



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΗΠΕΙΡΟΣ
2014-2020

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΗΠΕΙΡΟΣ 2014-2020»

Πράξη: «Ολοκληρωμένο σύστημα καταγραφής δεδομένων με σκοπό τη δημιουργία χρονοσειρών, μοντέλων και ενημερώσεων σχετικά με τις πλημμύρες στην πόλη της Ηγουμενίτσας»

Υποέργο 1: Ανάπτυξη και αξιολόγηση συστήματος και Διάχυση αποτελεσμάτων της Πράξης

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 1.2.3

Αναφορά σύνδεσης περιαστικής πράσινης υποδομής και πλημμυρικών φαινομένων - Χάρτες πλημμυρικού κινδύνου της περιαστικής-αστικής περιοχής και προτάσεις για βέλτιστες θέσεις σταθμών μέτρησης

ΑΡΤΑ 2019



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΗΠΕΙΡΟΣ
2014-2020

Επιχειρησιακό Προγράμματος «Ήπειρος 2014-2020»

**Ανάπτυξη και αξιολόγηση συστήματος και Διάχυση αποτελεσμάτων» της Πράξης
«Ολοκληρωμένο σύστημα καταγραφής δεδομένων με σκοπό τη δημιουργία
χρονοσειρών, μοντέλων και ενημερώσεων σχετικά με τις πλημμύρες στην πόλη
της Ηγουμενίτσας**

ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 1.2.3

**Αναφορά σύνδεσης περιαστικής πράσινης υποδομής και πλημμυρικών φαινομένων -
Χάρτες πλημμυρικού κινδύνου της περιαστικής-αστικής περιοχής και προτάσεις για
βέλτιστες θέσεις σταθμών μέτρησης**

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ - ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ

Δρ. Βάρρας Γρηγόριος, Αν. Καθηγητής Παν/μίου Ιωαννίνων

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΙ ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ

Δρ. Μυριούνης Χρήστος

Χρυσάφη Ειρήνη

Καλογρηάς Αναστάσιος

Ζάγκας Δημήτριος

Μπαλαμπέκος Γεώργιος

Γαλιδάκη Γεωργία

<https://fipep.ioa.teiep.gr>

ΑΡΤΑ 2019



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης





Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΗΠΕΙΡΟΣ
2014-2020

Πίνακας περιεχομένων

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1	Αντικείμενο του έργου	1
1.2	Δομή του έργου	3
1.3	Λειτουργικότητα πράξης και αξιοποίηση των αποτελεσμάτων	4
2	ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	5
2.1	Βασικές έννοιες – Ορισμοί.....	5
2.1.1	Χρήσεις/ κάλυψη γης.....	5
2.1.2	Χρήση/ κάλυψη γης στα Μεσογειακά τοπία.....	6
2.1.3	Χαρτογράφηση χρήσεων/ κάλυψης γης	7
2.1.4	Αλλαγές χρήσεων/ κάλυψης γης και πυκνότητας βλάστησης	8
3	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	10
3.1	Μορφολογία	10
3.2	Βλάστηση	11
4	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	12
4.1	Υλικά.....	12
4.2	Το πρόγραμμα CORINE	12
4.3	Ο δορυφόρος LANDSAT	14
4.3.1	Δορυφόρος Landsat -5.....	14
4.3.2	Δορυφόρος Landsat 8 OLI / TIRS.....	16
4.4	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	17
4.4.1	Γενικά	17
4.4.2	Κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης (NDVI).....	17
4.4.3	Προσδιορισμός μέσης ετήσιας παραγωγής φερτών υλικών με τη μέθοδο του Gavrilonic.....	21
4.4.4	Παρουσίαση υποθετικών σεναρίων	23
5	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	25
5.1	Κάλυψη χρήσης/γης για το 2000.....	25



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΗΠΕΙΡΟΣ
2014-2020

5.2	Κάλυψη χρήσης/γης για το 2006.....	27
5.3	Κάλυψη χρήσης/γης για το 2012.....	28
5.4	Αλλαγές κάλυψης χρήσης/γης.....	30
5.4.1	Αλλαγές κάλυψης χρήσης/γης 2000- 2006	30
5.4.2	Αλλαγές κάλυψης χρήσης/γης 2006- 2012	33
5.5	Αλλαγές πυκνότητας βλάστησης.....	34
5.5.1	CLC 323 Σκληρόφυλλη βλάστηση	36
5.5.2	CLC 321 Φυσικά χορτολίβαδα	38
5.6	Προσδιορισμός μέσης ετήσιας παραγωγής φερτών υλικών	40
6	ΠΛΥΜΜΥΡΙΚΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ.....	53
7	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	61
8	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	62

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1	Περιοχή μελέτης εντός του Δήμου Ηγουμενίτσας (υπόβαθρο Google Earth).....	3
Εικόνα 3	Περιοχή μελέτης εντός του Δ. Ηγουμενίτσας.....	10
Εικόνα 4	Δίαυλοι της δορυφορικής εικόνα Landsat-5 TM (14-08-2000), έγχρωμη σύνθεση της εικόνας (κάτω αριστερά) και δείκτης NDVI της περιοχής μελέτης (κάτω δεξιά).....	18
Εικόνα 5	Δίαυλοι της δορυφορικής εικόνα Landsat-5 TM (30-07-2006), έγχρωμη σύνθεση της εικόνας (κάτω αριστερά) και δείκτης NDVI της περιοχής μελέτης (κάτω δεξιά).....	19
Εικόνα 6	Δίαυλοι της δορυφορικής εικόνα Landsat-8 OLI (13-08-2013), έγχρωμη σύνθεση της εικόνας (κάτω αριστερά) και δείκτης NDVI της περιοχής μελέτης (κάτω δεξιά).....	20
Εικόνα 7	Μεθοδολογικό διάγραμμα για τον υπολογισμό της μέσης ετήσιας παραγωγής φερτών υλικών στην περιοχή μελέτης.....	24
Εικόνα 8	Χάρτης χρήσεων/κάλυψης γης στην περιοχή μελέτης κατά το 2000	26
Εικόνα 9	Χάρτης χρήσεων/κάλυψης γης στην περιοχή μελέτης κατά το 2006	27
Εικόνα 10	Χάρτης χρήσεων/κάλυψης γης στην περιοχή μελέτης κατά το 2013	29
Εικόνα 11	Εκτάσεις όπου παρατηρήθηκαν αλλαγές μεταξύ των ετών 2000-2006 εντός της περιοχής μελέτης.....	30



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΗΠΕΙΡΟΣ
2014-2020

Εικόνα 12 Εκτάσεις όπου παρατηρήθηκε αύξηση των κλάσεων του επιπέδου 1 του CORINE μεταξύ των ετών 2000-2006 εντός της περιοχής μελέτης.....	31
Εικόνα 13 Εκτάσεις όπου παρατηρήθηκε μείωση των κλάσεων του επιπέδου 1 του CORINE μεταξύ των ετών 2000 -2006 εντός της περιοχής μελέτης.....	33
Εικόνα 14 Εκτάσεις όπου παρατηρήθηκαν αλλαγές μεταξύ των ετών 2006-2012 εντός της περιοχής μελέτης.....	34
<i>Εικόνα 15 Δείκτης βλάστησης NDVI από τη δορυφορική εικόνα LANDSAT και πυκνότητα βλάστησης εντός της περιοχής μελέτης κατά το 2000, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης.....</i>	<i>35</i>
Εικόνα 16 Δείκτης βλάστησης NDVI από τη δορυφορική εικόνα LANDSAT και πυκνότητα βλάστησης εντός της περιοχής μελέτης κατά το 2006, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης.....	35
Εικόνα 17 Δείκτης βλάστησης NDVI από τη δορυφορική εικόνα LANDSAT και πυκνότητα βλάστησης εντός της περιοχής μελέτης κατά το 2013, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης.....	36
Εικόνα 18 Κατανομή της πυκνότητας βλάστησης εντός των περιοχών που καλύπτονται από σκληρόφυλλη βλάστηση κατά το 2000, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης.....	36
Εικόνα 19 Κατανομή της πυκνότητας βλάστησης εντός των περιοχών που καλύπτονται από σκληρόφυλλη βλάστηση κατά το 2006, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης.....	37
Εικόνα 20 Κατανομή της πυκνότητας βλάστησης εντός των περιοχών που καλύπτονται από σκληρόφυλλη βλάστηση κατά το 2013, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης.....	37
Εικόνα 21 Διαχρονική αλλαγή της πυκνότητας βλάστησης εντός των περιοχών που καλύπτονται από σκληρόφυλλη βλάστηση, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης.....	38
Εικόνα 22 Κατανομή της πυκνότητας βλάστησης εντός των περιοχών που καλύπτονται από φυσικά χορτολίβαδα κατά το 2000, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης.....	38
Εικόνα 23 Κατανομή της πυκνότητας βλάστησης εντός των περιοχών που καλύπτονται από φυσικά χορτολίβαδα κατά το 2006, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης.....	39



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΗΠΕΙΡΟΣ
2014-2020

Εικόνα 24 Κατανομή της πυκνότητας βλάστησης εντός των περιοχών που καλύπτονται από φυσικά χορτολίβαδα κατά το 2013, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης.....	39
Εικόνα 25 Διαχρονική αλλαγή της πυκνότητας βλάστησης εντός των περιοχών που καλύπτονται από φυσικά χορτολίβαδα, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης. Συνολικά παρατηρείται μια αύξηση της πυκνότητας	40
Εικόνα 26 Χωρική αποτύπωση των περιοχών που σύμφωνα με το 1 ^ο Σενάριο, παρουσιάζουν αύξηση της πυκνότητας βλάστησης	40
Εικόνα 27 Χωρική αποτύπωση των περιοχών που σύμφωνα με το 2 ^ο Σενάριο, παρουσιάζουν αύξηση της πυκνότητας βλάστησης	41
Εικόνα 28 Χωρική αποτύπωση των περιοχών που σύμφωνα με το 3 ^ο Σενάριο, λόγω πυρκαγιάς μετατρέπονται σε εκτάσεις με σκληροφυλλική βλάστηση.....	42
Εικόνα 29 Παράμετροι του μοντέλου της μεθόδου Gavrilovic για τη μέση ετήσια παραγωγή φερτών υλικών.....	43
Εικόνα 30 Συντελεστής διάβρωσης του Gavrilovic για το 2000	44
Εικόνα 31 Συντελεστής διάβρωσης του Gavrilovic για το 2006	44
Εικόνα 32 Συντελεστής διάβρωσης του Gavrilovic για το 2012.....	45
Εικόνα 33 Συντελεστής διάβρωσης του Gavrilovic για το 1 ^ο Σενάριο αλλαγής της πυκνότητας βλάστησης.....	45
Εικόνα 34 Συντελεστής διάβρωσης του Gavrilovic για το 2 ^ο Σενάριο αλλαγής της πυκνότητας βλάστησης.....	46
Εικόνα 35 Συντελεστής διάβρωσης του Gavrilovic για το 3 ^ο Σενάριο-μείωση της πυκνότητας βλάστησης.....	46
Εικόνα 36 Μέση ετήσια παραγωγή φερτών υλικών για το 2000.....	47
Εικόνα 37 Μέση ετήσια παραγωγή φερτών υλικών για το 2006.....	47
Εικόνα 38 Μέση ετήσια παραγωγή φερτών υλικών για το 2012.....	48
Εικόνα 39 Μέση ετήσια παραγωγή φερτών υλικών για το 1 ^ο Σενάριο αλλαγής της πυκνότητας βλάστησης.....	49
Εικόνα 40 Μέση ετήσια παραγωγή φερτών υλικών για το 2 ^ο Σενάριο αλλαγής της πυκνότητας βλάστησης.....	49



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΗΠΕΙΡΟΣ
2014-2020

Εικόνα 41 Μέση ετήσια παραγωγή φερτών υλικών για το 3 ^ο Σενάριο-μείωση της πυκνότητας βλάστησης.....	50
Εικόνα 42 Διαχρονική αλλαγή για τη μέση ετήσια παραγωγή φερτών υλικών στις λεκάνες #1-8 της περιοχής μελέτης.....	51
Εικόνα 43 Διαχρονική αλλαγή για τη μέση ετήσια παραγωγή φερτών υλικών στις λεκάνες #9-15 της περιοχής μελέτης.....	52
Εικόνα 44 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τη μεταβολή των χρήσεων γης (συντελεστής CN) για το Ρέμα Νέας Σελεύκειας - Μαυρουδίου	55
Εικόνα 45 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τη μεταβολή των χρήσεων γης (συντελεστής CN) για το Ρέμα Τιμπουρίκι	56
Εικόνα 46 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τη μεταβολή των χρήσεων γης (συντελεστής CN) για το Ρέμα Λάκκας	57
Εικόνα 47 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τη μεταβολή των χρήσεων γης (συντελεστής CN) για το Ρέμα Ξηροπόταμος.....	58

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1 Σύστημα ταξινόμησης -ονοματολογία CORINE LAND COVER.....	13
Πίνακας 2 Φασματικά κανάλια του Θεματικού Χαρτογράφου TM και οι κύριες εφαρμογές τους ..15	
Πίνακας 3 Πληροφορίες για του διαύλους του απεικονιστή Landsat-8.....	16
Πίνακας 4 Πληροφορίες για τους θερμικούς υπέρυθρους διαύλους του Landsat-8.....	17
Πίνακας 5 Κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης.....	17
Πίνακας 6 Τιμές του δείκτη χ στον τύπο του Gavrilonic	22
Πίνακας 7 Τιμές του δείκτη γ στον τύπο του Gavrilonic.....	23
Πίνακας 8 Τιμές του δείκτη ϕ στον τύπο του Gavrilonic	23
Πίνακας 9 Σενάρια μελλοντικής εξέλιξης της εδαφοκάλυψης στην περιοχή μελέτης	24
Πίνακας 10 Έκταση και ποσοστό των χρήσεων/κάλυψης γης στην περιοχή μελέτης για το 2000 ..25	
Πίνακας 11 Έκταση και ποσοστό των χρήσεων/κάλυψης γης στην περιοχή μελέτης για το 2006 ..28	
Πίνακας 12 Έκταση και ποσοστό των χρήσεων/κάλυψης γης στην περιοχή μελέτης για το 2012 ..28	



Πανεπιστήμιο
Ιωαννίνων



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΗΠΕΙΡΟΣ
2014-2020

Πίνακας 13 Μεταβολές μεταξύ των ετών 2000 και 2006 σύμφωνα με τις κλάσεις του επιπέδου 3 του CORINE	32
Πίνακας 14 Υδρολογική προσομοίωση για σενάρια χρήσεων γης για το ρέμα Νέας Σελεύκειας – Μαυρουδίου	53
Πίνακας 15 Υδρολογική προσομοίωση για σενάρια χρήσεων γης για το ρέμα Τσιμπουρίκι.....	53
Πίνακας 16 Υδρολογική προσομοίωση για σενάρια χρήσεων γης για το ρέμα Λάκκας	54
Πίνακας 17 Υδρολογική προσομοίωση για σενάρια χρήσεων γης για το ρέμα Ξεροπόταμου	54
Πίνακας 18: Κατηγοριοποίηση του κινδύνου Πλημμύρας για την περιοχή έρευνας.....	59

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Αντικείμενο του έργου

Τα τελευταία χρόνια οι φυσικές καταστροφές σε παγκόσμιο επίπεδο παρουσιάζουν αυξητική τάση και απειλούν τις σύγχρονες κοινωνίες προκαλώντας απώλειες τόσο σε οικονομικό επίπεδο όσο και σε ανθρώπινες ζωές. Το γεγονός αυτό έχει προκαλέσει την ανάγκη εξεύρεσης νέων τρόπων και μεθόδων που να μπορέσει ο άνθρωπος να κατανοήσει τον κίνδυνο από τις φυσικές καταστροφές και να προβλέψει την ένταση και την κατανομή των καταστροφικών φαινομένων.

Οι πλημμύρες αποτελούν μία από τις βασικές αιτίες καταστροφών που οφείλονται σε φυσικά αίτια (Οδηγία 2007/60/EC) και αναμένεται να ενταθούν στο μέλλον. Σύμφωνα με τα μοντέλα ανάλυσης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθήνας (Γιαννακόπουλος, 2015) τα βορειοδυτικά τμήματα της Ελλάδας αναμένεται να παρουσιάσουν αύξηση στη συνολική χειμερινή βροχόπτωση έως και 10% έως το 2050, ενώ άλλες μελέτες αναφέρουν έως και τριπλασιασμό του οικονομικού αντίκτυπου από πλημμύρες στην περιοχή μελέτης (Bank of Greece, 2011). Στο πλαίσιο αυτό οι τοπικές κοινωνίες πρέπει να οργανώσουν τρόπους καταγραφής των σχετικών παραμέτρων, πρόβλεψης πλημμυρικών επεισοδίων και ειδοποίησης για σχετικούς κινδύνους (Σύμφωνο των Δημάρχων για το Κλίμα και την Ενέργεια, 2017).

Με την Οδηγία 2007/60/ΕΚ θεσπίστηκε το πλαίσιο για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας με στόχο τη μείωση των αρνητικών συνεπειών στην ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και τις οικονομικές δραστηριότητες. Η Οδηγία έχει ενσωματωθεί στο Εθνικό Δίκαιο με την Κ.Υ.Α. Η.Π. 31822/1542/Ε103/2010 (ΦΕΚ Β' 1108/21.07.2010) όπως τροποποιήθηκε και ισχύει με την ΚΥΑ 177772/924 (ΦΕΚ Β' 2140/22.06.2017). Η γεωγραφική μονάδα εφαρμογής της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας είναι η Περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού (Υδατικό Διαμέρισμα), ίδια γεωγραφική μονάδα με αυτή της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ για τα Νερά.

Η εφαρμογή των απαιτήσεων της Ευρωπαϊκής οδηγίας πραγματοποιήθηκε σε τρία (3) στάδια:

1ο Στάδιο: Προκαταρκτική εκτίμηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας στις λεκάνες απορροής των ποταμών και τις αντίστοιχες παράκτιες ζώνες και προσδιορισμός των περιοχών όπου υπάρχουν δυνητικοί σοβαροί κίνδυνοι πλημμύρας ή είναι πιθανό να σημειωθεί πλημμύρα (Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας), (Άρθρο 4 & 5).

2ο Στάδιο: Κατάρτιση Χαρτών Επικινδυνότητας Πλημμύρας και Χαρτών Κινδύνων Πλημμύρας για τις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (Άρθρο 6).

3ο Στάδιο: Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας (Άρθρο 7). Τα Σχέδια Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας καλύπτουν όλες τις πτυχές της διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας εστιαζόμενα στη πρόληψη, την προστασία και την ετοιμότητα συμπεριλαμβανομένων των προβλέψεων πλημμυρών και συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης και λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης λεκάνης ή υπολεκάνης απορροής του ποταμού.

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας / ΕΓΥ (ΥΠΕΚΑ, 2017α) έχει αναπτύξει ειδικό διαδικτυακό τόπο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας. Σε αυτόν υπάρχει διαθέσιμη πληροφορία για:

- το περιεχόμενο της Οδηγίας 2007/60/ΕΚ και των Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας και την ΚΥΑ 31822/2010 με την οποία ενσωματώθηκε η Οδηγία στο Ελληνικό δίκαιο.
- την Προκαταρκτική Αξιολόγηση Κινδύνων Πλημμύρας (ΠΑΚΠ) που υλοποίησε η Ειδική Γραμματεία Υδάτων του Υ.Π.Ε.Κ.Α.
- τους Χάρτες Επικινδυνότητας και Χάρτες Κινδύνων Πλημμύρας για τις περιοχές που υπέδειξε η ΠΑΚΠ σε όλα τα Υδατικά Διαμερίσματα και τις Λεκάνες Απορροής Ποταμού της χώρας

Στα πλαίσια της Οδηγίας 2007/60 έχει εκπονηθεί το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου, τα οποία έχει εγκριθεί με την υπ. αριθμ. ΥΠΕΝ/ΓΡΕΓΥ/41368/326 Απόφαση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων (ΦΕΚ 2684/Β/06-07-2018).

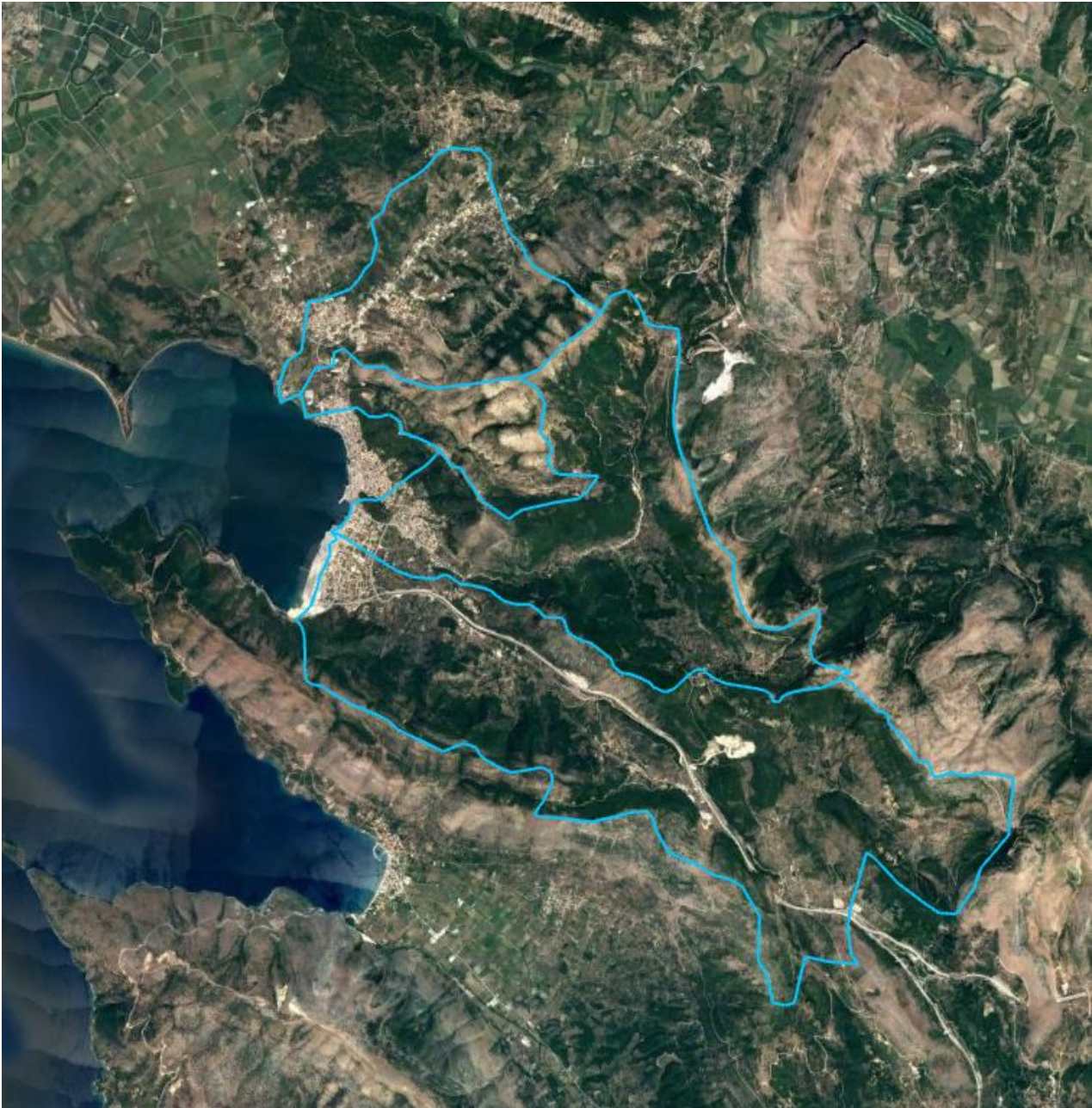
Το παρόν έργο λαμβάνοντας υπόψη και την πρόσφατη απόφαση σχετικά με την εξειδίκευση περιεχομένου Περιφερειακών Σχεδίων για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΠεΣΠΚΑ) (ΥΠΕΚΑ, 2017β), αποσκοπεί στην εφαρμογή και αξιολόγηση μίας ολοκληρωμένης λύσης για καταγραφή δεδομένων στάθμης και παροχής σε ρέματα και αγωγούς ομβρίων που σχετίζονται άμεσα με αστικές περιοχές και την συσχέτιση των υδρολογικών πληροφοριών με την πράσινη υποδομή σε αστικό και περιαστικό επίπεδο. Η πράξη έχει πιλοτική εφαρμογή στην πόλη της Ηγουμενίτσας και αφορά την προμήθεια του κατάλληλου εξοπλισμού, την εγκατάσταση και συντήρηση του τηλεμετρικού δικτύου, τη μεθοδολογία μέτρησης και αξιοποίησης των πληροφοριών καθώς και την επικοινωνία των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν.

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην Περιφερειακή Ενότητα Θεσπρωτίας, στην ευρύτερη υδρολογική Λεκάνη απορροής ποταμού (ΛΑΠ) Καλαμά (ΕΛ12, 2523 km² σύμφωνα με ΕΓΥ, 2018) και ειδικότερα στην εκβολή της στο όρμο Ηγουμενίτσας (ΕΛ0512C0003Η, σύμφωνα με ΕΓΥ, 2018). Στην Ηγουμενίτσα από τα βόρεια προς τα νότια υπάρχουν το ρέμα Μαυρουδίου-Νέας Σελεύκειας, το Ρέμα Τσιμπουρίκι, το Ρέμα Ξηροποτάμου και το ρέμα Λάκκας.

Η περιοχή που αφορά άμεσα η πράξη έχει έκταση περίπου 70km² (Εικόνα 1-1). Στην πόλη της Ηγουμενίτσας έχουν γίνει αντιπλημμυρικά έργα τα οποία όμως παρουσιάζουν αστοχίες που οφείλονται κυρίως στη ραγδαία ανάπτυξη της πόλης και τη δημιουργία του νέου λιμανιού (ΙΓΜΕ, 2016). Η έρευνα που έγινε στο πλαίσιο προετοιμασίας της πρότασης έδειξε ότι σύμφωνα με την Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας Υδροσκόπιο (2017) στην περιοχή του προτεινόμενου έργου λειτουργεί μόνο ο ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ του ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ, ο οποίος χαρακτηρίζεται ως "Μη ενεργός, Συμβατικός" (<http://main.hydroscope.gr/stations/d/1822/>) ενώ σύμφωνα με την ΕΜΥ (Κλιματικός Άτλαντας Ελλάδας, 2017), στην περιοχή δεν λειτουργεί κανένας μετεωρολογικός ή βροχομετρικός σταθμός. Το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων (Τμ. Φυσικής) έχει εγκατεστημένο σταθμό στην περιοχή: <http://www.riskmed.net/about.asp> αλλά παρουσιάζει ασυνέχειες ως προς τη λήψη δεδομένων ενώ υπάρχουν και 2 ερασιτεχνικοί σταθμοί, ένας που είναι ενταγμένος στο δίκτυο του meteoclub (Φιλοθέη - περιοχή των ρεμάτων Λάκκας και Ξηροποτάμου, <http://igoumenitsa.meteoclub.gr/>) και ένας που είναι ενταγμένος στο δίκτυο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθήνας / meteo.gr (Μαυρούδι - περιοχή του ρέματος Μαυρουδίου – Νέας Σελεύκειας, <http://penteli.meteo.gr/stations/igoumenitsa/>).

Να σημειωθεί ότι σύμφωνα με μελέτη (ΙΓΜΕ, 2016) υπάρχει πρακτικά απόλυτη έλλειψη χρονοσειρών υδρολογικών και μετεωρολογικών μετρήσεων στην περιοχή, γεγονός που κάνει

πολύ δύσκολη την τεκμηρίωση των μοντέλων και την λήψη αποφάσεων για την πρόληψη κινδύνων.



Εικόνα 1 Περιοχή μελέτης εντός του Δήμου Ηγουμενίτσας (υπόβαθρο Google Earth)

1.2 Δομή του έργου

Η πράξη συντίθεται από δύο υποέργα ως εξής:

- Υποέργο 1: Ανάπτυξη και αξιολόγηση συστήματος και Διάχυση αποτελεσμάτων
 - ✓ Πακέτο εργασίας 1.1: Ανάπτυξη και αξιολόγηση συστήματος - Καταγραφή παροχών, μοντελοποίηση και αξιολόγηση πλημμυρικού κινδύνου σε ρέματα που διατρέχουν αστικές περιοχές

- ✓ Πακέτο εργασίας 1.2.: Ανάπτυξη και αξιολόγηση συστήματος - Καταγραφή ανάγλυφου και εδαφοκάλυψης περιστατικών περιοχών με σκοπό την μοντελοποίηση του πλημμυρικού κινδύνου
- ✓ Πακέτο εργασίας 1.3.: Διάχυση αποτελεσμάτων
- Υποέργο 2: Προμήθεια εξοπλισμού
 - ✓ Πακέτο εργασίας 2.1.: Προμήθεια εξοπλισμού
- Υποέργο 3: Προμήθεια εξοπλισμού
 - ✓ Πακέτο εργασίας 3.1: Προμήθεια εξοπλισμού

1.3 Λειτουργικότητα πράξης και αξιοποίηση των αποτελεσμάτων

Η προτεινόμενη πράξη αναφέρεται σε ερευνητικό τομέα αιχμής, έχει σημαντική επιστημονική απήχηση και πληροί κριτήρια υψηλής επιστημονικής ποιότητας. Με την εφαρμογή της αναμένεται να υπάρξει πρόοδος της Περιφέρειας όσο αφορά της απαιτήσεις της Οδηγίας 2007/60/EC (ΕΓΥ, 2018) για τις πλημμύρες όσο και ως προς αυτές της Οδηγίας 2000/60/EC και το σχετικό Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτων για την Περιφέρεια Ηπείρου (ΕΓΥ, 2017) σύμφωνα στους σκοπούς των οποίων είναι και η συμβολή στο μετριασμό των επιπτώσεων από πλημμύρες. Με την ολοκλήρωση της πράξης θα υπάρχουν διαθέσιμα:

1. Λειτουργικό δίκτυο τηλεμετρικών σταθμών υδρολογικών δεδομένων και διαδικτυακή εφαρμογή πρόσβασης στα σχετικά δεδομένα και πληροφορία καθώς και σύστημα ειδοποίησης για κίνδυνο υπερχειλίσης ρεμάτων και αγωγών ομβρίων.
2. Υλικό τεκμηρίωσης σχετικά με την αρχική επιλογή θέσεων εγκατάστασης, την αξιολόγηση και την πιλοτική λειτουργία του συστήματος καθώς και πρωτόκολλα και εργαλεία παρακολούθησης, μέτρησης και προειδοποίησης.
3. Ορθοεικόνες, ψηφιακό μοντέλο επιφανείας και ψηφιακό μοντέλο εδάφους, μοντέλο και χάρτες πλημμυρικού κινδύνου της περιοχής μελέτης για διάφορα σενάρια.
4. Υλικό από τις εκδηλώσεις διάδοσης των αποτελεσμάτων.

Τα αποτελέσματα της προτεινόμενης πράξης είναι σημαντικά τόσο για την προώθηση των σκοπών της πρόσκλησης «Ανάπτυξη συστημάτων για την παρακολούθηση, αξιολόγηση και δημιουργία μοντέλων για την εξέλιξη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής σε επιμέρους υψηλής σημαντικότητας περιοχές». Αναμένεται δε να αξιοποιηθούν ως μοντέλο για την ανάπτυξη παρόμοιων εφαρμογών και σε άλλες περιοχές της Ηπείρου.

2 ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ

2.1 Βασικές έννοιες – Ορισμοί

2.1.1 Χρήσεις/κάλυψη γης

Ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία για τον σχεδιασμό και διαχείριση μιας περιοχής, είναι ο εντοπισμός της κατανομής των διαφόρων χαρακτηριστικών της γήινης επιφάνειας, δηλαδή ο καθορισμός των χρήσεων/κάλυψης της γης.

Για τις έννοιες της χρήσης γης (land use) και της κάλυψης γης (land cover) έχουν αναπτυχθεί διάφορες απόψεις. Ο όρος χρήσεις γης σχετίζεται με την ανθρώπινη δραστηριότητα ή την οικονομική λειτουργία που συνδέεται με ένα τμήμα της επιφάνειας της γης και ο όρος κάλυψη γης σχετίζεται με τον τύπο των χαρακτηριστικών που εμφανίζονται πάνω στην επιφάνεια της γης.

Σύμφωνα με τον Καρτέρη (1991), οι χρήσεις γης συσχετίζουν τις ανθρώπινες δραστηριότητες, ιδιαίτερα τις οικονομικές, με μια συγκεκριμένη επιφάνεια της γης. Ο FAO (1995), ορίζει ότι η χρήση της γης εκφράζει τη λειτουργία και το σκοπό για τον οποίο η γη χρησιμοποιείται από τον τοπικό πληθυσμό, ο οποίος είτε εκμεταλλεύεται άμεσα τους πόρους της γης είτε τους επηρεάζει έμμεσα. Κατά τον Campbell (2002 από Καρτάλης και Φειδάς, 2013), ο όρος χρήση γης αναφέρεται ειδικότερα στον τρόπο χρήσης της γης από τον άνθρωπο, συνήθως με έμφαση στο λειτουργικό ρόλο της γης στις οικονομικές δραστηριότητες.

Η χρήση της γης αποτελεί μια αφηρημένη έννοια η οποία δεν είναι πάντοτε άμεσα παρατηρήσιμη, ακόμα και όταν η παρατήρηση γίνεται από κοντά. Συνήθως, δεν μπορούμε να δούμε την πραγματική χρήση εντός τμήματος της επιφάνειας της γης, παρά μόνο της επιδράσεις της χρήσης αυτής στα φυσικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας της γης (Καρτάλης και Φειδάς, 2013). Σε πολλές περιπτώσεις η ίδια επιφάνεια γης μπορεί ανάλογα με την εποχή του χρόνου, να δέχεται διαφορετικές χρήσεις, πχ. μετατροπή από γεωργική καλλιέργεια σε βοσκότοπο (Καρτέρης 1991).

Η κάλυψη της γης, με την ευρεία έννοια, αφορά στην κατηγοριοποίηση των διαφόρων φυσικών και ανθρωπογενών στοιχείων του εδάφους με βάση ορατές αποδείξεις των χρήσεων γης. Υπό τη στενότερη της έννοια, η κάλυψη γης σχετίζεται με την κατηγοριοποίηση της βλάστησης, φυσικής ή ανθρωπογενούς, στην επιφάνεια του εδάφους σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή (Campbell 2002 από Καρτάλης και Φειδάς, 2013). Κατά τον Καρτέρη (1991), η κάλυψη της γης, με την ευρύτερη έννοια, αποτελεί την οπτική απόδειξη της χρήσης γης σε μια περιοχή, είτε αυτή περιλαμβάνει βλάστηση είτε όχι. Ο FAO (1995), ορίζει την έννοια της κάλυψης γης ως τη βλάστηση (φυσική ή καλλιεργούμενη) και τις ανθρώπινες κατασκευές που βρίσκονται στην επιφάνεια της γης. Η ίδια υπηρεσία, συμπληρώνοντας τον ορισμό αυτό, αναφέρει ότι η έννοια της κάλυψης γης πρέπει να συμπεριλαμβάνει της υδάτινες επιφάνειες, τους πάγους, τους βραχώδεις σχηματισμούς αλλά και τα γυμνά εδάφη.

Μια σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των εννοιών της χρήσης και της κάλυψης της γης αποτελεί το γεγονός ότι η πρώτη δίνει έμφαση στις οικονομικές δραστηριότητες στη συγκεκριμένη επιφάνεια της γης, ενώ η δεύτερη όχι. Ενώ η χρήση γης αποτελεί αφηρημένη έννοια, η κάλυψη της γης είναι με συγκεκριμένα και παρατηρήσιμα χαρακτηριστικά και συνεπώς αποτελεί αντικείμενο άμεσης παρατήρησης (Καρτάλης και Φειδάς 2013).

