



**ΑΝΟΙΚΤΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΚΥΠΡΟΥ**

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΜΑΣΤΕΡ

*Εντοπισμός περιοχών με υψηλό κίνδυνο
στην Κύπρο, με χρήση πολυκριτηριακής ανάλυσης
μέσα από G.I.S.*

Σταύρος Ι. Μητράκος

Περιβαλλοντολόγος

—

Διαχειριστής περιβάλλοντος & φυσικών πόρων

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Σταύρος Κολιός

Δεκέμβριος, 2015

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

*Εντοπισμός περιοχών με υψηλό κίνδυνο ερημοποίησης στην Κύπρο, με χρήση
πολυκριτηριακής ανάλυσης μέσα από G.I.S.*

Σταύρος Ι. Μητράκος

Περιβαλλοντολόγος – Διαχειριστής περιβάλλοντος & φυσικών πόρων

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Σταύρος Κολιός

Δεκέμβριος, 2015

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη.....	vi
Summary.....	vii
Ευχαριστίες.....	viii
Κεφάλαιο Πρώτο – Εισαγωγή.....	1
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Καταγραφή του προβλήματος.....	3
1.3 Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης.....	7
1.4 Σκοποί και στόχοι.....	11
1.5 Προσδιορισμός και διατύπωση των κεντρικών εννοιών.....	12
Κεφάλαιο Δεύτερο – Θεωρητικό πλαίσιο και Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	14
2.1 Εισαγωγή.....	14
2.2 Ιστορική αναδρομή.....	14
2.2.1 Εξέλιξη της τηλεπισκόπησης.....	15
2.2.2 Εξέλιξη των συνδυασμένων τεχνικών Σ.Γ.Π. – M.C.D.A.	16
2.2.3 Γενικός ορισμός της ερημοποίησης.....	18
2.3 Θεωρητικό πλαίσιο.....	19
2.3.1 Ερημοποίηση.....	19
2.3.2 Παράγοντες ερημοποίησης.....	20
2.3.3 Παράγοντες ερημοποίησης στη Μεσόγειο.....	23
2.3.4 Χρήση δεικτών ευαισθησίας.....	25
2.3.5 Σ.Γ.Π. και ερημοποίηση.....	28
2.3.6 Γενική μεθοδολογία εργασίας σε Σ.Γ.Π.	29
2.3.7 Αρχιτεκτονική Σ.Γ.Π.	29
2.3.8 Δομές δεδομένων.....	30
2.3.9 Πράξεις στα Σ.Γ.Π. – Άλγεβρα Boole.....	32
2.3.10 Η σημασία της στατιστικής στα Σ.Γ.Π.	33

2.3.12	Συστήματα συντεταγμένων – προβολικά συστήματα	35
2.3.13	Συνδυασμός της τηλεπισκόπησης και των Σ.Γ.Π.	35
2.3.14	Τηλεπισκόπηση	36
2.3.15	Χαρακτηριστικά της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας	39
2.3.16	Ανακλαστικές ιδιότητες διαφόρων επιφανειών της γης	39
2.3.17	Χαρακτηριστικά ψηφιακών εικόνων	40
2.3.18	Βασικές αρχές της τηλεπισκόπησης	42
2.3.19	Χρήση των δεδομένων τηλεπισκόπησης	42
2.3.20	Επεξεργασία ψηφιακών εικόνων	42
2.3.21	Πολυκριτηριακή ανάλυση και Σ.Γ.Π.	43
2.3.22	Τεχνικές συνδυασμού Σ.Γ.Π – M.C.D.A.	47
2.3.23	Στάδια της διαδικασίας λήψης αποφάσεων	49
2.3.24	Χαρακτηριστικά στοιχεία των τεχνικών MCDA	49
2.3.25	Μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης	51
2.4	Βιβλιογραφική ανασκόπηση	55
2.4.1	Προγράμματα που αφορούν την ερημοποίηση	55
2.5	Διεθνής – Κυπριακή πραγματικότητα	61
2.5.1	Η κατάσταση στην Κύπρο	61
2.5.2	Χαρακτηριστικά των Μεσογειακών περιοχών	63
2.5.3	Η κατάσταση στην Ευρώπη και τη Μεσόγειο	66
2.5.4	Η κατάσταση σε παγκόσμια κλίμακα	69
2.5.5	Διεθνείς ενέργειες για την καταπολέμηση της ερημοποίησης	72
2.6	Συμπεράσματα	72
	Κεφάλαιο τρίτο – Μεθοδολογία	74
3.1	Σκοποί – στόχοι	74
3.2	Ερευνητικά ερωτήματα	74
3.3	Σχεδιασμός	75
3.4	Μέθοδος συλλογής δεδομένων	75

3.4.1. Πρωτογενή δεδομένα.....	75
3.4.2. Παράγωγα δεδομένα.....	93
3.5 Διαδικασία πολυκριτηριακής ανάλυσης των δεδομένων	114
3.5.1. Παραμετροποίηση αρχείων	118
3.6 Ανάλυση αποτελεσμάτων.....	157
3.6.1 Τελικοί χάρτες εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο	157
Αρχικό σενάριο.....	158
Εξέλιξη της ερημοποίησης – Εντοπισμός αλλαγών	165
3.6.2 Ανάλυση ευαισθησίας	169
ΣΕΝΑΡΙΟ 1	170
Τελικοί χάρτες εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο	171
Εξέλιξη της ερημοποίησης – Εντοπισμός αλλαγών	178
ΣΕΝΑΡΙΟ 2	182
Τελικοί χάρτες εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο	183
Εξέλιξη της ερημοποίησης – Εντοπισμός αλλαγών	190
ΣΕΝΑΡΙΟ 3	194
Τελικοί χάρτες εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο	195
Εξέλιξη της ερημοποίησης – Εντοπισμός αλλαγών	202
Κεφάλαιο Τέταρτο – Αποτελέσματα.....	207
4.1 Έννοιες και θέματα που αναδύθηκαν	207
4.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων	207
Κεφάλαιο Πέμπτο – Συζήτηση – Συμπεράσματα – Εισηγήσεις.....	210
5.1 Συζήτηση	210
5.2 Περιορισμοί	217
5.3 Συμπεράσματα.....	217
5.4 Εισηγήσεις	220
Βιβλιογραφία.....	221
Παράρτημα 1.....	234

Κατάσταση ακρωνυμίων και συμβολισμών.....	240
--	------------

Περίληψη

Η Κύπρος, αποτελεί ένα νησί με άγονο τοπίο, προϊόν των κλιματολογικών και γεωλογικών συνθηκών και της εγγύτητάς της με την Ασία, την Αφρική και την Ευρώπη. Όπως και πολλές άλλες χώρες της Μεσογείου, κινδυνεύει από το φαινόμενο της ερημοποίησης, λόγω των ευαίσθητων περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή.

Στην παρούσα διπλωματική διατριβή, επιχειρήθηκε ο εντοπισμός περιοχών στην Κύπρο, οι οποίες κινδυνεύουν από το φαινόμενο της ερημοποίησης μέσω του συνδυασμού πολυκριτηριακής ανάλυσης και Σ.Γ.Π. καθώς και η παράλληλη κατάρτιση δεικτών τρωτότητας, προσαρμοσμένων στις τοπικές κλιματικές και περιβαλλοντικές συνθήκες.

Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Simple Additive Weighting σε συνδυασμό με Σ.Γ.Π., καταρτίστηκαν δείκτες τρωτότητας με τα αντίστοιχα βάρη και στο Σ.Γ.Π. δημιουργήθηκαν οι τελικοί χάρτες εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης. Για τον έλεγχο της εγκυρότητας της μεθόδου πραγματοποιήθηκε ανάλυση ευαισθησίας, με την εξέταση τριών σεναρίων με διαφορετικά βάρη κριτηρίων.

Σε όλα τα σενάρια, οι δυνητικά απειλούμενες περιοχές αποτέλεσαν μικρό ποσοστό. Οι ευαίσθητες περιοχές αποτέλεσαν πάντοτε το μεγαλύτερο ποσοστό της έκτασης της περιοχής μελέτης και παρέμειναν σχεδόν σταθερές κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου που εξετάστηκε. Οι μή απειλούμενες περιοχές αντίθετα, αποτέλεσαν το μικρότερο ποσοστό σε όλα τα σενάρια. Οι κρίσιμες περιοχές, αποτέλεσαν σχετικά μικρό ποσοστό με τάση μείωσης και τοποθετούνται κυρίως στη δυτική πλευρά του νησιού και στην οροσειρά του Πενταδάκτυλου. Επιπλέον, παρατηρήθηκε πως οι περιοχές στις οποίες σημειώθηκε ενίσχυση της ερημοποίησης, καταλαμβάνουν παντοτε το μεγαλύτερο ποσοστό σε όλα τα σενάρια που εξετάστηκαν.

Συμπερασματικά, η Κύπρος, κατατάσσεται στις ευαίσθητες περιοχές και ήδη βρίσκεται αντιμέτωπη με το φαινόμενο της ερημοποίησης, εφόσον το μεγαλύτερο τμήμα της χώρας εμφανίζεται ως ευαίσθητο στο εν λόγω φαινόμενο.

Summary

Cyprus, constitutes an island country with rough landscape, deriving from the local climatological and geological conditions and the country's proximity to Asia, Africa and Europe. Like many other Mediterranean countries, Cyprus faces the risk of desertification, due to the sensitive environmental conditions of the eastern Mediterranean territory.

This dissertation attempted to identify areas in Cyprus, which are at risk of desertification, by combining multi – criteria analysis methods and G.I.S.. Alongside these, vulnerability indicators were created, adapted to local climatic and environmental conditions.

The multicriteria method used, was Simple Additive Weighting, combined with G.I.S.. Vulnerability indices were created with corresponding weights and the final maps of desertification risk assessment, were created at the ArcMap geospatial processing software. The sensitivity analysis was performed to test the validity of the method used, by examining three scenarios with different criteria weights.

In all three scenarios, the potentially threatened areas were small percentage. Sensitive areas always formed the largest percentage of the study area and remained almost stable during the period examined. The non – threatened areas by contrast, formed the lowest percentage in all scenarios. The critical areas formed relatively small percentage, decreasing during the period examined and are found mainly on the western side of the island and the ridge of Pentadaktylos mountain range. Moreover, it was observed that the areas where there was strengthening of desertification, always occupied the highest percentage in all scenarios tested.

In conclusion, Cyprus ranks in sensitive areas to desertification and already faces desertification effects, since most of the country appears sensitive to this phenomenon.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους γονείς μου, Ιωάννη και Φωτεινή, για την υλική και ηθική υποστήριξη που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών. Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς το προσωπικό του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου, για την άψογη εξυπηρέτηση σε διάφορα ακαδημαϊκά θέματα. Ευχαριστώ επίσης την σύντροφό μου Ελένη, για την υποστήριξη και την υπομονή της. Ακόμη, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς τον επιβλέποντα της παρούσας διπλωματικής διατριβής, Δρ. Σταύρο Κολιό, για τις πολύτιμες συμβουλές του και την καθοδήγηση που μου παρείχε κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής διατριβής, καθώς και για τη βοήθειά του στα όποια τεχνικά θέματα προέκυψαν στην πορεία. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω εκ των προτέρων όσους στο μέλλον διαβάσουν τη διατριβή αυτή, για το χρόνο που θα αφιερώσουν.

Κεφάλαιο Πρώτο – Εισαγωγή

1.1 Εισαγωγή

Η Κύπρος, αποτελεί το τρίτο μεγαλύτερο σε έκταση νησί της Μεσογείου. Γεωγραφικά, βρίσκεται στο βορειοανατολικό άκρο της Μεσογείου, 33° ανατολικά του Γκρίνουιτς και 35° βόρεια του Ισημερινού. Καταλαμβάνει έκταση 9,251 km², εκ των οποίων 1,733 km² αποτελούν δάση. Το σημερινό τοπίο της Κύπρου, αποτελεί προϊόν της μακράιωνης επιρροής διαφόρων βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων του νησιού.

Το φυσικό περιβάλλον της Κύπρου, χαρακτηρίζεται από τραχειά μορφολογία και γεωλογική ποικιλία. Το κλίμα της, τοποθετείται στον ξηρότερο τύπο των Μεσογειακών κλιματικών τύπων. Είναι τυπικό Μεσογειακό, με ζεστά και ξηρά καλοκαίρια και υγρούς και ήπιους χειμώνες.

Πρόκειται για ένα νησί με άγονο τοπίο, προϊόν των τοπικών κλιματολογικών και γεωλογικών συνθηκών και της εγγύτητας του νησιού με την Ασία, την Αφρική και την Ευρώπη. Το σημερινό τοπίο της Κύπρου, αποτελεί ένα μωσαϊκό φυσικών και ημιφυσικών βιοτόπων, οι οποίοι εναλλάσσονται με μεγάλες καλλιεργήσιμες εκτάσεις και αστικά κέντρα. Στοιχεία από αναλύσεις γύρης, υποδεικνύουν πως στην αρχή της εποχής του Ολόκαινου, η Κύπρος, καλύπτονταν από πυκνά μεσογειακά δάση και θάμνους. Πλέον, μετά από 140 χρόνια ορθολογικής διαχείρισης, τα δάση καλύπτουν περίπου το 20% του νησιού. Στην Κύπρο, όπως και στην ευρύτερη περιοχή, το τοπίο είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης των ανθρώπινων παρεμβάσεων και των μεσογειακών οικοσυστημάτων. Σε μια περίοδο που διήρκεσε περισσότερο από 10.000 χρόνια, οι ανθρωπογενείς επιδράσεις μέσω των πυρκαγιών, της βόσκησης, της αποψίλωσης, του κοψίματος των θάμνων, της δημιουργίας κήπων και των καλλιεργειών, υποβάθμισαν τα φυσικά μεσογειακά δάση (*Delipetrou, Makhzoumi, Dimopoulos και Georghiou, 2008*).

Λόγω της γεωγραφικής της θέσης, η Κύπρος κινδυνεύει από το φαινόμενο της ερημοποίησης των εδαφών, όπως και πολλές άλλες χώρες της Μεσογείου. Πιο συγκεκριμένα, η περιοχή της

Μεσογείου, είναι ιδιαίτερα ευάλωτη στις διαδικασίες της ερημοποίησης εξαιτίας των ευαίσθητων περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή. Οι χώρες της Μεσογείου που απειλούνται από το φαινόμενο της ερημοποίησης, είναι η Ισπανία, η Ελλάδα, η Πορτογαλία, η Ιταλία, η Γαλλία, η Κροατία, η Βοσνία, η Σερβία, η Αλβανία, η Μάλτα, η Βουλγαρία, η Ουκρανία, η Αρμενία και η Κύπρος.

Η ερημοποίηση, θεωρείται ως ένα από τα πιο σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα σε παγκόσμιο επίπεδο. επηρεάζει και τις πέντε ηπείρους και συνδέεται στενά με την κλιματική αλλαγή και την υποβάθμιση της βιοποικιλότητας. Για παράδειγμα: Θερμοκρασιακές αλλαγές, αλλαγές στο ρυθμό της εξατμισιοδιαπνοής και στην ποσότητα των κατακρημνισμάτων, μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα την επιδείνωση του φαινομένου της ερημοποίησης στις πιο ευαίσθητες περιοχές, όπως είναι οι ξηρές και ύφυγρες περιοχές. Επιπλέον, η ερημοποίηση, επηρεάζει την κλιματική αλλαγή μέσω αλλαγών του υδρολογικού κύκλου. Μια ακόμη επίπτωση της ερημοποίησης, αποτελεί η υποβάθμιση της βιοποικιλότητας. Τα Μεσογειακά οικοσυστήματα τα οποία απειλούνται από την ερημοποίηση χαρακτηρίζονται από μεγάλη ποικιλία ειδών, η οποία όμως παρουσιάζει δραματική μείωση καθώς το φαινόμενο της ερημοποίησης εξελίσσεται. Από τις επιπτώσεις της ερημοποίησης, επηρεάζονται περίπου 1 δισεκατομμύριο άνθρωποι και περισσότερες από 100 χώρες παγκοσμίως. Μια από τις χειρότερες επιπτώσεις της ερημοποίησης, είναι η μετανάστευση των ανθρώπων λόγω της απώλειας της παραγωγικότητας των εδαφών και των φυσικών πόρων. Το φαινόμενο της ερημοποίησης, έχει παγκόσμια διάσταση, καθώς επηρεάζει περίπου το 70% του συνόλου των ξηρών περιοχών του πλανήτη. Το γεγονός αυτό μόνο, καταδεικνύει τη σημασία του φαινομένου της ερημοποίησης και την ανάγκη αντιμετώπισής του σε παγκόσμιο επίπεδο (*Rubio και Recatalá, 2006*). Όπως αναφέρει ο *Lancaster (2013)*, το φαινόμενο της ερημοποίησης προκαλείται από ένα συνδυασμό φυσικών διαταραχών και δυσμενών ανθρωπογενών επιδράσεων. Αποτέλεσμα αυτού, είναι η υποβάθμιση των οικοσυστημάτων η μείωση της παραγωγικότητας των εδαφών και των υπηρεσιών των οικοσυστημάτων. Το φαινόμενο της ερημοποίησης, λαμβάνει χώρα, όταν η ανθεκτικότητα των οικοσυστημάτων των ξηρών και ύφυγρων περιοχών διαταράσσεται από ανθρωπογενείς παράγοντες σε τέτοιο βαθμό, έτσι ώστε τα οικοσυστήματα, δεν μπορούν να επανέλθουν σε σύντομο χρονικό διάστημα ακόμη και στην περίπτωση που οι στρεσογόνοι αυτοί παράγοντες, πάψουν να υφίστανται. Οι επιπτώσεις της ερημοποίησης, μπορεί να παρουσιάζουν οικολογικές (μείωση της φυτοκάλυψης, αλλαγές στη σύνθεση των φυτικών ειδών, απώλεια εδάφους λόγω αιολικής ή υδατικής διάβρωσης, αλλαγές στους κύκλους των θρεπτικών στοιχείων, μείωση της πρωτογενούς παραγωγικότητας), φυσιολογικές(αύξηση επιφανειακής απορροής, αλατότητα

εδαφών λόγω εσφαλμένων αρδευτικών πρακτικών) και κοινωνικοί – οικονομικές προεκτάσεις (μειωμένη παραγωγικότητα εδαφών, αύξηση ανταγωνισμού για φυσικού πόρους, πολιτική αστάθεια).

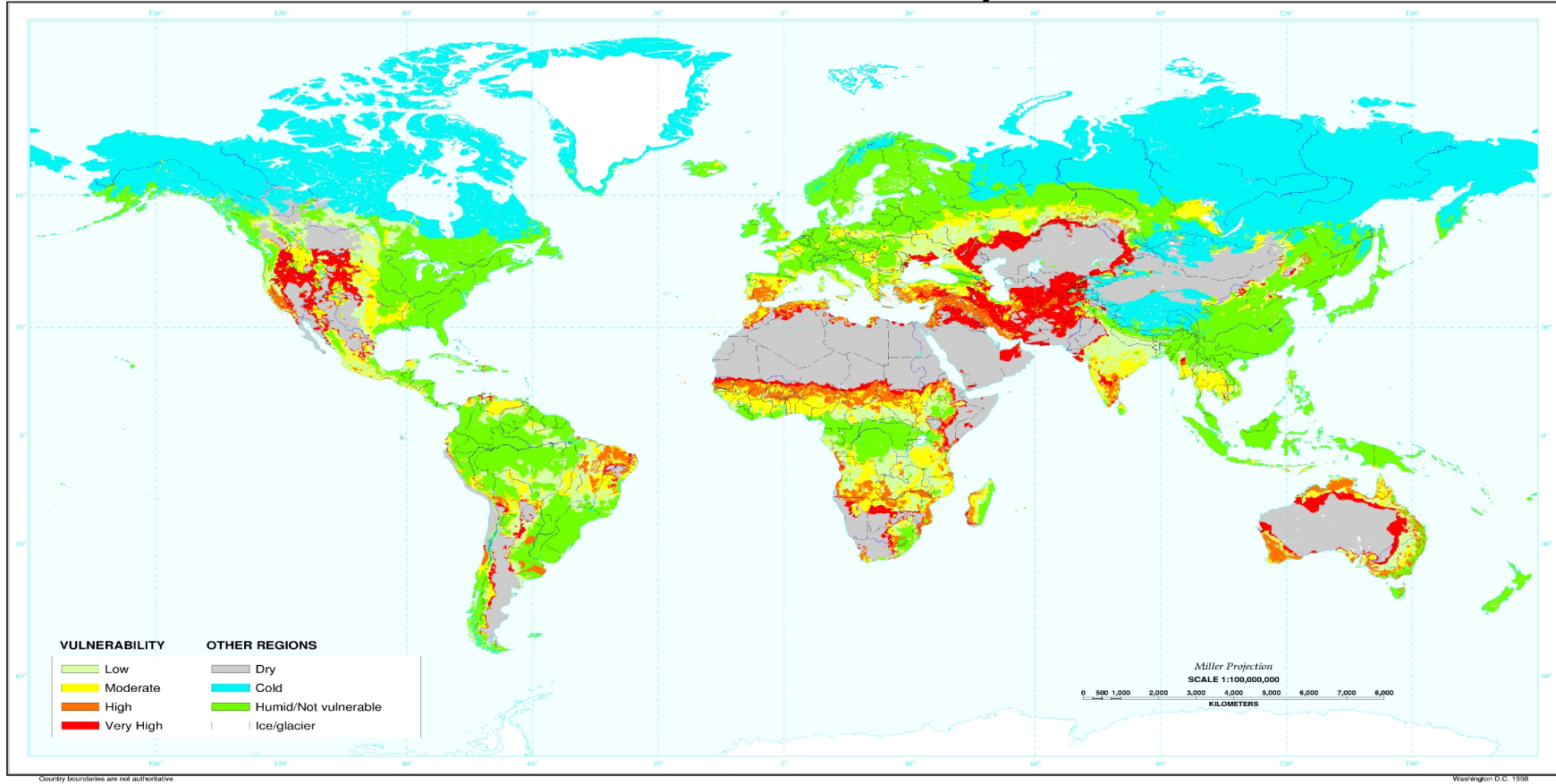
Στις μέρες μας, οι περισσότερες ξηρές περιοχές του πλανήτη, υφίστανται αλλαγές στον υδρολογικό κύκλο ενώ ταυτόχρονα τα μοντέλα προβλέπουν πως οι αλλαγές αυτές θα συνεχιστούν. Η αυξημένη μεταβλητότητα του κλίματος θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων όπως η ξηρασία. Λόγω της ταυτόχρονης αυξημένης ανθρωπογενούς πίεσης, τα οικοσυστήματα των ξηρών περιοχών, πιθανόν να γίνουν πιο ευάλωτα στις κλιματολογικές αλλαγές, γεγονός το οποίο πιθανόν να οδηγήσει στην αυξημένη τρωτότητα των περιοχών αυτών απέναντι στην ερημοποίηση.

1.2 Καταγραφή του προβλήματος

Σύμφωνα με τη *συνθήκη των Ηνωμένων εθνών για την καταπολέμηση της ερημοποίησης (1994)*, η ερημοποίηση, θεωρείται ως ένα από τα σοβαρότερα περιβαλλοντικά προβλήματα σε παγκόσμιο επίπεδο. Επηρεάζει τις ξηρές και ξηρές ύφυγρες περιοχές του πλανήτη, ενώ παράλληλα συνδέεται στενά με την κλιματική αλλαγή.

Οι περιοχές αυτές, καταλαμβάνουν ένα μεγάλο μέρος της επιφάνειας του πλανήτη, προσφέροντας ταυτόχρονα το ζωτικό χώρο και τους απαραίτητους πόρους για την υποστήριξη της ζωής σε ένα μεγάλο τμήμα του παγκόσμιου πληθυσμού. Σύμφωνα με μελέτη της Υπηρεσίας διατήρησης φυσικών πόρων του τμήματος γεωργίας των Ηνωμένων Πολιτειών, η οποία συντάχθηκε από τους *Eswaran, Reich και Beinroth (1998)*, οι περιοχές οι οποίες αντιμετωπίζουν πολύ υψηλό κίνδυνο ερημοποίησης, καταλαμβάνουν περίπου το 11,6% της επιφάνειας του πλανήτη. Το γεγονός αυτό, απεικονίζεται στην *εικόνα 1.1*.

Desertification Vulnerability



Εικόνα 1.1. Παγκόσμιος χάρτης τρωτότητας στην ερημοποίηση (Eswaran, Reich και Beinroth 1998)

Λόγω του φαινομένου της ερημοποίησης, σύμφωνα με την ίδια μελέτη, επηρεάζονται περίπου 2,6 δισεκατομμύρια άνθρωποι ή το 44% του παγκόσμιου πληθυσμού. Στον πίνακα 1.1, παρουσιάζονται αναλυτικά οι εκτάσεις των περιοχών οι οποίες κινδυνεύουν από την ερημοποίηση, καθώς και ο αντίστοιχος επηρεαζόμενος πληθυσμός.

Πίνακας 1.1. Περιοχές που επηρεάζονται από την ερημοποίηση και ο αντίστοιχος επηρεαζόμενος πληθυσμός (Eswaran, Reich και Beinroth 1998)

Επίπεδο τροφότητας	Περιοχές που επηρεάζονται από την ερημοποίηση		Επηρεαζόμενος πληθυσμός	
	Επιφάνεια (εκατομμύρια km ²)	(% Ποσοστό της παγκόσμιας επιφάνειας)	(Εκατομμύρια)	(% Ποσοστό του παγκόσμιου πληθυσμού)
Χαμηλό	14,60	11,2	1,085	18,9
Μέτριο	13,61	10,5	915	15,9
Υψηλό	7,12	5,5	393	6,8
Πολύ υψηλό	7,91	6,1	255	4,4
Σύνολο	44,24	34,0	2,648	44,0

Η ερημοποίηση αποτελεί ένα φαινόμενο το οποίο εξαρτάται από πολύπλοκες σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ φυσικών, βιολογικών, πολιτικών, κοινωνικών, πολιτιστικών και οικονομικών παραγόντων.

Αποτελέσματα της ερημοποίησης και της ξηρασίας, αποτελούν η φτώχεια, η υποβάθμιση της υγείας και της διατροφής, η διατάραξη της ασφάλειας της παροχής τροφίμων, η μετανάστευση των πληθυσμών κ.ά.. Η ερημοποίηση και η ξηρασία, αποτελούν προβλήματα παγκοσμίου βεληνεκούς και επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την επίτευξη των στόχων της αειφορικής ανάπτυξης.

Έως σήμερα, οι προσπάθειες για την καταπολέμηση της ερημοποίησης, δεν έχουν αγγίξει τα επιθυμητά αποτελέσματα και ως εκ τούτου, κρίνεται απαραίτητη μια πιο αποτελεσματική αντιμετώπιση σε όλα τα επίπεδα της αειφόρου ανάπτυξης. Οι προσπάθειες για την αντιμετώπιση της ερημοποίησης, θα είναι πιο αποτελεσματικές εαν στηριχθούν στην επιστημονική γνώση και

υποβάλλονται σε συνεχή αναθεώρηση. Απαιτείται λοιπόν, η βελτίωση της αποτελεσματικότητας και του συντονισμού των προσπαθειών αντιμετώπισης της ερημοποίησης εκ μέρους των εμπλεκόμενων μερών.

Όσον αφορά την Κύπρο, όπως παρουσιάζεται στο *εθνικό σχέδιο δράσης για την καταπολέμηση της απερίμωσης της υπηρεσίας περιβάλλοντος, του Υπουργείου Γεωργίας, φυσικών πόρων και περιβάλλοντος (2008)*, ως μεσογειακή χώρα, θα έλθει αντιμέτωπη με το φαινόμενο της ερημοποίησης. Η Κύπρος παρουσιάζει μεσογειακό κλίμα με βασικά χαρακτηριστικά τα ζεστά και ξηρά καλοκαίρια και τους βροχερούς, αλλά ήπιους χειμώνες. Οι βροχοπτώσεις κατά την καλοκαιρινή περίοδο, δεν ξεπερνούν το 5% της συνολικής ετήσιας βροχόπτωσης, ενώ κατά την χειμερινή περίοδο, καλύπτουν περίπου το 60%. Οι ξηρασίες, έχουν σημαντικές επιπτώσεις και παρουσιάζουν μια περιοδικότητα περίπου δέκα ετών.

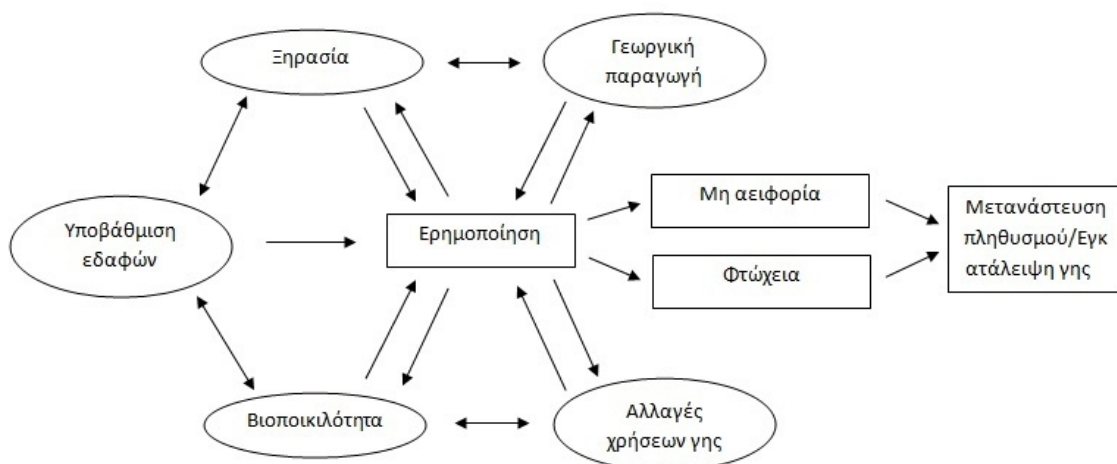
Στην Κύπρο, εμφανίζονται δύο κλιματικές ζώνες οι οποίες εμπίπτουν στον επίσημο ορισμό ως ευαίσθητες στην ερημοποίηση. Αυτές είναι η ημίξηρη και η ξηρή ύφυγρη ζώνη (*εθνικό σχέδιο δράσης για την καταπολέμηση της απερίμωσης, Υπηρεσία περιβάλλοντος, Υπουργείο Γεωργίας, φυσικών πόρων και περιβάλλοντος 2008*). Η ημίξηρη ζώνη καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του νησιού που περιλαμβάνει την τοποκλιματική περιοχή της πεδιάδας της Μεσαορίας, τις παράλιες περιοχές εκτός από τις προσήνεμες και ψηλότερες περιοχές της οροσειράς του Πενταδακτύλου καθώς και τα χαμηλότερα μέρη των πλαγιών της οροσειράς του Τροόδους. Όσον αφορά την ξηρή ύφυγρη ζώνη, αυτή καλύπτει τις πλαγιές της οροσειράς του Τροόδους και τις προσήνεμες και ψηλότερες περιοχές της οροσειράς του Πενταδακτύλου. Στις ζώνες αυτές, παρατηρείται μικρή ετήσια βροχόπτωση και υψηλή δυναμική εξατμισοδιαπνοή. Επιπλέον, παρατηρούνται υψηλές θερμοκρασίες κατά τη βλαστητική περίοδο των φυτών και μεγάλο έλλειμμα εδαφικής υγρασίας.

Το φαινόμενο της ερημοποίησης, αποτελεί σήμερα ένα υπαρκτό κίνδυνο. Εξελίσσεται με τόσο αργό ρυθμό, ώστε δεν γίνεται άμεσα αντιληπτό μέχρι να πλήξει ορισμένες περιοχές ανεπανόρθωτα. Οι ρυθμοί της υπερκατανάλωσης των υδατικών πόρων, η εγκατάλειψη της υπαίθρου, η ρύπανση τόσο των εδαφών όσο και των υδάτων, η αλλαγή και ένταση της χρήσης της γης, οι πυρκαγιές κ.α. αποτελούν παράγοντες επιτάχυνσης του φαινομένου. Στα προβλήματα που εντείνουν την ερημοποίηση, σημαντικό ρόλο παρουσιάζει και η μείωση της μέσης

βροχόπτωσης κατά περίπου 15% μετά το 1970 καθώς και η συχνότερη παρουσία συνεχόμενων χρόνων ανομβρίας. Ήδη, με τα σημερινά επίπεδα μέσης βροχόπτωσης και εξατμισοδιαπνοής και σύμφωνα με τον ορισμό της Σύμβασης για την καταπολέμηση της ερημοποίησης, προκύπτει ότι, ενώ δεν υπάρχει περιοχή κάτω από το χαμηλότερο όριο που να υποδηλώνει άμεση απερίμωση στην Κύπρο, μόλις το 1.5% της έκτασης του νησιού, το οποίο εντοπίζεται στα ψηλότερα μέρη της οροσειράς του Τροόδους δεν αντιμετωπίζει οποιοδήποτε πρόβλημα απερίμωσης. Μια έκταση 4.5% του νησιού που περιβάλλει το όρος Τρόδος, χαρακτηρίζεται σαν ύφυγρη με μειωμένη ευαισθησία στην απερίμωση. Το μεγαλύτερο μέρος όμως των υπόλοιπων περιοχών, που καλύπτουν έκταση 91% του νησιού, χαρακτηρίζονται ως ημίξηρες με αυξημένη ευαισθησία στην απερίμωση. Από αυτές τις περιοχές, το 3% κινδυνεύει άμεσα!

1.3 Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης

Η ερημοποίηση επηρεάζει τις ζωές εκατομμυρίων ανθρώπων παγκοσμίως, καθώς και την οικονομία πολλών χωρών, αφού μετατρέπει μια περιοχή σταδιακά σε άγονη. Αποτελεί παγκόσμια παραδοχή πως το φαινόμενο της ερημοποίησης, αποτελεί μια σοβαρή απειλή στις ξηρές, ημίξηρες και ξηρές και ύφυγρες περιοχές, οι οποίες υπολογίζεται πως καλύπτουν περίπου το 40% της επιφάνειας του πλανήτη, ενώ ταυτόχρονα κατοικούνται από περίπου 1 δις ανθρώπους. Οι συνέπειες της ερημοποίησης είναι πολύ σοβαρές, παρότι είναι ένα φαινόμενο το οποίο δεν εμφανίζεται όπως μια ξαφνική καταστροφή, αλλά εξελίσσεται σταθερά στο πέρασμα του χρόνου. Αποτελεί ένα φαινόμενο το οποίο εξαρτάται από διάφορους παράγοντες και εξελίσσεται με τόσο αργό ρυθμό, έτσι ώστε δεν γίνεται αντιληπτό από τις ανθρώπινες κλίμακες μέτρησης του χρόνου, για αυτό και συνήθως εντοπίζεται όταν είναι ήδη αργά. Όσον αφορά τη διάγνωση της ερημοποίησης, όπως αναφέρουν οι *Rubio και Recatalá (2006)*, δυσκολίες υπάρχουν λόγω της πολυεπίπεδης και διεπιστημονικής φύσης του φαινομένου. Αυτά τα χαρακτηριστικά, παρουσιάζονται και σχηματικά στο *διάγραμμα 1.1*.



Διάγραμμα 1.1. Ο πολυδιάστατος χαρακτήρας της ερημοποίησης (Rubio και Recatalá 2006)

Μερικά από τα αποτελέσματα της ερημοποίησης, είναι η εγκατάλειψη της γης εξαιτίας της απώλειας της παραγωγικότητας των εδαφών, η επακόλουθη μετανάστευση των ανθρώπων, η διατάραξη της οικονομίας, η μείωση της γεωργικής παραγωγής, η αλλαγή των τοπικών κλιματολογικών συνθηκών, η αλλαγή της υδρολογίας, η απώλεια βιοποικιλότητας, η υποβάθμιση της ποιότητας της ζωής των ανθρώπων, η μείωση της παραγωγής και της αγοραστικής ικανότητας του πληθυσμού, η απόκλιση των τιμών των προϊόντων στις τοπικές και εθνικές αγορές, η κοινωνική, οικονομική και πολιτική αστάθεια, η αύξηση των περιβαλλοντικών προβλημάτων ως συνέπεια της κακής διαχείρισης των φυσικών πόρων, η απώλεια του εδάφους λόγω της διάβρωσης κ.ά..

Το φαινόμενο της ερημοποίησης, όσον αφορά τις χώρες της Μεσογείου, αναμένεται να ενισχυθεί, αν επιβεβαιωθούν τα σενάρια των κλιματικών αλλαγών που προβλέπουν πολλές ερευνητικές ομάδες και διεθνείς οργανισμοί.

Η Κύπρος, όπως και πολλές χώρες της Μεσογείου, κινδυνεύει να αντιμετωπίσει στο μέλλον ξηρασίες, με τις επακόλουθες επιπτώσεις. Υπάρχει επομένως, άμεση ανάγκη να προχωρήσει σε ένα γενικό σχέδιο «προληπτικής» αντιμετώπισης της ξηρασίας, για να μη φθάσει σε καταστάσεις αδιεξόδου.

Σχετικά με την αντιμετώπιση του φαινομένου της ερημοποίησης, βασική φιλοσοφία των περισσότερων μεσογειακών χωρών, ήταν και εξακολουθεί να είναι η εκ των υστέρων αντιμετώπισή του. Η φιλοσοφία αυτή, θα πρέπει να αλλάξει και να αποκτήσει προληπτικό χαρακτήρα, με σωστό προγραμματισμό και προετοιμασία. Για να συμβεί αυτό όμως, είναι απαραίτητο να εντοπιστούν και να αξιολογηθούν οι περιοχές οι οποίες κινδυνεύουν από το φαινόμενο της ερημοποίησης, όπως επίσης και οι περιοχές που βρίσκονται ήδη υπό την επιρροή της.

Σε αυτό το σημείο, η χρήση σύγχρονων πρακτικών και τεχνολογιών, όπως είναι η πολυκριτηριακή ανάλυση και τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (Σ.Γ.Π.), μπορούν να δώσουν λύσεις, βοηθώντας στον καλύτερο συντονισμό του κρατικού μηχανισμού και οδηγώντας στην λήψη των κατάλληλων προληπτικών μέτρων, γεγονός το οποίο, μεταξύ άλλων, θα συμβάλλει στην εξοικονόμηση πόρων και στην καλύτερη κατανόηση του φαινομένου.

Η χρήση μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης μέσα από Σ.Γ.Π. αποτελεί μια λειτουργία των πληροφοριακών συστημάτων και των εξελισσόμενων τεχνικών σχεδιασμού και λήψης αποφάσεων. Η συγχώνευση μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης και Σ.Γ.Π., έχει εφαρμοστεί στην πράξη ως ένα συνεργιστικό εργαλείο υποστήριξης της διαδικασίας λήψης αποφάσεων, το οποίο δίνει τη δυνατότητα στους ενδιαφερόμενους να αλληλεπιδράσουν με το κοινό ή με τους αρμόδιους φορείς. Ένα αξιοπρόσεκτο χαρακτηριστικό των συστημάτων αυτών αποτελεί το ευρύ πεδίο εφαρμογής τους.

Σύμφωνα με τους *Malczewski και Rinner (2015)*, η συγχώνευση Σ.Γ.Π. και μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης, προήλθε από την ανάγκη διεύρυνσης των δυνατοτήτων λήψης απόφασης των Σ.Γ.Π.. Οι μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης, από τη φύση τους, επιτρέπουν την αλληλεπίδραση πολλών και διαφορετικών όψεων ενός προβλήματος λήψης απόφασης. Μπορούν να βελτιώσουν την επικοινωνία μεταξύ των εμπλεκόμενων, να βοηθήσουν στην κατανόηση των διαφόρων πτυχών ενός προβλήματος και να διευκολύνουν την επίτευξη ομοφωνίας ως προς τη λήψη μιας απόφασης. Αποτέλεσμα των παραπάνω, αποτελεί το γεγονός

πως η συγχώνευση Σ.Γ.Π. και μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης, μπορεί να συνεισφέρει στη βελτίωση της συνεργασίας ως προς τη λήψη αποφάσεων, εφόσον παρέχει ευέλικτες προσεγγίσεις για την επίλυση πολυδιάστατων προβλημάτων, όπου τα εμπλεκόμενα μέρη μπορούν να εξερευνήσουν, να κατανοήσουν και να αναθεωρήσουν ένα πρόβλημα λήψης απόφασης. Μπορεί, επίσης, να υποστηρίξει τη συνεργασία των εμπλεκόμενων μερών, παρέχοντας τα μέσα για λήψη αποφάσεων από κοινού και οργανώνοντας την επικοινωνία μεταξύ τους σε ομάδες, καθώς οι μέθοδοι της πολυκριτηριακής ανάλυσης παρέχουν το κατάλληλο πλαίσιο για το χειρισμό του δημόσιου διαλόγου, ως προς την αναγνώριση των τμημάτων ενός προβλήματος λήψης απόφασης, αφού οργανώνουν τα στοιχεία που αποτελούν το πρόβλημα, σε μια ιεραρχημένη δομή, κατανοώντας τις σχέσεις μεταξύ τους και δίνοντας το έναυσμα για την επικοινωνία μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων. Η συγχώνευση των μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης και των Σ.Γ.Π. ενισχύει τις περιορισμένες αποθηκευτικές και αναλυτικές δυνατότητες των τελευταίων, έχοντας ως άξονα τις προτιμήσεις των ληπτών αποφάσεων. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της συγχώνευσης Σ.Γ.Π. και μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης, αποτελεί πως οι λήπτες αποφάσεων κατά τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων, οι οποίες στηρίζονται σε Σ.Γ.Π. μπορούν να εισάγουν αξιολογικά κριτήρια. Άλλο σημαντικό πλεονέκτημα, αποτελεί η ανάπτυξη σαφών χωρικών μοντέλων τα οποία περιέχουν πολλαπλά κριτήρια.

Στην πιο απλή μορφή της, η πολυκριτηριακή ανάλυση μέσα από Σ.Γ.Π. αποτελεί μια διαδικασία όπου τα γεωγραφικά δεδομένα, συνδυάζονται με τις προτιμήσεις των ληπτών αποφάσεων και μετασχηματίζονται σε μια απόφαση. Στη διαδικασία αυτή συμπεριλαμβάνονται η χρήση γεωγραφικών δεδομένων, οι προτιμήσεις του λήπτη αποφάσεων και η επεξεργασία των δεδομένων και των προτιμήσεων, σύμφωνα με συγκεκριμένους κανόνες. Τα Σ.Γ.Π. προσφέρουν μια πλειάδα μεθόδων και εργαλείων για την επεξεργασία των γεωγραφικών δεδομένων με σκοπό την εξαγωγή πληροφοριών, οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Κύριο χαρακτηριστικό ενός Σ.Γ.Π. αποτελεί η δυνατότητα ολοκληρωμένης ανάλυσης χωρικών δεδομένων, καθώς και δεδομένων διαφόρων χαρακτηριστικών. Επιπλέον, προσφέρουν την ικανότητα απεικόνισης των δεδομένων υπό μορφή χαρτών, διαγραμμάτων, πινάκων κλπ.

1.4 Σκοποί και στόχοι

Σκοπό της παρούσας διπλωματικής διατριβής, αποτελεί ο εντοπισμός περιοχών στην Κύπρο οι οποίες κινδυνεύουν από το φαινόμενο της ερημοποίησης, έτσι ώστε να γίνει μια αποτίμηση του επιπέδου κινδύνου της Κύπρου αναφορικά με το φαινόμενο. Για το σκοπό αυτό, θα χρησιμοποιηθούν Σ.Γ.Π. σε συνδυασμό με πολυκριτηριακές μεθόδους ανάλυσης, έτσι ώστε παράλληλα, να διερευνηθεί η δυνατότητα συγχώνευσης αυτών των εργαλείων όσον αφορά τον εντοπισμό περιοχών οι οποίες κινδυνεύουν από την ερημοποίηση, καθώς και η αποτελεσματικότητα μιας τέτοιας ενέργειας. Σκοπός επίσης της παρούσας διπλωματικής διατριβής, είναι ο παράλληλος εντοπισμός περιοχών στην Κύπρο, οι οποίες ήδη έχουν επηρεαστεί από το φαινόμενο της ερημοποίησης, έτσι ώστε να υπάρξει μια αποτίμηση της κατάστασης στο νησί. Επίσης, σκοπό αποτελεί η κατάρτιση δεικτών τρωτότητας αναφορικά με την ερημοποίηση, οι οποίοι θα είναι προσαρμοσμένοι στις κλιματικές / περιβαλλοντικές συνθήκες της Κύπρου.

Κύριο ερευνητικό ερώτημα που καλείται να απαντηθεί από τη συγκεκριμένη διπλωματική διατριβή είναι ο εντοπισμός επιμέρους περιοχών της Κύπρου οι οποίες είναι ευαίσθητες (ή παρουσιάζουν ήδη) σημάδια ερημοποίησης. Για την μελέτη του κύριου ερευνητικού θέματος γίνεται η θεώρηση, πως υπάρχουν κάποιοι παράγοντες – δείκτες, οι οποίοι μπορούν να φανερώσουν το επίπεδο κινδύνου μιας περιοχής, όσον αφορά την ερημοποίηση. Αυτοί οι παράγοντες, προσδιορίζονται με την βοήθεια της πολυκριτηριακής ανάλυσης και εισάγονται σε ένα Σ.Γ.Π. έτσι ώστε να χαρτογραφηθούν οι ευαίσθητες περιοχές ως προς τις τάσεις τους για ερημοποίηση.

Πιο συγκεκριμένα, εντοπίζονται περιοχές οι οποίες κινδυνεύουν από την ερημοποίηση, καθώς και περιοχές οι οποίες βρίσκονται ήδη υπό την επιρροή του φαινομένου. Αυτό αναμένεται να συμβεί, με το συνδυασμό των παραγόντων – δεικτών οι οποίοι θα επιλεγούν, στο Σ.Γ.Π..

1.5 Προσδιορισμός και διατύπωση των κεντρικών εννοιών

Σύμφωνα με τη συνθήκη των Ηνωμένων εθνών για την καταπολέμηση της ερημοποίησης (1994), «Ερημοποίηση, ορίζεται ως η υποβάθμιση της γης στις ξηρές και ημίξηρες και τις ξηρές και ύφυγρες περιοχές, η οποία προκαλείται από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των κλιματικών συνθηκών και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων».

Η εν λόγω συνθήκη, ορίζει ακόμη ως υποβάθμιση της γης, την μείωση ή την απώλεια στις ξηρές και ημίξηρες και στις ξηρές και ύφυγρες περιοχές, της βιολογικής ή της οικονομικής παραγωγικότητας καθώς και της πολυπλοκότητας των καλλιεργειών που τροφοδοτούνται με βρόχινο νερό, των αρδευόμενων εκτάσεων ή των βοσκότοπων, των δασών και των δασωδών περιοχών, ως αποτέλεσμα αλλαγών των χρήσεων γης ή ως αποτέλεσμα μιας διαδικασίας ή συνδυασμού διαδικασιών, συμπεριλαμβανομένων και των διαδικασιών που προέρχονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και από τα οικιστικά πρότυπα, όπως είναι:

- (i) Η αιολική ή υδατική διάβρωση των εδαφών
- (ii) Η υποβάθμιση των φυσικών, χημικών και βιολογικών ή οικονομικών ιδιοτήτων των εδαφών
- (iii) Η απώλεια της φυσικής βλάστησης σε βάθος χρόνου

Ακόμη, ως ξηρές και ημίξηρες περιοχές και ως ξηρές ύφυγρες περιοχές, ορίζονται οι περιοχές εκείνες, στις οποίες, ο λόγος των ετήσιων κατακρημνισμάτων βρίσκεται μεταξύ 0,05 mm έως 0,65 mm.

Σκοπό της συνθήκης, αποτελεί η καταπολέμηση της ερημοποίησης και η μετρίαση των επιπτώσεων της ξηρασίας, στις χώρες που αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα ξηρασίας και / ή ερημοποίησης και κυρίως στις Αφρικανικές χώρες, μέσω ανάληψης δράσης σε όλα τα επίπεδα και με την υποστήριξη της διεθνούς κοινότητας στο πλαίσιο μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης

σύμφωνης με την Agenda 21 και υπό το πρίσμα της συνεισφοράς στην επίτευξη της αειφόρου ανάπτυξης στις προσβεβλημένες περιοχές.

Κεφάλαιο Δεύτερο – Θεωρητικό πλαίσιο και Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο, γίνεται μια ιστορική αναδρομή των εξελίξεων οι οποίες έδωσαν ώθηση στη μελέτη του φαινομένου της ερημοποίησης μέσω της χρήσης Σ.Γ.Π. και μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης λήψης αποφάσεων (M.C.D.A.). Αναλύεται η εξέλιξη των Σ.Γ.Π., παρουσιάζονται οι βασικές τους λειτουργίες επεξεργασίας και ανάλυσης γεωχωρικών δεδομένων, καθώς και η συμβολή τους στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Επίσης, παρουσιάζεται η εξέλιξη των συστημάτων τηλεπισκόπησης και η λειτουργία τους ως πηγή πληροφοριών για τα Σ.Γ.Π. στην παρακολούθηση φαινομένων της γήινης επιφάνειας. Ακόμη, αναλύεται η σημασία της δημιουργίας των συνδυασμένων τεχνικών Σ.Γ.Π – M.C.D.A. ως προς τη μελέτη του φαινομένου της ερημοποίησης και στην επίλυση χωρικών προβλημάτων λήψης αποφάσεων. Επιπλέον, πραγματοποιείται μια παρουσίαση των παραγόντων της ερημοποίησης στην περιοχή της Μεσογείου αλλά και διεθνώς, όπως επίσης και μελετών περίπτωσης σχετικά με το επίπεδο και τον κίνδυνο ερημοποίησης που παρουσιάζει η Κύπρος και η ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου, αλλά και παγκόσμια. Επίσης, παρουσιάζονται προγράμματα που αφορούν την εκτίμηση του κινδύνου της ερημοποίησης για διάφορες περιοχές της Μεσογείου, όπου σε πολλά από αυτά, έγινε χρήση πολυκριτηριακών μεθόδων σε συνδυασμό με Σ.Γ.Π.. Παρουσιάζονται ακόμη, μελέτες περίπτωσης οι οποίες έχουν συμβάλει στη διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με τη συγχώνευση πολυκριτηριακών μεθόδων και Σ.Γ.Π. και τη χρήση δορυφορικών δεδομένων όσον αφορά τη μελέτη του φαινομένου της ερημοποίησης και της εδαφικής υποβάθμισης, για διάφορες περιοχές του πλανήτη.

2.2 Ιστορική αναδρομή

Ακολουθεί σύντομη ιστορική αναδρομή στους παράγοντες και τις εξελίξεις οι οποίες έδωσαν ώθηση στην χρήση των συστημάτων και των δεδομένων της τηλεπισκόπησης, των Σ.Γ.Π και των τεχνικών M.C.D.A., στο πεδίο της μελέτης του φαινομένου της ερημοποίησης.

2.2.1 Εξέλιξη της τηλεπισκόπησης

Στη μελέτη και καταπολέμηση του φαινομένου της ερημοποίησης, έχει παίξει σημαντικό ρόλο η επιστήμη της τηλεπισκόπησης. Δεδομένα που προέρχονται από την τηλεπισκόπηση, έχουν χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή των φυσικών πόρων και την αξιολόγηση της κατάστασής τους, καθώς και για τη μελέτη αλλαγών στο πέρασμα του χρόνου. Δεδομένα τηλεπισκόπησης έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση γεωφυσικών και βιοφυσικών παραμέτρων διαφόρων στοιχείων των οικοσυστημάτων. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα χρήσης δεδομένων τηλεπισκόπησης, είναι η παρακολούθηση και αξιολόγηση της ξηρασίας (*Navalgund, 2001*).

Σύμφωνα με τον *Lillesand (1990)*, από την εποχή της εκτόξευσης του πρώτου δορυφόρου παρατήρησης της γης το 1972, η επιστήμη της τηλεπισκόπησης έγινε ο κύριος πάροχος αναλυτικών πληροφοριών, συμβατών με τα Σ.Γ.Π. με παγκόσμια κάλυψη και σε τακτική βάση σχετικά με τη διαχείριση της γης.

Το 1969, το υπουργείο εσωτερικών των Η.Π.Α. σε συνεργασία με τη Ν.Α.Σ.Α., έθεσαν σε εφαρμογή ένα πρόγραμμα εκτόξευσης μιας σειράς δορυφόρων με σκοπό την συστηματική και επαναληπτική κάλυψη όλης της επιφάνειας της γης. Στο συγκεκριμένο πρόγραμμα με το όνομα E.R.O.S., εκτοξεύτηκαν οι δορυφόροι E.R.T.S. – 1, –2, –3, –4, –5 και –6. Ο δορυφόρος ERTS – 1 εκτοξεύθηκε στις 23 Ιουλίου 1972 και παρέμεινε σε λειτουργία μέχρι τις 6 Ιανουαρίου του 1978. Ο εν λόγω δορυφόρος, μετονομάστηκε αργότερα σε Landsat – 1. Μέχρι το 1990, ακολούθησε η εκτόξευση ακόμη πέντε δορυφόρων για τον ίδιο σκοπό. Τα δεδομένα μετά το 1982 και 1984, χρονιές εκτόξευσης των δορυφόρων Landsat 4 & 5 αντίστοιχα, προέρχονταν από έναν πολυφασματικό σαρωτή δεύτερης γενιάς με τον οποίο ήταν εξοπλισμένες οι αποστολές, γνωστό και ως θεματικό χαρτογράφο (T.M.). Τα δεδομένα που παρείχε ο θεματικός χαρτογράφος, έδωσαν ώθηση στην σκοπιμότητα των δεδομένων του Landsat για τις περισσότερες εφαρμογές.

Στις 21 Φεβρουαρίου 1986, η Γαλλία, σε συνεργασία με τη Σουηδία και το Βέλγιο, έθεσε σε λειτουργία το πρόγραμμα Systeme Pour L ‘Obser – vation de la Terre πιο γνωστό ως S.P.O.T., με την εκτόξευση του δορυφόρου S.P.O.T. – 1.

Η παρατήρηση της γης από το διάστημα, παρέχει αξιόπιστα, συνεχόμενα και συνοπτικά δεδομένα, τα οποία έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερος χρήσιμα στη διαχείριση και παρακολούθηση των φυσικών πόρων και του περιβάλλοντος (*Bhan, 1997*).

2.2.2 Εξέλιξη των συνδυασμένων τεχνικών Σ.Γ.Π. – Μ.Σ.Δ.Α.

Οι ρίζες της πολυκριτηριακής ανάλυσης, εντοπίζονται στον 18^ο αιώνα, στις μελέτες των J.C. Borda και N. Condorcet, σχετικά με τα συστήματα ιεραρχημένων προτιμήσεων ψήφου. Ωστόσο, οι βάσεις της πολυκριτηριακής ανάλυσης τέθηκαν κατά το δεύτερο μισό του 19^{ου} αιώνα, από τους F.Y. Edgeworth and V. Pareto, οι οποίοι πρότειναν μια προσέγγιση για το συνδυασμό αντικρουόμενων κριτηρίων, σε ένα ενιαίο δείκτη αξιολόγησης. Ο Pareto, επίσης, εισήγαγε και ένα από τα θεμελιώδη στοιχεία της πολυκριτηριακής θεωρίας, την έννοια της αποδοτικότητας. Η έρευνά του, υπήρξε θεμελιώδης για την ανάπτυξη της πολυκριτηριακής ανάλυσης μέσα στο ευρύτερο πεδίο της επιχειρησιακής έρευνας και των διαχειριστικών επιστημών (O.R. / M.S.).

Ο συνδυασμός μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης και γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (Σ.Γ.Π. – Μ.Σ.Δ.Α.), οφείλεται στις επιστήμες της αρχιτεκτονικής τοπίου και του χωρικού σχεδιασμού. Βασίζεται σε τεχνικές υπέρθεσης αναλογικών χαρτών, πρακτική την οποία εφάρμοσαν οι αρχιτέκτονες στα τέλη του 19^{ου} αιώνα και τις αρχές του 20^{ου}.

Το 1969, ο McHarg, εξέλιξε τις υφιστάμενες τεχνικές υπέρθεσης χαρτών, προτείνοντας μια διαδικασία χαρτογράφησης δεδομένων των φυσικών και ανθρωπογενών χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος μιας περιοχής μελέτης και της απεικόνισης των πληροφοριών αυτών σε μεμονωμένους διάφανους χάρτες, χρησιμοποιώντας διαφορετικούς χρωματισμούς και επικαλύπτοντας τους χάρτες αυτούς, με σκοπό την κατασκευή ενός χάρτη καταλληλότητας, για κάθε χρήση γης.

Η εξέλιξη των συνδυασμένων τεχνικών Σ.Γ.Π. – Μ.Σ.Δ.Α., πραγματοποιήθηκε παράλληλα με την εξέλιξη των πληροφοριακών συστημάτων και των τεχνικών σχεδιασμού και λήψης αποφάσεων.

Η εξέλιξη των Σ.Γ.Π. μπορεί να χωριστεί σε τρεις περιόδους:

- i) Στάδιο της καινοτομίας (1950 – 1970)
- ii) Ανάπτυξη Σ.Γ.Π. γενικού σκοπού ή αλλιώς φάση της ενσωμάτωσης (δεκαετία 1980)
- iii) Φάση της εξάπλωσης (Σ.Γ.Π. τα οποία καθοδηγούνται από το χρήστη)

Η εξέλιξη των συνδυασμένων τεχνικών Σ.Γ.Π. – MCDA, ακολούθησε παρόμοια πορεία:

- i) Στάδιο της καινοτομίας (καινοτομίες στα Σ.Γ.Π. και την επιχειρησιακή έρευνα και τις διαχειριστικές επιστήμες)
- ii) Φάση της ενσωμάτωσης (ενσωμάτωση της μοντελοποίησης χαρτών και μεθόδων M.C.D.A.)
- iii) Φάση της εξάπλωσης

Τη δεκαετία του 1970, η χρησιμότητα των ποσοτικών μεθόδων συμπεριλαμβανομένων και των μονοκριτηριακών προσεγγίσεων όσον αφορά τη βελτιστοποίηση χωρικών προβλημάτων, άρχισε να αμφισβητείται έντονα. Σαν απάντηση, υπήρξε η δημιουργία των μεθόδων M.C.D.A.. Η μέθοδος του Mc Harg της υπέρθεσης χαρτών για τη δημιουργία χαρτών καταλληλότητας γης, είχε την μεγαλύτερη επιρροή στη δημιουργία των συνδυασμένων τεχνικών Σ.Γ.Π. – M.C.D.A. από οποιαδήποτε άλλη εξέλιξη στην ιστορία των Σ.Γ.Π.. Σχεδόν ταυτόχρονα, τη δεκαετία του 1980, το πεδίο εφαρμογής των Σ.Γ.Π. διευρύνθηκε λόγω της έκρηξης της διαθεσιμότητας των συστημάτων C.A.D., των συστημάτων διαχείρισης βάσεων δεδομένων, της τηλεπισκόπησης, των G.P.S., καθώς και από την αύξηση της διαθεσιμότητας των ψηφιακών γεωχωρικών δεδομένων προς ιδιωτικούς και δημόσιους φορείς. Ζωτικής σημασίας στη δημιουργία των συνδυασμένων μεθόδων Σ.Γ.Π – M.C.D.A., υπήρξε η ανάπτυξη της χαρτογραφικής μοντελοποίησης και της άλγεβρας χαρτών. Η άλγεβρα χαρτών, συμπεριλαμβάνει θεμελιώδεις μεθόδους των Σ.Γ.Π – M.C.D.A.. Οι συνδυασμένες τεχνικές Σ.Γ.Π – M.C.D.A. εδραιώθηκαν σχετικά πρόσφατα, τη δεκαετία του 1990 ως ένα ξεχωριστό πεδίο έρευνας. Η εξέλιξη των συνδυασμένων τεχνικών

Σ.Γ.Π – Μ.Σ.Δ.Α., υπήρξε γενικά μέτρια κατά το πρώτο μισό της δεκαετίας του 1990, ενώ μετά το δεύτερο μισό, υπήρξε μια παραγωγή άρθρων σχετική με το θέμα, η οποία συνεχίστηκε και την επόμενη δεκαετία (*Malczewski και Rinner, 2015*).

2.2.3 Γενικός ορισμός της ερημοποίησης

Σύμφωνα με τους *Glantz και Orlovsky (1983)*, η αυξανόμενη προσοχή απέναντι στο φαινόμενο της ερημοποίησης, αντικατοπτρίζεται από τη δημιουργία του συμβουλίου των Ηνωμένων εθνών για την ερημοποίηση στο Ναϊρόμπι το 1977, το οποίο ήταν απόρροια της παρατεταμένης ξηρασίας που παρουσιάστηκε στη δυτική Αφρικανική Σαχάρα στις αρχές της δεκαετίας του 1970, η οποία στοίχισε πολλές ανθρώπινες ζωές, και προκάλεσε εκτεταμένη υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Στη διάσκεψη, η ερημοποίηση ορίστηκε ως:

«η υποβάθμιση ή η καταστροφή των βιολογικών δυνατοτήτων της γης, η οποία μπορεί να οδηγήσει τελικά, σε συνθήκες ερήμου».

Η διάσκεψη έφερε σε επαφή αντιπροσώπους από διάφορες χώρες, τα εδάφη των οποίων επηρεάζονταν έμεσα ή άμεσα από την ερημοποίηση.

Ερευνητές διαφόρων επιστημών, έχουν χρησιμοποιήσει διαφορετικούς ορισμούς της ερημοποίησης, όπως επίσης διάφορους ορισμούς έχουν χρησιμοποιήσει και εθνικές υπηρεσίες και ινστιτούτα, δίνοντας κάθε φορά έμφαση σε διαφορετική πτυχή του φαινομένου, αναλόγως την οπτική με την οποία αυτό εξετάζεται. Αυτό φαίνεται από την μεγάλη ποικιλία των ορισμών της ερημοποίησης. Αυτή η πληθώρα ορισμών, έχει οδηγήσει σε δυσκολία επικοινωνίας μεταξύ ερευνητών, μεταξύ των φορέων που χαράζουν πολιτικές και μεταξύ ερευνητών και των ατόμων που δημιουργούν πολιτικές. Γενικά, έχουν χρησιμοποιηθεί διάφοροι ορισμοί της ερημοποίησης, οι οποίοι μπορεί να είναι ακόμη και αντίθετοι μεταξύ τους. Στο σημείο που συμφωνούν όλοι οι εμπλεκόμενοι παρόλα αυτά, είναι πως η ερημοποίηση αντιμετωπίζεται σαν μια αρνητική περιβαλλοντική διαδικασία. Ο όρος «ερημοποίηση», χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον

Aubreville το 1949, με σκοπό να περιγράψει την μετατροπή των Αφρικανικών τροπικών και υποτροπικών δασών σε Σαβάνα, σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από έντονη διάβρωση, αλλαγές στις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους και από την εισβολή ξηρικών φυτικών ειδών (*Oladipo, 1993*).

Ο πιο διαδεδομένος ορισμός της ερημοποίησης ο οποίος χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα, είναι αυτός που όρισε η συνθήκη των *Ηνωμένων εθνών για την καταπολέμηση της ερημοποίησης* (1994). Σύμφωνα με την εν λόγω συνθήκη:

«Ερημοποίηση ορίζεται ως η υποβάθμιση της γης στις ξηρές και ημίξηρες και τις ξηρές και ύφνηρες περιοχές, η οποία προκαλείται από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των κλιματικών συνθηκών και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων».

Τα ξηρά κλίματα κυριαρχούν σε περιοχές όπου η ατμοσφαιρική καθίζηση είναι εκτεταμένη και διαρκείας, εκεί όπου υπάρχουν τοπικές καθιζήσεις στις υπήνεμες πλευρές των οροσειρών και σε περιοχές όπου οι διαταραχές λόγω βροχοπτώσεων απουσιάζουν και δεν υπάρχουν υγρά αέρια ρεύματα. Υπάρχουν πολλοί δείκτες για την ποσοτικοποίηση της ξηρασίας και όλοι δείχνουν πως η ενέργεια που λαμβάνει το έδαφος μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, είναι πολύ υψηλότερη από την ενέργεια που απαιτείται για την εξάτμιση. Εκτεταμένα και επαναλαμβανόμενα επεισόδια ξηρασίας, έχουν ως αποτέλεσμα την εκτεταμένη κατάρρευση των συστημάτων παραγωγής τροφής. Στην περίπτωση που ταυτόχρονα με την ξηρασία υπάρξει υπερβολική εκμετάλευση όπως υπερβόσκηση, υπερβολική καλλιέργεια κ.λ.π., τότε οι ρυθμοί της οικολογικής υποβάθμισης επιταχύνονται (*Kassas, 1987*).

2.3 Θεωρητικό πλαίσιο

2.3.1 Ερημοποίηση

Ο *Verstraete (1986)*, εξηγεί πως από την αρχή της χρήσης της, η έννοια της ερημοποίησης, έχει λάβει διάφορα νοήματα, πολλά από τα οποία είναι αντικρουόμενα. Υπάρχει μεγάλη διχογνωμία ως προς τους παράγοντες που προκαλούν την εμφάνιση του φαινομένου. Αυτό οφείλεται στο

γεγονός πως διαφορετικοί επιστήμονες, διαθέτουν διαφορετικό επιστημονικό υπόβαθρο, τα διαφορετικά άτομα αντιλαμβάνονται το πρόβλημα με διάφορους τρόπους και στο γεγονός πως οι διάφορες κοινωνικές ομάδες, επηρεάζονται με διαφορετικό τρόπο από το φαινόμενο της ερημοποίησης. Οι διαφορετικές αντιλήψεις αναφορικά με την ερημοποίηση, μαρτυρούν μια συνεχόμενη πρόοδο στη μελέτη του φαινομένου. Η εξέλιξη των συστημάτων της τηλεπισκόπησης και της οικολογίας των οικοσυστημάτων, παρέχουν μια μοναδική ευκαιρία για τη σωστή αξιολόγηση της ερημοποίησης στις ξηρές και ύφυγρες περιοχές, σε οποιαδήποτε χωρική κλίμακα. Ωστόσο, συνύπαρξη πολλών αντικρουόμενων ορισμών της ερημοποίησης επηρεάζει αρνητικά την κοινή γνώμη, οδηγώντας τελικά σε σκεπτικισμό και σε καθυστερήσεις εφαρμογής των όποιων μέτρων. Η κοινωνία, είναι απαραίτητο να αναγνωρίσει την πρόοδο που έχει επιτευχθεί, να εγκαταλείψει παλαιωμένες αντιλήψεις και να αντιληφθεί πως προς το παρόν, η αξιολόγηση της ερημοποίησης αποτελεί ένα άλλο πρόβλημα (*Veron, Paruelo και Oesterheld, 2006*).

Η μελέτη της ερημοποίησης σε πολλές χωρικές κλίμακες είναι απαραίτητη, γιατί τα περιβαλλοντικά συστήματα, ως ανοικτά συστήματα, εμφανίζουν υψηλό βαθμό πολυπλοκότητας και βρίσκονται σε πολλές διαφορετικές κλίμακες. Προκειμένου να γίνει κατανοητή η εδαφική υποβάθμιση, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των προτύπων του τοπίου και των περιβαλλοντικών διαδικασιών σε διάφορες κλίμακες. Τα πρότυπα και οι διάφορες διαδικασίες των τοπίων, θεωρούνται πως οργανώνονται σε συγχωνευμένες δομές με ιεραρχικό τρόπο. Η αναγνώριση της πολυπλοκότητας, της σταθερότητας και της ελαστικότητας των περιβαλλοντικών συστημάτων, είναι κρίσιμη για την κατανόηση αλλαγών του τοπίου όπως είναι η εδαφική υποβάθμιση (*Bergkamp, 1995*).

2.3.2 Παράγοντες ερημοποίησης

Οι *Verstraete και Schwartz (1991)*, θεωρούν την ερημοποίηση έννοια ευρύτερη από την ξηρασία η οποία συμπεριλαμβάνει εκτός από θέματα διαθεσιμότητας υδατικών πόρων, διάφορες μορφές εδαφικής υποβάθμισης, με πιο χαρακτηριστικές τη διάβρωση, την απώλεια της βιολογικής παραγωγικότητας καθώς και επιπτώσεις στην ανθρωπότητα.

Το φαινόμενο της ερημοποίησης, εξελίσσεται σε μεγάλες χρονικές κλίμακες προκαλώντας μια αργή αλλά διαρκώς αυξανόμενη μείωση της παραγωγικότητας των βιολογικών συστημάτων και της ικανότητας της γης να υποστηρίξει τη φυσική βλάστηση και τις καλλιέργειες.

Επιπλέον, σε περιπτώσεις συνδυασμένης δράσης του φαινομένου της ερημοποίησης και της ξηρασίας, είναι δυνατόν να προκύψουν ιδιαίτερα καταστροφικές επιπτώσεις για το περιβάλλον. Στην περίπτωση που υπάρξουν οι κατάλληλες συνθήκες, η ερημοποίηση και η ξηρασία είναι δυνατόν να αλληλοενισχυθούν, με αποτέλεσμα η προκαλούμενη υποβάθμιση του εδάφους να επηρεάσει και γειτονικές περιοχές με άμεσο ή έμμεσο τρόπο.

Η ερημοποίηση, πολλές φορές εκδηλώνεται σαν αποτέλεσμα της υποβάθμισης της φυτοκάλυψης του εδάφους, γεγονός το οποίο οδηγεί σε μια γενικότερη υποβάθμιση της παραγωγικότητάς του. Η απώλεια θρεπτικών συστατικών και σπόρων από το έδαφος επηρεάζει την ικανότητα ανάκαμψης της βλάστησης, αφού αποτελεί τον κύριο μηχανισμό της μη αντιστρεπτής υποβάθμισης του εδαφικού περιβάλλοντος. Ενδεχόμενη συμπύκνωση του εδάφους, μπορεί να μειώσει την διηθητικότητα του, με αποτέλεσμα την αυξημένη επιφανειακή απορροή. Τελικά αν η διάβρωση δεν σταματήσει, θα οδηγήσει σε ολοκληρωτική απώλεια της παραγωγικότητας του εδάφους. Οι αρδευόμενες καλλιέργειες, συμβάλλουν με το δικό τους τρόπο στο φαινόμενο της ερημοποίησης, καθώς η γη που αφήνεται ακάλυπτη μετά την καλλιέργεια, γίνεται ευάλωτη στη διάβρωση. Επίσης, η χρήση γεωργικών μηχανημάτων σχεδιασμένων για βαθιά άροση, μπορεί να συμβάλλει στην απώλεια εδαφικού υλικού.

Ένας άλλος παράγοντας που συμβάλλει στην εκδήλωση του φαινομένου της ερημοποίησης, είναι το περισσευούμενο νερό άρδευσης, το οποίο προκαλεί δευτερογενή αλάτωση των εδαφών, αφού διαλύει τα διαθέσιμα άλατα του εδάφους, με αποτέλεσμα αυτά να παραμένουν όταν το νερό εξατμιστεί. Τα επίπεδα αλάτων στο έδαφος έτσι φτάνουν να γίνονται τοξικά για τα φυτά, με αποτέλεσμα την καταστροφή της βλάστησης. Τέλος, η φωτιά αποτελεί έναν καταστροφικό παράγοντα των εδαφών, αφού καταστρέφει τους μικροοργανισμούς του εδάφους όπως είναι τα νιτροποιητικά βακτήρια, μειώνοντας έτσι την παραγωγικότητά του. Επιπλέον, μπορεί να

καταστρέψει το χούμο των εδαφών και να αποδιοργανώσει τις σχέσεις μεταξύ εδάφους και νερού, καθώς και να καταστρέψει την αποθήκη σπορίων του εδάφους.

Το φαινόμενο της ερημοποίησης, εκδηλώνεται κυρίως στις ξηρές, ημίξηρες και τις ξηρές και ύφυγρες περιοχές του πλανήτη. Σε αυτές τις περιοχές όπου τα οικοσυστήματα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα, είναι δυνατόν κάποιες αρχικές συνθήκες όπως για παράδειγμα οι ακατάλληλες γεωργικές πρακτικές, η υπερβόσκηση και η καταστροφή της δομής της επιφάνειας του εδάφους, να πυροδοτήσουν μια σειρά αλυσιδωτών διαδικασιών, οι οποίες να οδηγήσουν τελικά στην εκδήλωση του φαινομένου της ερημοποίησης. Αυτά τα φαινόμενα μπορεί να περιλαμβάνουν καταστροφή της βλάστησης, χαλάρωση της δομής της εδαφικής επιφάνειας, μετακίνηση άμμου, αποσταθεροποίηση των αμμόλοφων, διάβρωση του εδάφους, αλάτωση του εδάφους, αραίωση της ύπαρξης θαμνωδών φυτών, υποβάθμιση της παραγωγικότητας των εδαφών και άλλα. Ο διαχωρισμός των παραγόντων που ευθύνονται για την εκδήλωση του φαινομένου της ερημοποίησης αποτελεί δύσκολο εγχείρημα, παρόλα αυτά, είναι γενικά αποδεκτό στην επιστημονική κοινότητα, πως οι τεχνητοί παράγοντες είναι μη αναστρέψιμοι, ενώ οι φυσικοί παράγοντες είναι αναστρέψιμοι. Είναι λοιπόν, ο συνδυασμός φυσικών και τεχνητών παραγόντων που επηρεάζουν τα ξηρά οικοσυστήματα και τα προκαλούν να υποβαθμιστούν. Σαν αποτέλεσμα, προκαλείται υποβάθμιση της παραγωγικότητας των βιολογικών συστημάτων και αντιμετάθεσή τους με ερημικές περιοχές.

Στις επιπτώσεις της ερημοποίησης, συμπεριλαμβάνονται η μείωση της παραγωγής τροφίμων σε παγκόσμιο επίπεδο, λοιμοί, κοινωνικές επιπτώσεις, υποβάθμιση της ποσότητας και της ποιότητας των αποθεμάτων νερού, φτώχεια, πολιτική αστάθεια, μείωση της ικανότητας του εδάφους να ανθίσταται στις αλλαγές του περιβάλλοντος και η μειωμένη παραγωγικότητά (*Sivakumar, 2007*).

Σύμφωνα με τον *Lira (2004)*, οι κύριες οικολογικές συνθήκες που χαρακτηρίζουν το φαινόμενο της ερημοποίησης, είναι η αύξηση της ξηρασίας, οι ακανόνιστες αλλά έντονες βροχοπτώσεις οι οποίες προκαλούν ακανόνιστη απορροή, η εμφάνιση ακραίων φαινομένων όπως ξηρασίες που προκαλούν αυξημένη διάβρωση, η αποξήρανση και αλάτωση του εδάφους και η μείωση της βλάστησης. Όσον αφορά τις κύριες φυσικές συνθήκες που χαρακτηρίζουν την ερημοποίηση, αυτές περιλαμβάνουν την αντιμετάθεση συνθηκών ερήμου, αλλαγές στους τύπους φυτοκάλυψης,

μεταβολή της πυκνότητας της βλάστησης, αύξηση της λευκαύγειας και ομαλοποίηση του εδαφικού αναγλύφου.

Οι *Ci, Yang και Yang (2010)*, διακρίνουν τους παρακάτω πέντε τύπους ερημοποίησης ανάλογα με τους παράγοντες που την προκαλούν:

- i) Ερημοποίηση λόγω αιολικής διάβρωσης και της επίδρασης του ανέμου γενικότερα
- ii) Ερημοποίηση λόγω υδατικής διάβρωσης
- iii) Ερημοποίηση λόγω αλάτωσης του εδάφους
- iv) Ερημοποίηση λόγω ψύξης και τήξης του πάγου στις ψυχρές περιοχές
- v) Ερημοποίηση που οφείλεται σε άλλους παράγοντες πλην των προαναφερθέντων

2.3.3 Παράγοντες ερημοποίησης στη Μεσόγειο

Όσον αφορά την υψηλή ευαισθησία της Μεσογείου απέναντι στην ερημοποίηση, αυτή μπορεί να αποδοθεί σε έναν αριθμό περιβαλλοντικών παραγόντων, μεταξύ των οποίων οι πιο σημαντικοί είναι:

- i) Το κλίμα και το μικρόκλιμα, τα οποία χαρακτηρίζονται από υψηλή χρονική διακύμανση, παρουσία ακραίων καιρικών φαινομένων και έντονες ελλείψεις σε υγρασία. Αυτές οι συνθήκες, μεγενθύνουν τις δυσμενείς επιπτώσεις της διάβρωσης και μπορεί να προκαλέσουν σοβαρό στρες λόγω ξηρασίας στα φυτά κατά την βλαστητική περίοδο, καθώς και να καθυστερήσουν την ανάκαμψη της βλάστησης σε ήδη υποβαθμισμένες περιοχές
- ii) Το τραχύ ανάγλυφο, το οποίο παρουσιάζει μεγάλες υψομετρικές διαφορές, απότομες πλαγιές και τοπία τα οποία διαχωρίζονται από ρέματα, τα οποία μεταφέρουν μεγάλες

ποσότητες ιζημάτων. Αυτά τα χαρακτηριστικά, ευνοούν τους υψηλούς ρυθμούς διάβρωσης όπως και τις κατολισθήσεις

- iii) Η γεωλογία της εδαφικής επιφάνειας, με τεράστιες μάζες ασβεστόλιθων, οι οποίοι είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι στη διάβρωση
- iv) Η διαφορά φάσης μεταξύ βροχοπτώσεων και βλαστητικών περιόδων, η οποία οδηγεί σε ελάχιστη φυτοκάλυψη της εδαφικής επιφάνειας
- v) Ο ρυθμός σχηματισμού εδάφους στις περιοχές με κλίσεις, ο οποίος είναι πολύ μικρότερος από τον ρυθμό απώλειας του εδάφους

Ωστόσο, οι παραπάνω παράγοντες δεν αρκούν για την εκδήλωση του φαινομένου της ερημοποίησης σε μια περιοχή, καθώς απαιτείται η συνδυασμένη δράση περιβαλλοντικών παραγόντων και ανθρώπινων δραστηριοτήτων (Γιασσόγλου, 1999).

Οι περιοχές που εμφανίζουν ευαισθησία στην ερημοποίηση, διαθέτουν διαφορετικό βαθμό ανοχής απέναντι σε αυτό το φαινόμενο. Στην Μεσόγειο, έχουν αναγνωριστεί τέσσερις διαφορετικοί τύποι περιβαλλοντικά ευαίσθητων περιοχών (Π.Ε.Π.) η αναγνώριση των οποίων, βασίζεται στο επίπεδο υποβάθμισης του εδάφους (Κοσμάς, κ.ά., 2006).

Για τη λεκάνη της Μεσογείου, διακρίνονται οι παρακάτω Π.Ε.Π.:

- *Κρίσιμες Π.Ε.Π.*: Πρόκειται για περιοχές οι οποίες έχουν υποβαθμιστεί σε μεγάλο βαθμό στο παρελθόν και αποτελούν κίνδυνο για τις γειτονικές περιοχές
- *Ευαίσθητες Π.Ε.Π.*: Πρόκειται για περιοχές, στις οποίες οποιαδήποτε μεταβολή των ισορροπιών μεταξύ ανθρώπινων και φυσικών παραγόντων μπορεί να προκαλέσει την εκδήλωση του φαινομένου της ερημοποίησης
- *Πιθανές Π.Ε.Π.*: Πρόκειται για περιοχές στις οποίες μπορεί να εκδηλωθεί το φαινόμενο της ερημοποίησης στην περίπτωση σημαντικών κλιματικών αλλαγών, ή στην περίπτωση όπου

έναν συγκεκριμένο συνδυασμό χρήσεων γης ή εξωτερικών παραγόντων, μπορεί να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα σε άλλη περιοχή

- *Μη απειλούμενες Π.Ε.Π.*: Πρόκειται για περιοχές με βαθειά εδάφη, σχεδόν επίπεδα, καλά στραγγιζόμενα, με τραχειά υφή σε ημίξηρες περιοχές ή περιοχές με πιο υγρό κλίμα, ανεξαρτήτως τύπου βλάστησης. Δεν απειλούνται από την ερημοποίηση

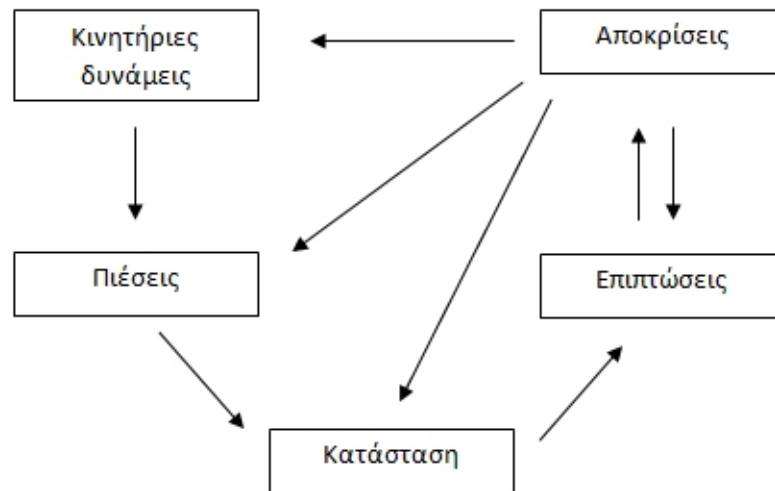
2.3.4 Χρήση δεικτών ευαισθησίας

Οι διάφοροι τύποι Π.Ε.Π. στην ερημοποίηση, μπορούν να εντοπιστούν και να χαρτογραφηθούν μέσω της χρήσης συγκεκριμένων δεικτών.

Η ταξινόμηση των δεικτών αυτών, θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τρεις παράγοντες:

- i) Τις πιέσεις που προκαλούν την εκδήλωση της ερημοποίησης
- ii) Τις αλλαγές στην ποιότητα των περιβαλλοντικών στοιχείων
- iii) Τις κοινωνικές αντιδράσεις απέναντι στις αλλαγές αυτές

Για την επιλογή των κατάλληλων δεικτών, είναι χρήσιμο να αξιοποιείται το μοντέλο *D.P.S.I.R.*. Σύμφωνα με αυτό το σύστημα ανάλυσης, η οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη ασκούν πίεση (*P: Pressure*) στο περιβάλλον και ως αποτέλεσμα η κατάσταση του περιβάλλοντος μεταβάλλεται. Κατά αυτό τον τρόπο προκαλούνται επιπτώσεις (*I: Impacts*) στην υγεία, στα οικοσυστήματα και στις πρώτες ύλες, οι οποίες δύνανται να πυροδοτήσουν μια απάντηση (*R: Response*) εκ μέρους της κοινωνίας η οποία οδηγεί είτε πίσω στις κινητήριες δυνάμεις (*D: Driving Forces*) είτε στην κατάσταση (*S: State*) ή στις επιπτώσεις απευθείας (*Μαυράκη, Σιταρά και Λουκάτος, 2005*). Το μοντέλο *D.P.S.I.R.*, παρουσιάζεται στο *διάγραμμα 2.1*:



Διάγραμμα 2.1. Η διάρθρωση του μοντέλου D.P.S.I.R. αναφορικά με τα περιβαλλοντικά προβλήματα (Μαυράκη, Σιταρά και Λουκάτος, 2005)

Προκειμένου να γίνει κατανοητή η δυναμική της ερημοποίησης, να αναγνωριστούν οι περιοχές προτεραιότητας και να αποτιμηθεί η αποτελεσματικότητα των μέτρων αντιμετώπισης, απαιτείται η χρησιμοποίηση δεικτών ερημοποίησης, έτσι ώστε να υπάρξει μια συστηματική παρατήρηση του φαινομένου και μια συγκεκριμένη μέθοδος ερμηνείας των παρατηρήσεων.

Ένας περιβαλλοντικός δείκτης όπως είναι οι δείκτες ερημοποίησης, μπορεί να οριστεί ως:

«Ένα φαινόμενο, ή στατιστικό, τόσο στενά συνδεδεμένο με μια συγκεκριμένη κατάσταση του περιβάλλοντος, ώστε η παρουσία του μπορεί να θεωρηθεί ενδεικτική της ύπαρξης αυτής της κατάστασης» (Mabbutt, 1986).

