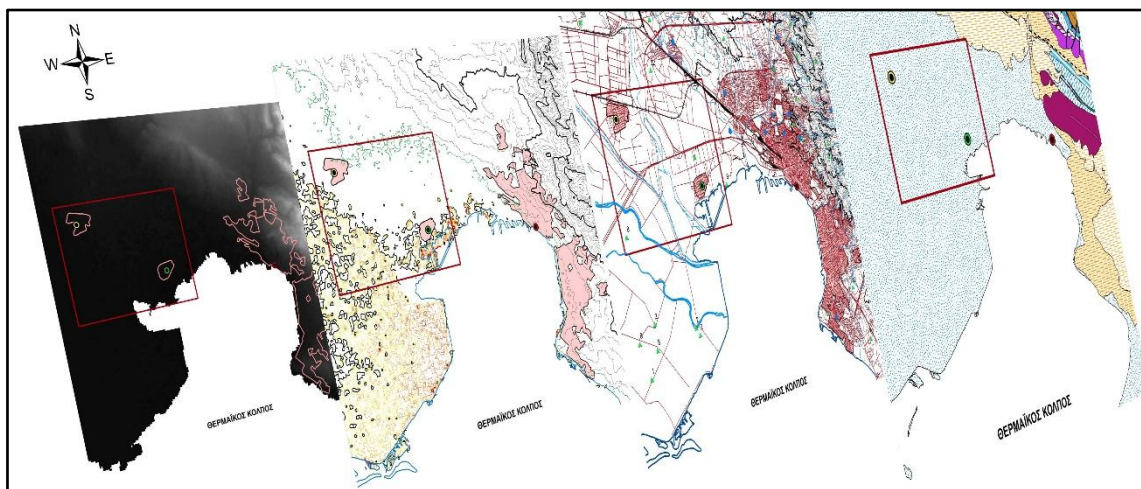




ΓΕΩΡΓΙΟΣ Δ. ΖΑΜΠΑΖΑΣ

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΙΝΔΟΥ-ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ GIS



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2018



ΓΕΩΡΓΙΟΣ Δ. ΖΑΜΠΑΖΑΣ

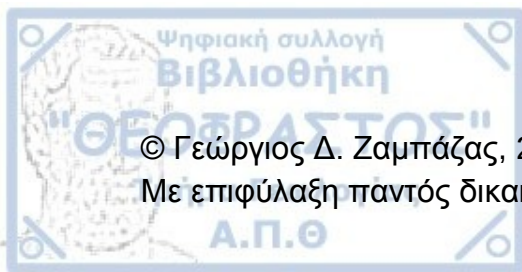
**ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΙΝΔΟΥ-ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ
ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ GIS**

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας στα πλαίσια του Προπτυχιακού
Προγράμματος Σπουδών
Τομέας Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας

Επιβλέπων:

Μουρατίδης Αντώνιος, Λέκτορας ΑΠΘ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2018



© Γεώργιος Δ. Ζαμπάζας, 2018

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

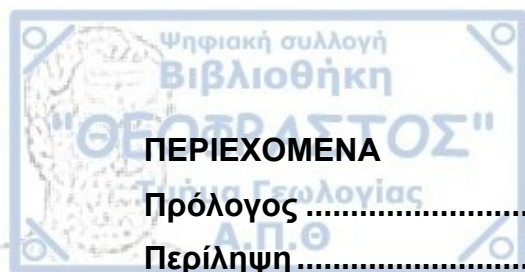
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΓΕΩΧΩΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΙΝΔΟΥ-ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ GIS

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

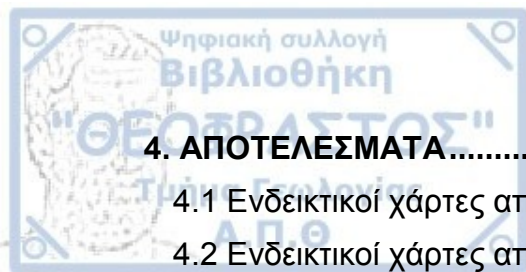


Αφιερωμένο στους γονείς μου



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος	7
Περίληψη	9
Abstract	10
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
1.1 Εισαγωγικές Έννοιες	11
1.1.1 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών	11
1.1.2 Δομή δεδομένων	11
1.1.3 Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα GIS	13
1.1.4 Ψηφιακά μοντέλα εδάφους.....	14
1.1.5 Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΓΣΑ) ή Γεωδαιτικό Datum	15
1.1.6 Απεικόνιση ή προβολή – Προβολικό σύστημα συντεταγμένων	16
1.2 Σκοπός της εργασίας.....	17
2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	18
2.1 Δημογραφικά και γεωγραφικά στοιχεία.....	18
2.2 Γεωμορφολογικά και παλαιογεωγραφικά στοιχεία	20
2.2.1 Γενικά	20
2.2.2 Εξέλιξη των λεκανών	20
2.2.3 Δελταϊκά πεδία	20
2.3 Γεωλογικά και νεοτεκτονικά στοιχεία	21
2.3.1 Γεωτεκτονική θέση και εξέλιξη.....	21
2.3.2 Προαλπικοί και Αλπικοί σχηματισμοί.....	22
2.3.3 Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα	24
2.3.4 Νεοτεκτονικά στοιχεία.....	25
2.4 Υδρογραφικά και περιβαλλοντικά στοιχεία	26
2.4.1 Γενικά	26
2.4.2 Ο Γαλλικός ποταμός.....	27
2.4.3 Λιμνοθάλασσα Καλοχωρίου	28
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	30
3.1 ArcGIS.....	30
3.2 Παγκόσμιο ΓΣΑ του 1984 (WGS 84)	30
3.3 Δημιουργία, ανάκτηση και πηγές γεωχωρικών δεδομένων	31
3.3.1 Ψηφιδωτά (raster) δεδομένα	31
3.3.2 Διανυσματικά (vector) δεδομένα.....	36



4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	39
4.1 Ενδεικτικοί χάρτες από ψηφιοποιημένα γεωχωρικά δεδομένα	39
4.2 Ενδεικτικοί χάρτες από επεξεργασία ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου.....	46
Συμπεράσματα – Συζήτηση	53
Βιβλιογραφία.....	54
Ιστοσελίδες.....	57

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία με θέμα «Δημιουργία υποδομής γεωχωρικών δεδομένων για την ευρύτερη περιοχή Σίνδου-Καλοχωρίου σε περιβάλλον GIS», εκπονήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Στο εισαγωγικό πρώτο κεφάλαιο επεξηγούνται κάποιοι σημαντικοί θεωρητικοί ορισμοί που χρησιμοποιούνται στα επόμενα κεφάλαια και γίνεται και αναφορά στον σκοπό της εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, πραγματοποιείται μια εκτεταμένη περιγραφή της ευρύτερης περιοχής μελέτης με βάση δημογραφικά, γεωγραφικά, γεωμορφολογικά, παλαιογραφικά, γεωλογικά, νεοτεκτονικά, υδρογραφικά και περιβαλλοντικά στοιχεία.

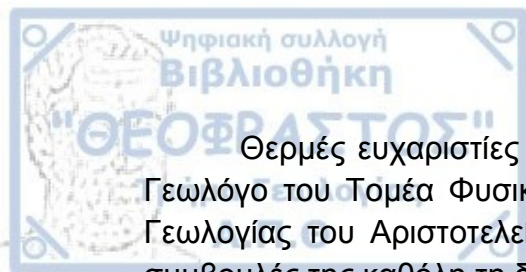
Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθείται καθώς και μια αναλυτική αναφορά στην ανάκτηση των δεδομένων που χρησιμοποιούνται και στις πηγές αυτών.

Στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο γίνεται χρήση της υποδομής των δεδομένων και εξαγωγή αποτελεσμάτων με τη μορφή χαρτών της ευρύτερης περιοχής μελέτης σε περιβάλλον GIS.

Με την ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής διατριβής που πραγματοποιήθηκε στον Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνεισέφεραν όλο αυτό το χρονικό διάστημα που διήρκησε η μελέτη και η συγγραφή αυτής, ώστε να επιτευχθεί όσο το δυνατόν καλύτερο αποτέλεσμα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο επιβλέποντα και εμπνευστή της διπλωματικής εργασίας κ. Μουρατίδη Αντώνιο, Λέκτορα του Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης για την εμπιστοσύνη του στο πρόσωπό μου, καθώς και για την καθοδήγηση, επίβλεψη και τις συμβουλές που μου παρείχε.

Ευχαριστώ επίσης τον συνάδελφο και εξαιρετικό φίλο κ. Γκόγκα Κωνσταντίνο, Μεταπτυχιακό φοιτητή του Τομέα Γεωφυσικής του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης για την κοινή μας περιήγηση στο περιβάλλον του GIS, καθώς και για την βοήθειά του στην επίλυση διαφόρων τεχνικών προβλημάτων όλο αυτό το χρονικό διάστημα.



Θερμές ευχαριστίες οφείλω στην κ. Καραδήμου Γεωργία, Μεταπτυχιακή Γεωλόγο του Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης για τις πολύτιμες συμβουλές της καθόλη τη διάρκεια της συγγραφής αυτής της εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου, τους γονείς μου Διονύση και Χαρά και τον αδερφό μου Ανδρέα για την υλική και ηθική υποστήριξη που μου παρείχαν καθόλη την διάρκεια των σπουδών μου, καθώς και όλους τους φίλους και συναδέλφους μου για τη συμπαράστασή τους.

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται προσπάθεια για τη δημιουργία μιας υποδομής γεωχωρικών δεδομένων, σε περιβάλλον GIS, για την ευρύτερη περιοχή Σίνδου-Καλοχωρίου.

Το καλοχώρι τοποθετείται σε απόσταση 8 km και η Σίνδος σε απόσταση 14 km δυτικά της Θεσσαλονίκης. Πρόκειται για μια περιοχή που στο μεγαλύτερό της ποσοστό αποτελεί βιομηχανική ζώνη. Βρίσκεται στο δελταϊκό πεδίο του Γαλλικού ποταμού, στις εκβολές αυτού, το οποίο αποτελεί το ανατολικότερο μέρος του ευρύτερου δελταϊκού πεδίου του Αξιού ποταμού. Το ανάγλυφο της περιοχής είναι σχεδόν επίπεδο, ομαλό, πεδινό με υψόμετρα κάτω από την επιφάνεια της στάθμης της θάλασσας έως μικρότερα των 20 m. Γεωτεκτονικά η περιοχή ανήκει στις Εσωτερικές Ελληνίδες, στη ζώνη Αξιού και συγκεκριμένα στην ενότητα Ωραιοκάστρου της υποζώνης της Παιονίας και καλύπτεται εξ' ολοκλήρου από Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα.

Τα γεωχωρικά δεδομένα παράχθηκαν έπειτα από ψηφιοποίηση του τοπογραφικού χάρτη της Γ.Υ.Σ. και του γεωλογικού χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε., κλίμακας 1:50.000, καθώς και από επεξεργασία του Ψηφιακού Μοντέλου Αναγλύφου/DEM της περιοχής, σε περιβάλλον GIS, ενώ κάποια δεδομένα ανακτήθηκαν από διάφορες πηγές και επεξεργάστηκαν στο ίδιο περιβάλλον.

Τέλος, έγινε χρήση της υποδομής αυτής σε περιβάλλον GIS, και εξήχθησαν: χάρτης ισοϋψών και χάρτης υδρογραφικού δικτύου, τοπογραφικός και γεωλογικός χάρτης, καθώς και χάρτης κάλυψης γης από το Corine Land Cover 2012 της περιοχής, από τα γεωχωρικά δεδομένα. Επίσης, έπειτα από επεξεργασία χάρτη Ψηφιακού Μοντέλου αναγλύφου/DEM, εξήχθησαν από αυτόν επιπλέον οι παρακάτω χάρτες: ισοϋψών, κλίσεων, προσανατολισμού κλιτύων και σκιασμένου αναγλύφου.



Abstract

In this diploma thesis, an attempt for a geospatial infrastructure to be created in a GIS environment for the wider area of Sindos-Kalohori is made.

Kalohori is located 8 km west of Thessaloniki and Sindos 14 km. It is an area which is an industrial zone in its largest part. It is located in the deltaic plain of the Gallikos River mouth, which is the eastern part of the wider deltaic plain of the Axios River. The terrain of the area is almost flat plain with altitudes below the sea level to less than 20 m. The area geographically belongs to the Internal Hellenides, in the Axios zone and particularly to the Oreokastro sub-zone of Paionia and it is entirely covered by Neogene and Quaternary sediments.

The geospatial data were produced after digitizing the topographical map of HMGS and the geological map of IGME, scale 1: 50,000, as well as processing of the Digital Elevation Model / DEM of the area, in a GIS environment, while some data were retrieved from various sources and processed in the same environment.

Finally, this infrastructure was used in a GIS environment, and a contour lines map, a map of the hydrographic network, a topographic and geological map and a land cover map from the Corine Land Cover 2012 of the area were extracted by the geospatial data. In addition, after having processed the DEM map, the following maps were extracted: contour lines map, slope map, aspect map and hill shade map.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Εισαγωγικές Έννοιες

1.1.1 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών/ΓΣΠ (Geographical Information Systems/G.I.S.) ορίζονται ως ένα δυναμικό εργαλείο για συλλογή, αποθήκευση, διαχείριση, ανάκτηση, μετασχηματισμό και απεικόνιση χωρικών δεδομένων, σχετικών με φαινόμενα που εξελίσσονται/απαντούν στον πραγματικό κόσμο (Goodchild 1985, Burrough 1992, Burrough and McDonnell 2000).

Τα χωρικά δεδομένα διακρίνονται σε 4 βασικές κατηγορίες:

1. Σημειακά επίπεδα πληροφοριών (points, nodes), όπως θέσεις τριγωνμετρικών σημείων που εντοπίζονται στον χώρο με τη χρήση γεωγραφικών συντεταγμένων.
2. Γραμμικά επίπεδα πληροφοριών (lines, arcs, edges), όπως ισοϋψείς καμπύλες, υδρογραφικό δίκτυο και ρήγματα. Αποτελούνται από συνδέσμους που συνδέονται σε κόμβους και παίρνουν τη μορφή γραμμών όπου το κάθε τμήμα τους καταγράφεται με τις συντεταγμένες του αρχικού και του τελικού σημείου (point).
3. Επιφανειακά επίπεδα πληροφοριών/πολύγωνα (polygons), τα οποία καταλαμβάνουν μια κλειστή επιφάνεια, όπως λιθολογικές ενότητες.
4. Δεδομένα αναγλύφου ή τρισδιάστατα (ογκομετρικά), τα οποία καταλαμβάνουν όχι μόνο μια συγκεκριμένη επιφάνεια, αλλά εκτείνονται και στον χώρο. Περιλαμβάνουν δηλαδή και τρίτης διάστασης (Z) συντεταγμένες.

Ένα παράδειγμα αυτής της κατηγορίας είναι η εμφάνιση ενός χάρτη Ψηφιακού Μοντέλου Αναγλύφου (Digital Elevation Model/DEM).

Υπάρχουν επίσης τα μη χωρικά ή θεματικά ή περιγραφικά δεδομένα, τα οποία σχετίζονται ή περιγράφουν τα χαρακτηριστικά, τις ιδιότητες ή τις τιμές των αντίστοιχων χωρικών δεδομένων (Ασάρας κ.α., 2011).

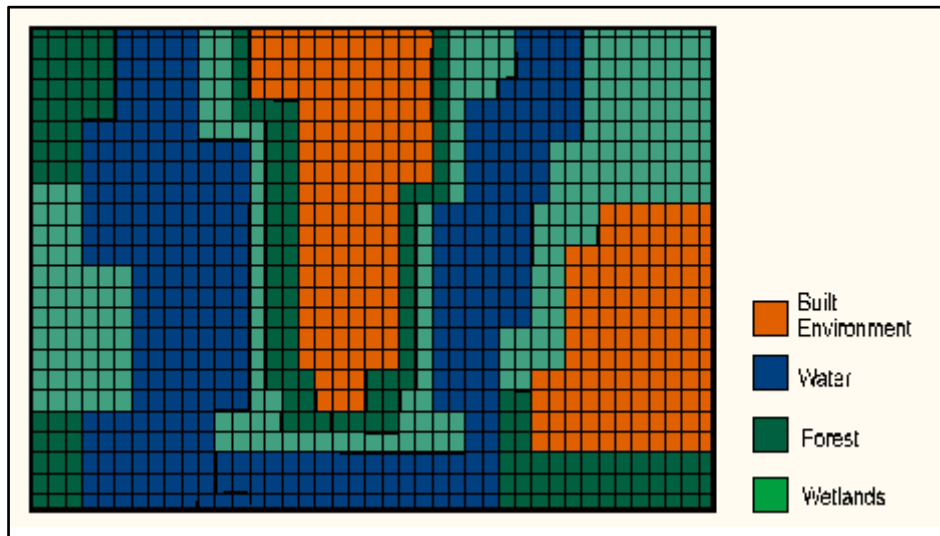
1.1.2 Δομή δεδομένων

Για να γίνει χρήση των χωρικών δεδομένων σε περιβάλλον GIS, θα πρέπει να μετατραπούν σε κατάλληλη ψηφιακή μορφή. Τα ψηφιακά αυτά δεδομένα καταχωρούνται σε δύο βασικές κατηγορίες:

1. Μορφή κανάβου

Στη μορφή αυτή ο χώρος υποδιαιρείται σε ένα σύνολο από κελιά (cells) με κανονικό ή ακανόνιστο σχήμα με σταθερό ή μη μέγεθος, τα οποία δημιουργούν

μια ψηφιδωτή δομή. Συνηθέστερη είναι η μορφή κανάβου (raster), όπου τα κελιά είναι τετράγωνα ίσου μεγέθους και η θέση ενός σημείου ορίζεται από τη γραμμή και τη στήλη του κανάβου στην οποία εμπίπτει (Εικόνα 1.1). Μια άλλη γνωστή επίσης μορφή είναι τα TIN (Triangulated Irregular Network), όπου τα κελιά είναι τριγωνικά χωρίς σταθερό μέγεθος (Κουτσόπουλος κ.α. 2007).



Εικόνα 1.1: Μορφή κανάβου (The Raster View of the World, www.colorado.edu)

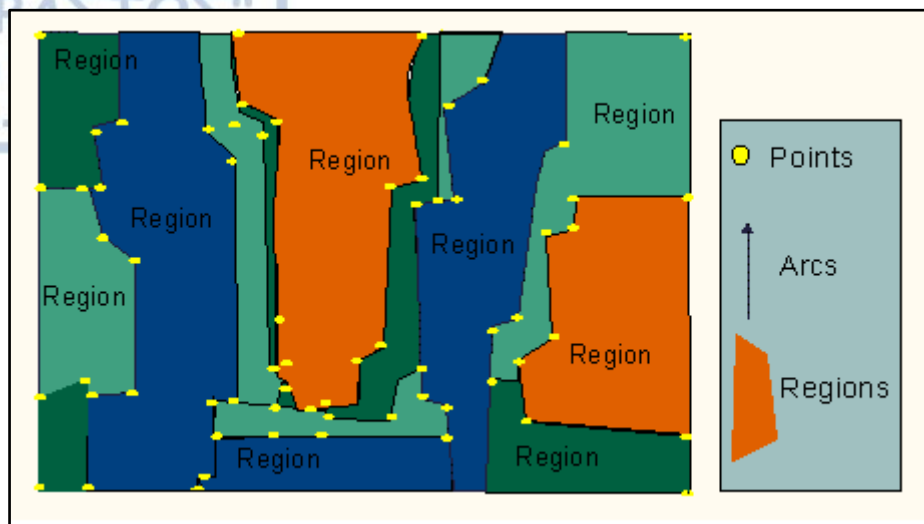
Τα πλεονεκτήματα της μορφής κανάβου είναι ότι εντοπίζεται εύκολα στη μνήμη του Η/Υ, δε χρειάζεται η αποθήκευση των συντεταγμένων των μονάδων της, αναπτύσσει εύκολα σχέσεις γειτνίασης, οι σχετικοί αλγόριθμοι που χρησιμοποιεί είναι απλοί και η μορφή είναι συμβατή με άλλα δεδομένα όπως τα δορυφορικά.

Τα μειονεκτήματα αυτής της μορφής είναι ότι απαιτείται μεγάλος χώρος αποθήκευσης, έχει μικρή διακριτική ικανότητα, η εμφάνιση χαρτών αυτής της μορφής είναι άκομψη και ενοχλητική για τον χρήστη, η πρόσβαση στα δεδομένα αυτής είναι συνεχούς μορφής - γεγονός που αυξάνει τον χρόνο χρησιμοποίησης της μνήμης του Η/Υ, ενώ κατά τη μετατροπή διανυσματικών δεδομένων σε αυτή τη μορφή, μειώνεται η ακρίβεια της γεωγραφικής θέσης των δεδομένων αυτών.

2. Μορφή διανύσματος

Στη μορφή αυτή βασική μονάδα είναι το διάνυσμα (vector) και χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που τα δεδομένα ορίζονται με τη χρησιμοποίηση γραμμών, όταν απαιτείται η ακριβής παρουσίαση του σχήματος ενός αντικειμένου και όταν επιδιώκεται ο ακριβής εντοπισμός του αντικειμένου στον χώρο (Εικόνα 1.2).