Ο Bankon (1998, από Χουβαρδάς, 2007) αναφέρει ότι οι πληροφορίες που σχετίζονται με κατηγορίες κάλυψης γης μπορούν άμεσα να εξαχθούν με μεθόδους τηλεπισκόπησης (επεξεργασία δορυφορικών εικόνων ή φωτοερμηνεία αεροφωτογραφιών), ενώ οι πληροφορίες

που σχετίζονται με τις ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η χρήση γης, δεν μπορούν πάντα να εξαχθούν από τις κατηγορίες κάλυψης γης.

Οι Καρτέρης και Τσομπανίκος (1984) αναφέρουν ότι ο όρος «χρήση γης», ο οποίος χρησιμοποιούνταν παλαιότερα στις ταξινομήσεις των διαφόρων χαρακτηριστικών της επιφάνειας της γης από αεροφωτογραφίες, δεν ήταν απόλυτα ικανοποιητικός, αφού δεν κάλυπτε όλες τις περιπτώσεις που παρουσιάζονταν. Επίσης, η τηλεπισκόπηση δορυφορικών εικόνων, με την απευθείας σημείωση της φασματικής συμπεριφοράς των χαρακτηριστικών της επιφάνειας, εκτιμά την κάλυψη γης και όχι τη χρήση. Στην πράξη, ο φωτοερμηνευτής εξάγει συμπεράσματα για τις χρήσεις γης, χρησιμοποιώντας κυρίως τα στοιχεία της φωτοερμηνείας που αναφέρονται στην κάλυψη γης. Οι ίδιοι συγγραφείς αναφέρουν ότι, για τους παραπάνω λόγους, ο όρος «χρήση γης» κρίνεται ανεπαρκής για την ταξινόμηση των χαρακτηριστικών της γης, ενώ ο σύνθετος όρος χρήση/κάλυψη γης είναι πλήρης και καλύπτει ολόκληρο το φάσμα των χαρακτηριστικών της επιφάνειας της γης.

Ο Bankon (1998, όπως αναφέρει ο Χουβαρδάς 2007) επισημαίνει ότι, επειδή το τοπίο των μεσογειακών περιοχών είναι ποικιλόμορφο και διασπασμένο, σχεδόν κάθε μορφή κάλυψης γης αντιπροσωπεύει και μια συγκεκριμένη χρήση. Έτσι είναι δυνατόν, εξακριβώνοντας τις κατηγορίες κάλυψης γης σε μια μεσογειακή περιοχή, να καθοριστούν και οι συγκεκριμένες χρήσεις της. Για το λόγο αυτό προτείνει, συμφωνώντας με την άποψη των Καρτέρη και Τσομπανίκου (1984), να χρησιμοποιείται ο συνδυασμένος όρος χρήση/κάλυψη γης (land cover/use).

2.1.2 Χρήση/κάλυψη γης στα Μεσογειακά τοπία

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, αλλά και τον ορισμό της Σύμβασης της Φλωρεντίας (Council of Europe, 2000), το τοπίο είναι μια περιοχή (μικρής σχετικά έκτασης) της οποίας ο χαρακτήρας είναι το αποτέλεσμα της δράσης και διάδρασης (interaction) φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων και στοιχείων όπως αυτά γίνονται αντιληπτά με ενιαίο τρόπο από τον άνθρωπο. Το τοπίο είναι σύνθετο έργο της φύσης και του ανθρώπου, στο οποίο θεμελιώδη ρόλο παίζει η ιστορική διάσταση, δηλαδή η ιστορία και η ταυτότητα του συγκεκριμένου τόπου (place identity) (Μπεριάτος, 2010). Το χαρακτηριστικό που διαχωρίζει το τοπίο από άλλες μονάδες οικολογικής οργάνωσης είναι οι χωρικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των στοιχείων του. Οι αλληλεπιδράσεις αυτές δένουν το τοπίο ως ένα σύστημα, με αναδράσεις και αμοιβαίες εξαρτήσεις μεταξύ των διαφόρων στοιχείων του (Turner & Gardner 1991 από Γιαννακόπουλος 2006).

Η Ελλάδα διαθέτει μεγάλη ποικιλία τοπίων, ως αποτέλεσμα της γεωμορφολογίας, της γεωγραφικής της θέσης μεταξύ τριών ηπείρων, της στενής και εκτενούς σχέσης της με τη θάλασσα της Μεσογείου, αλλά και ιστορικών εξελίξεων στον συγκεκριμένο χώρο για χιλιάδες χρόνια. Στα τοπία αυτά – νησιωτικά και παραθαλάσσια, δασικά και αλπικά, αγροτικά και οικιστικά, υγροτόπων κ.ά.– η ένταση της ανθρώπινης παρουσίας και τα έργα που αυτή παράγει ποικίλλουν επίσης σημαντικά.

Η Μεσογειακή λεκάνη κατοικήθηκε πολύ νωρίς από τους ανθρώπους. Κατά συνέπεια, τα μεσογειακά τοπία έχουν υποστεί την επίδραση του ανθρώπου – σε μικρό ή μεγάλο βαθμό – από την έναρξη της ιστορίας τους (Ποιραζίδης κ.α., 2010). Τα μεσογειακά τοπία διακρίνονται από πολύ υψηλό βαθμό ποικιλίας μορφών, χαρακτηριστικών και συστατικών και αντικατοπτρίζουν μια μακρά ιστορία ανθρώπινης αποίκησης. Ποικίλα και σύνθετα συστήματα χρήσεων γης δημιουργούν ένα χωρικό μωσαϊκό υψηλής ετερογένειας. (Grove & Rackham, 2001, Pinto-Correia & Vos, 2004 από Αθανασιάδου Ε. 2012).

Τα παραδοσιακά μεσογειακά τοπία στις λοφώδεις περιοχές χαρακτηρίζονται από ένα μωσαϊκό χρήσεων γης. Τα τοπία αυτά έχουν χρησιμοποιηθεί εξαντλητικά από τον αγροτικό πληθυσμό καθ' όλη τη διάρκεια της ιστορίας με ένα πολυσύνθετο τρόπο, με συχνές αλλαγές στη χρήση γης ανάλογα με τις κοινωνικοοικονομικές απαιτήσεις. Επομένως, η διάκριση μεταξύ των δασών και άλλων τύπων βλάστησης είναι συχνά ασαφής. Οι μεταβατικοί σχηματισμοί μεταξύ των πυκνών δασών και των καθαρών θάμνων είναι συχνοί. Επιπλέον, τεχνητά οικοσυστήματα έχουν διαμορφωθεί μέσω των αιώνων, π.χ. οι χαρακτηριστικές ημιφυσικές αγροδοασικές περιοχές (Serrano e.t. 2008).

Η Ελλάδα παρουσιάζει μια διαβάθμιση κλιματικών τύπων, από το Μεσογειακό μέχρι το μεταβατικό μεσευρωπαϊκό και ηπειρωτικό. Τη διαβάθμιση αυτή των κλιματικών τύπων ακολουθεί και μια αντίστοιχη διαβάθμιση στους τύπους χερσαίων διαπλάσεων και, κατ' επέκταση, στους τύπους οικοσυστημάτων που αυτές καθορίζουν. Έτσι, στις περιοχές με Μεσογειακό κλίμα απαντούν τα χαρακτηριστικά Μεσογειακά οικοσυστήματα. Ένα σχετικά μεγάλο ποσοστό της χερσαίας επιφάνειας της χώρας (~40%) καλύπτεται από αυτό το είδος της βλάστησης των Μεσογειακών οικοσυστημάτων (Αριανούτσου - Φαραγγιτάκη και Καζάνης 2012).

2.1.3 Χαρτογράφηση χρήσεων/κάλυψης γης

Για την χαρτογράφηση των χρήσεων γης και ιδιαίτερα της κάλυψης γης είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν είτε αεροφωτογραφίες είτε δορυφορικές εικόνες ή και τα δυο μαζί. Η πληροφορία για την κάλυψη γης ερμηνεύεται άμεσα από τα στοιχεία που είναι ορατά στις αεροφωτογραφίες και τις δορυφορικές εικόνες.

Η παραγωγή ενός χάρτη χρήσεων γης από μια δορυφορική εικόνα αποτελεί ουσιαστικά μια διαδικασία κατάτμησης της εικόνας σε τμήματα γης, με κάθε τμήμα να αντιστοιχεί σε μια τάξη χρήσης γης (Καρτάλης και Φειδάς 2013).

Η χαρτογράφηση των χρήσεων/κάλυψης γης προϋποθέτει την ταξινόμησή τους σε κατηγορίες, δηλαδή την ομαδοποίηση των χαρακτηριστικών της επιφάνειας της γης με βάση τις κοινές τους ιδιότητες, γνωρίσματα ή σχέσεις. Ο τρόπος και ο βαθμός ομαδοποίησης των χαρακτηριστικών ποικίλει ανάλογα με το σκοπό χαρτογράφησης και έρευνας των χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης, και καθορίζεται από το χρησιμοποιούμενο κάθε φορά σύστημα ταξινόμησης. Η χαρτογράφηση των χρήσεων/κάλυψης της γης, που αποτελεί τη βασική προϋπόθεση για την ανάπτυξη επιχειρησιακών προγραμμάτων ορθολογικής διαχείρισής της τόσο σε εθνικό, όσο και σε τοπικό επίπεδο, θα πρέπει να βασίζεται σε κάποιο σύστημα κοινά αποδεκτό (Καρτέρης και Τσομπανίκος, 1984).

Γενικότερα ένας χάρτης είναι το αποτέλεσμα τριών διαδοχικών ενεργειών (Robinove 1981):

1. Του ορισμού ενός ιεραρχικού συνόλου τάξεων-κατηγοριών ταξινόμησης κάλυψης/χρήσης γης.
2. Της ταξινόμησης, δηλαδή της τοποθέτησης της κάθε μονάδας σε μια τάξη - ή τη χρησιμοποίηση ενός κανόνα λήψης αποφάσεων.
3. Της τοποθέτησης της ταξινομημένης μονάδας στη σωστή γεωγραφική της θέση-την πραγματική (actual) δημιουργία του χάρτη.

Υπενθυμίζεται ότι ο όρος κάλυψη γης αναφέρεται στον τύπο του χαρακτηριστικού το οποίο βρίσκεται στην επιφάνεια της γης (π.χ. αγροί με καλαμπόκια, λίμνες, δάσος οξιάς). Ο όρος χρήση γης αναφέρεται στην ανθρώπινη δραστηριότητα ή την οικονομική λειτουργία που σχετίζεται με ένα συγκεκριμένο τμήμα της γης (π.χ. τμήμα γης στις παρυφές αστικής περιοχής για εγκατάσταση

πολύτεκνων οικογενειών). Ανάλογα με το επίπεδο της χαρτογραφούμενης πληροφορίας το ίδιο τμήμα γης μπορεί να περιγραφεί ως αστική γη, οικιστική χρήση ή οικιστική χρήση για πολύτεκνες οικογένειες. Το ίδιο κομμάτι γης μπορεί να περιλαμβάνει τύπους κάλυψης γης όπως στέγες, γρασίδι, πεζοδρόμια και δένδρα.

Υπάρχουν τρεις διαφορετικές αλλά συνδεδεμένες μεταξύ τους προσεγγίσεις από τις οποίες οι κατηγορίες ταξινόμησης για χρήση με δεδομένα τηλεπισκόπησης μπορούν να σχεδιαστούν. Η επιλογή των τάξεων βοηθάει στον ορισμό της ιδιαιτερότητας των χαρτών και των μονάδων που θα απεικονίζουν (Franklin 2001):

1. Η γενετική προσέγγιση-οι μονάδες του τοπίου περιγράφονται από τάξεις που διαφέρουν βάση περιβαλλοντικών παραγόντων.
2. Η παραμετρική προσέγγιση-οι μονάδες τοπίου περιγράφονται από τάξεις οι οποίες διαφέρουν βάση ποσοτικών παραμέτρων.
3. Η ολοκληρωμένη προσέγγιση (ή προσέγγιση τοπίου)-οι μονάδες τοπίου καθορίζονται βάση πολλαπλών κριτηρίων και περιγράφουν επαναλαμβανόμενα πρότυπα (patterns), τοπογραφίας, εδάφους και βλάστησης.

Το σύστημα ταξινόμησης, δηλαδή οι τάξεις που πρόκειται να χαρτογραφηθούν θα πρέπει να είναι εξαντλητικό και αμοιβαία αποκλειόμενο, αν και στα ασαφή συστήματα αυτή η απαίτηση μπορεί να είναι πιο χαλαρή (Townsend 2000).

Η έννοια τώρα της ταξινόμησης της εικόνας περιλαμβάνει τη χρησιμοποίηση ενός κανόνα για τη συνάθροιση ή ομαδοποίηση αντικειμένων (εικονοστοιχείων) σύμφωνα με τις τάξεις που ορίστηκαν στο πρώτο βήμα εξετάζοντας τις ιδιότητες τους-φασματικά πρότυπα τους. Ο σκοπός της ταξινόμησης επηρεάζει το τελικό αποτέλεσμα και συντελεί στη διαμόρφωση της διαδικασίας χαρτογράφησης. Όλες οι ταξινομήσεις δασικών οικοσυστημάτων έχουν σχεδιαστεί ώστε να δίνουν απαντήσεις σε δύο συγκεκριμένες ερωτήσεις για μια περιοχή (Robinove 1981):

1. Για μια συγκεκριμένη περιοχή ποιες είναι οι ιδιότητες της
2. Για μια συγκεκριμένη περιοχή ποια τμήματα έχουν τις κατάλληλες ιδιότητες.

Καθώς για μια περιοχή μπορεί να υπάρχει άπειρος αριθμός ιδιοτήτων το πρώτο ερώτημα στοχεύει στην κατανόηση των ιδιοτήτων που παρουσιάζουν ενδιαφέρον. Στην ταξινόμηση δασικών οικοσυστημάτων οι ιδιότητες με ιδιαίτερο ενδιαφέρον αποτελούν τα κριτήρια με βάση τα οποία οι τάξεις θα διαφέρουν: σύνθεση ειδών, πυκνότητα, ηλικία, παραγωγικότητα και ούτω καθ εξής.

Η χαρτογράφηση συντελείται με τη συμπλήρωση του τρίτου βήματος, το οποίο είναι ουσιαστικά είναι η διαδικασία επέκτασης της ταξινόμησης στο χωρικό όριο της γεωμετρικά αναφερόμενης περιοχής ενδιαφέροντος.

2.1.4 Αλλαγές χρήσεων/κάλυψης γης και πυκνότητας βλάστησης

Η επιφάνεια της γης αλλάζει συνεχώς και ποικιλοτρόπως. Πρώτον, το χρονικό διάστημα στο οποίο συμβαίνουν οι αλλαγές δεν είναι εύκολα προσδιορίσιμο (ετερογενές). Μπορεί να κυμαίνεται από στιγμιαίες ως συνεχιζόμενες αλλαγές, λόγω καταστροφικών (πλημμύρες) ή γεωλογικών γεγονότων (μετατόπιση ηπείρων), αντίστοιχα. Δεύτερον, η χωρική κλίμακα στην οποία συμβαίνουν οι αλλαγές δεν είναι σταθερή, καθώς μπορεί να αφορά σε τοπικά γεγονότα (κατασκευή δρόμου) ή παγκόσμιες αλλαγές (αλλαγή της θερμοκρασίας των ωκεανών). Λόγω αυτού του τεράστιου χρονοχωρικού εύρους, η φύση και η έκταση των αλλαγών είναι δύσκολο να προσδιοριστεί διότι πρόκειται για παράγοντες αλληλένδετους και αλληλεξαρτούμενους σε

διαφορετικά επίπεδα. Για αυτόν το λόγο, ο εντοπισμός των αλλαγών χρήσεων γης αποτελεί μια μεγάλη πρόκληση (Theau, 2011).

Οι Lambin & Strahler (1994), αναφέρουν πέντε κατηγορίες αιτιών που επιφέρουν αλλαγές στην κάλυψη γης:

- 1) μακροπρόθεσμες αλλαγές στις κλιματικές συνθήκες,
- 2) γεωλογικές και οικολογικές διαδικασίες, όπως η διάβρωση του εδάφους και η αλλαγή της βλάστησης,
- 3) ανθρωπογενείς μεταβολές της φυτοκάλυψης και του τοπίου, όπως η αποψίλωση των δασών και η υποβάθμιση του εδάφους,
- 4) διαχρονικές κλιματικές διακυμάνσεις, που επηρεάζουν κυρίως άγονες και άνυδρες περιοχές και είναι πιθανό να οδηγήσουν σε επαναλαμβανόμενες περιόδους ξηρασίας και αλλαγές στην βλάστηση, στην πρωτογενή παραγωγή και στον υδρολογικό κύκλο, υποθετικά, ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή μέσω της ενίσχυσης του φαινομένου του θερμοκηπίου

3 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει διάφορες ενότητες της ευρύτερης περιοχής της πόλης της Ηγουμενίτσας. Εντός αυτής περιλαμβάνονται τμήματα των Τ.Ε. Μαυρουδίου, Καστρίου, Ηγουμενίτσας, Νέας Σελευκείας, Κρυόβρυσης, Γραικοχωρίου, Λαδοχωρίου, Πλαταριάς, Αγίας Μαρίνης, Ψάκας, Φασκομηλιάς, Μαζαρακιάς και Δρίμιτσας



Εικόνα 2 Περιοχή μελέτης εντός του Δ. Ηγουμενίτσας

3.1 Μορφολογία

Το μεγαλύτερο τμήμα του Δ. Ηγουμενίτσας, κατατάσσεται στις ορεινές ή ημιορεινές περιοχές (πέντε Τοπικές Ενότητες κατατάσσονται στις ορεινές περιοχές, ήτοι οι Τ.Ε. Γραικοχωρίου, Μαυρουδίου, Κρυόβρυσης, Λαδοχωρίου και Αγίας Μαρίνας, ενώ η Τ. Ε. Ηγουμενίτσας χαρακτηρίζεται ημιορεινό), ενώ τρεις χαρακτηρίζονται ως πεδινές (Νέας Σελευκείας, Καστρίου και Αγίου Βλασίου). Η κύρια πεδινή έκταση της Δημοτικής Ενότητας Ηγουμενίτσας, με αποδοτική και εύφορη γεωργική γη όπου παρατηρούνται διάσπαρτες γεωργοκτηνοτροφικές δραστηριότητες, αναπτύσσεται κυρίως στο βορειοδυτικό τμήμα της και στην Τοπική Κοινότητα Νέας Σελευκείας (στην περιοχή NATURA 2000). Μικρότερα τμήματα πεδινών / ημιορεινών

εκτάσεων με γεωργική γη απαντώνται στο νότιο-ανατολικό τμήμα της Δ. Ε. κατά μήκος της Εγνατίας Οδού στις Τοπικές Κοινότητες Αγίας Μαρίνας και Γραικοχωρίου, καθώς και στις βόρειες Τ. Κ. Καστρίου, Αγίου Βλασίου και Μαυρουδίου. Οι μη εύκολα προσβάσιμοι ορεινοί όγκοι αναπτύσσονται κυρίως στο ανατολικό τμήμα της Δημοτικής Κοινότητας Ηγουμενίτσας και στις Τ. Ε. Μαυρουδίου, Κρυόβρυσης, Αγίου Βλασίου και Αγίας Μαρίνας.

3.2 Βλάστηση

Εκτάσεις με πυκνή δασική βλάστηση είναι διάσπαρτες στους ορεινούς όγκους του Δήμου, ενώ οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις παρατηρούνται στην Δημοτική Ενότητα Ηγουμενίτσας, στο Ακρωτήρι της Γωνιάς, στην εκτός σχεδίου περιοχή ανατολικά της πόλης της Ηγουμενίτσας και στα Δημοτικά Διαμερίσματα Κρυόβρυσης και Γραικοχωρίου. Οι συνδυασμοί θαμνώδους και / ή ποώδους βλάστησης υπερτερούν στο Δήμο, και καταλαμβάνουν έκταση 140,7 χιλ. στρ. με το μεγαλύτερο ποσοστό τους να απαντώνται στον Δήμο Μαργαριτίου. Οι εκτάσεις με αραιή ή καθόλου βλάστηση καταλαμβάνουν 42,9 χιλ. στρ., με αρκετά μεγάλο ποσοστό τους να βρίσκεται στην Δημοτική Ενότητα Παραποτάμου, ενώ οι μεταβατικές δασώδεις - θαμνώδεις εκτάσεις καλύπτουν έκταση μόνο 8,6 χιλ. στρ. σε όλο τον Δήμο Ηγουμενίτσας.

4 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

4.1 Υλικά

Τα δεδομένα χρήσης/κάλυψης γης δημιουργήθηκαν απο φωτοερμηνεία των εξής τηλεπισκοπικών δεδομένων:

- Δεδομένα του προγράμματος CORINE για τα έτη 2000, 2006 και 2012
- Δορυφορικές εικόνες LANDSAT-5 TM και LANDSAT-8 OLI με ημερομηνίες λήψης 14-08-2000, 30-07-2006 και 18-08-2013
- Η οριογραμμή της περιοχής μελέτης
- Τα όρια των λεκανών απορροής στη περιοχή μελέτης

Για τη δημιουργία, επεξεργασία και ανάλυση των χωρικών δεδομένων, καθώς και την παραγωγή χαρτογραφικού υλικού χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcGIS Desktop της Esri και το QGIS 2.14.3

Το προβολικό σύστημα που χρησιμοποιήθηκε για όλα τα δεδομένα είναι το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΕΓΣΑ) 1987, με Ελλειψοειδές Αναφοράς το GRS 1980 σε Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή (Κεντρικός Μεσημβρινός: $\lambda_0=24^{\circ} 00' 00''$ με $K_0=0,999600$, Τετμημένη Κεντρικού Μεσημβρινού: $+500000,00$ m και Γεωγραφικό Πλάτος Αναφοράς: $0^{\circ} 00' 00''$).

4.2 Το πρόγραμμα CORINE

Η βαρύτητα που έχουν οι χρήσεις γης οδήγησε στο να ξεκινήσει το 1995 ένα διεθνές διεπιστημονικό πρόγραμμα με την ονομασία Land Use and Land Cover Change (L.U.C.C.), με σκοπό τη βελτίωση της κατανόησης της δυναμικής χρήσεων γης και την σχέση τους με τη παγκόσμια περιβαλλοντική αλλαγή.

Το εγχείρημα της ανίχνευσης αλλαγών κάλυψης και χρήσης γης πολύ συχνά προσκρούει στην απουσία συστηματικών διαχρονικών δεδομένων. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εφάρμοσε το πρόγραμμα CORINE (CO-ordination of Information on the Environment) από το 1985 ως το 1990. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου μέσα στο ευρωπαϊκό περιβάλλον, δημιουργήθηκε ένα σύστημα πληροφοριών (το σύστημα CORINE) με την ανάπτυξη ονοματολογιών και μεθοδολογιών.

Το 1991 στη διάσκεψη Dobris, οι ευρωπαϊκοί Υπουργοί περιβάλλοντος ζήτησαν την εφαρμογή του προγράμματος στις χώρες της κεντρικής και ανατολικής Ευρώπης που καλύπτονταν έως τότε από το πρόγραμμα EC Phare programme. Μέσω της υποστήριξη αυτού του προγράμματος, η βάση δεδομένων CORINE εφαρμόστηκε σε 13 επιλέξιμες χώρες. Μετά την απόφαση του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου να ιδρύσει την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Περιβάλλοντος -European Environment Agency- (EEA) και την καθιέρωση του ευρωπαϊκού δικτύου πληροφοριών και παρατήρησης περιβάλλοντος - European Information and Observation Network-(EIONET), η ευθύνη για την βάση δεδομένων CORINE (και οι αναπροσαρμογές της) εναπόκειται στην EEA (European Environmental Agency).

Το CORINE Land Cover (CLC) είναι η μεγαλύτερη βάση δεδομένων του προγράμματος CORINE. Ο κατάλογος CLC90 και οι αναπροσαρμογές του είναι μια βάση δεδομένων κάλυψης γης ενιαία για τα συμμετέχοντα κράτη, η οποία παρέχει στοιχεία αναφοράς για την ανάπτυξη της χωρικής ανάλυσης και ενσωματώνει περιβαλλοντικές εκτιμήσεις. Το έτος αναφοράς της πρώτης έκδοσης CLC ήταν το 1990 (CLC1990), και η πρώτη ενημέρωση δημιουργήθηκε το 2000. Αργότερα ο κύκλος επικαιροποίησης έγινε 6 έτη. Έτσι στα πλαίσια του προγράμματος CORINE, έχουν προκύψει

δεδομένα κάλυψης εδάφους για τις χρονολογίες 1990, 2000, 2006 και 2012. Ο αριθμός των συμμετεχουσών χωρών αυξήθηκε με την πάροδο του χρόνου, σήμερα περιλαμβάνει 33 χώρες μέλη του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (ΕΟΧ) και έξι συνεργαζόμενες χώρες (ΕΟΧ39), συνολικής επιφάνειας άνω των 5,8 Μkm². Η κλίμακα που επιλέχθηκε για την υλοποίηση του προγράμματος CORINE ήταν 1:100.000 και η χωρική μονάδα χαρτογράφησης (Minimum Mapping Unit) τα 25ha/100m. Τα πιο πρόσφατα δεδομένα που υπάρχουν για τον Ελληνικό χώρο είναι του έτους 2012 και πολύ πρόσφατα του 2018.

Η ύπαρξη τουλάχιστον δυο χρονολογιών καθιστά εφικτή τη διαχρονική ανάλυση καλύψεων γης. Για πρώτη φορά υπάρχει συστηματική βάση δεδομένων που καλύπτει χρονικές στιγμές, που απέχουν δέκα χρόνια. Με σύγκριση των διαθέσιμων χρονικών περιόδων δημιουργείται ο πίνακας αλλαγών και από αυτόν εξάγονται αποτελέσματα. Η ανάλυση διαχρονικών αλλαγών είναι κρίσιμη για την κατανόηση των διαδικασιών που λειτουργούν και προκαλούν αλλαγές στο χώρο όπως και για την αποτίμηση των εθνικών και κοινοτικών πολιτικών που εφαρμόζονται.

Τα πρωτογενή δεδομένα που χρησιμοποιούνται από το πρόγραμμα CLC για την παραγωγή των χαρτών κάλυψης γης είναι, κυρίως, δορυφορικά. Το CLC1990 βασίζεται σε οπτική φωτοερμηνεία εικόνων του δορυφόρου Landsat-5 MSS/TM από εθνικές ομάδες εργασίας. Η έκδοση του 1990 δημιουργήθηκε με κλασικές μεθόδους φωτοερμηνείας. Δηλαδή επιθέτοντας διαφάνειες πάνω σε τυπωμένες ψευδό-χρωμες (πράσινο-κόκκινο-εγγύς υπέρυθρο) ορθό-φωτογραφίες σε κλίμακα 1/100.000 (ΕΕ, 1995). Στη συνέχεια οι κατηγορίες εντοπίζονται οπτικά από τον άνθρωπο φωτοερμηνευτή και τα όρια τους σχεδιάζονται με το χέρι. Οι αποφάσεις λαμβάνονται σε μεγάλο βαθμό βάσει συμπληρωματικών δεδομένων που διευρύνουν τη χωρική και χρονική ανάλυση. Κατόπιν τα όρια των πολυγώνων ψηφιοποιούνται και εντάσσονται στη βάση δεδομένων. Το κάθε βήμα της διαδικασίας, επειδή δεν είναι ψηφιακή, εισαγάγει σφάλματα (λόγω εκτύπωσης, ψηφιοποίησης κλπ).

Η έκδοση του CLC 2000 βασίζεται εξίσου σε οπτική φωτοερμηνεία εικόνων του δορυφόρου Landsat-7 TM, τα πολύγωνα όμως ψηφιοποιούνται απευθείας στην οθόνη ελαχιστοποιώντας τα σχετικά σφάλματα. Αντίστοιχα το CLC 2006 προέκυψε από φωτοερμηνεία εικόνων SPOT-4/5 και IRS P6 LISS III, και το CLC 2012 IRS P6 LISS III και RapidEye.

Το σύστημα κωδικοποίησης-ονοματολογία corine land cover είναι ιεραρχικό, αποτελείται από τρία επίπεδα και είναι κοινό μεταξύ των χρονολογιών. Το πρώτο επίπεδο έχει πέντε κατηγορίες: τεχνητές επιφάνειες, γεωργικές περιοχές, δάσος και ημιφυσικές περιοχές, υδροβιότοποι και υδάτινοι όγκοι. Το δεύτερο επίπεδο έχει 15 κλάσεις και το τρίτο 44. Η θεματική ακρίβεια του CORINE είναι καλύτερη ή ίση με 85% παρόλο που για ορισμένα κράτη στην έκδοση του 1990 υπάρχουν επιφυλάξεις ως προς την τήρηση τις προδιαγραφής αυτής.

Πίνακας 1 Σύστημα ταξινόμησης -ονοματολογία CORINE LAND COVER

Πρώτο επίπεδο	Δεύτερο επίπεδο	Τρίτο επίπεδο
1. Τεχνητές επιφάνειες	1.1 Αστικός ιστός	1.1.1 Συνεχής αστικός ιστός 1.1.2 Ασυνεχής αστικός ιστός
	1.2 Βιομηχανικές-εμπορικές ζώνες και δίκτυα μεταφορών	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 Ορυχεία, χώροι απορρίψεως απορριμμάτων και χώροι οικοδόμησης	1.3.1 Χώροι εξορύξεως ορυκτών 1.3.2 Χώροι απορρίψεως απορριμμάτων 1.3.3 Χώροι οικοδόμησης
	1.4 Τεχνητές μη γεωργικές ζώνες πρασίνου	14.1 Περιοχές αστικού πρασίνου 14.2 Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής
2. Γεωργικές περιοχές	2.1 Αρόσιμη γη	2.1.1 Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη 2.1.2 Μόνιμα αρδευόμενη γη 2.1.3 Ορυζώνες
	2.2 Μόνιμες καλλιέργειες	2.2.1 Αμπελώνες 2.2.2 Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς 2.2.3 Ελαιώνες
	2.3 Λιβάδια	2.3.1 Λιβάδια
	2.4 Ετερογενείς γεωργικές περιοχές	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 Γεωργό-δασικές περιοχές
3. Δάση και ημι-φυσικές περιοχές	3.1 Δάση	3.1.1 Δάσος πλατύφυλλων 3.1.2 Δάσος κωνοφόρων 3.1.3 Μικτό δάσος
	3.2 Συνδυασμοί θαμνώδους η/και ποώδους βλάστησης	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 Ανοιχτοί χώροι με λίγη η καθόλου βλάστηση	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. Υγρότοποι	4.1 Υγρότοποι ενδοχώρας	4.1.1 Βάλτοι στην ενδοχώρα 4.1.2 Τυρφώνες
	4.2 Παραθαλάσσιοι υγρότοποι	4.2.1 Παραθαλάσσιοι Βάλτοι 4.2.2 Αλυκές 4.2.3 Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα
5. Υδάτινες επιφάνειες	5.1 Χερσαία ύδατα	5.1.1 Υδατορρέυματα 5.1.2 Επιφάνειες στάσιμου ύδατος
	5.2 Θαλάσσια ύδατα	5.2.1 Παράκτιες λιμνοθάλασσες 5.2.2 Εκβολές ποταμών 5.2.3 Θάλασσες και ωκεανοί

4.3 Ο δορυφόρος LANDSAT

4.3.1 Δορυφόρος Landsat -5

Ο δορυφόρος Landsat - 5, εκτοξεύτηκε το 1984 σε ηλιοσύγχρονη, σχεδόν πολική τροχιά. Η παραπάνω τροχιά έχει ως αποτέλεσμα έναν κύκλο επανάληψης 16 ημερών για τον κάθε δορυφόρο. Η διάταξη του δορυφόρου Landsat - 5, περιελάμβανε και τους δυο ανιχνευτές, τον MSS και τον TM. Ο MSS έχει συμπεριληφθεί σ' αυτές τις αποστολές, κυρίως για να εξασφαλίσει τη συνέχεια αυτών των δεδομένων για σταθμούς λήψης που δεν ήταν σε θέση να λάβουν και να επεξεργαστούν δεδομένα TM.

Ο MSS επί του δορυφόρου Landsat - 5 ήταν σχεδόν ταυτόσημος με τους ανιχνευτές των προηγούμενων δορυφόρων Landsat. Η ζώνη εγκάρσιας σάρωσης των 185 km είχε διατηρηθεί στο νέο χαμηλότερο ύψος τροχιάς, αυξάνοντας το ολικό οπτικό πεδίο από 11,56ο των προηγούμενων συστημάτων, σε 14,92ο . Η οπτική διάταξη είχε επίσης τροποποιηθεί για να επιφέρει ένα επίγειο εικονοστοιχείο 82 m, το οποίο προσεγγίζει το επίγειο εικονοστοιχείο των 79 m των προηγούμενων συστημάτων. Οι ίδιες τέσσερις φασματικές ζώνες χρησιμοποιούνται για τη συλλογή των δεδομένων, αλλά έχουν επαναριθμηθεί. Αυτό σημαίνει ότι τα κανάλια 1 έως 4 του MSS του Landsat - 5 αντιστοιχούσε απευθείας στα κανάλια 4 έως 7 των προηγούμενων συστημάτων MSS. Ο Θεματικός Χαρτογράφος υπήρξε ένας δέκτης προηγμένης τεχνολογίας, ο οποίος ενσωμάτωσε έναν αριθμό φασματικών, ραδιομετρικών και γεωμετρικών βελτιώσεων στο σχεδιασμό του συγκριτικά με τον MSS. Οι φασματικές βελτιώσεις συμπεριλάμβαναν τη συλλογή δεδομένων σε επτά φασματικά κανάλια αντί τεσσάρων, με νέα κανάλια στο ορατό (μπλε), μέσο υπέρυθρο και θερμικό τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Ραδιομετρικά ο TM μετέτρεπε το σήμα από αναλογικό σε ψηφιακό επί του φορέα, σε ένα εύρος κωδικοποίησης 256 ψηφιακών αριθμών, δηλαδή η ραδιομετρική ανάλυση ήταν 8 bits. Γεωμετρικά τα δεδομένα του TM συλλέγονταν χρησιμοποιώντας ένα επίγειο εικονοστοιχείο 30 m (για όλα τα κανάλια εκτός του θερμικού, το οποίο είχε διακριτική ικανότητα 120 m). Στον παρακάτω Πίνακα εμφανίζονται σε λίστα τα επτά φασματικά κανάλια του TM.

Πίνακας 2 Φασματικά κανάλια του Θεματικού Χαρτογράφου TM και οι κύριες εφαρμογές τους

Δίαυλος	Μήκος κύματος (μm)	Φασματική ζώνη	Εφαρμογές
1	0.45 – 0.52	Blue	Σχεδιάστηκε για να διεισδύει στις υδάτινες επιφάνειες. Πολύ χρήσιμο για την χαρτογράφηση παράκτιων περιοχών, την διάκριση διαφόρων ειδών φυτοκάλυψης, την χαρτογράφηση δασικών περιοχών και ανθρωπογενών κατασκευών
2	0.52 – 0.60	Green	Σχεδιάστηκε για να μετράει το μέγιστο της ανάκλασης της φασματικής καμπύλης της βλάστησης. Πολύ χρήσιμο για τη διάκριση διαφόρων ειδών βλάστησης και ανθρωπογενών κατασκευών.
3	0.63 – 0.69	Red	Σχεδιάστηκε για να καταγράφει στην περιοχή απορρόφησης της χλωροφύλλης. Χρήσιμο για τη διάκριση διαφορετικών ειδών φυτών και ανθρωπογενών κατασκευών
4	0.76 – 0.90	Near Infrared	Χρήσιμο στον προσδιορισμό ειδών βλάστησης, στον προσδιορισμό της βιομάζας, στην διάκριση υδάτινων επιφανειών και στην χαρτογράφηση της περιεχόμενης υγρασίας στο έδαφος.
5	1.55 – 1.75	Mid Infrared	Χρήσιμο, στον προσδιορισμό της υγρασίας των φυτών, στον προσδιορισμό της υγρασίας του εδάφους και στην διάκριση νεφών από επιφάνειες με χιόνια.
6	10.4 – 12.4	Thermal Infrared	Χρήσιμο, σε εφαρμογές θερμικής χαρτογράφησης, στην διάκριση διαφορών στην περιεχόμενη υγρασία του εδάφους και στον εντοπισμό ασθενειών της βλάστησης
7	2.08 – 2.35	Mid Infrared	Χρήσιμο στη διάκριση ορυκτών και πετρωμάτων και στον προσδιορισμό της περιεχόμενης υγρασίας της βλάστησης

4.3.2 Δορυφόρος Landsat 8 OLI / TIRS

Ο Landsat 8 OLI / TIRS, είναι ένα δορυφόρος Αμερικανικής προέλευσης και κατασκευής και ανήκει στα παθητικά συστήματα τηλεπισκόπησης. Εκτοξεύθηκε και τέθηκε σε τροχιά γύρω από τη γη στις 11/2/2013. Το σκάφος του φορέα, κατασκευάστηκε από την Orbital Sciences Corporation, ενώ τα οπτικά του όργανα κατασκευάστηκαν από τη Ball Aerospace και τη Goddard Space Flight Center. Η εκτόξευσή του πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια ενός πυραύλου Atlas V401, στην αεροπορική βάση του Vandenberg. 78 λεπτά και 30 δευτερόλεπτα μετά την εκτόξευση, ο δορυφόρος αποσπάστηκε από το πυραυλικό τμήμα και μπήκε σε τροχιά γύρω από τη γη. Ο δορυφόρος ίπταται σε ύψος 705 χιλιομέτρων με ταχύτητα 17.000 μίλια / ώρα, που ισοδυναμεί με 7,5 χιλιόμετρα / δευτερόλεπτο. Ακολουθεί ηλιοσύγχρονη τροχιά και εκτελεί μια πλήρη περιστροφή γύρω από τη γη σε 99 λεπτά, με το χρόνο επαναδιέλευσής του να είναι 16 ημέρες. Οι αισθητήρες του είναι δύο, 1) ο OLI (Operational Land Imager) και ο 2) TIRS (Thermal Infrared Sensor).

