλο



Υλικά/ Όργανα

Χαρτί, μολύβι, Η/Υ, διαδίκτυο

Πορεία εργασίας

1. Ο πίνακας που ακολουθεί περιέχει στοιχεία για την παγκόσμια παραγωγή αμύλου και τις κυριότερες πηγές του. Με βάση τα στοιχεία που σας παρέχονται να:

α) Κατασκευάστε ένα ραβδόγραμμα όπου θα φαίνεται -με διαφορετικά χρώματα- η συνολική παραγωγή αμύλου για κάθε μια από τις περιοχές για τις οποίες δίνονται τιμές. Σε ποιο συμπέρασμα καταλήγετε;

Αμυλούχα προϊόντα	Ποσότητα (10^6t) για το 2003		
	Ηνωμένες πολιτείες	Ευρώπη	Υπόλοιπος κόσμος
Καλαμπόκι	29,2	4	10,9
Σιτάρι	0,5	3	1.1
Πατάτα	0,1	1,9	0,8
Άλλες πηγές	-	0,1	2,5
Σύνολο	29,8	9	15,3

Πηγή: Directorate General Agriculture, European Commission. US Department of Agriculture.

β) Απαντήσετε στις παρακάτω ερωτήσεις:

- Ποια είναι η κύρια πηγή αμύλου σε παγκόσμια κλίμακα;
- Σε ποια περιοχή είναι μεγαλύτερη η παραγωγή αμύλου από πατάτα;

2. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι πωλήσεις αμύλου στην αγορά της Ευρωπαϊκής ένωσης, που αφορούν τον μη –διατροφικό τομέα.

Πωλήσεις	Ποσότητα (10^6t)
Χαρτί/Χαρτόνι	0.9
Τροποποιημένο άμυλο(εστεροποιημένο και αιθεροποιημένο)	0.9
Οργανικά χημικά	0.5
Φαρμακευτικά	0.1
Άλλα (ένζυμα, κλαστικά, κόλλες, χημικά)	0.3
Σύνολο	2.7

Πηγή: DGA, EU

Να κατασκευάσεις ένα πιτόγραμμα στο οποίο θα φαίνεται το ποσοστό πωλήσεων κάθε τομέα. Σε ποιο συμπέρασμα καταλήγεις;

3. Αναζήτησε στο διαδίκτυο προϊόντα τα οποία έχουν ως πρώτη ύλη ή βασικό συστατικό το άμυλο. Κατέγραψε τα προϊόντα που βρήκες. Σημείωσε ποιο/α από αυτά τα προϊόντα είναι βιοαποδομήσιμο.

Πρόταση ένταξης της δραστηριότητας στο αναλυτικό πρόγραμμα

Η δραστηριότητα με τίτλο: «Άμυλο: Αποθηκευτικό μέσο των φυτικών ειδών και πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοπροϊόντων», θα μπορούσε τροποποιημένη, να ενταχθεί ως ενδεικτική διαθεματική στην τρίτη στήλη του αναλυτικού προγράμματος της χημείας Γ' Γυμνασίου στην Γενική ενότητα 3: Η Χημεία του Άνθρακα.

Η δραστηριότητα θα μπορούσε να ενταχθεί/εκτελεστεί αυτούσια ή τροποποιημένη στο πλαίσιο των προτεινόμενων διαθεματικών σχεδίων εργασίας που υπάρχουν στο Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών (ΔΕΠΠΣ), ωστόσο υπό διαφορετικό πρίσμα και προσέγγιση, και ειδικότερα στα παρακάτω:

- Β΄ Γυμνασίου Δ.Ε.Π.Π.Σ Χημείας -Θέμα: Αγροτική παραγωγή

Επιπλέον, στα πλαίσια της Ευέλικτης Ζώνης για το Γυμνάσιο η δραστηριότητα ενδεχομένως θα μπορούσε τροποποιημένη να ενταχθεί στην θεματική περιοχή Επιστήμη και Καθημερινή ζωή: Εφαρμογές Φυσικών, Κοινωνικών Επιστημών που περιέχεται στο ΔΕΠΠΣ Ευέλικτης Ζώνης.

Βιβλιογραφία

- The BioComposites Centre, Radek Messias de Bragança and Paul Fowler, Industrial Markets For Starch, The BioComposites Centre, University of Wales, Bangor, Gwynedd, LL57 2UW, 2004, http://www.bc.bangor.ac.uk/_includes/docs/pdf/indsutrial%20markets%20for%20starch.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Μάιος 2009.
- Dangler, M. J., S. J. Locascio and L. H. Halsey (1984). Sweet potato for biomass, Biomass, 4 (4), 253-261.
- Μπόσκου Δ. (2004). *Χημεία Τροφίμων*, Εκδόσεις Γαρταγάνη.
- Φλογαίτη, Ε. και Π. Βασαλά (2004). *Ο κόσμος της θάλασσας, Διαθεματική προσέγγιση-Εναλλακτικές διδακτικές τεχνικές και σχέδια εργασίας*, Εκδόσεις Μεταίχμιο, Αθήνα.
- Τσαπαρλής Γ. (1991). *Θέματα Διδακτικής Φυσικής και Χημείας στη Μέση εκπαίδευση*, εκδ. Γρηγόρης, Αθήνα.
- Βαλαβανίδης, Αθ. (2007). *Βασικές Αρχές Υγιεινής και Ασφάλειας σε Χημικά και Βιοχημικά Εργαστήρια. Πληροφορίες για Επικίνδυνες Χημικές Ουσίες*, ΕΚΠΑ.
- Vilivalam, D. V, L. Illum and K. Iqbal, (2000). Starch capsules: an alternative system for oral drug delivery, *Pharmaceutical Science & Technology Today*, 3(2), 64-69.

- Vorax Company, www.borax.com/pdfs/Starch_Adhesives.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Εκπαιδευτική Πλατφόρμα, www.geocities.com/cyprusbio/day_2_task_20070325_final-End_unified.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Μάιος 2009 (δεν είναι διαθέσιμο σήμερα).
- European Environment Agency, http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures#c14=all&b_start=0&c5=natural, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικής-Χημείας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Περιβαλλοντικής, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/31depps_Peribalontikis.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικών Επιστημών, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/21depps%20Fisikon%20Epistimon.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/17deppsaps_OikiakisOikonomias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Ευέλικτης Ζώνης, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 28depps_EveliktiZoni.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Βιολογίας, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 22deppsaps_Biologias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf



(Βιο)πολυμερή: Φιλμ αμύλου από πατάτα

Εισαγωγή



Το άμυλο υπάρχει σε αφθονία στη φύση. Εξάγεται με υψηλή απόδοση και καθαρότητα από διάφορα αγροτικά προϊόντα όπως τις πατάτες ή το καλαμπόκι, μέσω σύγχρονων τεχνικών. Το άμυλο χρησιμοποιείται ως βιομηχανική πρώτη ύλη, στην παραγωγή ταινιών αμύλου και κατ' επέκταση στον τομέα της συσκευασίας.

Τα προϊόντα από άμυλο είναι βιοαποδομήσιμα, ανθεκτικά και με σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη. Εντούτοις το οικονομικό τους κόστος είναι μεγαλύτερο από των συμβατικών πλαστικών και αυτός είναι ένας από τους λόγους δυσκολίας ενσωμάτωσης τους στην αγορά.

Στόχοι της πειραματικής δραστηριότητας: οι μαθητές.....

- ✓ Να γνωρίσουν κάποιες από τις αρχές της πράσινης χημείας
- ✓ Να αποκτήσουν επιδεξιότητα στην πραγματοποίηση απλών πειραμάτων
- ✓ Να προσεγγίσουν ποιοτικά και πειραματικά βασικές έννοιες της χημείας
- ✓ Να αυξήσουν τις γνώσεις τους για τα βιοπολυμερή
- ✓ Να αντιληφθούν ότι η διαδικασία εργαστηριακής εξαγωγής του αμύλου από πατάτα είναι παρόμοια με την βιομηχανική μέθοδο.

Ενδεικτική διάρκεια δραστηριότητας:	**Αρχές της Πράσινης Χημείας που θίγονται**
Μέρος Α' : 25 λεπτά Μέρος Β' 20- 90 λεπτά *(Αν δεν υπάρχει θάλαμος ξήρανσης το τελικό προϊόν το παίρνουμε μετά από δύο μέρες)*	• Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών • Ασφάλεια • Σχεδιασμός για αποδόμηση • Πρόληψη δημιουργίας της ρύπανσης

- Μαθητές: Γυμνασίου-Λυκείου
- Σχετιζόμενα μαθήματα: Χημεία, Περιβαλλοντική εκπαίδευση, Βιολογία

Λέξεις-κλειδιά: Βιομάζα, άμυλο, πατάτα, καλαμπόκι, βιοπολυμερή, συσκευασίες

Υλικά /Όργανα

Οι μαθητές ενθαρρύνονται να φέρουν από το σπίτι τους πατάτες ή άμυλο πατάτας του εμπορίου.



Για την εξαγωγή του αμύλου

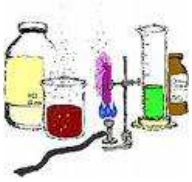
100 g πατάτες, τρίφτης, 4 ποτήρια ζέσεως των 400 ml, μεγάλο γουδί και γουδοχέρι, φίλτρο τσαγιού ή καφέ, απεσταγμένο νερό.

Για την παρασκευή του πλαστικού φιλμ

1 ποτήρι ζέσεως των 250 ml, 1 μεγάλη ύαλο ωρολογίου, λύχνο Bunsen, τρίποδα, μεταλλικό πλέγμα, 1 τρυβλίο Petri ή αντικειμενοφόρα πλάκα, ράβδο για ανάδευση, πεχαμετρικό χαρτί, σταγονόμετρα, ογκομετρικούς κυλίνδρους των 25 ml και 10 ml, ζυγαριά**,** 2,5 g άμυλο πατάτας του εμπορίου[4], 1,2,3 προπανοτριόλη (γλυκερόλη), αραιό υδροχλωρικό οξύ 0,1 mol dm^{-3}, αραιό υδροξείδιο του νατρίου 0,1 mol dm^{-3}, θάλαμος ξήρανσης (προαιρετικά).

Πορεία εργασίας

Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες των τριών ατόμων. Κάθε ομάδα εκτελεί την παρακάτω διαδικασία.



Μέρος Α΄ Εξαγωγή του αμύλου

1. Τρίψτε περίπου 100 g πατάτας και τοποθετήστε τα στο γουδί. Η πατάτα δεν χρειάζεται ξεφλούδισμα, ωστόσο χρειάζεται να είναι καθαρή.
2. Προσθέστε περίπου 100 ml απεσταγμένου νερού και αλέστε προσεκτικά.
3. Διηθήστε με το φίλτρο το υγρό στο ποτήρι ζέσεως, φροντίζοντας να παραμείνει η πατάτα στο γουδί.

---

[4] *Καλό θα ήταν να υπάρχει άμυλο πατάτας του εμπορίου σε περίπτωση που οι ποσότητες που θα παραχθούν εργαστηριακά είναι μικρές.*

4. Επαναλάβετε τα στάδια 2 και 3.

5. Αφήστε το υγρό να ηρεμήσει στο ποτήρι ζέσεως για 5 λεπτά, ώστε να κατακαθίσει το άμυλο στον πυθμένα του.

6.Μεταγγίστε το νερό από το ποτήρι ζέσεως, αφήνοντας το άσπρο άμυλο. Προσθέστε περίπου 100 ml απεσταγμένου νερού μέσα στο άμυλο και αναδεύστε ήπια. Αφήστε να ηρεμήσει και μεταγγίστε το νερό, αφήνοντας το άμυλο.

Μέρος Β΄ Φτιάχνοντας το φιλμ αμύλου



1. Σε ποτήρι ζέσεως τοποθετήστε 25 ml νερού και προσθέστε 4 g του αμύλου από το προηγούμενο πείραμα (ή 2,5 g αμύλου πατάτας του εμπορίου), 3 ml υδροχλωρικού οξέος (HCl) 1M και 2 ml 1,2,3 προπανοτριόλης 50%.

2.Τοποθετήστε την ύαλο ωρολογίου πάνω στο ποτήρι ζέσεως και θερμάνετε το μίγμα με το λύχνο Bunsen. Προσοχή! Η θέρμανση να είναι ήπια και περίπου για 15 λεπτά. Αν δείτε ότι στεγνώνει ή ξεραίνεται σταματήστε τη θέρμανση.

3. Βυθίστε την γυάλινη ράβδο στο μίγμα και βάλτε μια ελάχιστη ποσότητα στο πεχαμετρικό χαρτί ώστε να μετρήσετε το pH. Προσθέστε αρκετό υδροξείδιο του νατρίου (NαOH) ώστε να ουδετεροποιήσετε το μίγμα. Μετρήστε συνεχώς το PH μετά από κάθε προσθήκη υδροξειδίου του νατρίου (NαOH) (θα χρειαστούν 3 ml περίπου, όσο δηλαδή και το οξύ που χρησιμοποιήσατε στην αρχή).

4. Βάλτε το μίγμα πάνω σε ένα Petri ή αντικειμενοφόρα πλάκα και με την υάλινη ράβδο προσπαθήστε να πετύχετε ομοιόμορφη κάλυψη.

6.Άφηστε το δείγμα να ξηρανθεί. Χρειάζεται περίπου δύο μέρες σε θερμοκρασία δωματίου ή εναλλακτικά 90 λεπτά στους 100 °C σε θάλαμο ξήρανσης.

Παρατηρήσεις:

Μην χρησιμοποιήσετε πολύ νερό γιατί δεν θα στερεοποιηθεί το πολυμερές.

Χρησιμοποιείστε εμπορικό άμυλο αν δεν παράξετε αρκετό άμυλο.

Μέτρα Προφύλαξης

Γάντια και γυαλιά



↳Το *υδροξείδιο του νατρίου* είναι διαβρωτικό. Προκαλεί κάψιμο. Σε περίπτωση επαφής με το δέρμα ή τα μάτια χρειάζεται πλύσιμο με νερό και ιατρική συμβουλή.

↳Το υδροχλωρικό οξύ είναι διαβρωτικό. Όταν έρθει σε επαφή με το δέρμα προκαλεί κάψιμο. Πρέπει να ξεπλένετε με άφθονο νερό.

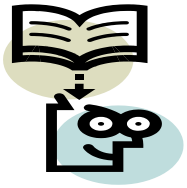
◊ **Συμπληρωματική δραστηριότητα 1: «Πόσο ανθεκτικό είναι το φιλμ αμύλου;»**

Στόχος της δραστηριότητας: οι μαθητές.....

✓ Να ερευνήσουν την ανθεκτικότητα του φιλμ αμύλου

✓ Να συγκρίνουν τις ιδιότητες του φιλμ άμυλου με ένα αντίστοιχο από πετρέλαιο

Σε συνεργασία με τους συμμαθητές σας προσπαθήστε να βρείτε έναν τρόπο να ερευνήσετε την αντοχή του φιλμ αμύλου που παρασκευάσατε. Συγκρίνετε με ένα φιλμ από πλαστικό.



Φύλλο εργασίας

1) Με την παρασκευή και μετέπειτα χρήση του φιλμ αμύλου ποιες αρχές της πράσινης χημείας εφαρμόζονται και πως; Εξηγήστε αναλυτικά.

_____

_____

_____

2) Το άμυλο είναι ένα βιοπολυμερές. Ποια είναι η δομή του; Ποια η δομή του μονομερούς του; Εξηγήστε το είδος των δεσμών μεταξύ των μονομερών;

_____

_____

_____

3) Ποιος είναι ο ρόλος της γλυκερόλης στη δημιουργία του φιλμ αμύλου; Τι πιστεύετε ότι θα γινόταν αν δεν προσθέταμε γλυκερόλη;

(Η προσθήκη γλυκερόλης προσδίδει ελαστικότητα λόγω των υγροσκοπικών ιδιοτήτων της-πλαστικοποιητής, θα ήταν πιο εύθραυστο)

_____

_____

_____

4) Που θα μπορούσατε να χρησιμοποιήσετε το φιλμ αμύλου που παρασκευάσατε; Αναφέρετε συγκεκριμένες περιπτώσεις.

_____

_____

_____

5) Αναζητήστε και συνοψίστε τα περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν από την χρήση των βιοπολυμερών.

_____

_____

_____

6) Αναζητήστε και κυκλώστε τις έξι λέξεις που κρύβονται.....

Α	Κ	Λ	**Β**	Μ	Ν	Γ	Ξ	Ο	Π	Ρ	Σ	**Α**	Ι	Χ
Π	Φ	Ρ	**Ι**	Ι	Ο	Π	Ρ	Τ	Σ	Τ	Χ	**Μ**	Ε	Ι
Ο	Ο	Ω	**Ο**	Β	Β	Α	Ο	Η	Ν	Ζ	Α	**Υ**	Υ	Ψ
Δ	Κ	Π	**Π**	Ω	Ψ	Σ	Δ	Φ	Κ	Ν	Ι	**Λ**	Ι	Β
Ο	Ι	Α	**Ο**	Μ	Α	Χ	Π	Χ	Ι	Ι	Β	**Ο**	Θ	Ε
Μ	Θ	Χ	**Λ**	Α	Μ	Ψ	Ν	Π	Ν	Ε	Ι	Ν	Υ	Ν
Η	Ο	Ι	**Υ**	Α	Π	Ι	Ι	Ω	Β	Μ	Θ	Θ	Ι	Τ
Σ	Π	Ο	**Μ**	Λ	Μ	Ψ	Ο	Δ	Ν	Χ	Χ	Β	Χ	Ν
Ι	Τ	Δ	**Ε**	Ν	Θ	Π	Μ	Σ	Ι	Β	Θ	Ψ	Υ	Η
Μ	Ι	Φ	**Ρ**	Χ	Ψ	Θ	Ο	Ρ	Ε	Μ	Ν	Ψ	Ζ	Μ
Ο	Ι	Ε	**Η**	Τ	Γ	Β	Ι	Κ	Μ	Ι	Ψ	Ο	Ι	Ν
Ψ	Υ	Θ	Ν	Β	Ι	Ι	Β	Μ	Ι	Ζ	Κ	Ν	Τ	Ψ
Β	Ρ	Π	Ψ	Ι	Χ	Ρ	Ε	Ν	Ψ	Υ	Α	Ν	Θ	Ν
Μ	Ε	Υ	Χ	Ν	Ψ	Γ	Β	Θ	Λ	Α	Ν	Γ	Ζ	Γ
Ρ	Α	Χ	Ι	Β	Γ	Ψ	Ι	Γ	Ι	Υ	Ψ	Α	Χ	Υ
Π	**Α**	**Τ**	**Α**	**Τ**	**Α**	Ν	Γ	Ν	Α	Ν	Α	Γ	Τ	Χ
Β	Ζ	**Α**	**Ν**	**Α**	**Ν**	**Ε**	**Ω**	**Σ**	**Ι**	**Μ**	**Η**	Χ	Θ	Γ

Πρόταση ένταξης της δραστηριότητας στο αναλυτικό πρόγραμμα

Η δραστηριότητα με τίτλο: «Βιοπολυμερή: Φιλμ αμύλου από πατάτα» θα μπορούσε να ενταχθεί ως ενδεικτική διαθεματική στην τρίτη στήλη του αναλυτικού προγράμματος της χημείας Γ' Γυμνασίου στην Γενική ενότητα 3: Η Χημεία του Άνθρακα.

Επιπλέον, στα πλαίσια της Ευέλικτης Ζώνης για το Γυμνάσιο η δραστηριότητα ενδεχομένως θα μπορούσε να ενταχθεί με τροποποιήσεις στην θεματική περιοχή Επιστήμη και Καθημερινή ζωή: Εφαρμογές Φυσικών, Κοινωνικών Επιστημών που περιέχεται στο ΔΕΠΠΣ Ευέλικτης Ζώνης.

Βιβλιογραφία

- McMurry, J. Οργανική Χημεία ΙΙ, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Hadjichristidis, N., Pispas, S. and G. A. Floudas (2002). Block Copolymers: Synthetic Strategies, Physical Properties and Applications, John Wiley & Sons, Inc, ISBN: 0-471-39436-X.
- Καραλιώτα Α. (2004). *Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος: « Διδακτική πειραμάτων χημείας»,* ΔΙΧΗΝΕΤ, Αθήνα.
- Κουλουμπαρίτση Αλ. (2002-2003). *Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος «Παιδαγωγική και Οργάνωση της Διδασκαλίας: Αναλυτικά Προγράμματα-Διδακτική Μεθοδολογία-Σχολικά εγχειρίδια» στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα,* ΔΙΧΗΝΕΤ, Αθήνα .
- Βαλαβανίδης, Αθ. (2007). *Βασικές Αρχές Υγιεινής και Ασφάλειας σε Χημικά και Βιοχημικά Εργαστήρια. Πληροφορίες για Επικίνδυνες Χημικές Ουσίες*, ΕΚΠΑ.
- Namazi H., Adeli M.(2005). Dendrimer of citric acid and poly(ethylene glycol) as the new drug delivery agent. Biomaterial, 2005, 26, 1175-1183.
- Wang, Y., S. Onozawa and M. Kunioka (2003). Ring-opening polymerization of ε-caprolactone with yttrium triflate, *Green Chem*.,5, 571-574.
- Practical Chemistry website, Making a plastic from potato starch, http://www.practicalchemistry.org/experiments/enhancement/fun-experiments/making-a-plastic-from-potato-starch,149,EX.html, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- All Pack Hellas (magazine for the packaging professionals), http://www.allpackhellas.gr, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.

- Cargill Company, http://www.cargill.com/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- American Chemistry Website, www.americanplasticscouncil.org, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικής-Χημείας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Περιβαλλοντικής, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/31depps_Peribalontikis.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικών Επιστημών, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/21depps%20Fisikon%20Epistimon.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/17deppsaps_OikiakisOikonomias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Ευέλικτης Ζώνης, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 28depps_EveliktiZoni.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Βιολογίας, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 22deppsaps_Biologias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf
- SIRI MSDS Index**,** http://www.hazard.com/msds/index.php (δελτία δεδομένων ασφαλείας για τα χρησιμοποιούμενα αντιδραστήρια της δραστηριότητας), Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.



Σακούλες από άμυλο και με....οικολογική συνείδηση: Η λύση στο πρόβλημα της πλαστικής σακούλας

Εισαγωγή



Οι πλαστικές σακούλες που έχουν ως πρώτη ύλη το πετρέλαιο εμφανίστηκαν για πρώτη φορά στην αγορά το 1977. Σήμερα, οι πλαστικές σακούλες ενέχονται σε σημαντικό βαθμό στην καταστροφή του περιβάλλοντος καθώς εκτιμάται ότι για να αποσυντεθούν απαιτούνται από 400 έως 1.000 χρόνια. Υπολογίζεται ότι περίπου 500 δισεκατομμύρια πλαστικές σακούλες πωλούνται στους εμπόρους λιανικής πώλησης κάθε χρόνο σε όλο τον κόσμο.

Το έτος 2008 ίσως είναι το καθοριστικότερο για την κατάργηση της πλαστικής σακούλας αφού η μια χώρα μετά την άλλη λαμβάνουν μέτρα για την σταδιακή κατάργηση της. Μια ενδιαφέρουσα πρόταση είναι οι σακούλες από άμυλο καλαμποκιού ή πατάτας οι οποίες αποδομούνται μετά το τέλος ζωής τους. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην αγορά κυκλοφορούν και οι φωτοβιοδιασπώμενες σακούλες οι οποίες αποδομούνται με τη βοήθεια «διασπαστή» ο οποίος προστίθεται κατά την διαδικασία παραγωγής τους, ωστόσο η αρχική πρώτη ύλη τους είναι το πετρέλαιο.

Στόχοι της δραστηριότητας: οι μαθητές...

- ✓ Να εντοπίσουν την εφαρμογή κάποιων αρχών της πράσινης χημείας στην καθημερινή τους ζωή και στον σχεδιασμό προϊόντων
- ✓ Να αναγνωρίζουν το πρόβλημα που δημιουργείται στο περιβάλλον από την χρήση της πλαστικής σακούλας
- ✓ Να ευαισθητοποιηθούν σε θέματα προστασίας του περιβάλλοντος
- ✓ Να εξηγούν με όρους χημείας τη διαδικασία της βιοαποδόμησης
- ✓ Να υιοθετήσουν συμπεριφορά περιβαλλοντικά υπεύθυνου καταναλωτή
- ✓ Να εισηγούνται τρόπους προώθησης της «οικολογικής σακούλας»
- ✓ Να αντιληφθούν τη σύνδεση της οικονομίας και του περιβάλλοντος

✓ Να αναπτύξουν πνεύμα συνεργασίας και ομαδικότητας

Ενδεικτική διάρκεια δραστηριότητας: Μέρος Α' : 30 λεπτά Μέρος Β΄: 3 μήνες Μέρος Γ΄: 30 λεπτά • Μαθητές: Γυμνασίου-Λυκείου • Σχετιζόμενα μαθήματα: Χημεία, Περιβαλλοντική εκπαίδευση, Καλλιτεχνικά, Μαθηματικά	**Αρχές της Πράσινης Χημείας που θίγονται** • Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών • Σχεδιασμός για αποδόμηση

Λέξεις-κλειδιά: Πλαστικές σακούλες, σακούλες από άμυλο, περιβαλλοντικές βλάβες, βιοαποδόμηση, αντικατάσταση



Υλικά /Όργανα

Φωτοτυπίες από άρθρο, Η/Υ, διαδίκτυο, μολύβι, χαρτί, πλαστική σακούλα, σακούλα από άμυλο(κυκλοφορεί στο εμπόριο), μια μεγάλη γλάστρα, ψαλίδι.

Πορεία εργασίας

Μέρος Α΄: Περιβαλλοντική επιβάρυνση από την πλαστική σακούλα

Οι μαθητές χωρίζονται σε τρεις ομάδες και κάθε ομάδα ακολουθεί την πιο κάτω πορεία:



1. «Για να κατασκευασθούν οι πλαστικές σακούλες που χρησιμοποιούνται κάθε χρόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες απαιτούνται 12 εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου. Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται 1500 βαρέλια πετρελαίου ετησίως για την κατασκευή τους». Να συζητήσετε με την ομάδα σας την παραπάνω φράση επικεντρώνοντας κυρίως στην επιβάρυνση των φυσικών πόρων αλλά και την κατανάλωση ενέργειας. Αναζητήστε αντίστοιχες πληροφορίες για την Ευρωπαϊκή Ένωση και συγκρίνετε.