Τα σημεία είναι διανύσματα με μηδενικό μήκος, οι γραμμές ορίζονται ως ένα σύνολο διανυσμάτων και τα πολύγωνα ορίζονται ως κλειστές γραμμές που περικλείουν μια επιφάνεια.



Εικόνα 1.2: Μορφή διανύσματος (The Vector View of the World, www.colorado.edu)

Τα πλεονεκτήματα αυτής της μορφής είναι ότι παράγονται χάρτες με ίδιο βαθμό λεπτομέρειας όπως ο πρωτότυπος, δεν απαιτούνται μετατροπές δεδομένων για την παραγωγή αυτού και αποθηκεύεται λιγότερος όγκος δεδομένων από ότι στη μορφή κανάβου οπότε πολλές διαδικασίες γίνονται πιο εύκολα και γρήγορα. Επιπλέον, οι χάρτες που παράγονται δε χρειάζονται μετατροπή για περαιτέρω επεξεργασία, απαιτείται λιγότερος χώρος στον Η/Υ, γίνεται ευκολότερη η συσχέτιση μη χωρικών δεδομένων με ένα συγκεκριμένο αντικείμενο και τέλος, διάφορα δεδομένα μπορούν να εντοπιστούν με ευκολία και να γίνει η επεξεργασία τους μεμονωμένα.

Τα μειονεκτήματα αυτής της μορφής είναι ότι οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται είναι πολύπλοκοι, μεταβαλλόμενα χωρικά δεδομένα απαιτούν μετατροπή τους σε μορφή κανάβου για να αναπαρασταθούν, ενώ δεν είναι συμβατή με υπό μορφή κανάβου δορυφορικά δεδομένα (Ασάρας κ.α., 2011).

1.1.3 Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα GIS

Τα GIS είναι ένα πολύ σημαντικό και εύχρηστο εργαλείο το οποίο έχει πάρα πολλά πλεονεκτήματα κατά τη χρήση του. Μερικά από αυτά είναι τα εξής:

- Τα δεδομένα βρίσκονται σε ψηφιακή μορφή, καταλαμβάνουν μικρό χώρο και είναι εύχρηστα.
- Οι βάσεις δεδομένων είναι ποσοτικές πληροφορίες που μπορούν και καταχωρούνται κατά οποιαδήποτε γεωγραφική μονάδα ή διάταξη. Επίσης είναι δυνατόν να δημιουργηθούν και να επεξεργαστούν ανά πάσα στιγμή για οποιοδήποτε αντικείμενο ή χαρακτηριστικό ή ακόμη και συνδυασμό αυτών.

- Τα όργανα και λογισμικά των GIS επιτρέπουν διάφορες μορφές επεξεργασίας.
- Γρήγορος και επαναλαμβανόμενος αναλυτικός έλεγχος για διάφορες εκτιμήσεις επιστημονικών κριτηρίων καθώς και γρήγορη εξαγωγή διαφόρων μορφών αποτελεσμάτων.
- Εύκολη ενημέρωση της βάσης δεδομένων, αποτελεσματικός εντοπισμός και ανάλυση διαφόρων αλλαγών σε διάφορες περιόδους.
- Πολλές μορφές ανάλυσης με πολύ μικρό κόστος, αντικειμενικός τρόπος αναλύσεων και αυτόματη παραγωγή αποτελεσμάτων.

Τα GIS έχουν και ορισμένα μειονεκτήματα τα οποία είναι τα εξής:

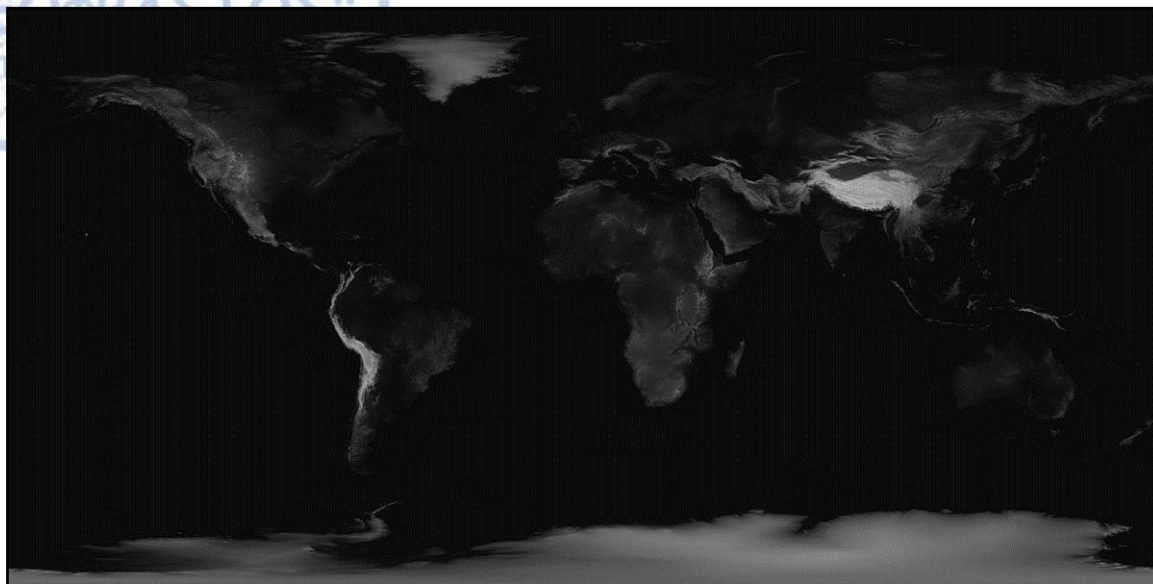
- Το αρχικό κόστος απόκτησης και στησίματος του συστήματος, καθώς και της τεχνικής υποστήριξης και συντήρησης, είναι αρκετά υψηλό.
- Επίσης, η χρήση του προϋποθέτει άρτια εκπαίδευση και εξειδίκευση του κατάλληλου προσωπικού.
- Τέλος, εμφανίζονται προβλήματα κατά τις μετατροπές και καταχώρηση ήδη προϋπαρχόντων δεδομένων (Αστάρας κ.α., 2011).

1.1.4 Ψηφιακά μοντέλα εδάφους

Τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους/Digital Terrain Model (DTM) ή ψηφιακά μοντέλα αναγλύφου/Digital Elevation Model (DEM) είναι μια ψηφιακή αναπαράσταση της μεταβλητότητας του αναγλύφου στον χώρο και χρησιμοποιούνται για την ανάλυση της τοπογραφίας μιας περιοχής. Ο όρος DTM χρησιμοποιείται όταν δίνεται έμφαση στο υψόμετρο ενώ ο όρος DEM όταν δίνεται έμφαση στο ανάγλυφο της Γης.

Το DTM ή DEM το οποίο απεικονίζει αποκλειστικά την επιφάνεια του φυσικού εδάφους, διακρίνεται από το ψηφιακό μοντέλο επιφάνειας (Digital Surface Model/DSM), το οποίο περιλαμβάνει επιπλέον τα δέντρα, τα κτίσματα και οποιοδήποτε άλλο αντικείμενο που βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους. Δηλαδή η ουσιαστική διαφορά μεταξύ τους συνίσταται στο ότι το πρώτο αναπαριστά το ανάγλυφο του εδάφους, ενώ το δεύτερο αποτελεί την αναπαράσταση της επιφάνειας του εδάφους (Μουρατίδης, 2010).

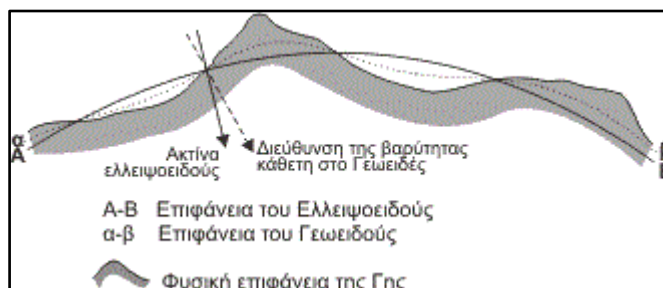
Τα δεδομένα που μπορούμε να πάρουμε από τα DEM είναι τα εξής: υδρογραφικά δίκτυα και οι διάφοροι δείκτες αυτών, προσανατολισμός, κλίσεις και μήκος κλιτύων καθώς και χάρτες σκιασμένου αναγλύφου (Αστάρας κ.α., 2011).



Εικόνα 1.3: Ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (DEM) της γήινης επιφάνειας (συμπεριλαμβανομένου του νερού και του πάγου). Οι ανοιχτόχρωμες περιοχές υποδεικνύουν υψηλότερη ανύψωση (www.visibleearth.nasa.gov, 2005).

1.1.5 Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΓΣΑ) ή Γεωδαιτικό Datum

Προτού γίνει αναφορά στα ΓΣΑ θα πρέπει να οριστούν οι θεμελιώδεις έννοιες των ισοδυναμικών επιφανειών, του γεωειδούς και του ελλειψοειδούς εκ περιστροφής. Ισοδυναμικές είναι οι επιφάνειες πάνω στις οποίες το δυναμικό είναι το ίδιο. Το γεωειδές ορίζεται ως η ισοδυναμική επιφάνεια που περιβάλλει ολόκληρη τη Γη και πάνω στην οποία το δυναμικό είναι ίσο με το δυναμικό στην αδιατάρακτη επιφάνεια της θάλασσας (Παπαζάχος, 1995). Το ελλειψοειδές εκ περιστροφής ή διαξονικό ελλειψοειδές ή σφαιροειδές (ΕΕΠ), ορίζεται ως το στερεό που προκύπτει από την περιστροφή μιας έλλειψης γύρω άπο τον μικρό της ημιάξονα (Φωτίου, 2007). Η διαφορά του ΕΕΠ από τη σφαίρα είναι περίπου 11 km γι' αυτό και χρησιμοποιείται έναντι αυτής για τον προσδιορισμό του σχήματος της Γης (Χατζόπουλος, 2006). Μερικά γνωστά ΕΕΠ και χρήσιμα για τον Ελληνικό χώρο είναι τα: Bessel, Hayford, GRS 80 και WGS 84.



Εικόνα 1.4: Το γεωειδές και το ελλειψοειδές και η σχέση τους με τη φυσική επιφάνεια της Γης (Βαβλιάκης, 1985 από J.Wagner, 1979).

Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΓΣΑ) ή γεωδαιτικό datum), είναι ένα σύστημα που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση του γήινου αναγλύφου, το οποίο ορίζεται από τρισσορθογώνιους καρτεσιανούς άξονες X, Y, Z, με κοινή αρχή αξόνων, σε σημείο με μικρή απόσταση από το κέντρο της Γης. Έτσι ενώ το ΕΕΠ προσεγγίζει το σχήμα της Γης, το ΓΣΑ καθορίζει τη θέση του ΕΕΠ, σε σχέση με το κέντρο της Γης (ESRI, 2004). Χρησιμοποιούμενα ΓΣΑ στην Ελλάδα είναι τα εξής:

- Παλαιό Ελληνικό ΓΣΑ ή παλαιό Ελληνικό datum ή Bessel
- Παγκόσμιο ΓΣΑ του 1984 (WGS 84), στο οποίο θα γίνει πιο λεπτομερής αναφορά παρακάτω καθώς είναι και το ΓΣΑ που χρησιμοποιήθηκε για την παρούσα διπλωματική εργασία.
- Νέο Ελληνικό ΓΣΑ του 1987 (ΕΓΣΑ 87)
- Ευρωπαϊκό Datum (ED 50)

1.1.6 Απεικόνιση ή προβολή – Προβολικό σύστημα συντεταγμένων

Ως χαρτογραφική προβολή (map projection) ή προβολικό σύστημα ορίζεται η μεταφορά σημείων από τη σφαιρική επιφάνεια στο επίπεδο του χάρτη. Ένα σημείο στη σφαίρα περιγράφεται από ένα ζεύγος συντεταγμένων φ, λ (γεωγραφικό μήκος και πλάτος) ενώ το αντίστοιχο σημείο στον χάρτη περιγράφεται από ένα ζεύγος x, y ενός καρτεσιανού συστήματος αναφοράς. Επομένως η διαδικασία μετασχηματισμού των φ, λ σε x, y , πραγματοποιείται με τη χρήση της παρακάτω μαθηματικής σχέσης (Παπαδοπούλου, 2000):

$$x = f_1(\varphi, \lambda) \text{ και } y = f_2(\varphi, \lambda)$$

Για να καθορισθεί ένα προβολικό σύστημα πρέπει να υπάρχουν κάποιες γνωστές παράμετροι, οι τιμές των οποίων να είναι γνωστές. Αυτές οι παράμετροι είναι οι εξής (ESRI, 2004):

- Κεντρικός μεσημβρινός (Central meridian, λ_0) που καθορίζει την αρχή των x συντεταγμένων, Κεντρικός παράλληλος (Central meridian, φ_0) και Γεωγραφικό πλάτος αρχής των συντεταγμένων (Latitude of origin) που καθορίζει την αρχή των y συντεταγμένων.
- False Easting (E_0) η τιμή του οποίου μεταβάλλεται ανάλογα με το είδος της προβολής και χρησιμοποιείται για την αποφυγή αρνητικών τιμών στις τετμημένες (σημεία δυτικά του λ_0). Έτσι ο άξονας των τεταγμένων μετατοπίζεται δυτικά του λ_0 κατά E_0 (Φωτίου, 2007).
- False Northing (N_0) η τιμή του οποίου είναι $N_0 = 10.000.000$ m και χρησιμοποιείται με αναφορά την προβολή UTM και μόνο για το Νότιο ημισφαίριο για να μετατρέψει τις τεταγμένες σε θετικές τιμές. Για το Βόρειο ημισφαίριο είναι $N_0 = 0$ (Φωτίου, 2007).

Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται οι εξής τέσσερις χαρτογραφικές προβολές (Φωτιού και Λιβιεράτος, 2000):

1. Η πλάγια ισαπέχουσα αζιμουθιακή προβολή Hatt με αναφορά το παλαιό Ελληνικό datum.
2. Η Παγκόσμια Εγκάρσια Μερκατορική προβολή (Universal Transverse Mercator/UTM) με αναφορά το ED 50.
3. Η Εγκάρσια Μερκατορική προβολή των 3° (Transverse Mercator 3°/TM3°) με αναφορά το παλαιό Ελληνικό datum όπως και η Hatt.
4. Η Εγκάρσια Μερκατορική προβολή μιας ζώνης ή TM87 όπου το 87 δηλώνει το Ελληνικό Γεωδαιτικό datum του 1987 (ΕΓΣΑ 87).

1.2 Σκοπός της εργασίας

Αρχικός σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας, είναι να δημιουργηθεί με τη χρήση του δυναμικού εργαλείου των GIS, μια υποδομή γεωχωρικών δεδομένων, για την ευρύτερη περιοχή μελέτης Σίνδου - Καλοχωρίου και στη συνέχεια θα γίνει χρήση της υποδομής αυτής για την κατασκευή ενδεικτικών χαρτών που αφορούν τη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης.

Τόσο αυτή η υποδομή όσο και οι ενδεικτικοί χάρτες που θα εξαχθούν από αυτή, αποσκοπούν στη μελλοντική τους χρήση ώστε να συγκριθούν με παλαιότερα και νεότερα δεδομένα και χάρτες.

Τελικός σκοπός αυτής της εργασίας, είναι η εξαγωγή αποτελεσμάτων ώστε μελλοντικά να γίνει ερμηνεία αυτών προκειμένου να προκύψουν συμπεράσματα για τη συγκεκριμένη περιοχή που πιθανώς θα συμβάλλουν στην εκπόνηση τεχνικογεωλογικής μελέτης στην περιοχή για πρόληψη και αντιμετώπιση τεχνικογεωλογικών προβλημάτων σε αυτή (π.χ.πιθανές καθιζήσεις).

2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 Δημογραφικά και γεωγραφικά στοιχεία

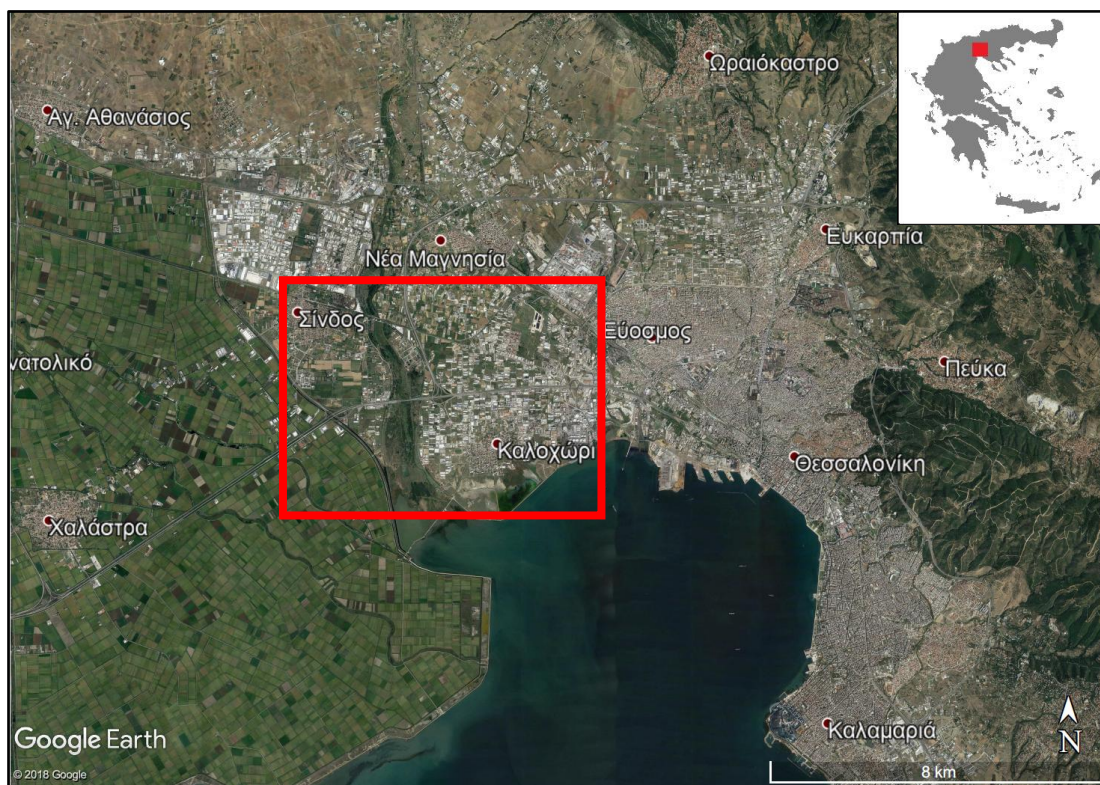
Η ευρύτερη περιοχή Σίνδου-Καλοχωρίου ανήκει στον Δήμο Δέλτα της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας, ο οποίος συστάθηκε το 2011 με το πρόγραμμα Καλλικράτης με τη συνένωση τριών προϋπαρχόντων δήμων, του Αξίου, του Εχεδώρου και της Χαλάστρας (Εικόνα 2.1, Εικόνα 2.2). Η έκταση του είναι 308,88 km² και ο πληθυσμός του σύμφωνα με την απογραφή του 2011, ανέρχεται σε 45.839 κατοίκους.

Η Σίνδος βρίσκεται σε απόσταση 14 km δυτικά της Θεσσαλονίκης, σε απόσταση 2 km δυτικά του ποταμού Γαλλικού και είναι η έδρα του Δήμου Δέλτα όπου και βρίσκονται το Δημαρχείο και οι κεντρικές διοικητικές υπηρεσίες του Δήμου. Βόρεια της Σίνδου και σε μικρή απόσταση, βρίσκεται η Βιομηχανική Περιοχή (ΒΙ.ΠΕ.) Θεσσαλονίκης, μια από τις μεγαλύτερες βιομηχανικές ζώνες της Ελλάδος. Επίσης, εκεί βρίσκονται οι εγκαταστάσεις του Αλεξάνδρειου ΤΕΙ Θεσσαλονίκης. Η περιοχή επί Τουρκοκρατίας ονομαζόταν Τεκελή, ενώ μετά τη Μικρασιατική Καταστροφή εγκαταστάθηκαν πρόσφυγες από τη Μικρά Ασία.

Το Καλοχώρι βρίσκεται σε απόσταση 8 km δυτικά της Θεσσαλονίκης. Είναι κτισμένο στην ανατολική όχθη του δέλτα του Γαλλικού, στον μυχό του Θερμαϊκού κόλπου, σε μικρή απόσταση από τη θάλασσα. Βόρεια της κωμόπολης, σε μικρή απόσταση, βρίσκεται η Βιομηχανική Περιοχή Καλοχωρίου. Η παλαιότερη ονομασία του ήταν Κασκάρκα και οφείλεται στις πολλές χήνες που διαβιούσαν στη βαλτώδη περιοχή του συμπλέγματος δέλτα των ποταμών Γαλλικού και Αξιού. Μετά το 1922 εγκαταστάθηκαν πρόσφυγες από την Ανατολική και Βόρεια Θράκη.



