



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ & ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ & ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**Τίτλος Εργασίας «Εκτίμηση επικινδυνότητας και τρωτότητας στους παράκτιους
κινδύνους, της παράκτιας ζώνης Νεάπολης – Μαλέα (ΝΑ Πελοποννήσου)»**
Διπλωματική Εργασία

ΝΤΙΝΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ



Αθήνα, 2017



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ & ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ**

ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ & ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Αμπελιώτης Κωνσταντίνος (Αναπληρωτής Καθηγητής, Επιβλέπων)

Καρύμπαλης Ευθύμιος (Αναπληρωτής Καθηγητής, Συνεπιβλέπων)

Δέτσης Βασίλειος (Επίκουρος Καθηγητής)

Δηλώνω υπεύθυνα ότι:

- 1) Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.
- 2) Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη	5
Abstract.....	6
Εισαγωγή.....	7
<u>1. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ</u>	9
1.1. Φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	9
1.2 Σενάρια Κλιματικής Αλλαγής.....	12
<u>2. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ</u>	23
2.1 Μεταβολές κατά το Τεταρτογενές.....	24
2.2 Αίτια μεταβολών θαλάσσιας στάθμης.....	27
2.3 Μελλοντική μεταβολή θαλάσσιας στάθμης.....	29
2.4 Επιπτώσεις στις παράκτιες ζώνες λόγω της μελλοντικής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης.....	31
2.5. Επιπτώσεις στον Ελληνικό χώρο λόγω της μελλοντικής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης.....	32
<u>3. ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ</u>	36
<u>4. ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</u>	42
4.1 Γεωγραφική θέση και δημογραφικά	42
4.2 Κλιματικά και Μετεωρολογικά στοιχεία της περιοχής.....	44
4.3 Χλωρίδα-Πανίδα.....	47
4.4 Γεωλογία-Τεκτονική.....	49
4.5 Γεωμορφολογία.....	53
4.6 Περιβαλλοντική σημασία της περιοχής μελέτης.....	55
4.7 Χρήσεις Γης.....	59
<u>5. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ</u>	
5.1 Γεωλογία.....	61
5.2 Παράκτια κλίση.....	63
5.3 Σχετική μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης.....	67
5.4 Ρυθμός διάβρωσης/προέλασης της ακτογραμμής.....	70
5.5. Μέσο σημαντικό ύψος κύματος.....	73
5.6. Μέσο εύρος παλίρροιας.....	75
5.7 Υπολογισμός Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας (CVI).....	78
5.8 Χρήσεις Γης.....	80
<u>6. Συμπεράσματα</u>	82
Βιβλιογραφία.....	84

Περίληψη

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα των τελευταίων ετών ,που έχει απασχολήσει τους επιστήμονες, είναι η παγκόσμια άνοδος της Μέσης Στάθμης της Θάλασσας, λόγω της κλιματικής αλλαγής. Το γεγονός αυτό θα έχει αρνητικές επιπτώσεις στις παράκτιες περιοχές των διαφόρων χωρών.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εκτίμηση της επικινδυνότητας και της τρωτότητας, στους παράκτιους κινδύνους, στην ευρύτερη περιοχή της Νεάπολης του Νομού Λακωνίας (ΝΑ Πελοπόννησος). Για το σκοπό αυτό υπολογίστηκε ο Δείκτης Παράκτιας Επικινδυνότητας (Coastal Vulnerability Index), ο οποίος εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στις ακτές των Η.Π.Α και του Καναδά. Για τον υπολογισμό του Δείκτη (CVI), εκτιμήθηκαν έξι βασικοί παράγοντες: α) η γεωλογία (geology), β) η παράκτια κλίση (coastal slope), γ) η διαχρονική προέλαση/οπισθοχώρηση της ακτογραμμής (shoreline accretion/erosion rate), δ) η σχετική άνοδος της θαλάσσιας στάθμης (relative sea-level rise), ε) το μέσο σημαντικό ύψος κύματος (mean wave height) και στ) το μέσο παλιρροιακό εύρος (mean tide range). Για τον υπολογισμό του Δείκτη (CVI) και τη δημιουργία των ψηφιακών χαρτών χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcGIS 10.4.1, στο οποίο έγινε η επεξεργασία όλων των δεδομένων, με αποτέλεσμα την ανάδειξη των παράκτιων περιοχών που θα διατρέξουν άμεσο κίνδυνο σε ενδεχόμενο σενάριο ανόδου της παγκόσμιας θαλάσσιας στάθμης, λόγω της κλιματικής αλλαγής.

Από τον υπολογισμό του δείκτη παράκτιας επικινδυνότητας προέκυψε ότι , για συνολικό μήκος ακτογραμμής 53,29km , τα 6,63 km (12%) χαρακτηρίζονται ως πολύ υψηλής επικινδυνότητας και τα 11,48km (22%), ως υψηλής επικινδυνότητας. Στις δύο αυτές κατηγορίες περιλαμβάνονται ,κυρίως, ο οικισμός της Νεάπολης και ολόκληρη η παράκτια περιοχή, δυτικότερα, μέχρι την Πούντα καθώς και ο οικισμός του Προφήτη Ηλία. Τέλος ένα μήκος 8,18km (15%) χαρακτηρίζεται ως πολύ χαμηλής επικινδυνότητας και περιλαμβάνει, κυρίως, την περιοχή του Ακρωτηρίου Μαλέα, ΝΑ της Νεάπολης, όπου επικρατούν τα ασβεστολιθικά πετρώματα και τα μεγάλα υψόμετρα.

Λέξεις κλειδιά: Νεάπολη Λακωνίας, Δείκτης Παράκτιας Επικινδυνότητας, Άνοδος της θαλάσσιας στάθμης, Κλιματική Αλλαγή, Παράκτια Διάβρωση

Abstract

One of the most important problems of last years, that have occupied the scientists, is the global mean sea-level rise, due to climate change. This fact will have negative effects in the coastal areas of the various countries.

The aim of this study is the estimation of risk and vulnerability to coastal risks in the area of Neapolis in Lakonia (SE Peloponnese). For this purpose calculated the Coastal Vulnerability Index, which applied for first time on the coasts of the USA and Canada. For the calculation of the CVI, estimated six main factors: a) the geology, b) the coastal slope, c) the shoreline accretion/erosion rate, d) the relative sea level rise, e) the mean wave height and f) the mean tide range. For the calculation of the CVI and the creation of the digital maps used the software ArcGIS 10.4.1, in which processed all the data, as a result of the emergence of coastal areas will take risk to a potential scenario of global sea-level rise, due to climate change.

As it comes out from the coastal vulnerability index, for a coastline of 53,29km, 6,63km(12%) have been classified as very high vulnerability and 11,48km(22%) have been classified as high vulnerability. In these two categories are included the settlement of Neapolis and the entire coastal area, to the West, until Punta and the settlement of Profitis Ilias. Finally, 8,18km (15%) have classified as very low vulnerability and includes the area of Cape Maleas at the SE of Neapolis, where dominated from limestones and high altitude.

Keywords: Neapolis Lakonia, Coastal Vulnerability Index, Sea-level rise, Climate Change, Coastal erosion

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι κλιματικές αλλαγές των τελευταίων ετών, αποτελούν σοβαρή απειλή για το περιβάλλον. Η σοβαρότητα του φαινόμενου οδήγησε στη δημιουργία επιστημονικών ομάδων, όπως είναι η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), οι οποίες ασχολούνται με την κλιματική αλλαγή.

Οι σοβαρές επιπτώσεις του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής, θέτουν σε κίνδυνο τη βιωσιμότητα των οικοσυστημάτων και την ανθρώπινη ζωή. Απαιτείται συστηματική μελέτη για τη λήψη μέτρων με τα οποία θα αντιμετωπιστούν σοβαρά προβλήματα, όπως η μελλοντική άνοδος της παγκόσμιας θαλάσσιας στάθμης, η διάβρωση των παράκτιων περιοχών και η εξαφάνιση των παράκτιων οικοσυστημάτων.

Εξαιτίας του γεγονότος ότι ο μισός από τον παγκόσμιο πληθυσμό κατοικεί εντός ενός ορίου που καταλαμβάνει απόσταση μικρότερη των 100km από την ακτογραμμή, η παράκτια ζώνη αντιμετωπίζεται, ως το πιο κρίσιμο τμήμα της επιφάνειας της υδρογείου από την άποψη της παγκόσμιας οικονομίας, των στρατηγικών και διαχειριστικών αναγκών.

Ένα από τα βασικά προβλήματα είναι ο καθορισμός της επικινδυνότητας σε διάβρωση, μιας παράκτιας περιοχής, εξαιτίας της μελλοντικής ανόδου της στάθμης της θάλασσας. Το USGS (United States Geological Survey) ανέπτυξε μία μέθοδο εντοπισμού των ακτών, που θα αντιμετωπίσουν σοβαρό πρόβλημα σε μελλοντική αύξηση της θαλάσσιας στάθμης (Gornitz et al., 1991, Thieler & Hammar-Klose, 1999). Η μέθοδος αυτή, γνωστή ως Δείκτης Παράκτιας Επικινδυνότητας (Coastal Vulnerability Index), στοχεύει στον εντοπισμό, των ευάλωτων στη διάβρωση, παράκτιων περιοχών. Ο CVI αποτελεί ένα εύχρηστο μαθηματικό μοντέλο προσδιορισμού της επικινδυνότητας σε διάβρωση των παράκτιων περιοχών, και περιλαμβάνει παραμέτρους όπως η γεωμορφολογία, η παράκτια κλίση, η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης, οι μεταβολές στην ακτογραμμή, η παλίρροια και ο κυματισμός.

Στην Ελλάδα η μέθοδος έχει εφαρμοστεί σε διάφορες περιοχές όπως στις Α και ΒΑ ακτές της Αττικής (Χατζηελευθερίου κ.α., 2010), τις Ν ακτές του Κορινθιακού Κόλπου (Karympalis et al., 2012), τις ακτές της Ελαφονήσου και της Σαλαμίνας (Karympalis et al., 2014), τις ακτές του Αργολικού Κόλπου (Gaki-Papanastasiou et al., 2010) κ.α.

Σκοπός της εργασίας

Η παρούσα διπλωματική έχει σκοπό τον προσδιορισμό της επικινδυνότητας και τρωτότητας, στους παράκτιους κινδύνους, της παράκτιας ζώνης Νεάπολη Βοιών- Ακρ. Μαλέα στη ΝΑ Πελοπόννησο.

Στο 1^ο και το 2^ο Κεφάλαιο αναφέρονται στο σοβαρό πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής, εστιάζοντας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς και στη μελλοντική άνοδο της παγκόσμιας θαλάσσιας στάθμης.

Το 3^ο Κεφάλαιο εστιάζει στα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης όπως η γεωλογία, η χλωρίδα-πανίδα, το κλίμα, ο πληθυσμός, οι χρήσεις γης κ.α.

Στο 4^ο Κεφάλαιο υπολογίζεται ο Δείκτης Παράκτιας Επικινδυνότητας (CVI) και αναλύονται οι φυσικοί παράμετροι που τον αποτελούν.

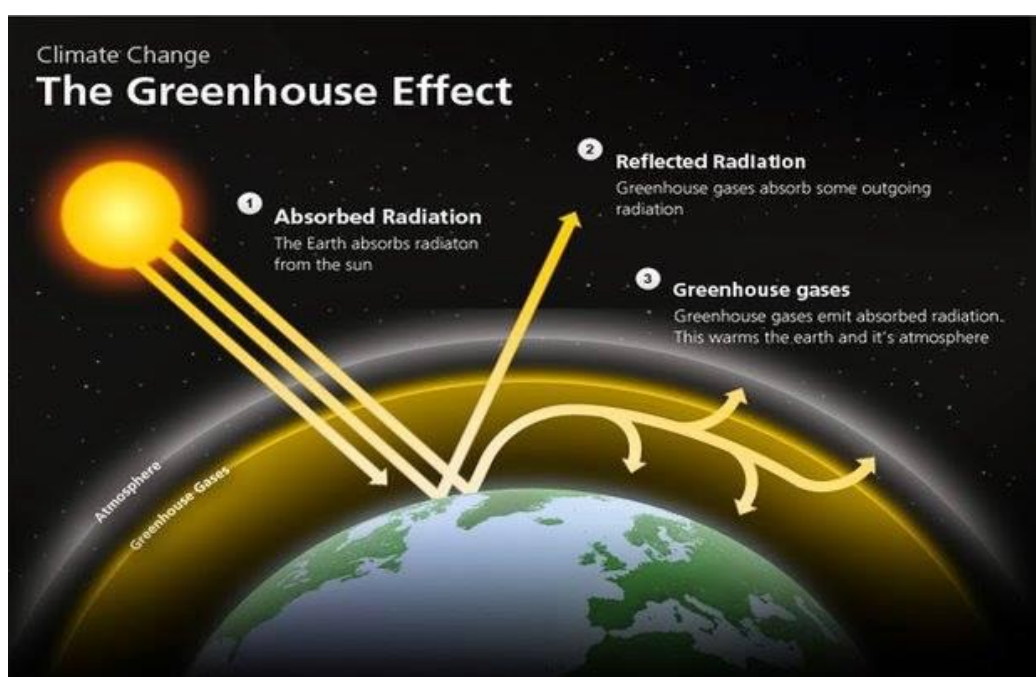
Στο 5^ο Κεφάλαιο, παρουσιάζονται κάποια μέτρα για την προστασία των παράκτιων περιοχών.

Τέλος το 6^ο Κεφάλαιο περιλαμβάνει τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την έρευνα.

1. ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

1.1 Φαινόμενο του θερμοκηπίου

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, υπό φυσιολογικές συνθήκες, είναι ένα φυσικό και αναγκαίο φαινόμενο για την ύπαρξη, τη διατήρηση και την εξέλιξη της ζωής στον πλανήτη μας. Ορισμένα αέρια της ατμόσφαιρας επιτρέπουν τη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας προς τη γη, ενώ ταυτόχρονα επανακλούν προς το έδαφος ένα μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας που ανακλάται από την επιφάνεια της γης. Αυτή η παγίδευση της υπέρυθρης ακτινοβολίας από τα συγκεκριμένα αέρια, καλείται **φαινόμενο του θερμοκηπίου**, το οποίο βοηθά στο να διατηρείται μια θερμική ισορροπία στη Γη. (Κανελλοπούλου 2006)



Εικόνα 1.1 Σχηματική παράσταση του φαινομένου του θερμοκηπίου. (Πηγή: <http://didaskaleio.weebly.com/>)

Χωρίς το μηχανισμό αυτό η μέση θερμοκρασία της Γης θα ήταν κατά 34°C χαμηλότερη (-22°C αντί των $+12^{\circ}\text{C}$ που είναι σήμερα) και η ύπαρξη ζωής στον πλανήτη θα ήταν αδύνατη. Τα αέρια που συμβάλλουν περισσότερο στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το μεθάνιο (CH_4), το διοξείδιο του αζώτου (N_2O), το όζον (O_3), και σε άλλα αέρια όπως οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs), που έχουν απαγορευτεί από το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ. (Ζερεφός 2009)

Στον παρακάτω πίνακα (**Πίνακας 1.1**) καταγράφονται τα κυριότερα αέρια της ατμόσφαιρας που ευθύνονται για την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου, καθώς και η συνεισφορά τους σε αυτή, σύμφωνα με την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC).

Αέρια	Συνεισφορά (%)
CO ₂	>60
CH ₄	15-20
N ₂ O	7-9
CFCs	
CFC11	0.7-0.75
CFC12	0.75-0.85
CFC22	0.40-0.50

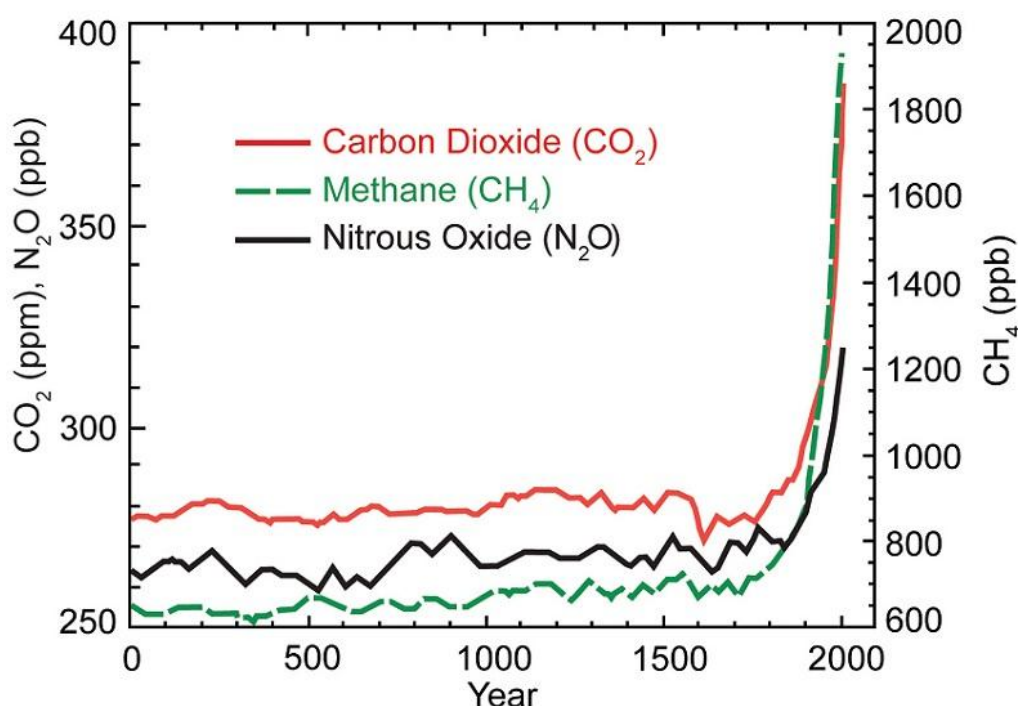
Πίνακας 1.1. Αέρια του θερμοκηπίου και η συνεισφορά τους στο φαινόμενο σύμφωνα με την IPCC.

Από τον παραπάνω πίνακα, είναι εμφανής ο ρόλος που διαδραματίζει το CO₂ στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, λόγω της μεγάλης συνεισφοράς του (>60%) αλλά και του μεγάλου χρόνου ζωής (περίπου 200 χρόνια).

Η ανθρώπινη δραστηριότητα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των εκπομπών τεσσάρων από τα κυριότερα αέρια του θερμοκηπίου: του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), του μεθανίου (CH₄), του υποξειδίου του αζώτου (N₂O) και των χλωροφθορανθράκων (CFCs). Η ανθρώπινη δραστηριότητα δρα συσσωρευτικά για τα συγκεκριμένα αέρια στην ατμόσφαιρα, έχοντας ως αποτέλεσμα οι συγκεντρώσεις τους να αυξάνονται με την πάροδο του χρόνου. Οι συγκεκριμένες αυξήσεις των συγκεντρώσεων έχουν βασικά ανθρωπογενή προέλευση. Ειδικότερα:

- Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) παράγεται στη φύση μέσω της αναπνοής αλλά και από ανθρώπινη δραστηριότητα μέσω της καύσης των υδρογονανθράκων, τη θέρμανση και την ψύξη των κτιρίων και τη βιομηχανική παρασκευή τσιμέντου και άλλων αγαθών. Διοξείδιο του άνθρακα απελευθερώνεται επίσης μέσω της αποσύνθεσης της οργανικής ύλης. Η μέση περιεκτικότητα του αέρα σε CO₂ ξεπερνάει τα 360 ppm (μέρη στο εκατομμύριο κατ' όγκο) και αυξάνει τα τελευταία κατά 0,9 ppm ετησίως ως αποτέλεσμα της καύσης των υδρογονανθράκων (**Σχήμα 1.1**).
- Το μεθάνιο (CH₄) έχει αυξηθεί λόγω της γεωργικής δραστηριότητας και της εξόρυξης και διανομής φυσικού αερίου.
- Τα οξείδια και υποξείδια του αζώτου (N₂O) προέρχονται από την έντονη χρήση λιπασμάτων και η καύση ορυκτών καυσίμων.
- Οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs) χρησιμοποιούνταν ως ψυκτικές ουσίες στα κλιματιστικά και τα ψυγεία και η παρουσία τους στην ατμόσφαιρα καταστρέφουν τη στοιβάδα του όζοντος (O₃).

- Το όζον (O_3) είναι αέριο του θερμοκηπίου, που συνεχώς παράγεται και καταστρέφεται στην ατμόσφαιρα εξαιτίας χημικών αντιδράσεων. Εντός της τροπόσφαιρας, το O_3 έχει αυξηθεί λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας, διαμέσου της απελευθέρωσης αερίων, όπως το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οι υδρογονάνθρακες (HC) και τα οξείδια του αζώτου ($NxOy$). Το τροποσφαιρικό όζον θεωρείται αέριος ρύπος και αέριο του θερμοκηπίου, ενώ το στρατοσφαιρικό όζον παράγεται μέσω φυσικών διεργασιών και προστατεύει την επιφάνεια του πλανήτη από την υπερϊώδη ηλιακή ακτινοβολία. (Κατσαφάδος και Μαυροματίδης, 2015)

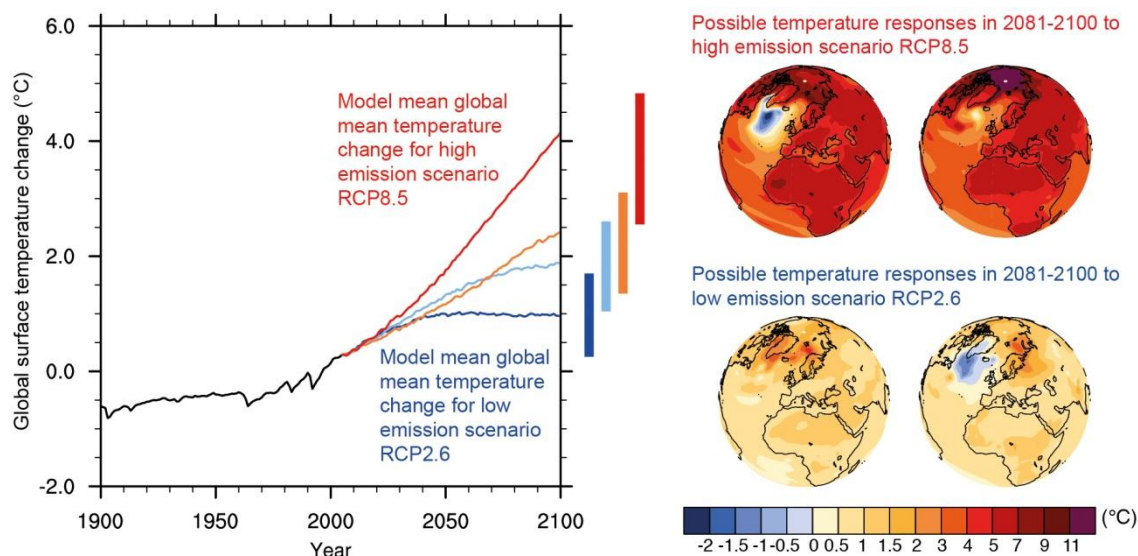


Σχήμα 1.1 Τάση αύξησης του CO_2 , του CH_4 και του N_2O (IPCC, 2007)

Η επιστημονική κοινότητα θεωρεί ότι η συνεχιζόμενη αύξηση του CO_2 θα οδηγήσει σε υψηλότερες θερμοκρασίες στη Γη και κατά συνέπεια στο λιώσιμο των πάγων των πολικών περιοχών. Η μέση στάθμη των ωκεανών θα ανέβει κατά αρκετά εκατοστά του μέτρου και θα πληγούν περιοχές, κυρίως παράκτιες, όπου κατοικεί μεγάλο ποσοστό του σημερινού πληθυσμού της Γης. Προβλέπεται ότι η θαλάσσια στάθμη θα ανέβει, μέχρι το 2100, κατά 0,5 έως 1,5m. (Ζερεφός 2009)

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου θα οδηγήσει επίσης σε εμφάνιση ακραίων κλιματικών φαινομένων. Σύμφωνα με τα τέσσερα κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 και RCP8.5, που ορίστηκαν στην 5^η Έκθεση της IPCC (2013), η παγκόσμια θερμοκρασία επιφάνειας θα αυξηθεί από 0.2°C έως 4.2°C, μέχρι το 2100. (Σχήμα 1.2) Άλλες επιπτώσεις είναι η διατάραξη

του κύκλου των βροχοπτώσεων και χιονοπτώσεων, η μετατόπιση των καλλιεργήσιμων και δασικών εκτάσεων, έντονες οικονομικές επιπτώσεις, μετακινήσεις πληθυσμών, κυρίως των παράκτιων περιοχών κ.α.

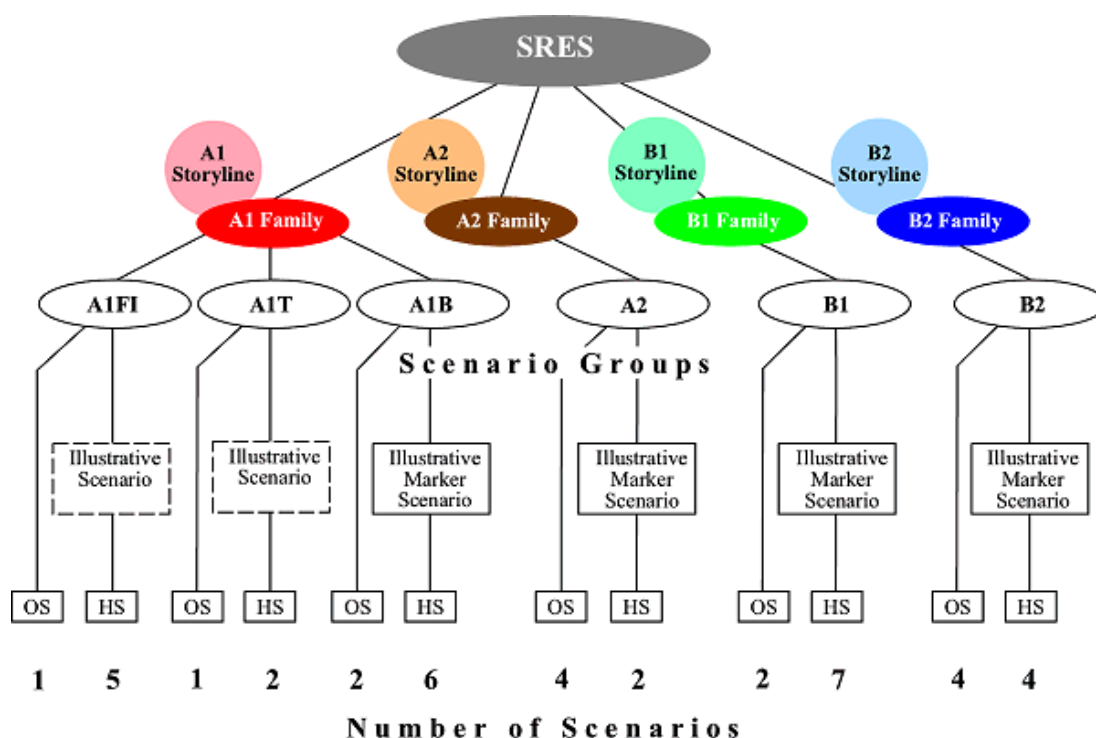


Σχήμα 1.2 Τάση αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας επιφάνειας σύμφωνα με τα τέσσερα σενάρια της 5^η Έκθεση της IPCC (2013).

1.2 Σενάρια Κλιματικής Αλλαγής

Βασικός παράγοντας στη μελέτη των προβλεπόμενων κλιματικών αλλαγών, είναι η εξέλιξη των συγκεντρώσεων των θερμοκηπιακών αερίων στην ατμόσφαιρα Greenhouse Gases (GHG), όπως τα : CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, CO, NO_x κ.α. Ο ρυθμός με τον οποίο θα εξελιχθούν οι συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου στο μέλλον δεν μπορεί να προσδιορισθεί επακριβώς. Για το σκοπό αυτό η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (Ο.Η.Ε) ανέπτυξε σαράντα, συνολικά, σενάρια σχετικά με τα μελλοντική εξέλιξη των εκπομπών των θερμοκηπιακών αερίων. (Special Report on Emissions Scenarios-SRES). (Nakicenovic et al., 2000)

Σύμφωνα με την IPCC έχουν αναπτυχθεί τέσσερις πλοκές, οι οποίες παράγουν τέσσερα σύνολα σεναρίων που ονομάζονται «οικογένειες» : A1, A2, B1 και B2. Τα σενάρια αποτελούνται από έξι ομάδες σεναρίων, που προέρχονται από τις τέσσερις οικογένειες: 3 ομάδες μέσα στην οικογένεια A1 (A1F1, A1B και A1T) και μια ομάδα για κάθε οικογένεια A2, B1 και B2. Στο παρακάτω σχήμα (**Σχήμα 1.3**) απεικονίζονται τα σενάρια SRES σύμφωνα με την IPCC.



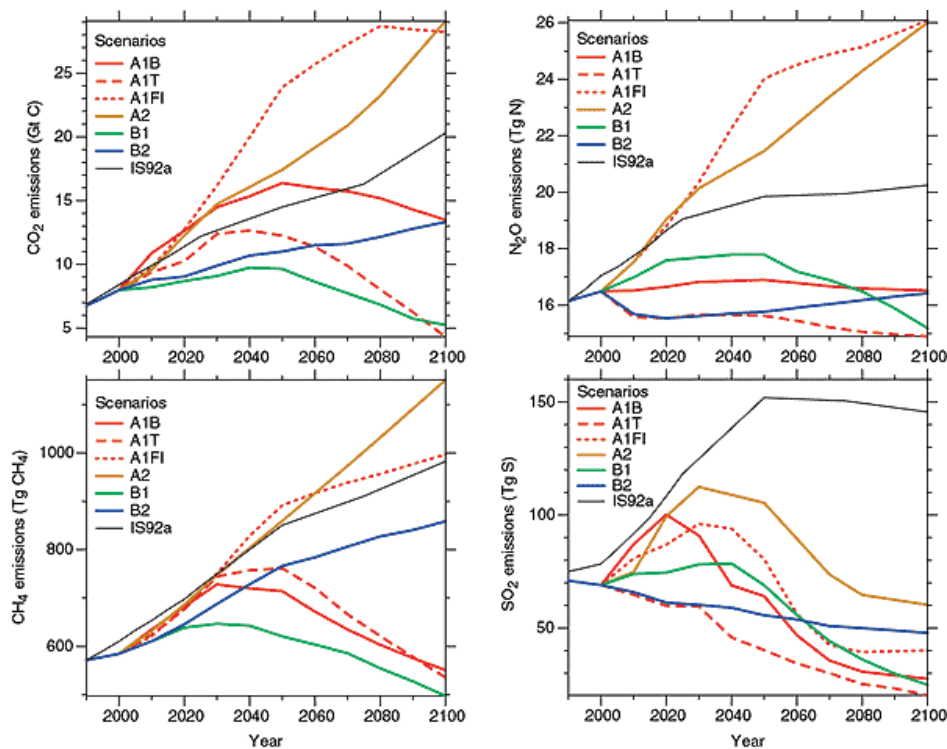
Σχήμα 1.3 Απεικόνιση των σεναρίων SRES (IPCC,2001)

Παρακάτω περιγράφονται τα κύρια χαρακτηριστικά των τεσσάρων σεναρίων (Κατσαφάδος & Μαυροματίδης 2015, Nakicenovic et al., 2000):

- Η οικογένεια πλοκής και σεναρίου A1 περιγράφει έναν μελλοντικό κόσμο πολύ γρήγορης οικονομικής ανάπτυξης, με παγκόσμιο πληθυσμό που κορυφώνεται στα μέσα του αιώνα και παρουσιάζει μείωση έκτοτε, και με ταχεία εισαγωγή νέων και αποδοτικότερων τεχνολογιών. Σημαντικά θέματα είναι η σύγκλιση μεταξύ των περιοχών, η δυνατότητα κατασκευής υποδομών και οι αυξανόμενες πολιτιστικές και κοινωνικές αλληλεπιδράσεις, με μια ουσιαστική μείωση των τοπικών διαφορών στο κατά κεφαλήν εισόδημα. Η οικογένεια σεναρίου A1 αναπτύσσεται σε τρεις ομάδες οι οποίες περιγράφουν τις εναλλακτικές κατευθύνσεις της τεχνολογικής αλλαγής στο ενεργειακό σύστημα. Οι τρεις ομάδες A1 διακρίνονται από την τεχνολογική έμφασή τους στην εντατική χρήση ορυκτών καυσίμων (A1FI), σε άλλες πηγές ενέργειας εκτός των ορυκτών (A1T), ή στην ισορροπία μεταξύ όλων των πηγών (A1B).
- Η οικογένεια πλοκής και σεναρίου A2 περιγράφει έναν πολύ ετερογενή κόσμο. Το κύριο θέμα είναι η αυτάρκεια και η συντήρηση των τοπικών ταυτοτήτων. Οι δομές που σχετίζονται με τη γονιμότητα στις διάφορες περιοχές συγκλίνουν πολύ αργά, γεγονός που οδηγεί σε συνεχή αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού. Η οικονομική ανάπτυξη είναι τοπικά προσανατολισμένη και η κατά κεφαλήν οικονομική ανάπτυξη και τεχνολογική αλλαγή είναι περιορισμένες και πιο αργές σε σχέση με άλλες πλοκές.