2. Αναζητήστε στοιχεία και πληροφορίες από επίσημες εκθέσεις και αναφορές περιβαλλοντικών οργανώσεων, όπως η Greenpeace, το WWF, το δίκτυο Μεσόγειος SOS, ο Αρχέλων κά για τα προβλήματα που έχουν δημιουργήσει οι πλαστικές σακούλες στην πανίδα

και τη χλωρίδα των χερσαίων και υδάτινων οικοσυστημάτων.

3. Φτιάξτε ένα κολάζ φωτογραφιών με παραδείγματα ζώων που έχουν υποστεί βλάβες από τις πλαστικές σακούλες και αναρτήστε το στην τάξη σας.

Μέρος Β΄: Βιοαποδόμηση

Οι μαθητές χωρίζονται σε τρεις ομάδες και κάθε ομάδα ακολουθεί την παρακάτω πορεία.

1. Κόψτε ένα κομμάτι πλαστικής σακούλας και ένα κομμάτι σακούλας από άμυλο.



2. Σκάψτε δύο μικρά λακκάκια μέσα στην γλάστρα και τοποθετήστε τα δύο κομμάτια. Σημαδέψτε έτσι ώστε να ξεχωρίζετε τα δύο δείγματα.

3. Σκεπάστε καλά με το χώμα καλύπτοντας τα λακκάκια.

4. Μετά από τρεις μήνες ξεθάψτε τα θαμμένα κομματάκια από τις δύο σακούλες. Συμπληρώστε τον πίνακα που ακολουθεί.

Δείγματα	**Υλικό κατασκευής**	**Παρατηρήσεις**
Δείγμα 1		
Δείγμα 2		

5. Προσπαθήστε να εξηγήσετε τη χημική διαδικασία της βιοαποδόμησης. Ποια είναι τα προϊόντα της βιοαποδόμησης (*διοξείδιο του άνθρακα, νερό και βιομάζα*); Συσχετίστε με την αρχική πρώτη ύλη.

6. Συζητήστε και καταγράψτε τα προβλήματα που δημιουργούνται στους χώρους εδαφικής διάθεσης των στερεών αποβλήτων (χωματερές) από τις πλαστικές σακούλες. Συγκρίνετε με τις σακούλες από άμυλο. Προσπαθήστε να σχεδιάσετε τον κύκλο ζωής μιας πλαστικής σακούλας και μιας σακούλας από άμυλο.

Μέρος Γ΄: Εκστρατεία για την υιοθέτηση της οικολογικής σακούλας



Οι μαθητές χωρίζονται σε τρεις ομάδες και κάθε ομάδα ακολουθεί την πιο κάτω πορεία.

1. Διαβάστε προσεκτικά το κείμενο που ακολουθεί:

Μετά το Παρίσι, το Σαν Φρανσίσκο αλλά και την Ιρλανδία όπου η κυβέρνηση επέβαλε φόρο 0,15 ευρώ σε κάθε πλαστική σακούλα που πωλείται με αποτέλεσμα τη μείωση κατά 90% της χρήσης πλαστικών σακουλών μίας χρήσης, την Ουγκάντα και το Μπαγκλαντές, μεταξύ πολλών άλλων χωρών, η Αυστραλία ξεκίνησε επίσημα την αντίστροφη μέτρηση κατά της πλαστικής σακούλας. Ο υπουργός Περιβάλλοντος, κ. Πίτερ Γκάρετ, επιβεβαίωσε την πληροφορία ότι εντός ενός έτους θα ληφθούν μέτρα. Η κυβέρνηση, μάλιστα, εξετάζει ή να βάλει φόρο στην χρήση της πλαστικής σακούλας ή να την απαγορεύσει εντελώς. Στην Ουγκάντα τα χρήματα που εξοικονομούνται από αυτήν την αντιαισθητική και επιβλαβή σπατάλη, μπαίνουν σε ένα ταμείο για την ενίσχυση της εκπαίδευσης των απόρων παιδιών. Το Σαν Φραντσίσκο άλλωστε έγινε από τον περασμένο Μάρτιο η πρώτη αμερικανική πόλη που απαγόρευσε τη χρήση μη βιοδιασπώμενων πλαστικών τσαντών από τα μεγάλα σούπερ - μάρκετς. Επίσης η πολιτεία της Καλιφόρνια ενεργοποίησε απόν περασμένο Ιούλιο νόμο που ενθαρρύνει προγράμματα επαναχρησιμοποίησης πλαστικών τσαντών στα μεγάλα καταστήματα. Σύμφωνα με το CNN, η Κίνα ενεργοποίησε απαγορεύσεις κατά των δωρεάν πλαστικών σακουλών από την περασμένη Τετάρτη 9 Ιανουαρίου του 2008. Οι απαγορεύσεις θα ξεκινήσουν από την 1η Ιουνίου, ενώ θα αφορούν και όλους τους δημόσιους χώρους, τους σταθμούς μέσων συγκοινωνίας και τις περιοχές φυσικού κάλλους. Τα καταστήματα έχουν ήδη λάβει οδηγίες να κοστολογούν με διαφάνεια τις πλαστικές σακούλες και να ανακοινώνουν την τιμή τους χωριστά, όχι να καλύπτουν το κόστος τους μέσα στις τιμές των άλλων προϊόντων. Οι καταναλωτές ενθαρρύνονται να έχουν μαζί τους υφασμάτινες τσάντες ή καλάθια. Διεθνείς περιβαλλοντικοί οργανισμοί, όπως η Greenpeace και το Worldwatch , επαίνεσαν την πρωτοβουλία αυτή της Κίνας, η οποία σημειωτέον ότι καταναλώνει περίπου 3 δισεκατομμύρια πλαστικές σακούλες την ημέρα. Σύμφωνα με αξιωματούχους της Κινεζικής κυβέρνησης, η κίνηση αυτή εξοικονομεί τεράστια ποσά στο κράτος, εκτός από το μεγάλο περιβαλλοντικό όφελος, όπως συνέβη και με άλλες χώρες (Νότια Αφρική, Ουγκάντα, Μπαγκλαντές), τα οποία κατήργησαν τις πλαστικές σακούλες κατά τα περασμένα χρόνια.

ΠΗΓΗ: http://www.ecocrete.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=4441&Itemid=82

Σημειώστε τα μέτρα που έχουν λάβει κάποιες κυβερνήσεις και δημοτικές αρχές κατά της χρήσης της πλαστικής σακούλας.

_____

_____

_____

2. Ο Δήμος Αθηναίων υπέγραψε μνημόνιο συνεργασίας με τα Σούπερ Μάρκετς για την σταδιακή κατάργηση της πλαστικής σακούλας. Αναζήτησε ποιοι άλλοι δήμοι έχουν προχωρήσει σε αντίστοιχη πρωτοβουλία.



3. Ο δήμαρχος της πόλης που κατοικείται σας αναθέτει μια εκστρατεία ενημέρωσης για τις βιοδιασπώμενες σακούλες.

Α) Σχεδιάστε μια σχετική διαφημιστική αφίσα.

Β) Ετοιμάστε ένα σχετικό διαφημιστικό ραδιοφωνικό σποτ.

Γ) Ετοιμάστε ένα ενημερωτικό φυλλάδιο το οποίο θα διανεμηθεί στους δημότες.

◊ **Συμπληρωματική δραστηριότητα 1:** «Πόσο εύκολη είναι από οικονομικής απόψεως η αντικατάσταση της πλαστικής σακούλας;»



Στόχος της δραστηριότητας: οι μαθητές.....

✓ Να ερευνήσουν από οικονομικής απόψεως την δυνατότητα αντικατάστασης της πλαστικής σακούλας

Οι μεγάλες σακούλες απορριμμάτων από άμυλο κοστίζουν περίπου 7,5 Ευρώ το πακέτο. Κάθε πακέτο περιέχει 10 σακούλες. Αντίστοιχα οι πλαστικές σακούλες απορριμμάτων κοστίζουν περίπου 1,6 Ευρώ το πακέτο. Υπολόγισε το κόστος ανά μονάδα για κάθε κατηγορία. Προσπάθησε να έρθεις σε επαφή με τον υπεύθυνο του τμήματος προμηθειών του δήμου σου. Συζήτησε μαζί του πόσο εφικτή είναι για τον προϋπολογισμό των δήμων η προμήθεια των αμυλοβασισμένων σακουλών για τα δημοτικά απορρίμματα. Κατάγραψε τα συμπεράσματα σου.

Πρόταση ένταξης της δραστηριότητας στο αναλυτικό πρόγραμμα

Η δραστηριότητα με τίτλο: «Σακούλες από άμυλο και με....οικολογική συνείδηση: Η λύση στο πρόβλημα της πλαστικής σακούλας» θα μπορούσε με τροποποιήσεις να ενταχθεί ως ενδεικτική διαθεματική στην τρίτη στήλη του αναλυτικού προγράμματος της χημείας Β' Γυμνασίου αφού εξυπηρετεί κάποιους από τους στόχους της Γενικής ενότητας 4: Έδαφος-Υπέδαφος -Θεματική ενότητα: Ρύπανση του εδάφους, έτσι όπως αναφέρονται στο ΑΠΣ.

Επιπλέον, η δραστηριότητα θα μπορούσε να εκτελεστεί αυτούσια ή τροποποιημένη στα πλαίσια των προτεινόμενων διαθεματικών σχεδίων εργασίας που υπάρχουν στο Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών (Δ.Ε.Π.Π.Σ) και ειδικότερα στα παρακάτω:

- Β΄ Γυμνασίου Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας- Θέμα: Η επιβάρυνση του περιβάλλοντος.
- Β΄ Γυμνασίου Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας- Θέμα: Ανακύκλωση
- Γ΄ Γυμνασίου Δ.Ε.Π.Π.Σ Χημείας- Θέμα: Το πετρέλαιο
- Δ.Ε.Π.Π.Σ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ -Μελέτη κατά περίπτωση με θέμα: Η διαχείριση των απορριμμάτων της περιοχής μου.

Επιπλέον, στα πλαίσια της Ευέλικτης Ζώνης για το Γυμνάσιο η δραστηριότητα θα μπορούσε να ενταχθεί με τροποποιήσεις στις παρακάτω θεματικές περιοχές που περιέχονται στο ΔΕΠΠΣ Ευέλικτης Ζώνης:

- Επιστήμη και Καθημερινή ζωή : Εφαρμογές Φυσικών, Κοινωνικών Επιστημών
- Οργάνωση της ζωής, υγιεινή, λειτουργικότητα και αισθητική της κατοικίας, διατροφή - Θέματα Καταναλωτή με έμφαση σε θέματα Καταναλωτή.

Βιβλιογραφία

- Κατσαρός, Ν. (2007). Φωτο-Βιοαποικοδομήσιμα Πλαστικά, *Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συμποσίου Πράσινη Χημεία και Βιώσιμη Ανάπτυξη,* 8-10 Μαρτίου, Πάτρα.
- Ματσαγγούρας, Η. (2002). *Οδηγός σχεδίων εργασίας για τον εκπαιδευτικό*, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα.
- Βαρνάβα- Σκούρα Τζ., Διαθεματική προσέγγιση στη διδασκαλία, Ελληνική Ψυχολογική Εγκυκλοπαίδεια, Ελληνικά Γράμματα.
- Εφημερίδα Καθημερινή, http://news.kathimerini.gr/4dcgi/_w_articles_columns_1_29/02/2008_261096, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Ecocrete,http://www.ecocrete.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=4441&Itemid=82, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- ERTon line Nature, http://www.ert.gr/nature/poiotita-zois/plastiki-sakoula-.-telos.htm, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Website e-ecology, http://www.e-ecology.gr/DiscView.asp?mid=918&forum_id=3 (περιέχει πληροφορίες που βοηθούν στις δραστηριότητες), Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.

- Mediterranean Information Office for Environment, Culture and Sustainable Development, http://www.mio-ecsde.org/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- American Chemistry, Plastic Division, http://www.americanchemistry.com/plastics/sec_content.asp?CID=1593&DID=6056, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικής-Χημείας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Περιβαλλοντικής, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/31depps_Peribalontikis.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικών Επιστημών, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/21depps%20Fisikon%20Epistimon.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/17deppsaps_OikiakisOikonomias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Ευέλικτης Ζώνης, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 28depps_EveliktiZoni.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Βιολογίας, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 22deppsaps_Biologias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf



Φτιάχνοντας κόλλα από γάλα!

Εισαγωγή



Τα λίπη και έλαια φυτικής και ζωικής παραγωγής θεωρούνται από τις πιο σημαντικές ανανεώσιμες πρώτες ύλες που χρησιμοποιεί η χημική βιομηχανία. Η καζεΐνη είναι η πρωτεΐνη του γάλατος. Βρίσκεται σε αυτό με την μορφή διαλυτού άλατος ασβεστίου και καταβυθίζεται με την προσθήκη οξέος.

Η καζεΐνη από τα απόβλητα της γαλακτοβιομηχανίας χρησιμοποιείται για την παρασκευή συγκολλητικών και υλικών επικόλλησης, προστατευτικών επιχρισμάτων και μεμβρανών, πλαστικών (όπως χερούλια μαχαιριών και βελόνες πλεξίματος), υφασμάτων και διατροφικών πρόσθετων.

Στόχοι της δραστηριότητας: οι μαθητές...

- ✓ Να γνωρίσουν κάποιες από τις αρχές της πράσινης χημείας
- ✓ Να κατανοήσουν τον τρόπο χρήσης των ανανεώσιμων πρώτων υλών και την χρησιμότητα τους στην καθημερινή τους ζωή.
- ✓ Να αποκτήσουν επιδεξιότητα στην πραγματοποίηση απλών πειραμάτων
- ✓ Να εξετάσουν τον τρόπο σχηματισμού ενός νέου προϊόντος μέσω μιας χημικής αντίδρασης και να εξηγούν με όρους χημείας τη χημική διαδικασία παρασκευής της κόλλας από γάλα
- ✓ Να αναπτύξουν πνεύμα συνεργασίας και ομαδικότητας.

Ενδεικτική διάρκεια δραστηριότητας: 1 ώρα	**Αρχές της Πράσινης Χημείας που θίγονται** • Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών • Ασφάλεια • Μείωση της ρύπανσης

- Μαθητές: Γυμνασίου-Λυκείου
- Σχετιζόμενα μαθήματα: Χημεία, Περιβαλλοντική εκπαίδευση

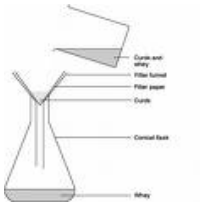
Λέξεις-κλειδιά: απόβλητα γαλακτοβιομηχανίας, καζείνη, συγκολλητικά

Υλικά /Όργανα



100 ml γάλα με χαμηλά λιπαρά, 25 ml ξύδι, μικροποσότητες βάσεων (όξινο ανθρακικό νάτριο, ανθρακικό μαγνήσιο, ανθρακικό ασβέστιο, γάλα μαγνησίας), ράβδο ανάδευσης, σπάτουλα, 2 ογκομετρικούς κυλίνδρους των 100 και 25 ml, 2 ποτήρια ζέσεως των 100 και 250 ml, λύχνο Bunsen, μεταλλικό πλέγμα, τρίποδας, διηθητικό χωνί και χαρτί, πεχαμετρικό χαρτί, λεπτές πλαστικές ράβδους.

Πορεία εργασίας



Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες των τριών ατόμων. Κάθε ομάδα εκτελεί την παρακάτω διαδικασία.

1.Τοποθετήστε 100 ml γάλα και 20 ml ξύδι μέσα σε ένα ποτήρι ζέσεως και θερμάνετε με τον λύχνο Bunsen. Αναδεύστε σταθερά μέχρι να αρχίσουν να σχηματίζονται μικροί σβώλοι. Σταματήστε την θέρμανση, αλλά συνεχίστε την ανάδευση μέχρι να σταματήσει ο σχηματισμός επιπλέον σβώλων.

2.Αφήστε τους σβώλους να ηρεμήσουν και αποχύστε το υγρό που υπερκάθεται. Διηθήστε το υπόλοιπο μίγμα και κρατήστε το στερεό τμήμα (πήγματα). Συμπιέστε προσεκτικά τα πήγματα ώστε να φύγει κάθε περίσσεια υγρού. Ξεπλύνετε το ποτήρι ζέσεως.

3. Τοποθετήστε το υλικό του ηθμού (πήγματα) σε ένα ποτήρι ζέσης. Προσθέστε 15 ml νερού και αναδεύστε μέχρι το μίγμα να γίνει λείο.

4.Προσθέστε μικρή ποσότητα βάσης (περίπου μισή σπάτουλα) και ελέγξτε με πεχαμετρικό χαρτί εάν το μίγμα είναι ουδέτερο. Εάν δεν είναι ουδέτερο, προσθέστε περισσότερη βάση μέχρι το μίγμα να ουδετεροποιηθεί. Αυτό που παρασκευάσατε είναι η κόλλα.

5. Χρησιμοποιήστε την κόλλα για να κολλήσετε δύο πλαστικές λεπτές ράβδους.

Παρατηρήσεις: *Το αποβουτυρωμένο γάλα δίνει τις καλύτερες κόλλες.*

Μέτρα Προφύλαξης

Γάντια και γυαλιά

↳ Οι χρησιμοποιούμενες βάσεις είναι ερεθιστικές για τα μάτια και το δέρμα. Σε περίπτωση επαφής με το δέρμα ή τα μάτια χρειάζεται πλύσιμο με νερό και ιατρική συμβουλή.

↳ Προσοχή στα εγκαύματα.

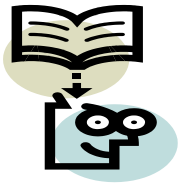


◊ **Συμπληρωματική δραστηριότητα 1: «Ποιος θα φτιάξει την πιο ισχυρή κόλλα»**

Στόχος της δραστηριότητας: οι μαθητές.....

✓ Να αναπτύξουν πνεύμα υγιούς ανταγωνισμού

Χρησιμοποιώντας διαφορετικές ποσότητες γάλατος και βάσεων η κάθε ομάδα προσπαθήστε να φτιάξετε κόλλες διαφορετικής σύστασης. Ποια ομάδα θα φτιάξει την πιο ισχυρή κόλλα.



Φύλλο εργασίας

1) Ποιες αρχές της πράσινης χημείας εφαρμόζονται στο πείραμα που πραγματοποιήσατε και πως; Εξηγήστε αναλυτικά.

_____

_____

_____

2) Γιατί προσθέσατε ξύδι στο γάλα;

(Για να μετατρέψουμε την καζεΐνη σε μια αδιάλυτη μορφή, τα πήγματα-το ξύδι βοηθά στο διαχωρισμό των πηγμάτων από το υδαρές υπόλοιπο)

_____

_____

_____

3) Γιατί προσθέσατε την βάση; Γράψτε την σχετική αντίδραση εξουδετέρωσης.

(Για να εξουδετερωθεί οποιαδήποτε περίσσεια οξέος)

_____

_____

_____

4) Ποιο αέριο παράγεται κατά την προσθήκη της βάσης; Με ποιον τρόπο μπορείτε να ανιχνεύσετε το παραγόμενο αέριο. Περιγράψτε και γράψτε την αντίδραση που λαμβάνει χώρα.

(το διοξείδιο του άνθρακα-παράγονται φυσαλίδες του αερίου-να το διαβιβάσω μέσα από διάλυμα υδροξειδίου του ασβεστίου)

_____

_____

_____

5) Αναζητήστε πληροφορίες σχετικά με την δομή και τις ιδιότητες της καζεΐνης.

(πρόκειται για φωσφωπρωτείνη αδιάλυτη στο νερό, είναι σχετικά υδροφοβική κλπ)

_____

_____

_____

6) Μπορεί και με ποιον τρόπο να αξιοποιηθεί η εργαστηριακή διαδικασία που ακολουθήσατε για την παραγωγή σε βιομηχανική κλίμακα μεγάλων ποσοτήτων κόλλας; Εξηγήστε.

_____

_____

_____

Πρόταση ένταξης της δραστηριότητας στο αναλυτικό πρόγραμμα

Η δραστηριότητα με τίτλο: «Φτιάχνοντας κόλλα από γάλα!» θα μπορούσε να ενταχθεί ως ενδεικτική διαθεματική στην τρίτη στήλη του αναλυτικού προγράμματος της χημείας Γ' Γυμνασίου αφού εξυπηρετεί κάποιους από τους στόχους της Γενικής ενότητας 3: Η Χημεία του Άνθρακα -Θεματική ενότητα: Ο άνθρακας στις ενώσεις της ζωής έτσι όπως αναφέρονται στο ΑΠΣ.

Η δραστηριότητα μπορεί να εκτελεστεί αυτούσια ή με τροποποιήσεις, κατ' επιλογή του εκάστοτε διδάσκοντα και με διαφοροποιήσεις στην στοχοθεσία (τι θέλει να πετύχει μέσω της δραστηριότητας) στα πλαίσια των προτεινόμενων διαθεματικών σχεδίων εργασίας που υπάρχουν στο Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών (Δ.Ε.Π.Π.Σ) και ειδικότερα στα παρακάτω:

- Β΄ Γυμνασίου Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας- Θέμα: Η επιβάρυνση του περιβάλλοντος.
- Β΄ Γυμνασίου Δ.Ε.Π.Π.Σ Χημείας -Θέμα: Αγροτική παραγωγή

Επιπλέον, στα πλαίσια της Ευέλικτης Ζώνης για το Γυμνάσιο η δραστηριότητα θα μπορούσε να ενταχθεί στις παρακάτω θεματικές περιοχές που περιέχονται στο ΔΕΠΠΣ Ευέλικτης Ζώνης:

- Επιστήμη και Καθημερινή ζωή : Εφαρμογές Φυσικών, Κοινωνικών Επιστημών
- Οργάνωση της ζωής, υγιεινή, λειτουργικότητα και αισθητική της κατοικίας, διατροφή - Θέματα Καταναλωτή

Βιβλιογραφία

- Climent, J. M., A. Corma, S. B.A. Hamid, S. Iborra and M. Mifsud (2006). Chemicals from biomass derived products: synthesis of polyoxyethyleneglycol esters from fatty acid methyl esters with solid basic catalysts, *Green Chem.*, 8, 524-532.
- Gallezot, P. (2007). Process options for converting renewable feedstocks to bioproducts, *Green Chem.*,9, 295-302.
- Γαλανός, Δ. και Ε.Κ. Βουδούρης (1978). *Εισαγωγή εις την εξέτασιν των τροφίμων*, ΕΚΠΑ, Αθήνα, Έκδοση 3η.
- Βαλαβανίδης, Αθ. (2007). *Βασικές Αρχές Υγιεινής και Ασφάλειας σε Χημικά και Βιοχημικά Εργαστήρια. Πληροφορίες για Επικίνδυνες Χημικές Ουσίες*, ΕΚΠΑ.

- Μαρκάκης, Π., Στοιχεία Τεχνολογίας Τροφίμων, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Greening Schools website, http://www.greeningschools.org/docs/IEPA_GC.ppt#595,17,Using Renewable Resources, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Greening Schools website, http://www.greeningschools.org/docs/GluefromMilk.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Royal Society of Chemistry, http://www.rsc.org/Education/Teachers/Resources/Inspirational/resources/3.4.2.doc, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Practical Chemistry website, http://www.practicalchemistry.org/experiments/enhancement/fun-experiments/developing-a-glue,140,EX.html, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Straus Family Creamery, http://www.strausfamilycreamery.com, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικής-Χημείας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Περιβαλλοντικής, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/31depps_Peribalontikis.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικών Επιστημών, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/21depps%20Fisikon%20Epistimon.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/17deppsaps_OikiakisOikonomias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Ευέλικτης Ζώνης, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 28depps_EveliktiZoni.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Βιολογίας, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 22deppsaps_Biologias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας

πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf

- SIRI MSDS Index**,** http://www.hazard.com/msds/index.php (δελτία δεδομένων ασφαλείας για τα χρησιμοποιούμενα αντιδραστήρια της δραστηριότητας), Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.



Νάυλον από φυτικές πρώτες ύλες

Εισαγωγή

Το νάυλον είναι ένα συνθετικό πολυμερές με μεγάλο εύρος εφαρμογών. Για την παραγωγή του νάυλον χρησιμοποιείται το αδιπικό οξύ. Η παγκόσμια παραγωγή του σε ετήσια βάση ανέρχεται σε 1,9 εκατομμύρια τόνους. Το αδιπικό οξύ παράγεται από το βενζόλιο, γνωστή καρκινογόνο ουσία και προϊόν του πετρελαίου.

Πρόσφατα ξεκίνησε η παραγωγή αδιπικού οξέος με πρώτη ύλη την γλυκόζη η οποία προέρχεται από φυτικές πρώτες ύλες. Στη νέα διαδικασία χρησιμοποιούνται ένζυμα που έχουν παραχθεί από γενετικά τροποποιημένα βακτήρια για την μετατροπή της γλυκόζης σε αδιπικό οξύ, χωρίς την χρήση επικίνδυνων τοξικών ουσιών. Ο μοναδικός διαλύτης που χρησιμοποιείται είναι το νερό. Το αδιπικό οξύ χρησιμοποιείται επίσης και για την παρασκευή άλλων υλικών όπως, λιπαντικών, πολυουρεθάνης και πλαστικοποιητών.

Στόχοι της δραστηριότητας: οι μαθητές...

