



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΧΑΜΗΛΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ
ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΩΝ ΣΕΡΡΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ
ΧΑΡΤΩΝ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ (DTM)**



**ΒΑΣΙΛΕΙΑ ΧΑΡΑΛΑΜΠΗ
Α.Ε.Μ. 4075**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΒΟΥΒΑΛΙΔΗΣ



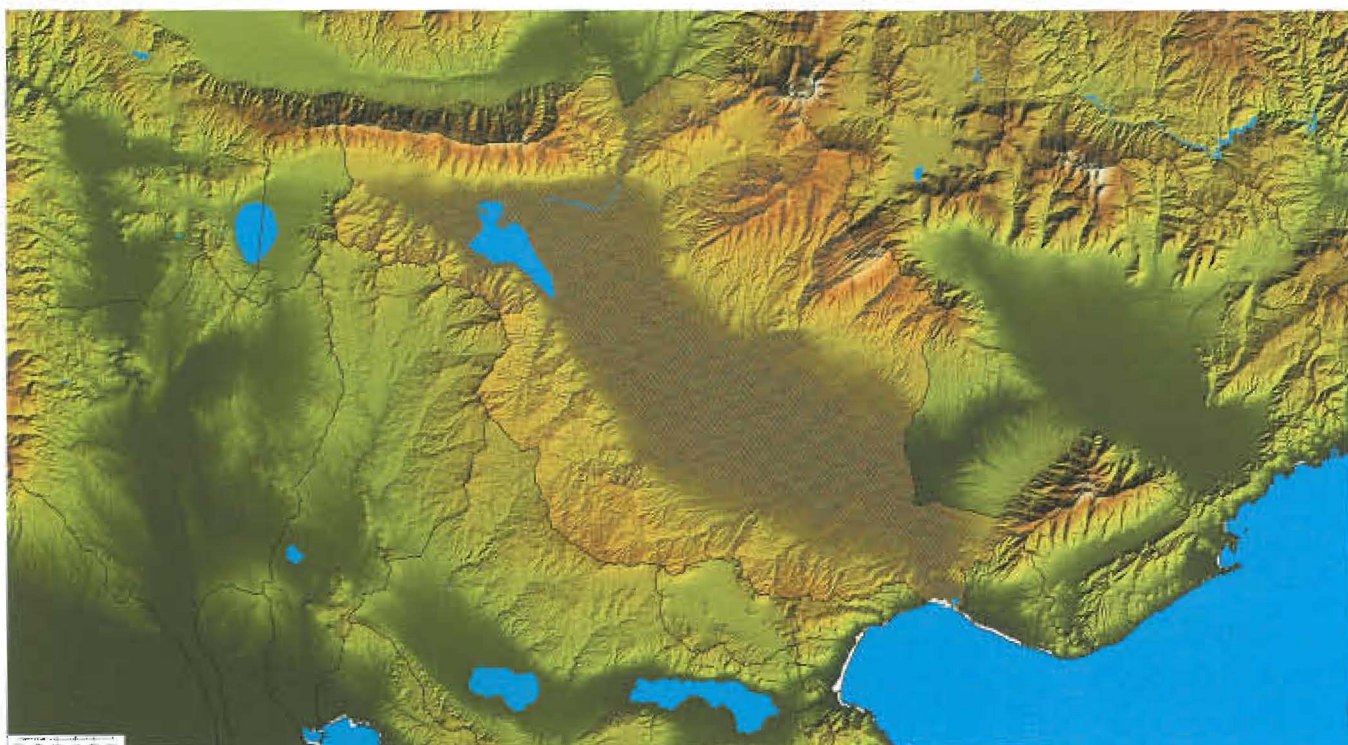
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΧΑΜΗΛΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ
ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΩΝ ΣΕΡΡΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ
ΧΑΡΤΩΝ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ (D.E.M)**



**ΒΑΣΙΛΕΙΑ ΧΑΡΑΛΑΜΠΗ
Α.Ε.Μ. 4075**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΒΟΥΒΑΛΙΔΗΣ

14/6/2010

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεοφράστους - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	Εισαγωγή.....	3
1.1.	Γενικά Στοιχεία	3
1.2.	Αντικείμενο διπλωματικής διατριβής	4
1.3.	Ευχαριστίες	5
2.	Γεωγραφικά-Μορφολογικά στοιχεία της περιοχής	6
2.1.	Ορεογραφία – Μορφολογία Αναγλύφου	6
2.1.1.	Κλίσεις επιφανειακού ανάγλυφου.....	8
2.2.	Ποτάμια συστήματα	9
2.2.1.	Ποταμός Στρυμόνας.....	10
2.2.2.	Ποταμός Αγγίτης.....	10
2.3.	Λίμνη Κερκίνη.....	11
2.4.	Γεωμορφές απόθεσης – Αλλουβιακά Ριπίδια.....	12
2.5.	Υδρογραφία	14
3.	Γεωλογία της περιοχής	16
3.1.	Μάζα Ρίλα-Ροδόπης.....	16
3.2.	Σερβομακεδονική Μάζα.....	19
3.3.	Η επαφή της Μάζας Ρίλα-Ροδόπης και Σερβομακεδονικής Μάζας.....	19
4.	Ανθρωπογενείς επεμβάσεις.....	21
4.1.	Προϊστορική-ιστορική περίοδος.....	21
4.2.	Νεότερη Σύγχρονη περίοδος	21
4.3.	Αποτελέσματα ανθρωπογενών επεμβάσεων στην λεκάνη των Σερρών	22
5.	Ιστορικοί Χάρτες.....	25
6.	Μεθοδολογία.....	29
6.1.	Γεωαναφορά.....	30
6.2.	Μετατροπή στο ίδιο προβολικό σύστημα(Coordinate System).....	32
6.3.	Ανάλυση Μορφολογικού Ανάγλυφου με τη χρήση ψηφιακών μοντέλων (DEM-Digital Elevation Model).....	34
6.4.	Ψηφιοποίηση	36
7.	Αποτελέσματα	37
7.1.	Λίμνη Κερκίνη.....	37
7.2.	Ποταμός Στρυμόνας	39
7.3.	Λίμνη Αχινού	41
7.4.	Έλη	42
8.	Συμπεράσματα – Συζήτηση	44
9.	Βιβλιογραφία	45

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Ποσοστιαία αναλογία κλίσεων επιφανειακού ανάγλυφου	8
Πίνακας 2: Γενεές Υδρογραφικού δικτύου λεκάνης Σερρών.....	15
Πίνακας 3: Σταθερά σημεία (Control points).....	30
Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά της λίμνης Κερκίνης (Εμβαδό,Περίμετρος).....	38
Πίνακας 5: Μεταβολή του μήκους του ποταμού Στρυμόνα.....	40
Πίνακας 6: Εμβαδό ελωδών εκτάσεων	43

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Χάρτης Περιοχής Μελέτης	4
Εικόνα 2: 3D απεικόνιση ανάγλυφου (DEM-ASTER).....	7
Εικόνα 3: Χάρτης Περιοχής που διακρίνονται οι δύο υπολεκάνες των ποταμών, Στρυμόνα και Αγγίτη και η υπολεκάνη της λίμνης Κερκίνης . (Ορφανίδου 2008)	9
Εικόνα 4: Υδροβιότοπος λίμνης Κερκίνης (images.google.gr).....	12
Εικόνα 5: Αλλουβιακά ριπίδια της περιοχής μελέτης (Παπαφιλίππου 2004).....	13
Εικόνα 6: Γεωλογικός Χάρτης ευρύτερης περιοχής Ι.Γ.Μ.Ε. 1:50.000	17
Εικόνα 7: Υπόμνημα Γεωλογικού Χάρτη	18
Εικόνα 8: Γεωλογική τομή επαφής των δύο ζωνών (Φαλαλάκης, 2004).....	20
Εικόνα 9: Στάδια εξέλιξης των έργων και των δράσεων στο χώρο της λεκάνης των Σερρών από το 1930 μέχρι σήμερα.....	23
Εικόνα 10: Σχηματική απεικόνιση του φύλλου 41° 41° Salonika στο οποίο απεικονίζονται τα ακραία σημεία με τις νέες συντεταγμένες σε μοίρες.....	27
Εικόνα 11: Χαρτογραφική απεικόνιση 19ου αιώνα – φύλλα χάρτη Βορείου Ελλάδος.....	28
Εικόνα 12: Φύλλο χάρτη 19 ^{ου} αιώνα	31
Εικόνα 13: Ιστορικός χάρτης 19 ^{ου} αιώνα μορφοποιημένος.....	33
Εικόνα 14: Εικόνα DEM (export Global Mapper 10.0)	35
Εικόνα 15: Εικόνα DEM (export Global Mapper 10.0), κλίσεις μορφολογικού αναγλύφου.....	35
Εικόνα 16:Ψηφιοποιήσεις της λίμνης Κερκίνης στους αντίστοιχους χάρτες.....	37
Εικόνα 17:Ψηφιοποιήσεις του ποταμού Στρυμόνα στους αντίστοιχους χάρτες.....	39
Εικόνα 18: Δορυφορική εικόνα με τον ποταμό Στρυμόνα κατά τον 19ο αιώνα και σήμερα.....	40
Εικόνα 19: Ψηφιοποίηση λίμνης Αχινού στον ιστορικό χάρτη.....	42

ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Ποσοστιαίες Αναλογίες Γεωμορφολογικού Αναγλύφου λεκάνης Σερρών	6
---	---

1. Εισαγωγή

1.1. Γενικά Στοιχεία

Η λεκάνη των Σερρών χωροταξικά τοποθετείται στο βορειανατολικό τμήμα της Ελλάδος και διοικητικά ανήκει στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας (Π.Κ.Μ.), στον ομώνυμο δήμο. Αποτελεί ένα τεκτονικό βύθισμα που οριοθετείται μεταξύ των περιφερειακών ορεινών όγκων (Κερδύλλιο και Παγγαίο), και στραγγίζεται στον κύριο υδρογραφικό άξονα του ποταμού Στρυμόνα. Η δημιουργία της είναι αποτέλεσμα νεοτεκτονικών διεργασιών στον οριακό χώρο της Μάζας Ρίλας-Ροδόπης (ανατολικά) με την Σερβομακεδονική Μάζα (δυτικά). Η λεκάνη των Σερρών καθώς και το ποτάμιο σύστημα του Στρυμόνα έχουν διεθνή χαρακτήρα και αυτό γιατί βρίσκεται μεταξύ Βουλγαρίας, FYROM και Ελλάδας. Ο διεθνής αυτός χαρακτήρας δημιουργεί ένα πλέγμα, νομικών, πολιτικών και κοινωνικών δυσχερειών στην ενιαία έρευνα του Στρυμόνα. Η γεωμορφολογική συγκρότηση και το υψηλό υδατικό δυναμικό της υδρολογικής λεκάνης του Στρυμόνα οδήγησε σε σχεδιασμούς και εκτελέσεις μεγάλης κλίμακας τεχνικών έργων τόσο στο χώρο της Ελλάδας από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, όσο και στο χώρο της Βουλγαρίας από τα μέσα του 20^{ου} αιώνα. Τα έργα όμως σε κάποιες περιπτώσεις οδήγησαν σε σημαντικότερες αλλαγές του περιβάλλοντος και της δράσης, των φυσικών λειτουργιών, του ποτάμιου συστήματος. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τις τελευταίες δεκαετίες να εμφανίζονται πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα που είναι άμεσα συνδεδεμένα με τις ανθρώπινες δραστηριότητες στον ευρύτερο χώρο μελέτης (βιομηχανική, αγροτική, αστική δραστηριότητα). Έτσι η λίμνη Κερκίνη συμπεριλήφθηκε στην συνθήκη RAMSAR ως προστατευόμενος υδροβιότοπος και έχουν προταθεί πολλές περιοχές της λεκάνης των Σερρών ως προστατευόμενες στο σχέδιο NATURA 2000 (Μενοίκιο, Λαϊλιάς), (Παπαφιλίππου, 2004).



Εικόνα 1: Χάρτης Περιοχής μελέτης

1.2. Αντικείμενο διπλωματικής διατριβής

Το βασικό αντικείμενο της διπλωματικής αυτής διατριβής είναι η έρευνα στο υδρογραφικό σύστημα της λεκάνης των Σερρών (Στρυμόνα, Αγγίτη, Λίμνη Κερκίνη κτλ.) με χρήση του G.I.S. (Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών) και ο προσδιορισμός των μορφολογικών μεταβολών, από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα (ιστορικοί χάρτες) μέχρι και σήμερα (δορυφορικές εικόνες), λόγω των ανθρωπογενών επεμβάσεων. Η προσέγγιση των επί μέρους πεδίων έρευνας, αλλά και του συνόλου του αντικειμένου της διατριβής εξετάζει αφενός μεν τα βασικά γεωγραφικά, γεωλογικά, γεωμορφολογικά και λοιπά στοιχεία του φυσικού περιβάλλοντος, αφετέρου δε τα βασικά ιστορικά και αρχειακά στοιχεία του ανθρωπογενούς περιβάλλοντος. Τα στοιχεία θα εκτεθούν στα οικεία κεφάλαια με τους σχετικούς πίνακες, σχήματα, εικόνες και λοιπά βοηθητικά στοιχεία της έρευνας.