- Η οικογένεια πλοκής και σεναρίου B1 περιγράφει έναν συγκλίνοντα κόσμο με τον παγκόσμιο πληθυσμό να κορυφώνεται στα μέσα του αιώνα και έκτοτε να παρουσιάζει μείωση, όπως στην πλοκή A1. Περιλαμβάνει γρήγορες αλλαγές στις οικονομικές δομές που κατευθύνονται σε μια οικονομία υπηρεσιών, με μειώσεις στην πυκνότητα των υλικών, και εισαγωγή καθαρών και αποδοτικών τεχνολογιών. Η έμφαση δίνεται σε παγκόσμιες λύσεις για οικονομική, κοινωνική, και περιβαλλοντική βιωσιμότητα, αλλά χωρίς πρόσθετες πρωτοβουλίες για το κλίμα.
- Η οικογένεια πλοκής και σεναρίου B2 περιγράφει έναν κόσμο στον οποίο η έμφαση δίνεται στις τοπικές λύσεις για την οικονομική, κοινωνική, και περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Είναι ένας κόσμος με συνεχώς αυξανόμενο παγκόσμιο πληθυσμό με ρυθμό χαμηλότερο από το σενάριο A2, με ενδιάμεσα επίπεδα οικονομικής ανάπτυξης, και με λιγότερο γρήγορη αλλά πιο ποικίλη τεχνολογική αλλαγή από τις πλοκές B1 και A1. Το σενάριο προσανατολίζεται επίσης προς την προστασία του περιβάλλοντος και την κοινωνική αμεροληψία και εστιάζει στο τοπικό και περιφερειακό επίπεδο.

Στο παρακάτω σχήμα (**Σχήμα 1.4**) φαίνεται η χρονική εξέλιξη των εκπομπών CO₂, CH₄, N₂O και SO₂ κατά τον 21^ο αιώνα σύμφωνα με τα σενάρια εκπομπών A1B, A1T, A1F1, A2, B1 και B2.



Σχήμα 1.4 χρονική εξέλιξη των εκπομπών CO₂, CH₄, N₂O και SO₂ κατά τον 21^ο αιώνα σύμφωνα με τα σενάρια εκπομπών A1B, A1T, A1F1, A2, B1 και B2. (IPCC, 2013)

Στο Κέντρο Έρευνας Φυσικής της Ατμόσφαιρας και Κλιματολογίας της Ακαδημίας Αθηνών (ΚΕΦΑΚ) έχουν αναπτυχθεί μοντέλα με βάση τα σενάρια A2, A1B, B1 και B2 (Καψωμενάκης κ.α. 2011).

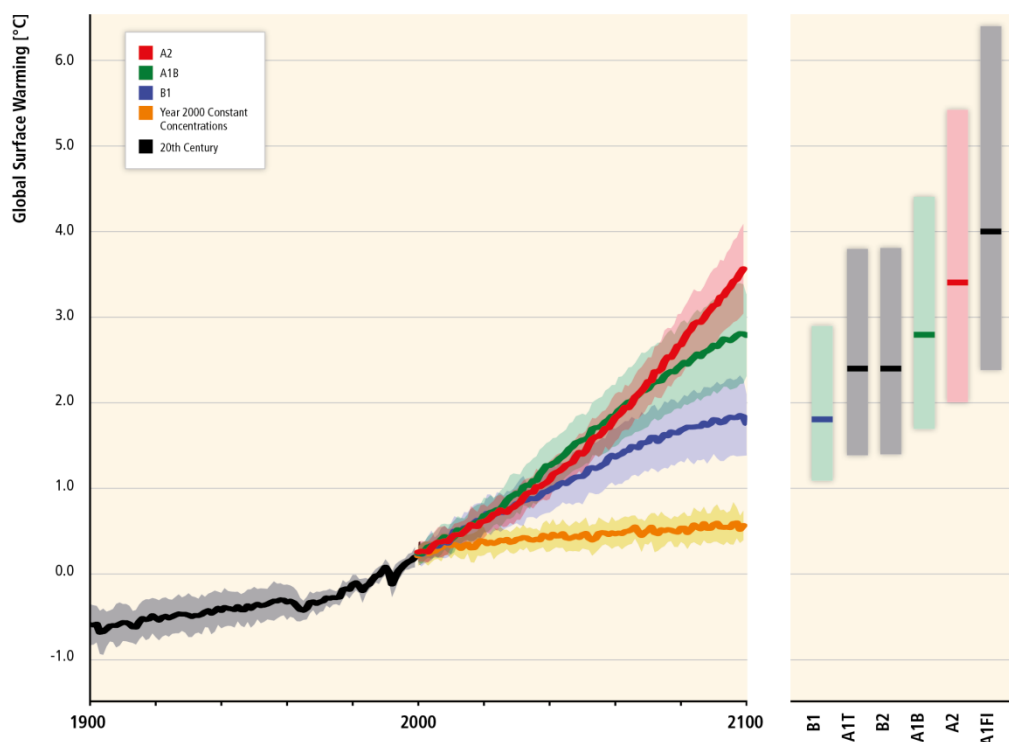
- **Σενάριο A2:** Έχουμε μέτρια αύξηση του μέσου παγκόσμιου κατά κεφαλήν εισοδήματος και αύξηση της κατανάλωσης της ενέργειας, καθώς και αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού. Η συγκέντρωση του CO₂ θα αυξηθεί και το 2100 θα φτάσει τα 850 ppm (μέρη στο εκατομμύριο κατ'όγκο).
- **Σενάριο A1B:** Η οικονομική ανάπτυξη είναι ραγδαία με έντονη κατανάλωση ενεργειακών πόρων (χρήση ορυκτών καυσίμων και εναλλακτικών πηγών ενέργειας) και ανάπτυξη νέων τεχνολογιών. Αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού μέχρι το 2050 και σταδιακή μείωσή του στη συνέχεια. Η συγκέντρωση του CO₂ στην ατμόσφαιρα θα φτάσει τα 720 ppm το 2100.
- **Σενάριο B1:** Μεγάλη αύξηση του παγκόσμιου κατά κεφαλήν εισοδήματος και χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Θα υπάρξει στροφή σε τεχνολογίες που χρησιμοποιούν κυρίως ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ο παγκόσμιος πληθυσμός θα παρουσιάσει ραγδαία αύξηση μέχρι το 2050 και ύστερα θα μειωθεί σταδιακά. Το CO₂ θα αυξηθεί με ήπιους ρυθμούς και η συγκέντρωση το 2100 θα φτάσει τα 550 ppm.
- **Σενάριο B2:** Η παγκόσμια οικονομία θα αναπτυχθεί με μέτριους ρυθμούς. Ηπιότερες τεχνολογικές αλλαγές σε σχέση με τα σενάρια A1 και B1 και ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού. Η συγκέντρωση του CO₂ θα αυξηθεί με μέτριους αλλά σταθερούς ρυθμούς και θα φτάσει το 2100 τα 620 ppm. .

Στον πίνακα που ακολουθεί (**Πίνακας 1.2**) φαίνεται η εξέλιξη των κύριων θερμοκηπιακών αερίων (CO₂, CH₄ και N₂O) κατά τον 21^ο αιώνα σύμφωνα με τα τέσσερα σενάρια εκπομπών (A1B, A2, B1 και B2).

SRES Έτος	Εκπομπές CO ₂ (PgC/έτος)				Εκπομπές CH ₄ (Tg(CH ₄)/έτος)				Εκπομπές NO ₂ (TgN/έτος)			
	A1B	A2	B1	B2	A1B	A2	B1	B2	A1B	A2	B1	B2
2000	7.97	7.97	7.97	7.97	323	323	323	323	7	7	7	7
2010	10.88	9.58	9.28	8.78	373	370	349	349	7	8.1	7.5	6.2
2020	12.64	12.25	10.63	9.05	421	424	377	384	7.2	9.6	8.1	6.1
2030	14.48	14.72	11.11	9.9	466	486	385	426	7.3	10.7	8.2	6.1
2040	15.35	16.07	11.72	10.69	458	542	381	466	7.4	11.3	8.3	6.2
2050	16.38	17.43	11.29	11.01	452	598	359	504	7.4	12	8.3	6.3
2060	16	19.16	9.74	11.49	410	654	342	522	7.3	12.9	7.7	6.4
2070	15.73	20.89	8.18	11.62	373	711	324	544	7.2	13.9	7.4	6.6
2080	15.18	23.22	6.7	12.15	341	770	293	566	7.1	14.8	7	6.7
2090	14.3	26.15	5.32	12.79	314	829	266	579	7.1	15.7	6.4	6.8
2100	13.49	29.09	4.23	13.32	289	889	236	597	7	16.5	5.7	6.9

Πίνακας 1.2 Χρονική εξέλιξη των εκπομπών του CO₂, του CH₄ και του N₂O κατά τον 21^ο αιώνα σύμφωνα με τα σενάρια εκπομπών A1B, A2, B1 και B2. (Καψωμενάκης κ.α. 2011)

Σύμφωνα με την έκθεση της IPCC του 2013 η μέση θερμοκρασία της Γης θα αυξηθεί, μέχρι το τέλος του 21^{ου} αιώνα, κατά 0,4- 4.8°C συγκριτικά με τη μέση θερμοκρασία της δεκαετίας 1986-2005. Στο σχήμα που ακολουθεί (**Σχήμα 1.5**) απεικονίζονται οι προβλέψεις ανόδου της μέσης θερμοκρασίας μέχρι το 2100, βασισμένες σε κλιματικά σενάρια. Η κόκκινη γραμμή αντιστοιχεί στη μεγαλύτερη πιθανή αύξηση των θερμοκηπιακών αερίων (Σενάριο A2), η πράσινη γραμμή στη μεσαία πιθανή αύξηση και η μπλε γραμμή στη μικρότερη πιθανή αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου. Η πορτοκαλί γραμμή αντιστοιχεί στις παγκόσμιες θερμοκρασίες, με τις συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου να βρίσκονται στα επίπεδα του 2000. Οι γκρι μπάρες στα δεξιά υποδεικνύουν την καλύτερη εκτίμηση (έντονη γραμμή μέσα σε κάθε μπάρα) και το πιθανό εύρος για κάθε μία από τις έξι «οικογένειες» κλιματικών σεναρίων.



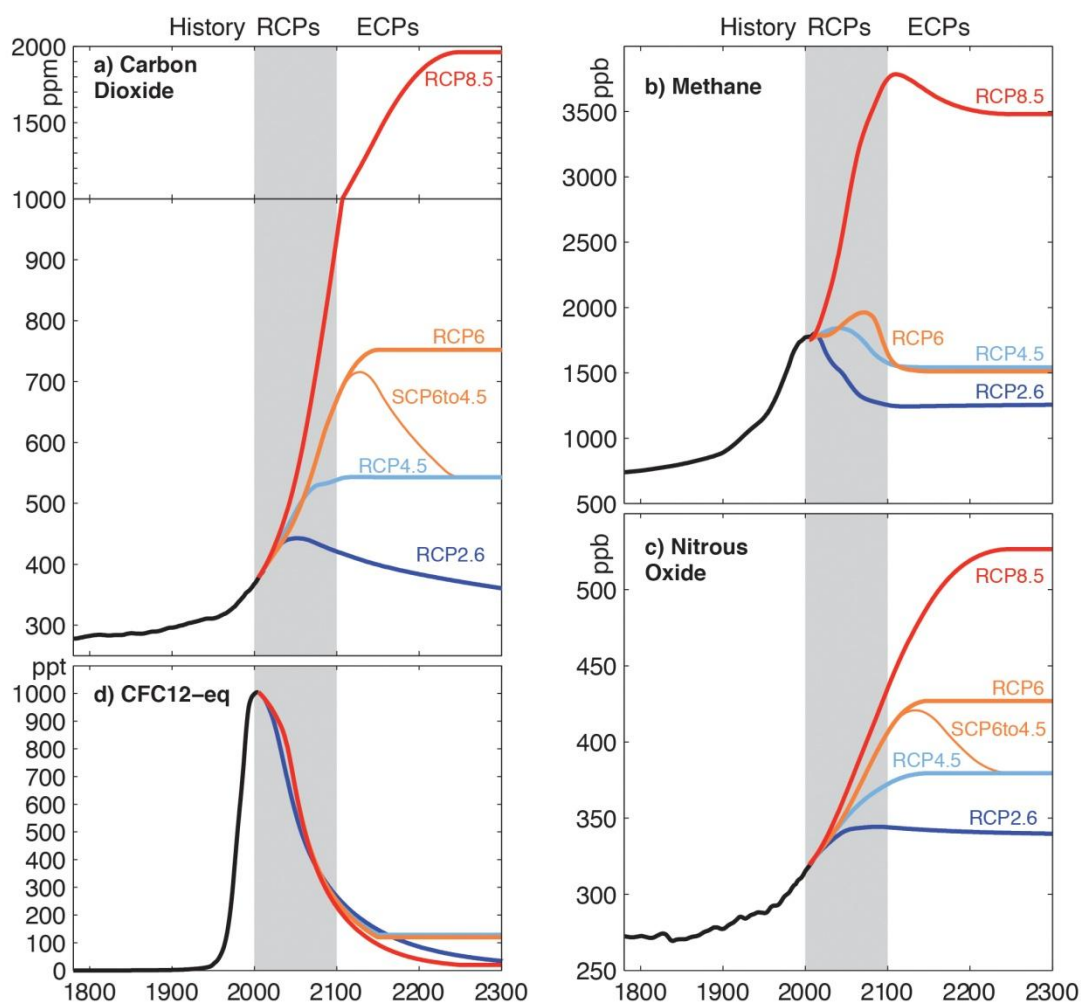
Σχήμα 1.5 Προβλέψεις ανόδου της μέσης θερμοκρασίας, μέχρι το 2100, σε σχέση με την αύξηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου. (IPCC, 2013)

Σενάρια IPCC 2013		2046–2065		2081–2100	
		Μέση τιμή	Εύρος διακύμανσης	Μέση τιμή	Εύρος διακύμανσης
Παγκόσμια ατμοσφαιρική θερμοκρασία (°C)	RCP2.6	1.0	0.4 - 1.6	1.0	0.3 - 1.7
	RCP4.5	1.4	0.9 - 2.0	1.8	1.1 - 2.6
	RCP6.0	1.3	0.8 - 1.8	2.2	1.4 - 3.1
	RCP8.5	2.0	1.4 - 2.6	3.7	2.6 - 4.8
		Μέση τιμή	Εύρος διακύμανσης	Μέση τιμή	Εύρος διακύμανσης
Παγκόσμια ΑΣΘ (m)	RCP2.6	0.24	0.17 - 0.32	0.40	0.26 - 0.55
	RCP4.5	0.26	0.19 - 0.33	0.47	0.32 - 0.63
	RCP6.0	0.25	0.18 - 0.32	0.48	0.33 - 0.63
	RCP8.5	0.30	0.22 - 0.38	0.63	0.45 - 0.82

Πίνακας 1.3 Εκτιμήσεις της 5^{ης} Έκθεσης της IPCC (2013) για τη μελλοντική αύξηση της παγκόσμιας ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας και την παγκόσμια άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, μέχρι το 2100.

Στην 5^η έκθεση της IPCC (2013) ορίστηκαν τέσσερα νέα σενάρια κλιματικής αλλαγής, τα RCP (Representative Concentration Pathways). Τα σενάρια βασίστηκαν σε ολοκληρωμένα και βελτιωμένα μοντέλα εκτιμήσεων και για αυτό οι προβλέψεις παρουσιάζουν διαφορές με εκείνες της 4^{ης} Έκθεσης. Τα καινούρια σενάρια περιλαμβάνουν ένα σενάριο μετριασμού (RCP2.6), δύο σενάρια σταθεροποίησης (RCP4.5 και RCP6.0) και ένα σενάριο με πολύ υψηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (RCP8.5).

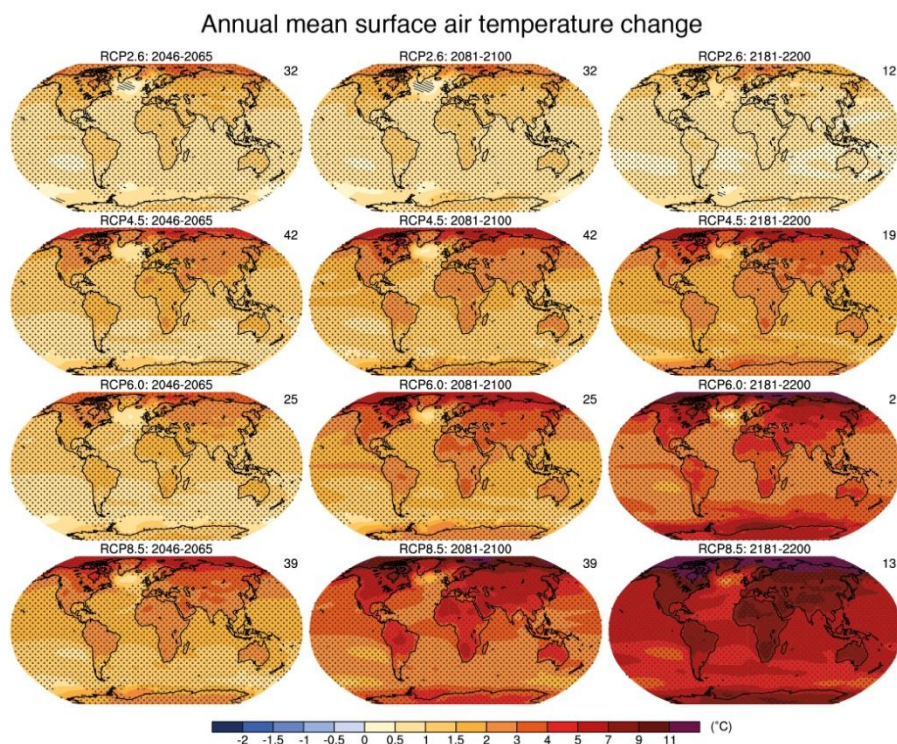
Οι συγκεντρώσεις του CO₂ μέχρι το 2100 θα φτάσουν τα 421ppm σύμφωνα με το σενάριο RCP2.6, τα 538ppm σύμφωνα με το RCP4.5, τα 670ppm σύμφωνα με το RCP6.0 και τέλος τα 936ppm σύμφωνα με το σενάριο RCP8.5.



Σχήμα 1.6 Μεταβολή της συγκέντρωσης των θερμοκηπιακών αερίων, σύμφωνα με την 5^η Έκθεση της IPCC (2013), με βάση τα μοντέλα RCP2.6, RCP4.5, RCP6 και RCP8.5 μέχρι το 2300

Στην ίδια έκθεση της IPCC (2013), αναφέρεται ότι η θέρμανση του πλανήτη δεν θα είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη στον πλανήτη. Οι ηπειρωτικές περιοχές θα θερμανθούν περισσότερο από τους ωκεανούς, όπως και τα υψηλά γεωγραφικά πλάτη θα θερμανθούν περισσότερο από τα χαμηλά. Επίσης η αύξηση της θερμοκρασίας θα είναι διαφορετική από εποχή σε εποχή. Η Ευρώπη, η Βόρεια και Κεντρική Ασία, η Αφρική και η Βόρεια Αμερική θα θερμανθούν περισσότερο από τον παγκόσμιο μέσο όρο. Για την Αυστραλία, τη Νέα Ζηλανδία, τη Νότια Αμερική και τη Νότια Ασία οι προβλέψεις δείχνουν ότι η αύξηση της θερμοκρασίας θα είναι κοντά στον παγκόσμιο μέσο όρο. Το εύρος εκτιμήσεων της 5^{ης} Έκθεσης της IPCC (2013) για την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, κυμαίνεται από 26 έως 82cm και είναι μεγαλύτερο σε σχέση με τις εκτιμήσεις της 4^{ης} Έκθεσης της IPCC (2007), που κυμαινόταν από 18 έως 59cm. Τέλος ένα μεγάλο ποσοστό των ζωικών και φυτικών ειδών θα κινδυνεύσει να εξαφανιστεί αν η αύξηση της θερμοκρασίας υπερβεί τους 1,5 με 2,5°C. Η διαφορά στις δύο εκθέσεις οφείλεται στο γεγονός ότι στην 5^η Έκθεση συμπεριλήφθηκαν επιπλέον παράγοντες όπως η απορρόφηση θερμότητας από τους ωκεανούς, οι αλλαγές στο χώρο και την ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και οι δυναμική των παγετώνων.

Στην παρακάτω εικόνα (**Εικόνα 1.2**), απεικονίζονται οι προβλέψεις θέρμανσης του πλανήτη, μέχρι το 2200 ,συγκριτικά με την περίοδο (1986-2005), σύμφωνα με τα κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, και RCP8.5 σύμφωνα με την 5^η Έκθεση της IPCC (2013).



Εικόνα 1.2 Προβλέψεις θέρμανσης του πλανήτη, μέχρι το 2200, σύμφωνα με τα κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, και RCP8.5 (IPCC, 2013)

1.3 Κλιματικά Μοντέλα

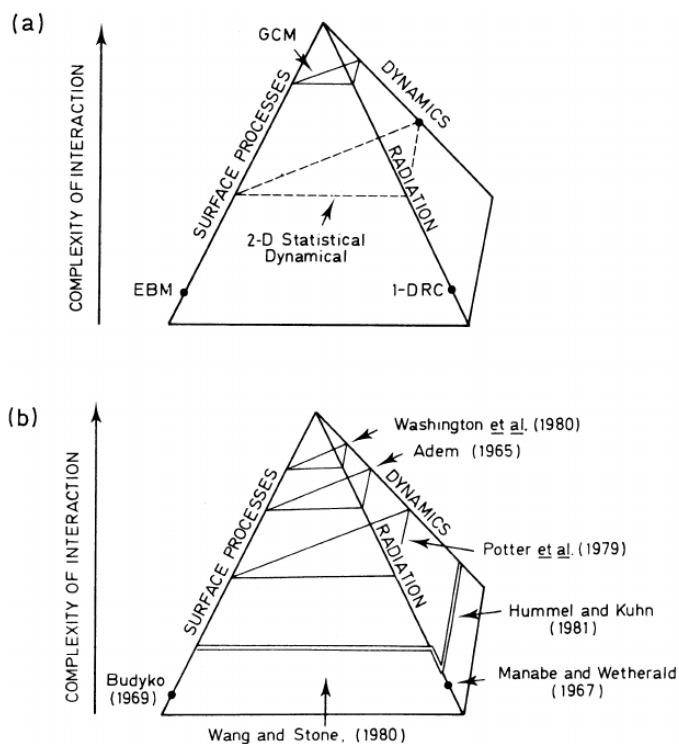
Το κλίμα είναι ένας δυναμικός παράγοντας, αλλά και ένα στοιχείο που στην πορεία του χρόνου υφίσταται διαταραχές. Μπορεί να παρουσιάζει διακυμάνσεις σε μικρές κλίμακες χρόνου, προκαλώντας π.χ ξηρασίες, ενώ σε μεγάλες κλίμακες μπορεί να οδηγήσει σε εποχές παγετώνων. Το κλίμα μπορεί να μελετηθεί υπό την οπτική γωνία τριών βασικών κατευθύνσεων: του χρόνου, του χώρου και της ανθρώπινης αντίληψης.

Ο πρώτος και βασικός παράγοντας στην κλιματική μοντελοποίηση είναι η ατμόσφαιρα, η οποία λόγω της χαμηλής πυκνότητας και της ευκολίας της κίνησής της, είναι το πιο «νευρικό» κλιματικό υποσύστημα. Η βροχή περιλαμβάνεται, αλλά είναι δύσκολο να ενσωματωθεί επιτυχώς. Επίσης είναι δύσκολο να ενσωματωθεί στα κλιματικά μοντέλα η υδρόσφαιρα και οι ωκεανοί διότι τα υποσυστήματα ατμόσφαιρας-ωκεανών διαφέρουν σημαντικά και οι σχέσεις τους εξαρτούνται από το γεωγραφικό πλάτος. Η κρυόσφαιρα έχει ενσωματωθεί στα κλιματικά μοντέλα και έχει περιγράψει κατά κάποιο τρόπο στα απλά Μοντέλα Ενεργειακού Ισοζυγίου EBM's (Energy Balance Models). Μέσα σε αυτό το πλαίσιο γεννήθηκε η επιστήμη των κλιματικών μοντέλων. (Νικολάκης 2002)

Οι πιο σημαντικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τη δόμηση ενός κλιματικού μοντέλου είναι (Νικολάκης 2002):

1. Η ακτινοβολία
2. Η μεταφορά ενέργειας στον πλανήτη
3. Οι πορείες επιφανείας που περιλαμβάνουν την ικανότητα εκπομπής ακτινοβολίας από την ξηρά, τη θάλασσα και τον πάγο καθώς και τις ανταλλαγές ενέργειας μεταξύ ατμόσφαιρας και επιφάνειας
4. Η ταυτόχρονη ανάλυση στο χρόνο και το χώρο

Στο σχήμα που ακολουθεί (**Σχήμα 1.7**) εμφανίζεται η πυραμίδα των κλιματικών μοντέλων. Οι ακμές της πυραμίδας αντιστοιχούν σε τρία από τα βασικά στοιχεία των μοντέλων και η περιπλοκότητα αυξάνεται προς τα πάνω. Κοντά στη βάση της πυραμίδας είναι τα πιο απλά κλιματικά μοντέλα που χρησιμοποιούν μια μόνο βασική πορεία.



Σχήμα 1.7 Πυραμίδα Κλιματικών Μοντέλων (Shackley et al. 1998)

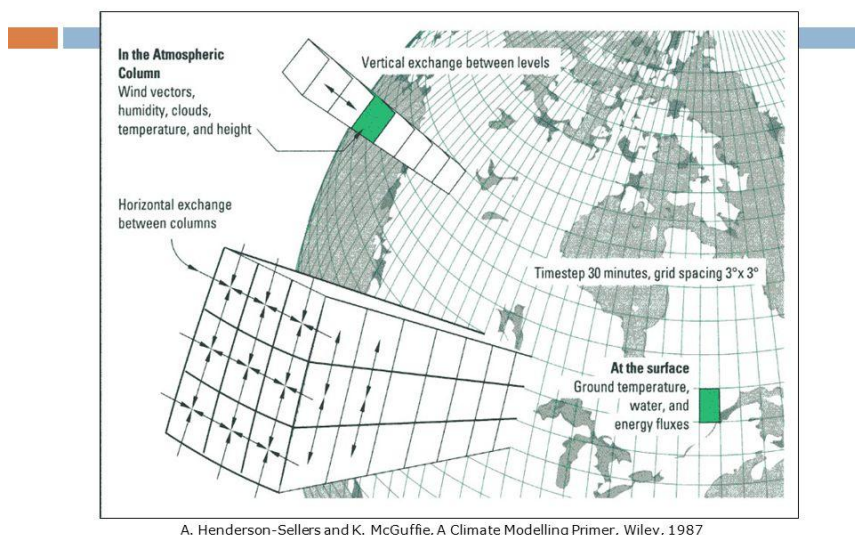
Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα (**Σχήμα 1.7**), υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι κλιματικών μοντέλων (Νικολάκης 2002):

1. **Μοντέλα ενεργειακού ισοζυγίου, EBMs (Energy Balance Models):** Είναι μοντέλα μιας διάστασης που προβλέπουν τις μεταβολές της θερμοκρασίας της επιφάνειας της Γης κατά γεωγραφικό πλάτος (με αναφορά το επίπεδο της θάλασσας).
2. **Μοντέλα μεταφοράς ακτινοβολίας, RCMs (Radiative Convective Models):** Είναι μοντέλα μίας διάστασης που υπολογίζουν την κατακόρυφη κατανομή της θερμοκρασίας, με σαφή μοντελοποίηση των πορειών της ακτινοβολίας, η οποία δημιουργεί μια προκαθορισμένη θερμοβαθμίδα.
3. **Στατιστικά δυναμικά Μοντέλα, SDMs (Statistical Dynamical Models):** Είναι μοντέλα δύο διαστάσεων που διαπραγματεύονται ταυτόχρονα πορείες στην επιφάνεια και δυναμικές και έχουν κατακόρυφη ατμοσφαιρική ανάλυση.
4. **Μοντέλα γενικής κυκλοφορίας GCMs (General Circulation Models):** Τα μοντέλα αυτά λαμβάνουν υπόψη την τρισδιάστατη φύση της ατμόσφαιρας ή υδρόσφαιρας. Υπάρχουν δύο δυνατές εκφράσεις του μοντέλου γενικής κυκλοφορίας ως προς το χώρο: πλανητικά κλιματικά μοντέλα και μοντέλα γενικής κυκλοφορίας. Στις κλιματικές μελέτες, όταν λέμε μοντέλα γενικής

κυκλοφορίας, εννοούμε κλιματικά μοντέλα γενικής κυκλοφορίας (General Circulation Climatic Models) και διακρίνονται σε ωκεάνια μοντέλα γενικής κυκλοφορίας OGCMs και ατμοσφαιρικά μοντέλα γενικής κυκλοφορίας AGCMs.

Τα μοντέλα GCM χρησιμοποιούν ως δεδομένα εισόδου παραδοχές σχετικά με τις μελλοντικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Οι εκπομπές των αερίων μετασχηματίζονται σε ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου χρησιμοποιώντας τη μοντελοποίηση IAM (Integrated Assessment Models). Τα μοντέλα GCM χρησιμοποιούν ως δεδομένα εισόδου αυτές τις συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου και, κατόπιν, προσομοιάζουν τις επιπτώσεις τους στο κλίμα. Οι μελλοντικές εκπομπές των θερμοκηπιακών αερίων εξαρτώνται από τις μελλοντικές συνθήκες οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης, τις μεταβολές των πληθυσμών και τις νέες τεχνολογίες. Ωστόσο, αυτοί οι παράγοντες είναι δύσκολο να προβλεφθούν και οι εν λόγω προβλέψεις είναι πολύ επισφαλείς. Η IPCC έχει αναπτύξει σενάρια ώστε να συμπεριλάβει ένα μεγάλο εύρος των παραγόντων (οικονομικοί, δημογραφικοί και τεχνολογικοί παράγοντες) που πρόκειται να καθορίσουν τις μελλοντικές εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου, χωρίς ωστόσο να υπολογίσει πιθανότητες για αυτά τα σενάρια. (Nakicenovic et al, 2000)

2. The Global Climate Model (GCM)



Εικόνα 1.3 Σχηματική απεικόνιση της λειτουργίας των κλιματικών μοντέλων GCMs (Henderson-Sellers and McGuffie, 1987)

2. ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ

Η στάθμη της θάλασσας καθορίζεται από το μέσο επίπεδο του εύρους της παλίρροιας, η οποία είναι αποτέλεσμα της βαρυτικής αλληλεπίδρασης Ήλιου-Γης-Σελήνης. Επιπλέον η θαλάσσιας στάθμη μεταβάλλεται και από μετεωρολογικά και υδρολογικά αίτια όπως καταιγίδες και εκφορτίσεις ποταμών. Το μέσο επίπεδο αναφοράς της στάθμης των ωκεανών καλείται γεωειδές το οποίο είναι η ισοδυναμική επιφάνεια του πεδίου βαρύτητας της Γης και το οποίο θεωρητικά συμπίπτει με το μέσο επίπεδο της στάθμης της θάλασσας (Mean Sea Level). Η μέση στάθμη της θάλασσας όμως αποκλίνει από το γεωειδές δημιουργώντας την λεγόμενη τοπογραφία της επιφάνειας της θάλασσας. (Παπανικολάου κ.α 2011)

Το επίπεδο της θάλασσας, είναι ένα επίπεδο ισορροπίας στο οποίο οι ωκεάνιες λεκάνες, μεταξύ των ηπειρωτικών τεμαχών, είναι πλήρεις από το θαλάσσιο νερό σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Καθώς οι ωκεάνιες λεκάνες επικοινωνούν μεταξύ τους, υπάρχει ένα παγκόσμιο μέσο επίπεδο της θαλάσσιας στάθμης. Επομένως κάθε μεταβολή στον όγκο, του θαλάσσιου νερού μιας λεκάνης, θα επηρεάσει το επίπεδο της στάθμης και στις υπόλοιπες περιοχές. (Λεοντάρης 1995)

Κάθε παγκόσμια μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης ονομάζεται ευστατική. Η ισορροπία της θαλάσσιας και ωκεάνιας στάθμης εξαρτάται από τους εξής παράγοντες (Λεοντάρης 1995):

- Το συνολικό όγκο του νερού των ωκεανών, ο οποίος εξαρτάται από:
 - 1)Τις εισροές λόγω ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, το λιώσιμο των πάγων, της ηφαιστειότητας και του υπόγειου νερού.
 - 2)Τις απώλειες λόγω της εξάτμισης και της δημιουργίας πάγου
 - 3) Τη θερμοκρασία του νερού
- Το σχήμα των ωκεάνιων λεκανών που σχετίζεται με το πάχος και την επιφάνεια του ηπειρωτικού φλοιού ,καθώς και με τη σχετική θερμική κατάσταση του ηπειρωτικού και ωκεάνιου φλοιού.
- Τη μάζα του νερού και των ιζημάτων των ωκεανών που σαν φορτίο ασκούν πιέσεις στον ωκεάνιο φλοιό.