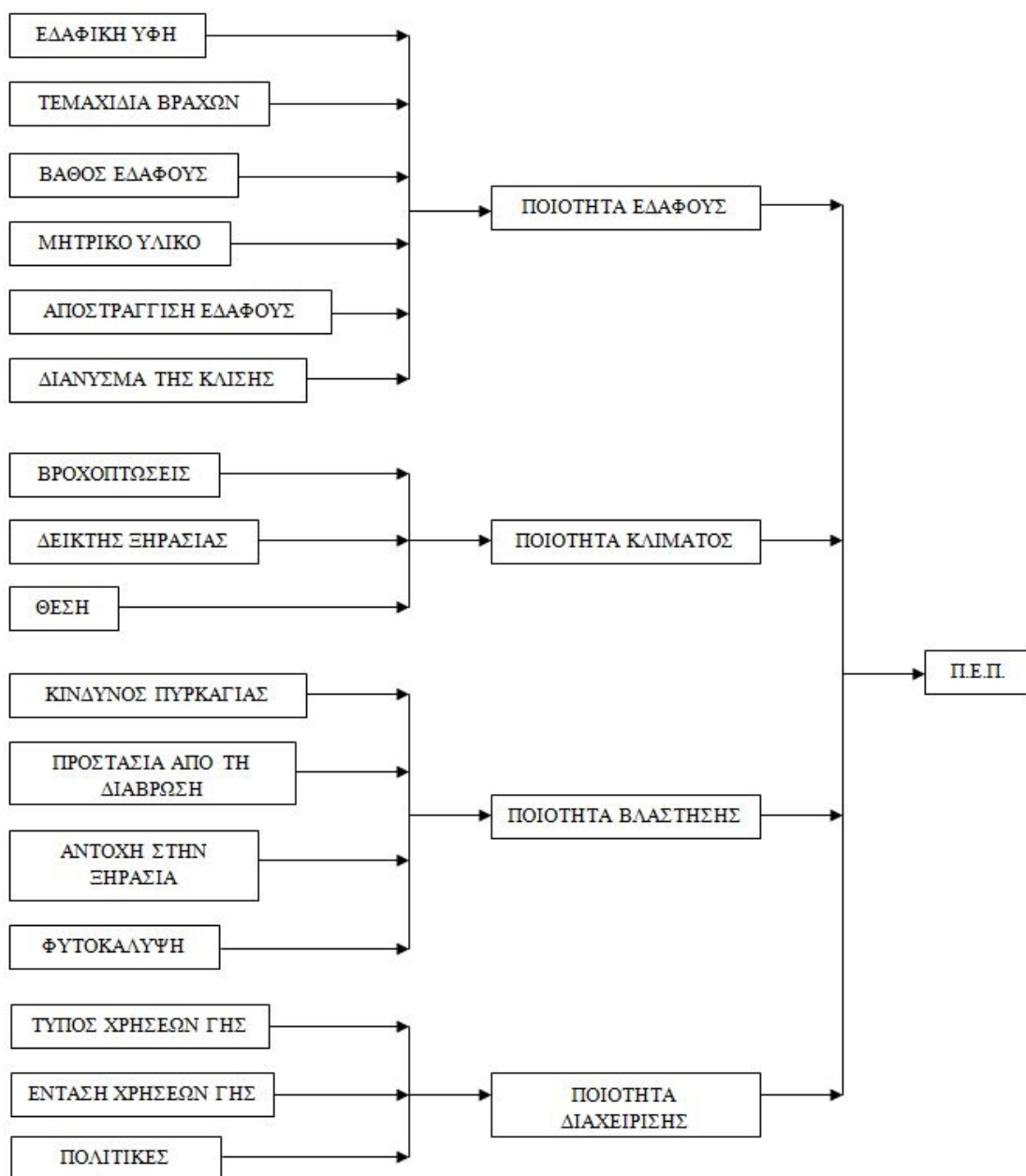
Όπως είναι γνωστό, η ερημοποίηση είναι ένα πολύπλοκο φαινόμενο με φυσικές και βιολογικές προεκτάσεις, συμπεριλαμβανομένων των κοινωνικών προεκτάσεων. Για αυτό το λόγο, οι δείκτες ερημοποίησης θα πρέπει να στηρίζονται σε αυτές τις προεκτάσεις του φαινομένου.

Επιπλέον, σύμφωνα με τον Mabbutt (1986), οι δείκτες της ερημοποίησης θα πρέπει να παρουσιάζουν τα παρακάτω κοινά χαρακτηριστικά:

- Συγκεκριμένοι ως προς τις πιέσεις
- Υψηλή ευαισθησία στις αλλαγές της κατάστασης της ερημοποίησης
- Να εμπεριέχουν μεγάλο όγκο πληροφορίας
- Άμεση διαθεσιμότητα
- Ευρεία εφαρμογή
- Κατάλληλοι για επαναληπτικές σαρώσεις ή να μπορούν να ενημερώνονται περιοδικά στην περίπτωση χρήσης στατιστικών δεικτών
- Αναγνωρίσιμοι και εύκολοι στη χρήση από μη εξειδικευμένα άτομα
- Πρέπει να μπορούν να μετρηθούν ποσοτικά

Οι δείκτες – κλειδιά για την διάκριση των Π.Ε.Π. για την ερημοποίηση, μπορούν να διαιρεθούν σε τέσσερις ευρείες κατηγορίες οι οποίες προσδιορίζουν τις ιδιότητες του εδάφους, του κλίματος, της βλάστησης και της διαχείρισης (δείκτες πίεσης). Αυτή η προσέγγιση, περιλαμβάνει παραμέτρους που μπορούν να βρεθούν εύκολα σε διαθέσιμες εκθέσεις για το έδαφος, τη βλάστηση και το κλίμα.

Όσον αφορά τα απαραίτητα δεδομένα για τη δημιουργία δεικτών ερημοποίησης και την αναγνώριση των Π.Ε.Π. στην ερημοποίηση, αυτά περιλαμβάνουν εδαφολογικά δεδομένα, δεδομένα βλάστησης, κλιματολογικά δεδομένα και δεδομένα σχετικά με τα χαρακτηριστικά διαχείρισης της γης (*Kosmas, C., Kirkby, M., και Geeson, N., 1999*). Τα παραπάνω παρουσιάζονται στο *διάγραμμα 2.2*.



Διάγραμμα 2.2. Απαραίτητα δεδομένα για την αναγνώριση των Π.Ε.Π. στην ερημοποίηση (Kosmas, C., Kirkby, M., και Geeson, N., 1999)

2.3.5 Σ.Γ.Π. και ερημοποίηση

Τα Σ.Γ.Π., επιτρέπουν να κατανοήσουμε, να θέσουμε ερωτήματα, να απεικονίσουμε και να δούμε τον κόσμο με τρόπους οι οποίοι αποκαλύπτουν σχέσεις, πρότυπα και τάσεις, με τη μορφή χαρτών, αναφορών και διαγραμμάτων. Η εξέταση των δεδομένων υπό μορφή χαρτών, επιτρέπει επίσης την γρήγορη και

εύκολη κατανόησή τους και παρέχει τη δυνατότητα απάντησης σε διάφορα ερωτήματα και επίλυσης διαφόρων προβλημάτων (ESRI, 2011). Ένα Σ.Γ.Π., μπορεί να θεωρηθεί ως ένα εξελιγμένο είδος χάρτη ο οποίος επιτρέπει στο χρήστη την αποθήκευση, επεξεργασία, απεικόνιση και εξαγωγή χωρικών πληροφοριών. Τα λογισμικά των Σ.Γ.Π., παρέχουν τις απαραίτητες λειτουργίες και εργαλεία για την εκτέλεση των παραπάνω λειτουργιών.

2.3.6 Γενική μεθοδολογία εργασίας σε Σ.Γ.Π.

Σύμφωνα με τους *Singhal και Gupta (2010)*, η γενική μεθοδολογία εργασίας σε ένα Σ.Γ.Π. αποτελείται από τα παρακάτω πέντε διακριτά στάδια:

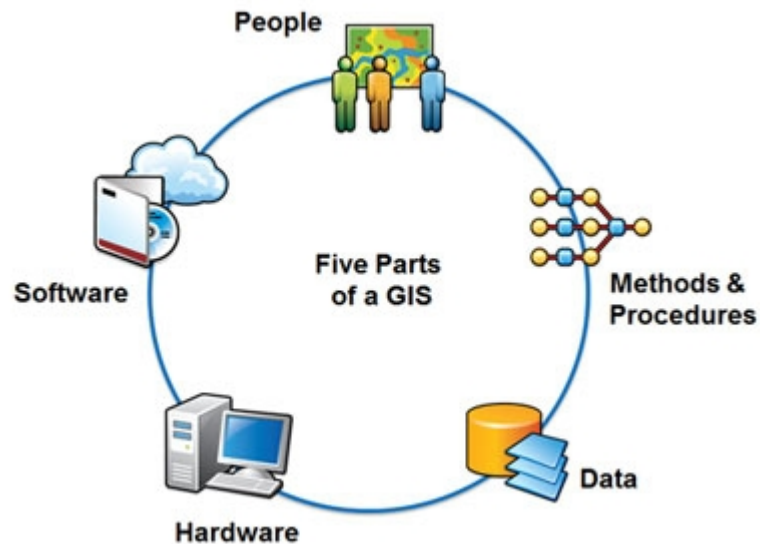
- i) Επιλογή δεδομένων
- ii) Προεπεξεργασία δεδομένων
- iii) Διαχείριση / επεξεργασία δεδομένων
- iv) Ανάλυση δεδομένων
- v) Εξαγωγή δεδομένων

Πριν από την εξαγωγή των δεδομένων, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη τα διάφορα στάδια από τα οποία πρέπει να περάσουν η αναγνώριση, η ταξινόμηση και η περιγραφή των δεδομένων (*Burrough, 1992*).

2.3.7 Αρχιτεκτονική Σ.Γ.Π.

Ένα τυπικό Σ.Γ.Π. σύμφωνα με τους *Yuan και Albrecht (1995)*, αποτελείται από ένα υπολογιστικό σύστημα με τις περιφερειακές του συσκευές, το κατάλληλο λογισμικό για την

επεξεργασία των δεδομένων, τα δεδομένα καθώς και το απαιτούμενο ανθρώπινο δυναμικό για τη λειτουργία του συστήματος.



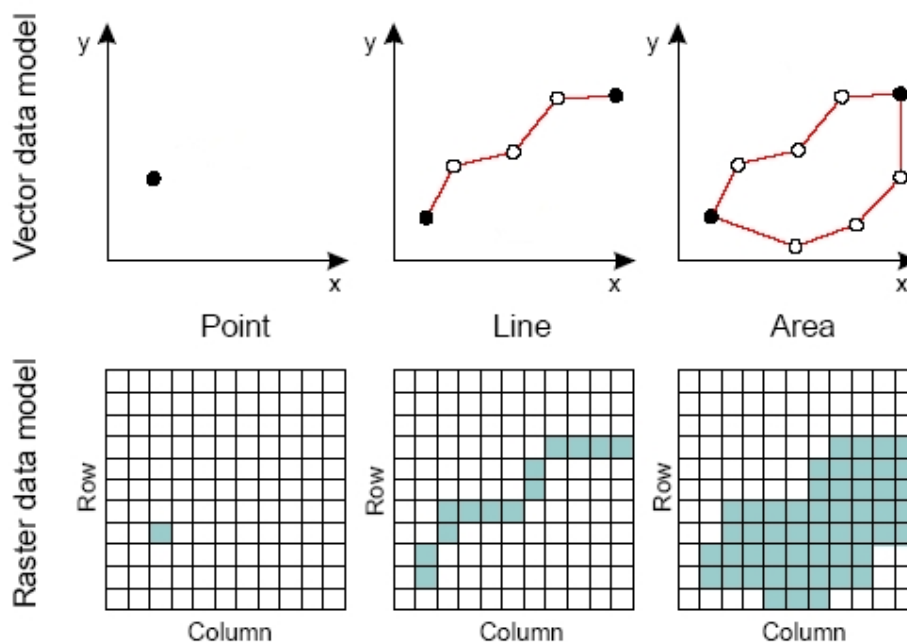
Εικόνα 2.1. Βασικά στοιχεία ενός τυπικού Σ.Γ.Π. (<http://providencegissolutions.com> 2012)

Τα δεδομένα σε ένα Σ.Γ.Π., αποτελούν μια απλοποιημένη ψηφιακή απεικόνιση της πραγματικότητας. Αποτελούνται από την χωρική πληροφορία, η οποία περιγράφει τη θέση ή τη χωρική εξάπλωση του υπό μελέτη αντικειμένου και από τα χαρακτηριστικά, τα οποία περιγράφουν τις ιδιότητές του.

2.3.8 Δομές δεδομένων

Οι χωρικές πληροφορίες σε ένα Σ.Γ.Π., μπορούν να απεικονιστούν με δύο διαφορετικές δομές (*Neteler και Mitasova, 2008*): την ψηφιδωτή (raster) ή δομή καννάβου και την διανυσματική (vector) δομή. Στην ψηφιδωτή δομή, η γεωγραφική πληροφορία απεικονίζεται με τη μορφή κελιών, όπου κάθε κατανεμημένο στοιχείο μιας περιοχής αντιπροσωπεύεται από ένα κελί με συγκεκριμένη τιμή, δημιουργώντας ένα ψηφιδωτό. Στη διανυσματική δομή, η γεωγραφική πληροφορία απεικονίζεται με γεωμετρικά σχήματα τα οποία αποτελούνται από διανύσματα. Τα

γεωγραφικά χαρακτηριστικά απεικονίζονται ως γραμμές, σημεία ή περιοχές με συγκεκριμένες συντεταγμένες.



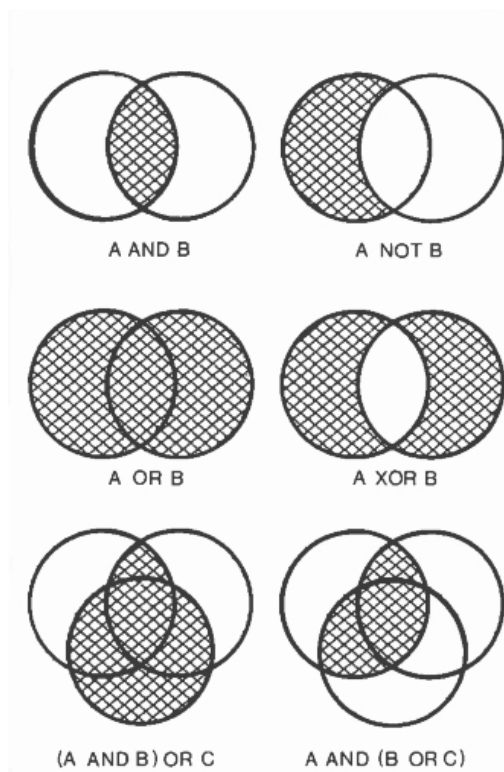
Εικόνα 2.2. Διανυσματική (vector) και ψηφιδωτή (raster) δομή δεδομένων (Sommer, S. 2006)

Τα Σ.Γ.Π., αποθηκεύουν τα δεδομένα με τη μορφή θεματικών χαρτών όπου κάθε γεωγραφικό χαρακτηριστικό αποθηκεύεται σε ένα ξεχωριστό χάρτη. Οι χάρτες αυτοί στη συνέχεια μπορούν να συνδυαστούν με διάφορες τεχνικές, με αποτέλεσμα τη δημιουργία νέων χαρτών και τη δυνατότητα ανάλυσης των χωρικών σχέσεων των υπό μελέτη αντικειμένων / χαρακτηριστικών.

Τα Σ.Γ.Π., συνήθως διαθέτουν εργαλεία τα οποία επιτρέπουν τη μετατροπή των δεδομένων από τη μια μορφή στην άλλη. Η δυνατότητα μετατροπής των δεδομένων ανάμεσα στις διανυσματικές δομές και τις δομές καννάβου, αποτελεί ένα σημαντικό πλεονέκτημα των Σ.Γ.Π., αφού επιτρέπει την ανάπτυξη νέων αναλυτικών διαδικασιών με την αποτελεσματική εισαγωγή και χρησιμοποίηση δορυφορικών δεδομένων τα οποία είναι σε μορφή καννάβου, με άλλα, διανυσματικής μορφής δεδομένα (Awange και Kiema, 2013).

2.3.9 Πράξεις στα Σ.Γ.Π. – Άλγεβρα Boole

Οι βασικές πράξεις που πραγματοποιούνται σε ένα Σ.Γ.Π., ακολουθούν τους βασικούς κανόνες της άλγεβρας Boole. Κατ' αυτό τον τρόπο, παράγονται νέα επίπεδα πληροφοριών, με νέες χωρικές σχέσεις, οι οποίες θα οδηγήσουν στην κατασκευή μοντέλων με τελικό σκοπό τη λήψη αποφάσεων. Η άλγεβρα Boole, χρησιμοποιεί τους τελεστές AND, OR, XOR, NOT για να επαληθεύσει εάν μια συγκεκριμένη κατάσταση είναι αληθής ή όχι. Σύμφωνα με την άλγεβρα του Boole, εάν ένα A σετ αντικειμένων διαθέτει το χαρακτηριστικό a και ένα B σετ αντικειμένων διαθέτει το χαρακτηριστικό b, τότε οι καταστάσεις $A \text{ AND } B$, $A \text{ OR } B$, $A \text{ XOR } B$, $A \text{ NOT } B$, θα δώσουν αντικείμενα τα οποία θα διαθέτουν συνδυασμούς χαρακτηριστικών, οι οποίοι συνδυασμοί θα καλύπτονται από τις σκιαγραφημένες περιοχές των αντίστοιχων διαγραμμάτων Venn (Burrough, 1986).



Εικόνα 2.3. Διαγράμματα Venn των αποτελεσμάτων της εφαρμογής της άλγεβρας Boole στη διατομή δύο ή περισσότερων σετ αντικειμένων. Σε κάθε περίπτωση, η σκιαγραφημένη περιοχή είναι αληθής (Burrough, P.A., 1986)

2.3.10 Η σημασία της στατιστικής στα Σ.Γ.Π.

Τα Σ.Γ.Π., περιλαμβάνουν στατιστικά πακέτα για την ανάλυση δεδομένων. Η σύνδεση Σ.Γ.Π, στατιστικής και γεωστατιστικής, παρέχει ένα ισχυρό και συμπληρωματικό πακέτο εργαλείων για τη χωρική ανάλυση στην περιβαλλοντική επιστήμη (*Burrough, 2001*).

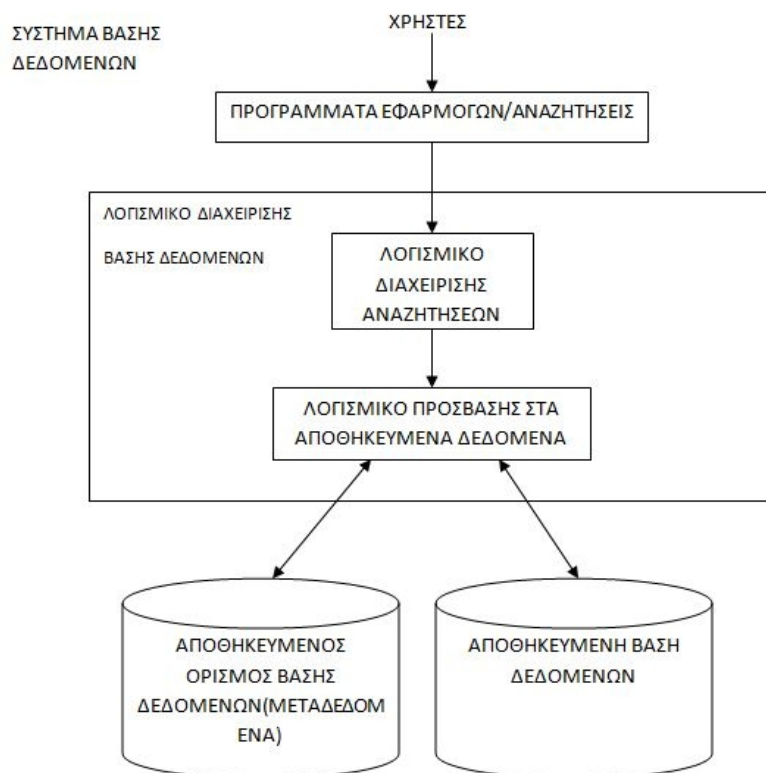
2.3.11 Βάσεις δεδομένων

Η λειτουργία των Σ.Γ.Π. στηρίζεται σε μια βάση δεδομένων. Όπως εξηγεί ο *Αστάρας (2007)*, κύρια λειτουργία μιας βάσης δεδομένων, αποτελεί η συσχέτιση των χαρακτηριστικών με τα γεωγραφικά δεδομένα.

Τα σημερινά συστήματα βάσεων δεδομένων, οργανώνουν τα αποθηκευμένα δεδομένα υπό μορφή πίνακα. Σε μια βάση δεδομένων, μπορεί να υπάρχουν πολλοί πίνακες, με κάθε πίνακα να έχει αποθηκευμένα διαφορετικά δεδομένα (*Huisman και A de By, 2009*).

Μια βάση δεδομένων σύμφωνα με τους (*Elmasri και Nevathe, 2003*), μπορεί να δημιουργηθεί και να συντηρηθεί μέσω ενός συστήματος διαχείρισης βάσεων δεδομένων. Το σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων, υποστηρίζει τις διαδικασίες ορισμού, κατασκευής, χειρισμού και της κοινής χρήσης των βάσεων δεδομένων, μεταξύ διαφορετικών χρηστών.

Στην *εικόνα 2.4*, φαίνεται μια απλοποιημένη απεικόνιση ενός συστήματος βάσης δεδομένων.



Εικόνα 2.4. Απλοποιημένη απεικόνιση συστήματος βάσης δεδομένων (Awange και Kyalo Kiema, 2013)

Μια χωρική βάση δεδομένων, ορίζεται ως:

[Μια «δεξαμενή» ολοκληρωμένων και δομημένων γεωχωρικών δεδομένων, η οποία αποτελεί ένα μοντέλο της πραγματικότητας και από την οποία μπορούν να ανακτηθούν δεδομένα με σκοπό την παροχή χρήσιμων πληροφοριών στο χρήστη] (Awange και Kyalo Kiema, 2013).

Γενικά, η χρήση μιας βάσης δεδομένων παρουσιάζει τα πλεονεκτήματα του μικρού ή ανύπαρκτου πλεονασμού, της ασφάλειας των δεδομένων, της κοινής χρήσης των δεδομένων, της υψηλής προσβασιμότητας, της τυποποίησης, της συστολής των δεδομένων και της διαχείρισης της πρόσβασης στα δεδομένα.

2.3.12 Συστήματα συντεταγμένων – προβολικά συστήματα

Όσον αφορά το γεωγραφικό προσανατολισμό των δεδομένων σε ένα Σ.Γ.Π., οι *Sample και Ioup (2010)*, αναφέρουν πως όπως κάθε σύστημα το οποίο χρησιμοποιεί χάρτες, έτσι και τα Σ.Γ.Π. πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τρεις ιδιότητες. Αυτές είναι η επιλογή σημείων αναφοράς, η επιλογή συστήματος συντεταγμένων και η επιλογή προβολικού συστήματος. Υπάρχουν δύο ειδών συστήματα συντεταγμένων. Αυτά είναι το σύστημα του γεωγραφικού πλάτους και μήκους και το ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων. Η χρήση χαρτών της επιφάνειας της γης σε δύο διαστάσεις όπως συμβαίνει στις δορυφορικές εικόνες, απαιτεί τον μετασχηματισμό της γήινης επιφάνειας σε ένα επίπεδο, το οποίο ονομάζεται προβολή. Επειδή είναι μαθηματικώς αδύνατον να δημιουργηθεί μια τέτοια προβολή χωρίς παραμορφώσεις, έχουν αναπτυχθεί διάφορα προβολικά συστήματα με σκοπό την ελαχιστοποίησή τους. Μεταξύ αυτών, τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα, είναι το W.G.S.84, η μερκατορική προβολή, και η πασκόσμια εγκάρσια μερκατορική προβολή (U.T.M.).

2.3.13 Συνδυασμός της τηλεπισκόπησης και των Σ.Γ.Π.

Σύμφωνα με τους *Keller και Smith (2014)*, τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται συνήθως για επεξεργασία και ανάλυση σε ένα τυπικό Σ.Γ.Π., προέρχονται από τον τομέα της τηλεπισκόπησης.

Ο *Αστάρας (2007)*, διακρίνει τους παρακάτω λόγους για τους οποίους η τηλεπισκόπηση αποτελεί σημαντική πηγή πληροφοριών για τα Σ.Γ.Π.:

- Η μορφή των δεδομένων της τηλεπισκόπησης είναι συμβατή με τα Σ.Γ.Π.
- Η τηλεπισκόπηση παρέχει πρόσφατα δεδομένα με μικρό κόστος, γεγονός το οποίο εξυπηρετεί την ενημέρωση της βάσης δεδομένων

- Πολλά δεδομένα των Σ.Γ.Π. χρησιμοποιούνται ως βοηθητικά για τη βελτίωση της ψηφιακής ταξινόμησης των δορυφορικών δεδομένων
- Η τηλεπισκόπηση και τα Σ.Γ.Π. χρησιμοποιούν παρόμοια όργανα για την επεξεργασία των δεδομένων και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων

Ένας από τους στόχους του συνδυασμού τηλεπισκόπησης και Σ.Γ.Π., είναι η απλοποίηση των απαραίτητων διαδικασιών για τη μετατροπή των ψηφιακών εικόνων και των σχετικών περιγραφικών χαρακτηριστικών τους, σε ένα τελικό χάρτη (*Michalak, 1993*).

Η κύρια ιδέα πίσω από το συνδυασμό τηλεπισκόπησης και Σ.Γ.Π. όπως εξηγούν οι (*Nenghai, Xiaogang, Zhengkai και Rong, 2001*) είναι πως η τηλεπισκόπηση αποτελεί έναν τρόπο για λήψη πληροφοριών σχετικά με αντικείμενα και το περιβάλλον τους, για την ανακάλυψη αλλαγών στην γήινη επιφάνεια και για την ενημέρωση των δεδομένων των Σ.Γ.Π., τη στιγμή που τα τελευταία, διαχειρίζονται τα χωρικά δεδομένα και παρέχουν τις απαραίτητες γεωγραφικές πληροφορίες για την ερμηνεία των εικόνων της τηλεπισκόπησης.

2.3.14 Τηλεπισκόπηση

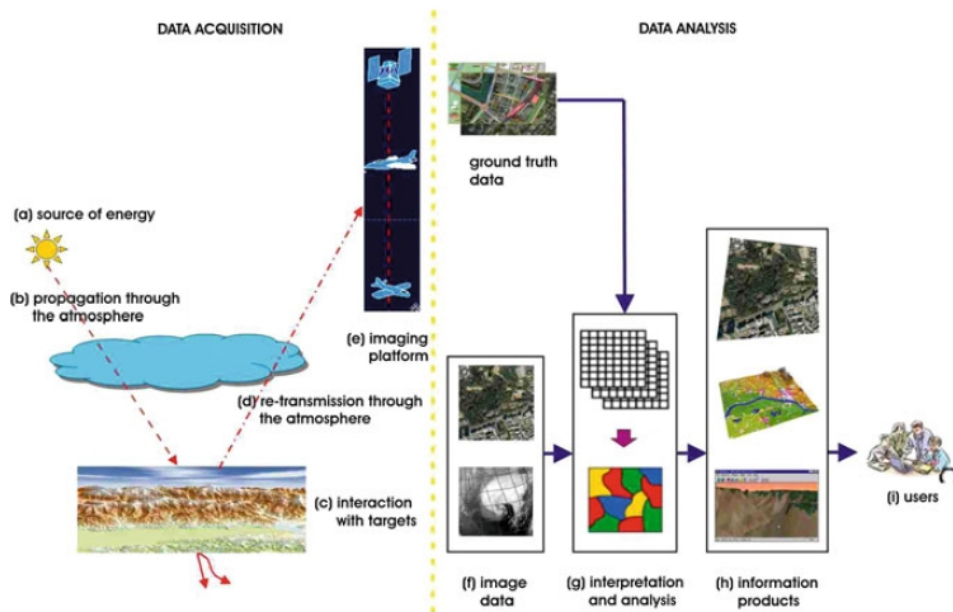
Ως μια αναγκαστικά μή συνεχής διαδικασία, η ερμηνεία δεν μπορεί να αξιολογηθεί με σποραδικές παρατηρήσεις του τοπίου και από μεμονωμένες μετρήσεις. Είναι αναγκαίο να εφαρμοστούν μετρήσεις υψηλής ακρίβειας, με μεγάλο χρονικό ορίζοντα και μεγάλη κάλυψη επιφάνειας, έτσι ώστε να μπορεί να αποφασιστεί εάν μια διαδικασία ερμηνείας εντείνεται, εξαπλώνεται, ή ακολουθεί τα πρότυπα κατανομής των βροχοπτώσεων ή καλύπτει ένα σταθερό κλάσμα μιας ευαίσθητης περιοχής (*Bolle, 1995*). Τα παραπάνω προβλήματα, έρχεται να καλύψει η επιστήμη της τηλεπισκόπησης.

Ως τηλεπισκόπηση, ορίζεται:

«Η τέχνη, η επιστήμη και η τεχνολογία μέσω της οποίας, τα χαρακτηριστικά της γήινης επιφάνειας αναγνωρίζονται, μετρώνται και αναλύονται, χωρίς να υπάρχει φυσική επαφή μεταξύ του καταγραφικού οργάνου και του υπό μελέτη αντικειμένου» (Awange, J.L., και Kyalo Kiema, J. B., 2013).

Η διαδικασία της τηλεπισκόπησης αποτελείται από τα παρακάτω στάδια:

- i) Χρήση μιας πηγής ενέργειας
- ii) Αλληλεπιδράσεις μεταξύ ακτινοβολίας και ατμόσφαιρας
- iii) Αλληλεπιδράσεις μεταξύ του στόχου και της ακτινοβολίας
- iv) Καταγραφή της εκπεμπόμενης ή ανακλώμενης ακτινοβολίας
- v) Επεξεργασία της καταγεγραμμένης ακτινοβολίας για την παραγωγή εικόνων
- vi) Ερμηνεία και ανάλυση των εικόνων με σκοπό την εξαγωγή πληροφοριών
- vii) Χρήση των πληροφοριών με σκοπό την καλύτερη κατανόηση του υπό μελέτη αντικειμένου, την παραγωγή νέων πληροφοριών ή την παροχή βοήθειας στην επίλυση κάποιου συγκεκριμένου προβλήματος



Εικόνα 2.5. Τα στάδια της τηλεπισκόπησης (Awange, J.L., και Kyalo Kiema, J. B., 2013)

Κάθε αντικείμενο, ανακλά και εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε συγκεκριμένα μήκη κύματος, γεγονός το οποίο επιτρέπει τον εντοπισμό του τύπου του αντικειμένου, την τάξη του, την ταξινόμησή του και τον υπολογισμό της πυκνότητάς του, μέσω διαφόρων τεχνικών επεξεργασίας και ανάλυσης των δορυφορικών εικόνων (Awange και Kiema, 2013).

Ο Gomarasca (2009), αναφέρει πως η τηλεπισκόπηση, ως πηγή πληροφοριών παρουσιάζει τα παρακάτω θεμελιώδη χαρακτηριστικά:

- Συνοπτική απεικόνιση της γήινης επιφάνειας η οποία δεν θα ήταν δυνατή με συμβατικά μέσα
- Περιοδικότητα λήψης εικόνων
- Πολυφασματική σάρωση

2.3.15 Χαρακτηριστικά της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά:

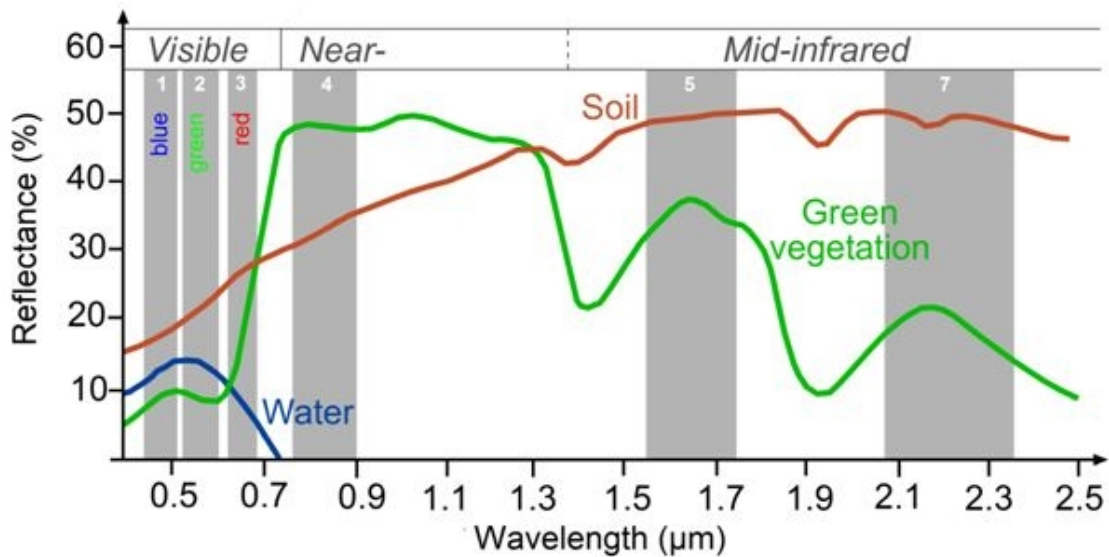
- i) Ταξιδεύει σε ευθεία γραμμή
- ii) Μπορεί να ανακλαστεί ή να διαθλαστεί όταν αλληλεπιδρά με την ύλη
- iii) Τα κύματα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που προέρχονται από διάφορες κατευθύνσεις, όταν περνούν από μια οπή, διαχέονται

Η δυνατότητα ενός αντικειμένου να χαρακτηριστεί ή ακόμη και να παρατηρηθεί, εξαρτάται από το χαρακτηριστικό του φάσμα απορρόφησης ή εκπομπής της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ή της έντασής της ως συνάρτηση του μήκους κύματος ή της συχνότητας. Κατά αυτό τον τρόπο, το φάσμα απορρόφησης ή εκπομπής, λειτουργεί σαν ταυτότητα για τα διάφορα αντικείμενα (*Clark και Rilee, 2010*).

2.3.16 Ανακλαστικές ιδιότητες διαφόρων επιφανειών της γης

Η ανακλαστικότητα, χρησιμοποιείται για την παροχή πληροφοριών σχετικά με τη σύνθεση της γήινης επιφάνειας (*Stein, et al., 1999*).

Η καμπύλη της φασματικής απόκρισης ως προς το μήκος κύματος, ονομάζεται φασματική υπογραφή του αντικειμένου και είναι μοναδική για κάθε υλικό. Η μελέτη της φασματικής υπογραφής ενός αντικειμένου, μας επιτρέπει να επιλέξουμε εκείνα τα τμήματα του φάσματος, στα οποία είναι ευκολότερη η διάκριση ενός αντικειμένου από το περιβάλλον του.



Εικόνα 2.6. Φασματικές υπογραφές νερού βλάστησης και εδάφους (seos project – eu, 2015)

2.3.17 Χαρακτηριστικά ψηφιακών εικόνων

Ο Μηλιαρέσης (2003), περιγράφει τα χαρακτηριστικά τα οποία είναι απαραίτητα για την αξιολόγηση της ποιότητας και του περιεχομένου μιας ψηφιακής εικόνας. Αυτά είναι η χωρική διακριτική ικανότητα, η ραδιομετρική διακριτική ικανότητα και η φασματική δειγματοληψία.

Στον πίνακα 2.1 δίνονται οι εφαρμογές των καναλιών του θεματικού χαρτογράφου του δορυφόρου Landsat, καθώς και οι αντίστοιχες ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

Πίνακας 2.1: Εφαρμογές των καναλιών του θεματικού χαρτογράφου του δορυφόρου Landsat
(Μηλιαρέσης, Γ., 2002)

Κανάλι	Εύρος φασματικού καναλιού (μm)	Εφαρμογές
1	0,45 – 0,52 Μπλέ	Διεισδύει στις υδάτινες επιφάνειες. Χαρτογράφηση παράκτιων περιοχών, διάκριση διαφόρων ειδών φυτοκάλυψης, χαρτογράφηση δασικών περιοχών, εντοπισμός ανθρωπογενών κατασκευών.
2	0,52 – 0,60 Πράσινο	Καταγράφει το μέγιστο της ανάκλασης της φασματικής καμπύλης της βλάστησης. Διάκριση διαφόρων ειδών βλάστησης, ανθρωπογενών κατασκευών.
3	0,63 – 0,69 Κόκκινο	Καταγράφει στην περιοχή απορρόφησης της χλωροφύλλης. Διάκριση διαφορετικών ειδών φυτών, ανθρωπογενών κατασκευών.
4	0,76 – 0,90 Εγγύς υπέρυθρο	Προσδιορισμός διαφόρων ειδών βλάστησης, προσδιορισμός περιεχόμενης βιομάζας, διάκριση υδάτινων επιφανειών, χαρτογράφηση της περιεχόμενης εδαφικής υγρασίας
5	1,55 – 1,75 Μέσο υπέρυθρο	Προσδιορισμός της υγρασίας των φυτών, της εδαφικής υγρασίας, διάκριση νερών από χιονισμένες επιφάνειες.
6	10,4 – 12,5 Άπω(θερμικό υπέρυθρο)	Εφαρμογές θερμικής χαρτογράφησης, διάκριση διαφορών στην περιεχόμενη υγρασία του εδάφους, εντοπισμός ασθενειών της βλάστησης.
7	2,08 – 2,35 Μέσο υπέρυθρο	Διάκριση ορυκτών και πετρωμάτων, προσδιορισμός της περιεχόμενης υγρασίας της βλάστησης.

2.3.18 Βασικές αρχές της τηλεπισκόπησης

Με την τηλεπισκόπηση, μπορούν να πραγματοποιηθούν τρεις τύποι κάλυψης (κάλυψη επιφανειών, χρονική κάλυψη και κάλυψη ηλεκτρομαγνητικών χαρακτηριστικών), οι οποίοι αντίστοιχα επιτρέπουν την εκτέλεση τριών διαφορετικών τύπων ανάλυσης (*Becker, 2000*).

Η απαιτούμενη ενέργεια για την τηλεπισκόπηση προέρχεται από τον ήλιο υπό μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Όλα τα σώματα με θερμοκρασία πάνω από το απόλυτο μηδέν, εκπέμπουν ενέργεια υπό μορφή ακτινοβολίας, ενώ το τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος στο οποίο εκπέμπουν, εξαρτάται από την θερμοκρασία της επιφάνειας του σώματος που εκπέμπει την ακτινοβολία. Η θερμοκρασία του σώματος, επηρεάζει επίσης το μήκος κύματος στο οποίο θα υπάρξει η μέγιστη εκπομπή ακτινοβολίας (*Van del Meer, 1999*).

2.3.19 Χρήση των δεδομένων τηλεπισκόπησης

Η τηλεπισκόπηση αποτελεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στην μελέτη του φαινομένου της ερημοποίησης και αυτό γιατί προσφέρει γρήγορη και επαναληπτική φωτογράφιση της γήινης επιφάνειας. Επίσης παρέχει δεδομένα με χαμηλό κόστος, ενώ μπορεί να αποτελεί το μοναδικό μέσο παροχής πληροφοριών όσον αφορά απομακρυσμένες περιοχές του πλανήτη. Στις περισσότερες των περιπτώσεων, τα δεδομένα της τηλεπισκόπησης, χρησιμοποιούνται για την κατασκευή θεματικών χαρτών. Ακόμη, ανάλογα με τη διαμόρφωση των δεδομένων, μπορούν να εφαρμοστούν διαφορετικές τεχνικές για την εξαγωγή πληροφοριών από μια εικόνα.

2.3.20 Επεξεργασία ψηφιακών εικόνων

Οι φωτογραφίες των καταγραφικών οργάνων μπορούν να επεξεργαστούν με δύο διαφορετικούς τρόπους, την ενίσχυση και την ταξινόμηση. Οι τεχνικές ενίσχυσης εικόνας έχουν αναπτυχθεί με σκοπό την αντιμετώπιση των περισσότερο παραγόντων υποβάθμισης της ποιότητας της εικόνας και οι τεχνικές ταξινόμησης, έχουν αναπτυχθεί με σκοπό τη στατιστική επεξεργασία των

εικόνων. Παρ' όλα τα παραπάνω, η επιτυχία της τηλεπισκόπησης, εξαρτάται ακόμη σε μεγάλο βαθμό από την εργασία πεδίου. Η πρόκληση στις διάφορες μεθόδους τηλεπισκόπησης σύμφωνα με τον (Hutchinson, 1986) είναι η επιλογή του κατάλληλου συστήματος τηλεπισκόπησης, η επιλογή μεθοδολογίας της επεξεργασίας των δεδομένων και η επιλογή της μεθόδου εργασίας πεδίου.

Αναλόγως την εφαρμογή, μπορεί να είναι απαραίτητη η επεξεργασία των εικόνων πριν την ανάλυσή τους με σκοπό την αφαίρεση των παραμορφώσεων. Οι συνήθεις διορθώσεις που πραγματοποιούνται σύμφωνα με τον (Tholey, 2000), είναι ραδιομετρικές και γεωμετρικές.

Οι (M. De Jong και Van der Meer, 2004) αναφέρουν πως μέσω της τηλεπισκόπησης, μπορούν να εξαχθούν τριών ειδών πληροφορίες:

- i) Η κατηγοριοποίηση κάθε ενός ξεχωριστού εικονοστοιχείου ή αντικειμένου σε μια εικόνα, διαδικασία που ονομάζεται ταξινόμηση.
- ii) Ο υπολογισμός των ιδιοτήτων των αντικειμένων.
- iii) Η παρακολούθηση των κατηγοριών του βήματος (i) ή των ιδιοτήτων των αντικειμένων του βήματος (ii), στην πάροδο του χρόνου.

2.3.21 Πολυκριτηριακή ανάλυση και Σ.Γ.Π.

Ο ρόλος των Σ.Γ.Π. στη διαδικασία λήψης χωρικών αποφάσεων, είναι η παροχή βοήθειας στην απόδοση των βαρών των κριτηρίων, στην αξιολόγηση των διαθέσιμων εναλλακτικών λύσεων και στην οπτική απεικόνιση των αποτελεσμάτων. Η έρευνα για την εύρεση της καλύτερης λύσης, συνήθως έχει ως αποτέλεσμα την επιλογή ενός συγκεκριμένου αριθμού εναλλακτικών λύσεων, οι οποίες πληρούν κάποιες ελάχιστες επιθυμητές τιμές. Η μείωση των διαθέσιμων εναλλακτικών

λύσεων και η επιλογή της βέλτιστης λύσης, συνήθως απαιτεί τη χρήση πολυκριτηριακών μεθόδων ανάλυσης (*Jankowski, 1995*).

Ο συνδυασμός τεχνικών M.C.D.A. με Σ.Γ.Π., παρέχει ένα ισχυρό υποστηρικτικό εργαλείο στη διαδικασία λήψης χωρικών αποφάσεων, το οποίο δίνει τη δυνατότητα αποτελεσματικής παραγωγής χαρτών απεικόνισης του βαθμού της εδαφικής υποβάθμισης. Τα Σ.Γ.Π. αποτελούν ένα δυναμικό εργαλείο ανάλυσης χωρικών δεδομένων και εγκαθύδρισης μιας διαδικασίας για την υποστήριξη της λήψης απόφασης. Οι τεχνικές M.C.D.A. από την άλλη, μπορούν να διευκολύνουν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων στις περιπτώσεις όπου είναι διαθέσιμες πολλές εναλλακτικές λύσεις, πολλά κριτήρια πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι λήπτες αποφάσεων βρίσκονται σε διαμάχη.

Τα χωρικά προβλήματα λήψης αποφάσεων κατά κανόνα, αναφέρονται σε ετερογενή συστήματα, τα οποία αλληλεπιδρούν με πολλούς και διαφορετικούς παράγοντες. Η αντιμετώπιση της πολυπλοκότητας τέτοιων προβλημάτων, απαιτεί τη χρήση μεθόδων, τεχνικών και ισχυρών αναλυτικών εργαλείων, τα οποία θα πρέπει εκτός από τη διαχείριση, να προσφέρουν και τη δυνατότητα ανάλυσης των χωρικών δεδομένων. Τη λύση σε αυτό το πρόβλημα δίνουν τα Σ.Γ.Π., τα οποία διαθέτουν ισχυρά εργαλεία για τη διαχείριση, επεξεργασία και την ανάλυση γεωχωρικών δεδομένων. Παρ' όλα αυτά, δεν διαθέτουν μηχανισμούς για την ενσωμάτωση των προτιμήσεων του χρήστη του συστήματος, όπως επίσης και μηχανισμούς σχετικά με τη λήψη αποφάσεων υπό το πρίσμα μιας αντικειμενικής αξιολόγησης και πολλών αντικρουόμενων κριτηρίων. Από την άλλη μεριά, οι τεχνικές M.C.D.A. είναι κατάλληλες για την οικοδόμηση προβλημάτων λήψης αποφάσεων όσον αφορά το σχεδιασμό, την αξιολόγηση και την ιεραρχημένη επιλογή εναλλακτικών λύσεων. Είναι επίσης κατάλληλες για τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων όσον αφορά την αθροιστική επιλογή, όπου οι διάφορες πτυχές του προβλήματος, συνήθως είναι αντικρουόμενες. Για τους παραπάνω λόγους, ο συνδυασμός τεχνικών M.C.D.A. και Σ.Γ.Π., αποτελεί ένα επιθυμητό εργαλείο για την υποστήριξη της διαδικασίας λήψης χωρικών αποφάσεων. Ο συνδυασμός τεχνικών M.C.D.A. και Σ.Γ.Π., μπορεί να θεωρηθεί σαν μια διαδικασία μέσω της οποίας τα γεωγραφικά δεδομένα μετασχηματίζονται για να συνδυαστούν με τις τιμές των προτιμήσεων των ληπτών αποφάσεων, με σκοπό την εξαγωγή πληροφοριών, οι οποίες θα βοηθήσουν τη διαδικασία λήψης χωρικών αποφάσεων (*Hamadouche, et al., 2014*).

Στη διεθνή βιβλιογραφία, υπάρχει ποικιλία διαφορετικών προσεγγίσεων των τεχνικών M.C.D.A.. Σύμφωνα με τους *Malczewski και Rinner (2015)*, στην πιο απλή μορφή τους, τα πολυκριτηριακά προβλήματα λήψης αποφάσεων, περιλαμβάνουν μια σειρά εναλλακτικών λύσεων, οι οποίες αξιολογούνται υπό το πρίσμα αντικρουόμενων και δυσανάλογων κριτηρίων, σύμφωνα με τις προτιμήσεις του λήπτη αποφάσεων.

Γενικά, ανεξαρτήτως προσέγγισης, η αντιμετώπιση οποιουδήποτε πολυκριτηριακού προβλήματος περιλαμβάνει τρεις βασικές αρχές:

- i) Απόδοση αξιών (τυποποίηση)
- ii) Απόδοση βαρών των κριτηρίων
- iii) Αλγόριθμοι συνδυασμού κανόνων λήψης απόφασης

Τα παραπάνω, αποτελούν θεμελιώδεις αρχές της πολυκριτηριακής ανάλυσης γενικότερα και των συνδυασμένων τεχνικών Σ.Γ.Π – M.C.D.A. ειδικότερα και θεωρούνται ως οι θεμέλιοι λίθοι των διαδικασιών υποστήριξης της λήψης χωρικών αποφάσεων.

Οι τεχνικές M.C.D.A., αποτελούν ένα από τα πιο γνωστά παρακλάδια της διαδικασίας λήψης αποφάσεων και παρουσιάζουν μεγάλη χρησιμότητα στις περιπτώσεις όπου απαιτείται η ύπαρξη μεγάλου αριθμού κριτηρίων και παραγόντων για την λήψη της απόφασης. Οι διάφορες τεχνικές M.C.D.A., διαθέτουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά τα οποία είναι οι επιλογές των εναλλακτικών λύσεων για τη λήψη της απόφασης και μια σειρά χαρακτηριστικών τα οποία θα πρέπει να καθοριστούν σαφώς (*Adil, Nunes και Chao Peng, 2014*). Αναπτύχθηκαν ως απάντηση στα συνεχώς αυξανόμενα προβλήματα που αντιμετώπιζαν οι λήπτες αποφάσεων αναφορικά με την αντιμετώπιση πολύπλοκων προβλημάτων, καθώς οι συμβατικές τεχνικές όπως οι μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων και η ανάλυση κόστους – οφέλους, αδυνατούσαν να δώσουν ολοκληρωμένες λύσεις και οδηγούσαν στη λήψη μη αειφόρων αποφάσεων (*Franzens, 2000*).

Η περιβαλλοντική διαχείριση, είναι απαραίτητα μια αναλυτική διαδικασία αντιπαραθέσεων, η οποία χαρακτηρίζεται από τεχνικές, κοινωνικοοικονομικές, περιβαλλοντικές και πολιτικές θεωρήσεις. Επομένως, σε μια διαδικασία περιβαλλοντικού σχεδιασμού, είναι πολύ δύσκολο να φτάσουμε σε άμεσες και σαφείς λύσεις. Το γεγονός αυτό υπονοεί πως, μια διαδικασία τέτοιου είδους, θα χαρακτηρίζεται πάντοτε από την αναζήτηση αποδεκτών και συμβιβαστικών λύσεων. Τέτοιου είδους ενέργειες, απαιτούν και την κατάλληλη μεθοδολογία αξιολόγησης. Οι τεχνικές πολυκριτηριακής ανάλυσης, στοχεύουν στην παροχή των κατάλληλων εργαλείων για τη λύση προβλημάτων αυτής της φύσεως, παρέχοντας ευελιξία ως προς το χειρισμό των ποιοτικών και πολυδιάστατων περιβαλλοντικών αντίκτυπων των εκάστοτε αποφάσεων (*Munda, Nijkamp και Rietveld, 1994*).

Όπως υποδηλώνει ο όρος *decision analysis*, πολύπλοκα συμπεράσματα και οι εργασίες επιλογής, αποσυντίθενται σε απλούστερα τμήματα μερικά από τα οποία είναι πιθανολογικά, ενώ άλλα σχετίζονται με συγκεκριμένες τιμές (*Schum, 2013*).

Μια απόφαση σύμφωνα με τον (*Christensen, 1968*), αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία:

- i) Εύρεση της ανάγκης για τη λήψη της απόφασης
- ii) Αναζήτηση εναλλακτικών λύσεων
- iii) Αξιολόγηση των διαθέσιμων εναλλακτικών λύσεων σύμφωνα με κάποιο κριτήριο
- iv) Λήψη της απόφασης από τις διαθέσιμες εναλλακτικές λύσεις
- v) Υποστήριξη της απόφασης μέχρι την ολοκλήρωση

Τα χωρικά προβλήματα λήψης αποφάσεων, συνήθως περιλαμβάνουν μια σειρά εναλλακτικών λύσεων και ταυτόχρονα, πολλαπλά αντικρουόμενα και ασύμμετρα κριτήρια αξιολόγησης, ενώ οι εναλλακτικές λύσεις συχνά αξιολογούνται από μια ομάδα ατόμων (*Malzewski, 2010*). Ωστόσο, κάθε άτομο συνήθως χαρακτηρίζεται από μοναδικές προτιμήσεις ως προς τη σχετική αξία των κριτηρίων βάσει των οποίων αξιολογούνται οι διαθέσιμες εναλλακτικές λύσεις. Το πιο κρίσιμο

στοιχείο της χωρικής ανάλυσης λήψης αποφάσεων, είναι πως περιλαμβάνει την αξιολόγηση των χωρικών εναλλακτικών λύσεων καθώς και τις προτιμήσεις του λήπτη αποφάσεων. Αυτό σημαίνει πως τα αποτελέσματα της ανάλυσης, εξαρτώνται όχι μόνο από τη γεωγραφική κατανομή των εναλλακτικών λύσεων, αλλά και από τις αξίες / τιμές των αποφάσεων που περιλαμβάνονται στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.

2.3.22 Τεχνικές συνδυασμού Σ.Γ.Π – Μ.Σ.Δ.Α.

Οι τεχνικές συνδυασμού Σ.Γ.Π. και Μ.Σ.Δ.Α., μπορούν να διακριθούν στις παρακάτω τρεις κατηγορίες:

- i) Τεχνικές ανάλυσης πολλαπλού σκοπού (Μ.Ο.Δ.Α.) έναντι τεχνικών ανάλυσης πολλών χαρακτηριστικών (Μ.Α.Δ.Α.)
- ii) Ατομική έναντι ομαδικής λήψης απόφασης
- iii) Αποφάσεις κάτω από βεβαιότητα έναντι αποφάσεων κάτω από αβεβαιότητα

Πιο αναλυτικά:

i) Τεχνικές ανάλυσης πολλαπλού σκοπού (Μ.Ο.Δ.Α.) έναντι τεχνικών ανάλυσης πολλών χαρακτηριστικών (Μ.Α.Δ.Α.)

Ο όρος κριτήριο, είναι γενικός και περιλαμβάνει τόσο την έννοια του χαρακτηριστικού, όσο και του σκοπού. Για αυτό το λόγο, η Μ.Σ.Δ.Α., χρησιμοποιείται σαν ένας γενικός όρος κάτω από τον οποίο συνυπάρχουν οι διαδικασίες λήψης αποφάσεων πολλαπλού σκοπού και πολλαπλών χαρακτηριστικών. Όσον αφορά τα προβλήματα λήψης αποφάσεων Μ.Ο.Δ.Α., αυτά θεωρούνται συνεχή, υπό την έννοια πως η βέλτιστη λύση μπορεί να βρεθεί οπουδήποτε στην περιοχή των εφικτών λύσεων. Αντιθέτως, όσον αφορά τα προβλήματα λήψης αποφάσεων Μ.Α.Δ.Α., θεωρείται πως ο αριθμός τους είναι περιορισμένος. Για τους παραπάνω λόγους, τα προηγούμενα

είδη προβλημάτων αναφέρονται σαν συνεχή και διακριτά προβλήματα λήψης αποφάσεων αντίστοιχα.

ii) Ατομική έναντι ομαδικής λήψης απόφασης

Η διάκριση ατομικής και ομαδικής λήψης απόφασης, πραγματοποιείται υπό το πρίσμα των προτιμήσεων των ληπτών αποφάσεων. Έτσι, στην περίπτωση ύπαρξης μιας και μοναδικής προτίμησης, το πρόβλημα θεωρείται ατομικής απόφασης, ανεξαρτήτως του αριθμού των ατόμων που λαμβάνουν μέρος στην λήψη της απόφασης. Αντίθετα, όταν οι λήπτες αποφάσεων χαρακτηρίζονται από διαφορετικές προτιμήσεις, τότε το πρόβλημα θεωρείται πρόβλημα ομαδικής λήψης απόφασης.

iii) Αποφάσεις κάτω από βεβαιότητα έναντι αποφάσεων κάτω από αβεβαιότητα

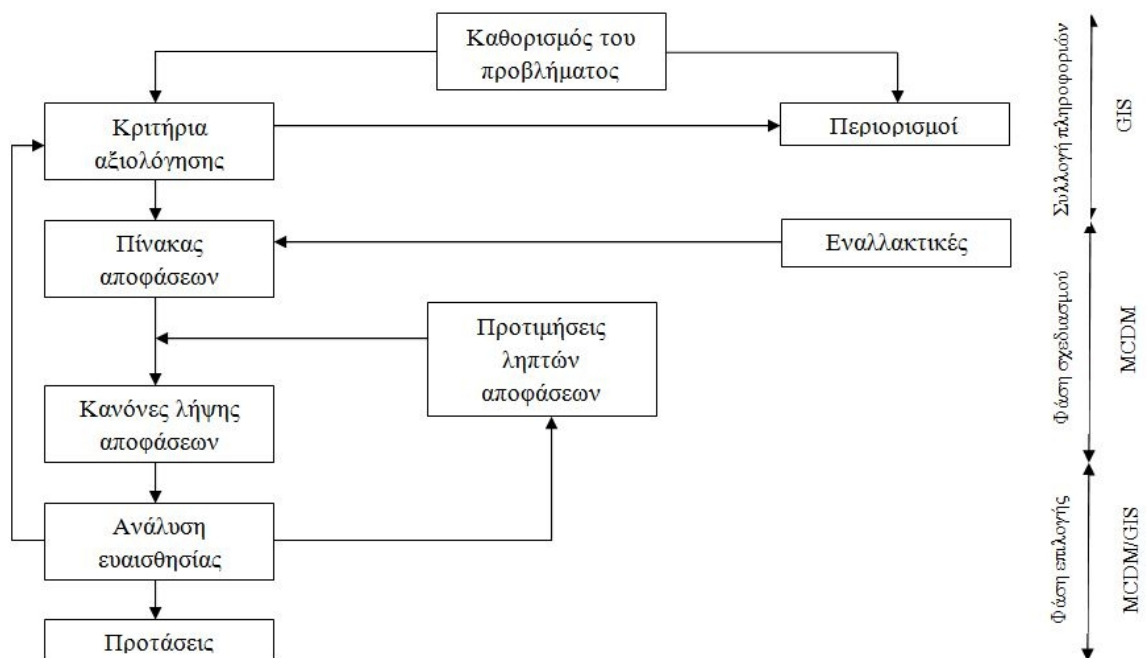
Όσον αφορά τη λήψη απόφασης κάτω από βεβαιότητα και κάτω από αβεβαιότητα, το επίπεδο αυτής, καθορίζεται από τον όγκο των διαθέσιμων πληροφοριών σχετικά με την κατάσταση της απόφασης ο οποίος είναι διαθέσιμος στον λήπτη της απόφασης. Στην περίπτωση που ο λήπτης της απόφασης έχει τέλεια γνώση του περιβάλλοντος στο οποίο θα ληφθεί η απόφαση, τότε αυτή λαμβάνεται κάτω από βεβαιότητα (deterministic decision – making). Παρ' όλα αυτά, πολλές αποφάσεις υπό πραγματικές συνθήκες, περιλαμβάνουν πτυχές που είτε είναι άγνωστες, είτε είναι πολύ δύσκολο να προβλεφθούν. Σε αυτή την περίπτωση, η απόφαση λαμβάνεται κάτω από συνθήκες αβεβαιότητας (Malzewski, 2006).

Οι *Ascough, et al. (2002)*, εξηγούν πως οι τεχνικές πολυκριτηριακής ανάλυσης οι οποίες αφορούν χωρικά προβλήματα, διαφέρουν πολύ από τις συμβατικές τεχνικές πολυκριτηριακής ανάλυσης, λόγω του ότι συμπεριλαμβάνουν και γεωγραφικά στοιχεία. Σε αντίθεση με τις συμβατικές πολυκριτηριακές μεθόδους, απαιτείται πληροφόρηση ως προς τις αξίες των κριτηρίων και τις γεωγραφικές θέσεις των εναλλακτικών λύσεων, επιπρόσθετα με τις προτιμήσεις του λήπτη αποφάσεων, υπό το πρίσμα των κριτηρίων αξιολόγησης. Αυτό σημαίνει πως τα αποτελέσματα της ανάλυσης, εξαρτώνται όχι μόνο από την γεωγραφική εξάπλωση των χαρακτηριστικών, αλλά και από τα κριτήρια αξιολόγησης που εμπλέκονται στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Για τους παραπάνω λόγους, δύο θεωρήσεις είναι υψίστης σημασίας για την

πραγματοποίηση χωρικών πολυκριτηριακών αναλύσεων. Το Σ.Γ.Π. (λήψη, διαχείριση, ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων), και η πολυκριτηριακή ανάλυση (συνάθροιση των χωρικών δεδομένων και των προτιμήσεων των ληπτών αποφάσεων, σε διακριτές, εναλλακτικές λύσεις).

2.3.23 Στάδια της διαδικασίας λήψης αποφάσεων

Οποιοδήποτε χωρικό πρόβλημα λήψης απόφασης, μπορεί να θεωρηθεί πως δομείται από τρεις διακριτές φάσεις ή στάδια. Αυτά είναι η *φάση συλλογής πληροφοριών*, κατά την οποία εξετάζεται η ύπαρξη του προβλήματος ή η δυνατότητα για αλλαγές. Ακολουθεί η *φάση του σχεδιασμού*, κατά την οποία καθορίζονται οι εναλλακτικές λύσεις και τέλος, ακολουθεί η *φάση της επιλογής*, όπου επιλέγεται η καλύτερη εναλλακτική λύση.



Διάγραμμα 2.3. Τα στάδια της διαδικασίας λήψης αποφάσεων (Ascough et al., 2002)

2.3.24 Χαρακτηριστικά στοιχεία των τεχνικών MCDA

Παρά την μεγάλη ποικιλία των τεχνικών M.C.D.A., αυτές γενικά συμπεριλαμβάνουν έξι κοινά χαρακτηριστικά:

- i) Ένα στόχο ή στόχους τους οποίους ο λήπτης αποφάσεων θέλει να πετύχει
- ii) Το λήπτη αποφάσεων ή μια ομάδα ληπτών αποφάσεων, οι οποίοι εμπλέκονται στη διαδικασία λήψης αποφάσεων με τις προτιμήσεις τους, λαμβάνοντας υπόψη τα προτεινόμενα κριτήρια
- iii) Μια σειρά κριτηρίων
- iv) Μια σειρά προτεινόμενων εναλλακτικών λύσεων
- v) Μια σειρά ανεξάρτητων μεταβλητών ή καταστάσεων του περιβάλλοντος
- vi) Τα αποτελέσματα και τις επιπτώσεις που σχετίζονται με κάθε διαθέσιμη εναλλακτική λύση (*Azadi, van den Berg, Ho και Hosseininia, 2009*)

Αντίστοιχα, ένα μοντέλο M.C.D.A. αποτελείται τουλάχιστον από τα παρακάτω στοιχεία (*Belton και Pictet, 1997*):

- *Εναλλακτικές λύσεις*: Πρόκειται για δράσεις, οι οποίες πιθανόν μπορούν να δώσουν λύση στο πρόβλημα. Το σετ των εναλλακτικών λύσεων θα πρέπει να περιέχει όλες τις δυνατές εναλλακτικές λύσεις. Επιπλέον, για να μπορεί να γίνει σύγκριση μεταξύ τους, θα πρέπει να είναι αμοιβαία αποκλειστικές σε όρους υλοποίησης.
- *Κριτήρια*: Πτυχές βάσει των οποίων αποτιμούνται οι εναλλακτικές λύσεις. Τα κριτήρια, είναι συνοπτικές και μετρήσιμες απεικονίσεις των αντικειμενικών στόχων του λήπτη αποφάσεων.
- *Αποτίμηση*: Αποτίμηση της απόδοσης των εναλλακτικών λύσεων αναφορικά με τα κριτήρια. Ανάλογα με τον τρόπο που έχουν οριστεί τα κριτήρια, οι αποτιμήσεις μπορούν να θεωρηθούν ως αντικειμενικές, υποκειμενικές ή κατασκευασμένες.
- *Βάρη*: Με τα βάρη, πραγματοποιείται αποτίμηση της σχετικής σημαντικότητας των κριτηρίων. Ο όρος «βάρη», είναι ένας γενικός όρος για την πληροφορία που εμπεριέχεται

στα κριτήρια. Τα βάρη, συχνά θεωρούνται ως η πιο άμεση έκφραση του συστήματος αξιών του λήπτη αποφάσεων.

- *Μέθοδος συνάθροισης*: Πρόκειται για τον αλγόριθμο που θα χρησιμοποιηθεί για τη σύνθεση των ανωτέρω πληροφοριών.

2.3.25 Μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης

Δεδομένης της ποικιλίας των μεθόδων M.C.D.A., η επιλογή συγκεκριμένης μεθόδου εξαρτάται από το σκοπό. Παρακάτω παρουσιάζονται οι κυριότερες τεχνικές M.C.D.A. που χρησιμοποιούνται.

➤ *Μή αντισταθμιστικές αθροιστικές μέθοδοι (Non compensatory aggregation methods)*

Χρησιμοποιούνται για διαχωρισμό και επιλογή και διακρίνονται σε:

- *Συνενωτικές (Conjunctive)*: Δέχονται μόνο εναλλακτικές λύσεις οι οποίες αγγίζουν μια συγκεκριμένη τιμή αποκοπής για κάθε κριτήριο.
- *Διαζευκτικές (Disjunctive)*: Δέχονται εναλλακτικές λύσεις οι οποίες αγγίζουν μια τιμή αποκοπής σε τουλάχιστον ένα κριτήριο.
- *Λεξικογραφικές (Lexicographic)*: Ταξινομούν τα κριτήρια και μειώνουν τις εναλλακτικές λύσεις με ιεραρχικό τρόπο, συγκρίνοντάς τες με το πιο υψηλά βαθμολογημένο κριτήριο ακολουθούμενο από το επόμενο, κ.λ.π..
- *Εξόντωσης ανάλογα με την πτυχή (Elimination by aspect)*: Χρησιμοποιούν λεξικογραφική προσέγγιση, ενώ παράλληλα ενισχύουν την συνδετική/συνενωτική αποκοπή.
- *Επικράτησης (Dominance)*: Αναζητούν επικρατούσες εναλλακτικές λύσεις, οι οποίες συγκεντρώνουν βαθμολογία τόσο υψηλή, όσο τουλάχιστον η βαθμολογία κάθε άλλης εναλλακτικής λύσης για κάθε κριτήριο.

➤ *Σταθμιστικές μέθοδοι (Weighting methods)*

Χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή σχετικών κριτηρίων βαρών, πριν από την εφαρμογή σταθμιστικών συγκεντρωτικών μεθόδων. Διακρίνονται σε:

- *Κατάταξης (Ranking)*: Ταξινομούν τα κριτήρια και ακολούθως μετατρέπουν τις τάξεις σε βάρη κριτηρίων.
- *Εκτίμησης (Rating)*: Πραγματοποιούν εκτιμήσεις των κριτηρίων, κάνοντας χρήση μιας κοινής κλίμακας ή της κατανομής των σημείων.
- *Αναλύσεις ανταλλαγών (Trade – off analysis)*: Αξιολογούν ευθέως τις ανταλλαγές μεταξύ ζευγών κριτηρίων, με σκοπό τον καθορισμό των τιμών αποκοπής στις οποίες θεωρούνται ισότιμες.
- *Διαδικασία αναλυτικής ιεράρχησης (Analytic hierarch process)*: Συγκρίνει τα κριτήρια ανά ζεύγη σε μια ασαφή γλωσσική κλίμακα αναλογιών και υπολογίζει τα συνολικά σχετικά βάρη, βασιζόμενη σε αθροιστικούς υπολογισμούς όλων των ζευγών κριτηρίων. Η διαδικασία αναλυτικής ιεράρχησης αποτελεί κάτι περισσότερο από μια μέθοδο απόδοσης των βαρών των κριτηρίων, αφού παρέχει επιπρόσθετα μια προσθετική, ιεραρχική συνάθροιση των κριτηρίων.

➤ *Συνολικά εξισωτικές μέθοδοι (Compensatory aggregation methods)*

Οι μέθοδοι αυτές, δεν απαιτούν τη χρήση ζευγαρωτής σύγκρισης. Διακρίνονται δύο είδη:

- i) Προσθετικές μέθοδοι οι οποίες ομαλοποιούν τις τιμές των κριτηρίων, με σκοπό την σύγκριση της απόδοσης σε μια κοινή κλίμακα. Διακρίνονται περαιτέρω στις παρακάτω μεθόδους:
 - *Σταθμισμένος γραμμικός συνδυασμός (Weighted linear combination)*: Στη μέθοδο αυτή, πολλαπλασιάζονται οι κανονικοποιημένες τιμές των κριτηρίων με τα σχετικά βάρη των κριτηρίων για κάθε εναλλακτική λύση.

- *Ασαφής προσθετική στάθμιση (Fuzzy additive weighting)*: Υιοθετεί την προηγούμενη τεχνική, χρησιμοποιώντας ασαφή κριτήρια και βάρη, που έχουν προέλθει από ασαφείς ποσοτικοποιήσεις των κριτηρίων όπως λ.χ «υψηλό», «μεσαίο» και «χαμηλό».
 - *Διατεταγμένες σταθμισμένες μέσες τιμές (Ordered weighted averaging)*: Βασίζεται σε ασαφείς μεθόδους και επεκτείνει την μέθοδο του σταθμισμένου γραμμικού συνδυασμού κάνοντας χρήση των βαρών των κριτηρίων για να ελέγξει τα επίπεδα ανταλλαγής των κριτηρίων.
- ii) *Μη προσθετικές μέθοδοι οι οποίες χρησιμοποιούν τις αρχικές τιμές των κριτηρίων. Διακρίνονται περαιτέρω σε:*
- *Μέθοδος ιδανικού σημείου (Ideal point)*: Αναγνωρίζει ένα σημείο στο χώρο των αποτελεσμάτων των κριτηρίων, μέσω του καθορισμού της επιθυμητής τιμής για κάθε κριτήριο.
 - *Σετ μη κυριαρχούμενων (Non – dominated set)*: Αναγνωρίζει ένα σετ εναλλακτικών λύσεων, οι οποίες έχουν τιμές τουλάχιστον τόσο υψηλές, όσο κάθε άλλη εναλλακτική για τουλάχιστον ένα κριτήριο.
 - *Μέθοδος λογικών στόχων (Reasonable goals method)*: Επεκτείνει την προηγούμενη μέθοδο, έτσι ώστε να βοηθήσει στην οπτική επιλογή εν μέσω των εναλλακτικών λύσεων, κάνοντας χρήση μιας σειράς δισδιάστατων γραφικών του χώρου των αποτελεσμάτων των κριτηρίων.
- *Μέθοδοι προσπέρασης συσσωμάτωσης (Outranking aggregation methods)*

Αυτές οι μέθοδοι χρησιμοποιούν ζευγαρωτές συγκρίσεις ενός διακριτού σετ εναλλακτικών λύσεων, με σκοπο τη δημιουργία τάξεων, οι οποίες θα βασίζονται στη συμφωνία και την ασυμφωνία. Υπάρχουν οι παρακάτω μέθοδοι:

- *Μέθοδος E.L.E.C.T.R.E.:* Ορίζει τα κατώτατα όρια (κατώφλια τιμών), έτσι ώστε να μπορεί να δηλωθεί η αδιαφορία ή η προτίμηση μεταξύ δύο εναλλακτικών λύσεων για

κάποιο συγκεκριμένο κριτήριο και να υποστηρίξει τα κριτήρια τα οποία δεν μπορούν να σταθμιστούν.

- *Μέθοδος P.R.O.M.E.T.H.E.E.:* Πρόκειται για μια μέθοδο προσπέρασης, η οποία υποστηρίζει διάφορες συναρτήσεις προτίμησης κριτηρίων.

➤ *Μέθοδοι μαθηματικού προγραμματισμού (Mathematical programming methods)*

Αυτές οι μέθοδοι επιχειρούν τον εντοπισμό του βέλτιστου τρόπου ώστε να ικανοποιηθούν οι στόχοι μέσω της επίλυσης συστημάτων εξισώσεων. Υπάρχουν οι παρακάτω μέθοδοι:

- *Γραμμικός/προγραμματισμός ακεραίων (Linear / integer programming):* Βελτιστοποιεί με μαθηματικό τρόπο μέσω της μεγιστοποίησης ή ελαχιστοποίησης της τιμής ενός συγκεκριμένου κριτηρίου μέσω της εφαρμογής περιορισμών που χρησιμοποιούνται στην επιχειρησιακή έρευνα και τις διαχειριστικές επιστήμες.
- *Στόχοι/προγραμματισμός συμβιβασμού (Goal / compromise programming):* Εντοπίζει την εναλλακτική λύση, η οποία ελαχιστοποιεί τη συνολική απόκλιση από τα ιδανικά σημεία που έχει ορίσει ο χρήστης.
- *Διαδραστικός προγραμματισμός (Interactive programming [reference point]):* Χρησιμοποιεί εξευγενισμένα επίπεδα προσδοκιών για κάθε σκοπό, έτσι ώστε να επιλεγεί μια εφικτή εναλλακτική λύση.

➤ *Ευρετικές μέθοδοι (Heuristic methods)*

Λόγω των υπολογιστικών περιορισμών, η μαθηματική βελτιστοποίηση δεν είναι εφικτή στις περιπτώσεις όπου υπάρχει μεγάλος αριθμός εναλλακτικών λύσεων όπως συμβαίνει στην περίπτωση των ψηφιδωτών δεδομένων, όπου κάθε δυνατό αποτέλεσμα κάθε κελιού, αποτελεί μια εναλλακτική λύση. Υπάρχουν οι εξής μέθοδοι:

- *Πολλαπλού σκοπού κατανομή γης (Multiple – objective land allocation)*: Κατανέμει κάθε κελί στο σκοπό με το εγγύτερο ιδανικό σημείο.
- *Γενετικοί αλγόριθμοι (Genetic algorithms)*: Κατανέμει τα κελιά βασιζόμενη σε μια διαδικασία δοκιμής και λάθους η οποία εισάγει μικρές αλλαγές και πραγματοποιεί δοκιμές για τη βελτίωση της λύσης.
- *Προσομοιωμένη απόπτωση (Simulated annealing)*: Κατανέμει τα κελιά βασιζόμενη σε μια επαναληπτική τυχαία διαδικασία η οποία πραγματοποιεί δοκιμές σχετικά με τη συνολική βελτίωση έπειτα από κάθε τεστ.

Η βασική πρόθεση της συγχώνευσης τεχνικών Σ.Γ.Π. και M.C.D.A., είναι η μεγένθυση της ερώτησης του «τί», χρησιμοποιώντας την πρόσθετη ερώτηση του «πού». Οι συνδυασμένες αυτές τεχνικές, διευκολύνουν τον υπολογισμό και την ανάλυση των χωρικών κριτηρίων όπως είναι η απόσταση και η κλίση (*Greene, Devillers, Luther και Eddy, 2011*).

2.4 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Παρακάτω, ακολουθεί μια βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με ευρωπαϊκά και διεθνή προγράμματα τα οποία αφορούν την ερημοποίηση, σχετικών μελετών όπου παρουσιάζεται η δυνατότητα και οι προοπτικές της χρήσης δεδομένων τηλεπισκόπησης και των συνδυασμένων τεχνικών Σ.Γ.Π. και πολυκριτηριακής ανάλυσης, προκειμένου να αξιολογηθεί η επικινδυνότητα μιας περιοχής στην ερημοποίηση, καθώς και να αποτιμηθεί ο βαθμός στον οποίο μια περιοχή επηρεάζεται από το εν λόγω φαινόμενο.

2.4.1 Προγράμματα που αφορούν την ερημοποίηση

Τα τελευταία χρόνια, γίνεται μια προσπάθεια αξιολόγησης της ερημοποίησης, τόσο σε Ευρωπαϊκό, όσο και σε Διεθνές επίπεδο. Τα προγράμματα αυτά αποσκοπούν στην κατανόηση των διαδικασιών της ερημοποίησης, τη δημιουργία νέων στρατηγικών για την προστασία ευαίσθητων περιοχών και τη δημιουργία μεθοδολογιών για τον εντοπισμό περιοχών που

κινδυνεύουν από την ερημοποίηση και την αξιολόγηση του βαθμού τρωτότητας που παρουσιάζουν απέναντι στο εν λόγω φαινόμενο.

Τα πιο χαρακτηριστικά από αυτά, είναι το desire project (http://www.desireproject.eu/index2f85.html?option=com_content&task=view&id=5&Itemid=29). Σκοπός του προγράμματος, είναι η δημιουργία νέων, εναλλακτικών στρατηγικών για την προστασία των περιοχών που παρουσιάζουν τρωτότητα στην ερημοποίηση.

Άλλο πρόγραμμα, είναι το Asmode project (*European Commission, 1995*). Βασικός στόχος του υπήρξε η προσπάθεια συσχέτισης δορυφορικών δεδομένων με τα χαρακτηριστικά της ερημοποίησης και ειδικά εκείνα τα χαρακτηριστικά τα οποία σχετίζονται με την υποβάθμιση της βλάστησης και τη διάβρωση του εδάφους.

Το πρόγραμμα DESERTLINKS (<http://www.kcl.ac.uk/projects/desertlinks/>). Σκοπός του, ήταν ο συνδυασμός διάφορων ειδών δεικτών σε ένα ενιαίο σύστημα δεικτών που αφορούν την ερημοποίηση για την περιοχή της Μεσογειακής Ευρώπης.

Το πρόγραμμα DeSurvey (*desurvey final activity report, 2011*), σκοπός του οποίου ήταν η παροχή ενός πρωτοτύπου για την παρακολούθηση, την πρόγνωση και την αποτίμηση της τρωτότητας στην ερημοποίηση.

Τέλος, το πρόγραμμα M.E.D.A.L.U.S. (<http://www.medalus.demon.co.uk/>), ξεκίνησε το 1991 μέχρι το 1999 με σκοπό την καλύτερη κατανόηση μιας ευρείας γκάμας φυσικών και περιβαλλοντικών προβλημάτων και την πρόταση και ανάπτυξη επιλογών για την βελτίωση των προβλημάτων αυτών.

Οι (Gomes και Lins, 2002), θέλοντας να δείξουν πώς η ενσωμάτωση Σ.Γ.Π. και μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης, μπορεί να βοηθήσει τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων, χρησιμοποίησαν τις μεθόδους αυτές, με σκοπό την επιλογή της καλύτερης αστικής περιοχής του Rio de Janeiro στη Βραζιλία, σε σχέση με την ποιότητα ζωής. Για το σκοπό της μελέτης, ανέλυσαν πέντε οικογένειες κριτηρίων. Η επιλογή των κριτηρίων βασίστηκε στην ύπαρξη, την περιοδικότητά συλλογής τους, και στην αξιοπιστία των πληροφοριών. Κάθε εναλλακτική λύση θεωρήθηκε ως ένας διαφορετικός δήμος ή διαφορετικά ένα πολύγωνο στη βάση δεδομένων του Σ.Γ.Π. που χρησιμοποιήθηκε. Η ενσωμάτωση Σ.Γ.Π. και πολυκριτηριακής ανάλυσης, συμπεριλάμβανε τρία στάδια. Στο πρώτο στάδιο το οποίο πραγματοποιήθηκε σε περιβάλλον Σ.Γ.Π., έγινε μείωση του αριθμού των εναλλακτικών λύσεων μέσω φυσικών και ποιοτικών περιορισμών των κριτηρίων που επιλέχθηκαν. Αυτοί οι περιορισμοί, στις περισσότερες των περιπτώσεων, σχετίζονταν με τοπολογικές διαδικασίες και διαδικασίες αναζήτησης (χωρικά ερωτήματα). Τα δεδομένα αποθηκεύθηκαν σε βάση δεδομένων. Η επεξεργασία των πληροφοριών που παρήχθησαν, πραγματοποιήθηκε με χρήση των τελεστών των λογικών πράξεων του Boole στο Σ.Γ.Π.. Μετά τη μείωση των εναλλακτικών λύσεων, πραγματοποιήθηκε η πολυκριτηριακή ανάλυση με σκοπό την επιλογή της βέλτιστης εναλλακτικής λύσης. Κατά το τρίτο στάδιο, τα αποτελέσματα της πολυκριτηριακής ανάλυσης εισήχθησαν στο Σ.Γ.Π. για τη δημιουργία του τελικού χάρτη της βέλτιστης λύσης.

Οι (Contrador, Gutierrez και Fernandez, 2009), στην έρευνά τους για τον εντοπισμό περιοχών στην Extremadura της Ισπανίας, οι οποίες κινδυνεύουν από την ερημοποίηση, ακολούθησαν την προσέγγιση του προγράμματος M.E.D.A.L.U.S.,. Για την ανάλυση της τρωτότητας ως προς την εδαφική υποβάθμιση, χρησιμοποίησαν Σ.Γ.Π. για να συνδυάσουν τέσσερις δείκτες τρωτότητας. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων παρουσίασε καλή απόδοση του μοντέλου. Παρατηρήθηκε επίσης, σημαντική στατιστική συσχέτιση μεταξύ των περισσότερων από τις μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν για την επικύρωση του μοντέλου και των διαφορετικών κλάσεων τρωτότητας.

Τη μεθοδολογία του προγράμματος M.E.D.A.L.U.S., χρησιμοποίησαν και οι (Sepher, Hassanli, Ekhtesasi και Jamali, 2007) προκειμένου να πραγματοποιήσουν μια ποσοτική αξιολόγηση των διαδικασιών ερημοποίησης στην περιοχή Fidoeye – Garmosht, του νοτίου Ιράν. Με τη βοήθεια

Σ.Γ.Π., δημιούργησαν ένα τοπικό μοντέλο σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης και τη μεθοδολογία M.E.D.A.L.U.S.. Χρησιμοποίησαν έξι δείκτες ερημοποίησης οι οποίοι αφορούσαν το έδαφος, το κλίμα, τη διάβρωση, τη φυτοκάλυψη, τα υπόγεια ύδατα και τη διαχείριση. Έπειτα, αναγνώρισαν πλήθος υπο – δεικτών, οι οποίοι επηρεάζουν την ποιότητα κάθε κύριου δείκτη. Κάθε υπο – δείκτης, ποσοτικοποιήθηκε σύμφωνα με την ποιότητά του και του αποδόθηκε ένα βάρος μεταξύ 1 και 2. Για την ανάλυση και προετοιμασία των επιπέδων πληροφοριών των χαρτών ποιότητας, χρησιμοποίησαν Σ.Γ.Π.. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως το 12% της περιοχής ταξινομείται ως πολύ σοβαρά επηρεασμένη, το 81% ως σοβαρά και το 7% ως μέτρια επηρεασμένη από την ερημοποίηση. Το συγκεκριμένο μοντέλο σύμφωνα με τους μελετητές, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση της ερημοποίησης και τον εντοπισμό των περιοχών που είναι τρωτές στην ερημοποίηση στην εν λόγω περιοχή ή σε περιοχές οι οποίες παρουσιάζουν παρόμοια χαρακτηριστικά.

Παρομοίως, οι *Sileos, et al. (2008)*, στην έρευνά τους σχετικά με την εκτίμηση του κινδύνου ερημοποίησης της Λέσβου, ανέπτυξαν μια μεθοδολογία για την αξιολόγηση του κινδύνου της ερημοποίησης, βασισμένη στη μεθοδολογία M.E.D.A.L.U.S. για τον εντοπισμό περιβαλλοντικά ευαίσθητων περιοχών. Για τον υπολογισμό του τελικού δείκτη, χρησιμοποιήθηκαν μια σειρά υπο – δεικτών, που αφορούσαν την ποιότητα του εδάφους, τη βλάστηση, το κλίμα και τις διαχειριστικές πρακτικές του εδάφους, ενώ για την επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε Σ.Γ.Π.. Ο τελικός δείκτης, προέκυψε από τη συγχώνευση των τεσσάρων αυτών δεικτών. Επειδή στην εν λόγω μελέτη θεωρήθηκε πως το κλίμα, το έδαφος, η βλάστηση και η διαχείριση δεν επηρεάζουν στον ίδιο βαθμό τις διαδικασίες της ερημοποίησης, η συνεισφορά κάθε επιπέδου πληροφοριών, τονίζεται ή ελαχιστοποιείται μέσω της επιλογής κατάλληλων βαρών. Ακόμη, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της αναλυτικής ιεράρχησης, με σκοπό να δοθούν προτεραιότητες στα επίπεδα πληροφοριών, μέσω ζευγαρωτών συγκρίσεων. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν πως το 0,05% της περιοχής είναι μη επηρεασμένο, το 0,41% παρουσιάζει πιθανό κίνδυνο ερημοποίησης, το 4,63% είναι πολύ ευαίσθητο στην ερημοποίηση. Το 90% της περιοχής παρουσιάζει οριακό κίνδυνο ερημοποίησης. Οι χάρτες που παρήχθησαν, υποδεικνύουν μια οριακή ευαισθησία στην ερημοποίηση για την περιοχή μελέτης.

Την ευαισθησία της Λέσβου στην εδαφική υποβάθμιση μελέτησαν και οι (*Symeonakis, Karathanasis, Koukoulas και Panagopoulos, 2014*), χρησιμοποιώντας μια παραλλαγή της

μεθόδου M.E.D.A.L.U.S.. Η μελέτη, καλύπτει τη χρονική περίοδο 1990 έως 2000. Χρησιμοποίησαν 21 ποσοτικές παραμέτρους τις οποίες χώρισαν σε πέντε κύριους δείκτες ποιότητας. Οι δείκτες αυτοί αφορούσαν το κλίμα, τη βλάστηση, το έδαφος, τα υπόγεια ύδατα και την κοινωνικοοικονομική κατάσταση. Η παραμετροποίηση των δεικτών, έγινε μέσω τηλεπισκόπησης αλλά και βοηθητικών δεδομένων σε περιβάλλον Σ.Γ.Π.. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν πως το 85% του νησιού είναι ευαίσθητο ή κρίσιμα ευαίσθητο. Οι περιοχές που παρουσιάζουν ευαισθησία παρουσίαζαν αυξητική τάση, καλύπτοντας το 72% του νησιού το 1990 και το 77% το 2000, την ίδια στιγμή που οι κρίσιμα ευαίσθητες περιοχές μειώθηκαν από 214 km² σε 113 km². Αφού μετέβαλλαν το μοντέλο έτσι ώστε να περιλαμβάνει ακόμη 10 παραμέτρους που σχετίζονταν με τη διάβρωση, την ποιότητα των υπογείων υδάτων, την δημογραφική κατάσταση και την πίεση βόσκησης και εφαρμόζοντάς τες για δύο περιόδους, αναγνωρίστηκαν κρίσιμα ευαίσθητες περιοχές στην ανατολική πλευρά του νησιού. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην μελέτη αυτή, αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για αναλύσεις τοπικής κλίμακας σχετικά με την περιβαλλοντική ευαισθησία και την αναγνώριση περιοχών ευαίσθητων στην εδαφική υποβάθμιση σε μεσογειακά περιβάλλοντα.