Ο OLI είναι ένα πολυφασματικός αισθητήρας που συλλέγει δεδομένα σε εννέα φασματικούς διαύλους με 12 bit ραδιομετρική διακριτική ικανότητα. Το bit συμβολίζει τη πηγαία μονάδα μέτρησης ενός ηλεκτρονικού υπολογιστικού συστήματος και παίρνει μόνο δύο τιμές, 0 & 1. Οπότε ως δυαδικό σύστημα τα 16 bit ραδιομετρικής χωρικής ικανότητας ισοδυναμούν με $2^{16} = 65.536$ τόνους του γκρι. Δηλαδή τιμές που κυμαίνονται από 0 έως 65.535.

Πίνακας 3 Πληροφορίες για του διαύλους του απεικονιστή Landsat-8

Φασματικό Κανάλι	Μήκος Κύματος	Χωρική Διακριτική Ικανότητα	Ενέργεια Ηλιακής Ακτινοβολίας
Band 1 - Coastal / Aerosol	0.433 – 0.453 μm	30 m	2031 W/(m ² μm)
Band 2 - Blue	0.450 – 0.515 μm	30 m	1925 W/(m ² μm)
Band 3 - Green	0.525 – 0.600 μm	30 m	1826 W/(m ² μm)
Band 4 - Red	0.630 – 0.680 μm	30 m	1574 W/(m ² μm)
Band 5 - Near Infrared	0.845 – 0.885 μm	30 m	955 W/(m ² μm)
Band 6 – Short Wavelength Infrared 1	1.560 – 1.660 μm	30 m	242 W/(m ² μm)
Band 7 – Short Wavelength Infrared 2	2.100 – 2.300 μm	30 m	82.5 W/(m ² μm)
Band 8 - Panchromatic	0.500 – 0.680 μm	15 m	1739 W/(m ² μm)
Band 9 - Cirrus	1.360 – 1.390 μm	30 m	361 W/(m ² μm)

Ο TIRS είναι ένας αισθητήρας που συλλέγει δεδομένα σε **δύο** φασματικούς διαύλους στο θερμικό υπέρυθρο φάσμα και χρησιμοποιείται για τη παρατήρηση και καταγραφή της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της γης.

Πίνακας 4 Πληροφορίες για τους θερμικούς υπέρυθρους διαύλους του Landsat-8

Φασματικό Κανάλι	Μήκος Κύματος	Χωρική Διακριτική Ικανότητα
Band 10 - Long Wavelength Infrared	10.30 – 11.30 μm	100 m
Band 11 - Long Wavelength Infrared	11.50 – 12.50 μm	100 m

4.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.4.1 Γενικά

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε με σκοπό τον προσδιορισμό και την αποτύπωση των κατηγοριών χρήσεων/κάλυψης γης της περιοχής μελέτης κατά το χρονικό διάστημα 2000-2012, περιελάμβανε τα ακόλουθα στάδια:

- Το στάδιο της συλλογής των θεματικών δεδομένων CORINE.
- Το στάδιο της επεξεργασίας των θεματικών δεδομένων CORINE.
- Το στάδιο της συλλογής των δορυφορικών εικόνων LANDSAT.
- Το στάδιο της επεξεργασίας των εικόνων LANDSAT
- Το στάδιο της γραφικής απόδοσης των θεματικών δεδομένων και της εξαγωγής των αποτελεσμάτων.

4.4.2 Κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης (NDVI)

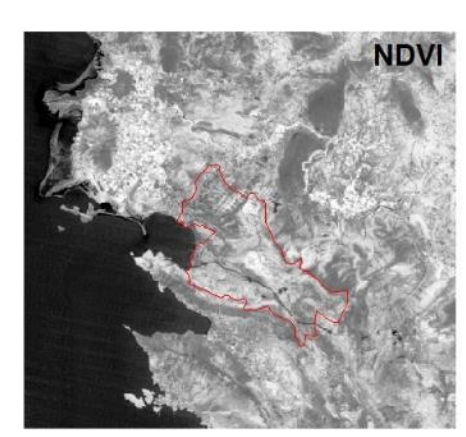
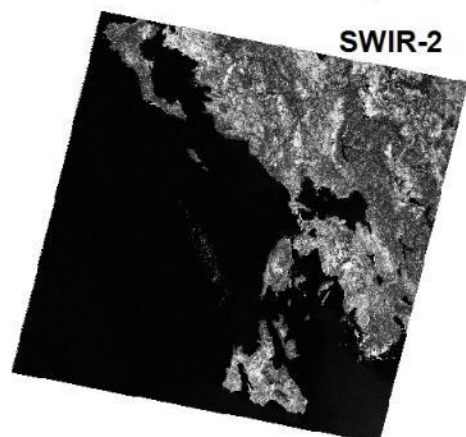
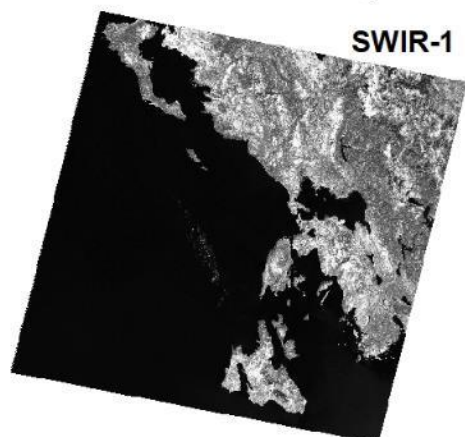
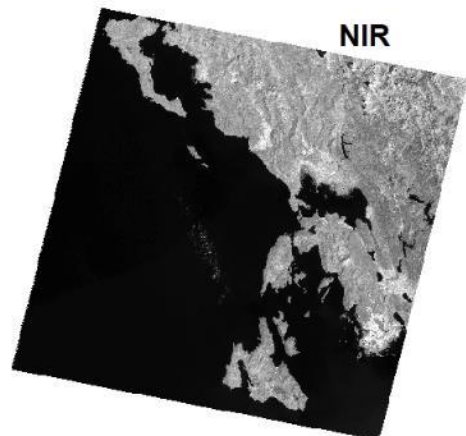
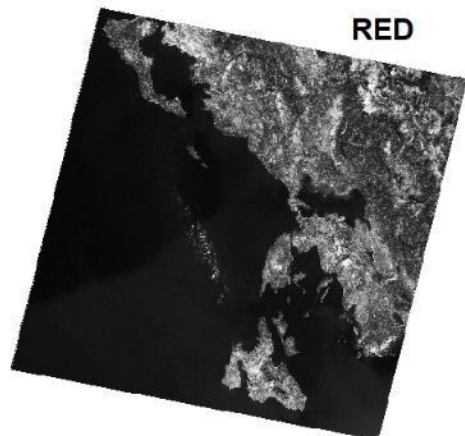
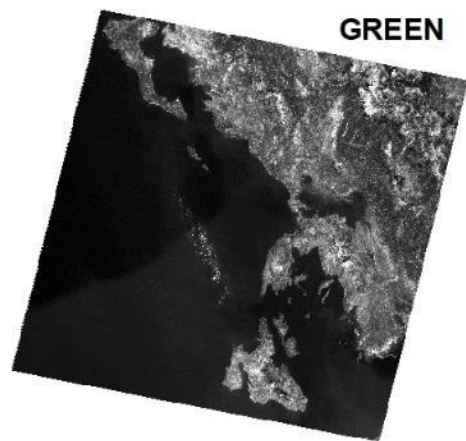
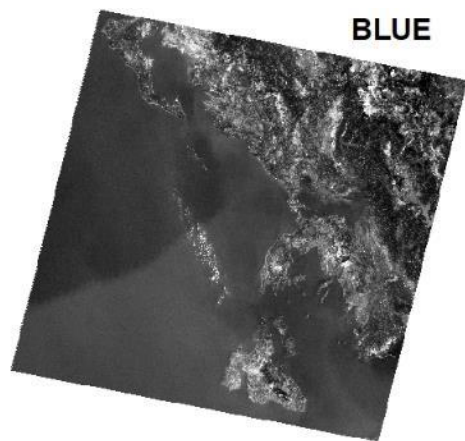
Ο κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης (NDVI) είναι ο πιο διαδεδομένος και ευρέως χρησιμοποιημένος δείκτης βλάστησης για την παρακολούθηση της βλάστησης κυρίως λόγω της δυνατότητας του να εκμεταλλεύεται ραδιομετρικές πληροφορίες της βλάστησης οι οποίες δίνονται από το κόκκινο (Red) και εγγύς υπέρυθρο φάσμα (NIR) ενώ ελαχιστοποιεί την επίδραση της ηλιακής γωνίας. Ο NDVI υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad [3]$$

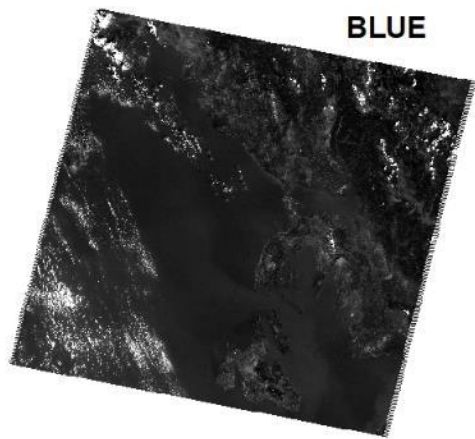
Η πληροφορία στο υπέρυθρο (NIR) αντιστοιχεί στον δίαυλο B8 και στο κόκκινο (Red) αντιστοιχεί στον δίαυλο B4 της εικόνας Sentinel-2. Οι τιμές που παρουσιάζει ο δείκτης NDVI είναι μεταξύ του -1 έως +1, οι περιοχές που δεν φέρουν ίχνος βλάστησης δίνουν αρνητική τιμή ή τιμή που αγγίζει την τιμή μηδέν (0), ενώ μία τιμή που αγγίζει το +1 (0,7-1) αντιπροσωπεύει την καλύτερη κατάσταση υγείας της βλάστησης και την υψηλότερη δυνατή πυκνότητα πράσινων φύλλων. Ο δείκτης NDVI, μπορεί να ειπωθεί, ότι είναι αξιόπιστος δείκτης της πυκνότητας της χλωροφύλλης στο φύλλο καθώς και της πυκνότητας της κάλυψης της βλάστησης.

Πίνακας 5 Κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης

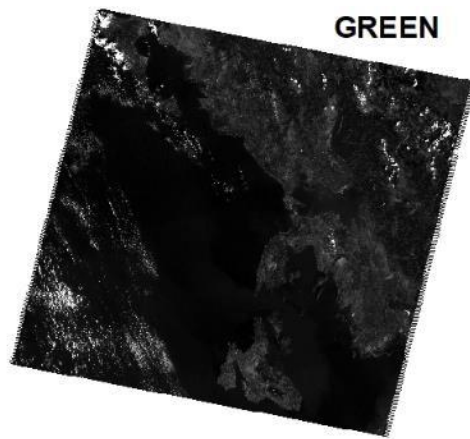
α/α	Τιμές NDVI	Πυκνότητα βλάστησης
1	-1 εως 0,1	Πολύ αραιή βλάστηση
2	0,1-0,3	Αραιή βλάστηση
3	0,3-0,5	Μέτρια βλάστηση
4	0,5-0,7	Πυκνή βλάστηση
5	0,7-1	Πολύ πυκνή βλάστηση



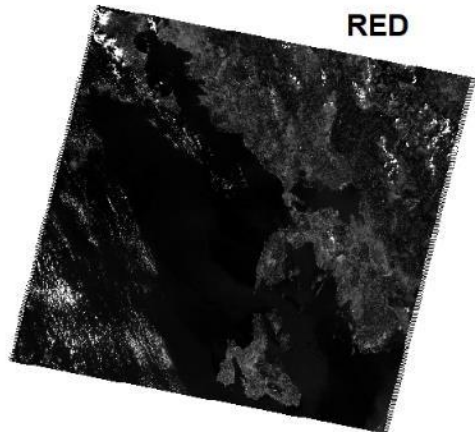
Εικόνα 3 Δίαυλοι της δορυφορικής εικόνας Landsat-5 TM (14-08-2000), έγχρωμη σύνθεση της εικόνας (κάτω αριστερά) και δείκτης NDVI της περιοχής μελέτης (κάτω δεξιά).



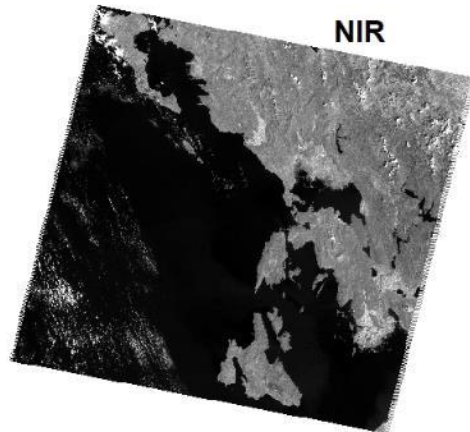
BLUE



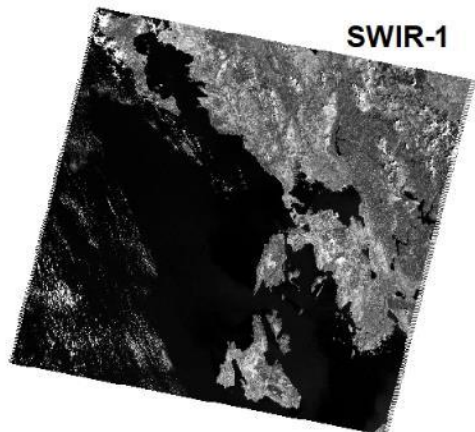
GREEN



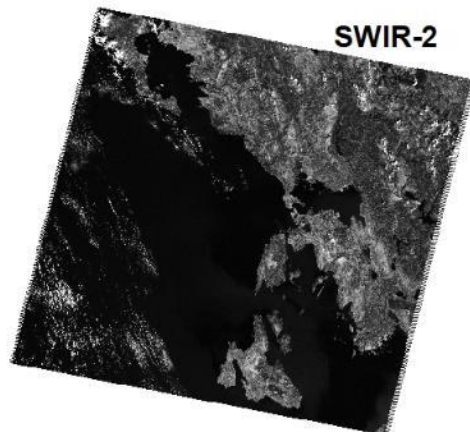
RED



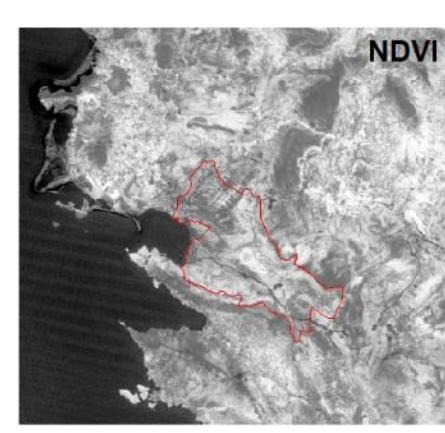
NIR



SWIR-1

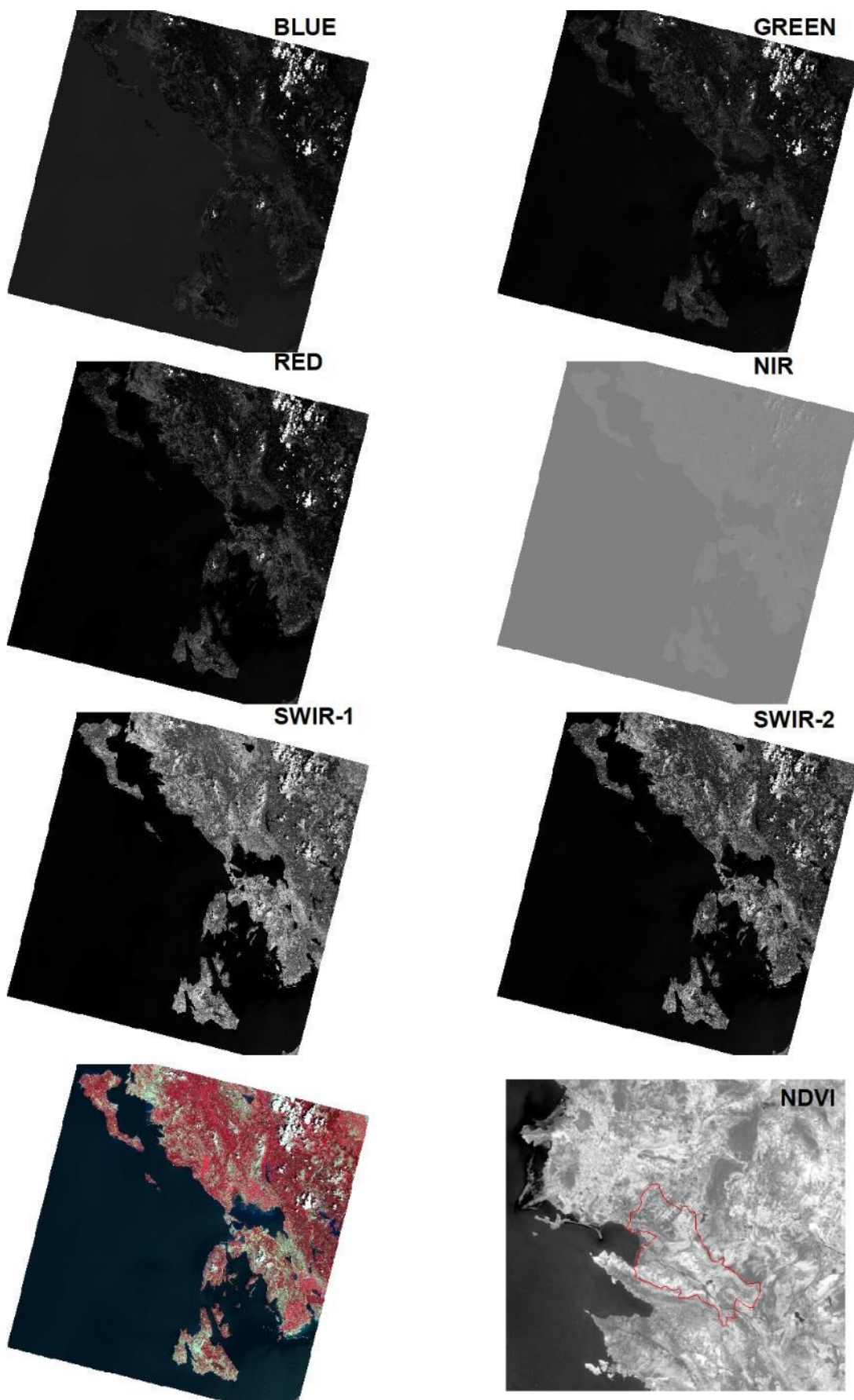


SWIR-2



NDVI

Εικόνα 4 Δίαυλοι της δορυφορικής εικόνα Landsat-5 TM (30-07-2006), έγχρωμη σύνθεση της εικόνας (κάτω αριστερά) και δείκτης NDVI της περιοχής μελέτης (κάτω δεξιά).



Εικόνα 5 Δίαυλοι της δορυφορικής εικόνας Landsat-8 OLI (13-08-2013), έγχρωμη σύνθεση της εικόνας (κάτω αριστερά) και δείκτης NDVI της περιοχής μελέτης (κάτω δεξιά).

4.4.3 Προσδιορισμός μέσης ετήσιας παραγωγής φερτών υλικών με τη μέθοδο του Gavrilovic

Για τον υπολογισμό της μέσης ετήσιας παραγωγής φερτών υλικών (διάβρωση) χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του Gavrilovic. Ως διάβρωση μιας έκτασης ή μιας λεκάνης απορροής, ορίζεται η διαδικασία απαγωγής από τα όμβρια ύδατα στερεών υλικών που έχουν παραχθεί με οποιοδήποτε τρόπο στην επιφάνεια τους, της μεταφοράς και της απόθεσης αυτών υλικών εκτός της έκτασης τους (Κωτούλας 2001). Όταν η απώλεια εδάφους λόγω διάβρωσης από μια έκταση, είναι μικρότερη της ποσότητας του εδάφους που σχηματίζετε με φυσικές διεργασίες, στην ίδια έκταση, τότε η διάβρωση λέγεται κανονική και θεωρείτε αβλαβής. Είναι δυνατόν όμως, διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες, ή ακόμα και μεγάλες φυσικές καταστροφές, να εντείνουν το φαινόμενο της διάβρωσης έτσι ώστε η ποσότητα του εδάφους που χάνεται να είναι μεγαλύτερη από αυτή που σχηματίζετε με φυσικό τρόπο. Η διάβρωση αυτή θεωρείτε βλαπτική και ονομάζεται επιταχυνόμενη. Η διάβρωση οδηγεί σε ταπείνωση του ανάγλυφου και ανύψωση του χώρου όπου γίνεται η απόθεση.

Οι παράγοντες που καθορίζουν την ένταση του φαινομένου της διάβρωσης είναι το κλίμα, η τοπογραφία, τα χαρακτηριστικά του εδάφους, η κάλυψη του εδάφους καθώς και οι χρήσεις γης. Το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης των παραπάνω παραγόντων είναι η υποβάθμιση του εδάφους. Για την εκτίμηση της απώλειας εδάφους και της υποβάθμισης σε ετήσια βάση ή και για μεμονωμένα πλημμυρικά γεγονότα αναπτύχθηκαν κατά καιρούς διάφορες μέθοδοι, οι οποίες διακρίνονται σε στοχαστικές και προσδιοριστικές. Η μέθοδος του Gavrilovic (1972) έχει την ακόλουθη μορφή:

$$W = T \cdot h \cdot \pi \cdot \sqrt{z^3} \cdot F \quad (\text{m}^3/\text{έτος})$$

όπου:

W: όγκος μέσης, ετήσιας παραγωγής φερτών υλικών στην ορεινή λεκάνη απορροής του χειμαρρικού ρεύματος ($\text{m}^3/\text{έτος}$). Εκφράζεται σε συμπαγή όγκο φερτών υλών.

T: δείκτης θερμοκρασίας, ο οποίος παρέχεται από τη σχέση:

$$T = \sqrt{\frac{t^\circ}{10} + 0,1}$$

t° : μέση ετήσια θερμοκρασία στην ορεινή λεκάνη απορροής(°C)

h : μέσο ετήσιο ύψος βροχής της λεκάνης (mm)

π : ο αριθμός 3,14

F : επιφάνεια της λεκάνης (km^2)

z : δείκτης διάβρωσης, ο οποίος υπολογίζεται από τη σχέση:

$$z = x \cdot y \cdot (\phi + \sqrt{J})$$

χ: δείκτης που εκφράζει τη μείωση της αντίστασης του γεωλογικού υποθέματος κατά της διάβρωσης ανάλογα με την κατάσταση και την καλλιέργεια της επιφάνειας του, με βάση την παρουσία της βλάστησης. Δίνεται από τον Πίνακα 5. Κυμαίνεται μεταξύ 0,05 και 1,0

γ: δείκτης διαβρωσιμότητας του γεωλογικού υποθέματος, ο οποίος εξαρτάται από την πετρολογική και εδαφολογική σύσταση των λεκανών. Παρέχεται από τον Πίνακα 6. Κυμαίνεται μεταξύ 0,2 και 2,0

Φ : δείκτης, που εκφράζει το είδος και το βαθμό της διάβρωσης των λεκανών απορροής. Παρέχεται από το Πίνακα 7. Κυμαίνεται μεταξύ 0,9 και 1,0

J : μέση κλίση της επιφάνειας της λεκάνης απορροής, ως εφαπτόμενης γωνίας (-).

Πίνακας 6 Τιμές του δείκτη χ στον τύπο του Gavrilovic

<u>Περιγραφή της ορεινής λεκάνης απορροής και της μορφής του φυτοκαλύμματός της</u>	Μέση τιμή δείκτη χ
<i>I. Λεκάνες απορροής πριν από την εκτέλεση υδρονομικών έργων:</i>	
Έδαφος πλήρως υποβαθμισμένο, μη καλλιεργήσιμο	1
Αγροί καλλιεργούμενοι σε κλιτύες	0,9
Αμπελώνες χωρίς βλάστηση στο έδαφος	0,7
Υποβαθμισμένες δασοσυστάδες και θαμνώνες με υποβαθμισμένο έδαφος	0,6
Λιβάδια, αγροί με τριφύλλι και άλλες παρόμοιες καλλιέργειες	0,4
Εκτεταμένες δασοσυστάδες και θαμνώνες σε καλή κατάσταση	0,05
<i>II. Λεκάνες απορροής μετά από την εκτέλεση υδρονομικών έργων:</i>	
Διευθετημένες κοίτες με φράγματα	0,7
Αγροί καλλιεργούμενοι συχνά κατά τις ισοϋψείς	0,63
Αγροί καλά καλλιεργούμενοι	0,54
Αγροί καλλιεργούμενοι κατά λωρίδες οριζόντιες	0,45
Αγροί βαθμιδωμένοι	0,36
Αμπελώνες κατά τις ισοϋψείς	0,32
Υποβαθμισμένα εδάφη μετά από αναχλόαση, βελτιωμένα λιβάδια	0,3
Εδάφη με αγωγούς ανάσχεσης και συγκράτησης του νερού	0,27
Επιφάνειες λεκανών με αναδασώσεις συνοδευόμενες και από βαθμίδωση του εδάφους	0,1
<i>III. Μορφή του φυτοκαλύμματός:</i>	
Μικτές δασοσυστάδες και πυκνοί θαμνώνες ή δασοσυστάδες αραιές με υπόροφο	0,05-0,20
Δασοσυστάδες κωνοφόρων με υπόροφο ασθενή ή θαμνώνες όχι σύμπυκνοι	0,20-0,60
Δασοσυστάδες κωνοφόρων και θαμνώνες υποβαθμισμένοι, λιβάδια	0,40-0,60
Λιβάδια και εδάφη καλλιεργούμενα, υποβαθμισμένα	0,60-0,80
Επιφάνειες χωρίς φυτοκάλυμμα	0,80-1,00

Πίνακας 7 Τιμές του δείκτη γ στον τύπο του Gavrilovic

<u>Είδος πετρώματος και υπεδάφους</u>	Τιμή δείκτη γ
Σκληρά πετρώματα, ανθεκτικά στην διάβρωση	0,2 - 0,6
Πετρώματα μετρίως ανθεκτικά στη διάβρωση	0,6 - 1,0
Εύθρυπτα πετρώματα (σχιστές, συμπαγείς, άργιλλοι κλπ.)	1,0 - 1,3
Αποθέσεις, μορένες, άργιλλοι, ψαμόλιθοι και άλλα λιγότερο ανθεκτικά πετρώματα	1,3 - 1,8
Πολύ ευαίσθητα στη διάβρωση πετρώματα και εδάφη	1,8 - 2,0

Πίνακας 8 Τιμές του δείκτη ϕ στον τύπο του Gavrilovic

<u>Είδος και βαθμός διάβρωσης των λεκανών</u>	Τιμές δείκτη ϕ
Ασθενής διάβρωση στις λεκάνες απορροής	0,1 - 0,2
Διάβρωση επιφανειακή στα 25-50 % της λεκάνης	0,3 - 0,5
Επιφανειακή διάβρωση, ολισθήσεις και αποθέσεις, καρστική διάβρωση	0,6 - 0,7
Τα 50 έως 80% της λεκάνης υποβαθμισμένα από χαραδρώσεις και ολισθήσεις	0,8 - 0,9
Λεκάνες πλήρως υποβαθμισμένες από έντονες διαβρώσεις και ολισθήσεις	0,9 - 1,0

Για τον υπολογισμό της παραγωγής φερτών υλικών χρησιμοποιήθηκαν διανυσματικά χωρικά δεδομένα τα οποία περιλαμβάναν τη διαχρονική χαρτογράφηση του προγράμματος Corine (2000, 2006 και 2012), χάρτες για το εδαφολογικό/γεωλογικό υπόθεμα και το ψηφιακό μοντέλο εδάφους για τον υπολογισμό των κλίσεων (Εικόνα 4).

4.4.4 Παρουσίαση υποθετικών σεναρίων

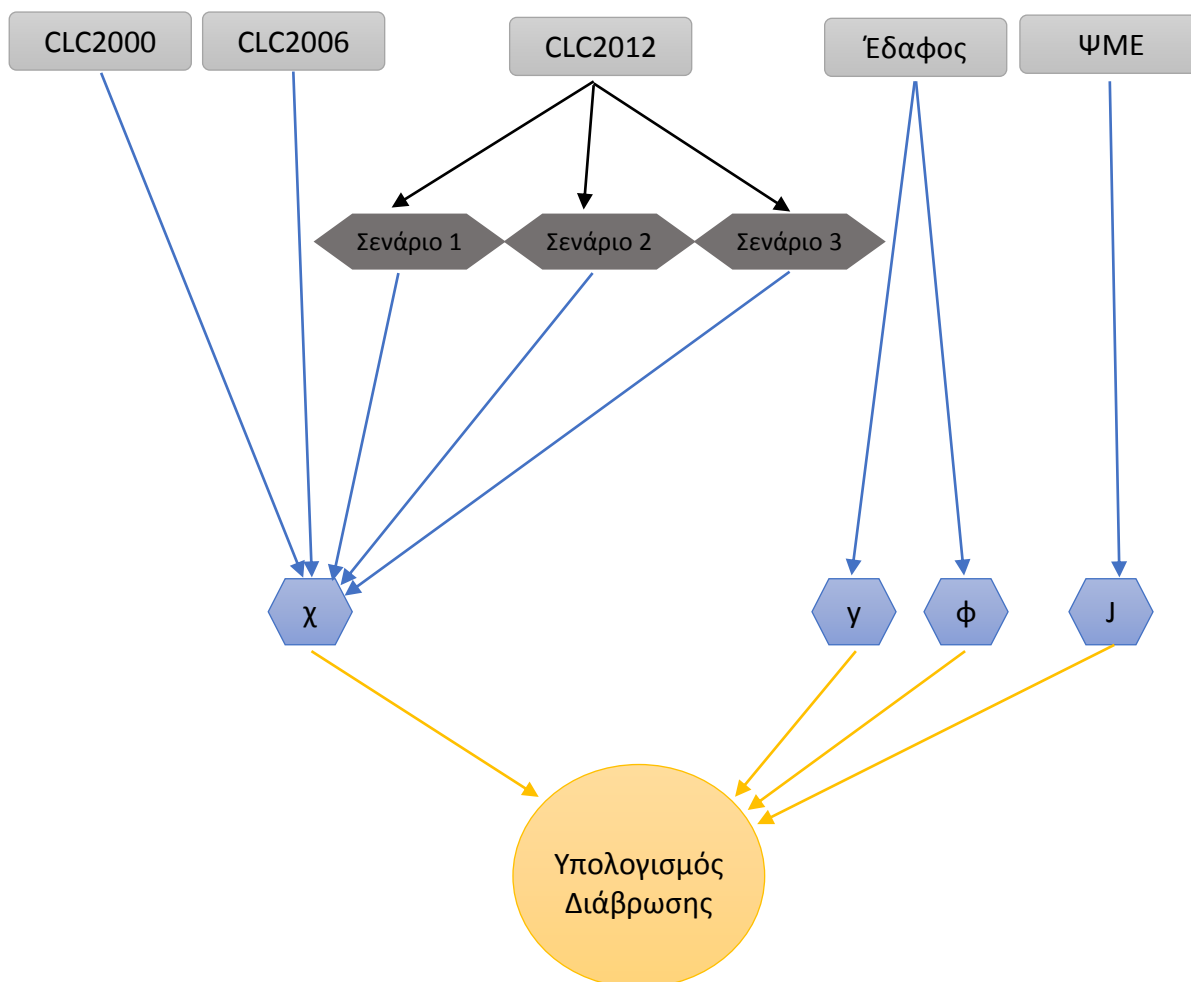
Παράλληλα, και με βάση τις ιστορικές αλλαγές στην περιοχή μελέτης, αναπτύχθηκαν 3 επιμέρους σεναρία (Πίνακας 8), για αλλαγές στην πυκνότητα/κατηγορία κάλυψης και συνεπακόλουθα στις τιμές του δείκτη χ .

Προκειμένου να δούμε αν θα υπάρξει μελλοντική αναβάθμιση και περιορισμό των φερτών υλικών στην περιοχή, εξετάσαμε δύο θετικά σεναρία. Τα υπόψη σεναρία προκύπτουν αυξάνοντας τις πραγματικές τιμές των εκτάσεων με πυκνή κάλυψη βλάστησης κατά 20% και 40% αντίστοιχα. Καθώς αυτομάτως επηρεάζεται ο δείκτης χ με βάση την παρουσία της βλάστησης και συνεπώς ο όγκος μέσης, ετήσιας παραγωγής φερτών υλικών

Η επιλογή του τρίτου υποθετικού (αρνητικού) σεναρίου είχε σαν σκοπό μία εντελώς αντιδιαμετρική εκτίμηση της μελλοντικής αναβάθμισης της περιβαλλοντικής κατάστασης, με την καταστροφή των δασών της περιοχής λόγω πυρκαγιάς και μετατροπής τους σε σκληροφυλλική βλάστηση.

