ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΧΩΡΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ ΤΗΣ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΕΙΚΟΣΑΕΤΙΑΣ ΒΑΣΙΣΜΕΝΗ ΣΕ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

Πτυχιακή εργασία της Κωνσταντίνου Αντωνία Ειρήνη

Αθήνα, Ιούλιος 2014

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΧΩΡΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ ΤΗΣ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑΣ ΕΙΚΟΣΑΕΤΙΑΣ ΒΑΣΙΣΜΕΝΗ ΣΕ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

Πτυχιακή εργασία της Κωνσταντίνου Αντωνία Ειρήνη

Επιβλέπων καθηγητής: Παρχαρίδης Ι.

Αθήνα, Ιούλιος 2014

Περιεχόμενα

Περίληψη **5**
Abstract **6**
1. Φυσικογεωγραφικά χαρακτηριστικά περιοχής μελέτης **7**
1.1 Γεωγραφική τοποθέτηση 7
1.2 Γεωμορφολογία 7
1.3 Κλιματικά στοιχεία 13
2. Ανθρωπογεωγραφικά χαρακτηριστικά περιοχής μελέτης **16**
2.1 Ιστορική εξέλιξη της πόλης της Κομοτηνής 16
2.2 Διοικητική δομή 18
2.3 Πληθυσμιακά χαρακτηριστικά 18
2.4 Οικονομικά στοιχεία 21
2.5 Χρήσεις Γης 24
3. Μεθοδολογία **27**
3.1 Προσέγγιση αντικειμένου 27
3.2 Δορυφορικά δεδομένα 28
3.3 Δεδομένα CORINE LAND COVER 35
3.4 Δεδομένα ΣΓΠ 39
4. Εφαρμογή **40**
4.1 Δεδομένα 40
4.2 Προ-επεξεργασία 40
4.3 Ταξινόμηση 45
5. Αποτελέσματα **49**
6. Συμπεράσματα **47**
7. Βιβλιογραφία **62**

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ **65**
Ταξινομημένος Χάρτης Χρήσεων Γης 1989 66
Ταξινομημένος Χάρτης Χρήσεων Γης 2003 67
Ταξινομημένος Χάρτης Χρήσεων Γης 2013 68

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Γεωγραφική τοποθέτηση Δ. Κομοτηνή 7
Σχήμα 2. Χάρτης μορφολογίας αναγλύφου Δ. Κομοτηνής..... 8
Σχήμα 3. Μεταβολή της έκτασης του δήμου Κομοτηνής μετά την εφαρμογή των νόμων Καποδίστριας (2001) και Καλλικράτης (2011) 19
Σχήμα 4. Θεματικός χάρτης που απεικονίζει τη συγκέντρωση της μειονότητας Δυτικής Θράκης στις περιφερειακές ενότητες Ροδόπης και Ξάνθης..... 20
Σχήμα 5. Χρήσεις γης Δ. Κομοτηνής, επεξεργασία CLC2000 26
Σχήμα 6. Διάγραμμα μεθοδολογίας 27
Σχήμα 7. Α. Τμήμα αρχικής εικόνας Landsat και αρχικό ιστόγραμμα,
Β. Τμήμα εικόνας και ιστόγραμμα με εφαρμογή Γραμμικής ενίσχυσης με αποκοπή 10%,
Γ. Τμήμα εικόνας και ιστόγραμμα Ισοδυναμοποίησης Ιστογράμματος min-max (18-71), (ΦΑΚΑ 2014) 32
Σχήμα 8. Προϊόντα μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης σε εικόνα Landsat 4,3,1 (ΦΑΚΑ 2014)..... 34
Σχήμα 9. Φύλλα Landsat και η γεωγραφική τους τοποθέτηση..... 35
Σχήμα 10. Κατηγοριοποίηση του CORINE LAND COVER 2000 (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος) 38
Σχήμα 11. Ταύτιση ενδεικτικών εδαφικών σημείων ελέγχου από τον ορθοφωτοχάρτη (ζυγοί αριθμοί) στην δορυφορική εικόνα (μονοί αριθμοί) 41
Σχήμα 12. Ενεργοποίηση του εργαλείου Εξαγωγή με συνδετήρα (Extraction with clip) (QGIS Toolbox)..... 42
Σχήμα 13. Επιλογή του πολυγώνου των ορίων του δήμου ως μάσκα αποκοπής (Mask layer) (QGIS Toolbox)..... 42
Σχήμα 14. Συγχώνευση δύο επικαλυπτόμενων εικόνων σε ένα μοναδικό αρχείο (Mosaic) (QGIS Toolbox)..... 43
Σχήμα 15. Πίνακας εντολών για την σύνθεση εικόνων (Composite Bands) (ArcGIS Toolbox) 44
Σχήμα 16. Εισαγωγή των καναλιών (raster) για την δημιουργία της σύνθετης εικόνας (Composite Bands) (ArcGIS Toolbox)..... 45
Σχήμα 17. Α. RGB 1,5,7 Β. RGB 3,5,7 Γ. RGB 1,5,7 46
Σχήμα 18.1.ROI τεχνητών επιφανειών 47
Σχήμα 18.2 ROI υδάτινων επιφανειών..... 48

Σχήμα 18.3 ROI Δασών 48
Σχήμα 19. Απεικόνιση των χρήσεων γης του βόρειου τμήματος της περιοχής μελέτης για τα έτη 1989,2013. Διακρίνεται οριακή αύξηση των δασών (πράσινο χρώμα) και η τεχνητή λίμνη του φράγματος (μπλε χρώμα) 52
Σχήμα 20. Διαφοροποίηση υδάτινων επιφανειών στο νότιο τμήμα της περιοχής μελέτης 53
Σχήμα 21. Χωρική κατανομή των μεταβολών χρήσεων γης του CORINE LAND COVER 56
Σχήμα 22. Από το 1989 έως και το 2013 καταγράφεται επικράτηση των δασικών εκτάσεων (πράσινο χρώμα) έναντι των λιβαδικών εκτάσεων (κίτρινο χρώμα) 58
Σχήμα 23. Με πράσινο χρώμα καταγράφεται στην εικόνα του 2013 ο οδικός άξονας της Εγνατίας που διασχίζει το δήμο Κομοτηνής από ανατολή προς Δύση 59
Σχήμα 24. Με κίτρινο χρώμα απεικονίζονται οι ελεύθεροι χώροι – λιβαδικές εκτάσεις. Η έντονη διαφοροποίηση στις δύο εικόνες δεν οφείλεται στη μεταβολή αλλά στην μη σωστή ταξινόμηση 60

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Ετήσια Συχνότητα Ανέμων (%) στο Ν. Ροδόπης 14
Πίνακας 2. Κλιματολογικά στοιχεία του Ν. Ροδόπης 15
Πίνακας 3. Πραγματικός πληθυσμός σε 3 επίπεδα αναφοράς 19
Πίνακας 4. Εργατικό δυναμικό που απασχολείται ανά τομέα (%) σε 3 επίπεδα αναφοράς 22
Πίνακας 5. Ποσοστιαία (%) κάλυψη γεωργικής γης δήμου Κομοτηνής το έτος 2013 23
Πίνακας 6. Δίαυλοι καταγραφής του TM και οι ιδιότητες του 29
Πίνακας 7. Μέθοδοι προ- επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων 31
Πίνακας 8. Κλάσεις -περιγραφή 47

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1. Μεταβολή πληθυσμού του Δ. Κομοτηνής 1981-2011 21
Διάγραμμα 2. Ποσοστιαία (%) κατανομή Χρήσεων Γης νομού Ροδόπης 25
Διάγραμμα 3. Ποσοστιαία (%) κατανομή χρήσεων γης του δήμου Κομοτηνής κατά κατά το έτος 1989..... 49
Διάγραμμα 4. Ποσοστιαία (%) κατανομή χρήσεων γης του δήμου Κομοτηνής κατά κατά το έτος 2003..... 50
Διάγραμμα 5. Ποσοστιαία (%) κατανομή χρήσεων γης του δήμου Κομοτηνής κατά κατά το έτος 2013..... 51

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ

Φωτογραφία 1. Τυπικό τοπίο του βόρειου ορεινού τμήματος της περιοχής μελέτης 9
Φωτογραφία 2. Υπολειμματικές μορφές διάβρωσης (θρακικά μετέωρα) κοντά στον οικισμό Εύθυμο 10
Φωτογραφία 3. Χαρακτηριστικές εναλλασσόμενες καλλιέργειες της πεδιάδας Ξάνθης- Κομοτηνής 11
Φωτογραφία 4. Άποψη της λίμνης Ισμαρίδας στο νότιο τμήμα του δήμου Κομοτηνής 12
Φωτογραφία 5. Η κεντρική πλατεία της πόλης Κομοτηνής..... 13
Φωτογραφία 6. Άποψη της παλιάς πόλης της Κομοτηνής..... 16
Φωτογραφία 7. Αεροφωτογραφία που απεικονίζει το οικονομικό κέντρο της Κομοτηνής..... 17
Φωτογραφία 8. Βαμβακοφυτείες στην πεδιάδα της Κομοτηνής..... 22
Φωτογραφία 9. Β.Ι.Π.Ε. Κομοτηνής..... 24
Φωτογραφία 10. Άποψη του φράγματος της Γρατίνης..... 53

Περίληψη

Η παρούσα μελέτη έχει ως στόχο την διαδοχική εξέλιξη των χρήσεων γης του δήμου Κομοτηνής από το 1989 έως και το 2013. Ο δήμος Κομοτηνής, εδράζει στην περιφερειακή ενότητα Ροδόπης και κυριαρχείται από τον ορεινό όγκο της Ροδόπης στο Βορρά και την πεδιάδα Ξάνθης – Κομοτηνής στο υπόλοιπο τμήμα. Στο Νότο καταλήγει στο Θρακικό Πέλαγος σε ένα σύνθετο παράκτιο τοπίο με έντονη παρουσία του υδάτινου στοιχείου. Η αναγνώριση των χρήσεων γης επιτεύχθηκε σε τρεις δεδομένες περιόδους ίδιας εποχής (1989, 2003, 2013) χρησιμοποιώντας δορυφορικές εικόνες Landsat. Ειδικότερα, μετά από κατάλληλη επεξεργασία, πραγματοποιήθηκε ημι-αυτοματοποιημένη ταξινόμηση των εικόνων για κάθε χρονική περίοδο με χρήση λογισμικού GIS. Τα στατιστικά δεδομένα που προέκυψαν από τις ταξινομημένες εικόνες παρουσιάζουν ως κυρίαρχη χρήση τις αγροκαλλιέργειες (με οριακή αύξηση από το 1989 έως και το 2013).

Abstract

The present study aims to the evolution of the land use in the municipality of Komotini between the years of 1989 and 2013. The municipality of Komotini, located at the regional unit of Rodopi, is dominated by the Rhodopes Mountains at the North and the plains of Xanthi - Komotini at the rest of the area. At the South, it ends at the Thracian Sea in a complex coastal landscape with a strong presence of the water element. The identification of land use was achieved in 1989, 2003 and 2013 using Landsat satellite images. Specifically, after appropriate processing, a semi-automated classification of images was created for each time period using GIS software. The statistical data obtained from the classified images show a predominant use of agricultural crops (with a marginal increase between 1989 and 2013).

1. Φυσικογεωγραφικά χαρακτηριστικά περιοχής μελέτης

1.1 Γεωγραφική τοποθέτηση

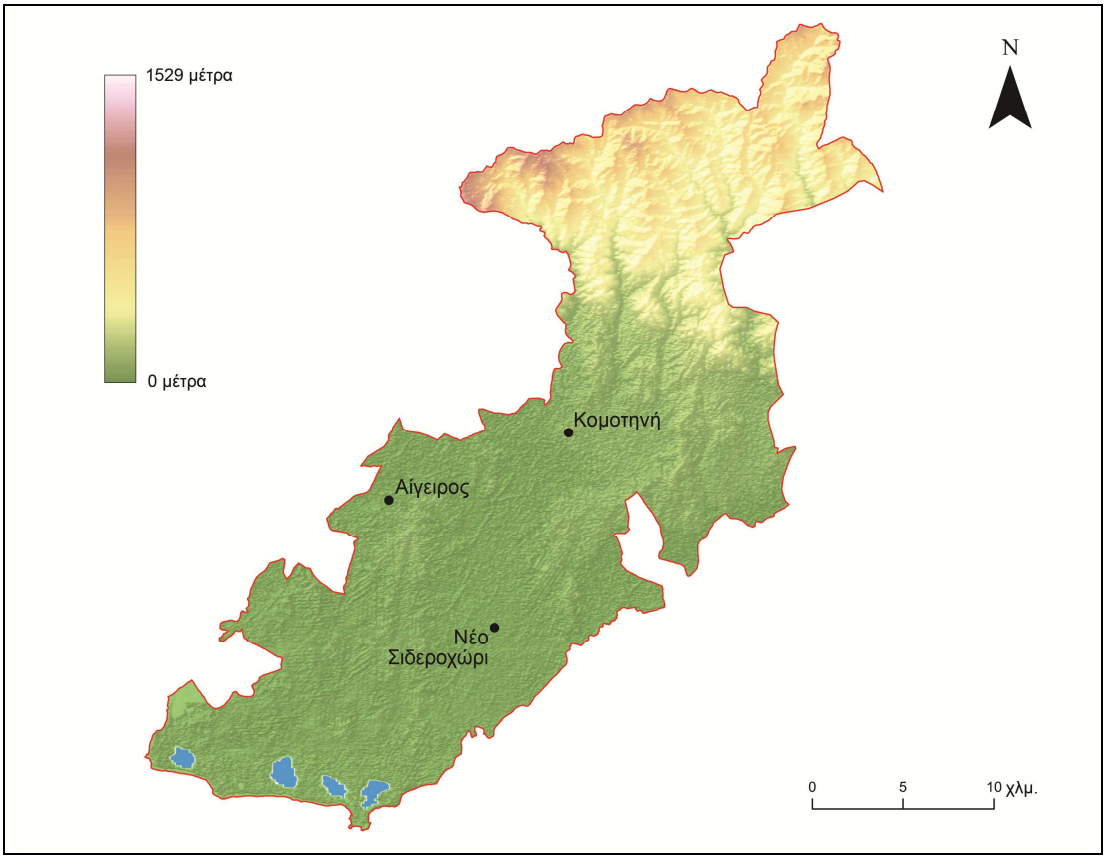
Ο δήμος Κομοτηνής βρίσκεται στην περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης και αποτελεί πρωτεύουσα του νομού Ροδόπης. Ο σχετικά επιμήκης δήμος έχει έκταση 650 τ.χλμ. και συνορεύει Βόρεια με τη Βουλγαρία ενώ στο Νότο καταλήγει στο Θρακικό Πέλαγος (Σχήμα 1). Ο διευρυμένος καλλικρατικός δήμος Κομοτηνής περιλαμβάνει τις δημοτικές ενότητες Κομοτηνής, Αιγείρου και Νέου Σιδηροχωρίου μετρώντας συνολικά 66.919 κατοίκους, κατά την απογραφή του 2011. Την περιφερειακή ενότητα Ροδόπης (πρώην νομός Ροδόπης) συμπληρώνουν οι δήμοι Μαρωνείας – Σαπών, Ιάσμου και Αρριανών.



Σχήμα 1. Γεωγραφική τοποθέτηση Δήμου Κομοτηνής

1.2 Γεωμορφολογία

Η περιφερειακή ενότητα Ροδόπης βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα της ελληνικής επικράτειας και ανήκει στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Θράκης. Το σύνολο του νομού χαρακτηρίζεται από τρεις γεωμορφολογικές ενότητες που συναντώνται διαδοχικά από Βορρά προς Νότο. Το βορινό τμήμα κυριαρχείται από την οροσειρά της Ροδόπης, στο κεντρικό τμήμα απλώνεται ο αχανής κάμπος Ξάνθης – Κομοτηνής (όπου εδράζει και η πόλη της Κομοτηνής), ενώ στο νότιο τμήμα καταλήγει στις θρακικές ακτές με εναλλασσόμενα παράκτια τοπία. Ο διευρυμένος δήμος της Κομοτηνής που παρουσιάζει επίμηκες σχήμα γενικής διεύθυνσης ΒΒΑ-ΝΝΔ, συνίσταται και από τις τρεις προαναφερθείσες γεωμορφολογικές ενότητες.



Σχήμα 2. Χάρτης μορφολογίας αναγλύφου Δήμου Κομοτηνής

Ορεινός όγκος Ροδόπης

Στο Βόρειο τμήμα του δήμου, το ανάγλυφο είναι έντονο και κυριαρχείται από την οροσειρά της Ανατολικής Ροδόπης (Σχήμα 2). Ο ορεινός όγκος χαρακτηρίζεται από έντονη γεωποικιλότητα και δασώδεις εκτάσεις που διακόπτονται από αχανή λιβάδια (Φωτογραφία 1). Τυπικό τοπίο της περιοχής είναι οι πολυάριθμες κορυφές χαμηλού σχετικά υψομέτρου που διακόπτονται από κοιλάδες με έντονη βλάστηση και τρεχούμενα νερά.



Φωτογραφία 1. Τυπικό τοπίο του βόρειου ορεινού τμήματος της περιοχής μελέτης

Στην παρούσα γεωμορφολογική ενότητα, οι ανθρώπινες δραστηριότητες είναι σχεδόν μηδενικές. Κοντά στα σύνορα με την περιφερειακή ενότητα Θράκης βρίσκονται τα Θρακικά Μετέωρα (Φωτογραφία 2). Πρόκειται για υπολειμματικές μορφές διάβρωσης αντίστοιχες (αν και σε μικρότερο βαθμό) των Μετέωρων στη Θεσσαλία. Τα ανθρακικά μεσοζωικά πετρώματα με το τραχύ ανάγλυφο καλύπτουν το βορειότερο τμήμα του νομού, από τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα έως και τις παρυφές της πόλης της Κομοτηνής.



Φωτογραφία 2. Υπολειμματικές μορφές διάβρωσης (Θρακικά Μετέωρα) κοντά στον οικισμό Εύθυμο

Πεδιάδα Ξάνθης – Κομοτηνής

Νότια της οροσειράς της Ανατολικής Ροδόπης απλώνεται η αχανής πεδιάδα Ξάνθης – Κομοτηνής. Ειδικότερα, η πεδιάδα ορίζεται στη Δύση από τη Νέα Κάρβαλη του νομού Καβάλας και φτάνει στην Ανατολή με μικρές αυξομειώσεις μέχρι τα όρια του νομού Έβρου. Η λεκάνη είναι κυρίως πληρωμένη με τεταρτογενείς αποθέσεις και συγκεντρώνει σχεδόν το σύνολο των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Εδώ εδράζει η βάση της οικονομίας της Κομοτηνής με τα αμέτρητα αγροτεμάχια σιτηρών και βαμβακιού (Φωτογραφία 3). Η συνολική έκταση της πεδιάδας ξεπερνά τα 1.000.000 στρέμματα φιλοξενώντας τα αστικά κέντρα της Ξάνθης και της Κομοτηνής.



Φωτογραφία 3. Χαρακτηριστικές εναλλασσόμενες καλλιέργειες της πεδιάδας Ξάνθης - Κομοτηνής

Θρακικές ακτές

Η παραλιακή ζώνη του νομού Ροδόπης παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον με εναλλασσόμενα τοπία. Οι αμμώδεις ακτές διακόπτονται στο εσωτερικό από τις δεκάδες λίμνες - λιμνοθάλασσες με ρηχά νερά ενώ στο δυτικό τμήμα σχηματίζεται η λίμνη Βιστονίδα. Πρόκειται για την 5^{η} μεγαλύτερη σε έκταση λίμνη της Ελλάδας καλύπτοντας επιφάνεια 45 τ.χλμ. Η λίμνη βρίσκεται στα όρια των νομών Ξάνθης και Ροδόπης και αποτελεί σημαντικό υγροβιότοπο. Στο ίδιο σύστημα υγροτόπων με την Βιστονίδα, το οποίο προστατεύεται από τη διεθνή συνθήκη Ramsar ανήκουν η λίμνη Ισμαρίδα και οι παράκτιες λιμνοθάλασσες Ξηρολίμνη, Καρατζά, Αλυκή και Πτελιά οι οποίες βρίσκονται στα όρια του καλλικρατικού δήμου Κομοτηνής. Η λίμνη Ισμαρίδα βρίσκεται σε βαλτώδη περιοχή νοτιοδυτικά της Κομοτηνής και ανατολικά της λίμνης Βιστονίδας, σε απόσταση μόλις 3 χλμ. από την ακτή του Θρακικού πελάγους. Η Ισμαρίδα είναι η μοναδική λίμνη γλυκού νερού της Θράκης και για αυτό αποτελεί σημαντική συνιστώσα του συμπλέγματος υγροτόπων της περιοχής (Φωτογραφία 4).

Τέλος οι λίμνες – λιμνοθάλασσες αποτελούν αφενός σημαντικούς υγροβιότοπους που φιλοξενούν σπάνια είδη της χλωρίδας και της πανίδας και αφετέρου χώρο ανάπτυξης ιχθυοκαλλιεργειών.



Φωτογραφία 4. Άποψη της λίμνης Ισμαρίδας στο νότιο τμήμα του Δήμου Κομοτηνής

Η πόλη της Κομοτηνής

Η πόλη της Κομοτηνής τοποθετείται γεωγραφικά στο πεδινό τμήμα του νομού Ροδόπης σε μία υψομετρική διαβάθμιση που κυμαίνεται από 0 έως και 80 μέτρα πάνω από την θαλάσσια στάθμη (Σχήμα 2). Η Κομοτηνή είναι χτισμένη στις νότιες απολήξεις της οροσειράς Ροδόπη, στο βόρειο τμήμα μιας εύφορης πεδιάδας που αρχίζει από τους πρόποδες του βουνού και φτάνει μέχρι τη θάλασσα. Το πεδινό έδαφος χαρακτηρίζεται ως ημιβραχώδες ενώ απουσιάζουν εξολοκλήρου ευαίσθητα ή σημαντικά οικοσυστήματα. Το οικονομικό και εμπορικό κέντρο συγκεντρώνεται στην ευρύτερη περιοχή της κεντρικής πλατείας (Φωτογραφία 5).



Φωτογραφία 5. Η κεντρική πλατεία της πόλης της Κομοτηνής

1.3 Κλιματικά στοιχεία

Το κλίμα της περιοχής Αν. Μακεδονίας — Θράκης έχει μελετηθεί από τον Δρ. Μπαλαφούτη με βάση τις μετρήσεις επτά Μετεωρολογικών Σταθμών κατά την περίοδο 1930-1977 και θεωρείται η πληρέστερη πηγή για το θέμα. Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στα μέσα γεωγραφικά πλάτη του βόρειου ημισφαιρίου και ως εκ τούτου σε περιοχή ανταγωνισμού αντιθέτων αερίων μαζών. Κατά το χειμώνα, η μετανάστευση της γενικής κυκλοφορίας της ατμόσφαιρας φέρνει στην περιοχή τον νότιο κλάδο των ανέμων δυτικής συνιστώσας, οι οποίοι είναι στενά συνδεδεμένοι με κυκλωνικές διελεύσεις και με εισβολές μετασχηματισθέντος πολικού αέρα.