Οι (*Ladisa, Todorovic και Liuzzi, 2010*), στη μελέτη τους σχετικά με την αξιολόγηση του κινδύνου ερημοποίησης περιοχών σε ημίξηρα και μεσογειακά περιβάλλοντα, χρησιμοποίησαν μια παραλλαγή του μοντέλου αναγνώρισης των Π.Ε.Π. του προγράμματος M.E.D.A.L.U.S.. Χρησιμοποίησαν μια σειρά νέων δεικτών, οι οποίοι δημιουργήθηκαν για την ερμηνεία τοπικών και συγκεκριμένων χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος, αλλά και αναγνωρίσιμες παραμέτρους σχετικά με το σχεδιασμό χρήσεων γης. Αυτοί οι συμπληρωματικοί δείκτες, περιλάμβαναν κοινωνικοοικονομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, οι οποίοι ενσωματώθηκαν στο μοντέλο των Π.Ε.Π. και με τη χρήση Σ.Γ.Π. εφαρμόστηκαν για την περιοχή Apulia στη νότια Ιταλία, η οποία αποτελεί αντιπροσωπευτικό παράδειγμα πολλών Μεσογειακών περιοχών που επηρεάζονται από την ερημοποίηση. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης, η εισαγωγή του νέου σετ δεικτών, βελτίωσε σε μεγάλο βαθμό την όλη αξιολόγηση του κινδύνου ερημοποίησης στην περιοχή μελέτης. Η προτεινόμενη μεθοδολογία σύμφωνα με τους μελετητές επιτρέπει όχι μόνο την αναγνώριση και την ταξινόμηση των διαφορετικών βαθμών της τρωτότητας μιας περιοχής απέναντι στην ερημοποίηση, αλλά επίσης την πραγματοποίηση αναλύσεων συγκεκριμένων παραγόντων οι οποίοι επηρεάζουν την ερημοποίηση, όπως και την αξιολόγησή της χωρικής και χρονικής τους διασποράς.

Οι (Hu, Xiaofeng και Yagi, 2004), μελέτησαν την ερημοποίηση στην επαρχία Xinjiang της Κίνας, μέσω του συνδυασμού τεχνικών τηλεπισκόπησης και Σ.Γ.Π.. Τα αποτελέσματα της έρευνάς τους, έδειξαν πως η περιοχή αντιμετωπίζει πολύ σοβαρή και εκτεταμένη ερημοποίηση και η ήδη ερημοποιημένη έκταση καταλαμβάνει το 77,08% της περιοχής. Η μη ερημοποιημένη έκταση, καταλαμβάνει το 22,92%, η ασθενώς ερημοποιημένη έκταση το 5,69%, η μέτρια ερημοποιημένη έκταση καταλαμβάνει το 16,58%, η σοβαρά ερημοποιημένη έκταση το 33,19% και η πολύ σοβαρά ερημοποιημένη έκταση, καταλαμβάνει το 21,61%. Η έρευνα βασίστηκε σε δεδομένα του θεματικού χαρτογράφου Landsat 5 και του Landsat 7 και για τη χρονική περίοδο 1999 – 2000, για την περίοδο Μαΐου – Οκτωβρίου.

Οι (Jin-hua και Jin-song, 2002), χρησιμοποίησαν δορυφορικές εικόνες του Landsat, κατά το χρονικό διάστημα 1980 – 1990, για να μελετήσουν την εξέλιξη της ερημοποίησης στο δυτικό τμήμα της επαρχίας Jilin της Κίνας. Για την ανάλυσή τους χρησιμοποίησαν τεχνικές τηλεπισκόπησης σε συνδυασμό με Σ.Γ.Π.. Από τα αποτελέσματα φάνηκε πως για το χρονικό διάστημα που κάλυπταν οι δορυφορικές εικόνες, το επίπεδο ερημοποίησης της περιοχής δεν άλλαξε σημαντικά, εκτός από μια μικρή αύξηση 0,8% της ερημοποιημένης έκτασης. Γενικά, η ερημοποίηση ελέγχεται στο σύνολό της στην περιοχή, παρ' όλα αυτά σε μερικές περιοχές η υποβάθμιση συνεχίζεται.

Οι (Pimenta, Joao Santos και Rodrigues, 1997), χρησιμοποίησαν τρεις διαφορετικούς δείκτες (κλιματικός δείκτης, δείκτης απώλειας εδάφους, δε' κκτης ξηρασίας) για τον εντοπισμό περιοχών με διαφορετικό βαθμό εδαφικής υποβάθμισης, τους οποίους συνδύασαν σε περιβάλλον Σ.Γ.Π.. Σκοπός τους ήταν η ομαδοποίηση των πιο σημαντικών φυσικών διεργασιών της ερημοποίησης σε δείκτες οι οποίοι παρουσιάζουν χαμηλό βαθμό υποκειμενικότητας. Από το συνδυασμό των δεικτών, συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τα οποία ανήκουν αποκλειστικά σε κάθε δείκτη, επισκιάστηκαν μεταξύ τους, ενώ ταυτόχρονα, αναδείχθηκαν πολλοί διαφορετικοί βαθμοί της υποβάθμισης της εδαφικής επιφάνειας. Κάθε ένας δείκτης, λαμβάνει υπόψη σημαντικές διαδικασίες της ερημοποίησης οι οποίες σχετίζονται με τον υδατικό τομέα. Οι πιο ευαίσθητες περιοχές στην ερημοποίηση, εντοπίστηκαν σε μερικές ζώνες στην περιοχή Alentejo στη

νοτιοανατολική Πορτογαλία, καθώς και σε μερικές ζώνες στα βόρεια. Μέτριος κίνδυνος ερημοποίησης, παρουσιάζεται στο 60% της Πορτογαλίας.

Οι *Mouat, et al. (1996)*, χρησιμοποίησαν ένα μοντέλο για τον εντοπισμό περιοχών που παρουσιάζουν κίνδυνο ερημοποίησης, στο Colorado. Η τεχνική που εφάρμοσαν, περιλάμβανε τη χρήση επιλεγμένων περιβαλλοντικών δεικτών και την εισαγωγή τους σε Σ.Γ.Π.. Οι δείκτες που επέλεξαν είναι η πιθανή διάβρωση, η πίεση βόσκησης, το κλιματικό στρες (εκφρασμένο ως αλλαγές του δείκτη Palmer Drought Severity Index [P.D.S.I.]), οι αλλαγές στον τόνο πρασίνου της βλάστησης (εξήχθησαν από το δείκτη Difference Vegetation Index [N.D.V.I.]), και η εισβολή ζιζανίων εκφρασμένη ως ποσοστό της συνολικής φυτοκάλυψης. Τα δεδομένα εισήχθησαν σε Σ.Γ.Π. με αποτέλεσμα τη δημιουργία πέντε διαφορετικών επιπέδων πληροφορίας. Ακολούθησε ο συνδυασμός των επιπέδων πληροφορίας, με αποτέλεσμα την αναγνώριση περιοχών με διαφορετικό βαθμό τρωτότητας στην ερημοποίηση, παρέχοντας έτσι, ένα εργαλείο το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της αποδοτικότητας της διαχείρισης του εδάφους.

2.5 Διεθνής – Κυπριακή πραγματικότητα

Στην ενότητα που ακολουθεί παρουσιάζονται κλιματικά σενάρια για την περιοχή της Κύπρου, αλλά και για την ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσογείου, αναλύονται τα χαρακτηριστικά των Μεσογειακών περιοχών, παρουσιάζονται κλιματικά μοντέλα και το επίπεδο της ερημοποίησης σε Μεσογειακό, ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο, καθώς και ενέργειες με αντικείμενο την καταπολέμηση της ερημοποίησης.

2.5.1 Η κατάσταση στην Κύπρο

Η Κύπρος εμφανίζει μειωμένα υδατικά αποθέματα, κυρίως λόγω κλιματικών αλλαγών. Παράλληλα με την έλλειψη υδατικών πόρων, η ζήτηση νερού αυξάνεται λόγω της δημογραφικής αύξησης, του βελτιωμένου βιοτικού επιπέδου και της αλόγιστης χρήσης. Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί μείωση των ετήσιων βροχοπτώσεων, η οποία έχει προκαλέσει τη μειωμένη παροχή των ποταμών. Την ίδια στιγμή, παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας, από έτος σε

έτος. Τα γεγονότα αυτά, δείχνουν πως οι διαδικασίες της ερημοποίησης, έχουν ήδη επηρεάσει την Κύπρο και την ευρύτερη περιοχή (*Sanchez και Subiela, 2007*).

Η αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας αναμένεται να επηρεάσει την Ευρώπη, η οποία προβλέπεται να βιώσει τις πιο έντονες επιπτώσεις. Ειδικότερα, η λεκάνη της Μεσογείου θεωρείται ως μία από τις πιο ευαίσθητες περιοχές παγκοσμίως στην κλιματική αλλαγή. Η Κύπρος, λόγω της γεωγραφικής της θέσης, αναπόφευκτα θα βιώσει σημαντική άνοδο της θερμοκρασίας και μείωση των βροχοπτώσεων. Γενικά, οι πιέσεις στους ήδη υποβαθμισμένους φυσικούς πόρους της Κύπρου, αναμένεται να είναι εντονότερες λόγω της κλιματικής αλλαγής. Πιο συγκεκριμένα, η έλλειψη νερού στην Κύπρο τονίζεται από το δείκτη εκμετάλλευσης νερού, ο οποίος αγγίζει το 45%, δείχνοντας έτσι σοβαρές πιέσεις στις υδατικές πηγές του νησιού και μη αειφόρες πρακτικές χρήσης του.

Σύμφωνα με προβλέψεις μοντέλων, στην Κύπρο αναμένεται αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1,3 °C έως 1,9 °C για την περίοδο 2021 – 2050 και 3,6 °C έως 5 °C για τη χρονική περίοδο 2071 – 2100. Ταυτόχρονα, στο τέλος του αιώνα, αναμένεται μεγάλη μείωση των βροχοπτώσεων. Ως αποτέλεσμα των ανωτέρω, αναμένονται άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις σε διάφορους τομείς. Κυρίως όμως, θα επηρεαστούν οι υδατικές πηγές και θα αυξηθεί ο κίνδυνος ερημοποίησης, ο οποίος προβλέπεται να αυξηθεί λόγω της κλιματικής αλλαγής (*Ζαχαριάδης, 2012*).

Στην Κύπρο, η ερημοποίηση εξαπλώνεται διαρκώς, από την αρχαιότητα ακόμη, με τη μορφή μετώπων, παρουσιάζοντας χωρικές και χρονικές διακοπές, έως ότου γίνει εμφανής η επίδρασή της σε ορισμένες περιοχές. Σύμφωνα με την τέταρτη εθνική αναφορά προς τα Ηνωμένα Έθνη για τη βιολογική ποικιλότητα, *Τμήμα περιβάλλοντος Κύπρου (2010)*, το 57% του νησιού αντιμετωπίζει οριακό κίνδυνο ερημοποίησης, το 42,3% είναι επιρρεπές στην ερημοποίηση και μόνο το 0,7% θεωρείται ως πιθανώς ευαίσθητο. Τα δεδομένα αυτά, αλλάζουν δραματικά, στην περίπτωση κλιματικής αλλαγής, όπου ο οριακός κίνδυνος ερημοποίησης, αυξάνεται από 57% στο 70,4%.

2.5.2 Χαρακτηριστικά των Μεσογειακών περιοχών

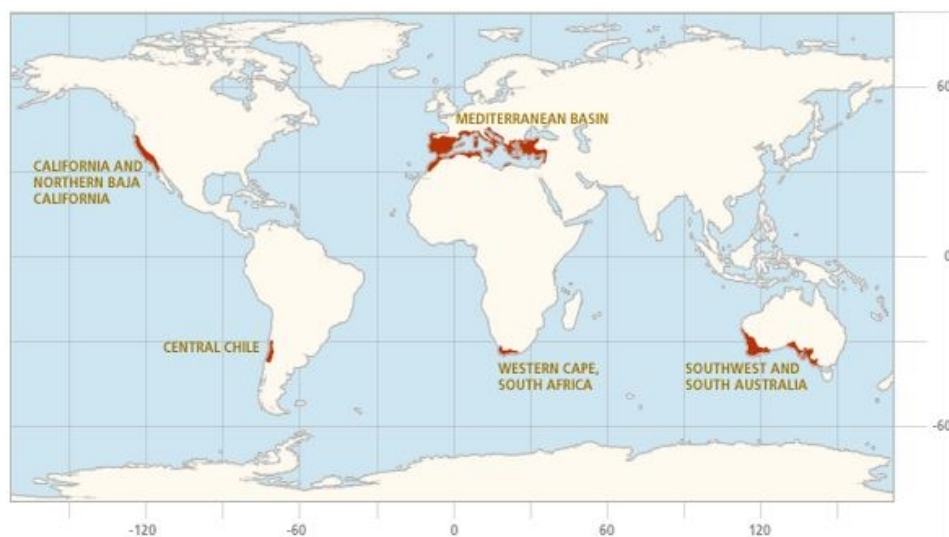
Ο *Shcimper (1903)*, χαρακτήρισε ως Μεσογειακές, πέντε περιοχές παγκοσμίως μαζί με τη λεκάνη της Μεσογείου. Οι περιοχές αυτές βρίσκονται στην Καλιφόρνια, την κεντρική Χιλή, στο νότιοδυτικό και το νότιο άκρο της Αφρικής και σε τμήματα της νοτιοδυτικής και νότιας Αυστραλίας και παρουσιάζουν κάποια κοινά γεωγραφικά και κλιματικά χαρακτηριστικά.

Σύμφωνα με τον *Shoshany (2000)*, οι μεσογειακές περιοχές, εντοπίζονται στις μεταβατικές ζώνες μεταξύ υγρών και ξηρών κλιμάτων, καθώς και στα δυτικά τμήματα των Ηπείρων και αντιπροσωπεύουν έξι υποκλίματα: υπέρξηρο, ξηρό, ημίξηρο, ύφυγρο, υγρό και υπέρυγρο.

Τα χαρακτηριστικά που μοιράζονται οι μεσογειακές περιοχές, σύμφωνα με τον *Aschmann (1973)*, παρουσιάζονται παρακάτω:

- Βρίσκονται μεταξύ 32° και 41° βόρεια και νότια του Ισημερινού
- Βρίσκονται κατά μήκος ακτών που βρέχονται από Ωκεανό ή τη Μεσόγειο θάλασσα
- Εκτός μερικών περιοχών της Μεσογείου, βρίσκονται σε δυτικές ακτές
- Εμφανίζουν χαμηλές ετήσιες βροχοπτώσεις με το 65% τουλάχιστον να πέφτουν τη χειμερινή περίοδο
- Οι κατακρημνίσεις είναι κυρίως βροχοπτώσεις με ύψος από 27,5 cm έως 90 cm ετησίως
- Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι υψηλή, λόγω κυρίως της χαμηλής υγρασίας και των λιγοστών νεφώσεων και κυρίως στις εσωτερικές περιοχές. Ο ρυθμός της εξατμισιοδιαπνοής στις περιοχές αυτές, μπορεί να είναι μέχρι και διπλάσιος από ότι στις παράκτιες περιοχές

- Επικρατούν θερμά καλοκαίρια, ψυχροί και υγροί χειμώνες
- Οι τραχείες οροσειρές, που συχνά είναι παράλληλες με την ακτογραμμή, δημιουργούν ποικιλία μικροκλιμάτων
- Η ενδογενής βλάστηση αποτελείται από αειθαλή σκληρόφυλλα δενδρώδη και θαμνώδη είδη, προσαρμοσμένα στο κλιματικό στρες λόγω ξηρασίας και θερμότητας
- Τα ενδογενή φυτά, συνήθως αδρανοποιούν τις λειτουργίες τους την καλοκαιρινή περίοδο, λόγω θερμότητας και μειωμένης εδαφικής υγρασίας
- Οι συχνές καλοκαιρινές και φθινοπωρινές πυρκαγιές, προκαλούν την ανανέωση της βλάστησης, διατηρώντας έτσι την υγεία των ενδογενών φυτοκοινωνιών
- Τα εδάφη των περιοχών αυτών, είναι γενικά φτωχά σε χουμικά υλικά, παρουσιάζουν ουδέτερο προς αλκαλικό pH, εμφανίζουν μειωμένη βιολογική παραγωγικότητα, χαμηλή διαθεσιμότητα N₂ και P και χαμηλούς ρυθμούς αποδόμησης της οργανικής ύλης. Το τραχύ ανάγλυφο, συνήθως οδηγεί στη δημιουργία ενός μωσαϊκού παλιών και νέων εδαφών, με εκτεταμένες περιοχές με βαθιά, αλλουβιακά εδάφη, λεπτά εδάφη στις περιοχές με κλίσεις, και γενικά με αυξημένη ευαισθησία στη διάβρωση, την υποβάθμιση και την ερημοποίηση.



Εικόνα 2.7. Παγκόσμια κατανομή των περιοχών με Μεσογειακό κλίμα (INCOMME, 2013)

Όπως εξηγεί ο *Safriel (2009)*, οι περιοχές που παρουσιάζουν μεσογειακό κλίμα, γεωγραφικά, συγκροτούν μια ζώνη γης με τη μια της άκρη να καταλήγει στον Ωκεανό και την άλλη σε οικοσυστήματα τα οποία είναι είτε ξηρότερα, είτε πιο υγρά από τα Μεσογειακά.

Η περίοδος των βροχοπτώσεων στις περιοχές με μεσογειακό κλίμα, περιορίζεται σε ένα σχετικά σύντομο διάστημα, γεγονός το οποίο ασκεί αρνητικές επιδράσεις στη βιολογική παραγωγικότητα. Ένα κοινό χαρακτηριστικό των μεσογειακών περιοχών, είναι πως ανάλογα με το δείκτη ξηρασίας που εμφανίζουν, τοποθετούνται μαζί με άλλα οικοσυστήματα των ημίξηρων και των υγρών και ύφυγων κλιμάτων. Άλλο κοινό χαρακτηριστικό που παρουσιάζουν, είναι η εγγύτητά τους με τον ωκεανό, η οποία δημιουργεί ισχυρές κλιματικές – τοπογραφικές αλληλεπιδράσεις και η στενή χωρική κατανομή τους, που φέρνει μεγάλες εκτάσεις σε επαφή μεταξύ τους, αλλά και με άλλα οικοσυστήματα, γεγονός στο οποίο οφείλεται η υψηλή βιολογική ποικιλότητα των μεσογειακών οικοσυστημάτων.

Οι περισσότερες περιοχές μιας μεσογειακής κλιματικής περιοχής, ανήκουν ταυτόχρονα στις ξηρές περιοχές της Μεσογείου, παρ' όλο που μερικές μεσογειακές κλιματικές περιοχές δεν είναι ξηρές. Το ευρωπαϊκό τμήμα της Μεσογείου διαφέρει από το νότιο τμήμα της στο ότι οι υπήνεμες πλευρές της βόρειας Μεσογείου, βρίσκονται σε εγγύτητα με μη ξηρές περιοχές, ενώ αντιθέτως οι υπήνεμες περιοχές της νοτίου Μεσογείου, βρίσκονται σε εγγύτητα με ερημικές ξηρές περιοχές. Επιπλέον, οι βόρειες περιοχές της Μεσογείου είναι μη ερημικές ξηρές περιοχές (ημίξηρες και ύφυγες), ενώ οι περισσότερες από τις νότιες ξηρές περιοχές, αποτελούν ερήμους. Για τους παραπάνω λόγους, η νότια Μεσογείος είναι πιο ξηρή από το βόρειο τμήμα της. Αξίζει να σημειωθεί, πως υπάρχουν μεγάλες εκτάσεις τόσο της βόρειας όσο και της νότιας Μεσογείου, οι οποίες ανήκουν στις ημίξηρες περιοχές. Παρόμοιες διαφορές παρατηρούνται αντίστοιχα μεταξύ δυτικής και ανατολικής Μεσογείου, με την ανατολική να είναι ξηρότερη από τη δυτική πλευρά. Οι επιπτώσεις της ερημοποίησης είναι εμφανείς και στις δύο πλευρές. Οι περισσότερες από τις ξηρές περιοχές της Μεσογείου είναι ερημοποιημένες και αρκετές από αυτές μάλιστα, σε πολύ μεγάλο βαθμό, ειδικά στα νοτιότερα τμήματα. Διαθέσιμες εκτιμήσεις

σχετικά με την ερημοποίηση, παρουσιάζουν το 30% των ημίξηρων περιοχών της Μεσογείου, το 65% των ευρωπαϊκών ξηρών περιοχών και 10% της Ευρώπης να είναι ερημοποιημένες.

2.5.3 Η κατάσταση στην Ευρώπη και τη Μεσόγειο

Τα κλιματικά μοντέλα δείχνουν πως ο αντίκτυπος της παγκόσμιας θέρμανσης στην εξατμισιοδιαπνοή, θα είναι μια απότομη αλλαγή από ελαφρές αυξήσεις στη βόρεια Ευρώπη σε μεγάλες μειώσεις στις μεσογειακές περιοχές. Για όλη την κεντρική και τη βόρεια Ευρώπη, όπου η εδαφική υγρασία ξεπερνά το 75% της ικανότητας συγκράτησης νερού, η εξατμισιοδιαπνοή αυξάνεται, εκτός και εάν εφαρμοστούν κατάλληλες πρακτικές διαχείρισης της γης. Πιο συχνές και πιο σοβαρές ξηρασίες θα προκαλέσουν στους μηχανισμούς κατακράτησης του εδάφους κατάρρευση, οδηγώντας στην εκδήλωση της διάβρωσης και της ερημοποίησης (*Jones, et al. 2002*).

Για παράδειγμα, οι (*Wrachien, Ragab Giordano, 2006*), χρησιμοποίησαν το κλιματικό μοντέλο του κέντρου Hadley για τις μεσογειακές χώρες, σε μηνιαία βάση, με σκοπό την πρόβλεψη της ποσοστιαίας διακύμανσης της βροχοπτώσης και της θερμοκρασίας, λαμβάνοντας υπόψη τις μέσες μηνιαίες τιμές τους. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου για την περίοδο Οκτωβρίου – Μαρτίου, μέχρι το έτος 2050, οι βροχοπτώσεις μπορεί να αυξηθούν στην κεντρική και την ανατολική Ισπανία, τη βόρεια Γαλλία, τη νότια Ιταλία και τις Άλπεις έως και 15% στη νότια Μεσόγειο. Για την ίδια χρονική περίοδο, η θερμοκρασία στη βόρεια Μεσόγειο προβλέπεται να αυξηθεί από 1,25 °C έως και 2,25 °C συγκριτικά με μια αύξηση μεταξύ 1,5 °C έως 2,5 °C στη νότια Μεσόγειο. Σύμφωνα με τις προβλέψεις του μοντέλου, για την ξηρή περίοδο (Απρίλιος μέχρι Σεπτέμβριος), μέχρι το έτος 2050, οι βροχοπτώσεις είναι πιθανό να μειωθούν σε μεγάλο μέρος της Μεσογείου. Οι μειωμένες βροχοπτώσεις προβλέπεται να συνοδεύονται από μια αύξηση της θερμοκρασίας μεταξύ 1,5 °C μέχρι 2,75 °C στις βορειότερες περιοχές και μεταξύ 1,75 °C μέχρι 3 °C στις νότιες περιοχές της Μεσογείου.

Η ευαισθησία στην ερημοποίηση και την ξηρασία, εμφανίζεται χαμηλότερη στην Ευρώπη από ότι στις γειτονικές της περιοχές. Η κατάσταση είναι πιο σοβαρή στη νότια Πορτογαλία, σε

μεγάλο τμήμα της Ισπανίας, της Σικελίας, της Νοτιοανατολικής Ελλάδας και σε περιοχές που συνορεύουν με τη Μαύρη θάλασσα στη Βουλγαρία και τη Ρουμανία. Στη νότια, κεντρική και την ανατολική Ευρώπη, το 8% της περιοχής παρουσιάζει πολύ υψηλό ή υψηλό κίνδυνο ερημοποίησης, καταλαμβάνοντας μια έκταση επιφάνειας 14×10^6 ha και περίπου 40×10^6 ha εάν συμπεριληφθούν οι περιοχές που εμφανίζουν μέτριο κίνδυνο ερημοποίησης.

Πολλοί εδαφικοί τύποι της Μεσογείου, παρουσιάζουν ήδη, διάφορες μορφές υποβάθμισης, οι οποίες σε συνδυασμό με το κλίμα της ευρύτερης περιοχής παρακωλύουν τον εντοπισμό της ερημοποίησης. Παρ' όλο που τα ποιοτικά στοιχεία της ερημοποίησης είναι άφθονα στη Μεσόγειο, μερικές πρόσφατες παρατηρήσεις δείχνουν πως η Δυτική Μεσόγειος, παρουσιάζει μια ελαφρά θέρμανση και εμφάνιση ξηρών συνθηκών, ενώ τα ανατολικά τμήματα, παρουσιάζουν πιο ψυχρές και υγρές συνθήκες.

Στη νότια Ευρώπη σύμφωνα με τον Grove (1986), οι καλοκαιρινοί μήνες είναι ξηροί και υπάρχουν χρονιές που οι βροχοπτώσεις μπορεί να είναι μόνο τα $2/3$ ή το $1/2$ του μέσου όρου. Σε αυτές τις χρονιές, όπως συνέβη το 1970 στην Κύπρο και το 1980 στην Ισπανία και τη Σικελία, οι ταμειυτήρες είναι σχεδόν άδειοι, οι πυρκαγιές είναι συχνές και ο κίνδυνος ερημοποίησης είναι υψηλός.

Μεγάλο μέρος της νότιας Ευρώπης, είναι τεκτονικά ενεργό, οι πλαγιές είναι απόκρημνες και τα βράχια στο μεγαλύτερο μέρος του υπεδάφους, είναι επιρρεπή στη διάβρωση. Στα Απέννινα όρη, οι μαλακές αμμόπετρες, ο πηλός και οι ασβεστόλιθοι, αποσαθρώνονται σε μεγάλο βαθμό και γίνονται επιρρεπή σε κατολισθήσεις μεγάλης κλίμακας.

Έρημα καρστικά οροπέδια απαντώνται στην Ελλάδα, στην περιοχή Apulia της Ιταλίας, στα νησιά του Αιγαίου και κυρίως στην πρώην Γιουγκοσλαβία, όπου καταλαμβάνουν το 35% της συνολικής έκτασης της χώρας. Στην ανατολική Κροατία,

υπάρχουν πεδία αμμόλοφων που είναι επιρρεπή στην αιολική διάβρωση, όπως επίσης στην περιοχή Banat ανατολικά του Βελιγραδίου, αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις, ο κύριος διαβρωτικός παράγοντας, είναι το νερό. Οι ισχυρές βροχοπτώσεις του φθινοπώρου, απορρέουν από τα ξηρά εδάφη, μεταφέροντας μεγάλο ποσοστό του εδάφους μαζί τους.

Τα περισσότερα από τα δάση, έχουν αντικατασταθεί από εύφλεκτους θαμνότοπους και δένδρα. Αιώνες πυρκαγιών, βόσκησης και εδαφικής διάβρωσης, είχαν ως αποτέλεσμα την εκτενή εμφάνιση περισσότερο υποβαθμισμένων κοινοτήτων, τα λεγόμενα φρύγανα, τα οποία είναι θάμνοι με ύψος λιγότερο από ένα μέτρο και μεγάλα γυμνά διάκενα μεταξύ τους. Οι διαδικασίες που οδηγούν στη δημιουργία τέτοιων έρημων τοπίων, μπορούν εύκολα να χαρακτηριστούν ως ερημοποίηση.

Η εκβιομηχάνιση της γεωργίας και η συγκέντρωσή της σε ορισμένες περιοχές, έχει προκαλέσει την υποβάθμιση των εδαφών σε διάφορους βαθμούς. Η εγκατάλειψη της παραδοσιακής γεωργίας, οδήγησε στην κατάρρευση των αναβαθμίδων που συγκρατούσαν το έδαφος, με αποτέλεσμα μεγάλες απώλειες εδαφικού υλικού. Η δημιουργία δρόμων σε περιοχές που προηγουμένως ήταν παρθένες, έχει αυξήσει τον κίνδυνο εμφάνισης πυρκαγιών. Η μονοκαλλιέργειες οδήγησαν στην εξόντωση των ενδογενών φυτικών ειδών και στην περίπτωση που μια πυρκαγιά καταστρέψει τις καλλιέργειες, ίσως να μην υπάρχει απόθεμα σπόρων για να δημιουργήσει νέα φυτοκάλυψη. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ισχυρή διάβρωση, προτού γίνει επαναφύτευση ή φυσική εποίκιση. Η εκβιομηχάνιση της γεωργίας περιλαμβάνει τη χρήση φυτοφαρμάκων σε μεγάλη κλίμακα, πολλά από τα οποία είναι επιβλαβή για του επικονιαστές. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα, συγκεκριμένα είδη να βρίσκονται σε κίνδυνο, αφού οι αριθμοί τους δεν διατηρούνται στο πέρασμα των ετών.

Οι νέες καλλιέργειες που χρησιμοποιούνται στις ξηρές περιοχές αντί των παραδοσιακών, έχουν μεγαλύτερες αρδευτικές απαιτήσεις, με αποτέλεσμα την αύξηση του ανταγωνισμού για το νερό μεταξύ καλλιεργητών, ξενοδοχειακών μονάδων, βιομηχανίας

και οικιακής χρήσης. Η απόρριψη μεγαλύτερων ποσοτήτων χρησιμοποιημένου νερού, αυξάνει τον κίνδυνο ρύπανσης των υδάτινων πόρων.

Στην Ελλάδα, οι αρδευόμενες εκτάσεις σε πολλές περιοχές της Μακεδονίας, της Αργολίδας και στην Algarve της Πορτογαλίας, έχουν επηρεαστεί από την αλάτωση των εδαφών ως αποτέλεσμα της υπερβολικής άντλησης των υπόγειων υδάτων και των ακατάλληλων μεθόδων άρδευσης. Η χρήση πιο ισχυρών γεωτρήσεων στις παράλιες περιοχές, οδήγησε στην ταπείνωση των υπόγειων υδροφορέων σε τέτοιο βαθμό, ώστε να προκληθεί υφαλμύρωση των υδροφορέων. Ως παραδείγματα αναφέρονται: η νοτιοανατολική Ισπανία, η περιοχή γύρω από τον Κορινθιακό κόλπο στην Ελλάδα, καθώς και τμήματα της Κρήτης και της Κύπρου.

2.5.4 Η κατάσταση σε παγκόσμια κλίμακα

Στην αναφορά της παγκόσμιας επιτροπής για το περιβάλλον και την ανάπτυξη (1987), σημειώνεται πως, κάθε χρόνο, 6×10^6 ha υποβαθμίζονται προς συνθήκες ερήμου. Εάν αυτοί οι ρυθμοί συνεχιστούν, σε τρεις δεκαετίες οι ερημοποιημένες περιοχές θα καταλαμβάνουν μια έκταση ίση με τη Σαουδική Αραβία. Περισσότερα από 11×10^6 ha τροπικών δασών καταστρέφονται κάθε χρόνο και με αυτό το ρυθμό, στο διάστημα των τριών δεκαετιών, θα αντιστοιχεί σε έκταση περίπου όσο η Ινδία. Εκτός από τις άμεσες επιπτώσεις στις περιοχές που επηρεάζονται από την ερημοποίηση, επηρεάζονται και οι διπλανές τους, λόγω της εξάπλωσης της άμμου ή των αλλαγών του υδρολογικού κύκλου και του αυξημένου κινδύνου διάβρωσης και αλάτωσης των εδαφών.

Ο *Dregne (1986)*, παρουσιάζει μια παγκόσμια αξιολόγηση του επιπέδου της ερημοποίησης. Τα αποτελέσματα, παρουσιάζονται παρακάτω:

- *Αφρική:* Στις ξηρές περιοχές της Αφρικής, υπάρχουν όλες οι συνήθεις μορφές ερημοποίησης. Η περιβαλλοντική υποβάθμιση συνεχίζεται χωρίς να δείχνει σημάδια βελτίωσης. Περίπου το 18% των περιοχών αυτών είναι σοβαρά ερημοποιημένες.

- *Ασία:* Περίπου η μισή έκταση είναι ελαφρά ερημοποιημένη και η άλλη μισή είναι πολύ σοβαρά ερημοποιημένη.

- *Αυστραλία:* Περίπου το 75% είναι μέτρια ερημοποιημένο.

- *Βόρεια Αμερική:* Περίπου τα 2/3 είναι μέτρια ερημοποιημένα και λιγότερο από το 1/3 σοβαρά ερημοποιημένο.

- *Νότια Αμερική:* Περίπου το 22% των ξηρών περιοχών είναι σοβαρά ή πολύ σοβαρά ερημοποιημένες. Η κατάσταση είναι κρίσιμη, διότι οι καλύτερες περιοχές έχουν ήδη υποβαθμιστεί και η υποβάθμιση συνεχίζεται.

- *Ισπανία:* Όλες οι ξηρές περιοχές έχουν επηρεαστεί μέτρια έως σοβαρά από την ερημοποίηση για δεκαετίες, αν όχι για αιώνες. Περίπου το 50% της χώρας είναι ξηρές περιοχές εκ των οποίων το 70% έχει επηρεαστεί σε μέτριο βαθμό από την ερημοποίηση, ενώ το υπόλοιπο 30% έχει επηρεαστεί σοβαρά.

Οι περισσότερες ξηρές περιοχές του πλανήτη βρίσκονται σε γεωγραφικά μήκη μεταξύ 20° και 35°. Οι κύριες ημίξηρες περιοχές βρίσκονται σε κάθε πλευρά των ξηρών περιοχών και συμπεριλαμβάνουν κλίματα μεσογειακού τύπου και κλίματα τύπου μουσώνων. Οι ξηρές

περιοχές καταλαμβάνουν το 47.2% της συνολικής επιφάνειας του πλανήτη και κατανέμονται στην Αφρική, την Ασία, τη βόρεια και τη νότια Αμερική και την Ευρώπη και περιλαμβάνουν περισσότερες από 110 χώρες. Οι υπέρξηρες περιοχές εκτείνονται κυρίως στη Σαχάρα, την Αραβική έρημο και την έρημο Gobi. Η Αφρική και η Ασία διαθέτουν τις μεγαλύτερες εκτάσεις ξηρών περιοχών και καταλαμβάνουν περίπου τα 4/5 των υπέρξηρων και των ξηρών περιοχών του πλανήτη. Οι ημίξηρες περιοχές είναι πιο εκτεταμένες και υπάρχουν σε όλες τις ηπείρους, καταλαμβάνοντας συνολική έκταση 18% της γήινης επιφάνειας (FAO, 2004).

Συνολικά, έχουν πραγματοποιηθεί τρεις σημαντικές αξιολογήσεις του επιπέδου της ερημοποίησης σε παγκόσμιο επίπεδο. Η αξιολόγηση του 1977 έδειξε πως, στις ξηρές περιοχές, η συνολική επιφάνεια που επηρεάζονταν τουλάχιστον σε μέτριο βαθμό από την ερημοποίηση, ήταν $3,97 \times 10^9$ ha (75.1% των ξηρών περιοχών), μή συμπεριλαμβάνοντας τις υπέρξηρες περιοχές. Συνολικά, επηρεάζονταν πάνω από 100 χώρες σε διάφορα μέρη του κόσμου. Ο πληθυσμός σε περιοχές που πρόσφατα είχαν επηρεαστεί σοβαρά από την ερημοποίηση, υπολογίστηκε στα $78,5 \times 10^6$ κατοίκους. Η αξιολόγηση του 1984, επιβεβαίωσε την κλίμακα και το κατεπείγον της κατάστασης όπως παρουσιάστηκε στο συμβούλιο των Ηνωμένων Εθνών για την ερημοποίηση. Η ερημοποίηση συνέχιζε να εξαπλώνεται και να εντείνεται παρά τις προσπάθειες που έγιναν από το 1977, οι οποίες υπήρξαν πολύ μέτριες για να παρουσιάσουν αποτελέσματα. Το έδαφος συνέχιζε να χάνεται με ρυθμό 6×10^6 ha ετησίως. Ακόμη, το έδαφος που παρουσίαζε μηδενική ή αρνητική καθαρή παραγωγικότητα, παρουσίαζε αύξηση έως και 21×10^6 ha ετησίως. Οι περιοχές που επηρεάζονταν σε τουλάχιστον μέτριο βαθμό από την ερημοποίηση, αποτελούσαν 3.100×10^6 ha βοσκότοπων (80% της συνολικής τους επιφάνειας στις ξηρές περιοχές), 335×10^6 ha ξηρικών καλλιεργήσιμων εκτάσεων (60% της συνολικής τους επιφάνειας στις ξηρές περιοχές) και 40×10^6 ha αρδευόμενων καλλιεργειών (30% της συνολικής τους επιφάνειας στις ξηρές περιοχές). Σύνολο 3.475×10^6 ha (70% της συνολικής επιφάνειας των ξηρών περιοχών). Οι αστικοί πληθυσμοί που επηρεάζονταν από την ερημοποίηση σε σοβαρό βαθμό, αριθμούσαν περίπου 135×10^6 κατοίκους. Σκοπός της τρίτης αξιολόγησης σχετικά με την παγκόσμια κατάσταση της ερημοποίησης από τα Ηνωμένα Έθνη το 1991, ήταν η παροχή αξιόπιστων και συνεπών δεδομένων σχετικά με την τότε κατάσταση και τις αλλαγές στις ξηρές περιοχές του πλανήτη, για λογαριασμό του διεθνούς συνεδρίου που πραγματοποιήθηκε το 1992 στη Βραζιλία (Dregne, Kassas και Rozanov, 1991).

2.5.5 Διεθνείς ενέργειες για την καταπολέμηση της ερημοποίησης

Το 1977, στο διεθνές συνέδριο για την ερημοποίηση, υιοθετήθηκε το σχέδιο για την καταπολέμηση της ερημοποίησης. Παρ' όλα αυτά, το περιβαλλοντικό πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών το 1991, κατέληξε στο συμπέρασμα πως η ερημοποίηση, είχε ενταθεί. Η υιοθέτηση του προγράμματος για την καταπολέμηση της ερημοποίησης, υπέφερε από πολλούς περιορισμούς. Σαν αποτέλεσμα, στο συνέδριο των Ηνωμένων Εθνών για το περιβάλλον και την ανάπτυξη το 1992 στο Rio de Janeiro, η γενική συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών κλήθηκε να συγκροτήσει μια διακυβερνητική διαπραγματευτική επιτροπή, με σκοπό να ετοιμάσει μέχρι τον Ιούνιο του 1994, μια σύμβαση για την καταπολέμηση της ερημοποίησης στις επηρεαζόμενες χώρες, δίνοντας έμφαση στην Αφρικανική Ήπειρο. Η σύμβαση ετοιμάστηκε και υπογράφηκε στο Παρίσι, το 1994. Τέθηκε σε εφαρμογή το 1996 και πλέον συμμετέχουν 120 χώρες. Το πρώτο συνέδριο των χωρών – μελών της σύμβασης, πραγματοποιήθηκε στη Ρώμη το 1997. Το δεύτερο συνέδριο των χωρών – μελών, πραγματοποιήθηκε το 1998 στο Dakar, όπου τέθηκε σε εφαρμογή ένας παγκόσμιος μηχανισμός με σκοπό τη λήψη επαρκών οικονομικών και τεχνολογικών πόρων αναφορικά με την ερημοποίηση.

2.6 Συμπεράσματα

Όπως παρουσιάζουν πολλές μελέτες, η περιοχή της Μεσογείου, θα βιώσει έντονα από οποιοδήποτε άλλο μέρος του κόσμου τις συνέπειες της ερημοποίησης. Η Κύπρος, λόγω της γεωγραφικής της θέσης, αναγκαστικά θα βιώσει έντονα τις συνέπειες αυτές. Από μελέτες που έχουν γίνει, φαίνεται πως μεγάλο μέρος της χώρας είναι ερημοποιημένο και πως επίσης, μεγάλο τμήμα της, αντιμετωπίζει υψηλό κίνδυνο ερημοποίησης. Τα μειωμένα υδατικά αποθέματα της χώρας, οι λανθασμένες καλλιεργητικές πρακτικές, οι αναμενόμενη αύξηση της θερμοκρασίας και η μείωση των βροχοπτώσεων, θα συμβάλλουν στην ένταση του φαινομένου της ερημοποίησης. Για τους παραπάνω λόγους, είναι απαραίτητος ο εντοπισμός των περιοχών που κινδυνεύουν από την ερημοποίηση και η ποσοτική ανάλυση του φαινομένου, όπως επίσης και η λήψη μέτρων για την αντιμετώπιση των συνεπειών που θα προκαλέσει.

Όσον αφορά τη μελέτη του φαινομένου της ερημοποίησης, η επιστήμη της τηλεπισκόπησης έχει συμβάλλει ιδιαίτερα στον τομέα. Λόγω της εξέλιξης των καταγραφικών συστημάτων, υπάρχει πλέον η δυνατότητα παροχής δεδομένων τηλεπισκόπησης με υψηλή χρονική κάλυψη, γρήγορη και επαναλαμβανόμενη κάλυψη μεγάλων επιφανειών όπως και η παροχή δεδομένων με χαμηλό κόστος. Έτσι, η τηλεπισκόπηση έχει καταστεί η κύρια πηγή δεδομένων σχετικά με τη μελέτη του φαινομένου της ερημοποίησης. Ακόμη, η συμβατότητα των δεδομένων τηλεπισκόπησης και των Σ.Γ.Π., επιτρέπει την εισαγωγή δεδομένων τηλεπισκόπησης σε περιβάλλον Σ.Γ.Π., με αποτέλεσμα τη δημιουργία νέων, ισχυρών αναλυτικών εργαλείων. Τα ισχυρά αναλυτικά εργαλεία που διαθέτουν τα Σ.Γ.Π., η δυνατότητα αποθήκευσης των δεδομένων, η δυνατότητα διαχείρισης, ανάλυσης και οπτικής απεικόνισής τους, καθώς και η δυνατότητα εξαγωγής τους, παρέχουν τη δυνατότητα ανάλυσης των χωρικών σχέσεων των υπό μελέτη χαρακτηριστικών στη μελέτη της ερημοποίησης. Η τηλεπισκόπηση και τα Σ.Γ.Π., λειτουργούν συνεργιστικά, αφού η τηλεπισκόπηση παρέχει τα απαραίτητα δεδομένα και τα Σ.Γ.Π. τα απαραίτητα εργαλεία για την ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων.

Σχετικά με το συνδυασμό Σ.Γ.Π. και μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης στη μελέτη του φαινομένου της ερημοποίησης, φαίνεται πως υπάρχουν πολλές προοπτικές. Τα Σ.Γ.Π. αποτελούν δυναμικά αναλυτικά εργαλεία σχετικά με την ανάλυση των χωρικών δεδομένων και μπορούν να βοηθήσουν στην εγκαθίδρυση μιας διαδικασίας για τη λήψη αποφάσεων. Μέσω της χρήσης των Σ.Γ.Π. παρέχεται βοήθεια στην απόδοση των βαρών των κριτηρίων, αξιολογούνται οι διαθέσιμες εναλλακτικές λύσεις και οπτικοποιούνται τα αποτελέσματα των επιλογών των ληπτών αποφάσεων. Από την άλλη μεριά, οι τεχνικές πολυκριτηριακής ανάλυσης, διευκολύνουν τη διαδικασία λήψης αποφάσεων στις περιπτώσεις όπου υπάρχουν πολλές εναλλακτικές λύσεις, πολλά κριτήρια πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι λήπτες αποφάσεων βρίσκονται σε διαμάχη. Η χρήση πολυκριτηριακών μεθόδων για τη μελέτη της ερημοποίησης, είναι απαραίτητη, καθώς το φαινόμενο της ερημοποίησης, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και η περιβαλλοντική διαχείριση των περιοχών που κινδυνεύουν, είναι απαραίτητα μια αναλυτική διαδικασία αντιπαραθέσεων.

Στη διεθνή βιβλιογραφία, υπάρχουν πολλά παραδείγματα τεχνικών συνδυασμού των Σ.Γ.Π. και μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης, με πιο έγκυρη την μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο πρόγραμμα M.E.D.A.L.U.S.. Κατά κανόνα, η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται είναι παρόμοια και περιλαμβάνει την επιλογή δεικτών ερημοποίησης, την απόδοση βαρών στους δείκτες, τη δημιουργία διαφορετικών επιπέδων πληροφορίας στο Σ.Γ.Π. και το συνδυασμό των επιπέδων πληροφορίας με σκοπό την παραγωγή ενός τελικού χάρτη τρωτότητας στην ερημοποίηση για την περιοχή μελέτης.

Κεφάλαιο τρίτο – Μεθοδολογία

3.1 Σκοποί – στόχοι

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής διατριβής, αποτελεί ο εντοπισμός περιοχών στην Κύπρο οι οποίες κινδυνεύουν από το φαινόμενο της ερημοποίησης, έτσι ώστε να γίνει μια αποτίμηση του επιπέδου κινδύνου της Κύπρου αναφορικά με το φαινόμενο αυτό. Για το λόγο αυτό, θα χρησιμοποιηθούν Σ.Γ.Π. σε συνδυασμό με πολυκριτηριακές μεθόδους ανάλυσης, έτσι ώστε παράλληλα, να διερευνηθεί η δυνατότητα συγχώνευσης αυτών των εργαλείων, όσον αφορά τον εντοπισμό περιοχών οι οποίες κινδυνεύουν από την ερημοποίηση, καθώς και η αποτελεσματικότητα μιας τέτοιας ενέργειας. Σκοπός επίσης της παρούσας διπλωματικής διατριβής, είναι ο παράλληλος εντοπισμός περιοχών στην Κύπρο, οι οποίες ήδη έχουν επηρεαστεί από το φαινόμενο της ερημοποίησης, προκειμένου να υπάρξει μια αποτίμηση της κατάστασης. Επίσης, σκοπό αποτελεί η κατάρτιση δεικτών τρωτότητας, οι οποίοι θα είναι προσαρμοσμένοι στις κλιματικές / περιβαλλοντικές συνθήκες της Κύπρου.

3.2 Ερευνητικά ερωτήματα

Κύριο ερευνητικό ερώτημα που καλείται να απαντηθεί από τη συγκεκριμένη διπλωματική διατριβή είναι ο εντοπισμός επιμέρους περιοχών της Κύπρου οι οποίες είναι ευαίσθητες (ή παρουσιάζουν ήδη) σημάδια ερημοποίησης. Για την μελέτη του κύριου ερευνητικού θέματος γίνεται η θεώρηση, πως υπάρχουν κάποιοι παράγοντες – δείκτες, οι οποίοι μπορούν να φανερώσουν το επίπεδο κινδύνου μιας περιοχής, όσον αφορά την ερημοποίηση. Αυτοί οι παράγοντες, προσδιορίζονται με την βοήθεια της πολυκριτηριακής ανάλυσης και εισάγονται σε ένα Σ.Γ.Π. έτσι ώστε να χαρτογραφηθούν οι ευαίσθητες περιοχές ως προς τις τάσεις τους για ερημοποίηση.

Μέσω του συνδυασμού στο Σ.Γ.Π. των παραγόντων – δεικτών, αναμένεται να εντοπιστούν περιοχές οι οποίες κινδυνεύουν από την ερημοποίηση, καθώς και περιοχές οι οποίες βρίσκονται ήδη υπό την επιρροή του φαινομένου.

3.3 Σχεδιασμός

Για την ανάλυση των δεδομένων, χρησιμοποιήθηκε περιγραφική στατιστική, το είδος της στατιστικής ανάλυσης που χρησιμοποιεί τους μέσους όρους και τις τυπικές αποκλίσεις των μεταβλητών. Ως ανεξάρτητες μεταβλητές, επιλέχθηκαν τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία των τελικών χαρτών εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης, ενώ οι εξαρτημένες μεταβλητές ήταν τα αποτελέσματα της συνολικής διαδικασίας που ακολουθήθηκε (βαθμός του κινδύνου ερημοποίησης).

3.4 Μέθοδος συλλογής δεδομένων

Για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής διατριβής, ήταν απαραίτητη η χρήση μιας σειράς πρωτογενών δεδομένων, τα οποία είναι διαθέσιμα στο διαδίκτυο, από οργανισμούς όπως ο ευρωπαϊκός οργανισμός περιβάλλοντος, η υπηρεσία γεωλογικών ερευνών των Η.Π.Α., κ.ά.. Από τα εν λόγω δεδομένα, δημιουργήθηκαν έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία, τα απαραίτητα παράγωγα δεδομένα για να χρησιμοποιηθούν στη δημιουργία του τελικού χάρτη εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην περιοχή μελέτης.

3.4.1. Πρωτογενή δεδομένα

- Δορυφορικές εικόνες της περιοχής μελέτης, διαθέσιμες από την ιστοσελίδα <http://earthexplorer.usgs.gov/> της υπηρεσίας γεωλογικών ερευνών των Η.Π.Α. (U.S.G.S.).

Πριν την επεξεργασία και ανάλυση των δορυφορικών εικόνων, ήταν απαραίτητο να γίνει κάποια προεπεξεργασία, με σκοπό τη βελτίωση της ποιότητας των δεδομένων των δορυφορικών εικόνων, μέσω της ελάττωσης ή της εξάλειψης διάφορων ραδιομετρικών και γεωγραφικών σφαλμάτων. Η ελάττωση ή και εξάλειψη των σφαλμάτων αυτών, είναι υψίστης σημασίας στην

περίπτωση χρήσης δεδομένων διαφορετικών χρονολογιών και χωρικής εξάπλωσης και επιτρέπει την δημιουργία ομοιόμορφων συνθηκών στο χώρο και το χρόνο, επιτρέποντας έτσι την άμεση ραδιομετρική και γεωμετρική σύγκριση διαφορετικών εικόνων (Bruce και Hilbert, 2004).

Προκειμένου οι δορυφορικές εικόνες να μπορούν να χρησιμοποιηθούν, ήταν απαραίτητη η μετατροπή των ψηφιακών τους τιμών (DNs) σε τιμές ακτινοβολίας (L).

Για τη μετατροπή των τιμών χρησιμοποιήθηκε η παρακάτω σχέση (USGS, 2015):

$$L_{\lambda} = \text{"gain"} * QCAL + \text{"bias"}$$

Η οποία μπορεί να εκφραστεί ως:

$$L_{\lambda} = ((Lmax_{\lambda} - Lmin_{\lambda}) / (QCALmax - QCALmin)) * (QCAL - QCALmin) + Lmin_{\lambda}$$

Η μετατροπή των τιμών πραγματοποιήθηκε μέσω του raster calculator του λογισμικού Arc Map για κάθε δορυφορική εικόνα με απλή αντικατάσταση στην παρακάτω σχέση, των τιμών που υπάρχουν στο συνοδευτικό αρχείο MTL κάθε εικόνας. Αποτέλεσμα της εν λόγω διαδικασίας, ήταν η παραγωγή νέων εικόνων, ραδιομετρικά διορθωμένων.

Πίνακας 3.1. Συμβολισμοί της σχέσης μετατροπής των τιμών DN's σε τιμές L (USGS, 2013)

όπου:	L_{λ}	= Spectral Radiance at the sensor's aperture in $w/(m^2 * ster * \mu m)$
	gain	= Rescaled gain (the data product "gain" contained in the Level 1 product header or ancillary data record) in $watts/(meter\ squared * ster * \mu m)$
	bias	= Rescaled bias (the data product "offset" contained in the Level 1 product header or ancillary data record) in $w/(m^2 * ster * \mu m)$
	QCAL	= the quantized calibrated pixel value in DN
	$L_{min_{\lambda}}$	= the spectral radiance that is scaled to QCALMIN in $watts/(meter\ squared * ster * \mu m)$
	$L_{max_{\lambda}}$	= the spectral radiance that is scaled to QCALMAX in $w/(m^2 * ster * \mu m)$
	QCALmin	= the minimum quantized calibrated pixel value (corresponding to $L_{MIN_{\lambda}}$) in DN = 1 for LPGS products = 1 for NLAPS products processed after 4/4/2004 = 0 for NLAPS products processed before 4/5/2004
	QCALmax	= the maximum quantized calibrated pixel value (corresponding to $L_{MAX_{\lambda}}$) in DN = 255

Πίνακας 3.2. Οι ελάχιστες τιμές ακτινοβολίας (L) των δορυφορικών εικόνων μετά την μετατροπή των τιμών DN σε τιμές L

	Εικόνα με ημερομηνία λήψης 05.05.2015	Εικόνα με ημερομηνία λήψης 11.05.2000	Εικόνα με ημερομηνία λήψης 31.05.2007
BANDS	Lmin	Lmin	Lmin
B1	49,348	39,0688	40,6005
B2	38,3327	21,7792	26,1238
B3	20,7839	10,3137	13,4457
B4	8,71396	0,242047	6,37421
B5	0,378748	0,008937	0,352126
B6	4,76837	4,50507	7,32914
B8	17,0441		
B9	2,86102		
B10	6,17843		

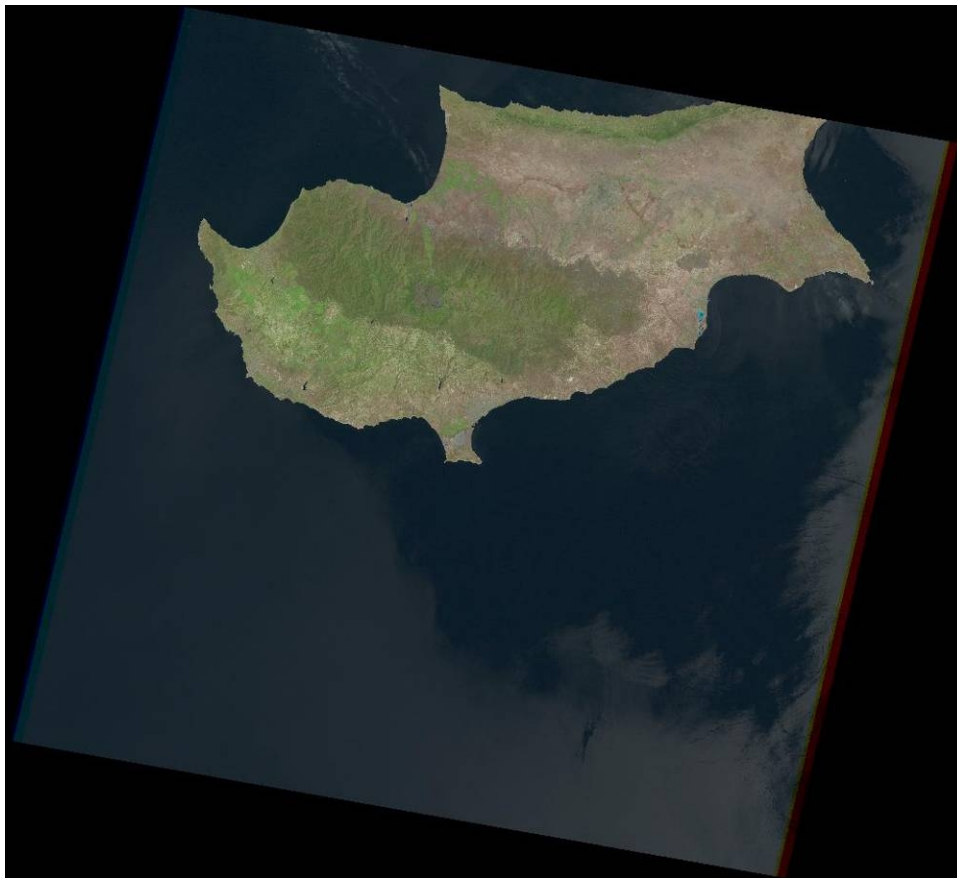
Μετά την αναγνώριση της τιμής της ατμοσφαιρικής διάχυσης, ο αλγόριθμος για τη διόρθωση των ατμοσφαιρικών επιδράσεων μπορεί να οριστεί ως η τιμή φωτεινότητας για κάθε εικονοστοιχείο, η οποία ισούται με τη διαφορά μεταξύ των αρχικών τιμών φωτεινότητας και της τιμής της ατμοσφαιρικής διάχυσης, η οποία μαθηματικά εκφράζεται ως:

$DN = \text{αρχική τιμή φωτεινότητας} - \text{τιμή της ατμοσφαιρικής διάχυσης του σκοτεινότερου σημείου}$
(Lu, Mausel, Brondizio και Moran, 2002).

Το στάδιο αυτό, αποτελεί εμπειρική μέθοδο για την ατμοσφαιρική διόρθωση των δορυφορικών εικόνων, γνωστή ως αφαίρεση του σκοτεινότερου αντικειμένου (Dark object subtraction). Πρόκειται για την απλούστερη και πιο διαδεδομένη μέθοδο ατμοσφαιρικής διόρθωσης, βασιζόμενη σε εικόνες για την πραγματοποίηση ταξινόμησης και τον εντοπισμό αλλαγών. Σύμφωνα με τους (Song, et al., 2001), η μέθοδος D.O.S., υποθέτει την ύπαρξη σκοτεινών αντικειμένων (μηδενική ή μικρή ανάκλαση) σε μια εικόνα Landsat, καθώς και την ύπαρξη μιας

ομογενούς ατμόσφαιρας. Η ελάχιστη τιμή DN του ιστογράμματος της κάθε εικόνας, αποδίδεται στις ατμοσφαιρικές επιδράσεις και αφαιρείται από τα υπόλοιπα εικονοστοιχεία της εικόνας.

Τέλος, ακολούθησε η εφαρμογή της συνάρτησης Abs στο raster calculator του λογισμικού ArcMap, έτσι ώστε να υπάρχουν οι απόλυτες τιμές της ακτινοβολίας.



Εικόνα 3.1. Δορυφορική εικόνα με ημερομηνία λήψης 11.05.2000 (U.S.G.S.)



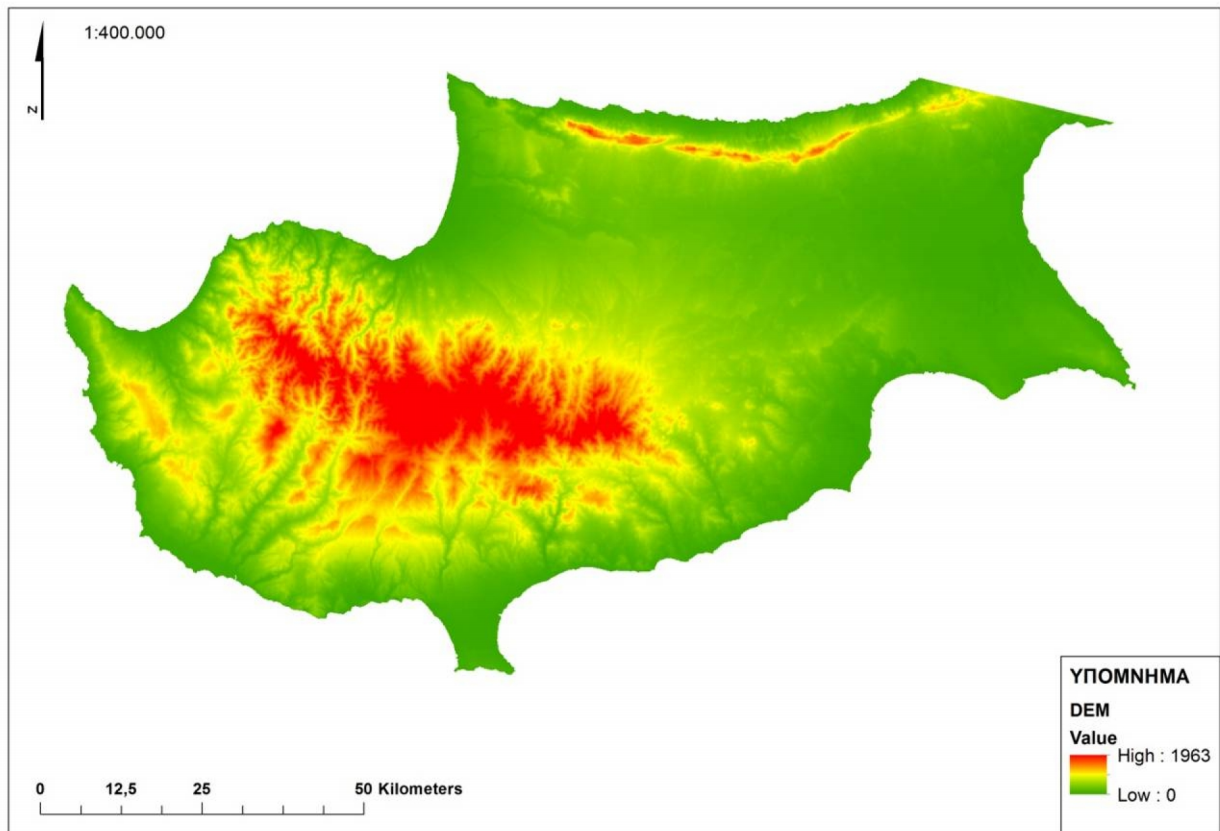
Εικόνα 3.2. Δορυφορική εικόνα με ημερομηνία λήψης 31.05.2007 (U.S.G.S.)



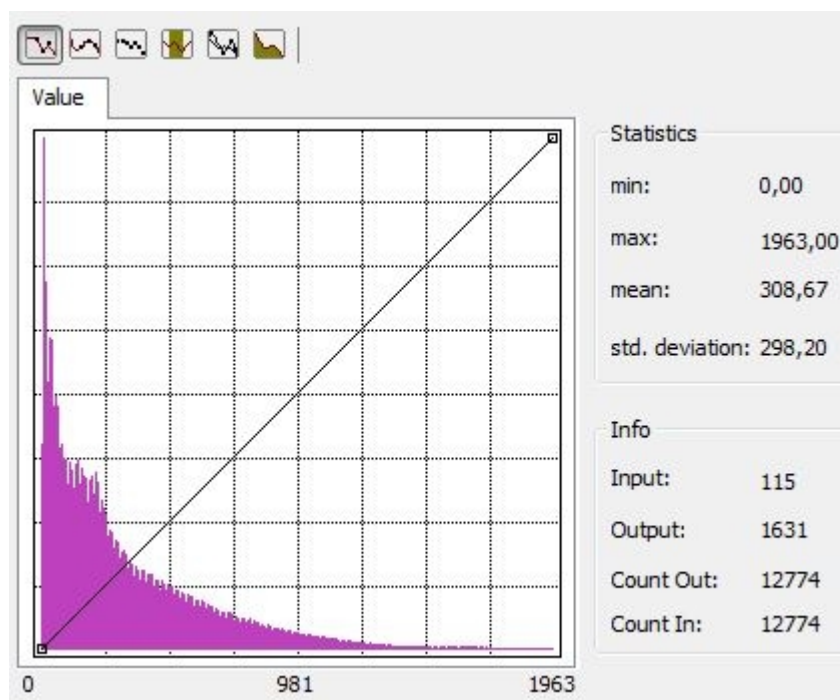
Εικόνα 3.3. Δορυφορική εικόνα με ημερομηνία λήψης 05.05.2015 (U.S.G.S.)

- Ψηφιδωτό αρχείο ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου (D.E.M.) της περιοχής μελέτης μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m, προερχόμενο από το δορυφόρο A.S.T.E.R..

Τα ψηφιακά υψομετρικά μοντέλα εδάφους, έχουν χρησιμοποιηθεί κατά κόρον σε διάφορες εφαρμογές Σ.Γ.Π. λόγω της δυνατότητας εξαγωγής πληροφοριών και της παραγωγής δεδομένων σχετικά με τρισδιάστατες επιφάνειες. Επίσης, η χρήση τους οφείλεται στη δυνατότητα παραγωγής άλλων μορφολογικών παραμέτρων, όπως η κλίση, η διεύθυνση της κλίσης, η καμπυλότητα, το προφίλ της κλίσης και ο προσδιορισμός λεκανών απορροής. Μεταξύ των παραπάνω, η κλίση και η διεύθυνση της κλίσης χρησιμοποιούνται πιο συχνά. (Zhou και Liu, 2002).



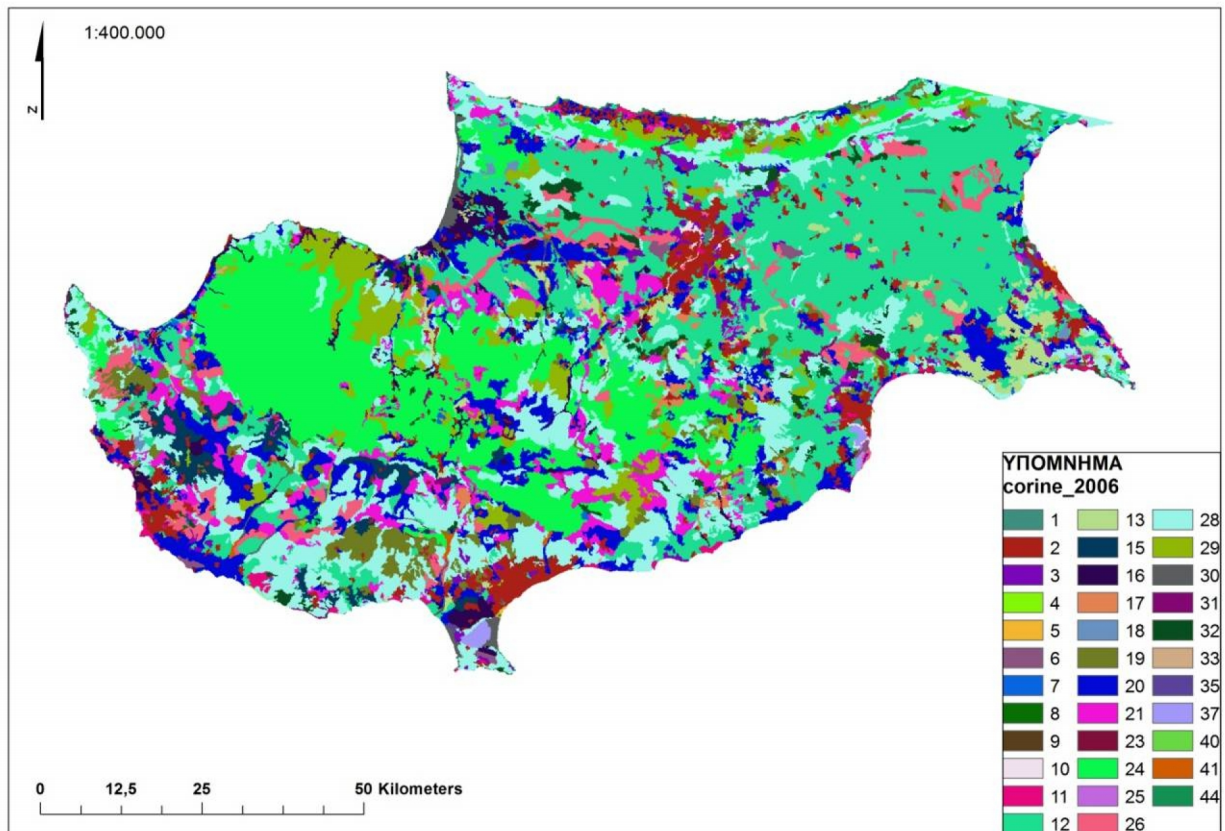
Εικόνα 3.4. Ψηφιδωτό αρχείο ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου της περιοχής μελέτης μεγέθους εικονοστοιχείου 100m



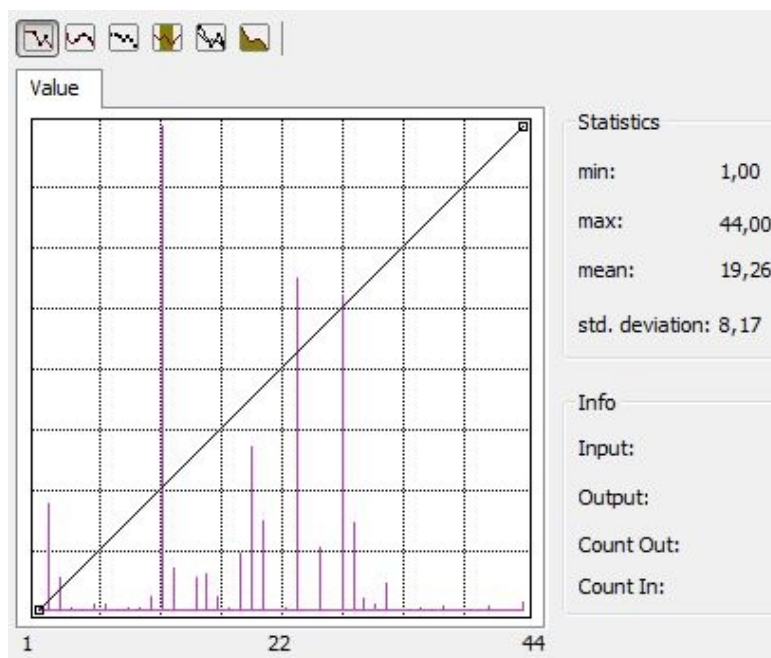
Εικόνα 3.5. Το ιστόγραμμα του ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου εδάφους

Σύμφωνα με το ιστόγραμμα του αρχείου, το υψόμετρο κυμαίνεται από 0 m έως 1.963 m. Η μέση τιμή του υψομέτρου ισούται με 308,67 m και η τυπική απόκλιση ισούται με 298,2 m.

- Ψηφιδωτό αρχείο των χρήσεων γης της περιοχής μελέτης μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m, διαθέσιμο στην ιστοσελίδα του ευρωπαϊκού οργανισμού περιβάλλοντος. Το υπόμνημα του αρχείου των χρήσεων γης, φαίνεται στο *παράρτημα 1*, στον *πίνακα 3.4*.



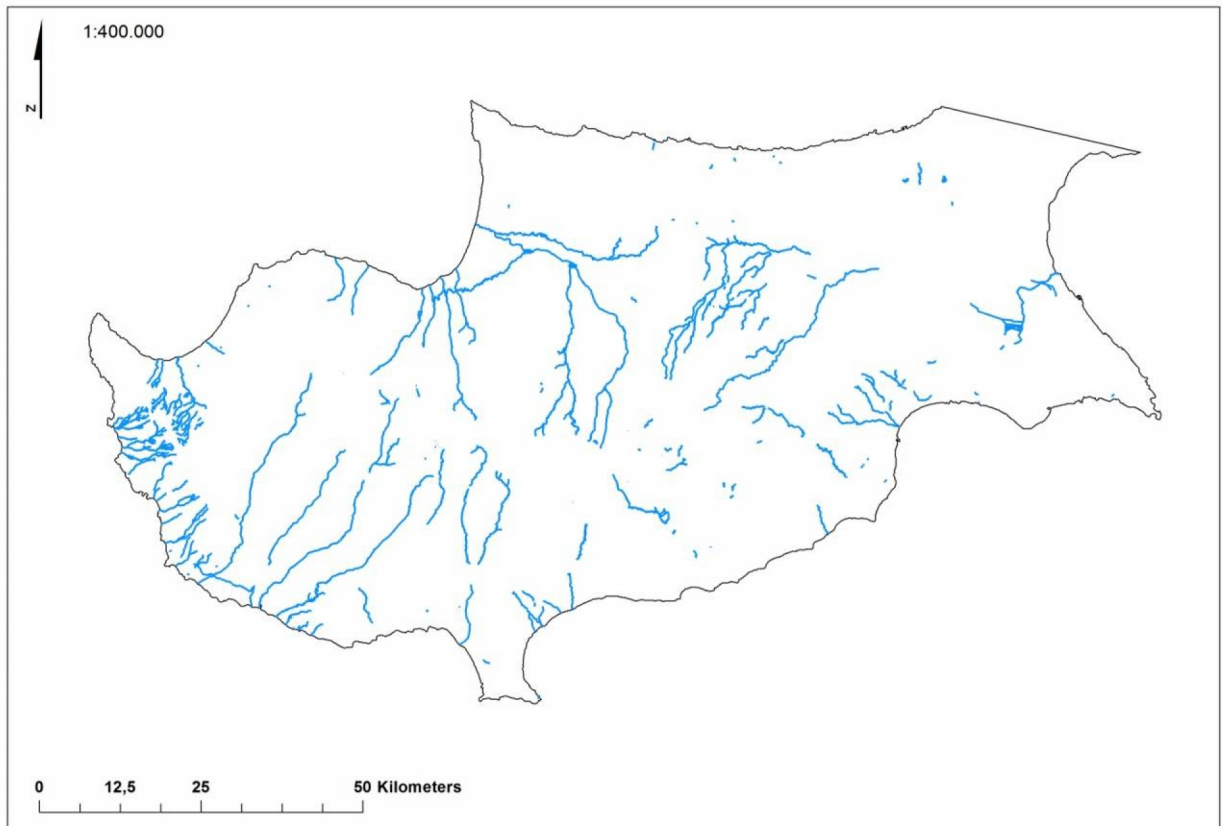
Εικόνα 3.6. Το ψηφιδωτό αρχείο των χρήσεων γης μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m



Εικόνα 3.7. Το ιστόγραμμα του ψηφιδωτού αρχείου των χρήσεων γης

Σύμφωνα με το ιστόγραμμα του αρχείου, η ελάχιστη τιμή ισούται με 1,00 και η μέγιστη τιμή ισούται με 44,00. Η μέση τιμή ισούται με 119,26 και η τυπική απόκλιση ισούται με 8,17

- Διανυσματικό αρχείο του υδρολογικού δικτύου της περιοχής μελέτης διαθέσιμο στην ιστοσελίδα <http://www.geofabrik.de>.



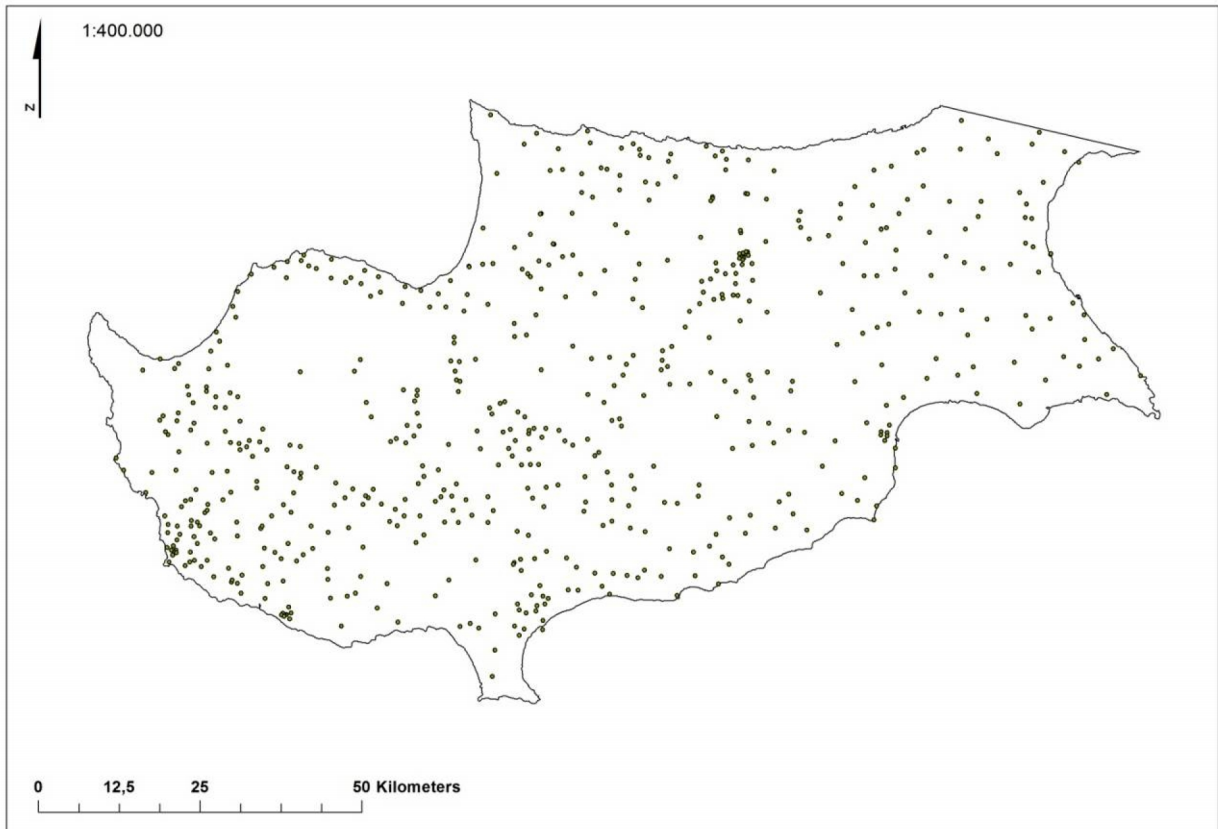
Εικόνα 3.8. Το διανυσματικό αρχείο του υδρολογικού δικτύου της περιοχής μελέτης

- Διανυσματικό αρχείο του οδικού δικτύου της περιοχής μελέτης διαθέσιμο στην ιστοσελίδα <http://www.geofabrik.de>.



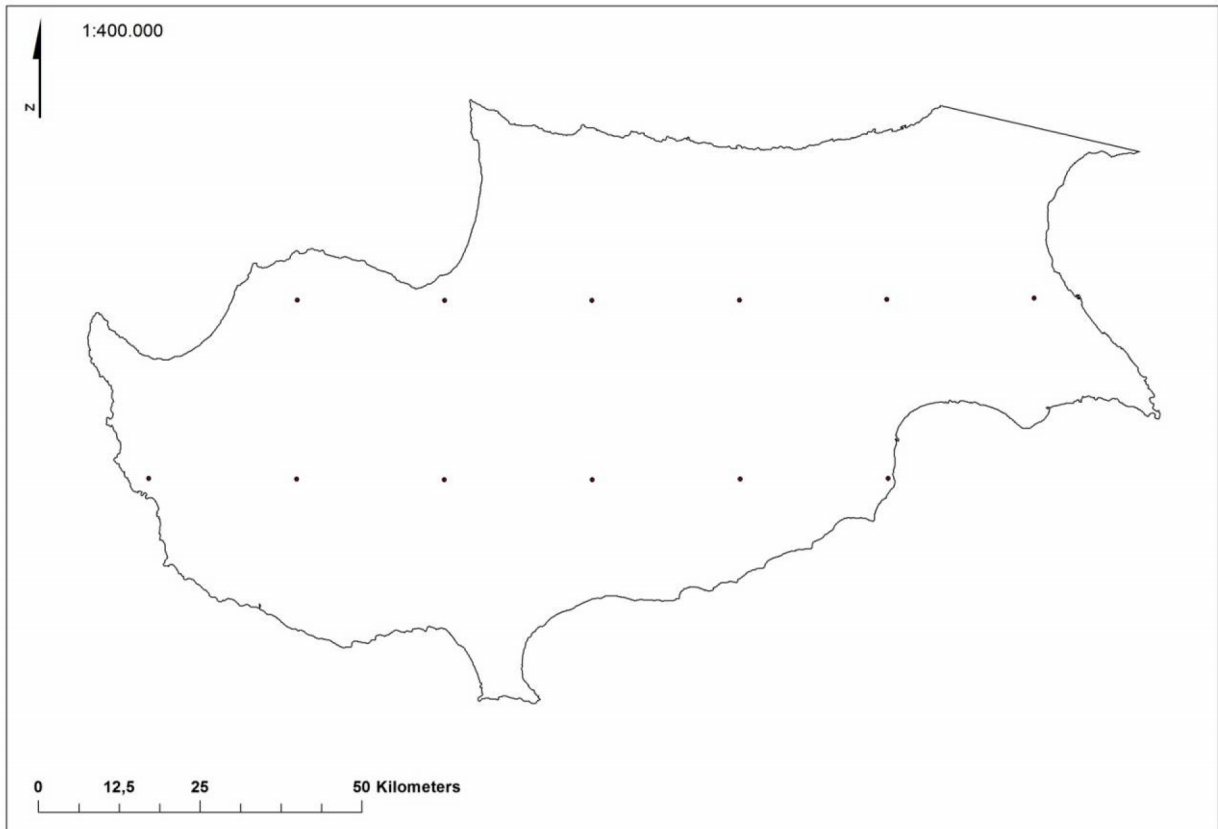
Εικόνα 3.9. Το διανυσματικό αρχείο του οδικού δικτύου της περιοχής μελέτης

- Διανυσματικό αρχείο των οικιστικών συγκεντρώσεων της περιοχής μελέτης διαθέσιμο στην ιστοσελίδα <http://www.geofabrik.de>.



Εικόνα 3.10. Το διανυσματικό αρχείο των οικιστικών συγκεντρώσεων της περιοχής μελέτης

- Διανυσματικό αρχείο, δορυφορικό προϊόν με τα κέντρα των pixel που βρίσκονται εντός της περιοχής μελέτης, στο οποίο υπάρχει ενσωματωμένη η πληροφορία της μέσης βροχόπτωσης σε μονάδες mm, για το χρονικό διάστημα 2000 – 2014. Το αρχείο είναι διαθέσιμο στην ιστοσελίδα της N.A.S.A. http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov/daacbin/G3/gui.cgi?instance_id=GLDAS025_M.



Εικόνα 3.11. Το διανυσματικό αρχείο, δορυφορικό προϊόν με τα κέντρα των pixel που βρίσκονται εντός της περιοχής μελέτης, στο οποίο υπάρχει ενσωματωμένη η πληροφορία της μέσης βροχόπτωσης για το χρονικό διάστημα 2000 – 2014

- Διανυσματικό αρχείο, δορυφορικό προϊόν με τα κέντρα των pixel που βρίσκονται εντός της περιοχής μελέτης, στο οποίο υπάρχει ενσωματωμένη η πληροφορία της μέσης θερμοκρασίας της εδαφικής επιφάνειας (0 cm – 10 cm) σε βαθμούς Κ, για το χρονικό διάστημα 2000 – 2014. Το αρχείο είναι διαθέσιμο στην ιστοσελίδα της N.A.S.A. http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov/daacbin/G3/gui.cgi?instance_id=GLDAS025_M.



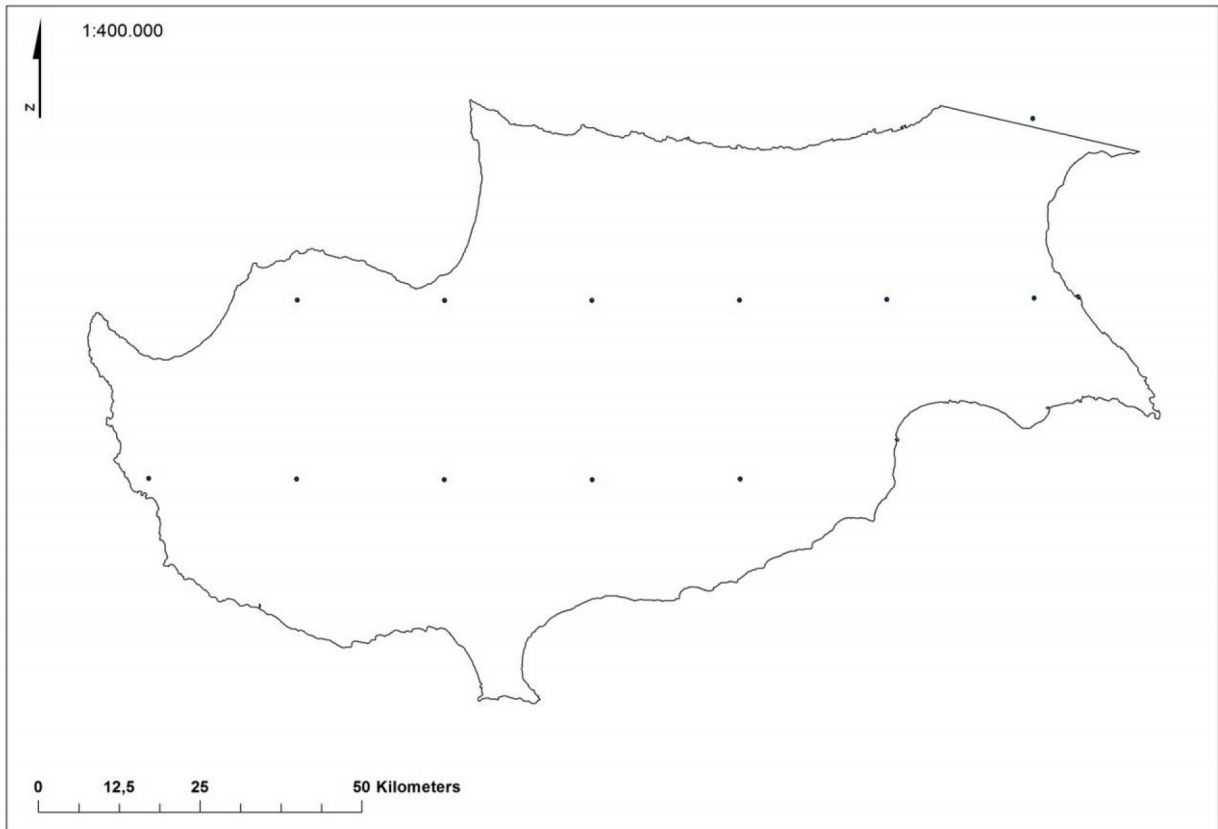
Εικόνα 3.12. Το Διανυσματικό αρχείο, δορυφορικό προϊόν με τα κέντρα των pixel που βρίσκονται εντός της περιοχής μελέτης, στο οποίο υπάρχει ενσωματωμένη η πληροφορία της μέσης θερμοκρασίας της εδαφικής επιφάνειας (0 cm – 10 cm), για το χρονικό διάστημα 2000 – 2014

- Διανυσματικό αρχείο, δορυφορικό προϊόν με τα κέντρα των pixel που βρίσκονται εντός της περιοχής μελέτης, στο οποίο υπάρχει ενσωματωμένη η πληροφορία της συνολικής εξατμισιοδιαπνοής σε μονάδες $\text{Kg/m}^2/\text{s}$, για το χρονικό διάστημα 2000 – 2014. Το αρχείο είναι διαθέσιμο στην ιστοσελίδα της N.A.S.A. http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov/daacbin/G3/gui.cgi?instance_id=GLDAS025_M.



