



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ
ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ**

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ
ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙ-ΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΡΟΛΗΨΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ»

**“Χαρτογράφηση κατανομής παγετού, διερεύνηση
αιτιών και πρόταση για επιχειρησιακό σχέδιο
πολιτικής προστασίας στην περιοχή της κεντρικής
Στερεάς Ελλάδας”**



Μεταπτυχιακή εργασία
Παρασκευή Πετσιώτη

Τριμελής Επιτροπή: Δρ. Ι. Παπανικολάου, Επ. Καθηγητής ΓΠΑ (Επιβλέπων)
Δρ. Ε. Λέκκας, Καθηγητής ΕΚΠΑ,
Δρ. Π. Νάστος, Καθηγητής ΕΚΠΑ

ΑΘΗΝΑ 2016

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	1
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	3
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΩΝ.....	5
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	6
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	7
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	8
1.1 Στόχος διπλωματικής εργασίας.....	8
1.2 Πλαίσιο Διπλωματικής εργασίας.....	9
1.3 Δομή Εργασίας	10
Κεφάλαιο 2: Βασικές έννοιες	12
2.1 Ορισμός Παγετού	12
2.2 Φυσικές Καταστροφές.....	12
2.3 Θερμοκρασία εδάφους	13
2.4 Θερμοκρασία επιφάνειας και βάθους εδάφους	14
2.5 Θερμοκρασία αέρα	17
2.6 Νυκτερινή ψύξη.....	18
2.7 Προστασία των σοδειών από τον ψυχρό Νυχτερινό Αέρα	19
2.8 Γεωλογικοί σχηματισμοί	19
2.9 Προστασία οδικού δικτύου – παγετός.....	20
Κεφάλαιο 3: Ανάλυσης Περιοχής Μελέτης	21
3.1 Νομός Φθιώτιδας	22
3.1.1 Πληθυσμός	22
3.1.2 Γεωμορφολογία	22
3.1.3 Γεωλογία	23
3.1.4 Κλίμα	23
3.2 Νομός Ευρυτανίας.....	24
3.2.1 Πληθυσμός	24
3.2.2 Γεωμορφολογία	24
3.2.3 Κλίμα	25
3.2.4 Γεωλογία	25
3.3 Νομός Φωκίδας.....	25
3.3.1 Πληθυσμός	25
3.3.2 Γεωμορφολογία	26
3.3.3 Κλίμα	27
3.3.4 Γεωλογία	28

3.4 Νομός Βοιωτίας	29
3.4.1 Πληθυσμός	29
3.4.2 Γεωμορφολογία	29
3.4.3 Κλίμα	30
3.4.4 Γεωλογία	31
Κεφάλαιο 4: Μεθοδολογία.....	32
4.1 Μετεωρολογικά Δεδομένα	34
4.1.1 Μετεωρολογικοί Σταθμοί	34
4.2 Δεδομένα από τον Οργανισμό Ελληνικών Γεωργικών Ασφαλίσεων (ΕΛ.Γ.Α.).....	54
4.3 Επεξεργασία με Γ.Σ.Π	70
4.3.1 Χρήση λογισμικού ArcGIS	70
4.3.2 Υψόμετρο	72
4.3.4 Κλίση Πρανών	75
4.3.5 Προσανατολισμό Πρανών	78
4.3.5 Υδρογραφικό Δίκτυο	80
4.3.6 Καμπυλότητα Αναγλύφου	83
4.3.7 Οδικό Δίκτυο.....	86
4.3.8 Χρήσεις γης	87
4.3.9 Κλίμα	90
4.4 Επεξεργασία με δορυφορικά Δεδομένα	91
4.4.1 Δεδομένα Επιφανειακής Θερμοκρασίας (MOD11A)	92
Κεφάλαιο 5: Αποτελέσματα επεξεργασίας στατικών δεδομένων	96
Κεφάλαιο 6: Αποτελέσματα επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων	99
Κεφάλαιο 7: Αποτελέσματα επεξεργασίας μετεωρολογικών και δορυφορικών δεδομένων	101
Κεφάλαιο 8: Αποτελέσματα ανάλυσης Προστασίας Οδικού Δικτύου	121
Κεφάλαιο 9: Συζήτηση	127
Κεφάλαιο 10: Συμπεράσματα	132
Βιβλιογραφία.....	133

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Διάγραμμα Ροής Εργασίας	33
Διάγραμμα 2: Μέση ετήσια Θερμοκρασία Σταθμού Αμφίκλεια (Δεδομένα: Εθνικού Αστροσκοπείου Αθηνών)	36
Διάγραμμα 3: Μέση μέγιστη Θερμοκρασία Σταθμού Αμφίκλεια (Δεδομένα: Εθνικού Αστροσκοπείου Αθηνών)	36
Διάγραμμα 4: Μέση ελάχιστη Θερμοκρασία ανά έτος του Σταθμού Αμφίκλεια (Δεδομένα: Εθνικού Αστροσκοπείου Αθηνών)	37
Διάγραμμα 5: Μέση Ετήσια Θερμοκρασία Σταθμού Αντίκυρα (Δεδομένα: Εθνικού Αστροσκοπείου Αθηνών)	38
Διάγραμμα 6: Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία Σταθμού Αντίκυρα (Δεδομένα: Εθνικού Αστροσκοπείου Αθηνών)	38
Διάγραμμα 7: Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία Σταθμού Αντίκυρα (Δεδομένα: Εθνικού Αστροσκοπείου Αθηνών)	39
Διάγραμμα 8: Μέση Ετήσια Θερμοκρασία Σταθμού Αράχωβα (Δεδομένα: Εθνικού Αστροσκοπείου Αθηνών)	40
Διάγραμμα 9: Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία Σταθμού Αράχωβα (Δεδομένα: Εθνικού Αστροσκοπείου Αθηνών)	40
Διάγραμμα 10: Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία Σταθμού Αράχωβα (Δεδομένα: Εθνικού Αστροσκοπείου Αθηνών)	41
Διάγραμμα 11: Μέση Ετήσια Θερμοκρασία Σταθμού Διακόπι (Δεδομένα: Εθνικού Αστροσκοπείου Αθηνών)	42
Διάγραμμα 12: Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία Σταθμού Διακόπι (Δεδομένα: Εθνικού Αστροσκοπείου Αθηνών)	42
Διάγραμμα 13: Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία Σταθμού Διακόπι (Δεδομένα: Εθνικού Αστροσκοπείου Αθηνών)	43
Διάγραμμα 14: Μέση Ετήσια Θερμοκρασία Σταθμού Καπαρέλλι (Δεδομένα: Εθνικού Αστροσκοπείου Αθηνών)	44
Διάγραμμα 15: Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία Σταθμού Καπαρέλλι (Δεδομένα: Εθνικού Αστροσκοπείου Αθηνών)	44
Διάγραμμα 16: Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία Σταθμού Καπαρέλλι (Δεδομένα: Εθνικού Αστροσκοπείου Αθηνών)	45
Διάγραμμα 17: Μέση Ετήσια Θερμοκρασία Σταθμού Καρπενήσι (Δεδομένα: Εθνικού Αστροσκοπείου Αθηνών)	46
Διάγραμμα 18: Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία Σταθμού Καρπενήσι (Δεδομένα: Εθνικού Αστροσκοπείου Αθηνών)	46
Διάγραμμα 19: Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία Σταθμού Καρπενήσι (Δεδομένα: Εθνικού Αστροσκοπείου Αθηνών)	47
Διάγραμμα 20: Μέση Ετήσια Θερμοκρασία Σταθμού Θεολόγος (Δεδομένα: Εθνικού Αστροσκοπείου Αθηνών)	48
Διάγραμμα 21: Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία Σταθμού Θεολόγος (Δεδομένα: Εθνικού Αστροσκοπείου Αθηνών)	48
Διάγραμμα 22: Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία Σταθμού Θεολόγος (Δεδομένα: Εθνικού Αστροσκοπείου Αθηνών)	49
Διάγραμμα 23: Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία Αλιάρτου (Δεδομένα: EMY)	49
Διάγραμμα 24: Μέση ελάχιστη θερμοκρασία στο σταθμό Δομοκού (Δεδομένα: EMY)	50
Διάγραμμα 25: Μέση ελάχιστη θερμοκρασία μετεωρολογικού σταθμού Δεσφίνα (Δεδομένα: EMY)	51
Διάγραμμα 26: Μέση ελάχιστη θερμοκρασίας μετεωρολογικού σταθμού Λαμίας (Δεδομένα: EMY)	51
Διάγραμμα 27: Μέση ελάχιστη θερμοκρασία μετεωρολογικού σταθμού Τανάγρα (Δεδομένα:	

ΕΜΥ).....	52
Διάγραμμα 28: Σύνολο συμβάντων που καταγράφηκαν ανά έτος (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.).....	56
Διάγραμμα 29: Σύνολο συμβάντων που καταγράφηκαν ανά μήνα (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.).....	57
Διάγραμμα 30: στρεμμάτων που καταγράφηκαν με παγετό (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.).....	58
Διάγραμμα 31: Σύνολο δένδρων που καταγράφηκαν με παγετό (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)	59
Διάγραμμα 32: Αριθμός Αγροτεμαχίων ανά έτος που καταγράφηκαν με παγετό (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)	60
Διάγραμμα 33: Ποσό πληρωμής αποζημίωσης ανά έτος (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)	61
Διάγραμμα 34: Συχνότητα καταγραφής ζημιών ανά νομό έτος (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)	62
Διάγραμμα 35: Σύνολο στρεμμάτων που ζημιώθηκαν ανά Νομό (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)	62
Διάγραμμα 36: Σύνολο χρησιμοποιούμενης γεωργικής έκτασης ανά Νομό (πηγή ΕΛΣΤΑΤ)	63
Διάγραμμα 37: Σύγκριση μεταξύ συνολικής χρησιμοποιούμενης γεωργικής έκτασης και έκτασης ζημιωμένη από παγετό ανά Νομό (πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, ΕΛΓΑ).....	63
Διάγραμμα 38: Ποσοστό στρεμμάτων που ζημιώθηκαν από παγετό συγκριτικά με τη συνολική καλλιεργούμενη έκταση (πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, ΕΛΓΑ)	64
Διάγραμμα 39: Συχνότητα καταγραφής ζημιών ανά έτος από παγετό στο Ν. Βοιωτίας (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)	65
Διάγραμμα 40: Συχνότητα καταγραφής ζημιών ανά μήνα από παγετό στο Ν. Βοιωτίας (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)	65
Διάγραμμα 41: Συχνότητα καταγραφής ζημιών ανά έτος από παγετό στο Ν. Ευρυτανίας (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.).....	66
Διάγραμμα 42: Συχνότητα καταγραφής ζημιών ανά μήνα από παγετό στο Ν. Ευρυτανίας (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.).....	66
Διάγραμμα 43: Συχνότητα καταγραφής ζημιών ανά έτος από παγετό στο Ν. Φθιώτιδας (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.).....	67
Διάγραμμα 44: Συχνότητα καταγραφής ζημιών ανά μήνα από παγετό στο Ν. Φθιώτιδας (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.).....	67
Διάγραμμα 45: Συχνότητα καταγραφής ζημιών ανά έτος από παγετό στο Ν. Φωκίδος (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)	68
Διάγραμμα 46: Συχνότητα καταγραφής ζημιών ανά μήνα από παγετό στο Ν. Φωκίδος (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)	68
Διάγραμμα 47: Σύγκριση μετεωρολογικού σταθμού και δορυφορικών εικόνων, Τανάγρα	108
Διάγραμμα 48: Διαφορά Θερμοκρασίας μετεωρολογικών και δορυφορικών δεδομένων (Τανάγρα)	108
Διάγραμμα 49: Σύγκριση μετεωρολογικού σταθμού και δορυφορικών εικόνων, Αράχωβα	109
Διάγραμμα 50: Διαφορά Θερμοκρασίας μετεωρολογικών και δορυφορικών δεδομένων (Αράχωβα).....	110
Διάγραμμα 51: Σύγκριση μετεωρολογικού σταθμού και δορυφορικών εικόνων, Δεσφίνα.....	110
Διάγραμμα 52: Διαφορά Θερμοκρασίας μετεωρολογικών και δορυφορικών δεδομένων (Δεσφίνα).....	111
Διάγραμμα 53: Σύγκριση μετεωρολογικού σταθμού και δορυφορικών εικόνων, Δομοκός	112
Διάγραμμα 54: Διαφορά Θερμοκρασίας μετεωρολογικών και δορυφορικών δεδομένων (Δομοκός)	112
Διάγραμμα 55: Σύγκριση μετεωρολογικού σταθμού και δορυφορικών εικόνων, Λαμία	113
Διάγραμμα 56: Διαφορά θερμοκρασίας μετεωρολογικών και δορυφορικών δεδομένων, Λαμία.....	113

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1: Περιοχή Μελέτης	21
Χάρτης 2: Χάρτης Μετεωρολογικών σταθμών περιοχής μελέτης	35
Χάρτης 3: Θερμοκρασία αέρος της περιοχής μελέτης (Δεδομένα: ΕΜΥ, Αστεροσκοπείο)	53
Χάρτης 4: Χάρτης Υψομέτρου Περιοχής Μελέτης.....	73
Χάρτης 5: Χάρτης επικινδυνότητας υψομετρικού μοντέλου εδάφους.....	75
Χάρτης 6: Χάρτης κλίσεων πρανών	76
Χάρτης 7: Χάρτης επικινδυνότητας κλίσεων πρανών.....	78
Χάρτης 8: Χάρτης προσανατολισμού κλίσεων πρανών.....	79
Χάρτης 9: Χάρτης επικινδυνότητας προσανατολισμού πρανών	80
Χάρτης 10: Υδρογραφικό δίκτυο και Λίμνες της περιοχής μελέτης.....	81
Χάρτης 11: Χάρτης επικινδυνότητας απόστασης υδάτινων επιφανειών	83
Χάρτης 12: Χάρτης καμπυλότητας αναγλύφου	84
Χάρτης 13: Επικινδυνότητα καμπυλότητας αναγλύφου	85
Χάρτης 14: Οδικό δίκτυο περιοχής μελέτης	87
Χάρτης 15: Χάρτης χρήσεων γης περιοχής μελέτης (πηγή: Corine 2012).....	88
Χάρτης 16: Επικινδυνότητα Χρήσεων γης (πηγή: Corine 2012).....	89
Χάρτης 17: Κλίμα περιοχής Μελέτης.....	90
Χάρτης 18: Παράδειγμα δορυφορικής εικόνας με θερμοκρασία >0 K.....	94
Χάρτης 19: Παράδειγμα δορυφορικής εικόνας με θερμοκρασία >273 K	94
Χάρτης 20: Επικινδυνότητα Παγετού στατικών δεδομένων	97
Χάρτης 21: Συχνότητα εμφάνισης παγετού δορυφορικών δεδομένων (%)	99
Χάρτης 22: Ποσοστό διαθεσιμότητας δορυφορικών δεδομένων (%).....	100
Χάρτης 23: Μετεωρολογικοί σταθμοί που μελετήθηκαν και συχνότητα δορυφορικών δεδομένων	101
Χάρτης 24: Συχνότητα εμφάνισης παγετού μετεωρολογικών δεδομένων όταν δεν υπάρχουν δορυφορικά δεδομένα	118
Χάρτης 25: Χάρτης συχνότητας παγετού περιοχής μελέτης για τους μήνες Ιανουάριο έως Μάιο	119
Χάρτης 26: Χάρτης ημερών συχνότητας παγετού στην περιοχή μελέτης για τους μήνες Ιανουάριο έως Μάιο	120
Χάρτης 27: Επικινδυνότητα Παγετού στο οδικό δίκτυο του στατικού μοντέλου	123
Χάρτης 28: Χάρτης συχνότητας εμφάνισης παγετού στο οδικό δίκτυο της περιοχής μελέτης..	124
Χάρτης 29: Ημέρες συχνότητας εμφάνισης παγετού στο οδικό δίκτυο	125

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Σύνολο συμβάντων που καταγράφηκαν ανά έτος (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)	56
Πίνακας 2: Σύνολο συμβάντων που καταγράφηκαν ανά μήνα (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)	57
Πίνακας 3: Σύνολο στρεμμάτων που καταγράφηκαν με παγετό (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)	57
Πίνακας 4: Σύνολο δένδρων που καταγράφηκαν με παγετό (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)	59
Πίνακας 5: Αριθμός Αγροτεμαχίων ανά έτος που καταγράφηκαν με παγετό (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)	60
Πίνακας 6: Ποσό πληρωμής που δόθηκε ανά έτος (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)	61
Πίνακας 7: Ταξινόμηση υψομέτρου	74
Πίνακας 8: Βαθμός επικινδυνότητας κλίσεων πρανών	77
Πίνακας 9: Πίνακας ταξινόμησης προσανατολισμού πρανών.....	80
Πίνακας 10: Πίνακας ταξινόμησης απόστασης από υδάτινες επιφάνειες σύμφωνα με τον Routteau 2011	82
Πίνακας 11: Ταξινόμηση καμπυλότητας αναγλύφου.....	85
Πίνακας 12: Ταξινόμηση χρήσεων γης	89
Πίνακας 13: Σύγκριση τιμών Θερμοκρασίας Μετεωρολογικού Σταθμού και Θερμοκρασίας δορυφορικού σταθμού για το έτος 2002 (πηγή: EMY και MODIS)	103
Πίνακας 14: Καταμέτρηση παγετού των μετεωρολογικών δεδομένων για το έτος 2002.....	115
Πίνακας 15: Καταμέτρηση παγετού των μετεωρολογικών δεδομένων όπου δεν υπάρχει διαθεσιμότητα δορυφορικών δεδομένων λόγω νεφοκάλυψης για το έτος 2002.....	116
Πίνακας 16: Ποσοστό Καταγραφής Θερμοκρασίας μετεωρολογικών σταθμών κάτω από 0C, όταν έχει και όταν δεν έχει δορυφορικά δεδομένα	117
Πίνακας 17: Ποσότητες αντιπαγετικών υλικών για προστασία συνθηκών παγετού (Μαρκογιάννη, 2004)	122
Πίνακας 18: Ποσότητα αλατιού που θα πρέπει να προμηθεύεται ο κάθε νομός της περιοχής μελέτης (Kg).....	126

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα μου, τον Επίκουρο Καθηγητή **Ιωάννη Παπανικολάου**, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση, τις γνώσεις και τη συμπαράσταση που μου προσέφερε κατά την συγγραφή της εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τα μέλη της επιτροπής μου, τον Καθηγητή **Ευθύμιο Λέκκα** και τον Καθηγητή **Παναγιώτη Νάστο**.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ θα ήθελα να πω και στους αγαπημένους μου Άγγελο, και Αναστασία αλλά και στους συνεργάτες μου για την ηθική και ψυχολογική υποστήριξη που μου προσέφεραν.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου, την αδερφή μου και την ανιψιά μου που είναι πάντα δίπλα μου, με βοηθούν, με στηρίζουν και χάρη σε αυτούς μπορώ και πραγματοποιώ τα όνειρα μου.

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Στόχος διπλωματικής εργασίας

Παγετός ονομάζεται η μετεωρολογική κατάσταση κατά την οποία οι θερμοκρασίες κοντά στην επιφάνεια του εδάφους κυμαίνονται κάτω από το 0 στην κλίμακα Κελσίου. Η εκδήλωση παγετού λαμβάνει χώρα κυρίως κατά τις ανέφελες νύχτες του χειμώνα και ιδιαίτερα όταν δεν πνέουν άνεμοι. Στην περίπτωση όπου έχει προηγηθεί χιονόπτωση, ο συνδυασμός της ανέφελης νύχτας και του χιονοκαλυμμένου εδάφους έχει ως αποτέλεσμα η θερμοκρασία να καταλαμβάνει τις πιο χαμηλές τιμές. Κάποιες φορές ακόμα και τις μεσημεριανές ώρες η ηλιακή ακτινοβολία δεν επαρκεί ώστε η θερμοκρασία να ανέλθει σε θετικές τιμές. Έτσι σε όλη τη διάρκεια της ημέρας στην περιοχή να επικρατεί το φαινόμενο του παγετού.

Ο παγετός ως φαινόμενο εντάσσεται στην κατηγορία φυσικών καταστροφών γιατί μπορεί να θέσει σε κίνδυνο όχι μόνο την περιουσία αλλά και τη ζωή των ανθρώπων. Μπορεί να προκαλέσει καταστροφές στην οικονομία και στις υποδομές της χώρας. Η εκδήλωση του φαινομένου αυτού διαρκεί στη χώρα μας από μερικές ώρες έως και μερικές ημέρες.

Η χαρτογράφηση παγετού όμως είναι μια όχι και τόσο εύκολη υπόθεση. Ο παγετός εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και αυτό έχει ως συνέπεια την δυσκολία του να αποτυπωθεί σε χάρτη.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι, να δημιουργηθεί χάρτης επικινδυνότητας παγετού, χάρτης επικινδυνότητας του οδικού δικτύου στην περιοχή μελέτης, χάρτης ποσοστών συνολικών ημερών εμφάνισης παγετού και την ποσότητα αντιπαγετικού υλικού που πρέπει να προμηθεύεται ο κάθε νομός κάθε χρόνο. Με τα παραπάνω προτείνονται μέτρα αντιμετώπισης του φαινομένου του παγετού.

Αυτό θα επιτευχθεί λαμβάνοντας υπόψη στατικούς παραμέτρους, όπως είναι το υψόμετρο, η καμπυλότητα του εδάφους, η κλίση των πρανών, μετεωρολογικούς παραμέτρους όπως είναι η θερμοκρασία από επίγειους μετεωρολογικούς σταθμούς, η καταγραφή ζημιών από παγετό που αποδόθηκε αποζημίωση σε γεωργούς, η θερμοκρασία που καταγράφηκε κάτω από 0 βαθμούς Κελσίου από δορυφορικά δεδομένα (MODIS).

1.2 Πλαίσιο Διπλωματικής εργασίας

Για την παρούσα μελέτη χρειάστηκε να διερευνηθούν παλαιότερες μελέτες αναφορικά με την πρόληψη και αντιμετώπιση του παγετού στον ελλαδικό χώρο, στην Ευρώπη και παγκόσμια.

Στον ελλαδικό χώρο έχει πραγματοποιηθεί εργασία για τη δημιουργία ζωνών παγετού βασισμένη στα ιδιαίτερα θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά της περιοχής της Θεσσαλίας, καθώς και η επέκταση των σημειακών μετεωρολογικών δεδομένων σε όλη την περιοχή. Η μελέτη βασίζεται στην εφαρμογή στατιστικής ανάλυσης μιας χρονοσειράς θερμοκρασιακών δεδομένων μετεωρολογικών σταθμών. Τα στοιχεία αυτά συνδυάζονται με δορυφορικά θερμοκρασιακά δεδομένα, προερχόμενα από το μετεωρολογικό δορυφόρο NOAA/AVHRR (Kedriles *et al.* 1996; Figuerola and Mazzeo, 1997), παρέχοντας θερμοκρασιακές πληροφορίες εδάφους για όλη συνολικά την περιοχή της Θεσσαλίας. Τα τελικά προϊόντα, είναι χάρτες κινδύνου παγετού της περιοχής, οι οποίοι αποτελούν σημαντικά εργαλεία προστασίας από τον παγετό, και βοηθούν στο σχεδιασμό μιας καλύτερης γεωργικής πολιτικής στην περιοχή μελέτης

Παράγοντες που έχουν μελετηθεί και έχει βρεθεί στατιστικά σημαντική η επίδρασή του παγετού είναι το υψόμετρο, το γεωγραφικό πλάτος, η απόσταση από την θάλασσα και η ύπαρξη αστικών περιοχών (Jarvis & Stuart, 2001).

Η επίδραση των τοπογραφικών παραγόντων στη διακύμανση της νυχτερινής θερμοκρασίας αέρος σε συνθήκες ήρεμων ατμοσφαιρικών συνθηκών σε ετερογενές ανάγλυφο ήταν αντικείμενο της μελέτης των Blennow και Persson (1998). Έπειτα από στατιστική επεξεργασία, οι ακόλουθοι παράγοντες εκτιμήθηκαν ως πιο σημαντικοί ως προς τη διακύμανση της θερμοκρασίας αέρος: απόλυτο υψόμετρο, υψομετρική διαφορά, εδαφική υγρασία και απόσταση από την πλησιέστερη λίμνη ή ποταμό. Το μοντέλο που αναπτύχθηκε μπόρεσε να εξηγήσει επιτυχώς την διακύμανση της νυχτερινής θερμοκρασίας κατά 88%.

Η μορφή του ανάγλυφου επηρεάζει επίσης σημαντικά την συχνότητα εμφάνισης παγετού. Έχει παρατηρηθεί ότι παγετοί σημειώνονται σημαντικά συχνότερα σε πεδιάδες, ενώ πολύ λιγότεροι συμβαίνουν σε περιοχές μεγάλου υψομέτρου και κορυφές βουνών. Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών δίνουν τη δυνατότητα ανάλυσης του ανάγλυφου μίας περιοχής, σε κατηγορίες ανάλογα με τον βαθμό σχετικής καμπυλότητας, όπως ευθύγραμμα επικλινής, κυρτή, ευθύγραμμα επίπεδη,

κοίλη με μεγάλο ή μικρό άνοιγμα. Σε σχετικές μελέτες που έχουν γίνει, όπου κάθε κατηγορία ανάγλυφου αντιστοιχήθηκε μέσω αναλύσεων σε διαφορετικό βαθμό κινδύνου παγετού, βρέθηκε ότι παγετοί είναι πιο συχνοί σε περιοχές με κοίλο ανάγλυφο (Lindkvist et al, 2000).

Μία ακόμα δυνατότητα χρήσης των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών είναι η μοντελοποίηση φαινομένων όπως η αποστράγγιση του ψυχρού αέρα, η οποία σχετίζεται στενά με την πρόκληση παγετού. Επιτυγχάνεται μέσω της ανάλυσης των τοποκλιματικών συνθηκών και της μελέτης της χωρικής διακύμανσης της θερμοκρασίας και της ηλιακής ακτινοβολίας. Τοπογραφικοί παράγοντες με σημαντική επίδραση στην αποστράγγιση του ψυχρού αέρα είναι η κλίση και ο προσανατολισμός πρανών, οι χρήσεις γης καθώς και η ύπαρξη πυκνής δασικής ή θαμνώδους αυτοφυούς βλάστησης (Soderstrom & Magnusson, 1995).

Για την ανάλυση του κινδύνου παγετού σε μία περιοχή, ιδιαίτερα χρήσιμο είναι ένα μοντέλο επικινδυνότητας, όπως αυτό που αναπτύχθηκε από τους Blennow και Persson (1998). Έπειτα από μελέτη και στατιστική επεξεργασία των κλιματικών συνθηκών μίας περιοχής κατέληξαν ότι ο γεωγραφικός παράγοντας με την μεγαλύτερη επίδραση είναι το υψόμετρο. Δεύτερος πιο σημαντικός παράγοντας είναι ο συντελεστής θέασης του ουράνιου θόλου, που συνδέεται σε μεγάλο βαθμό με τη πυκνότητα της φυτοκάλυψης και της δασώδους βλάστησης. Σημαντική είναι και η επίδραση της εδαφικής υγρασίας και της σύστασης του εδάφους, όπως και η απόσταση από λίμνες και μεγάλα ποτάμια. Με το μοντέλο που ανέπτυξαν η διακύμανση της θερμοκρασίας μπορούσε να προβλεφθεί με επιτυχία 87%, σύμφωνα με σύγκριση αποτελεσμάτων με θερμοκρασιακά δεδομένα που κάλυπταν την περιοχή μελέτης.

1.3 Δομή Εργασίας

Η παρούσα εργασία χωρίζεται σε δέκα κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στους στόχους που τίθενται στην μελέτη, στα παραδείγματα από την βιβλιογραφία, στην Ελλάδα, την Ευρώπη και τον κόσμο.

Στο Δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται βασικές έννοιες του φαινομένου ώστε να καλυφθεί το θεωρητικό επίπεδο της εν λόγω εργασίας και να κατανοηθεί το φαινόμενο.

Στο Τρίτο Κεφάλαιο αναλύεται η περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας. Αναλύεται με

βάση δημογραφικά στοιχεία, γεωμορφολογικά, κλιματικά και με αναφορές στην γεωλογία.

Στο Τέταρτο Κεφάλαιο αναλύεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε. Αναλυτικά παρουσιάζονται τα τέσσερα είδη δεδομένων που μελετήθηκαν. Δηλαδή, ανάλυση στατικών δεδομένων με τη χρήση GIS, ανάλυση δεδομένων από τον Οργανισμό Ελληνικών Γεωργικών Ασφαλίσεων (ΕΛ.Γ.Α.), ανάλυση των δεδομένων των μετεωρολογικών σταθμών και ανάλυση των δορυφορικών εικόνων MODIS.

Στο Πέμπτο Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των στατικών δεδομένων, στο Έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δορυφορικών δεδομένων, στο Έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετεωρολογικών δεδομένων συγκριτικά με τα δορυφορικά δεδομένα, στο Όγδοο Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του παγετού στο οδικό δίκτυο.

Στο Ένατο κεφάλαιο παρουσιάζεται η συζήτηση της παρούσας διπλωματικής και στο Δέκατο Κεφάλαιο τα Συμπεράσματα που προκύπτουν.

Τέλος, παρουσιάζεται η Βιβλιογραφία που εξετάστηκε για την εκπόνηση της παρούσας μελέτης.

Κεφάλαιο 2: Βασικές έννοιες

2.1 Ορισμός Παγετού

Υπάρχουν δύο κατηγορίες παγετών: ο παγετός ακτινοβολίας και ο παγετός μεταφοράς.

Στην πρώτη περίπτωση, το έδαφος και τα φυτά κατά τη διάρκεια της μέρας προσλαμβάνουν θερμότητα από την ατμόσφαιρα. Σε μια νύχτα χωρίς σύννεφα και με άπνοια, η θερμότητα αυτή αποβάλλεται προς το περιβάλλον και έτσι το έδαφος και τα φυτά ψύχονται. Ταυτόχρονα όμως ψύχεται και ο αέρας που βρίσκεται σε επαφή μαζί τους και ως βαρύτερος που καθίσταται, περιορίζεται στα πρώτα εκατοστά ή λίγα μέτρα από το έδαφος, προκαλώντας προβλήματα στα φυτά, κυρίως μέσα από την πήξη των κυτταρικών χυμών (Ahrens, 1998).

Ο παγετός μεταφοράς προκαλείται όταν σε μια περιοχή πνέουν ψυχροί άνεμοι με θερμοκρασία κάτω των 0 βαθμών Κελσίου. Οι άνεμοι αυτοί προκαλούν την πτώση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και του εδάφους στο επίπεδο των 0 βαθμών Κελσίου ή και πιο κάτω.

Ανάλογα με την εποχή που συμβαίνουν οι παγετοί χαρακτηρίζονται ως φθινοπωρινοί, χειμερινοί ή ανοιξιάτικοι, ανάλογα με την ένταση υπάρχουν ελαφροί, μέτριοι ή ισχυροί παγετοί (στην τελευταία περίπτωση μιλάμε για παγετούς κάτω και από -10 βαθμούς Κελσίου) ενώ τέλος ως προς τη διάρκεια τους διακρίνονται σε μερικούς (όταν η θερμοκρασία σε ένα 24ωρο λάβει θετικές και αρνητικές τιμές) και ολικούς (όταν σε όλη τη διάρκεια του 24ώρου η θερμοκρασία είναι 0 βαθμοί Κελσίου ή χαμηλότερη), (Ahrens, 1998 & Φλόκας 2010).

2.2 Φυσικές Καταστροφές

Οι φυσικές καταστροφές είναι αποτέλεσμα της εκδήλωσης φυσικών φαινομένων ικανών να τις προκαλέσουν, δηλαδή εν δυνάμει φυσικών κινδύνων (Μακρόπουλος, 2006). Δεν υπάρχει ένας σαφής και κοινά αποδεκτός ορισμός των φυσικών καταστροφών, ωστόσο συγκεντρώνουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά, όπως ότι επιφέρουν σημαντικές βλάβες στο φυσικό και κοινωνικο-οικονομικό περιβάλλον,

συμβαίνουν ξαφνικά ή έστω περιλαμβάνουν φάσεις ιδιαίτερης οξύτητας που προσδιορίζονται κοινωνικά ως τέτοιες και τέλος υπάρχουν πάντα κάποιες δυνατότητες μετριασμού των επιπτώσεών τους είτε πριν είτε μετά την εκδήλωσή τους (Erikson, 1976 & Σαπουντζάκη, 2007).

Το τελικό αποτέλεσμα, δηλαδή το μέγεθος της καταστροφής, εξαρτάται από το μέγεθος και την ένταση του φυσικού φαινομένου, από το κατά πόσο είναι ευάλωτο ή τρωτό το σύστημα που θα υποστεί την εκδήλωση του φαινομένου και από την αξία του στοιχείου που εκτίθεται στον κίνδυνο (Μακρόπουλος, 2006).

Μέχρι το 2000 το κόστος στην παγκόσμια οικονομία υπερέβαινε τα 60 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως, από τα οποία το 1/3 αντιστοιχούσε σε έξοδα για την πρόβλεψη, πρόληψη και αποφυγή των φυσικών καταστροφών, ενώ τα υπόλοιπα 2/3 αντιστοιχούσαν στις άμεσες ζημιές από τις καταστροφές και την αποκατάστασή τους (Λέκκας, 2000).

2.3 Θερμοκρασία εδάφους

Η επιφάνεια του εδάφους θεωρείται ο ουσιαστικότερος απορροφητής, αφενός, της άμεσης και διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας (μικρού μήκους κύματος) και, αφετέρου, όλων των άλλων μορφών ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος που δέχεται η επιφάνεια του πλανήτη από την ατμόσφαιρα. Επίσης, η επιφάνεια του εδάφους αποτελεί ένα σημαντικό πομπό θερμικής ακτινοβολίας τόσο στην ατμόσφαιρα όσο και στο διάστημα. Για τους λόγους αυτούς, η μελέτη της θερμοκρασίας εδάφους αποκτά ιδιαίτερη σημασία για την επιφάνεια και για μικρά σχετικά βάθη στα οποία φθάνουν οι κυμάνσεις της θερμοκρασίας εδάφους (Χρονοπούλου – Σερέλη & Φλόκας, 2010).

Η θερμοκρασία εδάφους ενδιαφέρει όχι μόνον όλους όσοι ασχολούνται με την Γεωργία και τη Βιολογία αλλά και όλους εκείνους που ασχολούνται και με τις τηλεπικοινωνίες και τις υπόγειες, γενικά, κατασκευές. Σαν θερμοκρασία της επιφάνειας εδάφους νοείται η θερμοκρασία του γυμνού εδάφους και μόνο για ειδικούς σκοπούς αναφέρεται και για τη θερμοκρασία του χλοερού εδάφους, δηλαδή του εδάφους που καλύπτεται από πυκνό στρώμα χλόης (Χρονοπούλου – Σερέλη & Φλόκας, 2010).

2.4 Θερμοκρασία επιφάνειας και βάθους εδάφους

Η θερμοκρασία εδάφους είναι συνάρτηση της ποσότητας θερμότητας που εισέρχεται και εξέρχεται από αυτό. Συνεπώς, αυτή εξαρτάται, αφενός, από την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο έδαφος, και αφετέρου, από την ποσότητα που ανακλάται από αυτό. Επίσης, άλλοι παράγοντες, που επιδρούν στη θερμοκρασιακή συμπεριφορά του εδάφους, είναι οι θερμικές ιδιότητες αυτού που εξαρτώνται από τα φυσικά συστατικά του (άργιλος, άμμος, λίθοι κλπ.), καθώς και η θερμοχωρητικότητά του που εξαρτάται από την υγρασία του και του περιεχομένου σ' αυτό αέρα. Για την πληρέστερη μελέτη της θερμοκρασιακής συμπεριφοράς εδάφους διακρίνουμε:

α) Θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους

Η μελέτη της θερμοκρασίας επιφάνειας του εδάφους γίνεται σε ειδικά προκατασκευασμένες επιφάνειες που είναι οριζόντιες και το υλικό τους έχει, κατά το δυνατόν, ομογενοποιηθεί. Σε μια τέτοια επιφάνεια εδάφους είναι δυνατό να καλλιεργηθεί και χλόη, που πρέπει να ελέγχεται τόσο στην πυκνότητα όσο και στο ύψος της (ανώτατο επιτρεπτό ύψος 10cm).

Η επιφάνεια αυτή χαρακτηρίζεται σαν επιφάνεια χλοερού εδάφους, σ' αντιδιαστολή με την ακάλυπτη επιφάνεια που αναφέρεται σαν επιφάνεια γυμνού εδάφους.

Το στρώμα του ατμοσφαιρικού αέρα, που βρίσκεται σε επαφή τόσο με το γυμνό όσο και με το χλοερό έδαφος, αποτελεί τον κατ' εξοχή χώρο των έντονων ανταλλαγών θερμότητας ανάμεσα στην επιφάνεια και στην ατμόσφαιρα. Γι' αυτό η μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς του στρώματος αυτού αποκτά ιδιαίτερη σημασία για τη Μετεωρολογία.

Σύμφωνα από τη μελέτη των στοιχείων αυτών προκύπτουν:

1. Το γυμνό έδαφος είναι θερμότερο από το αντίστοιχο χλοερό, κατά μέσο όρο, στη διάρκεια του έτους. Αυτό αποδίδεται στο γεγονός ότι το σύνολο της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει σε έδαφος απορροφάται από το γυμνό έδαφος, με αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας του. Απεναντίας η φυτική μάζα του χλοερού εδάφους αφαιρεί ένα ποσοστό από την ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στην επιφάνεια, με τελικό αποτέλεσμα τη

διαμόρφωση των θερμοκρασιακών τιμών σε χαμηλότερα επίπεδα. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται, κυρίως, στις μέσες μηνιαίες και στις απόλυτα μέγιστες τιμές. Για τους ίδιους λόγους, ο μέγιστος θερμομετρικός δρόμος στο γυμνό έδαφος διαμορφώνεται σε πολύ υψηλότερα επίπεδα.

2. Οι απόλυτα ελάχιστες τιμές της θερμοκρασίας και στα δύο είδη των εδαφών διαμορφώνεται στα ίδια επίπεδα. Τούτο γιατί η χλοερή επιφάνεια αποτελεί ένα ισχυρό πομπό θερμικής (γήινης) ακτινοβολίας, στη διάρκεια της νύχτας, που έχει ως αποτέλεσμα να δίνει πολύ χαμηλές τιμές.
3. Οι απόλυτα μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας εδαφους, ιδιαίτερα του γυμνού εδαφους, διαμορφώνονται σε πολύ υψηλά επίπεδα κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου. Οι τιμές αυτές δεν απέχουν πολύ από τις αντίστοιχες που σημειώνονται πάνω στον πλανήτη. Από στοιχεία μετεωρολογικών δορυφόρων, πάνω από ερημικές ζώνες της Σαχάρας και της Αυστραλίας έχουν σημειωθεί τιμές που κυμαίνονται από 70 έως 80 °C.

Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν, με αποκλίσεις, να εφαρμοστούν σε όλες τις θέσεις των μέσων γεωγραφικών πλατών που δεν παρουσιάζουν μεγάλες και συνεχείς χιονοπτώσεις (το χιονοσκεπές έδαφος παρουσιάζει ιδιόμορφη θερμική συμπεριφορά).

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι στην ελληνική περιοχή σημειώνονται αξιόλογες μεταβολές στη θερμοκρασία της επιφάνειας τόσο του γυμνού όσο και του χλοερού εδαφους. Η γνώση αυτών των τιμών θερμοκρασίας παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, γιατί οι πολύ χαμηλές τιμές, στη διάρκεια της ψυχρής περιόδου, έχουν σαν αποτέλεσμα να καταστρέφουν την ποώδη βλάστηση εξαιτίας της πήξεως του νερού των κυττάρων των φυτών. Απεναντίας, οι πολύ υψηλές θερμοκρασιακές τιμές της επιφάνειας εδαφους, στη διάρκεια της θερινής περιόδου, έχουν σαν αποτέλεσμα την καταστροφή (αποξήρανση) της βλάστησης.

Η θερμοκρασιακή συμπεριφορά σε ύψος 10 cm μόλις πάνω από την επιφάνεια του εδαφους (γυμνό, χλοερό) παρουσιάζεται τελείως διαφορετική. Σ' όλη τη διάρκεια του έτους, οι μέσες θερμοκρασιακές τιμές στο ύψος αυτό είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες της επιφάνειας (0 cm), καθώς και μικρότερες από τις αντίστοιχες τιμές του αέρα στο ύψος του μετεωρολογικού κλωβού (1,5 m περίπου ύψος) της διάρκειας της περιόδου Οκτωβρίου – Απριλίου. Ανάλογες θερμοκρασιακές διαφορές παρατηρούνται

και στην περίπτωση του χλοερού εδάφους, δηλαδή οι τιμές της θερμοκρασίας στο ύψος των 10 cm είναι χαμηλότερες των αντίστοιχων της χλοερής επιφάνειας. Επίσης, αυτές παραμένουν μικρότερες από τις αντίστοιχες του μετεωρολογικού κλωβού, κατά τη διάρκεια της περιόδου Σεπτεμβρίου – Απριλίου. Στο ύψος των 10 cm, με χλοερό έδαφος είναι δυνατό να σημειωθεί παγετός κατά δύο μήνες νωρίτερα (Σεπτέμβριος, Οκτώβριος) απ' ότι σε περίπτωση με γυμνό έδαφος.

Από τη σύγκριση των μέσων ετήσιων τιμών της θερμοκρασίας προκύπτει ότι ο κύριος δέκτης της ακτινοβολίας είναι η επιφάνεια του εδάφους (γυμνό) και ακολουθούν στη συνέχεια η χλοερή επιφάνεια, το ύψος των 1.5 m (Μετ. κλωβός) και το ύψος των 10 cm πρώτα πάνω από το γυμνό κα μετά πάνω από το χλοερό έδαφος. Το χλοερό έδαφος παρουσιάζει μεγαλύτερη ικανότητα εκπομπής της γήινης νυκτερινής ακτινοβολίας, γι' αυτό και σημειώνεται η χαμηλότερη ετήσια τιμή (Ahrens, 1998 & Φλόκας, 2010).

β) Θερμοκρασία βάθους εδάφους

Από τη γνώση των τιμών της θερμοκρασίας εδάφους, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι θερμοκρασιακές τιμές αυτού στα διάφορα βάθη. Αυτό, γιατί οι τιμές αυτές είναι απαραίτητες στη μελέτη των κλιματολογικών και εδαφολογικών συνθηκών που επικρατούν σε μια περιοχή, προκειμένου να εφαρμοστούν αυτές σε διάφορες Επιστημονικές μεθόδους αγροτικών καλλιεργειών, που η επιτυχία τους συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στην ανάπτυξη της Εθνικής Οικονομίας.

Από την παρουσίαση της μελέτης του Φλόκα Α., 1992, σε διάφορα βάθη εδάφους, του μετεωρολογικού σταθμού Θεσσαλονίκης προκύπτουν τα παρακάτω:

- 1) Η μέση ετήσια τιμή της θερμοκρασίας επιφάνειας εδάφους στην περιοχή Θεσσαλονίκης είναι περίπου 18 °C, δηλαδή υψηλότερη κατά 2 °C από την αντίστοιχη του αέρα.
- 2) Μέχρι το βάθος των 0,50 m, ο ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος, ο δε θερμότερος μήνας μέχρι και 0.25m βάθος, ο Ιούλιος. Για τα βάθη εδάφους που κυμαίνονται από 0,50 – 2,00 m ο θερμότερος μήνας είναι ο Αύγουστος και ο ψυχρότερος ο Φεβρουάριος. Δηλαδή, με την αύξηση του εδάφους παρατηρείται μία μετατόπιση στο χρόνο που σημειώνεται ο θερμότερος και ο ψυχρότερος μήνας. Η καθυστέρηση αυτή γίνεται ακόμα πιο φανερή, όταν το βάθος είναι 3,00

μ. Πράγματι, στην περίπτωση αυτή ο ψυχρότερος μήνας είναι ο Μάρτιος και ο θερμότερος ο Σεπτέμβριος, ήτοι στο βάθος εδάφους των 3,00m παρατηρείται μία δίμηνη επιβράδυνση του μέγιστου και του ελάχιστου.

- 3) Η τιμή του ΕΘΕ της θερμοκρασίας του αέρα είναι μικρότερη από την αντίστοιχη στην επιφάνεια του εδάφους. Με την αύξηση του βάθους, η τιμή του ΕΘΕ ελαττώνεται με γρήγορο ρυθμό. Πράγματι στα βάθη των 0,25 m, 1.20 m, 1.80 m και 3,00 m η τιμή του ΕΘΕ έχει ελαττωθεί της αντίστοιχης στην επιφάνεια του εδάφους κατά 25,4%, 48,3%, 60,8% και 75,2% αντίστοιχα. Με το ρυθμό αυτό συνεχίζεται η ελάττωση της τιμής του ΕΘΕ μέχρι το βάθος των 6,5 m περίπου (Φλόκας, 1992) .

2.5 Θερμοκρασία αέρα

Με τον όρο θερμότητα εννοούμε μια μορφή ενέργειας που εξαρτάται από την δομή της ύλης και που είναι δυνατό να μεταδοθεί σε διάφορα συστήματα ή σώματα με διάφορους τρόπους ή να μετατραπεί σ' άλλες μορφές ενέργειας. Σα θερμότητα ενός υλικού χαρακτηρίζεται ο βαθμός της μοριακής δράσης ή της θερμότητας αυτού. Αυτή καθορίζεται από τη ροή θερμότητας από ένα σύστημα ή σώμα σ' ένα άλλο και γίνεται αισθητή ή μετριέται με τη βοήθεια ενός οργάνου.

Οι μορφές με τις οποίες η θερμική ενέργεια (θερμότητα) γίνεται αντιληπτή στο σύστημα γη – ατμόσφαιρα είναι α) η αισθητή θερμότητα της οποίας το αποτέλεσμα (αισθητή θερμοκρασία) μπορεί να μετρηθεί απευθείας με τη βοήθεια οργάνου και β) η λανθάνουσα θερμότητα (αντίστοιχο αποτέλεσμα: λανθάνουσα θερμοκρασία) που διακινείται κατά τη διάρκεια ορισμένων φυσικών διεργασιών (εξάτμιση, συμπύκνωση, κ.α).

Όπως ήδη ειπώθηκε, η μοναδική, ουσιαστικά, πηγή θερμότητας για τον πλανήτη μας είναι ο Ήλιος, γιατί η ενέργεια τόσο από το εσωτερικό της γης όσο και από τους απλανείς θεωρείται αμελητέα. Μάλιστα, υπολογίστηκε ότι, αν εξέλιπαν εντελώς τα ποσά θερμότητας που φτάνουν από το εσωτερικό του πλανήτη μας στην επιφάνειά του, η μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια της γης θα ελαττωνόταν λιγότερο από 0,1 °C (Ahrens, 1998 & Φλόκας 2010).

Συνεπώς, μόνο η ηλιακή ακτινοβολία είναι εκείνη που ρυθμίζει άμεσα και έμμεσα τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και ιδιαίτερα τη θερμοκρασία κατωτέρων στρωμάτων της διατηρώντας έτσι σε συνεχή δράση την τεράστια θερμική μηχανή γη – ατμόσφαιρα. Σαν άμεση επίδραση θεωρείτε η μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία και σαν έμμεση η αντίστοιχη μεγάλου μήκους ακτινοβολία (γήινη ακτινοβολία) που και πάλι εξαρτάται από την ένταση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του εδάφους (Φλόκας, 1992).

2.6 Νυκτερινή ψύξη

Τόσο το έδαφος όσο και ο αέρας πάνω από αυτό ψύχονται εκπέμποντας υπέρυθρη ενέργεια, μια διαδικασία που καλείτε ψύξη λόγω ακτινοβολίας, διότι το έδαφος είναι καλύτερος αγωγός θερμότητας από τον αέρα και καθώς η επιφάνεια μεταφέρει κάποια ποσότητα ενέργειας στο έδαφος με αγωγή, το έδαφος την ακτινοβολεί γρηγορότερα.

