



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ

POST GRADUATE PROGRAM
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης

Master Thesis

Εκτίμηση του κινδύνου διάβρωσης στην πυρόπληκτη περιοχή του Εθνικού Πάρκου Δαδιάς-Λευκίμης- Σουφλίου μετά την φωτιά του 2011 με Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Risk assessment of erosion in the fireaffected Dadia-Lefkimi-Soufli forest National Park with the use of GIS

ΖΗΝΤΡΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ / ZINTROS ATHANASIOS

A.M. / R.N. : 16063

Ειδικές Εκδόσεις / Special Publications:

No. 2020147

Αθήνα, Ιούνιος 2020

Athens, June 2020



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ

POST GRADUATE PROGRAM
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης

Master Thesis

Εκτίμηση του κινδύνου διάβρωσης στην πυρόπληκτη περιοχή του Εθνικού Πάρκου Δαδιάς-Λευκίμης- Σουφλίου μετά την φωτιά του 2011 με Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Risk assessment of erosion in the fireaffected Dadia-Lefkimi-Soufli forest National Park with the use of GIS

ΖΗΝΤΡΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ / ZINTROS ATHANASIOS

A.M. / R.N. : 16063

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Δρ. Ε. Σκούρτσος,
Επικ. Καθηγ. ΕΚΠΑ

Δρ. Β. Αντωνίου,
Ε.Δ.Ι.Π. ΕΚΠΑ

Δρ. Κ. Σούκης,
Ε.Δ.Ι.Π. ΕΚΠΑ

Περιεχόμενα	I
Περίληψη	Iv
Abstract	V
Ευχαριστίες	Vi
Κατάλογος Πινάκων	Vii
Κατάλογος Εικόνων	Viii
Κατάλογος Διαγραμμάτων	Ix
Κατάλογος Χαρτών	X
Κατάλογος Συντομογραφιών/Ακρωνυμίων	Xi
Κεφάλαιο 1.	
1. Εισαγωγή	1
Κεφάλαιο 2.	
2.1 Έδαφος: Ορισμός και λειτουργίες	4
2.2 Διεργασίες σχηματισμού εδάφους	5
2.3 Τύποι Εδαφών	5
2.4 Ορίζοντες Εδαφών	6
2.5 Διάβρωση Εδάφους	7
2.6 Είδη Διάβρωσης	9
2.6.1 Υδατική Διάβρωση	9
2.6.2 Αιολική Διάβρωση	11
2.6.3 Άλλα είδη Διάβρωσης	12
2.7 Παράγοντες που επηρεάζουν τη διάβρωση	12
2.7.1 Διαβρωτικότητα της βροχόπτωσης	12
2.7.2 Διαβρωσιμότητα του εδάφους	13
2.7.3 Ανάγλυφο	14
2.7.4 Βλάστηση και χρήσεις γης	14
2.7.5 Προστατευτικά μέτρα	15
2.8 Παγκόσμια εξάπλωση της Διάβρωσης	16
2.9 Διάβρωση στην Ελλάδα	17
2.10 Μέθοδοι εκτίμησης κινδύνου διάβρωσης Μοντέλα εκτίμησης	19
Κεφάλαιο 3.	
3.1 Δασικές πυρκαγιές Μεσογειακών Οικοσυστημάτων	23
3.2 Είδη δασικών πυρκαγιών	23
3.3 Αίτια, παράγοντες πρόκλησης δασικών πυρκαγιών	23
3.4 Διάβρωση σε πυρόπληκτες περιοχές	24
Κεφάλαιο 4.	
4.1 Περιοχή μελέτης-Εθνικού πάρκου Δαδιάς -Λευκίμης- Σουφλίου	27
4.2 Γεωγραφική και πολιτική θέση	28
4.3 Ιδιοκτησιακό καθεστώς	28
4.4 Όρια έκτασης καμμένης γης	28
4.5 Ορεογραφική και τοπογραφική διαμόρφωση	29
4.6 Υδρολογία των λεκανών	30
4.7 Γεωλογικές-πετρογραφικές-εδαφολογικές συνθήκες	31
4.8 Κλιματικές συνθήκες	32
4.8.1 Θερμοκρασία αέρα	32

4.8.2 Καταιγίδες	34
4.8.3 Κατακρημνίσματα	35
4.8.4 Άνεμοι	36
4.8.5 Νέφωση	37
4.8.6 Θερμοκρασία	39
4.8.7 Βροχοπτώσεις	39
4.8.8 Υγρασία	41
4.8.9 Λοιπά καιρικά φαινόμενα	41
4.9 Βλάστηση-χρήσεις γης	41
Κεφάλαιο 5. Υπολογισμός του κινδύνου διάβρωσης	
5.1 Μεθοδολογία	43
5.2 Δεδομένα	43
5.2.1 Συντελεστής διαβρωτικότητας R	43
5.2.2 Συντελεστής διαβρωσιμότητας K	49
5.2.3 Συντελεστής ανάγλυφου LS	56
5.2.4 Συντελεστής φυτοκάλυψης C	63
5.2.5 Συντελεστής προστατευτικών μέτρων P	84
Κεφάλαιο 6. Αποτελέσματα και συζήτηση	90
Κεφάλαιο 7. Συμπεράσματα	96
Βιβλιογραφία	98

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η χωρική και ποσοτική εκτίμηση της επιφανειακής εδαφικής διάβρωσης στην περιοχή του Εθνικού Πάρκου Δαδιάς -Λευκίμης – Σουφλίου η οποία επλήγη από πυρκαγιά που έλαβε χώρα το καλοκαίρι του 2011 με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.

Για την επίτευξη του στόχου εξετάσθηκε η διάβρωση του εδάφους με την Αναθεωρημένη Εξίσωση Απώλειας Εδάφους (RULSE) και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών(ΓΣΠ).Η επεξεργασία των διαθέσιμων δεδομένων (γεωλογικός χάρτης, ψηφιακό μοντέλο εδάφους, κλιματικά δεδομένα, κ.α.) έγινε με την χρήση ΓΣΠ. Ως αποτέλεσμα παρήχθησαν χάρτες εδαφικής απώλειας πριν , μετά και με την σημερινή κατάσταση που επικρατεί μετά και από την υλοποίηση αντιδιαβρωτικών μέτρων τα οποία υλοποιήθηκαν από την Διεύθυνση Δασών Έβρου, ενώ παρήχθησαν και εικόνες εδάφους μετά την αποκατάσταση της εδαφοκάλυψης λόγω αναγέννησης του δασικού οικοσυστήματος.

Λέξεις κλειδιά: Διάβρωση εδάφους, RUSLE, πυρκαγιές, Δαδιά, πευκοδάση, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Μικτές συστάδες δέντρων

Abstract

The purpose of the current work is the spatial and quantitative assessment of the surface soil erosion at the area of the national park of "DADIA" which was hit by fire in the summer of 2011, with the use of geographic information systems.

To achieve the goal, Soil erosion was considered with the use of the Revised Universal Soil Loss Equation (RULSE) and geographic information systems. The processing of the available data (geological map, digital terrain model, climate data etc.) was achieved with the use of geographic information systems. As a result maps of tangential loss were produced before and after, with the current situation after the implementation of anti-corrosion measures that were made from the forest management of the district of "Evros", while soil images were produced after the restoration of the ground cover due to regeneration of the forest ecosystem.

Keywords: soil erosion, RUSLE, wildfires, Dadia, pine forests, GIS, Wildland–Urban Interface

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου διατριβής θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους τους ανθρώπους που μου συμπαραστάθηκαν ηθικά και υλικά και με βοήθησαν. Πρώτα απ' όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του μεταπτυχιακού προγράμματος για την πολύτιμη βοήθεια τους, ώστε να ολοκληρώσω επιτυχώς το σύνολο των μαθημάτων.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την διδάκτορα του τμήματος Γεωλογίας κ. Ανδρεαδάκη Εμμανουήλ, ο οποίος δέχτηκε να είναι επιβλέπων καθηγητής της διατριβής μου αν και μη πτυχιούχος του Τμήματος Γεωλογίας.

Θα ήθελα επιπλέον να ευχαριστήσω τον Διευθυντή της Διεύθυνσης Δασών Έβρου κ. Ζαχαρία Μπακλαγή και τον δασολόγο κ. Πέτρο Ανθόπουλο του τμήματος Προγραμματισμού και μελετών της Διεύθυνσης Δασών Έβρου, για την βοήθεια τους σε σχέση με την μελέτη τροποποίησης Διαχειριστικής Μελέτης ΔΣΛ (2005-2014), την Διαχειριστική μελέτη ΔΣΛ (2005-2014) και την κατανόηση των Διαχειριστικών υλοτομιών και επεμβάσεων που έγιναν στη καμένη έκταση του Εθνικού Πάρκου Δαδιάς- Λευκίμης- Σουφλίου.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αναπληρωτή Καθηγητή του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης κ. Μαλίνη Γεώργιο για την πολύτιμη βοήθεια με την χρήση του προγράμματος ArcGIS.

Τέλος θα ήθελα να αφιερώσω την παρούσα εργασία στην κόρη μου Κατερίνα και στην σύζυγο μου Ελένη και τον νεογέννητο γιό μου που υπέμειναν τα άγχη και τα ξενύχτια που συνόδεψαν την ευτυχή ολοκλήρωση της τετραετούς αυτής διαδρομής

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1. Προέλευση δασικών πυρκαγιών για το χρονικό διάστημα 1968-88 (προσαρμοσμένο από Γκόφας, 2001)	24
Πίνακας 3.2. Αίτια δασικών πυρκαγιών για το διάστημα 1968-88 (Καϊλίδης, 1993).	24
Πίνακας 4.1. Κατανομή των λεκανών απορροής της καμένης περιοχής κατά μορφή χρήσης γης (Ha).	28
Πίνακας 4.2. Κατανομή των κλίσεων στις λεκάνες απορροής της καμένης περιοχής (Ha).	29
Πίνακας 4.3. Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)	32
Πίνακας 4.4. Ετήσια Θερμοκρασία (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)	32
Πίνακας 4.5. Σχετικοί υγρασία (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης (11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)	33
Πίνακας 4.6. Μηνιαίες τιμές Παγετού (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)	34
Πίνακας 4.7. Ημέρες καταιγίδας (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)	34
Πίνακας 4.8. Ύψος βροχοπτώσεων / ανά μήνα (mm (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)	35
Πίνακας 4.9. μέρες βροχόπτωσης, βροχής, χιονιού, χαλάζι, δροσιάς, ομίχλης πάχνης (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)	36
Πίνακας 4.10. Ετήσιες τιμές βροχόπτωσης, βροχής, χιονιού, χαλάζι, δροσιάς, ομίχλης και πάχνης (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης (11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)	36
Πίνακας 5.1: Η κατανομή των 19.967 σημείων στις 25 χώρες της ΕΕ (Τόθ et al., 201):	49
Πίνακας 5.2: Κατηγορίες του ποσοστού επιφανειακής κάλυψης με πετρώματα σύμφωνα με την βάση δεδομένων του LUCAS (Panagos et al., 2014c).	49
Πίνακας 5.3: Σύγκριση της διαβρωσιμότητας του εδάφους με πετρώδες και χωρίς, ανά χώρα (Panagos et al., 2014c).	51
Πίνακας 5.4: Στατιστικά χαρακτηριστικά του βαθμού ετήσιας εδαφικής απώλειας ανά Υδατικό Διαμέρισμα στην Ελλάδα.(Παπαπέτρου 2017)	57
Πίνακας 5.5 : Ο συντελεστής ελέγχου της διάβρωσης P και οι υπό-συντελεστές των πρακτικών Pc,Psw,Pgm για κάθε χώρα (Panagow et all,2015)	84

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1 Άποψη της περιοχής Εθνικού Πάρκου Δαδιάς(Από Φορέα Διαχείρισης Εθνικού Πάρκου Δαδιάς)	13
Εικόνα 1.2 Άποψη της πληγείσας περιοχής (Από Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας 27/8/2011)	14
Εικόνα 1.3 Άποψη πληγείσας περιοχής από δορυφορική εικόνα(Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)	14
Εικόνα 2.1. Χαρακτηριστική εξέλιξη εδάφους σε λόφους(Από LIFESOS.EU)	15
Εικόνα 2.2. Τρωτότητα εδαφών στην υδατική διάβρωση πηγή USDA-NRCS	17
Εικόνα 2.3. Χάρτης κινδύνου ερημοποίησης στην Ελλάδα. Από: Λέκκας και συν., 2015β.	19
Εικόνα 4.1 λεκάνη απορροής περιοχής Αλεξανδρούπολης(Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)	27
Εικόνα 4.2 λεκάνη απορροής περιοχής Σουφλίου(Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)	28
Εικόνα 4.3 Γεωλογικός χάρτης Θράκης(Από Τροποποίηση Περιφερειακού Σχεδιασμού Διαχείρισης Απορριμμάτων Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης Απόσπασμα Γεωλογικού Χάρτη Ελλάδας από Ι.Γ.Μ.Ε (αρχικής κλίμακας 1:500000)	30
Εικόνα 4.4 Γεωλογικός χάρτης περιοχής μελέτης(Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)	31
Εικόνα 4.5. Χάρτης Κάλυψης Γης CORINE(2012)(Από WWF http://www.oikoskopio.gr/map/)	41
Εικόνα 4.6. Χάρτης Κάλυψης Γης CORINE(2000) (Από WWF http://www.oikoskopio.gr/map/)	42
Εικόνα 4.7. Χάρτης Κάλυψης Γης CORINE(2018)(Από WWF http://www.oikoskopio.gr/map/)	42
Εικόνα 5.1: Η χωρική κατανομή των βροχομετρικών σταθμών που χρησιμοποιούν για τον υπολογισμό του συντελεστή R (Panagos et al., 2015)	45
Εικόνα 5.2: Χάρτης (1 km μέγεθος κελιού κανάβου) της διαβρωτικότητας βροχόπτωσης στην Ευρώπη (Panagos et al., 2015)	46
Εικόνα 5.3: Χάρτης της διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης στην Ελλάδα (Joint Research Centre - European Soil Data Centre (ESDAC)	47
Εικόνα 5.4: Χάρτης της διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης στην περιοχή μελέτης (Joint Research Centre - European Soil Data Centre (ESDAC)	48
Εικόνα 5.5: Χάρτης υψηλής ανάλυσης (500 m μέγεθος κελιού κανάβου) της εδαφικής διάβρωσης που εκτιμάται μέσω του συντελεστή K στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Panagos et al., 2014c)	53
Εικόνα 5.6: : Χάρτης υψηλής ανάλυσης (500 m μέγεθος κελιού κανάβου) της εδαφικής διάβρωσης που εκτιμάται μέσω του συντελεστή K στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ενσωματώνοντας την κάλυψη από πετρώδεις σχηματισμούς (Panagos et al., 2014c).	53
Εικόνα 5.7: Χάρτης της εδαφικής διάβρωσης που εκτιμάται μέσω του συντελεστή K στην Ελλάδα, Joint Research Centre - European Soil Data Centre (ESDAC)	55
Εικόνα 5.8: Χάρτης της εδαφικής διάβρωσης που εκτιμάται μέσω του συντελεστή K στην Περιοχή Μελέτης (Joint Research Centre - European Soil Data Centre	55

(ESDAC)

Εικόνα 5.9: Ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου (DEM) για την πυρόπληκτης περιοχή από https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1-0 για το έτος 2009	58
Εικόνα 5.10:ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου (DEM) από https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1.1 για το έτος 2016	59
Εικόνα 5.11: Χάρτης υψηλής ανάλυσης (25 m μέγεθος κελιού κανάβου) του συντελεστή μήκους και βαθμού κλίσης LS στην Ευρώπη (Panagos et al., 2015).	60
Εικόνα 5.12: Χάρτης υψηλής ανάλυσης (25 m μέγεθος κελιού κανάβου) του συντελεστή μήκους και βαθμού κλίσης LS στην Ελλάδα (Panagos et al., 2015).	61
Εικόνα 5.13: Χάρτης υψηλής ανάλυσης (25 m μέγεθος κελιού κανάβου) του συντελεστή μήκους και βαθμού κλίσης LS στην περιοχή μελέτης (Panagos et al., 2015)	62
Εικόνα 5.14: Απεικόνιση ευρύτερης περιοχής πριν την πυρκαγιά από την δορυφορική εικόνα “Landsat”. (https://earthexplorer.usgs.gov/)	65
Εικόνα 5.15: Απεικόνιση περιοχής μελέτης πριν την πυρκαγιά από την δορυφορική εικόνα “Landsat”.	66
Εικόνα 5.16: Απεικόνιση ευρύτερης περιοχής μετά την πυρκαγιά από την δορυφορική εικόνα “Landsat”. (https://earthexplorer.usgs.gov/)	67
Εικόνα 5.17: Απεικόνιση περιοχής μελέτης μετά την πυρκαγιά από την δορυφορική εικόνα “Landsat”.	68
Εικόνα 5.18: Απεικόνιση ευρύτερης περιοχής όπως είναι σημερα από την δορυφορική εικόνα (https://www.arcgis.com/home/item.html?id=10df2279f9684e4a9f6a7f08feb2a9)	69
Εικόνα 5.19: Απεικόνιση περιοχής μελέτης όπως είναι σημερα από την δορυφορική εικόνα.	70
Εικόνα 5.20: Χάρτης του NDVI στην ευρύτερη περιοχή μελέτης πριν την πυρκαγιά	71
Εικόνα 5.21: Χάρτης του NDVI στην περιοχή μελέτης πριν την πυρκαγιά	72
Εικόνα 5.22: Χάρτης του NDVI στην ευρύτερη περιοχή μελέτης μετά την πυρκαγιά	73
Εικόνα 5.23: Χάρτης του NDVI στην περιοχή μελέτης μετά την πυρκαγιά	74
Εικόνα 5.24: Χάρτης του NDVI στην ευρύτερη περιοχή μελέτης το 2019	75
Εικόνα 5.25: Χάρτης του NDVI στην περιοχή μελέτης το 2019	76
Εικόνα 5.26: Συντελεστής φυτοκάλυψης C πριν την πυρκαγιά για την ευρύτερη περιοχή μελέτης	77
Εικόνα 5.27: Συντελεστής φυτοκάλυψης C πριν την πυρκαγιά για την περιοχή μελέτης	78
Εικόνα 5.28: Συντελεστής φυτοκάλυψης C μετά την πυρκαγιά για την ευρύτερη περιοχή μελέτης	79
Εικόνα 5.29: Συντελεστής φυτοκάλυψης C μετά την πυρκαγιά για την περιοχή μελέτης	80
Εικόνα 5.30: Συντελεστής φυτοκάλυψης C για την ευρύτερη περιοχή μελέτης το 2019	81
Εικόνα 5.31: Συντελεστής φυτοκάλυψης C για την περιοχή μελέτης το 2019	82
Εικόνα 5.32: Συντελεστής φυτοκάλυψης C για την Ελλάδα το 2015(Panagos et al., 2015)	83
Εικόνα 5.33: Άποψη αναβαθμίδων στην περιοχή μελέτης 2009(ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε.)	86
Εικόνα 5.34: Άποψη αναβαθμίδων στην περιοχή μελέτης 2019 (ESRI)	86
Εικόνα 5.35: Χάρτης του συντελεστή ελέγχου της διάβρωσης P στην Ευρώ (Panagos et al., 2015)	87

Εικόνα 5.36: Χάρτης του συντελεστή ελέγχου της διάβρωσης P στην Ελλάδα (Panagos et al., 2015)	88
Εικόνα 5.37: Χάρτης του συντελεστή ελέγχου της διάβρωσης P στην περιοχή μελέτης (Panagos et al., 2015)	89
Εικόνα 6.1. Άποψη καλλιεργήσιμων εκτάσεων και ρεμάτων έτος 2009 στην περιοχή μελέτης (ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε.)	90
Εικόνα 6.2. Μέση ετήσια εδαφική διάβρωση A (t/ha) πριν την πυρκαγιά	90
Εικόνα 6.3. Μέση ετήσια εδαφική διάβρωση A μετά την πυρκαγιά	93
Εικόνα 6.4. Άποψη καλλιεργήσιμων εκτάσεων και ρεμάτων στην περιοχή μελέτης 2019(ESRI)	94
Εικόνα 6.5. Μέση ετήσια εδαφική διάβρωση A σήμερα	95
Εικόνα 6.6: Άποψη περιοχής μελέτης στην οποία λόγω ανεμοριψίας είναι γυμνή 2019	96

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Σχεδιάγραμμα 4.1. Συχνότητα Διεύθυνσης Ανέμου (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών)	37
Σχεδιάγραμμα 4.2. Συχνότητα Τιμών Ανέμου (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών)	37
Σχεδιάγραμμα 4.3. Κλιματόγραμμα Bagnoullis-Gaussen (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών)	38
Σχεδιάγραμμα 4.4. Μηνιαία διακύμανση θερμοκρασίας (Μ. Σ. Σουφλίου, 1974-1997) (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών)	39
Σχεδιάγραμμα 4.5. Ετήσιο ύψος βροχής (Μ. Σ. Σουφλίου, 1974 - 1997) (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών)	39
Σχεδιάγραμμα 4.6. Μηνιαία Μέση Σχετική Υγρασία (Μ. Σ. Σουφλίου, 1974 - 1997) (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών)	40

Κατάλογος Συντομογραφιών/Ακρωνυμίων

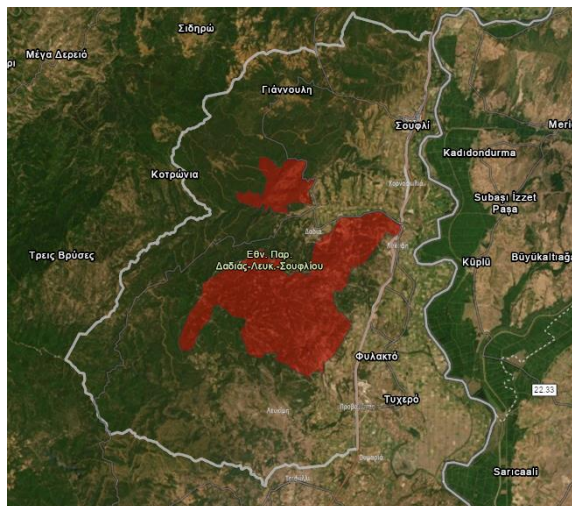
CLC	Corine Land Cover EPM
DEM	Digital Elevation Model
DTM	Digital Terrain Model
EPM	Erosion Potential Method
ESDAC	European Soil Data Centre
GIS	Geographic Information System
MMF	Morgan-Morgan-Finney n.d. no date
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NIR	Near InfraRed
OLI	Operational Land Imager
PESERA	Pan-European Soil Erosion Risk Assessment
rMMF	revised Morgan-Morgan-Finney
RUSLE	Revised Universal Soil Loss Equation
USLE	Universal Soil Loss Equation
ΓΣΠ	Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών
ΕΑΑ	Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών
ΕΚΠΑ	Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
ΕΜΥ	Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
ΗΠΑ	Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής
μ.υ.θ.	μέτρα από τη στάθμη της θάλασσας
ΟΠΕΚΕΠΕ	Οργανισμός Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων
ΦΕΚ	Φύλλο Εφημερίδας της Κυβερνήσεως
ΧΕΜ	Χαρτογραφική Εδαφική Μονάδα

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Η συνεχώς αυξανόμενη και αλόγιστη επέμβαση του ανθρώπου στην φύση και η αδιάκοπη εκμετάλλευση των φυσικών πόρων, είχε σαν αποτέλεσμα την υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος, την καταστροφή ενδιαιτημάτων, την εξαφάνιση φυτικών και ζωικών ειδών με αποτέλεσμα την διατάραξη της οικολογικής ισορροπίας, με δυσάρεστες συνέπειες ακόμα και στην επιβίωση του ανθρώπου. (Scarascia-Mugnozza, et al., 2000). Η κλιματική αλλαγή σε συνάρτηση με ανθρωπογενή επίδραση ασκούν πιέσεις στα οικοσυστήματα και κυρίως στα Μεσογειακά οικοσυστήματα τα οποία είναι ευαίσθητα σε κλιματικές μεταβολές και διαταράξεις (Pausas and Vallejo, 1999). Τα τελευταία χρόνια μάλιστα έχει αυξηθεί σε συχνότητα η εκδήλωση δασικών πυρκαγιών με αποτέλεσμα αυτά να τελούν υπό συνεχή πίεση (Wang et al. 2010). Ταυτόχρονα τα έντονα καιρικά φαινόμενα τα οποία πλήττουν όλο και πιο συχνά την περιοχή της Μεσογείου επιταχύνουν την εδαφική διάβρωση στις καμένες περιοχές.

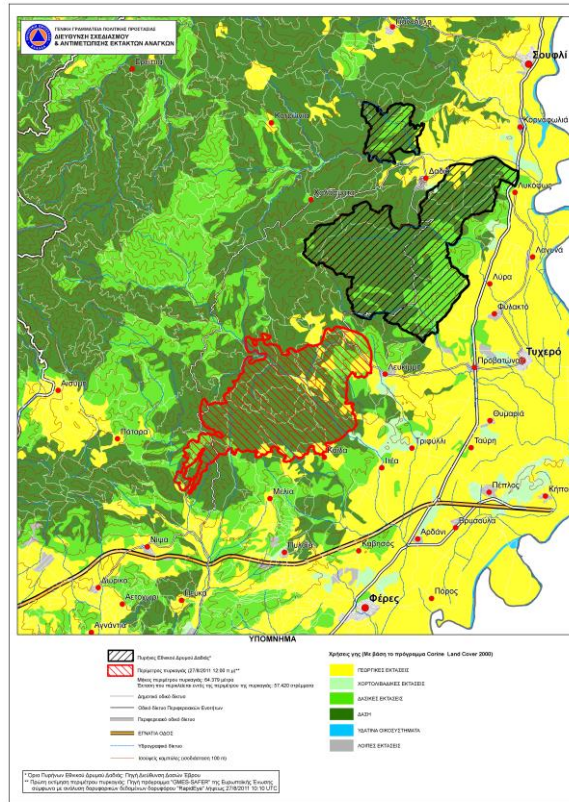
Η περιοχή του Εθνικού Πάρκου Δαδιάς-Λευκίμης-Σουφλίου (εικόνα 1.1) είναι προστατευόμενη περιοχή η οποία κάθε χρόνο κινδυνεύει από πυρκαγιές και τις συνέπειες αυτών. Η περιοχή επλήγη από μια καταστροφική πυρκαγιά στις 24 Αυγούστου του 2011. Έγιναν υπεράνθρωπες προσπάθειες ώστε η φωτιά να μην φτάσει στον πυρήνα του Εθνικού Πάρκου. Ωστόσο κατάφερε να κάψει μια σημαντική περιοχή και να απειλήσει και κατοικημένες περιοχές. Τα μέτρα τα οποία σχεδιάστηκαν να υλοποιηθούν μετά την φωτιά αποσκοπούσαν τόσο στην γρήγορη αναγέννηση του δάσους όσο και στην προστασία από την εδαφική διάβρωση της πληγείσας περιοχής.



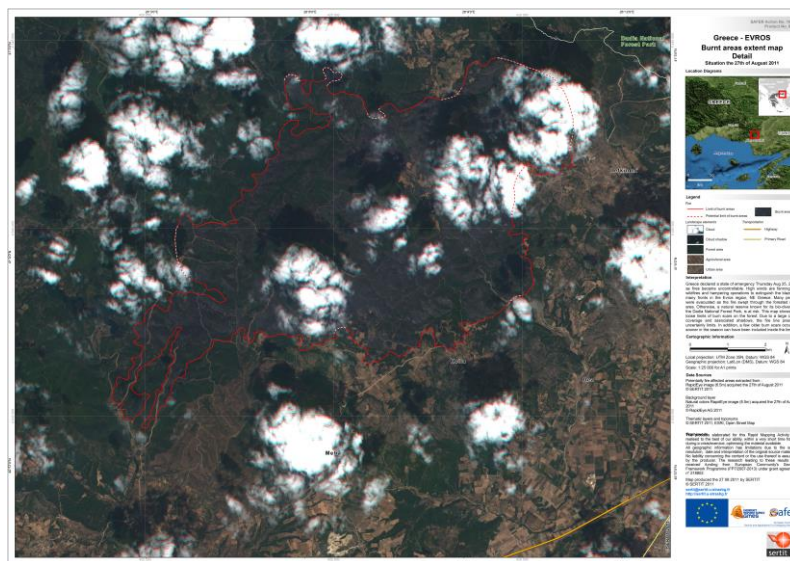
Εικόνα 1.1 Άποψη της περιοχής Εθνικού Πάρκου Δαδιάς (Από Φορέα Διαχείρισης Εθνικού Πάρκου Δαδιάς)

Η αυξημένη διάβρωση του εδάφους είναι ένας από τους σημαντικότερους κινδύνους που προκύπτουν μετά από μια πυρκαγιά. Οι συνέπειες της διάβρωσης δεν περιορίζονται απλά στην απώλεια εδάφους και την αδυναμία του να επιτελέσει τις λειτουργίες του, αλλά συμπεριλαμβάνουν και την αύξηση του πλημμυρικού κινδύνου και αρνητικές επιδράσεις στους χώρους απόθεσης. Πρόκειται για έναν κίνδυνο, ο οποίος πρέπει να αντιμετωπιστεί σχετικά σύντομα μετά την εκδήλωση της πυρκαγιάς. Μια προϋπόθεση για τη λήψη προστατευτικών μέτρων είναι ο καθορισμός του μεγέθους αυτού του κινδύνου, καθώς και της χωρικής διαφοροποίησής του.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εκτίμηση του κινδύνου διάβρωσης στη συγκεκριμένη πυρόπληκτη περιοχή, η οποία επλήγη από την πυρκαγιά της 24 Αυγούστου του 2011 (εικόνα 1.2 και 1.3). Ειδικότερα, ο στόχος είναι να υπολογιστεί ο κίνδυνος εδαφικής απώλειας μέσω διάβρωσης και το αν και σε ποιο βαθμό αυτός μεγεθύνθηκε μετά την πυρκαγιά και μετά τα μέτρα τα οποία ελήφθησαν.



Εικόνα 1.2 Άποψη της πληγείσας περιοχής (Από Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας 27/8/2011)



Εικόνα 1.3 Άποψη πληγείσας περιοχής από δορυφορική εικόνα(Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)

Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, απαιτείται γνώση του φαινομένου της εδαφικής διάβρωσης. Για τον λόγο αυτό γίνεται αναφορά στα είδη της διάβρωσης καθώς την ύπαρξη της

τόσο σε παγκόσμιο επίπεδο όσο και σε τοπικό στην χώρα μας. Γίνεται αναφορά στις διάφορες μεθόδους υπολογισμού του κινδύνου διάβρωσης και επιλογή της μεθόδου που θα χρησιμοποιήσουμε.

Για να στηριχθεί η επιλογή και η εφαρμογή της μεθόδου, πρέπει γίνει κατανοητή η σχέση της πυρκαγιάς με τη διάβρωση, δηλαδή στο κατά πόσον και με ποιον τρόπο η δεύτερη ενισχύεται από την πρώτη.

Στη συνέχεια γίνεται η χωρική ανάλυση των χαρακτηριστικών της συγκεκριμένης πυρόπληκτης περιοχής του Εθνικού Πάρκου Δαδιάς-Λευκίμης-Σουφλίου. Η ανάλυση συμπεριλαμβάνει τους παράγοντες που συνδέονται με τη διάβρωση: γεωλογικό υπόβαθρο, υδρολιθολογία, γεωμορφολογία, κλιματολογία, εδαφολογία, υδρογραφικό δίκτυο, βλάστηση και χρήσεις γης όπως αυτές περιγράφονται τόσο στην Διαχειριστική Μελέτη ΔΛΣ (2005-2014) όσο και στην Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011). Επίσης είναι σημαντικό να μελετήσουμε την μεταπυρική διαχείριση της περιοχής, ιδιαίτερα όσον αφορά τον κίνδυνο διάβρωσης.

Αφού έχουν αναφερθεί όλα τα προηγούμενα ,γίνεται υπολογισμός του κινδύνου διάβρωσης. Η επεξεργασία των διαθέσιμων δεδομένων (γεωλογικοί χάρτες, ψηφιακά μοντέλα εδάφους, δορυφορικές εικόνες, κλιματολογικά δεδομένα) μπορεί να πραγματοποιηθεί με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, με στόχο την παραγωγή χαρτών, όπου θα απεικονίζεται η διαφορά στον κίνδυνο διάβρωσης πριν, μετά την πυρκαγιά και την σημερινή κατάσταση. Αυτοί οι χάρτες θα μπορούν να συνεισφέρουν στον εντοπισμό των τμημάτων της περιοχής, στα οποία ο κίνδυνος είναι ιδιαίτερα υψηλός.

Τέλος γίνεται περιγραφή των συμπερασμάτων που εξήχθησαν από τον υπολογισμό της διάβρωσης σε συνάρτηση του γεγονότος ότι δεν υλοποιήθηκαν στην κλίμακα που περιγραφόταν στην Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) τα μέτρα προστασίας.

Κεφάλαιο 2

2.1. Έδαφος: Ορισμός και λειτουργίες

Έδαφος μπορεί να οριστεί ως το ανώτερο μέρος του φλοιού της Γης, το οποίο κατοικείται από ζωντανούς οργανισμούς και έχει διαφοροποιηθεί μέσω του σχηματισμού χούμου και εδαφικής δομής, της αποσάθρωσης και του σχηματισμού ορυκτών, καθώς και της μετατόπισης των προϊόντων της αποσάθρωσης και της αποσύνθεσης (Blume, 2004,). Το έδαφος συνορεύει προς τα κάτω με πετρώματα ή ιζήματα και προς τα πάνω με τη βλάστηση και την ατμόσφαιρα (Schachtschabel et al., 1998,). Η θέση της πεδόσφαιρας ως γήινο σύστημα είναι επομένως ανάμεσα στη λιθόσφαιρα από τη μια και τη βιόσφαιρα και την ατμόσφαιρα από την άλλη και δημιουργείται μέσα από τις αλληλεπιδράσεις τους.

Οι λειτουργίες του εδάφους είναι πολλές (Αλιφραγκής., 2008):

➤ Στηρίζει τη βιολογική δραστηριότητα

Το έδαφος είναι που παρέχει τα θρεπτικά συστατικά και το νερό στα φυτά που χρειάζονται για την ανάπτυξη τους. Παρέχει όμως και τον χώρο σε ένα μεγάλο αριθμό οργανισμών και μικροοργανισμών οι οποίοι συντελούν στην ανάπτυξη των φυτών.

➤ Στηρίζει τη βιοποικιλότητα:

Η λειτουργία αυτή του εδάφους συνδέεται με την επίδραση του εδάφους στην εμφάνιση διαφόρων ειδών φυτών, μικροοργανισμών ή μεγαλύτερων ζωικών οργανισμών και στην σχέση που δημιουργείται μεταξύ των εδαφικών ιδιοτήτων και του τύπου των οικοσυστημάτων που αναπτύσσονται σε αυτά.

➤ Στηρίζει τη θρέψη των φυτών

Η λειτουργία αυτή συνδέεται με την ικανότητα του εδάφους να αποθηκεύει και να ανακυκλώνει τα θρεπτικά στοιχεία με τις διαδικασίες της διάσπασης και της ανοργανοποίησης των οργανικών ουσιών. Τα θρεπτικά συστατικά που προκύπτουν από την διάσπαση των οργανικών ουσιών, την αποσάθρωση των πετρωμάτων, καθώς και από την ατμόσφαιρα, αποθηκεύονται στο έδαφος απ' όπου σταδιακά προσλαμβάνονται από τα φυτά τα οποία μέσω της αφομοίωσης του CO₂ της ατμόσφαιρας παράγουν βιομάζα.

➤ Διηθεί, διασπά και ακινητοποιεί ρύπους, βαρέα μέταλλα, οργανικές ενώσεις και ραδιενεργές ουσίες

Η λειτουργία αυτή αποκτά συνεχώς μεγαλύτερη σημασία, κυρίως λόγω της αύξησης των παραγόμενων από τον άνθρωπο ρύπων. Με τον τρόπο αυτόν περιορίζεται η ρύπανση των υπόγειων νερών. Ταυτόχρονα, με την ακινητοποίηση τους στο έδαφος οι ενώσεις και τα στοιχεία αυτά δεν εισέρχονται στην τροφική αλυσίδα. Παράλληλα, η λειτουργία αυτή του εδάφους στηρίζει και τη βιοποικιλότητα, γιατί πολλές από τις ρυπογόνες ουσίες δρουν τοξικά στην ανάπτυξη των φυτών και περιορίζουν τη δραστηριότητα της μικροπανίδας και μεσοπανίδας.

➤ Ρυθμίζει τον υδρολογικό κύκλο

Η λειτουργία αυτή συνδέεται με το ρυθμό διήθησης του νερού μέσω της εδαφικής μάζας, με την ταχύτητα κίνησης του νερού που ρέει επιφανειακά και την ποσότητα του νερού που συγκρατείται από το έδαφος. Επίσης η λειτουργία αυτή του εδάφους συνδέεται με την προστασία των εδαφικών πόρων από την διάβρωση, την προστασία των κατασκευών και της ζωής του ανθρώπου, την προστασία της γεωργικής παραγωγής κ.α.

➤ Στηρίζει τις κοινωνικοοικονομικές δομές, τις κατασκευές και προστατεύει τους αρχαιολογικούς θησαυρούς.

Η λειτουργία αυτή συνδέεται με την ανθρώπινη δραστηριότητα και επηρεάζεται από την αντοχή του εδάφους, ιδιότητα που συνδέεται με την δομή του, το πορώδες, τη κοκκομετρική σύσταση, τη σταθερότητα των συσσωμάτων και με πολλές άλλες ιδιότητες.

➤ Επιδρά στα αέρια του θερμοκηπίου

Το έδαφος θεωρείται υλικό που ρυθμίζει τις συνθήκες του περιβάλλοντος και δημιουργεί τις προϋποθέσεις για τη ζωή στον πλανήτη.

➤ Συμμετέχει στη ροή και στη μετατροπή της ενέργειας

Η λειτουργία αυτή του εδάφους συνδέεται με την επίδραση που ασκεί στα φυτά και μέσω αυτών στη φωτοσύνθεση, καθώς και με την αποσύνθεση της οργανικής ουσίας.

2.2. Διεργασίες σχηματισμού εδάφους

Οι διεργασίες μέσω των οποίων σχηματίζεται το έδαφος είναι (Χατζηνικολάου, 2011):

Φυσικές: Το έδαφος σχηματίζεται από τη δράση νερού, ανέμου, θερμότητας, βαρύτητας.

Χημικές: Το έδαφος σχηματίζεται μέσα από τη διαδικασία ανταλλαγών χημικών στοιχείων στα συστατικά του εδάφους.

Βιολογικές: Το έδαφος σχηματίζεται από την αποικοδόμηση των φυτικών υπολειμμάτων από οργανισμούς. Η πιο σημαντική βιολογική διαδικασία είναι η διάσπαση και χουμοποίηση, δηλαδή η αποσύνθεση των οργανικών υπολειμμάτων των ζώων και φυτών και των νεκρών μικροοργανισμών με τελικό προϊόν ένα υλικό χωρίς ιδιαίτερη δομή που ονομάζεται χούμος (humus), που αποτελεί το ουσιοδέστερο συστατικό των εύφορων εδαφών, διότι κατακρατεί τα θρεπτικά συστατικά που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη της χλωρίδας, επιπλέον, το χούμο απορροφά την εδαφική υγρασία και διογκώνεται, ενώ αποβάλλοντας την συρρικνώνεται.

2.3. Τύποι εδαφών

Είναι γεγονός ότι όλα τα εδάφη δεν σχηματίστηκαν με τον ίδιο τρόπο, σε κάποια από αυτά επέδρασε περισσότερο το νερό με αποτέλεσμα την απόθεση περισσότερης άμμου, σε άλλα έζησε ανά περιόδους μεγαλύτερος αριθμός ζώων και φυτών με συνέπεια να εμπλουτίσουν σε θρεπτικά συστατικά τα συγκεκριμένα εδάφη κ.α. Έτσι λοιπόν τα εδάφη που επιτρέπουν τη βλάστηση διακρίνονται στους παρακάτω τύπους (Λαζαρίδου-Αθανασιάδου, n.d.; "Τύποι εδαφών-GAIAPedia," n.d.)

- Αμμώδη: Αυτός ο τύπος περιλαμβάνει τα εδάφη στα οποία το ποσοστό της άμμου είναι μεγαλύτερο από 70% και το ποσοστό της αργίλου είναι μικρότερο από 15%. Γενικά σε αυτήν την κατηγορία κυριαρχούν οι ιδιότητες της άμμου. Δηλαδή έχουν μικρή ικανότητα συγκράτησης υγρασίας και θρεπτικών στοιχείων και οι καλλιεργητικές πρακτικές πραγματοποιούνται με ευκολία. Η κίνηση του αέρα, του νερού και η ανάπτυξη της ρίζας μέσα στο έδαφος γίνεται χωρίς εμπόδια. Τα αμμώδη εδάφη πρέπει να αρδεύονται επαρκώς και να λιπαίνονται ορθολογικά με συχνές και μικρές δόσεις. Πολύ φτωχά αμμώδη εδάφη χρησιμοποιούνται μόνο σε δάση (πευκοδάση), ενώ πλουσιότερα αμμώδη εδάφη, (με μεγαλύτερο ποσοστό αργίλου) χρησιμοποιούνται για σίκαλη και πατάτες. Επίσης συναντάμε και εδάφη που το ποσοστό της άμμου δεν είναι συντριπτικά μεγαλύτερο της αργίλου και για αυτό χαρακτηρίζονται ως αμμοπηλώδη εδάφη.

- Αργιλώδη: Η ομάδα αυτή περιλαμβάνει τα εδάφη στα οποία το ποσοστό της αργίλου είναι τουλάχιστον 35%, αν και σε πολλές περιπτώσεις το ποσοστό αυτό είναι πάνω από 45%. Είναι εδάφη με μεγάλη ικανότητα συγκράτησης υγρασίας και θρεπτικών στοιχείων και οι καλλιεργητικές πρακτικές πραγματοποιούνται με δυσκολία. Συχνά εμφανίζουν προβλήματα στράγγισης και αερισμού, ενώ και η ανάπτυξη της ρίζας μέσα στο έδαφος γίνεται με εμπόδια. Είναι δύσκολα στην επεξεργασία όταν υπάρχει πολλή υγρασία, γιατί είναι πολύ υδατοδιαπερατά και λασπώνουν γρήγορα. Έτσι γίνεται η επιφάνεια τους αδιαπέραστη στον αέρα οπότε υποβαθμίζεται η ποιότητα του εδάφους και παρεμποδίζεται η ανάπτυξη των φυτών.

- Πηλώδη: Λέγονται και εδάφη μέσης σύστασης. Η ομάδα αυτή περιλαμβάνει εδάφη όπου οι αναλογίες σε άμμο, άργιλο και ιλύ είναι περίπου ίσες. Τα εδάφη της ομάδας αυτής εκδηλώνουν μόνο τις επιθυμητές ιδιότητες της άμμου και της αργίλου. Αποτέλεσμα είναι μια μέση μηχανική σύσταση να θεωρείται κατάλληλη για την ανάπτυξη των φυτών χωρίς προβλήματα.

- Οργανικά: Αν και οι οργανικές αποθέσεις είναι πιο περιορισμένες από τα άλλα είδη εδαφικών μητρικών υποστρωμάτων, εν τούτοις καταλαμβάνουν ένα σημαντικό τμήμα της επιφάνειας της γης και είναι σημαντικές από περιβαλλοντικής και γεωργικής πλευράς.

Συνήθως οργανικές αποθέσεις σχηματίζονται σε παράλια έλη και χερσαίες βαλτώδεις περιοχές. Όταν το νερό είναι ρηχό, απαντώνται χαρακτηριστικά είδη χλωρίδας π.χ. βούρλα, καλαμιές και το κοινό γρασίδι. Στην Ελλάδα, σε τέτοιες περιοχές φύονται καλάμια, βούρλα και ιπιές, π.χ. στις Πρέσπες. Καθώς οι φυτικοί αυτοί οργανισμοί νεκρώνονται ή ρίχνουν τα φύλλα τους, δημιουργείται στον πυθμένα μια στρώση οργανικών καταλοίπων. Λόγω της παρουσίας του νερού, τα οργανικά αυτά κατάλοιπα δεν οξειδώνονται και, με την πάροδο των ετών, συσσωρεύονται και δημιουργούνται οργανικές αποθέσεις μεγάλου πάχους.

- Αργιλοασβεστώδη: Τα αργιλοασβεστώδη εδάφη είναι τα πιο γόνιμα εδάφη απ' όλα. Οι πόροι τους συγκρατούν πολύ νερό. Δημιουργήθηκαν από την συγκέντρωση πολύτιμων, πλούσιων σε θρεπτικές ουσίες υλικών στο τέλος της τελευταίας εποχής των παγετώνων. Σε τέτοια εδάφη ευδοκιμούν τα πιο απαιτητικά φυτά.

- Ασβεστώδη: Τα ασβεστώδη εδάφη έχουν περιεκτικότητα σε άσβεστο πάνω από 40%, αερίζονται καλά και είναι πλούσια σε χούμο και θρεπτικές ουσίες. Είναι αρκετά γόνιμα αλλά δεν συγκρατούν πολύ νερό. Με καλή άρδευση μπορούν να καλλιεργηθούν σε τέτοια εδάφη κριθάρι και ψυχανθή.

2.4. Ορίζοντες εδαφών

Το έδαφος αποτελείται από μία σειρά διακριτών στρωμάτων τα οποία ονομάζονται εδαφικοί ορίζοντες. Όλοι οι εδαφικοί ορίζοντες μαζί αποτελούν την εδαφοτομή ή αλλιώς ένα εδαφικό προφίλ και ανάμεσα τους κυκλοφορούν τα ρευστά νερό και αέρας. Μάλιστα, όταν το έδαφος δεχτεί ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, το νερό που κατεισδύει διαλύει συστατικά από τους ανώτερους ορίζοντες και τα μεταφέρει στους κατώτερους, η διαδικασία αυτή ονομάζεται απόπλυση (leaching), και μεταξύ άλλων, έχει ως αποτέλεσμα τα λεπτομερή αργιλικά συστατικά να μεταφέρονται και να αποτίθενται στον χαμηλότερο ορίζοντα ο οποίος έτσι γίνεται πλούσιος σε αργιλικό υλικό και κατά συνέπεια αυξάνεται η ικανότητά του να κατακρατεί υγρασία. Οι εδαφικοί ορίζοντες λοιπόν είναι οι εξής (Κράνης et al., 2015):

- Ορίζοντας O: Το ανώτατο στρώμα το οποίο περιέχει και τον χούμο ονομάζεται ορίζοντας O (Οργανικός ορίζοντας) και αποτελείται από χούμο, οργανική ουσία και ίχνη ορυκτών κόκκων.

- **Ορίζοντας A:** Αποτελείται από κάποια ποσότητα χούμου, μαζί με άμμο, ιλύ και άργιλο και είναι το αμέσως επόμενο στρώμα κάτω από τον ορίζοντα O.
- **Ορίζοντας B:** Ακολουθεί ο ορίζοντας B, στον οποίον κυριαρχούν τα προϊόντα της αποσάθρωσης του μητρικού πετρώματος, ενώ η συμμετοχή της οργανικής ουσίας είναι μικρή.
- **Ορίζοντας C:** Αποτελεί το βαθύτερο στρώμα που αποτελείται σχεδόν αποκλειστικά από προϊόντα αποσάθρωσης δηλαδή τα τεμαχίδια του θρυμματισμένου μητρικού πετρώματος, το οποίο βρίσκεται ακριβώς κάτω από αυτό.

2.5. Διάβρωση εδάφους

Διάβρωση

Η διάβρωση του εδάφους είναι η μετατόπιση του ανώτερου στρώματος του εδάφους, είναι μια μορφή υποβάθμισης του εδάφους. Αυτή η φυσική διαδικασία προκαλείται από τη δυναμική δραστηριότητα διαβρωτικών παραγόντων, δηλαδή το νερό, τον πάγο (παγετώνες), το χιόνι, τον αέρα (άνεμος), τα φυτά, τα ζώα και τους ανθρώπους. Σύμφωνα με αυτούς τους παράγοντες, η διάβρωση μερικές φορές χωρίζεται σε διάβρωση νερού, παγετώδης διάβρωση, διάβρωση χιονιού, αιολική (αιολική) διάβρωση, ζωογονική διάβρωση και ανθρωπογενή διάβρωση. Η διάβρωση του εδάφους μπορεί να είναι μια αργή διαδικασία που συνεχίζεται σχετικά απαρατήρητη ή μπορεί να συμβεί με ανησυχητικό ρυθμό που προκαλεί σοβαρή απώλεια εδάφους. Η απώλεια εδάφους από γεωργικές εκτάσεις μπορεί να αντικατοπτρίζεται στο μειωμένο δυναμικό παραγωγής καλλιεργειών, σε χαμηλότερη ποιότητα επιφανειακών υδάτων και σε κατεστραμμένα δίκτυα αποχέτευσης. Η διάβρωση του εδάφους θα μπορούσε επίσης να προκαλέσει καταβόθρες.