Πίνακας 9 Σενάρια μελλοντικής εξέλιξης της εδαφοκάλυψης στην περιοχή μελέτης

Σενάριο 1	Αύξηση 20% των εκτάσεων με πυκνή κάλυψη βλάστησης
Σενάριο 2	Αύξηση 40% των εκτάσεων με πυκνή κάλυψη βλάστησης
Σενάριο 3	Καταστροφή των δασών λόγω πυρκαγιάς και μετατροπής τους σε σκληροφυλλική βλάστηση



Εικόνα 6 Μεθοδολογικό διάγραμμα για τον υπολογισμό της μέσης ετήσιας παραγωγής φερτών υλικών στην περιοχή μελέτης

5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

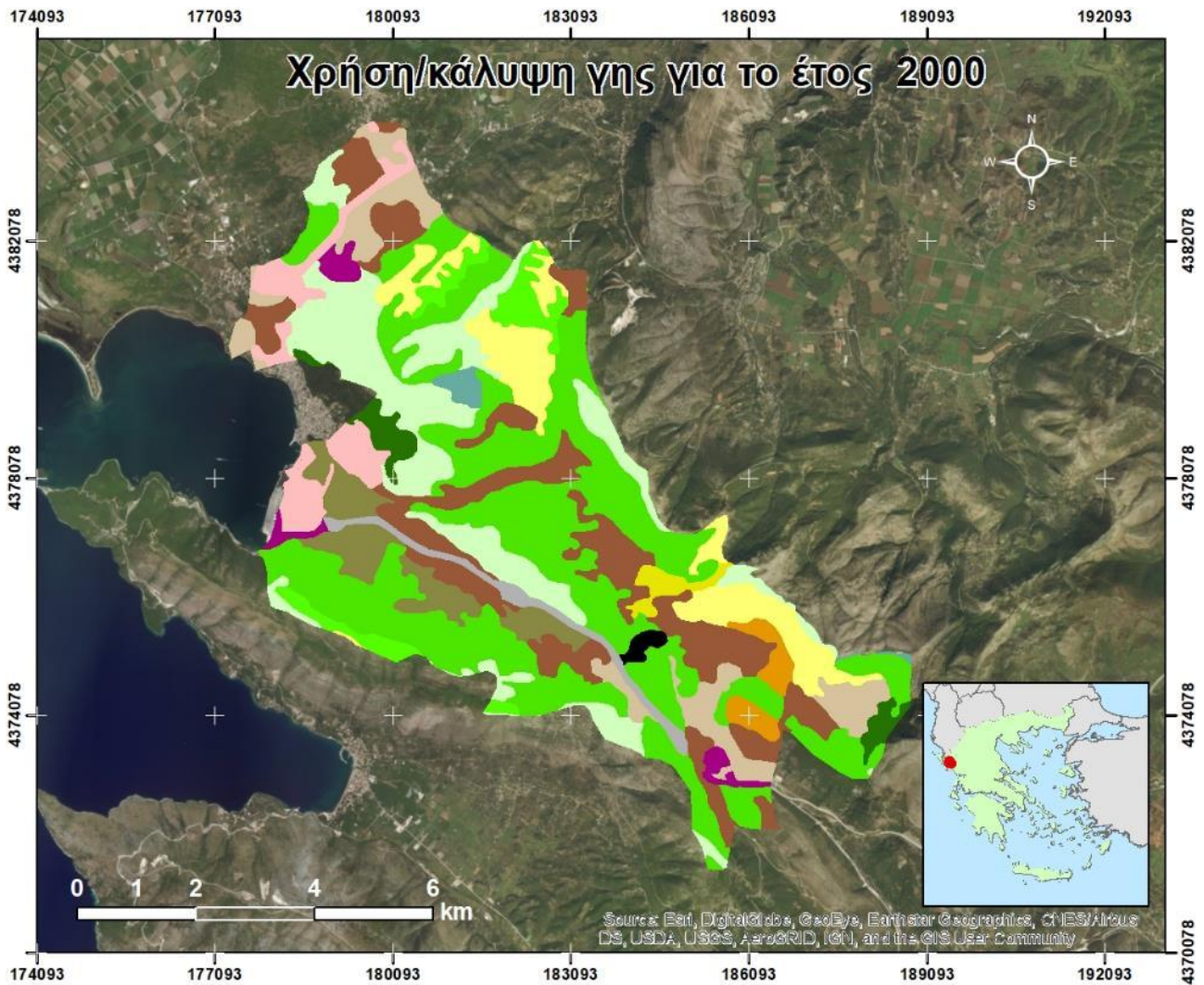
Με βάση τα παραπάνω υλικά και την μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε προκύπτει η κατανομή των κατηγοριών χρήσης/κάλυψης γης για την περιοχή μελέτης.

5.1 Κάλυψη χρήσης/γης για το 2000



















Η κατανομή των κατηγοριών χρήσης/κάλυψης γης για την περιοχή μελέτης για το 2000 απεικονίζεται στην **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.** Στο σύνολο της περιοχής μελέτης επικρατούν η σκληρόφυλη βλάστηση (33,34%) και ακολουθούν οι αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό κάλυψης από φυσική βλάστηση (15,63%). Επίσης και τα φυσικά χορτολίβαδα (7.96%) εμφανίζουν σημαντική παρουσία. Αναλυτικά η έκταση και το ποσοστό της κάθε κατηγορίας χρήσης/κάλυψης γης που υπήρχε στην περιοχή μελέτης κατά το 2000 παρατίθενται στη συνέχεια (**Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.**).

Πίνακας 10 Έκταση και ποσοστό των χρήσεων/κάλυψης γης στην περιοχή μελέτης για το 2000

Κωδικός CLC	Κατηγορία χρήσης/κάλυψης γης	Έκταση (εκτ.)	Ποσοστό (%)
243	Αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό κάλυψης από φυσική βλάστηση	935.24	15.63
112	Ασυνεχής αστικές κατασκευές	279.06	4.66
231	Βοσκοτόπια	92.39	1.54
311	Δάση πλατυφύλλων	203.14	3.39
122	Δρόμοι και σιδηροδρομικές γραμμές και οι σχετικές εκτάσεις	109.50	1.83
333	Εκτάσεις με σποραδική βλάστηση	42.44	0.71
223	Ελαιώνες	303.32	5.07
133	Εργοτάξια	83.94	1.40
312	Κωνοφόρα δάση	106.25	1.78
313	Μικτά δάση	54.55	0.91
324	Παραδοσιακοί ξυλώδεις θάμνοι	476.20	7.96
242	Πολύπλοκα σχέδια καλλιέργειας	385.70	6.45
323	Σκληρόφυλλα βλάστηση	1995.03	33.34
321	Φυσικά χορτολίβαδα	892.46	14.91
131	Χώροι εξόρυξης μεταλλευμάτων	25.25	0.42
ΣΥΝΟΛΟ		5984.47	



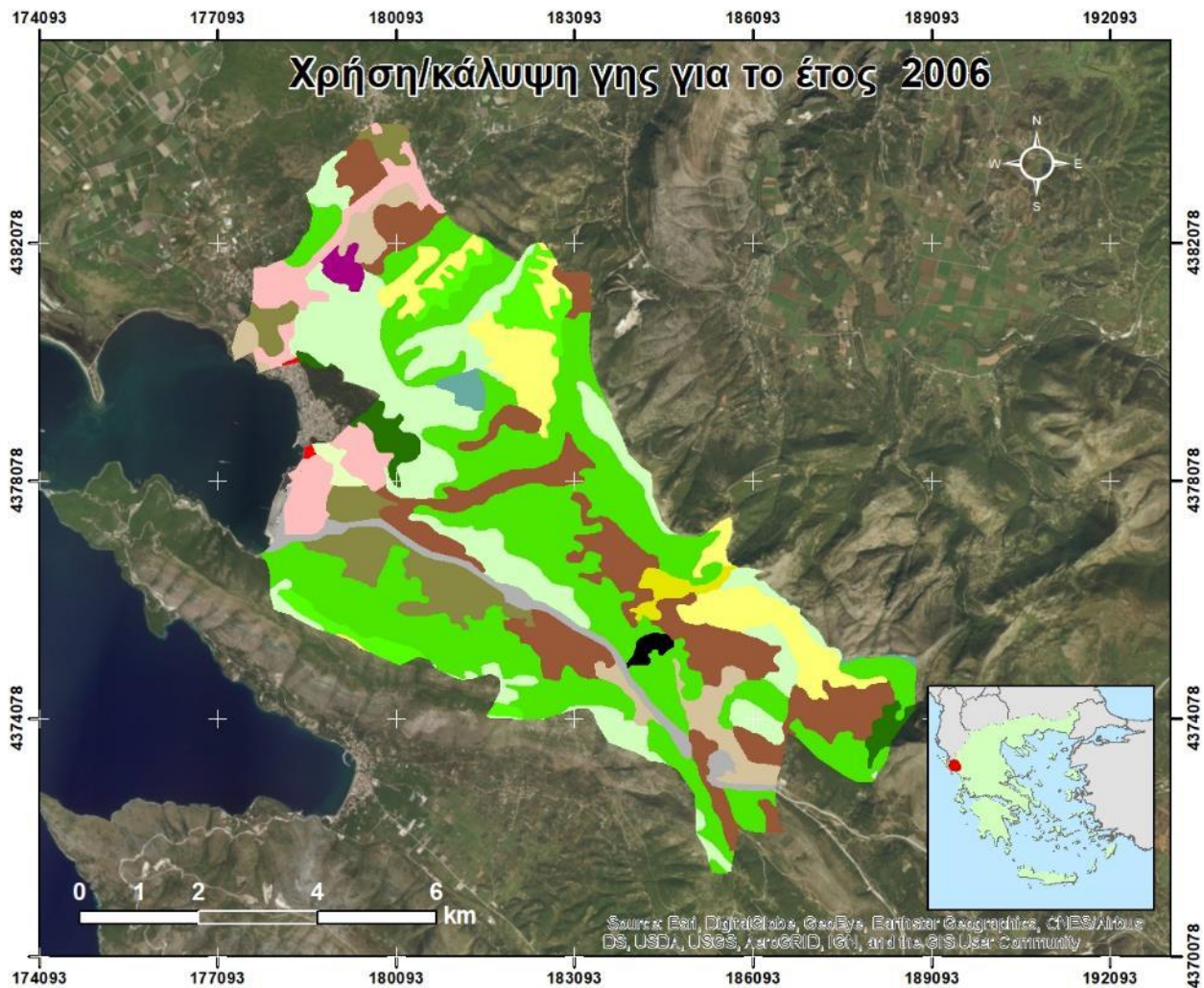
Κατηγορίες χρήσης/κάλυψης γης

- | | |
|---|---|
|  Αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό κάλυψης από φυσική βλάστηση |  Κωνοφόρα δάση |
|  Αστικοί χώροι πρασίνου |  Λιμάνια |
|  Ασυνεχής αστικές κατασκευές |  Μικτά δάση |
|  Βοσκοτόπια |  Παραδοσιακοί ξυλώδεις θάμνοι |
|  Δάση πλατυφύλλων |  Πολύπλοκα σχέδια καλλιέργειας |
|  Δρόμοι και σιδηροδρομικές γραμμές και οι σχετικές εκτάσεις |  Σκληρόφυλλα βλάστηση |
|  Εκτάσεις με σποραδική βλάστηση |  Συνεχής αστικές κατασκευές |
|  Ελαιώνες |  Φυσικά χορτολίβαδα |
|  Εργοτάξια |  Χώροι εξόρυξης μεταλλευμάτων |



















Εικόνα 7 Χάρτης χρήσεων/κάλυψης γης στην περιοχή μελέτης κατά το 2000

5.2 Κάλυψη χρήσης/γης για το 2006

Η κατανομή των κατηγοριών χρήσης/κάλυψης γης για την περιοχή μελέτης για το 2006 απεικονίζεται στην Εικόνα 8. Στο σύνολο της περιοχής μελέτης επικρατούν η σκληρόφυλη βλάστηση (33.36%) και ακολουθούν οι αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό κάλυψης από φυσική βλάστηση (16.08%). Επίσης και τα φυσικά χορτολίβαδα (16.36%) εμφανίζουν σημαντική παρουσία, αυξημένη σε σχέση με το 2000. Αναλυτικά η έκταση και το ποσοστό της κάθε κατηγορίας χρήσης/κάλυψης γης που υπήρχε στην περιοχή μελέτης κατά το 2000 παρατίθενται στη συνέχεια (Πίνακας 11).



Κατηγορίες χρήσης/κάλυψης γης

 Αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό κάλυψης από φυσική βλάστηση	 Κωνοφόρα δάση
 Αστικοί χώροι πρασίνου	 Λιμάνια
 Ασυνεχής αστικές κατασκευές	 Μικτά δάση
 Βοσκοτόπια	 Παραδοσιακοί ξυλώδεις θάμνοι
 Δάση πλατυφύλλων	 Πολύπλοκα σχέδια καλλιέργειας
 Δρόμοι και σιδηροδρομικές γραμμές και οι σχετικές εκτάσεις	 Σκληρόφυλλα βλάστηση
 Εκτάσεις με σποραδική βλάστηση	 Συνεχής αστικές κατασκευές
 Ελαιώνες	 Φυσικά χορτολίβαδα
 Εργοτάξια	 Χώροι εξόρυξης μεταλλευμάτων

Εικόνα 8 Χάρτης χρήσεων/κάλυψης γης στην περιοχή μελέτης κατά το 2006

Πίνακας 11 Έκταση και ποσοστό των χρήσεων/κάλυψης γης στην περιοχή μελέτης για το 2006

Κωδικός CLC	Κατηγορία χρήσης/κάλυψης γης	Έκταση (εκτ.)	Ποσοστό (%)
243	Αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό κάλυψης από φυσική βλάστηση	962.50	16.08
112	Ασυνεχής αστικές κατασκευές	320.20	5.35
141	Αστικοί χώροι πρασίνου	26.51	0.44
311	Δάση πλατυφύλλων	203.14	3.39
122	Δρόμοι και σιδηροδρομικές γραμμές και οι σχετικές εκτάσεις	160.24	2.68
333	Εκτάσεις με σποραδική βλάστηση	42.44	0.71
223	Ελαιώνες	357.40	5.97
133	Εργοτάξια	36.23	0.61
312	Κωνοφόρα δάση	106.25	1.78
313	Μικτά δάση	54.55	0.91
324	Παραδοσιακοί ξυλώδεις θάμνοι	481.25	8.04
242	Πολύπλοκα σχέδια καλλιέργειας	227.55	3.80
323	Σκληρόφυλλα βλάστηση	1996.44	33.36
111	Συνεχής αστικές κατασκευές	5.40	0.09
321	Φυσικά χορτολίβαδα	979.09	16.36
ΣΥΝΟΛΟ		5984.47	

5.3 Κάλυψη χρήσης/γης για το 2012

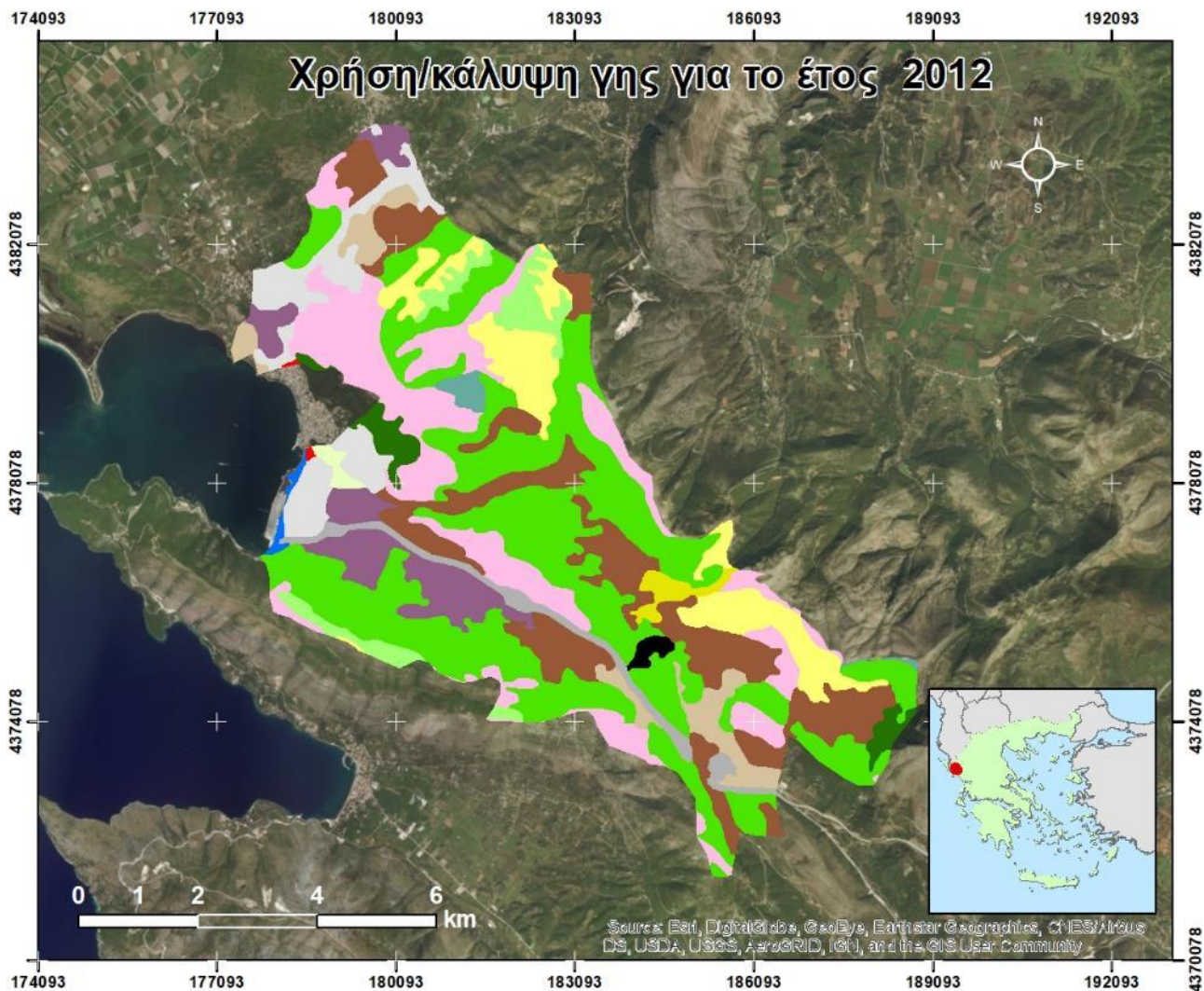
Η κατανομή των κατηγοριών χρήσης/κάλυψης γης για την περιοχή μελέτης για το 2012 απεικονίζεται στην **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε..** Στο σύνολο της περιοχής μελέτης επικρατούν η σκληρόφυλλη βλάστηση (33.36%) και ακολουθούν οι αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό κάλυψης από φυσική βλάστηση (16.08%). Επίσης και τα φυσικά χορτολίβαδα (16.36%) εμφανίζουν σημαντική παρουσία, αυξημένη σε σχέση με το 2000 αλλά παρόμοια σε σχέση με το 2006.

Αναλυτικά η έκταση και το ποσοστό της κάθε κατηγορίας χρήσης/κάλυψης γης που υπήρχε στην περιοχή μελέτης κατά το 2000 παρατίθενται στη συνέχεια (Πίνακας 13).

Πίνακας 12 Έκταση και ποσοστό των χρήσεων/κάλυψης γης στην περιοχή μελέτης για το 2012

Κωδικός CLC	Κατηγορία χρήσης/κάλυψης γης	Έκταση (εκτ.)	Ποσοστό (%)
243	Αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό κάλυψης από φυσική βλάστηση	962.50	16.08
112	Ασυνεχής αστικές κατασκευές	350.84	5.86
141	Αστικοί χώροι πρασίνου	26.51	0.44
311	Δάση πλατυφύλλων	203.14	3.39
122	Δρόμοι και σιδηροδρομικές γραμμές και οι σχετικές εκτάσεις	148.81	2.49
333	Εκτάσεις με σποραδική βλάστηση	42.44	0.71
223	Ελαιώνες	357.40	5.97
133	Εργοτάξια	17.98	0.30
312	Κωνοφόρα δάση	106.25	1.78
313	Μικτά δάση	54.55	0.91
324	Παραδοσιακοί ξυλώδεις θάμνοι	481.25	8.04

242	Πολύπλοκα σχέδια καλλιέργειας	227.47	3.80
323	Σκληρόφυλλα βλάστηση	1996.44	33.36
111	Συνεχής αστικές κατασκευές	4.52	0.08
321	Φυσικά χορτολίβαδα	979.09	16.36
ΣΥΝΟΛΟ		5984.47	



Κατηγορίες χρήσης/κάλυψης γης

	Αγροτικές εκτάσεις με σημαντικό ποσοστό κάλυψης από φυσική βλάστηση		Κωνοφόρα δάση
	Αστικοί χώροι πρασίνου		Λιμάνια
	Ασυνεχής αστικές κατασκευές		Μικτά δάση
	Βοσκοτόπια		Παραδοσιακοί ξυλώδεις θάμνοι
	Δάση πλατυφύλλων		Πολύπλοκα σχέδια καλλιέργειας
	Δρόμοι και σιδηροδρομικές γραμμές και οι σχετικές εκτάσεις		Σκληρόφυλλα βλάστηση
	Εκτάσεις με σποραδική βλάστηση		Συνεχής αστικές κατασκευές
	Ελαιώνες		Φυσικά χορτολίβαδα
	Εργοτάξια		Χώροι εξόρυξης μεταλλευμάτων

Εικόνα 9 Χάρτης χρήσεων/κάλυψης γης στην περιοχή μελέτης κατά το 2013

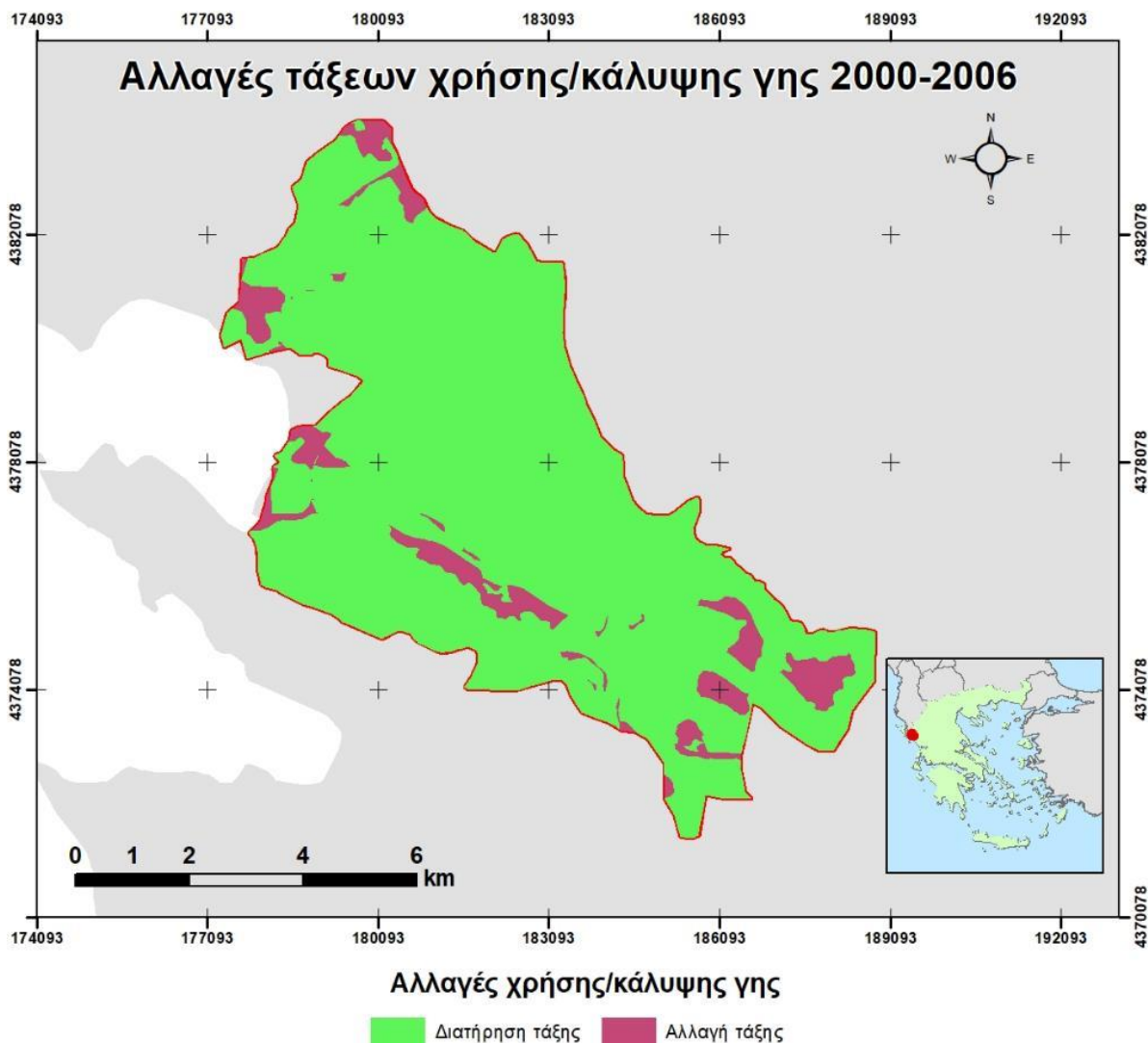
5.4 Αλλαγές κάλυψης χρήσης/γης

Η δημιουργία χαρτών με τις αλλαγές χρήσεων/κάλυψης γης βασίσθηκε στη σύγκριση των χαρτών ανά ζεύγη μεταξύ των ετών 2000, 2006 και 2012, με υπέρθεση των διανυσματικών τους επιπέδων. Ως αποτέλεσμα, δημιουργήθηκαν δύο διανυσματικοί χάρτες αλλαγών και πιο συγκεκριμένα:

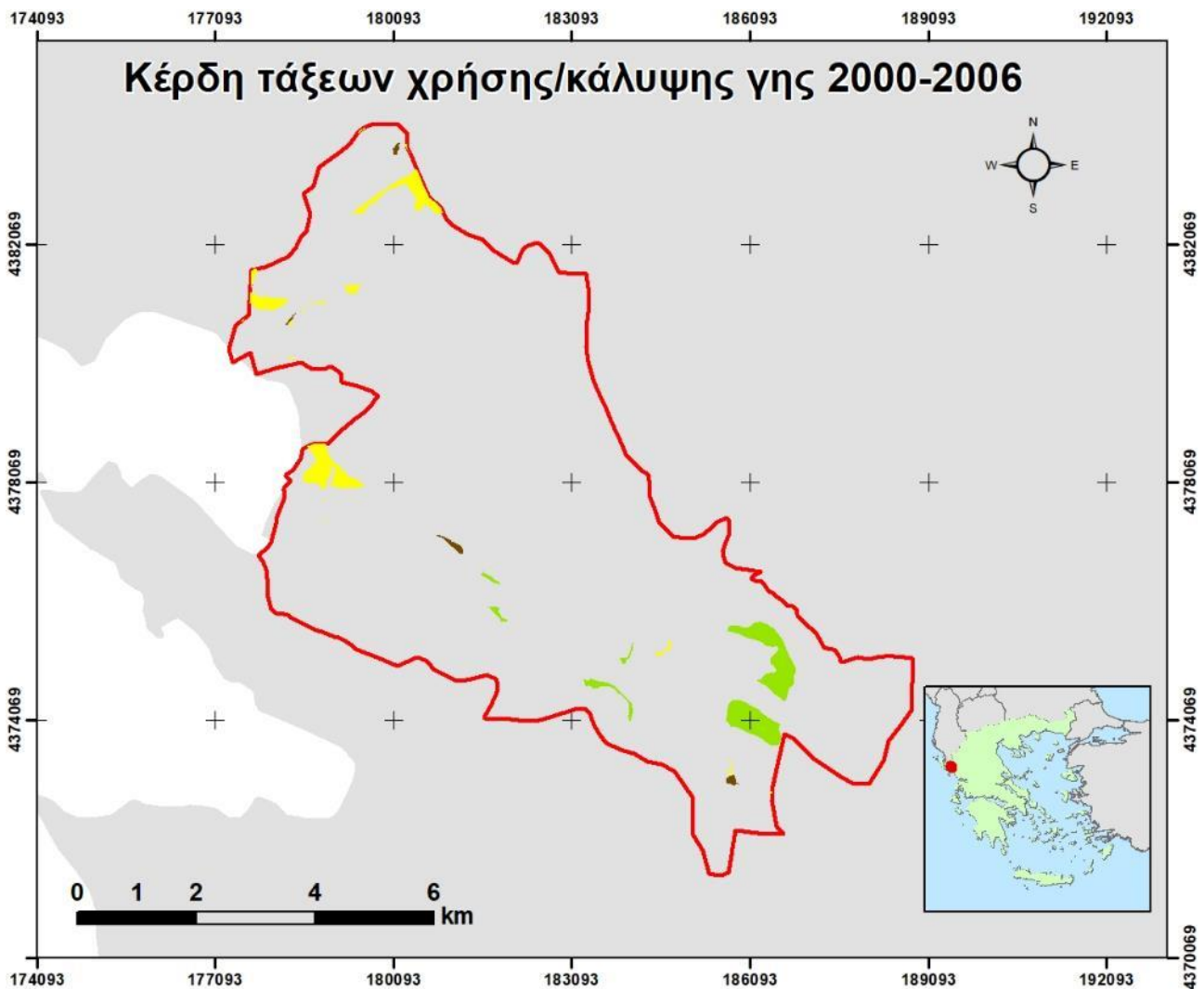
- ✓ Χάρτης αλλαγών 2000–2006.
- ✓ Χάρτης αλλαγών 2006-2012.

5.4.1 Αλλαγές κάλυψης χρήσης/γης 2000- 2006

Με βάση τον χάρτη αλλαγών κάλυψης χρήσης/γης 2000- 2006 (Εικόνα 8), προσδιορίστηκαν όλες οι αλλαγές από οποιαδήποτε κατηγορία χρήσης/ κάλυψης σε οποιαδήποτε (Εικόνα 9 - Εικόνα 10) π.χ. από δάσος σε χορτολιβαδικά, από γυμνά σε αστικά, κλπ. Οι αλλαγές αυτές εκφράστηκαν σε απόλυτη έκταση (στρέμματα). Οι μεταβολές φαίνονται στο Πίνακα 14.



Εικόνα 10 Εκτάσεις όπου παρατηρήθηκαν αλλαγές μεταξύ των ετών 2000-2006 εντός της περιοχής μελέτης



Αλλαγές χρήσης/κάλυψης γης

Κέρδη σε αγροτικές εκτάσεις
 Κέρδη σε δάση και φυσικές περιοχές
 Κέρδη σε τεχνητές επιφάνειες

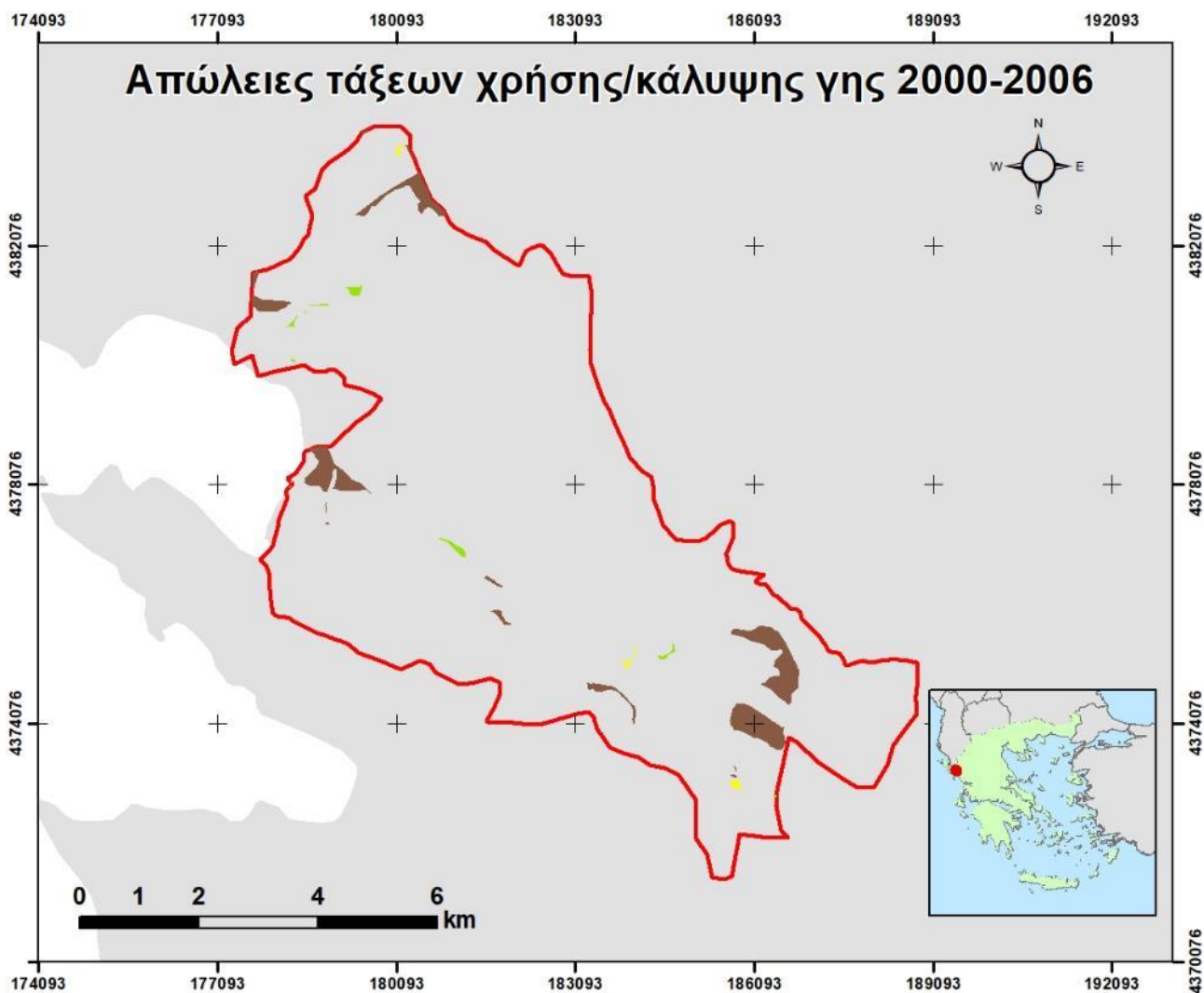
Εικόνα 11 Εκτάσεις όπου παρατηρήθηκε αύξηση των κλάσεων του επιπέδου 1 του CORINE μεταξύ των ετών 2000-2006 εντός της περιοχής μελέτης

Για την καλύτερη οπτική απόδοση των αλλαγών, ωστόσο, έγινε ομαδοποίησή τους ανά κατηγορία χρήσεων/κάλυψης γης με βάση το πρώτο επίπεδο και πιο συγκεκριμένα σε: σε δάση και φυσικές περιοχές, σε αστικές και γεωργικές εκτάσεις. Οι σημαντικότερες αλλαγές εμφανίστηκαν με μια ροή εδαφών προς δάση και φυσικές περιοχές, λιγότερο σε τεχνικές και κάποια κέρδη εμφανίστηκαν προς τις αγροτικές εκτάσεις (Εικόνα 9). Αντιστρόφως μεγαλύτερες απώλειες εδαφών παρατηρήθηκαν από τις αγροτικές εκτάσεις (Εικόνα 10).

Όπως εμφανίζεται στο Πίνακα 14 η σημαντικότερη κινητικότητα μεταξύ των εδαφών (82,14 στρ.) εμφανίστηκε μεταξύ των κατηγοριών 321-Φυσικοί βοσκότοποι και 231-Λιβάδια, ενώ οι υπόλοιπες μεταβολές παρουσιάζονται ανάμεσα στις ίδιες κατηγορίες πρώτου επιπέδου (σύμφωνα με την ταξινόμηση Corine).