Καθώς η νύκτα προχωρεί, το έδαφος και ο αέρας σ' επαφή με αυτό, συνεχίζουν να ψύχονται γρηγορότερα από τον αέρα μερικά μέτρα ψηλότερα, και ο θερμότερος αέρας από πάνω μεταφέρει λίγη ζέστη προς τα κάτω με αποτέλεσμα αργά τη νύκτα ή νωρίς το πρωί ο ψυχρότερος αέρας είναι αμέσως κοντά στο έδαφος και ο θερμότερος αμέσως πάνω από αυτό. Αυτή η παρατηρούμενη αύξηση της θερμοκρασίας αμέσως πάνω από το έδαφος λέγεται και ακτινοβολία αναστροφής διότι δημιουργείτε κυρίως λόγω της εκπεμπόμενης ψύξης του εδάφους (Φλόκας, 1992).

Ο Ψυχρός αέρας κοντά στην επιφάνεια

Μια πολύ έντονη ακτινοβολία αναστροφής συμβαίνει όταν ο αέρας κοντά στο έδαφος είναι πολύ ψυχρότερος από τον αέρα ψηλότερα, ιδίως όταν υπάρχουν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, απουσία ανέμων και ο αέρας είναι ξηρός και ο καιρός ασυννέφιαστος.

Όταν στο έδαφος υπάρχουν κοιλάδες, τότε ο ψυχρός βαρύς επιφανειακός αέρας διοχετεύεται προς τα κάτω από τις πλαγιές τη νύκτα και καταλήγει στα κατώτερα επίπεδα των κοιλάδων. Για το λόγο αυτό οι βάσεις των κοιλάδων είναι ψυχρότερες από τις βουνοπλαγιές που τις περιβάλλουν, και στα μεσαία γεωγραφικά πλάτη καλούνται θερμικές ζώνες καθώς είναι μάλλον απίθανο να συμβεί παγετός (Φλόκας, 1992).

2.7 Προστασία των σοδειών από τον ψυχρό Νυχτερινό Αέρα

Η προστασία των σοδειών από τον ψυχρό Νυχτερινό Αέρα επιτυγχάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας του επιφανειακού αέρα με τη χρήση δένδροκηπικών θερμαντήρων που θερμαίνουν αέρα γύρω τους, δημιουργώντας ζεστά ρεύματα αέρος κοντά στο έδαφος. Άλλος τρόπος προστασίας των σοδειών, δένδρων κλπ από τον νυκτερινό παγετό είναι η χρήση μηχανών ανέμου που αναμιγνύουν τον ψυχρό αέρα στο έδαφος με τον θερμό πάνω από αυτό και επομένως αυξάνοντας την μέση θερμοκρασία πάνω από το έδαφος. Όταν όμως πολύ ψυχρός αέρας (κάτω από το σημείο πήξης) πνέει σε μια περιοχή ο ψυχρότερος αέρας δεν βρίσκεται στο έδαφος αλλά σε κάποιο μικρό ύψος πάνω από αυτό, και η κατάσταση αυτή καλείται παγετός. Για την προστασία των δένδρων, σοδειών κλπ, από τον παγετό χρησιμοποιείται μια παραλλαγή του δένδροκηπικού θερμαντήρα που εκτοξεύει έναν καταιονισμό νερού το οποίο, σε συνθήκες παγετού παγώνει γύρω από τα κλαδιά και τους κορμούς καλύπτοντας τα με ένα λεπτό στρώμα πάγου στους 0 °C (32 °F). Ο πάγος δρα σαν προστατευτικό στρώμα ενάντια στον αέρα με θερμοκρασία κάτω του μηδενός, διατηρώντας τα δένδρα σε θερμοκρασία πάνω από το όριο ζημίας. (Ahrens, 1998)

2.8 Γεωλογικοί σχηματισμοί

Η μετάβαση από την υγρή στη στερεή κατάσταση του νερού μέσα στις ρωγμές και σε κάθε είδους ασυνέχειες των πετρωμάτων, έχει σαν αποτέλεσμα τον κατακερματισμό τους, φαινόμενο που ονομάζεται παγορρηξία. Συντελεί στη γενικότερη χαλάρωση των γεωλογικών σχηματισμών και στην μετάβασή τους σε χαλαρά υλικά και χώμα, σε συνδυασμό με άλλες αποσταθεροποιητικές διαδικασίες, όπως η εξαλλοίωση, η διάβρωση και η αποσάθρωση. Με τη διόγκωση του νερού που περιέχεται στο έδαφος προκαλούνται επίσης φαινόμενα ερπυσμού κλιτύων που προσδίδουν κυματοειδή μορφή σε πρανή. Οι διεργασίες αυτές είναι πιο έντονες σε ορεινές περιοχές σε μεσαία γεωγραφικά πλάτη, όπου ο κύκλος των εναλλαγών τήξης και πήξης μπορεί να είναι και καθημερινός (Στουρνάρας, 2007).

Το πρόβλημα του πάγου αφορά γενικά τη στέψη των χωματογενικών. Από απόψεως αναγνώρισεως και κατατάξεως εδαφών, από πλευράς παγοπληξίας υφίσταται κριτήρια κοκκομετρίας και κυρίως το κριτήριο Casagrande. Γενικά, πρέπει να θυμόμαστε ότι τα λεπτόκοκκα εδάφη επηρεάζονται πιο δυσμενώς από ότι τα κοκκώδη εδάφη.

Η αντοχή των υλικών στον παγετό εξαρτάται κυρίως από το ποσοστό των πόρων του υλικού, οι οποίοι είναι γεμάτοι με νερό, τη διάταξη των πόρων και το βαθμό επικοινωνίας τους (Κορωναίος & Πουλάκος, 2005).

Οι χαμηλές τώρα θερμοκρασίες προκαλούν συρρίκνωση στο έδαφος, ιδιαίτερα όταν είναι συνεκτικό. Όταν η συρρίκνωση αυτή καταλήγει σε εμφάνιση ρωγμών που γεμίζουν με νερό (κατά τη διάρκεια της βροχόπτωσης), μειώνεται η φέρουσα ικανότητά του. Αν το νερό των ρωγμών παγώσει, τότε προκαλεί θραύση του εδάφους. Αν αντίθετα αυξηθεί η θερμοκρασία, τότε προκαλείται μια μετακίνηση της εδαφικής υγρασίας προς ψυχρότερες περιοχές.

2.9 Προστασία οδικού δικτύου – παγετός

Στα εύκαμπτα οδοστρώματα, οι συστοδιαστολές προκαλούν ανεπιθύμητες ρωγμές που είναι πιθανό να επιφέρουν ολοσχερή καταστροφή του οδοστρώματος. Στο σχεδιασμό τους και ειδικότερα αν υπάρχει κίνδυνος εμφάνισης παγετού δεν μας ενδιαφέρουν μόνο οι απόλυτες ελάχιστες ή μέγιστες τιμές θερμοκρασίας αλλά κυρίως η διάρκεια που συμβαίνουν καθώς η διάρκεια της θερμοκρασίας κάτω από τους 0° C που είναι η θερμοκρασία πήξεως του νερού (δείκτης πάγου F). Όταν πέσει η θερμοκρασία μέσα στην μάζα της υποδομής, τότε το νερό που υπάρχει (ή που έλκεται εκεί) παγώνει.

Παρατηρείται τότε η αύξηση του όγκου και ανάπτυξη εσωτερικής πίεσεως, που τελικά πιέζει το οδόστρωμα το οποίο ανυψώνεται με ανομοιόμορφο τρόπο (αφού η αναπτυσσόμενη πίεση δεν είναι ομοιόμορφη) με τελική συνέπεια να καταπονηθεί το οδόστρωμα και να εμφανιστούν ρήγματα. Όταν μετά ανέβει η θερμοκρασία της υποδομής και αρχίσει να λιώνει ο πάγος από πάνω προς τα κάτω, τότε έχουμε εκεί περίσσειμα νερού, που δεν μπορεί να φύγει. Το νερό αυτό, (εμποδίζεται να στραγγίσει από τα κατώτερα στρώματα που τα στεγανοποιεί ο πάγος), προξενεί χαλάρωση και μαλάκωμα του εδάφους, δηλαδή σημαντική μείωση της αντοχής της υποδομής. Επειδή η υποδομή δεν μπορεί να κατανείμει καλά τα φορτία από την βαριά κυκλοφορία δημιουργούνται μεγάλες παραμορφώσεις και ρηγματώσεις στο οδόστρωμα δηλαδή καταστρέφεται η οδός από τον παγετό. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος, προσδιορίζουμε αρχικά το βάθος της ζώνης του πάγου στο έδαφος και εξετάζουμε τους παράγοντες που επιδρούν στην δημιουργία του πάγου (Κουτσούλας, 2012).

Κεφάλαιο 3: Ανάλυση Περιοχής Μελέτης

Η περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας αντικατοπτρίζει την θερμοκρασιακή κατανομή που συναντούμε στην Ελλάδα, μέσα από τέσσερις νομούς (Χάρτης 1). Αυτοί είναι: Νομός Φθιώτιδας, Νομός Ευρυτανίας, Νομός Φωκίδας και Νομός Βοιωτίας.

Οι συγκεκριμένοι νομοί επιλέχθηκαν κυρίως βάση του υψομέτρου τους. Δηλαδή, όπως θα δούμε και παρακάτω αναλυτικά τον κάθε Νομό, θα παρατηρηθεί ότι έχουμε διαβάθμιση από μεγάλα υψόμετρα όπως είναι ο Νομός Ευρυτανίας έως και 0 υψόμετρο όπως είναι η ανατολική περιοχή του νομού Φθιώτιδας. Αυτό θα εξυπηρετήσει την έρευνα διότι τα αποτελέσματά της θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλο τον ελλαδικό χώρο καθώς θα διακρίνεται σε όλες τις περιοχές με διαφορετικό υψόμετρο ο παγετός.



3.1 Νομός Φθιώτιδας

3.1.1 Πληθυσμός

Ο **νομός Φθιώτιδας** ήταν νομός της Κεντρικής Ελλάδας, ο οποίος από την 1η Ιανουαρίου του 2011 καταργήθηκε μετά τη σύσταση της Περιφερειακής Ενότητας Φθιώτιδας. Έχει έκταση 4.441τ. χλμ. και πληθυσμό 158.231 κατοίκους.

Πρωτεύουσά της είναι η Λαμία.

3.1.2 Γεωμορφολογία

Το 42.2% (ή 1.873 τ.χλμ.) του εδάφους του νομού Φθιώτιδας αποτελείται από ημι-ορεινές περιοχές, το 37.9% (ή 1685 τ.χλμ.) είναι ορεινές και το 19.9% (ή 882 τ.χλμ.) πεδινές περιοχές.

Στα **βορειοδυτικά** στα σύνορα με την Ευρυτανία το χώρο καταλαμβάνουν οι νοτιοανατολικές απολήξεις της νότιας, με πιο αξιόλογη κορυφή τα Λυκομνήματα, στα 1522μ.

Νοτιότερα, ορθώνεται ο Τυμφρηστός (2315μ) και η Καλλιακούδα, με μεγαλύτερο υψόμετρο τη κορυφή Κοκκάλια και τα 1720μ.

Στο **νοτιοδυτικό** τμήμα, στα όρια με το εκτείνονται τα όρη με σημαντικότερες κορυφές τη Μεγάλη Χούννη ή Χωμήριανη (2293μ), το Σινάνι (2054μ) και τον Ομαλό (1750μ).

Στα **ανατολικά των Βαρδουσιών** βρίσκεται το όρος Οίτη που έχει μέγιστο υψόμετρο τα 2152μ. στο ανατολικό μέρος βρίσκονται τα μικρότερα βουνά, Καλλίδρομο 1372μ.), Κνημίσ (938μ) και Χλωμό (1081μ).

Στη **βορειοανατολική** περιοχή και στα όρια με το Νομό Μαγνησίας υψώνεται η Όθρυς με ψηλότερες κορυφές το Γερακοβούνι (1726μ) υψόμετρο και τη Μεγάλη Ράχη (1209μ).

Η μεγαλύτερη πεδινή περιοχή του νομού είναι η λεκάνη του Σπερχείου ποταμού η οποία περιλαμβάνει και την πεδιάδα της Λαμίας. Άλλα πεδινά εδάφη βρίσκονται στα παράλια του Ευβοϊκού κόλπου.

Ο κύριος ποταμός του νομού, που μαζί με τους παραποτάμους του ποτίζει όλη την Φθιώτιδα, είναι ο Σπερχειός με μήκος 80 χλμ., ο οποίος πηγάζει από τις χαράδρες του Τυμφρηστού σε υψόμετρο 2300 μέτρων και ρέει προς τα ανατολικά εκβάλλοντας στον Μαλιακό κόλπο. Η λεκάνη την οποία αποστραγγίζει στις εκβολές του δημιουργεί και τη

μεγαλύτερη πεδιάδα του νησιού. Οι κυριότεροι παραπόταμοι του Σπερχείου είναι η Βίστριζα (*ο Ίναχος των αρχαίων*), ο Γοργοπόταμος στα νερά του οποίου ζουν νεροχελώνες, νερόφιδα, βάτραχοι, και στις όχθες του σαύρες, χελώνες και οχιές, ο Ρουσανίτης, και ο Ασωπός που παλιά λεγόταν Καρβουναριά. Ο Σπερχειός έχει ακόμα 63 μικρότερους παραπόταμους.

3.1.3 Γεωλογία

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης ανήκει στην γεωτεκτονική ενότητα της Πίνδου, η οποία εκτείνεται από τα ελληνοαλβανικά σύνορα, στα βουνά της Πίνδου και φτάνει μέχρι την Πελοπόννησο, ενώ κομμάτια της εντοπίζονται και στην Κρήτη και τη Ρόδο. Η ζώνη Πίνδου θεωρείται η πιο βαθιά Ελληνική αύλακα ανάμεσα στα υβώματα της Πελαγονικής προς τα ανατολικά και Γαββρόβου προς τα δυτικά (Μουντράκης, 1985).

Στην Πίνδο έχουμε πελαγική ιζηματογένεση πυριτική ή ανθρακική, όλη τη διάρκεια της βιομηχανικής ιζηματογένεσης από το Τριαδικό μέχρι το ανώτατο Κρητιδικό. Πυριτική όταν έχουμε κερατόλιθους ή άλλους πυριτιόλιθους, ανθρακική όταν έχουμε τους πελαγικούς ασβεστόλιθους (Παπανικολάου, 1986).

Σχετικά με την εσωτερική δομή της Πίνδου, αναμένεται ότι μια ακολουθία στρωμάτων, με τόσες εναλλαγές και τέτοιο είδος λιθολογίας, είναι εύκολο να πτυχωθεί πολύ γιατί έχει μεγάλη πλαστικότητα. Επιπλέον οι εναλλαγές ασβεστολίθων και κερατολίθων είναι εύκολο να δημιουργηθούν δυσαρμονικά φαινόμενα (Παπανικολάου, 1986).

3.1.4 Κλίμα

Το κλίμα στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου είναι μεσογειακό με σχετικά πολλές και ραγδαίες βροχοπτώσεις από τον Οκτώβριο έως το Μάρτιο. Οι μέσες θερμοκρασίες κυμαίνονται από 7,3οC (Ιανουάριο μήνα) έως 27,8οC (Ιούνιο μήνα). Οι άνεμοι, που επικρατούν, είναι οι βόρειοι και βορειο-δυτικοί.

Σε ό,τι αφορά στις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες (μικροκλίμα), υπάρχουν σοβαρές αποκλίσεις με παράμετρο το υψόμετρο, τον προσανατολισμό και την εγγύτητα στο Σπερχειό Ποταμό των υπο-περιοχών. Το καλύτερο μικροκλίμα στις αστικές περιοχές παρατηρείται στα λοφώδη ημι-ορεινά με χαμηλό υψόμετρο, που χωροθετούνται περιμετρικά της πόλης της Λαμίας.

3.2 Νομός Ευρυτανίας

3.2.1 Πληθυσμός

Ο **νομός Ευρυτανίας** είναι ένας από τους πενήντα ένα νομούς της Ελλάδας και ανήκει στην Στερεά Ελλάδα.

Η έκταση του νομού ανέρχεται σε 2.045km² και χαρακτηρίζεται ως ο πλέον αραιοκατοικημένος νομός της Ελλάδας (ο σημερινός πληθυσμός ανέρχεται σε 20.000 κατοίκους). Θεωρείται ως μια από τις περισσότερο πληγείσες περιοχές από διαχρονική εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων.

Ο νομός είναι σχεδόν ολοκληρωτικά καλυμμένος από βουνά, συμπεριλαμβανομένων του Τυμφρηστού και του ΰ στα νότια και ποτάμια συμπεριλαμβανομένων του Αγραφιώτη και του Μέγδοβα στα ανατολικά και του Αχελώου στα δυτικά, που εκβάλλει στο Ιόνιο Πέλαγος. Είναι ένας από τους πιο αραιοκατοικημένους νομούς στην Ελλάδα.

Ο νομός συνορεύει με την Αιτωλοακαρνανία στα δυτικά, νοτιοδυτικά και νότια (δυτικά πάνω από τον Αχελώο ποταμό), με την Καρδίτσα στα βόρεια, και με τη Φθιώτιδα στα ανατολικά.

3.2.2 Γεωμορφολογία

Ο νομός Ευρυτανίας είναι κατ' εξοχήν ορεινός καθώς ένα ποσοστό 54% της συνολικής του έκτασης έχει υψόμετρο μεγαλύτερο από 1000 μ. Η συνολική έκταση του νομού ανέρχεται σε 1.869.400 στρέμματα από τα οποία 90.600 στρέμματα είναι γεωργική γη, 825.000 στρέμματα είναι δάση και μερικώς δασοσκεπείς εκτάσεις και 760.000 στρέμματα είναι βοσκότοποι. Γενικά, ο νομός Ευρυτανίας μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένας από τους αιγοπροβατοτροφικούς νομούς της χώρας, κυρίως λόγω του ανάγλυφου της περιοχής και της ύπαρξης άφθονων βοσκοτόπων κατάλληλων για τον κλάδο αυτό της ζωικής παραγωγής. Η αιγοπροβατοτροφία παρουσιάζει ιδιαίτερο οικονομικό ενδιαφέρον, ενώ σε πολλές εκμεταλλεύσεις συμπληρώνει το χαμηλό γεωργικό εισόδημα (Παντέρα , 2003).

3.2.3 Κλίμα

Οι μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις του Νομού Ευρυτανίας παρουσιάζουν τιμές από τις υψηλότερες της χώρας. Σπουδαίο ρόλο σ' αυτή την υψηλή βροχόπτωση παίζει η παρουσία του ορεινού όγκου της Πίνδου που αναγκάζει τις βροχές να πέσουν στη δυτική Ελλάδα ενώ στην ανατολική παρατηρείται σημαντικά μικρότερη βροχόπτωση. Η μέση βροχόπτωση σε ολόκληρο το Νομό από παρατηρήσεις 29 ετών (1961-1989) σε 22 βροχομετρικούς σταθμούς ανέρχεται σε 1.454,9 mm (Παταργιάς, 1998). Ο βροχομετρικός χάρτης που παρατηρείται παρακάτω δημιουργήθηκε από τις μετρήσεις αυτών των 22 Βροχομετρικών Σταθμών του Νομού Ευρυτανίας με στοιχεία των χρονολογιών 1965-1989. Οι παρατηρηθείσες ελάχιστες ελλείψεις μετρήσεων συμπληρώθηκαν από το μέσο όρο των τριών γειτονικών βροχομετρικών σταθμών της ίδιας βροχομετρικής ζώνης υπό την προϋπόθεση (Linsley et al, 1975) ότι τα ύψη βροχής των συγκεκριμένων σταθμών διαφέρουν λιγότερο από 10%.

3.2.4 Γεωλογία

Ο νομός Ευρυτανίας καταλαμβάνει τα νοτιότερα τμήματα της οροσειράς της Πίνδου και ανήκει γεωτεκτονικά στη ζώνη Πίνδου. Σημαντικότατο ρόλο για την εσωτερική παραμόρφωση της ζώνης παίζουν οι ραδιολαρίτες που ως πλαστικός ορίζων συμπεριφέρονται ως μία μεγάλη ζώνη αποκολλήσεως πάνω από την οποία απελευθερώνεται το Κρητιδικό και ο φλύσχος, σχηματίζοντας τη χαρακτηριστική για τη ζώνη λεπιοειδή δομή (Skourlis & Doutsos 2003). Έχουν σαν αποτέλεσμα τις συνεχείς επαναλήψεις των στρωματογραφικών ενοτήτων και τη μεγάλη τους επιφανειακή εξαπλώση. Οι πολύ συχνές λιθολογικές εναλλαγές προκαλούν μεγάλη ετερογένεια και το σχηματισμό χαρακτηριστικών για τη ζώνη πτυχών. Από τα δυτικά η ζώνη περιορίζεται από την επώθηση της Πίνδου ενώ στα ανατολικά έχουν επωθηθεί πάνω σ' αυτήν οι οφιόλιθοι της Νέο-Τηθύος (Skourli & Doutsos 2003).

3.3 Νομός Φωκίδας

3.3.1 Πληθυσμός

Η πληθυσμιακή πυκνότητα του Νομού ανέρχεται σε 23 κατοίκους ανά km², τη στιγμή που στο σύνολο της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας η πληθυσμιακή πυκνότητα ανέρχεται σε 39 κατοίκους ανά km², ενώ στο σύνολο της χώρας το αντίστοιχο μέγεθος

φτάνει στους 83 κατοίκους ανά km². Σύμφωνα με τον τελευταίο δείκτη, ο Νομός Φωκίδας κατατάσσεται στην 49^η θέση μεταξύ των 51 Νομών της χώρας. Ο πραγματικός πληθυσμός του Νομού ανήλθε το 2001 σε 48.284 άτομα, παρουσιάζοντας αύξηση κατά τη δεκαετία 1991-2001 της τάξης του 9,3%, αύξηση η οποία είναι υψηλότερη τόσο της αντίστοιχης της περιφέρειας (4,0%) όσο και αυτής της χώρας (6,9%). Στο Δήμο Άμφισσας, όπου και το μεγαλύτερο πληθυσμιακό αστικό κέντρο του Νομού η απογραφή κατέγραψε 9.248 κατοίκους (19,2% του συνολικού πληθυσμού του νομού), ενώ ακολουθούν σε μέγεθος πληθυσμιακής συγκέντρωσης ο Δήμος Ευπαλίου με 6.507 κατοίκους (13,5% του συνολικού πληθυσμού του νομού) και ο Δήμος Ιτέας με 6.072 κατοίκους (12,6% του νομού). Οι μικρότεροι πληθυσμιακά Δήμοι του Νομού είναι ο Δήμος Βαρδουσίων (4,6% του πληθυσμού του Νομού) και Καλλιέων (4,8%), στο σύνολο τους ορεινοί Δήμοι.

3.3.2 Γεωμορφολογία

Ο Νομός Φωκίδας αποτελεί ένας από τους πέντε νομούς της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδος. Καταλαμβάνει το νότιο δυτικό τμήμα της περιφέρειας και συνορεύει βόρεια με το Νομό Φθιώτιδας, ανατολικά με τους Νομούς Φθιώτιδας και Βοιωτίας, δυτικά με το Νομό Αιτωλοακαρνανίας και νότια βρέχεται από τον Κορινθιακό κόλπο. Ο Νομός Φωκίδας είναι από τους πιο ορεινούς Νομούς της Ελλάδος καθώς από τα 2.121 τ.χλμ. της συνολικής έκτασης της, ποσοστό 96,7% (2.051,2 τ.χλμ.) είναι ορεινά, 1,5% (32,3 τ.χλμ.) ημιορεινά και μόλις το 1,8% (37,5 τ.χλμ.) καλύπτονται από πεδινές εκτάσεις.

Στο βορειοδυτικό τμήμα του Νομού, με κατεύθυνση ΒΔ – ΝΑ εκτείνονται τα Βαρδούσια Όρη με μέγιστο υψόμετρο 2495m. Στο βορειοκεντρικό τμήμα του Νομού, στα όρια με το Νομό Φθιώτιδας, ορθώνεται το όρος Οίτη με μέγιστο υψόμετρο 2152m. Στο κέντρο του Νομού, στα όρια των δύο επαρχιών του, εκτείνεται το όρος Γκιώνα με διεύθυνση ΒΑ – ΝΔ. Η Γκιώνα είναι το πέμπτο σε ύψος Ελληνικό βουνό και το ψηλότερο στη νότια Ελλάδα (2510m). Συνορεύει στα δυτικά με τα Βαρδούσια, από τα οποία τη χωρίζει ο ποταμός Μόρνος, στα νοτιοανατολικά με τον Παρνασσό, στα βορειοανατολικά με το Καλλίδρομο και στα βόρεια με την Οίτη. Στις νότιες απολήξεις της Γκιώνας, αποτελώντας ουσιαστικά προέκτασή της, εκτείνονται τα Όρη Λιδορικίου με μέγιστο υψόμετρο 1786m. Στο ανατολικό τμήμα του Νομού, στα όρια με το Νομό Βοιωτίας εκτείνονται οι δυτικές απολήξεις του Παρνασσού με υψηλότερη κορυφή τη Λιάκουρα (2457m). Τα πεδινά εδάφη του Νομού είναι ελάχιστα. Εκτείνονται στα παράλια του

Κορινθιακού κόλπου και του κόλπου της Ιτέας, στην κοιλάδα του Μόρνου και στον άνω ρου του ποταμού Κηφισού. Μοναδική αξιόλογη πεδινή περιοχή είναι η πεδιάδα της Άμφισσας. Σημαντικότερος ποταμός του Ν. Φωκίδας είναι ο Μόρνος, ο οποίος πηγάζει στις νότιες παρυφές της Οίτης και ακολουθεί νότια διεύθυνση προς το Λιδωρίκι, όπου στρέφεται προς τα δυτικά.

Στη συνέχεια διαγράφει τα όρια των Νομών Φωκίδας, Αιτωλοακαρνανίας, σχηματίζοντας μια καταπράσινη κοιλάδα και εκβάλλει κοντά στη Ναύπακτο. Στον ποταμό έχει κατασκευαστεί φράγμα που σχηματίζει τεχνητή λίμνη. Εκεί συγκεντρώνονται τα νερά απ' όπου υδρεύονται η περιοχή της Αθήνας καθώς και πολλές κοινότητες και οικισμοί κατά μήκος του αγωγού μεταφοράς των υδάτων από την τεχνητή λίμνη προς την πρωτεύουσα. Το βορειοανατολικό τμήμα του Νομού διαρρέει ο άνω ρους του (βοιωτικού) Κηφισού. Η ακτογραμμή του Νομού στον Κορινθιακό κόλπο αρχίζει ανατολικά της Ναυπάκτου και αφού σχηματίσει τον Όρμο Μοναστηρακίου, στρέφεται προς τα νοτιοανατολικά και διαγράφει αρκετές εγκολπώσεις, απέναντι από τις οποίες βρίσκονται οι νησίδες Τριζόνια, Δρίμνια, Πρασούδι και Λαγονήσι. Μετά το ακρωτήριο Ψαρομύτα, η ακτή στρέφεται προς τα ανατολικά και σχηματίζει τους όρμους Πανόρμου και Αγ. Πάντων και τα ακρωτήρια Ντούνο και Ανδρομάχη, δυτικό κέρασ του κόλπου της Ιτέας. Στο εσωτερικό του κόλπου βρίσκονται διάφορες νησίδες και διαμορφώνονται οι όρμοι Ιτέας και Γαλαξιδίου και τα ακρωτήρια Πούντα, Τράχηλος και Μούντα.

Ανατολικό κέρασ του κόλπου της Ιτέας είναι το ακρωτήριο Μακρυνικόλας που μαζί με το ακρωτήριο Πάγκαλος, ανατολικότερα, αποτελούν τις απολήξεις της χερσονήσου ανάμεσα στους κόλπους Ιτέας και Αντίκυρας. Από τις ακτές του κόλπου της Αντίκυρας μόνο το νοτιοδυτικό τμήμα ανήκει στο Ν. Φωκίδας.

3.3.3 Κλίμα

Λόγω του έντονου ανάγλυφου του Νομού το κλίμα διαφοροποιείται αρκετά από περιοχή σε περιοχή. Έτσι, στο κεντρικό και βόρειο τμήμα του Νομού το κλίμα είναι ηπειρωτικό με σχετικά δροσερό αλλά ξηρό καλοκαίρι, βροχερό φθινόπωρο και βαρύ χειμώνα, ο οποίος και διαρκεί αρκετούς μήνες. Στις νότιες και παράκτιες περιοχές επικρατεί μεσογειακό κλίμα με ήπιο χειμώνα και θερμό καλοκαίρι.

Έτσι η παραλιακή ζώνη του Νομού (0 - 200 μέτρα) εμφανίζει «έντονο μέσο-Μεσογειακό» κλίμα (με $75 < X < 100$) με ήπιο χειμώνα, οι περιοχές μέσων υψομέτρων (μέχρι 600 μέτρα) «ασθενές μεσο-Μεσογειακό» (με $40 < X < 70$) με δριμύ χειμώνα. Στα μεγαλύτερα υψόμετρα της Γκιώνας του Παρνασσού και των Βαρδουσίων (μέχρι 1800 μέτρα) το κλίμα εμφανίζεται ως «υπομεσογειακό» ($X < 40$) και υποξηρικό ψυχρό με $X = 0$ με δριμύ χειμώνα. Τέλος σε μικρά τμήματα του χώρου του Νομού τα οποία ευρίσκονται στις κορυφές των βουνών Γκιώνας, Βαρδουσίων και Οίτης το κλίμα είναι υπό-αξηρικό (αλπικό), ψυχρό με αριθμό βιολογικά ξηρών ημερών περίπου ίσο με 0 ($X = 0$) και χειμώνα δριμύ. Από την ανάλυση των σχετικών στοιχείων της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας προκύπτει ότι η μέση θερμοκρασία στην περιοχή είναι 18°C . Τους χειμερινούς μήνες η μέση θερμοκρασία πλησιάζει τους 6°C και τους καλοκαιρινούς τους 30°C .

3.3.4 Γεωλογία

Η γεωλογική δομή του νομού Φωκίδας συμμετέχουν πετρώματα τα οποία ανήκουν εκ δυσμών προς ανατολάς στις γεωτεκτονικές ζώνες Πίνδου, Παρνασσού. Πρόκειται για ανθρακικούς ως επί το πλείστον σχηματισμούς Τριαδικής έως και Ηωκαινικής ηλικίας ως και φλυσικά πετρώματα σημαντικού πάχους, τριαδικά λατυποπαγή, σχιστοκερατόλιθους κ.λπ. Η τεκτονική δομή της περιοχής του νομού, τυπική των εξωτερικών Ελληνίδων Ζωνών, χαρακτηρίζεται από τις διαδοχικές επωθήσεις των γεωτεκτονικών ζωνών, τις εφιππεύσεις μεταξύ των γεωλογικών σχηματισμών και τις πτυχώσεις. Οι εφιππεύσεις, συχνές στην περιοχή του νομού συνθέτουν την χαρακτηριστική τεκτονική των λεπιών.

Η ζώνη Παρνασσού καταλαμβάνει το ανατολικό τμήμα του νομού με εσωτερικές ζώνες της Υποελαγωνικής Ζώνης. Τα πετρώματα είναι κυρίως αυτόχθονα ανθρακικά ιζήματα (ασβεστόλιθοι και δολομίτες), αβαθών θαλασσών με μεγάλα σχετικά πάχη και κατά δεύτερο λόγο ιζήματα φλύσχη που αφορούν τη περίοδο μέχρι το Ηώκαινο του Παλαιογενούς (τριτογενές του Καινοζωϊκού αιώνα) (Μουντράκης 1985, Παπανικολάου 1986).

3.4 Νομός Βοιωτίας

3.4.1 Πληθυσμός

Ο Νομός Βοιωτίας βρίσκεται στο ανατολικό μέρος της Στερεάς Ελλάδος και συνορεύει βόρεια με το νομό Φθιώτιδας, δυτικά με το νομό Φωκίδας, νότια βρέχεται από τον Κορινθιακό κόλπο και συνορεύει με το νομό Αττικής και ανατολικά βρέχεται από τον Ευβοϊκό κόλπο. Η έκτασή του είναι 2.952 τ.χλμ. και κατατάσσεται, από άποψη μεγέθους, στην 17η θέση πανελλαδικά.

Έκταση σε τετραγωνικά χιλιόμετρα νομού Βοιωτίας. Σημαντικά κέντρα εκτός από τη Λιβαδειά είναι η Θήβα, ο Ορχομενός, τα Βάγια, το Σχηματάρι, η Αλίαρτος, η Αράχοβα, η Αντίκυρα, ο Άγιος Γεώργιος και το Δίστομο.

Ο μόνιμος πληθυσμός του νομού Βοιωτίας ήταν το 2001, όπως αυτός εμφανίζεται στα επίσημα στοιχεία της Ε.Σ.Υ.Ε., 123.913 άτομα. Όσον αφορά στον πραγματικό πληθυσμό, αυτός διαμορφώνεται στα 131.085 άτομα. Σημαντικό στοιχείο για τη μελέτη του πληθυσμού αποτελεί η πληθυσμιακή πυραμίδα, η οποία είναι απαραίτητη για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την πληθυσμιακή δυναμική της περιοχής.

3.4.2 Γεωμορφολογία

Η Βοιωτία είναι το πιο πεδινό τμήμα της Στερεάς Ελλάδας. Συγκεκριμένα ο νομός Βοιωτίας έχει δύο μεγάλες πεδιάδες, την πεδιάδα της Χαιρώνειας στη Λειβαδιά και της Κωπαΐδας στη Θήβα. Οι πεδιάδες αυτές διατρέχονται από πλήθος ποταμών και παραποτάμων, με σημαντικότερο από αυτούς τον Ασωπό και με παραποτάμους τον Κηφισό, το Μόρνο και τον Μελά. Οι λίμνες του νομού είναι η Υλίκη και η Παραλίμνη. Αναλυτικά η κατανομή του εδάφους σε κατηγορίες έχει ως εξής: 40% πεδινό, 38% ημιορεινό και 22% ορεινό. Έχει 42,71% βοσκοτόπους, 38,6% καλλιεργήσιμες εκτάσεις, 12,2% δάση, 3,6% οικισμούς και 1,3% υδάτινες επιφάνειες. Κατά κύριο λόγο λοιπόν ο νομός αποτελείται από βοσκοτόπους και καλλιεργήσιμες εκτάσεις.

Οι κυριότεροι ορεινοί όγκοι της Βοιωτίας είναι ο Ελικώνας (με ψηλότερη κορυφή την Παλιοβούνα, 1.748 μ.), ο Κιθαιρώνας (1.409 μ.) και ο Παρνασσός (2.400 μ.). Επίσης υπάρχουν σημαντικά οροπέδια, όπως το Νεραϊδολάκκωμα (1.678 μ.), το Μεσσάπιο (1.201 μ.) και το Χλωμό (1.081 μ.) (el.wikipedia.org).

Στη συνέχεια δίνονται τα κύρια χαρακτηριστικά των ορεινών όγκων της περιοχής,

Ελικώνας. Ο Ελικώνας είναι ένα επίμηκες ορεινό συγκρότημα στο δυτικό τμήμα της Βοιωτίας, το οποίο εκτείνεται από τα ανατολικά προς τα δυτικά, αποτελώντας το φυσικό σύνορο μεταξύ της Βοιωτίας και της Φωκίδας. Έχει στα βορειοδυτικά του τον Παρνασσό, στα Νοτιοανατολικά του τον Κιθαιρώνα και στα νότια τον Κορινθιακό κόλπο και αποτελείται από πολλές μικρές συμπλεκόμενες οροσειρές (1sek-livad.voi.sch.gr/livadia/elikonas.htm).

Κιθαιρώνας. Ο Κιθαιρώνας είναι ένα επίμηκες ασβεστολιθικό βουνό, που εκτείνεται ανάμεσα στο πέραςμα της Κάζας και τις ακτές του Κορινθιακού. Από γεωλογική άποψη ο Κιθαιρώνας δεν διαφέρει από τους άλλους ορεινούς όγκους της Στερεάς Ελλάδας, αποτελούμενος από ασβεστολιθικά και σχιστολιθικά πετρώματα. Χαρακτηρίζεται από πυκνά δάση, με έλατα στα ψηλότερα και πεύκα στα χαμηλά υψόμετρα. (www.e-ecology.gr)

Παρνασσός. Ο ορεινός όγκος του Παρνασσού εκτείνεται σε τρεις νομούς, Βοιωτίας, Φθιώτιδας και Φωκίδας, καλύπτοντας συνολική έκταση 18.400 ha. Περιλαμβάνει τον Εθνικό Δρυμό Παρνασσού, με ένα τμήμα του στη Βοιωτία και το υπόλοιπο στη Φωκίδα, τις νοτιοανατολικές παρυφές του βουνού και το Αισθητικό Δάσος Τιθορέας, που ανήκει στη Φθιώτιδα.

3.4.3 Κλίμα

Το κλίμα της Βοιωτίας είναι ηπειρωτικό, με ήπιους χειμώνες και ζεστά καλοκαίρια. Η μέση θερμοκρασία είναι 16-18 °C και το μέσο ύψος των βροχών είναι 500-600 χλστ., ενώ η βλάστηση της περιοχής παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία. Ο πλησιέστερος μετεωρολογικός σταθμός από τον οποίο μπορούν να χρησιμοποιηθούν μετεωρολογικά

στοιχεία για τη μελέτη του κλίματος της περιοχής, είναι ο σταθμός της Αλάρτου (Σπίνου, 2005).

3.4.4 Γεωλογία

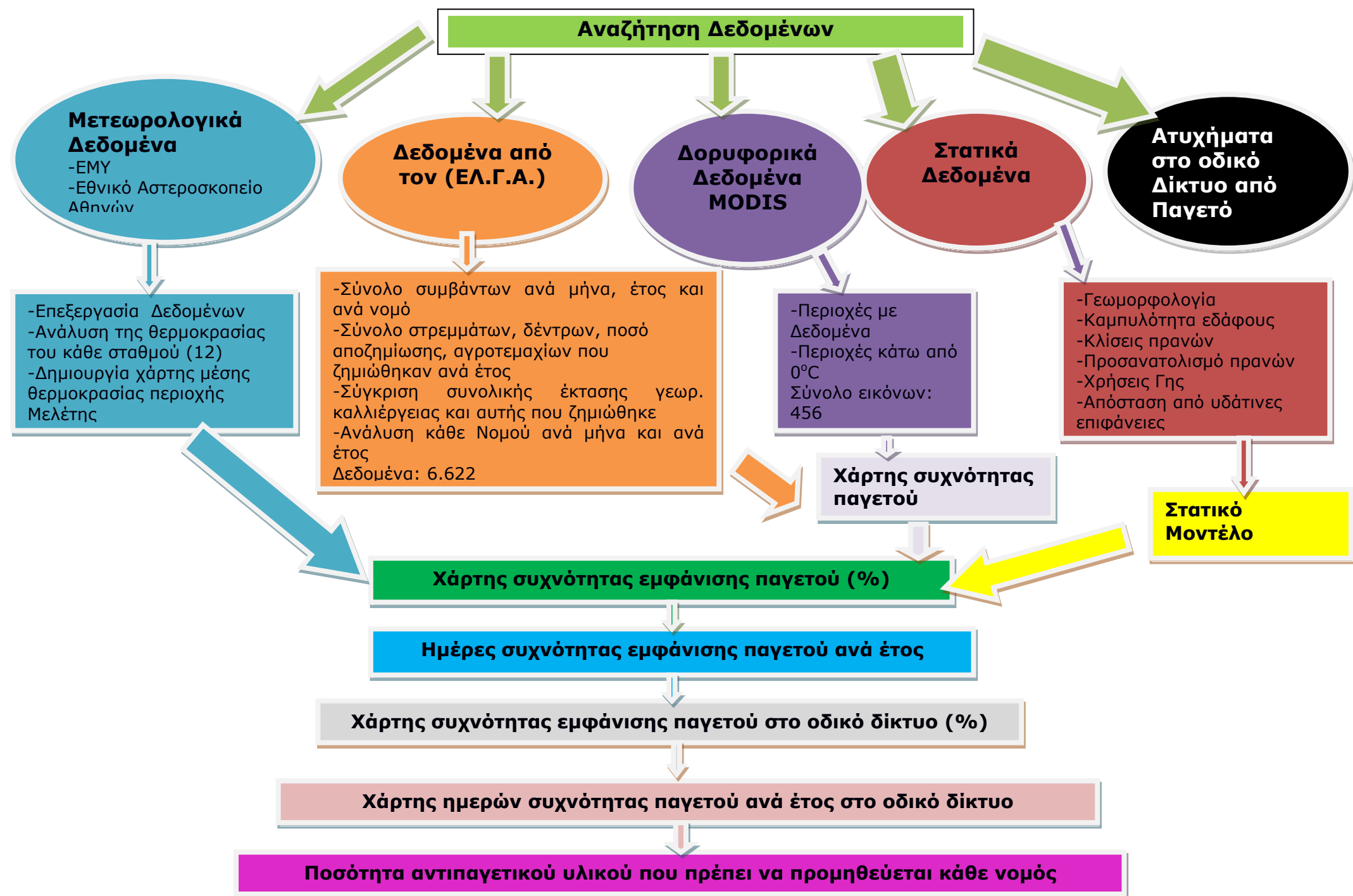
Το γεωλογικό υπόβαθρο του νομού Βοιωτίας αποτελείται κυρίως από πετρώματα της Πελαγονικής και Υποπελαγονικής γεωτεκτονικής ζώνης. Επίσης στον νομό συναντώνται και σχηματισμοί Φλύσχης του Παρνασσού Παλαιοκαινικής – ηωκαινικής ηλικίας (Μουντράκης 1985).

Κεφάλαιο 4: Μεθοδολογία

Στο παρών κεφάλαιο θα αναλύσουμε την μεθοδολογία της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Η μεθοδολογία ορίζεται σε τέσσερα βασικά στάδια:

1. Επεξεργασία Μετεωρολογικών Δεδομένων
2. Επεξεργασία Δεδομένων από τον Οργανισμό Ελληνικών Γεωργικών Ασφαλίσεων (ΕΛ.Γ.Α.)
3. Επεξεργασία δεδομένων μέσω ΓΣΠ
4. Επεξεργασία Δορυφορικών Δεδομένων

Εξετάστηκε και η παράμετρος, ατυχήματα στο οδικό δίκτυο από παγετό, αλλά λόγω έλλειψης δεδομένων δεν προχώρησε. Υπήρχε επικοινωνία με τα αστυνομικά τμήματα του κάθε νομού καθώς και με την ΕΛΣΤΑΤ, στάλθηκε και σχετική επιστολή αλλά η απάντηση που λήφθηκε ήταν ότι δεν υπάρχουν σχετικά καταγεγραμμένα συμβάντα, παρά μόνο η πληροφορία για ατυχήματα από καιρικά φαινόμενα.



Διάγραμμα 1: Διάγραμμα Ροής Εργασίας

4.1 Μετεωρολογικά Δεδομένα

Για την ανάγκη της εργασίας και της ορθής επεξεργασίας ολοκληρωμένων δεδομένων συλλέχθηκαν μετεωρολογικά δεδομένα από δύο πηγές, οι οποίες στη συνέχεια ενοποιήθηκαν. Οι πηγές αυτές είναι από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ), όπου τα εν λόγω δεδομένα μας παραχωρήθηκαν, και από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (meteo.gr) όπου τα δεδομένα συλλέχθηκαν από τον σχετικό ιστότοπο.

Ο λόγος που χρησιμοποιήσαμε δύο πηγές δεδομένων είναι για να καλύψουμε με περισσότερους μετεωρολογικούς σταθμούς την περιοχή μελέτης καθώς και να είναι πλήρη οι ημερομηνίες. Όμως τα δεδομένα που μας δόθηκαν από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ) δεν συνάδουν με τις ημερομηνίες που έχουν επιλεγεί στη παρούσα εργασία. Παρόλα αυτά θα χρησιμοποιηθούν στην επαλήθευση των αποτελεσμάτων.

4.1.1 Μετεωρολογικοί Σταθμοί

Οι μετεωρολογικοί σταθμοί της περιοχής είναι δώδεκα και είναι οι εξής:

1. Αμφίκλεια
2. Αντίκυρα
3. Αράχωβα
4. Αλίαρτος
5. Δομοκός
6. Λαμία
7. Δεσφίνα
8. Διακόπι
9. Καπαρέλλι
- 10.Καρπενήσι
- 11.Θεολόγος

12.Τανάγρα



Χάρτης 2: Χάρτης Μετεωρολογικών σταθμών περιοχής μελέτης

4.1.1.1 Αμφίκλεια

Τα δεδομένα του μετεωρολογικού αυτού σταθμού συλλέχθηκαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών.

Το υψόμετρο του σταθμού είναι 245 μέτρων.

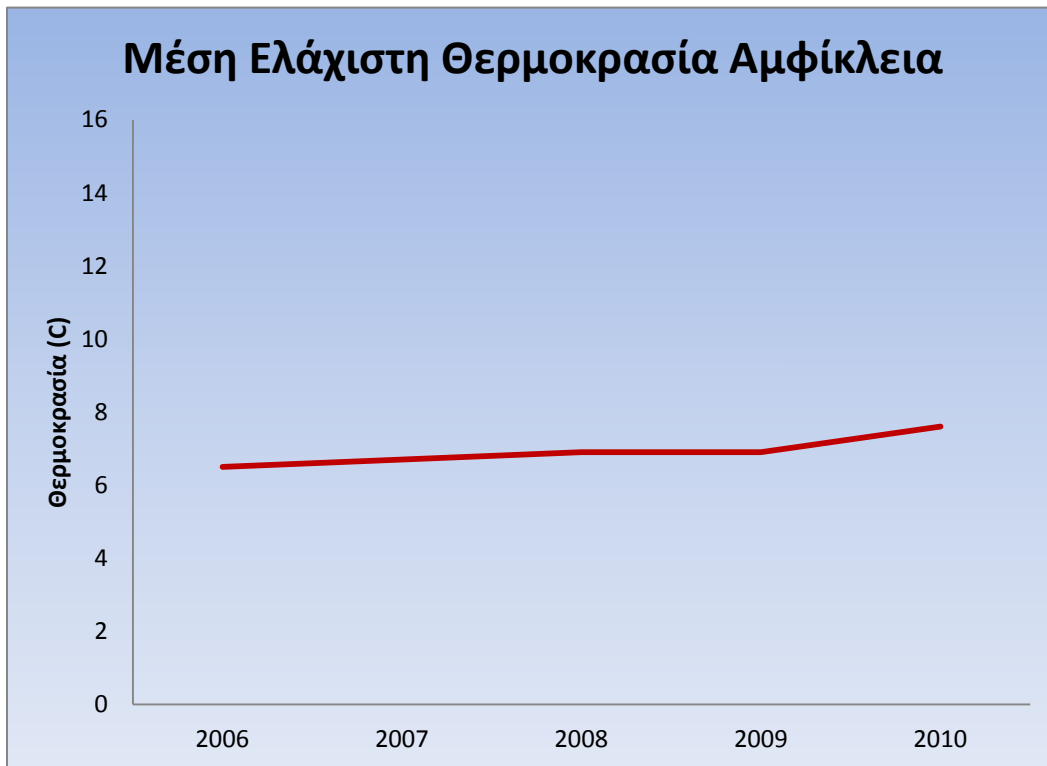
Απ' ότι διακρίνεται στο γράφημα 1 η μέση ετήσια θερμοκρασία για τα έτη 2006, 2007, 2008 και 2009 κυμαίνεται μεταξύ των 10 και 12,5 βαθμών Κελσίου. Η μέση μέγιστη θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 16 και 18 βαθμών Κελσίου ενώ η μέση ελάχιστη δεν ξεπερνά τους 7,5 βαθμούς.