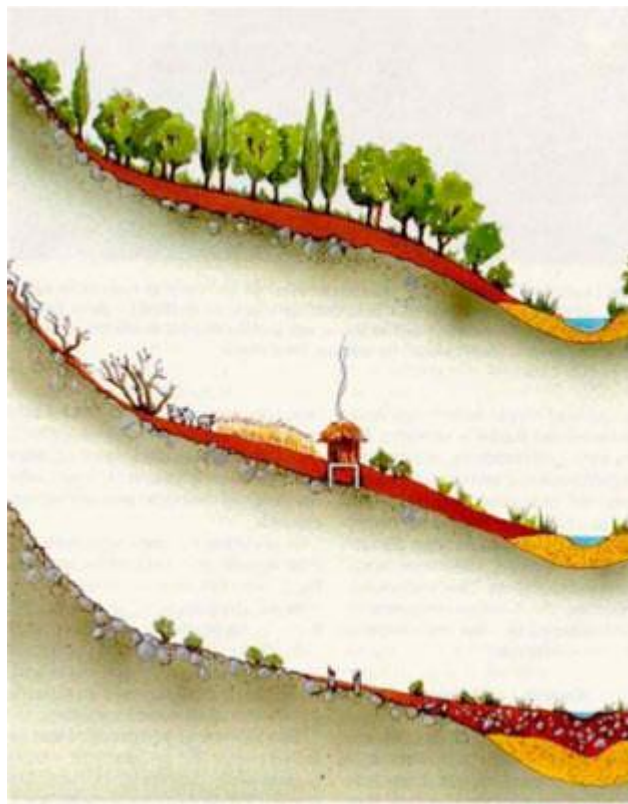
Οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν αυξηθεί κατά 10-50 φορές το ρυθμό με τον οποίο παρατηρείται διάβρωση παγκοσμίως. Η υπερβολική (ή επιταχυνόμενη) διάβρωση προκαλεί προβλήματα τόσο. Οι επιπτώσεις επιπτώσεις περιλαμβάνουν μείωση της παραγωγικότητας της γεωργίας και (σε φυσικά τοπία) οικολογική κατάρρευση, και οι δύο λόγω της απώλειας των ανώτερων στρωμάτων του εδάφους που είναι πλούσια σε θρεπτικά συστατικά. Σε ορισμένες περιπτώσεις, το τελικό αποτέλεσμα είναι η ερημοποίηση. Οι επιπτώσεις εκτός του χώρου περιλαμβάνουν την καθίζηση των υδάτινων οδών και τον ευτροφισμό των υδάτινων σωμάτων, καθώς και τη ζημία που σχετίζεται με τα ιζήματα σε δρόμους και σπίτια. Η διάβρωση του νερού και του ανέμου είναι οι δύο κύριες αιτίες υποβάθμισης του εδάφους. Σε συνδυασμό, ευθύνονται για το 84% περίπου της παγκόσμιας έκτασης των υποβαθμισμένων γαιών, καθιστώντας την υπερβολική διάβρωση ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά προβλήματα παγκοσμίως.

Η εντατική γεωργία, η αποψίλωση των δασών, οι δρόμοι, η ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή και η αστική εξάπλωση είναι από τις σημαντικότερες ανθρώπινες δραστηριότητες όσον αφορά την επίδρασή τους στην τόνωση της διάβρωσης. Ωστόσο, υπάρχουν πολλές πρακτικές πρόληψης και αποκατάστασης που μπορούν να περιορίσουν ή να περιορίσουν τη διάβρωση ευπαθών εδαφών.

Η διάβρωση του εδάφους (Soil Erosion) ξεκινά όταν η βροχόπτωση είναι μεγαλύτερη από την διηθητικότητα του εδάφους (Infiltration) ή σε μια άλλη περίπτωση, όταν η βροχή πέφτει σε ένα κορεσμένο με νερό έδαφος εξαιτίας προγενέστερων συνθηκών υγρασίας ή λόγω αυξημένης υπόγειας στάθμης νερού. Έτσι, μένει νερό στην επιφάνεια του εδάφους το οποίο θα κινηθεί χαμηλότερα στο ανάγλυφο εφόσον υπάρχει εδαφική κλίση συμπαρασέρνοντας και έδαφος (Μισοπολινός, 1992).

Το νερό που κυλάει χαμηλότερα στο ανάγλυφο θα παρασύρει και εδαφικά τεμαχίδια, ώστε να ανοίξει χώρο για να περάσει. Αυτό θα οδηγήσει σε απώλεια επιφανειακού εδάφους και είναι το πρώτο βήμα για τη διάβρωση του εδάφους. Όσο η ταχύτητα κίνησης του νερού είναι υψηλή, τα εδαφικά τεμαχίδια παραμένουν σε αιώρηση, ενώ όσο προχωρούμε χαμηλότερα στο ανάγλυφο και η ταχύτητα μικραίνει, αποτίθενται πρώτα τα μεγαλύτερα και ύστερα τα μικρότερα τεμαχίδια. Με άλλα λόγια, δίπλα σε ποτάμια θα περιμέναμε να βρούμε περισσότερο αμμώδη εδάφη, ενώ όσο απομακρυνόμαστε περιμένουμε τα ποσοστά της αργίλου να αυξάνονται.

Πρέπει εδώ να τονιστεί ότι η διάβρωση είναι μέρος μιας φυσικής διαδικασίας που οδηγεί στην ομαλοποίηση του ανάγλυφου, και 'αντιμάχεται' τη δημιουργία ανάγλυφου λόγω των ορογενέσεων. Η γεωλογική ή φυσική διάβρωση, δηλαδή, είναι αναπόφευκτη και αποκαθιστά στη φύση την ισορροπία στην τοπογραφία του πλανήτη μας.



Εικόνα 2.1. Χαρακτηριστική εξέλιξη εδάφους σε λόφους(Από LIFESOS.EU)

Η διάβρωση αποτελεί ένα σύνολο διεργασιών μηχανικού κυρίως χαρακτήρα, η οποία περιλαμβάνει από τη μία την απόσπαση από το γήινο φλοιό κομμάτια εδάφους και θραυσμάτων από πετρώματα και από την άλλη τη μεταφορά του συγκεκριμένου αυτού υλικού από φυσικούς παράγοντες και την εναπόθεσή του σε νέες θέσεις ως κλαστικό ίζημα. Κατά τη διάρκεια του σταδίου της εναπόθεσης, το υλικό επικάθεται στα στερεά όρια των υδάτινων ροών ή σε ταμειυτήρες κ.ά., λόγω του βάρους του και όπου και όταν οι συνθήκες (υδραυλικές-υδροδυναμικές) είναι ευνοϊκές και το επιτρέψουν. Βέβαια αναλόγως του τρόπου μεταφοράς και εναπόθεσης έχουμε και διαφορετικούς εδαφικούς σχηματισμούς, με διαφορετική, φυσικά, συμπεριφορά ο καθένας (π.χ. λιμναίες, κολουβιακές αποθέσεις κ.λ.π.). Όλη αυτή η συνολική διεργασία της διάβρωσης (αποσάθρωση, μεταφορά και εναπόθεση) χαρακτηρίζεται ως κύκλος φερτών υλών.

Η διάβρωση ως κύριος παράγοντας απόσπασης, μεταφοράς και απόθεσης των ιζημάτων παίζει σπουδαίο ρόλο στην εξέλιξη του ανάγλυφου δρώντας δημιουργικά (π.χ. δημιουργεί εύφορες πεδιάδες) και καταστροφικά (π.χ. απογυμνώνει από το έδαφος τους περιοχές με απότομη κλίση όπως τα ψηλά βουνά). Μπορούμε να αντιληφθούμε τα αποτελέσματα της διάβρωσης όχι μόνο εκεί όπου το επιφανειακό έδαφος απομακρύνεται, το υπέδαφος και οι βράχοι αποκαλύπτονται και η γη διασχίζεται από μικρά ή μεγάλα αυλάκια και χαραδρώσεις, αλλά επίσης και στα κατάντη κοιλάδων ή στην κατεύθυνση πνεόντων ανέμων όπου το έδαφος καλύπτεται με άμμο και άλλες αποθέσεις, τα κανάλια φράσσονται με ιζήματα και οι υδάτινοι ταμιευτήρες και οι λίμνες καλύπτονται με λάσπη. Έχει εκτιμηθεί ότι από τα συνολικά στερεά που μπαίνουν στα ποτάμια και του ταμιευτήρες, το 50% περίπου προέρχεται από διάβρωση αγροτικών περιοχών και το άλλο 50% από αστικές περιοχές και περιοχές κατασκευών (Μιμίκου, 1994). Ο κύριος αποδέκτης των μεταφερόμενων από τη διάβρωση υλικών είναι η θάλασσα. Κάθε χρόνο λόγω της διάβρωσης μεταφέρονται στη θάλασσα 9 δισεκατομμύρια τόνοι εδάφους (Μιμίκου, 1994). Φυσικά, δεν είναι ίδιο το ποσό που αποσπάται μέσω διάβρωσης από το έδαφος με το ποσό των φερτών υλών που φτάνουν στη θάλασσα. Ένα μέρος εναποτίθεται κατά μήκος της διαδρομής προς το κύριο ποτάμι και ένα άλλο μέσα στο ποτάμι. Έτσι τα υλικά που αποσπώνται λόγω διάβρωσης είναι σημαντικά περισσότερα από αυτά που φτάνουν στη θάλασσα. Ο παραπάνω ρυθμός μεταφοράς, των 9 δισεκατομμυρίων τόνων, είναι φυσιολογικός αφού το έδαφος που χάνεται αντικαθίσταται με τη δημιουργία νέου εδάφους με τις εδαφογενετικές διεργασίες. Αποτέλεσμα της διάβρωσης είναι η υποβάθμιση της ποιότητας του εδάφους, καθώς απομακρύνεται το επιφανειακό και πλέον γόνιμο έδαφος. Αυτό συνεπάγεται τη μείωση της γονιμότητας του και την αύξηση των δαπανών για τη διατήρηση της παραγωγικότητας του (λιπάνσεις). Το πρόβλημα επιδεινώνεται με την διάβρωση να μειώνει την ικανότητα του εδάφους να αποθηκεύει νερό και να αυξάνει τις απώλειες κολλοειδών. Σε αρκετές περιπτώσεις η απόδοση του εδάφους είναι τόσο φτωχή που επιβάλλεται να αφήνεται εκτός εκμεταλλεύσεως.

2.6. Είδη διάβρωσης

Η διάβρωση μπορεί να διακριθεί σε είδη ανάλογα με το μέσο μεταφοράς των εδαφικών σωματιδίων. Τα κυριότερα μέσα είναι το νερό και ο άνεμος, για τα οποία χρησιμοποιούμε τους όρους υδατική και αιολική διάβρωση αντίστοιχα.

2.6.1. Υδατική Διάβρωση

Η υδατική διάβρωση περιλαμβάνει την απόσπαση, τη μεταφορά και την απόθεση των εδαφικών τεμαχιδίων με μέσο το νερό, είτε αυτό προέρχεται απευθείας από τη βροχόπτωση, είτε από την επιφανειακή απορροή. Ξεκινάει με την πρόσκρουση των σταγόνων της βροχής στην επιφάνεια του εδάφους: εάν η κινητική ενέργεια των σταγόνων είναι αρκετή, μπορεί να υπερβεί τις δυνάμεις που κρατούν τα εδαφικά σωματίδια ενωμένα μεταξύ τους και να τα θέσει σε κίνηση (Ξανθάκης, 2011). Αυτή η διεργασία ονομάζεται *διάβρωση διασποράς* (splash erosion). Η διάβρωση διασποράς είναι αυξημένη όταν το έδαφος είναι πολύ ξηρό, κάτι που δεν είναι σπάνιο στο μεσογειακό χώρο, όπου οι πρώτες δυνατές βροχές του φθινοπώρου ακολουθούν συχνά μια μακρά περίοδο ξηρασίας. Υπό αυτές τις συνθήκες, παγιδεύεται αέρας ανάμεσα στα εδαφικά συσσωματώματα, οδηγώντας σε υψηλή πίεση και ρήξη των συσσωματωμάτων, παρέχοντας έτσι υλικό προς διάβρωση (Schachtschabel et al., 1998).

Η διηθητική ικανότητα του εδάφους κρίνει το κατά πόσον το νερό της βροχόπτωσης κατεισδύει στο έδαφος ή καταλήγει στην επιφανειακή απορροή. Ανάλογα με τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά (υφή, δομή, εδαφική υγρασία κ.ά.), η διηθητική ικανότητα μπορεί να είναι μεγάλη

στην αρχή της βροχής, μειώνεται όμως στη συνέχεια. Η μείωση μπορεί να ενισχυθεί από τη δημιουργία μιας λεπτής (πάχους λίγων χιλιοστών) επιφανειακής κρούστας, ως συνέπεια αφενός της συμπύκνωσης της επιφάνειας του εδάφους υπό την πίεση της βροχόπτωσης και αφετέρου της πλήρωσης των εδαφικών πόρων με λεπτά σωματίδια που έχουν αποσπασθεί από το έδαφος λόγω της πρόσκρουσης σταγόνων (Morgan, 2005).

Από τη στιγμή που η διηθητική ικανότητα του εδάφους και η δυνατότητα αποθήκευσης του νερού σε ταπεινώσεις της επιφάνειας έχουν ξεπεραστεί, το επόμενο στάδιο είναι η επίγεια ροή του νερού. Το ίδιο το τρεχούμενο νερό ασκεί το μια διαβρωτική δύναμη και μπορεί να αποσπάσει εδαφικά σωματίδια, εφ' όσον ξεπεράσει μια ορισμένη ταχύτητα. Αφού η αποκόλληση των σωματιδίων έχει πραγματοποιηθεί μέσω είτε της πρόσκρουσης των σταγόνων είτε της επίγεια ροής, αυτά μεταφέρονται με το τρεχούμενο νερό και αποτίθενται όταν η ταχύτητα του τελευταίου μειωθεί.

Η υδατική διάβρωση μπορεί να λάβει διαφορετικές μορφές. Σε πρώτο στάδιο, πραγματοποιείται περίπου ομοιόμορφα σε ολόκληρη την επιφάνεια κάτω από ένα λεπτό στρώμα νερού: αυτή η μορφή ονομάζεται *επιφανειακή διάβρωση* (sheet erosion). Η τάση όμως είναι, η επίγεια ροή και συνεπώς η διάβρωση να συγκεντρώνονται γραμμικά σε μικρές αύλακες, οι οποίες γίνονται έτσι όλο πιο βαθιές και πλατιές (Εικόνα 2.1). Αυτή η διεργασία αποκαλείται *αυλακωτή διάβρωση* (rill erosion) (Morgan, 2005). Και οι δύο μορφές διάβρωσης καθορίζονται πάντως από παρόμοιες επιρροές και επομένως αντιμετωπίζονται συχνά ως κάτι ενιαίο κατά την χαρτογράφηση ή μοντελοποίηση της διάβρωσης (Schachtschabel et al., 1998).

Το επόμενο στάδιο είναι η *χαραδρωτική διάβρωση* (gully erosion). Οι Schachtschabel et al. (1998) θεωρούν ότι το όριο με την αυλακωτή διάβρωση βρίσκεται στο σημείο που οι αύλακες ξεπερνούν το βάθος των 30 εκατοστών και επομένως δεν μπορούν να εξαφανιστούν με μια κανονική άρωση του εδάφους. Ο Morgan (2005) αναφέρει ως όριο ένα εμβαδό κάθετης τομής μεγαλύτερο του ενός τετραγωνικού μέτρου. Σε αντίθεση με τη σχετικά ομαλή μορφή των σταθερών ποτάμιων κοιτών, οι χαραδρώσεις ξεχωρίζουν από τις απότομες ή και κάθετες πλαγιές τους και τα «σκαλοπάτια» που σχηματίζουν στη πορεία τους.

Οι χαραδρώσεις θεωρούνταν παλιότερα απλά ως μεγεθυμένες αύλακες, τα ερευνητικά αποτελέσματα όμως δείχνουν ότι ο μηχανισμός δημιουργίας τους είναι πιο πολύπλοκος. Ο Morgan (2005) αναφέρει τρεις πιθανούς τρόπους:

α) μέσω επιφανειακής διάβρωσης και της ένωσης πολλών μικρότερων ταπεινώσεων ή ανωμαλιών, οι οποίες έχουν δημιουργηθεί ως αποτέλεσμα της τοπικής αποδυνάμωσης της βλάστησης λόγω π.χ. βόσκησης ή πυρκαγιάς

β) μέσω κατάρρευσης του εδαφικού καλύμματος υπόγειων σηράγγων που έχουν δημιουργηθεί με υπόγεια διάβρωση (βλ.επόμενη παράγραφο)

γ) μέσω της κατάληψης γραμμικών κατολισθήσεων από τρεχούμενο νερό.

Η *υπόγεια ή σηραγγώδης διάβρωση* (tunnel erosion) λαμβάνει χώρα σε περίπτωση που το νερό που κατεισδύει στο έδαφος κινείται πλευρικά στην ακόρεστη ζώνη του εδάφους, μια διεργασία που είναι γνωστή ως υποδερμική ροή. Ανάλογα και με τη σύσταση του εδάφους, η υποδερμική ροή είναι δυνατόν να οδηγήσει σε διάβρωση και τη δημιουργία υπόγειων σηράγγων. Κατά τους Schachtschabel et al. (1998), η υπόγεια διάβρωση συναντάται κυρίως όταν ένα σχετικά σταθερό επιφανειακό στρώμα εδάφους (λόγω π.χ. πυκνού ριζικού συστήματος) καλύπτει ένα πιο ασταθές υπέδαφος.

Η αποτίμηση της συνεισφοράς αυτών των διαφορετικών μορφών διάβρωσης στη συνολική απώλεια εδάφους δεν είναι εύκολη. Ο Morgan (2005) αναφέρει ποσοστά που κυμαίνονται συνήθως ανάμεσα στο 30 με 75% για τη χαραδρωτική διάβρωση, ενώ για την αυλακωτή διάβρωση έχουν καταγραφεί διακυμάνσεις από 20-50% έως 54-78%, ανάλογα με την περιοχή. Οι συνθήκες της κάθε ξεχωριστής περίπτωσης πρέπει να είναι επαρκώς γνωστές, ώστε να μπορεί να εκτιμηθεί το ποια μορφή διάβρωσης είναι η πιο απειλητική.

2.6.2. Αιολική διάβρωση

Ως αιολική διάβρωση ορίζεται αυτή όπου το μέσο αποκόλλησης και μεταφοράς των σωματιδίων εδάφους είναι ο άνεμος. Με την αυξανόμενη ταχύτητα του ανέμου, τα εδαφικά σωματίδια μπορούν να αποσπαστούν από το έδαφος, να ανυψωθούν και να παρασυρθούν σε ρεύματα αέρα. Αφού έχουν διανύσει μια απόσταση, πέφτουν ξανά στο έδαφος, μεταφέροντας έτσι ένα μέρος της κινητικής τους ενέργειας σε άλλα σωματίδια, τα οποία μπαίνουν έτσι με τη σειρά τους σε αυτήν τη διαδικασία, με αποτέλεσμα ο αριθμός των σωματιδίων που κινούνται με αυτόν τον τρόπο να αυξάνεται ραγδαία. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται *αναπήδηση* (saltation). Η μεταφορά ενέργειας από τα σωματίδια που επιστρέφουν στο έδαφος μπορεί να θέσει σε κίνηση ακόμα και άλλα, τα οποία είναι πολύ βαριά για να μεταφερθούν εντός ενός ρεύματος αέρα, μπορούν όμως να κυλήσουν στην επιφάνεια του εδάφους (surface creep). Με αυτόν τον τρόπο συνεισφέρουν στη διάσπαση συσσωματωμάτων και στην απόσπαση λεπτόκοκκου υλικού, το οποίο μεταφέρεται μέσω των περιδινήσεων του ανέμου ως αιωρούμενο φορτίο (Schachtschabel et al., 1998).

Το εύρος της κοκκομετρικής σύστασης των εδαφών που κινδυνεύουν από αιολική διάβρωση είναι μικρότερο σε σχέση με την υδάτινη διάβρωση: η αιολική διάβρωση αφορά κυρίως σωματίδια με 0,05-0,5 χιλιοστά διάμετρο κόκκου (Morgan, 2005). Στα πολύ λεπτόκοκκα αργιλώδη εδάφη, η συνεκτικότητα είναι πολύ υψηλή για να την υπερβεί η ενέργεια του ανέμου, ενώ τα σωματίδια στα χονδροκόκκα εδάφη είναι πολύ βαριά για να μεταφερθούν με τον άνεμο, ακόμα και όταν η ταχύτητά του είναι πολύ υψηλή. Τα περισσότερο τρωτά στην αιολική διάβρωση είναι επομένως τα λεπτόκοκκα αμμώδη εδάφη (Schachtschabel et al., 1998).

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο που επηρεάζει το μέγεθος της αιολικής διάβρωσης, είναι το κλίμα και η φυτοκάλυψη. Η παρουσία φυτών (όπως και πετρών ή άλλων εμποδίων), ακόμα και αν δεν καλύπτουν μεγάλο ποσοστό της επιφάνειας, αυξάνει την τραχύτητά της και μειώνει την ταχύτητα του ανέμου κοντά στο επίπεδο του εδάφους. Επίσης, η παρουσία υγρασίας στο έδαφος το σταθεροποιεί λόγω των δυνάμεων που ασκούνται ανάμεσα στα μόρια νερού και τα εδαφικά σωματίδια. Γι' αυτούς τους λόγους, οι περιοχές που κυρίως απειλούνται από την αιολική διάβρωση είναι αυτές με ημίξηρο ως ξηρό κλίμα. Ανθρωπογενείς παράγοντες επηρεάζουν επίσης την τρωτότητα: για παράδειγμα, η ύπαρξη μεγάλων αγροτεμαχίων χωρίς ενδιάμεσους φράκτες ή σειρές θάμνων/δέντρων προσφέρει ευνοϊκές συνθήκες στην αιολική διάβρωση (Schachtschabel et al., 1998).

Το λεπτόκοκκο υλικό (διάμετρος κόκκων < 0,2 χιλιοστά) μπορεί λόγω του μικρού του βάρους να παραμείνει αιωρούμενο και να μεταφερθεί χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά. Το ποσοστό του στο σύνολο του διαβρωθέντος εδάφους είναι συνήθως μικρό. Λόγω, όμως, της ιδιαίτερης σημασίας που έχει συχνά για την ευφορία του εδάφους, η απώλειά του μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά προβλήματα για τη γεωργία (Schachtschabel et al., 1998). Επίσης, συνδέεται με κινδύνους στους χώρους μεταφοράς και απόθεσης, όπως η ρύπανση νερού και τροφίμων, η επιδείνωση αναπνευστικών ασθενειών και η μεταφορά παθογόνων (Morgan, 2005).

2.6.3. Άλλα είδη διάβρωσης

Μια καθαρά ανθρωπογενής μορφή διάβρωσης είναι η *διάβρωση μέσω άροσης* (tillage erosion). Πρόκειται για την καθοδική κίνηση του εδάφους σε μια πλαγιά, η οποία κίνηση προκαλείται απευθείας από τη διαδικασία της άροσης. Η άροση κάνει το εδαφικό υλικό πιο χαλαρό, με αποτέλεσμα η μετατόπισή του προς τα κάτω να είναι λόγω βαρύτητας μεγαλύτερη από αυτή προς τα πάνω, ακόμα και όταν η άροση πραγματοποιείται κατά μήκος των ισοϋψών. Το μέγεθος αυτού του είδους διάβρωσης εξαρτάται από το είδος του εργαλείου άροσης, την ταχύτητα με την οποία αυτό κινείται μέσω του εδάφους, τη μορφολογική κλίση της επιφάνειας και την αντίσταση του εδάφους (Morgan, 2005).

Εκτός από αυτά τα είδη, υπάρχουν και ιδιαίτερες περιπτώσεις, όπως η διάβρωση μέσω του έρποντος χιονιού (Schachtschabel et al., 1998). Η διάβρωση μέσω του κινούμενου πάγου μάλλον δεν είναι σημαντική στον ελλαδικό χώρο. Ως διάβρωση εδάφους μπορούν να θεωρηθούν και οι κινήσεις γαιωδών μαζών, δηλαδή οι διεργασίες στις οποίες το έδαφος μετακινείται κυρίως υπό την επίδραση της βαρύτητας, όπως π.χ. οι κατολισθήσεις.

2.7. Παράγοντες που επηρεάζουν τη διάβρωση

Η διάβρωση αποτελεί γενικό κίνδυνο για το έδαφος, το μέγεθός του όμως διαφέρει ανάλογα με τα φυσικά και ανθρωπογενή χαρακτηριστικά κάθε περιοχής. Αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούμε να τα συνοψίσουμε σε συγκεκριμένους κύριους παράγοντες. Αν επικεντρωθούμε στην υδατική διάβρωση, οι πέντε κύριοι παράγοντες είναι οι εξής: διαβρωτικότητα της βροχόπτωσης, διαβρωσιμότητα του εδάφους, ανάγλυφο, φυτοκάλυψη χρήσεις γης και προστατευτικά μέτρα.

2.7.1. Διαβρωτικότητα της βροχόπτωσης

Το μέγεθος της διάβρωσης εξαρτάται και από εξωτερικούς παράγοντες όπως το κλίμα και ιδιαίτερα τη βροχόπτωση. Το συνολικό ύψος της βροχόπτωσης δεν είναι κατ' ανάγκη η σημαντικότερη παράμετρος. Ως ιδιαίτερα κρίσιμη θεωρείται η ένταση, δηλαδή η ποσότητα βροχής ανά χρονική μονάδα. Όταν αυτή είναι υψηλή:

(α) οι βροχοσταγόνες είναι κατά κανόνα μεγαλύτερες, με περισσότερη κινητική ενέργεια και

(β) ξεπερνιέται σύντομα η διηθητική ικανότητα του εδάφους, οδηγώντας σε επίγεια ροή του νερού (Schachtschabel et al., 1998). Οι καταιγίδες υψηλής έντασης μπορεί να είναι σπάνιες, έχουν όμως τη δυνατότητα να προκαλέσουν μεγάλη εδαφική απώλεια σε σύντομο χρονικό διάστημα. Υπάρχουν πάντως έρευνες που δείχνουν ότι ακόμα και βροχές χαμηλής έντασης αλλά μεγάλης διάρκειας, μπορούν να αποβούν αρκετά διαβρωτικές, εφ' όσον οδηγήσουν σε κορεσμό του εδάφους (Morgan, 2005). Δεν υπάρχει μέχρι στιγμής ένας γενικά αποδεκτός τρόπος εκτίμησης της διαβρωτικότητας. Η προσέγγιση στην οποία βασίζεται το μοντέλο USLE/RUSLE, δηλαδή ο υπολογισμός με βάση την κινητική ενέργεια και τη μέγιστη 30-λεπτη ένταση (I₃₀: μέγιστη μέση ένταση της βροχής ανά ώρα, όπως καταγράφεται σε οποιαδήποτε περίοδο 30 λεπτών της ώρας κατά τη διάρκεια ενός επεισοδίου), έχει δεχτεί κριτική όσον αφορά τη χρησιμότητα της σε διάφορες περιπτώσεις (Morgan, 2005). Οι Hosseini et al. (2016) πάντως, μετά από έρευνα στην βόρεια Πορτογαλία, έδειξαν ότι η I₃₀ έχει όντως σημαντική επίδραση στην απορροή, στη διάβρωση εδάφους και στην απώλεια οργανικής ύλης.

Ένα πρόβλημα με την εκτίμηση της διαβρωτικότητας, είναι η περιορισμένη διαθεσιμότητα λεπτομερών μετεωρολογικών δεδομένων, όπως αυτά που αναφέρθηκαν πιο πάνω. Γι' αυτόν

τον λόγο έχουν αναπτυχθεί τρόποι εκτίμησης, οι οποίοι βασίζονται σε πιο εύκολα διαθέσιμα δεδομένα, όπως το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης. Όταν κάποιος χρησιμοποιεί μια τέτοια μέθοδο, θα πρέπει πάντως να είναι ιδιαίτερα προσεκτικός, ώστε οι συνθήκες στην περιοχή εφαρμογής να είναι παρόμοιες με αυτές της περιοχής, για την οποία αναπτύχθηκε η μέθοδος. Όπως αναφέρει ως παράδειγμα ο Morgan (2005), η μεταφορά της σχέσης ανάμεσα στη διαβρωτικότητα και τη μέση ετήσια βροχόπτωση στη Μαλαισία, δεν έχει κανένα νόημα σε κλίματα με μέσο ετήσιο ύψος υετού κάτω των 900 χιλιοστών.

2.7.2. Διαβρωσιμότητα του εδάφους

Αντίθετα με τη διαβρωτικότητα, η οποία πηγάζει από εξωτερικούς παράγοντες, η διαβρωσιμότητα εξαρτάται από τις εδαφικές ιδιότητες. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαβρωσιμότητα, τόσο μικρότερη είναι η αντίσταση του εδάφους στη διάβρωση. Τα πλέον καθοριστικά εδαφολογικά χαρακτηριστικά είναι η υφή, η σταθερότητα των συσσωματωμάτων, η διατμητική αντοχή, η διηθητικότητα και η περιεκτικότητα σε οργανική ύλη και χημικές ουσίες (Morgan, 2005). Τα χονδρόκοκκα εδάφη, αμμώδη ή χαλικώδη, έχουν σχετικά χαμηλή διαβρωσιμότητα λόγω της περισσότερης ενέργειας που απαιτείται για να τεθούν τα σωματίδια σε κίνηση. Από την άλλη, τα πολύ λεπτόκοκκα εδάφη, όπως τα αργιλώδη, προσφέρουν λόγω υψηλής συνεκτικότητας αντίσταση στην αποκόλληση σωματιδίων. Η μεγαλύτερη διαβρωσιμότητα εντοπίζεται επομένως στα εδάφη με ενδιάμεση διάμετρο κόκκων (Εικόνα 2.2), δηλαδή σε αυτά που έχουν υψηλό ποσοστό ιλύος και λεπτής άμμου. Ως εδάφη ιδιαίτερα υψηλής διαβρωσιμότητας, έχουν οριστεί αυτά όπου το ποσοστό ιλύος υπερβαίνει το 40% ή εναλλακτικά αυτά όπου το ποσοστό αργίλου βρίσκεται ανάμεσα στο 9 και το 30% (Morgan, 2005). Δυστυχώς, το ότι με τη διάβρωση χάνεται αυτό ακριβώς το μέρος του εδάφους, ενώ αυξάνεται το ποσοστό του χονδρόκοκκου υλικού, έχει ως τελικό αποτέλεσμα να γίνει το έδαφος πιο άγονο ακόμα και με ποσοτικά μικρή απώλεια (Kosmas, 2006).

Η κριτική διατμητική ταχύτητα της ροής του νερού που απαιτείται για να αποσπάσει σωματίδια από συνεκτικά ιζήματα είναι χαμηλότερη περίπου ανάμεσα στα 100 και 300 μm (διάμετρος κόκκου). (Morgan 2005)

Γενικά, η άνοδος της εδαφικής υγρασίας μειώνει τη συνεκτικότητα του εδάφους, λόγω της μείωσης της διατμητικής αντοχής και της διόγκωσης των αργιλικών ορυκτών που προκαλεί. Τα εδάφη που περιέχουν αργιλικά ορυκτά με μεγαλύτερη αντίσταση στη διόγκωση, όπως каолинίτη, αλλοϋσίτη ή χλωρίτη, έχουν χαμηλότερη διαβρωσιμότητα σε σχέση με εδάφη όπου κυριαρχούν σμεκτίτες, βερμικουλίτες ή ιλλίτες. Τα εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ύλη ή βασικά ορυκτά, θεωρούνται γενικά πιο σταθερά, αφού αυτά ενισχύουν τους χημικούς δεσμούς των συσσωματωμάτων. Εάν όμως υπερτερούν τα μονοσθενή κατιόντα, όπως δηλαδή στα νατριούχα εδάφη, η διαβρωσιμότητα αυξάνεται, λόγω της μεγαλύτερης δυνατότητας απορρόφησης νερού και πιθανής διόγκωσης και κατάρρευσης των συσσωματωμάτων. Όσο για τη διηθητικότητα, όταν είναι υψηλή περιορίζει τη δημιουργία επίγειας ροής και επομένως και τη διάβρωση. Η διηθητικότητα δεν εξαρτάται μόνο από το συνολικό πορώδες, αλλά και το μέγεθος και τη σταθερότητα των πόρων, καθώς και τη μορφή της εδαφικής τομής (Morgan, 2005).

Κατά την εκτίμηση της διαβρωσιμότητας του εδάφους, πρέπει να λάβουμε υπόψη και τις εποχικές διακυμάνσεις, οι οποίες μπορεί να είναι πολύ μεγάλες, ιδιαίτερα σε γεωργικές γαίες. Για παράδειγμα, η εποχική άροση μεταβάλλει τόσο την πυκνότητα όσο και την υδροπερατότητα του εδάφους. Έρευνες έδειξαν ότι η διαβρωσιμότητα μπορεί να είναι από δύο ως τέσσερις φορές υψηλότερη ανάλογα με την εποχή (Morgan, 2005).

2.7.3. Ανάγλυφο

Ένας ακόμα κρίσιμος παράγοντας είναι το ανάγλυφο της επιφάνειας που εκτίθεται στη διάβρωση. Γενικά, σε πλαγιές με μεγαλύτερη μορφολογική κλίση μπορεί κάποιος να αναμένει πιο έντονη υδατική διάβρωση, αφού θα είναι αυξημένη η ταχύτητα της επίγειας ροής. Ακόμα όμως και αν περιοριστούμε στη διάβρωση διασποράς, η σύγκρουση των βροχοσταγόνων με μια κεκλιμένη επιφάνεια θα έχει, λόγω βαρύτητας, ως συνέπεια τη μετακίνηση εδάφους προς τα κάτω (Morgan, 2005). Εκτός από τη μορφολογική κλίση, έχει σημασία και το μέγεθος της κατάντη λεκάνης απορροής, αφού αυτό καθορίζει το μήκος της πλαγιάς που θα διαβεί το τρεχούμενο νερό και επομένως την επιτάχυνσή του και τη δύναμη αποκόλλησης και μεταφοράς (Schachtschabel et al., 1998).

Η σχέση της διάβρωσης με τους τοπογραφικούς παράγοντες μπορεί επομένως να περιγραφεί με την ακόλουθη σχέση (Morgan, 2005):

Όπου E είναι η εδαφική απώλεια ανά μονάδα έκτασης, θ η γωνία κλίσης και L το μήκος κλίσης. Όσον αφορά τους συντελεστές m και n , οι τιμές τους διαφοροποιούνται ανάλογα με το είδος της διάβρωσης, τις σχέσεις με τους άλλους παράγοντες, όπως τη βροχόπτωση ή την κοκκομετρική σύσταση, καθώς επίσης και το σχήμα της πλαγιάς: π.χ. οι κυρτές πλαγιές φαίνεται να χαρακτηρίζονται από εντονότερη διάβρωση σε σχέση με τις κοίλες (Morgan, 2005).

2.7.4. Βλάστηση και χρήσεις γης

Η βλάστηση λειτουργεί για το έδαφος ως ένα προστατευτικό στρώμα, κυρίως από τις διεργασίες που προέρχονται από την ατμόσφαιρα, όπως τον άνεμο, τις βροχοσταγόνες, αλλά και την επίγεια ροή του νερού. Τα φύλλα και οι κορμοί των φυτών απορροφούν ένα μέρος της ενέργειας αυτών των διεργασιών, με αποτέλεσμα να μειώνεται η έκθεση του εδάφους σε αυτές. Παράλληλα, το ριζικό σύστημα των φυτών βοηθά στη συγκράτηση του εδάφους, σχηματίζοντας μαζί με το έδαφος ένα σύνθετο υλικό με μεγάλη αντοχή (Morgan, 2005, σ. 64). Οι Morgan & Duzant (2008) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι, από τη στιγμή που υπάρχει φυτοκάλυψη, η επίδραση της στη διάβρωση υπερτερεί αυτής των εδαφολογικών ιδιοτήτων και της μορφολογικής κλίσης. Γενικά, θεωρείται ότι με μια φυτοκάλυψη από 70% και άνω, το έδαφος είναι ικανοποιητικά προστατευμένο από διάβρωση, αν και είναι δυνατόν η προστασία να επιτευχθεί και με χαμηλότερα ποσοστά, όπως 30-40% (Morgan, 2005).

Η σχέση της φυτοκάλυψης με την αντίσταση στη διάβρωση είναι όμως λιγότερο απλή απ' ό,τι φαίνεται. Δεν είναι απίθανο, η βλάστηση ακόμα και να αυξήσει τοπικά τον κίνδυνο διάβρωσης. Οι σταγόνες που συγκεντρώνονται στο φύλλο ενός φυτού μπορεί να ενωθούν για να σχηματίσουν μια μεγαλύτερη, η οποία θα πέσει στο έδαφος με περισσότερη ενέργεια. Ένας σημαντικός παράγοντας είναι επομένως και το ύψος της κομοστέγης, που καθορίζει την ταχύτητα των σταγόνων που πέφτουν από τα φύλλα κατά την πρόσκρουση με το έδαφος (Morgan, 2005): όσο πιο μικρό είναι αυτό το ύψος, τόσο μεγαλύτερη είναι η προστασία (Schachtschabel et al., 1998). Επίσης, καθοριστικές για την προστασία από τη διάβρωση είναι η συνέχεια και η πυκνότητα της βλάστησης. Η φυτοκάλυψη στο έδαφος προσφέρει μεν εμπόδια στην επίγεια ροή, μειώνοντας επομένως την ταχύτητά της και την ενέργεια που είναι διαθέσιμη για διάβρωση. Μια μεμονωμένη συστάδα από χορτάρια είναι όμως πιθανόν να οδηγήσει, μέσω της τοπικής συγκέντρωσης της ροής, ακόμα και σε επιτάχυνση της διάβρωσης σε ορισμένα σημεία (Morgan, 2005).

Η χρήση γης από τον άνθρωπο είναι σημαντικός παράγοντας για τη διάβρωση, κυρίως λόγω της διαφορετικής φυτοκάλυψης που αυτή συνεπάγεται. Η γεωργική χρήση, ειδικά όταν

πρόκειται για ετήσιες καλλιέργειες, έχει το μειονέκτημα ότι μπορεί να αφήσει ακάλυπτο το έδαφος για μεγάλα χρονικά διαστήματα, π.χ. μετά την άροση και μέχρι να αποκτήσουν ύψος τα σπαρτά. Όταν αυτή η περίοδος συμπίπτει με την εποχή διαβρωτικών βροχοπτώσεων, αυξάνεται σημαντικά ο κίνδυνος διάβρωσης. (Schachtschabel et al., 1998). Η κτηνοτροφία μπορεί επίσης να ενισχύσει τη διάβρωση, κυρίως λόγω της βόσκησης. Τα ζώα ενισχύουν μέσω του περπατήματος τη συμπύκνωση του εδάφους, μειώνοντας έτσι και τη διηθητική του ικανότητα. Επίσης τραυματίζουν ρίζες κοντινές στην επιφάνεια και καταναλώνουν σπόρους δέντρων, δυσκολεύοντας την αναγέννηση του δάσους (Morgan, 2005).

Η οικιστική ανάπτυξη μπορεί να οδηγήσει επίσης σε εντατική διάβρωση στα πρώτα της στάδια, όταν εκτίθεται γυμνό έδαφος κατά τη διάρκεια οικοδομικών εργασιών. Μετά την ολοκλήρωσή τους, η επιτόπια διάβρωση μειώνεται κατακόρυφα, αφού το μεγαλύτερο τμήμα του εδάφους είναι πλέον σφραγισμένο. Λόγω όμως του ότι αυτές οι επιφάνειες είναι αδιαπέρατες, αυξάνεται η επιφανειακή απορροή, οδηγώντας σε πιθανά προβλήματα στις κατάντη περιοχές. Επίσης, ευάλωτα στη διάβρωση είναι συχνά και τα πρηνή των δρόμων (Morgan, 2005).

Η ύπαρξη δασικής βλάστησης προσφέρει γενικά ισχυρή προστασία απέναντι στη διάβρωση. Αφενός οι υψηλοί ρυθμοί εξατμισοδιαπνοής, ανάσχεσης και διήθησης οδηγούν σε μειωμένη επιφανειακή απορροή και αφετέρου η στρώση φυτικών υπολειμμάτων όπως και το ριζικό σύστημα προστατεύουν το έδαφος από τη δράση της επίγεια ροής (Morgan, 2005). Μετά την αφαίρεση της δασικής βλάστησης, όπως συμβαίνει με μια πυρκαγιά, το έδαφος είναι επομένως εκτεθειμένο στη διάβρωση. Η σχέση της πυρκαγιάς με τη διάβρωση εξετάζεται λεπτομερώς στο Κεφάλαιο 3.3.

2.7.5. Προστατευτικά μέτρα

Η ανθρώπινη δραστηριότητα δεν έχει ως αποτέλεσμα αποκλειστικά την επιτάχυνση της διάβρωσης. Ο άνθρωπος, έχοντας υποστεί ο ίδιος τις αρνητικές συνέπειες της διάβρωσης, έχει αναπτύξει στη διάρκεια των αιώνων πρακτικές, οι οποίες μπορεί να την περιορίσουν σε σημαντικό βαθμό.

Η άροση κατά μήκος των ισοϋψών καμπυλών είναι από τα πιο απλά μέτρα, που μπορεί να εφαρμόσει ο γεωργός για να περιορίσει τη διάβρωση στο χωράφι του. Οι Kosmas et al. (2006) αναφέρουν ότι σε απότομες πλαγιές στην Ελλάδα έχει παρατηρηθεί μείωση της απώλειας εδάφους από 97 σε 69 εκατοστά, μετά τη μετάβαση από κάθετη σε παράλληλη με τις ισοϋψείς άροση. Η διάβρωση μπορεί επίσης να μειωθεί σημαντικά, αν μειωθεί το βάθος της άροσης. Η κάλυψη του εδάφους με φυτικά υπολείμματα είναι ακόμα ένας πολύ αποτελεσματικός τρόπος προστασίας, αφού όχι μόνο προστατεύει το έδαφος από την πρόσκρουση των σταγόνων, αλλά επιβραδύνει και την επίγεια ροή του νερού (Schachtschabel et al., 1998). Μια ακόμα δυνατότητα είναι η καλλιέργεια σε λωρίδες (strip-cropping), δηλαδή διατηρώντας ενδιάμεσες λωρίδες με προστατευτική βλάστηση (Morgan, 2005).

Οι αναβαθμίδες είναι μια μέθοδος αντιμετώπισης της διάβρωσης με παραδοσιακά μεγάλη εξάπλωση στον μεσογειακό χώρο. Η μείωση της διάβρωσης προκύπτει από την αλλοίωση της επιφανειακής απορροής, λόγω του ότι η πλαγιά χωρίζεται σε μικρότερες περιοχές. Στην ουσία, μειώνεται έτσι η γωνία αλλά και το μήκος κλίσης, αφού μειώνονται σε μέγεθος οι λεκάνες από τις οποίες προέρχεται η τοπική επιφανειακή απορροή (Schachtschabel et al., 1998, Morgan, 2005,).

Καταλαβαίνουμε έτσι τον λόγο για τον οποίο η εγκατάλειψη της γεωργικής γης, η οποία παρατηρείται συχνά στον μεσογειακό χώρο τις τελευταίες δεκαετίες, δεν ευνοεί πάντα τη διατήρηση του εδάφους και τη μείωση των ρυθμών διάβρωσης, όπως ίσως θα περίμενε

κάποιοι. Μαζί με τη γεωργική χρήση εγκαταλείπονται και τα παραδοσιακά προστατευτικά μέτρα, όπως η συντήρηση των αναβαθμιδών, κάτι που κάνει το έδαφος περισσότερο ευάλωτο στη διάβρωση (Shakesby, 2011) (Εικόνα 2.3).

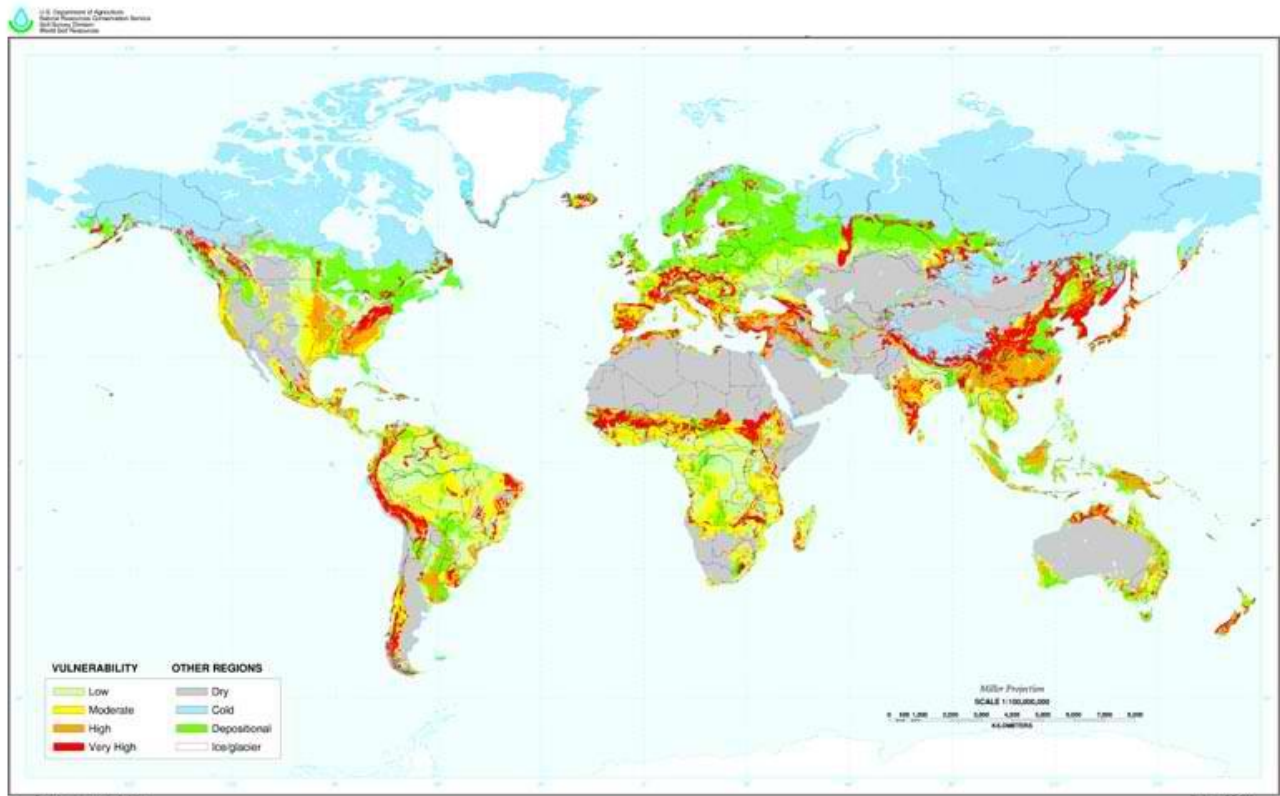
Εκτός από τις γεωργικές εκτάσεις, προστατευτικά μέτρα εφαρμόζονται και σε πυρόπληκτες εκτάσεις. Μερικά παραδείγματα είναι τα εξής (Στεφανίδης, 2009):

- Ρόγγιασμα-κλαδοσωροί: συγκέντρωση υπολειμμάτων υλοτομιών σε κλαδοπλέγματα, σε γραμμές παράλληλα με τις ισοϋψείς.
- Κορμοδέματα: από τους κορμούς των νεκρών δένδρων που υλοτομούνται χρησιμοποιείται μόνο το κορμόξυλο, το οποίο τοποθετείται παράλληλα με τις ισοϋψείς.
- Ξυλοφράγματα: μικροκατασκευές ύψους περίπου ενός μέτρου, οι οποίες τοποθετούνται στις μικροχαρδρώσεις.

