

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΑΤΑΡΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

ΤΟΝΟΝΟΓΛΟΥ ΘΕΟΔΩΡΟΣ

ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ
ΤΗΣ ΕΝΩΤΙΚΗΣ ΤΑΦΡΟΥ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ – ΒΟΛΒΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

2015

ΤΑΤΑΡΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ
ΤΟΝΟΝΟΓΟΥ ΘΕΟΔΩΡΟΣ

ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ
ΤΗΣ ΕΝΩΤΙΚΗΣ ΤΑΦΡΟΥ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ – ΒΟΛΒΗΣ

Υποβλήθηκε στο τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.
Εργαστήρια Φυσικής Γεωγραφίας & Τεχνικής Γεωλογίας

Επιβλέποντες

Αλμπανάκης Κωνσταντίνος, Αν. Καθηγητής Α.Π.Θ.

Χρηστάρας Βασίλειος, Καθηγητής Α.Π.Θ.

Συνεπιβλέπουσα

Δρ. Κολιαδήμου Καλλιόπη, ΕΔΙΠ Α.Π.Θ.

© Τάταρης Ευάγγελος, Τονόνογλου Θεόδωρος, Εργ. Φυσικής Γεωγραφίας & Τεχνικής Γεωλογίας, 2015

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ
ΤΗΣ ΕΝΩΤΙΚΗΣ ΤΑΦΡΟΥ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ – ΒΟΛΒΗΣ

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 τους συγγραφείς.

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

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
1.1. Γεωγραφία & Γεωτεκτονική Εξέλιξη της Μυγδονίας Λεκάνης	6
1.2. Υδρογραφία & Υδρογεωλογία της Περιοχής	7
1.3. Γεωλογία της Περιοχής	10
1.3.1. Υπόβαθρο	10
1.3.2. Νεογενείς - Τεταρτογενείς Αποθέσεις	12
1.4. Τεκτονική	17
2. Η ΕΝΩΤΙΚΗ ΤΑΦΡΟΣ	18
2.1. Το Χρονικό Συρρίκνωσης της Κορώνειας	18
2.2. Σκοπός του Τεχνικού Έργου	23
2.3. Τεχνικογεωλογικά Χαρακτηριστικά του Έργου	25
2.4. Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις	29
3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ	33
3.1. Εργασία Πεδίου	33
3.2. Εργαστηριακές Μέθοδοι Ανάλυσης και Επεξεργασίας Δεδομένων	35
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	38
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	44
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	47
SUMMARY	48
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	49
ΙΣΤΟΛΟΓΙΟ	51
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1. ΠΙΝΑΚΕΣ, ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ & ΕΙΚΟΝΕΣ	52
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ	77

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως κύριο θέμα τη μελέτη των ιζηματολογικών διεργασιών που συντελούνται στην ευρύτερη περιοχή της ενωτικής τάφρου των λιμνών Κορώνειας και Βόλβης, του νομού Θεσσαλονίκης· ενός τεχνικού έργου που κατασκευάστηκε μεταξύ των δύο λιμνών ώστε να εξυπηρετήσει την αμφίδρομη επικοινωνία των υδάτων τους. Μελετώνται ο τρόπος λειτουργίας του τεχνικού έργου, τα τεχνικά του χαρακτηριστικά, τα αίτια αστοχίας του και οι προβλεπόμενες περιβαλλοντικές επιπτώσεις του στο οικοσύστημα της περιοχής. Ακόμη, προσδιορίζονται τα χαρακτηριστικά των αποθέσεων εντός του έργου και προτείνονται πιθανά μέτρα αποκατάστασης της λειτουργίας του.

Ειδικότερα η ενωτική τάφρος Κορώνειας - Βόλβης κατασκευάστηκε στο πλαίσιο ενός σχεδίου που απέβλεπε στην αποκατάσταση τόσο της λίμνης Κορώνειας, η οποία τις τελευταίες δεκαετίες αντιμετωπίζει έντονα προβλήματα αποξήρανσης, όσο και της ευρύτερης περιοχής της Μυγδονίας λεκάνης. Ωστόσο, μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα από την κατασκευή του, το έργο κατέστη μη λειτουργικό.