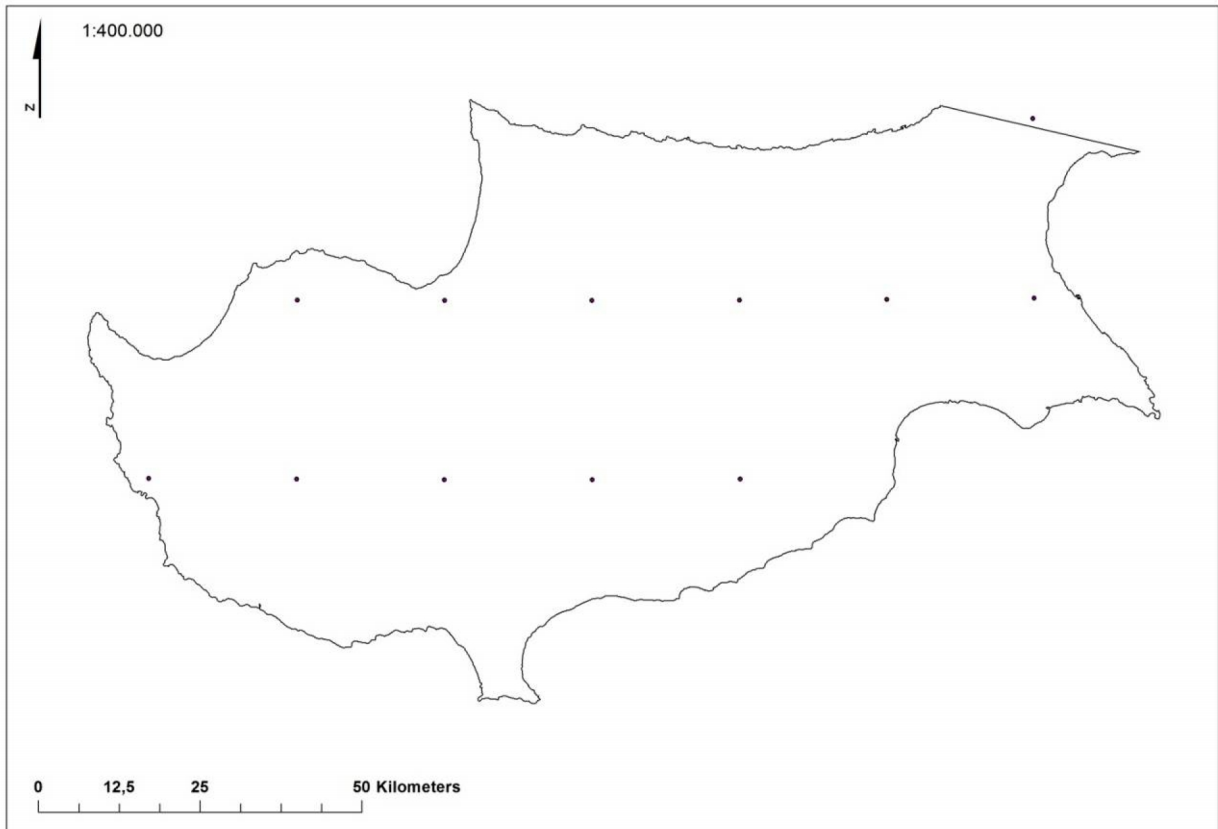
Εικόνα 3.13. Το Διανυσματικό αρχείο, δορυφορικό προϊόν με τα κέντρα των pixel που βρίσκονται εντός της περιοχής μελέτης, στο οποίο υπάρχει ενσωματωμένη η πληροφορία της συνολικής εξατμισιοδιαπνοής για το χρονικό διάστημα 2000 – 2014

- Διανυσματικό αρχείο, δορυφορικό προϊόν με τα κέντρα των pixel που βρίσκονται εντός της περιοχής μελέτης, στο οποίο υπάρχει ενσωματωμένη η πληροφορία της λανθάνουσας θερμότητας του εδάφους σε μονάδες W/m^2 , για το χρονικό διάστημα 2000 – 2014. Το αρχείο είναι διαθέσιμο στην ιστοσελίδα της N.A.S.A. http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov/daacbin/G3/gui.cgi?instance_id=GLDAS025_M.



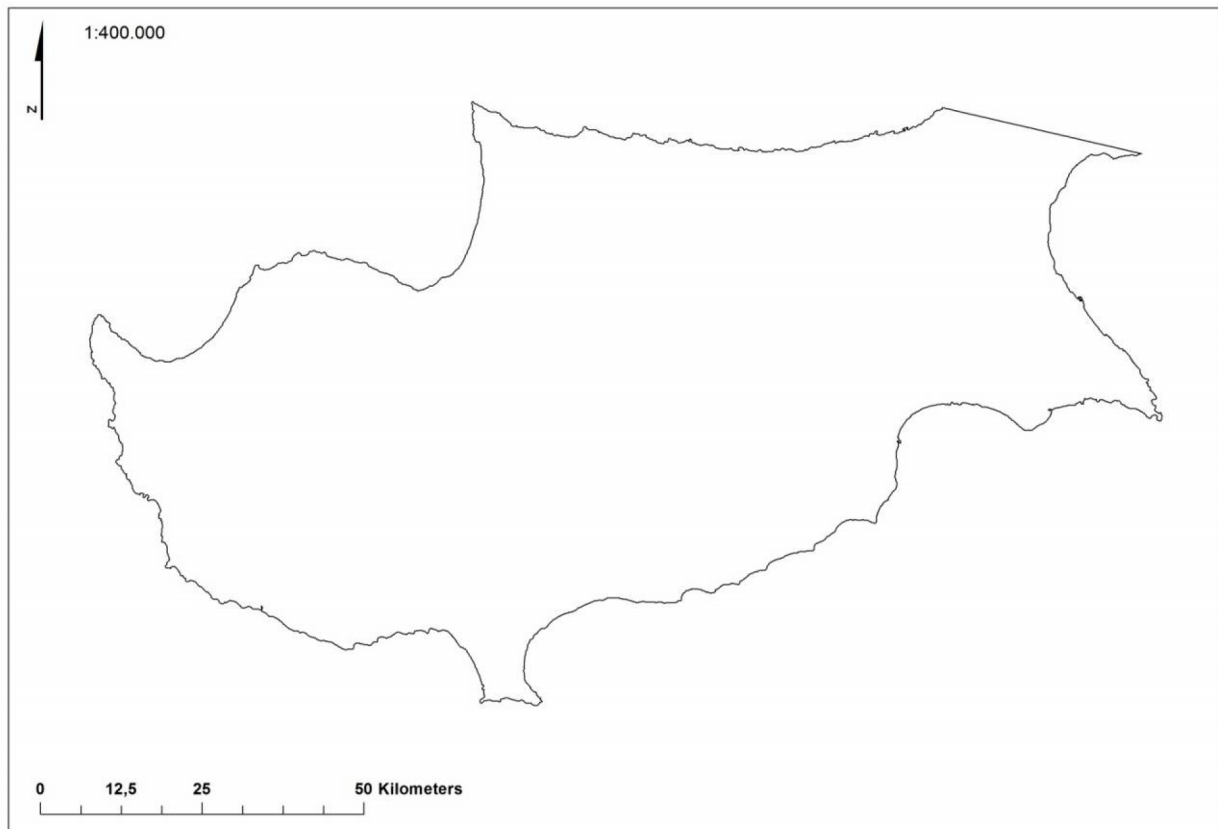
Εικόνα 3.14. Το Διανυσματικό αρχείο, δορυφορικό προϊόν με τα κέντρα των pixel που βρίσκονται εντός της περιοχής μελέτης, στο οποίο υπάρχει ενσωματωμένη η πληροφορία της λανθάνουσας θερμότητας του εδάφους για το χρονικό διάστημα 2000 – 2014

- Διανυσματικό αρχείο, δορυφορικό προϊόν με τα κέντρα των pixel που βρίσκονται εντός της περιοχής μελέτης, στο οποίο υπάρχει ενσωματωμένη η πληροφορία της εδαφικής υγρασίας (0 cm – 10 cm) και σε μονάδες Kg/m^2 , για το χρονικό διάστημα 2000 – 2014. Το αρχείο είναι διαθέσιμο στην ιστοσελίδα της N.A.S.A. http://gdata1.sci.gsfc.nasa.gov/daacbin/G3/gui.cgi?instance_id=GLDAS025_M.



Εικόνα 3.15. Το Διανυσματικό αρχείο, δορυφορικό προϊόν με τα κέντρα των pixel που βρίσκονται εντός της περιοχής μελέτης, στο οποίο υπάρχει ενσωματωμένη η πληροφορία της εδαφικής υγρασίας (0 cm – 10 cm) για το χρονικό διάστημα 2000 – 2014

- Πολυγωνικό διανυσματικό αρχείο της ακτογραμμής της περιοχής μελέτης, το οποίο είναι διαθέσιμο στην ιστοσελίδα του Ευρωπαϊκού οργανισμού περιβάλλοντος, <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eea-reference-grids-2/gis-files/cyprus-shapefile>



Εικόνα 3.16. Το πολυγωνικό διανυσματικό αρχείο της ακτογραμμής της περιοχής μελέτης

3.4.2. Παράγωγα δεδομένα

Δείκτες βλάστησης

Ο δείκτης βλάστησης, προκύπτει από τον υπολογισμό του ορατού και του εγγύς υπέρυθρου μέρους του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος το οποίο ανακλάται από τη βλάστηση. Η υγιής βλάστηση, απορροφά το περισσότερο μέρος του ορατού και ανακλά μεγάλο μέρος του εγγύς υπέρυθρου. Μη υγιής ή αραιή βλάστηση ανακλά περισσότερο στο ορατό μέρος του φάσματος και λιγότερο στο εγγύς υπέρυθρο.

Ο δείκτης βλάστησης, υπολογίζεται από το λόγο της διαφοράς του εγγύς υπέρυθρου μείον την ορατή ακτινοβολία προς το εγγύς υπέρυθρο συν το ορατό μέρος του φάσματος.

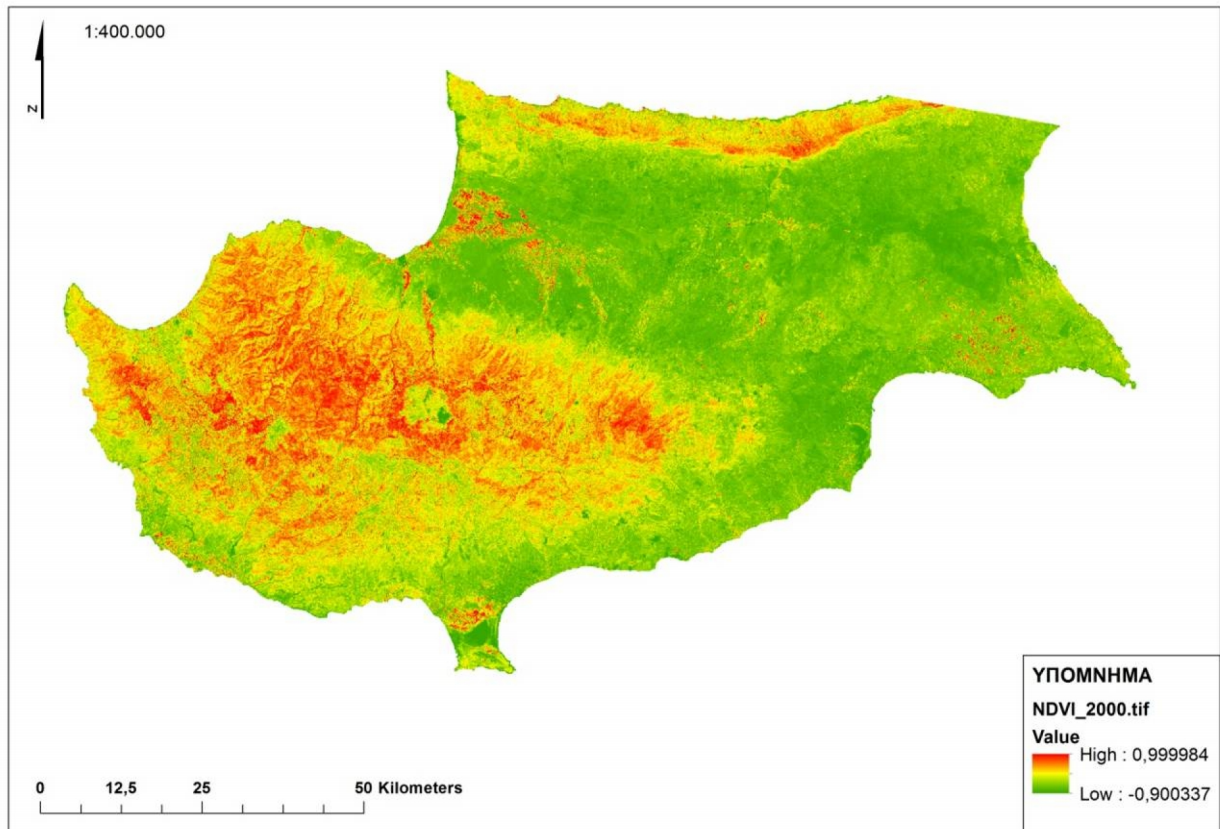
Σχεδόν όλοι οι δείκτες βλάστησης που προέρχονται από δεδομένα τηλεπισκόπησης, χρησιμοποιούν την παραπάνω φόρμουλα. Το αποτέλεσμα, είναι ο κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης (N.D.V.I.), του οποίου η μαθηματική έκφραση είναι:

$$NDVI = (NIR - VIS) / (NIR + VIS)$$

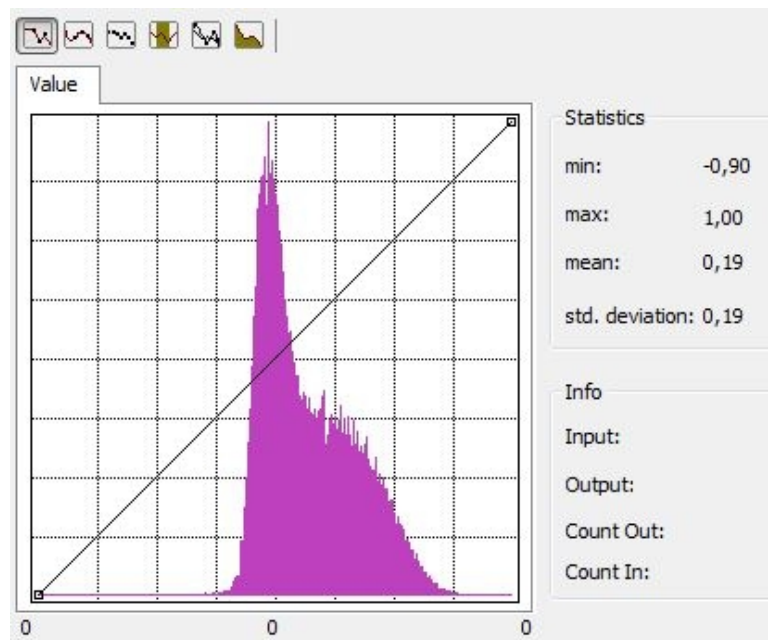
Οι τιμές του δείκτη N.D.V.I. κυμαίνονται από -1 έως +1. Καθόλου βλάστηση δίνει τιμές κοντά στο 0. Μηδενικές τιμές του δείκτη, υποδηλώνουν καθόλου βλάστηση, ενώ τιμές κοντά στο +1 σημαίνουν την μέγιστη δυνατή πυκνότητα βλάστησης (*NASA earth observatory, 2000*).

Ο δείκτης N.D.V.I. είναι ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος φασματικός δείκτης για την περιγραφή της πράσινης βιομάζας μέσω δεδομένων τηλεπισκόπησης. Παρουσιάζει υψηλή συσχέτιση με παραμέτρους της βλάστησης, όπως η πράσινη βιομάζα και η πράσινη επιφάνεια των φύλλων των φυτών και έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για την παρακολούθηση της πράσινης βιομάζας σε διάφορες περιοχές του πλανήτη. Ως λόγος είναι ιδιαίτερα εύρωστος στις επιρροές του αναγλύφου και των διακυμάνσεων της ακτινοβολίας, αλλά δεν εξαλείφει τις επιδράσεις της ατμόσφαιρας. Χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της κατάστασης της πράσινης βιομάζας και των ετήσιων αλλαγών της και για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την ανάπτυξη τάσεων της ανάπτυξης της βιομάζας. Το μειονέκτημα που παρουσιάζει, είναι πως δεν μπορεί να απαντήσει στο ερώτημα εάν η υποβάθμιση οφείλεται σε φυσικούς ή ανθρωπογενείς παράγοντες (*Geerken και Piaiwi, 2004*).

- Δείκτης βλάστησης (δορυφορική εικόνα με ημερομηνία λήψης 11.05.2000).



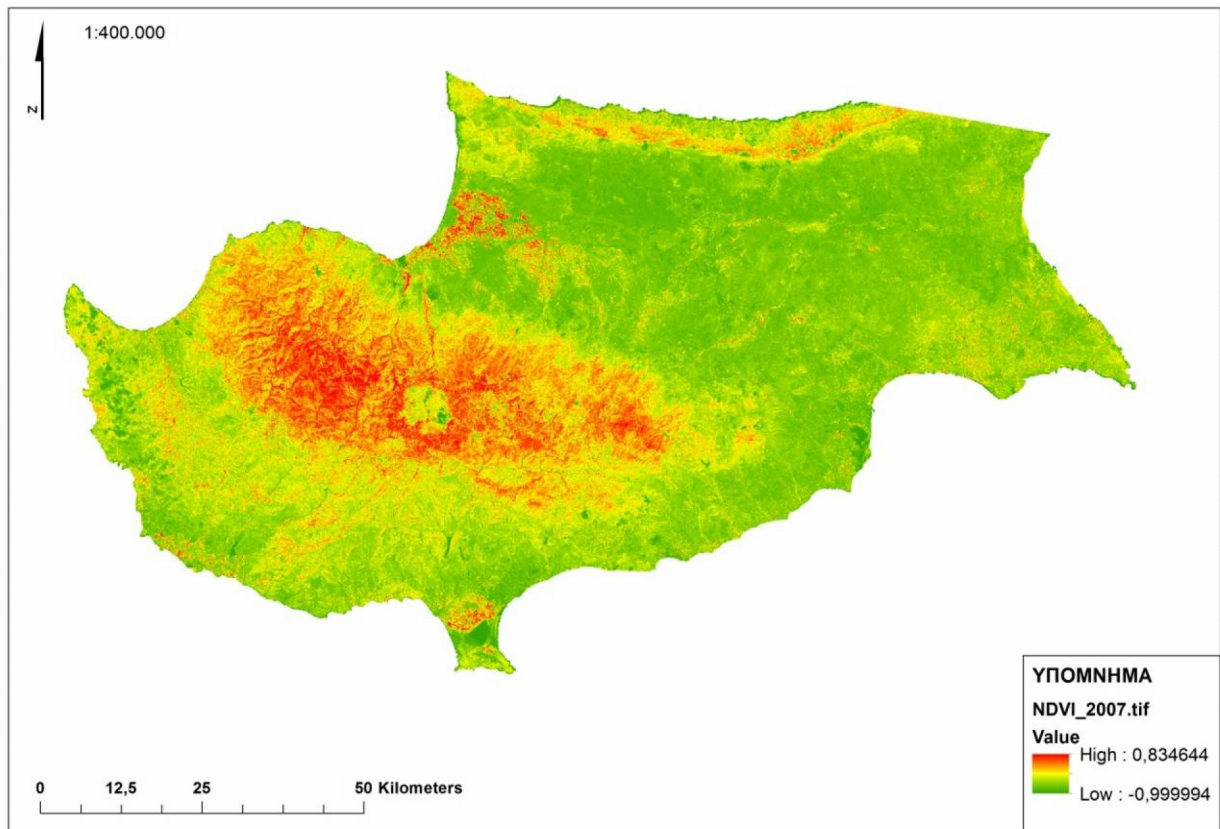
Εικόνα 3.17. Ο δείκτης βλάστησης που αντιστοιχεί στη δορυφορική εικόνα με ημερομηνία λήψης 11.05.2000



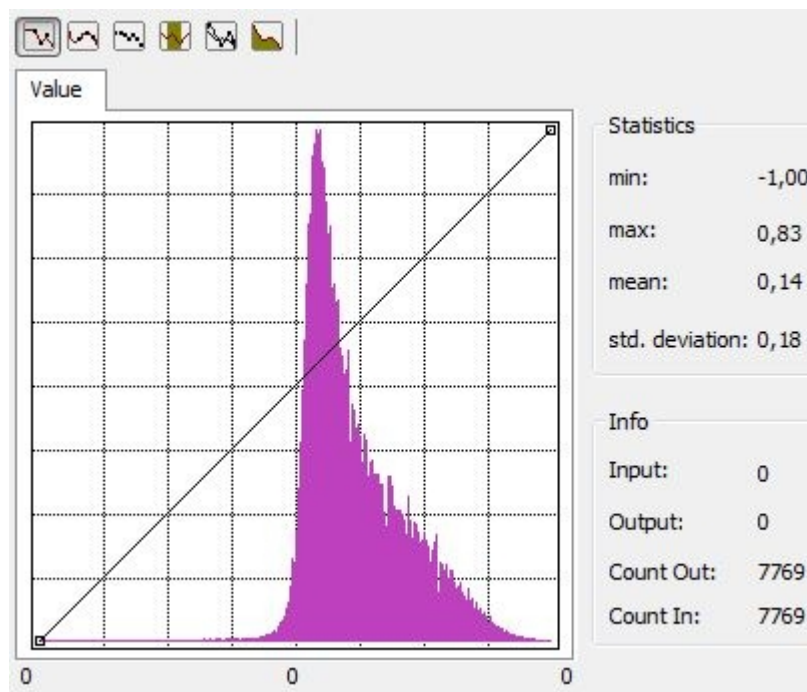
Εικόνα 3.18. Το ιστόγραμμα του δείκτη βλάστησης που αντιστοιχεί στη δορυφορική εικόνα με ημερομηνία λήψης 11.05.2000

Όπως προκύπτει από το ιστόγραμμα του αρχείου, η ελάχιστη τιμή ισούται με -0,90 και η μέγιστη τιμή ισούται με 1,00. Η μέση τιμή ισούται με 0,19 και η τυπική απόκλιση ισούται με 0,19.

- Δείκτης βλάστησης (δορυφορική εικόνα με ημερομηνία λήψης 31.05.2007).



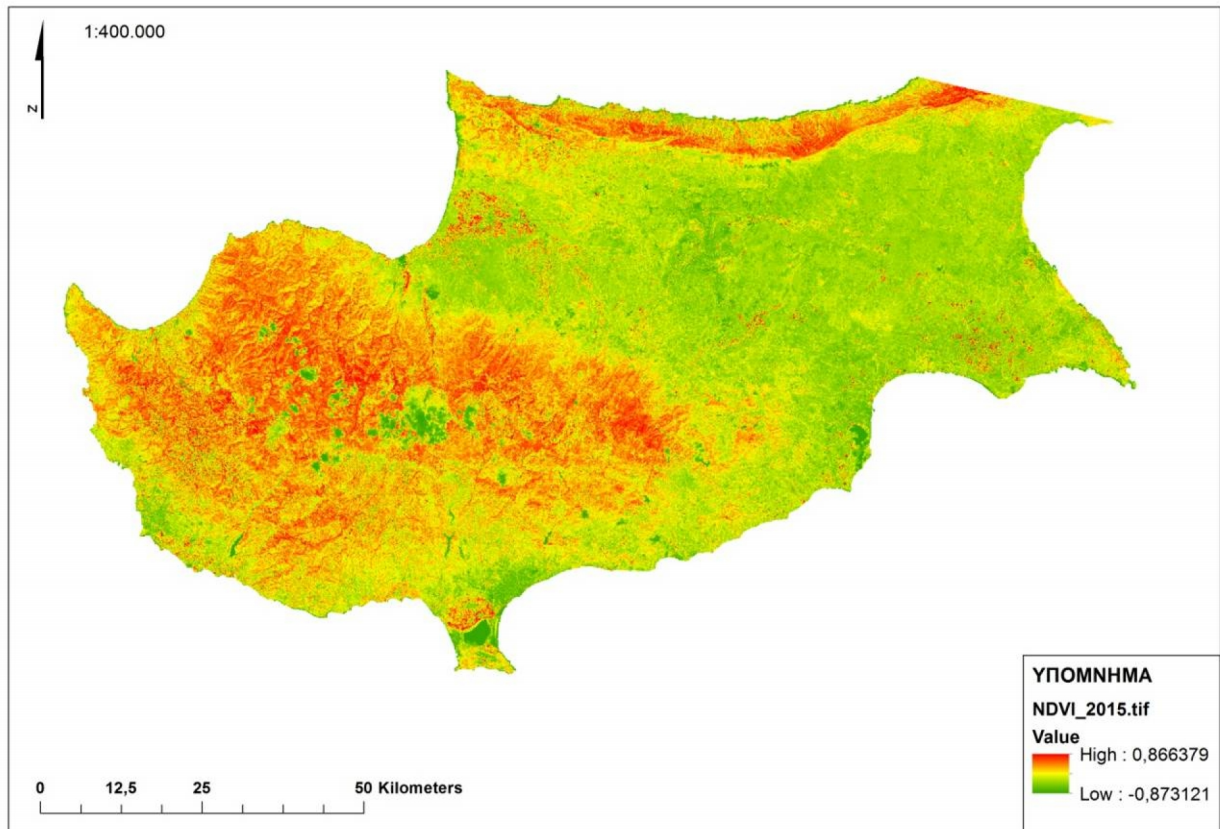
Εικόνα 3.19. Ο δείκτης βλάστησης που αντιστοιχεί στη δορυφορική εικόνα με ημερομηνία λήψης 31.05.2007



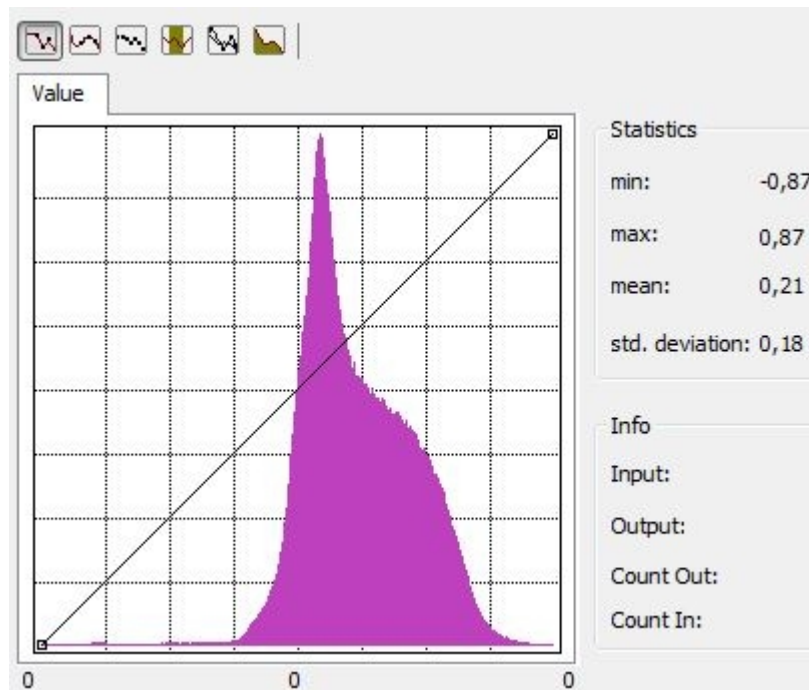
Εικόνα 3.20. Το ιστόγραμμα του δείκτη βλάστησης που αντιστοιχεί στη δορυφορική εικόνα με ημερομηνία λήψης 31.05.2007

Όπως προκύπτει από το ιστόγραμμα του αρχείου, η ελάχιστη τιμή ισούται με -1,00 και η μέγιστη τιμή ισούται με 0,83. Η μέση τιμή ισούται με 0,14 και η τυπική απόκλιση ισούται με 0,18.

- Δείκτης βλάστησης (δορυφορική εικόνα με ημερομηνία λήψης 05.05.2015).



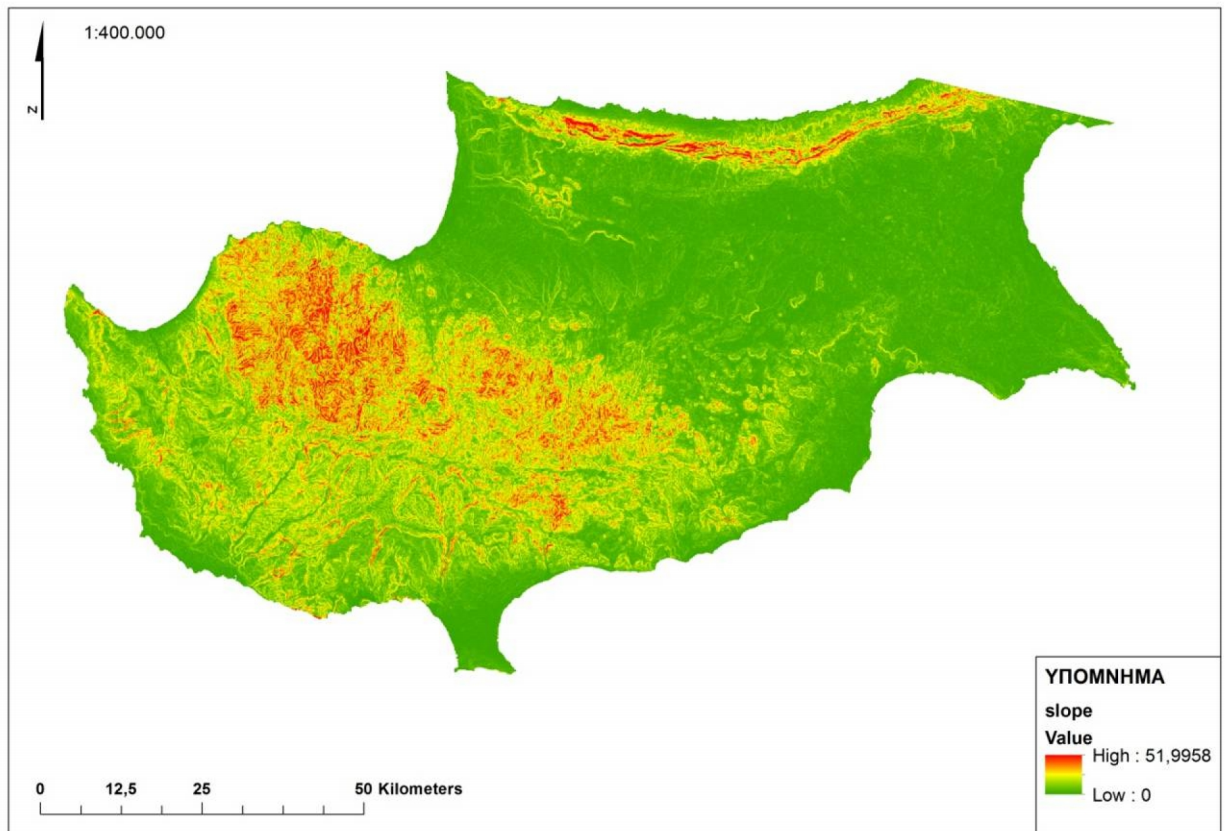
Εικόνα 3.21. Ο δείκτης βλάστησης που αντιστοιχεί στη δορυφορική εικόνα με ημερομηνία λήψης 05.05.2015



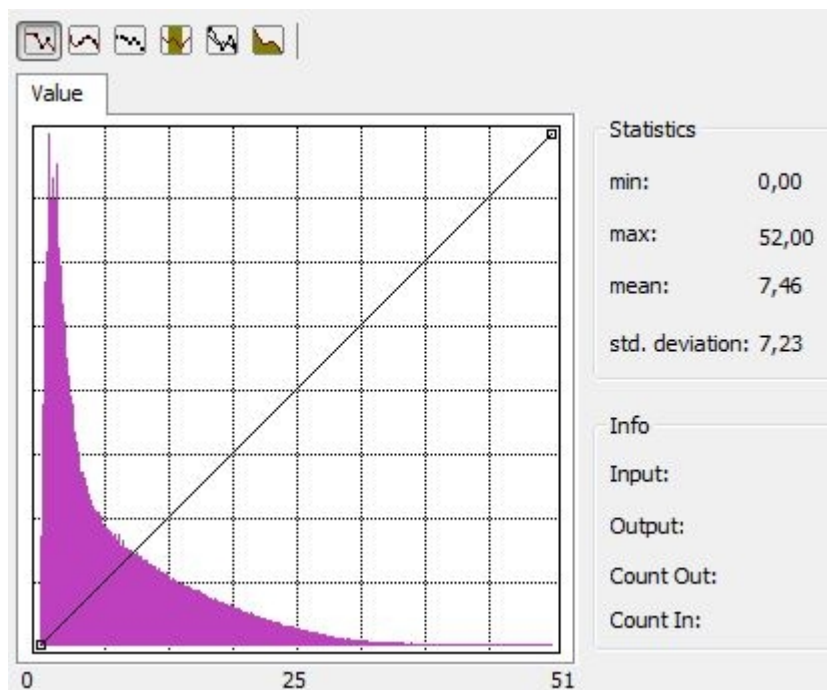
Εικόνα 3.22. Το ιστόγραμμα του δείκτη βλάστησης που αντιστοιχεί στη δορυφορική εικόνα με ημερομηνία λήψης 05.05.2015

Όπως προκύπτει από το ιστόγραμμα του αρχείου, η ελάχιστη τιμή ισούται με $-0,87$ και η μέγιστη τιμή ισούται με $0,87$. Η μέση τιμή ισούται με $0,21$ και η τυπική απόκλιση ισούται με $0,18$.

- Ψηφιακό πλεγματοειδές αρχείο των κλίσεων του εδάφους της περιοχής μελέτης, εκφρασμένων σε μοίρες, μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m , το οποίο παρήχθη από την επεξεργασία του αρχείου του ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου εδάφους. Η κλίση αποτελεί την τιμή της μέγιστης μεταβολής της τιμής του υψομέτρου για κάθε εικονοστοιχείο. Σε περιβάλλον Σ.Γ.Π. η πιο αποτελεσματική μέθοδος προσδιορισμού του μέτρου της κλίσης είναι η χρήση ενός ψηφιακού μοντέλου εδάφους (Warren, Hohmann, Auerswald και Mitsova, 2004).



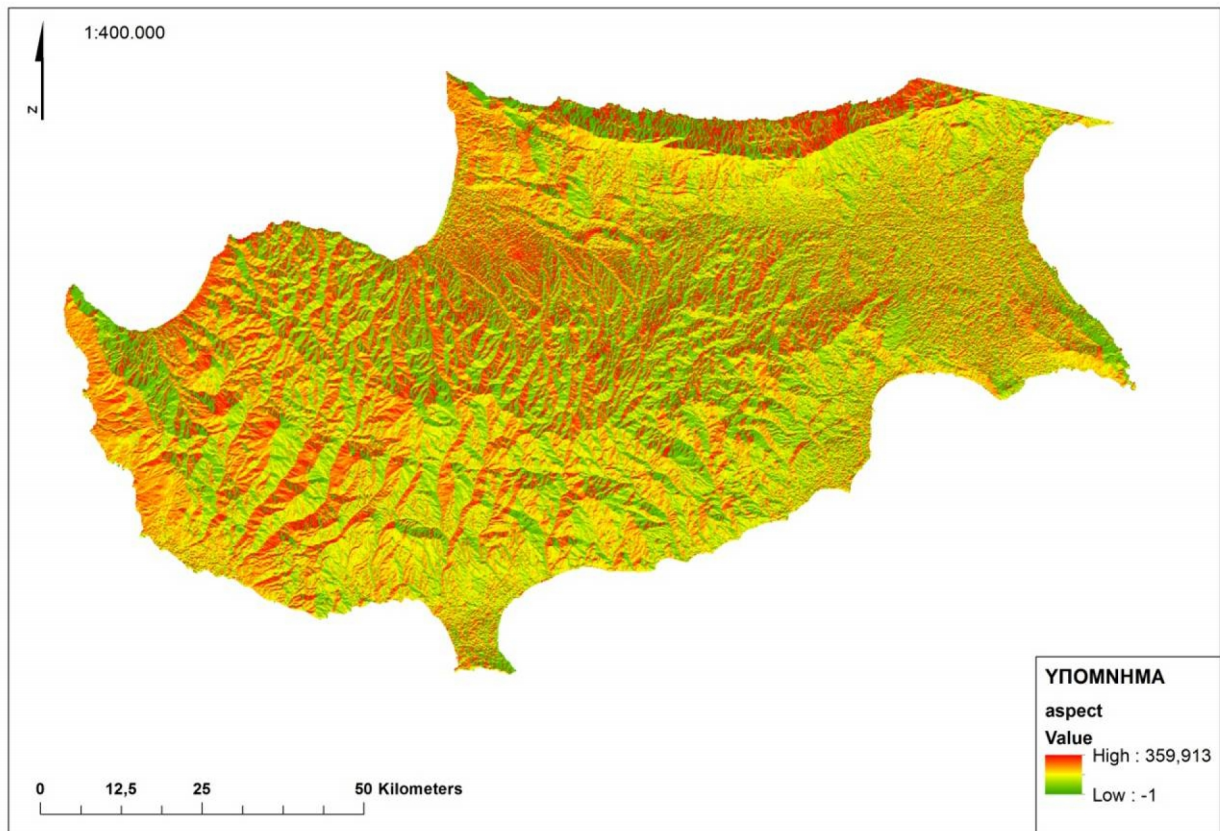
Εικόνα 3.23. Το ψηφιακό πλεγματοεικόνη των κλίσεων του εδάφους της περιοχής μελέτης, μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m



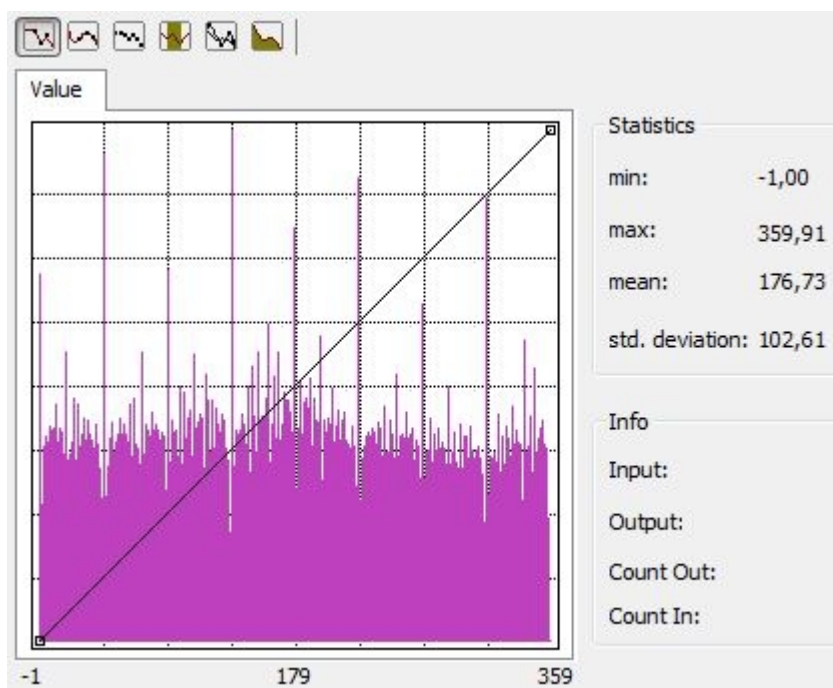
Εικόνα 3.24. Το ιστόγραμμα του ψηφιακού πλεγματού αρχείου των κλίσεων του εδάφους της περιοχής μελέτης

Όπως προκύπτει από το ιστόγραμμα του αρχείου, η ελάχιστη τιμή ισούται με 0° και η μέγιστη τιμή ισούται με 52° . Η μέση τιμή ισούται με $7,46^\circ$ και η τυπική απόκλιση ισούται με $7,23^\circ$.

- Ψηφιακό πλεγματού αρχείο του προσανατολισμού των πλαγιών της περιοχής μελέτης, εκφρασμένων σε μοίρες, μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m, το οποίο παρήχθηκε από την επεξεργασία του αρχείου του ψηφιακού υψομετρικού μοντέλου εδάφους. Ο προσανατολισμός των πλαγιών αποτελεί τη διεύθυνση του διανύσματος της κλίσης.



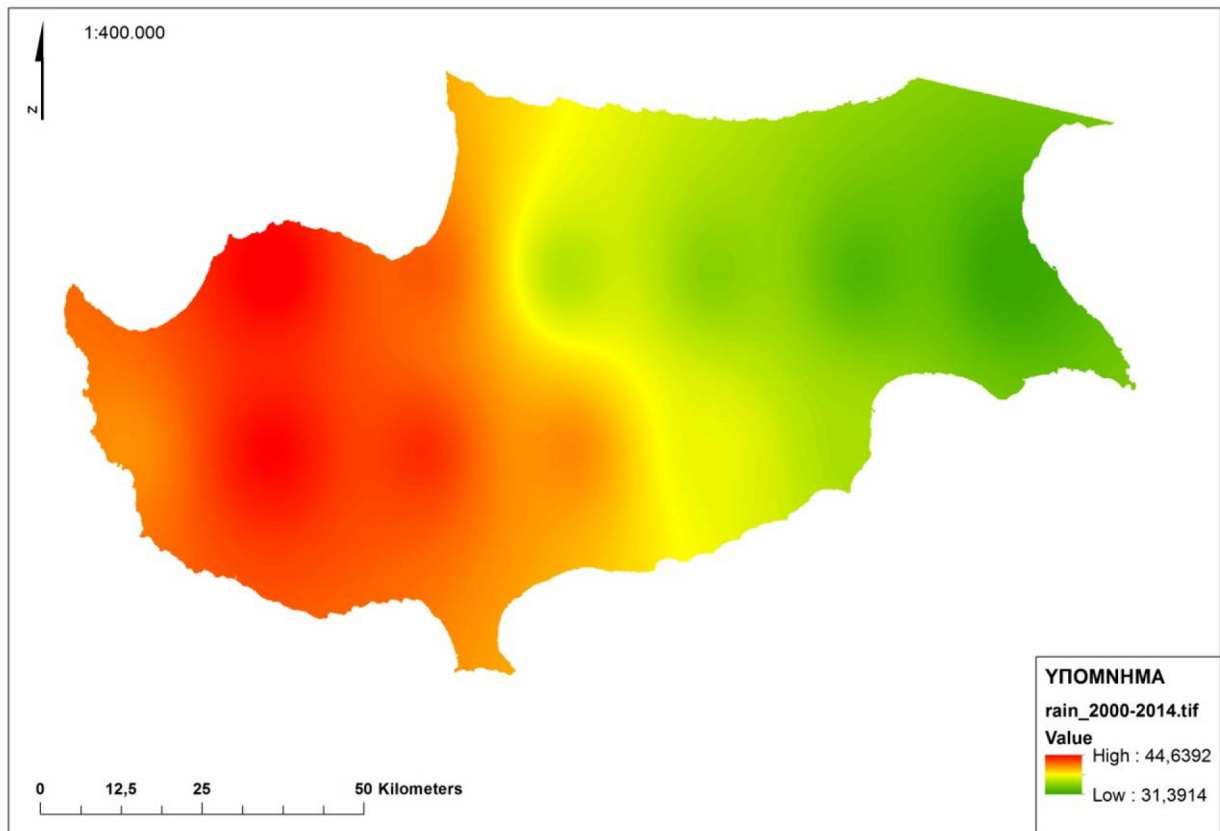
Εικόνα 3.25. Το ψηφιακό πλεγματο αρχείο του προσανατολισμού των πλαγιών της περιοχής μελέτης, μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m



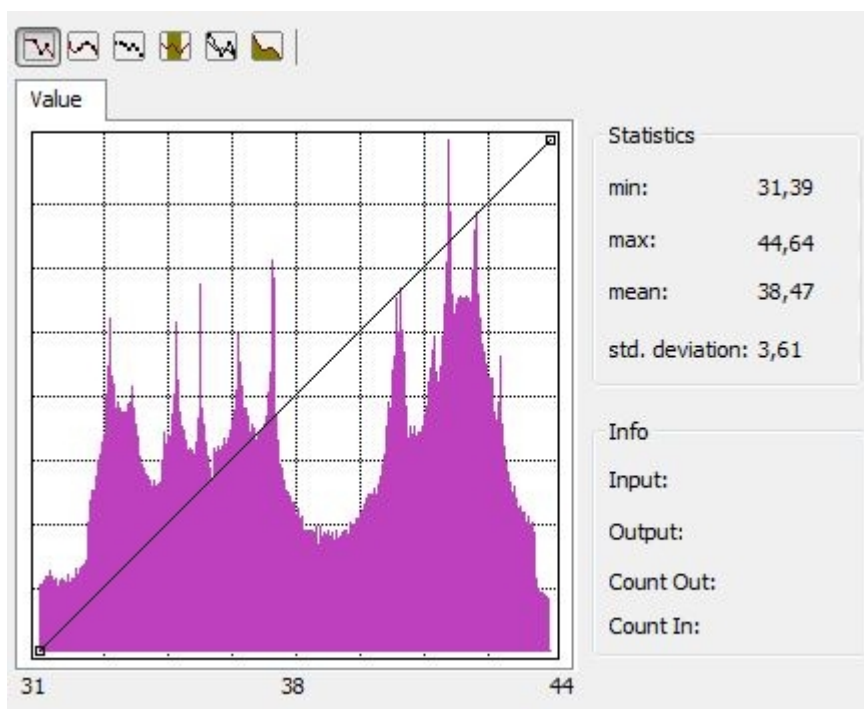
Εικόνα 3.26. Το ιστόγραμμα του ψηφιακού πλεγματού αρχείου του προσανατολισμού των πλαγιών της περιοχής μελέτης

Όπως προκύπτει από το ιστόγραμμα του αρχείου, η ελάχιστη τιμή ισούται με $-1,00$ και η μέγιστη τιμή ισούται με $359,91^{\circ}$. Η μέση τιμή ισούται με $176,63^{\circ}$ και η τυπική απόκλιση ισούται με $102,61^{\circ}$.

- Ψηφιακό πλεγματού αρχείο τη μέσης βροχόπτωσης στην περιοχή μελέτης, σε μονάδες mm, μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m, το οποίο παρήχθη από το αρχείο στο οποίο υπάρχει ενσωματωμένη η πληροφορία της μέσης βροχόπτωσης για το χρονικό διάστημα 2000 – 2014.



Εικόνα 3.27. Το ψηφιακό πλεγματοεικόνη της μέσης βροχόπτωσης στην περιοχή μελέτης, την περίοδο 2000 – 2014 μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m



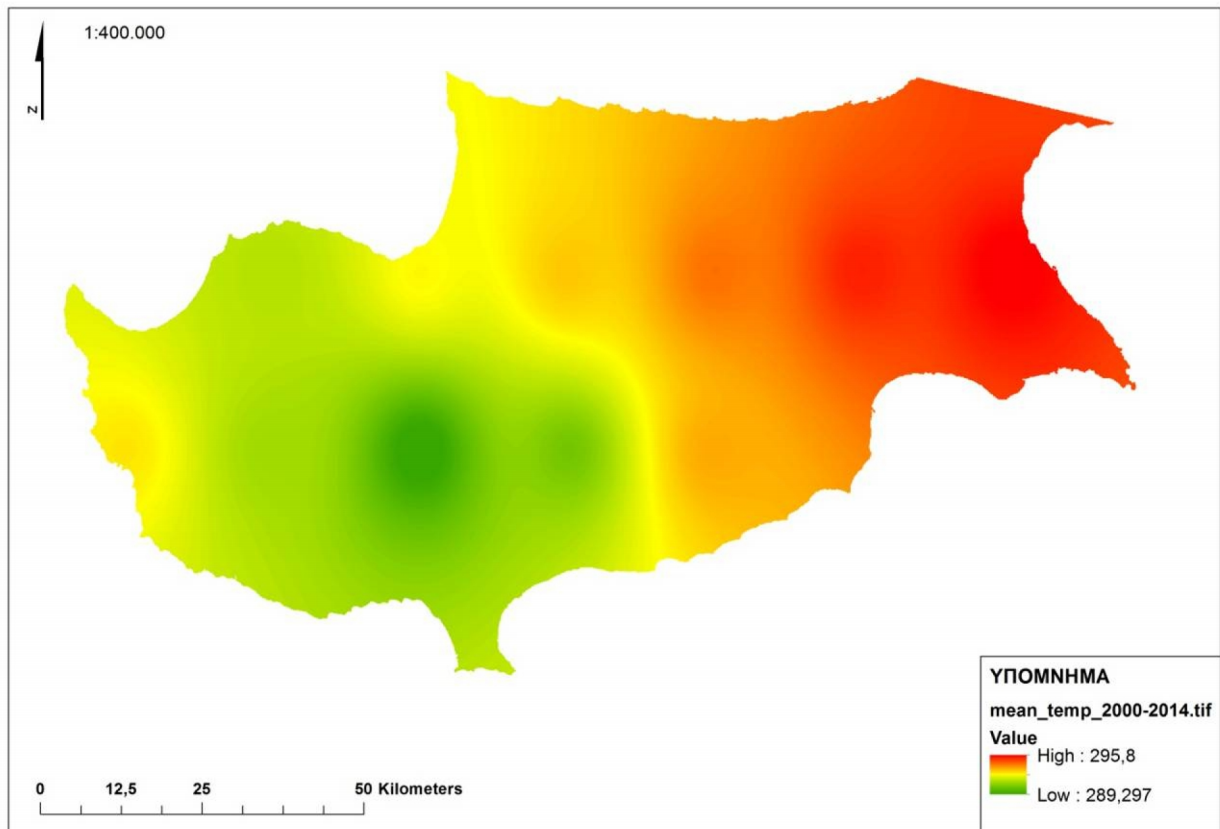
Εικόνα 3.28. Το ιστόγραμμα του ψηφιακού πλεγματού αρχείου της μέσης βροχόπτωσης την περίοδο 2000 – 2014 στην περιοχή μελέτης

Όπως προκύπτει από το ιστόγραμμα του αρχείου, η ελάχιστη τιμή ισούται με 31,390 mm και η μέγιστη τιμή ισούται με 44,64 mm. Η μέση τιμή ισούται με 38,47 mm και η τυπική απόκλιση, ισούται με 3,61 mm.

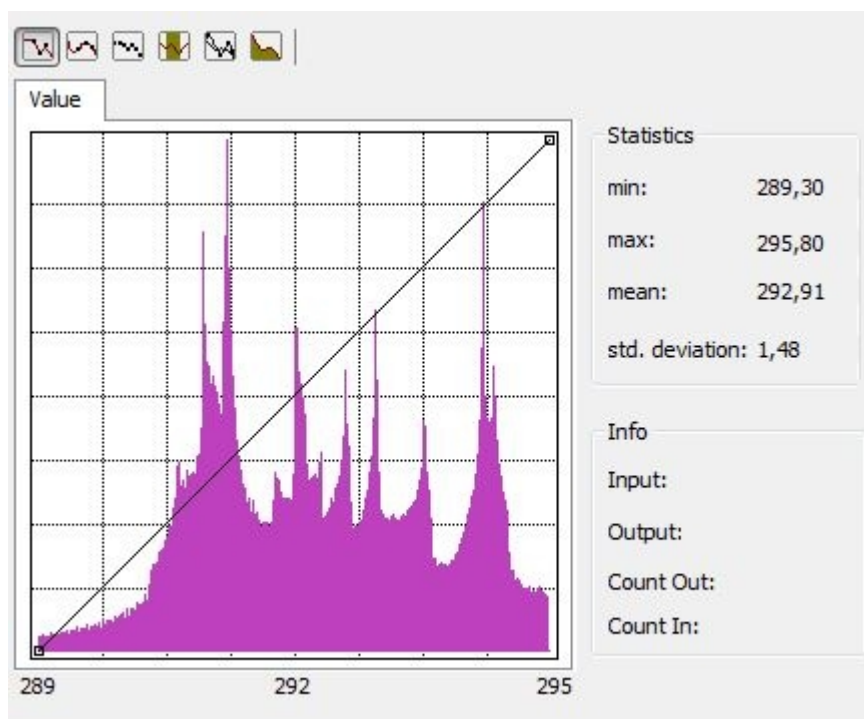
- Ψηφιακό πλεγματού αρχείο τη μέσης θερμοκρασίας της εδαφικής επιφάνειας (0 cm – 10 cm) της περιοχή μελέτης, σε βαθμούς Κ, μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m, το οποίο παρήχθη από το αρχείο στο οποίο υπάρχει ενσωματωμένη η πληροφορία της μέσης θερμοκρασίας για το χρονικό διάστημα 2000 – 2014.

Για τον υπολογισμό της μέσης θερμοκρασίας στις ενδιάμεσες περιοχές των σταθμών, όπως και στα υπόλοιπα αρχεία που ακολουθούν, χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της παρεμβολής, με χρήση της μεθόδου Inverse distance weighted στο λογισμικό ArcMap. Η μέθοδος I.D.W. υποθέτει πως τα αντικείμενα που βρίσκονται σε κοντινές αποστάσεις μεταξύ τους, τείνουν να

μοιάζουν σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι αντικείμενα που βρίσκονται σε μακρινές αποστάσεις. Για τον υπολογισμό της τιμής οποιασδήποτε τοποθεσίας για την οποία δεν υπάρχουν μετρήσεις, η μέθοδος I.D.W. χρησιμοποιεί τις τιμές των γειτονικών σημείων. Οι τιμές που βρίσκονται σε κοντινές αποστάσεις από το σημείο για το οποίο γίνεται ο υπολογισμός, επηρεάζουν σε μεγαλύτερο βαθμό το τελικό αποτέλεσμα, από ότι τιμές που βρίσκονται σε μακρινές αποστάσεις (Li και Deogun, 2003).



Εικόνα 3.29. Το ψηφιακό πλεγματικό αρχείο τη μέσης θερμοκρασίας της εδαφικής επιφάνειας (0 cm – 10 cm) στην περιοχή μελέτης, την περίοδο 2000 – 2014 μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m



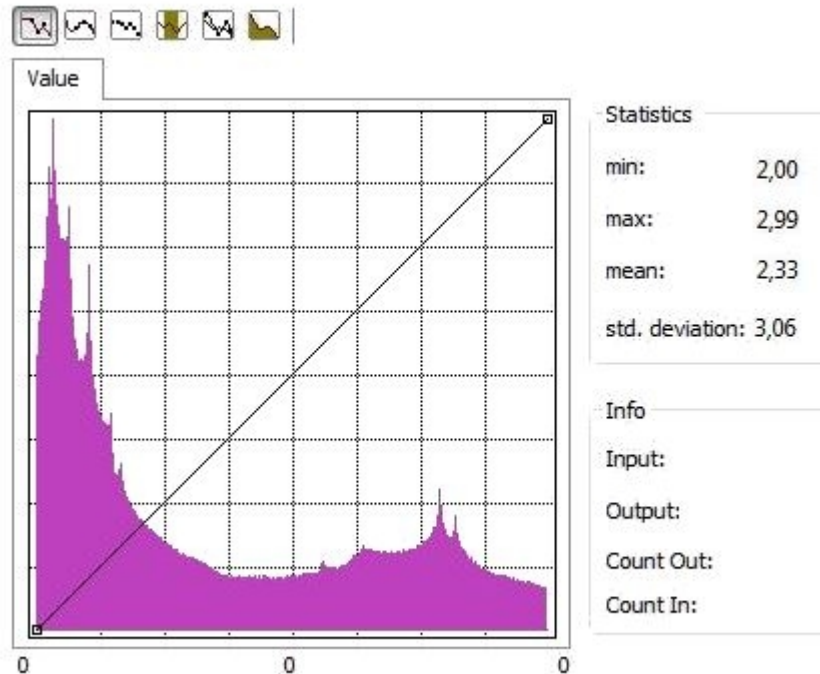
Εικόνα 3.30. Το ιστόγραμμα του ψηφιακού πλεγματού αρχείου της μέσης θερμοκρασίας της εδαφικής επιφάνειας (0cm – 10cm) στην περιοχή μελέτης την περίοδο 2000 – 2014

Όπως προκύπτει από το ιστόγραμμα του αρχείου, η ελάχιστη τιμή ισούται με 289,30 K και η μέγιστη τιμή ισούται με 295,80 K. Η μέση τιμή ισούται με 292,91 K και η τυπική απόκλιση ισούται με 1,48 K.

- Ψηφιακό πλεγματού αρχείο της συνολικής εξατμισιοδιαπνοής στην περιοχή μελέτης, σε μονάδες $\text{kg/m}^2/\text{s}$, μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m, το οποίο παρήχθη από το αρχείο στο οποίο υπάρχει ενσωματωμένη η πληροφορία της εξατμισιοδιαπνοής για το χρονικό διάστημα 2000 – 2014.



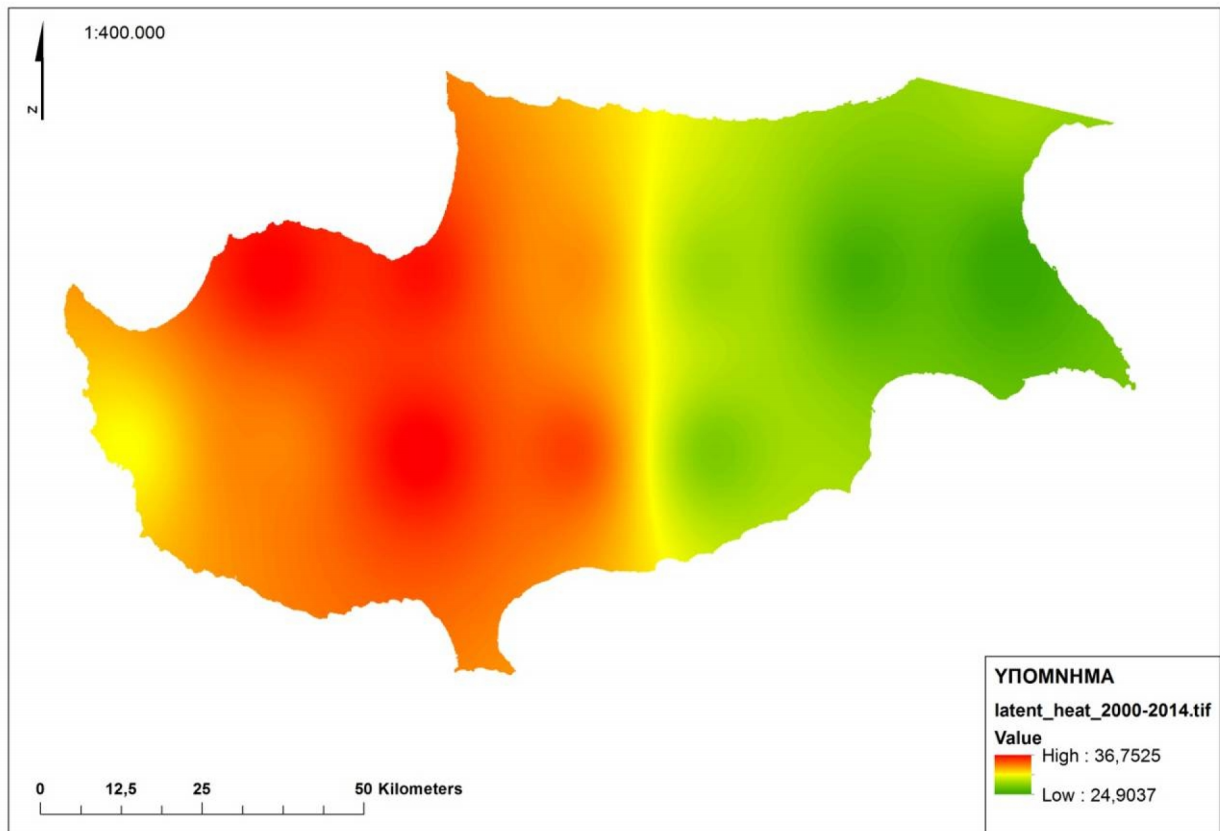
Εικόνα 3.31. Το ψηφιακό πλεγματικό αρχείο της συνολικής εξατμισιοδιαπνοής στην περιοχή μελέτης, την περίοδο 2000 – 2014 μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m



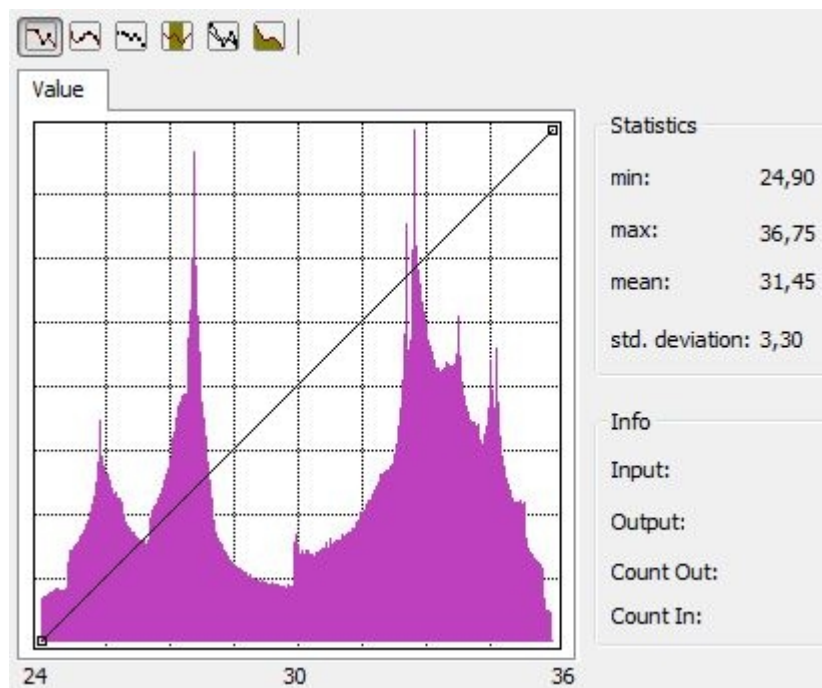
Εικόνα 3.32. Το ιστόγραμμα του ψηφιακού πλεγματού αρχείου της συνολικής εξατμισιοδιαπνοής στην περιοχή μελέτης

Όπως προκύπτει από το ιστόγραμμα του αρχείου, η ελάχιστη τιμή ισούται με $2,00 \text{ kg/m}^2/\text{s}$ και η μέγιστη τιμή ισούται με $2,99 \text{ kg/m}^2/\text{s}$. Η μέση τιμή ισούται με $2,33 \text{ kg/m}^2/\text{s}$ και η τυπική απόκλιση ισούται με $3,06 \text{ kg/m}^2/\text{s}$.

- Ψηφιακό πλεγματού αρχείο της λανθάνουσας θερμότητας του εδάφους στην περιοχή μελέτης, σε μονάδες W/m^2 , μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m , το οποίο παρήχθη από το αρχείο στο οποίο υπάρχει ενσωματωμένη η πληροφορία της λανθάνουσας θερμότητας του εδάφους για το χρονικό διάστημα $2000 - 2014$.



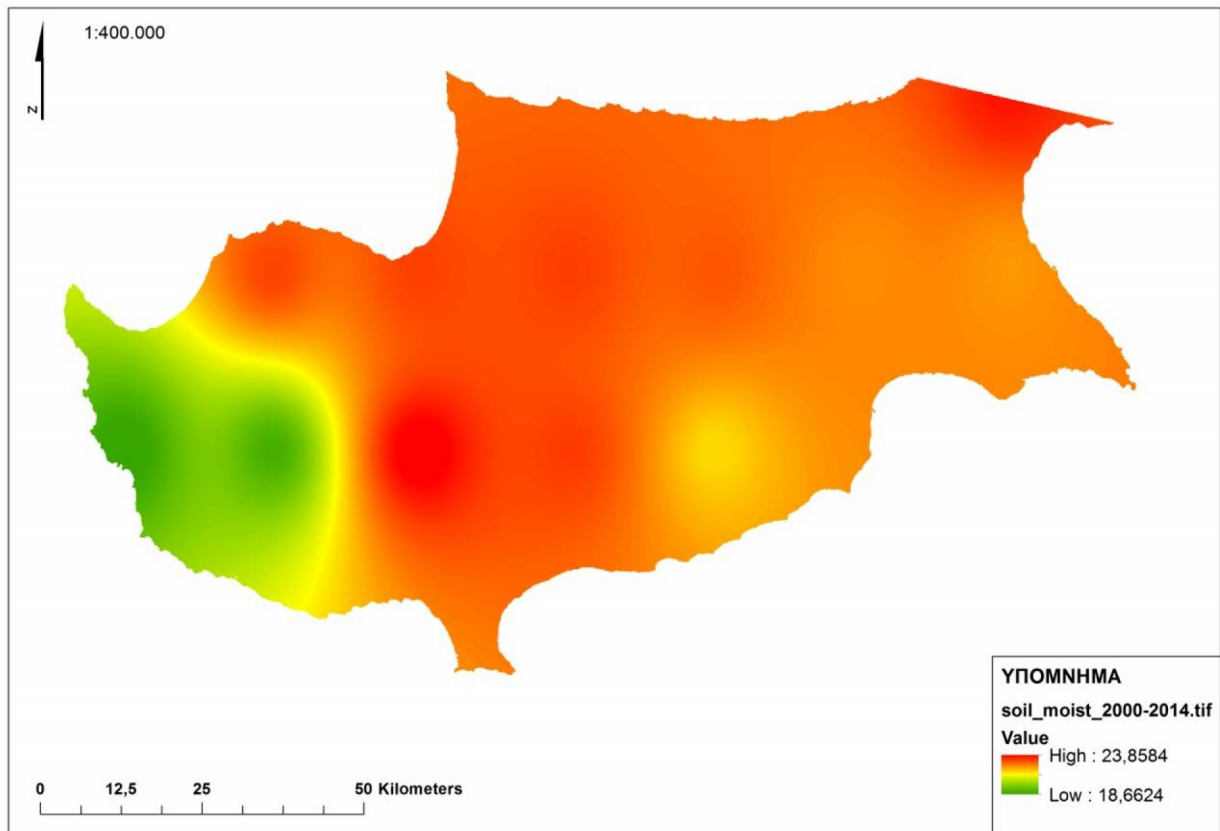
Εικόνα 3.33. Το ψηφιακό πλεγματικό αρχείο της λανθάνουσας θερμότητας του εδάφους στην περιοχή μελέτης, την περίοδο 2000 – 2014 μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m



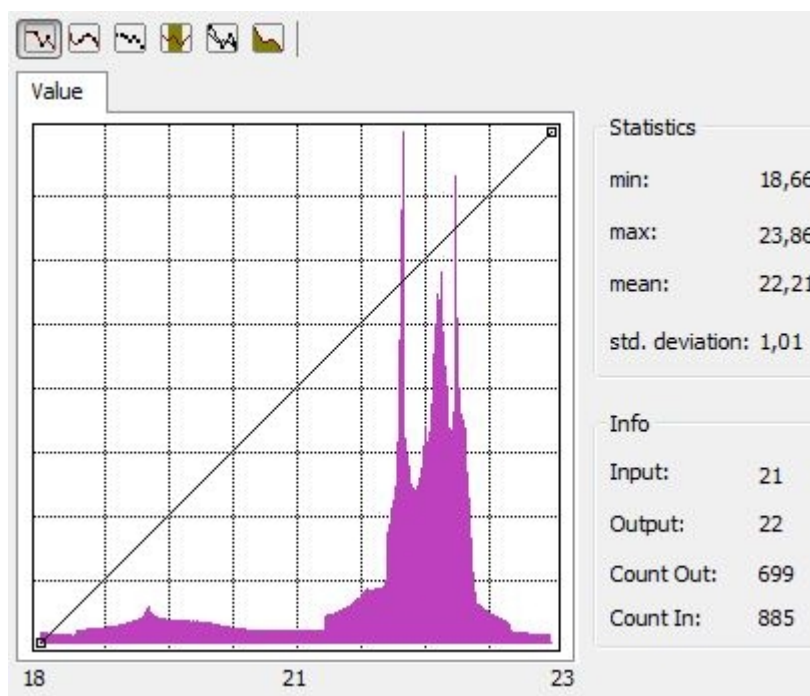
Εικόνα 3.34. Το ιστόγραμμα του ψηφιακού πλεγματού αρχείου της λανθάνουσας θερμότητας του εδάφους στην περιοχή μελέτης

Όπως προκύπτει από το ιστόγραμμα αρχείου, η ελάχιστη τιμή ισούται με $24,90 \text{ W/m}^2$ και η μέγιστη τιμή ισούται με $36,75 \text{ W/m}^2$. Η μέση τιμή ισούται με $31,45 \text{ W/m}^2$ και η τυπική απόκλιση ισούται με $3,30 \text{ W/m}^2$.

- Ψηφιακό πλεγματού αρχείο της εδαφικής υγρασίας (0 cm – 10 cm) στην περιοχή μελέτης, σε μονάδες kg/m^2 , μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m, το οποίο παρήχθη από το αρχείο στο οποίο υπάρχει ενσωματωμένη η πληροφορία της εδαφικής υγρασίας για το χρονικό διάστημα 2000 – 2014.



Εικόνα 3.35. Το ψηφιακό πλεγματικό αρχείο της εδαφικής υγρασίας (0 cm – 10 cm) στην περιοχή μελέτης, την περίοδο 2000 – 2014 μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m



Εικόνα 3.36. Το ιστόγραμμα του ψηφιακού πλεγματού αρχείου της εδαφικής υγρασίας (0 cm – 10 cm) στην περιοχή μελέτης

Όπως προκύπτει από το ιστόγραμμα αρχείου, η ελάχιστη τιμή ισούται με $18,66 \text{ kg/m}^2$ και η μέγιστη τιμή ισούται με $23,86 \text{ kg/m}^2$. Η μέση τιμή ισούται με $22,21 \text{ kg/m}^2$ και η τυπική απόκλιση ισούται με $1,01 \text{ kg/m}^2$.

3.5 Διαδικασία πολυκριτηριακής ανάλυσης των δεδομένων

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε η παραμετροποίηση των αρχείων μέσω της δημιουργίας κλάσεων για κάθε αρχείο, όπου σε κάθε κλάση αποδόθηκε μια πιθανότητα ερημοποίησης στην κλίμακα 0 – 10.

Ακολούθως, υπολογίστηκαν οι συντελεστές βαρύτητας και οι διορθωμένοι συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο σύμφωνα με τον πίνακα 3.5. Η βαρύτητα των κριτηρίων ορίστηκε

εμπειρικά στην κλίμακα 0% – 100%, ανάλογα με τη βαρύτητα που θεωρήθηκε πως παρουσιάζει κάθε κριτήριο στην εκδήλωση του φαινομένου της ερημοποίησης. Ο συντελεστής βαρύτητας, υπολογίστηκε από την παρακάτω σχέση:

$$\text{Συντελεστής βαρύτητας} = X / X_{\min}$$

Όπου:

X = Η τιμή της βαρύτητας που αντιστοιχεί στο κάθε κριτήριο

X_{min} = Η ελάχιστη τιμή βαρύτητας της στήλης των τιμών βαρύτητας

Ο διορθωμένος συντελεστής βαρύτητας υπολογίστηκε από τη σχέση:

$$\text{Διορθωμένος συντελεστής βαρύτητας} = \text{Συντελεστής βαρύτητας} / \text{Άθροισμα των συντελεστών βαρύτητας}$$

Πίνακας 3.5. Συντελεστές βαρύτητας κριτηρίων – Αρχικό σενάριο

A/A	Κριτήριο	Βαρύτητα (%)	Συντελεστής βαρύτητας	Διορθωμένος συντελεστής βαρύτητας
1	Υδρογραφικό δίκτυο	100	5	0,112359551
2	Εδαφική υγρασία	100	5	0,112359551
3	Μέση βροχόπτωση	100	5	0,112359551
4	Δείκτης βλάστησης	90	4,5	0,101123596
5	Μέση θερμοκρασία	90	4,5	0,101123596
6	Χρήσεις γης	80	4	0,08988764
7	Λανθάνουσα θερμότητα εδάφους	80	4	0,08988764
8	Συνολική εξατμισιοδιαπνοή	70	3,5	0,078651685
9	Οικιστικές συγκεντρώσεις	60	3	0,06741573
10	Κλίση	50	2,5	0,056179775
11	Προσανατολισμός	50	2,5	0,056179775
12	Οδικό δίκτυο	20	1	0,02247191
ΣΥΝΟΛΟ			44,5	

Για τον υπολογισμό των τελικών χαρτών ερημοποίησης, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Simple Additive Weighting (S.A.W.). Η μέθοδος S.A.W. αποτελεί την απλούστερη μέθοδο λήψης αποφάσεων. Συχνά χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς των επιδόσεων, με σκοπό τη σύγκριση των αποτελεσμάτων της μεθόδου και άλλων μεθόδων λήψης αποφάσεων, όταν αυτές εφαρμόζονται για το ίδιο πρόβλημα. Περιλαμβάνει την ποσοτικοποίηση των τιμών των κριτηρίων για κάθε εναλλακτική λύση, την κατασκευή μιας μήτρας αποφάσεων η οποία περιλαμβάνει τις τιμές αυτές, περιλαμβάνει επίσης την διορθωμένη μήτρα αποφάσεων, την απόδοση βαρών στα κριτήρια και τον υπολογισμό του συνολικού αποτελέσματος για κάθε εναλλακτική λύση. Ως βέλτιστη, θεωρείται η λύση που συγκεντρώνει την υψηλότερη βαθμολογία (Janic, M. και Reggiani, A., 2002).

Η μαθηματική έκφραση της μεθόδου, είναι:

$$S_i = \sum_{j=1}^M w_j r_{ij}, \text{ για } i = 1, 2, \dots, N$$

Όπου:

S_i = η συνολική βαθμολογία της i^{th} εναλλακτικής λύσης

r_{ij} = η διορθωμένη τιμή της i^{th} εναλλακτικής λύσης για το j^{th} κριτήριο, η οποία αντιπροσωπεύει ένα στοιχείο της διορθωμένης μήτρας αποφάσεων

x_{ij} = ένα στοιχείο της μήτρας αποφάσεων, το οποίο αντιπροσωπεύει την αρχική τιμή του j^{th} κριτηρίου της i^{th} εναλλακτικής λύσης

w_j = η βαρύτητα του j^{th} κριτηρίου

N = ο αριθμός των εναλλακτικών λύσεων

W = ο αριθμός των κριτηρίων

Εν συνεχεία, τα αρχεία που προέκυψαν, προστέθηκαν μέσω του εργαλείου raster calculator του λογισμικού ArcMap και χωρίστηκαν σε τέσσερις κλάσεις ίσων διαστημάτων, με σκοπό τη δημιουργία των τελικών χαρτών της εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης για τις χρονικές περιόδους λήψης των δορυφορικών εικόνων. Σαν αποτέλεσμα, δημιουργήθηκαν τρεις χάρτες εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης, που αντιστοιχούν στα έτη 2000, 2007 και 2015, καλύπτοντας μία χρονική περίοδο 15 ετών.

Επιπλέον, ήταν δυνατή η ποσοτικοποίηση των αλλαγών στο πέρασμα των ετών μέσω του λογισμικού ArcMap, εφόσον είναι γνωστό το μέγεθος των εικονοστοιχείων των αρχείων που χρησιμοποιήθηκαν. Σύμφωνα με τον (Dahdouh – Guebas, F., 2002), τα Σ.Γ.Π. μπορούν να

χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση χωρικών χαρακτηριστικών των δεδομένων σε πολλαπλά επίπεδα πληροφοριών. Στην περίπτωση που είναι διαθέσιμες χρονοσειρές δεδομένων, η ποσοτικοποίηση των χωρικών αλλαγών είναι δυνατή μέσω της υπέρθεσης των επιπέδων πληροφοριών σε ένα Σ.Γ.Π..

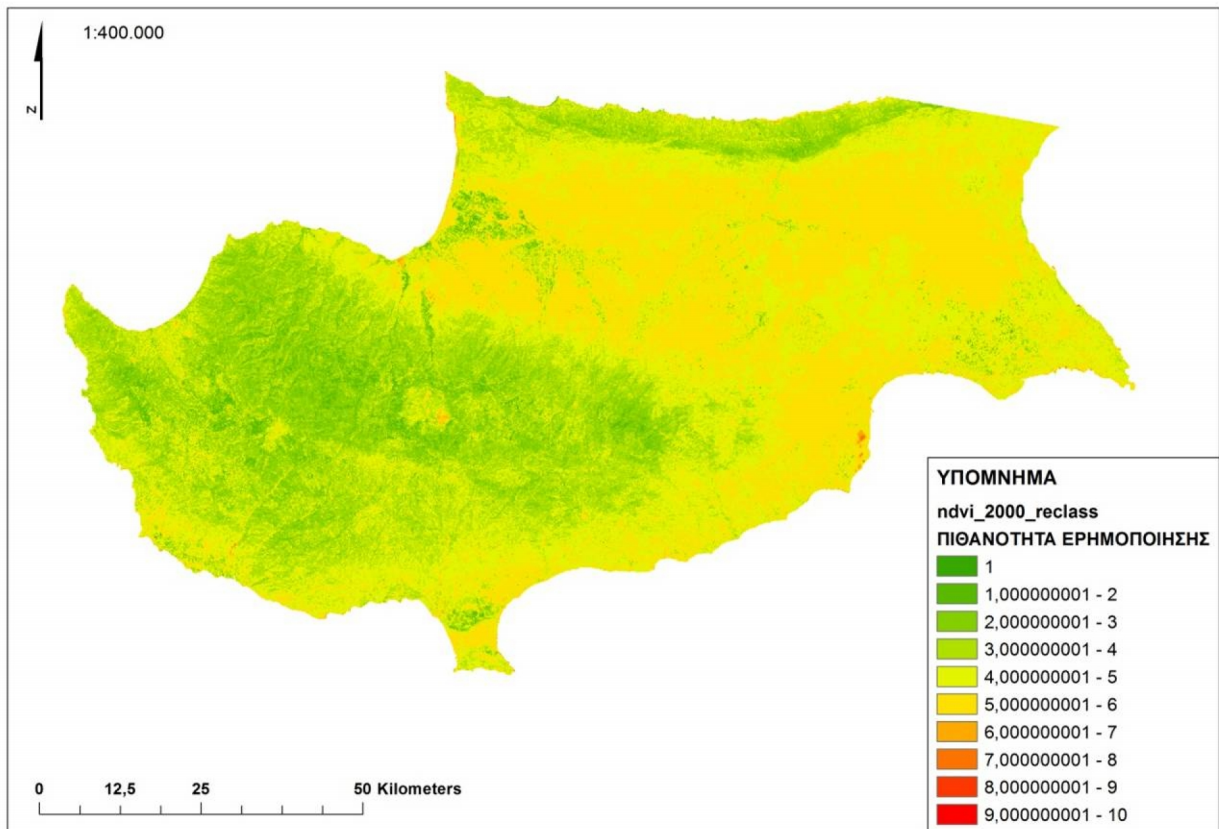
3.5.1. Παραμετροποίηση αρχείων

Αρχείο δείκτη βλάστησης (Δορυφορική εικόνα LT51760362000132XXX01)

Η παραμετροποίηση του αρχείου του δείκτη βλάστησης της δορυφορικής εικόνας με ημερομηνία λήψης 11.05.2000 φαίνεται στον πίνακα 3.6.

Πίνακας 3.6. Παραμετροποίηση του αρχείου του δείκτη βλάστησης της εικόνας
LT51760362000132XXX01

Τιμές δείκτη βλάστησης	Πιθανότητα ερημοποίησης
-0,900337 – -0,710305	10
-0,710305 – -0,520273	9
-0,520273 – -0,33024	8
-0,33024 – -0,140208	7
-0,140208 – 0,049824	6
0,049824 – 0,239856	5
0,239856 – 0,429888	4
0,429888 – 0,61992	3
0,61992 – 0,809952	2
0,809952 – 0,999984	1



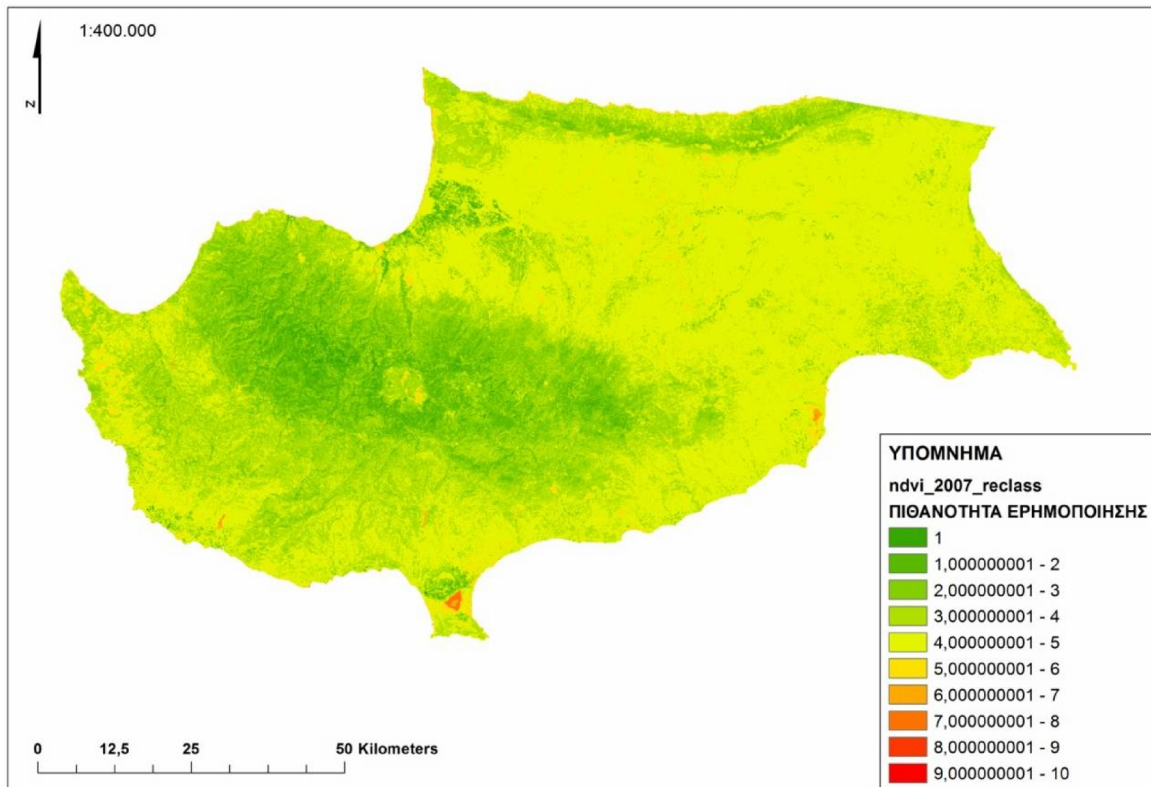
Εικόνα 3.37. Παραμετροποιημένο αρχείο του δείκτη βλάστησης της εικόνας
LT51760362000132XXX01

Αρχείο δείκτη βλάστησης (Δορυφορική εικόνα LT51760362007151MOR00)

Η παραμετροποίηση του αρχείου του δείκτη βλάστησης της δορυφορικής εικόνας με ημερομηνία λήψης 31.05.2007 φαίνεται στον πίνακα 3.7.

Πίνακας 3.7. Παραμετροποίηση του αρχείου του δείκτη βλάστησης της εικόνας
LT51760362007151MOR00

Τιμές δείκτη βλάστησης	Πιθανότητα ερημοποίησης
-0,999994 – -0,81653	10
-0,81653 – -0,633066	9
-0,633066 – -0,449602	8
-0,449602 – -0,266139	7
-0,266139 – -0,082675	6
-0,082675 – 0,100789	5
0,100789 – 0,284253	4
0,284253 – 0,467716	3
0,467716 – 0,65118	2
0,65118 – 0,834644	1



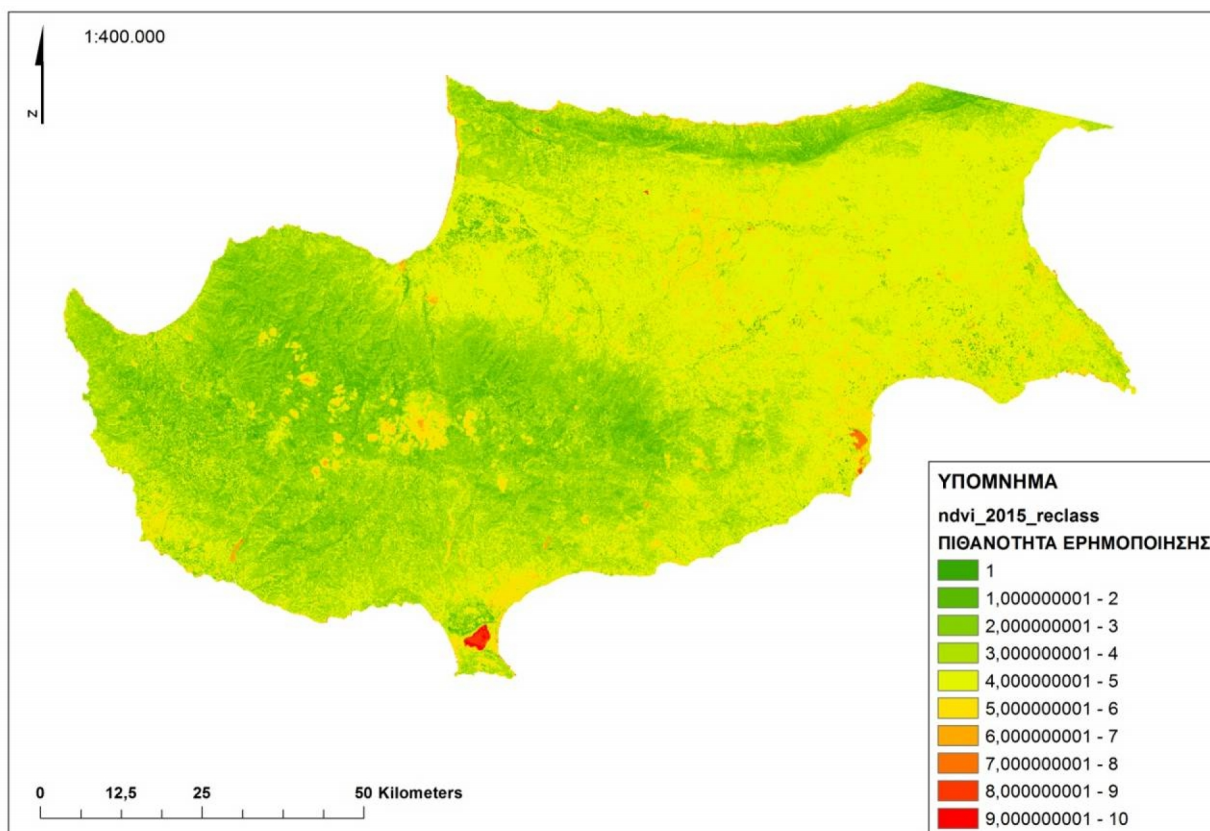
Εικόνα 3.38. Παραμετροποιημένο αρχείο του δείκτη βλάστησης της εικόνας
LT51760362007151MOR00

Αρχείο δείκτη βλάστησης (Δορυφορική εικόνα LC81760362015125LGN00)

Η παραμετροποίηση του αρχείου του δείκτη βλάστησης της δορυφορικής εικόνας LC81760362015125LGN00 φαίνεται στον πίνακα 3.8.