Πίνακας 13 Μεταβολές μεταξύ των ετών 2000 και 2006 σύμφωνα με τις κλάσεις του επιπέδου 3 του CORINE

		CLC06															
		111	112	122	131	133	141	223	242	243	311	312	313	321	323	324	333
CLC00	112	5.20	264.27	1.41			6.67	1.42	0.09			0.00		0.00	0.00		
	122			109.50	0.00			0.00		0.00				0.00	0.00		
	131				23.59					0.00					1.66		
	133		0.00	48.39		33.47			2.08	0.00				0.00			
	223	0.18	14.97	0.19			19.83	219.21		48.93					0.00		
	231									2.44				82.14	2.76	5.05	
	242		38.60	0.63		0.00		30.15	225.38	87.26		0.00			3.68	0.00	
	243		0.72	0.00				105.95	0.00	820.87			0.00	1.63	6.06	0.00	
	311									0.00	203.14			0.00	0.00	0.00	
	312		0.00									106.24		0.00	0.00		
	313									0.00			54.55	0.00	0.00	0.00	
	321	0.02	1.63			2.75		0.67	0.00	3.00	0.00	0.00		884.39	0.00	0.00	0.00
	323		0.00	0.11	1.71			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.93	1982.27	0.00	0.00
	324									0.00	0.00			0.00	0.00	476.20	0.00
	333													0.00	0.00		42.44



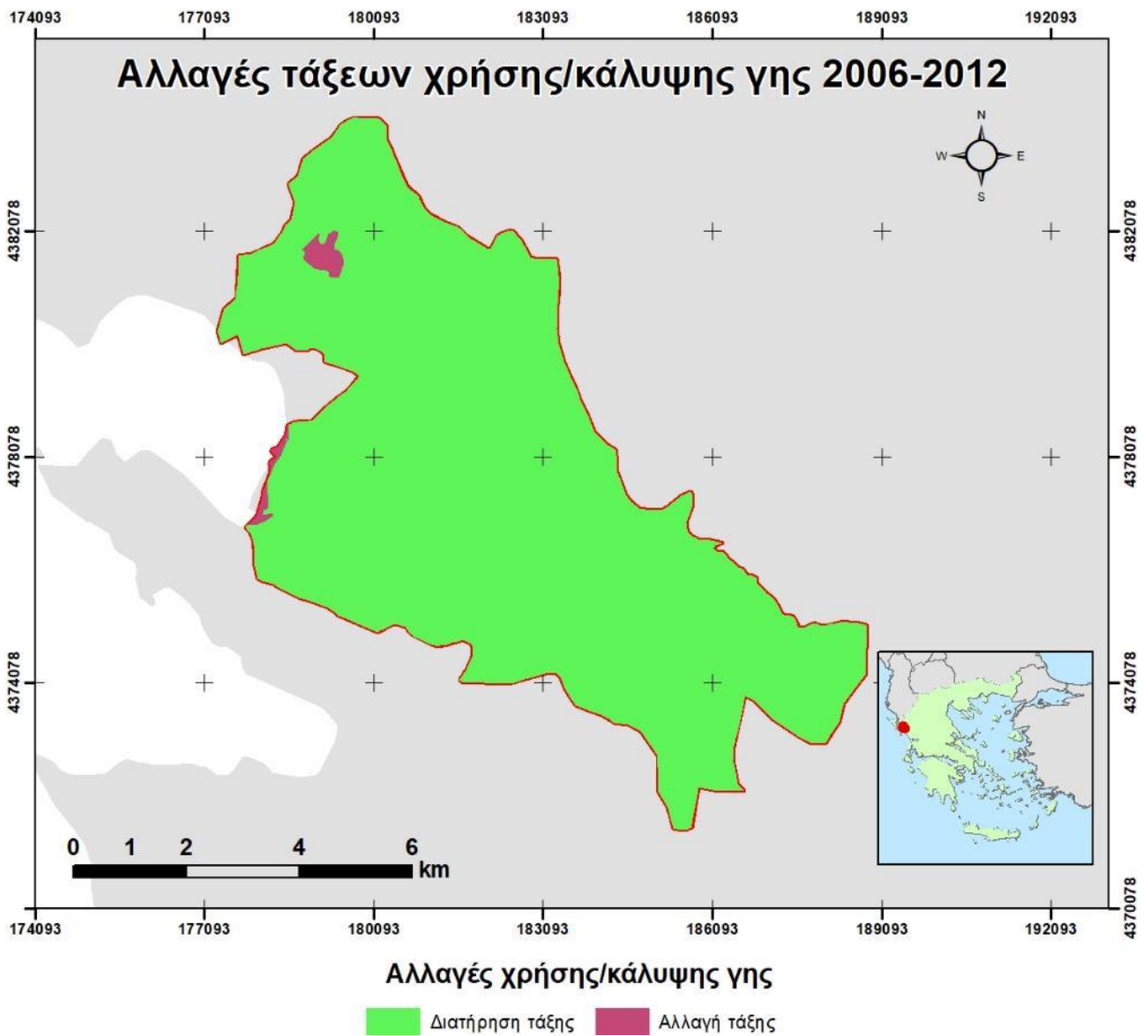
Αλλαγές χρήσης/κάλυψης γης

Απώλειες σε αγροτικές εκτάσεις
 Απώλειες σε δάση και φυσικές περιοχές
 Απώλειες σε τεχνητές επιφάνειες

Εικόνα 12 Εκτάσεις όπου παρατηρήθηκε μείωση των κλάσεων του επιπέδου 1 του CORINE μεταξύ των ετών 2000 - 2006 εντός της περιοχής μελέτης

5.4.2 Αλλαγές κάλυψης χρήσης/γης 2006- 2012

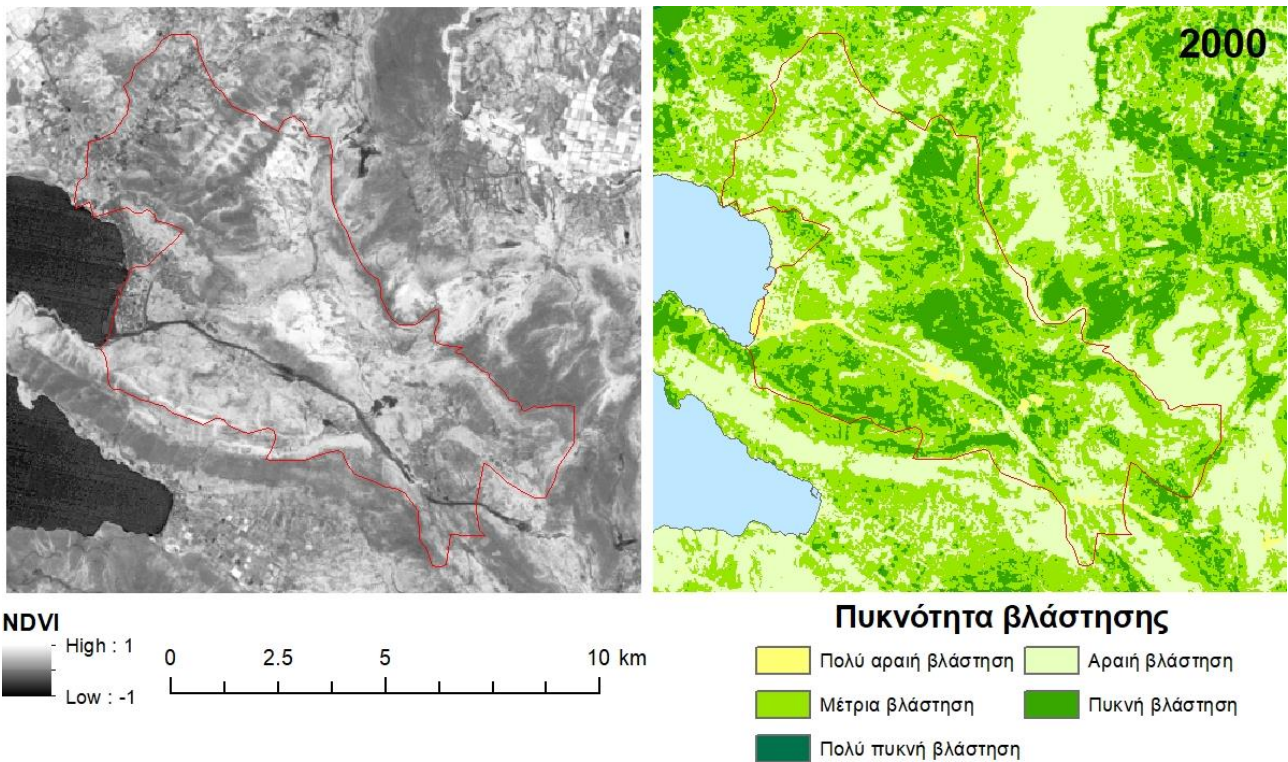
Η Εικόνα 11 εμφανίζει τις αλλαγές τάξεων χρήσης/κάλυψης γης μεταξύ ετών 2006 και 2012. Όπως παρατηρείται οι αλλαγές που παρουσιάστηκαν κατά την διάρκεια των έξι ετών αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό της συνολικής έκτασης και αφορούν μεταβολές μέσα στην κατηγορίας των τεχνητών επιφανειών (εργοτάξια- ασυνεχές αστικές κατασκευές).



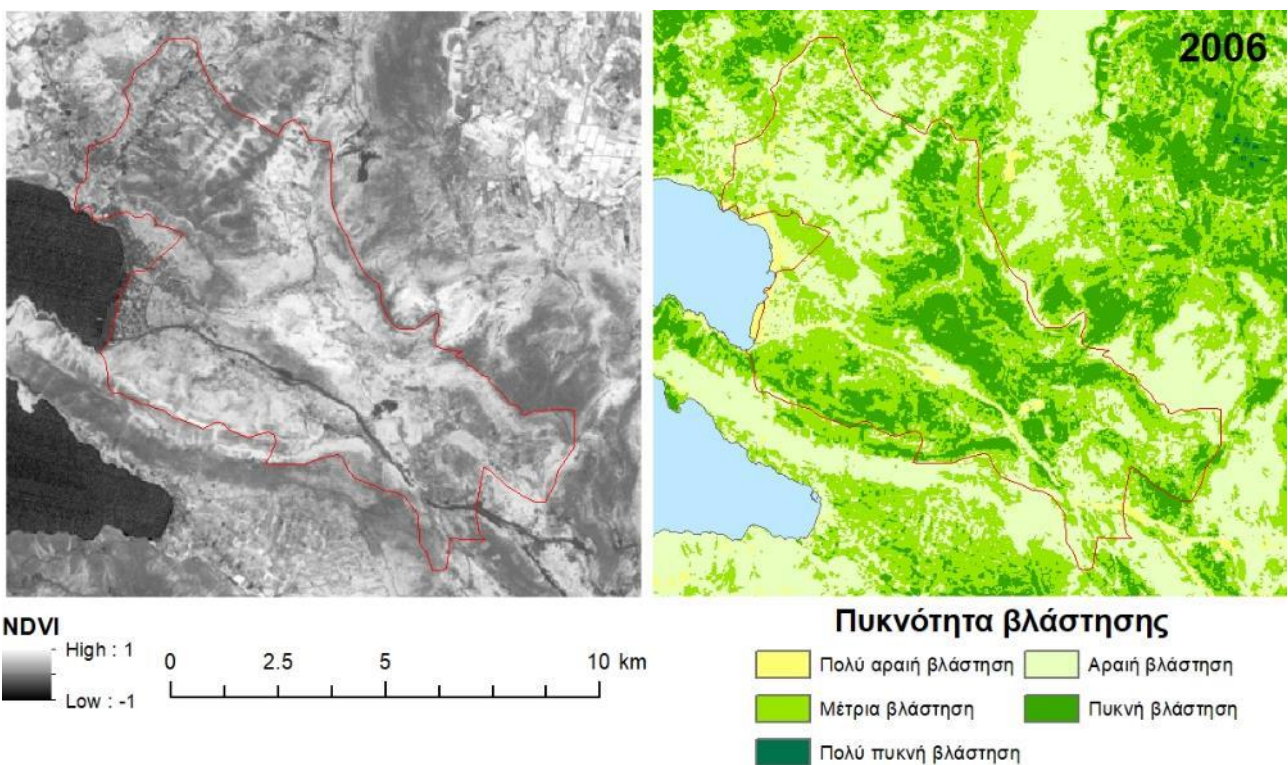
Εικόνα 13 Εκτάσεις όπου παρατηρήθηκαν αλλαγές μεταξύ των ετών 2006-2012 εντός της περιοχής μελέτης

5.5 Αλλαγές πυκνότητας βλάστησης

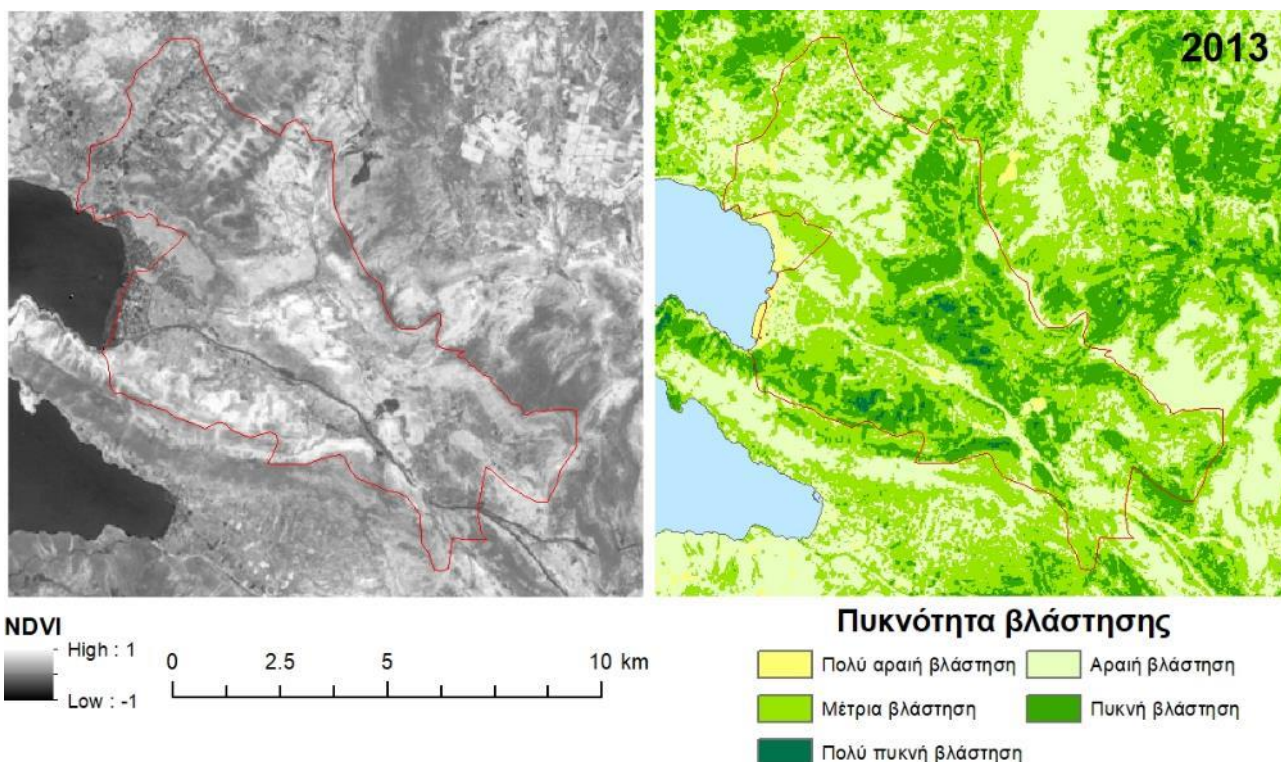
Η χαρτογράφηση της πυκνότητας βλάστησης κατά το 2000 (Εικόνα 13), 2006 (Εικόνα 13) και 2012 (Εικόνα 12) αντίστοιχα προέκυψε από την ταξινόμηση των εικόνων NDVI. Στη συνέχεια εξετάσαμε την ποσοστιαία αλλαγή της πυκνότητας στις κατηγορίες CLC 323 Σκληροφυλλική βλάστηση και CLC 321 Φυσικοί βοσκότοποι/χορτολίβαδα.



Εικόνα 14 Δείκτης βλάστησης NDVI από τη δορυφορική εικόνα LANDSAT και πυκνότητα βλάστησης εντός της περιοχής μελέτης κατά το 2000, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης



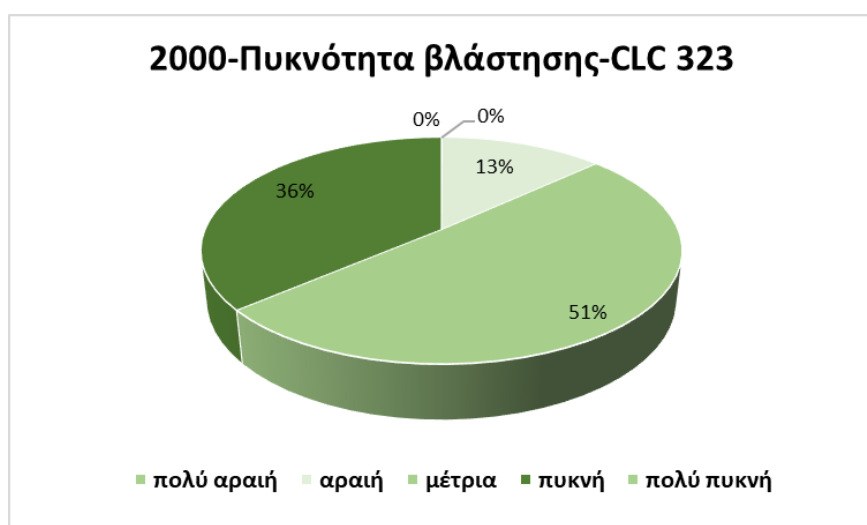
Εικόνα 15 Δείκτης βλάστησης NDVI από τη δορυφορική εικόνα LANDSAT και πυκνότητα βλάστησης εντός της περιοχής μελέτης κατά το 2006, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης



Εικόνα 16 Δείκτης βλάστησης NDVI από τη δορυφορική εικόνα LANDSAT και πυκνότητα βλάστησης εντός της περιοχής μελέτης κατά το 2013, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης

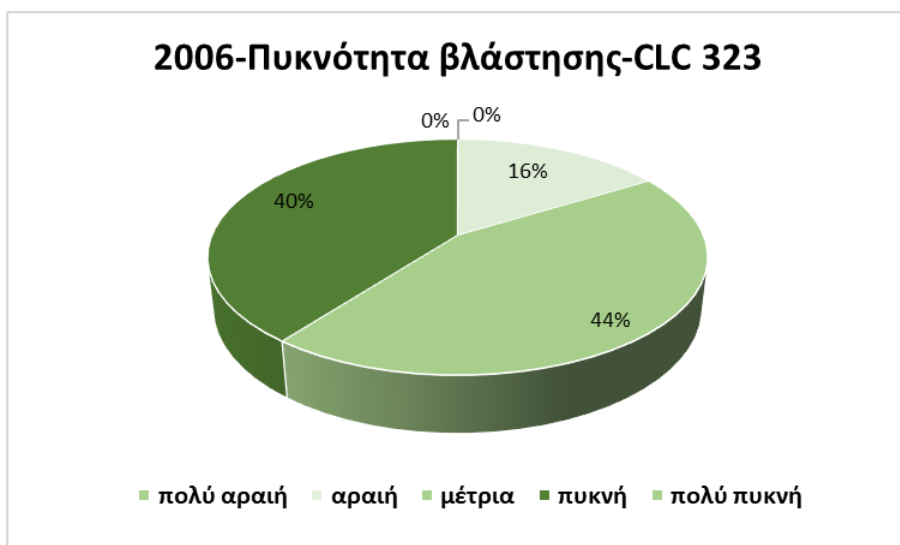
5.5.1 CLC 323 Σκληρόφυλλη βλάστηση

Οι Εικόνα 15 ως Εικόνα 17 παρουσιάζουν την κατανομή της πυκνότητας βλάστησης εντός των περιοχών που καλύπτονται από σκληρόφυλλη βλάστηση κατά το 2000, 2006 και 2012 αντίστοιχα. Σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης NDVI, για την χρονική περίοδο 2000, η πυκνότητα στο 50% των εκτάσεων σκληροφυλικής βλάστησης χαρακτηρίστηκε ως μέτρια και στο 36% ως πυκνή, ενώ οι κατηγορίες πολύ αραιή και πολύ πυκνή βλάστηση εμφανίζονται σε ελάχιστο ή μηδενικό ποσοστό της συνολικής έκτασης.



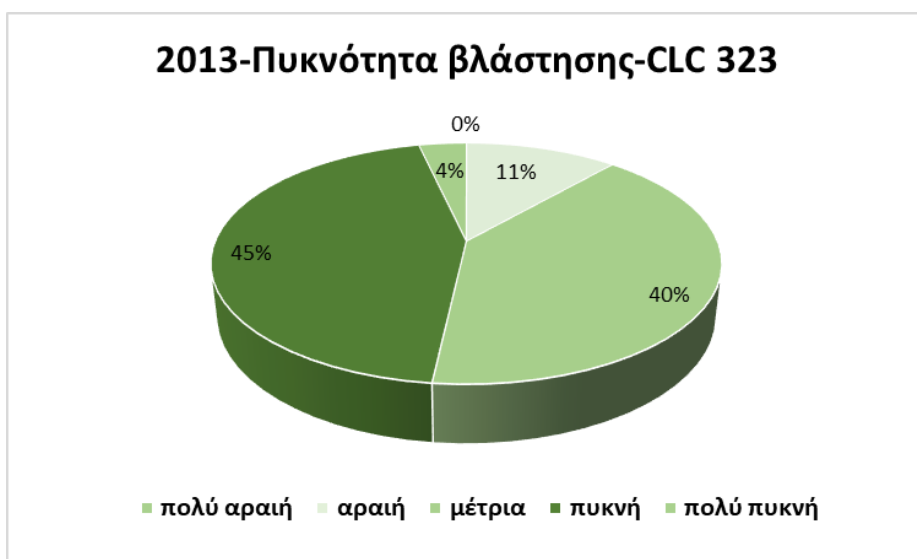
Εικόνα 17 Κατανομή της πυκνότητας βλάστησης εντός των περιοχών που καλύπτονται από σκληρόφυλλη βλάστηση κατά το 2000, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης

Για την χρονική περίοδο 2006, συγκριτικά με αυτή του 2000, το ποσοστό της έκτασης της πυκνής και αραιής σκληροφυλλικής βλάστησης αυξήθηκε σε 44% και 16% αντίστοιχα. Ενώ το ποσοστό της μέτριας πυκνότητας μειώθηκε στο 40% της έκτασης. Οι κατηγορίες πολύ αραιή και πολύ πυκνή βλάστηση καλύπτουν ελάχιστο έως μηδενικό ποσοστό του συνόλου της έκτασης.

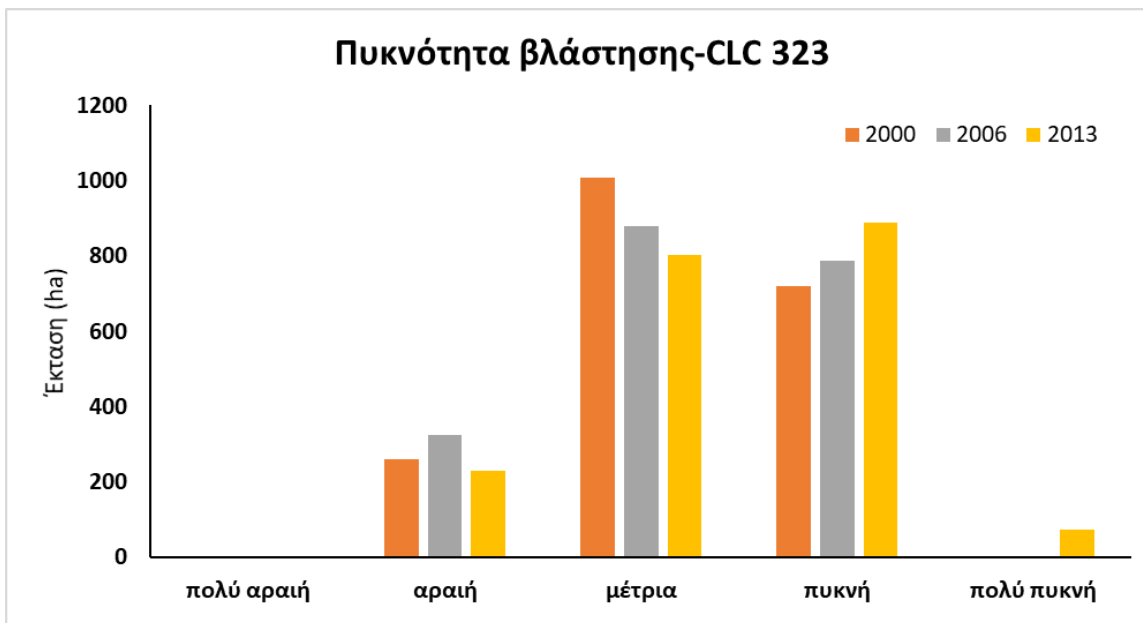


Εικόνα 18 Κατανομή της πυκνότητας βλάστησης εντός των περιοχών που καλύπτονται από σκληρόφυλλη βλάστηση κατά το 2006, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης

Για την χρονική περίοδο 2013, τα ποσοστά των κατηγοριών πυκνότητας της σκληροφυλλικής βλάστησης διαμορφώθηκαν όπως εμφανίζονται στην Εικόνα 17. Η πολύ αραιή βλάστηση είναι ελάχιστη έως και μηδενική. Σε σύγκριση την κατανομή των προηγούμενων ετών η αραιή και η μέτρια πυκνότητα βλάστησης έχει μειωθεί, ενώ η πυκνή και πολύ πυκνή βλάστηση παρουσίασαν αύξηση. Διαχρονικά παρατηρείται μια γενική αύξηση της πυκνότητας στην τάξη CLC 323 Σκληροφυλλική βλάστηση (Εικόνα 18).



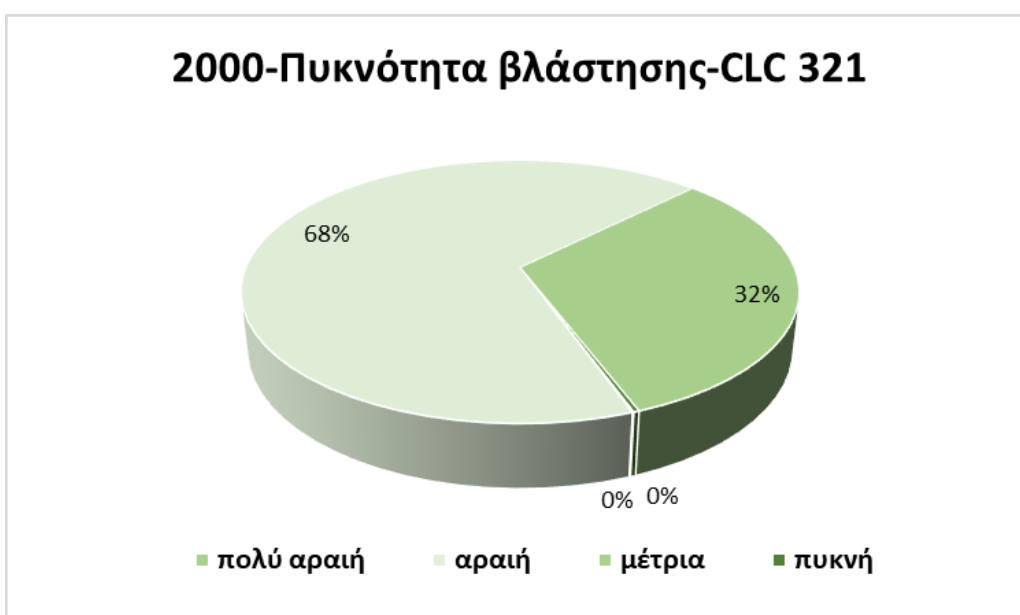
Εικόνα 19 Κατανομή της πυκνότητας βλάστησης εντός των περιοχών που καλύπτονται από σκληρόφυλλη βλάστηση κατά το 2013, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης



Εικόνα 20 Διαχρονική αλλαγή της πυκνότητας βλάστησης εντός των περιοχών που καλύπτονται από σκληρόφυλλη βλάστηση, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης

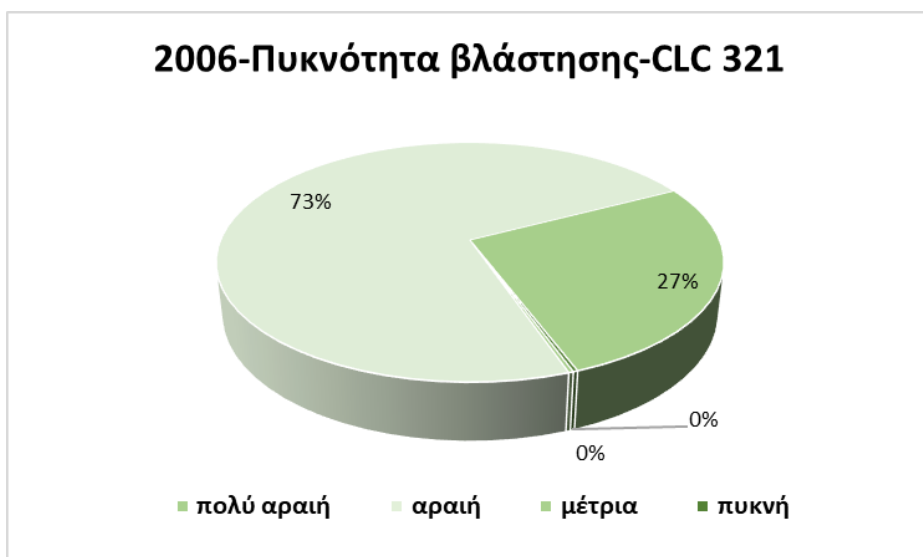
5.5.2 CLC 321 Φυσικά χορτολίβαδα

Οι Εικόνα 20 ως Εικόνα 21 παρουσιάζουν την κατανομή της πυκνότητας βλάστησης εντός των περιοχών που καλύπτονται από φυσικά χορτολίβαδα κατά το 2000, 2006 και 2012 αντίστοιχα. Σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης NDVI, για την χρονική περίοδο 2000, η πυκνότητα στο 68% των εκτάσεων των φυσικών χορτολίβαδων χαρακτηρίστηκε ως αραιή και στο 32% ως μέτρια, ενώ οι κατηγορίες πολύ αραιή και πυκνή βλάστηση εμφανίζονται σε ελάχιστο ή μηδενικό ποσοστό της συνολικής έκτασης των χορτολίβαδων.



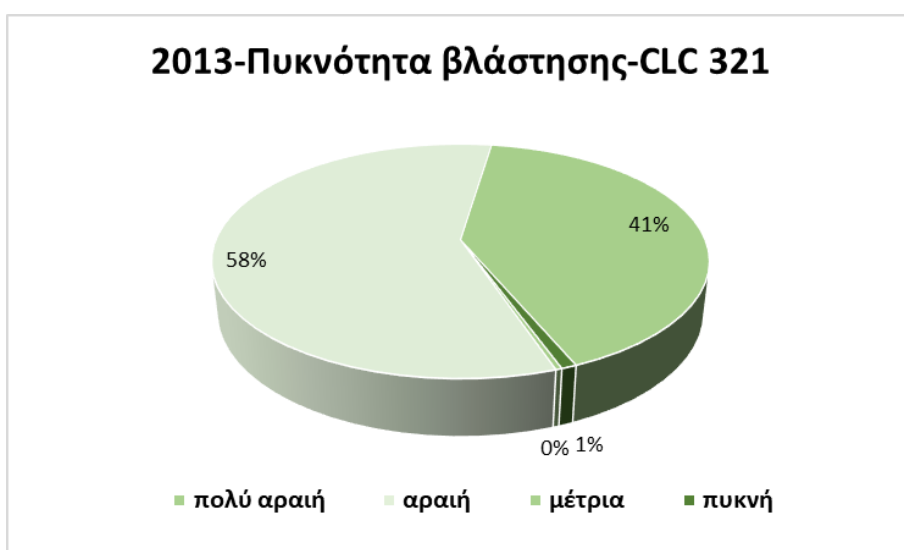
Εικόνα 21 Κατανομή της πυκνότητας βλάστησης εντός των περιοχών που καλύπτονται από φυσικά χορτολίβαδα κατά το 2000, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης

Για την χρονική περίοδο 2006, συγκριτικά με αυτή του 2000, το ποσοστό των αραιών φυσικών χορτολίβαδων αυξήθηκε σε 73%. Ενώ το ποσοστό της μέτριας πυκνότητας μειώθηκε στο 27 % της έκτασης. Οι κατηγορίες πολύ αραιών και πυκνών χορτολίβαδων εξακολουθούν να καλύπτουν ελάχιστο έως μηδενικό ποσοστό του συνόλου της έκτασης τους.

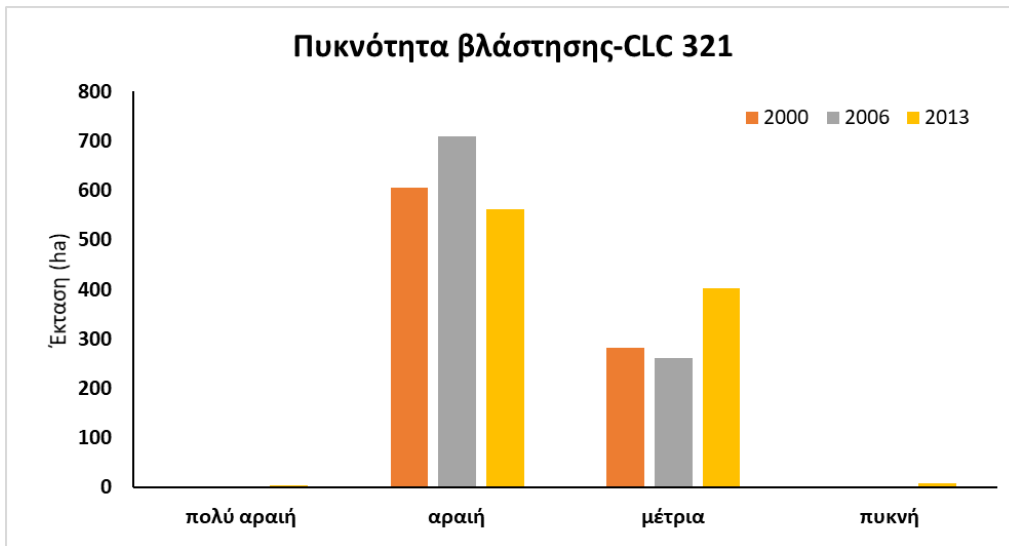


Εικόνα 22 Κατανομή της πυκνότητας βλάστησης εντός των περιοχών που καλύπτονται από φυσικά χορτολίβαδα κατά το 2006, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης

Για την χρονική περίοδο 2013, τα ποσοστά των κατηγοριών πυκνότητας των φυσικών χορτολίβαδων διαμορφώθηκαν όπως εμφανίζονται στην Εικόνα 21. Η πολύ αραιή βλάστηση είναι ελάχιστη έως και μηδενική. Σε σύγκριση την κατανομή των προηγούμενων ετών η αραιή και η πυκνή πυκνότητα βλάστηση έχει αυξηθεί, ενώ αραιή βλάστηση παρουσίασε μείωση. Διαχρονικά παρατηρείται μια γενική αύξηση της πυκνότητας στην τάξη CLC 321 Φυσικοί βοσκότοποι/χορτολίβαδα (Εικόνα 22).