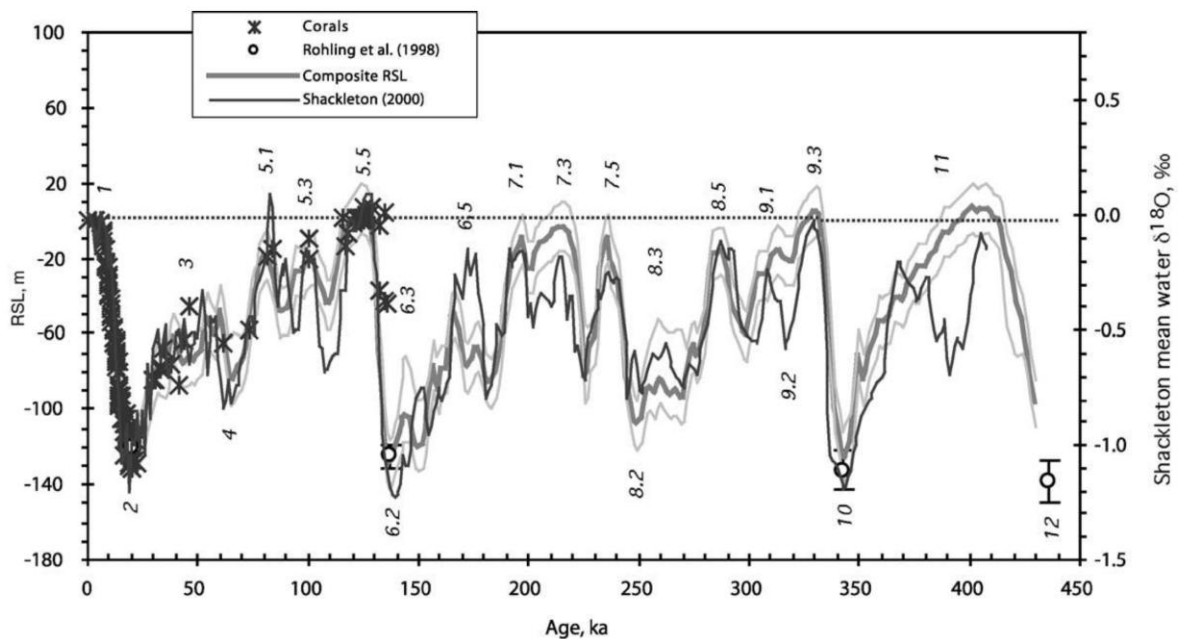
2.1 Μεταβολές κατά το Τεταρτογενές

Κατά τη διάρκεια της γεωλογικής ιστορίας της γης υπήρξαν πολλές παγετώδεις περιόδους. Για τη μελέτη της γεωμορφολογίας των παράκτιων περιοχών το ενδιαφέρον εστιάζεται στο πρόσφατο γεωλογικό παρελθόν δηλαδή στις παγετώδεις περιόδους που συνέβησαν κατά τη διάρκεια του Τεταρτογενούς.

Κατά τη διάρκεια του Πλειστοκαίνου (1,8 εκατομμύρια χρόνια) σημειώνεται μια σειρά από παγετώδη (ψυχρά) και μεσοπαγετώδη (θερμά) επεισόδια. Υπάρχουν διαφωνίες μεταξύ των επιστημόνων για τον ακριβή αριθμό των παγετωδών επεισοδίων που συνέβησαν κατά τη διάρκεια του Πλειστοκαίνου, ο οποίος ανέρχεται σε 17 έως 20 επεισόδια. Με το τέλος της τελευταίας παγετώδους περιόδου, 12000 χρόνια BP (πριν από σήμερα), αρχίζει το Ολόκαινο που θεωρείται σαν μια μεσοπαγετώδης περίοδος. Κατά την τελευταία παγετώδη περίοδο, η αύξηση των παγετικών καλυμμάτων είχε ως συνέπεια μία παγκόσμια πτώση της στάθμης της θάλασσας κατά 105 έως 123m σε σχέση με τη σημερινή. (Καρύμπαλης 2008)

Ακριβή στοιχεία για τις μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης, λόγω του ευστατισμού, στηρίζονται στα δεδομένα από πυρήνες γεωτρήσεων στα χαλαρά ιζήματα των ωκεάνιων πυθμένων. Δείγματα ιζημάτων που ελήφθησαν από τις γεωτρήσεις αυτές χρονολογήθηκαν με παλαιομαγνητικές μεθόδους, αναλύθηκαν και υπολογίστηκε η σχετική αναλογία των δύο ισοτόπων του οξυγόνου ^{16}O και ^{18}O στα κελύφη των πλαγκτονικών τρηματοφόρων (θαλάσσιοι μικροοργανισμοί με ανθρακικό κέλυφος). Ο βασικός παράγοντας της περιεκτικότητας του θαλάσσιου νερού στα δύο αυτά ισότοπα είναι η θερμοκρασία του. Έτσι, όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλή, όπως συμβαίνει κατά τη διάρκεια των παγετωδών περιόδων, τότε υπάρχει έλλειψη ισοτόπων ^{16}O , καθώς μεγάλο μέρος τους έχει δεσμευτεί στα παγετικά καλύμματα. Στην περίπτωση αυτή η αναλογία $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ είναι υψηλή στο νερό των ωκεανών. Στις μεσοπαγετώδεις περιόδους η αναλογία $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ είναι χαμηλή καθώς ισότοπα ^{16}O ελευθερώνονται από το λιώσιμο των πάγων. Η συγκέντρωση των ισοτόπων ^{18}O αποτελεί έναν άμεσο δείκτη της ποσότητας του νερού που απομακρύνθηκε από τους ωκεανούς κατά τη διάρκεια των παγετωδών περιόδων και της έκτασης της παγοκάλυψης της γήινης επιφανείας. Έχει υπολογισθεί ότι σε μεταβολή της συγκέντρωσης του ισοτόπου ^{18}O κατά 0,1%, η στάθμη της θάλασσας μεταβάλλεται κατά 10m. (Γάκη - Παπαναστασίου 2008)

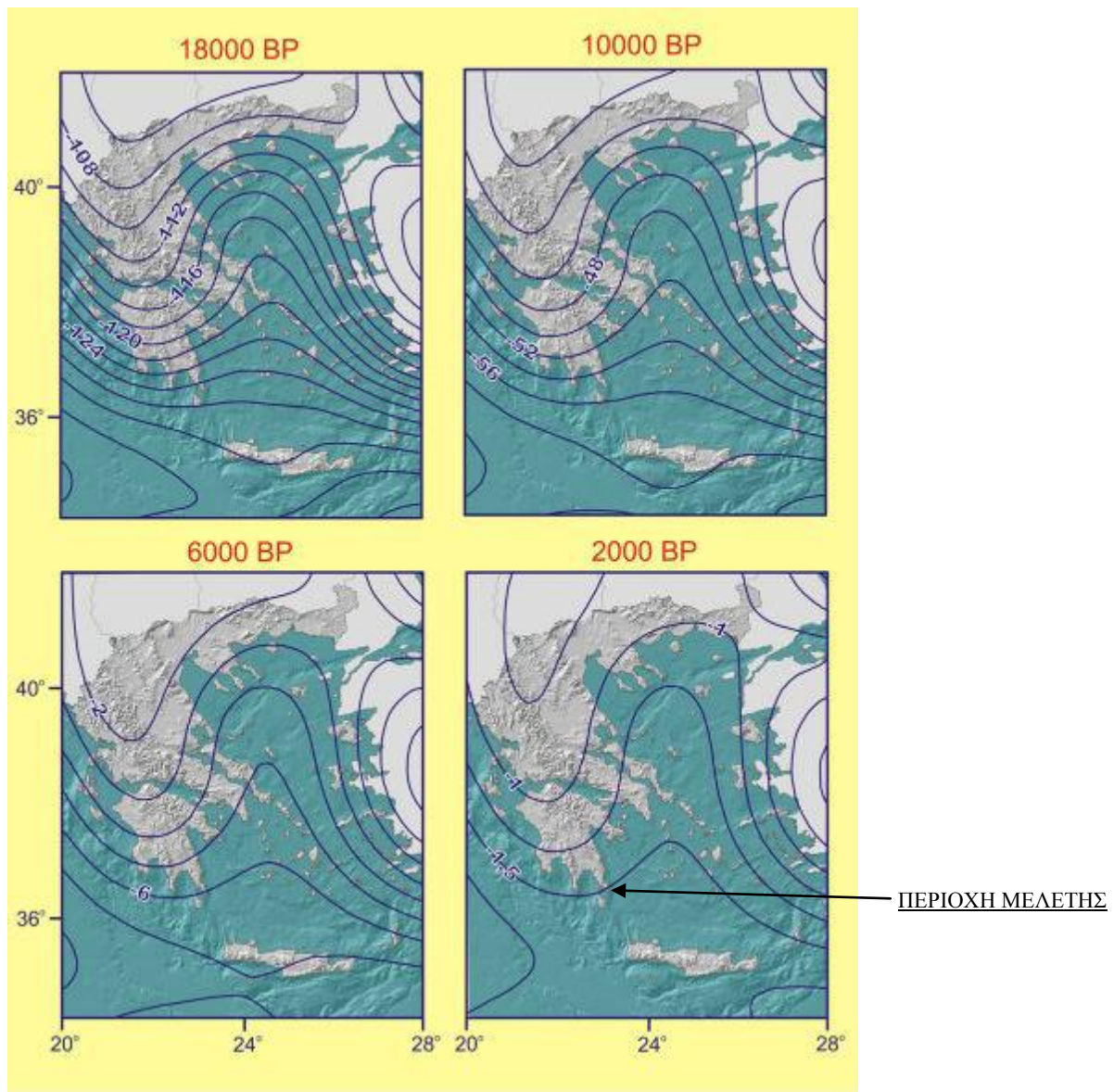
Στο σχήμα που ακολουθεί (**Σχήμα 2.1**), φαίνεται η εξέλιξη της παγκόσμιας θαλάσσιας στάθμης τα τελευταία 450 χιλιάδες χρόνια. Κατά τις παγετώδεις περιόδους η θαλάσσια στάθμη ήταν από 80 έως 140m χαμηλότερα από τα σημερινά επίπεδα, ενώ κατά τις μεσοπαγετώδεις περιόδους είχε φτάσει στα σημερινά επίπεδα και κάποιες περιόδους τα ξεπέρασε κατά 10m.



Σχήμα 2.1 Συνθετική σχετική στάθμη της θάλασσας για τα τελευταία 450 χιλιάδες χρόνια. (Waelbroeck *et al.*, 2002)

Κατά το μέγιστο της τελευταίας παγετώδους περιόδου (18000 χρόνια BP) η παγκόσμια θαλάσσια στάθμη βρισκόταν 120 με 130m χαμηλότερα από τα σημερινά επίπεδα. Στο τέλος της τελευταίας παγετώδους περιόδου (12000 χρόνια BP), η στάθμη της θάλασσας βρισκόταν 60m χαμηλότερα από τη σημερινή. Τότε αρχίζει η τελευταία μεσοπαγετώδης περίοδος, η οποία συνεχίζεται μέχρι και σήμερα κατά την οποία η θαλάσσια στάθμη αυξάνεται. Από το τέλος της παγετώδους περιόδου μέχρι τα 7000-5000 χρόνια BP, σημειώθηκε μία πολύ γρήγορη άνοδος της θαλάσσιας στάθμης με ρυθμό 1cm το χρόνο και στη συνέχεια ο ρυθμός ανόδου ελαττώθηκε στα 2-3mm ανά έτος. (Καρύμπαλης 2008)

Η στάθμη της θάλασσας στον ελλαδικό χώρο κατά την τελευταία παγετώδης περίοδο (18-21000 χρόνια BP) ήταν 120-105m χαμηλότερη από τη σημερινή. Η στάθμη της θάλασσας, 6000 χρόνια BP, βρισκόταν μεταξύ 2m (Βόρεια Ελλάδα) έως 6m (Νότιο Αιγαίο) χαμηλότερα από τα σημερινά επίπεδα. (Lambeck & Purcell 2005). Στα τελευταία 5000 χρόνια περίπου, η μεταβολή της στάθμης ακολουθεί ένα σταθερό ρυθμό ανόδου. Στο σχήμα που ακολουθεί (**Σχήμα 2.2**), φαίνεται το ιστορικό των μεταβολών της θαλάσσιας στάθμης από τη περίοδο της πρόσφατης μέγιστης ανάπτυξης των παγετώνων που έλαβε χώρα 18000 έτη πριν από σήμερα , μέχρι σήμερα για την ευρύτερη περιοχή του ελλαδικού χώρου, σύμφωνα με τον Lambeck K.(1996)



Σχήμα 2.2 Η εκτίμηση της θαλάσσιας στάθμης για την ευρύτερη περιοχή της Ελλάδας. Οι καμπύλες αντιστοιχούν στη θέση της μέσης στάθμης θάλασσας σε μέτρα σε σχέση με τη σημερινή για 18000,10000,6000 και 2000 χρόνια πριν από σήμερα (Lambeck K. 1996)

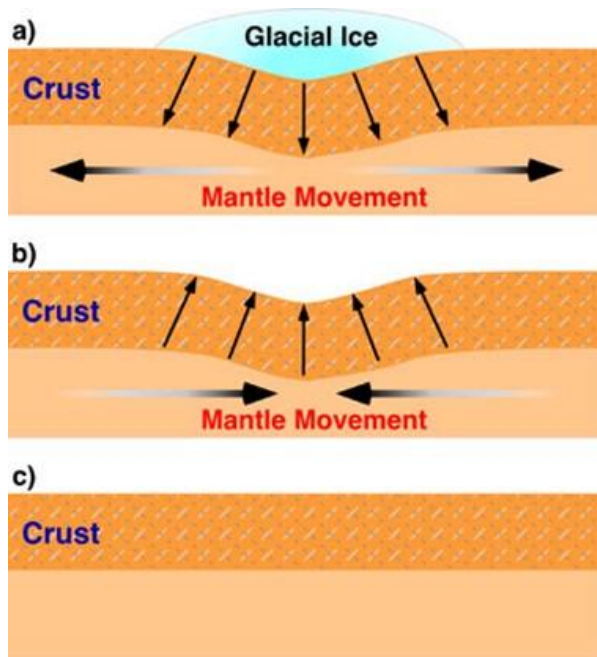
Ειδικά στην Ελλάδα, μια χώρα γνωστή για την έντονη επίδραση της ενεργού τεκτονικής, παρατηρούνται τοπικές συνθήκες ανύψωσης-βύθισης λόγω τεκτονισμού σε συγκεκριμένα ρηξιτεμάχη-περιοχές. Επομένως, κατά τις εκτιμήσεις μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή διότι η μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης μπορεί να υπερκαλύπτεται από την τεκτονική μεταβολή. Αυτό παρατηρείται κυρίως στο μέτωπο του τόξου στο Ιόνιο, την Κρήτη, τα Δωδεκάνησα και λιγότερο στο Βόρειο Αιγαίο. (Παπανικολάου κ.α 2011)

2.2 Αίτια μεταβολών θαλάσσιας στάθμης

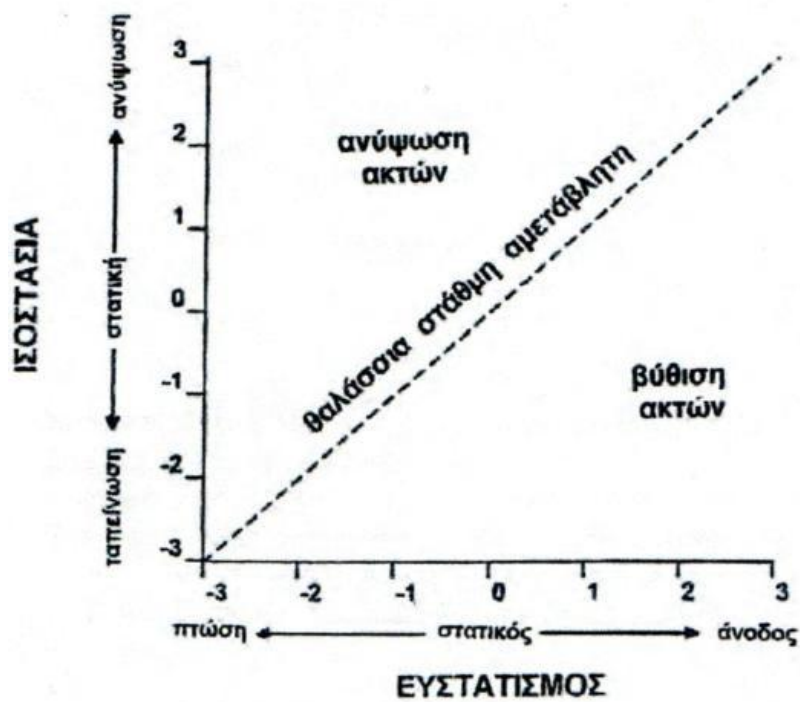
Η μεταβολή της παγκόσμιας θαλάσσιας στάθμης ,τις τελευταίες δεκαετίες, οφείλεται στους εξής παράγοντες (Καρύμπαλης 2008):

- ❖ Την ανύψωση του θαλάσσιου πυθμένα λόγω της ιζηματογένεσης, που έχει ως συνέπεια τη μεταβολή των διαστάσεων των θαλάσσιων λεκανών.
- ❖ Την αυξομείωση του όγκου του θαλάσσιου νερού εξαιτίας λόγω των αλλαγών που σημειώθηκαν στις κλιματολογικές συνθήκες του πλανήτη. Η ιστορία της Γης χαρακτηρίζεται από εναλλαγές παγετώδων (κρύων) και μεσοπαγετώδων (θερμών) περιόδων. Κατά τη διάρκεια των παγετώδων περιόδων μεγάλη ποσότητα νερού συσσωρεύεται με τη μορφή πάγου στην επιφάνεια της ξηράς, προκαλώντας ταπείνωση της θαλάσσιας στάθμης. Αντιστρόφως, κατά τη διάρκεια των μεσοπαγετώδων περιόδων ,η θερμοκρασία αυξάνεται σε παγκόσμια κλίμακα, με αποτέλεσμα το λιώσιμο των πάγων και την άνοδο της παγκόσμιας θαλάσσιας στάθμης. Οι αυξομειώσεις του επιπέδου της παγκόσμιας θαλάσσιας στάθμης ονομάζονται ευστατικές μεταβολές.
- ❖ Σε τοπική κλίμακα η μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης μπορεί να επηρεάζεται από τον ενεργό τεκτονισμό, είτε με την ανύψωση ή βύθιση μιας παράκτιας ζώνης, όπως συμβαίνει σε πολλές παράκτιες περιοχές τους ευρύτερου Ελληνικού χώρου. Οι ισοστατικές κινήσεις του φλοιού, θα πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη στην εκτίμηση μεταβολών της θαλάσσιας στάθμης. Μια από τις περισσότερο γνωστές αιτίες λιθοσφαιρικής παραμόρφωσης αποτελεί η παγετο-ισοστασία (**Εικόνα 2.1**). Η βυθιζόμενη μάζα (παγετικό κάλυμμα) πιέζει τα υλικά στο βάθος και δημιουργείται ένα ανυψωμένο περιφερειακό χείλος. Έχει διαπιστωθεί ότι η ταπείνωση αυτή ισούται με το ένα τρίτο του μέγιστου πάχους του πάγου που δημιουργείται. Όταν λιώσουν οι πάγοι, η εκφόρτιση προκαλεί ανυψωτικές τάσεις επαναφοράς στην προηγούμενη κατάσταση, ενώ το χείλος θα μικραίνει σε ύψος. Τα ύδατα που αποδεσμεύονται κατά την τήξη προκαλούν αύξηση του φορτίου στον ωκεάνιο φλοιό.

Η αλλαγή, επομένως, της θαλάσσιας στάθμης σε μία παράκτια περιοχή, είναι το αποτέλεσμα της δράσης του ευστατισμού, του τεκτονισμού (για τεκτονικά ενεργές περιοχές, όπως η Ελλάδα) και της ισοστασίας.(**Σχήμα 2.3**)



Εικόνα 2.1 Παραμορφώσεις του φλοιού λόγω της τήξης ενός παγετικού καλύμματος
(Πηγή: <http://retosterricolas.blogspot.com/2012/09/see-lithosphere-moving-up-and-down.html>)



Σχήμα 2.3 Γραφική απεικόνιση της σχέσης του ευστατισμού, της ισοστασίας και του τεκτονισμού με την μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης. (Haslet, 2010)

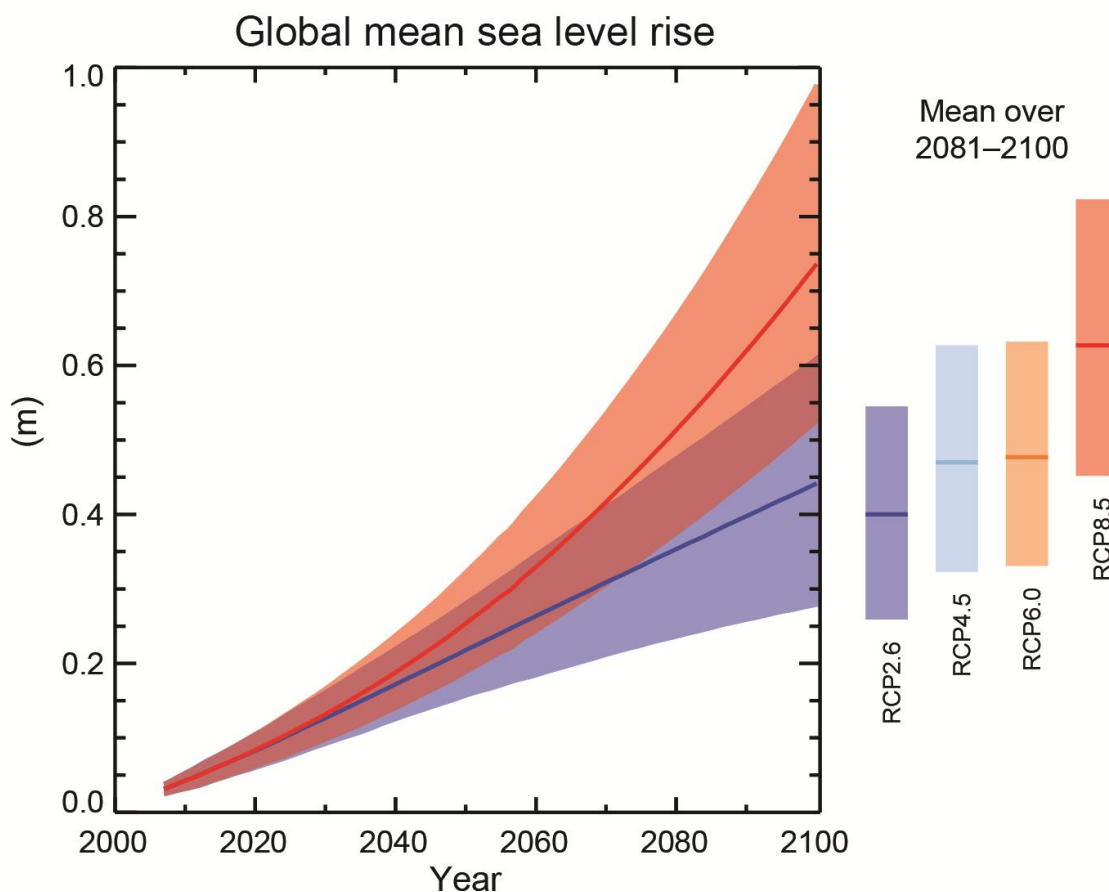
2.3 Μελλοντική μεταβολή θαλάσσιας στάθμης

Η 4^η έκθεση (AR4) της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή, του 2007, προέβλεψε την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης από 0,18μ (σύμφωνα με το πιο συντηρητικό σενάριο B1) έως και 0.59μ. (με βάση το δυσμενέστερο σενάριο A1F1). Σύμφωνα με τον Rahmstorf (2007), προκύπτει ότι για κάθε 1°C η θαλάσσια στάθμη ανεβαίνει κατά 10-30cm. Έτσι, υιοθετώντας τις προβλέψεις των SRES σεναρίων (IPCC, 2007) για την ατμοσφαιρική θερμοκρασία (1.4–5.8°C), η άνοδος της στάθμης της θάλασσας ανέρχεται σε 0.5–1.4 μ.

Η 5^η έκθεση (AR5) της IPCC, του 2013, περιλαμβάνει τέσσερα νέα σενάρια με βάση τα οποία έγιναν οι προβλέψεις των κλιματικών αλλαγών. Ο ρυθμός αύξησης της στάθμης της θάλασσας για τα έτη 1901-2010 1,7mm/έτος (1,5-1,9mm), ενώ για τα έτη 1993-2010 ο ρυθμός αυξήθηκε σε 3,2mm/έτος (2,8-3,6). Ο παράγοντας με τη μεγαλύτερη συνεισφορά στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης είναι η θερμική διαστολή του νερού με ποσοστό 30-35%, ενώ σε δεύτερο βαθμό είναι το λιώσιμο των πάγων της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής. Το εύρος των εκτιμήσεων σύμφωνα με την IPCC (2013) για την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, την περίοδο 2081-2100, κυμαίνεται από 0,26μ. έως 0,98μ. **(Πίνακας 2.1 & Σχήμα 2.4)**

Πίνακας 2.1 Εκτιμήσεις για την παγκόσμια άνοδο της θαλάσσιας στάθμης για τα μέσα και το τέλος του 21^{ου} αιώνα, σε σχέση με την περίοδο 1896-2005. (IPCC, 2013)

Σενάρια IPCC 2013		2046-2065		2081-2100	
		Μέση Τιμή	Εύρος διακύμανσης	Μέση Τιμή	Εύρος διακύμανσης
Παγκόσμια ΑΣΘ (m)	RCP 2.6	0.24	0.17-0.32	0.40	0.26-0.55
	RCP 4.5	0.26	0.19-0.33	0.47	0.32-0.63
	RCP 6.0	0.25	0.18-0.32	0.48	0.33-0.63
	RCP 8.5	0.30	0.22-0.38	0.64	0.52-0.98

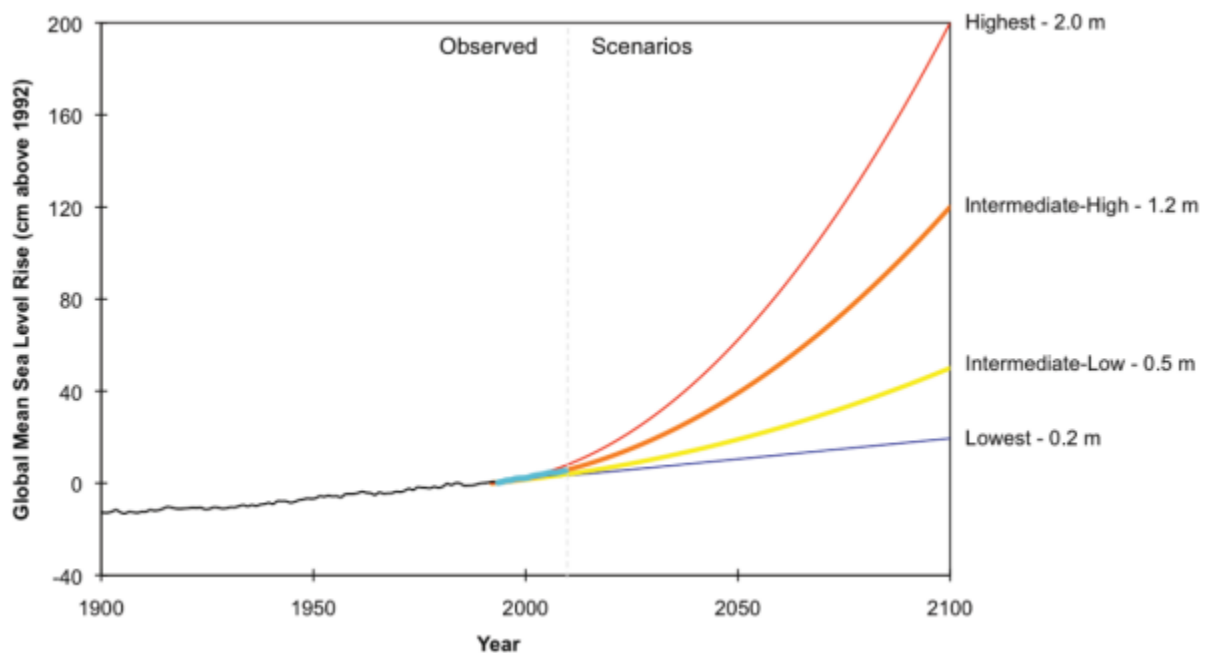


Σχήμα 2.4 Μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης σύμφωνα με τα κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 και RCP8.5 της IPCC. (IPCC 2013)

Η Εθνική Αρχή Ωκεανογραφίας και Ατμόσφαιρας (National Oceanic and Atmospheric Administration), των Η.Π.Α, αναφέρει ότι η μεταβολή της παγκόσμιας μέσης στάθμης της θάλασσας θα είναι από 0,2m (Lowest Scenario) μέχρι 2m (Highest Scenario), με ποσοστό βεβαιότητας που φτάνει το 90%.

Πίνακας 2.2 Σενάρια παγκόσμιας μέσης ανόδου στάθμης θάλασσας (NOAA, 2012)

Scenario	Sea Level Rise (m)
Highest	2.0
Intermediate-High	1.2
Intermediate- Low	0.5
Lowest	0.2



Σχήμα 2.5 Σενάρια παγκόσμιας μέσης ανόδου στάθμης θάλασσας (NOAA, 2012)

2.4 Επιπτώσεις στις παράκτιες ζώνες λόγω της μελλοντικής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης

Κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις

Η αναμενόμενη άνοδος της θαλάσσιας στάθμης θα επιφέρει ,παγκοσμίως, πλήθος οικονομικών και κοινωνικών επιπτώσεων. Χαμηλές παράκτιες εκτάσεις θα πλημμυρίσουν ενώ έντονα θα είναι τα διαβρωτικά φαινόμενα. Θα προκληθεί σοβαρή υποβάθμιση στα παράκτια αποθέματα νερού, ενώ τα ποτάμια και λιμναία οικοσυστήματα θα υποβαθμιστούν λόγω της εισχώρησης των θαλάσσιων υδάτων. Επίσης, τομείς όπως ο τουρισμός, η γεωργία και η αλιεία θα επηρεαστούν αρνητικά με επιπτώσεις στην οικονομία των περιοχών. Τέλος η απώλεια γης θα προκαλέσει έντονα μεταναστευτικά ρεύματα. Αναλυτικότερα (Γάκη-Παπαναστασίου,2008 και Καρύμπαλης 2008) :

- Η διάβρωση που θα προκαλούσε μία μελλοντική ΑΣΘ θα μπορούσε να απειλήσει τις τουριστικές περιοχές σε ολόκληρο τον κόσμο. Αύξηση της θαλάσσιας στάθμης κατά 30cm θα προκαλούσε υποχώρηση των αιγιαλών κατά 20 έως 60m με αρνητικές συνέπειες στα σπίτια, τις ξενοδοχειακές εγκαταστάσεις και τις τουριστικές παραλίες, που βρίσκονται κοντά στη θάλασσα.
- Μία σημαντική ΑΣΘ θα πλημμύριζε τους υγροτόπους και τις περιοχές σε χαμηλά υψόμετρα, θα επιτάχυνε την παράκτια διάβρωση και θα προκαλούσε αύξηση στην αλμυρότητα των εκβολών και των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων.

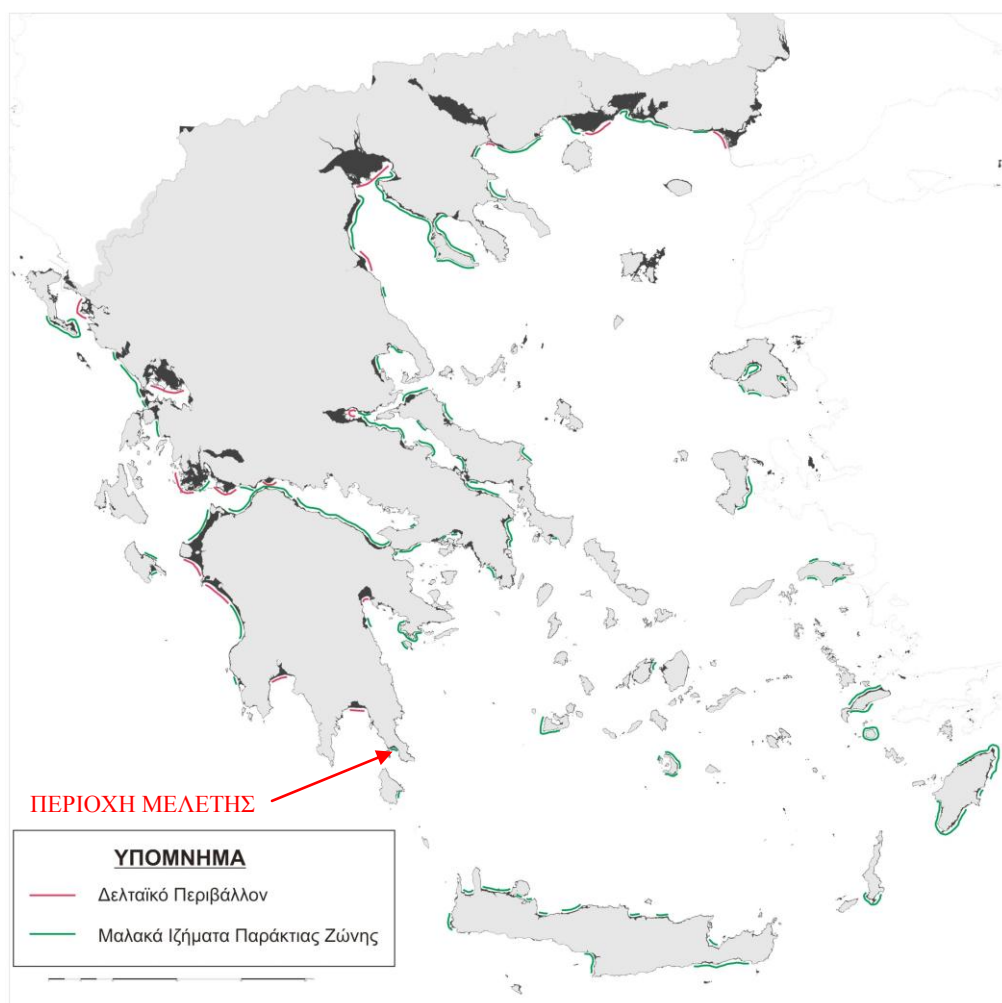
- Περιοχές όπως το Μπαγκλαντές, η Κίνα και η Αίγυπτος είναι μεταξύ των πιο ευπρόσβλητων, σε μια μελλοντική ΑΣΘ. Πάνω από το 20% της επιφάνειας του Μπαγκλαντές θα μπορούσε να πλημμυρίσει με μία ΑΣΘ κατά 2m, ενώ θα απειλούνταν το 20% του δέλτα του Νείλου στην Αίγυπτο, όπου κατοικεί περίπου ο μισός πληθυσμός της χώρας.
- Η αυξανόμενη αλμυρότητα μπορεί να μετατρέψει τους βάλτους και τα έλη σε ανοιχτή θάλασσα και να απειλήσει τα αποθέματα πόσιμου νερού.
- Μελλοντική ΑΣΘ, έως το 2080, θα μπορούσε να μετατρέψει το 33% των υδροβιοτόπων παγκοσμίως σε ανοιχτή θάλασσα (IPCC,2007). Μία άνοδος της τάξης των 60cm θα μπορούσε να καταστρέψει το 17 έως 43% των υδροβιοτόπων των Η.Π.Α (EPA,1989).
- Η ΑΣΘ θα οδηγούσε σε αύξηση του κόστους πλημμύρας, προστασίας από τις πλημμύρες και ασφάλειας στις παράκτιες περιοχές.
- Εξαιρετικά υψηλό είναι το κόστος για τη λήψη μέτρων προστασίας, σε χαμηλές περιοχές όπως τα νησιά Μάρσαλ και οι Μαλδίβες αλλά και σε χώρες που φιλοξενούν δελταϊκές πεδιάδες χαμηλού υψομέτρου, όπως η Αίγυπτος το Μπαγκλαντές, η Κίνα κ.α
- Ο αριθμός των ανθρώπων που υποφέρουν σήμερα από πλημμύρες στην παράκτια ζώνη εκτιμάται σε 40 εκατομμύρια, και αναμένεται να διπλασιαστεί ή ακόμη και να τριπλασιαστεί έως το έτος 2100.