Στη ζώνη αυτή αναπτύσσεται κατά την ψυχρή περίοδο το κυμαινόμενο Μεσογειακό — Πολικό μέτωπο κατά μήκος του οποίου ο θερμός τροπικός αέρας συναντάται με τον ψυχρό πολικό αέρα. Η παρουσία του Μεσογειακού — Πολικού μετώπου και οι συνδεδεμένες με αυτό υφέσεις προκαλούν τις βροχοπτώσεις. Για το λόγο αυτό, η ψυχρή περίοδος είναι η κατεξοχήν βροχερή περίοδος. Κατά το καλοκαίρι η περιοχή κυριαρχείται από τον αντικυκλώνα των Αζόρων, ενώ ταυτόχρονα υπάρχει και η εκτεταμένη σκάφη χαμηλών πιέσεων της Ασίας. Ο συνδυασμός αυτός συντελεί στην πνοή Βόρειων ανέμων (Ετησίες) οι οποίοι τοπικά εξασθενούν από τη δράση της

θαλάσσιας αύρας και προσδίδουν στο κλίμα ιδιαίτερο χαρακτήρα (Πίνακας 1). Η κυριαρχούσα διεύθυνση του ανέμου (κατά το πλείστον βόρειας συνιστώσας), οι κινήσεις των αερίων μαζών και το πολύπλοκο ανάγλυφο της περιοχής, καθορίζουν την οριζόντια κατανομή της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας του αέρος. Η ετήσια πορεία της θερμοκρασίας είναι, κατά μέσο όρο, μικρότερη εκείνης των τροπικών κλιμάτων. Η μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα, κατά τους θερινούς μήνες, δεν υπερβαίνει τους 27°C, μολονότι οι ακραίες τιμές είναι μεγαλύτερες των 40°C (Πίνακας 2). Επίσης, τους θερινούς μήνες, οι παράκτιες περιοχές δεν είναι αισθητά δροσερότερες από την ενδοχώρα, αφού το Αιγαίο είναι κλειστή και αρκετά θερμή θάλασσα (π.χ. Αλεξανδρούπολη 25,99°C, Κομοτηνή 25,96° C, Ορεστιάδα 25,80°C).

Πίνακας 1. Ετήσια Συχνότητα Ανέμων (%) στο Νομό Ροδόπης

Διεύθυνση Ανέμου	Β	ΒΑ	Α	ΝΑ	Ν	ΝΔ	Δ	ΒΔ	Άπνοια
Συχνότητα (%)	12,96	23,98	5,78	6,54	11,59	13,98	6,05	6,19	12,92

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ (1955-1997)

Η μικρή νέφωση και η χαμηλή σχετική υγρασία, κατά τις μεσημβρινές ώρες που επικρατούν κατά τους θερινούς μήνες πάνω από την Ανατ. Μακεδονία και Θράκη συντελούν στην έντονη θέρμανση κατά την μέρα αλλά και στη γρήγορη ψύξη κατά τη νύκτα. Οι μέσες ημερήσιες τιμές της θερμοκρασίας είναι πολλές φορές μεγαλύτερες των 30°C, ενώ κατεβαίνουν στους 15°C ή και 10°C κατά τη νύκτα. Όλοι οι τόποι της περιοχής έχουν την εμπειρία του παγετού και του χιονιού, αν και η ποσότητα και η διάρκεια του χιονιού ποικίλει από τόπο σε τόπο. Οι χειμερινοί παγετοί που εμφανίζονται είναι συχνοί και σπάνια δριμείς. Σε μερικές περιπτώσεις οι νυκτερινές θερμοκρασίες κατεβαίνουν αρκετούς βαθμούς κάτω από το μηδέν και προκαλούν καταστροφές στις ευπαθείς καλλιέργειες. Παρόμοιες καταστροφές παρατηρούνται και από ανοιξιάτικους παγετούς που εμφανίζονται πάνω από την περιοχή, όταν ο αέρας λιμνάζει στα κατώτερα στρώματα μιας αέριας μάζας πολικής προέλευσης η οποία έχει εισβάλει στην περιοχή. Η ενδο-ετήσια κατανομή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του αέρα και της βροχόπτωσης δείχνει την κυριαρχία του

Μεσογειακού τύπου κλίματος στην Ανατ. Μακεδονία και Θράκη. Αποκλίσεις από τον παραπάνω τύπο κλίματος μπορεί να υπάρχουν σε περιοχές με υψόμετρο μεγαλύτερο από 700μ. όπου δεν λειτουργούν μετεωρολογικοί σταθμοί. Η μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα για τον ψυχρότερο μήνα της περιόδου βρίσκεται πάνω από 0°C, ενώ σε κανένα Μετεωρολογικό Σταθμό, η θερμοκρασία του θερμότερου μήνα δεν κατεβαίνει κάτω από 10°C. Τα όρια αυτά της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας κατατάσσουν την περιοχή στα μεσόθερμα κλίματα. Η διακριτή ξηρά περίοδος κατά το καλοκαίρι και η παρουσία βροχοπτώσεων κατά το χειμώνα, κατά τον οποίο ο πλέον βροχερός μήνας έχει τουλάχιστον τριπλάσια βροχόπτωση του ξηρότερου μήνα, η βροχόπτωση του οποίου δεν ξεπερνά τα 40mm, χαρακτηρίζουν την περιοχή ως κλιματικό τύπο Οδ. (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Κλιματολογικά στοιχεία του Νομού Ροδόπης (διάρκεια έτους)

Μήνας	Επικρατούσα Διεύθυνση Ανέμου	Μέση Θερμοκρασία (^{O}C)	Ύψος βροχής (mm)
Ιανουάριος	ΒΑ	5,3	90,9
Φεβρουάριος	ΒΑ	5,9	55,9
Μάρτιος	ΒΑ	8,4	55,1
Απρίλιος	ΒΑ	13,4	42,7
Μάιος	Ν	18,6	58,7
Ιούνιος	ΒΑ	23,1	46,4
Ιούλιος	ΒΑ	25,9	30,4
Αύγουστος	ΒΑ	25,8	20,4
Σεπτέμβριος	ΒΑ	21,1	35,8
Οκτώβριος	ΒΑ	15,3	65,9
Νοέμβριος	ΒΑ	10,9	72,5
Δεκέμβριος	ΒΔ	7,1	103,9
Έτος	ΒΔ	15,1	678,9

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ (1955-1997)

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η τιμή της μέσης θερμοκρασίας του θερμότερου μήνα του έτους είναι μικρότερη από 22°C σε όλους τους Μετεωρολογικούς Σταθμούς, το κλίμα χαρακτηρίζεται μεσογειακό με ήπιους χειμώνες και ξηρό - θερμό καλοκαίρι.

2. Ανθρωπογεωγραφικά χαρακτηριστικά περιοχής μελέτης

2.1 Ιστορική εξέλιξη της πόλης της Κομοτηνής

Οι πρώτες ιστορικές αναφορές για τον οικισμό της Κομοτηνής χρονολογούνται από τα πρωτοχριστιανικά χρόνια. Ειδικότερα, τον 4ο μ.Χ. αιώνα κατασκευάζεται ένα ορθογώνιο φρούριο με 16 πύργους ύψους 9.60 μ., σαν ασφαλής σταθμός διανυκτέρευσης επί της Εγνατίας οδού. Το βυζαντινό αυτό πόλισμα είχε το όνομα Κουμουτζηνά και στο μεγαλύτερο τμήμα του διατηρείται μέχρι σήμερα.



Φωτογραφία 6. Άποψη της παλιάς πόλης της Κομοτηνής

Στο πέρασμα των αιώνων, το φρούριο καταλαμβάνεται από τους Οθωμανούς και σταδιακά επεκτείνεται. Σύμφωνα με μαρτυρίες ξένων περιηγητών καταγράφεται η υπεροχή των Ελλήνων χριστιανών, αριθμητικά, οικονομικά και πολιτισμικά στην πόλη. Ο Ρωσσοτουρκικός πόλεμος 1877-78 προκαλεί μαζική εγκατάσταση δεκάδων χιλιάδων μουσουλμάνων προσφύγων από τη νότια Βουλγαρία (οπότε και ιδρύονται νέες συνοικίες στα Βόρεια της πόλης). Κατά τη διάρκεια της προσάρτησης της περιοχής στη Βουλγαρία (1913-1919), η μετανάστευση μουσουλμάνων από τη Νότια

Βουλγαρία στην περιοχή συνεχίζεται, ενώ εκδιώκονται όλοι οι Έλληνες που καταφεύγουν κυρίως στη Θεσσαλονίκη. Το 1920 η περιοχή ενσωματώθηκε στον Εθνικό κορμό, με τις συνθήκες Νεϊγύ και Σεβρών, ενώ το 1922 μετά τη Μικρασιατική καταστροφή δέχθηκε χιλιάδες πρόσφυγες που εγκαταστάθηκαν σε νέες συνοικίες. Η εγκατάσταση ολοκληρώθηκε το 1925 (ανταλλαγές με Βουλγαρία), αφού απαλλοτριώθηκαν γεωργικές εκτάσεις στις παρυφές της τότε πόλης. Στη φάση αυτή χρησιμοποιούνται και εγκαταλελειμμένα μουσουλμανικά νεκροταφεία που περιέρχονται στο Ελληνικό Δημόσιο, για τη δημιουργία κοινόχρηστων εκτάσεων όπως πάρκα και κοινωφελών υποδομών, κυρίως σχολείων.

Η πόλη αποκτά ρυμοτομικό σχέδιο το έτος 1933 φτιαγμένο από απότακτους αξιωματικούς του Τσαρικού στρατού που είχαν προσληφθεί από την Ελληνική διοίκηση.



Φωτογραφία 7. Αεροφωτογραφία που απεικονίζει το οικονομικό κέντρο της πόλης της Κομοτηνής

Στην πόλη γίνονται μικρό-επεκτάσεις τα έτη 1965 και 1976 ενώ από τη δεκαετία του ΄70 αρχίζει μια συστηματική αυθαίρετη δόμηση ανατολικά της πόλης από εσωτερικούς μετανάστες ορεσίβιους μουσουλμάνους. Το έτος 1979 το Ελληνικό Δημόσιο απαλλοτριώνει 1200 στρέμματα δυτικά της πόλης προκειμένου να γίνει Ζώνη ενεργού πολεοδομίας, για λόγους δημοσίου συμφέροντος. Η έκταση παραχωρείται στη θυγατρική εταιρεία της τότε Κτηματικής Τράπεζας, ΕΚΤΕΝΕΠΟΛ, για να πραγματοποιήσει το έργο. Η ΕΚΤΕΝΕΠΟΛ πραγματοποιεί εργασίες σε ένα ποσοστό 20% της έκτασης. Η υπόλοιπη , κατά παράβαση του Νόμου και με την ανοχή του ΥΠΕΧΩΔΕ, πουλήθηκε και εξακολουθεί να πουλιέται σαν οικόπεδα σε φορείς και ιδιώτες. Το οικονομικό – διοικητικό κέντρο της πόλης περιλαμβάνει τμήμα της παλιάς πόλης καθώς και την ευρύτερη περιοχή της κεντρικής πλατείας της Κομοτηνής (Φωτογραφία 7).

2.2 Διοικητική Δομή

Ανώτατη διοίκηση στην περιοχή μελέτης είναι η περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης. Με το νέο νόμο Καλλικράτη οι νομοί αντικαθίστανται ως διοικητική οντότητα από τις περιφερειακές ενότητες. Ο δήμος Κομοτηνής ανήκει στην περιφερειακή ενότητα Ροδόπης. Τόσο ο νόμος Καποδίστριας όσο και ο νόμος Καλλικράτης είχαν ως αποτέλεσμα τη διεύρυνση του δήμου Κομοτηνής τόσο σε έκταση όσο και σε πληθυσμό. Σήμερα, ο δήμος Κομοτηνής περιλαμβάνει τις δημοτικές ενότητες Κομοτηνής, Αιγείρου και Νέου Σιδηροχωρίου.

2.3 Πληθυσμιακά χαρακτηριστικά

Ο πληθυσμός της Κομοτηνής ακολουθεί αυξητική πορεία κατά την τελευταία τριακονταετία (Διάγραμμα 1). Ειδικότερα, από το 1981 έως το 2011 ο πληθυσμός του δήμου αυξήθηκε κατά 39,5% (26.249 κατ.). Για την ίδια χρονική περίοδο, οι δημογραφικές μεταβολές σε επίπεδο χώρας και νομού ήταν 10% και 3,6% αντίστοιχα (Πίνακας 3). Οι συγκεκριμένες ποσοστιαίες διαφορές οφείλονται στους νόμους Καποδίστριας και Καλλικράτης που είχαν ως αποτέλεσμα την ενσωμάτωση περισσότερων περιοχών στα διοικητικά όρια του δήμου Κομοτηνής και την απότομη αύξηση του πληθυσμού (Σχήμα 3). Κατά συνέπεια, η εν λόγω αύξηση δεν οφείλεται στην εισροή πληθυσμού από διαφορετικές γεωγραφικές οντότητες αλλά στη διοικητική μεταβολή της περιφερειακής ενότητας Ροδόπης που μείωσε τις αποκεντρωμένες διοικήσεις.

Πίνακας 3. Πραγματικός πληθυσμός σε 3 επίπεδα αναφοράς

Χρονολογία	Σύνολο χώρας	Νομός Ροδόπης	Δήμος Κομοτηνής
1981	9.738.243	107.954	40.141
1991	10.258.364	103.190	45.934
2001	10.964.020	110.828	60.574
2011	10.815.197	112.039	66.390

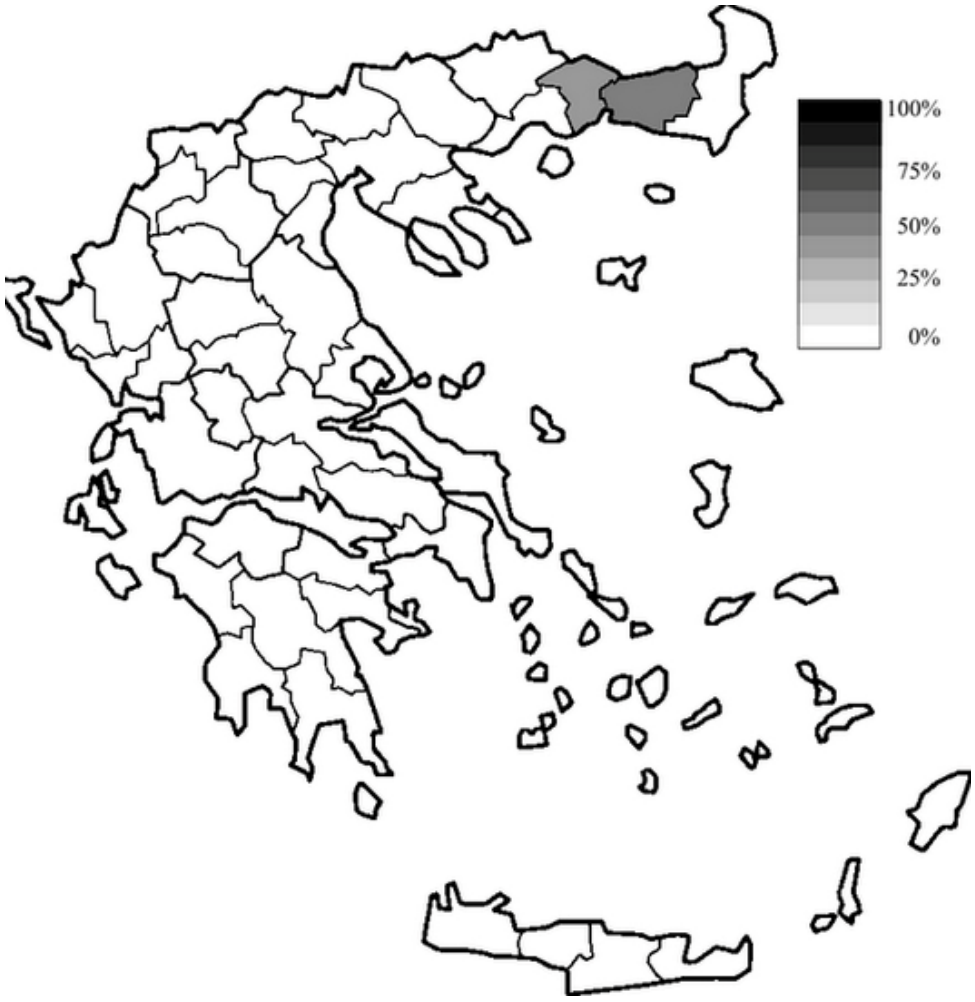
Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ



Σχήμα 3. Μεταβολή της έκτασης του Δήμου Κομοτηνής μετά την εφαρμογή των νόμων Καποδίστριας (2001) και Καλλικράτης (2011)

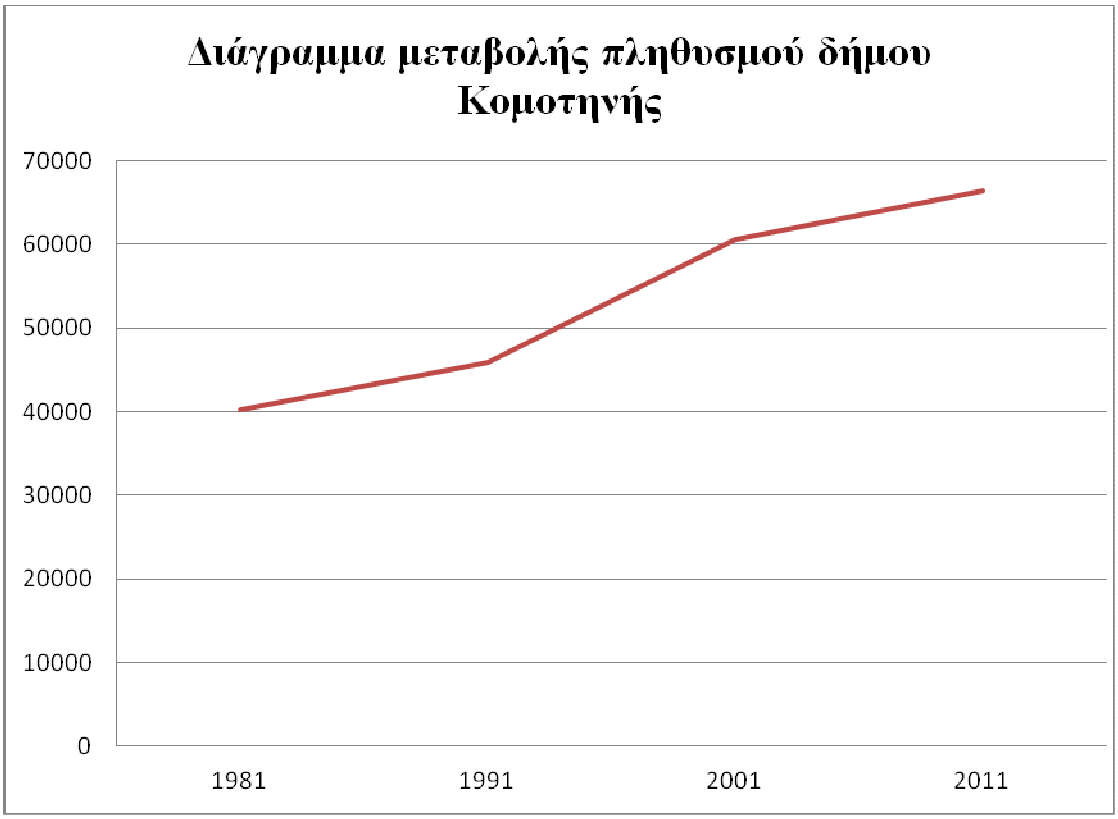
Η απότομη αύξηση του πληθυσμού αποτυπώνεται στην απογραφή του 2001, αμέσως μετά την εφαρμογή του νόμου Καποδίστριας (Πίνακας 3 & Διάγραμμα 1). Από τον πίνακα 3 προκύπτει ότι περίπου το 60% του συνολικού πληθυσμού του νομού Ροδόπης βρίσκεται στο δήμο της Κομοτηνής.

Κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα του πληθυσμού της Θράκης και κατ' επέκταση της Κομοτηνής είναι η ανομοιογένεια. Οι δύο πληθυσμιακές ομάδες που επικρατούν είναι οι Μουσουλμάνοι και οι Χριστιανοί με τους πρώτους να ανέρχονται σε ποσοστό άνω του 60% για την περιφερειακή ενότητα Ροδόπης. Άλλωστε, το σύνολο της περιφερειακής ενότητας Ροδόπης και η περιφερειακή ενότητα Ξάνθης (σε λίγο μικρότερο βαθμό), αποτελούν τις δύο γεωγραφικές οντότητες που συγκεντρώνουν σχεδόν το σύνολο των μουσουλμάνων (Σχήμα 4).



Σχήμα 4. Θεματικός χάρτης που απεικονίζει τη συγκέντρωση της μουσουλμανικής μειονότητας Δυτικής Θράκης στις περιφερειακές ενότητες Ροδόπης και Ξάνθης.

Διάγραμμα 1. Μεταβολή πληθυσμού του Δήμου Κομοτηνής 1981-2011



Πηγή: Επεξεργασία στοιχείων ΕΛΣΤΑΤ

2.4 Οικονομικά στοιχεία

Ο νομός Ροδόπης απασχολεί μεγάλο τμήμα του πληθυσμού στον πρωτογενή τομέα. Ειδικότερα, είναι ο 5^{ος} παραγωγός καπνού της χώρας (7%), ο 8^{ος} παραγωγός βαμβακιού (4%) και ο 10^{ος} παραγωγός σιταριού (4%). Κυρίαρχη θέση στη γεωργία κατέχουν τα δημητριακά, τα όσπρια και τα οπωροκηπευτικά. Η οικονομία της πόλης της Κομοτηνής απασχολεί περισσότερο από το 15% του πληθυσμού της στον πρωτογενή τομέα (Πίνακας 4). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι περισσότερο από το 95% των καλλιεργούμενων εκτάσεων αποτελείται από ετήσιες καλλιέργειες. Περίπου στη μισή αγροτική γη του δήμου (45%) καλλιεργούνται βιομηχανικά φυτά με το βαμβάκι να κατέχει πρωτεύουσα σημασία (34,9%) (Πίνακας 5) (Φωτογραφία 8). Σημαντικό ποσοστό καταλαμβάνει και η καλλιέργεια καπνού (8,7%), όμως αναμένονται ισχυρές διαφοροποιήσεις μέσα στα επόμενα 1-2 χρόνια λόγω της αλλαγής της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ενωσης (Κ. ΚΑΡΑΘΕΟΔΩΡΗ Α.Ε. ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΗ ΔΗΜΟΥ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ 2012). Από τις

υπόλοιπες ετήσιες καλλιέργειες ξεχωρίζουν τα δημητριακά με κυρίαρχο το σιτάρι με ποσοστό 34,6% (Πίνακας 5).



Φωτογραφία 8. Βαμβακοφυτείες στην πεδιάδα της Κομοτηνής

Πίνακας 4. Εργατικό Δυναμικό που απασχολείται ανά τομέα (%) σε τρία επίπεδα αναφοράς

Γεωγραφικό επίπεδο αναφοράς	Πρωτογενής Τομέας	Δευτερογενής Τομέας	Τριτογενής Τομέας
Κομοτηνή	15,17	18,43	56,15
Νομός Ροδόπης	47,44	12,17	33,04
Ελλάδα	13,7	18,44	57,24

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ

Πίνακας 5. Ποσοστιαία (%) κάλυψη γεωργικής γης Δήμου Κομοτηνής το έτος 2000

Χρησιμοποιούμενη γεωργική έκταση	Ποσοστιαία κάλυψη (%)
Σιτάρι	34,6
Σίκαλη	0,5
Κριθάρι	6
Βρώμη	0,3
Αραβόσιτος	2,6
Λοιπά Σιτηρά	0,1
Καπνός	8,7
Βαμβάκι	34,9
Ηλίανθος	1,3
Όσπρια	0,1
Πατάτες	0,2
Ζαχαρότευτλα	1,2
Ελαιώνες	0,6
Δενδρώδεις καλλιέργειες	1,2

Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ

Ο δευτερογενής τομέας απασχολεί το 18,43% (Πίνακας 4) του οικονομικά ενεργού πληθυσμού της πόλης και είναι περίπου ίσος με το ανάλογο ποσοστό του συνόλου της χώρας (18,44%). Η βιομηχανική δραστηριότητα συγκεντρώνεται στη ΒΙ.ΠΕ. Κομοτηνής, περιλαμβάνοντας κατά κύριο λόγο βιομηχανίες μεταποίησης και τυποποίησης αγροτικών προϊόντων της περιοχής (ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ 2007). Πρόκειται για μία από τις μεγαλύτερες βιομηχανικές περιοχές της Ελλάδας που καταλαμβάνει έκταση 4.332 στρεμμάτων (Φωτογραφία 9). Αξιόλογος είναι και ο ορυκτός πλούτος της περιοχής που παραμένει κατά βάση αναξιοποίητος.