Διάγραμμα 2: Μέση ετήσια Θερμοκρασία Σταθμού Αμφίκλεια (Δεδομένα: Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών)



Διάγραμμα 3: Μέση μέγιστη Θερμοκρασία Σταθμού Αμφίκλεια (Δεδομένα: Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών)



Διάγραμμα 4: Μέση ελάχιστη Θερμοκρασία ανά έτος του Σταθμού Αμφίκλεια (Δεδομένα: Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών)

4.1.1.2 Αντίκρυα

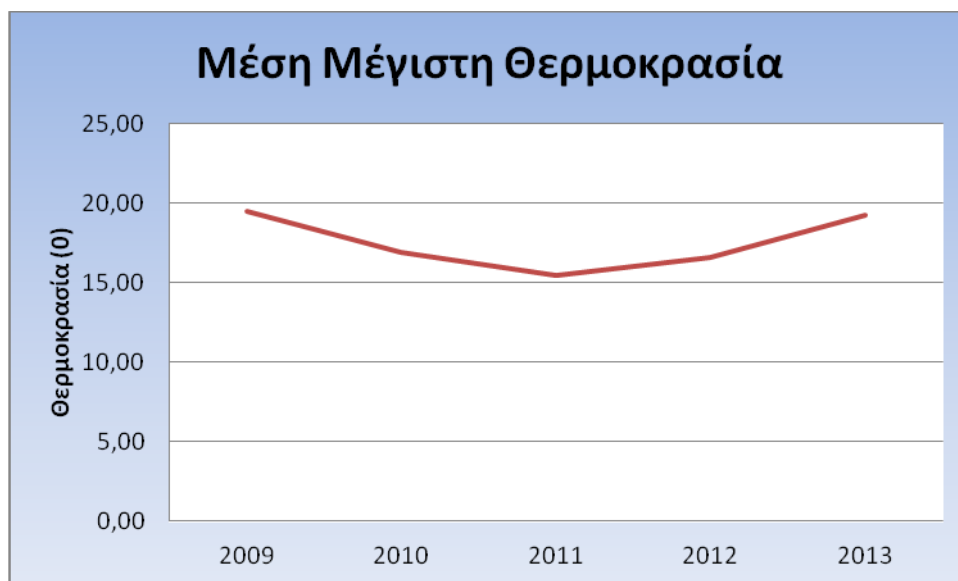
Τα δεδομένα του μετεωρολογικού αυτού σταθμού συλλέχθηκαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών.

Το υψόμετρο του σταθμού είναι 336 μέτρων.

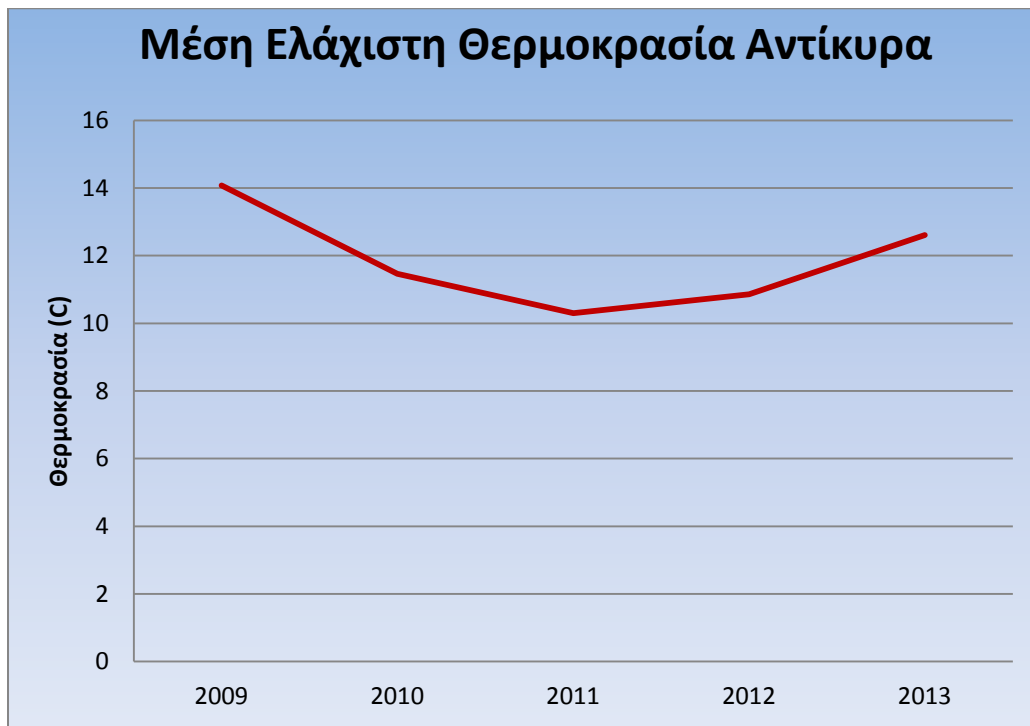
Απ' ότι διακρίνεται στο Διάγραμμα 4 η μέση ετήσια θερμοκρασία για τα έτη 2009, 2010, 2011 και 2013 κυμαίνεται μεταξύ των 12 και 18 βαθμών Κελσίου. Η μέση μέγιστη θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 15 και 20 βαθμών Κελσίου ενώ η μέση ελάχιστη δεν ξεπερνά τους 14 βαθμούς.



Διάγραμμα 5: Μέση Ετήσια Θερμοκρασία Σταθμού Αντίκυρα (Δεδομένα: Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών)



Διάγραμμα 6: Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία Σταθμού Αντίκυρα (Δεδομένα: Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών)

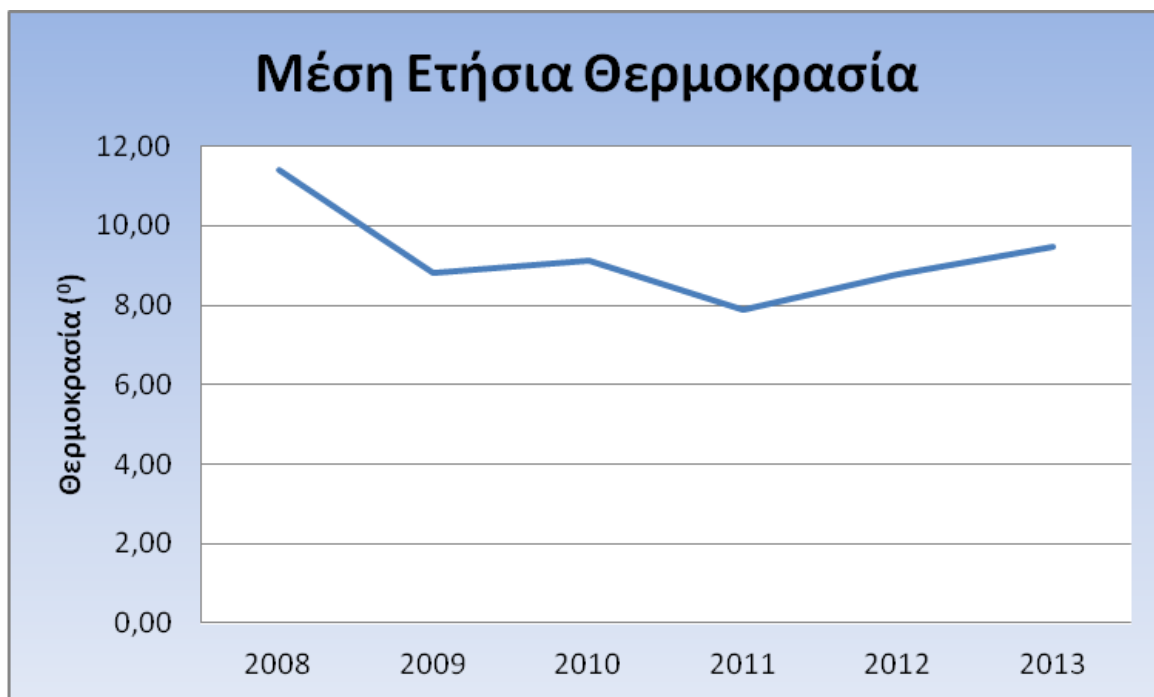


Διάγραμμα 7: Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία Σταθμού Αντίκυρα (Δεδομένα: Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών)

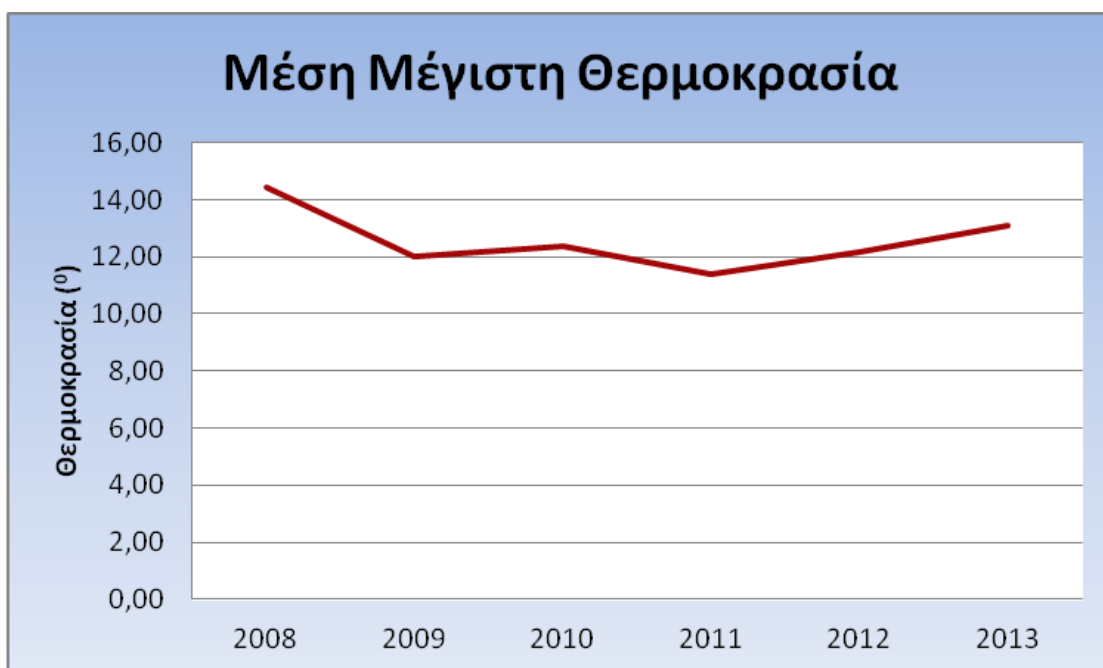
4.1.1.3 Αράχωβα

Τα δεδομένα του μετεωρολογικού αυτού σταθμού συλλέχθηκαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών.

Απ' ότι διακρίνεται στο Διάγραμμα 7 η μέση ετήσια θερμοκρασία για τα έτη 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 και 2013 κυμαίνεται μεταξύ των 8 και 12 βαθμών Κελσίου. Η μέση μέγιστη θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 11 και 15 βαθμών Κελσίου ενώ η μέση ελάχιστη δεν ξεπερνά τους 8 βαθμούς.



Διάγραμμα 8: Μέση Ετήσια Θερμοκρασία Σταθμού Αράχωβα (Δεδομένα: Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών)



Διάγραμμα 9: Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία Σταθμού Αράχωβα (Δεδομένα: Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών)



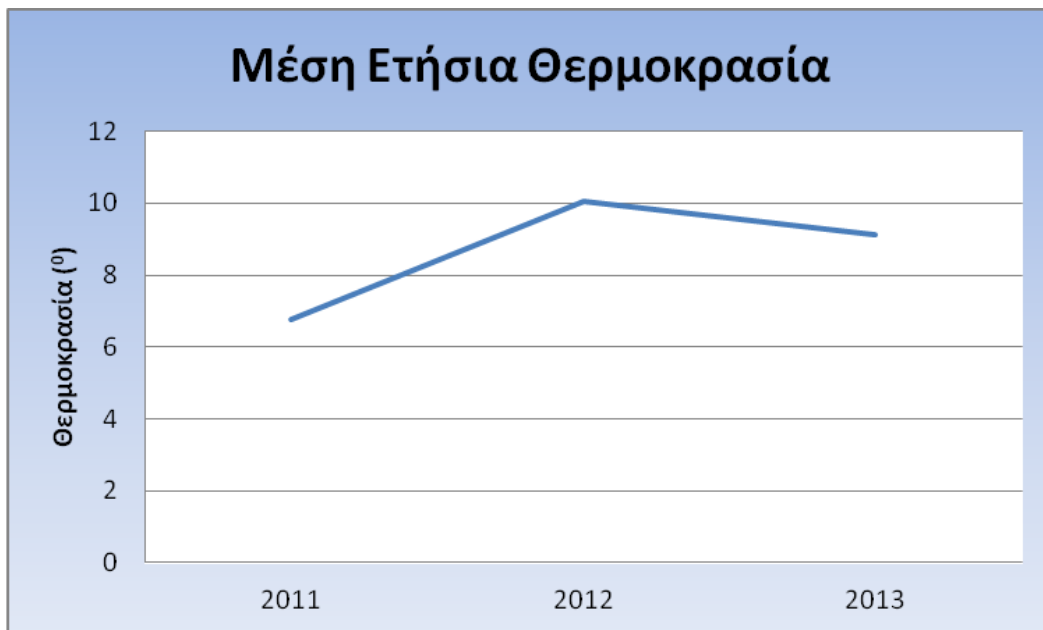
Διάγραμμα 10: Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία Σταθμού Αράχωβα (Δεδομένα: Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών)

4.1.1.4 Διακόπι

Τα δεδομένα του μετεωρολογικού αυτού σταθμού συλλέχθηκαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών.

Το υψόμετρο του σταθμού είναι 666 μέτρων.

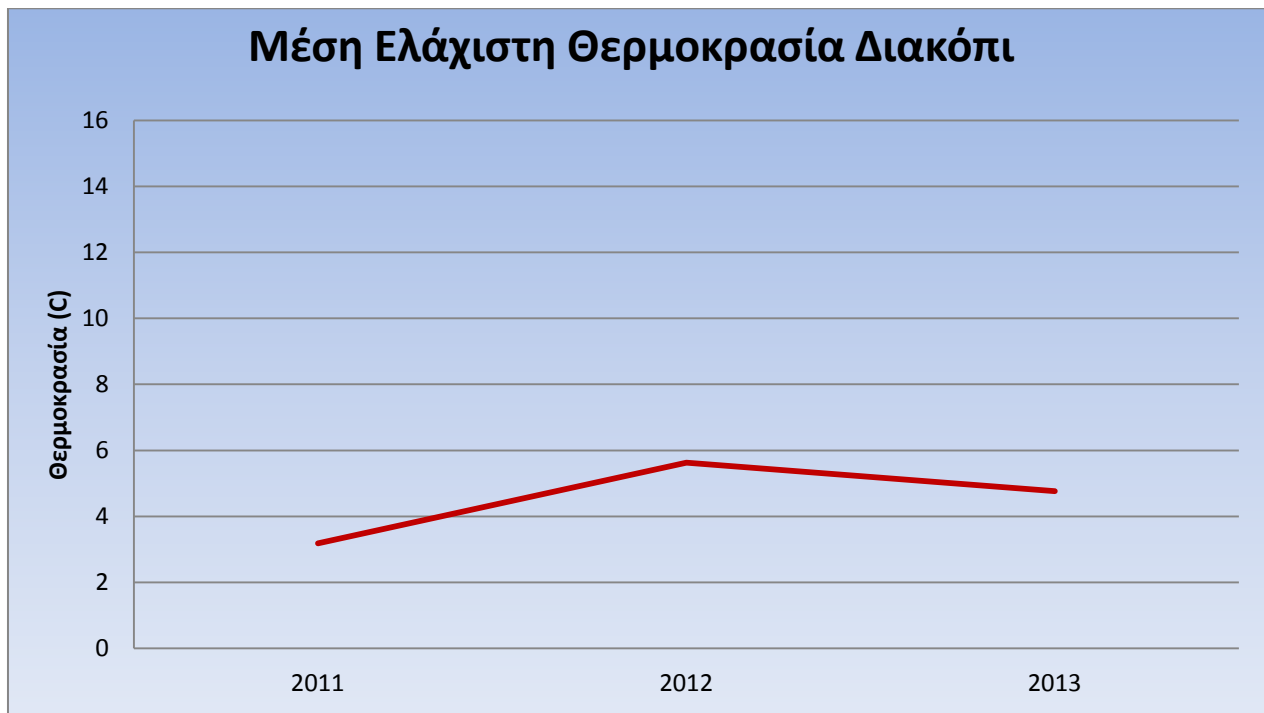
Απ' ότι διακρίνεται στο Διάγραμμα 10 η μέση ετήσια θερμοκρασία για τα έτη 2011, 2012 και 2013 κυμαίνεται μεταξύ των 7 και 11 βαθμών Κελσίου. Η μέση μέγιστη θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 11 και 17 βαθμών Κελσίου ενώ η μέση ελάχιστη δεν ξεπερνά τους 6 βαθμούς.



Διάγραμμα 11: Μέση Ετήσια Θερμοκρασία Σταθμού Διακόπι (Δεδομένα: Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών)



Διάγραμμα 12: Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία Σταθμού Διακόπι (Δεδομένα: Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών)



Διάγραμμα 13: Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία Σταθμού Διακόπι (Δεδομένα: Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών)

4.1.1.5 Καπαρέλλι

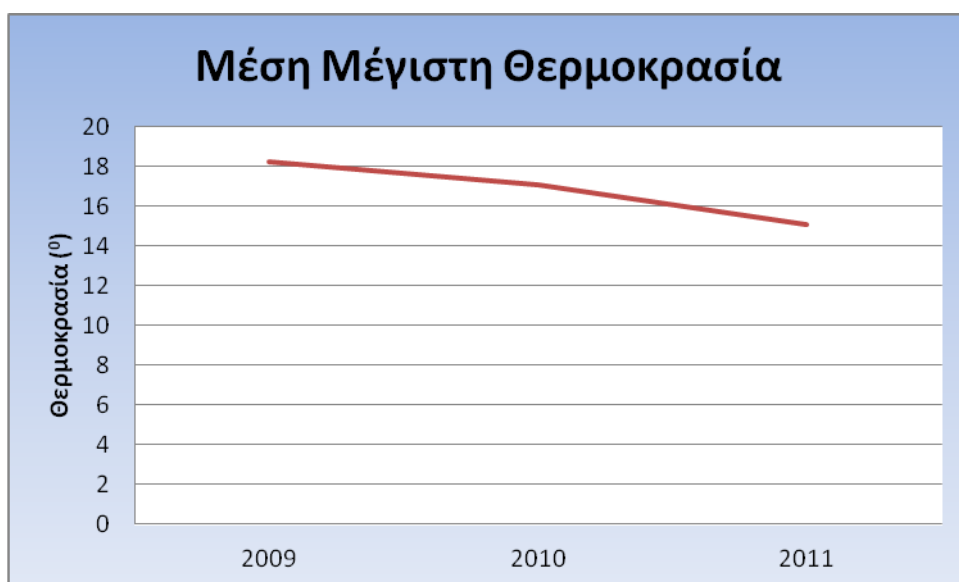
Τα δεδομένα του μετεωρολογικού αυτού σταθμού συλλέχθηκαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών.

Το υψόμετρο του σταθμού είναι 345 μέτρων.

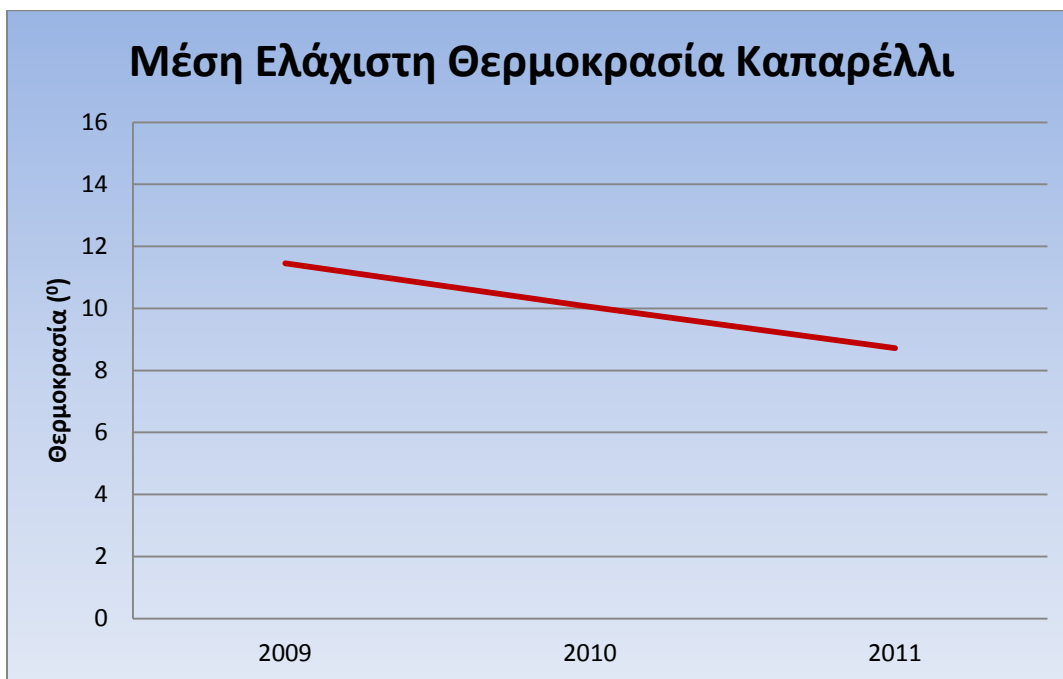
Απ' ότι διακρίνεται στο Διάγραμμα 13 η μέση ετήσια θερμοκρασία για τα έτη 2009, 2010 και 2011 κυμαίνεται μεταξύ των 11 και 15 βαθμών Κελσίου. Η μέση μέγιστη θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 15 και 19 βαθμών Κελσίου ενώ η μέση ελάχιστη δεν ξεπερνά τους 11 βαθμούς.



Διάγραμμα 14: Μέση Ετήσια Θερμοκρασία Σταθμού Καπαρέλλι (Δεδομένα: Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών)



Διάγραμμα 15: Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία Σταθμού Καπαρέλλι (Δεδομένα: Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών)



Διάγραμμα 16: Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία Σταθμού Καπαρέλλι (Δεδομένα: Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών)

4.1.1.6 Καρπενήσι

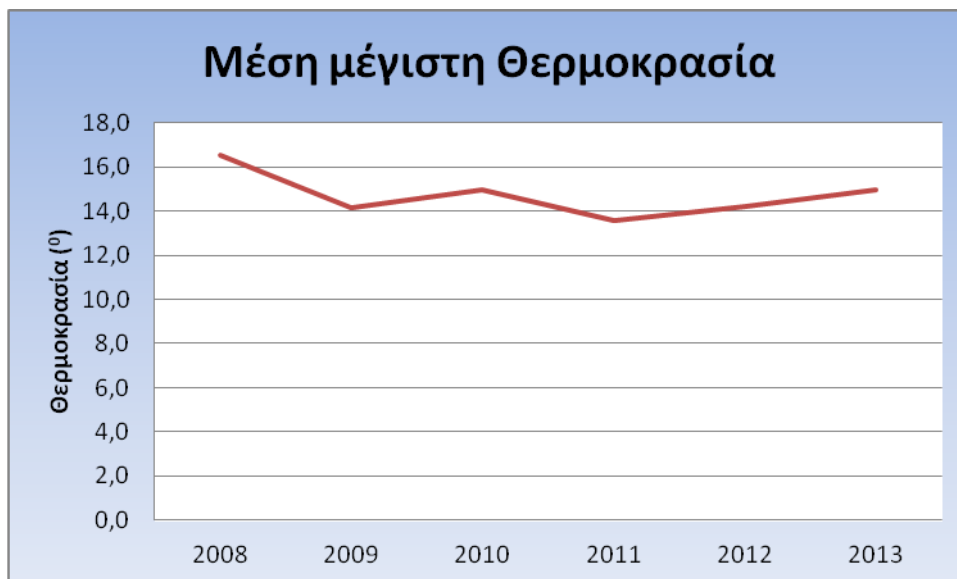
Τα δεδομένα του μετεωρολογικού αυτού σταθμού συλλέχθηκαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών.

Το υψόμετρο του σταθμού είναι 700 μέτρων.

Απ' ότι διακρίνεται στο Διάγραμμα 16 η μέση ετήσια θερμοκρασία για τα έτη 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 και 2013 κυμαίνεται μεταξύ των 7 και 10 βαθμών Κελσίου. Η μέση μέγιστη θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 13 και 17 βαθμών Κελσίου ενώ η μέση ελάχιστη δεν ξεπερνά τους 3,5 βαθμούς.



Διάγραμμα 17: Μέση Ετήσια Θερμοκρασία Σταθμού Καρπενήσι (Δεδομένα: Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών)



Διάγραμμα 18: Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία Σταθμού Καρπενήσι (Δεδομένα: Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών)



Διάγραμμα 19: Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία Σταθμού Καρπενήσι (Δεδομένα: Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών)

4.1.1.7 Θεολόγος

Τα δεδομένα του μετεωρολογικού αυτού σταθμού συλλέχθηκαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών.

Το υψόμετρο του σταθμού είναι 30 μέτρων.

Απ' ότι διακρίνεται στο Διάγραμμα 19 η μέση ετήσια θερμοκρασία για τα έτη 2011, 2012 και 2013 κυμαίνεται μεταξύ των 14 και 16 βαθμών Κελσίου. Η μέση μέγιστη θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 18,5 και 20,5 βαθμών Κελσίου ενώ η μέση ελάχιστη δεν ξεπερνά τους 11 βαθμούς.



Διάγραμμα 20: Μέση Ετήσια Θερμοκρασία Σταθμού Θεολόγος (Δεδομένα: Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών)



Διάγραμμα 21: Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία Σταθμού Θεολόγος (Δεδομένα: Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών)



Διάγραμμα 22: Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία Σταθμού Θεολόγος (Δεδομένα: Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών)

4.1.1.8 Αλιάτρος

Τα δεδομένα του μετεωρολογικού αυτού σταθμού μας δόθηκαν από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία.

Το υψόμετρο του σταθμού είναι 110 μέτρων.



Διάγραμμα 23: Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία Αλιάρτου (Δεδομένα: ΕΜΥ)

Απ' ότι διακρίνεται στο Διάγραμμα 22 η μέση ελάχιστη θερμοκρασία για τα έτη 1969 έως 2001 κυμαίνεται μεταξύ των -15 και 25 βαθμών Κελσίου. Παρατηρούμε ότι υπάρχει μια επαναληψιμότητα των θερμοκρασιών ανά έτος εκτός από μεγάλες αποκλίσεις όπως είναι το 1980 με την ελάχιστη θερμοκρασία να αγγίζει τους -15 ενώ το 1990 να φτάνει τους 25 βαθμούς.

4.1.1.9 Δομοκός

Τα δεδομένα του μετεωρολογικού αυτού σταθμού μας δόθηκαν από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία.

Το υψόμετρο του σταθμού είναι 110 μέτρων.



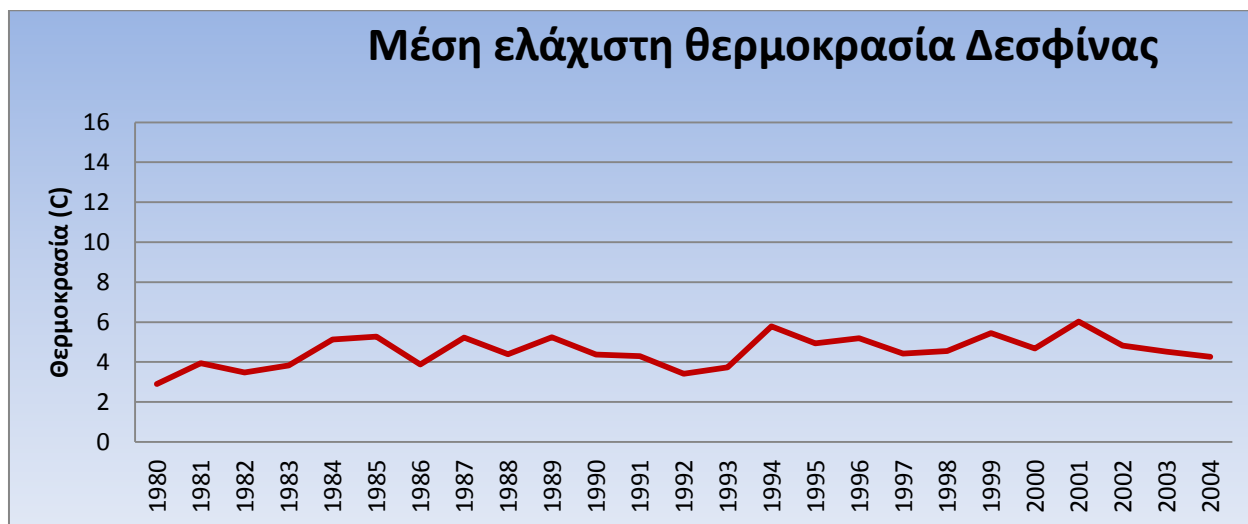
Διάγραμμα 24: Μέση ελάχιστη θερμοκρασία στο σταθμό Δομοκού (Δεδομένα: ΕΜΥ)

Απ' ότι διακρίνεται στο Διάγραμμα 23 η μέση ελάχιστη θερμοκρασία για τα έτη 1975 έως 2002 κυμαίνεται μεταξύ των -16 και 25 βαθμών Κελσίου. Παρατηρούμε ότι υπάρχει μια επαναληψιμότητα των θερμοκρασιών ανά έτος εκτός από μεγάλες αποκλίσεις όπως είναι το 1997 με την ελάχιστη θερμοκρασία να αγγίζει τους -16 ενώ το 1990 να φτάνει τους σχεδόν 25 βαθμούς.

4.1.1.10 Δεσφίνα

Τα δεδομένα του μετεωρολογικού αυτού σταθμού μας δόθηκαν από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία.

Το υψόμετρο του σταθμού είναι 110 μέτρων.



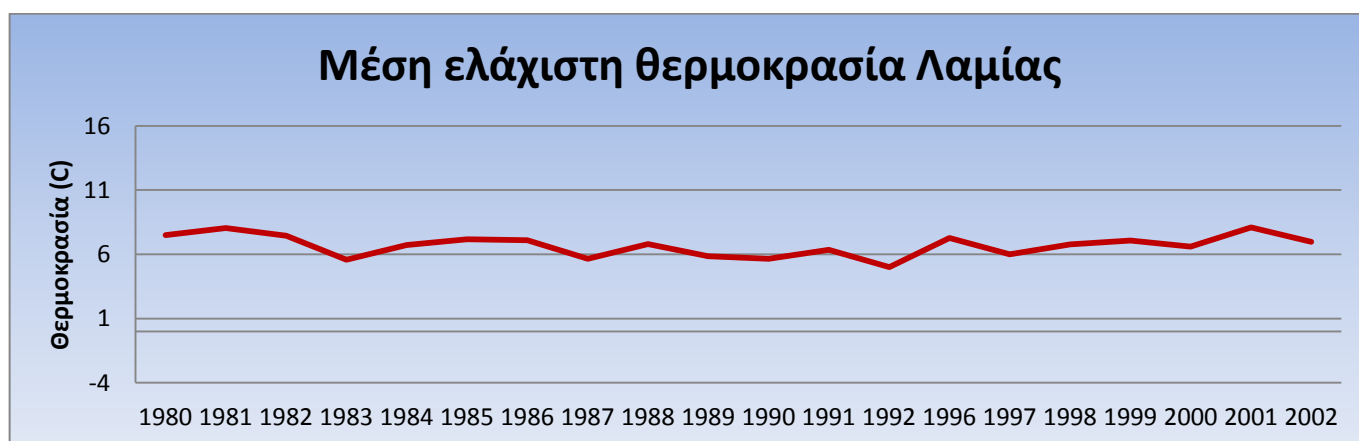
Διάγραμμα 25: Μέση ελάχιστη θερμοκρασία μετεωρολογικού σταθμού Δεσφίνας (Δεδομένα: EMY)

Απ' ότι διακρίνεται στο Διάγραμμα 24 η μέση ελάχιστη θερμοκρασία για τα έτη 1961 έως 2003 κυμαίνεται μεταξύ των -10 και 25 βαθμών Κελσίου. Παρατηρούμε ότι υπάρχει μια επαναληψιμότητα των θερμοκρασιών ανά έτος εκτός από μεγάλες αποκλίσεις όπως είναι το 1994 να έχει μια ανοδική τάση η θερμοκρασία.

4.1.1.11 Λαμία

Τα δεδομένα του μετεωρολογικού αυτού σταθμού μας δόθηκαν από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία.

Το υψόμετρο του σταθμού είναι 144 μέτρων.



Διάγραμμα 26: Μέση ελάχιστη θερμοκρασίας μετεωρολογικού σταθμού Λαμίας (Δεδομένα: EMY)

Απ' ότι διακρίνεται στο Διάγραμμα 25 η μέση ελάχιστη θερμοκρασία για τα έτη 1970 έως 2004 κυμαίνεται μεταξύ των -11 και 23 βαθμών Κελσίου. Παρατηρούμε ότι υπάρχει μια επαναληψιμότητα των θερμοκρασιών ανά έτος εκτός από μεγάλες αποκλίσεις όπως είναι το 2004 με την ελάχιστη θερμοκρασία να αγγίζει τους -11 ενώ το 1973 να φτάνει τους σχεδόν 23 βαθμούς.

4.1.1.12 Τανάγρα

Τα δεδομένα του μετεωρολογικού αυτού σταθμού μας δόθηκαν από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία.

Το υψόμετρο του σταθμού είναι 140 μέτρων.

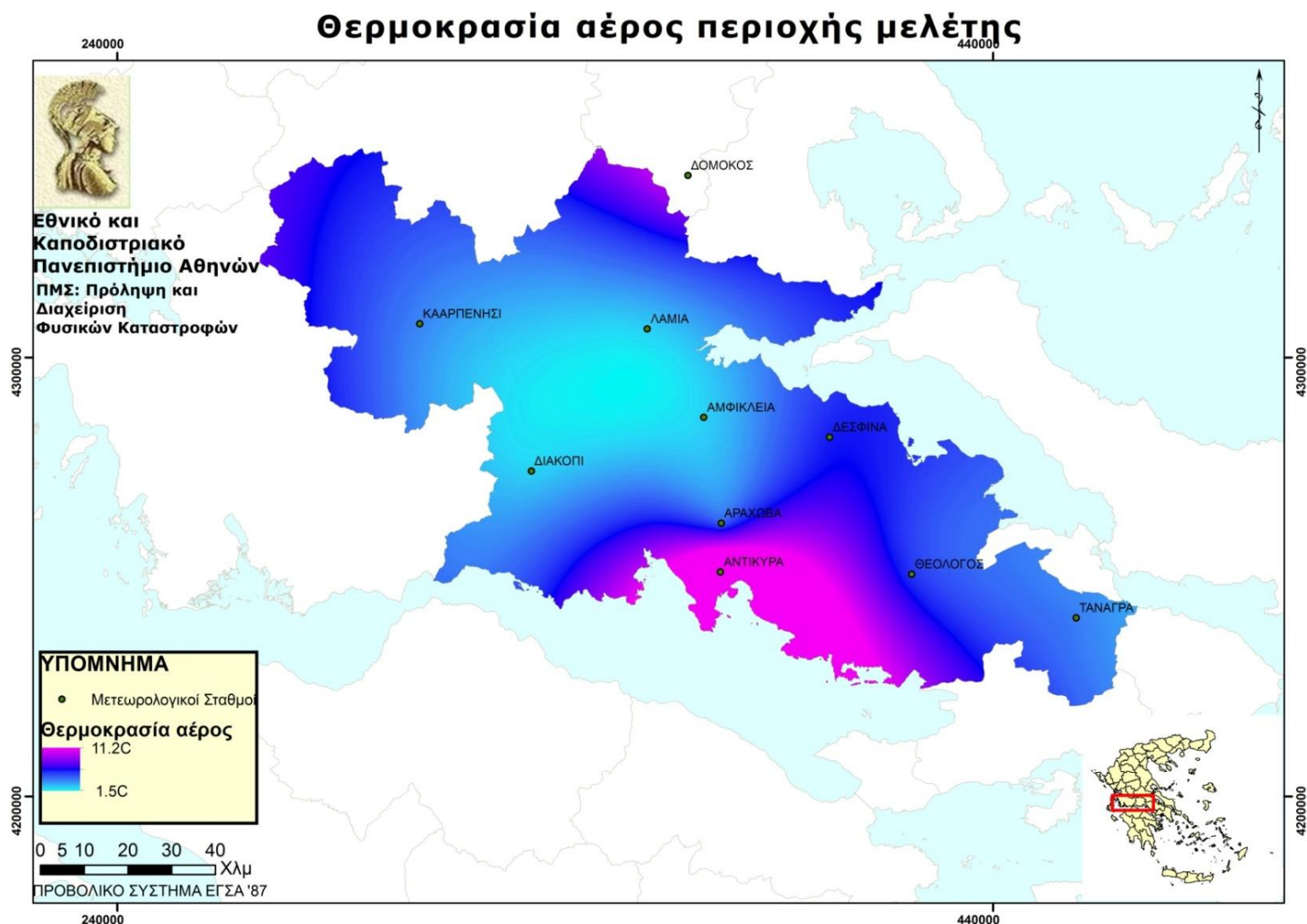


Διάγραμμα 27: Μέση ελάχιστη θερμοκρασία μετεωρολογικού σταθμού Τανάγρα (Δεδομένα: ΕΜΥ)

Απ' ότι διακρίνεται στο Διάγραμμα 26 η μέση ελάχιστη θερμοκρασία για τα έτη 1957 έως 2003 κυμαίνεται μεταξύ των -18 και 22 βαθμών Κελσίου. Παρατηρούμε ότι υπάρχει μια επαναληψιμότητα των θερμοκρασιών ανά έτος εκτός από μεγάλες αποκλίσεις όπως είναι το 1983 με την ελάχιστη θερμοκρασία να αγγίζει τους -18 ενώ το 1961 να φτάνει τους σχεδόν 22 βαθμούς.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, δηλαδή συλλέγοντας τα μετεωρολογικά δεδομένα από όλους τους σταθμούς, λαμβάνοντας υπόψη το μέσο όρο της ελάχιστης θερμοκρασίας κατασκευάστηκε ο παρακάτω χάρτης.

Στο παρακάτω χάρτη παρατηρούμε ότι η μικρότερη θερμοκρασία εμφανίζεται στο κεντρικό και δυτικό τμήμα κυρίως στις ορεινές περιοχές.



Χάρτης 3: Θερμοκρασία αέρος της περιοχής μελέτης (Δεδομένα: ΕΜΥ, Αστεροσκοπείο)

4.2 Δεδομένα από τον Οργανισμό Ελληνικών Γεωργικών Ασφαλίσεων (ΕΛ.Γ.Α.)

Ο παγετός είναι ένα από τα δυσκολότερα προβλήματα που έχει να αντιμετωπίσει η γεωργία. Είναι ένα πρόβλημα που μπορεί να προκαλέσει μια μικρή ζημιά σε μια και μόνο καλλιέργεια, αλλά μπορεί να καταστρέψει την σοδιά μιας ολόκληρης περιοχής. Η ζημιά που μπορεί να προκαλέσει μπορεί να κυμαίνεται από μερική καταστροφή της παραγωγής έως και την ολοκληρωτική καταστροφή των καλλιεργούμενων δέντρων και αυτό εξαρτάται από την ένταση και από την διάρκεια που θα έχει.

Το είδος της καλλιέργειας είναι από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζει το ποσοστό ζημιάς από τον παγετό, καθώς έχουν παρατηρηθεί μεγάλες διαφορές από καλλιέργεια σε καλλιέργεια. Από τα δένδροκομικά είδη αυτά που παθαίνουν τις μεγαλύτερες ζημιές είναι τα εσπεριδοειδή σε ποσοστό 96-100% περίπου, ακολουθούν κατά σειρά η κερασιά με ποσοστό 88%, η ροδακινιά και η καρυδιά με 81%, η μηλιά με 76%, η άμπελος με 76%, η αμυγδαλιά με 33% και τέλος η αχλαδιά που φαίνεται να είναι το πιο ανθεκτικό είδος καλλιέργειας στον παγετό με 26%.

Τα δεδομένα που παραχωρήθηκαν από τον Οργανισμό Ελληνικών Γεωργικών Ασφαλίσεων (ΕΛ.Γ.Α.) για την εκπόνηση της εν λόγω εργασίας κρίθηκαν ιδιαίτερα σημαντικά καθώς μας καθοδήγησαν στην επιλογή των ετών μελέτης.

Αφορούσαν καταγραφές ζημιών από παγετό σε καλλιέργειες για την δεκαετία 1999-2010, οι οποίες καταγράφηκαν κυρίως στο χρονικό διάστημα από 1 Οκτωβρίου ως 10 Μαΐου κάθε έτους.

Στην αρχική του μορφή, το αρχείο του ΕΛ.Γ.Α. είχε αναλυτική καταγραφή του κάθε συμβάντος παγετού. Δηλαδή η πληροφορία που είχε η κάθε καταγραφή παγετού ήταν:

- Αναγγελία
- Είδος καλλιέργειας
- Ημερομηνία
- Δημοτικό Διαμέρισμα
- Σύνολο στρεμμάτων
- Σύνολο δέντρων
- Ποσοστό ζημίας

- Ποσό πληρωμής
- Αριθμό αγροτεμαχίων

Ο εν λόγω πίνακας όμως δεν μας έδινε την πληροφορία του Νομού. Δηλαδή δεν μπορούσαμε να γνωρίζουμε ποια δημοτικά διαμερίσματα αφορούσαν τους νομούς της περιοχή μελέτης. Γι αυτό το λόγο μας παραχωρήθηκε ένας δεύτερος πίνακας όπου συνέδεε την αναγγελία με τον Νομό. Αυτό είχε ως συνέπεια να συνδέσουμε τους δύο πίνακες σε έναν για να ξεκινήσει η επεξεργασία των δεδομένων.

Το σύνολο των τελικών καταγραφών που έγινε η ανάλυση είναι **6.622**.

Κατά την επεξεργασία του αρχείου πραγματοποιήθηκαν τα εξής:

- Διαχωρισμός της ημερομηνίας σε ξεχωριστά κελιά σε μήνες και έτη, για την μετέπειτα επεξεργασία τους
- Δημιουργία ξεχωριστού αρχείου για κάθε νομό
- Αποκλείστηκαν οι καταγραφές όπου οι επιθεωρητές είχαν διαπιστώσει μηδενικό επίπεδο ζημιάς

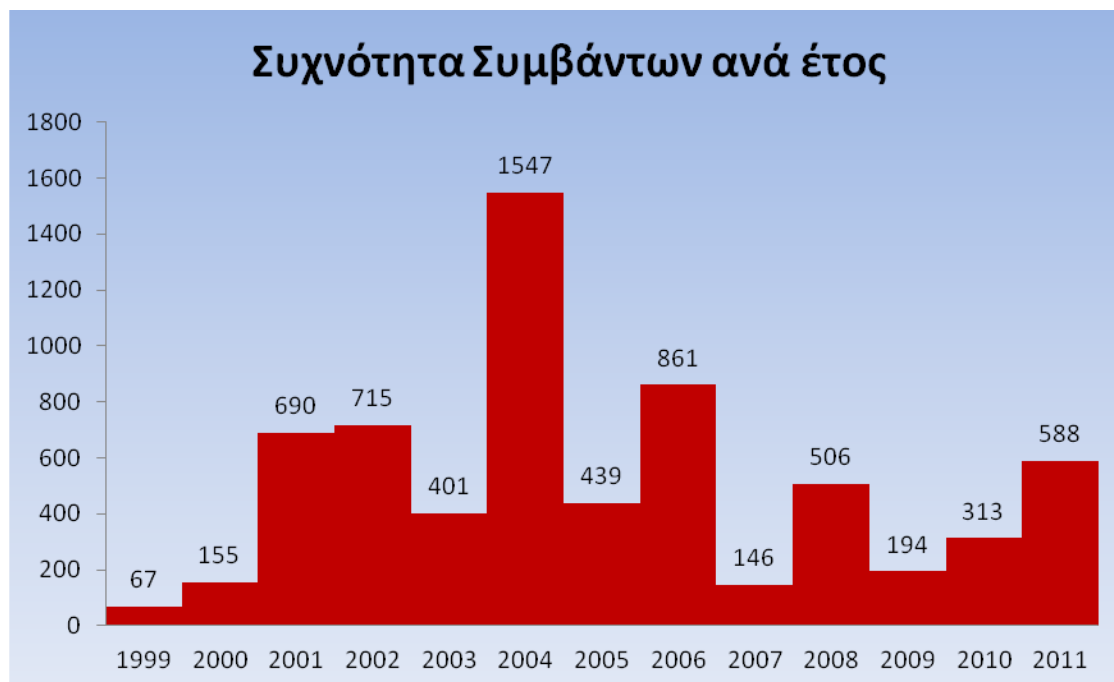
Σύμφωνα με τα παραπάνω υπολογίστηκαν για τα έτη 1999-2011:

- Συμβάντα ανά έτος
- Συμβάντα ανά μήνα
- Συμβάντα ανά Νομό περιοχής Μελέτης
- Σύνολο στρεμμάτων που ζημιώθηκαν ανά έτος
- Σύνολο δέντρων που ζημιώθηκαν ανά έτος
- Ποσό αποζημίωσης που δόθηκε ανά έτος
- Σύνολο αγροτεμαχίων ανά έτος
- Σύγκριση συνολικής έκτασης γεωργικής καλλιέργειας και έκτασης που ζημιώθηκε
- Ανάλυση κάθε Νομού ανά μήνα
- Ανάλυση Κάθε Νομού ανά έτος

Αναλυτικά τα συμβάντα που καταγράφηκαν ανά έτος εμφανίζονται στον Πίνακα 1 και Διάγραμμα 27. Παρατηρείται ότι το 2004 σημειώθηκαν 1.547 καταγραφές ζημίας από παγετό. Το έτος 1999 παρατηρείται ότι υπάρχει η χαμηλότερη εμφάνιση, αλλά αυτό γίνεται προφανώς λόγω έλλειψης δεδομένων. Το αμέσως χαμηλότερης εμφάνισης έτος είναι το 2007.

Πίνακας 1: Σύνολο συμβάντων που καταγράφηκαν ανά έτος (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)

Έτος	Συμβάντα ανά Έτος
1999	67
2000	155
2001	690
2002	715
2003	401
2004	1547
2005	439
2006	861
2007	146
2008	506
2009	194
2010	313
2011	588
Σύνολο	6622

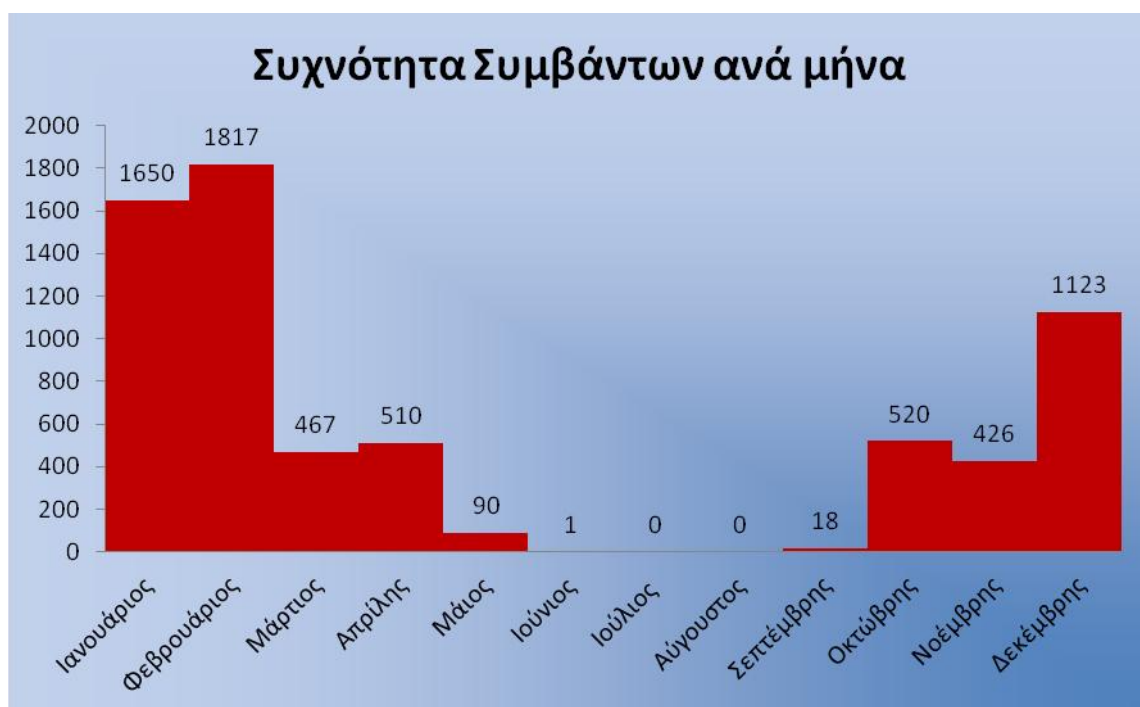


Διάγραμμα 28: Σύνολο συμβάντων που καταγράφηκαν ανά έτος (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)

Σημαντικό ρόλο στην έρευνα ήταν η ανάλυση των μηνών που εμφανίζεται ο παγετός (Πίνακας 2, Διάγραμμα 28). Παρατηρείται ότι οι περισσότερες καταγραφές έγιναν τον Φεβρουάριο και στη συνέχεια τον Ιανουάριο. Αξίζει να σημειωθεί ότι ελάχιστες καταγραφές παρατηρούνται τον Μάιο και τον Σεπτέμβριο, ενώ θα μπορούσαν να είναι και μηδενικές.