Στις Η.Π.Α το οικονομικό κόστος για την προστασία των ακτών και των απωλειών σε γη θα φτάσει περίπου τα 7 δισεκατομμύρια δολάρια, χωρίς να περιλαμβάνεται το κόστος από την υφαλμύρινση του υπόγειου νερού από τη θάλασσα, ο περιορισμός της γεωργικής γης και των αγροτικών δραστηριοτήτων στις παράκτιες ζώνες αλλά και πιθανά προβλήματα υγείας που μπορεί να προκαλέσει μια μελλοντική ΑΣΘ. (Καρύμπαλης, 2008)

2.5. Επιπτώσεις στον Ελληνικό χώρο λόγω της μελλοντικής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης

Η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης τις τελευταίες δεκαετίες, σε συνδυασμό με τις προβλέψεις, που κυμαίνονται από 0,2 έως και 2 μέτρα ανόδου της στάθμης μέχρι το 2100, απεικονίζεται ενδεικτικά στο χάρτη της Ελλάδος ,όπου με κόκκινο χρώμα φαίνονται εκείνες οι παράκτιες περιοχές που θα πληγούν από μια υποθετική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης κατά 1 μέτρο. Στο **Χάρτη 2.1**, οι παράκτιες περιοχές της Ελλάδας κατηγοριοποιήθηκαν σε 3 κύριες ζώνες:

1. Δελταϊκές (Κόκκινο χρώμα): Παράκτιες περιοχές απόθεσης με χαλαρά ιζήματα, μικρού υψομέτρου και μεγάλης τρωτότητας στην ΑΣΘ.
2. Νεογενών και Τεταρτογενών «μαλακών» ιζημάτων (Πράσινο χρώμα): Παράκτιες περιοχές με, συνήθως, μικρό υψόμετρο στις οποίες αναμένονται μέτριες επιπτώσεις. Χαρακτηρίζονται ως περιοχές μέτριας τρωτότητας. Η περιοχή μελέτης μας ανήκει στην κατηγορία αυτή. Ειδικότερα η παράκτια ζώνη δυτικά του οικισμού της Νεάπολης μέχρι τη λιμνοθάλασσα Στρογγύλη και τις αμμοθίνες, απέναντι από την Ελαφώνησο.
3. Βραχώδεις (Χωρίς χρωματική διαγράμμιση): Αφορούν κυρίως αλπικά πετρώματα χαμηλής τρωτότητας στη διάβρωση και στην κατάκλυση και εκτείνονται στις υπόλοιπες ακτογραμμές. Στην περιοχή μελέτης μας, στην κατηγορία αυτή ανήκει η παράκτια ζώνη ανατολικά του οικισμού της Νεάπολης μέχρι το ακρωτήριο του Μαλέα όπου επικρατούν κυρίως ανθρακικοί και μεταμορφωμένοι αλπικοί σχηματισμοί.



Χάρτης 2.1. Υποδιαίρεση των παράκτιων ζωνών σε αυτές που χαρακτηρίζονται ως μέτριας (πράσινο χρώμα) και υψηλής (κόκκινο χρώμα) τρωτότητας στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Οι υπόλοιπες (λευκό χρώμα) αποτελούν βραχώδεις παράκτιες περιοχές χαμηλής τρωτότητας. (Παπανικολάου κ.α. 2011)

Η ασφαλής εκτίμηση της επικινδυνότητας μιας παράκτιας περιοχής από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας δεν καθορίζεται μόνο από τον ρυθμό και το εύρος ανόδου της στάθμης αλλά και (Παπανικολάου κ.α 2011) :

1. Τη σχέση της τεκτονικής ανύψωσης με την ευστατική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, που σε αρκετές περιοχές του ελλαδικού χώρου μπορεί να αντισταθμίζει ή και να υπερβαίνει τοπικά την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η παράκτια ζώνη της Βόρειας Πελοποννήσου από την Κόρινθο μέχρι την Πάτρα με ρυθμό τεκτονικής ανύψωσης από 0.3-0.4 mm/y στην περιοχή της Περαχώρας έως 1,5 mm/y στην περιοχή του Ξυλόκαστρου , οι δυτικές ακτές της Κρήτης με ρυθμό 0.9-0.4 mm/y, οι ανατολικές ακτές της Κρήτης με ρυθμό 0.7-2 mm/y και άλλες.
2. Τη στερεοπαροχή κλαστικών υλικών στις παράκτιες περιοχές, η οποία οφείλεται στις γεωλογικές και κλιματικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής αλλά και σε ανθρωπογενείς παρεμβάσεις όπως για παράδειγμα η κατασκευή φραγμάτων, οι αμμοληνίες, οι πυρκαγιές κ.α.

Το συνολικό μήκος της ακτογραμμής στον ελληνικό χώρο είναι 16.200 χλμ. Από τον υπολογισμό του μήκους των τριών παράκτιων ζωνών ,που αναφέρθηκε πριν, προκύπτει ότι τα 960 χλμ. (6% της συνολικής ακτογραμμής) αντιστοιχούν σε παράκτιες δελταϊκές περιοχές υψηλής τρωτότητας, τα 2.400 χλμ. (15% της συνολικής ακτογραμμής) αντιστοιχούν στα Νεογενή μαλακά ιζήματα μέτριας τρωτότητας και τα υπόλοιπα 12.810 χλμ (79% της συνολικής ακτογραμμής) αντιστοιχούν σε παράκτιες περιοχές χαμηλής τρωτότητας. (Ζερεφός κ.α., 2011)

Εκτός από τις γεωμορφολογικές και γεωδυναμικές μεταβολές που παρουσιάστηκαν παραπάνω, η μελλοντική άνοδος της θαλάσσιας στάθμης θα επιφέρει και οικονομικές επιπτώσεις στη χώρα μας. Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι συνολικές ζημιές για τις χρήσεις γης οικιστική, τουριστική, υδροτοπική, δασική και γεωργική για μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης κατά 0.5 και 1μ.(Πίνακας 2.3), αλλά και το συνολικό κόστος των επιπτώσεων από την ΑΣΘ ,στο σύνολο της ελληνικής επικράτειας το 2100, ανά χρήση γης (Πίνακας 2.4).

Πίνακας 2.3 Μέσες τιμές δεικτών κόστους και σύνολο ακτογραμμής ανά χρήση γης (Ζερεφός κ.α., 2011)

Χρήσεις γης	Μέση τιμή συντελεστή κόστους		Σύνολο ακτογραμμής
	ΑΣΘ 0,5μ	ΑΣΘ 1μ.	
Οικιστική κ Τουριστική	€144.891 χιλ./ km	€262.851 χιλ./km	2.400 km
Υγροτοπική	€138 χιλ./ km ²	€138 χιλ./km ²	1.000 km ²
Δασική	€0,04 χιλ./km ²	€0,13 χιλ./km ²	4.000 km ²
Γεωργική	€222 χιλ./km ²	€514 χιλ./km ²	35.511,5 km ²

Πίνακας 2.4 Συνολικό κόστος επιπτώσεων ΑΣΘ το 2100 ανά κατηγορία χρήσης γης σε χιλιάδες ευρώ. (Ζερεφός κ.α., 2011)

Χρήσεις Γης	Συνολικό κόστος 2100	
	ΑΣΘ 0,5μ.	ΑΣΘ 1μ.
Οικιστική κ Τουριστική	347.738.400	630.842.400
Υγροτοπική	138.000	247.000
Δασική	160	520
Γεωργική	7.883.553	18.252.911
Σύνολο	355.760.113	649.342.831

3. ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

Η ανάγκη αντιμετώπισης των προβλημάτων που παρουσιάζονται στις παράκτιες περιοχές λόγω της διάβρωσης, με εναλλακτικές τακτικές αντιμετώπισης είναι επιτακτική. Ένα μέτρο είναι η χωροθέτηση επικίνδυνων ζωνών, ώστε να περιοριστούν ή και να εμποδιστούν οι κατασκευές εντός αυτών των επικίνδυνων ζωνών.

Υπάρχουν τέσσερις εναλλακτικοί τρόποι αντιμετώπισης της διάβρωσης των ακτών:

- Καμία ενέργεια
- Υποχώρηση και αλλαγή τοποθεσίας
- Συντήρηση της παραλίας «Ηπια λύση» και
- Δομές σταθεροποίησης της παραλίας «Σκληρή λύση»

Καμία ενέργεια-υποχώρηση και αλλαγή τοποθεσίας

Το να μην γίνεται καμία ενέργεια εν' όψη της διάβρωσης της ακτογραμμής είναι μία επιλογή που δεν ακολουθείται συχνά. Συνίσταται απλώς στο να αφήσουμε τη φύση να ακολουθήσει την πορεία της, επιτρέποντας στη διάβρωση να προχωρήσει ανεμπόδιστα. Ο άνθρωπος έχει μία ενστικτώδη αντίδραση στην οποιαδήποτε απώλεια γης, ειδικά αν το κομμάτι γης τυγχάνει να είναι αναπτυγμένο και να περιέχει εγκαταστάσεις μεγάλης αξίας.

Η υποχώρηση (καμία ενέργεια) και η αλλαγή τοποθεσίας είναι πολλές φορές η καλύτερη και πολλές φορές, η οικονομικότερη λύση στην αντιμετώπιση της διάβρωσης των ακτογραμμών. Η αλλαγή τοποθεσίας περιλαμβάνει συνήθως τη μετακίνηση μεμονωμένων κτιρίων από την ακτή που διαβρώνεται. Κατά καιρούς έχουν μετακινηθεί πολύ μεγάλα κτίσματα, όπως για παράδειγμα το Brighton Beach Hotel στη Νέα Υόρκη, στα τέλη του 19^{ου} αιώνα (**Εικ. 3.1**) (Γάκη-Παπαναστασίου, 2008).



Εικόνα 3.1 Η μετακίνηση του Brighton Beach Hotel, New York το 1888.(Πηγή: <https://ephemeralnewyork.wordpress.com/2016/07/11/moving-the-brighton-beach-hotel-was-amazing/>)

Συντήρηση της παραλίας «Ήπια λύση»

Η συντήρηση της παραλίας περιλαμβάνει την τοποθέτηση μεγάλων ποσοτήτων άμμου ή χαλικιού στην παράκτια ζώνη για την επέκταση της ακτογραμμής προς την πλευρά της θάλασσας. Το κόστος είναι σημαντικό και κυμαίνεται σε μερικά εκατομμύρια δολάρια ανά χιλιόμετρο συντήρησης της ακτογραμμής. Ορισμένα έργα υπήρξαν επιτυχημένα, ενώ σε άλλες περιπτώσεις η άμμος που προστέθηκε στην παραλία χάθηκε σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Το μεγαλύτερο έργο συντήρησης παραλίας που επιχειρήθηκε στις Η.Π.Α. είναι αυτό του Miami Beach στη Φλώριντα (**Εικ. 3.2**). Το έργο ολοκληρώθηκε μέσα σε πέντε χρόνια 1976 έως 1981 και δαπανήθηκαν συνολικά 60 εκατομμύρια δολάρια.

Η άμμος για τη συντήρηση της παραλίας μπορεί να προέλθει από πολλές πηγές. Παλιότερα μια κύρια πηγή αμμοληψίας ήταν η εκβάθυνση κόλπων και λιμνοθαλασσών. Σήμερα, γενικά, δεν επιτρέπεται η χρήση των λιμνοθαλασσών ως πηγές αμμοληψίας, επειδή τα περιβάλλοντα αυτά είναι πλούσια σε βιοποικιλότητα και είναι ευαίσθητα στις διαταράξεις. Η εκβάθυνση κόλπων και λιμανιών αποτελούν ακόμα πηγές αμμοληψίας για τη συντήρηση γειτονικών παραλιών (Γάκη-Παπαναστασίου, 2008).



Εικόνα 3.2 Η συντήρηση του Miami Beach, Florida. (Πηγή: <http://eatingjellyfish.com/?tag=beach-replenishment>)

Έχουν χρησιμοποιηθεί διάφοροι τρόποι για την τοποθέτηση της άμμου στην παραλία όπως: a) η τοποθέτηση της άμμου ως αμμόλοφου στο πίσω μέρος της παραλίας, b) η χρήση της άμμου για τη δημιουργία πλατύτερης και υψηλότερης παραλίας πάνω από τη μέση στάθμη της θάλασσας, c) η κατανομή της άμμου πάνω σε όλο το προφίλ της παραλίας και d) η τοποθέτηση της άμμου στα αβαθή σαν υποθαλάσσιος φράχτης.

Κατασκευές Σταθεροποίησης «Σκληρή λύση»

Αρκετές φορές μία «ήπια» λύση μέσω του εμπλουτισμού των ακτών μπορεί να μην είναι επιτυχημένη, οπότε χρειάζεται μία «σκληρή» λύση, με την έννοια της δημιουργίας κατασκευών προστασίας της ακτογραμμής. Οι κατασκευές αυτές περιλαμβάνουν προστατευτικά τείχη και αναχώματα παράλληλα στην ακτή, βραχίονες και κυματοθραύστες.

Τα προστατευτικά τείχη είναι μεγάλες κατασκευές, σχεδιασμένες με τέτοιο τρόπο ώστε να αντέχουν στη μέγιστη δύναμη των κυμάτων και είναι κατασκευασμένες από μπετόν, φύλα ατσαλιού ή ξύλα. Τα αναχώματα κατασκευάζονται από στοίβες ογκόλιθων ή από τμήματα

σκυροδέματος. Ένα πολύ γνωστό προστατευτικό τείχος είναι αυτό που κατασκευάστηκε στην πόλη Galveston στο Τέξας των Η.Π.Α. στις αρχές του 20^{ου} αιώνα (**Εικ. 3.3**). Οι ογκόλιθοι στη βάση των κάθετων τειχών τοποθετήθηκαν για να μειωθεί η κυματική αντανάκλαση και να ελαχιστοποιηθεί η ύπαρξη τριβής, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή (Γάκη-Παπαναστασίου, 2008).



Εικόνα 3.3 Προστατευτικό τείχος στο Galveston, Texas (Πηγή: <http://www.baroqueeventsgalveston.com>)

Τα προβλήματα της κυματικής αντανάκλασης, αλλά και το υψηλό κόστος κατασκευής των συμπαγών προστατευτικών τειχών, οδήγησε στην κατασκευή λίθινων τειχών, χτισμένων αποκλειστικά από στοίβες ογκόλιθων. Οι κατασκευές αυτές έχουν χαμηλότερο κόστος, διασκορπίζουν το μεγαλύτερο μέρος της κυματικής ενέργειας, επιτρέπουν μικρότερη υπερπήδηση των κυμάτων και συντηρούνται ευκολότερα σε σχέση με τα προστατευτικά τείχη (**Εικ. 3.4**).



Εικόνα 3.4 Προστατευτικό τείχος από ογκόλιθους στην Αδελαΐδα της Αυστραλίας. (Πηγή: <http://www.coastalwatch.com/environment/4524/the-impact-of-coastal-erosion-in-australia>)

Οι βραχίονες κατασκευάζονται σχεδόν κάθετα στην ακτή και είναι σχεδιασμένοι να συλλέγουν ένα ποσοστό των υλικών κατά μήκος της ακτής, ώστε να δημιουργήσουν την παραλία. Οι βραχίονες είναι σχετικά στενοί σε πλάτος και ποικίλουν σε μήκος που κυμαίνεται από 10m και μπορεί να ξεπεράσει ακόμα και τα 200m. Για την προστασία μιας μεγάλης περιοχής από τη διάβρωση κατασκευάζεται μια σειρά από βραχίονες, οι οποίοι δρουν μαζί (**Εικ. 3.5**).

Οι απομακρυσμένοι κυματοθραύστες δεν συνδέονται με την ακτή, αλλά είναι ευθυγραμμισμένοι περίπου παράλληλα με αυτή. Έχουν μήκος 25 έως 100m και τοποθετούνται λίγο έξω από τη ζώνη κυματωγής. Έχουν στόχο να παρέχουν μια προστατευμένη παραλία με πιο ήρεμα νερά σε σχέση με την ανοιχτή θάλασσα. Αρχικά τα υλικά μπορούν να περάσουν μεταξύ της κατασκευής και της ακτής, αλλά στη συνέχεια δημιουργείται μια παραλία στην υπήνεμη πλευρά του κυματοθραύστη λόγω της μείωσης της ενέργειας των κυμάτων. Σε αντίθεση με τους βραχίονες δεν αντανakλούν υλικά της παραλίας προς τα βαθιά νερά, αλλά έχουν μεγαλύτερο κόστος κατασκευής (**Εικ. 3.6**) (Γάκη-Παπαναστασίου, 2008).



Εικόνα 3.5 Βραχίονες στο Seabright, New Jersey (Πηγή: <http://www.airphotona.com>)



Εικόνα 3.6 Κυματοθραύστες στη Βιρτζίνια των Η.Π.Α (Πηγή: <http://www.panoramio.com>)

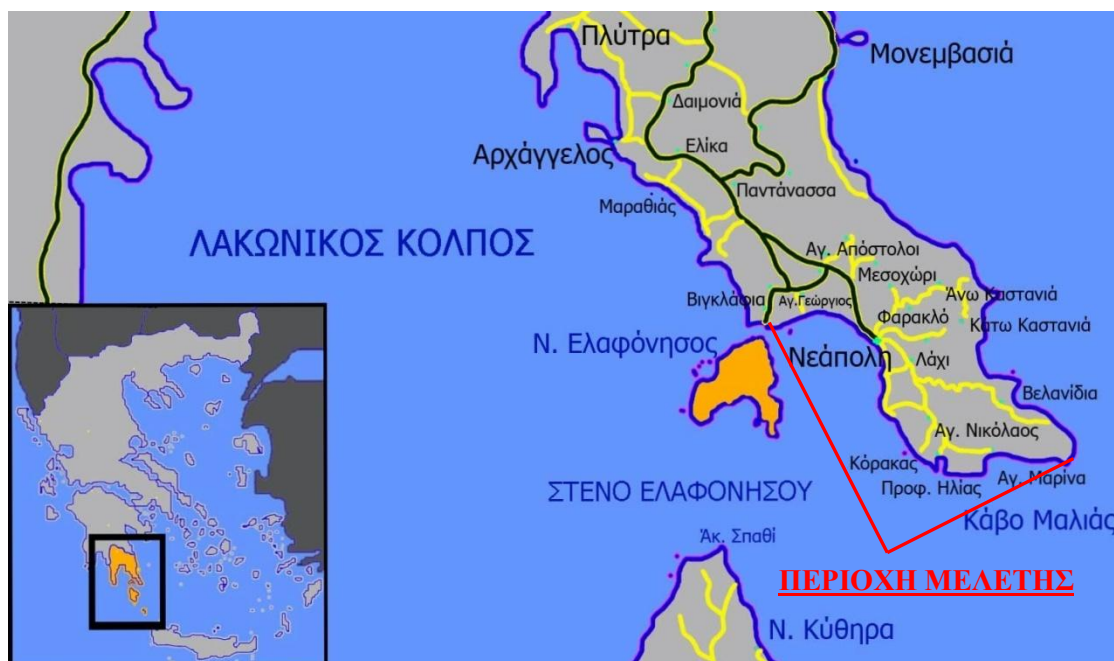
4. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

4.1 Γεωγραφική θέση και δημογραφικά χαρακτηριστικά

Η περιοχή μελέτης ανήκει στη δημοτική ενότητα Βοιών, του ευρύτερου Δήμου Μονεμβασιάς, στο Ν. Λακωνίας. Ο Δήμος Μονεμβασιάς συστάθηκε το 2011, σύμφωνα με το Νόμο 3852/2010 (Πρόγραμμα Καλλικράτης) και αποτελείται από τους παλιούς Δήμους Μολάων, Μονεμβασιάς, Ζάρακα, Βοιών και Ασωπού.

Ο Δήμος Μονεμβασιάς έχει συνολική έκταση 949,9 χιλιάδες στρέμματα, βρίσκεται στο ΝΑ άκρο του ν. Λακωνίας και απέχει περίπου 300km από την Αθήνα. Συνορεύει Β-ΒΔ με τους Δήμους Ευρώτα και Νότιας Κυνουρίας, ΝΔ με το Δήμο Ελαφονήσου ενώ βρέχεται Δ από το Λακωνικό Κόλπο και στα Α και Ν από το Μυρτώο Πέλαγος.

Η Δημοτική Ενότητα Βοιών βρίσκεται στο ΝΑ άκρο της Πελοποννήσου και ανήκει διοικητικά στο Ν. Λακωνίας. Καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της χερσονήσου Επιδαύρου Λιμηράς και έχει ακτογραμμή μήκους 81km. Στα Α βρέχεται από το Μυρτώο Πέλαγος, στα Δ από το Λακωνικό Κόλπο, στα νότια απολήγει στο ακρωτήριο Κάβο-Μαλέα (Καβομαλιά) και Β συνορεύει με τις Δ.Ε Ασωπού και Μονεμβασιάς.



Χάρτης 4.1. Περιοχή Μελέτης-Νεάπολη Λακωνίας (Πηγή: www.elafonissos.gr)

Σύμφωνα με την απογραφή της ΕΛΣΤΑΤ το 2011 ο συνολικός πληθυσμός του Δήμου ανέρχεται σε 22.141 κατοίκους, με το μεγαλύτερο ποσοστό να βρίσκεται στη Δημοτική Ενότητα Βοιών (7.380 κάτοικοι). Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται οι επιμέρους εκτάσεις και ο πληθυσμός των Δημοτικών Ενοτήτων ολόκληρου του Νομού.

Διοικητική Περιφέρεια	Έκταση (χιλιάδες στρέμματα)	Πληθυσμός
Δήμος Μονεμβασιάς	949,9	22.241
Δημοτική Ενότητα Μολάων	193,2	4.790
Δημοτική Ενότητα Ασωπού	94,4	3.467
Δημοτική Ενότητα Βοιών	215,5	7.380
Δημοτική Ενότητα Ζάρακα	237,2	1.689
Δημοτική Ενότητα Μονεμβασιάς	208,9	4.915

Πίνακας 4.1. Έκταση και Πληθυσμός των Δ.Ε του Δ. Μονεμβασιάς

Σύμφωνα με στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ (2011), για την περιοχή μελέτης και τον δήμο Μονεμβασιάς, η Δ.Ε Βοιών, συγκεντρώνει το μεγαλύτερο μέρος του Οικονομικά Ενεργού Πληθυσμού, αφού ανέρχεται στα 4.697 άτομα, ακολουθούν η δημοτική ενότητα Μολάων με 3.046, η δημοτική ενότητα Μονεμβασιάς με 2.404, η δημοτική ενότητα Ασωπού με 2.258 και η δημοτική ενότητα Ζάρακα με 731. Το 82% του οικονομικά ενεργού πληθυσμού της Δ.Ε Βοιών απασχολείται στον πρωτογενή και τον τριτογενή τομέα.

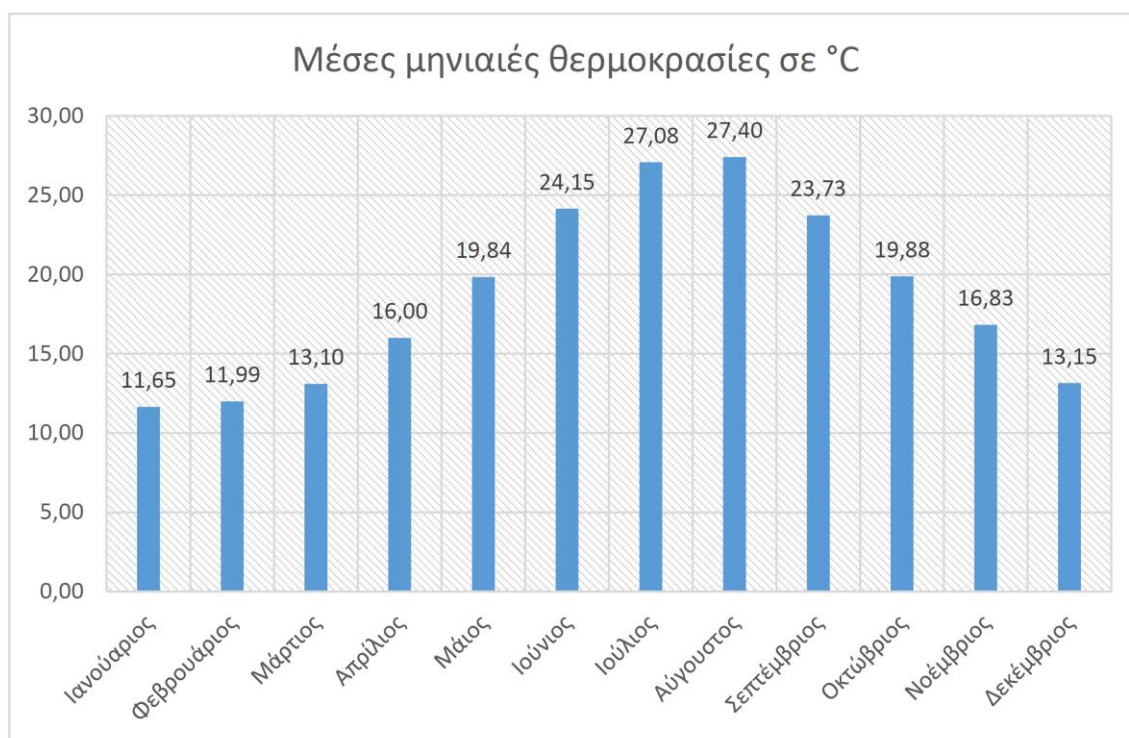
Όσον αφορά τον πρωτογενή τομέα η κύρια απασχόληση είναι η γεωργία και ακολουθούν η κτηνοτροφία και η αλιεία. Το μεγαλύτερο κομμάτι γεωργικής γης βρίσκεται στον Κάμπο Βοιών και στον Κάμπο Αγίου Νικολάου με κύριες καλλιέργειες τις δενδρώδεις και τα οπωροκηπευτικά. Στην ευρύτερη περιοχή λειτουργούν δύο μονάδες τυποποίησης ελαιόλαδου και δύο τυποποίησης κρασιού. Αναφορικά με τις βιολογικές καλλιέργειες, αυτές φτάνουν μόλις τα 500 στρέμματα, με κυρίαρχο είδος την ελιά.

Σχετικά με την κτηνοτροφία, τα βοσκοτόπια που υπάρχουν στην περιοχή, κυρίως στις ημιορεινές περιοχές βοήθησαν σημαντικά στην ανάπτυξη της αιγοπροβατοτροφίας. Στις ορεινές περιοχές επικρατεί η εκτροφή χοίρων και στις πεδινές η εκτροφή προβάτων και βοοειδών.

4.2 Κλιματικά και Μετεωρολογικά στοιχεία της περιοχής

Κλιματολογικά η περιοχή μπορεί να διαιρεθεί σε δύο ζώνες. Στην παράκτια, πεδινή και ημιορεινή ζώνη που αποτελεί την κυρίαρχη έκταση της ευρύτερης περιοχής, όπου επικρατεί ο Μεσογειακός τύπος κλίματος, με χαρακτηριστικό τους ήπιους υγρούς χειμώνες και τα θερμά και ξηρά καλοκαίρια, και στα ορεινά μεγάλων υψομέτρων που επικρατεί ο ορεινός τύπος κλίματος.

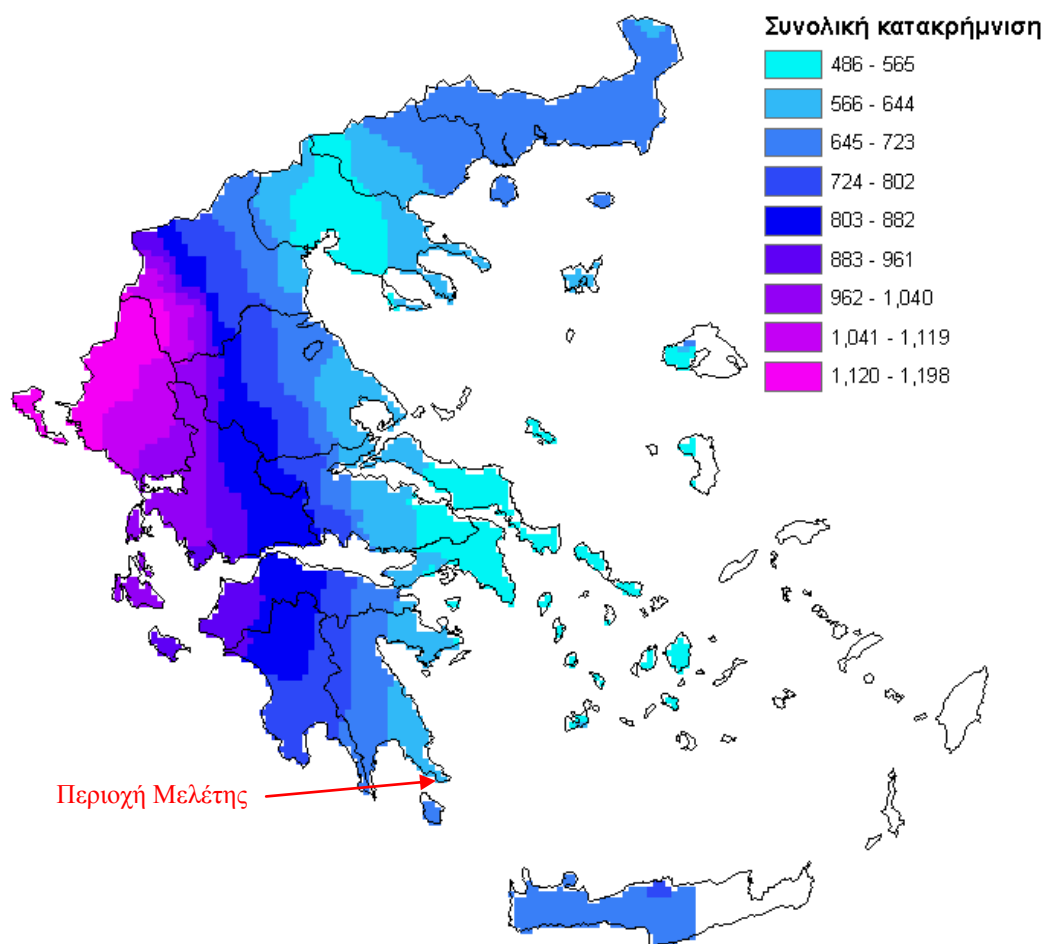
Με βάση την επεξεργασία κλιματικών δεδομένων του μετεωρολογικού σταθμού του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, στον οικισμό του Αγίου Νικολάου Βοιών που βρίσκεται σε υψόμετρο 161m, για την περίοδο 8/2008-7/2016, προκύπτει ότι η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 18,7°C. Ο πιο ψυχρός μήνας είναι ο Γενάρης με μέση μηνιαία θερμοκρασία στους 11,65°C ενώ ο πιο θερμός μήνας είναι ο Αύγουστος με μέση μηνιαία θερμοκρασία στους 27,40°C.



Διάγραμμα 4.1 Τα στοιχεία των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών προέρχονται από το μετεωρολογικό σταθμό του Αγίου Νικολάου που βρίσκεται σε υψόμετρο 161m και αφορούν τη χρονική περίοδο 8/2008 έως 7/2016.