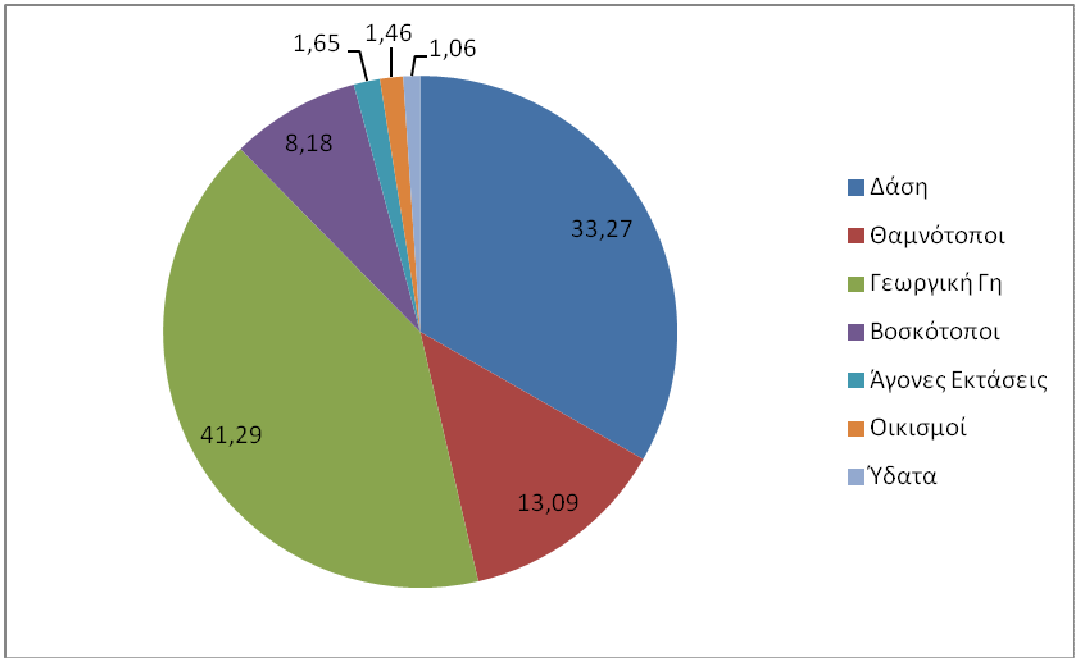
Φωτογραφία 9. ΒΙ.ΠΕ. Κομοτηνής

Ο τριτογενής τομέας απασχολεί το 56,15% του εργατικού δυναμικού (Πίνακας 4). Οι παρεχόμενες υπηρεσίες αναφέρονται κατά κύριο λόγο στην κάλυψη των τοπικών αναγκών. Η τουριστική δραστηριότητα παρουσιάζει μικρή ανάπτυξη και περιορίζεται στο παραλιακό τμήμα του δήμου.

2.5 Χρήσεις Γης

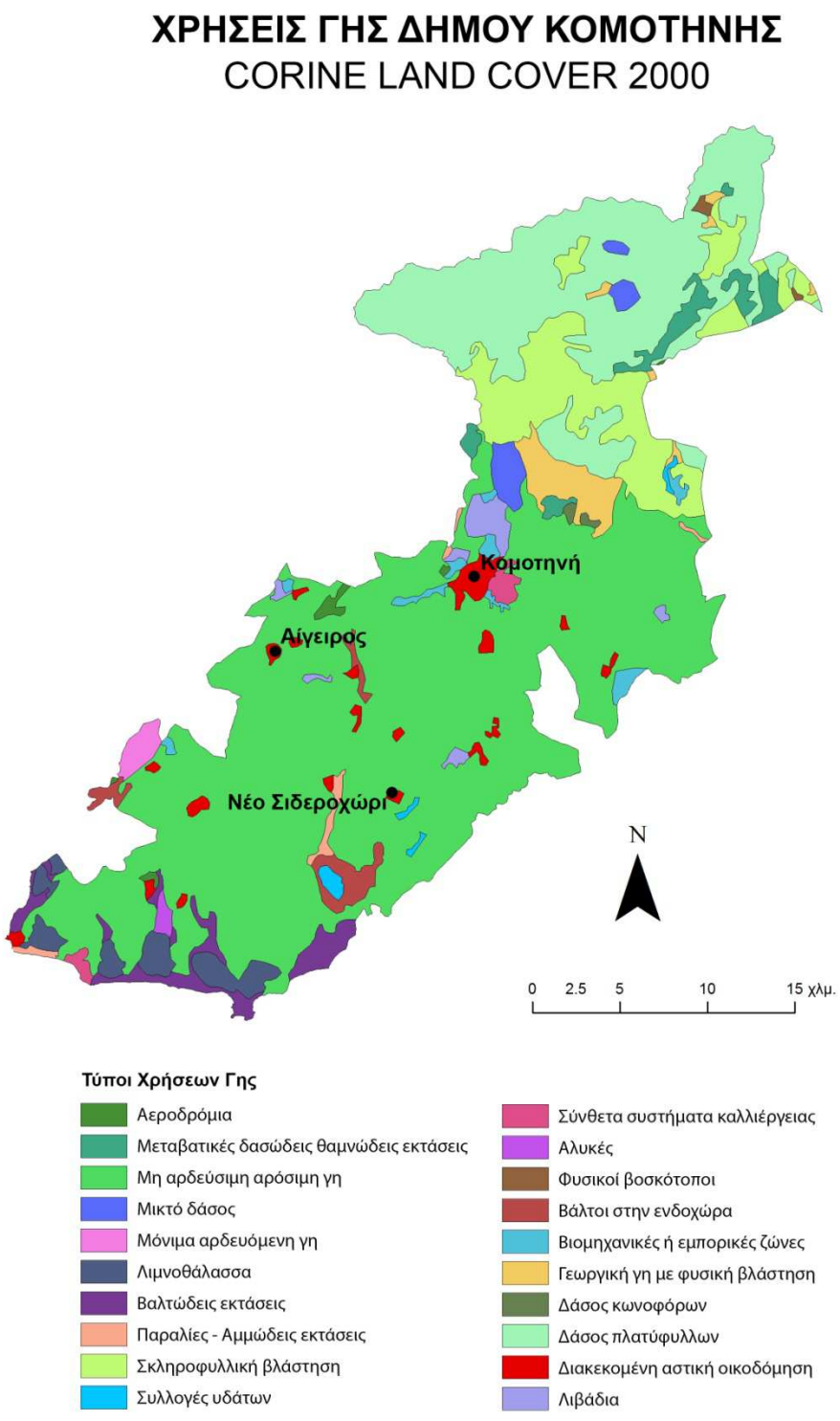
Σύμφωνα με τη Γενική Γραμματεία Δασών του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης το 41,29% των εκτάσεων του νομού Ροδόπης αποτελεί καλλιεργήσιμη γη (Διάγραμμα 2). Ακολουθούν οι δασικές εκτάσεις με 33,27% που συγκεντρώνονται κατά κύριο λόγο στα βόρεια του νομού, στον ορεινό όγκο της Ροδόπης (Διάγραμμα 2). Οι λιβαδικές εκτάσεις (θαμνότοποι και βοσκότοποι) καταλαμβάνουν πάνω από το 20% του εδαφικού χώρου του νομού ενώ οι οικιστικές περιοχές του νομού περιορίζονται στο 1,46% (Διάγραμμα 2).

Διάγραμμα 2. Ποσοστιαία (%) κατανομή Χρήσεων Γης νομού Ροδόπης



Πηγή: Γενική Γραμματεία Δασών

Οι χρήσεις γης στο δήμο Κομοτηνής ακολουθούν τις αντίστοιχες του νομού. Ειδικότερα, στο βόρειο τμήμα του δήμου επικρατούν οι δασώδεις εκτάσεις με κυρίαρχους τύπους τα δάση πλατύφυλλων και τη σκληροφυλλική βλάστηση (Σχήμα 5). Το κεντρικό τμήμα του δήμου καταλαμβάνεται από μη αρδευόμενες αρόσιμες εκτάσεις που αποτελούν και την κύρια χρήση τόσο του δήμου όσο και του νομού (Διάγραμμα 2 & σχήμα 5). Στο ίδιο τμήμα, εντοπίζονται οικιστικές και βιομηχανικές – εμπορικές χρήσεις διάσπαρτα κατανεμημένες. Αξιόλογες συγκεντρώσεις παρατηρούνται στην πόλη της Κομοτηνής του Αιγείρου και του Νέου Σιδεροχωρίου (Σχήμα 5). Το νοτιότερο τμήμα του δήμου, συνορεύει με τη θάλασσα και φιλοξενεί χρήσεις με έντονη την παρουσία του υδάτινου στοιχείου (λιμνοθάλασσες, βαλτώδεις εκτάσεις, μόνιμα αρδευόμενη γη).



Σχήμα 5. Χρήσεις Γης Δήμου Κομοτηνής, επεξεργασία CLC 2000

3. Μεθοδολογία

3.1 Προσέγγιση αντικειμένου

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η υλοποίηση κατάλληλου ΣΓΠ με σκοπό τη διαχρονική εξέλιξη των κύριων κατηγοριών χρήσης/κάλυψης γης του διευρυμένου δήμου Κομοτηνής κατά το διάστημα 1989-2013. Η μέθοδος προσέγγισης στηρίζεται στην ταξινόμηση διαδοχικών δορυφορικών δεδομένων βάσει των χρήσεων γης που έχουν θεσπιστεί για την περιοχή μελέτης από το πρόγραμμα CORINE LAND COVER. Το σύνολο των δεδομένων θα εισαχθεί σε ΣΓΠ με σκοπό την δημιουργία θεματικών χαρτών (Σχήμα 6).



Σχήμα 6. Διάγραμμα μεθοδολογίας

Κατά την εφαρμογή του Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών χρησιμοποιήθηκαν τα εξής δεδομένα:

- Δορυφορικές εικόνες Landsat TM με ημερομηνίες λήψης 1989, 2003, 2013
- Δεδομένα του ευρωπαϊκού προγράμματος CORINE LAND COVER.
- Ψηφιακό μοντέλο εδάφους της περιοχής μελέτης που δημιουργήθηκε από πρωτογενή δεδομένα (χάρτες και τοπογραφικά διαγράμματα Γ.Υ.Σ) καθώς και πρόσφατες αεροφωτογραφίες υψηλής ευκρίνειας.

3.2 Δορυφορικά δεδομένα

Η τηλεπισκόπηση χρησιμοποιείται με μεγάλη επιτυχία για την χαρτογράφηση και καταγραφή των αλλαγών κάλυψης γης. Πλεονέκτημά της αποτελεί το γεγονός της συλλογής δεδομένων με μεγάλη συχνότητα αλλά και ακρίβεια, παρέχοντας πληροφορίες τόσο για τα φασματικά χαρακτηριστικά των στοιχείων κάλυψης/χρήσης γης, αλλά και για το χώρο, το σχήμα και το μέγεθος τους. Διάφοροι μέθοδοι έχουν προταθεί από ερευνητές σχετικά με την εκτίμηση των αλλαγών κάλυψης γης (WRBKA etal 1999, HADJIMITSIS etal 2002, SUNAR 1998, SINGH 1989, KWARTENG etal 1998, CHAVEZ etal 1994, MAS 1999).

Δορυφορικές εικόνες Landsat

Η δορυφορική εικόνα Landsat TM χαρακτηρίζεται ως μέσης χωρικής διακριτικής ικανότητας. Ο Θεματικός χαρτογράφος (TM) έχει επτά φασματικές ζώνες καταγραφής με διαχωριστική ικανότητα στο έδαφος 30x30 μέτρα για τις ανακλώμενες φασματικές ζώνες και 120x120 μέτρα στις θερμικές ζώνες (δίαυλος TM-6) (ΜΕΡΤΙΚΑΣ 1999). Μία εικόνα TM καλύπτει περίπου 184x184 χλμ. επί του εδάφους. Οι ζώνες των μηκών κύματος του Θεματικού Χαρτογράφου (TM) καθώς και οι ιδιότητες που απορρέουν καταγράφονται στον πίνακα 6.

Τα τρία πρώτα κανάλια αντιστοιχούν στις τιμές Red, Green, Blue και βρίσκονται στο ορατό τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος με εύρος τιμών από 0,45μm έως 0,69μm (Πίνακας 6). Τρία κανάλια βρίσκονται στο υπέρυθρο (TM-4, TM-5, TM-7) και τέλος το κανάλι TM-6 με φασματικό εύρος 10,4-12,5μm αντιστοιχεί στο θερμικό υπέρυθρο (πίνακας 6).

Πίνακας 6. Οι δίαυλοι καταγραφής του TM και οι ιδιότητες του

Δίαυλος	Φασματική Ζώνη	Ιδιότητες
TM-1	0,45-0,52μm	**(ιώδες, πράσινο)** μέγιστη διείσδυση στο νερό, βυθομετρία μικρού βάθους, διάκριση εδαφών, είδος βλάστησης και διάκριση φυλλοβόλων και αειθαλών φυτών
TM-2	0,52-0,60μm	**(πράσινο)** αξιολόγηση υγείας των φυτών
TM-3	0,63-0,69μm	**(ερυθρό)** διάκριση τύπων βλάστησης
TM-4	0,76-0,90μm	**(εγγύς υπέρυθρο)** καθορισμός βιομάζας και χαρτογραφήσεις ακτογραμμής
TM-5	1,55-1,75μm	**(μέσο υπέρυθρο)** αποκαλύπτει υγρασία σε εδάφη και βλάστηση
TM-6	10,4-12,5μm	**(θερμικό υπέρυθρο)** εντοπισμός ορυκτών, υδροθερμικά εξαλλοιωμένων πετρωμάτων
TM-7	2,08-2,35μm	**(μέσο υπέρυθρο)** θερμικές καταγραφές, εκτίμηση εδαφικής υγρασίας

Προ-επεξεργασία δορυφορικών εικόνων

Η προ-επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων περιλαμβάνει τις πρωταρχικές διεργασίες που έχουν ως στόχο τη διόρθωση σφαλμάτων που ενυπάρχουν στα δεδομένα. Μετά την εφαρμογή αυτών των μεθόδων επιτυγχάνεται ποιοτική βελτίωση των πληροφοριών για τη σωστή φωτο-ερμηνεία από το χρήστη. Οι σημαντικότερες εξ αυτών παρουσιάζονται στον πίνακα 7. Με τις συγκεκριμένες τεχνικές επιτυγχάνεται ο επαναπροσδιορισμός των τιμών λαμπρότητας, η εύρεση της απόλυτης γεωγραφικής θέσης των εικονοστοιχείων και η βελτίωση της οπτικής εμφάνισης της εικόνας. Στο σχήμα 7 παρουσιάζεται η διαφοροποίηση της οπτικής εμφάνισης μίας δορυφορικής εικόνας Landsat απλά εφαρμόζοντας την τεχνική βελτίωση της αντίθεσης της εικόνας.

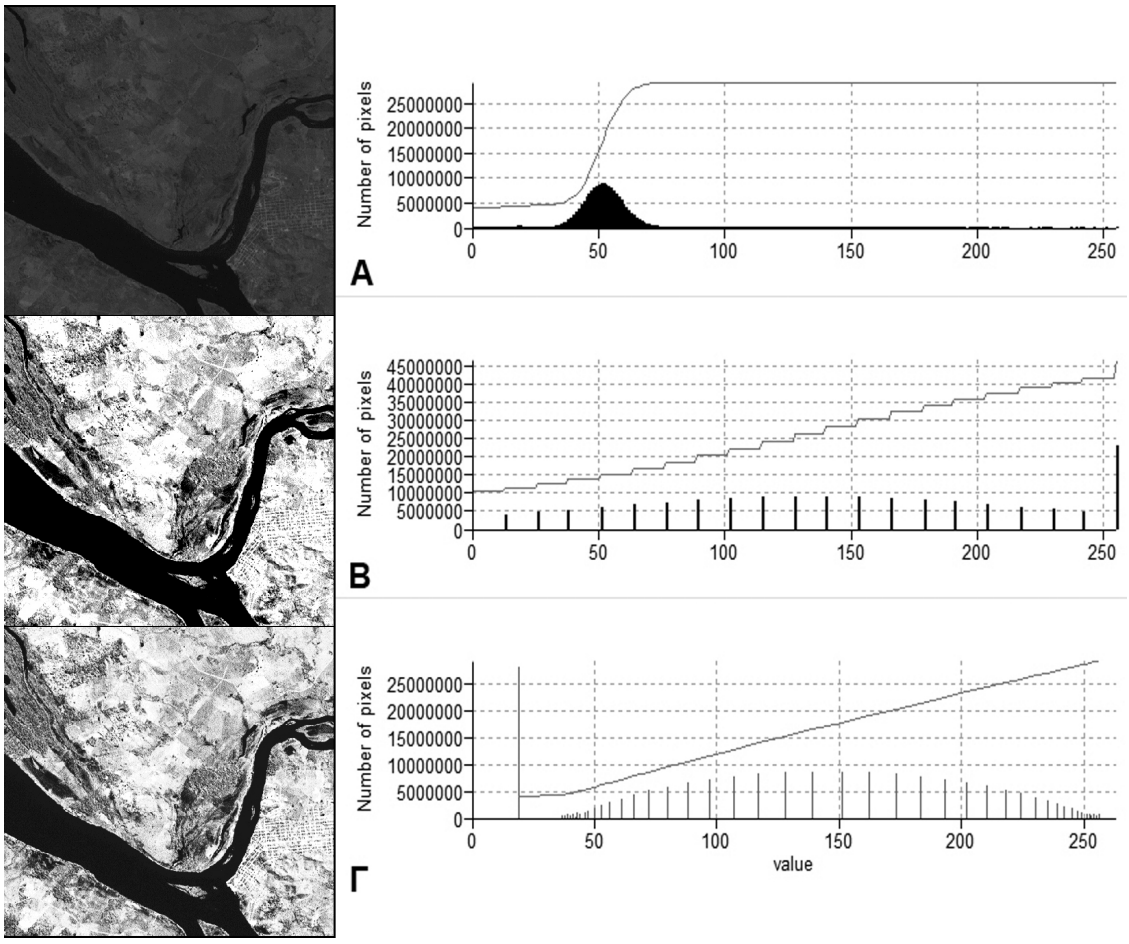
Οι ατμοσφαιρικές επιδράσεις αποτελούν ένα δύσκολο κομμάτι επεξεργασίας καθώς διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εξασθένηση του σήματος που φτάνει στο

δορυφόρο. Στην παρούσα μελέτη δεν έγιναν ατμοσφαιρικές διορθώσεις καθώς οι εικόνες που επιλέχθηκαν είχαν σχεδόν μηδενική επιφάνεια πάνω από την επιφάνεια του δήμου Κομοτηνής.

Αναμφισβήτητα, όμως, η γεωαναφορά της εικόνας αποτελεί την πιο σημαντική τεχνική κατά την προ-επεξεργασία της εικόνας. Γενικότερα η γεωαναφορά ενός raster αρχείου (άρα και μιας δορυφορικής εικόνας) επιτυγχάνεται με την αναγνώριση πάνω στην εικόνα ορισμένων σημείων, που είτε γνωρίζουμε τις συντεταγμένες τους, είτε μπορούμε να τα αναγνωρίσουμε πάνω σε ένα έτοιμο coverage ή shape αρχείο που διαθέτουν ήδη συντεταγμένες. Τα χαρακτηριστικά αυτά σημεία είναι συνήθως τομές δρόμων, ποταμιών, χαρακτηριστικά σημεία ακτογραμμής, ή κατόψεις κτιρίων κλπ. Αυτά χαρακτηριστικά σημεία καλούνται και σημεία επιγείου ελέγχου (ground control points-GCP's) και στην ουσία συνδέουν σημεία του raster, με σημεία γνωστών συντεταγμένων. Ανάλογα με την μέθοδο μετασχηματισμού του raster μεταβάλλεται και ο αριθμός των απαιτούμενων εδαφικών σημείων ελέγχου. Οι γεωμετρικές παραμορφώσεις που δύνανται να υπάρχουν σε μία εικόνα σχετίζονται με την προοπτική απεικόνιση του συστήματος καταγραφής, την κίνηση του σαρωτή, την ταχύτητα, το ύψος και τη σταθερότητα της εξέδρας, το ανάγλυφο της επιφάνειας του εδάφους καθώς και την καμπυλότητα και την περιστροφή της γης. Με την τεχνική της γεωμετρικής διόρθωσης μετασχηματίζεται η εικόνα έτσι ώστε να διαθέτει πλέον συγκεκριμένη και ενιαία κλίμακα αναφοράς. Οι δορυφορικές εικόνες Landsat είναι ήδη γεωαναφερμένες όμως επειδή καλύπτουν ένα σχετικά ευρύ γεωγραφικό χώρο, εφαρμόζεται η παρούσα τεχνική για την ορθότερη τοποθέτηση στα πλαίσια του γεωγραφικού χώρου της περιοχής μελέτης. Στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκε ο αφινικός μετασχηματισμός των εικόνων (πολυώνυμα πρώτης τάξης) με χρήση 4 έως 6 εδαφικών σημείων ελέγχου.

Πίνακας 7. Μέθοδοι προ-επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων

Τεχνική	Περιγραφή
Ραδιομετρική διόρθωση	Διόρθωση σφαλμάτων που σχετίζονται με την ατμοσφαιρική διάχυση και απορρόφηση, τις μεταβολές της γωνίας σάρωσης, τις μεταβολές της γωνίας πρόσπτωσης του ήλιου και τους θορύβους του συστήματος. Επαναπροσδιορισμός των τιμών λαμπρότητας.
Γεωμετρική διόρθωση	Εύρεση ακριβούς θέσης των εικονοστοιχείων. Εφαρμογή συγκεκριμένων μαθηματικών μοντέλων για τη διόρθωση των συστηματικών παραμορφώσεων. Χρήση επίγειων σημείων ελέγχου.
Βελτίωση της εικόνας	Βελτίωση της οπτικής εμφάνισης της εικόνας.
Βελτίωση της αντίθεσης της εικόνας	Αποτελεί την πιο διαδεδομένη τεχνική βελτίωσης της οπτικής εμφάνισης της εικόνας. Διευρύνεται το ιστόγραμμα συχνοτήτων των εικονοστοιχείων ενισχύοντας κατά αυτόν τον τρόπο τις μικρές αντιθέσεις μεταξύ των τόνων του γκρι. Κατά συνέπεια, υπάρχει μεγαλύτερη διάκριση των γεωγραφικών οντοτήτων.