Πίνακας 2: Σύνολο συμβάντων που καταγράφηκαν ανά μήνα (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)

Μήνας	Συμβάντα ανά Έτος
Ιανουάριος	1650
Φεβρουάριος	1817
Μάρτιος	467
Απρίλης	510
Μάιος	90
Ιούνιος	1
Ιούλιος	0
Αύγουστος	0
Σεπτέμβρης	18
Οκτώβρης	520
Νοέμβρης	426
Δεκέμβρης	1123
Σύνολο	6622



Διάγραμμα 29: Σύνολο συμβάντων που καταγράφηκαν ανά μήνα (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)

Στον παρακάτω πίνακα 3 και στο Διάγραμμα 29 παρατηρείται η καταγραφή των στρεμμάτων που έχουν ζημιωθεί από παγετό. Παρατηρείται ότι το 2004 καταστράφηκαν τα περισσότερα στρέμματα της τάξης των 40.939,52, ενώ το σύνολο όλων των ετών είναι 121.225,30.

Πίνακας 3: Σύνολο στρεμμάτων που καταγράφηκαν με παγετό (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)

Έτος	Σύνολο Στρεμμάτων
1999	157,70
2000	1.893,00
2001	9.897,70
2002	10.257,91
2003	9.954,13
2004	40.939,52
2005	4.176,04
2006	10.045,60
2007	6.487,85
2008	10.733,81
2009	5.924,04
2010	5.369,40
2011	5.388,60
Σύνολο	121.225,2976

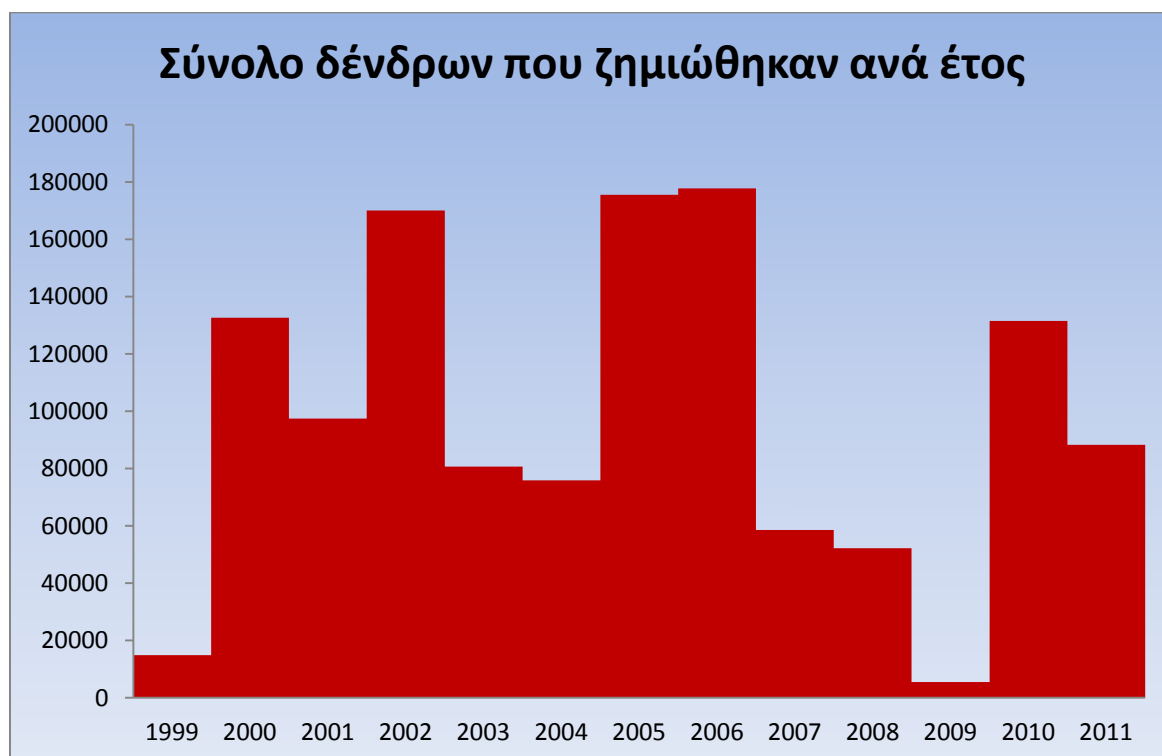


Διάγραμμα 30: στρεμμάτων που καταγράφηκαν με παγετό (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)

Στον πίνακα 4 και Διάγραμμα 30 παρατηρούμε το σύνολο των δένδρων που ζημιώθηκαν ανά έτος. Εδώ παρατηρείται ότι το 2004 που παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη καταστροφή δεν συνάδει με τα δέντρα. Αυτό προκύπτει ότι η καταστροφή αφορούσε άλλες καλλιέργειες όπως είναι τα γεώμηλα και το σπανάκι.

Πίνακας 4: Σύνολο δένδρων που καταγράφηκαν με παγετό (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)

Έτος	Σύνολο Δένδρων
1999	14867
2000	132657
2001	97443
2002	170004
2003	80626
2004	75884
2005	175495
2006	177715
2007	58546
2008	52156
2009	5511
2010	131530
2011	88234
Σύνολο	1260668



Διάγραμμα 31: Σύνολο δένδρων που καταγράφηκαν με παγετό (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)

Παρακάτω παρατηρούμε στον Πίνακα 5 και Διάγραμμα 31 τα αγροτεμάχια τα οποία καταγράφηκαν με ζημία από παγετό. Τα περισσότερα αγροτεμάχια που ζημιώθηκαν ήταν το 2002.

Ούτε τα αγροτεμάχια συνάδουν με τις περισσότερες καταγραφές παγετού, όπου μας δείχνουν ότι το 2004 πραγματοποιήθηκαν οι περισσότερες καταγραφές.

Πίνακας 5: Αριθμός Αγροτεμαχίων ανά έτος που καταγράφηκαν με παγετό (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)

Έτος	Αριθμός Αγροτεμαχίων
1999	433
2000	2459
2001	7713
2002	9624
2003	2643
2004	7758
2005	4878
2006	4858
2007	2255
2008	2323
2009	687
2010	3042
2011	2172
Σύνολο	50845



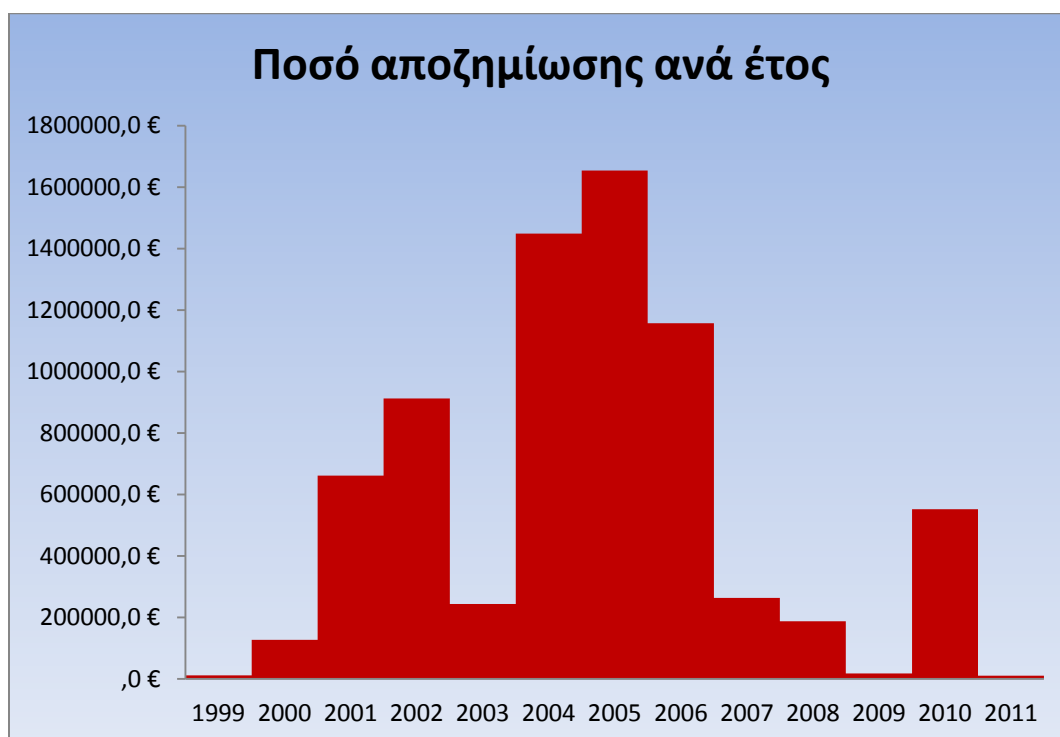
Διάγραμμα 32: Αριθμός Αγροτεμαχίων ανά έτος που καταγράφηκαν με παγετό (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)

Παρακάτω σύμφωνα με τον Πίνακα 6 και στο Διάγραμμα 32 αναλύεται το ποσό πληρωμής που δόθηκε από τον ΕΛ.ΓΑ. ανά έτος.

Παρατηρείται ότι η μεγαλύτερη αποζημίωση δόθηκε το 2005 και στη συνέχεια το 2004 και 2006 ενώ η μικρότερη το 1999 και το 2011.

Πίνακας 6: Ποσό πληρωμής που δόθηκε ανά έτος (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)

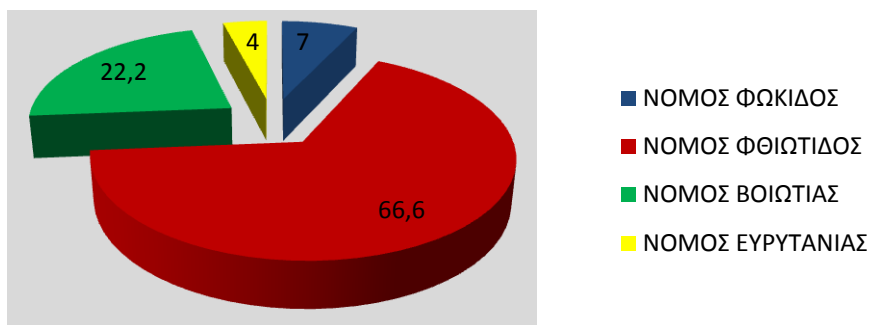
Έτος	Ποσό πληρωμής (Ευρώ)
1999	10.692,76
2000	127.164,2
2001	660.633,2
2002	911.915
2003	242.991,9
2004	1.448.168
2005	1.654.067
2006	1.157.249
2007	263.416,6
2008	187.636,1
2009	17.347,69
2010	551.284,5
2011	9.999,09
Σύνολο	7.242.565



Διάγραμμα 33: Ποσό πληρωμής αποζημίωσης ανά έτος (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)

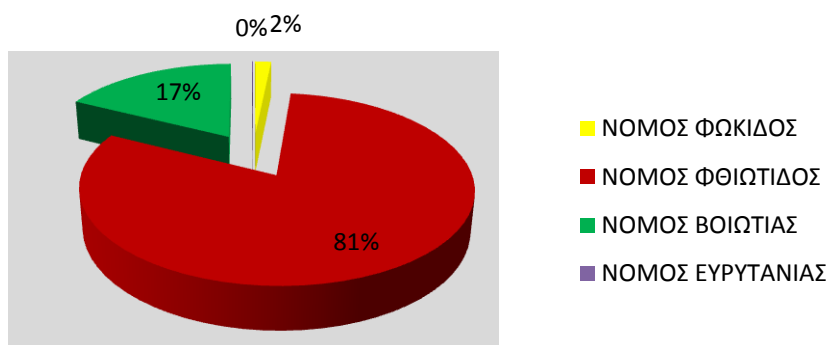
Στο παρακάτω Διάγραμμα 33, παρατηρείται η συχνότητα καταγραφή ανά νομό. Διακρίνεται ότι η μεγαλύτερη συχνότητα εμφανίζεται στο Νομό Φθιώτιδος, ακολουθεί ο Νομός Βοιωτίας, ο Νομός Φωκίδος και τέλος ο Νομός Ευρυτανίας.

Συχνότητα καταγραφής ανά Νομό (%)



Διάγραμμα 34: Συχνότητα καταγραφής ζημιών ανά νομό έτος (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)

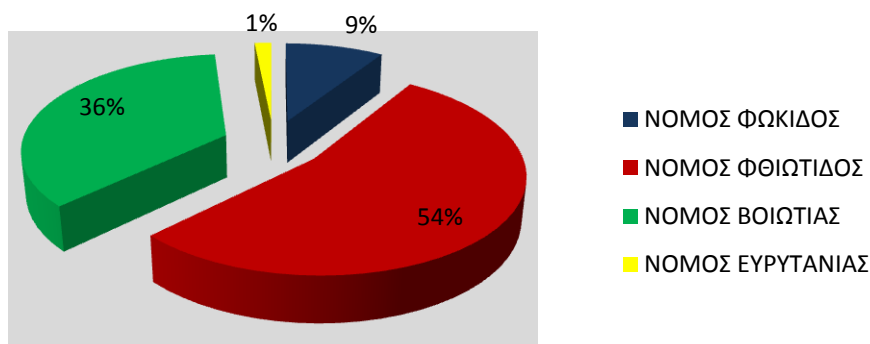
Σύνολο στρεμμάτων που ζημιώθηκαν



Διάγραμμα 35: Σύνολο στρεμμάτων που ζημιώθηκαν ανά Νομό (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε τα στρέμματα τα οποία ζημιώθηκαν από παγετό, σύμφωνα με τα δεδομένα του ΕΛΓΑ. Παρατηρείται ότι ο Νομός Φθιώτιδας καλύπτει την μεγαλύτερη έκταση συγκριτικά με τους υπόλοιπους νομούς.

Σύνολο χρησιμοποιούμενης γεωργικής έκτασης



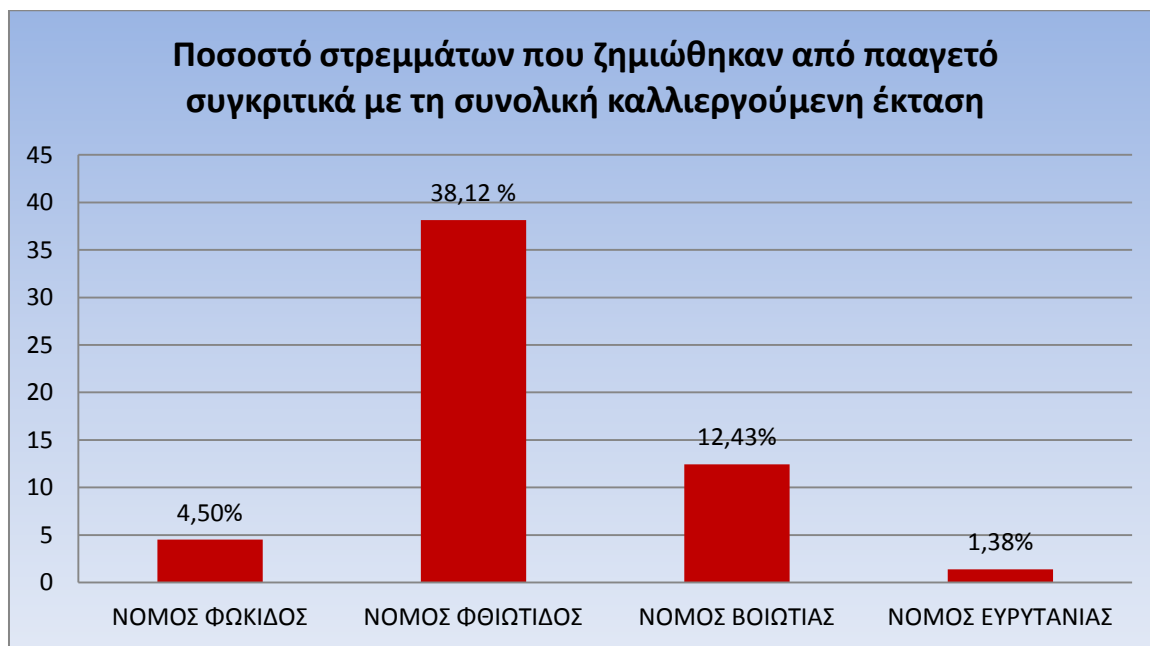
Διάγραμμα 36: Σύνολο χρησιμοποιούμενης γεωργικής έκτασης ανά Νομό (πηγή ΕΛΣΤΑΤ)

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι συγκριτικά με τους υπόλοιπους νομούς τη μεγαλύτερη χρησιμοποιούμενη γεωργική έκταση έχει ο Νομός Φθιώτιδας ενώ τη μικρότερη ο Νομός Ευρυτανίας.



Διάγραμμα 37: Σύγκριση μεταξύ συνολικής χρησιμοποιούμενης γεωργικής έκτασης και έκτασης ζημιωμένη από παγετό ανά Νομό (πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, ΕΛΓΑ)

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι τη μεγαλύτερη έκταση χρησιμοποιούμενης γεωργικής έκτασης είναι στον Νομό Φθιώτιδος.



Διάγραμμα 38: Ποσοστό στρεμμάτων που ζημιώθηκαν από παγετό συγκριτικά με τη συνολική καλλιεργούμενη έκταση (πηγή: ΕΛΣΤΑΤ, ΕΛΓΑ)

Συγκριτικά το ποσοστό στρεμμάτων που ζημιώθηκαν από παγετό με τη συνολική καλλιεργούμενη έκταση, παρατηρείται ότι ο Νομός Φθιώτιδας πλήττεται από το παγετό, καθώς το 38% περίπου της έκτασής του έχει λάβει αποζημίωση. Ο Νομός Φωκίδας παρατηρούμε ότι το περίπου 4,5% πλήττεται από παγετό, ο Νομός Βοιωτίας 13% και ο Νομός Ευρυτανίας 1,5%.

Παρακάτω παρουσιάζεται ανά Νομό η συχνότητα των καταγραφών ζημιάς από παγετό ανά έτος και ανά μήνα. Τα Διαγράμματα ανά μήνα και ανά έτος αντίστοιχα έχουν ίδιες τιμές στον άξονα, ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Παρακάτω αναλύεται ο κάθε νομός ξεχωριστά.

Νομός Βοιωτίας



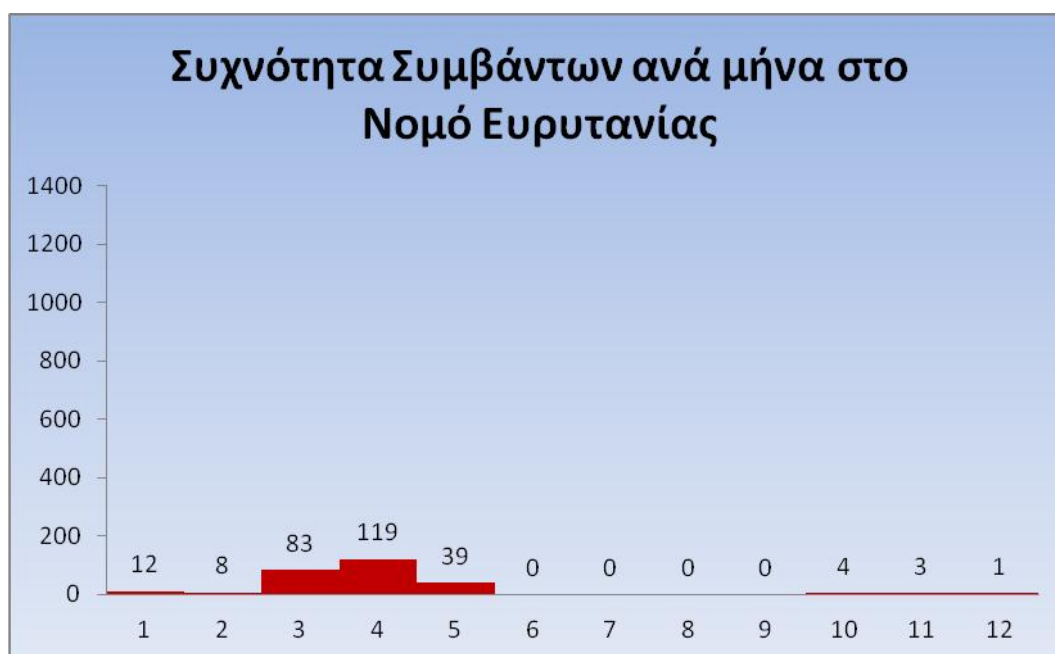
Διάγραμμα 39: Συχνότητα καταγραφής ζημιών ανά έτος από παγετό στο Ν. Βοιωτίας (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)



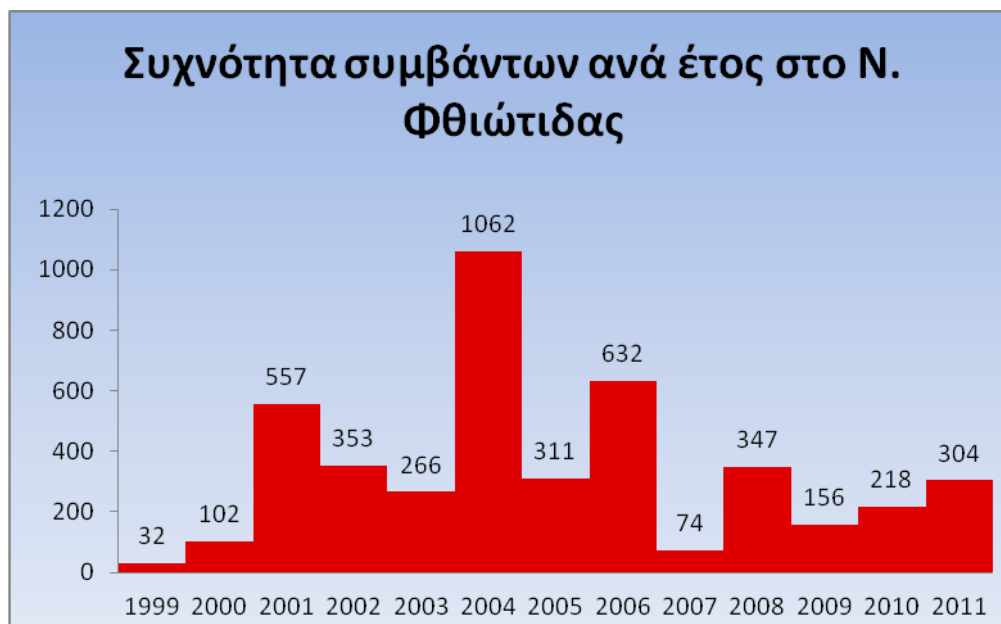
Διάγραμμα 40: Συχνότητα καταγραφής ζημιών ανά μήνα από παγετό στο Ν. Βοιωτίας (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)



Διάγραμμα 41: Συχνότητα καταγραφής ζημιών ανά έτος από παγετό στο Ν. Ευρυτανίας (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)



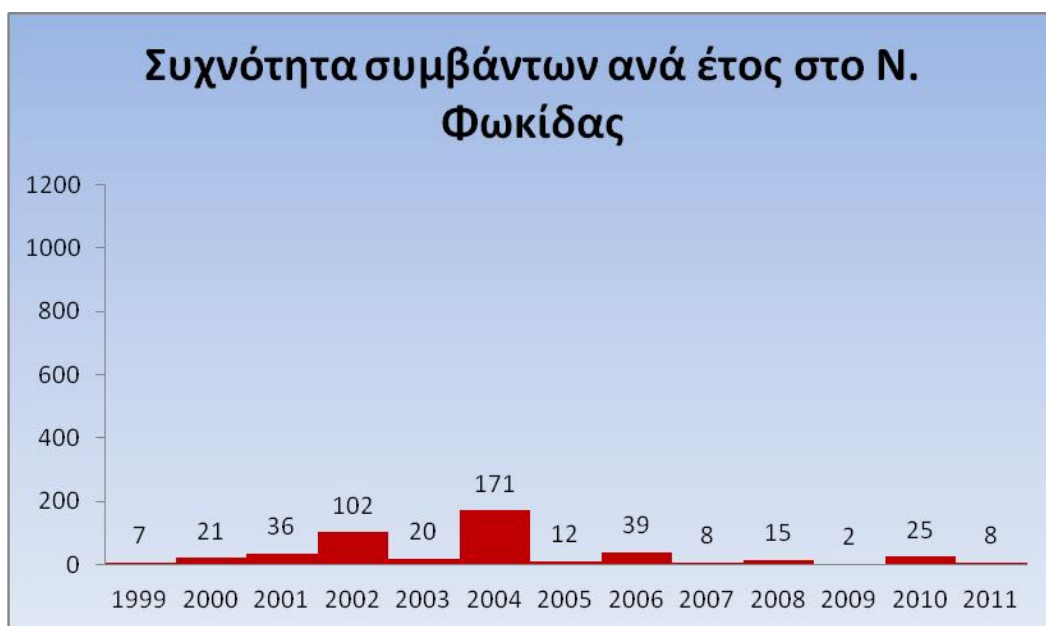
Διάγραμμα 42: Συχνότητα καταγραφής ζημιών ανά μήνα από παγετό στο Ν. Ευρυτανίας (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)



Διάγραμμα 43: Συχνότητα καταγραφής ζημιών ανά έτος από παγετό στο Ν. Φθιώτιδας (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)



Διάγραμμα 44: Συχνότητα καταγραφής ζημιών ανά μήνα από παγετό στο Ν. Φθιώτιδας (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)



Διάγραμμα 45: Συχνότητα καταγραφής ζημιών ανά έτος από παγετό στο Ν. Φωκίδος (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)



Διάγραμμα 46: Συχνότητα καταγραφής ζημιών ανά μήνα από παγετό στο Ν. Φωκίδος (Δεδομένα ΕΛ.ΓΑ.)

Απ' ότι παρατηρούμε στα παραπάνω Διαγράμματα η μεγαλύτερη συχνότητα καταγραφής παγετού πραγματοποιήθηκε με μεγάλη διαφορά από τους υπόλοιπους νομούς, στο Ν. Φθιώτιδας. Αυτό πιθανολογείται ότι πραγματοποιείται λόγω των μεγάλων καλλιεργήσιμων εκτάσεων που έχει ο εν λόγω Νομός.

Τα δεδομένα αυτά ήταν ιδιαίτερα σημαντικά για την έρευνα διότι σύμφωνα με αυτά επιλέχθηκαν οι μήνες και τα έτη που μελετήθηκαν.

Τα έτη που μελετήθηκαν είναι το 2002, το 2004 και 2007.

Ο λόγος που επιλέχθηκαν τα εν λόγω έτη είναι διότι το παρατηρήθηκε ο χρόνος με τη μεγαλύτερη συχνότητα παγετού, το 2002 είναι μια μέση συχνότητα παγετού ενώ το 2007 χαρακτηρίζεται από την ελάχιστη συχνότητα καταγραφών παγετού.

Για τον ίδιο λόγο επιλέχθηκαν και οι μήνες.

Οι μήνες που επιλέχθηκαν είναι ο Νοέμβριος, ο Δεκέμβριος, ο Ιανουάριος, ο Φεβρουάριος, ο Μάρτης, ο Απρίλιος και ο Μάιος.

4.3 Επεξεργασία με Γ.Σ.Π

4.3.1 Χρήση λογισμικού ArcGIS

Το ArcGis είναι ένα σύστημα λογισμικού γενικού σκοπού GIS που αναπτύσσεται από την ESRI. Είναι μια εκτενής και ενσωματωμένη τεχνολογία πλατφόρμας λογισμικού για την οικοδόμηση του λειτουργικού GIS. Το ArcGis περιλαμβάνει τέσσερα βασικά μέρη λογισμικού: α) ένα γεωγραφικό πρότυπο πληροφοριών για τη διαμόρφωση των πτυχών του πραγματικού κόσμου, β) συστατικά για τις γεωγραφικές πληροφορίες στα αρχεία και στις βάσεις δεδομένων, γ) ένα σύνολο out-of-the-box για τη δημιουργία, την έκδοση, το χειρισμό, τη χαρτογράφηση, την ανάλυση και τη διάδοση των γεωγραφικών πληροφοριών, δ) και μια συλλογή του web services που παρέχει το περιεχόμενο και τις ικανότητες (στοιχεία και λειτουργίες) στους δικτυωμένους πελάτες λογισμικού.

Στην απλούστερη μορφή του, ένα σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών είναι ένα σύστημα σχεδιασμένο για την αποθήκευση, το χειρισμό, την ανάλυση, και την παραγωγή, βασισμένο σε χάρτες ή χωρικές πληροφορίες. Στην πράξη, οι λειτουργίες ενός GIS μπορούν να πραγματοποιούνται με το χέρι, χρησιμοποιώντας μόνο το χαρτί, ένα μολύβι και ένα χάρακα. Φυσικά αυτό δεν είναι πρακτικό ή αποδοτικό για πολλές ερευνητικές εφαρμογές. Όταν αναφερόμαστε στις χωρικές πληροφορίες ή στα στοιχεία, απλά σημαίνει ότι οι πληροφορίες συνδέονται με μια συγκεκριμένη τοποθεσία, για παράδειγμα, μια ταχυδρομική διεύθυνση.

Η διαδικασία μιας εφαρμογής GIS αποτελείται από μια σειρά στοιχειωδών πράξεων που πρέπει να εφαρμόζονται μεταξύ τους προκειμένου να επιτευχθούν τα βέλτιστα αποτελέσματα. Η δυσκολία αφορά τη σωστή αλληλεπίδραση και αλληλουχία των ενεργειών, η οποία εξαρτάται από την κλίμακα-στόχο, το είδος των αντικειμένων που εμπλέκονται, καθώς και από τους περιορισμούς αυτών των αντικειμένων που είναι ενσωματωμένα.

Η χρήση των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών στην εφαρμοσμένη έρευνα των Κοινωνικών Επιστήμες δεν περιορίζεται μόνο στην πολύτιμη εφαρμογή της ανάλυσης εγκλήματος. Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, ή GIS, είναι χρήσιμα σε όλα τα είδη εφαρμογών των Κοινωνικών Επιστημών. Η δημόσια υγεία, οι κοινωνικές υπηρεσίες, η κοινοτική και οικονομική ανάπτυξη, η κοινωνική αλλαγή, οι δημόσιες διαδικασίες προγραμματισμού, οι ιστορικές μελέτες, και πολλές άλλες επιστημονικές διεργασίες μπορούν να ωφεληθούν από το συνυπολογισμό των ταξινομικών πληροφοριών των GIS. Σαν τεχνολογία, τα GIS υπάρχουν για περισσότερο από 40 έτη, ωστόσο μόνο μετά τα μέσα της

δεκαετίας του 1990 έχουν συμβάλει καθοριστικά στις Κοινωνικές Επιστήμες (Steve & Sheila Steinberg, 2006).

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) έχουν χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα στην πρόληψη αλλά και στη διαχείριση παγετού. Αποτελούν εργαλεία για την παρουσίαση πληροφοριών, την επεξεργασία δεδομένων και την περαιτέρω ανάλυση με εξειδικευμένες διεργασίες του κινδύνου που προκαλείται από τα φαινόμενα του παγετού και σχηματισμού πάγου.

Με την καταγραφή και απεικόνιση της συχνότητας επικράτησης χαμηλών θερμοκρασιών και πάγου, είναι δυνατός ο καλύτερος σχεδιασμός λήψης μέτρων πολιτικής. Επίσης είναι εφικτή, μέσω της χρήσης Γ.Σ.Π. η διερεύνηση των τοπογραφικών, φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων που επιδρούν στον παγετό.

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών, επιλέχθηκαν οι παράγοντες παγετού που θα μελετηθούν στην παρούσα εργασία. Η επιλογή έγινε με βάση τα αποτελέσματα των μελετών αλλά και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης. Πιο συγκεκριμένα, ελήφθησαν υπόψη το έντονο ανάγλυφο, οι μεγάλες υψομετρικές διαφορές, οι έντονες κλίσεις και το υδρογραφικό δίκτυο.

Η τοπογραφία μίας περιοχής έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει έντονα την διακύμανση της νυχτερινής θερμοκρασίας και την πιθανότητα παγετού. Ο παγετός παρατηρείται πιο συχνά και με μεγαλύτερη διάρκεια σε περιοχές που βρίσκονται στα πιο χαμηλά σημεία μίας πεδιάδας. Σε σημεία που βρίσκονται σε ανοιχτές πλαγιές ή στην κορυφή λόφων, ο παγετός εμφανίζεται με χρονική καθυστέρηση ή και καθόλου κάποιες φορές. Αυτό οφείλεται στην τάση που έχει ο ψυχρότερος και άρα σχετικά πιο πυκνός αέρας να λιμνάζει και να σχηματίζει «θύλακες παγετού» στις χαμηλότερες θέσεις μίας περιοχής (Oke, 1987).

Η διακύμανση της ελάχιστης ημερήσιας θερμοκρασίας ποικίλει ανάλογα με την κίνηση του ψυχρού ανέμου κοντά στην επιφάνεια του εδάφους (καταβατικοί άνεμοι). Συνδέεται κυρίως με την απώλεια θερμότητας λόγω της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος και έμμεσα μόνο με την ημερήσια ισορροπία ακτινοβολίας.

Οι παράμετροι που επηρεάζουν την εκπεμπόμενη νυχτερινή κυρίως ακτινοβολία είναι η κλίση πρανών, η παρουσία βλάστησης και η περίσσεια θερμότητας λόγω υψηλής πρόσληψης ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η εδαφική υγρασία είναι επίσης

σημαντικός παράγοντας στην θερμική ισορροπία κατά τη διάρκεια της νύχτας, αφού προστατεύει τις παρεδάφειες επιφάνειες από ακραίες χαμηλές θερμοκρασίες και περιορίζει την ικανότητα των εδαφών να δρουν σαν αποθήκες θερμότητας (Geiger et al., 2003).

Στη συνέχεια, αναλύεται η επίδραση καθενός από τους επιλεγμένους παράγοντες που συμβάλλουν στον κίνδυνο εμφάνισης παγετού.

4.3.2 Υψόμετρο

Αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες διακύμανσης της επιφανειακής θερμοκρασίας. Η επίδραση του υψομέτρου στην θερμοκρασία είναι διπτή και εξαρτάται από την ατμοσφαιρική σταθερότητα που επικρατεί κάθε φορά.

Στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, η θερμοκρασία του αέρα μειώνεται με το ύψος, σύμφωνα με την κατακόρυφη θερμοβαθμίδα, η οποία κατά μέσο όρο έχει τιμή 0,6 °C ανά 100 m. Την ίδια πορεία ακολουθεί και η θερμοκρασία επιφανείας εδάφους, η οποία μειώνεται με την αύξηση του υψομέτρου κατά μέσο όρο κατά 0,65 °C ανά 100 m. Από μελέτες που έχουν γίνει στην Νεβάδα των Η.Π.Α. προέκυψε ότι η σχέση αυτή δεν είναι γραμμική (Shao et al., 1997).

Σύμφωνα με μελέτες, η τιμή της κατακόρυφης θερμοβαθμίδας εξαρτάται από την εποχή, το ύψος από το έδαφος και τα χαρακτηριστικά της επιφανείας τους εδάφους. Τα συμβάντα παγετού είναι πιο συχνά σε υψόμετρα μέτρια και υψηλά και αυξάνουν συνεχώς με την αύξηση του υψομέτρου (Pouteau et al, 2011).

Η επίδραση του υψομέτρου στην θερμοκρασία εδάφους είναι εμφανής σε περιόδους ατμοσφαιρικής σταθερότητας. Σε συνθήκες χαμηλής ατμοσφαιρικής σταθερότητας, κυριαρχεί ο ρόλος της τοπογραφίας στην διαμόρφωση της επιφανειακής θερμοκρασίας (Shao et al., 1997). Η θερμοκρασία δεν μειώνεται αλλά αυξάνεται με το υψόμετρο οπότε επικρατούν θερμοκρασιακές αναστροφές που συνδέονται συχνά με την επικράτηση παγετού ακτινοβολίας.



Χάρτης 4: Χάρτης Υψομέτρου Περιοχής Μελέτης

Στη περιοχή μελέτης το υψόμετρο διακυμαίνεται από 0 έως 2.480 μέτρα.

Χαρακτηρίζεται από έντονες διαβαθμίσεις υψομέτρου καθώς παρατηρούμε περιοχές με μηδενικό υψόμετρο και φτάνει έως τα 2.480 μέτρα.

Αναλυτικά, παρατηρούμε στην ανατολική πλευρά μεγάλες εκτάσεις πεδινών περιοχών ενώ στη δυτική πλευρά παρατηρούμε να υψώνονται ορεινοί όγκοι.

Αυτή η διαβάθμιση του υψομέτρου θα μας βοηθήσει στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων μας, καθώς θα μπορούμε να διακρίνουμε εάν το υψόμετρο επηρεάζει την εμφάνιση παγετού.

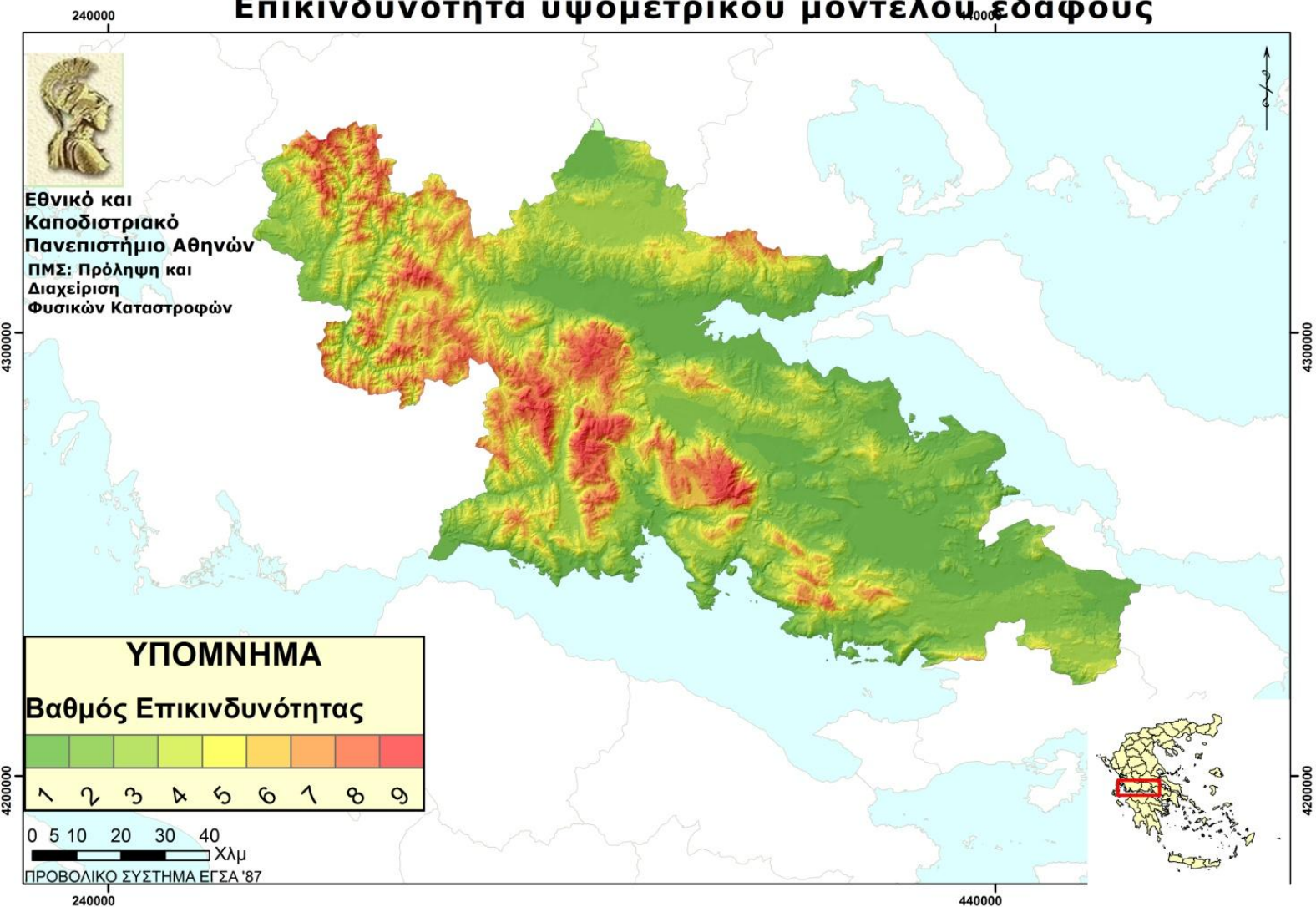
Για το λόγο αυτό δημιουργήθηκε νέος χάρτης όπου διαχωρίστηκαν οι περιοχές ανάλογα με την επικινδυνότητα. Δηλαδή μεγάλα υψόμετρα, έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης παγετού απ' ότι οι πεδινές εκτάσεις. Η επαναταξινόμηση έγινε με τη μέθοδο Natural Jenks για να γίνει όσο το δυνατόν πιο αντικειμενική η ταξινόμηση. Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται οι κλάσεις με το υψόμετρο:

Πίνακας 7: Ταξινόμηση υψομέτρου

Υψόμετρο (μέτρα)	Βαθμός Επικινδυνότητας
0-200 μέτρα	1
200-400 μέτρα	2
400-600 μέτρα	3
600-800 μέτρα	4
800-1000 μέτρα	5
1000-1200 μέτρα	6
1200-1600 μέτρα	7
1600-1800 μέτρα	8
1800-2840 μέτρα	9

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα διαμορφώθηκε και ο παρακάτω χάρτης.

Επικινδυνότητα υψομετρικού μοντέλου εδάφους



Χάρτης 5: Χάρτης επικινδυνότητας υψομετρικού μοντέλου εδάφους

4.3.4 Κλίση Πρανών

Η γεωμορφολογία μίας περιοχής και ιδίως η κλίση και ο προσανατολισμός των πρανών, θεωρείται από τους σημαντικότερους παράγοντες της επιφανειακής θερμοκρασίας. Μικρές διαφοροποιήσεις στο ανάγλυφο μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές διαφορές στην θερμοκρασία επιφανείας (Rouveau et al, 2011).

Η κλίση και ο προσανατολισμός των πρανών καθορίζουν το ποσό της προσλαμβανόμενης ακτινοβολίας, το οποίο είναι διαφορετικό για μία επικλινή επιφάνεια σε σχέση με μία επίπεδη. Ένα πρανές με κλίση 20° και προσανατολισμό νότιο λαμβάνει σχεδόν τη διπλάσια ακτινοβολία τον Ιανουάριο σε σχέση με μία οριζόντια επιφάνεια (Fridley, 2009). Διαφορά του μικροκλίματος μία πλαγιάς με βορεινή κλίση 25° σε σχέση με μία πλαγιά με νότιο προσανατολισμό είναι αντίστοιχη με μία μετατόπιση σε γεωγραφικό πλάτος της τάξης των 9° (Radcliffe & Lefever, 1981).

Επικλινή εδάφη παρουσιάζουν μειωμένο κίνδυνο παγετού καθώς οι ψυχρές αέριες μάζες έχουν την τάση να απορρέουν και να συσσωρεύονται σε περιοχές χαμηλότερου υψομέτρου δημιουργώντας θύλακες ψυχρού αέρα. Οι σχετικά επίπεδες (με μικρή κλίση) περιοχές, ιδίως όταν βρίσκονται σε χαμηλό υψόμετρο, είναι πιο επιδεκτικές σε εμφάνιση παγετού από πλαγιές που βρίσκονται μέχρι και σε υψόμετρο 4.000 m (Radcliffe & Lefever, 1981).

Παρατηρείται ότι στο δυτικό τμήμα συναντούνται μεγάλες κλίσεις όπου βρίσκονται και οι ορεινοί όγκοι. Αντίθετα στο ανατολικό τμήμα όπου οι περιοχές είναι πεδινές παρατηρούνται μικρές κλίσεις των πρανών έως και μηδενικές.



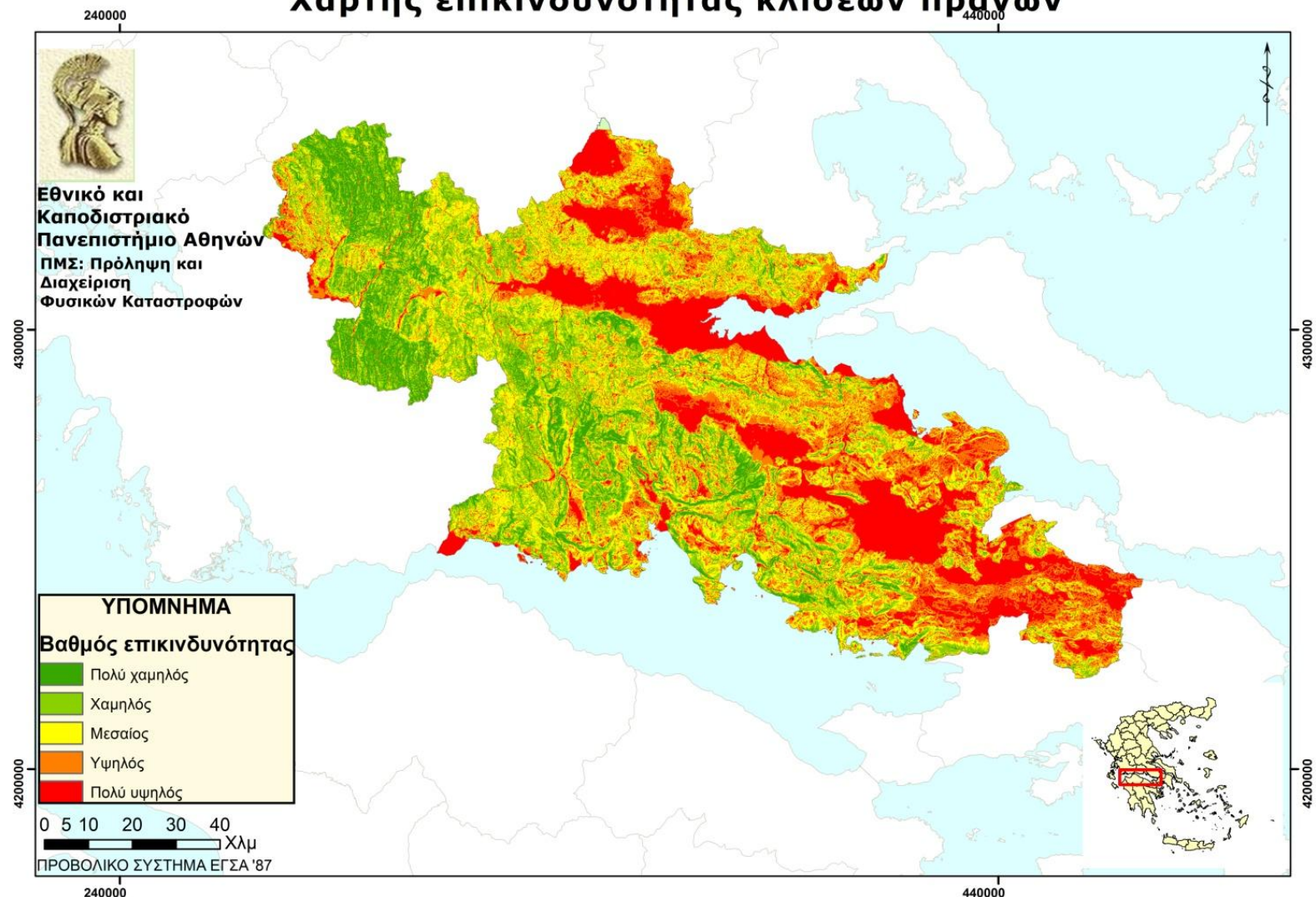
Χάρτης 6: Χάρτης κλίσεων πρανών

Σύμφωνα και με τη βιβλιογραφία όπως περιγράφεται παραπάνω ο ψυχρός αέρας συσσωρεύεται στις πεδινές εκτάσεις. Οπότε επαναταξινομήθηκαν οι κλίσεις πρανών σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα, και δημιουργήθηκε ο χάρτης.