1.3. Ευχαριστίες

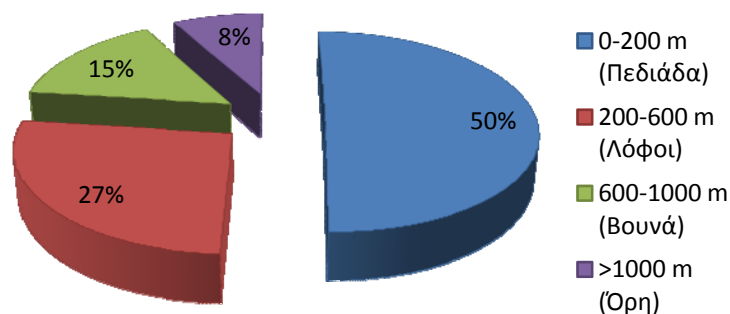
Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της παρούσης διπλωματικής εργασίας. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα κ. Κωνσταντίνο Βουβαλίδη, επίκουρου καθηγητή του τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ., για τη συμβουλευτική υποστήριξη, τις τεχνικές παρατηρήσεις και τη γενικότερη συμβολή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω την υποψήφια διδάκτορα κ. Σοφία Πεχλιβανίδου για τη συμμετοχή της κατά τη διαδικασία αναζήτησης βιβλιογραφικού υλικού, την παροχή διευκρινιστικών πληροφοριών και την γενικότερη καθοδήγηση, επί του συγκεκριμένου θέματος της παρούσης διπλωματικής εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον μεταπτυχιακό φοιτητή Γεώργιο Γιδιώτη και την προπτυχιακή φοιτήτρια Αγγελική Ρεϊζοπούλου, καθώς επίσης τον Γεωλόγο Σωτήριο Σπάνδο. Τέλος, αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω τα μέλη της οικογένειας μου για την υποστήριξη που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

2. Γεωγραφικά-Μορφολογικά στοιχεία της περιοχής

Η λεκάνη των Σερρών από γεωμορφολογική άποψη αποτελεί το νοτιότερο τμήμα της συνολικής υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Στρυμόνα. Ανήκει στο υδατικό διαμέρισμα Β3-Βόρειας Ελλάδας (κατά τη διαίρεση σε υδατικά διαμερίσματα από το Υπουργείο Γεωργίας). Στο βόρειο τμήμα της συνορεύει με τη Βουλγαρία, ενώ στο βορειοδυτικό με την πρώην Γιουγκοσλαβία (FYROM). Τοποθετείται ανάμεσα στο νομό Κιλκίς ο οποίος εντοπίζεται στα Δ/ΒΔ, το νομό Θεσσαλονίκης στα Δ/ΝΔ, το νομό Καβάλας στα Ν/ΝΑ, και το νομό Δράμας στην Α/ΒΑ πλευρά της λεκάνης. Τέλος η νότια πλευρά της βρέχεται από τον Στρυμονικό κόλπο (ή Κόλπο Ορφανού). Η συνολική της έκταση είναι: 3.714,8km², αποτελώντας το 21.68% της συνολικής έκτασης της λεκάνης απορροής του ποταμού Στρυμόνα. Τα όρια της ορίζονται από τις παρακάτω συντεταγμένες: Βόρεια (23° 13' 17.10" Α, 41° 21' 33.33" Β), Νότια (24° 48' 12.85" Α, 40° 49' 51.66" Β), Δυτικά (23° 06' 0.00" Α, 40° 52' 33.30" Β) και Ανατολικά (24° 51' 53.57" Α, 41° 07' 33.30" Β) στο προβολικό σύστημα WGS '84.

2.1. Ορεογραφία – Μορφολογία Αναγλύφου

Οι ποσοστιαίες αναλογίες των γεωμορφολογικών ενοτήτων (Πεδιάδες, Λόφοι, Βουνά και Όρη) που εντοπίζονται στην ευρύτερη περιοχή μελέτης συνοψίζονται στον παρακάτω διάγραμμα:



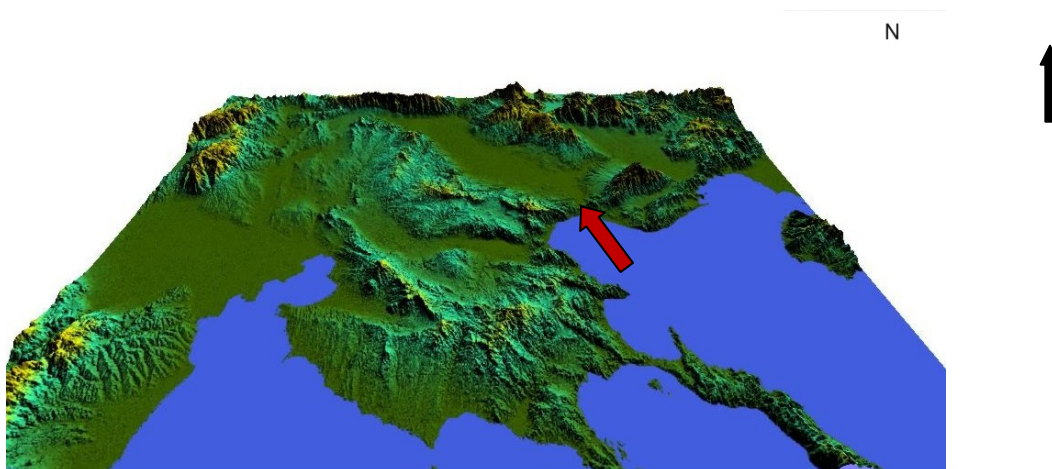
Διάγραμμα 1: Ποσοστιαίες Αναλογίες Γεωμορφολογικού Αναγλύφου λεκάνης Σερρών

Από τις ποσοστιαίες αναλογίες εξάγεται το συμπέρασμα ότι η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από ήπιο ανάγλυφο.

Εμφανίζεται η ορεινή πλευρά προς την πλευρά του Κερδυλλίου όρους, η λοφώδης περιοχή και τέλος η πεδινή περιοχή με την εμφάνισή της στην πλευρά του Στρυμόνα. Αναλυτικότερα το ορεινό συγκρότημα που περιβάλλει την λεκάνη των Σερρών αποτελείται από δέκα (10) όρη, τα οποία αναφέρονται παρακάτω:

- Όρος Κερκίνη (B/BA)
- Όρος Άγγιστρο (βόρεια)
- Όρος Όρβηλο (βόρεια)
- Όρη της Βροντούς (B/BA)
- Μενοίκιο όρος (ανατολικά)
- Παγγαίο όρος (NA)
- Κερδύλλιο όρος (νότια)
- Όρος Βερτίσκος (N/ΝΔ)
- Μαυροβούνιο όρος (δυτικά)
- Βουνό Δύσωρο (Δ/ΒΔ)

Στη παρακάτω τρισδιάστατη (3D) απεικόνιση του ανάγλυφου διακρίνεται καθαρά η λεκάνη των Σερρών και τα όρη που την περικλείουν.



Εικόνα 2: 3D απεικόνιση ανάγλυφου (DEM-ASTER)

2.1.1. Κλίσεις επιφανειακού ανάγλυφου

Ο διαχωρισμός του επιφανειακού ανάγλυφου γίνεται σε 3 (τρεις) κατηγορίες, στην Υψηλή περιοχή (Μ.Ο. υψομέτρου 333m), Μέση περιοχή (υψόμετρο από 40m-400m) και Χαμηλή περιοχή.

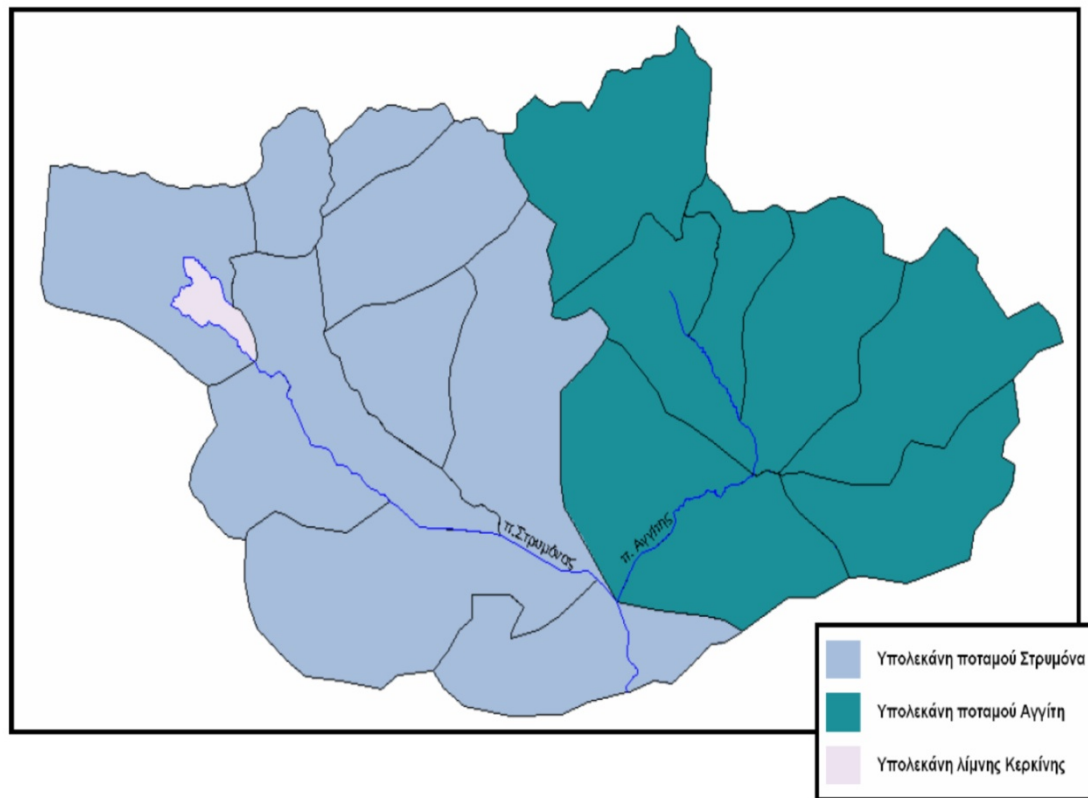
Συνοψίζοντας τα δεδομένα του παρακάτω πίνακα, στην περιοχή του ορεινού όγκου των Κερδυλλίων οι γενικές κλίσεις του εδάφους που εμφανίζονται είναι σχετικά μεγάλες και σε μερικές περιπτώσεις μεγαλύτερες από 45°. Στη λοφώδη περιοχή, που περιλαμβάνει τους οικισμούς Χουμνικού, Λαγκαδίας, Ορέσκειας, Δάφνης, Καστανοχωρίου, Αηδονοχωρίου, Ευκαρπίας, Μαυροθάλασσας, Ιβήρων, Αχινού και Πατρικίου οι κλίσεις κυμαίνονται από 45° έως 5°. Τέλος στις περιοχές της αποξηραμένης λίμνης Αχινού και στο πεδινό τμήμα της λεκάνης του Στρυμόνα, η γενική κλίση του εδάφους είναι πολύ μικρότερη από 5°.

Πίνακας 1: Ποσοστιαία αναλογία κλίσεων επιφανειακού ανάγλυφου

Υψηλή περιοχή(Μ.Ο. υψομέτρου 333m)	
<u>Κλίσεις εδάφους</u>	
Δυτικά: 35-100%	Ανατολικά: >60%
Μέση περιοχή(υψόμετρο από 40m-400m)	
<u>Κλίσεις εδάφους</u>	
Δυτικά: 8-45%	Ανατολικά: 8-45%
Χαμηλή περιοχή	
<u>Κλίσεις εδάφους</u>	
Δυτικά: <5% έως <8%	Ανατολικά: 5-8%

2.2. Ποτάμια συστήματα

Η λεκάνη των Σερρών θεωρείται ότι παρουσιάζει χαρακτήρες ανεξάρτητης και αυτόνομης λεκάνης, στην πραγματικότητα από γεωμορφολογική και υδρογραφική άποψη, αποτελεί το νοτιότερο χερσαίο ενδοορεινό βύθισμα της συνολικής υδρολογικής λεκάνης απορροής του ποταμού Στρυμόνα. Το τμήμα ανάντη της γέφυρας Πετριτσίου έως τον Προμαχώνα (στενά Ρούπελ), η λεκάνη Σερρών, η λεκάνη Αγγίτη και η λεκάνη του Στρυμονικού Κόλπου αποτελούν το τμήμα της συνολικής λεκάνης του ποταμού Στρυμόνα, μέσα στον ελλαδικό χώρο.



Εικόνα 3: Χάρτης Περιοχής που διακρίνονται οι δύο υπολεκάνες των ποταμών, Στρυμόνα και Αγγίτη και η υπολεκάνη της λίμνης Κερκίνης . (Ορφανίδου 2008)

2.2.1. Ποταμός Στρυμόνας

Η λεκάνη απορροής του ποταμού Στρυμόνα έκτασης 10.376,305 km², βορείως του Ρούπελ, καταλαμβάνει την οριακή ζώνη της νοτιοδυτικής Βουλγαρίας, στα σύνορα με την FYROM (δυτικά) και την Ελλάδα (νότια).

Σύμφωνα με τον Ψιλοβίκο κ.ά.(1992), ο Στρυμόνας τροφοδοτείται από το όρος Βίτοσα, με μήκος περίπου 290 km και μαζί με τους παραποτάμους του διασχίζει με πορεία ευθύγραμμη το χαμηλό τμήμα (Ρούπελ-Ρίλα), ενώ στο υψηλότερο τμήμα (Ρίλα-Βίτοσα) η πορεία του είναι σχεδόν ημικυκλική. Το υψηλότερο τμήμα της λεκάνης απορροής (Ρίλα-Βίτοσα) είναι γνωστό ως λεκάνη του Παλαιοστρυμόνα, ενώ το χαμηλότερο τμήμα (Ρούπελ-Ρίλα) αποτελεί τη λεκάνη του Νεοστρυμόνα (νεώτερο) γιατί διαμορφώθηκε πρόσφατα. Το γενικό βύθισμα της λεκάνης απορροής του ποταμού Στρυμόνα, έχει αυλακοειδή τοξοειδή μορφή και προσανατολισμό Β/ΒΔ-N/ΝΔ.

Ο ποταμός είναι πλούσιος σε φερτές ύλες που προσχώνουν συνεχώς στην πεδιάδα των Σερρών και τη Λίμνη Κερκίνη. Συγκεκριμένα, υπολογίζεται ότι μεταφέρονται τουλάχιστον $4 \cdot 10^6$ m³ φερτών υλών ετησίως, με μέση ετήσια απορροή $3,4 \cdot 10^9$ m³ νερού. Το πλάτος του ξεπερνάει τα 250 m, ενώ το βάθος του φτάνει τα 3 m.