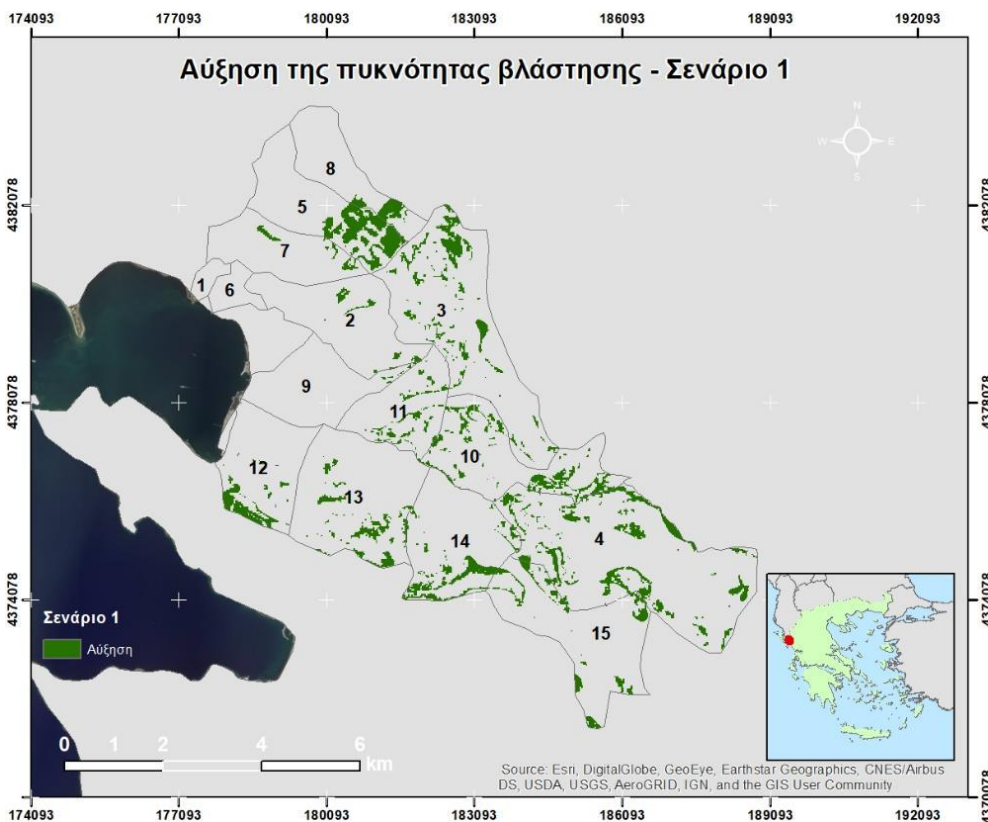
Εικόνα 23 Κατανομή της πυκνότητας βλάστησης εντός των περιοχών που καλύπτονται από φυσικά χορτολίβαδα κατά το 2013, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης



Εικόνα 24 Διαχρονική αλλαγή της πυκνότητας βλάστησης εντός των περιοχών που καλύπτονται από φυσικά χορτολίβαδα, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των τιμών του δείκτη βλάστησης. Συνολικά παρατηρείται μια αύξηση της πυκνότητας

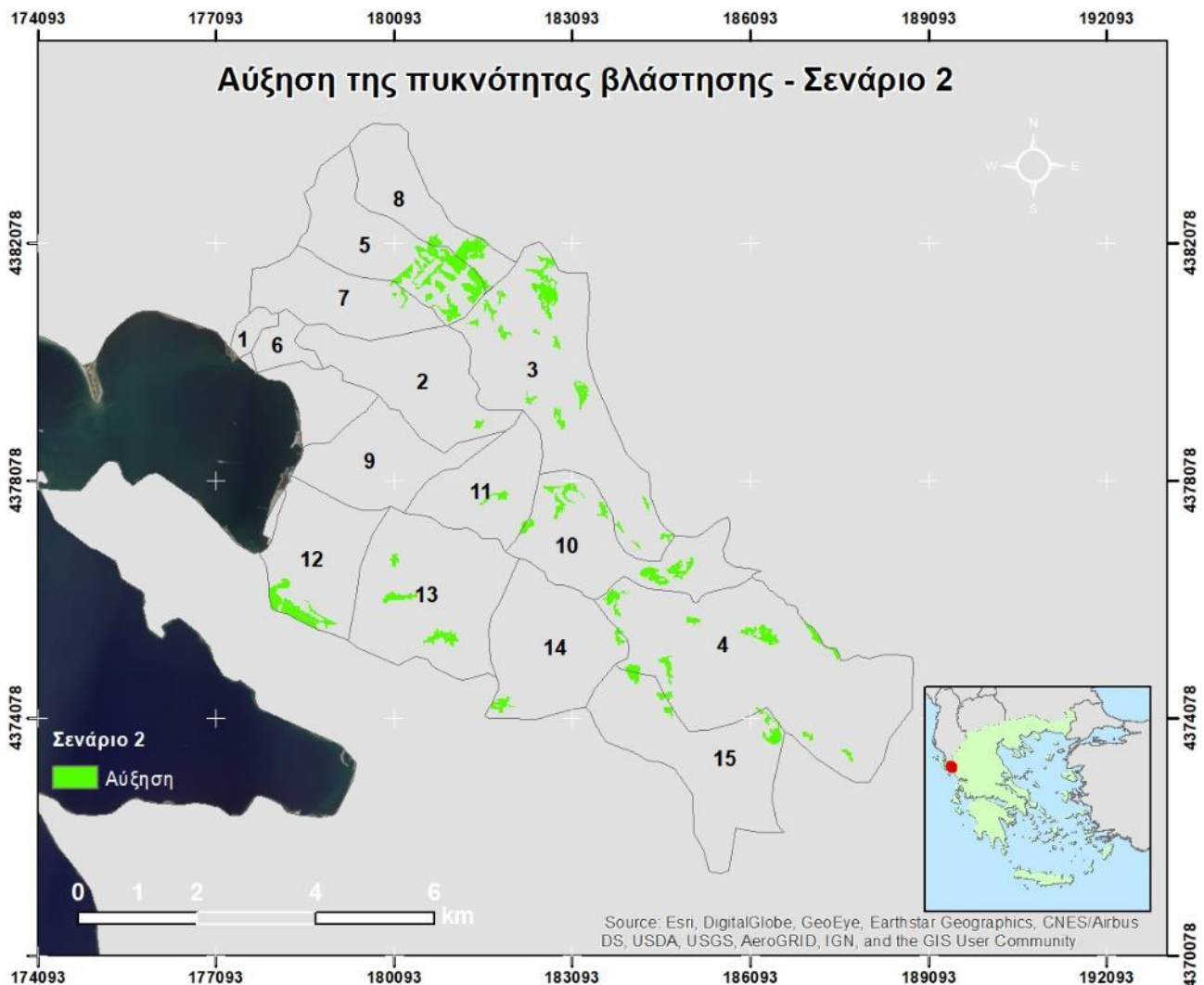
5.6 Προσδιορισμός μέσης ετήσιας παραγωγής φερτών υλικών

Στην Εικόνα 23 αποτυπώνεται οι εκτάσεις που μεταβάλλονται, σύμφωνα με το σενάριο 1 το οποίο περιλαμβάνει αύξηση 20% των εκτάσεων με πυκνή κάλυψη βλάστησης, ανά λεκάνη απορροής 1 έως 14.



Εικόνα 25 Χωρική αποτύπωση των περιοχών που σύμφωνα με το 1^ο Σενάριο, παρουσιάζουν αύξηση της πυκνότητας βλάστησης

Στην Εικόνα 24 αποτυπώνεται οι εκτάσεις που μεταβάλλονται, σύμφωνα με το σενάριο 2 το οποίο περιλαμβάνει αύξηση 40% των εκτάσεων με πυκνή κάλυψη βλάστησης ανά λεκάνη απορροής 1 έως 15.



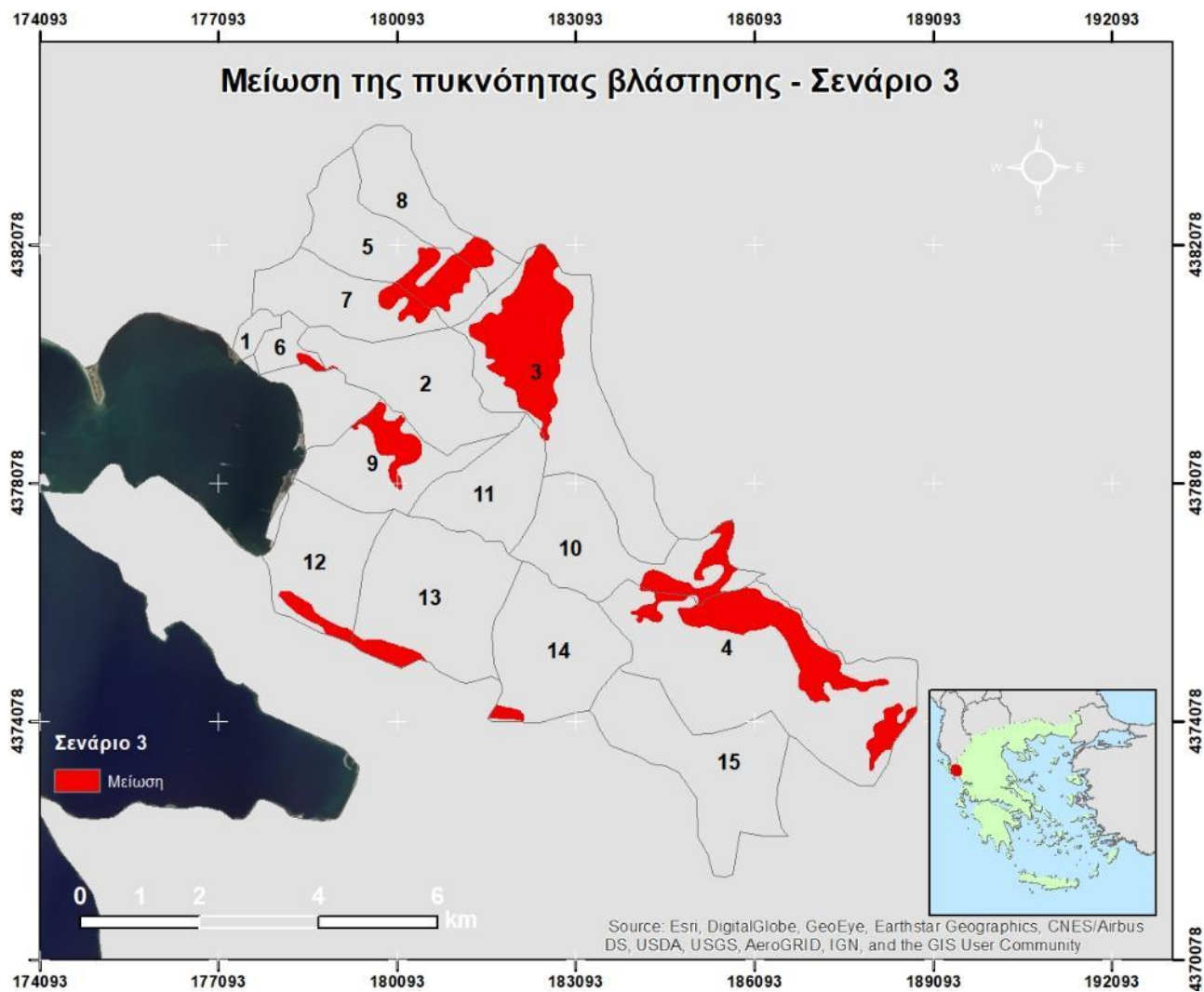
Εικόνα 26 Χωρική αποτύπωση των περιοχών που σύμφωνα με το 2^ο Σενάριο, παρουσιάζουν αύξηση της πυκνότητας βλάστησης

Στην Εικόνα 25 αποτυπώνεται οι εκτάσεις που μεταβάλλονται, σύμφωνα με το σενάριο 3 το οποίο περιλαμβάνει καταστροφή των δασών λόγω πυρκαγιάς και μετατροπής τους σε σκληροφυλλική βλάστηση, ανά λεκάνη απορροής 1 έως 15.

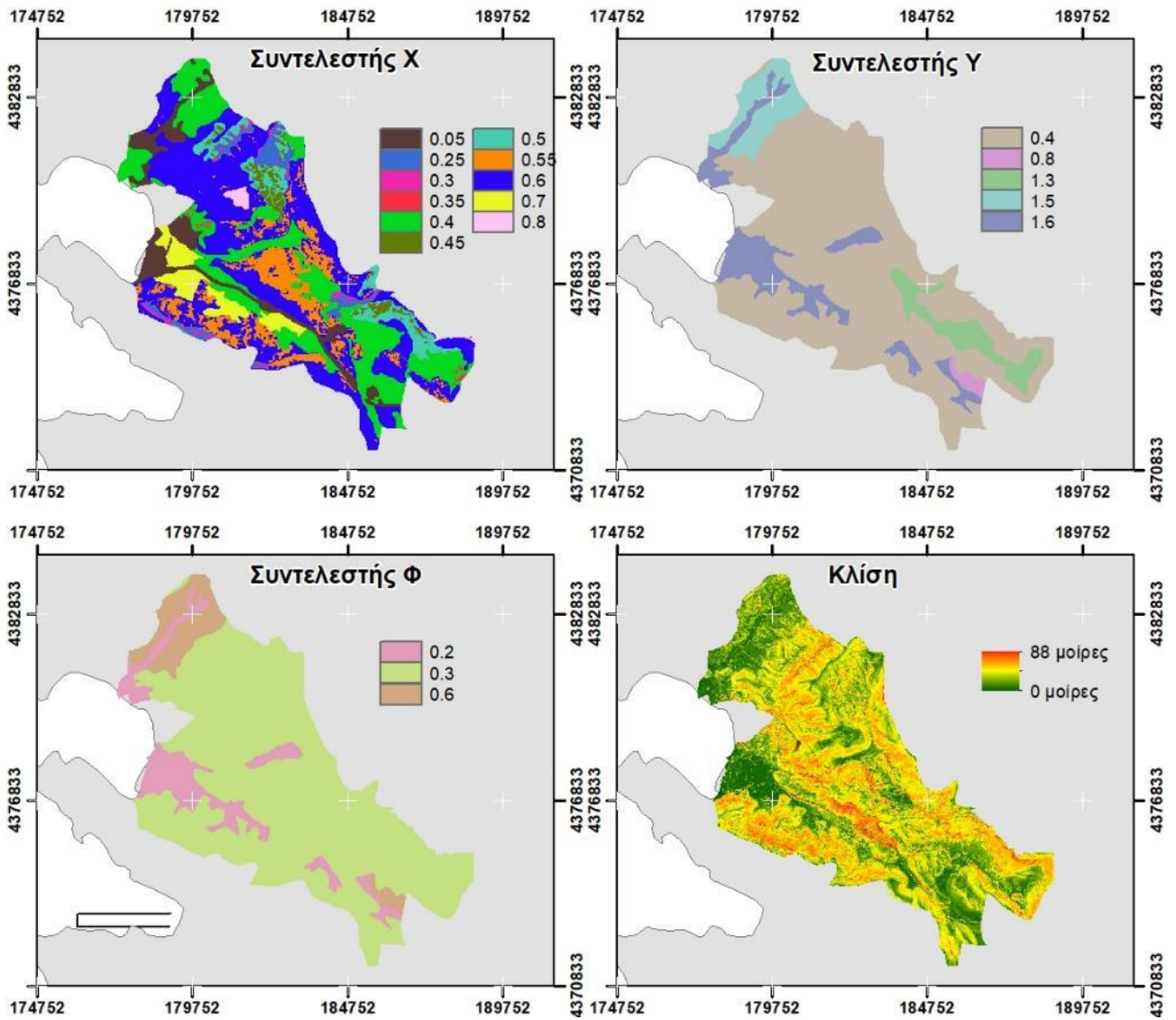
Στην Εικόνα 26 αποτυπώνονται οι παράμετροι του μοντέλου της μεθόδου Gavrilovic για τη μέση ετήσια παραγωγή φερτών υλικών.

Στην περιοχή μελέτης, σχετικά με το είδος και το βαθμός διάβρωσης των λεκανών (συντελεστής φ) εμφανίζεται ασθενής διάβρωση, επιφανειακή διάβρωση-ολισθήσεις- αποθέσεις και κατά το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής η διάβρωση είναι επιφανειακή στα 25-50% των λεκανών. Σχετικά με το είδος πετρώματος και υπεδάφους (συντελεστής γ), η περιοχή παρουσιάζει στη μεγαλύτερη επιφάνεια της σκληρά πετρώματα, ανθεκτικά στην διάβρωση.

Ο συντελεστής χ , ο οποίος εξαρτάται από την βλάστηση, εκτιμήθηκε για κάθε χρονική περίοδο 2000, 2006, 2012 καθώς και για τα 3 διαφορετικά σενάρια.

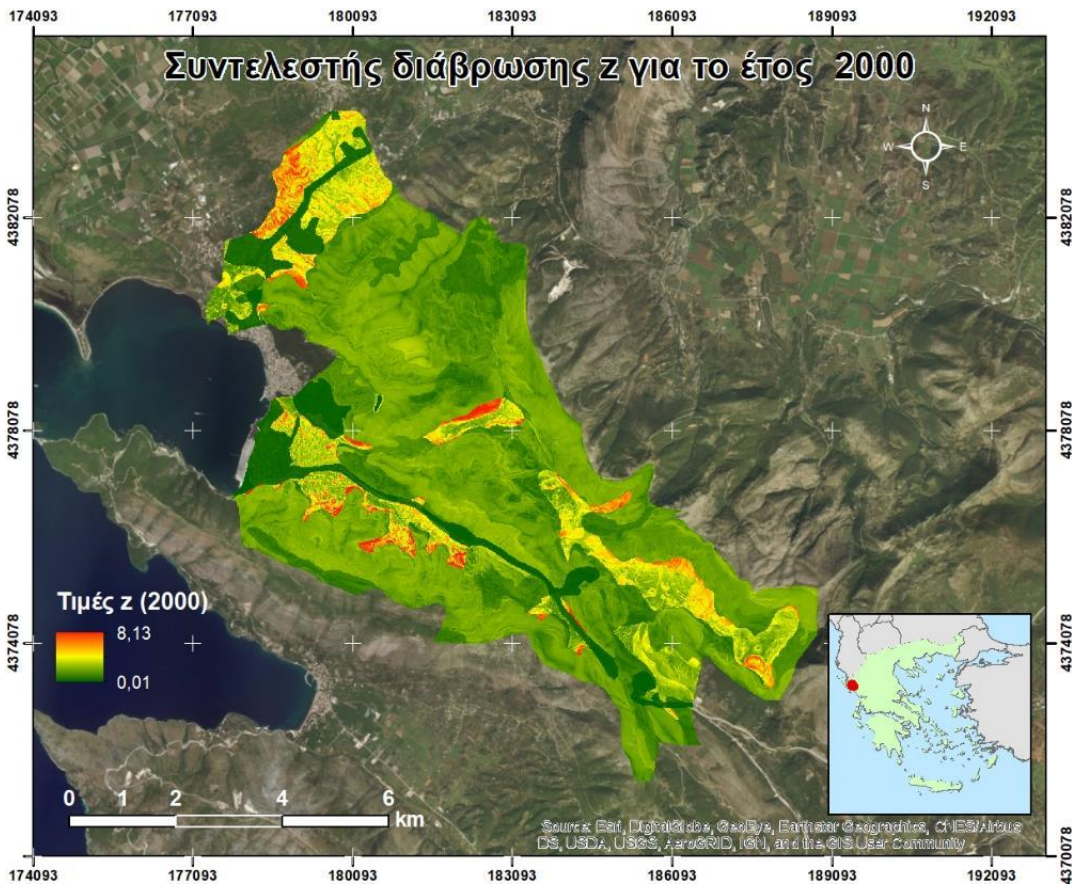


Εικόνα 27 Χωρική αποτύπωση των περιοχών που σύμφωνα με το 3^ο Σενάριο, λόγω πυρκαγιάς μετατρέπονται σε εκτάσεις με σκληροφυλλική βλάστηση

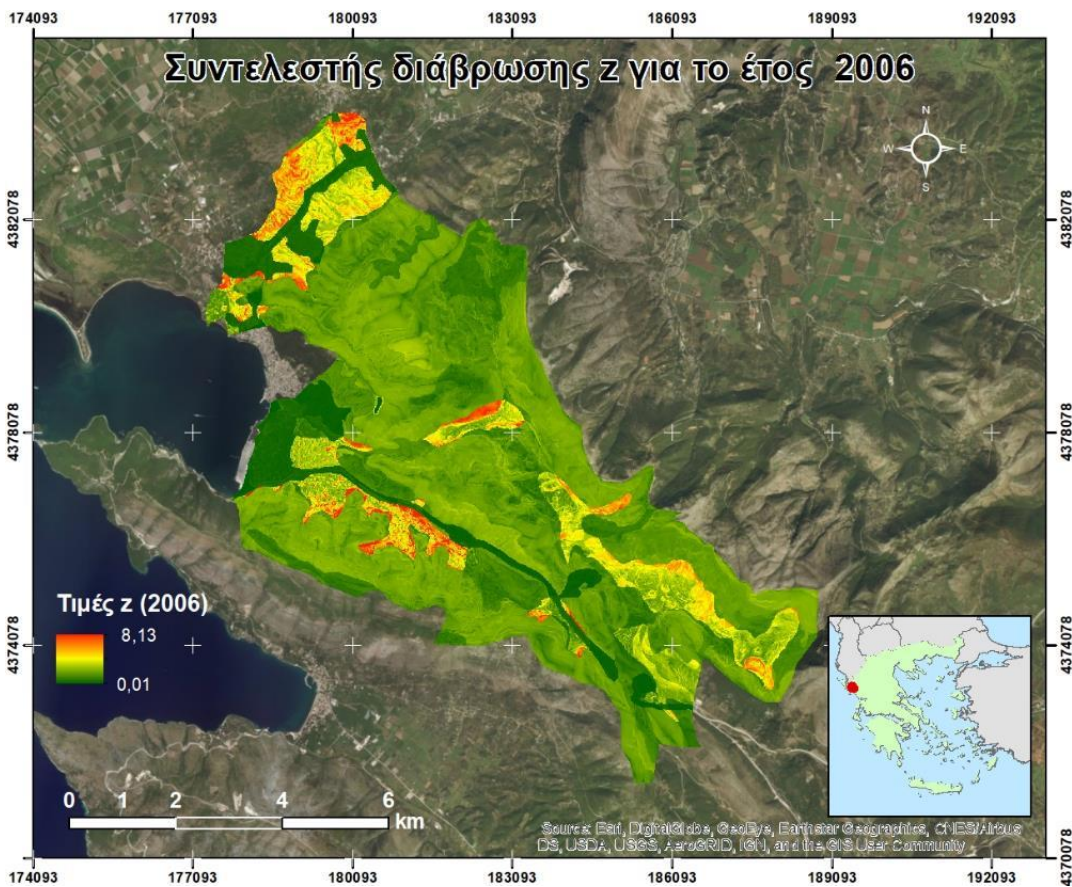


Εικόνα 28 Παράμετροι του μοντέλου της μεθόδου Ganilovic για τη μέση ετήσια παραγωγή φερτών υλικών

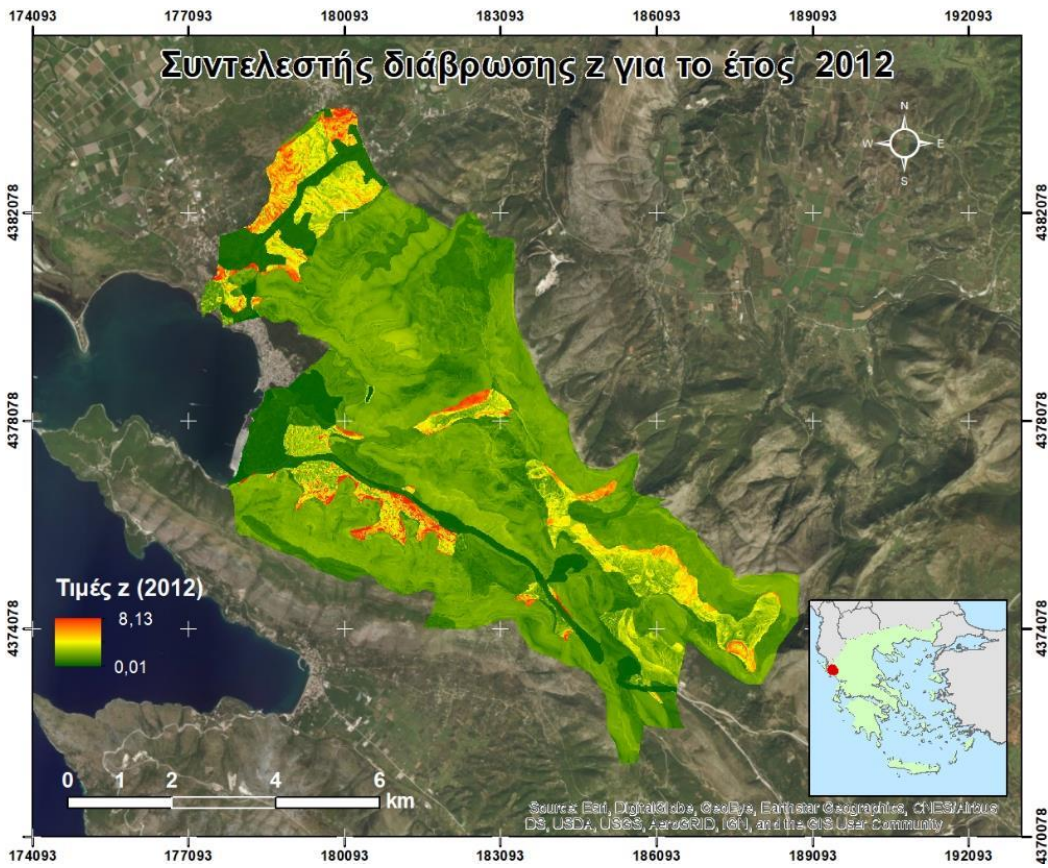
Με βάση τις τιμές των παραμέτρων υπολογίστηκαν οι τιμές του δείκτη διάβρωσης (z) για κάθε χρονική περίοδο 2000, 2006, 2012 αντίστοιχα, καθώς και για κάθε ένα από τα τρία πιθανά σενάρια. (Εικόνες 28-33)



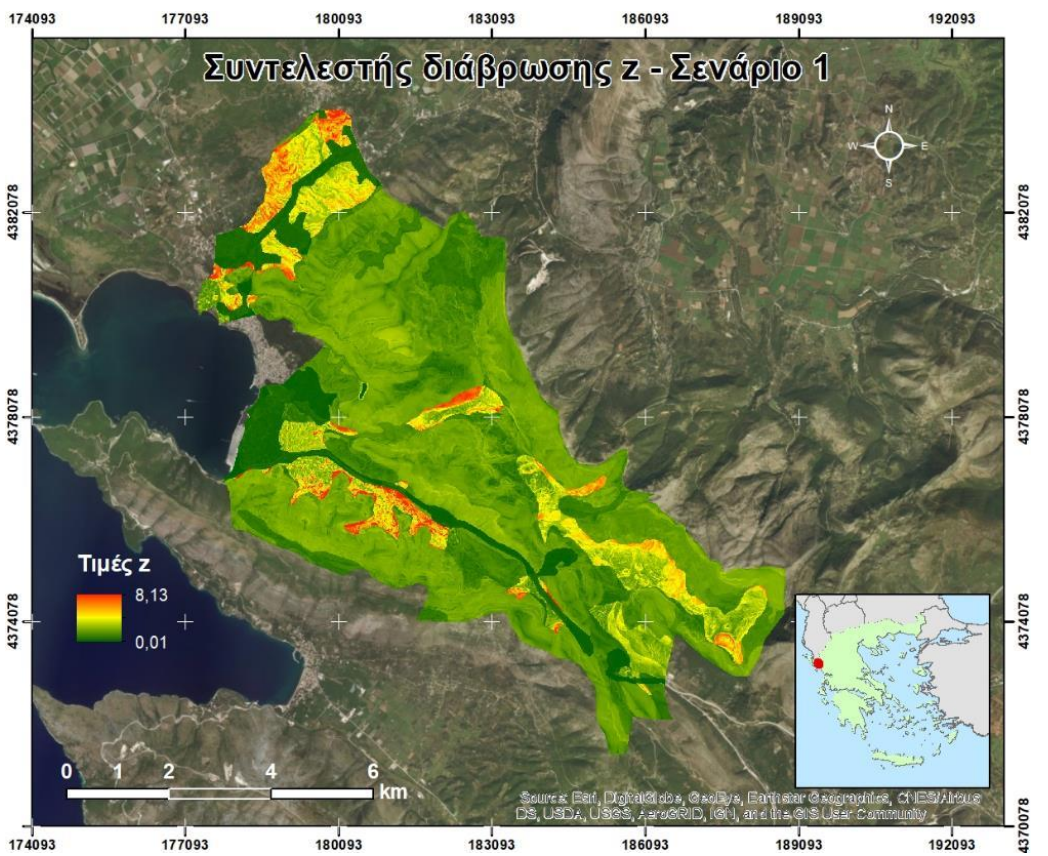
Εικόνα 29 Συντελεστής διάβρωσης του Gavriliotic για το 2000



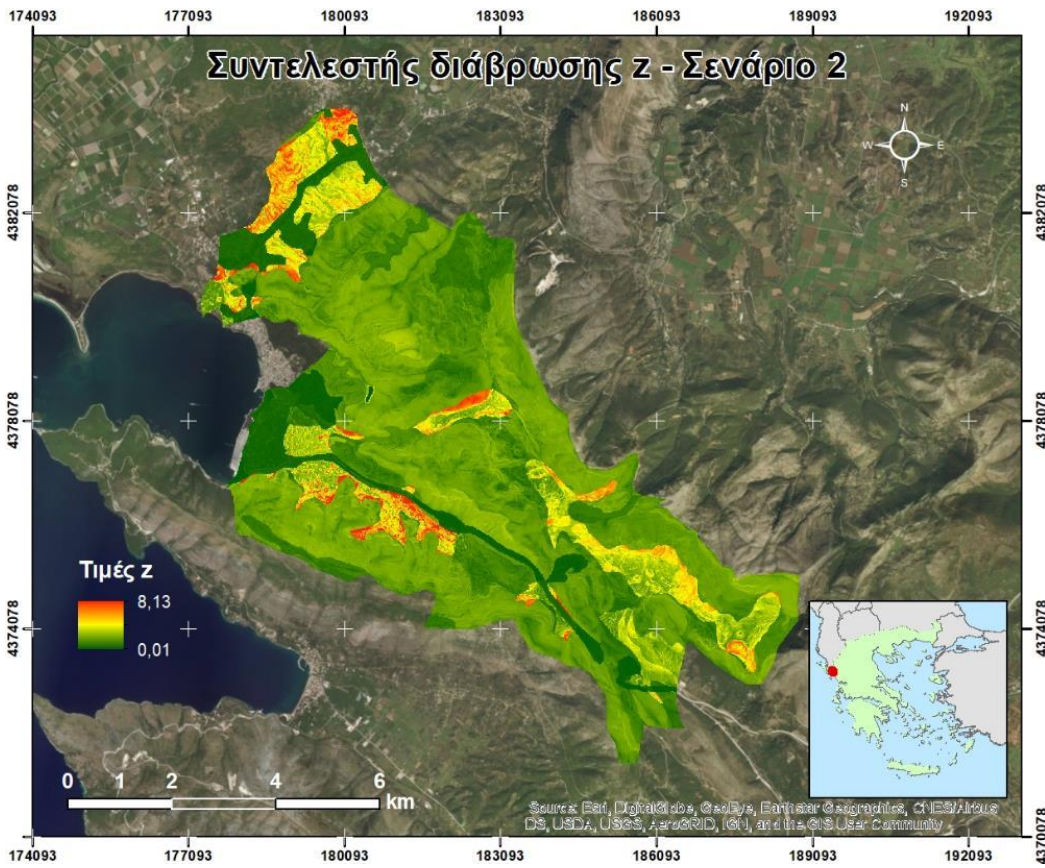
Εικόνα 30 Συντελεστής διάβρωσης του Gavriliotic για το 2006



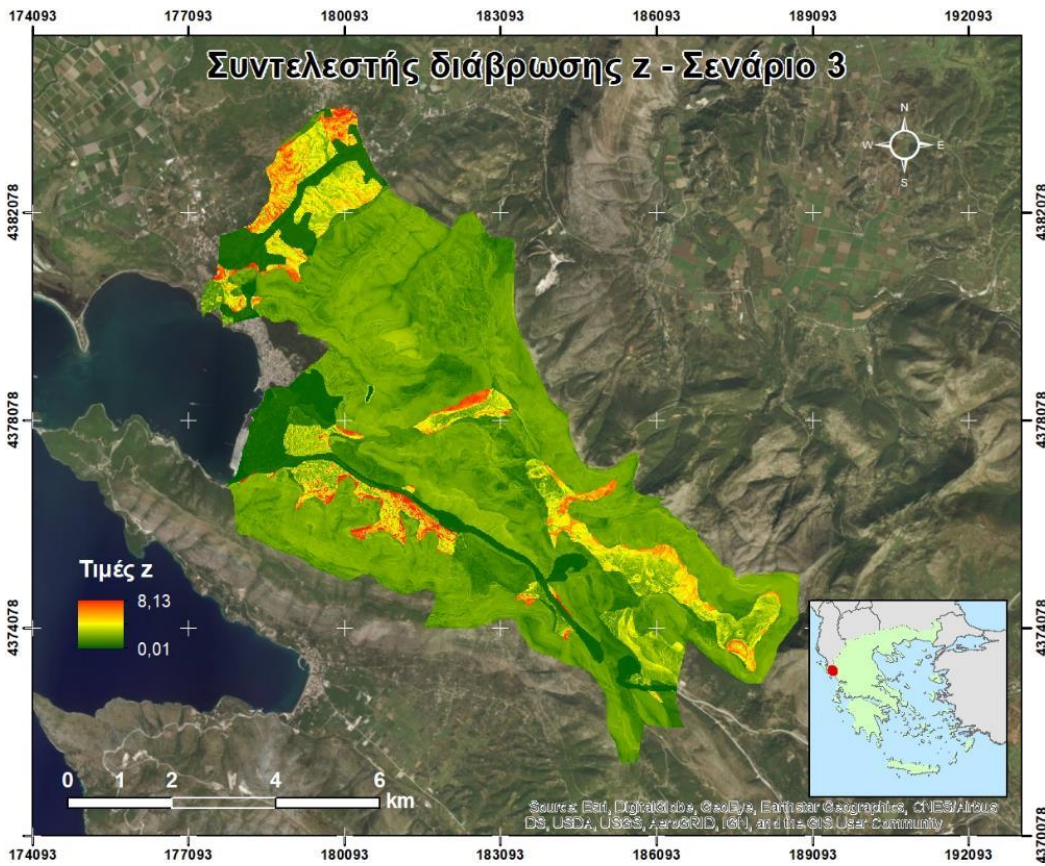
Εικόνα 31 Συντελεστής διάβρωσης του Gannilovic για το 2012



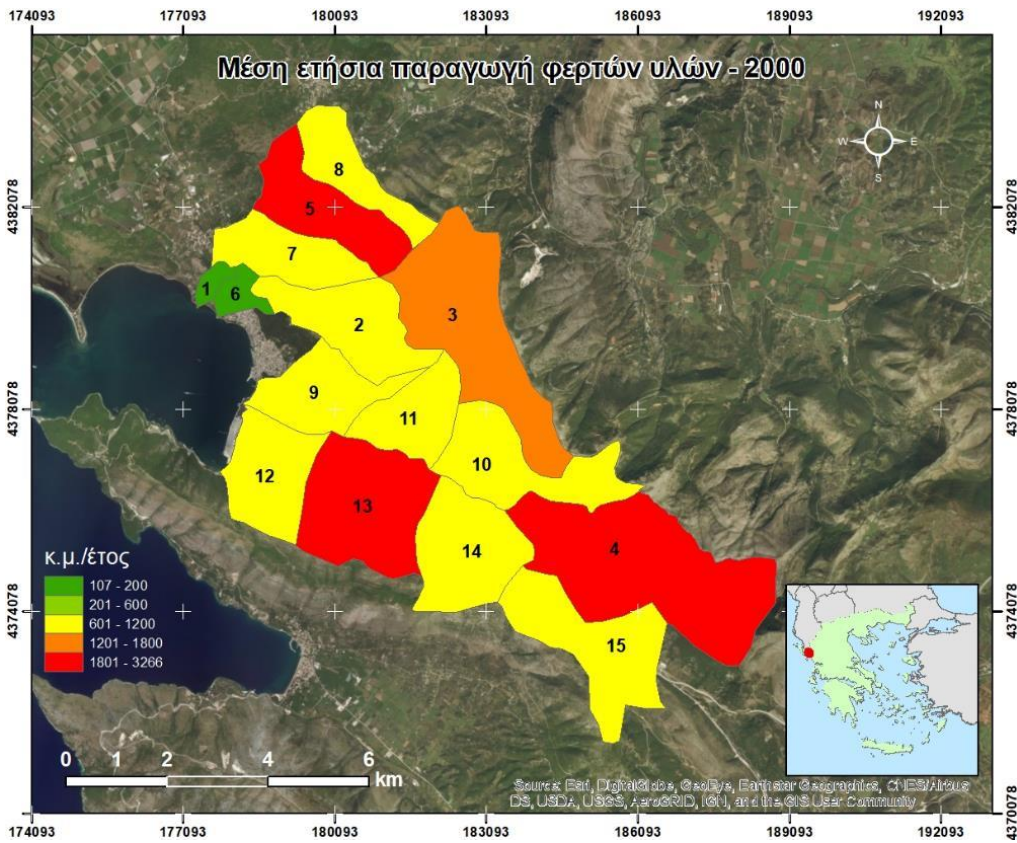
Εικόνα 32 Συντελεστής διάβρωσης του Gannilovic για το 1^ο Σενάριο αλλαγής της πυκνότητας βλάστησης