Σχήμα 7. Α. Τμήμα αρχικής εικόνας Landsat και αρχικό ιστόγραμμα, Β. Τμήμα εικόνας και ιστογράμμα με εφαρμογή Γραμμικής Ενίσχυσης με Αποκοπή 10%, Γ. Τμήμα εικόνας και ιστόγραμμα με εφαρμογή Ισοδυναμοποίησης Ιστογράμματος min-max (18-71), (ΦΑΚΑ 2014)

Ταξινόμηση δορυφορικών εικόνων

Γενικά, ο σκοπός της διαδικασίας της ταξινόμησης εικόνων είναι η αυτόματη κατηγοριοποίηση όλων των εικονοστοιχείων μίας εικόνας σε κλάσεις (ΑΡΓΙΑΛΑΣ 1999). Πρόκειται για τη σημαντικότερη μέθοδο επεξεργασίας που θα υλοποιηθεί στην παρούσα μελέτη, καθώς στο εν λόγω στάδιο θα οριστούν οι χρήσεις γης (κλάσεις) για συγκεκριμένες χρονικές περιόδους της περιοχής μελέτης.

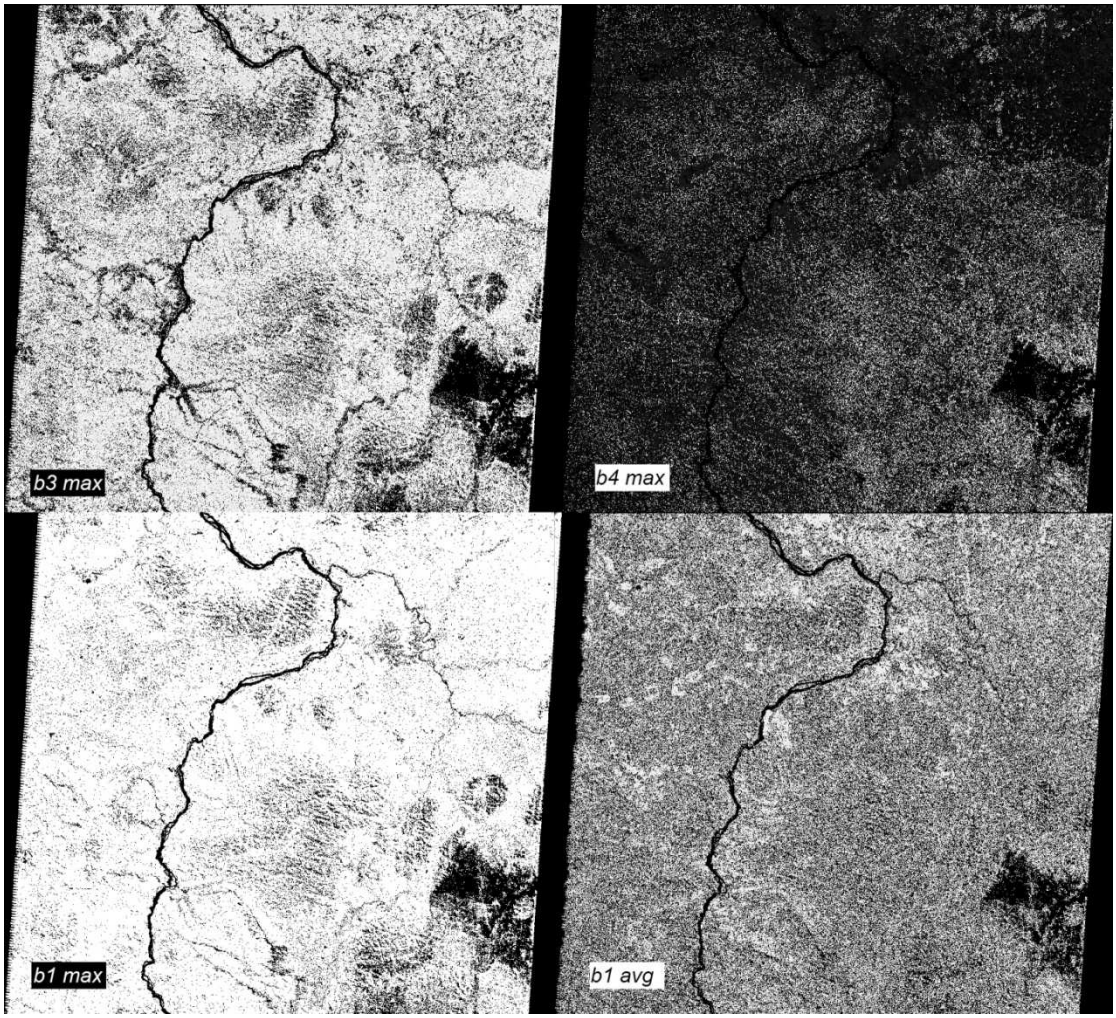
Οι διάφορες τάξεις εκφράζονται από διαφορετικούς συνδυασμούς ψηφιακών τιμών φωτεινότητας στα κανάλια μίας πολυφασματικής εικόνας, ανάλογα με τις ιδιότητες της φασματικής ανακλαστικότητας και εκπομπής. Για κάθε εικονοστοιχείο (pixel), ορίζεται ένα φασματικό πρότυπο που δεν είναι παρά ο συνδυασμός μετρήσεων

έντασης ακτινοβολίας, οι οποίες λαμβάνονται από τα φασματικά κανάλια του δέκτη. Οι τεχνικές ταξινόμησης που χρησιμοποιούν ως βάση αυτήν τη φασματική πληροφορία ανά εικονοστοιχείο, αναφέρονται ως τεχνικές ταξινόμησης με φασματική αναγνώριση προτύπων.

Εκτός από τη φασματική αναγνώριση προτύπων, υπάρχει η χωρική αναγνώριση, η διαχρονική αναγνώριση προτύπων και άλλες. Οι χωρικοί αλγόριθμοι ταξινόμησης κατηγοριοποιούν τα εικονοστοιχεία μιας εικόνας βάσει των φασματικών τους σχέσεων με τα στοιχεία που τα περιβάλουν λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τους παράγοντες όπως η υφή, η εγγύτητα των εικονοστοιχείων, το σχήμα και το μέγεθος διαφόρων αντικειμένων, τη διεύθυνση τους, την περιοδικότητά τους, το πρότυπό τους κ.α. (ΑΡΓΙΑΛΑΣ 1999). Η διαχρονική αναγνώριση προτύπων αναφέρεται στην περίπτωση φασματικών και χωρικών μεταβολών αντικειμένων στη διάρκεια του χρόνου. Για παράδειγμα, τέτοιες περιπτώσεις είναι οι καλλιεργούμενες εκτάσεις.

Η ταξινόμηση με μονάδα χωρικής ανάλυσης το εικονοστοιχείο δύναται να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους: Την ‘μη επιβλεπόμενη’ και την ‘επιβλεπόμενη’ ταξινόμηση. Οι δύο αυτές τεχνικές παρουσιάζουν μια ουσιαστική διαφορά. Για την επιβλεπόμενη, πριν το στάδιο της ταξινόμησης πρέπει να έχει προηγηθεί το στάδιο της επίβλεψης, δηλαδή το στάδιο ορισμού των δεδομένων εκπαίδευσης των κλάσεων της περιοχής. Αυτό επιτυγχάνεται με τη δημιουργία αρχείων υπογραφών (signature files). Τα συγκεκριμένα διανυσματικά αρχεία πολυγωνικής μορφής ορίζονται από το χρήστη και το κάθε ένα περιλαμβάνει μία και μοναδική κλάση όπως αυτή ταυτοποιείται από το χρήστη. Αντίθετα, στην μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση τα δεδομένα συναθροίζονται αυτόματα σε κλάσεις βάσει των φασματικών τους ιδιοτήτων. Στη συνέχεια, ο χρήστης ορίζει σε ποια θεματική κατηγορία κάλυψης γης υπάγεται κάθε κλάση. Ο πλέον δημοφιλής αλγόριθμος ομαδοποίησης στην μη-επιβλεπόμενη ταξινόμηση είναι ο ISODATA.

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών ArcGIS και QGIS διαθέτουν πλέον εργαλειοθήκες για ταξινόμηση δορυφορικών εικόνων τόσο επιβλεπόμενης όσο και μη. Ως προϊόντα και στις δύο περιπτώσεις εξάγονται θεματικοί χάρτες μορφής raster της κάλυψης γης (Σχήμα 8). Επίσης, δύναται να ληφθούν στατιστικοί πίνακες αλλά και ψηφιακά αρχεία της ταξινόμησης που μπορούν να εισαχθούν σε περιβάλλον ΣΓΠ.

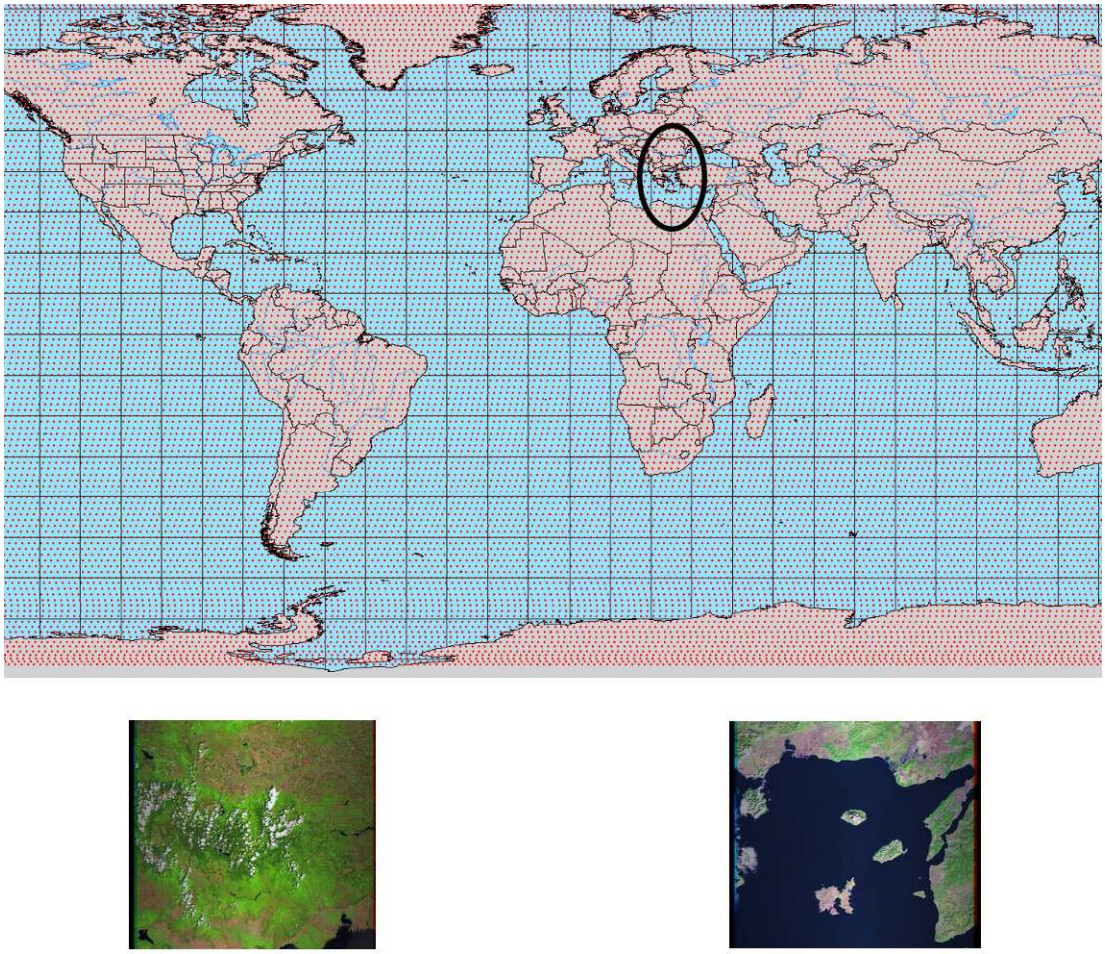


Σχήμα 8. Προϊόντα μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης σε εικόνα Landsat 4,3,1 (ΦΑΚΑ 2014)

Η περιοχή μελέτης αποτυπώνεται σε δύο φύλλα με κωδικοποίηση path: 182 και row: 032, path: 182 και row: 031 (Σχήμα 9).

Η επιλογή των εικόνων προς μελέτη έγινε βάσει των παρακάτω κριτηρίων:

- ✓ Χρονική διαφορά μεγαλύτερη των 10 ετών έτσι ώστε να υπάρχει διαφοροποίηση στις χρήσεις γης.
- ✓ Λήψη εικόνων από όμοια τεχνολογία με κανάλια φασμάτων.
- ✓ Όμοιες εποχές του χρόνου για να γίνει ταύτιση της βλάστησης.
- ✓ Επιλογή όσο το δυνατόν πιο διαυγών εικόνων με περιορισμένη νεφοκάλυψη.



Σχήμα 9. Φύλλα Landsat και η γεωγραφική τους τοποθέτηση

3.3 Δεδομένα CORINE LAND COVER

Το πρόγραμμα CORINE δημιουργήθηκε από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος της Ε.Ε. με σκοπό την αποτύπωση των χρήσεων γης και της εδαφικής κάλυψης των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο οργανισμός Κτηματολογίου και Χαρτογραφήσεων Ελλάδας (ΟΚΧΕ), υλοποίησε κατά τη χρονική περίοδο 1990-1996 το πρόγραμμα CORINE LAND COVER (CLC90) στην Ελλάδα, αξιοποιώντας δορυφορικά δεδομένα LANDSAT 5 TM της περιόδου 1987-1990 και βοηθητική πληροφορία που προέρχονταν από αεροφωτογραφικές λήψεις της ίδιας περιόδου. Η Βάση Δεδομένων Χρήσης/ Κάλυψη Γης CLC90, βασίστηκε στο τρίτο επίπεδο της ιεραρχικής ονοματολογίας του CORINE, που περιλαμβάνει 44 κατηγορίες (Σχήμα 10). Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε ήταν η αναλογική φωτοερμηνεία των εικόνων, με ταυτόχρονη αξιοποίηση των βοηθητικών στοιχείων, δηλαδή αεροφωτογραφιών της εποχής και χαρτών κλίμακας 1:500.000. Ωστόσο τα τεχνολογικά μέσα της εποχής δεν επέτρεψαν μια φωτοερμηνεία υποβοηθούμενη από Η/Υ και προγράμματα

επεξεργασίας εικόνας. Σύμφωνα με τις γενικές οδηγίες και προδιαγραφές (CORINE Tenchical Guide CEC 1994), το χρωματικό σύνθετο 4-5-3 εκτυπώνονταν σε κλίμακα 1:100.000, και επί της εκτυπώσεως αυτής ο φωτοερμηνευτής προσδιόριζε τα πολύγωνα κατηγοριών κάλυψης, έχοντας όμως περιορισμένες δυνατότητες να μελετήσει σε λεπτομέρεια τα ραδιομετρικά χαρακτηριστικά όλων των καναλιών της εικόνας και να σχεδιάσει γραμμές απαλλαγμένες από γεωμετρικά σφάλματα. Επιπλέον των τεχνολογικών περιορισμών και των γεωμετρικών προβλημάτων, υπήρξαν και θεματικά ζητήματα που δεν αντιμετωπίστηκαν με ενιαίο τρόπο, χωρίς να εφαρμόζεται μια συστηματική διαδικασία Διασφάλισης Ποιότητας και Ελέγχου των εργασιών. Μετά από 10 χρόνια από την ημερομηνία που αναφέρονται τα δεδομένα εικόνας που αξιοποιήθηκαν για τη CLC90, τα συμπεράσματα από την χρήση της τελευταίας συνοψίζονται ως ακολούθως:

- Η γεωμετρία των πολυγώνων της CLC90 δεν ήταν η ενδεδειγμένη. Τα πολύγωνα χρειάζονταν διορθώσεις που να τα απαλλάσσουν από τυχαία και συστηματικά σφάλματα της γεωμετρίας των ορίων.

- Η ΒΔ CLC90 δεν είχε αρκετές θεματικές λεπτομέρειες, όπως θα απαιτούσε ο πολυκερματισμός της Γης στην Ελλάδα.

- Η κάλυψη της Γης είχε υποστεί, στην δεκαετία που μεσολάβησε σημαντικές αλλαγές εξ' αιτίας φυσικών διεργασιών, ανθρώπινων επεμβάσεων και φυσικών καταστροφών και ως εκ τούτου δεν απεικόνιζε την τότε υπάρχουσα κατάσταση.

Οι παραπάνω λόγοι σε συνδυασμό με την ανάγκη να υπάρξει για την υποστήριξη της περιβαλλοντικής πολιτικής, μία αξιόπιστη ΒΔ κάλυψης Γης για το σύνολο της Ευρώπης, τόσο για το έτος αναφοράς 1990 όσο και για το έτος 2000, ώθησαν τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (EEA) και το Κοινό Κέντρο Ερευνών (JRC), να αναλάβουν από κοινού το έργο I&CLC2000 που απόβλεπε:

- Στη διόρθωση της ΒΔ CLC90, ώστε να απαλλαγεί από γεωμετρικά (τυχαία και συστηματικά) σφάλματα, θεματικές ανακρίβειες και τοπολογικά προβλήματα.

- Στη συλλογή και ενιαία επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων που ως δεδομένα εισόδου θα αξιοποιούνταν στην ενημέρωση του CLC90 και στην δημιουργία του CLC2000.

- Στη διόρθωση των δεδομένων εικόνας 1990, ώστε να συμπίπτουν γεωμετρικά με τα αντίστοιχα του 2000.

- Στη μελέτη και οριοθέτηση των πραγματικών αλλαγών στις κατηγορίες κάλυψης γης που είχαν λάβει χώρα στη δεκαετία που μεσολάβησε και στη δημιουργία μιας ΒΔ αλλαγών που ονομάστηκε «CLC-μεταβολές-Greece».

- Στη δημιουργία μιας νέας ΒΔ κάλυψης γης που αναφερόταν στη κατάσταση του 2000 (CLC2000). Συνοπτικά, με τη βοήθεια συγκεκριμένων επεξεργασιών στις 26 εικόνες LANDSAT 7 ETM που απαιτούνταν για την κάλυψη της Ελλάδος , αεροφωτογραφιών και επίγειων εικόνων ταξινομήθηκαν οι χρήσεις γης του ελλαδικού χώρου σε 44 διαφορετικούς τύπους εδαφικής κάλυψης (Σχήμα 10) και με κλίμακα χαρτογράφησης 1:100.000 (ΑΣΤΑΡΑΣ 2010).

1ο επίπεδο	2ο επίπεδο	3ο επίπεδο
1. ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	**1.1 ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ**	**1.1.1** Συνεχής αστικός ιστός **1.1.2** Ασυνεχής αστικός ιστός
	1.2 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ-ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ	**1.2.1** Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες **1.2.2** Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα **1.2.3** Ζώνες λιμένων **1.2.4** Αεροδρόμια
	1.3 ΟΡΥΧΕΙΑ, ΧΩΡΟΙ ΑΠΟΡΡΙΨΕΩΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΧΩΡΟΙ ΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗΣ	**1.3.1** Χώροι εξορύξεως ορυκτών **1.3.2** Χώροι απορρίψεως απορριμμάτων **1.3.3** Χώροι οικοδόμησης
	1.4 ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΜΗ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΠΡΑΣΙΝΟΥ	**1.4.1** Περιοχές αστικού πρασίνου **1.4.2** Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής
2. ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	**2.1 ΑΡΩΣΙΜΗ ΓΗ**	**2.1.1** Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη **2.1.2** Μόνιμα αρδευόμενη γη **2.1.3** Ορυζώνες
	2.2 ΜΟΝΙΜΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	**2.2.1** Αμπελώνες **2.2.2** Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς **2.2.3** Ελαιώνες
	2.3 ΛΙΒΑΔΙΑ	**2.3.1** Λιβάδια
	2.4 ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	**2.4.1** Ετήσιες καλλιέργειες που σχετίζονται με μόνιμες καλλιέργειες **2.4.2** Σύνθετες καλλιέργειες **2.4.3** Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης **2.4.4** Γεωργο-δασικές περιοχές
3. ΔΑΣΗ ΚΑΙ ΗΜΙΦΥΣΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	**3.1 ΔΑΣΗ**	**3.1.1** Δάσος πλατύφυλλων **3.1.2** Δάσος κωνοφόρων **3.1.3** Μικτό δάσος
	3.2 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΘΑΜΝΩΔΟΥΣ Η/ΚΑΙ ΠΟΩΔΟΥΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	**3.2.1** Φυσικοί βοσκότοποι **3.2.2** Θάμνοι και χερσότοποι **3.2.3** Σκληροφυλλική βλάστηση **3.2.4** Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις
	3.3 ΑΝΟΙΧΤΟΙ ΧΩΡΟΙ ΜΕ ΛΙΓΗ Ή ΚΑΘΟΛΟΥ ΒΛΑΤΗΣΗ	**3.3.1** Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές **3.3.2** Απογυμνωμένοι βράχοι **3.3.3** Εκτάσεις με αραιή βλάστηση **3.3.4** Αποτεφρωμένες εκτάσεις **3.3.5** Παγετώνες και αέναο χιόνι
4. ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ	**4.1 ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ ΕΝΔΟΧΩΡΑΣ**	**4.1.1** Βάλτοι στην ενδοχώρα **4.1.2** Τυρφώνες
	4.2 ΠΑΡΑΘΑΛΑΣΣΙΟΙ ΤΓΡΟΤΟΠΟΙ	**4.2.1** Παραθαλάσσιοι βάλτοι **4.2.2** Αλυκές **4.2.3** Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα
5. ΥΔΑΤΙΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	**5.1 ΧΕΡΣΑΙΑ ΥΔΑΤΑ**	**5.1.1** Υδατορρεύματα **5.1.2** Επιφάνειες στάσιμου ύδατος
	5.2 ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΥΔΑΤΑ	**5.2.1** Παράκτιες λιμνοθάλασσες **5.2.2** Εκβολές ποταμών **5.2.3** Θάλασσες και ωκεανοί

Σχήμα 10. Κατηγοριοποίηση CORINE LAND COVER 2000 (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος)

3.4 Δεδομένα ΣΓΠ

Τα δεδομένα ΣΓΠ περιλαμβάνουν ψηφιακό μοντέλο εδάφους, διοικητικά όρια της περιοχής μελέτης καθώς και πρόσφατες αεροφωτογραφίες υψηλής ευκρίνειας. Τα συγκεκριμένα δεδομένα είναι άκρως σημαντικά για την πορεία της έρευνας καθώς:

- ✓ Ορίζουν το γεωγραφικό πλαίσιο της μελέτης.
- ✓ Αποκαλύπτουν τα σημεία εδαφικού ελέγχου για τη γεωμετρική διόρθωση των δορυφορικών εικόνων.
- ✓ Δίνουν περαιτέρω πληροφορίες για την ταξινόμηση των δορυφορικών εικόνων.

4. Εφαρμογή

4.1 Δεδομένα

Η παρούσα μελέτη αναφέρεται στη διαχρονική εξέλιξη (1989-2013) των χρήσεων γης του δήμου Κομοτηνής με χρήση μεθόδων τηλεπισκόπησης. Για το σκοπό χρησιμοποιήθηκαν τρεις εικόνες Landsat χρονολογίας 1989, 2003, 2013 που πάρθηκαν την ίδια εποχή (θερινοί μήνες). Πρόκειται για τις δορυφορικές εικόνες με κωδικό γραμμής 182 και κωδικό στήλης 032 & 031. Συνολικά επεξεργάστηκαν έξι εικόνες (δυο για κάθε χρονική περίοδο). Παράλληλα για την ορθή ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν:

- Πρόσφατοι ορθοφωτοχάρτες της περιοχής μελέτης σε μορφή raster από το Εθνικό Κτηματολόγιο
- Τα όρια του δήμου Κομοτηνής σε αρχείο vector (shp) από τον διαδικτυακό χώρο geodata.gov.gr
- Οι χρήσεις γης της περιοχής μελέτης βάσει του Corine Land Cover 2000 (vector) και των μεταβολών από το CLC90 (vector).