- ✓ Να αποκτήσουν θετική στάση για την χρήση της βιομάζας ως αρχικής πρώτης ύλης.
- ✓ Να κατανοήσουν τα προβλήματα και τους κινδύνους που ενέχει η παραδοσιακή σύνθεση του αδιπικού οξέος.
- ✓ Να αντιληφθούν τον τρόπο εφαρμογής κάποιων αρχών της πράσινης χημείας
- ✓ Να εκτιμήσουν την συνεισφορά των τεχνικών της πράσινης χημείας στην περιβαλλοντική προστασία
- ✓ Να ευαισθητοποιηθούν σχετικά με τα περιβαλλοντικά οφέλη της εναλλακτικής σύνθεσης του αδιπικού οξέος.
- ✓ Να αναπτύξουν δεξιότητες γραπτής έκφρασης και επιχειρηματολογίας

Ενδεικτική διάρκεια δραστηριότητας: 2 διδακτικές ώρες	**Αρχές της Πράσινης Χημείας που θίγονται** • Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών • Ασφαλέστεροι διαλύτες και βοηθητικά μέσα • Λιγότερο επικίνδυνες χημικές συνθέσεις • Ασφαλέστερη χημεία για πρόληψη ατυχημάτων • Σχεδιασμός για αποδόμηση
• Μαθητές: Γυμνασίου-Λυκείου • Σχετιζόμενα μαθήματα: Χημεία, Περιβαλλοντική εκπαίδευση, Τεχνολογία	

Λέξεις-κλειδιά: νάυλον, πετρέλαιο, βιομάζα, αδιπικό οξύ, ασφάλεια



Υλικά /Όργανα

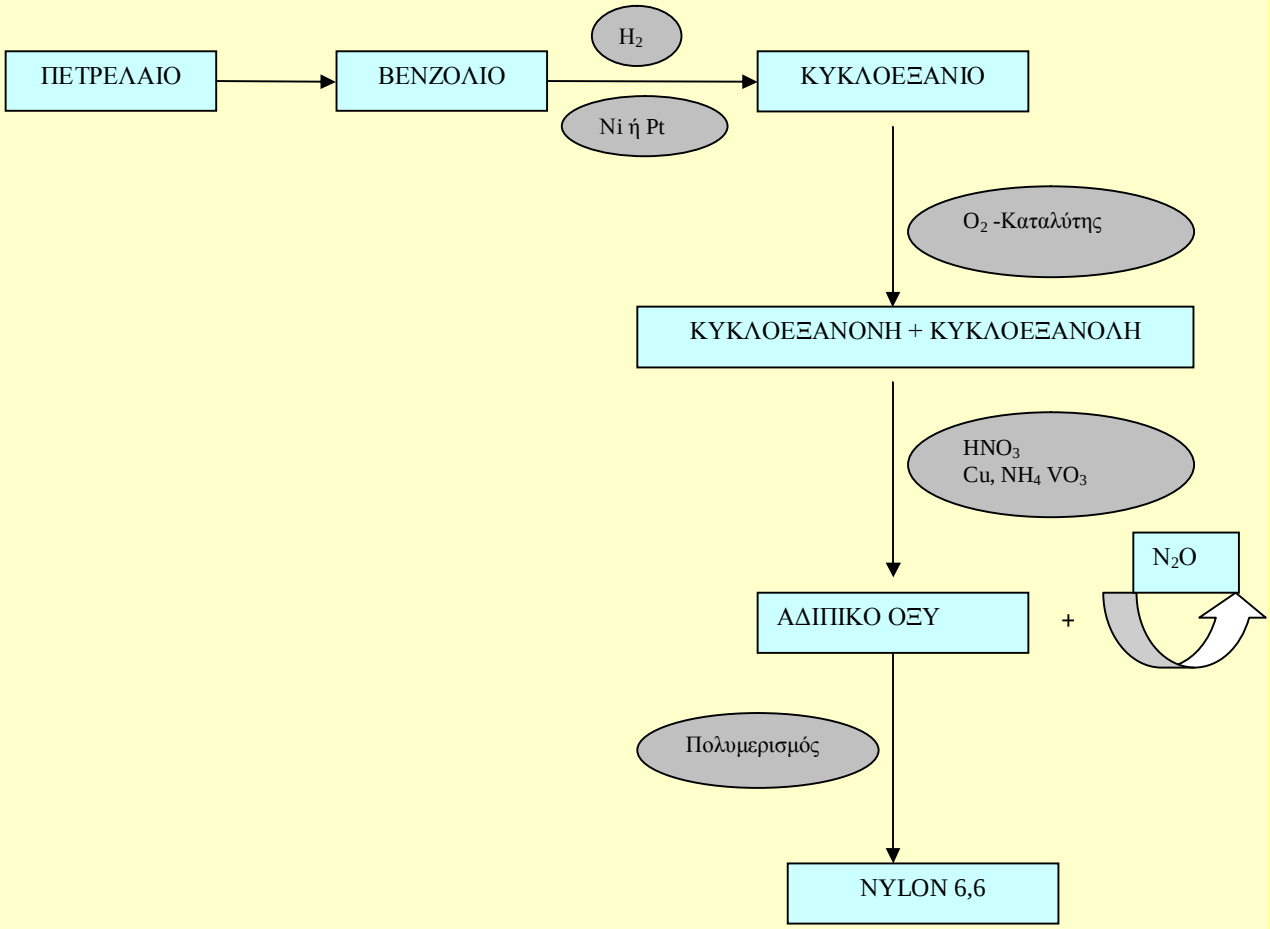
Σημειωματάριο/ Μολύβι ή στυλό/ Ηλεκτρονικός υπολογιστής-Σύνδεση στο διαδίκτυο

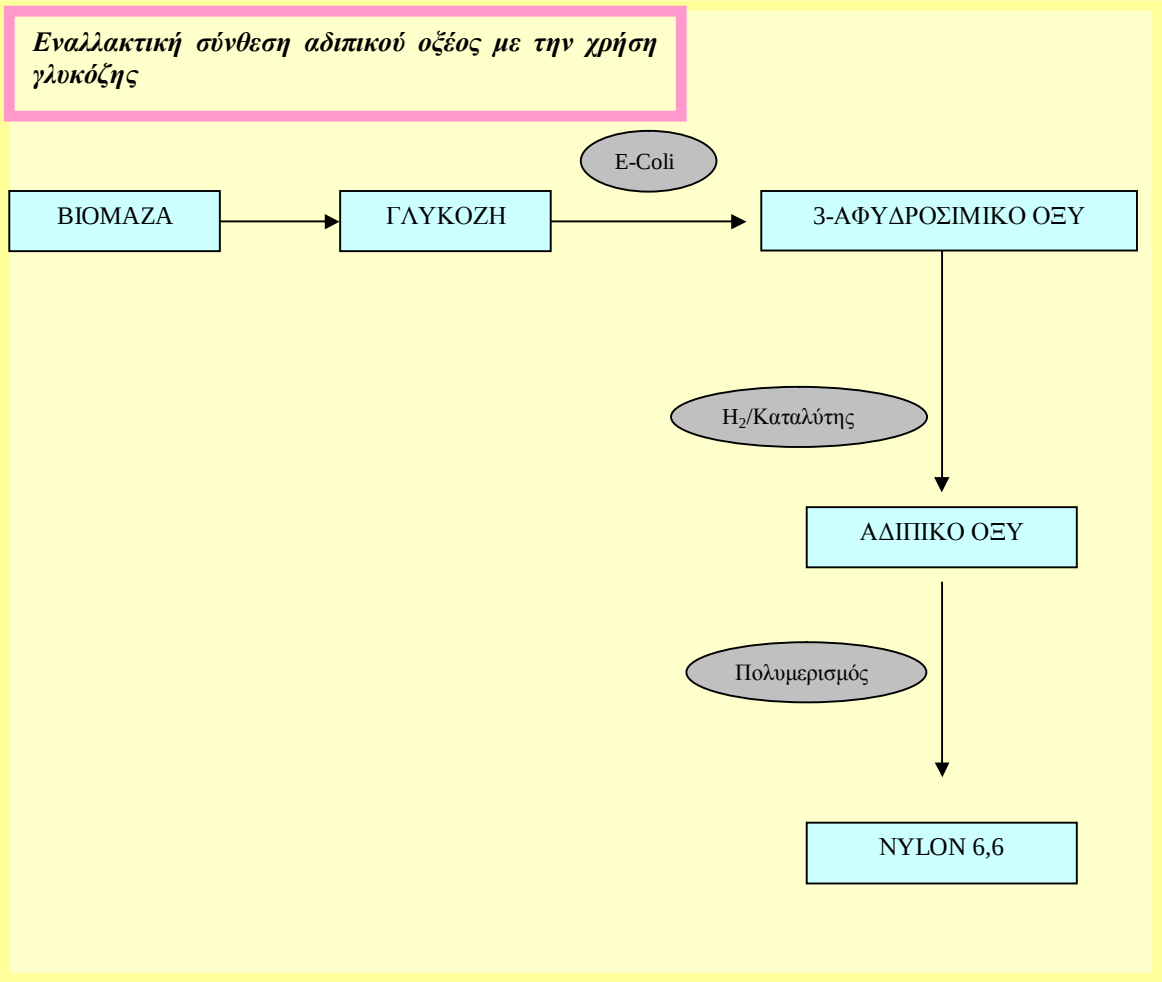
Πορεία εργασίας



1. Μελετήστε με προσοχή τις δύο πορείες σύνθεσης του αδιπικού οξέος που δίνονται στην συνέχεια.

Παραδοσιακή σύνθεση αδιπικού οξέος με την χρήση βενζολίου





2. Με βάση τις δύο συνθετικές πορείες που μελετήσατε συμπληρώστε τους πίνακες Α και Β που ακολουθούν.

Α

Μέθοδος	Πρώτη ύλη	Ανανεώσιμη	Μη Ανανεώσιμη
Παραδοσιακή σύνθεση αδιπικού οξέος			
Εναλλακτική σύνθεση αδιπικού οξέος			

B

Μέθοδος	Χρησιμοποιούμενα αρχικά υλικά/αντιδραστήρια/διαλύτες	Επικίνδυνα	Μη Επικίνδυνα
Παραδοσιακή σύνθεση αδιπικού οξέος			
Εναλλακτική σύνθεση αδιπικού οξέος			

3. α) Σημειώστε το αέριο που παράγεται κατά την παραδοσιακή σύνθεση του αδιπικού οξέος.

_____

β) Λαμβάνοντας υπόψη σας την παραγωγή αυτού του αερίου κατά την παραδοσιακή σύνθεση του αδιπικού οξέος και αφού μελετήσετε προσεκτικά τον παρακάτω πίνακα να συνοψίσετε το συμπέρασμα που καταλήγετε.

Αέριο	Συνεισφορά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (%)
Διοξείδιο του άνθρακα	*55*
Χλωροφθοράνθρακες	*12*
Μεθάνιο	*14*
Υποξείδιο του αζώτου	*8*
Όζον και άλλα αέρια	*11*

Συμπεραίνω ότι:

_____

_____

_____

4. Στην πρώτη στήλη αναγράφονται οι πέντε αρχές της πράσινης χημείας που εφαρμόζονται μέσα από την εναλλακτική σύνθεση του αδιπικού οξέος. Αντιστοιχίστε με τη δεύτερη στήλη.

1) Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών	α)Με την χρήση της γλυκόζης ελαχιστοποιείται η χρήση αντιδραστηρίων αυξημένης τοξικότητας.
2) Ασφαλέστεροι διαλύτες και βοηθητικά μέσα	β) Το Nylon που προκύπτει από την γλυκόζη αποδομείται μετά το τέλος ζωής του.
3) Λιγότερο επικίνδυνες χημικές συνθέσεις	γ) Χρησιμοποιώντας την γλυκόζη ως πρώτη ύλη αποφεύγεται η χρήση βενζολίου, το οποίο είναι τοξική ουσία και η έκθεση των εργαζομένων σε αυτό αυξάνει τις πιθανότητες εκδήλωσης λευκαιμίας.
4) Ασφαλέστερη χημεία για πρόληψη ατυχημάτων	δ) Η γλυκόζη που προέρχεται από φυτικές ύλες αποτελεί άριστη πρώτη ύλη για την παρασκευή του αδιπικού οξέος
5) Σχεδιασμός αποικοδομήσιμων υλικών	ε)Η χρήση βενζολίου στην παραδοσιακή σύνθεση είναι πιθανόν να προκαλέσει ατυχήματα λόγω της πτητικότητας του σε αντίθεση με την εναλλακτική σύνθεση του.

1)_(δ)___ 2) _(α)__ 3)___(γ) 4)_(ε)___ 5) _(β)___

5. Το δελτίο δεδομένων ασφαλείας αποτελεί έγγραφο με όλες τις απαραίτητες πληροφορίες προκειμένου ο χρήστης μιας χημικής ουσίας να ενημερωθεί σχετικά με την επικινδυνότητα της. Περιέχει οδηγίες για την ασφαλή χρήση, μεταφορά και απόρριψη του προϊόντος. Επίσης περιέχει πληροφορίες για την αντιμετώπιση ατυχημάτων. Αναζητήστε στο διαδίκτυο τα δελτία δεδομένων ασφαλείας για το βενζόλιο και το νιτρικό οξύ. Πως χαρακτηρίζονται και ταξινομούνται οι δύο αυτές χημικές ενώσεις; Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα.

Χημική ουσία	Επικινδυνότητα Φράσεις κινδύνου	Σήμανση
Βενζόλιο		
Νιτρικό οξύ		

6. Προσπαθήστε με γραπτή και συνοπτική αναφορά να εξηγήσετε και να πείσετε έναν σύμβουλο βιομηχανίας παραγωγής αδιπικού οξέος για όλες τις συνέπειες της παραδοσιακής σύνθεσης του παραθέτοντας παράλληλα τα οφέλη της εναλλακτικής σύνθεσης από βιομάζα. Προσπαθήστε να του δώσετε κίνητρα για την χρήση βιομάζας. «Δελεάστε» τον με οικονομικά οφέλη που ενδεχομένως να έχει (ενδεχόμενες φοροαπαλλαγές κλπ).

_____

_____

_____

7. Απαριθμήστε κάποιες από τις χρήσεις του νάιλον στην καθημερινή σας ζωή.



_____

_____

_____



Πρόταση ένταξης της δραστηριότητας στο αναλυτικό πρόγραμμα

Η δραστηριότητα με τίτλο: «Νάυλον από φυτικές πρώτες ύλες» θα μπορούσε να εκτελεστεί τροποποιημένη με προσαρμογές και έμφαση στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στα πλαίσια των προτεινόμενων διαθεματικών σχεδίων εργασίας που υπάρχουν μέσα στο Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών (Δ.Ε.Π.Π.Σ) και ειδικότερα στα παρακάτω:

- Γ΄ Γυμνασίου Δ.Ε.Π.Π.Σ Χημείας- Θέμα :Όξινη βροχή
- Δ.Ε.Π.Π.Σ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ- Σχέδιο εργασίας με θέμα: Η προστασία της ατμόσφαιρας-Κλιματικές αλλαγές.

Επιπλέον, στα πλαίσια της Ευέλικτης Ζώνης για το Γυμνάσιο η δραστηριότητα θα μπορούσε να ενταχθεί με διάφορες προσαρμογές στις θεματικές περιοχές που περιέχονται στο ΔΕΠΠΣ Ευέλικτης Ζώνης:

- Επιστήμη και Καθημερινή ζωή : Εφαρμογές Φυσικών, Κοινωνικών Επιστημών
- Οργάνωση της ζωής, υγιεινή, λειτουργικότητα και αισθητική της κατοικίας, διατροφή - Θέματα Καταναλωτή επικεντρώνοντας σε θέματα καταναλωτή.

Βιβλιογραφία

- Cann, C. M. and M. E. Connelly (2000). *Real- World Cases in Green Chemistry*, American Chemical Society, ISBN 0-8412-3733-6.
- Draths, K. M.; Frost, J. W. (1994). Environmentally Compatible Synthesis of Adipic Acid from D-Glucose. *J. Am. Chem. Soc.*, 116, 399-400.
- Tundo P., Zecchini F. (2007). The Global Climate Change, English version of the OP2 book above IUPAC project no. TGC 2005-015-1-300 “Global Climate Change” - Translation of a monograph for secondary schools, INCA & IUPAC, Venice.
- Woods Hole Research Center, Global Carbon Cycle, http://www.whrc.org/science/carbon/carbon.htm, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Μάιος 2009.
- MEDIES: The Mediterranean Education Initiative for the Environment and Sustainability http://www.medies.net/staticpages/index.php?page=intheclass, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Εργαλειοθήκη της Ενεργού Μάθησης, Ευρωπαϊκό έργο με τίτλο “Ενσωμάτωση της Ενεργού Μάθησης και της Ενεργειακής Παρακολούθησης στα προγράμματα σπουδών

των Σχολείων, Χρηματοδοτικό εργαλείο: Πρόγραμμα Ευφυής Ενέργεια για την Ευρώπη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, http://www.teachers4energy.eu, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.

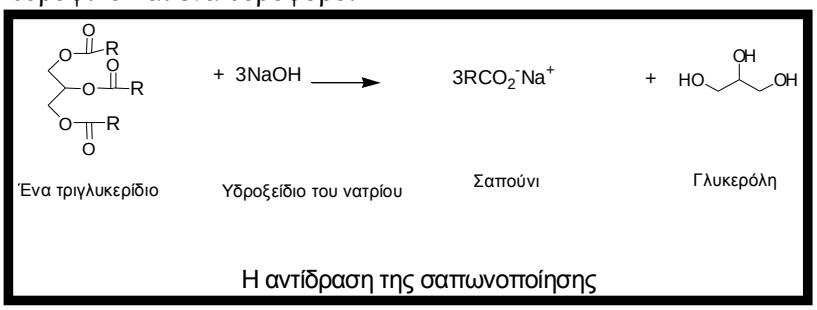
- FEEDU-project, Ευρωπαϊκό έργο χρηματοδοτούμενο από το Χρηματοδοτικό εργαλείο: Πρόγραμμα Ευφυής Ενέργεια για την Ευρώπη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής http://www.feedu.org/educational.php#a, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικής-Χημείας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Περιβαλλοντικής, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/31depps_Peribalontikis.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικών Επιστημών, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/21depps%20Fisikon%20Epistimon.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/17deppsaps_OikiakisOikonomias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Ευέλικτης Ζώνης, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 28depps_EveliktiZoni.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Βιολογίας, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 22deppsaps_Biologias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf
- SIRI MSDS Index**,** http://www.hazard.com/msds/index.php (δελτία δεδομένων ασφαλείας για τα χρησιμοποιούμενα αντιδραστήρια της δραστηριότητας), Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.



Σαπούνι: Ένα καταναλωτικό προϊόν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες

Εισαγωγή

Το σαπούνι αποτελεί ένα προϊόν ευρείας κατανάλωσης, του οποίου η χρήση γενικεύτηκε μόλις τον 18^{ο} αιώνα. Ωστόσο, η ύπαρξη του σαπουνιού είναι γνωστή τουλάχιστον από το 600 π.Χ. Τότε, οι Φοίνικες παρασκεύασαν ένα πηκτό υλικό βράζοντας λίπος αιγοπροβάτων με υπολείμματα στάχτης ξύλου. Από χημικής απόψεως το σαπούνι είναι ένα μίγμα από άλατα νατρίου ή καλίου λιπαρών οξέων με μακριές ευθείες ανθρακικές αλυσίδες, που σχηματίζονται κατά την αλκαλική υδρόλυση (σαπωνοποίηση) φυτικών ελαίων ή ζωικών λιπών. Μέχρι τα μέσα του 19^{ου} αιώνα, ως πηγή αλκαλίων χρησίμευε η στάχτη των ξύλων, μέχρι που το NaOH άρχισε να καθίσταται εμπορικά διαθέσιμο. Η χημική σύσταση όλων των σαπουνιών είναι κατά βάση η ίδια. Οι αντιρρυπαντικές ιδιότητες, των σαπουνιών οφείλονται στα διαφορετικά του άκρα: ένα υδρόφιλο και ένα υδρόφοβο.



Η αντίδραση της σαπωνοποίησης

Στόχοι της δραστηριότητας: οι μαθητές...

- ✓ Να γνωρίσουν κάποιες από τις αρχές της πράσινης χημείας
- ✓ Να αντιληφθούν ότι το σαπούνι παρασκευάζεται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες
- ✓ Να αναγνωρίζουν τις ανανεώσιμες πρώτες ύλες από τις οποίες παρασκευάζεται το σαπούνι
- ✓ Να κατανοήσουν τη διαδικασία της σαπωνοποίησης και την καθαριστική δράση του σαπουνιού

- ✓ Να ευαισθητοποιηθούν σε θέματα ανακύκλωσης και να υποκινηθούν για συμμετοχή σε προγράμματα ανακύκλωσης
- ✓ Να κατανοήσουν ότι οι ανανεώσιμες πρώτες ύλες πρέπει να χρησιμοποιούνται με υπεύθυνο και βιώσιμο τρόπο
- ✓ Να συνθέτουν πληροφορίες ώστε να καταλήγουν σε συμπεράσματα και προτάσεις
- ✓ Να αναπτύξουν ικανότητα προφορικής και γραπτής έκφρασης

Ενδεικτική διάρκεια δραστηριότητας: 2 διδακτικές ώρες • Μαθητές: Γυμνασίου-Λυκείου • Σχετιζόμενα μαθήματα: Χημεία, Τεχνολογία, Ιστορία, Οικιακή Οικονομία, Μαθηματικά, Περιβαλλοντική Εκπαίδευση	**Αρχές της Πράσινης Χημείας που θίγονται** • Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών • Σχεδιασμός για αποικοδόμηση • Πρόληψη της ρύπανσης

Λέξεις-κλειδιά: σαπούνι, φυτικά έλαια, βιοαποδόμηση, ανανεώσιμες πρώτες ύλες, αλόγιστη χρήση

Υλικά /Όργανα



Ζητάμε από τους μαθητές να φέρουν διάφορα είδη σαπουνιού που κυκλοφορούν στο εμπόριο. Φωτοτυπίες ή διαφάνειες για επίδειξη των φωτογραφιών, μολύβι, ηλεκτρονικό υπολογιστή, πρόσβαση στο διαδίκτυο.

Πορεία εργασίας

1. Παρατηρήστε τις παρακάτω εικόνες και απαντήστε στην ερώτηση που σας τίθεται. Στην συνέχεια διαβάστε το ακόλουθο κείμενο και συζητήστε το με τους συμμαθητές σας:



Όλα χρησιμοποιούνται για την παρασκευή σαπουνιού εκτός από ένα! Ποιο;

Το φοινικέλαιο και το λάδι από καρύδα χρησιμοποιούνται συχνά για την παρασκευή σαπουνιού. Είναι φυτικά έλαια. Το σαπούνι παρασκευάζεται και από ζωικά λιπαρά,, ωστόσο δεν αποτελεί πολύ κοινή διαδικασία.

2. Εντοπίστε και καταγράψτε τα φυτικά έλαια που περιέχονται και αναγράφονται στις συσκευασίες των σαπουνιών που φέρατε από το σπίτι σας.

Συσκευασίες	Φυτικά έλαια

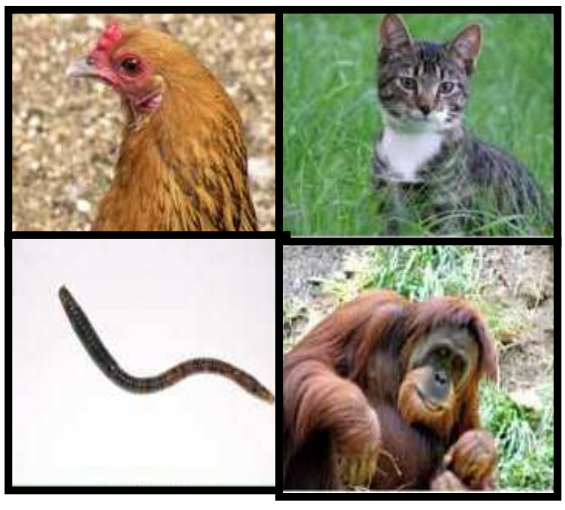
3. Τα φυτικά έλαια είναι ένα παράδειγμα ανανεώσιμων πρώτων υλών. Χρησιμοποιούνται για την παραγωγή διαφόρων χημικών ειδών. Παρατηρήστε τις παρακάτω εικόνες και απάντησε στην ερώτηση. Στην συνέχεια διαβάστε το ακόλουθο κείμενο και συζητήστε το με τους συμμαθητές σας:



Ποιο δεν αποτελεί ανανεώσιμη πρώτη ύλη;

Τα ορυκτά καύσιμα χρειάζονται χρόνια για να σχηματιστούν. Προέρχονται από οργανική φυτική και ζωική ύλη που θάφτηκε πριν από εκατομμύρια χρόνια, ενδεχομένως και πριν την εποχή των δεινοσαύρων. Τα περισσότερα χημικά κατασκευάζονται από μη ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Είναι λοιπόν σημαντικό να κατασκευάσουμε χημικά από ανανεώσιμες πρώτες ύλες αφού τα πετρελαϊκά αποθέματα στερεύουν αλλά έχουν και αρνητικές περιβαλλοντικές επιδράσεις.

4. Η αλόγιστη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών επιφέρει αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Επειδή κάτι είναι φυσικό δε σημαίνει ότι είναι και πράσινο! Οι ανανεώσιμες πρώτες ύλες πρέπει να χρησιμοποιούνται με <u>υπεύθυνο και βιώσιμο τρόπο</u>!!!! Παρατηρήστε τις παρακάτω εικόνες και απαντήστε στην ερώτηση. Στην συνέχεια διαβάστε το ακόλουθο κείμενο και συζητήστε το με τους συμμαθητές σας:



Το σαπούνι συνδέεται με τη ζωή κάποιου από αυτά τα ζώα. Ποιού;

Τα τροπικά δάση αποτελούν τους χώρους όπου ζουν οι ουραγκοτάγκοι. Μερικές φορές αποψιλώνονται για τη φύτευση φοινικόδεντρων από τα οποία εξάγονται φυτικά έλαια για την παρασκευή πολλών καθημερινών προϊόντων όπως το σαπούνι, το λιπστικ, η μαργαρίνη κά. Αυτό δημιουργεί προβλήματα στα συγκεκριμένα ζώα.

5. Γράψτε την αντίδραση παρασκευής του σαπουνιού. Πως λέγεται αυτή η αντίδραση; Παραλλήλισε τη διαδικασία παρασκευής του σαπουνιού με αυτή του βιοντίζελ. Προσπαθήστε να εξηγήσετε τον τρόπο καθαρισμού του σαπουνιού.



(*Το άκρο της αλυσίδας που φέρει την πολική καρβοξυλική ομάδα έχει ιοντικό χαρακτήρα είναι υδρόφιλο. Έτσι, έχει την τάση να διαλύεται στο νερό. Η μακριά αλυσίδα του μορίου, αντίθετα, είναι άπολη και υδρόφοβη. Συνεπώς, το μόριο έχει την τάση να αποφεύγει τα μόρια του νερού και προσπαθεί να διαλυθεί σε οργανικό περιβάλλον. Τελικό αποτέλεσμα αυτών των δύο αντιτιθέμενων τάσεων είναι ότι τα σαπούνια έλκονται τόσο από τις λιπαρές ουσίες όσο και από το νερό.)*

_____

_____

_____

6. Ερευνήστε τι κάνουν οι συμμαθητές σας τις συσκευασίες από το σαπούνι. Καταγράψτε τις απαντήσεις στον πίνακα που ακολουθεί.



Τρόπος διαχείρισης συσκευασιών	Αριθμός μαθητών
Τις πετάνε στον κάδο	
Τις ανακυκλώνουν	
Τις ξαναχρησιμοποιούν	
Άλλο	

Επεξεργασθείτε τα στοιχεία του πίνακα και υπολογίστε την σχετική συχνότητα (%) για κάθε περίπτωση. Διατυπώστε το συμπέρασμα στο οποίο καταλήγετε.

