

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ-ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΟΡΕΙΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ»

**«ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
GIS ΣΤΗΝ ΉΠΕΙΡΟ»**



Τασιούλας Μιχαήλ

Επιβλέπων: Ε. Μπαλτάς, Καθηγητής

Αθήνα, Ιούλιος 2018

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	i
ΣΧΗΜΑΤΑ	iii
ΠΙΝΑΚΕΣ	iv
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	v
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Γενικά	1
1.2 Εισαγωγή και Αντικείμενο της εργασίας	1
1.3 Διάρθρωση της εργασίας.....	3
2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΔΕΔΟΜΕΝΑ	4
2.1 Περιοχή Μελέτης	4
2.1.1 Διοικητική και γεωγραφική θέση	4
2.1.2 Κλίμα	5
2.1.3 Μορφολογία	6
2.1.4 Γεωλογία	6
2.1.5 Υδρολογία	9
2.2 Δεδομένα	12
3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	16
3.1 Γενικά	16
3.2 Επιλογή λογισμικού	16
3.3 Κριτήρια	17

3.3.1	Γεωμορφολογικά κριτήρια	17
3.3.2	Τεχνικά κριτήρια	19
3.3.3	Διοικητικά κριτήρια	20
3.3.4	Γεωμετρικά κριτήρια.....	20
3.4	Επεξεργασία δεδομένων	20
3.4.1	Επεξεργασία ψηφιακού μοντέλου εδάφους.....	20
3.4.2	Δημιουργία μοντέλου σκιασμένου ανάγλυφου και μοντέλου κλίσεων	22
3.5	Ταξινόμηση κύριων κριτηρίων	24
3.5.1	Γεωμορφολογικά κριτήρια	24
3.5.2	Τεχνικά κριτήρια	29
3.6	Προσδιορισμός βέλτιστων θέσεων	32
3.7	Διαδικασία τοποθέτησης.....	34
3.8	Διαδικασία αξιολόγησης.....	37
3.8.1	Διαδικασία αξιολόγησης υφιστάμενου δικτύου	37
3.8.2	Διερεύνηση δυνατότητας διατήρησης σταθμών	37
4	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	39
4.1	Βέλτιστο δίκτυο.....	39
4.2	Διατήρηση υπαρχόντων σταθμών στο προτεινόμενο δίκτυο	41
4.3	Ανάλυση αποτελεσμάτων.....	43
5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	49
5.1	Σύνοψη.....	49
5.2	Γενικά συμπεράσματα	49
5.3	Ειδικά συμπεράσματα	49
5.4	Μελλοντική έρευνα	50
6	ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	51

ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 1: Διάγραμμα ελαχίστων, μέσων και μέγιστων θερμοκρασιών για τα Ιωάννινα	5
Σχήμα 2: Διάγραμμα μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης και συνολικών ημερών βροχής για τα Ιωάννινα	6
Σχήμα 3: Γεωτεκτονικές ενότητες Ηπείρου.....	8
Σχήμα 4: Μορφολογικός χάρτης περιφέρειας Ηπείρου, με υδρολογικά δεδομένα	11
Σχήμα 5: Ψηφιακό μοντέλο εδάφους.....	12
Σχήμα 6: Καλύψεις γης σύμφωνα με το Corine.....	13
Σχήμα 7: Κέντρα οικισμών	14
Σχήμα 8: Οδικό δίκτυο.....	15
Σχήμα 9: Αρχικό μοντέλο εδάφους.....	21
Σχήμα 10: Αρχείο σκιασμένου ανάγλυφου.....	22
Σχήμα 11: Αρχείο κλίσεων εδάφους.....	23
Σχήμα 12: Υψομετρικές ζώνες.....	25
Σχήμα 13: Κατηγορίες κλίσεων εδάφους.....	26
Σχήμα 14: Χρήσεις κάλυψης γη.....	28
Σχήμα 15: Χάρτης αποστάσεων από οδικό δίκτυο	30
Σχήμα 16: Χάρτης αποστάσεων από οικισμούς	31
Σχήμα 17: Χάρτης βαθμολογίας περιοχών τοποθέτησης.....	33
Σχήμα 18: Χάρτης βέλτιστων περιοχών τοποθέτησης	34
Σχήμα 19: Συντεταγμένες των βέλτιστων σημείων	34
Σχήμα 20: Στιγμιότυπο από τη διαδικασία επιλογής σημείου τοποθέτησης	36
Σχήμα 21: Υφιστάμενο δίκτυο υδρομετεωρολογικών σταθμών.....	38
Σχήμα 22: Οι θέσεις των προτεινόμενων σταθμών	39
Σχήμα 23: Ιστόγραμμα συγκρίσεως προτεινόμενου και υφιστάμενου δικτύου.....	40
Σχήμα 24: Το προτεινόμενο δίκτυο υδρομετεωρολογικών σταθμών με τους διατηρούμενους	42
Σχήμα 25: Σύγκριση βαθμολογιών των δύο δικτύων	44
Σχήμα 26, 27: Αριθμοί σταθμών ανάλογα τις κατηγορίες χρήσεων γης	46
Σχήμα 28: Οι τοποθετημένοι σταθμοί στους Δήμους της περιφέρειας Ηπείρου	47

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1: Δήμοι και πληθυσμοί Π.Ε. Ηπείρου.....	4
Πίνακας 2: Λεκάνες απορροής Ηπείρου.....	9
Πίνακας 3: Κατηγοριοποίηση της φυσικής γήινης επιφάνειας σε ζώνες κατά SOTER	17
Πίνακας 4: Πυκνότητα σταθμών ανά υψομετρική ζώνη	18
Πίνακας 5: Ταξινόμηση κλίσεων.....	18
Πίνακας 6: Κατηγοριοποίηση βάσει αποστάσεως από κέντρα οικισμών.....	19
Πίνακας 7: Κατηγοριοποίηση βάσει αποστάσεως από οδικό δίκτυο	20
Πίνακας 8: Πίνακας reclassify για τη δημιουργία κοινής κλίμακας.....	32
Πίνακας 9: Υψομετρικές ζώνες και προτεινόμενος αριθμός σταθμών.....	35
Πίνακας 10: Οι απαραίτητοι, προτεινόμενοι και υφιστάμενοι σταθμοί	40
Πίνακας 11: Στατιστικά υφιστάμενου και προτεινόμενου δικτύου	43
Πίνακας 12: Στιγμιότυπο του προγράμματος με τις βαθμολογίες των διατηρούμενων σταθμών	44
Πίνακας 13: Αριθμός και βαθμολογία διατηρούμενων σταθμών	45
Πίνακας 14: Αριθμός σταθμών στις κατηγορίες χρήσης γης.....	45
Πίνακας 15: Αριθμός σταθμών ανά Δήμο	48

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί διπλωματική εργασία στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος «Περιβάλλον και Ανάπτυξη των Ορεινών Περιοχών», με συντονιστή το τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών.

Πριν την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της παρούσας διπλωματικής αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω ορισμένους ανθρώπους που γνώρισα και συνεργάστηκα μαζί τους και έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην πραγματοποίησή της.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π., κ. Ευάγγελο Μπαλτά, για την πολύτιμη καθοδήγηση και εμπιστοσύνη που μου έδειξε. Επίσης ευχαριστώ για τις επισημάνσεις και διορθώσεις τα άλλα δύο μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής, τον κ. Τσιχριντζή Βασίλειο, Καθηγητή της Σχολής Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών Ε.Μ.Π. και τον κ. Καρπούζο Δημήτριο, Επίκουρο Καθηγητή της Σχολής Γεωπονίας, Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος Α.Π.Θ.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Ελισάβετ Φελώνη, Υπ. Διδάκτορα της σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. για τη στήριξη και τη βοήθειά της καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Επίσης, ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ οφείλω να δώσω στο φίλο μου, Χρυσόστομο Κουρτίνο, για τη συνεχή βοήθεια και γνώσεις που μου προσέφερε.

Τέλος, ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω στην οικογένειά μου και στους φίλους μου, για τη ψυχολογική υποστήριξη και το κουράγιο που μου προσέφεραν για την ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρακολούθηση των μετεωρολογικών συνθηκών αποτελεί βασικό συστατικό για την ορθολογική διαχείριση των υδάτινων πόρων, την εκτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και την πρόβλεψη ακραίων καιρικών φαινομένων. Ειδικά σε χώρες όπως η Ελλάδα όπου υπάρχει έντονο ανάγλυφο και ανισοκατανομή των βροχοπτώσεων λόγω της οροσειράς της Πίνδου, είναι αναγκαία η ύπαρξη ενός βέλτιστου υδρομετεωρολογικού δικτύου για τη συλλογή, ανάλυση και επεξεργασία των υδρολογικών δεδομένων.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναλύεται η μεθοδολογία για τη χωροθέτηση ενός βέλτιστου δικτύου υδρομετεωρολογικών σταθμών στην περιοχή της Ηπείρου το οποίο δύναται να αντικαταστήσει το ήδη υπάρχον προβληματικό δίκτυο. Η βελτιστοποίηση του δικτύου επιτυγχάνεται μέσω μια πολυκριτηριακής ανάλυσης, μιας ανάλυσης που περιλαμβάνει κριτήρια γεωμορφολογικά, τεχνικά, διοικητικά και γεωμετρικά. Αρχικά παρουσιάζεται η περιοχή μελέτης με κάποια στοιχεία αυτής και στη συνέχεια αναλύονται τα δεδομένα που συλλέχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για την εφαρμογή των παραπάνω κριτηρίων.

Ακολούθως αναλύεται η μεθοδολογία που θα χρησιμοποιηθεί για τη βέλτιστη κατανομή των σταθμών και τα δεδομένα υπόκεινται επεξεργασία με τη βοήθεια του προγράμματος ArcGIS προκειμένου να μπορέσουν να αξιοποιηθούν. Εν συνεχεία γίνεται η επιλογή των θέσεων του προτεινόμενου δικτύου με βάση τα αποτελέσματα της επεξεργασίας και έπειτα αξιολογείται το υφιστάμενο δίκτυο ως προς την πλήρωση των κριτηρίων.

Τέλος, μέσα από μια διερεύνηση για το ποιοι σταθμοί του υφιστάμενου δικτύου μπορούν να παραμείνουν και στο προτεινόμενο, επιλέγονται οι τελικές θέσεις που θα προταθούν. Κλείνοντας, διατυπώνονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν καθ'όλη τη διάρκεια της εργασίας, κάποια πιο ειδικά με βάση τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, καθώς και προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Λέξεις – Κλειδιά: δίκτυο σταθμών, Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, Πολυκριτηριακή Ανάλυση, Ήπειρος

ABSTRACT

The monitoring of meteorological conditions constitutes basic infrastructure, necessary for rational management of water resources, assessment of the impacts of climate change and the forecasting of extreme weather conditions. Especially in countries such as Greece, where the complex topography and the unequal distribution of rainfall due to the mountain range of Pindos are matters of concern, there is a profound need for an optimal hydrometeorological network that will help at the gathering, analysis and the processing of the hydrometeorological data.

The aim of this MSc Thesis is to analyze and perform a methodology for the optimization of a station network in Epirus that it will have the potential to replace the existing problematic one. The optimization of the proposed network is achieved through a multicriteria decision analysis; an analysis that contains geomorphological, technical, administrative and geometric criteria. At the beginning, the study area with its elements is introduced and then the data that were gathered and used for the application of the aforementioned criteria are analyzed.

Furthermore, the methodology which was followed regarding the optimal distribution of the stations is analyzed and the data are being processed with the help of the ArcGIS program so as to be able to be exploited. Thereinafter the proposed stations are chosen based on the results of the processing and the existing network is subsequently evaluated as to the fulfillment of the criteria.

Last but not least, the possibility to maintain the existing stations that fulfill the criteria mentioned above is examined and the final locations are chosen. To sum up, there is a thorough discussion of the conclusions that have emerged throughout the procedure alongside with suggestions for future research.

Key-words: station network, Geographic Information Systems, Multicriteria Decision Analysis

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Η όλο και εντονότερη ανάπτυξη των συστημάτων υδατικών πόρων σε παγκόσμια κλίμακα, ταυτόχρονα με τα συνεχώς αυξανόμενα ελλείμματα, έχει κάνει επιτακτική την ανάγκη για την εφαρμογή ολοκληρωμένων μεθόδων σχεδιασμού και διαχείρισης των υδατικών πόρων. Στην Ελλάδα λόγω των ιδιαίτερων κλιματολογικών συνθηκών που δημιουργεί η οροσειρά της Πίνδου με την ανισοκατανομή των βροχοπτώσεων, το πρόβλημα της ορθής διαχείρισης είναι εντονότερο. Στο πρόβλημα αυτό προστίθεται η απουσία ενός ενιαίου δικτύου υδρομετεωρολογικών σταθμών υπό κεντρική διοίκηση.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η βελτιστοποίηση του δικτύου υδρομετεωρολογικών σταθμών στην περιοχή της Ηπείρου για την ορθολογικότερη διαχείριση των υδάτινων πόρων. Επίσης στοχεύει στην αξιολόγηση του υφιστάμενου δικτύου και στη σύγκρισή του με το προτεινόμενο. Τέλος εστιάζει στο εάν ορισμένα σημεία του υφιστάμενου δικτύου μπορούν να αντικαταστήσουν τμήματα του προτεινόμενου.

1.2 Εισαγωγή και Αντικείμενο της εργασίας

Η παρακολούθηση των μετεωρολογικών συνθηκών αποτελεί βασικό συστατικό για την ορθολογική διαχείριση των υδάτινων πόρων, την εκτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και την πρόβλεψη φαινομένων όπως οι πλημμύρες. Η πρόληψη καταστροφών από πλημμύρες θα ήταν αδύνατη χωρίς την κατανόηση του φαινομένου της κατακρήμνισης, το οποίο μπορεί να επιτευχθεί με τη στατιστική ανάλυση υδρολογικών δεδομένων τα οποία προήλθαν από υδρομετεωρολογικές παρατηρήσεις (WMO 2003).

Η έλλειψη επαρκών δεδομένων επηρεάζει την ικανότητα μοντελοποίησης, προγραμματισμού και πρόβλεψης με αρνητικές επιπτώσεις. Για να ληφθούν ακριβείς εκτιμήσεις της χωρικής κατανομής των υδρομετεωρολογικών παραμέτρων, απαιτείται ένα πυκνό δίκτυο οργάνων, που συνήθως απαιτεί και μεγάλο κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας (Hong et al. 2016).

Ως εκ τούτου, η βελτιστοποίηση του υδρομετεωρολογικού δικτύου έχει λάβει μεγάλη προσοχή από τους ερευνητές (Hong et al. 2016). Ειδικά σε χώρες όπως η Ελλάδα, όπου υπάρχει έντονο ανάγλυφο και ανισοκατανομή των βροχοπτώσεων υπάρχει έντονη ανάγκη για ένα τέτοιο δίκτυο. Ιδιαίτερα στην Ελλάδα, το υφιστάμενο δίκτυο έχει πολλά μειονεκτήματα (Μπαλτάς και Μιμίκου, 2009). Η εποπτεία των σταθμών δεν βρίσκεται κάτω από έναν ενιαίο φορέα, με αποτέλεσμα κάθε υπηρεσία να εστιάζει σε διαφορετικά πεδία ενδιαφέροντος και κάθε δίκτυο να έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά ανάλογα με τα δεδομένα συλλογής. Έτσι, υπάρχουν περισσότεροι από 1050 υδρομετεωρολογικοί σταθμοί που ελέγχονται από τουλάχιστον τέσσερις διαφορετικές υπηρεσίες (Κεμερίδης, 2016) και χαρακτηρίζονται από έλλειψη χωρικής ομοιομορφίας και απουσίας σταθμών στα μεγάλα υψόμετρα καθώς το ένα τρίτο των σταθμών βρίσκεται σε υψόμετρο μικρότερο των 200 μέτρων (Baltas and Mimikou, 2009). Συνοπτικά, είναι εμφανές ότι για το σχεδιασμό και εγκατάσταση ενός τέτοιου δικτύου θα πρέπει να πληρούνται μια σειρά κριτηρίων, πράγμα που έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας (Rodda 1969; WMO 1972; Moss 1982; Moss and Tasker 1991).

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Μετεωρολογίας (WMO 2008b, 2010) έχει διερευνήσει την ανάπτυξη της τεχνολογίας για το σχεδιασμό υδρομετεωρολογικών δικτύων μέσα από μια σειρά οικονομικών, τεχνικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών κριτηρίων. Διαφορετικές τεχνικές έχουν αναπτυχθεί (e.g., Hong et al. 2016; Barca et al. 2008; Sestak 1988; Fujioaka 1986; Kuhn and Tucker 1951; Shepherd et al. 2004) σε συνδυασμό με τη χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών (GIS), τα οποία εργαλεία είναι σχεδιασμένα για χωρική ανάλυση και βοηθούν στη λήψη, αποθήκευση και γενικά στη διαχείριση και επεξεργασία της γεωγραφικής πληροφορίας (Rikalovic et al. 2014). Στο παρελθόν έχουν γίνει σχετικές εργασίες για τον ελλαδικό χώρο, στις οποίες λαμβάνονται υπόψη κριτήρια χωροθέτησης σταθμών όπως τα παραπάνω. Ενδεικτικά, ο Μπαλτάς (2009) έλαβε υπόψη τα κριτήρια που ορίζει ο WMO και μια σειρά από συμπληρωματικά κριτήρια για το σχεδιασμό ενός βέλτιστου δικτύου υδρομετεωρολογικών σταθμών στο υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας. Σε επίπεδο πάλι υδατικού διαμερίσματος έγινε ανάλυση και για τα 13 υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας από τον Ελευθεριάδη (2003).

Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση μιας μεθοδολογίας για τη βέλτιστη χωροθέτηση ενός δικτύου υδρομετεωρολογικών σταθμών στην περιφέρεια Ηπείρου χρησιμοποιώντας μια πολυκριτηριακή ανάλυση. Το δίκτυο αυτό μπορεί να συμβάλει στην

καλύτερη παρατήρηση του φαινομένου της κατακρήμνισης και στην πρόληψη από πλημμύρες, ενώ παρέχει και τη δυνατότητα δημιουργίας βάσης δεδομένων για την παρακολούθηση και προστασία των οικοσυστημάτων της περιοχής καθώς και την αξιοποίησή τους για μελλοντικά έργα. Η ανάλυση GIS διεξήχθη με τη βοήθεια του λογισμικού ArcGIS.

1.3 Διάρθρωση της εργασίας

Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται η περιοχή μελέτης, γίνεται αναφορά στη διοικητική θέση, στη γεωγραφία, το κλίμα, τη γεωλογία, τη μορφολογία και την υδρολογία της περιοχής. Επίσης γίνεται αναφορά στα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτέλεση της παρούσας διπλωματικής.

Στο κεφάλαιο 3 γίνεται αναφορά στα κριτήρια που θέτει ο WMO για την οριοθέτηση υδρομετεωρολογικών σταθμών, αλλά και στα επιπλέον κριτήρια που τέθηκαν για την καλύτερη προσαρμογή στα δεδομένα της περιοχής μελέτης. Στη συνέχεια έγινε ανάλυση της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε για τη χωροθέτηση του προτεινόμενου δικτύου και αξιολόγηση των δύο δικτύων.

Στο κεφάλαιο 4 γίνεται η παρουσίαση των αποτελεσμάτων των μεθοδολογιών που χρησιμοποιήθηκαν. Παρουσιάζεται το προτεινόμενο δίκτυο των υδρομετεωρολογικών σταθμών μετά την αντικατάσταση σταθμών από υφιστάμενους που ικανοποιούσαν τα κριτήρια που τέθηκαν.

Στο κεφάλαιο 5 γίνεται αναφορά στα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα εργασία.

2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΔΕΔΟΜΕΝΑ

2.1 Περιοχή Μελέτης

2.1.1 Διοικητική και γεωγραφική θέση

Η Περιφέρεια Ηπείρου είναι μία από τις 13 περιφέρειες της Ελλάδας. Διοικητικά αποτελεί δευτεροβάθμιο οργανισμό τοπικής αυτοδιοίκησης, ενώ γεωγραφικά ταυτίζεται με το ομώνυμο διαμέρισμα. Καταλαμβάνει έκταση 9.203 km² και ο πληθυσμός της ανέρχεται σε 336.856, σύμφωνα με την πλέον πρόσφατη απογραφή της ΕΣΥΕ (2011). Μεγαλύτερη πόλη και πρωτεύουσά της είναι τα Ιωάννινα.