Η προ-επεξεργασία και η επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με χρήση των GIS λογισμικών Quantum GIS και ArcGIS.

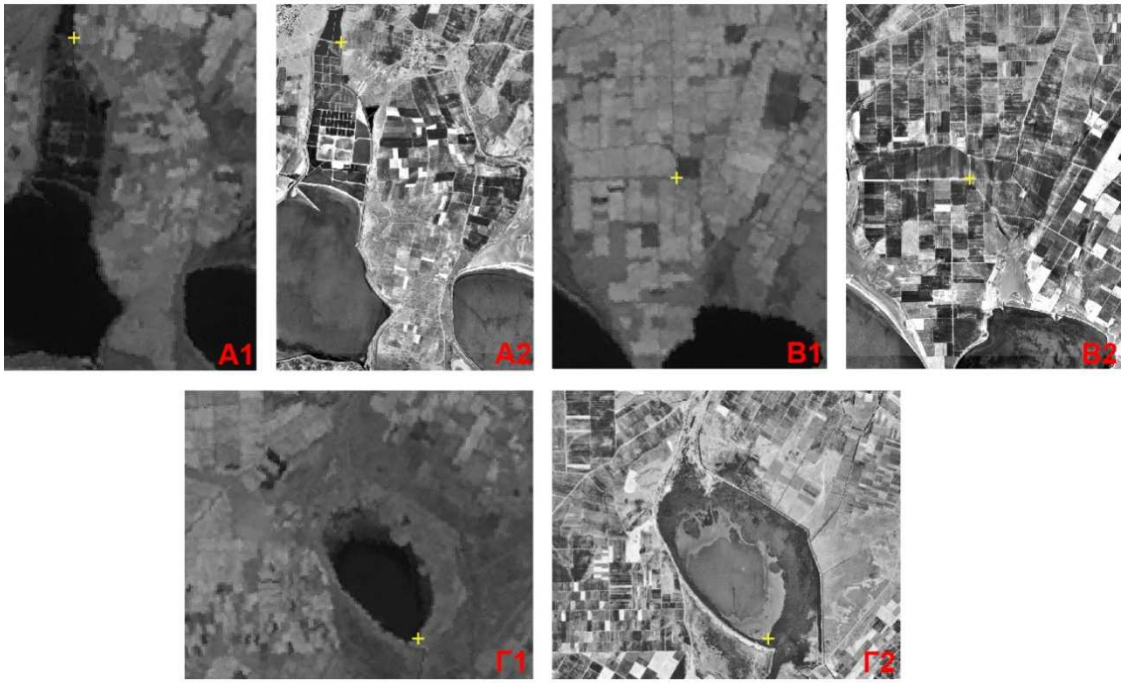
4.2 Προ-επεξεργασία

Γεωαναφορά

Η γεωαναφορά έχει ως στόχο την τοποθέτηση των δορυφορικών εικόνων στο γεωγραφικό χώρο στο γεωδαιτικό σύστημα ΕΓΣΑ 87. Οι δορυφορικές εικόνες Landsat είναι ήδη γεωαναφερμένες, όμως, επειδή καλύπτουν ένα σχετικά ευρύ γεωγραφικό χώρο, εφαρμόζεται η παρούσα τεχνική για την ορθότερη τοποθέτηση στα πλαίσια του γεωγραφικού χώρου της περιοχής μελέτης. Στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκε ο αφινικός μετασχηματισμός των εικόνων (πολυώνυμα πρώτης τάξης) με χρήση 4 έως 6 εδαφικών σημείων ελέγχου.

Κατά συνέπεια επιλέγεται η σύμπτωση εδαφικών σημείων ελέγχου στο τμήμα της δορυφορικής εικόνας που μας ενδιαφέρει. Ειδικότερα, τα εδαφικά σημεία ελέγχου (διακριτές γεωγραφικές οντότητες) ταυτίζονται από τον ορθοφωτοχάρτη στην υπό γεωαναφορά εικόνα (Σχήμα 11). Ο αριθμός των εδαφικών σημείων ελέγχου κυμαίνεται από 4 έως 6 για την κάθε δορυφορική εικόνα. Οι νέες εικόνες που

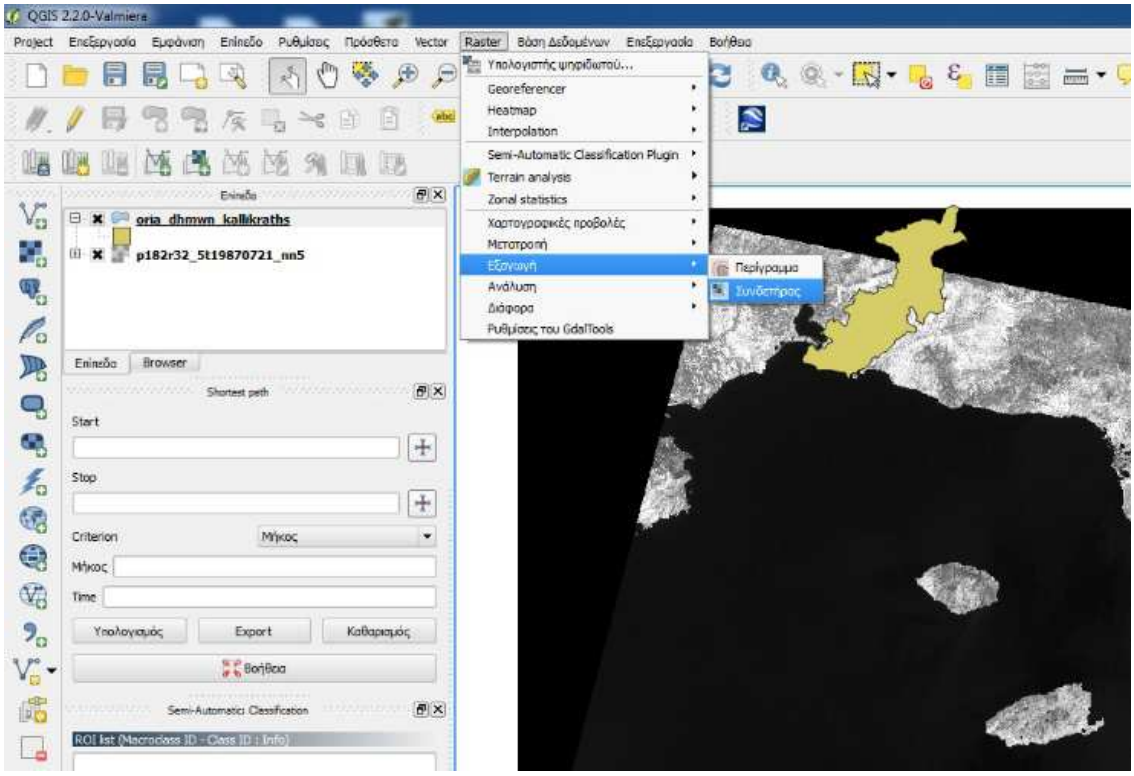
δημιουργούνται (RMS Error μικρότερο από το ½ του χιλιοστού της κλίμακας του χάρτη) χρησιμοποιούν ως προβολικό σύστημα το ΕΓΣΑ ’87.



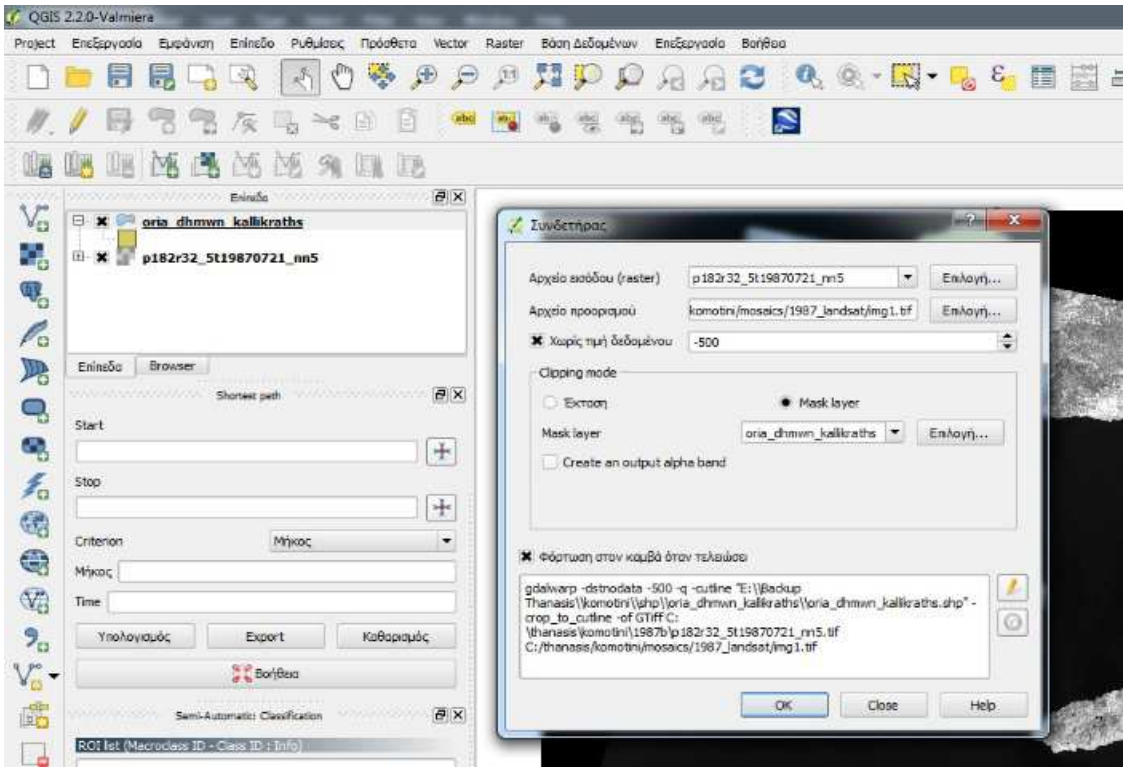
Σχήμα 11. Ταύτιση ενδεικτικών εδαφικών σημείων ελέγχου από τον ορθοφωτοχάρτη (ζυγοί αριθμοί) στην δορυφορική εικόνα (μονοί αριθμοί)

Αποκοπή

Η συνολική έκταση του δήμου Κομοτηνής καταλαμβάνει τμήμα δύο δορυφορικών εικόνων. Στην παρούσα φάση εισήχθησαν οι δορυφορικές εικόνες στο λογισμικό Quantum GIS για να πραγματοποιηθεί αποκοπή των εικόνων βάσει των ορίων του δήμου Κομοτηνής. Επιλέγοντας την εντολή Extraction (Εξαγωγή) από την εργαλειοθήκη Raster επιλέγουμε την μέθοδο αποκοπής Clip (Συνδετήρας) (Σχήμα 12). Στον πίνακα που ακολουθεί, επιλέγεται το αρχείο που θα αποκοπεί (αρχική εικόνα), ορίζεται το νέο αρχείο που θα δημιουργηθεί και επιλέγεται το αρχείο που θα λειτουργήσει ως μάσκα για την αποκοπή (Σχήμα 13). Η συγκεκριμένη μέθοδος εφαρμόζεται σε όλες τις εικόνες δημιουργώντας νέα αρχεία raster που περιλαμβάνουν πληροφορίες μόνο για την περιοχή μελέτης.



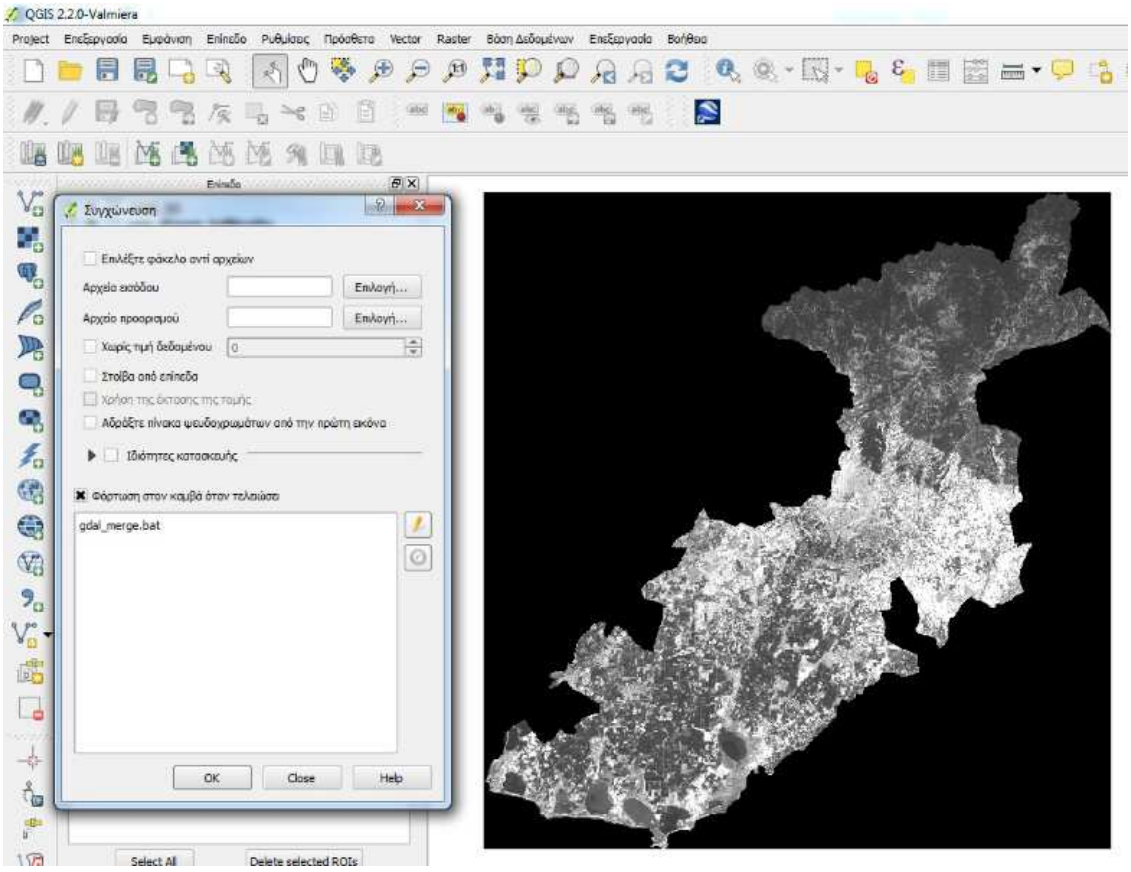
Σχήμα 12. Ενεργοποίηση του εργαλείου Εξαγωγή με συνδετήρα (Extraction with Clip) (QGIS Toolbox)



Σχήμα 13. Επιλογή του πολυγώνου των ορίων του δήμου ως μάσκα αποκοπής (Mask Layer) (QGIS Toolbox)

Μωσαϊκό

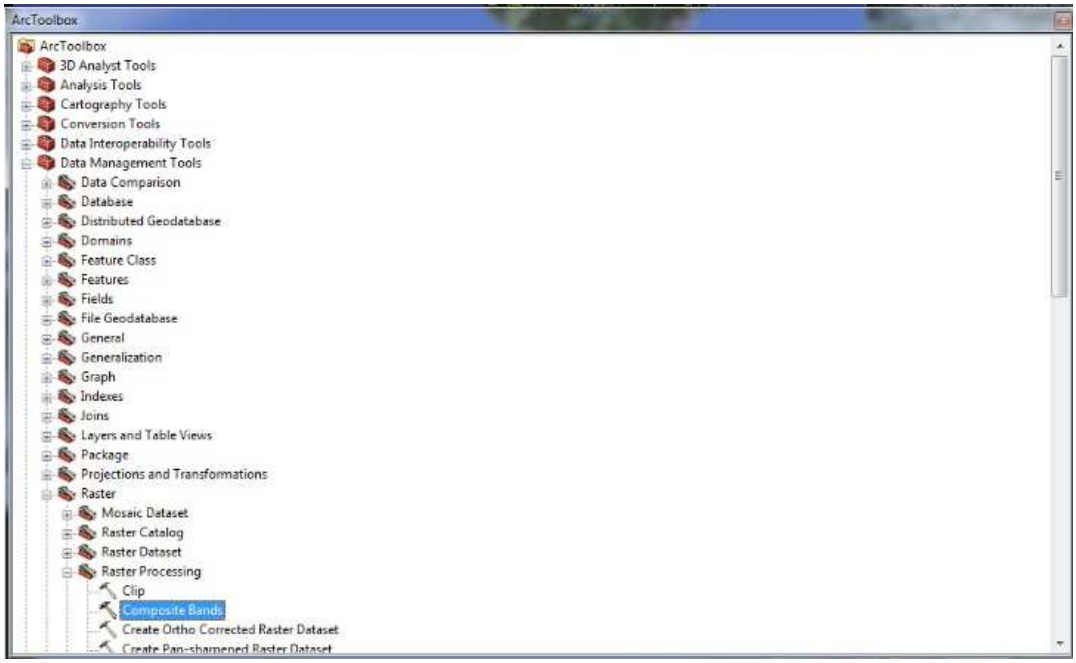
Όπως έχει ήδη αναφερθεί η περιοχή μελέτης απεικονίζεται συνολικά σε 2 όμορες δορυφορικές εικόνες. Για την ορθή διαχείριση των εικόνων δημιουργούνται μοναδικά αρχεία (μωσαϊκό εικόνων) που ενώνουν τις δύο εκάστοτε εικόνες σε ένα raster που εμφανίζει την συνολική πληροφορία του δήμου Κομοτηνής. Η συγκεκριμένη τεχνική δημιουργεί ένα και μοναδικό αρχείο raster που περιλαμβάνει πληροφορίες και από τα δύο όμορες και εν μέρει αλληλοεπικαλυπτόμενες εικόνες. Ειδικότερα, από το menu του λογισμικού Quantum GIS επιλέγουμε διαδοχικά Raster → Miscellaneous → Mosaic (Σχήμα 14). Στον πίνακα που ακολουθεί, επιλέγονται τα αρχεία που θα συγχωνευθούν και ορίζεται το νέο αρχείο που περιλαμβάνει πληροφορίες και από τις δύο εικόνες.



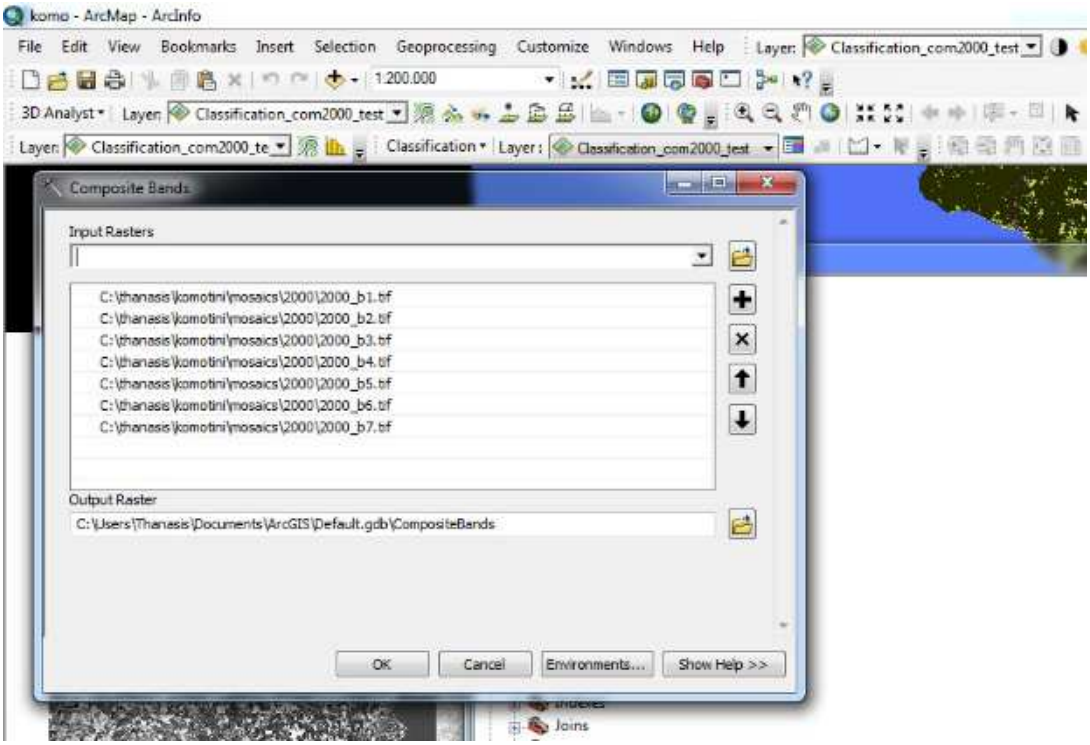
Σχήμα 14. Συγχώνευση δύο αλληλεπικαλυπτόμενων εικόνων σε ένα μοναδικό αρχείο (Mosaic) (QGIS Toolbox)

Σύνθεση εικόνων

Εφόσον ακολουθηθούν οι παραπάνω τεχνικές για όλα τα κανάλια σε όλες τις χρονικές περιόδους τότε επιτυγχάνεται η σύνθεση εικόνων σε μία για κάθε χρονική περίοδο (ΜΗΛΙΑΡΕΣΗΣ 2006). Ειδικότερα, τα επτά κανάλια της δορυφορικής εικόνας του 1989 αφού εισαχθούν στο λογισμικό ArcGIS επιλέγονται διαδοχικά από το ArcToolbox (Εργαλειοθήκη) οι εντολές Data Management Tools → Raster → Raster Processing → Composite Bands (Σχήμα 15). Στο παράθυρο που ανοίγει εισάγονται τα επτά κανάλια και δημιουργείται το νέο αρχείο raster που θα εμπεριέχει το σύνολο των καναλιών (Σχήμα 16). Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για τα δεδομένα του 2003 και του 2013.