_____

_____

_____

Παρατηρήστε τις παρακάτω εικόνες και απαντήστε στην ερώτηση. Καταγράψτε την πορεία του σαπουνιού μετά την χρήση του και συζητήστε τη με τους συμμαθητές σας.



Ποιο δεν είναι βιοαποδομήσιμο;

8. Να συμπληρώσετε τα παρακάτω κενά (κάθε γράμμα αντιστοιχεί σε ένα κενό):

Τα φυτικά έλαια αποτελούν _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ πρώτες _ _ _ _. Χρησιμοποιούνται για την παρασκευή σαπουνιού. Το σαπούνι αποτελείται από ένα _ _ _ _ _ _ _ _ και ένα _ _ _ _ _ _ _ _ τμήμα. Πολλές φορές οι απαιτήσεις για αυξημένη παραγωγή σαπουνιού οδηγούν στην αποψίλωση των δασών για την φύτευση φοινικόδεντρων. Αυτό έχει αρνητικές επιπτώσεις στους _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ που διαβιούν εκεί. Το σαπούνι είναι ένα _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ προϊόν. Μετά την χρήση του, μέσω των αποχετεύσεων καταλήγει στους _ _ _ _ _ _ _ _ _ και από εκεί στη θάλασσα και στα ποτάμια.

[Λύσεις: ανανεώσιμες- ύλες, υδρόφιλο-υδρόφοβο, ουραγκοτάγκους, βιοαποδομήσιμο υπόνομους]

◇ **Συμπληρωματική δραστηριότητα 1[5]: «**Φτιάξε μόνος σου σαπούνι! **»**



Στόχος της δραστηριότητας: οι μαθητές.....

✓ Να κατασκευάσουν σαπούνι

Χειροποίητο σαπούνι: η συνταγή της γιαγιάς

Υλικά
Ελαιόλαδο 500 gr
Νερό (κατά προτίμηση αποσταγμένο) 150 gr
Καυστική σόδα ή καυστική ποτάσα (70 gr)
Βότανα 2-3 κουταλιές της σούπας (Χαμομήλι ή λεβάντα δεντρολίβανο, ή θυμάρι, ή φασκόμηλο, ή μέντα)
Αιθέρια έλαια 5-6 σταγόνες

Χρόνος παρασκευής: 20-30 λεπτά.
Χρόνος ωρίμανσης σαπουνιού: 4-6 εβδομάδες.
Η συγκεκριμένη συνταγή δίνει έξι σαπούνια των 100 περ. γραμμαρίων το καθένα.

Διαδικασία παρασκευής
Σε μια κατσαρόλα ρίξτε το νερό και ζέστανε μέχρι να γίνει χλιαρό. Ρίξτε λίγη-λίγη την καυστική σόδα ή ποτάσα ανακατεύοντας συνεχώς με ξύλινη κουτάλα. Αφού διαλυθεί καλά, ρίξτε το λάδι και συνεχίστε το ανακάτεμα σε χαμηλή φωτιά. Κάποια στιγμή ο "χυλός" αρχίζει να "δένει". Αποσύρετε απ' τη φωτιά, αφήστε να σταθεί λίγη ώρα και κατόπιν το βάζετε σε καλούπια διαφόρων σχημάτων. Τα βότανα και τα αιθέρια έλαια τα προσθέτεται αργότερα, όταν δείτε πως το σαπούνι έχει αρχίσει να "γίνεται". Αφήστε να κρυώσει και αποθηκεύστε σε χώρο μακριά από ρεύματα.

ΠΡΟΦΥΛΑΞΕΙΣ
Προσοχή στην καυστική σόδα ή στην καυστική ποτάσα. Φοράτε πάντα χοντρά γάντια και δεν εισπνέετε τους ατμούς που εκλύονται κατά τη διάρκεια ανάμιξής της με το νερό. Φροντίστε να έχτε ανοιχτό απορροφητήρα και ίσως και κάποιο παράθυρο στην κουζίνα.

[5] *Η δραστηριότητα αυτή μπορεί να γίνει μέσα στην τάξη. Οι μαθητές ανά ομάδες θα παρασκευάσουν σαπούνι με πρώτες ύλες που θα φέρουν από το σπίτι τους.*

◊ *Προαιρετικές συμπληρωματικές δραστηριότητες (για το σπίτι):*

1. Αναζήτησε ιστορικές πληροφορίες για την παρασκευή του σαπουνιού.

2. Αναζήτησε πληροφορίες σχετικά με την δημιουργία του πετρελαίου.

3. Αναζήτησε πληροφορίες από το διαδίκτυο για το πρόβλημα των ουραγκοτάγκων.

Προτεινόμενες σχετικές ιστοσελίδες

http://www.rspo.org

http://foe.co.uk/campaigns/biodiversity/case_studies/palm_oil

Πρόταση ένταξης της δραστηριότητας στο αναλυτικό πρόγραμμα

Η δραστηριότητα: «Σαπούνι: Ένα καταναλωτικό προϊόν από ανανεώσιμες πρώτες ύλες» θα μπορούσε να ενταχθεί αυτούσια ή τροποποιημένη στα πλαίσια της Ευέλικτης Ζώνης για το Γυμνάσιο στις θεματικές περιοχές που περιέχονται στο ΔΕΠΠΣ Ευέλικτης Ζώνης:

- Επιστήμη και Καθημερινή ζωή : Εφαρμογές Φυσικών, Κοινωνικών Επιστημών
- Οργάνωση της ζωής, υγιεινή, λειτουργικότητα και αισθητική της κατοικίας, διατροφή – Θέματα Καταναλωτή

Βιβλιογραφία

- McMurry, J. *Οργανική Χημεία ΙΙ*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Φλογαίτη, Ε. και Π. Βασαλά (2004). *Ο κόσμος της θάλασσας, Διαθεματική προσέγγιση-Εναλλακτικές διδακτικές τεχνικές και σχέδια εργασίας*, Εκδόσεις Μεταίχμιο, Αθήνα.
- Ματσαγγούρας Η. (2002). *Η Διαθεματικότητα στη Σχολική Γνώση, Εννοιοκεντρική Αναπλαισίωση και Σχέδια Εργασίας*, Εκδόσεις Γρηγόρης, Αθήνα.
- Δεδούλη Μ. (2002). *Βιωματική μάθηση- δυνατότητες αξιοποίησης της στο πλαίσιο της ευέλικτης ζώνης*, Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων-Ειδικό Αφιέρωμα στην Ευέλικτη Ζώνη, Τεύχος 6.
- Ραυτοπούλου Ε. (1993). *Η πώληση και χρήση του ελαιόλαδου και του αρωματικού λαδιού στην Αρχαϊκή Ελλάδα*, Δ΄ Τριήμερο Εργασίας, Καλαμάτα 7-9 Μαΐου, Πολιτιστικό Τεχνολογικό Ίδρυμα ΕΤΒΑ.
- Μανουσάκη, Ε. Γ. (1996). Διδακτική της Χημείας, Εκδ. Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.
- Ραγκούση- Ιγνατιάδου Β. (1998). *Χημεία Φυσικών Προϊόντων*, ΕΚΠΑ, Αθήνα.
- Τρικαλίτη Αγ. (2002-2003). *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Από τη Θεωρία στην Πράξη*,

Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα ΔΙΧΗΝΕΤ, Αθήνα.

- Green Consumer Products, http://www-users.york.ac.uk/~chem56/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Friends of Earth, http://foe.co.uk/campaigns/biodiversity/case_studies/palm_oil, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Μάιος 2009.
- RSPO-Roundtable on Sustainable Palm Oil, http://www.rspo.org, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Bushcraft UK: Community Forum, How to make a soap, http://www.bushcraftuk.com/downloads/pdf/How_To_Make_Soap%5B1%5D.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Εργαλειοθήκη της Ενεργού Μάθησης, Ευρωπαϊκό έργο με τίτλο "Ενσωμάτωση της Ενεργού Μάθησης και της Ενεργειακής Παρακολούθησης στα προγράμματα σπουδών των Σχολείων, Χρηματοδοτικό εργαλείο: Πρόγραμμα Ευφυής Ενέργεια για την Ευρώπη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, http://www.teachers4energy.eu, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- FEEDU-project, Ευρωπαϊκό έργο χρηματοδοτούμενο από το Χρηματοδοτικό εργαλείο: Πρόγραμμα Ευφυής Ενέργεια για την Ευρώπη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής http://www.feedu.org/educational.php#a, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικής-Χημείας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Περιβαλλοντικής, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/31depps_Peribalontikis.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικών Επιστημών, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/21depps%20Fisikon%20Epistimon.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/17deppsaps_OikiakisOikonomias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Ευέλικτης Ζώνης, http://www.pi-

schools.gr/programs/depps/ 28depps_EveliktiZoni.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.

- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Βιολογίας, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 22deppsaps_Biologias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf



.

Φτιάχνοντας βιοντίζελ από τηγανισμένο λάδι

Εισαγωγή

Το βιοντίζελ είναι ένα καύσιμο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις μεταφορές με σημαντικά οφέλη για το περιβάλλον. Συμβάλλει στη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα και στη μείωση της ρύπανσης. Παράγεται με μετεστεροποίηση του φυτικού λαδιού. Επιπρόσθετα, η γλυκερίνη που παράγεται ως παραπροϊόν βρίσκει πολλές εφαρμογές, όπως για παράδειγμα σε καλλυντικά και φαρμακευτικά σκευάσματα.

Παγκοσμίως από τα διάφορα εστιατόρια σε ετήσια βάση προκύπτουν πολύ μεγάλες ποσότητες χρησιμοποιημένων τηγανισμένων λαδιών. Το μεγαλύτερο μέρος τους καταλήγει σε δεξαμενές αποβλήτων, ενώ η εφαρμογή μιας απλής διεργασίας μπορεί να οδηγήσει στη μετατροπή τους σε καύσιμο.



Στόχοι της πειραματικής δραστηριότητας: οι μαθητές...

- ✓ Να γνωρίσουν κάποιες από τις αρχές της πράσινης χημείας
- ✓ Να αποκτήσουν επιδεξιότητα στην πραγματοποίηση απλών πειραμάτων
- ✓ Να ασκηθούν στην οργανική σύνθεση
- ✓ Να κατανοήσουν τη διαδικασία της μετεστεροποίησης
- ✓ Να αποκτήσουν θετική στάση για την χρήση του βιοντίζελ ως καυσίμου και να αναγνωρίζουν τα περιβαλλοντικά οφέλη του
- ✓ Να ασκηθούν στην ομαδική συνεργασία και να βελτιώσουν την καλλιτεχνική τους έκφραση.
- ✓ Να ευαισθητοποιηθούν σε θέματα ανακύκλωσης και να εισηγούνται τρόπους προώθησης προγραμμάτων ανακύκλωσης

Ενδεικτική διάρκεια δραστηριότητας: 2 διδακτικές ώρες	**Αρχές της Πράσινης Χημείας που θίγονται** • Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών • Οικονομία ατόμου • Ασφάλεια • Πρόληψη ρύπανσης • Σχεδιασμός για αποδόμηση
• Μαθητές: Γυμνασίου-Λυκείου • Σχετιζόμενα μαθήματα: Χημεία, Τεχνολογία, Περιβαλλοντική εκπαίδευση, Μαθηματικά	

Λέξεις-κλειδιά: τηγανέλαια, βιοντίζελ, πρόληψη ρύπανσης, οικονομία ατόμου, μετεστεροποίηση

Υλικά /Όργανα



Οι μαθητές ενθαρρύνονται να φέρουν τηγανισμένο λάδι από το σπίτι τους ή από κάποιο εστιατόριο ή από το αγαπημένο τους φαστ-φούντ.

Απαραίτητα αντιδραστήρια: 100ml απόβλητο τηγανισμένο λάδι, 15 ml μεθανόλη, και 1 g 9M υδροξειδίου του καλίου (καταλύτης) και απεσταγμένο νερό. Τα όργανα που θα χρειαστούν είναι: ζυγός, αναδευτήρας, λουτρό πάγου, γάζες, μια κωνική φιάλη 250 ml, δύο ποτήρια ζέσεως των 100ml, έναν βαθμονομημένο κύλινδρο των 25ml, έναν βαθμονομημένο κύλινδρο των 100 ml, πέντε σιφώνια.

Πορεία εργασίας



1. Στην κωνική φιάλη των 250 ml βάλτε με τον κύλινδρο 100 ml τηγανισμένου λαδιού. Προηγουμένως έχετε απομακρύνει τυχόν ακαθαρσίες του λαδιού, χρησιμοποιώντας κομμάτια γάζας ως φίλτρα πάνω από την κωνική φιάλη.
2. Προσθέστε προσεκτικά 15 ml μεθανόλης (CH_3OH).
3. Προσθέστε αργά 1,5 ml διαλύματος υδροξείδιο του καλίου (KOH) 9M. Αναδεύστε έντονα για 10 λεπτά μέχρι να φανεί ότι έγινε η αντίδραση.
4. Αφήστε το μίγμα να ηρεμήσει για 15 λεπτά περίπου και να διαχωριστεί. Η γλυκερίνη (παραπροϊόν) θα μείνει στον πυθμένα της φιάλης.

5. Προσεκτικά, μεταγγίστε το βιοντίζελ με το σιφώνιο. Φυλάξτε την γλυκερίνη, η οποία μπορεί να χρησιμεύσει σε ένα μελλοντικό εργαστήριο για την παρασκευή καλλυντικών προϊόντων.

6. Ξεπλύνετε το βιοντίζελ με 10 ml απεσταγμένου νερού. Αναδεύστε και αφήστε το μίγμα να ηρεμήσει και να διαχωριστεί.

7. Προσεκτικά απομακρύνετε την ανώτερη στιβάδα. Μετρείστε την ποσότητα του βιοντίζελ που παρασκευάσατε και συγκρίνετε με την ποσότητα του φυτικού λαδιού από την οποία ξεκινήσατε.

Το σύμβολο Μ αναφέρεται σε συγκέντρωση διαλύματος.
Για παράδειγμα:
1Μ διαλύματος ΚΟΗ σημαίνει ότι στα 1000ml διαλύματος ΚΟΗ περιέχεται 1 γραμμομόριο



Μέτρα Προφύλαξης

Γάντια και γυαλιά





↳Το *υδροξείδιο του καλίου* (ΚΟΗ) είναι διαβρωτικό και ερεθιστικό. Σε περίπτωση επαφής με το δέρμα ή τα μάτια χρειάζεται πλύσιμο με νερό και ιατρική συμβουλή. Κατά την προετοιμασία του διαλύματος το εμβαπτίζουμε σε λουτρό πάγου. Αποδίδει μεγάλα ποσά θερμότητας κατά την προετοιμασία. Η περίσσεια του εξουδετερώνεται με υδροχλωρικό οξύ 3Μ και το ουδέτερο πλέον διάλυμα ξεπλένεται με άφθονο νερό.





↳*Η μεθανόλη* είναι εύφλεκτη και τοξική. Την περίσσεια της την εξατμίζουμε στον απαγωγό. Το δοχείο αποθήκευσης της πρέπει να είναι ερμητικά κλειστό και μακριά από εστίες φωτιάς. Πρέπει να αποφεύγεται η επαφή με το δέρμα.

Ανέλαβε δράση!

⌦Αναζητήστε αν ο δήμος στον οποίο κατοικείτε συμμετέχει σε σύστημα συλλογής και ανακύκλωσης απόβλητων τηγανελαίων.



- Αν ναι, απευθυνθείτε στην αρμόδια υπηρεσία και προσπαθήστε να μάθετε για την διαδικασία συλλογής και διαχείρισης.
- Αν όχι, γράψτε μια επιστολή στο δήμαρχο της πόλης σας προτείνοντας του μια διαδικασία συλλογής απόβλητων τηγανελαίων από τα

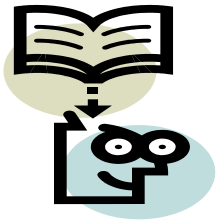
καταστήματα μαζικής εστίασης της περιοχής εξηγώντας του παράλληλα τα περιβαλλοντικά οφέλη αυτής της διαδικασίας.

- Εναλλακτικά απευθυνθείτε και ρωτήστε τους υπευθύνους των εστιατορίων και ταχυφαγείων της περιοχής σας τι κάνουν τα χρησιμοποιημένα λάδια.

⌦Χωριστείτε σε ομάδες. Φτιάξτε έναν κατάλογο ή ένα κολάζ φωτογραφιών όπου να φαίνεται σε ποιες περιπτώσεις μέσα στην καθημερινότητα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε βιοντίζελ αντί για συμβατικά καύσιμα. Αναρτήστε τον κατάλογο ή το κολάζ μέσα στην τάξη.



Ετοιμάστε ένα κείμενο στο οποίο θα προσπαθείτε να πείσετε έναν οδηγό λεωφορείου να χρησιμοποιεί βιοντίζελ.



Φύλλο εργασίας

1) Περιγράψτε όσο πιο σύντομα μπορείτε την πειραματική διαδικασία που ακολουθήσατε για να παρασκευάσετε βιοντίζελ. Τι αλλαγές παρατηρήσατε στα χαρακτηριστικά των αρχικών υλών και των προϊόντων;

_____

_____

_____

2) Ποιες αρχές της πράσινης χημείας εφαρμόζονται στο πείραμα που πραγματοποιήσατε και πως; Εξηγήστε.

_____

_____

_____

3) Γιατί στο τέλος ξεπλύνατε το βιοντίζελ με απεσταγμένο νερό;

_____

_____

_____

4) Στο τέλος της διαδικασίας ποιο από τα προϊόντα πήρατε σε μεγαλύτερη ποσότητα;

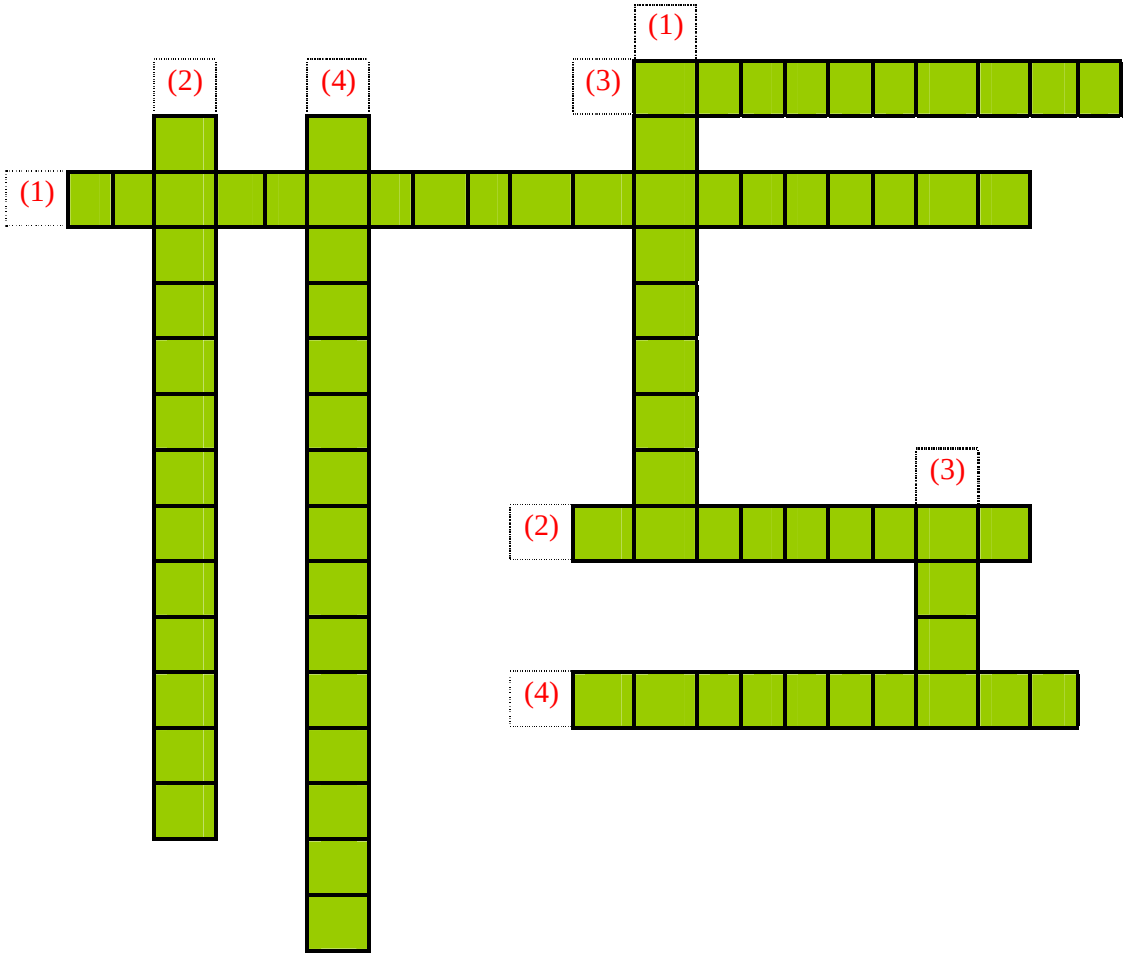


_____

_____

_____

5) Συμπληρώστε το σταυρόλεξο



Οριζόντια

(1) Ο καταλύτης της αντίδρασης (3 λέξεις)

(2) Το παραπροϊόν της αντίδρασης

(3) Το βιοντίζελ είναι ένα....

(4) Το βιοντίζελ χρησιμοποιείται ως..... πηγή ενέργειας

Κάθετα

(1) Το κύριο προϊόν της αντίδρασης

(2) Τα λίπη και τα έλαια είναι.....

(3) Η αρχική πρώτη ύλη του πειράματος

(4) Η αντίδραση που πραγματοποιήθηκε ονομάζεται.....

6) Στην εμπορική παραγωγή του βιοντίζελ από 1200 kg φυτικού λαδιού παράγονται 1100 kg αργό (ακατέργαστο) βιοντίζελ. Σύγκρινε την δική σου πειραματική απόδοση με την εμπορική.

_____

_____

_____

7) Η οικονομία του ατόμου αποτελεί μια από τις βασικές αρχές της Πράσινης χημείας. Με τον όρο «οικονομία ατόμου» εννοούμε την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ενσωμάτωση των ατόμων των αντιδρώντων στο επιθυμητό προϊόν της αντίδρασης έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται τα απόβλητα παραπροϊόντα.

Για την αντίδραση παραγωγής βιοντίζελ που δίνεται στην συνέχεια

$$C_{30}H_{50}O_6 + 3CH_3OH \rightarrow 3C_{10}H_{18}O_2 + C_3H_8O_3$$

Α) Να συμπληρώσετε τον πίνακα που ακολουθεί. Δίνονται τα ατομικά βάρη:

AB_{C} = 12,011 AB_{O} = 15,9994 AB_{H} = 1 ,00794

	Αριθμός και είδος ατόμων	**Μάζα ατόμων συνολικά**	**Αριθμός και είδος ατόμων που ενσωματώνονται στα προϊόντα**	**Μάζα ατόμων που ενσωματώνονται στα προϊόντα**
Αρχικά υλικά				
Τελικά προϊόντα				

Β) Ο μαθηματικός τύπος που υπολογίζει το ποσοστό της οικονομίας του ατόμου για μια αντίδραση δίνεται από την σχέση:

Συνολική μάζα ατόμων που ενσωματώνονται στο προϊόν Χ 100 = **Ποσοστό οικονομίας ατόμου**

Συνολική μάζα όλων των προϊόντων (κύριων και αποβλήτων)

Με βάση τον παραπάνω τύπο και τον πίνακα που συμπληρώσατε, αλλά και με το δεδομένο ότι η γλυκερίνη αποτελεί μια πολύ σημαντική πρώτη ύλη και όχι απόβλητο προϊόν υπολογίστε το ποσοστό οικονομίας ατόμου για την συγκεκριμένη αντίδραση.

_____

_____

_____

8) Με δεδομένα ότι οι τιμές του πετρελαίου και των προϊόντων του τα τελευταία χρόνια έχουν εκτοξευτεί στα ύψη, αλλά και τη μείωση των αποθεμάτων του, εξηγήστε πόσο σημαντική είναι η παραγωγή και χρήση του βιοντίζελ.

_____

_____

_____

9) Υπάρχουν δύο τύποι βιοντίζελ: το B100 (100% Βιοντίζελ) και το B20 (μίγμα αποτελούμενο από 20% Βιοντίζελ και 80% ντίζελ). Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι εκπομπές των ρύπων για το B100 και το B20 σε σύγκριση με το συμβατικό ντίζελ. Συζήτησε με τους συμμαθητές σου τα στοιχεία που παρατίθενται. Τι συμπεραίνετε;

Εκπομπές % για **B100** και **B20** σε σύγκριση με του συμβατικού ντίζελ		
Εκπομπή	B100	B20
Μονοξείδιο του άνθρακα	-48%	-12%
Άκαυστοι υδρογονάνθρακες	-67%	-20%
Σωματίδια	-47%	-12%
Οξείδια του αζώτου	+10%	+2%
Οξείδια του Θείου	-100%	-20%
Τοξικά αέρια	-60% έως -90%	-12% έως -20%



Πρόταση ένταξης της δραστηριότητας στο αναλυτικό πρόγραμμα

Η δραστηριότητα με τίτλο: «Φτιάχνοντας βιοντίζελ από τηγανισμένο λάδι» θα μπορούσε τροποποιημένη, να ενταχθεί ως ενδεικτική διαθεματική στην τρίτη στήλη του αναλυτικού προγράμματος της χημείας Γ' Γυμνασίου αφού εξυπηρετεί κάποιους από τους στόχους της Γενικής ενότητας 3: Η Χημεία του Άνθρακα -Θεματική ενότητα: Ο άνθρακας στις ενώσεις της ζωής έτσι όπως αναφέρονται στο ΑΠΣ. Επίσης, η δραστηριότητα θα μπορούσε να εκτελεστεί αυτούσια ή τροποποιημένη στα πλαίσια των προτεινόμενων διαθεματικών σχεδίων εργασίας που υπάρχουν μέσα στο Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών (Δ.Ε.Π.Π.Σ) και ειδικότερα στα παρακάτω:

- Β΄ Γυμνασίου Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας- Θέμα: Η επιβάρυνση του περιβάλλοντος.
- Β΄ Γυμνασίου Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας- Θέμα: Ανακύκλωση
- Γ΄ Γυμνασίου Δ.Ε.Π.Π.Σ Χημείας- Θέμα:Το πετρέλαιο
- Δ.Ε.Π.Π.Σ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ- Σχέδιο εργασίας με θέμα: Η προστασία της ατμόσφαιρας-Κλιματικές αλλαγές
- Δ.Ε.Π.Π.Σ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ- Σχέδιο εργασίας με θέμα:Το Ενεργειακό Πρόβλημα: Ενέργεια -Υπερεκμετάλλευση φυσικών ορυκτών πόρων –Ήπιες και εναλλακτικές μορφές ενέργειας.
- Δ.Ε.Π.Π.Σ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ- Επίλυση προβλήματος με θέμα: Χρήση της ενέργειας –Ρύπανση του αέρα, του νερού και του εδάφους.