Εικόνα 2.1: Δήμος Δέλτα (www.dimosdelta.gr, 2011)



Εικόνα 2.2: Η θέση της ευρύτερης περιοχής μελέτης Σίνδου-Καλοχωρίου (σε κόκκινο πλαίσιο) στην Ελλάδα (Google Earth, 2018).

2.2 Γεωμορφολογικά και παλαιογεωγραφικά στοιχεία

2.2.1 Γενικά

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην κοιλάδα του Γαλλικού ποταμού, η οποία έχει διεύθυνση ΒΒΑ-ΝΝΔ και αφού διασχίσει μια λοφώδη περιοχή καταλήγει στην πεδιάδα της Θεσσαλονίκης και στον κόλπο του Θερμαϊκού. Βορειοανατολικά της περιοχής βρίσκεται μια σειρά χαμηλών υψωμάτων και λόφων με μέσο υψόμετρο 300-400 m. Αποτελεί το ανατολικότερο τμήμα του δελταϊκού πεδίου του Αξιού ποταμού με μέσο υψόμετρο 2-5 m. Νοτιοδυτικά της περιοχής βρίσκεται η κυρίως λεκάνη του Αξιού ποταμού με διεύθυνση Β-Ν.

2.2.2 Εξέλιξη των λεκανών

Στην ευρύτερη περιοχή έχει αποκαλυφθεί η παρουσία ενός παλαιότερου βασικού επιπέδου σε υψόμετρο 400-600 m το οποίο σχηματίστηκε στο Κάτω-Μέσο Μειόκαινο. Ο τεμαχισμός αυτού του επιπέδου ήταν αποτέλεσμα δράσης διαφόρων ρηγμάτων, τα οποία δημιούργησαν στο ώριμο-χαμηλό ανάγλυφο ένα μωσαϊκό τεμαχών.

Ορισμένα από τα τεμάχια ακολούθησαν ανοδικές κατακόρυφες κινήσεις και δημιούργησαν τεκτονικά κέρατα ανατολικότερα της περιοχής μελέτης (Βερτίσκος, Χορτιάτης) κατά το Νεογενές και Τεταρτογενές με συνολική ανύψωση 300-400 m.

Υπήρξαν όμως και τεμάχια που ακολούθησαν καθοδικές κατακόρυφες κινήσεις και δημιούργησαν τεκτονικά βυθίσματα (λεκάνες Αξιού και Ανθεμούντα) τα οποία έχουν καλυφθεί από Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα το πάχος των οποίων υπολογίζεται στα 400-600 m, ενώ η μέγιστη βύθιση των τάφρων των δελταϊκών πεδίων του Αξιού και Γαλλικού υπολογίζεται στα 700 m (Μουντράκης κ.α. 1997).

2.2.3 Δελταϊκά πεδία

Πολύ βασικό γεωμορφολογικό στοιχείο της περιοχής θεωρούνται τα δελταϊκά πεδία τα οποία έχουν Ολοκαινική ηλικία. Από διάφορα ιστορικά στοιχεία και γεωμορφολογικές παρατηρήσεις, διαπιστώνεται η εντυπωσιακή ανάπτυξη των Δέλτα των ποταμών Αξιού και Γαλλικού. Σε διάστημα μόλις 2.500 ετών οι προσχώσεις αυτών των ποταμών προκάλεσαν επέκταση των ακτών περισσότερο από 15 km με αποτέλεσμα την ολοκληρωτική αλλαγή της μορφολογίας του Θερμαϊκού κόλπου.

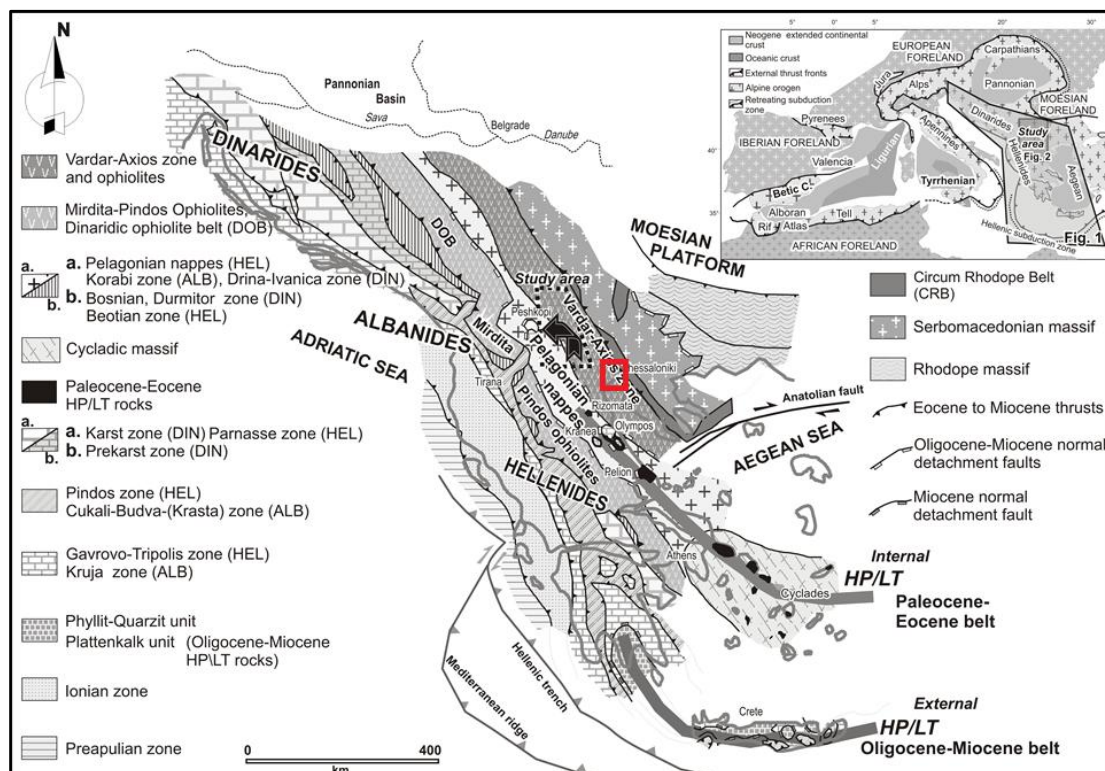
2.3 Γεωλογικά και νεοτεκτονικά στοιχεία

2.3.1 Γεωτεκτονική θέση και εξέλιξη

Η θέση της περιοχής μελέτης τοποθετείται στη ζώνη Αξιού και πιο συγκεκριμένα στην υποζώνη της Παιονίας, στην ενότητα Ωραιοκάστρου, δίπλα στο ανατολικό όριο με την Περιροδοπική ζώνη.

Η ζώνη του Αξιού ή ζώνη Vardar ανήκει στις Εσωτερικές Ελληνίδες και είναι μια ζώνη με διεύθυνση BBD-NNA πλάτους 30-70 km που παρεμβάλλεται ανάμεσα στη μάζα της Ροδόπης προς τα Ανατολικά και στην Πελαγονική ζώνη προς τα Δυτικά (Kossmat, 1924). Το Δυτικό όριο είναι ξεκάθαρο και τοποθετεί τη ζώνη Αξιού τεκτονικά πάνω στην Πελαγονική, ενώ ο καθορισμός του Ανατολικού ορίου αποτελεί γεωτεκτονικό πρόβλημα.

Χωρίζεται σε τρεις υποζώνες: της Παιονίας, του Πάικου και της Αλμωπίας. Βασικό της χαρακτηριστικό είναι οι μεγάλες οφειολιθικές ακολουθίες και αποτελεί την εσωτερική οφειολιθική λωρίδα της Ελλάδας, γνωστή ως ΙΡΟ. Λόγω της παρουσίας των οφειολίθων, η ζώνη χαρακτηρίζεται ως η ζώνη συρραφής ενός παλαιού ωκεάνιου χώρου με ωκεάνιο φλοιό και ιζήματα βαθιάς θάλασσας που έδρασε κατά το Μεσοζωικό.

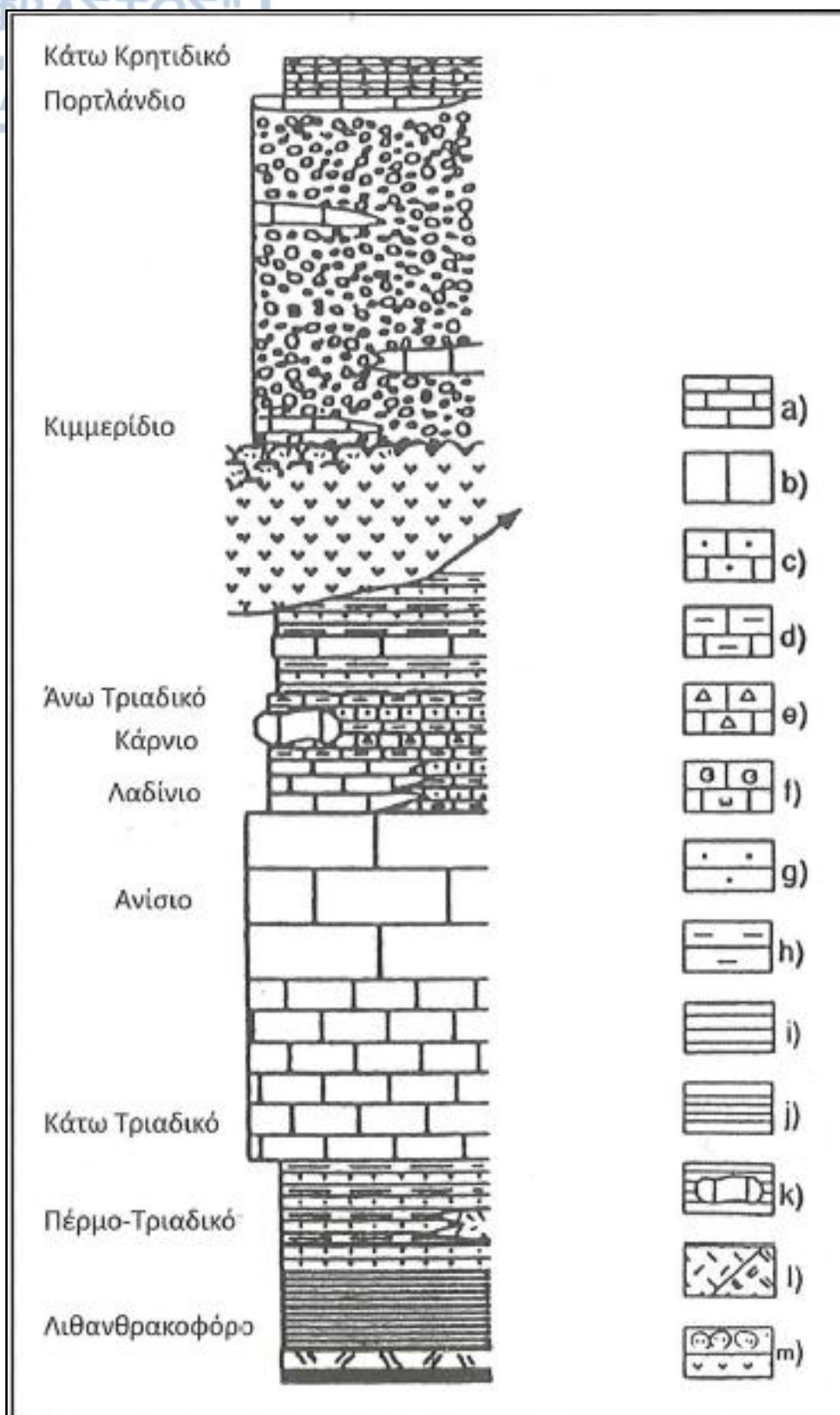


Εικόνα 2.3: Γεωτεκτονικό σχήμα των Ελληνίδων ζωνών. Με κόκκινο περίγραμμα η περιοχή μελέτης (Kilias et al., 2002).

2.3.2 Προαλπικοί και Αλπικοί σχηματισμοί

Η ενότητα Ωραιοκάστρου στην οποία ανήκει η περιοχή μελέτης, αποτελεί το ανατολικό κομμάτι της υποζώνης Παιονίας, σε τεκτονική επαφή με την Περιροδοπική ζώνη (Mercier, 1966). Οι σχηματισμοί είναι προαλπικοί και αλπικοί και από τους παλαιότερους προς τους νεότερους τοποθετούνται ως εξής (Stais, 1993):

- Υπόβαθρο Παλαιοζωϊκό, τεκτονικό λέπι της Σερβομακεδονικής, μεταμορφωμένα πετρώματα με γνεύσιους και αμφιβολίτες.
- Μαύροι κερατόλιθοι (λυδίτες) με διαβάσες Λιθανθρακοφόρου – Περμίου.
- Ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά Περμίου – Κ. Τριαδικού από ερυθρού χρώματος κλαστικά ιζήματα και ηφαιστειακά ρυολιθικά πετρώματα.
- Πλακώδεις ασβεστόλιθοι Μ.Τριαδικού που συνεχίζονται προς νεότερους μαζώδεις ασβεστολίθους.
- Πελαγικοί ασβεστόλιθοι Α.Τριαδικού μετά από βάθεμα των συνθηκών ιζηματογένεσης.
- Ασβεστοκλαστικά ιζήματα Α.Τριαδικού – Κ.Ιουρασικού.
- Οφειόλιθοι τεκτονικά τοποθετημένοι επάνω στην ακολουθία.
- Ιζήματα πρώτης επίκλυσης. Σειρά ασβεστολιθικών κροκαλοπαγών με ασβεστολιθικά και μαργαϊκά στρώματα Α.Ιουρασικού – Κ.Κρητιδικού.



Εικόνα 2.4: Λιθοστρωματογραφία της ενότητας Ωραιοκάστρου (Stais, 1993). a: πλακώδεις ασβεστόλιθοι, b: ασβεστόλιθοι μαζώδεις, c: ψαμμιτικοί ασβεστόλιθοι, d: μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, e: λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι, f: ασβεστόλιθοι με αμμωνίτες και Megalodon, g: ψαμμίτες, h: πηλίτες, i: σχιστόλιθοι, j: λυδίτες, k: ολισθόλιθοι, l: ηφαιστειακά υλικά, m: οφειόλιθοι.

2.3.3 Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στη Λεκάνη Αξιού - Θεσσαλονίκης. Μια λεκάνη με μεγάλο πλάτος και διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ. Αναπτύσσεται πάνω από την Αλπική ζώνη Αξιού που αναφέρθηκε παραπάνω καθώς και πάνω στη μολασσική αύλακα Αξιού Τριτογενούς ηλικίας. Τα ιζήματα είναι ποταμοχειμάρια και λιμναία, Νεογενούς και Τεταρτογενούς ηλικίας. Σημαντική αναφορά πρέπει να γίνει στα Άνω Μειοκαινικά χερσαία ιζήματα βορειοδυτικά της περιοχής μελέτης, στα οποία ανακαλύφθηκε μια πλούσια πανίδα θηλαστικών ζώων, με *Hipparion* και την πολύ σημαντική ανακάλυψη του κρανίου του *Ouranopithecus macedoniensis* (Α.Μειόκαινο, 9,6-9.3 Ma) που αποτελεί πρόγονο των ανθρώπων (Koufos & De Bonis, 2006).

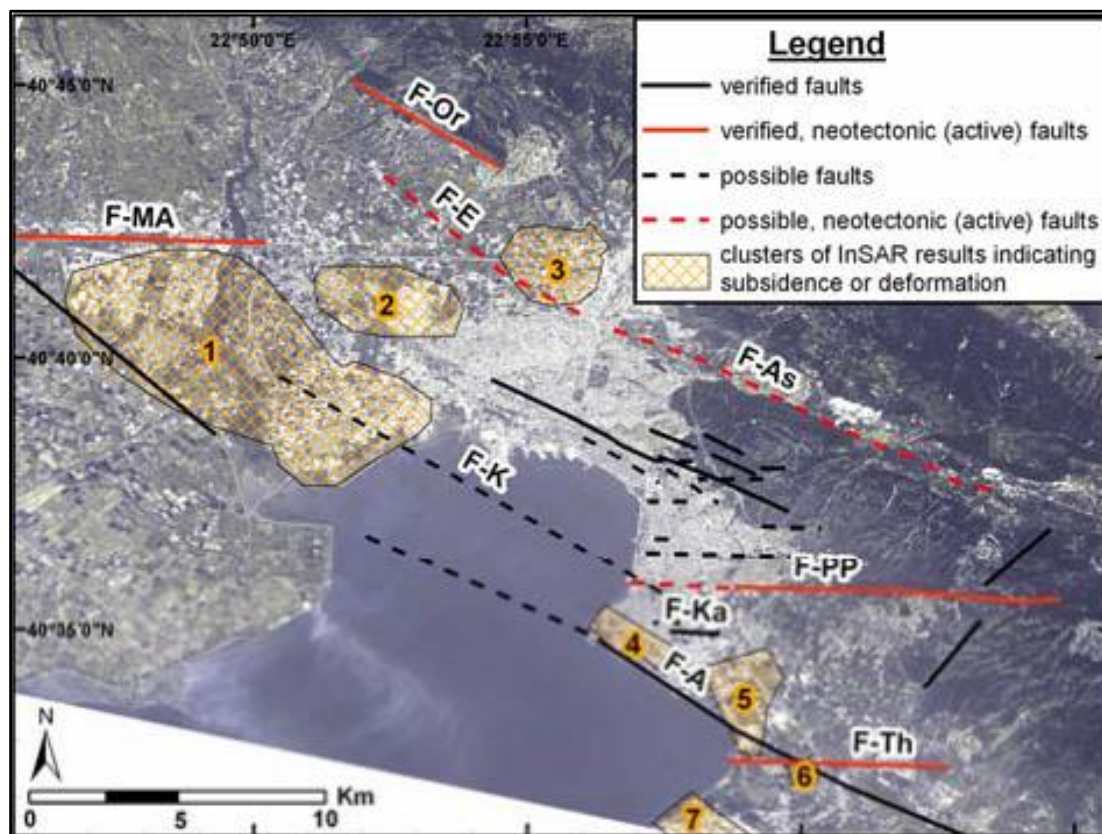
SERIES	STAGE	MN ZONES	FORMA-TION	MEMBER	L I T H O L O G Y (Not on scale)	
PLEI-STO-CENE	VILLA-NYIAN	MN-15	ANGELO-CHORI	GEFI-RA		Αλλούβια Terra rossa
PLIOCENE	RUSCI-NIAN	MN-14	ANGELO-CHORI	EMVO-LON		Ερυθρωπές μάργες σε εναλλαγές με ψαμμίτες και χαλίκια
UPPER MIOCENE	TUROLIAN	MN-13	DYTIKO			Ασβεστόλιθοι λιμναίοι κίτρινες μάργες ψαμμίτες χαλίκια
		MN-12				
	VALLESIAN	MN-11	VATHYLAKKOS			Εναλλαγές ψαμμιτών, μαργών και χαλικιών
		MN-10				
			N. MESIMVRIA			Ερυθροστρώματα με ψαμμίτες και χαλίκια
					?	

Εικόνα 2.5: Συνθετική λιθοστρωματογραφική στήλη της Νεογενούς – Τεταρτογενούς λεκάνης Αξιού (Koufos & Pavlides, 1988).

2.3.4 Νεοτεκτονικά στοιχεία

Οι ρηξιγενείς δομές του ευρύτερου χώρου της περιοχής μελέτης είναι κυρίως εφελκυστικές και έχουν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ (Mercier et al., 1989, Παυλίδης, 1990, Μουντράκης κ.α., 1997, Tranos et al., 2003). Η δραστηριοποίησή τους έγινε κυρίως κατά το Πλειόκαινο – Κ.Πλειστόκαινο. Επίσης υπάρχουν και εφελκυστικές δομές με διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ, είναι παλαιότερες και έδρασαν κατά το Α.Μειόκαινο (Mercier et al., 1989, Μουντράκης κ.α., 1997). Τέλος τα νεότερα κανονικά ρήγματα με διεύθυνση Α-Δ έχουν δραστηριότητα από το Μ.Πλειστόκαινο μέχρι και σήμερα.

Εκτός από τα ενεργά νεοτεκτονικά ρήγματα της ευρύτερης περιοχής έχουν παρατηρηθεί φαινόμενα καθίζησης στην περιοχή Καλοχωρίου για αρκετές δεκαετίες, που συμβαίνουν με ταχύτητες της τάξης των μερικών cm/y, καθώς και διάφορες άλλες ομάδες παραμόρφωσης που έχουν οριοθετηθεί από τη σύνθεση όλων των αποτελεσμάτων διαφορικής συμβολομετρίας (DInSAR) για την περίοδο 1991 – 2010 (Mouratidis & Costantini, 2012).



Εικόνα 2.6: Ομάδες παραμόρφωσης μεταξύ 1992 και 2010. Ο ορισμός τους είναι μια σύνθεση αποτελεσμάτων διαφορικής συμβολομετρίας (DInSAR) (Mouratidis & Costantini, 2012, Mouratidis, A., 2010, Mouratidis et al., 2010). Επίσης παρουσιάζονται και τα νεοτεκτονικά ρήγματα της ευρύτερης περιοχής (Zeravoroulou, A. & S. Pavlides, 2008).