2.2.2. Ποταμός Αγγίτης

Ο ποταμός Αγγίτης είναι ο μεγαλύτερος παραπόταμος του Στρυμόνα και η έκταση του φτάνει τα 2.826,4 km². Οριοθετείται ανάμεσα στο Φαλακρό όρος, τα όρη της Λεκάνης, το Παγγαίο όρος, το Μενοίκιο όρος, τα όρη της Βροντούς και το Ορβήλιο όρος. Οι πηγές του ποταμού βρίσκονται τόσο στην πόλη της Δράμας (πηγές Αγ.Βαρβάρας), στα τενάγη των Φιλίππων, αλλά και στο χωριό Αγγίτης της Δράμας με τις ομώνυμες πηγές, που δημιουργούν ένα καλαίσθητο σπήλαιο, το σπήλαιο Αγγίτη (Μααράς). Στο ύψος του χωριού Συμβολή, οι παραπάνω πηγές ενώνονται και από το σημείο αυτό ο Αγγίτης ποταμός ξεκινά

μία «περιπετειώδη» διαδρομή ανάμεσα σε βράχους κάθετης διεύθυνσης, σχηματίζοντας το ομώνυμο φαράγγι του Αγγίτη, στην Αλιστράτη Σερρών. Τελικά ο ποταμός Αγγίτης συναντά την τεχνητή κοίτη του Στρυμόνα στην ανατολική πλευρά της τέως λίμνης Αχινού (περιοχή Μαύρης Τάφρου, νότια του χωριού Μύρκινος – Ν. Σερρών).

2.3. Λίμνη Κερκίνη

Η λίμνη της Κερκίνης βρίσκεται στο ΒΔ τμήμα της λεκάνης Σερρών, η έκταση της ποικίλλει από 51,5 έως 73,3 km² ανάλογα με την εποχή. Αποτελεί μία τεχνητή γεωμορφή που άρχισε να κατασκευάζεται το 1933, στην θέση της παλιάς λίμνης Κερκινίτιδας. (ή Μπουτκόβου) όταν έγινε το φράγμα στην περιοχή του Λιθότοπου, ώστε να συγκρατεί τα νερά του ποταμού Στρυμόνα και αργότερα χρησιμοποιήθηκε σαν μέρος αποθήκευσης νερού για την άρδευση της πεδιάδας του Νομού. Η δημιουργία του τεχνικού αυτού ταμιευτήρα υδάτων ευνόησε την ανάπτυξη μιας βιοκοινότητας φυτικών και ζωικών ειδών σε ένα σπάνιας ομορφιάς υγρότοπο που προστατεύεται από τη συνθήκη Ramsar, την Ελληνική Νομοθεσία και την Οδηγία της Ε.Ο.Κ. 79/409.

Στη πραγματικότητα η λίμνη Κερκίνη χρειάζεται έργα συντήρησης για την ανάκτηση της αρχικής μορφής και διατήρησης των αρχικών στόχων σχεδιασμού. Η προμελέτη κατασκευής το 1928-1930 της Monks – Ulen, υπολόγισε ότι ο «χρόνος ζωής» της λίμνης θα ήταν 40 χρόνια, λόγω έντονων προσχώσεων φερτών υλικών του ποταμού Στρυμόνα. Η έκταση και ο όγκος της λίμνης Κερκίνης διαφοροποιούνται με το πέρασμα των ετών, καθώς οι αλλαγές αυτές οφείλονται σε προσχωματικές διεργασίες σε συνδυασμό με τις κλιματικές μεταβολές, με αποτέλεσμα τις σημαντικές επιπτώσεις σε όλες τις ιδιότητες της λίμνης στα τοπικά κλιματικά στοιχεία της περιοχής, στη διατήρηση των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων αλλά κυρίως στο ρόλο που κατέχει ως τοπικό βασικό επίπεδο στην ομώνυμη υδρολογική υπολεκάνη της λεκάνης Σερρών.



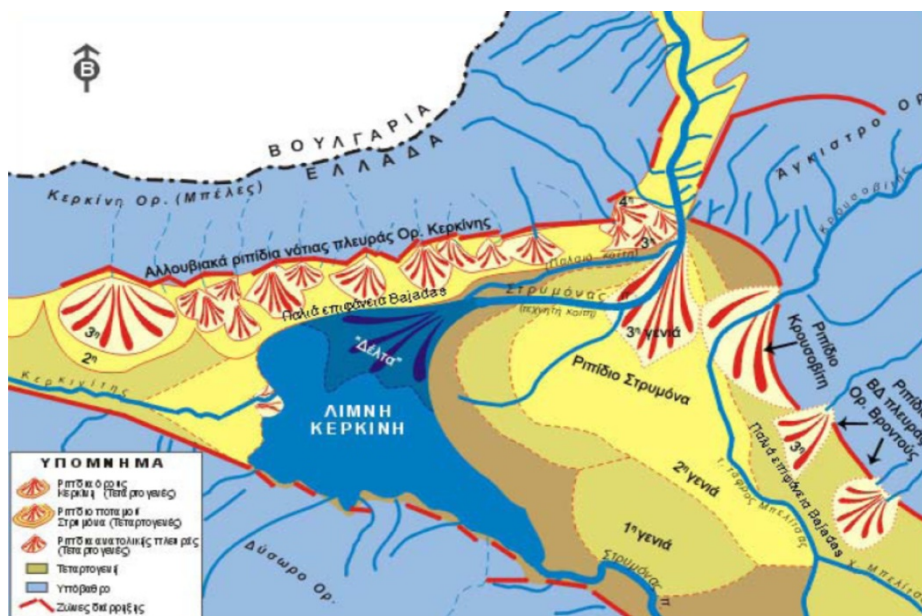
Εικόνα 4: Υδροβιότοπος λίμνης Κερκίνης (images.google.gr)

2.4. Γεωμορφές απόθεσης – Αλλουβιακά Ριπίδια

Τα αλλουβιακά ριπίδια είναι μια γενική μορφή απόθεσης φερτών υλικών, χειμάρρων και ποταμών που εξέρχονται από ορεινούς όγκους και εισέρχονται σε ομαλού ανάγλυφου περιοχές. Ο χειμάρρος κάθε φορά αποθέτει τα υλικά που μεταφέρει στην έξοδο της κοιλάδας του. Κάθε απόθεση προκαλεί μία ανύψωση και μερική απόφραξη της κοίτης, έτσι τα αλλουβιακά ριπίδια αποτελούν το πιο ευαίσθητο μέρος της λεκάνης ενός χειμάρρου. Οι φυσικές διεργασίες του σχηματισμού αλλουβιακών ριπιδίων, οδηγούν συνήθως σε σύνθετες μορφές είτε πλευρικά επικαλυπτόμενες, γνωστές διεθνώς ως Bajadas, είτε κατακόρυφα διαδεχόμενες ως γενιές ριπιδίων. Τα αλλουβιακά ριπίδια είναι συνήθως σύνθετα και ανήκουν σε διαφορετικές γενιές, κατά κανόνα σε 3 (τρεις) ή 4 (τέσσερις), από τι οποίες οι νεότερες επικαλύπτουν ή σχηματίζονται επάνω στις

παλαιότερες. Η ηλικία τους είναι κατά κανόνα Τεταρτογενής. Οι νεότερες γενιές τους είναι και πιο πρόσφατες. Τα σημαντικότερα αλλουβιακά ριπίδια της περιοχής μελέτης είναι:

- Ριπίδιο ποταμού Στρυμόνα
- Ριπίδιο χειμάρρου Αγ. Αναργύρων
- Ριπίδιο χειμάρρου Κρουσοβίτη
- Ριπίδιο του Αγγίτη
- Αλλουβιακό ριπίδιο στην Δ/ΒΔ πλευρά της φυσικής λίμνης Κερκίνης



Εικόνα 5: Αλλουβιακά ριπίδια της περιοχής μελέτης (Παπαφιλίππου 2004)

2.5. Υδρογραφία

Το υδρογραφικό σύστημα της λεκάνης των Σερρών απαρτίζεται από τέσσερις γενεές υδρογραφικών δικτύων και λεκανών απορροής.

- Τα πρωτογενή δίκτυα και οι λεκάνες απορροής τους στη λεκάνη των Σερρών διαμορφώνονται και εξελίσσονται ανάλογα με το λιθολογικό υπόβαθρο, τις τεκτονικές επιδράσεις και την φάση εξέλιξης του ανάγλυφου της λεκάνης των Σερρών. Ειδικότερα, το ανατολικό πρωτογενές δίκτυο είναι πιο ώριμο και ισορροπημένο, ενώ το αντίστοιχο, δυτικό δίκτυο είναι λιγότερο ώριμο και με πρόσφατη διαταραχή.
- Τα δευτερογενή δίκτυα στην ανατολική ομάδα της λεκάνης έχουν μεγαλύτερο μήκος και βρίσκονται σε φάση πρώιμης ωριμότητας, αντιθέτως της δυτικής ομάδας είναι πολυπληθέστερα της πρώτης, αλλά μικρότερου μήκους, φάσης προχωρημένης νεότητας.
- Τα τριτογενή δίκτυα και οι κλάδοι τους στην ανατολική ομάδα της λεκάνης είναι περισσότερα σε αριθμό, λόγω των ευνοϊκότερων συνθηκών, σε σχέση με τα δύο προηγούμενα δίκτυα. Καθώς επίσης και το μήκος τους αθροιστικά υπερτερεί. Αντίθετα στην δυτική ομάδα είναι λιγότερα σε αριθμό και σε αθροιστικό μήκος.
- Τα ανατολικά τεταρτογενή δίκτυα βρίσκονται στο εξελικτικό στάδιο της νεότητας. Τα δε δυτικά είναι σε κατάσταση ισορροπίας.

Μία αριθμητική ανάλυση ανά γενεές του υδρογραφικού δικτύου συνοψίζεται παρακάτω:

Πίνακας 2: Γενεές Υδρογραφικού δικτύου λεκάνης Σερρών

Πρωτογενή υδρογραφικά συστήματα	
Δυτικά (18 υδρ.δίκτυα)	Ανατολικά (5 υδρ.δίκτυα)
Δευτερογενή υδρογραφικά συστήματα	
Δυτικά (46 υδρ.δίκτυα)	Ανατολικά (10 υδρ.δίκτυα)
Τριτογενή υδρογραφικά συστήματα	
Δυτικά (22 υδρ.δίκτυα)	Ανατολικά (27 υδρ.δίκτυα)
Τεταρτογενή υδρογραφικά συστήματα	
Δυτικά (2 υδρ.δίκτυα)	Ανατολικά (7 υδρ.δίκτυα)

3. Γεωλογία της περιοχής

Ο ποταμός Στρυμόνας αποτελεί το φυσικό όριο μεταξύ της Μάζας της Ρίλα-Ροδόπης και της Σερβομακεδονικής Μάζας. Οι δύο αυτές μάζες της Ελληνικής Ενδοχώρας συγκροτούνται κυρίως από προ-Αλπικά κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα και αποτελούσαν το περιθώριο της Λαυρασιατικής πλάκας. Οι μικρές εμφανίσεις Αλπικών ιζημάτων στις δύο ζώνες έχουν τυπικό νηριτικό χαρακτήρα, στοιχείο που δηλώνει ότι κατά τους Αλπικούς χρόνους αποτελούσαν μία ρηχή θάλασσα με ένα μεγάλο τμήμα αυτής χέρσο.

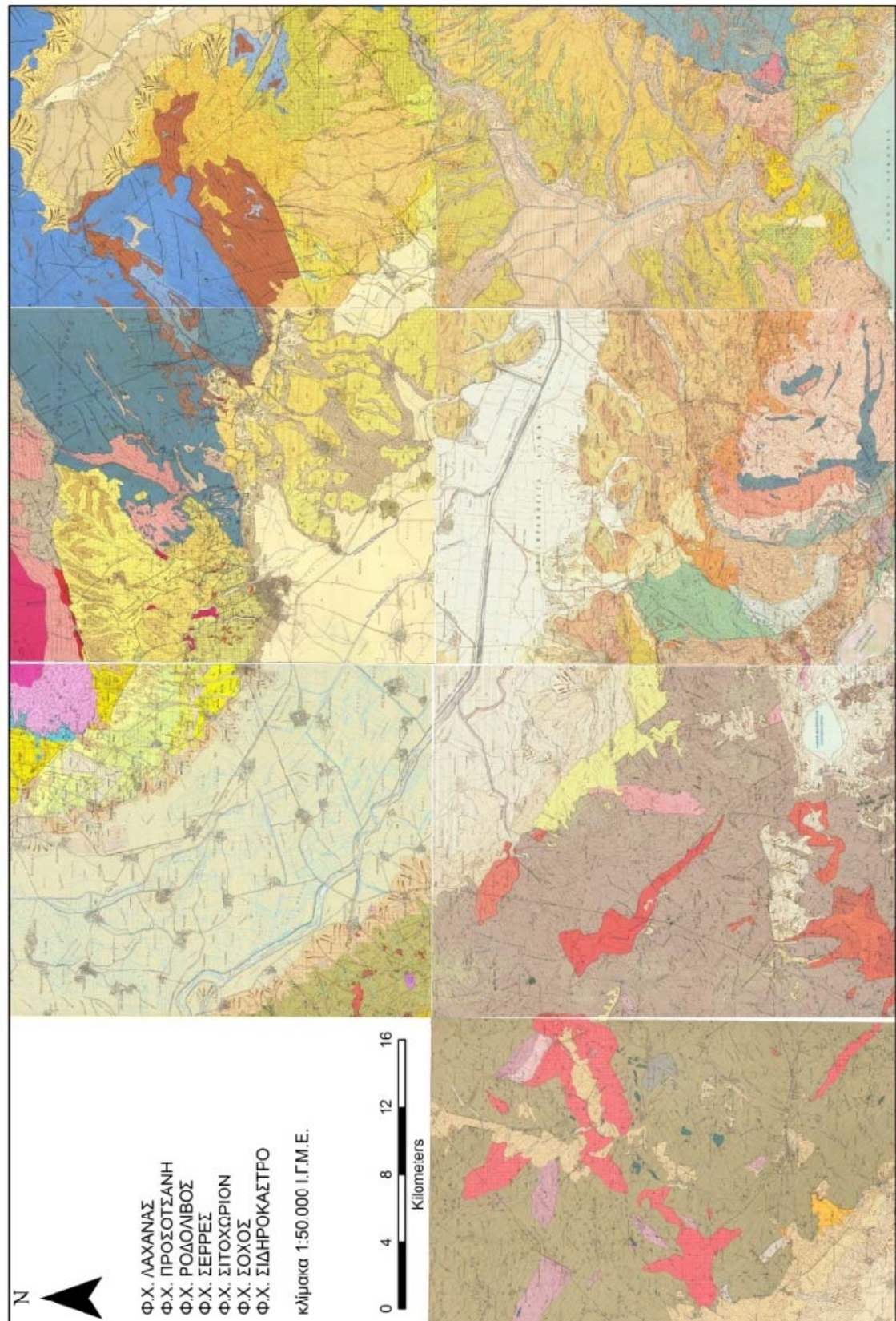
3.1. Μάζα Ρίλα-Ροδόπης

Ο γεωτεχνικός χαρακτήρας της Μάζας Ροδόπης είναι καθαρά ηπειρωτικός και θεωρείται ότι έχει προέλευση από την πλάκα της Λαυρασίας. Η Μάζα της Ροδόπης συγκροτείται κυρίως από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα. Εκτός από τα παραπάνω πολύ σημαντική είναι και η παρουσία όξινων πυριγενών πετρωμάτων, πλουτωνιτών και ηφαιστειτών.