Πίνακας 3.8. Παραμετροποίηση του αρχείου του δείκτη βλάστησης της εικόνας LC81760362015125LGN00

Τιμές δείκτη βλάστησης	Πιθανότητα ερημοποίησης
-0,873121 – -0,699171	10
-0,699171 – -0,525221	9
-0,525221 – -0,351271	8
-0,351271 – -0,177321	7
-0,177321 – -0,003371	6
-0,003371 – 0,170579	5
0,170579 – 0,344529	4
0,344529 – 0,518479	3
0,518479 – 0,692429	2
0,692429 – 0,866379	1



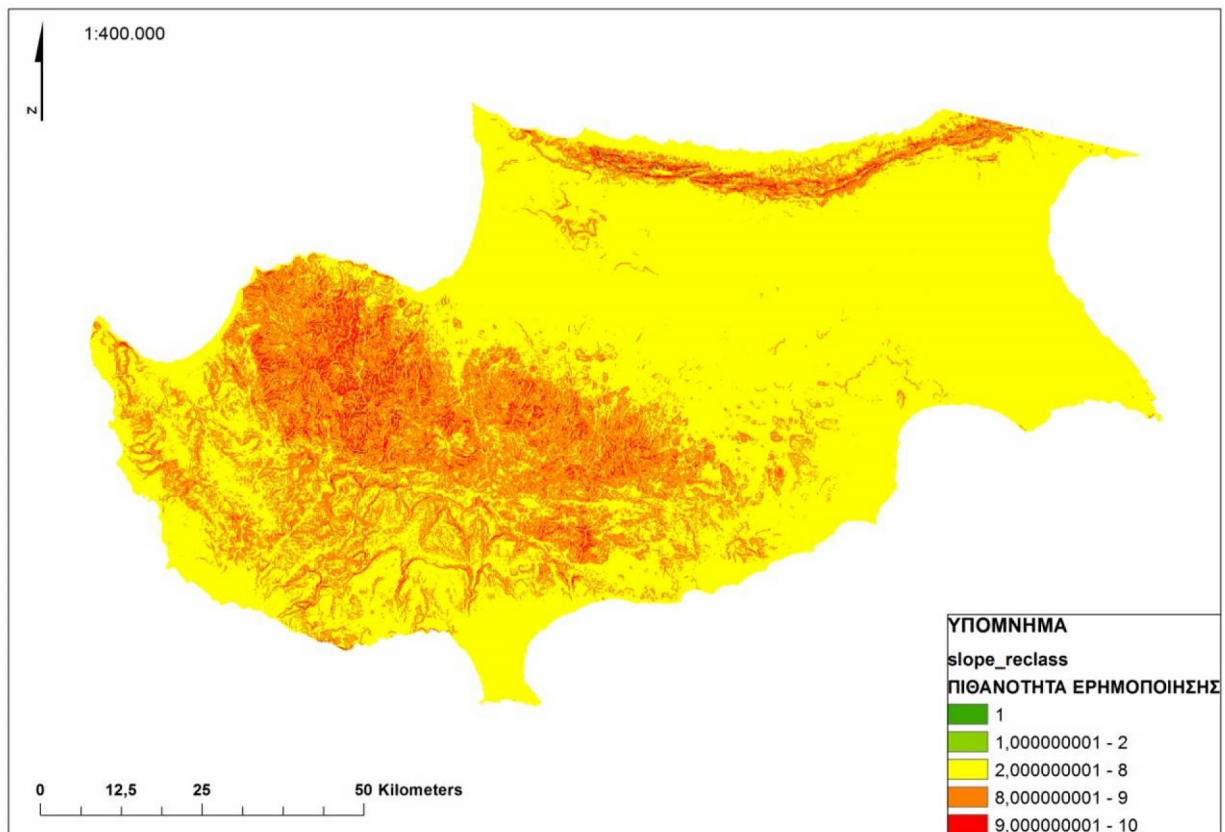
Εικόνα 3.39. Παραμετροποιημένο αρχείο του δείκτη βλάστησης της εικόνας LC81760362015125LGN00

Αρχείο των κλίσεων του εδάφους

Το μέτρο της κλίσης, αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες ο οποίος επηρεάζει την επιφανειακή απορροή. Υπό τις ίδιες συνθήκες βροχόπτωσης, η επιφανειακή απορροή μπορεί να διαφέρει σημαντικά σε διαφορετικές κλίσεις, επηρεάζοντας κατ' επέκταση την προκαλούμενη εδαφική διάβρωση (*Qing – quan, L., Li, C., και Jia – chun., L., 2001*). Η παραμετροποίηση του αρχείου των κλίσεων του εδάφους, φαίνεται στον *πίνακα 3.9*.

Πίνακας 3.9. Παραμετροποίηση του αρχείου των κλίσεων του εδάφους

Κλίση (Μοίρες)	Πιθανότητα ερημοποίησης
0 – 5,199578	8
5,199578 – 10,399155	8
10,399155 – 15,598733	9
15,598733 – 20,798311	9
20,798311 – 25,997889	9
25,997889 – 31,197466	10
31,197466 – 36,397044	10
36,397044 – 41,596622	2
41,596622 – 46,796199	2
46,796199 – 51,995777	1



Εικόνα 3.40. Παραμετροποιημένο αρχείο των κλίσεων του εδάφους

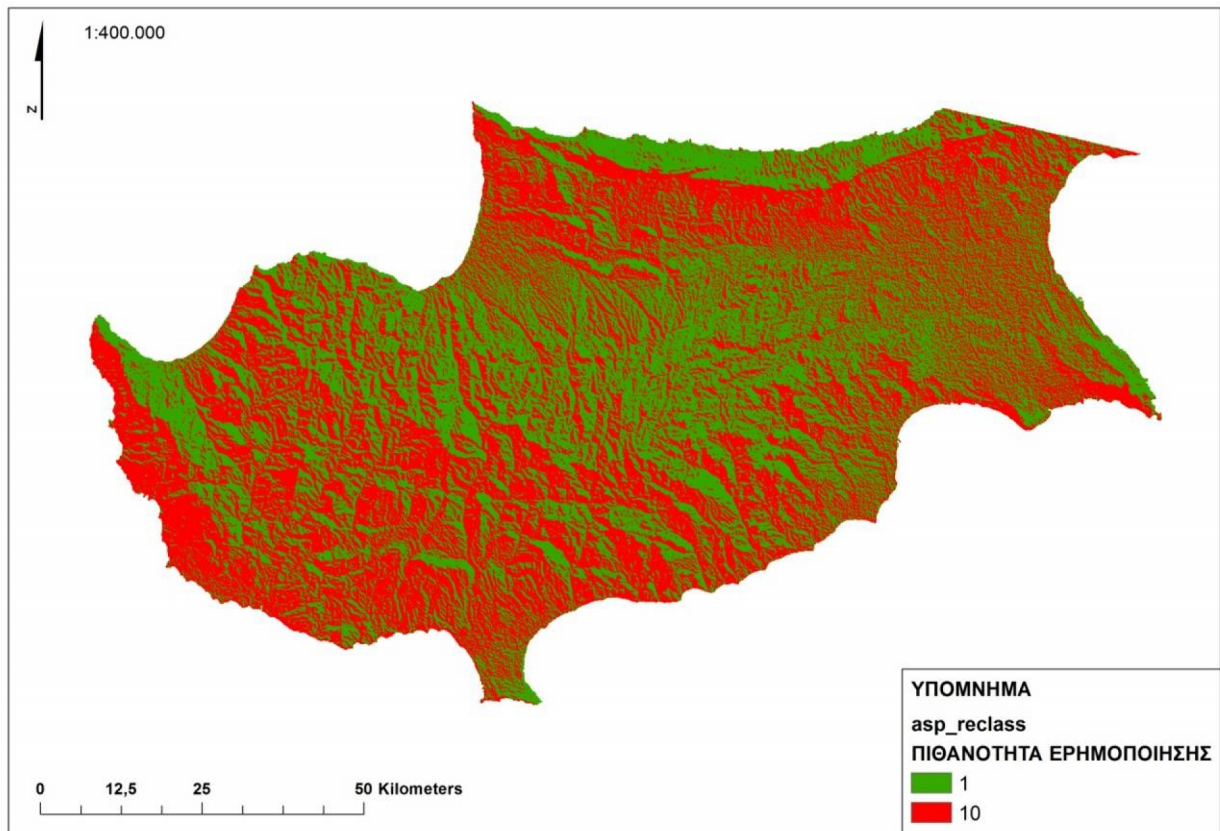
Αρχείο του προσανατολισμού των πλαγιών

Ο προσανατολισμός των πλαγιών, επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τη χωρική κατανομή της βλάστησης. Στη λεκάνη της Μεσογείου, οι πλαγιές με νότιο προσανατολισμό δέχονται υψηλά ποσά ηλιακής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα να επηρεάζονται η θερμοκρασία, η εδαφική υγρασία, τα θρεπτικά συστατικά και οι διαδικασίες συσσώρευσης εδάφους, γεγονός το οποίο αντικατοπτρίζεται στη χωρική κατανομή της βλάστησης. Στον αντίποδα, οι πλαγιές με βόρειο προσανατολισμό, δέχονται μικρότερα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας, με αποτέλεσμα χαμηλούς ρυθμούς εξατμισιοδιαπνοής και χαμηλότερες μέγιστες θερμοκρασίες κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Οι διαφορές αυτές, είναι πολύ σημαντικές για τις φυτοκοινωνίες, όπου η διαθεσιμότητα νερού αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξή τους.

Λαμβάνοντας υπ' όψη τα παραπάνω, με γνώμονα τις βέλτιστες συνθήκες ανάπτυξης των φυτών, μπορεί να υποθεθεί πως χαρακτηριστικά των φυτοκοινωνιών όπως η φυτοκάλυψη, η βιομάζα και η πυκνότητα της βλάστησης, θα είναι υψηλότερα στις πλαγιές με βόρειο προσανατολισμό από ότι στις πλαγιές με νότιο προσανατολισμό (*Sternberg, M., και Shoshany, M., 2001*). Η παραμετροποίηση του αρχείου του προσανατολισμού των πλαγιών φαίνεται στον *πίνακα 3.10*.

Πίνακας 3.10. Παραμετροποίηση του αρχείου του προσανατολισμού των πλαγιών

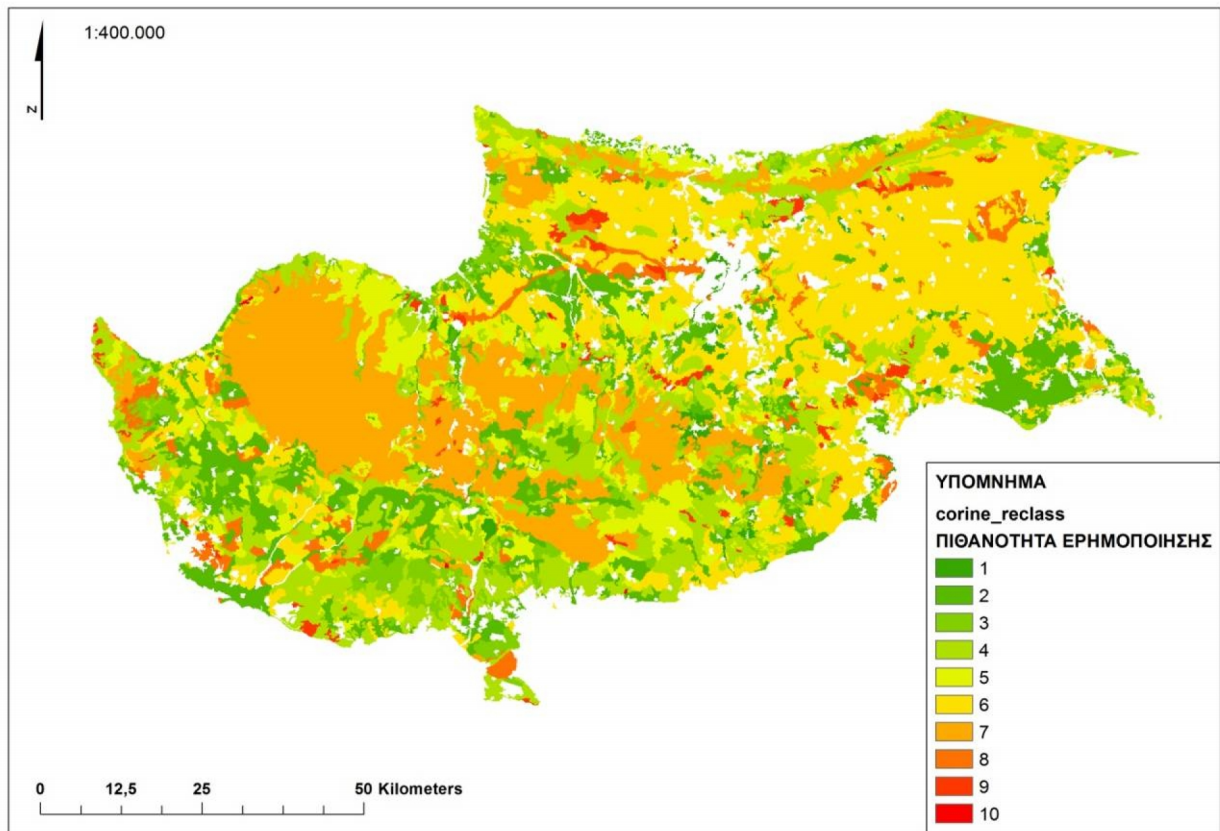
Προσανατολισμός (Μοίρες)	Πιθανότητα ερημοποίησης
- 1 – 44,114132	1
44,114132 – 89,228264	1
89,228264 – 134,342396	1
134,342396 – 179,456528	10
179,456528 – 224,57066	10
224,57066 – 269,684792	10
269,684792 – 314,798923	10
314,798923 – 359,913055	1



Εικόνα 3.41. Παραμετροποιημένο αρχείο του προσανατολισμού των πλαγιών

Αρχείο χρήσεων γης

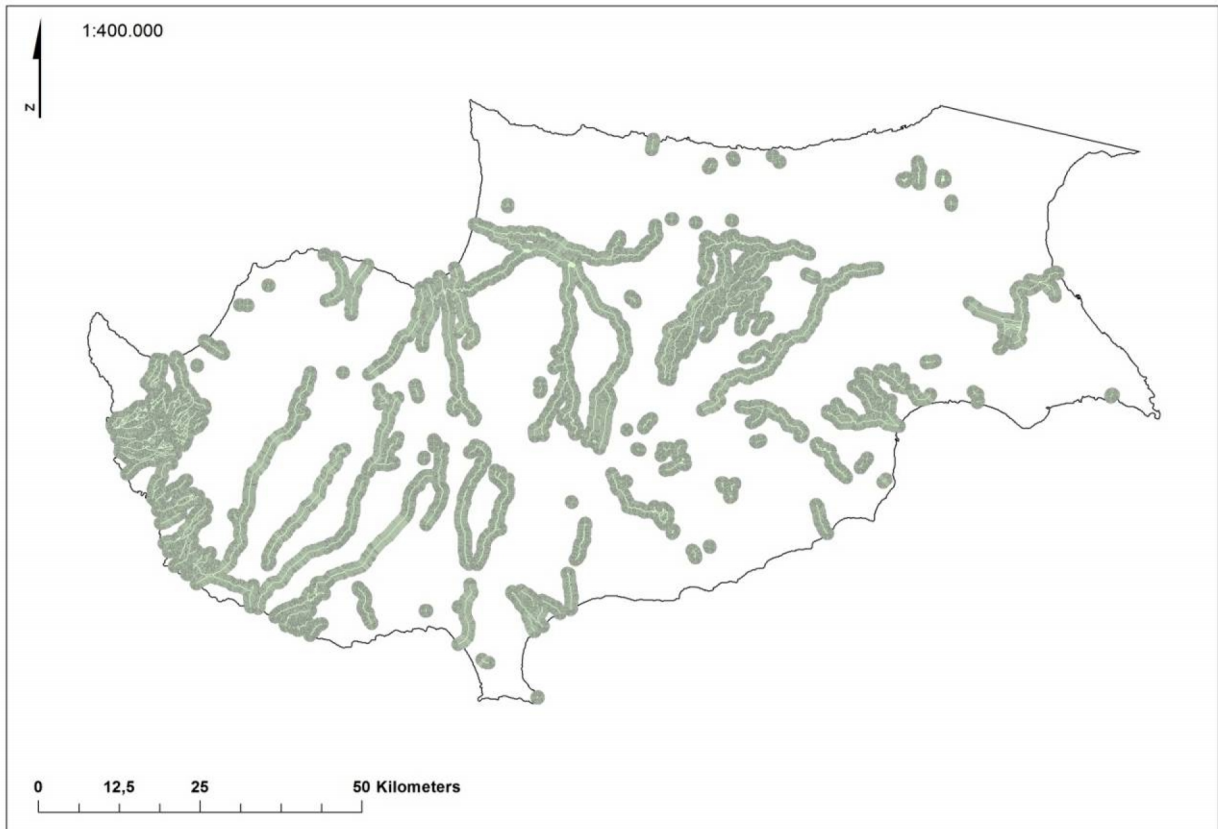
Η παραμετροποίηση του αρχείου των χρήσεων γης, φαίνεται στο παράρτημα 1, στον πίνακα 3.11.



Εικόνα 3.42. Παραμετροποιημένο αρχείο των χρήσεων γης

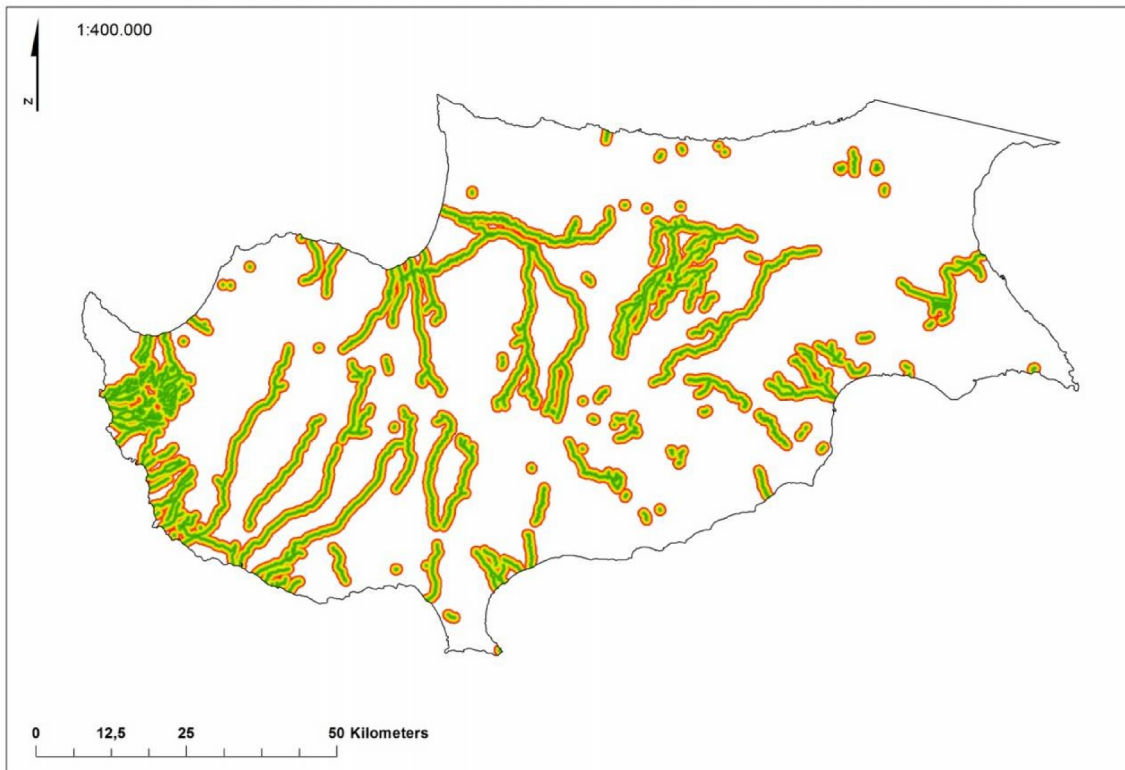
Αρχείο του υδρολογικού δικτύου

Η παραμετροποίηση του αρχείου του υδρολογικού δικτύου, φαίνεται στον *πίνακα 3.12*. Κατασκευάστηκαν ζώνες επιρροής στο ArcMap μέσω του εργαλείου multiple ring buffer οι οποίες καλύπτουν περιοχή έως 1.000 m, ανά 100 m.



Εικόνα 3.43. Ζώνες επιρροής του υδρολογικού δικτύου

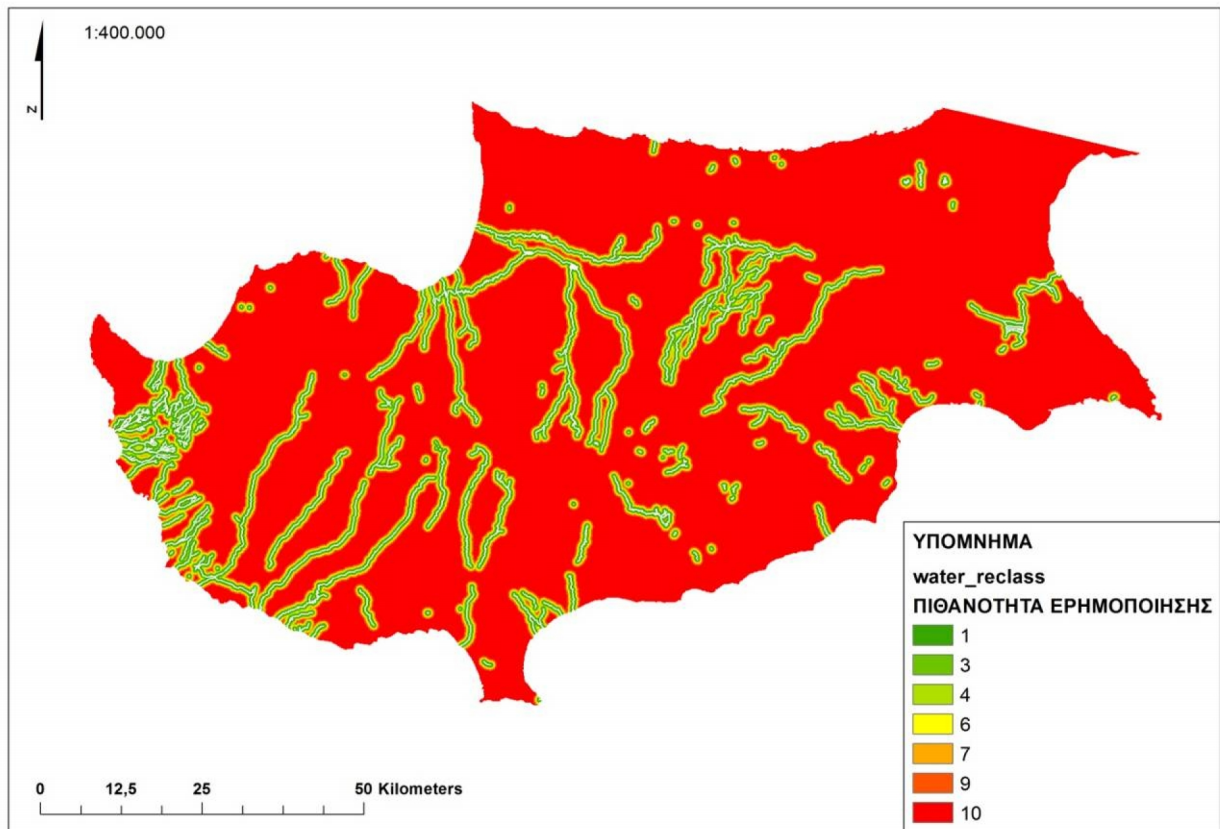
Στη συνέχεια, το αρχείο των ζωνών επιρροής του υδρολογικού δικτύου, μετατράπηκε σε μορφή ψηφιδωτού αρχείου μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m, μέσω του εργαλείου polygon to raster του ArcMap και κόπηκε στα όρια της ακτογραμμής, μέσω του εργαλείου extract by mask.



Εικόνα 3.44. Ζώνες επιρροής του υδρολογικού δικτύου σε ψηφιδωτή μορφή

Πίνακας 3.12. Παραμετροποίηση του αρχείου των ζωνών επιρροής του υδρολογικού δικτύου

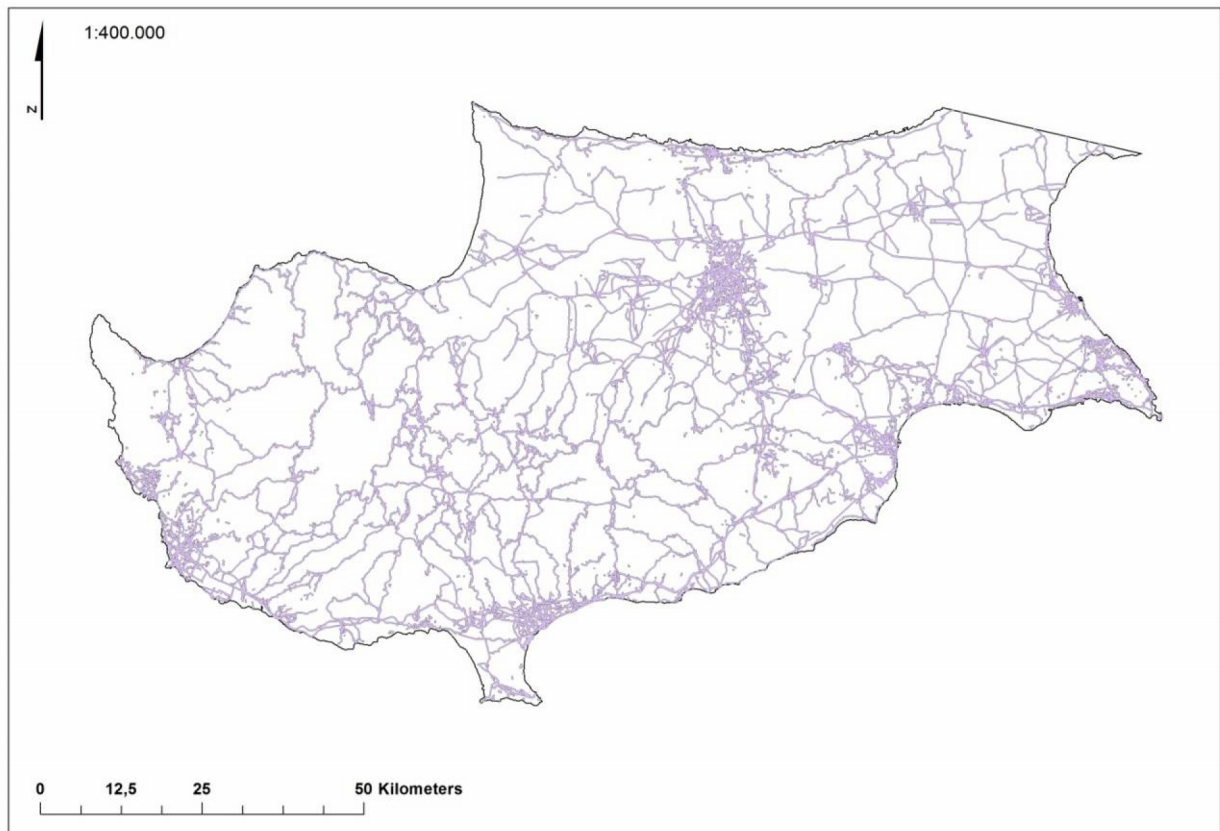
Απόσταση (m)	Πιθανότητα ερημοποίησης
100 – 200	1
200 – 300	1
300 – 400	3
400 – 500	4
500 – 600	6
600 – 700	7
700 – 800	9
800 – 900	9
900 – 1.000	10
NoData	10



Εικόνα 3.45. Το παραμετροποιημένο αρχείο των ζωνών επιρροής του υδρολογικού δικτύου

Αρχείο του οδικού δικτύου

Η παραμετροποίηση του αρχείου του οδικού δικτύου, φαίνεται στον *πίνακα 3.13*. Θεωρήθηκε πως υπάρχει μια ζώνη επιρροής, εντός της οποίας η πιθανότητα ερημοποίησης είναι μηδενική εφόσον την περιοχή καταλαμβάνει το οδικό δίκτυο και τα συνοδά αυτού έργα, ενώ για όλες τις υπόλοιπες περιοχές, θεωρείται πως η πιθανότητα ερημοποίησης μεγιστοποιείται.



Εικόνα 3.46. Ζώνες επιρροής του οδικού δικτύου

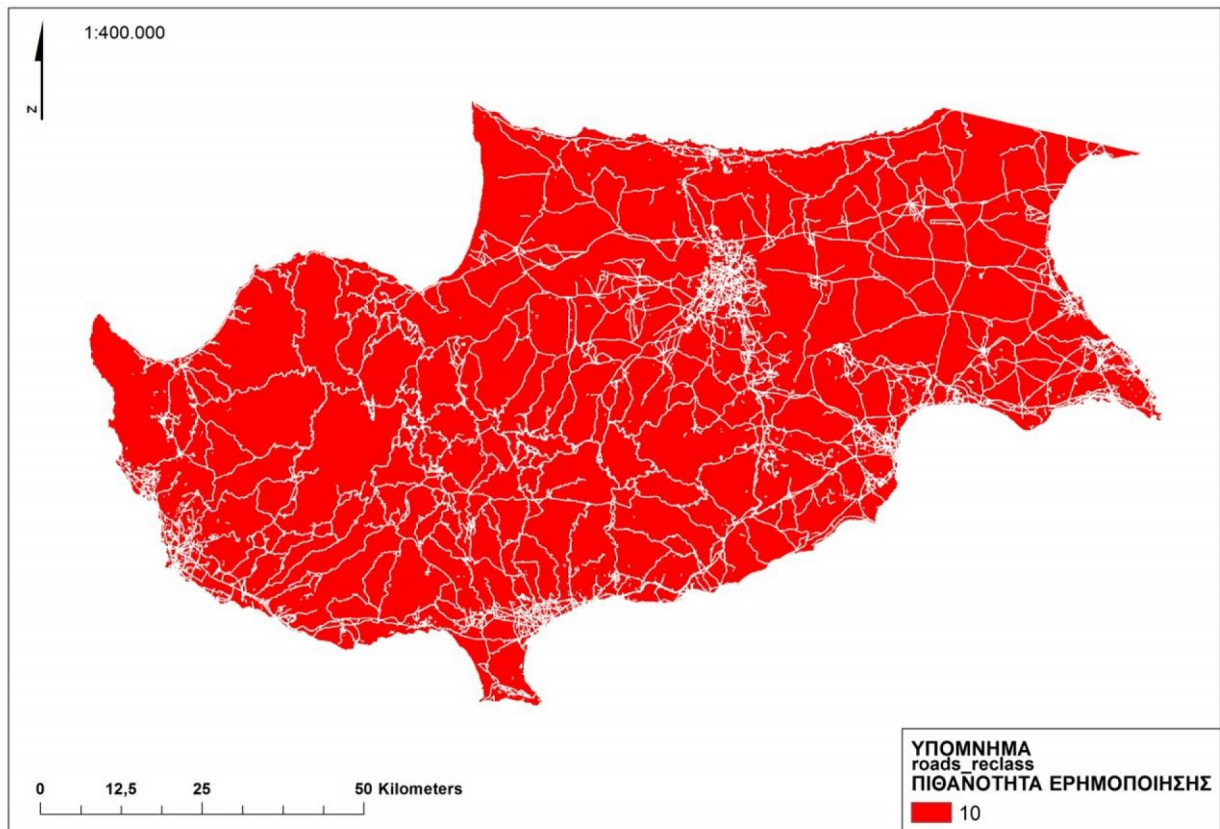
Στη συνέχεια, το αρχείο των ζωνών επιρροής του οδικού δικτύου, μετατράπηκε σε μορφή ψηφιδωτού αρχείου, μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m μέσω του εργαλείου polygon to raster του ArcMap και κόπηκε στα όρια της ακτογραμμής μέσω του εργαλείου extract by mask.



Εικόνα 3.47. Ζώνες επιρροής του οδικού δικτύου σε ψηφιδωτή μορφή

Πίνακας 3.13. Παραμετροποίηση του αρχείου των ζωνών επιρροής του οδικού δικτύου

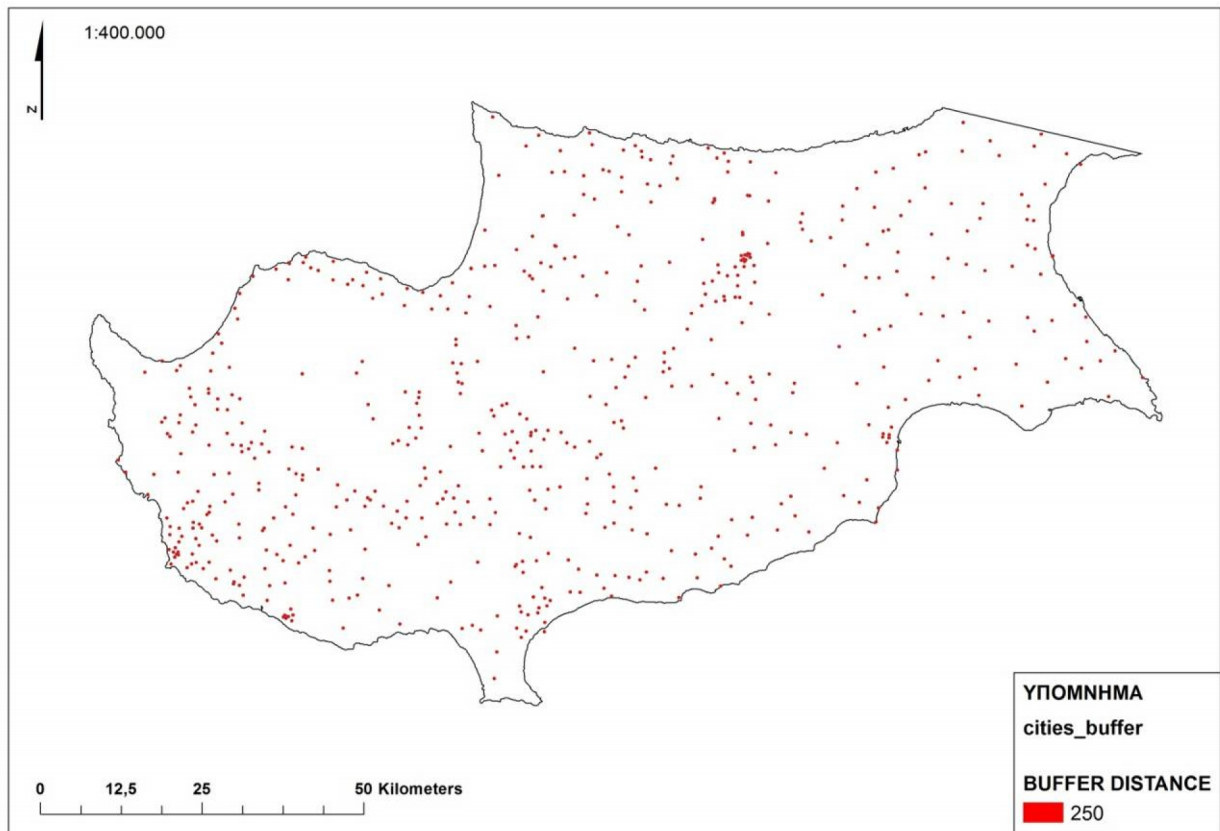
Απόσταση (m)	Πιθανότητα ερημοποίησης
> 100	10



Εικόνα 3.48. Το παραμετροποιημένο αρχείο των ζωνών επιρροής του οδικού δικτύου

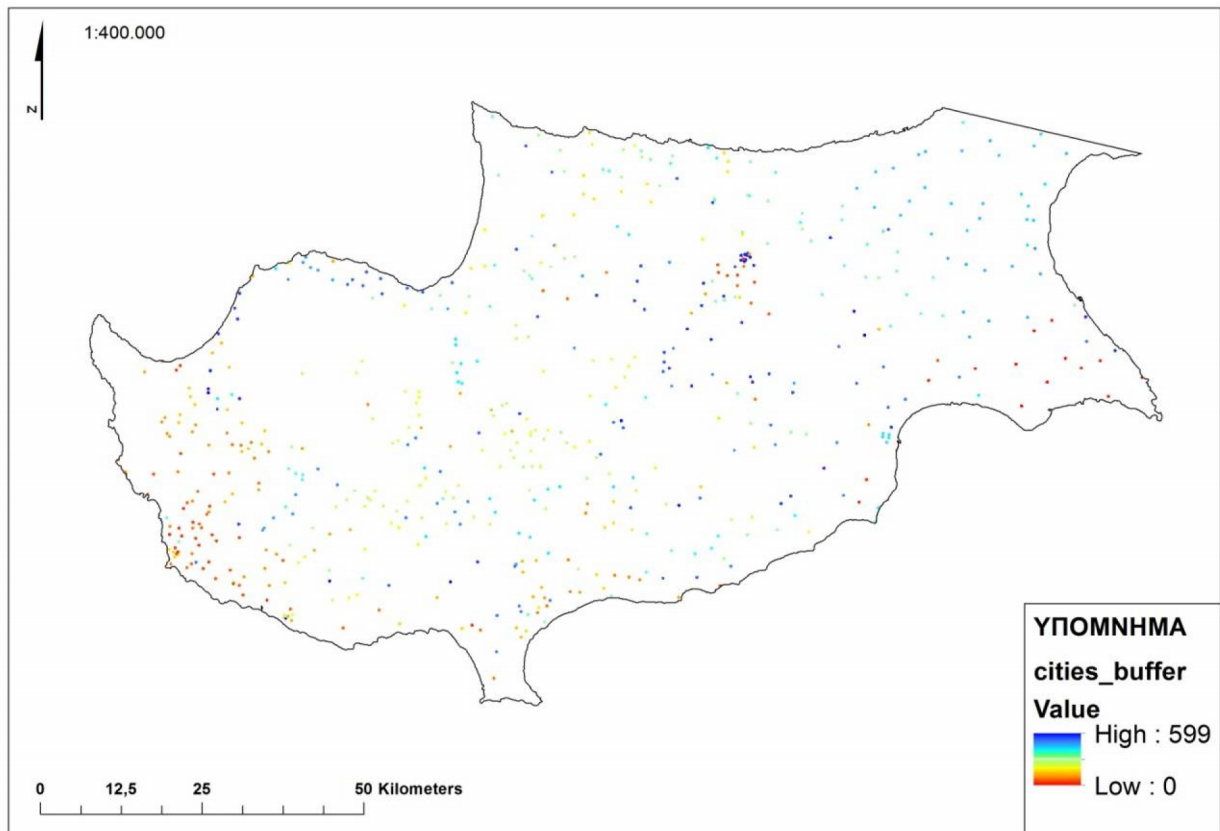
Αρχείο οικιστικών συγκεντρώσεων

Η παραμετροποίηση του αρχείου των οικιστικών συγκεντρώσεων, φαίνεται στον *πίνακα 3.14*. Δημιουργήθηκε μια ζώνη επιρροής μέσω του εργαλείου buffer του ArcMap, ακτίνας 250 m από τις οικιστικές συγκεντρώσεις.



Εικόνα 3.49. Ζώνες επιρροής των οικιστικών συγκεντρώσεων

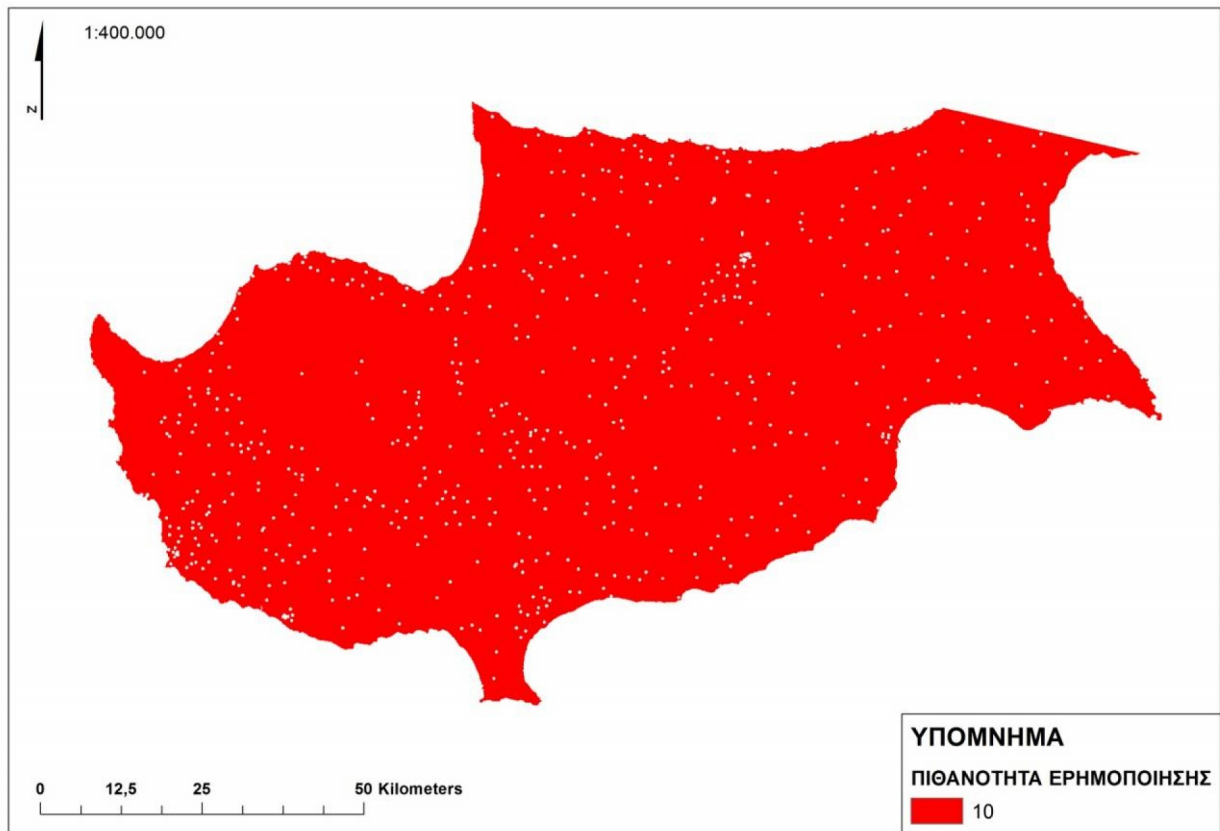
Στη συνέχεια, το αρχείο των ζωνών επιρροής των οικιστικών συγκεντρώσεων, μετατράπηκε σε μορφή ψηφιδωτού αρχείου μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m, μέσω του εργαλείου polygon to raster του ArcMap και κόπηκε στα όρια της ακτογραμμής μέσω του εργαλείου extract by mask.



Εικόνα 3.50. Ζώνες επιρροής των οικιστικών συγκεντρώσεων σε ψηφιδωτή μορφή

Πίνακας 3.14. Παραμετροποίηση του αρχείου των ζωνών επιρροής των οικιστικών συγκεντρώσεων

Απόσταση (m)	Πιθανότητα ερημοποίησης
> 250	10



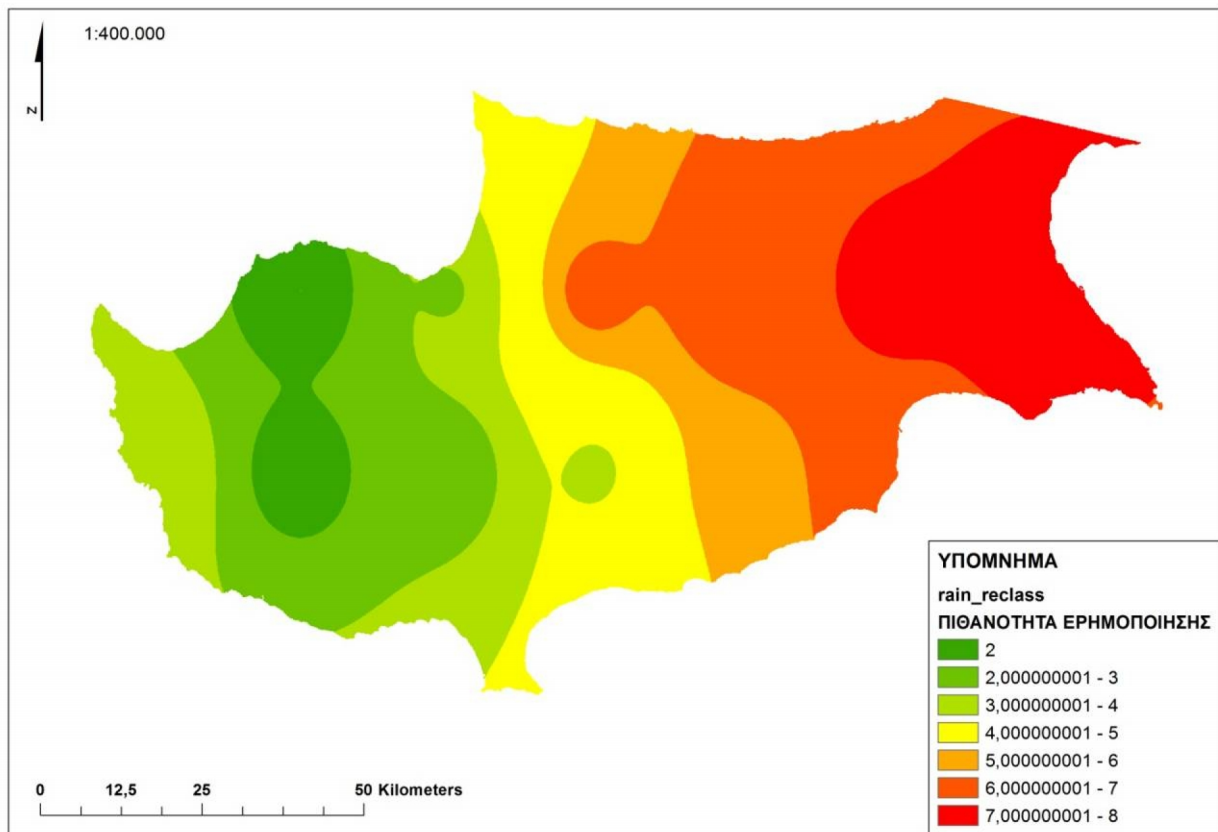
Εικόνα 3.51. Το παραμετροποιημένο αρχείο των ζωνών επιρροής των οικιστικών συγκεντρώσεων

Αρχείο της μέσης βροχόπτωσης

Η παραμετροποίηση του αρχείου της μέσης βροχόπτωσης, φαίνεται στον *πίνακα 3.15*.

Πίνακας 3.15. Παραμετροποίηση του αρχείου της μέσης βροχόπτωσης

Ύψος βροχόπτωσης	Πιθανότητα ερημοποίησης
31,391413 – 32,716187	8
32,716187 – 34,040961	8
34,040961 – 35,365735	7
35,365735 – 36,690509	7
36,690509 – 38,015283	6
38,015283 – 39,340057	5
39,340057 – 40,664831	5
40,664831 – 41,989605	4
41,989605 – 43,314379	3
43,314379 – 44,639153	2



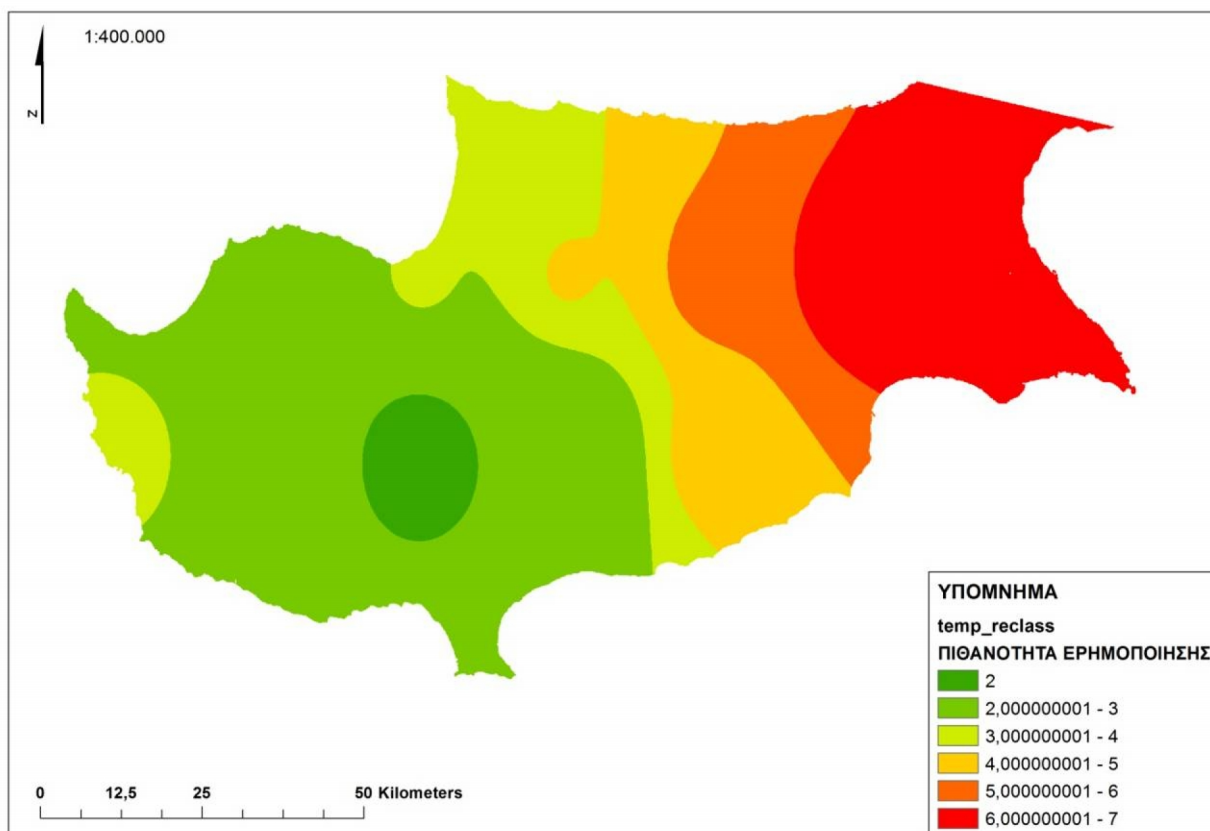
Εικόνα 3.52. Παραμετροποιημένο αρχείο της μέσης βροχόπτωσης

Αρχείο της μέσης θερμοκρασίας της εδαφικής επιφάνειας (0 cm – 10 cm)

Η παραμετροποίηση του αρχείου της μέσης θερμοκρασίας, φαίνεται στον *πίνακα 3.16*.

Πίνακας 3.16. Παραμετροποίηση του αρχείου της μέσης θερμοκρασίας της εδαφικής επιφάνειας
(0 cm – 10 cm)

Μέση θερμοκρασία (K)	Πιθανότητα εξημοποίησης
289,296692 – 289,947061	2
289,947061 – 290,59743	2
290,59743 – 291,2478	3
291,2478 – 291,898169	3
291,898169 – 292,548538	3
292,548538 – 293,198907	4
293,198907 – 293,849277	5
293,849277 – 294,499646	6
294,499646 – 295,150015	7
295,150015 – 295,800385	7



Εικόνα 3.53. Παραμετροποιημένο αρχείο της μέσης θερμοκρασίας της εδαφικής επιφάνειας (0 cm – 10 cm)

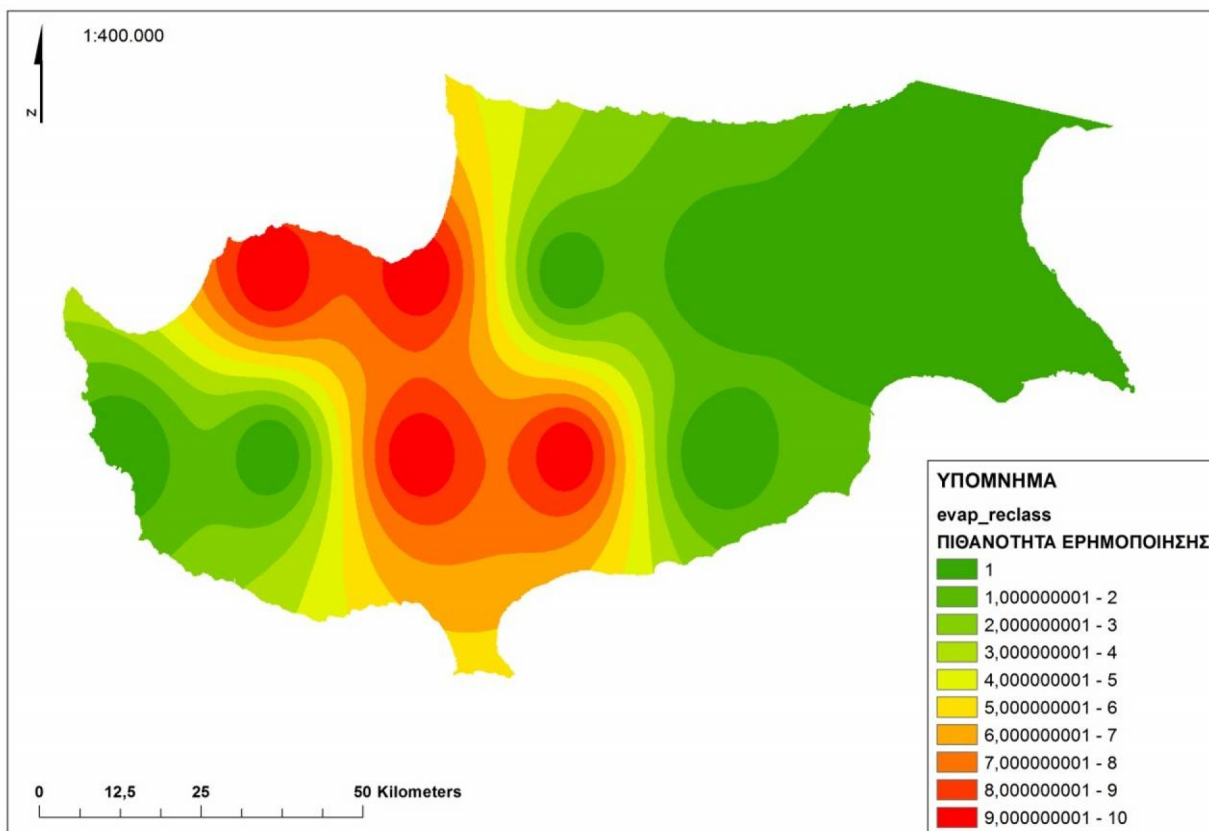
Αρχείο της συνολικής εξατμισιοδιαπνοής

Η παραμετροποίηση του αρχείου της συνολικής εξατμισιοδιαπνοής, φαίνεται στον *πίνακα 3.17*. Χαρακτηριστικό γνώρισμα των ξηρών περιοχών, είναι πως παρουσιάζουν πολύ υψηλό βαθμό λανθάνουσας εξατμισιοδιαπνοής, ενώ ταυτόχρονα το ποσό του διαθέσιμου νερού είναι πολύ περιορισμένο. Σαν αποτέλεσμα, η πραγματική εξατμισιοδιαπνοή των εν λόγω περιοχών, εμφανίζεται πολύ χαμηλή (*Rim, C., 2000*).

Για τον υπολογισμό της συνολικής εξατμισιοδιαπνοής στις ενδιάμεσες περιοχές των σταθμών, χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της παρεμβολής, με χρήση της μεθόδου I.D.W..

Πίνακας 3.17. Παραμετροποίηση του αρχείου της συνολικής εξατμισιοδιαπνοής

Συνολική εξατμισιοδιαπνοή (kg/m ² /s)	Πιθανότητα ερημοποίησης
0,002 – 0,0021	1
0,0021 – 0,0022	2
0,0022 – 0,0023	3
0,0023 – 0,0024	4
0,0024 – 0,0025	5
0,0025 – 0,0026	6
0,0026 – 0,0027	7
0,0027 – 0,0028	8
0,0028 – 0,0029	9
0,0029 – 0,003	10



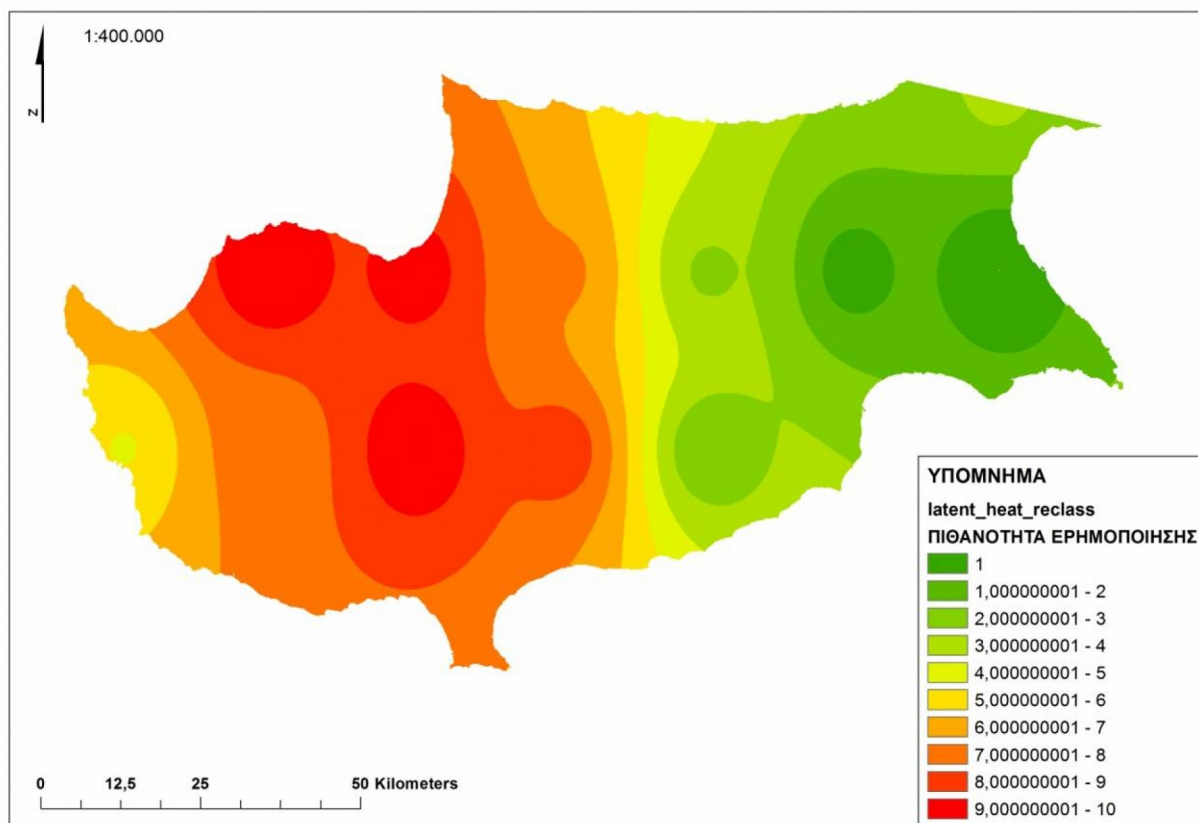
Εικόνα 3.54. Παραμετροποιημένο αρχείο της συνολικής εξατμισιοδιαπνοής

Αρχείο της λανθάνουσας θερμότητας του εδάφους

Η παραμετροποίηση του αρχείου της λανθάνουσας θερμότητας του εδάφους, φαίνεται στον πίνακα 3.18. Για τον υπολογισμό της λανθάνουσας θερμότητας του εδάφους στις ενδιάμεσες περιοχές των σταθμών, χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της παρεμβολής, με χρήση της μεθόδου I.D.W..

Πίνακας 3.18. Παραμετροποίηση του αρχείου της λανθάνουσας θερμότητας του εδάφους

Λανθάνουσα θερμότητα εδάφους (W/m ²)	Πιθανότητα ερημοποίησης
24,903715 – 26,088595	1
26,088595 – 27,273475	2
27,273475 – 28,458355	3
28,458355 – 29,643235	4
29,643235 – 30,828115	5
30,828115 – 32,012994	6
32,012994 – 33,197874	7
33,197874 – 34,382754	8
34,382754 – 35,567634	9
35,567634 – 36,752514	10



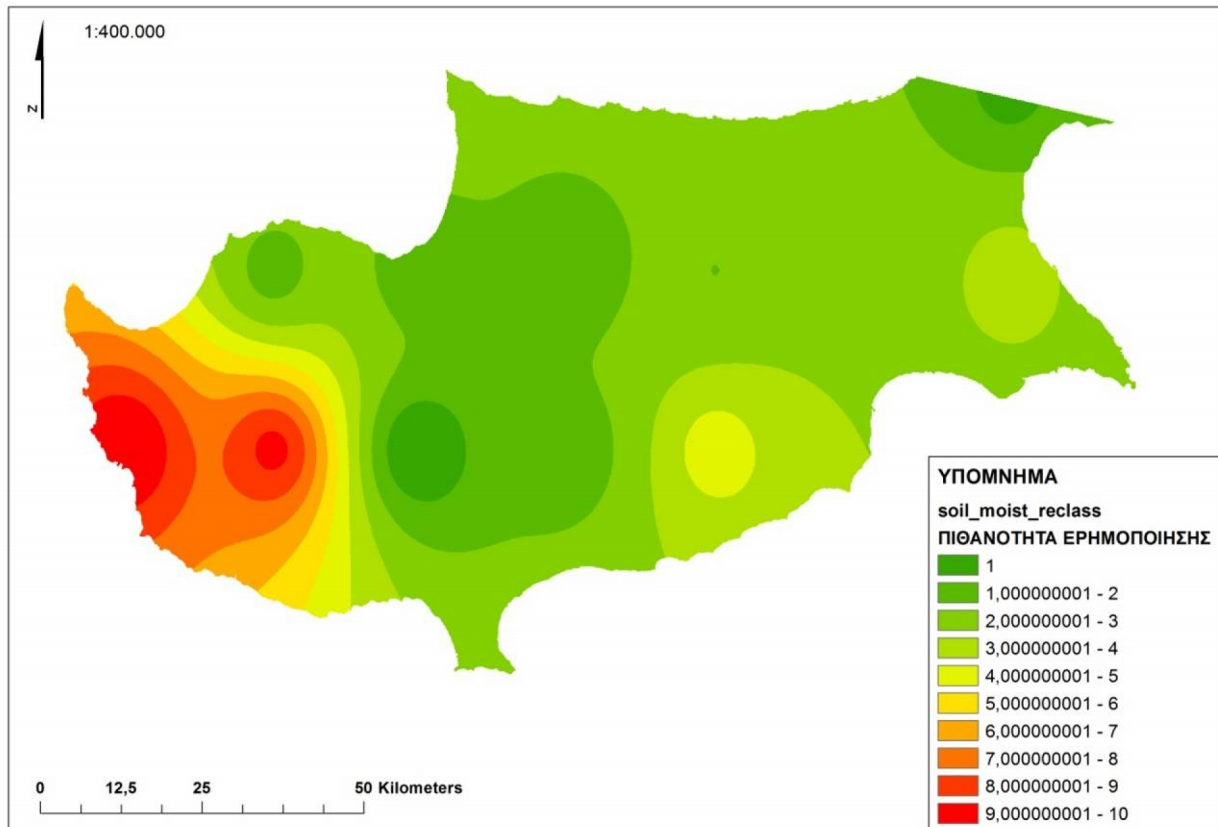
Εικόνα 3.55. Παραμετροποιημένο αρχείο της λανθάνουσας θερμότητας του εδάφους

Αρχείο της εδαφικής υγρασίας (0 cm – 10 cm)

Η παραμετροποίηση του αρχείου της εδαφικής υγρασίας, φαίνεται στον *πίνακα 3.19*. Για τον υπολογισμό της εδαφικής υγρασίας στις ενδιάμεσες περιοχές των σταθμών, χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της παρεμβολής, με χρήση της μεθόδου I.D.W..

Πίνακας 3.19. Παραμετροποίηση του αρχείου της εδαφικής υγρασίας (0 cm – 10 cm)

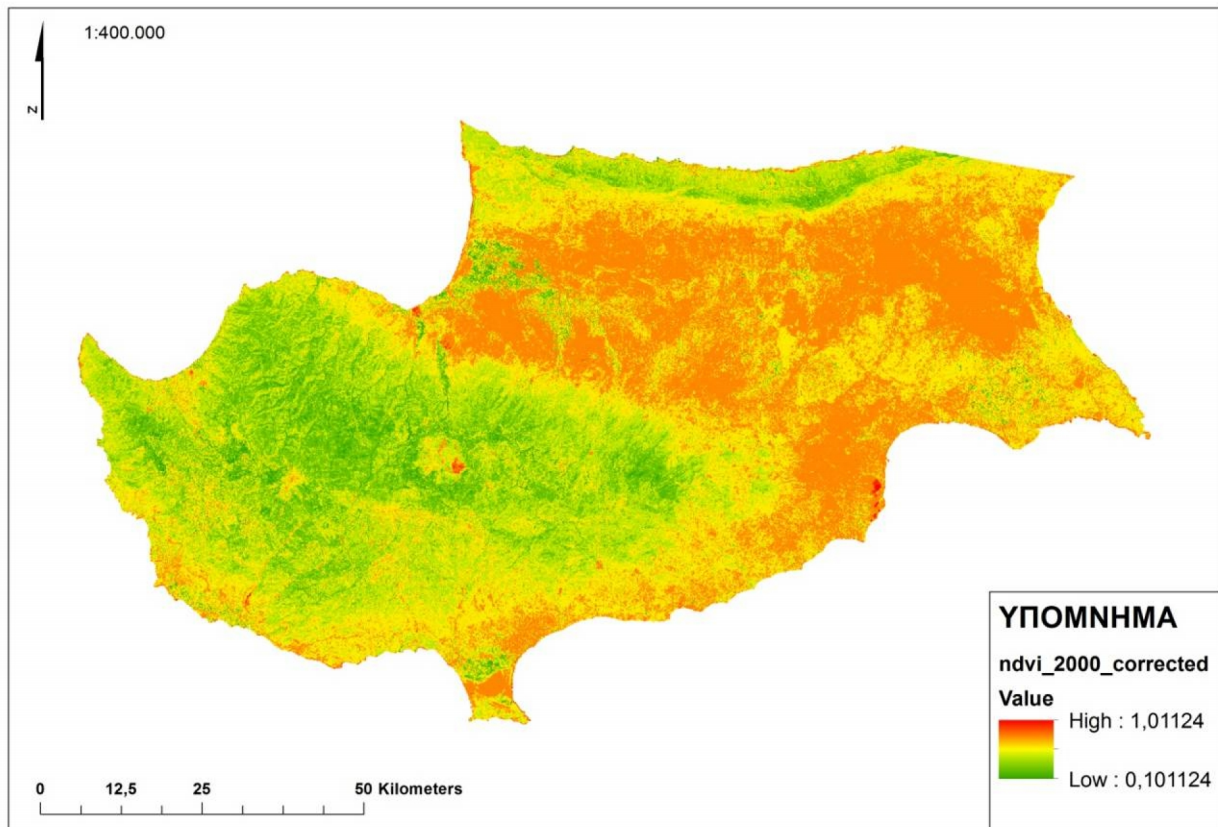
Εδαφική υγρασία (kg/m ²)	Πιθανότητα ερημοποίησης
18,66249 – 19,182013	10
19,182013 – 19,701616	9
19,701616 – 20,22122	8
20,22122 – 20,740824	7
20,740824 – 21,260427	6
21,260427 – 21,780031	5
21,780031 – 22,299635	4
22,299635 – 22,819239	3
22,819239 – 23,338842	2
23,338842 – 23,858446	1



Εικόνα 3.56. Παραμετροποιημένο αρχείο της εδαφικής υγρασίας (0 cm – 10 cm)

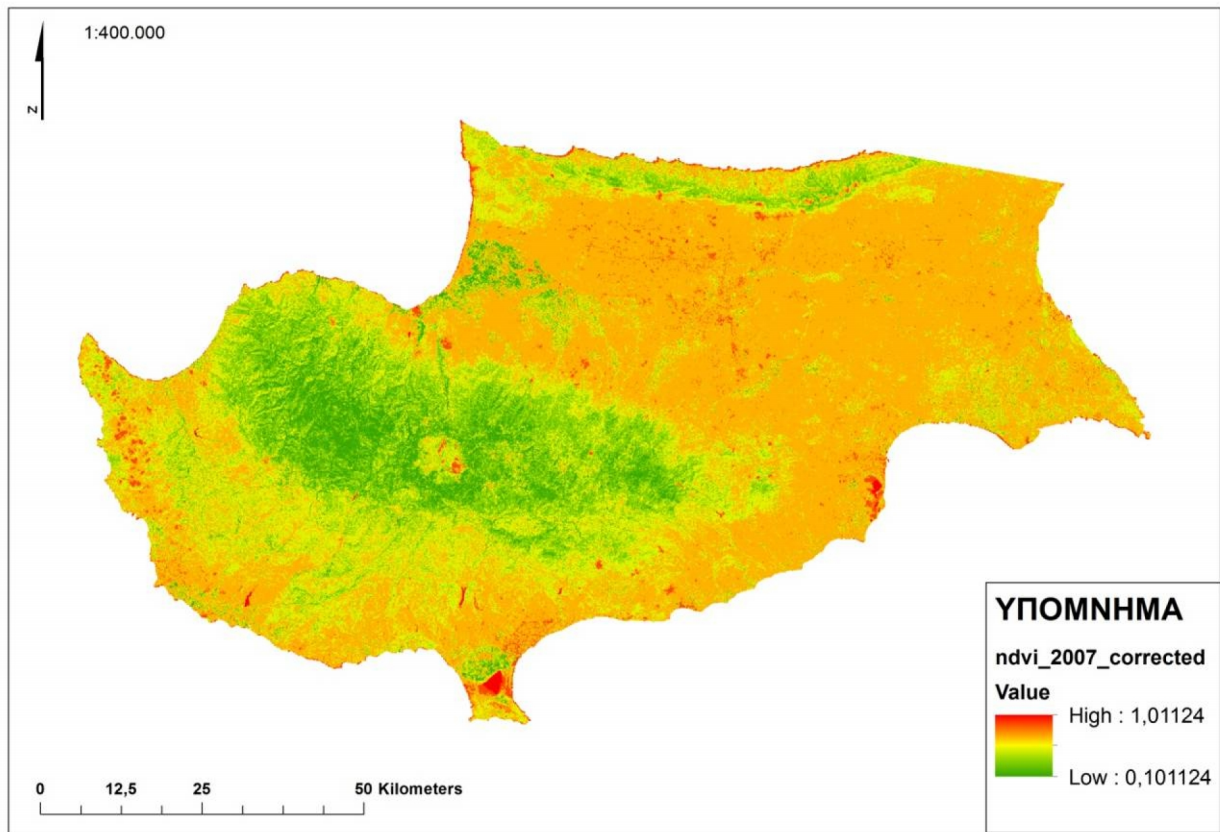
Διορθωμένα αρχεία μετά την εφαρμογή του διορθωμένου συντελεστή βαρύτητας

Αρχείο δείκτη βλάστησης (Δορυφορική εικόνα LT51760362000132XXX01)



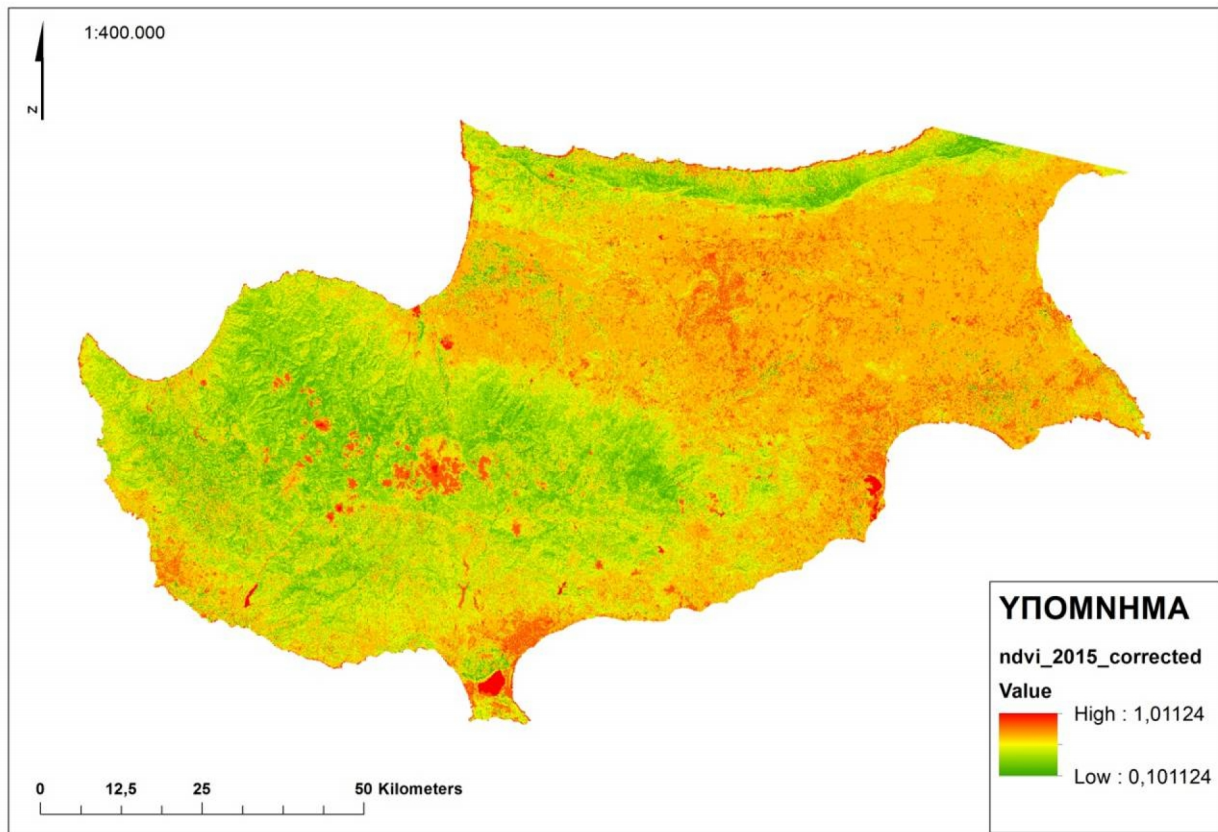
Εικόνα 3.57. Το αρχείο του δείκτη βλάστησης που αντιστοιχεί στην εικόνα LT51760362000132XXX01, μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m, μετά την εφαρμογή του διορθωμένου συντελεστή βαρύτητας

Αρχείο δείκτη βλάστησης (Δορυφορική εικόνα LT51760362007151MOR00)



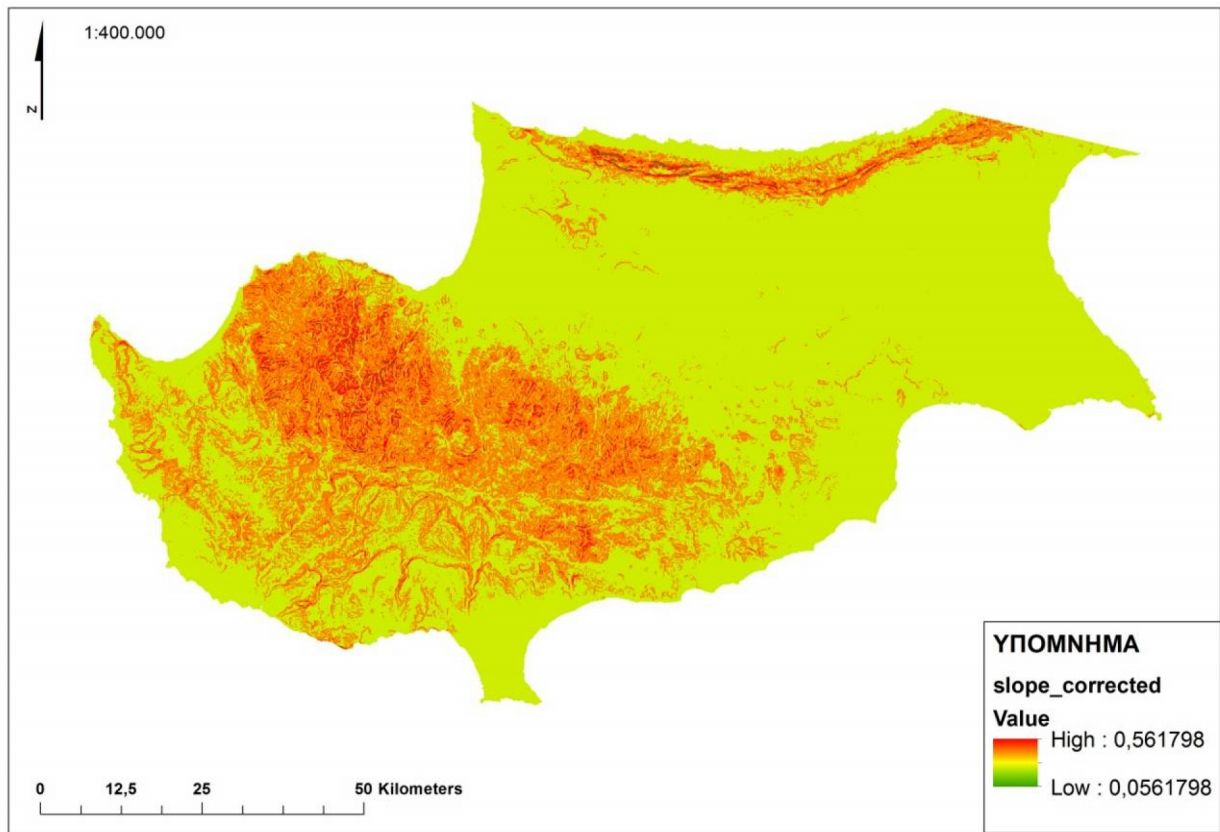
Εικόνα 3.58. Το αρχείο του δείκτη βλάστησης που αντιστοιχεί στην εικόνα LT51760362007151MOR00, μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m, μετά την εφαρμογή του διορθωμένου συντελεστή βαρύτητας

Αρχείο δείκτη βλάστησης (Δορυφορική εικόνα LC81760362015125LGN00)



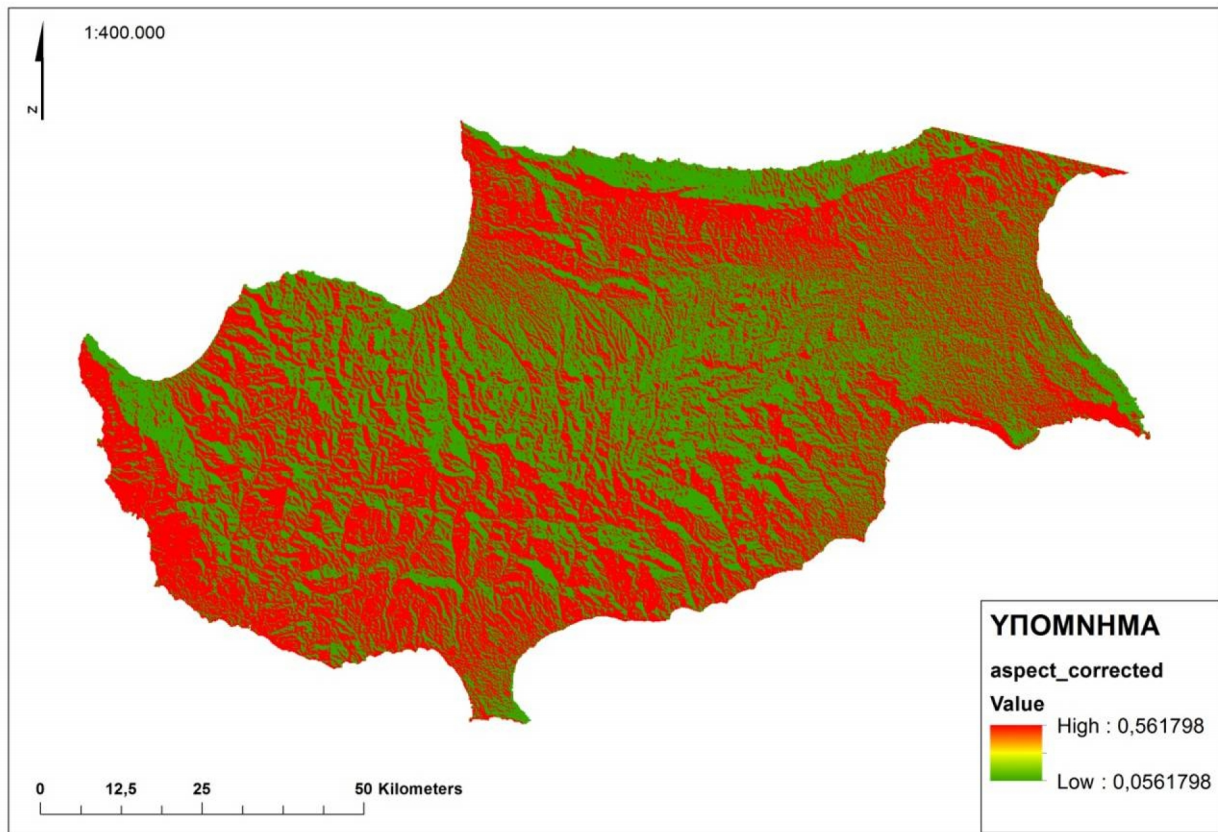
Εικόνα 3.59. Το αρχείο του δείκτη βλάστησης που αντιστοιχεί στην εικόνα LC81760362015125LGN00, μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m, μετά την εφαρμογή του διορθωμένου συντελεστή βαρύτητας

Αρχείο των κλίσεων του εδάφους



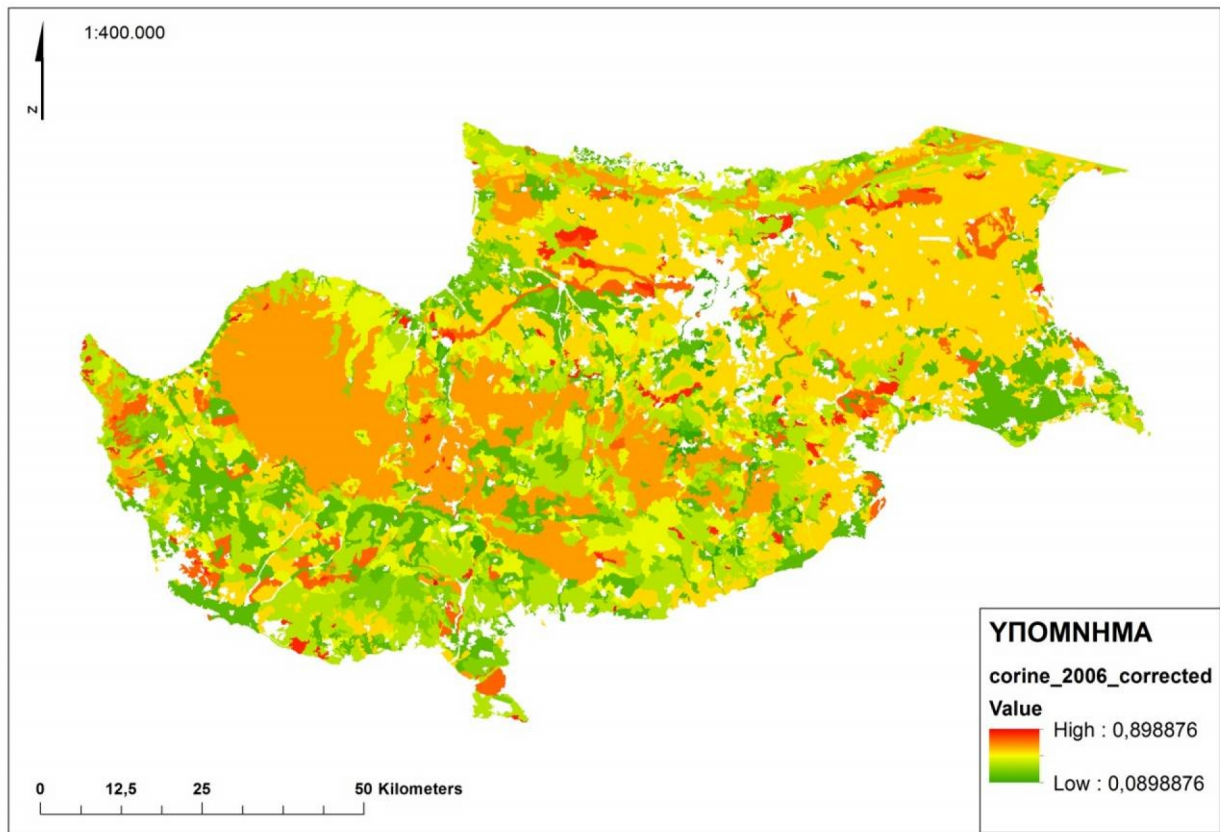
Εικόνα 3.60. Το αρχείο των κλίσεων, μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m, μετά την εφαρμογή του διορθωμένου συντελεστή βαρύτητας