Επιπλέον, στα πλαίσια της Ευέλικτης Ζώνης για το Γυμνάσιο η δραστηριότητα μπορεί να ενταχθεί με τροποποιήσεις στην θεματική περιοχή: «Επιστήμη και Καθημερινή ζωή: Εφαρμογές Φυσικών, Κοινωνικών Επιστημών» που περιέχεται στο ΔΕΠΠΣ Ευέλικτης Ζώνης.

Βιβλιογραφία

- Clarke, R.N., J. P. Casey, E. D. Brown, E. Oneyma and K. J. Donaghy (2006). Preparation and Viscosity of biodiesel from new and used vegetable oil, *J. Chem. Edu*., 83, 257-259.
- Gerpen, Van J. (2005). Biodiesel processing and production, *Fuel Processing Technology*, 86(10), 1097–1107.
- Min-Hua Zong, Zhann-Qun Duan, Wen-Yong Lou, Thomas J. Smith and Hong Wu (2007). Preparation of a sugar catalyst and its use for highly efficient production of biodiesel, *Green Chem*.,9, 434-437.
- John McMurry, *Οργανική Χημεία ΙΙ*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Βαλαβανίδης, Αθ. (2007). Βασικές Αρχές Υγιεινής και Ασφάλειας σε Χημικά και

Βιοχημικά Εργαστήρια. Πληροφορίες για Επικίνδυνες Χημικές Ουσίες, ΕΚΠΑ.

- Bozbas, K. (2005). Biodiesel as an alternative motor fuel: Production and policies in the European Union, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12 xx 1–12, http://www.cti2000.it/Bionett/BioD-2005-101%20Biodiesel%20in%20the%20EU.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Felizardo, P., M. J. N. Correia , I. Raposo, J. F. Mendes, R. Berkemeier and J. Moura Bordado (2006). Production of biodiesel from waste frying oils, Waste Management, 26 (5), 487-494
- Biodiesel, Using renewable resources, Introduction to Green Chemistry, Instructional Activities for Introductory Chemistry, American Chemical Society (2002), 13-22.
- National Biodiesel Board, www.biodiesel.org/pdf_files/fuelfactsheets/prod_quality.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Βιοντίζελ, Το «πράσινο» καύσιμο-Εκπαιδευτικό ηλεκτρονικό υλικό**,** http://users.rod.sch.gr/kefkleidou/index.htm, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- United States Environmental Protection Agency, http://www.epa.gov/cleanschoolbus/replacement.htm, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- EERE: Biomass Program Home page, U.S Department of Energy, http://www1.eere.energy.gov/biomass/abcs_biofuels.html#biodfeed, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Grassroots Biodiesel and Vegetable Oil Fuel Homepage, http://www.dancingrabbit.org/biodiesel/newoil.php, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- National Biodiesel Board, Need Project, Materials for classroom use, Transportation fuels, http://www.biodiesel.org/pdf_files/Biodiesel_Curriculum_Schools.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Greening Schools website, http://www.greeningschools.org/docs/BiodieselUsingRenewableResources.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- MEDIES: The Mediterranean Education Initiative for the Environment and Sustainability http://www.medies.net/staticpages/index.php?page=intheclass, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.

- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικής-Χημείας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Περιβαλλοντικής, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/31depps_Peribalontikis.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικών Επιστημών, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/21depps%20Fisikon%20Epistimon.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/17deppsaps_OikiakisOikonomias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Ευέλικτης Ζώνης, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 28depps_EveliktiZoni.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Βιολογίας, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 22deppsaps_Biologias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf
- SIRI MSDS Index**,** http://www.hazard.com/msds/index.php (δελτία δεδομένων ασφαλείας για τα χρησιμοποιούμενα αντιδραστήρια της δραστηριότητας), Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.



Μέτρηση της θερμικής ενέργειας διαφόρων βιοκαυσίμων

Εισαγωγή

Η μέτρηση του ποσού θερμότητας που εκλύεται ή απορροφάται κατά τις χημικές αντιδράσεις γίνεται μέσω της εξίσωσης Q=(C+mc)Δθ, όπου Q είναι το ποσό θερμότητας που εκλύεται ή απορροφάται, C είναι η θερμοχωρητικότητα της συσκευής που χρησιμοποιείται (cal/ ^{o}C), m.c είναι το ποσό θερμότητας που απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας ορισμένης μάζας (m) μιας ουσίας κατά 1 ^{o}C, και ΔΘ είναι η μεταβολή της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της αντίδρασης.

Στόχοι της δραστηριότητας: οι μαθητές...

- ✓ Να προσδιορίσουν την θερμική ενέργεια ορισμένων βιοκαυσίμων και να την συγκρίνουν με αυτή των ορυκτών καυσίμων
- ✓ Να διαμορφώσουν θετική στάση σχετικά με την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πρώτες ύλες
- ✓ Να μπορούν να περιγράφουν έναν τρόπο μέτρησης της θερμικής ενέργειας διαφόρων υλικών
- ✓ Να μετρήσουν και να συγκρίνουν το ποσό θερμότητας που αποδίδει ένα ανανεώσιμο και ένα μη ανανεώσιμο καύσιμο

Ενδεικτική διάρκεια δραστηριότητας: 2 διδακτικές ώρες	**Αρχές της Πράσινης Χημείας που θίγονται** • Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών

- Μαθητές: Γυμνασίου-Λυκείου
- Σχετιζόμενα μαθήματα: Χημεία, Περιβαλλοντική εκπαίδευση, Βιολογία, Τεχνολογία, Μαθηματικά

Λέξεις-κλειδιά: Βιοκαύσιμα, θερμική ενέργεια, ανανεώσιμες πρώτες ύλες

Υλικά /Όργανα



Οι μαθητές χρησιμοποιούν το βιοντίζελ (τουλάχιστον 10 g) που παρασκεύασαν από προηγούμενη δραστηριότητα. Επίσης μπορούν να φέρουν από το σπίτι τους μικροποσότητες (τουλάχιστον 10 g) από πετρέλαιο κίνησης, ροκανίδια ξύλων και βιοαιθανόλη.

Απαραίτητα αντιδραστήρια: οινόπνευμα. Τα όργανα που θα χρειαστούν είναι: μεταλλικό στήριγμα, θερμαντικό πλέγμα, ποτήρι ζέσεως των 250ml, δακτύλιος, ογκομετρικός κύλινδρος των 100 ml, θερμόμετρο, ζυγός, κάψα πορσελάνης διαμέτρου 12 εκατοστών περίπου, αναπτήρας, μεταλλική λαβίδα.

Πορεία εργασίας



1) Ζυγίστε 10 g λευκού οινοπνεύματος σε κάψα πορσελάνης.

2) Βιδώστε στο στήριγμα το δακτύλιο και τοποθετήστε επάνω το θερμαντικό πλέγμα.

3)Σε ποτήρι ζέσεως προσθέστε 150ml νερού και τοποθετήστε το πάνω στο θερμαντικό πλέγμα.

4) Μετρήστε με το θερμόμετρο την αρχική θερμοκρασία του νερού.

Σημειώστε: _____

5)Τοποθετήστε την ποσότητα οινοπνεύματος στην κάψα, βάλτε φωτιά στο οινόπνευμα και τοποθετήστε την κάψα κάτω από το θερμαντικό πλέγμα. Η απόσταση κάψας-δακτυλίου πρέπει να είναι μικρή.

6) Μετρήστε την τελική θερμοκρασία του νερού, όταν καεί όλη η ποσότητα του οινοπνεύματος. Σημειώστε: _____

7) Συνοψίστε στον παρακάτω πίνακα.

Αρχική θερμοκρασία νερού Θ_1 (^oC)

Τελική θερμοκρασία νερού Θ_2 (^oC)

$\Delta\Theta = \Theta_2 - \Theta_1$

7) Η θερμιδογόνος αξία του οινοπνεύματος είναι 6500kcal/kg. Λαμβάνοντας υπόψη σας ότι η ειδική θερμότητα του νερού είναι 1,0 $cal.g^{-1}.C^{-1}$ από την σχέση $Q=(C+mc)\Delta\theta$ υπολογίστε τη θερμοχωρητικότητα της συσκευής σας.

_____

_____

_____

8) Ζυγίστε 10 g βιοντίζελ, 10 g ροκανίδια ξύλου και 10 g πετρέλαιο κίνησης. Επαναλάβατε τα στάδια 2-6. Συνοψίστε τα πειραματικά σας δεδομένα στον παρακάτω πίνακα και κάντε τους υπολογισμούς που ζητούνται. Να λάβετε υπόψην σας την ήδη υπολογισμένη θερμοχωρητικότητα της συσκευής καθώς και ότι η ειδική θερμότητα του νερού είναι 1,0 $cal.g^{-1}.C^{-1}$.

Υλικό	Μάζα υλικού(g)	Αρχική Θ_1 (^oC) νερού	Τελική Θ_2 (^oC) νερού	$\Delta\Theta$ (^oC) νερού	Εκλυόμενη θερμότητα (cal)	Θερμιδογόνος αξία kcal/kg
Βιοντίζελ						
Πετρέλαιο κίνησης						
Βιοαιθανόλη						
Ροκανίδια ξύλων						

Συγκρίνετε τις θερμιδογόνους αξίες των διαφόρων υλικών. Τι διαφορά υπάρχει μεταξύ των ορυκτών καυσίμων και των βιοκαυσίμων; Από που προέρχεται η ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στα βιοκαύσιμα και στα ορυκτά καύσιμα;

_____

_____

_____

Πρόταση ένταξης της δραστηριότητας στο αναλυτικό πρόγραμμα

Η δραστηριότητα με τίτλο: «Μέτρηση της θερμικής ενέργειας διαφόρων βιοκαυσίμων» θα μπορούσε τροποποιημένη, να ενταχθεί ως ενδεικτική διαθεματική στην τρίτη στήλη του αναλυτικού προγράμματος της χημείας Γ' Γυμνασίου αφού εξυπηρετεί κάποιους από τους στόχους της Γενικής ενότητας 3: Η Χημεία του Άνθρακα -Θεματική ενότητα: Ο άνθρακας στις ενώσεις της ζωής έτσι όπως αναφέρονται στο ΑΠΣ. Επίσης, η δραστηριότητα θα μπορούσε να εκτελεστεί αυτούσια ή τροποποιημένη στα πλαίσια των προτεινόμενων διαθεματικών σχεδίων εργασίας που υπάρχουν μέσα στο Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών (Δ.Ε.Π.Π.Σ) και ειδικότερα στα παρακάτω:

- Β΄ Γυμνασίου Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας- Θέμα: Η επιβάρυνση του περιβάλλοντος.
- Β΄ Γυμνασίου Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας- Θέμα: Ανακύκλωση
- Γ΄ Γυμνασίου Δ.Ε.Π.Π.Σ Χημείας- Θέμα:Το πετρέλαιο
- Δ.Ε.Π.Π.Σ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ- Σχέδιο εργασίας με θέμα: Η προστασία της ατμόσφαιρας-Κλιματικές αλλαγές
- Δ.Ε.Π.Π.Σ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ- Σχέδιο εργασίας με θέμα:Το Ενεργειακό Πρόβλημα: Ενέργεια -Υπερεκμετάλλευση φυσικών ορυκτών πόρων –Ήπιες και εναλλακτικές μορφές ενέργειας.
- Δ.Ε.Π.Π.Σ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ- Επίλυση προβλήματος με θέμα: Χρήση της ενέργειας –Ρύπανση του αέρα, του νερού και του εδάφους.

Επιπλέον, στα πλαίσια της Ευέλικτης Ζώνης για το Γυμνάσιο η δραστηριότητα μπορεί να ενταχθεί με τροποποιήσεις στην θεματική περιοχή: «Επιστήμη και Καθημερινή ζωή: Εφαρμογές Φυσικών, Κοινωνικών Επιστημών» που περιέχεται στο ΔΕΠΠΣ Ευέλικτης Ζώνης.

Βιβλιογραφία

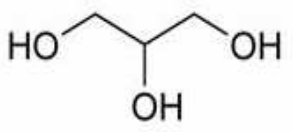
- Σκούλλος, Μ. και Δ. Παπαδόπουλος (2003). *Τα απορρίμματα στη ζωή μας*, Έκδοση Μεσογειακό Γραφείο Πληροφόρησης για το Περιβάλλον, τον Πολιτισμό και την Αειφόρο Ανάπτυξη, Αθήνα
- Petrus, L. and Noordermeer A. M. (2006). Biomass to biofuels, a chemical perspective, *Green Chem.*, 8, 861-867.

- Margaris, S. N.(1981). Harvesting before a fire: How much energy and organics can Greece gain?, *Biomass*, 1 (2), 159-166.
- Hall, O. D. (1982). Biomass for energy in Europe, *Biomass*, 2(4), 239-244.
- Trimble, L. J., R. I. Van Hook and A. Gray Folger (1984). Biomass for energy: the environmental issues, *Biomass*, 6(1-2), 3-13.
- Scurlock, O. M. J. and D. O. Hall (1990). The contribution of biomass to global energy use (1987), *Biomass*, 21 (1), 75-81.
- Ραγκούσης Τ., Κατσίνης Δ. και Β. Αγγελόπουλος (1994). *Πειράματα και εργαστηριακές ασκήσεις χημείας*, Εκδόσεις Σαββάλα.
- Σιδέρη, Μητσιάδη (1994), Οδηγός Πειραμάτων Χημείας, Εκδόσεις Σαββάλας.
- Αποστολάκη Μ., Σ. Κυρίτση, Χ. Σούτερ (1987). *Το ενεργειακό δυναμικό της βιομάζας γεωργικών και δασικών υποπροϊόντων (έρευνα στον ελληνικό χώρο)*, Ελληνικό Κέντρο Παραγωγικότητας (ΕΛΚΕΠΑ), Αθήνα.
- National Biodiesel Board, www.biodiesel.org/pdf_files/fuelfactsheets/prod_quality.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- National Energy Education Development Project, www.need.org, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- University of Southern California, http://www.usc.edu/org/edisonchallenge/2007/ws2/HeatEnergy.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.



Αξιοποίηση αποβλήτων στην χημική βιομηχανία: η περίπτωση της γλυκερίνης

Εισαγωγή



Η γλυκερόλη (ή γλυκερίνη) αποτελεί ένα προϊόν το οποίο βρίσκει πολλές εφαρμογές. Χρησιμοποιείται στην βιομηχανία τροφίμων και τσιγάρων, στην παρασκευή καλλυντικών, υγρών σαπουνιών, λιπαντικών και κολλών, εκρηκτικών και φαρμάκων. Επιπρόσθετα χρησιμοποιείται στα μελάνια εκτύπωσης, ως πλαστικοποιητής και αντιπηκτικό.

Από οικονομικής άποψης, τα τελευταία χρόνια η συμπαραγωγή γλυκερόλης κατά τη διαδικασία παραγωγής του βιοντίζελ έχει οδηγήσει σε μια σημαντική μείωση των τιμών της καθιστώντας την μια ελκυστική πρώτη ύλη. Επιπρόσθετα, η γλυκερόλη θεωρείται ένα σημαντικό μόριο-πλατφόρμα, αφού εξυπηρετεί στην σύνθεση άλλων μορίων, που με την σειρά τους βρίσκουν πολλές εφαρμογές.

Μέρος Α΄: Η παραγωγή και οι προοπτικές της «απόβλητης» γλυκερόλης

Στόχοι της δραστηριότητας: οι μαθητές...

- ✓ Να γνωρίσουν κάποιες από τις αρχές της πράσινης χημείας
- ✓ Να αποκτήσουν θετική στάση για την χρήση της απόβλητης γλυκερόλης ως αρχικής πρώτης ύλης
- ✓ Να ασκηθούν στην ομαδική συνεργασία, στην κριτική ανάλυση πληροφοριών που τους παρέχονται και στη παρουσίαση των ευρημάτων τους

Ενδεικτική διάρκεια δραστηριότητας: Μέρος Α' : 35 λεπτά	Αρχές της Πράσινης Χημείας που θίγονται • Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών • Οικονομία του ατόμου

- Πρόληψη ρύπανσης

- Μαθητές: Γυμνασίου-Λυκείου
- Σχετιζόμενα μαθήματα: Χημεία, Περιβαλλοντική εκπαίδευση

Λέξεις-κλειδιά: αξιοποίηση αποβλήτων, γλυκερόλη, μόριο πλατφόρμα



Υλικά /Όργανα

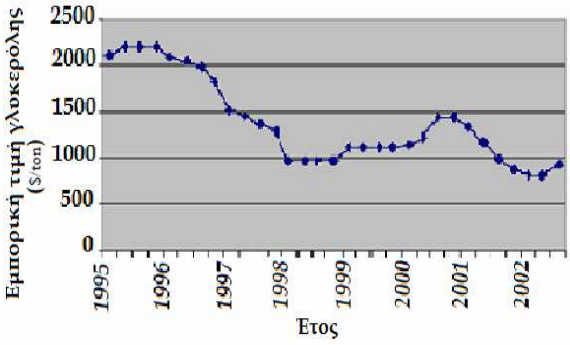
Χαρτί, μολύβι, Η/Υ, διαδίκτυο

Πορεία εργασίας

Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες των πέντε ατόμων και κάθε ομάδα ακολουθεί την πιο κάτω πορεία:



1. Η γλυκερόλη αποτελεί παραπροϊόν της διαδικασίας παραγωγής του βιοντίζελ. Γράψτε ποιοτικά την αντίδραση παραγωγής της.
2. Η βιβλιογραφία αναφέρει ότι η γλυκερόλη έχει πάνω από 1500 εφαρμογές. Συζητήστε με τα μέλη της ομάδας σας και εξηγείστε αν από την παραπάνω αντίδραση υπάρχει κάποιο απόβλητο προϊόν.
3. Ποιο είναι το ποσοστό οικονομίας του ατόμου για την παραπάνω αντίδραση; Αιτιολογήστε.
4. Με δεδομένα: α) την οδηγία 2003/30/ΕC η οποία στοχεύει στην υποκατάσταση των συμβατικών καυσίμων με βιοκαύσιμα στον τομέα των οδικών μεταφορών σε ποσοστό 5.75% μέχρι το 2010 και 20% μέχρι το 2020 β) το διπλανό σχήμα στο οποίο απεικονίζεται η επίδραση της παγκόσμιας παραγωγής βιοντίζελ στην εμπορική αξία της γλυκερόλης και γ) το κείμενο που ακολουθεί: «*…..Λόγω της περίσσειας της γλυκερόλης οι επιστήμονες προσπαθούν να βρουν τρόπους για την μετατροπή της σε προϊόντα υψηλής*



αξίας……» συζητήσετε μεταξύ σας και προβλέψτε τι αναμένεται να συμβεί στην αγορά της γλυκερόλης; Στην συνέχεια απαντήστε με σαφήνεια στην παρακάτω ερώτηση:

- Γιατί η γλυκερόλη αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη πρώτη ύλη για την χημική βιομηχανία; *(φτηνή, ανανεώσιμη και όλο και περισσότερο διαθέσιμη πρώτη ύλη για την χημική βιομηχανία)*

Μέρος Β΄: Επίσκεψη στο σούπερ μάρκετ: η γλυκερόλη στα καταναλωτικά προϊόντα

Στόχοι της δραστηριότητας: οι μαθητές...

✓ Να αντιληφθούν την σύνδεση της Πράσινης Χημείας με την καθημερινότητα τους

Ενδεικτική διάρκεια δραστηριότητας: Μέρος Β΄: 30 λεπτά (επιπλέον πρέπει να προσμετρηθεί ο χρόνος πρόσβασης στο σούπερ μάρκετ) • Μαθητές: Γυμνασίου-Λυκείου • Σχετιζόμενα μαθήματα: Περιβαλλοντική εκπαίδευση	Αρχές της Πράσινης Χημείας που θίγονται • Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών



Υλικά /Όργανα

Χαρτί, μολύβι

Πορεία εργασίας



1. Η γλυκερίνη αποτελεί συστατικό διαφόρων καλλυντικών και φαρμακευτικών προϊόντων. Χωριστείτε σε ομάδες των πέντε ατόμων. Επισκεφτείτε ένα κοντινό σούπερ μάρκετ. Αναζητήστε και εντοπίστε δέκα διαφορετικά καταναλωτικά προϊόντα όπως, αποσμητικά, κρέμες σώματος, τονωτικές λοσιόν, προϊόντα περιποίησης μαλλιών (Gel, κλπ), κρεμοσάπουνα, φαρμακευτικά είδη. Συμπληρώστε τον πίνακα που ακολουθεί.

Είδος καταναλωτικού προϊόντος	Έχει γλυκερίνη;

2. Συζητήστε την σπουδαιότητα της απόβλητης γλυκερίνης στη βιομηχανία των καλλυντικών.

Μέρος Γ΄: Η γλυκερόλη ως μόριο πλατφόρμα



Στόχοι της δραστηριότητας: οι μαθητές...

- ✓ Να γνωρίσουν κάποιες από τις αρχές της πράσινης χημείας
- ✓ Να αποκτήσουν θετική στάση για την χρήση της απόβλητης γλυκερόλης ως αρχικής πρώτης ύλης και να αντιληφθούν την σπουδαιότητα της ως μορίου πλατφόρμας
- ✓ Να ασκηθούν στην ομαδική συνεργασία, στην κριτική ανάλυση πληροφοριών που τους παρέχονται και στη παρουσίαση των ευρημάτων τους

Ενδεικτική διάρκεια δραστηριότητας: Μέρος Γ΄: 30 λεπτά	**Αρχές της Πράσινης Χημείας που θίγονται** • Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών • Οικονομία του ατόμου • Πρόληψη ρύπανσης • Σχεδιασμός για αποδόμηση

- Μαθητές: Γυμνασίου-Λυκείου
- Σχετιζόμενα μαθήματα: Χημεία, Περιβαλλοντική εκπαίδευση, Τεχνολογία, Μαθηματικά



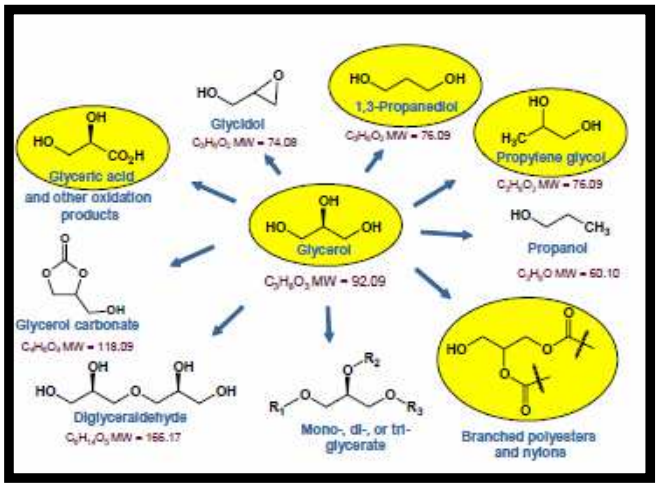
Υλικά /Όργανα

Χαρτί, μολύβι, διαδίκτυο

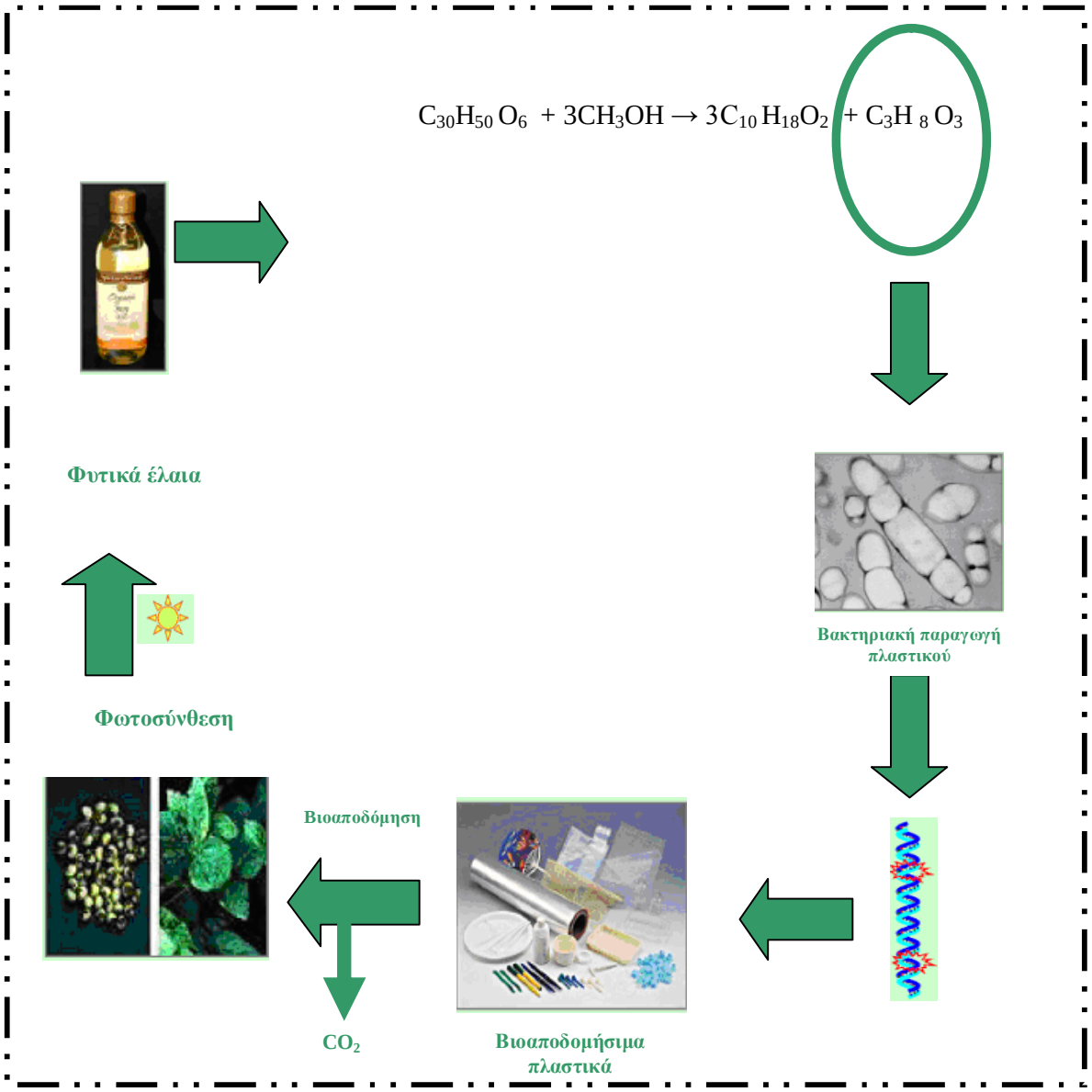
Πορεία εργασίας

Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες των τεσσάρων ατόμων και κάθε ομάδα ακολουθεί την πιο κάτω πορεία:

1. Λαμβάνοντας υπόψη σας την πληροφορία ότι: «….. *η γλυκερίνη συμπεριλαμβάνεται στον κατάλογο με τις 12 δομικές μονάδες, οι οποίες παράγονται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες και μπορούν με τη σειρά τους να οδηγήσουν στην παραγωγή υψηλής αξίας χημικών*…» καθώς και το διπλανό σχήμα, γράψτε μια παράγραφο στην οποία θα εξηγείτε γιατί η γλυκερόλη θεωρείται ένα σημαντικό μόριο- πλατφόρμα. Στην συνέχεια παρουσιάστε το πόνημα σας στις υπόλοιπες ομάδες.