2.8. Παγκόσμια εξάπλωση της διάβρωσης και η θέση της Ελλάδας

Η περιγραφή των παραγόντων στο δίνει μια γενική ιδέα για τις συνθήκες κάτω από τις οποίες αναμένουμε υψηλότερους ρυθμούς εδαφικής διάβρωσης. Ο συνδυασμός και οι αλληλεπιδράσεις αυτών των παραγόντων και των διάφορων συνιστωσών τους είναι όμως αρκετά πολύπλοκος και δυσκολεύει την εξαγωγή συμπερασμάτων για τη χωρική διαφοροποίηση του κινδύνου διάβρωσης.

Ένα παράδειγμα που δείχνει αυτή τη δυσκολία, είναι αυτό της σχέσης της βροχόπτωσης με τη διάβρωση. Όταν αναφερόμαστε σε περιοχές με μέσο ετήσιο ύψος υετού μικρότερο των 450 χιλιοστών, φαίνεται ότι η διάβρωση αυξάνεται αναλόγως με τον υετό. Ανάμεσα όμως στα 450 και τα 600 χιλιοστά, αυτή η τάση αντιστρέφεται: η αύξηση της φυτοκάλυψης, η οποία είναι συνέπεια του πιο υγρού κλίματος, προσφέρει προστασία απέναντι στη διάβρωση και αποδεικνύεται κρισιμότερος παράγοντας από την υψηλότερη διαβρωτικότητα. Ανάμεσα στα 600 και τα 1700 χιλιοστά, η μορφή της σχέσης μεταξύ βροχόπτωσης-φυτοκάλυψης-διάβρωσης αλλάζει ακόμα μερικές φορές, ενώ άνω των 1700 χιλιοστών, ο όγκος και η ένταση της βροχόπτωσης υπερβαίνουν πλέον οριστικά την προστατευτική επίδραση της φυτοκάλυψης και η διάβρωση αυξάνεται σταθερά με την αύξηση της βροχόπτωσης (Morgan, 2005). Παρ' όλα αυτά, μπορεί κάποιος να καταλήξει στο συμπέρασμα ότι οι περιοχές του πλανήτη με ημίξηρο ή ημίυγρο κλίμα, ή τροπικό μουσωνικό κλίμα, καθώς και οι ορεινές περιοχές με ιδιαίτερα έντονο ανάγλυφο, όπως οι Άνδεις, χαρακτηρίζονται από σχετικά υψηλό κίνδυνο διάβρωσης (Morgan, 2005). Σε αυτές τις περιοχές συγκαταλέγεται και ο χώρος της Μεσογείου (Εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.2. Τρωτότητα εδαφών στην υδατική διάβρωση
 Πηγή: USDA-NRCS (<http://soils.usda.gov/use/worldsoils/mapindex/>).

2.9. Διάβρωση στην Ελλάδα

Η Ελλάδα, ως τμήμα του μεσογειακού χώρου, απειλείται και αυτή σοβαρά από τη διάβρωση. Το μεσογειακό κλίμα την ευνοεί, αφού οι σύντομες αλλά δυνατές βροχές υψηλής διαβρωτικότητας του φθινοπώρου και του χειμώνα ακολουθούν τη μακρά περίοδο ξηρασίας του καλοκαιριού, με τα εδάφη να είναι συχνά ξηρά και χωρίς επαρκή προστατευτική φυτοκάλυψη. Το έντονο ανάγλυφο του ελλαδικού χώρου ευνοεί επίσης τη διάβρωση. Πέρα από τη φυσική γεωγραφία, υπάρχει όμως και ο ανθρωπογενής παράγοντας: η έντονη ανθρώπινη επίδραση πολλών χιλιετιών και κυρίως η γεωργική χρήση, έχει οδηγήσει ήδη σε σημαντική υποβάθμιση του εδάφους, σε αντίθεση με άλλες περιοχές με παρόμοιο μεσογειακό κλίμα (Καλιφόρνια, Χιλή, Νότια Αφρική, Νοτιοδυτική Αυστραλία), όπου αυτή η επίδραση ήταν πιο περιορισμένη (Shakesby, 2011).

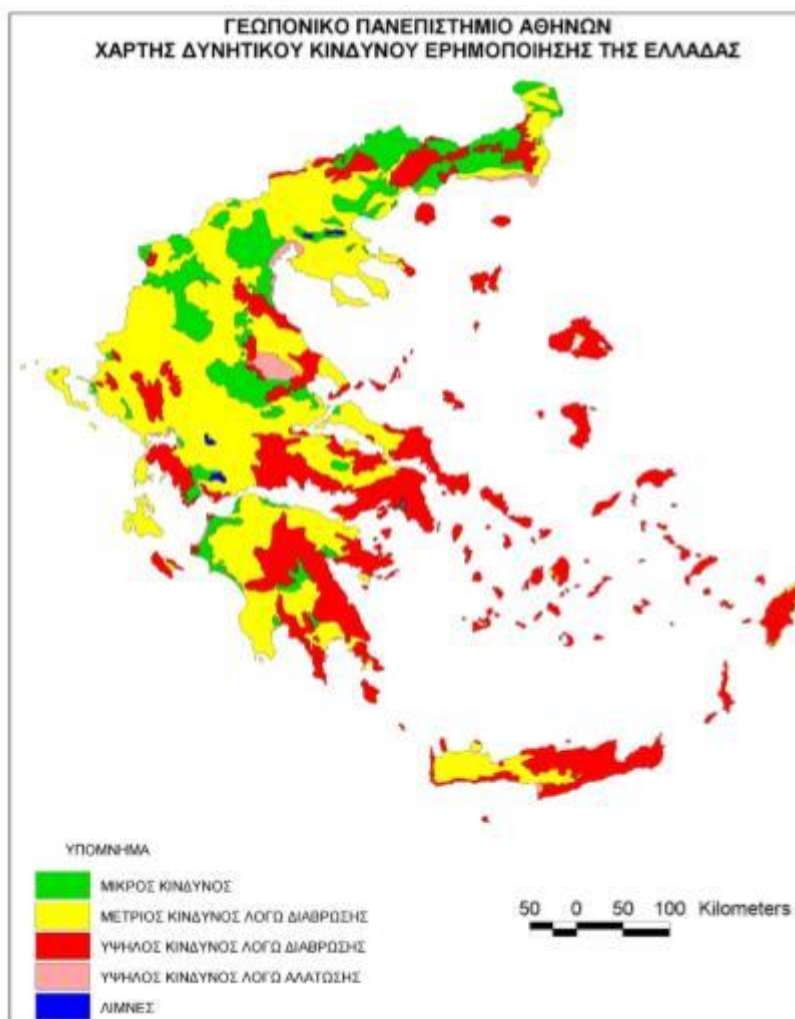
Οι ρυθμοί διάβρωσης στην Ελλάδα αυξήθηκαν σημαντικά στον προηγούμενο αιώνα, ως συνέπεια της εντατικότερης γεωργικής χρήσης. Η συχνή αφαίρεση ετήσιας βλάστησης μέσω των φυτοφαρμάκων ή της άροσης, έχει ως αποτέλεσμα το έδαφος να μένει απροστάτευτο στη μεγαλύτερη διάρκεια του χρόνου, ενώ η χρήση βαρέων γεωργικών μηχανημάτων οδηγεί σε συμπίκνωση του εδάφους, μείωση της σταθερότητας των συσσωματωμάτων και μείωση της περιεκτικότητας σε οργανική ύλη. Η εγκατάλειψη προστατευτικών μέτρων όπως οι αναβαθμίδες αυξάνει επίσης την τρωτότητα απέναντι στη διάβρωση. Η αυξημένη συχνότητα των δασικών πυρκαγιών είναι επίσης ένας σημαντικός κίνδυνος για το έδαφος, αφού αυτή ευνοεί τη διάβρωση. Η αναπλήρωση της χαμένης βλάστησης δεν είναι εύκολη υπόθεση, ιδιαίτερα σε περιοχές με ξηρό κλίμα και αβαθή εδάφη (Kosmas et al., 2006). Ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας για τις

διαφορές στη διάβρωση από περιοχή σε περιοχή, είναι το γεωλογικό υπόβαθρο. Στους μεσοζωικούς ασβεστόλιθους (κυρίως) και τα όξινα πυριγενή και μεταμορφωσιγενή πετρώματα παρατηρείται η μεγαλύτερη έκταση διάβρωσης, λόγω των ξηρών μικροκλιματικών συνθηκών που δεν ευνοούν την ανάπτυξη της βλάστησης. Οι λοφώδεις περιοχές με μητρικό πέτρωμα σχιστόλιθους, ψαμμίτες ή φλύσχη χαρακτηρίζονται μεν γενικά από χαμηλότερο κίνδυνο διάβρωσης, λόγω της υψής, της διαπερατότητάς τους και της πιο πλούσιας βλάστησης. Ο κίνδυνος όμως σε εκτάσεις πάνω σε φλύσχη αυξάνεται σημαντικά μετά την αφαίρεση της βλάστησης (π.χ. μέσω πυρκαγιάς), ιδιαίτερα μέσω χαραδρωτικής διάβρωσης και κατολισθήσεων (Kosmas et al., 2006).

Η βαθιά άροση με βαριά μηχανήματα κάθετα στις ισοϋψείς έχει οδηγήσει σε σημαντική διάβρωση μέσω άροσης. Μεγάλες ποσότητες εδάφους έχουν μεταφερθεί από τα υψηλότερα κυρτά τμήματα των πλαγιών στα χαμηλότερα κοίλα τμήματα. Εκτός από την άμεση απώλεια, εκτίθενται έτσι και τα κατώτερα στρώματα του εδάφους, τα οποία ενδέχεται να χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη διαβρωσιμότητα, στην υδατική ή αιολική διάβρωση (Kosmas et al., 2006).

Η αιολική διάβρωση είναι ένα πρόβλημα που αφορά κυρίως τα πιο ξηρά τμήματα της ελληνικής επικράτειας, ιδιαίτερα τα νησιά του Αιγαίου και τις πλαγιές με βόρειο ή βορειοανατολικό προσανατολισμό, οι οποίες είναι εκτεθειμένες στους, συχνούς κατά την ξηρή περίοδο, δυνατούς βόρειους άνεμους (Kosmas et al., 2006). Δυστυχώς, η διαθέσιμη γνώση για την αιολική διάβρωση στην Ελλάδα είναι ακόμα περιορισμένη και επομένως δύσκολα μπορούμε να μπορέσουμε να εκτιμήσουμε το πραγματικό μέγεθός της.

Οι συνέπειες της διάβρωσης του εδάφους στην Ελλάδα είναι ιδιαίτερα σοβαρές, αν συνεκτιμήσουμε το ότι τα περισσότερα εδάφη είναι ήδη αβαθή και (λόγω κλίματος και ανθρώπινης επίδρασης) φτωχά σε οργανική ύλη. Η περαιτέρω απώλεια εδάφους, ακόμα και μικρή, μπορεί εύκολα να τα καταστήσει εντελώς μη παραγωγικά για τη γεωργία ή ακόμα και γενικά μη ικανά να συντηρήσουν βλάστηση. Η διάβρωση συμβάλλει έτσι σημαντικά στην αύξηση του κινδύνου της ερημοποίησης, ο οποίος είναι ούτως η άλλως ιδιαίτερα υψηλός σε μια περιοχή με ημίξηρο κλίμα που αναμένεται με την κλιματική αλλαγή να γίνει θερμότερο και ξηρότερο. Η Αττική, με το ξηροθερμικό της κλίμα, αποτελεί μια από τις περιοχές της Ελλάδας που θεωρείται ότι απειλούνται από υψηλό κίνδυνο διάβρωσης (Εικόνα 2.5) Ο ρυθμός της υδατικής διάβρωσης διαφέρει πάντως ανάλογα με το είδος της γεωργικής χρήσης: στους αμπελώνες της Αττικής είναι κατά πολύ υψηλότερη σε σχέση με τους ελαιώνες (15-252 και 0-6 t/km²/έτος αντίστοιχα) (Kosmas et al., 2006).



Εικόνα 2.3. Χάρτης κινδύνου ερημοποίησης στην Ελλάδα. Από: Λέκκας και συν., 2015β.

2.10. Μέθοδοι αξιολόγησης κινδύνου διάβρωσης

Τα τελευταία χρόνια καταβάλλεται προσπάθεια για τη δημιουργία και ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων που να δίνουν τη δυνατότητα περιγραφής του φαινομένου της διάβρωσης. Για τον υπολογισμό της διάβρωσης του εδάφους (soil erosion) έχουν αναπτυχθεί διάφορα μοντέλα (Φλαμπούρης, 2008). Αυτά διακρίνονται κύρια σε δύο κατηγορίες, τα εμπειρικά μοντέλα (expert-based models) και τα φυσικά μοντέλα (physics-based models).

➤ Εμπειρικά μοντέλα.

Είναι τα απλούστερα

Βασίζονται πρωταρχικά στην ανάλυση των παρατηρήσεων.

Τα δεδομένα που απαιτούνται είναι συνήθως τα λιγότερα.

➤ Φυσικά μοντέλα.

Βασίζονται στην επίλυση θεμελιωδών φυσικών εξισώσεων, όπως της παροχής και της στερεοπαροχής.

Στη θεωρία, οι παράμετροι που χρησιμοποιούνται είναι μετρήσιμες και άρα «γνωστές». Πρακτικά, όμως, ο πολύ μεγάλος αριθμός των παραμέτρων που εμπλέκονται, καθώς και η ανομοιογένεια θεμελιωδών χαρακτηριστικών, ιδιαίτερα στις λεκάνες απορροής, σημαίνει ότι

αυτές οι παράμετροι πρέπει να υποστούν βαθμονόμηση (calibration) κάτι το οποίο είναι εξαιρετικά πολύπλοκο.

Τα μοντέλα διάβρωσης ή υποβάθμισης, ανεξάρτητα αν στηρίζονται στο κλίμα, στο γεωλογικό υπόστρωμα, στο ανάγλυφο ή στην κάλυψη γης, διακρίνονται, ανάλογα με τον τύπο των μεταβλητών που συμπεριλαμβάνουν, σε τέσσερις κατηγορίες (Κουράκλη & Στεφανίδης, 2011):

- 1)Στηριζόμενα σε αρχές φυσικής (φυσικά),
- 2)Στοχαστικά (εμπειρικά),
- 3)Προσδιοριστικά (αναλυτικά) και
- 4)Ημι-ποσοτικά. Φυσικά, ο διαχωρισμός των μοντέλων διάβρωσης θα μπορούσε να γίνει και με άλλα κριτήρια, πχ. την κλίμακα μεγέθους της εξεταζόμενης επιφάνειας (Mitasova et al. 1999).

Η εκτίμηση της διάβρωσης με εργασίες υπαίθρου είναι μια χρονοβόρα διαδικασία και απαιτητική από άποψη ανθρώπινων πόρων και κόστους που δύσκολα μπορεί να καλύψει το σύνολο μιας ορεινής λεκάνης απορροής, αλλά περιορίζεται σε συγκεκριμένες πειραματικές επιφάνειες της λεκάνης (Καϊκής κ.α. 1986β).

Τα σημαντικότερα μοντέλα πρόβλεψης της διάβρωσης και της υποβάθμισης που έχουν αναπτυχθεί παγκοσμίως είναι (Κουράκλη & Στεφανίδης, 2011):

- Μοντέλο της Χημικής, Απορροής και Διάβρωσης Γεωργικών Συστημάτων (Chemical Runoff and Erosion from Agricultural Systems/ **CREAM**)
- Πρόγραμμα Πρόβλεψης της Υδατικής Διάβρωσης (Water Erosion Prediction Project/ **WEPP**)
- Ευρωπαϊκό Μοντέλο Εδαφικής Διάβρωσης (European Soil Erosion Model/ **EUROSEM**)
- Γεωργικό Μη σημειακό Πρότυπο Μοντέλο (Agricultural Nonpoint Source/ **AGNPS**)
- Γενική Εξίσωση της Εδαφικής Διάβρωσης (Universal Soil Loss Equation/ **USLE**), η Αναθεωρημένη (Revised Universal Soil Loss Equation/ **RULSE**) και η Τροποποιημένη (Modified Universal Soil Loss Equation/ **MUSLE**).
- Μοντέλο Δυναμικού Διάβρωσης του Gavrilovic (**Gavrilovic Erosion Potential Method**)
- Μοντέλο της Χημικής, Απορροής και Διάβρωσης Γεωργικών Συστημάτων (Chemical Runoff and Erosion from Agricultural Systems/ **CREAM**)Αξιολογεί τις γεωργικές πρακτικές αναφορικά με τη μεταφορά ρυπογόνων ουσιών του εδάφους εξαιτίας της επιφανειακής απορροής υδάτων και του εδαφικού ύδατος που διακινείται μέσω του ριζικού συστήματος. Βασίζεται στις αρχές της φυσικής. Παρόλο που το CREAM είναι ένα μοντέλο μεταφοράς ρύπων, επειδή αυτοί συνήθως αποθηκεύονται στις φερτές ύλες. θεωρείται και μοντέλο διάβρωσης.
- Πρόγραμμα Πρόβλεψης της Υδατικής Διάβρωσης (Water Erosion Prediction Project/ **WEPP**).Βασίζεται κυρίως στις αρχές της φυσικής για την επίδραση της σταγόνας κατά τη διάρκεια μιας βροχής, την απόσπαση του εδάφους σε χειμάρρους και στην επιφάνεια ανάμεσα τους. Βασίζεται ακόμη στις αρχές της υδραυλικής πάνω στην επιφανειακή απορροή υδάτων και της στερεομεταφοράς. Οι μεταβλητές που εξετάζει είναι το κλίμα, η υδατική διείσδυση στο έδαφος, η υδατική ισορροπία, η αύξηση φυτών και η αποσύνθεση, οι γεωργικές καλλιέργειες και πρακτικές, η επιφανειακή απορροή υδάτων. η απόθεση και η μεταφορά των φερτών υλών στις διάφορες εποχές του έτους.
- Ευρωπαϊκό Μοντέλο Εδαφικής Διάβρωσης (European Soil Erosion Model/ **EUROSEM**).Στηρίζεται στις αρχές της φυσικής και είναι προσαρμοσμένο στις συνθήκες

της Κεντρικής Ευρώπης. Υπολογίζεται με τη βοήθεια ακραίων χειμαρρικών φαινομένων σε μικρές επιφάνειες ή πολύ μικρές λεκάνες απορροής προσομοιώνοντας τον τρόπο που τα ύδατα και οι φερτές ύλες κινούνται πάνω στην επιφάνεια του εδάφους. Θεωρείται αρκετά απαιτητικό μοντέλο αναφορικά με τα πρωτογενή του δεδομένα που δε δίνει πάντα ικανοποιητικά αποτελέσματα.

- Γεωργικό Μη σημειακό Πρότυπο Μοντέλο (Agricultural Nonpoint Source/ **AGNPS**). Προσδιοριστικό μοντέλο που έχει ως στόχο την πρόβλεψη της ποσότητας και ποιότητας της επιφανειακής απορροής, αλλά και τη διακίνηση φερτών υλών και χημικών ουσιών ως αποτέλεσμα γεωργικών πρακτικών. Βασίζεται σε ακραία φαινόμενα και έχει εφαρμοστεί σχεδόν αποκλειστικά στις Η.Π.Α. ενώ υπάρχουν λίγα παραδείγματα από άλλες περιοχές της Γης, όπως είναι η Ιταλία και η Γερμανία. Το μοντέλο διαχωρίζει κάθε λεκάνη απορροής σε μικρότερες δοκιμαστικές επιφάνειες και τα πρωτογενή του δεδομένα προέρχονται τόσο από χάρτες, όσο και από εργασίες υπαίθρου καθιστώντας το τελικά δύσχρηστο.
- Γενική Εξίσωση της Εδαφικής Διάβρωσης (Universal Soil Loss Equation /USLE) Πρόκειται για το πιο διαδεδομένο μοντέλο πρόβλεψης, το οποίο αναπτύχθηκε στις Η.Π.Α. με τη βοήθεια 10.000 δοκιμαστικών επιφανειών σε γεωργικές καλλιέργειες ήπιας κλίσης (ως 9%) από το 1932 ως το 1953. και επομένως κατατάσσεται στα εμπειρικά μοντέλα. Εξετάζει τη συν επίδραση του κλίματος, του εδάφους, και του ανάγλυφου με τη βλάστηση. Η Αναθεωρημένη Γενική Εξίσωση της Εδαφικής Διάβρωσης (Revised Universal Soil Loss Equation/ RUSLE) διατήρησε τη βασική μαθηματική δομή της USLE, αλλά άλλαξε την τεχνολογία υπολογισμού της κάθε μεταβλητής εισάγοντας νέα δεδομένα για συγκεκριμένες συνθήκες (πχ. για ακανόνιστες κλίσεις και κατάτμηση). Η αλλαγή αυτή μετακίνησε την USLE από τα στοχαστικά (εμπειρικά) μοντέλα στα πιο προσδιοριστικά. Να επισημανθεί ότι συχνή παρεξήγηση στην εκτίμηση της USLE είναι ο υπολογισμός της απόστασης από το εφαλτήριο της επιφανειακής απορροής των υδάτων μέχρι το σημείο που ξεκινά η εναπόθεση των φερτών υλών ή μέχρι το σημείο που η επιφανειακή απορροή εισέρχεται σε κανάλι μεγαλύτερο από αυτό της επιφανειακής διάβρωσης.
- Το 1975 εισήχθη η Τροποποιημένη Γενική Εξίσωση της Εδαφικής Διάβρωσης {Modified Universal Soil Loss Equation/ MRUSLE) η οποία μπορεί να προβλέψει την αναμενόμενη διάβρωση μετά την εκδήλωση ακραίων χειμαρρικών φαινομένων σε λοφώδεις εκτάσεις. Οι USLE, RUSLE και MRUSLE έχουν εφαρμοστεί κατά κόρον σε διάφορα μέρη της Γης παρά τους περιορισμούς εφαρμογής τους. Ενδεικτικά αναφέρονται οι Η.Π.Α., η Κίνα, η Ινδία, η Αυστραλία, η Κένυα, η Ισπανία, η Σερβία και η Ελλάδα.

USLE – RUSLE

$$E = R * K * L * S * C * P$$

E= Μέσος χρονικά και χωρικά ρυθμός απώλειας εδάφους (διάβρωση) ανά μονάδα επιφάνειας (ton x ha⁻¹ x year⁻¹)

R = ο παράγων βροχόπτωσης (MJ * mm * ha⁻¹ * hour⁻¹ * year⁻¹)

K = ο παράγων διαβρωσιμότητας του εδάφους (ton * ha * hr * ha⁻¹ * MJ⁻¹ * mm⁻¹).

L = ο παράγων του μήκους κλίσεως

S = ο παράγων κλίσεως του εδάφους

C = ο παράγων φυτοκάλυψης και διαχείρισης του εδάφους και

P = ο παράγων συμπληρωματικών έργων ελέγχου διαβρώσεων Μεσογείου (1990 - 2000).

Μέθοδος Universal Soil Loss Equation, (USLE, Wischmeier, Schmith)

(Η εξίσωση επικεντρώνεται στον προσδιορισμό της υποβάθμισης από επιφανειακή και αυλακωτή διάβρωση, που δημιουργείται σε γεωργικά εδάφη, για τα οποία παρέχει ιδιαίτερα καλά αποτελέσματα).

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \text{ (t/ha, year)}$$

Όπου

A: ετήσια γενική διάβρωση ή υποβάθμιση του εδάφους ως μέση ετήσια τιμή ή και ως μέγεθος ενός πλημμυρικού γεγονότος. Αφορά κυρίως αιωρούλικά, αφού προέρχεται από επιφανειακές και αυλακωτές διαβρώσεις.

R: συντελεστής για την διαβρωτικότητα της βροχής. Υπολογίζεται με βάση την κινητική ενέργεια και το ύψος του συνόλου των κατακρημνισμάτων του έτους από όλες τις διαβρωτικά ενεργές βροχές [(kg/m²) · (mm/h)]

K: συντελεστής για την διαβρωσιμότητα του εδάφους. Παρέχει την ετήσια υποβάθμιση δεδομένου εδάφους ανά μονάδα R στην τυπική κλιτύ, δηλαδή σ' εκείνη μήκους 22m κλίσης 9% [(t/ha) · (kg/m²) · (mm/h)].

L: συντελεστής για την επίδραση του μήκους της κλιτύος σε σχέση με την επίδραση της τυπικής κλιτύος με τις ίδιες συνθήκες.

S: συντελεστής για την επίδραση της κλίσης της κλιτύος σε σχέση με την τυπική κλιτύ υπό κλίση 9% και κάτω από τις ίδιες συνθήκες.

C: συντελεστής για την κάλυψη με βλάστηση και τον τρόπο χειρισμού της επιφάνειας. Παρέχει την σχέση της υποβάθμισης της επιφάνειας με δεδομένη καλλιέργεια (φυτά, βαθμός κάλυψης, τρόπος καλλιέργειας κλπ.) προς εκείνη της τυποποιημένης κλιτύος.

P: συντελεστής για την προστασία κατά της υποβάθμισης. Παρέχει την σχέση της υποβάθμισης με βάση τα υπάρχοντα αντιδιαβρωτικά μέτρα προς εκείνη της τυποποιημένης κλιτύος με καλλιέργεια κατά την μέγιστη κλίση και χωρίς αντιδιαβρωτικά μέτρα. Οι συντελεστές L και S με τη μορφή γινομένου (L · S) χαρακτηρίζονται ως τοπογραφικός ή μορφολογικός παράγοντας ή παράγοντας αναγλύφου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Πυρκαγιές και διάβρωση του εδάφους

3.1 Δασικές πυρκαγιές μεσογειακών οικοσυστημάτων

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν το κυριότερο πρόβλημα στα οικοσυστήματα της Μεσογειακής ζώνης, προκαλώντας έντονες διαταράξεις στο οικοσύστημα και απαιτούν μεγάλο κόστος κατάσβεσης. Συνεπώς δημιουργείται διάβρωση του εδάφους και μειώνεται η ποσότητα οργανικής ύλης των θρεπτικών στοιχείων και του αζώτου στην επιφάνεια του εδάφους, με αποτέλεσμα να εξαφανίζονται οι ευεργετικές επιδράσεις του δάσους και της βιοποικιλότητας (Ραδόγλου 2001.). Οι δασικές πυρκαγιές αναμένεται να αυξηθούν παγκοσμίως, ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής και της προβλεπόμενης αύξησης των θερμοκρασιών (Overpeck et al. 1990).

3.2. Είδη Δασικών Πυρκαγιών

Στις δασικές πυρκαγιές ξεχωρίζουμε πέντε είδη (Μαγουλάς, .2017):

1. **Την έρπουσα πυρκαγιά:** καψαλίζει τα δέντρα όταν περνά και καίγεται ο υπόροφος. Αυτό το είδος είναι κοινό στην χώρα μας.
2. **Υπόγεια πυρκαγιά:** Δημιουργείται απο ριζικό σύστημα που καίγεται κατά κανόνα υπόγεια και έχει βάθος 1-10 cm.
3. **Επικόρυφη πυρκαγιά:** καίει την κόμη των δέντρων και του υπορόφου, έχει μεγάλη ένταση και παρατηρείται συνήθως τους καλοκαιρινούς μήνες με την βοήθεια των ισχυρών ανέμων.
4. **Σημειακή πυρκαγιά:** προκαλείται απο κάφτρα και μπορεί να μετατραπεί σε οποιαδήποτε άλλη πυρκαγιά.
5. **Πυρκαγιές αστραπών:** προκαλείται από καταιγίδες μεγάλης διάρκειας με έντονες αστραπές, όπου πέφτουν σε μεμονωμένα δέντρα.

Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που συντελούν στην έναρξη μιας πυρκαγιάς. Πέρα από το είδος της φωτιάς και την ταχύτητα του αέρα, όπως αναφέραμε παραπάνω, σημαντικό ρόλο παίζουν η κλίση του εδάφους, τα κατακρημνίσματα και η σχετική υγρασία.

3.3 ΑΙΤΙΑ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ

Τα αίτια μιας δασικής πυρκαγιάς μπορούμε να τα κατηγοροποιήσουμε παρακάτω:

- Στα Φυσικά αίτια
- Ανθρωπογενή αίτια

Είναι γνωστό ότι οι δασικές πυρκαγιές μπορεί να προκληθούν από φυσικά αίτια (π.χ. κεραυνοί) ή από ανθρώπινες δραστηριότητες (κάψιμο σκουπιδιών, υπολείμματα καλλιεργειών, κλπ.). Στην Ελλάδα, ο κίνδυνος εκδήλωσης δασικής πυρκαγιάς από ανθρώπινες δραστηριότητες έχει διαπιστωθεί ότι είναι μεγάλος(Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας 2019).

Πίνακας 3.1. Προέλευση δασικών πυρκαγιών για το χρονικό διάστημα 1968-88 (προσαρμοσμένο από Γκόφας, 2001)

Φυσικά Αίτια:	2%
Ανθρωπογενή Τυχαία Αίτια:	26%
Ανθρώπινη Αμέλεια:	38%
Εμπρησμοί:	30%
Άγνωστα Αίτια:	4%

Πίνακας 3.2. Αίτια δασικών πυρκαγιών για το διάστημα 1968-88 (Καίλιδης, 1993).

α/α	Αίτια	1988		1968 - 1988
		Αριθμός	Ποσοστό	Ποσοστό
A.	Φυσικά Αίτια			
	Κεραυνοί	47	2,6	2,2
B.	Ανθρωπογενή Αίτια			
	Τυχαία	56	3,1	3,6
	1. Καλώδια ΔΕΗ	14	0,8	0,7
	2. Σπινθήρες Μηχανών	26	1,4	2,1
	3. Χρήση Εκρηκτικών	5	0,3	0,1
	4. Βολές Στρατού	11	0,6	0,7
	Αμέλειες	490	27,3	38,5
	1. Καύση Καλαμιάς	211	11,8	17,4
	2. Τσιγάρα	72	4,0	10,5
	3. Καύση Σκουπιδιών	75	4,2	4,0
	4. Εργαζόμενη στην ύπαιθρο	68	3,8	3,0
	5. Εκδρομείς	11	0,6	0,7
	6. Κυνηγοί	18	1,0	0,6
	7. Άλλα γνωστά αίτια	35	1,9	2,3
	Με πρόθεση	601	33,5	29,6
	1. Βελτίωση βοσκοτόπων	279	15,6	-
	2. Προμελετημένοι εμπρησμοί για κέρδος, εκδίκηση κτλ.	309	17,2	-
	3. Εμπρησμοί από άτομα μειωμένης διανοητικής ικανότητας :			
	• Παιδιά	6	0,3	-
	• Πυρομανείς	4	0,2	-
	• Άλλοι ψυχοπαθείς	3	0,2	-
	Άγνωστα και μη Βεβαιωμένα Αίτια	602	33,5	26,1
Γ.	Σύνολο:	1796	100,0	100,0

3.4. Διάβρωση εδάφους σε πυρόπληκτες περιοχές

Οι σχέσεις διάβρωσης, ερημοποίησης και πυρκαγιάς είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με τις περιοχές της Μεσογείου. Εκτός από ειδικές περιπτώσεις η πυρκαγιά δίνει τη δυνατότητα στο έδαφος να συγκρατεί το νερό και να αυξήσει τη γονιμότητα του, μόνο στις περιπτώσεις που η θερμοκρασία ξεπέρασε το όριο της τιμής των 4000-600 βαθμών Κελσίου η διάβρωση του εδάφους αυξήθηκε πραγματικά. Σημαντικό είναι να πούμε πως οι δασικές πυρκαγιές δεν προκαλούν στον ίδιο βαθμό τη διάβρωση χωρίς την ύπαρξη της ανθρώπινης δραστηριότητας, έτσι η παρεμπόδιση και ο μετριασμός της διάβρωσης θα μπορούσε να επιτευχθεί με την απαγόρευση κάθε είδους ανθρώπινης δραστηριότητας στις πληγείσες περιοχές, δίνοντας με αυτόν τον τρόπο τη δυνατότητα στη φύση να αναγεννηθεί, διεργασία που διαρκεί γενικά από τρία έως τέσσερα έτη.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει διάβρωση είναι η απόσπαση και η μεταφορά κομματιών του εδάφους μέσα από τη δράση του νερού και του ανέμου. Ο βαθμός με τον οποίο εμφανίζεται η διάβρωση του εδάφους σε μια πρόσφατα καμένη λεκάνη, γενικά επηρεάζεται από τα εξής(Παπαμίχος, 1990):

- Το είδος της πυρκαγιάς που έχει να κάνει με την ένταση και την έκταση.
- Τη συχνότητα της πυρκαγιάς.
- Την τοπογραφική και γεωλογική διαμόρφωση της λεκάνης, καθώς και τα χαρακτηριστικά των εδαφών της.
- Την προπυρική κατάσταση της λεκάνης.
- Τις καιρικές συνθήκες μετά την πυρκαγιά και ειδικά μετά τον πρώτο χρόνο.
- Τις χρήσεις γης και γενικά τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες μετά την πυρκαγιά.

Οι επιπτώσεις των πυρκαγιών στην υδρολογική συμπεριφορά των λεκανών ελέγχονται από διάφορους παράγοντες που σχετίζονται με την ίδια τη φύση του φαινομένου και τις αρχικές συνθήκες στην πυρόπληκτη περιοχή. Η μέγιστη θερμοκρασία της φωτιάς, το είδος της βλάστησης, ο τύπος και η ποσότητα της καύσιμης ύλης, μαζί με τις καιρικές συνθήκες ελέγχουν τη διάρκεια και την ένταση της φωτιάς, καθώς και τη μέγιστη θερμοκρασία που αναπτύσσεται στην επιφάνεια. Αυτοί οι παράγοντες (ένταση, δριμύτητα και μέγιστη θερμοκρασία της φωτιάς) καθορίζουν, ανάλογα και με την αρχική κατάσταση (κλίμα, τύπος βλάστησης, δομή και σύσταση του εδάφους), το βαθμό των επιπτώσεων στα υδρολογικά χαρακτηριστικά.

Η επιφανειακή διάβρωση από τη δράση του νερού, επηρεάζεται δραστικά από τη βαρύτητα και συνεπώς από τις κλίσεις του εδάφους. Η κλίση του εδάφους είναι βασικός παράγοντας που επηρεάζει και την διάβρωση λόγω ανέμου, ειδικά όταν προκαλούνται στροβιλισμοί (Marshall et al., 1996). Ακόμα, οι διαβρωτικές δυνάμεις στην επιφάνεια του εδάφους αυξάνονται όταν η φωτιά απογυμνώνει τη γη καταναλώνοντας τις αποθέσεις φύλλων και άλλων αποσυντεθειμένων οργανικών υλικών, αφήνοντας εκτεθειμένο το ορυκτό χώμα. Η διαβρωσιμότητα του εδάφους μπορεί επίσης να αυξηθεί εξαιτίας της εξαέρωσης του οργανικού εδαφικού υλικού (Tiedemann et al, 1979 από DeBano et al, 1998). Συνεπώς οι επιπτώσεις της φωτιάς έχουν να κάνουν και με την αύξηση της επιφανειακής διάβρωσης. Τα ποσοστά της επιφανειακής διάβρωσης μετά τη φωτιά, είναι συχνά αυξημένα σε υδροφοβικά εδάφη. Η μειωμένη διήθηση στα εδάφη αυτά και συνεπώς η επιταχυνόμενη επίγεια ροή δημιουργούν τις κατάλληλες συνθήκες για την αποκόλληση και τη μεταφορά κομματιών εδάφους. Η απωθητικότητα του νερού που προκαλεί η πυρκαγιά είναι συνήθως περιορισμένη σε περιοχές με θόλους από φυτοκάλυψη. Επομένως τα συνεχή και διαδεδομένα στρώματα που απωθούν το νερό, βρίσκονται σε περιοχές με πυκνή φυτική κάλυψη, που κάηκε ολοσχερώς, ενώ ασυνεχή στρώματα θα βρούμε σε περιοχές αραιής βλάστησης η οποία κάηκε μερικώς.

Οι πυρκαγιές μεγάλης έντασης τείνουν να επιταχύνουν την διάβρωση του εδάφους περισσότερο από την ελεγχόμενη όπως η έρπουσα, μικρής έντασης πυρκαγιά. Αυτές οι πυρκαγιές μπορούν να μετακινήσουν το εδαφικό στρώμα προστασίας, εκτεθειμένη στη διαβρωτική δράση της πρόσκρουσης σταγόνων βροχής και της επίγεια ροής (DeBano et al.,1998). Ο αντίκτυπος των σταγόνων βροχής στο ορυκτό χώμα, είναι η άμεση αποσύνδεση και μεταφορά του σε μικρές αποστάσεις (Baker, 1990). Εκτός από τη διασκόρπιση λεπτών μορίων εδάφους, οι σταγόνων βροχής σφραγίζουν το έδαφος, μειώνοντας τη διήθηση και προωθώντας την επίγεια ροή, που είναι το αίτιο για τη μεταφορά υλικού διάβρωσης σε

μεγαλύτερες αποστάσεις. Ακόμα, αξίζει να πούμε ότι η απομάκρυνση της βλάστησης διακόπτει απότομα τη διαπνοή. Ως αποτέλεσμα, αυξάνεται η διάχυτη απορροή (“Υδρολογικές απώλειες εδάφους,” n.d.), η μέγιστη παροχή των ρεμάτων κατάντη στα επιμέρους επεισόδια βροχόπτωσης και η συνολική ετήσια απορροή σε επίπεδο λεκάνης (Μιμίκου, 1994), ανάλογα με το ποσοστό της έκτασης που έχει καεί. Ιδιαίτερα κατά τις πρώτες υγρές περιόδους μετά την πυρκαγιά, οι υδρολογικές επιπτώσεις είναι ιδιαίτερα θεαματικές καθώς, ιδιαίτερα σε ξηρές και ημίξηρες περιοχές (όπως οι περιοχές Μεσογειακού τύπου) έχουν παρατηρηθεί αυξήσεις της απορροής από 11% (Anderson et al, 1976) ως 300% (Nasser, 1998) σε μεγάλες λεκάνες, μέχρι 800% (Campbell et al, 1977) σε μικρές λεκάνες και μέχρι 50000% σε στοιχειώδεις περιοχές δοκιμών (Inbar et al, 1998). Αντίστοιχη είναι και η αύξηση στις μέγιστες πλημμυρικές παροχές των ρεμάτων (από 45% μέχρι 600% για τις μεγάλες λεκάνες και μέχρι 5700% για τις μικρές. Οι Bosch & Hewlett (1982) επισημαίνουν ότι παρουσιάζεται καλή συσχέτιση μεταξύ της αύξησης της απορροής και του ποσοστού της καμένης έκτασης, ειδικά για τα δάση κωνοφόρων, ενώ η συσχέτιση μειώνεται για τα φυλλοβόλα δάση και τις θαμνώδεις εκτάσεις. Ειδικότερα, παρατηρούν μια αύξηση κατά μέσο όρο 40mm στην απορροή, για 10% μείωση της έκτασης των δασών κωνοφόρων (DeBano et al., 1967). Επιπλέον, μετά από πυρκαγιές, έχει παρατηρηθεί παράταση της στείρευσης των ποταμών και πιο ομαλή καμπύλη στείρευσης, φαινόμενο που αποδίδεται γενικά στη διακοπή της διαπνοής και τη μείωση της εξατμισοδιαπνοής συνολικά, ενώ κατά την ανάκαμψη της βλάστησης, είναι δυνατόν η εξατμισοδιαπνοή να ανέλθει σε επίπεδα υψηλότερα από ό,τι πριν την πυρκα (Batalla & Sala, 1998; Brown, 1972).

Οι φυσικοχημικές μεταβολές που επιφέρει η φωτιά στο έδαφος έχουν ως αποτέλεσμα το έδαφος να γίνεται πιο εύθρυπτο και ευδιάβρωτο, με αποτέλεσμα την απόσπαση σωματιδίων από τις βροχοπτώσεις, και τη δημιουργία αυλακώσεων στην επιφάνειά του. Σε ακραίες βροχοπτώσεις, είναι δυνατό να παρασυρθεί όλο το υπερκείμενο έδαφος πάνω από το υδρόφοβο στρώμα που σχηματίζεται σε βάθος μερικών εκατοστών. Ακόμα, εκεί όπου εκτίθεται στην επιφάνεια απευθείας το πέτρωμα, έχει παρατηρηθεί διαβρωτική δράση της φωτιάς που εκδηλώνεται κυρίως με κατασμίλευση της επιφάνειας (απόσπαση φακοειδών θραυσμάτων) και εγκάρσιες ρωγμές ανάλογα με το πέτρωμα και τη σοβαρότητα της φωτιάς (Bosch & Hewlett, 1982). Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, αυξάνονται οι ρυθμοί διάβρωσης στην πυρόπληκτη λεκάνη και η προσφορά ιζήματος κατάντη (που περιέχει πλέον αύξηση της δραστηριότητας των ριπιδίων). Επιπλέον, αυξάνεται γενικά η κατολισθητική επικινδυνότητα της περιοχής, ειδικές κατηγορίες κατολισθήσεων όπως οι λασποροές και οι ροές κορημάτων ευνοούνται ιδιαίτερα, ενώ έχει παρατηρηθεί και εδαφικός ερπυσμός εν ξηρώ. Οι επιπτώσεις αυτές, αποσβέννυνται σταδιακά σε βάθος χρόνου, ανάλογα όμως με το ρυθμό ανάκαμψης της βλάστησης στην πυρόπληκτη περιοχή, που δεν εξαρτάται μόνο από το κλίμα, αλλά σε μεγάλο βαθμό και από την ανθρώπινη δραστηριότητα που συχνά δεν επιτρέπει την ανάκαμψη (αλλαγή χρήσης, βόσκηση κ.λπ.). Αν ακολουθήσουν ξηρές περίοδοι μετά τις πυρκαγιές μπορεί να παρατείνεται η διάρκεια των επιπτώσεων, καθώς καθυστερούν την ανάκαμψη της βλάστησης (Legleiter, Lawrence, Fonstad, Marcus, & Aspinall, 2003). Στην Ελλάδα όπως και σε όλες τις άλλες μεσογειακές περιοχές η φωτιά αποτελεί τον πιο σημαντικό παράγοντα ερημοποίησης. Αυτό συμβαίνει διότι οι πυρκαγιές σημειώνονται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες με αποτέλεσμα οι βροχοπτώσεις μεγάλης έντασης που εκδηλώνονται κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου να αυξάνουν τη την απορροή και την διάβρωση (Καϊλίδης, 1993). Τέλος, αξίζει να πούμε ότι πρόσφατες μελέτες έδειξαν ότι περίπου 30% της Χώρας βρίσκεται σε μεγάλο κίνδυνο ερημοποίησης, ενώ ένα άλλο 35% σε μέτριο κίνδυνο. Σε μεγάλο κίνδυνο ερημοποίησης βρίσκεται κυρίως η ανατολική Στερεά, τμήμα της Θεσσαλίας, η Εύβοια, τα νησιά του Αιγαίου, η ανατολική Πελοπόννησος και τμήμα της Μακεδονίας.

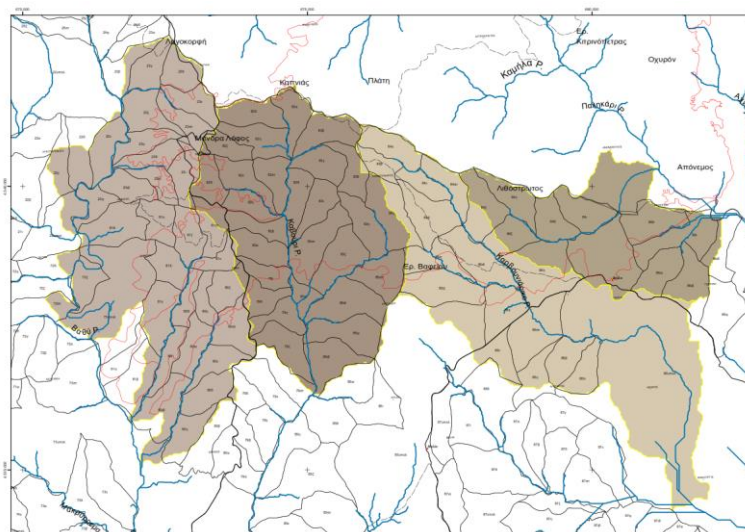
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1. Περιοχή μελέτης Εθνικού Πάρκου Δαδιάς-Λευκίμης-Σουφλίου

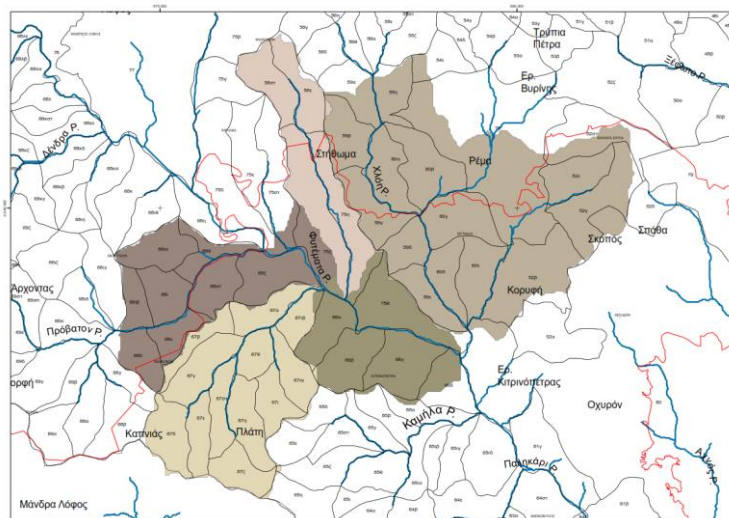
Το Εθνικό Πάρκο Δάσους Δαδιάς – Λευκίμης – Σουφλίου όπως περιγράφεται στην ιστοσελίδα του Φορέα Διαχείρισης Εθνικού Πάρκου Δαδιάς είναι μια από τις σημαντικότερες προστατευόμενες περιοχές σε εθνικό, ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο. Είναι μία από τις πρώτες περιοχές στην Ελλάδα που τέθηκαν σε καθεστώς προστασίας, καθώς εδώ συμβιώνουν και ευδοκούν συγκεντρωμένα πολλά είδη της χλωρίδας και της πανίδας της Βαλκανικής χερσονήσου, της Ευρώπης και της Ασίας. Το μωσαϊκό τοπίων που διαμορφώνεται από δάση πεύκης και δρυός, τα οποία διακόπτονται από ξέφωτα, βοσκοτόπια και καλλιεργούμενες εκτάσεις αποτελεί το ιδανικό περιβάλλον για τα αρπακτικά πουλιά. Στο Εθνικό Πάρκο συναντώνται τρία από τα τέσσερα είδη γύπα της Ευρώπης (Μαυρόγυπας, Όρνιο και Ασπροπάρης), ενώ φιλοξενεί τη μοναδική αποικία Μαυρόγυπα στα Βαλκάνια.

4.2. Γεωγραφική και πολιτική θέση

Η υπό μελέτη περιοχή αποτελείται από τμήματα των λεκανών απορροής των ρεμάτων Καβούρι, Βαθύ, Κουτσό, Καρβουνιάρης, Παλικάρι (Κιτρινόπετρας), Χλόη, Φυτέματα και Πρόβατο. Βρίσκεται μέσα στα διοικητικά όρια των Δήμων Αλεξανδρούπολης και Σουφλίου, στο Νομό Έβρου, βόρεια των οικισμών Μελία και Κοίλα και δυτικά του οικισμού Λευκίμης. Απέχει σε ευθεία απόσταση 30 km βορειανατολικά της Αλεξανδρούπολης. Οι λεκάνες απορροής της περιοχής μελέτης φαίνεται στις εικόνες 4.1 και 4.2.



Εικόνα 4.1 λεκάνη απορροής περιοχής Αλεξανδρούπολης(Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)



Εικόνα 4.2 λεκάνη απορροής περιοχής Σουφλίου(Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)

Η μελετώμενη περιοχή υπάγεται (Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου):

Δασικά: στα Δασαρχεία Αλεξ/πολης και Σουφλίου, στη Διεύθυνση Δασών Νομού Έβρου και στη Δ/ση Συντονισμού & Επιθεώρησης Δασών Μακεδονίας Θράκης.

Διοικητικά: στο Δήμο Αλεξανδρούπολης και στο Δήμο Σουφλίου, Ν. Έβρου.