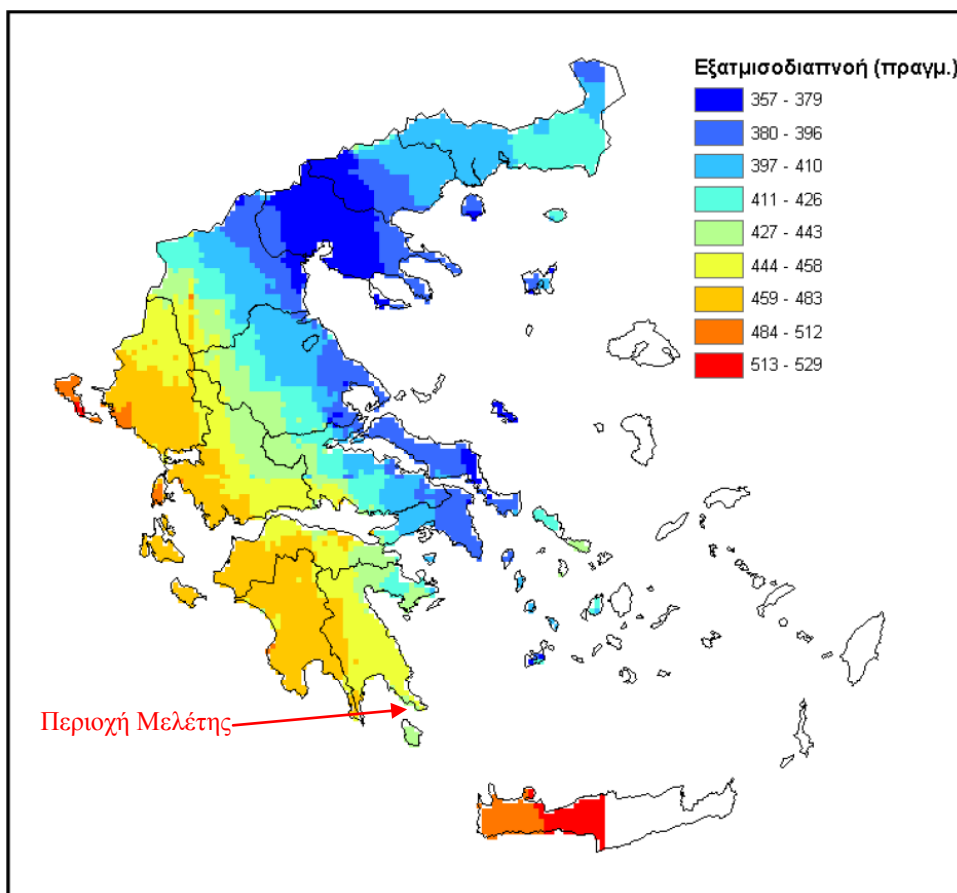
Σύμφωνα με την Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας (ΕΤΥΜΠ), την οποία εκπόνησε το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο για το ΥΠΕ.ΧΩ.ΔΕ τα

συνολικά ετήσια κατακρημνίσματα στην περιοχή μελέτης κυμαίνονται από 566 έως 644mm (**Εικόνα 4.1**).

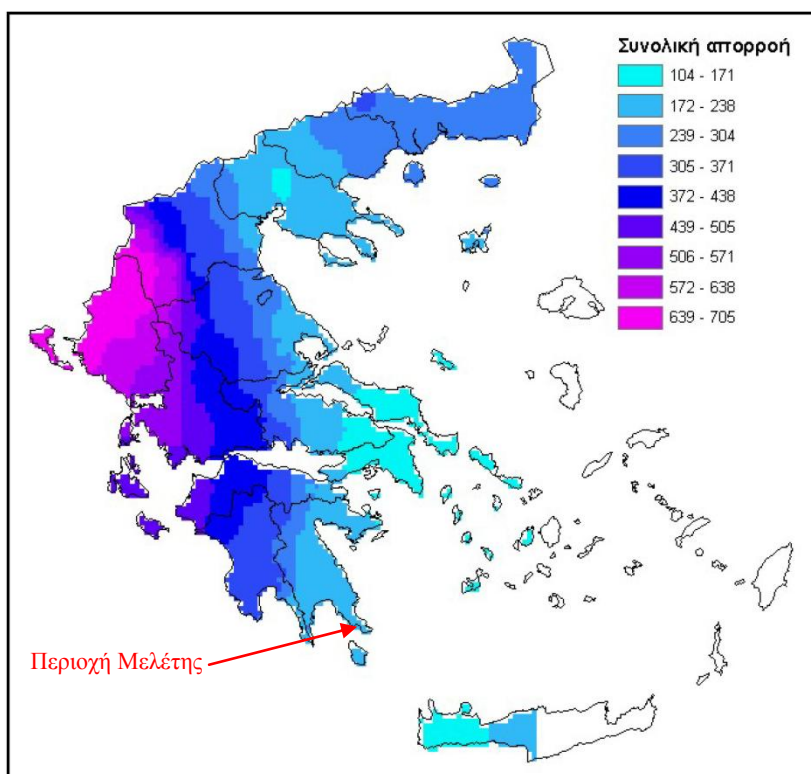


Εικόνα 4.1. Συνολική κατακρήμνιση (σε mm) σύμφωνα με την Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας (ΕΤΥΜΠ)

Σύμφωνα με την ΕΤΥΜΠ η συνολική πραγματική εξατμισοδιαπνοή στην περιοχή μελέτης κυμαίνεται από 444 έως 458mm (**Εικόνα 4.2**), και η συνολική ετήσια απορροή από 172 έως 238mm (**Εικόνα 4.3**).



Εικόνα 4.2 Πραγματική εξατμισοδιαπνοή (σε mm) σύμφωνα με την Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας



Εικόνα 4.3. Συνολική απορροή (σε mm) σύμφωνα με την Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας.

4.3 Χλωρίδα-Πανίδα

Η χερσόνησος Μαλέα είναι μια ξηρή και πετρώδης επέκταση της οροσειράς του Πάρωνα, στην οποία επικρατούν οι ασβεστόλιθοι, όπου η βλάστηση είναι συνήθως φρύγανα ύψους 40-70cm.

Η χλωρίδα της περιοχής αποτελείται από μία μεγάλη ποικιλία ειδών σε θαμνώδη μορφή κυρίως, μεταξύ των οποίων υπάρχουν και πολλά σπάνια είδη. Συνολικά έχουν εντοπιστεί 64 ενδημικά είδη φυτών. Με τον όρο «ενδημικά» χαρακτηρίζονται τα φυτά που υπάρχουν μόνο σε ένα συγκεκριμένο γεωγραφικό τόπο. Από αυτά, τα 19 είναι στενά ενδημικά της Ν. Πελοποννήσου, της Ελαφονήσου και του Μαλέα. Κάποια χαρακτηριστικά είδη είναι τα: *Silene sedoides runemarkii*, *Bolanthus fruticulosus*, *Ranunculus millii*, *Brassica cretica laconic*, *Astragalus laconicus*, *Lilium hellenicum*, *Linaria hellenica*, *Inula rotundifolia* κ.α.

Στην παραλία της Πούντας, απέναντι από την Ελαφόνησο, αναπτύσσονται αμμώδης θίνες με χαρακτηριστική βλάστηση. Τα βασικότερα φυτά είναι η Αμμοφίλα (*Ammophila arenaria*), η Αγκαθιά (*Eryngium maritimum*) και ο «Κρίνος της Θάλασσας» (*Pancratium maritimum*), που αποτελεί είδος προς εξαφάνιση. (Πηγή: elafonisos.gov.gr)

Ο Ν. Λακωνίας είναι πλούσιος και σε είδη πανίδας. Στην περιοχή μελέτης έχουν καταγραφεί 132 είδη πουλιών, εκ των οποίων φωλιάζουν τα 48. Τα υπόλοιπα έχουν παρατηρηθεί κατά της καλοκαιρινή και φθινοπωρινή μετανάστευση. Τα σημαντικότερα είδη είναι ο πετρίτης, ο μπούφος και ο σπιζαετός.

Κατά την καλοκαιρινή μετανάστευση, τα πουλιά από τα Κύθηρα και τα Αντικύθηρα κινούνται προς το Μαλέα, ενώ τα υδρόβια και τα παρυδάτια προς τον υγρότοπο Στρογγύλη και τον Ευρώτα.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται κάποια είδη πουλιών που εμφανίζονται στη χερσόνησο Μαλέα.

Είδος	Ελληνικό όνομα
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	Θαλασσοκόρακας
<i>Ixobrychus minutus</i>	Μικροτσικνιάς
<i>Ciconia ciconia</i>	Πελαργός
<i>Circaetus gallicus</i>	Φιδαετός
<i>Anas clypeata</i>	Χουλιανοπαπια
<i>Buteo buteo</i>	Γερακίνα
<i>Hieraaetus fasciatus</i>	Σπιζαετος
<i>Falco peregrinus</i>	Πετρίτης

<i>Falco tinnunculus</i>	Βραχοκιρκινεζο
<i>Alectoris chukar</i>	Νησιωτική πέρδικα
<i>Coturnix coturnix</i>	Ορτύκι
<i>Gallinula chloropus</i>	Νερόκοτα
<i>Otus scops</i>	Γκιώνης
<i>Merops apiaster</i>	Μελισσοφάγος
<i>Fringilla coelebs</i>	Σπίνος
<i>Bubo bubo</i>	Μπούφος

Πίνακας4.2 Είδη πουλιών στη χερσόνησο Μαλέα

Επίσης, στην περιοχή μελέτης έχουν καταγραφεί 24 είδη ερπετών(5 είδη χελώνας, 9 είδη φιδιών και 10 είδη σαύρας) καθώς και 4 είδη αμφίβιων. Από τις σαύρες έντονο ενδιαφέρον παρουσιάζει η Ελληνική σαύρα *Lacerta graeca*, η οποία είναι ενδημικό είδος της Πελοποννήσου. Η θαλάσσια χελώνα *Caretta caretta* αφήνει τα αυγά της στις παραλίες μεταξύ της λιμνοθάλασσας Στρογγύλης και της Νεάπολης. Κάποια είδη παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Επιστημονικό όνομα	Ελληνικό όνομα
<i>Bufo viridis</i>	Πράσινος φρύνος
<i>Hyla arborea</i>	Δεντροβάτραχος
<i>Mauremis caspica</i>	Γραμμωτή νεροχελώνα
<i>Testudo hermanni</i>	Μεσογειακή χελώνα
<i>Lacerta graeca</i>	Ελληνική σαύρα
<i>Coluber gemonensis</i>	Δεντρογαλιά
<i>Vipera ammodytes</i>	Οχιά
<i>Coluber najadum</i>	Σαΐτα
<i>Natrix natrix</i>	Νερόφιδο
<i>Hemidactylus turcicus</i>	Σαμιαμίδι

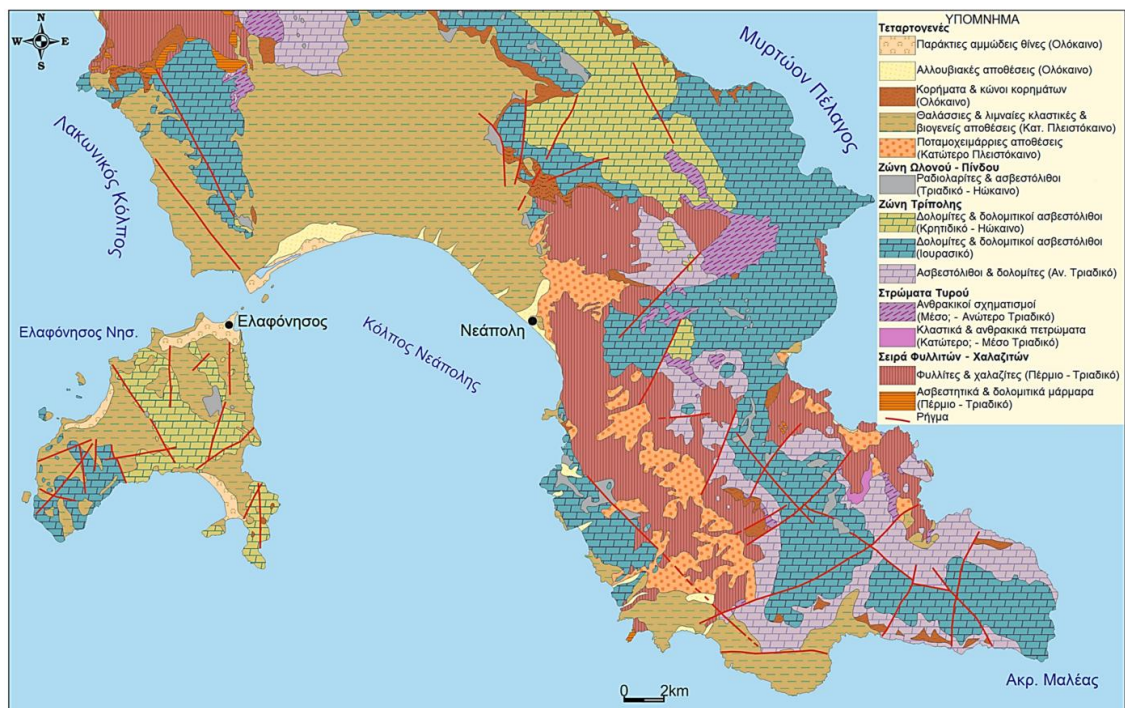
Πίνακας 4.3. Είδη αμφίβιων-ερπετών στη χερσόνησο Μαλέα

Τέλος, στην ευρύτερη περιοχή έχουν καταγραφεί 11 είδη θηλαστικών όπως: σκαντζόχοιρος, νυχτερίδα, λαγός, τσακάλι, αλεπού, νυφίτσα, κουνάβι, ασβός, μεσογειακή φώκια κ.α. Το σημαντικότερο είδος είναι η φώκια *Monachus monachus*, το οποίο είναι το πλέον απειλούμενο θηλαστικό της Μεσογείου και προστατεύεται από όλες τις διεθνείς συμβάσεις.

4.4 Γεωλογία-Τεκτονική

Η περιοχή μελέτης αποτελείται από μεταλπιικούς σχηματισμούς, ηλικίας Ανώτερου Πλειόκαινου- Κατώτερου Πλειστόκαινου, στα δυτικά και νότια και αλπικούς σχηματισμούς, στα ανατολικά. Εξετάζοντας το γεωλογικό χάρτη της περιοχής του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (-φύλλο « Νεάπολη –Άγιος Νικόλαος) διακρίνονται:

- Μεταλλικοί σχηματισμοί του Νεογενούς και Τεταρτογενούς
- Σχηματισμοί της ενότητας Πίνδου
- Σχηματισμοί της ενότητα Τρίπολης
- Σχηματισμοί της ενότητας Άρνας (ή ενότητα φυλλιτών-χαλαζιτών)



Χάρτης 4.2 Γεωλογικός χάρτης Ελλάδας (Κλίμακα 1:50.000) φύλλο Νεάπολης – Αγίου Νικολάου.

Οι μεταλλικοί σχηματισμοί αποτελούνται από θαλάσσιες, λιμναίες και ποταμοχειμάρριες αποθέσεις. Οι θαλάσσιες αποθέσεις αποτελούνται από ψαμμίτες, άμμους, κροκαλοπαγή και μαργαϊκούς ασβεστόλιθους. Εμφανίζονται σε ολόκληρη τη λεκάνη της Νεάπολης και στα νότια στον οικισμό του Κόρακα και τον Προφήτη Ηλία. Το πάχος τους ξεπερνά τα 200m. Οι ποταμοχειμάρριες αποθέσεις αποτελούνται από άμμους, πηλίτες, κροκαλοπαγή, λατυποπαγή και αργίλους. Οι κροκάλες και οι λατύπες προέρχονται από την κατώτερη ενότητα της Άρνας.

Εμφανίζονται στα ανατολικά της χερσονήσου και μεταξύ των οικισμών Βαλτάκι, Άγιος Νικόλαος και Λάχι.



Εικόνα 4.3. Ασύμφωνη απόθεση ποταμοχειμάρριων σχηματισμών σε σχιστόλιθους της ενότητας Άρνας. (Πηγή: Μηλιός, 2016)

Οι Ανω-Πλειστοκαινικές – Ολοκαινικές αποθέσεις, αποτελούν τους νεότερους σχηματισμούς της περιοχής μελέτης και αποτελούνται από πλευρικά κορήματα, κώνους κορημάτων και αλλουβιακές αποθέσεις. Τα κορήματα αποτελούνται από κροκαλολατυποπαγή με κροκάλες και λατύπες από ανθρακικά και σχιστολιθικά πετρώματα, ενώ οι αλλουβιακές αποθέσεις αποτελούνται από ασύνδετα υλικά προσχώσεων και κλάστικες αποθέσεις στις κοίτες χειμάρρων και ποταμών.

Οι λιθολογικοί σχηματισμοί ηλικίας Ηωκαίνου-Τριαδικού, δηλαδή οι ,έντονα τεκτονισμένοι, ραδιολαρίτες και ασβεστόλιθοι της γεωτεκτονικής ζώνης Πίνδου, εντοπίζονται σε πολύ μικρή έκταση στα βόρεια, δυτικά και νοτιοανατολικά της περιοχής μελέτης και υπέρκεινται τεκτονικά της ενότητας της Τρίπολης. Στην Πίνδο έχουμε ανθρακική ή πυριτική ιζηματογένεση από το Ανώτερο Τριαδικό μέχρι το Ανώτατο Κρητιδικό. Η ανθρακική ιζηματογένεση συνδέεται με τους πελαγικούς ασβεστόλιθους και η πυριτική με τους ραδιολαρίτες. Οι ραδιολαρίτες έχουν ηλικία, κυρίως, Δογγέριο-Μάλμιο και φτάνουν μέχρι τη βάση του Κρητιδικού σε εναλλαγές με ασβεστόλιθους με *Calpionelles*. Από κάτω υπάρχουν ασβεστόλιθοι , με κερατόλιθους, του Ανώτερου Τριαδικού (Παπανικολάου, 2015).

Τεκτονικά υποκείμενη της ενότητας Πίνδου είναι η ενότητα της Τρίπολης. Κύριο χαρακτηριστικό της ενότητας είναι η νηριτική ανθρακική ιζηματογένεση, με ασβεστόλιθους και δολομίτες από το Άνω Τριαδικό μέχρι και το Ηώκαινο, με χαρακτηριστικούς μαύρους βιτουμενιούχους ασβεστόλιθους. Η στρωματογραφική κολόνα της Τρίπολης αποτελείται από

νηριτικούς ασβεστόλιθους με ηλικία Άνω Τριαδικό- Άνω Ηώκαινο. Εκείνο που αλλάζει είναι τα απολιθώματα. Το Τριαδικό χαρακτηρίζεται από την παρουσία *Megalodon*, το Ιουρασικό από κοράλλι και *Clypeines* το Κρητιδικό από ρουδιστές και τέλος το Ηώκαινο από *Nummulites*.

Κάτω από τους Τριαδικούς ασβεστόλιθους απαντάται ένα ηφαιστειο-ιζηματογενές σύμπλεγμα από πηλίτες, ψαμμίτες, ανδεσιτικές λάβες, νηριτικούς ασβεστόλιθους και πυροκλαστικά, ηλικίας Λιθανθρακοφόρο-Πέρμιο έως Μέσο Τριαδικό. Το, ελαφρά μεταμορφωμένο, αυτό σύμπλεγμα αυτό το οποίο αποτελεί τη βάση της κολόνας της Τρίπολης ονομάστηκε από τον Κτενά το 1924 σαν **Στρώματα Τυρού** (Παπανικολάου, 2015).

Οι ανθρακικοί σχηματισμοί της ενότητας της Τρίπολης καταλαμβάνουν τα ανώτερα τμήματα του ορεινού όγκου της Κριθίνας, έως την περιοχή του Κάβο Μαλέα και την παράκτια ζώνη από το Παλαιόκαστρο έως την περιοχή Κότρωνας. Οι ανθρακικοί αυτοί σχηματισμοί, εκτός από την περιοχή του Παραδεισίου όπου υπέρκεινται τεκτονικά των στρωμάτων Τυρού, έρχονται σε άμεση τεκτονική επαφή με τους υποκείμενους Φυλλίτες-Χαλαζίτες της ενότητας της Άρνας.



Εικόνα 4.4 Ασβεστόλιθοι της ενότητας της Τρίπολης στην τοποθεσία Μεσοχώρι. (Πηγή: Μηλίδης, 2016)

Η ενότητα της Άρνας (ή φυλλιτών-χαλαζιτών συνιστά τη βαθύτερη τεκτονική ενότητα της περιοχής μελέτης. Καταλαμβάνει τις δυτικές κλιθείς των ορεινών όγκων που συνιστούν τη ραχοκοκαλιά της περιοχής φτάνοντας σε ορισμένες θέσεις, π.χ. νότια της Νεάπολης, μέχρι τη θάλασσα. Στα χαμηλά υψόμετρα καλύπτεται από Πλειστοκαινικές και αλλουβιακές αποθέσεις, Ολοκαινικής ηλικίας, ενώ στα υψηλότερα τμήματα των ορεινών όγκων, είναι τεκτονικά υποκείμενη της ενότητας της Τρίπολης. Η κυανοσχιστολιθική μεταμόρφωση είναι Ολιγοκαινικής- κατω-Μειοκαινικής ηλικίας, και έγινε σε πιέσεις 7 Kbars και 350°C, χωρίς να

έχει υποστεί ανάδρομη πρασινοσχιστολιθική μεταμόρφωση. Πρόκειται για μεταμορφωμένη σε συνθήκες υψηλών πιέσεων/χαμηλών θερμοκρασιών (HP/LT) ακολουθία, η οποία αποτελείται από φυλλίτες, χαλαζίτες, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, μετακροκαλοπαγή, μετα-τόφφους, μετα-πηλίτες, μετα-βασάλτες. Νεότερες μελέτες έδειξαν πιέσεις 9-14 Kbars και θερμοκρασία 320-500°C. Τα πετρώματα εμφανίζονται εντόνως παραμορφωμένα με ισοκλινείς πτυχές και ρήγματα (Παπανικολάου, 2015).

Η περιοχή μελέτης παρουσιάζει έντονο τεκτονικό ενδιαφέρον, που χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση ρηγμάτων, επωθήσεων και πτυχώσεων. Η ανθρακική ενότητα της Τρίπολης, εμφανίζεται επωθημένη πάνω στην ενότητα της Άρνας και η ενότητα της Πίνδου, με τη σειρά της, είναι επωθημένη πάνω στην ενότητα της Τρίπολης. Η επαφή Τρίπολης-Άρνας εμφανίζεται στα ανώτερα τμήματα της οροσειράς της Κριθίνας, ενώ στην περιοχή του Λαχίου φτάνει μέχρι το όριο του οικισμού. Στο Ακρ. Μαλέα η επαφή φτάνει μέχρι τη θάλασσα.



Εικόνα 4.5 Τεκτονική επαφή (επώθηση) ανάμεσα στις ενότητες Τρίπολης και Άρνας. (Πηγή: Μηλιός, 2016)

Τα ρήγματα στην περιοχή εμφανίζονται, κυρίως, εντός της ανθρακικής μάζας της ενότητας της Τρίπολης και σπάνια τέμνουν την επαφή της Άρνας. Πρόκειται, επομένως, για ανενεργά ρήγματα. Όπως βλέπουμε στο γεωλογικό χάρτη της περιοχής (Εικ. 2.2), τα ρήγματα έχουν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ και είναι, κυρίως, κανονικά και μεγάλης κλίσης. Ο τεκτονισμός της περιοχής συνδέεται με τον τεκτονισμό της οροσειράς του Πάρνωνα και ευθύνεται για την πρόκληση μεγάλων τεκτονικών βυθισμάτων στην περιοχή.(π.χ. βύθισμα της λεκάνης της Νεάπολης).

4.5 Γεωμορφολογία

Η γεωμορφολογία της χερσονήσου Μαλέα κυριαρχείται από ορεινές μάζες με γενική διεύθυνση κορυφογραμμής ΒΔ-ΝΑ, οι οποίες εκτείνονται μεταξύ της δυτικής και της ανατολικής παράκτιας ζώνης.

Οι σημαντικότεροι ορεινοί όγκοι της περιοχής είναι οι:

- ❖ «Κριθίνα» (794m)
- ❖ «Προφήτης Ηλίας» (744m)
- ❖ «Βαβίλα» (711m)
- ❖ «Λάκα» (626m)
- ❖ «Βάρδια» (553m) στο νοτιότερο τμήμα, πριν το Ακρ. Μαλέα.
- ❖ «Κάτω Κούνος» (505m) , «Μεγάλη Τούρλα» (653m) και «Αλώνια» (621m), που αποτελούν τα φυσικά όρια της Δ.Ε. Βοιών με τη Δ.Ε. Μονεμβασιάς.
- ❖ «Αλογομάνδρες» (424m) και «Αετοφωλιά», που αποτελούν τα φυσικά όρια της Δ.Ε. Βοιών με τη Δ.Ε. Ασωπού.

Η περιοχή μελέτης μπορεί να διακριθεί σε τρεις ζώνες με βάση το υψόμετρο:

1. Στη δυτική παράκτια πεδινή ζώνη με υψόμετρο από 0 έως 100m
2. Στην κεντρική ημιορεινή ζώνη με υψόμετρο από 100 έως 600m
3. Στην ανατολική ορεινή ζώνη με υψόμετρο από 600 έως 780m.

Η πεδινή ζώνη εκτείνεται από την ακτογραμμή μέχρι και την ισοϋψή των 100m στα ανατολικά και περιλαμβάνει τις περιοχές των οικισμών Νεάπολης, Κόρακα, Προφήτη Ηλία, Παλαιόκαστρο και Άγιος Κων/νος.

Η ημιορεινή ζώνη εκτείνεται στα ανατολικά της πεδινής μέχρι και την ισοϋψή των 600m ανατολικότερα και περιλαμβάνει τους οικισμούς Μεσοχώρι, Παραδείσι, Λάχι, Άγιος Νικόλαος και Βαλτάκι.

Η ορεινή ζώνη εκτείνεται στα ανατολικά της ημιορεινής και αποτελείται από τις κορυφές των ορεινών όγκων της περιοχής, οι οποίοι αποτελούν την απόληξη της οροσειράς του Πάρνωνα.

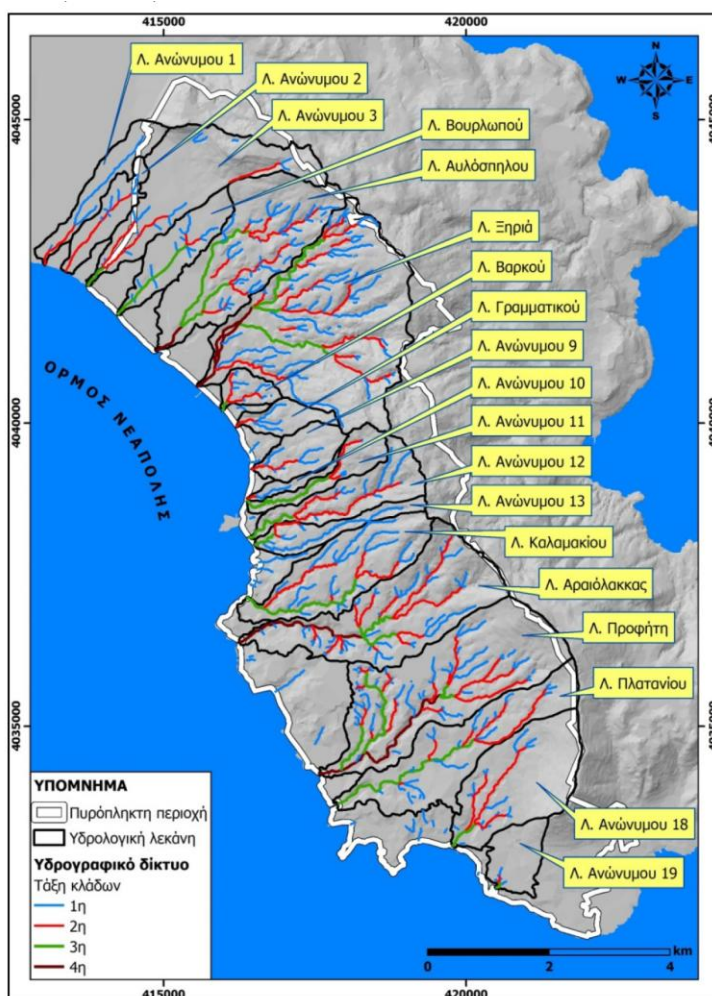
Στο μεγαλύτερο τμήμα του ακρωτηρίου και στις πλαγιές του ορεινού όγκου οι μορφολογικές κλίσεις είναι ιδιαίτερα μεγάλες, ακόμα και στα χαμηλά υψόμετρα, κοντά στη θάλασσα. Εξάιρεση αποτελεί το πεδίο της Νεάπολης, στο οποίο απορρέουν και τα μεγαλύτερα σε έκταση υδρογραφικά δίκτυα της περιοχής. Στην ημιορεινή και κυρίως την ορεινή ζώνη οι μορφολογικές κλίσεις ξεπερνούν τις 20°. Στα πεδινά και στην παράκτια ζώνη οι κλίσεις δεν ξεπερνούν τις 10°, ενώ στην ημιορεινή ζώνη κυμαίνονται από 10° έως 20°.

Στην περιοχή απαντώνται δύο ομάδες υδρολογικών λεκανών:

- Αυτές που απορρέουν ανατολικά στο Μυρτώο Πέλαγος και
- Αυτές που απορρέουν δυτικά στο Λακωνικό κόλπο

Γενικά, αναπτύσσονται με ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση ξεκινώντας από τις δυτικές πλαγιές του ορεινού όγκου, που διατρέχει τη χερσόνησο Επιδαύρου Λιμηράς με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Στη συνέχεια μέσω του ημιορεινού και πεδινού τμήματος της περιοχής μελέτης, οι υδρολογικές αυτές λεκάνες εκφορτίζονται στο Λακωνικό κόλπο και ειδικότερα στον όρμο Νεάπολης. Τα κυριότερα ρέματα είναι:

- Το «Βουρλωπό» που εκβάλει στην παράκτια ζώνη της Νεάπολης
- Ο «Ξηριάς», το κεντρικό �έμα της Νεάπολης που διασχίζει τον οικισμό
- Τα ρέματα «Πλατάνι» και «Προφήτης» που εκβάλλουν μεταξύ των οικισμών Τσουμάλα και Κόρακα



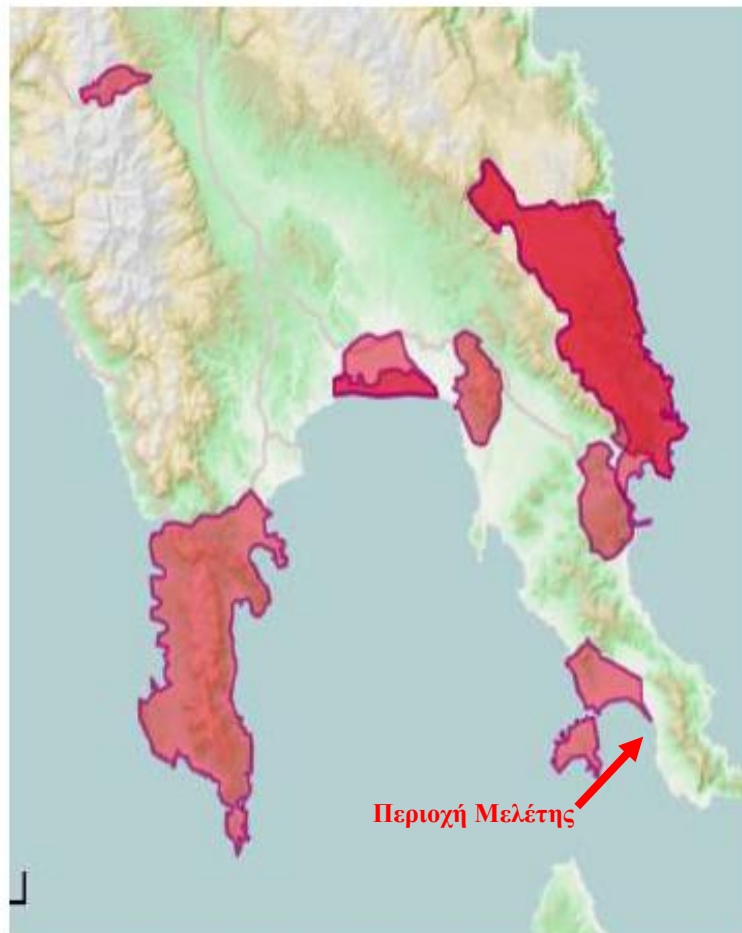
Χάρτης 4.4 Υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης (Λέκκας κ.α., 2015)

Η Δ.Ε Βοιών διαθέτει συνολικά 81km ακτών. Οι ακτές που βρίσκονται ανατολικά στην πλευρά του Μυρτώου Πελάγους είναι γενικά δυσπρόσιτες και απότομες, σε αντίθεση με τις δυτικές ακτές προς το Λακωνικό Κόλπο που έχουν ήπιο ανάγλυφο. Οι σημαντικότερες παραλίες στην περιοχή μελέτης είναι:

- ✓ Οι παραλίες «Νεάπολη 1&2» που βρίσκονται στη Νεάπολη και εκτείνονται εκατέρωθεν της κεντρικής προβλήτας.
- ✓ Οι παραλίες «Μάγγανος» και «Νερατζιώνα» που εκτείνονται από τη λιμνοθάλασσα Στρογγύλη μέχρι και τη Νεάπολη και
- ✓ Η παραλία «Αμίτσας» νότια του οικισμού του Παλαιοκάστρου.

4.6 Περιβαλλοντική σημασία της περιοχής μελέτης

Η περιοχή (δυτικά του οικισμού της Νεάπολης μέχρι και την παραλία της Πούντας, απέναντι από την Ελαφώνησο, έχει χαρακτηριστεί ως Τόπος Κοινοτικής Σημασίας του δικτύου NATURA 2000 (GR2540002), σύμφωνα με την [Οδηγία 92/43/ΕΟΚ](#), του Συμβουλίου της 21ης Μαΐου 1992 για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων και της άγριας πανίδας και χλωρίδας. Τα σημαντικότερα στοιχεία είναι οι αμμώδεις θίνες, τα ενδημικά είδη πανίδας και χλωρίδας και η λιμνοθάλασσα της «Στρογγύλης» που παίζει καθοριστικό ρόλο στην ισορροπημένη λειτουργία του οικοσυστήματος της εύτερης περιοχής. (Πηγή: elafonisos.gov.gr)



Εικόνα 4.6 Περιοχές NATURA 2000 Ν.Λακωνίας

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της περιοχής μελέτης αποτελούν οι αμμώδεις θίνες (Παραλία Πούντας). Οι αμμοθίνες είναι δασικές προστατευόμενες παραλίες, που αποτελούν ευαίσθητα και δυναμικά οικοσυστήματα. Χαρακτηριστικές είναι «οι χαμηλές κινούμενες αμμοθίνες» που αναπτύσσονται στο σημείο αμέσως μετά τη ζώνη που φτάνει το κύμα.