2. Τα τελευταία χρόνια η βιοτεχνολογία έχει οδηγήσει στην αξιοποίηση της απόβλητης γλυκερόλης ως πηγή άνθρακα μέσω της ζύμωσης της από συγκεκριμένα βακτήρια που οδηγούν στην παραγωγή βιοαποδομήσιμων πλαστικών. Το σχήμα που ακολουθεί απεικονίζει αυτήν την διαδικασία:



Αφού μελετήσετε την παραπάνω διαδικασία απαντήστε με σαφήνεια στις παρακάτω ερωτήσεις:

- Ποιες αρχές της Πράσινης χημείας και πως εφαρμόζονται μέσα από την παραπάνω διεργασία ;
- Ποια είναι τα περιβαλλοντικά οφέλη της παραπάνω διαδικασίας;

3. Διαβάστε το παρακάτω κείμενο: «…….*Η επιχλωριδρύνη χρησιμοποιείται στην παραγωγή ρητινών, πλαστικών και πολυμερών. Οι εταιρείες Dow Global Technologies και Solvay Societe Anonyme ανέπτυξαν μια μέθοδο παραγωγής επιχλωριδρύνης μέσω της οποίας αξιοποιείται η*

περίσσεια γλυκερίνης και το χαμηλό κόστος της ως πρώτη ύλη. Η μέθοδος αυτή οδηγεί σε μικρότερη παραγωγή παραπροϊόντος αλλά και λιγότερη κατανάλωση νερού.….». Αναφέρετε τα περιβαλλοντικά οφέλη της διαδικασίας και αιτιολογείστε. Συζητήστε τα ευρήματα σας με τις υπόλοιπες ομάδες.

Πρόταση ένταξης της δραστηριότητας στο αναλυτικό πρόγραμμα

Η δραστηριότητα με τίτλο: «Αξιοποίηση αποβλήτων στην χημική βιομηχανία: η περίπτωση της γλυκερίνης» θα μπορούσε να ενταχθεί /εκτελεστεί (αυτούσια ή τροποποιημένη) στα πλαίσια της Ευέλικτης Ζώνης για το Γυμνάσιο στην θεματική περιοχή «Επιστήμη και Καθημερινή ζωή : Εφαρμογές Φυσικών, Κοινωνικών Επιστημών».

Βιβλιογραφία

- Jacco van Haveren, E. L. Scott and J. Sanders (2008), Bulk chemicals from biomass, *Biofuels, Bioprod. Bioref*., 2, 41–57.
- Clark, H. J., V. Budarin, F. E. I. Deswarte, J. J. E. Hardy, F. M. Kerton, A.J. Hunt, R. Luque, D. J. Macquarrie, K. Milkowski, A. Rodriguez, O. Samuel, S. J. Tavener, R. J. White and A. J. Wilson (2006). Green chemistry and the biorefinery: a partnership for a sustainable future, *Green Chem*., 8, 853 – 860.
- Gallezot, P.(2007). Process options for converting renewable feedstocks to bioproducts, *Green Chem.*, 9, 295-302.
- Choi, Won J. (2008). Glycerol-Based Biorefinery for Fuels and Chemicals, Recent Patents on Biotechnology, 2(3), 173-180.
- A. Behr et al.(2008). Improved utilisation of renewable resources: new important derivatives of glycerol, *Green Chem*.,10 (1), 13.
- Νόμος 3423/2005, ΦΕΚ 304/Α'/13.12.2005- Άρθρο 8,
- Pagliaro, M., and M. Rossi (2008). Future of Glycerol, New Usages for a Versatile Raw Material, ISBN: 978-0-85404-124-4.
- Y.X.Xu et al. (2005). Edible Films, *Industrial Crops and Products*, 21,185 στο Green Chemistry and the Consumer, Newsletter Issue 4 / July 2005.
- S. Queste et al., Greener Surfactants, Green Chem. (2006), 8, 822 στο Green Chemistry and the Consumer, Newsletter Issue 8 - September 2006.
- Sustainable Deodorants, Biofuels, Bioprod. Bioref. (2007), 1, 240 στο Green Chemistry

and the Consumer, Green Chemistry News, Views and Solutions for Sustainable Supply Chains.

- Καμμένου-Παπαγεωργίου Ε., Γ. Κοτονιάς, Α. Σκανδάλη (2001). Κοσμητολογία, ΤΕΕ, Ειδικότητα Αισθητικής Τέχνης, Β' Τάξη, Α' Κύκλος, ΥΠΕΠΘ, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα, http://www.pi-schools.gr/lessons/tee/hairdressing/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Glycerol, Markets and applications στο http://www.chtf.stuba.sk/kot/apvv/linky/glycerol_markets_and_applications.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Μάιος 2009 (δεν είναι διαθέσιμο σήμερα).
- Frost and Sullivan, What is the Global Market Outlook for Glycerine in 2006?, http://www.frost.com/prod/servlet/market-insight-top.pag?docid=70283330, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- The Glycerol Challenge, Biofuels and Glycerol, http://theglycerolchallenge.org/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Environmental Agency, Glycerol produced during the manufacture of biodiesel στο http://www.environment-agency.gov.uk/static/documents/Business/glycerol_1966579.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Kenar, J.A. (2007). Glycerol as a platform chemical: sweet opportunities on the horizon? *Lipid Technology*, 19(11), 249-253.
- Naresh Pachauri, Brian He, Value-added Utilization of Crude Glycerol from Biodiesel Production: A Survey of Current Research Activities, Biological and Agricultural Engineering, University of Idaho, http://www.webpages.uidaho.edu/~bhe/pdfs/asabe066223.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Christopher T. Nomura, Bacterial Production of Polyhydroxyalkanoates from Biodiesel Process Waste Glycerol, State University of New York-College of Environmental Science and Forestry, Department of Chemistry, http://www.bio.org/ind/wc/08/breakout_pdfs/20080428/Track3ContinentalC/Session1_845am_1015am/Nomura_ContinentalC_Mon.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Impact of Biodiesel Production on the Glycerol Market, *Miller-Klein Associates 2006*, http://www.hgca.com/document.aspx?fn=load&media_id=3605&publicationId=2363, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.

- Petitdemange, E., C. Durr, S. Abbad Andaloussi and G Raval (1995). Fermentation of Raw Glycerol to 1,3-propanediol by new strains of Clostridium butyricum, *Journal of Industrial Microbiology* 15, 498-502.
- US, Department of Energy, Top Value Added Chemicals from Biomass Volume I—Results of Screening for Potential Candidates from Sugars and Synthesis Gas, NREL 2004, http://www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/35523.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Susanne Hirschmann, Klaus Baganz, Ilona Koschik und Klaus-Dieter Vorlop, Bioconversion of the renewable resource glycerol to 1,3-propanediol: Recent progress and cost reduction στο http://www.chtf.stuba.sk/kot/apvv/linky/biodol-JAHRESTAGUNG2005.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Μάιος 2009 (δεν είναι διαθέσιμο σήμερα).
- Cardona, C. , J. Posada, M. Montoya, Use of Glycerol from biodiesel production: Conversion to added value products, Proceedings of European Congress of Chemical Engineering (ECCE-6) Copenhagen, 16-20 September 2007, http://www.nt.ntnu.no/users/skoge/prost/proceedings/ecce6_sep07/upload/1460.pdf Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- MEDIES: The Mediterranean Education Initiative for the Environment and Sustainability http://www.medies.net/staticpages/index.php?page=intheclass, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- University of Saskatchewan, http://newsletters.cii.in/newsletters/technology_summit_presentation/pdf/ajay_dalai_presentation%20_delhi%20_dec508.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Hamburg University of Technology, Bioconvertion of Industrial glycerole to 1-3 Propanediol using a Natural Microbial Community, http://www.tu-harburg.de/ibb/Research/Report/IBB-Propanergy-Bioconversion-Tjahjasari.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικής-Χημείας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Περιβαλλοντικής, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/31depps_Peribalontikis.pdf, Ημερομηνία

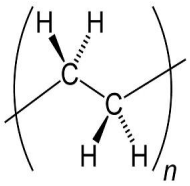
τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.

- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικών Επιστημών, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/21depps%20Fisikon%20Epistimon.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/17deppsaps_OikiakisOikonomias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Ευέλικτης Ζώνης, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 28depps_EveliktiZoni.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Βιολογίας, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 22deppsaps_Biologias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf



«Πράσινο» πολυαιθυλένιο από βιομάζα

Εισαγωγή



Το πολυαιθυλένιο είναι ένα φτηνό, εύκαμπτο, ανθεκτικό υλικό, το οποίο χρησιμοποιείται για την κατασκευή μεμβρανών, συσκευασιών, δοχείων, σωληνώσεων και εξαρτημάτων αυτοκινήτων. Παράγεται από την νάφθα, ένα κλάσμα που προκύπτει από την απόσταξη του πετρελαίου.

Στις μέρες μας ωστόσο έχει ήδη ξεκινήσει η παραγωγή πολυαιθυλενίου από βιομάζα μέσω βιοαιθανόλης. Ουσιαστικά, λαμβάνει χώρα αφυδάτωση της βιοαιθανόλης σε θερμοκρασία 300-600 ^{o}C, μέσω ετερογενούς κατάλυσης και ακολουθεί πολυμερισμός του παραγόμενου βιοαιθυλενίου. Το παραγόμενο βιο-πολυαιθυλένιο έχει ακριβώς τις ίδιες ιδιότητες με αυτό που παρασκευάζεται από το πετρέλαιο.

Στόχοι της δραστηριότητας: οι μαθητές...

- ✓ Να γνωρίσουν κάποιες από τις αρχές της πράσινης χημείας
- ✓ Να υπολογίζουν το ποσοστό οικονομίας του ατόμου μιας αντίδρασης
- ✓ Να αποκτήσουν θετική στάση για την χρήση της βιομάζας στην παραγωγή προϊόντων ευρείας χρήσεως και να αναφέρουν διάφορες χρήσεις του βιο-πολυαιθυλενίου
- ✓ Να προβληματιστούν σχετικά με την αλόγιστη χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών
- ✓ Να ορίζουν την έννοια του πολυμερισμού, να διαχωρίζουν το μονομερές από το πολυμερές και να αποδίδουν τον πολυμερισμό με χημικές εξισώσεις
- ✓ Να αξιολογούν τα δεδομένα που έχουν στη διάθεση τους
- ✓ Να ασκηθούν στη γραπτή έκφραση και στον διάλογο

Ενδεικτική διάρκεια δραστηριότητας: 2 διδακτικές ώρες • Μαθητές: Γυμνασίου-Λυκείου • Σχετιζόμενα μαθήματα: Χημεία, Περιβαλλοντική εκπαίδευση, Έκθεση-Έκφραση	**Αρχές της Πράσινης Χημείας που θίγονται** • Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών • Οικονομία ατόμου • Πρόληψη της ρύπανσης

Λέξεις-κλειδιά: Βιομάζα, πολυαιθυλένιο, οικονομία ατόμου, αλόγιστη χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών

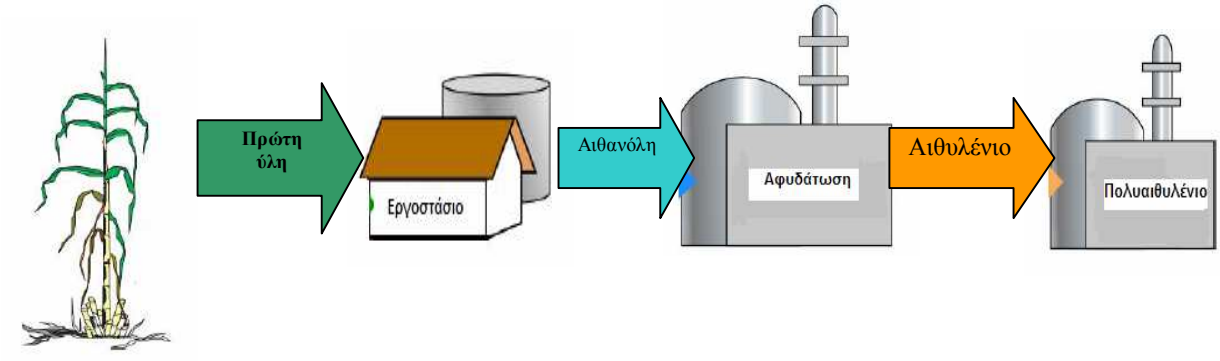


Υλικά /Όργανα

Χαρτί, μολύβι, Η/Υ διαδίκτυο

Πορεία εργασίας

1. Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει την διαδικασία παραγωγής του πολυαιθυλενίου από ζαχαροκάλαμο.



Περιγράψτε σε μερικές γραμμές τη διαδικασία αυτή. Στη συνέχεια προσπαθήστε να απεικονίσετε τη διαδικασία παραγωγής του πολυαιθυλενίου από πετρέλαιο. Συγκρίνετε ως προς το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα τις δύο διαδικασίες.

_____

_____

_____

2. Συμπληρώστε τον πίνακα που ακολουθεί, προσπαθώντας να γράψετε τις χημικές εξισώσεις που λαμβάνουν χώρα κατά τη διαδικασία παραγωγής του πολυαιθυλενίου από ζαχαροκάλαμο.

	ΑΝΤΙΔΡΩΝΤΑ	ΠΡΟΪΟΝΤΑ	ΕΙΔΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ	ΧΗΜΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ
Α	Βιομάζα	Αιθανόλη + διοξείδιο του άνθρακα	*(ζύμωση)*	*"CH_2O" → $CH_3CH_2OH + CO_2$*
Β	Αιθανόλη	Αιθυλένιο+ νερό	*(Καταλυτική αφυδάτωση)*	*$CH_3CH_2OH \rightarrow CH_2=CH_2 + H_20$*
Γ	Αιθυλένιο	Πολυαιθυλένιο	*(πολυμερισμός)*	*$ν\ CH_2=CH_2 \rightarrow (-CH_2-CH_2-)ν$*

3. Η οικονομία του ατόμου αποτελεί μια από τις βασικές αρχές της Πράσινης χημείας. Με τον όρο «οικονομία ατόμου» εννοούμε την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ενσωμάτωση των ατόμων των αντιδρώντων στο επιθυμητό προϊόν της αντίδρασης έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται τα απόβλητα παραπροϊόντα.

Για την αντίδραση αφυδάτωσης της αλκοόλης

$$CH_3CH_2OH \rightarrow CH_2=CH_2 + H_20$$

Α) Να συμπληρώσετε τον πίνακα που ακολουθεί. Δίνονται τα ατομικά βάρη:

$AB_{C} = 12,011$ $AB_{O} = 15,9994$ $AB_{H} = 1\ ,00794$

	Μοριακός τύπος	Αριθμός και είδος ατόμων	Μοριακό βάρος	Αριθμός ατόμων που ενσωματώνονται στο προϊόν	Μάζα ατόμων που ενσωματώνονται στο προϊόν	Αριθμός ατόμων που ενσωματώνονται στα παραπροϊόντα-απόβλητα	Μάζα ατόμων που ενσωματώνονται στα παραπροϊόντα-απόβλητα
Αρχικά υλικά							
Αιθανόλη		2C, 6H, 1O		2C, 4H		2H, 1O	
Επιθυμητό προϊόν							
Αιθένιο		2C, 4H		--	--		
Απόβλητο προϊόν							
Νερό		2H, 1O		--	--		

Β) Ο μαθηματικός τύπος που υπολογίζει το ποσοστό της οικονομίας του ατόμου για μια αντίδραση δίνεται από την σχέση:

$$\frac{\text{Συνολική μάζα ατόμων που ενσωματώνονται στο προϊόν}}{\text{Συνολική μάζα όλων των προϊόντων (κύριων και αποβλήτων)}} \times 100 = \textbf{Ποσοστό οικονομίας ατόμου}$$

Με βάση τον παραπάνω τύπο και τον πίνακα που συμπληρώσατε, υπολογίστε το ποσοστό οικονομίας ατόμου για την συγκεκριμένη αντίδραση.

_____

_____

_____

Γ) Το ποσοστό της οικονομίας ατόμου στην παραπάνω αντίδραση δεν είναι ιδιαίτερα υψηλό. Ωστόσο αναφορικά με τα απόβλητα προϊόντα η αντίδραση έχει ένα πλεονέκτημα. Ποιο; Εξηγείστε.

(το νερό, παραπροϊόν της αντίδρασης, που είναι περιβαλλοντικά φιλικό προϊόν)

_____

_____

_____

4. Για την αντίδραση πολυμερισμού του αιθυλενίου

$$\underbrace{CH_2{=}CH_2 + CH_2{=}CH_2 + CH_2{=}CH_2{+}\ldots\ldots}_{v} \rightarrow (\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-})_v$$

Α) Σημειώστε το μονομερές και το πολυμερές της αντίδρασης

_____

Β) Τι ονομάζεται πολυμερισμός;

(Η χημική αντίδραση κατά την οποία πολλά μόρια ίδιων ή διαφορετικών οργανικών ενώσεων που ονομάζονται μονομερή, ενώνονται και σχηματίζουν μακρομόρια, τα πολυμερή)

_____

_____

_____

_____

Γ) Συμπληρώστε τον πίνακα που ακολουθεί. Δίνονται τα ατομικά βάρη:

$AB_C = 12,011$ $AB_H = 1,00794$

	Μοριακός τύπος	Αριθμός και είδος ατόμων	Μοριακό βάρος	Αριθμός ατόμων που ενσωματώνονται στο προϊόν	Μάζα ατόμων που ενσωματώνονται στο προϊόν	Αριθμός ατόμων που ενσωματώνονται στα παραπροϊόντα-απόβλητα	Μάζα ατόμων που ενσωματώνονται στα παραπροϊόντα-απόβλητα
Αρχικά υλικά							
Αιθένιο		2νC, 4νH		2νC, 4νH		--	--
Επιθυμητό προϊόν							
Πολυαιθυλένιο		2νC, 4νH					
Απόβλητο προϊόν							
				--	--		

Υπολογίστε το ποσοστό της οικονομίας του ατόμου για την συγκεκριμένη αντίδραση.

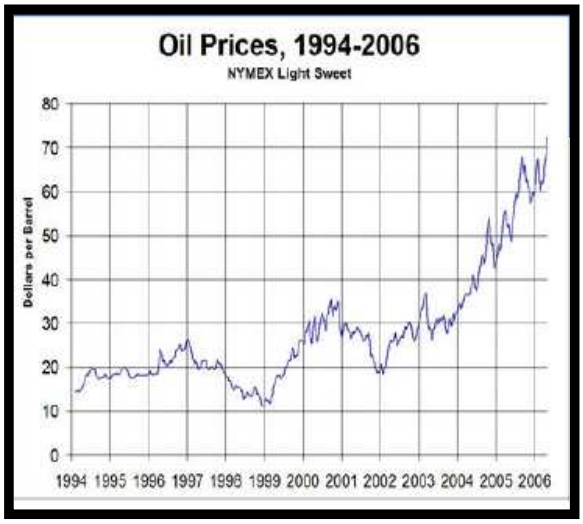
_____

_____

_____

5. Με βάση:

- Το διπλανό διάγραμμα για την τιμή του πετρελαίου
- Την ανακοίνωση της χημικής βιομηχανίας DOW για συνεργασία με έναν από τους μεγαλύτερους παραγωγούς αιθανόλης στην Βραζιλία με σκοπό την παραγωγή βιο-πολυαιθυλενίου
- Τον διπλασιασμό των καλλιεργούμενων εκτάσεων ζαχαροκάλαμου στην Βραζιλία γράψτε μια παράγραφο στην οποία θα εξηγείτε: a) τους οικονομικούς λόγους που οδηγούν στην παραγωγή πολυαιθυλενίου από βιομάζα β) τις περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις από την αυξημένη ζήτηση ζαχαροκάλαμου.



(χρήση νερού, ευτροφισμός, απώλεια δασών, απώλεια ενδιαιτημάτων, κοινωνικές επιπτώσεις στο διατροφικό απόθεμα και στις τιμές των τροφίμων)

_____

_____

_____

Στην συνέχεια χωριστείτε σε ομάδες και συζητήστε ότι καταγράψατε. Πως θα επιτευχθεί κατά την γνώμη σας η αειφορική ανάπτυξη; *(ανάλυση κύκλου ζωής)*



Πρόταση ένταξης της δραστηριότητας στο αναλυτικό πρόγραμμα

Η δραστηριότητα με τίτλο: «Πράσινο πολυαιθυλένιο από βιομάζα» θα μπορούσε να ενταχθεί αυτούσια ή τροποποιημένη ως ενδεικτική διαθεματική στην τρίτη στήλη του αναλυτικού προγράμματος της χημείας Γ' Γυμνασίου αφού εξυπηρετεί κάποιους από τους στόχους της Γενικής ενότητας 3: Η Χημεία του Άνθρακα -Θεματική ενότητα: Πετρέλαιο, Φυσικό αέριο και πετροχημικά έτσι όπως αναφέρονται στο ΑΠΣ.

Η δραστηριότητα θα μπορούσε να εκτελεστεί αυτούσια ή τροποποιημένη στα πλαίσια των προτεινόμενων διαθεματικών σχεδίων εργασίας που υπάρχουν μέσα στο Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών (Δ.Ε.Π.Π.Σ) και ειδικότερα στα παρακάτω:

- Β΄ Γυμνασίου Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας- Θέμα: Η επιβάρυνση του περιβάλλοντος.
- Γ΄ Γυμνασίου Δ.Ε.Π.Π.Σ Χημείας- Θέμα: Το πετρέλαιο
- Δ.Ε.Π.Π.Σ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ- Επίλυση προβλήματος με θέμα: Κίνδυνοι των δασών και λήψη μέτρων για την αειφόρο διαχείριση τους.

Επιπλέον, στα πλαίσια της Ευέλικτης Ζώνης για το Γυμνάσιο η δραστηριότητα μπορεί να ενταχθεί στην θεματική περιοχή «Επιστήμη και Καθημερινή ζωή: Εφαρμογές Φυσικών, Κοινωνικών Επιστημών» που περιέχεται στο ΔΕΠΠΣ Ευέλικτης Ζώνης.

Βιβλιογραφία

- "Avoiding Waste, Atom Economy" στο Introduction to Green Chemistry, Instructional Activities for Introductory Chemistry, American Chemical Society, 2002, p. 35-43.
- Cann, C. M. and M. E. Connelly (2000). The Concept of Atom Economy, How many reactant atoms are incorporated into the desired product and how many are wasted?, Real-World Cases in Green Chemistry, American Chemical Society, p. 5-12, ISBN 0-8412-3733-6.
- Anastas, T. P. and J. C. Warner (1998). *Green Chemistry: Theory and Practice*, New York: Oxford University Press.
- J. Van Hareven, E. L. Scott and J. Sanders (2008). Bulk Chemicals from Biomass, *Biofuels, Bioprod. Bioref* ., 2,41-57.
- Renewable Resources and Biorefineries Conference 2006, Ghent, Belgium, http://www.york.ac.uk/res/gcrn/programme.htm, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης:

Ιανουάριος 2011.

- Martinelli, L. and Filoso, S. (2008). Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: environmental and social challenges. Ecological Applications, 18(4), 885-898.
- Χατζηχρηστίδης, Ν., Σημειώσεις Χημείας Πολυμερών, ΕΚΠΑ, Αθήνα
- Braskem Company, http://www.braskem.com.br/site/portal_braskem/en/home/home.aspx, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Coons, R., Chemical Firms Find Brazil Fertile Ground for Green Projects, http://www.chemweek.com/home/projects/15243.html, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- American Chemistry Council, Bio-Polymers and New Materials: Polymers from Renewable Resources, American Chemistry Council, 2008, http://www.americanchemistry.com/s_plastics/doc.asp?CID=1098&DID=7340, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Ahmed Eiamin, Brazilian Company Starts Production of Green Polyethylene, στο http://www.foodproductiondaily.com/news/ng.asp?n=77699-brazil-polyethylene-renewable, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικής-Χημείας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Περιβαλλοντικής, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/31depps_Peribalontikis.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικών Επιστημών, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/21depps%20Fisikon%20Epistimon.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/17deppsaps_OikiakisOikonomias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Ευέλικτης Ζώνης, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 28depps_EveliktiZoni.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Βιολογίας, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 22deppsaps_Biologias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας

πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf



Είδη οικιακής χρήσης από ανανεώσιμες πρώτες ύλες

Εισαγωγή



Τα είδη οικιακής χρήσης, όπως τα απορρυπαντικά, τα κάθε είδους καθαριστικά, τα εντομοκτόνα, τα αποσμητικά χώρου κά, περιέχουν ουσίες οι οποίες προέρχονται από ορυκτές πρώτες ύλες. Οι ουσίες αυτές έχουν αρνητικές επιδράσεις τόσο στην ανθρώπινη υγεία, όσο και στο περιβάλλον.

Τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότερες εταιρείες παρασκευάζουν τα διάφορα είδη οικιακής χρήσης, φροντίζοντας ώστε οι ουσίες που περιέχουν να προέρχονται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες, ενώ δίνουν μεγάλη σημασία στην βιοδιασπασιμότητα και στην ασφάλεια του προϊόντος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα ενζυμικά προϊόντα καθαρισμού, στα οποία χρησιμοποιούνται δημοφιλείς κατηγορίες ενζύμων από ανανεώσιμους πόρους, όπως οι λιπάσες, οι πρωτεάσες, οι αμυλάσες και οι κυτταρινάσες.