Πίνακας 1: Δήμοι και πληθυσμοί Π.Ε. Ηπείρου

Περιφερειακή ενότητα	Δήμος	Πληθυσμός	Έδρα
Άρτας	Κεντρ. Τζουμέρκων	6.230	Βουργαρέλι
	Γεωργ. Καραϊσκάκη	5.850	Άνω Καλεντίνη
	Αρταίων	42.980	Άρτα
	Νικολάου Σκουφά	12.810	Πέτα
Θεσπρωτίας	Ηγουμενίτσας	25.780	Ηγουμενίτσα
	Σουλίου	10.130	Παραμυθιά
	Φιλιατών	7.750	Φιλιάτες
Ιωαννίνων	Δωδώνης	9.720	Αγία Κυριακή
	Ζίτσας	14.810	Ελεούσα
	Πωγωνίου	8.990	Καλπάκι
	Κόνιτσας	6.390	Κόνιτσα
	Μετσόβου	6.240	Μέτσοβο
	Βορ.Τζουμέρκων	5.770	Πράμαντα
	Ζαγορίου	3.740	Ασπράγγελοι
	Ιωαννιτών	111.740	Ιωάννινα
Πρέβεζας	Ζηρού	14.080	Φιλιπιάδα
	Πάργας	11.940	Καναλλάκι
	Πρέβεζας	31.700	Πρέβεζα

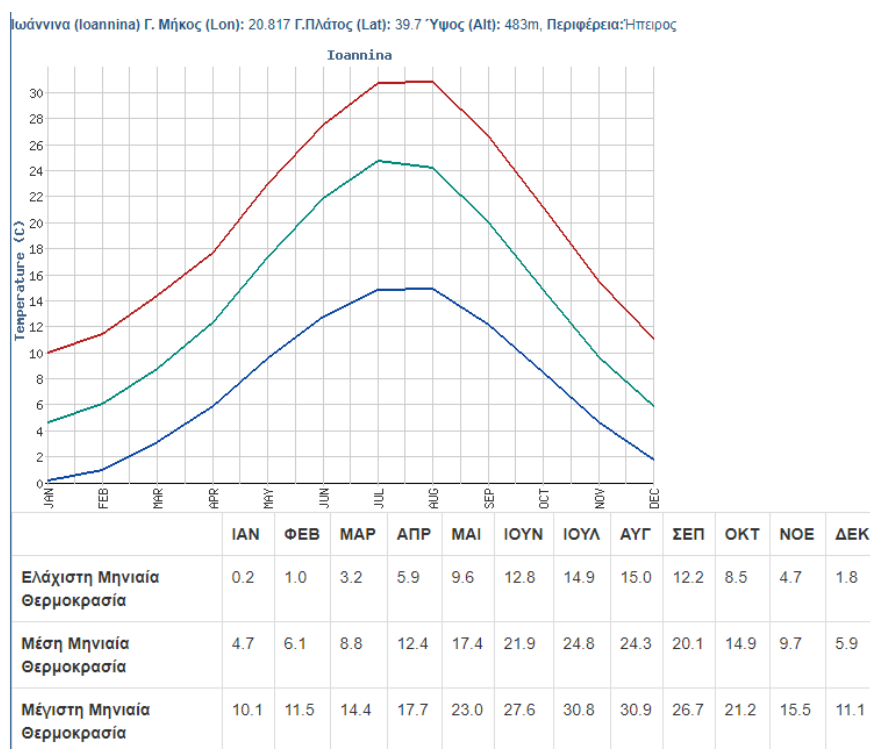
Η Ήπειρος συνορεύει ΝΑ με τη Στερεά Ελλάδα, ανατολικά με τη Θεσσαλία και ΒΑ με τη Μακεδονία. Στη βορειοδυτική πλευρά συνορεύει με την Αλβανία, ενώ ολόκληρη η δυτική και νοτιοδυτική πλευρά βρέχεται από το Ιόνιο Πέλαγος και τον Αμβρακικό Κόλπο.

2.1.2 Κλίμα

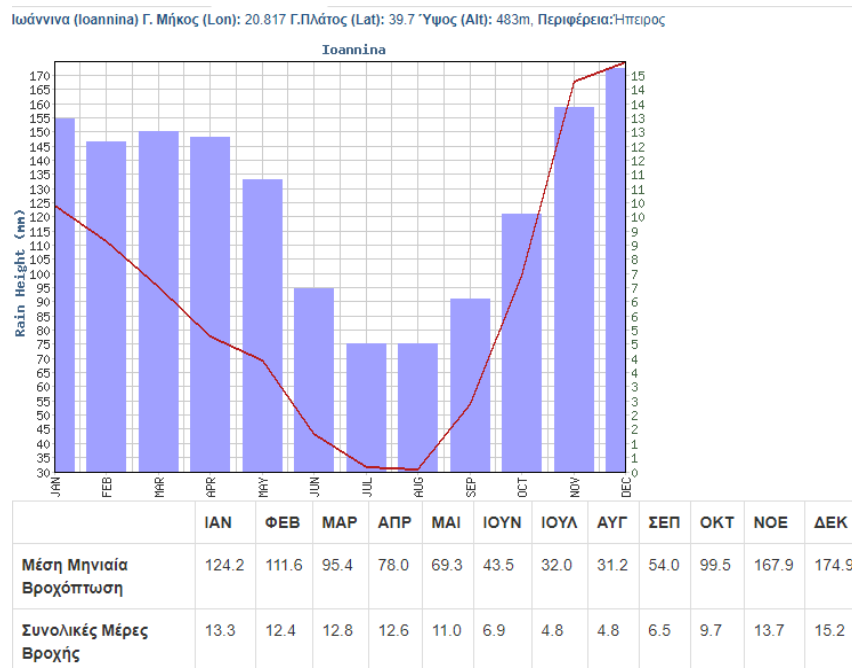
Το κλίμα της Ηπείρου λόγω της γεωγραφικής έκτασης και της μορφολογίας των εδαφών που ξεκινά από την οροσειρά της Πίνδου και καταλήγει στις παραθαλάσσιες περιοχές της Θεσπρωτίας και της Πρέβεζας καθώς και τις περιοχές της Άρτας στον Αμβρακικό κόλπο, έχει ως εξής:

Οι πεδινές και παραθαλάσσιες περιοχές της Ηπείρου έχουν πιο ήπιους χειμώνες και θερμοκρασίες που σπάνια κατεβαίνουν κάτω από το μηδέν, ενώ τα καλοκαίρια είναι με ηλιοφάνεια με σπάνιες βροχοπτώσεις και απαλά αεράκια που δροσίζουν. Τα ηπειρωτικά χαρακτηρίζονται από συχνές βροχοπτώσεις και δροσερά καλοκαίρια αλλά και με συχνές απογευματινές νεροποντές, στα δε ορεινά ο βαρύς χειμώνας με χιονοπτώσεις και χαμηλές θερμοκρασίες. Συχνό είναι το φαινόμενο να συνδυάζονται διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες την ίδια εποχή (π.χ. ήπια ζέστη στη θάλασσα και δροσιά στις ορεινές περιοχές).

Οι κατά μήνα θερμοκρασίες και ύψος βροχής-βροχερές μέρες για την πόλη των Ιωαννίνων φαίνονται στα παρακάτω σχήματα.



Σχήμα 1: Διάγραμμα ελαχίστων, μέσων και μέγιστων θερμοκρασιών για τα Ιωάννινα (δεδομένα Ε.Μ.Υ.)



Σχήμα 2: Διάγραμμα μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης και συνολικών ημερών βροχής για τα Ιωάννινα (δεδομένα Ε.Μ.Υ.)

2.1.3 Μορφολογία

Όσον αφορά τη μορφολογία της Ηπείρου, αυτή είναι κυρίως ορεινή με πολλές οροσειρές να εκτείνονται σε ολόκληρη την επικράτειά της και να τροφοδοτούν ποτάμια μεγάλου μήκους. Η πιο αξιοσημείωτη οροσειρά της Ηπείρου είναι η Πίνδος, η οποία είναι η μεγαλύτερη οροσειρά της Ελλάδας και ξεκινά από τα ελληνοαλβανικά σύνορα και φτάνει σχεδόν μέχρι τον Κορινθιακό κόλπο. Τα σημαντικότερα βουνά που την αποτελούν είναι ο Γράμμος, που στην ουσία αποτελεί το βορειότερο σημείο της οροσειράς της Πίνδου στον Ελλαδικό χώρο, τα Άγραφα, ο Σμόλικας ο οποίος με υψόμετρο 2.631 m είναι το δεύτερο ψηλότερο βουνό της Ελλάδας, η Τύμφη με ψηλότερη κορυφή τη Γκαμήλα που φτάνει τα 2.497 m, τα Αθαμανικά όρη κ.α..

2.1.4 Γεωλογία

Στη γεωλογική δομή της περιφέρειας Ηπείρου συμμετέχουν οι γεωτεκτονικές ζώνες (από Νικολάου, 2005):

- Η Ιόνιος ζώνη που καταλαμβάνει και το μεγαλύτερο τμήμα της Ηπείρου ανατολικά από τον Άραχθο ποταμό και το όρος Τύμφη έως και τις ακτές του Ιονίου δυτικά.

- Η ζώνη Γαβρόβου Τριπόλεως που εμφανίζεται σε περιορισμένη έκταση στο όρος Γάβροβο (όρια νομών Άρτας – Αιτ/νίας) και πιθανότατα στην Τύμφη και την χαράδρα του Αώου.
- Η ζώνη Ωλονού – Πίνδου η οποία εμφανίζεται στις ανατολικές περιοχές της Ηπείρου (Αθαμανικά όρη, Λάκμος) και είναι επωθημένη πάνω στην Ιόνια ζώνη.
- Πελαγονική και υποπελαγονική ζώνη. Σχηματισμοί αυτών των ζωνών συναντώνται υπό μορφή τεκτονικών καλυμμάτων επί των σχηματισμών της Πίνδου και κυρίως εμφανίζονται στη περιοχή Μετσόβου – Κατάρας στον Σμόλικα και στον Γράμμο.

Στο βορειότερο τμήμα του υδατικού διαμερίσματος (περιοχή Σαραντάπορου) συναντάμε και τα ιζήματα της μεσοελληνικής αύλακος.

Η λιθοστρωματογραφική στήλη της κάθε μιας ζώνης περιλαμβάνει τις επί μέρους γεωλογικές ενότητες (σχηματισμούς) που την χαρακτηρίζουν. Η λιθοστρωματογραφική ακολουθία της Ιόνιας ζώνης η οποία καλύπτει και το μεγαλύτερο τμήμα της Ηπείρου είναι:

- Εβαποριτική σειρά και τριαδικά λατυποπαγή (Περμο – τριαδικό)
- Ανθρακική σειρά (Ανώτερο Τριαδικό – Ανωτ. Ηώκαινο)
- Φλύσχης αδιαίρετος (Ανώτερο Ηώκαινο – Ακουϊτάνιο)

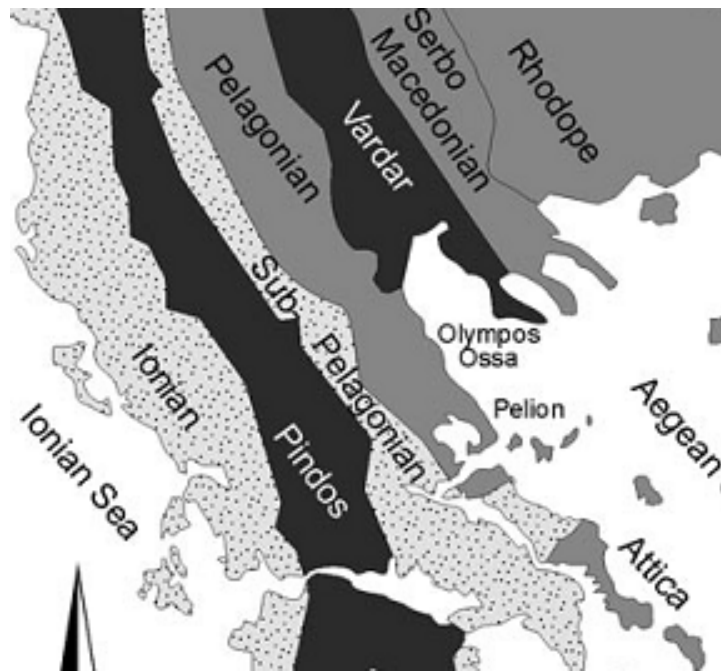
Η ζώνη Πίνδου παρουσιάζεται με ένα ευρύ φάσμα λιθολογικών σχηματισμών κυρίως ανθρακικής και σχιστοκερατολιθικής φάσης. Στα τεκτονικά καλύμματα της Πελαγονικής συμμετέχουν τα βασικά και υπερβασικά πετρώματα (οφιολιθικό σύμπλεγμα). Τις λιθοστρωματογραφικές ακολουθίες συμπληρώνουν τα νεογενή και τεταρτογενή ιζήματα που καλύπτουν σημαντικές εκτάσεις στο πεδινό τμήμα Άρτας – Πρέβεζας αλλά και στο λεκανοπέδιο Ιωαννίνων.

Από υδρολιθολογική άποψη και ότι αφορά στην υδροπερατότητα (K), οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συμμετέχουν στην γεωδεδετική δομή της Ηπείρου είναι:

- Ανθρακικά πετρώματα (ασβεστόλιθοι και δολομίτες, ανθρακικά λατυποπαγή ή κροκαλοπαγή): Υδροπερατοί σχηματισμοί πορώδους ρωγμών (δευτερογενές πορώδες). Διαρρηγμένα – καρστικοποιημένα πετρώματα εντός των οποίων δημιουργούνται καρστικοί υδροφόροι μεγάλης δυναμικότητας.

- Πετρώματα του οφιολιθικού συμπλέγματος της Πίνδου: Ημπερατοί σχηματισμοί πορώδους ρωγμών (δευτερογενές πορώδες). Διαρρηγμένα πετρώματα εντός των οποίων αναπτύσσονται ασυνεχείς υδροφόροι μικρής δυναμικότητας με εξαίρεση τις έντονα ρωγματωμένες ζώνες (όπου αναπτύσσονται μέτριας δυναμικότητας υδροφόροι).
- Κοκκώδης σχηματισμοί νεογενούς ή τεταρτογενούς περιόδου (αλλουβιακές αποθέσεις, κορήματα, άμμοι, αμμοχάλικα και κροκάλες ποικίλης σύστασης και διαβάθμισης): Υδροπερατοί σχηματισμοί πορώδους κόκκων (πρωτογενές πορώδες) στους οποίους αναπτύσσονται εκτεταμένοι ή και ασυνεχείς υδροφόροι μεγάλης δυναμικότητας.
- Φλύσχης, μάργες, αργιλομαργαϊκοί σχιστόλιθοι: Αδιαπέρατοι σχηματισμοί οι οποίοι δεν επιτρέπουν την διέλευση του νερού και αποτελούν συνήθως τα αρνητικά υδρογεωλογικά όρια. Στους αδιαπέρατους σχηματισμούς ανήκει και η σειρά των εβαποριτών (γύψοι και ορυκτό αλάτι).

Στη διαμόρφωση των υπόγειων υδροφόρων του υδατικού διαμερίσματος εκτός των παραπάνω καθοριστικό ρόλο έχουν και τα επίπεδα βάσης της καρστικοποίησης που καθορίζονται συνήθως οι κοίτες των μεγάλων ποταμών (Άραχθος, Καλαμάς, Αώος, Λούρος κ.α.) καθώς και η τεκτονική ρηματογενής δραστηριότητα (διαμήκη και εγκάρσια ρήγματα).



Σχήμα 3: Γεωτεκτονικές ενότητες Ηπείρου (Πηγή: http://mirc.ntua.gr/db/epirus_db/GEOLOGIA_HPEIROY/Geologia_Hpeirou_OLD.htm)

2.1.5 Υδρολογία

Λεκάνες απορροής

Οι κύριες υδρολογικές λεκάνες της Ηπείρου είναι οι λεκάνες του Αώου, του Καλαμά, του Αράχθου, του Λούρου, του Αχέροντα, του Δρίνου, η κλειστή λεκάνη Ιωαννίνων και η κλειστή λεκάνη Μαργαριτίου. Μαζί με την αυτοτελή γεωγραφική ενότητα της Κέρκυρας υπάγονται στο 5^ο υδατικό διαμέρισμα της Ελλάδος.

Η καταγραφή των λεκανών απορροής ποταμού (ΛΑΠ) στο ΥΔ της Ηπείρου παρουσιάζεται στον Πίνακα 2 (Σχέδιο διαχείρισης κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του Π.Δ 51/2007)

Πίνακας 2: Λεκάνες απορροής Ηπείρου

Υδατικό Διαμέρισμα	Κωδικός Λεκάνης	Ονομασία Λεκάνης Απορροής Ποταμού	Έκταση (km ²)
Ήπειρος (GR05)	GR11	ΛΑΠ Αώου	2361
	GR12	ΛΑΠ Καλαμά	2523
	GR13	ΛΑΠ Αχέροντα	1292
	GR14	ΛΑΠ Αράχθου	2209
	GR46	Λούρου	963

Υδρογραφικό δίκτυο

Η ορεινή μορφολογία του εδάφους αποτελεί όχι μόνο φυσικό εμπόδιο αλλά και λόγο ύπαρξης σημαντικών ποταμών που διαρρέουν την περιοχή. Τα μεγαλύτερα ποτάμια της Ηπείρου είναι τα εξής:

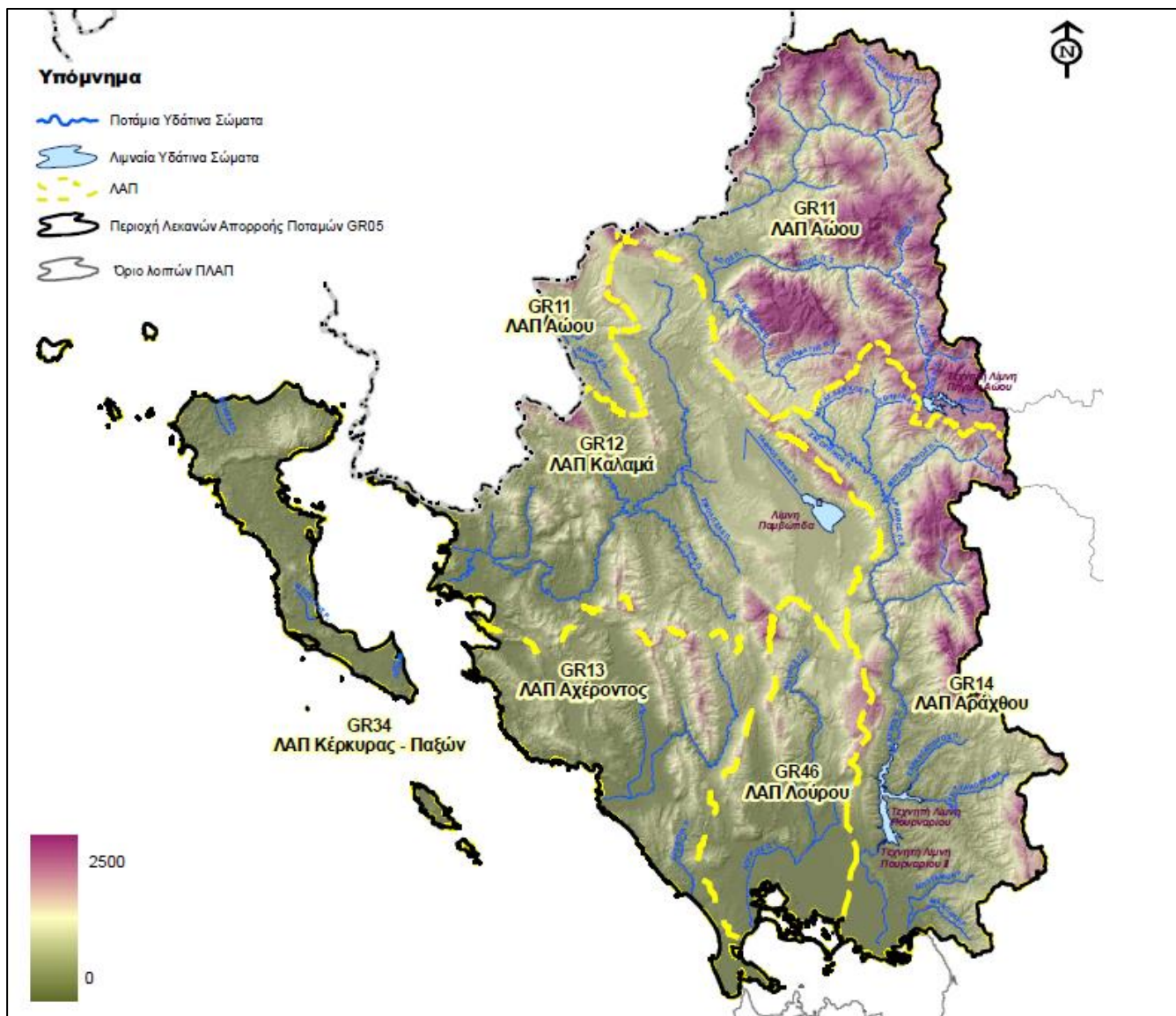
1. Ο Αραχθος, ο οποίος έχει μήκος 143 km. Πηγάζει από το βουνό Λάκμο και Μιτσικέλι και δεχόμενος κατά τη διαδρομή του τους παραποτάμους του (Ζαγορίτικος, Μετσοβίτικος, Καλαρρύτεκος, Βάρδας) χύνεται στον Αμβρακικό κόλπο.
2. Ο Λούρος, ο οποίος έχει μήκος 80 km. Πηγάζει από το βουνό Τόμαρος και χύνεται στον Αμβρακικό Κόλπο.
3. Ο Θύαμης (ή Καλαμάς). Πηγάζει από το βουνό Δούσκο και χύνεται στην Κερκυραϊκή θάλασσα από τον Όρμο του Βάλτου έχοντας μήκος 115 km.

4. Ο Αχέροντας (ή Μαυροπόταμος), γνωστός για τη πληθώρα μυθολογικών αναφορών. Έχει μήκος 58 km, πηγάζει από το βουνό Τόμαρος και χύνεται στο Ιόνιο Πέλαγος από τον κόλπο του Φαναρίου.
5. Ο Αώος ο οποίος πηγάζει από το οροπέδιο Μετσόβου "Πέντε αλώνια" και αφού διασχίσει 68 km μπαίνει στο αλβανικό έδαφος και χύνεται στην Αδριατική θάλασσα. Σημαντικοί παραπόταμοί του είναι ο Σαραντάπορος και Βοϊδομάτης.
6. Ο Αχελώος (ή Ασπροπόταμος). Πηγάζει από το βουνό Λάκμος και μετά από διαδρομή 220 km χύνεται στη Λιμνοθάλασσα του Μεσολογγίου.

Επιφανειακά νερά

Στα επιφανειακά νερά περιλαμβάνονται και τα λιμναία υδάτινα σώματα τα οποία έχουν μέση έκταση 12,5 km². Τα σημαντικότερα εξ αυτών στην περιοχή της Ηπείρου είναι η φυσική λίμνη Παμβώτιδα, καθώς και οι τεχνητές λίμνες Πουρναρίου και Πηγών Αώου.

Στο σχήμα 4 παρουσιάζεται ο μορφολογικός χάρτης της Ηπείρου μαζί με τα Ποτάμια και Λιμναία Υδάτινα Σώματα, όπως επίσης και τις Λεκάνες Απορροής με τα όριά τους (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτινων Πόρων, 2007).