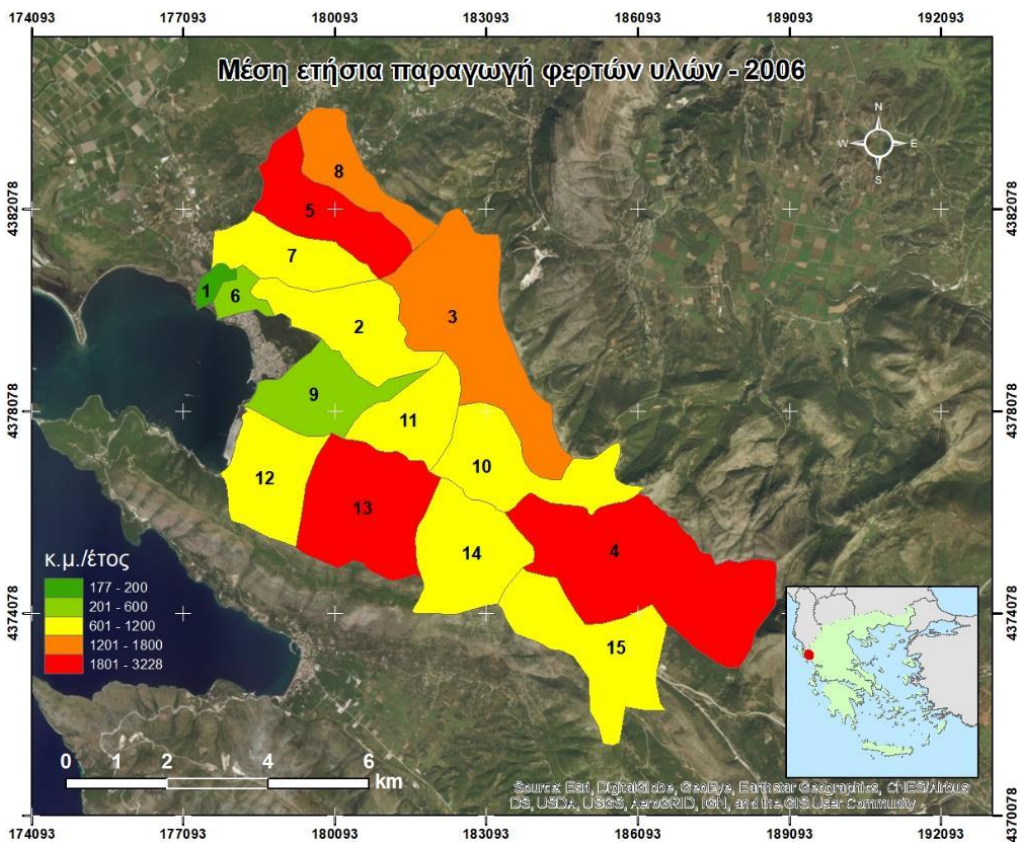
Εικόνα 33 Συντελεστής διάβρωσης του Gavrilovic για το 2^ο Σενάριο αλλαγής της πυκνότητας βλάστησης



Εικόνα 34 Συντελεστής διάβρωσης του Gavrilovic για το 3^ο Σενάριο-μείωση της πυκνότητας βλάστησης

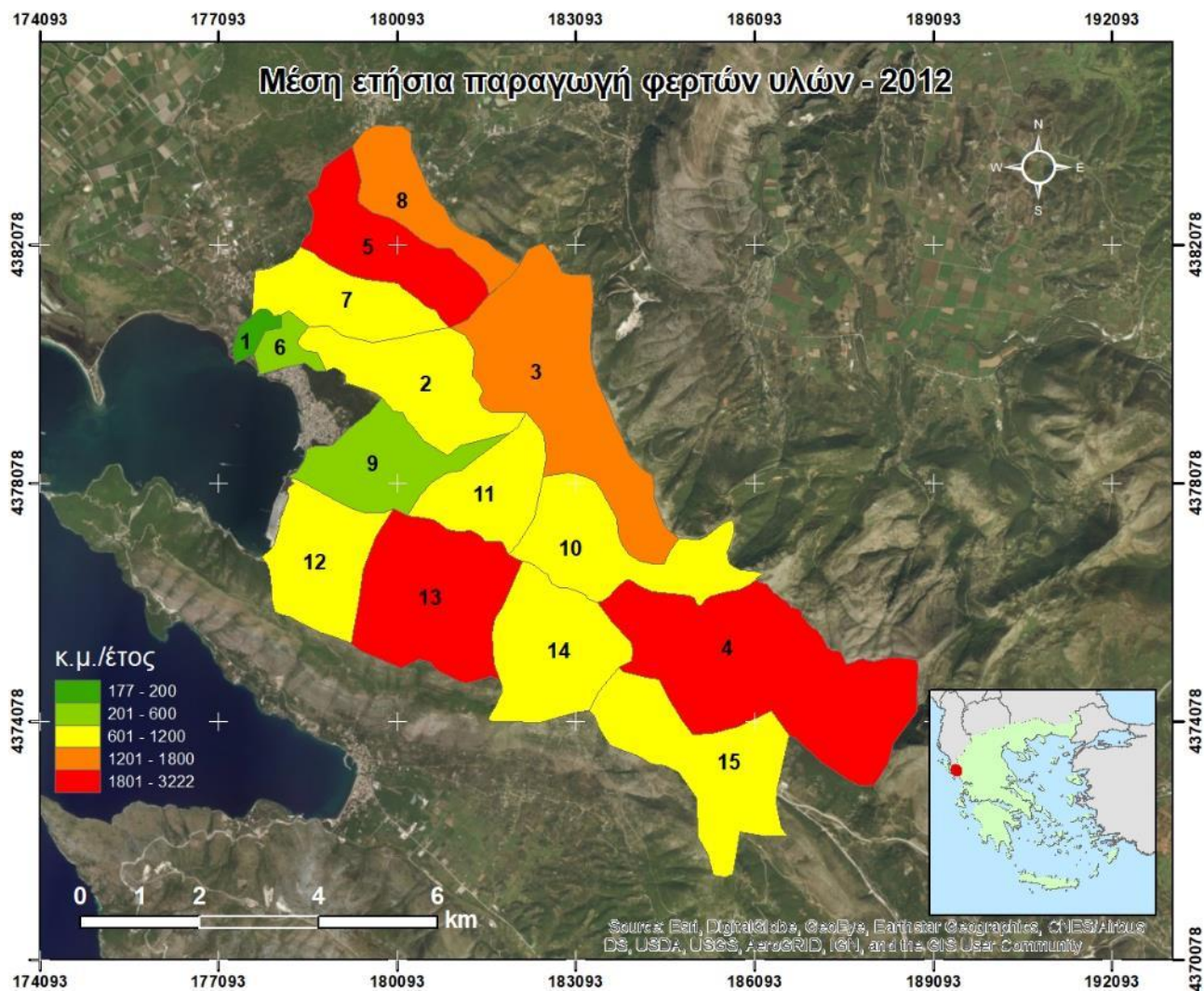


Εικόνα 35 Μέση ετήσια παραγωγή φερτών υλικών για το 2000

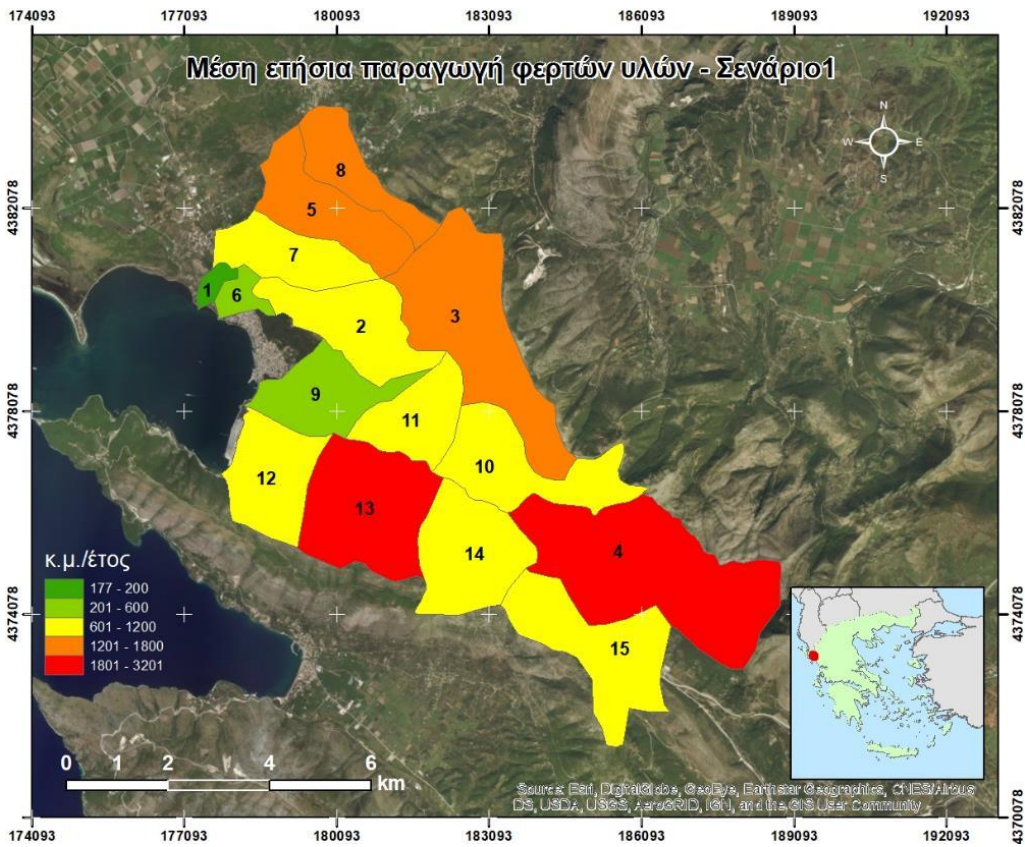


Εικόνα 36 Μέση ετήσια παραγωγή φερτών υλικών για το 2006

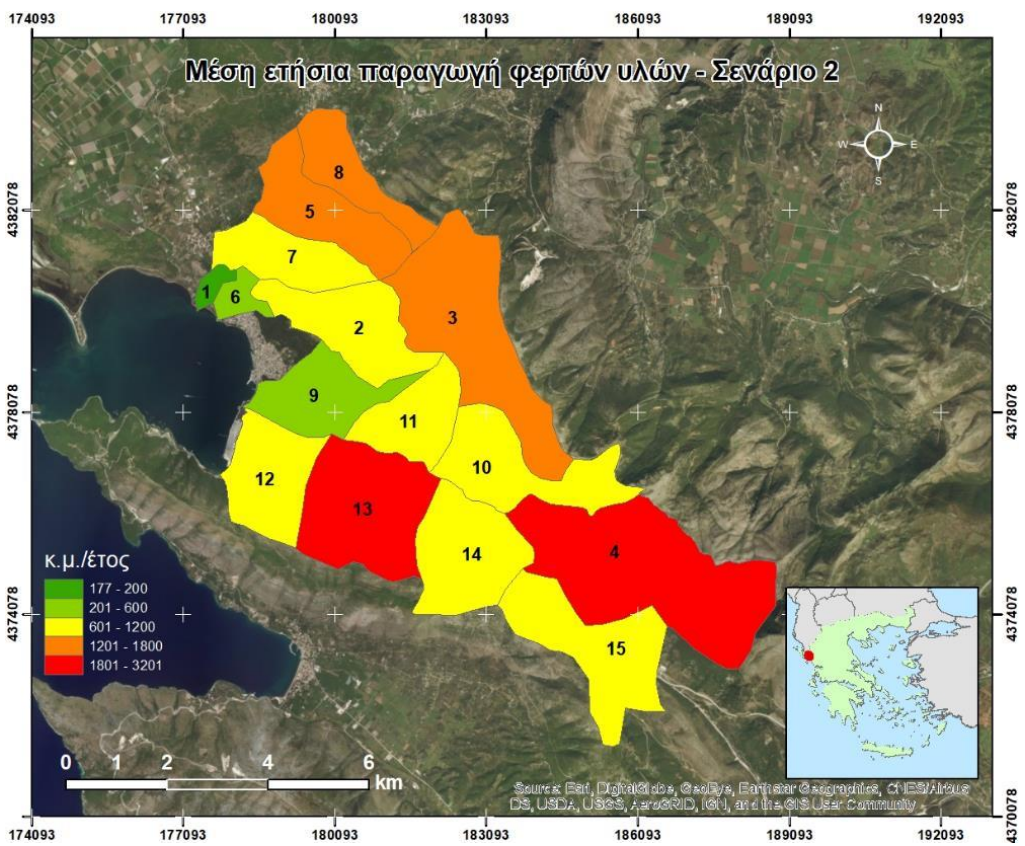
Για το χρονική περίοδο 2000 (Εικόνα 33), 2006 (Εικόνα 34) οι λεκάνες που φέρουν τα περισσότερα φερτά υλικά(περισσότερο από 1801κ.μ ανά έτος) ήταν οι 5, 13 και 4, ενώ για τη χρονική περίοδο 2012 (Εικόνα 35) οι λεκάνες που φέρουν τα περισσότερα φερτά υλικά ήταν οι 13 και 4. Στην περίπτωση του σεναρίου 1 (Εικόνα 36) και 2 (Εικόνα 37), τα φερτά υλικά στις λεκάνες 13 και 4 είναι περισσότερα από 1801 m³ ανά έτος, ενώ για το αρνητικό σενάριο 3 (Εικόνα 38) τα φερτά υλικά αυξάνονται και στις λεκάνες 5 και 3 σε ποσότητα μεγαλύτερη των 1801 m³.



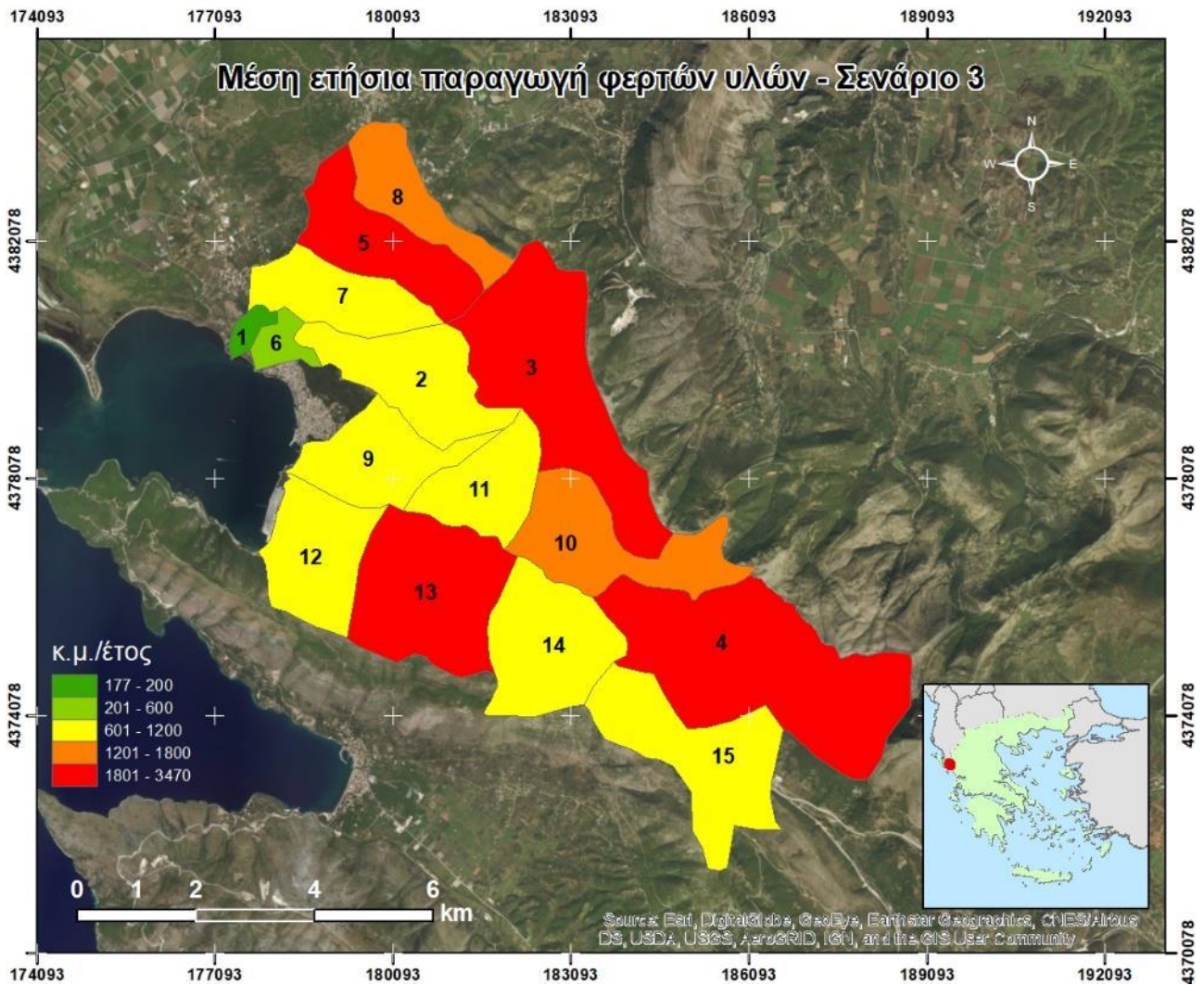
Εικόνα 37 Μέση ετήσια παραγωγή φερτών υλικών για το 2012



Εικόνα 38 Μέση ετήσια παραγωγή φερτών υλικών για το 1^ο Σενάριο αλλαγής της πυκνότητας βλάστησης



Εικόνα 39 Μέση ετήσια παραγωγή φερτών υλικών για το 2^ο Σενάριο αλλαγής της πυκνότητας βλάστησης

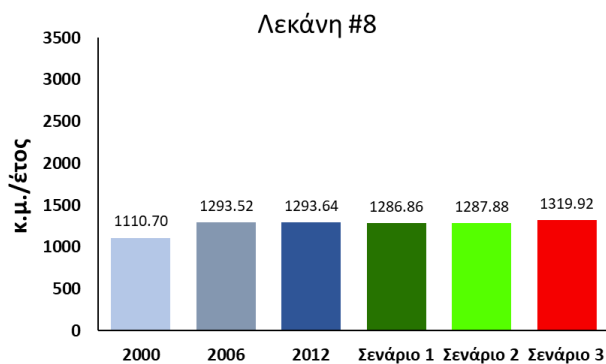
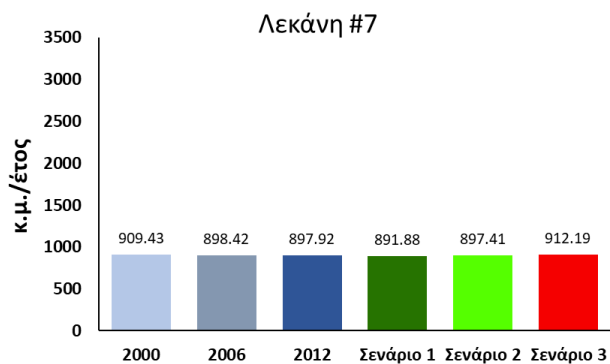
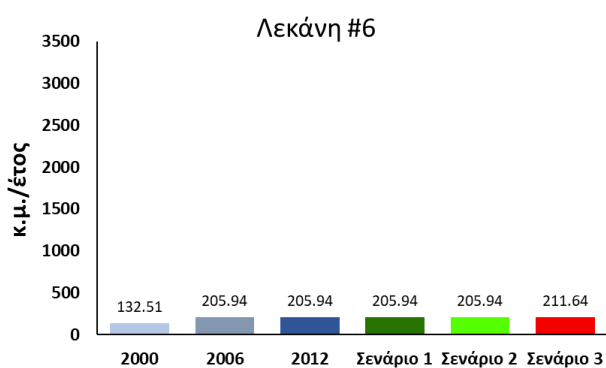
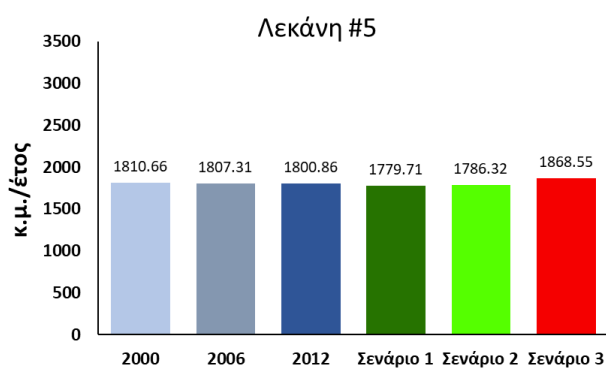
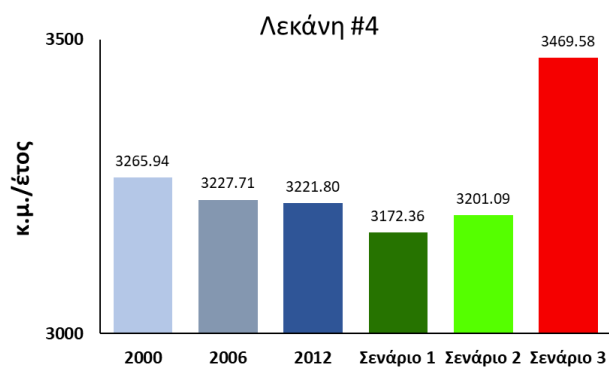
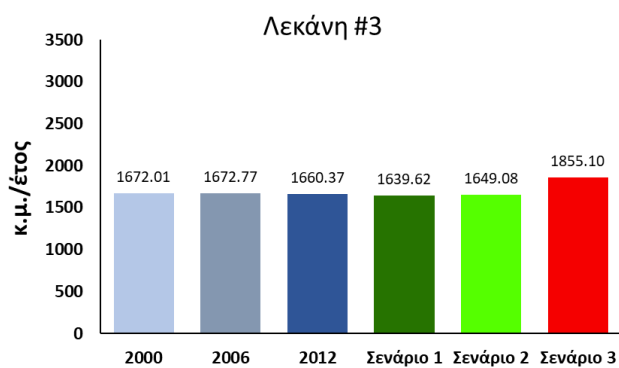
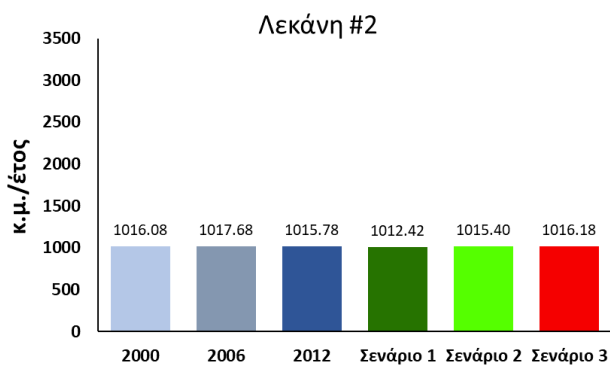
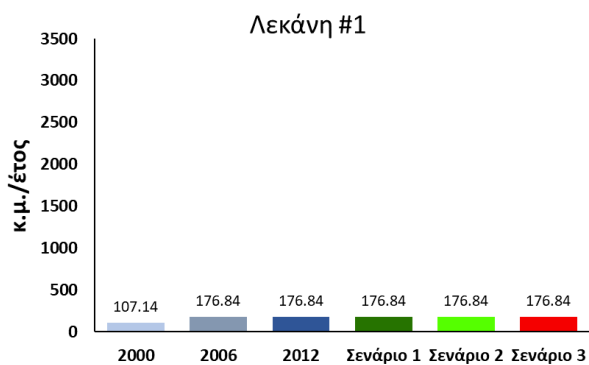


Εικόνα 40 Μέση ετήσια παραγωγή φερτών υλικών για το 3^ο Σενάριο-μείωση της πυκνότητας βλάστησης

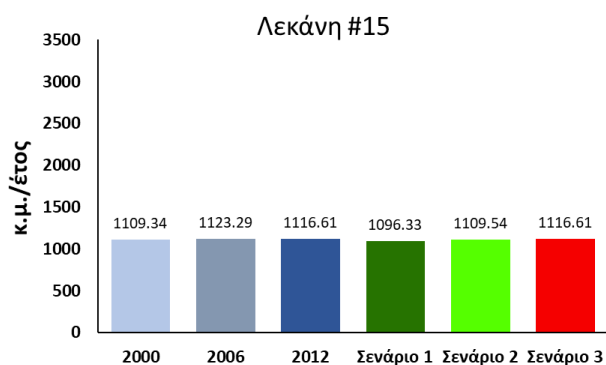
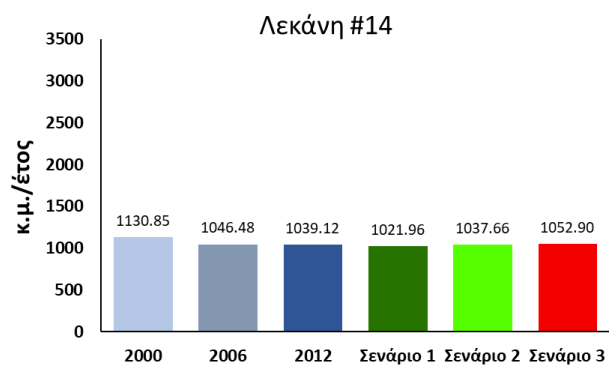
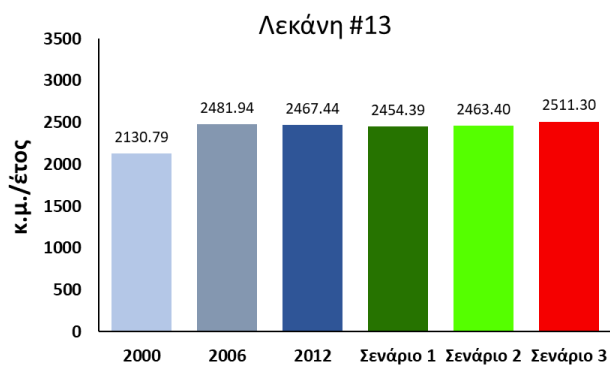
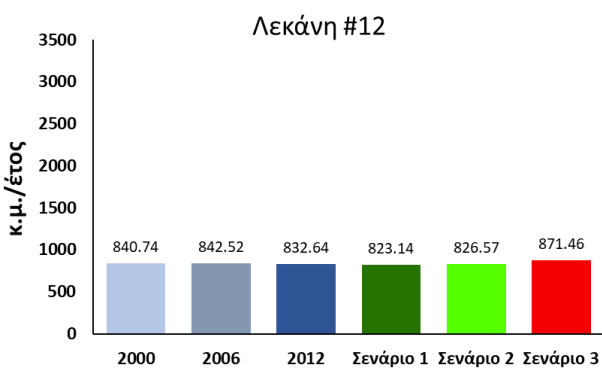
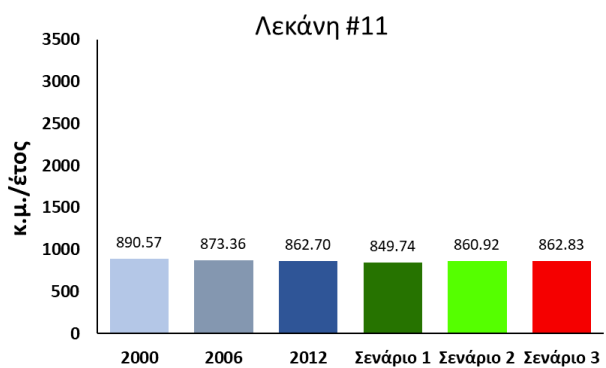
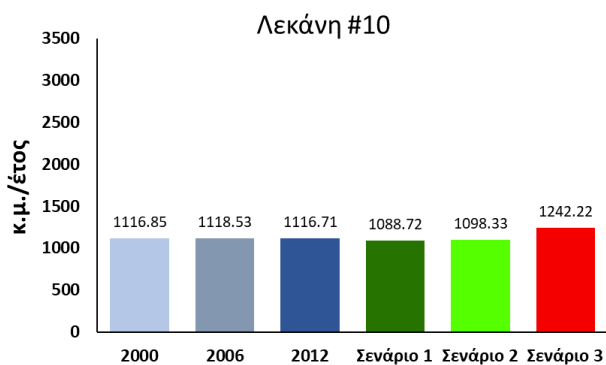
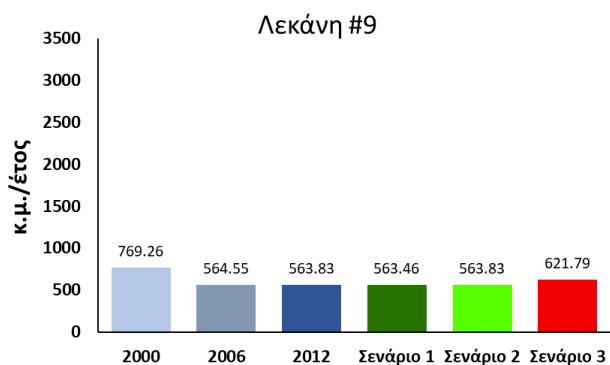
Η Εικόνα 19 εμφανίζει την διαχρονική αλλαγή στην ποσότητα των φερτών υλικών ανά λεκάνη για τις χρονικές περιόδους 2000, 2006, 2012 καθώς και για τα τρία σενάρια. Γενικά οι λεκάνες 1 και 6 είναι αυτές που φέρουν τις μικρότερες, ενώ οι 4 και οι 13 τις μεγαλύτερες ποσότητες φερτών υλικών.

Διαχρονικά (2000-2006-2012) οι πιο σημαντικές αλλαγές στην ποσότητα φερτών υλικών παρουσιάστηκαν μεταξύ 2000-2006. Συγκεκριμένα στις λεκάνες 1, 6, 8, 13 παρουσιάστηκε αύξηση του όγκου φερτών υλικών, ενώ στις λεκάνες 4, 9, 14 παρουσιάστηκαν οι σημαντικότερες μειώσεις στην ποσότητα φερτών υλικών. Μεταξύ των περιόδων 2006 - 2012 δεν εμφανίζονται ιδιαίτερες αλλαγές. Όπως και οι αλλαγές στην πυκνότητα βλάστησης όπως είδαμε παραπάνω ήταν ελάχιστες.

Τα θετικά σενάριο 1 και 2 μειώνουν την ποσότητα φερτών υλικών σε όλες τις λεκάνες και περισσότερο στην 4, στην 5 και στην 10. Το αρνητικό σενάριο 3, αυξάνει την ποσότητα φερτών υλικών σε όλες τις λεκάνες και επηρεάζει περισσότερο τις λεκάνες 3, 4 και 10. Αξίζει να σημειωθεί ότι για το σενάριο 3, το οποίο φέρει και τις σημαντικότερες αλλαγές στην βλάστηση, οι μεταβολές στις ποσότητες των φερτών υλικών είναι πολύ σημαντικότερες από αυτές που παρατηρούνται στα άλλα 2 σενάρια αλλά και στις διαχρονικές αλλαγές.



Εικόνα 41 Διαχρονική αλλαγή για τη μέση ετήσια παραγωγή φερτών υλικών στις λεκάνες #1-8 της περιοχής μελέτης



Εικόνα 42 Διαχρονική αλλαγή για τη μέση ετήσια παραγωγή φερτών υλικών στις λεκάνες #9-15 της περιοχής μελέτης

6 ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ

Για την αξιολόγηση του πλημμυρικού κινδύνου στην περιοχή, σε σχέση με τον καθεστώς των χρήσεων γης του περιαστικού χώρου, αξιολογήθηκαν τέσσερα σενάρια που αφορούσαν την μεταβολή του συντελεστή απωλειών της βροχόπτωσης CN της μεθόδου SCS σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Η παράμετρος αυτή όπως έχει αναφερθεί είναι δυνατό να παραμετροποιηθεί λαμβάνοντας την ταξινόμηση του συστήματος CORINE, η αξιολόγηση του οποίου έχει αναφερθεί παραπάνω.

Η παράμετρος CN, όπως έχει αναφερθεί λαμβάνει τιμές από 0 έως 100 και επηρεάζεται από τις συνθήκες εδάφους και χρήσεις γης της λεκάνης απορροής, καθώς και τις προηγούμενες συνθήκες εδαφικής υγρασίας. Τα σενάρια που επιλέχθηκαν εφαρμόστηκαν για διάρκεια βροχόπτωσης d12h για περιόδους επαναφοράς 50 ετών και 100 ετών και ήταν τα ακόλουθα:

- ✓ Αύξηση του συντελεστή CN κατά 10%
- ✓ Αύξηση το συντελεστή CN κατά 20%
- ✓ Μείωση του συντελεστή CN κατά 10%
- ✓ Μείωση του συντελεστή CN κατά 20%

Στους παρακάτω Πίνακες 14, 15, 16, 17 δίνονται τα αποτελέσματα της υδρολογικής προσομοίωσης για τα ρέματα Νέας Σελεύκειας, Τσιμπουρίκι, Λάκκα και Ξηροπόταμος σύμφωνα με τα ανωτέρω σενάρια.