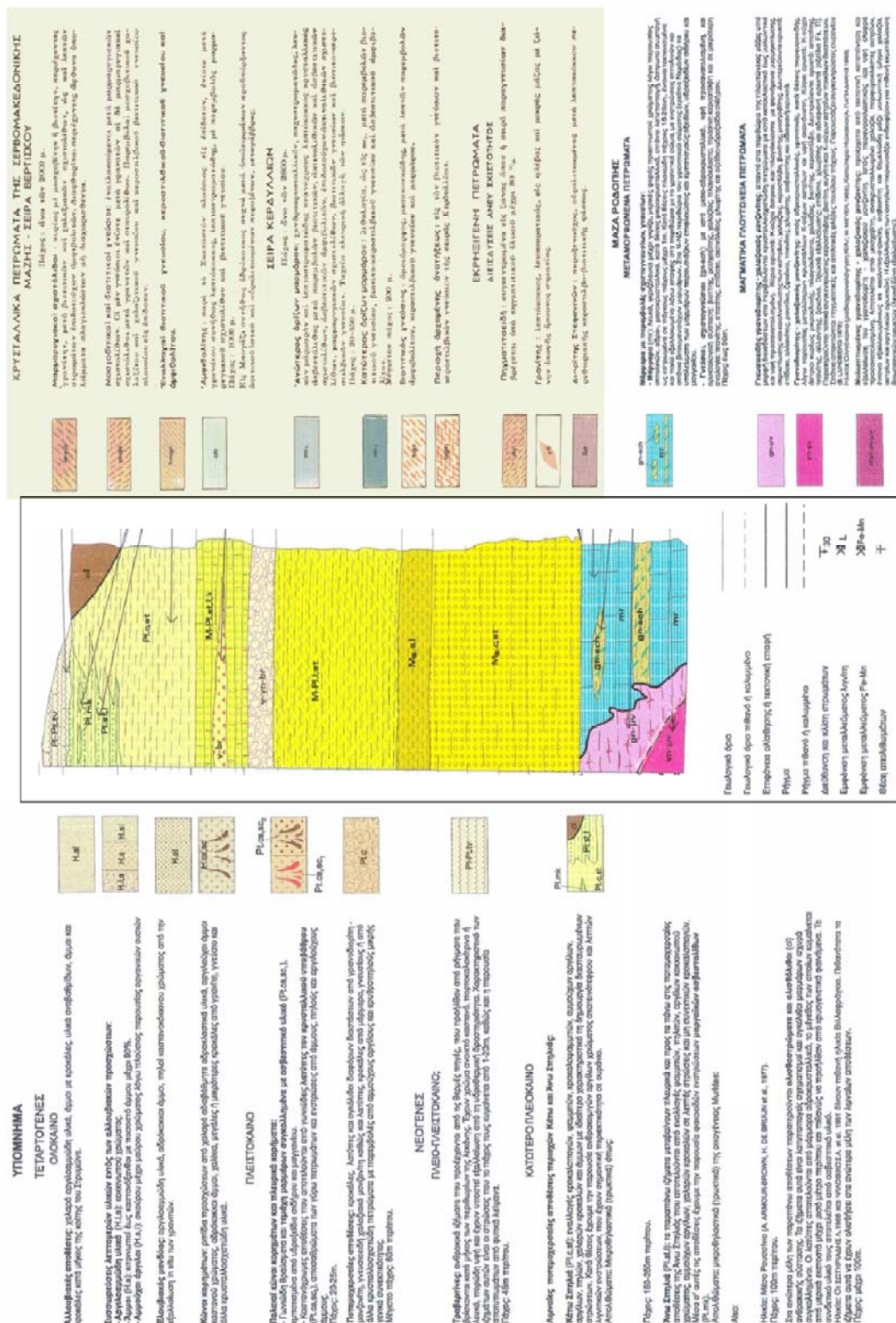
Πρόσφατες έρευνες έδειξαν ότι η Μάζα της Ελληνικής Ροδόπης χωρίζεται σε δύο τεκτονικές μονάδες: την ανώτερη «ενότητα του Σιδηρόνερου» και την «ενότητα του Παγγαίου».

- Η ενότητα του Σιδηρόνερου τοποθετείται στα βόρεια κατά μήκος των ελληνοβουλγαρικών συνόρων. Αποτελείται κυρίως από ορθογενείς, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, αμφιβολίτες, λεπτές ενστρώσεις μαρμάρων και μιγματίτες.
- Η ενότητα Παγγαίου καταλαμβάνει τη δυτική, νοτιοδυτική Ροδόπη και συγκροτείται από ένα κατώτερο ορίζοντα με ορθογενείς, σχιστόλιθους και αμφιβολίτες, ένα μεσαίο ορίζοντα μαρμάρων μεγάλου πάχους και ένα ανώτερο ορίζοντα με εναλλαγές σχιστόλιθων και μαρμάρων.

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ



Εικόνα 6: Γεωλογικός Χάρτης ευρύτερης περιοχής Ι.Γ.Μ.Ε. 1:50.000



3.2. Σερβομακεδονική Μάζα

Το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο της Σερβομακεδονικής Μάζας διαιρείται σε δύο μεγάλες σειρές πετρωμάτων: την κατώτερη σειρά των Κερδυλλίων και την ανώτερη σειρά του Βερτίσκου.

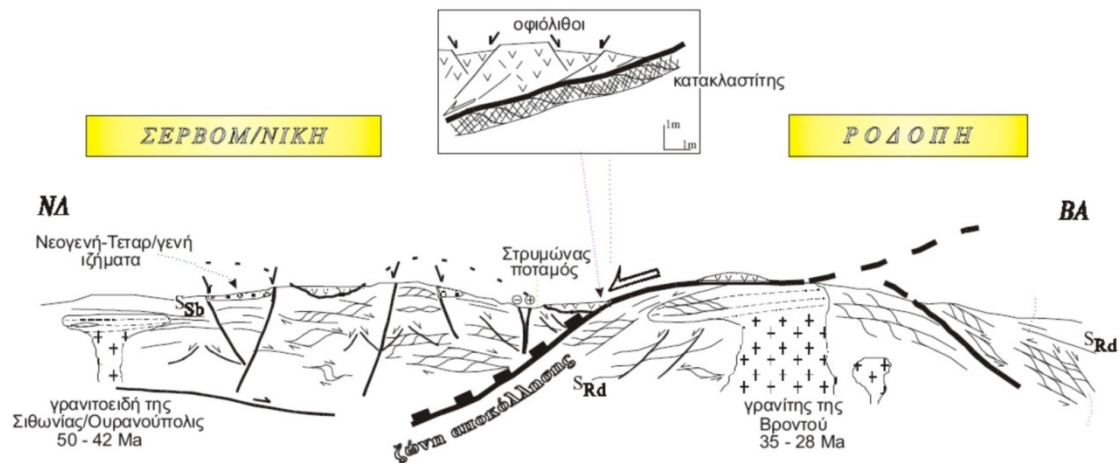
- Η σειρά των Κερδυλλίων καλύπτει την Ανατολική Χαλκιδική μεταξύ των εκβολών του Στρυμόνα και του Στρατωνίου. Τα πετρώματά της συνιστούν τους βαθύτερους ορίζοντες πετρωμάτων σ' όλη την Ελλάδα. Τα λιθολογικά στοιχεία της σειράς αυτής είναι: ανώτερο μάρμαρο, βιοτιτικός γνεύσιος, ενδιάμεσο μάρμαρο, βιοτιτικός γνεύσιος, κατώτερο μάρμαρο, βιοτιτικός γνεύσιος.
- Η σειρά Βερτίσκου καταλαμβάνει τον κορμό της Χαλκιδικής και βρίσκεται δυτικά της σειράς των Κερδυλλίων. Αποτελείται από μία ακολουθία γνευσίων, μαρμαρυγιακών σχιστολίθων και λεπτών στρωμάτων μαρμάρων, ενώ στους ανώτερους κυρίως ορίζοντές της επικρατούν οι μεταγάββροι-μεταδιαβάσες και αμφιβολίτες, που προήλθαν από την μεταμόρφωση βασικών πυριγενών. Συχνά επίσης παρεμβάλλονται με τεκτονικές επαφές και σερπεντινικά σώματα.

3.3. Η επαφή της Μάζας Ρίλα-Ροδόπης και Σερβομακεδονικής Μάζας

Η επαφή των δύο μαζών είναι ορατή σε όλη την έκταση γιατί η περιοχή καλύπτεται από νεογενείς και τεταρτογενείς αποθέσεις. Στον ελληνικό χώρο η άμεση επαφή μεταξύ τους αποκαλύπτεται σε δύο σημεία.

Το πρώτο σημείο τοποθετείται βόρεια, στα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα στο όρος Άγγιστρο (χωριό Προμαχών) και το δεύτερο σημείο επαφής βρίσκεται στην περιοχή ανατολικά των εκβολών του Στρυμόνα μεταξύ των χωριών Κάτω Λακοβίκια και Παλαιοκώμη.

Από μελέτες που έγιναν στο βορειότερο τμήμα της επαφής (Κούκουζας 1972) και το νότιο τμήμα (Kockel & Walther 1965) διαπιστώθηκε ότι η Σερβομακεδονική εφιππεύει ή και επωθείται πάνω στη Μάζα της Ρίλα-Ροδόπης κατά μήκος μιας μεγάλης τεκτονικής γραμμής που ονομάζεται «Γραμμή του Στρυμόνα». Ονομάστηκε έτσι επειδή ακολουθεί την κοιλάδα του Στρυμόνα κατά μήκος των νεογενών-τεταρτογενών αποθέσεων. Ως εκ τούτου αποτελεί ένα μεγάλης σπουδαιότητας τεκτονικό γεγονός στον ευρύτερο ελληνικό χώρο.



Εικόνα 8: Γεωλογική τομή επαφής των δύο ζωνών (Φαλαλάκης, 2004)

4. Ανθρωπογενείς επεμβάσεις

4.1. Προϊστορική-ιστορική περίοδος

Αρχαιολογικά ευρήματα νεολιθικών οικισμών στο χώρο της λεκάνης των Σερρών μαρτυρούν ότι ο άνθρωπος κατοίκησε εκεί και δραστηριοποιήθηκε στην ευρύτερη περιοχή από τα προϊστορικά χρόνια. Η απρογραμμάτιστη (ληστρική) υλοτομία, οι εκχερσώσεις και ο ανορθόδοξος τρόπος καλλιέργειας μείωσε την διηθητική ικανότητα του εδάφους διαταράσσοντας την ισορροπία των ποτάμιων συστημάτων και την εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων.

Ο Στρυμόνας αποτέλεσε από την αρχαιότητα ένα πολύ σημαντικό ποτάμιο σύστημα που τροφοδοτούσε την ευρύτερη περιοχή των Σερρών. Όμως τα πλημμυρικά φαινόμενα ανάγκασαν τους οικισμούς να μεταναστεύσουν προς την περιθωριακή ζώνη των λόφων για την προστασία τους. Οι άνθρωποι προσπάθησαν να αντιμετωπίσουν τις πλημμύρες φτιάχνοντας αναχώματα από πέτρες και πλεγμένες βέργες ιτιάς (στερέωμα). Μία ακόμη δυναμική ανθρωπογενής επέμβαση κατά τους ιστορικούς χρόνους ήταν και η κατασκευή της «Εγνατίας Οδού» από τους Ρωμαίους, που διέρχονταν την Ν/ΝΑ πλευρά της λεκάνης. (Παπαφιλίππου-Πέννου, 2004)

4.2. Νεότερη Σύγχρονη περίοδος

Η Μικρασιατική καταστροφή (1922) και η συνθήκη της Λωζάνης (1923) ανάγκασε ένα μεγάλο αριθμό προσφύγων να εγκατασταθούν στην ευρύτερη περιοχή της Μακεδονίας. Συγκεκριμένα στη περιοχή των Σερρών, δημιουργήθηκαν νέοι οικισμοί πλησίον των ελωδών εκτάσεων. Οι ελλιπείς υποδομές σε συνδυασμό με τις άθλιες συνθήκες διαβίωσης οδήγησαν στην εμφάνιση της ελονοσίας και τη μετάδοση επικίνδυνων ασθενειών.