Δικαστικά: στο Ειρηνοδικείο Σουφλίου, στο Πρωτοδικείο Αλεξ/πολης και στο Εφετείο Κομοτηνής

Οικονομικά: στην Δημόσια Οικονομική Εφορία Αλεξανδρούπολης και Σουφλίου

Πυροσβεστικά: στο Πυροσβεστικό Κλιμάκιο Σουφλίου και στη Πυροσβεστική υπηρεσία Αλεξανδρούπολης

4.3. Ιδιοκτησιακό καθεστώς

Η υπό μελέτη περιοχή είναι κυρίως Δημόσια με την ύπαρξη ιδιόκτητων αγροτικών εκτάσεων.

4.4. Όρια έκτασης καμένης περιοχής

Η έκτασή της καμένης περιοχής ανέρχεται σε 60.630 στρέμματα. Η κατανομή των εν λόγω εκτάσεων κατά μορφή χρήσης γης φαίνεται στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1. Κατανομή των λεκανών απορροής της καμένης περιοχής κατά μορφή χρήσης γης (Ha). (Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)

Λεκάνη απορροής	Δάσος	Υπόλοιπη έκταση	Συνολική έκταση
Κουτσό (A01)	1.479,77	24,10	1.503,87
Καβούρι (A02)	1.262,68	37,50	1.300,18
Καρβουνιάρης (A03)	977,28	401,30	1.378,58
Φρούριο (A04)	443,54	226,52	670,06
Χλόη (S01)	781,94	189,30	971,24

Λεκάνη απορροής	Δάσος	Υπόλοιπη έκταση	Συνολική έκταση
Στήθωμα (S02)	192,16	40,37	232,53
Πλάτη (S03)	259,44	30,96	290,40
Φυτέματα (S04)	451,15	13,48	464,63
Πρόβατο (S05)	340,69	28,34	369,02
Καμήλα (S07)	429,82	25,69	455,51
Σύνολα	6.618,46	1.017,56	7.636,02

4.5. Ορεογραφική και τοπογραφική διαμόρφωση

Η μελετώμενη περιοχή μπορεί να χαρακτηριστεί από ημιορεινή έως ορεινή. Το ανώτατο υψόμετρο είναι τα 434 μέτρα στην κορυφή «Μάνδρα Λόφος». Το τοπογραφικό ανάγλυφο είναι έντονο, με ρέματα που έχουν λεκάνες απορροής επιμήκεις, με ροή από ΒΔ προς ΝΑ και αυλακώνουν την περιοχή δημιουργώντας συνεχή εναλλαγή ραχών και μισογαγγειών. Η γενική έκθεση της υπό μελέτη περιοχής είναι νότια, ενώ από τις υπόλοιπες εκθέσεις η περισσότερο σπάνια είναι η βόρεια.

Τα ρέματα της μελετώμενης έκτασης έχουν κατεύθυνση ΒΔ – ΝΑ όλα περιοδικής ροής.

Οι κλίσεις που επικρατούν είναι ως επί το πλείστον ήπιες ενώ στις κλιθείς των ρεμάτων γίνονται απότομες. Ακολουθεί ο σχετικός Πίνακας κατανομής κλίσεων, που αφορά στις λεκάνες απορροής των ρεμάτων της καμένης περιοχής, μιας και εκεί η εγκάρσια κλίση του εδάφους είναι καθοριστική για το είδος της επέμβασης.

Πίνακας 4.2. Κατανομή των κλίσεων στις λεκάνες απορροής της καμένης περιοχής (Ha) (Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)

Λεκάνη απορροής	0-35%	35-70%	>70%
Κουτσό (A01)	331,94	133,07	13,80
Καβούρι (A02)	618,59	216,98	20,46
Καρβουνιάρης (A03)	378,15	39,94	2,31
Φρούριο (A04)	384,93	66,58	3,31
Χλόη (S01)	444,10	126,84	3,12
Στήθωμα (S02)	87,59	34,77	1,64
Πλάτη (S03)	198,95	87,14	4,31
Φυτέματα (S04)	330,84	128,34	5,48
Πρόβατο (S05)	105,19	48,84	7,10
Καμήλα (S07)	381,44	70,42	3,67
Σύνολα	3.261,72	952,92	65,20

4.6. Υδρολογία των λεκανών

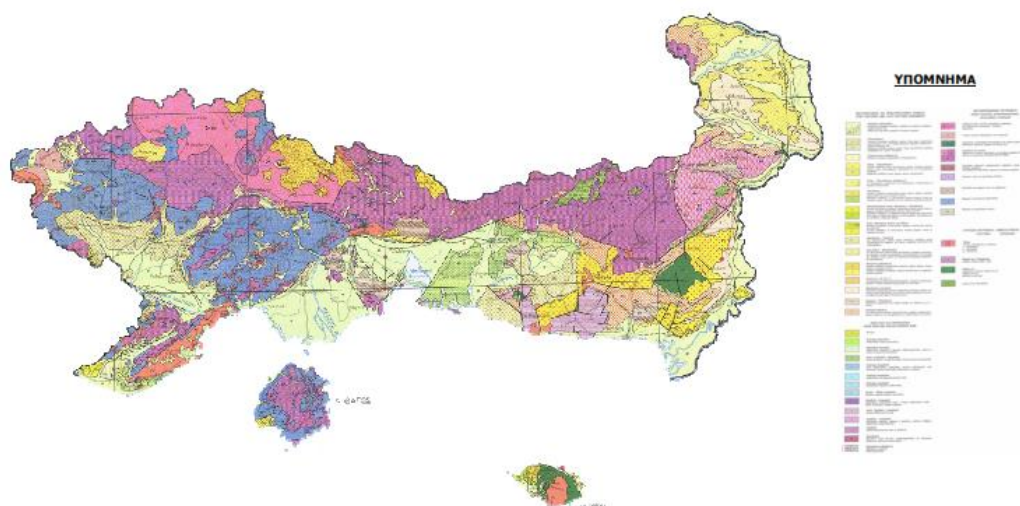
Από υδρολογικής άποψης οι λεκάνες απορροής της περιοχής υπάγονται στους εξής χείμαρρους:

- Καβούρι
- Καρβουνιάρικο
- Κουτσό
- Φυτέματα
- Χλόη
- Πρόβατο
- Καμήλα

Η κάθε λεκάνη διαθέτει ένα δικό της υδρογραφικό δίκτυο αποτελούμενο από την κεντρική κοίτη και τους επί μέρους κλάδους. Το σύνολο των κλάδων των ρεμάτων παρουσιάζονται στις εικόνες 4.1 και 4.2 . Για την διευκόλυνση της περαιτέρω ανάπτυξης και εκτέλεσης των έργων σε κάθε λεκάνη δίδεται η ονομασία του αντίστοιχου ρέματος, το οποίο με τη σειρά του ονοματίζεται από κάποιο χαρακτηριστικό στοιχείο ή τοπωνύμιο.

4.7 Γεωλογικές-Πετρογραφικές-Εδαφολογικές συνθήκες

Από γεωμορφολογικής άποψης η περιοχή ανήκει στο ορεινό συγκρότημα της Ροδόπης (εικόνα 4.3).



Σχήμα 2: Απόσπασμα Γεωλογικού Χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. (αρχικής κλίμακας 1:500.000)

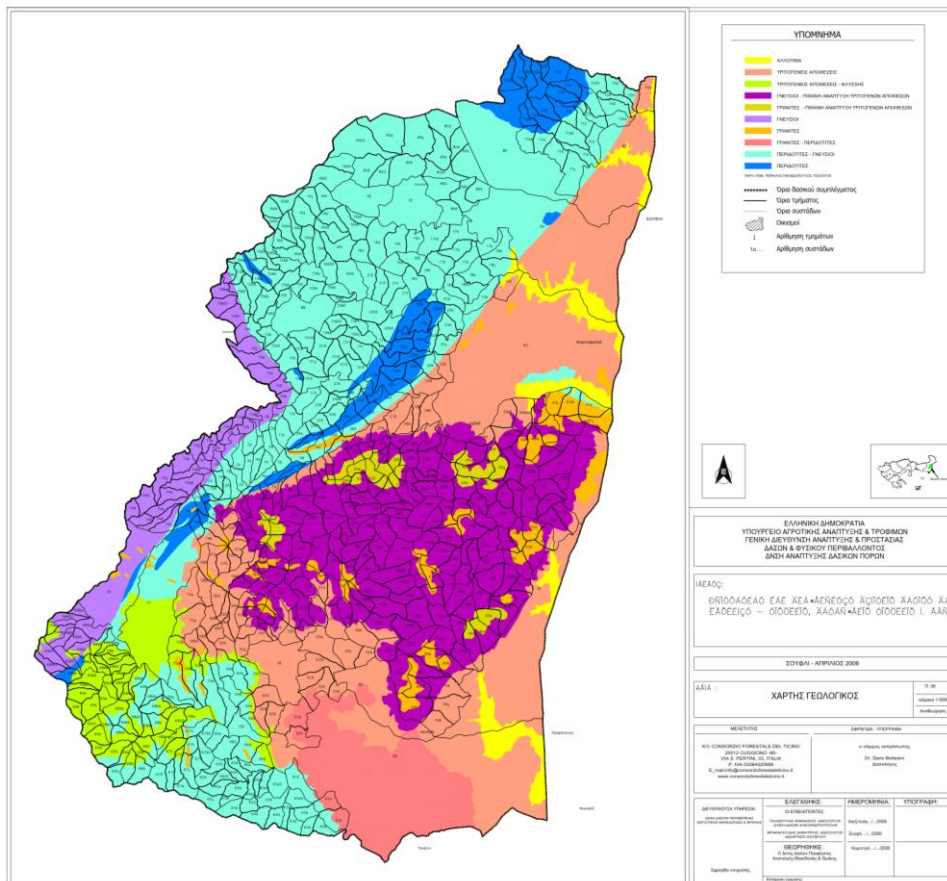
Εικόνα 4.3 Γεωλογικός χάρτης Θράκης(Από Τροποποίηση Περιφερειακού Σχεδιασμού Διαχείρισης Απορριμμάτων Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας Θράκης Απόσπασμα Γεωλογικού Χάρτη Ελλάδας από Ι.Γ.Μ.Ε (αρχικής κλίμακας 1:500000)

Τα πετρώματα που επικρατούν στην περιοχή ανήκουν σε δύο κατηγορίες:

α) τα **ιζηματογενή** της τριτογενούς περιόδου (ασβεστόλιθος, αλλούβια, φλύσχης και τριτογενείς αποθέσεις) που προέρχονται από την διατάραξη της ισορροπίας των γεωλογικών στρωμάτων κατά την τριτογενή περίοδο όπως και μεταγενέστερα και

β) στα **πυριγενή** (γρανίτης) που έχουν ηφαιστειογενή προέλευση (έχουν σχηματιστεί από το διάπυρο υλικό που στερεοποιήθηκε σε μεγάλο βάθος).

Από τα **ιζηματογενή** πετρώματα οι *τριτογενείς αποθέσεις* κυριαρχούν στο σύνολο της περιοχής. Τα *αλλούβια* (ιζήματα που μεταφέρονται από ποτάμια και αποθέτονται) υπάρχουν σε αρκετά μεγάλες εκτάσεις σαν βασικό πέτρωμα, κυρίως στα νότια και στα νοτιοανατολικά, από την περιοχή των Φερών μέχρι την Αλεξανδρούπολη. Ο σκληρός *ασβεστόλιθος* (χημικό – βιογενές ιζήμα) παρατηρείται σε μικρό ποσοστό στην περιοχή της Νίψας και δυτικά μέχρι την Μάκρη. Επίσης σε μικρές εκτάσεις απαντούν οι *άμμοι*, οι *ψαμμίτες* (κλαστικά ή μηχανικά ιζήματα), οι *κροκάλες* και ο *φλύσχης* (έντονα τεκτονισμένος σχηματισμός) στα βόρεια του συμπλέγματος στην περιοχή Αισύμης (εικόνα 4.4). Στις περιπτώσεις αυτές η δασική βλάστηση συνίσταται κυρίως από αείφυλλα πλατύφυλλα. Το έδαφος που προέρχεται από αυτό το μητρικό υλικό είναι μέτρια βαθύ, με μικρή παρουσία βράχου, στρωσιγενή όψη και μέτρια διάβρωση. Σε τέτοια εδάφη παρατηρούνται χορτολίβαδα και καλλιεργημένες εκτάσεις. Ο γνεύσιος εμφανίζεται με διάφορες μορφές και συγκεκριμένα ως χονδρόκοκκος, με σχιστότητα που διακρίνεται δύσκολα από αυτή του σχιστόλιθου και ως λεπτόκοκκος. Τα εδάφη που προέρχονται από το γνεύσιο είναι σχετικά εύφορα, αργιλοαμμώδη έως αμμοαργιλλώδη, με λίγο ασβέστιο(Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου).



Εικόνα 4.4 Γεωλογικός χάρτης περιοχής μελέτης(Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)

Τα **πυριγενή** - γρανιτικά πετρώματα βρίσκονται στην επιφάνεια του δασικού εδάφους λόγω διάβρωσης και είναι εξαιρετικά σκληρά. Στην περιοχή υπάρχουν σε δύο περιοχές. Η πρώτη ξεκινά βόρεια της Αισύμης και συνεχίζει νοτιοανατολικά προς Φέρες και Λουτρά. Η δεύτερη είναι

μικρότερη και βρίσκεται δυτικά προς την Συκοράχη. Τα πετρώματα αυτά χαρακτηρίζουν βαθιά εδάφη, με μέτρια διάβρωση και αποστρογγυλωμένες κορυφές.

4.8. Κλιματικές συνθήκες

Οι κλιματικές και μετεωρολογικές συνθήκες της έκτασης που μελετάται, επειδή δεν υπάρχει μετεωρολογικός σταθμός στη περιοχή, αποδεχόμαστε ότι προσομοιάζουν με αυτές των γειτονικών μετεωρολογικών σταθμών της Αλεξανδρούπολης και του Σουφλίου.

Τα στοιχεία προέρχονται από τον Μετεωρολογικό Σταθμό Αλεξανδρούπολης (περιοχή αεροδρομίου) και αφορούν στην περίοδο 1974 – 1997. Ωστόσο, λήφθηκαν υπόψη και τα κλιματικά δεδομένα των ετών 1951 – 1989 καθώς και στοιχεία μετεωρολογικά - κλιματικά περασμένων δεκαετιών όσον αφορά κυρίως στους παγετούς και στο ύψος βροχής (κατακρημνισμάτων).

4.8.1 Θερμοκρασία αέρα

Στους πίνακες που ακολουθούν αναφέρονται οι πραγματικές μετρήσεις από τον μετεωρολογικό σταθμό της Αλεξανδρούπολης.

Πίνακας 4.3. Μεση Μηνιαία Θερμοκρασία (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)

Μήνας	Μέση μηνιαία	Απόλυτη μέγιστη	Απόλυτη ελάχιστη	Μέση μέγιστη	Μέση ελάχιστη
Ιανουάριος	4,829	15,267	-6,767	8,629	1,029
Φεβρουάριος	5,554	16,125	-6,542	9,504	1,479
Μάρτιος	8,425	19,083	-3,792	12,329	3,563
Απρίλιος	12,929	23,117	0,542	17,067	6,754
Μάιος	18,246	28,400	5,263	22,375	11,154
Ιούνιος	23,150	33,208	9,658	27,217	14,938
Ιούλιος	25,663	35,050	12,658	30,113	17,371
Αύγουστος	25,071	34,400	12,088	30,013	17,175
Σεπτέμβριος	20,938	31,267	7,775	26,292	13,775
Οκτώβριος	15,558	27,275	2,496	20,342	10,117
Νοέμβριος	10,208	20,658	-2,158	14,217	6,096
Δεκέμβριος	6,708	16,367	-5,000	10,371	3,013

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι επικρατούσες θερμοκρασίες για ολόκληρο το έτος.

Πίνακας 4.4. Ετήσια Θερμοκρασία (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)

Μέση ετήσια	14,773
Απόλυτη μέγιστη	25,018
Απόλυτη ελάχιστη	-2,004
Μέση μέγιστη	19,039
Μέση ελάχιστη	8,872

Πίνακας 4.5. Σχετικοί υγρασία (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)

Μήνας	Σχετική υγρασία αέρος		Μέση σχετική υγρασία
	1951 – 1989	1974 - 1997	1951 – 1997
Ιανουάριος	76,2	74,467	75,333
Φεβρουάριος	74,2	71,650	72,925
Μάρτιος	72,9	71,921	72,411
Απρίλιος	70,9	70,671	70,785
Μάιος	69,5	67,125	68,312
Ιούνιος	61,6	60,083	60,841
Ιούλιος	54,5	54,450	54,475
Αύγουστος	54,1	55,008	54,554
Σεπτέμβριος	59,8	59,713	59,756
Οκτώβριος	64,1	67,621	65,861
Νοέμβριος	75,7	73,713	74,706
Δεκέμβριος	76,9	76,329	76,614

Από τα παραπάνω στοιχεία η μικρότερη μέση μηνιαία σχετική υγρασία αέρα που παρατηρήθηκε στην Αλεξανδρούπολη ήταν 46,8% (Αύγουστος του 1974). Λαμβάνοντας υπόψη συγκριτικά και τα στοιχεία παλαιότερων δεκαετιών έχουμε την μικρότερη μέση σχετική υγρασία του αέρα να εμφανίζεται τον Αύγουστο του 1962 που ήταν 42%.

Η μεγαλύτερη μέση μηνιαία σχετική υγρασία αέρα στην Αλεξανδρούπολη ήταν 82,7% (Δεκέμβριο του 1981). Από τα υπάρχοντα δεδομένα παρουσιάζεται μεγαλύτερη μέση μηνιαία σχετική υγρασία αέρος για την Αλεξανδρούπολη που ήταν 84% (Φεβρουάριος του 1969).

Από τις παρατηρήσεις και τις μετρήσεις του μετεωρολογικού σταθμού της Αλεξανδρούπολης οι μέρες μερικού και ολικού παγετού παρουσιάζονται αντίστοιχα στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 4.6. Μηνιαίες τιμές Παγετού (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)

Μήνας	Μέρες μερικού παγετού	Μέρες ολικού παγετού
Ιανουάριος	13,125	0,750
Φεβρουάριος	10	1,042
Μάρτιος	5,375	0,500
Απρίλιος	0,458	0,083
Μάιος	0	0
Ιούνιος	0	0
Ιούλιος	0	0
Αύγουστος	0	0
Σεπτέμβριος	0	0
Οκτώβριος	0,2917	0,042
Νοέμβριος	4,083	0,042
Δεκέμβριος	8,167	0,583

Από τα στοιχεία που εμφανίζονται στον παραπάνω πίνακα οι μερικοί και οι ολικοί παγετοί παρουσιάζονται από τον μήνα Οκτώβριο έως και τον Απρίλιο.

Από υπάρχουσες παλαιότερες παρατηρήσεις οι μερικοί παγετοί εμφανίζονται κατά τους μήνες από Οκτώβριο – Απρίλιο, ενώ οι ολικοί από τον Δεκέμβριο – Μάρτιο.

4.8.2 Καταιγίδες

Από μετεωρολογικά δεδομένα παλαιότερων ετών (1951-1989) παρατηρούμε ότι οι καταιγίδες εμφανίζονται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους όπως ακριβώς εμφανίζονται και κατά την νεότερη περίοδο (1974 - 1997), με την διαφορά όμως ότι παλαιότερα ο συνολικός αριθμός καταιγίδων σε ετήσια βάση ήταν 32,7 ημέρες και με μέση συχνότητα 2,5 ημέρες κατά μήνα, σε αντίθεση με τις νεότερες μετρήσεις όπου οι καταιγίδες εμφανίζονται με **συνολικό αριθμό ημερών 24,27** σε ετήσια βάση και **μέση συχνότητα 2,023 ημερών κατά μήνα**. Κατά τούς μήνες Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο και Δεκέμβριο παρατηρείται η μέγιστη συχνότητα.

Πίνακας 4.7. Ημέρες καταιγίδας (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)

Μήνας		Μήνας	
Ιανουάριος	4,042	Ιούλιος	2,583
Φεβρουάριος	0,667	Αύγουστος	2,250
Μάρτιος	1,125	Σεπτέμβριος	1,708
Απρίλιος	1,958	Οκτώβριος	2,250
Μάιος	2,708	Νοέμβριος	2,125
Ιούνιος	3,833	Δεκέμβριος	1,875

4.8.3 Κατακρημνίσματα

Ύψος βροχόπτωσης

Πίνακας 4.8. Ύψος βροχοπτώσεων / ανά μήνα (mm) (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)

Μήνας	Συνολικό ύψος βροχής	Μέγιστο 24ωρου
Ιανουάριος	61,6	81,9
Φεβρουάριος	56,5	69,6
Μάρτιος	48,6	77
Απρίλιος	39,6	47,8
Μάιος	34,7	39,2
Ιούνιος	29,5	72,0
Ιούλιος	19,3	39,3
Αύγουστος	13,0	63,5
Σεπτέμβριος	26,9	64,9
Οκτώβριος	50,5	93,8
Νοέμβριος	88	88,7
Δεκέμβριος	85	140,2

Ημέρες βροχής, χιονιού, χαλάζης, πάχνης κ.λ.π.

Όπως προκύπτει από τις μετρήσεις του μετεωρολογικού σταθμού της Αλεξανδρούπολης, οι μέρες βροχόπτωσης, βροχής, χιονιού, χαλάζης, δροσιάς, ομίχλης και πάχνης είναι οι εξής:

Πίνακας 4.9. μέρες βροχόπτωσης, βροχής, χιονιού, χαλάζης, δροσιάς, ομίχλης και πάχνης (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)

Μήνας	Μέρες βροχής	Μέρες χιονιού	Μέρες χαλάζης	Μέρες δροσιάς	Μέρες ομίχλης	Μέρες πάχνης
Ιανουάριος	10,8	3,1	0,2	0,9	1,4	2,4
Φεβρουάριος	9,2	2,4	0,3	1,3	0,7	1,5
Μάρτιος	9,6	1,5	0,1	1,9	0,7	1,1
Απρίλιος	10,1	0	0,1	2,0	0,4	0
Μάιος	9,7	0	0,1	0,9	0,4	0
Ιούνιος	6,8	0	0,1	0,3	0,1	0
Ιούλιος	4,1	0	0	0,1	0	0
Αύγουστος	3,1	0	0	0,1	0	0
Σεπτέμβριος	4,0	0	0	0,6	0,1	0
Οκτώβριος	7,4	0	0,1	2,1	0,4	0,1
Νοέμβριος	10,4	0,1	0,1	2,6	0,9	1,2
Δεκέμβριος	12,1	1,4	0	1,6	1,2	2,2

Πίνακας 4.10. Ετήσιες τιμές βροχόπτωσης, βροχής, χιονιού, χαλάζης, δροσιάς, ομίχλης και πάχνης (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών Έβρου)

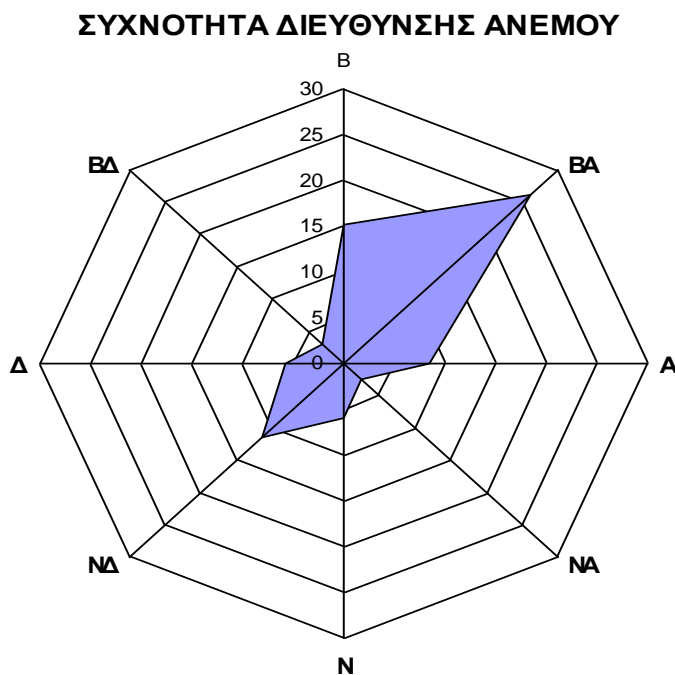
	1951 – 1989	1974 - 1997	1951 – 1997
Συνολικό μέσο ύψος βροχόπτωσης σε mm	564,50	553,20	558,85
Σύνολο ημερών βροχής	102,00	97,30	99,65
Σύνολο ημερών χιονιού	9,10	8,50	8,80
Σύνολο ημερών χαλάζης	1,50	1,10	1,30
Σύνολο ημερών δροσιάς	17,60	14,40	16,00
Σύνολο ημερών ομίχλης	6,20	6,30	6,25
Σύνολο ημερών πάχνης	9,80	8,50	9,15

Παρατηρούμε ότι το χιόνι εμφανίζεται κατά τους μήνες Νοέμβριο έως τον Απρίλιο, το χαλάζι σε όλη τη διάρκεια του χρόνου εκτός από τους μήνες Ιούνιο μέχρι και το Σεπτέμβριο, η δροσιά σε όλη τη διάρκεια του χρόνου και η πάχνη κατά τους μήνες Σεπτέμβριο μέχρι και Μάιο.

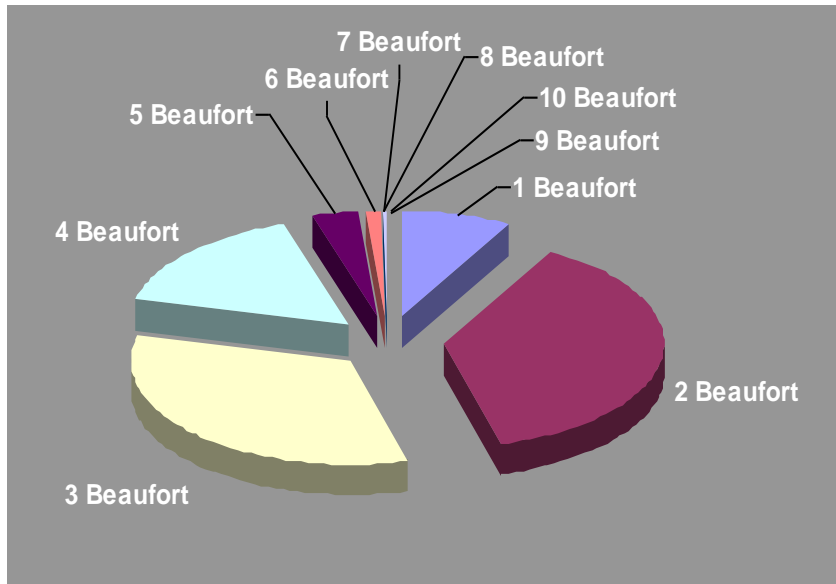
4.8.4 Άνεμοι

Από τις μετρήσεις του μετεωρολογικού σταθμού της Αλεξανδρούπολης οι κυριότεροι άνεμοι είναι αυτοί που παρουσιάζονται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα με την αντίστοιχη κατάσταση θάλασσας σε κλίμακα Beaufort.

Διάγραμμα 4.1. Συχνότητα Διεύθυνσης Ανέμου (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών)



Διάγραμμα 4.2. Συχνότητα Τιμών Ανέμου (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών)



Από τα στοιχεία που υπάρχουν παρατηρούμε ότι οι άνεμοι που επικρατούν στη περιοχή είναι κυρίως Βορειοανατολικής διεύθυνσης με δευτερεύοντες τους Βόρειους.

4.8.5. Νέφωση

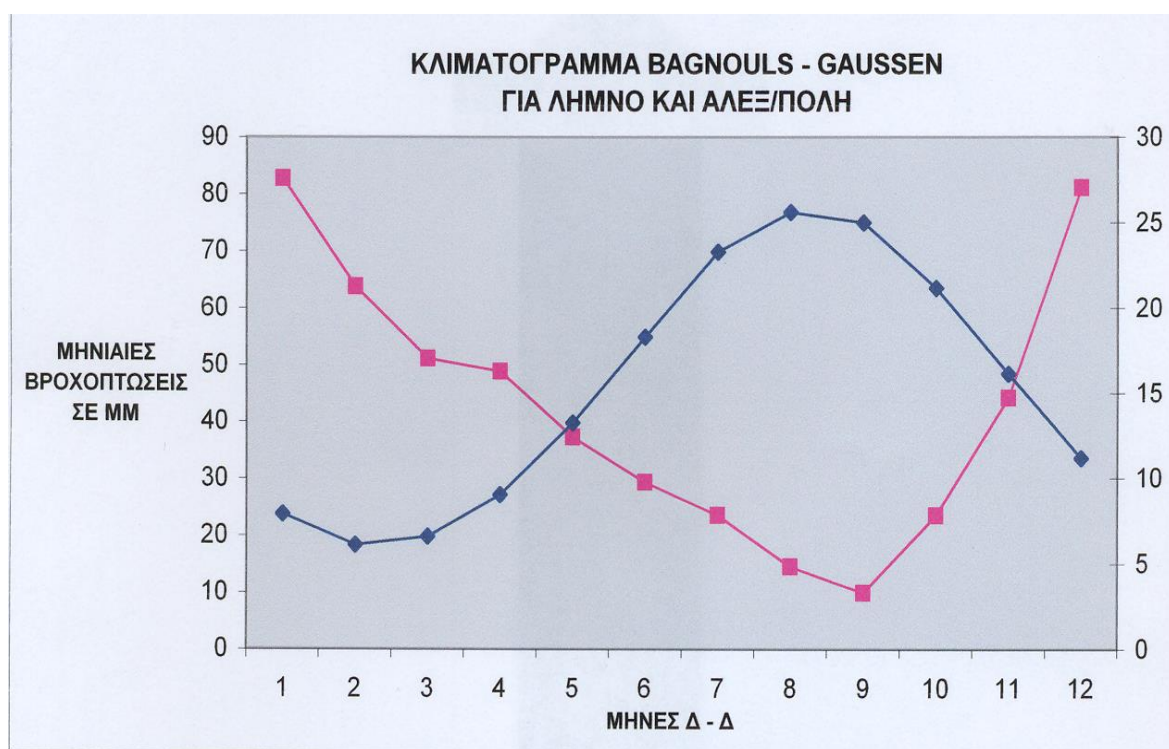
Η μέση τιμή της νέφωσης για όλο το χρόνο είναι 10,143 όγδοα. Επίσης παρατηρείται ότι η ελάχιστη νέφωση εμφανίζεται κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο και η μέγιστη κατά το μήνα Ιανουάριο.

Παρατηρείται αύξηση του μέσου όρου της νέφωσης κατά την παρούσα περίοδο (1974 – 1997) για τον σταθμό της Αλεξανδρούπολης, από τις αντίστοιχες μετρήσεις (1951 - 1989), η οποία υπερβαίνει το διπλάσιο χωρίς να αλλάζουν σημαντικά οι μέρες νέφωσης.

Εφαρμογή κλιματογράμματος Bagnoulis – Gausсен

Από τα παραπάνω μετεωρολογικά στοιχεία του σταθμού της Αλεξανδρούπολης και ειδικότερα από τα στοιχεία της θερμοκρασίας του αέρα και του ύψους των βροχοπτώσεων, προκύπτει με την εφαρμογή του κλιματογράμματος Bagnoulis-Gausсен ότι η ξηρή περίοδος στη περιοχή που μελετάται περιλαμβάνεται μεταξύ των μηνών Μαΐου, Ιουνίου, Ιουλίου, Αυγούστου, Σεπτεμβρίου και Οκτωβρίου.

Διάγραμμα 4.3. Κλιματογράμμα Bagnoulis-Gausсен (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών)



Παρατηρούμε δηλαδή ότι η ξηρά περίοδος αρχίζει όταν ο αριθμός που εκφράζει το συνολικό ύψος της βροχόπτωσης σε mm είναι διπλάσιος του αριθμού που εκφράζει τη μέση θερμοκρασία αέρος σε βαθμούς Κελσίου και διατηρείται σε ολόκληρη τη περίοδο μικρότερος του διπλάσιου του αριθμού της θερμοκρασίας.

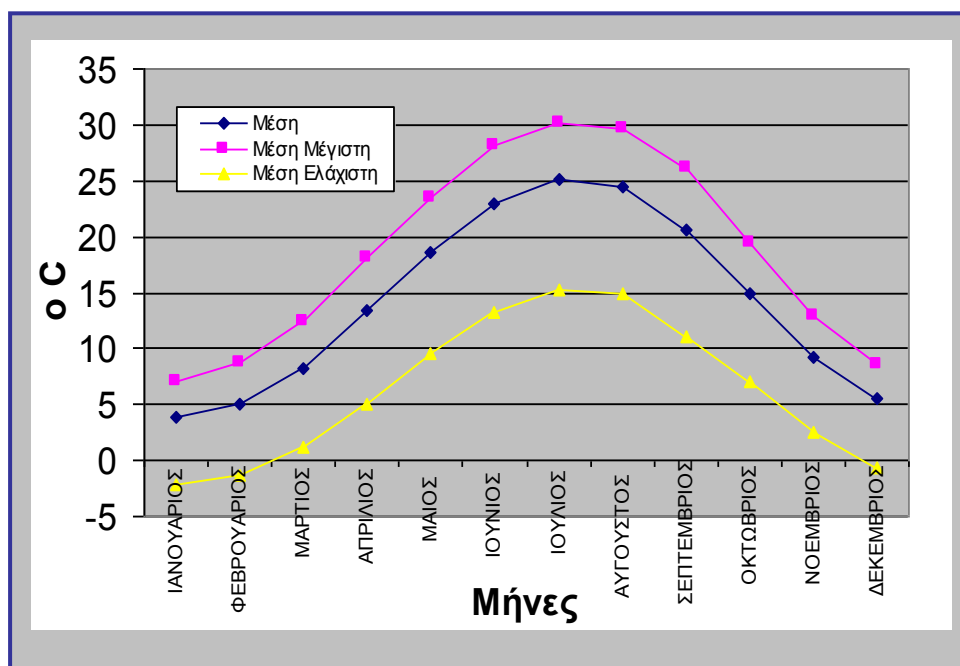
Επειδή όμως κατά το μήνα Μάιο υπάρχει στο έδαφος αρκετό απόθεμα νερού παραδεχόμαστε ως ξηρή περίοδο το χρονικό διάστημα μεταξύ των τεσσάρων μηνών Ιουνίου, Ιουλίου, Αυγούστου και Σεπτεμβρίου.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού του Σουφλίου ο οποίος διαθέτει στοιχεία για την περιοχή μελέτης αλλά και για την ευρύτερη περιοχή του Νομού Έβρου για την περίοδο 1973-1997 έχουμε:

4.8.6. Θερμοκρασία

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Μ. Σ. Σουφλίου, παρατηρούμε ότι ο θερμότερος μήνας στην περιοχή είναι ο Ιούλιος με μέση θερμοκρασία 25,1°C και ακολουθεί ο Αύγουστος με 24,4°C ενώ ο ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος με μέση θερμοκρασία 3,8°C .Το μέσο ετήσιο θερμοκρασιακό εύρος είναι 21,3°C . Η μεγαλύτερη θερμοκρασία (απόλυτη μέγιστη) έχει παρατηρηθεί κατά το μήνα Ιούλιο με 39,8°C και ακολουθούν ο Αύγουστος με 38,2°C και ο Ιούνιος με 36,8°C ενώ η μικρότερη (απόλυτη ελάχιστη) κατά το μήνα Ιανουάριο με -19,2°C και ακολουθούν οι Φεβρουάριος/Δεκέμβριος με -5,8°C.

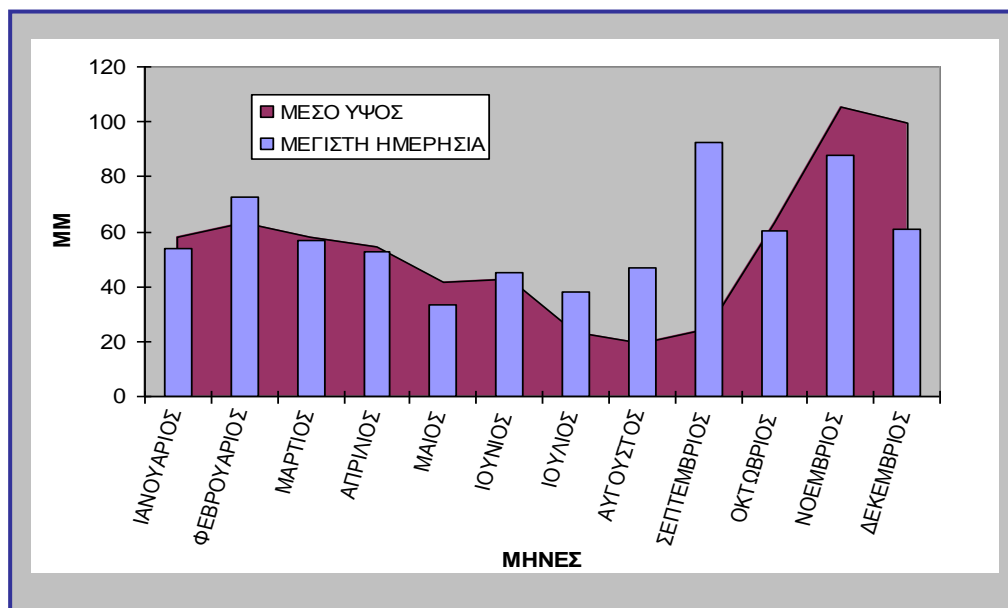
Διάγραμμα 4.4. Μηνιαία διακύμανση θερμοκρασίας (Μ. Σ. Σουφλίου, 1974-1997)(Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών)



4.8.6. Βροχοπτώσεις

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής ανέρχεται σε 652,9mm ενώ η μέγιστη ημερήσια τιμή παρατηρείται κατά το μήνα Σεπτέμβριο και φθάνει τα 92,3mm. Ο ξηρότερος μήνας είναι ο Αύγουστος με 19,6mm μέσο ύψος βροχής και υγρότερος (βροχερότερος) ο Νοέμβριος με 105,3mm μέσο ύψος βροχής. Οι βροχερότεροι μήνες είναι οι Δεκέμβριος, Νοέμβριος και Φεβρουάριος ενώ η μεγαλύτερη ποσότητα βροχής (πάνω από 65%) συγκεντρώνεται κατά τη διάρκεια της περιόδου από Οκτώβριο μέχρι Μάρτιο.

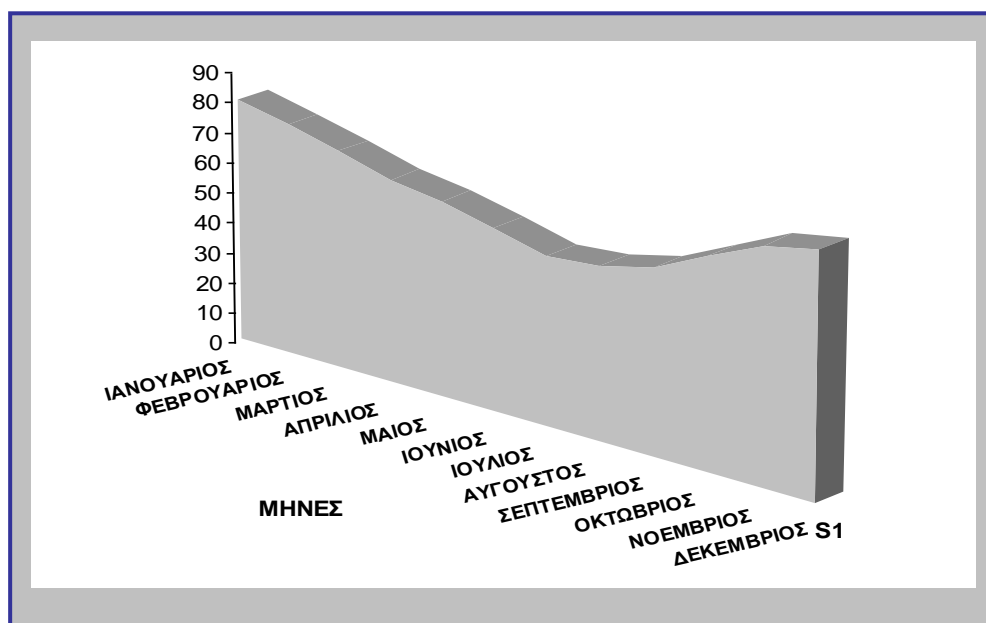
Διάγραμμα 4.5. Ετήσιο ύψος βροχής (Μ. Σ. Σουφλίου, 1974 - 1997) (Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών)



4.8.7 Υγρασία

Από τα στοιχεία που μας παρέχονται προκύπτει ότι το εύρος διακύμανσης της υγρασίας στο Μ. Σ. Σουφλίου κατά την περίοδο 1974-1997 είναι σχετικά μικρό.

Διάγραμμα 4.6. Μηνιαία Μέση Σχετική Υγρασία (Μ. Σ. Σουφλίου, 1974 - 1997)(Από Μελέτη αποκατάστασης Δρυμών Κοίλων-Λευκίμης(11-2011) Διεύθυνση Δασών)



4.8.8. Λοιπά Καιρικά Φαινόμενα

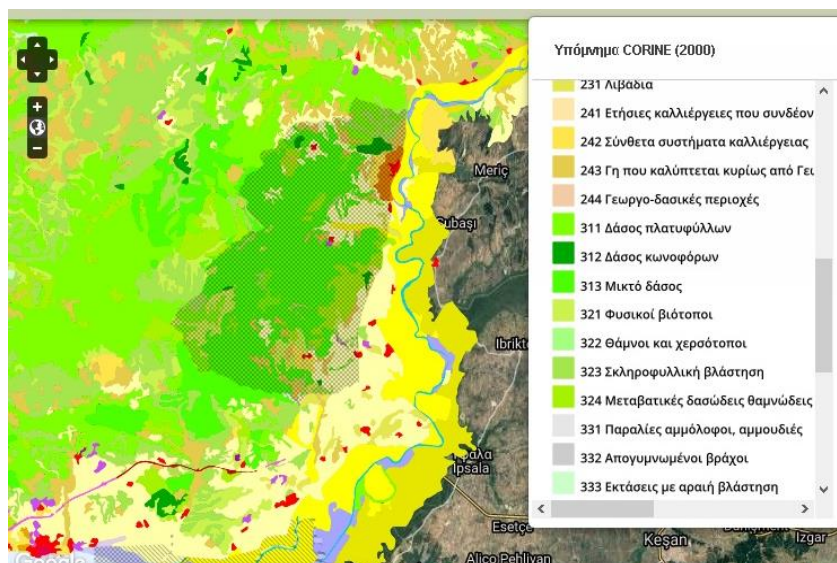
Από τα διατιθέμενα στοιχεία του Μ. Σ. Σουφλίου, προκύπτει ότι η ομίχλη και το χιόνι είναι καιρικά φαινόμενα που παρατηρούνται στην περιοχή σχετικά συχνά κατά τη διάρκεια του χειμώνα σε αντίθεση με το χαλάζι που αποτελεί φαινόμενο σπάνιο για την περιοχή.

Πιο συγκεκριμένα, μεγαλύτερη πιθανότητα παρατήρησης ομίχλης εμφανίζεται κατά το μήνα Ιανουάριο και ακολουθεί ο Δεκέμβριος ενώ όσον αφορά το χιόνι, μεγαλύτερη πιθανότητα παρατήρησής του εμφανίζεται κατά το μήνα Ιανουάριο και ακολουθεί ο Φεβρουάριος.

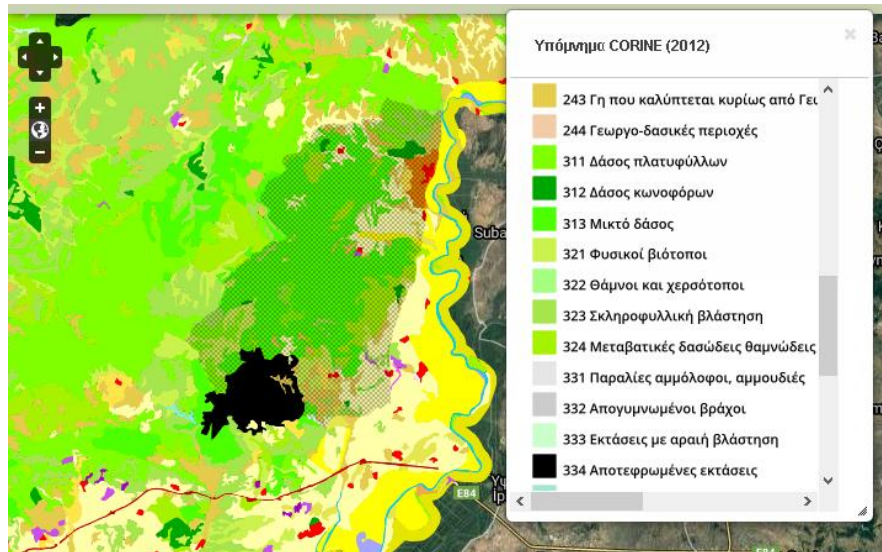
Τέλος, το χαλάζι το οποίο είναι και το πιο σπάνιο καιρικό φαινόμενο, παρουσιάζει μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης κατά τους μήνες Απρίλιο και Ιούνιο, αν και η πιθανότητα αυτή είναι σημαντικά μικρή

4.9. Βλάστηση-χρήση γης

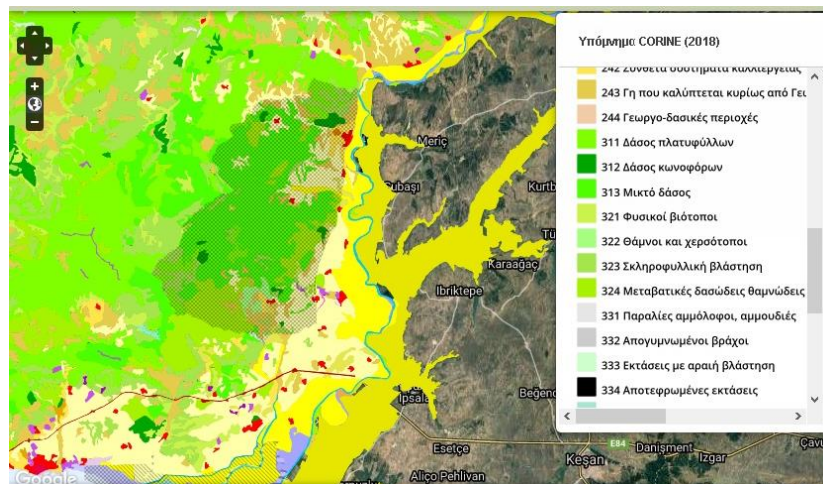
Η μελετώμενη περιοχή από οικολογική άποψη ανήκει στην Ζώνη των φυλλοβόλων δρυών. Το φυσικό οικοσύστημα αποτελείται από την παρουσία του είδους της Τραχείας Πεύκης, Μαύρης Πεύκης, Δρυός, αναδασώσεις τραχείας Πεύκης και αείφυλλα πλατύφυλλα. Μεγάλο μέρος της έκτασης καλλιεργείται γεωργικά (εικόνες 4.5, 4.6 και 4.7).



Εικόνα 4.5. Χάρτης Κάλυψης Γης CORINE(2000)(Από WWF <http://www.oikoskopio.gr/map/>)



Εικόνα 4.6. Χάρτης Κάλυψης Γης CORINE(2012)(Από WWF <http://www.oikoskopio.gr/map/>)



Εικόνα 4.7. Χάρτης Κάλυψης Γης CORINE(2018)(Από WWF <http://www.oikoskopio.gr/map/>)

Οι αναδασώσεις της τραχείας Πεύκης έγιναν την δεκαετία του 1970 και ήδη έχει παρατηρηθεί αναγέννηση, αλλού σε μικρότερο και αλλού σε μεγαλύτερο βαθμό(Σταύρου 2019). Η στηθαία διάμετρος είναι από 15 έως 30 εκ. και το ύψος έως 14 μέτρα.