Ομάδες παραμόρφωσης: 1: Σίνδος-Καλοχώρι (Περιοχή μελέτης), 2: Διαβατά – διυλιστήρια πετρελαίου Θεσσαλονίκης, 3: Ευκαρπία, 4: Καλαμαριά, 5: Πυλαία, 6: Θέρμη, 7: Αεροδρόμιο. Ρήγματα (F-): Th: Θέρμη, A: Αεροδρόμιο, Ka: Καλαμαριά, PP: Πυλαία-Πανόραμα, As: Ασβεστοχώρι, E: Ευκαρπία, K: Καλοχώρι, Or: Ωραιόκαστρο, MA: Μεσημβρία-Αγχίαλος (Mouratidis et al., 2011).

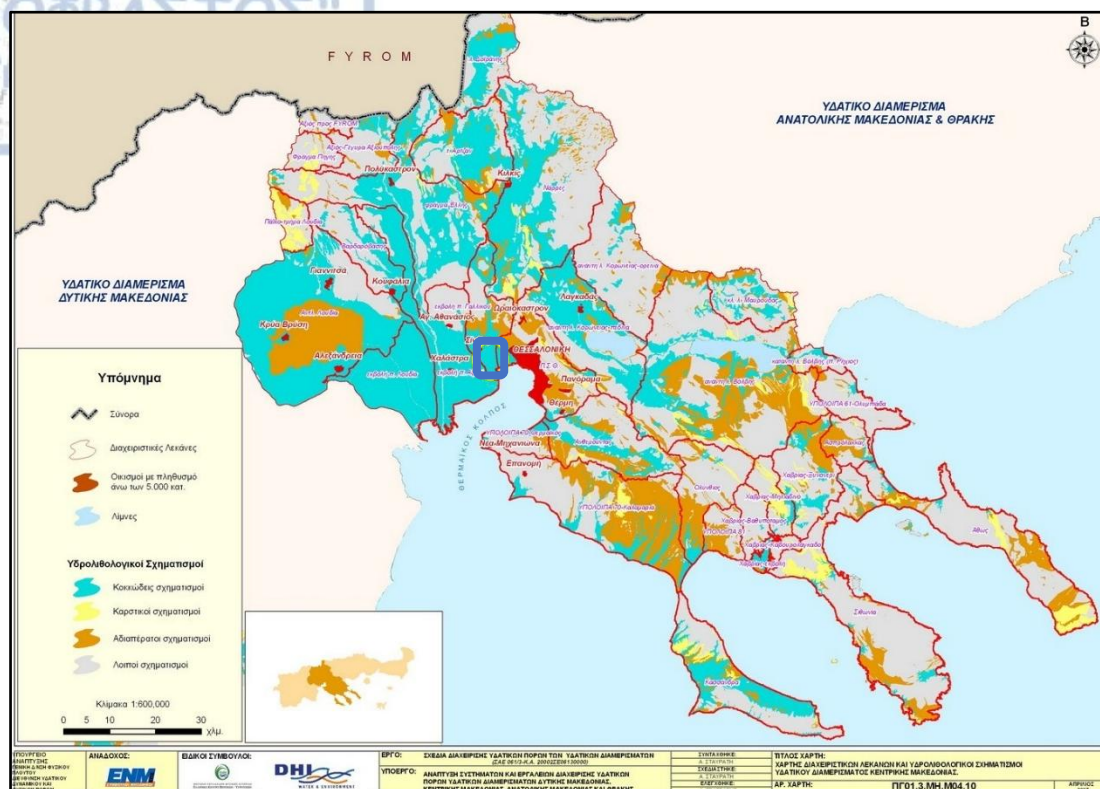
2.4 Υδρογραφικά και περιβαλλοντικά στοιχεία

2.4.1 Γενικά

Η περιοχή μελέτης ανήκει στο υδατικό διαμέρισμα 10 – Κεντρικής Μακεδονίας το οποίο περιλαμβάνει τον Νομό Χαλκιδικής και τμήματα των Νομών Θεσσαλονίκης, Σερρών, Κιλκίς, Πέλλας και Ημαθίας. Στις κύριες υδρολογικές λεκάνες του διαμερίσματος ανήκουν και αυτές του Αξιού και του Γαλλικού. Οι κυριότεροι ποταμοί είναι ο Αξιός, ο Γαλλικός και ο Λουδίας ενώ οι μεγαλύτερες λίμνες είναι η Κορώνεια, η Βόλβη και η Δοϊράνη.



Εικόνα 2.7: Χάρτης των διαχειριστικών λεκανών Υ.Δ. 10 – Σύγκριση με τις υδρολογικές λεκάνες. Με μπλε περίγραμμα η περιοχή μελέτης (Διεύθυνση Υδάτων Κεντρικής Μακεδονίας, www.dydaton.damt.gov.gr, 2007).



Εικόνα 2.8: Χάρτης των διαχειριστικών λεκανών Υ.Δ. 10 και υδρολιθικοί σχηματισμοί. Με μπλε περίγραμμα η περιοχή μελέτης (Διεύθυνση Υδάτων Κεντρικής Μακεδονίας, www.dydaton.damt.gov.gr, 2007).

2.4.2 Ο Γαλλικός ποταμός

Η περιοχή μελέτης διατρέχεται από τον Γαλλικό ποταμό με διεύθυνση BBA-NNΔ και εκατέρωθεν αυτού βρίσκονται οι οικισμοί της Σίνδου και του Καλοχωρίου.

Ο Γαλλικός ποταμός πηγάζει από τα Κρούσια όρη του Κιλκίς και μετά από διαδρομή 65 km εκβάλλει στον Θερμαϊκό κόλπο. Η λεκάνη απορροής του έχει έκταση 1.022 km² και η μέση ετήσια παροχή του είναι 39,5 m³/s (Poulos et al. 2000). Το όνομά του στην αρχαιότητα ήταν Εχέδωρος (ο έχων δώρα) επειδή στα ιζήματα της κοίτης του υπήρχε προσχωματικός χρυσός.

Στο μεγαλύτερο τμήμα της κοίτης του ο Γαλλικός δεν έχει συνεχόμενη επιφανειακή ροή, εξαιτίας της μακροχρόνιας εκμετάλλευσης των υδατικών του πόρων. Μεγάλες ποσότητες νερού από τον Αλιάκμονα ποταμό με προορισμό την υδροδότηση της πόλης της Θεσσαλονίκης, περισσεύουν και από εκεί διοχετεύονται στην κοίτη του Γαλλικού ποταμού.

Στις εκβολές του Γαλλικού βρίσκεται ένα σύστημα τριών μεγάλων νερόλακκων που δημιουργήθηκαν από παλαιότερες χωματοληψίες. Αυτοί δημιουργήθηκαν τυχαία και σήμερα θεωρούνται προστατευόμενη περιοχή,

φιλοξενώντας έναν υγρότοπο που σφύζει από ζωή, αποτελούμενο από έναν μεγάλο αριθμό σπάνιων και μη πτηνών.



Εικόνα 2.9: Άποψη των εκβολών του Γαλλικού ποταμού (Φωτογραφία: Νώντας Στυλιανίδης).

2.4.3 Λιμνοθάλασσα Καλοχωρίου

Η λιμνοθάλασσα Καλοχωρίου βρίσκεται σε απόσταση μόλις 8 km από την πόλη της Θεσσαλονίκης. Πρόκειται για έναν παράκτιο υγρότοπο με ξεχωριστό ενδιαφέρον. Παρότι βρίσκεται στις παρυφές ενός μεγάλου αστικού κέντρου και δέχεται σημαντικές πιέσεις, είναι ένας από τους πιο σημαντικούς υγροτόπους, καθώς φιλοξενεί μεγάλους αριθμούς πουλιών και άλλων οργανισμών, όλες τις εποχές του χρόνου.

Η περίπτωση της δημιουργίας της λιμνοθάλασσας Καλοχωρίου είναι μοναδική στην Ελλάδα, καθώς πρόκειται για έναν νέο υγρότοπο που δημιουργήθηκε σταδιακά από τα μέσα της δεκαετίας του '60, ως αποτέλεσμα της καθίζησης του εδάφους που προκλήθηκε από την υπεράντληση υδάτων από τους υπόγειους υδροφορείς σε συνδιασμό με τη χαλαρή του σύσταση.

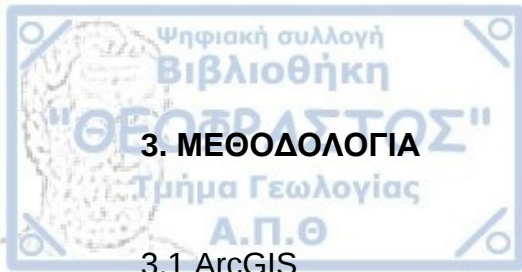
Κατά το 1934 η περιοχή καλυπτόταν από εκτεταμένα έλη. Την περίοδο 1955–1980 πραγματοποιήθηκαν πολλές γεωτρήσεις στην περιοχή του Γαλλικού ποταμού για την υδροδότηση της πόλης της Θεσσαλονίκης. Ως αποτέλεσμα, ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας της περιοχής έπεσε κατά 36 μέτρα από το 1976. Εξαιτίας της χαλαρής σύστασής του, το αργιλώδες έδαφος υποχώρησε έως και 3-4 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Η λεκάνη που σχηματίστηκε, δημιούργησε τη σημερινή λιμνοθάλασσα σε συνδιασμό με το θαλασσινό νερό που διεισδύει υπογείως. Στη δημιουργία της λιμνοθάλασσας συνέβαλε και η κατασκευή του παράκτιου αναχώματος, το 1976, για την προστασία του οικισμού του Καλοχωρίου από ενδεχόμενες μελλοντικές πλημμύρες.

Σήμερα η λιμνοθάλασσα Καλοχωρίου καλύπτει έκταση 2.260 km². Ο πυθμένας της λιμνοθάλασσας βρίσκεται 0,5–1 m κάτω από τη στάθμη της θάλασσας. Το φαινόμενο της καθίζησης είναι ορατό και στην εκβολή του Γαλλικού ποταμού, όπου οι τηλεφωνικοί στύλοι βρίσκονται μέσα στη λιμνοθάλασσα, εκεί που άλλοτε ήταν βοσκότοπος.



Εικόνα 2.10: Άποψη της λιμνοθάλασσας Καλοχωρίου (Φωτογραφία: Λία Παπαδράγκα).



Το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών/ΓΣΠ (Geographical Information System/GIS) που χρησιμοποιήθηκε είναι το ArcGIS Desktop με έκδοση 10.2.2. Κάθε έκδοση του ArcGIS περιέχει τις εξής βασικές εφαρμογές (Κουτσόπουλος & Ανδρουλακάκης, 2003):

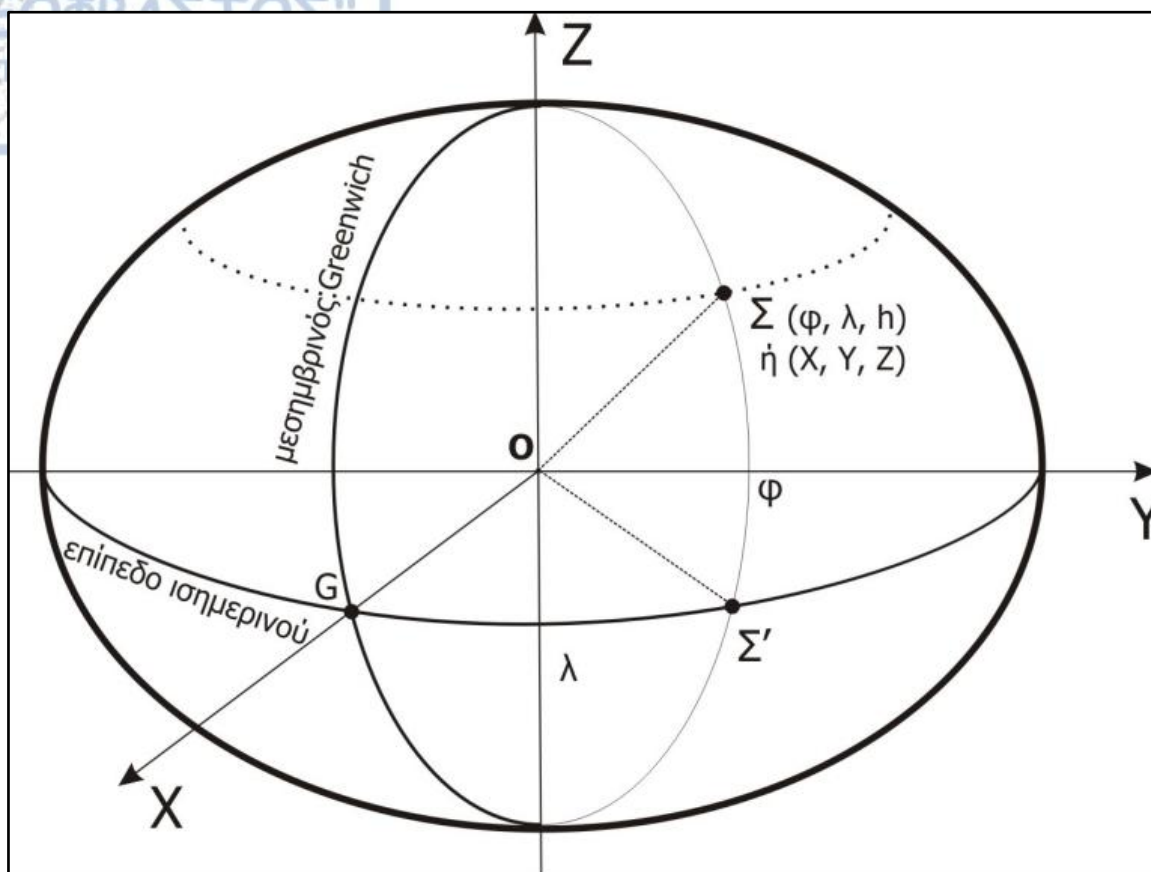
- ArcMap
- ArcCatalog
- ArcToolbox

Υπάρχει και μια σειρά από προαιρετικές εφαρμογές όπως:

- Spatial Analyst
- 3D Analyst
- Geostatistical Analysis
- ArcPress

3.2 Παγκόσμιο ΓΣΑ του 1984 (WGS 84)

Η πρώτη ενέργεια στο ArcGIS είναι ο ορισμός του ΓΣΑ που θα χρησιμοποιηθεί. Στη συγκεκριμένη εργασία το σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιήθηκε είναι το Παγκόσμιο WGS 84 (World Geodetic System 1984) του Υπουργείου Εθνικής Αμύνης των ΗΠΑ, το οποίο είναι προϊόν της NIMA (National Imagery and Mapping Agency) (Φωτίου & Πικριδάς, 2006). Το ελλειψοειδές που χρησιμοποιεί είναι το ομώνυμο WGS 84 και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από το δορυφορικό σύστημα GPS. Χρησιμοποιεί δύο ειδών συντεταγμένες, τις φ και λ, καθώς και το καρτεσιανό τρισδιάστατο σύστημα αναφοράς, το οποίο έχει ως αρχή το κέντρο του ελλειψοειδούς και τους άξονες X θετικό ως προς τον μεσημβρινό του Greenwich, Y και Z θετικό προς τον Βόρειο Πόλο.



Εικόνα 3.1: Το ελλειψοειδές του Παγκοσμίου Γεωγραφικού Συστήματος Αναφοράς/ΓΣΠ WGS 84 (Τροποποιημένο από Χατζόπουλο, 2006).

Τα δεδομένα raster και vector που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία αναφέρονται όλα στο συγκεκριμένο σύστημα αναφοράς. Από αυτά, κάποια ψηφιοποιήθηκαν σε WGS 84, και κάποια ανακτήθηκαν σε ΕΓΣΑ 87 από όπου και έγινε μετασχηματισμός τους σε WGS 84.

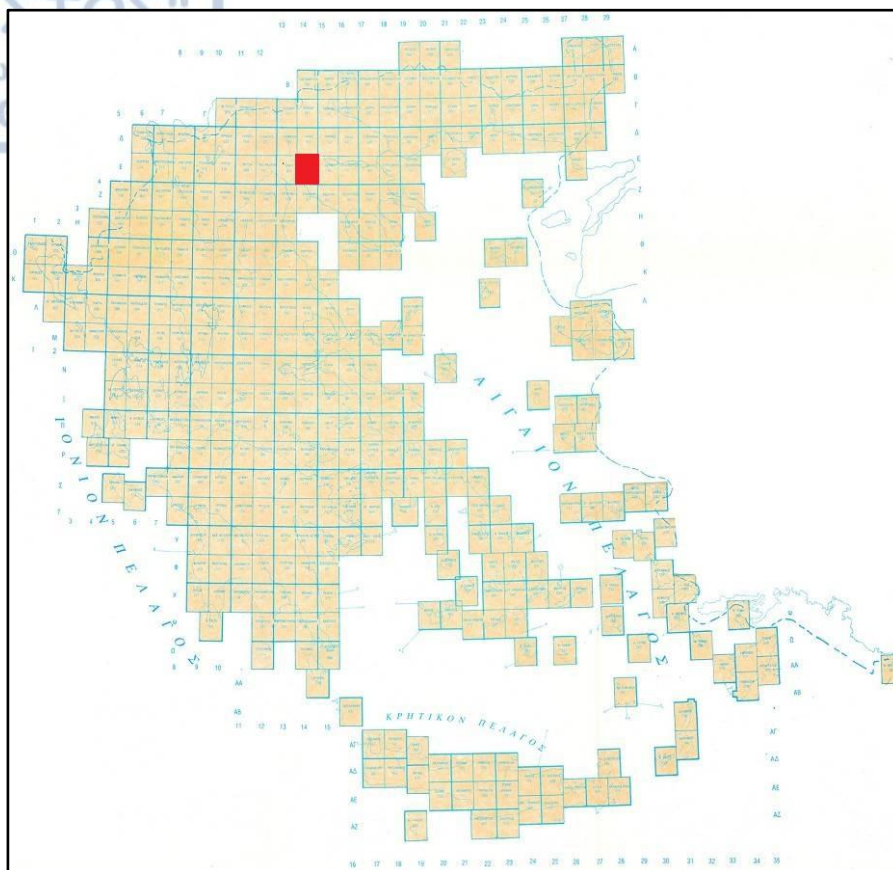
3.3 Δημιουργία, ανάκτηση και πηγές γεωχωρικών δεδομένων

3.3.1 Ψηφιδωτά (raster) δεδομένα

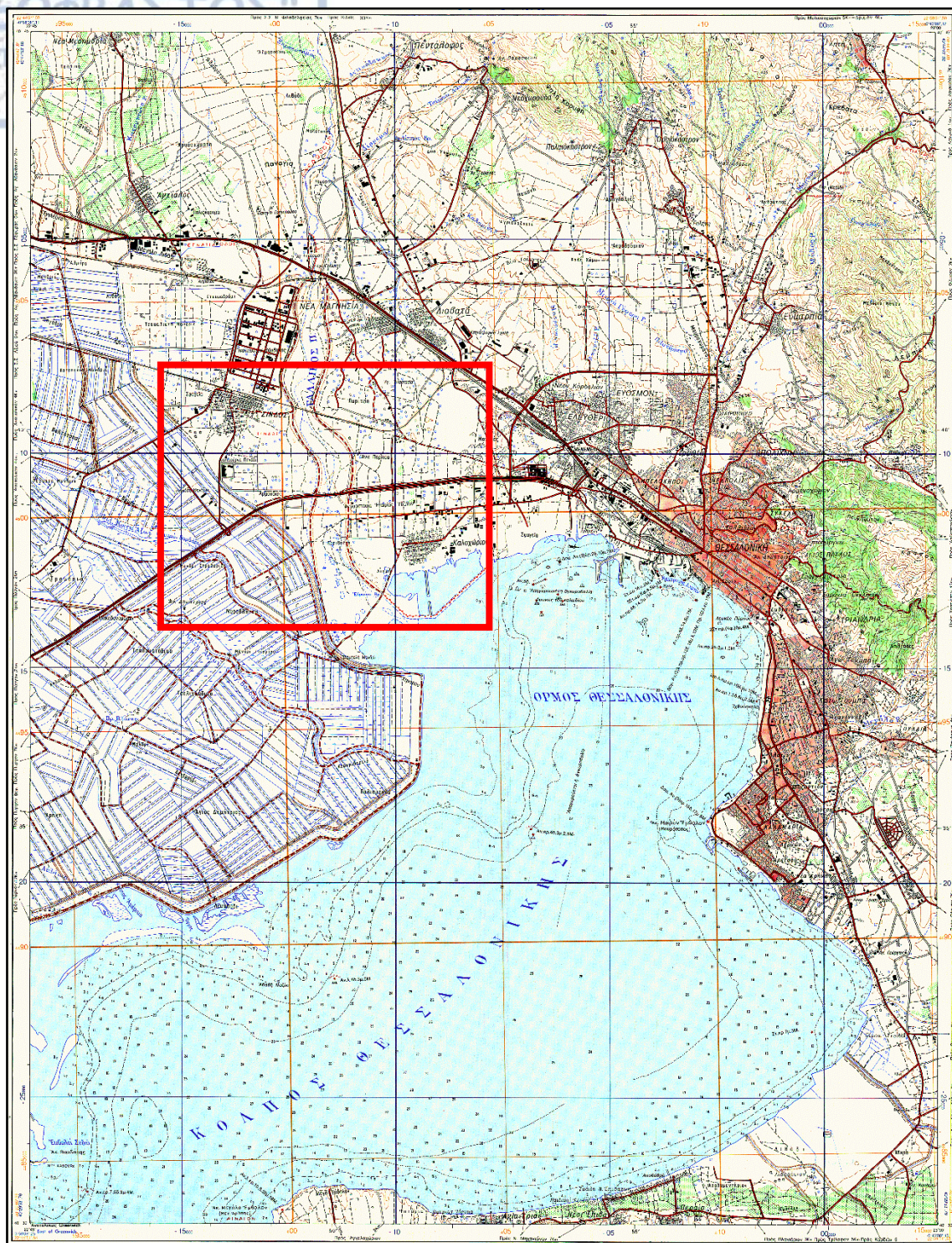
Τα ψηφιδωτά δεδομένα ή αλλιώς δεδομένα μορφής κανάβου (raster) που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία είναι τα εξής:

1. Τοπογραφικός χάρτης Θεσσαλονίκης σε κλίμακα 1:50.000 της Γ.Υ.Σ.