Σχήμα 15. Πίνακας εντολών για τη σύνθεση εικόνων (Composite Bands) (ArcGIS Toolbox)

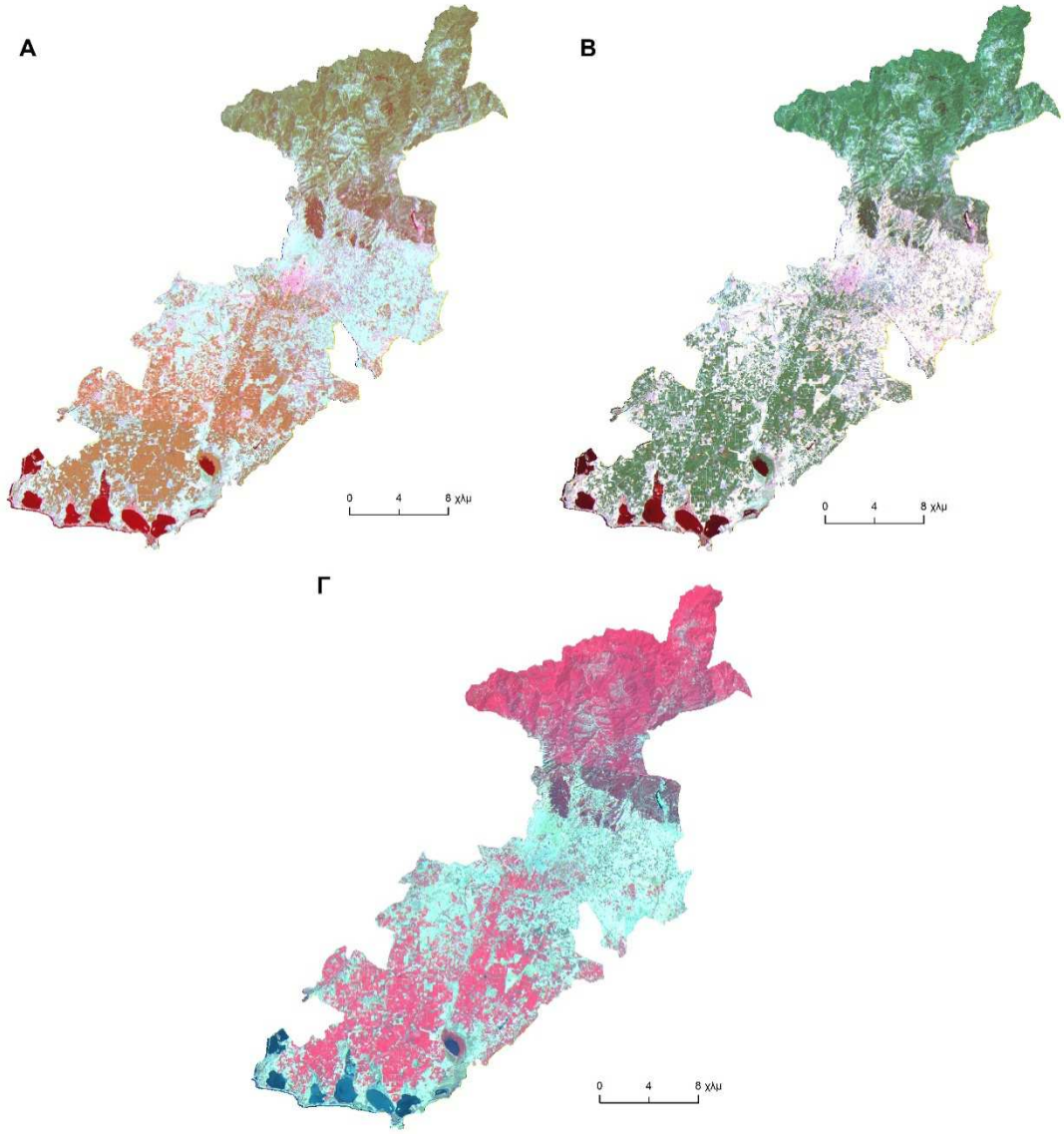


Σχήμα 16. Εισαγωγή των καναλιών (raster) για δημιουργία της σύνθετης εικόνας (Composite Bnads) (ArcGIS)

4.3 Ταξινόμηση εικόνας

Επιβλεπόμενη ταξινόμηση

Στην παρούσα εργασία εφαρμόστηκε η μέθοδος της επιβλεπόμενης ταξινόμησης σύμφωνα με την οποία ο αλγόριθμος ταξινόμησης της εικόνας λαμβάνει ως πληροφορία δεδομένες τιμές από το χρήστη. Ειδικότερα, ο χρήστης σχεδιάζει αρχεία υπογραφές (signature files) γνωστά ως ROI (Region of Interest), όπου ταυτίζονται με μία συγκεκριμένη κλάση προς ταξινόμηση.



Σχήμα 17. Α. RGB 1,5,7 Β. RGB 3,5,7 Γ. RGB 4,3,2

Επιλογή καναλιών προς μελέτη

Η επιλογή του κατάλληλου συνδυασμού καναλιών έγινε μετά από πολλές δοκιμές (Σχήμα 17). Στόχος ήταν η ορθή φωτοερμηνεία και ο διαχωρισμός των βασικότερων χρήσεων γης της περιοχής. Ιδανικότερος συνδυασμός θεωρήθηκε ο RGB 1,5,7 που παρουσιάζει σαφή διαχωρισμό των κλάσεων (Σχήμα 17.Α.).

Ορισμός κλάσεων

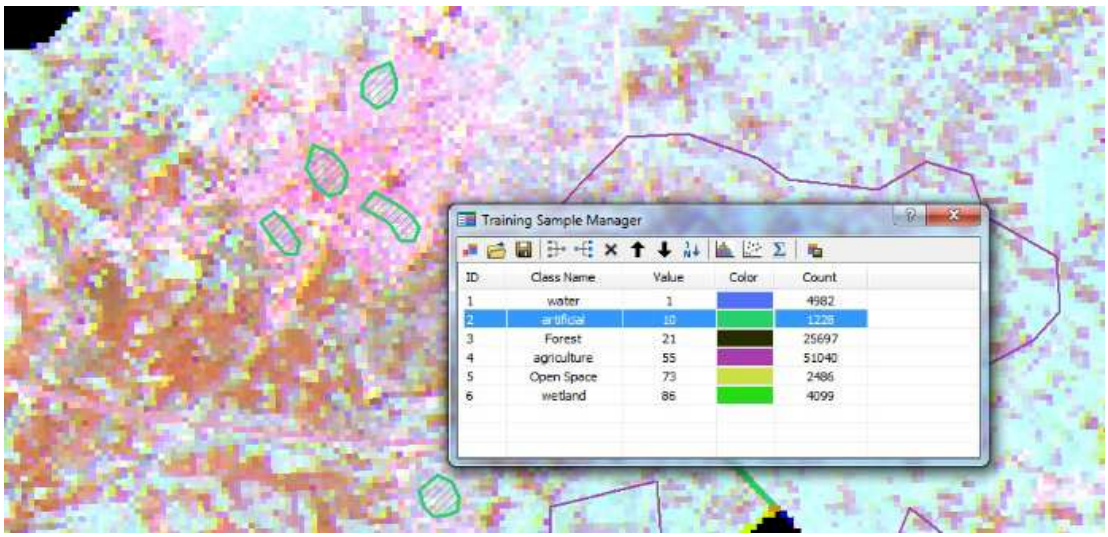
Στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκαν συνολικά έξι κλάσεις για την ταξινόμηση της εικόνας (Πίνακας 8). Οι συγκεκριμένες κλάσεις ομαδοποιούν ικανώς το σύνολο των χρήσεων γης της περιοχής μελέτης και ερμηνεύονται ορθώς από τις δορυφορικές εικόνες.

Πίνακας 8. Κλάσεις - περιγραφή

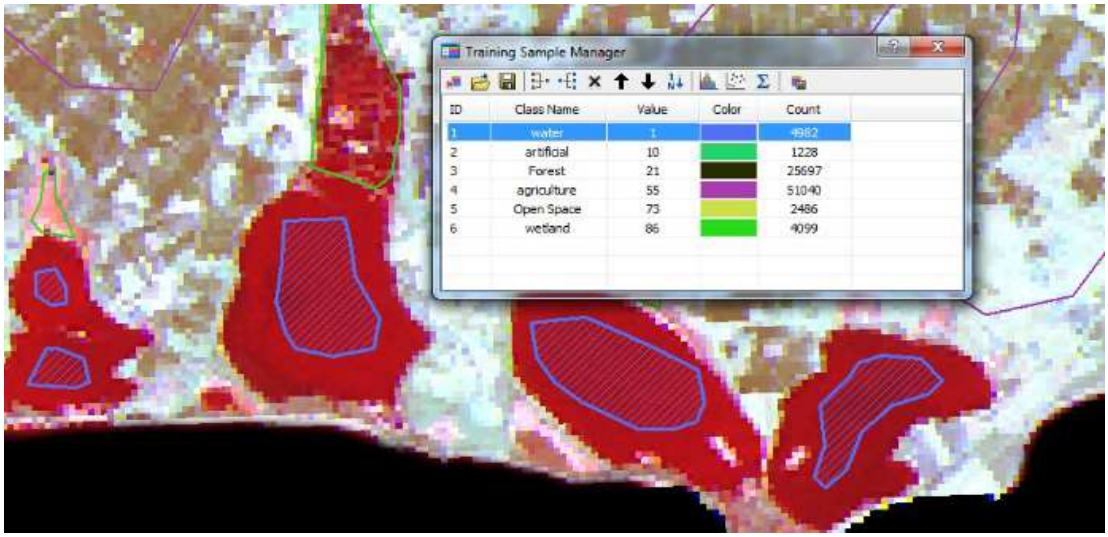
Α/Α	Κλάσεις	Περιγραφή
1	Υδάτινες επιφάνειες	Υδατοδεξαμενές, λίμνες, λιμνοθάλασσες
2	Τεχνητές επιφάνειες	Οικισμοί, έργα υποδομής
3	Δάση	Μικτά δάση, φυλλοβόλα δάση, αειθαλή δάση
4	Γεωργικές περιοχές	Καλλιέργειες
5	Ανοιχτοί χώροι	Γυμνά εδάφη, άμμοι, λιβαδικές εκτάσεις
6	Έλη, βάλτοι, ιχθυοκαλλιέργειες	Περιοχές με αβαθή στάσιμα νερά, περιοδική κάλυψη με νερό

Δημιουργία ROI

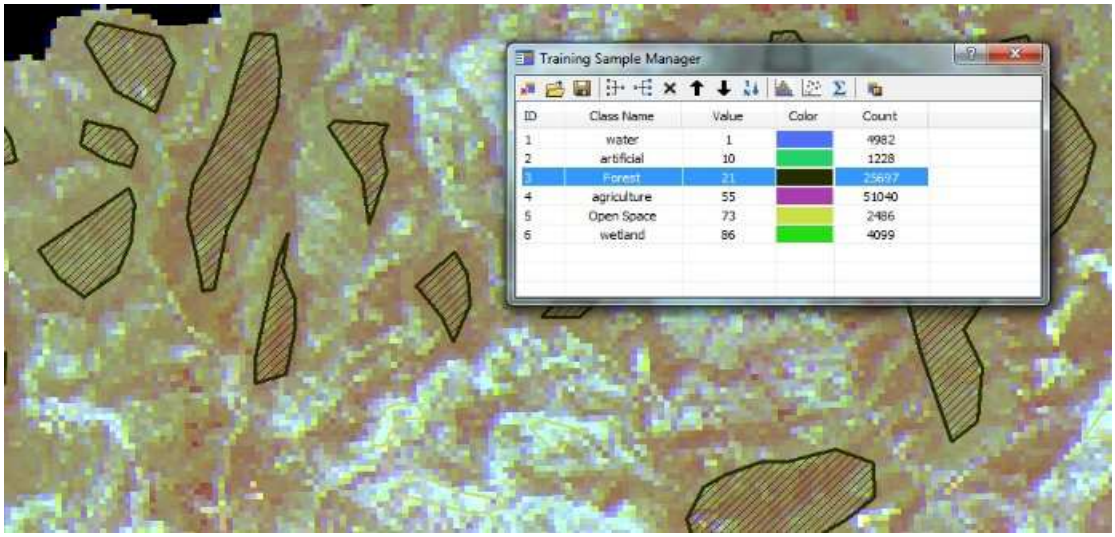
Τελικό βήμα στη δημιουργία της ταξινόμησης της εικόνας είναι η δημιουργία των Region of Interest (ROI). Για κάθε κλάση εντοπίζονται οι γεωγραφικές οντότητες για να ταυτιστούν με τα pixels της εικόνας. Όσες περισσότερες περιοχές ταυτιστούν (γεωγραφικές οντότητες για κάθε κλάση) τόσο καλύτερο και ακριβέστερο θα είναι το αποτέλεσμα της ταξινόμησης (Σχήμα 18).



Σχήμα 18.1 ROI τεχνητών επιφανειών



Σχήμα 18.2 ROI υδάτινων επιφανειών



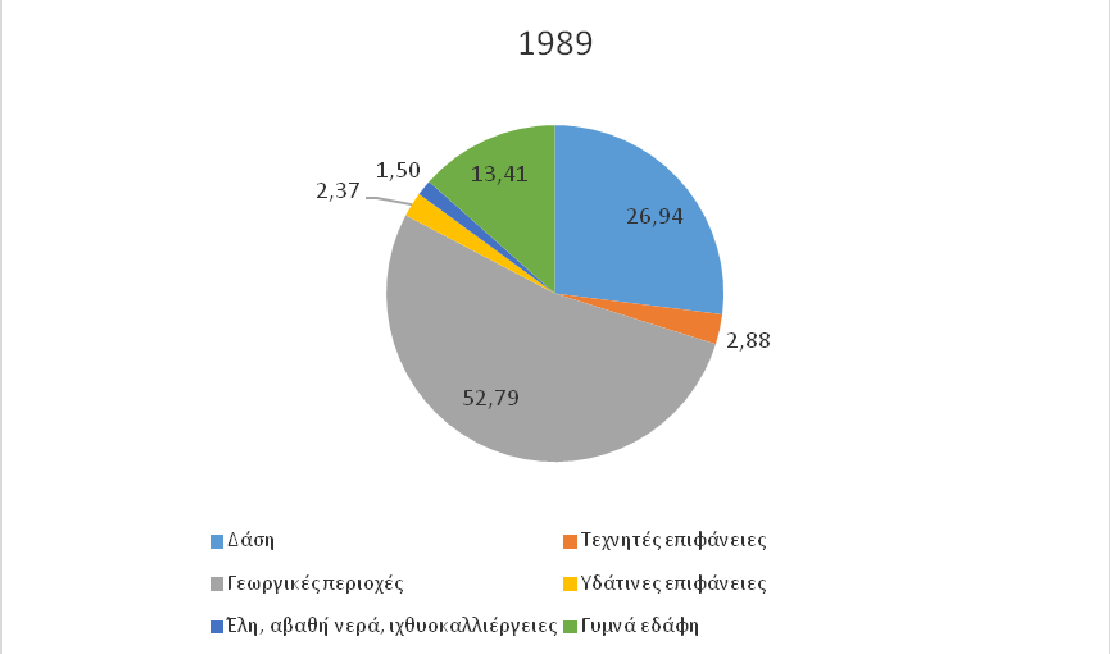
Σχήμα 18.3 ROI Δασών

5. Αποτελέσματα

Στατιστική ανάλυση

Η στατιστική επεξεργασία των παραγόμενων ταξινομημένων εικόνων αναδεικνύει τις γεωργικές περιοχές ως επικρατούσα χρήση γης για το σύνολο των χρονικών περιόδων (Διαγράμματα 3,4 & 5). Ειδικότερα, το 1989, οι καλλιέργειες καλύπτουν επιφάνεια που αγγίζει το 52,79% της έκτασης του δήμου (Διάγραμμα 3). Οι δασώδεις εκτάσεις συγκεντρώνονται στο βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης με ποσοστό που φτάνει στο 26,94% (Διάγραμμα 3). Τα γυμνά εδάφη (λιβάδια, βραχώδεις εκτάσεις) συγκεντρώνονται ως επί το πλείστον σε περιοχές μεγάλου υψομέτρου και αποτελούν την τρίτη σε έκταση χρήση γης της περιοχής μελέτης (Διάγραμμα 3). Τα οικιστικά κέντρα του δήμου Κομοτηνής για το έτος 1989 καλύπτουν το 2,88% της συνολικής έκτασης ενώ ακολουθούν οι υδάτινες επιφάνειες και οι περιοχές που καλύπτονται περιοδικά από νερό (Διάγραμμα 3).

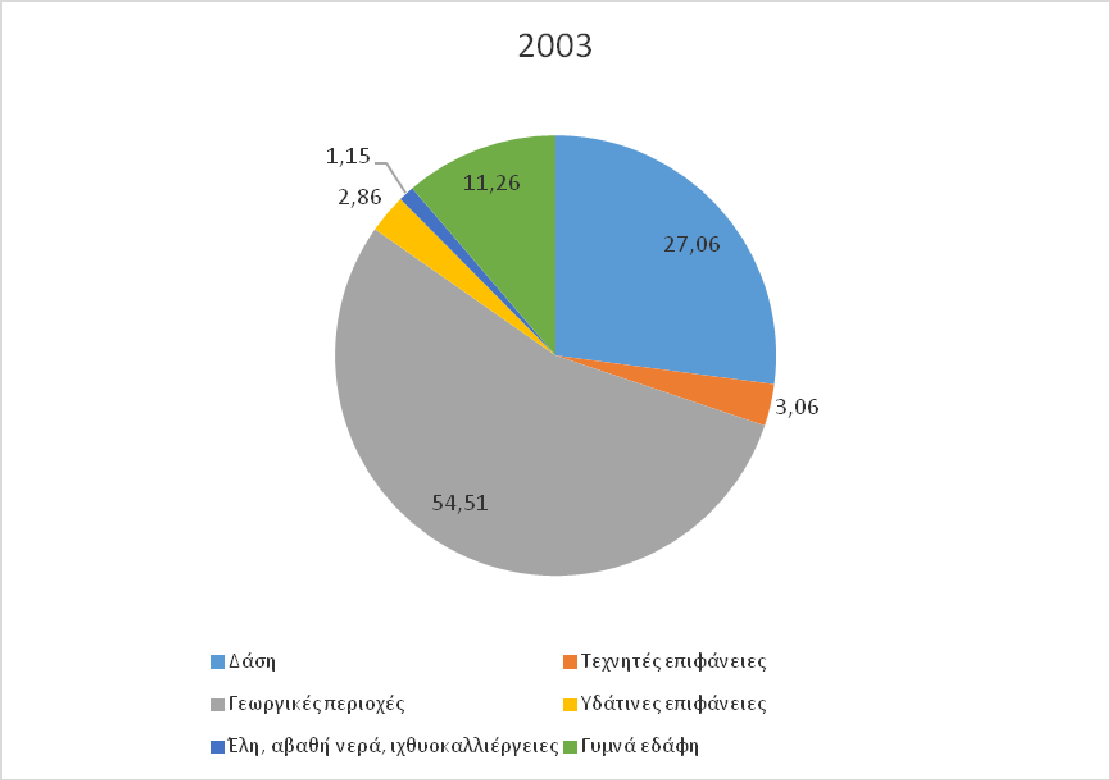
Διάγραμμα 3. Ποσοστιαία (%) κατανομή χρήσεων γης δήμου Κομοτηνής κατά το έτος 1989



Δεκατέσσερα χρόνια μετά, παρόλο που παρατηρούνται μικρές διαφοροποιήσεις στα ποσοστά των χρήσεων γης, η σειρά κατάταξης τους παραμένει ίδια. Ειδικότερα, τα στατιστικά στοιχεία της ταξινομημένης εικόνας του 2003 αναδεικνύουν ως κυρίαρχη

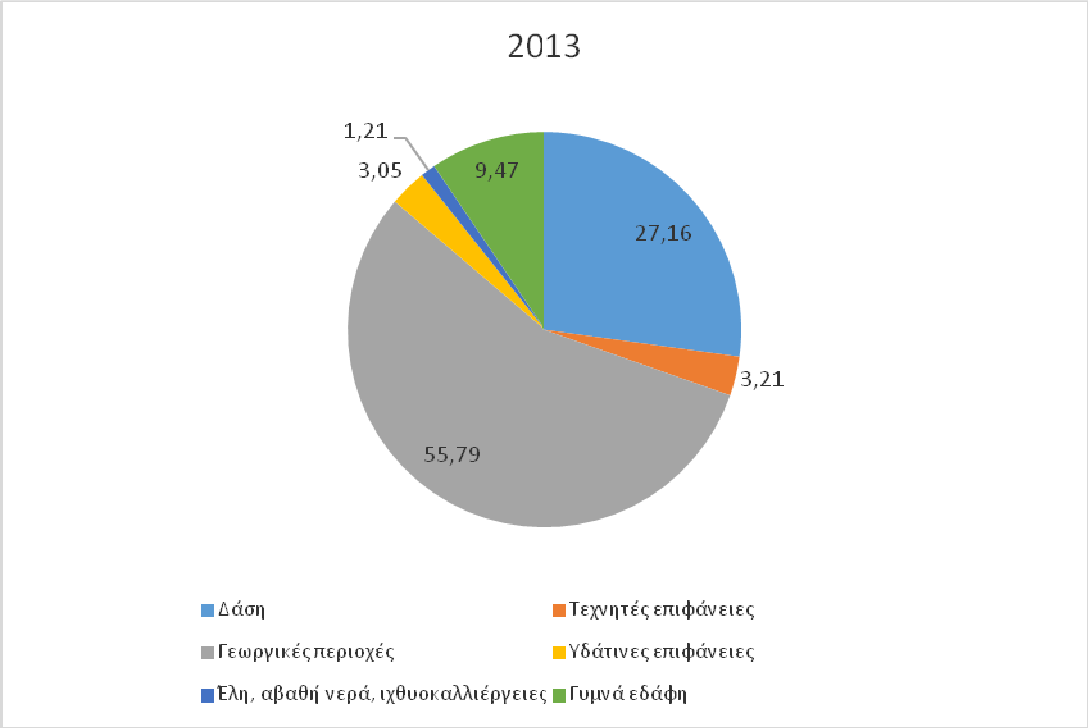
χρήση γης τις γεωργικές περιοχές, αυξημένη κατά 3,15% σε σχέση με το 1989 (Διαγράμματα 3 & 4). Αύξηση παρατηρείται και στις δασώδεις εκτάσεις που καταγράφονται πλέον με 27,06% (Διάγραμμα 4). Αντίθετα, τα γυμνά εδάφη υποχωρούν κατά 16% συγκριτικά με το 1989 (Διαγράμματα 3 & 4). Σταθερή αύξηση των επιφανειών τους καταγράφουν τόσο τα οικιστικά κέντρα και οι υποδομές όσο και οι υδάτινες επιφάνειες.

Διάγραμμα 4. Ποσοστιαία (%) κατανομή χρήσεων γης δήμου Κομοτηνής κατά το έτος 2003



Ανάλογη εικόνα παρατηρείται και το 2013. Συγκεκριμένα, καταγράφονται οριακές χωρικές επεκτάσεις στις γεωργικές περιοχές, τα δάση, τις υδάτινες επιφάνειες και τον αστικό ιστό ενώ υποχωρούν οι ανοιχτοί χώροι (λιβάδια, γυμνά εδάφη), οι περιοχές που καλύπτονται περιοδικά με νερό, τα έλη και τα αβαθή νερά.

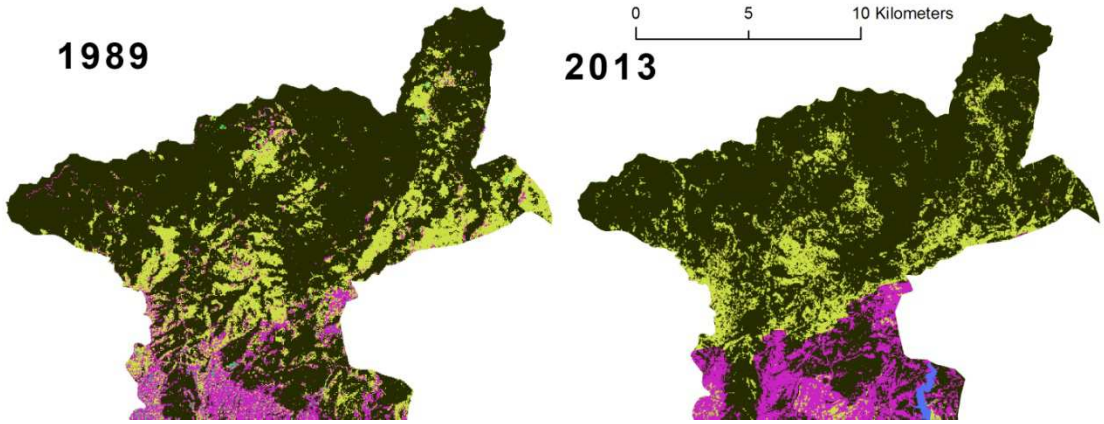
Διάγραμμα 5. Ποσοστιαία (%) κατανομή χρήσεων γης Δήμου Κομοτηνής κατά το έτος 2013



Οι χρήσεις γης του δήμου Κομοτηνής, από το 1989 έως και το 2013, παρουσιάζουν οριακή διαφοροποίηση όσον αφορά τα ποσοστιαία μεγέθη. Οι παρούσες διαφοροποιήσεις ελέγχονται από τον αγροτικό προσανατολισμό της οικονομίας που διατηρεί τον κυρίαρχο ρόλο στο σύνολο της Περιφερειακής Ενότητας Ροδόπης.