Οι θαμνώνες αείφυλλων – πλατύφυλλων συνίστανται από άτομα πρίνου κυρίως, αλλά και γαύρου, παλιουριού, αγριαχλαδιάς, κράταιγου, αγριοτριανταφυλλιάς, φράξου, κρυνιάς καθώς και άλλων θάμνων, χωρίς βεβαίως να απουσιάζει και η δρυς, νεαρής ηλικίας, διάσπαρτη σε μικρές ομάδες ή μεμονωμένα, ενώ υπήρχε και χορτολιβαδική βλάστηση (φρύγανα, κλπ). Η συγκόμωση των θαμνώνων, στο μεγαλύτερο τμήμα της έκτασης, πριν από την πυρκαγιά, ξεπερνούσε το 25%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Υπολογισμός του Κινδύνου Διάβρωσης

5.1 Μεθοδολογία

Στην παρούσα εργασία για την εκτίμηση της απώλειας εδάφους που οφείλεται στην διάβρωση, εφαρμόζεται η Τροποποιημένη Παγκόσμια. Εξίσωση Εδαφικής Απώλειας, RUSLE. Επιλέγουμε αυτή την εξίσωση διότι έχει εφαρμοστεί σε έναν σημαντικό αριθμό παρόμοιων ερευνών και σε παρόμοια κλίματα, δίνοντας αξιόπιστα και έγκυρα αποτελέσματα, καθώς επίσης εξυπηρετεί στη λήψη των απαραίτητων δεδομένων που χρειαζόμαστε για να καλύψουμε τις ανάγκες της εφαρμογής της. Στην προκειμένη περίπτωση του Εθνικού Πάρκου Δαδιάς χρησιμοποιήσαμε ως πρώτη ύλη χαρτογραφικό υλικό όπως τα όρια της πυρόπληκτης περιοχής, το ψηφιακό ανάγλυφο του εδάφους πριν και μετά την φωτιά από την τοπογραφία, την γεωλογία και τον χάρτη των χρήσεων γης (CORINE 2012), χάρτες από το Ευρωπαϊκό Κέντρο Δεδομένων του Εδάφους ((ESDAC) και δορυφορικές εικόνες "Landsat" της πυρόπληκτης περιοχής .μελέτης μας..

5.2 Δεδομένα

Τα δεδομένα, που ήταν διαθέσιμα για τον υπολογισμό της εδαφικής διάβρωσης, ήταν τα εξής:

- Δεδομένα από τις Διαχειριστικές Μελέτες της Διεύθυνσης Δασών Έβρου συμπεριλαμβάνουν κλιματικά δεδομένα που συλλέχθηκαν από διαφορετικούς μετεωρολογικούς σταθμούς του Έβρου,
- CORINE Land Cover 2009,2012 και 2018 σε ψηφιακή μορφή (.shp).
- Εδαφολογικός Χάρτης ΟΠΕΚΕΠΕ 1:30000 σε αναλογική μορφή .
- Ορθοφωτοχάρτης της περιοχής Νότιου Συμπλέγματος Δάσους Δαδιάς-Λευκίμης-Σουφλίου για τα έτη 2007-2009 (Ελληνικό Κτηματολόγιο).
- Ορθοφωτοχάρτης της περιοχής Νότιου Συμπλέγματος Δάσους Δαδιάς-Λευκίμης-Σουφλίου για τα έτη 2019 (ESRI).
- Ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) που καλύπτει την πυρόπληκτη έκταση για τα έτη 2009 EU-DEM V1.0 και 2016 EU-DEM V1.1 (<https://land.copernicus.eu/>).
- Δορυφορικές εικόνες Landsat (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).
- Δεδομένα για την διάβρωση εδάφους σε ευρωπαϊκό επίπεδο από το European Soil Data Centre (ESDAC).
- Πρόγραμμα ΓΣΠ ArcGis Pro με άδεια χρήσης από ESRI.

5.2.1 Συντελεστής διαβρωτικότητας R

Ο συντελεστής της διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης R. Ο υπολογισμός βασίζεται στην συνολική 30-λεπτη ένταση και την ενέργεια όλων των επεισοδίων βροχόπτωσης. Λόγω όμως της συνήθους έλλειψης ή δύσκολης πρόσβασης σε τέτοια δεδομένα, έχουν αναπτυχθεί εναλλακτικοί τρόποι υπολογισμού, οι οποίοι βασίζονται στη συσχέτιση με εύκολα προσβάσιμα δεδομένα, όπως το μέσο ημερήσιο, μηνιαίο ή ετήσιο ύψος υετού (Panagos et al., 2015a).Στον ελλαδικό χώρο, χρησιμοποιείται ευρέως η «εξίσωση της Τοσκάνης»:

$$R=a* Pj$$

Όπου: Pj: μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης και a: συντελεστής, του οποίου η τιμή κυμαίνεται ανάμεσα στο 1,1 και 1,5.

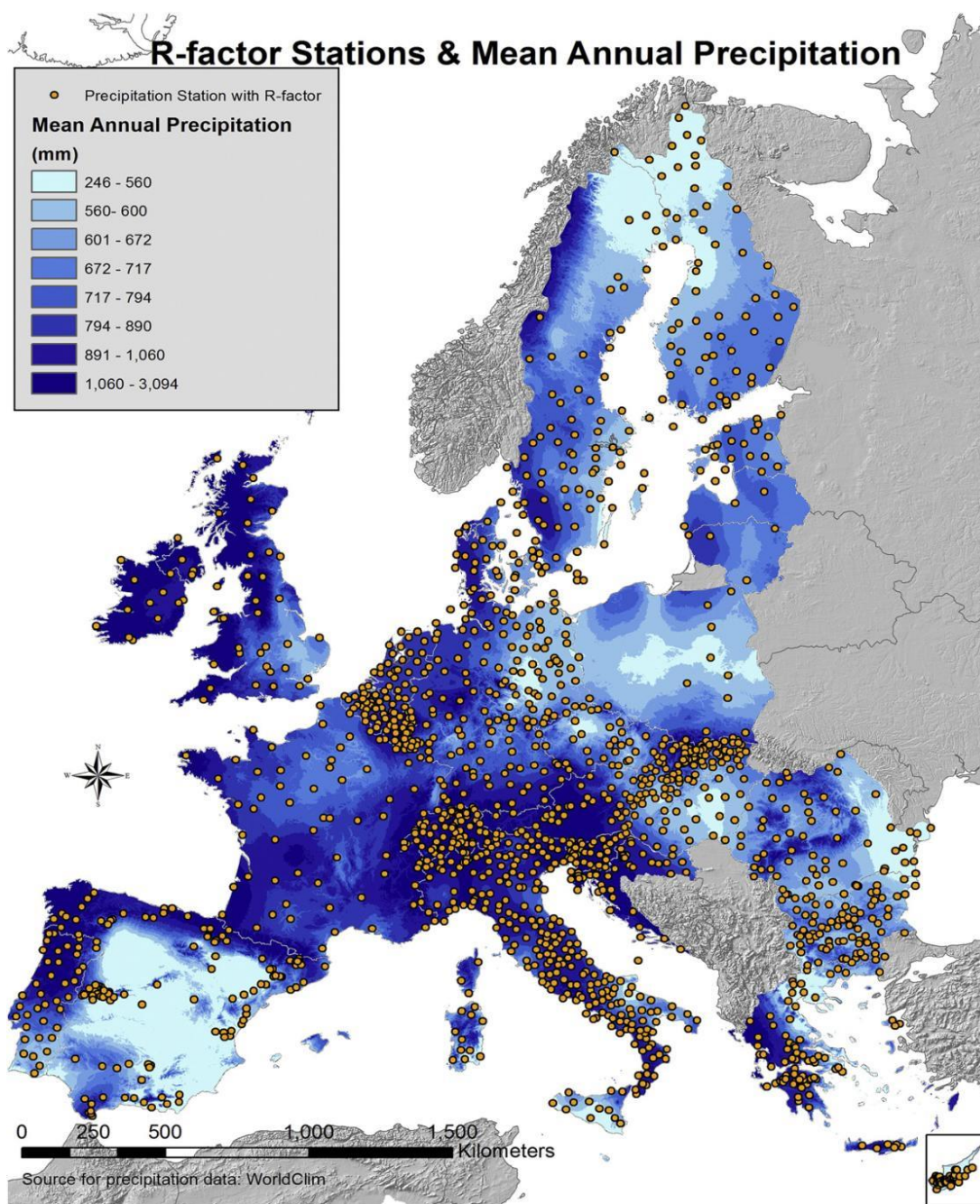
Στην περιοχή μελέτης είχαμε στη διάθεση μας τις Διαχειριστικές Μελέτες της Διεύθυνσης Δασών Έβρου για τα έτη 2004-2014 (Διαχειριστική Μελέτη ΔΣΛ 2004-2014),2011(Πολυμελέτη αποκατάστασης καμένων Δρυμού-Κοίλων) και για τα έτη 2018-2027(Μελέτη Προστασίας και Διαχείρισης «Νοτιου» Δασικού Συμπλεγματος 2018-2027). Σε

όλες τις παραπάνω μελέτες λόγω μη ύπαρξης Μετεωρολογικού Σταθμού στο Εθνικό Πάρκο Δαδιάς χρησιμοποιήθηκαν μετεωρολογικά δεδομένα από άλλους σταθμούς. Ο πλησιέστερος προς την περιοχή μελέτης μετεωρολογικός σταθμός είναι ο Μ. Σ. Σουφλίου ο οποίος διαθέτει στοιχεία για την περιοχή μελέτης αλλά και για την ευρύτερη περιοχή του Νομού Έβρου για την περίοδο 1973-1997. Ο σταθμός βρίσκεται σε Γεωγραφικό Μήκος $26,18^\circ$ και Γεωγραφικό Πλάτος $41,12^\circ$, σε υψόμετρο 15 m ενώ ο φορέας λειτουργίας του είναι η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Διεύθυνση Γ' / Τμήμα Υδρολογίας). Επιπρόσθετα μετεωρολογικά στοιχεία για την ευρύτερη περιοχή λήφθηκαν και από τον Μ. Σ. Αλεξανδρούπολης (Γεωγραφικό Μήκος $25,56^\circ$ - Γεωγραφικό Πλάτος $40,51^\circ$, υψόμετρο 3,5 m).

Τα στοιχεία που παρέχονται από τους εν λόγω μετεωρολογικούς σταθμούς θεωρούνται αντιπροσωπευτικά λόγω τόσο της εγγύτητας αυτών με την περιοχή μελέτης όσο και της πολυετούς λειτουργίας τους. Μετεωρολογικά δεδομένα των Μ. Σ. Σουφλίου και Μ. Σ. Αλεξανδρούπολης. Για τους παραπάνω λόγους και επειδή και στις τρεις Μελέτες χρησιμοποιούνται τα ίδια στοιχεία θα χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα από το Ευρωπαϊκό Κέντρο Δεδομένων του Εδάφους (ESDAC) εικόνα 5.2.

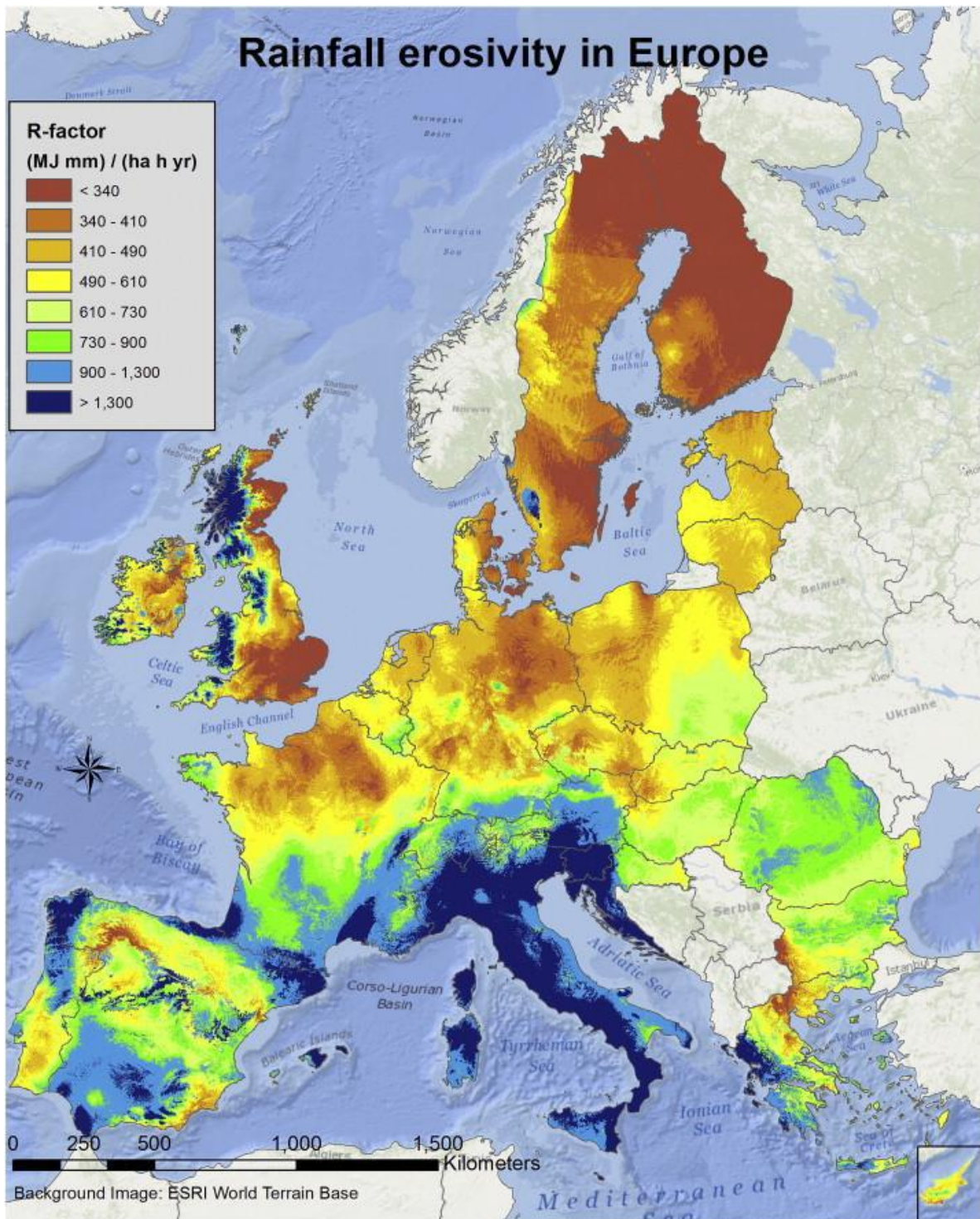
Ο υπολογισμός του συντελεστή R απαιτεί τον εντοπισμό του διαβρωτικού επεισοδίου βροχόπτωσης (mj) για κάθε σταθμό. Τρία είναι τα κριτήρια για τον προσδιορισμό ενός διαβρωτικού επεισοδίου όπως περιγράφονται από τους Renard et al. (1997): (i) η αθροιστική βροχόπτωση ενός γεγονότος να είναι μεγαλύτερη από 12,7 mm, ή (ii) η εκδήλωση του επεισοδίου να έχει τουλάχιστον μία κορυφή η οποία να είναι μεγαλύτερη από 6,35 mm κατά τη διάρκεια μιας περιόδου 15 min (ή 12,7 mm κατά τη διάρκεια μιας περιόδου 30 min). Μια συγκέντρωση βροχής λιγότερη από 1,27 mm κατά τη διάρκεια μιας περιόδου 6 h χωρίζει μιας μεγαλύτερης περιόδου καταιγίδας σε δύο καταιγίδες. Το όριο των 12,7 mm καθορίζει επεισόδια κατακρημνίσεων, που έχουν διαβρωτική δύναμη. Είναι ενδιαφέρον ότι, η μείωση του ορίου από τα 12,7 mm στα 0 mm οδηγεί σε αύξηση του συντελεστή R, ο οποίος δεν υπερβαίνει το 3,5%. Μέσω της χρήσης του λογισμικού προγράμματος RIST (Rainfall Intensity Summarisation Tool) γίνεται ο υπολογισμός του συντελεστή R (Panagos et al., 2015).

Η συλλογή των δεδομένων κατακρήμνισης υψηλής χρονικής ανάλυσης ξεκίνησε τον Μάρτιο του 2013 και ολοκληρώθηκε τον Μάιο του 2014. Η βάση δεδομένων διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης σε ευρωπαϊκή κλίμακα (REDES-Rainfall Erosivity Database on the European Scale) περιλαμβάνει δεδομένα βροχόπτωσης υψηλής χρονικής ανάλυσης και τιμές του συντελεστή R από 1.541 βροχομετρικούς σταθμούς, εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Ελβετίας. Το REDES είναι το αποτέλεσμα του υπολογισμένου συντελεστή R για ένα σύνολο 26,394 χρόνων με μια μέση τιμή τα 17,1 έτη για κάθε σταθμό. Τα δεδομένα κατακρήμνισης που συλλέγονται από τις 28 χώρες της Ευρώπης έχουν διαφορετικές χρονικές αναλύσεις: 60, 30, 15, 10 και 5 min. Ο συντελεστής R που υπολογίζεται στο χρονικό βήμα του κάθε σταθμού, μέσω συντελεστών μετατροπής και γραμμικών συναρτήσεων παλινδρόμησης μετατρέπεται στη χρονική ανάλυση των 30 min ώστε να επιτευχθεί ομοιογένεια των δεδομένων (Panagos et al., 2015).



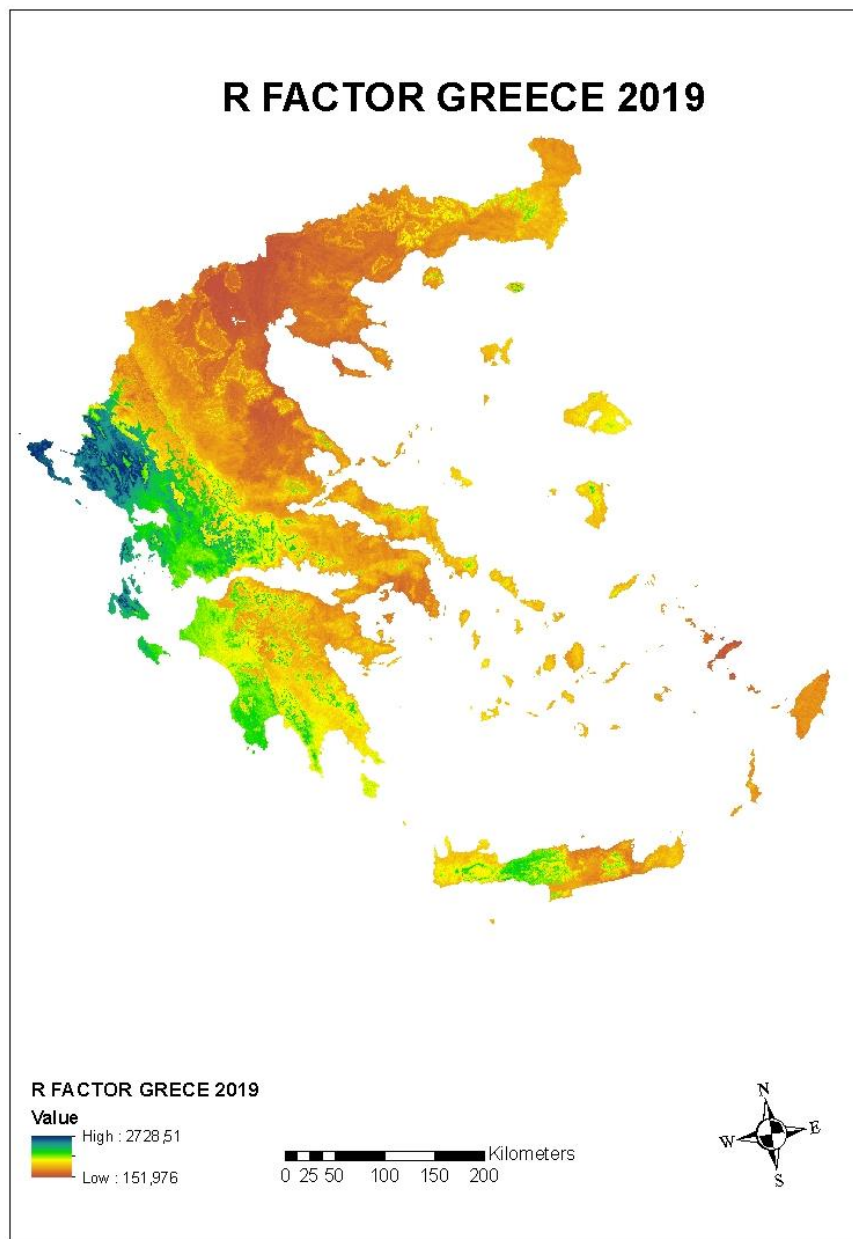
Εικόνα 5.1: Η χωρική κατανομή των βροχομετρικών σταθμών που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του συντελεστή R (Panagos et al., 2015)

Η μέση τιμή του συντελεστή R στην ΕΕ συμπεριλαμβανομένου και της Ελβετίας υπολογίζεται σε $722 \text{ MJ mm ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{yr}^{-1}$, με τυπική απόκλιση της τάξεως του $478,6 \text{ MJ mm ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{yr}^{-1}$. Οι τιμές του συντελεστή κυμαίνονται από 51,4 έως $6.228,7 \text{ MJ mm ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{yr}^{-1}$, με τις υψηλότερες τιμές ($> 1.000 \text{ MJ mm ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{yr}^{-1}$) να συναντώνται στη Μεσόγειο και στις Αλπικές περιοχές και τη χαμηλότερη τιμή (λιγότερο από $500 \text{ MJ mm ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{yr}^{-1}$) στις Σκανδιναβικές χώρες (εικόνα 5.2).



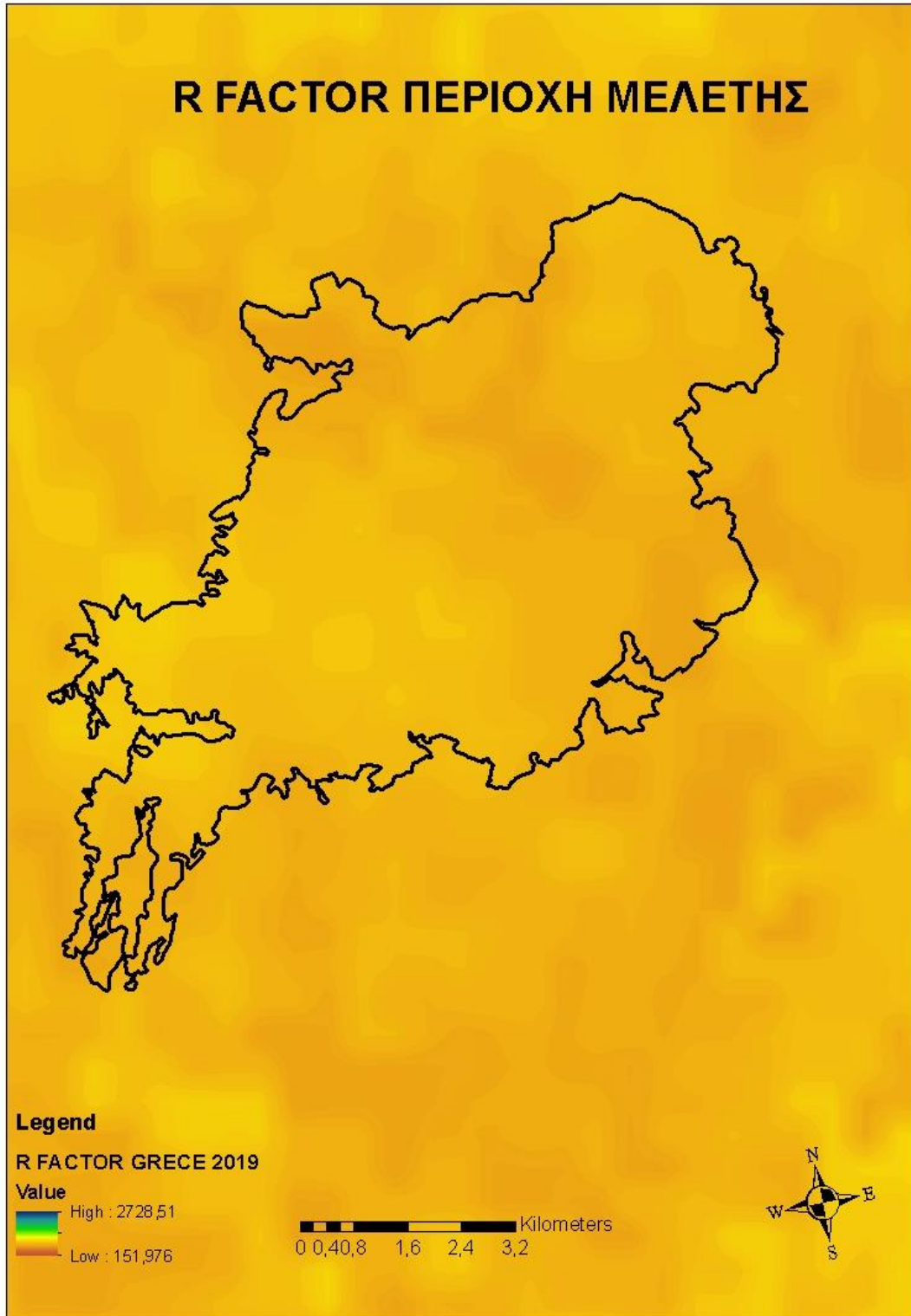
Εικόνα 5.2: Χάρτης (1 km μέγεθος κελιού κανάβου) της διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης στην Ευρώπη (Panagos et al., 2015)

Η μέση τιμή του συντελεστή R στην Ελλάδα υπολογίζεται σε $500 \text{ MJ mm ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{yr}^{-1}$, με τυπική απόκλιση της τάξεως του $200 \text{ MJ mm ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{yr}^{-1}$. Οι τιμές του συντελεστή κυμαίνονται από 151,976 έως 27728 $\text{MJ mm ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{yr}^{-1}$, με τις υψηλότερες τιμές ($> 1.000 \text{ MJ mm ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{yr}^{-1}$) να συναντώνται στη Ήπειρο και στα νησιά του Ιονίου και τη χαμηλότερη τιμή (λιγότερο από $500 \text{ MJ mm ha}^{-1}\text{h}^{-1}\text{yr}^{-1}$) στην Θεσσαλία και την Μακεδονία (εικόνα 5.3). Η έντονη διαφοροποίηση στα χιλιοστά βροχής ανά την Ελλάδα οφείλεται στην γεωμορφολογία της, με κύριο χαρακτηριστικό να αποτελεί η οροσειρά της Πίνδου στην ανατολική πλευρά, που περιλαμβάνει ορισμένους από τους μεγαλύτερους και υψηλότερους ορεινούς όγκους της χώρας. Τα υψόμετρα των κορυφών φθάνουν πάνω από τα 2.600-2.700 m. Η παρουσία των ορεινών όγκων δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες ορογραφικής βροχόπτωσης, οι οποίες σε συνδυασμό με την επικρατούσα κύρια διεύθυνση των ανέμων κατά το χειμώνα (από τα βορειοδυτικά προς τα νοτιοανατολικά) έχουν ως αποτέλεσμα την παρουσία των υψηλότερων ποσών κατακρήμνισης στην χώρα κατά μέσο όρο (Παπαπέτρου 2017)



Εικόνα 5.3: Χάρτης της διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης στην Ελλάδα (Joint Research Centre - European Soil Data Centre (ESDAC))

Η διαβρωτικότητα στην περιοχή μελέτης κυμαίνεται ανάμεσα στα 152 και 500 MJ mm ha⁻¹h⁻¹ ανά έτος(εικόνα 5.4)



Εικόνα 5.4: Χάρτης της διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης στην περιοχή μελέτης (Joint Research Centre - European Soil Data Centre (ESDAC))

5.2.2 Συντελεστής Διαβρωσιμότητας K

Ο συντελεστής εδαφικής διαβρωσιμότητας K αφορά στις ιδιότητες του εδάφους που τον επηρεάζουν και αυτές είναι κυρίως η υφή, η οργανική ύλη, η δομή του και η διαπερατότητα του. Για να υπολογίσουμε τον συντελεστή K έγινε χρήση του γεωλογικού χάρτη της περιοχής 1:50000. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που παρατηρούνται στην περιοχή μελέτης σημειώνονται αναλυτικά στον πίνακα 3.1., καθώς και οι αντίστοιχες τιμές του παράγοντα K. Οι τιμές που του αποδόθηκαν, προέκυψαν έπειτα από τη χρήση βιβλιογραφίας που αφορά παρόμοιες έρευνες σε μεσογειακά κλίματα και είναι κατάλληλα προσαρμοσμένες στην περιγραφή των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής μας (Μπαθρέλος et al., 2010; Ξανθάκης et al., 2010)□.

Το ευρωπαϊκό έργο LUCAS (Land Use/Cover Area Frame Survey), έχει κύριο σκοπό να εφοδιάσει τη διοίκηση της ευρωπαϊκής κοινότητας με ομοιογενή στατιστικά δεδομένα μέσω της καταγραφής των χρήσεων και κάλυψης γης. Η εκτίμηση είναι in-situ, δηλαδή τα δεδομένα που συλλέγονται είναι μέσω της άμεσης παρατήρησης πεδίου. Το 2009 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρέτεινε τη διάρκεια του LUCAS ώστε να συλλεχθούν και αναλυθούν οι κύριες ιδιότητες του επιφανειακού εδάφους στα 25 κράτη μέλη της ΕΕ, σε ένα πιστοποιημένο κεντρικό εργαστήριο. Η έρευνα αυτή αντιπροσωπεύει την πρώτη προσπάθεια δημιουργίας μιας σε συμφωνία χωρικής βάσης δεδομένων της εδαφικής κάλυψης στην Ευρώπη. Περίπου 20.000 σημεία επιλέγονται από το κύριο δίκτυο LUCAS για τη συλλογή των δειγμάτων εδάφους. Ο αριθμός των σημείων ανά χώρα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 5.1 (Tóth et al., 2013). Μια τυποποιημένη διαδικασία δειγματοληψίας χρησιμοποιείται για τη συλλογή τους, με δείγματα βάρους περίπου 0,5 kg το καθένα (πάχους 0-30 cm). Όλα τα δείγματα αναλύονται για το ποσοστό των χονδρόκοκκων τεμαχίων, την κατανομή μεγέθους σωματιδίων (% αργίλου, ιλύος, άμμου), pH, ποσοστό οργανικού άνθρακα και διάφορες άλλες χημικές παραμέτρους. Η πυκνότητα στο σύστημα δειγματοληψίας των σημείων είναι περίπου 1 ανά 199 km² που αντιστοιχεί σε μέγεθος κελιού κανάβου περίπου 14 km × 14 km (εικόνα 5.5) (Panagos et al., 2014c).

Πίνακας 5.1: Η κατανομή των 19.967 σημείων στις 25 χώρες της ΕΕ (Tóth et al., 2013).

Χώρα	Αριθμός σημείων	Χώρα	Αριθμός σημείων
AT	420	IE	233
BE	71	IT	1333
CY	90	LT	356
CZ	431	LU	3
DE	1947	LV	349
DK	232	NL	211
EE	220	PL	1648
ES	2696	PT	476
FI	1716	SE	2696
FR	2952	SI	112
GR	491	SK	268
HU	497	UK	942

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής ήταν διαθέσιμοι ως μέρος των δεδομένων της ΔΣΛ (2005-2014) (εικόνα 4.4). Λόγω του γεγονότος ότι τα πετρώματα καθώς και η γεωλογία μίας περιοχής αλλάζει είτε από ακραία γεωλογικά γεγονότα (σεισμοί, ηφαίστεια)

είτε σε γεωλογικό χρόνο για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής K από το Ευρωπαϊκό Κέντρο Δεδομένων Εδάφους (ESDAC) από το οι οποίοι υπολογίστηκαν σε ευρωπαϊκό επίπεδο στη βάση εδαφολογικών δεδομένων (Panagos et al., 2014). Για την Ελλάδα και την περιοχή μελέτης ο συντελεστής K φαίνεται στις εικόνες 5.7 και 5.8. Δεν δόθηκαν αυξημένες τιμές διαβρωσιμότητας μετά την πυρκαγιά. Αυτό δεν σημαίνει αναγκαστικά ότι η επίδραση της φωτιάς στις εδαφολογικές ιδιότητες, είναι τόσο μικρή που μπορεί να αγνοηθεί όμως επειδή η φωτιά δεν έκαψε τελείως όλη την περιοχή και επειδή στην περιοχή υπήρχαν μικτές συστάδες με δρυς η οποία κυρίως τρόπος αναγέννησης είναι τα παραβλαστήματα καθώς και τα μέτρα που έλαβε η Διεύθυνση Δασών υπήρξε γρήγορη αποκατάσταση του χλοοτάπητα με αποτέλεσμα να θεωρήσουμε ότι δεν μεταβλήθηκε η οργανική ύλη. Πρέπει πάντως να συγκρατήσουμε ότι η χρήση σταθερών τιμών διαβρωσιμότητας πριν και μετά την πυρκαγιά είναι ένας παράγοντας, ο οποίος ενδεχομένως να οδηγήσει σε υποεκτίμηση του πραγματικού μεταπυρικού κινδύνου εδαφικής απώλειας.

Πίνακας 5.2: Κατηγορίες του ποσοστού επιφανειακής κάλυψης με πετρώματα σύμφωνα με την βάση δεδομένων του LUCAS (Panagos et al., 2014c).

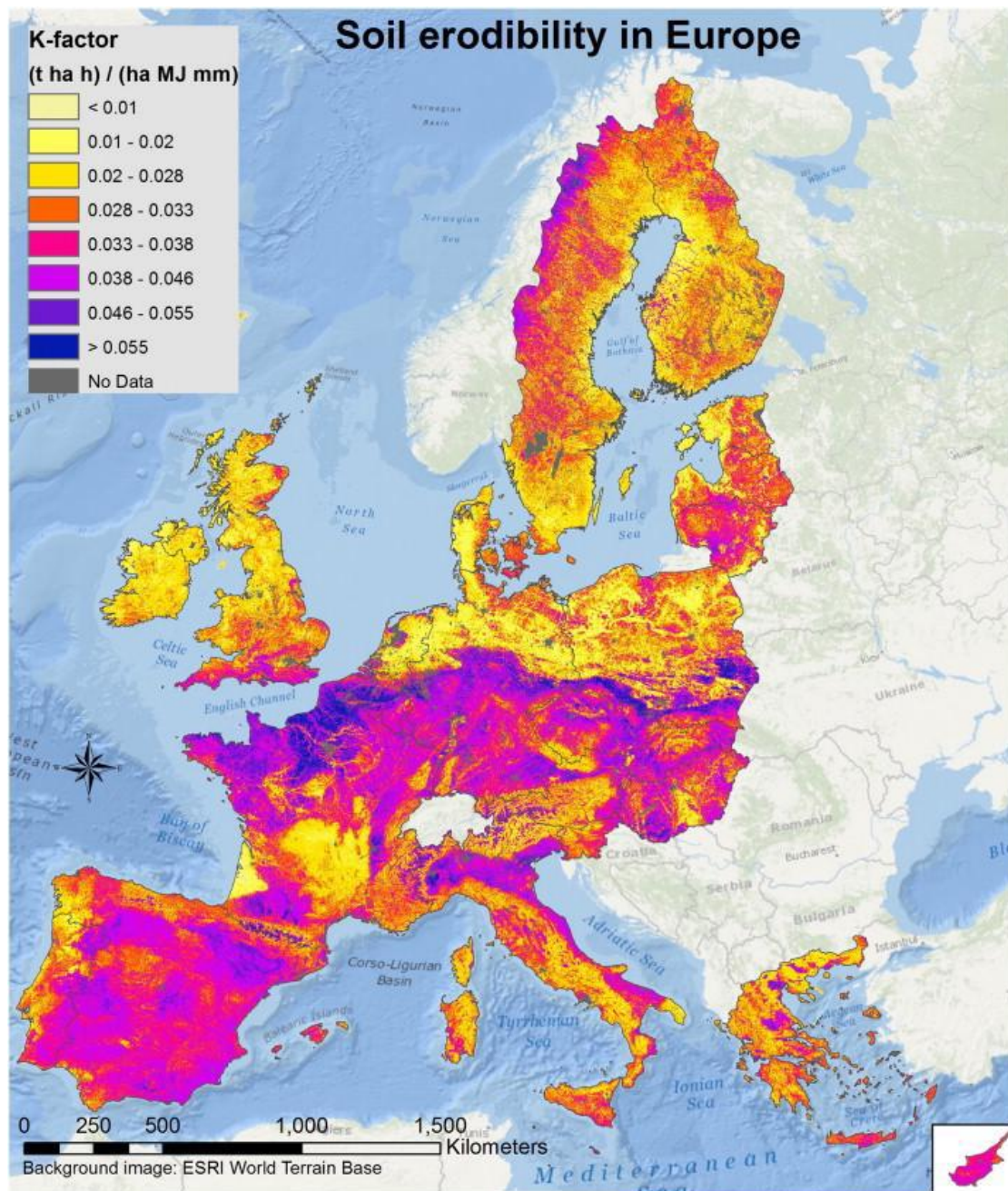
Κατηγορίες	Ποσοστό πετρωμάτων	Η τιμή που χρησιμοποιείται για υπολογισμό St	Ο αριθμός των δειγμάτων με το ποσοστό τους	St (διορθωτικός συντελεστής)
0	0%	0%	95 (0,48%)	1
1	Πετρώματα ≤ 10%	5%	14.585 (73,37%)	1
2	10% < Πετρώματα < 25%	17,5%	3.114 (15,66%)	0,740
3	25% ≤ Πετρώματα < 50%	37,5%	1.442 (7,25%)	0,332
4	Πετρώματα > 50%	75%	643 (3,23%)	0,074

Η επίδραση της υψηλής πετρώδους κάλυψης μπορεί να είναι μεγαλύτερη από την προστασία της βλάστησης στον περιορισμό της απώλειας του εδάφους. Η προστατευτική δράση του πετρώδους είναι ισχυρότερη στη Πορτογαλία, στην Ισπανία, στην Ελλάδα και στη Γαλλία, όπου μειώνει τον συντελεστή K κατά 20-42%. Σε αντίθεση, με το πετρώδες που μειώνει τη διαβρωσιμότητα του εδάφους σε ποσοστό λιγότερο του 5% στις χώρες της Βαλτικής, την Πολωνία, την Ουγγαρία και την Ολλανδία (Πίνακας 5.3).

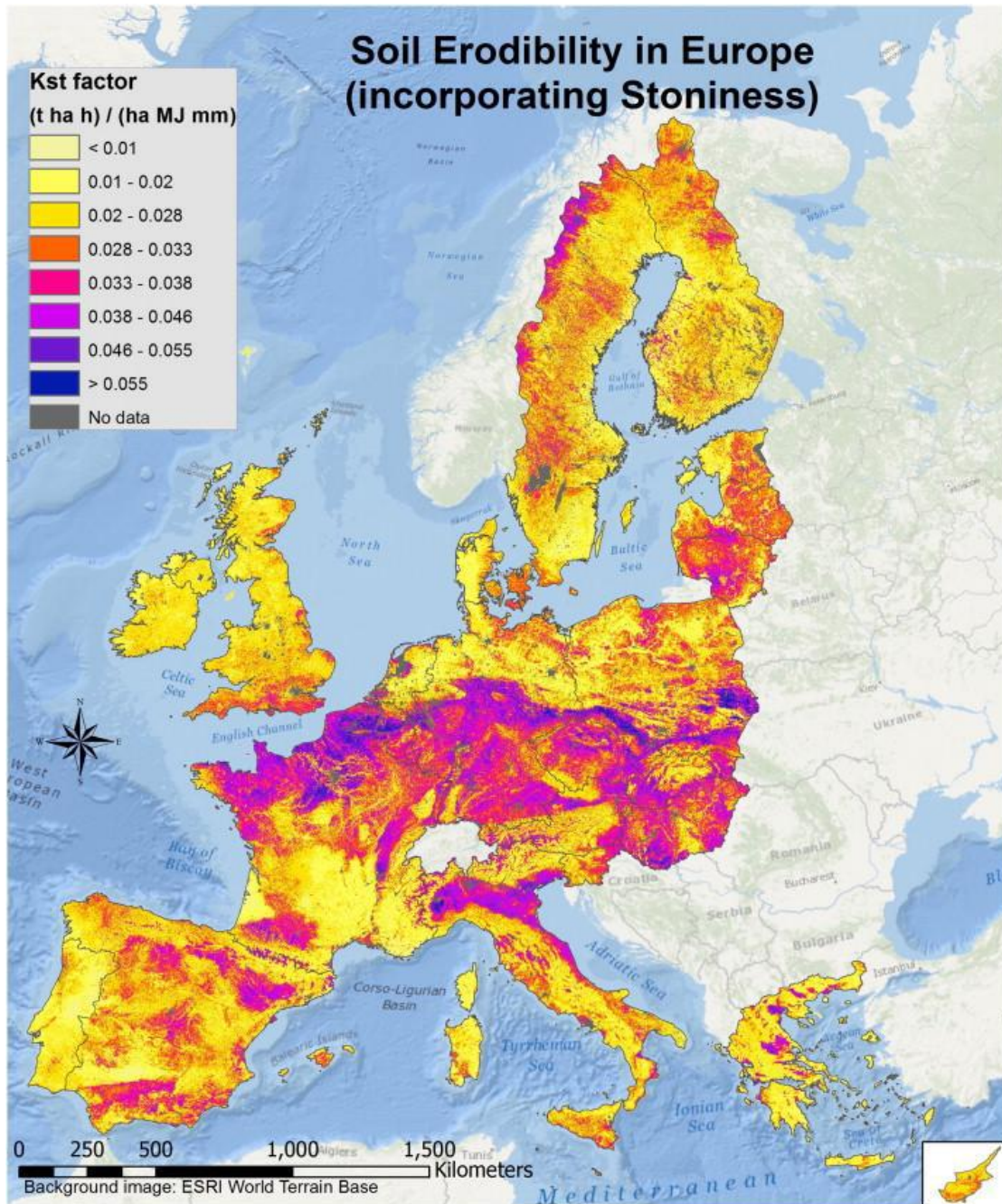
Η οργανική ύλη έχει σημαντικό αντίκτυπο στη διάθρωση της διαβρωσιμότητας του εδάφους καθώς χώρες με υψηλές συγκεντρώσεις οργανικής ύλης έχουν τη χαμηλότερη διαβρωσιμότητα του εδάφους. Η Ιρλανδία, η Εσθονία, η Δανία, η Ολλανδία, το Ηνωμένο Βασίλειο, η Φινλανδία, η Σουηδία και η Λετονία με υψηλές μέσες τιμές της οργανικής ύλης έχουν μέσες τιμές διαβρωσιμότητας του εδάφους μικρότερες από $0,030 \text{ t h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ (εικόνα 5.6). Από την άλλη πλευρά, οι υψηλότερες μέσες τιμές (υψηλότερες από $0,035 \text{ t ha h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) παρατηρούνται στο Βέλγιο, το Λουξεμβούργο, τις χώρες της Κεντρικής Ευρώπης (Σλοβακία, Τσέχικη Δημοκρατία, Ουγγαρία), την Ισπανία και τη Γαλλία (εικόνα 5.6). Αυτές οι σχετικά υψηλές τιμές μπορεί να αποδοθούν εν μέρει στη ζώνη των θινών (Loess belt) και εν μέρει στη σχετικά χαμηλότερη περιεκτικότητα σε οργανική ύλη σε σύγκριση με τις βόρειες χώρες. Οι μικρότερες διακυμάνσεις παρατηρήθηκαν σε μικρές χώρες (Κύπρος, Μάλτα και Λουξεμβούργο) με περισσότερο ομοιογενείς περιοχές, ενώ υψηλότερες παρατηρούνται στις περιοχές της ζώνης των θινών (Πολωνία, Γερμανία και Ολλανδία) (Panagos et al., 2014c).

Πίνακας 5.3: Σύγκριση της διαβρωσιμότητας του εδάφους με πετρώδες και χωρίς, ανά χώρα (Panagos et al., 2014c).

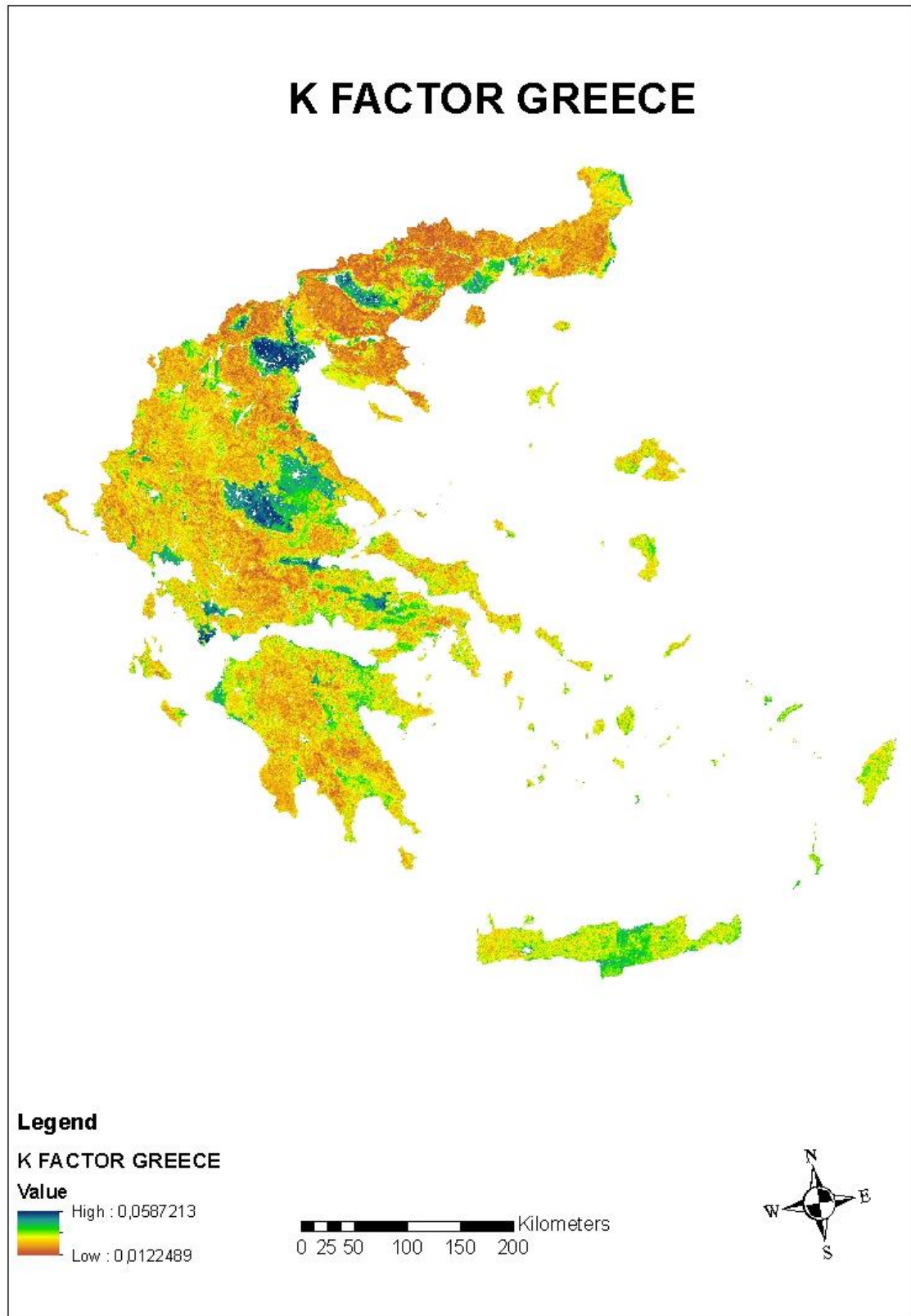
Χώρα	Συντελεστής K		Συντελεστής K _{st}	Μείωση λόγω πετρώδους %
	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Μέση τιμή	
	t ha h ha ⁻¹ MJ ⁻¹ mm ⁻¹			
Αυστρία	0,0321	0,0080	0,0291	9,5%
Βέλγιο	0,0422	0,0092	0,0387	8,2%
Κύπρος	0,0362	0,0028	0,0265	26,8%
Τσέχικη Δημοκρατία	0,0373	0,0076	0,0342	8,3%
Γερμανία	0,0334	0,0102	0,0311	7%
Δανία	0,0246	0,0065	0,0225	8,7%
Εσθονία	0,0254	0,0074	0,0242	4,5%
Ελλάδα	0,0298	0,0057	0,0229	23,3%
Ισπανία	0,0368	0,0058	0,0265	27,9%
Φιλανδία	0,0273	0,0058	0,0242	11,2%
Γαλλία	0,0356	0,0101	0,0284	20,1%
Ουγγαρία	0,0349	0,0078	0,0337	3,3%
Ιρλανδία	0,0234	0,0047	0,0216	7,4%
Ιταλία	0,0322	0,0077	0,0276	14,5%
Λιθουανία	0,0321	0,0067	0,0309	3,8%
Λουξεμβούργο	0,0392	0,0036	0,0345	11,9%
Λετονία	0,0290	0,0067	0,0281	3,2%
Μάλτα	0,0381	0,0022	0,0284	25,5%
Ολλανδία	0,0246	0,0084	0,0236	3,9%
Πολωνία	0,0299	0,0106	0,0285	4,8%
Πορτογαλία	0,0333	0,0069	0,0194	41,8%
Σουηδία	0,0293	0,0068	0,0252	13,9%
Σλοβενία	0,0313	0,0052	0,0282	9,6%
Σλοβακία	0,0362	0,0074	0,0321	11,3%
Ηνωμένο Βασίλειο	0,0271	0,0063	0,0241	11,1%



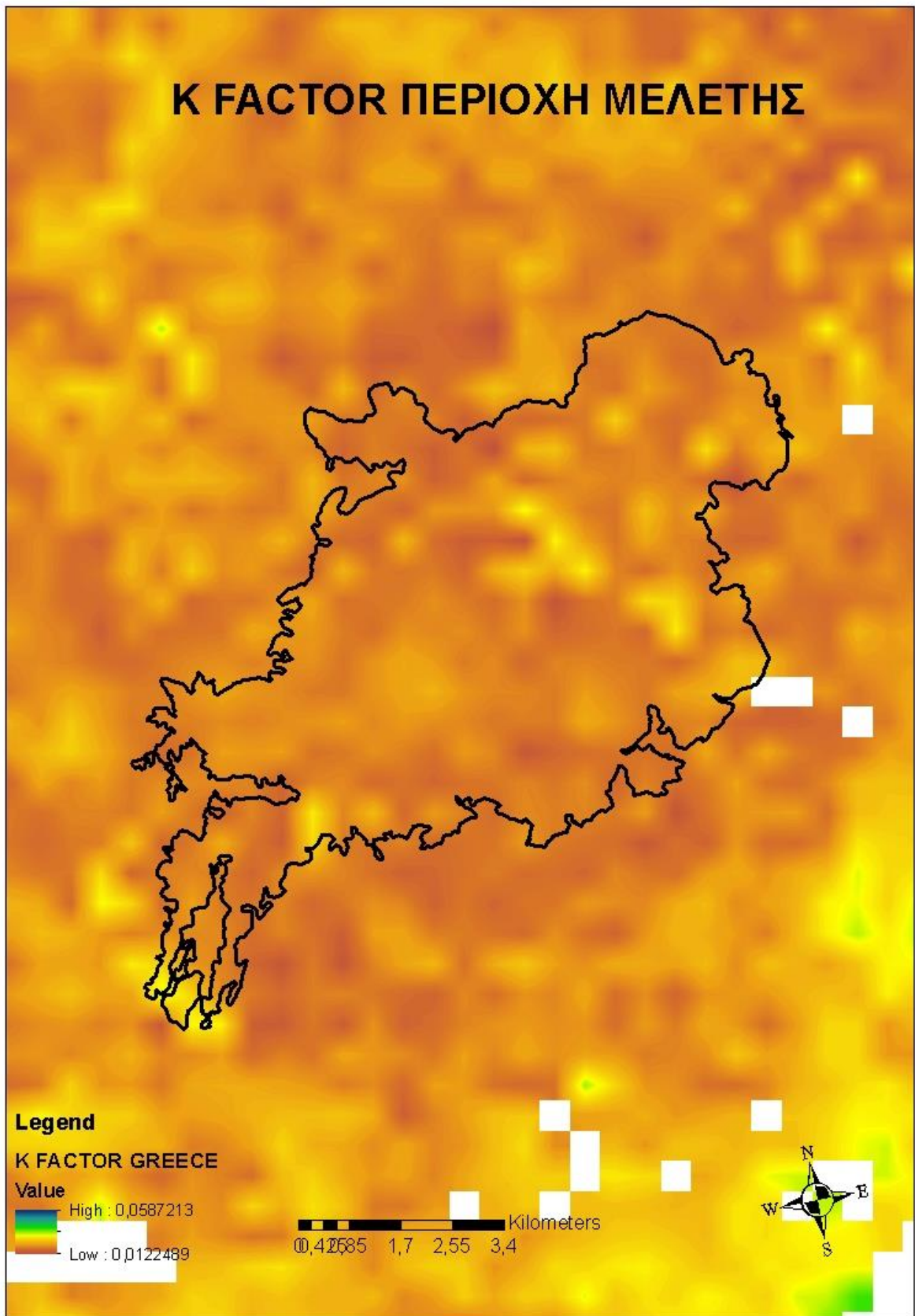
Εικόνα 5.5: Χάρτης υψηλής ανάλυσης (500 m μέγεθος κελιού κανάβου) της εδαφικής διάβρωσης που εκτιμάται μέσω του συντελεστή K στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Panagos et al., 2014c).