Η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ.) έχει παράξει 387 φύλλα τοπογραφικών χαρτών 1:50.000 για την κάλυψη του συνόλου της χώρας, χρησιμοποιώντας την Παγκόσμια Εγκάρσια Μερκατορική απεικόνιση (Universal Transverse Mercator/UTM) και με αναφορά το ED 50 (Φωτίου, 2007).



Εικόνα 3.2: Διανομή φύλλων τοπογραφικών χαρτών κλίμακας 1:50.000 της Γ.Υ.Σ. Στο κόκκινο ορθογώνιο, το φύλλο χάρτη Θεσσαλονίκης που περιέχει την περιοχή μελέτης (www.gys.gr).

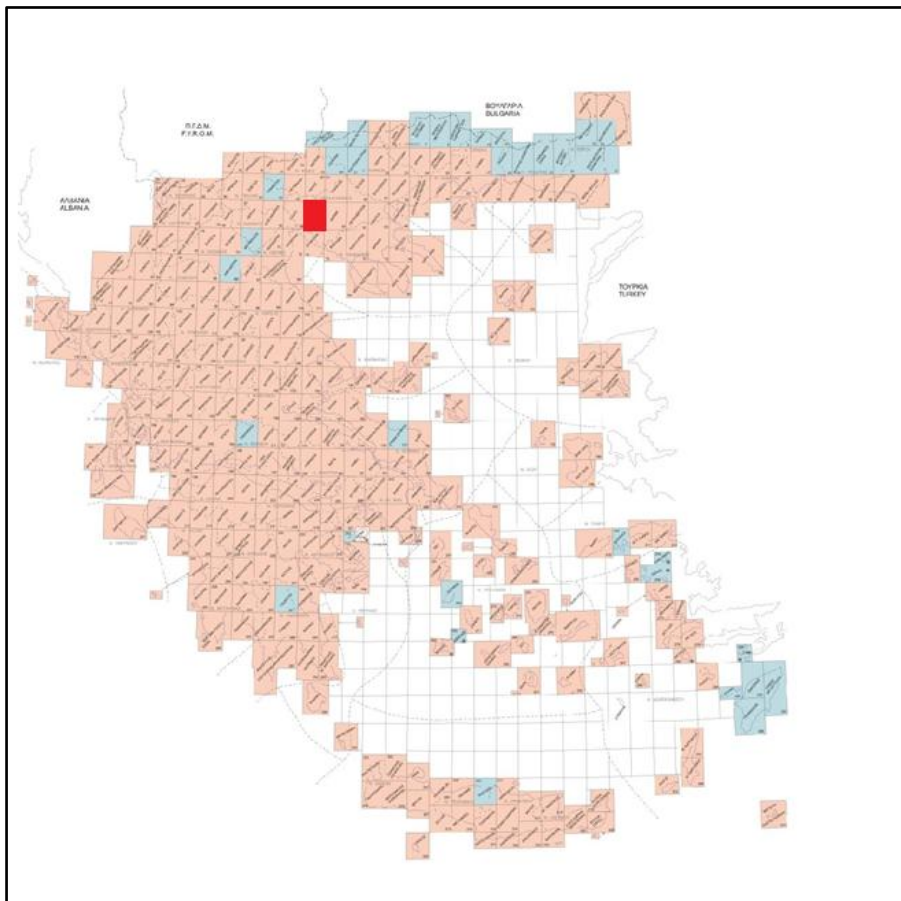


Εικόνα 3.3: Τοπογραφικός χάρτης Θεσσαλονίκης κλίμακας 1:50.000 της Γ.Υ.Σ. Με κόκκινο περίγραμμα η περιοχή μελέτης (www.gys.gr).

Ο παραπάνω χάρτης προέρχεται από τη Γ.Υ.Σ. (www.gys.gr). Αφού έγινε μετατροπή των συντεταγμένων του από ED 50 σε WGS 84, γεωαναφέρθηκε στο ArcMap και στην συνέχεια έγινε ψηφιοποίηση των τριγωνομετρικών σημείων, των οικισμών, των ισουΰσων και του υδρογραφικού δικτύου σε αυτόν.

2. Γεωλογικός χάρτης, φύλλο Θεσσαλονίκης κλίμακας 1:50.000 του Ι.Γ.Μ.Ε.

Το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) έχει παράξει φύλλα γεωλογικών χαρτών για την κάλυψη του συνόλου της χώρας, κλίμακας 1:50.000, χρησιμοποιώντας ως αναφορά τα αντίστοιχα τοπογραφικά φύλλα της Γ.Υ.Σ.



Εικόνα 3.4: Διανομή φύλλων γεωλογικών χαρτών κλίμακας 1:50.000 του Ι.Γ.Μ.Ε. Στο κόκκινο ορθογώνιο το φύλλο χάρτη Θεσσαλονίκης που περιέχει την περιοχή μελέτης. (www.igme.gr).

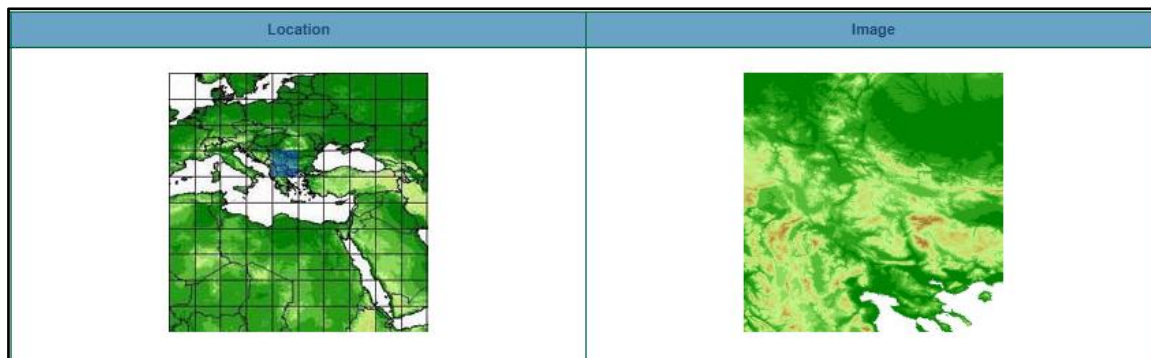


Εικόνα 3.5: Γεωλογικός χάρτης, Φύλλο Θεσσαλονίκη, κλίμακας 1:50.000 του Ι.Γ.Μ.Ε. Με κόκκινο περίγραμμα η περιοχή μελέτης (www.igme.gr).

Ο παραπάνω χάρτης προέρχεται από το Ι.Γ.Μ.Ε. (www.igme.gr). Αφού έγινε μετατροπή συντεταγμένων και γεωαναφορά όπως στον τοπογραφικό χάρτη παραπάνω, στη συνέχεια έγινε ψηφιοποίηση των λιθολογικών ενοτήτων και των τεκτονικών στοιχείων σε αυτόν.

3. Ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (Digital Elevation Model/DEM)

Το DEM που περιέχει την περιοχή μελέτης ανακτήθηκε από την ιστοσελίδα «The CGIAR Consortium for Spatial Information (CGIAR–CSI)» (www.srtm.csi.cgiar.org) και πρόκειται για μια εικόνα μορφής κανάβου (raster) στην οποία οι ανοιχτόχρωμες περιοχές υποδεικνύουν υψηλότερο υψόμετρο και οι σκουρόχρωμες χαμηλότερο. Αφού εισήχθη στο ArcMap, κόπηκε στα όρια του τοπογραφικού χάρτη με τη βοήθεια του Arc Toolbox και στη συνέχεια εξήχθησαν χρήσιμα δεδομένα όπως χάρτης ισοϋψών, προσανατολισμός και κλίσεις κλιτύων καθώς και χάρτες σκιασμένου αναγλύφου.



Εικόνα 3.6: Θέση και εικόνα του DEM που χρησιμοποιήθηκε και περιέχει την περιοχή μελέτης (www.srtm.csi.cgiar.org).

3.3.2 Διανυσματικά (vector) δεδομένα

Τα δεδομένα μορφής διανύσματος που δημιουργήθηκαν και ψηφιοποιήθηκαν καθώς και αυτά που ανακτήθηκαν από διάφορες πηγές και χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία είναι τα εξής:

1. Σημειακά επίπεδα πληροφοριών (points)

Πρόκειται για διανύσματα με μηδενικό μήκος που εμφανίζονται σαν σημεία πάνω στον χάρτη. Συγκεκριμένα δημιουργήθηκαν ή ανακτήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν τα εξής:

- Τριγωνομετρικά σημεία (elevation points): Πρόκειται για σημεία πάνω στον χάρτη που δείχνουν απόλυτο υψόμετρο, τα οποία δημιουργήθηκαν σαν shapefile τύπου point στο ArcCatalog με ΓΣΑ το WGS 84 και στη συνέχεια έγινε ψηφιοποίηση τους πάνω στον τοπογραφικό χάρτη της περιοχής.
- Οικισμοί (places): Πρόκειται για σημεία πάνω στον χάρτη που δείχνουν οικισμούς, τα οποία ανακτήθηκαν σαν shapefile τύπου point από την ιστοσελίδα www.mapcruzin.com σε ΓΣΑ ΕΓΣΑ 87 και στη συνέχεια έγινε μετατροπή τους με τη βοήθεια του Arc Toolbox σε WGS 84 προκειμένου να μπορέσουν να υποστούν περαιτέρω επεξεργασία.

2. Γραμμικά επίπεδα πληροφοριών (polylines)

Πρόκειται για γραμμές που ορίζονται από ένα σύνολο διανυσμάτων. Συγκεκριμένα δημιουργήθηκαν ή ανακτήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν τα εξής:

- Ισοϋψείς (contour lines): Ισοδιάσταση 20 m, δημιουργήθηκαν σαν shapefile τύπου polyline στο ArcCatalog με ΓΣΑ το WGS 84 και στη συνέχεια έγινε ψηφιοποίησή τους πάνω στον τοπογραφικό χάρτη της περιοχής.
- Υδρογραφικό δίκτυο (hydrographic network): Δημιουργήθηκαν όπως οι ισοϋψείς παραπάνω.
- Τεκτονικές επαφές και ρήγματα (faults): Δημιουργήθηκαν όπως τα παραπάνω και στη συνέχεια έγινε ψηφιοποίηση τους πάνω στον γεωλογικό χάρτη της περιοχής.
- Οδικό και σιδηροδρομικό δίκτυο (roads & railways): Ανακτήθηκαν σαν ξεχωριστά shapefile τύπου polyline από την ιστοσελίδα www.mapcruzin.com σε ΓΣΑ ΕΓΣΑ 87 και στη συνέχεια έγινε μετατροπή τους με τη βοήθεια του Arc Toolbox σε WGS 84 προκειμένου να μπορέσουν να υποστούν περαιτέρω επεξεργασία.

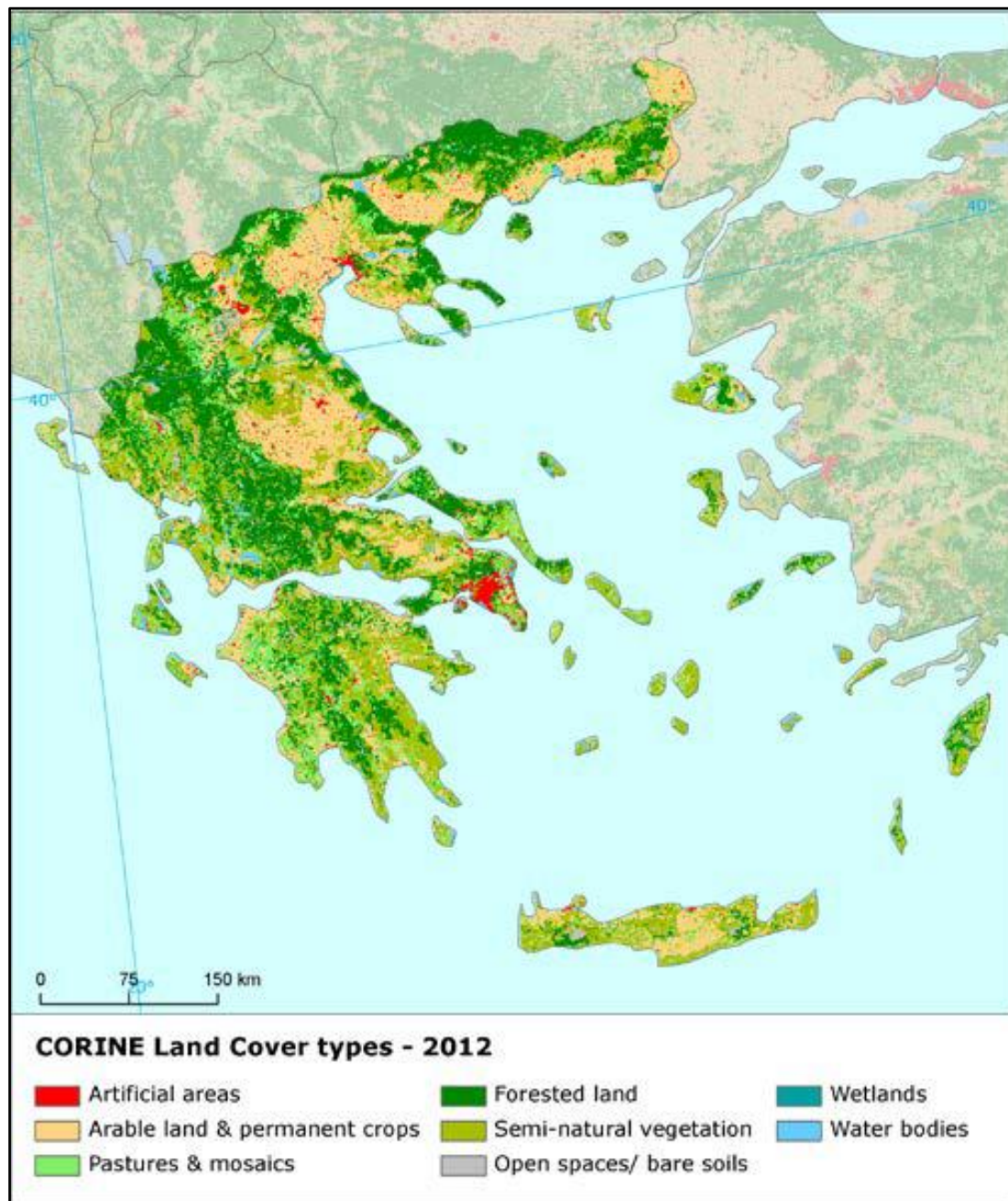
3. Επιφανειακά επίπεδα πληροφοριών/πολύγωνα (polygons)

Τα πολύγωνα ορίζονται ως ένα κλειστό σύνολο γραμμών που περικλείουν μια επιφάνεια. Συγκεκριμένα δημιουργήθηκαν ή ανακτήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν τα εξής:

- Λιθολογικές ενότητες (lithology): Δημιουργήθηκαν σαν shapefile τύπου polygon στο ArcCatalog με ΓΣΑ το WGS 84, μαζί με έξτρα κελιά (cells) για περιγραφή και υπολογισμό έκτασης για κάθε ενότητα και στη συνέχεια έγινε ψηφιοποίηση τους πάνω στον γεωλογικό χάρτη της περιοχής.
- Υπόγειες υδάτινες επιφάνειες (underground water): Ανακτήθηκαν σαν shapefile τύπου polygon από την ιστοσελίδα www.geodata.gov.gr σε ΓΣΑ ΕΓΣΑ 87 και στη συνέχεια έγινε μετατροπή τους με τη βοήθεια του Arc Toolbox σε WGS 84 προκειμένου να μπορέσουν να υποστούν περαιτέρω επεξεργασία.
- Κάλυψη γης και βλάστηση από Corine Land Cover 2012 (CLC 2012):

Το Corine Land Cover (CLC) είναι ένα πρόγραμμα που ξεκίνησε από την Ευρωπαϊκή ένωση το 1985. Ενημερώσεις έχουν εκπονηθεί το 2000, το 2006 και το 2012. Παράγεται από την πλειοψηφία των χωρών της Ε.Ε. με οπτική ερμηνεία δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης. Σε μερικές χώρες εφαρμόζονται ημιαυτόματες λύσεις, χρησιμοποιώντας εθνικά δεδομένα επί τόπου, επεξεργασία δορυφορικών εικόνων, ενσωμάτωση GIS και γενίκευση. Διαθέτει μια ευρεία ποικιλία εφαρμογών στους τομείς του περιβάλλοντος, αλλά και της γεωργίας, των μεταφορών και του χωροταξικού σχεδιασμού (www.copernicus.eu).

Το CLC 2012 ανακτήθηκε σαν shapefile τύπου polygon από την ιστοσελίδα της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος (European Environment Agency/EEA) www.eea.europa.eu και αφού έγινε μετατροπή του σε ΓΣΑ WGS 84 κόπηκε στα όρια του τοπογραφικού χάρτη της περιοχής με τη βοήθεια του Arc Toolbox προκειμένου να μπορέσουν να υποστούν περαιτέρω επεξεργασία.



Εικόνα 3.7: Γενικευμένος χάρτης κάλυψης γης του Ελληνικού χώρου (www.eea.europa.eu).

Όλα τα παραπάνω γεωχωρικά δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν είτε μεμονωμένα είτε σε συνδυασμό μεταξύ τους για την εξαγωγή αποτελεσμάτων και την παραγωγή χαρτών στο 4^ο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας.

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τη χρήση της υποδομής των ψηφιοποιημένων γεωχωρικών δεδομένων που δημιουργήθηκαν ή ανακτήθηκαν καθώς και από την επεξεργασία του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου που χρησιμοποιήθηκε για την ευρύτερη περιοχή μελέτης.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται με τη μορφή ενδεικτικών χαρτών της ευρύτερης περιοχής μελέτης που παράχθηκαν σε περιβάλλον GIS.