Αρχείο του προσανατολισμού των πλαγιών



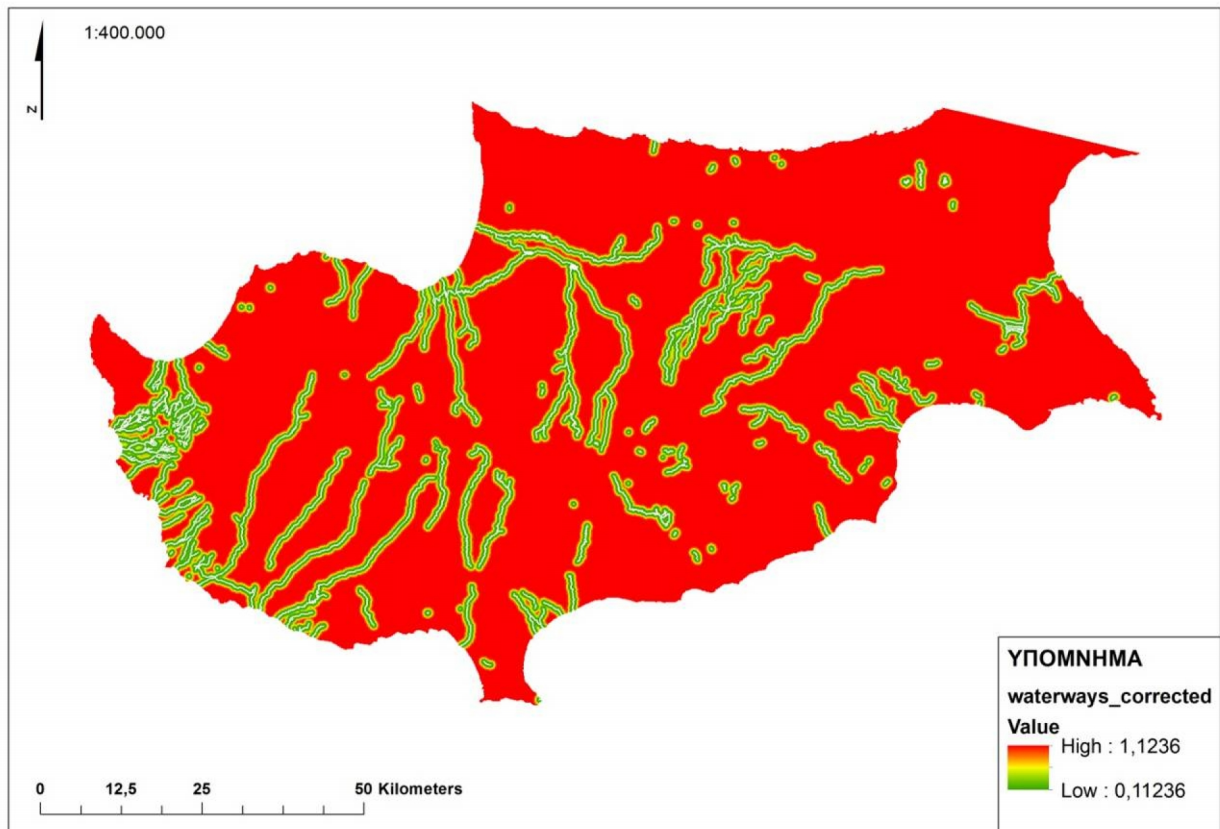
Εικόνα 3.61. Το αρχείο του προσανατολισμού των πλαγιών, μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m, μετά την εφαρμογή του διορθωμένου συντελεστή βαρύτητας

Αρχείο των χρήσεων γης



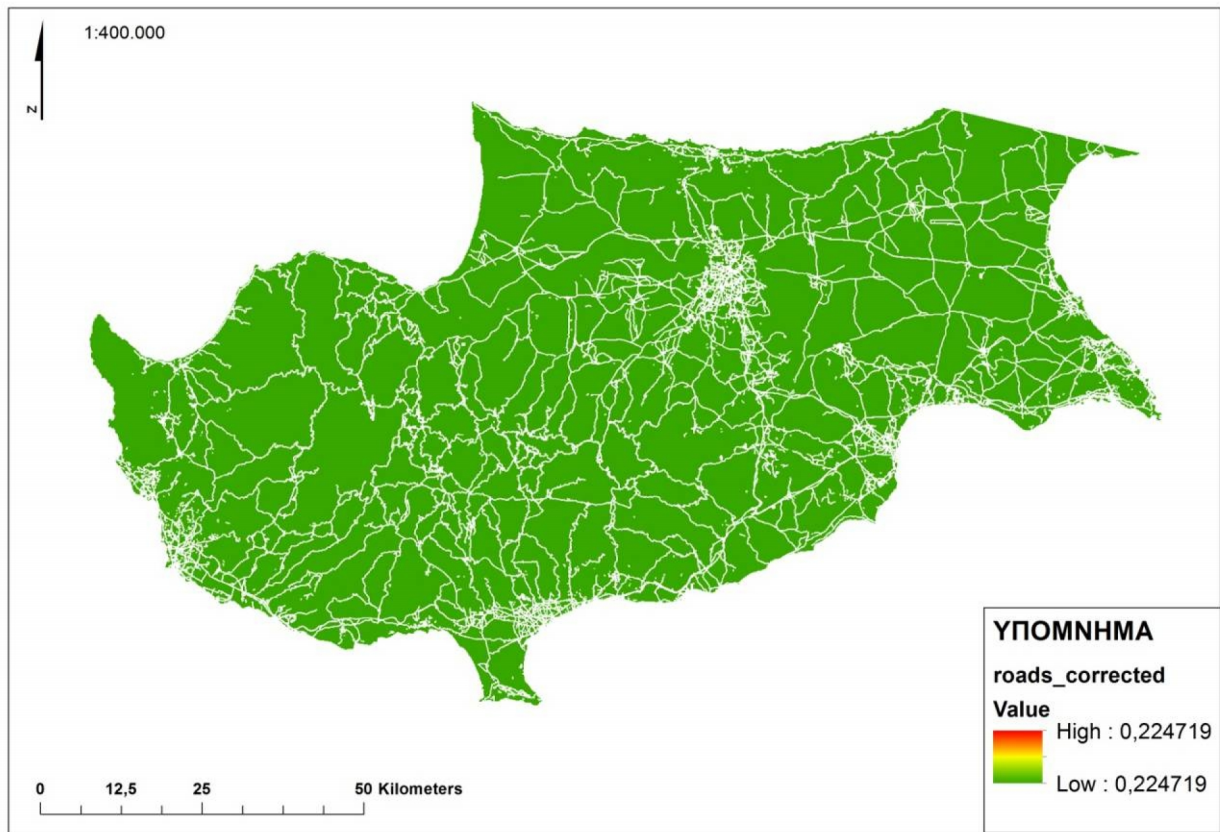
Εικόνα 3.62. Το αρχείο των χρήσεων γης, μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m, μετά την εφαρμογή του διορθωμένου συντελεστή βαρύτητας

Αρχείο του υδρογραφικού δικτύου



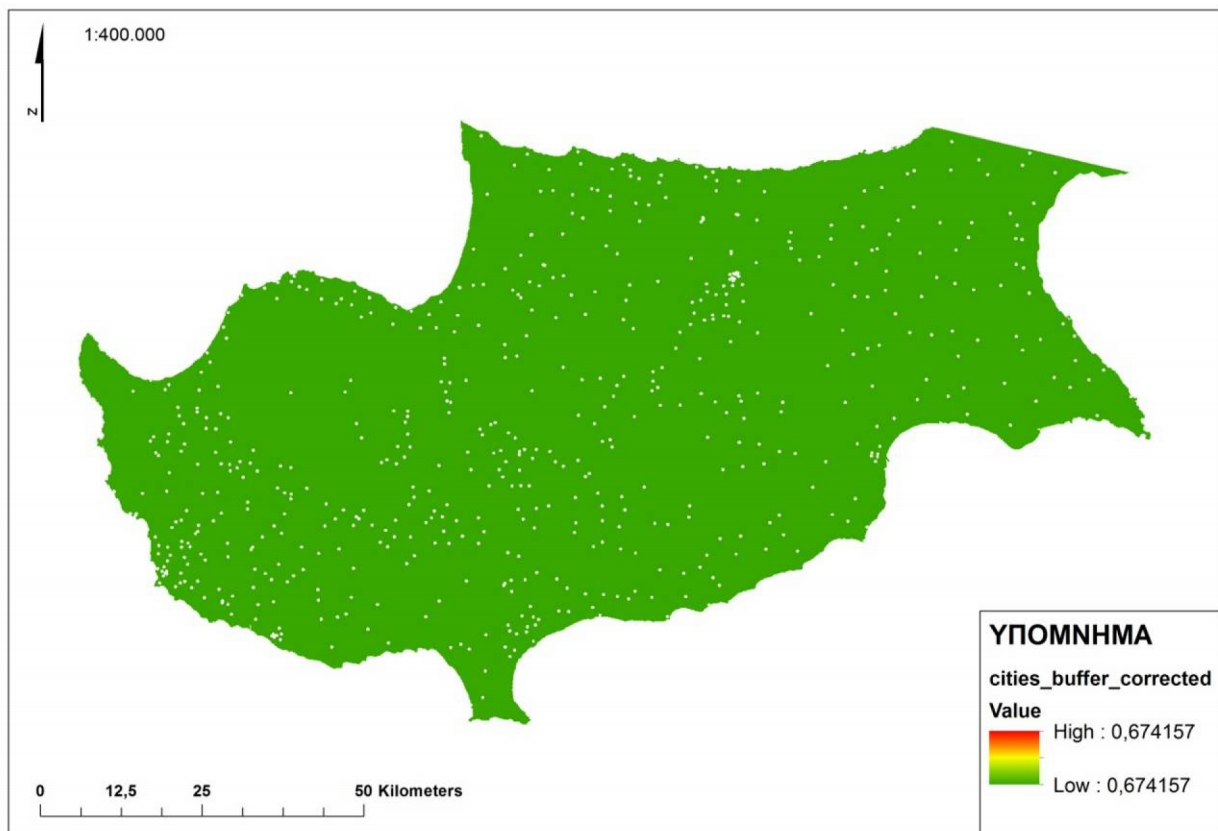
Εικόνα 3.63. Το αρχείο του υδρογραφικού δικτύου, μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m, μετά την εφαρμογή του διορθωμένου συντελεστή βαρύτητας

Αρχείο του οδικού δικτύου



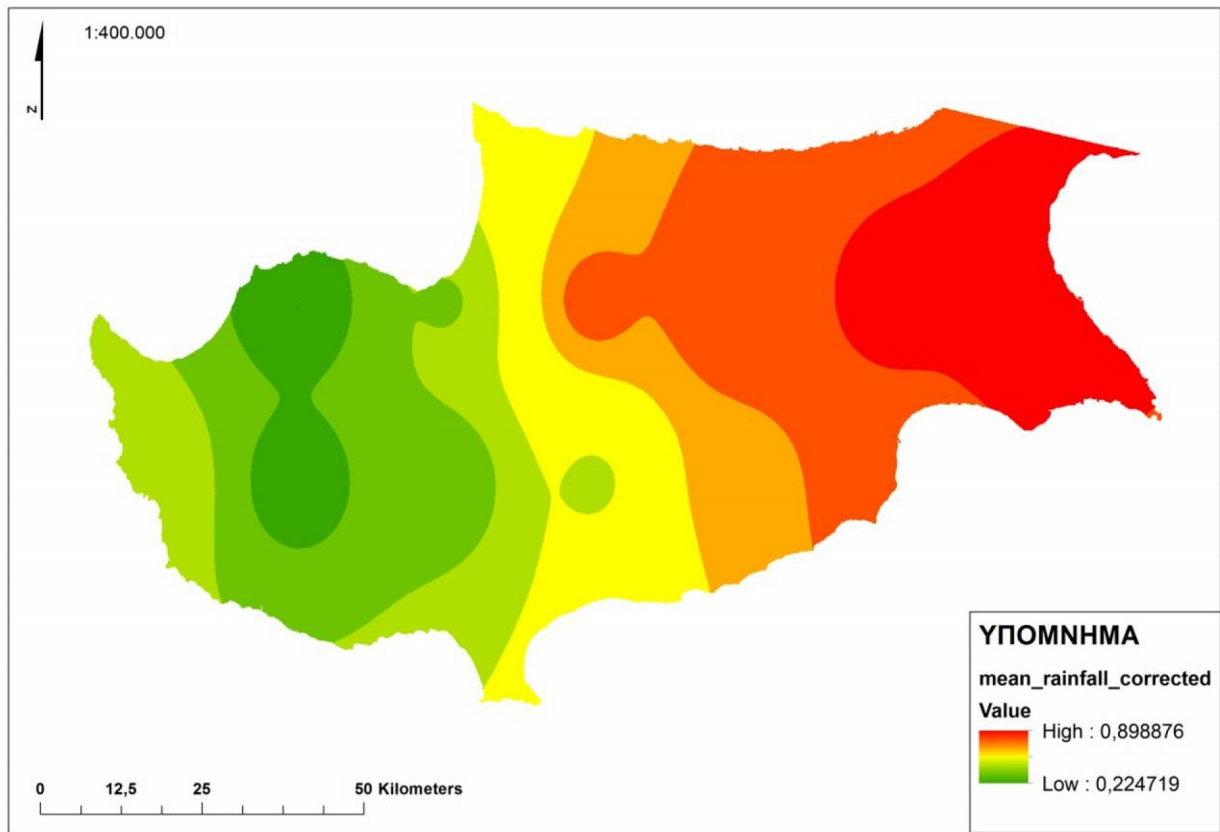
Εικόνα 3.64. Το αρχείο του οδικού δικτύου, μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m, μετά την εφαρμογή του διορθωμένου συντελεστή βαρύτητας

Αρχείο των οικιστικών συγκεντρώσεων



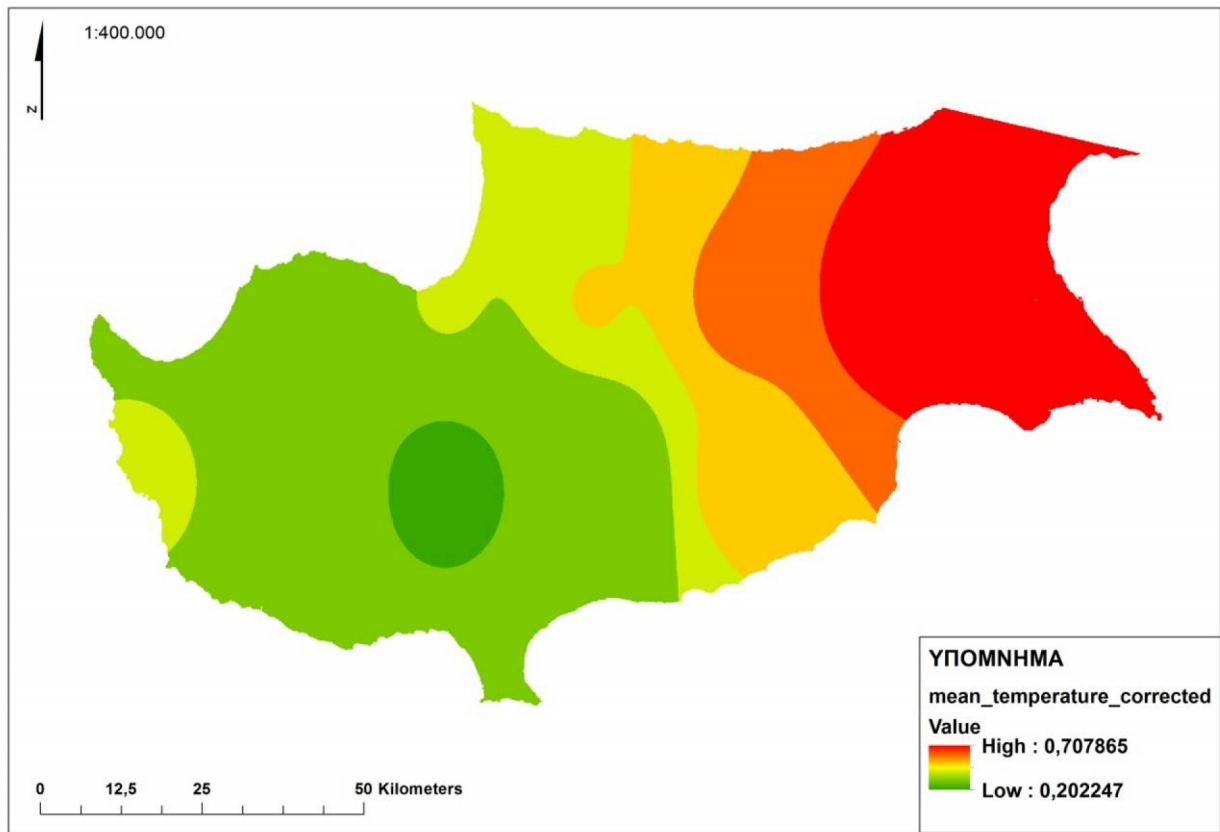
Εικόνα 3.65. Το αρχείο των οικιστικών συγκεντρώσεων, μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m, μετά την εφαρμογή του διορθωμένου συντελεστή βαρύτητας

Αρχείο της μέσης βροχόπτωσης



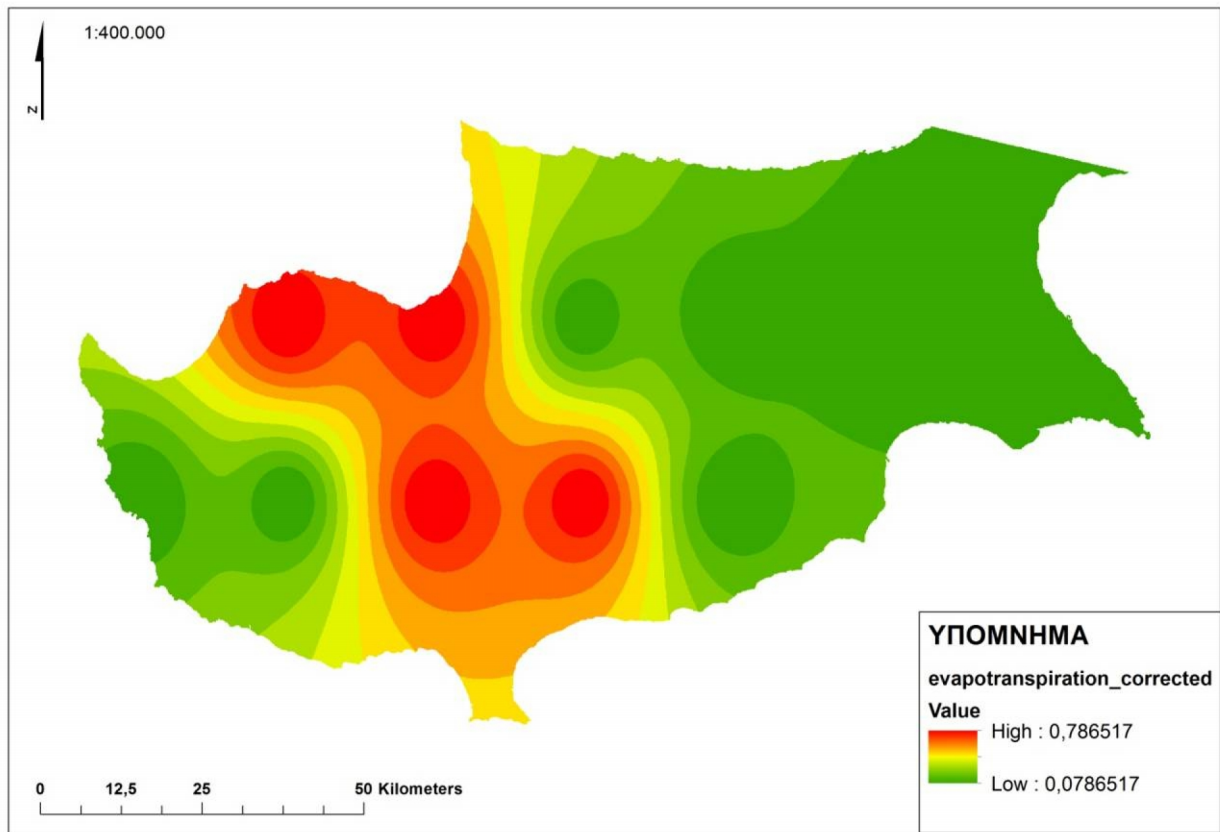
Εικόνα 3.66. Το αρχείο της μέσης βροχόπτωσης, μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m, μετά την εφαρμογή του διορθωμένου συντελεστή βαρύτητας

Αρχείο της μέσης θερμοκρασίας της εδαφικής επιφάνειας (0 cm – 10 cm)



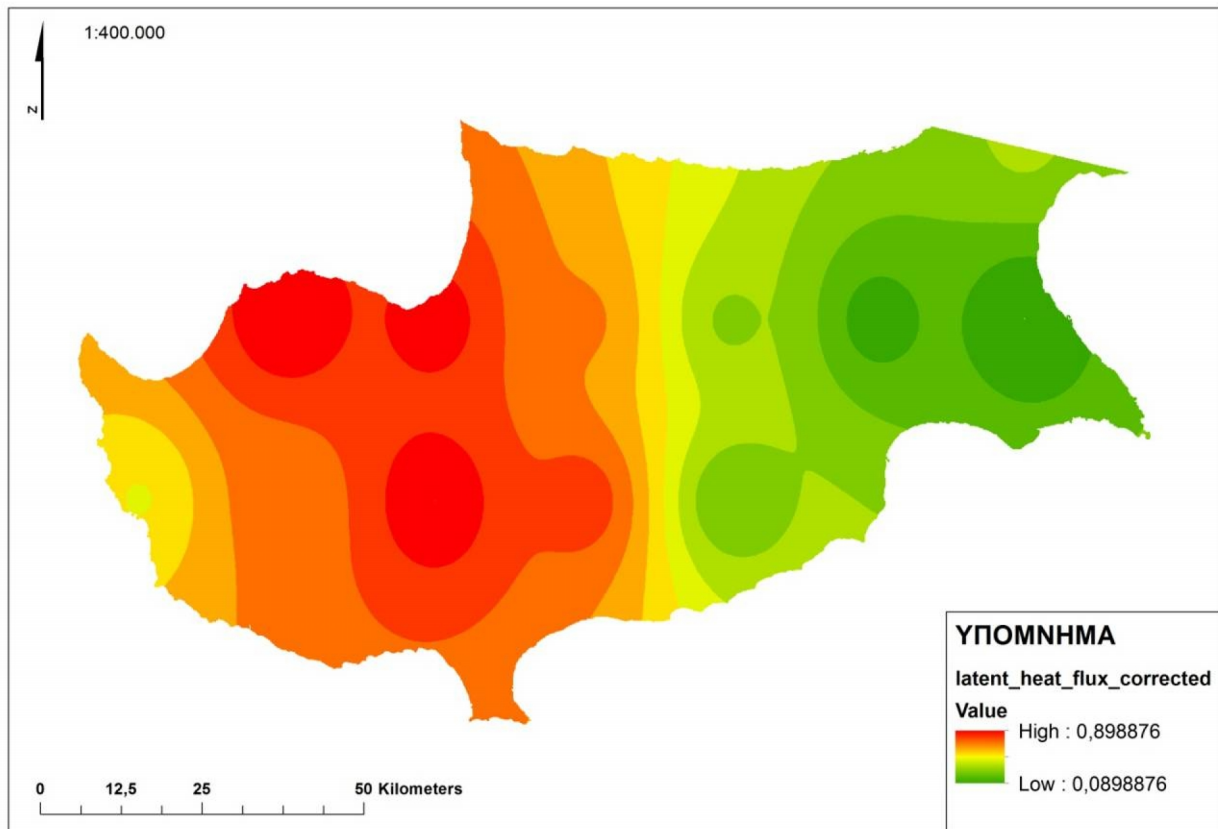
Εικόνα 3.67. Το αρχείο της μέσης θερμοκρασίας της εδαφικής επιφάνειας (0 cm – 10 cm), μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m, μετά την εφαρμογή του διορθωμένου συντελεστή βαρύτητας

Αρχείο της συνολικής εξατμισιοδιαπνοής



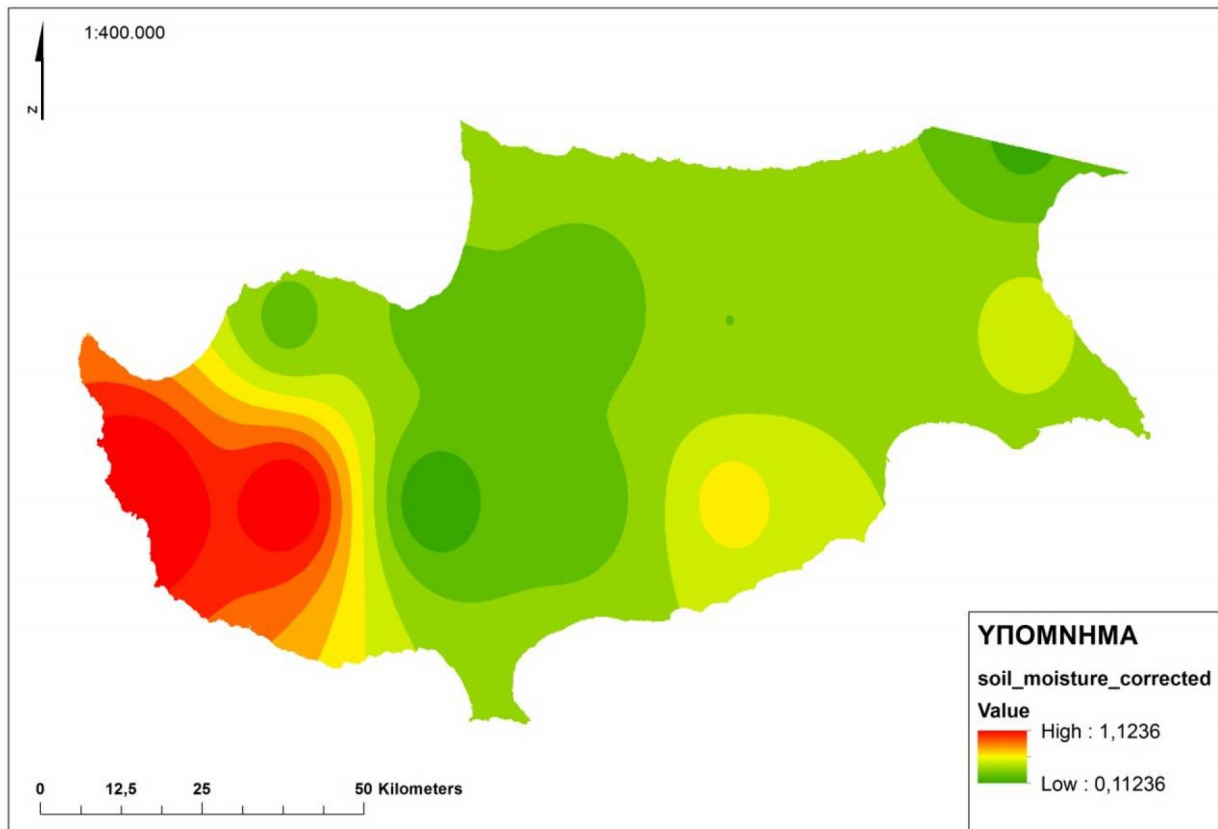
Εικόνα 3.68. Το αρχείο της συνολικής εξατμισιοδιαπνοής, μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m, μετά την εφαρμογή του διορθωμένου συντελεστή βαρύτητας

Αρχείο της λανθάνουσας θερμότητας του εδάφους



Εικόνα 3.69. Το αρχείο της λανθάνουσας θερμότητας του εδάφους, μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m, μετά την εφαρμογή του διορθωμένου συντελεστή βαρύτητας

Αρχείο της εδαφικής υγρασίας (0 cm – 10 cm)



Εικόνα 3.70. Το αρχείο της εδαφικής υγρασίας (0 cm – 10 cm), μεγέθους εικονοστοιχείου 100 m, μετά την εφαρμογή του διορθωμένου συντελεστή βαρύτητας

3.6 Ανάλυση αποτελεσμάτων

3.6.1 Τελικοί χάρτες εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο

Κάθε ένας από τους τελικούς χάρτες εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης χωρίστηκε μέσω του λογισμικού ArcMap, σε τέσσερις κλάσεις ίδιου εύρους, έτσι ώστε να είναι δυνατή η μεταξύ τους σύγκριση σε μια κοινή κλίμακα αναφοράς (πίνακας 3.20).

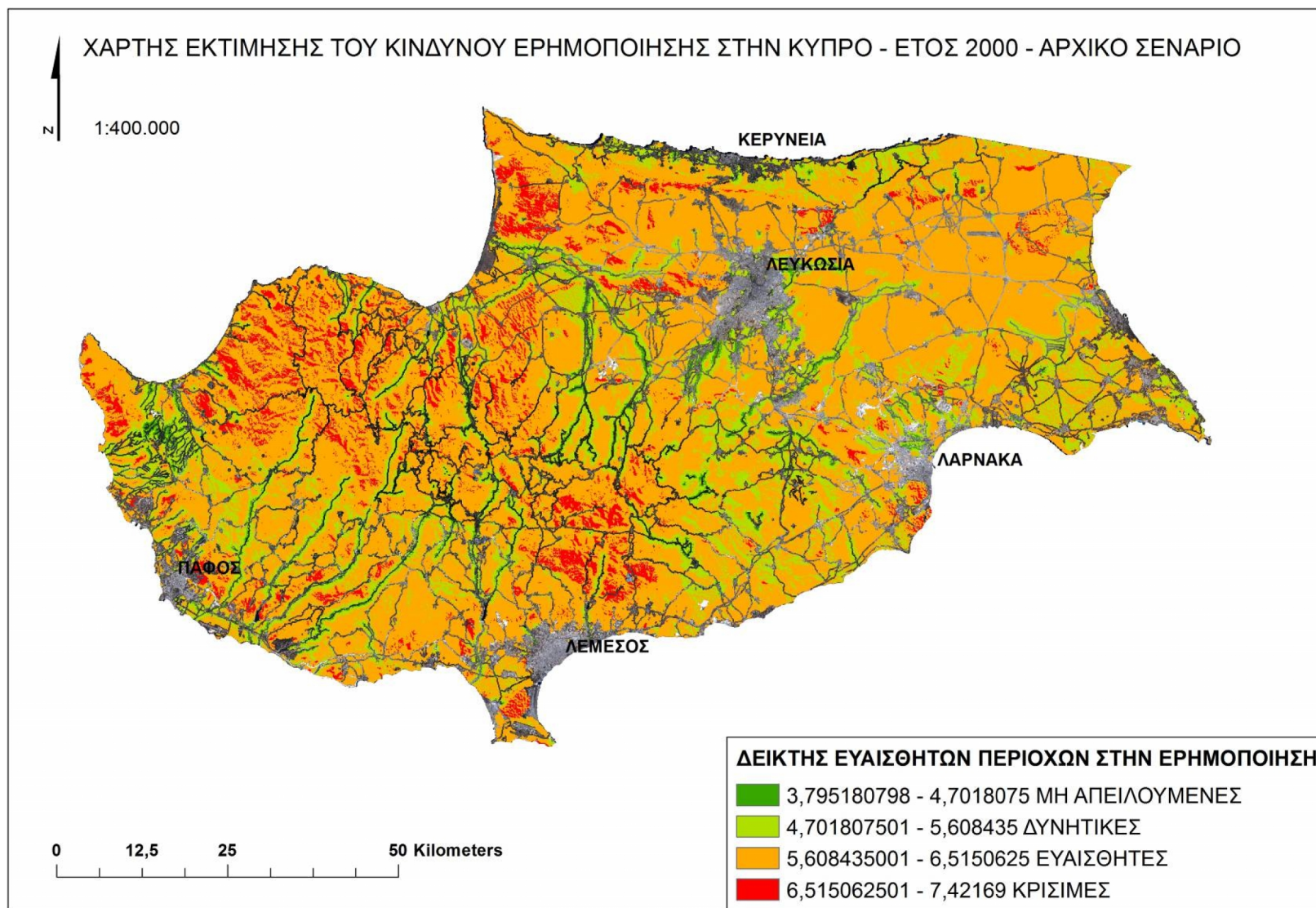
Για τον ποσοτικό προσδιορισμό της εξέλιξης του φαινομένου της ερημοποίησης στα διάφορα σενάρια, χρησιμοποιήθηκε η λειτουργία Diff του εργαλείου raster calculator του λογισμικού ArcMap. Οι συγκρίσεις πραγματοποιήθηκαν για τις χρονικές περιόδους 2000 – 2007, 2007 – 2015 και 2000 – 2015, αποκαλύπτοντας με αυτό τον τρόπο την τάση της εξέλιξης του φαινομένου της ερημοποίησης στην περιοχή μελέτης, για την χρονική περίοδο που εξετάστηκε. Αρνητικές τιμές σημαίνουν υποχώρηση του φαινομένου της ερημοποίησης, ενώ θετικές τιμές, σημαίνουν ενίσχυση του φαινομένου. Μηδενικές τιμές, σημαίνουν καμμία αλλαγή στην εξέλιξη του φαινομένου της ερημοποίησης.

Πίνακας 3.20. Οι κλάσεις των τελικών χαρτών εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο

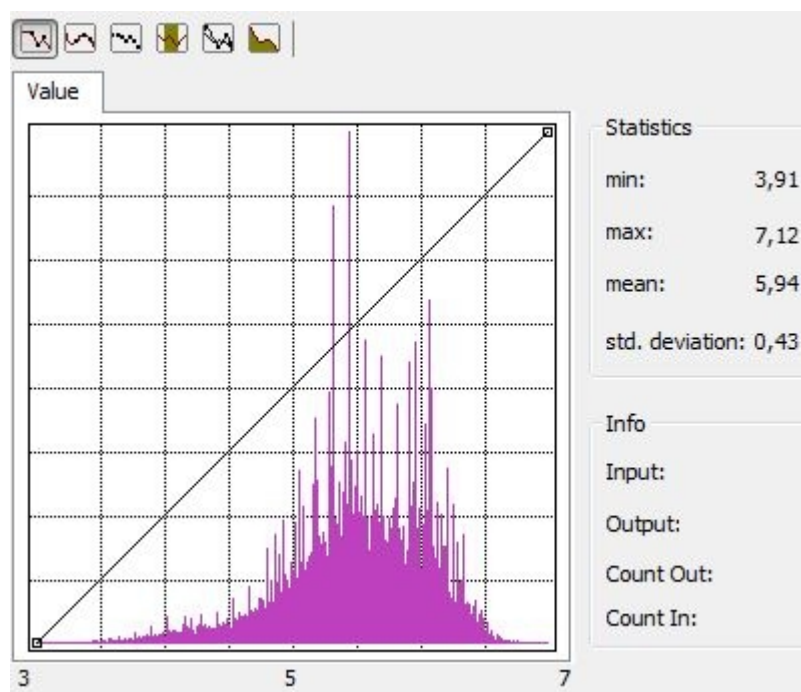
A/A	Εύρος Κλάσεων	Χαρακτηρισμός
1	3,795180798 – 4,7018075	Μή απειλούμενες
2	4,701807501 – 5,608435	Δυνητικές
3	5,608435001 – 6,5150625	Ευαίσθητες
4	6,515062501 – 7,42169	Κρίσιμες

Αρχικό σενάριο

Τα ποσοστά κάθε κλάσης καθώς και οι αντίστοιχες εκτάσεις που καλύπτουν για κάθε έτος, παρουσιάζονται στον πίνακα 3.21.

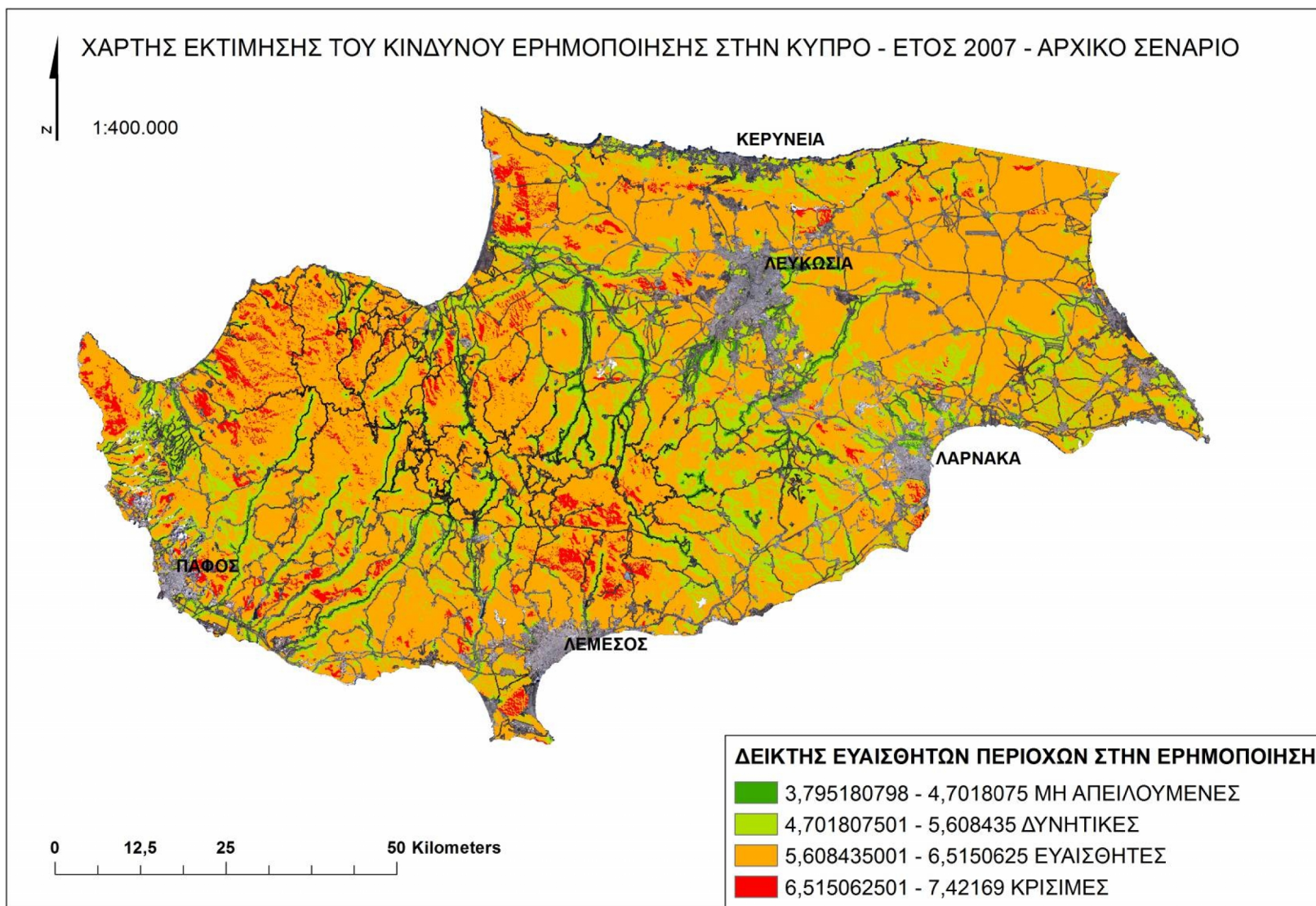


Εικόνα 3.71. Τελικός χάρτης εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2000 – Αρχικό σενάριο

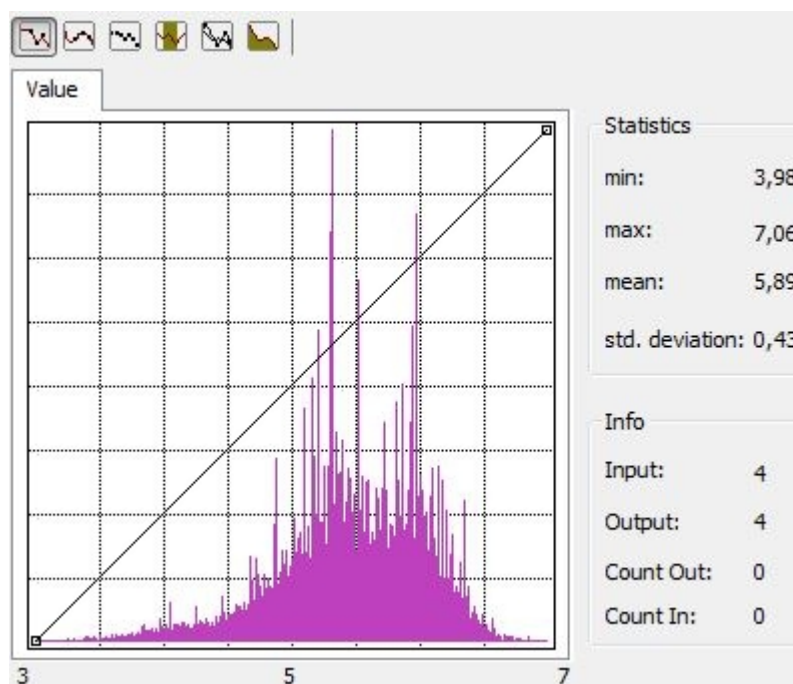


Εικόνα 3.72. Το ιστόγραμμα του τελικού χάρτη εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2000 – Αρχικό σενάριο

Όπως προκύπτει από το ιστόγραμμα του αρχείου, η ελάχιστη τιμή που παρουσιάζεται, είναι 3,91 και η μέγιστη 7,12. Η μέση τιμή ισούται με 5,94 και η τυπική απόκλιση με 0,43, φανερώνοντας μικρή διασπορά των τιμών. Η εικόνα που δίνει το ιστόγραμμα, συμφωνεί με τη γραφική παράσταση της κανονικής κατανομής και μας επιτρέπει να δεχτούμε ότι, η κατανομή των τιμών, είναι κανονική.

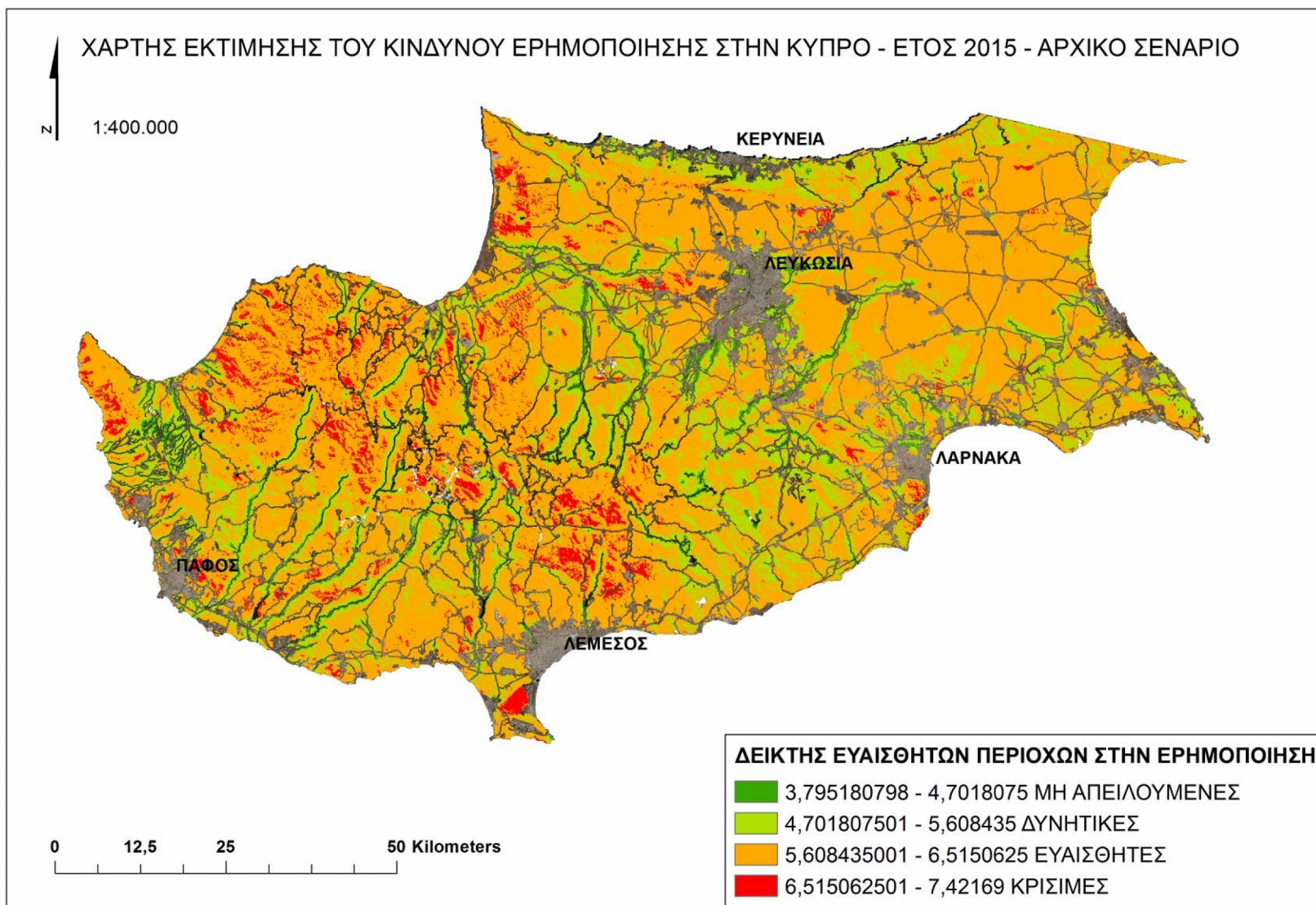


Εικόνα 3.73. Τελικός χάρτης εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2007 – Αρχικό σενάριο

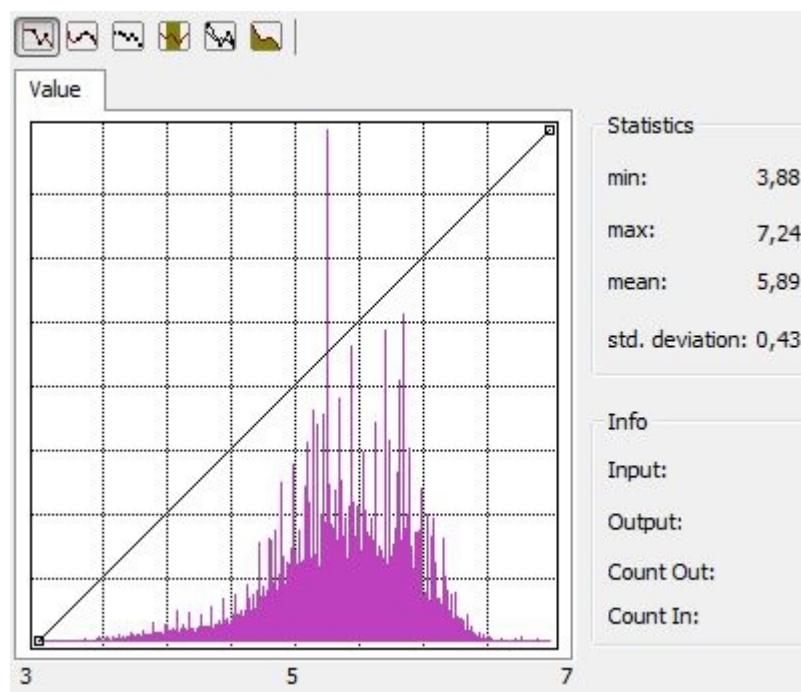


Εικόνα 3.74. Το ιστόγραμμα του τελικού χάρτη εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2007 – Αρχικό σενάριο

Όπως προκύπτει από το ιστόγραμμα του αρχείου, η ελάχιστη τιμή που παρουσιάζεται, είναι 3,98 και η μέγιστη 7,06. Η μέση τιμή ισούται με 5,89 και η τυπική απόκλιση με 0,43, φανερώνοντας μικρή διασπορά των τιμών. Η εικόνα που δίνει το ιστόγραμμα, συμφωνεί με τη γραφική παράσταση της κανονικής κατανομής και μας επιτρέπει να δεχτούμε ότι, η κατανομή των τιμών, είναι κανονική.



Εικόνα 3.75. Τελικός χάρτης εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2015 – Αρχικό σενάριο



Εικόνα 3.76. Το ιστόγραμμα του τελικού χάρτη εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2015 – Αρχικό σενάριο

Όπως προκύπτει από το ιστόγραμμα του αρχείου, η ελάχιστη τιμή που παρουσιάζεται, είναι 3,88 και η μέγιστη 7,24. Η μέση τιμή ισούται με 5,89 και η τυπική απόκλιση με 0,43, φανερώνοντας μικρή διασπορά των τιμών. Η εικόνα που δίνει το ιστόγραμμα, συμφωνεί με τη γραφική παράσταση της κανονικής κατανομής και μας επιτρέπει να δεχτούμε ότι, η κατανομή των τιμών, είναι κανονική.

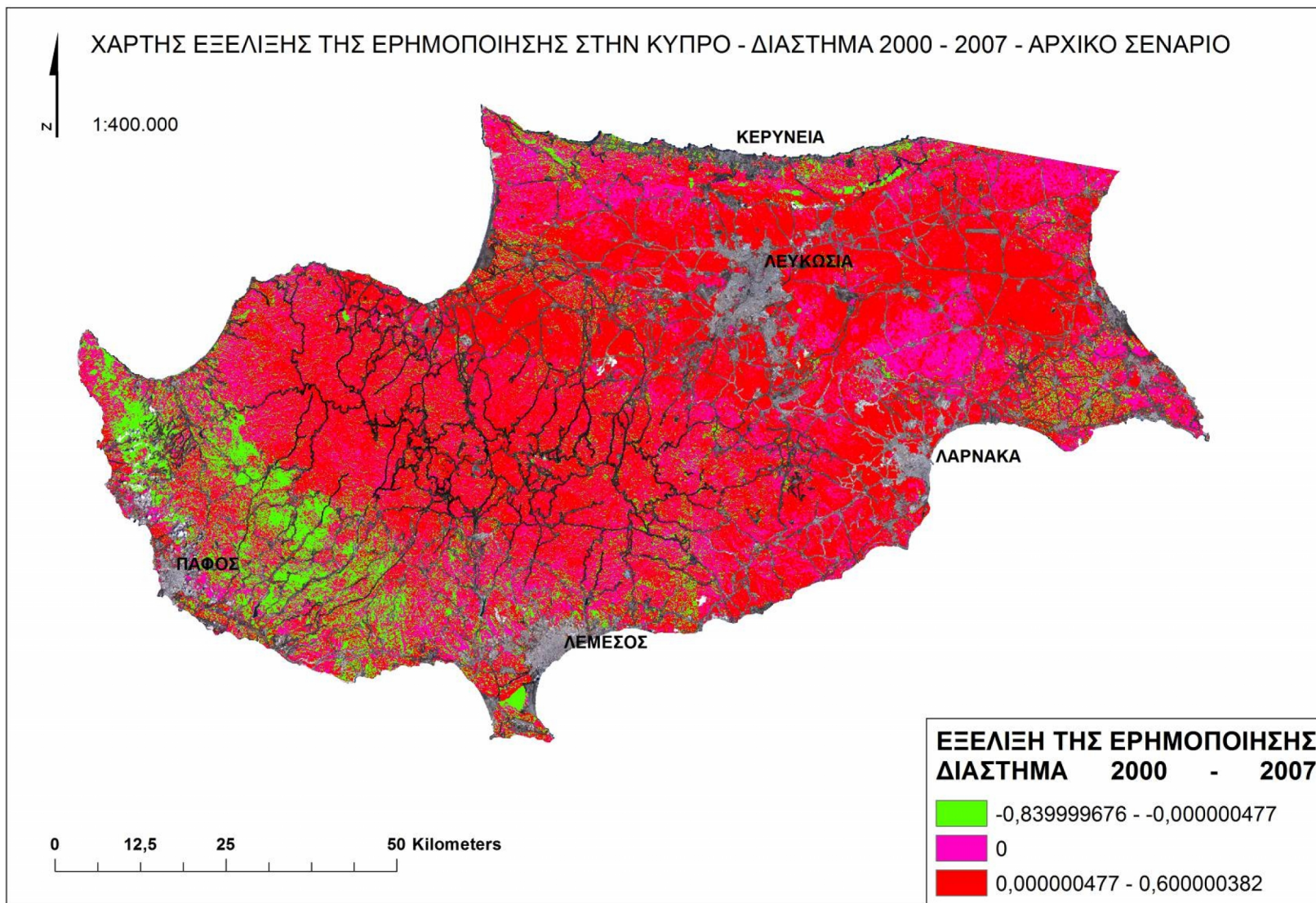
Πίνακας 3.21. Ποσοστά και αντίστοιχες εκτάσεις εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης - Αρχικό σενάριο

Χαρακτηρισμός	2000		2007		2015	
	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)
Μή απειλούμενες	1,03	68,25	1,28	84,05	1,31	88,81
Δυνητικές	18,58	1.226,54	20,84	1.368,38	21,72	1.470,02
Ευαίσθητες	73,89	4.878,81	73,13	4.802,48	72,05	4.876,72
Κρίσιμες	6,49	428,78	4,76	312,5	4,91	332,63

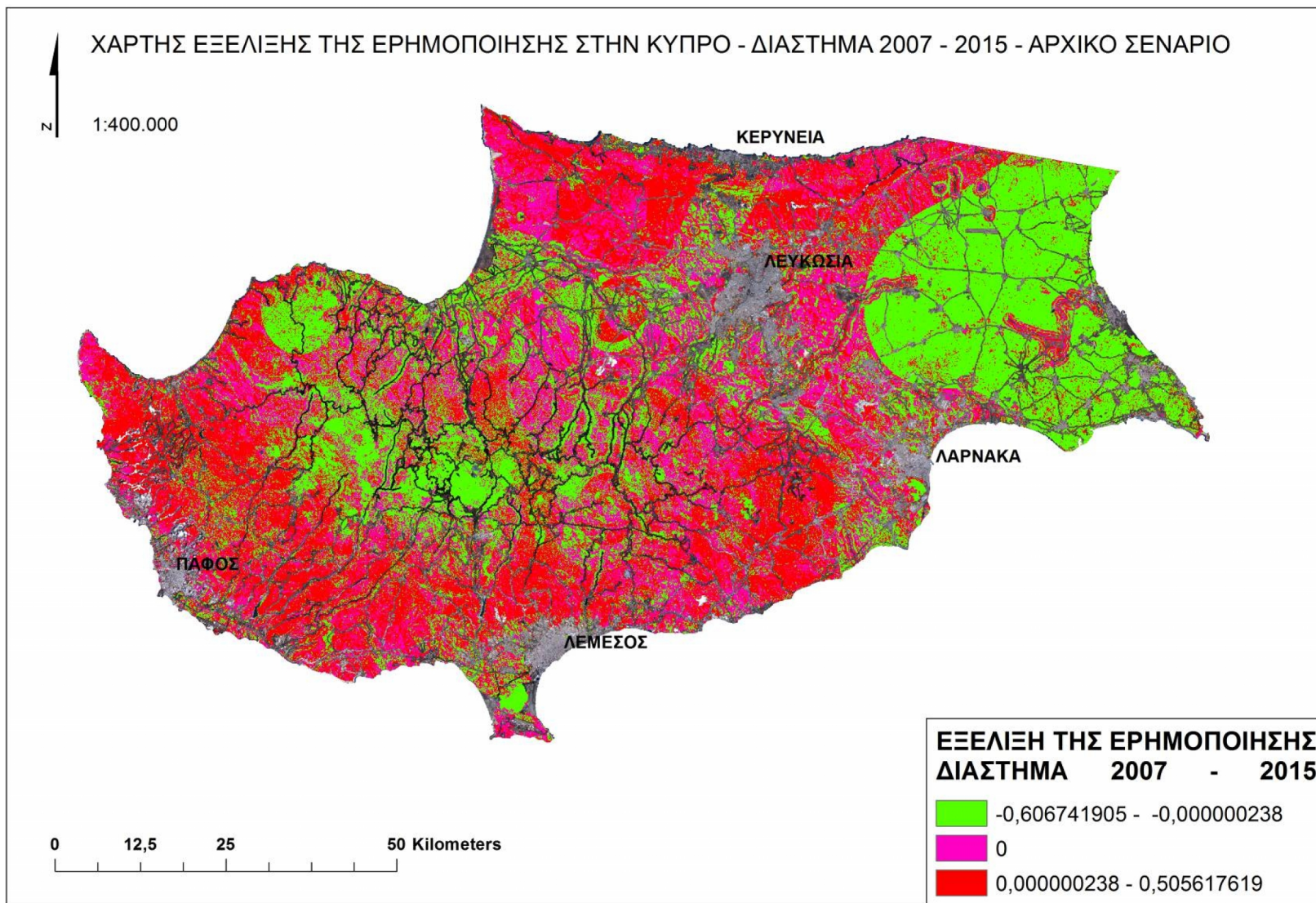
Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.21, οι μή απειλούμενες περιοχές αυξήθηκαν ελαφρώς σε ποσοστό της συνολικής έκτασης της περιοχής μελέτης, από 1,03 % το έτος 2000 σε 1,28 % το έτος 2007 και 1,31 % το 2015. Οι δυνητικά απειλούμενες περιοχές, παρουσίασαν επίσης αυξητική τάση, με ποσοστά από 18,58 % το έτος 2000, σε 20,84 % το έτος 2007 και 21,72 % το 2015. Οι ευαίσθητες περιοχές, καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής, παρουσιάζοντας ωστόσο ελαφρά μείωση από 73,89 % το 2000 σε 73,13 % το έτος 2007 και 72,05 % το 2015. Τέλος, οι κρίσιμες περιοχές, παρουσιάζουν επίσης τάση μείωσης, από 6,49 % το έτος 2000, σε 4,76 % το έτος 2007 και 4,91 % το 2015.

Εξέλιξη της ερημοποίησης – Εντοπισμός αλλαγών

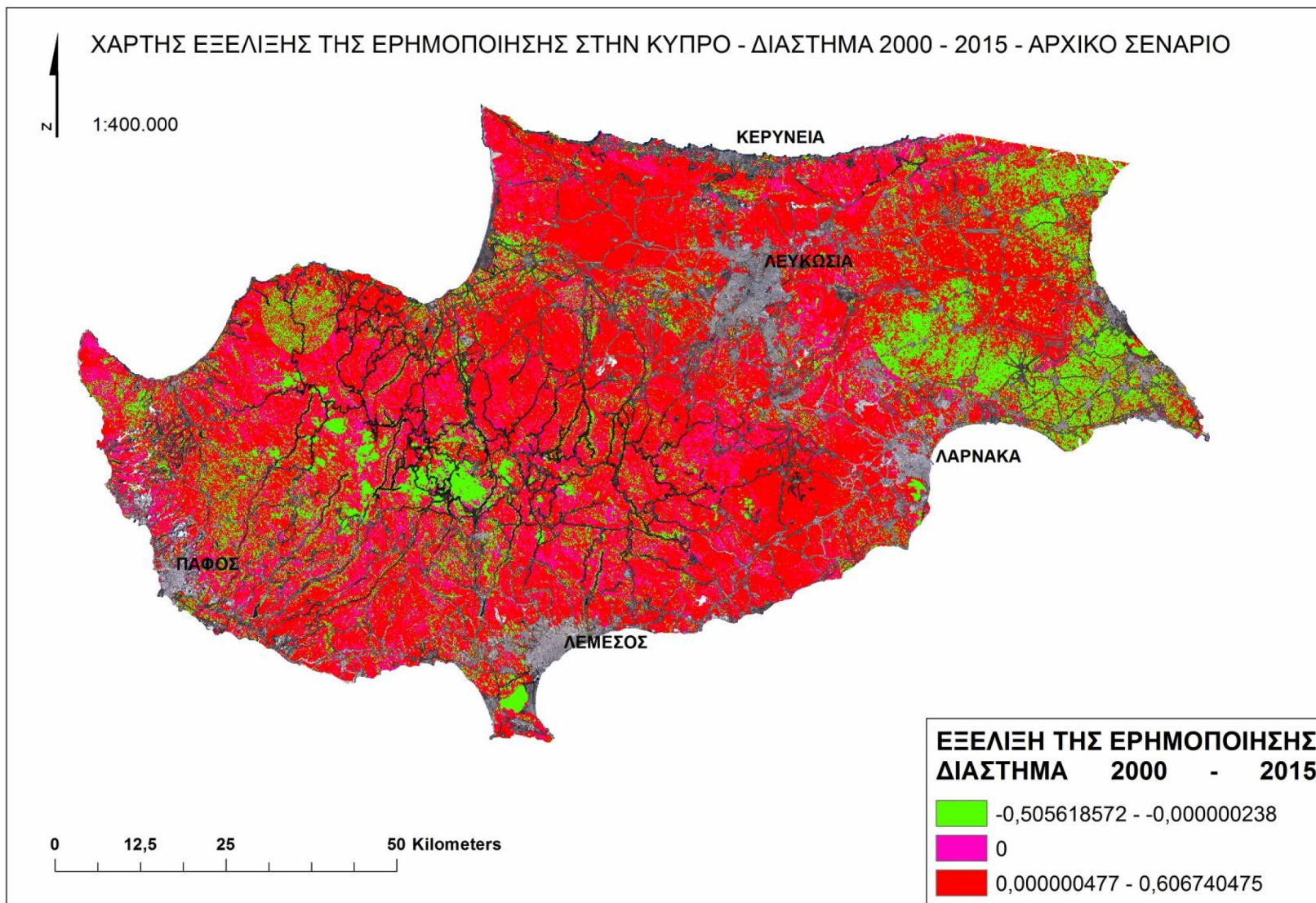
Ακολουθεί παρουσίαση και ανάλυση της εξέλιξης της ερημοποίησης στην περιοχή μελέτης.



Εικόνα 3.77. Χάρτης εξέλιξης της ερημοποίησης για το διάστημα 2000 – 2007 – Αρχικό σενάριο



Εικόνα 3.78 Χάρτης εξέλιξης της ερημοποίησης για το διάστημα 2007 – 2015 – Αρχικό σενάριο



Εικόνα 3.79 Χάρτης εξέλιξης της ερημοποίησης για το διάστημα 2000 – 2015 – Αρχικό σενάριο

Πίνακας 3.22. Ποσοστά και αντίστοιχες εκτάσεις εξέλιξης της ερημοποίησης – Αρχικό σενάριο

Τιμές	2000 - 2007		2007 - 2015		2000 - 2015	
	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)
-5,05618572 – -0,000000238	14,45	948,9	37,88	2.487,67	19,74	1.302,97
0	26,50	1.739,99	24,63	1.617,15	14,98	989,2
0,000000477 – 0,606740475	59,05	3.8777,38	37,49	2.461,85	65,28	4.309,72

Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.22, οι περιοχές που εμφάνισαν εξασθένηση του φαινομένου της ερημοποίησης αυξήθηκαν, με ποσοστά 14,45 % την περίοδο 2000 – 2007, 37,88 % την περίοδο 2007 – 2015 και 19,74 % συνολικά την περίοδο 2000 – 2015. Οι περιοχές που παρουσίασαν μηδενικές αλλαγές, παρουσίασαν μείωση με ποσοστά 26,50 % την περίοδο 2000 – 2007, 24,63 % την περίοδο 2007 – 2015 και 14,98 % συνολικά την περίοδο 2000 – 2015. Οι περιοχές που παρουσίασαν ενίσχυση του φαινομένου της ερημοποίησης μειώθηκαν, με ποσοστά 59,05 % την περίοδο 2000 – 2007, 37,49 % την περίοδο 2007 – 2015 και 65,28 % συνολικά την περίοδο 2000 – 2015.

3.6.2 Ανάλυση ευαισθησίας

Η ανάλυση ευαισθησίας, παρέχει τα μέσα για τον προσδιορισμό της επίδρασης που εμφανίζουν τα βάρη των κριτηρίων και η συνολική τιμή κάθε εναλλακτικής λύσης. Με την ανάλυση ευαισθησίας είμαστε σε θέση να διαπιστώσουμε αν τα αποτελέσματα είναι λογικά και να προχωρήσουμε στην επιλογή μιας στρατηγικής. Αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της διαδικασίας

λήψης αποφάσεων και επιτρέπει τον προσδιορισμό και τον περιορισμό των εναλλακτικών λύσεων, των δεικτών, των τιμών τους και της βαρύτητάς τους. Με την ανάλυση ευαισθησίας, προσδιορίζεται η επίδραση των διαφόρων τιμών στο τελικό αποτέλεσμα. Η γενική μεθοδολογία, περιλαμβάνει τη δημιουργία μητρών κριτηρίων με αλλαγμένες τιμές, έτσι ώστε να προσδιοριστεί η επίδρασή τους στο τελικό αποτέλεσμα (*Déjus, 2002*).

Για την πραγματοποίηση της ανάλυσης ευαισθησίας, δημιουργήθηκαν τρία σενάρια, όπου σε κάθε σενάριο άλλαξαν οι τιμές συγκεκριμένων μεταβλητών και αξιολογήθηκε η επίδρασή τους στα τελικά αποτελέσματα. Το σενάριο που συγκεντρώνει την υψηλότερη βαθμολογία, θεωρείται πως αντικατοπτρίζει καλύτερα την πραγματικότητα, επομένως θεωρείται η βέλτιστη λύση.

ΣΕΝΑΡΙΟ 1

Στο πρώτο σενάριο, έγινε η θεώρηση πως τα κριτήρια του υδρογραφικού δικτύου, της εδαφικής υγρασίας, της μέσης βροχόπτωσης και της εξατμισιοδιαπνοής εμφανίζουν λιγότερη βαρύτητα στην εκδήλωση του φαινομένου της ερημοποίησης από ότι στο αρχικό σενάριο, ενώ οι υπόλοιπες παράμετροι παρέμειναν σταθερές.

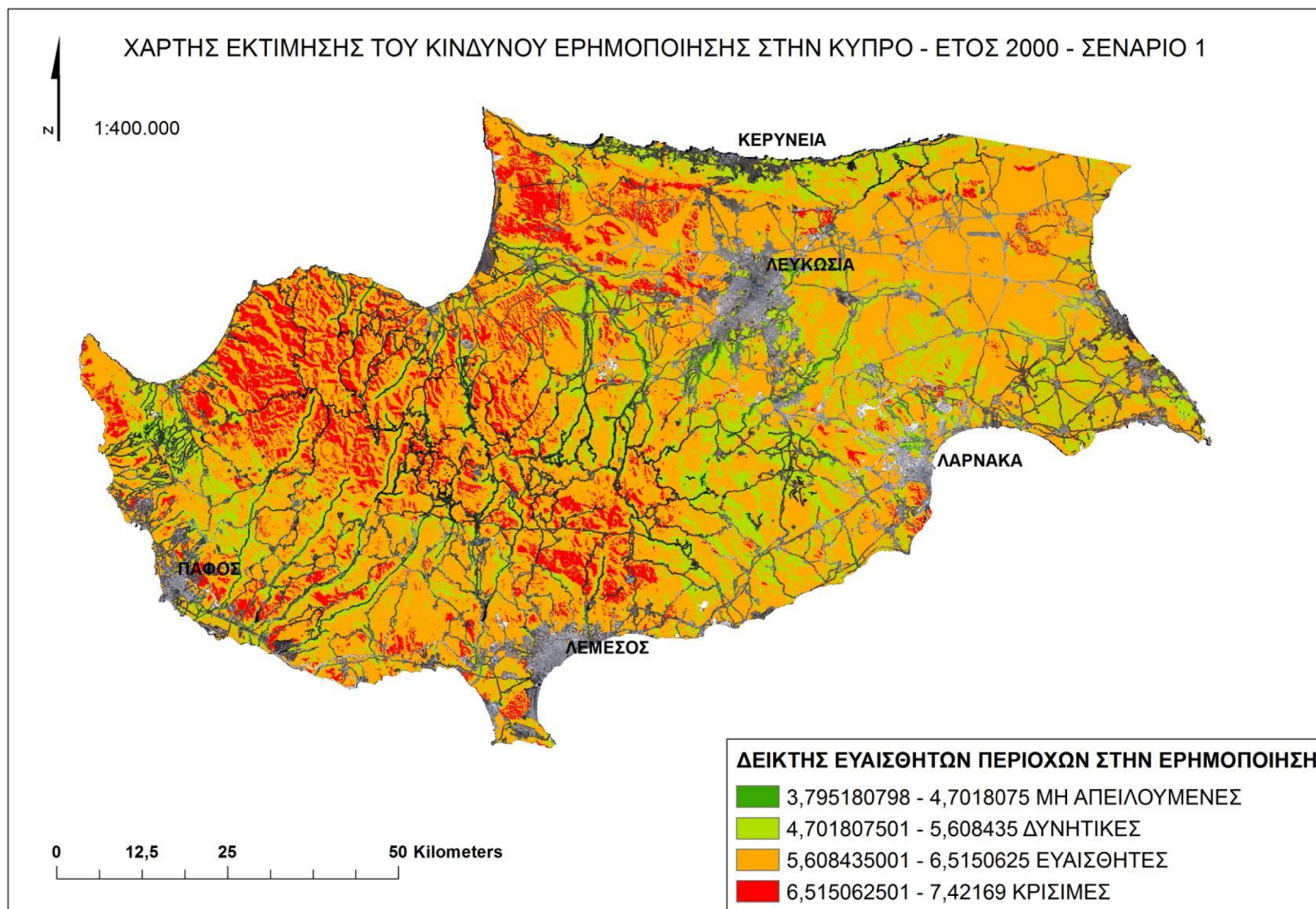
Πίνακας 3.23. Συντελεστές βαρύτητας – Σενάριο 1

A/A	Κριτήριο	Βαρύτητα (%)	Συντελεστής βαρύτητας	Διορθωμένος συντελεστής βαρύτητας
1	Υδρογραφικό δίκτυο	60	3	0,08
2	Εδαφική υγρασία	70	3,5	0,0933333333
3	Μέση βροχόπτωση	50	2,5	0,066666667
4	Δείκτης βλάστησης	90	4,5	0,12
5	Μέση θερμοκρασία	90	4,5	0,12
6	Χρήσεις γης	80	4	0,106666667
7	Λανθάνουσα θερμότητα εδάφους	80	4	0,106666667
8	Συνολική εξατμισοδιαπνοή	50	2,5	0,066666667
9	Οικιστικές συγκεντρώσεις	60	3	0,08
10	Κλίση	50	2,5	0,066666667
11	Προσανατολισμός	50	2,5	0,066666667
12	Οδικό δίκτυο	20	1	0,026666667
ΣΥΝΟΛΟ			37,5	

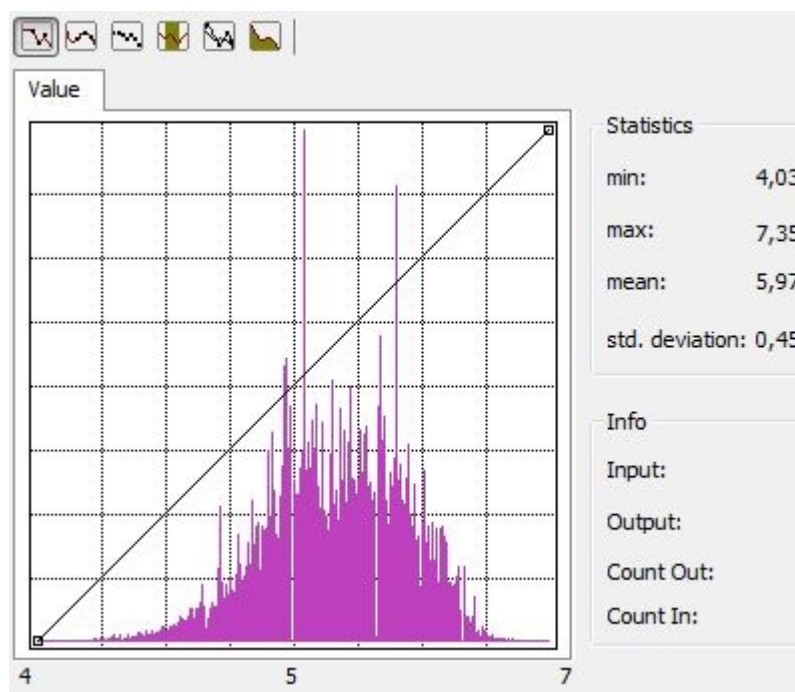
Τα ποσοστά κάθε κλάσης καθώς και οι αντίστοιχες εκτάσεις που καλύπτουν για κάθε έτος, παρουσιάζονται στον πίνακα 3.24.

Τελικοί χάρτες εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο

Ακολουθούν οι τελικοί χάρτες εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης για το σενάριο 1.

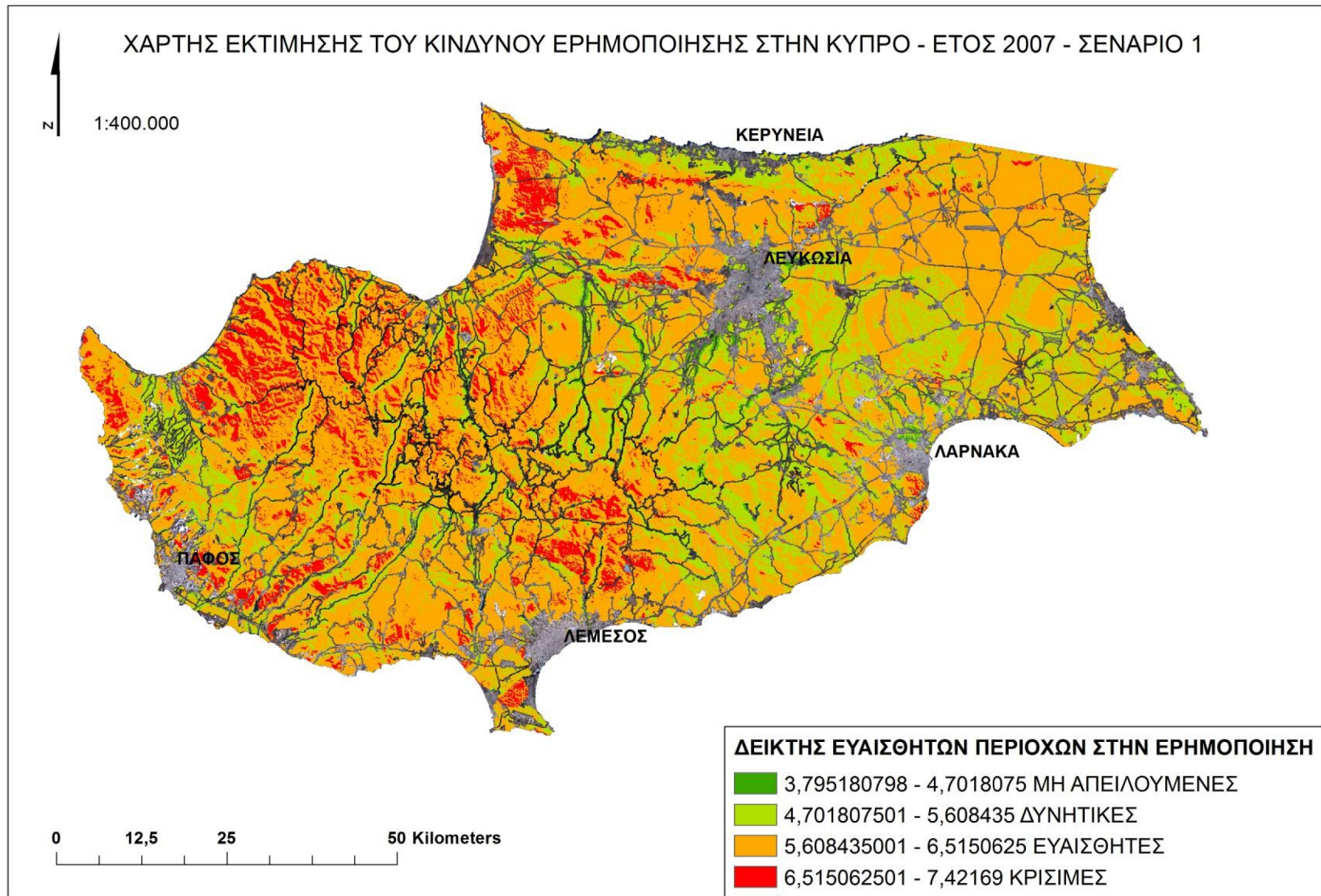


Εικόνα 3.80 Τελικός χάρτης εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2000 – Σενάριο 1

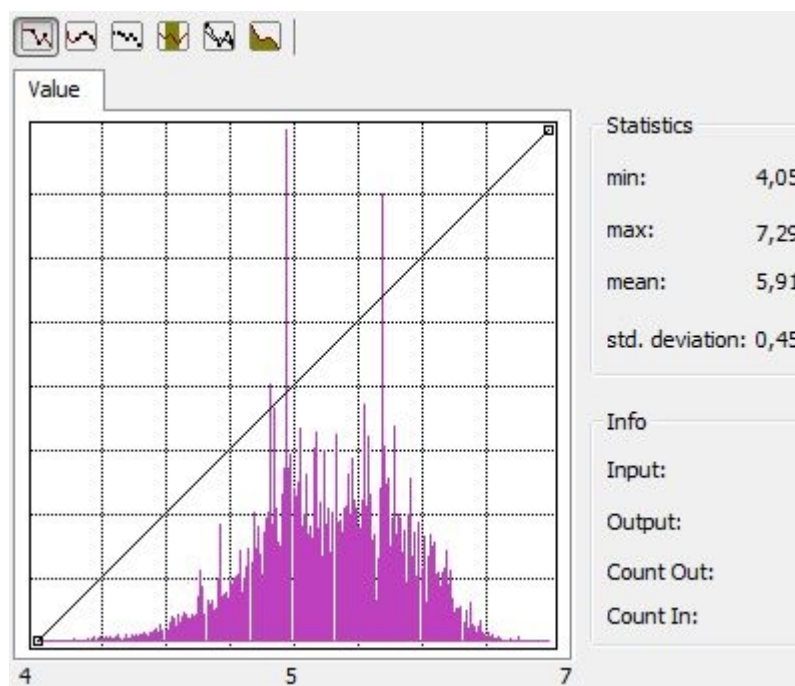


Εικόνα 3.81 Το ιστόγραμμα του τελικού χάρτη εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2000 – Σενάριο 1

Όπως προκύπτει από το ιστόγραμμα του αρχείου, η ελάχιστη τιμή που παρουσιάζεται, είναι 4,03 και η μέγιστη 7,35. Η μέση τιμή ισούται με 5,97 και η τυπική απόκλιση με 0,45, φανερώνοντας μικρή διασπορά των τιμών. Η εικόνα που δίνει το ιστόγραμμα, συμφωνεί με τη γραφική παράσταση της κανονικής κατανομής και μας επιτρέπει να δεχτούμε ότι, η κατανομή των τιμών, είναι κανονική.

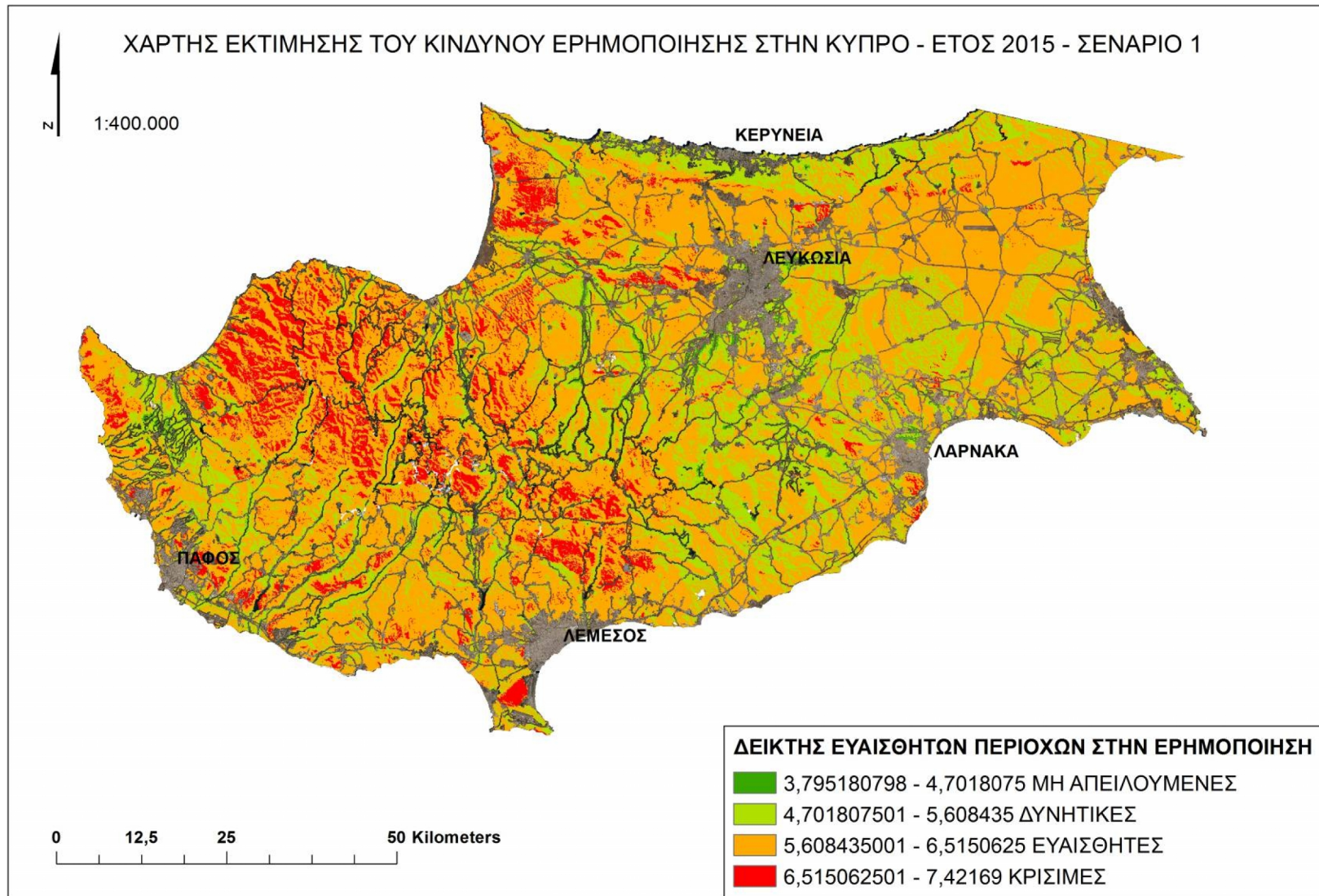


Εικόνα 3.82 Τελικός χάρτης εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2007 – Σενάριο 1

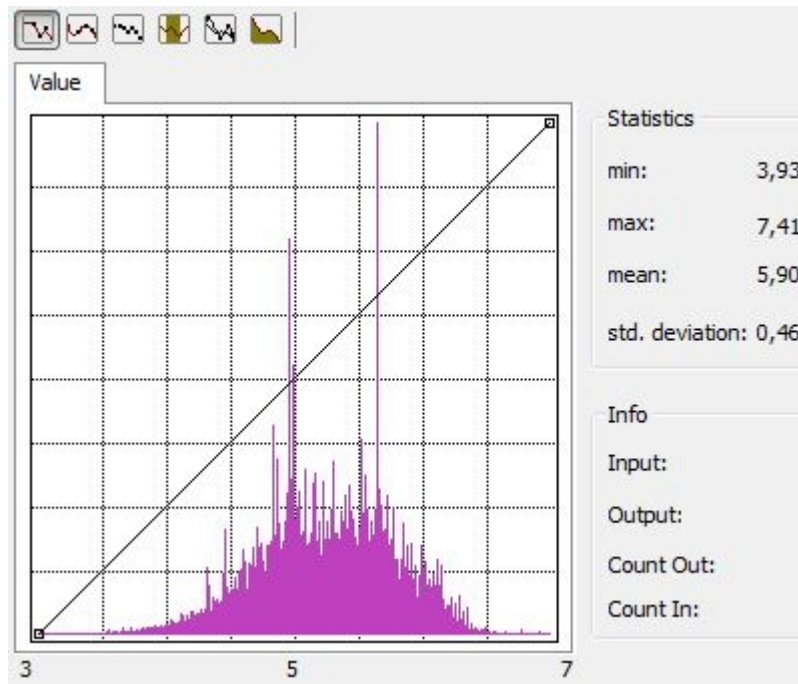


Εικόνα 3.83 Το ιστόγραμμα του τελικού χάρτη εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2007 – Σενάριο 1

Όπως προκύπτει από το ιστόγραμμα του αρχείου, η ελάχιστη τιμή που παρουσιάζεται, είναι 4,05 και η μέγιστη 7,29. Η μέση τιμή ισούται με 5,91 και η τυπική απόκλιση με 0,45, φανερώνοντας μικρή διασπορά των τιμών. Η εικόνα που δίνει το ιστόγραμμα, συμφωνεί με τη γραφική παράσταση της κανονικής κατανομής και μας επιτρέπει να δεχτούμε ότι, η κατανομή των τιμών, είναι κανονική.