Εικόνα 5.6: Χάρτης υψηλής ανάλυσης (500 m μέγεθος κελιού κανάβου) της εδαφικής διάβρωσης που εκτιμάται μέσω του συντελεστή K στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ενσωματώνοντας την κάλυψη από πετρώδεις σχηματισμούς (Panagos et al., 2014c).



Εικόνα 5.7: Χάρτης της εδαφικής διάβρωσης που εκτιμάται μέσω του συντελεστή K στην Ελλάδα, Joint Research Centre - European Soil Data Centre (ESDAC)



Εικόνα 5.8: Χάρτης της εδαφικής διάβρωσης που εκτιμάται μέσω του συντελεστή K στην Περιοχή Μελέτης (Joint Research Centre - European Soil Data Centre (ESDAC))

5.2.3. Συντελεστής αναγλύφου LS

Για να υπολογίσουμε τον τοπογραφικό συντελεστή LS που διαιρείται στους συντελεστές L και S που αντιπροσωπεύουν το μήκος της κλιτύς και την κλίση αντίστοιχα, έγινε χρήση του ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου (DEM) για την πυρόπληκτης περιοχή από <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1-0-and-derived-products> για το έτος 2009 (εικόνα 5.9) και χρήση του ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου (DEM) από <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1.1> για το έτος 2016 (εικόνα 5.10). Από την σύγκριση των δύο Μοντέλων προέκυψε ότι δεν υπήρξε μεταβολή στο υψομετρικό μοντέλο. Επειδή για την εξαγωγή του συντελεστή LS χρησιμοποιούμε το ψηφιακό μοντέλο εδάφους ακολουθώντας την παρακάτω διαδικασία χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα ArcGis συμπεραίνουμε ότι ο συντελεστής LS για την περιοχή μελέτης είναι ο ίδιος πριν και μετά την φωτιά. Αρχικά εκτελούμε την εντολή "Fill" του ArcMap από τον κατάλογο Tools. Κατόπιν υπολογίστηκε ομοίως με την εντολή Flow Direction η διεύθυνση της ροής του νερού στην περιοχή. Ακόμα υπολογίσαμε το FlowAccumulation που προκύπτει από το Flow Direction, από τη σχέση $FlowAccumulation(FlowDirection(Elevation))$ και αφορά στο που γίνεται η συγκέντρωση του νερού που ρέει στην περιοχή. Τέλος ο τοπογραφικός συντελεστής LS προκύπτει από την παρακάτω σχέση

$$Pow_1((Flowacc)*resolution/22.1, 0.4)* Pow_2((Sin(slope)*0.01745)/0.09, 1.4)*1.4$$

Από όλα τα παραπάνω προκύπτει πως ο συντελεστής LS πριν, μετά την φωτιά και σήμερα είναι ίδιος εφόσον το DEM είναι ίδιο και γι αυτό το λόγο χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής LS όπως προκύπτει από τους Panagos et al., 2015 (εικόνα 5.11) για την Ευρώπη και από τις εικόνες 5.12 και 5.13 για την Ελλάδα και την περιοχή μελέτης.

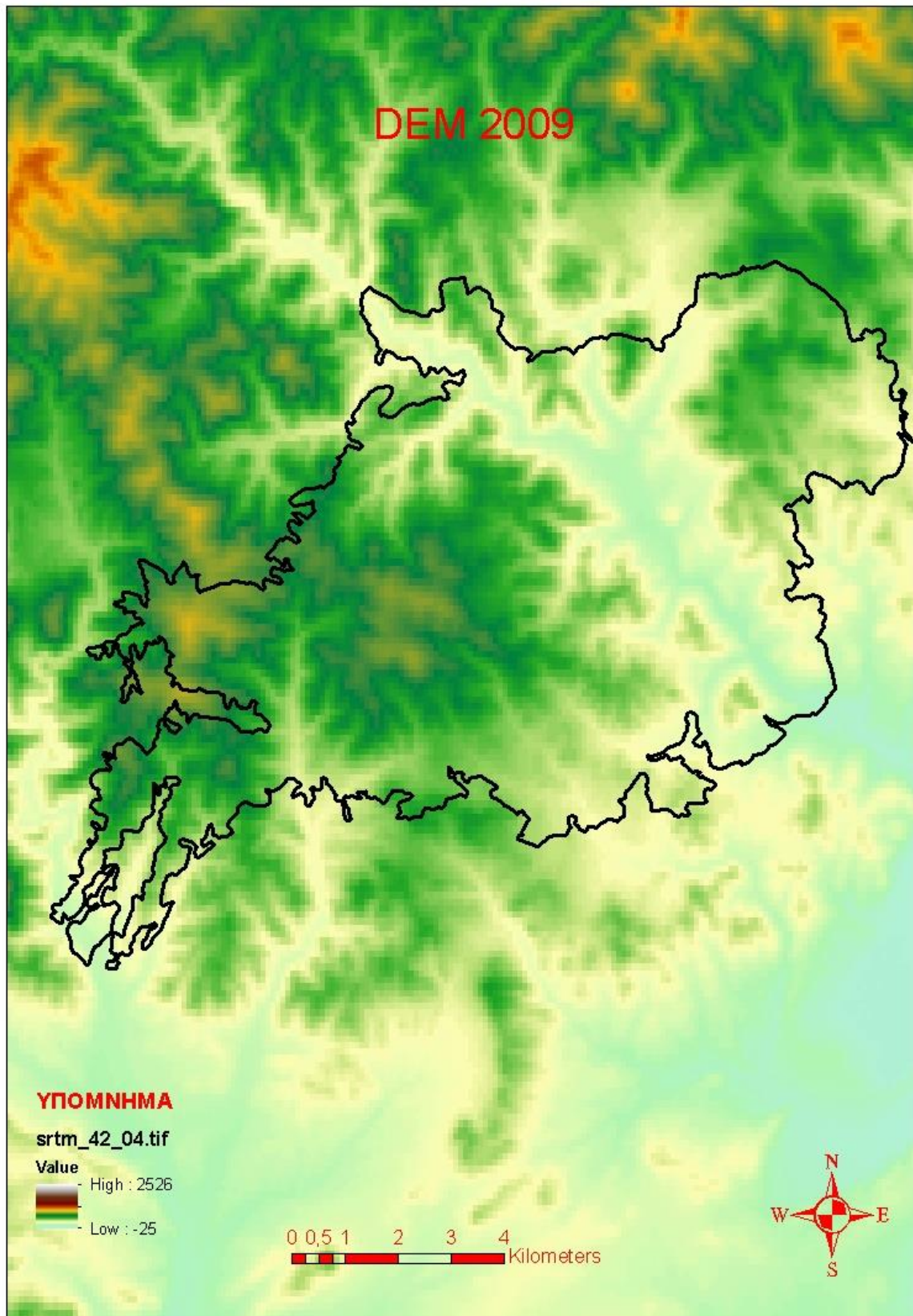
Η μέση τιμή του συντελεστή LS για την Ελλάδα είναι 3,62 με μια τυπική απόκλιση της τάξεως του 4,06. Η διακύμανση των τιμών είναι πολύ μεγάλη, από 0,03 έως 96,27. Από τον πίνακα 5.5, την χαμηλότερη τιμή του συντελεστή LS (1,74) εμφανίζει η Κ. Μακεδονία κάτι που επαληθεύεται και από τον αντίστοιχο χάρτη. Οι μεγαλύτερες μέσες τιμές πάνω από 4,5 περίπου παρατηρούνται στη Δ. Στ. Ελλάδα, στην Ήπειρο, στη Κρήτη και ακολουθούν τα Υδατικά Διαμερίσματα της Πελοποννήσου με τιμές κοντά στο 4 (Παπαπέτρου 2017)

Πίνακας 5.4: Στατιστικά χαρακτηριστικά του βαθμού ετήσιας εδαφικής απώλειας ανά Υδατικό Διαμέρισμα στην Ελλάδα.(Παπαπέτρου 2017)

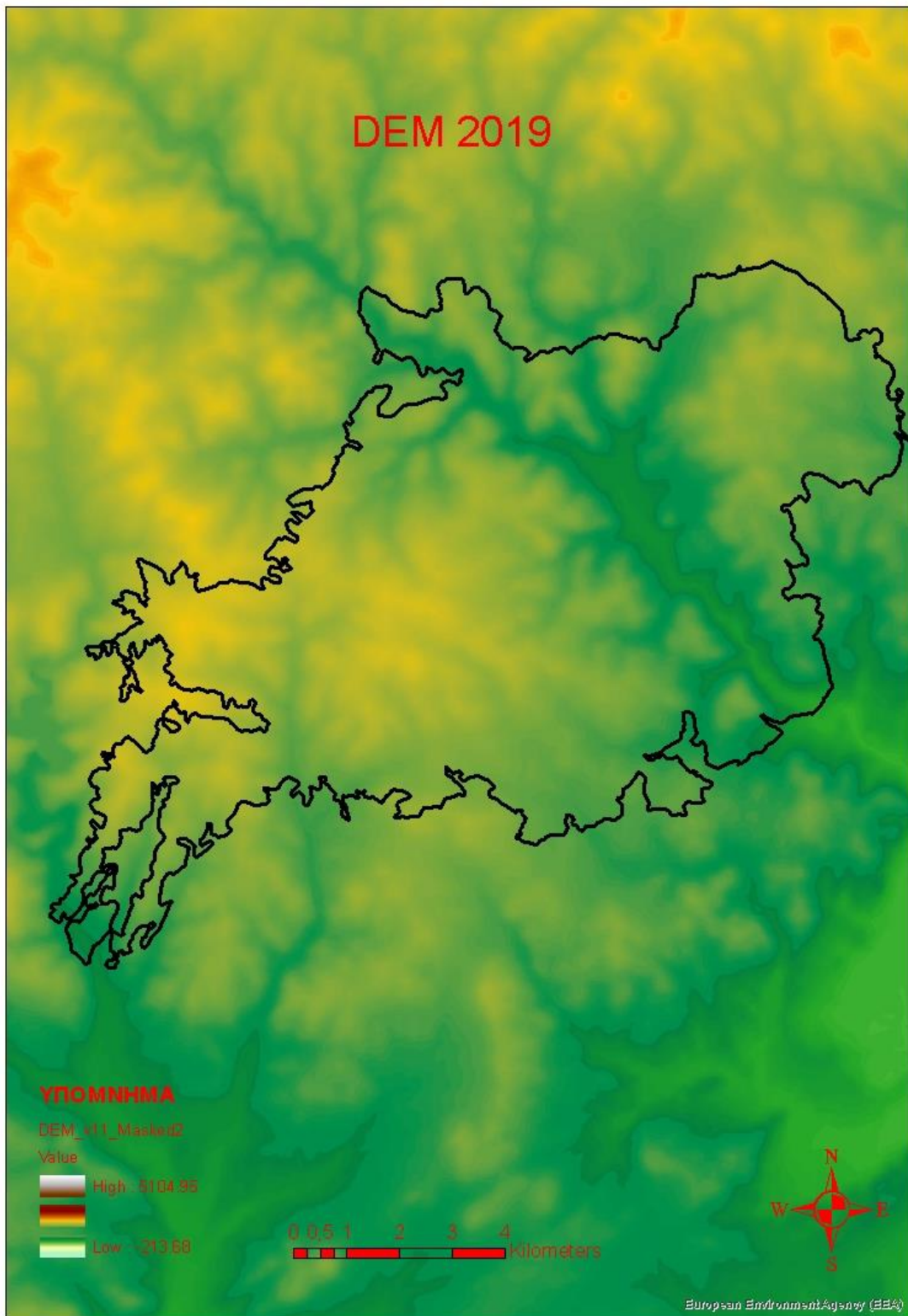
α/α	Υδατικό Διαμέρισμα	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Εύρος	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση	Συντελεστής διασποράς
		t ha ⁻¹ year ⁻¹					
1	Δ. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	0.00029	294.38	294.38	4.85	6.81	1.40
2	Β. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	0.00032	325.00	325.00	6.20	8.83	1.42
3	Α. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	0.00009	238.40	238.40	3.67	4.85	1.32
4	Δ.ΣΤ.ΕΛΛΑΔΑ	0.00009	325.00	325.00	7.13	12.12	1.70
5	ΗΠΕΙΡΟΣ	0.00023	325.00	325.00	7.81	12.35	1.58
6	ΑΤΤΙΚΗ	0.00005	77.71	77.71	2.35	2.79	1.19
7	Α.ΣΤ.ΕΛΛΑΔΑ	0.00007	325.00	325.00	4.01	5.93	1.48
8	ΘΕΣΣΑΛΙΑ	0.00012	325.00	325.00	3.02	5.20	1.72
9	Δ.ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	0.00018	325.00	325.00	2.52	5.13	2.03
10	Κ.ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	0.00008	56.82	56.82	1.36	1.59	1.17
11	Α.ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ	0.00035	156.07	156.07	1.76	3.00	1.71
12	ΘΡΑΚΗ	0.00008	215.49	215.49	1.95	3.39	1.74
13	ΚΡΗΤΗ	0.00069	325.00	325.00	7.81	10.61	1.36
14	ΝΗΣΟΙ ΑΙΓΑΙΟΥ	0.00008	317.40	317.40	3.58	5.22	1.46

Οι τιμές που λαμβάνει ο συντελεστής διασποράς είναι υψηλές και κυμαίνονται από 0,87 έως 1,27, υποδηλώνοντας έντονη ετερογένεια του συντελεστή LS στα Υδατικά Διαμερίσματα. Η μεγαλύτερη διακύμανση παρατηρείται στη Κ. Μακεδονία, στη Α. Μακεδονία, στη Θεσσαλία με τιμές μεγαλύτερες της μονάδας. Ενώ μικρότερη διακύμανση εμφανίζεται στα νησιά του Αιγαίου, στη Δ. Στ. Ελλάδα, στη Κρήτη, στη Δ. και Α. Πελοπόννησο (Πίνακας 5.4). Σύμφωνα με την εικόνα 5.12, στο μεγαλύτερο τμήμα του υδατικού διαμερίσματος της Δ. Στ. Ελλάδας παρατηρούνται οι μεγαλύτερες τιμές του συντελεστή LS (> 5) και ακολουθεί η Ήπειρος. Ενώ η μεγαλύτερη έκταση της Κεντρικής Μακεδονίας και Θεσσαλίας παρουσιάζει χρώμα κόκκινο, το οποίο ανήκει στην μικρότερη κλάση τιμών του συντελεστή LS από 0 έως 2, (Παπαπέτρου 2017).

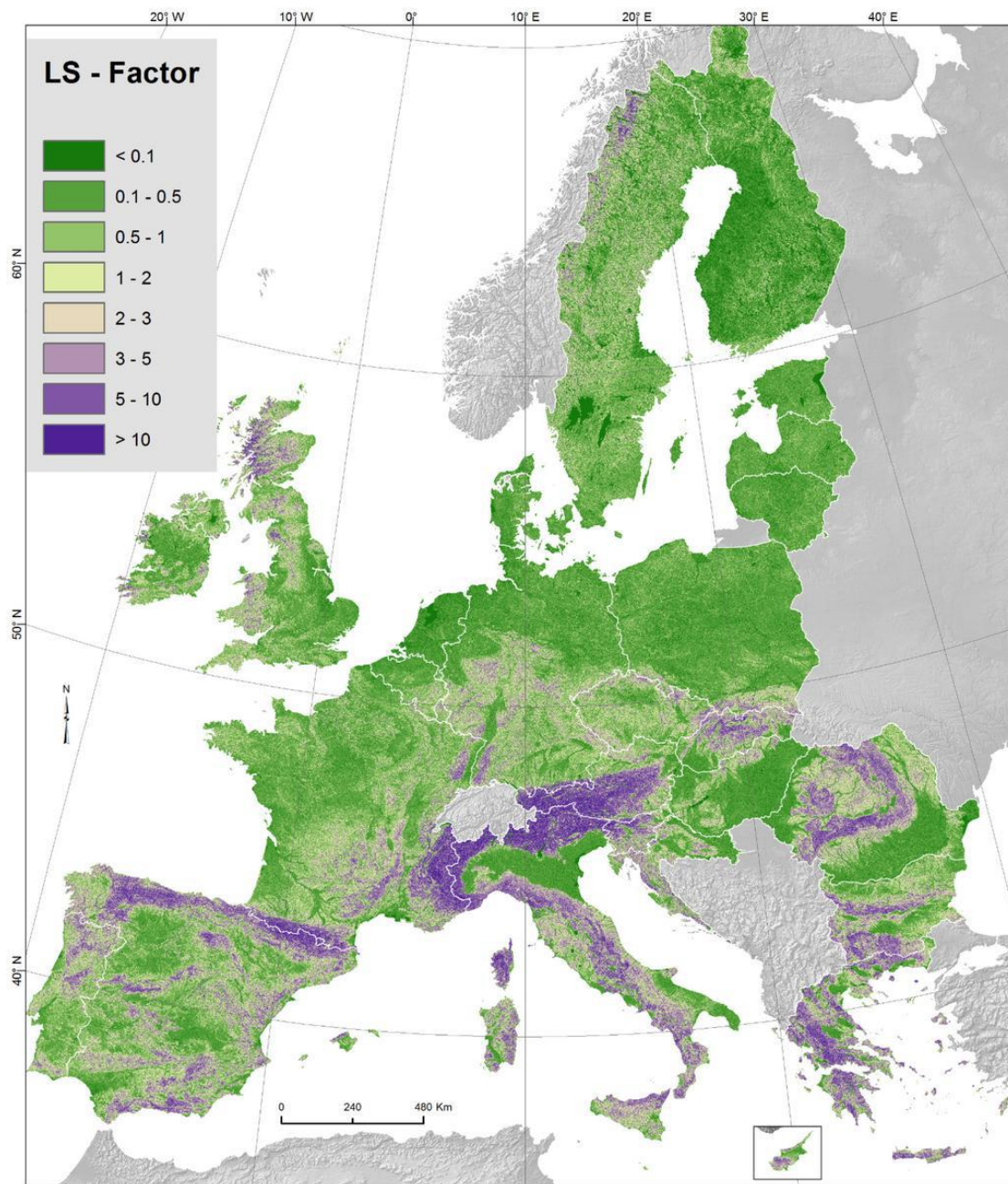
Από την εικόνα 5.13 προκύπτει ότι ο συντελεστή LS παίρνει τιμές από 0 έως 2, καθώς η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από ομαλή γεωμορφολογία και κατά συνέπεια η κλίση του εδάφους δεν επηρεάζει σημαντικά τα φαινόμενα διάβρωσης στην περιοχή.



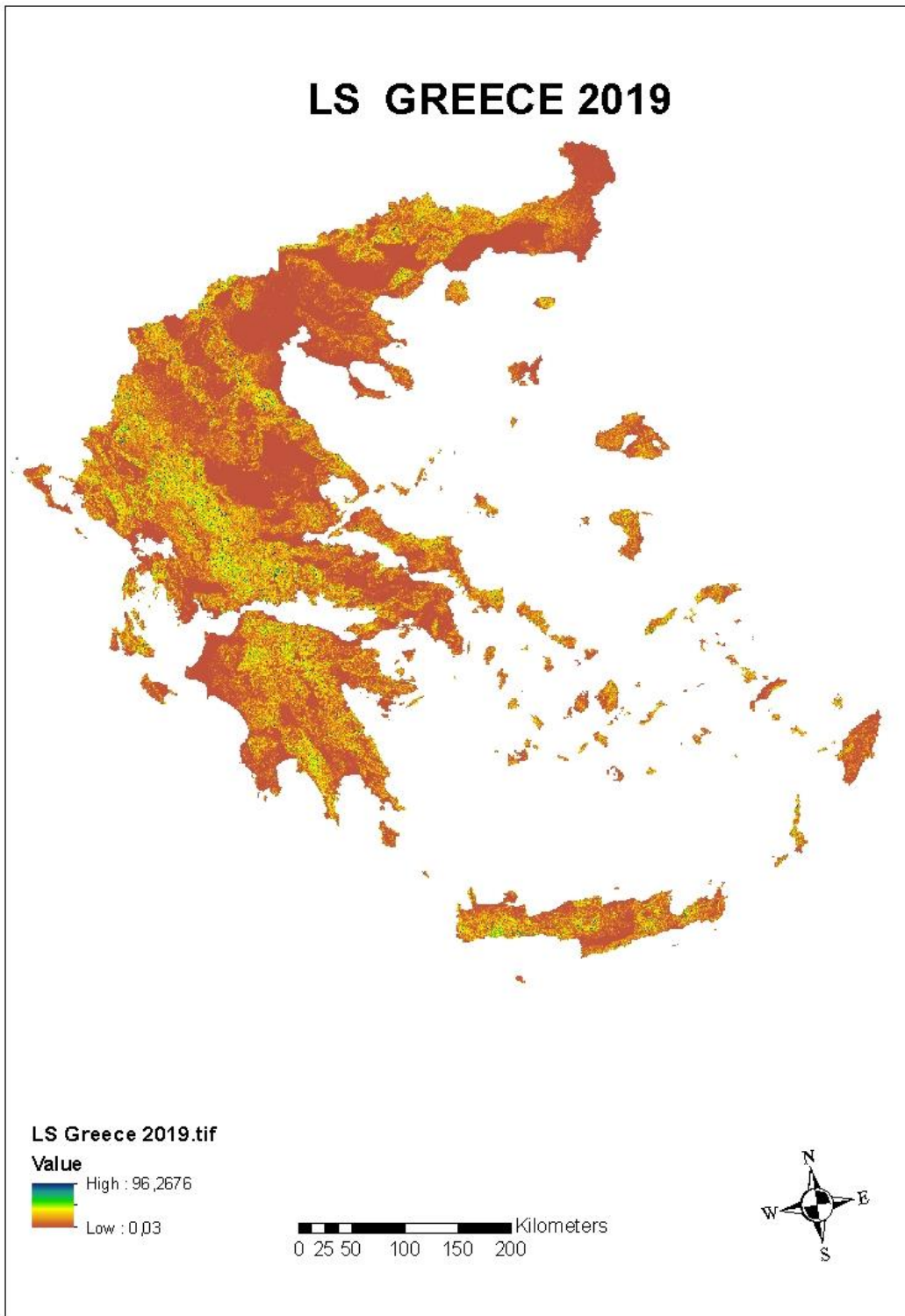
Εικόνα 5.9: ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο (DEM) για την πυρόπληκτης περιοχή από <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1-0-and-derived-products> για το έτος 2009



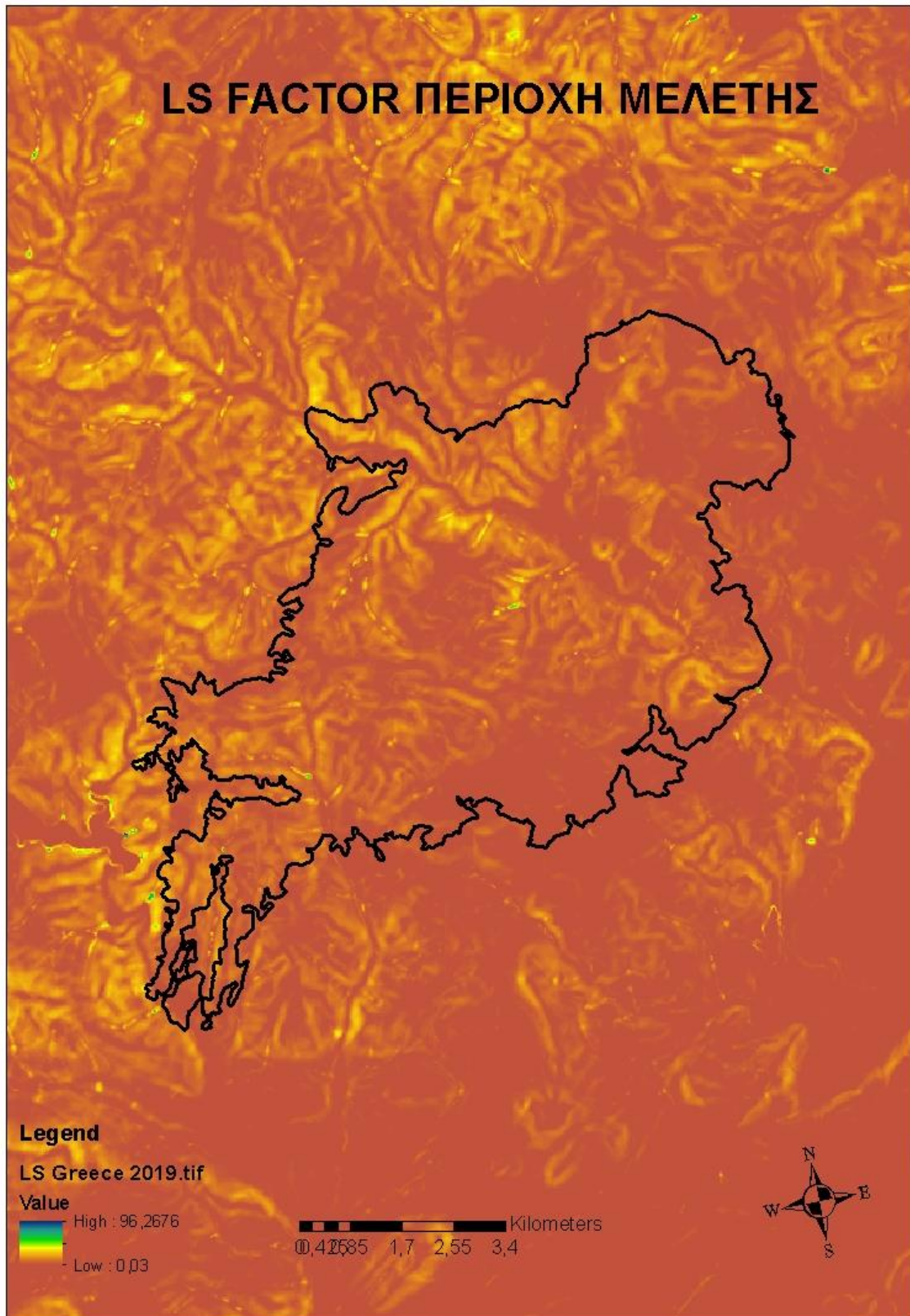
Εικόνα 5.10: ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο (DEM) από <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1.1> για το έτος 2016



Εικόνα 5.11: Χάρτης υψηλής ανάλυσης (25 m μέγεθος κελιού κανάβου) του συντελεστή μήκους και βαθμού κλίσης LS στην Ευρώπη (Panagos et al., 2015).



Εικόνα 5.12: Χάρτης υψηλής ανάλυσης (25 m μέγεθος κελιού κανάβου) του συντελεστή μήκους και βαθμού κλίσης LS στην Ελλάδα (Panagos et al., 2015).



Εικόνα 5.13: Χάρτης υψηλής ανάλυσης (25 m μέγεθος κελιού κανάβου) του συντελεστή μήκους και βαθμού κλίσης LS στην περιοχή μελέτης (Panagos et al., 2015)

5.2.4 Συντελεστής Φυτοκάλυψης C

Οι γεωργικές πρακτικές διαχείρισης διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον έλεγχο της διάβρωσης του εδάφους. Για παράδειγμα το ποσοστό της εδαφικής απώλειας μειώνεται εκθετικά όσο η κάλυψη σε βλάστηση αυξάνει. Εκτός της κάλυψης σε βλάστηση, οι ποικίλες χρήσεις γης και οι παράγοντες διαχείρισης επηρεάζουν την εδαφική απώλεια. Η επίδραση της χρήσης γης και διαχείρισης συχνά παραμετροποιείται στο συντελεστή διαχείρισης κάλυψης γης (C-factor). Ο συντελεστής αυτός είναι ίσως ο πιο σημαντικός παράγοντας όσον αφορά τη λήψη πολιτικών αποφάσεων και χρήσεων γης, δεδομένου ότι αντιπροσωπεύει συνθήκες που μπορούν εύκολα να διαχειριστούν ώστε να μειωθεί η διάβρωση. Στην RUSLE ο συντελεστής C υπολογίζει πως η κάλυψη του εδάφους, οι καλλιέργειες και η διαχείριση των καλλιεργειών συμβάλλουν στην απώλεια εδάφους και πως αυτό διαφέρει όταν αφορά γυμνές χερσαίες περιοχές.

Ο υπολογισμός του συντελεστή C πραγματοποιείται με το μοντέλο LANDUM που έχει αναπτυχθεί σε Ευρωπαϊκή κλίμακα και διαφοροποιείται μεταξύ των αρόσιμων γαιών και των άλλων χρήσεων γης (μη αρόσιμες). Το LANDUM βασίζεται σε βιβλιογραφική ανασκόπηση, σε δεδομένα τηλεπισκόπησης υψηλής χωρικής ανάλυσης και σε στατιστικά στοιχεία για τις γεωργικές καλλιέργειες και τις πρακτικές διαχείρισης. Τεχνητές εκτάσεις, υγρότοποι, υδάτινα σώματα, απογυμνωμένες βραχώδεις εκτάσεις, παραλίες και παγετώνες δεν λαμβάνονται υπόψη στην αξιολόγηση του συντελεστή C (Panagos et al., 2015b). Για την Ελλάδα ο συντελεστής C για το έτος 2016 φαίνεται στην εικόνα 5.32 (Panagos et al., 2016).

Υπολογισμός συντελεστή φυτοκάλυψης C

Μια κοινή μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη χωρική αναπαράσταση του παράγοντα C είναι η εκχώρηση τιμών σε διάφορες κατηγορίες LULC μέσω ενός πίνακα αναζήτησης, χρησιμοποιώντας υπάρχον θεματικούς χάρτες ή ταξινομημένες απομακρυσμένες ανιχνευμένες εικόνες των περιοχών μελέτης (Kumar et al. 2014). Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση περιέχει ορισμένους εγγενείς περιορισμούς που σχετίζονται είτε με το δυσκολία στον εντοπισμό αξιόπιστων δειγμάτων, στην περίπτωση εποπτευόμενων προσεγγίσεων, ή στον καθορισμό του κατάλληλου αριθμού ομάδων ή ομάδων όταν ακολουθούν-μη εποπτευόμενες διαδικασίες, καθώς και περιορισμούς που σχετίζονται με την αβεβαιότητα του μέγεθους σφάλματος που υπάρχει στην ταξινόμηση ιστορικών εικόνων, λόγω της έλλειψης δεδομένων. Μια εναλλακτική προσέγγιση για την εκτίμηση της χωρικής κατανομής του παράγοντα C είναι η χρήση των δορυφορικών δεικτών βλάστησης, οι οποίοι είναι ποσοτικά μέτρα που σχετίζονται με ιδιότητες και εκφράζουν βιομάζα ή φυτικό σθένος. Η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη τηλεπισκόπηση με παράγοντα δείκτη της ανάπτυξης της βλάστησης είναι το NDVI (Tucker 1979), το οποίο εκτιμάται από τον ακόλουθο τύπο υπολογισμού:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad 5.1$$

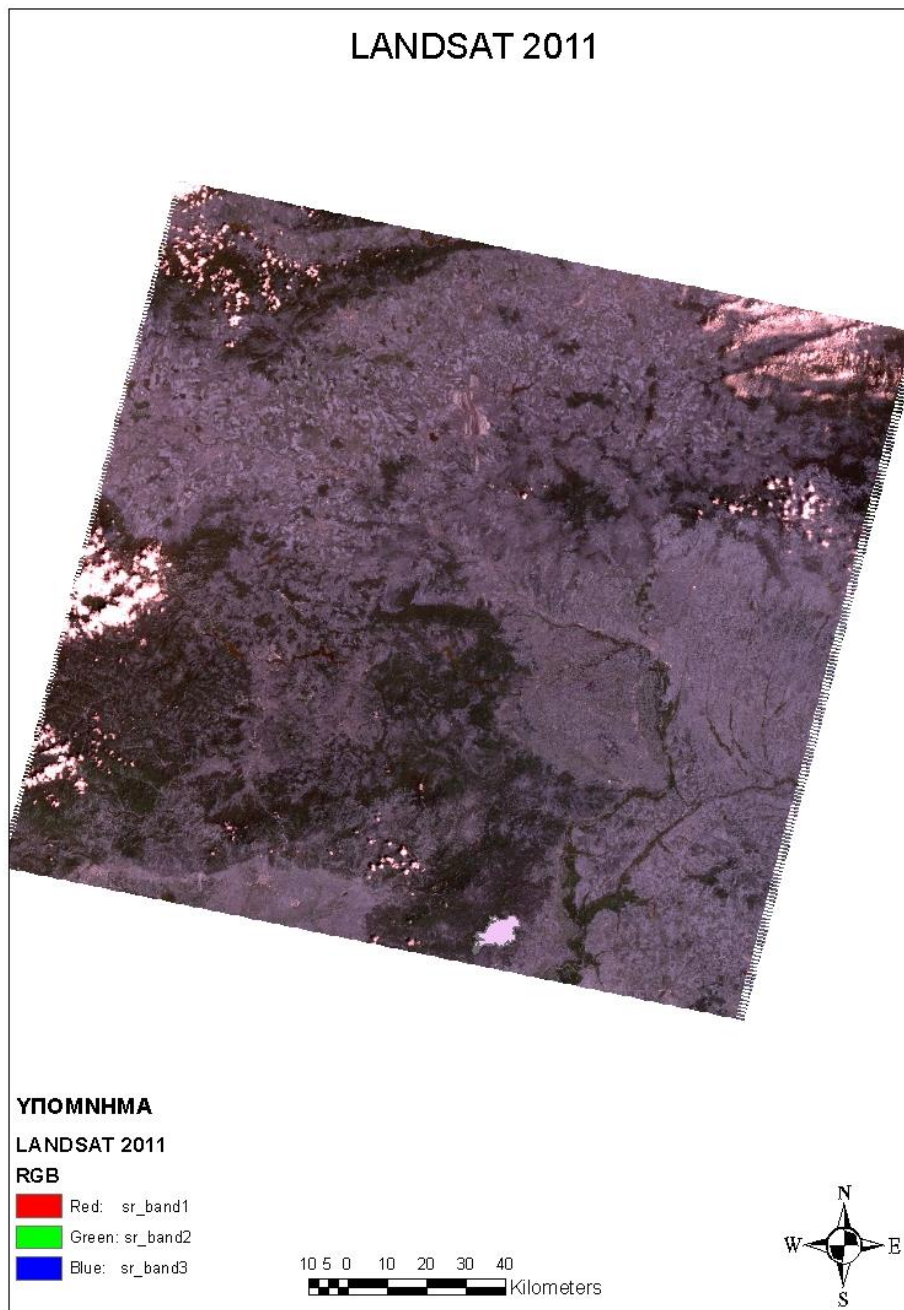
όπου NIR και Red είναι η ανάκλαση που καταγράφεται σε φάσμα εγγύς υπέρυθρων και κόκκινο, αντίστοιχα.

Με βάση την εικόνα NDVI, η ακόλουθη εξίσωση, η οποία δίνει καλύτερα αποτελέσματα από μια γραμμική σχέση, χρησιμοποιείται για τη δημιουργία του παράγοντα C μιας επιφάνειας από τις τιμές NDVI (Van der Knijff et al. 1999):

$$C = \exp\left[-a\left(\frac{\text{NDVI}}{b-\text{NDVI}}\right)\right] \quad 5.2$$

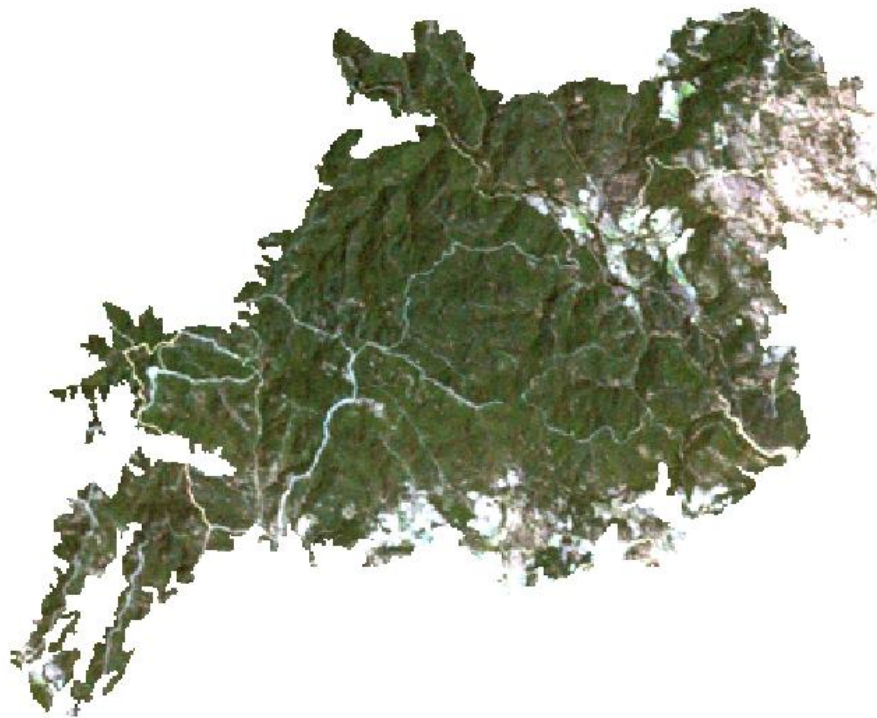
όπου a ισούται με 2 και b ισούται με 1, (Mallinis et al., 2016).

Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω εξισώσεις και δορυφορικές εικόνες (Landsat) εικόνες 5.14 έως 5.19 παράγουμε εικόνες NDVI για τις χρονικές περιόδους πριν την φωτιά εικόνα 5.20 και 5.21, μετά την φωτιά εικόνα 5.22 και 5.23 και σήμερα εικόνα 5.24 και 5.25. Κατόπιν χρησιμοποιώντας την εξίσωση 5.2 υπολογίσαμε το συντελεστή C για τις περιόδους πριν την φωτιά εικόνα 5.26 και 5.27, για μετά την φωτιά 5.28 και 5.29 και σήμερα εικόνα 5.30 και 5.31.



Εικόνα 5.14: Απεικόνιση ευρύτερης περιοχής πριν την πυρκαγιά από την δορυφορική εικόνα “Landsat”. (<https://earthexplorer.usgs.gov/>)

LANDSAT 2011 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ




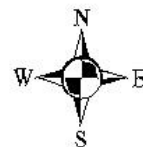
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Extract_xml1

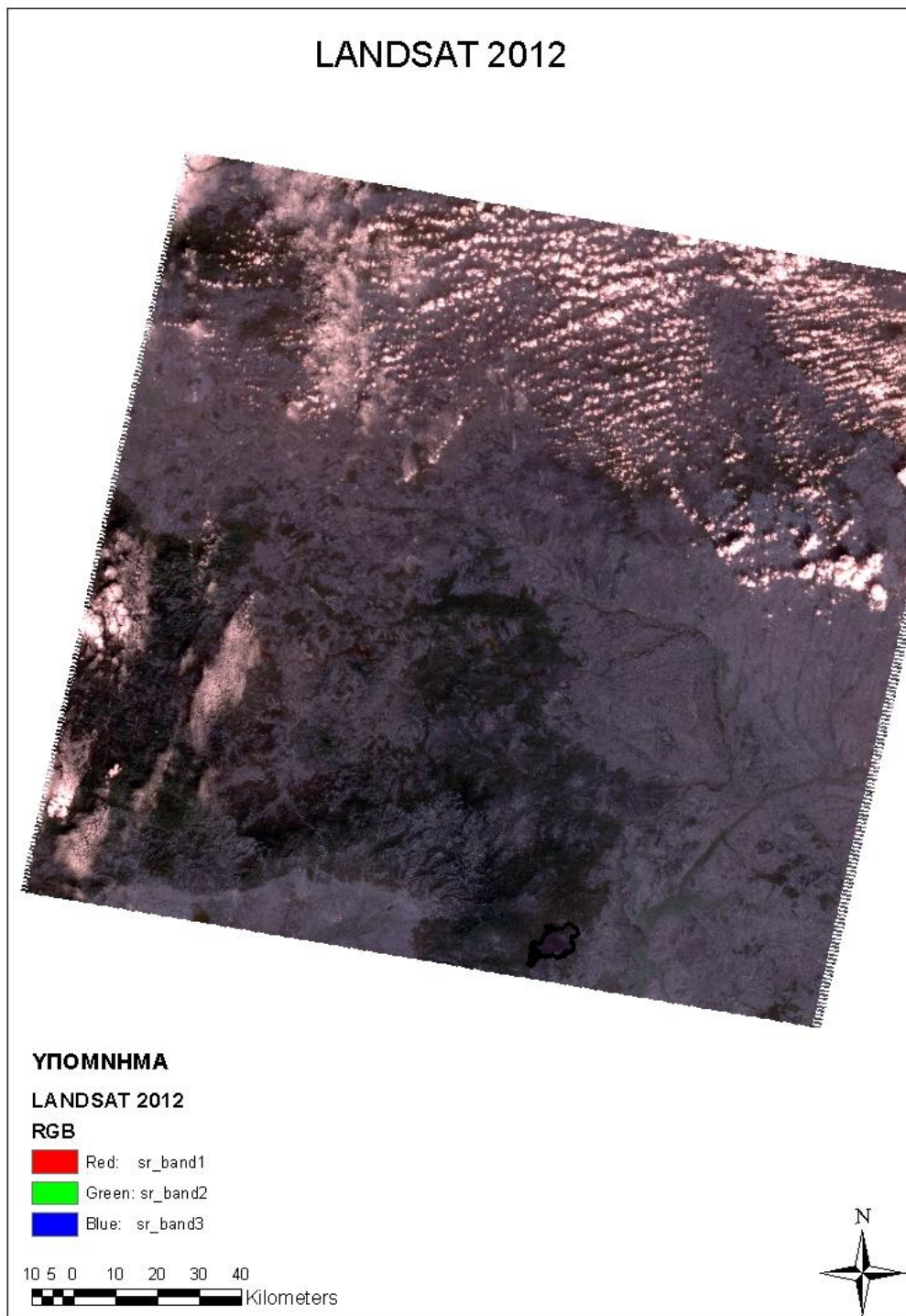
RGB

-  Red: Band_1
-  Green: Band_2
-  Blue: Band_3

0,0,30 0,6 1,2 1,8 2,4
 Kilometers

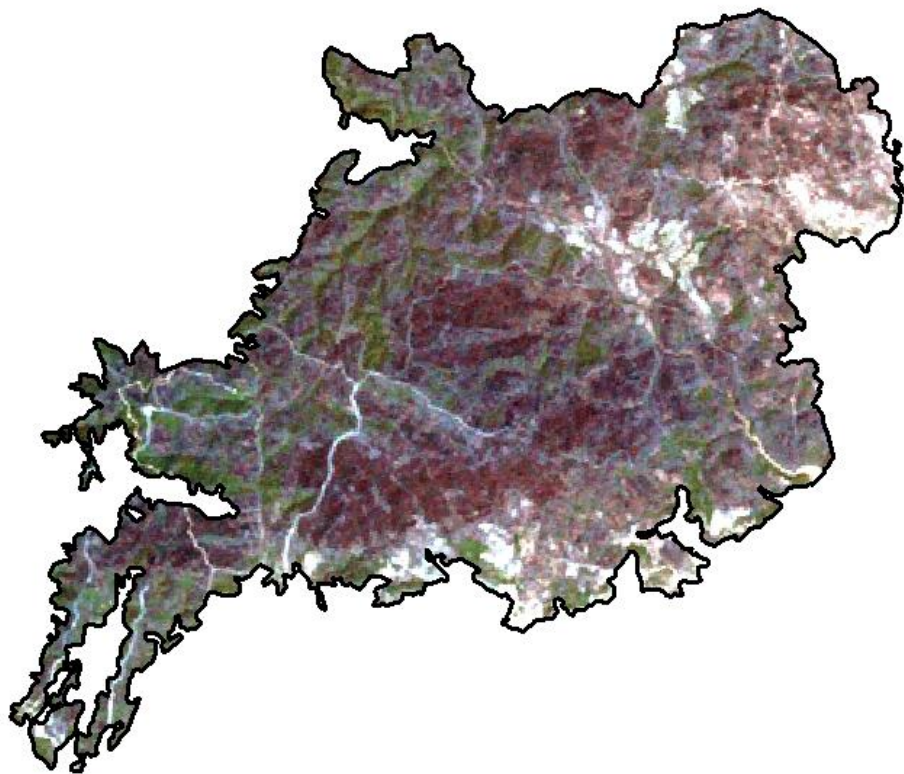


Εικόνα 5.15: Απεικόνιση περιοχής μελέτης πριν την πυρκαγιά από την δορυφορική εικόνα “Landsat”.