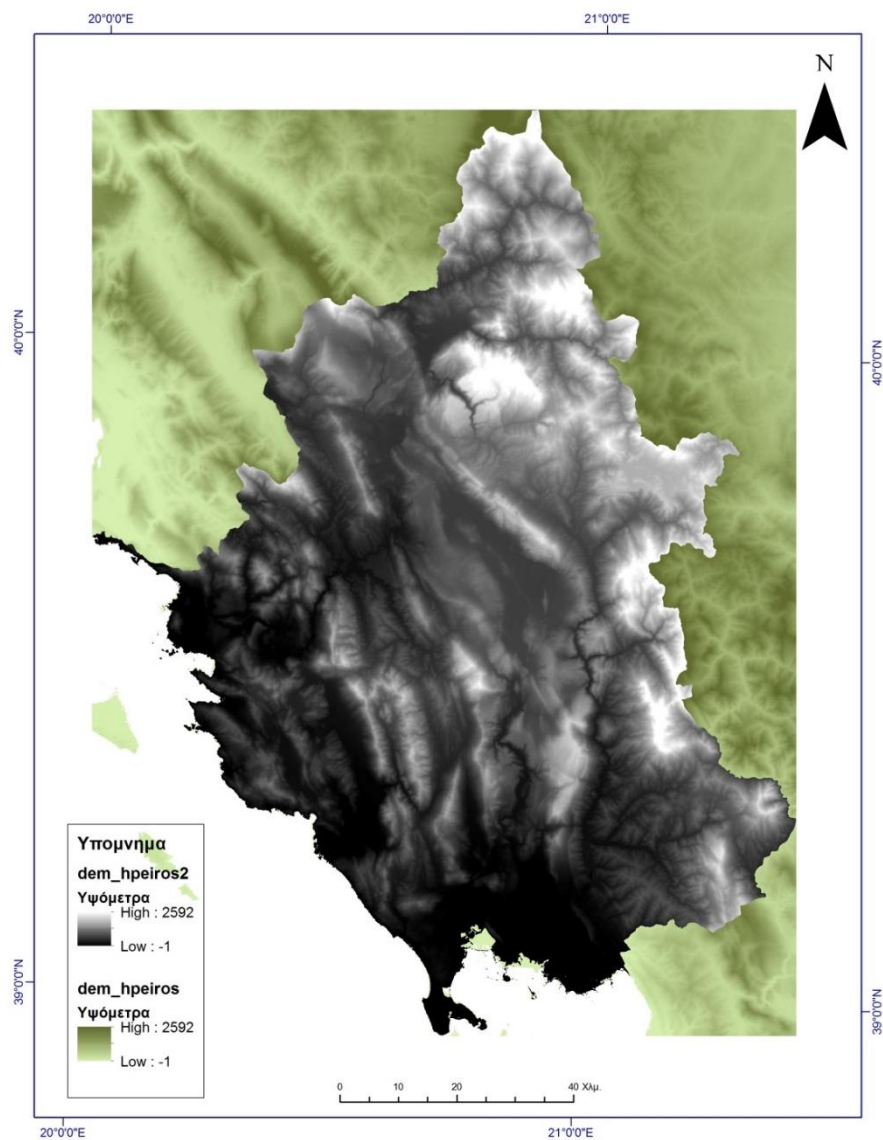


Σχήμα 4: Μορφολογικός χάρτης περιφέρειας Ηπείρου, με υδρολογικά δεδομένα (Πηγή: Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτινων Πόρων, 2007)

2.2 Δεδομένα

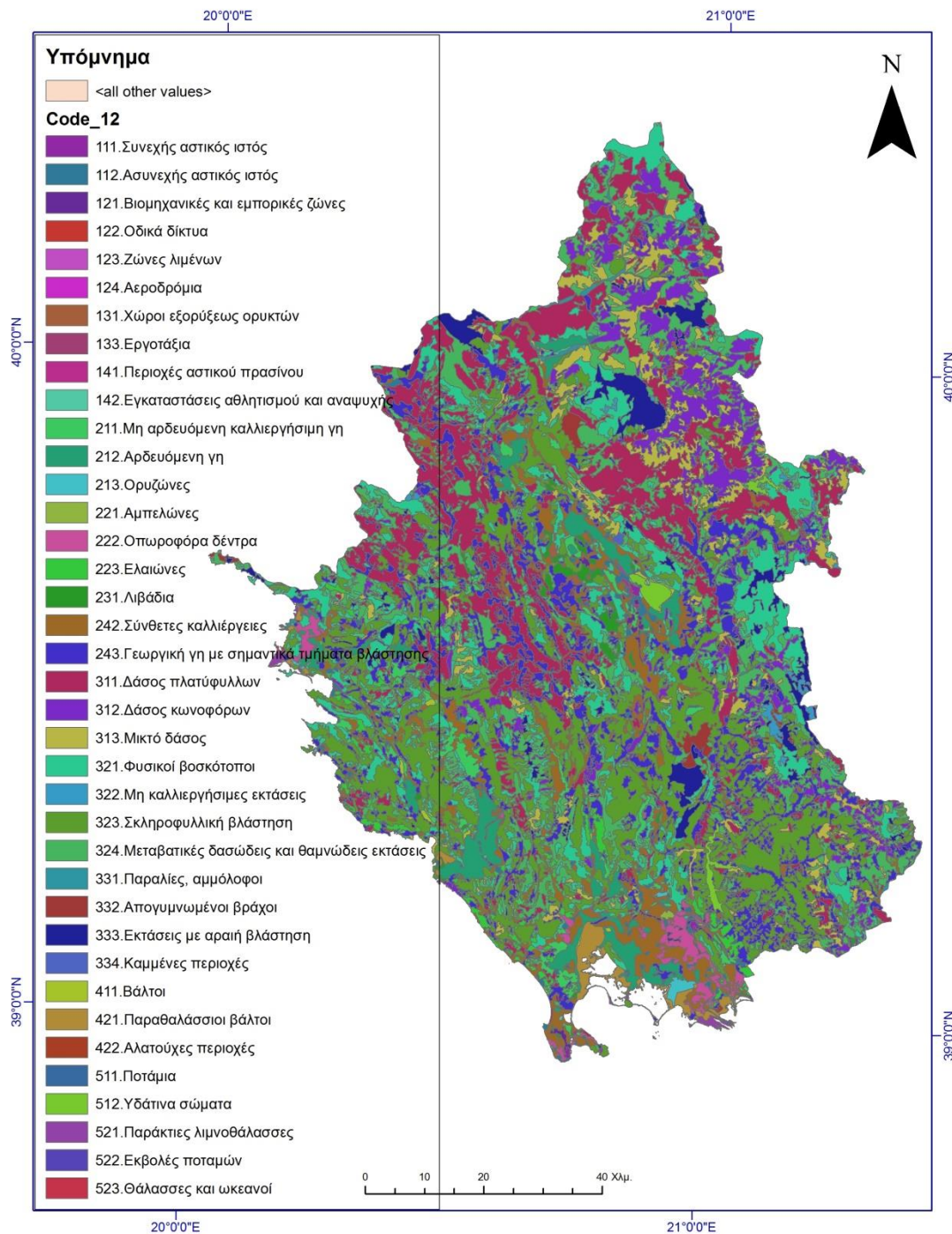
Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία, για τον επανασχεδιασμό και τη βελτιστοποίηση του υπάρχοντος δικτύου υδρομετεωρολογικών σταθμών, ήταν:

1. Ψηφιακό μοντέλο εδάφους, με μέγεθος εικονοπηφίδας 30x30m. Κάθε φατνίο αντιστοιχεί σε μια τιμή υψομέτρου και απεικονίζεται με απόχρωση του γκριζου (πηγή δεδομένων: <http://earthexplorer.usgs.gov/>). Στο σχήμα 5 παρουσιάζεται το ψηφιακό μοντέλο εδάφους.



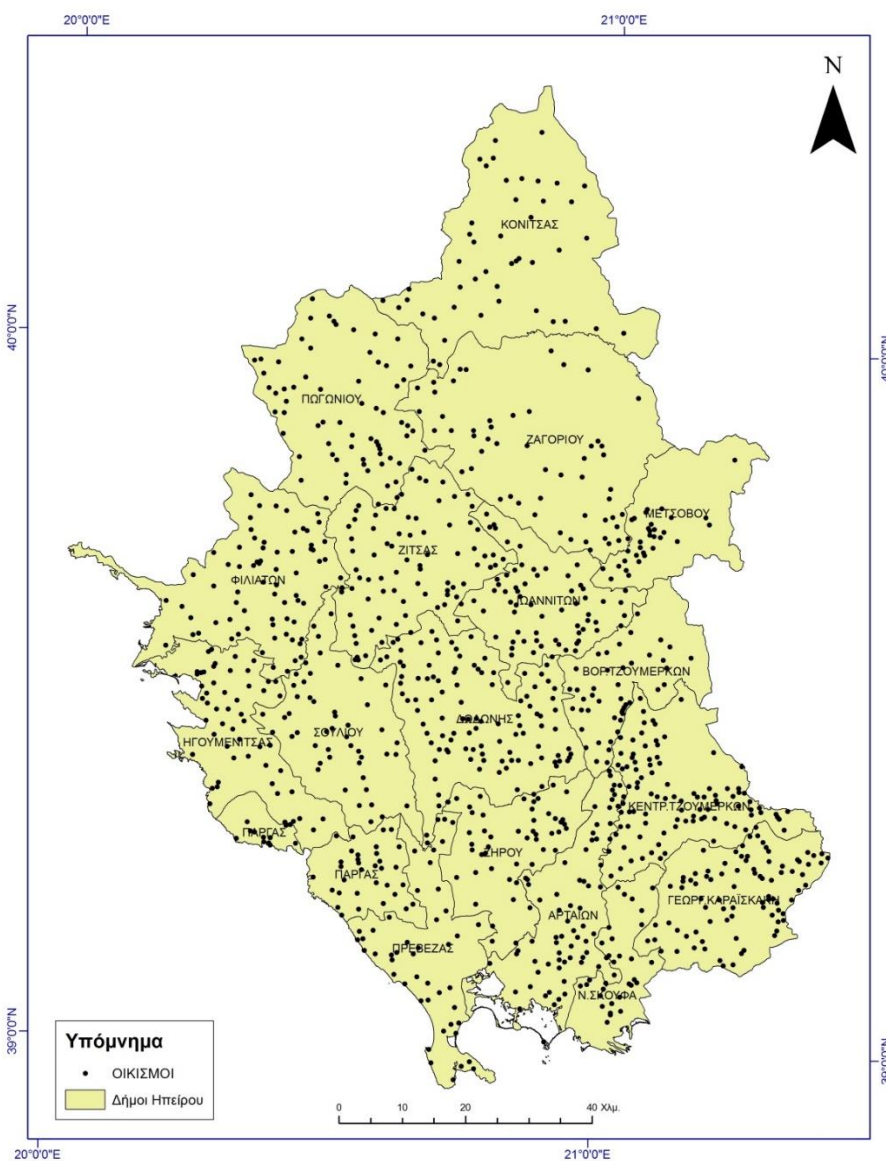
Σχήμα 5: Ψηφιακό μοντέλο εδάφους

2. Ψηφιακό αρχείο χρήσεων- κάλυψης CORINE Landcover 2012 (πηγή δεδομένων: www.data.gov.gr). Μία αρχική εικόνα πριν την επεξεργασία του αρχείου παρουσιάζεται στο σχήμα 6.



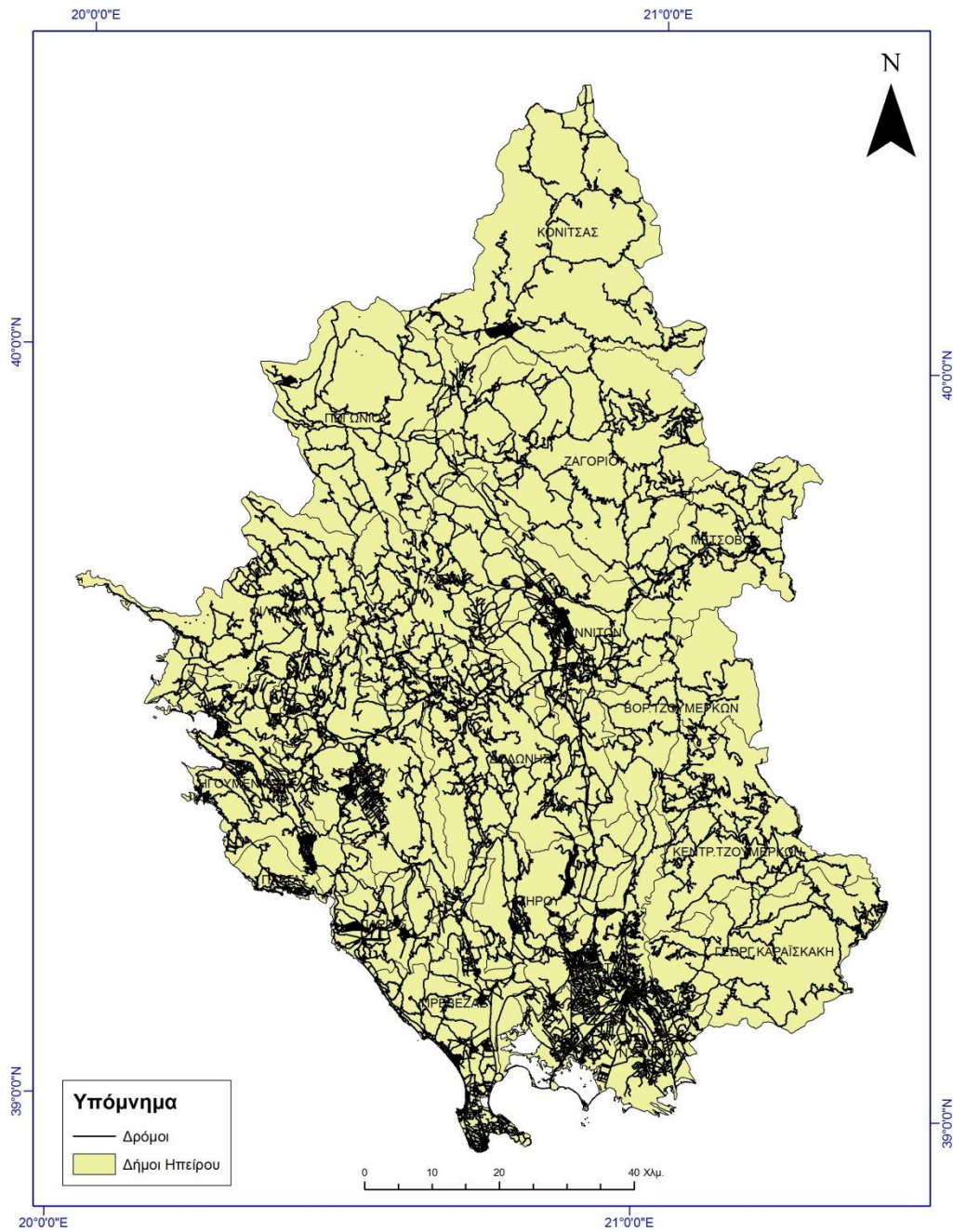
Σχήμα 6: Καλύψεις γης σύμφωνα με το Corine

3. Πολύγωνο περιφερειακής ενότητας. Διανυσματικό επίπεδο που περιλαμβάνει τις πολυγωνικές οντότητες από τα όρια της περιφερειακής ενότητας (πηγή δεδομένων: www.statistics.gr/digital-cartographical-data).
4. Σημειακό αρχείο υφιστάμενου δικτύου υδρομετεωρολογικών σταθμών (<http://hydroscope.gr>).
5. Διανυσματικό αρχείο που περιλαμβάνει τις σημειακές οντότητες των κέντρων των οικισμών, σχήμα 7 (πηγή: <http://www.statistics.gr/digital-cartographical-data>).



Σχήμα 7: Κέντρα οικισμών

6. Γραμμικό αρχείο που περιλάμβανε το οδικό δίκτυο της περιοχής, σχήμα 8.



Σχήμα 8: Οδικό δίκτυο

3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Γενικά

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε για την χωροθέτηση του δικτύου των υδρομετεωρολογικών σταθμών, λαμβάνοντας υπόψη διάφορα κριτήρια όπως γεωμορφολογικά, τεχνικά, διοικητικά και γεωμετρικά σύμφωνα με τις συστάσεις του Παγκόσμιου Οργανισμού Μετεωρολογίας (WMO, 1982). Η αναλυτική περιγραφή των κριτηρίων αυτών γίνεται παρακάτω και με την αξιοποίησή τους προκύπτουν οι κατάλληλες θέσεις των σταθμών. Η μεθοδολογία περιλαμβάνει τόσο τον θεωρητικό καθορισμό των παραμέτρων, όσο και την τεχνική εφαρμογή αυτών με τη χρήση υπολογιστικών συστημάτων.

Στη συνέχεια, με την αξιοποίηση των κριτηρίων γίνεται ο προσδιορισμός των βέλτιστων θέσεων του προτεινόμενου δικτύου και ακολουθεί η διαδικασία τοποθέτησης. Τέλος, γίνεται η αξιολόγηση του υφιστάμενου δικτύου υδρομετεωρολογικών σταθμών και η διερεύνηση της δυνατότητας παραμονής κάποιων σταθμών που πληρούν τα κριτήρια στο προτεινόμενο δίκτυο.

3.2 Επιλογή λογισμικού

Τα προγράμματα λογισμικού που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας ήταν το ArcGIS και το MS EXCEL.

Το ArcGIS είναι μια ολοκληρωμένη συλλογή από προϊόντα λογισμικού για Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS). Χρησιμοποιείται σε μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών οι οποίες περιλαμβάνουν σχεδιασμό, ανάλυση, διαχείριση, καταγραφή γεωγραφικών συστημάτων κ.α.

Το Microsoft Excel είναι πρόγραμμα λογιστικών φύλλων και διαθέτει υπολογισμούς, εργαλεία γραφημάτων, συγκεντρωτικούς πίνακες και γλώσσα προγραμματισμού. Χρησιμοποιήθηκε για τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων της βελτιστοποίησης του δικτύου καθώς και για τη δημιουργία των γραφημάτων.

3.3 Κριτήρια

Προκειμένου να καθοριστεί η βέλτιστη θέση και ο αριθμός των υδρομετεωρολογικών σταθμών του δικτύου, επιλέχθηκαν κάποια κριτήρια τα οποία διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες:

1. Γεωμορφολογικά κριτήρια
2. Τεχνικά κριτήρια
3. Διοικητικά κριτήρια
4. Γεωμετρικά κριτήρια

3.3.1 Γεωμορφολογικά κριτήρια

Υψόμετρα

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Υπηρεσίας SOTER (Soil and Terrain Digital Database) του προγράμματος UNEP (United Nations Environment Programme), η υψομετρική κατηγοριοποίηση της γήινης επιφάνειας αποτελείται από τις ζώνες του Πίνακα 3 (Dobos et al. 2005):

Πίνακας 3: Κατηγοριοποίηση της φυσικής γήινης επιφάνειας σε ζώνες κατά SOTER

Ζώνες	Υψόμετρο
Ζώνη Α	0-200 m
Ζώνη Β	200-500 m
Ζώνη Γ	500-800 m
Ζώνη Δ	800-1200 m
Ζώνη Ε	1200-2800 m

Σύμφωνα με τις συστάσεις του Παγκόσμιου Οργανισμού Μετεωρολογίας WMO, 1982 (World Meteorological Organization), η πυκνότητα των σταθμών ενός δικτύου εξαρτάται από την υψομετρική κατηγοριοποίηση της γήινης επιφάνειας.

Ο συνδυασμός των δύο παραπάνω ομάδων παραμέτρων οδήγησε στην επιλογή των παρακάτω πυκνοτήτων ανά υψομετρική ζώνη (Πίνακας 4).

Πίνακας 4: Πυκνότητα σταθμών ανά υψομετρική ζώνη

Πυκνότητα σταθμών	
Ζώνη Α (0-200 m)	1 Σταθμός ανά 600 km ²
Ζώνη Β (200-500 m)	1 Σταθμός ανά 100 km ²
Ζώνη Γ (500-800 m)	1 Σταθμός ανά 75 km ²
Ζώνη Δ (800-1200 m)	1 Σταθμός ανά 50 km ²
Ζώνη Ε (1200-2800 m)	1 Σταθμός ανά 50 km ²

Κλίσεις

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Υπηρεσίας SOTER του προγράμματος UNEP, η κατηγοριοποίηση της γήινης επιφάνειας ανάλογα με την κλίση της έχει ως εξής (Πίνακας 5) (Dobos et al. 2005)

Πίνακας 5: Ταξινόμηση κλίσεων

Ομαδοποίηση κλίσεων	
Από 0 έως 2%	Επίπεδο έδαφος
Από 2% έως 5%	Ομαλά κυματιστοί λόφοι
Από 5% έως 8%	Κυματιστοί λόφοι
Από 8% έως 15%	Κυματιστή έκταση
Από 15% έως 30%	Μετρίως απότομη έκταση
Από 30% έως 60%	Απότομη έκταση

Ο WMO συνιστά την τοποθέτηση υδρομετεωρολογικών σταθμών σε έδαφος με κλίση <5%. Συνεπώς για την παρούσα εργασία επιδιώχθηκε η τοποθέτηση των σταθμών στις δύο πρώτες κατηγορίες. Ωστόσο, εξαιτίας του έντονου αναγλύφου της περιοχής της Ηπείρου, ειδικά σε μεγάλα υψόμετρα, υπήρξε μία ανεκτικότητα σε αυτό το κριτήριο.

Λίμνες

Ο WMO συνιστά την τοποθέτηση σταθμών σε κοντινή απόσταση από φυσικές και τεχνητές λίμνες. Ο έλεγχος των καταγραφών των σταθμών συμβάλλει στη συσχέτιση βροχόπτωσης και στάθμης λιμνών. Στην παρούσα εφαρμογή προτιμήθηκε η τοποθέτηση των σταθμών κόντα σε παραλίμνια ζώνη.