Εσωτερικά προς την ξηρά αναπτύσσονται οι «λευκές αμμοθίνες» που φτάνουν μέχρι τα 10 μ. ύψος. Εδώ η Αμμόφιλα καταλαμβάνει την κορυφή των αμμολόφων και φτάνει σε ύψος τα 3μ. Είναι πολυετές αγρωστώδες και αναπτύσσει ρίζωμα με μεγάλο μήκος και βάθος. Αυτό δικτυώνει εσωτερικά τους αμμώδεις λοφίσκους και επιφέρει το πρώτο σημαντικό βήμα στη διαδικασία σταθεροποίησης. Στο σημείο αυτό εμφανίζεται ο «Κρίνος της Θάλασσας», ο οποίος διαθέτει υπόγειο βολβό και εμφανίζεται σποραδικά σε ομάδες.



Εικόνα 4.7 Αμμοθίνες στην περιοχή της Πούντας (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 4.8 Αμμοθίνες στην περιοχή της Πούντας (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Εξαιρετικής σημασίας και οικολογικού ενδιαφέροντος στοιχείο αποτελεί η λιμνοθάλασσα «Στρογγύλη, η οποία αποτελεί καταφύγιο για 132 είδη πτηνών και περιλαμβάνει μεταξύ άλλων και το σπάνιο και απειλούμενο είδος θαλασσόκεδρου.

Η λιμνοθάλασσα έχει καταγραφεί ως υγρότοπος, η έκταση της οποίας είναι από 300 έως 600 στρέμματα, ανάλογα με την εποχή του χρόνου. Επικοινωνεί μόνιμα με τη θάλασσα στο ΝΔ άκρο της με ένα αβαθές κανάλι μήκους 80-100μ. και εποχιακά (χειμώνας) με το Δ άκρο της σε περιπτώσεις θαλασσοταραχής. Μπροστά από τη λίμνη κυριαρχούν οι λόχμες των παραλιών με άρκευθους (κέδρα) και κινούμενες αμμοθίνες που φτάνουν μέχρι τα 3 μέτρα ύψος με αμμόφιλα. (Πηγή: elafonisos.gov.gr)



Εικόνα 4.9 Η λιμνοθάλασσα «Στρογγύλη» (Πηγή: www.visitvatika.gr)

4.7 Χρήσεις Γης

Οι κυρίαρχες χρήσεις γης στην περιοχή είναι κυρίως εκτάσεις φυσικής βλάστησης και δευτερευόντως γεωργικού χαρακτήρα. Με βάση το Ευρωπαϊκό σύστημα κατανομής χρήσεων γης CORINE 2012 Στην περιοχή μελέτης επικρατούν:

- Γη που καλύπτεται κυρίως από γεωργία με σημαντικές διάσπαρτες εκτάσεις φυσικής βλάστησης (Κωδ. CORINE 2.4.3).
- Θαμνώδης σκληρόφυλλη βλάστηση (Κωδ. CORINE 3.2.3) με κύρια στοιχεία τα εξής:
 - ✓ Μακκία: Πρόκειται για διαπλάσεις των αείφυλλων πλατύφυλλων θάμνων και αποτελούν χαρακτηριστικό τύπο μεσογειακού οικοσυστήματος. Δημιουργούν πυκνές συστάδες με ύψος 1-2μ. Οι συστάδες δημιουργούνται στα χαμηλά και μέσα υψόμετρα σε ασβεστολιθικό, κυρίως, υπόστρωμα. Χαρακτηριστικά είδη μακκίας βλάστησης είναι το πουρνάρι, η κουμαριά, η μυρτιά, ο σχοίνος κ.α
 - ✓ Φρύγανα: Πρόκειται για χαμηλούς θάμνους οι οποίοι αντέχουν στις υψηλές θερμοκρασίες και την ξηρασία και απαντώνται στα χαμηλά υψόμετρα. Αποτελούν χαρακτηριστικό τύπο βλάστησης των μεσογειακών οικοσυστημάτων.
 - ✓ Φυσικοί βοσκότοποι με χαμηλή παραγωγικότητα οι οποίοι απαντώνται σε βραχώδεις περιοχές και περιλαμβάνουν φρύγανα (Κωδ. CORINE 3.2.1)
- Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη (Κωδ. CORINE 2.1.1)
- Οπωρώνες (Κωδ. CORINE 2.2.2)
- Καλλιέργειες: Περιοχές φυτεμένες κυρίως με ελαιόδεντρα, αλλά και μεικτές καλλιέργειες ελαιόδεντρων και αμπελιών (Κωδ. CORINE 2.2.3).
- Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας: μωσαϊκό από μικρά αγροτεμάχια με διάφορες ετήσιες καλλιέργειες (Κωδ. CORINE 2.4.2)
- Αστικές περιοχές με έντονη αστική οικοδόμηση, όπου το μεγαλύτερο τμήμα της έκτασης γης καλύπτεται από κτίσματα, συμπεριλαμβανομένου κτιρίων, δρόμων, ζωνών τεχνητών επιφανειών, σε συνδυασμό με ζώνες βλάστησης και γυμνού εδάφους που καλύπτουν ασυνεχείς αλλά εκτενείς επιφάνειες. Στον οικισμό της Νεάπολης παρουσιάζονται τμήματα ασυνεχούς

αστικής δόμησης με κατοικίες, εμπορικά και τουριστικά καταστήματα (Κωδ. CORINE 1.1.2). Σημαντικοί οικισμοί υπάρχουν και στις ημιορεινές και ορεινές περιοχές όπως ο Άγιος Νικόλαος, το Λάχι κ.α.

- Μικτά δάση με δέντρα και θάμνους (Κωδ. CORINE 3.1.3)
- Μεταβατικές δασώδεις – θαμνώδεις εκτάσεις (Κωδ. CORINE 3.2.4)
- Παραθαλάσσιοι Βάλτοι (Κωδ. CORINE 4.2.1): Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται οι αμμοθίνες στην παραλία της Πούντας και η λιμνοθάλασσα Στρογγύλη.

5.ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

Ένα από τα βασικά προβλήματα των παράκτιων περιοχών είναι ο η επικινδυνότητα λόγω της πιθανής αύξησης της στάθμης της θάλασσας. Το εύρος και η ένταση της παράκτιας διάβρωσης αναμένεται να ενταθεί λόγω της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης. Η διάβρωση δεν είναι εύκολο να υπολογιστεί εξαιτίας της αλληλεπίδρασης διαφόρων παραγόντων όπως το ιζηματολογικό ισοζύγιο και η παράκτια υδροδυναμική σε συνάρτηση με τις κλιματικές παραμέτρους. (Gornitz et al., 1994)

Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος αναπτύχθηκε από το USGS (United States Geological Survey) μία μέθοδος υπολογισμού της επικινδυνότητας στη διάβρωση των ακτών, που μπορεί να θεωρηθούν περισσότερο ευάλωτες σε μία μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Η μεθοδολογία αυτή είναι γνωστή ως Δείκτης Παράκτιας Επικινδυνότητας (Coastal Vulnerability Index) (Gornitz et al.,1994, Thieler & Hammar-Klose, 1999). Ο CVI εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στις ακτές των Η.Π.Α και του Καναδά και βασίζεται σε υπαίθριες παρατηρήσεις, σε τοπογραφικές και γεωπεριβαλλοντικές πληροφορίες σε συνδυασμό με Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.

Ο Δείκτης Παράκτιας Επικινδυνότητας αποτελεί ένα δυναμικό, απλό και εύχρηστο μαθηματικό εργαλείο προσδιορισμού της επικινδυνότητας, των παράκτιων περιοχών σε, σε διάβρωση σε πιθανή μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Στον υπολογισμό του CVI συμπεριλαμβάνονται γεωμορφολογικές και ωκεανογραφικές παράμετροι όπως είναι: α) η παράκτια λιθολογία, β) οι παράκτιες κλίσεις, γ) ο ρυθμός της σχετικής ανόδου της στάθμης της θάλασσας, δ) οι οριζόντιες αλλαγές της θέσης της ακτογραμμής, ε) το μέσο σημαντικό ύψος των εισερχόμενων κυμάτων και f) το μέσο εύρος της παλίρροιας. Η μέθοδος παρέχει ένα ποσοτικό μέτρο της φυσικής επικινδυνότητας των ακτών λόγω της μελλοντικής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης, και αποτελεί ένα αντικειμενικό μοντέλο για την αξιολόγηση αλλά και τον μακροπρόθεσμο σχεδιασμό για τη διαχείριση της παράκτιας ζώνης. (Αλεξανδράκης κ.α., 2009)

Ο δείκτης παράκτιας επικινδυνότητας που ,εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία, υπολογίστηκε ως η τετραγωνική ρίζα του γινομένου των 6 μεταβλητών, που αναφέρθηκαν παραπάνω, διαιρουμένου με το πλήθος των μεταβλητών αυτών:

$$C.V.I. = \sqrt{[(a*b*c*d*e*f)/6]}$$

Οι παραπάνω μεταβλητές μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες: α) τις γεωλογικές μεταβλητές και β) τις θαλάσσιες μεταβλητές. Στην κατηγορία των γεωλογικών μεταβλητών ανήκουν η γεωλογία, η παράκτια κλίση και οι μεταβολές της ακτογραμμής ενώ στην κατηγορία

των θαλάσσιων μεταβλητών ανήκουν η σχετική μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης, το μέσο σημαντικό ύψος κύματος και το μέσο εύρος παλίρροιας.

Για κάθε μία παράμετρο η ακτή κατηγοριοποιείται σε πέντε κατηγορίες επικινδυνότητας από «Πολύ χαμηλή (1)» έως «Πολύ υψηλή (5)». Τα όρια βαθμονόμησης της ακτής που χρησιμοποιήθηκαν, προτάθηκαν από τους Pendleton et al., (2004). Για τις παραμέτρους (c), (e) και (f) χρησιμοποιήθηκαν τα όρια που προτάθηκαν από τους Karymbalis et al. (2012), για τις Ελληνικές ακτές (**Πίνακας 5.1**).

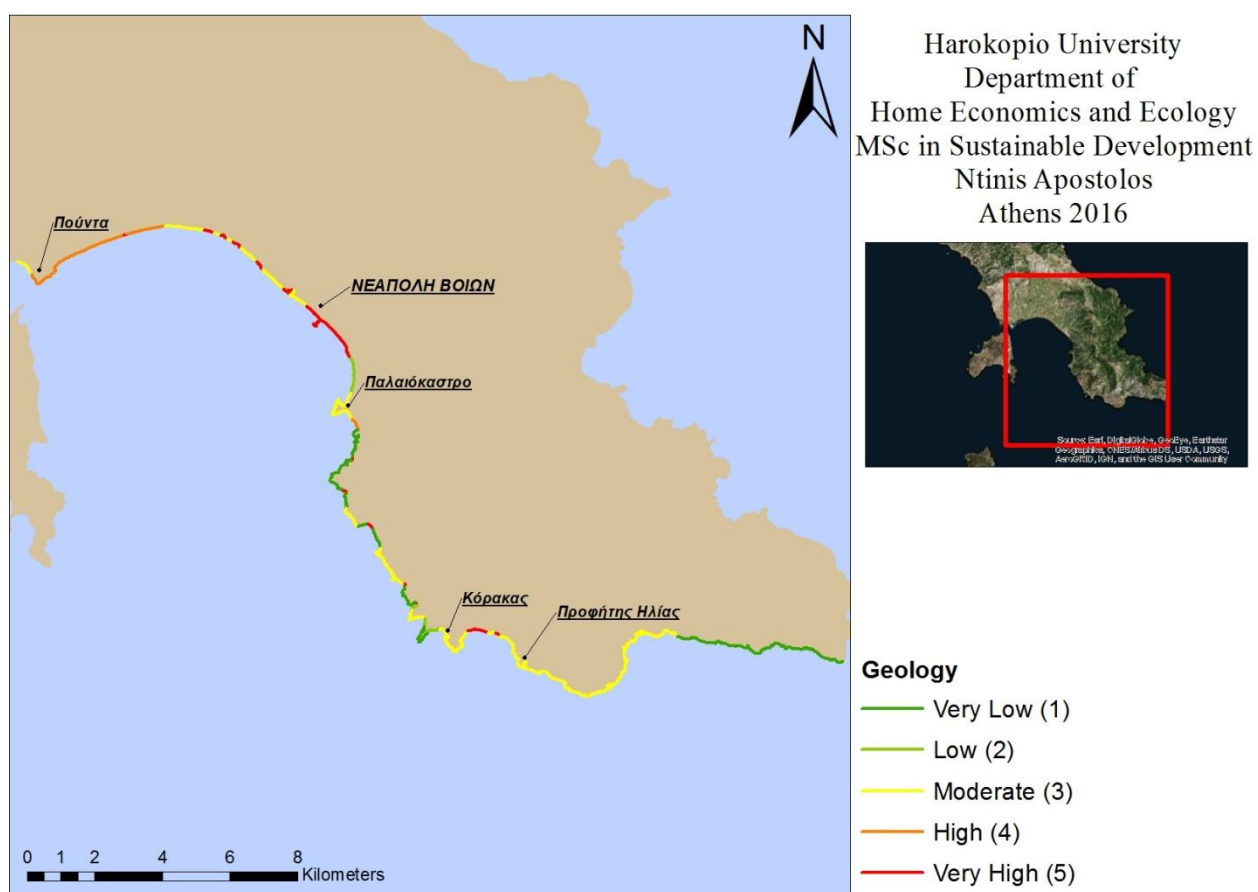
Μεταβλητές	Κατηγορίες				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
(a) Γεωλογία	Ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες	Φυλλίτες και Χαλαζίτες	Θαλάσσια και λιμναία κλαστικά ιζήματα	Κορήματα και κώνοι κορημάτων, ποταμοχειμάρριες αποθέσεις, αμμοθίνες	Αλλουβιακές αποθέσεις
(b) Παράκτια κλίση (%)	>12	12-9	9-6	6-3	<3
(c) Σχετική μεταβολή θαλάσσιας στάθμης (mm/yr)	<1.8	1.8-2.5	2.5-3.0	3.0-3.4	>3.4
(d) Ρυθμός προέλασης(+)/ υποχώρησης(-) ακτογραμμής (m/yr)	>(+1.5)	(+1.5)-(+0.5)	(+0.5)-(-0.5)	(-0.5)-(-1.5)	<(-1.5)
(e) Μέσο σημαντικό ύψος κύματος (m)	<0.3	0.3-0.6	0.6-0.9	0.9-1.2	>1.2
(f) Μέσο εύρος παλίρροιας (m)	<0.2	0.2-0.4	0.4-0.6	0.6-0.8	>0.8
Επικινδυνότητα	Πολύ χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή	Πολύ Υψηλή

Πίνακας 5.1 Ταξινόμηση των έξι παραμέτρων του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας (Pendleton et al., 2004, Karymbalis et al., 2012)

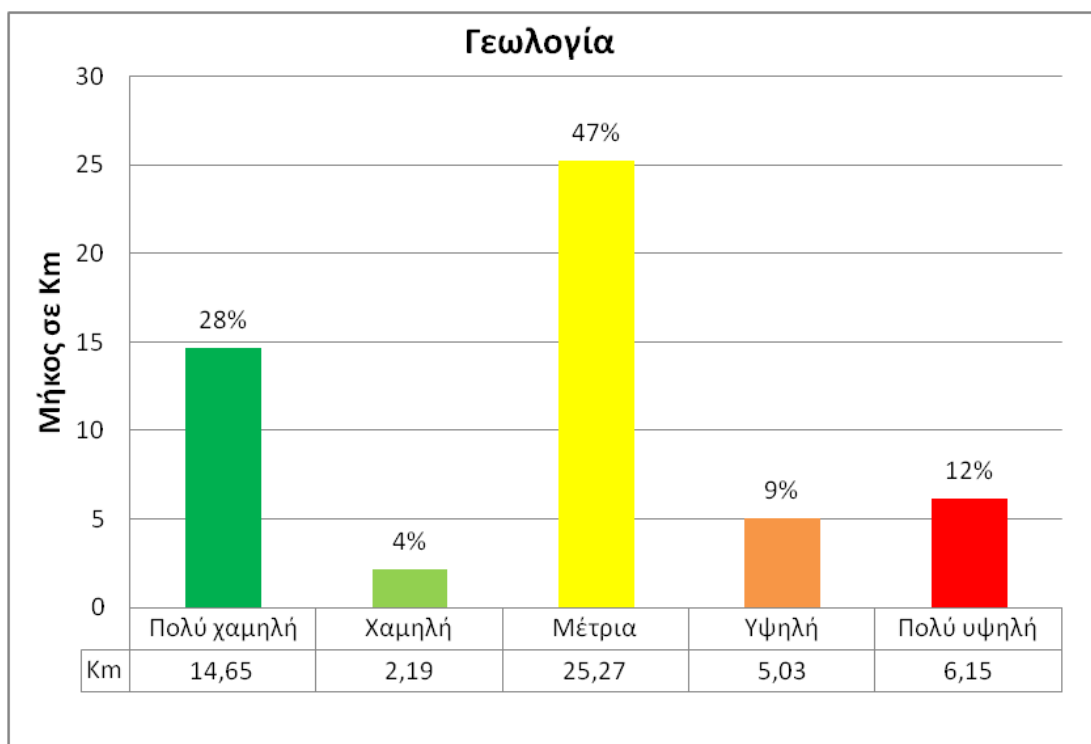
5.1 Γεωλογία

Σε μία μελέτη υπολογισμού του CVI, ο παράγοντας της γεωλογίας πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη, καθώς κάθε παράκτιος γεωλογικός σχηματισμός παρουσιάζει διαφορετική αντίσταση στη διάβρωση και τον ενδεχόμενο κατακλυσμό, λόγω μελλοντικής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης. Με βάση αυτή την παράμετρο οι ακτές κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα με τη λιθολογική τους σύσταση, την κοκκομετρία και τη μορφολογία τους. Τη μικρότερη επικινδυνότητα παρουσιάζουν οι βραχώδεις ακτές, μεγάλων υψομέτρων, ενώ ιδιαίτερα υψηλή επικινδυνότητα παρουσιάζουν οι αμμώδεις ακτές.

Στην παρούσα διπλωματική για την εκτίμηση της γεωλογίας ψηφιοποιήθηκαν, σε λογισμικό ArcGis 10.4.1, οι παράκτιοι γεωλογικοί σχηματισμοί, από το γεωλογικό χάρτη της περιοχής (φύλλο Νεάπολης-Αγίου Νικολάου, ΙΓΜΕ), κλίμακας 1:50000.



Χάρτης 5.1 Βαθμονόμηση της γεωλογίας της περιοχής μελέτης (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



Διάγραμμα 5.1. Ραβδόγραμμα κατηγοριοποίησης της παραμέτρου της γεωλογίας (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Γεωλογία	Ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες	Φυλλίτες και Χαλαζίτες	Θαλάσσια και λιμναία κλαστικά ιζήματα	Κορήματα και κώνοι κορημάτων, ποταμοχειμάρριες αποθέσεις, αμμοθίνες	Αλλουβιακές αποθέσεις	Ολικό
Μήκος (%)	28%	4%	47%	9%	12%	100
Μήκος (Km)	14,65	2,19	25,27	5,03	6,15	53,29
Επικινδυνότητα	Πολύ χαμηλή (1)	Χαμηλή (2)	Μέτρια (3)	Υψηλή (4)	Πολύ Υψηλή (5)	

Πίνακας 5.2 Βαθμονόμηση της παραμέτρου της γεωλογίας (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

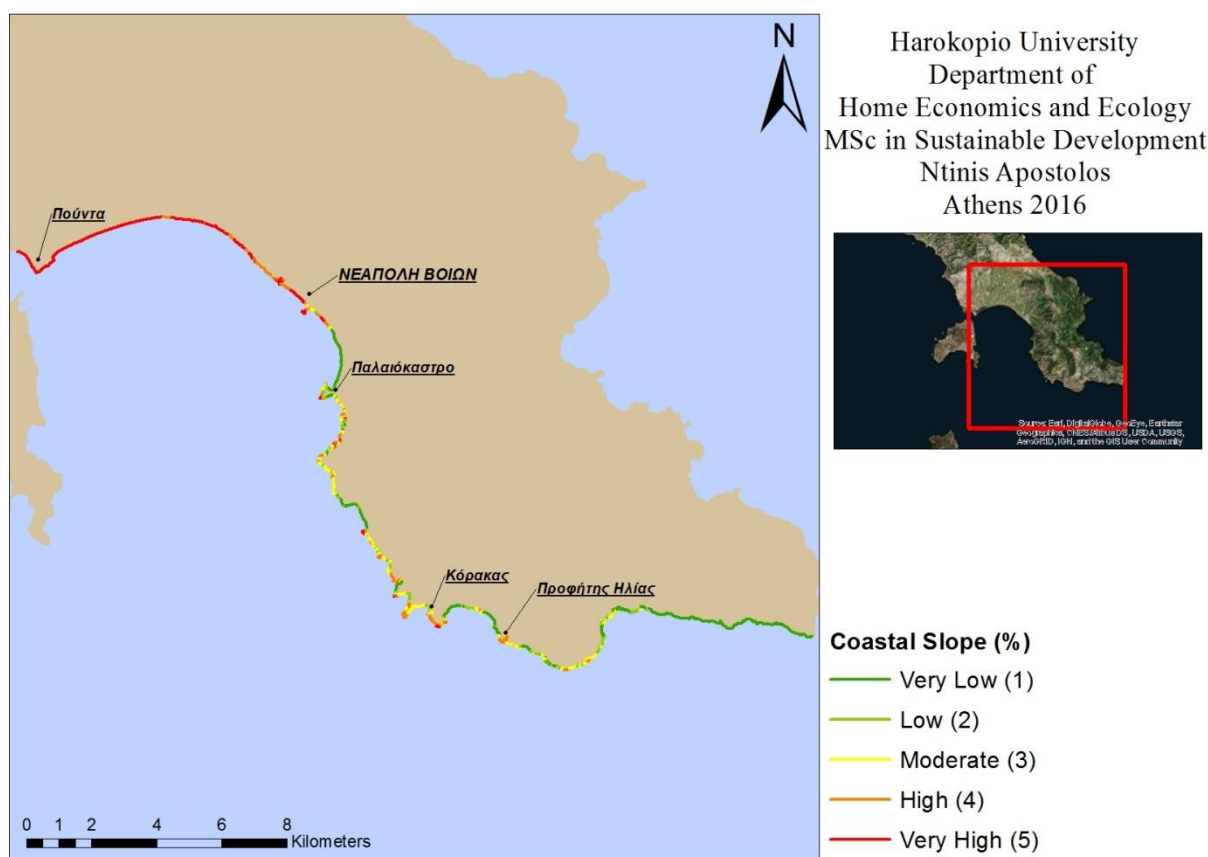
Σύμφωνα με το χάρτη 4.1, το διάγραμμα 4.1 και τον πίνακα 4.2, παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο τμήμα της ακτογραμμής αποτελείται από θαλάσσια και λιμναία κλαστικά ιζήματα (25,27km) και χαρακτηρίζεται ως μέτριας επικινδυνότητας. Τα 6,15km ,που αποτελούνται από αλλουβιακές αποθέσεις, χαρακτηρίζονται ως πολύ υψηλής επικινδυνότητας και περιλαμβάνουν κυρίως την περιοχή του οικισμού της Νεάπολης. Τέλος ένα ποσοστό της τάξης του 28% (14,65km) που αποτελείται από ανθρακικά πετρώματα (ασβεστόλιθους και δολομίτες), χαρακτηρίζεται ως πολύ χαμηλής επικινδυνότητας και περιλαμβάνει κυρίως την περιοχή του Ακρωτηρίου Μαλέα.

5.2 Παράκτια Κλίση

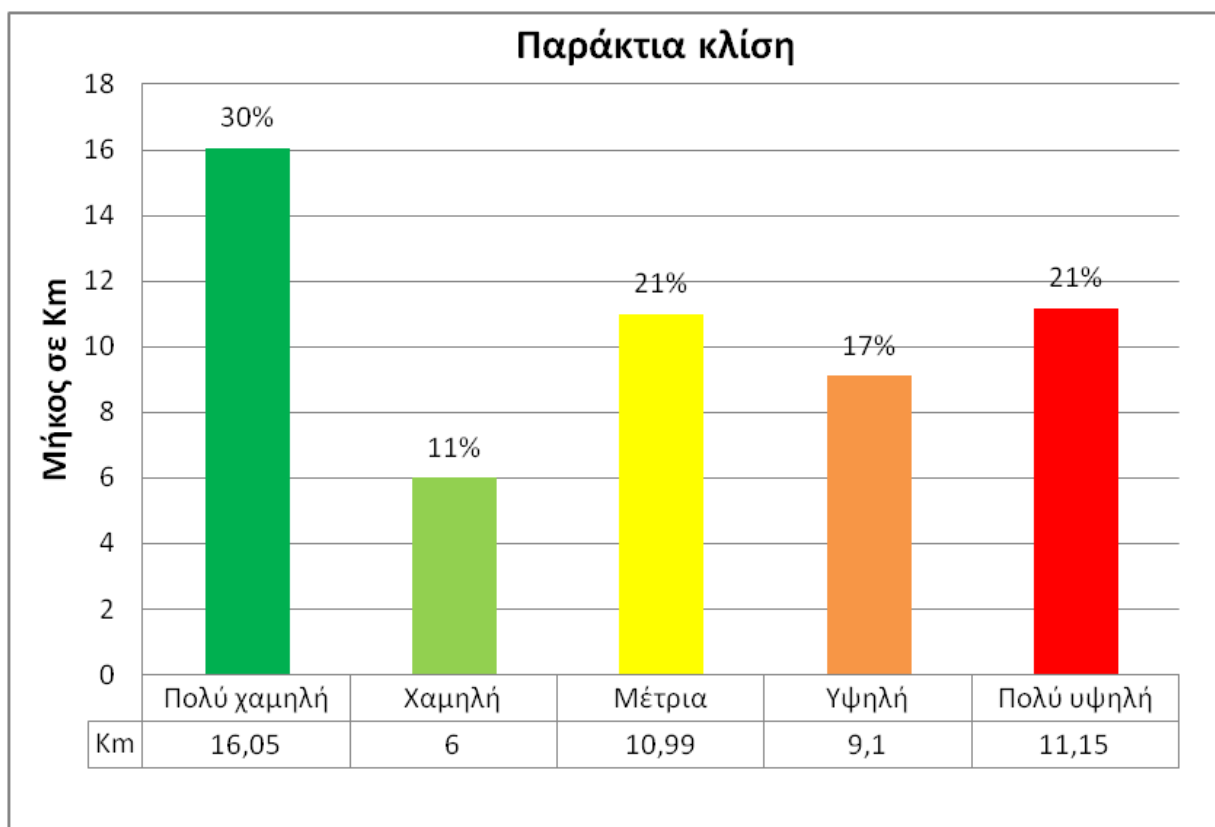
Η παράκτια κλίση μαζί με τη γεωλογία αποτελούν τις σημαντικότερες μεταβλητές, μεγάλης κλίμακας, προσδιορισμού της επικινδυνότητας μια παράκτιας περιοχής. Η κλίση καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη σχετική επικινδυνότητα μιας παράκτιας περιοχής σε ενδεχόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης γιατί συνδέεται με τη φυσική αντοχή της ακτής και την ταχύτητα με την οποία η ακτογραμμή θα υποχωρήσει, έναντι κατάκλισης.

Περιοχές με μικρή κλίση είναι περισσότερο ευάλωτες στον κίνδυνο κατάκλισης λόγω μελλοντικής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης και στη δράση του κυματισμού. Από άποψη επικινδυνότητας της ακτής, η παράκτια κλίση παρουσιάζει έντονο ενδιαφέρον καθώς στις περιοχές χαμηλών κλίσεων αναπτύσσονται ανθρώπινες υποδομές και είναι έντονες οι κοινωνικές και οικονομικές δραστηριότητες. Όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση μιας παράκτιας περιοχής, τόσο δυσκολότερα η περιοχή αυτή θα κινδυνεύσει από την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης.

Η εκτίμηση της παράκτιας κλίσης έγινε με τη χρήση του Ψηφιακού Ύψομετρικού Μοντέλου (Digital Elevation Model), το οποίο προήλθε από την ψηφιοποίηση ισοϋψών καμπυλών. Η ψηφιοποίηση των ισοϋψών καμπυλών έγινε από τοπογραφικά διαγράμματα της ΓΥΣ, κλίμακας 1:5000 και ισοδιάστασης 4m.



Χάρτης 5.2 Βαθμονόμηση της παράκτιας κλίσης της περιοχής μελέτης (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



Διάγραμμα 5.2. Ραβδόγραμμα κατηγοριοποίησης της παραμέτρου της παράκτιας κλίσης (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Παράκτια κλίση(%)	>12	12-9	9-6	6-3	<3	Ολικό
Μήκος (%)	30	11	21	17	21	100
Μήκος(Km)	16,05	6	10,99	9,1	11,15	53,29
Επικινδυνότητα	Πολύ χαμηλή (1)	Χαμηλή (2)	Μέτρια (3)	Υψηλή (4)	Πολύ Υψηλή (5)	

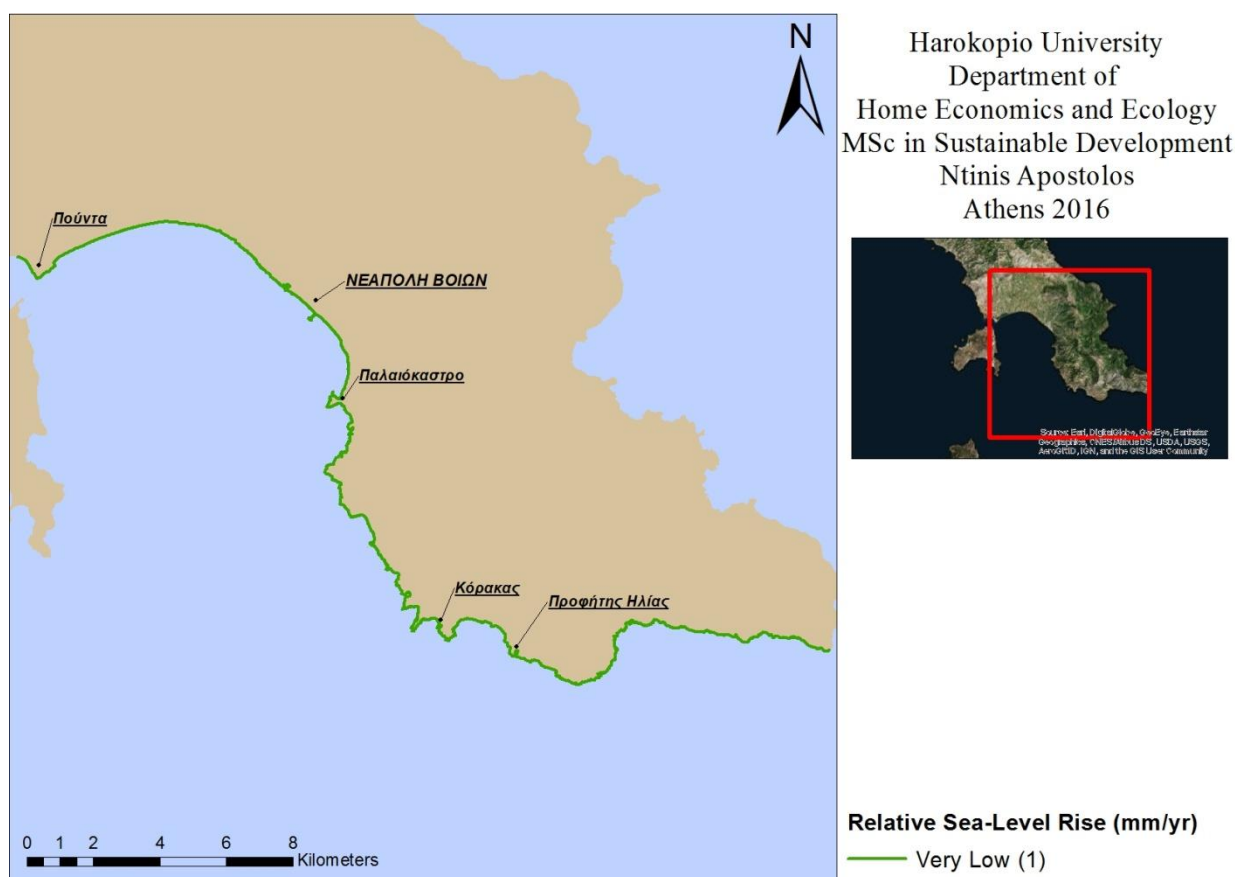
Πίνακας 5.3 Βαθμονόμηση της παραμέτρου της παράκτιας κλίσης (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Όπως παρατηρούμε στο χάρτη 4.2, το διάγραμμα 4.2 και τον πίνακα 4.3 ένα ποσοστό 21% (11,15km) της ακτογραμμής αντιστοιχεί σε περιοχές με χαμηλή κλίση (<3%) που συνεπάγεται πολύ υψηλή επικινδυνότητα. Στην κατηγορία αυτή ανήκει, σχεδόν, όλη η περιοχή από τον οικισμό της Νεάπολης και δυτικότερα έως την Πούντα. Τα 10.99km της ακτογραμμής αποτελούνται από μεσαίας κλίσης περιοχές και επομένως μέτριας επικινδυνότητας, ενώ τα 16,05 της ακτογραμμής (30%) είναι περιοχές μεγάλων κλίσεων και χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλή επικινδυνότητα. Στην κατηγορία αυτή ανήκει, κυρίως, η περιοχή του Ακρωτηρίου Μαλέα, στα ΝΑ της περιοχής μελέτης.