Εικόνα 5.16: Απεικόνιση ευρύτερης περιοχής μετά την πυρκαγιά από την δορυφορική εικόνα “Landsat”. (<https://earthexplorer.usgs.gov/>)


LANDSAT 2012 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ


LANDSAT 2012 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

RGB

 Red: Band_1

 Green: Band_2

 Blue: Band_3

0,653280 0,65 1,3 1,95 2,6
 Kilometers

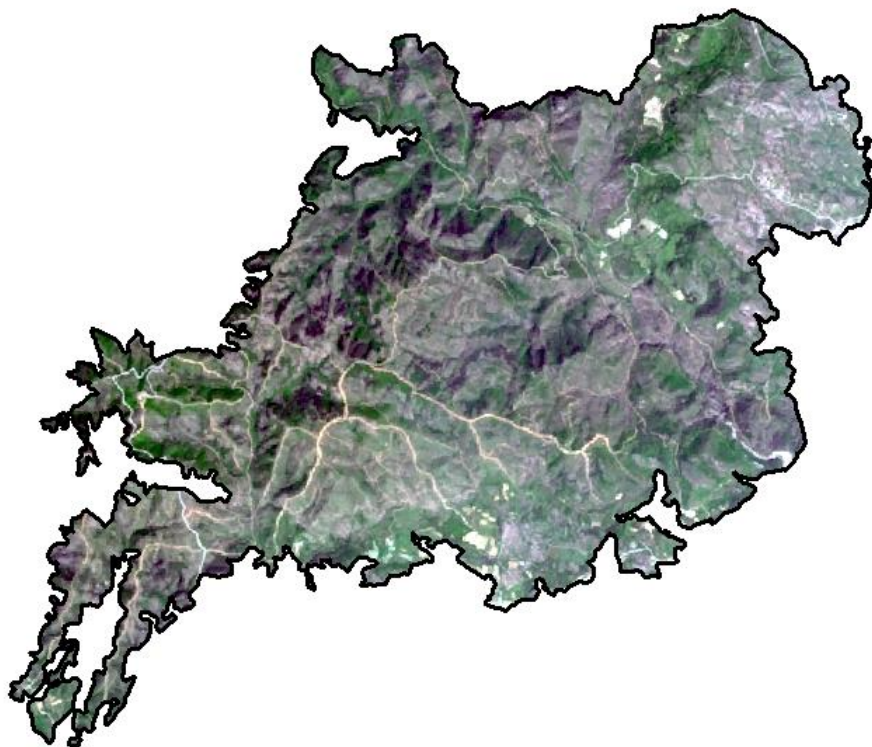


Εικόνα 5.17: Απεικόνιση περιοχής μελέτης μετά την πυρκαγιά από την δορυφορική εικόνα “Landsat”.



Εικόνα 5.18: Απεικόνιση ευρύτερης περιοχής όπως είναι σήμερα από την δορυφορική εικόνα .
 (<https://www.arcgis.com/home/item.html?id=10df2279f9684e4a9f6a7f08febac2a9>)

LANDSAT 2019 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

LANDSAT 2019 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

RGB

Red: Band_1

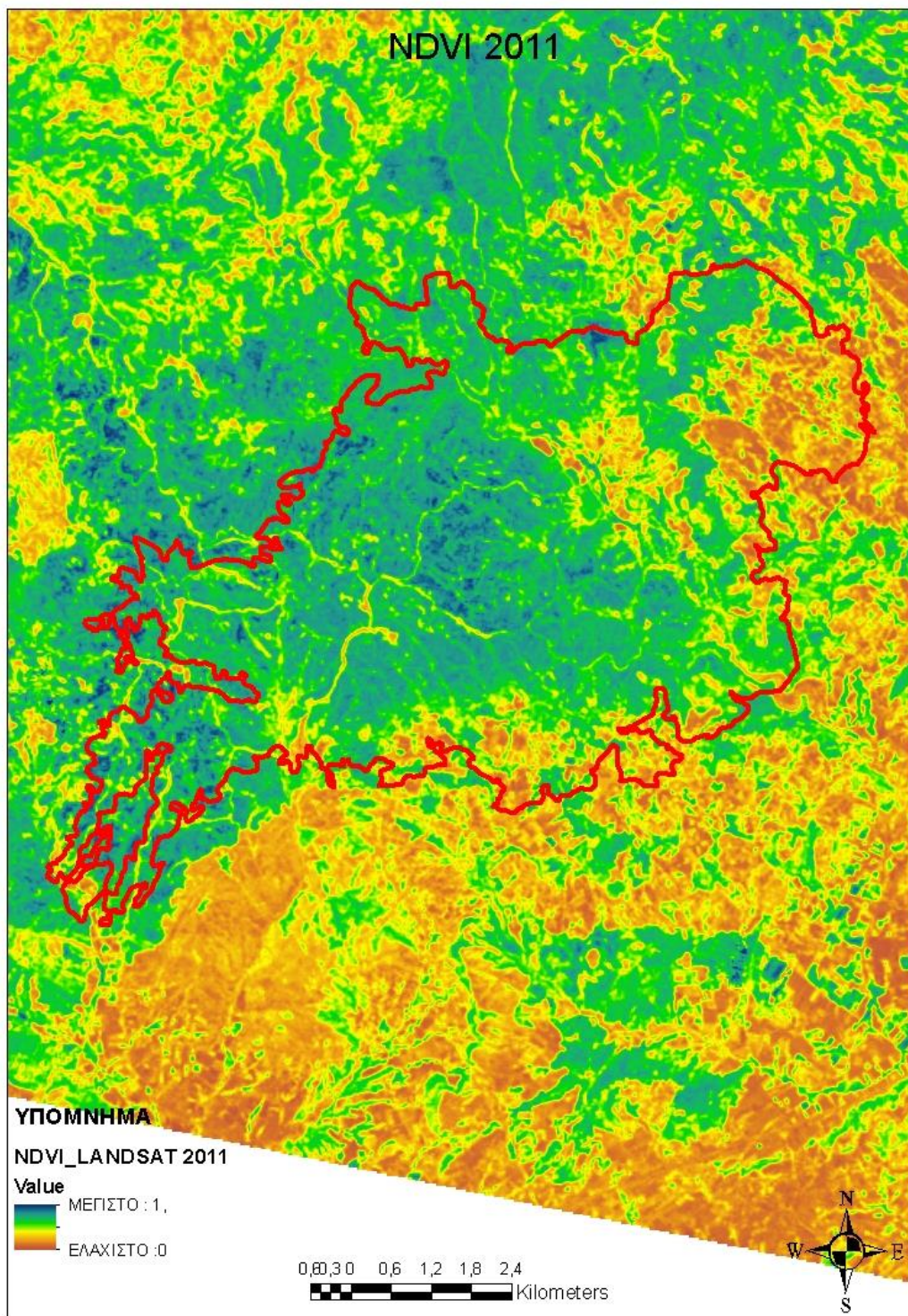
Green: Band_2

Blue: Band_3

0,0,350 0,7 1,4 2,1 2,8
Kilometers

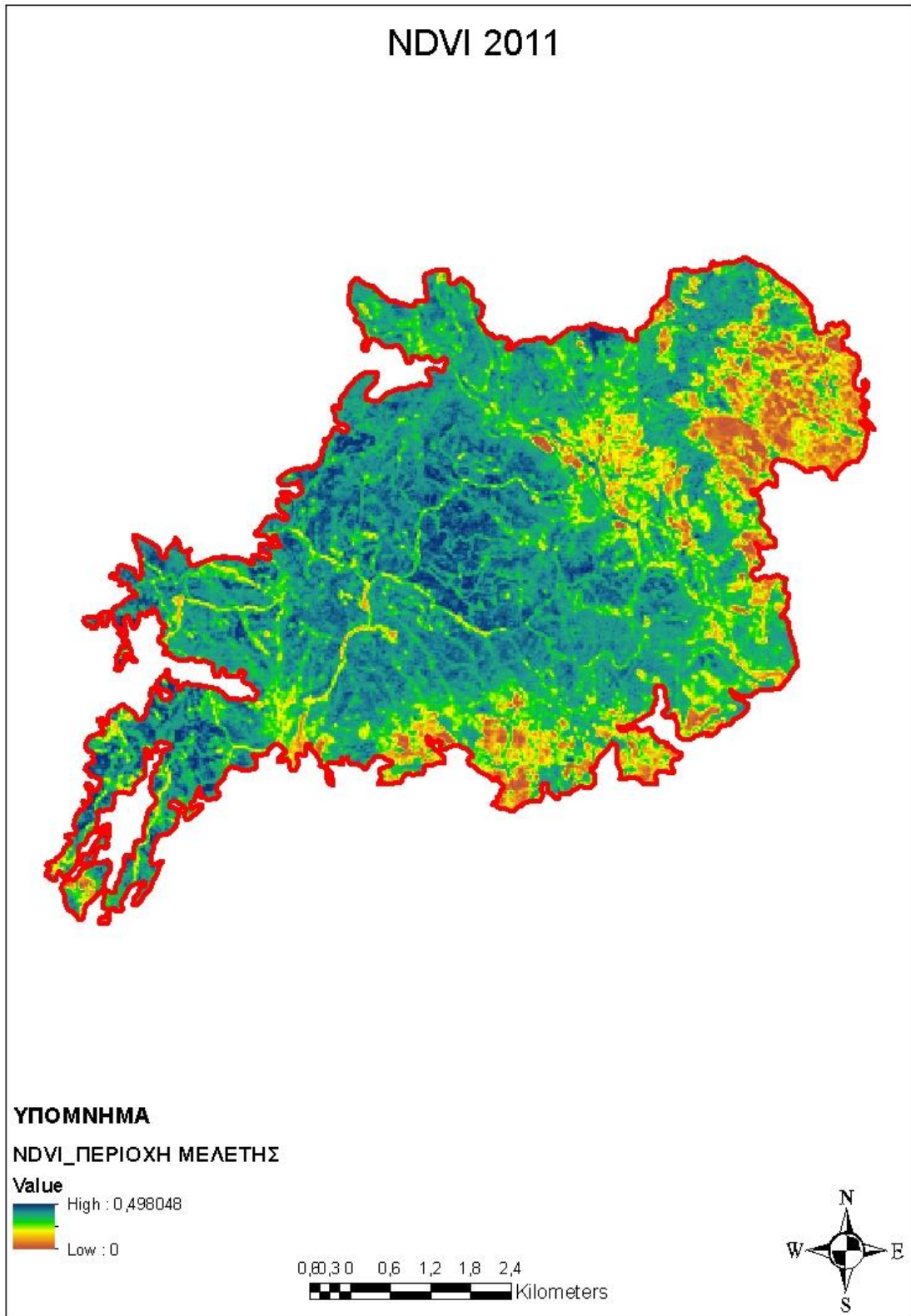


Εικόνα 5.19: Απεικόνιση περιοχής μελέτης όπως είναι σήμερα από την δορυφορική εικόνα.

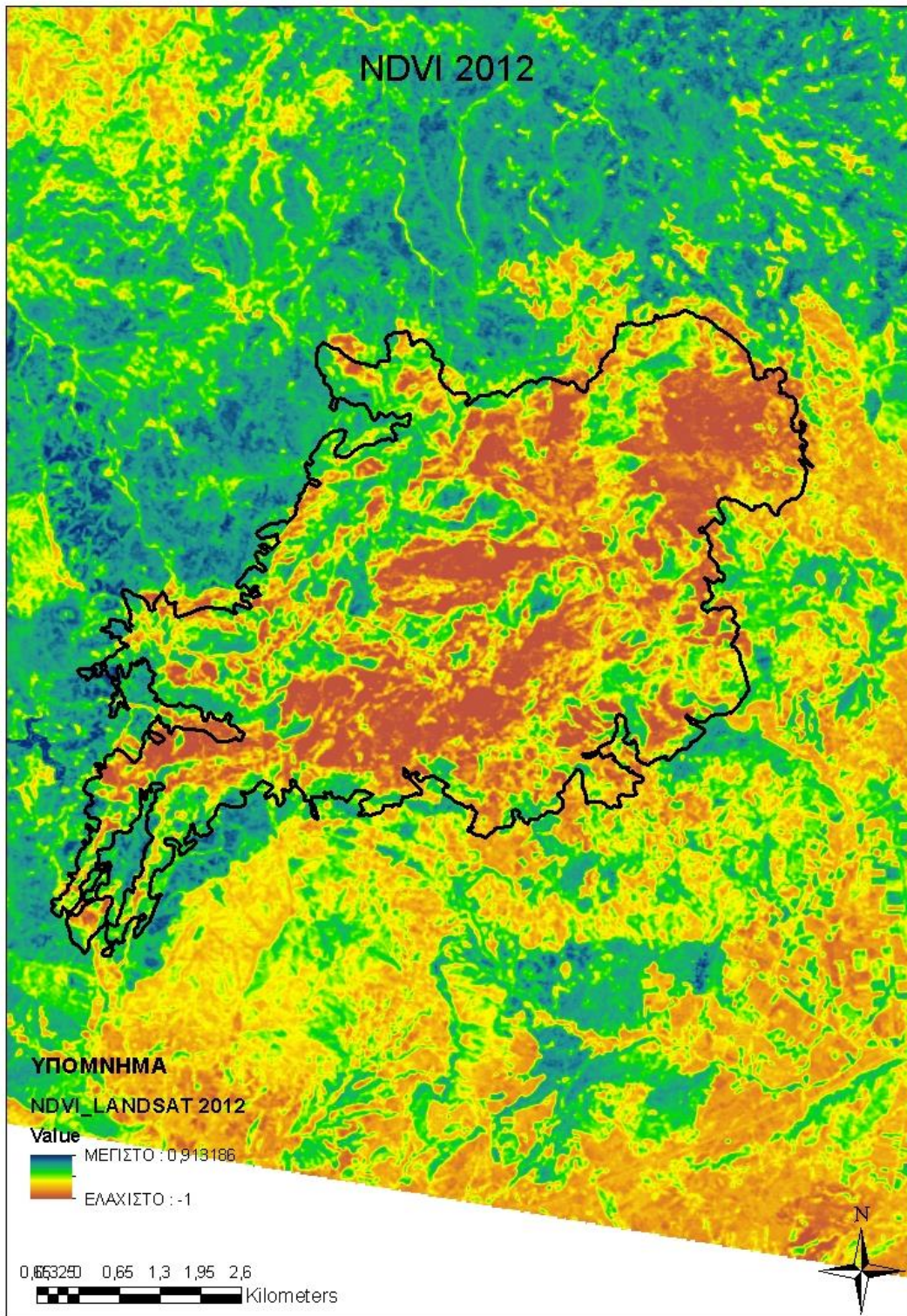


Εικόνα 5.20: Χάρτης του NDVI στην ευρύτερη περιοχή μελέτης πριν την πυρκαγιά

NDVI 2011

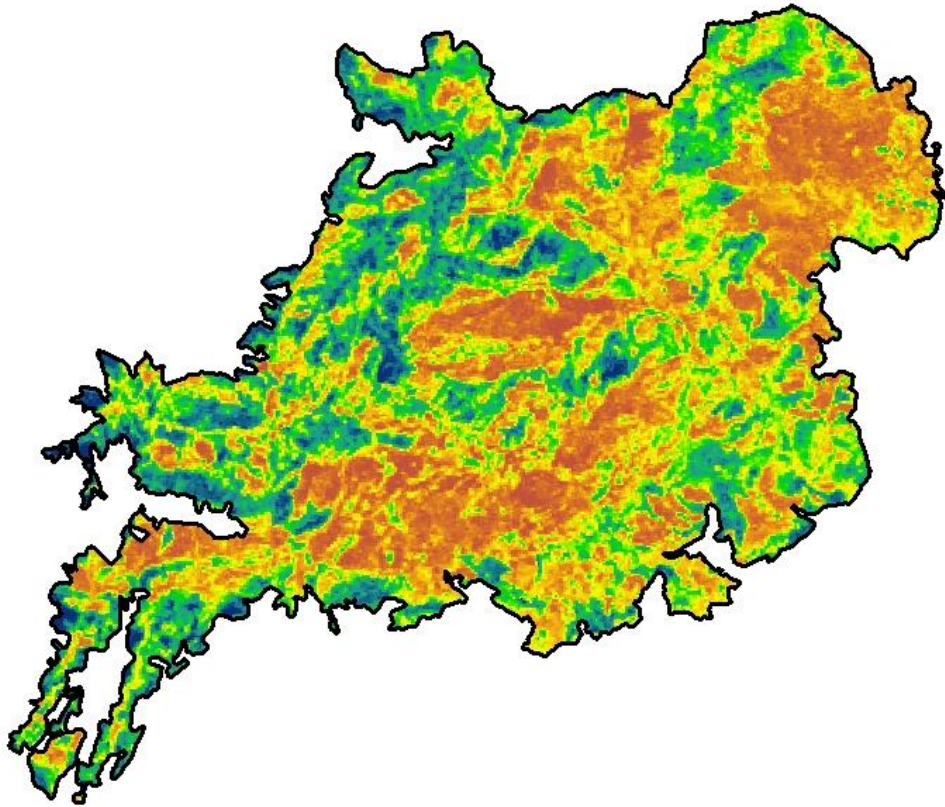


Εικόνα 5.21: Χάρτης του NDVI στην περιοχή μελέτης πριν την πυρκαγιά



Εικόνα 5.22: Χάρτης του NDVI στην ευρύτερη περιοχή μελέτης μετά την πυρκαγιά

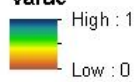
NDVI 2012



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

NDVI_LANDSAT 2012 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

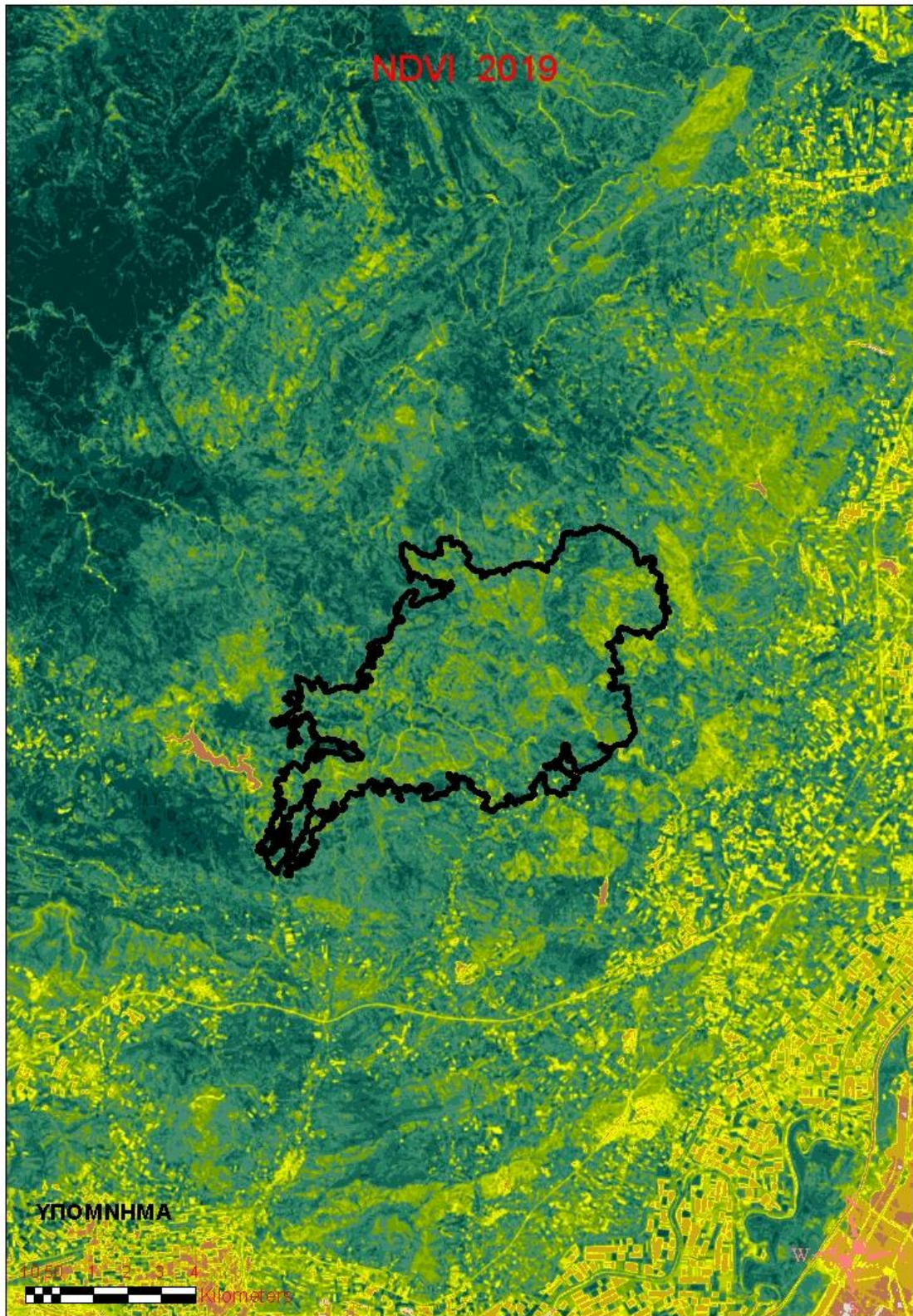
Value



0,60,3,0 0,6 1,2 1,8 2,4
 Kilometers

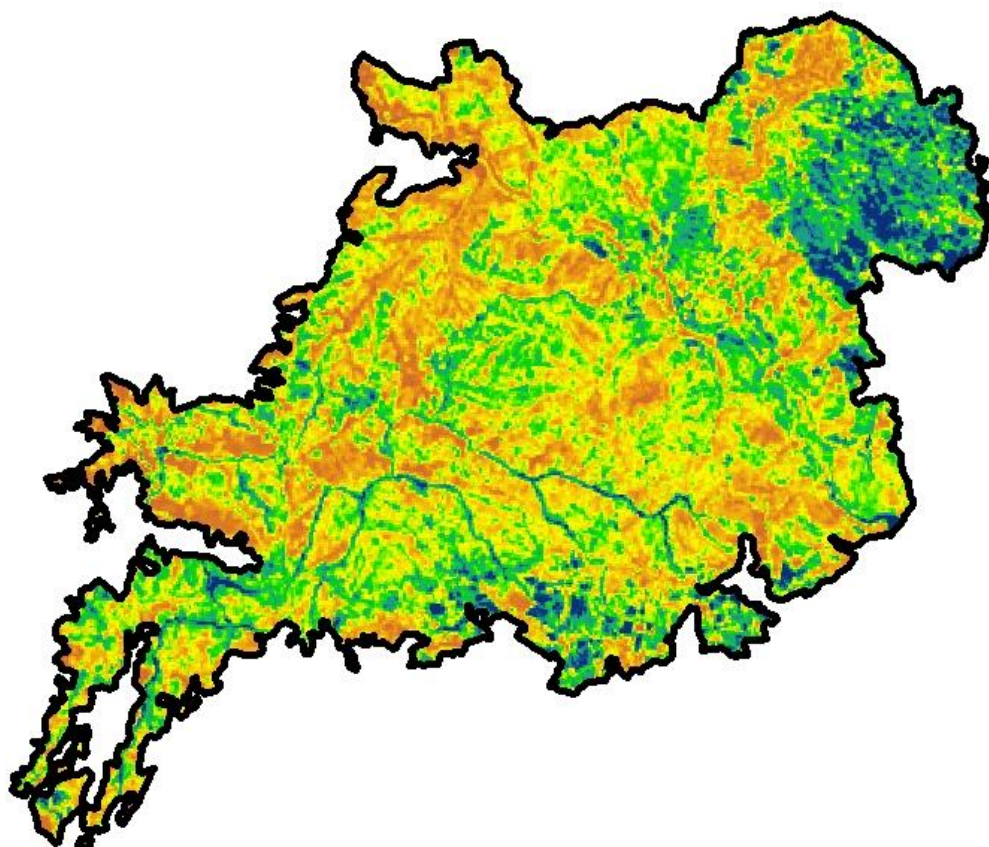


Εικόνα 5.23: Χάρτης του NDVI στην περιοχή μελέτης μετά την πυρκαγιά



Εικόνα 5.24: Χάρτης του NDVI στην ευρύτερη περιοχή μελέτης το 2019(ESRI)

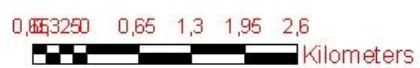
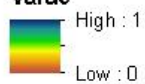
NDVI 2019



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

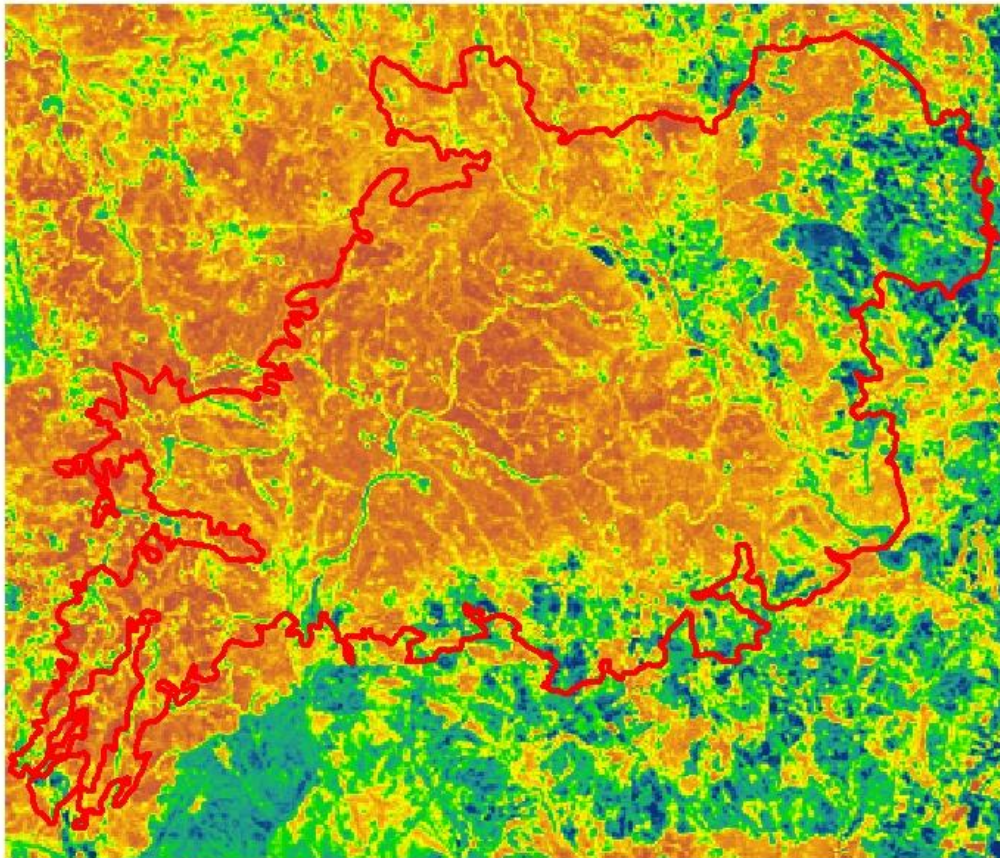
NDVI 20119

Value



Εικόνα 5.25: Χάρτης του NDVI στην περιοχή μελέτης το 2019

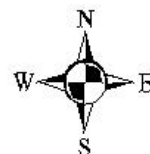
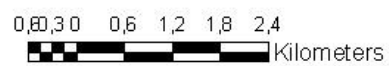
C FACTOR 2011



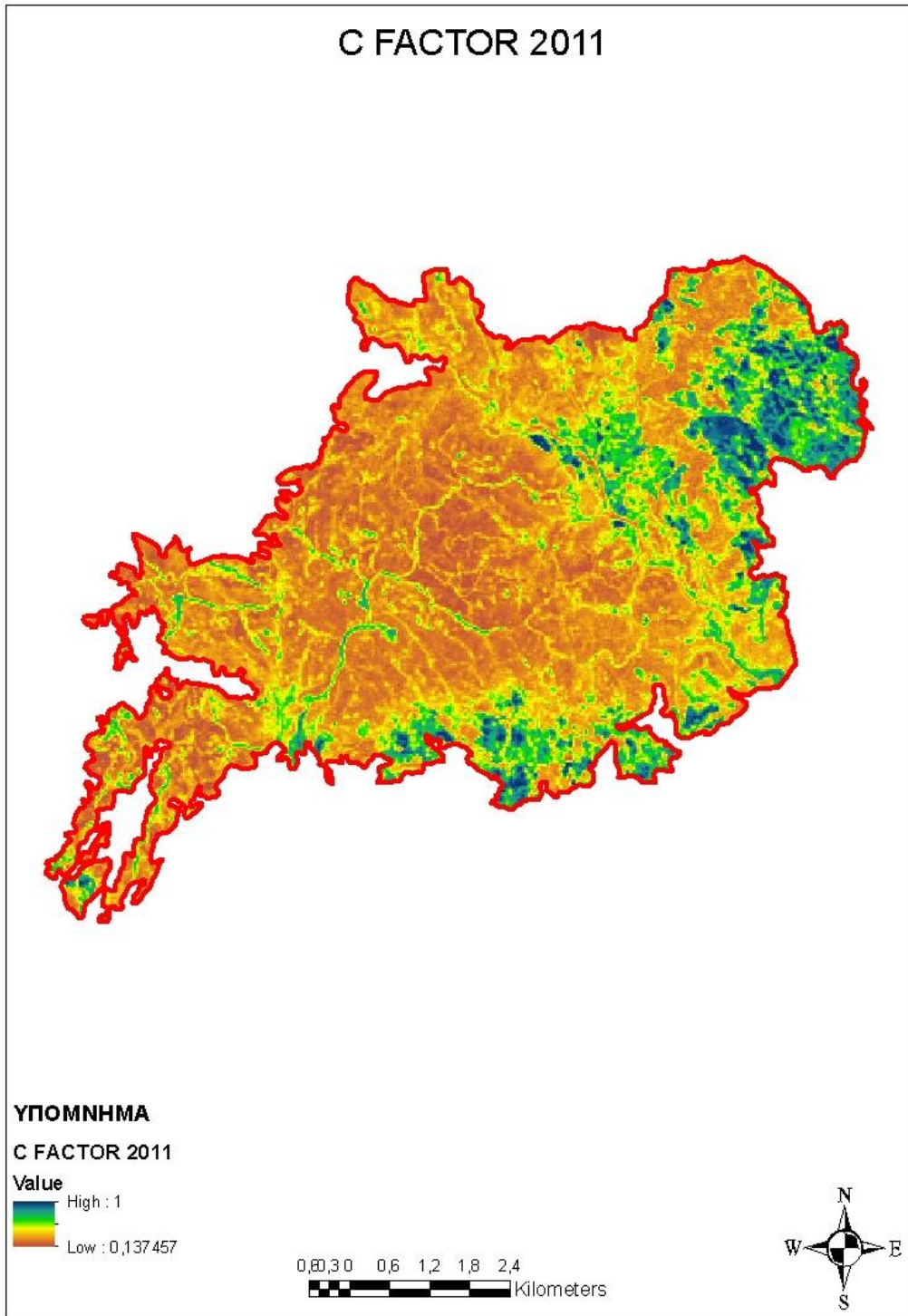
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

C FACTOR

Value

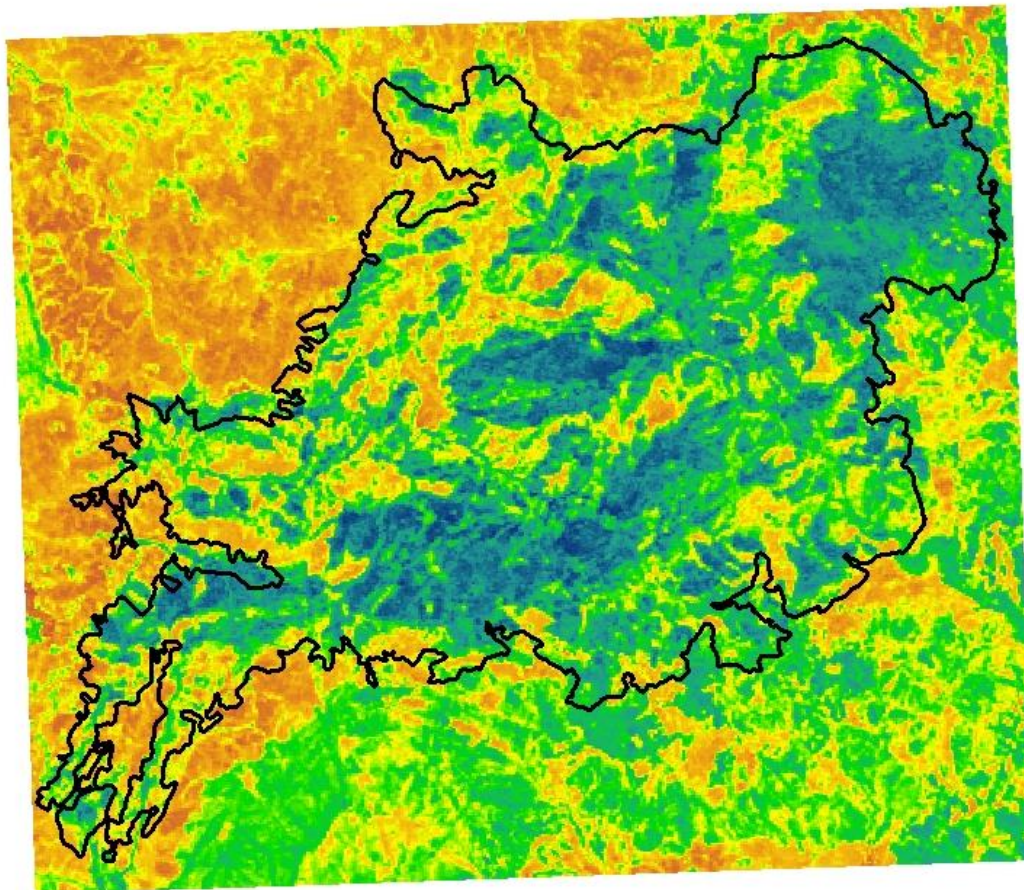


Εικόνα 5.26: Συντελεστής φυτοκάλυψης C πριν την πυρκαγιά για την ευρύτερη περιοχή μελέτης



Εικόνα 5.27: Συντελεστής φυτοκάλυψης C πριν την πυρκαγιά για την περιοχή μελέτης

C FACTOR 2012 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

C_FACTOR

Value

High : 1

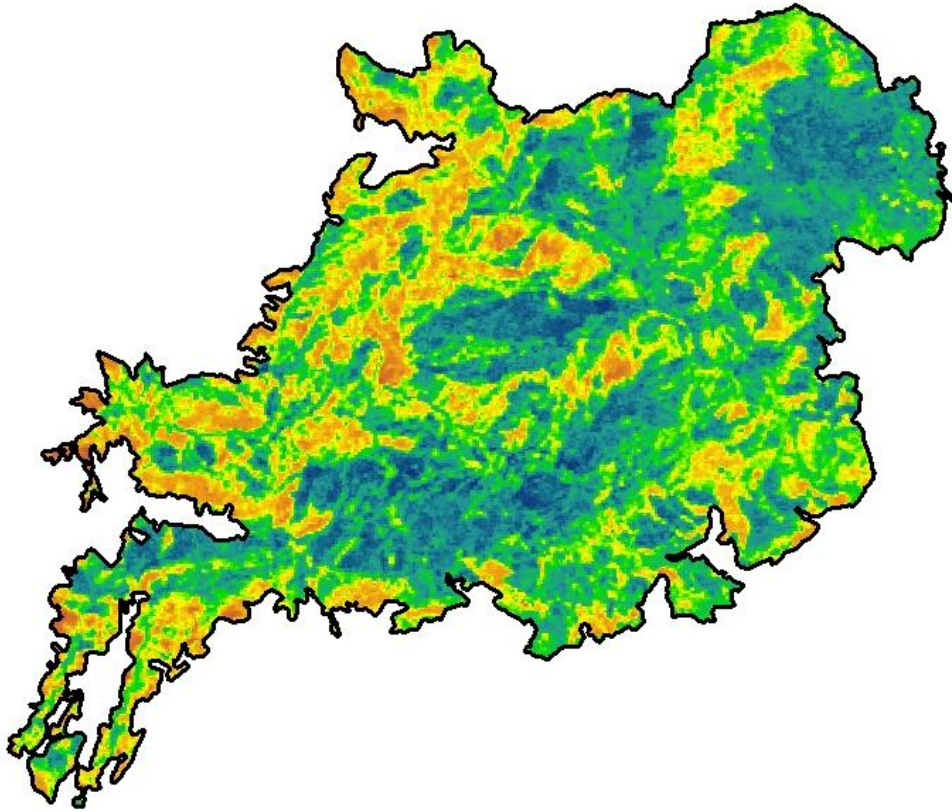
Low : 0,0010661

0,00,3,0 0,6 1,2 1,8 2,4
Kilometers



Εικόνα 5.28: Συντελεστής φυτοκάλυψης C μετά την πυρκαγιά για την ευρύτερη περιοχή μελέτης

C FACTOR 2012 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

C FACTOR 2012

Value

High : 1

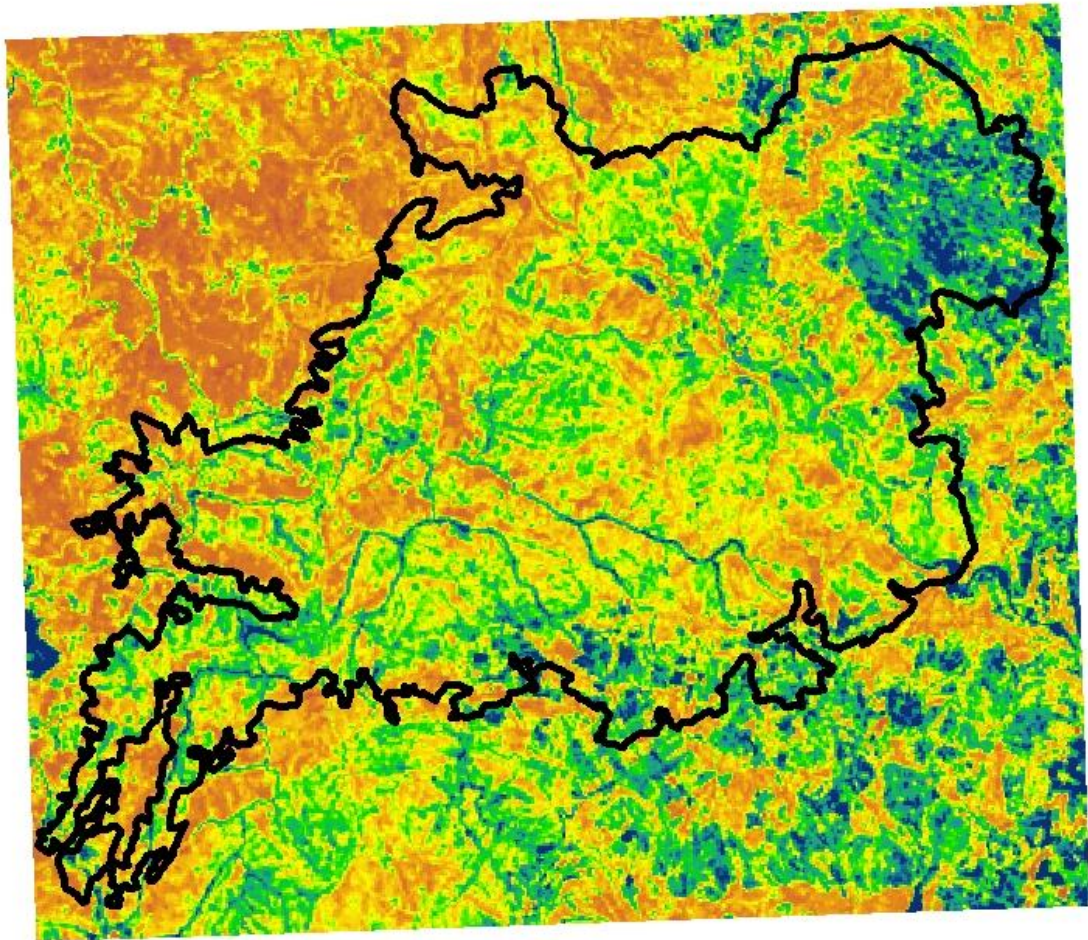
Low : 0,0908888

0,60,30 0,6 1,2 1,8 2,4
Kilometers



Εικόνα 5.29: Συντελεστής φυτοκάλυψης C μετά την πυρκαγιά για την περιοχή μελέτης

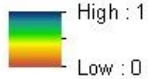
C FACTOR 2019



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

C_FACTOR

Value

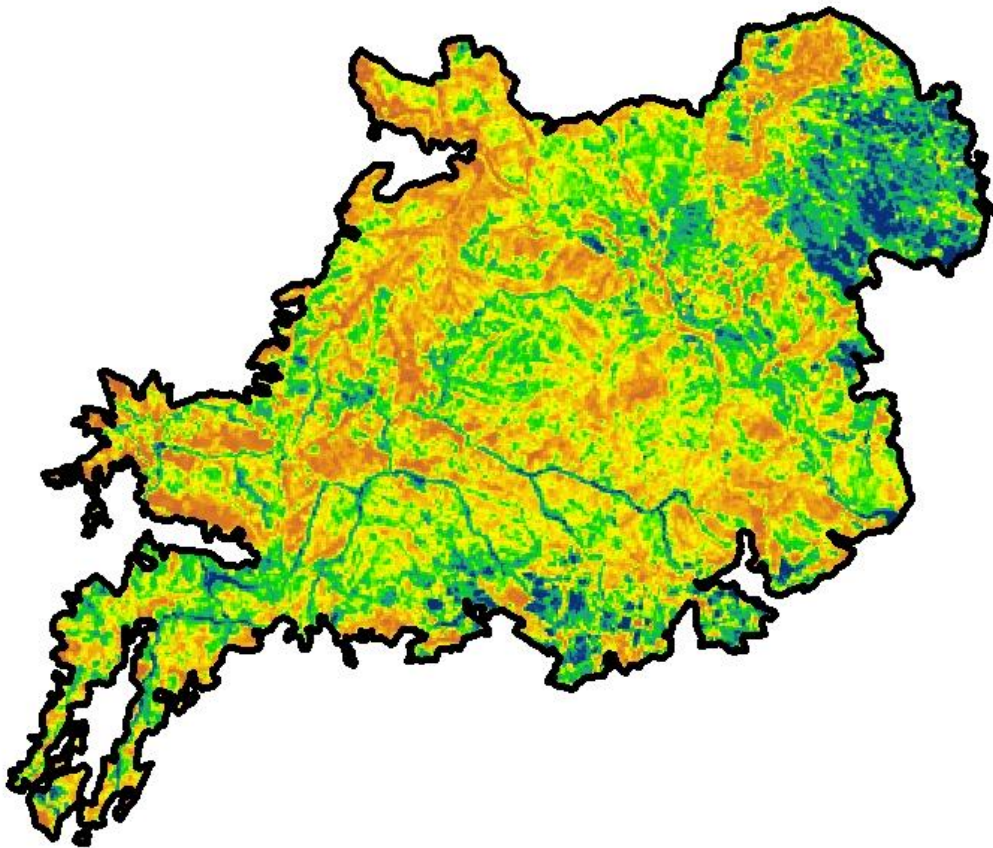


0,65 3250 0,65 1,3 1,95 2,6
Kilometers



Εικόνα 5.30: Συντελεστής φυτοκάλυψης C για την ευρύτερη περιοχή μελέτης το 2019

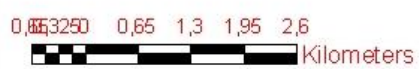
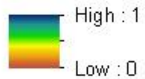
C FACTOR 2019



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

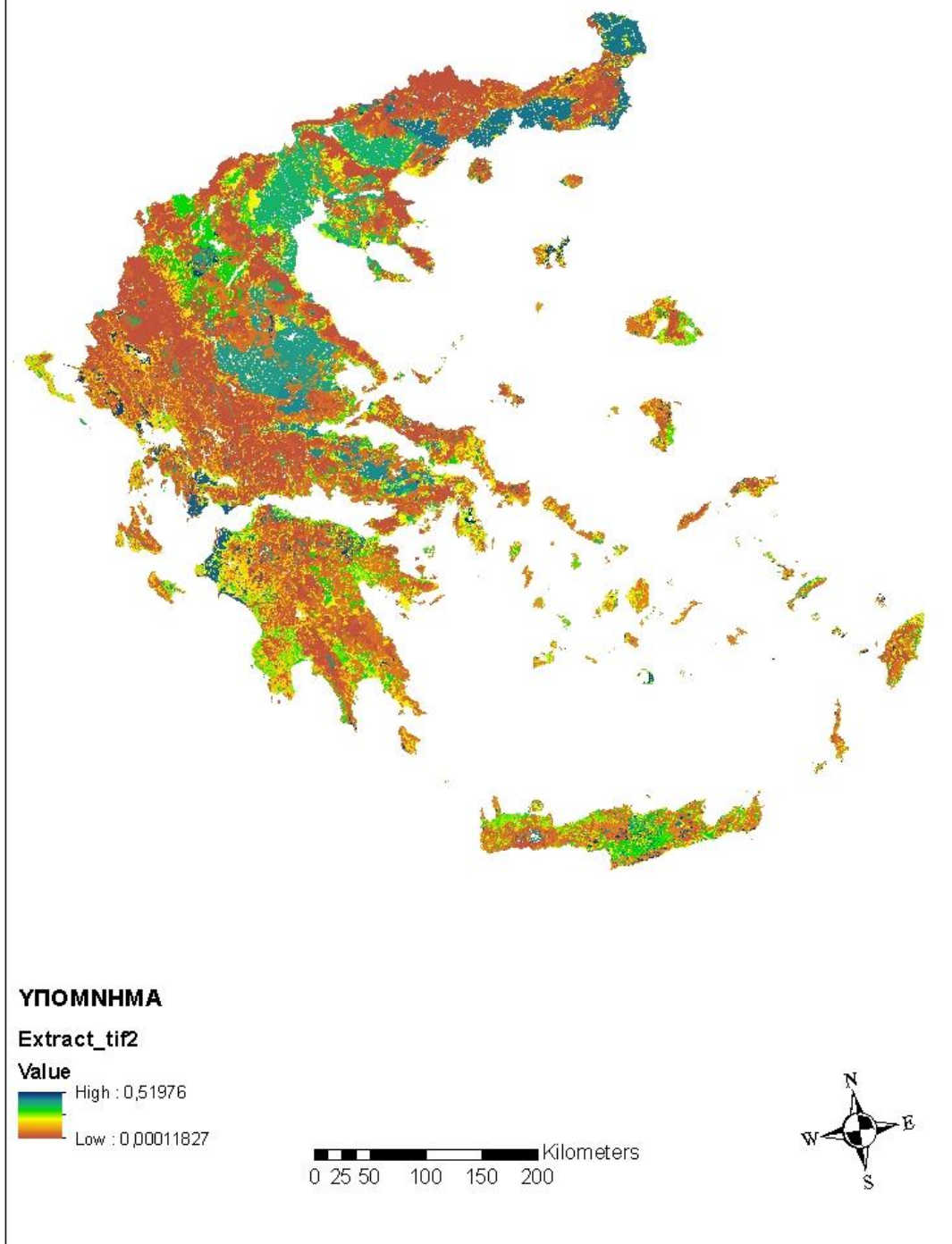
C FACTOR 2019

Value



Εικόνα 5.31: Συντελεστής φυτοκάλυψης C για την περιοχή μελέτης το 2019

C FACTOR GREECE 2019



Εικόνα 5.32: Συντελεστής φυτοκάλυψης C για την Ελλάδα το 2015(Panagos et al., 2015)

5.2.5 Συντελεστής Προστατευτικών Μέτρων P

Ο συντελεστής μέτρων κατά της διάβρωσης του εδάφους P στην πυρόπληκτη περιοχή προκύπτει από την εφαρμογή συγκεκριμένης μεθόδου σύμφωνα με τους Panagos, et al., 2015□ ακολουθώντας την παρακάτω εξίσωση

$$P=P_c \cdot P_{sw} \cdot P_{gm}$$

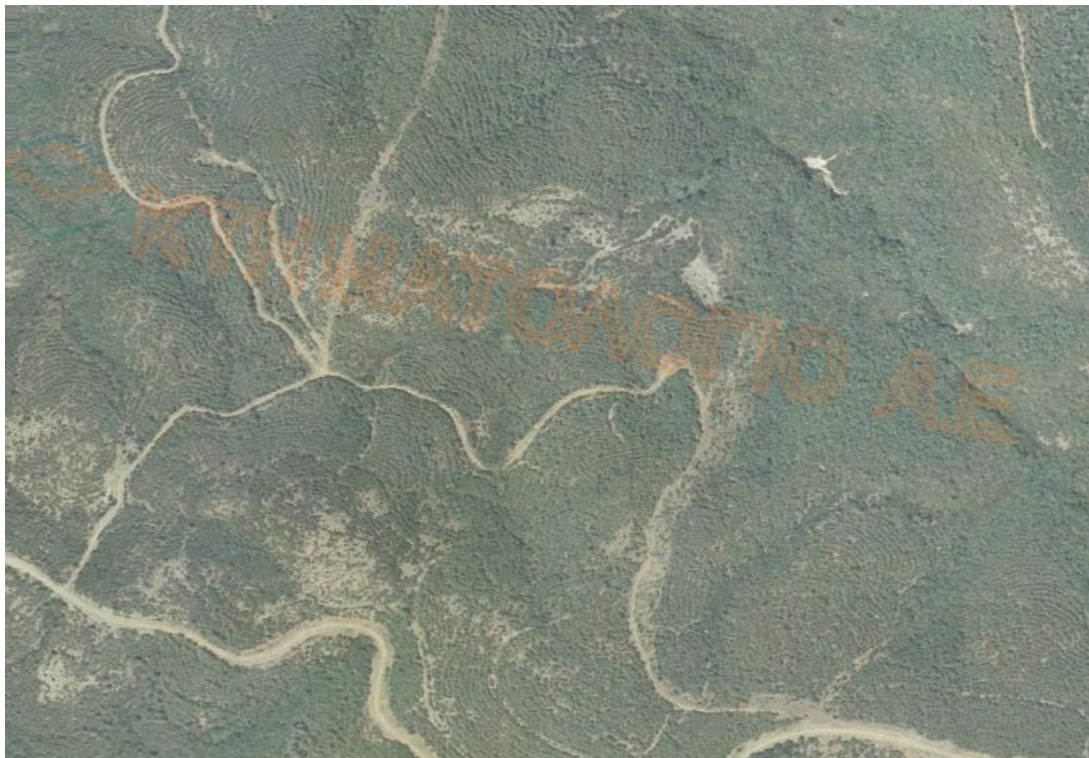
Όπου P_c (Support practice factor for contouring) αφορά στην κλίση του εδάφους, P_{sw} (the stone walls sedimentation sub-factor) αφορά στις αναβαθμίδες που υπάρχουν στην περιοχή ως αντιδιαβρωτικά μέτρα και P_{gm} (grass margins sub-factor) που αφορά στις τεχνικές ύπαρξης γρασιδιού. Στην περιοχή μελέτης της εργασίας μας δεν παρουσιάζεται ο συντελεστής P_{gm} άρα έχουμε $P_{gm} = 1$.