Πίνακας 8: Βαθμός επικινδυνότητας κλίσεων πρανών

Κλίσεις Πρανών	Βαθμός Επικινδυνότητας
>30	Πολύ Χαμηλή
20-30	Χαμηλή
10-20	Μεσαία
3-10	Υψηλή
0-3	Πολύ Υψηλή

Χάρτης επικινδυνότητας κλίσεων πρανών



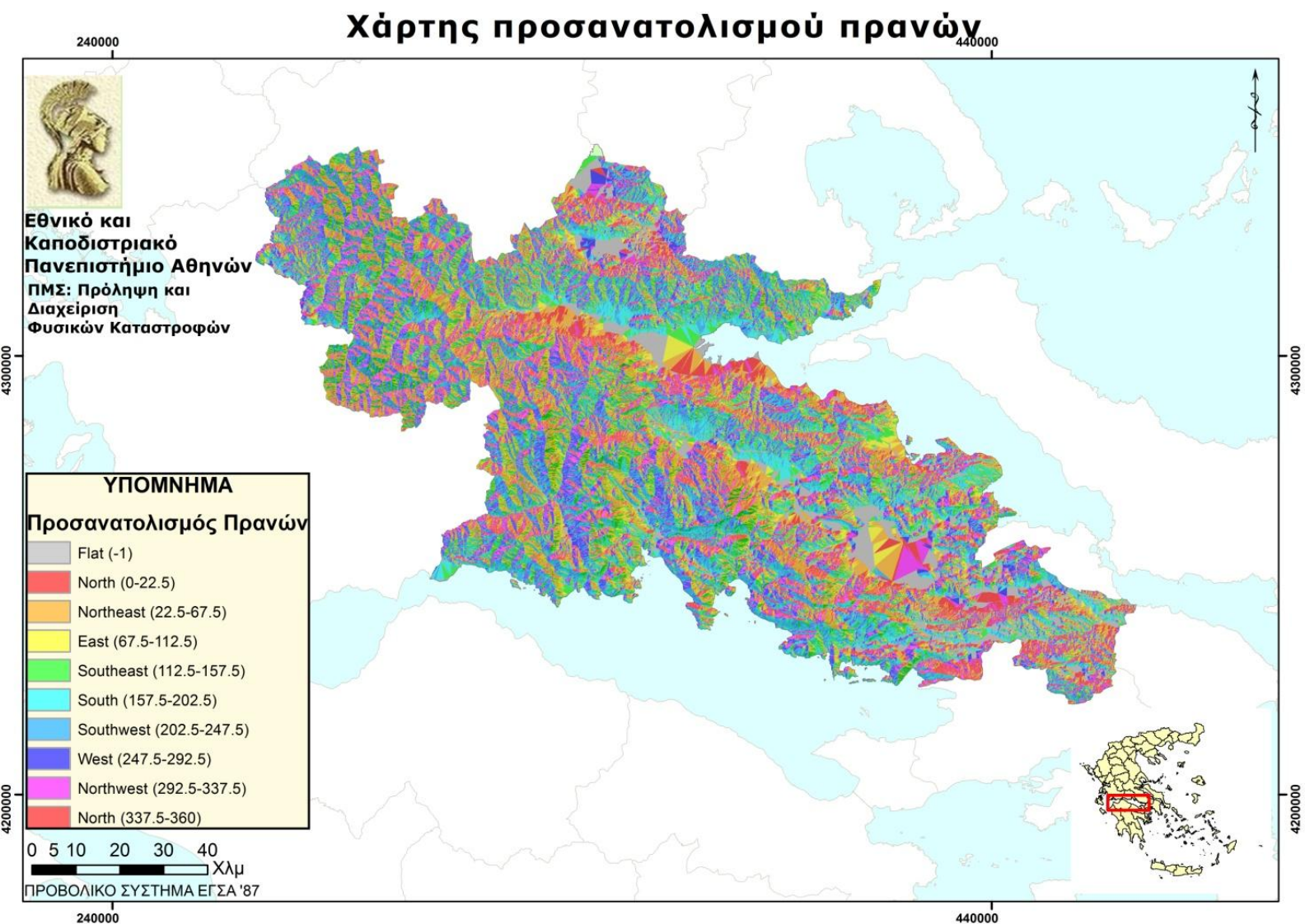
Χάρτης 7: Χάρτης επικινδυνότητας κλίσεων πρανών

4.3.5 Προσανατολισμός Πρανών

Ο προσανατολισμός των πρανών έχει σημαντική επίδραση στις κλιματικές συνθήκες μίας περιοχής. Σε πλαγιές με δυτικό έως βόρειο προσανατολισμό, η προσλαμβανόμενη ηλιακή ακτινοβολία είναι μειωμένη και παρατηρούνται πιο χαμηλές θερμοκρασίες και μεγαλύτερη διάρκεια χιονοπτώσεων που οδηγούν σε υψηλότερο κίνδυνο παγετού και σχηματισμού πάγου.

Παρατηρώντας τον παρακάτω χάρτη το μεγαλύτερο ποσοστό των πρανών ανήκει σε δυτικό προσανατολισμό.

Στο βόρειο τμήμα παρατηρούμε ότι ένα μεγάλο τμήμα του έχει βόρειο προσανατολισμό πρανών.



Χάρτης 8: Χάρτης προσανατολισμού κλίσεων πρανών

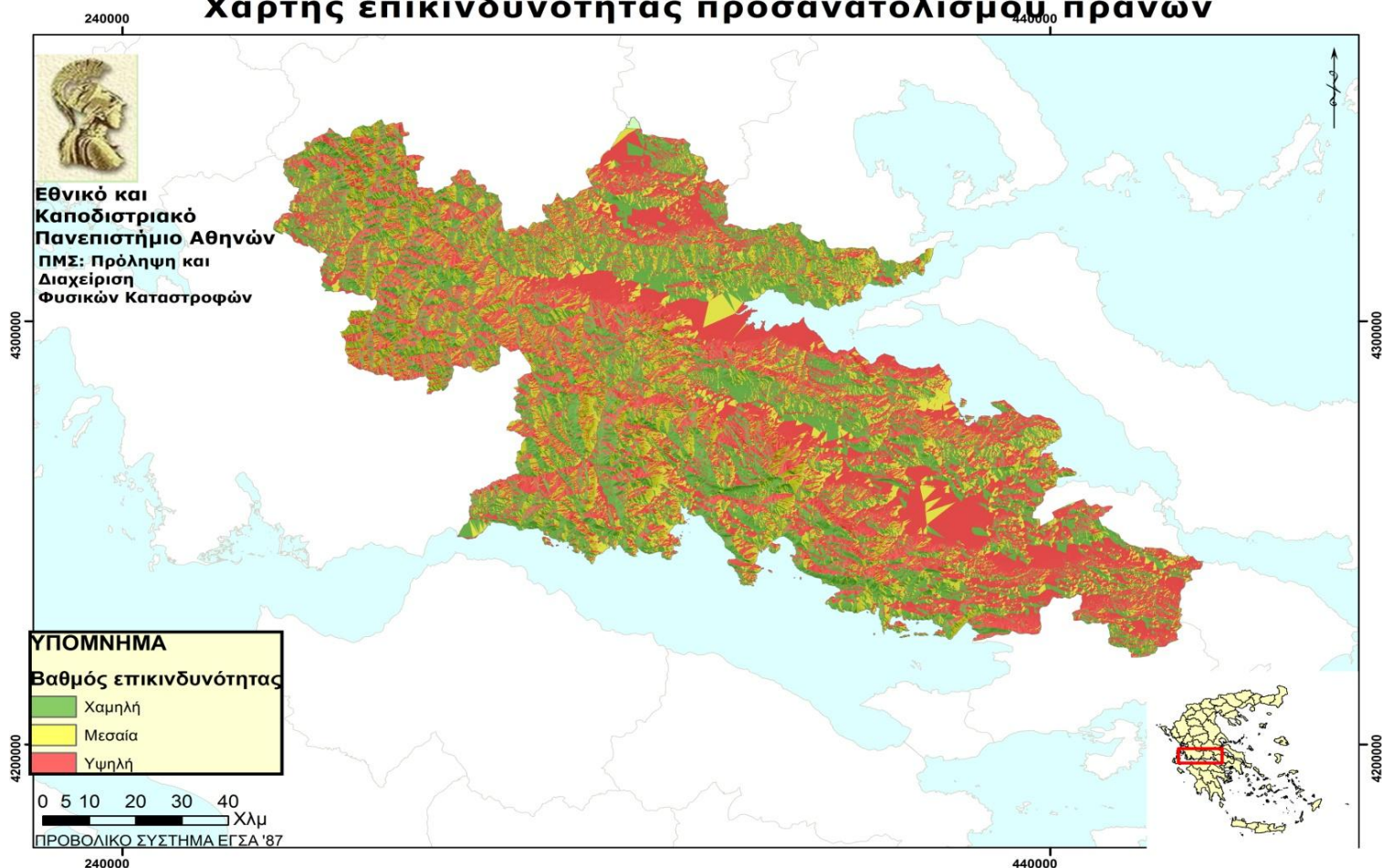
Με βάση τα παραπάνω, ο αρχικός χάρτης προσανατολισμού πρανών επαναταξινομήθηκε ως προς την επικινδυνότητα των πρανών σε παγετό. Υψηλότερες τιμές δόθηκαν σε εδάφη με προσανατολισμό βορεινό και βορειοανατολικό. Στην ενδιάμεση τάξη επικινδυνότητας ταξινομήθηκαν τα πρανά με ανατολικό και στην κατηγορία πιο χαμηλού κινδύνου είναι τα πρανά νότιο και νοτιοδυτικό προσανατολισμό.

Δείτε αναλυτικά τον παρακάτω πίνακα και χάρτη που διαμορφώθηκε με τις νέες τιμές.

Πίνακας 9: Πίνακας ταξινόμησης προσανατολισμού πρανών

Προσανατολισμός Πρανών	Βαθμός επικινδυνότητας
0-67.5, 292.5-360	Υψηλή
67.5-157.5	Μεσαία
157.5-292.5	Χαμηλή

Χάρτης επικινδυνότητας προσανατολισμού πρανών



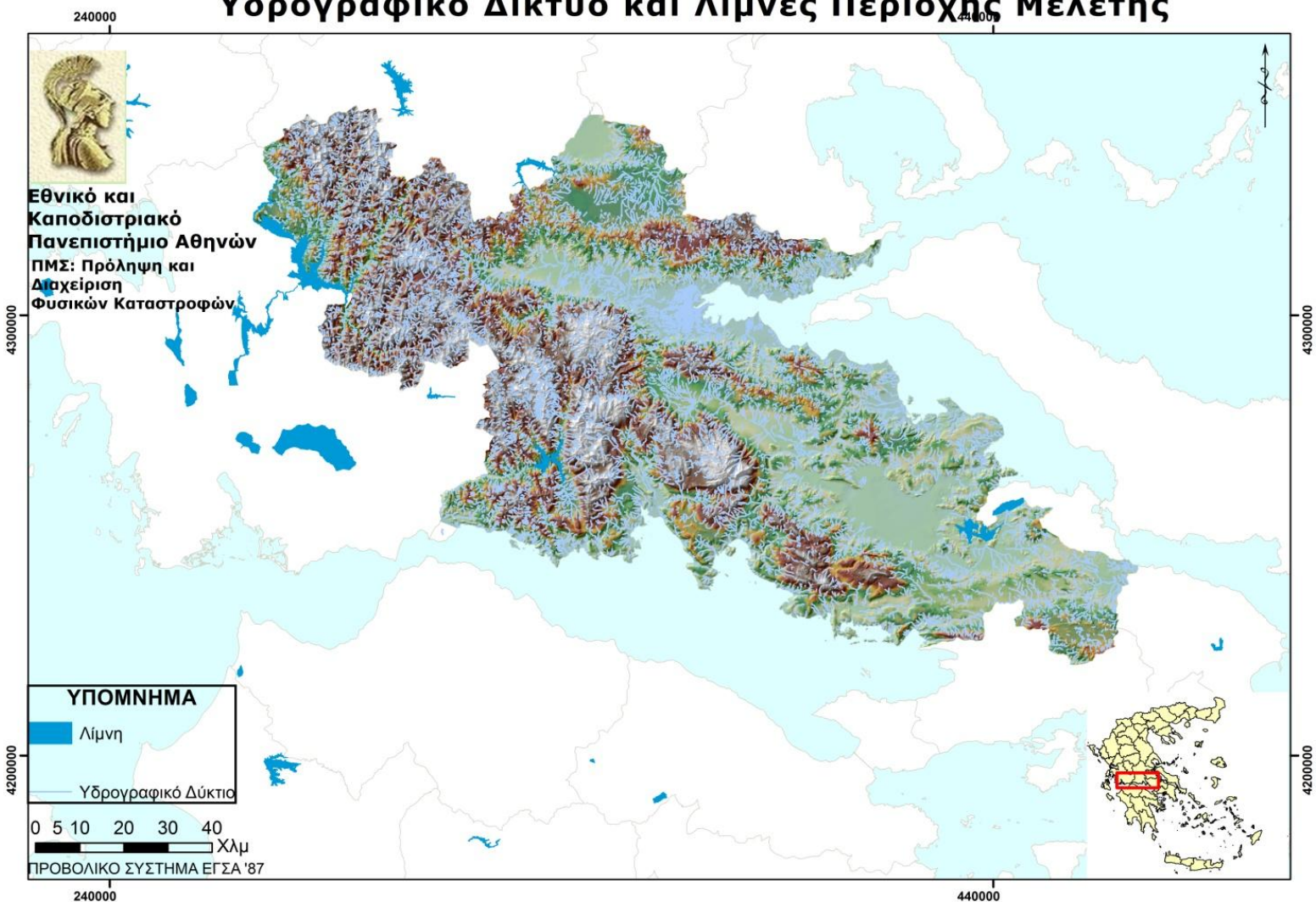
Χάρτης 9: Χάρτης επικινδυνότητας προσανατολισμού πρανών

4.3.5 Υδρογραφικό Δίκτυο

Η παρουσία υδάτινων μαζών αποτελεί προστατευτικό παράγοντα από τον κίνδυνο του παγετού. Μεγάλες ιδίως υδάτινες μάζες όπως λίμνες, μεγάλα ποτάμια και η θάλασσα επηρεάζουν θετικά την θερμοκρασία ψυχρών αερίων μαζών στην περίπτωση του παγετού ψυχρών αερίων μαζών, αλλά και μειώνουν την ένταση των παγετών ακτινοβολίας (ΕΛ.Γ.Α., 2003).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης των Routeau et al (2011), η επίδραση μίας λίμνης μπορεί να είναι σημαντική σε μία ζώνη ως και 10 km περιμετρικά αυτής. Αποτελεί παράγοντα αποτρεπτικό των θερμοκρασιακών αναστροφών, αναιρώντας την επίδραση του υψομέτρου στην θερμοκρασία. Σε περιοχές που απέχουν πάνω από 10 km από τη λίμνη, κύριος παράγοντας συχνότητας παγετού ήταν το υψόμετρο.

Υδρογραφικό Δίκτυο και Λίμνες Περιοχής Μελέτης



Χάρτης 10: Υδρογραφικό δίκτυο και Λίμνες της περιοχής μελέτης

Η επαναταξινόμηση της περιοχής μελέτης πραγματοποιήθηκε ανάλογα με την απόσταση του κάθε εικονοστοιχείου από υδάτινες επιφάνειες, χρησιμοποιώντας την εντολή Euclidean Distance του 3D Analyst Tool. Δημιουργήθηκε ένας νέος χάρτης που παρουσιάζει την περιοχή ταξινομημένη ανάλογα με την απόσταση από υδάτινες επιφάνειες (θάλασσα, λίμνες και ποτάμια) συνδυαστικά.

Η απόσταση επιρροής που ορίστηκε για τη θάλασσα χωρίζεται σε δύο ζώνες. Τα 20 km σαν ζώνη ήπιας προστασίας και τα 10 km σαν ζώνη υψηλότερης προστασίας. Για τα ποτάμια και τις λίμνες ορίστηκε μία ζώνη επιρροής για το καθένα, 3 km και 5 km αντίστοιχα.

Έτσι, περιοχές που απέχουν από τη θάλασσα λιγότερο από 10 km έλαβαν την τιμή 0, μεταξύ 10 και 20 km την τιμή 1 και περισσότερο από 20 km την τιμή 2.

Αντιστοίχως οι περιοχές που απέχουν λιγότερο από 3 km από τα ποτάμια και 5 km από λίμνες έλαβαν την τιμή 0 και οι υπόλοιπες περιοχές έλαβαν την τιμή 1.

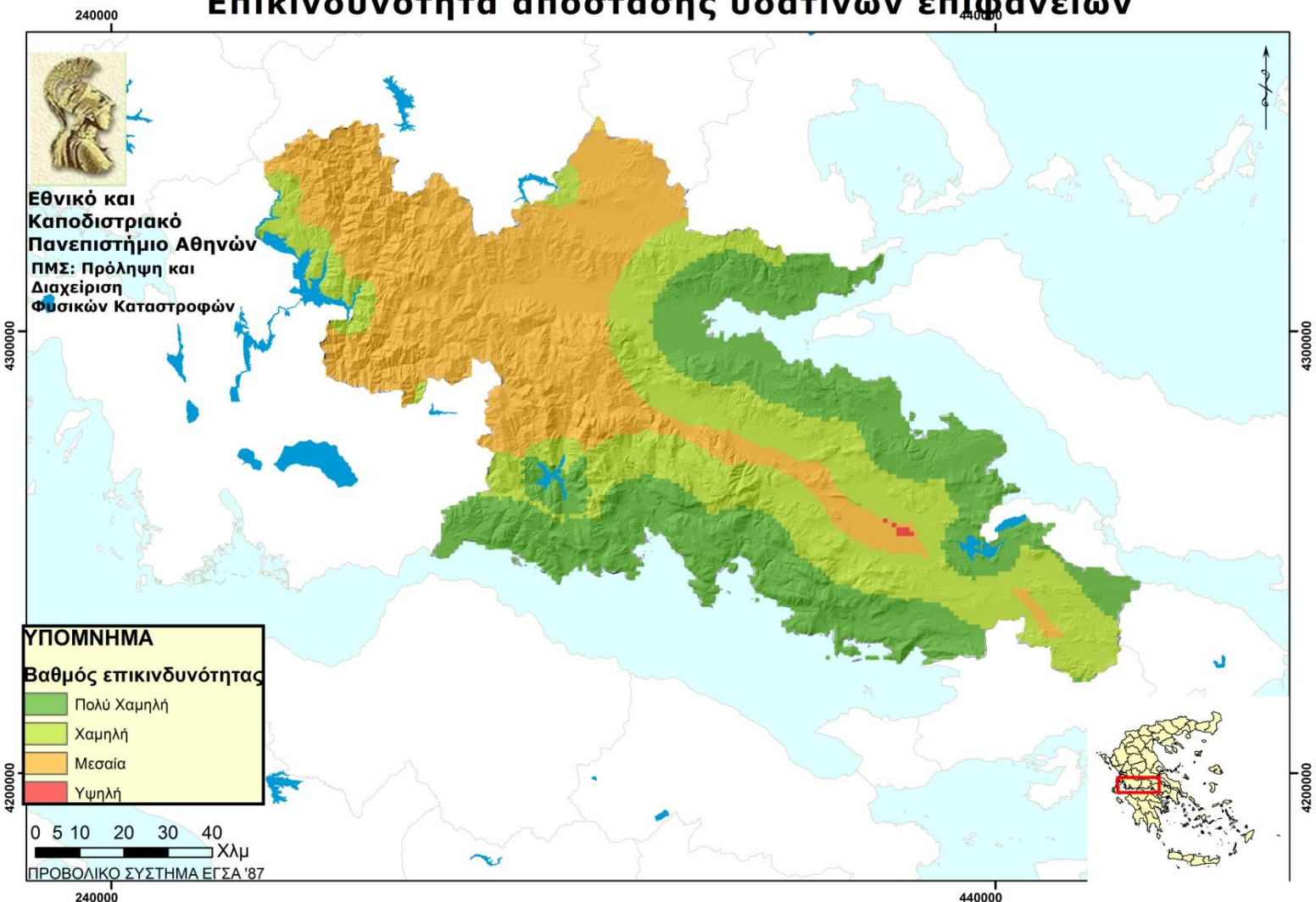
Τέλος, δημιουργήθηκαν τρία πλεγματικά αρχεία για την περιοχή μελέτης, τα οποία αθροιζόμενα έδωσαν τον τελικό χάρτη κατάταξης των εικονοστοιχείων της περιοχής ανάλογα με την απόστασή τους από υδάτινες επιφάνειες συνδυαστικά. Η ταξινόμηση συνοψίζεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 10: Πίνακας ταξινόμησης απόστασης από υδάτινες επιφάνειες σύμφωνα με τον Roteau 2011

Απόσταση από υδάτινες επιφάνειες	Βαθμός επικινδυνότητας
$D_{\theta\alpha\lambda} > 10 \text{ km}$ ή $D_{\text{ποτ}} > 3 \text{ km}$ ή $D_{\text{λιμν}} > 5 \text{ km}$	Πολύ χαμηλή
$D_{\theta\alpha\lambda} > 20 \text{ km}$ ή $D_{\text{λιμν}} > 5 \text{ km} \ \& \ D_{\text{ποτ}} > 3 \text{ km}$	Χαμηλή
$D_{\theta\alpha\lambda} > 20 \text{ km} \ \& \ D_{\text{λιμν}} > 5 \text{ km}$ ή $D_{\theta\alpha\lambda} > 10 \text{ km} \ \& \ D_{\text{λιμν}} > 5 \text{ km} \ \& \ D_{\text{ποτ}} > 3 \text{ km}$	Μεσαία
$D_{\theta\alpha\lambda} > 20 \text{ km} \ \& \ D_{\text{λιμν}} > 5 \text{ km} \ \& \ D_{\text{ποτ}} > 3 \text{ km}$	Υψηλή

Παρακάτω διατίθεται ο χάρτης επαναταξινόμησης της απόστασης των υδάτινων επιφανειών. Παρατηρούμε ότι περιμετρικά από τις λίμνες η επικινδυνότητα είναι χαμηλή καθώς και από την απόστασή τους από την θάλασσα.

Επικινδυνότητα απόστασης υδάτινων επιφανειών



Χάρτης 11: Χάρτης επικινδυνότητας απόστασης υδάτινων επιφανειών

4.3.6 Καμπυλότητα Αναγλύφου

Η μορφή του ανάγλυφου επηρεάζει σημαντικά την διακύμανση της θερμοκρασίας σε μία περιοχή και αυτό έχει ως συνέπεια και την πιθανότητα εμφάνισης παγετού.

Η πιο κοινά αποδεκτή θεωρία που εξηγεί την θερμοκρασιακή διαφοροποίηση λόγω της τοπογραφίας είναι η καταβατική θεωρία. Κατά τη διάρκεια σταθερών συνθηκών, ένα στρώμα πυκνού, ψυχρού αέρα σχηματίζεται στην επιφάνεια του εδάφους και προκαλεί θερμοκρασιακή αναστροφή. Όταν το ανάγλυφο του εδάφους είναι επικλινές, το στρώμα του

ψυχρού αέρα κινείται και λόγω βαρύτητας συγκεντρώνεται στις χαμηλότερες φυσικές κοιλότητες σχηματίζοντας θύλακες παγετού (Routeau et al, 2011).

Όταν το ανάγλυφο έχει κοίλα κλειστή μορφή, όπως είναι οι κλειστές κοιλάδες που περιβάλλονται από βουνά, δεν παρέχει διέξοδο για την κίνηση του ψυχρού αέρα με συνέπεια να σχηματίζονται κλειστοί θύλακες παγετού οι οποίοι είναι και οι πλέον επιζήμιοι. Επιπλέον, νέες μάζες ψυχρού αέρα συγκεντρώνονται στην κοιλάδα λόγω των καταβατικών ρευμάτων των ορεινών όγκων (ΕΛ.Γ.Α., 2003).

Στον παρακάτω πίνακα παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής μελέτης απαρτίζεται από κυρτό ανάγλυφο κυρίως στο δυτικό μέρος. Στο ανατολικό κομμάτι παρατηρείται ότι το ανάγλυφο είναι κοίλο.

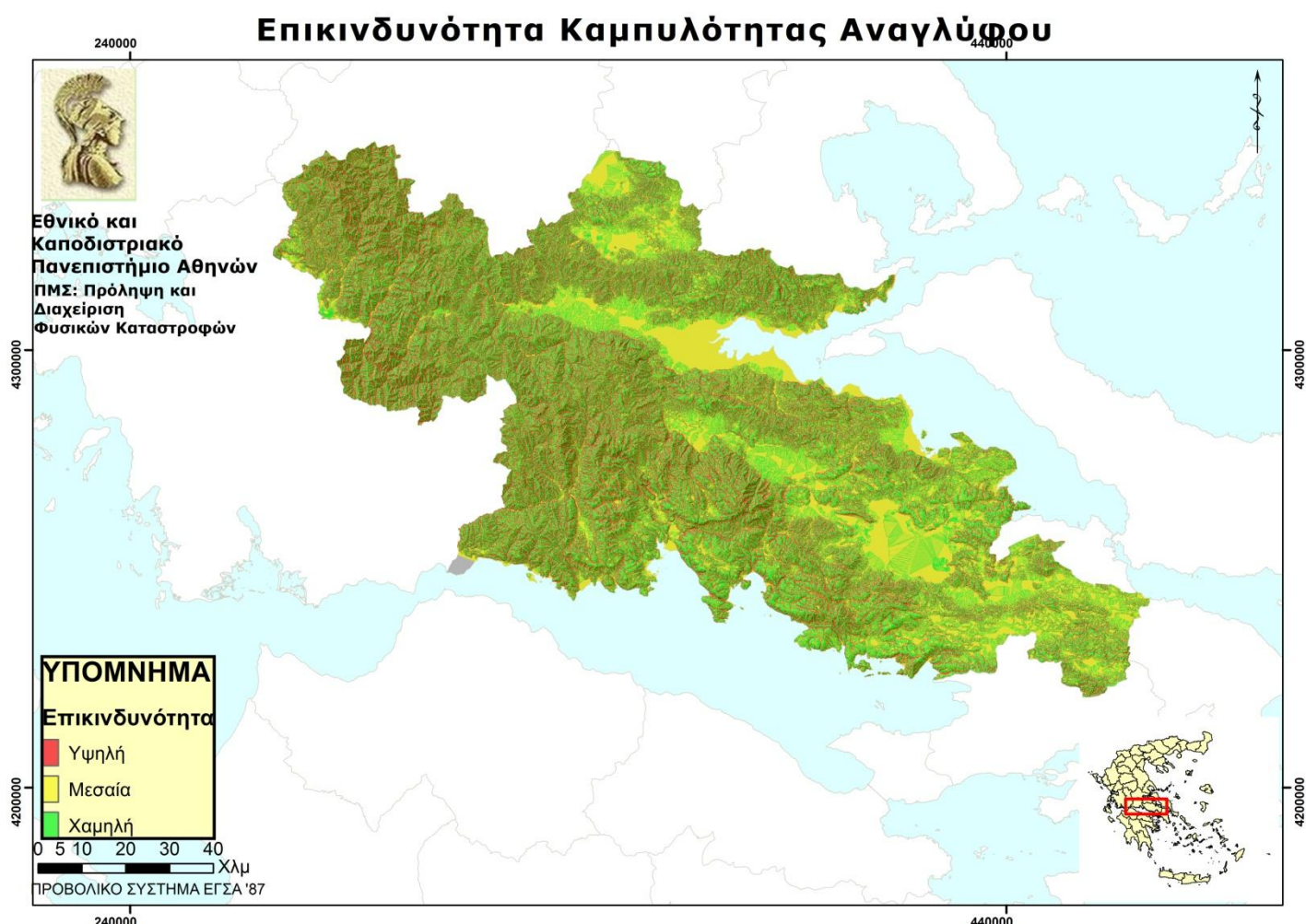


Χάρτης 12: Χάρτης καμπυλότητας αναγλύφου

Σύμφωνα με τα παραπάνω το πλεγματικό αρχείο επαναταξινομήθηκε και δημιουργήθηκε ο παρακάτω πίνακας και χάρτης.

Πίνακας 11: Ταξινόμηση καμπυλότητας αναγλύφου

Καμπυλότητα Αναγλύφου	Βαθμός επικινδυνότητας
> 0,1 (κυρτό ανάγλυφο)	Χαμηλή
0-0,1 (επίπεδο)	Μεσαία
< 0 (κοίλο ανάγλυφο)	Υψηλή



Χάρτης 13: Επικινδυνότητα καμπυλότητας αναγλύφου

4.3.7 Οδικό Δίκτυο

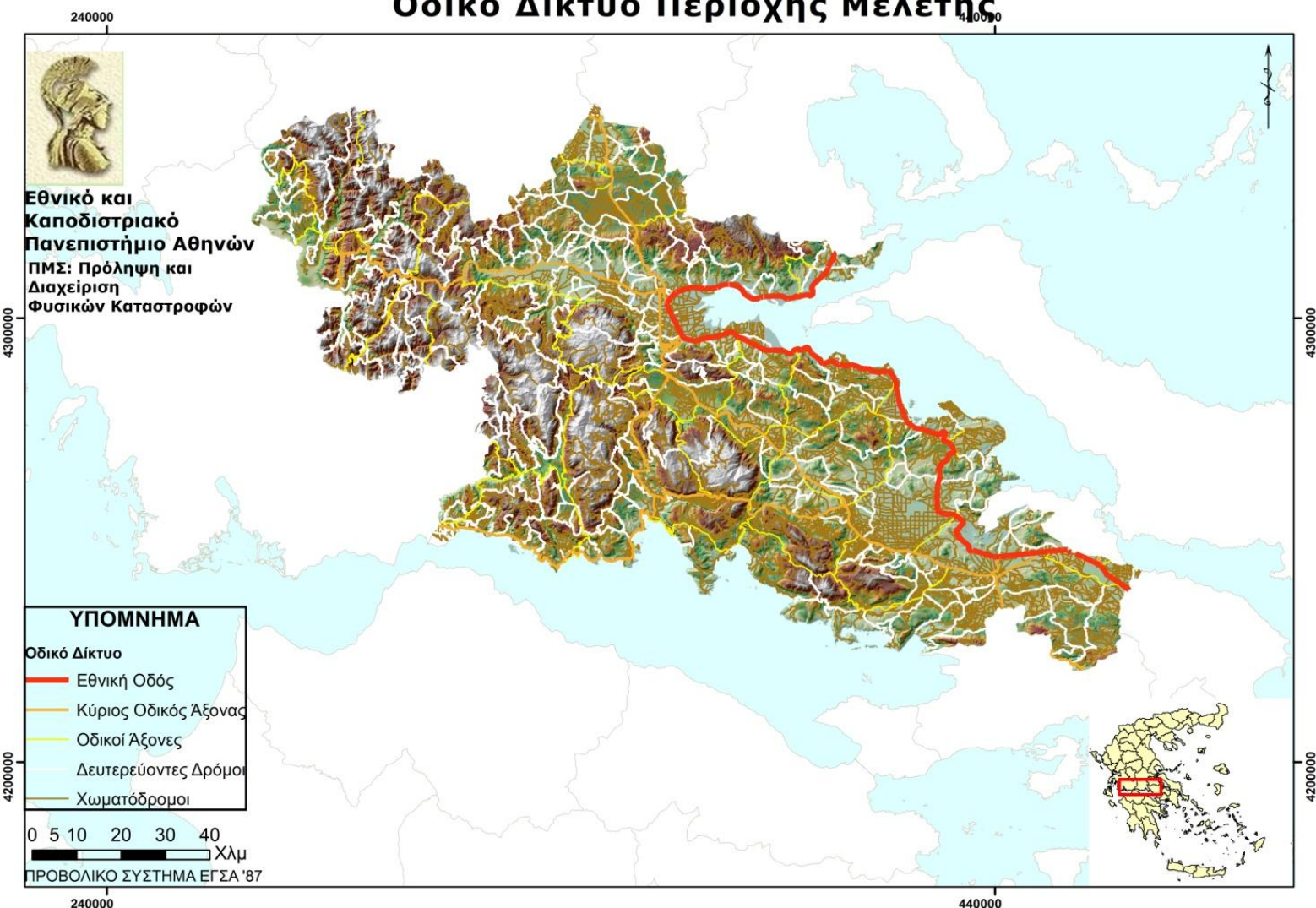
Η παρουσία ανθρωπογενών δραστηριοτήτων σε μία περιοχή μειώνει τον κίνδυνο παγετού και πάγου σε αυτή. Για παράδειγμα στο κέντρο μίας πόλης, η θερμοκρασία είναι συγκριτικά αυξημένη λόγω της γεωμετρίας των οδοχαραδρών, της αυξημένης επιφανειακής τραχύτητας λόγω των κτιρίων και της παραγωγής θερμότητας από τα αυτοκίνητα και τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Αντίστοιχα, η διακύμανση της θερμοκρασίας στο οδικό δίκτυο επηρεάζεται από τις θερμικές ιδιότητες των επιφανειών στις παρακείμενες του οδικού δικτύου περιοχές (Chapman & Thornes, 2006).

Μία χρήσιμη ένδειξη ανθρώπινης παρουσίας και χρήσης σε μία περιοχή αποτελεί η πυκνότητα του οδικού δικτύου. Γενικά, περιοχές με πυκνό οδικό δίκτυο αντιστοιχούν σε αστικές περιοχές.

Επίσης, σημεία ιδιαίτερου κινδύνου αποτελούν οι γέφυρες και οι σήραγγες οι οποίες προκαλούν θερμικές ανωμαλίες.

Στον παρακάτω χάρτη βλέπουμε το οδικό δίκτυο της περιοχής μελέτης το οποίο απαρτίζεται κυρίως από κύριο οδικό άξονα ενώ στο ανατολικό μέρος της διέρχεται και η εθνική οδός.

Οδικό Δίκτυο Περιοχής Μελέτης



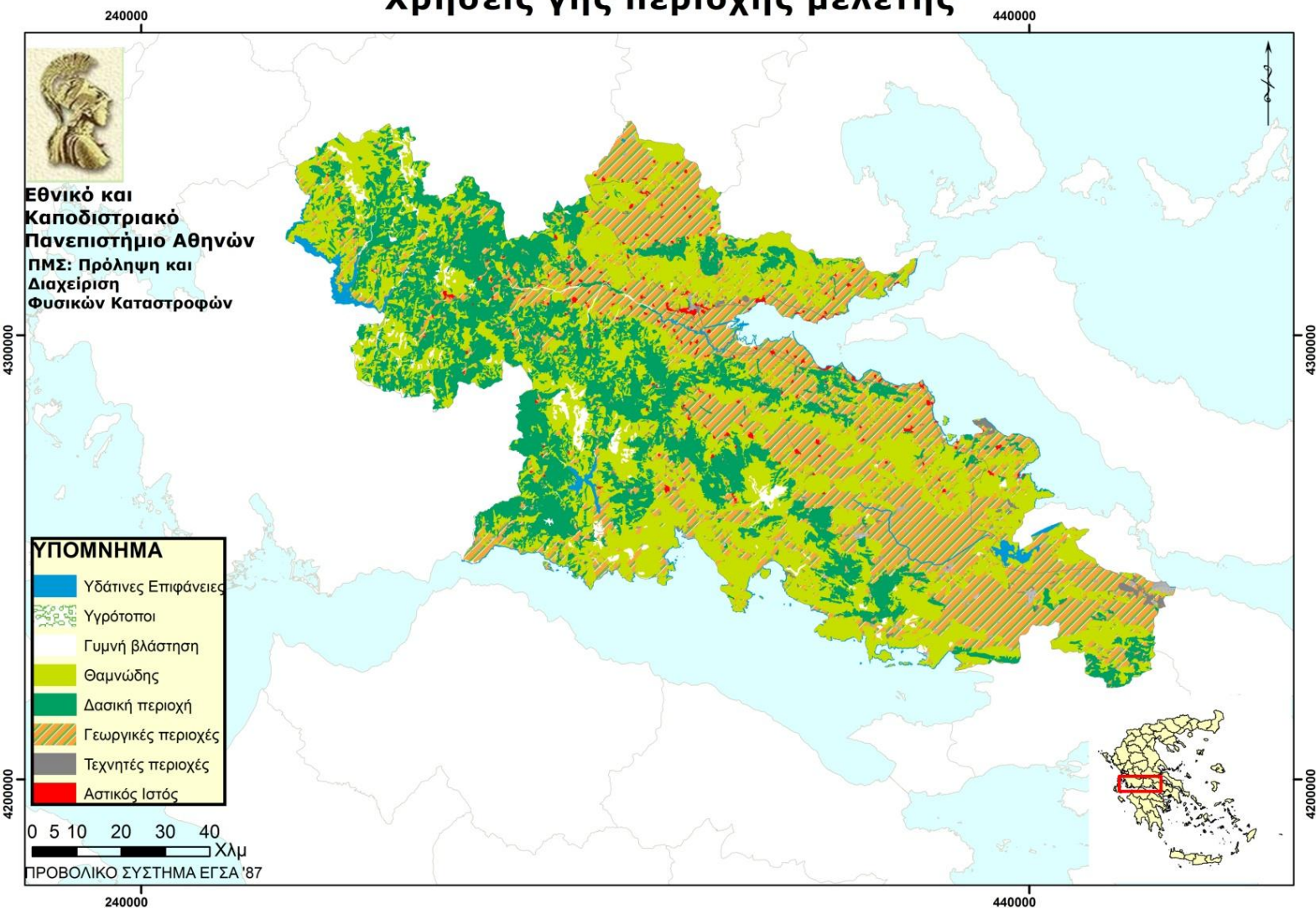
Χάρτης 14: Οδικό δίκτυο περιοχής μελέτης

4.3.8 Χρήσεις γης

Η χρήση και η κάλυψη Γης αποτελεί έναν επίσης σημαντικό παράγοντα παγετού και πάγου. Σε περιοχές έντονης ανθρώπινης δραστηριότητας ο κίνδυνος παγετού εμφανίζεται μειωμένος. Αντίστοιχα, η ύπαρξη υδάτινων μαζών και πυκνής βλάστησης αποτελούν προστατευτικούς παράγοντες από τον κίνδυνο παγετού.

Στον παρακάτω χάρτη παρατηρούμε ότι η περιοχή μελέτης μας απαρτίζεται κυρίως από γεωργικές περιοχές, δασώδης και θαμνώδεις και λιγότερο από αστικές και γυμνές περιοχές.

Χρήσεις γης περιοχής μελέτης

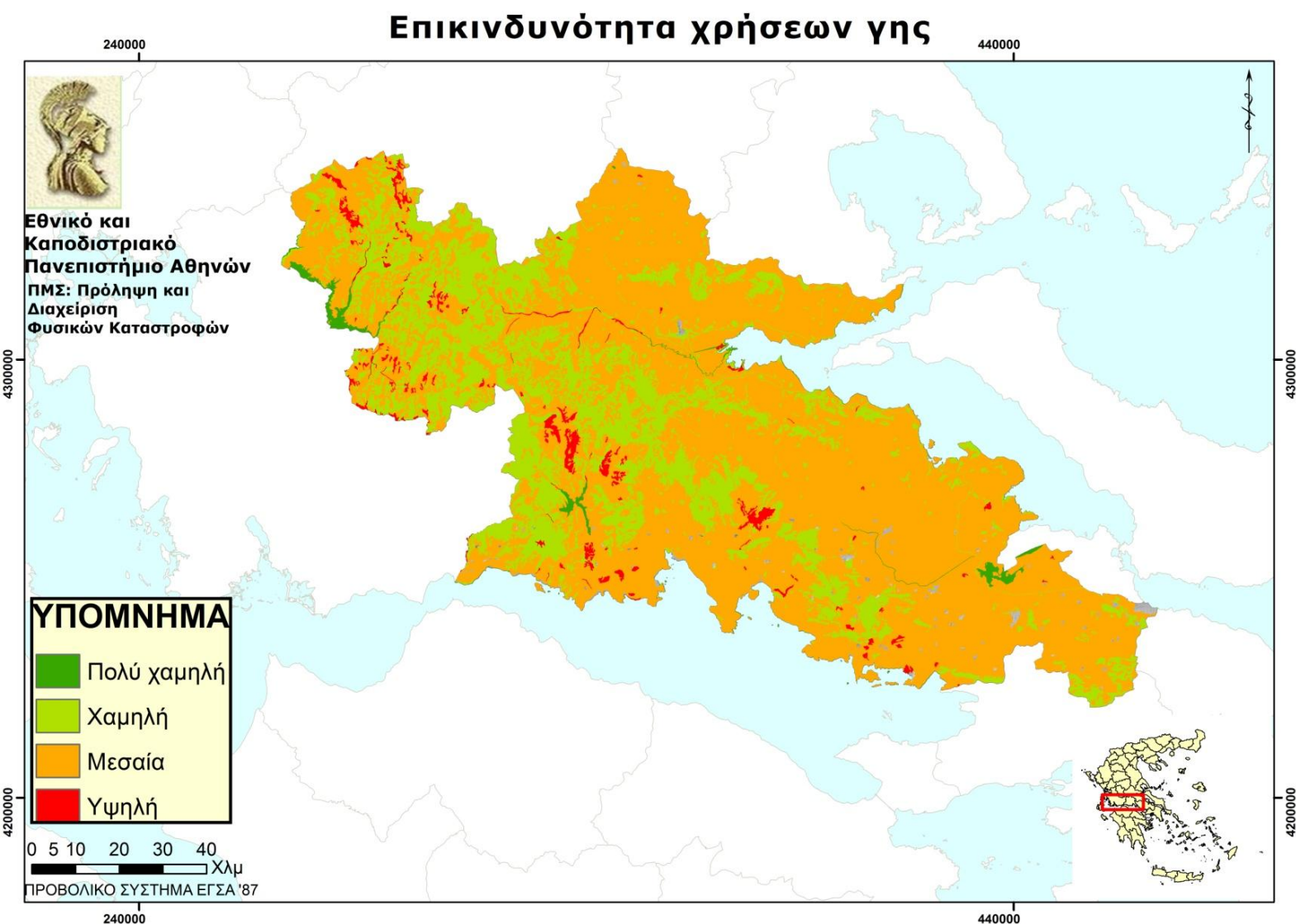


Χάρτης 15: Χάρτης χρήσεων γης περιοχής μελέτης (πηγή: Corine 2012)

Με κύριο κριτήριο την πυκνότητα βλάστησης και την διαθέσιμη υγρασία καθώς και την ύπαρξη σημαντικής ανθρωπογενούς δραστηριότητας, οι καταγεγραμμένες κατηγορίες κάλυψης γης επαναταξινομήθηκαν όπως παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 12: Ταξινόμηση χρήσεων γης

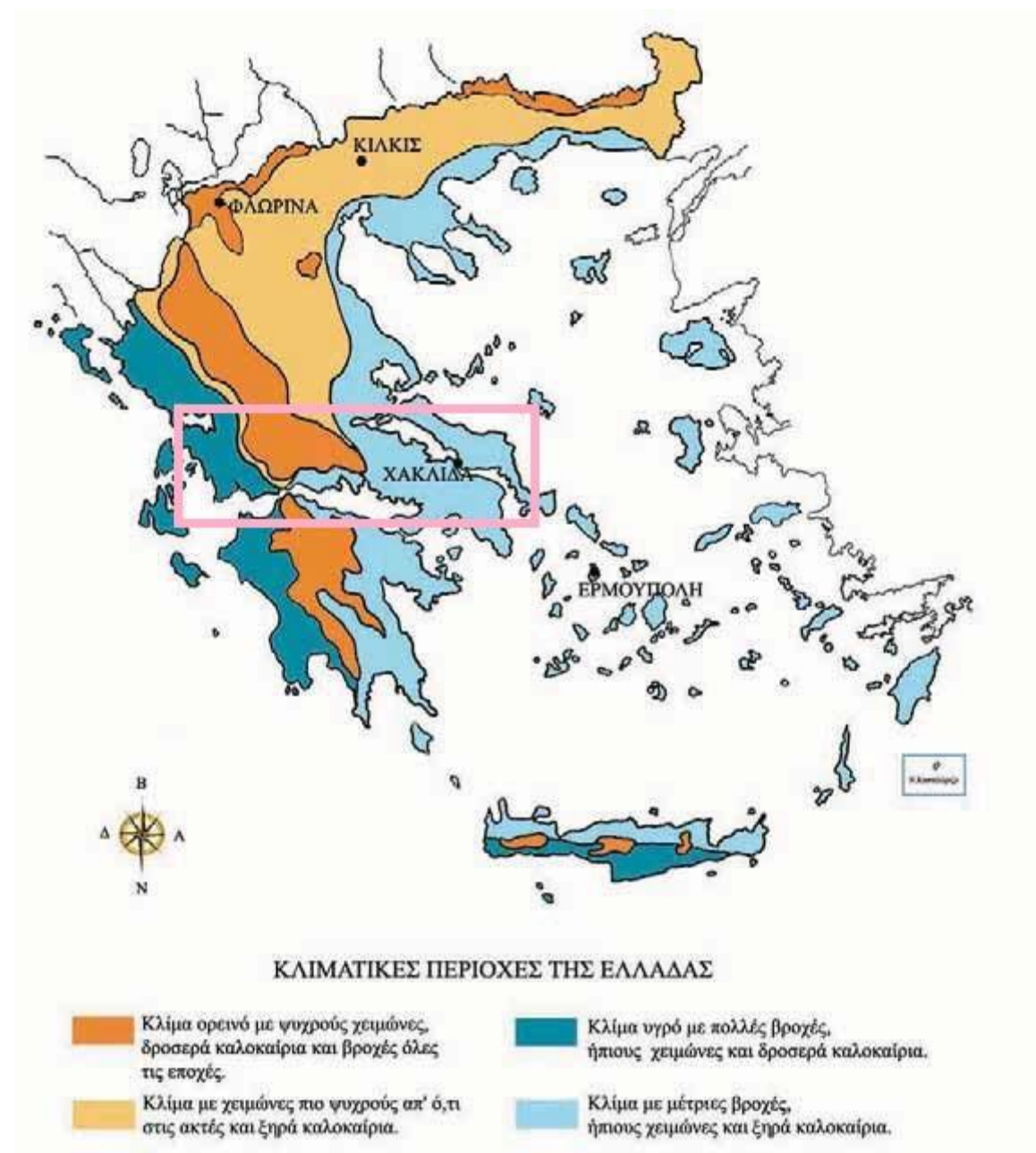
Χρήσεις γης	Βαθμός επικινδυνότητας
Υδάτινες επιφάνειες	Πολύ Χαμηλός
Δασική περιοχή Υγρότοποι Τεχνητές επιφάνειες Αστικός Ιστός	Χαμηλός
Γεωργικές εκτάσεις Θαμνώδης βλάστηση	Μεσαίος
Γυμνή Βλάστηση	Υψηλός



Χάρτης 16: Επικινδυνότητα Χρήσεων γης (πηγή: Corine 2012)

4.3.9 Κλίμα

Το Κλίμα της περιοχής μελέτης ποικίλλει ανάλογα με το υψόμετρο. Στα παράλια είναι γενικά με ζεστά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες και στο εσωτερικό, σε μεγαλύτερο υψόμετρο, γίνεται, με χιονοπτώσεις στη διάρκεια του χειμώνα. Στις δυτικές πεδινές περιοχές ο χειμώνας είναι πιο ήπιος με αρκετές βροχές, ενώ στη διάρκεια του καλοκαιριού παρατηρούνται πολύ υψηλές θερμοκρασίες, που συχνά ξεπερνούν τους 40°C και υψηλά ποσοστά υγρασίας. Στην Ανατολική Στερεά, λόγω των ορεινών όγκων, ο χειμώνας είναι πιο ψυχρός και το καλοκαίρι πιο δροσερό και ξηρό σε σχέση με τα δυτικά.



Χάρτης 17: Κλίμα περιοχής Μελέτης

4.4 Επεξεργασία με δορυφορικά Δεδομένα

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικά δεδομένα από τον δορυφορικό δέκτη MODIS. Αποκτήθηκαν μέσω του διαδικτυακού τόπου EOSDIS της NASA (www.reverb.echo.nasa.gov) που δίνει τη δυνατότητα άμεσης και ελεύθερης λήψης δορυφορικών δεδομένων.

Ο δορυφορικός δέκτης MODIS διαγράφει καθημερινά μια τροχιά επάνω στους δύο δορυφόρους, Terra και Aqua, και σαρώνει συνολικά περιοχή πλάτους 2330 km παρέχοντας έτσι σχεδόν ολοκληρωμένη παγκόσμια κάλυψη σε μία έως δύο ημέρες.