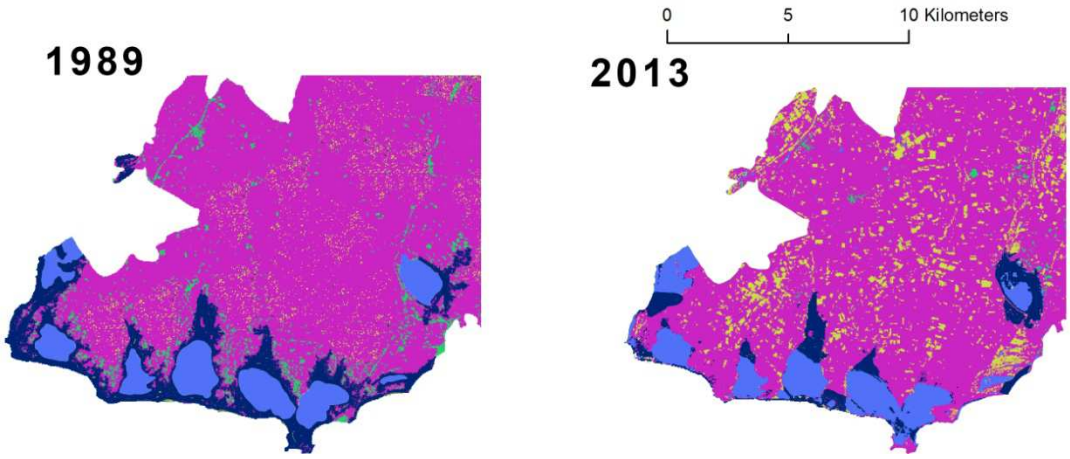
Χωρική κατανομή χρήσεων γης

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο δήμος της Κομοτηνής εκτείνεται από τα σύνορα της Ελλάδας με την Αλβανίας στο Βορρά μέχρι το Θρακικό Πέλαγος διατηρώντας ένα σχετικά επίμηκες σχήμα διεύθυνσης ΒΒΑ-ΝΝΔ. Το βορειότερο τμήμα του δήμου, που αποτελεί και παράλληλα το ορεινό του τμήμα, αποτελείται κυρίως από δασώδεις εκτάσεις που αυξήθηκαν από το 1989 έως το 2013 κατά 5,13% (Σχήμα 19 & Διαγράμματα 3, 5).



Σχήμα 19. Απεικόνιση των χρήσεων γης του βόρειου τμήματος της περιοχής μελέτης για τα έτη 1989, 2013. Διακρίνεται η οριακή αύξηση των δασών (πράσινο χρώμα) και η τεχνητή λίμνη του φράγματος (μπλε χρώμα)

Αυτή η αύξηση είχε ως αποτέλεσμα την υποχώρηση των λιβαδικών εκτάσεων σε ανάλογα ποσοστά (Σχήμα 19 & Διαγράμματα 3, 5). Σημαντική διαφοροποίηση στο τοπίο του ορεινού τμήματος είναι η κατασκευή του φράγματος Γρατίνης το 2000 που μετάλλαξε το τοπικό κλίμα (Φωτογραφία 10). Το κεντρικό πεδινό τμήμα του δήμου κυριαρχείται από τις καλλιέργειες. Εδώ καταγράφεται το σύνολο των αποτυπωμάτων του ανθρώπου (δομικά έργα & έργα υποδομής) που αυξήθηκαν από το 1989 έως και το 2013 περισσότερο από 10% (Διαγράμματα 3 & 5). Τέλος, στις θρακικές ακτές, οι κυριαρχούσες χρήσεις γης είναι οι λίμνες-λιμνοθάλασσες που χαρακτηρίζουν εξ ολοκλήρου το τοπίο (Σχήμα 20). Παρόλο που καταγράφεται ρυθμός αύξησης των υδάτινων επιφανειών στο σύνολο της περιοχής, τοπικά αυτή παραμένει μάλλον σταθερή και η γενική άνοδος οφείλεται περισσότερο στην κατασκευή του φράγματος στα βόρεια το έτος 2000.



Σχήμα 20. Διαφοροποίηση υδάτινων επιφανειών στο νότιο τμήμα της περιοχής μελέτης



Φωτογραφία 10. Άποψη του φράγματος της Γρατίνης

Για τη χρονική περίοδο, 1989-2003, θα ήταν ενδιαφέρον να γίνει αναφορά και στις χωρικές μεταβολές που έχουν προκύψει από την ΒΔ CLC90 με την ΒΔ CLC2000 του προγράμματος CORINE LAND COVER και αφορούν την περιοχή μελέτης. Σύμφωνα με την τεχνική έκθεση που παρουσιάστηκε για το έργο «Ενημέρωση της Βάσης Δεδομένων CORINE LAND COVER για το έτος 2000», η μελέτη και απόδοση των μεταβολών μεταξύ των ετών 1990 και 2000 άρχισε αφού είχε ολοκληρωθεί ο ποιοτικός έλεγχος και είχε επιβεβαιωθεί στο σύνολο της περιοχής μελέτης η ορθότητα (θεματική, γεωμετρική και τοπολογική) της αναθεωρημένης ΒΔ CLC1990. Η χρονική αυτή στιγμή θεωρήθηκε ως αφετηρία για τη μελέτη των μεταβολών. Να σημειωθεί ωστόσο ότι η διαδικασία που εφαρμόστηκε δεν απέκλειε την δυνατότητα στο φωτοερμηνευτή να διορθώσει κάποια από τα πολύγωνα της αναθεωρημένης ΒΔ CLC1990 και κατά τη φάση αυτή, εάν αυτό κρινόταν απαραίτητο. Στη προκειμένη περίπτωση ο φωτοεμηνευτής επέβαλε πρώτα τις αλλαγές στη ΒΔ CLC1990 και στη συνέχεια δημιουργούσε νέο πολύγωνο στη ΒΔ CLC Change.

Τα δύο κριτήρια για την ερμηνεία των μεταβολών ήταν ότι έπρεπε να έχουν πλάτος τουλάχιστον έως 100m και επιφάνεια τουλάχιστον 5Ηα. Στην περίπτωση ενός εντελώς νέου πολυγώνου το οποίο δεν υπήρχε στην ΒΔ CLC90 αυτό θα έπρεπε να έχει μέγεθος τουλάχιστον 25Ηα και πλάτος 100m. Οι μεταβολές ελέγχθηκαν σε κάθε Φύλλο Χάρτη 1:100.000 ξεχωριστά. Ο φωτοερμηνευτής ο οποίος είχε ασχοληθεί με την διόρθωση της ΒΔ CLC90 ανέλαβε να μελετήσει και να οριοθετήσει τις μεταβολές στη επιφάνεια του εν λόγω Φύλλου Χάρτη 1:100.000.

Η διαδικασία που εφαρμόστηκε προέβλεπε να γίνεται ένα αντίγραφο της ΒΔ CLC90 ανά Φύλλο Χάρτη 1:100.000 όπου και αναλάμβανε ο φωτοερμηνευτής να αναγνωρίσει και οριοθετήσει τις μεταβολές. Το λογισμικό περιβάλλον που χρησιμοποιήθηκε εφάρμοζε αυτόματα λειτουργίες overlay επί των υφιστάμενων πολυγώνων CLC90 και δημιουργούσε αυτόματα τα πολύγωνα των μεταβολών CLC90-CLCH. Η τυπολογία των μεταβολών που δημιουργούταν με το τρόπο αυτό από το σύστημα και που αποτέλεσε αντικείμενο μελέτης στο τελικό σχεδιασμό της ΒΔ CLC2000 είχε όπως στη συνέχεια:

Ας υποθέσουμε ότι T_{90} και T_{00} είναι οι επιφάνειες ενός πολυγώνου στις ΒΔ CLC90 και CLC2000 αντίστοιχα και T_{CH} η επιφάνεια της μεταβολής. Η αυτοματοποιημένη από το σύστημα ανάλυση των δύο ΒΔ (overlay) δίνει τις παρακάτω περιπτώσεις:

T_{90}	T_{CH}	T_{00}	Κωδικός	Ενέργεια και Αποτέλεσμα
>= 25 Ηα	>= 5 Ηα	>= 25 Ηα	A	Απλή περίπτωση αλλαγής. Τα τρία πολύγωνα T_{90}, T_{00}, T_{CH} σχεδιάζονται και στις τρείς ΒΔ.
>= 25 Ηα	< 5 Ηα	>= 25 Ηα	B	Δεν σχεδιάζεται πολύγωνο μεταβολής. Η μικρή μεταβολή χρησιμοποιείται μόνο για να σχεδιαστεί ορθότερα η ΒΔ CLC2000.
>= 25 Ηα	>= 5 Ηα	< 25 Ηα	C	Το πολύγωνο της μεταβολής σχεδιάζεται. Το πολύγωνο που απομένει μετά τη μικρή μεταβολή που υπέστη εξαφανίζεται και γενικεύεται στη ΒΔ CLC2000 σύμφωνα με τους κανόνες προτεραιότητας.
>= 25 Ηα	< 5 Ηα	< 25 Ηα	D	Δεν σχεδιάζεται πολύγωνο μεταβολής ενώ αυτό που απομένει μετά τη μικρή μεταβολή που υπέστη εξαφανίζεται και γενικεύεται στη ΒΔ CLC2000 σύμφωνα με τους κανόνες προτεραιότητας.
< 25 Ηα	>= 5 Ηα	>= 25 Ηα	E	Ένα νέο πολύγωνο δημιουργείται στη ΒΔ CLC2000 που δεν υπήρχε στη ΒΔ CLC90 μετά από μεταβολή της κατάστασης. Το τμήμα του νεοδημιουργηθέντος πολυγώνου που υφίστατο ήδη από το έτος 1990 αλλά δεν είχε σχεδιαστεί λόγω μεγέθους δεν συμμετέχει στο σχεδιασμό του πολυγώνου της μεταβολής.
< 25 Ηα	< 5 Ηα	>= 25 Ηα	F	Ένα νέο πολύγωνο δημιουργείται στη ΒΔ CLC2000 που δεν υπήρχε στη ΒΔ CLC90 μετά από μικρή μεταβολή της κατάστασης. Δεν σχεδιάζεται πολύγωνο μεταβολής αλλά μόνο πολύγωνο στη ΒΔ CLC2000.
< 25 Ηα	>= 5 Ηα	< 25 Ηα	G	Σχεδιάζεται μόνο πολύγωνο μεταβολής. Τα αντίστοιχα πολύγωνα T_{90}, T_{00} ακολουθούν τους κανόνες γενίκευσης των μικρών πολυγώνων.
< 25 Ηα	< 5 Ηα	< 25 Ηα	H	Σχεδιάζεται μόνο μια μικρή μεταβολή μόνο για να δοθεί ορθότερο σχήμα στο πολύγωνο στη ΒΔ CLC2000 αλλά τελικά κανένα από τα πολύγωνα T_{90}, T_{00}, T_{CH} δεν εμφανίζεται σε καμία ΒΔ.

Η χωρική κατανομή των μεταβολών που χαρτογραφήθηκαν και αφορούν την περιοχή μελέτης παρουσιάζεται στο σχήμα που ακολουθεί. Ομαδοποιώντας τις μεταβολές αυτές από το $3^{ο}$ επίπεδο κατηγοριοποίησης του CORINE LAND COVER (Σχήμα 10) στις έξι κλάσεις που έχουν οριστεί για την επιβλεπόμενη ταξινόμηση που εφαρμόστηκε, προκύπτουν τα εξής:

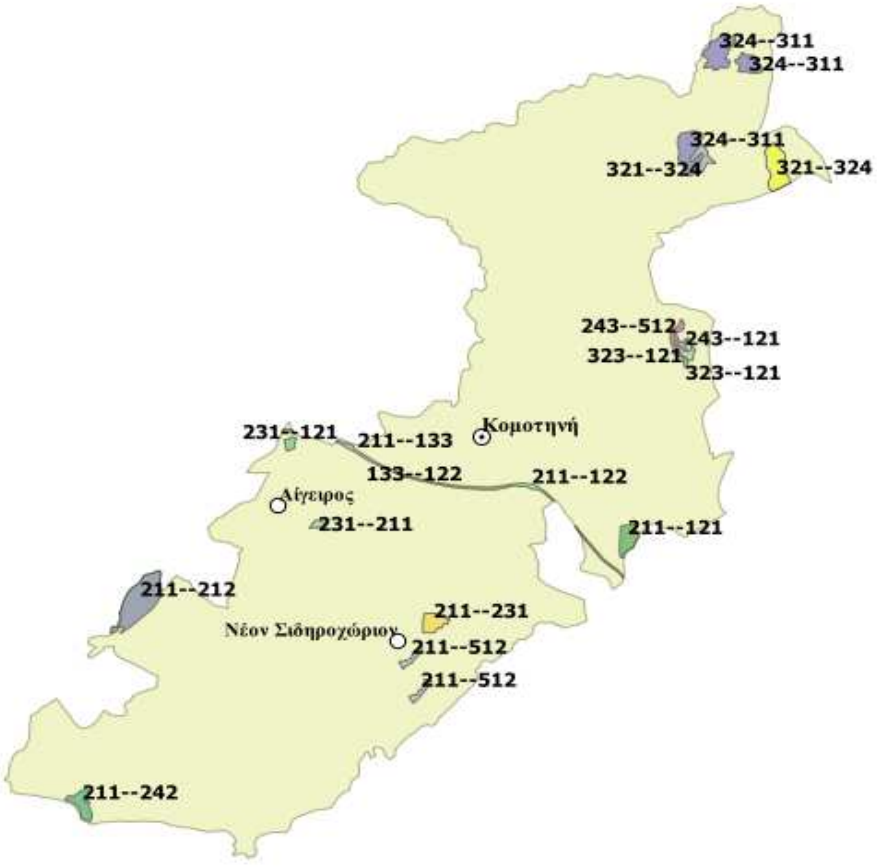
- Αύξηση των τεχνητών επιφανειών κατά 642,238 Ηα και ο λόγος της τόσο μεγάλης έκτασης είναι η κατασκευή της Εγνατίας Οδού και η εγκατάσταση βιομηχανικών μονάδων στην περιοχή.

- Όσον αφορά τις γεωργικές περιοχές παρουσιάζεται μία μικρή αύξηση έκτασης 22 Ha, αλλά παρατηρούμε ότι έχουμε αυξημένες τις μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις κατά 3683 Ha στην περιοχή της λίμνης Βιστονίδας, περιοχή που είχε χαρακτηριστεί ως μη αρδευόμενη αρόσιμη γη στη ΒΔ CLC90.

- Οι υδάτινες επιφάνειες έχουν αυξηθεί κατά 117 Ha γεγονός που οφείλεται εν μέρει στην κατασκευή του φράγματος Γρατίνης το 2000.

- Σε έλη, αβαθή νερά και ιχθυοκαλλιέργειες δεν υπάρχουν μόνιμες αλλαγές που να έχουν αποτυπωθεί σε χαρτογραφικές μονάδες στην ΒΔ των μεταβολών του CORINE LAND COVER.

- Τέλος, όσον αφορά την κατηγορία δάση παρουσιάζεται μία φυσική εξέλιξη στις εδαφικές χρήσεις γης. Εκτάσεις χαρακτηρισμένες ως φυσικοί βοσκότοποι στη ΒΔ CLC90 ταξινομούνται το 2000 ως μεταβατικές θαμνώδεις και δασώδεις εκτάσεις και εκτάσεις χαρακτηρισμένες ως μεταβατικές θαμνώδεις και δασώσεις στη ΒΔ CLC90 ταξινομούνται το 2000 ως δάση.



Σχήμα 21. Χωρική κατανομή των μεταβολών χρήσεων γης του CORINE LAND COVER (1990-2000)

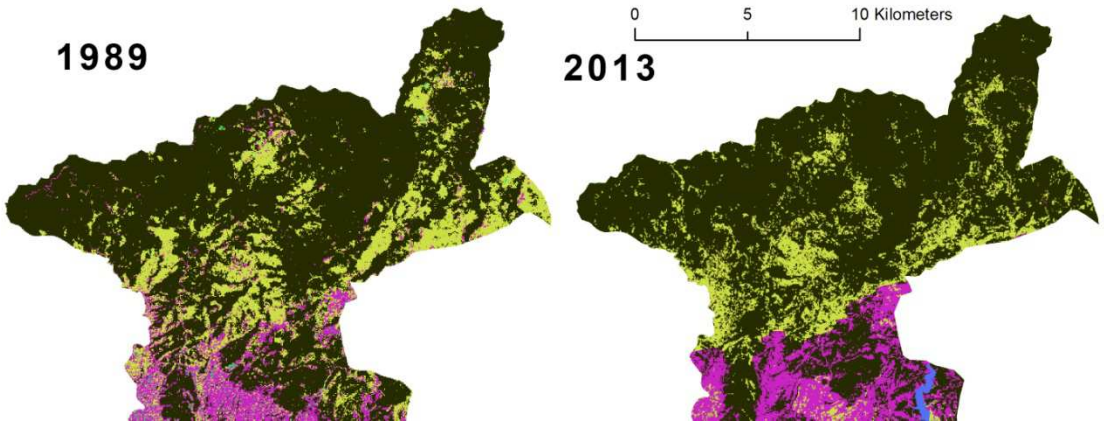
6. Συμπεράσματα

Είναι αναμφισβήτητο ότι η ραγδαία αύξηση της τεχνολογίας και των υπολογιστών την τελευταία πεντακονταετία έχει συνεισφέρει τα μέγιστα στην επιστημονική παρατήρηση. Ειδικότερα, η καλπάζουσα ανάπτυξη των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών και της Τηλεπισκόπησης έχει δώσει νέα ώθηση στις γεωεπιστήμες. Η επιστημονική παρατήρηση των αλλαγών των καλυπτόμενων επιφανειών συγκεκριμένης γεωγραφικής οντότητας είναι πλέον εφικτή με φωτοερμηνεία δορυφορικών εικόνων διαφορετικών χρονικών περιόδων. Μέσω της διαχρονικής παρατήρησης μπορούμε πλέον να προβλέψουμε τις τάσεις των διαφόρων ομαδοποιημένων περιοχών και να εκτιμήσουμε τη μελλοντική τους συμπεριφορά. Οι διάφοροι τύποι δορυφορικών δεδομένων παρέχουν ευρεία χωρική διακριτική ικανότητα επιτρέποντας στο χρήστη να επιλέξει τα κατάλληλα δεδομένα για την σωστή τεκμηρίωση των συμπερασμάτων (ΓΑΤΣΗΣ κ.α. 2003). Στην παρούσα εργασία επεξεργάστηκαν 3 δορυφορικές εικόνες Landsat του δήμου Κομοτηνής, ίδιας εποχής αλλά διαφορετικών ετών με σκοπό αρχικά την αναγνώριση των χρήσεων γης και αφετέρου την εξέλιξη τους. Ο κατάλληλος συνδυασμός των φασματικών καναλιών των εικόνων Landsat έδωσε σαφή διαχωρισμό των εδαφικών χρήσεων της περιοχής μελέτης.

Οι ταξινομημένες εικόνες που παράχθηκαν αναδεικνύουν ως επικρατούσα χρήση γης τις καλλιέργειες που σημειώνουν μικρή αύξηση από το 1989 έως και το 2013. Η συγκεκριμένη χρήση καλύπτει ως επί το πλείστον το κεντρικό και νότιο τμήμα του δήμου που συμπίπτει με το χαμηλό ανάγλυφο της πεδιάδας της Ξάνθης – Κομοτηνής (Βλέπε: παράρτημα χαρτών, σελ. 64). Το γεγονός αυτό οφείλεται αφενός στον αγροτικό προσανατολισμό της περιφερειακής ενότητας Ροδόπης και αφετέρου σε ποικίλους παράγοντες που ενισχύουν τις καλλιέργειες (ανάπτυξη οδικού δικτύου, ανάπτυξη υποδομών για άρδευση, νέες καλλιέργειες κ.α.) Αυτή η μικρή αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων συμπαρασύρει και την μεγέθυνση (έστω και σε μικρό βαθμό) του οικιστικού ιστού αφού αυξάνεται παράλληλα και το απασχολούμενο προσωπικό.

Η αύξηση κατά 5% των δασών που χωροθετούνται στο βόρειο τμήμα οφείλεται αφενός στην υποχώρηση των λιβαδικών εκτάσεων, πιθανόν από σταδιακή εγκατάλειψη της ελεύθερης βόσκησης και στην μείωση της υλοτομίας. Η διαφορά

αυτή είναι ιδιαίτερα ορατή στα ανατολικά του βόρειου τμήματος (Σχήμα 22). Ανάλογα αποτελέσματα με οριακή αύξηση των δασών στην οροσειρά της Ροδόπης προκύπτουν και από τη μελέτη της WWF για το σύνολο της περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης (ΛΙΑΡΙΚΟΣ κ.α. 2012). Συμπερασματικά, προκύπτει ότι τα βορινά ορεινά τμήματα του δήμου Κομοτηνής (οροσειρά Ανατολικής Ροδόπης) επηρεάζονται σε μικρό βαθμό από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες και ακολουθούν μία φυσική εξέλιξη στις εδαφικές χρήσεις γης.

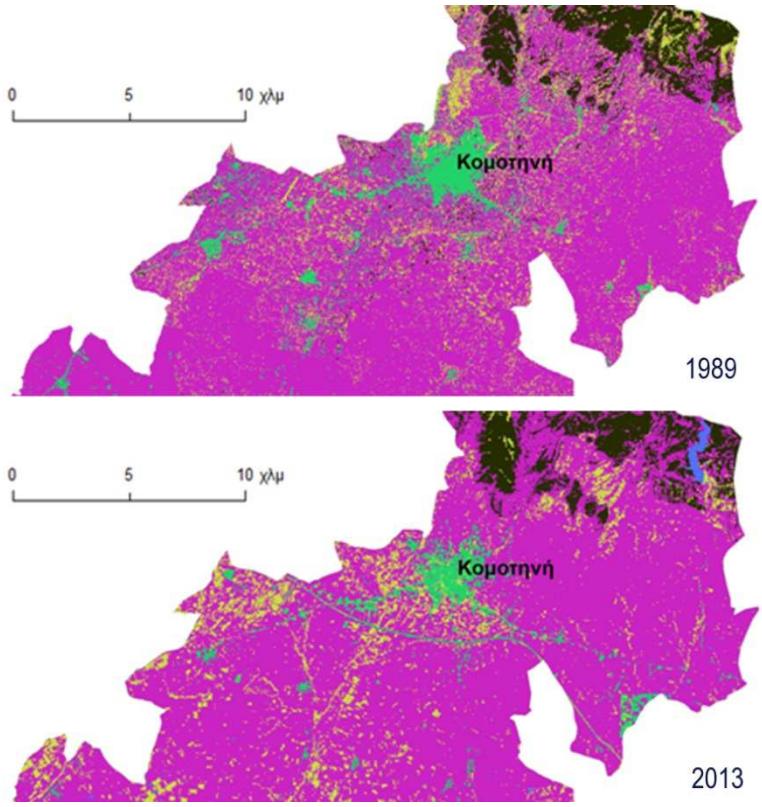


Σχήμα 22. Από το 1989 έως κι το 2013 καταγράφεται επικράτηση των δασικών εκτάσεων (πράσινο χρώμα) έναντι των λιβαδικών εκτάσεων (κίτρινο χρώμα)

Έντονο ενδιαφέρον παρουσιάζει το παράκτιο τοπίο με τις λίμνες – λιμνοθάλασσες. Οι εποχιακές μεταβολές είναι καταλυτικές για την αυξομείωση των μαζών των υδάτινων επιφανειών. Ο ανθρώπινος παράγοντας είναι εξίσου σημαντικός για αυτές τις αυξομειώσεις (κατασκευή φράγματος Γρατίνης & ιχθυοκαλλιέργειες) καθώς οι λίμνες αποτελούν σημαντική πηγή άρδευσης για την αροτραία γη. Κατά συνέπεια, η εκτίμηση των αλλαγών στην κάλυψη γης στη συγκεκριμένη χρήση δεν είναι δυνατόν να καταμετρηθεί απλά με την στιγμιαία απεικόνισή τους σε μία δορυφορική εικόνα μία δεδομένη στιγμή. Η καταγραφή στατιστικών στοιχείων αναφορικά με το δρόμο του νερού αυτών των χρήσεων θα αποδώσει σαφώς ασφαλέστερα συμπεράσματα.