Η μετάδοση των ασθενειών και οι μαζικοί θάνατοι, αποτέλεσαν τον κυριότερο παράγοντα για την κατασκευή μεγάλων εγχειοβελτιωτικών έργων

στην λεκάνη των Σερρών και γενικότερα στη Μακεδονία από το Ελληνικό κράτος. Η έλλειψη τεχνογνωσίας και τα έντονα οικονομικά προβλήματα της εποχής οδήγησαν τον Οκτώβριο του 1928 στη σύναψη σύμβασης, για μελέτη και κατασκευή μεγάλων παραγωγικών-αντιπλημμυρικών-εξυγιαντικών έργων, μεταξύ του Ελληνικού Δημοσίου και ξένων Τεχνικών Εταιριών.

4.3. Αποτελέσματα ανθρωπογενών επεμβάσεων στην λεκάνη των Σερρών

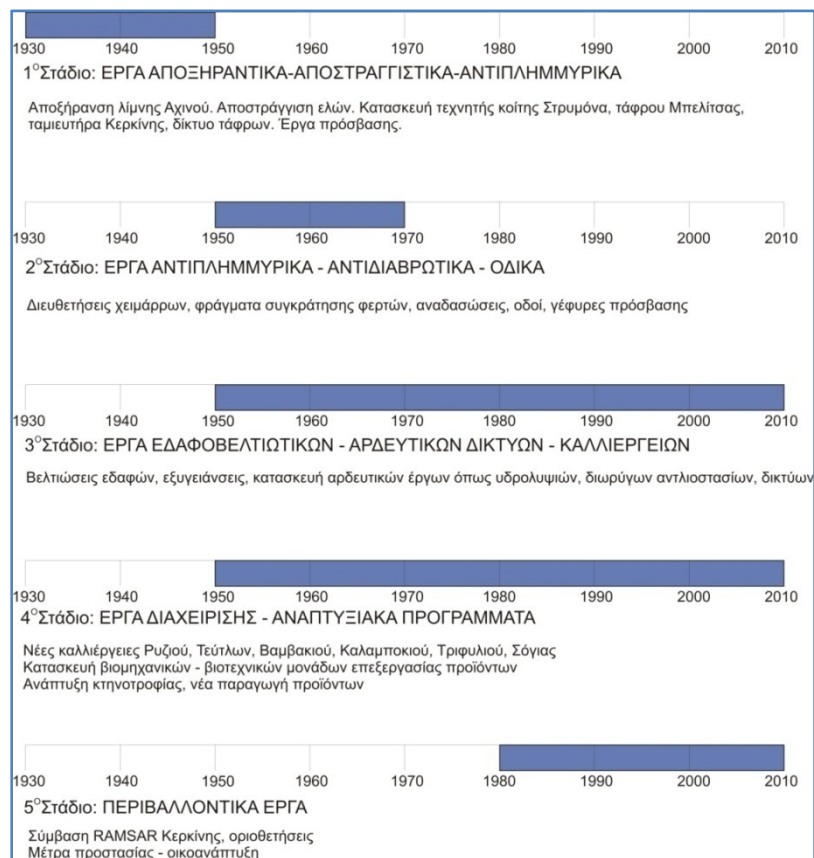
Οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις στα υδροτοπικά συστήματα της Ελλάδας αρχικά αφορούσαν στις περιοχές των μεγάλων πεδιάδων της Μακεδονίας (Θεσσαλονίκη – Γιαννιτσών, Σερρών και Δράμας). Σχεδιάστηκαν και εκτελέστηκαν από Αμερικάνικες Εταιρίες και περιελάμβαναν 5 (πέντε) στάδια μέχρι την ολοκλήρωσή τους.

1. Έργα αποξήρανσης και αποστράγγισης στο χώρο των υδροτόπων με την εκτροπή ποταμών και χειμάρρων, με τη διάνοιξη συστημάτων τάφρων και την κατασκευή υδραυλικών έργων.
2. Έργα αντιπλημμυρικής προστασίας και αντιδιαβρωτικής προστασίας των περιοχών τροφοδοσίας σε νερό και φερτά υλικά, καθώς επίσης και έργα πρόσβασης στο χώρο των αποκαλυφθέντων εδαφών.
3. Έργα εδαφοβελτιώσεων και αρδεύσεων. Ιδιαίτερα τα αρδευτικά έργα περιελάμβαναν μια ομάδα έργων δέσμευσης επιφανειακού και υπόγειου νερού και μια ομάδα μεταφοράς του νερού αυτού στα αρδευτικά δίκτυα μέχρι τα καλλιεργούμενα χωράφια.
4. Έργα διαχείρισης, μέσω προγραμμάτων ανάπτυξης και σύστασης οργανισμών. Έργα εφαρμογής νέων καλλιεργειών. Έργα επεξεργασίας των προϊόντων.

5. Έργα περιβάλλοντος. Σύμβαση RAMSAR για τη λίμνη Κερκίνη, οριοθετήσεις. Μέτρα προστασίας υδροτόπων και οικοανάπτυξης. Μέτρα ενημέρωσης και εκπαίδευσης.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα για να γίνουν κατανοητά τα παραπάνω στάδια, είναι το παράδειγμα της λεκάνης των Σερρών, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

Η κατασκευή των μεγάλων εξυγιαντικών έργων της πεδιάδας των Σερρών, εκτός από τις εντυπωσιακές και προφανείς θετικές επιπτώσεις που σημειώθηκαν στη ζωή και στις δραστηριότητες των κατοίκων της, επέφεραν δραματικές, αρνητικές και όχι άμεσα αντιληπτές ανατροπές στην φυσική εξέλιξη του υδρογραφικού συστήματος και γενικότερα στο ανάγλυφο της λεκάνης, με συνέπειες στο σύνολο του Νομού.



Εικόνα 9: Στάδια εξέλιξης των έργων και των δράσεων στο χώρο της λεκάνης των Σερρών από το 1930 μέχρι σήμερα

Επιγραμματικά οι κυριότερες ανθρωπογενείς επεμβάσεις στην περιοχή μελέτης είναι:

- ✓ Αλλαγή της κύριας κοίτης του ποταμού Στρυμόνα
- ✓ Μετατροπή της φυσικής κοίτης του χειμάρρου Μπελίτσας σε χωμάτινη τάφρο
- ✓ Αποξήρανση της λίμνης Αχινού, όπως και της λιμνώδους περιοχής «Δεκάλιστρα»
- ✓ Δημιουργία τεχνητής λίμνης Κερκίνης
- ✓ Δημιουργία του Φράγματος Λιθοτόπου (Νότια πλευρά λίμνης Κερκίνης)
- ✓ Δημιουργία του ανατολικού αναχώματος της Κερκίνης (οριοθετεί την ανατολική πλευρά της από το σημείο εκβολής του Στρυμόνα)
- ✓ Κατασκευή χωμάτινων λιμνοδεξαμενών στη περιοχή Σαριγιάρ (όρη Βροντούς)
- ✓ Κατασκευή υδρευτικών και αρδευτικών γεωτρήσεων
- ✓ Κατασκευή λατομείων (παραγωγή δομικών υλικών, συνήθως αδρανών υλικών ή βιομηχανικών ορυκτών)
- ✓ Αλλαγές στις χρήσεις γης (μετά το πέρας των τεχνικών έργων)

5. Ιστορικοί Χάρτες

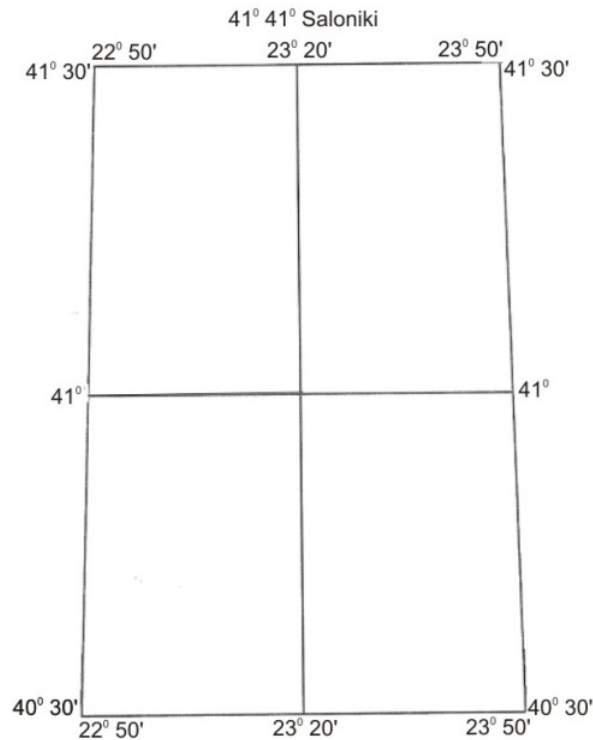
Η πρώτη επιστημονική χαρτογραφική απεικόνιση του βορειοελλαδικού χώρου, όπως ορίζεται στη σημερινή ελληνική επικράτεια και στη μεγαλύτερη μέχρι τότε κλίμακα, ανάγεται στο πρόγραμμα της λεγόμενης 3^{ης} (τρίτης) Αυστροουγγρικής χαρτογράφησης, το β' μισό του 19^{ου} αιώνα (1869-1887) επί Φραγκίσκου Ιωσήφ Α', στο πλαίσιο των νέων γεωστρατηγικών και γεωπολιτικών συνθηκών και στόχων της μοναρχίας του. Η χαρτογράφηση αυτή, η οποία άρχισε περίπου έναν αιώνα μετά την αντίστοιχη πρώτη, της Μαρίας Θηρεσίας και κυρίως του Ιωσήφ Β' (1764-1787), εντάσσεται στο περιβάλλον των μεγάλων και ιδιαίτερα συστηματικών ευρωπαϊκών χαρτογραφικών εργασιών, με επιστημονικές μεθόδους χωρικής αποτύπωσης, που άρχισαν μετά τα μέσα του 17^{ου} αιώνα ως προαπαιτούμενο μιας νέας κρατικής αντίληψης περί εξουσίας και κυριαρχίας, αλλά και οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης στην Ευρώπη της εποχής. Οι χαρτογραφήσεις αυτές, μια μεγαλειώδης όσο και ευρύτερα άγνωστη εποποιία του ευρωπαϊκού τεχνικού πολιτισμού, κυριάρχησαν στις κρατικές δραστηριότητες, με αυξανόμενο ρυθμό όλον τον 18^ο αιώνα και κορυφώθηκαν τον 19^ο αιώνα (Λιβιεράτος, Τέλη 19^{ου} αρχές 20^{ου} αιώνα).

Αποτέλεσμα της 3^{ης} (τρίτης) χαρτογράφησης, της λεγόμενης Φραγκίσκο-Ιωσήφειας, ήταν η παραγωγή από το 1889 της σειράς των 282 φύλλων του γενικευμένου στρατιωτικού τύπου Γενικού Χάρτη (Generalkarte), 18 φύλλα του οποίου καλύπτουν τον σημερινό βορειοελλαδικό χώρο (εκτός της Σαμοθράκης, η οποία δεν απεικονίζεται σε φύλλο της σειράς) για πρώτη φορά στην ιστορία του με τέτοια ακρίβεια και ποιότητα. Τα φύλλα της σειράς, με ελληνικό ενδιαφέρον, εκτός του ότι για πρώτη φορά απεικόνισαν επιστημονικά το συγκεκριμένο χώρο, αποκτούν και μία επιπλέον σημασία στην ελληνική χαρτογραφική κληρονομιά μας γιατί αναπαράχθηκαν σε ελληνικές εμπορικές και στρατιωτικές εκδόσεις, στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, αποτελώντας τα πρώτα χαρτογραφικά τεκμήρια

απελευθερωμένων εδαφών της βόρειας χώρας, τα οποία χρησίμευσαν ευρύτατα σε πολλές εφαρμογές, όπου η κλίμακα το επέτρεπε (1 εκατοστό στο χάρτη αντιστοιχεί σε 2 χιλιόμετρα έδαφος και 1 χιλιοστό σε 200 μέτρα).

Τα φύλλα της σειράς του Γενικού Χάρτη (Generalkarte) έχουν γεωγραφική διανομή 1° κατά πλάτος και 1° κατά μήκος, ανηγμένα ως καμπυλόγραμμη τραπεζία στην επιφάνεια του ελλειψοειδούς εκ περιστροφής του Bessel. Η διανομή έχει σχεδιαστεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε από το κέντρο κάθε φύλλου να διέρχεται ένας «κεντρικός» μεσημβρινός και ένας «κεντρικός» παράλληλος του φύλλου, σε ακέραιες μοίρες γεωγραφικού μήκους και γεωγραφικού πλάτους αντίστοιχα. Έτσι κάθε κεντρικός μεσημβρινός και παράλληλος φύλλου απέχει από τους αντίστοιχους του γειτονικού του κατά μία ακέραια μοίρα. Η διανομή αυτή επιτρέπει την ονομασία (επιτιτλισμό) κάθε φύλλου, εκτός από το κύριο τοπωνύμιο που περιέχεται σε αυτό, με ένα ζεύγος ακέραιων μοιρών, που υποδηλώνουν διατεταγμένα το γεωγραφικό μήκος του κεντρικού μεσημβρινού (με αρχή το μεσημβρινό της Φέρρο) και το γεωγραφικό πλάτος του κεντρικού παράλληλου του συγκεκριμένου φύλλου.