Ο δέκτης MODIS είναι το αποτέλεσμα σχεδιασμού μίας 19μελούς επιτροπής επιστημόνων της NASA που συγκροτήθηκε με στόχο την κάλυψη των συνεχώς αυξανόμενων αναγκών σε δορυφορικά δεδομένα, το 1984. Το βασικό όργανο που προέκυψε από το επιστημονικό πρόγραμμα, το Moderate Resolution Imaging Spectrometer ή MODIS εκτοξεύτηκε το 1999 και προσαρμόστηκε στο δορυφόρο Terra, ενώ μέσω των συνεχών ερευνών παράχθηκε και ένα δεύτερο όργανο το οποίο εκτοξεύτηκε και εφαρμόστηκε στον δορυφόρο Aqua το 2002. Οι δύο δορυφόροι έχουν συμπληρωματικές τροχιές (Salomonson et al, 2005). Παρέχουν πληροφορίες για την περιοχή μελέτης γύρω στις 9.30 το πρωί και το βράδυ ο Terra και στις 2.30 το μεσημέρι και τη νύχτα ο Aqua (www.icess.ucsb.edu).

Τα βασικά πλεονεκτήματα του MODIS είναι τα 36 υψηλής ανάλυσης φασματικά κανάλια και η υψηλή ραδιομετρική ανάλυση των 12bit. Τα κανάλια καλύπτουν μήκους κύματος μεταξύ 0,415 και 14,235 μm και η χωρική τους ανάλυση κυμαίνεται από 250m έως 1000m. Η ακτινοβολία που μετρίεται από τον MODIS σε υψηλή φασματική ανάλυση παρέχει βελτιωμένες και πολύτιμες πληροφορίες για τη φυσική δομή της ατμόσφαιρας και της επιφάνειας της γης (Barnes et al, 1998).

Τα προϊόντα MODIS είναι σε Ιεραρχική Δομή Δεδομένων HDF-EOS (Hierarchical Data Format – Earth Observing System) και σε ημιτονοειδές προβολικό σύστημα (Sinusoidal). Τα δεδομένα MODIS είναι διαθέσιμα σε 3 διαφορετικά επίπεδα επεξεργασίας. Το Επίπεδο L1B περιλαμβάνει δεδομένα που είναι διαθέσιμα σε μορφή ζωνών (swath) και έχουν στοιχεία γεωαναφοράς σε κέντρα εικονοστοιχείων ανάλυσης 1 km. Το επίπεδο L2 αποτελείται από δεδομένα με προσανατολισμό γεωγραφικού πλάτους και μήκος, τα οποία δεν είναι επεξεργασμένα χρονικά ή χωρικά (<https://lpdaac.usgs.gov>).

Στην παρούσα εργασία, επελέγησαν προϊόντα επιπέδου L3 τα οποία είναι γεωφυσικά προϊόντα που έχουν δεχθεί επεξεργασία χρονική και / ή χωρική και αναφέρονται σαν πλακίδια (tiles). Κάθε πλακίδιο είναι τμήμα μίας προβολής χάρτη μεγέθους 1.113 km επί 1.113 km σε 1.200 σειρές και 1.200 στήλες που καλύπτει όλη την επιφάνεια της γης. Η περιοχή ενδιαφέροντος περιλαμβάνεται στα πλακίδια με οριζόντια αρίθμηση No 19 και κάθετη No 4 και 5.

4.4.1 Δεδομένα Επιφανειακής Θερμοκρασίας (MOD11A)

Τα προϊόντα MOD11A1 είναι σε μορφή πλακιδίου (tile) με καθημερινή πληροφορία θερμοκρασίας επιφανείας εδάφους και χωρική ανάλυση 1Km.

Η επιφανειακή θερμοκρασία (LST) που καταγράφεται είναι η ενεργή κινητική θερμοκρασία της επιφανείας της γης. Υπολογίζεται με βάση την αντανάκλαση της επιφανείας της γης στη συχνότητα του θερμικού υπέρυθρου (10-13 μm). Αποτελεί μία σημαντική κλιματολογική μεταβλητή, η οποία συμβάλει στο μέγεθος και την κατανομή των ροών ενέργειας στην επιφάνεια της γης. Χρησιμοποιείται σε πληθώρα περιβαλλοντικών εφαρμογών, στην ποσοτικοποίηση ροών θερμότητας και υγρασίας, στην παρακολούθηση συνθηκών ξηρασίας και υγείας καλλιεργειών, στον υπολογισμό της εδαφικής υγρασίας, κλπ.

Υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τον generalized split – window αλγόριθμο:

$$T_s = C + \left(A_1 + A_2 \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} + A_3 \frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2} \right) \frac{T_{31} + T_{32}}{2} + \left(B_1 + B_2 \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} + B_3 \frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2} \right) \frac{T_{31} - T_{32}}{2}$$

Οι T31 και T32 είναι η θερμοκρασίες λαμπρότητας για τα φασματικά κανάλια 31 και 32 του MODIS αντίστοιχα. Οι μεταβλητές A1, A2, A3, B1, B2, B3 και C είναι διαθέσιμες σε ειδικούς πίνακες αναφοράς και καθορίζονται μέσα από ανάλυση παλινδρόμησης προσομοιώσεων μεταφοράς ακτινοβολίας για ένα μεγάλο εύρος επιφανειών και ατμοσφαιρικών συνθηκών. Ο υπολογισμός του συντελεστή εκπομπής ακτινοβολίας μίας επιφάνειας είναι απαραίτητος για να υπολογιστεί η θερμοκρασία επιφανείας. Σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση της κάλυψης γης από το αντίστοιχο προϊόν του MODIS, υπολογίζεται η εκπομπή ακτινοβολίας στα κανάλια 31 και 32 για κάθε κατηγορία κάλυψης γης.

Η τιμές επιφανειακής θερμοκρασίας εκτιμώνται μόνο για εικονοστοιχεία χωρίς νεφοκάλυψη, τα οποία αναγνωρίζονται εφαρμόζοντας μία μάσκα νεφών με ακρίβεια 99% σε επιφάνειες ξηράς και 66% σε εσωτερικά υδάτινα σώματα. Εικονοστοιχεία με υψηλή νεφοκάλυψη δεν

έχουν τιμή.

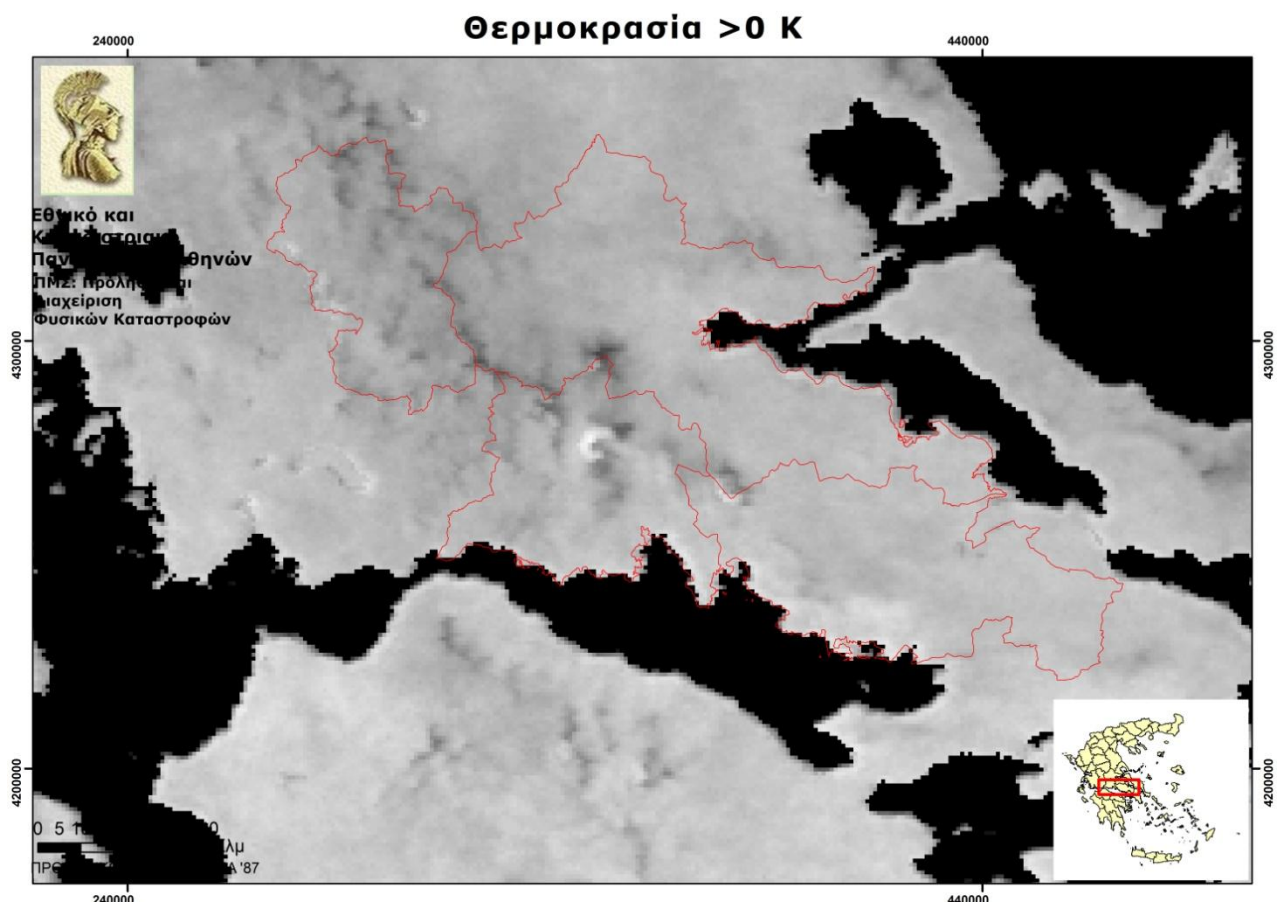
Η ακρίβεια υπολογισμού της θερμοκρασίας επιφανείας είναι της τάξης του 1°K σε ξηρά και $0,3^{\circ}\text{K}$ σε ωκεανούς, με χωρική ανάλυση 1Km κάτω από συνθήκες καθαρού ουρανού.

Σε κάθε εικόνα του τύπου MOD11A1 υπάρχουν 12 επίπεδα πληροφορίας, τα οποία περιλαμβάνουν εκτός των άλλων καταγραφή επιφανειακής θερμοκρασίας ημέρας και νύχτας καθώς και ώρα καταγραφής θερμοκρασίας ημέρας και νύχτας (www.icesb.ucsb.edu).

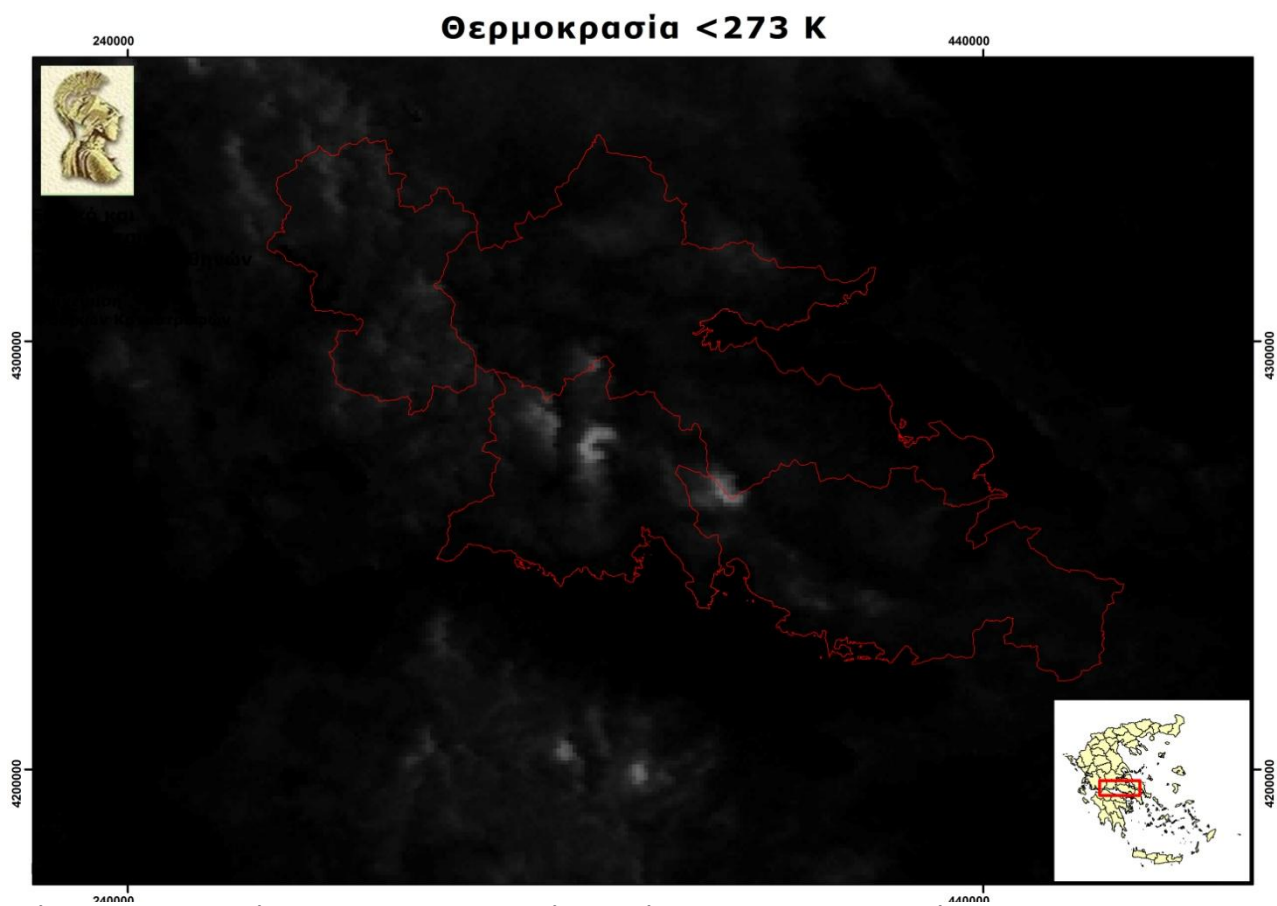
Για την παρούσα εργασία επιλέχθηκαν δεδομένα του δορυφορικού δέκτη Aqua, λόγω του ότι η ώρα διέλευσης του από την ευρύτερη περιοχή μελέτης είναι γύρω στις 1:30 τη νύχτα, οπότε η καταγραφή νυχτερινής θερμοκρασίας είναι πιο κοντά στην ελάχιστη θερμοκρασία 24ώρου.

Για την αποτύπωση της συχνότητας παγετού στην περιοχή μελέτης δημιουργήθηκε μία χρονοσειρά δεδομένων Επιφανειακής Θερμοκρασίας από τον MODIS (MOD11A1) για το διάστημα από 1 Ιανουαρίου έως 31 Μαΐου για τρία αντιπροσωπευτικά έτη των 7 ετών που υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα από τον δέκτη Aqua. Συγκεκριμένα επιλέγηκαν τα έτη 2002 (μέγιστος αριθμός συμβάντων), 2004 (ελάχιστος αριθμός συμβάντων) και τα έτος 2007. Η επεξεργασία των δεδομένων καταγραφών συμβάντων παγετού από τον ΕΛ.Γ.Α. περιγράφεται πιο αναλυτικά στο κεφάλαιο 4.3.

Στη συνέχεια σε κάθε εικόνα πραγματοποιήθηκαν δύο διαφορετικές επεξεργασίες μέσω της εντολής Band Math. Η πρώτη έγινε με στόχο να διαχωριστούν οι περιοχές όπου έχει καταγραφεί επιφανειακή θερμοκρασία κάτω των 0°C και άρα παγετός. Πραγματοποιήθηκε με την εφαρμογή του band math "temp < 273" όπου temp είναι το επίπεδο πληροφορίας της νυχτερινής θερμοκρασίας και το 273 είναι βαθμοί Kelvin που αντιστοιχεί στους 0°C . Η δεύτερη επεξεργασία είχε στόχο να διαχωριστούν τα εικονοστοιχεία που έχουν πληροφορία θερμοκρασίας, από αυτά που δεν έχουν καταγραφή θερμοκρασίας λόγω νεφοκάλυψης ή άλλης αιτίας. Έγινε με την εφαρμογή του Band Math "temp>0" όπου temp είναι το επίπεδο πληροφορίας της νυχτερινής θερμοκρασίας και το 0 είναι βαθμοί Kelvin που αντιστοιχεί στους -273°C .



Χάρτης 18: Παράδειγμα δορυφορικής εικόνας με θερμοκρασία >0 K



Χάρτης 19: Παράδειγμα δορυφορικής εικόνας με θερμοκρασία <273 K

Οι εικόνες που παράχθηκαν περιείχαν αρχεία όπου τα εικονοστοιχεία είχαν τιμή 0 ή 1.

Στις εικόνες που δημιουργήθηκαν κατά τη πρώτη φάση επεξεργασίας, όπου τα εικονοστοιχεία είχαν τιμή «1» είχε καταγραφεί θερμοκρασία παγετού και όπου είχαν τιμή «0» η επιφανειακή θερμοκρασία ήταν άνω των 0°C. Στις εικόνες που παρήχθησαν κατά την δεύτερη επεξεργασία, όπου τα εικονοστοιχεία είχαν τιμή «1» υπήρχε καταγραφή επιφανειακής θερμοκρασίας και όπου είχαν τιμή «0» δεν υπήρχε πληροφορία θερμοκρασίας.

Οι εικόνες που δημιουργήθηκαν με την κάθε επεξεργασία αποθηκεύτηκαν χωριστά και ενοποιήθηκαν σε ένα αρχείο για κάθε διαδικασία. Η πολυεπίπεδη συνένωση των δεδομένων έγινε ώστε να γίνουν πιο εύκολα οι μετέπειτα επεξεργασίες και πραγματοποιήθηκε με την επιλογή Layer Stacking. Οι εικόνες που συνέθεταν την κάθε πολυεπίπεδη εικόνα αθροίστηκαν σε μία εικόνα με την εντολή Sum Data Bands. '

Οι δύο εικόνες που δημιουργήθηκαν με την παραπάνω διαδικασία διαιρέθηκαν η μία με την άλλη. Δηλαδή διαιρέθηκε η εικόνα καταγραφής συχνότητας παγετού δια της εικόνας καταγραφής πληροφορίας επιφανειακής θερμοκρασίας.

Το τελικό αποτέλεσμα ήταν ο χάρτης συχνότητας παγετού που αποτυπώνει την συχνότητα καταγραφής παγετού ως προς τη συχνότητα καταγραφής πληροφορίας θερμοκρασίας επιφανείας.

Το τελικό αποτέλεσμα προέκυψε έπειτα από αποκοπή της περιοχής μελέτης με την εντολή Mask, χρησιμοποιώντας σαν περίγραμμα το πολυγωνικό αρχείο που αποτελεί το περίγραμμα της περιοχής. Έτσι δημιουργήθηκε ο χάρτης συχνότητας παγετού για την περιοχή μελέτης λαμβάνοντας υπόψη τα χρονικά διαστήματα από 1 Ιανουαρίου έως 31 Μαΐου για τα έτη 2002, 2004, 2007.

Κεφάλαιο 5: Αποτελέσματα επεξεργασίας στατικών δεδομένων

Για την μελέτη του κινδύνου παγετού στην περιοχή μελέτης δημιουργήθηκε στατικό μοντέλο που λαμβάνει υπόψη του παράγοντες μη μεταβλητούς στο χρόνο.

Αυτοί οι παράγοντες, περιλαμβάνουν το υψόμετρο (elevation), τον προσανατολισμό (aspect) των πρανών, την κλίση των πρανών σε μοίρες (slope), την καμπυλότητα του ανάγλυφου (curvature), την καταγραφή κάλυψης/ χρήσεων γης από το Corine (land use) και την απόσταση από τις υδάτινες επιφάνειες (water distance).

Όλοι οι παραπάνω παράμετροι στη σύνθεσή τους, έχουν χαρακτηριστεί σαν σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την πιθανότητα παγετού σε μία περιοχή.

Το αρχικό επίπεδο δεδομένων κάθε παράγοντα, πλεγματικής μορφής, επαναταξινομήθηκε σε κατηγορίες που αντανakλούν τη συσχέτισή του παράγοντα με τον κίνδυνο του παγετού, όπως προαναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Τα νέα επίπεδα πληροφορίας δημιουργήθηκαν με την εντολή reclassify του Spatial Analyst του ArcGIS.

Έπειτα από δοκιμές διαφορετικών συνδυασμών συντελεστών σε συσχέτιση με τον χάρτη συχνότητας παγετού που προήλθε από την επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων, η συσχέτιση των παραγόντων που επιλέχθηκε σαν πιο αντιπροσωπευτική για την περιοχή μελέτης είναι η ακόλουθη:

$$((0.15 * \text{"slope"}) + (0.1 * \text{"land use"}) + (0.10 * \text{"curvature"}) + (0.1 * \text{"water distance"}) + (0.15 * \text{"aspect"}) + (0.4 * \text{"elevation"})) / 6.55$$

Ο Χάρτης Κινδύνου Παγετού συντέθηκε αθροίζοντας τα επαναταξινομημένα πλεγματικά αρχεία που αντιστοιχούν στους συντελεστές κινδύνου με τους αντίστοιχους συντελεστές βαρύτητας. Η επεξεργασία έγινε μέσω της εντολής raster calculator του ArcGIS.

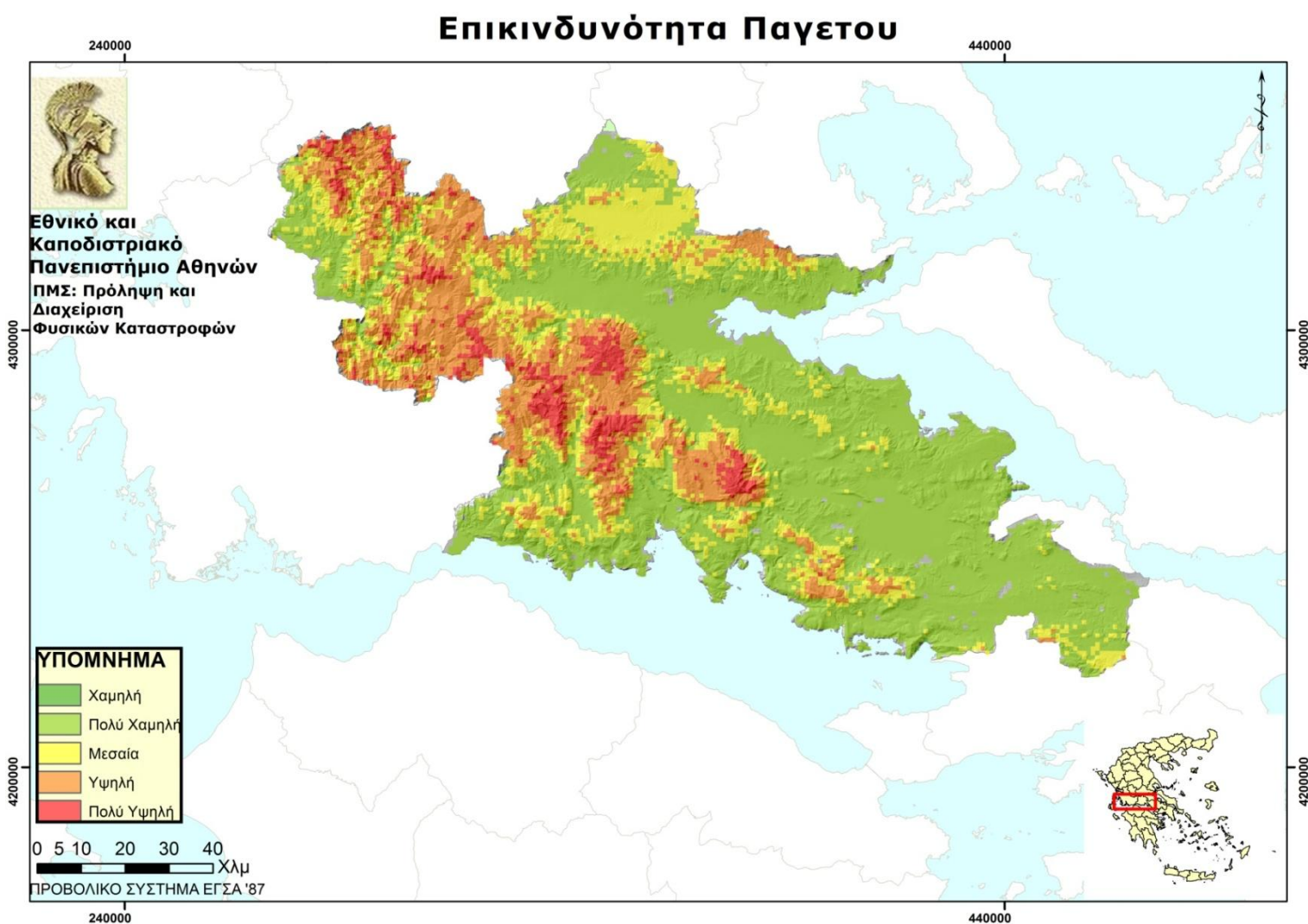
Ακολούθησε η επαναταξινόμηση του αποτελέσματος σε 5 κατηγορίες που αντιστοιχούν σε αντίστοιχους βαθμούς επικινδυνότητας, σε πολύ χαμηλή, σε χαμηλή, σε μεσαία, σε υψηλή και πολύ υψηλή.

Σύμφωνα με τον παρακάτω Χάρτη, οι πιο επιδεκτικές περιοχές σε παγετό παρατηρούνται στο δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης και ιδίως στα πιο ορεινά, ενώ μικρότερες πιθανότητες υπάρχουν στα νότια και ανατολικά τμήματα όπου είναι η περιοχή πεδινή.

Συγκεκριμένα παρατηρείται ότι πολύ υψηλή επικινδυνότητα συναντάται στους ορεινούς όγκους του Παρνασσού και Γικώνα καθώς και στο νομό Ευρυτανίας. Λιγότερη επικινδυνότητα παρατηρείται και στην περιοχή του Δομοκού και του όρους Οίτη.

Ενώ στο ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης καθώς και κατά μήκος της Θάλασσας συναντάται πολύ χαμηλή επικινδυνότητα παγετού για το λόγο ότι η επίδραση της εμφάνισης των υδάτινων επιφανειών σχετίζεται άμεσα με την ύπαρξη παγετού.

Όπως επίσης μπορεί να διακριθεί με πολύ χαμηλή επικινδυνότητα και η τεχνηκή λίμνη του Μόρνου.



Χάρτης 20: Επικινδυνότητα Παγετού στατικών δεδομένων

Για να αξιολογήσουμε το μοντέλο επικινδυνότητας που παρουσιάστηκε, πραγματοποιήθηκε ανάλυση στατιστικής παλινδρόμησης. Η ανάλυση παλινδρόμησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να διαπιστωθεί αν οι τυχαίες μεταβλητές (τ.μ.) X και Y σχετίζονται γραμμικά (δηλαδή αν σχετίζονται μέσω μιας ευθείας). Θεωρητικά ο βαθμός γραμμικότητας των δύο τυχαίων μεταβλητών εκφράζεται μέσω του **συντελεστή συσχέτισης ρ** των δύο τ.μ. Το ρ εκφράζει τη συσχέτιση μέσα σε όλο τον πληθυσμό και συνεπώς παραμένει μια παράμετρος του πληθυσμού μας. Ένας λογικός **εκτιμητής του ρ** είναι η **δειγματική συσχέτιση r** ή **συντελεστής συσχέτισης του Pearson**. Το r στο τετράγωνο αποτελεί το συντελεστή προσδιορισμού και είναι το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο μέτρο για να μετρήσει την γραμμική σχέση μεταξύ Y και X . Τέλος, ο συντελεστής συσχέτισης, r^2 , είναι ένα ποσοτικό μέτρο της ισχύς της σχέσης παλινδρόμησης, ένα μέτρο για το πόσο καλά προσαρμόζεται η ευθεία παλινδρόμησης στα δεδομένα.

Το r^2 που προέκυψε είναι: **0,67**

Από αυτό προκύπτει ότι ο βαθμός συσχέτισης είναι αρκετά υψηλός αλλά επιδέχεται βελτίωση.

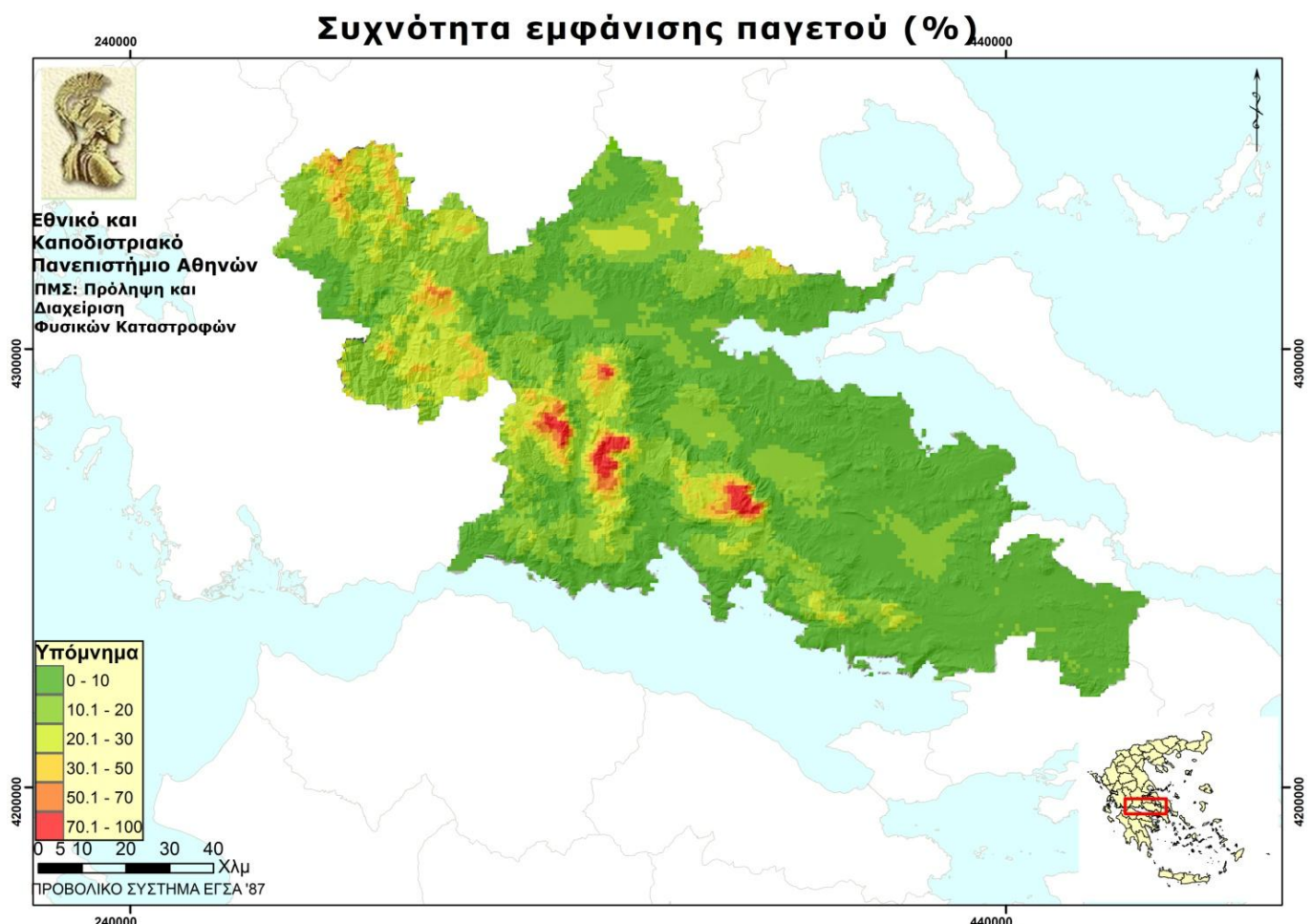
Κεφάλαιο 6: Αποτελέσματα επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων

Σύμφωνα με την επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων όπως περιγράφεται στο παραπάνω κεφάλαιο δημιουργήθηκε χάρτης συχνότητας εμφάνισης παγετού.

Στον παρακάτω χάρτη παρατηρούμε ότι σύμφωνα με τα δορυφορικά δεδομένα η μεγαλύτερη συχνότητα βρίσκεται στην δυτική και ορεινή περιοχή των τεσσάρων νομών που μελετούνται.

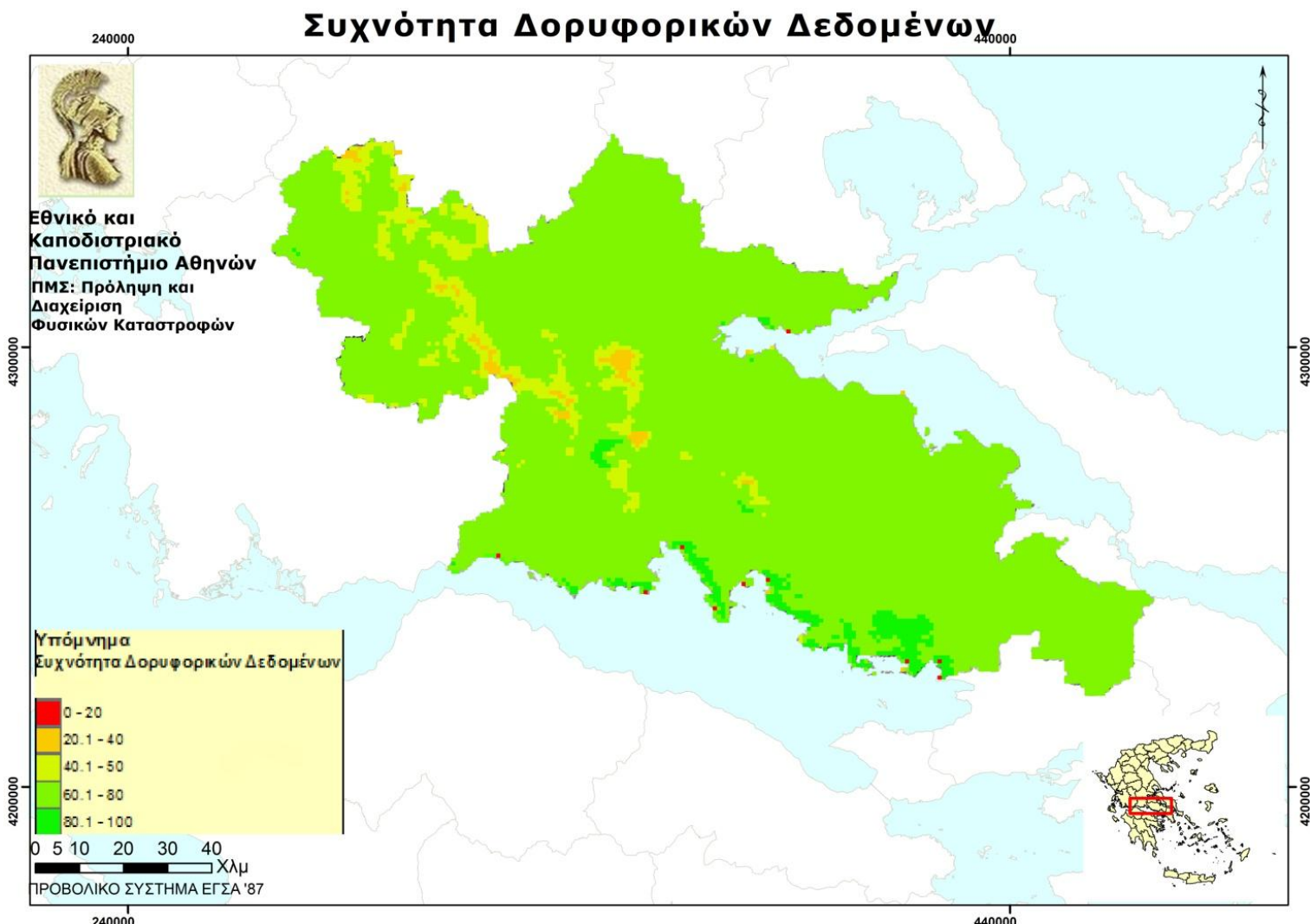
Μικρότερη συχνότητα παρατηρείται στις πεδινές περιοχές όπου λαμβάνουν χώρα στις παράλιες περιοχές και στην ανατολική περιοχή.

Το μεγαλύτερο ποσοστό 70-100% παρατηρείται στους δύο μεγάλους ορεινούς όγκους τον Παρνασσό και την Γκιώνα. Αντίθετα τα μικρότερα ποσοστά συχνότητας παγετού παρατηρούνται στις πεδινές περιοχές και κατά μήκος της θάλασσας.



Χάρτης 21: Συχνότητα εμφάνισης παγετού δορυφορικών δεδομένων (%)

Για να επαληθεύσουμε όμως την επεξεργασία των εικόνων και για να εξετάσουμε την αξιοπιστία της συχνότητας που παρατηρήθηκε στον Χάρτη 21 δημιουργήθηκε ένας χάρτης με το ποσοστό συχνότητας των δεδομένων. Δηλαδή, δημιουργήθηκε ένας χάρτης που αποτυπώνονται σε ποσοστό η ύπαρξη διαθεσιμότητα των δεδομένων που σχετίζεται με την ύπαρξη ή όχι νεφών.



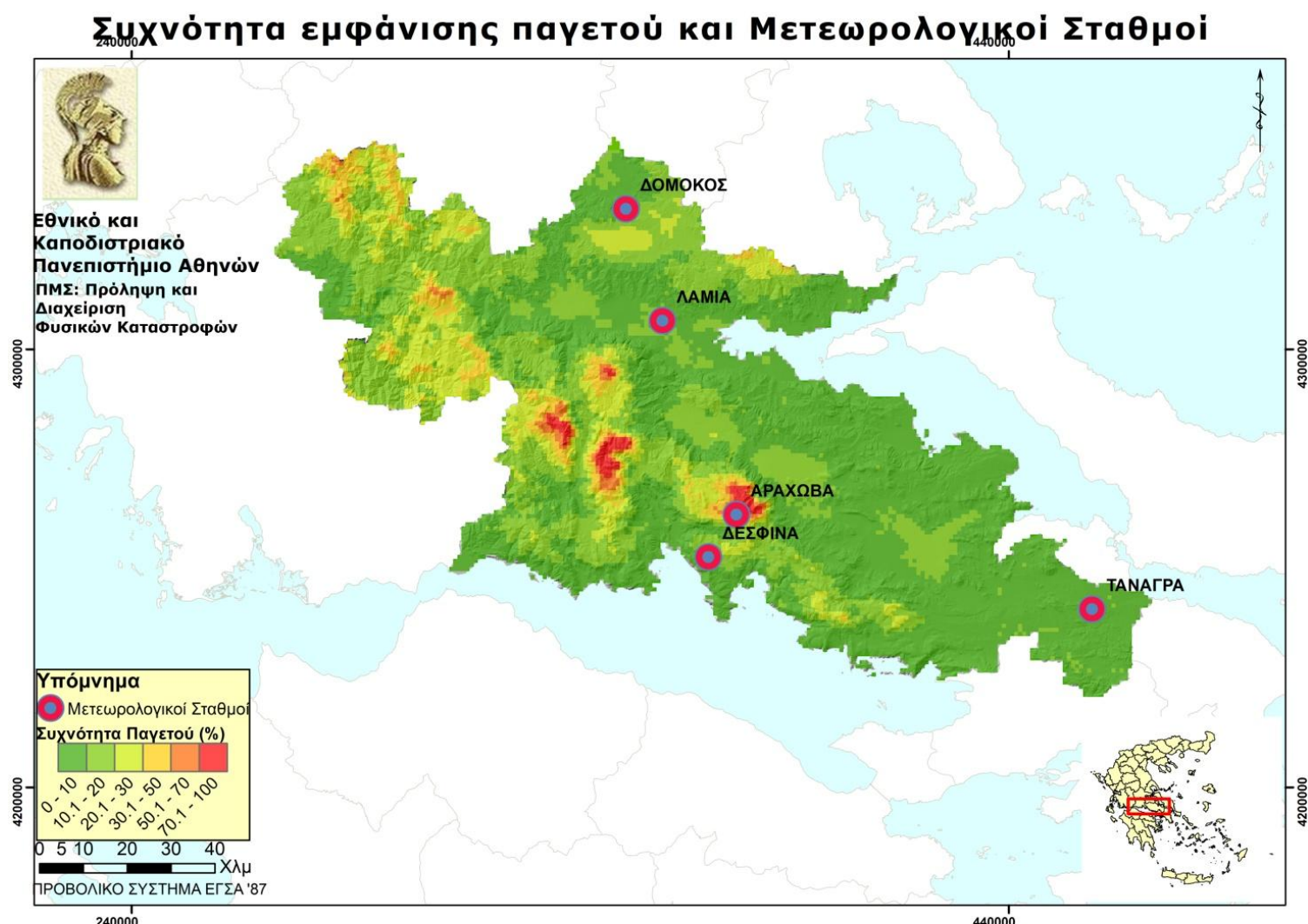
Χάρτης 22: Ποσοστό διαθεσιμότητας δορυφορικών δεδομένων (%)

Στον παραπάνω χάρτη παρατηρείται ότι η μεγαλύτερη επιφάνεια της περιοχής μελέτης έχει ποσοστό εμφάνισης πάνω από 60%. Ένα μικρό όμως μέρος και κυρίως στις ορεινές περιοχές παρατηρείται μικρότερη εμφάνιση της τάξης των 20-40%.

Κεφάλαιο 7: Αποτελέσματα επεξεργασίας μετεωρολογικών και δορυφορικών δεδομένων

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα από την επεξεργασία των μετεωρολογικών και δορυφορικών δεδομένων.

Στον παρακάτω χάρτη έχουν τοποθετηθεί οι μετεωρολογικοί σταθμοί που θα εξεταστούν και η συχνότητα παγετού των δορυφορικών δεδομένων.



Χάρτης 23: Μετεωρολογικοί σταθμοί που μελετήθηκαν και συχνότητα δορυφορικών δεδομένων

Στον παρακάτω πίνακα καταγράφεται η θερμοκρασία και η ύπαρξη των δεδομένων από τα δορυφορικά μας δεδομένα για το έτος 2002 συγκριτικά με τους μετεωρολογικούς σταθμούς.

Αρχικά έγινε διαλογή των δεδομένων που θα καταγράψουμε. Δηλαδή, διαλέξαμε τους μετεωρολογικούς σταθμούς όπου έχουμε δεδομένα θερμοκρασίας για τα έτη που έχουμε

μελετήσει τις δορυφορικές εικόνες. Στο σημείο αυτό παρατηρήσαμε ότι μόνο για το έτος 2002 έχουμε πλήρη και ορθά δεδομένα.

Έπειτα τοποθετήθηκαν οι μετεωρολογικοί σταθμοί πάνω στους δορυφορικούς χάρτες και καταγράφηκε αρχικά εάν υπάρχουν δεδομένα θερμοκρασίας και εάν υπήρχαν σημειωνόταν η θερμοκρασία που παρατηρήθηκε στο σημείο του σταθμού. Αυτή η καταγραφή θεωρείται κρίσιμη καθώς σε περιπτώσεις που δεν έχουμε δορυφορικά δεδομένα, αναζητήσαμε τα δεδομένα από τους μετεωρολογικούς σταθμούς και με αυτό τον τρόπο μπορεί να διακριθεί η θερμοκρασία όλο το έτος.