Στόχοι της δραστηριότητας: οι μαθητές...

- ✓ Να αναγνωρίζουν το πρόβλημα που δημιουργείται στην υγεία και στο περιβάλλον από την χρήση των συμβατικών προϊόντων καθαρισμού
- ✓ Να εντοπίσουν την εφαρμογή των αρχών της πράσινης χημείας στην καθημερινή τους ζωή και στον σχεδιασμό προϊόντων ευρείας χρήσης
- ✓ Να εξοικειωθούν με τα σύμβολα και τις φράσεις κινδύνου των συμβατικών προϊόντων καθαρισμού
- ✓ Να κατανοήσουν την δράση των ενζύμων στα προϊόντα καθαρισμού
- ✓ Να υιοθετήσουν συμπεριφορά περιβαλλοντικά υπεύθυνου καταναλωτή

- ✓ Να ασκηθούν στην κριτική ανάλυση πληροφοριών που τους παρέχονται
- ✓ Να αναπτύξουν πνεύμα συνεργασίας και ομαδικότητας
- ✓ Να εισηγούνται τρόπους προώθησης των «πράσινων» προϊόντων οικιακής χρήσης

Ενδεικτική διάρκεια δραστηριότητας: Μέρος Α' : 1 διδακτική ώρα Μέρος Β΄: 1 διδακτική ώρα Μέρος Γ΄:1 διδακτική ώρα	**Αρχές της Πράσινης Χημείας που θίγονται** • Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών • Ασφάλεια • Πρόληψη της ρύπανσης • Ελαχιστοποίηση της ενέργειας
• Μαθητές: Γυμνασίου-Λυκείου • Σχετιζόμενα μαθήματα: Χημεία, Περιβαλλοντική εκπαίδευση, Μαθηματικά, Οικιακή Οικονομία, Βιολογία	

Λέξεις-κλειδιά: Είδη οικιακής χρήσης, ασφάλεια, υγεία, ένζυμα, ενζυμικά απορρυπαντικά

Μέρος Α΄: Προϊόντα οικιακής χρήσης: Πόσο επικίνδυνα μπορεί να είναι;

Υλικά /Όργανα



Μολύβι, χαρτί, 5 τουλάχιστον ετικέτες διαφόρων ειδών οικιακής χρήσης (απορρυπαντικά, υγρά γενικής χρήσης, υγρά για συγκεκριμένους καθαρισμούς – χαλιά, κόλλες, κλπ) ή αν είναι εύκολο και συσκευασίες, Η/Υ, διαδίκτυο.

Πορεία εργασίας



Οι μαθητές χωρίζονται σε τρεις ομάδες και κάθε ομάδα ακολουθεί την πιο κάτω πορεία:

1. Καταγράψτε το είδος και κατά προσέγγιση τον μηνιαίο αριθμό ανά είδος που χρησιμοποιείτε στο σπίτι σας για καθαρισμό, απολύμανση κλπ.

Είδος οικιακής χρήσης (καθαριστικό, απολυμαντικό, απορρυπαντικό κλπ)	Μηνιαίος αριθμός/είδος

2. Στο πλαίσιο που ακολουθεί αναφέρονται κάποιες ουσίες που περιέχονται στα κάθε είδους καθαριστικά.

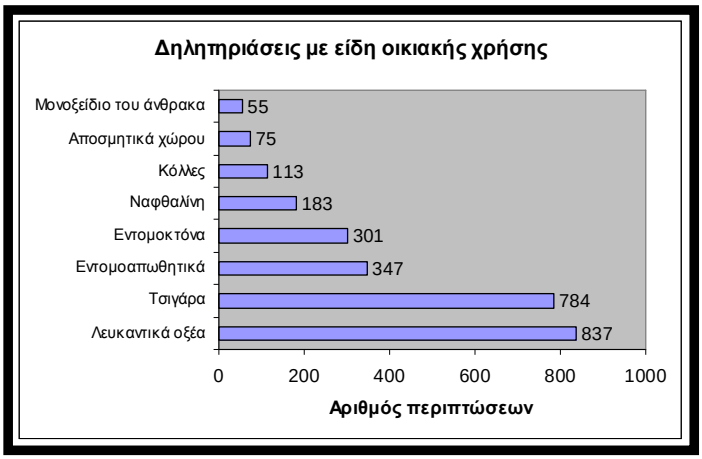
Λεμονένιο, φορμαλδεΰδη, φωσφορικές ενώσεις, λευκαντικοί παράγοντες με βάση το χλώριο, πολυχλωριούχα διφαινύλια (DCB), παραδιχλωροβενζόλιο, πινένιο, τετραχλωράνθρακας, χλωροφόρμιο, ναθφαλίνιο, p-διχλωροβενζόλιο, m-διχλωροβενζόλιο, 1,1,1-τριχλωροαιθάνιο, μυρκένιο, τετραχλωροαιθυλένιο, εννεάνιο, δεκάνιο, βενζοικό οξύ, βενζοπυρένιο, τριχλωροαιθάνιο, βενζόλιο, τριχλωροσάνη.

Οι ουσίες αυτές προκαλούν βλάβες στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Για τις διάφορες ετικέτες ή συσκευασίες των διαφόρων ειδών οικιακής χρήσης που έχετε συλλέξει συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα.



Είδος οικιακής χρήσης (καθαριστικό, απολυμαντικό, απορρυπαντικό κλπ)	Συστατικά που αναγράφονται στην ετικέτα[6]	Συστατικά που περιέχονται στο παραπάνω πλαίσιο

3.Το διπλανό σχήμα απεικονίζει τον αριθμό δηλητηριάσεων λόγω εισπνοής ειδών οικιακής χρήσης σύμφωνα με ετήσιο απολογισμό του κέντρου δηλητηριάσεων*. Συζητήστε μεταξύ σας τις αιτίες αυτών των δηλητηριάσεων. Ποιες ομάδες πληθυσμού είναι πιο ευπαθείς σε αυτές τις δηλητηριάσεις; Εξηγείστε.



4. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι κίνδυνοι που μπορούν να προέλθουν από τις διάφορες χημικές ουσίες και οι διάφοροι συμβολισμοί τους.

[6] *Επειδή τα συστατικά των διαφόρων προϊόντων μπορεί να αναγράφονται στα αγγλικά, όπου χρειάζεται ζητήστε τη βοήθεια του καθηγητή σας.*

**Ατμοσφαιρική Ρύπανση Εσωτερικών Χώρων-Άρρωστα Κτήρια, Βιβλίο Θεωρίας, Σχεδιασμός και Παραγωγή Εκπαιδευτικού υλικού για την περιβαλλοντική εκπαίδευση, ΕΜΠ, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Αθήνα 2000*

	***Διαβρωτικό***	*Εάν έρθει σε επαφή με το δέρμα, μπορεί να προκαλέσει κάψιμο.*
	***Πολύ εύφλεκτο***	*Μπορεί να προκαλέσει πυρκαγιά.*
	***Τοξικό***	*Εάν έρθει σε επαφή με το δέρμα, εάν καταποθεί ή εισπνευστούν οι ατμοί του μπορεί να προκαλέσει βλάβες.*
	***Επιβλαβές για το περιβάλλον***	*Εάν απελευθερωθεί στο περιβάλλον μπορεί να προκαλέσει βλάβες στους διάφορους οργανισμούς.*
	***Ερεθιστικό***	*Οποιαδήποτε επαφή μπορεί να προκαλέσει βλάβες στο δέρμα ή στα μάτια.*
	***Εκρηκτικό***	*Μπορεί να προκαλέσει έκρηξη*
	***Καρκινογόνο***	*Εάν έρθει σε επαφή με το σώμα ή σε περίπτωση κατάποσης μπορεί να προκαλέσει καρκίνο.*

Αναζητήστε τα σύμβολα ή τις φράσεις τους στις ετικέτες ή συσκευασίες των ειδών οικιακής χρήσης που έχετε συλλέξει. Συμπληρώστε τον πίνακα που ακολουθεί.

Είδος οικιακής χρήσης (καθαριστικό, απολυμαντικό, απορρυπαντικό κλπ)	**Επικινδυνότητα (σύμβολο ή φράσεις)**

◊ **Συμπληρωματική δραστηριότητα 1:** «Προβλήματα ευτροφισμού στις λίμνες και τα ποτάμια»

Στόχος της δραστηριότητας: οι μαθητές.....

✓ Να καταγράψουν το πρόβλημα του ευτροφισμού

Α) Αναζητήστε και καταγράψτε τις αιτίες του ευτροφισμού και τις συνέπειες που έχει στην υδάτινη ζωή.

Β) Κατασκευάστε ένα κολάζ φωτογραφιών όπου απεικονίζονται προβλήματα ευτροφισμού σε διάφορες περιοχές.

Μέρος Β΄: Ενζυμικά απορρυπαντικά: Υδρόλυση των πρωτεϊνών από πρωτεάσες.

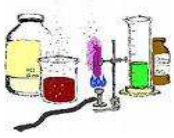
Υλικά /Όργανα



Απαραίτητα αντιδραστήρια: ένα απορρυπαντικό που περιέχει πρωτεάσες, ένα αυγό, αντιδραστήριο της διουρίας (Biuret). Τα όργανα που θα χρειαστούν είναι: δύο δοκιμαστικοί σωλήνες, ένα σταγονόμετρο

Πορεία εργασίας

Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες των τριών ατόμων και κάθε ομάδα ακολουθεί την πιο κάτω πορεία:



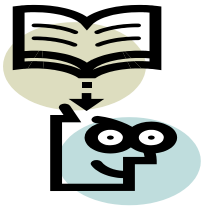
1. Αριθμήστε τους δύο δοκιμαστικούς σωλήνες (1,2).
2. Προσθέστε σε κάθε δοκιμαστικό σωλήνα 2ml από το ασπράδι του αυγού.
3. Στον δοκιμαστικό σωλήνα 1 προσθέστε 2ml υγρού απορρυπαντικού που περιέχει

πρωτέαση και στην συνέχεια ανακινείστε ελαφρά.

4. Προσθέστε σταγόνες από το αντιδραστήριο της διουρίας (Biuret) και στους δύο δοκιμαστικούς σωλήνες. Ανακινήστε καλά.

5. Λαμβάνοντας υπόψην σας ότι, το αντιδραστήριο της διουρίας δίνει χαρακτηριστικό μπλε-μωβ χρώμα κατά την αντίδρασή του με πρωτεΐνες, σηματοδοτώντας την παρουσία πρωτεΐνης, συμπληρώστε τις παρατηρήσεις σας στον παρακάτω πίνακα.

Δοκιμαστικός Σωλήνας	**Περιεχόμενο δοκιμαστικού σωλήνα**	**Παρατηρήσεις**
1		*πράσινο χρώμα, λόγω καταστροφής της πρωτείνης από το ένζυμο*
2		*έντονο μπλε- μωβ χρώμα λόγω αντίδρασης της διουρίας με την πρωτείνη του αυγού.*



Φύλλο εργασίας[7]

1) Ποια είναι η πρωτεΐνη του αυγού με την οποία αντέδρασε το ένζυμο του απορρυπαντικού; Ποιος είναι ο τρόπος δράσης της πρωτεάσης στην υδρόλυση των πρωτεϊνών;

_____

_____

_____

2) Διαβάστε προσεκτικά το κείμενο που ακολουθεί:

«…….Μία από τις λύσεις που προτείνει η Πράσινη Χημεία είναι η χρήση ενζύμων στα προϊόντα καθαρισμού. Τα ένζυμα χρησιμοποιούνται ως εναλλακτική λύση κυρίως προς αντικατάσταση των σουλφονικών τασενεργών ενώσεων που αποτελούν βασικά συστατικά των απορρυπαντικών, διότι προσφέρουν το πλεονέκτημα της μείωσης της θερμοκρασίας του πλυσίματος κατά 20^{o}C αλλά και της ελάττωσης του ποσού του απορρυπαντικού που απαιτείται για κάθε πλύση. Ειδικότερα, χρησιμοποιώντας ενζυμικά προϊόντα καθαρισμού απαιτείται λιγότερος χρόνος πλυσίματος, μειώνεται σημαντικά η ενεργειακή κατανάλωση λόγω των χαμηλότερων θερμοκρασιών που χρησιμοποιούνται, μειώνεται η κατανάλωση νερού λόγω της μεγαλύτερης δραστικότητας, ελαττώνονται οι αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον αφού είναι βιοδιασπάσιμα ενώ προέρχονται από ανανεώσιμες πρώτες ύλες……»

Με βάση τα παραπάνω, καταγράψτε και δικαιολογείστε με σαφήνεια ποιες αρχές της Πράσινης Χημείας ικανοποιούν τα ενζυμικά προϊόντα καθαρισμού.

_____

_____

_____

3) Συμπληρώστε με τις παρακάτω λέξεις το κείμενο που ακολουθεί:

αμυλάσες, λίπη, αποικοδομούν, κυτταρινάσες,

[7] *Συμπληρώνεται μετά το τέλος του Μέρους Β΄*

Οι πρωτεάσες,…….. τις πρωτεΐνες. Οι …….. διασπούν το άμυλο αφαιρώντας έτσι τους αντίστοιχους λεκέδες και εμποδίζουν το γάριασμα των ρούχων που προκαλείται μετά από πολλές πλύσεις. Οι …… βοηθούν στη συντήρηση του χρώματος και μειώνουν το γάριασμα λόγω της επίδρασής τους στη βαμβακερή ίνα, ενώ οι λιπάσες διαλύουν τα …… και χρησιμοποιούνται συχνά στα υγρά απορρυπαντικά.

Μέρος Γ΄: Πλεονεκτήματα των προϊόντων οικιακής χρήσης από ανανεώσιμους πόρους και τρόποι προώθησης τους.



Υλικά /Όργανα

Μολύβι, χαρτί, Η/Υ, διαδίκτυο.

Πορεία εργασίας

Οι μαθητές χωρίζονται σε τρεις ομάδες και κάθε ομάδα ακολουθεί την πιο κάτω πορεία:

1. Σε σχετικά πρόσφατο άρθρο αναφέρεται ότι: «…….*Μια ομάδα μηχανικών δημιούργησε νέες επιφανειοδραστικές ουσίες που βασίζονται στις δεξτρίνες, σακχαρίτες εύκολα παραγόμενους από άμυλο. Επίσης, οι σουλφονικοί μεθυλεστέρες αποτελούν καλή περίπτωση επιφανειοδραστικών που παράγονται από φυτικά έλαια, και μπορεί να είναι εναλλακτικοί των μέχρι σήμερα σουλφονικών αλκυλοβενζυλεστέρων που προέρχονταν από το πετρέλαιο….*». Ποια είναι τα περιβαλλοντικά οφέλη αυτών των καινοτομιών; *(χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών, βιοαποδομήσιμα, μη τοξικά)*

2. Η Ευρωπαική επιτροπή έχει εκδώσει έναν οδηγό προκειμένου να διευκολύνει τις τοπικές αρχές (δήμους) στην προμήθεια «πράσινων» καθαριστικών προιόντων.



Γράψτε μια πρόταση στην οποία θα προσπαθείτε να πείσετε τους δημάρχους και τους υπεύθυνους των τμημάτων προμηθειών των δήμων να αγοράζουν καθαριστικά προιόντα από ανανεώσιμες πρώτες ύλες. Η πρόταση σας θα πρέπει να περιλαμβάνει:

α) Τους λόγους αντικατάστασης των συμβατικών προιόντων με αυτά από ανανεώσιμους πόρους β) Οικονομικά στοιχεία (πόσο εύκολη είναι η αντικατάσταση αυτή από οικονομικής απόψεως) μετά από έρευνα αγοράς που θα πραγματοποιήσετε γ) Άλλα οφέλη και

προστιθέμενη αξία για τον δήμο.

Στην συνέχεια παρουσιάστε την πρόταση σας στις υπόλοιπες ομάδες.

Πρόταση ένταξης της δραστηριότητας στο αναλυτικό πρόγραμμα

Η δραστηριότητα «Είδη οικιακής χρήσης από ανανεώσιμες πρώτες ύλες» θα μπορούσε τροποποιημένη να ενταχθεί ως ενδεικτική διαθεματική στην τρίτη στήλη του αναλυτικού προγράμματος της Χημείας Γ' Γυμνασίου στην Γενική ενότητα 3: Η Χημεία του Άνθρακα και στην Οικιακή Οικονομία Α' Γυμνασίου στην ενότητα Οικιακή Οικονομία – Αγωγή υγείας – Πρόληψη ατυχημάτων. Ειδικότερα, το μέρος Β' της δραστηριότητας μπορεί να ενταχθεί στην τρίτη στήλη του Δ.Ε.Π.Π.Σ Χημείας Γ' Γυμνασίου, στο πλαίσιο της προτεινόμενης ενδεικτικής δραστηριότητας : Μελέτη του θέματος «ένζυμα» από τη Βιολογία της Γ΄ Γυμνασίου.

Επιπρόσθετα, η δραστηριότητα θα μπορούσε να εκτελεστεί αυτούσια ή τροποποιημένη στα πλαίσια των προτεινόμενων διαθεματικών σχεδίων εργασίας που υπάρχουν στο Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών (Δ.Ε.Π.Π.Σ) και ειδικότερα στα παρακάτω:

- Β΄ Γυμνασίου Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας- Θέμα: Η επιβάρυνση του περιβάλλοντος.
- Γ΄ Γυμνασίου Δ.Ε.Π.Π.Σ Χημείας- Θέμα: Το πετρέλαιο

Επιπλέον, στα πλαίσια της Ευέλικτης Ζώνης για το Γυμνάσιο η δραστηριότητα μπορεί να ενταχθεί στις παρακάτω θεματικές περιοχές που περιέχονται στο ΔΕΠΠΣ Ευέλικτης Ζώνης:

- Επιστήμη και Καθημερινή ζωή : Εφαρμογές Φυσικών, Κοινωνικών Επιστημών
- Οργάνωση της ζωής, υγιεινή, λειτουργικότητα και αισθητική της κατοικίας, διατροφή - Θέματα Καταναλωτή με επικέντρωση στα θέματα καταναλωτή.

Βιβλιογραφία

- Paster, M., J. L. Pellegrino, T. M. Carole (2003). *Industrial Bioproducts: Today and Tomorrow, U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy*, Office of the Biomass Program, Washington, D.C.
- Allen, B. (2000). Eco-labelling: legal, decent, honest and truthful? *Green Chem.*, 2, G19.

- Wang J. H. and Chen, M. K. (2005). Biodegradable Surfactants. *J. Applied Polymer Science*, 98, 711 στο Green Chemistry and the Consumer, Newsletter Issue 5 -/November 2005,
- Μαρούλης, Ι. Α., Κ. Χατζηαντωνίου- Μαρούλη, Γ. Γκέκας, Α. Δημητριάδου και Λ. Τζελέπη (2005). Το πείραμα στη διδασκαλία της χημείας: υδρόλυση αμύλου από βακτηριακή αμυλάση αλλά και από υγρό απορρυπαντικό (τα ένζυμα στα απορρυπαντικά), Πρακτικά *20ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Χημείας, Χημεία: Εκπαίδευση, έρευνα και εφαρμογές*, Ιωάννινα.
- Μαρούλης, Ι. Α., Κ. Χατζηαντωνίου- Μαρούλη, Γ. Γκέκας, Α. Δημητριάδου και Λ. Τζελέπη (2004). Χημεία και καθημερινή Ζωή. Η Χημεία της Καθαριότητας. Η Πράσινη Προσέγγιση. *Πρακτικά 1ου Πανελλήνιου Συμποσίου Πράσινης Χημείας και Βιώσιμης Ανάπτυξης*, Αθήνα.
- Ντούλια, Δ., Ι. Ξιάρχος, Δ. Κλημέντζος, Γ. Κυριακόπουλος (2004). Απορρυπαντικά Παρασκευάσματα με Σακχαροεστέρες, *Πρακτικά 1ου Πανελλήνιου Συμποσίου Πράσινης Χημείας και Βιώσιμης Ανάπτυξης*, Αθήνα.
- Μηνάγιας, Ι.(2007). Η εφαρμογή των αρχών της Πράσινης Χημείας στην παραγωγή βιο-απορρυπαντικών, ρητινών και λιπασμάτων από τον Όμιλο της Νεοχημικής, Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συμποσίου Πράσινης Χημείας και Βιώσιμης Ανάπτυξης, Πάτρα.
- Κανονισμός (ΕΚ), αριθ. 648/2004 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 31ης Μαρτίου 2004 σχετικά με τα απορρυπαντικά.
- Ατμοσφαιρική Ρύπανση Εσωτερικών Χώρων-Άρρωστα Κτήρια (2000). Βιβλίο Θεωρίας, Σχεδιασμός και Παραγωγή Εκπαιδευτικού υλικού για την περιβαλλοντική εκπαίδευση, ΕΜΠ, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Αθήνα.
- Saxena, K. R., P. K. Ghosh, R. Gupta, W. Sheba Davidson, S. Bradoo and R. Gulati, Microbial lipases: Potential biocatalysts for the future industry, www.ias.ac.in/currsci/jul10/articles18.htm, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- A. Falk Filipson, J. Bard, S. Karlson, Concise International Chemical Assessment Document 5, LIMONENE World Health Organization, Geneva, 1998 στο http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad05.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- EAUC: The Environmental Association for Universities and Colleges Guidance for Responsible Public Procurement of Cleaning Products,

http://www.eauc.org.uk/file_uploads/bacs_pptf_1_2.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.

- DEFRA (UK government department responsible for policy and regulations on the environment, food and rural affairs), http://www.defra.gov.uk/sustainable/index.htm, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- The EU Scientific Committee on consumer Products (SCCP), http://ec.europa.eu/health/ph_risk/risk_en.htm, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Novozymes, http://www.novozymes.com/en, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Ecover, http://www.ecover.com/gb/en/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- L' arbre vert, http://www.arbrevert.gr/produits.html, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικής-Χημείας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Περιβαλλοντικής, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/31depps_Peribalontikis.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικών Επιστημών, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/21depps%20Fisikon%20Epistimon.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/17deppsaps_OikiakisOikonomias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Ευέλικτης Ζώνης, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 28depps_EveliktiZoni.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Βιολογίας, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 22deppsaps_Biologias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf

- SIRI MSDS Index**,** http://www.hazard.com/msds/index.php (δελτία δεδομένων ασφαλείας για τα χρησιμοποιούμενα αντιδραστήρια της δραστηριότητας), Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.



Κομποστοποίηση: Μια πράσινη χημική διεργασία

Εισαγωγή



Τα φυτά προκειμένου να αναπτυχθούν χρησιμοποιούν διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο αποθηκεύεται σε αυτά με την μορφή πολυσακχαριτών. Οι πολυσακχαρίτες εξάγονται και χρησιμοποιούνται για την παρασκευή διαφόρων χρήσιμων υλικών. Ο σχεδιασμός υλικών από φυτικές πρώτες ύλες όπως το άμυλο ή η κυτταρίνη διασφαλίζει το βιώσιμο μέλλον του πλανήτη. Τα ανθρακοάτομα των υλικών αυτών, στο τέλος της ζωής τους οξειδώνονται σε διοξείδιο του άνθρακα μέσω της διαδικασίας της κομποστοποίησης, μιας πράσινης διεργασίας από ανανεώσιμες πρώτες ύλες.

Η κομποστοποίηση είναι μια βιοχημική, αερόβια, εξώθερμη και ελεγχόμενη διεργασία αποσύνθεσης οργανικών αποβλήτων. Οι τρεις παράμετροι-κλειδιά για την κομποστοποίηση είναι ο αερισμός, το ποσοστό υγρασίας και η θερμοκρασία.

Σήμερα η κομποστοποίηση είναι μια ευρέως διαδεδομένη μέθοδος για την αντιμετώπιση των προβλημάτων που προκύπτουν από τους χώρους εδαφικής διάθεσης των στερεών αποβλήτων αλλά και για την παραγωγή καλής ποιότητας εδαφοβελτιωτικού.

Στόχοι της πειραματικής δραστηριότητας: οι μαθητές...

- ✓ Να γνωρίσουν κάποιες από τις αρχές της πράσινης χημείας
- ✓ Να μπορούν να αναφέρουν τους παράγοντες που επηρεάζουν την αποδόμηση των υλικών στη φύση
- ✓ Να συνεργάζονται με τους συμμαθητές τους στη συλλογή, επεξεργασία στοιχείων και ερμηνεία των αποτελεσμάτων και να αναπτύξουν πνεύμα συνεργασίας και επικοινωνίας.
- ✓ Να προσεγγίσουν ποιοτικά και πειραματικά βασικές έννοιες της χημείας και να εξοικειωθούν με τις διαδικασίες των επιστημονικών μεθόδων
- ✓ Να αντιληφθούν την ανάγκη για κομποστοποίηση με δεδομένο τον διαρκώς αυξανόμενο

όγκο οργανικών αποβλήτων.

- ✓ Να εκτιμούν τον χρόνο αποδόμησης διαφόρων υλικών στην φύση.
- ✓ Να ευαισθητοποιηθούν σε θέματα ανακύκλωσης και να εισηγούνται τρόπους προώθησης προγραμμάτων κομποστοποίησης.

Ενδεικτική διάρκεια δραστηριότητας: 2 διδακτικές ώρες Παρατήρηση και συλλογή δεδομένων: 4-8 εβδομάδες.	**Αρχές της Πράσινης Χημείας που θίγονται** • Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών • Πρόληψη ρύπανσης • Σχεδιασμός για αποδόμηση
• Μαθητές: Γυμνασίου-Λυκείου • Σχετιζόμενα μαθήματα: Χημεία, Περιβαλλοντική εκπαίδευση, Μαθηματικά	

Λέξεις-κλειδιά: Κομποστοποίηση, απόβλητα οργανικά υλικά, θερμοκρασία, PH

Υλικά /Όργανα



Παρακινούμε τους μαθητές να φέρουν από το σπίτι τους ένα μίγμα από φυτικά είδη όπως ρινίσματα ξύλου, κομμάτια μαρουλιού, φλούδες καρότου, λωρίδες εφημερίδων, πυρήνες μήλων, κομμάτια από χαρτόνι συσκευασίας αυγών, κόρα ψωμιού, άχυρο, φλούδες μπανάνας, χόρτο. Αντί αυτού μπορούν να φέρουν 4 μεγάλα ποτήρια έτοιμο κομπόστ, το οποίο κυκλοφορεί στο εμπόριο.