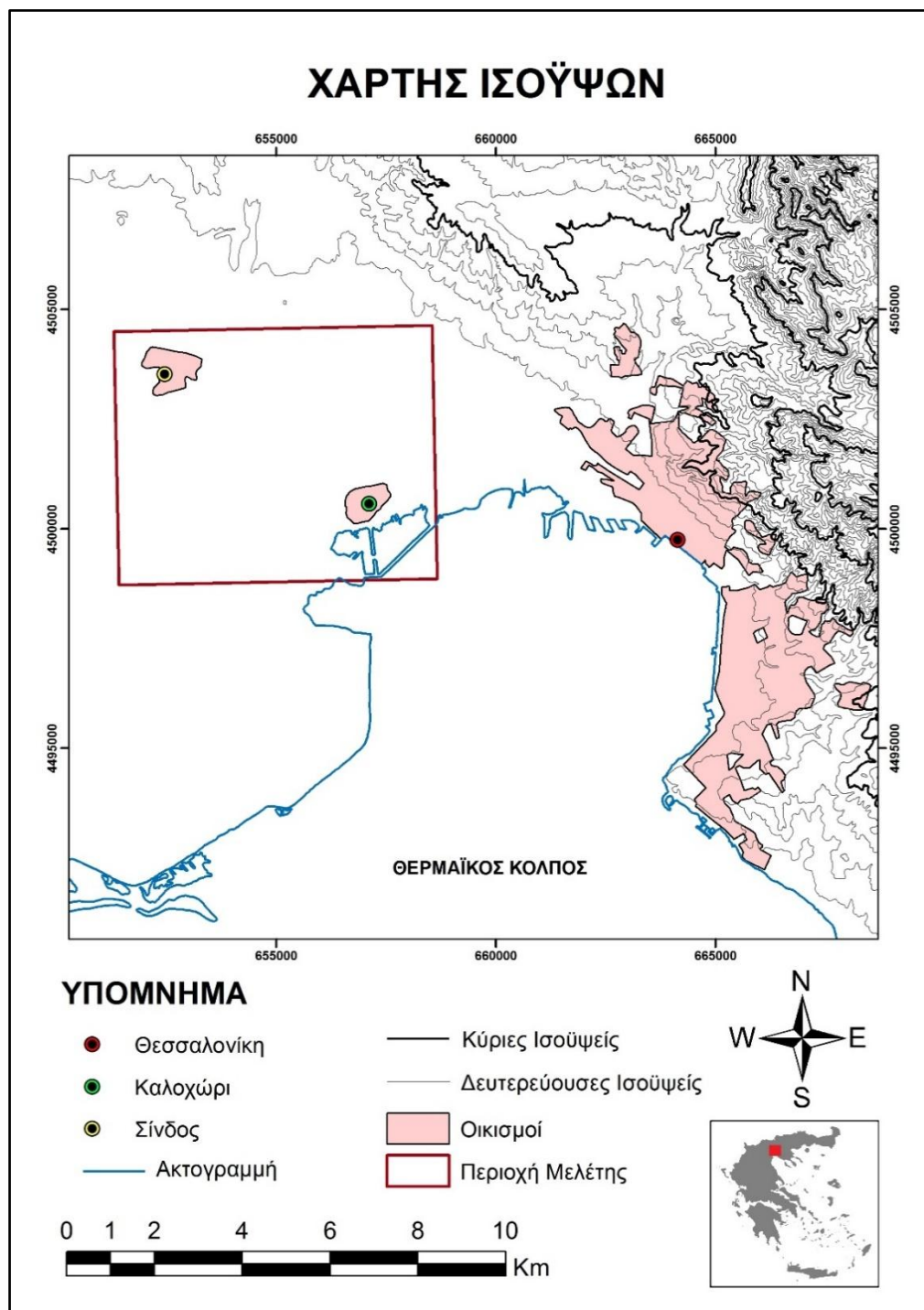
4.1 Ενδεικτικοί χάρτες από ψηφιοποιημένα γεωχωρικά δεδομένα

Οι χάρτες που παράχθηκαν για την ευρύτερη περιοχή μελέτης Σίνδου-Καλοχωρίου χρησιμοποιώντας τα ψηφιοποιημένα γεωχωρικά δεδομένα που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο είναι οι εξής:

- Χάρτης ισοϋψών
- Χάρτης υδρογραφικού δικτύου
- Τοπογραφικός χάρτης
- Γεωλογικός χάρτης
- Χάρτης κάλυψης γης από Corine Land Cover 2012

Στον παρακάτω χάρτη ισοϋψών (Εικόνα 4.1) παρουσιάζεται η περιοχή μελέτης στα δυτικά, η οποία έχει επίπεδο πεδινό ανάγλυφο με υψόμετρα μικρότερα των 20 m λόγω του ότι βρίσκεται στο δελταϊκό πεδίο του Γαλλικού ποταμού στο ανατολικότερο τμήμα του ευρύτερου Δέλτα του Αξιού.

Στο ανατολικότερο τμήμα του χάρτη το ανάγλυφο είναι χαμηλό ορεινό με υψόμετρα που φτάνουν τα 500 m και σχετικά απότομο, γεγονός που φαίνεται από την ελάττωση της απόστασης των ισοϋψών όσο προχωρούμε προς τα ανατολικότερα.

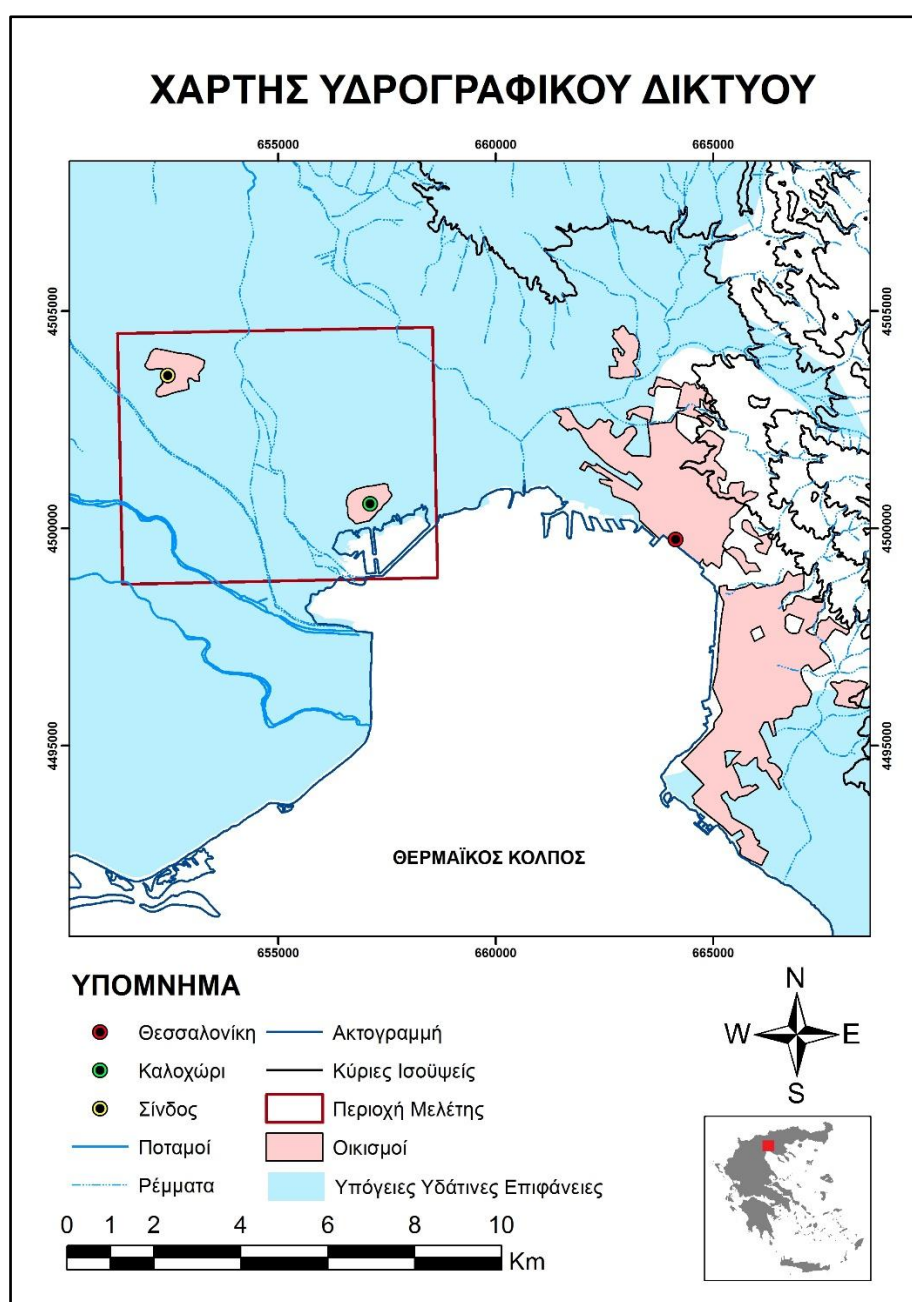


Εικόνα 4.1: Χάρτης ισοϋψών της ευρύτερης περιοχής Σίνδου-Καλοχωρίου.

Στον παρακάτω χάρτη (Εικόνα 4.2) στο δυτικό τμήμα που βρίσκεται η περιοχή μελέτης, παρουσιάζεται το αραιό υδρογραφικό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής, με τους σημαντικούς ποταμούς Αξιό και Γαλλικό το οποίο μαιανδρίζει λόγω του επίπεδου αναγλύφου. Εμφανίζεται κοντά στις εκβολές των ποταμών με τη μορφή ρεμμάτων λόγω της μη συνεχόμενης ροής του Γαλλικού.

Στο ανατολικό τμήμα του χάρτη το υδρογραφικό δίκτυο είναι πυκνό και χαρακτηρίζεται από μεγάλο αριθμό ρεμμάτων λόγω του έντονου και απότομου αναγλύφου της περιοχής.

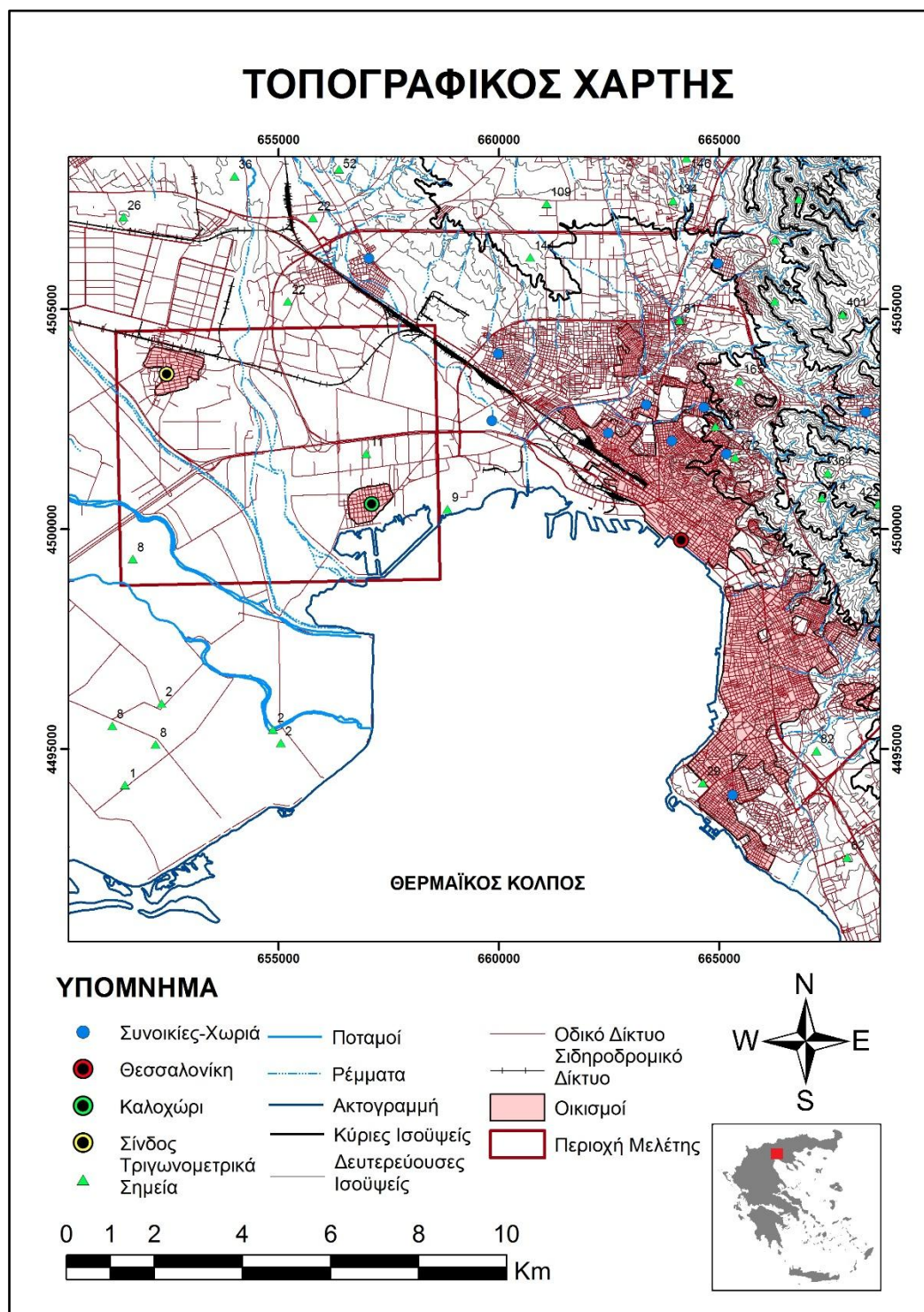
Στον χάρτη επίσης παρουσιάζονται και οι υπόγειες υδάτινες επιφάνειες οι οποίες μαρτυρούν την παρουσία υπόγειων υδάτων σε όλη την έκταση της ευρύτερης περιοχής μελέτης.



Εικόνα 4.2: Χάρτης υδρογραφικού δικτύου της ευρύτερης περιοχής Σίνδου-Καλοχωρίου.

Στον τοπογραφικό χάρτη της ευρύτερης περιοχής Σίνδου-Καλοχωρίου (Εικόνα 4.3) είναι εμφανές το έντονα αστικοποιημένο περιβάλλον στην περιοχή λόγω της ύπαρξης του αστικού κέντρου της Θεσσαλονίκης στα ανατολικά, με πολύ πυκνό οδικό και σιδηροδρομικό δίκτυο.

Στο δυτικό τμήμα καθώς και στην περιοχή μελέτης, παρουσιάζει μια έντονη βιομηχανική ζώνη ενώ διαγράφεται χαρακτηριστικά η βιομηχανική περιοχή της Σίνδου βόρεια του οικισμού.



Εικόνα 4.3: Τοπογραφικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής Σίνδου-Καλοχωρίου.

Η γεωτεκτονική θέση της περιοχής που απεικονίζεται στον γεωλογικό χάρτη (Εικόνα 4.4) περιλαμβάνει την ενότητα Παιονίας της ζώνης Αξιού, τις ενότητες Άσπρης Βρύσης - Χορτιάτη και Μελισσοχωρίου - Χολομώντα της Περιοδοπτικής ζώνης, καθώς και υπολείμματα της Σερβομακεδονικής ζώνης στο ανατολικό τμήμα της περιοχής.

Η περιοχή παρουσιάζει λιθολογική ετερογένεια. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συναντώνται είναι διαφόρων ειδών, από χαλαρά ιζήματα, ιζηματογενή, μεταϊζηματογενή και πυριγενή έως και μεταμορφωμένα πετρώματα. Οι ηλικίες των σχηματισμών επίσης ποικίλουν και κυμαίνονται από Παλαιοζωϊκό έως και Τεταρτογενές (Ολόκαινο).

Ο μεγαλύτερος σε έκταση σχηματισμός και μοναδικός σχηματισμός της περιοχής μελέτης είναι οι Ολοκαινικές αδιαίρετες αποθέσεις που βρίσκονται στα δελταϊκά πεδία των ποταμών Γαλλικού και Αξιού στο κεντρικό και δυτικό τμήμα του χάρτη. Πρόκειται για παράκτιες αποθέσεις (κυρίως άμμοι), προσχώσεις πεδιάδων, ερυθρές άργιλοι με ασβεστιτικά συγκρίματα και στη βάση τους επικρατούν κροκαλοπαγή.

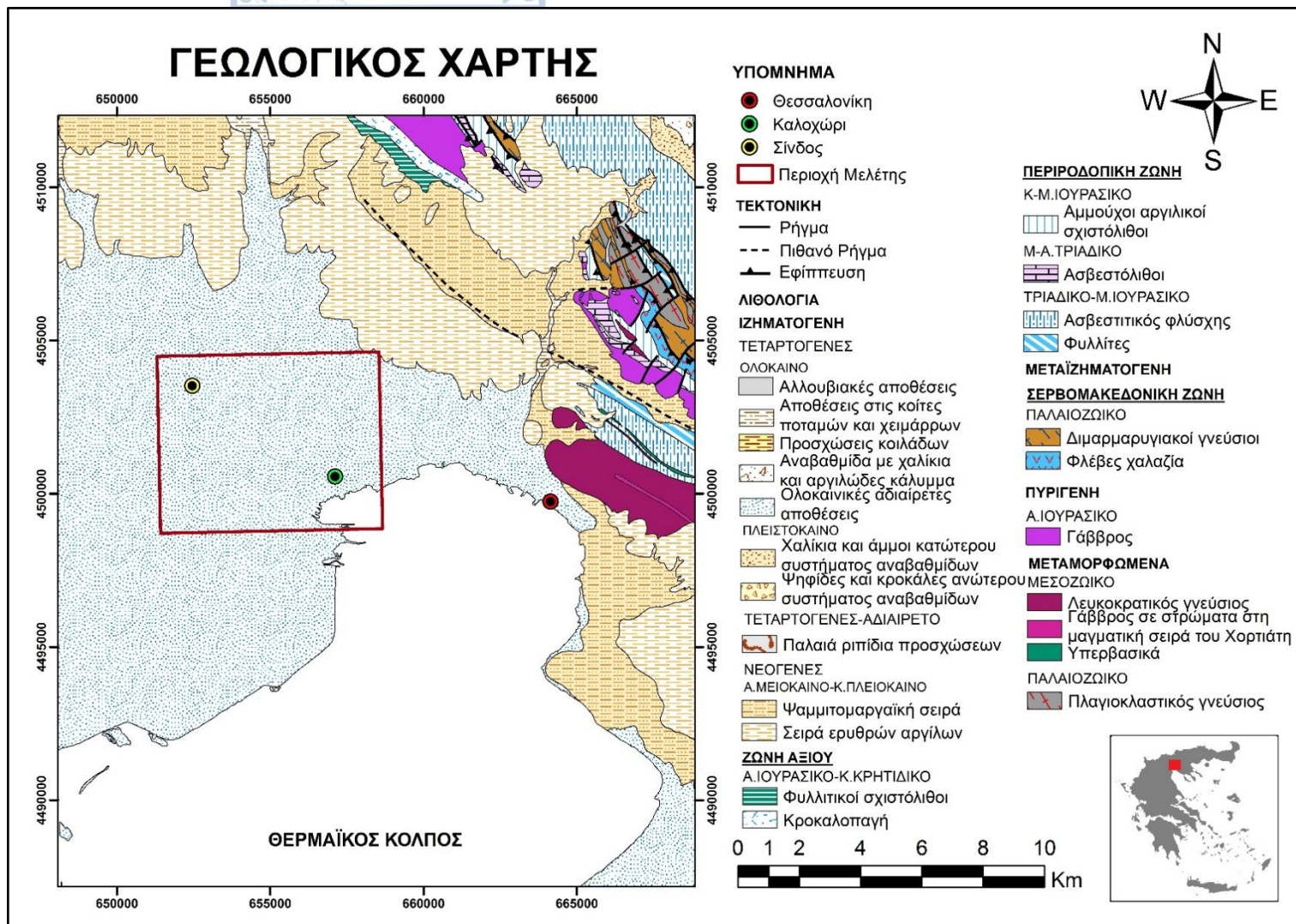
Η τεκτονική της περιοχής αποκαλύπτεται μόνο στο ανατολικό τμήμα, λόγω της ύπαρξης σχηματισμών παλαιότερης ηλικίας ενώ έχει καλυφθεί στο δυτικό κομμάτι και στην περιοχή μελέτης από τις νεότερες αποθέσεις χαλαρών ιζημάτων στα δελταϊκά πεδία.

Στον χάρτη κάλυψης γης (Εικόνα 4.5) από τα δεδομένα που λήφθηκαν από την τελευταία ενημέρωση του Ευρωπαϊκού προγράμματος Corine Land Cover/CLC το 2012, φαίνεται ότι η περιοχή μελέτης καλύπτεται στο μεγαλύτερο ποσοστό της από βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες.

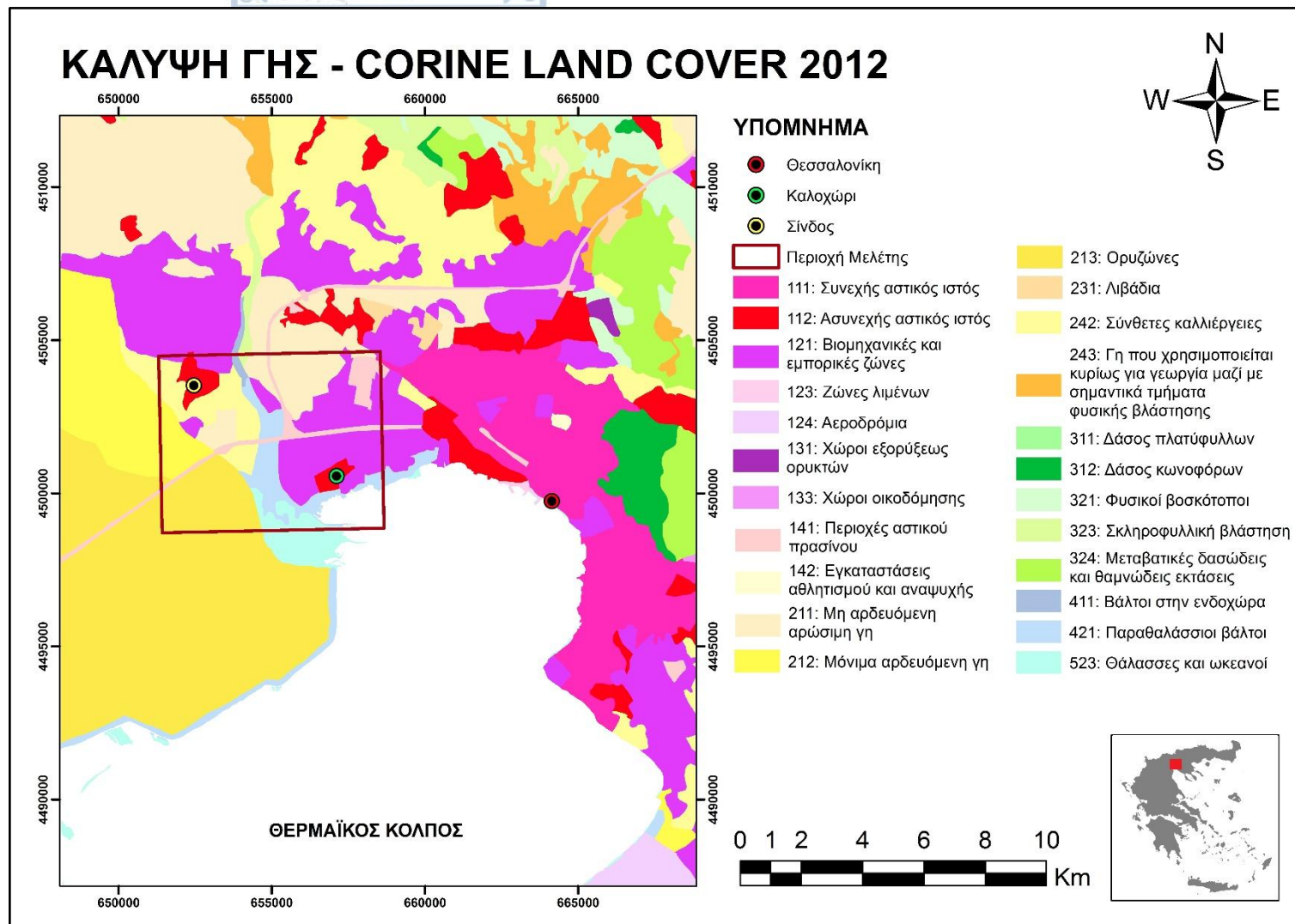
Μεγάλο ποσοστό καλύπτουν επίσης και οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις με μη αρδευόμενη αρώσιμη γη, μόνιμα αρδευόμενη γη, ορυζώνες και σύνθετες καλλιέργειες. Σε μικρότερα ποσοστά η περιοχή καλύπτεται από μη συνεχή αστικό ιστό γύρω από τη Σίνδο και το Καλοχώρι, περιοχές αστικού πρασίνου κατά μήκος του κύριου οδικού άξονα και βαλτώδεις εκτάσεις παραθαλάσσια αλλά και στην ενδοχώρα κατά μήκος του Γαλλικού ποταμού.