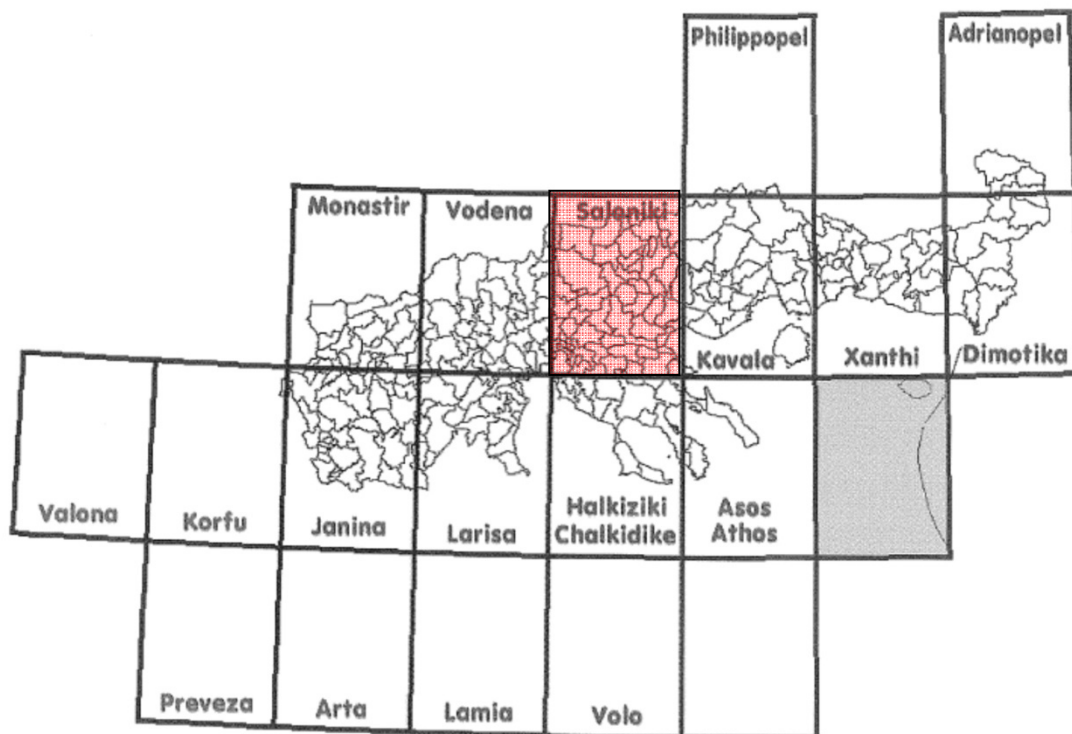
Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται η απεικόνιση του φύλλου με ονομασία « $41^{\circ} 41^{\circ}$ Saloniki», με πρώτη ακέραια τιμή 41° που προσδιορίζει το γεωγραφικό μήκος του κεντρικού μεσημβρινού του φύλλου και δεύτερη 41° που προσδιορίζει το γεωγραφικό πλάτος του κεντρικού παράλληλου, μετά τη μετατροπή στις νέες συντεταγμένες.



Εικόνα 10: Σχηματική απεικόνιση του φύλλου 41° 41' Saloniki στο οποίο απεικονίζονται τα
ακραία σημεία με τις νέες συντεταγμένες σε μοίρες

Ο μεσημβρινός της Φέρρο (el Hierro ή Ferro των Κανάριων) ή αλλιώς «νήσος του μεσημβρινού», αποτελούσε τον μηδενικό μεσημβρινό αναφοράς των γεωγραφικών μηκών της αυστριακής χαρτογραφίας μέχρι την κατάλυση της Αυστροουγγρικής αυτοκρατορίας το 1918. Ήδη από το 1884 υπήρξε η διεθνής αποδοχή ως μηδενικό μεσημβρινό το μεσημβρινό του Greenwich (Greenwich Airy), που περνάει από το ομώνυμο αστεροσκοπείο. Πρώτη που το χρησιμοποίησε ως νέο μηδενικό μεσημβρινό ήταν η Βρετανία λόγω της ευρύτατης χρήσης ναυτικών χαρτών του Ναυαρχείου της, ακολούθησε το 1885 η Γερμανία και στις αρχές του 20^{ου} αιώνα η Γαλλία.

Στη παρούσα διπλωματική εργασία το φύλλο που θα μας απασχολήσει, από τα 18 φύλλα του Γενικού Χάρτη (Generalkarte) κλίμακας 1:200.000 που καλύπτουν το σημερινό βορειοελλαδικό χώρο, είναι το φύλλο της Θεσσαλονίκης (Saloniki 41⁰-41⁰).



Εικόνα 11: Χαρτογραφική απεικόνιση 19ου αιώνα – φύλλα χάρτη Βορείου Ελλάδος

6. Μεθοδολογία

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της εφαρμογής των G.I.S. (Geographic Information Systems), μιας εφαρμογής που τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται πάρα πολύ από τους γεωεπιστήμονες, στην ανάλυση πολλών χωρικών και μη πληροφοριών, με σκοπό την επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων και τη λήψη αποφάσεων για την ορθολογική διαχείριση του περιβάλλοντος.

Για την εξαγωγή συμπερασμάτων, σχετικά με τις μορφολογικές - περιβαλλοντικές μεταβολές της λεκάνης των Σερρών από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα μέχρι σήμερα, έγινε χρήση του φύλλου «Saloniki 41⁰-41⁰» από τον ιστορικό χάρτη της σειράς Γενικός Χάρτης (Generalkarte), τοπογραφικών χαρτών (χάρτες Γ.Υ.Σ. 1:50.000), δορυφορικών εικόνων (Google-Google Earth) και τέλος ψηφιακά μοντέλα (DEM). Η επεξεργασία των παραπάνω έγινε με ειδικά λογισμικά προγράμματα (Software), περιβάλλοντος G.I.S.:

- Map Info 8.5
- Vertical Mapper
- Global Mapper 10.0
- Google Earth Pro

καθώς επίσης και λογισμικά προγράμματα (Software) επεξεργασίας εικόνων:

- Corel Draw x4
- Corel Paint x4

6.1. Γεωαναφορά

Αρχικά πραγματοποιήθηκε διόρθωση του φύλλου Saloniki 41⁰-41⁰, του ιστορικού χάρτη με την μεταφορά της αρχής των συντεταγμένων από τη νήσο Φέρρο, στον Μεσημβρινό του Greenwich. Για την επίτευξη της μεταφοράς αφαιρέθηκαν 17⁰ 40' από την αρχή των συντεταγμένων των ιστορικών χαρτών και χρησιμοποιήθηκαν διάφορα σημεία ελέγχου (control points), σιδηροδρομικοί σταθμοί, μνημεία, εκκλησίες κ.α.. Οι συντεταγμένες των σταθερών αυτών σημείων (control points) δίνονται στον πίνακα 3.

Πίνακας 3: Σταθερά σημεία (Control points)

Σημεία (Control points)	Γεωγραφικό Μήκος	Γεωγραφικό Πλάτος
Λίμνη Κερκίνη	423220	4562700
Μέσον Γέφυρας	443840	4569950
Σιδηρόκαστρο	448670	4564670
Ηράκλεια	439750	4559180
Αχινός	470850	4529890
Καστρί	481680	4520250

Τα σταθερά αυτά σημεία (Control Points) διακρίνονται στον νέο Ιστορικό Χάρτη του φύλλου Saloniki 41⁰-41⁰ (Εικόνα 12).



Εικόνα 12: Φύλλο χάρτη 19^{ου} αιώνα

6.2. Μετατροπή στο ίδιο προβολικό σύστημα(Coordinate System)

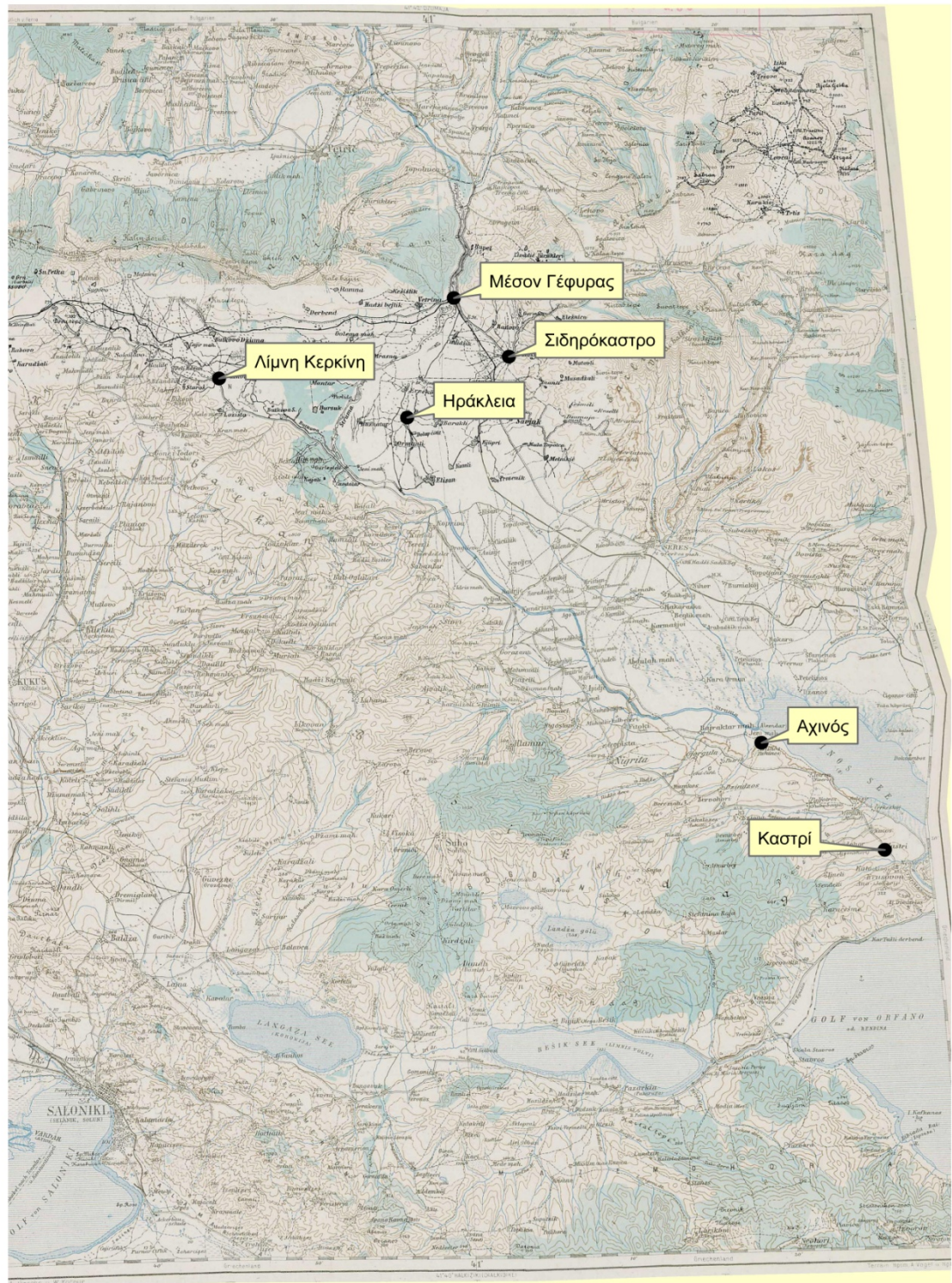
Για να μπορούν να είναι συγκρίσιμοι οι χάρτες πρέπει να ανήκουν στο ίδιο προβολικό σύστημα. Για το λόγο αυτό έγινε κοινή χρήση σε όλους τους χάρτες του προβολικού συστήματος ΕΓΣΑ '87 (Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς).

Οι αναλυτικοί παράμετροι του ΕΓΣΑ '87, είναι οι εξής:

(Σημ: “,” χωρίζει τις χιλιάδες, “.” Δεκαδικό κόμμα)

Ελλειψοειδές Αναφοράς:	
1. Όνομα:	GRS80
2. Μεγάλος ημιάξονας:	a = 6378137m
Επιπλάτυνση:	f = 1/298.2572221 (καθαρός αριθμός)
Εκκεντρότητα:	e ² = 0.0066943800 (καθαρός αριθμός)
3. Σημείο Αναφοράς:	
Όνομα:	Βάθρο αστεροσκοπείο Διονύσου
Πλάτος:	φ = 38° 04' 33".81070 N
Μήκος:	λ = 23° 55' 51".00950 E
Απόκλιση Γεωειδούς:	N = 7.000m
4. Προβολή:	
Όνομα:	UTM
Κεντρικός Μεσημβρινός:	λ ₀ = 24°
Συντελεστής κλίμακας στον Κεντρ. Μεσημβρινό:	K ₀ = 0.999600 (καθαρός αριθμός)
Πλάτος αφετηρίας:	φ ₀ = 00° 00' 00".0000 N
Αρχή από το X:	X ₀ = 500,000.000m
Αρχή από το Y:	Y ₀ = 0.000m

Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας ήταν να δημιουργηθεί ένας νέος χάρτης (σε ψηφιακή μορφή) του φύλλου Saloniki 41⁰-41⁰ ελαφρά παραμορφωμένος, ο οποίος μας βοήθησε στη σύγκριση και την εξαγωγή αποτελεσμάτων.