Πίνακας 14 Υδρολογική προσομοίωση για σενάρια χρήσεων γης για το ρέμα Νέας Σελεύκειας – Μαυρουδίου

Περίοδος	Συνθήκες (CN)	Υδρολογικό μοντέλο	Πλημμυρική παροχή	Πλημμυρικός όγκος
T=50	+10%	SCS	55.4	672.4
	+20%	SCS	67.5	833.7
T=50	-10%	SCS	31.4	393.2
	-20%	SCS	20.8	275.1
T=100	+10%	SCS	67.1	802.9
	+20%	SCS	80.4	974.6
T=100	-10%	SCS	40.7	495.3
	-20%	SCS	28.4	360.1

Πίνακας 15 Υδρολογική προσομοίωση για σενάρια χρήσεων γης για το ρέμα Τσιμπουρίκι

Περίοδος	Συνθήκες (CN)	Υδρολογικό μοντέλο	Πλημμυρική παροχή	Πλημμυρικός όγκος
T=50	+10%	SCS	32.2	305.3
	+20%	SCS	40.0	379.4
T=50	-10%	SCS	17.2	176.8
	-20%	SCS	10.6	122.6
T=100	+10%	SCS	40.0	372.4

	+20%	SCS	48.1	452.3
T=100	-10%	SCS	23.5	228.8
	-20%	SCS	15.6	165.5

Πίνακας 16 Υδρολογική προσομοίωση για σενάρια χρήσεων γης για το ρέμα Λάκκας

Περίοδος	Συνθήκες (CN)	Υδρολογικό μοντέλο	Πλημμυρική παροχή	Πλημμυρικός όγκος
T=50	+10%	SCS	105.9	1296.2
	+20%	SCS	127	1610.5
T=50	-10%	SCS	61.1	756.4
	-20%	SCS	40.2	529.6
T=100	+10%	SCS	132.7	1561.8
	+20%	SCS	156.2	1895.7
T=100	-10%	SCS	80.8	965.3
	-20%	SCS	56.4	703.9

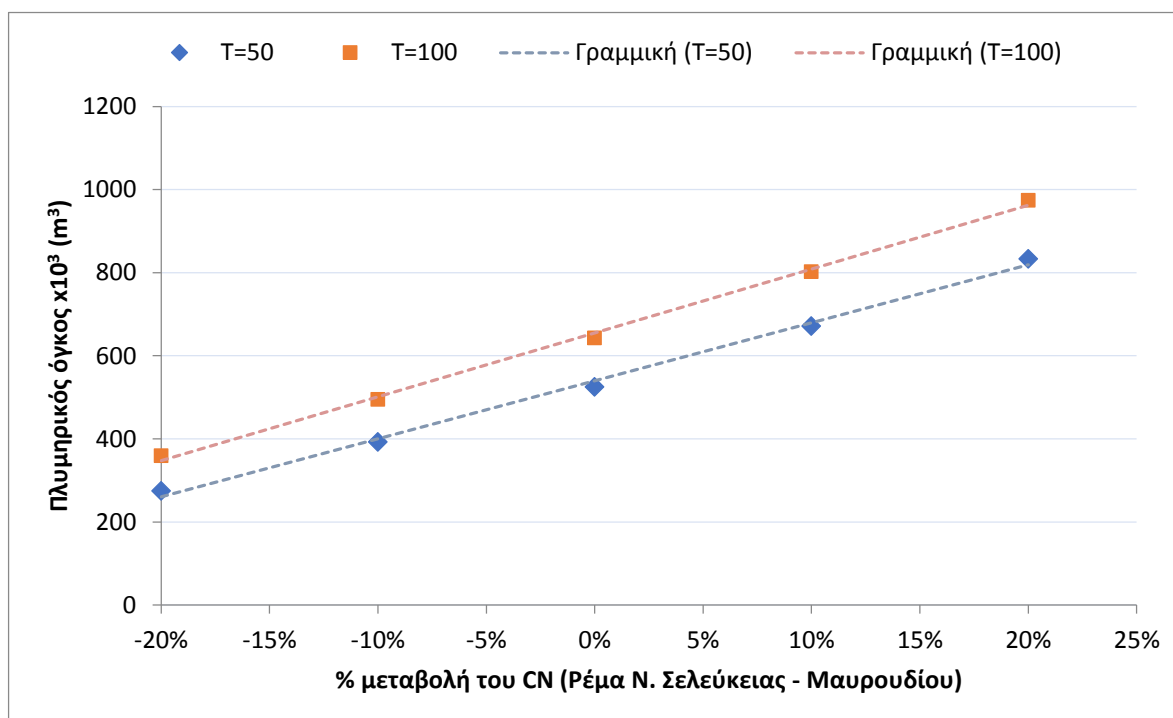
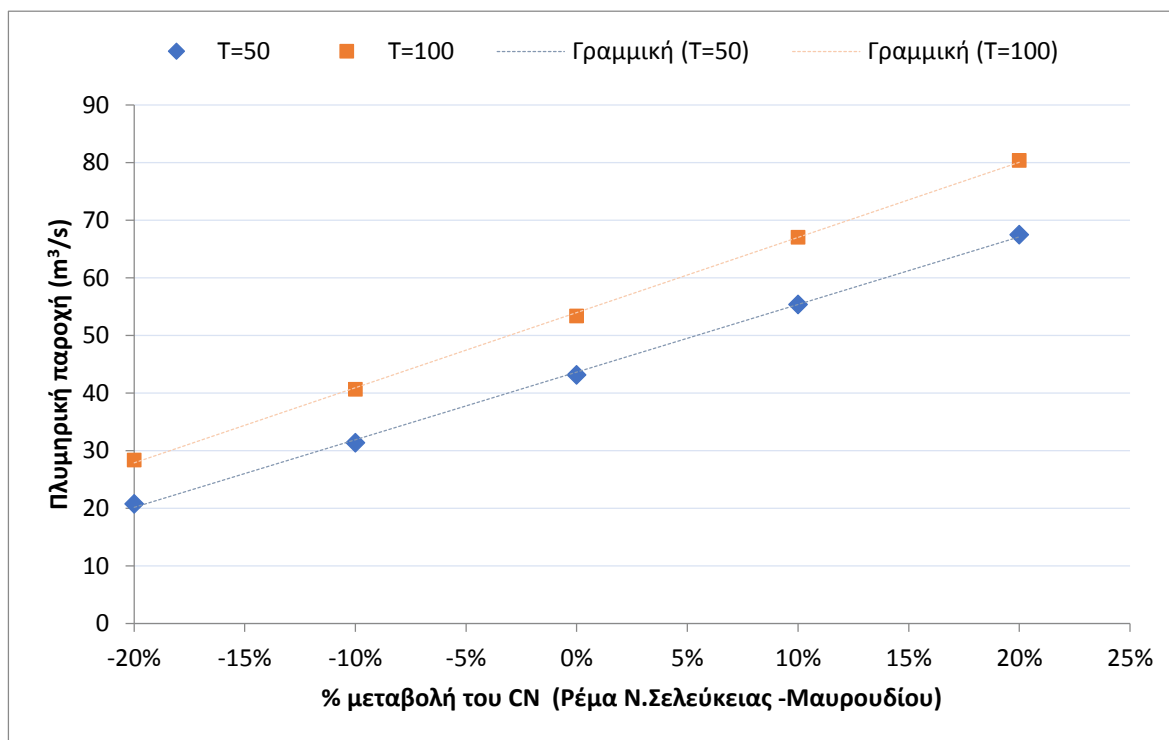
Πίνακας 17 Υδρολογική προσομοίωση για σενάρια χρήσεων γης για το ρέμα Ξεροπόταμου

Περίοδος	Συνθήκες (CN)	Υδρολογικό μοντέλο	Πλημμυρική παροχή	Πλημμυρικός όγκος
T=50	+10%	SCS	118	1828.8
	+20%	SCS	145.2	2283.9
T=50	-10%	SCS	65.0	1046.5
	-20%	SCS	42.4	719.4
T=100	+10%	SCS	147.7	2230.7
	+20%	SCS	177.4	2720.8
T=100	-10%	SCS	87.5	1355.8
	-20%	SCS	60.8	974

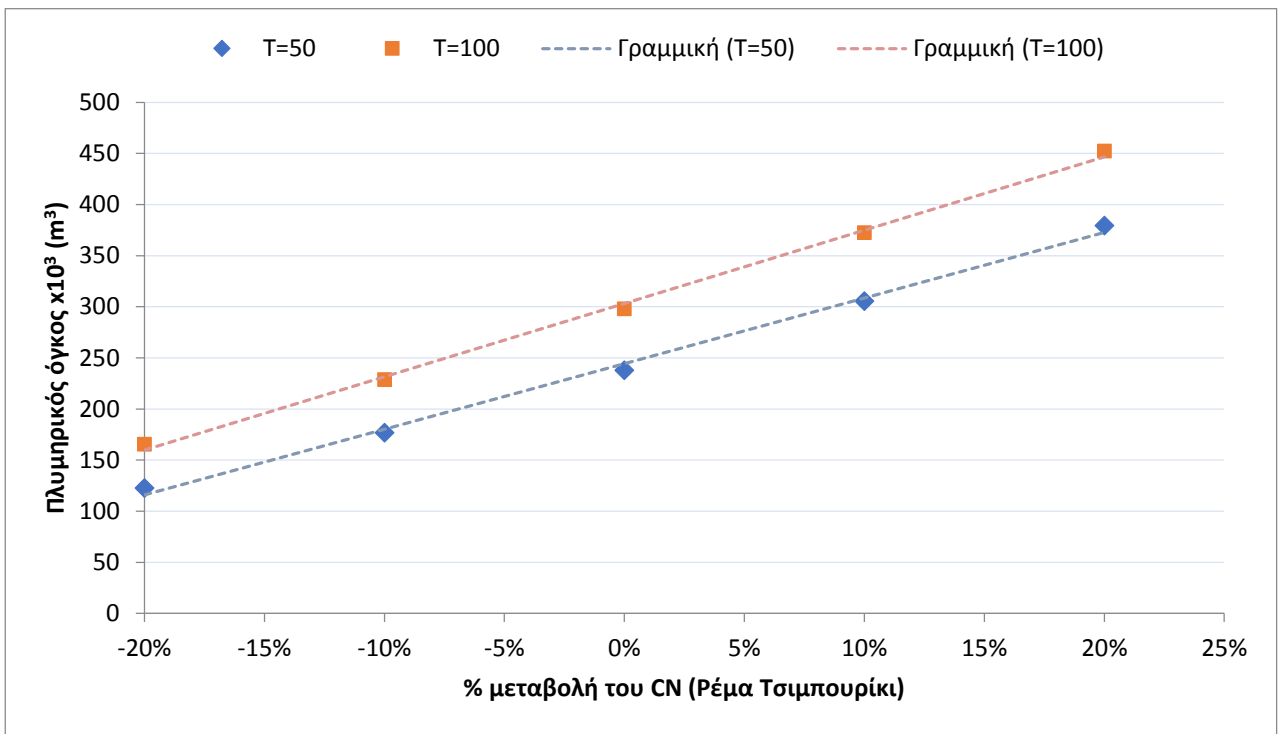
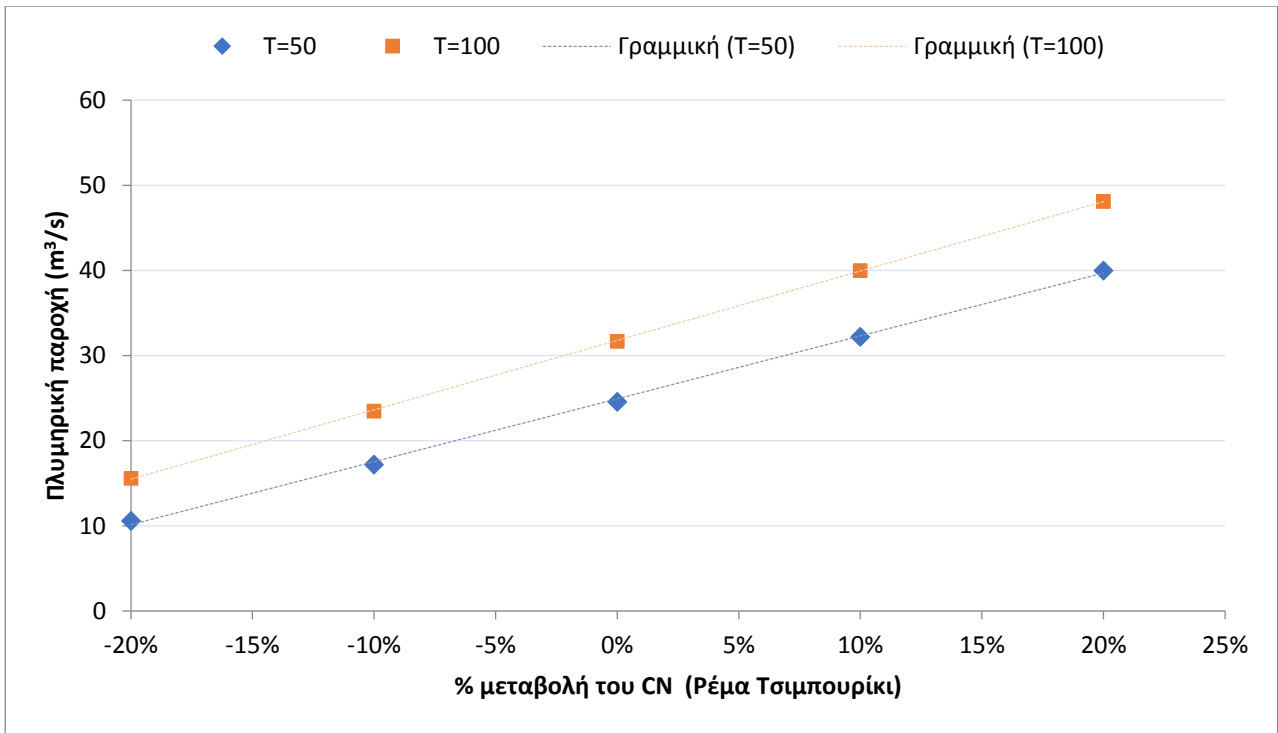
Στις Εικόνα 41 έως Εικόνα 44 που ακολουθούν δίνονται διαγράμματα μεταβολής του πλημμυρικού όγκου και της πλημμυρικής παροχής σε σχέση με τη μεταβολή του συντελεστή CN. Όπως έχει αναφερθεί ο συντελεστής σχετίζεται με το καθεστώς των χρήσεων γης στην περιοχή, καθώς επίσης και με το υδρολογικό καθεστώς της περιοχής. Η μεταβολή αναφέρεται στο μέσο συντελεστή. Από τα διαγράμματα διαπιστώνεται η αύξηση του συντελεστή, (αύξηση των αδιαπέρατων στρωμάτων και υποβάθρων) οδηγεί σε αύξηση των πλημμυρικών μεγεθών.

Οι τιμές του συντελεστή CN επηρεάζουν τα πλημμυρικά μεγέθη σε μεγάλο βαθμό, και διαπιστώνεται πως η μέθοδος απωλειών της βροχόπτωσης SCS είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στις μεταβολές του δείκτη. Το γεγονός αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στην αξιολόγηση των υδρολογικών μεθόδων, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των πλημμυρικών

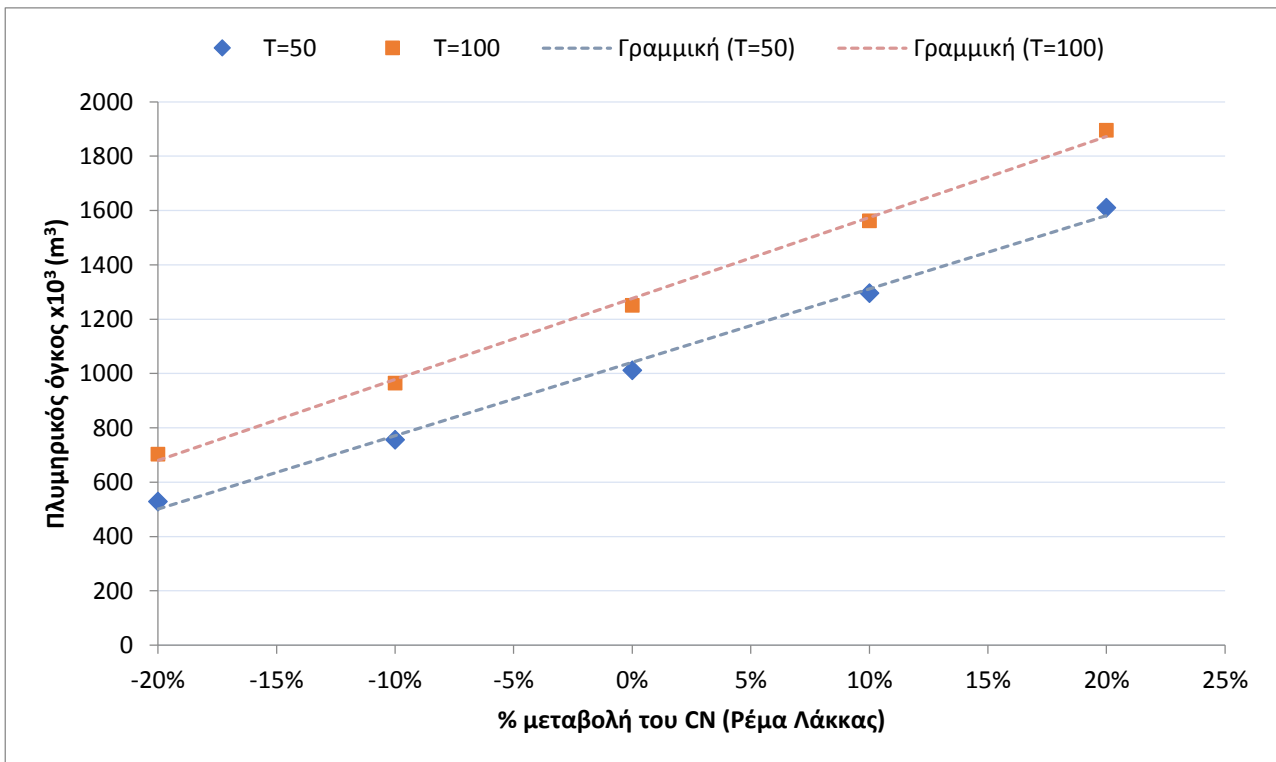
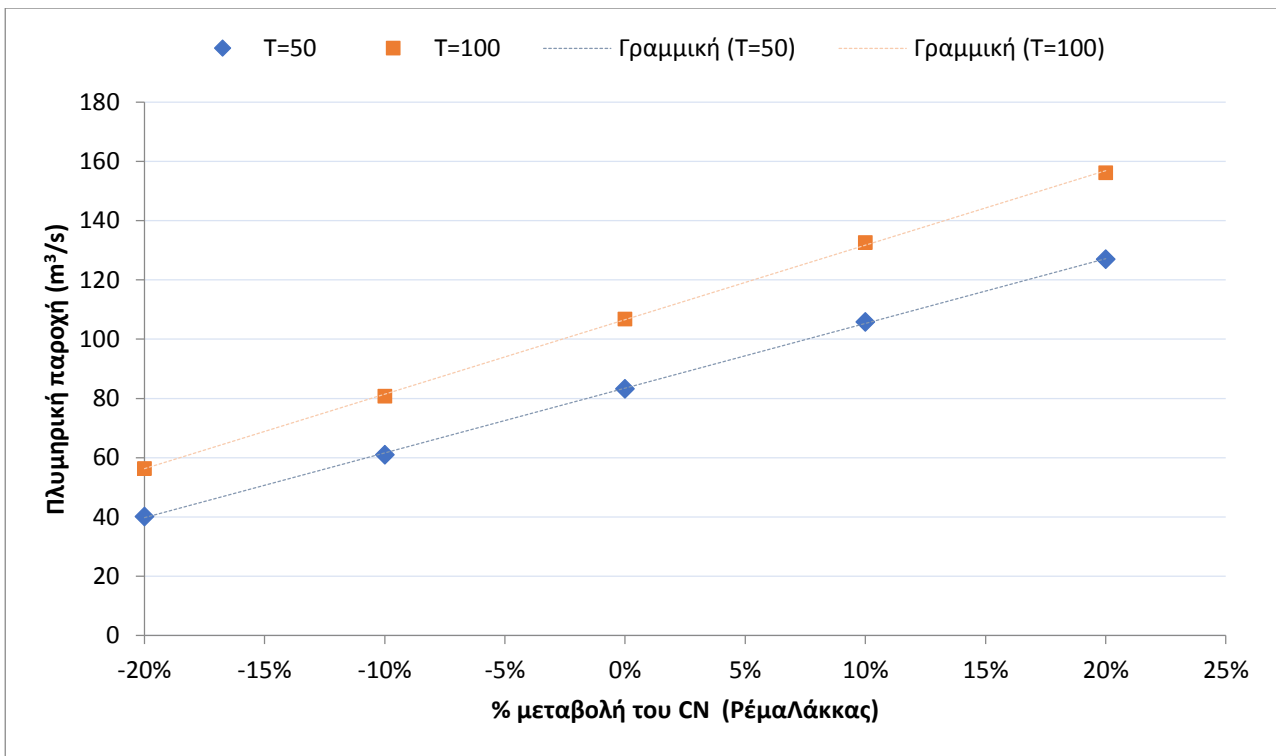
μεγεθών (παροχή, όγκος, κ.α.). Γενικότερα αύξηση του συντελεστή CN κατά 10% οδηγεί σε αυξημένες πλημμυρικές απορροές σε ποσοστό που φτάνει κοντά στο 20% ενώ αύξηση κατά 20% οδηγεί σε αυξημένες πλημμυρικές απορροές σε ποσοστό που φτάνει κοντά στο 30-40%. Παρόμοια ποσοστά διαπιστώνονται και για τους πλημμυρικούς όγκους.



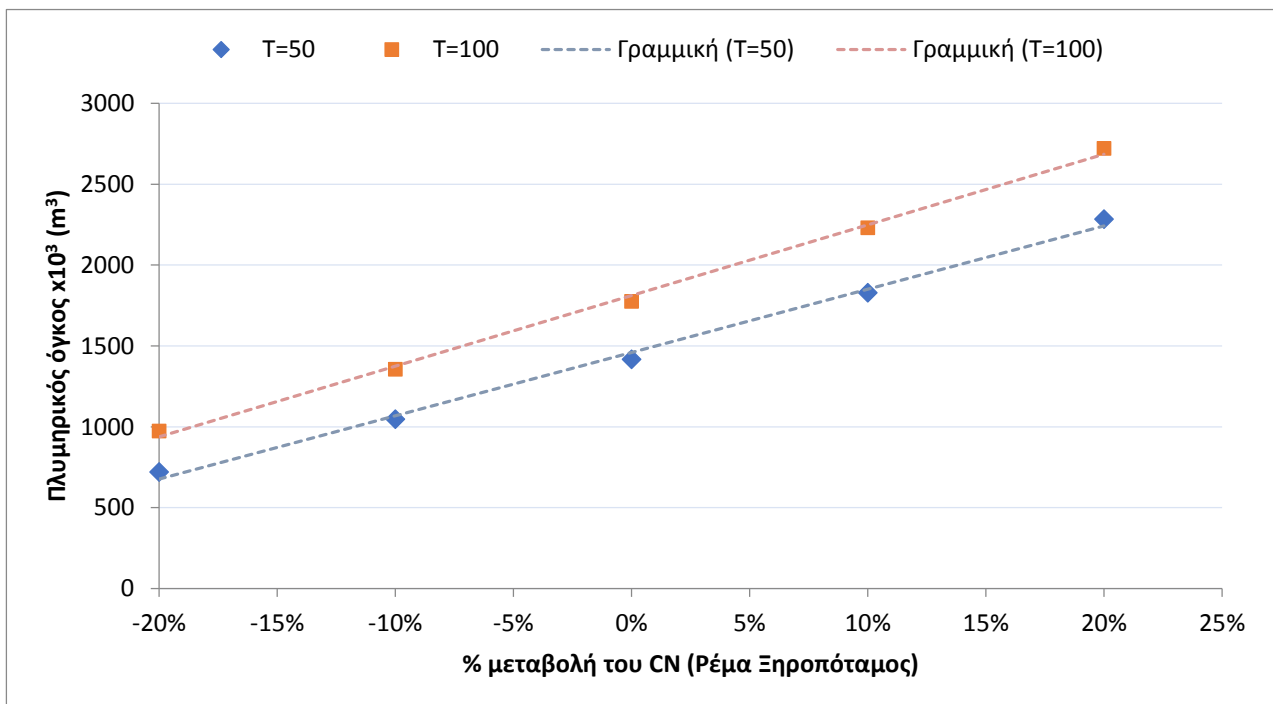
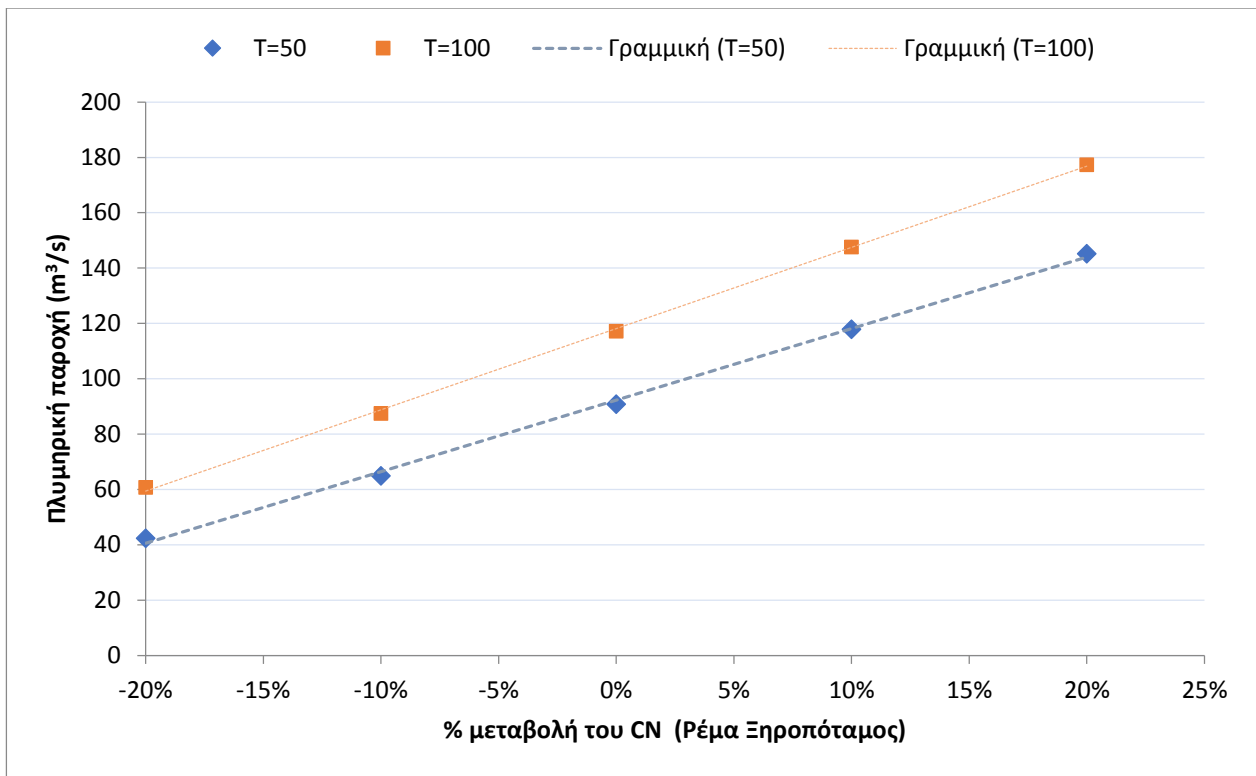
Εικόνα 43 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τη μεταβολή των χρήσεων γης (συντελεστής CN) για το Ρέμα Νέας Σελεύκειας - Μαυρουδίου



Εικόνα 44 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τη μεταβολή των χρήσεων γης (συντελεστής CN) για το Ρέμα Τσιμπουρίκι



Εικόνα 45 Μεταβολή της πλυμηρικής παροχής και του πλυμηρικού όγκου σε σχέση με τη μεταβολή των χρήσεων γης (συντελεστής CN) για το Ρέμα Λάκκας



Εικόνα 46 Μεταβολή της πλημμυρικής παροχής και του πλημμυρικού όγκου σε σχέση με τη μεταβολή των χρήσεων γης (συντελεστής CN) για το Ρέμα Ξηροπόταμος

Με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης των χρήσεων γης για την περιοχή συντάχθηκαν χάρτες πλημμυρικού κινδύνου για το ακραίο σενάριο αύξησης του συντελεστή απορροής κατά 20% λαμβάνοντας αυτό ως το ακραίο σενάριο μεταβολών των χρήσεων γης που μπορεί να οφείλεται

σε ανθρωπογενή ή/και σε φυσικά αίτια. Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί πως ή αύξηση του συντελεστή απορροής κατά 20% προσομοιάζει με την υιοθέτηση δυσμενών υδρολογικών χαρακτηριστικών κατά την αξιολόγηση του πλημμυρικού κινδύνου στην περιοχή.

Για την απόδοση της έντασης της πλημμύρας και του βαθμού επιρροής της στο μέγεθος της ζημιάς χρησιμοποιείται κριτήριο συναρτήσεως του βάθους και της ταχύτητας του νερού, το οποίο εφαρμόζεται ενιαία για όλες τις χρήσεις/ δραστηριότητες, με σκοπό (ΕΓΥ, 2018):

- ✓ να απεικονίζει κατά το δυνατόν την ελληνικά πραγματικότητα χωρίς να υπερτιμά το hazard
- ✓ να χρησιμοποιεί συνδυαστικά τις παραμέτρους d , v που αποτελούν συνήθη πρακτική στη βιβλιογραφία (όπως στα συστήματα του USBR, Flo-2D, Γαλλικό, Priest)
- ✓ να αποφευχθεί ο υπολογισμός διαφορετικών κριτηρίων για κάθε κατηγορία επίπτωσης (ασφάλεια, οικονομικές, περιβαλλοντικές, πολιτιστικές) που περιπλέκει τις επεξεργασίες
- ✓ να ενσωματωθούν τα κριτήρια για τις καλλιέργειες στα κρίσιμα βάθη $d \geq 2$ m.

Με το προτεινόμενο κριτήριο η επικινδυνότητα πλημμύρας (Flood Hazard) κατατάσσεται σε πέντε κλάσεις όπως δίνεται στον πίνακα και στο σχήμα που ακολουθούν:

- ✓ VL: very low (πολύ χαμηλός)
- ✓ L: low (χαμηλός)
- ✓ M: medium (μέτριος)
- ✓ H: high (υψηλός)
- ✓ VH: very high (πολύ υψηλός)

Πίνακας 18: Κατηγοριοποίηση του κινδύνου Πλημμύρας για την περιοχή έρευνας

ΒΑΘΟΣ d (m)	Ταχύτητα ροής v (m/sec)			
	$v < 0,5$	$0,5 < v < 2,0$	$2,0 < v < 4,0$	$v > 4,0$
$d < 0,2$	VL	VL	VL	L
$0,2 < d < 0,5$	L	L	M	M
$0,5 < d < 1,0$	L	M	H	H
$1,0 < d < 1,5$	M	M	H	VH
$1,5 < d < 2$	H	H	VH	VH
$d > 2$	VH	VH	VH	VH

Αναφορικά με την αξιολόγηση των θέσεων εγκατάστασης των σταθμών μέτρησης διαπιστώνεται πως οι θέσεις εντοπίζονται στα κατάντη των ρεμάτων κοντά στις εξόδους τους. Οι θέσεις παρουσιάζουν επαρκή τεχνικά χαρακτηριστικά και κρίνονται επαρκείς σε σχέση με την αξιοπιστία και την ασφάλειά τους.

Για την αξιολόγηση περαιτέρω της επίδρασης του περιεσπαστικού χώρου στο καθεστώς των πλημμυρών στην περιοχή, θα μπορούσαν να τοποθετηθούν αυτογραφικά όργανα μέτρησης της παροχής ή/και της στάθμης των ρεμάτων στην ανάντη περιοχή του αστικού χώρου κύρια για τα

ρέματα Λάκκας και Ξηροπόταμου τα οποία εμφανίζονται ιδιαίτερα δυναμικά με μεγάλο στερεομεταφορικό φορτίο.

7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε αποτελεί μια γρήγορη και αποτελεσματική προσέγγιση για την ανάλυση και εκτίμηση των επιπτώσεων αλλαγής χρήσης/κάλυψης γης και πυκνότητα βλάστησης.

Τα αποτελέσματα αποδεικνύουν την σύνδεση των χρήσεων γης και της βλάστησης με τον συντελεστή διάβρωσης, την ποσότητα φερτών υλικών των λεκανών επιρροής και το πλημμυρικό καθεστώς στην περιοχή. Κάθε χρήση γης έχει ορισμένες δυνατότητες, οι οποίες παρουσιάζουν ορισμένες διακυμάνσεις από εποχή σε εποχή και από έτος σε έτος.

Οι ήπιες αλλαγές στην πυκνότητα της βλάστησης φέρουν μικρές αλλαγές στην ποσότητα των φερτών αλλαγών, ενώ οι απότομες και έντονες αλλαγές στην κάλυψη γης (πχ πυρκαγιές) φέρουν έντονες μεταβολές στη διάβρωση αυξάνοντας των κίνδυνο πλημμυρικών φαινομένων.

Η εκάστοτε χρήση γης παρέχει λιγότερο ή περισσότερο προστασία στο επιφανειακό στρώμα του εδάφους. Η σύμπυκτη φυσική και πολυώροφη βλάστηση παρέχει την καλύτερη φυσική προστασία τόσο με το υπέργειο τμήμα (φύλλωμά, κορμός) της όσο και με το ριζικό της σύστημα. Είναι γνωστό ότι έντονα πλημμυρικά φαινόμενα εμφανίζονται σε περιοχές όπου στα ανάντη τους είχαν δάση και κήκαν με αποτέλεσμα έντονη απώλεια εδάφους. Επιβεβαίωση του παραπάνω αποτελεί το Σενάριο 3 όπου η πυρκαγιά έφερε αλλαγή κάλυψης με αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση της ποσότητας των φερτών υλικών.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι αγροτικές εκτάσεις παρουσιάζουν κατά κανόνα μικρότερη αντιδιαβρωτική επίδραση σε σχέση με τα δασικά οικοσυστήματα. Εξαιτίας του γεγονότος ότι η βλαστητική περίοδος εμφανίζεται κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες, δηλαδή την περίοδο με τις λιγότερες βροχοπτώσεις στη χώρα μας, μειώνεται ακόμα περισσότερο η αντιδιαβρωτική προστασία των συγκεκριμένων περιοχών. Ωστόσο, είναι σαφές ότι οι αγροτικές εκτάσεις παρέχουν μια μέση προστασία σε σχέση με το σύνολο των χρήσεων γης που εμφανίζονται (Παπάζογλου και Ηλίας., 2012)

8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Franklin, S.E., 2001, Remote Sensing for Sustainable Forest Management, (Boca Raton, FL: CRC Lewis)
- Grove, A.T. and O. Rackham. 2001. The nature of Mediterranean Europe: An ecological history. New Haven, CT: Yale University Press.
- Karteris M. (1991). «Remote Sensing and Geographic Information Systems», Department of Forestry and Natural Environment, Aristotle University of Thessaloniki. Greece.
- Pinto-Correia, T. & Vos W., 2004. Multifunctionality in Mediterranean Landscapes - past and future. In: Jongman R. (Ed.), The New Dimension of the European Landscapes (pp. 135-164), Wageningen FRONTIS Series, Springer.
- Robinove, C.J., 1981, The Logic of Multispectral Classification and Mapping of Land. Remote Sensing of Environment, 11, 231-244
- Rundel P.W. 1998. Landscape disturbance in Mediterranean type Ecosystems: an overview. In: Rundel PW, Montenegro G, Jaksic F (eds), Landscape Degradation in Mediterranean - type Ecosystems. Ecological Studies 136. Springer - Verlag, pp 3-18.
- Serrano R., Valdecantos A. and Vallejo V.R. (2008). Μεσογειακά ερημοποιημένα τοπία: Δάση και δασικές εκτάσεις. Στο LUCINDA. Land Care in Desertification Affected Areas. Σειρά Φυλλαδίων Γ, Αριθμός 1. Διαθέσιμο στο: http://geografia.fcsh.unl.pt/lucinda/booklets/C1_Booklet_Final_GR.pdf
- Townsend, P.A., 2000, A quantitative fuzzy approach to assess mapped vegetation classifications for ecological applications. Remote Sensing of Environment, 72, 253-267
- Turner M.G. & R.H. Gardner. 1991. Quantitative Methods in Landscape Ecology: The Analysis and Interpretation of Landscape Heterogeneity. Springer-Verlag. New York.
- Αθανασιάδου, Ε. 2012. Η Αρχιτεκτονική Τοπίου στο μεσογειακό περιβάλλον και η συμβολή της στην αιφόρο ανάπτυξη: μεθοδολογία προγραμματισμού με αρχές οικολογίας τοπίου, εφαρμογή σε περιαστικό τοπίο της ανατολικής Θεσσαλονίκης. Διδακτορική διατριβή. Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Αρχιτεκτονικής Τοπίου, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Πολυτεχνική Σχολή – Γεωπονική Σχολή του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.
- Γιαννακόπουλος, Β. 2006. Αλληλεπιδράσεις Μεσογειακού τοπίου – δασικών πυρκαγιών, με χρήση Τηλεπισκόπησης και Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών, για τη διαμόρφωση και πυροπροστασία του. Διδακτορική Διατριβή που υποβλήθηκε στο τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Γκουβάς, Μ. και Ν. Σακελλαρίου. 2011. Κλίμα και δασική βλάστηση της Ελλάδας. Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης. Τεχνική Βιβλιοθήκη, Αριθμός Δημοσιεύματος: 01/2011, Αθήνα.
- ΕΓΥ, 2018. Έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Λεκανών Απορροής ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου (EL05) και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, (ΦΕΚ 2684/Β/2018)
- Καρτάλης, Κ. και Φείδας, Χ., 2013. Αρχές και Εφαρμογές Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης. Εκδόσεις Τζιόλα. Θεσσαλονίκη.
- Καρτέρης, Μ. 1990. Δασική Αεροφωτογραφία. Β΄ Έκδοση. UNIVERSITY STUDIO PRESS. Θεσσαλονίκη.
- Καρτέρης, Μ. 1991. Τηλεπισκόπηση φυσικών πόρων και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Τόμος Ι. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 247 σελ.
- Καρτέρης, Μ. 1999α. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Περιβάλλοντος. Πανεπιστημιακό τυπογραφείο. Θεσσαλονίκη.

- Καρτέρης, Μ. 1999β. Τηλεπισκόπηση Περιβάλλοντος. Πανεπιστημιακό τυπογραφείο. Θεσσαλονίκη.
- Καρτέρης, Μ. και Δ. Τσομπανίκος. 1984. Σύστημα ταξινόμησης χρήσεων/κάλυψης της γης με την τεχνική της τηλεπισκόπησης. Πρακτικά συνεδρίου «Ολοκληρωμένες Πληροφορίες Γης. Θεμέλιο για Ανάπτυξη». Τμ. Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών. Πολυτεχνική Σχολή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Σελ 583 – 603.
- Καρτέρης, Μ.Α. 2004. Τηλεπισκόπηση Περιβάλλοντος. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Εκδόσεων. Θεσσαλονίκη.
- Παπάζογλου Ε. Παναγιώτης και Ηλίας Ανδρέας. 2012 Οδηγός για την αντιμετώπιση της διάβρωσης Στο πλαίσιο του έργου LIFE So.S. Θεσσαλονίκη
- Χουβαρδάς, Δ. 2007. Εκτίμηση της διαχρονικής επίδρασης των κτηνοτροφικών συστημάτων και των χρήσεων γης στα τοπία με τη χρήση των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS). Διδακτορική Διατριβή που υποβλήθηκε στο τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.