Στην περιοχή μελέτης δεν παρατηρείται βλάστηση πέρα από ένα μικρό ποσοστό σκληροφυλλικής βλάστησης κατά μήκος του Γαλλικού ποταμού λόγω της έντονης ανθρώπινης παρέμβασης με καλλιέργειες, βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες.

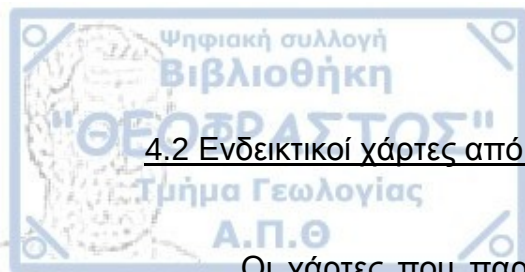
Όπως φαίνεται στον χάρτη, η βλάστηση συγκεντρώνεται στο ανατολικότερο χαμηλού ορεινού αναγλύφου τμήμα της ευρύτερης περιοχής, με την παρουσία δασών πλατύφυλλων και κωνωφόρων καθώς και μεταβατικών δασώδων και θαμνώδων εκτάσεων.



Εικόνα 4.4: Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής Σίνδου-Καλοχωρίου.



Εικόνα 4.5: Χάρτης κάλυψης γης – Corine Land Cover 2012 της ευρύτερης περιοχής Σίνδου-Καλοχωρίου.



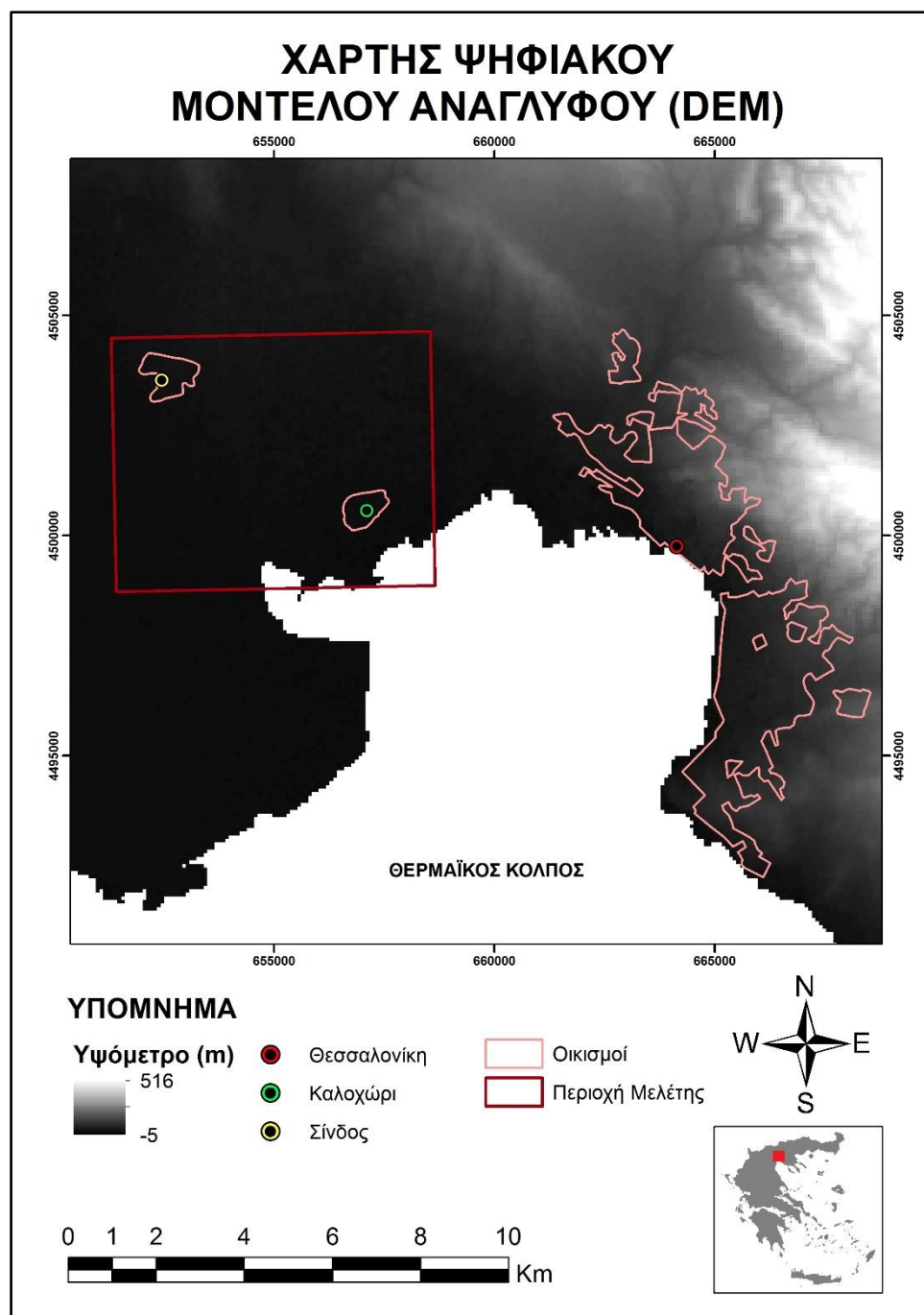
4.2 Ενδεικτικοί χάρτες από επεξεργασία ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου

Οι χάρτες που παράχθηκαν για την ευρύτερη περιοχή μελέτης Σίνδου-Καλοχωρίου χρησιμοποιώντας και επεξεργάζοντας το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (Digital Elevation Model/DEM) που αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο είναι οι εξής:

- Χάρτης ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου (DEM)
- Χάρτης κύριων, δευτερευόντων και ισοϋψών κατάπτωσης από ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (DEM)
- Χάρτης κλίσεων
- Χάρτης προσανατολισμού κλιτύων
- Χάρτες σκιασμένου αναγλύφου από δύο διαφορετικά αζιμούθια ήλιου.

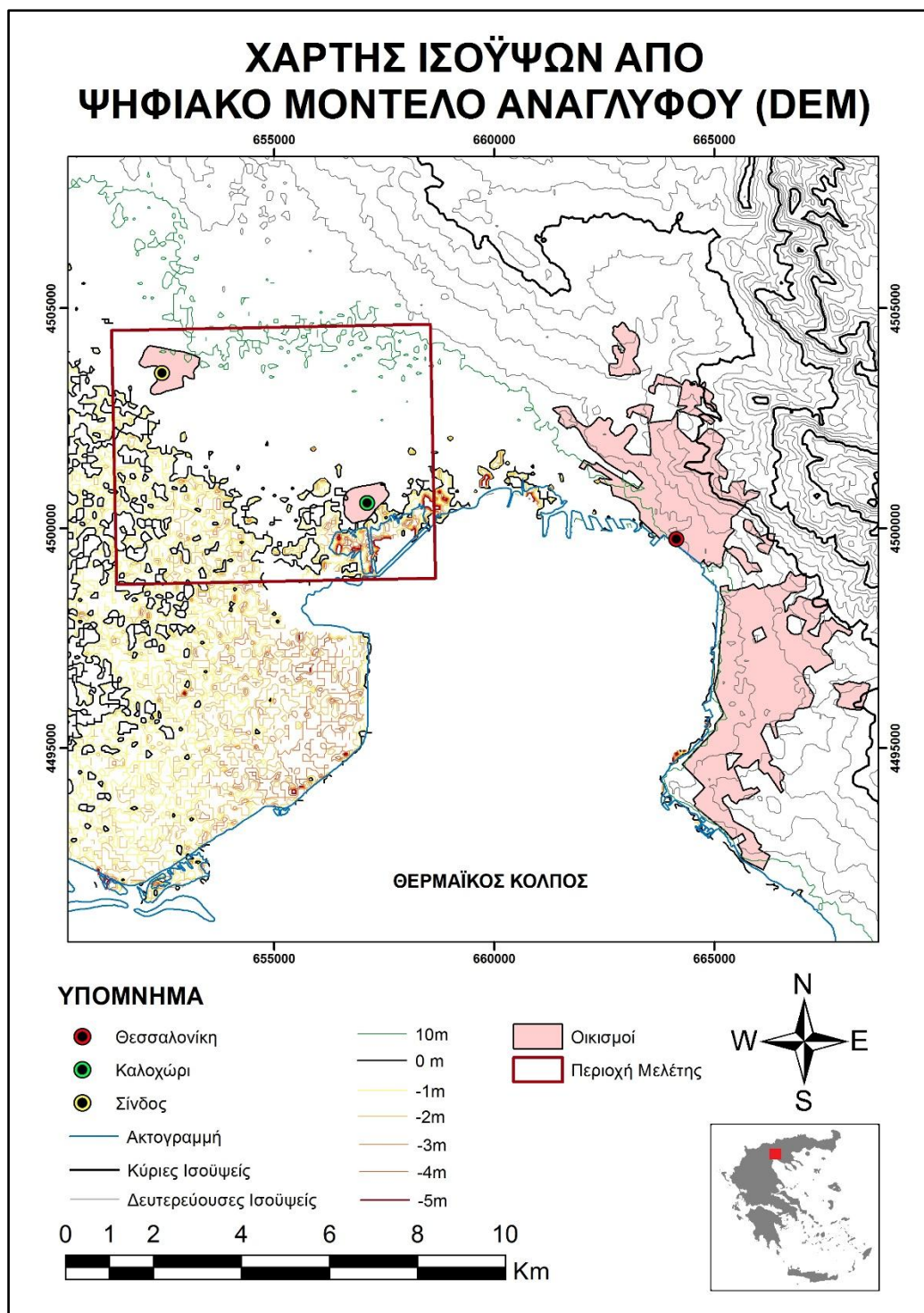
Ο παρακάτω χάρτης ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου (Εικόνα 4.6), παρουσιάζει την ευρύτερη περιοχή Σίνδου-Καλοχωρίου με διαβαθμίσεις μαύρου, γκρί και λευκού χρώματος με υψόμετρα που κυμαίνονται από -5 m έως 516 m. Οι σκουρόχρωμες περιοχές δηλώνουν χαμηλό υψόμετρο και οι ανοιχτόχρωμες υψηλότερο.

Η περιοχή μελέτης εμφανίζεται με σκούρα χρώματα, με ελάχιστο υψόμετρο -5 m και μέγιστο λιγότερο από 20 m, γεγονός που αποδεικνύει ότι πρόκειται για μια περιοχή σχεδόν στο επίπεδο της στάθμης της θάλασσας ενώ σημαντικό είναι πως υπάρχουν και μερικά σημεία κάτω από αυτό.



Εικόνα 4.6: Χάρτης ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου (DEM) της ευρύτερης περιοχής Σίνδου-Καλοχωρίου.

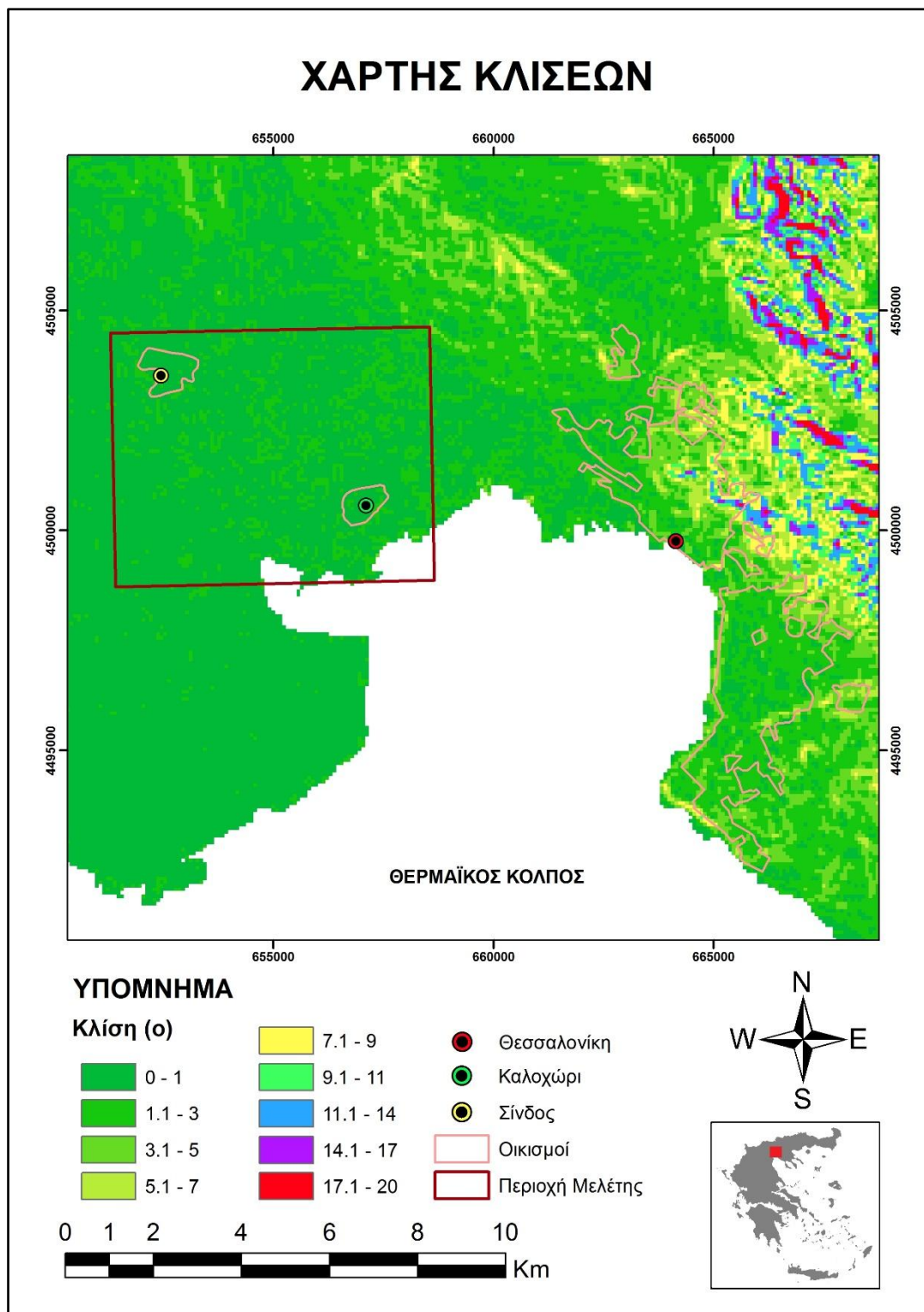
Από το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου δημιουργήθηκε χάρτης ισοϋψών (Εικόνα 4.7) για την ευρύτερη περιοχή με ισοδιάσταση 20 m. Επίσης παρουσιάζονται η ενδιάμεση ισοϋψής των 10 m και οι ισοϋψείς κατάπτωσης με ισοδιάσταση 1 m οι οποίες έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την περιοχή μελέτης. Αποκαλύπτουν πως η περιοχή έχει μέγιστο υψόμετρο περίπου 10 m ενώ υπάρχουν πολλά σημεία που μαρτυρούν καταπτώσεις της περιοχής κάτω από το επίπεδο της θάλασσας, κυρίως στη λιμνοθάλασσα νότια του Καλοχωρίου.



Εικόνα 4.7: Χάρτης ισοϋψών από ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (DEM) της ευρύτερης περιοχής Σίνδου-Καλοχωρίου.

Από το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου δημιουργήθηκε επίσης χάρτης κλίσεων (Εικόνα 4.8) της ευρύτερης περιοχής με τιμές που κυμαίνονται από 0 (Επίπεδο) έως 20 μοίρες.

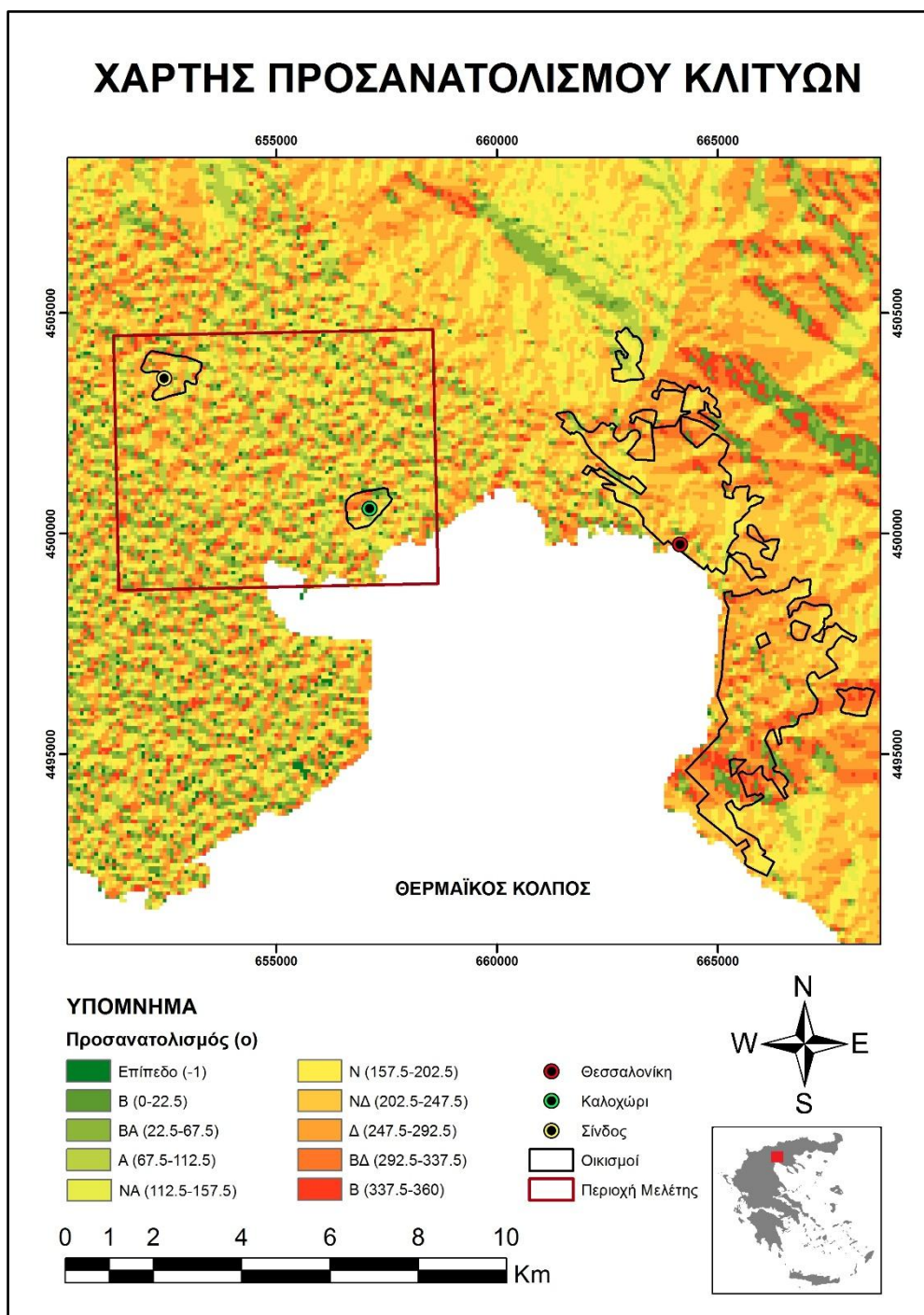
Στην περιοχή μελέτης φαίνεται ότι υπάρχουν μηδενικές έως πολύ μικρές τιμές κλίσεων από 0 έως 3 μοίρες. Οι τιμές αυξάνονται σταδιακά στα ανατολικά του χάρτη όπου επικρατεί χαμηλό ορεινό ανάγλυφο.