Εικόνα 13: Ιστορικός χάρτης 19^{ου} αιώνα μορφοποιημένος

6.3. Ανάλυση Μορφολογικού Ανάγλυφου με τη χρήση ψηφιακών μοντέλων (DEM-Digital Elevation Model)

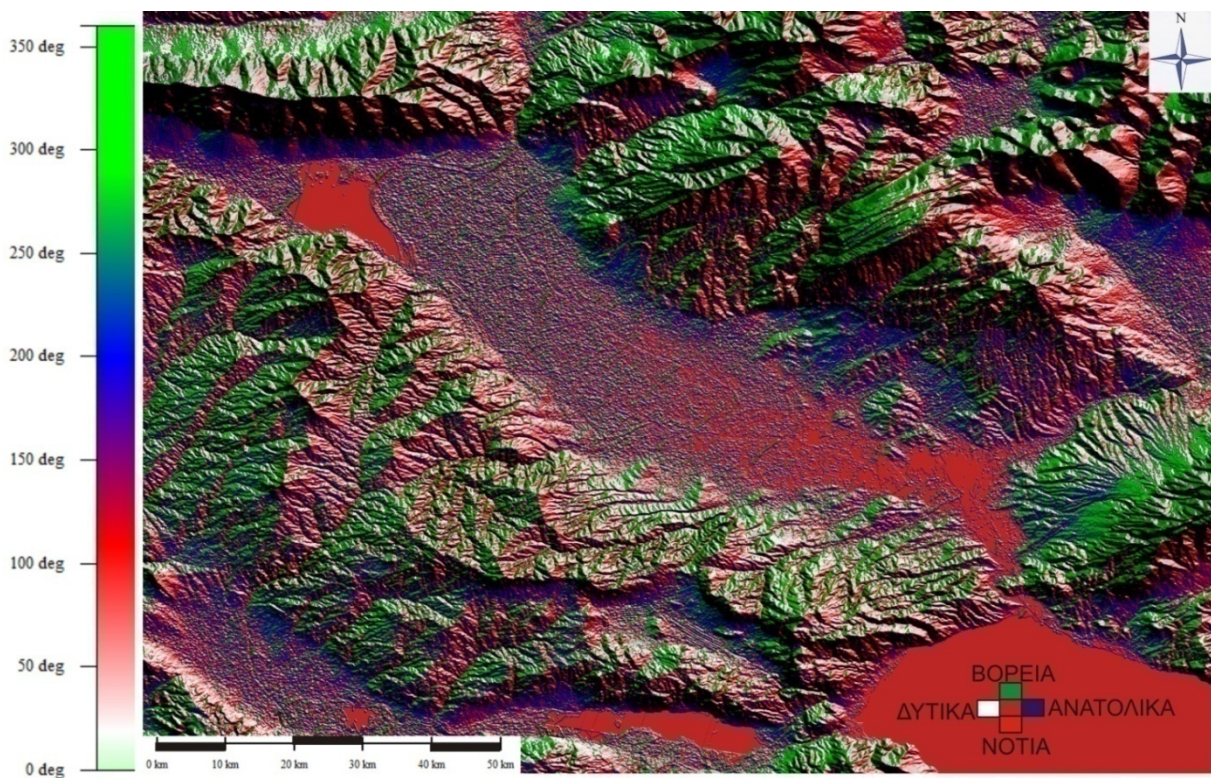
Η χρήση ψηφιακών μοντέλων ανάγλυφου κρίθηκε απαραίτητη για την ολοκλήρωση των όλων συμπερασμάτων σχετικά με τις μορφολογικές μεταβολές της λεκάνης των Σερρών. Μια τρισδιάστατη (3D) απεικόνιση του ανάγλυφου προηγήθηκε στο κεφάλαιο 2.1, αναπαριστώντας μια υψηλή χωρική ανάλυση της περιοχής ενδιαφέροντος.

Τα Ψηφιακά Μοντέλα Αναγλύφου μορφής DEM είναι ψηφιδωτής μορφής και προσομοιώνουν το ανάγλυφο με τετραγωνικά εικονοστοιχεία (pixel), που έχουν ορισμένο και προεπιλεγμένο βήμα (διάσταση). Η τιμή κάθε εικονοστοιχείου υπολογίζεται από τις τιμές των υψομέτρων των γειτονικών σημείων. Τα μοντέλα DEM ακολουθούν τον τρόπο δημιουργίας του αναγλύφου των τηλεπισκοπικών μεθόδων και είναι πιο συμβατά με τα υπολογιστικά συστήματα και διαγράμματα.

Παρακάτω παρουσιάζονται δύο εικόνες ψηφιακού αναγλύφου DEM. Η πρώτη παρουσιάζει το ανάγλυφο της ευρύτερης περιοχής μελέτης, όπου διακρίνεται καθαρά η λεκάνη των Σερρών (κόκκινο βέλος). Και η δεύτερη παρουσιάζει τις κλίσεις των υψομέτρων σε συνδυασμό των διευθύνσεων αυτών.



Εικόνα 14: Εικόνα DEM (export Global Mapper 10.0)



Εικόνα 15: Εικόνα DEM (export Global Mapper 10.0), κλίσεις μορφολογικού αναγλύφου

6.4. Ψηφιοποίηση

Το G.I.S. (Geographic Information Systems) είναι ένα δυναμικό εργαλείο συλλογής, αποθήκευσης, διαχείρισης, ανάκτησης, μετασχηματισμού και απεικόνισης χωρικών δεδομένων. Αφού προηγήθηκε ο μετασχηματισμός των χαρτών (ιστορικοί) και των δορυφορικών εικόνων (Google-Google Earth) της ευρύτερης περιοχής μελέτης, ακολούθησε η ψηφιοποίηση της λίμνης Κερκίνης, του ποτάμιου συστήματος του Στρυμόνα και της αποξηραμένης λίμνης του Αχινού. Η ψηφιοποίηση ακολούθησε τρεις φάσεις:

- 1) Ψηφιοποίηση στους Ιστορικούς χάρτες
- 2) Ψηφιοποίηση στους Τοπογραφικούς χάρτες
- 3) Ψηφιοποίηση στις Δορυφορικές εικόνες

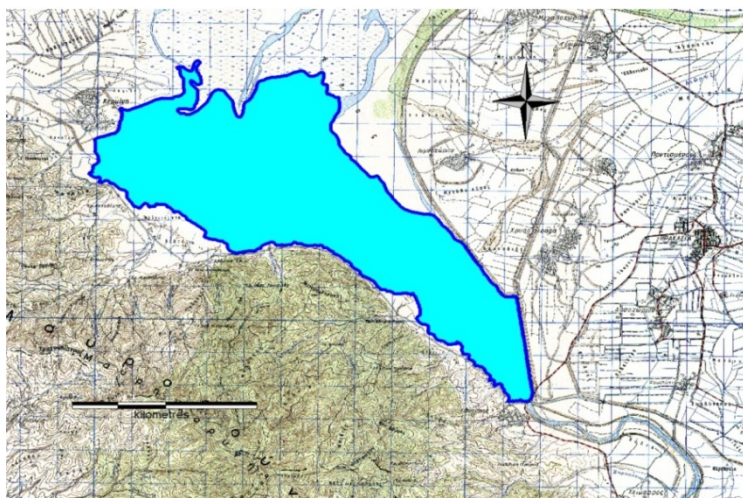
Και στις τρεις παραπάνω φάσεις, η ψηφιοποίηση των γεωγραφικών δεδομένων πραγματοποιήθηκε σε κατάλληλο λογισμικό πρόγραμμα (Software) G.I.S (Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών), με τη χρήση των Map Info Professional 8.5 και Vertical Mapper. Η διαδικασία της ψηφιοποίησης είχε ως αποτέλεσμα την εξαγωγή πληροφοριών (εμβαδό λίμνης, μήκος κοίτης κτλ.) για την λεκάνη των Σερρών.

7. Αποτελέσματα

7.1. Λίμνη Κερκίνη



Ιστορικός χάρτης
19ου αιώνα



Τοπογραφικός
χάρτης (Γ.Υ.Σ.)



Δορυφορική εικόνα
(Google-Google Earth)

Εικόνα 16: Ψηφιοποιήσεις της λίμνης Κερκίνης στους αντίστοιχους χάρτες

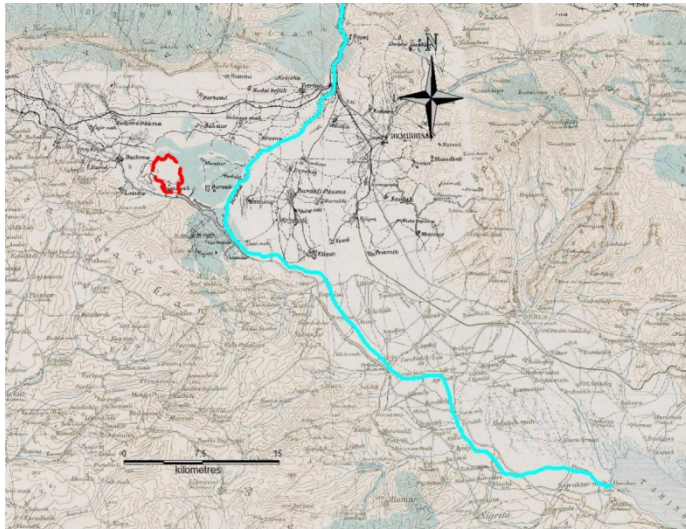
Οι μεταβολές που υπέστη η λίμνη Κερκίνη (Μπούτκοβα) στην έκταση της από ανθρωπογενείς κυρίως παράγοντες παρατίθενται στο παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά της λίμνης Κερκίνης (Εμβαδό,Περίμετρος)

	Ιστορικός χάρτης	Τοπογραφικός χάρτης	Δορυφορική εικόνα (Google-Google Earth)
Εμβαδόν (km ²)	7,190	41,90	55,72
Περίμετρος (km)	11,89	44,92	46,09

Αξιολογώντας τα αποτελέσματα της ψηφιοποίησης, της λίμνης Κερκίνης, της αύξησης του εμβαδού και της περιμέτρου που παρατηρείται, καταλήγουμε ότι πρόκειται για τον κεντρικό πυρήνα των τεχνητών επεμβάσεων των μεγάλων εγγειοβελτιωτικών έργων της λεκάνης των Σερρών. Η παραπάνω αύξηση είχε ως σκοπό την αντιπλημμυρική προστασία της χαμηλής ζώνης της λεκάνης από τις παροχές του ποταμού Στρυμόνα. Σήμερα παρατηρείται ότι οι προσχώσεις και τα φερτά υλικά που μεταφέρει ο Στρυμόνας και τα οποία αποτίθενται στη λίμνη ελαττώνουν σταδιακά την υδατοχωρητικότητά της και περιορίζουν τα αβαθή και πλέον παραγωγικά μέρη της. Με τις μεγάλες ποσότητες φερτών υλικών που μεταφέρει και εναποθέτει ο Στρυμόνας στη λίμνη (5.000.000 m³ στις αρχές του αιώνα, 1.000.000 m³ στις αρχές της δεκαετίας του '90), η χωρητικότητά της σε νερό μειώθηκε. Έτσι κατασκευάστηκε νέο μεγαλύτερο φράγμα το 1982, καθώς έγινε ανύψωση και επέκταση των αναχωμάτων. Η λειτουργία του νέου φράγματος οδήγησε σε αλλαγή των υδρολογικών συνθηκών στην περιοχή του υγροτόπου και σε εμφανείς επιπτώσεις σ' ολόκληρο το οικοσύστημα.

7.2. Ποταμός Στρυμόνας



Ιστορικός χάρτης
19ου αιώνα



Τοπογραφικός
χάρτης (Γ.Υ.Σ.)



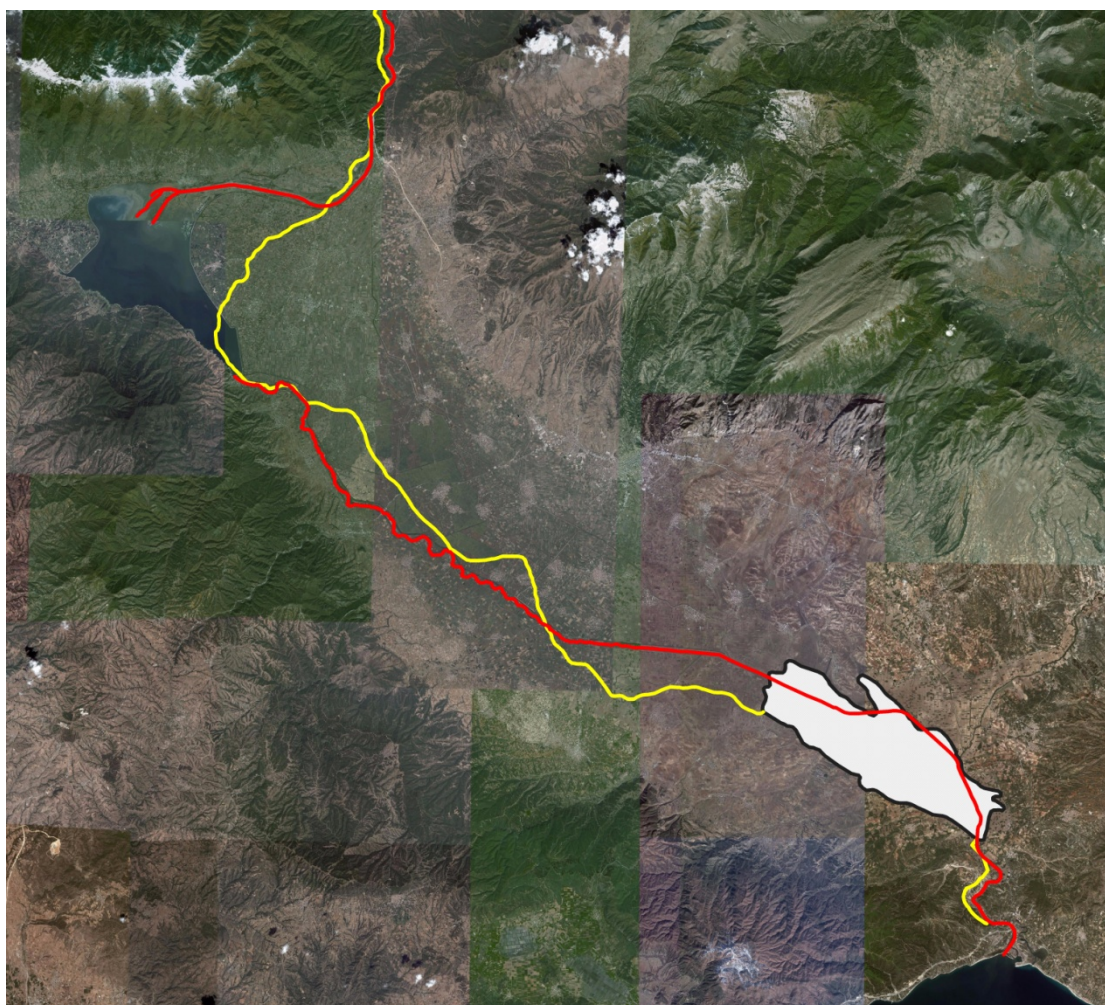
Δορυφορική εικόνα
(Google-Google Earth)

Εικόνα 17: Ψηφιοποιήσεις του ποταμού Στρυμόνα στους αντίστοιχους χάρτες

Πίνακας 5: Μεταβολή του μήκους του ποταμού Στρυμόνα

	Ιστορικός χάρτης	Τοπογραφικός χάρτης	Δορυφορική εικόνα (Google-Google Earth)
Μήκος (km)	82,46	129,7	120,7

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της ψηφιοποίησης του ποταμού Στρυμόνα από τον ιστορικό χάρτη, τους τοπογραφικούς χάρτες και της δορυφορικής εικόνας παρατηρείται μία αύξηση στο μήκος του της τάξης των 46,4 %. Κυριότερος λόγος της αύξησης αυτής ήταν η αποξήρανση της λίμνης Αχινού στο ΝΑ τμήμα της λεκάνης των Σερρών.