5.3 Σχετική μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης

Οι σχετικές μεταβολές της μέσης στάθμης της θάλασσας προκύπτουν από την αύξηση ή τη μείωση της μέσης ετήσιας στάθμης των υδάτων, όπως αυτή καταγράφεται από ενεργούς παλιρροιακούς σταθμούς. Το φαινόμενο αυτό συμπεριλαμβάνεται στον υπολογισμό του CVI. Η μεταβλητή αυτή του δείκτη εμπεριέχει την παγκόσμια μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης κυρίως λόγω της θερμικής διαστολής των ωκεανών και της κλιματικής αλλαγής, καθώς και τις τοπικές τεκτονικές κινήσεις.

Σύμφωνα με τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), η τιμή της παραμέτρου για την περιοχή μελέτης είναι 1,8mm/yr. Η παράμετρος πήρε την τιμή 1 (πολύ χαμηλή επικινδυνότητα) λαμβάνοντας υπόψη ότι η περιοχή μελέτης τεκτονικά ανυψώνεται, γεγονός που αποδεικνύεται από την εμφάνιση θαλάσσιων αναβαθμίδων (Theodoropoulos, 1974 και Kelletat et al., 1976). Η ενιαία τιμή της παραμέτρου για το σύνολο της ακτογραμμής οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η σχετική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης δεν παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαφοροποίηση της ακτογραμμής της περιοχής μελέτης σε ενδεχόμενη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης.



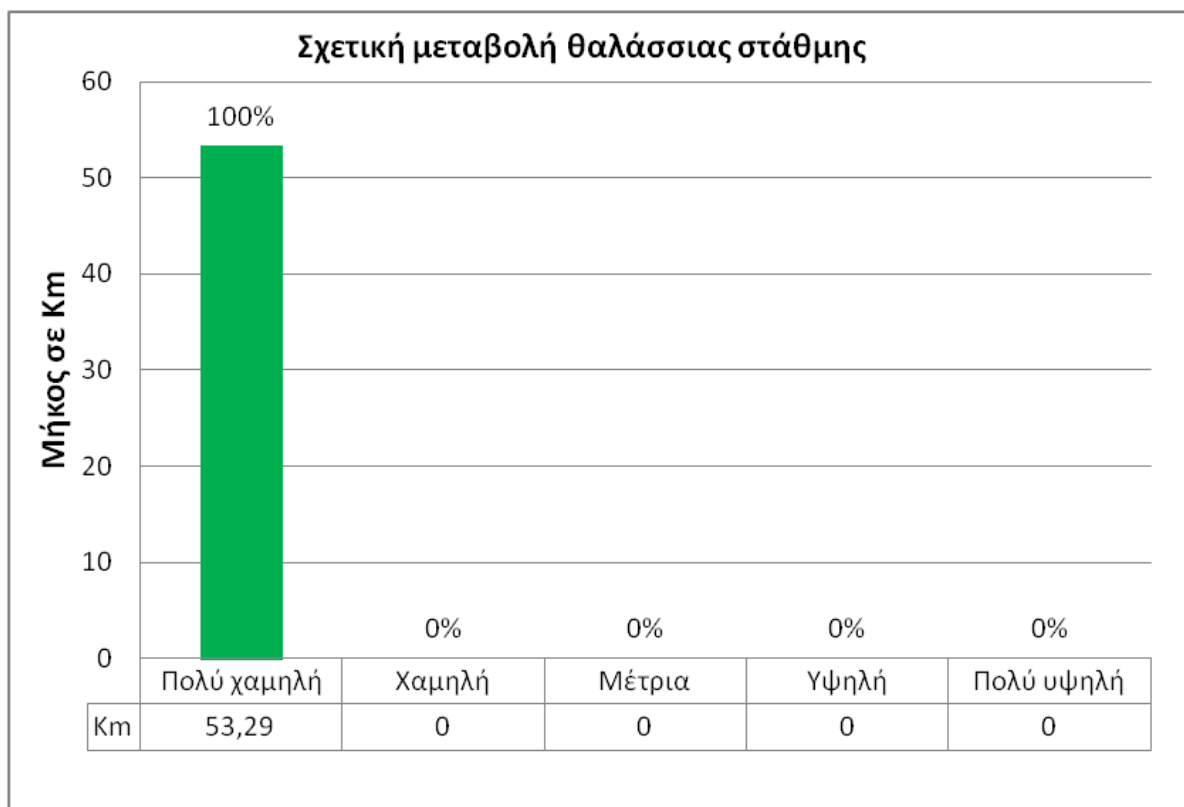
Χάρτης 5.3 Βαθμονόμηση της μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



Εικόνα 5.1 Θαλάσσια αναβαθμίδα στην περιοχή μελέτης (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 5.2 Θαλάσσια αναβαθμίδα στην περιοχή μελέτης (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)



Διάγραμμα 5.3. Ραβδόγραμμα κατηγοριοποίησης της παραμέτρου της μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Σχετική μεταβολή θαλάσσιας στάθμης(mm/y)	<1.8	1.8-2.5	2.5-3.0	3.0-3.4	>3.4	Ολικό
Μήκος (%)	100	0	0	0	0	100
Μήκος(Km)	53,29	0	0	0	0	53,29
Επικινδυνότητα	Πολύ χαμηλή (1)	Χαμηλή (2)	Μέτρια (3)	Υψηλή (4)	Πολύ Υψηλή (5)	

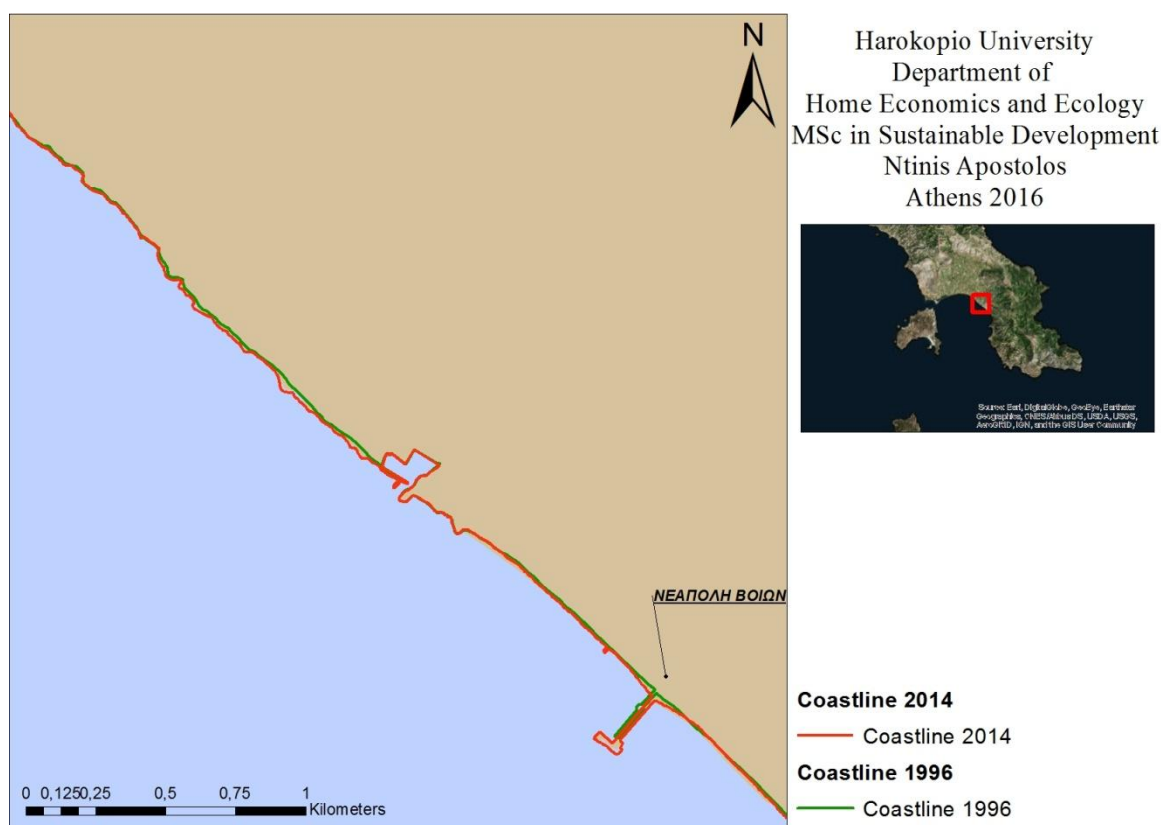
Πίνακας 5.4 Βαθμονόμηση της παραμέτρου της μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

5.4 Ρυθμός διάβρωσης/προέλασης της ακτογραμμής

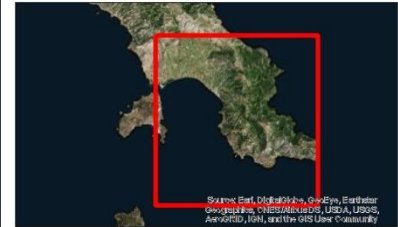
Το 70% των αμμώδων παραλιών παγκοσμίως παρουσιάζουν έντονη διάβρωση τις τελευταίες δεκαετίες. Στην περίπτωση της Ελλάδας το 28,6% της συνολικής ακτογραμμής υπόκειται σε διαβρωτικές διαδικασίες (Coastal Practice Network Newsletter No2, 2004), γεγονός που την κατατάσσει στην 4^η θέση της σχετικής λίστας των χωρών της Ε.Ε.

Στα πλαίσια του υπολογισμού του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας εξετάζεται η ιστορική μετακίνηση της ακτογραμμής σε χρονική έκταση δεκαετιών. Για να γίνει αυτό, συγκρίνονται η τωρινή κατάσταση της υπό μελέτης ακτογραμμής με τη μορφή που είχε σε παλιότερα έτη, ώστε να προκύψουν οι ρυθμοί ιστορικής μεταβολής.

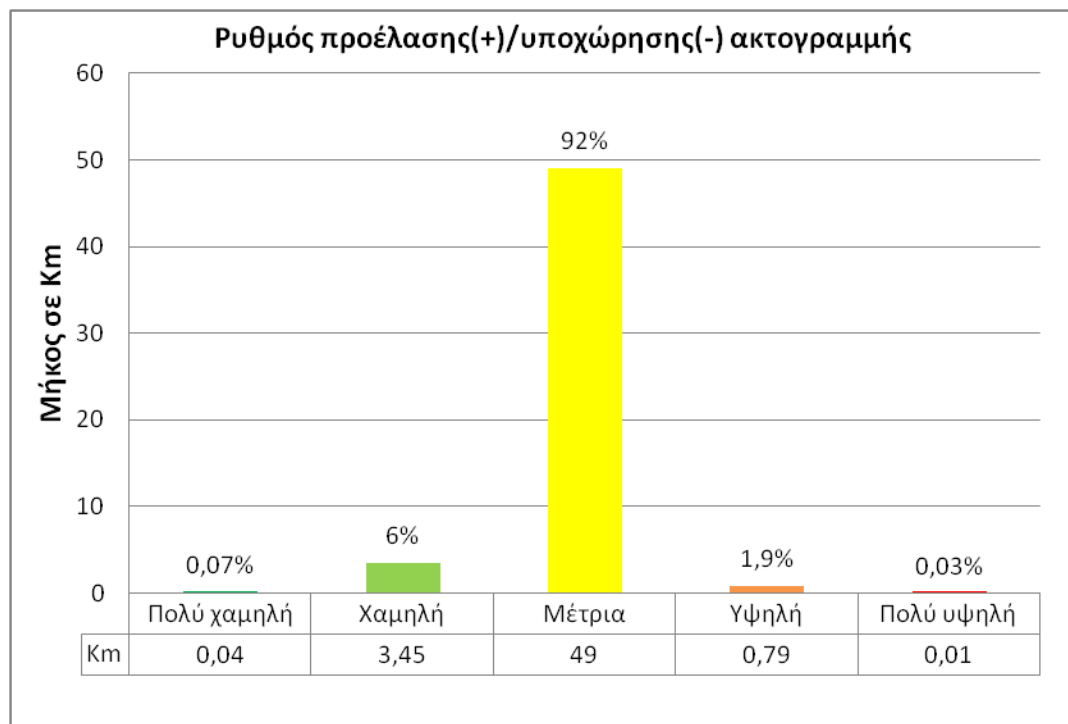
Για τον εντοπισμό των μεταβολών της ακτογραμμής, ψηφιοποιήθηκε αρχικά η ακτογραμμή του 2014 από το basemap του ArcGis 10.4.1. Στη συνέχεια ψηφιοποιήθηκε η ακτογραμμή του 1996 από αεροφωτογραφίες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού και συγκρίθηκε με αυτή του 2014. Στη συνέχεια παρατίθεται χάρτης που εστιάζει στην περιοχή της Νεάπολης προκειμένου να γίνει αντιληπτή η προέλαση της ακτογραμμής μέσα στην πάροδο των χρόνων (Χάρτης 5.4).



Χάρτης 5.4 Προέλαση ακτογραμμής (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



Χάρτης 5.5 Βαθμονόμηση του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής λόγω διάβρωσης/προέλασης. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



Διάγραμμα 5.4 Ραβδόγραμμα κατηγοριοποίησης του ρυθμού διάβρωσης και προέλασης της ακτογραμμής. (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Ρυθμός προέλασης(+)/ υποχώρησης(-) ακτογραμμής (m/yr)	>(+1.5)	(+1.5)-(+0.5)	(+0.5)-(-0.5)	(-0.5)-(-1.5)	<(-1.5)	Ολικό
Μήκος (%)	0,07	6	92	1,9	0,03	100
Μήκος(Km)	0,04	3,45	49	0,79	0,01	53,29
Επικινδυνότητα	Πολύ χαμηλή (1)	Χαμηλή (2)	Μέτρια (3)	Υψηλή (4)	Πολύ Υψηλή (5)	

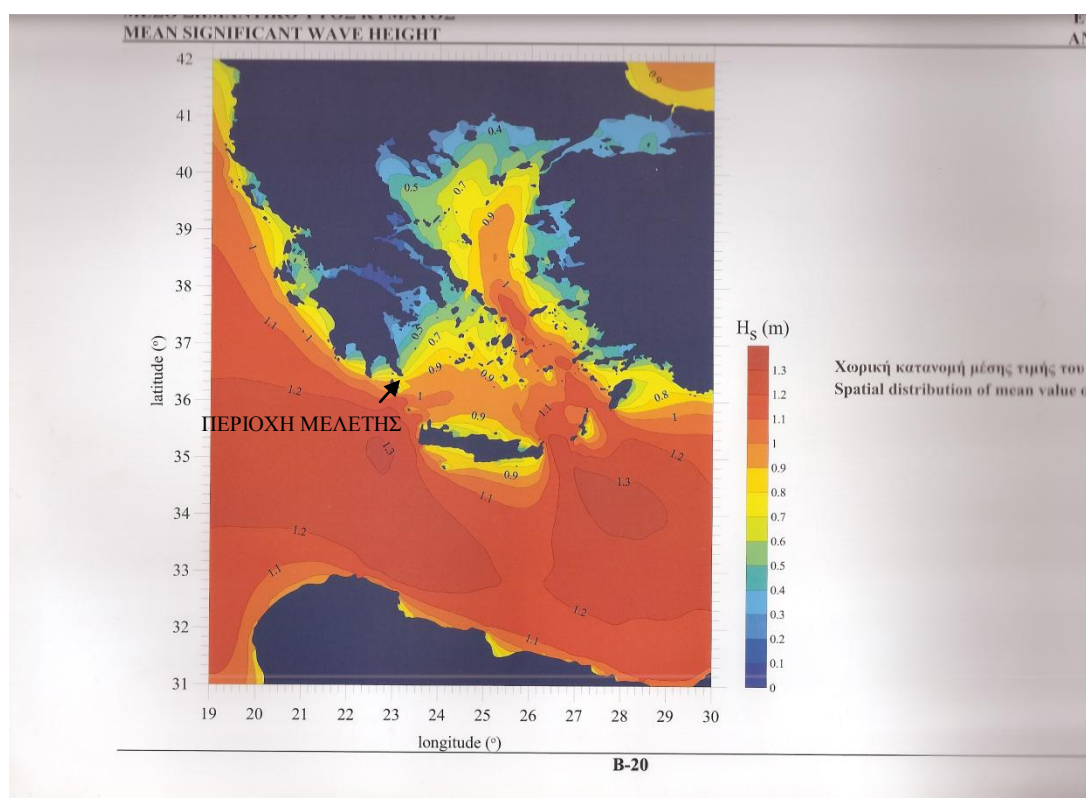
Πίνακας 5.5 Βαθμονόμηση του ρυθμού διάβρωσης/προέλασης της ακτογραμμής (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Παρατηρούμε ότι στο μεγαλύτερο μέρος της ακτογραμμής (92%) δεν παρατηρούνται ιστορικές μεταβολές. Διαβρωτικά φαινόμενα εμφανίζονται μόνο στην περιοχή της Πούντας, απέναντι από την Ελαφόνησο.

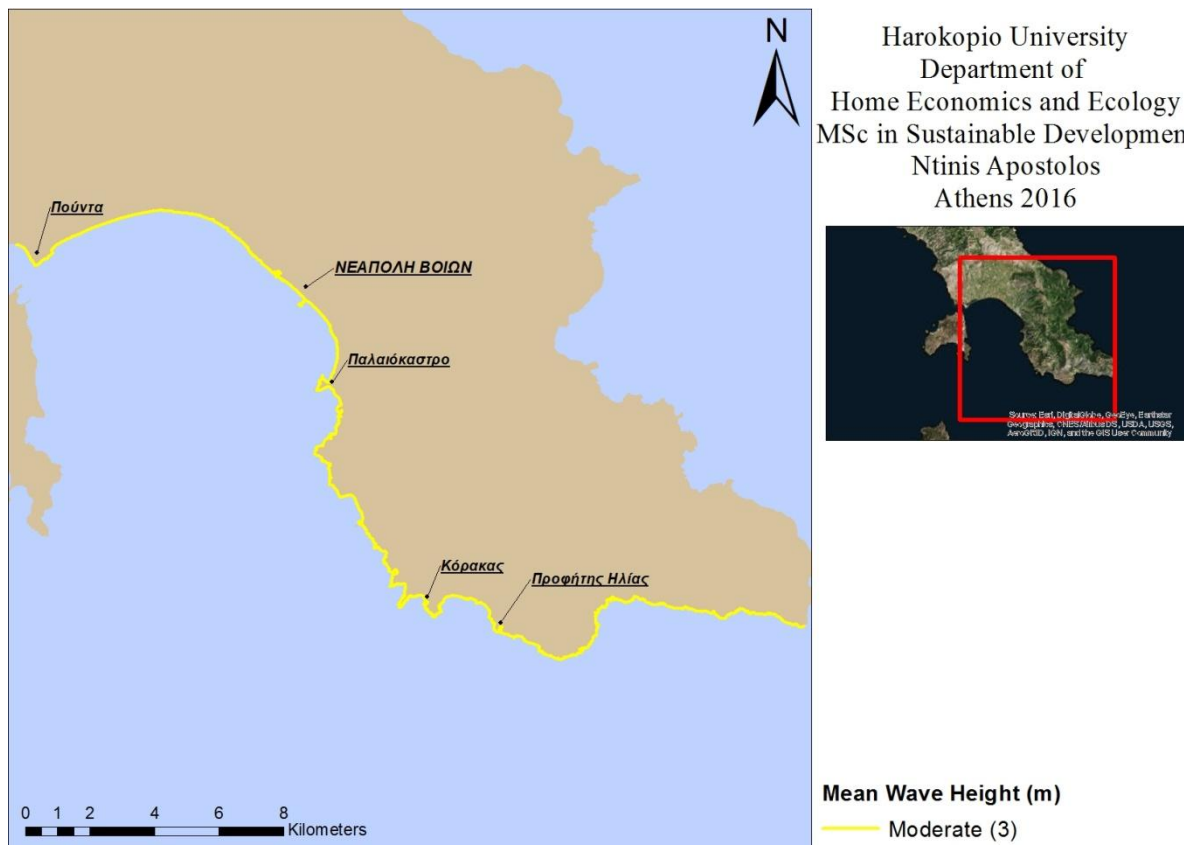
5.5 Μέσο σημαντικό ύψος κύματος

Στις μελέτες παράκτιας επικινδυνότητας λαμβάνονται υπόψη τα κύματα μεγαλύτερου ύψους που είναι τα πλέον επικίνδυνα και ευκολότερο να μετρηθούν. Το μέσο σημαντικό ύψος κύματος χρησιμοποιείται ως δείκτης της ενέργειας των κυμάτων που προκαλεί τη μεταφορά και την απόθεση ιζημάτων στις ακτές.

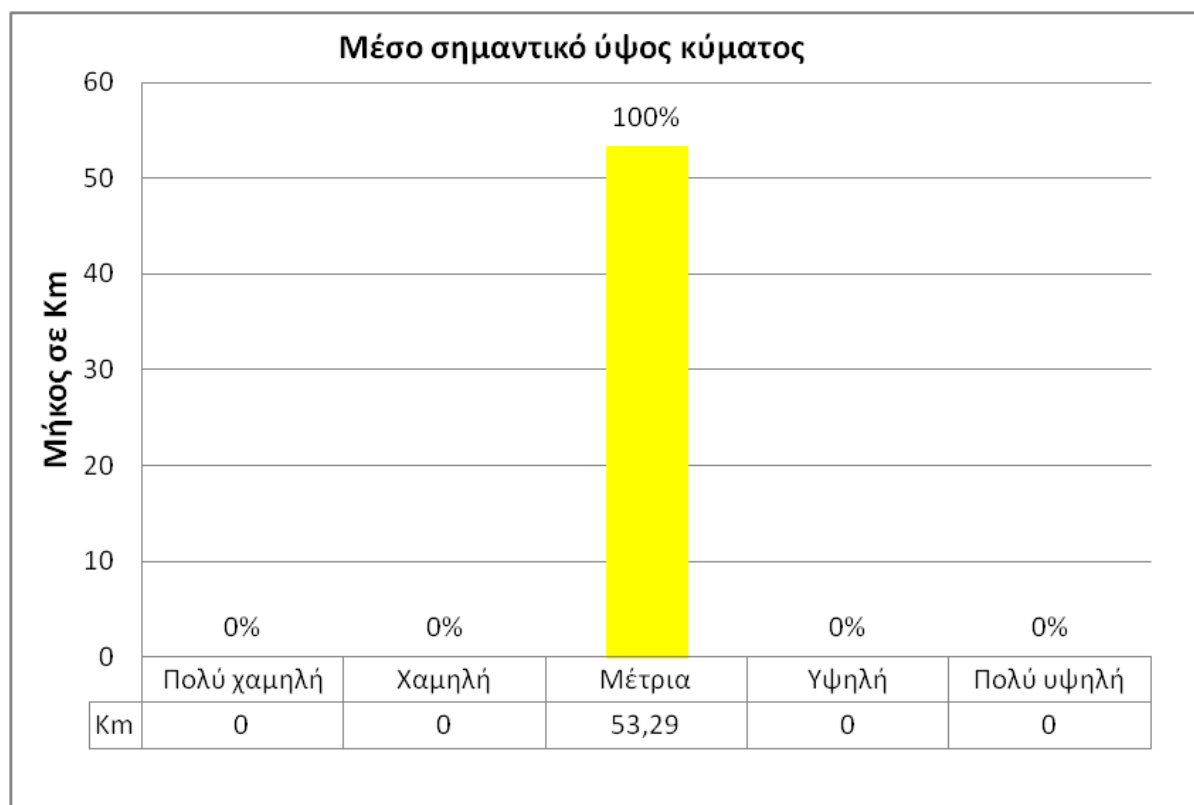
Σύμφωνα με τον Άτλαντα Ανέμων και Κυματισμού των Ελληνικών Θαλασσών (Soukisian et al., 2007) του Ελληνικού Κέντρου Θαλάσσιων Ερευνών, τα ύψη κύματος που εμφανίζονται στην περιοχή κυμαίνονται από 0,6 έως 0,8m. Συνεπώς στο σύνολο της ακτογραμμής δόθηκε η τιμή 3 (Μέτρια επικινδυνότητα).



Χάρτης 5.6 Χωρική κατανομή του Μέσου Σημαντικού Ύψους Κύματος στην Ελλάδα (Πηγή: The Wave and Wind Atlas of the Hellenic Seas, Soukisian et al., 2007)



Χάρτης 5.7 Βαθμονόμηση του μέσου ύψους κύματος (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



Διάγραμμα 5.5 Ραβδόγραμμα κατηγοριοποίησης του μέσου σημαντικού ύψους κύματος (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Μέσο σημαντικό ύψος κύματος(m)	<0.3	0.3-0.6	0.6-0.9	0.9-1.2	>1.2	Ολικό
Μήκος (%)	0	0	100	0	0	100
Μήκος(Km)	0	0	53,29	0	0	53,29
Επικινδυνότητα	Πολύ χαμηλή (1)	Χαμηλή (2)	Μέτρια (3)	Υψηλή (4)	Πολύ Υψηλή (5)	

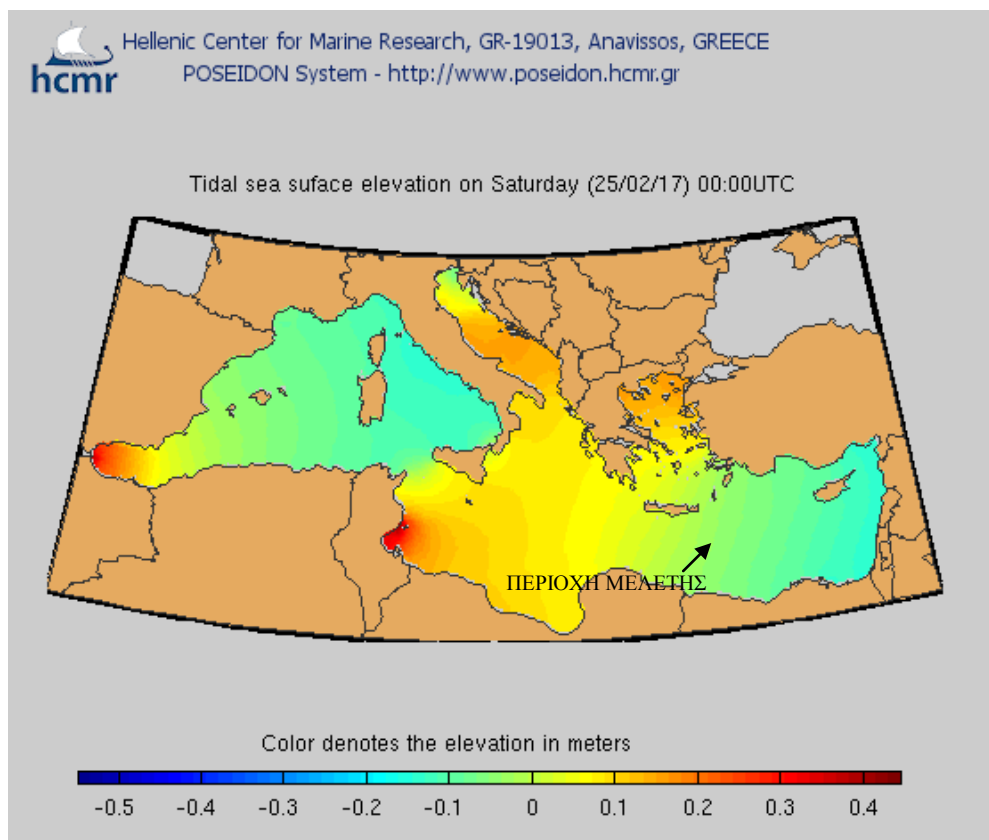
Πίνακας 5.6 Βαθμονόμηση μέσου σημαντικού ύψους κύματος (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Παρατηρούμε ότι ολόκληρη η περιοχή μελέτης τοποθετείται στην κατηγορία μέτριας επικινδυνότητας. Συνεπώς ο κυματισμός παίζει ρόλο στη μεταβολή της τιμής του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας.

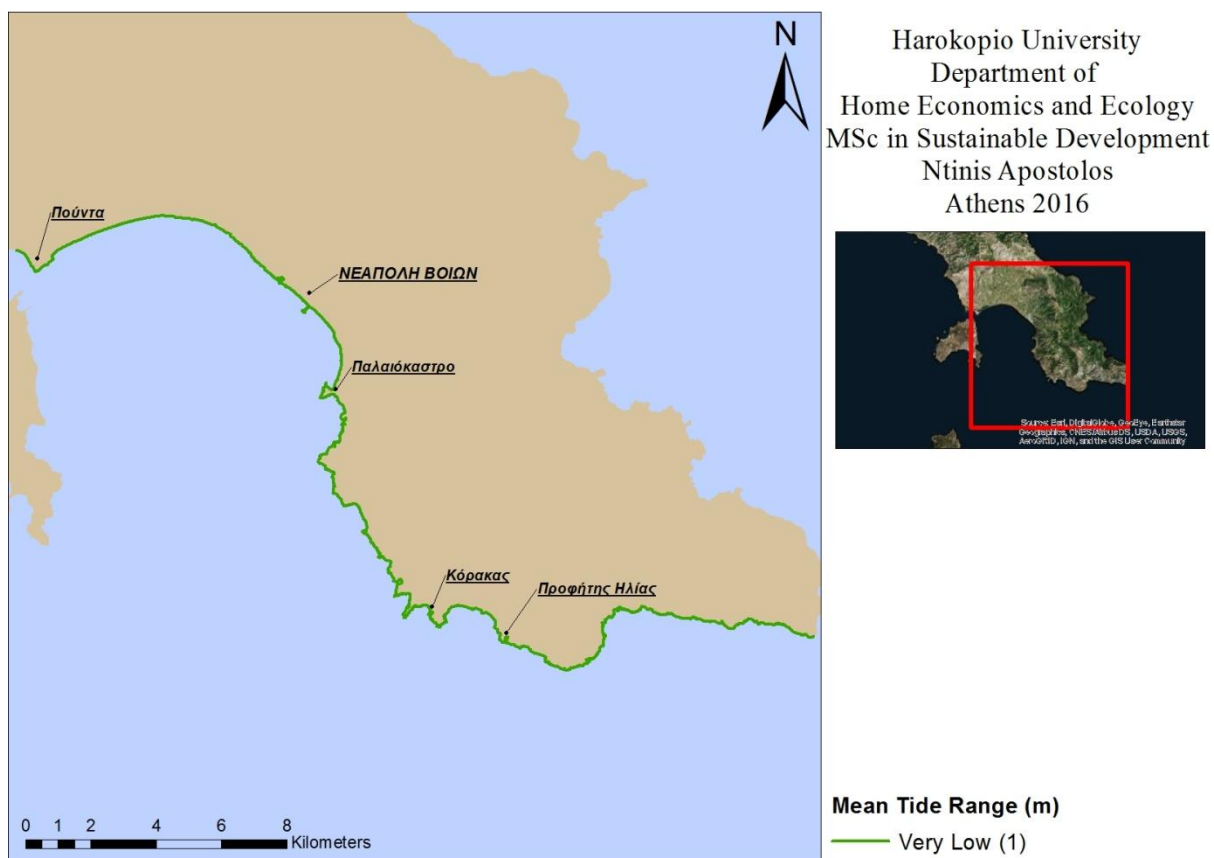
5.6. Μέσο εύρος παλίρροιας

Με τον όρο παλίρροια ορίζεται το φυσικό φαινόμενο κατά το οποίο η στάθμη της θάλασσας ανυψώνεται και υποχωρεί δύο φορές την ημέρα. Η ανύψωση καλείται πλημμυρίδα ενώ η υποχώρηση καλείται άμπωτις. Η διαφορά των επιπέδων πλημμυρίδας και άμπωτις καλείται παλιρροιακό εύρος. Το φαινόμενο της παλίρροιας οφείλει την ύπαρξη του σε εξωγενείς επιδράσεις όπως είναι η συνδυασμένη έλξη πλανητών στην επιφάνεια της Γης και σε ενδογενείς επιδράσεις όπως είναι η επίδραση κλιματικών φαινομένων και τεκτονικών κινήσεων στην επιφάνεια της Γης (Σαρταμπάκου, 2013).