Επίσης απαιτούνται: 3 δοχεία πλαστικά για να τοποθετηθεί το κομπόστ, 1 ζυγαριά, 1 θερμόμετρο, PH-μετρικό χαρτί, απόβλητο υλικό, με παρεμφερή μάζα προκειμένου να γίνουν συγκρίσεις (πχ χαρτί, πλαστικό, συσκευασία από βιοαποδομήσιμο υλικό, πολυστυρένιο (Styrofoam) κτλ).

Πορεία εργασίας

Τα παιδιά χωρίζονται σε ομάδες των τεσσάρων ατόμων. Κάθε ομάδα εκτελεί την παρακάτω διαδικασία:



1. Ετοιμάστε τα πλαστικά δοχεία μέσα στα οποία θα τοποθετήσετε το απόβλητο υλικό. Βάλτε ετικέτες για να μην μπερδέψετε τα δείγματα.

2. Διαχωρίστε το κομπόστ ομοιόμορφα στα τρία δοχεία και καταγράψτε την μάζα που περιέχεται σε κάθε δοχείο.

	Μάζα κομπόστ
Δοχείο Α	
Δοχείο Β	
Δοχείο Γ	

3. Καταγράψτε την μάζα κάθε δείγματος απόβλητου υλικού και τοποθετήστε την σε κάθε δοχείο μαζί με το κομπόστ.

	Μάζα απόβλητου υλικού
Δοχείο Α	
Δοχείο Β	
Δοχείο Γ	

4. Βεβαιωθείτε ότι το κομπόστ είναι υγρό και ότι περιβάλλει παντελώς το κάθε δείγμα απόβλητου υλικού. Εάν χρησιμοποιήσατε νερό για να υγράνετε το κομπόστ, καταγράψτε την μάζα του (Προσοχή! Η πολλή υγρασία θα δημιουργήσει αναερόβιες συνθήκες).

5. Συνοψίστε στον πίνακα που ακολουθεί

	Μάζα κομπόστ	Μάζα απόβλητου υλικού	Συνολική μάζα (κομπόστ & υλικού)	Μάζα νερού που τυχόν προστέθηκε
Δοχείο Α				
Δοχείο Β				
Δοχείο Γ				

6. Καταγράψτε τις αλλαγές που θεωρείτε ότι θα συμβούν στα δείγματα των αποβλήτων. Διατυπώστε γραπτά και με συντομία τις υποθέσεις που κάνετε.

_____

_____

_____

7. Καταγράψτε τις παρατηρήσεις σας για τις επόμενες εβδομάδες, οι οποίες θα αφορούν χαρακτηριστικά όπως η μάζα, η θερμοκρασία, η υγρασία, το PH, η υγρασία, η μυρωδιά και η συνολική εμφάνιση. Στους πίνακες που ακολουθούν σημειώστε τις παρατηρήσεις σας. Μπορεί να χρειαστεί να προσθέσετε νερό περιστασιακά. Καταγράψτε την ποσότητα νερού που προσθέτετε.

Δοχείο Α									
Ημερομηνία & Ώρα	Μάζα κομπόστ	Μάζα απόβλητου υλικού	Θερμοκρασία	PH	Υγρασία	Μυρωδιά	Εμφάνιση Δείγματος	Σχόλια	Ποσότητα νερού που προσθέσατε

Δοχείο Β									
Ημερομηνία & Ώρα	Μάζα κομπόστ	Μάζα απόβλητου υλικού	Θερμοκρασία	PH	Υγρασία	Μυρωδιά	Εμφάνιση Δείγματος	Σχόλια	Ποσότητα νερού που προσθέσατε

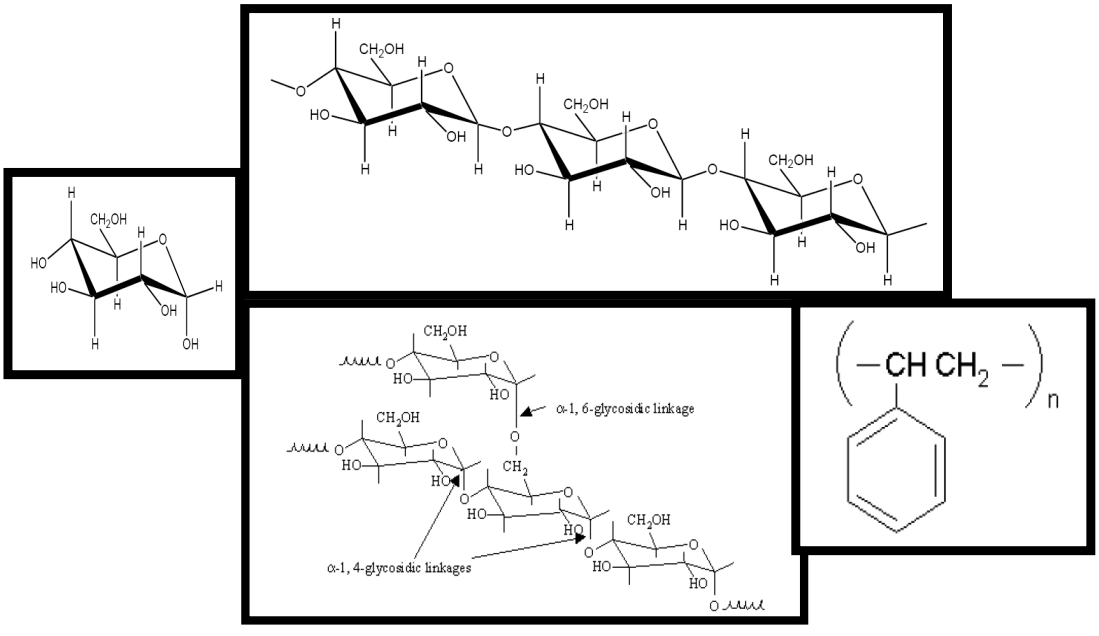
Δοχείο Γ									
Ημερομηνία & Ώρα	Μάζα κομπόστ	Μάζα απόβλητου υλικού	Θερμοκρασία	PH	Υγρασία	Μυρωδιά	Εμφάνιση Δείγματος	Σχόλια	Ποσότητα νερού που προσθέσατε

8.Συζητήστε τα δεδομένα που συνέλεξε η ομάδα σας με τις άλλες ομάδες. Συγκρίνετε τις παρατηρήσεις σας. Στη συνέχεια απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις:

I. Ποια ήταν η υπόθεση που κάνατε; Σε ποιο συμπέρασμα καταλήξατε; Ταιριάζει το συμπέρασμα με την αρχική υπόθεση; Συγκρίνετε με τις υπόλοιπες ομάδες.

II. Ποιο δείγμα άλλαξε περισσότερο; Ποιο λιγότερο; Τι αντίδραση λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας; Εξηγήστε.

III. Παρατηρήστε τα παρακάτω σχήματα, ερευνήστε και συνοψίστε τις ομοιότητες και τις διαφορές μεταξύ των δομών, των φυσικών ιδιοτήτων και της βιοδιασπασιμότητας της κυτταρίνης, του αμύλου, και του πολυστυρενίου.



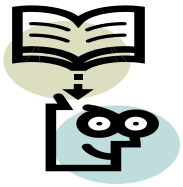
◊ **Συμπληρωματική δραστηριότητα 1: «Κομποστοποίηση στο δήμο μας»**



Στόχος της δραστηριότητας: οι μαθητές.....

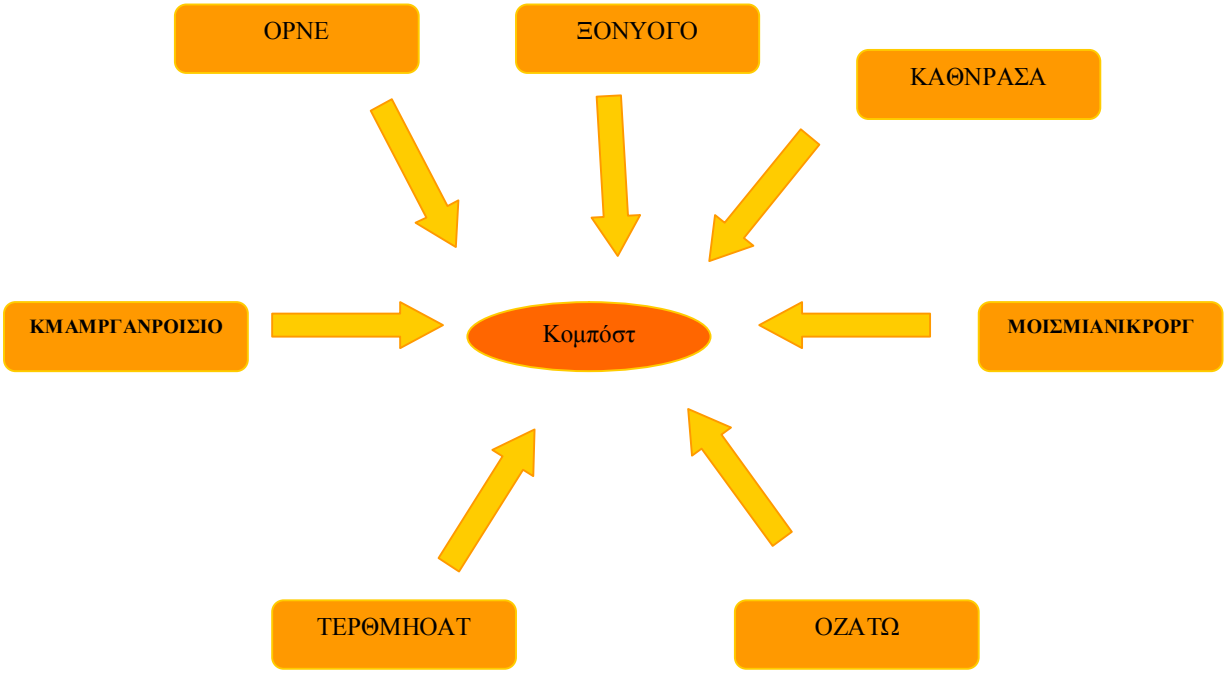
- ✓ Να ερευνήσουν την υφιστάμενη κατάσταση σε σχέση με την κομποστοποίηση στο δήμο τους
- ✓ Να εισηγούνται έναν τρόπο εφαρμογής της κομποστοποίησης

Αναζητήστε αν στην πόλη που κατοικείτε εφαρμόζεται πρόγραμμα κομποστοποίησης. Αν όχι προτείνεται έναν τρόπο εφαρμογής τέτοιου προγράμματος. Κάθε ομάδα κατασκευάστε μια αφίσα όπου θα προμοτάρετε την κομποστοποίηση. Αναρτήστε όλες τις αφίσες στην τάξη σας.



Φύλλο εργασίας

1) Στο παρακάτω διάγραμμα βάλτε σε σειρά τα γράμματα και ανακαλύψτε ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την κομποστοποίηση.



2) Που οφείλεται κατά τη γνώμη σας η απώλεια μάζας και η χαρακτηριστική έκλυση θερμότητας κατά την κομποστοποίηση;

(Στην οξείδωση του άνθρακα σε CO2 οφείλεται το μεγαλύτερο μέρος της απώλειας μάζας -οξείδωση του άνθρακα:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2)$$

_____

_____

_____

3) Γιατί το μίγμα που υπόκειται σε κομποστοποίηση χρειάζεται αερισμό;

(για οξυγόνωση και απαγωγή θερμότητας)

_____

_____

_____

4) Το λεξικό της κομποστοποίησης: Συμπλήρωσε....

α) Τέτοιες συνθήκες επικρατούν στις χωματερές (αναερόβιες) : _ _ _ _ _ _ _ _ _ _



β) Το πιο διαδεδομένο σάκχαρο στην φύση το οποίο δεν υδρολύεται (γλυκόζη): _ _ _ _ _ _ _

γ) Πλούσιο, θρεπτικό υλικό το οποίο προκύπτει από αποσυντιθέμενο φυτικό υλικό (κομπόστ): _ _ _ _ _ _ _

δ) Χημική αντίδραση κατά την οποία λαμβάνει χώρα απώλεια ηλεκτρονίων με ταυτόχρονη αύξηση των ατόμων οξυγόνου (οξείδωση) : _ _ _ _ _ _ _ _

ε) Αντίδραση μιας χημικής ένωσης με νερό (υδρόλυση) : _ _ _ _ _ _ _ _

στ) Πλαστικό υλικό με εμπορικό όνομα Styrofoam αποτελούμενο από το πολυμερές στυρένιο (πολυστυρένιο) : _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

ζ) Τέτοιες είναι οι συνθήκες κατά την διάρκεια της κομποστοποίησης (αερόβιες): _ _ _ _ _ _ _

η) Πολυσακχαρίτης, δομικό συστατικό του κυτταρικού τοιχώματος των φυτών (Κυτταρίνη): _ _ _ _ _ _ _ _ _

θ) Η διεργασία μετατροπής κάποιων υλικών μέσω μικροοργανισμών σε διοξείδιο του άνθρακα (Αποδόμηση): _ _ _ _ _ _ _ _ _

ι) Είναι το άμυλο ένας τέτοιος (Πολυσακχαρίτης): _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

Πρόταση ένταξης της δραστηριότητας στο αναλυτικό πρόγραμμα

Η δραστηριότητα με τίτλο: «Κομποστοποίηση: Μια πράσινη χημική διεργασία» θα μπορούσε να ενταχθεί με προσαρμογές και τροποποιήσεις ως ενδεικτική διαθεματική στην τρίτη στήλη του αναλυτικού προγράμματος της χημείας Β' Γυμνασίου στη Γενική ενότητα 4: Έδαφος-Υπέδαφος καθώς και στην χημεία Γ' Γυμνασίου στην Γενική Ενότητα 3: Η Χημεία του Άνθρακα.

Επίσης, η δραστηριότητα θα μπορούσε να εκτελεστεί αυτούσια ή τροποποιημένη (κατ΄επιλογή του διδάσκοντα) στα πλαίσια των προτεινόμενων διαθεματικών σχεδίων εργασίας που υπάρχουν μέσα στο Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών (Δ.Ε.Π.Π.Σ) και ειδικότερα στα παρακάτω:

- Β΄ Γυμνασίου Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας- Θέμα: Η επιβάρυνση του περιβάλλοντος.
- Β΄ Γυμνασίου Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας- Θέμα: Ανακύκλωση
- Β΄ Γυμνασίου Δ.Ε.Π.Π.Σ Χημείας -Θέμα: Αγροτική παραγωγή
- Γ' Γυμνασίου Δ.Ε.Π.Π.Σ Χημείας –Θέμα: Άλατα-Λιπάσματα
- Δ.Ε.Π.Π.Σ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ -Μελέτη κατά περίπτωση με θέμα: Η διαχείριση των απορριμμάτων της περιοχής μου.

Επιπλέον, στα πλαίσια της Ευέλικτης Ζώνης για το Γυμνάσιο η δραστηριότητα μπορεί να ενταχθεί στην θεματική περιοχή «Επιστήμη και Καθημερινή ζωή : Εφαρμογές Φυσικών, Κοινωνικών Επιστημών» που περιέχεται στο ΔΕΠΠΣ Ευέλικτης Ζώνης.

Βιβλιογραφία

- Ryan, M. A., Tinnesand, M., Eds. (2002). *Introduction to Green Chemistry*, Washington, DC: American Chemical Society.
- Λοϊζίδου, Μ. (2007). Διαχείριση αποβλήτων, Συμπόσιο: «Το ΕΜΠ στην πρωτοπορία της Έρευνας και Τεχνολογίας», ΕΜΠ.
- Μαυρόπουλου, Σ. Μ. (1997). *Διδάσκω Χημεία*, εκδ. Σαββάλα, Αθήνα
- North Carolina State University, Composting, A Guide to Managing Organic Yard Wastes, http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/hil/pdf/ag-467.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.

- Environmental Protection Agency, Majercak, J. Success Story Turning Garbage into Gold στο http://www.epa.gov/osw/nonhaz/municipal/pubs/ghg/f02021.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Earth Shell®, biodegradable food service packaging material, http://www.earthshell.com/, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Environmental Protection Agency, Βιβλίο δραστηριοτήτων για παιδιά, http://www.epa.gov/epawaste/education/pdfs/4-6.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Μάιος 2009.
- Kpr Adcor Inc, http://www.vciplastic.com/bio_films.htm, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- EPA-Wastes - Resource Conservation - Reduce, Reuse, Recycle – Composting, http://www.epa.gov/epawaste/conserve/rrr/composting/index.htm, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Classroom Activities στο http://www.eco-foam.com/education.asp, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Μάιος 2009 (δεν είναι διαθέσιμο σήμερα).
- ACS Green Chemistry Institute, http://chemistry.org/greenchemistryinstitute, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Environmentally Friendly Toys, http://www.magicnuudles.com/teachers/index.htm, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- American Chemical Society, http://www.chemistry.org/portal/resources?id=1edf9cd6e77911d6ecd56ed9fe800100, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- http://kallithea.hua.gr/compost.net/process.htm, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- MEDIES: The Mediterranean Education Initiative for the Environment and Sustainability http://www.medies.net/staticpages/index.php?page=intheclass, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Εργαλειοθήκη της Ενεργού Μάθησης, Ευρωπαϊκό έργο με τίτλο "Ενσωμάτωση της Ενεργού Μάθησης και της Ενεργειακής Παρακολούθησης στα προγράμματα σπουδών των Σχολείων, Χρηματοδοτικό εργαλείο: Πρόγραμμα Ευφυής Ενέργεια για την Ευρώπη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, http://www.teachers4energy.eu, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- FEEDU-project, Ευρωπαϊκό έργο χρηματοδοτούμενο από το Χρηματοδοτικό εργαλείο:

Πρόγραμμα Ευφυής Ενέργεια για την Ευρώπη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής http://www.feedu.org/educational.php#a, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.

- American Chemistry, http://www.americanchemistry.com/s_plastics/sec_pfpg.asp?CID=1420&DID=5212, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- American Chemistry, http://www.americanchemistry.com/plastics/sec_content.asp?CID=1593&DID=6056, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικής-Χημείας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Περιβαλλοντικής, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/31depps_Peribalontikis.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Φυσικών Επιστημών, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/21depps%20Fisikon%20Epistimon.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Οικιακής Οικονομίας, http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/17deppsaps_OikiakisOikonomias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Ευέλικτης Ζώνης, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 28depps_EveliktiZoni.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Δ.Ε.Π.Π.Σ Βιολογίας, http://www.pi-schools.gr/programs/depps/ 22deppsaps_Biologias.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.http://www.pi-schools.gr/download/programs/depps/25deppsaps_FisikisXimias.pdf

Βιβλιογραφία

- Μούγιος, Π. (2002). *Ερευνητική και Εκπαιδευτική διερεύνηση της Πράσινης Χημείας και εφαρμογές στην οργανική σύνθεση με την χρήση υπερήχων και μικροκυμάτων*, Ερευνητική εργασία διπλώματος Ειδίκευσης, Αθήνα.
- Χατζηαντωνίου-Μαρούλη, Κ. (2004). Χημική εκπαίδευση. Η Πράσινη Προσέγγιση. *Πρακτικά 1ου Πανελλήνιου Συμποσίου Πράσινης Χημείας και Βιώσιμης Ανάπτυξης*, Αθήνα.
- Πούλος, Κ. (2004). Εισαγωγή της Πράσινης Χημείας στη Δευτεροβάθμια και Τριτοβάθμια Εκπαίδευση, *Πρακτικά 1ου Πανελλήνιου Συμποσίου Πράσινης Χημείας και Βιώσιμης Ανάπτυξης*, Αθήνα.
- Kidd, H. (2000). Green chemistry resources on the Internet, *Green Chemistry*, 2, G22 - G25.
- Collins, T.J. (1995). Introducing green chemistry in teaching and research. *Journal of Chemical Education*, 72(11), 965-966.
- Matlack, A. (1999). Teaching green chemistry, *Green Chemistry*, 1, G19-G20.
- Hjeresen, L. D., D. L. Schutt and J. M. Boese (2000). Green Chemistry and Education. *Journal of Chemical Education*, 77(12), 1543-1547.
- Cacciatore, L. K. and H. Sevian (2006). Teaching Lab Report Writing through Inquiry: A Green Chemistry Stoichiometry Experiment for General Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 83 (7), 1039.
- S. D. Van Arnum (2005). An Approach Towards Teaching Green Chemistry Fundamentals, *J. Chem. Edu.*, 82(11), 1689-1692.
- La Merrill, M., Parent, K., Kirchhoff, M. (2003). Green Chemistry—Stopping Pollution Before it Starts. ChemMatters., 21 (2), pp 7-10.
- Warren D. (2001). Green chemistry: a research outlining areas for the teaching of green and environmental chemistry and sustainable development for 11-19 year old students, Royal Society of Chemistry.
- Leitner, W. (2004), Focus on education in Green Chemistry. *Green Chem.*, 6**,** 351.
- Καφετζόπουλος Κ., Ι. Βρεττός, Ν. Σπυρέλλης και Α. Καραλιώτα (2003). Σύγχρονες αναζητήσεις της διδακτικής των φυσικών επιστημών: Η περίπτωση της χημείας, *Νέα Παιδεία- Κείμενα Παιδευτικού Προβληματισμού*, Τεύχος 105, σελ. 111-133, Αθήνα.

- Ματσαγγούρας Η. (2002). Ευέλικτη Ζώνη Διαθεματικών Προσεγγίσεων: Μια εκπαιδευτική καινοτομία που αλλάζει το σχολείο, στο «Επιθεώρηση εκπαιδευτικών θεμάτων, Ειδικό αφιέρωμα στην Ευέλικτη Ζώνη», Τεύχος 6, Αθήνα.
- Ματσαγγούρας Η. (2003). *Η Διαθεματικότητα στη Σχολική Γνώση -Εννοιοκεντρική Αναπλαισίωση και Σχέδια Εργασίας*, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.
- Βαρνάβα- Σκούρα, Τζ. (1989). «Διαθεματική προσέγγιση στη διδασκαλία», Παιδαγωγική και Ψυχολογική Εγκυκλοπαίδεια, τόμος 3: Αθήνα, Ελληνικά Γράμματα.
- Ε. Καρατζιά- Σταυλιώτη (2002). Η Διαθεματικότητα στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών: Παραδείγματα από την ευρωπαϊκή εμπειρία και πρακτική στο «Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων», Ειδικό αφιέρωμα στη Διαθεματικότητα, Τεύχος 7, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα.
- Ζβέρεφ-Μαξίμοβα Ντ. Ι., B.N, (1981). Διαθεματικές συναρτήσεις στο σύγχρονο σχολείο», Μόσχα, από την «Παιδαγωγική Ψυχολογική Εγκυκλοπαίδεια, τόμος 3, Ελληνικά Γράμματα.
- Αλαχιώτης Σ. (2002). Για ένα σύγχρονο εκπαιδευτικό σύστημα: Η Διαθεματικότητα και η Ευέλικτη ζώνη αλλάζουν την παιδεία και αναβαθμίζουν την ποιότητα της Εκπαίδευσης, Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων, Ειδικό αφιέρωμα στη Διαθεματικότητα, Τεύχος 7, Αθήνα.
- Τρικαλίτη Α. (2002-2003). Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Από τη Θεωρία στην Πράξη, *Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα ΔΙΧΗΝΕΤ*, Αθήνα.
- Χρυσαφίδης Κ.(2002). *Βιωματική, Επικοινωνιακή Διδασκαλία*, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.
- Δεδούλη Μ. (2002). Βιωματική μάθηση- δυνατότητες αξιοποίησης της στο πλαίσιο της ευέλικτης ζώνης, στο Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων-Ειδικό Αφιέρωμα στην Ευέλικτη Ζώνη, Τεύχος 6, Σεπτέμβριος.
- Θεοφιλίδης Χρ. (2002). *Διαθεματική Προσέγγιση Της Διδασκαλίας*, Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.
- Βαλαβανίδης, Αθ.(2007). *Βασικές Αρχές Υγιεινής και Ασφάλειας σε Χημικά και Βιοχημικά Εργαστήρια. Πληροφορίες για Επικίνδυνες Χημικές Ουσίες*, ΕΚΠΑ.
- Σκούλλος, Μ. και Δ. Παπαδόπουλος (2003). *Τα απορρίμματα στη ζωή μας*. Έκδοση Μεσογειακό Γραφείο Πληροφόρησης για το Περιβάλλον, τον Πολιτισμό και την Αειφόρο Ανάπτυξη, Αθήνα.

- Dangler, M. J, S. J. Locascio and L. H. Halsey (1984). Sweet potato for biomass, *Biomass*, 4 (4), 253-261.
- Καραλιώτα Α.(2004). Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος: «Διδακτική πειραμάτων χημείας», ΔΙΧΗΝΕΤ, Αθήνα.
- Ματσαγγούρας, Η. (2002). *Οδηγός σχεδίων εργασίας για τον εκπαιδευτικό*, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα.
- Μανουσάκη, Ε. Γ. (1996). *Διδακτική της Χημείας*, Εκδ. Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.
- SATIS Revisited, Biomass and biofuels, Guidance for teachers, Association for Science Education 2007, http://www.satisrevisited.co.uk/downloads/biomass/4B&B_Guidance.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- University of Scranton, Cann, C. M. (2007). Greening the chemistry curriculum, Syracuse ACS Section, http://academic.scranton.edu/faculty/CANNM1/syracuse2007gccur.ppt, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- National Renewable Energy Laboratory, U.S Department of Energy, Renewable Energy Activities –Choices for Tomorrow, Teacher's Activity Guide for Middle Level Grades 6-8, National Renewable Energy Laboratory Education Programs, www.nrel.gov/docs/gen/fy01/30927.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- The Environmental Association for Universities and Colleges, Guidance for Responsible Public Procurement of Cleaning Products, http://www.eauc.org.uk/file_uploads/bacs_pptf_1_2.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.
- Scoullos, J. M. (2002). The Mediterranean experience on Environmental Awareness and Public Participation, 2nd ASEM International Forum on Public Participation «Good Practices on Public Participation for Sustainable development in ASEM and Greater Mekong Subregion», September 16-17, 2002, Hanoi, Vietnam, http://www.mio-ecsde.org/filemgmt_data/files/TheMediterraneanExperienceonEnvironmentalAwarenessan.pdf, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Μάιος 2009.
- National Energy Education Development Project, Transportation fuels Biodiesel, Teacher Guide, Correlations to National Science Content Standards, Factsheets at Elementary, Intermediate and Secondary Levels, 2004, The Need Project, www.need.org, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Ιανουάριος 2011.

- European Commision/Public Health, The EU Scientific Committee on consumer Products (SCCP), http://ec.europa.eu/health/ph_risk/risk_en.htm, Ημερομηνία τελευταίας πρόσβασης: Μάιος 2009.