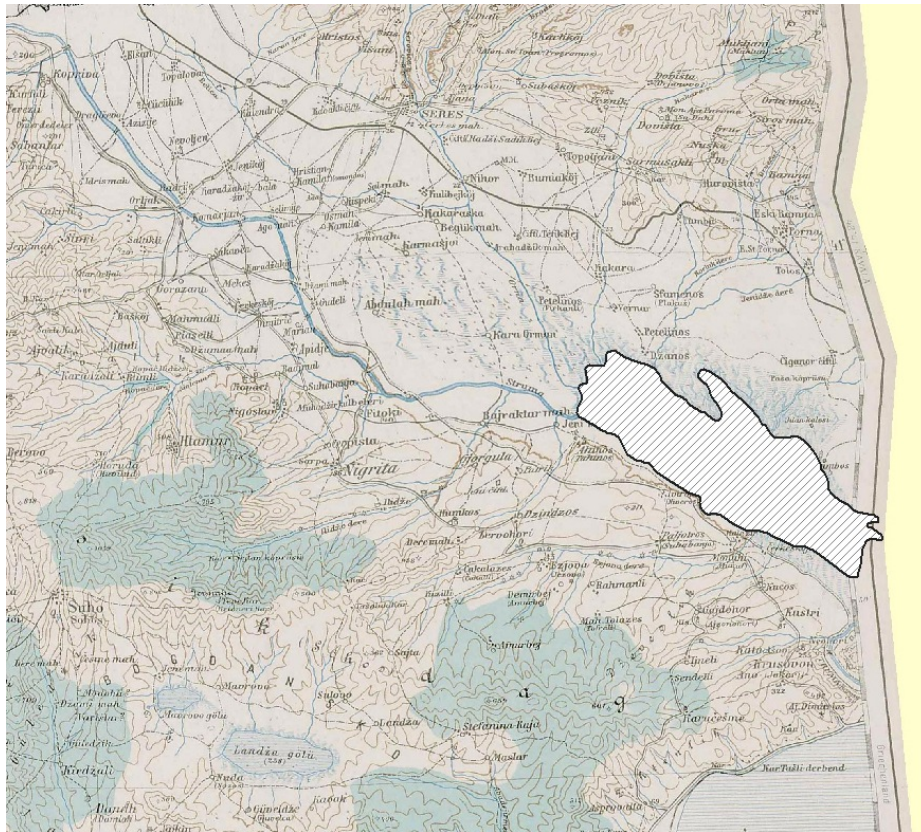


Εικόνα 18: Δορυφορική εικόνα με τον ποταμό Στρυμόνα κατά τον 19ο αιώνα και σήμερα

Όπως δείχνει και η παραπάνω εικόνα είναι εμφανής η αλλαγή της κύριας κοίτης του ποταμού Στρυμόνα από τον 19^ο αιώνα μέχρι σήμερα. Η κίτρινη γραμμή δηλώνει τη ροή του ποταμού στον ιστορικό χάρτη που διακόπτεται από τη λίμνη του Αχινού και συνεχίζεται μέχρι τον Στρυμονικό κόλπο, ενώ η κόκκινη γραμμή δηλώνει τη σημερινή θέση της κοίτης του ποταμού Στρυμόνα. Η διευθέτηση της κοίτης εντάσσεται στα πλαίσια των εξυγιαντικών έργων της λεκάνης των Σερρών. Συγκεκριμένα από το χωριό Λιθότοπος μέχρι το σημείο της συμβολής με τον Αγγίτη, απόσταση 50 km, η κοίτη του ποταμού είναι τεχνητή με αναχώματα και αρδευτικά κανάλια. Η τεχνητή αυτή κοίτη κρίθηκε απαραίτητη επειδή η αβαθής φυσική κοίτη υπήρξε στο παρελθόν αιτία εκτεταμένων καταστροφών από πλημμύρες. Τα αρδευτικά κανάλια αφαιρούν τον πλεονάζοντα όγκο νερού και ταυτόχρονα γονιμοποιούν την πεδιάδα. Η περιορισμένη έκταση του δέλτα οφείλεται στην επίδραση του κυματισμού και διάχυσης των φερτών υλικών του ποταμού κατά μήκος των ακτών. Παλαιότερα, οι εκβολές του βρισκόταν ανατολικότερα από τις σημερινές.

7.3. Λίμνη Αχινού

Η ψηφιοποίηση της λίμνης Αχινού έγινε μόνο στον ιστορικό χάρτη καθώς σε μεταγενέστερες αποτυπώσεις της περιοχής δεν υφίσταται, η επιφάνεια της ήταν 78,99 km² και η περίμετρος της 52,95 km. Σήμερα στη περιοχή που κάλυπτε η λίμνη Αχινός εμφανίζεται μόνο η τεχνητή κοίτη του ποταμού Στρυμόνα που δημιουργήθηκε το 1935 μετά των αποστραγγιστικών έργων. Η εν λόγω λίμνη αποτελούσε το τοπικό βασικό επίπεδο του Στρυμόνα, της Μπελίτσας, του Αγγίτη, των χειμάρων του ΝΔ Μενοικίου και της ΒΑ πλευράς των Κερδυλλίων.



Εικόνα 19: Ψηφιοποίηση λίμνης Αχινού στον ιστορικό χάρτη

7.4. Έλη

Τα έλη αποτελούν λιμνάζουσες εκτάσεις, μόνιμες ή περιοδικές, σε περιοχές έντονης υδροφορίας είτε επιφανειακής είτε υπόγειας. Στην αποτύπωση του 19^{ου} αιώνα, διακρίνονται ελώδεις εκτάσεις που καλύπτουν περίπου το 25% της συνολικής έκτασης της λεκάνης των Σερρών. Ένα μέρος αυτού του ποσοστού αποτελούν τα τέλματα εποχιακής πλήρωσης δηλαδή περιοχές που καλύπτονται μερικώς από νερά κυρίως μετεωρικής προέλευσης. Τα μόνιμα έλη με ιδιαίτερο ενδιαφέρον συγκριτικά με σήμερα είναι αυτά που περιέβαλλαν τις λίμνες Κερκινίτιδας, Αχινού και τη λιμνώδη περιοχή Δεκαλίστρας.

Πίνακας 6: Εμβαδό ελωδών εκτάσεων

	Έκταση (km ²)
Περιλήμνιο έλος Κερκινίτιδας	19,75
Περιλήμνιο έλος Αχινού	49,4
Περιλήμνιο έλος Δεκαλίστρας	10,05

Στην σημερινή παρατήρηση μέσω των δορυφορικών εικόνων (Google-Google Earth), τα παραπάνω περιλήμνια έλη δεν εμφανίζονται. Η λίμνη Αχινού καθώς και η λιμνώδης περιοχή Δεκαλίστρας έχουν αποστραγγιστεί, αποξηρανθεί και αντικατασταθεί με αρδευτικά δίκτυα. Οι σημαντικές αυτές ανθρώπινες επεμβάσεις είχαν ως αποτέλεσμα τις μεταβολές του τοπικού βασικού επιπέδου των αντίστοιχων περιοχών με ανάλογες συνέπειες στην γεωμορφολογική εξέλιξή τους. Αντιθέτως το περιλήμνιο έλος της Κερκινίτιδας (Μπούτκοβα), έπειτα από τις τεχνητές επεμβάσεις, εμφανίζεται ως η λίμνη Κερκίνη, στην οποία έχουμε αναφερθεί εκτενέστερα σε προηγούμενη παράγραφο.

8. Συμπεράσματα – Συζήτηση

Από την γεωμορφολογική ανάλυση του υδρογραφικού συστήματος της λεκάνης των Σερρών διαπιστώθηκε ότι στην δυναμική εξέλιξή της, συντελούν σημαντικά τόσο οι τεκτονικές διεργασίες που διαμόρφωσαν και συνεχίζουν να διαμορφώνουν το ανάγλυφο της λεκάνης, όσο και οι εξωγενείς διεργασίες, ως αποτέλεσμα των ανθρωπογενών επιδράσεων σε αυτό. Αδιαμφισβήτητα είναι εμφανής η προσπάθεια που έγινε για την καταγραφή και τη διαχείριση διαφόρων γεωγραφικών δεδομένων από τους αυστρουγγρικούς ιστορικούς χάρτες του 19^{ου} αιώνα μέχρι τις δορυφορικές εικόνες των ημερών μας. Κατά τη διόρθωση και γεωαναφορά των χαρτών του 19^{ου} αιώνα φάνηκε ότι ο τρόπος αποτύπωσης δεν ταυτίζεται με τις σημερινές μεθόδους, στοιχείο που εμφανίζεται στην παραμόρφωση που υπέστη μετά την μετατροπή του στο προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ'87. Για την εξαγωγή αξιόλογων συμπερασμάτων χρησιμοποιήθηκε ένα κοινό προβολικό σύστημα και ακολούθησε η μετατροπή σε αυτό (ΕΓΣΑ '87) όλων των χαρτών και εικόνων. Στο 7^ο κεφάλαιο γίνεται η σύγκριση των γεωγραφικών δεδομένων σε περιβάλλον G.I.S. (Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών), όπου οι μεταβολές τόσο σε γεωμορφολογικά όσο και σε περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά είναι εμφανείς.

Επομένως η σύγχρονη δυναμική εξέλιξη της λεκάνης των Σερρών είναι αποτέλεσμα των τεχνικών επεμβάσεων του ανθρώπου στη πεδινή περιοχή της, χαρακτηρίζεται δηλαδή ως ο καθοριστικός σύγχρονος εξωγενής παράγοντας της γεωμορφολογίας του συστήματος της λεκάνης των Σερρών.

9. Βιβλιογραφία

ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ.Μ (1985) Γεωλογία της Ελλάδας, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ.Μ (1988) Συνοπτική Γεωτεκτονική Εξέλιξη Του Ευρύτερου Ελληνικού Χώρου, τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ Α. (2006) Ηλεκτρονική έκδοση του βιβλίου Ιζηματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ΑΣΤΑΡΑΣ, Θ., ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ Ε., ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ Α., ΑΛΜΠΑΝΑΚΗΣ Κ. (2004) Φυσικό και ανθρωπογενές Περιβάλλον, Διδακτικές σημειώσεις, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ΠΑΠΑΦΙΛΙΠΠΟΥ-ΠΕΝΝΟΥ Ε. (2004) Δυναμική εξέλιξη και σύγχρονες εξωγενείς διεργασίες του υδρογραφικού συστήματος της ταφρολεκάνης των Σερρών, Διδακτορική Διατριβή, τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ΑΣΤΑΡΑΣ, Θ., ΒΟΥΒΑΛΙΔΗΣ, Κ., ΟΙΚΟΝΟΜΙΔΗΣ, Δ., (2004) Ψηφιακή χαρτογραφία και Γεωγραφικά συστήματα Πληροφοριών (G.I.S), Διδακτικές σημειώσεις, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ Α., ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ Ε., ΒΟΥΒΑΛΙΔΗΣ Κ., ΠΑΠΑΦΙΛΙΠΠΟΥ-ΠΕΝΝΟΥ Ε. (2001) Γεωμορφολογικές, υδρογραφικές και ιζηματολογικές διεργασίες στη λεκάνη των Σερρών που οφείλονται στη δράση της ρηξιγενούς τεκτονικής του Τεταρτογενούς, Πρακτικά 9^ο Διεθνές Συνέδριο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας (τόμος 1, σ. 451-457)

ΦΑΛΑΛΑΚΗΣ Γ. (2004) Κινηματική ανάλυση και παραμόρφωση στο όριο των κρυσταλλοσχιστώδων μαζών της Σερβομακεδονικής και της Ροδόπης (Όρη Κερκίνη, Βροντού-Μακεδονία), Διδακτορική Διατριβή, τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ΛΙΒΙΕΡΑΤΟΣ Ε. (Τέλη 19^{ου} , αρχές 20^{ου} αιώνα) Φύλλα Χάρτη Βόρειας Ελλάδας, Η πρώτη απεικόνιση

ΚΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ Κ., ΕΥΕΛΠΙΔΟΥ Ν., ΒΑΣΙΛΟΠΟΥΛΟΣ Αν. (2006) Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Χρήση του MapInfo Professional, εκδόσεις Παπασωτηρίου

ΜΑΝΙΑΤΗΣ Γ. (1996) Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Γης-Κτηματολογίου, Τμήμα Τοπογράφων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Karydakis G., Arvanitis A., Andritsos N. & Fytikas M. (2005) Low Enthalpy Geothermal Fields in the Strymon Basin (Northern Greece), Proceedings World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey

ΟΡΦΑΝΙΔΟΥ Ε. (2008) Διαχείριση Υδρολογικής Λεκάνης Στρυμόνα, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

<http://www.lib.auth.gr>

<http://images.google.gr>

http://en.wikipedia.org/wiki/USGS_DEM

<http://www.geo.auth.gr>