Για τον παράγοντα P από το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου DEM υπολογίζουμε την % κλίση του εδάφους και εφόσον την κατηγοριοποιήσαμε σε κλάσεις δίνουμε για κάθε μια από αυτές τις αντίστοιχες τιμές P_c . Επειδή στην περιοχή μελέτης υπήρχαν αναβαθμίδες πριν την φωτιά και οι ίδιες αναβαθμίδες υπάρχουν μετά την φωτιά αλλά και σήμερα εικόνες 5.33 και 5.34 και επειδή τα μέτρα τα οποία αφορούσαν μετά την φωτιά (Πολυμελέτη αποκατάστασης καμένων Δρυμού-Κοίλων 2011) αφορούσαν την αφαίρεση των καμένων κορμών με άφεση της υπόλοιπης νεκρής ίλης μέσα στο δάσος το οποίο δεν επηρεάζει τον συντελεστή P θα χρησιμοποιήσουμε για την περιοχή μελέτης τον συντελεστή τον οποίο υπολόγισε η ESDAC εικόνα 5.35 για το έτος 2016 αφού δεν έχει μεταβληθεί κάτι το οποίο επηρεάζει τον συντελεστή P. Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω δεδομένα προκύπτει ο συντελεστής P για την Ελλάδα εικόνα 5.36 και 5.37 για την περιοχή μελέτης. Από τα παραπάνω σημειώνονται ακραίες τιμές, με ελάχιστη 0.0118 και μέγιστη 1. Συμπεραίνουμε λοιπόν από το χάρτη ότι υπάρχει μεγάλος κίνδυνος διάβρωσης γι αυτό άλλωστε και η συγκεκριμένη περιοχή ανήκει στις περιοχές με μεγάλο κίνδυνο ερημοποίησης Εικόνα 2.3. Χάρτης κινδύνου ερημοποίησης στην Ελλάδα. Από: Λέκκας και συν., 2015β.

Πίνακας 5.5: Ο συντελεστής ελέγχου της διάβρωσης P και οι υπο-συντελεστές των πρακτικών P_c , P_{sw} , P_{gm} για κάθε χώρα (Panagos et al., 2015).

Χώρα	P_c	P_{sw}	P_{gm}	P
AT	1	0,9996	0,9887	0,9883
BE	1	0,9998	0,9467	0,9465
BG	1	0,9999	0,9912	0,9911
CY	0,9909	0,9828	0,9991	0,9730
CZ	1	0,9999	0,9983	0,9982
DE	1	0,9998	0,9784	0,9782
DK	1	0,9999	0,9844	0,9843

EE	0,9995	0,9998	0,9996	0,9989
ES	0,9926	0,9580	0,9778	0,9293
FI	1	0,9998	0,9943	0,9942
FR	1	0,9935	0,9691	0,9627
GR	0,9939	0,9676	0,9883	0,9502
HR	1	0,9999	0,9995	0,9994
HU	1	1	0,9840	0,9840
IE	1	0,9738	0,9952	0,9690
IT	0,9992	0,9786	0,9725	0,9519
LT	1	0,9999	0,9980	0,9980
LU	1	0,9991	0,9725	0,9716
LV	1	0,9999	0,9995	0,9995
MT	0,9993	0,5299	0,9915	0,5251
NL	1	0,9999	0,9561	0,9561
PL	1	0,9999	0,9781	0,9781
PT	1	0,9245	0,9921	0,9178
RO	0,9948	0,9999	0,9950	0,9898
SE	1	0,9976	0,9984	0,9961
SI	0,9999	0,9919	0,9940	0,9860
SK	1	0,9999	0,9986	0,9985
UK	1	0,9878	0,9647	0,9528

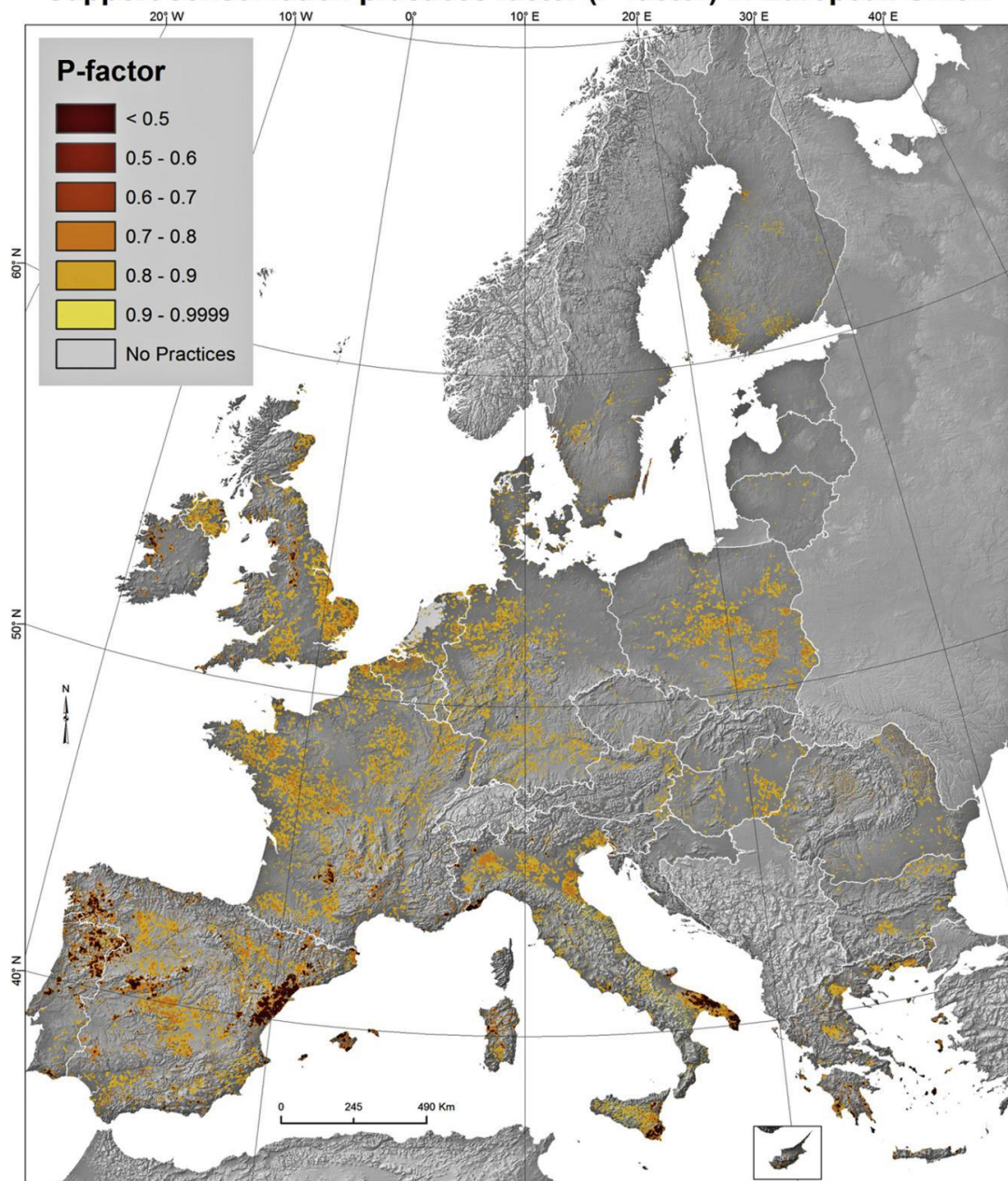


Εικόνα 5.33 .Άποψη αναβαθμίδων έτος 2009 στην περιοχή μελέτης.(Κτηματολόγιο Α.Ε.)

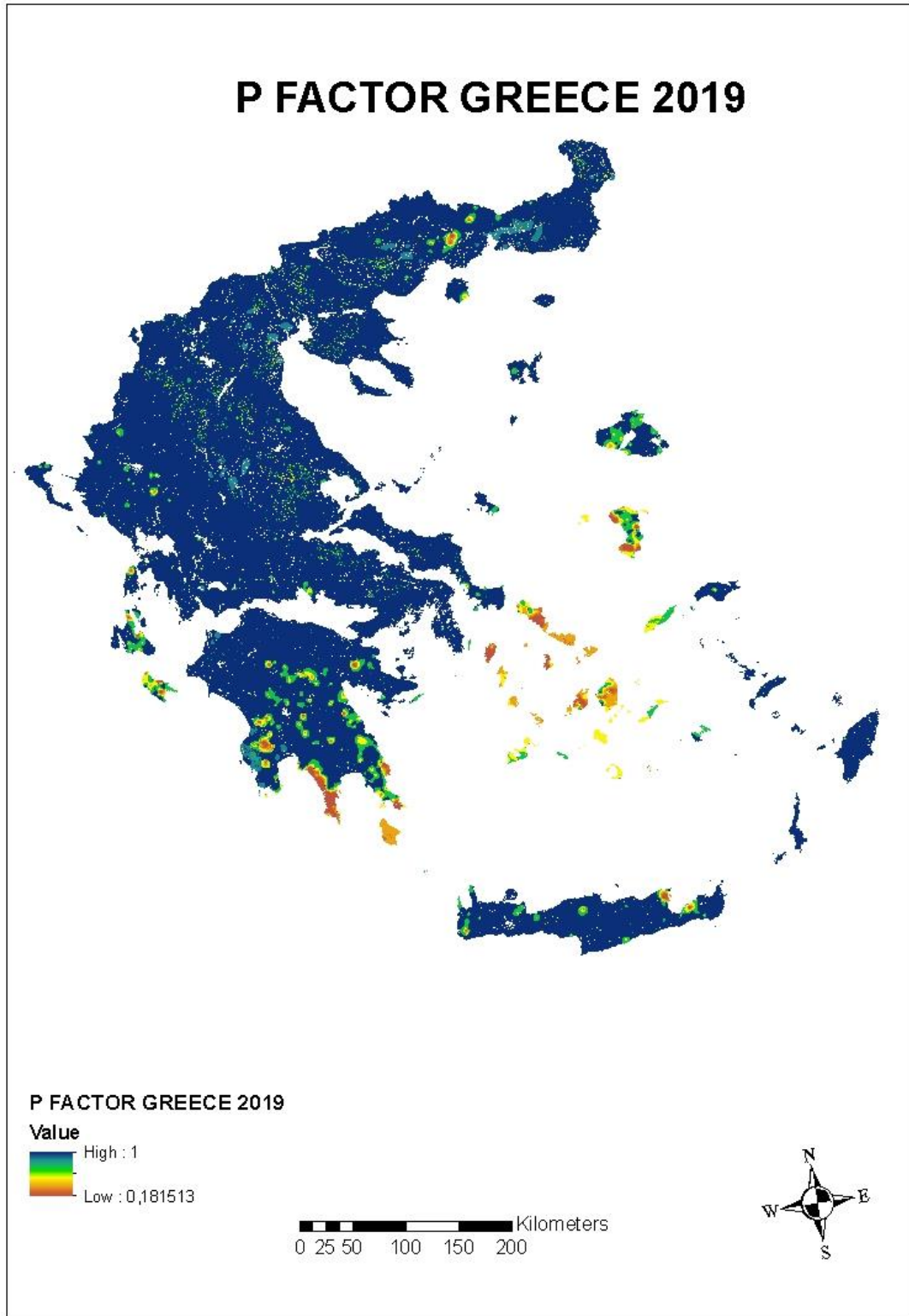


Εικόνα 5.34 .Άποψη αναβαθμίδων έτος 2019 στην περιοχή μελέτης.(ESRI)

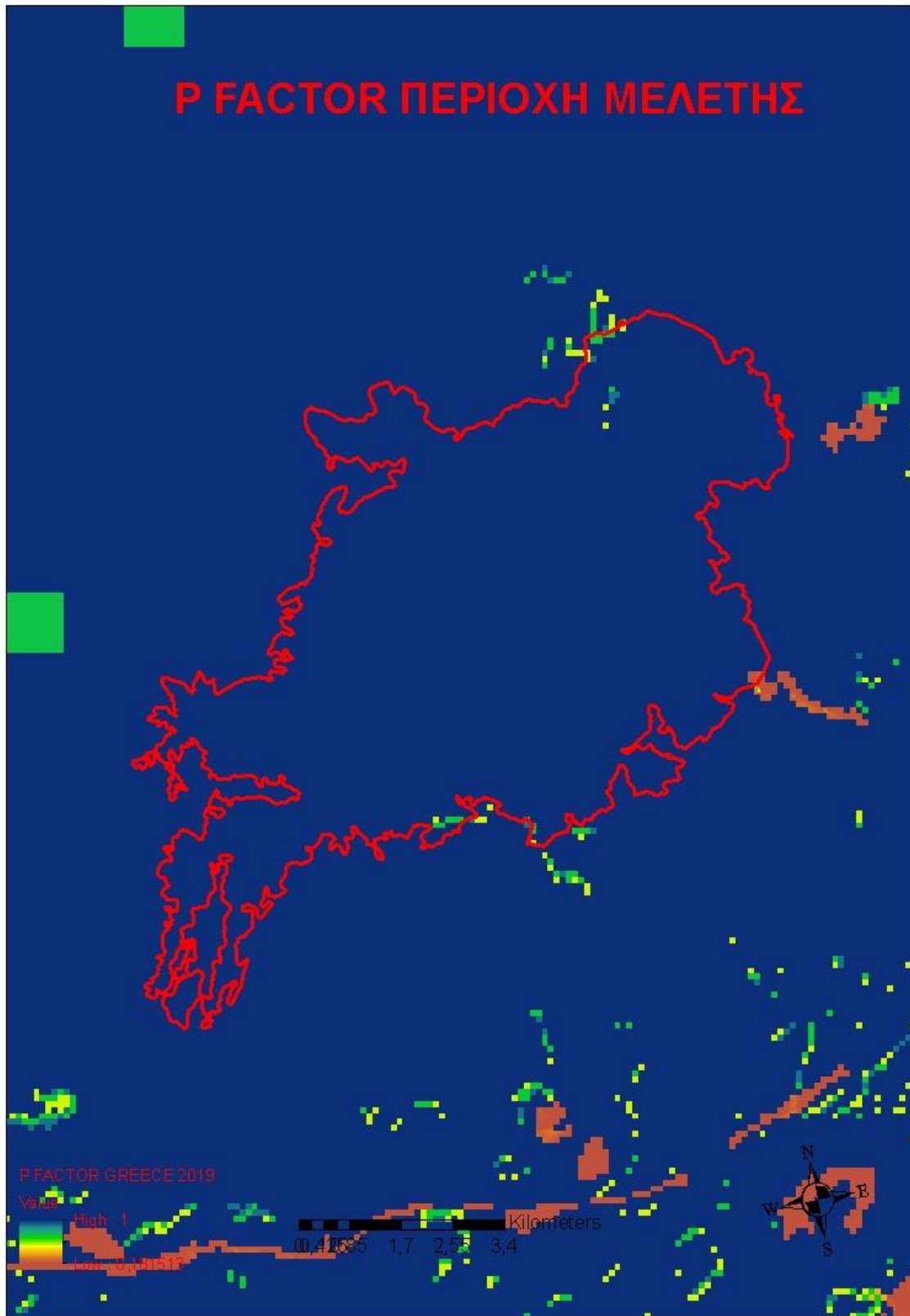
Support conservation practices factor (P-factor) in European Union



Εικόνα 5.35: Χάρτης του συντελεστή ελέγχου της διάβρωσης P στην Ευρώπη (Panagos et al., 2015)



Εικόνα 5.36: Χάρτης του συντελεστή ελέγχου της διάβρωσης P στην Ελλάδα (Panagos et al., 2015)



Εικόνα 5.37: Χάρτης του συντελεστή ελέγχου της διάβρωσης P στην περιοχή μελέτης (Panagos et al., 2015)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.

Αποτελέσματα και Συζήτηση

Η εφαρμογή της αναθεωρημένης εξίσωσης απώλειας εδάφους RUSLE σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ArcGIS) έγινε από τον πολλαπλασιασμό των προαναφερθέντων παραγόντων. Η περιοχή μελέτης μας αφορά σε πυρόπληκτη περιοχή, δεδομένης λοιπόν αυτής της κατάστασης υπολογίζουμε την μέση ετήσια εδαφική απώλεια για πριν, μετά την πυρκαγιά και σήμερα.

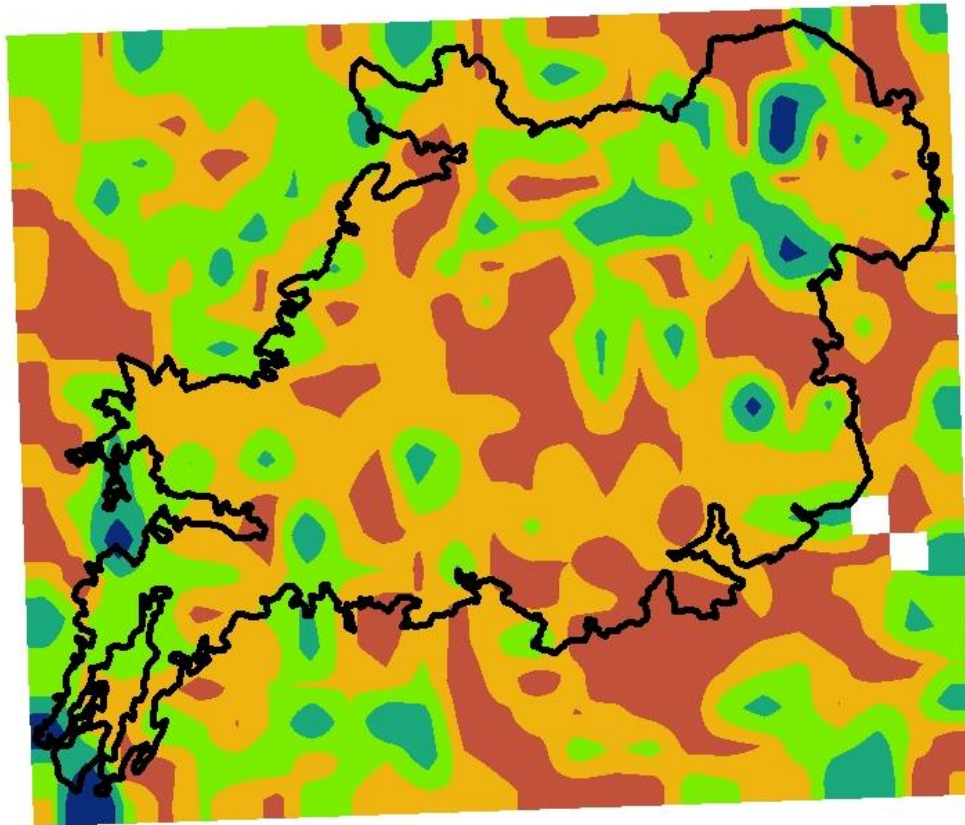
4.1. Μέση ετήσια εδαφική διάβρωση A πριν την πυρκαγιά

Οι ακραίες τιμές της μέσης ετήσιας διάβρωσης του εδάφους A πριν την πυρκαγιά που υπολογίστηκε όπως φαίνεται στην εικόνα 6.2. είναι από 0 έως και 158.86 t/ha, Ο μέσος όρος κινδύνου απώλειας εδάφους είναι κάτω από 40 t/ha και δεν χαρακτηρίζεται ως μεγάλος από τις τιμές που προκύπτουν, εφόσον στη μεγαλύτερη έκταση της περιοχής έχουμε πολύ χαμηλές απώλειες από μηδενικές έως και 27 t/ha ενώ οι υψηλότερες τιμές εμφανίζονται σε λίγες και μικρές εκτάσεις κυρίως ρέματα και καλλιεργήσιμες εκτάσεις εικόνα 6.1.



Εικόνα 6.1 .Αποψη καλλιεργήσιμων εκτάσεων και ρεμάτων έτος 2009 στην περιοχή μελέτης.(Κτηματολόγιο Α.Ε.)






A 2011




ΥΠΟΜΝΗΜΑ

A 2011

<VALUE>

	0,219780773 - 14,52883542
	14,52883543 - 27,59362444
	27,59362445 - 45,01334313
	45,01334314 - 73,00931961
	73,00931962 - 158,8636475

0,65 3250 0,65 1,3 1,95 2,6
 Kilometers

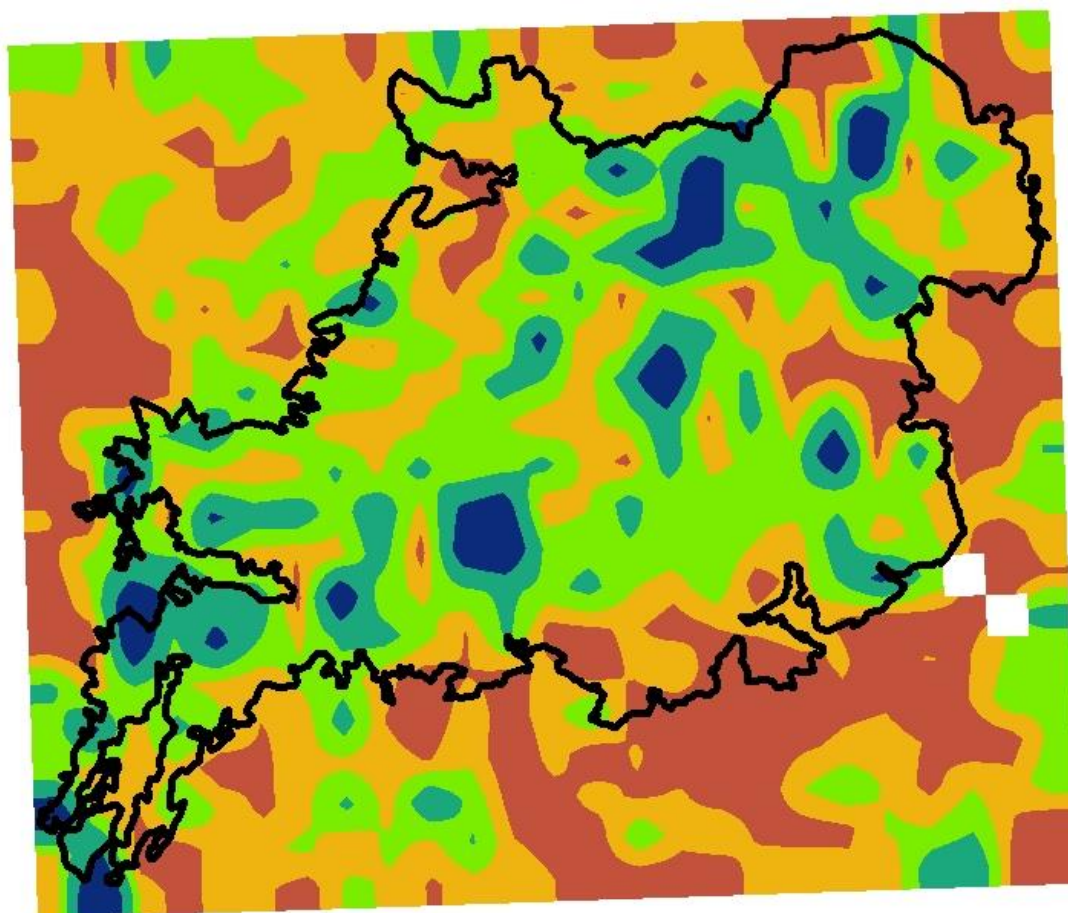


Εικόνα 6.2. Μέση ετήσια εδαφική διάβρωση A (t/ha) πριν την πυρκαγιά.

4.2. Μέση ετήσια εδαφική διάβρωση Α μετά την πυρκαγιά

Οι ακραίες τιμές της μέσης ετήσιας εδαφικής διάβρωσης Α μετά την πυρκαγιά που υπολογίστηκε όπως φαίνεται στην εικόνα 6.3. είναι από 0 έως και 174.27 t/ha,. Μετά την πυρκαγιά ο κίνδυνος διάβρωσης του εδάφους είναι εμφανώς κατά πολύ μεγαλύτερος. Ο μέσος όρος κινδύνου απώλειας εδάφους είναι πάνω από 37 t/ha και χαρακτηρίζεται ως μεγάλος από τις τιμές που προκύπτουν, εφόσον στη μεγαλύτερη έκταση της περιοχής έχουμε πολύ υψηλές απώλειες από 37 έως και 174.27 t/ha ενώ οι υψηλότερες τιμές εμφανίζονται σε πολλές και μεγάλες εκτάσεις κυρίως κορυφογραμμές και καλλιεργήσιμες εκτάσεις.

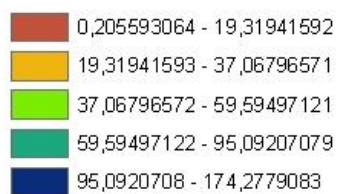
A 2012



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

A 2012

<VALUE>



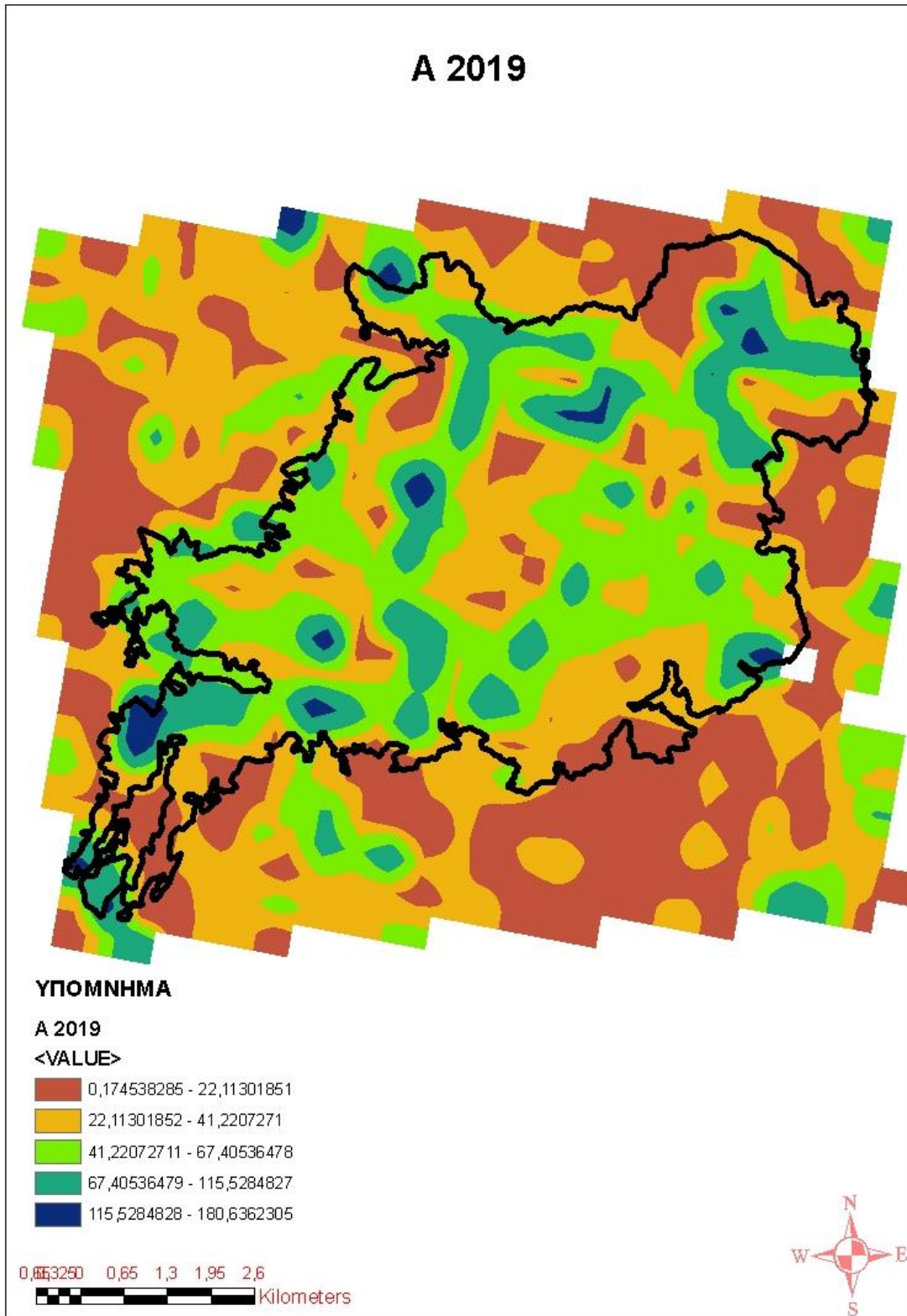
Εικόνα 6.3. Μέση ετήσια εδαφική διάβρωση A (t/ha) μετά την πυρκαγιά .

4.2. Μέση ετήσια εδαφική διάβρωση Α σήμερα

Οι ακραίες τιμές της μέσης ετήσιας εδαφικής διάβρωσης Α σήμερα που υπολογίσθηκε όπως φαίνεται στην εικόνα 6.5. είναι από 0.1745 έως και 180.63 t/ha,. Σήμερα ο κίνδυνος διάβρωσης του εδάφους είναι εμφανώς κατά πολύ μεγαλύτερος και παρατηρούμε ότι συνεχώς μεγαλώνει. Ο μέσος όρος κινδύνου απώλειας εδάφους είναι πάνω από 37 t/ha και χαρακτηρίζεται ως μεγάλος από τις τιμές που προκύπτουν, εφόσον στη μεγαλύτερη έκταση της περιοχής έχουμε πολύ υψηλές απώλειες από 37 έως και 180.63 t/ha ενώ οι υψηλότερες τιμές εμφανίζονται σε πολλές και μεγάλες εκτάσεις κυρίως κορυφογραμμές και καλλιεργήσιμες εκτάσεις εικόνα 6.4 ενώ η απώλεια της βλάστησης μετά την φωτιά βοήθησε το φαινόμενο ταυτόχρονα με τους δυνατούς ανέμους οι οποίοι οδήγησαν σε ανεμεροψίες μεγάλων εκτάσεων εικόνα 6.6 και την επιδείνωση του φαινομένου.



Εικόνα 6.4 .Άποψη καλλιεργήσιμων εκτάσεων και ρεμάτων έτος 2009 στην περιοχή μελέτης.(Κτηματολόγιο Α.Ε.)



Εικόνα 6.5. Μέση ετήσια εδαφική διάβρωση A σήμερα.



Εικόνα 66 .Άποψη περιοχής η οποία λόγω ανεμοριψίας είναι γυμνή 2019

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία εφαρμόστηκε η Αναθεωρημένη Εξίσωση Εδαφικής Διάβρωσης RUSLE σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ArcGIS,) για την χωρική και ποσοτική εκτίμηση της εδαφικής διάβρωσης στο Εθνικό Πάρκο Δαδιάς-Λευκίμης-Σουφλίου. Οι παράγοντες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ο συντελεστής διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης R, ο συντελεστής διαβρωσιμότητας του εδάφους K, ο τοπογραφικός συντελεστής LS, ο συντελεστής διαχείρισης εδαφών P από την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Εδάφους ESDAC και ο συντελεστής φυτοκάλυψης C που υπολογίστηκε για τρεις διαφορετικές περιπτώσεις πριν την φωτιά ,μετά την πυρκαγιά και σήμερα. Ο κίνδυνος της εδαφικής απώλειας πριν την πυρκαγιά στην περιοχή μελέτης θεωρείται μέτριος. Μεγαλύτερες τιμές μπορούμε να πούμε πως σημειώνονται στα ρέματα και στις περιοχές όπου υπάρχει γη η οποία καλλιεργείται .

Όσον αφορά τον κίνδυνο εδαφικής διάβρωσης μετά την πυρκαγιά είναι εμφανώς μεγαλύτερος και παρατηρείται σε περισσότερες εκτάσεις στην περιοχή μελέτης λόγω της απογύμνωσης της περιοχής. Το γεγονός ότι υπάρχουν άκαυτες νησίδες δάσους δείχνει ότι δεν σταματά την διάβρωση καθότι και οι ίδιες οι νησίδες πέφτουν θύματα ανεμορριπιων και βοηθούν περισσότερο το φαινόμενο.

Όσον αφορά τον κίνδυνο εδαφικής διάβρωσης σήμερα συνεχίζει να είναι μέτριος όμως επειδή οι περιοχές οι οποίες κάηκαν αποτελούνταν από μικτές συστάδες η βλάστηση δεν έχει επανέλθει με αποτέλεσμα να υπάρχει σαν μέσος όρος μεγαλύτερη απώλεια εδάφους από ότι πριν την φωτιά

Η συμβολή της βλάστησης είναι ιδιαίτερα σημαντική για την προστασία του εδάφους ενάντια στη διάβρωση, διότι τα φυτά αναγκάζουν το νερό της βροχής και του χιονιού να απορρέει αργά και διαμέσου του εδάφους και να περιορίζεται στο ελάχιστο ή να εξαλείφεται εντελώς η απόσταση των πετρωμάτων και του εδάφους. Επιπλέον η πυκνή διακλάδωση του ριζικού συστήματος λειτουργεί σαν φυσικός οπλισμός και αυξάνει την αντοχή του, καθώς επίσης η κάλυψη της επιφάνειας με στρώμα φύλλων περιορίζει την άμεση επαφή του νερού της βροχής με το έδαφος ώστε να αποτρέπεται η απόπλυση του εδάφους.

Τέλος, μπορούμε ότι ενώ η Διεύθυνση Δασών πήρε όλα τα αναγκαία μέτρα για την αναγέννηση του δάσους η οποία πραγματοποιήθηκε σε μεγάλο βαθμό(Σταύρου 2019) και ενώ στην μελέτη αποκατάστασης αναφέρονται μέτρα κατά της διάβρωσης με κορμοφράγματα , η μη πραγματοποίηση όλων των μέτρων είχε σαν συνέπεια να υπάρχει ακόμη και σήμερα μεγάλος κίνδυνος διάβρωσης ο οποίος μαζί με της ανεμορριπιές θέτει σε κίνδυνο όλη την περιοχή.

8. Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση

Αλιφραγκής Δημήτριος, Το Έδαφος ,2008,Θεσσαλονίκη 2008

Γκόφας, Α. (2001). Εγχειρίδιο Δασοπροστασίας. Γιαχούδη-Γιαπούλη.

Ξανθάκης, Μ., Παυλόπουλος, Κ., Αποστολόπουλος, Γ., Καψιμάλης, Β., Γκορέγια, Α., Σταφανίδης, Π., & Μαρουσιάν, Χ. (2010). Εφαρμογή μεθοδολογίας εκτίμησης φερτών υλών σε τεχνητούς ταμιευτήρες-Μελέτη περίπτωσης λίμνη Μαραθώνα. 9ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, Αθήνα.

Ξανθάκης, Μ. (2011). Η μελέτη της εδαφικής διάβρωσης σε ορεινές λεκάνες απορροής με σύγχρονα τεχνολογικά εργαλεία. Διδακτορική Διατριβή, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών. Τμήμα Γεωγραφίας. Εργαστήριο Φυσικής Γεωγραφίας.

Καϊλίδης, Δ. (1993). Δασικές Πυρκαγιές. Γιαχούδη-Γιαπούλη.

Κράνης, Χ., Σκούρτσος, Ε., & Σούκης, Κ. (2015). Ο πλανήτης γη. Αθήνα: Σημειώσεις μαθήματος “Ο πλανήτης γη”, Μsc Στρατηγικές διαχείρισης περιβάλλοντος καταστροφών και κρίσεων, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, ΕΚΠΑ.

Κράνης, Χ., Σκούρτσος, Ε., & Σούκης, Κ. (2015). Συστήματα του γήινου περιβάλλοντος και φυσικοί πόροι. Σημειώσεις μαθήματος “Συστήματα του γήινου περιβάλλοντος και φυσικοί πόροι”, Μsc Στρατηγικές Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Καταστροφών και Κρίσεων, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, ΕΚΠΑ.

Κουράκλη και Στεφανίδης(2011),Πρόβλεψη περιοχών υψηλού κινδύνου εδαφικής διάβρωσης στην ορεινή λεκάνη απορροής του χειμάρρου Βελβενδού(Ν.Κοζάνης) με την χρήση της παγκόσμιας εξίσωσης εδαφικής απώλειας.

Λέκκας, Ε., Μηλιός, Δ., Διακάκης, Μ., Καραμέλας, Ν., Σκούρτσος, Ε., Αλεξούδη, Β., Παπασπυρόπουλος, Κ. (2015). Σχέδιο ολοκληρωμένης διαχείρισης γεω-περιβαλλοντικών επιπτώσεων και άμεσων επεμβάσεων στις υρόπληκτες περιοχές του δήμου Μονεμβασιάς. Μολάι-Αθήνα: Τομέας δυναμικής τεκτονικής και εφαρμοσμένης γεωλογίας, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, ΕΚΠΑ.

Μιμίκου, Α. Μ. (1994). Τεχνολογία Υδάτινων Πόρων. Παπασωτηρίου.

Μισοπολινός, Ν.Δ., 1992. Γεωλογία-Πετρογραφία. Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη.

Μπαθρέλος, Γ., Σκυλοδήμου, Χ., & Χουσιανίτης, Κ. (2010). Εκτίμηση της εδαφικής διάβρωσης στη νήσο Ζάκυνθο με χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. 9ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, Αθήνα.

Παπαπέτρου Μελοπομένη (2017)εθνικό Μετσόβιο πολυτεχνείο διεπιστημονικό διατμηματικό πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών «επιστήμη & τεχνολογία υδατικών πόρων» πτυχιακή εργασία εκτίμηση της εδαφικής διάβρωσης και της στερεοπαροχής στον ελλαδικό χώρο Αθήνα

Παπαμίχος, Ν. (1990). Επίδραση Δασικών Πυρκαγιών στη Διάβρωση των Δασικών Εδαφών της Ελλάδας. Αθήνα: Πρακτικά 3 Πανελληνίου Εδαφολογικού Συνεδρίου με Θέμα: Προστασία

Εδαφών- Ποιότητα Ζωής. Ραδόγλου 2001. Κ.Αποτελεσματικότητα της φυσικής αναγέννησης στην αποκατάσταση Μεσογειακών Πευκων μετά από πυρκαγιά.Ε.Θ.Ι.Α.Γ.Ε Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών. Θεσσαλονίκη

Φλαμπούρης, Κ. (2008). Μελέτη της επίδρασης του παράγοντα βροχόπτωσης R στον νόμο RUSLE. Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ). Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Τομέας Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος.

Χατζηνικολάου, Ν. (2011). Εκτίμηση κινδύνου διάβρωσης στην περιοχή της “Χαραμίδας.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Anderson.R.James,Ernest E Hardy,John T Roach,1976 A land use and land cover classification system for use with remote sensor data

Batalla, R. J., & Sala, M. (1998). Changes on sediment and dissolved load after wildland fire in a Mediterranean river basin. In XXIII General Assembly of the European Geophysical Society.

Blume, H.-P. (Hrsg.) (2004). Handbuch des Bodenschutzes. 3. Aufl., Ecomed, Lansberg am Lech, 936 S.

Bosch, J. ., & Hewlett, J. D. (1982). A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. Journal of Hydrology.

Brown, J. A. H. (1972). Hydrologic effects of a bushfire in a catchment in south-eastern new South Wales. Journal of Hydrology.

DeBano, L. F., Daniel, G. L., & Ffolliot, P. F. (1998). Fire's Effects on Ecosystem. John Wiley & Sons.

DeBano, L. F., Osborn, J. F., Krammes, J. F., & Letey, J. (1967). Soil wettability and wetting agents. Our current knowledge of the problem.

Giorgos Mallinis Georgios Tasionas & Ioannis Z. Gitas & Fotis Maris 2016, Multitemporal Monitoring of Land Degradation Risk Due to Soil Loss in a Fire-Prone Mediterranean Landscape Using Multi-decadal Landsat Imagery

<http://esdac.jrc.ec.europa.eu/themes/erosion>

Hosseini, M., Keizer, J.J., Pelayo, O.G., Prats, S.A., Ritsema, C., Geisen, V. (2016). Effect of fire frequency on runoff, soil erosion, and loss of organic matter at the micro-plot scale in northcentral Portugal. Geoderma 269,10.1016/j.geoderma.2016.02.004.

Imeson, A., & Curfs, M. (n.d.). Land Care In Desertification Affected Areas From Science Towards Application. Lucinda. Retrieved from http://geografia.fcsh.unl.pt/lucinda/Leaflets/B1_Leaflet_GR.pdf

Kosmas, C., Danalatos, N., Kosma, D., Kosmopoulou, P. (2006): Greece. In: Boardman, J., Poesen J. (eds.) (2006). Soil Erosion in Europe. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester.

Legleiter, C. J., Lawrence, R. L., Fonstad, M. A., Marcus, W. A., & Aspinall, R. (2003). Fluvial response a decade after wildfire in the northern Yellowstone ecosystem: a spatially explicit analysis. Elsevier, (Geomorphology).

Mitasova, H., Mitas, L., Brown, W., Johnston, D., 1999. Terrain modeling and soil erosion simulations for Fort Hood and Fort Polk test areas. Research report, University of Illinois, Urbana-Champaign, IL

Morgan, R.P.C. (2005). Soil Erosion and Conservation. 3rd edition, Blackwell Publishing, Oxford, .

Jonathan.T.Overpeck et al.,Climate-induced changes in forest disturbance and vegetation Nature volume 343(1990)

Panagos, P., Ballabio, C., Borrelli, P., Meusburger, K. 2016. Spatio-temporal analysis of rainfall erosivity and erosivity density in Greece. *Catena*, 137.

Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., van der Zanden, E.H., Poesen, J., Alewell, C.,2015. Modelling the effect of support practices (P-factor) on the reduction of soil erosion by water at European Scale. *Environ. Sci. Policy* 51.

Panagos, P., Ballabio, C., Borrelli, P., Meusburger, K., Klik, A., Rousseva, S., Tadic, M.P., Michaelides, S., Hrabalikova, M., Olsen, P., Aalto, J., Lakatos, M., Rymaszewicz, A., Dumitrescu, A., Begueria, S., Alewell, C. Rainfall erosivity in Europe. *Sci Total Environ.* 511 (2015). DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.01.008

Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, C., Alewell, C., Lugato, E., Montanarella, L., 2015b. Estimating the soil erosion cover management factor at European scale. *Land Use Policy J.* (in press).

Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., Montanarella, L., Alewell, C. 2015. The new assessment of soil loss by water erosion in [109]Europe. *Environmental Science & Policy.* 54: 438-447. DOI:10.1016/j.envsci.2015.08.012.

Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K. 2015. A New European Slope Length and Steepness Factor (LS-Factor) for Modeling Soil Erosion by Water. *Geosciences*, 5: 117-126.

Panagos, P., Meusburger, K., Ballabio, C., Borrelli, P., Alewell, C., 2014b. Soil erodibility in Europe: a high-resolution dataset based on LUCAS. *Sci. Total Environ.* 479–480 (2014).

Renard, K.G, G.R. Foster, G.A. Weesies, D.K. McCool, D.C. Yoder et al., 1997, Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), US Department of Agriculture (USDA), Washington, DC, USA, Agricultural handbook 703.

Scarascia-Mugnozza, G., Oswald, H., Piussi, P., Radoglou, K., 2000. *For. Ecol. Manag.* 132.

Schachtschabel, P., Blume, H.-P., Brummer, G., Hartge, K. H., Schwertmann, U. (Hrsg.) (1998): Lehrbuch der Bodenkunde. 14., neu bearb. und erw. Aufl., Enke, Stuttgart.

Shakesby, R. A. (2011). Post-wildfire soil erosion in the Mediterranean: Review and future research directions. *Earth-Science Reviews*, 105(3), pp. 71-100. DOI: 10.1016/j.earscirev.2011.01.001.

Wang J,et al. (2010) Potential and flux landscapes quantify the stability and robustness of budding yeast cell cycle network. *Proc Natl Acad Sci USA* 107(18):8195-200

Van der Knijff, J.M., Jones, R.J.A., Montanarella, L. (2000). Soil erosion risk assessment in Italy. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. Report No.: EUR 19044 EN.

Toth, G., Jones, A., Montanarella, L. (eds.) 2013. LUCAS Topsoil Survey. Methodology, data and results. JRC Technical Reports. Luxembourg. Publications Office of the European Union, EUR26102 – Scientific and Technical Research series – ISSN 1831-9424 (online); ISBN 978-92-79-32542-7; doi: 10.2788/97922.

ΠΗΓΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ

<https://www.youtube.com>

www.googleearth.com

<https://dasarxeio.com/2014/03/22/12686/>

<https://dasarxeio.com/2017/08/19/47946/>

<https://dasarxeio.com/2015/05/17/21572/>

<https://city.sigmalive.com/article/2016/6/24/mystiko-tis-traheias-peykis-gia-ti-fysiki-anagennisi-tis-meta-apo-pyrkagia/>

http://kpe-kastor.kas.sch.gr/biodiversity_site/b/mediterranean_ecos.htm

<http://www.oikoskopio.gr/map/>

<https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1-0>

<https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1.1>

<http://soils.usda.gov/use/worldsoils/mapindex/>

<https://earthexplorer.usgs.gov/>

<https://esdac.jrc.ec.europa.eu>

<https://www.civilprotection.gr>