Είδη κάλυψης γης- Corine LC2012

Μέσω της πληροφορίας είδους κάλυψης γης του Corine, έγινε προσπάθεια ώστε οι σταθμοί να τοποθετούνται σε περιοχές που να καλύπτουν όλα τα είδη κάλυψης γης, κατόπιν ομαδοποίησης.

3.3.2 Τεχνικά κριτήρια

Οικισμοί

Η παρουσία υδρομετεωρολογικών σταθμών πλησίον οικισμών είναι ιδιαίτερα σημαντική για την κατασκευή και τον έλεγχο τεχνικών έργων παροχέτευσης ομβρίων. Επιλέχθηκε οι σταθμοί να τοποθετούνται εντός απόστασης 2000 m από το κέντρο των οικισμών, ωστόσο σε δεύτερη φάση το συγκεκριμένο κριτήριο έγινε λίγο πιο ελαστικό για τις περιοχές με μεγάλο υψόμετρο, όπου υπήρχε απουσία οικισμών.

Πίνακας 6: Κατηγοριοποίηση βάσει αποστάσεως από κέντρα οικισμών

Ζώνες αποστάσεως από κέντρα οικισμών	
Από 0 έως 2000 m	1
Μεγαλύτερη των 2000 m	2

Οδικό δίκτυο

Η εγγύτητα των σταθμών στο οδικό δίκτυο θεωρείται απαραίτητη για λόγους πρόσβασης. Αποφασίστηκε να γίνει η κατηγοριοποίηση σε τέσσερις ζώνες σύμφωνα με τον Πίνακα 7.

Πίνακας 7: Κατηγοριοποίηση βάσει αποστάσεως από οδικό δίκτυο

Ζώνες αποστάσεως από οδικό δίκτυο	
Από 0 έως 250 m	1
Από 250 έως 500 m	2
Από 500 έως 1000 m	3
Από 1000 έως 5000 m	4

3.3.3 Διοικητικά κριτήρια

Όρια Περιφερειακής Ενότητας

Οι σταθμοί κατανεμήθηκαν σύμφωνα με τα όρια της περιφέρειας Ηπείρου η οποία περιλαμβάνει τους Νομούς Άρτας, Θεσπρωτίας, Ιωαννίνων και Πρεβέζης (ν. 3852/2010 ΦΕΚ 87/Α 07.06.2010).

3.3.4 Γεωμετρικά κριτήρια

Ίσες αποστάσεις

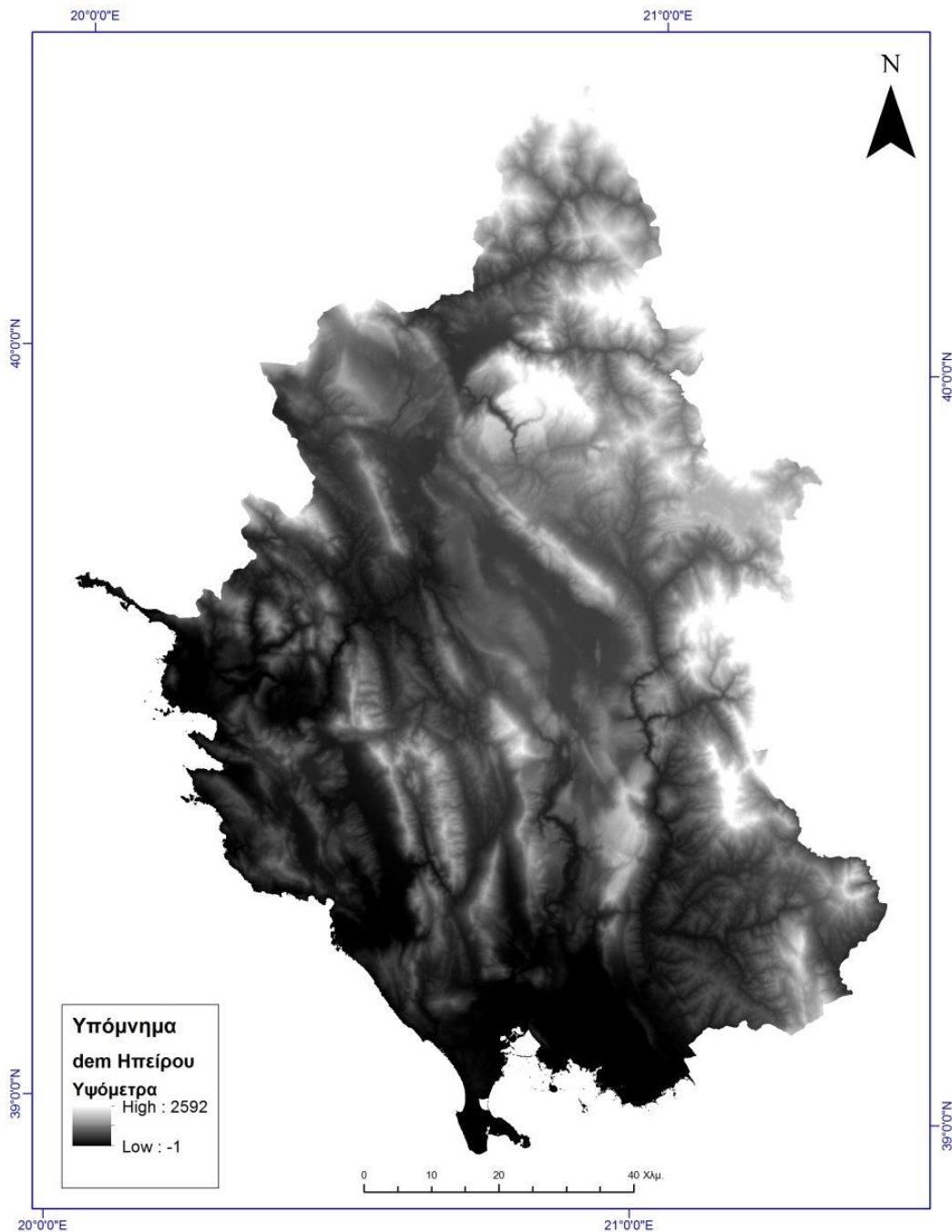
Για την καλύτερη κάλυψη κάθε υψομετρικής ζώνης, είναι επιθυμητό οι σταθμοί όσο το δυνατόν να ισαπέχουν. Για το λόγο αυτό δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή ώστε οι σταθμοί που επιλέγονται να καλύπτουν ομοιόμορφα κάθε ζώνη. Με τον τρόπο αυτόν επιτυγχάνεται τόσο η υψομετρική αντιπροσώπευση της έκτασης εντός κάθε ζώνης, όσο και η κατανομή των σταθμών οριζοντιογραφικά. Το πρώτο έχει ως αποτέλεσμα την τοποθέτηση σταθμών ακόμη και σε μεγάλα υψόμετρα, οπότε το φαινόμενο της κατακρήμνισης παρατηρείται αποτελεσματικότερα, ενώ το δεύτερο βοηθά στο διοικητικό και λειτουργικό έλεγχο του δικτύου.

3.4 Επεξεργασία δεδομένων

3.4.1 Επεξεργασία ψηφιακού μοντέλου εδάφους

Αρχικά έγινε επεξεργασία στο shapfile που περιείχε τις περιφέρειες της Ελλάδος. Με την εντολή select features αποθηκεύτηκε σαν ένα ξεχωριστό shp file κάνοντας export data. Το ψηφιακό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε ήταν ολόκληρης της Ελλάδος σε ανάλυση 30x30. Χρησιμοποιώντας αυτό το DEM καθώς και το shp file της Ηπείρου, με τις εντολές arctoolbox>

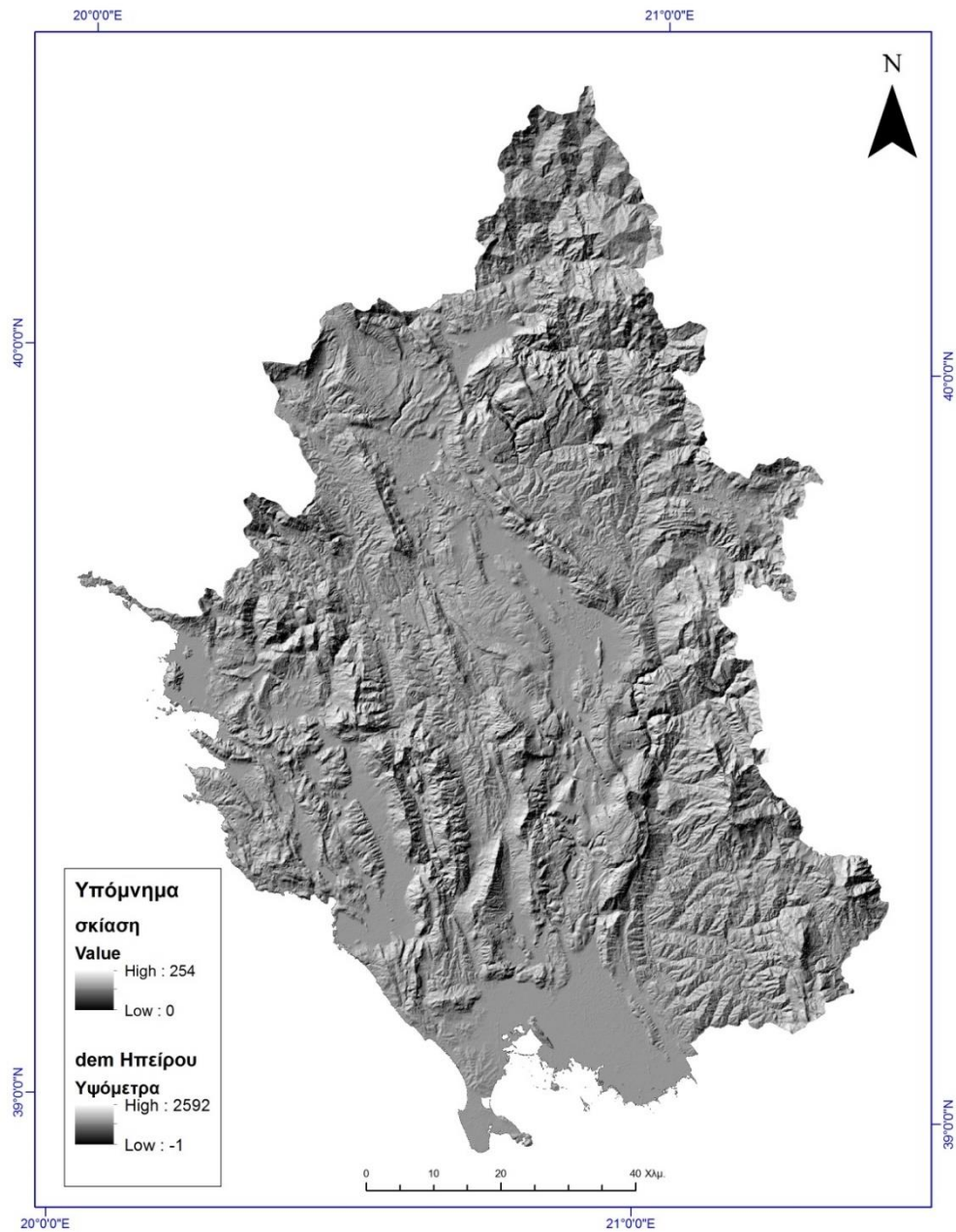
data management tools> raster> raster processing> clip δημιουργήθηκε το raster της Ηπείρου. Το αρχικό μοντέλο εδάφους που δημιουργήθηκε από την επεξεργασία παρουσιάζεται στο σχήμα 9.



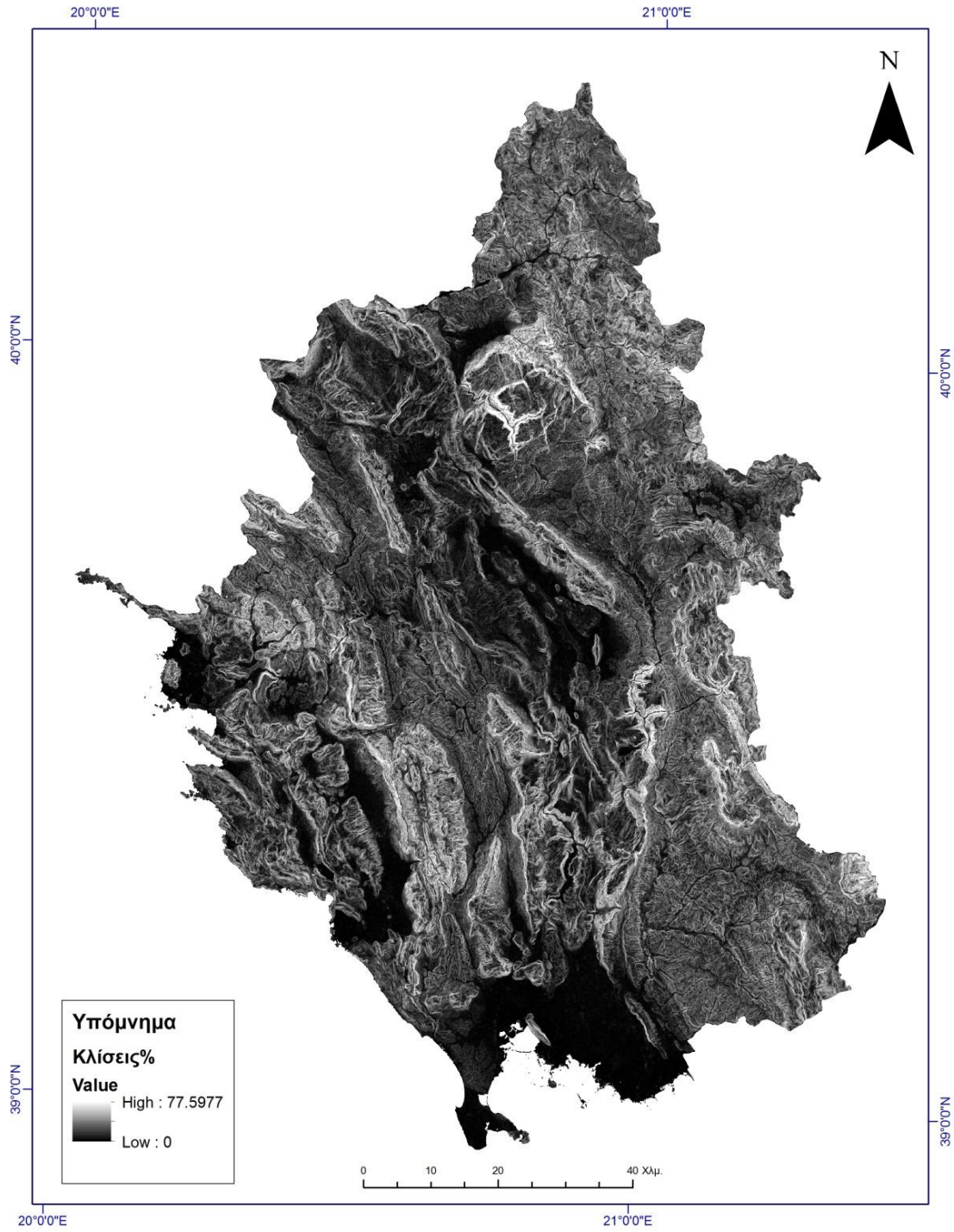
Σχήμα 9: Αρχικό μοντέλο εδάφους

3.4.2 Δημιουργία μοντέλου σκιασμένου ανάγλυφου και μοντέλου κλίσεων

Από το προηγούμενο αρχείο και μέσω της εντολής `spatial analyst tools> surface`, έγινε η παραγωγή του αρχείου του σκιασμένου ανάγλυφου καθώς και η παραγωγή του αρχείου των κλίσεων του μοντέλου εδάφους. Το αρχείο του σκιασμένου ανάγλυφου δημιουργήθηκε με σκοπό την καλύτερη οπτική απεικόνιση. Στο αρχείο των κλίσεων υπήρξε στη συνέχεια επιπλέον επεξεργασία για την κατηγοριοποίηση των ζωνών κλίσεων που τέθηκαν σαν κριτήρια. Τα αρχεία αυτά παρουσιάζονται στα σχήματα 10 και 11 που ακολουθούν.



Σχήμα 10: Αρχείο σκιασμένου ανάγλυφου



Σχήμα 11: Αρχείο κλίσεων εδάφους

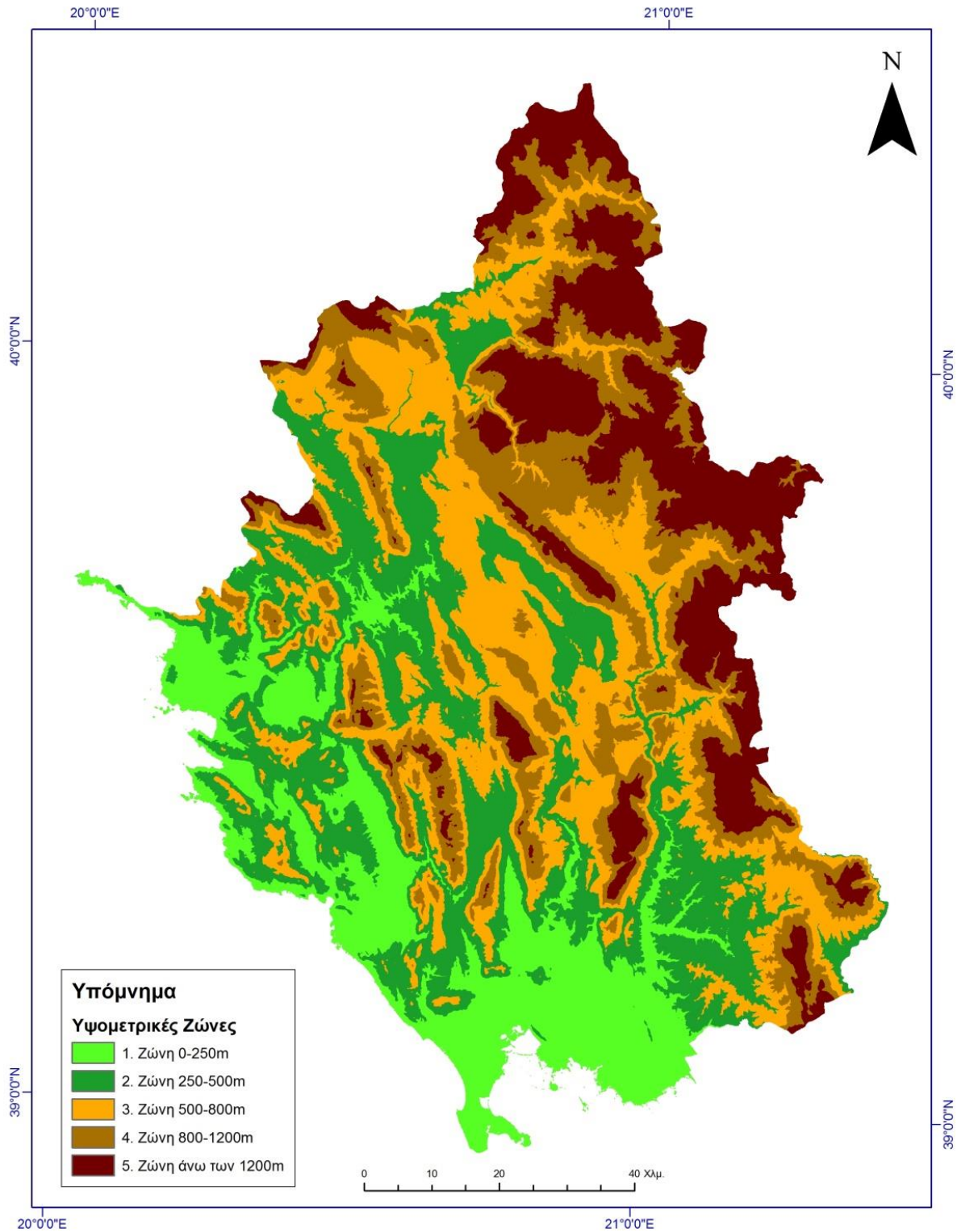
3.5 Ταξινόμηση κύριων κριτηρίων

Για να μπορέσουν να επεξεργαστούν τα δεδομένα και να συνδυαστούν μεταξύ τους, θα πρέπει να επαναταξινομηθούν και να έρθουν στην κατάλληλη μορφή που χρειάζονται. Για αυτόν το λόγο έγινε και η κατηγοριοποίηση των κριτηρίων και η δημιουργία θεματικών χαρτών.