Σε γενικές γραμμές, ο δήμος Κομοτηνής παρουσιάζει μικρές μεταβολές των χρήσεων γης από το 1989 έως και το 2013 (Βλέπε: παράρτημα χαρτών, σελ. 64). Ο μεγάλος οδικός άξονας της Εγνατίας Οδού καθώς και το φράγμα της Γρατίνης έδωσαν μία νέα

προοπτική ώθησης στην ανάπτυξη της καλλιεργούμενης γης. Ο οδικός άξονας της Εγνατίας Οδού καταγράφεται στις δορυφορικές εικόνες τόσο του 2003 όσο και του 2013 (Σχήμα 23). Παρόλα αυτά οι πρόσφατες μακροοικονομικές μεταβολές στη χώρα που επέφεραν μηδενικές έως ελάχιστες επενδύσεις ήταν καταλυτικός παράγοντας για την παγιοποίηση της υπάρχουσας οικονομικής κατάστασης στον δήμο Κομοτηνής. Επιπλέον, οι μείζονες αλλαγές στην Κοινή Αγροτική Πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης βάσει των οποίων βασικές καλλιέργειες της περιοχής (καπνός, βαμβάκι) παύουν να επιδοτούνται είναι ένας ακόμη σημαντικός λόγος για την μη έντονη αλλαγή στις χρήσεις γης.

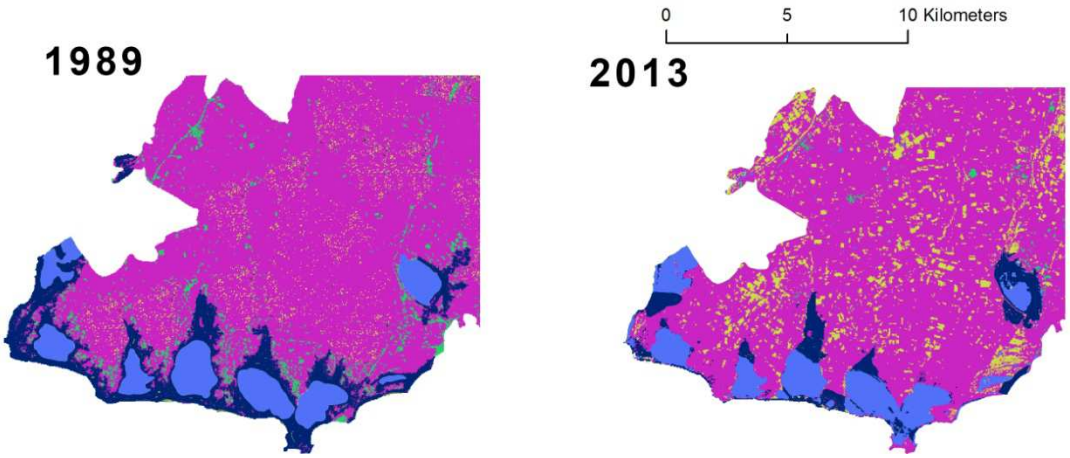


Σχήμα 23. Με πράσινο χρώμα καταγράφεται στην εικόνα του 2013 ο οδικός άξονας της Εγνατίας που διασχίζει το δήμο Κομοτηνής από Ανατολή προς Δύση.

Σε επίπεδο μικροκλίμακας δεν μπορούν να εντοπιστούν οι αλλαγές στις χρήσεις γης (οι εικόνες Landsat αποτελούν μέσο μέσης χωρικής διακριτικής ικανότητας), όμως και από τη βιβλιογραφική έρευνα θεωρούνται αναμενόμενες. Ειδικότερα, τόσο οι

μελέτες στρατηγικού σχεδιασμού του νομού Ροδόπης όσο και τα επιχειρησιακά προγράμματα του δήμου Κομοτηνής υποδεικνύουν την εκμετάλλευση του νέου οδικού άξονα της Εγνατίας οδού για τη χωροθέτηση μεταποιητικών μονάδων. Οι ίδιες πηγές αναφέρουν και αλλαγές στη Βιομηχανική Περιοχή του δήμου Κομοτηνής με δημιουργία πρότυπων μονάδων. Παρόλα αυτά, οι συγκεκριμένες μεταβολές των χρήσεων γης αφενός δεν μπορούν να καταγραφούν στις ταξινομημένες εικόνες και αφετέρου δεν μεταβάλουν αισθητά τις χρήσεις γης στο σύνολο της περιοχής μελέτης.

Αναφορικά με το τεχνικό κομμάτι της μελέτης οφείλεται να τονιστεί η δυσκολία αναγνώρισης των λιβαδικών εκτάσεων από διαφόρους τύπους καλλιεργειών (οργωμένη γη, γη υπό αγρανάπαυση κ.α.). Η συγκεκριμένη αδυναμία προκύπτει από το γεγονός ότι οι διάφοροι τύποι καλλιεργειών ή η οργωμένη γη παρουσιάζουν διαφορετική απόκριση στα φασματικά κανάλια των εικόνων Landsat με αποτέλεσμα όμοιες χρήσεις γης να ταξινομούνται ως διαφορετικές (Σχήμα 24). Η ακριβής αναγνώριση αυτών των δύο γεωγραφικών οντοτήτων ενδέχεται να μεταβάλει (αν και σε μικρό βαθμό) τις συσχετίσεις αυτών των δύο χρήσεων γης.



Σχήμα 24. Με κίτρινο χρώμα απεικονίζονται οι ελεύθεροι χώροι – λιβαδικές εκτάσεις. Η έντονη διαφοροποίηση στις δύο εικόνες δεν οφείλεται στη μεταβολή των χρήσεων αλλά στην μη σωστή ταξινόμηση.

Εν κατακλείδι, η επεξεργασία ταξινόμησης δορυφορικών εικόνων Landsat έδωσε σαφή και ακριβή αποτελέσματα για την εξέλιξη των χρήσεων γης του δήμου Κομοτηνής. Τόσο οι βιβλιογραφικές πηγές όσο και οι μελέτες στρατηγικού σχεδιασμού της ευρύτερης περιοχής τεκμηριώνουν αυτή την εξέλιξη των χρήσεων γης, που εναρμονίζεται πλήρως με τον οικονομικό της χαρακτήρα.

7. Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία

ΑΣΤΑΡΑΣ Θ. (2010): Τηλεπισκόπηση - Φωτοερμηνεία στις Γεωεπιστήμες, Πανεπ. Σημειώσεις, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

ΓΑΤΣΗΣ, ΠΑΡΧΑΡΙΔΗΣ, ΠΑΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, ΨΩΜΙΑΔΗΣ (2003): Τηλεπισκόπηση - Εφαρμογές στις Γεωεπιστήμες, Αθήνα.

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ (2007): Μελέτη Στρατηγικού Σχεδιασμού Ανάπτυξης Νομού Ροδόπης – Ροδόπη: Η Γη της Βιο-Οικονομίας, Νομαρχία Ροδόπης, Υπερνομαρχία Ροδόπης – Έβρου, Τοπική Ένωση Δήμων και Κοινοτήτων Ροδόπης, Αναπτυξιακή Ροδόπης.

Κ. ΚΑΡΑΘΕΟΔΩΡΗ Α.Ε. ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΗ ΔΗΜΟΥ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ (2012): Επιχειρησιακό πρόγραμμα δήμου Κομοτηνής 2012-2014, Κομοτηνή

ΚΑΡΤΑΛΗΣ Κ., ΦΕΙΔΑΣ Χ. (2006): Αρχές & Εφαρμογές Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης, Αθήνα : Εκδοτική Γκιούρδας.

ΛΙΑΡΙΚΟΣ Κ., ΜΑΡΑΓΚΟΥ Π., ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΗΣ Θ. (επιμ. Έκδοσης) (2012): Η Ελλάδα τότε και τώρα: Διαχρονική χαρτογράφηση των καλύψεων γης, 1987-2007, WWF ΕΛΛΑΣ, Αθήνα.

ΜΕΡΤΙΚΑΣ Σ. (1999): Τηλεπισκόπηση και Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα.

ΜΗΛΙΑΡΕΣΗΣ Γ. (2006), Ειδικές Εφαρμογές στο ArcGis, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα

CHAVEZ P.S., MACKINNON D. (1994): Automatic detection of vegetation changes in the southwestern United States using remotely sensed images. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 60, pp. 571-583.

HADJIMITSIS D.G., RETALIS A., CLAYTON C.R.I., PERDIKOU P., ZLATOUDIS A.E. (2002): Satellite remote sensing in support of land-cover mapping in Skiathos Island, Greece. Proceedings of the International Conference Protection and Restoration of the Environment VI, Skiathos, July 1-5, 2002, pp. 1681-1688.

KWARTENG A.Y., CHAVEZ P.S. (1998): Change detection study of Kuwait City and environs using multi-temporal Landsat Thematic Mapper data, International Journal of Remote Sensing, 19(9), pp. 1651-1662.

SINGH A. (1989): Digital change detection techniques using remotely-sensed data. International Journal of Remote Sensing, 6, pp. 989-1003.

SUNAR F. (1998): An analysis of changes in a multi-date data set: a case study in the Ikitelli area, Istanbul, Turkey. International Journal of Remote Sensing, 19(2), pp. 225-235.

WRBKA TH., REITER K., SZERENCISTS E. (1999): Landscape structure derived from satellite images as indicator for sustainable land use. Proceedings of the 18th EARseL symposium on operational sensing for sustainable development, In: Operational Remote Sensing for Sustainable Development, ed. Nieeuwenhuis, G.J.A, Vaugham, R.A., Molenaar, M., pp.119-127.

Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία

www.geodata.gov.gr: Ανοιχτό portal που παρέχει γεωγραφικά δεδομένα σε μορφή vector

www.glcf.umiacs.umd.edu: Διάθεση δορυφορικών εικόνων Landsat

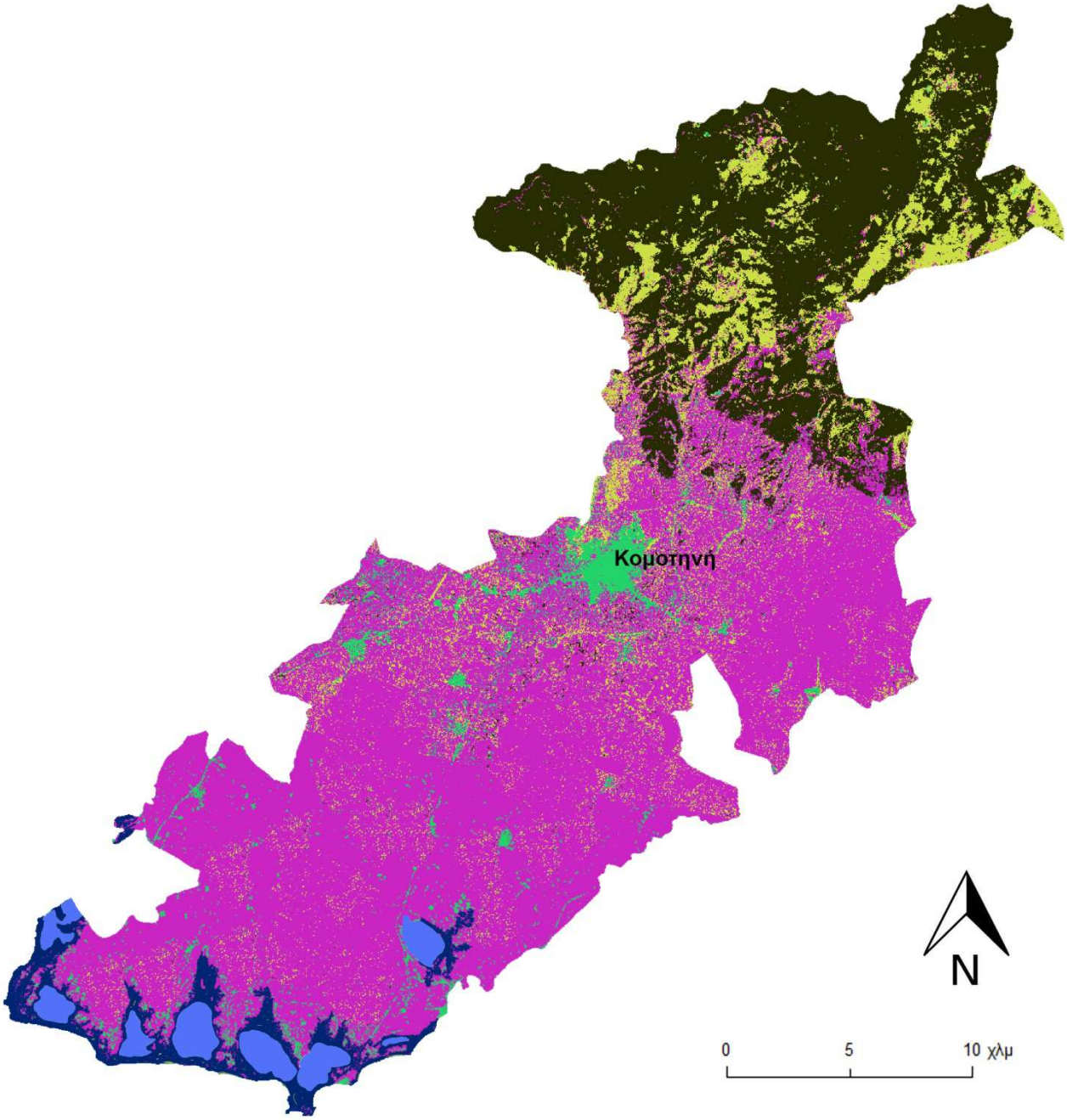
www.landsat.org: Διάθεση δορυφορικών εικόνων Landsat

www.statistics.gr: Ελληνική Στατιστική Αρχή: Παροχή στατιστικών δεδομένων για την περιοχή μελέτης

www.eea.europa.eu/themes/landuse/clc-download: Διαδικτυακή πύλη της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος που παρέχει δεδομένα CORINE CLC 2000

Google Earth

ПАРАРТНМА

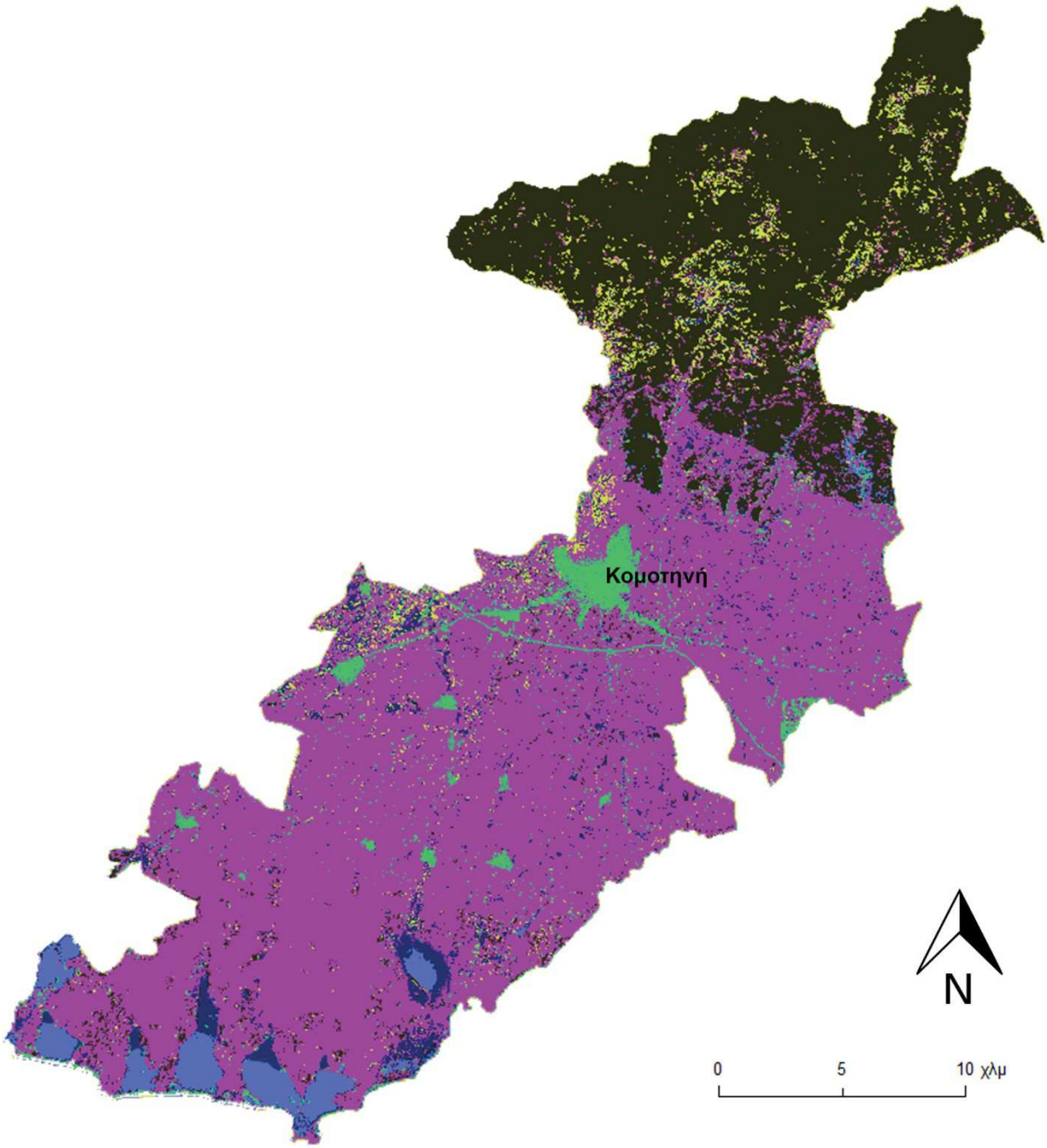


Ταξινομημένος Χάρτης Χρήσεων Γης έτους 1989

Υπόμνημα Χρήσεων Γης

- Υδάτινες επιφάνειες
- Ανθρωπογενή
- Δάση
- Καλλιέργειες
- Ανοιχτοί χώροι (Γυμνά εδάφη, λιβαδικές εκτάσεις)
- Έλη, βάλτοι, Αβαθή νερά, Ιχθυοκαλλιέργειες



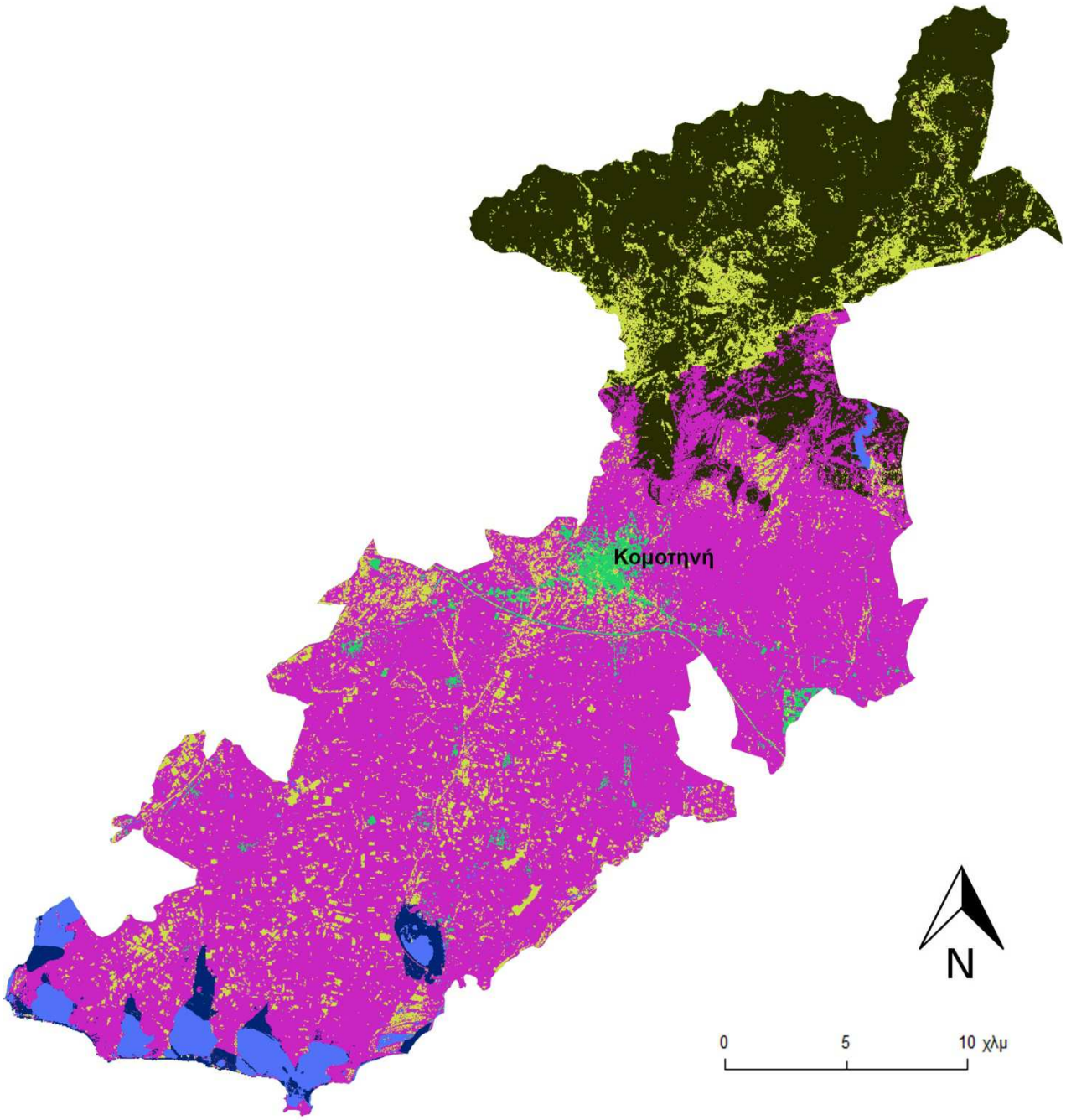


Ταξινομημένος Χάρτης Χρήσεων Γης έτους 2003

Υπόμνημα Χρήσεων Γης

- Υδάτινες επιφάνειες
- Ανθρωπογενή
- Δάση
- Καλλιέργειες
- Ανοιχτοί χώροι (Γυμνά εδάφη, λιβαδικές εκτάσεις)
- Έλη, βάλτοι, Αβαθή νερά, Ιχθυοκαλλιέργειες





Ταξινομημένος Χάρτης Χρήσεων Γης έτους 2013

Υπόμνημα Χρήσεων Γης

- Υδάτινες επιφάνειες
- Ανθρωπογενή
- Δάση
- Καλλιέργειες
- Ανοιχτοί χώροι (Γυμνά εδάφη, λιβαδικές εκτάσεις)
- Έλη, βάλτοι, Αβαθή νερά, Ιχθυοκαλλιέργειες