Εικόνα 4.8: Χάρτης κλίσεων της ευρύτερης περιοχής Σίνδου-Καλοχωρίου.

Ο παρακάτω χάρτης προσανατολισμού κλιτύων (Εικόνα 4.9) που δημιουργήθηκε από το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου αποκαλύπτει έντονη ετερογένεια προσανατολισμών προς όλες τις κατευθύνσεις.

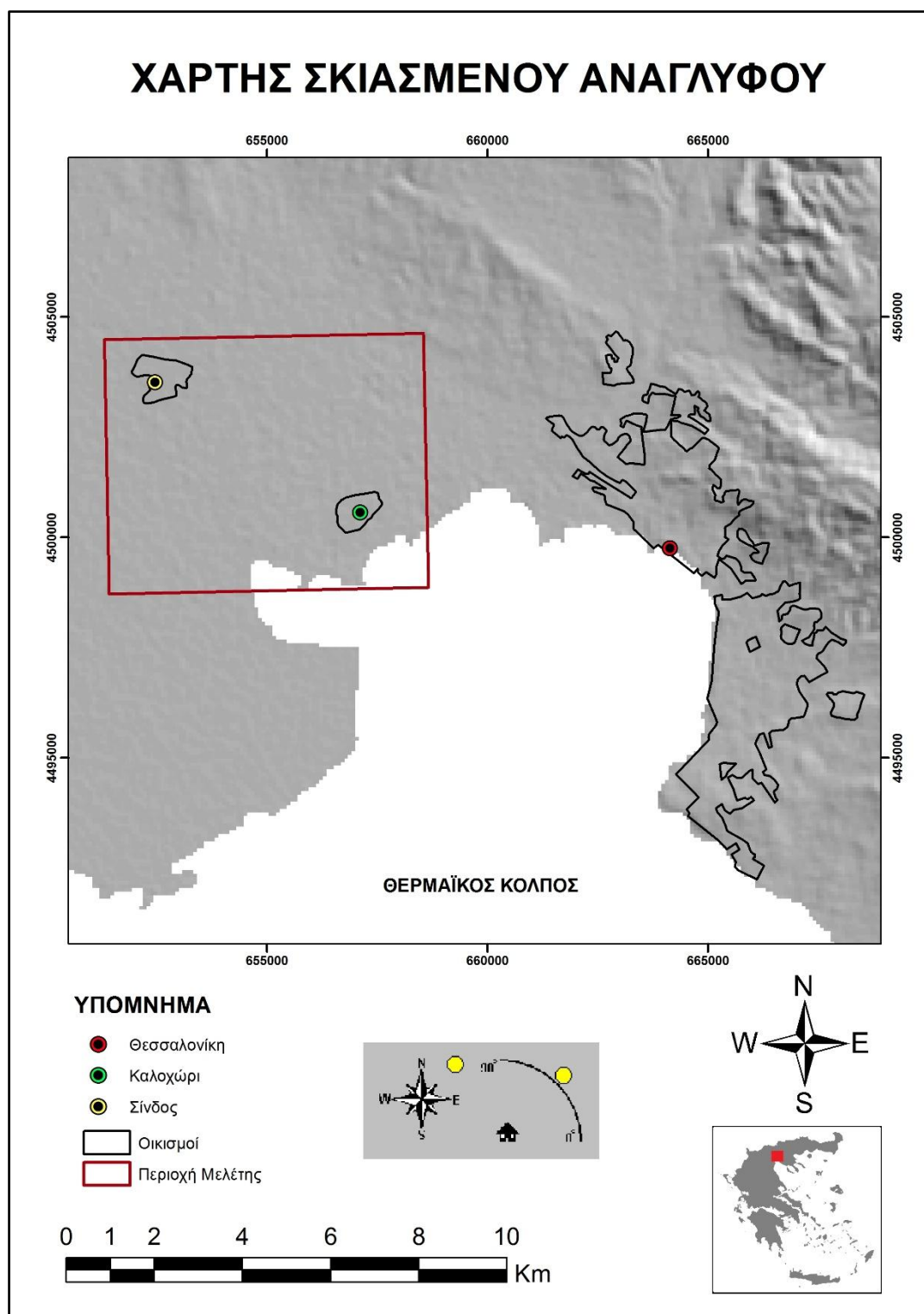
Στην περιοχή μελέτης απαντάται όλο το εύρος των τιμών των προσανατολισμών χωρίς να υπερτερεί κάποιος συγκεκριμένος. Αντίθετα ανατολικά της περιοχής μελέτης στο πιο έντονο ανάγλυφο, παρατηρούνται συγκεντρώσεις των προσανατολισμών σε λωρίδες με διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ. Οι τιμές που επικρατούν έχουν προσανατολισμό Β, ΒΑ και ΒΔ.



Εικόνα 4.9: Χάρτης προσανατολισμού κλιτύων της ευρύτερης περιοχής Σίνδου-Καλοχωρίου.

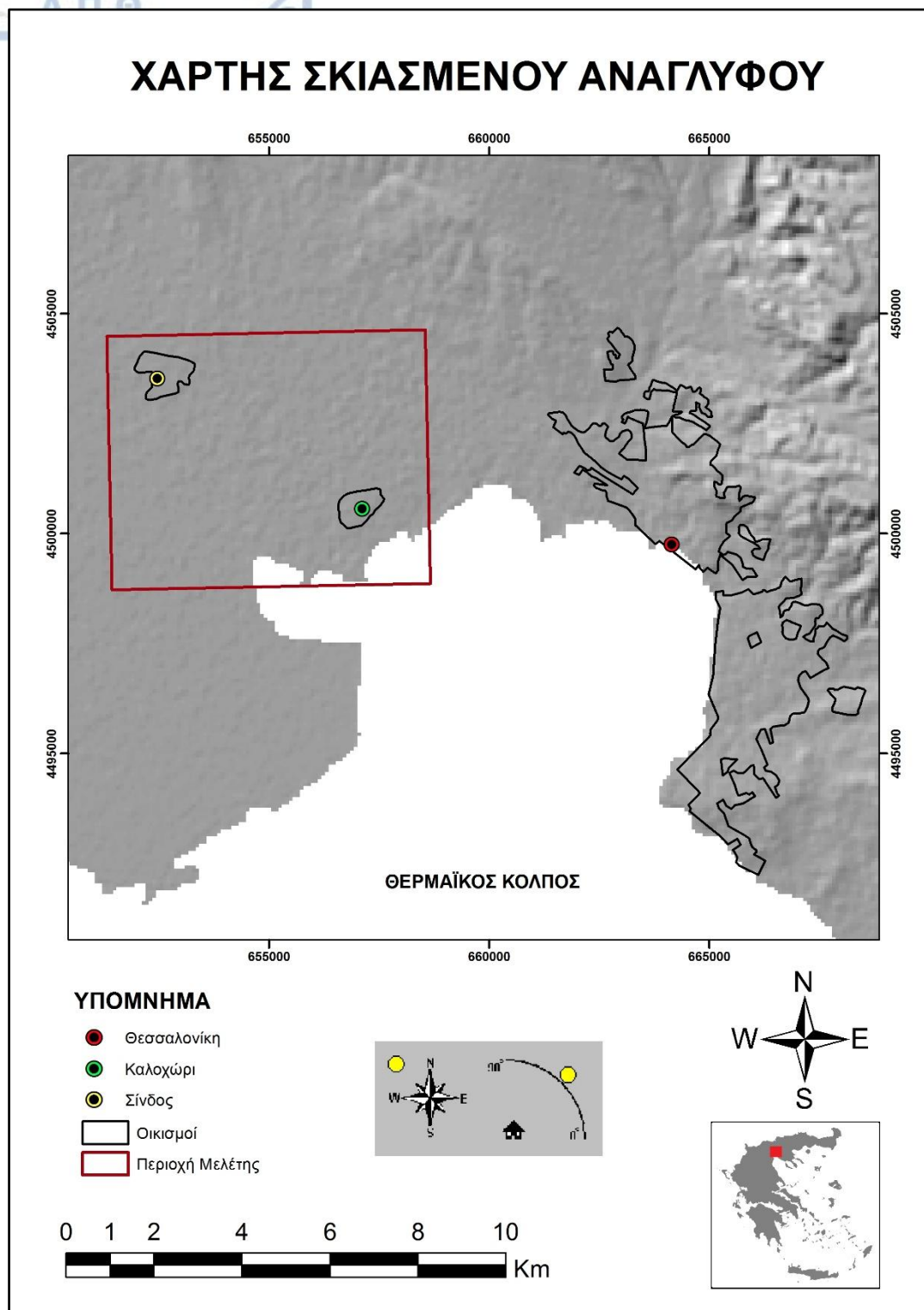
Οι τελευταίοι δύο χάρτες που εξήχθησαν από το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου αφορούν χάρτες σκιασμένου αναγλύφου της ευρύτερης περιοχής Σίνδου-Καλοχωρίου (Εικόνα 4.10 & 4.11).

Ο πρώτος χάρτης (Εικόνα 4.10) δημιουργήθηκε με ύψος ήλιου 45 μοίρες και αζιμούθιο 45 μοίρες.



Εικόνα 4.10: Χάρτης σκιασμένου αναγλύφου της ευρύτερης περιοχής Σίνδου-Καλοχωρίου με ύψος ήλιου 45 μοίρες και αζιμούθιο ήλιου 45 μοίρες.

Ο δεύτερος χάρτης (Εικόνα 4.11) δημιουργήθηκε με ύψος ήλιου 45 μοίρες και αζιμούθιο ήλιου 315 μοίρες.



Εικόνα 4.11: Χάρτης σκιασμένου αναγλύφου της ευρύτερης περιοχής Σίνδου-Καλοχωριού με ύψος ήλιου 45 μοίρες και αζιμούθιο 315 μοίρες.

Από τα τοπογραφικά, γεωλογικά, υδρολογικά, τεκτονικά και νεοτεκτονικά στοιχεία της περιοχής μελέτης, καθώς και από τη μελέτη των παραπάνω χαρτών, συμπερασματικά μπορούν να αναφερθούν τα εξής:

- Η περιοχή μελέτης είναι μια περιοχή αρκετά αστικοποιημένη με πυκνό οδικό δίκτυο και μεγάλο ποσοστό αυτής απαρτίζεται από βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες.
- Το ανάγλυφο της περιοχής είναι σχεδόν επίπεδο, ομαλό, πεδινό με υψόμετρα που κυμαίνονται κάτω από την επιφάνεια της στάθμης της θάλασσας με τα μέγιστα να είναι μικρότερα των 20 m.
- Κυριαρχούν οι Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις μεγάλου πάχους και ιδιαίτερα οι Ολοκαινικές αδιαίρετες αποθέσεις και το υπόβαθρο της περιοχής ανήκει στην ενότητα Παιονίας της ζώνης Αξιού.
- Η τεκτονική της περιοχής έχει καλυφθεί από την έντονη παρουσία των νεότερων αποθέσεων μεγάλου πάχους ενώ η νεοτεκτονική είναι κυρίως εφελκυστική και με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ.
- Η περιοχή ανήκει στο Δελταϊκό πεδίο του Γαλλικού ποταμού, στις εκβολές αυτού, που αποτελεί το ανατολικότερο τμήμα του ευρύτερου Δελταϊκού πεδίου του Αξιού ποταμού.
- Το υδρογραφικό δίκτυο είναι σχετικά αραιό με μεγάλα ρέματα του Γαλλικού ποταμού καθώς δεν έχει συνεχόμενη ροή στις εκβολές του, τα οποία έχουν μικρή μεταφορική ικανότητα και μαιανδρίζουν λόγω του επίπεδου αναγλύφου.
- Η περιοχή καλύπτεται σε μεγάλο ποσοστό, εκτός από τις βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες, από καλλιέργειες διαφόρων ειδών ενώ η βλάστηση απουσιάζει εξαιτίας αυτών.
- Πολλά σημεία της περιοχής μελέτης βρίσκονται κάτω από το επίπεδο της στάθμης της θάλασσας λόγω καθιζήσεων που οφείλονται στις πολλές και χρόνιες γεωτρήσεις καθώς και στη χαλαρότητα των ιζημάτων.
- Τέλος, οι κλίσεις των σχηματισμών της περιοχής μελέτης είναι σχεδόν επίπεδες και ο προσανατολισμός τους καλύπτει μεγάλο πλήθος τιμών και κατευθύνσεων, ενώ και οι χάρτες σκιασμένου αναγλύφου μαρτυρούν ομαλό και σχεδόν επίπεδο ανάγλυφο χωρίς ανωμαλίες.

Βιβλιογραφία

- Anastasiadis E. T., M. Seferlis, E. Fitoka, E. Mihalatu, D. Papadimos, S. Kastavouni, A. Apostolakis, M. Katsakiori, S. Kazantzidis, 2004. Restoration and conservation of the Kalohori lagoon, Thessaloniki. In: Arianoutsou & Papanastasis (eds), Proc. 10th MEDECOS Conference, 2004, Rhodes.
- Burrough, P. A. and McDonnell, A., 2000. Principles of Geographical Information Systems, Oxford University Press, New York, 333 p.
- Burrough, P. A., 1992. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, Clarendon Press, Oxford, 194 p.
- ESRI, 2004. ArcGIS 9: Understanding Map Projections, ESRI Press, Redland, California, 115 p.
- Goodchild, M. I., 1985. Geographical Information Systems in Undergraduate Geography: A Contemporary Dilemma, The Operation Geographer, No. 8, pp. 34-38.
- Karageorgis, A. P., M. S. Skourtos, V. Kapsimalis, A. D. Kontogianni, N. Th. Skoulikidis, K. Pagou, N. P. Nikolaidis, P. Drakopoulou, B. Zanou, H. Karamanos, Z. Levkov, Ch. Anagnostou, 2005. An integrated approach to watershed management within framework: Axios River catchment and Thermaikos Gulf. Regional Environmental Change 2005, 5, pp. 138–160.
- Kossmat, F., 1924. Geologie der zentralen Balkanhalbinsel. Die kriegs Schauplätze 1914-18. Geol. Dargestellt. S. Berlin, H. 12, 198 p.
- Koufos, G. & de Bonis, L., 2006. New material of Ouranopithecus macedoniensis from Late Miocene of Macedonia (Greece) and study of its dental attrition. Geobios, 39 p., pp. 223-243.
- Koufos, G. & Pavlides, S., 1988. Correlation between the continental deposits of the Lower Axios Valley and Ptolemais Basin. Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Ετ., 20, σελ. 9-19.
- Mercier, J. L., Sorel, D., Vergely, P., Simeakis, K., 1989, Extensional tectonic regimes in the Aegean basins during the Cenozoic, Basin Research, Vol.2, Iss.1, pp.49-71.
- Mercier, J., 1966. Etude géologique des zones internes des Héliénides en Macedoine centrale. Contribution à l' étude du metamorphisme et de l' evolution magmatique des zones internes des Héliénides. Ann. Geol. Pays Hell., 20, pp. 1-753.

Mouratidis, A., 2010. Contribution of -GPS and GIS-assisted spaceborne remote sensing in the morphotectonic research of Central Macedonia (N. Greece), PhD thesis, Aristotle University of Thessaloniki.

Mouratidis, A., Briole, P., Ilieva, M., Astaras, T., Rolandone, F., Baccouche, M., 2010, Subsidence and deformation phenomena in the vicinity of Thessaloniki (N. Greece) monitored by Envisat/ASAR interferometry, Proc. of the Fringe 2009 Workshop, Frascati, Italy (ESA SP-677).

Mouratidis, A., Constantini, F., 2012. PS and SBAS Interferometry over the broader area of Thessaloniki, Greece, using the 20-year archive of ERS and ENVISAT data. Proc. of the Fringe 2011 Workshop, Frascati, Italy (ESA SP-697).

Mouratidis, A., Costantini, F., Votsis, A., 2011. Correlation of DInSAR deformation results and active tectonics in the city of Thessaloniki (Greece), In: Stilla U, Gamba P, Juergens C, Maktav D (Eds) JURSE 2011 - Joint Urban Remote Sensing Event - Munich, Germany, 2011, IEEE, pp. 421-424.

Pavlidis, S., N. Soulakelis, 1990, Multifracted seismogenic area of Thessaloniki 1978 earthquake (Northern Greece), IESCA Proceedings, Vol.II.

Poulos, S. E., G. Th. Chronis, M. B. Collins, V. Lykousis, 2000. Thermaikos Gulf.

Stais, A., 1994. Evolution geodynamique des bassins Mesozoïques Vardariens (domaines de Peonias et d' Almopias), Hellenides orientales. PhD thesis, University of Lille, 247 p.

Tranos, M., Papadimitriou, A., Kilias, A., 2003, Thessaloniki-Gerakarou fault zone (TGFZ): the western extension of the 1978 Thessaloniki earthquake fault (northern Greece) and seismic hazard assessment, Journal of Structural Geology, 25, pp.2109-2123.

Wagner, J., 1979. Physische Geographie und Nachbarwissenschaften. List Verlag, München.

Zervopoulou, A. and S. Pavlides, 2008, Neotectonic faults in the urban site of Thessaloniki, Proc. of the 3rd Panhellenic Conference Earthquake Engineering and Engineering Seismology, 2008, article 1865.

Αστάρας, Θ., Οικονομίδης, Δ., Μουρατίδης, Α., 2011. Ψηφιακή Χαρτογραφία και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Θεσσαλονίκη.

Βαβλιάκης, Ε., 1985. Μαθήματα Γεωγραφίας, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 25 σελ.

Κονταξή, Χ., Βαρελτζίδου, Σ., Πανταζόπουλος, Χ., 2012. 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο Περιβαλλοντικής Πολιτικής & Διαχείρισης, Χωροταξικός Σχεδιασμός και Προστατευόμενες Περιοχές, το παράδειγμα της Λιμνοθάλασσας Καλοχωρίου στο Ν. Θεσσαλονίκης, 2012, Μυτιλήνη.

Κουτσόπουλος, Κ. και Ανδρουλακάκης, Ν., 2003. Εφαρμογές Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών με χρήση του λογισμικού ArcGIS, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα, 397 σελ.

Μουντράκης, Δ., Κίλιας, Α., Παυλίδης, Σ., Σωτηριάδης, Λ., Ψιλοβίκος, Α., Αστάρης, Θ., Βαβλιάκης, Ε., Κουφός, Γ., Δημόπουλος, Γ., Σούλιος, Γ., Χρηστάρας, Β., Σκορδύλης, Μ., Τρανός, Μ., Σπυρόπουλος, Μ., Πάτρας, Δ., Συρίδης, Γ., Λαμπρινός, Ν., Λαγγάλη, Θ., 1997. Νεοτεκτονικός Χάρτης της Ελλάδας, Κλίμακας 1:100.000, φύλλα: Θεσσαλονίκη, Λαγκαδά. Ο.Α.Σ.Π. και επεξηγηματικά τεύχη.

Μουντράκης, Μ. Δ., 2010. Γεωλογία και Γεωτεκτονική Εξέλιξη της Ελλάδας, University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Μουρατίδης, Α., 2010. Συμβολή της υποστηριζόμενης από GPS και GIS διαστημικής Τηλεπισκόπησης στη Μορφοτεκτονική έρευνα της Κεντρικής Μακεδονίας, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., 218 σελ.

Παπαδοπούλου, Μ., 2000. Εισαγωγή στη Χαρτογραφία, Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, Τμήμα Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών Α.Π.Θ., 118 σελ.

Παπαζάχος, Β., 1995. Εισαγωγή στη Γεωφυσική, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 208 σελ.

Φωτίου, Α. και Λιβιεράτος, Ε., 2000. Γεωμετρική Γεωδαισία και Δίκτυα, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 440 σελ.

Φωτίου, Α. και Πικριδάς, Χ., 2006. GPS και Γεωδαιτικές Εφαρμογές, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 319 σελ.

Φωτίου, Α., 2007. Γεωμετρική Γεωδαισία: Θεωρία και Πράξη, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 467 σελ.

Χατζόπουλος, Ι. Ν., 2006. Τοπογραφία, Β. Γκιούρδας Εκδοτική, Αθήνα, 920 σελ.



Ιστοσελίδες

- www.visibleearth.nasa.gov
- www.srtm.csi.cgiar.org
- www.mapcruzin.com
- www.copernicus.eu
- www.eea.europa.eu
- www.colorado.edu
- www.arcgis.com
- www.dimosdelta.gr
- www.geodata.gov.gr
- www.dydaton.damt.gov.gr
- www.igme.gr
- www.gys.gr
- www.axiosdelta.gr
- www.earth.google.com