3.5.1 Γεωμορφολογικά κριτήρια

Κριτήριο πυκνότητας ανά υψομετρική

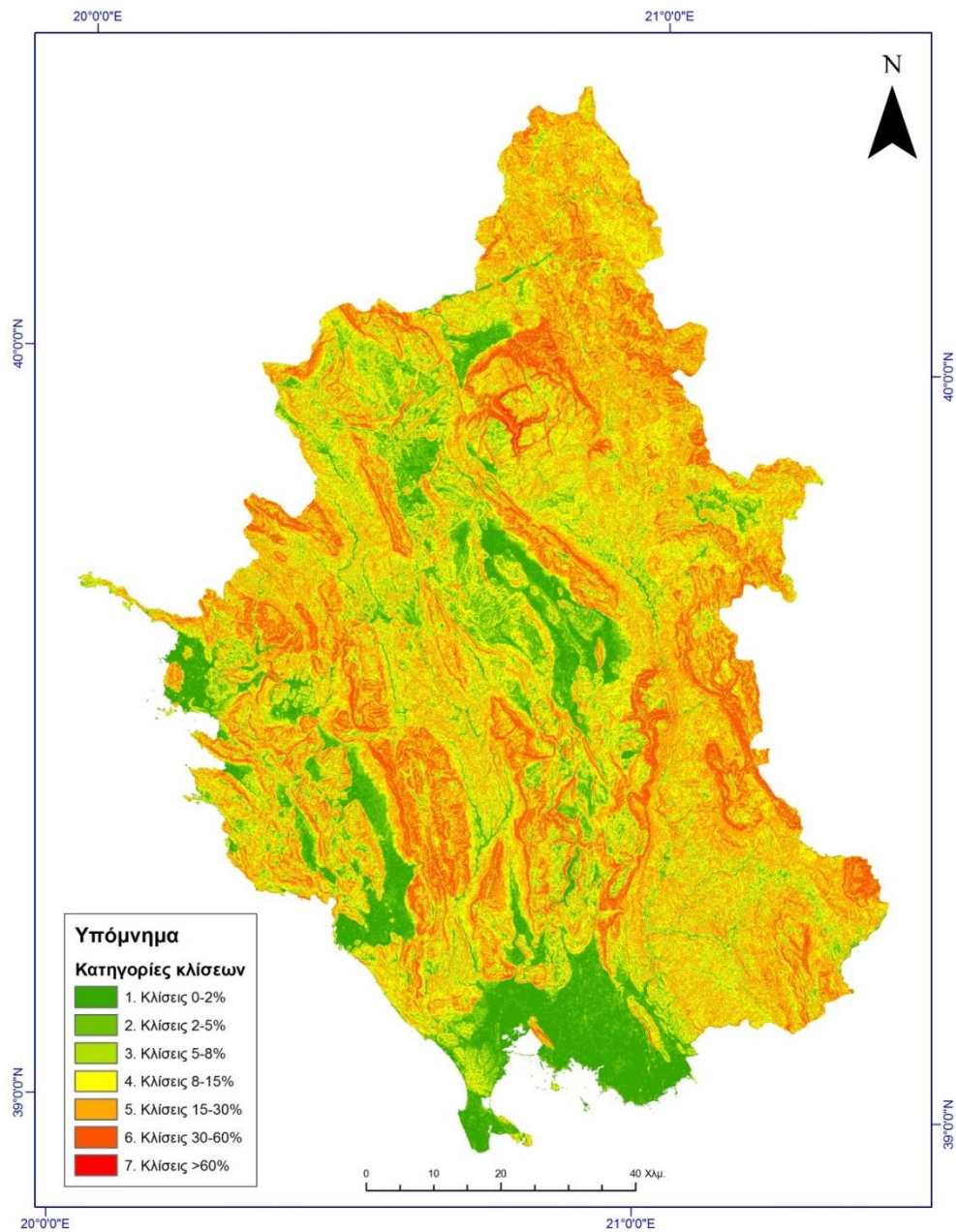
Αρχικά, έγινε επαναταξινόμηση του ψηφιακού μοντέλου εδάφους της περιοχής μελέτης σε πέντε ζώνες, σύμφωνα με τις οδηγίες της υπηρεσίας SOTER που αναφέρθηκαν νωρίτερα. Η διαδικασία ήταν properties> symbology> classified και επιλέχθηκαν 5 classes, από 0-200 m, 200-500 m, 500-800 m, 800-1200 m και άνω των 1200 m. Στη συνέχεια με τη διαδικασία 3D analyst tools> raster reclass> reclassify η κάθε ζώνη πήρε αρίθμηση από το 1 έως το 5. (σχήμα 12)



Σχήμα 12: Υψομετρικές ζώνες

Κριτήριο τοπογραφικών κλίσεων

Σύμφωνα με τον WMO, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι υδρομετεωρολογικοί σταθμοί είναι θεμιτό να τοποθετούνται σε εδάφη με ήπιες κλίσεις, δηλαδή μικρότερες του 5%. Με την ίδια διαδικασία αρχικά δημιουργήθηκε το αρχείο που περιείχε 7 κατηγορίες κλίσεων (σχήμα 13) και στη συνέχεια έγιναν reclassify και πήραν τις τιμές από 1 έως 7.



Σχήμα 13: Κατηγορίες κλίσεων εδάφους

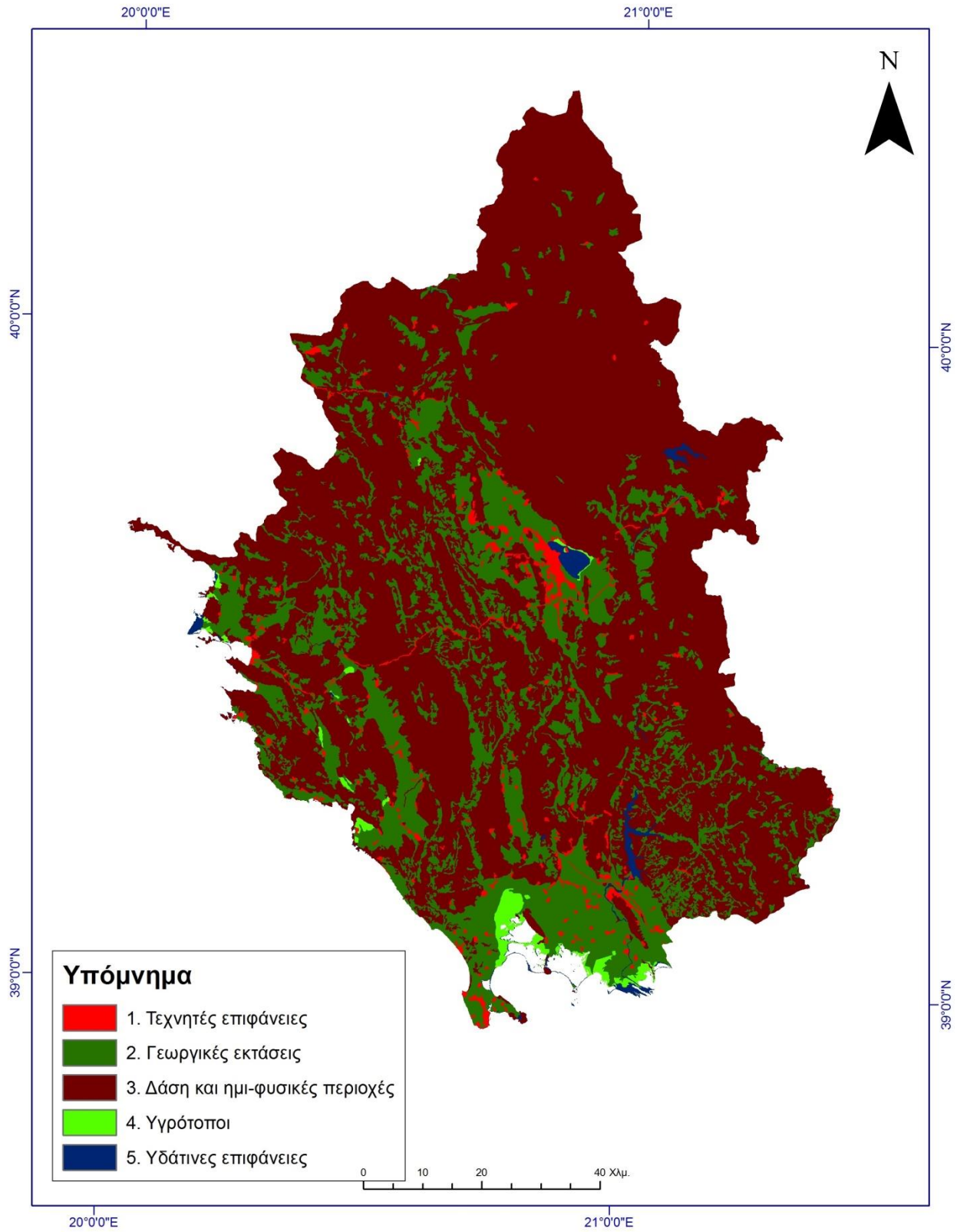
Κριτήριο διαφορετικού είδους κάλυψης γης

Το τελευταίο από τα γεωμορφολογικά κριτήρια βέλτιστης τοποθέτησης υδρομετεωρολογικών σταθμών είναι αυτό της κάλυψης όλων των ειδών χρήσης γης.

Χρησιμοποιήθηκε το διανυσματικό αρχείο με τα πολύγωνα καλύψεων γης (Corine 2012, Πηγή: data.gov.gr). Στη συνέχεια, έγινε μια ομαδοποίηση των υποκατηγοριών στις 5 βασικές (Source: http://www.igeo.pt/gdr/pdf/CLC2006_nomenclature_addendum.pdf) οι οποίες είναι:

1. Τεχνητές επιφάνειες
2. Γεωργικές περιοχές
3. Δάση και ημι-φυσικές περιοχές
4. Υγρότοποι
5. Υδάτινες επιφάνειες

Για να γίνει αυτή η ομαδοποίηση χρησιμοποιήθηκε η επιλογή editor έτσι ώστε να μπορέσουμε να επεξεργαστούμε τα στοιχεία του attribute table και να δημιουργηθεί μια νέα στήλη με τις βασικές κατηγορίες. Στη συνέχεια με την επιλογή dissolve ενώθηκαν όλα τα ίδια πολύγωνα και ο τελικός χάρτης μετατράπηκε σε raster. Οι κατηγορίες 4 και 5 που περιέχουν υδάτινες επιφάνειες αφαιρέθηκαν στη συνέχεια για τον υπολογισμό των βέλτιστων θέσεων τοποθέτησης σταθμών (select polygon 4&5> export data και στη συνέχεια analysis tools> overlay> erase). Το αρχείο που δημιουργήθηκε παρουσιάζεται στο σχήμα 14.



Σχήμα 14: Χρήσεις κάλυψης γη

3.5.2 Τεχνικά κριτήρια

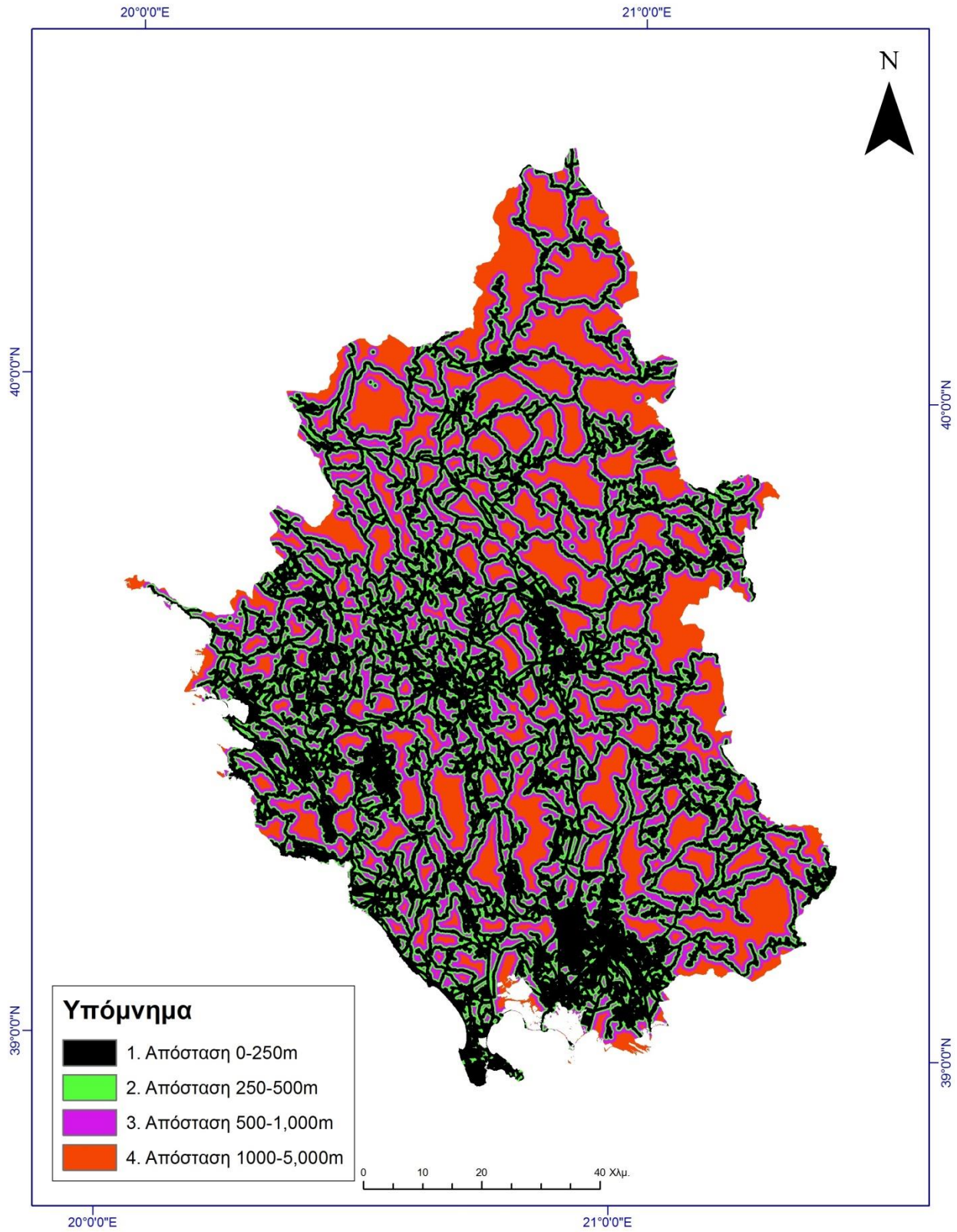
Κριτήριο εγγύτητας οδικού δικτύου

Η εγγύτητα των σταθμών στο οδικό δίκτυο θεωρείται απαραίτητη για λόγους πρόσβασης. Σαν κριτήριο για την τοποθέτηση των σταθμών λαμβάνεται η ζώνη των 500 m όπου αυτό είναι εφικτό.

Αρχικά στο διανυσματικό αρχείο που περιείχε το οδικό δίκτυο της Ηπείρου χρησιμοποιήθηκε η εντολή multiple ring buffer έτσι ώστε να δημιουργηθούν οι ακόλουθες κατηγορίες:

1. Από 0 έως 250 m
2. Από 250 έως 500 m
3. Από 500 έως 1000 m
4. Από 1000 έως 5000 m

Για τον τελικό σχεδιασμό το αρχείο έγινε clip με τον χάρτη που περιείχε τα όρια της Ηπείρου, καθώς κάποια κομμάτια του buffer υπερέβησαν αυτά τα όρια και στη συνέχεια το αρχείο έγινε raster. Το σχήμα 15 παρουσιάζει τον χάρτη με τις αποστάσεις από το οδικό δίκτυο.

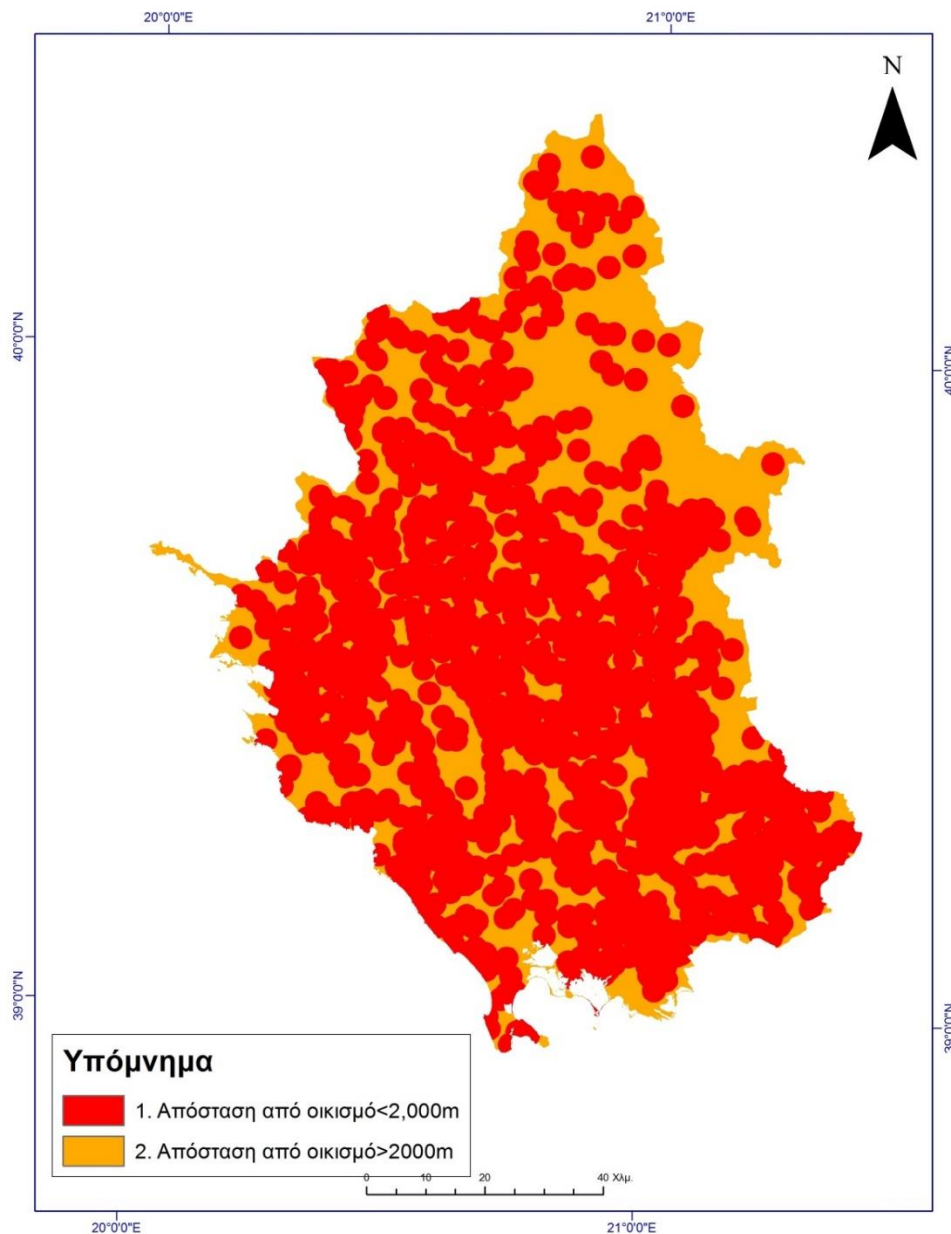


Σχήμα 15: Χάρτης αποστάσεων από οδικό δίκτυο

Κριτήριο εγγύτητας σε οικισμούς

Όπως προαναφέρθηκε, ως κριτήριο επιλέχθηκε η απόσταση από το κέντρο του οικισμού να μην υπερβαίνει τα 2000 m. Ακολούθηθηκε ακριβώς η ίδια διαδικασία με το παραπάνω κριτήριο για να δημιουργηθούν δύο κατηγορίες:

1. Από 0 έως 2000m
2. Απόσταση μεγαλύτερη των 2000 m



Σχήμα 16: Χάρτης αποστάσεων από οικισμούς

3.6 Προσδιορισμός βέλτιστων θέσεων

Προκειμένου να γίνει η επεξεργασία των κριτηρίων, θα πρέπει τα κριτήρια να έχουν μια κοινή κλίμακα μεταξύ τους. Στη συνέχεια με τη χρήση του σταθμισμένου γραμμικού συνδυασμού (Weighted Linear Combination), σε κάθε κριτήριο θα μπορεί να αποδοθεί συντελεστής βαρύτητας. Στη συγκεκριμένη εφαρμογή, όλα τα κριτήρια θεωρήθηκαν ισοβαρή και αποφασίστηκε η προσέγγιση μέσω παρόμοιας μεθοδολογίας. Μετά την ολοκλήρωση των ταξινομήσεων των αρχικών δεδομένων χρειάστηκε να γίνουν reclassify οι τιμές του οδικού δικτύου και της απόστασης από οικισμούς σε κοινή κλίμακα με τις κλίσεις εδάφους. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσε να γίνει η εισαγωγή τους στο Raster Calculator.

Πίνακας 8: Πίνακας reclassify για τη δημιουργία κοινής κλίμακας

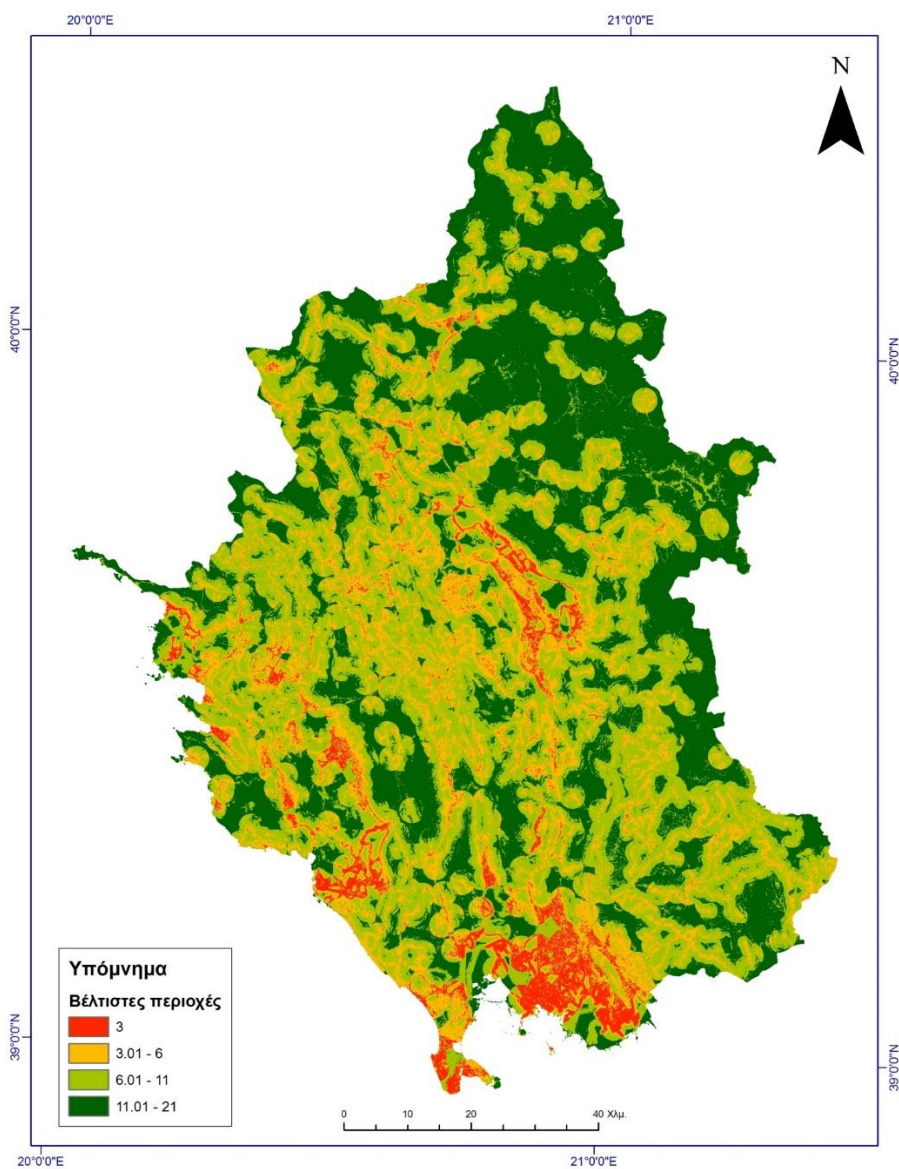
	Τιμές πριν το reclassify	Τιμές μετά το reclassify
Κλίσεις	1,2,3,4,5,6,7	1,2,3,4,5,6,7
Απόσταση από οικισμούς	1,2,3,4	1,3,5,7
Απόσταση από οδικό δίκτυο	1,2	1,7

Στη συνέχεια τα κριτήρια προστίθενται μεταξύ τους και δημιουργείται ο χάρτης στο σχήμα 17 με τιμές από 3 έως 21. Αυτός ο χάρτης αποδίδει τιμές σε κάθε σημείο, ανάλογα με την καταλληλότητα του καθενός για τοποθέτηση σταθμού. Οι χαμηλές τιμές ενδεικνύονται για τοποθέτηση καθώς πληρούν τα κριτήρια, ενώ όσο αυξάνονται κρίνονται ακατάλληλες.

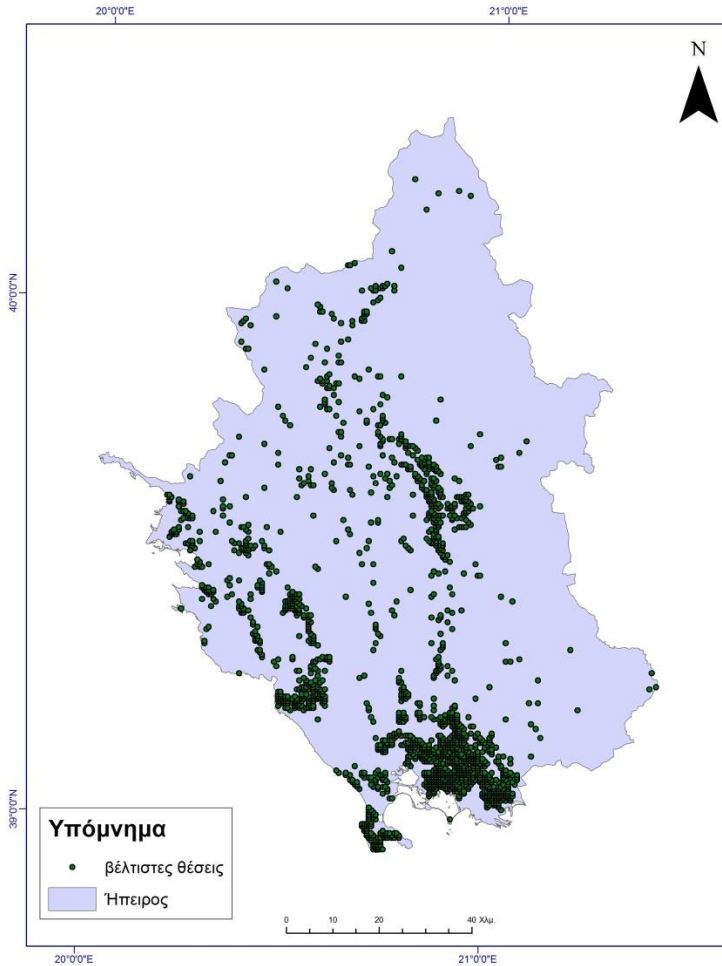
Στη συνέχεια, με τη χρήση της εντολής `data management tools> feature class> create fishnet` εισήχθη κανάβος σημείων τα οποία είχαν μεταξύ τους απόσταση 500 m. Η διαδικασία αυτή έγινε στα πλαίσια του κριτηρίου των ίσων αποστάσεων και της ομοιόμορφης γεωγραφικής κάλυψης, καθώς το να τοποθετηθεί ένας σταθμός ακριβώς δίπλα από έναν άλλον θα ήταν ανούσιο. Ακολούθησε επεξεργασία με `Clip` στα όρια της Ηπείρου, στο attribute table προστέθηκε `field> calculate geometry` όπου εισήχθησαν οι συντεταγμένες x,y των σημείων και στο τέλος έγινε με την εντολή `point to raster`, η “ραστεροποίηση” των σημείων.

Ολοκληρώνοντας, με την εντολή extract value to points τραβήξαμε τις τιμές των pixel του χάρτη 17, στα σημεία που δημιουργήθηκαν από τον κανάβο. Με αυτόν τον τρόπο, κάθε σημείο του κανάβου είχε μία τιμή από 3 έως 21 που φανέρωνε την καταλληλότητα των σημείων για τοποθέτηση υδρομετεωρολογικού σταθμού.

Ακολουθεί το σχήμα 18 και 19, στα οποία απεικονίζονται οι βέλτιστες θέσεις με τιμή 3 στην Ήπειρο καθώς και ένα στιγμιότυπο από το attribute table στο οποίο εμφανίζονται οι συντεταγμένες του κάθε σημείου.



Σχήμα 17: Χάρτης βαθμολογίας περιοχών τοποθέτησης



Σχήμα 18: Χάρτης βέλτιστων περιοχών τοποθέτησης

Table					
βέλτιστες θέσεις					
FID	Shape *	Id	x	y	RASTERVALU
0	Point	0	216811.27706	4316099.49972	3
1	Point	0	217311.27706	4316099.49972	3
2	Point	0	217811.27706	4316099.49972	3
3	Point	0	218311.27706	4316099.49972	3
4	Point	0	218811.27706	4316099.49972	3
5	Point	0	216811.27706	4316599.49972	3
6	Point	0	217311.27706	4316599.49972	3
7	Point	0	217811.27706	4316599.49972	3
8	Point	0	216811.27706	4317099.49972	3
9	Point	0	217311.27706	4317099.49972	3
10	Point	0	217811.27706	4317099.49972	3
11	Point	0	218311.27706	4317099.49972	3
12	Point	0	216811.27706	4317599.49972	3
13	Point	0	217311.27706	4317599.49972	3
14	Point	0	217811.27706	4317599.49972	3
15	Point	0	218311.27706	4317599.49972	3
16	Point	0	216311.27706	4318099.49972	3
17	Point	0	217311.27706	4318099.49972	3
18	Point	0	217811.27706	4318099.49972	3
19	Point	0	218311.27706	4318099.49972	3
20	Point	0	215811.27706	4318599.49972	3
21	Point	0	216311.27706	4318599.49972	3
22	Point	0	217811.27706	4318599.49972	3
23	Point	0	218311.27706	4318599.49972	3
24	Point	0	219311.27706	4318599.49972	3
25	Point	0	219811.27706	4318599.49972	3
26	Point	0	220811.27706	4318599.49972	3
27	Point	0	221311.27706	4318599.49972	3
28	Point	0	222311.27706	4318599.49972	3
29	Point	0	215311.27706	4319099.49972	3
30	Point	0	215811.27706	4319099.49972	3
31	Point	0	216311.27706	4319099.49972	3
32	Point	0	216811.27706	4319099.49972	3
33	Point	0	218811.27706	4319099.49972	3
34	Point	0	219311.27706	4319099.49972	3
35	Point	0	219811.27706	4319099.49972	3
36	Point	0	220311.27706	4319099.49972	3
37	Point	0	220811.27706	4319099.49972	3
38	Point	0	221811.27706	4319099.49972	3
39	Point	0	222311.27706	4319099.49972	3
40	Point	0	215311.27706	4319599.49972	3
41	Point	0	216311.27706	4319599.49972	3
42	Point	0	218311.27706	4319599.49972	3
43	Point	0	218811.27706	4319599.49972	3
44	Point	0	219311.27706	4319599.49972	3
45	Point	0	219811.27706	4319599.49972	3
46	Point	0	220311.27706	4319599.49972	3
47	Point	0	221311.27706	4319599.49972	3
48	Point	0	221811.27706	4319599.49972	3
49	Point	0	214811.27706	4320099.49972	3
50	Point	0	215311.27706	4320099.49972	3
51	Point	0	218811.27706	4320099.49972	3
52	Point	0	214811.27706	4320599.49972	3
53	Point	0	215311.27706	4320599.49972	3
54	Point	0	214311.27706	4321099.49972	3
55	Point	0	214811.27706	4321099.49972	3
56	Point	0	215311.27706	4321099.49972	3
57	Point	0	215811.27706	4321099.49972	3

Σχήμα 19: Συντεταγμένες των βέλτιστων σημείων

3.7 Διαδικασία τοποθέτησης

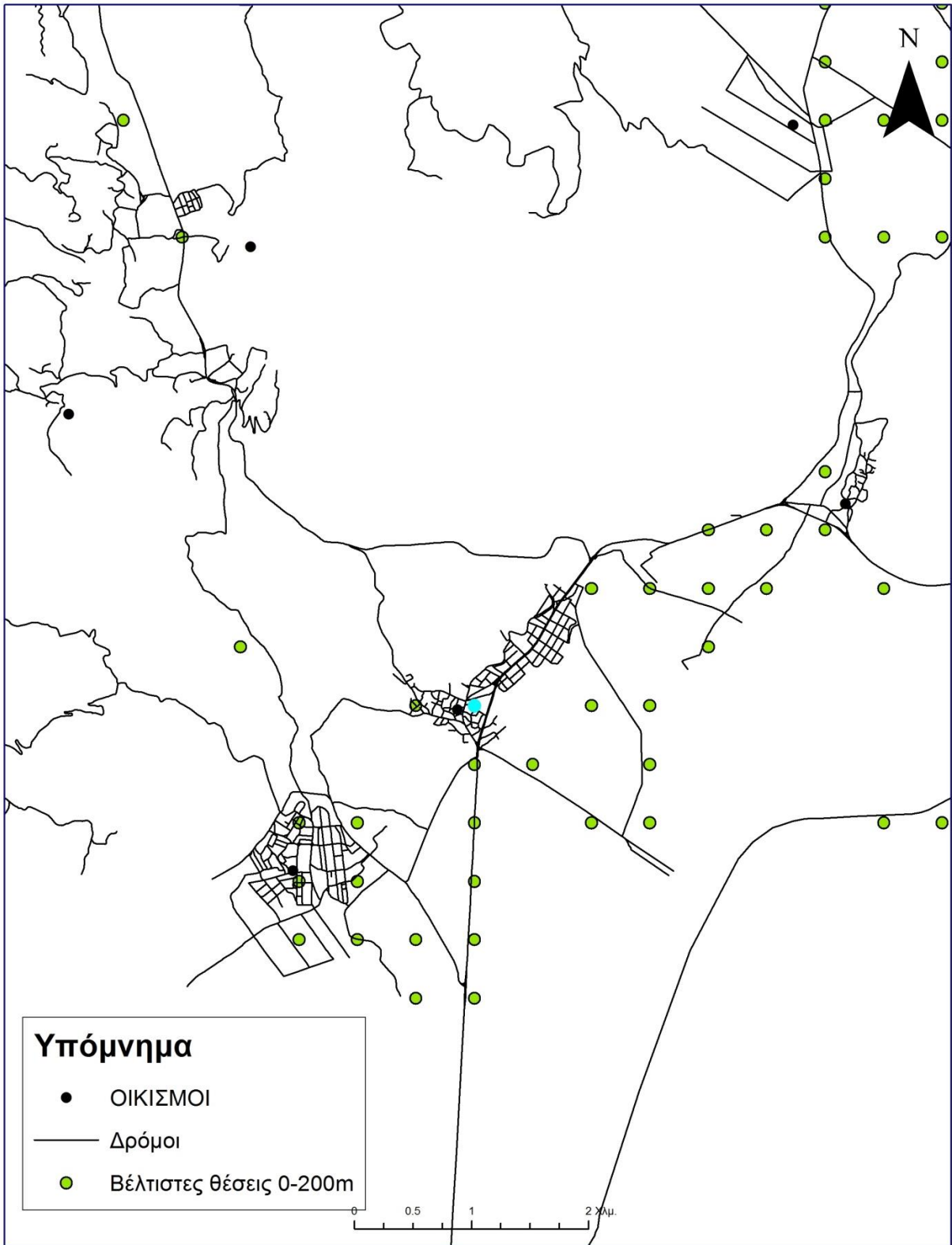
Προκειμένου να ξεκινήσει η διαδικασία τοποθέτησης, θα έπρεπε να υπολογιστεί ο αριθμός των σταθμών κάθε υψομετρικής ζώνης. Αρχικά υπολογίστηκε η επιφάνεια που καλύπτει η κάθε υψομετρική ζώνη. Στα attribute tables των διανυσματικών αρχείων που περιείχαν τις υψομετρικές ζώνες προστέθηκε νέα στήλη με το όνομα area. Στη συνέχεια με την επιλογή calculate geometry γινόταν ο υπολογισμός του εμβαδού που καταλάμβανε η κάθε περιοχή. Τα αποτελέσματα σε συνδυασμό με τα κριτήρια του WMO (1982) που ορίζουν την πυκνότητα των σταθμών σε κάθε υψομετρική ζώνη παρήγαγαν τον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 9: Υψομετρικές ζώνες και προτεινόμενος αριθμός σταθμών

Υψομετρική Ζώνη	Εύρος Υψομέτρων (m)	Έκταση (km ²)	Έκταση (km ²) / Σταθμό	Σταθμοί
A	0-200	1505	600	3
B	200-500	2228	100	23
Γ	500-800	2201	75	30
Δ	800-1200	1667	50	34
E	1200-2800	1534	50	31
Σύνολο	-	9135	-	121

Μια σημαντική τροποποίηση που έγινε στα πλαίσια της συγκεκριμένης εφαρμογής είναι ο αριθμός των σταθμών στην υψομετρική ζώνη Α (0-200 m). Οι προτεινόμενοι σταθμοί κατά WMO όπως φαίνεται και στον Πίνακα 9 είναι τρεις. Ωστόσο, εξαιτίας των πολλών μεγάλων οικισμών και των ιδιαιτεροτήτων της περιοχής ενδιαφέροντος (πηγές κοντά σε οικισμούς, ποτάμια, λίμνες, δάση) αποφασίστηκε η τοποθέτηση μεγαλύτερου αριθμού σταθμών οι οποίοι θα κάλυπταν τις ανάγκες για συλλογή δεδομένων.

Όσον αφορά τη διαδικασία τοποθέτησης, ο βασικότερος παράγοντας επιλογής των θέσεων των υδρομετεωρολογικών σταθμών ήταν η αμοιβαία οριζοντιογραφική ισαποχή τους εντός της κάθε ζώνης, έτσι ώστε να υπάρξει καλύτερη κάλυψη του φαινομένου της κατακρήμνισης. Η διαδικασία ξεκινούσε με την τοποθέτηση σταθμών κοντά σε μεγάλους οικισμούς και λίμνες. Συνεχιζόταν με την επιλογή θέσεων από περιοχές που πληρούσαν όλα τα κριτήρια και κατέληγε στην επιλογή θέσεων που δεν πληρούσαν όλα τα κριτήρια, ειδικά σε απομακρυσμένες περιοχές με μεγάλο υψόμετρο. Στην περίπτωση που ομάδα σημείων πληρούσε όλα τα κριτήρια, επιλεγόταν το σημείο που βρισκόταν πιο κοντά σε δρόμο, απείχε λιγότερο από τον πλησιέστερο οικισμό και βρισκόταν σε επιφάνεια με ηπιότερη κλίση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα εμφανίζεται στο σχήμα 20, όπου φαίνεται η κωμόπολη του Λούρου, τα προτεινόμενα σημεία και με γαλάζιο χρώμα το τελικό επιλεγθέν σημείο.



Σχήμα 20: Στιγμιότυπο από τη διαδικασία επιλογής σημείου τοποθέτησης

3.8 Διαδικασία αξιολόγησης

3.8.1 Διαδικασία αξιολόγησης υφιστάμενου δικτύου

Για τη διαδικασία της αξιολόγησης των υφιστάμενων σταθμών δημιουργήθηκε φύλλο excel που περιείχε τις συντεταγμένες τους (Πηγή: hydroscope.gr). Εν συνεχεία, έγινε η εισαγωγή του στο πρόγραμμα, επεξεργάστηκε έτσι ώστε να γίνουν display οι x,y συντεταγμένες και τέλος έγινε export data για να δημιουργηθεί το διανυσματικό αρχείο με τα σημεία του υφιστάμενου δικτύου.

Μέσω της εντολής extract value to points κάθε σημείο απέκτησε δική του βαθμολογία από την τιμή 3 μέχρι την τιμή 21, τα όρια δηλαδή που είχαμε για το προτεινόμενο δίκτυο.

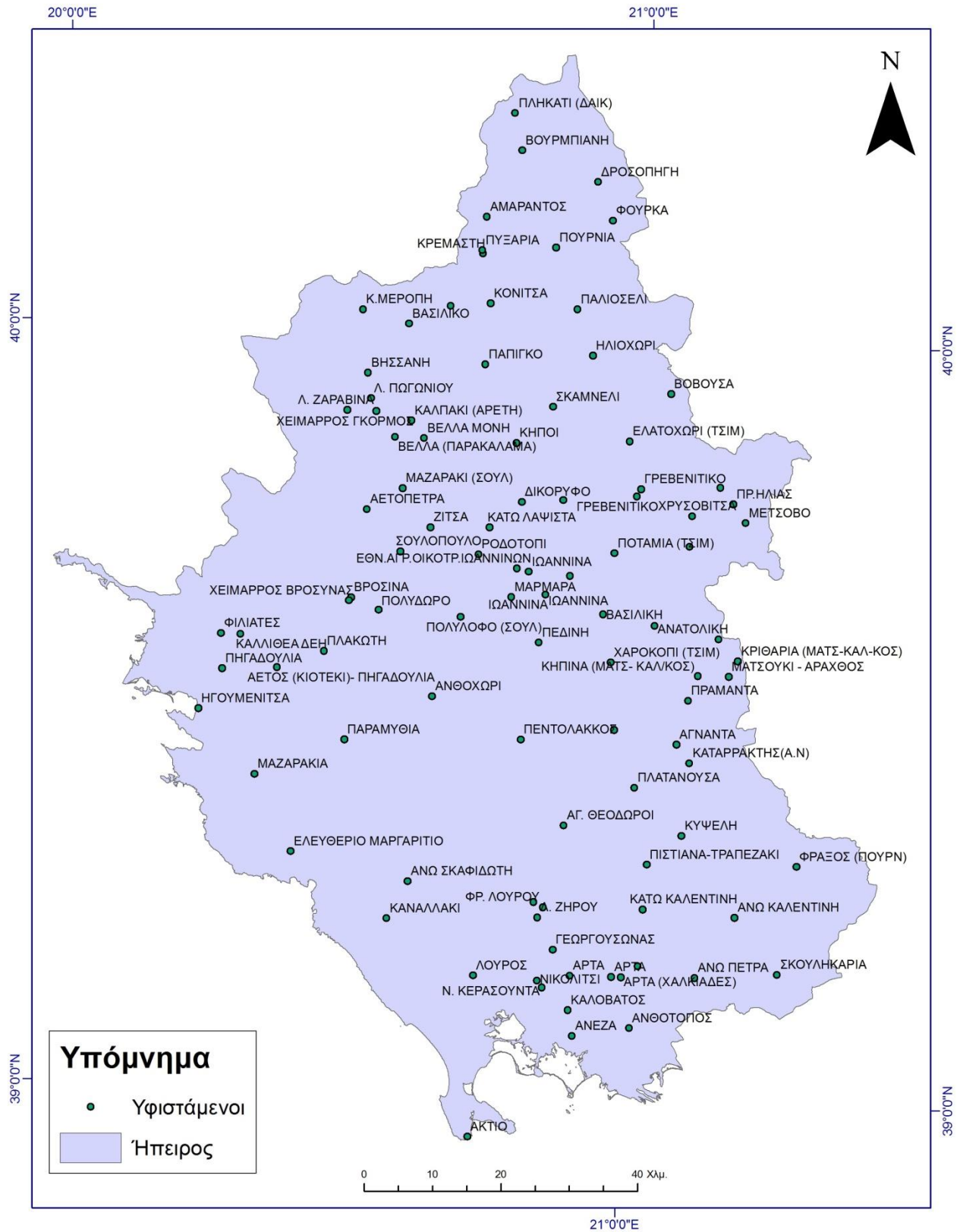
Το υπάρχον δίκτυο αποτελείται από 102 σταθμούς εκ των οποίων, 21 εποπτεύονται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Υ.Π.Ε.Κ.Α), 16 από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (ΥΠ.Α.Α.Τ), 60 από τη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η) και 5 από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ). Όπως διακρίνεται και στο σχήμα 21, οι σταθμοί δεν καλύπτουν το σύνολο της περιοχής, με απουσία σταθμών κοντά στην περιοχή της Κόνιτσας (ανάμεσα από τα όρη Τύμφη και Σμόλικα) και στα Αθαμανικά Όρη (νότιο τμήμα της οροσειράς της Πίνδου).

3.8.2 Διερεύνηση δυνατότητας διατήρησης σταθμών

Αναφορικά με τη διατήρηση κάποιου αριθμού υαρχόντων σταθμών στο προτεινόμενο δίκτυο, οι 102 σταθμοί ταξινομήθηκαν με βάση την επίδοση τους στα κριτήρια της κλίσεως, της εγγύτητας σε οδικό δίκτυο και της απόστασής τους από οικισμούς. Τα κριτήρια για τις περιοχές με χαμηλό υψόμετρο τηρήθηκαν αυστηρά, ενώ στις μεγαλύτερες υψομετρικές ζώνες έγιναν πιο ελαστικά.

Για να μπορέσει κάποιος υπάρχον σταθμός να συμπεριληφθεί και να παραμείνει στο προτεινόμενο δίκτυο αντικαθιστώντας κάποιον προτεινόμενο, εκτός από τα παραπάνω κριτήρια θα έπρεπε να πληροί δύο πρόσθετα:

1. Να έχει στην περιοχή γύρω του τουλάχιστον έναν προτεινόμενο σταθμό σε απόσταση έως 2000 m
2. Να βρίσκεται στην ίδια υψομετρική ζώνη με τον προτεινόμενο σταθμό που θα αντικαταστήσει.



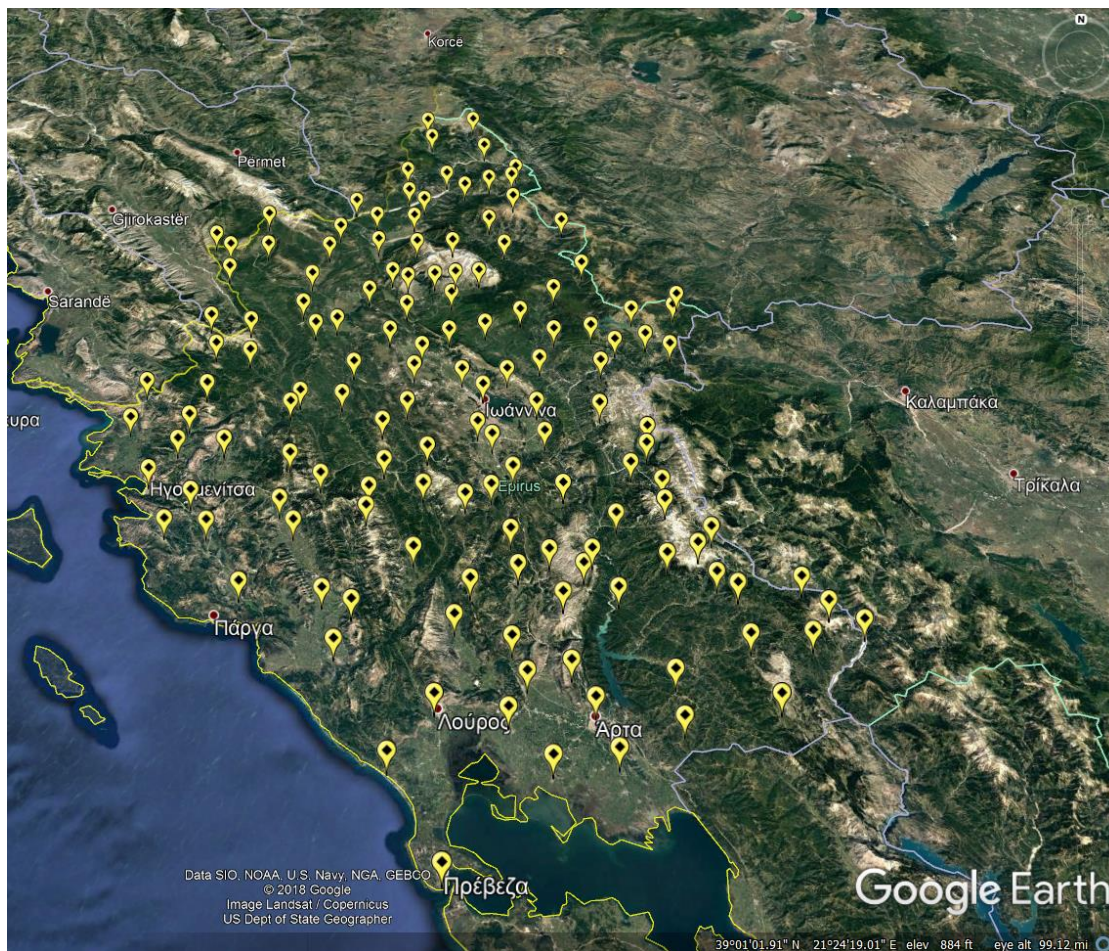
Σχήμα 21: Υφιστάμενο δίκτυο υδρομετεωρολογικών σταθμών

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Βέλτιστο δίκτυο

Ακολουθώντας τη μεθοδολογία και εφαρμόζοντας τα κριτήρια που αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, έγινε η χωροθέτηση του βέλτιστου δικτύου υδρομετεωρολογικών σταθμών. Το τελικό διανυσματικό αρχείο περιείχε τις βέλτιστες θέσεις των σταθμών από τις οποίες επιλέχθηκαν οι θέσεις του προτεινόμενου δικτύου. Η επιλογή έγινε για κάθε υψομετρική ζώνη ξεχωριστά, φροντίζοντας να πληρούνται όλα τα κριτήρια. Ωστόσο, στα μεγάλα υψόμετρα υπήρξε μια ελαστικότητα των κριτηρίων, καθώς το να πληρούνται όλα ήταν αδύνατο.

Οι προτεινόμενες θέσεις, για την καλύτερη οπτικοποίηση του δικτύου, εξήχθησαν σε αρχείο .kml και έγινε η εισαγωγή τους στο πρόγραμμα Google Earth. Οι θέσεις των προτεινόμενων σημείων παρουσιάζονται στο σχήμα 22.

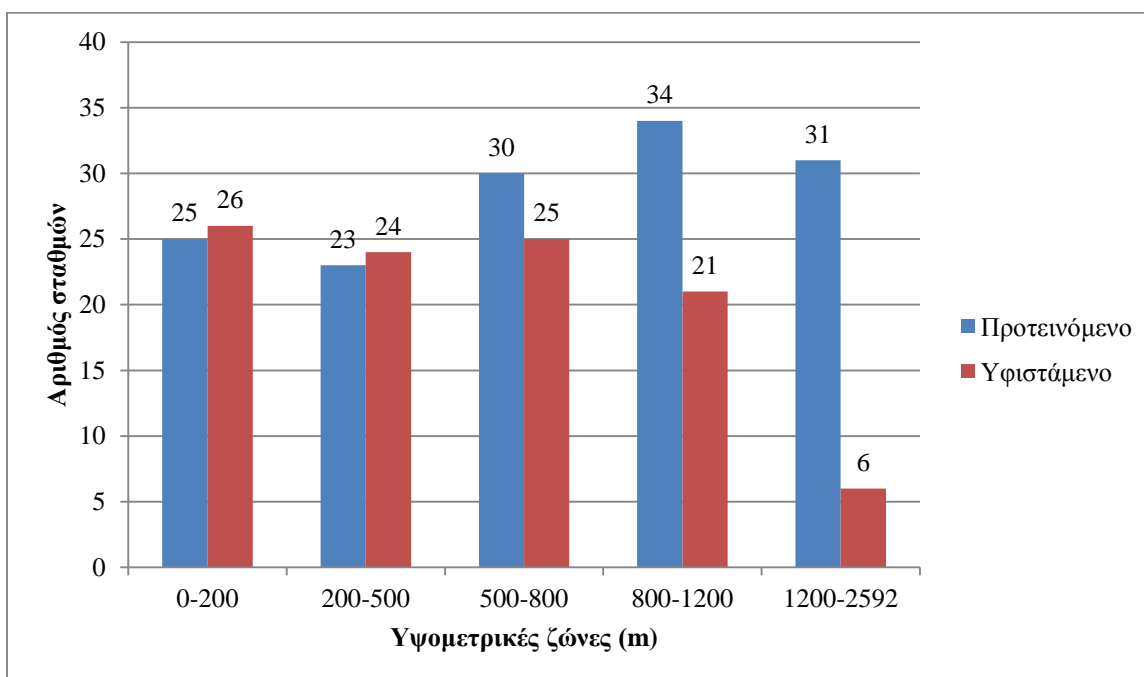


Σχήμα 22: Οι θέσεις των προτεινόμενων σταθμών

Από το παραπάνω σχήμα παρατηρείται ότι οι υδρομετεωρολογικοί σταθμοί έχουν κατανομηθεί σχεδόν σε ολόκληρη την επιφάνεια της Ηπείρου. Στον Πίνακα 10 παρουσιάζονται ο ελάχιστος απαιτούμενος αριθμός σύμφωνα με τα κριτήρια του WMO για την ορθή κάλυψη των υψομετρικών ζωνών, ο αριθμός των σταθμών του προτεινόμενου δικτύου καθώς και ο αριθμός των σταθμών του υφιστάμενου δικτύου.

Πίνακας 10: Οι απαραίτητοι, προτεινόμενοι και υφιστάμενοι σταθμοί

Υψομετρική Ζώνη	Εύρος Υψομέτρων	Έκταση	Έκταση / σταθμό	Σταθμοί (Κατά WMO)	Προτεινόμενοι	Υφιστάμενοι
A	0-200	1505	600	3	25	26
B	200-500	2228	100	23	23	24
Γ	500-800	2201	75	30	30	25
Δ	800-1200	1667	50	34	34	21
E	>1200	1534	50	31	31	6
Σύνολο	-	9135	-	121	143	102



Σχήμα 23: Ιστογράμμα συγκρίσεως προτεινόμενου και υφιστάμενου δικτύου

Παρατηρείται λοιπόν, ότι ενώ σύμφωνα με τον WMO 121 σταθμοί είναι αρκετοί για να καλύψουν την περιοχή, εντούτοις προτείνονται για τοποθέτηση 143. Η διαφορά αυτή προέρχεται αποκλειστικά και μόνο από την υψομετρική ζώνη Α, όπου όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, επιλέχθηκε να τοποθετηθούν περισσότεροι, λόγω των πολλών οικισμών και την ανάγκη συλλογής δεδομένων σε αυτούς.

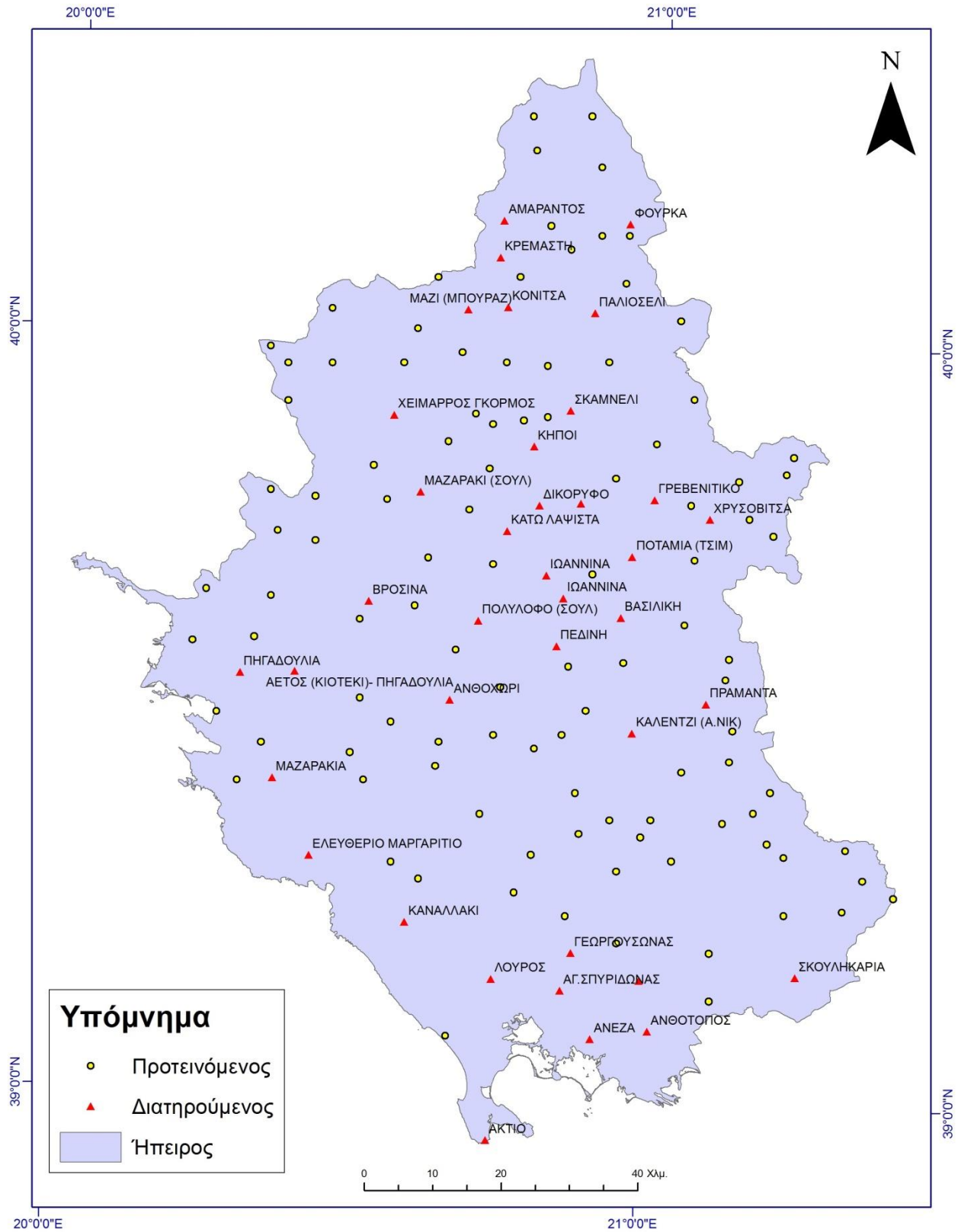
Όσον αφορά τη σύγκριση μεταξύ προτεινόμενου και υφιστάμενου δικτύου, μέσω του σχήματος 23 διακρίνεται ότι ενώ στις δύο πρώτες υψομετρικές ζώνες Α και Β το υφιστάμενο δίκτυο πληροί τις προϋποθέσεις, καθώς το υψόμετρο αυξάνεται υπάρχει μία έλλειψη σταθμών. Πιο συγκεκριμένα από τα 800 έως τα 1200 m, ενώ θα έπρεπε να είναι τοποθετημένοι 34 σταθμοί, υπάρχουν μόνο 21 και αντίστοιχα από τα 1200 m και πάνω υπάρχουν μόλις 6, όταν ο απαραίτητος αριθμός είναι 31. Διαφορές τέτοιων μεγεθών είναι αρκετά σημαντικές και κάνουν το δίκτυο πιο αξιόπιστο όσον αφορά τη συλλογή δεδομένων και την παρακολούθηση του φαινομένου της κατακρήμνισης.

4.2 Διατήρηση υπαρχόντων σταθμών στο προτεινόμενο δίκτυο

Με τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο πραγματοποιήθηκε έλεγχος της δυνατότητας παραμονής κάποιων σταθμών του υφιστάμενου δικτύου στο προτεινόμενο. Κατά τη διάρκεια τοποθέτησης των σταθμών στο προτεινόμενο δίκτυο έγινε προσπάθεια επιλογής σημείων που πληρούσαν τα κριτήρια και βρίσκονταν κοντά σε οικισμούς. Επειδή στο υφιστάμενο δίκτυο οι περισσότεροι σταθμοί ήταν τοποθετημένοι σε οικισμούς, είχε σαν αποτέλεσμα να πληρούν και τα κριτήρια που τέθηκαν και να είναι ικανοί να αντικαταστήσουν τους προτεινόμενους.

Πιο συγκεκριμένα, προέκυψαν 10 σταθμοί οι οποίοι πληρούσαν όλα τα κριτήρια και άλλοι 28 οι οποίοι τα πληρούσαν σε μεγάλο βαθμό και καθώς βρίσκονταν πολύ κοντά σε προτεινόμενο, αποφασίστηκε να παραμείνουν. Από τους σταθμούς αυτούς, οι 23 υπάγονται στην εποπτεία της Δ.Ε.Η, οι 8 στο ΥΠ.Α.Α.Τ, οι 4 στο Υ.Π.Ε.Κ.Α. και οι 3 στην Ε.Μ.Υ.

Στο σχήμα 24 παρουσιάζεται η τελική μορφή του προτεινόμενου δικτύου με τους παραμείναντες σταθμούς, καθώς και την περιοχή στην οποία βρίσκονται.



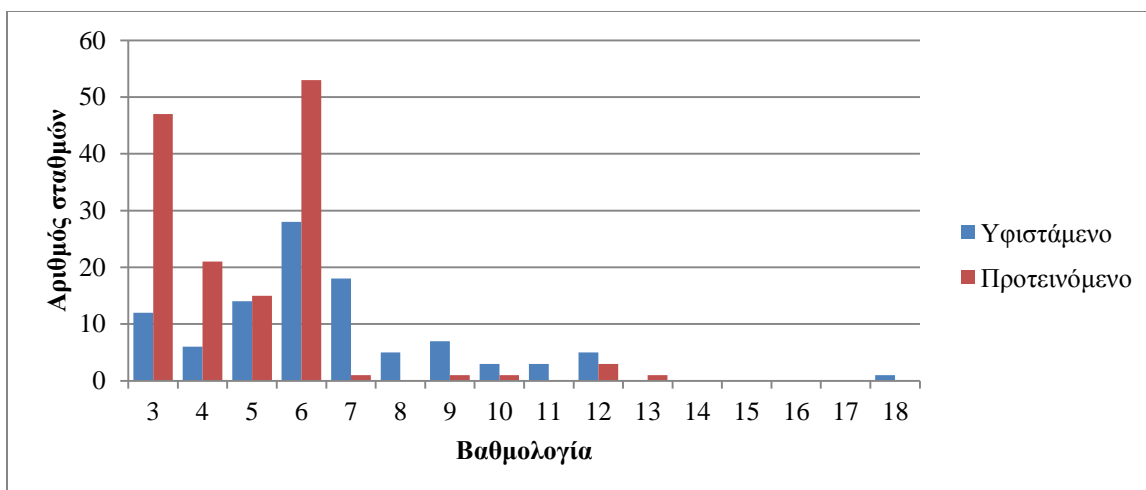
Σχήμα 24: Το προτεινόμενο δίκτυο υδρομετεωρολογικών σταθμών με τους διατηρούμενους

4.3 Ανάλυση αποτελεσμάτων

Όσον αφορά την πλήρωση των κριτηρίων μεταξύ των δύο δικτύων, ακολουθεί ο Πίνακας 11, όπου παρουσιάζονται ο αριθμός των σταθμών, η βαθμολογία τους σε κάθε δίκτυο και το επί τις εκατό ποσοστό του συνολικού αριθμού, με σκοπό να δειχθεί ότι στο μεγαλύτερο μέρος του συνόλου του δικτύου έχουν τοποθετηθεί σταθμοί με καλή βαθμολογία. Επίσης με τη βοήθεια του σχήματος 25 παρατηρείται ότι στο προτεινόμενο δίκτυο οι σταθμοί έχουν καλύτερες βαθμολογίες, ενώ ο μεγάλος αριθμός στην τιμή 6 οφείλεται στους παραμείναντες σταθμούς του υφιστάμενου δικτύου.

Πίνακας 11: Στατιστικά υφιστάμενου και προτεινόμενου δικτύου

Τιμή	Υφιστάμενο δίκτυο		Προτεινόμενο δίκτυο	
	Αριθμός σταθμών	Επί τις %	Αριθμός σταθμών	Επί τις %
3	12	11.76	47	32.86
4	6	5.88	21	14.69
5	14	13.73	15	10.49
6	28	27.45	53	37.06
7	18	17.65	1	0.7
8	5	4.9	-	0
9	7	6.86	1	0.7
10	3	2.94	1	0.7
11	3	2.94	-	0
12	5	4.9	3	2.1
13	-	0	1	0.7
18	1	0.98	-	0
Σύνολο	102	100	143	100



Σχήμα 25: Σύγκριση βαθμολογιών των δύο δικτύων

Οι βαθμολογίες των υφιστάμενων σταθμών που διατηρήθηκαν στο τελικό δίκτυο παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

Πίνακας 12: Στιγμιότυπο του προγράμματος με τις βαθμολογίες των διατηρούμενων σταθμών

ΔΙΑΤΗΡΟΥΜΕΝΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ						
FID	ΟΝΟΜΑ	x	y	ΕΙΔΟΣ	ΦΟΡΕΑΣ	ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ
0	ΑΓ.ΣΠΥΡΙΔΩΝΑΣ	229015	4337697	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	3
1	ΑΕΤΟΣ (ΚΙΟΤΕΚΙ)- ΠΗΓΑΔΟΥΛΙΑ	190274.5	4384500	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	3
2	ΑΚΤΙΟ	218136	4315850	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΕΘΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ	3
4	ΑΝΕΖΑ	233461	4330599	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ	3
5	ΑΝΘΟΤΟΠΟΣ	241798	4331710	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	3
7	ΑΡΤΑ (ΧΑΛΚΙΑΔΕΣ)	240601	4339158	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΕΘΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ	3
18	ΚΑΝΑΛΛΑΚΙ	206311	4347779	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ	3
23	ΛΟΥΡΟΣ	218980	4339440	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ	3
28	ΠΕΔΙΝΗ	228607.8	4388099	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	3
30	ΠΟΛΥΛΟΦΟ (ΣΟΥΛ)	217144.41	4391851	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	3
14	ΕΛΕΥΘΕΡΙΟ ΜΑΡΓΑΡΤΙΟ	192286	4357585	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	4
8	ΒΑΣΙΛΙΚΗ	238008	4392223	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	5
10	ΓΕΩΡΓΟΥΣΩΝΑΣ	230646	4343198	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	5
15	ΙΔΑΝΝΙΝΑ	227119.5	4398448.1	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΕΘΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ	5
16	ΙΔΑΝΝΙΝΑ	229578	4395105	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	5
19	ΚΑΤΩ ΛΑΦΙΣΤΑ	221378	4404951	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	5
21	ΚΟΝΙΤΣΑ	221570.9	4437706.8	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	5
29	ΠΗΓΑΔΟΥΛΙΑ	182263	4384338	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	5
31	ΠΟΤΑΜΙΑ (ΤΣΜ)	239676.8	4401156.5	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	5
34	ΣΚΟΥΛΗΚΑΡΙΑ	263437	4339515	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	5
3	ΑΜΑΡΑΝΤΟΣ	221009.04	4450383.04	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	6
6	ΑΝΘΟΧΩΡΙ	212978.09	4380258	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	6
9	ΒΡΟΣΙΑ	201109.5	4394737.5	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	6
11	ΓΡΕΒΕΝΙΤΙΚΟ	242944	4409466	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	6
12	ΔΙΚΟΥΡΦΟ	226124	4408659	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ	6
13	ΔΙΠΟΤΑΜΟ (ΤΣΜ)	232190.5	4408931	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	6
17	ΚΑΛΕΝΤΖΙ (Α.ΝΙΚ)	239627.91	4375341.5	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	6
20	ΚΗΠΟΙ	225321	4417309.7	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	6
22	ΚΡΕΜΑΣΤΗ	220463.3	4444964	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	6
24	ΜΑΖΑΡΑΚΙΑ	186983	4368917	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	6
25	ΜΑΖΑΡΑΚΙ (ΣΟΥΛ)	208689.25	4410691.54	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	6
26	ΜΑΖΙ (ΜΠΟΥΡΑΖ)	215733	4437350	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	6
27	ΠΑΛΙΟΣΕΛΙ	234278.82	4436811.4	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	6
32	ΠΡΑΜΑΝΤΑ	250431	4379583	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	6
33	ΣΚΑΜΝΕΛΙ	230673.91	4422545	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	6
35	ΦΟΥΡΚΑ	239459	4449780	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	6
36	ΧΕΙΜΑΡΡΟΣ ΓΚΟΡΜΟΣ	204836	4421958	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	6
37	ΧΡΥΣΟΒΙΤΣΑ	251065	4406574	ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ	ΔΗΜΟΣΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	6

Πίνακας 13: Αριθμός και βαθμολογία διατηρούμενων σταθμών

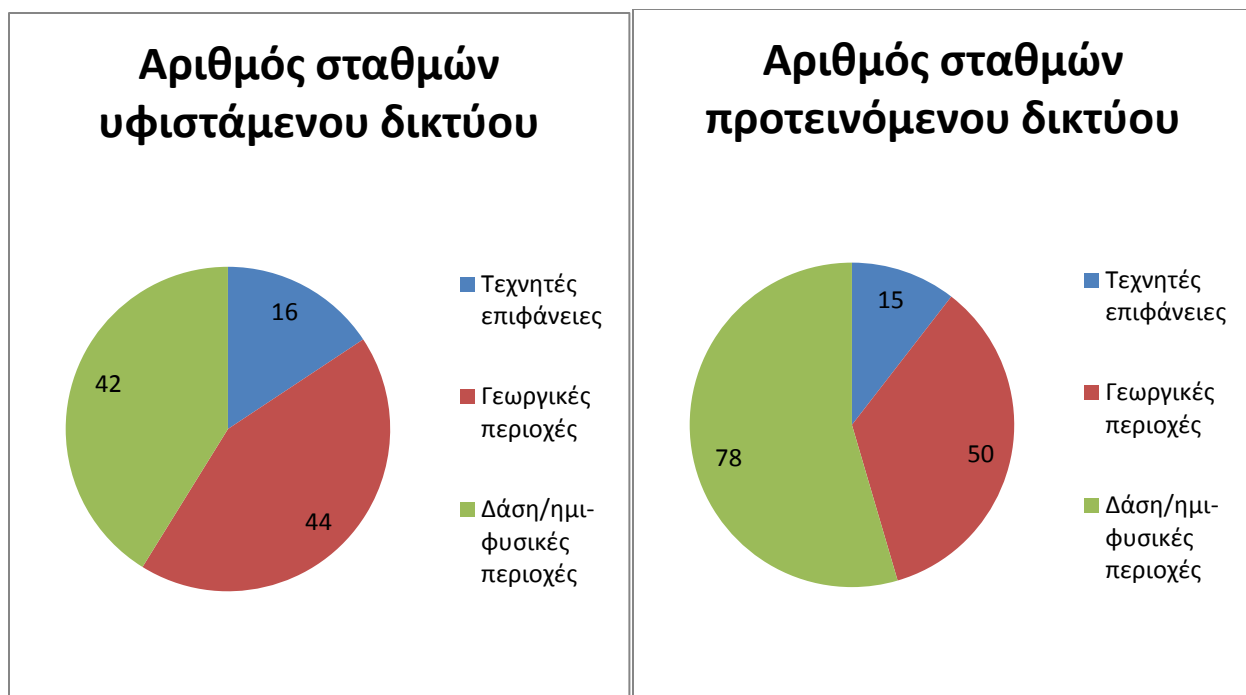
Αριθμός σταθμών	Βαθμολογία
10	3
1	4
9	5
18	6

Παρατήρηση: Στους συγκεκριμένους πίνακες εμφανίζονται τα ακριβή σημεία των διατηρούμενων σταθμών, αναφέρονται οι σταθμοί που πληρούν όλα τα κριτήρια (με τιμή 3), ενώ γίνεται και η δικαιολόγηση της απότομης αύξησης της στήλης 6 στο σχήμα 25 καθώς δεκαοχτώ σταθμοί του υφιστάμενου δικτύου με τιμή 6 θα παραμείνουν στο προτεινόμενο.

Όσον αφορά τον αριθμό των σταθμών για κάθε χρήση γης, δημιουργήθηκε ο Πίνακας 14.

Πίνακας 14: Αριθμός σταθμών στις κατηγορίες χρήσης γης

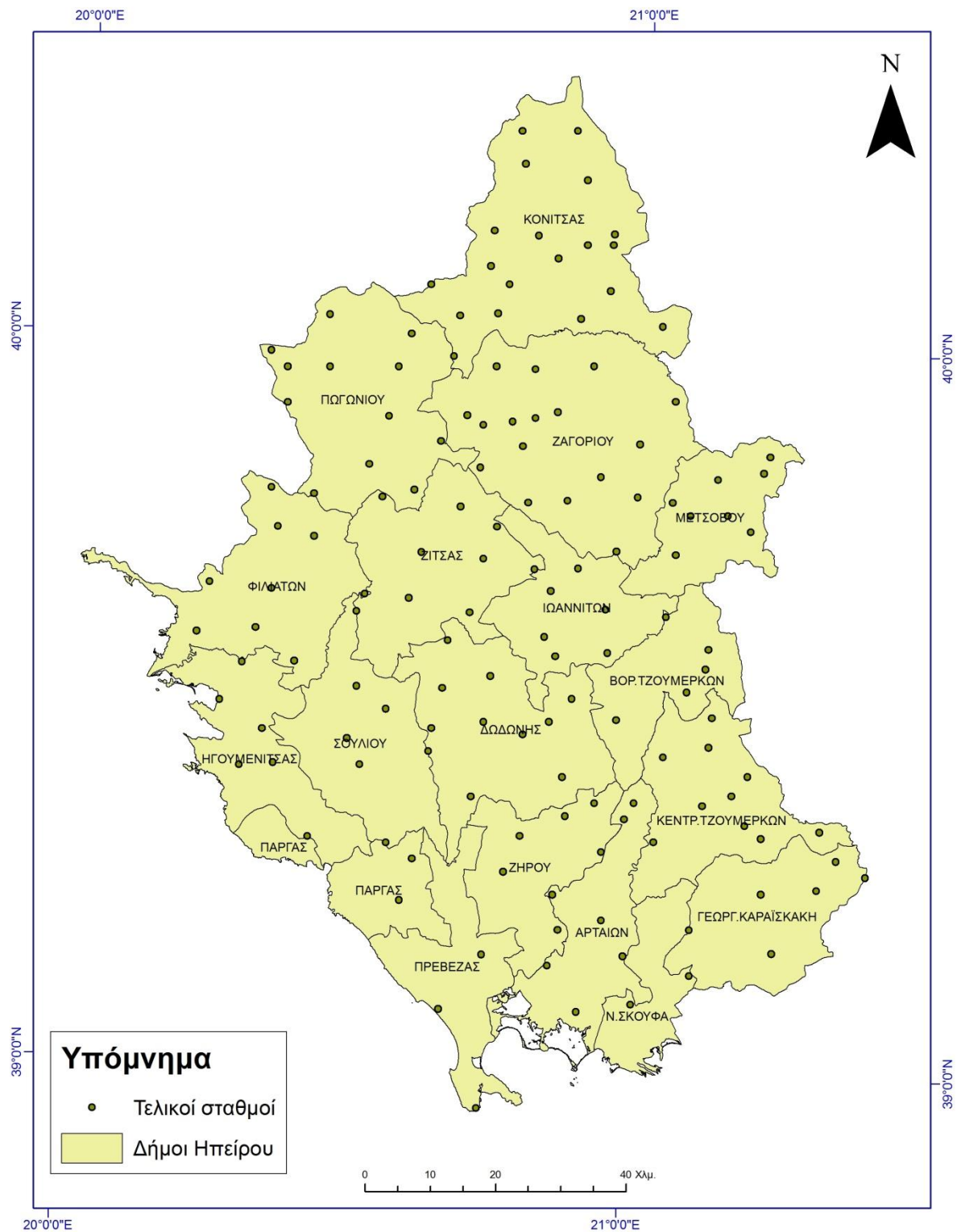
Κατηγορία χρήσης γης	Αριθμός σταθμών	
	Υφιστάμενο δίκτυο	Προτεινόμενο δίκτυο
Τεχνητές επιφάνειες	16	15
Γεωργικές περιοχές	44	50
Δάση/ημι-φυσικές περιοχές	42	75
Υγρότοποι	0	0
Υδάτινες επιφάνειες	0	0
Σύνολο	102	143



Σχήμα 26 και 27: Αριθμοί σταθμών ανάλογα τις κατηγορίες χρήσεων γης

Παρατήρηση: Στις κατηγορίες υγρότοποι και υδάτινες επιφάνειες δεν υπάρχει τοποθέτηση σταθμού με τη χρήση του προγράμματος. Αποτέλεσμα λογικό και αναμενόμενο καθώς αποφασίστηκε η τοποθέτηση σταθμών κοντά σε παραλιακές ζώνες, όχι όμως μέσα σε υδάτινες περιοχές για την αποφυγή προβλημάτων. Επίσης, στα σχήματα 26 και 27 εκδηλώνεται το ενδιαφέρον για καλύτερη παρακολούθηση του φαινομένου της κατακρήμνισης με την τοποθέτηση αναλογικά περισσότερων σταθμών στα δάση και τις ημι-φυσικές περιοχές.

Τέλος, στο σχήμα 28 παρουσιάζονται οι δήμοι της περιφέρειας Ηπείρου και οι σταθμοί που υπάρχουν σε κάθε έναν από αυτούς.



Σχήμα 28: Οι τοποθετημένοι σταθμοί στους Δήμους της περιφέρειας Ηπείρου

Πίνακας 15: Αριθμός σταθμών ανά Δήμο

Περιφερειακή ενότητα	Δήμος	Πληθυσμός	Έδρα	Αριθμός σταθμών
Άρτας	Κεντρ. Τζουμέρκων	6.230	Βουργαρέλι	10
	Γεωργ. Καραϊσκάκη	5.850	Άνω Καλεντίνη	6
	Αρταίων	42.980	Άρτα	7
	Νικολάου Σκουφά	12.810	Πέτα	2
Θεσπρωτίας	Ηγουμενίτσας	25.780	Ηγουμενίτσα	6
	Σουλίου	10.130	Παραμυθιά	6
	Φιλιατών	7.750	Φιλιάτες	9
Ιωαννίνων	Δωδώνης	9.720	Αγία Κυριακή	11
	Ζίτσας	14.810	Ελεούσα	8
	Πωγωνίου	8.990	Καλπάκι	12
	Κόνιτσας	6.390	Κόνιτσα	19
	Μετσόβου	6.240	Μέτσοβο	8
	Βορ. Τζουμέρκων	5.770	Πράμαντα	5
	Ζαγορίου	3.740	Ασπράγγελοι	17
	Ιωαννιτών	111.740	Ιωάννινα	6
Πρέβεζας	Ζηρού	14.080	Φιλιπιάδα	6
	Πάργας	11.940	Καναλλάκι	2
	Πρέβεζας	31.700	Πρέβεζα	3

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 Σύνοψη

Στη παρούσα διπλωματική εργασία έγινε εφαρμογή μιας μεθοδολογίας, για τη βελτιστοποίηση του δικτύου των υδρομετεωρολογικών σταθμών της Ηπείρου. Το προτεινόμενο δίκτυο αποτελείται από 143 σταθμούς. Η τοποθέτηση τους έγινε σε πέντε υψομετρικές ζώνες σύμφωνα με τον προτεινόμενο διαχωρισμό από τον Soil and Terrain Organization. Ο αριθμός των σταθμών που θα τοποθετηθεί σε κάθε υψομετρική ζώνη προέκυψε από τις συστάσεις του WMO,1982. Επιπλέον κριτήρια υιοθετήθηκαν σύμφωνα με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της Ηπείρου.

5.2 Γενικά συμπεράσματα

Αναφορικά, τα γενικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα εργασία είναι:

- Δεν υπάρχει ενιαίο δίκτυο παρακολούθησης του φαινομένου της κατακρήμνισης, που να ελέγχεται από ένα μόνο φορέα.
- Το υφιστάμενο δίκτυο της Ηπείρου κάλυπτε απόλυτα τις απαιτήσεις προσβασιμότητας και απόστασης από οικισμούς, ωστόσο αποτύγχανε να καλύψει το κριτήριο των κλίσεων.
- Η κάλυψη των υφιστάμενων σταθμών ήταν πλεονάζουσα στις χαμηλές υψομετρικά ζώνες.
- Υπήρχε έλλειψη σταθμών στα δάση και τις ημι-φυσικές περιοχές, καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό τους βρισκόταν κοντά σε οικισμούς.

5.3 Ειδικά συμπεράσματα

Έπειτα από την τοποθέτηση 143 σταθμών έναντι 102 του υφιστάμενου δικτύου και καθ' όλη τη διάρκεια της συγκεκριμένης εφαρμογής, εξήχθησαν και κάποια ειδικά συμπεράσματα:

- Ο αριθμός των σταθμών προέκυψε από τις συστάσεις του WMO(1982) για την κάλυψη όλων των υψομετρικών ζωνών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα η τοποθέτηση 34 σταθμών

στην υψομετρική ζώνη από 800 έως 1200 m και 31 στην υψομετρική ζώνη από 1200 m και πάνω, ενώ το υφιστάμενο δίκτυο είχε μόνο 21 και 6 αντίστοιχα.

- Στην υψομετρική ζώνη από 0 έως 200 m, ενώ οι απαιτήσεις του WMO ήταν 3 σταθμοί, τοποθετήθηκαν 25 στον αριθμό, καθώς υπήρχαν πολλοί μεγάλοι οικισμοί και κρίθηκε αναγκαίο και ωφέλιμο.
- Τα ποσοστά κάλυψης των κριτηρίων προσβασιμότητας είναι χαμηλότερα από το υφιστάμενο δίκτυο, καθώς έγινε τοποθέτηση σταθμών σε μεγαλύτερες υψομετρικές ζώνες, όπου απουσίαζαν οι οικισμοί και το οδικό δίκτυο δεν ήταν τόσο πυκνό.
- Δόθηκε έμφαση στην ομοιόμορφη κατανομή στο χώρο αλλά και στην παρακολούθηση του φαινομένου της κατακρήμνισης στα δάση και τις ημι-φυσικές περιοχές. Αποτέλεσμα αυτού ήταν η τοποθέτηση 78 σταθμών σε δάση και ημι-φυσικές περιοχές, έναντι 42 του υφιστάμενου δικτύου.

5.4 Μελλοντική έρευνα

Οι δυνατότητες για την ανάπτυξη, βελτίωση και προσαρμογή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής της, είναι απεριόριστες. Αρχικά θα μπορούσαν να προστεθούν τα κριτήρια που θέτει ο WMO (2008,2010) για την ύπαρξη σταθμών κοντά σε γεωτρήσεις και πηγές. Επίσης, νέα κριτήρια που θα αφορούν την κάλυψη δικτύων κινητής τηλεφωνίας θα μπορούσαν να διαμορφώσουν τη διαδικασία χωροθέτησης θέσεων για τηλεμετρικούς σταθμούς. Τα κριτήρια προσβασιμότητας και εγγύτητας θα μπορούσαν να ελαστικοποιηθούν και να τους δοθεί χαμηλότερος συντελεστής βαρύτητας, καθώς η επισκεψιμότητα στο σταθμό θα μειωθεί.

Ακόμα ένα σημείο το οποίο δύναται για εκτεταμένη έρευνα είναι η χωροθέτηση υδρομετρικών σταθμών. Καθώς τα κριτήρια έχουν ήδη θεσπιστεί από τον WMO (2008, 2010), θα μπορούσε να προκύψει μία παρόμοια αυτοματοποιημένη διαδικασία, ξεκινώντας με τη δημιουργία βάσεων δεδομένων.

Τέλος, στη μεθοδολογία θα μπορούσαν να εισέλθουν και τεχνοοικονομικά κριτήρια. Σε περιπτώσεις όπου το κόστος κατασκευής και συντήρησης νέων σταθμών κρίνεται υπερβολικό, θα μπορεί να γίνεται η διερεύνηση της δυνατότητας διατήρησης κάποιων σταθμών του υφιστάμενου δικτύου που πληρούν όλα ή ένα μέρος των κριτηρίων.

6 ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Στην ελληνική γλώσσα

Ελευθεριάδης Α. (2003), Βελτιστοποίηση δικτύου υδρομετεωρολογικών σταθμών, Μεταπτυχιακή Εργασία, Ε.Μ.Π., Αθήνα, Ελλάδα

Κεμερίδης Θ., (2016), Μεθοδολογία βέλτιστης χωροθέτησης υδρομετεωρολογικών και υδρομετρικών σταθμών- εφαρμογή στην Π.Ε Εύβοιας, Αθήνα

Μπαλτάς Ε., (2009), Βελτιστοποίηση δικτύου υδρομετεωρολογικών σταθμών στο υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας. Πρακτικά κοινού συνεδρίου ΕΥΕ & ΕΕΔΥΠ, Βόλος, 27-30 Μαΐου 2009, σελ 123-130

Νικολάου Ε., (2005), Ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του υπόγειου υδατικού δυναμικού της Ηπείρου – διαχειριστικές προτάσεις, Πρέβεζα

Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτων στο Υδατικό Διαμέρισμα της Ηπείρου, 2007

Ξενόγλωσσες

Baltas, E. A., and Mimikou, M. A. (2009). “GIS-based optimisation of the hydrometeorological network in Greece.” *Int. J. Digital Earth*, 2(2), 171–185.

Barca, E., Passarella, G., and Uricchio, V. (2008). “Optimal extension of the rain gauge monitoring network of the Apulian regional consortium for crop protection.” *Environ. Monit. Assess.*, 145(1), 375–386.

Dobos, E., Daroussin, J., and Montanarella, L. (2005). “An SRTM-based procedure to delineate SOTER terrain units on 1:1 and 1:5 million scales.” EUR 21571 EN, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 55.

Feloni E., Karpouzou D., Baltas E., (2018), Optimal Hydrometeorological Station Network Design Using GIS Techniques and Multicriteria Decision Analysis

Fujioka, F. M. (1986). "A method for designing a fire weather network." *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 3(3), 564–570.

Hong, N. T., Truc, P. T. T., Liem, N. D., and Loi, N. K. (2016). "Optimal selection of number and location of meteo-hydrological monitoring networks on Vu Gia–Thu Bon river basin using GIS." *Int. J. Adv. Sci.*, 6(3), 324–328.

Kuhn, H.W., and Tucker, A.W. (1951). "Non-linear programming." *Proc., 2nd Berkeley Symp. on Mathematical Statistics and Probability*, University of California Press, Berkeley, CA, 481–492.

Moss, M. E. (1982). "Concepts and techniques in hydrological network design." Rep. No. 19, WMO-No. 580, Secretariat of the World Meteorological Organization, WMO Operational Hydrology, Geneva.

Moss, M. E., and Tasker, G. D. (1991). "An intercomparison of hydrological network-design technologies." *Hydrol. Sci. J.*, 36(3), 209–221.

Rikalovic, A., Cosic, I., and Lazarevic, D. (2014). "GIS based multicriteria analysis for industrial site selection." *Procedia Eng.*, 69, 1054–1063.

Rodda, J. C. (1969). "Hydrological network design-needs, problems, and approaches." WMO/IHD Projects, Rep. No. 12, World Meteorological Organization, Geneva

Sestak, M. L. (1988). "Wind/terrain analysis: Selection of meteorological station sites in wind modeling of complex terrain." Ph.D. thesis, Colorado State Univ., Fort Collins, CO.

Shepherd, J. M., Taylor, O., and Garza, C. (2004). "A dynamic GIS– multicriteria technique for siting the NASA–Clark Atlanta urban rain gauge network." *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 21(9), 1346–1363.

WMO (World Meteorological Organization). (1972). "Casebook on hydrological network design practice." WMO-No. 324, Geneva.

WMO (World Meteorological Organization). (1982). “Concepts and Techniques in Hydrological Network Design (H.E.Moss)” Operational Hydrology Report No.19, WMO-No.580, Geneva

WMO (World Meteorological Organization). (1983). “Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation”. Fifth edition, Chapter 7, WMO-No.8, Geneva

WMO (World Meteorological Organization). (2003). Hydrological data management: Present state and trends, Geneva.

WMO (World Meteorological Organization). (2008a). Guide to hydrological practices, 6th Ed., Geneva.

WMO (World Meteorological Organization). (2008b). Guide to meteorological instruments and methods of observation, 7th Ed., Geneva.

WMO (World Meteorological Organization). (2010). Manual on stream gauging—Volume 1: Fieldwork, Geneva.