Εικόνα 3.84 Τελικός χάρτης εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2015 – Σενάριο 1



Εικόνα 3.85 Το ιστόγραμμα του τελικού χάρτη εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2015 – Σενάριο 1

Όπως προκύπτει από το ιστόγραμμα του αρχείου, η ελάχιστη τιμή που παρουσιάζεται, είναι 3,93 και η μέγιστη 7,41. Η μέση τιμή ισούται με 5,90 και η τυπική απόκλιση με 0,46, φανερώνοντας μικρή διασπορά των τιμών. Η εικόνα που δίνει το ιστόγραμμα, συμφωνεί με τη γραφική παράσταση της κανονικής κατανομής και μας επιτρέπει να δεχτούμε ότι, η κατανομή των τιμών, είναι κανονική.

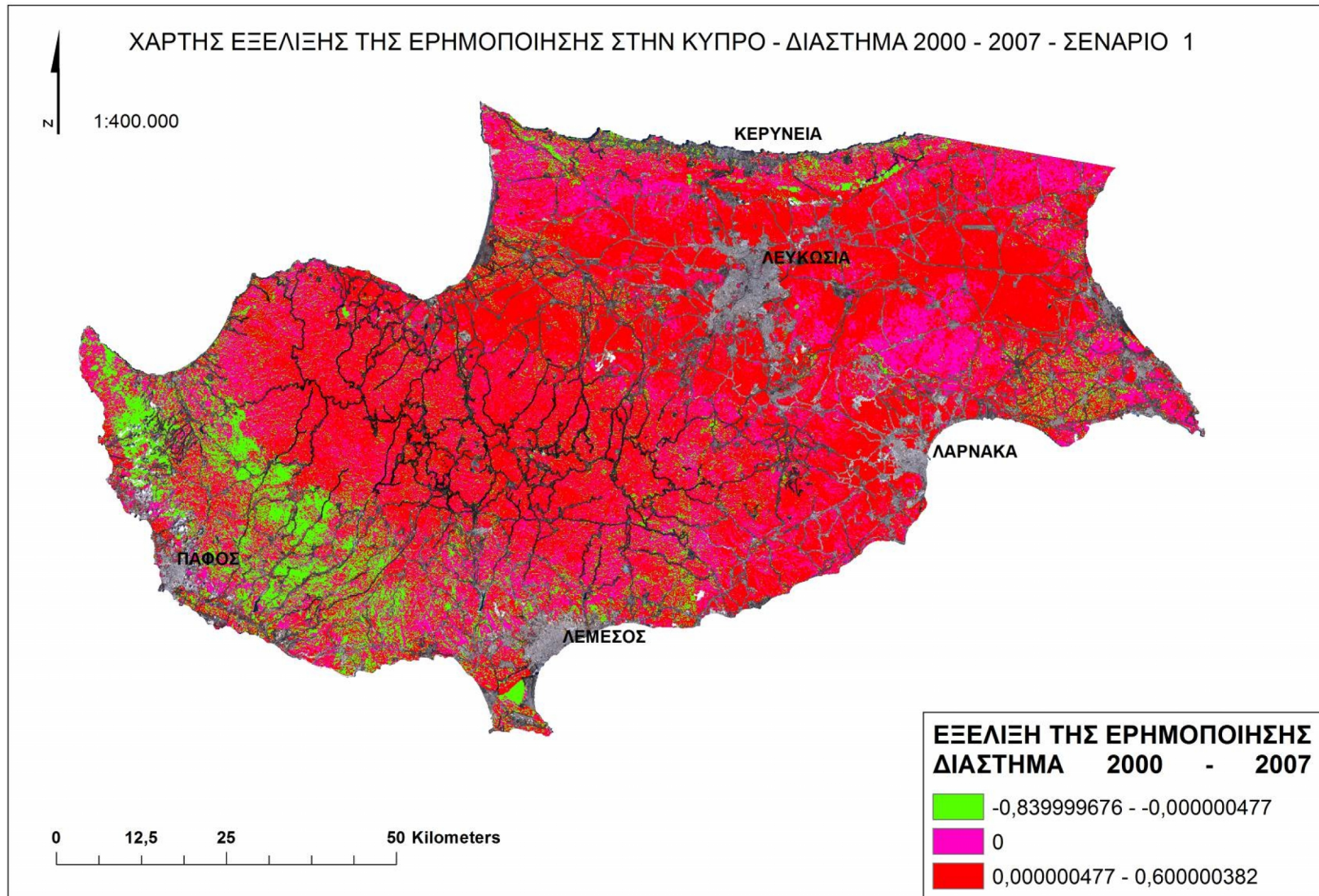
Πίνακας 3.24. Ποσοστά και αντίστοιχες εκτάσεις εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης –
Σενάριο 1

Χαρακτηρισμός	2000		2007		2015	
	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)
Μή απειλούμενες	0,42	27,94	0,58	37,93	0,62	41,35
Δυνητικές	20,92	1.381,3	25,47	1.672,83	25,42	1.697,71
Ευαίσθητες	67,47	4.455,28	64,96	4.266,29	65,16	4.351,65
Κρίσιμες	11,19	739,24	8,99	590,37	8,81	588,16

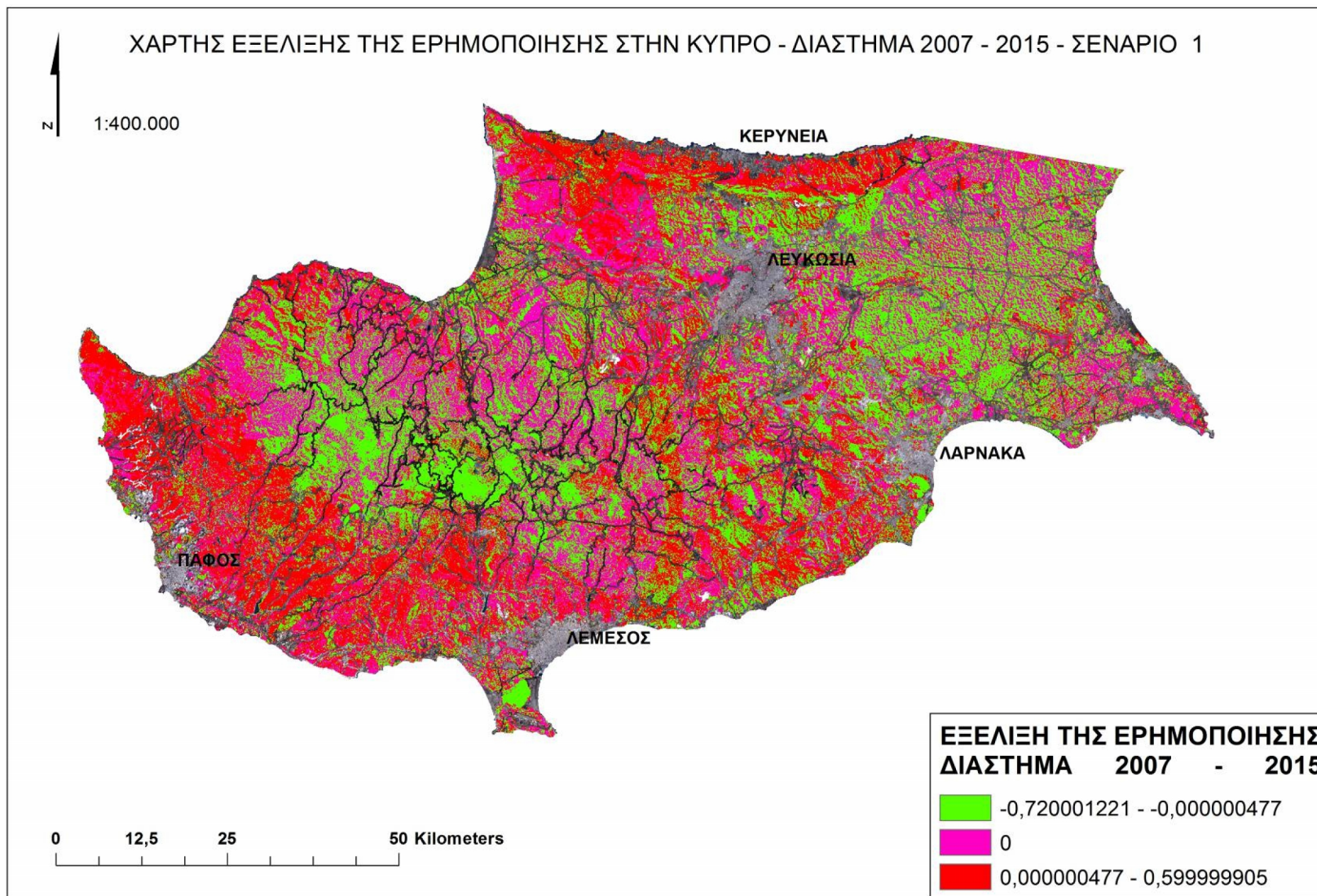
Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.24, οι μή απειλούμενες περιοχές αυξήθηκαν ελαφρώς σε ποσοστό της συνολικής έκτασης της περιοχής μελέτης, από 0,42 % το έτος 2000 σε 0,58 % το έτος 2007 και 0,62 % το 2015. Οι δυνητικά απειλούμενες περιοχές, παρουσίασαν επίσης αυξητική τάση από το έτος 2000 έως το 2007, με αντίστοιχα ποσοστά 20,92 % και 25,47 %, ενώ από το 2007 έως το 2015, παρέμειναν σχεδόν σταθερές. Οι ευαίσθητες περιοχές, καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής, παρουσιάζοντας αυξομειώσεις, με ποσοστά 67,47 % το έτος 2000, 64,96 % το 2007 και 65,16 % το 2015. Τέλος, οι κρίσιμες περιοχές παρουσιάζουν τάση μείωσης, από 11,19 % το έτος 2000, σε 8,99 % και 8,81 % το 2015.

Εξέλιξη της ερημοποίησης – Εντοπισμός αλλαγών

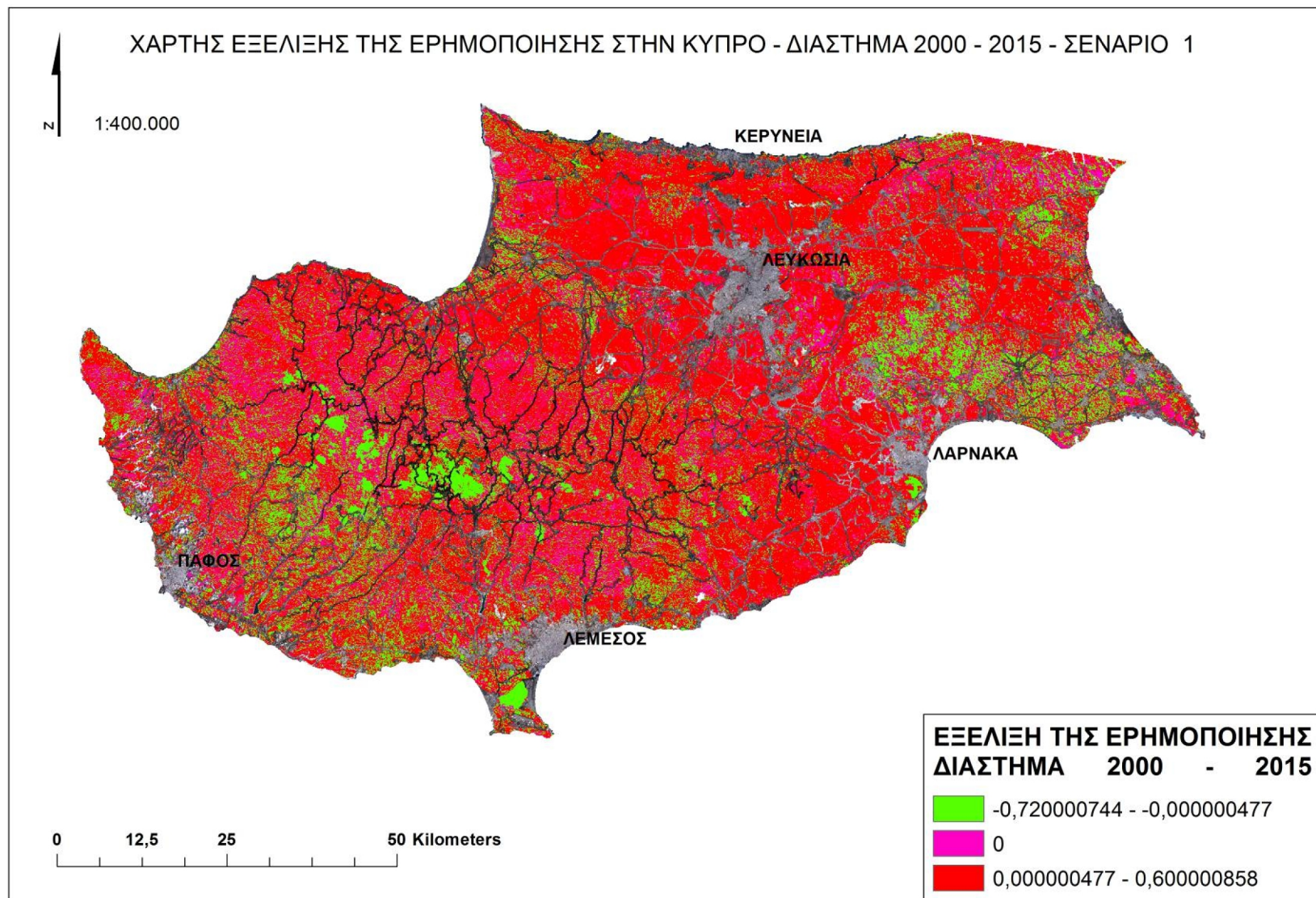
Ακολουθεί παρουσίαση και ανάλυση της εξέλιξης της ερημοποίησης στην περιοχή μελέτης.



Εικόνα 3.86 Χάρτης εξέλιξης της ερημοποίησης για το διάστημα 2000 – 2007 – Σενάριο 1



Εικόνα 3.87 Χάρτης εξέλιξης της ερημοποίησης για το διάστημα 2007 – 2015 – Σενάριο 1



Εικόνα

3.88 Χάρτης εξέλιξης της ερημοποίησης για το διάστημα 2000 – 2015 – Σενάριο 1

Πίνακας 3.25. Ποσοστά και αντίστοιχες εκτάσεις εξέλιξης της ερημοποίησης – Σενάριο 1

Τιμές	2000 - 2007		2007 - 2015		2000 - 2015	
	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)
-0,720000744 – -0,000000477	14,45	948,9	36,53	2.398,99	20,06	1.324,46
0	26,50	1.739,99	33,12	2.175,02	16,70	1.102,55
0,000000477 – 0,600000858	59,05	3.877,38	30,35	1.993,44	63,25	4.176,63

Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.25, οι περιοχές που εμφάνισαν εξασθένηση του φαινομένου της ερημοποίησης αυξήθηκαν, με ποσοστά 14,45 % την περίοδο 2000 – 2007, 36,53 % την περίοδο 2007 – 2015 και 20,06 % συνολικά την περίοδο 2000 – 2015. Οι περιοχές που παρουσίασαν μηδενικές αλλαγές, επίσης αυξήθηκαν με ποσοστά 26,50 % την περίοδο 2000 – 2007, 33,12 % την περίοδο 2007 – 2015 και 16,70 % συνολικά την περίοδο 2000 – 2015. Οι περιοχές που παρουσίασαν ενίσχυση του φαινομένου της ερημοποίησης μειώθηκαν, με ποσοστά 59,05 % την περίοδο 2000 – 2007, 30,35 % την περίοδο 2007 – 2015 και 63,25 % συνολικά την περίοδο 2000 – 2015.

ΣΕΝΑΡΙΟ 2

Στο δεύτερο σενάριο, έγινε η θεώρηση πως τα κριτήρια της μέσης θερμοκρασίας και της λανθάνουσας θερμότητας του εδάφους, εμφανίζουν λιγότερη βαρύτητα στην εκδήλωση του φαινομένου της ερημοποίησης από ότι στο αρχικό σενάριο, ενώ οι υπόλοιπες παράμετροι παρέμειναν σταθερές.

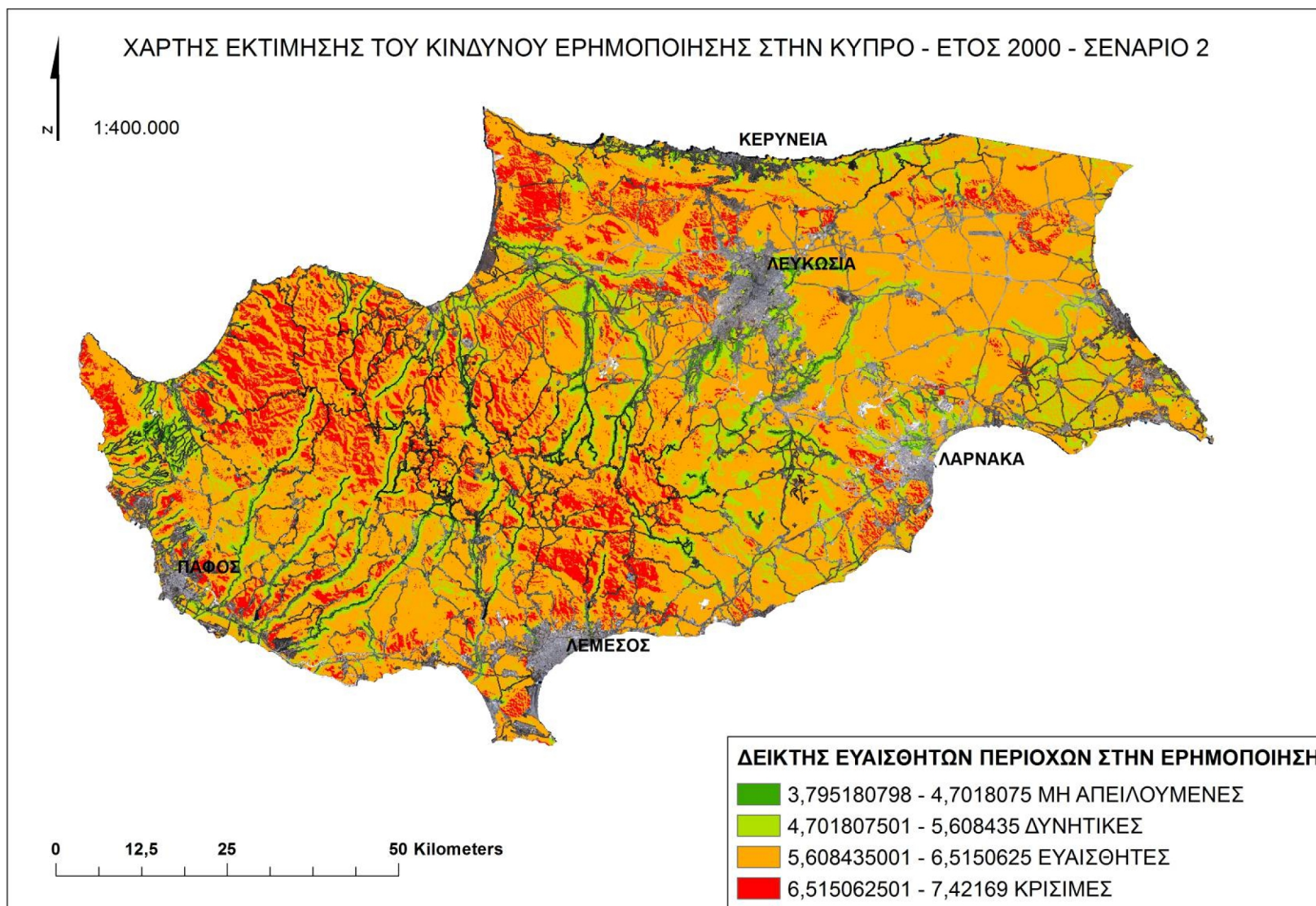
Πίνακας 3.26. Συντελεστές βαρύτητας - Σενάριο 2

A/A	Κριτήριο	Βαρύτητα (%)	Συντελεστής βαρύτητας	Διορθωμένος συντελεστής βαρύτητας
1	Υδρογραφικό δίκτυο	100	5	0,120481928
2	Εδαφική υγρασία	100	5	0,120481928
3	Μέση βροχόπτωση	100	5	0,120481928
4	Δείκτης βλάστησης	90	4,5	0,108433735
5	Μέση θερμοκρασία	50	2,5	0,060240964
6	Χρήσεις γης	80	4	0,096385542
7	Λανθάνουσα θερμότητα εδάφους	60	3	0,072289157
8	Συνολική εξατμισοδιαπνοή	70	3,5	0,084337349
9	Οικιστικές συγκεντρώσεις	60	3	0,072289157
10	Κλίση	50	2,5	0,060240964
11	Προσανατολισμός	50	2,5	0,060240964
12	Οδικό δίκτυο	20	1	0,024096386
ΣΥΝΟΛΟ			41,5	

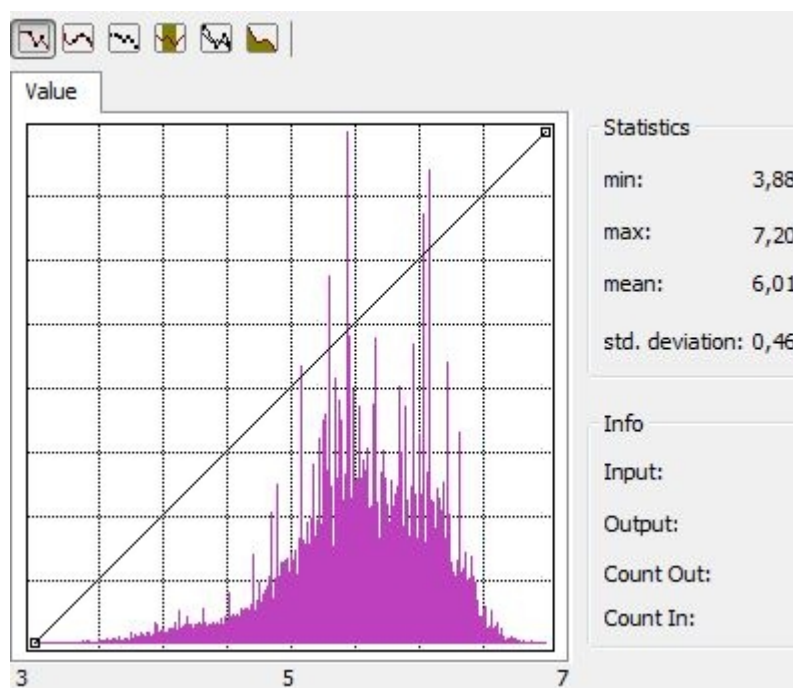
Τα ποσοστά κάθε κλάσης καθώς και οι αντίστοιχες εκτάσεις που καλύπτουν για κάθε έτος, παρουσιάζονται στον πίνακα 3.27.

Τελικοί χάρτες εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο

Ακολουθούν οι τελικοί χάρτες εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης για το σενάριο 2.

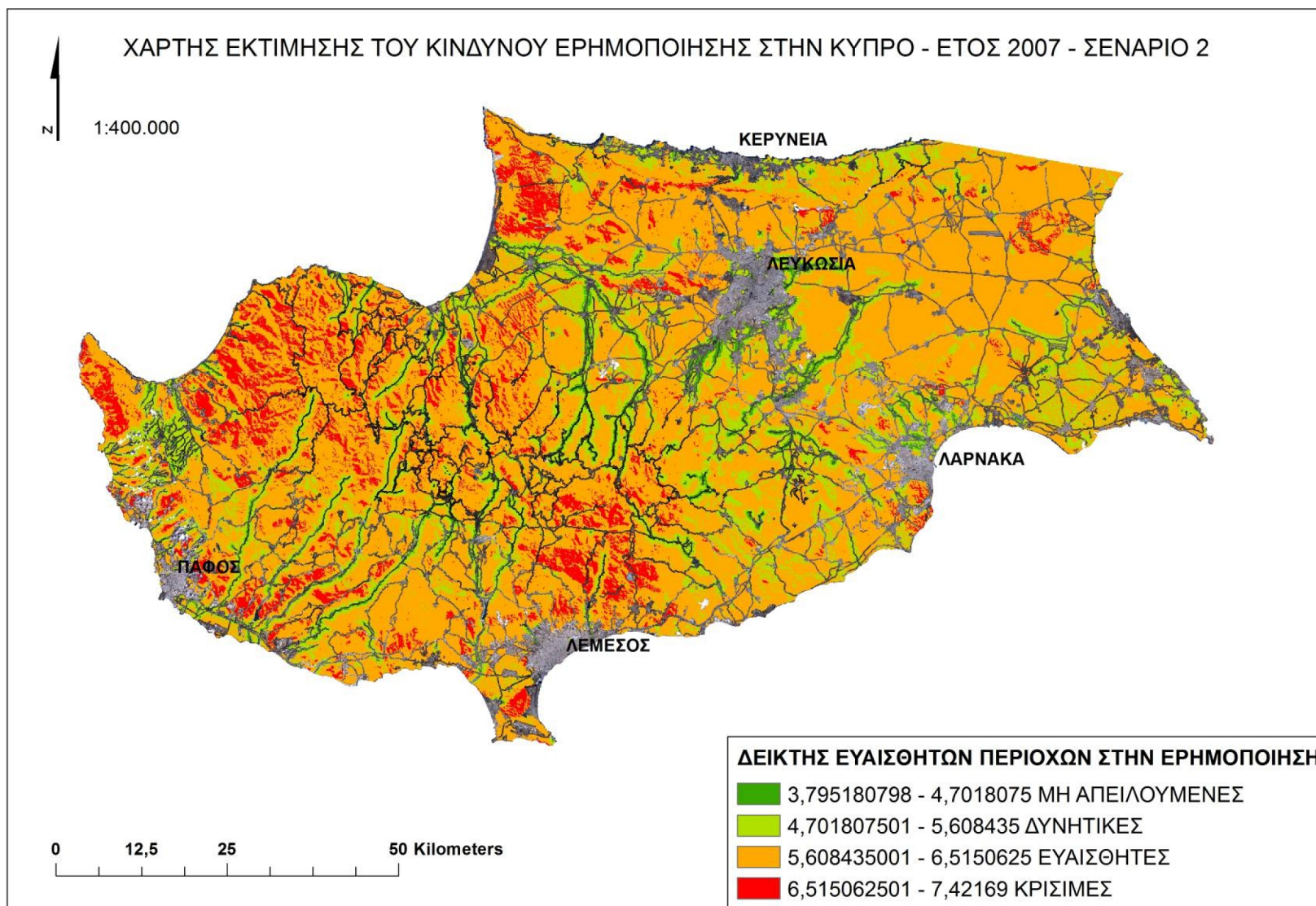


Εικόνα 3.89 Τελικός χάρτης εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2000 – Σενάριο 2

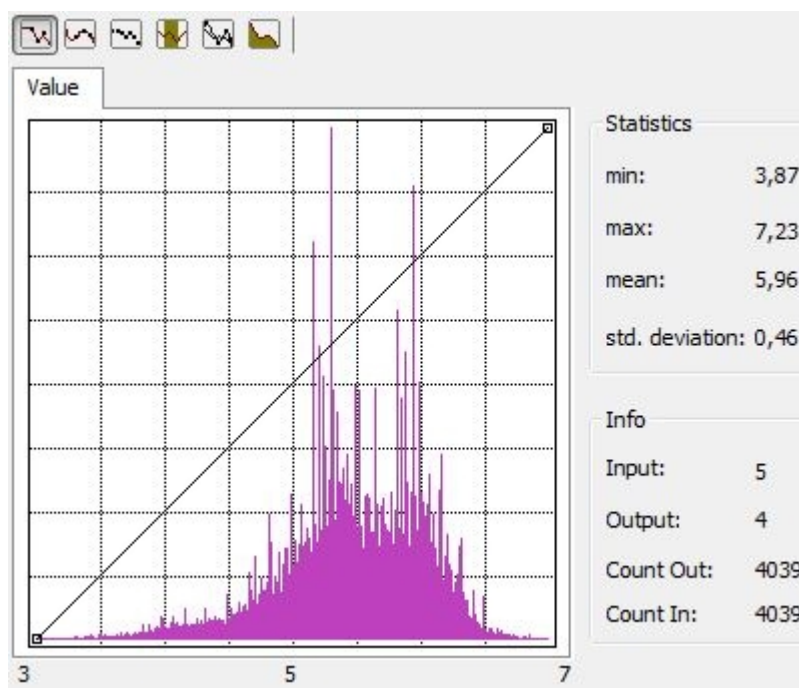


Εικόνα 3.90 Το ιστόγραμμα του τελικού χάρτη εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2000 – Σενάριο 2

Όπως προκύπτει από το ιστόγραμμα του αρχείου, η ελάχιστη τιμή που παρουσιάζεται, είναι 3,88 και η μέγιστη 7,20. Η μέση τιμή ισούται με 6,01 και η τυπική απόκλιση με 0,46, φανερώνοντας μικρή διασπορά των τιμών. Η εικόνα που δίνει το ιστόγραμμα, συμφωνεί με τη γραφική παράσταση της κανονικής κατανομής και μας επιτρέπει να δεχτούμε ότι, η κατανομή των τιμών, είναι κανονική.

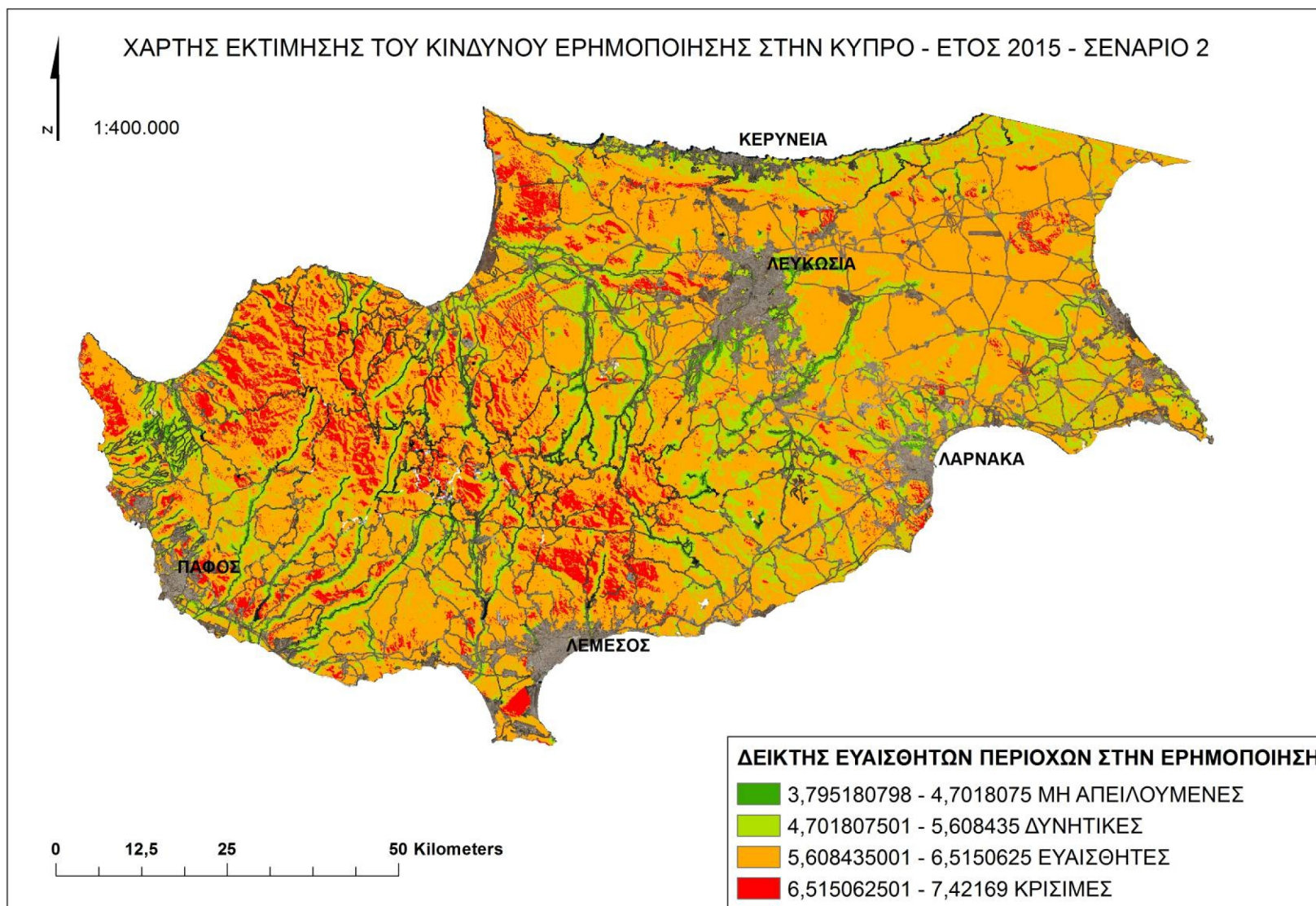


Εικόνα 3.91. Τελικός χάρτης εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2007 – Σενάριο 2

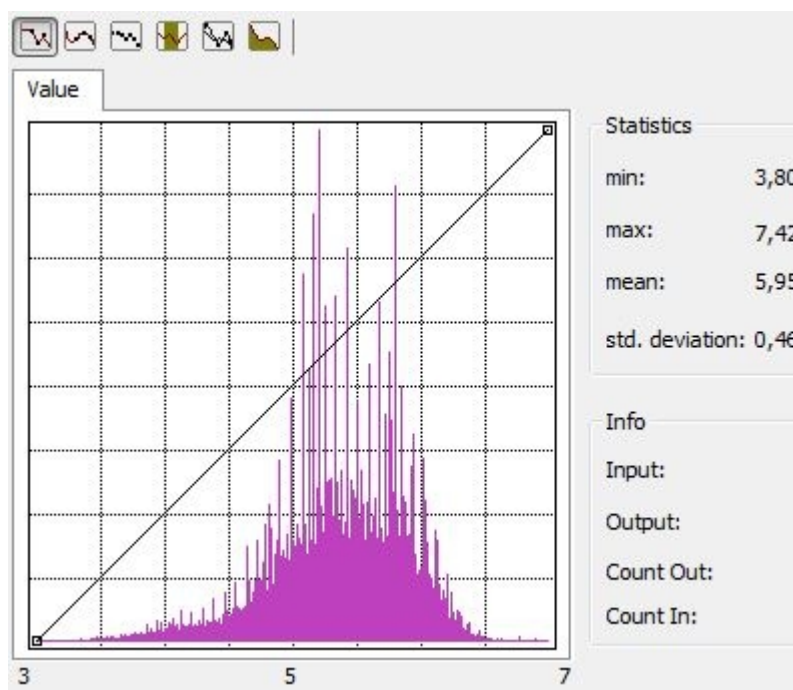


Εικόνα 3.92 Το ιστόγραμμα του τελικού χάρτη εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2007 – Σενάριο 2

Όπως προκύπτει από το ιστόγραμμα του αρχείου, η ελάχιστη τιμή που παρουσιάζεται, είναι 3,87 και η μέγιστη 7,23. Η μέση τιμή ισούται με 5,96 και η τυπική απόκλιση με 0,46, φανερώνοντας μικρή διασπορά των τιμών. Η εικόνα που δίνει το ιστόγραμμα, συμφωνεί με τη γραφική παράσταση της κανονικής κατανομής και μας επιτρέπει να δεχτούμε ότι, η κατανομή των τιμών, είναι κανονική.



Εικόνα 3.93 Τελικός χάρτης εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2015 – Σενάριο 2



Εικόνα 3.94 Το ιστόγραμμα του τελικού χάρτη εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2015 – Σενάριο 2

Όπως προκύπτει από το ιστόγραμμα του αρχείου, η ελάχιστη τιμή που παρουσιάζεται, είναι 3,80 και η μέγιστη 7,42. Η μέση τιμή ισούται με 5,95 και η τυπική απόκλιση με 0,46, φανερώνοντας μικρή διασπορά των τιμών. Η εικόνα που δίνει το ιστόγραμμα, συμφωνεί με τη γραφική παράσταση της κανονικής κατανομής και μας επιτρέπει να δεχτούμε ότι, η κατανομή των τιμών, είναι κανονική.

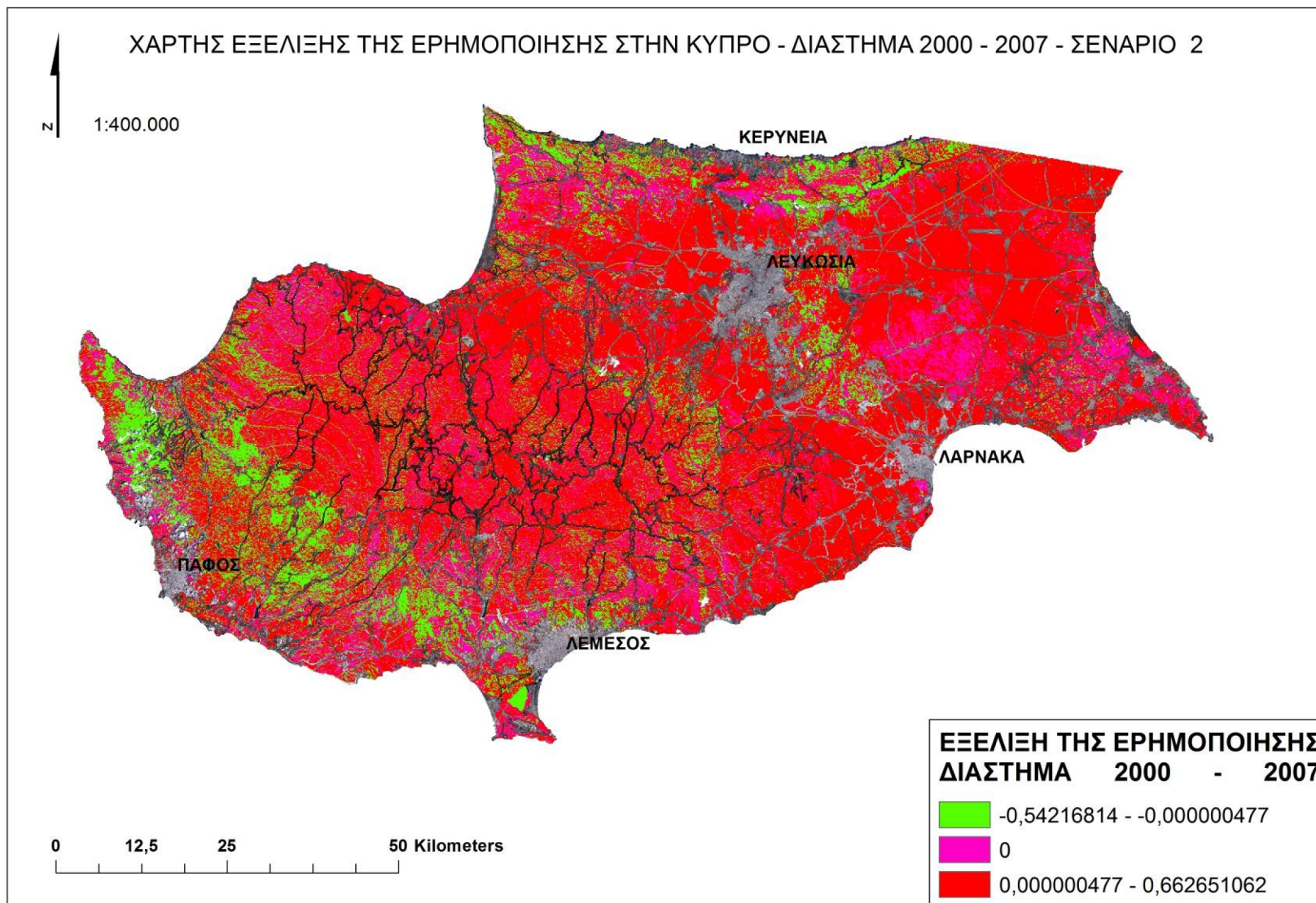
Πίνακας 3.27. Ποσοστά και αντίστοιχες εκτάσεις εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης –
Σενάριο 2

Χαρακτηρισμός	2000		2007		2015	
	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)
Μή απειλούμενες	1,18	78,23	1,48	97	1,42	95,01
Δυνητικές	15,33	1.012,5	18,16	1.193,14	19,42	1.297,09
Ευαίσθητες	71,21	4.701,48	70,65	4.640,94	69,87	4.665,9
Κρίσιμες	12,28	810,5	9,71	637,85	9,28	620,02

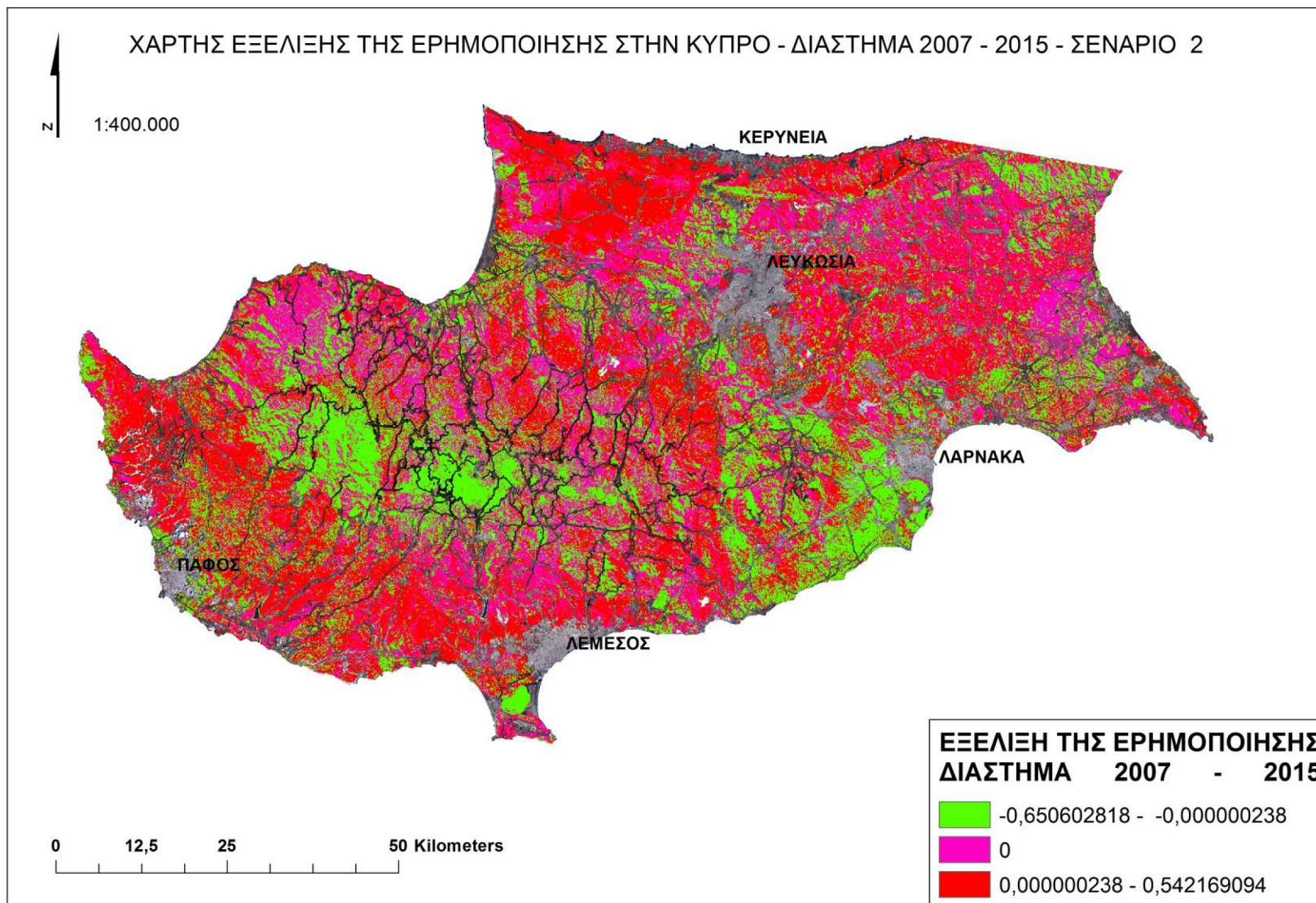
Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.27, οι μή απειλούμενες περιοχές αυξήθηκαν ελαφρώς σε ποσοστό της συνολικής έκτασης της περιοχής μελέτης, από 1,18 % το έτος 2000 σε 1,48 % το 2007, ενώ το 2015 παρέμειναν σχεδόν σταθερές, με αντίστοιχο ποσοστό 1,42 % επί της συνολικής έκτασης. Οι δυνητικά απειλούμενες περιοχές, παρουσίασαν αυξητική τάση, με ποσοστά από 15,33 % το έτος 2000, σε 18,16 % το έτος 2007 και 19,42 % το 2015. Οι ευαίσθητες περιοχές, καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής, παρουσιάζοντας ωστόσο ελαφρά μείωση από 71,21 % το 2000 σε 70,65 % το έτος 2007 και 69,87 % το 2015. Τέλος, οι κρίσιμες περιοχές παρουσιάζουν επίσης τάση μείωσης, από 12,28 % το έτος 2000, σε 9,71 % το έτος 2007 και 9,28 % το 2015.

Εξέλιξη της ερημοποίησης – Εντοπισμός αλλαγών

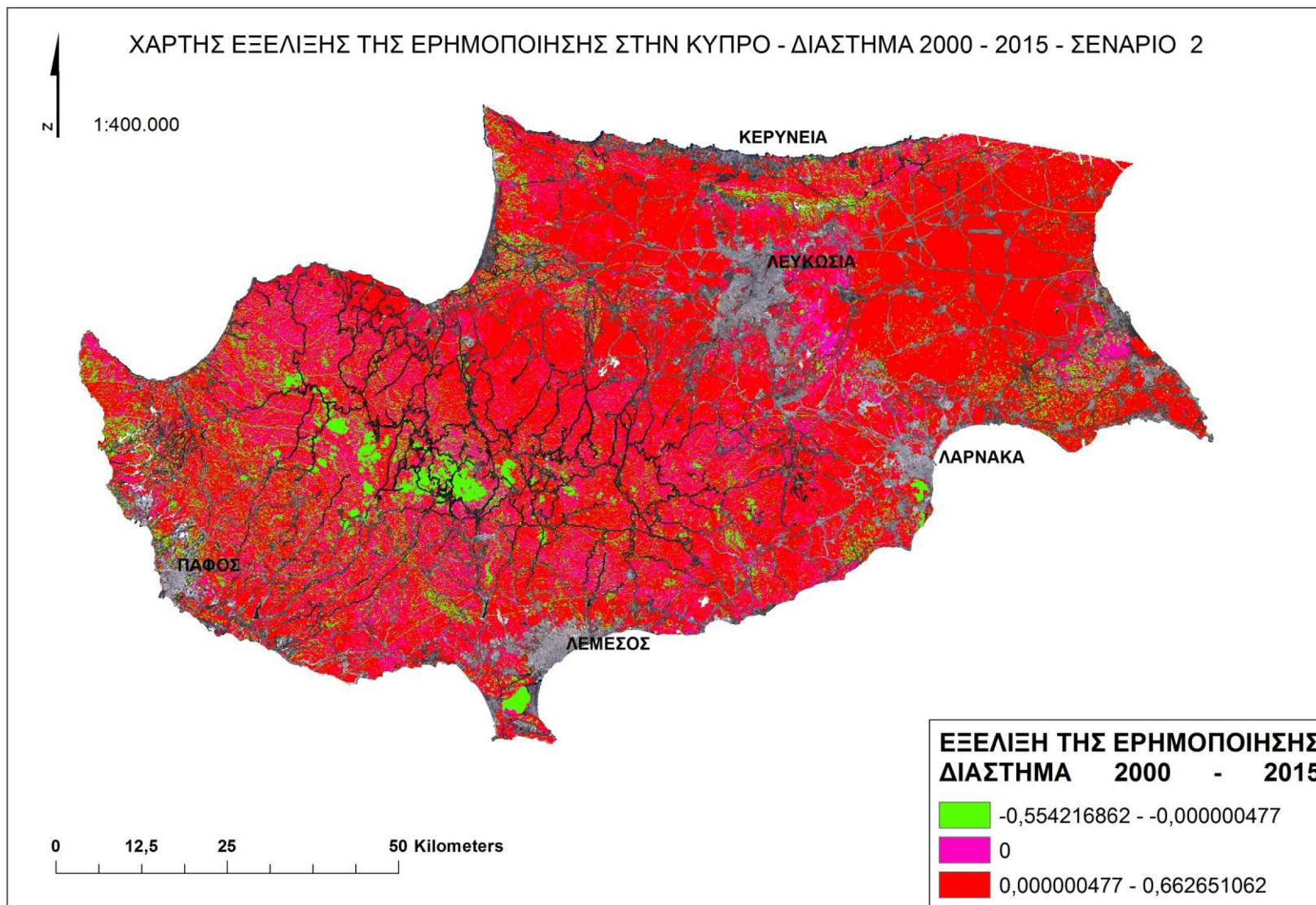
Ακολουθεί παρουσίαση και ανάλυση της εξέλιξης της ερημοποίησης στην περιοχή μελέτης.



Εικόνα 3.95 Χάρτης εξέλιξης της ερημοποίησης για το διάστημα 2000 – 2007 – Σενάριο 2



Εικόνα 3.96 Χάρτης εξέλιξης της ερημοποίησης για το διάστημα 2007 – 2015 – Σενάριο 2



Εικόνα 3.97 Χάρτης εξέλιξης της ερημοποίησης για το διάστημα 2000 – 2015 – Σενάριο 2

Πίνακας 3.28. Ποσοστά και αντίστοιχες εκτάσεις εξέλιξης της ερημοποίησης – Σενάριο 2

Τιμές	2000 - 2007		2007 - 2015		2000 - 2015	
	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)
-0,554216862 – -0,00000477	16,10	1.057,39	30,12	1.977,95	13,32	879,07
0	17,15	1.126,33	29,87	1.961,59	18,60	1.227,54
0,000000477 – 0,662651062	66,76	4.385,09	40,01	2.627,57	68,09	4.494,86

Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.28, οι περιοχές που εμφάνισαν εξασθένιση του φαινομένου της ερημοποίησης αυξήθηκαν, με ποσοστά 16,10 % την περίοδο 2000 – 2007, 30,12 % την περίοδο 2007 – 2015 και 13,32 % συνολικά την περίοδο 2000 – 2015. Οι περιοχές που παρουσίασαν μηδενικές αλλαγές, επίσης αυξήθηκαν, με ποσοστά 17,15 % την περίοδο 2000 – 2007, 29,87 % την περίοδο 2007 – 2015 και 18,60 % συνολικά την περίοδο 2000 – 2015. Οι περιοχές που παρουσίασαν ενίσχυση του φαινομένου της ερημοποίησης μειώθηκαν, με ποσοστά 66,76 % την περίοδο 2000 – 2007, 40,01 % την περίοδο 2007 – 2015 και 68,09 % συνολικά την περίοδο 2000 – 2015.

ΣΕΝΑΡΙΟ 3

Στο τρίτο σενάριο, έγινε η θεώρηση πως τα κριτήρια της κλίσης και του προσανατολισμού των πλαγιών, εμφανίζουν υψηλότερη βαρύτητα στην εκδήλωση του φαινομένου της ερημοποίησης από ότι στο αρχικό σενάριο, ενώ οι υπόλοιπες παράμετροι παρέμειναν σταθερές.

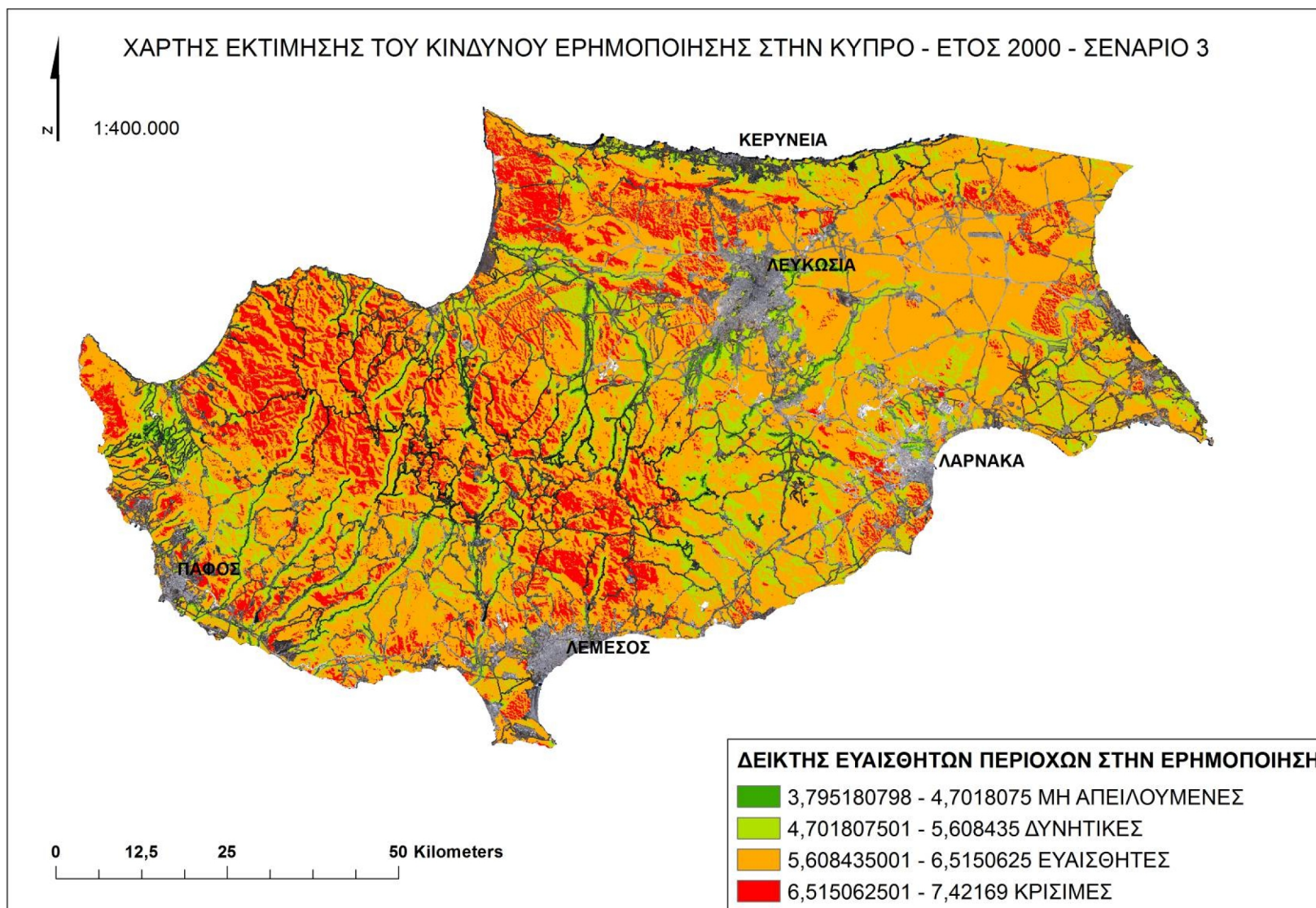
Πίνακας 3.29. Συντελεστές βαρύτητας - Σενάριο 3

A/A	Κριτήριο	Βαρύτητα (%)	Συντελεστής βαρύτητας	Διορθωμένος συντελεστής βαρύτητας
1	Υδρογραφικό δίκτυο	100	5	0,106382979
2	Εδαφική υγρασία	100	5	0,106382979
3	Μέση βροχόπτωση	100	5	0,106382979
4	Δείκτης βλάστησης	90	4,5	0,095744681
5	Μέση θερμοκρασία	90	4,5	0,095744681
6	Χρήσεις γης	80	4	0,085106383
7	Λανθάνουσα θερμότητα εδάφους	80	4	0,085106383
8	Συνολική εξατμισοδιαπνοή	70	3,5	0,074468085
9	Οικιστικές συγκεντρώσεις	60	3	0,063829787
10	Κλίση	80	4	0,085106383
11	Προσανατολισμός	70	3,5	0,074468085
12	Οδικό δίκτυο	20	1	0,021276596
ΣΥΝΟΛΟ			47	

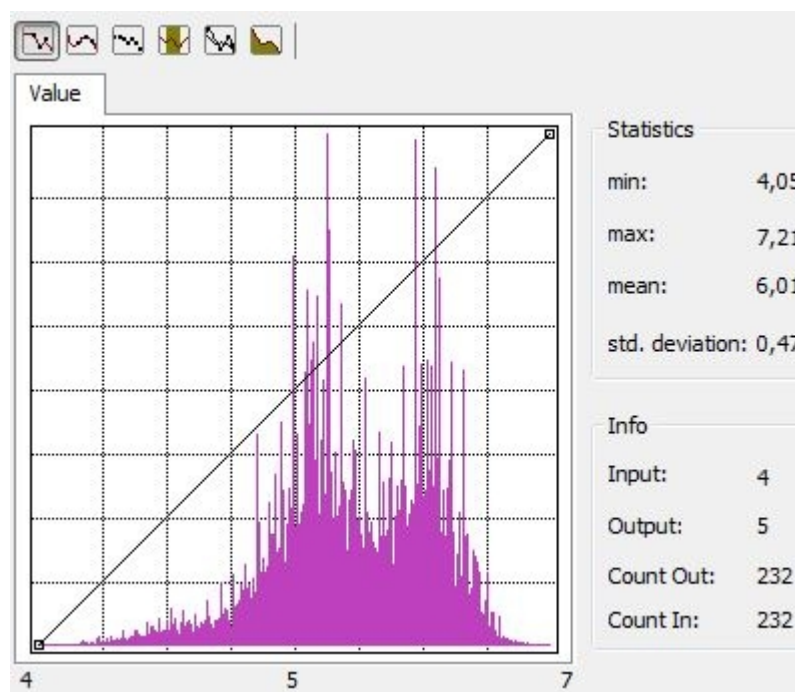
Τα ποσοστά κάθε κλάσης καθώς και οι αντίστοιχες εκτάσεις που καλύπτουν για κάθε έτος, παρουσιάζονται στον πίνακα 3.30.

Τελικοί χάρτες εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο

Ακολουθούν οι τελικοί χάρτες εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης για το σενάριο 3.

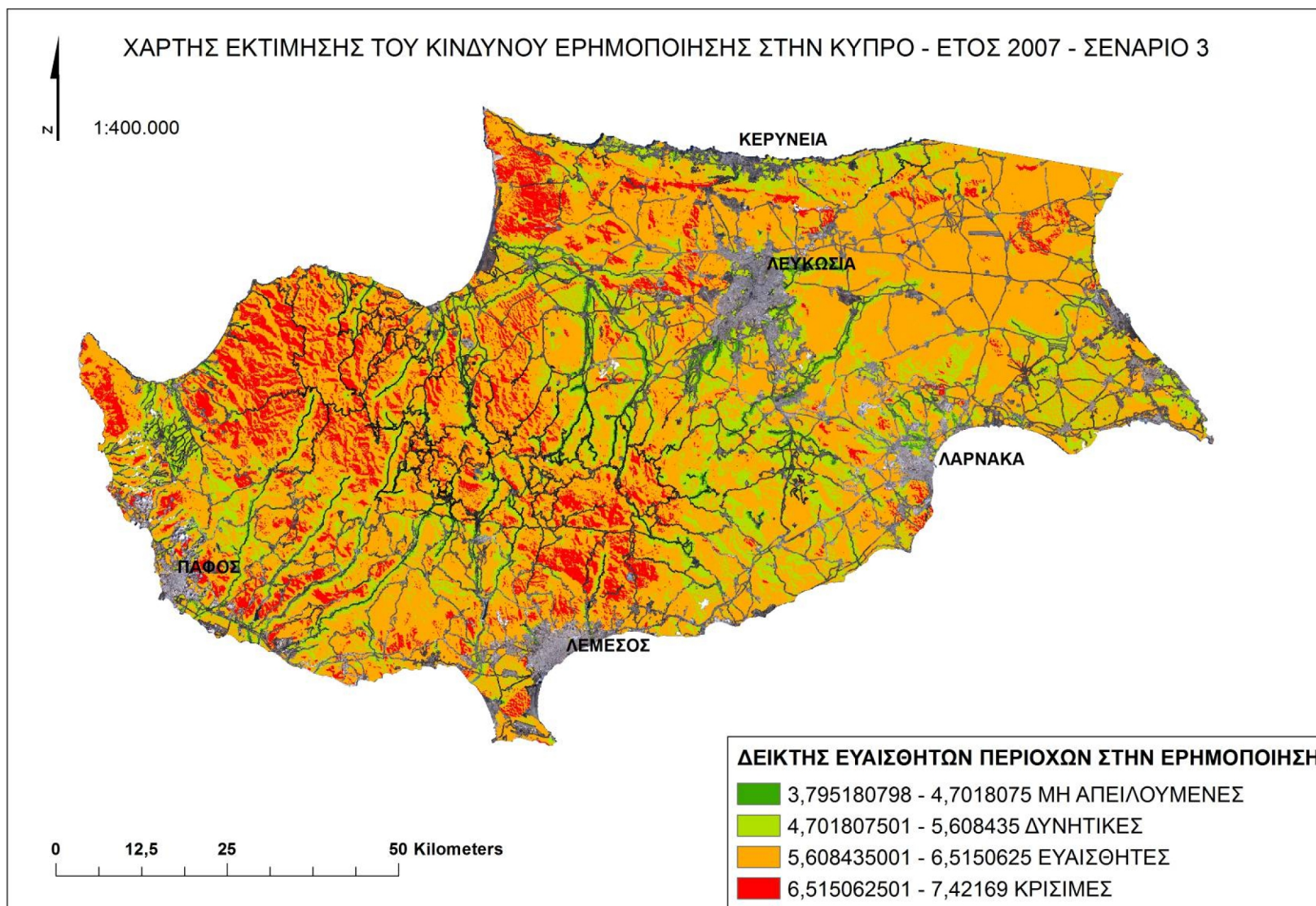


Εικόνα 3.98 Τελικός χάρτης εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2000 – Σενάριο 3

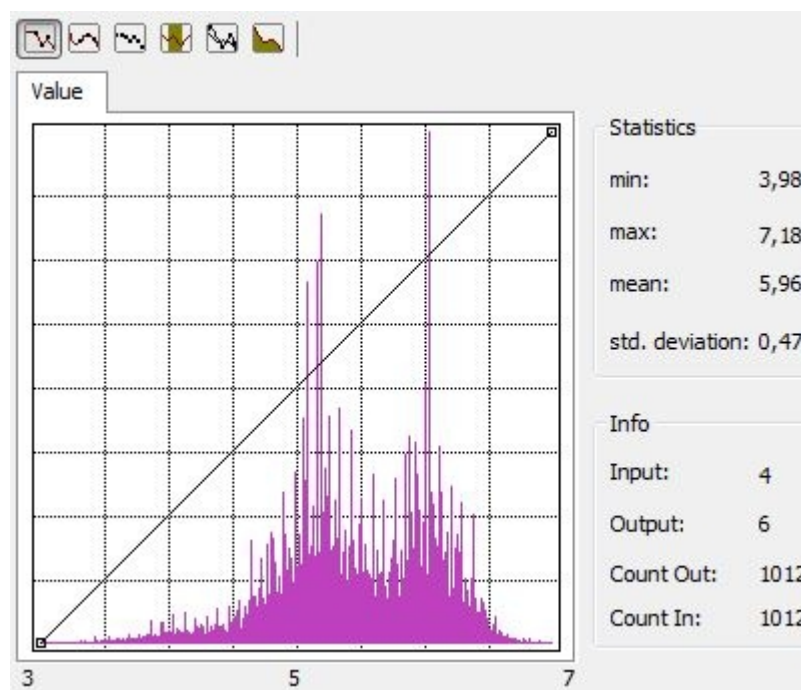


Εικόνα 3.99 Το ιστόγραμμα του τελικού χάρτη εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2000 – Σενάριο 3

Όπως προκύπτει από το ιστόγραμμα του αρχείου, η ελάχιστη τιμή που παρουσιάζεται, είναι 4,05 και η μέγιστη 7,21. Η μέση τιμή ισούται με 6,01 και η τυπική απόκλιση με 0,47, φανερώνοντας μικρή διασπορά των τιμών. Η εικόνα που δίνει το ιστόγραμμα, συμφωνεί με τη γραφική παράσταση της κανονικής κατανομής και μας επιτρέπει να δεχτούμε ότι, η κατανομή των τιμών, είναι κανονική.

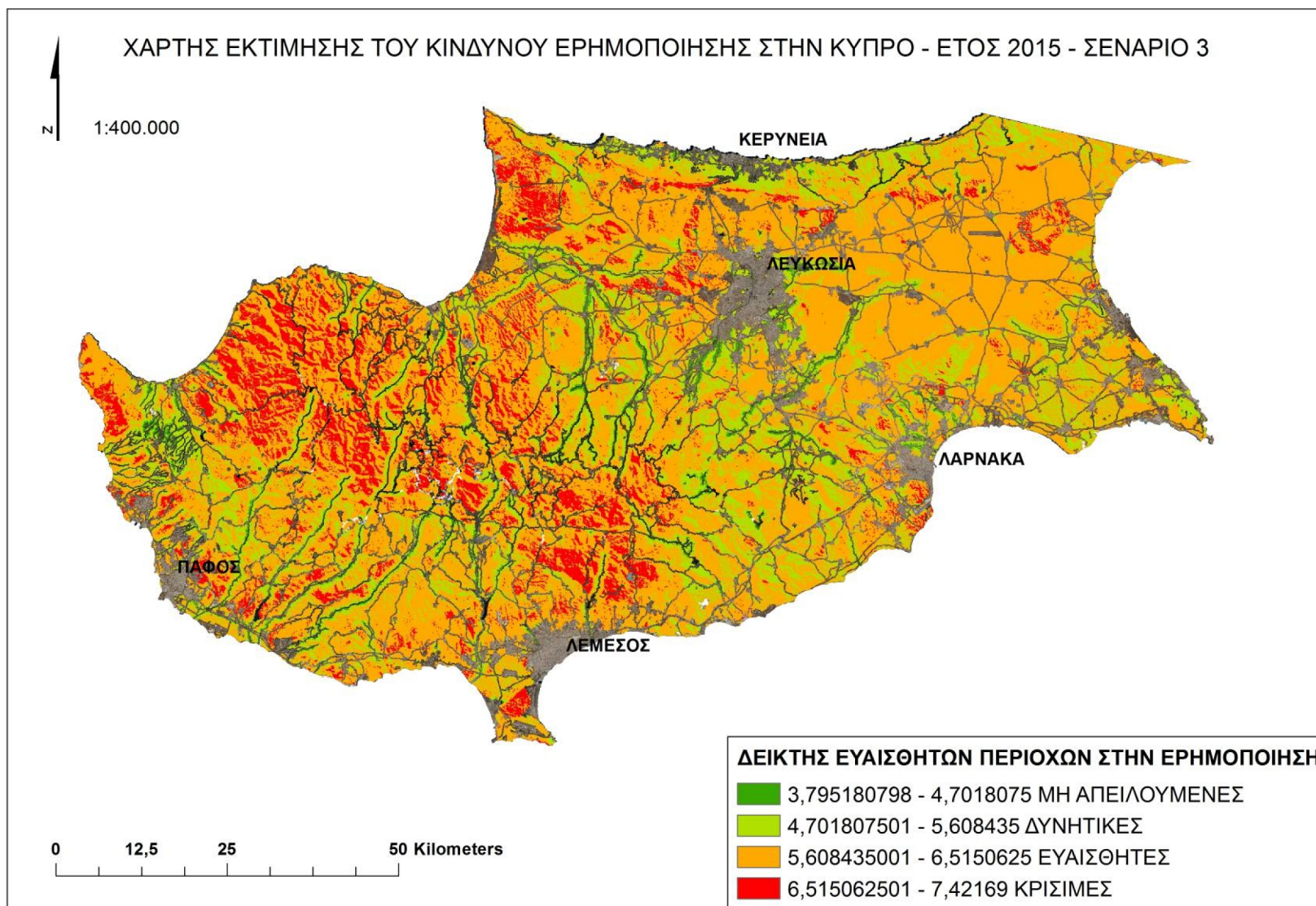


Εικόνα 3.100 Τελικός χάρτης εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2007 – Σενάριο 3

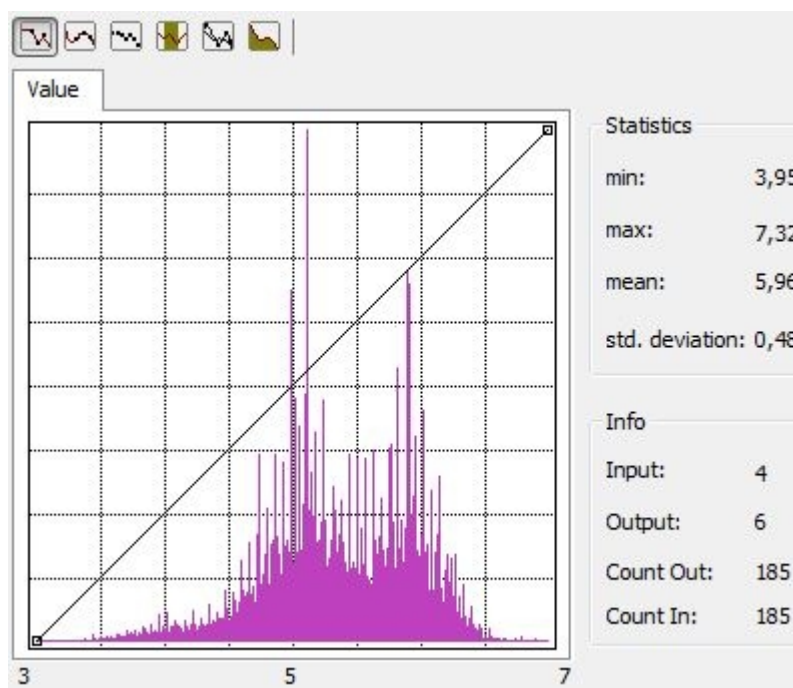


Εικόνα 3.101 Το ιστόγραμμα του τελικού χάρτη εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2007 – Σενάριο 3

Όπως προκύπτει από το ιστόγραμμα του αρχείου, η ελάχιστη τιμή που παρουσιάζεται, είναι 3,98 και η μέγιστη 7,18. Η μέση τιμή ισούται με 5,96 και η τυπική απόκλιση με 0,47, φανερώνοντας μικρή διασπορά των τιμών. Η εικόνα που δίνει το ιστόγραμμα, συμφωνεί με τη γραφική παράσταση της κανονικής κατανομής και μας επιτρέπει να δεχτούμε ότι, η κατανομή των τιμών, είναι κανονική.



Εικόνα 3.102 Τελικός χάρτης εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2015 – Σενάριο 3



Εικόνα 3.103 Το ιστόγραμμα του τελικού χάρτη εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2015 – Σενάριο 3

Όπως προκύπτει από το ιστόγραμμα του αρχείου, η ελάχιστη τιμή που παρουσιάζεται, είναι 3,95 και η μέγιστη 7,32. Η μέση τιμή ισούται με 5,96 και η τυπική απόκλιση με 0,48, φανερώνοντας μικρή διασπορά των τιμών. Η εικόνα που δίνει το ιστόγραμμα, συμφωνεί με τη γραφική παράσταση της κανονικής κατανομής και μας επιτρέπει να δεχτούμε ότι, η κατανομή των τιμών, είναι κανονική.

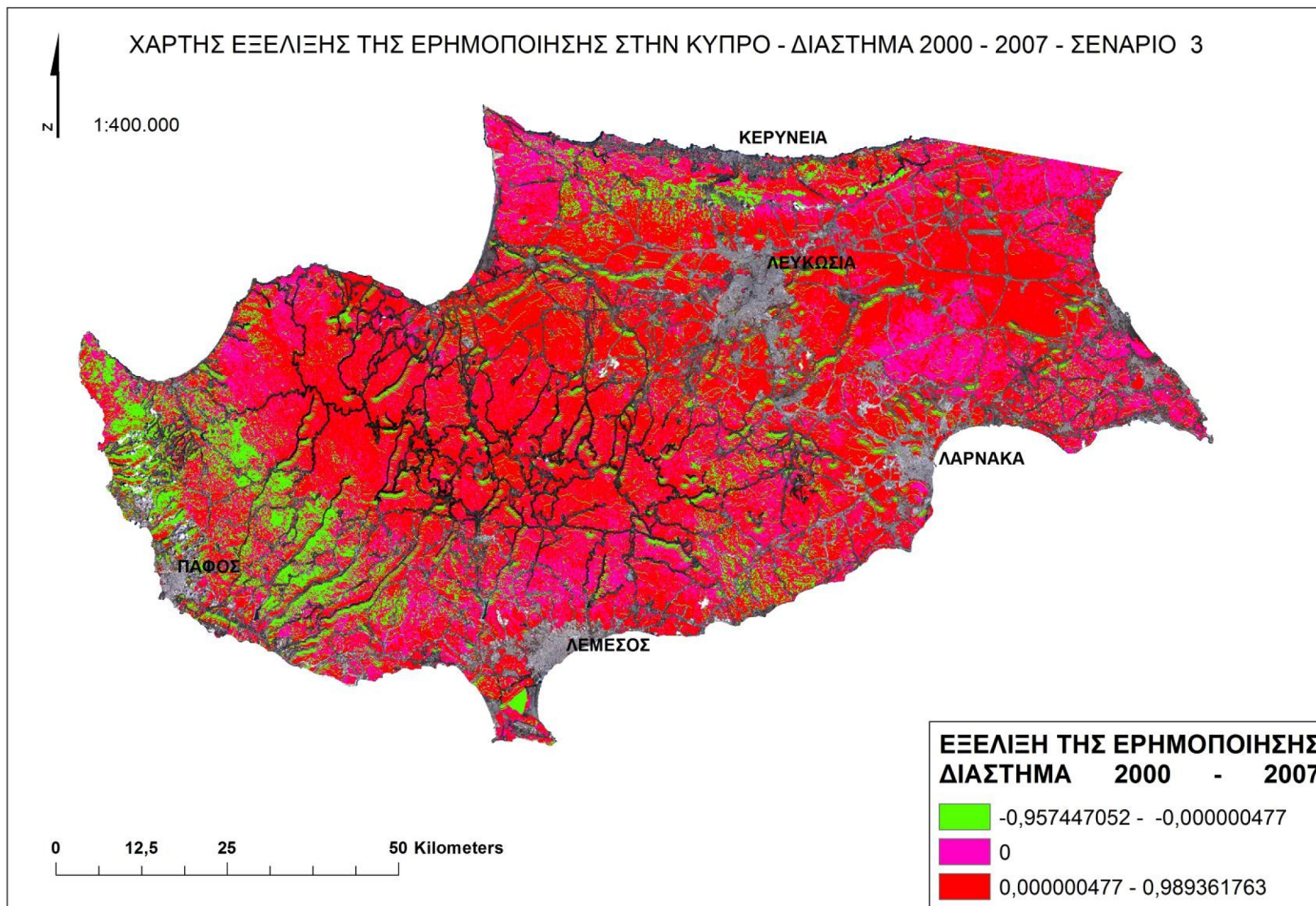
Πίνακας 3.30. Ποσοστά και αντίστοιχες εκτάσεις εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης -
Σενάριο 3

Χαρακτηρισμός	2000		2007		2015	
	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)
Μή απειλούμενες	0,85	55,86	1,10	72,23	1,21	80,78
Δυνητικές	17,65	1.165,24	20,21	1.314,85	21,14	1.411,77
Ευαίσθητες	65,96	4.355,03	67,14	4.409,29	66,68	4.453,56
Κρίσιμες	15,56	1.026,9	11,74	771,06	10,98	733,08

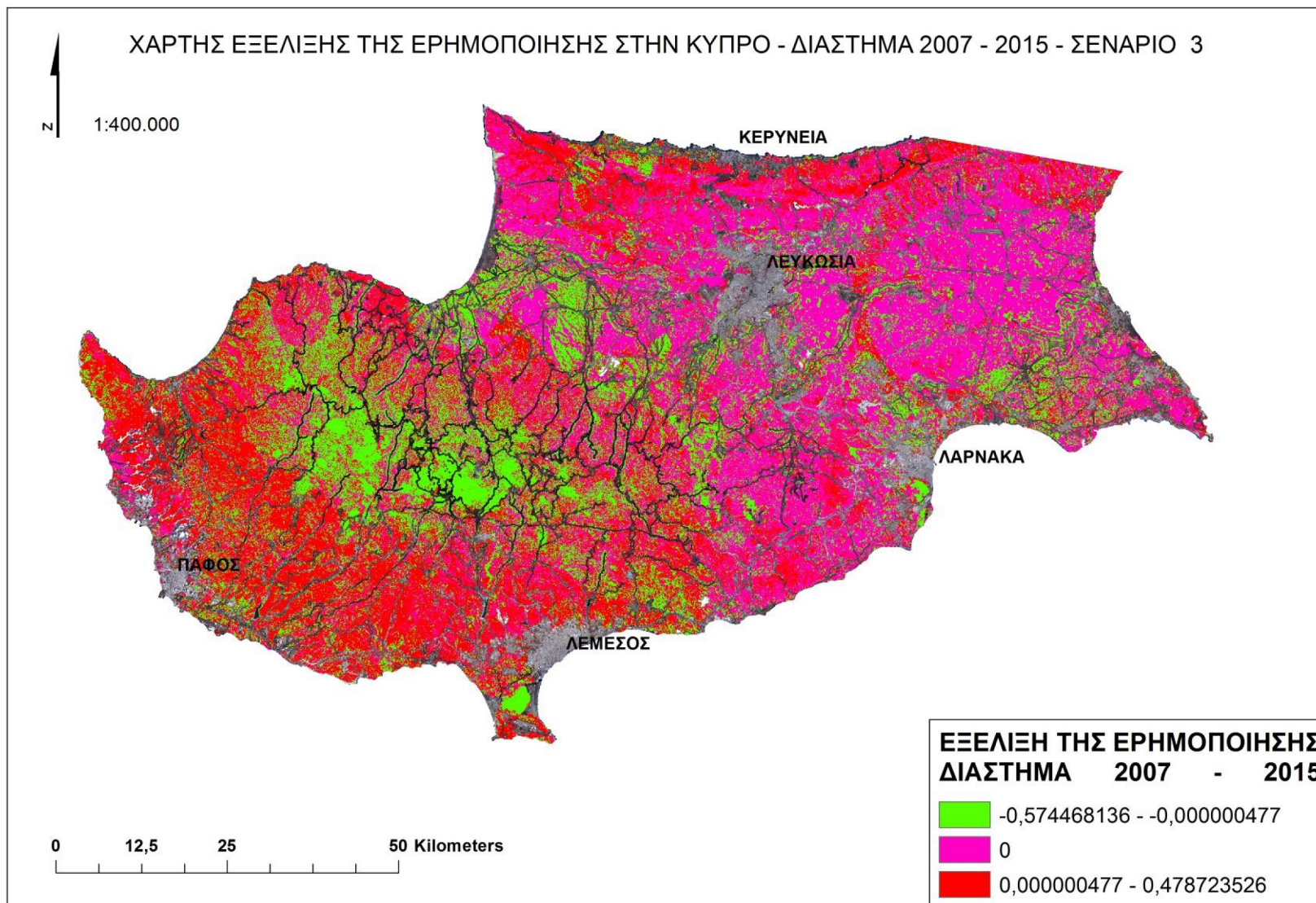
Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.30, οι μή απειλούμενες περιοχές αυξήθηκαν ελαφρώς σε ποσοστό της συνολικής έκτασης της περιοχής μελέτης, από 0,85 % το έτος 2000 σε 1,10 % το έτος 2007 και 1,21 % το 2015. Οι δυνητικά απειλούμενες περιοχές, παρουσίασαν επίσης αυξητική τάση, με ποσοστά από 17,65 % το έτος 2000, σε 20,21 % το έτος 2007 και 21,14 % το 2015. Οι ευαίσθητες περιοχές, καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής, παρουσιάζοντας αυξομειώσεις, με ποσοστά 65,96 % το 2000, 67,14 % το 2007 και 66,68 % το 2015. Τέλος, οι κρίσιμες περιοχές παρουσιάζουν σημαντική μείωση, με ποσοστά από 15,56 % το έτος 2000, σε 11,74 το έτος 2007 και 10,98 % το έτος 2015.

Εξέλιξη της ερημοποίησης – Εντοπισμός αλλαγών

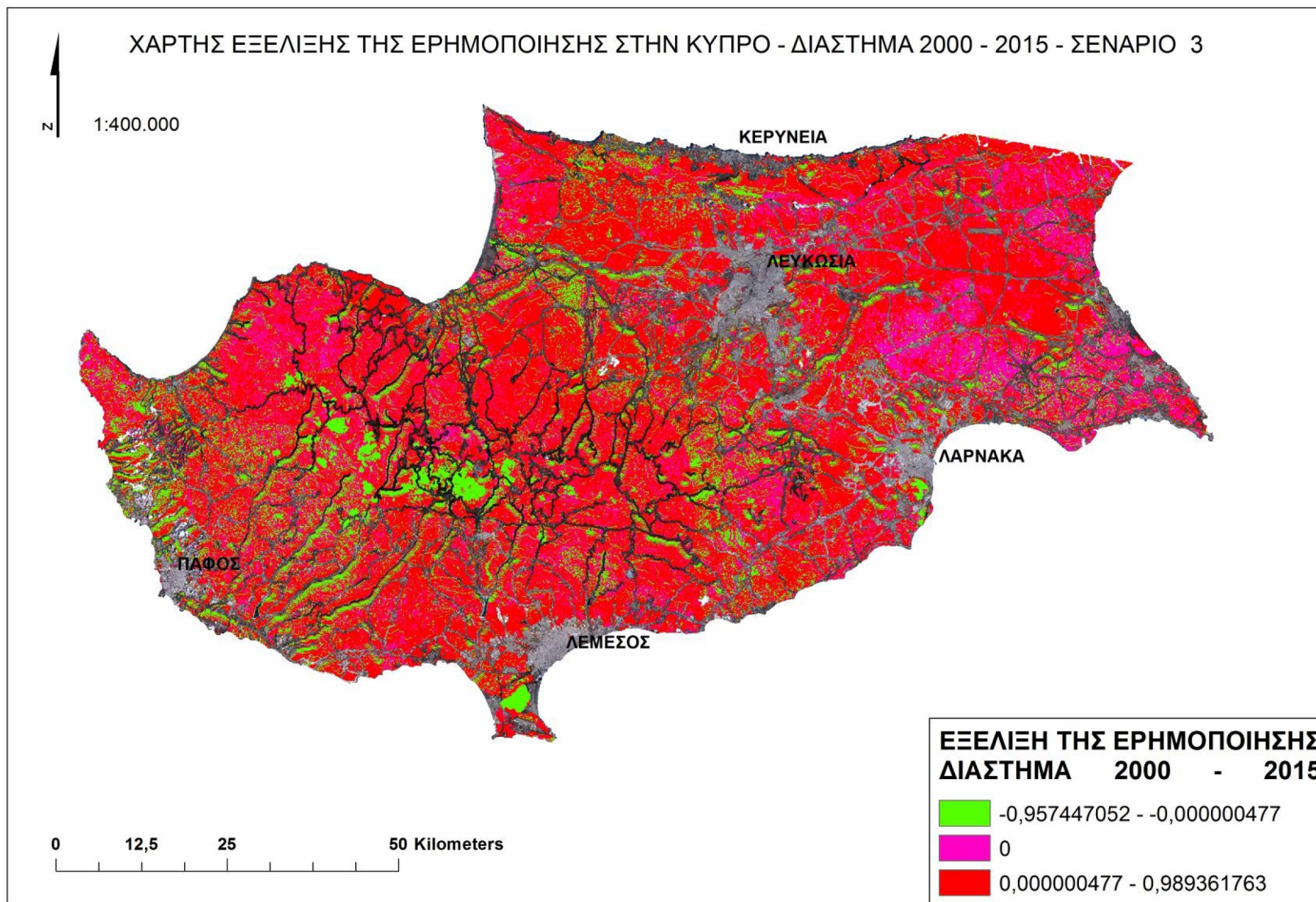
Ακολουθεί παρουσίαση και ανάλυση της εξέλιξης της ερημοποίησης στην περιοχή μελέτης.



Εικόνα 3.104 Χάρτης εξέλιξης της ερημοποίησης για το διάστημα 2000 – 2007 – Σενάριο 3



Εικόνα 3.105 Χάρτης εξέλιξης της ερημοποίησης για το διάστημα 2007 – 2015 – Σενάριο 3



Εικόνα 3.106 Χάρτης εξέλιξης της ερημοποίησης για το διάστημα 2000 – 2015 – Σενάριο 3

Πίνακας 3.31. Ποσοστά και αντίστοιχες εκτάσεις εξέλιξης της ερημοποίησης – Σενάριο 3

Τιμές	2000 - 2007		2007 - 2015		2000 - 2015	
	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)
-0,957447052 – -0,000000477	15,64	973,53	26,13	1.716,28	16,43	1.028,36
0	24,78	1.542,25	41,05	2.695,98	19,61	1.227,13
0,000000477 – 0,989361763	59,58	3.707,94	32,82	2.155,19	63,96	4.002,18

Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.31, οι περιοχές που εμφάνισαν εξασθένιση του φαινομένου της ερημοποίησης αυξήθηκαν, με ποσοστά 15,64 % την περίοδο 2000 – 2007, 26,13 % την περίοδο 2007 – 2015 και 16,43 % συνολικά την περίοδο 2000 – 2015. Οι περιοχές που παρουσίασαν μηδενικές αλλαγές, επίσης αυξήθηκαν, με ποσοστά 24,78 % την περίοδο 2000 – 2007, 41,05 % την περίοδο 2007 – 2015 και 19,61 % συνολικά την περίοδο 2000 – 2015. Οι περιοχές που παρουσίασαν ενίσχυση του φαινομένου της ερημοποίησης μειώθηκαν, με ποσοστά 59,58 % την περίοδο 2000 – 2007, 32,82 % την περίοδο 2007 – 2015 και 63,96 % συνολικά την περίοδο 2000 – 2015.

Κεφάλαιο Τέταρτο – Αποτελέσματα

4.1 Έννοιες και θέματα που αναδύθηκαν

Η επεξεργασία των δεδομένων και η εξαγωγή όλων των θεματικών χαρτών πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό ArcMap της εταιρείας ESRI. Η κλίμακα απεικόνισης όλων των θεματικών χαρτών είναι 1 : 400.000 και το προβολικό σύστημα το οποίο χρησιμοποιήθηκε, ήταν το WGS_84_UTM_zone_36N. Η χωρική ανάλυση όλων των ψηφιδωτών αρχείων βασίστηκε στην ανάλυση του αρχείου των χρήσεων γης και ήταν 100 m x 100 m. Για τον υπολογισμό των κλάσεων σε ποσοστιαία κλίμακα, έγινε επαναταξινόμηση των τελικών αρχείων με το εργαλείο reclassify του λογισμικού ArcMap. Με αυτό τον τρόπο ήταν δυνατός ο υπολογισμός των pixels κάθε κλάσης επομένως και ο υπολογισμός των εκτάσεων που καλύπτουν, εφόσον είναι γνωστό το μέγεθος των pixels.

4.2 Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Ακολουθεί σύντομη παρουσίαση των αποτελεσμάτων, για κάθε περίπτωση που εξετάστηκε.

Όπως διαπιστώνεται από τις τιμές του πίνακα 3.21, για το αρχικό σενάριο, οι μη απειλούμενες περιοχές αυξήθηκαν ελαφρώς σε ποσοστό της συνολικής έκτασης της περιοχής μελέτης, από 1,034 % το έτος 2000 σε 1,28 % το έτος 2007 και 1,31 % το 2015. Οι δυνητικά απειλούμενες περιοχές, παρουσίασαν επίσης αυξητική τάση, με ποσοστά από 18,58 % το έτος 2000, σε 20,84 % το έτος 2007 και 21,72 % το 2015. Οι ευαίσθητες περιοχές καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής, παρουσιάζοντας ωστόσο ελαφρά μείωση από 73,89 % το 2000 σε 73,13 % το έτος 2007 και 72,05 % το 2015. Τέλος, οι κρίσιμες περιοχές, παρουσιάζουν επίσης τάση μείωσης, από 6,49 % το έτος 2000, σε 4,76 % το έτος 2007 και 4,91 % το 2015.

Για το σενάριο 1, σύμφωνα με τον πίνακα 3.24, οι μη απειλούμενες περιοχές αυξήθηκαν ελαφρώς σε ποσοστό της συνολικής έκτασης της περιοχής μελέτης, από 0,42 % το έτος 2000 σε 0,58 % το έτος 2007 και 0,62 % το 2015. Οι δυνητικά απειλούμενες περιοχές, παρουσίασαν επίσης αυξητική τάση από το έτος 2000 έως το 2007, με αντίστοιχα ποσοστά 20,92 % και 25,47 %, ενώ από το 2007 έως το 2015, παρέμειναν σχεδόν σταθερές. Οι ευαίσθητες περιοχές, καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής, παρουσιάζοντας

αυξομειώσεις, με ποσοστά 67,47 % το έτος 2000, 64,96 % το 2007 και 65,16% το 2015. Τέλος, οι κρίσιμες περιοχές παρουσιάζουν τάση μείωσης, από 11,19 % το έτος 2000, σε 8,99 % και 8,81 % το 2015.

Για το σενάριο 2, σύμφωνα με τον *πίνακα 3.27*, οι μη απειλούμενες περιοχές αυξήθηκαν ελαφρώς σε ποσοστό της συνολικής έκτασης της περιοχής μελέτης, από 1,18 % το έτος 2000 σε 1,48 % το 2007, ενώ το 2015 παρέμειναν σχεδόν σταθερές, με αντίστοιχο ποσοστό 1,42 % επί της συνολικής έκτασης. Οι δυνητικά απειλούμενες περιοχές, παρουσίασαν αυξητική τάση, με ποσοστά από 15,33 % το έτος 2000, σε 18,16 % το έτος 2007 και 19,42 % το 2015. Οι ευαίσθητες περιοχές, καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής, παρουσιάζοντας ωστόσο ελαφρά μείωση από 71,21 % το 2000 σε 70,65 % το έτος 2007 και 69,87 % το 2015. Τέλος, οι κρίσιμες περιοχές παρουσιάζουν επίσης τάση μείωσης, από 12,28 % το έτος 2000, σε 9,71 % το έτος 2007 και 9,28 % το 2015.

Για το σενάριο 3, σύμφωνα με τον *πίνακα 3.30*, οι μη απειλούμενες περιοχές αυξήθηκαν ελαφρώς σε ποσοστό της συνολικής έκτασης της περιοχής μελέτης, από 0,85 % το έτος 2000 σε 1,10 % το έτος 2007 και 1,21 % το 2015. Οι δυνητικά απειλούμενες περιοχές, παρουσίασαν επίσης αυξητική τάση, με ποσοστά από 17,65 % το έτος 2000, σε 20,21 % το έτος 2007 και 21,14 % το 2015. Οι ευαίσθητες περιοχές, καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής, παρουσιάζοντας αυξομειώσεις, με ποσοστά 65,96 % το 2000, 67,14 % το 2007 και 66,68 % το 2015. Τέλος, οι κρίσιμες περιοχές παρουσιάζουν σημαντική μείωση, με ποσοστά από 15,55 % το έτος 2000, σε 11,74 το έτος 2007 και 10,98 % το έτος 2015.

Σχετικά με την εξέλιξη της ερημοποίησης, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του *πίνακα 3.22*, για το αρχικό σενάριο, οι περιοχές που εμφάνισαν εξασθένηση του φαινομένου της ερημοποίησης παρουσίασαν αύξηση, με ποσοστά 14,45 % την περίοδο 2000 – 2007, 37,88 % την περίοδο 2007 – 2015 και 19,74 % συνολικά την περίοδο 2000 – 2015. Οι περιοχές που παρουσίασαν μηδενικές αλλαγές, παρουσίασαν μείωση με ποσοστά 26,50 % την περίοδο 2000 – 2007, 24,63 % την περίοδο 2007 – 2015 και 14,98 % συνολικά την περίοδο 2000 – 2015. Οι περιοχές που παρουσίασαν ενίσχυση του φαινομένου της ερημοποίησης, μειώθηκαν, με ποσοστά 59,05 % την περίοδο 2000 – 2007, 37,49 % την περίοδο 2007 – 2015 και 65,28 % συνολικά την περίοδο 2000 – 2015.

Για το σενάριο 1, σύμφωνα με τον *πίνακα 3.25*, οι περιοχές που εμφάνισαν εξασθένηση του φαινομένου της ερημοποίησης παρουσίασαν αύξηση, με ποσοστά 14,45 % την περίοδο 2000 – 2007, 36,53 % την περίοδο 2007 – 2015 και 20,06 % συνολικά την περίοδο 2000 – 2015. Οι περιοχές που παρουσίασαν μηδενικές αλλαγές, παρουσίασαν επίσης αύξηση, με ποσοστά 26,50 % την περίοδο 2000 – 2007, 33,12 % την περίοδο 2007 – 2015 και 16,70 % συνολικά την περίοδο 2000 – 2015. Οι περιοχές που παρουσίασαν ενίσχυση του φαινομένου της ερημοποίησης, μειώθηκαν, με ποσοστά 59,05 % την περίοδο 2000 – 2007, 30,35 % την περίοδο 2007 – 2015 και 63,25 % συνολικά την περίοδο 2000 – 2015.

Για το σενάριο 2, σύμφωνα με τον *πίνακα 3.27*, οι περιοχές που εμφάνισαν εξασθένηση του φαινομένου της ερημοποίησης παρουσίασαν αύξηση, με ποσοστά 16,10 % την περίοδο 2000 – 2007, 30,12 % την περίοδο 2007 – 2015 και 13,32 % συνολικά την περίοδο 2000 – 2015. Οι περιοχές που παρουσίασαν μηδενικές αλλαγές, παρουσίασαν επίσης αύξηση, με ποσοστά 17,15 % την περίοδο 2000 – 2007, 29,87 % την περίοδο 2007 – 2015 και 18,59 % συνολικά την περίοδο 2000 – 2015. Οι περιοχές που παρουσίασαν ενίσχυση του φαινομένου της ερημοποίησης, μειώθηκαν, με ποσοστά 66,77 % την περίοδο 2000 – 2007, 40,01 % την περίοδο 2007 – 2015 και 68,09 % συνολικά την περίοδο 2000 – 2015.

Για το σενάριο 3, σύμφωνα με τον *πίνακα 3.31*, οι περιοχές που εμφάνισαν εξασθένηση του φαινομένου της ερημοποίησης παρουσίασαν αύξηση, με ποσοστά 15,64 % την περίοδο 2000 – 2007, 26,13 % την περίοδο 2007 – 2015 και 16,43 % συνολικά την περίοδο 2000 – 2015. Οι περιοχές που παρουσίασαν μηδενικές αλλαγές, παρουσίασαν επίσης αύξηση, με ποσοστά 24,78 % την περίοδο 2000 – 2007, 41,05 % την περίοδο 2007 – 2015 και 19,61 % συνολικά την περίοδο 2000 – 2015. Οι περιοχές που παρουσίασαν ενίσχυση του φαινομένου της ερημοποίησης, μειώθηκαν, με ποσοστά 59,58 % την περίοδο 2000 – 2007, 32,82 % την περίοδο 2007 – 2015 και 63,96 % συνολικά την περίοδο 2000 – 2015.

Κεφάλαιο Πέμπτο – Συζήτηση – Συμπεράσματα – Εισηγήσεις

5.1 Συζήτηση

Στον πίνακα 5.1 του παραρτήματος 1, παρουσιάζονται συγκεντρωτικά, οι εκτάσεις και τα αντίστοιχα ποσοστά της εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης, για όλα τα σενάρια. Από την εξέταση των στοιχείων, γίνεται φανερό πως για όλα τα σενάρια οι κρίσιμες περιοχές παρουσίασαν μείωση, με την μεγαλύτερη μείωση να εμφανίζεται στο σενάριο 3, γεγονός το οποίο οφείλεται στη μεγαλύτερη βαρύτητα που αποδόθηκε στα κριτήρια του προσανατολισμού και της κλίσης.

Οι ευαίσθητες περιοχές, παρουσίασαν μείωση στο αρχικό σενάριο και το σενάριο 2, ενώ στα σενάρια 1 και 3, παρουσίασαν αυξομειώσεις.

Οι δυνητικά απειλούμενες περιοχές, παρουσίασαν αύξηση στο αρχικό σενάριο και στα σενάρια 2 και 3, ενώ στο σενάριο 1 μεταξύ 2000 – 2007 παρουσίασαν αύξηση και την περίοδο 2007 – 2015, παρέμειναν περίπου, σταθερές.

Οι μη απειλούμενες περιοχές αυξήθηκαν στο αρχικό σενάριο και τα σενάρια 1 και 3, ενώ στο σενάριο 2 παρουσίασαν αύξηση την περίοδο 2000 – 2007 και την περίοδο 2007 – 2015, παρέμειναν σχεδόν, σταθερές.

Τα διαγράμματα 5.1, 5.2 και 5.3, δίνουν μια καλύτερη εικόνα των παραπάνω, όπου γίνεται εύκολα αντιληπτή η διαφοροποίηση των κλάσεων του κινδύνου ερημοποίησης για όλα τα σενάρια και για κάθε χρονική περίοδο που εξετάστηκε.

Από τα στοιχεία του πίνακα 5.1 του παραρτήματος 1, γίνεται φανερό πως σε όλα τα σενάρια οι ευαίσθητες περιοχές αποτελούν πάντοτε το μεγαλύτερο ποσοστό της έκτασης της περιοχής μελέτης. Οι μη απειλούμενες περιοχές αντίθετα, φαίνεται πως αποτελούν το μικρότερο ποσοστό σε όλες τις περιπτώσεις. Οι κρίσιμες περιοχές, τοποθετούνται σε όλα τα σενάρια ανατολικά της Πάφου, στην αλμυρή λίμνη νότια της Λεμεσού, στο ακρωτήριο Ακάμα, στο δάσος της Πάφου μέχρι τις περιοχές βόρεια της Λεμεσού, στην περιοχή νότια της Λάρνακας, στην οροσειρά του Πενταδάκτυλου, σε ορισμένες περιοχές δυτικά της Λευκωσίας και σε περιοχές βόρεια της Μόρφου. Στα παραπάνω

ευρήματα, συνηγορούν οι υψηλοί ρυθμοί εξατμισιοδιαπνοής σε συνδυασμό με τις υψηλότερες θερμοκρασίες που σημειώνονται στις εν λόγω περιοχές, σύμφωνα με τα σχετικά αρχεία που χρησιμοποιήθηκαν. Εξάιρεση αποτελούν οι περιοχές στις κοίτες των ποταμών, λόγω της αυξημένης υγρασίας που εμφανίζεται εκεί.

Από τα παραπάνω, γίνεται φανερό πως το φαινόμενο της ερημοποίησης έχει ήδη επηρεάσει την Κύπρο, συμπέρασμα στο οποίο κατέληξαν και οι (Sanchez και Subiela, 2007). Τα παραπάνω ευρήματα έρχονται σε συμφωνία με το εθνικό σχέδιο δράσης για την καταπολέμηση της ερημοποίησης της υπηρεσίας περιβάλλοντος της Κύπρου, στο οποίο το μεγαλύτερο μέρος της χώρας εμφανίζεται σαν ευαίσθητο στην ερημοποίηση ενώ οι περιοχές οι οποίες κατατάσσονται ως μη απειλούμενες, εμφανίζουν το μικρότερο ποσοστό.

Μεταξύ των σεναρίων που εξετάστηκαν, ως βέλτιστο θεωρείται εκείνο το οποίο παρουσιάζει την υψηλότερη βαθμολογία. Η βαθμολογία των σεναρίων, παρουσιάζεται στον *πίνακα 5.2*. Από τα στοιχεία του πίνακα, διαπιστώνεται πως την υψηλότερη βαθμολογία συγκεντρώνει το σενάριο 3. Βάσει των τιμών του ίδιου πίνακα, η κατάταξη των σεναρίων με αύξουσα σειρά ως προς τη βαθμολογία που συγκέντρωσαν από την εφαρμογή της μεθόδου S.A.W. διαμορφώνεται ως εξής: *σενάριο 1 < σενάριο 2 < αρχικό σενάριο < σενάριο 3*. Το σενάριο 3 επομένως, θεωρείται ως εκείνο που αντικατοπτρίζει καλύτερα την πραγματικότητα.

Σχετικά με την εξέλιξη της ερημοποίησης σε όλα τα σενάρια που εξετάστηκαν, τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον *πίνακα 5.3*. Από τα στοιχεία του πίνακα, γίνεται φανερό πως για την χρονική περίοδο 2000 – 2007, οι περιοχές οι οποίες εμφάνισαν μείωση της ερημοποίησης παρουσίασαν το ίδιο ακριβώς ποσοστό στο αρχικό σενάριο και το σενάριο 1, μεταξύ των σεναρίων 1 και 2 παρουσίασαν αύξηση με αντίστοιχα ποσοστά 14,45 % και 16,10 % και μεταξύ των σεναρίων 2 και 3 παρουσιάζεται ελαφρά μείωση με το αντίστοιχο ποσοστό του σεναρίου 3 να είναι 15,64 %.

Οι περιοχές στις οποίες δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές, παρουσίασαν το ίδιο ακριβώς ποσοστό στο αρχικό σενάριο και το σενάριο 1, μεταξύ των σεναρίων 1 και 2 παρουσίασαν μεγάλη μείωση με αντίστοιχα ποσοστά 26,50 % και 17,15 %, ενώ μεταξύ των σεναρίων 2 και 3, παρουσίασαν σημαντική αύξηση με το αντίστοιχο ποσοστό του σεναρίου 3 να είναι 59,58 %.

Οι περιοχές στις οποίες παρατηρήθηκε ενίσχυση της ερημοποίησης, παρουσίασαν το ίδιο ακριβώς ποσοστό στο αρχικό σενάριο και το σενάριο 1, μεταξύ των σεναρίων 1 και 2 παρουσίασαν αύξηση με

αντίστοιχα ποσοστά 59,05 % και 66,76 % ενώ μεταξύ των σεναρίων 2 και 3, παρατηρήθηκε μείωση με το ποσοστό του σεναρίου 3 να είναι 59,58 %.

Για την χρονική περίοδο 2007 – 2015, οι περιοχές οι οποίες εμφάνισαν μείωση της ερημοποίησης παρουσίασαν μείωση μεταξύ όλων των σεναρίων, με ποσοστά από 37,88 % για το αρχικό σενάριο, σε 26,13 % για το σενάριο 3.

Οι περιοχές στις οποίες δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές, παρουσίασαν αυξομειώσεις μεταξύ των σεναρίων, με ποσοστά 24,63 % για το αρχικό σενάριο, 33,12 % για το σενάριο 1, 29,87 % για το σενάριο 2 και 41,05 % για το σενάριο 3.

Οι περιοχές στις οποίες παρατηρήθηκε ενίσχυση της ερημοποίησης, παρουσίασαν σημαντική μείωση μεταξύ του αρχικού σεναρίου και του σεναρίου 1, με αντίστοιχα ποσοστά 37,49 % και 30,35 %. Μεταξύ του σεναρίου 1 και του σεναρίου 2 παρατηρήθηκε μεγάλη αύξηση, με το ποσοστό του σεναρίου 2 να είναι 40,01 %. Μεταξύ του σεναρίου 2 και του σεναρίου 3, παρατηρήθηκε μεγάλη μείωση, με το ποσοστό του σεναρίου 3 να είναι 32,82 %.

Για την χρονική περίοδο 2000 – 2015, οι περιοχές οι οποίες εμφάνισαν μείωση της ερημοποίησης παρουσίασαν αυξομειώσεις μεταξύ των σεναρίων, με ποσοστά 19,74 % στο αρχικό σενάριο, 20,06 % στο σενάριο 1, 13,32 % στο σενάριο 2 και 16,43 % στο σενάριο 3.

Οι περιοχές στις οποίες δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές, παρουσίασαν αύξηση μεταξύ των σεναρίων, με ποσοστά 14,98 % για το αρχικό σενάριο, 16,70 % για το σενάριο 1, 18,59 % για το σενάριο 2 και 19,61 % για το σενάριο 3.

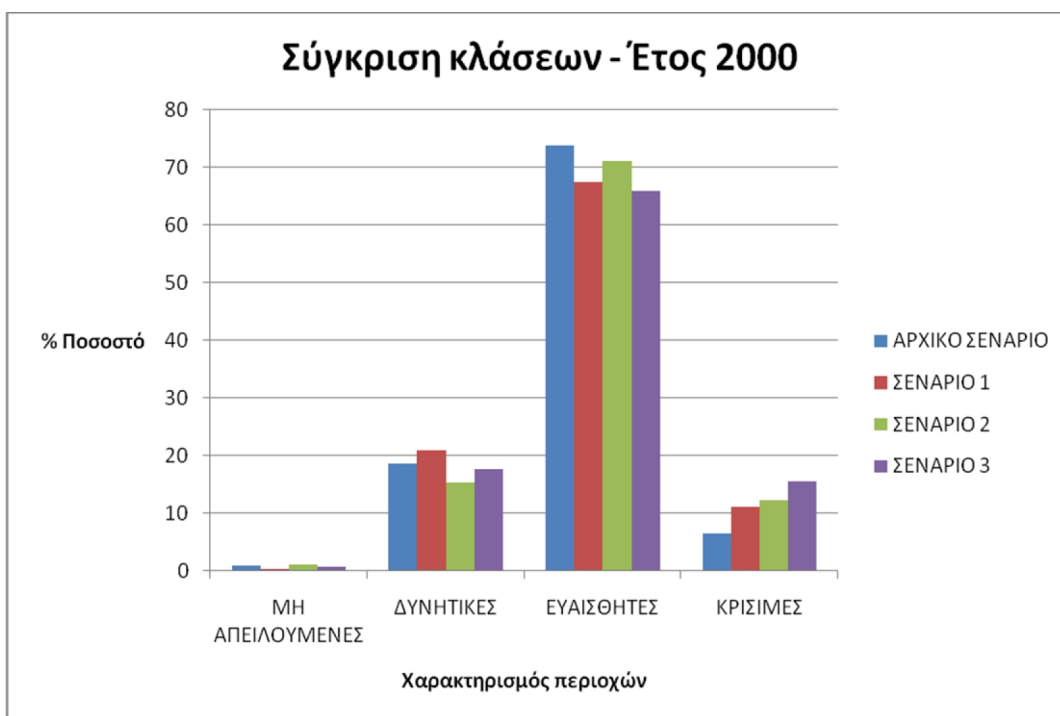
Οι περιοχές στις οποίες παρατηρήθηκε ενίσχυση της ερημοποίησης, παρουσίασαν αυξομειώσεις, με ποσοστά 65,28 % για το αρχικό σενάριο, 63,25 % για το σενάριο 1, 68,09 % για το σενάριο 2 και 69,96 % για το σενάριο 3.

Μεταξύ όλων των σεναρίων, παρατηρείται πως οι περιοχές στις οποίες σημειώθηκε ενίσχυση της ερημοποίησης, καταλαμβάνουν παντοτε το μεγαλύτερο ποσοστό για το σύνολο της χρονικής περιόδου που εξετάστηκε. Τα παραπάνω γίνονται πιο εύκολα αντιληπτά, από τα διαγράμματα 5.4., 5.5 και 5.6. που ακολουθούν στο τέλος του κεφαλαίου.

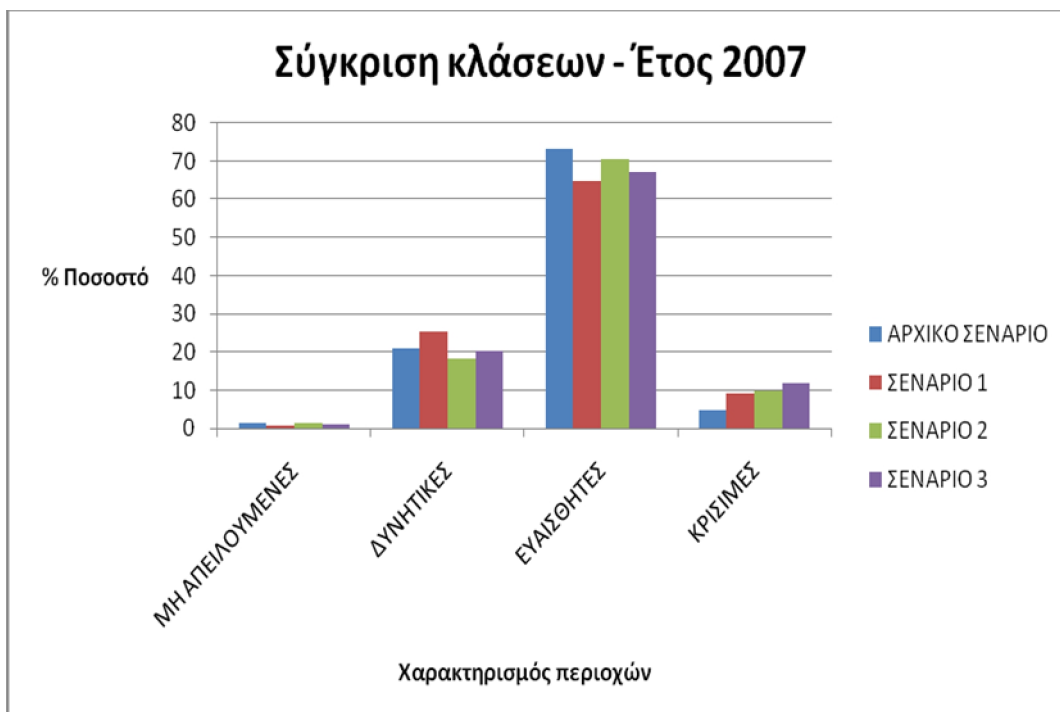
Πίνακας 5.2. Βαθμολογίες των σεναρίων σύμφωνα με τη μέθοδο SAW

ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΕΣ			
	Αρχικό σενάριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
Υδρογραφικό δίκτυο	0,561798	0,24	0,60241	0,531915
Εδαφική υγρασία	0,561798	0,326667	0,60241	0,531915
Μέση βροχόπτωση	0,561798	0,166667	0,60241	0,531915
Δείκτης βλάστησης	0,455056	0,54	0,487952	0,430851
Μέση θερμοκρασία	0,455056	0,54	0,150602	0,430851
Χρήσεις γης	0,359551	0,426667	0,385542	0,340426
Λανθάνουσα θερμότητα εδάφους	0,359551	0,426667	0,216867	0,340426
Συνολική εξατμισιοδιπνοή	0,275281	0,166667	0,295181	0,260638
Οικιστικές συγκεντρώσεις	0,202247	0,24	0,216867	0,191489
Κλίση	0,140449	0,166667	0,150602	0,340426
Προσανατολισμός	0,140449	0,166667	0,150602	0,260638
Οδικό δίκτυο	0,022472	0,026667	0,024096	0,021277
ΣΥΝΟΛΟ	4,095506	3,433333	3,885542	4,212766

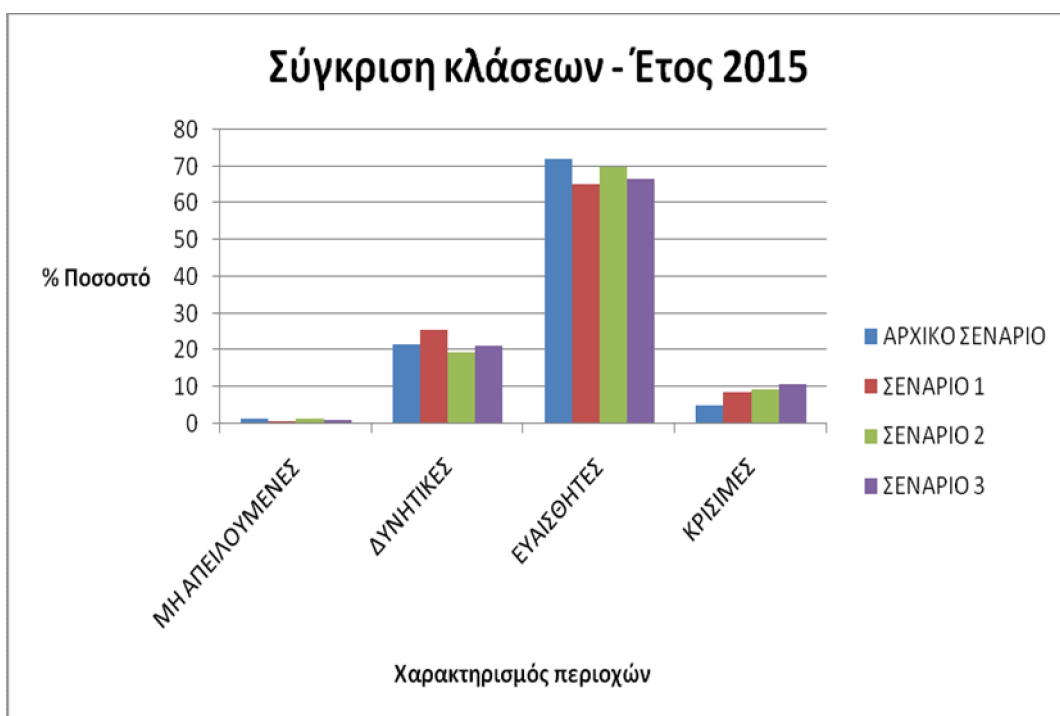
Διάγραμμα 5.1. Σύγκριση κλάσεων εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης για όλα τα σενάρια – Έτος 2000



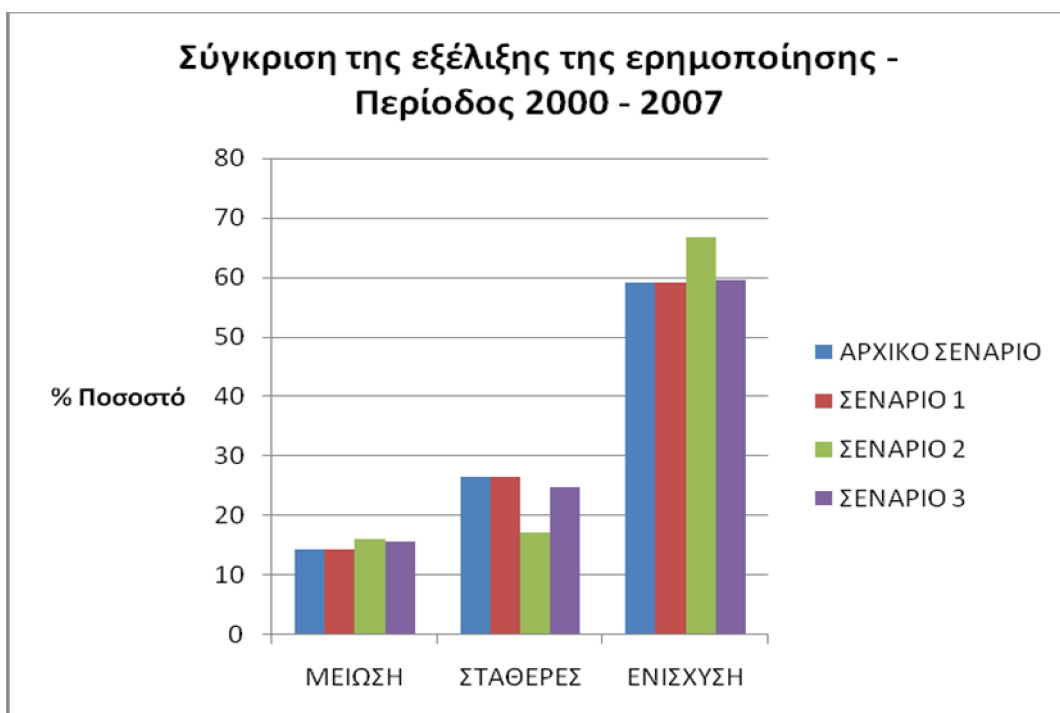
Διάγραμμα 5.2. Σύγκριση κλάσεων εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης για όλα τα σενάρια – Έτος 2007



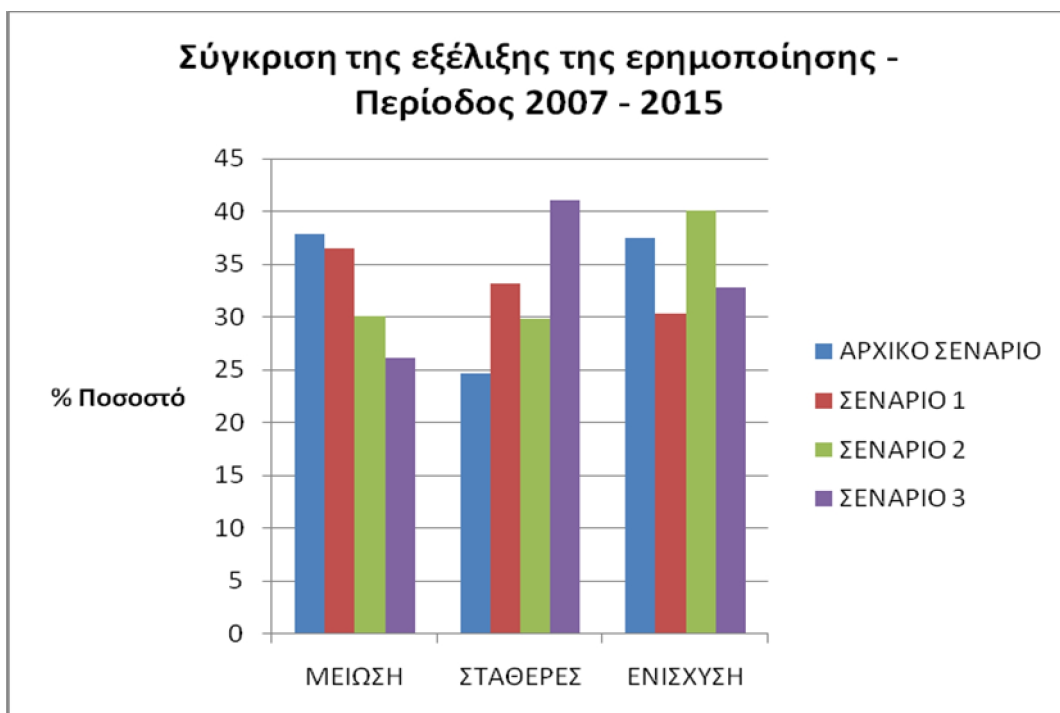
Διάγραμμα 5.3. Σύγκριση κλάσεων εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης για όλα τα σενάρια – Έτος 2015



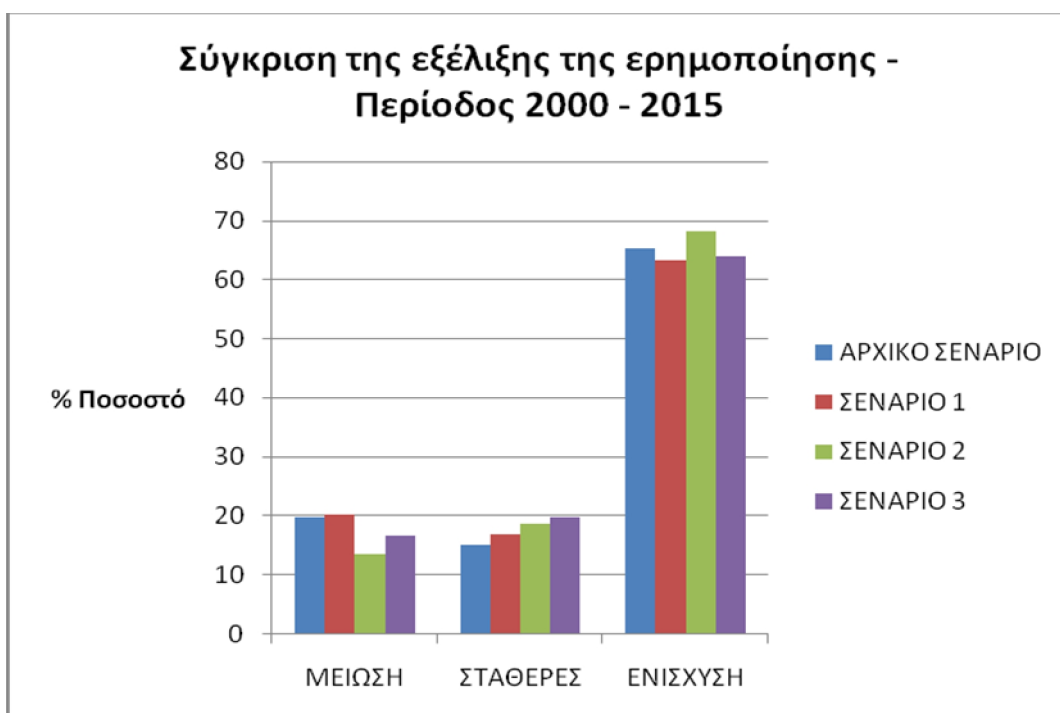
Διάγραμμα 5.4. Σύγκριση της εξέλιξης της ερημοποίησης – Περίοδος – 2000 – 2007



Διάγραμμα 5.5. Σύγκριση της εξέλιξης της ερημοποίησης – Περίοδος – 2007 – 2015



Διάγραμμα 5.6. Σύγκριση της εξέλιξης της ερημοποίησης – Περίοδος – 2000 – 2015



5.2 Περιορισμοί

Η παρούσα διπλωματική διατριβή, παρουσιάζει ορισμένους περιορισμούς. Σε αυτούς συγκαταλέγεται η περιορισμένη χρονική διαθεσιμότητα των δορυφορικών εικόνων της περιοχής μελέτης, γεγονός το οποίο περιόρισε την χρονική εκτίμηση των περιοχών που κινδυνεύουν από το φαινόμενο της ερημοποίησης σε 15 έτη (2000 – 2015). Επίσης, περιορισμό αποτελεί και το γεγονός πως η χωρική κάλυψη των δορυφορικών εικόνων δεν περιλάμβανε το ακρωτήριο του Αποστόλου Ανδρέα στη βορειοανατολική πλευρά της χώρας. Ένας ακόμη περιορισμός είναι η μη ύπαρξη επίγειων μετρήσεων, οι οποίες θα μπορούσαν να υποστηρίξουν τα αποτελέσματα της διατριβής. Τέλος, περιορισμό αποτελεί και η ψηφιακή φύση των δεδομένων, η οποία αναγκαστικά προκαλεί προσεγγιστικούς υπολογισμούς.

5.3 Συμπεράσματα

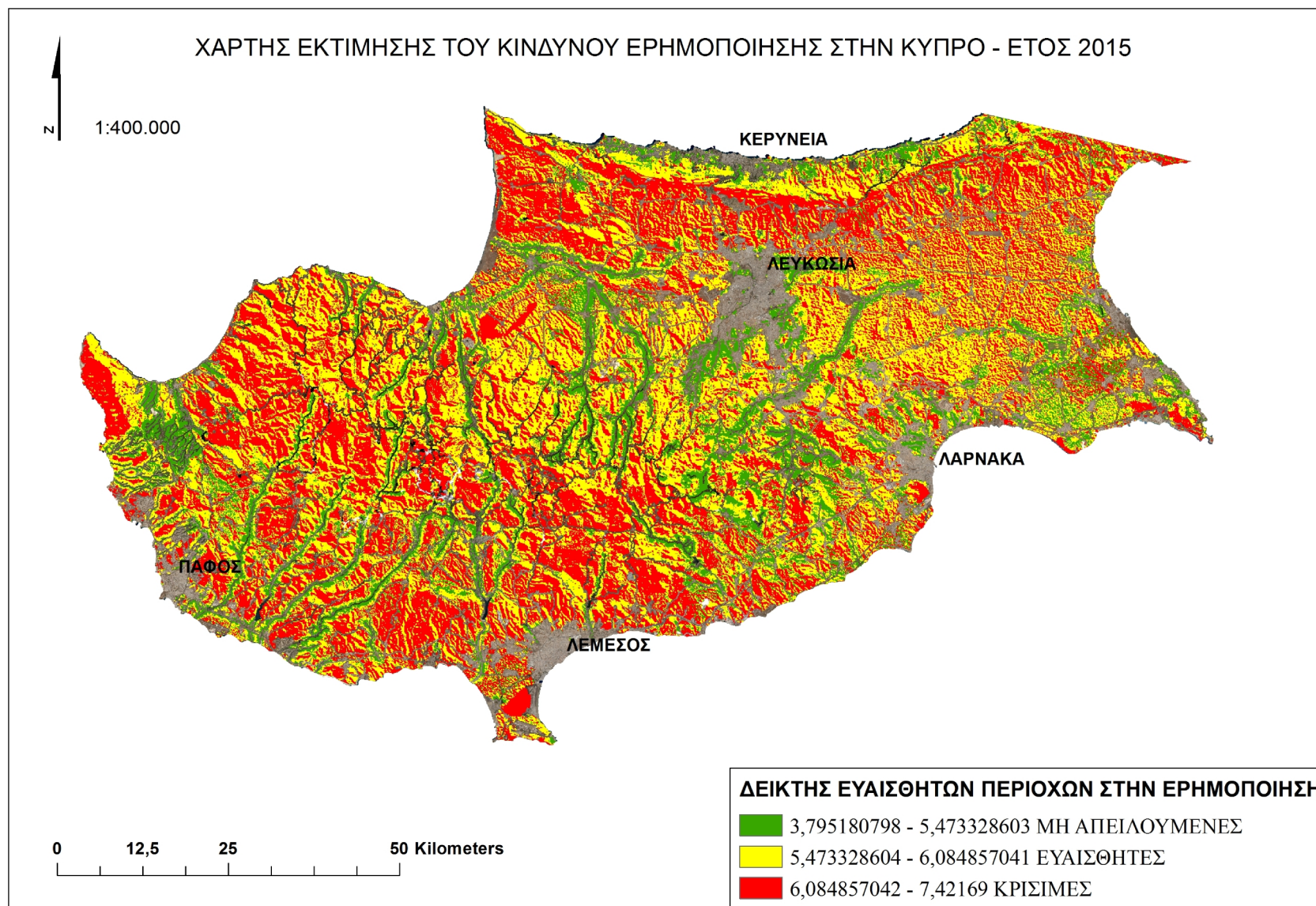
Σκοπός της παρούσας διπλωματικής διατριβής, ήταν ο εντοπισμός περιοχών στην Κύπρο, οι οποίες κινδυνεύουν από το φαινόμενο της ερημοποίησης, με χρήση πολυκριτηριακής ανάλυσης μέσα από Σ.Γ.Π., για την χρονική περίοδο 2000 – 2015, έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί μια αποτίμηση της κατάστασης στην οποία βρίσκεται η χώρα, αναφορικά με το εν λόγω φαινόμενο. Σκοπό επίσης της διατριβής, αποτέλεσε και ο παράλληλος εντοπισμός περιοχών, που ήδη βρίσκονται υπό την επιρροή του φαινομένου. Παράλληλο σκοπό αποτέλεσε και η κατάρτιση δεικτών τρωτότητας, οι οποίοι είναι προσαρμοσμένοι στις κλιματικές και περιβαλλοντικές συνθήκες της Κύπρου. Πραγματοποιήθηκε, επομένως, η επεξεργασία δοκιμασμένων δεικτών οι οποίοι σχετίζονται με την εκδήλωση του φαινομένου της ερημοποίησης, μέσω πολυκριτηριακής ανάλυσης σε συνδυασμό με Σ.Γ.Π..

Τα Σ.Γ.Π. προσφέρουν μια πλειάδα μεθόδων και εργαλείων για την επεξεργασία των γεωγραφικών δεδομένων με σκοπό την εξαγωγή πληροφοριών, οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Από την άλλη, οι μέθοδοι πολυκριτηριακής ανάλυσης, από τη φύση τους επιτρέπουν την αλληλεπίδραση πολλών και διαφορετικών όψεων ενός προβλήματος λήψης απόφασης. Η συγχώνευση πολυκριτηριακής ανάλυσης και Σ.Γ.Π., αποτελεί ένα συνεργιστικό εργαλείο υποστήριξης της διαδικασίας λήψης αποφάσεων με ευρύ πεδίο εφαρμογής, το οποίο δίνει τη δυνατότητα στους ενδιαφερόμενους, να αλληλεπιδράσουν με το κοινό, ή με τους αρμόδιους φορείς και μπορεί να συνεισφέρει στη βελτίωση της συνεργασίας ως προς τη λήψη αποφάσεων, εφόσον παρέχει ευέλικτες προσεγγίσεις ως προς την επίλυση πολυδιάστατων προβλημάτων.

Οι περιορισμοί που απαντήθηκαν στην παρούσα διατριβή, όπως η περιορισμένη διαθεσιμότητα των δορυφορικών εικόνων, η χωρική τους κάλυψη, η μη ύπαρξη επίγειων επικουρικών μετρήσεων και η ψηφιακή φύση των δεδομένων, οδηγούν σε προσεγγιστική αποτίμηση της κατάστασης.

Από τα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής διατριβής, προκύπτει το συμπέρασμα πως η Κύπρος, κατατάσσεται στις ευαίσθητες περιοχές και ήδη βρίσκεται αντιμέτωπη με το φαινόμενο της ερημοποίησης, αφού οι ευαίσθητες περιοχές σύμφωνα με το σενάριο 3, το οποίο συγκέντρωσε την υψηλότερη βαθμολογία, καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο ποσοστό της χώρας και παραμένουν σχεδόν σταθερές κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου που εξετάστηκε. Οι κρίσιμες περιοχές από την άλλη, ξεκινώντας από μια μέγιστη τιμή, παρουσιάζουν σημαντική μείωση κατά την ίδια χρονική περίοδο. Όπως διαπιστώθηκε παρ' όλα αυτά, η ταξινόμηση των κλάσεων παράγει αρκετά διαφορετικά αποτελέσματα, όπως φαίνεται παραδείγματος χάριν στην *εικόνα 5.1*, όπου οι κλάσεις είναι 3. Στη συγκεκριμένη περίπτωση προκύπτει μια διαφορετική κατάσταση, στην οποία οι κρίσιμες περιοχές παρουσιάζονται πολύ περισσότερες σε σχέση με την αντίστοιχη χρονική περίοδο του σεναρίου 3, καταλαμβάνοντας το 40,19 % της έκτασης της περιοχής μελέτης, αντί του 10,98 % που σημειώθηκε στο σενάριο 3.

Στα ευρήματα του σεναρίου 3, συνηγορούν οι τιμές των αρχείων των κλιματολογικών στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν, οι οποίες φανερώνουν μια τάση προς πιο ξηρό και θερμό κλίμα. Σε παρόμοια αποτελέσματα, κατέληξαν και οι *Sanchez και Subiela, (2007)* όπως και το *Εθνικό σχέδιο δράσης για την καταπολέμηση της απερίμεσης, του Υπουργείου Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, (2008)*. Τα ευρήματα της παρούσας διπλωματικής διατριβής, ισχυροποιούνται επίσης από τη μελέτη της εξέλιξης της ερημοποίησης, όπου φαίνεται πως οι περιοχές στις οποίες το φαινόμενο της ερημοποίησης ενισχύθηκε, αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό της έκτασης της χώρας, το οποίο ποσοστό, παραμένει σχεδόν σταθερό καθ' όλη τη χρονική περίοδο που εξετάστηκε.



Εικόνα 5.1 Τελικός χάρτης εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης στην Κύπρο για το έτος 2015 – Υποθετική κατάσταση με δημιουργία 3 κλάσεων

5.4 Εισηγήσεις

Όπως προβλέπεται από πολλά σενάρια, η Κύπρος θα έλθει αντιμέτωπη με το φαινόμενο της ερημοποίησης τις επόμενες δεκαετίες. Η συνδυασμένη δράση των αρνητικών περιβαλλοντικών συνθηκών και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, μέσω των πιέσεων που προκαλούν στους φυσικούς πόρους, είναι δυνατόν να προκαλέσει επιτάχυνση της εκδήλωσης του φαινομένου της ερημοποίησης. Για την καλύτερη αντιμετώπιση του φαινομένου, θα πρέπει να παρθούν μέτρα τόσο από τη διοίκηση της χώρας, όσο και από την κοινωνία. Από την πλευρά της διοίκησης, θα πρέπει να τεθούν σαφείς προτεραιότητες και να εφαρμοστούν συμπαγείς πολιτικές για την αντιμετώπιση του φαινομένου της ερημοποίησης, όπως είναι για παράδειγμα η ορθή εφαρμογή της οδηγίας πλαίσιο για τα νερά, η εφαρμογή μιας στρατηγικής για αειφόρο ανάπτυξη, η ορθή εφαρμογή του εθνικού σχεδίου δράσης για την αντιμετώπιση της ερημοποίησης, η αειφόρος χρήση των φυσικών πόρων και η ενημέρωση της κοινής γνώμης με σκοπό την ευαισθητοποίηση των πολιτών και την ανάπτυξη περιβαλλοντικής συνείδησης στο ευρύ κοινό.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

1. Adil, M., Baptista Nunes, M., και Chao Peng, G., 2014. Selecting Suitable e-Procurement Decision Models for the Maldivian Public Sector by Evaluating MCDA Methods. Στο: A. Rocha, A.M. Correia, F. B Tan, και K. A Stroetmann, eds. 2014. *New Perspectives in Information Systems and Technologies, Volume 1*. Switzerland: Springer International Publishing, pp.455-465.
2. Aschmann, H., 1973. Distribution and Peculiarity of Mediterranean Ecosystems. *Ecological Studies*, [e-journal] 7, Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 20.06.2015].
3. Ascough et al., 2002. Multicriteria Spatial Decision Support Systems: Overview, Applications, and Future Research Directions. Στο: International Environmental Modelling and Software Society, *Integrated Assessment and Decision Support*. Lugano, Switzerland, 24-27 June 2002.
4. Awange, J.L., και Kyalo Kiema, J. B., 2013. Input of GIS Data. Στο: *Environmental Geoinformatics*. Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp.207-213.
5. Awange, J.L., και Kyalo Kiema, J. B., 2013. Fundamentals of remote sensing. Στο: *Environmental Geoinformatics*. Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp.111-118.
6. Awange, J.L., και Kyalo Kiema, J.B., 2013. GIS Database. Στο: *Environmental Geoinformatics*. Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp.215-223.
7. Azadi, H., Van den Berg, J., Ho, P., και Hosseininia, G., 2009. Sustainability in rangeland systems: Introduction of fuzzy multi objective decision making, [online] Διαθέσιμο μέσω: <<http://www.mearc.eu/resources/07Rangeland2009.pdf>> [Προσπελάστηκε 17.03.2015].
8. Balabanis, P., Peter, D., Ghazi, A., και Tsogas, M., 1996. Land, desertification vulnerability and management in Mediterranean landscapes. Στο: European Commission, *Mediterranean desertification: research results and policy implications*. Crete, Greece, 29 October to 01 November 1996. Luxembourg: Office for official publications of the European communities.

9. Becker, F., 2000. Fundamentals Of Remote Sensing For Risks Assessment. Surveys in Geophysics, [e-journal] 21 (2-3), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 08.06.2015].

10. Belton, V., και Pictet, J., 1997. A Framework for Group Decision Using a MCDA Model: Sharing, Aggregating or Comparing Individual Information?. Journal of Decision Systems, [e-journal] 6 (3), Διαθέσιμο μέσω: Taylor & Francis online [Προσπελάστηκε 31.03.2015].

11. Bergkamp, G., 1995. A hierarchical approach for desertification assessment. Environmental Monitoring and Assessment, , [e-journal] 37 (1-3), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 16.06.2015].

12. Bhan, S.K., 1997. Training and education in remote sensing. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, [e-journal] 25 (1), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 26.02.2015].

13. Bolle, H-J., 1995. Identification and observation of desertification processes with the aid of measurements from space: Results from the European Field Experiment in Desertification-threatened Areas (EFEDA). Environmental Monitoring and Assessment, [e-journal] 37 (1-3), Διαθέσιμο μέσω: Science direct [Προσπελάστηκε 03.06.2015].

14. Bruce, C.M., και Hilbert, D.W., 2004. Pre-processing Methodology for Application to Landsat TM/ETM+ Imagery of the Wet Tropics. [pdf] Cairns, Australia: Rainforest CRC: Διαθέσιμο στο: <http://www.rainforest-crc.jcu.edu.au/publications/landsat_preprocessing.pdf> [Προσπελάστηκε 27.07.2015].

15. Burrough, P.A., 1986. Principles of geographical information systems for land resources assessment. Oxford: Clarendon Press.

16. Burrough, P.A., 2001. GIS and geostatistics: Essential partners for spatial analysis. Environmental and Ecological Statistics, [e-journal] 8 (4), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 05.06.2015].

17. Burrough, P.A., 1992. Are GIS data structures too simple minded?. Computers & Geosciences, [e-journal] 18 (4), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 06.02.2015].

18. Cances, M., Font, F., και Gay, M., 2000. Principles Of Geographic Information Systems Used For Earth Observation Data. *Surveys in Geophysics*, [e-journal] 21 (2-3), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 13.03.2015].

19. Christensen, R. L., 1968. The nature of decision making, *Journal of extension*, [online] Διαθέσιμο μέσω: <http://www.joe.org/joe/1968spring/1968-1-a3.pdf> [Προσπελάστηκε 15.06.2015].

20. Ci, L., Yang, X., και Yang, Y., 2010. Concept and Global Status of Desertification. Στο: *Desertification and Its Control in China*. Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp.1-28.

21. Dahdouh-Guebas, F., 2002. The Use of Remote Sensing and GIS in the Sustainable Management of Tropical Coastal Ecosystems. *Environment, Development and Sustainability*, [e-journal] 4 (2), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 10.07.2015].

22. De Jong, S.M., και Van der meer, F.D., Remote Sensing Image Analysis: Including the Spatial Domain. [e-book] Dordrecht: Springer Netherlands. Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 08.06.2015].

23. Dejus, T., 2002. The model of determining the sensitivity of elements of multiple criteria evaluation methods. *Journal of civil engineering and management*, [e-journal] 8 (4), Διαθέσιμο μέσω: Taylor & Francis online [Προσπελάστηκε 10.11.2015].

24. Delipetrou, P., Makhzoumi, J., Dimopoulos, P. και Georghiou, K., 2008. Cyprus. Στο: I. Vogiatzakis, G. Pungetti, και A.M. Mannion, eds. 2008. *Mediterranean Island Landscapes*. Dordrecht: Springer Netherlands. Ch.9.

25. Department of Environment, 2010. Fourth National Report to the United Nations Convention on Biological Diversity. Nicosia: Ministry of Agriculture, Natural resources and Environment.

26. Dregne, H.E., 1986. Desertification of Arid Lands. Στο: El-Baz, F., Hassan, M.H.A., eds. 1986. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers. Ch.2.

27. Elizabeth Clark, P., και Lee Rilee, M., 2010. Remote Sensing Tools for Exploration. [e-book] New York: Springer New York. Διαθέσιμο μέσω: Springer Link. <<http://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4419-6830-2>> [Προσπελάστηκε 27.02.2015].

28. Eliane, G.G., και Marcos Pereira, E.L., 2002. Integrating Geographical Information Systems and Multi-Criteria Methods: A Case Study. *Annals of Operations Research*, [e-journal] 116 (1-4), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 16.06.2015].
29. Enne, G., και Zucca, C., 2000. Desertification indicators for the European Mediterranean region: state of the art and possible methodological approaches. [pdf] Rome: Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente-Università di Sassari, Nucleo Ricerca Desertificazione. Διαθέσιμο στο: <http://eprints.uniss.it/3166/1/Enne_G_Libro_2000_Desertification.pdf> [Προσπελάστηκε 08.07.2015].
30. European Commission, 2005. Combating Desertification in Mediterranean Europe: Linking Science with Stakeholders (DESERTLINKS). [online] Διαθέσιμο μέσω: <<http://www.kcl.ac.uk/projects/desertlinks/overview.htm>> [Προσπελάστηκε 22.06.2015].
31. European Commission, 2011. De Survey: A Surveillance System for Assessing and Monitoring Desertification. Almería (Spain): European Commission.
32. European Commission, 1995. Assessment of remote sensing techniques for monitoring the extent and progression of desertification in the Mediterranean area. [online] Διαθέσιμο στο: <http://cordis.europa.eu/project/rcn/4271_en.html> [Προσπελάστηκε 22.06.2015].
33. European Commission, 2007. Project information. [online] Διαθέσιμο μέσω: <http://www.desireproject.eu/index2f85.html?option=com_content&task=view&id=5&Itemid=29> [Προσπελάστηκε 02.06.2015].
34. Food and agriculture organization of the United Nations, 2004. Carbon sequestration in dryland soils. [pdf] Rome: Food and agriculture organization of the United Nations. Διαθέσιμο μέσω: <<ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/wsr102.pdf>> [Προσπελάστηκε 11.06.2015].
35. Fugate, D., Tarnavsky, E., και Stow, D., 2010. A Survey of the Evolution of Remote Sensing Imaging Systems and Urban Remote Sensing Applications. Στο: T. Rashed και C. Jürgens, eds. 2010. *Remote Sensing of Urban and Suburban Areas*. Dordrecht: Springer Netherlands, pp.119-139.
36. Geerken, R., και Ilaiwi, M., 2004. Assessment of rangeland degradation and development of a strategy for rehabilitation. *Remote Sensing of Environment*, [e-journal] 90 (4), Διαθέσιμο μέσω: Science Direct [Προσπελάστηκε 20.07.2015].

37. GeoEnvironmental Research Group, 2009. Assessing the environmental sensitivity to land degradation. A validation of the MEDALUS method in SW Spain. [pdf] Διαθέσιμο στο: <http://www.researchgate.net/publication/234227637_Assessing_the_environmental_sensitivity_to_land_degradation._A_validation_of_the_MEDALUS_method_in_SW_Spain>[Προσπελάστηκε 03.06.2015].
38. Glantz, M. H., και Orlovsky, N. S., 1983. Desertification: A review of the concept. [online] Nairobi, Kenya: Desertification Control Bulletin. Διαθέσιμο στο: <http://www.ciesin.org/docs/002-479/002-479.html> [Προσπελάστηκε 25/02/2015].
39. Goodchild, M.F., 1990. GIS and basic research: The national center for geographic information and analysis. Government Information Quarterly, [e-journal] 7 (3), Διαθέσιμο μέσω: Science direct [Προσπελάστηκε 05.02.2015].
40. Gomarasca, M.A., 2009. Basics of Geomatics. [e-book] Dordrecht: Springer Netherlands. Διαθέσιμο μέσω: Springer Link <<http://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4020-9014-1>> [Προσπελάστηκε 03.03.2015].
41. Grove, A.T., 1986. Desertification in southern Europe. Climatic Change, [e-journal] 9 (1-2), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 10.02.2015].
42. Hamadouche et al., 2014. GIS-based multicriteria analysis: an approach to select priority areas for preservation in the Ahaggar National Park, Algeria. Arabian Journal of Geosciences, [e-journal] 7 (2), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 10.02.2015].
43. Hadjiparaskevas, C., 2001. Soil survey in Cyprus. [online] Cyprus: Department of agriculture, Ministry of agriculture. Διαθέσιμο στο: <http://om.ciheam.org/om/pdf/b34/01002088.pdf> [Προσπελάστηκε 14.08.2015].
44. Huisman, O., και A. de By, R., eds., 2009. Principles of Geographic Information Systems Fourth edition. Enschede, The Netherlands: The International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation.
45. Hutchinson. C.F., 1986. Land remote sensing technology and methodology. Climatic Change, [e-journal] 9 (1-2), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 27.02.2015].
46. Janic, M., και Reggiani, A., 2002. An application of the Multiple criteria decision making (MCDM) analysis to the selection of a new hub airport, European Journal of Transport and Infrastructure Research, [online] Διαθέσιμο στο:

<http://www.ejtir.tudelft.nl/issues/2002_02/pdf/2002_02_03.pdf> [Προσπελάστηκε 29.10.2015].

47. Jankowski, P., 1995. Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods. *International Journal of Geographical Information Systems*, [e-journal] 9 (3), Διαθέσιμο μέσω: Taylor & Francis online [Προσπελάστηκε 16.06.2015].
48. Jin-hua, Z., και Jin-song, L., 2002. A study on desertification of west Jilin Province based on remote sensing and GIS techniques. *Chinese Geographical Science*, [e-journal] 12 (1), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 13.06.2015].
49. Joint Research Centre of the European Commission, 2012. The state of soil in Europe. [pdf] Luxembourg: Publications Office of the European Union: Διαθέσιμο μέσω: <http://eusoiils.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/eusoiils_docs/other/EUR25186.pdf> [Προσπελάστηκε 04.06.2015].
50. Kassas. M., 1987. Drought and desertification. *Land Use Policy*, [e-journal] 4 (4), Διαθέσιμο μέσω: Science Direct [Προσπελάστηκε 09.06.2015].
51. Keller, J.K., και Smith, C.R., 2014. Working Definitions. Στο: *Improving GIS-based Wildlife-Habitat Analysis*. Zurich: Springer International Publishing, pp.1-17.
52. Kosmas, C., Kirkby, M., και Geeson, N., 1999. The Medalus project Mediterranean desertification and land use: Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification. [pdf] Luxembourg: Office for official publications of the European communities. Διαθέσιμο στο: <<http://www.kcl.ac.uk/projects/desertlinks/downloads/publicdownloads/ESA%20Manual.pdf>> [Προσπελάστηκε 17.02.2015].
53. Kosmas et al., 2006. Environmentally sensitive areas and indicators of desertification. Στο: W.G. Kepner, J.L. Rubio, D.A. Mouat, και F. Pedrazzini, eds. 2006. *Desertification in the Mediterranean Region. A Security Issue*. Dordrecht: Springer Netherlands, pp.525-547.
54. Ladisa. G., Todorovic. M., και Trisorio Liuzzi. G., 2010. Assessment of Desertification in Semi-Arid Mediterranean Environments: The Case Study of Apulia Region (Southern Italy). In: P. Zdruli, M. Pagliai, S. Kapur και A. Faz Cano, eds. 2010. *Land Degradation and Desertification. Assessment, Mitigation and Remedation*. Dordrecht: Springer Netherlands. Ch.37.

55. Lancaster, N., 2013. Desertification. Στο: P.T. Bobrowsky, ed. Encyclopedia of Natural Hazards, Dordrecht: Springer Netherlands, pp.155-158.
56. Li, D., και Deogun, J., 2003. Spatio-Temporal association mining for un-sampled sites. In: N. Zhong, Z. W. Raś, S. Tsumoto, και E. Suzuki, eds. 2003. Foundations of Intelligent Systems. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. pp.478-485.
57. Li, H., Wang, X., και Gao, Y., 2004. Analysis and assessment of land desertification in Xinjiang based on RS and GIS. Journal of Geographical Sciences, [e-journal] 14 (2), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 03.06.2015].
58. Lillesand, T., 1990. Satellite remote sensing: Its evolution and synergism with GIS technology. Government Information Quarterly, [e-journal] 7 (3), Διαθέσιμο μέσω: Science direct [Προσπελάστηκε 26.02.2015].
59. Lira, J., 2004. A Model of Desertification Process in a Semi-arid Environment Employing Multi-spectral Images. Στο: A. Sanfeliu, J.F.M., Trinidad, και J.A.C. Ochoa, eds. 2004. Progress in Pattern Recognition, Image Analysis and Applications. Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp.249-258.
60. Liu, Qing-quan., και Li, Jia-chun., 2001. Influences of Slope Gradient on Soil Erosion. Applied Mathematics and Mechanics, [e-journal] 22 (5), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 10.08.2015].
61. Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., και Moran, E., 2002. Assessment of atmospheric correction methods for Landsat TM data applicable to Amazon basin LBA research. Remote sensing, [e-journal] 23 (13). Διαθέσιμο μέσω: Taylor & Francis online [Προσπελάστηκε 27.07.2015].
62. Mabbutt, J.A., 1986. Desertification indicators. Climatic Change, [e-journal] 9 (1-2), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 10.02.2015].
63. Malczewski, J., 2006. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. International Journal of Geographical Information Science, [e-journal] 20 (7), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 05.02.2015].
64. Malczewski, J., 2010. Multiple Criteria Decision Analysis and Geographic Information Systems. Στο: M. Ehrgott, J. Rui Figueira, και S. Greco, eds. 2010. Trends in Multiple Criteria Decision Analysis. New York: Springer US, pp.369-395.

65. Malczewski, J. και Rinner, C., 2015. Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science. [e-book] New York: Springer Berlin Heidelberg. Διαθέσιμο μέσω: Springer Link <<http://link.springer.com/book/10.1007/978-3-540-74757-4>> [Προσπελάστηκε 12.02.2015].
66. Malczewski, J., και Rinner, C., 2015. Introduction to GIS-MCDA. Στο: Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science. Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp.23-54.
67. Malczewski, J., και Rinner, C., 2015. Development of GIS-MCDA. Στο: Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science. Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp.55-77.
68. Malczewski, J., και Rinner, C., 2015. Conclusions. Στο: Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science. Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp.325-331.
69. Mediterranean Desertification and Land Use, 2001. Outline of project. [online] Διαθέσιμο μέσω: <<http://www.medalus.demon.co.uk/outline.htm>> [Προσπελάστηκε 02.06.2015].
70. Michalak, W.Z., 1993. GIS in land use change analysis: integration of remotely sensed data into GIS. Applied Geography, [e-journal] 13 (1), Διαθέσιμο μέσω: Science direct [Προσπελάστηκε 08.06.2015].
71. Mouat et al., 1997. Desertification Evaluated Using an Integrated Environmental Assessment Model. Environmental Monitoring and Assessment, [e-journal] 48 (2), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 03.06.2015].
72. Munda, G., Nijkamp, P., και Rietveld, P., 1994. Qualitative multicriteria evaluation for environmental management. Ecological Economics, [e-journal] 10 (2), Διαθέσιμο μέσω: Science direct [Προσπελάστηκε 18.06.2015].
73. NASA earth observatory, 2000. Measuring Vegetation (NDVI & EVI). [online] Διαθέσιμο στο: <<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/>> [Προσπελάστηκε 27.07.2015].
74. Nasr, M., 1999. Assessing Desertification and Water Harvesting in the Middle East and North Africa: Policy Implications. [online] Bonn: Center for Development Research. Διαθέσιμο στο: <http://www.zef.de/uploads/tx_zefportal/Publications/zef_dp10-99.pdf> [Προσπελάστηκε 11.06.2015].

75. Navalgund, R.R., 2001. Remote sensing. Resonance, [e-journal] 6 (12), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 26.02.2015].
76. Neteler, M. και Mitasova, H., 2008. GIS concepts. Στο: M. Neteler και H. Mitasova., eds. 2008. Open Source GIS. A GRASS GIS Approach. New York: Springer US, pp.7-19.
77. Oladipo, E.O., 1993. A comprehensive approach to drought and desertification in Northern Nigeria. Natural Hazards, [e-journal] 8 (3), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 04.06.2015].
78. Omann, I., 2000. How can Multi-criteria Decision Analysis contribute to environmental policy making? A case study on macro-sustainability in Germany. Στο: Karl-Franzens University, Department of Economics, Third International Conference of the European Society for Ecological Economics. Vienna, Austria, 03-06 May 2000, Vienna, Austria: Karl-Franzens University.
79. Pearson education Inc, 2003. Fundamentals of database systems. [pdf] Boston: Pearson education Inc. Διαθέσιμο μέσω: <<http://mathcomp.uokufa.edu.iq/staff/kbs/file/2/Fundamentals%20of%20Database%20Systems%20-%20Ramez%20Elmasri%20&%20Navathe.pdf>> [Προσπελάστηκε 06.06.2015].
80. Pimenta, M.T., Santos, M.J., και Rodrigues, R., 1997. A proposal of indices to identify desertification prone areas. Στο: Institute for Water – INAG, Jornadas de reflexión sobre el Anexo IV de application para el Mediterráneo Norte-Convenio de Lucha contra la Desertificación. Murcia(Spain), 2-23 May, 1997. Lisbon: Institute for Water – INAG.
81. Randal, G., Rodolphe, D., Joan, E.L., και Brian, G.E., 2011. GIS-Based Multiple-Criteria Decision Analysis, Geography Compass, [online] Διαθέσιμο μέσω: <https://www.mun.ca/geog/people/faculty/rdevillers/Greene_Geo_Compass_2011.pdf> [Προσπελάστηκε 20.03.2015].
82. Rim, Chang-Soo., 2000. A comparison of approaches for evapotranspiration estimation. Journal of civil engineering, [e-journal] 4 (1), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 16.10.2015].
83. Rubio, J.L., και Recatalá, L., 2006. The relevance and consequences of Mediterranean desertification including security aspects. Στο: W.G. Kepner, J.L. Rubio, D.A. Mouat, και F. Pedrazzini, eds. 2006. Desertification in the Mediterranean Region. A Security Issue. Dordrecht: Springer Netherlands, pp.133-165.

84. Safriel, U., N., 2009. Status of Desertification in the Mediterranean Region. Στο: J.L. Rubio, U. Safriel, R. Daussa, W. Blum και F. Pedrazzini, eds. 2009. Water Scarcity, Land Degradation and Desertification in the Mediterranean Region. Dordrecht: Springer Netherlands. pp.33-73.
85. Sample, J.T., και Ioup, E., 2010. Map Projections. Στο: Tile-Based Geospatial Information Systems. New York: Springer US, pp.165-191.
86. Sánchez, A.S., και Subiela, V.J., 2007. Analysis of the water, energy, environmental and socioeconomic reality in selected Mediterranean countries (Cyprus, Turkey, Egypt, Jordan and Morocco). Desalination, [e-journal] 203 (1-3), Διαθέσιμο μέσω: Science Direct [Προσπελάστηκε 02.02.2015].
87. Schimper, F. W., 1903. Plant – Geography upon a physiological basis. [e-book] Oxford: Clarendon press. Διαθέσιμο μέσω: <https://archive.org/stream/plantgeographyup00schi#page/n5/mode/2up> [Προσπελάστηκε 20.06.2015].
88. Schum, D.A., 2013. Decision Analysis. Στο: S.I. Gass και M.C. Fu, eds. Encyclopedia of Operations Research and Management Science, New York: Springer US, pp.367-372.
89. Sepehr, A., Hassanli, A.M., Ekhtesasi, M.R., και Jamali, J.B., 2007. Quantitative assessment of desertification in south of Iran using MEDALUS method. Environmental Monitoring and Assessment, [e-journal] 134 (1-3), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 10.02.2015].
90. Shoshany, M., 2000. Satellite remote sensing of natural Mediterranean vegetation: a review within an ecological context. Progress in Physical Geography, [e-journal] 24 (2), Διαθέσιμο μέσω: Sage Journals [Προσπελάστηκε 02.02.2015].
91. Shoukri, E. και Zachariadis, T. , 2012. Climate change in Cyprus: Impacts and adaptation policies. Limassol: Research Promotion Foundation of Cyprus.
92. Sileos et al., 2008. Desertification assessment in the Lesvos island in Greece and methodology for mitigation action planning. Στο: Aristotle University of Thessaloniki, International Advanced Workshop on Information and Communication Technologies for Sustainable Agri-production and Environment. Alexandroupolis, 22-23 August 2008. Thessaloniki: Aristotle University of Thessaloniki.

93. Singhal, B.B.S. και Gupta, R.P., 2010. Applied hydrogeology of fractured rocks. [e-book] Dordrecht: Springer Netherlands. Διαθέσιμο μέσω: Springer Link <<http://link.springer.com/book/10.1007/978-90-481-8799-7>> [Προσπελάστηκε 05.03.2015].
94. Sivakumar, M.V.K., 2007. Interactions between climate and desertification. Agricultural and Forest Meteorology, [e-journal] 142 (2-4), Διαθέσιμο μέσω: Science Direct [Προσπελάστηκε 02.02.2015].
95. Song et al., 2001. Classification and Change Detection Using Landsat TM Data: When and How to Correct Atmospheric Effects? Remote sensing of environment, [e-journal] 75 (2), Διαθέσιμο μέσω: Science Direct [Προσπελάστηκε 25.07.2015].
96. Sternberg, M., και Shoshany, M., 2001. Influence of slope aspect on Mediterranean woody formations: Comparison of a semiarid and an arid site in Israel, ecological research, [online] Διαθέσιμο στο: http://www.tau.ac.il/lifesci/plant_sciences/USR/marcelos/ER_2001.pdf [Προσπελάστηκε 11.02.2015].
97. Symeonakis. E., Karathanasis. N., Koukoulas. S., και Panagopoulos. G., 2014. Monitoring sensitivity to land degradation and desertification with the environmentally sensitive area index: The case of Lesbos island. Land degradation and development, [e-journal], Διαθέσιμο μέσω: Wiley online library [Προσπελάστηκε 17.06.2015].
98. Teresa Ortuño, M., 2013. Multi-criteria Decision Analysis (MCDA). Στο: A.L.C. Runehov, και L. Oviedo, eds. Encyclopedia of Sciences and Religions, Dordrecht: Springer Netherlands, p.1376.
99. Tholey, N., 2000. Digital Processing Of Earth Observation Images. Surveys in Geophysics, [e-journal] 21 (2-3), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 09.06.2015].
100. United Nations, 1987. Report of the world Commission on Environment and Development. New York: Oxford University Press.
101. United Nations Environment Programme, 1991. Desertification control bulletin. [online] Διαθέσιμο μέσω: <<http://kassas.org/wp-content/uploads/2013/03/039.pdf> > [Προσπελάστηκε 11.06.2015].

102. United Nations Convention 1994/241/27/UN της 12 September 1994, Elaboration of an international convention to combat desertification in countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa.
103. United States Department of Agriculture, 1998. Global Desertification Tension Zones. [online] Διαθέσιμο στο: <http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/vt/soils/?cid=nrcs142p2_054030> [Προσπελάστηκε 17.02.2015].
104. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, 2013. How is radiance calculated?. [online] Διαθέσιμο στο: <http://landsat.usgs.gov/how_is_radiance_calculated.php> [Προσπελάστηκε 25.07.2015].
105. Van der Meer, F., 1999. Physical principles of optical remote sensing. Στο: A. Stein, F. Van der Meer, και B. Gorte, eds. 2002. Spatial Statistics for Remote Sensing. Dordrecht: Springer Netherlands, pp.27-40.
106. Van der Meer, F., 2002. Physical principles of optical remote sensing. Στο: A. Stein, F. Van der Meer, και B. Gorte, eds. 2002. Spatial Statistics for Remote Sensing. Dordrecht: Springer Netherlands, pp.27-40.
107. Verón, S.R., Paruelo, J.M., και Oesterheld, M., 2006. Assessing desertification. Journal of Arid Environments, [e-journal] 66 (4), Διαθέσιμο μέσω: Science Direct [Προσπελάστηκε 29.05.2015].
108. Verstraete, M.M., 1986. Defining desertification: A review. Climatic Change, [e-journal] 9 (1-2), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 24.02.2015].
109. Verstraete, M.M., και Schwartz, S.A., 1991. Desertification and global change. Vegetatio, [e-journal] 91 (1-2), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 17.02.2015].
110. Warren, S.D., Hohmann, M.G., Auerswald, K., και Mitasova, H., 2004. An evaluation of methods to determine slope using digital elevation data. Catena, [e-journal] 58 (215-233), Διαθέσιμο μέσω: Science Direct [Προσπελάστηκε 14.08.2015].
111. Wrachien, D., Ragab, R., και Giordano, A., 2006. Climate change, land degradation and desertification in the Mediterranean environment. Στο: W. G. Kepner, J. L. Rubio, D. A. Mouat, και F. Pedrazzini, eds. 2006. Desertification in the Mediterranean Region. A Security Issue. Dordrecht: Springer Netherlands, pp.353-371.

112. Wu, W., 2009. Monitoring Land Degradation in Drylands by Remote Sensing. Στο: A. Marini και M. Talbi, eds. 2009. Desertification and Risk Analysis Using High and Medium Resolution Satellite Data. Dordrecht: Springer Netherlands, pp.157-170.
113. Yu, N., Wang, X., Liu, Z., και Zhang, R., 2001. Database structure for the integration of RS with GIS based on semantic network. Geo-spatial Information Science, [e-journal] 4 (3), Διαθέσιμο μέσω: Springer Link [Προσπελάστηκε 05.06.2015].
114. Yuan, M., και Albrecht, J., 1995. Structural analysis of geographic information and G.I.S. operations from a user's perspective. Στο: A.U. Frank, και W. Kuhn, eds. 1995. Spatial Information Theory A Theoretical Basis for GIS. Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp.107-122.
115. Zhou, Q., και Liu, X., 2004. Analysis of errors of derived slope and aspect related to DEM data properties. Computers & Geosciences, [e-journal] 30 (369-378), Διαθέσιμο μέσω: Science Direct [Προσπελάστηκε 14.08.2015].

Ελληνική βιβλιογραφία

116. Μηλιαρέσης, Γ., 2002. Φωτοερμηνεία – Τηλεοπτική. Αθήνα: Εκδόσεις Ίων.
117. Τεχνικό επιμελητήριο Ελλάδας, 2005. Περιβαλλοντικοί δείκτες: Η περίπτωση της Ρουμανίας. [online] Διαθέσιμο μέσω: <http://library.tee.gr/digital/m2045/m2045_mavraki.pdf> [Προσπελάστηκε 10.03.2015].
118. Υπηρεσία περιβάλλοντος, 2008. Εθνικό σχέδιο δράσης για την καταπολέμηση της απερίθωτης. Λευκωσία: Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

119. ESRI, 2011. How GIS Works. [online] Διαθέσιμο στο: <<http://www.esri.com/what-is-gis/howgisworks>> [Προσπελάστηκε 06.03.2015].

Παράρτημα 1

Πίνακας 3.4. Υπομνημα του αρχείου των χρήσεων γης

Κωδικός Corine	Χρήσεις γης
1	Συνεχής αστικός ιστός
2	Ασυνεχής αστικός ιστός
3	Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες
4	Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα και σχετιζόμενη γη
5	Λιμενικές ζώνες
6	Αεροδρόμια
7	Τοποθεσίες εξόρυξης μεταλλευμάτων
8	Χωματερές
9	Εργοτάξια
10	Αστικές περιοχές πρασίνου
11	Αθλητικές και ψυχαγωγικές εγκαταστάσεις
12	Μή αρδευόμενες καλλιεργήσιμες εκτάσεις
13	Μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις
15	Αμπελώνες
16	Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες μούρων
17	Ελαιώνες
18	Βοσκότοποι
19	Ετήσιες καλλιέργειες που συνδέονται με μόνιμες καλλιέργειες
20	Πολύπλοκα σχήματα καλλιέργειας

21	Γη καταληφθείσα κυρίως για γεωργία, με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης
22	Αγροτοδοασικές περιοχές
23	Δάση πλατύφυλλων ειδών
24	Δάση κωνοφόρων
25	Μικτά δάση
26	Φυσικά λιβάδια
28	Σκληρόφυλλη βλάστηση
29	Μεταβατικές εκτάσεις δασωδών και θαμνωδών ειδών
30	Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές
31	Γυμνά βράχια
32	Περιοχές με αραιή βλάστηση
33	Καμένες εκτάσεις
35	Χερσαία έλη
37	Έλη αλμυρού νερού
40	Υδατορεύματα
41	Υδατικά συστήματα
44	Θάλασσα και ωκεανοί

Πίνακας 3.13. Παραμετροποίηση του αρχείου των χρήσεων γης

Κωδικός Corine	Χρήσεις γης	Πιθανότητα ερημοποίησης
1	Συνεχής αστικός ιστός	NoData
2	Ασυνεχής αστικός ιστός	NoData

3	Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες	NoData
4	Οδικά και σιδηροδρομικά δύκτια και σχετιζόμενη γη	NoData
5	Λιμενικές ζώνες	NoData
6	Αεροδρόμια	NoData
7	Τοποθεσίες εξόρυξης μεταλλευμάτων	NoData
8	Χωματερές	NoData
9	Εργοτάξια	2
10	Αστικές περιοχές πρασίνου	1
11	Αθλητικές και ψυχαγωγικές εγκαταστάσεις	NoData
12	Μή αρδευόμενες καλλιεργήσιμες εκτάσεις	6
13	Μόνιμα αρδευόμενες εκτάσεις	2
15	Αμπελώνες	2
16	Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες μούρων	3
17	Ελαιώνες	1
18	Βοσκότοποι	7
19	Ετήσιες καλλιέργειες που συνδέονται με μόνιμες καλλιέργειες	3
20	Πολύπλοκα σχήματα καλλιέργειας	2
21	Γη καταληφθείσα κυρίως για γεωργία, με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης	5
22	Αγροτοδασικές περιοχές	6
23	Δάση πλατύφυλλων ειδών	8
24	Δάση κωνοφόρων	7

25	Μικτά δάση	7
26	Φυσικά λιβάδια	8
28	Σκληρόφυλλη βλάστηση	4
29	Μεταβατικές εκτάσεις δασωδών και θαμνωδών ειδών	5
30	Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές	NoData
31	Γυμνά βράχια	NoData
32	Περιοχές με αραιή βλάστηση	9
33	Καμένες εκτάσεις	10
35	Χερσαία έλη	7
37	Έλη αλμυρού νερού	8
40	Υδατορεύματα	0
41	Υδατικά συστήματα	NoData
44	Θάλασσα και ωκεανοί	NoData

Πίνακας 5.1. Συγκεντρωτικός πίνακας εκτάσεων και των αντίστοιχων ποσοστών της εκτίμησης του κινδύνου ερημοποίησης, για όλα τα σενάρια

Χαρακτηρισμός	2000		2007		2015	
	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)
Αρχικό σενάριο						
Μή απειλούμενες	1,034	68,25	1,28	84,05	1,31	88,81
Δυνητικές	18,58	1.226,54	20,84	1.368,38	21,72	1.470,02
Ευαίσθητες	73,89	4.878,81	73,13	4.802,48	72,05	4.876,72
Κρίσιμες	6,49	428,78	4,76	312,5	4,91	332,63
Σενάριο 1						
Μή απειλούμενες	0,42	27,94	0,58	37,93	0,62	41,35
Δυνητικές	20,92	1.381,3	25,47	1.672,83	25,42	1.697,71

Ευαίσθητες	67,47	4.455,28	64,96	4.266,29	65,16	4.351,65
Κρίσιμες	11,19	739,24	8,99	590,37	8,81	588,16
Σενάριο 2						
Μή απειλούμενες	1,18	78,23	1,48	97	1,42	95,01
Δυνητικές	15,33	1.012,5	18,16	1.193,14	19,42	1.297,09
Ευαίσθητες	71,21	4.701,48	70,65	4.640,94	69,87	4.665,9
Κρίσιμες	12,28	810,5	9,71	637,85	9,28	620,02
Σενάριο 3						
Μή απειλούμενες	0,85	55,86	1,10	72,23	1,21	80,78
Δυνητικές	17,65	1.165,24	20,21	1.314,85	21,14	1.411,77
Ευαίσθητες	65,96	4.355,03	67,14	4.409,29	66,68	4.453,56
Κρίσιμες	15,55	1.026,9	11,74	771,06	10,98	733,08

Πίνακας 5.3. Συγκεντρωτικός πίνακας της εξέλιξης της ερημοποίησης για όλα τα σενάρια

	Τιμές	2000		2007		2015	
		Ποσοστό %	Έκταση (km ²)	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)	Ποσοστό %	Έκταση (km ²)
Αρχικό σενάριο	-5,05618572						
	–	14,46	948,9	37,88	2.487,67	19,74	1.302,97
	-0,000000238						
	0	26,50	1.739,99	24,63	1.617,15	14,98	989,2
	0,000000477						
	–	59,05	3.877,38	37,49	2.461,85	65,28	4.309,72
	0,606740475						
Σενάριο 1	-0,720000744	14,45	948,9	36,53	2.398,99	20,06	1.324,46

	-						
	-0,000000477						
	0	26,50	1.739,99	33,12	2.175,02	16,70	1.102,55
	0,000000477						
	-	59,05	3.877,38	30,35	1.993,44	63,25	4.176,63
0,600000858							
Σενάριο 2	-0,554216862						
	-	16,10	1.057,39	30,12	1.977,95	13,32	879,07
	-0,000000477						
	0	17,15	1.126,33	29,87	1.961,59	18,59	1.227,54
	0,000000477						
-	66,76	4.385,09	40,01	2.627,57	68,09	4.494,86	
0,662651062							
Σενάριο 3	-0,957447052						
	-	15,64	973,53	26,13	1.716,28	16,43	1.028,36
	-0,000000477						
	0	24,78	1.542,25	41,05	2.695,98	19,61	1.227,13
	0,000000477						
-	59,58	3.707,94	32,82	2.155,19	63,96	4.002,18	
0,989361763							

Κατάσταση ακρωνυμίων και συμβολισμών

Σ.Γ.Π.: Συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών

M.C.D.A.: Multi criteria decision analysis

O.R. / M.S.: Operations research / Management science

C.A.D.: Computer Aided Design

G.P.S.: Global positioning system

T.I.R.O.S.: Television Infrared Observation Satellites

H.Π.A.: Ηνωμένες πολιτείες Αμερικής

N.A.S.A.: National Aeronautics and Space Administration

E.R.O.S.: Earth Resources Observation Satellite

E.R.T.S.: Earth Resources Technology Satellite

T.M.: Thematic mapper

S.P.O.T.: Satellite Pour l'Observation de la Terre

U.S.G.S.: United states geological survey

I.R.S.: Indian Remote Sensing

N.O.A.A.: National Oceanic and Atmospheric Administration

A.S.T.E.R.: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer

F.A.O.: Food and Agriculture Organization of the United Nations

U.N.E.P.: United Nations Environment Programme

Π.Ε.Π.: Περιβαλλοντικά ευαίσθητες περιοχές

D.P.S.I.R.: Driving forces, Pressure, State, Impact, Response

W.G.S.84: World Geodetic System 84

U.T.M.: Universal Transverse Mercator

I.R.: Infrared radiation

U.V.: Ultraviolet radiation

L.I.D.A.R.: Light Detection and Ranging

M.O.D.A.: Multi-Objective Decision Analysis

M.A.D.A.: Multi-attribute decision analysis

E.L.E.C.T.R.E.: Elimination Et Choix Traduisant la Realité

P.R.O.M.E.T.H.E.E.: Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluations

E.E.: Ευρωπαϊκή ένωση

M.E.D.A.L.U.S.: Mediterranean desertification and land use

M.E.D.R.U.S.H.: Medalus desertification response unit she

P.D.S.I.: Palmer Drought Severity Index

N.D.V.I.: Normalized Difference Vegetation Index

Ph: power of hydrogen

N₂: Άζωτο

P: Φωσφόρος

Ha: Εκτάρια

DNs: Digital numbers

L: Τιμές ακτινοβολίας

D.O.S.: Dark object subtraction

D.E.M.: Digital elevation model

K: Βαθμοί Kelvin

mm: Χιλιοστά

Kg/m²/s: Η πληροφορία της συνολικής εξατμισιοδιαπνοής

W/m²: Η πληροφορία της λανθάνουσας θερμότητας του εδάφους

Kg/m²: Η πληροφορία της εδαφικής υγρασίας

m: Μέτρα

I.D.W.: Inverse distance weighted

S.A.W.: Simple additive weighting

cm: Εκατοστά

nm: Νανόμετρα

μm: Μικρόμετρα