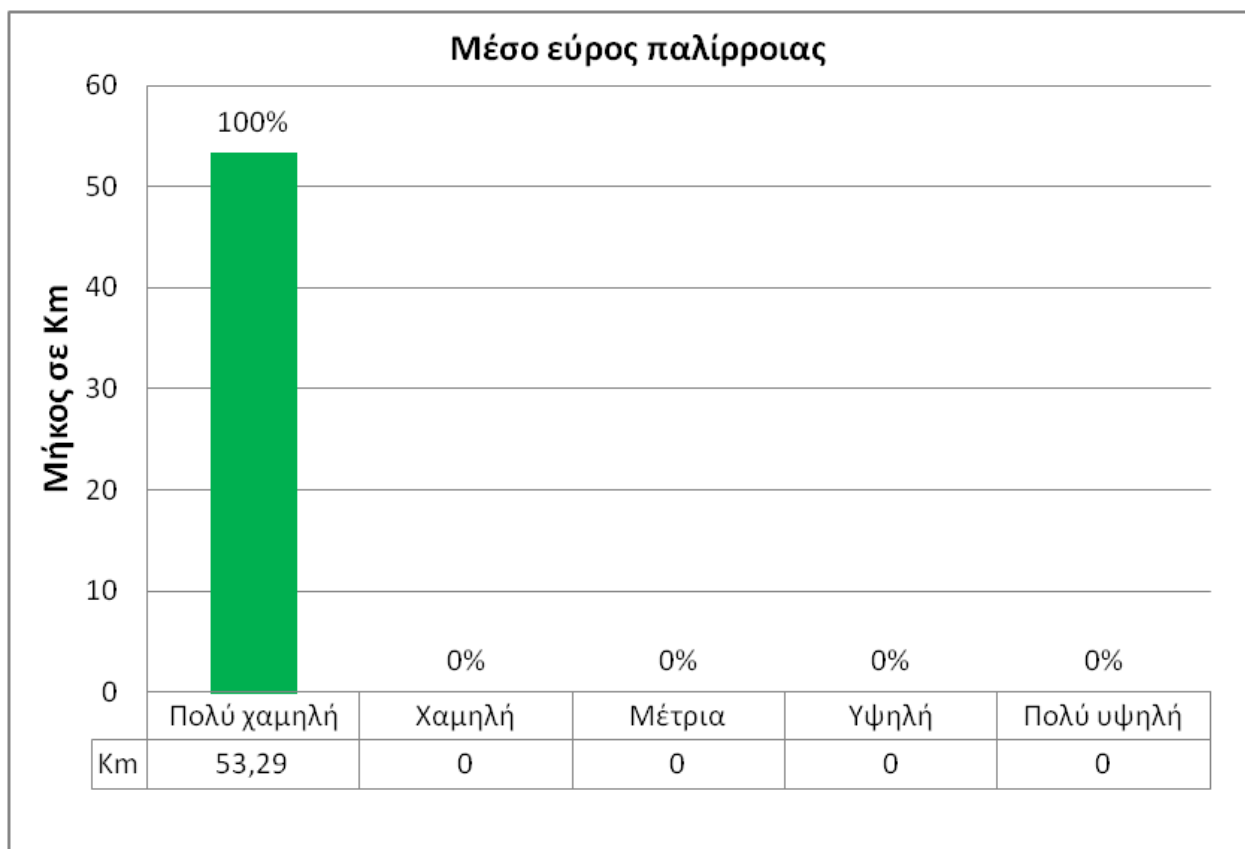
Το μέσο παλιρροιακό εύρος, γενικά στην Ελλάδα είναι μικρότερο από 0,87m (Tsimplis, 1994). Η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται ως μικροπαλιρροιακή με παλιρροιακό εύρος μικρότερο από 0,15m. Συνεπώς η μεταβλητή αυτή αξιολογήθηκε ως παράγων πολύ χαμηλής επικινδυνότητας (Τιμή 1).



Χάρτης 5.8 Μέσο παλιρροιακό εύρος στη Μεσόγειο, με βάση τα αποτελέσματα του προγράμματος POSEIDON
(Πηγή: http://www.poseidon.hcmr.gr/sealevel_forecast.php#selectParameter)



Χάρτης 5.9 Βαθμονόμηση επικινδυνότητας μέσου παλιρροιακού εύρους (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



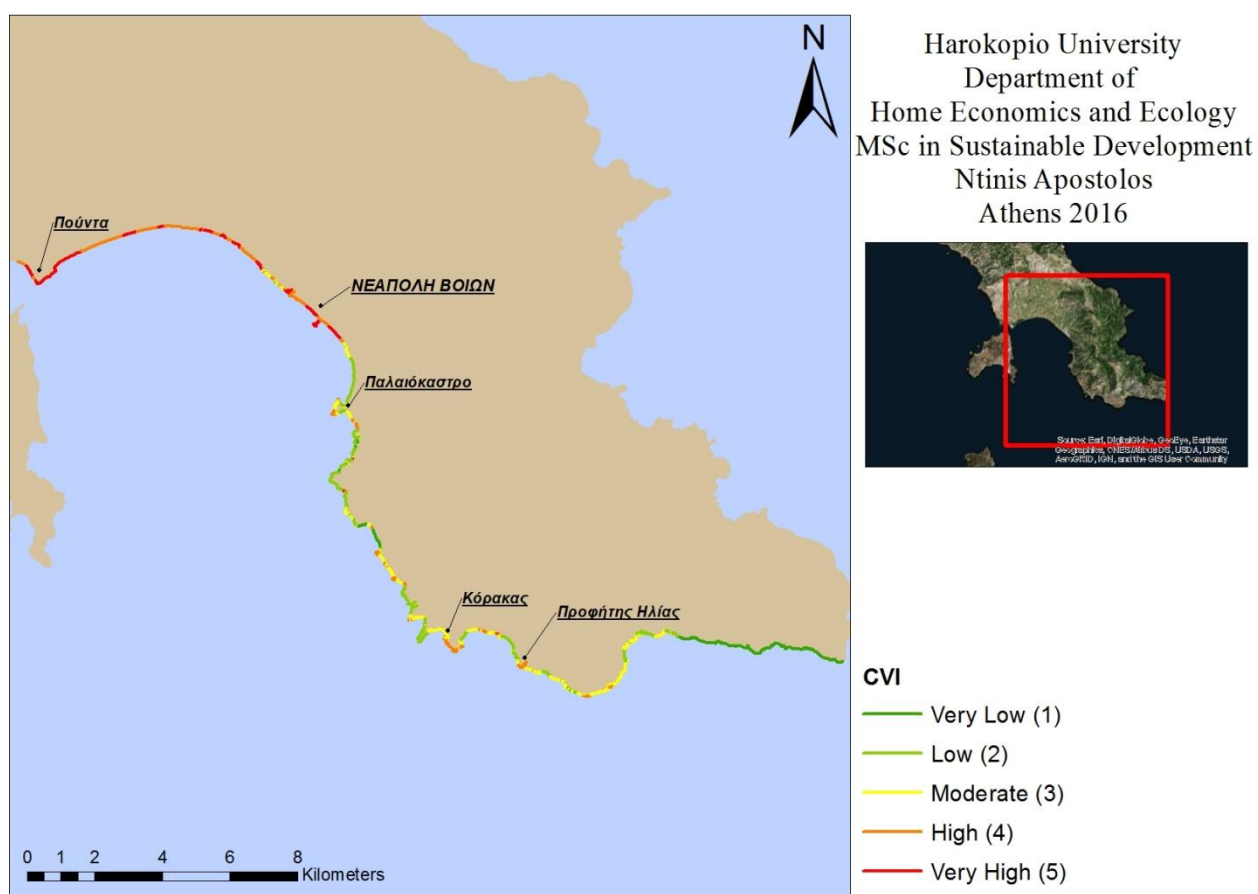
Διάγραμμα 5.6 Ραβδόγραμμα κατηγοριοποίησης του μέσου παλιρροιακού εύρους (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Μέσο εύρος παλίρροιας(m)	<0.2	0.2-0.4	0.4-0.6	0.6-0.8	>0.8	Ολικό
Μήκος (%)	100	0	0	0	0	100
Μήκος(Km)	53,29	0	0	0	0	53,29
Επικινδυνότητα	Πολύ χαμηλή (1)	Χαμηλή (2)	Μέτρια (3)	Υψηλή (4)	Πολύ Υψηλή (5)	

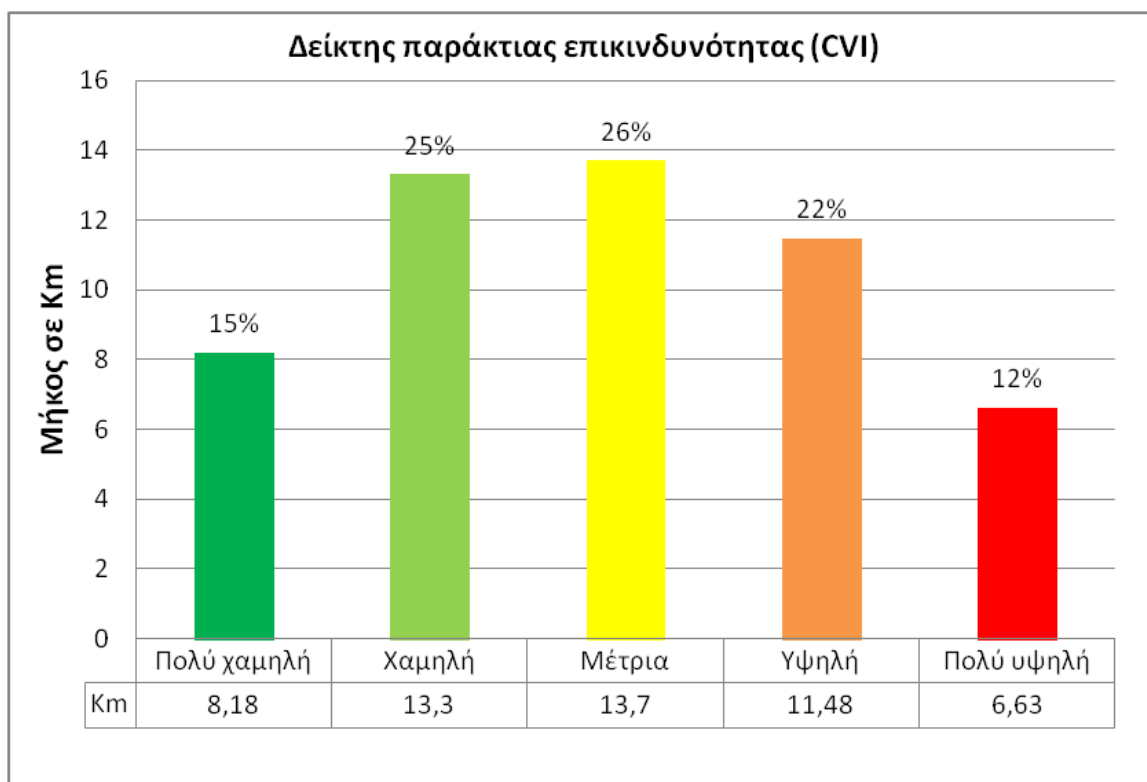
Πίνακας 5.7 Βαθμονόμηση μέσου παλιρροιακού εύρους (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

5.7 Υπολογισμός Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας (CVI)

Μετά τον υπολογισμό των επιμέρους μεταβλητών, ακολούθησε ο υπολογισμός του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας με τη βοήθεια του ArcGis. Τα αποτελέσματα κατηγοριοποιήθηκαν σε πέντε κλάσεις με τη μέθοδο των φυσικών διαστημάτων (Natural Breaks Jenks), η οποία αναγνωρίζει τις απότομες μεταβολές μεταξύ των τιμών. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται όταν οι τιμές δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένες (Graeme, 2002).



Χάρτης 5.10 Βαθμονόμηση του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



Διάγραμμα 5.7 Ραβδόγραμμα με την κατηγοριοποίηση της επικινδυνότητας (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Δείκτης Παράκτιας Επικινδυνότητας	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	Ολικό
Μήκος (%)	15	25	26	22	12	100
Μήκος(Km)	8,18	13,3	13,7	11,48	6,63	53,29
Επικινδυνότητα	Πολύ χαμηλή	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή	Πολύ Υψηλή	

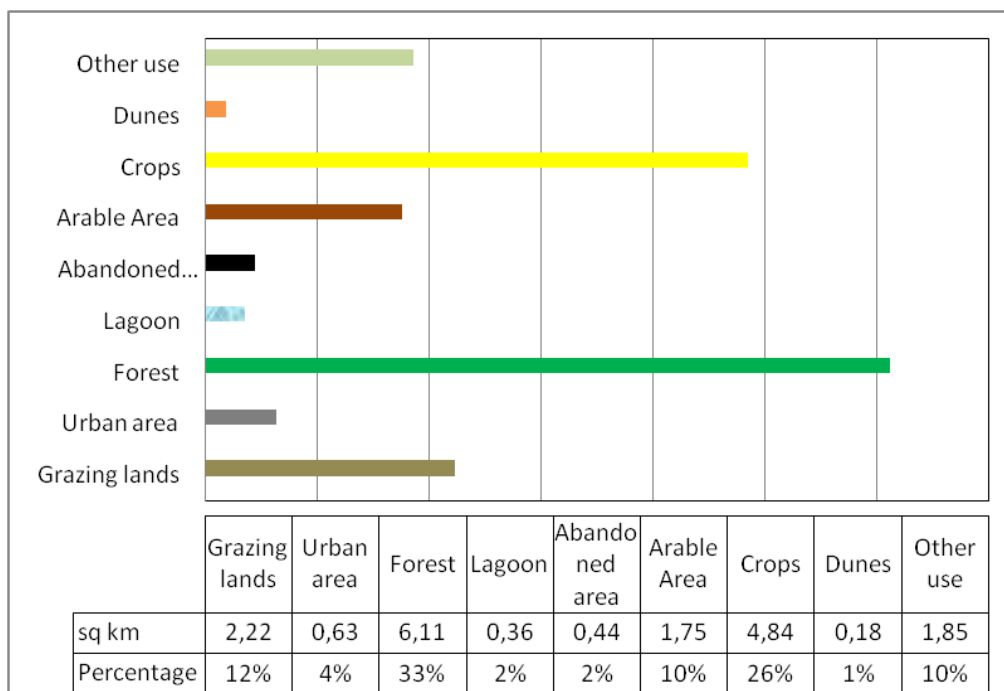
Πίνακας 5.8 Βαθμονόμηση του Δ.Π.Ε Επικινδυνότητας (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Όπως παρατηρούμε στο χάρτη 4.10. το διάγραμμα 4.7 και τον πίνακα 4.8, ένα ποσοστό 12%, που αντιστοιχεί σε μήκος ακτογραμμής 6,63km παρουσιάζει πολύ υψηλή επικινδυνότητα. Η περιοχή αυτή εντοπίζεται κυρίως στα βορειοδυτικά της περιοχής μελέτης από τον οικισμό της Νεάπολης έως την Πούντα. Αξίζει, επίσης, να αναφερθεί ότι ο οικισμός του Προφήτη Ηλία, βρίσκεται σε περιοχή υψηλής επικινδυνότητας.

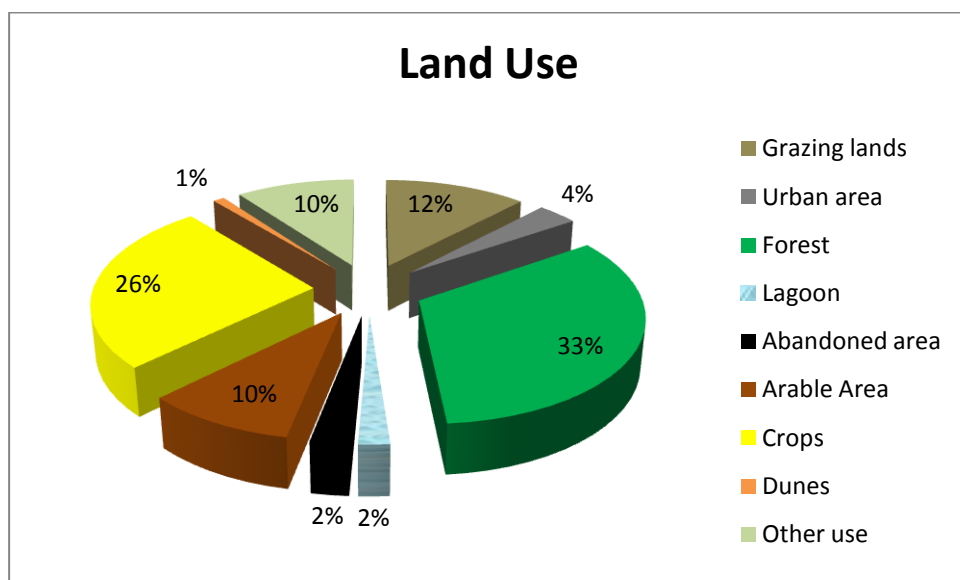
Αντιθέτως ένα ποσοστό 15%, που αντιστοιχεί σε 8,18km, της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται ως πολύ χαμηλής επικινδυνότητας. Οι ακτογραμμές αυτές βρίσκονται, κυρίως, στα νοτιοανατολικά της περιοχής μελέτης και περιλαμβάνουν το Ακρωτήριο Μαλέα.

5.8 Χρήσεις Γης

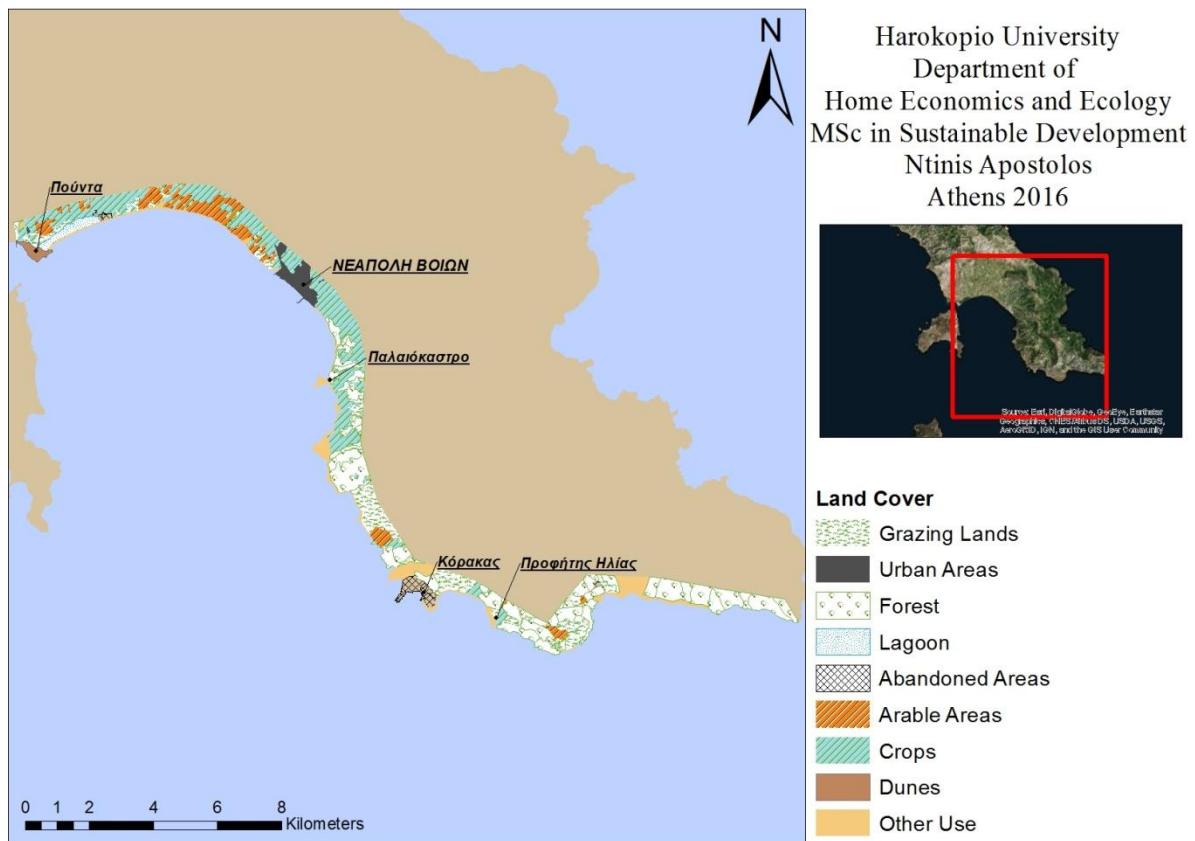
Οι χρήσεις γης στην παράκτια ζώνη της περιοχής μελέτης κατηγοριοποιήθηκαν κατά ilot. Συνολικά μελετήθηκε περιοχή 18,38 km² σε απόσταση περίπου 850m από την ακτογραμμή. Το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνουν δασικές εκτάσεις με δέντρα και θάμνους καθώς και καλλιέργειες ,κυρίως, ελαιόδεντρων.



Διάγραμμα 5.8 Χρήσεις γης (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



Διάγραμμα 5.9 Χρήσεις γης (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)



Χάρτης 5.10 Χρήσεις Γης (Πηγή: Ιδία επεξεργασία)

Συγκρίνοντας το χάρτη του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας με το χάρτη των χρήσεων γης παρατηρούμε ότι οι περιοχές με υψηλή και πολύ υψηλή επικινδυνότητα εντοπίζονται σε αρόσιμες εκτάσεις, σε καλλιέργειες καθώς και σε ακτές οικισμών. Στην τελευταία κατηγορία ανήκει ο οικισμός της Νεάπολης. Οι περιοχές χαμηλής και πολύ χαμηλής επικινδυνότητας εντοπίζονται, κυρίως σε δασικές εκτάσεις και σε βοσκοτόπια.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί μία από τις σημαντικότερες απειλές για την ανθρώπινη ζωή, τα οικοσυστήματα και τη βιωσιμότητα των πόλεων. Η σοβαρότητα του προβλήματος οδήγησε στη σύσταση επιστημονικών ομάδων, σε διεθνές και ευρωπαϊκό επίπεδο, που ασχολούνται αποκλειστικά με την κλιματική αλλαγή όπως είναι η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC).

Μία από τις σοβαρότερες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, αποτελεί η μελλοντική άνοδος της παγκόσμιας θαλάσσιας στάθμης, η οποία θα επηρεάσει, κυρίως, τις παράκτιες περιοχές. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού, κρίνεται απαραίτητη η εφαρμογή πολιτικών με κύριους άξονες την πρόληψη, την προστασία και την αντιμετώπιση των προβλημάτων στο σύνολο της παράκτιας ζώνης.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής είναι ο εντοπισμός των επιρρεπών στη διάβρωση, λόγω της μελλοντικής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης, περιοχών της παράκτιας ζώνης του Νόμου Λακωνίας που περιλαμβάνει το Ακρωτήριο Μαλέα, τον Προφήτη Ηλία, τον Κόρακα, το Παλαιόκαστρο, τον οικισμό της Νεάπολης και την περιοχή της Πούντας όπου επικρατούν οι αμμοθίνες.

Για το σκοπό αυτό υπολογίστηκε ο Δείκτης Παράκτιας Επικινδυνότητας (Coastal Vulnerability Index) για την περιοχή μελέτης. Οι παράγοντες που συνεκτιμήθηκαν για τον υπολογισμό του CVI είναι η γεωλογία της περιοχής, η παράκτια κλίση, η μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης, ο ρυθμός προέλασης ή οπισθοχώρησης της ακτογραμμής, το μέσο ύψος κύματος και το μέσο εύρος της παλίρροιας.

Το συνολικό μήκος της ακτογραμμής, στην περιοχή μελέτης, είναι 53,29km. Από αυτά, τα 18,11km (34%) χαρακτηρίζονται ως υψηλής και πολύ υψηλής επικινδυνότητας και περιλαμβάνουν, κυρίως, το ΒΑ τμήμα της περιοχής μελέτης (Οικισμός Νεάπολης και περιοχή Πούντας). Στις περιοχές αυτές επικρατούν οι παράκτιες και αλλουβιακές αποθέσεις καθώς και η πολύ χαμηλές παράκτιες κλίσεις. Αντιθέτως το 40% (21,48km) χαρακτηρίζεται ως χαμηλής και πολύ χαμηλής επικινδυνότητας και περιλαμβάνει το κεντρικό και το ΝΑ τμήμα (Ακρωτήριο Μαλέα) της περιοχής μελέτης.

Από τη μελέτη των χρήσεων γης στην περιοχή μελέτης παρατηρούμε ότι περιοχές με υψηλή και πολύ υψηλή επικινδυνότητα εντοπίζονται σε αρόσιμες εκτάσεις, σε καλλιέργειες καθώς και σε ακτές οικισμών.

Ο Δ.Π.Ε αποτελεί ένα δυναμικό, απλό και εύχρηστο μαθηματικό εργαλείο προσδιορισμού της επικινδυνότητας, των παράκτιων περιοχών σε, σε διάβρωση σε πιθανή μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Τα δεδομένα του δείκτη μπορούν να ενημερώνονται και να ανανεώνονται συνεχώς για κάθε τμήμα της ακτογραμμής, ενώ μπορούμε να προσθέσουμε και νέες παραμέτρους, που αφορούν κοινωνικές μεταβλητές όπως η παράκτια συγκέντρωση πληθυσμού ή ποσοστό υποδομών κατά μήκος της παράκτιας ζώνης, δίνοντας μία άλλη διάσταση κοινωνική και οικονομική στην τρωτότητα.

Ολοκληρώνοντας, γίνεται εμφανής η ανάγκη λήψης μέτρων προστασίας των παράκτιων περιοχών. Ένα πολύ σημαντικό πρώτο βήμα αποτελεί η δημιουργία χαρτών ζωνών επικινδυνότητας αλλά και ο σωστός σχεδιασμός των χρήσεων γης. Κρίνεται, επίσης, απαραίτητη η ενημέρωση των κατοίκων σχετικά με τους παράκτιους κινδύνους με σκοπό τη σωστότερη διαχείριση της παράκτιας ζώνης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Βιβλιογραφία

- 1.Alexandrakis G., Karditsa A., Poulos S., Gionis G. & Kampanis N. 2009. *Assessment of the Aegean coast vulnerability to sea-level rise*, Proceedings of the 9th Pan-Hellenic Symposium on Oceanography and Fisheries, vol. L 327-332 pp
- 2.Γάκη-Παπαναστασίου Κ. (2008) « Σημειώσεις Παράκτιας Γεωμορφολογίας και Διαχείρισης Ακτών», Αθήνα
- 3.Gaki-Papanastasiou, K., Karymbalis, E., Poulos, S., Seni, A. & Zouva, C., 2010, *Coastal vulnerability assessment to sea-level rise based on geomorphological and oceanographical parameters: the case of Argolikos Gulf*, Peloponnese, Greece, Hellenic Journal of Geosciences, 45, 109-121
- 4.ΕΛΣΤΑΤ (2011). Νόμιμος Πληθυσμός στην Επικράτεια. Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος
- 5.Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία.
- 6.Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής & Μετεωρολογικής Πληροφορίας (ΕΤΥΜΠ)
- 7.Ζερεφός Χ. (2009) «Εισαγωγικά Μαθήματα στη Φυσική της Ατμόσφαιρας», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα
- 8.Κανελλοπούλου Ε. (2006) « Ρύπανση του Περιβάλλοντος», Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα
- 9.Καρύμπαλης Ε. (2008) « Φυσικές Διεργασίες- Κίνδυνοι και Καταστροφές», Αθήνα
- 10.Karympalis, E., Chalkias, C., Ferentinou, M., Chalkias, G., Magklara, M., 2014, *Assessment of the Sensitivity of Salamina (Saronic Gulg) and Elafonissos (Laconic Gulf) islands to Sea-Level Rise*, Journal of Coastal Research, Special Issue No. 70
- 11.Karymbalis E., Chalkias C., Chalkias G., Grigoropoulou E., Manthos G., Ferentinou M. 2012, *Assessment of the Sensitivity of the Southern Coast of the Gulf of Corinth (Peloponnese, Greece) to Sea-level Rise*, Central European Journal of Geosciences, 4(4), 561-577
- 12.Κατσαφάδος Π. και Μαυροματίδης Η. (2015) «Εισαγωγή στη Φυσική της Ατμόσφαιρας και την Κλιματική Αλλαγή», Αθήνα
- 13.Καψωμενάκης Ι., Δουβής Κ., Γιαννακόπουλος Χ., Ζάνης Π., Τσελιούδης Γ., Ρεπάνης Χ., Ζερεφός Χ. (2011) *Σενάρια Ανθρωπογενούς Παρέμβασης στην Κλιματική Αλλαγή και τα Προγράμματα Prudence και Ensembles*, Τράπεζα της Ελλάδος, Αθήνα
- 14.Λέκκας, Ε., Λέκκας, Σ., Μήλιος, Δ., Διακάκης, Μ., Καραλέμας, Ν., Σκούρτσος, Ε., Αλεξούδη, Β., Ανδρεαδάκης, Ε., Μαυρούλης, Σ., Φίλης, Χ., Κομματάς, Μ. & Παπασπυρόπουλος, Κ. (2015). *Σχέδιο Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Γεω-περιβαλλοντικών*

- Επιπτώσεων και Άμεσων Επεμβάσεων στις Πυρόπληκτες Περιοχές του Δήμου Μονεμβασίας.*
Εφαρμοσμένο Ερευνητικό Πρόγραμμα, ΕΚΠΑ
- 15.Λεοντάρης Σ. (1995) «Εισαγωγή στην Ωκεανογραφία», Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα
 - 16.Μηλιός Δ., (2016), *Μετα-πυρική διαχείριση πλημμυρικής επικινδυνότητας στην περιοχή της Νεάπολης, Λακωνίας*, Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών « Στρατηγικές Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Καταστροφών & Κρίσεων». Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, ΕΚΠΑ, Αθήνα
 - 17.Νικολάκης Δ. (2002) «Κλιματολογία μια Σύγχρονη Επιστήμη του Περιβάλλοντος», Αθήνα
 - 18.Παπανικολάου Δ. (2005) « Γεωλογία της Ελλάδας». Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα
 - 19.Παπανικολάου Δ., Παπανικολάου Μ. (2011) *Παλαιοκλιματικές Αλλαγές*, Τράπεζα της Ελλάδος, Αθήνα
 - 20.Παπανικολάου Μ., Παπανικολάου Δ., Βασιλάκης Ε. (2011) *Μεταβολές της Στάθμης της Θάλασσας και Επιπτώσεις στις Ακτές*, Τράπεζα της Ελλάδος, Αθήνα
 - 21.Σαρταμπάκου Α. (2013), *Διερεύνηση της Αξιολόγησης των Παραμέτρων Κινδύνου του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας*, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας Τοπογραφίας, Εργαστήριο Ανώτερης Γεωδαισίας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
 - 22.Soukisian, T., Hatzinaki, M., Korres, G., Papadopoulos, A., Kallos, G. & Anadranistakis, E., 2007, *Wave and wind Atlas of the Hellenic Seas*, Hellenic Centre for Marine Research Publ., 300pp
 - 23.Theodoropoulos, D. 1974. *Geological and Morphological observations in the area of Neapolis Vion*. Annales Geologiques Pays Helleniques, 25, 445–466
 - 24.Tsimplis, M.N., 1994, *Tidal Oscillations in the Aegean and Ionian Seas*, Estuarine Coastal and Shelf Science, 3, 201-208
 - 25.Χατζηελευθερίου Μ., Αλεξανδράκης Γ., Πούλος Σ., Γάκη-Παπαναστασίου Κ., Μαρουκιάν Χ., 2010, *Εκτίμηση της Τρωτότητας της Παράκτιας Περιοχής των Α και ΒΑ Ακτών της Αττικής σε Σχέση με μια Μελλοντική Άνοδο της Θαλάσσιας Στάθμης*, 8^ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο

Ξένα Βιβλιογραφία

- 26.CORINE (2012), CORINE Land Cover system. European Environment Agency.
<http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>
- 27.Gortnitz, V., 1991, *Global coastal hazards from future sea-level rise*, Palaeogeography, Palaeoclimatology (Global and Planetary Change Section, 89, 379-398
- 28.Gorntiz, V.M., Daniels. R.C..White. T.W. & K.R. Bird Well 1994, *The development of a coastal vulnerability assessment database. Vulnerability to sea-level rise in the U.S. southeast*. Journal of Coastal Research, Special Issue No. 12. 327-338
- 29.Graeme F.B.C., 2002, *Geographic Information System for geoscientists, modeling with GIS*, Computer Methods in the Geosciences, Pergaum
- 30.Haslet S.K., 2000, *Coastal System*. Routledge, London 218p.
- 31.Henderson – Sellers, A. and McGuffie, K., *A Climate Modeling Primer*. John Wiley and sons Ltd., New York, 1987
- 32.Kelletat, D., Kowalczyk, G., Schroder, B., Winter, K.P. 1976, *A synoptic view on the neotectonic development of the Peloponnesian coastal region*. Zeitchrift der Deutchen Geologischen Gesellschaft, 127, 447-465
- 33.Lambeck K., 1996, *Sea- level change and shoreline evolution in Aegean Greece, since Upper-Palaeolithic time*. Antiquity, 70, 588-611
- 34.Lambeck K. & Purcell A., 2005, *Sea –level change in Mediterranean Sea since the LGM: model predictions for tectonically stable areas*. Quaternary Science Reviews, 24, 1969-1988
- 35.Nakicenovic, Nebojsa, Ogunlade Davidson, Gerald Davis, Arnulf Grübler, Tom Kram, Emilio Lebre La Rovere, Bert Metz, Tsuneyuki Morita,William Pepper, Hugh Pitcher, Alexei Sankovski, Priyadarshi Shukla, Robert Swart, Robert Watson, Zhou Dadi, (2000). *Summary for Policymakers Emissions Scenarios*, A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change
- 36.National Oceanic and Atmospheric Administration, (2012), *Global sea level rise scenarios for the Unites States National Climate Assessment*, Available at:
https://docs.lib.noaa.gov/noaa_documents/OAR/CPO/TR_OAR_CPO/CPO-1.pdf
- 37.Pendleton, E.A., Williams, S.J. & Thieler, E.R., 2004, *Coastal vulnerability assessment of Assateague Island National Seashore (ASIS) to sea-level rise*, U.S. Geological Survey Open-File Report 2004-1020
- 38.Rahmstorf S., 2007, *Sea-Level Rise: A semi-Empirical Approach to Projecting Future*, Science, 315, pp. 368-70

- 39.Shackley, S., Wynne, B., and Young, P. 1998, *Uncertainty, Complexity and Concepts of Good Science in Climate Change Modeling: Are GCMs the Best Tools?* Climatic Change 38: 159-205
- 40.Thieler, E.R. & Hammar-Klose, E.S., 1999, *National Assessment of Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise*, U.S Atlantic Coast, U.S. Geological Survey, Open- File Report, 99-593
- 41.Waelbroeck C., Labeyrie L., Michel E., Duplessy J.C., McManus J.F., Lambeck K., Balbon E., & Labracherie M., 2002, *Sea-level and deep water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records*. Quaternary Science Reviews, 21, 295-305

Διαδίκτυο

http://www.hnms.gr/hnms/greek/index_html

<http://www.statistics.gr/>

<http://ndbhmi.chi.civil.ntua.gr/el/index.html>

<http://www.poseidon.hcmr.gr/>

<http://gis.ktimanet.gr/wms/ktbasemap/default.aspx>

<https://www.google.gr/maps>

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CF%8D%CE%BB%CE%B7:%CE%9A%CF%8D%CF%81%CE%B9%CE%B1>

http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf

http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter01_FINAL.pdf

http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter12_FINAL.pdf

http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WGIAR5_SPM_brochure_en.pdf

http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_chapter2.pdf

http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf