

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ



**Χωροχρονική μελέτη κλιματικών παραμέτρων στο
νησιωτικό σύμπλεγμα της Ελλάδας με χρήση GIS**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Νικολέτα Σολωμού

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Καρατζάς Γεώργιος (Επιβλέπων Καθηγητής)

Νικολαΐδης Νικόλαος

Κουργιαλάς Νεκτάριος

Χανιά, Μάιος 2017

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής μου διατριβής, θα ήθελα να ευχαριστήσω αρχικά τον κ. Καρατζά Γεώργιο, Καθηγητή και Κοσμήτορα της Σχολής Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης, για την άριστη συνεργασία και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε δίνοντας μου την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα μείζον θέμα που αφορά σε μεγάλο βαθμό το μέλλον της περιβαλλοντικής επιστήμης.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον τον Δρ. κ. Κουργιαλά Νεκτάριο, Ερευνητή και Διδάσκοντα της Σχολής Μηχανικών Περιβάλλοντος για την σημαντική βοήθεια και την συνεργασία που μου προσέφερε στην υλοποίηση της μελέτης μου καθώς και στην κατανόηση του προγράμματος GIS.

Ευχαριστώ επίσης τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής η οποία απαρτίζεται από τους προαναφερθέντες, κ. Καρατζά και κ. Κουργιαλά αλλά και τον κ. Νικολαΐδη, Αναπληρωτή Πρύτανη του Πολυτεχνείου Κρήτης και Καθηγητή της Σχολής Μηχανικών Περιβάλλοντος.

Τέλος, να ευχαριστήσω τους γονείς μου, που πάντα με στηρίζουν στις επιλογές μου και στο ταξίδι της γνώσης αλλά και τους καλούς μου φίλους που είναι πάντα δίπλα μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες η επικείμενη κλιματική αλλαγή βρίσκεται στο επίκεντρο του παγκόσμιου ενδιαφέροντος. Σύμφωνα με τα πορίσματα της 4^{ης} και 5^{ης} έκθεσης του IPCC η κλιματική αλλαγή δεν εκδηλώνεται με τον ίδιο τρόπο σε ολόκληρο τον πλανήτη, αλλά είναι συνάρτηση γεωγραφικών συντεταγμένων του κάθε τόπου, καθώς πολλά οικοσυστήματα επηρεάζονται από τοπικές κλιματικές μεταβολές.

Οι μακροχρόνιες παρατηρήσεις από μετεωρολογικούς σταθμούς παρέχουν ακριβείς πληροφορίες σχετικά με την ατμόσφαιρα, το περιβάλλον και την πορεία του κλίματος στο βάθος των χρόνων. Οι μετρήσεις αυτών των σταθμών χρησιμοποιούνται είτε για έρευνα μέσω ανάλυσης του κλίματος, είτε για υποστήριξη του κοινωνικού συνόλου και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Στην παρούσα μελέτη, χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις κλιματικών παραμέτρων (μέση θερμοκρασία, μέση βροχόπτωση, μέση ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου) από 83 μετεωρολογικούς σταθμούς του νησιωτικού συμπλέγματος της Ελλάδας και της Κρήτης, για το χρονικό διάστημα 2010-2016. Από τις μέσες μηνιαίες τιμές των εκάστοτε παραμέτρων των μετεωρολογικών σταθμών, υπολογίστηκαν οι μέσες ετήσιες κάθε έτους και τέλος οι μέσες τιμές των κλιματικών παραμέτρων για τα τελευταία 6 χρόνια.

Με χρήση δύο μεθόδων χωρικής παρεμβολής, κατασκευάστηκαν χάρτες απεικόνισης των κλιματικών αυτών παραμέτρων με χρήση της χωρικής μεθόδου Inverse Distance Weighting και της γεωστατιστικής μεθόδου Kriging.

Μέσω της μελέτης των κλιματικών αυτών χαρτών, καταλήξαμε σε κάποια βασικά συμπεράσματα σχετικά με την κλιματική αλλαγή που υφίσταται η περιοχή έρευνάς μας.

Οι θερμοκρασίες παρατηρούμε πως έχουν αυξηθεί ραγδαία ενώ οι βροχοπτώσεις έχουν μειωθεί σημαντικά, σε όλα τα νησιά του ελληνικού

συμπλέγματος. Οι ταχύτητες του ανέμου παρατηρείται πως έχουν μειωθεί αισθητά, ακόμη ένα σημάδι της κλιματικής αλλαγής.

Τέλος μελετήθηκαν οι πιθανές και ήδη αισθητές επιπτώσεις της μεταβολής των κλιματικών αυτών παραμέτρων σε τομείς της καθημερινότητας όπως γεωργία και τουρισμός, αλλά και σε τομείς που αφορούν την δημόσια υγεία αλλά και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σημειώνονται λόγω της κλιματικής αλλαγής, ενώ προτάθηκαν και πιθανές λύσεις για την αντιμετώπιση του φαινομένου στην περιοχή μελέτης μας.

Πίνακας περιεχομένων

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.1. Γενικά – Στόχος.....	8
1.2. Κλίμα	9
1.3. Κλιματική Αλλαγή στην Ελλάδα	10
1.4. Διαχείριση Υδατικών Πόρων στα νησιά της Ελλάδος και την Κρήτη	12
2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	13
2.1. Γενικά - Εισαγωγή	13
2.1.1. Υδατικό Διαμέρισμα Κρήτης	13
2.1.2. Υδατικό Διαμέρισμα Νήσων Αιγαίου	15
2.1.3. Υδατικό Διαμέρισμα Νήσων Ιονίου	18
2.2. Κυκλάδες.....	20
2.2.1. Γενικά-Δημογραφικά Στοιχεία-Έκταση	21
2.2.2. Γεωλογία	22
2.2.3. Χρήσεις Γης – Φυσικό τοπίο.....	27
2.2.4. Μετεωρολογικά και Κλιματολογικά Στοιχεία	28
2.3. Δωδεκάνησα	30
2.3.1. Γενικά	30
2.3.2. Γεωλογία	31
2.3.3. Χρήσεις Γης – Φυσικό τοπίο.....	31
2.3.4. Μετεωρολογικά και Κλιματολογικά Στοιχεία	32
2.4. Νησιά του Βορειοανατολικού Αιγαίου.....	33
2.4.1. Γεωλογία	33
2.4.2. Χρήσεις Γης – Φυσικό Τοπίο	36
2.4.3. Μετεωρολογικά και Κλιματολογικά Στοιχεία	37
2.5. Βόρειες Σποράδες.....	38
2.5.1. Γενικά	38
2.5.2. Γεωλογία	39
2.5.3. Χρήσεις Γης – Φυσικό τοπίο.....	40
2.5.4. Μετεωρολογικά και Κλιματολογικά Στοιχεία	40
2.6. Νησιά του Αργοσαρωνικού	41
2.6.1. Γενικά	41

2.6.2. Γεωλογία	42
2.6.3. Χρήσεις Γης – Φυσικό Τοπίο	42
2.6.4. Μετεωρολογικά και Κλιματολογικά Στοιχεία	43
2.7. Επτάνησα	44
2.7.2. Γεωλογία	45
2.7.3. Χρήσεις Γης – Φυσικό Τοπίο	46
2.8. Κρήτη	48
2.8.1. Γενικά	48
2.8.2. Γεωλογία	49
2.8.3. Χρήσεις Γης – Φυσικό Τοπίο	49
2.8.4. Μετεωρολογικά και Κλιματολογικά Στοιχεία	50
3. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GIS).....	51
3.1. Γενικά για τα ΓΣΠ	51
3.2. Συστατικά ενός ΓΣΠ.....	54
3.3. Βασικές αρχές των Γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών	56
3.4. Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα των ΓΣΠ.....	60
3.5. Γενικές γνώσεις εφαρμογής ArcView Gis 9.3	61
4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	63
4.1. Μέθοδοι χωρικής παρεμβολής γεωχωρικής ανάλυσης κλιματικών δεδομένων	63
4.2. Inverse Distance Weighting (IDW) - Χωρική παρεμβολή με απόδοση βαρών (ντετερμινιστική μέθοδος).....	65
4.3. Kriging - Γεωστατιστικές μέθοδοι βέλτιστης παρεμβολής	67
4.4. Χωρική Παρεμβολή σε περιβάλλον ArcGIS.....	69
5. ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ – ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	72
5.1. Μέση Ετήσια Θερμοκρασία T (oC)	77
5.2. Μέση Ετήσια Βροχόπτωση R (mm)	78
5.3. Μέση Ετήσια Ταχύτητα Ανέμου AWS (km/hr) και Μέση Ετήσια Διεύθυνση Ανέμου	80
6. ΧΑΡΤΕΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	84
Χάρτες Μέσης Θερμοκρασίας (2010-2016).....	84
Χάρτες Μέσης Βροχόπτωσης (2010-2016)	87
Χάρτες Μέσης Ταχύτητας Ανέμου (2010-2016)	90
Μέση Διεύθυνση Ανέμου (2010-2016)	92
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ	96

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	102
----------------------	-----

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά – Στόχος

Η διερεύνηση των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν σε μια περιοχή δεν ενδιαφέρει μόνο τους κλάδους της επιστήμης που ασχολούνται με τη μελέτη της δημιουργίας και της εξέλιξης των αντίστοιχων φαινομένων, αλλά το σύνολο της κοινωνίας δεδομένου ότι ο επικρατών καιρός και το κλίμα γενικότερα είναι παράγοντες που επηρεάζουν σχεδόν το σύνολο των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Η αλλαγή του κλίματος έχει ήδη εμφανή αποτελέσματα, που εκτείνονται από την αύξηση της θερμοκρασίας έως την άνοδο της στάθμης της θάλασσας σαν αποτέλεσμα της τήξης των πολικών παγετών, καθώς και τη συχνότερη εμφάνιση καταιγίδων και πλημμυρών. Οι μεταβολές αυτές θα επιφέρουν με τη σειρά τους σοβαρές επιπτώσεις στην ακεραιότητα των οικοσυστημάτων, τους υδατικούς πόρους, τη δημόσια υγεία, την προσφορά τροφής, τη βιομηχανία, τις γεωργικές καλλιέργειες, τις μεταφορές και τις υποδομές. Η σοβαρότητα των αναμενόμενων επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής κυμαίνεται ανάλογα με την περιφέρεια. [Μαμαρά Ά (2015)]

Τα στοιχεία, από τις πλέον πρόσφατες επιστημονικές διαπιστώσεις στις οποίες προέβη η Διακυβερνητική Ομάδα για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel for Climate Change - IPCC) στο πλαίσιο της 5ης έκθεσης αξιολόγησης (5th Assessment report - AR5), επιβεβαιώνουν πέραν πάσης αμφιβολίας τις αρνητικές επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος.

Η επισκόπηση στη διεθνή βιβλιογραφία δείχνει ότι οι παράγοντες που προτείνονται για την επίτευξη μιας γενικής περιγραφής των κλιματικών συνθηκών μιας περιοχής είναι ποικίλοι. Στους πιο σημαντικούς

συγκαταλέγονται το θερμοκρασιακό και βροχομετρικό καθεστώς της εκάστοτε περιοχής, η βλάστηση, η ανθρώπινη επίδραση κ.ά..

Στην παρούσα μελέτη που εκπονούμε, χρησιμοποιήσαμε τέσσερις βασικούς παράγοντες που να μπορέσουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στα νησιά της Ελλάδας και την Κρήτη, δηλαδή, τη μέση ετήσια θερμοκρασία, τη μέση ετήσια βροχόπτωση, τη μέση ταχύτητα και τη μέση διεύθυνση ανέμου. Τα στοιχεία αυτά πάρθηκαν από τη βάση δεδομένων του <http://meteosearch.meteo.gr/> που έχει δημιουργηθεί από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών και πιο συγκεκριμένα από το Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος, από μηνιαίες μετρήσεις σε σημειακή βάση που πραγματοποιήθηκαν με χρήση των μετεωρολογικών μετρήσεων του δικτύου αυτόματων τηλεμετρικών σταθμών στις επιλεγμένες περιοχές της μελέτης μας. Στη συνέχεια, αφού υπολογίσαμε τις μέσες ετήσιες τιμές για τους παραπάνω παράγοντες και τέλος, πραγματοποιήσαμε επιφανειακή ολοκλήρωση των σημειακών μέσων ετήσιων τιμών με χρήση συστήματος γεωγραφικής πληροφορίας (ArcMap) και χρήση μεθόδων χωρικής παρεμβολής Inverse Distance Weighting και Kriging.

1.2. Κλίμα

Το κλίμα προκύπτει από τη στατιστική ανάλυση του μέσου όρου και της μεταβλητότητας των κύριων μετεωρολογικών παραμέτρων όπως η θερμοκρασία, ο υετός (βροχόπτωση) και ο άνεμος, για μια μακρά χρονική περίοδο. Στην πραγματικότητα ωστόσο, το κλίμα είναι κάτι πολύ παρά πάνω και πολύ πιο σύνθετο από το μέσο όρο. Είναι η κατάσταση του κλιματικού συστήματος το οποίο περιλαμβάνει την ατμόσφαιρα, την υδρόσφαιρα, την κρυόσφαιρα, την επιφάνεια της λιθόσφαιρας και της βιόσφαιρας. Όλα αυτά τα στοιχεία καθορίζουν την κατάσταση και τη δυναμική του κλίματος της Γης.

Οι παράγοντες που οδηγούν την επιστημονική κοινότητα σε κατηγοριοποίηση του κλίματος από περιοχή σε περιοχή είναι συγκεκριμένοι. Σε αυτούς

μπορούμε να συμπεριλάβουμε το ενεργειακό ισοζύγιο (εισερχόμενη άμεση και ανακλώμενη ροή ηλιακής ακτινοβολίας και ροή γήινης ακτινοβολίας), η γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας και τα προκαλούμενα από αυτή κέντρα δυναμικής δράσεως, το υψόμετρο, η αναλογία ξηράς και θάλασσας, το γεωγραφικό πλάτος, τα θαλάσσια ρεύματα και το ανάγλυφο και η κάλυψη του εδάφους, ανάμεσα στα κυριότερα και βασικά που αριθμούνται από τους μελετητές. [Μαμαρά Ά (2015)]

1.3. Κλιματική Αλλαγή στην Ελλάδα

Το IPCC (Διακυβερνητική Διάσκεψη για την Κλιματική Αλλαγή Intergovernmental Panel on Climate Change), ένα διεθνές επιστημονικό σώμα υπό την αιγίδα των Ηνωμένων Εθνών και του Παγκόσμιου Οργανισμού Μετεωρολογίας (WMO), που συστήθηκε το 1988 αποκλειστικά για την καταγραφή της κλιματικής αλλαγής, προσφέρει πολύτιμες επιστημονικές πληροφορίες στους ιθύνοντες των κρατών για τη διαμόρφωση περιβαλλοντικής πολιτικής. Με βάση «σενάρια» προσομοίωσης κλίματος, τα οποία λαμβάνουν κάθε φορά υπόψη διαφορετικές παραμέτρους, τα επιστημονικά μέλη του IPCC προχωρούν σε προβλέψεις για τις επιπτώσεις που θα επιφέρει η κλιματική αλλαγή στον πλανήτη μας μέχρι το τέλος του αιώνα.

Σύμφωνα με μελέτες που έχουν γίνει από το Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας (Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών), αξίζει να σημειωθεί ότι η αλλαγή που παρατηρείται πλέον στη θερμοκρασία της θάλασσας δεν ανήκει στη φυσική μεταβλητότητα, αλλά σχετίζεται άμεσα με την υπερθέρμανση του πλανήτη . Μάλιστα, με βάση το σενάριο A1B του IPCC, που στηρίζεται στη λογική της «ομοιόμορφης χρήσης των πλουτοπαραγωγικών πηγών μας», η θερμοκρασία στην επιφάνεια του Αιγαίου αναμένεται να αυξηθεί μεταξύ 1,2 και 2,5 βαθμούς Κελσίου, βάση της προσομοίωσης του κλίματος (2080-2100).

Κάτι τέτοιο βέβαια έχει μεγάλες επιπτώσεις σε παραπάνω από έναν τομείς. Σύμφωνα με την αναφορά για την εξέλιξη του κλίματος, αναμένεται αύξηση της στρωμάτωσης του θερμοκλινούς –δηλαδή της ανώτερης ζώνης της θάλασσας όπου συγκεντρώνονται τα πιο θερμά νερά το καλοκαίρι– με αποτέλεσμα να εμποδίζονται οι διάφορες θρεπτικές ουσίες που βρίσκονται στον πυθμένα να ανεβούν και να θρέψουν το φυτοπλαγκτόν, επηρεάζοντας με αυτόν τον τρόπο το σύνολο της τροφικής αλυσίδας. Επιπλέον, σε ό,τι αφορά τις παράκτιες παραποτάμιες περιοχές, οι προβλέψεις κάνουν λόγο για αύξηση της αλατότητας (0,05 psu κατά μέσο όρο) εξαιτίας της μείωσης της απορροής των ποταμών και των βροχοπτώσεων. Οι επιστήμονες κάνουν λόγο για μείωση της παραγωγής ψαριών της τάξης του 3%, ενώ, αν προσμετρηθεί η μείωση του φορτίου θρεπτικών συστατικών από τα ποτάμια, το ποσοστό ανεβαίνει στο 10%.

Αλλαγές αναμένονται και στη βιοποικιλότητα. Οι αρνητικές συνέπειες εδώ σχετίζονται με την άνιση κατανομή της, τη μείωση της βιομάζας των κύριων τροφικών επιπέδων (φυτοπλαγκτόν, ζωοπλαγκτόν, ψάρια), την εκτόπιση ειδών προς τους πόλους αλλά και αλλαγές που αφορούν το μέγεθος και τη δομή των κοινοτήτων των ειδών.

Σύμφωνα με αποτελέσματα επιστημονικής έκθεσης του WWF Ελλάς «*Το αύριο της Ελλάδας: επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα κατά το άμεσο μέλλον*» με πρόβλεψη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα κατά την περίοδο 2021-2050, που παρουσιάστηκε σε ειδική συνέντευξη τύπου, από το WWF Ελλάς και το Εθνικό Αστεροσκοπείο, η κλιματική αλλαγή είναι θέμα που αφορά σε μεγάλο βαθμό την τοπική όσο και την παγκόσμια κοινωνία.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας η συνολική βροχόπτωση θα μειωθεί, αλλά αναμένεται να αυξηθούν κατά 10-20% οι ακραίες βροχοπτώσεις.

Κάτι τέτοιο θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του κινδύνου τόσο για πλημμυρικά επεισόδια όσο και για εξάπλωση πυρκαγιών σε περιαστικά δάση.

Στην ίδια έρευνα προβλέπεται η κατάσταση που θα επικρατήσει στο μέλλον για την περιοχή μελέτης μας, δηλαδή τους τουριστικούς προορισμούς της χώρας μας. Από 5 έως και 15 περισσότερες θα είναι οι μέρες με καύσωνα στους υπό εξέταση τουριστικούς νομούς, ενώ θα αυξηθούν περαιτέρω και οι νύχτες όπου η θερμοκρασία δεν θα πέφτει κάτω από τους 20ο C, κυρίως στις νησιωτικές περιοχές, όπως η Ρόδος και τα Χανιά. Ακόμη ένας αρνητικός παράγοντας είναι και η πρόβλεψη για σημαντική αύξηση του κινδύνου εξάπλωσης πυρκαγιάς στις υπό εξέταση τουριστικές περιοχές. Από την άλλη, η έρευνα δείχνει πως θα αυξηθούν, κατά σχεδόν ένα μήνα, οι ημέρες με θερμοκρασία άνω των 25ο C, γεγονός που ενδέχεται να οδηγήσει σε επιμήκυνση της τουριστικής περιόδου. (www.econews.gr)

1.4. Διαχείριση Υδατικών Πόρων στα νησιά της Ελλάδος και την Κρήτη

Στο Αιγαίο Πέλαγος υπάρχει μεγάλος αριθμός νησιών με σημαντική ποικιλία στην υδρογεωλογική εικόνα της ολικής περιοχής, αν και γενικά επικρατούν χαμηλά επίπεδα βροχοπτώσεων. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν περιπτώσεις άνυδρων νησιών όπως η Ηρακλεία και τα Κουφονήσια, χωρίς περιθώρια ανάπτυξης εκμεταλλεύσιμων υπόγειων υδροφοριών, αλλά και νησιών με πλούσιους υδροφορείς όπως η Ρόδος, η Λέσβος, η Χίος, η Άνδρος κ.λ.π. αλλά και άλλων με αυτόνομη υδροφορία όπως η Δονούσα. Οι δε υψηλές θερμοκρασίες, η ηλιοφάνεια και οι άνεμοι ευνοούν τη μεγάλη εξάτμιση. Τέλος, η συχνά μικρή έκταση των νησιών σε συνδυασμό με τον ορεινό χαρακτήρα τους, επιτείνει την επιφανειακή απορροή αλλά και τα φαινόμενα υφαλμύρινσης.

Η υφιστάμενη κατάσταση των υδατικών πόρων των νησιών του Αιγαίου είναι αρκετά επιβαρυνμένη. Λόγω της αύξησης του μόνιμου πληθυσμού και την αυξημένη τουριστική κίνηση υπάρχει αναλογική αύξηση των αρδευτικών

αναγκών. Αυξημένα είναι και τα έργα υδροληψίας όπως γεωτρήσεις, αφαλατώσεις και μεταφερόμενες ποσότητες. Σημαντικό είναι επίσης να αναφερθεί ότι υπάρχει υπεράντληση των υπόγειων υδροφορέων και απουσία διαχειριστικής πολιτικής μείωσης της υδρευτικής ζήτησης όπως τιμολογιακής πολιτικής, ενημέρωσης κοινού, σχεδιασμού έργων κλπ.

Το αποτέλεσμα είναι να υπάρχει μέσο ετήσιο έλλειμμα υδρευτικών αναγκών κατά 6,4% και των αρδευτικών αναγκών κατά 14,1% το οποίο κατανέμεται στους ξηρούς μήνες (Ιούλιο, Αύγουστο, Σεπτέμβριο). [Λίπη Ε. (2008)]

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

2.1. Γενικά - Εισαγωγή

Η περιοχή μελέτης μας απαρτίζεται από τα υδατικά διαμερίσματα Κρήτης, νήσων Αιγαίου και Ιονίου.

2.1.1. Υδατικό Διαμέρισμα Κρήτης

Η Κρήτη, το μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας και πέμπτο μεγαλύτερο στη Μεσόγειο, βρέχεται βόρεια από το Κρητικό και νότια από το Λιβυκό Πέλαγος, βρίσκεται 160 km νότια της Ελληνικής ηπειρωτικής χώρας και αποτελεί το νοτιότερο άκρο – σύνορο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η συνολική έκταση του νησιού είναι 8.335 km², έχει μήκος 260 km, πλάτος από 12 μέχρι 57 km και ακτογραμμή 1.306 km.

Το νησί χαρακτηρίζεται από έντονο ανάγλυφο και τέσσερα μεγάλα ορεινά συγκροτήματα με πολλά κοινά χαρακτηριστικά.

Το Υδατικό Διαμέρισμα της Κρήτης είναι το νοτιότερο διαμέρισμα της χώρας και περιλαμβάνει όλη την Περιφέρεια Κρήτης, η οποία αποτελείται από τέσσερις Περιφερειακές Ενότητες αυτές των Χανίων, Ηρακλείου, Ρεθύμνου και Λασιθίου.

Η Περιφέρεια Κρήτης συγκεντρώνει το 5,4% του πληθυσμού της χώρας, με τάση αύξησης, αφού μεταξύ των απογραφών 2001 και 2011 ο πληθυσμός της αυξήθηκε κατά 3,65%. (<https://el.wikipedia.org>)

Ο Πρωτογενής τομέας κατέχει δεσπόζουσα θέση τόσο από απόψεως προϊόντος, όσο και απασχόλησης, αλλά χαρακτηρίζεται από μικρό και διάσπαρτο κλήρο, από την εξάρτηση από παραδοσιακά πρότυπα και καλλιέργειες και διαρθρωτική υστέρηση με ατελείς υποδομές, παραγωγικά συστήματα σε μεγάλο βαθμό παρωχημένα και με χαμηλή μεταπαραγωγική προστιθέμενη αξία. Επίσης, το ποσοστό αρδεύσιμων εκτάσεων στην Κρήτη είναι πολύ χαμηλότερο του αντίστοιχου μέσου όρου της Ελλάδας, ενώ η δομή των καλλιεργειών χαρακτηρίζεται από έμφαση σε παραδοσιακές καλλιέργειες. Οι κηπευτικές καλλιέργειες καλύπτουν το 3% του συνόλου των καλλιεργήσιμων εκτάσεων, αλλά η Κρήτη διαθέτει το 50% των θερμοκηπίων στην Ελλάδα, με πλεονεκτήματα στην παραγωγή λαχανικών και ανθέων. Διάσπαρτη είναι επίσης και η κτηνοτροφία, με ελάχιστες οργανωμένες κτηνοτροφικές μονάδες, ενώ υπάρχουν σημαντικές προϋποθέσεις για την ανάπτυξη τυροκομικών προϊόντων.

Στο Δευτερογενή τομέα παρατηρούνται διαρθρωτικά προβλήματα που αφορούν το μικρό κατά κανόνα μέγεθος και την οικογενειακή μορφή των επιχειρήσεων. Το μικρό μέγεθος και ο οικογενειακός χαρακτήρας των περισσότερων επιχειρήσεων λειτουργεί σε αρκετές περιπτώσεις ανασταλτικά στην εν γένει πρόοδο τους, ερμηνεύει δε σε μεγάλο βαθμό τις οργανωτικές και οικονομικές αδυναμίες τους και την παρεπόμενη χαμηλή ένταση καινοτομίας.

Η Κρήτη διαθέτει μόνο το 1,8% της βαριάς βιομηχανίας και ελάχιστες μονάδες δημιουργούν υψηλό κύκλο εργασιών. Η μεταποίηση των προϊόντων του πρωτογενή τομέα παρουσιάζει προβλήματα οργάνωσης, ποιότητας, σχεδιασμού και τυποποίησης, καθώς και πρόβλημα εκσυγχρονισμού της

παραγωγικής διαδικασίας. Δυσκολίες υπάρχουν, επίσης, στην οργάνωση εμπορικών δικτύων για την προώθηση των τοπικών προϊόντων.

Ο Τουρισμός είναι ο πιο δυναμικά αναπτυσσόμενος τομέας και η ζήτηση έδωσε κίνητρα για σημαντικές επενδύσεις σε ξενοδοχειακές μονάδες, με αποτέλεσμα την ποσοτική και ποιοτική αναβάθμιση της ξενοδοχειακής υποδομής. Την ίδια στιγμή αντιμετωπίζει διαρθρωτικά προβλήματα τα οποία εστιάζονται κυρίως στην έντονη εποχικότητα και την περιορισμένη διάχυση της τουριστικής κίνησης προς τους οικισμούς της ενδοχώρας δεδομένου ότι οι ξενοδοχειακές υποδομές συγκεντρώνονται κυρίως στα βόρεια παράλια και σε μικρές εστίες στο νότο, ενώ η πορεία του σε μεγάλο βαθμό επηρεάζεται από εξωγενείς, μη ελεγχόμενες συνθήκες, που συντελούν σε διακυμάνσεις των επιδόσεων του. Σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στον τουριστικό κλάδο αποτελεί το υψηλό ποσοστό ξενοδοχειακών υποδομών υψηλών προδιαγραφών. Τα δύο σημαντικότερα αεροδρόμια της Κρήτης, ο Κρατικός Αερολιμένας «Ν. Καζαντζάκης» στο Ηράκλειο και ο Κρατικός Αερολιμένας «Ι. Δασκαλογιάννης» στα Χανιά, υποδέχονται μεγάλο αριθμό πτήσεων ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της τουριστικής περιόδου. Το έτος 2011 το Αεροδρόμιο Ηρακλείου φιλοξένησε 2.173.138 διεθνείς τουριστικές αφίξεις επιβατών, ενώ αυτό των Χανίων 656.985 αφίξεις αντίστοιχα. (www.yrpeka.gr)

2.1.2. Υδατικό Διαμέρισμα Νήσων Αιγαίου

Το Υδατικό Διαμέρισμα Νήσων Αιγαίου περιλαμβάνει τα νησιωτικά συγκροτήματα των Νομών Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Λέσβου, Σάμου και Χίου. Απαρτίζεται δηλαδή από όλα τα νησιά των Περιφερειών Βόρειου και Νότιου Αιγαίου, εκτός από τη Μακρόνησο. Η συνολική έκτασή του ανέρχεται σε 9.104 km², οριζόμενη, χωρίς να περιλαμβάνονται οι βραχονησίδες, Βόρεια από τη Λήμνο, Ανατολικά από το Καστελόριζο, Νότια από την Κάσο και Δυτικά από την Κέα.

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του είναι ο διαμελισμός της έκτασής του σε πολλές μικρότερες αυτοτελείς ενότητες, τα νησιά. Η ιδιαιτερότητα αυτή επιβάλλει την προσέγγιση του διαμερίσματος ανά νησί, η συνολική έκταση του οποίου λαμβάνεται ως μια υδρολογική-υδρογεωλογική ενότητα.

Το έδαφος του συνόλου των νησιών του Υδατικού Διαμερίσματος κατανέμεται σε πεδινό, ορεινό και ημιορεινό, με τα μεγαλύτερα υψόμετρα να συναντώνται στη Σάμο (1.433 m), στη Χίο (1.297 m), στη Ρόδο (1.215 m), στη και στην Κάρπαθο (1.215 m).

Ο συνολικός πληθυσμός του ΥΔ Νήσων Αιγαίου ανέρχεται σε 508.206 κατοίκους (ΕΣΥΕ 2011), παρουσιάζοντας μικρή μείωση κατά 0,1% από το 2001. Υπάρχουν συνολικά 57 νησιά που κατοικούνται με πληθυσμό άνω των 10 κατοίκων.

Στην Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου, με βάση τα στοιχεία της απογραφής του 2011, ο μόνιμος πληθυσμός ανέρχεται στους 199.231 κατοίκους, παρουσιάζοντας μείωση της τάξης του 3% σε σχέση με το 2001 και αντιπροσωπεύει το 1,8% του αντίστοιχου πληθυσμού της Χώρας. Ο μόνιμος πληθυσμός στην Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου ανέρχεται στους 308.975 κατοίκους, παρουσιάζοντας 2% αύξηση σε σχέση με το 2001 και αντιπροσωπεύοντας το 2,9% του πληθυσμού της χώρας.

Το σημαντικότερο αστικό κέντρο του ΥΔ είναι η Ρόδος, ενώ η Μυτιλήνη αποτελεί αναδυόμενο αναπτυξιακό πόλο. Ο πληθυσμός διακρίνεται σε αστικό κατά 31.7%, ημιαστικό κατά 20.3% και αγροτικό κατά 48%. (www.ypeka.gr)

Ο **Πρωτογενής τομέας** είναι σχετικά περιορισμένος και δεν καλύπτει τις διατροφικές ανάγκες της Περιφέρειας με αποτέλεσμα να γίνονται μεγάλες εισαγωγές προϊόντων από την υπόλοιπη Ελλάδα και το εξωτερικό. Το φαινόμενο εντείνεται ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω της αυξημένης ζήτησης από τις τουριστικές δραστηριότητες. Η γεωγραφική ασυνέχεια της

Περιφέρειας Αιγαίου καθώς και οι έντονες ενδοπεριφερειακές ανισότητες στο χώρο, δημιουργούν ένα ιδιόμορφο χαρακτήρα και δεν ευνοούν την ανάπτυξη του πρωτογενή τομέα. Το κλίμα είναι ξηρό με ελάχιστες βροχοπτώσεις και σε συνδυασμό με την περιορισμένη έκταση και την ορεινή μορφολογία του εδάφους δυσχεραίνει την ανάπτυξη της γεωργίας και κατά συνέπεια τη βιωσιμότητα των νησιών της Περιφέρειας. Η επίτευξη της βιωσιμότητας στη γεωργία, συνήθως είναι πολύ ευκολότερη σε περιοχές με υψηλή δυναμικότητα σε σχέση με αυτές που χαρακτηρίζονται από πολλαπλούς φυσικούς και βιολογικούς περιορισμούς, και αυτό οφείλεται στην υψηλή δυναμικότητα των πόρων και στη μεγαλύτερη ελαστικότητα. Οι νησιωτικές περιοχές του Αιγαίου αποτελούν μια ιδιαίτερη μορφή λιγότερο ευνοημένων περιοχών για τις οποίες, σύμφωνα με την «πρώτη έκθεση προόδου σχετικά με την κοινωνική και οικονομική συνοχή» της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, τους έχει αναγνωριστεί ότι αποτελούν περιοχές που πάσχουν από σοβαρά γεωγραφικά ή φυσικά μειονεκτήματα.

Στον **Δευτερογενή τομέα**, αρχικά, η μεταποίηση των αγροτικών προϊόντων δεν είναι αναπτυγμένη σε μεγάλο βαθμό αλλά έχει να επιδείξει σημαντική δραστηριότητα κυρίως στην παραγωγή και εμφιάλωση κρασιών στα νησιά Ρόδο, Κω, Σαντορίνη και Πάρο. Ειδικότερα στη Ρόδο, Σαντορίνη και Πάρο παράγονται οίνοι υψηλής ποιότητας με Προστατευόμενη Ονομασία Προέλευσης (ΠΟΠ). Λειτουργούν συνολικά 29 οινοποιεία (ιδιωτικά και συνεταιριστικά) από τα οποία τα 11 είναι στα Δωδεκάνησα και τα 18 στις Κυκλάδες. Στον τομέα των γαλακτοκομικών προϊόντων η μεταποιητική δραστηριότητα είναι περισσότερο αναπτυγμένη στις Κυκλάδες. Δραστηριοποιούνται 12 επιχειρήσεις παραγωγής γαλακτοκομικών προϊόντων (ιδιωτικές και συνεταιριστικές). Παράλληλα, σε όλα σχεδόν τα νησιά λειτουργούν μικρές μονάδες υπό τη μορφή μικρών οικοτεχνιών και παράγουν προϊόντα όπως μαρμελάδες, τραχανά, παξιμάδια, γλυκά κουταλιού κτλ.

Ο **τριτογενής τομέας** (τουρισμός – υπηρεσίες) συμμετέχει με ποσοστό πάνω από το 80% στην διαμόρφωση του ΑΕΠ. Σημαντική είναι η διακύμανση του Ακαθάριστου Προϊόντος και μεταξύ των νησιών. Το μεγαλύτερο μέρος του ΑΕΠ περιορίζεται σε ορισμένα νησιά κάθε νομού (Ρόδο, Κω, Σαντορίνη, Μύκονο, Νάξο). (www.geoponoi-dod.com)

2.1.3. Υδατικό Διαμέρισμα Νήσων Ιονίου

Το Υδατικό Διαμέρισμα νήσων Ιονίου έχει συνολική έκταση 2.318 τ.χλμ, καλύπτει δε το 1,8% της συνολικής έκτασης της χώρας. Αποτελείται από τους Νομούς Κερκύρας, Λευκάδας, Κεφαλληνίας & Ιθάκης και Ζακύνθου με έδρα την Κέρκυρα.

Το ποσοστό των ορεινών εκτάσεων καλύπτει το 28,3% της συνολικής έκτασης της Περιφέρειας, των ημιορεινών το 35,8%, ενώ το 35,9% των εκτάσεων είναι πεδινές. Η Κεφαλληνία και η Ζάκυνθος έχουν εκτεταμένες ζώνες ημιορεινών εκτάσεων, 41,84% και 55,15% αντίστοιχα. Μεγάλο τμήμα ορεινών ζωνών έχει η Λευκάδα 62,25%, ενώ μεγάλα τμήματα πεδινών εκτάσεων διαθέτει η Κέρκυρα, το 68,32% περίπου της έκτασής της. Όλα τα νησιά έχουν πλούσια βλάστηση και το καθένα έχει μια ιδιαίτερη φυσικογεωγραφική ταυτότητα.

Ο πληθυσμός της Περιφέρειας ανέρχεται σε 202.000 κατοίκους σύμφωνα με την εκτίμηση της ΕΣΥΕ για το 2011 και αντιστοιχεί στο 1,9% του συνολικού πληθυσμού της χώρας.

Ο αστικός πληθυσμός ανέρχεται στο 26% του συνολικού πληθυσμού, ο αγροτικός πληθυσμός στο 63% του συνολικού πληθυσμού ενώ ο ημιαστικός πληθυσμός σταδιακά μειώνεται και φτάνει στο 11% του συνόλου.

Ο νομός Κέρκυρας συγκεντρώνει το 1,1% του πληθυσμού της χώρας, ο νομός Λευκάδας το 0,2% (είναι ο μικρότερος νομός της χώρας από άποψη πληθυσμού), ο νομός Κεφαλληνίας & Ιθάκης το 0,3% και ο νομός Ζακύνθου το 0,3% της χώρας. (www.el.wikipedia.org)

Ο πρωτογενής τομέας αντιπροσωπεύει σημαντικό μέρος του ΑΠΠ, υψηλότερο του μέσου ποσοστού της χώρας, 17% έναντι 15% αντίστοιχα, αλλά και εδώ παρουσιάζονται σημαντικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των νομών. Η αξία παραγωγής του πρωτογενούς τομέα στα Ιόνια Νησιά, ως ποσοστό της παραγωγής της χώρας, ανήλθε το 1996 σε 2,5% από 1,97% που ήταν το 1994. Η διάρθρωση του πρωτογενούς τομέα της Περιφέρειας χαρακτηρίζεται από την επικράτηση της φυτικής παραγωγής έναντι της ζωικής και την κυριαρχία της ελαιοκαλλιέργειας στο σύνολο της φυτικής παραγωγής.

Η γεωργική γη καταλαμβάνει σχετικά μικρή έκταση. Η έντονη τουριστική ανάπτυξη των νησιών τα τελευταία χρόνια οδήγησε σε μεταβολή των χρήσεων γης με αποτέλεσμα η γεωργική γη να εγκαταλείπεται εν μέρει σταδιακά. Η καλλιεργήσιμη έκταση της Περιφέρειας ανέρχεται σε 791.968 στρέμματα, κατά τα τελευταία χρόνια όμως συνεχώς μειώνεται λόγω της πίεσης που δέχεται η γη για άλλες χρήσεις, κυρίως λόγω της επέκτασης του τουριστικού τομέα. Περισσότερο από το ήμισυ (55,5%) του συνόλου της γεωργικής γης της Περιφέρειας καλύπτεται από δενδρώδεις καλλιέργειες, το 95% των οποίων αφορούν ελαιώνες. Το 23% της αγροτικής γης αφορά αροτριάεις καλλιέργειες, το 8% καλύπτεται από αμπέλους, το 2,5% είναι κηπευτική γη και το υπόλοιπο αφορά αγρανάπαυση. Οι αρδευόμενες εκτάσεις χρησιμοποιούνται κατά 45% σε αροτριάεις καλλιέργειες, κατά 40% στην παραγωγή κηπευτικών και κατά 15% σε δενδρώδεις καλλιέργειες.

Τα Ιόνια Νησιά μπορούν να αποτελέσουν ένα επιτυχημένο παράδειγμα συνεργασίας των παραγωγικών τομέων και είναι εφικτή η εφαρμογή μιας στρατηγικής ανάπτυξης του δευτερογενούς τομέα μέσα από την διασύνδεση της μεταποίησης με την αγροτική παραγωγή αλλά και με την τουριστική αγορά, καθώς και την δημιουργία της κατάλληλης υποδομής για την προώθηση των μικρομεσαίων επιχειρήσεων της Ιόνιας οικονομίας. Επειδή η πορεία της μεταποίησης στα Ιόνια Νησιά γενικά επηρεάζεται από τις ανάγκες

της τουριστικής βιομηχανίας και από τους διαθέσιμους πόρους της Περιφέρειας γι' αυτό και επικεντρώνεται κυρίως στους κλάδους τροφίμων και ποτών, επίπλων, χημικών ουσιών και προϊόντων από μη μεταλλικά ορυκτά. Ο **δευτερογενής τομέας** είναι αρκετά μειωμένης σημασίας για την οικονομική ζωή της Περιφέρειας, σαφώς μικρότερη σε σχέση με την υπόλοιπη Ελλάδα, αντιπροσωπεύοντας μόνο το 14% του ΑΠΠ έναντι 25% που είναι για το σύνολο της χώρας.

Η Περιφέρεια κατέχει εξέχουσα θέση στην τουριστική ανάπτυξη τόσο σε επίπεδο χώρας, όσο και σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης. Γενικά, ο **τουρισμός** αποτελεί για την Περιφέρεια τη σημαντικότερη και δυναμικότερη δραστηριότητα της οικονομίας της. Ωστόσο και το χονδρεμπόριο είναι αρκετά ανεπτυγμένο, η δε περαιτέρω ανάπτυξή του είναι συνάρτηση της δημιουργίας κατάλληλων χωρικών υποδομών.

Η Περιφέρεια χαρακτηρίζεται από μεγάλες ενδοπεριφερειακές αντιθέσεις ανάμεσα αφενός στις τουριστικά αναπτυγμένες περιοχές αφετέρου στις προβληματικές περιοχές της ενδοχώρας καθώς και στα μικρά νησιά.

Η συμμετοχή του **τριτογενούς τομέα** στην διαμόρφωση του ΑΠΠ είναι κατά πολύ υψηλότερη αυτής του συνόλου της χώρας, 69% για τα Ιόνια Νησιά έναντι 60% της χώρας, και μόνο ο Νομός Ζακύνθου διαφοροποιείται κάπως με 57,1%. Η σύγκριση των ποσοστών μεταξύ του αριθμού των απασχολούμενων στον τριτογενή τομέα με αυτά της συμμετοχής του στον σχηματισμό του ΑΕΠ σε επίπεδο Περιφέρειας και συνόλου χώρας μας δείχνει μια σαφώς καλύτερη “απόδοση – παραγωγικότητα” του συγκεκριμένου πληθυσμού σ’ αυτόν τον τομέα, κύρια λόγω της ενασχόλησής τους με τον τουρισμό. (www.ogeeka-dimitra.org.gr)

2.2. Κυκλάδες

2.2.1. Γενικά-Δημογραφικά Στοιχεία-Έκταση

Οι Κυκλάδες είναι νησιωτικό σύμπλεγμα στο Αιγαίο πέλαγος που κείται γενικά μεταξύ των 36ου και 38ου Βόρειων παραλλήλων και μεταξύ των 24ου και 26ου Ανατολικών μεσημβρινών.

Η διάταξη των νησιών είναι σε δύο παράλληλες ευθείες σε συνέχεια του Σουνίου και της Ευβοίας προσδίδοντας την επιμέρους διάκριση σε Δυτικές και Ανατολικές Κυκλάδες, οι οποίες αποτελούν τον ομώνυμο νομό Κυκλάδων. Ο συνολικός πληθυσμός του Νομού είναι 112.615 κάτοικοι (απογραφή 2001) και η έδρα του στην Ερμούπολη.

Τα νησιά των Κυκλάδων τα οποία μελετήσαμε είναι η Νάξος, η Άνδρος, η Πάρος, η Τήνος, η Μήλος, η Κέα, η Αμοργός, η Ίος, η Μύκονος, η Σαντορίνη, η Ανάφη, η Ηρακλειά, η Δονούσα, η Σχοινούσα και τα Κουφονήσια.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα στοιχεία έκτασης και πληθυσμού των συγκεκριμένων νήσων του συμπλέγματος των Κυκλάδων. (www.el.wikipedia.org)

Πίνακας 1: Στοιχεία έκτασης και πληθυσμού συμπλέγματος Κυκλάδων

	Έκταση (km ²)	Πληθυσμός (2011)
Νάξος	429,785	18.864
Άνδρος	379,21	9.221
Πάρος	196,308	13.715
Τήνος	194,59	8.636
Μήλος	158,403	4.977
Κέα	131,693	2.455
Αμοργός	121,464	1.973
Ίος	108,713	2.024
Μύκονος	86,125	10.134
Σαντορίνη	76,19	18.883
Ανάφη	38,636	271
Ηρακλειά	18,078	141

Δονούσα	13,652	167
Σχοινούσα	8,144	256
Κουφονήσια	9,668	399

2.2.2. Γεωλογία

Στο χώρο του Κεντρικού Αιγαίου έχουμε συνεχή εμφάνιση μεταμορφωμένων πετρωμάτων. Οι βαθύτερες γεωτεκτονικές ενότητες φαίνονται σε τεκτονικά παράθυρα όπως στην Εύβοια, στον Αλμυροπόταμο, στην δυτική Σάμο, στον Κερκετέα, στο ανατολικό κομμάτι των Φούρνων στον Κόρακα και επίσης στην Αμοργό και στα συναφή νησάκια μέχρι Θύρα και Ανάφη που είναι αυτόχθονες ενότητες σχετικά μικρού βαθμού μεταμόρφωσης (όπως ο Όλυμπος) περίπου σαν το αυτόχθονο της Κρήτης-Μάνης. Διατηρούν δηλαδή κατά θέσεις απολιθώματα. Ο φλύσχος της Ανάφης είναι το υπόβαθρο της Θήρας. Όλα αυτά σαν κύριο χαρακτηριστικό έχουν Ηωκαινικές ηλικίες. Είναι η εξωτερική πλατφόρμα των Ελληνίδων η οποία έχει ανθρακική ιζηματογένεση μέχρι το Κατώτερο Ηώκαινο, συνεχίζει με φλύσχη στο Ανώτερο Ηώκαινο μέχρι την αρχή του Ολιγοκαίνου και η οποία στη συνέχεια βυθίζεται σε όχι πολύ μεγάλα βάθη (10-12 χιλιόμετρα) σε συνθήκες υψηλής πίεσης - χαμηλής θερμοκρασίας και από πάνω της έρχονται τα καλύμματα των κυανοσχιστολίθων των Βορείων και Νοτίων Κυκλάδων.

Οι Βόρειες Κυκλάδες έχουν πολύ λίγα μάρμαρα κυρίως στη βάση τους και μετά μια πολύ παχιά ηφαιστειοιζηματογενείς ακολουθία αβυσσικού χαρακτήρα, με έντονες ηφαιστειακές παρεμβολές από λάβες και τόφφους μαζί με πελαγικά ιζήματα, ως και ανθρακικά πολλές φορές η και πυριτικά - ανθρακικά όπως οι σιπολίνες που παρεμβάλλονται σ' αυτή τη πελαγική έως αβυσσοπελαγική ακολουθία των Βορείων Κυκλάδων. (www.oocities.org)

Στην Άνδρο συναντάμε σχεδόν εξ ολοκλήρου μεταμορφωμένα πετρώματα, κυρίως αμφιβολίτες, σχιστόλιθους και κατά δεύτερο λόγο μάρμαρα. Επίσης συναντώνται κοιτάσματα πλούσια σε σίδηρο και μαγγάνιο. Το ανάγλυφο και η

γεωλογική δομή των πετρωμάτων της, ευνοεί τη συγκράτηση των ομβρίων υδάτων, με αποτέλεσμα να υπάρχουν πολυάριθμες πηγές και χείμαρροι σε όλο σχεδόν το νησί, οι οποίοι και διαμορφώνουν το τοπίο στο θέμα της μορφολογίας και της βλάστησης. (www.ecoanemos.files.wordpress.com)

Στην Τήνο μετέχουν ομάδες μεταμορφωμένων πετρωμάτων, μαγματιτών και τεταρτογενών ιζημάτων, με την ακολουθία των μεταμορφωμένων πετρωμάτων να καταλαμβάνει το 79% της συνολικής επιφάνειας της νήσου. [Κουκλιανώτου Ε., Νερατζάκης Α. (2011)]

Η νήσος Κέα συνίσταται σχεδόν αποκλειστικά από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα διαφόρων τύπων – γνευσίων, σχιστολίθων, μαρμάρων, χαλαζιτών κ.ά. Επίσης, σε περιορισμένη έκταση υπάρχουν και ιζηματογενή πετρώματα, δηλαδή ασβεστόλιθη και ολοκαινικοί σχηματισμοί από χείμαρρωνών αποθέσεων. [Σίμου Δ. (2006)]

Η νήσος της Μυκόνου κυριαρχείται από έναν ασβεσταλκαλικό μονζογρανίτη έως γρανοδιοριτικής σύστασης λακόλιθο με μέσο-κοκκώδες έως χονδροκοκκώδες πορφυριτικό ιστό και θεωρείται ως ένας διοψιδικός-κεροσιλβικός-βιοτιτικός-αλανιτικός-τιτανομαγνητιτικός-πυριτικός-πυροτιτικός μονζογρανίτης. [Καραδήμα Ναταλία – Κωνσταντίνα (2013)]

Η Νάξος, γεωλογικά, αποτελεί ένα πλούσιο γεωλογικό πάρκο από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα μη αξιοποιήσιμο ακόμη. Τα πετρώματα αυτά είναι κυρίως κρυσταλλοπαγείς σχιστόλιθοι, γνεύσιοι και μάρμαρα σε εναλλασσόμενα στρώματα με όγκους γρανίτη, κοντά σχετικά στην πόλη της Νάξου και στο βορειοδυτικό τμήμα του νησιού. Πετρώματα πλειστόκαινου περιόδου υπάρχουν στη χερσόνησο της Στυλίδας, κυρίως ψαμμίτες, καθώς και βόρεια-βορειοανατολικά κοντά στις παράκτιες περιοχές του νησιού. Επίσης απαντώνται και πλούσια εκρηξιγενή πετρώματα κοντά στις Εγγαρές και αλλού. Εκτός όμως των μαρμάρων στο κέντρο και βορειοανατολικά κοντά στη

Κόρωνο, υπάρχουν επίσης τα περίφημα κοιτάσματα σμύριδας. (Σαμπω Β., Ευελπίδου Ν., Γκουρνέλος Θ., Βασιλόπουλος Α.)

Η Πάρος αποτελείται, κυρίως από μάρμαρα, γνευσίους, σχιστόλιθους και γρανίτες και δομείται γεωλογικά από 4 τεκτονικές ενότητες, οι οποίες από κάτω προς τα επάνω είναι : Παροικία, Μαράθι, Δρυός και Μάρμαρα. Επάνω σε αυτές αποτέθηκαν τα Πλειο-Τεταρτογενή ιζήματα. (Ματαράγκας Δ. , Βάρτη-Ματαράγκα.)

Η Ηρακλεία γεωλογικά, ανήκει στην Αττικοκυκλαδική Γεωτεκτονική Ζώνη και ειδικότερα στην Ενότητα Νοτίων Κυκλάδων. Στο νησί απαντούν μόνο χημικά ιζηματογενή πετρώματα, που αποτελούνται κυρίως από ανθρακικό ασβέστιο. Κατά την μεγαλύτερη έκταση υπάρχουν ασβεστόλιθοι ηλικίας Α. Κρητιδικού, ενώ σε μία μικρή περιοχή στο ΝΔ τμήμα του νησιού βρίσκει κανείς ασβεστολίθους και δολομίτες ηλικίας Τριαδικού - Κ. Ιουρασικού. Οι συγκεκριμένοι ασβεστόλιθοι είναι κυρίως βιοσπαρουδίτες. [Γιλαντζή Ι. (2006)]

Η Σχοινούσα στο σύνολό της δεν παρουσιάζει έντονες κλίσεις εδάφους και μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα ομαλό νησί. Για τον λόγο αυτόν εμφανίζει και τις περισσότερες καλλιεργήσιμες εκτάσεις από τα άλλα νησιά των Μικρών Κυκλάδων. Το περίγραμμα του νησιού είναι έντονα ακανόνιστο, με πλήθος από όρμους, αμμώδεις και βραχώδεις. Ανήκει γεωτεκτονικά στην Αττικοκυκλαδίτικη μάζα και παρουσιάζεται μια μορφή αντικλινική με διεύθυνση Β-Ν. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συναντώνται στο νησί είναι υποκείμενοι σχιστόλιθοι και υπερκείμενοι ασβεστόλιθοι. (www.ecoanemos.files.wordpress.com).

Η Δονούσα γεωμορφολογικά, μπορεί να χωρισθεί σε δύο τμήματα: το δυτικό, που είναι σχετικά ομαλό, όπου βρίσκεται και το μοναδικό λιμάνι του νησιού και στο ανατολικό που είναι έντονο. Οι ακτές του νησιού είναι κρημνώδεις και βραχώδεις με μεγάλες κλίσεις,. Το υπέδαφος χαρακτηρίζεται πλούσιο σε

μεταλλεύματα και πετρώματα και μέχρι το 1950 λειτουργούσαν ορυχεία σιδήρου, χαλκού, αλουμινίου και άτσαχα. (www.ecoanemos.files.wordpress.com).

Η ακολουθία των Νοτίων Κυκλάδων σε αντιδιαστολή είναι μια πλατφόρμα πολύ χαρακτηριστική η οποία όπως όλες οι πλατφόρμες έχει μια βάση ηφαιστειογενή και μία οροφή άγριου φλύσχη. Όμως το κύριο στοιχείο της ακολουθίας αυτής είναι το πακέτο της πλατφόρμας που είναι Μεσοζωική και που υπάρχει μέσα της ένας τουλάχιστον βωξιτοφόρος ορίζοντας που έχει μεταμορφωθεί και μετατραπεί σε σμύριδα. Αυτή υπάρχει στην Νάξο όπως και σε άλλα νησιά των Νοτίων Κυκλάδων μέχρι την Ικαρία και τη Σάμο, την Ίο και την Πάρο.

Οι δύο αυτές ενότητες αντιστοιχούν στο 80% των εμφανίσεων των πετρωμάτων στο κεντρικό χώρο του Αιγαίου. (www.oocities.org).

Η Μήλος δημιουργήθηκε από ηφαιστειακή δραστηριότητα που έλαβε χώρα στο παρελθόν και αποτελεί ένα στρωματοηφαίστειο χωρίς εκρήξεις τους ιστορικούς χρόνους. Οι ηφαιστειακοί βράχοι καλύπτουν τη μεγαλύτερη έκταση του νησιού.

Στο νησί υπάρχουν πολλοί ηφαιστειακοί δόμοι, όπως είναι το κάστρο της Χώρας, και η ψηλότερη κορυφή του νησιού, ο Προφήτης Ηλίας. Αποτελούνται από λάβα που στερεοποιήθηκε πριν χυθεί. Είναι κυρίως από ανδεσίτη. Οι ηφαιστειακοί βράχοι στο Σαρακίνικο έχουν λευκό χρώμα και δημιουργήθηκαν με την εναπόθεση επαναλαμβανόμενων στρώσεων υλικού. Εκτός από ηφαιστειογενή υλικά, στο νησί υπάρχουν ιζηματογενή και μεταμορφωσιγενή πετρώματα. Η Μήλος διαθέτει σημαντικό ορυκτό πλούτο, κυρίως βιομηχανικά ορυκτά. Μπεντονίτης, περλίτης, ποζολάνη και μικρές ποσότητες καολίνη και πυριτικού εξορύσσονται στη Μήλο και εξάγονται σε όλο τον κόσμο. (www.wikipedia.gr)

Στη γεωλογική δομή της Αμοργού συνέρχονται ιζήματα και λίγα ηφαιστειακά χαμηλής μεταμόρφωσης πετρώματα. Έτσι παρατηρείται μία κατώτερη σειρά σχιστόλιθων και κροκαλοπαγών – Τριαδικό, όπου επικρατούν οι αργιλικοί και μαρμαρυγιοκοί σχιστόλιθοι. Η Ανθρακική σειρά – Τριαδικό, Ιουραστικό, Ηώκαινο, που αποτελεί το μεγαλύτερο τμήμα του νησιού και αποτελείται από εναλλαγές κρυσταλλικών ασβεστόλιθων και δολομιτών με μαργαϊκούς στα κατώτερα μέρη, στρωματώδεις έως συμπαγείς κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, τεφροκύανοι με κονδύλους ή στρώσεις πυριτόλιθων και βωξιτικούς φακούς για τα ανώτερα μέρη της ΒΑ Αμοργού, πλακώδεις ασβεστόλιθοι και δολομίτες με κονδύλους πυριτόλιθων καθώς και παρεμβολές μαργαϊκών σχιστόλιθων στα ανώτερα τμήματα της ΝΔ Αμοργού. Επίσης μία Ανώτερη σχιστολιθική σειρά, Φλύσχης – Παλαιογενές, τυπικός φλύσχης που η κύρια μάζα του συνίσταται από εναλλαγές αργιλικών σχιστολιθικών και ψαμμιτών. Τέλος, Τεταρτογενείς αποθέσεις, οι οποίες δεν παρουσιάζουν μεγάλη ανάπτυξη αλλά περιλαμβάνουν όμως ποικίλου τύπου και προέλευσης σχηματισμούς όπως αλλουβιακές προσχώσεις χειμαρρώδους προέλευσης, πλευρικά κορήματα και κώνους κορημάτων κ.α.. [Μάργαρης Κ. (2008)]

Γεωλογικά, η Ίος ανήκει στην Κυκλαδική (Αττικοκυκλαδική κρυσταλλοσχιστώδη) μάζα, που εκτείνεται στο κεντρικό Αιγαίο, μεταξύ της Ελλάδας και της Τουρκίας και καταλαμβάνει έκταση περί τα 20.000 τετραγωνικά χιλιόμετρα.

Αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες εμφανίσεις μεταμόρφωσης υψηλών πιέσεων κατά μήκος της αλπικής ορογένεσης και αποτελεί το καλύτερο παράδειγμα μεταμόρφωσης κυανοσχιστολιθικής φάσης, σε ζώνες ηπειρωτικής σύγκρουσης. [Παπαλάμπρου Θ. (2006)]

Η Θήρα, η Θηρασία και το Ασπρονήσι είναι τα υπολείμματα της μεγάλης Μινωικής έκρηξης, ενώ η Παλαιά και Νέα Καμένη σχηματίστηκαν στο κέντρο

της καλδέρας από μεταγενέστερες εκχύσεις λάβας κατά τους ιστορικούς χρόνους, με τελευταία έκρηξη το 1950.

Το ηφαιστειακό σύμπλεγμα της Σαντορίνης αποτελείται από την **Σαντορίνη**, τα νησάκια **Χριστιανά** 20 km νοτιοδυτικά και το υποθαλάσσιο ηφαίστειο **Κολούμπο** 7 km βορειοανατολικά. Η θέση των ηφαιστειακών κέντρων ελέγχεται από ένα μεγάλο ρήγμα με κατεύθυνση ΝΔ-ΒΑ που ξεκινά από τα Χριστιανά και καταλήγει στην Αμοργό. Αυτή είναι η κύρια δίοδος που επιτρέπει στο μάγμα να ανέβει από τα μεγάλα βάθη στην επιφάνεια.

Το **προ-ηφαιστειακό υπόβαθρο** εμφανίζεται στο νοτιοανατολικό μέρος του νησιού, κυρίως στον Προφήτη Ηλία, στο Γαβρήλο, και στον Αθηνιό. Αποτελείται από μεταμορφωμένους ασβεστόλιθους και σχιστόλιθους. (www.geo.auth.gr)

Η γεωλογική σύστασή της Ανάφης, είναι στο κέντρο γρανιτική ενώ στη περιφέρεια κρυσταλλική νεογενής. Εντοπισμοί ελαφρόπετρας που παρατηρούνται στη νήσο φέρονται ως προϊόντα της μεγάλης έκρηξης του ηφαιστείου της Σαντορίνης το 1500 π.Χ. Στο υπέδαφος της Ανάφης έχει διαπιστωθεί ύπαρξη μεταλλευμάτων κυρίως γαληνίτη, σμιθσονίτη, σιδήρου καθώς και μολύβδου. (www.wikipedia.gr).

Το (πάνω) Κουφονήσι αποτελείται αποκλειστικά σχεδόν από Νεογενείς σχηματισμούς, δηλαδή από εναλλαγές μαργαϊκών ασβεστολίθων, μαργών και ψαμμιτών. Όλοι αυτοί οι σχηματισμοί είναι οριζόντιοι ή παρουσιάζουν μια μικρή κλίση προς τα νότια. Το νησί έχει πολύ ήπιο ανάγλυφο και είναι εμφανής η απουσία έντονων τεκτονικών φαινομένων. [Γιλαντζή Ι., Σαράφη Μ. (2006)]

2.2.3. Χρήσεις Γης – Φυσικό τοπίο

Σχετικά με τις χρήσεις γης της περιοχής των Κυκλάδων παρατηρούμε ότι έχουμε μία μεγάλη ποικιλομορφία καθώς πέρα από ορισμένα κοινά στοιχεία το

κάθε νησί παρουσιάζει μία ξεχωριστή ταυτότητα όσον αφορά της χρήσεις γης του.

Στις Βόρειες Κυκλάδες συναντάμε μικρούς όρμους και ακρωτήρια σπήλαια θαλάσσια, κατά το ήμισυ ή εξολοκλήρου κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Γενικά, οι παράκτιες περιοχές των νησιών είναι βραχώδεις και άγονες. Στην ενδοχώρα των νησιών συχνά συναντάμε περιορισμένη τοπική βλάστηση. Μικρά οροπέδια, κοιλάδες και ρεματιές συνθέτουν πολλές φορές το φυσικό τοπίο των νήσων.

Στις Νότιες Κυκλάδες συναντάμε βραχώδεις και ξηρές εκτάσεις γης με σημαντικές μορφές διάβρωσης όπως φαράγγια. Η φυτοκάλυψη είναι ανεπτυγμένη με θάμνους, κυρίως από ρείκια και θυμάρια. Λόγω του επικρατέστερου λιθολογικού σχηματισμού που είναι τα μάρμαρα (όπως π.χ στην νήσο της Ίου), οι κορυφές είναι γυμνές από βλάστηση και το τοπίο ξερό. Οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις γης είναι πολύ μικρές σε ποσοστό. Παρατηρούνται σε ικανοποιητικό ποσοστό εκτάσεις γης καλυμμένες από αμπέλια και οπωρώνες καθώς και από μικρούς ελαιώνες και άνυδρα κηπευτικά. Οι φυσικοί βοσκότοποι κυριαρχούν λόγω του φρυγανικού οικοσυστήματος καθώς και η σκληρόφυλλη βλάστηση. (www.sdi-aegean.gr)

2.2.4. Μετεωρολογικά και Κλιματολογικά Στοιχεία

2.2.4.1. Γενικά

Τα νησιά των Κυκλάδων, από άποψη κλίματος, κατατάσσονται στον «εύκρατο» τύπο του «χερσαίου Μεσογειακού».

Στις Κυκλάδες βρέχει λίγο, με εξαίρεση τα ορεινά της Τήνου, της Νάξου, της Κέας και της Άνδρου όπου η συχνότερη βροχόπτωση έχει σαν αποτέλεσμα πλούσια βλάστηση και πολλές φυσικές πηγές. Συχνά τον χειμώνα, τα ορεινά αυτών των νησιών σκεπάζονται από πυκνό χιόνι για πολλές μέρες.

Συγκεκριμένα οι Κυκλάδες παρουσιάζουν τα χαρακτηριστικά του εύκρατου θαλάσσιου κλίματος: ήπιοι ξηροί χειμώνες και δροσερά καλοκαίρια. Χαρακτηριστικό του κλίματος είναι η μεγάλη ηλιοφάνεια που μπορεί να ξεπεράσει τις 3.000 ώρες ετησίως. Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 14 και 19 °C περίπου και παρουσιάζει πολύ συχνά απότομες μεταβολές εξαιτίας των ασταθών συνθηκών. Η νέφωση είναι σχετικά μικρή και η υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 65 και 72,5%.

2.2.4.2. Θερμοκρασία και Βροχοπτώσεις

Από τα στοιχεία της Ε.Μ.Υ. φαίνεται ότι οι ψυχρότεροι μήνες είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος με μέση ετήσια θερμοκρασία 12,1 °C και 12,2 °C αντίστοιχα, ενώ οι θερμότεροι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος με 24,7 °C και 24,6 °C αντίστοιχα, και ειδικότερα έχουν μετρηθεί ως οι πιο ακραίες τιμές το μήνα Φεβρουάριο -1 °C και τον Ιούλιο 37,4 °C. Ως θερμή περίοδος χαρακτηρίζεται εκείνη του Απριλίου-Μαΐου έως Σεπτεμβρίου-Οκτωβρίου με μέση θερμοκρασία άνω των 18°C, η οποία ξεπερνά τους 20°C κατά την περίοδο Ιουνίου-Σεπτεμβρίου.

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής κατά την περίοδο 1955-1988, κυμαίνεται γύρω στα 370mm, και ο μέσος αριθμός ημερών βροχής στις 82, ενώ πρέπει να σημειωθεί ότι το μέσο ύψος βροχής κατά την περίοδο Μαΐου- Σεπτεμβρίου είναι 22mm. Ειδικότερα έχει μετρηθεί ότι ο Ιούλιος είναι ο ξηρότερος μήνας, ενώ ο Δεκέμβριος ο υγρότερος.

Οι βροχοπτώσεις τείνουν να έχουν ακραία συμπεριφορά, όντας λίγες αλλά καταρρακτώδεις. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω στοιχεία και τα στοιχεία εξατμίσεων είναι φανερό ότι κατά τους καλοκαιρινούς μήνες με τις υψηλές θερμοκρασίες η περιοχή είναι ελλειμματική σε εδαφικό νερό και οι ανάγκες των καλλιεργειών θα πρέπει να καλύπτονται με συνεχείς αρδεύσεις.

2.2.4.3. Άνεμοι

Το 77% των ετησίων ανέμων εντάσσεται στην κατηγορία μικρής και μεσαίας έντασης, δηλαδή στην κλίμακα Beaufort 1-5. Οι επικρατούντες άνεμοι είναι οι B-BA με συνολική ετήσια συχνότητα 50.75%.

Τους χειμερινούς μήνες μειώνεται αισθητά η παρουσία των νοτίων ανέμων αλλά η παρουσία των βορείων ανέμων παραμένει σταθερή, ενώ αυξάνεται παντού η παρουσία των βορειοανατολικών και των δυτικών ανέμων. Το ποσοστό νηνεμίας είναι πολύ μικρό.

Άλλα ακραία μετεωρολογικά φαινόμενα, όπως το χιόνι, το χαλάζι, οι παγετοί, η ομίχλη κλπ., σπανίως παρατηρούνται. (www.cyclades-tour.gr)

2.3. Δωδεκάνησα

2.3.1. Γενικά

Τα Δωδεκάνησα είναι ένα σύνολο νησιών και νησίδων που βρίσκονται ανάμεσα στη Σάμο, την Κρήτη και τα μικρασιατικά παράλια.

Ο συνολικός πληθυσμός του νομού Δωδεκανήσου φτάνει τους 190.071 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του 2001 και έχει έκταση 2.579,275 km².

Το πλέον ιστορικό, σημαντικό και γνωστό από τα Δωδεκάνησα είναι η Ρόδος, η οποία, εδώ και χιλιετίες, είναι το νησί στο οποίο βρίσκεται η διοικητική έδρα της περιοχής. Στην μελέτη μας εκτός από την Ρόδο συμπεριλάβαμε και τις νήσους της Κω, Καλύμνου, Κάσου και Πάτμου.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα στοιχεία έκτασης και πληθυσμού των συγκεκριμένων νήσων του συμπλέγματος των Δωδεκανήσων.

(www.wikipedia.gr)

Πίνακας 2: Στοιχεία έκτασης και πληθυσμού του συμπλέγματος των Δωδεκανήσων

	Έκταση (km ²)	Πληθυσμός (2011)
Ρόδος	1.401,46	115.490
Κως	287,611	33.388
Κάλυμνος	110,581	11.179
Κάσος	66,419	1.084
Πάτμος	34,142	3.047

2.3.2. Γεωλογία

Το έδαφος των νησιών στα Δωδεκάνησα είναι άγονο και πετρώδες. Το 42% της συνολικής έκτασης είναι πεδινό, το 26% ημιορεινό και το 32% ορεινό. Ποτάμια δεν υπάρχουν στα Δωδεκάνησα, παρ' όλο που έχουν άφθονα νερά σε χειμάρρους και ρυάκια. Πολλά από τα νησιά των Δωδεκανήσων είναι ηφαιστειογενή και ως εκ τούτου διαθέτουν σημαντικές ποσότητες ορυκτού πλούτου. Στη Ρόδο υπάρχουν γύψος, χρωμίτης και λιγνίτης, στην Κω χαλκός, σίδηρος, μόλυβδος και λιγνίτης, στην Νίσυρο θειάφι και στην Κάρπαθο και την Κάσο γύψος.

Η Κάλυμνος καλύπτεται κυρίως από ανθρακικά πετρώματα και εξαιτίας αυτών το νησί διαθέτει μεγάλο αριθμό σπηλαίων. Στην Κω συναντώνται μαύροι σχιστοποιημένοι ασβεστόλιθοι που περιβάλλονται από αργιλικούς σχιστόλιθους και ψαμμίτες με πληθώρα απολιθωμάτων. Σε μερικά βόρεια Δωδεκάνησα υπήρξε την εποχή των έντονων γεωλογικών μεταβολών ηφαιστειακή δραστηριότητα. Στη Ρόδο συναντώνται κυρίως ασβεστολιθικά πετρώματα. (www.aegeanislands.gr).

2.3.3. Χρήσεις Γης – Φυσικό τοπίο

Η εδαφική φυσιογνωμία των Δωδεκανήσων είναι κυρίως ορεινή και ημιορεινή, με ποσοστό 72.5% του συνόλου. Στο σύνολο τους, το μεγαλύτερο τμήμα της έκτασης καταλαμβάνεται από θαμνώνες με ποσοστό 60,05% και ακολουθούν τα ημιφυσικά οικοσυστήματα και καλλιέργειες με ποσοστό 30,78%. Αντίθετα οι

περιοχές που καλύπτονται από νερά και οι δασικές εκτάσεις αποτελούν ένα μικρό μέρος.

Ως προς τις γεωργικές περιοχές, οι μόνιμες καλλιέργειες, οι βοσκότοποι και η αρόσιμη γη αποτελούν ένα μικρό ποσοστό. Γενικά οι βοσκότοποι θεωρούνται περιορισμένης βοσκοϊκανότητας. Από το σύνολο των γεωργικών περιοχών, το 46,8% των καλλιεργειών βρίσκεται στις πεδινές περιοχές. Στα Δωδεκάνησα το ποσοστό ανέρχεται σε 57,5%. Αν εξαιρεθούν ορισμένες πεδινές περιοχές των μεγάλων νησιών (Ρόδος, Κως κ.λπ.), η γονιμότητα της γεωργικής γης θεωρείται χαμηλή. Ένα μεγάλο μέρος των καλλιεργειών αναπτύσσεται στις μικρές κοιλάδες των νησιών και σε τμήματα των πλαγιών, ενώ οι αρδευόμενες εκτάσεις αποτελούν μικρό ποσοστό των καλλιεργούμενων. (www.pepna.gr).

2.3.4. Μετεωρολογικά και Κλιματολογικά Στοιχεία

2.3.4.1. Γενικά

Το κλίμα των Δωδεκανήσων χαρακτηρίζεται ως εύκρατο μεσογειακό, με ήπιους και βροχερούς χειμώνες και ξηρά, όχι ιδιαίτερα ζεστά, καλοκαίρια. Η υγρή περίοδος διαρκεί από τον Οκτώβριο ως και το Μάιο. Στη διάρκεια της ξηρής περιόδου οι βροχοπτώσεις είναι σπάνιες και τείνουν να σημειώνονται στην αρχή και το τέλος της. Οι χιονοπτώσεις είναι σπανιότατο φαινόμενο και εκδηλώνονται μόνο στις υψηλές τοπογραφικά ζώνες.

2.3.4.2. Θερμοκρασία και Βροχοπτώσεις

Η μέση ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται στα 842 mm/έτος σύμφωνα με μετρήσεις που έχουν καταγραφεί στην νήσο της Ρόδου. Οι ημέρες βροχής είναι κατά μέσο όρο 36 ημέρες/έτος. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 17,4 °C. Η μέγιστη μέση μηνιαία τιμή των 26,1 °C καταγράφεται τον Αύγουστο, ενώ η ελάχιστη των 9,7 °C το Φεβρουάριο. Η διάρκεια ηλιοφάνειας είναι κατά μέσο όρο 3006 ώρες/έτος. Η μέση ετήσια σχετική υγρασία του αέρα είναι 65% με μικρές μόνο διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του έτους.

2.3.4.3. Άνεμοι

Συνήθως επικρατούν χαμηλής έντασης άνεμοι (7-18 km/ώρα).

(www.meteoclub.gr)

2.4. Νησιά του Βορειοανατολικού Αιγαίου

Τα νησιά του Βορειοανατολικού Αιγαίου είναι ένα σύνολο νησιών η πλειοψηφία των οποίων απαρτίζει την Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου, με εξαίρεση την Σαμοθράκη που ανήκει διοικητικά στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης και την Ίμβρο και την Τένεδο που ανήκουν στην Τουρκία. Συνορεύουν με τις Κυκλάδες και τα Δωδεκάνησα στα νότια, με τη Χαλκιδική στα βόρεια. Σχεδόν όλα τα νησιά έχουν πλούσια χλωρίδα, εν αντιθέσει με τις γειτονικές Κυκλάδες, όπου επικρατεί η ξηρασία. Τα περισσότερα από αυτά τα νησιά είναι μεγάλα σε έκταση, επίσης. Ιδιαίτερα, η Λέσβος είναι το τρίτο μεγαλύτερο νησί του Αιγαίου.

Στην μελέτη μας τα νησιά που εξετάσαμε είναι η Λέσβος, η Χίος, η Σάμος, η Λήμνος, η Ικαρία και οι Φούρνοι.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα στοιχεία έκτασης και πληθυσμού των συγκεκριμένων νήσων. (www.wikipedia.gr)

Πίνακας 3: Στοιχεία έκτασης και πληθυσμού του συμπλέγματος νησιών Βορειοανατολικού Αιγαίου

	Έκταση (km ²)	Πληθυσμός (2011)
Λέσβος	1.636	86.312
Χίος	842,796	51.269
Σάμος	477,942	33.335
Λήμνος	476,288	16.743
Ικαρία	255,32	8.431
Φούρνοι	30,5	1.199

2.4.1. Γεωλογία

Τα εδάφη των νησιών του Βορειοανατολικού Αιγαίου είναι από τα παλαιότερα στον ελλαδικό χώρο, ειδικά αυτά της Χίου.

Τα πετρώματα της Χίου είναι κυρίως ιζηματογενή και δημιουργήθηκαν σε διάφορες γεωλογικές περιόδους όπου με τη δράση χημικών διεργασιών μετατράπηκαν σε συμπαγείς λίθινες μάζες. Δεν απουσιάζουν βέβαια τα ηφαιστειακά πετρώματα, αφού κάποτε το νησί ήταν μέρος του ηφαιστειακού τόξου. Ηφαιστειακά πετρώματα βρίσκονται στα μέρη Εμπορειός, Κώμη, Καμπιά και Καρδάμυλα και συμβάλλουν στην παρουσία ενός πολυποίκιλου γεωλογικού συνόλου. Από γεωλογική άποψη η Χίος διαθέτει: από τα παλαιότερα ιζηματογενή πετρώματα της Ελλάδας ηλικίας 450 εκ. χρόνων (ΒΔ Χίος). Απολιθώματα Favosites μας δείχνουν την ηλικία τους(Δεβόνιο).Επιπλέον παρουσιάζει μεγάλης έκτασης ασβεστολιθικές περιοχές (ΒΑ-Κεντρική-ΝΔ Χίος) με χαρακτηριστικές τεκτονικές– επωθήσεις, ρήγματα - και καρστικές δομές όπως ξηρές κοιλάδες, φαράγγια, δολίνες, σπήλαια και βάραθρα. Στην νοτιοανατολική Χίο παρουσιάζονται Λιμναία ιζηματογενή πετρώματα. (www.geodifhs.com)

Συνεχίζοντας, γεωλογικά η Λέσβος ανήκει στην Πελαγονική ζώνη. Το αλπικό υπόβαθρο του νησιού, τμήμα της ζώνης της Κιμερικής ηπείρου, είναι επωθημένο από οφιόλιθους και μετα-αλπικούς σχηματισμούς. Συναντώνται πετρώματα περμοτριάδικής ηλικίας όπως σχιστόλιθοι, χαλαζίτες, φυλλίτες και μεταψαμμίτες που εναλλάσσονται με μάρμαρα και κρυσταλλικούς ασβεστολίθους. Πάνω σε αυτά βρίσκονται οφιολιθικά πετρώματα του Μεσοζωικού αιώνα, τα οποία βρίσκονται στη νότια Λέσβο. Τέλος, αλουβιακοί σχηματισμοί συναντώνται στη πεδιάδα της Καλλονής, όπως και σε μικρές προσχωσιγενείς κοιλάδες και μικρά πεδία που δημιουργήθηκαν από χειμάρους. (www.wikipedia.gr)

Η Σάμος, γεωλογικά ανήκει στην Αττικοκυκλαδική – Λυδοκαρική Μάζα και οι γεωλογικοί σχηματισμοί που τη δομούν αποτελούνται από πετρώματα που κατατάσσονται σε τρεις ομάδες: τα μεταμορφωμένα, τα εκρηξιγενή, και τα Μεσοζωϊκά και Νεογενή ιζήματα.

Τα μεταμορφωμένα πετρώματα καλύπτουν το 65% περίπου της επιφάνειας της νήσου και διαχωρίζονται σε λευκά, δολομιτικά, μεσοπλακώδη έως παχυπλακώδη μάρμαρα και σχιστολίθους. Τα εκρηξιγενή πετρώματα καταλαμβάνουν περίπου το 5% του νησιού και αποτελούνται από ηφαιστειακά πετρώματα και υπερβασικά πετρώματα. Τα Μεσοζωϊκά και Νεογενή ιζήματα καλύπτουν το 30% περίπου της επιφάνειας του νησιού και διακρίνονται σε μεσοζωϊκούς ασβεστόλιθους και νεογενείς και τεταρτογενείς σχηματισμούς. (www.samos-caves.gr)

Στην Λήμνο γεωλογικά τα ιζήματα του νησιού μπορούν να υποδιαιρεθούν σε δύο μονάδες: την ανώτερη και την κατώτερη. Η κατώτερη μονάδα, είναι ηλικίας Κατώτερου Ηώκαινου-Ανώτερου Ολιγόκαινου, καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του νησιού και περιέχει αποθέσεις ηπειρωτικής κατωφέρειας όπως παχυστρωματώδεις ως συμπαγείς ψαμμίτες και κροκαλοπαγή, τουρβιδίτες, ενδιστρώσεις αργίλων και ψαμμιτών ή ιλυόλιθους με λεπτές ενδιστρώσεις ψαμμιτών-ιλυόλιθων. Η ανώτερη μονάδα που είναι ηλικίας Κατώτερου Ολιγοκαίνου είναι περιορισμένης έκτασης. Περιέχει ιζήματα ρηχής θάλασσας ως υφάλμυρων περιβαλλόντων απόθεσης, δελταϊκά ιζήματα στη βάση της, εναλλαγές αργίλων και λεπτοπλακώδων ψαμμιτών και άργιλων καθώς και εναλλαγές ψαμμιτών και αμμούχων μαργόλιθων. Στα στρωματογραφικά ανώτερα τμήματα κυριαρχούν μεσόκοκκοι έως χονδρόκοκοι ψαμμίτες και αμμούχα κροκαλοπαγή. (www.nemertis.lis.upatras.gr)

Η Ικαρία, μαζί με τους Φούρνους, ανήκει, σύμφωνα με τελευταίες μελέτες, στο ανατολικό τμήμα της Αττικο-κυκλαδικής μάζας. Αποτελείται, κυρίως, από

κρυσταλλοσχιστώδη, μεταμορφωμένα ή ημιμεταμορφωμένα πετρώματα. Τα πετρώματα αυτά περιλαμβάνουν γνεύσιους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, μάρμαρα και διάφορα γρανιτικά.

Οι τρεις γεωτεκτονικές ενότητες που δομούν την Ικαρία είναι α) Η Κατώτερη ενότητα που συνίσταται από ένα γνευσιακό υπόβαθρο και αποτελείται από ορθογνευσίους και παραγνευσίους, επί του οποίου αναπτύσσεται σχηματισμός μαρμάρων σχιστολίθων, β) Η Ενδιάμεση Ενότητα, που περιλαμβάνει μάρμαρα και φυλλίτες και γ) Η Ανώτερη τεκτονική ενότητα η οποία αποτελείται από μολασσικούς οφιολιθικούς σχηματισμούς (ηφαιστειοιζηματογενή οφιολιθικά ολισθοστρώματα) συμπαρασύροντας ανακρυσταλλωμένους λευκόχρους ασβεστόλιθους. Τα ιζηματογενή πετρώματα στην Ικαρία είναι ελάχιστα. (www.visitikaria.gr)

2.4.2. Χρήσεις Γης – Φυσικό Τοπίο

Τα νησιά του Βορειοανατολικού Αιγαίου είναι γενικά πλούσια σε βλάστηση, με έντονο ανάγλυφο και πλούσια εδάφη σε παραγωγικότητα.

Στην μεγαλύτερη επιφάνεια της νήσου Λέσβου και κυρίως στην δυτική πλευρά της επικρατούν τα βοσκοτόπια και καλλιεργήσιμες εκτάσεις γης. Στην ανατολική πλευρά του νησιού και κυρίως στα κεντρικά υπάρχουν αρκετά δάση και ελαιώνες ενώ σε μικρότερο ποσοστό σκληρόφυλλη βλάστηση.

Στην Χίο αντίστοιχα οι βοσκότοποι καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της, με περιορισμένες εκτάσεις δασών κυρίως στα κεντρικά του νησιού, αφού επικρατεί η σκληρόφυλλη βλάστηση κατά κύριο λόγο. Διάσπαρτα σε όλο το νησί αλλά κυρίως στα βορειοδυτικά έχουμε καλλιεργήσιμες εκτάσεις γης όπου παράγεται και η φημισμένη μαστίχα Χίου. Αρκετοί ελαιώνες υπάρχουν στα νοτιοανατολικά του νησιού.

Η Σάμος καλύπτεται από πυκνή βλάστηση αφού δάση και σκληρόφυλλη βλάστηση δεσπόζουν σε όλο το νησί. Ελαιώνες υπάρχουν ελάχιστοι και περιορίζονται στο νότιο τμήμα της. Εκτάσεις γης για καλλιέργεια υπάρχουν αρκετές αλλά πολύ λιγότερες σε σχέση με τα υπόλοιπα νησιά του συμπλέγματος.

Στην Λήμνο από την άλλη αντικρίζουμε ένα πολύ διαφορετικό φυσικό τοπίο με μεγάλες εκτάσεις βοσκοτόπων και καλλιεργήσιμης γης κυρίως στα κεντρικά και τα βόρεια. Αντιθέτως, η βλάστηση είναι πολύ περιορισμένη. Επίσης, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα νησιά αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν αρκετές αστικές/βιομηχανικές περιοχές στα κεντρικά και δυτικά του νησιού. (www.samia-pblogs.gr)

2.4.3. Μετεωρολογικά και Κλιματολογικά Στοιχεία

2.4.3.1. Γενικά

Από κλιματολογική άποψη το σύμπλεγμα των νησιών του ΒΑ Αιγαίου έχει ήπιο, μεσογειακό κλίμα, με πολύ μεγάλη ηλιοφάνεια καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Χαρακτηρίζεται από ήπιους χειμώνες και δροσερά καλοκαίρια.

Πιο συγκεκριμένα το κλίμα των νησιών αυτών, σύμφωνα με την κατάταξη του Koppen⁶, ανήκει στον τύπο Csa (Υγρό μεσόθερμο μεσογειακό), είναι δηλαδή εύκρατο μεσογειακό, με ζεστό καλοκαίρι .

2.4.3.2. Θερμοκρασία και Βροχοπτώσεις

Το καλοκαίρι παρατηρούνται σχετικά υψηλές θερμοκρασίες, οι οποίες διαρκούν για μικρό χρονικό διάστημα (Ιούλιος - Αύγουστος). Ωστόσο, η θαλάσσια αύρα προκαλεί σημαντική πτώση της θερμοκρασίας στις παράκτιες περιοχές, ενώ τα μετέμια προκαλούν πτώση σε ολόκληρη την περιοχή. Οι χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα διαρκούν για λίγο (Δεκέμβριος - Μάρτιος) ενώ την υπόλοιπη περίοδο οι θερμοκρασίες είναι ήπιες.

Η θέση των νησιών και κυρίως τα ψηλά βουνά τους, ιδιαίτερα στην Σάμο, συντελούν ώστε να είναι πρώτα σε βροχοπτώσεις απ' όλα τα νησιά του Αιγαίου και από πολλές άλλες περιοχές του Ελλαδικού χώρου. Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στο ετήσιο ύψος βροχής και στην ετήσια κατανομή του, καθώς επίσης και στις μηνιαίες και ετήσιες τιμές της θερμοκρασίας. Επίσης, αξίζει να αναφέρουμε ότι επηρεάζεται άμεσα και από τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στα παράλια της Μικράς Ασίας.

2.4.3.3. Άνεμοι

Οι άνεμοι εμφανίζονται ιδιαίτερα περί τα τέλη Μαΐου μέχρι περίπου τα τέλη Οκτωβρίου, είναι βορειοδυτικών διευθύνσεων και ονομάζονται ετησίες ή μελτέμια. Τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο έχουν τις μεγαλύτερες εντάσεις και μέση χρονική διάρκεια από δύο μέχρι τέσσερις ημέρες, χωρίς να παρουσιάζουν κάθε χρόνο την ίδια συχνότητα. Χαρακτηριστικό τους είναι η αυξομείωση της έντασης. Εξασθενούν γρήγορα μετά το ηλιοβασίλεμα και επανέρχονται την αυγή. (www.aegeanislands.gr)

2.5. Βόρειες Σποράδες

2.5.1. Γενικά

Οι Σποράδες είναι σύμπλεγμα νησιών του Αιγαίου πελάγους τα οποία βρίσκονται στην περιοχή βορείως της Εύβοιας και ανατολικά της Μαγνησίας.

Τα νησιά των Βορείων Σποράδων είναι ένα σύνολο νησιών η πλειοψηφία των οποίων ανήκει στην Περιφέρεια Θεσσαλίας και ειδικότερα στην Περιφερειακή Ενότητα Μαγνησίας, με εξαίρεση τη Σκύρο που ανήκει διοικητικά στην Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας ειδικότερα στην Περιφερειακή Ενότητα Ευβοίας.

Στην παρούσα εργασία τα νησιά του συμπλέγματος που μελετήσαμε είναι η Σκύρος, η Σκόπελος, η Αλόνησος και η Σκιάθος.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα στοιχεία έκτασης και πληθυσμού των συγκεκριμένων νήσων.

Πίνακας 4: Στοιχεία έκτασης και πληθυσμού του συμπλέγματος των Βορείων Σποράδων

	Έκταση (km ²)	Πληθυσμός (2011)
Σκύρος	206,926	2.888
Σκόπελος	95,131	5.041
Αλόνησος	64,118	2.766
Σκιάθος	47,325	6.619

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των νησιών είναι οι υπέροχες παραλίες με την πολύ πλούσια βλάστηση που συχνά φτάνει μέχρι τις ακτές, σε αντίθεση με τα περισσότερα άλλα νησιά του Αιγαίου. (www.wikipedia.gr)

2.5.2. Γεωλογία

Αρχικά, στην νήσο Σκύρο που ανήκει στην Πελαγονική ζώνη από γεωτεκτονική άποψη κυριαρχούν τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα. Μέσα σε αυτά, παρατηρούνται μεγάλοι γρανιτικοί όγκοι. Άλλοι σχηματισμοί που εμφανίζονται είναι μάρμαρα, λατύπες χαλαζία, μαρμαρυγιακός σχιστόλιθος με γρανάτες καθώς επίσης και τεμάχη ψαμμιτών και ιλυολίθων.

Η Σκόπελος από την άλλη αποτελείται από εναλλαγές μεταψαμμιτών, μαργουριακών-ασβεστιτικών σχιστολίθων, χαλαζιακών σχιστολίθων και χλωριτικών σχιστολίθων με εναλλαγές ανακρυσταλλομένων ασβεστολίθων. Η απουσία ανθρακικών πετρωμάτων μπορεί να οφείλεται στην έντονη και μακράς διάρκειας διάβρωση.

Στην Σκιάθο τα πετρώματα που συναντώνται είναι επίσης γνευσίοι και μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι, ημιμεταμορφωμένοι σχιστόλιθοι νεοπαλαιο-ζωικής ηλικίας, φλύσχης, ο ολοκαινικά αποθέματα και ασβεστολιθικά και δολομιτικά πετρώματα.

Το βόρειο τμήμα της Αλοννήσου, σε έκταση γύρω στο 50% του συνόλου του νησιού, κυριαρχείται από ασβεστόλιθους του Ανώτερου Ιουρασικού (κυρίως σπαρουδίτες), ενώ τοπικά εμφανίζεται το Κατώτερο Κρητιδικό. Στο κεντρικό τμήμα του νησιού και σε έκταση 30% εμφανίζονται ασβεστόλιθοι του Ανώτερου Κρητιδικού και στο υπόλοιπο νότιο τμήμα εμφανίζονται αποθέσεις του Ανώτερου Μειοκαίνου (μάργες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, άργιλοι και γύψοι). (www.skiathorama.com)

2.5.3. Χρήσεις Γης – Φυσικό τοπίο

Στη Σκόπελο και στην Αλόννησο η βλάστηση αποτελείται κυρίως από δάση χαλεπίου πεύκης, μακκία *Quercus coccifera*, ένα μικρό δάσος από *Quercus ilex*, μακκία *Oleo-Ceratonion* με οπωροφόρα δένδρα και ελαιώνες. Στην Αλόννησο κυριαρχεί πυκνή μακκία με *Quercus coccifera*, *Q. ilex*, *Arbutus unedo*, *Juniperus phoenicea*, δάση χαλεπίου πεύκης και φρύγανα (*Sarcopoterium spinosum*). Παλαιότερα επικρατούσαν δάση βελανιδιάς τα οποία σταδιακά αντικαταστάθηκαν από πευκοδάση. (www.skiathosisland.com)

2.5.4. Μετεωρολογικά και Κλιματολογικά Στοιχεία

2.5.4.1. Γενικά

Κατά κύριο λόγο στις Σποράδες βρέχει πολύ συχνά. Ακόμη και το καλοκαίρι παρατηρούνται σύντομες μπόρες. Γενικά το κλίμα όπως και στα υπόλοιπα νησιά του Αιγαίου χαρακτηρίζεται ως ήπιο, μεσογειακό. Το καλοκαίρι είναι ζεστό ωστόσο λόγω της πλούσιας βλάστησης που έχουν τα περισσότερα νησιά του συμπλέγματος είναι ανεκτό. Όταν επικρατούν νότιοι άνεμοι η υγρασία είναι αρκετά αυξημένη. Τον Αύγουστο παρατηρούνται μελτέμια ενώ τον χειμώνα πολλές φορές και χιόνια.

2.5.4.2. Θερμοκρασία και Βροχοπτώσεις

Για τη μελέτη του κλίματος χρησιμοποιήθηκαν μετεωρολογικά δεδομένα που προέρχονται από την Ε.Μ.Υ. και περιλαμβάνουν μετρήσεις του

Μετεωρολογικού Σταθμού (Μ.Σ.) Σκοπέλου για τα έτη 1932-1934, 1936-1938, 1956-1975 και μετρήσεις από τον Μετεωρολογικό Σταθμό της Σκύρου.

Η ετήσια πορεία της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας παρουσιάζει απλή διακύμανση, η μέγιστη τιμή της παρατηρείται το μήνα Ιούλιο ($T_{max}= 28,7\text{ }^{\circ}\text{C}$). Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 794,9 mm και η ετήσια πορεία της βροχής παρουσιάζει μέγιστη τιμή το μήνα Ιανουάριο (132,7 mm) και ελάχιστη το μήνα Αύγουστο (15,9 mm).

Το μέγιστο της σχετικής υγρασίας παρατηρείται κατά την περίοδο του Νοεμβρίου μέχρι και τον Ιανουάριο (μεγ. κατά τον Νοέμβριο: 79,1%). Η ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας παρατηρείται κατά τους μήνες Ιούνιο έως Αύγουστο (ελαχ. κατά τον Ιούλιο: 63,1%). Ο μήνας με τις μεγαλύτερες χιονοπτώσεις είναι ο Ιανουάριος. Ο παγετός που ως γνωστόν έχει τεράστια σημασία για τη ζωή των φυτών παρουσιάζεται από τον Δεκέμβριο έως και τον Φεβρουάριο με τον Ιανουάριο να εμφανίζει το μέγιστο των ημερών παγετού.

2.5.4.3. Άνεμοι

Η μέση ετήσια δύναμη του ανέμου στις Σποράδες φτάνει τα 2.1 Beaufort ενώ η μέγιστη τιμή που καταγράφεται σε ένα έτος μπορεί να φτάσει έως και τα 7 Beaufort. [Καθαράκης Δ. (2006)]

2.6. Νησιά του Αργοσαρωνικού

2.6.1. Γενικά

Τα νησιά του Αργοσαρωνικού είναι ένα σύνολο νησιών η πλειοψηφία των οποίων αποτελεί την Περιφερειακή Ενότητα Νήσων και βρίσκονται στον Σαρωνικό και Αργολικό κόλπο. Τα νησιά του Αργοσαρωνικού υπάγονται διοικητικά στη Νομαρχία Πειραιώς.

Στην παρούσα μελέτη τα νησιά που εξετάσαμε είναι η Αίγινα, η Ύδρα και οι Σπέτσες.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα στοιχεία έκτασης και πληθυσμού των συγκεκριμένων νήσων. (www.wikipedia.gr)

Πίνακας 5: Στοιχεία έκτασης και πληθυσμού του συμπλέγματος των νησιών του Αργοσαρωνικού

	Έκταση (km ²)	Πληθυσμός (2011)
Αίγινα	82,639	12.930
Ύδρα	49,592	1.951
Σπέτσες	22,239	3.934

2.6.2. Γεωλογία

Στην Αίγινα αν και η έκταση του νησιού είναι σχετικώς μικρή, εντούτοις παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία πετρωμάτων και πολύπλοκη γεωλογική δομή. Η σημερινή μορφολογία της Αίγινας, είναι δημιούργημα των ηφαιστειακών δράσεων. Στη βόρεια ακτή εμφανίζονται πετρώματα με μορφή ασβεστολιθικών και ψαμμιτικών σχιστόλιθων. Στρώματα από σκληρούς κυανότεφρους και λευκοκίτρινους ασβεστόλιθους με ενστρώσεις κερατολίθων κάνουν την εμφάνισή τους επίσης. Συναντώνται τέλος, μάργες της κατώτερης νεογενούς σειράς και μάργες και τόφφοι αναμεμειγμένοι με μαργαϊκό υλικό. [Καψάλης Α. (2006)]

Στην Ύδρα κυρίαρχο πέτρωμα είναι ο ασβεστόλιθος. Στον Βλυχό υπάρχει αργιλικό χώμα. Παρόμοια πετρώματα με την Αίγινα και την Ύδρα παρατηρούνται και στις Σπέτσες. (www.filotis.itia.ntua.gr)

2.6.3. Χρήσεις Γης – Φυσικό Τοπίο

Αρχικά, σχετικά με την Αίγινα, το ανάγλυφο του νησιού χαρακτηρίζεται από σημαντικές εναλλαγές στο τοπίο που εν μέρει οφείλονται στην ηφαιστειακή του προέλευση. Μορφολογικά η Αίγινα χωρίζεται σε τρεις ενότητες: το κεντρικό και

νότιο τμήμα που είναι κυρίως ορεινό, με έντονες κλίσεις εδάφους και ηφαιστειογενή πετρώματα, το βορειοανατολικό τμήμα όπου συγκεντρώνονται οι βασικότερες δασικές εκτάσεις και τέλος το βορειοδυτικό τμήμα του νησιού που είναι κυρίως πεδινό και στο οποίο έχει αφήσει σε μεγάλο βαθμό το αποτύπωμά της η εξάπλωση του παραθερισμού. Εδώ συγκεντρώνονται οι περισσότερες καλλιεργήσιμες εκτάσεις (φιστικιές, ελαιόδενδρα, αμπέλια κλπ) οι οποίες σταδιακά μειώνονται και μετατρέπονται σε οικόπεδα, ενώ σημαντική είναι και η οικοδόμηση σε περιοχές εκτός σχεδίου. (www.citybranding.gr)

Η Ύδρα από την άλλη είναι ένα βραχώδες και άνυδρο νησί. Στο ανατολικό τμήμα του υπάρχουν μικρά δάση και πεύκα. Στο δυτικό του τμήμα καλύπτεται κατά κύριο λόγο από τους παραδοσιακούς οικισμούς του ενώ στο υπόλοιπο τμήμα του καλύπτεται από καλλιεργήσιμες εκτάσεις γης και βοσκοτόπια. (www.hydra.gr)

Στις Σπέτσες έχουμε αρκετούς πευκόφυτους λόφους οι οποίοι εναλλάσσονται με καλλιεργούμενες εκτάσεις γης. Κύρια προϊόντα που παράγονται είναι ελιές, λάδι, δημητριακά, σταφύλια, αμύγδαλα και σύκα. Υπάρχουν λίγες μικρές κτηνοτροφικές μονάδες, που παράγουν κτηνοτροφικά προϊόντα. Στη Β.Α. πλευρά του νησιού βρίσκονται οι περισσότεροι οικισμοί σε κεκλιμένο έδαφος κατά μήκος της παραλία χωρίς να παρουσιάζεται αυστηρή πολεοδομική οργάνωση. (www.spetses.com.gr)

2.6.4. Μετεωρολογικά και Κλιματολογικά Στοιχεία

2.6.4.1. Γενικά

Το κλίμα στο σύμπλεγμα των νησιών του Αργοσαρωνικού είναι μεσογειακό και ξηρό, εύκρατο, ήπιο με περιορισμένες βροχοπτώσεις. Τα καλοκαίρια είναι δροσερά και παρατεταμένα ενώ ο χειμώνας χαρακτηρίζεται ήπιος.

2.6.4.2. Θερμοκρασίες και Βροχοπτώσεις

Οι θερμοκρασίες την Άνοιξη και το Φθινόπωρο κυμαίνονται μεταξύ 15 και 25 βαθμών Κελσίου. Το Καλοκαίρι οι θερμοκρασίες κυμαίνονται ανάμεσα στους

25 και τους 38 βαθμούς Κελσίου φθάνοντας ακόμα και πάνω από τους 40 κατά τη διάρκεια του Ιουλίου και του Αυγούστου. Τέλος οι Χειμώνες είναι κρύοι, βροχεροί, αλλά οι θερμοκρασίες σπανίως πέφτουν κάτω από το μηδέν.

2.6.4.3. Άνεμοι

Οι άνεμοι που επικρατούν είναι κυρίως οι βόρειοι που απομακρύνουν την αχλή της θάλασσας και δημιουργούν ένα καθαρό ορίζοντα. (www.meteo-news.gr)

2.7. Επτάνησα

2.7.1. Γενικά

Τα Επτάνησα αποτελούν ένα σύμπλεγμα επτά κυρίων νησιών και αρκετών μικρότερων που βρίσκεται στο Ιόνιο Πέλαγος. Βρίσκονται κατά μήκος και κοντά στη δυτική ακτή της ηπειρωτικής Ελλάδας και πιο συγκεκριμένα της Ηπείρου, Στερεάς Ελλάδας και Πελοποννήσου.

Τα Επτάνησα ανήκουν διοικητικά στην περιφέρεια των Ιόνιων νησιών, πλην των Κυθήρων, που ανήκουν διοικητικά στην Περιφέρεια Αττικής. Η περιφέρεια των Ιόνιων νησιών περιλαμβάνει τους νομούς Ζακύνθου, Κέρκυρας, Κεφαλληνίας και Λευκάδας.

Τα νησιά του συμπλέγματος που μελετήσαμε στην παρούσα εργασία είναι η Ζάκυνθος, η Ιθάκη, η Λευκάδα, οι Παξοί και η Κέρκυρα.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα στοιχεία έκτασης και πληθυσμού των συγκεκριμένων νήσων. (www.wikipedia.gr)

Πίνακας 6: Στοιχεία έκτασης και πληθυσμού του συμπλέγματος των Επτανήσων

	Έκταση (km ²)	Πληθυσμός (2011)
Κέρκυρα	592,082	100.853
Ζάκυνθος	404,611	40.758
Λευκάδα	302,511	22.076
Ιθάκη	96,262	3.231

Παξοί	25,322	2.280
-------	--------	-------

2.7.2. Γεωλογία

Τα Ιόνια νησιά δηλαδή το σύμπλεγμα των Επτανήσων ανήκει στην Ιόνια ζώνη η οποία περιλαμβάνει στη βάση Τριαδικούς εβαπορίτες και στη συνέχεια κυρίως ασβεστολιθικά και δευτερευόντως πυριτικά πετρώματα που φτάνου μέχρι το Ηώκαινο, ενώ ακολουθεί φλύσχης Ολιγοκαινικής ηλικίας.

Η Ιόνια ζώνη στη Ζάκυνθο εμφανίζεται στη χερσόνησο του όρους Σκοπός και αντιπροσωπεύεται κυρίως από Τριαδικά λατυποπαγή εβαποριτικής διάλυσης – κατάρρευσης. [Κουκουναύ Α. (2004)]

Στη γεωλογική δομή της νήσου Ιθάκης, λαμβάνουν μέρος αλπικοί σχηματισμοί καθώς και νεώτεροι πλειοτεταρτογενείς (μεταλπικοί σχηματισμοί), οι οποίοι επικάθονται ασύμφωνα στους πρώτους. Οι αλπικοί σχηματισμοί ανήκουν στις δύο πιο εξωτερικές ενότητες της πλατφόρμας των εξωτερικών ελληνίδων, δηλαδή στην ενότητα των Παξών, καθεστώς το οποίο αποτυπώνεται στο ΒΒΔ τμήμα της νήσου. Η εν λόγω ενότητα είναι σχετικά αυτόχθονη. Ωστόσο, η κύρια γεωλογική δομή της νήσου Ιθάκης, αποτελείται από τους σχηματισμούς της Ιόνιας ζώνης.

Στη γεωλογική δομή της Λευκάδας συμμετέχουν αλπικοί, μολασσικοί και μεταλπικοί σχηματισμοί. Οι αλπικοί σχηματισμοί περιλαμβάνουν ανθρακικά και κλαστικά ιζήματα που ανήκουν στις δύο εξωτερικές γεωτεκτονικές ενότητες του τόξου των Ελληνίδων, δηλαδή την ενότητα Παξών και την Ιόνια ζώνη. Οι μολασσικοί σχηματισμοί περιλαμβάνουν κλαστικά κυρίως θαλάσσια ιζήματα (μάργες, βιοκλαστικούς υφαλογενείς ασβεστόλιθους, λατυποπαγή – κροκαλοπαγή, ψαμμίτες). [Ε.Λ.Λέκκας, Γ.Δ. Δαναμός, Σ.Γ. Λόζιος (2001)]

Οι Παξοί ανήκουν στην ζώνη των Παξών ή Προαπούλια. Τα κύρια γνωρίσματα της ζώνης αυτής είναι η συνεχής νηριτική ιζηματογένεση και η απουσία του φλύσχης. Η θαλάσσια ιζηματογένεση συνεχίστηκε στη ζώνη των Παξών και στο

νεογενές με νηριτικούς, ημιπελαγικούς ασβεστόλιθους, αλλά διακόπηκε μεταξύ Μειοκαίνου – Πλειοκαίνου λόγω της δημιουργίας του Ελληνικού τόξου.

Η νήσος Κέρκυρα αποτελεί το πλέον εξωτερικό μέρος των γεωτεκτονικών ζωνών των Ελληνίδων και έχει ως γεωλογικό υπόβαθρο τους σχηματισμούς της Ιονίου ζώνης. Στη γεωλογική δομή της περιοχής έρευνας συμμετέχουν επίσης σχηματισμοί μεταλπικής ηλικίας και τεταρτογενείς αποθέσεις. [Μουζακίτης Α. (2009)]

2.7.3. Χρήσεις Γης – Φυσικό Τοπίο

Τα Ιόνια νησιά χαρακτηρίζονται από πλούσια βλάστηση και σημαντικούς προστατευόμενους οικότοπους. Όμως, με την πάροδο των χρόνων, εμφανίστηκαν έντονες αλλαγές στις χρήσεις/ κάλυψη γης, υποβαθμίζοντας έντονα και απειλώντας την ακεραιότητα του φυσικού περιβάλλοντος τους. Οι αλλαγές αυτές οφείλονται κυρίως σε δύο κύριους παράγοντες α) σε ανθρωπογενείς παράγοντες και επεμβάσεις, π.χ. η ανάπτυξη του τουρισμού και των τουριστικών εγκαταστάσεων και β) σε φυσικές καταστροφές που πολλές φορές σχετίζονται με τον πρώτο παράγοντα (π.χ. επαναλαμβανόμενες δασικές πυρκαγιές). Ιδιαίτερα σχετικά με το τελευταίο, τα τελευταία χρόνια, οι συχνές και μεγάλες πυρκαγιές που πλήττουν τα νησιά -κυρίως τη Ζάκυνθο και Κεφαλονιά- έχουν ως αποτέλεσμα την καταστροφή ενός μεγάλου μέρους του φυσικού του τοπίου τους, με έντονες επιπτώσεις στον κοινωνικό-οικονομικό ιστό των νησιών (π.χ. πλημμυρικά φαινόμενα και διάβρωση εδαφών). [Χάρου Ε., Ποϊραζίδης Κ., Πετρίδης Σ., Μαρτίνης Α., Καλύβας Δ., Καρρής Γ., Μήτσαινας Γ. (2012)]

Η Ζάκυνθος στο δυτικό, βόρειο και νοτιοανατολικό τμήμα της είναι ορεινή ενώ οι πεδινές της εκτάσεις εντοπίζονται κυρίως στο κεντροανατολικό τμήμα του νησιού. Λόγω των πυρκαγιών που έχουν σημειωθεί τα τελευταία χρόνια εσωτερικές μεταβολές παρατηρούνται ανάμεσα στις κατηγορίες και κυρίως στις δασικές εκτάσεις, με μια μεγάλη μείωση των μεταβατικών εκτάσεων (δασικές

εκτάσεις ανάμεσα σε σκληροφυλλική βλάστηση και φρυγανότοποι) και σταθερή αύξηση των φρυγανικών τοπίων με σχεδόν διπλάσια έκταση το 2011 σε σχέση με το 1984. Η υποβάθμιση της βλάστησης διαχρονικά στη Ζάκυνθο, είναι εμφανής από το 1984 έως το 2001 με μια μικρή ανάκαμψη το 2011, αν και η ανάκαμψη αυτή διακόπηκε εξαιτίας της μεγάλης φωτιάς που σημειώθηκε τον Αύγουστο του 2011. [Κουκουνιά Α. (2004)]

Η Ιθάκη σύμφωνα με τον χάρτη χρήσεων γης (corine 2000) αποτελείται κατά το κύριο μέρος του από μια δασώδη κάλυψη (60km²) στη συνέχεια από εκτάσεις γεωργικών καλλιεργειών που ανέρχονται στα 20km², από βοσκοτόπους που αποτελούν το 1/6 της συνολικής επιφάνειας της νήσου και τέλος από παλαιές αποτεφρωμένες εκτάσεις της τάξεως των 4km².

Η Λευκάδα στο μεγαλύτερο μέρος της αποτελείται από δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις γης, δάση κωνοφόρων και πλατύφυλλων, μικτά δάση καθώς και από σκληροφυλλική βλάστηση. Στο νότιο τμήμα του νησιού κυριαρχούν ελαιώνες, οπωροφόρα δέντρα και λιβάδια. Στο κεντρικό τμήμα του νησιού παρατηρείται σχετικά αραιή βλάστηση. Στις ανατολικές ακτές του νησιού υπάρχει διακεκομμένη αστική δόμηση.

Στους Παξούς συναντάμε επίσης όπως και στα υπόλοιπα Επτάνησα αείφυλλες σκληρόφυλλες διαπλάσεις και πευκοδάση χαμηλών υψομέτρων. Σε χαμηλότερα υψόμετρα όπου δεν υπάρχουν καλλιεργήσιμες εκτάσεις γης συναντάμε φρύγανα, ενώ σε υψηλότερα σκληρόφυλλες διαπλάσεις οι οποίες ωστόσο έχουν υποβαθμιστεί από επαναλαμβανόμενες πυρκαγιές.

Η Κέρκυρα στο μεγαλύτερο μέρος της είναι καλυμμένη από ελαιόδεντρα ενώ σημαντική είναι επίσης η καλλιέργεια αμπελιών. Πολλά κυπαρίσσια, αρκετές φοινικίες, αμυγδαλιές και θάμνοι ποικίλουν το τοπίο.
(www.ionianlanduses.wordpress.com)

2.7.4. Μετεωρολογικά και Κλιματολογικά Στοιχεία

2.7.4.1. Γενικά

Το κλίμα των Ιονίων νησιών είναι μεσογειακό, με ήπιους χειμώνες και δροσερά καλοκαίρια. Η γλυκύτητα του κλίματος είναι τέτοια, ώστε από πολλούς θεωρείται ανώτερο από το περίφημο κλίμα της γαλλικής Ριβιέρας.

2.7.4.2. Θερμοκρασίες και Βροχοπτώσεις

Οι κλιματικές συνθήκες στα Επτάνησα διατηρούν, σε γενικές γραμμές, τα χαρακτηριστικά του Μεσογειακού κλίματος, με τους ήπιους και σχετικά υγρούς χειμώνες και τα θερμά και ξηρά καλοκαίρια. Σύμφωνα με την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, η χειμερινή εποχή είναι πιο ήπια στα Επτάνησα από ότι στην υπόλοιπη βόρεια και δυτική Ελλάδα. Οι θερμοκρασίες στα Επτάνησα παρουσιάζουν μικρές διακυμάνσεις από το ένα νησί στο άλλο, με τις υψηλότερες στη νότια πλευρά και τις χαμηλότερες στη βόρεια. Η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται από 8.7 οC τον Ιανουάριο μέχρι 26.5 οC τον Ιούλιο. Τα νησιά χαρακτηρίζονται από υψηλή μέση ετήσια βροχόπτωση, η οποία κυμαίνεται από 950 χιλιοστά στη Ζάκυνθο, έως περίπου 1100 χιλιοστά στην Κέρκυρα και στους Παξούς. Η Κέρκυρα γενικά είναι η περιοχή που δέχεται τις περισσότερες ημέρες βροχής στη χώρα. Οι περισσότερες βροχοπτώσεις σημειώνονται την περίοδο Οκτωβρίου-Φεβρουαρίου. Οι χιονοπτώσεις κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών είναι περιορισμένες.

2.7.4.3. Άνεμοι

Οι άνεμοι στα Επτάνησα χαρακτηρίζονται ως ήπιοι και υγροί χαρακτηριστικό του Μεσογειακού κλίματος. [Κουκουναύ Α. (2004)]

2.8. Κρήτη

2.8.1. Γενικά

Η Κρήτη είναι το μεγαλύτερο και πολυπληθέστερο νησί της Ελλάδας και το πέμπτο σε έκταση μεγαλύτερο της Μεσογείου, μετά τη Σικελία, τη Σαρδηνία, την Κύπρο και την Κορσική. Πρωτεύουσα και μεγαλύτερη πόλη της είναι το Ηράκλειο, το οποίο είναι έδρα της περιφέρειας Κρήτης που

συμπεριλαμβάνει γειτονικά νησιά και νησίδες. Με πληθυσμό 623.065 κατοίκων, περίπου 160 χιλιόμετρα νότια της ελληνικής ηπειρωτικής χώρας και εκτεινόμενη από τα δυτικά προς τα ανατολικά, βρέχεται βόρεια από το Κρητικό και νότια από το Λιβυκό πέλαγος. Έχει μήκος περίπου 260 χιλιόμετρα και ποικίλλει στο πλάτος από μέγιστο 60 χιλιομέτρων, από το ακρωτήριο Δίον έως το ακρωτήριο Λίθινο, σε ελάχιστο 12 χιλιομέτρων στον ισθμό της Ιεράπετρας στην ανατολική Κρήτη. Η ακτογραμμή της παρουσιάζει βαθύ γεωγραφικό διαμελισμό, ο οποίος παρουσιάζει στην Κρήτη πάνω από 1.000 χιλιόμετρα ακτών. (www.wikipedia.gr)

2.8.2. Γεωλογία

Η γεωλογία της Κρήτης χαρακτηρίζεται από μια 'λεπιοειδή' διάταξη των διαφορετικής ηλικίας φάσεων και σχηματισμών που συμμετέχουν στη δομή της νήσου.

Η Κρήτη αποτελείται από ένα αυτόχθονο έως παραυτόχθονο σύστημα πετρωμάτων που περιλαμβάνει: την ημιμεταμορφωμένη ενότητα των πλακωδών ασβεστολίθων και τους υποκείμενους ασβεστολίθους, δολομίτες, με παρεμβολές σχιστολίθων, ένα αλλόχθονο σύστημα επωθημένο πάνω στο αυτόχθονο και τα νεότερα ιζήματα του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς. (www.ypeka.gr)

2.8.3. Χρήσεις Γης – Φυσικό Τοπίο

Σύμφωνα με την παρούσα χαρτογράφηση, οι κύριες καλύψεις γης στο νησί της Κρήτης είναι η χαμηλή βλάστηση και οι γεωργικές εκτάσεις, οι οποίες το 2007 συγκεκριμένα καταλάμβαναν το 43% (περίπου 3,551,000 στρέμματα) και το 46% (περίπου 3,797,000 στρέμματα) της συνολικής έκτασης του νησιού αντίστοιχα. Οι δύο αυτές καλύψεις επικρατούσαν εξίσου και το 1987, παρότι στην εικοσαετία που μεσολάβησε οι μεν εκτάσεις βλάστησης μειώθηκαν κατά περίπου 8.4%, οι δε γεωργικές εκτάσεις αυξήθηκαν κατά ένα αντίστοιχο ποσοστό. Τα δάση καταλαμβάνουν μόλις λίγο περισσότερο από 135,000

στρέμματα, μέγεθος που αντιστοιχεί στο 1.6% της συνολικής έκτασης του νησιού, και το οποίο είναι κατά 12% μειωμένο σε σχέση με το 1987. Περίπου το 6% του νησιού καλύπτεται από θαμνότοπους και θαμνώνες αείφυλλων/πλατύφυλλων, ποσοστό που έχει μείνει σχετικά σταθερό την εικοσαετία 1987-2007. Αντίθετα οι λοιπές καλύψεις παρουσιάζουν την ίδια περίοδο αύξηση της τάξης του 10%. Μόλις 2,184 στρέμματα (0.03% του νησιού) καλύπτονταν το 2007 από υδάτινες επιφάνειες.

Η βλάστηση της Κρήτης αποτελείται κυρίως από μεσογειακά σκληρόφυλλα είδη και χαρακτηρίζεται από μικρό αριθμό ξυλωδών ειδών. Στα χαμηλά υψόμετρα εμφανίζεται θερμόφιλη βλάστηση που αποτελείται από χαρακτηριστικά φυτά της μεσογειακής λεκάνης (πουρνάρια, σχίνοι, κουμαριές, ελιές, χαρουπιές, ρείκια, άρκευθοι, πεύκα κ.ά.). Σε πολλές εκτάσεις της Κρήτης εμφανίζεται συχνά η μακρόκαρπη άρκευθος σχηματίζοντας τα χαρακτηριστικά κεδροδάση. Χαρακτηριστικά επίσης είναι τα μοναδικά δάση από αυτοφυή οριζοντιόκλαδα κυπαρίσσια που παρατηρούνται μόνο στην Κρήτη και στα Δωδεκάνησα. Τα δάση αυτά εξαπλώνονται από το επίπεδο της θάλασσας μέχρι το υψόμετρο των 1,750 μέτρων. (www.wwf.gr)

2.8.4. Μετεωρολογικά και Κλιματολογικά Στοιχεία

2.8.4.1. Γενικά

Το κλίμα της Κρήτης χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό, αν και η έντονη γεωμορφολογία του νησιού προκαλεί διαφοροποιήσεις στο κλίμα από βορρά προς νότο και από δύση προς ανατολή.

2.8.4.2. Θερμοκρασίες και Βροχοπτώσεις

Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη στα ανατολικά και στα νότια από ότι στα δυτικά και στα βόρεια του νησιού. Η καλοκαιρινή περίοδος καλύπτει τουλάχιστον 4 μήνες (Ιούνιος, Ιούλιος, Αύγουστος και Σεπτέμβριος), με θερμότερο μήνα τον Ιούλιο (μέση θερμοκρασία περίπου 25oC). Ο χειμώνας αρχίζει συνήθως κατά τα μέσα Δεκεμβρίου, με ψυχρότερο μήνα το

Φεβρουάριο, ο οποίος ελάχιστα διαφέρει θερμομετρικά από τον Ιανουάριο. Η μέση ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται στα 927 χιλιοστά και σε γενικές γραμμές υπάρχει σημαντική ανισοκατανομή του ετήσιου όγκου βροχόπτωσης τόσο γεωγραφικά (από ανατολικά προς δυτικά), όσο και φυσιογραφικά (πεδινές προς ορεινές περιοχές). Η μέση μηνιαία βροχόπτωση είναι μέγιστη το Δεκέμβριο ή τον Ιανουάριο και ελάχιστη τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Η ηλιοφάνεια είναι ιδιαίτερα υψηλή σε ολόκληρη την Κρήτη, με μέσο ετήσιο αριθμό ωρών ηλιοφάνειας περίπου 2,700 στη βόρεια Κρήτη και περίπου 3,000 στη νότια. Ο ετήσιος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας της Ιεράπετρας είναι ο μεγαλύτερος της Ελλάδας (3,068 ώρες).

2.8.4.3. Άνεμοι

Τα βουνά της Κρήτης σχηματίζουν ένα είδος «τείχους», συγκρατούν τους βόρειους ανέμους και παγιδεύουν τα σύννεφα που σαρώνουν το Αιγαίο. Τα μελτέμια κυριαρχούν τους καλοκαιρινούς μήνες και μετριάζουν τη θερμοκρασία, ενώ το χειμώνα οι νοτιάδες είναι εξίσου συχνοί με τους βοριάδες. (www.wwf.gr)

3. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GIS)

3.1. Γενικά για τα ΓΣΠ

Οι γεωγραφικές πληροφορίες περιγράφονται ως οι πληροφορίες που συνδέονται με μια συγκεκριμένη τοποθεσία πάνω, κάτω ή στην επιφάνεια της γης και αυτός ο σύνδεσμος μπορεί να είναι οι συντεταγμένες ενός χάρτη, μια περιοχή ή/και μια οδός. Όλοι χρησιμοποιούμε γεωγραφικές πληροφορίες γιατί χρειαζόμαστε να γνωρίζουμε που βρισκόμαστε, προς τα που κατευθυνόμαστε, σε τι απόσταση βρισκόμαστε και τι θα συναντήσουμε. Τέλος, οι γεωγραφικές πληροφορίες προσφέρουν γνώσεις οι οποίες είναι απαραίτητες για τη σωστή διαχείριση του περιβάλλοντος καθώς και για τον σχεδιασμό νέων στόχων (Μανιάτης, 1996).

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ) ή κατά την ξένη ορολογία Geographic Information System (GIS) είναι συστήματα βασιζόμενα σε υπολογιστικό εξοπλισμό το οποίο χαρτογραφεί και αναλύει «αντικείμενα» που υφίστανται στην επιφάνεια της γης (και όχι μόνο) καθώς και γεγονότα που συμβαίνουν σε δεδομένη χρονική πραγματικότητα στον γεωγραφικό χώρο (Kourgialas and Karatzas, 2015). Ένα μεγάλο μέρος χωρικών δεδομένων σε ηλεκτρονική μορφή είναι αποθηκευμένο από διάφορους οργανισμούς σε όλο τον κόσμο. Τα ΓΣΠ είναι σχεδιασμένα ώστε να διαχειρίζονται αυτές τις πληροφορίες για την επίλυση απλών θεμάτων ή για ακριβή ανάλυση σε πολύπλοκους συνδυασμούς. Αποτελούν λοιπόν ένα πολύτιμο εργαλείο τόσο για τη λήψη αποφάσεων όσο και για την έρευνα.

Αναλύοντας τα ακρώνυμα του όρου Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (ΓΣΠ) μπορούμε να έχουμε μία ολοκληρωμένη εικόνα για τα συστήματα αυτά, επομένως (Ασάρας, 2007):

- Γ (Γεωγραφικά) : Δηλώνει ενδιαφέρον για την χωρική ταυτότητα ή την τοποθεσία συγκεκριμένων αντικειμένων είτε κάτω, είτε πάνω στην επιφάνεια της γης.
- Σ (Συστήματα) : Δηλώνει την ανάγκη για καταρτισμένο επιστημονικό προσωπικό, μονάδες υπολογιστών και λογισμικά ώστε να γίνει συλλογή δεδομένων, επεξεργασία δεδομένων και παρουσίαση αυτών με σκοπό την λήψη αποφάσεων.
- Π (Πληροφοριών) : Δηλώνει την ανάγκη πληροφόρησης προκειμένου να παρθούν αποφάσεις. Τα δεδομένα ερμηνεύονται προκειμένου να δημιουργηθούν πληροφορίες χρήσιμες για τη λήψη αποφάσεων (Μανιάτης , 1996).

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών είναι ένα δυναμικό εργαλείο συλλογής, αποθήκευσης, διαχείρισης, ανάκτησης, μετασχηματισμού και

απεικόνισης χωρικών δεδομένων, σχετικών με φαινόμενα που απαντούν-εξελίσσονται στον πραγματικό κόσμο. Η λειτουργία των GIS στηρίζεται σε μια βάση δεδομένων η οποία αποτελείται από μια σειρά πληροφοριών (επιπέδων) για την ίδια γεωγραφική περιοχή. Τα επίπεδα αυτά περιέχουν μη επεξεργασμένα δεδομένα (τοπογραφικά, δορυφορικά κ.α.) ή θεματικές πληροφορίες (τύπος εδαφών, κλίση, είδος βλάστησης κ.α.). Όλα αυτά είναι προσανατολισμένα σε ένα κοινό γεωγραφικό σύστημα (Zerger, 2002; Κουργιαλάς, 2010).

Τα ΓΣΠ ενσωματώνουν τη χωρική πληροφορία είτε σε Διανυσματικά (vector) είτε σε Μωσαϊκού (raster ή grid) τύπου αρχεία.

Οι διαδικασίες που ακολουθούνται για την εκπόνηση μελετών με χρήση κάποιου ΓΣΠ είναι οι ακόλουθες (Τσουχαράκη και Αχιλλέως, 2010):

- Κωδικοποίηση και εισαγωγή της πληροφορίας στο ΓΣΠ
- Αποθήκευση και διαχείριση της πληροφορίας
- Ανάκτηση της πληροφορίας
- Ανάλυση και επεξεργασία της πληροφορίας
- Απεικόνιση της πληροφορίας

Τα διανυσματικά συστήματα αποθηκεύουν τη γεωγραφική πληροφορία σε αναλυτική μορφή συντεταγμένων, ενώ τα συστήματα μωσαϊκού αποθηκεύουν την πληροφορία σε μορφή πλέγματος ψηφίδων. Στα διανυσματικά αρχεία η καταγραφή και η επεξεργασία των χωρικών πληροφοριών γίνεται με τη χρήση της γεωμετρίας των διανυσμάτων που περιλαμβάνει σημεία, γραμμές και πολύγωνα. Τα μωσαϊκά τύπου αρχεία βασίζονται στην αρχή των στοιχειωδών επιφανειών (rasters, cells, pixels). Οι στοιχειώδεις επιφάνειες είναι συνήθως τετράγωνα ή παραλληλόγραμμα (Τσουχλαράκη και Αχιλλέως, 2010).

Συνοπτικά τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών , είναι ένα εργαλείο, ένα υπολογιστικό σύστημα συλλογής, αποθήκευσης διαχείρισης, ανάλυσης και παρουσίασης δεδομένων όπου έχουν την ίδια γεωαναφορά. Το τελικό αποτέλεσμα των ΓΠΣ είναι οι θεματικοί χάρτες (Πίνακας 1). Τα ΓΠΣ αποτελούν σημαντικό εργαλείο για τη διαχείριση φυσικών πόρων, για επιστημονικές έρευνες, για τον αναπτυξιακό σχεδιασμό καθώς και για άλλες εφαρμογές .

Πίνακας 7: Απόδοση διαδικασίας σχεδιασμού και λήψης αποφάσεων με τη βοήθεια ΓΣΠ
(Μανιάτης, 1996).

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	
ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ	Ψηφιοποίηση Χαρτών Κωδικοποίηση Χωρικών Δεδομένων
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ	Δημιουργία Βάσης Δεδομένων
ΑΝΑΛΥΣΗ	Χωρική Ανάλυση
ΑΠΟΔΟΣΗ	Θεματικοί Χάρτες

3.2. Συστατικά ενός ΓΣΠ

Τα συστατικά για να λειτουργήσουν σωστά τα ΓΣΠ είναι το ανθρώπινο δυναμικό, τα δεδομένα, το υπολογιστικό σύστημα, τα περιφερειακά του και το λογισμικό.



Εικόνα 1: Σχηματική απόδοση των συστατικών των ΓΣΠ (Μανιάτης, 1996).

ΑΝΘΡΩΠΟΙ : Το προσωπικό που χειρίζεται αυτά τα συστήματα (ΓΣΠ) πρέπει να είναι άρτια εκπαιδευμένο. Μια σειρά ανθρώπων που ασχολούνται με τη διαχείριση αυτών των συστημάτων είναι:

- ✓ Οι τεχνικοί
- ✓ Οι επιστήμονες
- ✓ Οι σύμβουλοι
- ✓ Οι χαρτογράφοι
- ✓ Οι αναλυτές
- ✓ Οι υπεύθυνοι Βάσεων Δεδομένων

ΔΕΔΟΜΕΝΑ: Τα δεδομένα που εισάγονται στα ΓΣΠ χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- ✓ Χωρικά Δεδομένα
- ✓ Μη χωρικά Δεδομένα

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΙ ΤΑ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΤΟΥ :

- ✓ Έναν προσωπικό υπολογιστή ή έναν σταθμό εργασίας
- ✓ Ένα σύστημα απεικόνισης, το οποίο υποστηρίζει έγχρωμες και υψηλής ανάλυσης απεικονίσεις
- ✓ Ένα σύστημα αποθήκευσης μεγάλης χωρητικότητας 27
- ✓ Ένα σύστημα εισαγωγής δεδομένων
- ✓ Ψηφιοποιητές Σαρωτές
- ✓ Ένα σύστημα παρουσίασης των αποτελεσμάτων σε έντυπη μορφή
- ✓ Εκτυπωτές
- ✓ Αυτόματους σχεδιαστές

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ: Το λογισμικό των ΓΣΠ κρίνει απαραίτητο λογισμικό δημιουργίας Βάσης Δεδομένων, δυνατότητας ψηφιοποίησης, επεξεργασίας, ανάλυσης δεδομένων, αποθήκευσης και εξαγωγής δεδομένων. (Μανιάτης, 1996)

3.3. Βασικές αρχές των Γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών

Αρχή της αλληλεπίθεσης των επιπέδων

Η λειτουργία των ΓΣΠ βασίζεται σε μία βάση δεδομένων όπου αποτελείται από πληροφοριακά επίπεδα που αφορούν την ίδια περιοχή. Κάθε επίπεδο αποτελείται ή από τοπογραφικά, δορυφορικά δεδομένα ή από περιγραφικές πληροφορίες (π.χ είδος βλάστησης, είδος πετρωμάτων κ.τλ.). Όλα τα παραπάνω επίπεδα είναι αυστηρά προσανατολισμένα με σκοπό να καθίσταται δυνατός ο συνδυασμός μεταξύ τους ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη. Ο συνδυασμός των δεδομένων αποτελεί τον σημαντικότερο σκοπό αυτών των συστημάτων. Τα βασικά επίπεδα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε υπό-επίπεδα όπως για παράδειγμα τύποι δρόμων, εθνικοί, επαρχιακοί, κ.τ.λ. Η

σωστή κατηγοριοποίηση των επιπέδων κάνει πιο εύχρηστη την διαχείριση τους και ο χρήστης ελέγχει πιο εύκολα τα αντικείμενα που θέλει να επεξεργαστεί. Έτσι λοιπόν τα ονόματα που δίνονται στα επίπεδα πρέπει να είναι εύκολα και να περιγράφουν αυτά που περιέχει το επίπεδο ώστε ο χρήστης να τα αντιλαμβάνεται άμεσα (Μανιάτης, 1996).

Χαρτογραφικά Δεδομένα

Ένας χάρτης αναπαριστά γεωγραφικά χαρακτηριστικά ή άλλα χωρικά φαινόμενα συνδυάζοντας τα χωρικά δεδομένα με τις ιδιότητες των χαρακτηριστικών. Πιθανές πηγές προέλευσης των δεδομένων αποτελούν οι αισθητήρες οργάνων, οι ήδη υπάρχοντες αναλογικοί χάρτες και οι επί τόπου μετρήσεις. Τα χωρικά δεδομένα περιγράφουν τη θέση των αντικειμένων πάνω στη γη και την μεταξύ των αντικειμένων χωρική σχέση (π.χ την μικρότερη ταχύτητα ή την εγγύτητα). Οι μη χωρικές πληροφορίες περιγράφουν τις ιδιότητες των αντικειμένων όπως το όνομα τους, το είδος τους ή ποσοτικές πληροφορίες όπως το μήκος ή την περίμετρο τους (Μανιάτης, 1996).

Ανάλογα με το περιεχόμενο των δεδομένων που εισάγονται στα ΓΣΠ διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

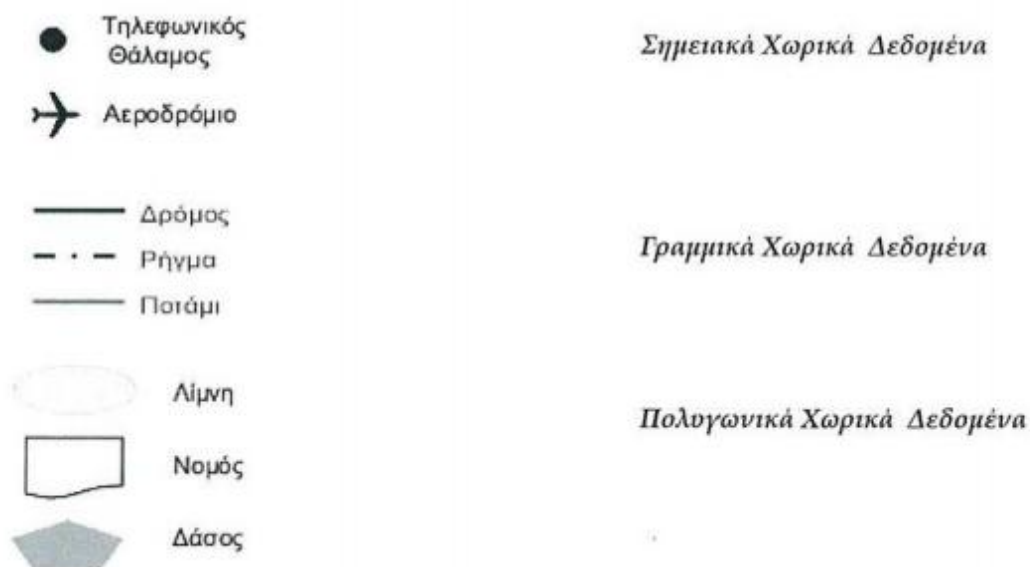
Χωρικά Δεδομένα

Τα χωρικά δεδομένα διατίθενται όλο και περισσότερο σε ψηφιακή μορφή. Τα δεδομένα είναι διαθέσιμα από κυβερνητικές υπηρεσίες και άλλες πηγές (π.χ Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (ΓΥΣ), Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ)), καθώς επίσης και από δορυφορικές εικόνες που προέρχονται από δορυφόρους όπως SPOT και Landsat. Τα δεδομένα αυτά αναπαρίστανται από σημεία όταν πρόκειται για παράδειγμα για γεωτρήσεις, δέντρα, ταχυδρομεία, κ.τ.λ., από γραμμές όταν πρόκειται για

χαρακτηριστικά όπως ποτάμια, δρόμοι, κ.τ.λ. καθώς επίσης και από κλειστά πολύγωνα όπως χρήσεις γης, γεωλογικοί σχηματισμοί, κ.τ.λ. (Εικόνα 2).

Συγκεκριμένα:

- Σημειακά Χαρακτηριστικά (point features): Το σημειακό χαρακτηριστικό αντιπροσωπεύει μια μόνο χωρική τοποθεσία.
- Γραμμικά Χαρακτηριστικά (line features): Ένα γραμμικό χαρακτηριστικό αποτελείται από μια ομάδα ενωμένων συντεταγμένων και αντιπροσωπεύει ένα γραμμικό σχήμα ενός χαρακτηριστικού.
- Πολυγωνικά Χαρακτηριστικά (polygon features): Ένα πολυγωνικό χαρακτηριστικό αποτελείται από μία κλειστή ομοιογενή περιοχή (Μανιάτης, 1996).



Εικόνα 2: Παραδείγματα από τις τρεις κατηγορίες Χωρικών Δεδομένων (Μανιάτης, 1996).

Τα χωρικά δεδομένα μετατρέπονται σε ψηφιακή μορφή και μπορούν να έχουν δύο μορφές, αυτές είναι:

- Μορφή Διανύσματος ή Πολυγώνου (vector): Η δομή αυτή έχει ως βασική μονάδα το διάνυσμα και είναι κατάλληλη για την περίπτωση που

τα χωρικά δεδομένα μπορούν να οριστούν με τη χρήση γραμμών και όταν απαιτείται ο εντοπισμός των αντικειμένων στο χώρο (Εικόνα 3). Το πλεονέκτημα αυτής της μορφής είναι ότι απαιτείται λιγότερος χώρος στον υπολογιστή και μπορούμε με ευκολία μεμονωμένα να ανακτήσουμε, να επεξεργαστούμε και να εντοπίσουμε τα δεδομένα.

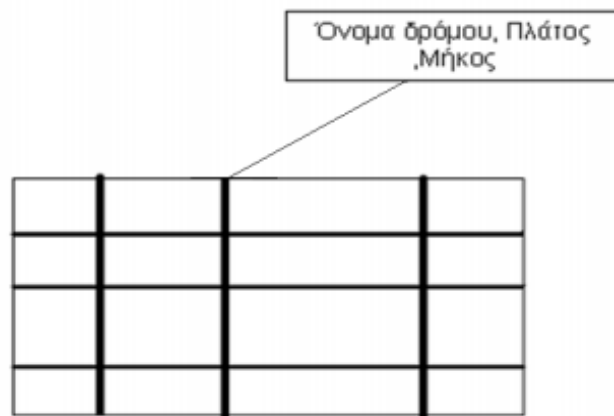
- Μορφή Κανάβου (raster): Στη δομή αυτή η περιοχή υποδιαιρείται σε όμοια τετράγωνα (Εικόνα 3). Ο εντοπισμός του σημείου ορίζεται από μία στήλη και μία γραμμή του κανάβου (Τσουχλαράκη και Αχιλλέως, 2010).



Εικόνα 3: Παρουσίαση δεδομένων αριστερά με μορφή διανύσματος και δεξιά με μορφή κανάβου (Μανιάτης, 1996).

Μη χωρικά (ή περιγραφικά) Δεδομένα

Τα μη χωρικά δεδομένα περιγράφουν τις ιδιότητες των αντικειμένων. Για παράδειγμα ένα μη χωρικό δεδομένο που σχετίζεται με ένα δρόμο μπορεί να είναι το όνομα του, το πλάτος του, το μήκος του, κ.τ.λ. (Εικόνα 4). Τα μη χωρικά δεδομένα αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων ξέχωρα από το γραφικό τμήμα του χάρτη. Τα λογισμικά πακέτα του GIS διατηρούν εσωτερικούς δεσμούς κάθε γραφικής οντότητας του χάρτη με τη γραφική πληροφορία. Η φύση των δεσμών ποικίλει ανάλογα με το λογισμικό πακέτο (Μανιάτης, 1996).



Εικόνα 4: Παράδειγμα μη χωρικών δεδομένων για γραμμικά δεδομένα (Μανιάτης, 1996).

3.4. Πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα των ΓΣΠ

Πλεονεκτήματα

- ❖ Τα δεδομένα καταλαμβάνουν μικρό χώρο αφού διατηρούνται σε ψηφιακή μορφή.
- ❖ Είναι ικανά να διαχειρίζονται μεγάλες ποσότητες χωρικών πληροφοριών.
- ❖ Είναι ικανά να διαχωρίζουν τις πληροφορίες σε επίπεδα και να τις συνδυάζουν με άλλα επίπεδα πληροφοριών.
- ❖ Αναπτύχθηκαν μετά το συνδυασμό πολλών και διαφορετικών τεχνικών όπου το τελικό προϊόν είναι θεματικοί χάρτες.
- ❖ Παρέχουν νέους τρόπους ανάλυσης και μοντελοποίησης δεδομένων.
- ❖ Έχουν τη δυνατότητα εύκολης ενημέρωσης της βάσης δεδομένων η οποία επιτρέπει τον αποτελεσματικό εντοπισμό και την ανάλυση των μεταβολών που έλαβαν χώρα μεταξύ δύο ή περισσότερων χρονικών μεταβολών.
- ❖ Η ανάγκη χειρωνακτικών μεθόδων μειώνεται.

- ❖ Η ανάλυση τις περισσότερες φορές έχει μικρό κόστος σε σχέση με άλλες προγενέστερες μεθόδους.
- ❖ Ζώντας στην εποχή της πληροφόρησης προσφέρουν ικανοποιητική επαγγελματική αποκατάσταση.
- ❖ Μέσα σε μόνο μία απλή βάση δεδομένων χαρτογραφούν, μοντελοποιούν, αναζητούν και αναλύουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων.
- ❖ Στηρίζουν τις κλασικές μεθόδους γεωγραφικής ανάλυσης.

Μειονεκτήματα

- ❖ Το κόστος απόκτησης τέτοιων συστημάτων είναι υψηλό.
- ❖ Η σωστή χρήση του συστήματος απαιτεί άρτια κατάρτιση από το ανθρώπινο δυναμικό.
- ❖ Προκύπτουν προβλήματα κατά την καταχώρηση και τη μετατροπή προϋπαρχόντων δεδομένων.

3.5. Γενικές γνώσεις εφαρμογής ArcView Gis 9.3

Στην παρούσα μελέτη θα χρησιμοποιηθεί το λογισμικό Arc Gis 9.3 της Εταιρίας ESRI. Το λογισμικό Arc Gis 9.3, αποτελεί έναν συνδυασμό πολλών λογισμικών για μικρότερες εφαρμογές, όπου ένα από αυτά είναι και το Arc Gis Desktop. Το ArcGIS Desktop είναι ένα λογισμικό χωρικής ανάλυσης και διαχείρισης δεδομένων και είναι διαθέσιμο σε 3 εκδόσεις:

- ArcView : Επικεντρώνεται στην αναλυτική χρήση, στη χαρτογράφηση και στην ανάλυση δεδομένων.

- ArcEditor : Προσφέρει ότι ακριβώς και το ArcView και επιπλέον χωρικές επεξεργασίες ενώ επιτρέπει και τη δημιουργία δεδομένων.
- ArcInfo : Αποτελεί ένα ολοκληρωμένο, επαγγελματικό πακέτο το οποίο συνδυάζει την λειτουργικότητα με πλήθος εργαλείων χωρικής επεξεργασίας. Επιπλέον, περιέχει τα περισσότερα εργαλεία ανάλυσης χωρικών δεδομένων.

Κάθε μια από τις εκδόσεις του ArcGIS περιέχει 3 βασικές εφαρμογές:

- ArcMap: Η εφαρμογή αυτή αποτελεί την κεντρική εφαρμογή του ArcGIS Desktop και έχει τις δυνατότητες δημιουργίας και επεξεργασίας χαρτών, εμφάνισης και ανάλυσης γεωγραφικών δεδομένων, αναζήτησης και επιλογής χωρικών δεδομένων, δημιουργίας γραφημάτων και διαμόρφωσης χαρτών για εκτύπωση.
- ArcCatalog: Σε αυτή την εφαρμογή ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να έχει πρόσβαση και να διαχειρίζεται γεωγραφικά δεδομένα.
- ArcToolBox: Με την εφαρμογή αυτή ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να μετατρέψει χωρικά δεδομένα από μια μορφή σε μια άλλη και να αλλάξει το προβολικό σύστημα των δεδομένων του (Τσουχλαράκη και Αχιλλέως, 2010)

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, πρόκειται να γίνει εκτίμηση της στάθμης των υπογείων υδάτων και ρυπαντικών παραμέτρων θα χρησιμοποιηθεί το λογισμικό ArcGIS Desktop και πιο συγκεκριμένα της έκδοσης ArcView.

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1. Μέθοδοι χωρικής παρεμβολής γεωχωρικής ανάλυσης κλιματικών δεδομένων

Μία πραγματική πρόκληση για τους μετεωρολόγους και κλιματολόγους του πλανήτη είναι η δημιουργία κλιματικών χαρτών τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο, που να καλύπτουν το φάσμα μελέτης διαφόρων κλιματικών παραμέτρων. Η δυσκολία έγκειται στην παροχή πληροφορίας στον χάρτη μετεωρολογικών παραμέτρων ακόμα και σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν μετρήσεις.

Η εκτίμηση των τιμών σε αυτές τις περιοχές για τις οποίες δεν έχουμε πληροφορία από κάποιο μετεωρολογικό σταθμό γίνεται με τη χρήση τιμών που παρατηρούνται σε γειτονικά σημεία της θέσης της οποίας μας ενδιαφέρει, προκειμένου να είναι αντιπροσωπευτικές του τόπου. Γίνεται δηλαδή χωρική παρεμβολή των μετεωρολογικών παραμέτρων.

Ουσιαστικά, η χωρική παρεμβολή αποτελεί μια διαδικασία εκτίμησης της τιμής ενός χαρακτηριστικού, σε σημεία που δεν ανήκουν στο δείγμα, με βάση τις μετρήσεις στα σημεία του δείγματος. Στη χωρική παρεμβολή χρησιμοποιούνται μαθηματικές συναρτήσεις και λειτουργίες για να παραχθεί η χωρική επιφάνεια.

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να μιλήσουμε για τις δυο βασικές υποθέσεις που στηρίζουν τη διαδικασία της χωρικής παρεμβολής. Αρχικά, η επιφάνεια που εκφράζει το υπό εξέταση χαρακτηριστικό είναι συνεχής συνεπώς μπορεί εύκολα να υπολογιστεί η τιμή σε κάθε θέση, λαμβάνοντας ως βασική προϋπόθεση να υπάρχουν ικανοποιητικά στοιχεία προκειμένου να συμβεί κάτι τέτοιο. Η δεύτερη υπόθεση αναφέρεται στη χωρική εξάρτηση των τιμών του υπό εξέταση χαρακτηριστικού, οι οποίες πρέπει να είναι ανεξάρτητες της απόλυτης θέσης τους στο χώρο (στάσιμη και ισοτροπική κατανομή).

Συνεπώς, με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή η δημιουργία μετεωρολογικών και κλιματικών χαρτών διαφόρων μετεωρολογικών παραμέτρων σε μηνιαία,

εποχική και ετήσια βάση. Οι χάρτες αυτοί συμβάλλουν στο γενικό παγκόσμιο παζλ παρακολούθησης του κλίματος, με την ενσωμάτωση, όπως προαναφέραμε, των διαθέσιμων μετεωρολογικών δεδομένων.

Οι μέθοδοι χωρικής παρεμβολής μπορούν να διαφοροποιηθούν σε δύο κατηγορίες: στις ντετερμινιστικές μεθόδους (deterministic methods) και στις γεωστατιστικές μεθόδους (geostatistical methods).

Οι ντετερμινιστικές μέθοδοι χρησιμοποιούν μαθηματικά μοντέλα για την παραγωγή της χωρικής επιφάνειας, δε λαμβάνουν υπόψη τις σχέσεις μεταξύ των πραγματικών δεδομένων και δεν παρέχουν μέτρο της ακρίβειας των εκτιμήσεων.

Οι γεωστατιστικές μέθοδοι χρησιμοποιούν στατιστικά μοντέλα για την παραγωγή της χωρικής επιφάνειας, λαμβάνουν υπόψη το χωρικό αυτοσυσχετισμό μεταξύ των δεδομένων και παρέχουν μέτρο της ακρίβειας των εκτιμήσεων. Το σημαντικό πλεονέκτημα των γεωστατιστικών μεθόδων είναι ότι ποσοτικοποιούν και ελαχιστοποιούν το σφάλμα εκτίμησης σε άγνωστα σημεία εκτός του δείγματος των σημειακών μετρήσεων. Μειονέκτημα τους, σε αντίθεση με τις ντετερμινιστικές, είναι ότι είναι πολύπλοκες και απαιτείται η λήψη αρκετών αποφάσεων σχετικά με τις παραμέτρους του μοντέλου.

Οι μέθοδοι παρεμβολής μπορούν επίσης να κατηγοριοποιηθούν με βάση τον αριθμό των γειτονικών γνωστών σημείων που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση ενός άγνωστου σημείου. Έτσι, λοιπόν, υπάρχουν οι τοπικές μέθοδοι εκτίμησης (local estimation methods) και οι γενικές μέθοδοι εκτίμησης (global estimation methods). Οι τοπικές μέθοδοι εξετάζουν τις χωρικές διαφοροποιήσεις στη γειτονιά του εκτιμώμενου σημείου, ενώ οι γενικές μέθοδοι εκτιμούν το φαινόμενο για το σύνολο της περιοχής μελέτης χρησιμοποιώντας όλα τα σημεία μέτρησης. (Johnston et al., 2003; ESRI, 2010; Krivoruchko, 2011)

Ένα βασικό πλεονέκτημα των τοπικών μεθόδων είναι ότι η εκτίμηση βασίζεται σε πληροφορίες που αφορούν σε περιοχές κοντά στο υπό εκτίμηση σημείο και επομένως αντανakλούν διαφοροποιήσεις στη γειτονιά του. Από την άλλη μεριά, βασικό μειονέκτημα αποτελεί η ανάγκη καθορισμού αυτής της περιοχής εκτίμησης που θεωρείται ως γειτονιά (Johnston et al., 2003). Τέλος, ανάλογα με το αν η παραγόμενη επιφάνεια παρεμβολής περνάει ή όχι από τα σημεία της δειγματοληψίας, οι μέθοδοι διακρίνονται σε ακριβείς (exact interpolator) και μη ακριβείς (inexact interpolator) αντίστοιχα. Οι μη ακριβείς παρεμβολές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποφυγή απότομων εξάρσεων ή βαθύνσεων στην παραγόμενη επιφάνεια, είναι δηλαδή προτιμότερες για ομαλώς μεταβαλλόμενα δεδομένα, όπως είναι η θερμοκρασία και το υψόμετρο (Johnston et al., 2003, Krivoruchko, 2011).

Στόχος της παρούσας μελέτης είναι η δημιουργία μετεωρολογικών χαρτών για τα νησιά της Ελλάδας και την Κρήτη, όπου να μελετώνται εκτιμήσεις των μέσων ετήσιων βροχοπτώσεων, θερμοκρασίας, ταχύτητας και διεύθυνσης ανέμου, με δύο διαφορετικές μεθόδους χωρικής παρεμβολής. Τη μέθοδο χωρικής παρεμβολής με απόδοση βαρών - Inverse Distance Weighting, (IDW) και τη γεωστατιστική μέθοδο βέλτιστης παρεμβολής - Kriging.

4.2. Inverse Distance Weighting (IDW) - Χωρική παρεμβολή με απόδοση βαρών (ντετερμινιστική μέθοδος)

Η μέθοδος ανήκει στην κατηγορία των ντετερμινιστικών μοντέλων, είναι τοπική μέθοδος εκτίμησης και η παραγόμενη επιφάνεια περνάει από τα σημεία δειγματοληψίας. Η μέθοδος αυτή ονομάζεται μέθοδος του πλησιέστερου γείτονα ή μέθοδος κινητού μέσου όρου των παρατηρήσεων με βάρη και αποτελεί μία συνήθη προσέγγιση χωρικής παρεμβολής στην οποία αποδίδεται βάρος στα γειτονικά σημεία του δείγματος των μετρήσεων. Τα επιλεγμένα σημεία του δείγματος είναι τα πλησιέστερα n σημεία ή όλα τα σημεία μέσα σε μία δεδομένη ακτίνα. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του n τόσο μεγαλύτερο θα

είναι το αποτέλεσμα εξομάλυνσης του μέσου όρου. Η εξομάλυνση μπορεί να εξισορροπηθεί με τη χρήση ενός μέσου όρου με βάρη, κατά την οποία το βάρος που αποδίδεται σε σημείο είναι αντιστρόφως ανάλογο της απόστασής του από το σημείο παρεμβολής.

Συμπερασματικά, στη μέθοδο IDW το κάθε εκτιμώμενο σημείο παρεμβολής έχει μία τοπική επιρροή η οποία μικραίνει με την αύξηση της απόστασης από τα μετρημένα σημεία του δείγματος (ESRI, 2010).

Ένα σημαντικό μειονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι κυρίως ότι δεν εκτιμάει τιμές εκτός των ορίων του σημειακού δείγματος, δηλαδή ότι οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές μετά την εφαρμογή της μεθόδου ταυτίζονται με εκείνες του αρχικού σημειακού δείγματος της εκάστοτε μεταβλητής που πρόκειται να εκτιμήσουμε (Κουργιαλάς, 2013).

Τα γνωστά σημεία σταθμίζονται βάσει της αντίστροφης απόστασης από τα άγνωστα προς τα γνωστά σημεία. Η βαρύτητα που αποδίδεται στα γνωστά σημεία εκφράζεται με την παρακάτω σχέση (ESRI, 2010):

$$w_i = (1/d_i^p) / (\sum_1^n 1/d_i^p), \quad (1)$$

όπου n ο αριθμός των γνωστών σημείων που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση, d_i η απόσταση του γνωστού σημείου από το άγνωστο και p η δύναμη στην οποία υψώνεται η απόσταση. Η εκτιμώμενη τιμή εκφράζεται από τη σχέση:

$$\hat{Z}(x, y) = \sum_1^n w_i Z_i, \quad (2)$$

όπου w_i η βαρύτητα του γνωστού σημείου και Z_i η τιμή της παραμέτρου στο γνωστό σημείο. Η απόσταση στον πρώτο τύπο δίνεται από τη σχέση:

$$d_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}, \quad (3)$$

όπου x, y οι συντεταγμένες του εκτιμώμενου σημείου και x_i, y_i οι συντεταγμένες του γνωστού σημείου i .

Ο κυριότερος παράγοντας που επηρεάζει την ακρίβεια της εκτίμησης που επιτυγχάνεται με την παρεμβολή της IDW, είναι η τιμή της δύναμης p στην εξίσωση (1). Τα βάρη μικραίνουν καθώς η απόσταση αυξάνεται, ειδικά όταν αυξάνεται η τιμή της δύναμης, έτσι τα γειτονικά γνωστά σημεία αποκτούν μεγαλύτερο βάρος και έχουν περισσότερη επιρροή στην εκτίμηση.

4.3. Kriging - Γεωστατιστικές μέθοδοι βέλτιστης παρεμβολής

Η πιο διαδεδομένη γεωστατιστική μέθοδος χωρικής συσχέτισης είναι η μέθοδος Kriging, που στην ουσία αποτελεί μία οικογένεια γενικευμένων αλγορίθμων ελαχίστων τετραγώνων. Το Kriging παρουσιάζει μερικές βέλτιστες, από στατιστική άποψη, ιδιότητες, από τις οποίες οι δύο σημαντικότερες είναι η αποφυγή της μεροληπτικής εκτιμήσεως στην περίπτωση συσσωρεύσεως σημείων με μετρήσεις σε ορισμένες θέσεις και η εκτίμηση σε κάθε σημείο, του μέτρου του σφάλματος ή της αβεβαιότητας για την επιφάνεια που υπολογίστηκε.

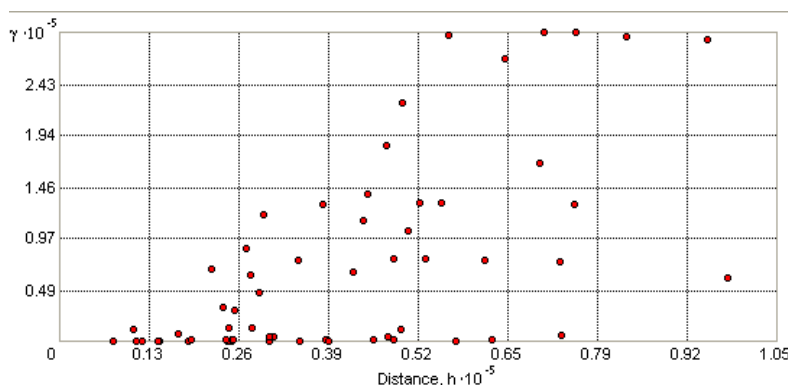
Αναλυτικότερα, η μέθοδος Kriging αντανακλά την πυκνότητα κατανομής των γνωστών σημείων, παρέχει μία εκτίμηση σφάλματος και ένα διάστημα εμπιστοσύνης για κάθε ένα από τα άγνωστα σημεία καθώς και το βαθμό χωρικής αυτοσυσχέτισης (spatial autocorrelation), μοντελοποιώντας έτσι περιφερειακές τάσεις και τοπικές ανωμαλίες. Είναι μία μέθοδος εκτίμησης με απόδοση βαρών βάσει της απόστασης, η οποία εκμεταλλεύεται τα χωρικά χαρακτηριστικά της τοπικής δομής μέσω του βαριογράμματος (Johnston et al., 2003). Το μαθηματικό μοντέλο της μεθόδου Kriging είναι παρόμοιο με της μεθόδου IDW και οι δύο αποδίδουν βάρη στις τιμές των γνωστών σημείων για την πρόβλεψη τιμών στα άγνωστα σημεία. Στη μέθοδο IDW, το βάρος w_i

εξαρτάται αποκλειστικά από την απόσταση προς το σημείο παρεμβολής. Αντιθέτως, όπως ειπώθηκε παραπάνω, στη μέθοδο Kriging τα βάρη βασίζονται όχι μόνο στην απόσταση μεταξύ γνωστού σημείου και σημείου πρόβλεψης, αλλά και στη συνολική χωρική διάταξη μεταξύ των γνωστών σημείων. Ο υπολογισμός της χωρικής αυτοσυσχέτισης επιτρέπει τη χρήση της χωρικής διάταξης στον υπολογισμό των βαρών μέσω του προσδιορισθέντος βαριογράμματος.

Το ημιβαριόγραμμα αποτελεί το βασικό εργαλείο χωρικής ανάλυσης της μεθόδου και είναι η γραφική παράσταση της ημιμεταβλητότητας $\gamma(h)$ ως προς την απόσταση h . Παρέχει, δηλαδή, πληροφορίες σχετικά με τη συσχέτιση μεταξύ των τιμών μιας τυχαίας συνάρτησης και των μεταξύ τους αποστάσεων στο χώρο

Για τη δημιουργία ενός ημιβαριογράμματος, κάθε ζευγάρι σημείων πρέπει να ομαδοποιηθεί βάσει της μεταξύ τους απόστασης, μιας και είναι δύσκολο να απεικονιστούν όλα τα ζεύγη σε ένα διάγραμμα. Για κάθε κλάση σημείων, τη λεγόμενη *lag bin*, υπολογίζεται η μέση ημιμεταβλητότητα $\gamma(h)$, η οποία «τοποθετείται» στον άξονα των y του διαγράμματος ενώ στον άξονα x δίνονται οι αποστάσεις (*lag distances*), δηλαδή τα εύρη των κλάσεων. Το διάγραμμα αυτό καλείται εμπειρικό ημιβαριόγραμμα (*empirical semivariogram*) (Εικόνα 6). Μετά τη δημιουργία του εμπειρικού ημιβαριογράμματος απαιτείται η προσαρμογή κατάλληλων μαθηματικών μοντέλων (θεωρητικό ημιβαριόγραμμα) που να περιγράφουν με τη μεγαλύτερη δυνατή σαφήνεια τη χωρική διακύμανση της φυσικής ιδιότητας που εξετάζεται. Ο λόγος που απαιτείται η προσαρμογή αυτή είναι ότι το εμπειρικό ημιβαριόγραμμα δεν παρέχει πληροφορία για όλες τις πιθανές διευθύνσεις και αποστάσεις. Τα πιο συνήθη θεωρητικά μοντέλα που εφαρμόζονται είναι το γραμμικό (*linear*), το σφαιρικό (*spherical*), το εκθετικό (*exponential*) και το μοντέλο Gauss

(Gaussian). Στην παρούσα εργασία ως θεωρητικό ημιβαριόγραμμα εφαρμόστηκε το σφαιρικό (spherical).



Εικόνα 5: Εμπειρικό ημιβαριόγραμμα. Κάθε τελεία απεικονίζει μία κλάση σημείων (lag bin), όπου στον άξονα των y δίνεται η μέση ημιμεταβλητότητα της κλάσης και στον άξονα των x δίνεται το εύρος των κλάσεων (lag distance).

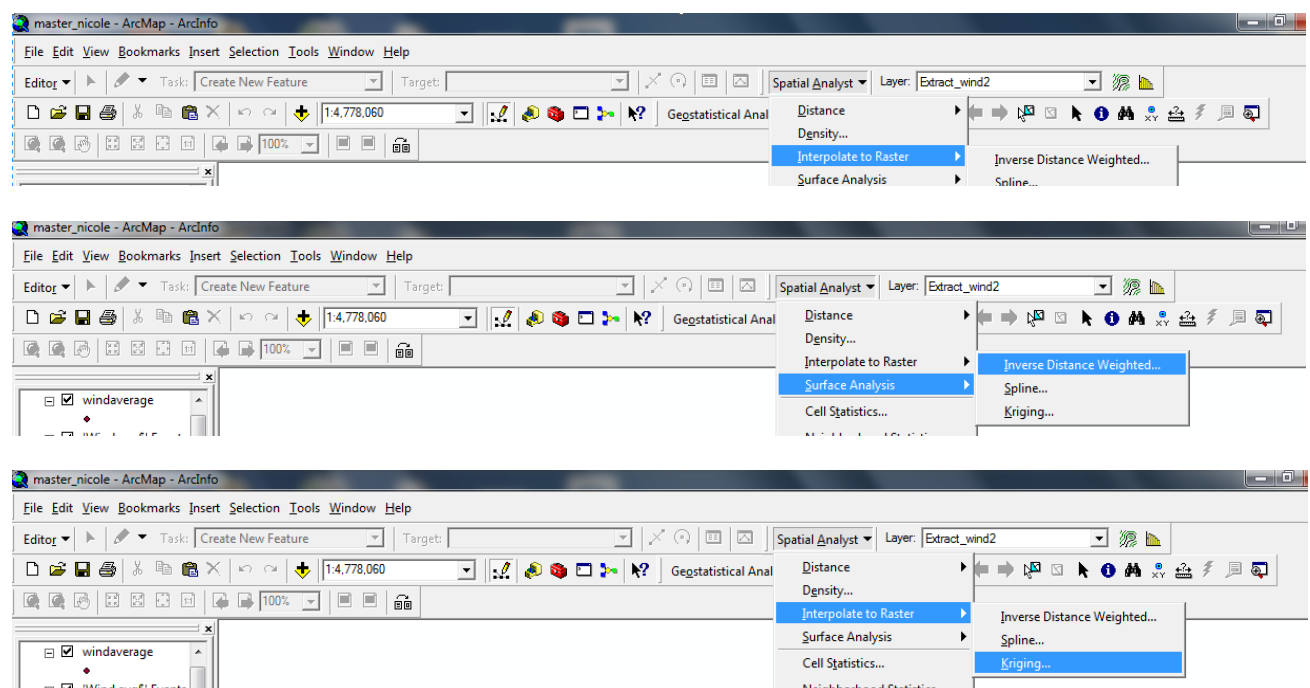
Το Kriging ουσιαστικά είναι μία τεχνική παρεμβολής στην οποία οι γειτονικές μετρούμενες τιμές σταθμίζονται προκειμένου να βρεθεί μία προβλεπόμενη τιμή σε μία περιοχή όπου δεν υπάρχουν μετρήσεις. Οι σταθμίσεις καθορίζονται με βάση την απόσταση μεταξύ των μετρούμενων σημείων, τις τοποθεσίες πρόβλεψης και την συνολική χωρική διάταξη μεταξύ των μετρούμενων σημείων. Το Kriging είναι το μοναδικό από τις υπόλοιπες μεθόδους χωρικής παρεμβολής που παρέχει σχετική ευκολία στον χαρακτηρισμό της διακύμανσης, ή της ακρίβειας, των προβλέψεων. Το Kriging βασίζεται στην θεωρία της περιφερειακής διακύμανσης, η οποία υποθέτει ότι η χωρική μεταβολή των δεδομένων όταν μοντελοποιείται είναι ομοιογενής σε όλη την επιφάνεια. Δηλαδή, το ίδιο μοτίβο μεταβολής μπορεί να παρατηρηθεί σε όλες τις θέσεις επί της επιφανείας (ESRI, 2010).

4.4. Χωρική Παρεμβολή σε περιβάλλον ArcGIS

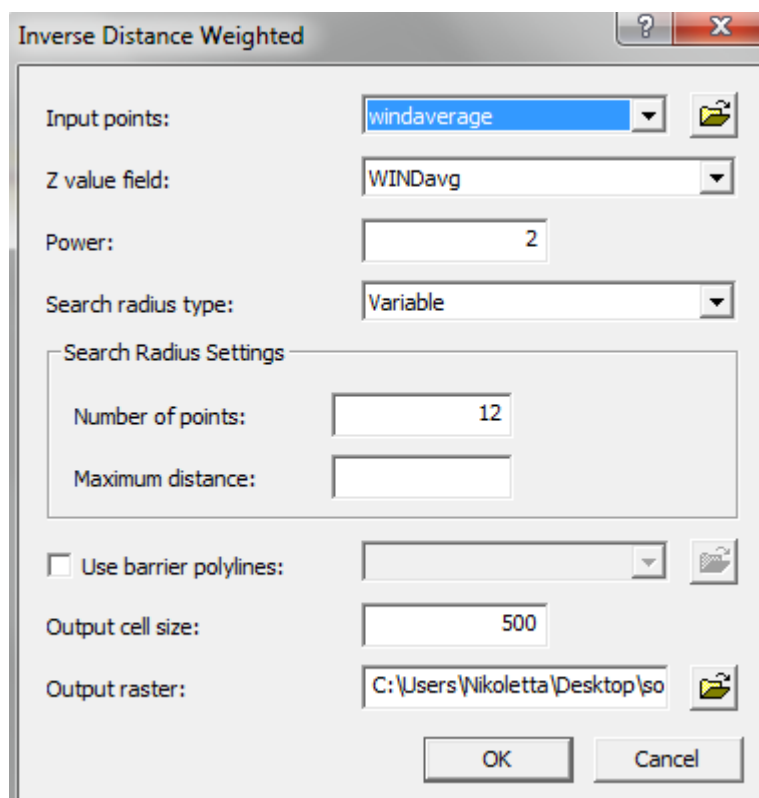
Στο ArcGIS υπάρχει σχετική εργαλειοθήκη (Spatial Analyst) με τις αντίστοιχες εντολές και μεθόδους χωρικής παρεμβολής προκειμένου να εκτιμηθούν χωρικά οι εκάστοτε μεταβλητές που μας ζητούνται (Εικόνα 6).

Το ArcGIS Spatial Analyst είναι μια επέκταση του ArcGIS Desktop που παρέχει ισχυρά εργαλεία για περιεκτική χωρική μοντελοποίηση και ανάλυση βασισμένη κυρίως σε πλεγματικά (raster) δεδομένα. Επιτρέπει τη δημιουργία, ανάλυση και χαρτογραφική απόδοση πλεγματικών δεδομένων και την υλοποίηση ολοκληρωμένης πλεγματικής – διανυσματικής (raster – vector) ανάλυσης. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στην περίπτωση της εργασίας μας όπου η απαιτούμενη μοντελοποίηση των κλιματικών παραμέτρων σε επίπεδο χάρτη απαιτεί καλής ποιότητας χωρική ανάλυση. Χρησιμοποιώντας το ArcGIS Spatial Analyst, εξάγουμε νέα πληροφορία από τα υπάρχοντα δεδομένα, μέσω δημιουργίας χωρικών μοντέλων. Τα IDW και Kriging μοντέλα χωρικής παρεμβολής που εφαρμόζονται στο Spatial Analyst εμπεριέχουν τεκμηρίωση με αποτέλεσμα να γίνεται εύκολα κατανοητή η διαδικασία χωρικής ανάλυσης που εφαρμόζεται και να επιτρέπουν τη σύγκριση αποτελεσμάτων.

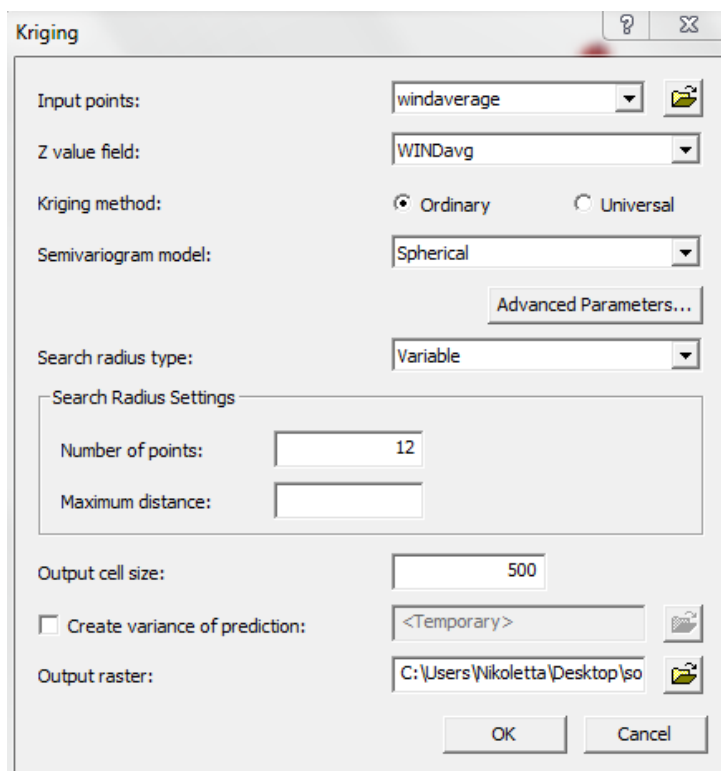
Η Εικόνα 7 περιγράφει το περιβάλλον εφαρμογής της μεθόδου χωρικής παρεμβολής IDW εντός της εργαλειοθήκης (Spatial Analyst). Οι Εικόνα 8 περιγράφει αντίστοιχα τις εντολές εφαρμογής της γεωστατιστικής μεθόδου χωρικής παρεμβολής Kriging σε περιβάλλον ArcGIS.



Εικόνα 6: Εργαλειοθήκη Spatial Analyst, σε περιβάλλον εργασίας ArcGIS, για εφαρμογή μεθόδων χωρικής παρεμβολής.



Εικόνα 7: Περιβάλλον εργασίας ArcGIS για εφαρμογή της μεθόδου χωρικής παρεμβολής IDW.



Εικόνα 8: Περιβάλλον εργασίας ArcGIS για εφαρμογή της γεωστατιστικής μεθόδου Kriging.

5. ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ – ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθούν οι μέθοδοι χωρικής παρεμβολής Inverse Distance Weighting και Kriging προκειμένου να κατασκευαστούν χαρτογραφικές απεικονίσεις θερμοκρασίας, βροχοπτώσεων, διεύθυνσης και κατεύθυνσης ανέμου. Η παρούσα εργασία έχει ως κύριο στόχο την κωδικοποίηση του κλίματος στην περιοχή των νησιών της Ελλάδας και την Κρήτη μέσα από την εκτίμηση μιας σειράς κλιματικών και βιοκλιματικών παραμέτρων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα μετεωρολογικά δεδομένα ενός δικτύου μετεωρολογικών σταθμών τα οποία παρέχονται από τη βάση δεδομένων του meteosearch.meteo.gr του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Με τη χρήση των μετεωρολογικών δεδομένων των σταθμών έγινε ο υπολογισμός των μέσων τιμών των επιλεγμένων δεικτών ετησίως για κάθε σταθμό σε σημειακή βάση και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε επιφανειακή ολοκλήρωση στην περιοχή μελέτης μας, με τη χρήση Συστήματος Γεωγραφικής Πληροφορίας

(ArcMap). Το τελικό αποτέλεσμα ήταν η παραγωγή πλήθους χαρτών χωρικής απεικόνισης για όλους τους κλιματικούς δείκτες για τις μέσες ετήσιες τιμές των τελευταίων 6 χρόνων (2010-2016).

Πιο συγκεκριμένα στις Κυκλάδες μελετήσαμε τα δεδομένα 19 μετεωρολογικών σταθμών. Στη Νάξο λάβαμε υπόψη δεδομένα 5 σταθμών (Μικρή Βίγλα, Δαμαριώνας, Απείρανθος, Μέλανες και Νάξος), ενώ τα υπόλοιπα νησιά είχαν από 1 μετεωρολογικό σταθμό (Άνδρος, Πάρος, Τήνος, Μήλος, Κέα, Αμοργός, Ίος, Μύκονος, Σαντορίνη, Ανάφη, Ηρακλεία, Δονούσα, Σχοινούσα και Κουφονήσια).

Στα Δωδεκάνησα πήραμε τα δεδομένα 8 μετεωρολογικών σταθμών. Στις νήσους της Κω, Καλύμνου, Κάσου και Πάτμου έχουμε από ένα σταθμό εκτός από την νήσο της Ρόδου όπου έχουμε 4 (Κατταβιά, Λίνδος, Έμπωνας και Ρόδος).

Στα νησιά του Βορειοανατολικού Αιγαίου δηλαδή στη Λέσβο, τη Χίο, την Σάμο, τη Λήμνο, την Ικαρία και τους Φούρνους έχουμε από 1 μετεωρολογικό σταθμό δηλαδή σύνολο 6.

Στις Βόρειες Σποράδες δηλαδή στη Σκύρο, τη Σκόπελο, την Αλόνησο και τη Σκιάθο έχουμε επίσης από 1 μετεωρολογικό σταθμό δηλαδή ένα σύνολο 4.

Στα νησιά του Αργοσαρωνικού έχουμε 3 νησιά την Αίγινα, την Ύδρα και τις Σπέτσες με 1 μετεωρολογικό σταθμό σε κάθε νησί δηλαδή σύνολο 3.

Στα Επτάνησα έχουμε από 1 μετεωρολογικό σταθμό στην Ιθάκη, τη Λευκάδα, τους Παξούς και την Κέρκυρα, ενώ στην Ζάκυνθο έχουμε 2 μετεωρολογικούς σταθμούς (Παναγούλα και Ζάκυνθος). Επομένως ένα σύνολο 6 σταθμών.

Στην Κρήτη έχουμε 4 νομούς και συνολικά 37 σταθμούς. Πιο συγκεκριμένα στον νομό Χανίων έχουμε 15 μετεωρολογικούς σταθμούς (Φαλάσαρνα, Έλος, Παλαιοχώρα, Κάνδανος, Σέμπρωνας, Αλικιανός, Κολυμπάρι, Πλατανιάς,

Χάνια-Κέντρο, Χανιά-Ακρωτήρι, Σαμαριά-Ξυλόσκαλο, Σαμαριά-Φαράγγι, Σφακιά, Αγίοι Πάντες, Ασκύφου), στον νομό Ρεθύμνου 7 (Πλακιάς, Ρέθυμνο, Ρέθυμνο-Πόλη, Σπήλι, Φράγμα Ποταμών, Φουρφουράς, Ανώγεια) , στον νομό Ηρακλείου 10 (Μοίρες, Λέντας, Βαγιωνιά, Πυράθι, Μεταξοχώρι, Σταυράκια, Ηράκλειο-Κνωσσός, Ηράκλειο-Ανατολικά, Ηράκλειο-Δυτικά, Ηράκλειο-Λιμάνι) και στον νομό Λασιθίου 5 (Τζερμιάδο, Φινοκαλιά, Άγιος Νικόλαος, Ιεράπετρα, Σητεία).

Αρχικά, χρησιμοποιήσαμε αρχείο shapefile με τον χάρτη της Ελλάδος ο οποίος είναι ήδη γεωαναφερόμενος με το επίσημο σύστημα αναφοράς του κράτους ΕΓΣΑ '87.

Προκειμένου να χρησιμοποιήσουμε μόνο την περιοχή μελέτης μας (νησιωτικό σύμπλεγμα της Ελλάδας και Κρήτη), επιλέξαμε να δημιουργήσουμε ένα νέο αρχείο shapefile με τη διαδικασία της ψηφιοποίησης.

Η ψηφιοποίηση επιτυγχάνεται στην προκειμένη περίπτωση μέσω της ιχνηλάτησης στην οθόνη του Η/Υ των διαφόρων οντοτήτων (νησιών Ελλάδας και Κρήτη) που μας ενδιαφέρουν (στην παρούσα φάση αυτές είναι πολυγωνικές), χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα εργαλεία του GIS και μετατρέποντας τις οντότητες αυτές σε διανυσματική μορφή.

Είναι γνωστό ότι η διανυσματική απεικόνιση χωρικών δεδομένων αναφέρεται σε γεωμετρικές ιδιότητες των οντοτήτων και στην τοπολογία των γεωμετρικών αυτών ιδιοτήτων. Η ψηφιοποίηση επομένως των οντοτήτων θα πρέπει να καλύπτει και την γεωμετρία αλλά και την τοπολογία τους.

Η ψηφιοποίηση είναι μια διαδικασία η οποία θα προσθέσει χωρικά δεδομένα σε ένα αρχείο χωρικών δεδομένων. Το αρχείο αυτό όμως θα πρέπει να υπάρχει έτσι ώστε να καταγραφούν τα δεδομένα της ψηφιοποίησης.

Η δημιουργία του αρχείου αυτού shapefile, λαμβάνει χώρα μέσω από το ArcCatalog, όπου ορίζεται το όνομα και το feature type (στην προκειμένη περίπτωση polyline) του αρχείου μας. Εφόσον, ορίσουμε το σύστημα συντεταγμένων που επρόκειτο να χρησιμοποιηθεί (ΕΓΣΑ '87), δημιουργείται το γραμμικό διανυσματικό αρχείο που θέλουμε.

Αφού εισάγουμε το αρχείο μας στον πίνακα περιεχομένων του ArcMap, η ψηφιοποίηση μπορεί να διεξαχθεί μέσω της γραμμής εργαλείων του Editor του ArcMap. Με αυτό τον τρόπο ιχνηλατούμε με τον κέρσορα την ακτογραμμή των νησιών της Ελλάδας αλλά και της Κρήτης, πάνω σε χαρακτηριστικά τους σημεία έτσι ώστε να την «αντιγράψουμε» με πιστότητα.

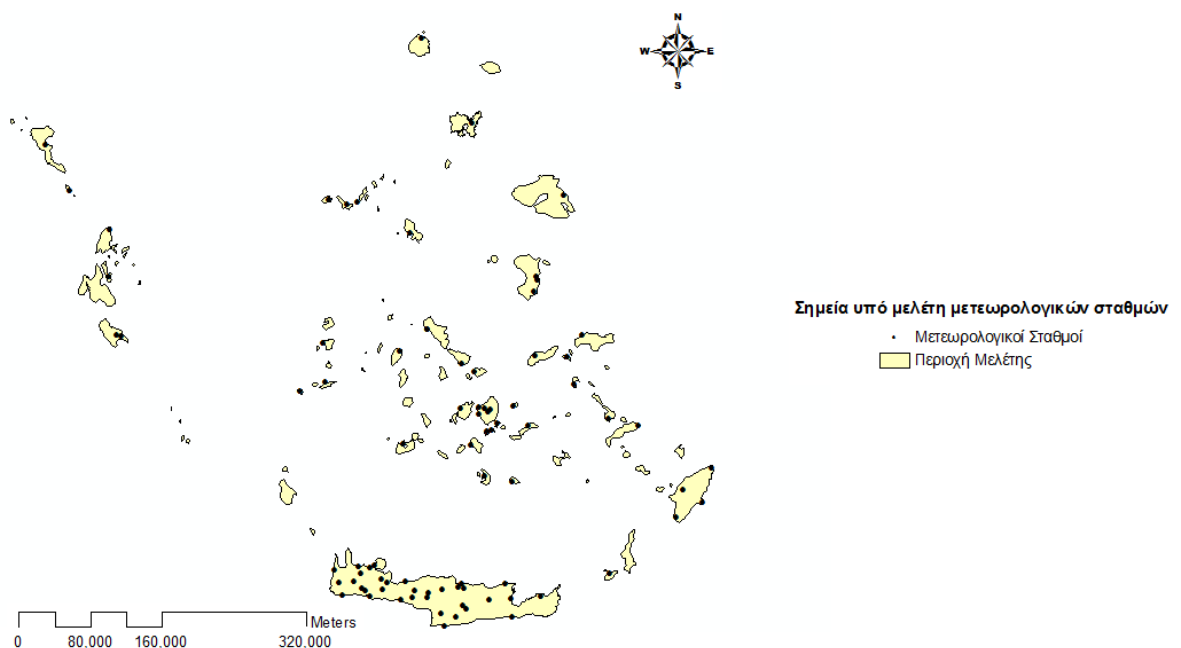
Εφόσον ολοκληρώσουμε την παραπάνω εργασία καταλήγουμε στη δημιουργία της χωρικής πληροφορίας του shapefile που δημιουργήσαμε προηγουμένως και το οποίο θα αποτελέσει βάση για τη δημιουργία των κλιματικών μας χαρτών στην συνέχεια. Το αποτέλεσμα της ψηφιοποίησης του νησιωτικού συμπλέγματος της Ελλάδος αλλά της Κρήτης φαίνεται στον χάρτη 1.

Ύστερα από την καταγραφή σε πίνακες του Excel των συντεταγμένων (x,y) των μετεωρολογικών σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα και των αντίστοιχων μέσων τιμών των κλιματικών παραμέτρων, τα δεδομένα αυτά εισάχθηκαν στο περιβάλλον του ArcMap.

Η εισαγωγή ενός εξωτερικού πίνακα δεδομένων Excel στο ArcGIS γίνεται αρχικά με την ενεργοποίηση του αρχείου στο λογισμικό μέσω της εντολής Add Data της εργαλειοθήκης Standard. Το αρχείο είναι ορατό στον διαχειριστή επιπέδων πληροφορίας μόνο κάτω από την επιλογή List by Source, καθότι αποτελεί μόνο περιγραφική πληροφορία χωρίς χωρική υπόσταση. Με δεξί κλικ στο όνομα του αρχείου και Display x,y data αναδύεται ένα παράθυρο, όπου καθορίζονται τα πεδία του πίνακα που αντιστοιχούν στις συντεταγμένες

Χ και Υ, καθώς και το σύστημα συντεταγμένων στο οποίο ανήκουν. Εάν το σύστημα αυτό είναι διαφορετικό από το σύστημα συντεταγμένων των υπόλοιπων αρχείων, τότε πραγματοποιείται οπτική μετατροπή (projection on the fly) αυτόματα από το λογισμικό, έτσι ώστε να προβληθούν τα σημεία στη σωστή τους θέση. Με τη διαδικασία αυτή δημιουργείται ένα νέο διανυσματικό αρχείο, το οποίο περιέχει στο όνομά του τη λέξη Events. Πρόκειται για προσωρινό αρχείο το οποίο δύναται να μετατραπεί σε μόνιμο με δεξί κλικ στο όνομά του και Data>Export Data, έτσι ώστε να αποθηκευθεί μαζί με τα υπόλοιπα διανυσματικά αρχεία στον φάκελο εργασίας.

Συνεπώς με αυτό τον τρόπο δημιουργήσαμε μια βάση δεδομένων, που περιλαμβάνει μεταξύ άλλων τις συντεταγμένες της κάθε θέσης και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των μέσων τιμών των κλιματικών παραμέτρων που μελετήσαμε για το χρονικό διάστημα 2010-2016. Οι οντότητες της βάσης δεδομένων απέκτησαν έτσι γεωγραφική υπόσταση και είναι σε θέση να αναλυθούν γεωγραφικά, όπως φαίνεται στον χάρτη 1.



Χάρτης 1: Σημεία υπό εξέταση μετεωρολογικών σταθμών της περιοχής μελέτης

Οι παράμετροι που μελετήσαμε είναι η μέση ετήσια θερμοκρασία T ($^{\circ}\text{C}$), η μέση ετήσια βροχόπτωση R (mm), η μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου AW (km/hr) και η μέση ετήσια διεύθυνση ανέμου.

5.1. Μέση Ετήσια Θερμοκρασία T ($^{\circ}\text{C}$)

Ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (WMO, 1992) ορίζει ως θερμοκρασία το μέτρο εκείνο με το οποίο προσδιορίζεται η «θερμική κατάσταση» των διαφόρων σωμάτων, είναι δηλαδή ένα φυσικό μέγεθος που συνδέεται με τη μέση κινητική ενέργεια των μορίων ενός θερμοδυναμικού συστήματος, το οποίο και χαρακτηρίζει πόσο θερμό ή πόσο ψυχρό είναι αυτό. Η θερμοκρασία είναι μία από τις καταστατικές μεταβλητές που χαρακτηρίζουν τη θερμοδυναμική κατάσταση ενός σώματος. Το εύρος τιμών της θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα κυμαίνεται από -80 έως 60°C .

Οι πρώτες συστηματικές μετεωρολογικές παρατηρήσεις στην Ελλάδα αρχίζουν το 1858 από το τότε Μετεωρολογικό Ινστιτούτο, σημερινό Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης του ΕΑΑ, ενώ από το 1890 αρχίζει να λειτουργεί ένα μικρό δίκτυο 7 μετεωρολογικών σταθμών σε όλη τη χώρα. Το 1931 ιδρύεται η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ) στο χώρο του τότε νεοσύστατου Υπουργείου Αεροπορίας, με κύρια αποστολή τη μετεωρολογική υποστήριξη των φορέων της Εθνικής Άμυνας, της Εθνικής Οικονομίας και του κοινωνικού συνόλου της χώρας μας.

Στην ΕΜΥ, υπάρχουν σε χειρόγραφη μορφή από το 1894 μηνιαίες τιμές θερμοκρασίες για περίπου 10 μετεωρολογικούς σταθμούς και από το 1931 με 1932 για άλλους 31 μετεωρολογικούς σταθμούς. Ωστόσο, λίγες από αυτές τις σειρές είναι πλήρεις, οι περισσότερες έχουν κενά άνω των 5 ετών κατά την περίοδο του Β' Παγκοσμίου Πολέμου. Σε ηλεκτρονική μορφή υπάρχουν διαθέσιμες ημερήσιες τιμές θερμοκρασίας από το 1951 για το σταθμό της Αλεξανδρούπολης και από το 1955 για άλλους 18 σταθμούς. Από τότε μέχρι σήμερα έχουν εγκατασταθεί από την ΕΜΥ σε ολόκληρη την ελληνική

επικράτεια, περίπου 140 συμβατικοί μετεωρολογικοί σταθμοί, ενώ από το 2008 στα πλαίσια εκσυγχρονισμού του δικτύου της ΕΜΥ οι περισσότεροι συμβατικοί σταθμοί μετατράπηκαν σε αυτόματους και ημιαυτόνομους σταθμούς. Σήμερα 117 σταθμοί βρίσκονται σε λειτουργία (34 συμβατικοί, 46 αυτόματοι και 37 ημιαυτόνομοι).

Αναλύοντας το σύνολο των διαθέσιμων δεδομένων θερμοκρασίας της ΕΜΥ επιλέξαμε να μελετήσουμε τα δεδομένα θερμοκρασίας 83 μετεωρολογικών σταθμών όλων των νήσων της Ελλάδας και της Κρήτης, για την περίοδο 2010-2016. Η επιλογή αυτών των σταθμών έγινε καταρχάς με κριτήριο το χρονικό διάστημα λειτουργίας τους και την πληρότητα των δεδομένων κατά το χρονικό αυτό διάστημα, καθώς, θα πρέπει να είναι διαθέσιμο τουλάχιστον το 70% των μηνιαίων δεδομένων της περιόδου που επιλέξαμε να εξετάσουμε.

Για την ομογενοποίηση των ετησίων μέσων τιμών θερμοκρασίας χρησιμοποιήθηκαν οι μηνιαίες μέσες τιμές θερμοκρασίας. Σε ορισμένους σταθμούς οι οποίοι ήταν νεοσύστατοι υπήρχαν μετρήσεις που δεν ξεκινούσαν από το 2010, ενώ σε ελάχιστες περιπτώσεις είχαμε ελλιπή δεδομένα για κάποια μηνιαία μέση τιμή θερμοκρασίας λόγω βλάβης στον εκάστοτε μετεωρολογικό σταθμό. [Μαμαρά Α. (2015)]

5.2. Μέση Ετήσια Βροχόπτωση R (mm)

Με τον όρο υετός εννοούμε το σύνολο των κατακόρυφων, κυρίως ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που αναφέρουν μετρήσιμη ποσότητα νερού σε μορφή: βροχής, ψεκάδων, χιονιού, χιονολύτου, χαλάζης κ.ά. Προφανώς, τα νέφη είναι γενικά, η μοναδική πηγή προέλευσης του υετού. Ανάμεσα στις διάφορες μορφές του υετού οι σπουδαιότερες είναι η βροχή, το χιόνι και το χαλάζι. Άλλες μορφές του υετού είναι οι ψεκάδες, το χιονόνερο, η παγωμένη βροχή, ο χιονόκοκκος και τα χιονοσφαιρίδια.

Η ποσότητα του ύδατος που πέφτει στο έδαφος υπό οποιαδήποτε μορφή υετού μετριέται με ειδικά όργανα, βροχόμετρα ή βροχογράφους και εκφράζεται με το ύψος της στήλης ύδατος. Είναι το ύψος στο οποίο θα έφτανε η στάθμη του ύδατος που φτάνει σε οριζόντια επιφάνεια αν αυτή δεν παρουσιάζει απορροή, απορρόφηση και εξάτμιση. Καθιερωμένη διεθνώς μονάδα μέτρησης του υετού είναι το χιλιοστό (mm). Υετός ύψους 1 mm είναι η βροχόπτωση που αποφέρει ποσότητα νερού ίση με 1 kg σε μια λεία επιφάνεια εμβαδού 1 m² αν δεν υπάρχει απορροή, απορρόφηση ή εξάτμιση.

Η χωρική κατανομή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στη χώρα μας δεν είναι εύκολο να υπολογιστεί, καθώς το ύψος υετού διαφέρει πολλές φορές σημαντικά μεταξύ γειτονικών σταθμών ακόμη και όταν αυτοί βρίσκονται σε απόσταση λίγων χιλιομέτρων, κάτι που πρωτίστως οφείλεται στο έντονο ανάγλυφο της Ελλάδας και στην αναλογία ξηράς και θάλασσας. Αν η χώρα μας ήταν επίπεδη χωρίς την ύπαρξη σημαντικών ορεινών όγκων, τότε ένας περιορισμένος αριθμός μετεωρολογικών σταθμών θα ήταν αρκετός ώστε να χαραχθούν οι μεταξύ των σταθμών ισοϋετες καμπύλες και με τη βοήθεια αυτών να εκτιμηθεί το ύψος υετού σε οποιοδήποτε σημείο. Ως εκ τούτου, απαιτείται ένας μεγάλος αριθμός μετεωρολογικών δεδομένων υετού για να υπολογιστεί το μέσο ύψος υετού σε διάφορες περιοχές.

Όπως για την μέση ετήσια θερμοκρασία, έτσι και για την μέση ετήσια βροχόπτωση επιλέξαμε να μελετήσουμε τα δεδομένα βροχόπτωσης 83 μετεωρολογικών σταθμών όλων των νήσων της Ελλάδας και της Κρήτης, για την περίοδο 2010-2016.

Για την ομογενοποίηση των ετησίων μέσων τιμών βροχόπτωσης χρησιμοποιήθηκαν οι μηνιαίες μέσες τιμές βροχόπτωσης. Σε ορισμένους σταθμούς οι οποίοι ήταν νεοσύστατοι υπήρχαν μετρήσεις που δεν ξεκινούσαν από το 2010, ενώ σε ελάχιστες περιπτώσεις είχαμε ελλιπή δεδομένα για

κάποια μηνιαία μέση τιμή βροχόπτωσης λόγω βλάβης στον εκάστοτε μετεωρολογικό σταθμό. [Μαμαρά Α. (2015)]

5.3. Μέση Ετήσια Ταχύτητα Ανέμου AWS (km/hr) και Μέση Ετήσια Διεύθυνση Ανέμου

Ο άνεμος είναι ένα οριζόντιο ρεύμα αέρα κοντά στο έδαφος, που κινείται από μια περιοχή σε μια άλλη. Πιο συγκεκριμένα, κινείται από περιοχή υψηλών πιέσεων σε περιοχή χαμηλών πιέσεων, προκειμένου να τείνει να εξισορροπήσει τις πιέσεις στις δυο περιοχές. Όσο ισχυρότερη είναι η βαροβαθμίδα, τόσο ισχυρότερος είναι και ο άνεμος. Πρακτικά, όσο πυκνότερες είναι οι ισοβαρείς καμπύλες σε έναν πραγματικό μετεωρολογικό χάρτη, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η ένταση του ανέμου. Πρέπει να τονιστεί ότι, οι κατακόρυφες κινήσεις αερίων μαζών δεν χαρακτηρίζονται με τον όρο άνεμος, αλλά με τους όρους ανοδικά και καθοδικά ρεύματα αέρα. Τα βασικά χαρακτηριστικά του ανέμου είναι δύο. Η διεύθυνση (direction), δηλαδή είναι το σημείο του ορίζοντα εκείνο από το οποίο πνέει ο άνεμος και η ένταση/ταχύτητα (speed), που εκφράζει την ταχύτητα εκείνη με την οποία πνέει ο άνεμος. Εκφράζεται είτε σε μοίρες, με αρχή το μαγνητικό βορρά, είτε με σύμβολα ανεμολογίου (ανεμορρόμβοι).

Οι δυνάμεις που ρυθμίζουν την κίνηση του ανέμου είναι:

- Η δύναμη βαροβαθμίδας
- Η δύναμη Coriolis ή εκτρεπτική ή γεωστροφική δύναμη
- Η δύναμη της τριβής
- Η φυγόκεντρη δύναμη

Επίσης, ο άνεμος χαρακτηρίζεται και ως λείος, ριπαίος, μεταβλητός και σταθερός.

Λείος, χαρακτηρίζεται ο άνεμος που δεν παρουσιάζει αυξομειώσεις στην έντασή του.

ΡΙπαίος, ονομάζεται ο άνεμος του οποίου η ένταση μεταβάλλεται κατά σύντομα χρονικά διαστήματα.

Μεταβλητός, ονομάζεται ο άνεμος του οποίου η ένταση μεταβάλλεται.

Σταθερός, ονομάζεται ο άνεμος που διατηρεί τη διεύθυνσή του για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Η ένταση του ανέμου εκφράζεται είτε με την πίεση την οποία ασκεί στην επιφάνεια των διαφόρων σωμάτων, είτε με την ταχύτητα με την οποία αυτός κινείται. Στην Μετεωρολογία η ένταση του ανέμου εκφράζεται συνήθως με την ταχύτητά του, οπότε δίδεται σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο ή σε χιλιόμετρα ή μίλια ανά ώρα ή σε κόμβους.

Η κλίμακα Beaufort, είναι μια κλίμακα μέτρησης της έντασης του ανέμου. Βασίζεται κυρίως στην παρατήρηση, παρά σε ακριβείς μετρήσεις. Είναι ίσως το πιο διαδεδομένο σύστημα μέτρησης έντασης του ανέμου που υπάρχει αυτή τη στιγμή. Αναπτύχθηκε το 1805, από το ναύαρχο του Βρετανικού Ναυτικού και υδρογράφο, το Σερ Φράνσις Μποφόρ (Francis Beaufort), προς τιμή του οποίου δόθηκε στην κλίμακα αυτή το όνομά του.

Η κλίμακα Beaufort κατατάσσει τους ανέμους σε 13 κατηγορίες βάσει της έντασής τους. Υπάρχουν για την ακρίβεια δώδεκα τιμές και επιπλέον το μηδέν, που αντιστοιχεί στην άπνοια. Από το 1946 μέχρι το 1970, εισήχθησαν κλίμακες από το 13 μέχρι το 17. Αυτές οι τιμές σχετίστηκαν με τους κυκλώνες.

Η διεύθυνση του ανέμου χαρακτηρίζεται από το σημείο του ορίζοντα απ' όπου πνέει ο άνεμος και όχι προς τα που πνέει ο άνεμος. Εκφράζεται δε είτε σε μοίρες (αρχής γενομένης από τον γήινο μαγνητικό Βορρά), είτε με σύμβολα ανεμολογίου (ανεμορρόμβοι), είτε ονομαστικά (επίσημα ή

γραικολεβαντίνικα όπως λέγονται τα κοινά). Επίσης και με πολλά άλλα ονόματα χαρακτηρίζονται οι άνεμοι ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους, τον τόπο, την ένταση και την διεύθυνσή τους. Εκτός από τα τοπικά τους ονόματα, οι άνεμοι στην Ελλάδα φέρουν ανάλογα με την διεύθυνση προέλευσής τους δύο ονόματα: Ένα επίσημο και ένα κοινό. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ονόματα των κυρίων ανέμων (δηλαδή αυτών που πνέουν από κατεύθυνση πολλαπλάσια των 45 μοιρών) με Ελληνικό σύμβολο κατεύθυνσης, επίσημο όνομα, κοινό ή γραικολεβαντίνικο, διεθνές σύμβολο (ΔΣ) και όνομα διεθνές. (Σημειώσεις Ναυτικής Μετεωρολογίας. Ελληνική Ιστιοπλοϊκή Ομοσπονδία.)

Πίνακας 8: Επίσημες, κοινές και διεθνείς ονομασίες διευθύνσεων ανέμου

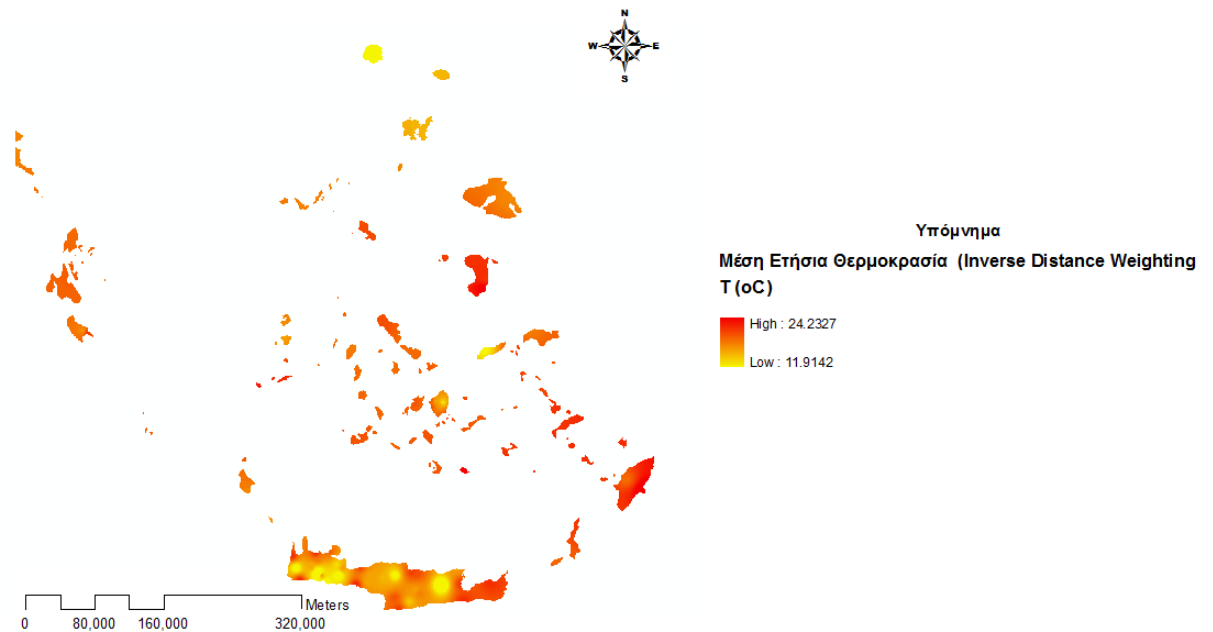
Διεύθυνση	Επίσημο	Κοινό	Δ.Σ.	Όνομα διεθνές
B (000°)	Βόρειος	Τραμουντάνα, Βοριάς	N	<i>North</i>
BA (045°)	Μέσης	Γραίγος	NE	<i>Northeast</i>
A (090°)	Απηλιώτης	Λεβάντες	E	<i>East</i>
NA (135°)	Εύρος	Σιρόκος	SE	<i>Southeast</i>
N (180°)	Νότιος	Όστρια, Νοτιάς	S	<i>South</i>
ND (225°)	Λίβας	Γαρμπής	SW	<i>Southwest</i>
Δ (270°)	Ζέφυρος	Πουνέντες	W	<i>West</i>
BD (315°)	Σκίρων	Μαϊστρος	NW	<i>Northwest</i>

Προκειμένου να σχηματίσουμε μια ολοκληρωμένη εικόνα για την ταχύτητα και την διεύθυνση ανέμου στα νησιά της Ελλάδος και την Κρήτη για το χρονικό διάστημα 2010-2016 πήραμε δεδομένα μηνιαίων μέσων τιμών των δεικτών αυτών από το Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών μέσω της μηχανής αναζήτησης <http://meteosearch.meteo.gr/> και υπολογίσαμε αντίστοιχα τις μέσες ετήσιες τιμές της διεύθυνσης και ταχύτητας ανέμου για τον εκάστοτε μετεωρολογικό σταθμό. Με αυτό τον τρόπο δημιουργήσαμε τους κλιματικούς χάρτες που αποτυπώνουν την πληροφορία αυτή.

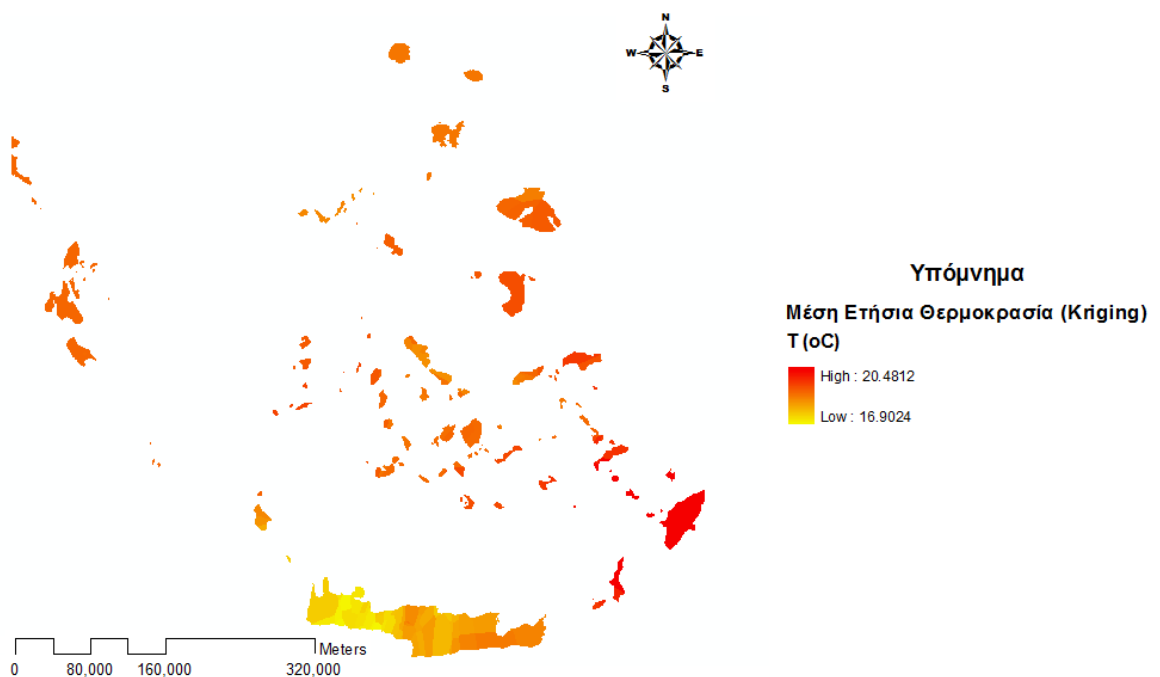
Τυχόν ελλείψεις που υπάρχουν σε ορισμένους μήνες διαφόρων ετών οφείλονται σε πιθανή βλάβη του εκάστοτε μετεωρολογικού σταθμού. Να σημειωθεί επίσης ότι λόγω της εγκαθίδρυσης ορισμένων μετεωρολογικών σταθμών κατά τα έτη του 2012 και του 2013 προφανώς δεν έχουμε μηνιαίες τιμές των δεικτών για τα προηγούμενα έτη.

6. ΧΑΡΤΕΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Χάρτες Μέσης Θερμοκρασίας (2010-2016)



Χάρτης 2: Μέση θερμοκρασία νησιωτικού συμπλέγματος Ελλάδας και Κρήτης (2010-2016) με χρήση χωρικής μεθόδου Inverse Distance Weighting



Χάρτης 3: Μέση θερμοκρασία νησιωτικού συμπλέγματος Ελλάδας και Κρήτης (2010-2016) με χρήση γεωστατιστικής μεθόδου Kriging

Οι χάρτες της θερμοκρασίας που παράχθηκαν με τη γεωχωρική ανάλυση καλύπτουν την χρονική περίοδο της εξαετίας 2010-2016, η μελέτη της οποίας χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη για την σύγκριση των κλιματικών δεδομένων με τις μέσες τιμές αυτής της εξαετίας. Στους χάρτες 1 και 2 απεικονίζονται για την χρονική περίοδο 2010-2016 οι μέσες τιμές θερμοκρασίας που παρατηρήθηκαν στην εν λόγω εξαετία, κατασκευασμένοι με δύο διαφορετικές μεθόδους χωρικής παρεμβολής την χωρική μέθοδο Inverse Distance Weighting και την γεωστατιστική μέθοδο Kriging.

Παρατηρώντας τη γεωχωρική ανάλυση της μέσης θερμοκρασίας καταλήγουμε σε συμπεράσματα για διάφορα κλιματικά χαρακτηριστικά που αφορούν την κατανομή της θερμοκρασίας στα νησιά του Ελλαδικού χώρου και την Κρήτη.

Αρχικά είναι κατανοητό και από τους δύο χάρτες ότι υπάρχει μία ισχυρή εξάρτηση της μέσης θερμοκρασίας από το υψόμετρο. Συνεπώς, η μέση θερμοκρασία μειώνεται, περισσότερο ή λιγότερο με το υψόμετρο, ενώ οι ελάχιστες τιμές εμφανίζονται σε περιοχές όπου συναντώνται υψηλά βουνά (π.χ. Ψηλορείτης).

Σημαντικό είναι ακόμα να σημειώσουμε πως από τους χάρτες είναι κατάφωρη η εξάρτηση της θερμοκρασίας από το γεωγραφικό πλάτος κάτι που γίνεται αισθητό με την εν γένει αύξηση της θερμοκρασίας από βορρά προς νότο.

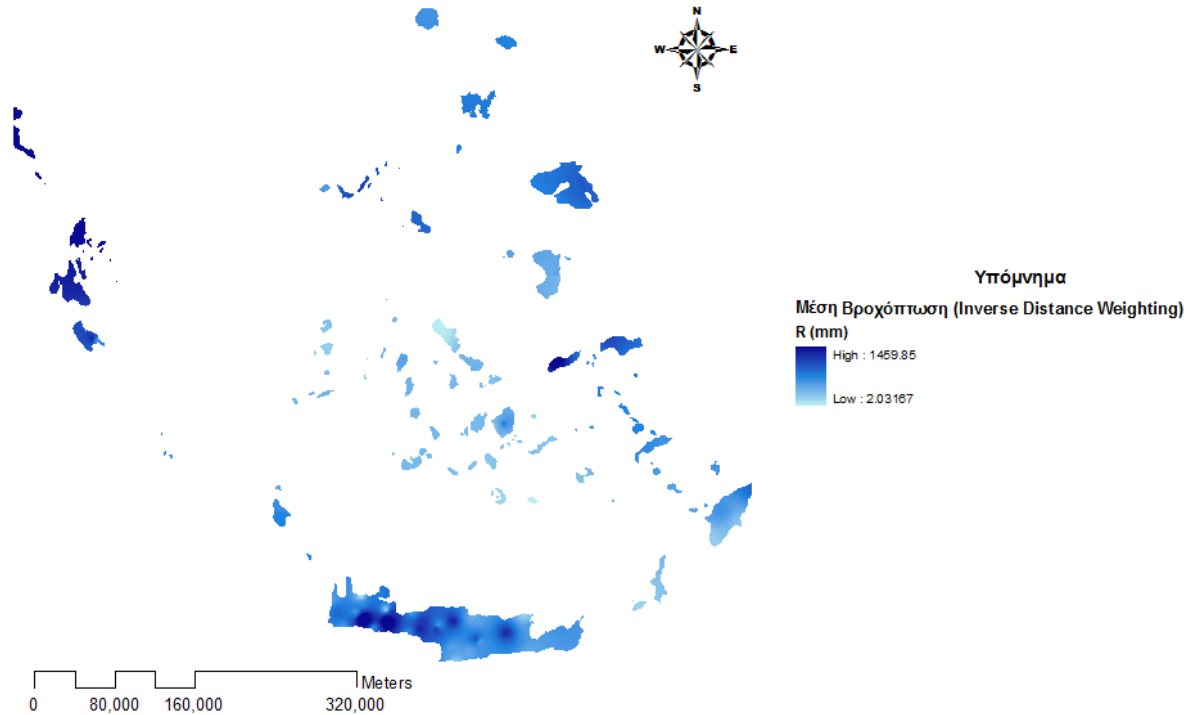
Πιο συγκεκριμένα, στο κεντρικό Αιγαίο παρατηρούνται υψηλές προς μεσαίες μέσες θερμοκρασίες (18-24 °C), με τις υψηλότερες να σημειώνονται στα Δωδεκάνησα καθώς και στο νησί της Χίου. Οι χαμηλότερες μέσες θερμοκρασίες παρατηρούνται στα νησιά του Βορειοανατολικού Αιγαίου (12-15 °C). Στην Κρήτη εμφανίζεται μια μεγάλη ποικιλία θερμοκρασιών με τις ορεινές περιοχές των νομών Χανίων, Ρεθύμνης και Ηρακλείου να παρουσιάζουν αρκετά χαμηλές μέσες τιμές θερμοκρασίας της τάξεως των 12 °C και τον νομό Λασιθίου να εμφανίζει τις υψηλότερες μέσες θερμοκρασίες ολόκληρου του

νησιού έως και 25 °C. Τέλος τα νησιά του Ιονίου παρατηρούνται να έχουν ήπιες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις σε όλο τους το εύρος με μέσες τιμές θερμοκρασιών που δεν ξεπερνάνε τους 18 °C.

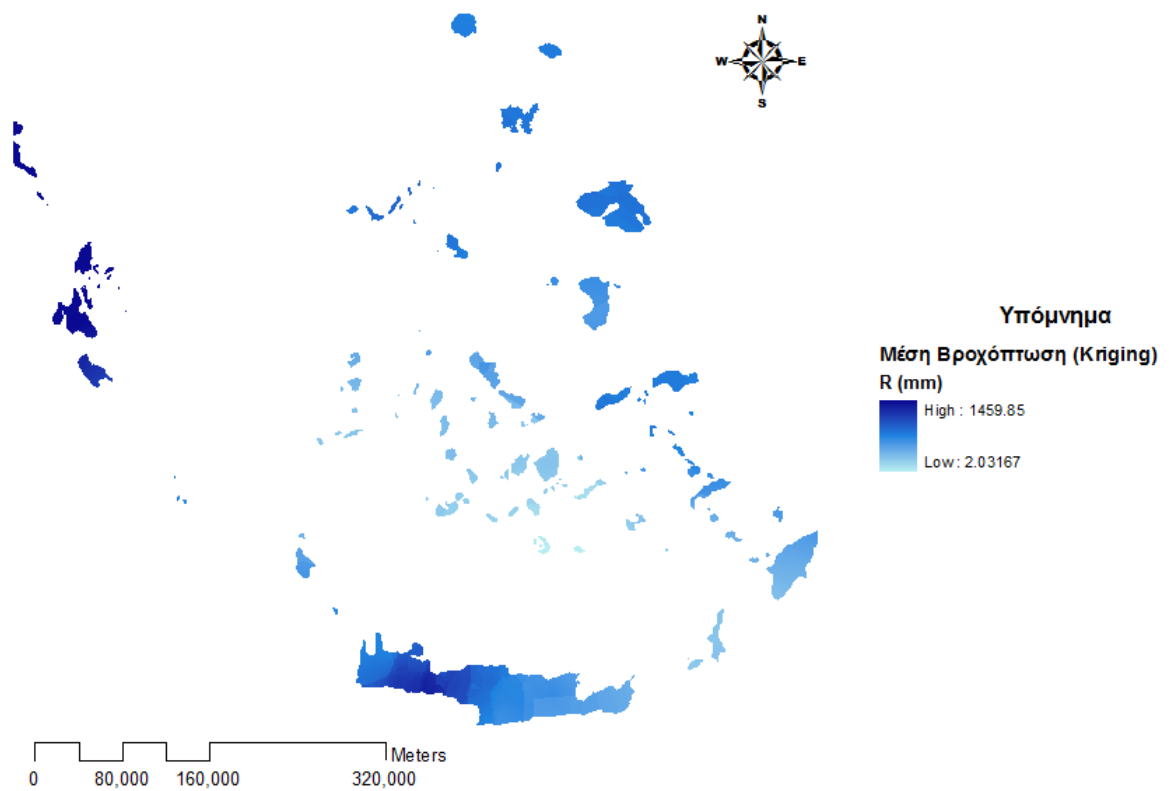
Συγκρίνοντας τις δύο μεθόδους γεωχωρικής ανάλυσης, Inverse Distance Weighting και Kriging παρατηρούμε ότι η πρώτη μας δίνει αποτελέσματα που ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα και είναι πιο άρτια και διακριτά από ότι με την μέθοδο Kriging. Γνωρίζουμε ήδη ότι η μέθοδος Inverse Distance Weighting είναι ουσιαστικά μία βελτιωμένη προσέγγιση της μεθόδου του εγγύτερου γείτονα και το αποτέλεσμα που μας δίνει μέσω της χωρικής παρεμβολής στον χάρτη στον γραμμικό συνδυασμό των τιμών μέσης θερμοκρασίας που πάρθηκαν από τους γύρω μετεωρολογικούς σταθμούς. Με αυτό τον τρόπο μας δίνει μία τελική γεωχωρική ανάλυση η οποία να είναι ξεκάθαρη για την εκάστοτε περιοχή μελέτης που επιλέγουμε να εστιάσουμε. Αυτός είναι και ο κύριος λόγος που η μέθοδος IDW χρησιμοποιείται συχνά στην δημιουργία μετεωρολογικών χαρτών. Η μέθοδος Kriging από την άλλη, μας δίνει παρόμοια αποτελέσματα αλλά με λιγότερη ακρίβεια πρόβλεψης σε σημεία στα οποία δεν έχουμε δεδομένα και με πολύ πιο αυστηρές γραμμές που δεν περιλαμβάνουν μία γενικευμένη περιοχή, κάτι στο οποίο όπως βλέπουμε υπερτερεί ξεκάθαρα η μέθοδος IDW.

Τέλος, διαπιστώνουμε από την χαρτογράφηση των μέσων τιμών θερμοκρασίας για την περίοδο 2010-2016 ότι η απεικόνιση είναι πολύ κοντά στην πραγματική κατάσταση. Οι χαμηλότερες μέσες θερμοκρασίες παρατηρούνται στις βορειότερα νησιά ενώ οι υψηλότερες στα νοτιότερα. Ακόμη, σε υψηλά υψόμετρα όπου υπάρχουν οροσειρές ή βουνά έχουμε αντίστοιχα χαμηλές θερμοκρασίες όπως στα Λευκά Όρη της Κρήτης.

Χάρτες Μέσης Βροχόπτωσης (2010-2016)



Χάρτης 4: Μέση βροχόπτωση νησιωτικού συμπλέγματος Ελλάδας και Κρήτης (2010-2016) με χρήση χωρικής μεθόδου Inverse Distance Weighting



Χάρτης 5: Μέση βροχόπτωση νησιωτικού συμπλέγματος Ελλάδας και Κρήτης (2010-2016) με χρήση γεωστατιστικής μεθόδου Kriging

Οι χάρτες της βροχόπτωσης που παράχθηκαν με τη γεωχωρική ανάλυση καλύπτουν την χρονική περίοδο 2010-2016. Στους χάρτες 3 και 4, απεικονίζονται για την χρονική περίοδο 2010-2016 χάρτες με τις μέσες τιμές βροχόπτωσης αυτής της περιόδου, κατασκευασμένοι με δύο διαφορετικές μεθόδους χωρικής παρεμβολής την χωρική μέθοδο Inverse Distance Weighting και την γεωστατιστική μέθοδο Kriging.

Αρχικά αξίζει να τονίσουμε πριν την παρατήρηση των χαρτών ότι η γεωχωρική ανάλυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων είναι δύσκολο να αποτυπωθεί πολλές φορές καθώς το ύψος της βροχόπτωσης μεταξύ γειτονικών μετεωρολογικών σταθμών διαφέρει ακόμα και αν έχουμε να κάνουμε με μικρές αποστάσεις μεταξύ αυτών κάτι το οποίο οφείλεται στο έντονο ανάγλυφο της χώρας μας αλλά και στην αναλογία της ξηράς και της θάλασσας.

Η βροχόπτωση, σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία αέρος, αποτελούν τα δύο κυριότερα μετεωρολογικά φαινόμενα. Είναι τόσο σημαντικά, ώστε η γνώση μόνο των δύο αυτών φαινομένων, μπορούν να μας βοηθήσουν να εξάγουμε ακριβή συμπεράσματα για το κλίμα μιας περιοχής.

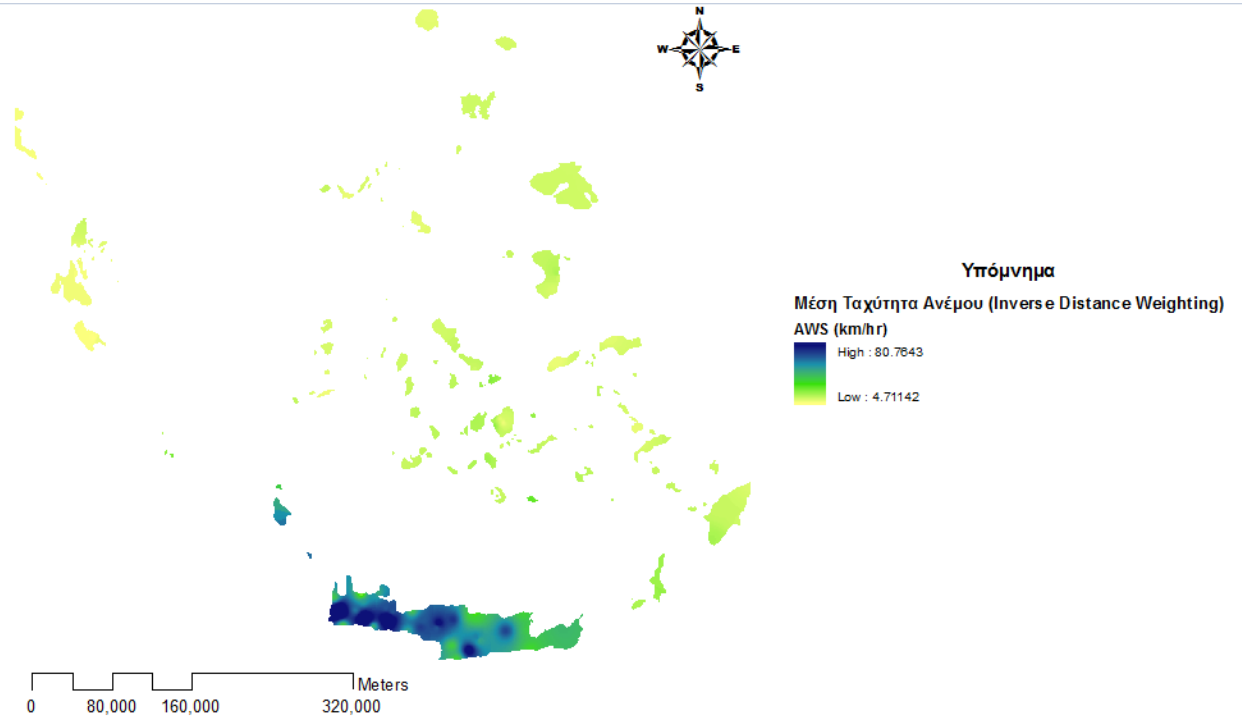
Όπως προαναφέραμε ο υετός είναι ένα εξαιρετικά 'πολύπλοκο' και –κυρίως– ιδιαίτερα μεταβλητό μετεωρολογικό φαινόμενο. Ενώ δηλαδή η θερμοκρασία ακολουθεί λίγο-πολύ μια συγκεκριμένη πορεία μέσα σε ένα έτος με σημαντικές ωστόσο διακυμάνσεις σε μία μεγαλύτερη χρονική περίοδο, ο υετός συμπεριφέρεται με πολύ μεγαλύτερη μεταβλητότητα. Είναι η φύση του φαινομένου τέτοια που ευνοεί τη μεταβλητότητά του.

Παρατηρώντας τους χάρτες μπορούμε με ευκολία να αναγνωρίσουμε την διακριτή συμπεριφορά του Μεσογειακού κλίματος. Απόδειξη αυτού είναι η παρατήρηση πως η πορεία του υετού είναι αντιστρόφως ανάλογη της πορείας της θερμοκρασίας που σχολιάσαμε προηγουμένως.

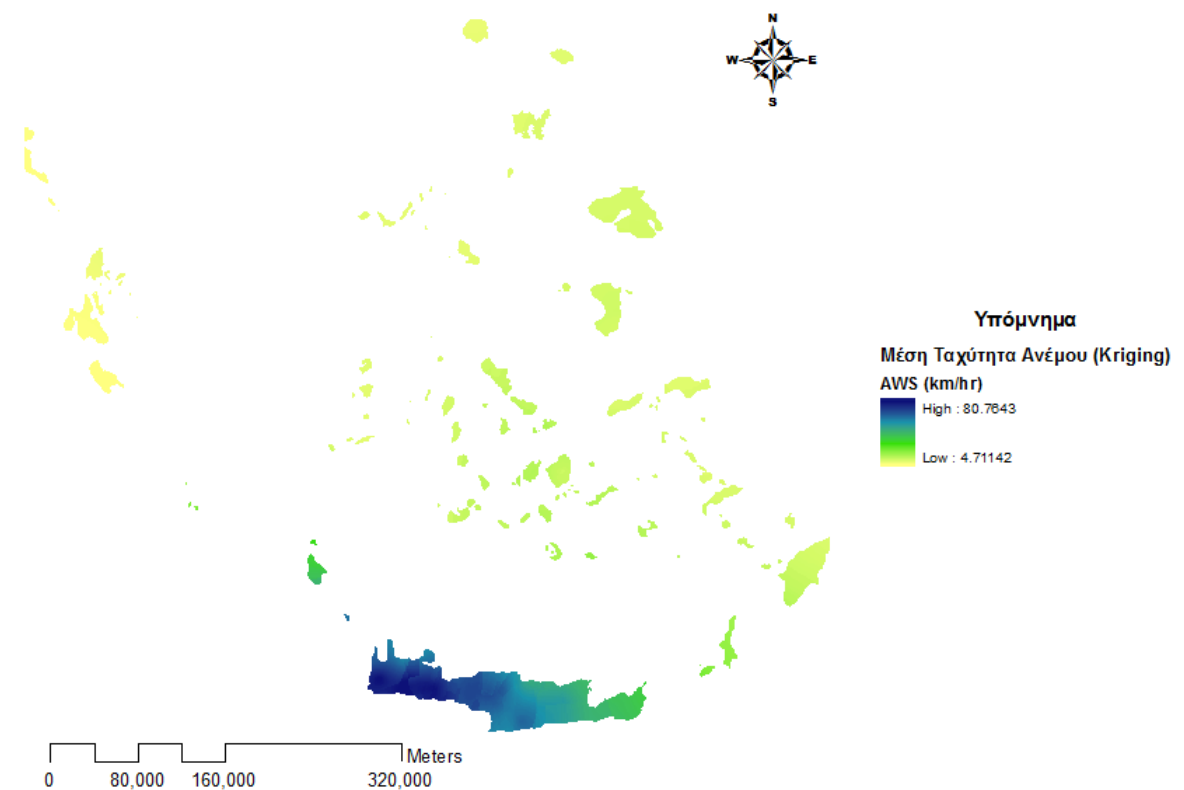
Πιο συγκεκριμένα οι υψηλότερες τιμές μέσου βροχομετρικού ύψους καταγράφονται στα Επτάνησα με τιμές που κυμαίνονται από 950mm στη Ζάκυνθο και την Κεφαλονιά, έως 1450mm στην Κέρκυρα, τους Παξούς και τους Αντίπαξους, τα τελευταία 6 χρόνια. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι η Κέρκυρα είναι η περιοχή που δέχεται τις περισσότερες ημέρες βροχής στην Ελλάδα (10.7 ημέρες βροχής τον μήνα), γεγονός που επαληθεύει την εγκυρότητα των χαρτών μας. Αντίστοιχα αρκετά υψηλές μέσες τιμές βροχόπτωσης παρατηρούνται στις ορεινές εκτάσεις των νομών Χανίων και Ρεθύμνης. Σε αυτές τις περιοχές οι υγροί θαλάσσιοι άνεμοι κινούμενοι προς την ενδοχώρα εναποθέτουν σημαντικά ποσά βροχής στα προσήνεμα των ορεινών όγκων που συναντούν όπως στην περίπτωση των Λευκών Όρεων. Παρόλα αυτά, στην υπόλοιπη Κρήτη καταγράφονται χαμηλότερες μέσες τιμές ετήσιας βροχόπτωσης που κυμαίνονται γύρω στα 400 mm για τα τελευταία 6 έτη. Οι πιο χαμηλές τιμές στο νησιωτικό σύμπλεγμα της Ελλάδας παρατηρούνται στα νησιά του Κεντρικού Αιγαίου και της Κυκλάδες με τιμές που κυμαίνονται από 80mm έως 200mm. Χαμηλές σχετικά τιμές βροχόπτωσης παρατηρούνται και στα Δωδεκάνησα. Μεσαίες προς υψηλές τιμές τέλος παρατηρούνται στα νησιά του Βόρειο-Ανατολικού Αιγαίου και τις Σποράδες.

Σχετικά με την πιο αποτελεσματική μέθοδο χωρικής απεικόνισης και στην περίπτωση της μέσης βροχόπτωσης θεωρείται πιο ικανοποιητική η μέθοδος IDW αν και στην παρούσα περίπτωση παρουσιάζονται μικρές διαφορές.

Χάρτες Μέσης Ταχύτητας Ανέμου (2010-2016)



Χάρτης 6: Μέση ταχύτητα ανέμου νησιωτικού συμπλέγματος Ελλάδας και Κρήτης (2010-2016) με χρήση χωρικής μεθόδου Inverse Distance Weighting



Χάρτης 7: Μέση ταχύτητα ανέμου νησιωτικού συμπλέγματος Ελλάδας και Κρήτης (2010-2016) με χρήση γεωστατιστικής μεθόδου Kriging

Οι χάρτες της μέσης ταχύτητας ανέμου που παράχθηκαν με τη γεωχωρική ανάλυση καλύπτουν την χρονική περίοδο 2010-2016. Στους χάρτες 5 και 6 απεικονίζονται για την χρονική περίοδο 2010-2016 οι μέσες τιμές ταχύτητας ανέμου αυτής της περιόδου, κατασκευασμένοι με δύο διαφορετικές μεθόδους χωρικής παρεμβολής την χωρική μέθοδο Inverse Distance Weighting και την γεωστατιστική μέθοδο Kriging.

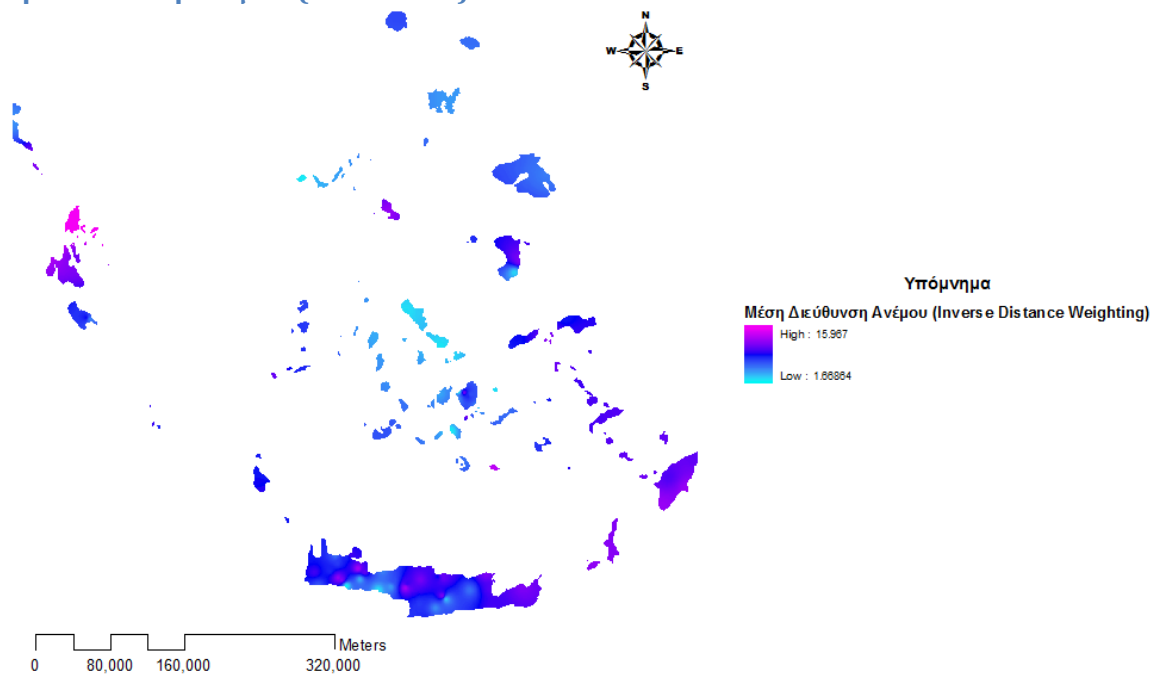
Παρατηρώντας τους χάρτες που κατασκευάστηκαν μπορούμε να διαπιστώσουμε με σχετική ευκολία πως οι μεγαλύτερες ταχύτητες ανέμου παρατηρούνται στο νησί της Κρήτης, πιο συγκεκριμένα στο νομό Χανίων, Ρεθύμνης και Ηρακλείου και στα Κύθηρα. Οι μέσες ταχύτητες του ανέμου τα τελευταία 6 χρόνια σε αυτές τις περιοχές του νησιωτικού συμπλέγματος της Ελλάδας, που βρίσκονται και στο νοτιότερο άκρο αυτής, φτάνουν έως και τα 140km/hr.

Σημαντικό είναι να παρατηρήσουμε πως οι μέσες ταχύτητες ανέμου αυξάνονται από τα βόρεια προς τα νότια της χώρας και από τα δυτικά προς τα ανατολικά. Επίσης η μέση ταχύτητα του ανέμου εμφανίζεται υψηλότερη σε σημεία με μεγαλύτερο υψόμετρο όπως συμβαίνει με τις μεγάλες ορεινές εκτάσεις της Κρήτης και σε κάποια ακόμη νησιά του κεντρικού και Βορείου Αιγαίου με ταχύτητες που φτάνουν έως και τα 70km/hr. Οι χαμηλότερες ταχύτητες παρατηρούνται στα Επτάνησα οι οποίες κυμαίνονται στα 4-10km/hr και έπειτα στα νησιά του Αργοσαρωνικού και τις Σποράδες με μέσες ταχύτητες που φτάνουν έως και τα 40km/hr.

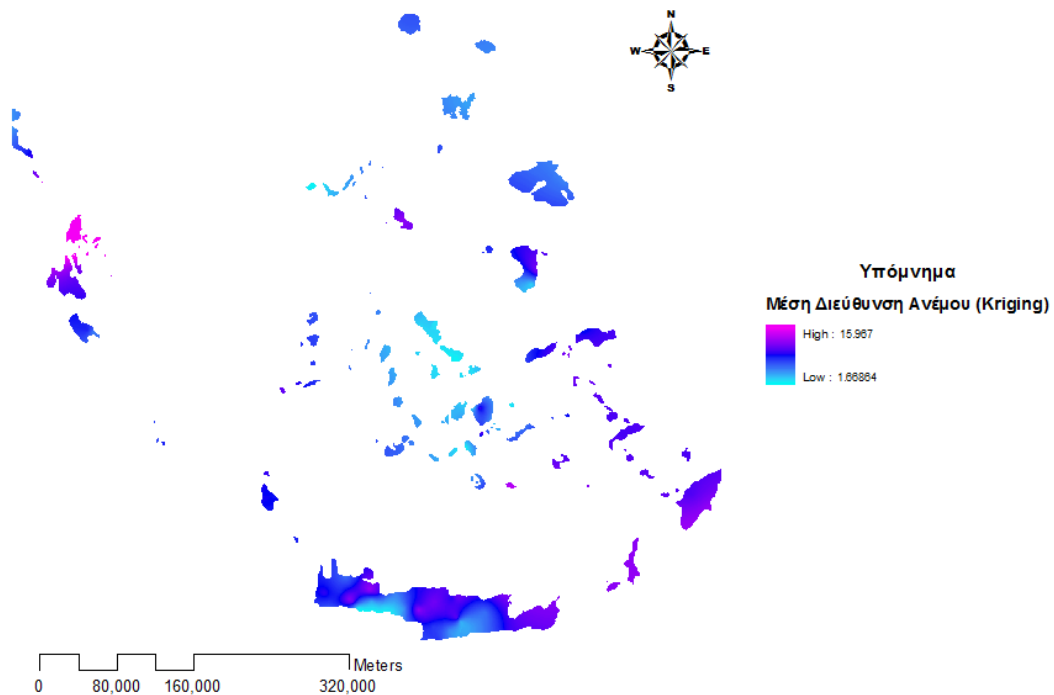
Από τις δύο μεθόδους χωρικής παρεμβολής που επιλέχθηκαν στην συγκεκριμένη περίπτωση καταλληλότερη είναι η μέθοδος IDW καθώς αποτύπωσε με μεγαλύτερη ακρίβεια στον χάρτη τα δεδομένα που εισάγαμε από την βάση δεδομένων των μετεωρολογικών σταθμών. Επίσης, δίνει μία πιο

εξισορροπημένη προσέγγιση της μέσης ταχύτητας ανέμου σε νησιά για τα οποία δεν είχαμε μετρήσεις από μετεωρολογικούς σταθμούς σε σύγκριση με την μέθοδο Kriging.

Μέση Διεύθυνση Ανέμου (2010-2016)



Χάρτης 7: Μέση διεύθυνση ανέμου νησιωτικού συμπλέγματος Ελλάδας και Κρήτης (2010-2016) με χρήση χωρικής μεθόδου Inverse Distance Weighting



Χάρτης 6: Μέση διεύθυνση ανέμου νησιωτικού συμπλέγματος Ελλάδας και Κρήτης (2010-2016) με χρήση γεωστατιστικής μεθόδου Kriging

Οι χάρτες της μέσης διεύθυνσης ανέμου που παράχθηκαν με τη γεωχωρική ανάλυση καλύπτουν την χρονική περίοδο 2010-2016. Στους χάρτες 7 και 8, απεικονίζονται για την χρονική περίοδο 2010-2016, οι μέσες τιμές διεύθυνσης ανέμου αυτής της περιόδου, κατασκευασμένοι με δύο διαφορετικές μεθόδους χωρικής παρεμβολής την χωρική μέθοδο Inverse Distance Weighting και την γεωστατιστική μέθοδο Kriging.

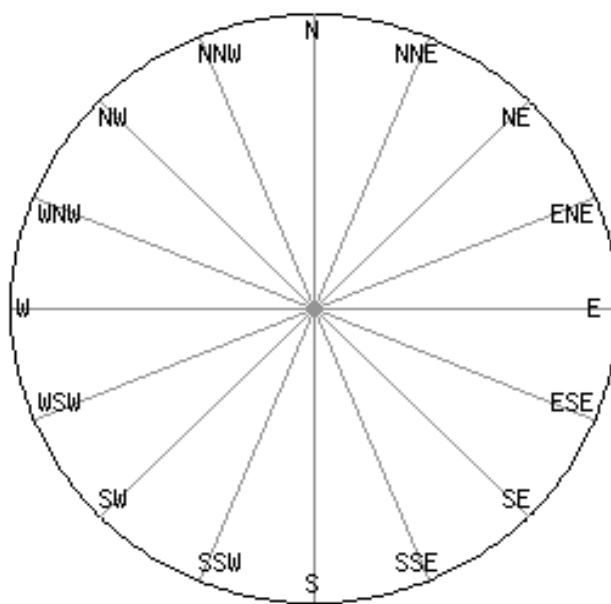
Παρατηρώντας τους χάρτες μπορούμε να καταλήξουμε σε ορισμένα προφανή συμπεράσματα σχετικά με την διεύθυνση του ανέμου στο νησιωτικό σύμπλεγμα της Ελλάδος.

Αρχικά μπορούμε να επιβεβαιώσουμε από τους χάρτες μας, ότι τα νησιά της Ελλάδος όντας στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου επηρεάζονται από γενικούς ανέμους οι οποίοι είναι κυρίως ελαφροί ως μέτριοι δυτικοί ή νοτιοδυτικοί το χειμώνα και βόρειοι ή βορειοδυτικοί το καλοκαίρι. Οι πολύ ισχυροί άνεμοι είναι σπάνιοι. οι γενικοί άνεμοι τροποποιούνται από τους

τοπικούς ανέμους. Οι τοπικοί αυτοί άνεμοι είναι οι θαλάσσιες και απόγειες αύρες στις παράλιες περιοχές και οι αναβατικοί και καταβατικοί άνεμοι στις ορεινές περιοχές. Οι θαλάσσιες και απόγειες αύρες οι οποίες παρατηρούνται σε παράλιες περιοχές μπορούν να γίνουν αισθητές σε απόσταση μέχρι και 35 περίπου χιλιόμετρα από την παραλία. Αυτό το σύστημα κυκλοφορίας του αέρα οφείλεται βασικά στη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της ξηράς από τη μια και του νερού της θάλασσας από την άλλη, που δημιουργεί διαφορές στην ατμοσφαιρική πίεση πάνω από την ξηρά και τη θάλασσα. Τα αντίστοιχα φαινόμενα στις ορεινές περιοχές είναι οι αναβατικοί άνεμοι (αύρες των κοιλάδων) την ημέρα και οι καταβατικοί άνεμοι (αύρες των ορέων) τη νύχτα. Και σε αυτή την περίπτωση η αιτία της δημιουργίας των τοπικών αυτών ανέμων είναι ο διαφορετικός βαθμός θέρμανσης ή ψύξης γειτονικών περιοχών. Οι θαλάσσιες αύρες στις παράλιες περιοχές και οι αναβατικοί άνεμοι στις ορεινές περιοχές έχουν τη μεγαλύτερή τους ένταση κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ οι απόγειες αύρες στις παράλιες περιοχές και οι καταβατικοί άνεμοι στις ορεινές περιοχές έχουν τη μεγαλύτερή τους ένταση κατά τους μήνες του χειμώνα.

Πιο συγκεκριμένα, για την χρονική περίοδο της μελέτης (2010-2016), βλέπουμε ότι στο βόρειο-ανατολικό Αιγαίο επικρατούν νότιοι-νοτιοδυτικοί άνεμοι. Στις Σποράδες οι άνεμοι που επικρατούν είναι βορειοδυτικοί και βόρειοι. Στο κεντρικό Αιγαίο και τις Κυκλάδες οι άνεμοι που κάνουν την εμφάνισή τους είναι βόρειοι-βορειοανατολικοί. Στα Δωδεκάνησα και στον νομό Λασιθίου της Κρήτης οι άνεμοι που πνέουν είναι δυτικοί-βορειοδυτικοί. Στην υπόλοιπη Κρήτη οι άνεμοι που πνέουν είναι νότιοι-νοτιοανατολικοί με εξαίρεση τις μεγάλες ορεινές περιοχές των νομών Χανίων και Ηρακλείου όπου οι άνεμοι είναι κυρίως βόρειοι-βορειοδυτικοί. Τέλος, στα Επτάνησα οι άνεμοι που επικρατούν είναι βόρειοι-βορειοανατολικοί ενώ προς τα νοτιότερα νησιά των Επτανήσων επικρατούν νοτιοανατολικοί κυρίως άνεμοι.

Στην περίπτωση των χαρτών διεύθυνσης ανέμου και οι δύο μέθοδοι χωρικής παρεμβολής μας δίνουν παρόμοια αποτελέσματα καθώς η απεικόνιση των δεδομένων στους χάρτες είναι σχεδόν πανομοιότυπη. Επομένως και οι δύο μέθοδοι κρίνονται κατάλληλες για την κατασκευή χαρτών με κλιματική παράμετρο την διεύθυνση του ανέμου.



Πίνακας 9: Αντιστοίχιση αρίθμησης και διεύθυνσης ανέμου

Αρίθμηση	Διεύθυνση Ανέμου
1	N
2	NNE
3	NE
4	ENE
5	E
6	ESE
7	SE
8	SSE
9	S
10	SSW

11	SW
12	WSW
13	W
14	WNW
15	NW
16	NNW

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η Μεσόγειος θάλασσα αποτελεί μία από τις πιο ευαίσθητες περιοχές του πλανήτη στην κλιματική αλλαγή. Η επιφανειακή θερμοκρασία στην Ανατολική Μεσόγειο, στην οποία ανήκει και το νησιωτικό σύμπλεγμα της Ελλάδας και η Κρήτη, έχει αυξηθεί κατά 2.6°C τα τελευταία 30 χρόνια. Ως εκ τούτου έχει παρατηρηθεί μία σειρά επιπτώσεων των κλιματικών αλλαγών μερικές εκ των οποίων είναι η υπερθέρμανση της θάλασσας, η αύξηση της οξύτητας των επιφανειακών υδάτων, η απώλεια της βιοποικιλότητας, η αύξηση ακραίων καιρικών φαινομένων, φαινόμενα λειψυδρίας καθώς και ερημοποίηση ως επακόλουθο δασικών πυρκαγιών. Κάτι τέτοιο όπως είναι κατανοητό αναμένεται να έχει σοβαρές επιπλοκές στις δύο μεγαλύτερες βιομηχανίες της Ελλάδας, την γεωργία και τον τουρισμό, και οι δύο από τις οποίες κινδυνεύουν να παρακμάσουν σε μεγάλο βαθμό εάν η κατάσταση μείνει στάσιμη και δεν ληφθούν σοβαρά μέτρα.

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα των χαρτών που κατασκευάσαμε με χρήση δύο διαφορετικών μεθόδων χωρικής παρεμβολής μπορούμε με ευκολία να καταλήξουμε σε ένα κύριο συμπέρασμα: η κλιματική αλλαγή στη χώρα μας και πιο συγκεκριμένα στη νησιωτική Ελλάδα είναι κάτι παραπάνω από υπαρκτό φαινόμενο αφού οι αλλαγές που έχουν σημειωθεί για την περίοδο της μελέτης μας (2010-2016), είναι κατάφωρες.

Οι μέσες θερμοκρασίες εμφανίζονται ιδιαίτερα αυξημένες σε ολόκληρο το νησιωτικό σύμπλεγμα της Ελλάδας. Τα Δωδεκάνησα και οι Κυκλάδες καθώς και τα υπόλοιπα νησιά του Κεντρικού Αιγαίου σημειώνουν πρωτοφανείς μέσες θερμοκρασιακές τιμές από 18 °C έως 24 °C την τελευταία εξαετία. Σε δεύτερη θέση έρχονται τα Επτάνησα με εξίσου υψηλή μέση θερμοκρασία που φτάνει στους 20 °C. Η Κρήτη παρά τις μεγάλες ορεινές τις εκτάσεις που διατηρούν σχετικά χαμηλές θερμοκρασιακές διακυμάνσεις, στο μεγαλύτερο μέρος της καταγράφει εξίσου υψηλές μέσες θερμοκρασίες με το υπόλοιπο Αιγαίο.

Όσον αφορά τις μέσες τιμές βροχομετρικού ύψους που καταγράφονται σε όλη την Ελλάδα εμφανίζονται πολύ χαμηλές τιμές σχεδόν σε όλο το Κεντρικό Αιγαίο και τις Κυκλάδες (80-200 mm) καθώς και στην Κρήτη (~400 mm μέση τιμή εξαετίας). Εξαίρεση στο φαινόμενο των μειωμένων βροχοπτώσεων παρουσιάζεται στα Επτάνησα όπου σημειώνονται οι υψηλότερες βροχοπτώσεις (800-1400 mm) καθώς και αποσπασματικά σε ορισμένα νησιά του Ανατολικού Αιγαίου όπως η Σάμος και η Ικαρία λόγω της θέσης τους, που επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τα παράλια της Μικράς Ασίας και των υψηλών βουνών τους.

Οι μέσες ταχύτητες του ανέμου είναι ιδιαίτερα χαμηλές σε ολόκληρη την νησιωτική Ελλάδα με εξαίρεση την Κρήτη όπου παρατηρούμε αυξημένες τιμές.

Όπως είναι φανερό, από τους κλιματικούς χάρτες που κατασκευάσαμε μπορούμε να προβλέψουμε σχετικά με τη μέση θερμοκρασία πως προβλέπεται να υπάρχει μεγάλη αύξηση αυτής στις δεκαετίες που ακολουθούν. Οι ημέρες καύσωνα θα αυξηθούν στο μέλλον, ενώ έρευνες που έχουν γίνει δείχνουν πως ακόμη και στα νησιά του Βορείου Αιγαίου όπου οι θερμοκρασίες είναι χαμηλές θα αυξηθούν κατά πολύ. Η καλοκαιρινή περίοδος σε πολλές περιπτώσεις θα παραταθεί για αρκετές ακόμη εβδομάδες. Υψηλότερες μέσες θερμοκρασίες συμπεριλαμβανομένων «τροπικών νυχτών»

αναμένονται να έχουν αντίκτυπο σε όλες τις παράλιες αστικές περιοχές προκαλώντας στον τοπικό πληθυσμό θερμικό στρες.

Στα περισσότερα νησιά όπως φαίνεται, προβλέπεται σημαντική μείωση των βροχοπτώσεων το καλοκαίρι, η οποία θα παραταθεί για όλη την διάρκεια του χρόνου στον νότο. Κάτι τέτοιο φυσικά θα έχει αντίκτυπο στους υδάτινους πόρους, καθώς ολόκληρη η Μεσογειακή λεκάνη αναμένεται να αντιμετωπίσει σχετικά προβλήματα λόγω της κλιματικής αλλαγής. Ειδικά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες οι ροές νερού θα μειώνονται σε σημαντικό βαθμό.

Σημαντικό είναι να αναφέρουμε και την πιθανή αύξηση της στάθμης της θάλασσας (περί τα 3 με 61cm) λόγω της αναλογικά αυξημένης θερμοκρασίας της θάλασσας.

Οι αρνητικές επιπτώσεις των φαινομένων της κλιματικής αλλαγής και το αντίκτυπο που έχουν σε μία πληθώρα από τομείς της καθημερινής ζωής, αλλά και του οικοσυστήματος, είναι πολλές και ποικίλες.

Αρχικά, η γεωργία είναι ένας από τους πρώτους και βασικότερους τομείς που πλήγεται άμεσα. Οι αυξημένες μέσες θερμοκρασίες οδηγούν σε ασθενή φυτοκάλυψη και αυξημένο αριθμό εντόμων και ζιζανίων. Οι ολοένα μειωμένες μέσες βροχοπτώσεις τα τελευταία χρόνια οδηγούν σε ξηρασίες με σταδιακή υποβάθμιση του εδάφους και χαμηλότερες αποδόσεις σε επίπεδο σοδειών. Το χώμα διαβρώνεται και υπάρχει άμεσο αντίκτυπο στις καλλιεργήσιμες εκτάσεις γης. Τα έκτακτα καιρικά φαινόμενα οδηγούν σε καταστροφή της αρόσιμης γης και της γενικότερης σχετικής γεωργικής υποδομής. Η αύξηση της στάθμης της θάλασσας μπορεί με το πέρασμα των χρόνων να οδηγήσει σε σημαντικά προβλήματα απώλειας καλλιεργήσιμης γης και υφαλμύρινσης των συστημάτων άρδευσης γλυκού νερού. Στον αντίποδα, οι μεταβαλλόμενες καιρικές συνθήκες μπορούν να οδηγήσουν και σε νέες ευκαιρίες όπως η

δυνατότητα καλλιέργειας συγκεκριμένων σοδειών (π.χ. ντομάτες) καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Σημαντικό στοιχείο σχετικά με την γεωργία είναι να σκεφτούμε πως με την παράταση των περιόδων ξηρασίας λόγω κλιματικής αλλαγής, αυξάνεται και η ανταγωνιστικότητα στον τομέα της ζήτησης παροχής νερού από τους αγρότες που καλλιεργούν την γη. Ένα ακόμα από παράδειγμα που έχει προκαλέσει η κλιματική αλλαγή είναι η μείωση σε ελαιόλαδο από το 2001. Αυτό συμβαίνει λόγω της ξηρασίας από υψηλές θερμοκρασίες, την σχετική έλλειψη νερού και τους θερμούς νότιους ανέμους, που οδηγεί σε σταδιακή καταστροφή και αφυδάτωση των ελαιόδεντρων τόσο στην Κρήτη όσο και σε ορισμένα νησιά του Αιγαίου.

Ένας πολύ σημαντικός τομέας που αναμένεται να πληγεί σοβαρά από την κλιματική αλλαγή είναι επίσης ο τουρισμός. Αποτελέσματα του CIRCLE project ("Climate Change and Impact Research: the Medeterranean Environment") δείχνουν ότι λόγω της αύξησης των θερμοκρασιών ειδικότερα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες ο τουρισμός ενδέχεται να μετατοπιστεί από την νότια Ευρώπη στην βόρεια. Κάτι τέτοιο αν και δεν έχει άμεσο αντίκτυπο για την Ελλάδα είναι σίγουρο πως θα επηρεάσει τον τουρισμό στα νησιά της χώρας μας στο μέλλον.

Λαμβάνοντας υπόψη, ότι το νησιωτικό σύμπλεγμα της Ελλάδας είναι πόλος έλξης τουριστών από όλο τον κόσμο και ότι πληθώρα ελεύθερων επαγγελματιών ασχολούνται με τουριστικές επιχειρήσεις φαίνεται πως η Ελλάδα θα είναι μία από τους μεγάλους "χαμένους" της κλιματικής αλλαγής. Τα νησιά του Αιγαίου και η Κρήτη συγκεκριμένα προσελκύουν πολλούς τουρίστες που ήδη βρίσκουν τις θερμοκρασίες ειδικά στα μέσα των καλοκαιρινών μηνών υπερβολικές. Οι θερμοκρασίες αυτές αναμένεται να αυξηθούν μέσα στα επόμενα 10 χρόνια. Ο αριθμός των "ημερών καύσωνα" με

θερμοκρασίες άνω των 35°C αναμένεται να αυξηθεί περισσότερο σε συγκεκριμένες περιοχές, όπως το Ηράκλειο της Κρήτης (10-15 ημέρες). Άλλες τουριστικές περιοχές όπως τα Χανιά, το Ρέθυμνο καθώς και η Ρόδος θα έχουν χαμηλότερες αυξήσεις των ημερών αυτών. Σε αντίθεση, τα νησιά των Κυκλάδων δείχνουν να κρατούν χαμηλότερες θερμοκρασίες με αμελητέες αυξήσεις θερμοκρασίες μόνο σε πολύ θερμές ημέρες. Από την άλλη μεριά, τα Ιόνια νησιά (π.χ. η Κέρκυρα), αν και δεν σημειώνουν σημαντικά αυξημένες τιμές θερμοκρασίες και πάλι δεν ξεφεύγουν από τον κοινό γενικό παρανομαστή των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.

Ο αυξημένος κίνδυνος πυρκαγιάς στα δάση αποτελεί επίσης αποτρεπτικό στοιχείο για τους τουρίστες λόγω έλλειψης ασφάλειας, αλλοίωσης φυσικού τοπίου και μη προσβασιμότητας σε συγκεκριμένες περιοχές. Οι πυρκαγιές που σημειώθηκαν σε πολλές δασικές εκτάσεις της Ελλάδας το 2007 ήταν οι χειρότερες των τελευταίων δεκαετιών και έδειξαν ξεκάθαρα την ευπάθεια της σε πυρκαγιές λόγω ως αποτέλεσμα του ξηρού κλίματος.

Σημαντικά θα επηρεαστούν και οι διάφορες υποδομές. Μια μελέτη που είχε διεξαχθεί το 2004 για το αντίκτυπο της αύξησης της στάθμης της θάλασσας, συγκεκριμένα στη Χερσόνησο της Κρήτης, έδειξε ότι οι χαμηλές περιοχές θα πλημμυρίσουν σε μόνιμη βάση, η διάβρωση των παραλιών θα επιταχυνθεί, και σαν αποτέλεσμα όλων αυτών τα πλημμυρικά επεισόδια θα γίνουν όλο και πιο συχνά.

Ένας άλλος τομέας που κινδυνεύει είναι οι υποδομές ύδρευσης οι οποίες θα βρίσκονται υπό αυξανόμενη πίεση να διατηρήσουν τη λειτουργία τους. Για παράδειγμα στο νησί της Καλύμνου, η εισβολή θαλάσσιου νερού, (που συσχετίζεται με την αύξηση της στάθμης της θάλασσας), είναι πολύ παραπάνω από τα νόμιμα όρια σε πολλές γεωτρήσεις νερού. Αυτό έχει οδηγήσει την πλειονότητα των κατοίκων του νησιού στην κατανάλωση

εμφιαλωμένου νερού για πόση και μαγείρεμα. Έχει εκτιμηθεί ότι μπορεί να υπάρχει μία αρνητική ισορροπία ανάμεσα στην ζήτηση και τη διαθέσιμη παροχή νερού στο νησί, ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες, με προβλήματα συσχετιζόμενα με την αποθήκευση του νερού, την υπεράντληση των ήδη διαθέσιμων γεωτρήσεων, την αύξηση της αλμυρότητας κλπ. Στο νησί της Κρήτης, η ολοένα αυξανόμενη αλμυρότητα του υπογείων δεξαμενών νερού έχει επιπλοκές στις καλλιέργειες ειδικά κοντά στην ακτή.

Η παροχή νερού έχει υπάρξει ήδη μεγάλο θέμα για πολλά ελληνικά νησιά, ειδικά για τα νησιά του Αιγαίου Πελάγους, όπου η μεταφορά ποσίου νερού είναι αναγκαία σε συγκεκριμένες περιόδους. Τα προβλήματα παροχής νερού σε τουριστικά θέρετρα είναι ολοένα και πιο συχνά και αναμένεται να αυξηθούν περαιτέρω όσο οι θερμοκρασίες αυξάνονται και η θερινή περίοδος μεγαλώνει. Για παράδειγμα, τα αιγαιοπελαγίτικα νησιά έχουν περισσότερο από 15 εκατομμύρια διανυκτερεύσεις τον χρόνο και σε ορισμένα από αυτά ο πληθυσμός κατά την θερινή περίοδο είναι 30 φορές μεγαλύτερος. Κάτι τέτοιο οδηγεί σε αυξημένες απαιτήσεις για νερό από την ηπειρωτική χώρα από δεξαμενόπλοια και μέσω αφαλάτωσης.

Οι πλημμύρες αναμένονται να γίνουν με το πέρασμα του χρόνου πιο συχνές και σοβαρότερες, οδηγώντας σε καταστροφή των υποδομών και απώλεια βιοποικιλότητας, αν όχι ολική πλημμύρα των χαμηλών περιοχών. Κάτι τέτοιο αποτελεί μεγάλο πρόβλημα για την Ελλάδα καθώς το 85% του πληθυσμού διαμένει σε απόσταση 50km από την ακτογραμμή.

Συνολικά, η Ελλάδα αναμένεται να πληγεί σοβαρά στον οικονομικό τομέα από την κλιματική αλλαγή. Εκτιμάται ότι είναι η πιο σοβαρά αρνητικά επηρεαζόμενη χώρα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με προβλεπόμενες απώλειες μεταξύ -1.76% ΑΕΠ και 6.24% ΑΕΠ μέχρι το 2050 που να αναλογεί σε 2°C και 4°C θερμοκρασιακή αύξηση, αντίστοιχα.

Μία από τις λύσεις που θα δινόταν για τις αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην αγροτική παραγωγή, θα μπορούσε να είναι η υιοθέτηση συγκεκριμένων τεχνικών διαχείρισης της σοδειάς. Παρόλα αυτά μία τέτοια λύση απαιτεί μέχρι και 40% περισσότερο νερό για άρδευση το οποίο μπορεί να μην είναι διαθέσιμο δεδομένων των αναμενόμενων πιέσεων στις πηγές νερού της περιοχής.

Η αλλαγή των ποικιλιών και ειδών που καλλιεργούνται με άλλες με πιο συμβατό θερμικό χρόνο και απαιτήσεις εαρινοποίησης ή/και με αυξημένη αντίσταση στο θερμικό σοκ και την ξηρασία, η μεταβολή των ποσοστών λιπασμάτων για τη διατήρηση της ποιότητας των κόκκων ή των φρούτων σύμφωνα πάντα με το επικρατούμενο κλίμα, αλλά και η αλλαγή των ποσοτήτων αλλά και του χροδιαγράμματος της άρδευσης και άλλων τεχνικών διατήρησης υδάτων θα μπορούσε να βοηθήσει επίσης σε μεγάλο βαθμό τις αρνητικές επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία.

Επίσης, μία άλλη εναλλακτική λύση θα ήταν η χρήση τεχνολογιών για “συγκομιδή” νερού, η συντήρηση της υγρασίας του εδάφους (π.χ. κατακράτηση καταλοίπων καλλιεργειών), καθώς και η χρήση και μεταφορά νερού πιο αποτελεσματικά σε περιοχές με μειωμένη μέση βροχόπτωση. Αντιθέτως σε περιοχές με αυξημένη βροχόπτωση θα βοηθούσαν τεχνικές διαχείρισης του νερού για να αποφευχθεί η διάβρωση και η θρεπτική έκπλυση.

Οι δράσεις που απαιτούνται για την αντιμετώπιση και το μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στον τουρισμό αφορούν ένα συνδυασμό μέτρων “ρυθμιστικού” χαρακτήρα από τη μία πλευρά και κατάλληλων έργων υποδομής από την άλλη.

Ως προς τα θεσμικά μέτρα, τόσο από την πλευρά της Πολιτείας όσο και από την πλευρά των επιχειρήσεων, πρέπει να δοθεί έμφαση στην υπέρβαση των εμποδίων που σχετίζονται με την εποχικότητα του ελληνικού τουρισμού μέσα

από ένα άνοιγμα σε νέες τουριστικές αγορές, οι οποίες δεν υπόκεινται στους περιορισμούς του καλοκαιρινού τουρισμού, καθώς και στην επανατοποθέτηση του ελληνικού τουριστικού προϊόντος στην αντίληψη των καταναλωτών-τουριστών και, το κυριότερο, των διεθνών τουριστικών πρακτόρων.

Επιπλέον, από την πλευρά της Πολιτείας θα πρέπει να υπάρξουν κατάλληλες παρεμβάσεις σε σχέση με την προστασία των ακτών σε τουριστικές περιοχές που διατρέχουν κίνδυνο διάβρωσης από ακραία φαινόμενα και άνοδο της θάλασσας, τη δημιουργία ενός κατάλληλου χωροταξικού σχεδίου για τον τουρισμό, την προστασία των ακτών, τη δημιουργία μηχανισμών για την αντιμετώπιση έκτακτων καταστάσεων που σχετίζονται με καύσωνες, ακραία φαινόμενα κ.λπ., την προστασία ευαίσθητων περιοχών κ.ά.

Από πλευράς επιχειρήσεων, πέραν των μέτρων που αφορούν την τουριστική αγορά, θα πρέπει να αναληφθούν δράσεις σε σχέση με την εξοικονόμηση και εξασφάλιση νερού, την εξοικονόμηση ενέργειας, την ασφάλιση των τουριστικών υποδομών έναντι κινδύνων που απορρέουν από φυσικές καταστροφές, καθώς και τη διαχείριση των αποβλήτων τους. Αυτές οι δράσεις θα μπορούσαν να ενθαρρυνθούν με στοχευμένες παρεμβάσεις της Πολιτείας όπως κατάλληλες επιδοτήσεις για πράσινες επενδύσεις στον τουριστικό τομέα και ενίσχυση των συμπράξεων δημόσιου-ιδιωτικού τομέα.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση

- ESRI (2008) ArcView 9.2 User Manuals, Environmental System Research Institute, 380 New York Street, Redlands, CA, 92373 USA.
- Giannakopoulos, C., Kostopoulou, E., Varotsos, K., Tziotziou, K., Plitharas A., (2011) cx WWF (2005) Climate change impacts in the Mediterranean resulting from a 2C global temperature rise

- Howden Mark, Soussana Jean-Francois, Tubiello Franceso.N, Chhetri Netra, Dunlop Michael and Meinke Holger (2007), Adapting agriculture to climate change, Pennsylvania State University
- Johnston K., Jay M., Hoef V., Krivoruchko K. and Lucas N. (2003). Using ArcGIS Geostatistical Analyst, ESRI Publications, USA.
- Krivoruchko K. (2011). Spatial Statistical Data Analysis for GIS Users, e-book, ESRI Press, New York, USA.
- Kontogianni, A., Tourkolias, C., Skourtos, M., Papanikolaou, M., (2012) Linking Sea Level Rise Damage and Vulnerability Assessment: The Case of Greece, International Perspectives on Global Environmental Change
- Kourgialas N.N. and Karatzas G.P. (2015). Groundwater Contamination Risk Assessment in Crete, Greece using Numerical Tools within a GIS Framework. Hydrological Sciences Journal, DOI: 10.1080/02626667.2014.885653.

Ελληνική

- Αστάρης Θ. (2007). Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Ψηφιακή Χαρτογραφία & Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.
- Γιλαντζή Ιουλία (2006). Έρευνα για την αιφόρο ανάπτυξη στο νησί της Ηρακλείας. Δίκτυο Αειφόρων Νήσων “Δάφνη”.
- Γιλαντζή Ιουλία, Σαράφη Μαρία (2006). Έρευνα για την αιφόρο ανάπτυξη στα Κουφονήσια. Δίκτυο Αειφόρων Νήσων “Δάφνη”.
- Ε.Λ.Λέκκας, Γ.Δ. Δαναμός, Σ.Γ. Λόζιος (2001). Νεοτεκτονική Δομή και Εξέλιξη της νήσου Λευκάδας. Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας. Τομ. XXXIV/1, 157-163, 2001. Πρακτικά 9^{ου} Διεθνούς Συνεδρίου, Αθήνα, Σεπτέμβριος 2001.

- Καθαράκης Δημήτριος (2006), Flora Sporadum: Καταγραφή της χλωρίδας των βορείων Σποράδων και οι μεταξύ τους φυτογεωγραφικές συνδέσεις, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών – Τμήμα Βιολογίας.
- Καπαγερίδης Ι. (2006). Εισαγωγή στη Γεωστατιστική. Εκδόσεις ΙΩΝ.
- Καραδήμα Ναταλία – Κωνσταντίνα (2013). Η Προέλευση της Μεταλλοφορίας Βαρύτη του γρανίτη της Μυκόνου. Πτυχιακή Εργασία. Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Καψάλης Απόστολος (2006). Έρευνα για την αειφόρο ανάπτυξη στην Αίγινα. Δίκτυο Αειφόρων Νήσων “Δάφνη”.
- Κουκλιανώτου Ε., Νερατζάκης Α. (2011), Ταξινόμηση Ρηγματογενών Ζωνών στο νησί της Τήνου, Πτυχιακή Εργασία, Τ.Ε.Ι. Κρήτης – Παράρτημα Χανίων, Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Τομέας Υδατικών Πόρων και Γεωπεριβάλλοντος.
- Κουκουναά Άννα Χανιά (2004). Οργανική Γεωχημική Μελέτη Σχηματισμών της Ζακύνθου. Διπλωματική Εργασία. Πολυτεχνείο Κρήτης – Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων.
- Κουργιαλάς Ν.Ν. (2013). Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (ΓΣΠ) - Περιβαλλοντικές εφαρμογές. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος.
- Κουργιαλάς Ν. (2010). Διδακτορική Διατριβή, Ολοκληρωμένη διαχείριση πρόβλεψη και αντιμετώπιση πλημμυρικών φαινομένων σε σύνθετες γεωμορφολογικά περιοχές και χρήση μαθηματικών μοντέλων και GIS. Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος.
- Λίττη Εύη (2008). Υδατικοί Πόροι στα νησιά του Αιγαίου. ΛΔΚ ΕΠΕ.
- Μάργαρης Κωνσταντίνος (2008). Έρευνα για την αειφόρο ανάπτυξη στο νησί της Αμοργού. Δίκτυο Αειφόρων Νήσων “Δάφνη”.
- Ματαράγκας Δ. , Βάρτη-Ματαράγκα.. Γεωλογική Παλαιογραφική Εξέλιξη του Αιγαίου Πελάγους και Γεωλογική Δομή νήσου Πάρου.
- Μουζακίτης Α. (2009). Υδρογεωλογική - περιβαλλοντική μελέτης της ευρύτερης περιοχής της βόρειας Κέρκυρας. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών – Τμήμα Γεωλογίας.

- Παντόπουλος Γεώργιος (2009). Περιβάλλοντα Ιζηματογένεσης, Στρωματογραφική Διάρθρωση και Στατιστική Ανάλυση Στρωμάτων του φλύσχη στο νησί της Καρπάθου – Πιθανότητα Ανάπτυξης Πεδίου Υδρογονανθράκων στο ΝΑ Αιγαίο. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών – Τμήμα Γεωλογίας – Τομέας Γενικής Θαλάσσιας Γεωλογίας και Γεωδυναμικής.
- Παπαλάμπρου Θεοδώρα (2006). Έρευνα για την αειφόρο ανάπτυξη στο νησί της Ίου. Δίκτυο Αειφόρων Νήσων “Δάφνη”.
- Πεχλιβανίδου Σοφία (2007). Η Γεωμορφολογία της νήσου Σκύρου και η Επίδρασή της στις Χρήσεις Γης. Διατριβή Ειδίκευσης. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Θετικών Επιστημών – Τμήμα Γεωλογίας
- Ρεπαπής ΧΚ, Μπούρας Α. (1990). Η Ξηρασία στην Ελλάδα κατά τα έτη 1989-1990. Μελέτη Αριθμ. 71, Ακαδημία Αθηνών, Κέντρο Έρευνας Φυσικής της Ατμόσφαιρας και Κλιματολογίας.
- Σαμπω Β., Ευελπίδου Ν., Γκουρνέλος Θ., Βασιλόπουλος Α.. Υπολογισμός Επικινδυνότητας Διάβρωσης στη νήσο Νάξο με τη χρησιμοποίηση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.
- Σίμου Δήμητρα (2006). Έρευνα για την αειφόρο ανάπτυξη στην Κέα. Δίκτυο Αειφόρων Νήσων “Δάφνη”.
- Τσουχλαράκη Α. και Αχιλλέως Γ. (2010). Μαθαίνοντας τα GIS στην πράξη (ArcGIS 9.3). Εκδόσεις Δίσιγμα, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος.
- Χάρου Ε., Ποϊραζίδης Κ., Πετρίδης Σ., Μαρτίνης Α., Καλύβας Δ., Καρρής Γ., Μήτσαινας Γ., Οκτώβριος 2012. Εντοπισμός και χαρτογράφηση των διαχρονικών αλλαγών (1984-2011) των χρήσεων/κάλυψης γης των νησιών Ζακύνθου, Κεφαλονιάς και Λευκάδας. Τεχνική αναφορά, ΤΕΙ Ιονίων Νήσων, Ζάκυνθος, 145 σελ.
- Ψυχά Αικατερίνη. Σημειώσεις Ναυτικής Μετεωρολογίας. Ελληνική Ιστιοπλοϊκή Ομοσπονδία.
- Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου “Γενική Διεύθυνση Περιφερειακής Αγροτικής Οικονομίας και Κτηνιατρικής Νοτίου Αιγαίου. «Το Καλάθι Νοτίου Αιγαίου»

- 1^η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ . Περιγραφή Υδατικού Διαμερίσματος Νήσων Αιγαίου (EL14)
- Επιχειρησιακό Σχέδιο Αγροτικής Ανάπτυξης 2004-2020 για τη νήσο Άνδρο. Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου – Γενική Διεύθυνση Περιφερειακής Αγροτικής Οικονομίας και Κτηνιατρικής

Ιστοσελίδες

(www.wikipedia.gr).

(www.oocities.org).

(www.ecoanemos.files.wordpress.com).

(www.geo.auth.gr).

(www.sdi-aegean.gr).

(www.cyclades-tour.gr).

(www.aegeanislands.gr).

(www.pepna.gr).

(www.meteoclub.gr).

(www.geodifhs.com).

(www.samos-caves.gr).

(www.nemertis.lis.upatras.gr).

(www.visitikaria.gr).

(www.samia-pblogs.gr).

(www.skiathorama.com).

(www.skiathosisland.com).

(www.filotis.itia.ntua.gr).

(www.citybranding.gr).

(www.hydra.gr).

(www.spetses.com.gr).

(www.meteo-news.gr).

(www.ionianlanduses.wordpress.com).

(www.wwf.gr).

(www.econews.gr).