Πίνακας 13: Σύγκριση τιμών Θερμοκρασίας Μετεωρολογικού Σταθμού και Θερμοκρασίας δορυφορικού σταθμού για το έτος 2002 (πηγή: EMY και MODIS)

ΤΑΝΑΓΡΑ		ΑΡΑΧΩΒΑ		ΔΕΣΦΙΝΑ		ΔΟΜΟΚΟΣ		ΛΑΜΙΑ	
Μετεωρολογικός Σταθμός	Θερμοκρασία MODIS (C)	Μετεωρολογικός Σταθμός	Θερμοκρασία MODIS (C)	Μετεωρολογικός Σταθμός	Θερμοκρασία MODIS (C)	Μετεωρολογικός Σταθμός	Θερμοκρασία MODIS (C)	Μετεωρολογικός Σταθμός	Θερμοκρασία MODIS (C)
3,2	-	-7,00	-	0,00	-	1,00	-	2,00	-
-1,40	-3,15	-7,50	-6,15	-4,20	-3,75	-6,80	-4,85	-2,40	-0,65
-3,40	-	-8,00	-	-5,00	-	-6,00	-	-2,80	-
-2,4	-	-8,00	-9,15	-3,40	-	-5,00	-	-3,80	-
-4,4	-	-9,00	-18,15	-5,60	-	-6,00	-	-4,80	-7,55
-4,6	-	-8,50	-11,75	-7,00	-	-6,50	-	-7,00	-4,35
-5	-	-8,00	-6,75	-7,20	-5,85	-6,50	-4,55	-5,00	-1,25
-7	-	-5,00	-9,15	-4,80	-	-6,00	-	-2,80	-1,05
-3,8	-	-0,80	-6,05	-2,40	-	-6,00	-2,55	0,40	-0,05
1	-3,35	-3,00	-5,95	-3,00	-2,95	-3,30	-4,35	-0,40	-0,95
2,2	0,25	1,5	-1,05	-3,80	-1,65	1	-2,11	-1,6	0,95
0	0,05	1,5	-2,65	-3,40	-2,65	0,00	-2,05	-3,00	0,95
0	-	-1	-3,95	-2,60	-	1	-	-1,6	-
2	-	-1	-	1,4	-	1	-	3,80	-
2,8	-	-2,00	-9,95	3,00	-	0,00	-	6,20	-
3,6	-	-1,5	-	4,00	-	-0,50	-	6,20	-
5,6	-	0,00	-	1,2	-	1	-	6,20	-
5,2	3,85	0,00	1,05	5,00	3,55	2,00	-	6,40	4,95
2,8	1,95	2,00	-2,05	0,20	0,85	2,00	-0,05	0,60	2,65
2,6	2,25	-0,50	-10,85	-0,60	-1,65	2,00	1,95	2,60	-
1,8	3,15	-2,50	-3,25	0,00	-0,65	4,00	1,05	3,00	6,95
3,4	3,65	-2,50	0,15	-0,60	-0,85	4,00	2,65	4,20	3,85
1,8	4,65	4,50	-0,65	1	0,5	5,00	2,65	1	-
3,6	5,85	5,00	-	1,2	1,45	5,00	3,25	1,6	4,95
3,8	-	4,50	-	3,00	-	6,00	-	3,60	-
8	4,05	4,50	-2,15	6,40	3,85	5,00	2,15	8,20	6,95

3,6	5,55	4,50	1,65	1,2	2,55	5,00	1,65	2,00	5,45
4,8	4,95	4,50	1,05	0,40	2,35	4,00	4,35	5,20	6,35
4,6	6,35	5,00	0,15	3,00	4,15	8,50	5,85	3,60	6,85
3,6	6,15	6,00	1,35	2,20	3,25	9,00	6,55	1	3,85
5,8	8,45	9,00	1,55	3,20	3,35	11	4,65	2,60	-
7,6	-	9,00	1,85	2,00	3,55	1	4,55	2,00	7,05
6	-	4,50	-	1,6	-	9,00	-	2,60	-
6,2	5,05	3,80	-2,05	5,40	2,35	6,00	1,85	6,20	5,95
3,6	3,15	3,80	-3,45	-0,60	-1,05	5,00	1,85	2,60	3,35
1	4,95	4,00	-3,45	-1	-1,25	7,00	4,55	0,00	5,35
4,6	5,35	4,50	-	3,00	1,05	6,00	4,35	3,20	5,55
3	-	3,00	-	1,4	-	9,00	-	1,8	-
5,6	-	5,00	-	4,00	-	7,00	-	5,00	-
3,6	3,85	5,00	-1,25	3,20	3,45	5,00	2,65	5,00	6,35
4,2	-	5,00	-1,35	0,60	-	7,00	4,65	2,00	3,65
3,8	-	5,00	-4,25	1,2	-1,05	4,00	1,55	3,00	4,05
6,4	5,45	2,50	1,75	0,00	2,45	5,00	4,75	2,80	5,75
3	8,85	6,80	1,75	2,40	2,85	7,00	7,95	0,40	4,55
7,4	6,85	7,00	3,35	1,6	2,95	10	6,05	1	4,35
5,2	-	7,00	-	1,6	-	8,00	-	0,80	-
7,2	-	3,00	-1,65	3,20	-	5,00	-	9,60	-
6,4	2,25	2,50	-4,35	0,60	-	2,50	-	8,50	-
1,2	-	2,00	-	1,4	-	4,00	-	4,00	-
7	-	4,50	-	2,40	-	7,00	-	4,60	-
9,6	-	6,00	1,55	8,00	6,85	7,00	5,05	9,00	6,35
8,6	8,65	5,00	-0,55	3,20	4,75	5,00	4,15	5,40	6,65
5,2	5,95	5,00		2,80	2,45	5,00		3,60	-
6,4	5,85	5,00	-1,45	3,60	4,45	6,00	5,35	4,20	6,75
4,2	9,55	4,00		3,20	3,15	7,00	6,35	5,00	6,85
6,4	1,05	1,5	-5,75	4,00	0,05	1	-0,45	6,60	3,45
0,6	3,35	1,8	-1,55	0,20	3,85	5,00	-	1	8,15
7,4	5,55	4,00	-	2,00	2,65	7,00	3,15	5,20	6,35
7	9,85	4,50	1,15	3,00	3,25	8,00	4,55	4,00	7,25
10	8,65	6,00	-	4,20	-	10	-	6,80	-
6,2	11,35	6,00	4,05	2,20	4,75	11	10,95	7,40	12,45
7,4	7,25	10	8,05	6,00	1,25	10	6,05	6,20	3,95
10,4	-	10	-	10	-	15,5	-	9,00	-
8,2	8,85	10	4,95	7,40	6,95	10	7,35	9,60	10,15

5,8	5,55	10,5	6,35	5,60	3,15	10	4,65	5,00	5,05
6,4	-	9,50	9,65	7,00	6,05	16	-	8,60	-
8,4	-	12,5	-	7,00	-	14	-	10,2	-
13	7,75	6,50	4,45	11	6,15	10	-	11,6	-
9,4	-	4,50	-	9,60	-	9,00	-	7,00	-
9,2	-	-0,80	-	8,20	-	2,50	-	9,00	-
8,4	-	3,50	0,85	7,00	-	2,50	-	8,80	-
8	-	3,00	-0,45	1,6	-	5,00	-	9,00	6,75
6	8,15	3,00	0,25	3,00	8,05	6,00	7,85	6,40	9,75
5,8	7,55	7,00	1,65	3,00	6,05	4,00	5,55	5,60	9,85
6,4	9,55	8,00	1,25	3,60	8,65	8,00	8,35	7,00	10,65
8,8	4,25	3,50	-0,65	4,40	-	6,00	-	9,80	-
5,2	2,65	2,00	-3,35	1,2	2,45	4,30	2,55	8,20	5,65
0,2	-	2,00	-	0,60	-	8,00	-	2,60	-
5,4	-	6,50	-	7,40	-	9,00	-	7,80	-
8	-	4,80	-	6,80	-	12,2	-	10,8	-
8,2	-	8,50	-	7,00	-	11	-	7,00	-
8	-	2,00	-	6,60	-	4,00	-	8,20	-
4	-	-1,5	-	0,80	-	4,00	-	3,00	-
4,2	-	-2,50	-	1,6	-	5,00	-	4,20	-
3	-	-2,50	-	-0,40	-	1,5	-	3,00	-
6,4	-	0,00	-	4,20	-	3,00	-	8,00	-
4,8	-	0,00	-	3,00	-	2,00	-	6,00	-
5	2,05	0,00	-3,15	-0,80	2,05	1	2,05	2,80	-
2	4,05	0,50	-4,95	2,40	2,55	3,00	1,75	5,00	4,95
5	-	-1	-5,95	0,40	0,65	1,8	-	4,80	2,35
5,6	4,65	-1	0,05	2,20	5,85	3,00	4,35	5,00	4,45
5,6	-	1	-	3,40	-	6,00	-	5,20	-
4,2	-	4,50	-	3,60	-	9,00	-	5,20	-
9	-	1,5	-	5,80	-	4,20	-	8,80	-
9,4	7,85	4,50	0,75	8,00	5,85	6,00	2,55	9,20	5,65
8	8,85	3,80	-3,35	8,00	7,95	7,00	7,95	10	10,75
4,2	8,85	2,00	0,15	3,20	4,75	6,00	6,35	7,00	10,95
6,6	6,65	3,00	0,95	4,20	3,95	5,00	5,85	8,80	6,85
5,2	5,05	3,00	0,35	8,00	-	5,00	-	6,80	-
5,6	8,05	2,80	0,75	8,40	8,15	6,00	7,35	10,4	-
5,6	-	5,00	-	5,60	-	6,50	-	11	-
5,6	-	4,50	-	8,40	-	6,50	-	10	-

13	11,15	4,00	7,35	9,60	10,05	7,00	8,55	11	9,15
12	-	10	-	10,2	-	10	-	*	-
12	-	7,00	-	9,60	-	8,00	-	12	-
12,8	-	7,00	-	10,6	-	11	-	12,8	-
10	-	6,30	-7,55	11,2	-	10,5	-	11,8	-
11,2	-	6,00	-	7,60	6,05	8,00	-	10,8	6,15
9,4	8,45	5,00	0,05	6,60	7,55	6,00	7,75	10,8	10,15
9,8	-	5,00	-3,45	7,60	-	10	-		9,45
8,2	7,45	5,00	-2,25	7,20	5,85	9,00	4,95	11	8,25
6,6	7,55	7,00	-3,95	5,80	6,05	8,50	7,65	8,80	9,35
4,8	6,95	5,00	-	7,00	6,35	8,00	7,45	8,00	5,85
6	9,35	5,00	-	8,60	-	10	-	11,4	-
6,4	7,15	6,50	-	6,00	-	8,00	-	12	-
7	9,65	6,00	-4,05	4,40	8,05	10	9,05	9,00	10,25
5,8	12,35	4,00	-3,65	4,00	6,25	8,00		7,00	-
11	10,95	4,00	1,25	10,4	9,65	11	10,05	13,2	11,55
9	-	6,50	-4,15	5,60	-	10	-	9,60	11,75
10,4	5,85	*	5,75	7,60	9,85	12	10,95	9,40	10,05
10,8	12,05	10	2,45	8,60	11,55	12	12,65	11	15,25
9	11,15	9,00	2,55	8,80	10,35	14	11,35	10,4	13,95
8,8	13,55	10	3,95	9,40	11,45	13	12,45	10,4	15,55
9,2	12,35	12	7,25	8,40	10,35	13	12,15	11	14,15
9,6	12,45	12	3,95	9,60	10,15	13	7,55	10,4	10,05
10	9,35	12,5	-5,65	10,6	9,45	14	-	10,4	12,55
11	-	11,5	-	11,6	-	13	-	11,6	-
9,6	8,85	9,50	5,25	10,6	8,15	11	5,05	11	-
10	9,15	8,50	1,05	10	7,65	9,00	7,35	11	10,55
11	12,65	8,50	6,05	9,60	10,85	11	10,85	10,8	12,55
10	-	9,00	6,95	10	-	12	6,65	11,2	-
12	14,55	11	7,45	11	13,45	11	11,95	14	15,45
13,8	11,35	9,00	3,75	12,6	10,95	12	10,25	11,4	12,95
12,2	11,05	8,00	5,05	12,4	11,35	14	13,35	13,6	15,05
10,8	11,55	7,00	3,95	9,60	9,95	15	12,65	12	14,25
11	14,25	12,5	4,45	8,40	11,55	14	12,55	12,8	13,55
12,4	-	13	-	10,4	12,25	14	14,95	14	15,35
12	14,95	12,5	7,15	10,6	15,15	14	16,35	12	16,95
15,6	15,85	15	5,35	10,6	16,95	10	17,95	15	19,55
13,2	14,85	15,5	3,55	11	13,35	16	13,85	14	17,95

14,2	14,15	13	6,05	9,60	13,15	16	11,65	16,6	12,65
16	11,15	11	7,25	9,60	-	12	10,65	13,8	14,25
9,8	13,45	10	7,75	9,60	13,05	10	14,05	10,8	15,75
10,6	10,75	10,5	-	12	-	15	-	14	-
15	-	13,5	-	15,2	-	13,5	9,35	17,6	-
14	-	11	-	12	-	12	-	14	-
11,4	16,85	10,5	8,55	9,60	13,75	11	13,25	13	18,15
15	17,45	9,50	2,95	9,20	15,55	14	16,45	16,2	19,85
15,2	15,25	10,5	9,25	15	14,55	15	14,05	17	17,85

Οπότε σύμφωνα με τα παραπάνω δημιουργήθηκαν διαγράμματα που συγκρίνουν τα μετεωρολογικά δεδομένα που μας δόθηκαν από την ΕΜΥ του εκάστοτε μετεωρολογικού σταθμού σε σύγκριση με τα δορυφορικά δεδομένα.

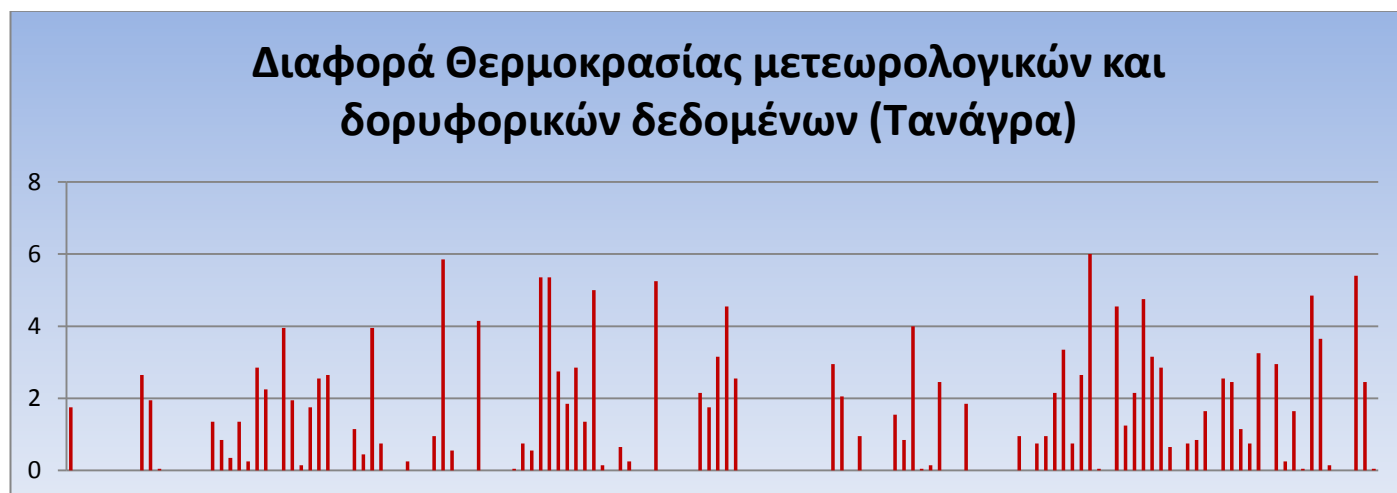


Διάγραμμα 47: Σύγκριση μετεωρολογικού σταθμού και δορυφορικών εικόνων, Τανάγρα

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται και σύμφωνα με υπολογισμούς υπάρχει απώλεια δεδομένων στον μετεωρολογικό σταθμό Τανάγρα που αγγίζει το 40%.

Άρα τα δορυφορικά δεδομένα που υπάρχουν αγγίζουν το 60%. Επίσης παρατηρείται ότι τα δεδομένα είναι συγκρίσιμα καθώς οι θερμοκρασίες είναι με μικρή διαφορά ίδιες.

Η μεταξύ τους διαφορά θερμοκρασίας αποτυπώνεται στο παρακάτω Διάγραμμα.



Διάγραμμα 48: Διαφορά Θερμοκρασίας μετεωρολογικών και δορυφορικών δεδομένων (Τανάγρα)

Παρατηρείται ότι η διαφορά θερμοκρασίας τους δεν είναι μεγάλη εξαιρούνται σε ακραίες περιπτώσεις των 5 και έξι βαθμών κελσίου.

Στις περισσότερες μετρήσεις η θερμοκρασιακή διαφορά κυμαίνεται από 0,05 έως 3 βαθμούς κελσίου. Το ποσοστό που οι δύο θερμοκρασίες αυτές συγκλίνουν με απόλυτη τιμή έως 3 βαθμούς είναι 77,7%



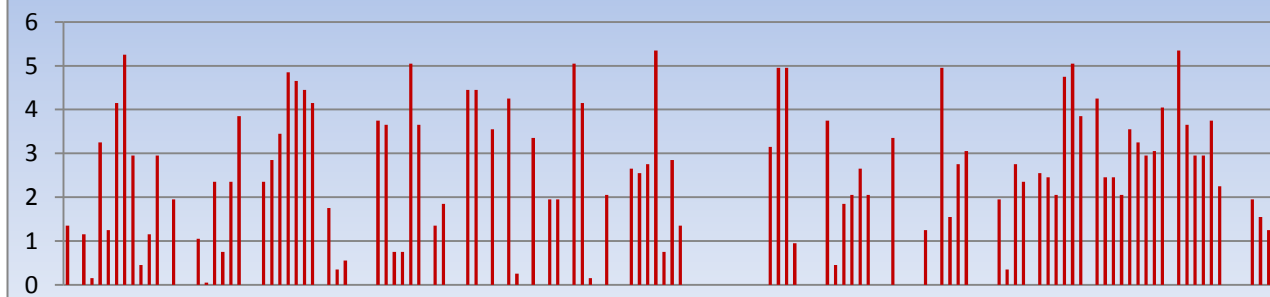
Διάγραμμα 49: Σύγκριση μετεωρολογικού σταθμού και δορυφορικών εικόνων, Αράχωβα

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται και σύμφωνα με υπολογισμούς υπάρχει απώλεια δεδομένων στον μετεωρολογικό σταθμό Αράχωβα που αγγίζει το 33%.

Άρα τα δορυφορικά δεδομένα που υπάρχουν αγγίζουν το 77%. Επίσης παρατηρείται ότι τα δεδομένα δεν είναι ιδιαίτερα συγκρίσιμα καθώς οι θερμοκρασίες έχουν μια σχετική απόκλιση της τάξης των δύο βαθμών κελσίου.

Η μεταξύ τους διαφοράς θερμοκρασίας αποτυπώνεται στο παρακάτω Διάγραμμα.

Διαφορά Θερμοκρασίας μετεωρολογικών και δορυφορικών δεδομένων (Αράχωβα)



Διάγραμμα 50: Διαφορά Θερμοκρασίας μετεωρολογικών και δορυφορικών δεδομένων (Αράχωβα)

Παρατηρείται ότι η διαφορά θερμοκρασίας τους δεν είναι μεγάλη εξαιρούνται σε ακραίες περιπτώσεις των 5 βαθμών κελσίου.

Στις περισσότερες μετρήσεις η θερμοκρασιακή διαφορά κυμαίνεται από 0,05 έως 3 βαθμούς κελσίου.

Το ποσοστό που οι δύο θερμοκρασίες αυτές συγκλίνουν με απόλυτη τιμή έως 3 βαθμούς είναι 73%

Σύγκριση μετεωρολογικού σταθμού και δορυφορικών εικόνων, Δεσφίνα



Διάγραμμα 51: Σύγκριση μετεωρολογικού σταθμού και δορυφορικών εικόνων, Δεσφίνα

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται και σύμφωνα με υπολογισμούς υπάρχει απώλεια δεδομένων στον μετεωρολογικό σταθμό Δεσφίνα που αγγίζει το 41%.

Άρα τα δορυφορικά δεδομένα που υπάρχουν αγγίζουν το 59%. Επίσης παρατηρείται ότι τα δεδομένα δεν είναι ιδιαίτερα συγκρίσιμα καθώς οι θερμοκρασίες έχουν μια σχετική απόκλιση της τάξης των δύο βαθμών κελσίου.

Η μεταξύ τους διαφοράς θερμοκρασίας αποτυπώνεται στο παρακάτω Διάγραμμα.



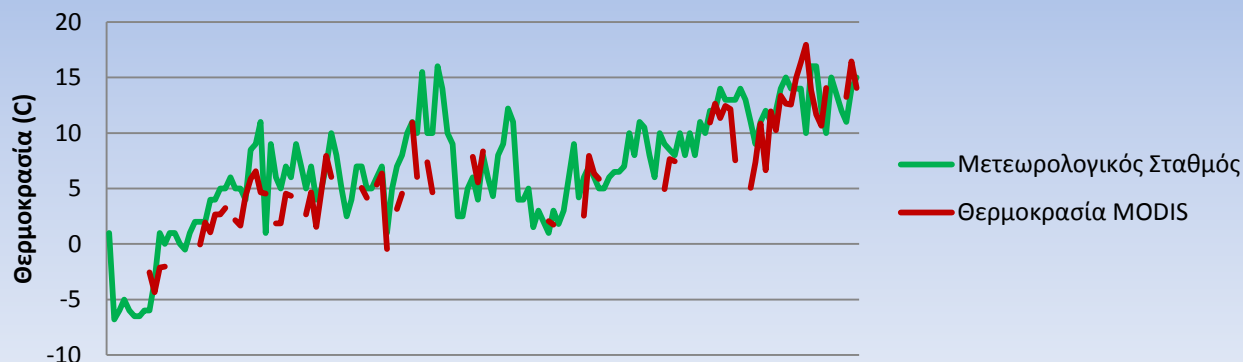
Διάγραμμα 52: Διαφορά Θερμοκρασίας μετεωρολογικών και δορυφορικών δεδομένων (Δεσφίνα)

Παρατηρείται ότι η διαφορά θερμοκρασίας τους δεν είναι μεγάλη εξαιρούνται σε ακραίες περιπτώσεις των 5 βαθμών κελσίου.

Στις περισσότερες μετρήσεις η θερμοκρασιακή διαφορά κυμαίνεται από 0,05 έως 3 βαθμούς κελσίου.

Το ποσοστό που οι δύο θερμοκρασίες αυτές συγκλίνουν με απόλυτη τιμή έως 3 βαθμούς είναι 83%

Σύγκριση μετεωρολογικού σταθμού και δορυφορικών εικόνων, Δομοκός



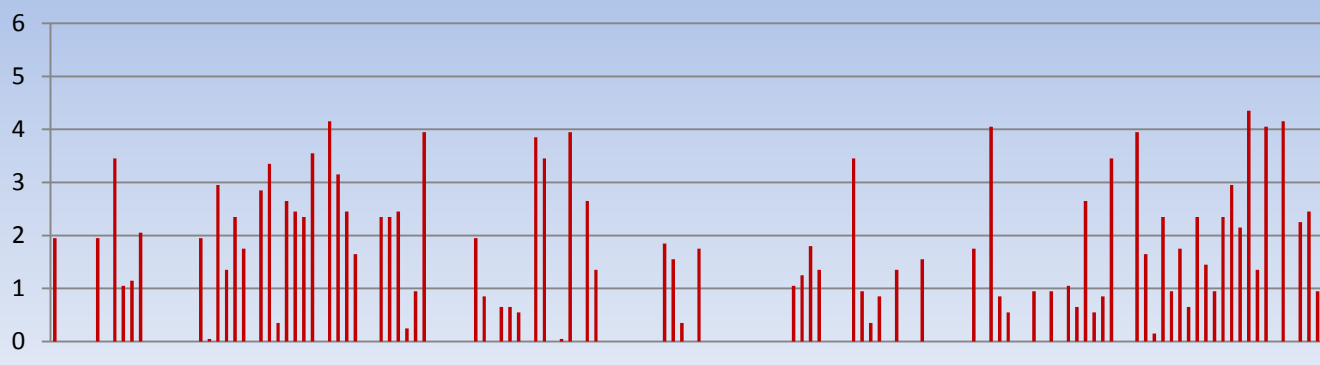
Διάγραμμα 53: Σύγκριση μετεωρολογικού σταθμού και δορυφορικών εικόνων, Δομοκός

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται και σύμφωνα με υπολογισμούς υπάρχει απώλεια δεδομένων στον μετεωρολογικό σταθμό Δομοκός που αγγίζει το 41%.

Άρα τα δορυφορικά δεδομένα που υπάρχουν αγγίζουν το 59%. Επίσης παρατηρείται ότι τα δεδομένα δεν είναι ιδιαίτερα συγκρίσιμα καθώς οι θερμοκρασίες δεν έχουν ιδιαίτερη απόκλιση των τιμών.

Η μεταξύ τους διαφορά θερμοκρασίας αποτυπώνεται στο παρακάτω Διάγραμμα.

Διαφορά Θερμοκρασίας μετεωρολογικών και δορυφορικών δεδομένων (Δομοκός)

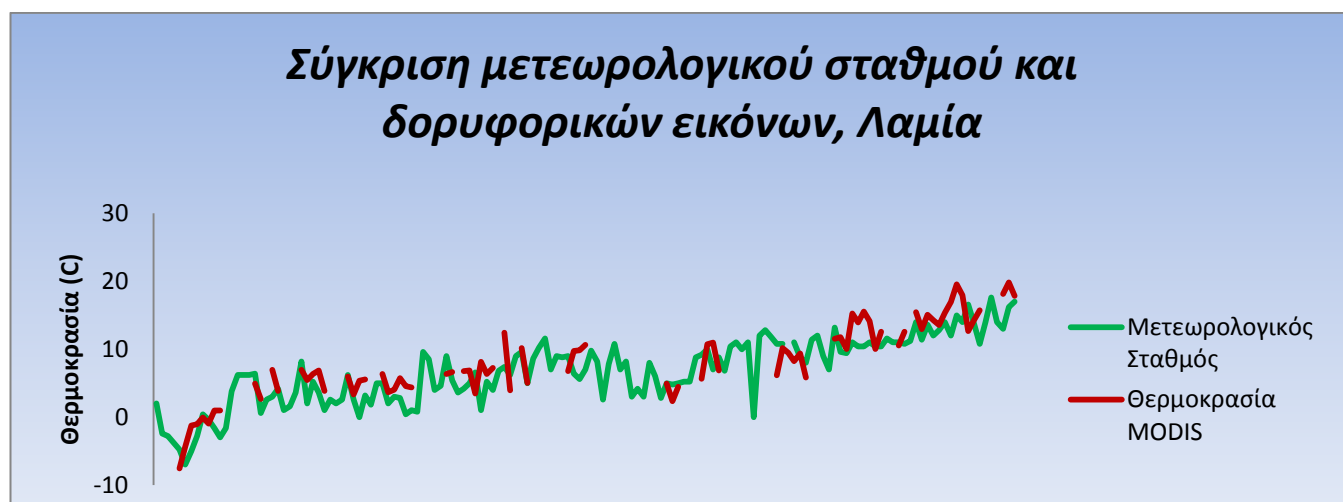


Διάγραμμα 54: Διαφορά Θερμοκρασίας μετεωρολογικών και δορυφορικών δεδομένων (Δομοκός)

Παρατηρείται ότι η διαφορά θερμοκρασίας τους δεν είναι μεγάλη εξαιρούνται σε ακραίες περιπτώσεις των 4 βαθμών κελσίου.

Στις περισσότερες μετρήσεις η θερμοκρασιακή διαφορά κυμαίνεται από 0,05 έως 3 βαθμούς κελσίου.

Το ποσοστό που οι δύο θερμοκρασίες αυτές συγκλίνουν με απόλυτη τιμή έως 3 βαθμούς είναι 81,8%



Διάγραμμα 55: Σύγκριση μετεωρολογικού σταθμού και δορυφορικών εικόνων, Λαμία

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται και σύμφωνα με υπολογισμούς υπάρχει απώλεια δεδομένων στον μετεωρολογικό σταθμό Λαμία που αγγίζει το 40%.

Άρα τα δορυφορικά δεδομένα που υπάρχουν αγγίζουν το 60%. Επίσης παρατηρείται ότι τα δεδομένα δεν είναι ιδιαίτερα συγκρίσιμα καθώς οι θερμοκρασίες δεν έχουν ιδιαίτερη απόκλιση των τιμών.

Η μεταξύ τους διαφορά θερμοκρασίας αποτυπώνεται στο παρακάτω Διάγραμμα.



Διάγραμμα 56: Διαφορά θερμοκρασίας μετεωρολογικών και δορυφορικών δεδομένων, Λαμία

Παρατηρείται ότι η διαφορά θερμοκρασίας τους δεν είναι μεγάλη εξαιρούνται σε ακραίες περιπτώσεις των 5 βαθμών κελσίου.

Στις περισσότερες μετρήσεις η θερμοκρασιακή διαφορά κυμαίνεται από 0,05 έως 3 βαθμούς κελσίου.

Το ποσοστό που οι δύο θερμοκρασίες αυτές συγκλίνουν με απόλυτη τιμή έως 3 βαθμούς είναι 71,7%

Σύμφωνα με τα παραπάνω και για να καλυφθεί όλη η περιοχή με μελέτης με δεδομένα θερμοκρασίας όπου δεν υπάρχουν δορυφορικά δεδομένα γίνεται η εξής επεξεργασία:

- Δημιουργείται πίνακας (Πίνακας 14) όπου καταγράφεται η θερμοκρασία των μετεωρολογικών σταθμών που έχει παγετό δηλαδή εμφανίζονται στο πίνακα οι θερμοκρασίες των μετεωρολογικών σταθμών με τη θερμοκρασία των δορυφορικών δεδομένων που είχαν καταγραφεί από τον Πίνακα 13.
- Δημιουργείται δεύτερος πίνακας (Πίνακας 15) όπου εμφανίζονται οι θερμοκρασίες που υπάρχει παγετός από τους μετεωρολογικούς σταθμούς και δεν υπάρχει πληροφορία από τα δορυφορικά δεδομένα.
- Δημιουργείται τρίτος πίνακας (Πίνακας 16) όπου εμφανίζονται το ποσοστό στους μετεωρολογικούς σταθμούς όταν υπάρχει παγετός και υπάρχουν δορυφορικά δεδομένα και όταν υπάρχει παγετός στα μετεωρολογικά δεδομένα και δεν υπάρχουν δορυφορικά δεδομένα.

Χρονολογία	Μήνας	Ημέρα	ΤΑΝΑΓΡΑ	Θερμοκρασία MODIS (C)	ΑΡΑΧΩΒΑ	Θερμοκρασία MODIS (C)	ΔΕΣΦΙΝΑ	Θερμοκρασία MODIS (C)	ΔΟΜΟΚΟΣ	Θερμοκρασία MODIS (C)	ΛΑΜΙΑ	Θερμοκρασία MODIS (C)
2002	1	1			-7,00		0,00					
2002	1	2	-1,40	-3,15	-7,50	-6,15	-4,20	-3,75	-6,80	-4,85	-2,40	-0,65
2002	1	3	-3,40		-8,00		-5,00		-6,00		-2,80	
2002	1	4	-2,4		-8	-9,15	-3,40		-5,00		-3,80	
2002	1	5	-4,4		-9	-13,15	-5,60		-6,00		-4,80	-7,55
2002	1	6	-4,6		-8,5	-11,75	-7,00		-6,50		-7,00	-4,35
2002	1	7	-5		-8	-6,75	-7,20	-5,85	-6,50	-4,55	-5,00	-3,5
2002	1	8	-7		-5	-9,15	-4,80		-6,00		-2,80	-1,05
2002	1	9	-3,8		-0,8	-6,05	-2,40		-6,00	-2,55		
2002	1	10			-3	-5,95	-3,00	-2,95	-3,30	-4,35	-0,40	-0,95
2002	1	11				-1,05	-3,80	-0,65			-1,6	-2,3
2002	1	12	0	0,05			-3,40	-0,65	0,00	-2,05	-3,00	-4,2
2002	1	13	0		-1	-3,95	-2,60				-1,6	
2002	1	14			-1							
2002	1	15			-2	-5,55			0,00			
2002	1	16			-1,5				-0,50			
2002	1	17			0							
2002	1	18			0	1,05						
2002	1	20			-0,5	-1,05	-0,60	1,65				
2002	1	21			-2,5	-3,25	0,00	1,25				
2002	1	22			-2,5	0,15	-0,60	-2,5				
2002	2	4					-0,60	-1,5				
2002	2	5					-1	-2,5				
2002	2	12					0,00	1				
2002	3	11			-0,8							
2002	3	24			-1,5							
2002	3	25			-2,5							
2002	3	26			-2,5		-0,40					
2002	3	29			0	-3,15	-0,80	-1				
2002	3	31			-1	-5,75						
2002	4	1			-1	-0,05						

Πίνακας 14: Καταμέτρηση παγετού των μετεωρολογικών δεδομένων για το έτος 2002

Πίνακας 15: Καταμέτρηση παγετού των μετεωρολογικών δεδομένων όπου δεν υπάρχει διαθεσιμότητα δορυφορικών δεδομένων λόγω νεφοκάλυψης για το έτος 2002

	ΤΑΝΑΓΡΑ	ΑΡΑΧΩΒΑ	ΛΕΣΦΙΝΑ	ΛΟΜΟΚΟΣ	ΛΑΜΙΑ
1/1		-7,00	0,00		
2/1	-3,40	-8,00	-5,00	-6,00	-2,80
3/1	-2,4			-5	-3,80
4/1	-4,4			-6	-4,80
5/1	-4,6			-6,5	-7,00
6/1	-5				-5,00
7/1	-7			-6	-2,80
8/1	-3,8				
9/1	0				-1,60
10/1		-1			
14/1				0	
15/1		-1,5		-0,5	
17/1		0			
24/3		-1,5			
25/3		-2,5			
26/3		-2,5	-0,4		
Μέσος όρος	-3,825	-3	-1,8	-4,28571	-3,475
Ποσοστό (%)	5,63	5,63	2,11	4,93	4,93

Στον παραπάνω πίνακα όπως προαναφέρθηκε εμφανίζεται η καταγραφή των μετεωρολογικών δεδομένων που έχουν παγετό και δεν υπάρχουν δορυφορικά δεδομένα.

Παρατηρείται ότι το 5,6% των συνολικών ημερών για το έτος 2002 που δεν έχουμε δορυφορικά δεδομένα υπάρχει πιθανότητα παγετού καθώς η θερμοκρασία είναι κάτω από 0 βαθμούς Κελσίου.

Πίνακας 16: Ποσοστό Καταγραφής Θερμοκρασίας μετεωρολογικών σταθμών κάτω από 0C, όταν έχει και όταν δεν έχει δορυφορικά δεδομένα

Μετεωρολογικός Σταθμός	Ποσοστό καταγραφής θερμοκρασίας κάτω από 0C και υπήρχαν δορ. Δεδομένα	Ποσοστό καταγραφής θερμοκρασίας κάτω από 0C και δεν υπήρχαν δορ. Δεδομένα
ΤΑΝΑΓΡΑ	8%	5,63%
ΑΡΑΧΩΒΑ	18,30%	5,63%
ΔΕΣΦΙΝΑ	14,70%	2,11%
ΔΟΜΟΚΟΣ	9,10%	4,93%
ΛΑΜΙΑ	8,40%	4,93%

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρείται ότι το ποσοστό καταγραφής θερμοκρασίας από τους μετεωρολογικούς σταθμούς όταν έχει παγετό και όταν υπάρχουν δορυφορικά δεδομένα, είναι για παράδειγμα στην Αράχωβα τριπλάσιο συγκριτικά με το ποσοστό καταγραφή θερμοκρασίας όταν έχει παγετό και δεν υπάρχουν δορυφορικά δεδομένα.

Αυτό μας αποδεικνύει ότι οι ημέρες που έχουν παγετό είναι πολύ περισσότερες όταν υπάρχουν ανέφελες ημέρες απ' ότι όταν έχει νέφη καθώς τις ανέφελες ημέρες έχουμε και καθαρότερες εικόνες από την καταγραφή των δορυφόρων.

Στο παρόν σημείο γίνεται μία παραδοχή, ότι το ποσοστό παγετού που έχει καταγραφεί για το 2002 θα ισχύει και για τα άλλα δύο έτη που έχουμε μελετήσει, δηλαδή για το έτος 2004 και 2007, καθώς δεν έχουμε δεδομένα από τα υπόλοιπα έτη.

Με αυτή την παραδοχή θα δημιουργηθεί χάρτης με το ποσοστό των δεδομένων που καταγράφηκαν και υπήρχε παγετός σύμφωνα με τα μετεωρολογικά δεδομένα και δεν υπήρχε η πληροφορία των δορυφορικών δεδομένων.

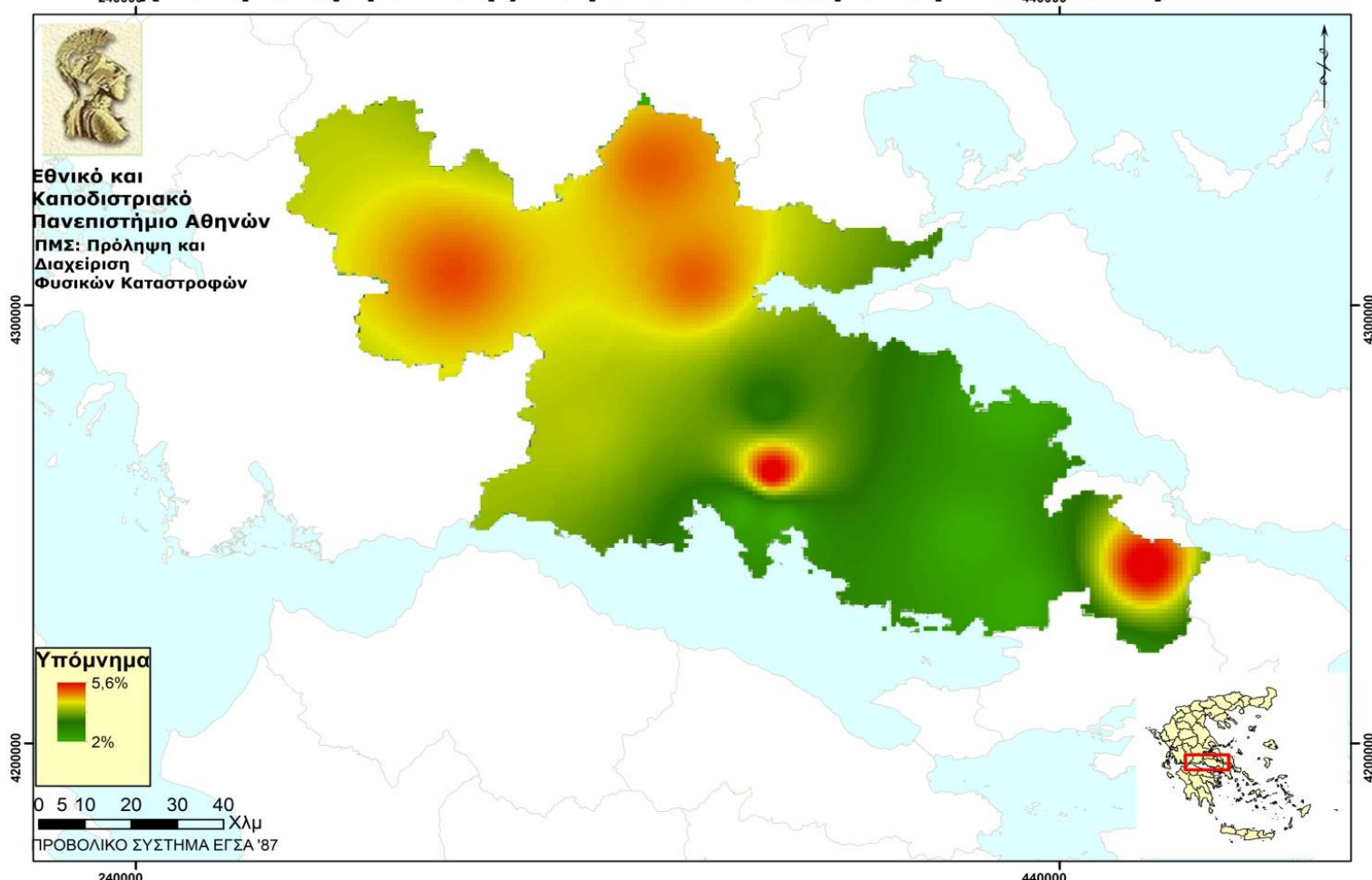
Οι μετεωρολογικοί σταθμοί όμως όπως που μελετήθηκαν καλύπτουν μέρος της περιοχή μελέτης.

Για να δημιουργηθεί ο χάρτης τοποθετήθηκαν οι 12 μετεωρολογικοί σταθμοί που έχουμε δεδομένα και τους δόθηκε το ποσοστό σύμφωνα με το στατικό μοντέλο.

Δηλαδή, πιθανολογήθηκε σύμφωνα με το στατικό μοντέλο όπου εμπεριέχει παραμέτρους όπως είναι το υψόμετρο, οι κλίσεις πρανών, η καμπυλότητα, στους σταθμούς που δεν έχουμε δεδομένα ότι στο σταθμό Καρπενήσι δόθηκε το ποσοστό 5%, στο σταθμό Αντίκυρα 3%, στο σταθμό Καπαρέλλι 2%, στο σταθμό Αλίαρτος 2%, στο σταθμό Θεολόγος 2%, στο σταθμό Αμφίκλεια 3% και στο σταθμό Διακόπι 2%.

Οπότε σύμφωνα με τα παραπάνω δημιουργήθηκε ο Χάρτης 22. Στο παρακάτω χάρτη παρατηρείται ότι τα μεγαλύτερα ποσοστά εμφανίζονται στην Περιοχή του Δομοκού και του Καρπενησίου.

Συχνότητα εμφάνισης παγετού Μετεωρολογικών Δεδομένων

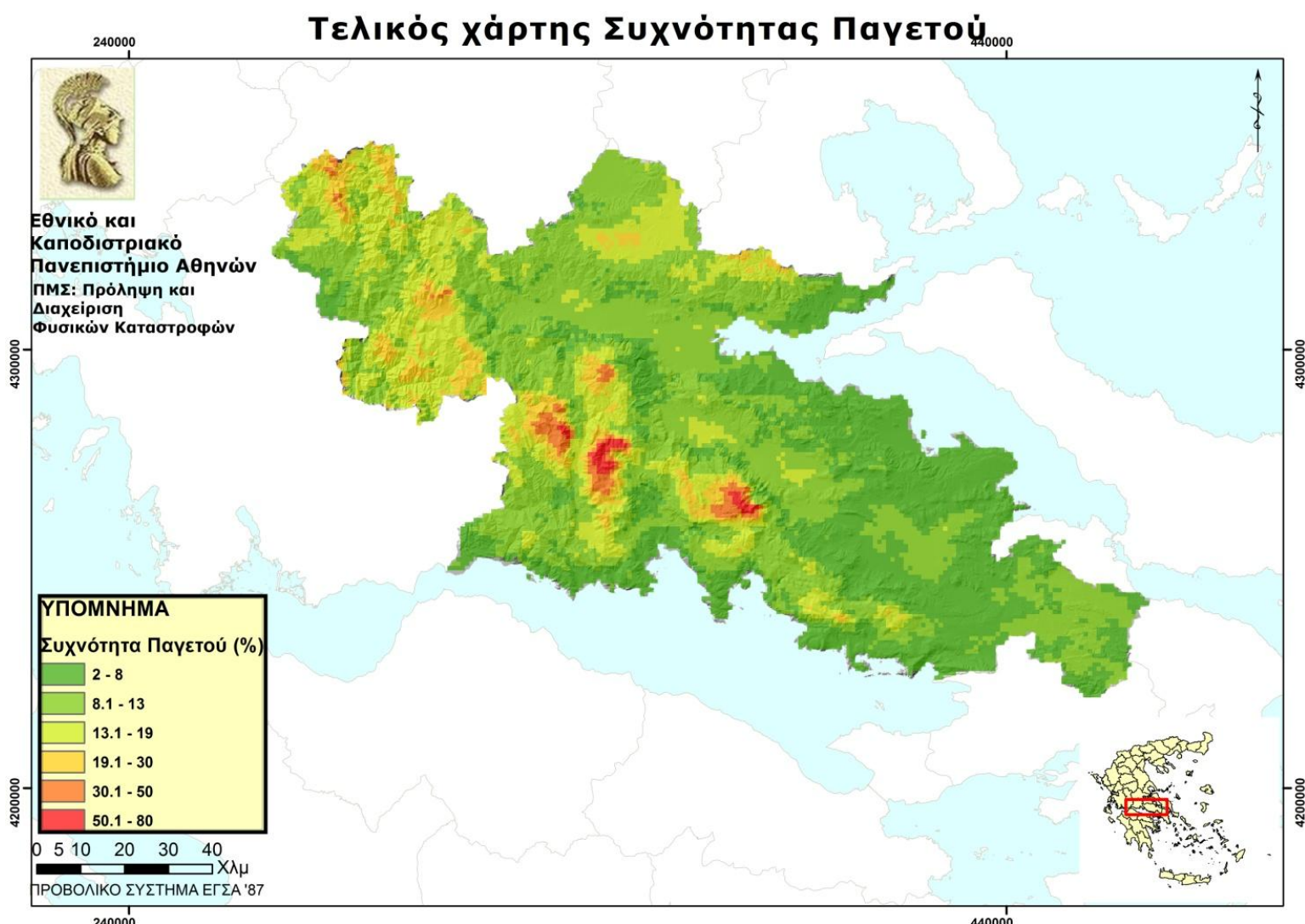


Χάρτης 24: Συχνότητα εμφάνισης παγετού μετεωρολογικών δεδομένων όταν δεν υπάρχουν δορυφορικά δεδομένα

Έτσι στον Χάρτη συχνότητας παγετού μετεωρολογικών δεδομένων όταν δεν υπήρχαν δορυφορικά δεδομένα (Χάρτης 24) προστέθηκε ο χάρτης συχνότητας παγετού των

δορυφορικών δεδομένων (Χάρτης 21) με τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτεται 100% . Η πρόσθεση αυτή είχε ως αποτέλεσμα τον τελικό χάρτη συχνότητας παγετού (Χάρτης 25).

Στον χάρτη αυτό παρατηρείται ότι οι ορεινοί όγκοι έχουν μεγαλύτερη συχνότητα παγετού συγκριτικά με τις πεδινές περιοχές. Στο δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης έχουμε και έως 50-80% των ημερών που καλύπτονται από παγετό για τους μήνες Ιανουάριο έως Μάιο.

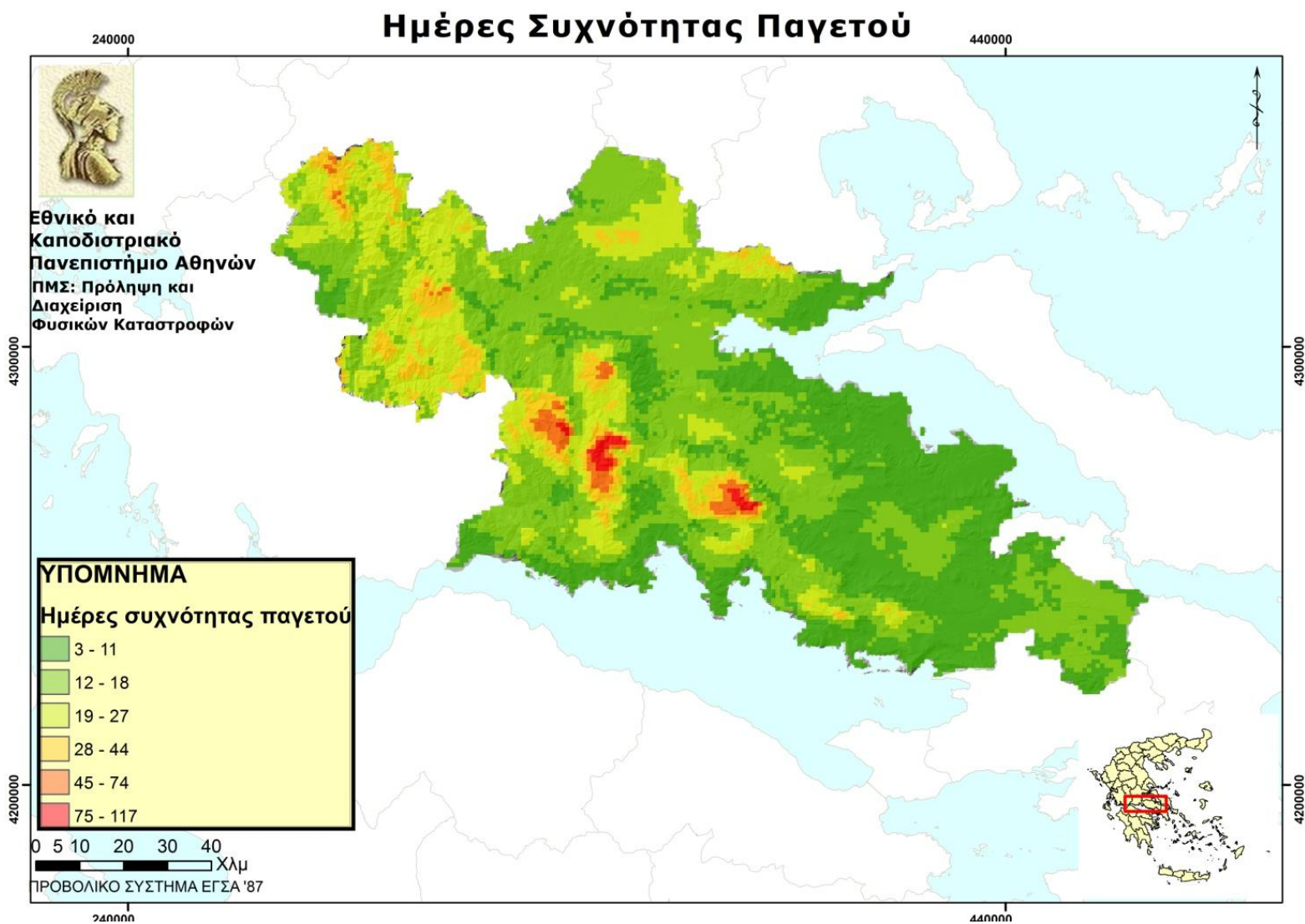


Χάρτης 25: Χάρτης συχνότητας παγετού περιοχής μελέτης για τους μήνες Ιανουάριο έως Μάιο

Σύμφωνα με το Χάρτη 22 μπορεί να υπολογιστεί ο αριθμός των ημερών για κάθε έτος όπου υπάρχει πιθανότητα να έχει παγετό. Οπότε στον παρακάτω χάρτη (Χάρτη 23) διακρίνουμε τον αριθμό των ημερών που πιθανολογείται να έχει παγετό η περιοχή

μελέτης.

Παρατηρείται ότι οι περιοχές που έχουν τις περισσότερες ημέρες παγετού ανά έτος είναι 75-117 και λαμβάνουν χώρα στον ορεινό όγκο Παρνασσό και Γκιώνα. Λιγότερες ημέρες παγετού διακρίνονται στο Νομό Ευρυτανίας όπου κυμαίνονται στις 47-74 στο μεγαλύτερο τμήμα της.



Χάρτης 26: Χάρτης ημερών συχνότητας παγετού στην περιοχή μελέτης για τους μήνες Ιανουάριο έως Μάιο

Κεφάλαιο 8: Αποτελέσματα ανάλυσης Προστασίας Οδικού Δικτύου

Η χειμερινή συντήρηση των δρόμων αποτελεί ένα σημαντικό πεδίο για τις τοπικές κλιματολογικές έρευνες. Οι μηχανικοί συντήρησης απαιτούν προβλέψεις υψηλής ακρίβειας για μικρές περιόδους. Κατά τη διάρκεια των δέκα τελευταίων ετών διαφορετικά μοντέλα για να μπορούν να προβλέψουν τον πάγο και τον παγετό έχουν αναπτυχθεί και οι μηχανικοί συντήρησης των δρόμων και οι μετεωρολόγοι χρησιμοποιούνται ως μια πολύτιμη τεχνική για λήψη αποφάσεων σχετικά με τη συντήρηση των δρόμων το χειμώνα (Bogren, 1990; Thornes & Shao, 1992; Bogren & Gustavsson, 1994; Hertl & Schaffar, 1998).

Το αλάτι είναι το σύνηθες αντιπαγωτικό υλικό που χρησιμοποιείται στη χειμερινή συντήρηση των οδών. Χρησιμοποιείται προληπτικά για την αποφυγή δημιουργίας στρώματος χιονιού ή πάγου στο οδόστρωμα, αλλά και για το λιώσιμο ήδη υπάρχοντος στρώματος χιονιού ή πάγου στο οδόστρωμα, αλλά και για το λιώσιμο ήδη υπάρχοντος στρώματος χιονιού ή πάγου. Είναι αποτελεσματικό σε θερμοκρασίες μέχρι -12°C , ενώ με παρουσία ήλιου ή βαριάς κυκλοφορίας μπορεί να είναι αποτελεσματικό μέχρι και -18°C . όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία, τόσο περισσότερο χρόνο χρειάζεται για να δράσει. Συνιστάται να εφαρμόζεται τουλάχιστον μισή ώρα πριν αρχίσουν οι εργασίες απαγχιονισμού, έτσι ώστε να προλαβαίνει να δράσει, πριν παρασυρθεί από τις λεπίδες των εκχιονιστικών μηχανημάτων. Επίσης πρέπει να εφαρμόζεται αμέσως μόλις ανιχνευτεί πάγος στην επιφάνεια του οδοστρώματος.

Η ορθή χρήση του αλατιού είναι σημαντική καθώς η υπερβολική χρήση μπορεί να οδηγήσει στη ζημία των οχημάτων και προβλήματα στις κατασκευαστικές εργασίες. Επίσης, υπάρχει και ο κίνδυνος του εδάφους και των υδατικών πόρων όπου επηρεάζονται (Jutengren, 1995; Bäckman & Folkesson, 1996).

Επιπλέον υπάρχει αυξανόμενη ανησυχία σχετικά με τις συνέπειες των δρόμων που αλατίζονται συχνά στην ανάπτυξη της βλάστησης εκατέρωθεν του δρόμου (D'Itri, 1992; Brod, 1993).

Επισημαίνεται ότι η απορροή από μεγάλα αποθέματα αλατιού που χρησιμοποιείται στην χειμερινή συντήρηση των οδών, έχει αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Για το λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητη η απομάκρυνση τυχόν περίσσειας αλατιού που χρησιμοποιήθηκε για τον αποχιονισμό, από σημεία προσωρινής εναπόθεσης ή και από τα περιθώρια του οδοστρώματος.

Στον παρακάτω πίνακα παρατηρούμε τις απαραίτητες ποσότητες αντιπαγετικών υλικών που πρέπει να χρησιμοποιούνται στο οδικό δίκτυο ώστε να μην υπάρχουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Πίνακας 17: Ποσότητες αντιπαγετικών υλικών για προστασία συνθηκών παγετού (Μαρκογιάννη, 2004)

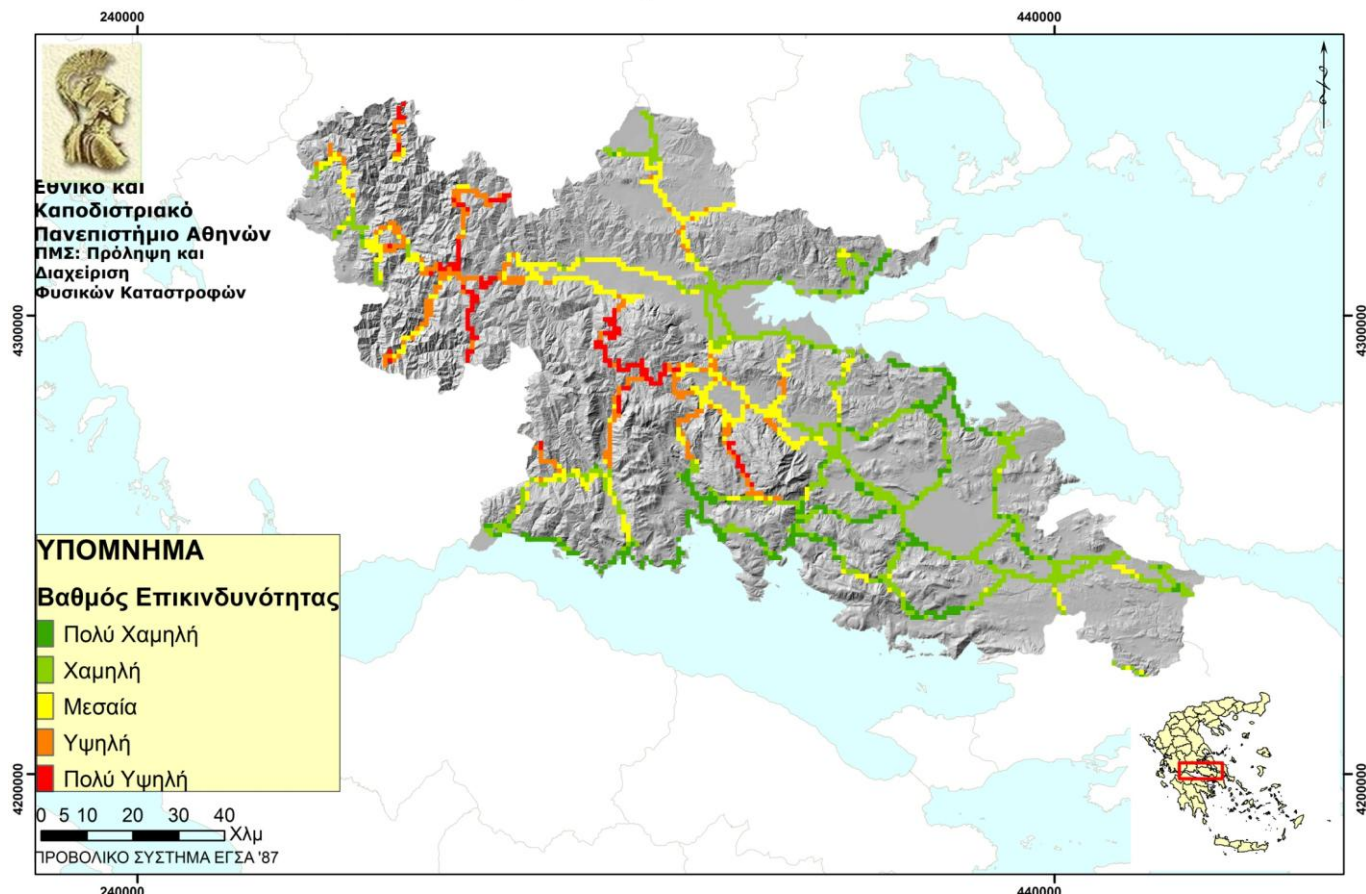
Υλικό	Ποσότητα
Αλάτι	20-40g/m ²
Άμμος	40-80g/m ²
Μίγμα αλατιού -άμμου	30-50g/m ²
Θαλασσινό νερό	Όσο απαιτείται

Για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, το αλάτι θα πρέπει να απλώνεται ομοιόμορφα και σε αναλογίες που κρίνονται κατάλληλες για τις υπάρχουσες ή τις αναμενόμενες συνθήκες. Θα πρέπει να δίνεται προσοχή, ώστε το πλάτος διασποράς να μην είναι ούτε πολύ μικρό, ούτε πολύ μεγάλο. Η διάστρωση του μίγματος θα πρέπει να γίνεται από αυτόματες μηχανές, με βαθμονομημένα όργανα ελέγχου, που σημαίνουν ευκρινώς τις διαφορετικές αναλογίες διάστρωσης, έως το μέγιστο των 40g/m². Μεγαλύτερα επίπεδα διάστρωσης θα πρέπει να αποφεύγονται, καθώς είναι αναποτελεσματικά, αποτελούν σπατάλη και βλάπτουν το περιβάλλον.

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα της επικινδυνότητας παγετού στο οδικό δίκτυο.

Σε συνδυασμό του χάρτη συχνότητας παγετού με το στατικό μοντέλο και με την εντολή extract by mask στο ArcGIS, απομονώθηκε το οδικό δίκτυο και προέκυψε ο παρακάτω χάρτης.

Επικινδυνότητα παγετού στο Οδικό Δίκτυο



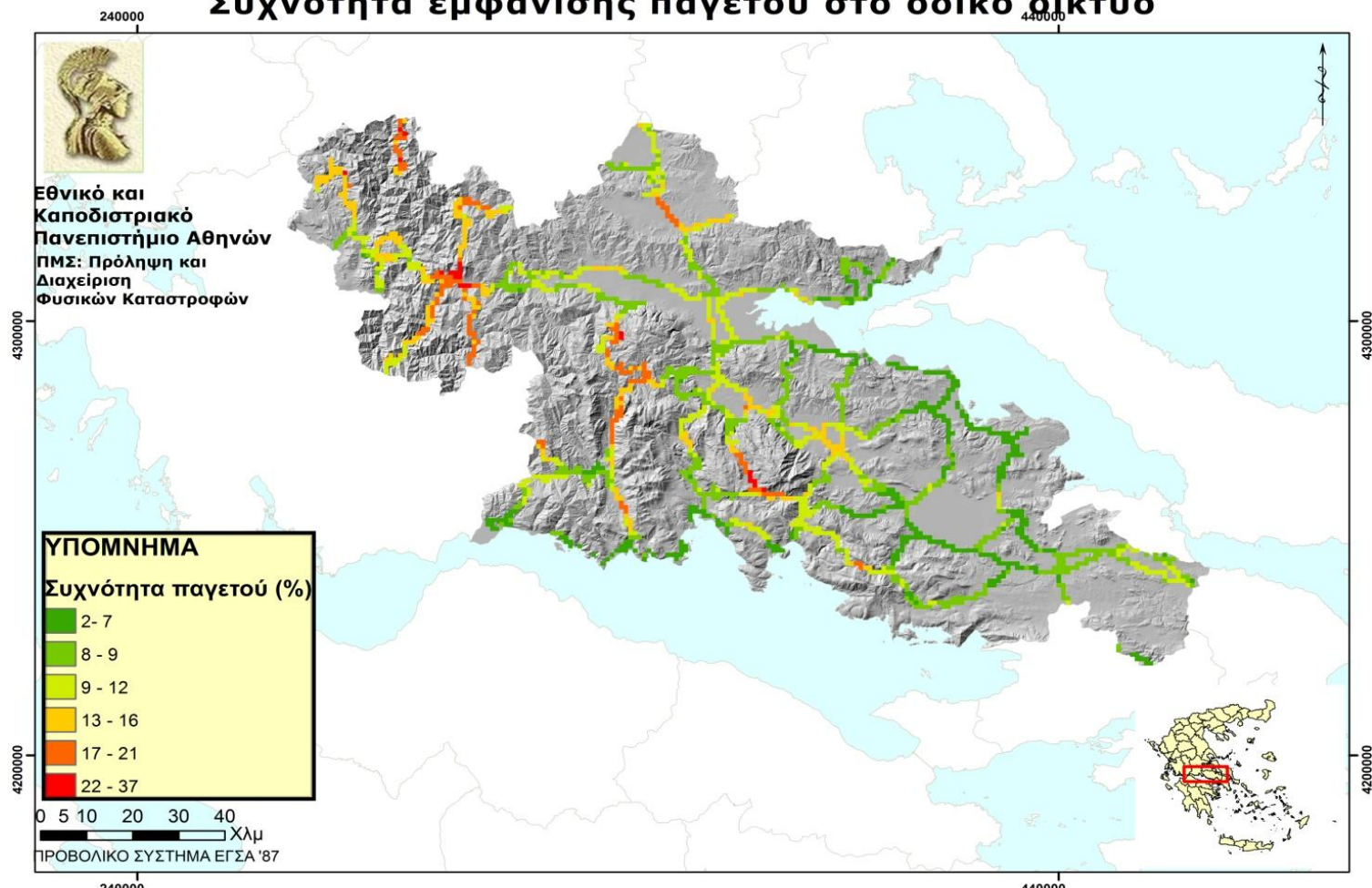
Χάρτης 27: Επικινδυνότητα Παγετού στο οδικό δίκτυο του στατικού μοντέλου

Στον παραπάνω χάρτη παρατηρείται ότι οι δρόμοι στο δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης και συγκεκριμένα στο νομό Ευρυτανίας και στο ορεινό όγκο της Γκιώνας υπάρχει μεγάλη επικινδυνότητα παγετού. Ενώ στο ανατολικό τμήμα της περιοχής υπάρχει πολύ χαμηλή επικινδυνότητα.

Σύμφωνα όμως με τον Χάρτη συχνότητας παγετού (Χάρτης 22) πραγματοποιήθηκε η εντολή extract by mask στο ArcGIS και παράχθηκε το Χάρτης συχνότητας εμφάνισης παγετού στο οδικό δίκτυο (Χάρτης 26). Στο Χάρτη αυτό παρατηρείται ότι το ανώτατο όριο συχνότητας εμφάνισης παγετού είναι 37%.

Συγκριτικά με το Χάρτη συχνότητας παγετού της περιοχής μελέτης (Χάρτης 22) που ανώτατο όριο έχει 80% με το χάρτη εμφάνισης παγετού στο οδικό δίκτυο ότι το ανώτατο όριο είναι 37%, πιθανολογείται ότι οι περιοχές που έχουν μεγαλύτερη συχνότητα παγετού είναι περιοχές δύσβατες σε ορεινούς όγκους.

Συχνότητα εμφάνισης παγετού στο οδικό δίκτυο



Χάρτης 28: Χάρτης συχνότητας εμφάνισης παγετού στο οδικό δίκτυο της περιοχής μελέτης

Σύμφωνα με τον παραπάνω χάρτη δημιουργήθηκε χάρτης με τις πιθανές ημέρες συχνότητας παγετού στο οδικό δίκτυο.

Ημέρες συχνότητας παγετού στο οδικό δίκτυο



Χάρτης 29: Ημέρες συχνότητας εμφάνισης παγετού στο οδικό δίκτυο

Στον παραπάνω χάρτη παρατηρείται ότι τα τμήματα του οδικού δικτύου που έχει τις περισσότερες ημέρες παγετού 33-54 για τους μήνες Ιανουάριο έως Μάιο είναι στο Νομό Ευρυτανίας στον ορεινό όγκο Πάρνωννα και Γκίωνα και στο Δομοκό. Λιγότερες ημέρες παγετού εμφανίζονται στο ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης και κατά μήκος των υδάτινων περιοχών.

Σύμφωνα με το Χάρτης που μας δείχνει τις ημέρες συχνότητας παγετού και σύμφωνα με τον Πίνακα 16 υπολογίστηκε το αλάτι, που χρησιμοποιείται ως αντιπαγωτικό υλικό, που θα πρέπει να προμηθευτεί ο κάθε Νομός ώστε να μην έχει περίσσεια ή έλλειψη καθώς και να υπολογιστούν ο χώρος που θα αποθηκεύεται.

Συγκεκριμένα υπολογίστηκε ο μέσος όρος των ημερών από κάθε κατηγορία επί το

μήκος του δρόμου επί το πλάτος που θεωρήθηκε ως μέσος όρος 6 μέτρα πλάτος επί το μέγιστο ποσοστό αλατιού που χρειάζεται ώστε να χρησιμοποιείται ως αντιπαγωτικό και να μην επιφέρει καταστροφές στο οδικό δίκτυο και στο περιβάλλον.

$$\text{Μήκος Δρόμου} * 6\text{μ (πλάτος δρόμου)} * 0,04\text{kg (αλάτι)} * \text{ΜΟ Ημερών}$$

Πίνακας 18: Ποσότητα αλατιού που θα πρέπει να προμηθεύεται ο κάθε νομός της περιοχής μελέτης (Kg)

Νομός Φθιώτιδας	Νομός Φωκίδας	Νομός Ευρυτανίας	Νομός Βοιωτίας
1.805.767	1.387.335	1.587.885	1.490.722

Το αλάτι πρέπει να αποθηκεύεται με τρόπο ώστε να παραμένει όσο το δυνατόν στεγνότερο. Το υγρό αλάτι επιβαρύνει το μηχανισμό διάστρωσης περισσότερο από ότι το στεγνό αλάτι, με αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους συντήρησης. Το στεγνό αλάτι διαστρώνεται με μεγαλύτερη ευχέρεια στο δρόμο, αποτρέποντας τη σπατάλη.

Συνεπώς το αλάτι πρέπει να διατηρείται καλυμμένο. Η έκθεση μιας στοίβας αλατιού στον αέρα ευνοεί τη δημιουργία κρούστας, ενώ η παρατεταμένη έκθεση υγρού αλατιού σε χαμηλές θερμοκρασίες, μπορεί να προκαλέσει σταθεροποίησή του, ενέχοντας έτσι τον κίνδυνο πρόκλησης μόλυνσης από τα όμβρια ύδατα.

Η βάση του χώρου αποθήκευσης του αλατιού δεν πρέπει να αποτελείται από χώμα, χαλίκι ή από άλλο χαλαρό υλικό, καθώς αυτά μπορούν αν αναμειχτούν με το αλάτι, προκαλώντας παρακώλυση της λειτουργίας και βλάβη οχημάτων διάστρωσης και φόρτωσης. Συνιστάται μια σκληρή, λεία, στέρεα επιφάνεια, ανθεκτική στη διάβρωση από το αλάτι. Οι στοίβες αλατιού δεν πρέπει να αποθηκεύονται εντός της ακτίνας έκτασης των ριζών δένδρων, ούτε και εντός ακτίνας 4.5 μέτρων από θάμνους. Όσον αφορά τους χώρους αποθήκευσης αλατιού, που βρίσκονται σε απόσταση έως και 15 μέτρων από την έκταση των ριζών των δέντρων, θα πρέπει να διαθέτουν αδιαπέραστο από την υγρασία δάπεδο.

Κεφάλαιο 9: Συζήτηση

Στόχος της παρούσας μελέτης ήταν να χαρτογραφηθούν οι αιτίες του παγετού, να καταγραφεί η συχνότητα εμφάνισης του φαινομένου καθώς και να προταθεί σχέδιο αντιμετώπισης και διαχείρισης του φαινομένου.

Ο παγετός προκαλείται κυρίως όταν σε μια περιοχή σημειώνεται η θερμοκρασία κάτω των 0 βαθμών Κελσίου. Συνήθως όμως δεν επηρεάζει την εμφάνιση παγετού μόνο ο παράγοντας της θερμοκρασίας αλλά και οι τοπογραφικές συνθήκες, η απόσταση από υδάτινες επιφάνειες καθώς και οι χρήσεις γης.

Για την κατανόηση του φαινομένου μελετήθηκαν αρχικά οι συνθήκες θερμοκρασίας της περιοχής μελέτης μέσω των μετεωρολογικών σταθμών. Παρατηρήθηκε ότι η θερμοκρασιακή διαφορά συνάδει με το υψόμετρο. Δηλαδή σε ορεινούς όγκους η θερμοκρασία είναι πιο χαμηλή συγκριτικά με τις πεδινές περιοχές. Σημαντικός παράγοντας επίσης είναι η καμπυλότητα καθώς από τις κορυφές των βουνών κατεβαίνουν μεγάλοι όγκοι ψυχρής μάζας αέρα, που δεν αφήνουν τον αέρα να διαφύγει, αλλά δημιουργούν ένα θύλακα και τον εγκλωβίζουν. Όπως επίσης και η απόσταση από ποτάμια, λίμνες, θάλασσα, η παρουσία τους αποτρέπει την δημιουργία παγετού λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητας του νερού, η οποία εμποδίζει την απότομη μεταβολή και τις μεγάλες αποκλίσεις της θερμοκρασίας από τις ήδη υπάρχουσες τιμές. Θεωρείται επίσης και ο προσανατολισμός σημαντικός ως παράγοντας επικινδυνότητας παγετού αλλά σύμφωνα με τα αποτελέσματά της παρούσας εργασίας δεν προκύπτει ότι ο βαθμός σημαντικότητας είναι μεγάλος.

Στη συνέχεια μελετήθηκαν τα δεδομένα που παραχωρήθηκαν από τον Οργανισμό Ελληνικών Γεωργικών Ασφαλίσεων (Ε.Λ.Γ.Α.). Τα δεδομένα αυτά ήταν καθοριστικά καθώς σύμφωνα με τα ποσοστά αποζημιώσεων παρατηρήθηκαν τα έτη και οι μήνες που θεωρούνται περισσότερο επικίνδυνοι για την περιοχή μελέτης. Στα δεδομένα αυτά προέκυψε ότι ο νομός που έχει τις μεγαλύτερες αποζημιώσεις είναι ο νομός Φθιώτιδας και λιγότερο ο νομός Ευρυτανίας.

Έπειτα μελετήθηκαν τα δορυφορικά δεδομένα MODIS που αναζητήθηκαν από τον σχετικό ιστότοπο της NASA. Τα δεδομένα MODIS που συλλέχθηκαν μας παρείχαν την πληροφορία της θερμοκρασίας επιφάνειας εδάφους της περιοχής μελέτης. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ανάλυση των εικόνων (resolution) είναι 1.000 μέτρα.

Τέλος μελετήθηκαν τα στατικά δεδομένα της περιοχής μελέτης. Δηλαδή εξετάστηκε το υψόμετρο της περιοχής μελέτης, η καμπυλότητα του εδάφους, η κλίση των πρανών, ο προσανατολισμός των πρανών καθώς και οι χρήσεις γης.

Σύμφωνα με τα στατικά δεδομένα δημιουργήθηκε ένα μοντέλο, του οποίου η βαθμονόμηση των παραμέτρων δόθηκε βάσει του τελικού χάρτη που προέκυψε από τα δορυφορικά δεδομένα. Σύμφωνα με το χάρτη των δορυφορικών εικόνων προέκυψε ότι το υψόμετρο συνάδει με την χαμηλή θερμοκρασία, όπου δόθηκε και η μεγαλύτερη βαρύτητα. Στη συνέχεια και έπειτα από αρκετές δοκιμές προέκυψε το μοντέλο που δείχνει την επικινδυνότητα παγετού.

Για να δημιουργηθεί ο τελικός χάρτης συχνότητας παγετού τα δεδομένα αυτά έπρεπε να συνδυαστούν.

Έπρεπε να γίνει σύγκριση των μετεωρολογικών και δορυφορικών δεδομένων καθώς και τα δύο δεδομένα δίνουν πληροφορίες της θερμοκρασίας στην περιοχή μελέτης. Τα μετεωρολογικά δεδομένα αποδίδουν την ελάχιστη θερμοκρασία αέρα που καταγράφεται μέσα στην ημέρα, ενώ τα δορυφορικά δεδομένα αποδίδουν την θερμοκρασία εδάφους περίπου στη 1:30 τη νύχτα. Αυτό εξυπηρετεί την έρευνα καθότι οι ελάχιστες θερμοκρασίες παρατηρούνται αργά τη νύχτα και το ξημέρωμα. Κατά την διάρκεια της μέρας ο αέρας ζεσταίνεται λόγω της ακτινοβολίας του ήλιου και κοντά στην επιφάνεια του εδάφους είναι πιο ζεστός. Κατά την διάρκεια της νύχτας, όμως, χάνει θερμοκρασία και τα ψυχρότερα στρώματα κατέρχονται ενώ τα θερμότερα ανέρχονται.

Σύμφωνα με τα δεδομένα αυτά πραγματοποιήθηκε καταγραφή των θερμοκρασιών που παρατηρούνται στα μετεωρολογικά δεδομένα συγκριτικά με τα δορυφορικά δεδομένα. Μελετήθηκε το έτος 2002 και οι σταθμοί: Αράχωβα, Δομοκός, Λαμία, Δεσφίνα και Τανάγρα, καθώς για τα υπόλοιπα έτη που μελετήθηκαν δορυφορικά δεδομένα, 2004 και 2007, και για τους υπόλοιπους μετεωρολογικούς σταθμούς δεν υπήρχαν δεδομένα. Το 2002, σύμφωνα και με τα δεδομένα από τον Ε.Λ.Γ.Α., ήταν ένα έτος με μέση επικινδυνότητα παγετού. Οπότε δημιουργήθηκε ένας πίνακας όπου είχε την πληροφορία, για τον εκάστοτε μετεωρολογικό σταθμό για το έτος 2002 και για τους μήνες Ιανουάριο έως Μάιο την θερμοκρασία που είχε καταγραφεί και σε δεύτερη στήλη η καταγραφή που έγινε της θερμοκρασίας σημειακά από τις δορυφορικές εικόνες για το αντίστοιχο έτος και μήνες.

Αυτή η καταγραφή μας έδωσε την πληροφορία για την θερμοκρασία που υπάρχει στην περιοχή μελέτης όταν δεν έχουμε δορυφορικά δεδομένα. Όπως προκύπτει και από τον πίνακα, αρχικά παρατηρείται ότι για τους πέντε σταθμούς υπάρχουν πάνω από 60% δορυφορικά δεδομένα. Άρα το ποσοστό που δεν υπάρχει πληροφορία είναι περίπου 35-38%. Για να διαπιστωθεί αν όντως συνάδουν οι θερμοκρασίες, δημιουργήθηκαν διαγράμματα που δείχνουν την θερμοκρασιακή διαφορά των δύο μετρήσεων. Η διαφορά που προκύπτει είναι της τάξης 0-3 βαθμούς Κελσίου, με κάποιες αποκλίσεις που φτάνουν και τους 5 βαθμούς Κελσίου διαφορά. Σε ποσοστό μεταφράζεται ότι συγκλίνουν από 71 – 83%. Άρα συμπερασματικά παρατηρείται ότι συνάδουν οι θερμοκρασίες, καθώς πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η καταγραφή δεν έγινε την ίδια ώρα, ότι υπάρχει διαφορετική ανάλυση, δηλαδή στα δορυφορικά δεδομένα όπως προαναφέρθηκε είναι 1.000 μέτρα, ενώ των μετεωρολογικών σταθμών είναι σημειακή και τα μετεωρολογικά δεδομένα μας δίνουν την πληροφορία θερμοκρασία αέρα ενώ τα δορυφορικά θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους.

Για να παραχθεί ο τελικός χάρτης συχνότητας παγετού έγιναν δύο είδη επεξεργασίας των δορυφορικών δεδομένων. Η πρώτη επεξεργασία αφορούσε τον διαχωρισμό των περιοχών που υπάρχουν δεδομένα και των περιοχών που δεν υπάρχουν δεδομένα. Η δεύτερη επεξεργασία αφορούσε τον διαχωρισμό των εικόνων που είχε καταγραφεί θερμοκρασία κάτω από 0 βαθμούς Κελσίου. Ο χάρτης από τις δύο αυτές επεξεργασίες μας έδωσε ως πληροφορία τη συχνότητα παγετού που έχει καταγραφεί για τα έτη 2002, 2004 και 2007.

Όμως για να υπάρχει αξιοπιστία της εν λόγω συχνότητας έπρεπε να εξεταστεί το ποσοστό που υπάρχουν δεδομένα. Όπως παρατηρείται στο χάρτη 20, η μεγαλύτερη επιφάνεια καλύπτεται από 60-80% των δορυφορικών δεδομένων. Άρα θεωρείται εφόσον είναι σε αρκετά μεγάλο ποσοστό ότι τα αποτελέσματα είναι αξιόπιστα. Όμως δεν αρκεί και δεν καλύπτει την επιφάνεια 100%.

Για να καλυφθεί το ποσοστό που δεν έχουμε δορυφορικές εικόνες, καταγράφηκαν τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού όπου έχει επικρατήσει παγετός, δηλαδή κάτω από 0 βαθμούς Κελσίου (Πίνακας 14). Εφόσον λήφθηκε αυτή η πληροφορία δημιουργήθηκε και ένας δεύτερος πίνακας όπου καταγράφηκαν οι θερμοκρασίες κάτω από 0 βαθμούς Κελσίου και δεν υπάρχουν δορυφορικά δεδομένα (Πίνακας 15). Το ποσοστό που καταγράφηκε για τις ημέρες που έχουν θερμοκρασία κάτω από 0 βαθμούς Κελσίου είναι το ανώτερο 5,6% και το κατώτερο 2,1%. Σύμφωνα με τον πίνακα 16

παρατηρείται ότι το ποσοστό καταγραφής θερμοκρασίας από τους μετεωρολογικούς σταθμούς όταν έχει παγετό και όταν υπάρχουν δορυφορικά δεδομένα, είναι για παράδειγμα στην Αράχωβα τριπλάσιο συγκριτικά με το ποσοστό καταγραφής θερμοκρασίας όταν έχει παγετό και δεν υπάρχουν δορυφορικά δεδομένα.

Το ποσοστό αυτό είναι ιδιαίτερα μικρό, που σημαίνει ότι τις ανέφελες ημέρες όπου και υπάρχουν δορυφορικά δεδομένα υπάρχει σημαντικά μεγαλύτερη πιθανότητα να παρατηρηθεί παγετός απ' ό,τι τις ημέρες που επικρατεί νεφοκάλυψη.

Εφόσον έχουμε το ποσοστό των μετεωρολογικών δεδομένων που δεν υπάρχουν δεδομένα, δημιουργήθηκε χάρτης συχνότητας παγετού των μετεωρολογικών δεδομένων όπου δεν υπάρχουν δορυφορικά δεδομένα. Ο χάρτης αυτός δημιουργήθηκε με τη μέθοδο Inverse Distance Weighted (IDW). Το IDW υποθέτει ότι κάθε μετρούμενο σημείο έχει μια τοπική επίδραση που μειώνεται με την απόσταση. Ζυγίζει τα σημεία πιο κοντά στην τοποθεσία πρόβλεψης. Με τη μέθοδο αυτή όμως δεν επικαλυπτόταν όλη η περιοχή μελέτης καθώς λάμβανε υπόψη μόνο τους 5 σταθμούς που μελετήθηκαν. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν και οι υπόλοιποι σταθμοί όπου κάλυπταν όλη την περιοχή μελέτης λαμβάνοντας υπόψη το στατικό μοντέλο. Δηλαδή, παρατηρώντας το χάρτη επικινδυνότητας που προέκυψε από το στατικό μοντέλο, δόθηκαν και τα ποσοστά παγετού. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το μεγαλύτερο ποσοστό ήταν 5,6% και το μικρότερο 2,1% αντίστοιχα τοποθετήθηκαν τα όρια. Στη συνέχεια στις περιοχές που δόθηκε μεγάλο ποσοστό ήταν η περιοχή όπως δείχνει το στατικό μοντέλο, του Καρπενησίου και λιγότερο ποσοστό δόθηκε στους σταθμούς με χαμηλή επικινδυνότητα όπως είναι ο σταθμός Αντίκυρα. Με αυτό τον τρόπο παράχθηκε ο χάρτης 22.

Ο τελικός χάρτης όπου πλέον παρέχει όλη την πληροφορία είναι ο χάρτης 23. Στο χάρτη 23 παρατηρείται ότι ο παγετός εμφανίζεται σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο όπως είναι οι ορεινοί όγκοι του Παρνασσού, της Γικώνας, της Οίτης και το μεγαλύτερο μέρος του Νομού Ευρυτανίας καθώς ο νομός αυτός είναι ιδιαίτερα ορεινός.

Σύμφωνα με τον χάρτη 23, υπολογίστηκαν και οι ημέρες ανά έτος που έχουν πιθανότητα να έχουν παγετό (χάρτης 24). Εφόσον το ποσοστό είναι μεγάλο στους ορεινούς όγκους, έχουν και τις περισσότερες ημέρες που υπάρχει πιθανότητα να έχουν παγετό.

Φτάνοντας πλέον στο στόχο της εργασίας να εξεταστεί η συχνότητα παγετού στο οδικό

δίκτυο, δημιουργήθηκαν δύο χάρτες. Ο ένας μας δείχνει την επικινδυνότητα παγετού στο οδικό δίκτυο από το στατικό μοντέλο και ο άλλος μας δείχνει την συχνότητα εμφάνισης παγετού καθώς και τον αριθμό των ημερών που πρόκειται να δημιουργηθεί παγετός. Παρατηρείται ότι συγκριτικά με τον τελικό χάρτη συχνότητας παγετού που αγγίζει το 80% ετησίως για τους μήνες Ιανουάριο έως Μάιο, στους δρόμους το υψηλότερο ποσοστό αγγίζει το 37%. Αυτό σημαίνει ότι στο οδικό δίκτυο υπάρχει μικρότερη πιθανότητα να επικρατήσει το φαινόμενο παγετού συγκριτικά με τους ορεινούς όγκους.

Σύμφωνα με τους παραπάνω χάρτες υπολογίστηκε το αλάτι που θα πρέπει να προμηθευτεί ο κάθε νομός κάθε χρόνο.

Βάσει του Πίνακα 17, το αλάτι που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί την ημέρα είναι 20-40m², στη παρούσα μελέτη υπολογίστηκε ότι θα χρησιμοποιηθεί το μέγιστο αλάτι, δηλαδή 40 m². Επίσης, υπάρχουν πέντε κατηγορίες ημερών που πρόκειται να έχουν πιθανότητα παγετού, στην παρούσα μελέτη πάρθηκε ο μέσος όρος της κάθε κατηγορίας. Επιπλέον θεωρώντας ότι το μέσο μήκος του δρόμου είναι 5μ, υπολογίστηκε το αλάτι που θα πρέπει να προμηθευτεί ο κάθε νομός κάθε χρόνο.

Αυτό είναι ένα συμπέρασμα ιδιαίτερης σημασίας καθώς, οι νομοί πλέον θα μπορούν να υπολογίσουν πόσο αλάτι χρειάζεται να προμηθευτούν και με αυτόν τον τρόπο θα μπορούν να υπολογίσουν τους αποθηκευτικούς χώρους και δεν θα έχουν ούτε ιδιαίτερη περίσσεια ούτε έλλειψη ώστε να ανατρέχουν σε διπλανούς νομούς να προμηθευτούν.

Αξίζει να σημειωθεί ότι σύμφωνα με τον Ε.Λ.Γ.Α τις μεγαλύτερες αποζημιώσεις τις έχει λάβει ο νομός Φθιώτιδας και τις λιγότερες ο νομός Ευρυτανίας. Όπως προκύπτει όμως από τη μελέτη ο νομός Ευρυτανίας έχει μεγαλύτερη συχνότητα παγετού απ' ότι η Φθιώτιδα. Αυτό συμβαίνει διότι οι καλλιέργειες του νομού Ευρυτανίας απαρτίζονται από ελιές, καρυδιές και αχλαδιές ενώ στο νομό Φθιώτιδας περιορίζεται κυρίως στα οπωροκηπευτικά.

Κεφάλαιο 10: Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα από την ανάλυση του Κεφαλαίου 9, Συζήτηση είναι:

- Το υψόμετρο είναι σημαντικός παράγοντας στην ύπαρξη του φαινομένου του παγετού
- Οι ημέρες που έχουν πιθανότητα παγετού είναι περισσότερες στους ορεινούς όγκους με μέγιστο τις 117 από τις 147 ημέρες, κατά τους μήνες Ιανουάριο έως Μάιο
- Η καταγραφή της θερμοκρασίας των μετεωρολογικών δεδομένων κάτω από 0C μας δείχνει ότι το ποσοστό παγετού όταν υπάρχουν δεδομένα και MODIS (πχ 18%) είναι διπλάσιο σε σχέση με όταν δεν υπάρχουν (5.6%) άρα, Όταν επικρατεί νεφοκάλυψη υπάρχουν λιγότερες πιθανότητες να δημιουργηθεί παγετός
- Ο νομός Φθιώτιδας προτείνεται να αλλάξει την κατηγορία των καλλιεργειών του καθώς τα οπωροκηπευτικά είναι ιδιαίτερα επιρρεπή στην εμφάνιση του φαινομένου του παγετού
- Η καλή προετοιμασία των αρχών παίζει επίσης σημαντικό ρόλο καθώς θα πρέπει όπως προτείνεται με την παρούσα μελέτη να υπολογίζεται το απαιτούμενο αλάτι που χρειάζεται η κάθε περιοχή καθώς δεν θα γίνεται ούτε υπερβολική αγορά αλατιού και να έχει φροντίσει ο κάθε Νομός το χώρο αποθήκευσής του

Βιβλιογραφία

- Ahrens G. D.,(1998) *Βασικές αρχές μετεωρολογίας, Μία απρόσκληση στην Ατμόσφαιρα*, Μετάφραση: Πασσιαλάκος Χ, Εκδόσεις ΙΩΝ, ΑΘΗΝΑ
- Almkvist E., Gustavsson T. & Borgen J. (2005) "An attempt to define the Road Climate Room." *Meteorological Applications* Vol.12:p.357-370.
- Avery T.E. & Berlin G.L. (1992) "Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto Interpretation." 5th edition, Mc Millan Publishing Company, New York.
- Beck E.H, Heim R. & Hansen J.(2004) "Plant resistance to cold stress: Mechanisms and environmental signals triggering frost hardening and dehardening." *Journal of Biosciences* Vol.29: p.449-459.
- Blennow K. & Persson P. (1998) "Modeling local-scale frost variations using mobile temperature measurements with GIS." *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol.89: p.59-71.
- Blennow K. (1998) "Modelling minimum air temperature in partially and clear felled forests." *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol.91: p.223-235.
- Borgen J & Gustavsson T. (1991) "Nocturnal air and road surface temperature variations in complex terrain." *International Journal of Climatology*. Vol.11: p.443-455.
- Chapman L. & Thornes J.E. (2006) "Road Ice prediction using geomatics." *Science of Total Environment* 360 Vol. 1-3 pp.68-80.
- Chapman L. , Thornes J.E. & Bradley A.V. (2001a) "Modeling of road surface temperature from a geographical database. Part 2: Numerical." *Meteorological Applications* Vol.8: p.421-436.
- Chapman L., Thornes J.E. & Bradley A.V (2001b). "Modeling of road surface temperature from a geographical parameter database. Part I: Statistical." *Meteorological Applications* Vol.8: p.409-419.
- Chen J., Saunders S.C., Crow T.R., Naiman R.J, Brosofske K.D., Mroz G.D., Brokkshire Bl. & Franklin J.F. (1999). "Microclimate in forest ecosystem and landscape ecology." *Bioscience* Vol.49: p.288-297.
- Chen Li & Liqun Sun (2010). "Using MODIS EVI to detect vegetation damage caused by the 2008 ice and snow storms in south China." *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, Vol. 115.G3.
- Dalezios N.R & Lavradiadou E.E. (1995). "Features of frost-affected areas from digital meteosat IR images" *Advances in Space Research* Vol.15:p.123-126.
- Dikau, R. (1989). "The application of a digital relief model to landform analysis in geomorphology" *Three Dimensional Application in Geographic Information Systems* p. 51-77, Ed. J. Raper, London.
- Eriksson M. & Lindqvist S. (2002). "Regional influence on road slipperiness during winter precipitation." *11th SIRWEC Conference, Sapporo Japan*, January 26-28, 2002.
- Evans J.S. & Oakleaf J. (2012) Geomorphometry & gradient metrics toolbox (ArcGIS 10.0) Ηλεκτρονικό εγχειρίδιο διαθέσιμο μέσω της ιστοσελίδας <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=8ec8f5cc3c8b48f080746c52ddc2fadd>.
- Francois C., Bosseno R., Vacher J.J. & Segiun B (1999). "Frost risk mapping derived from satellite and surface data over the Bolivian Altiplano." *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol.95: p.113-137.
- Fridley J.D. (2009). "Downscaling Climate over complex Terrain: High Finescale (<1.000 m) Spatial Variation of Near-Ground Temperatures in a Montane Forested Landscape (Great Smoky Mountains)." *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, Vol. 48: p. 1033-1049.
- Geiger R.F., Aron R.H. & Todhunter P. (2003). "The Climate near the ground." Ed. Rowman & Littlefield Publishers Inc., p. 584, United Kingdom.

- Goodchild M.F., Parks B.O. & Steyaert L.T. (1993). "Environmental Modeling with GIS." Ed. Oxford University Press Inc., p. 488, New York.
- Grafe K. (1956) "Strahlungsempfang vertikaler ebener Flächen; Globalstrahlung von Hamburg." Ber.DWD 5, nR 29. 1-15.
- Gustavsson T. & Borgen J. (1991). "Infrared thermography in applied road climatological studies." *International Journal of Remote Sensing*. Vol.12(9): p.1811-1828.
- Gustavsson T. (1999). "Thermal mapping- a technique for road climatological studies." *Meteorological Applications* Vol.6(4): p.385-394.
- Gustavsson T., Borgen J. & Eriksson M. (1998). "GIS as a tool for planning new road stretches in respect of climatological factors." *Theoretical and Applied Climatology* Vol. 60: p.179-190.
- Hanna S.R. (1987). "An empirical formula for the height of the coastal internal boundary layer." *Boundary Layer Meteorology* Vol. 40(1-2): p.205-207
- Hartman F.K., Eimern J.van, Jahn G. (1959) "Untersuchungen releifbedingter kleinklimatischer Ftagen in Gelandequerschnitten der hochmontanen." Stufe des Mittel- u. Sudwestharzes. Ber. DWD 7, Nr.50
- Huete A.R., Liu H.Q., Batchily K. & Leewen W. van (1996). "A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS." *Remote Sensing of Environment* Vol.59: p.440-451.
- Jarvis C.H. & Stuart N. (2001). "A comparison among strategies for interpolating maximum and minimum daily air temperatures. Part I: The selection of "guiding" topographic and land cover variables." *Journal of Applied Meteorology*, Vol.40: p.1060-1074.
- Kalma J.D., Laughlin G.P., Caprio J.M. & Hamew P.J.C. (1992) "The Bioclimatology of Frost" *Adv. In Bioclimatology II*. Ed. Springer, Berlin.
- Karlsson I.M. (2001) "Prediction of hoar-frost by use of a road weather information system." *Meteorological Applications* Vol.8(1): p.95-105.
- Kerdiles H., Grondona M, Rodriguez R & Seguin B. (1996) "Frost mapping using NOAA AVHRR data in the Papean region, Argentina." *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol.79: p.157-182.
- Lillesand T.M. & Kiefer R.W. (2000) "Remote Sensing and Image Interpretation." 4th edition, Ed. J. Wiley & Sons, p. 750, U.S.A.
- Lindkvist L, Gustavsson T. & Borgen J. (2000) "A frost assessment method for mountainous areas." *Agricultural and Forest Meteorology* Vol.102: p.51-67.
- Malczewski J. (2000). "On the Use of Weighted Linear Combination Method in GIS: Common and Best Practice Approaches." *Transactions in GIS*, Vol.4: p.5-22.
- Mitchell A. (1999). "The ESRI Guide to GIS Analysis. Vol.1: Geographic Patterns and Relationships." Ed. Environmental Systems Research Institute Inc., California.
- Norrman J., Eriksson M. & Lindqvist S. (2000) "Relationships between road slipperiness, traffic accident risk and winter maintenance activity." *Climate Research* Vol.15: p.185-193.
- Oke T.R. (1987) "Boundary Layer Climates." Ed. Routledge, London.
- Oliver H.R. (1992) "Studies of surface energy balance of sloping terrain." *International journal of climatology* Vol.12: p.55-68.
- Pouteau R., Rambal S., Ratte J.P., Goge F., Joffre R. & Winkel T. (2011) "Downscaling MODIS-derived maps using GIS and boosted regression trees: The case of frost occurrence ove the arid Andean highlands of Bolivia" *Remote Sensing of Environment* Vol.115(1): p.117-129.
- Radcliffe J.E. & Lefever K.R. (1981). "Aspect influences on pasture microclimate at Coopers Creek, North Canterbury." *New Zealand Journal of Agricultural Research* Vol.24: p.55-66.

- Richards K & Baumgarten M (2003) "Towards Topoclimate Maps of Frost and Frost Risk for Southland, New Zealand." *15th Annual Colloquium of the Spatial Information Research Centre*, University of Otago, Dunedin, new Zealand, December 01.03.2003.
- Rouse W.R. & Wilson R.G. (1969) "Time and space in the radiant energy fluxes over sloping forested terrain and their influence on seasonal heat and water balances at middle altitude sites." *Geografiska Annaler, Series A. Physical Geography*, p.160-175.
- Sakai A. & Larcher W. (1987) "Frost survival of plants. Responses and adaptation to freezing stress." Ed. Springer, Berlin.
- Sao J. & Lister P.J. (1995) "The prediction of Road Surface State and Simulation of the Shading Effect." *Boundary Layer Meteorology* Vol.73: p.411-419.
- Schedler A. (1951) "Die Bestrahlung geneigter Flächen durch die Sonne." *Jahrb. Zentralanst. f. Meteorol.u.Wien*, N.F.87, D 51-64, Wien
- Shanks R.E. (1954) "Climates of the Great Smoky Mountains." *Ecology*, Vol.35: p.354-361.
- Silim S.N. & Lavender D.P. (1994). "Seasonal patterns and environmental regulation of frost hardiness in shoots of seedlings of Thuja plicata, Chamaecyparis nootkatensis, and Picea glauca", *Canadian Journal of Botany* Vol.72: p.309-316.
- Soderstrom M. & Magnusson B (1995). "Assessment of local agroclimatological conditions – a methodology." *Agricultural and Forest Meteorology* Vol.72: p.243-260.
- Thornes J. E. (1991) "Thermal mapping and road-weather information systems for highway engineers, in Perry" Ed. Symons L.J. & A.H. Highway Meteorology, London. p. 39-67.
- Salomonson V.V., Barnes W. & Masuoka E.J. (2006) "Introduction to MODIS and an overview of associated activities" *Earth science satellite remote sensing*. Springer Berlin Heidelberg, p.12-32.
- Αρσένη-Μπαλαφούτη Α. «Υδρομετεωρολογία» Ηλεκτρονικό βιβλίο: <http://www.geo.auth.gr/courses/gmc/gmc543e>(τ.πρόσβαση 03.2014)
- Αστάρης Θ. (2006) «Τηλεπισκόπηση- Φωτοερμηνεία στις Γεωεπιστήμες» Α.Π.Θ. 2006.
- Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (1999) «Κλιματικά Στοιχεία των Σταθμών της Ε.Μ.Υ., Τεύχη Α' και Β'», Αθήνα.
- Ελληνικός Οργανισμός Γεωργικών Ασφαλίσεων (2003). «Εγχειρίδιο Εκτιμητικής για Ζημιά από Παγετό στα Μήλα.» Ηλεκτρονικό εγχειρίδιο: <http://www.elga.gr/images/stories/egxeiridia/MILA%20PAGETOS.pdf>
- Καρτάλης Κ. & Φείδας Χ. (2013). Αρχές και Εφαρμογές Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης. Εκδ. Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- Κουτσογιάννης Δ. (2008). Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων. Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων- Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων.
- Κουτσόπουλος Κ. & Ανδρουλακάκης Ν. (2012). Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών. Θεωρία και πράξη. Εκδ. Παπασωτηρίου, Αθήνα.
- Λέκκας, Ε., (2002), Περιβαλλοντικά προβλήματα που προκύπτουν σε σεισμικές καταστροφές, 6ο πανελλήνιο γεωγραφικό συνέδριο, Θεσσαλονίκη: Ελληνική Γεωγραφική Εταιρία.
- Λέκκας, Ε. (2000), Φυσικές και τεχνολογικές καταστροφές, Αθήνα: Access
- Μακρόπουλος, Κ. (2006), Φυσικές Καταστροφές: Σεισμοί και Μέτρα Προστασίας, 15ο Συνέδριο Σκυροδέματος, 25-27 Οκτωβρίου, Αλεξανδρούπολη, ΤΕΕ-ΕΤΕΚ
- Μιγκίρος Γ. «Τηλεπισκόπηση, Εφαρμογές στις Γεωεπιστήμες», Γ.Π.Α. 2003.
- Μουντράκης Δ. 1985. "Γεωλογία της Ελλάδας", University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

- Μπαλαφούτης Χ. «Γενική Κλιματολογία- Κλίμα Μεσογείου και Ελλάδος» Ηλεκτρονικό βιβλίο <http://www.geo.auth.gr/courses/gmc/gmc431e/th/Climatology.pdf> (τ. πρόσβαση 03/2014).
- Μπούρης Δ. et al (2008) Ερευνητικό Πρόγραμμα: «Θερμογράφηση του τμήματος Πολύμυλος – Βέροια του αυτοκινητοδρόμου της Εγνατίας Οδού» Ομάδα Έρευνας και Μελέτης Θερμικού Περιβάλλοντος, Τμήμα Μηχανικών Διαχείρισης Ενεργειακών Πόρων, ΠΔΜ.
- Παπανικολάου Δ. Ι. (1986). «Γεωλογία της Ελλάδος», Εκδ. Πεντάλοφος ΑΒΕΕ, Αθήνα.
- Στουρνάρας Γ. (2007) "Νερό, Περιβαλλοντική Διάσταση & Διαδρομή" Εκδ. Τζιόλα.
- Τσιγγανός Α. (2012) «Λίφτινγκ λόγω χιονοπτώσεων στην Εγνατία.» Εφημερίδα Καθημερινή – έντυπη έκδοση (28/1/2012).
- Φλόκας Α. (1994) «Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας», Εκδ. Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Φοίτος Δ.Γ. & Καμάρη Γ.Α. (2009) «Μαθήματα Γεωβοτανικής» Εκδ. Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα.
- Χρονοπούλου Α., «Σημειώσεις Γεωργικής Μετεωρολογίας», Γ.Π.Α. 1996
- Χρονοπούλου- Σερέλη Α. & Φλόκας Α.Α. (2010) «Μαθήματα Γεωργικής Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας» Εκδ. Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Διαδικτυακές Τοποθεσίες:

<http://arcscripts.esri.com>

<http://geodata.gov.gr/>

<http://reverb.echo.nasa.gov/>

<http://www.meteoclub.gr/>

www.wikipedia.org