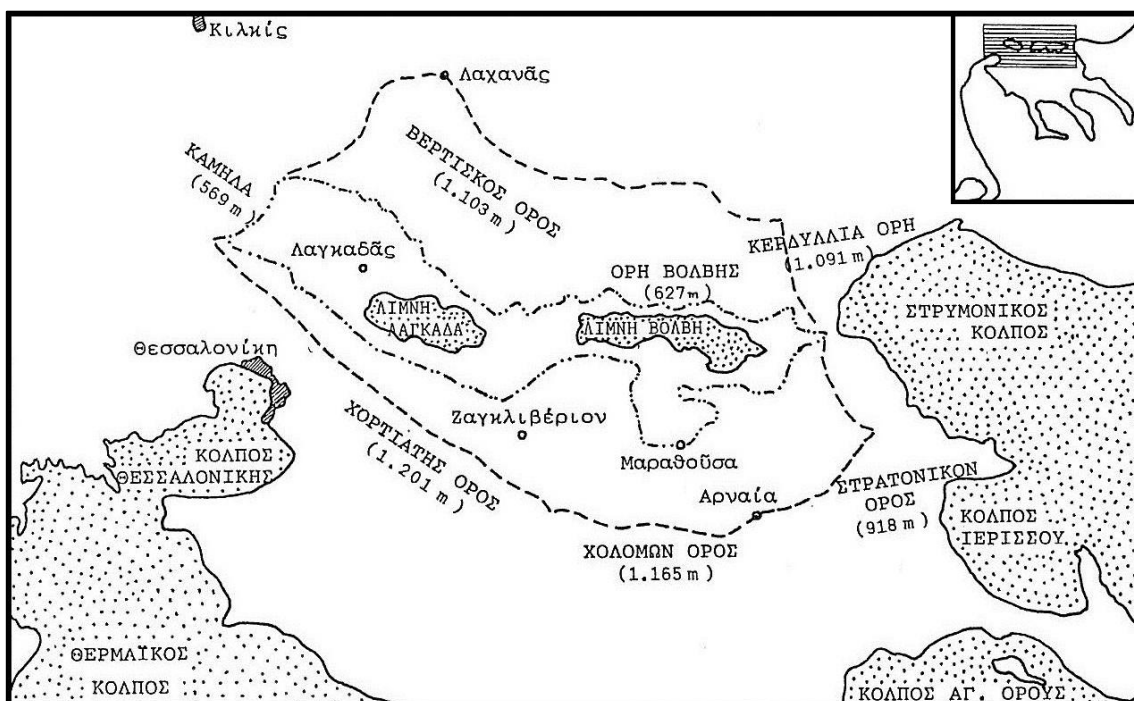
Η μελέτη περιλαμβάνει τη συλλογή και τη μελέτη πληροφοριών για την περιοχή άμεσου ενδιαφέροντος, την επιτόπια έρευνα, τη συλλογή δειγμάτων από την ενωτική τάφρο και την ευρύτερη περιοχή, την ανάλυσή τους στο εργαστήριο, την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Ευχαριστούμε θερμά τον αναπληρωτή καθηγητή και διευθυντή του Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωλογίας κ. Κωνσταντίνο Αλμπανάκη για την ανάθεση και επιμέλεια της παρούσας διπλωματικής εργασίας καθώς και για τις πολύτιμες υποδείξεις του σχετικά με την εργασία πεδίου. Ευχαριστούμε επίσης τον καθηγητή και διευθυντή του Τομέα Γεωλογίας κ. Βασίλειο Χρηστάρα για την παροχή πολύτιμων συμβουλών σε ό,τι αφορά το τεχνικογεωλογικό σκέλος της εργασίας. Θερμές ευχαριστίες οφείλονται στο Φορέα Διαχείρισης Λιμνών Κορώνειας - Βόλβης, καθώς και στη Διεύθυνση Τεχνικών Έργων Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας, ιδιαίτερα στον κ. Στυλιανό Ελπέκο, για τις χρήσιμες πληροφορίες που μας έδωσαν σε διάφορα ειδικά θέματα. Τέλος, επιθυμούμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερα την κ. Καλλιόπη Κολιαδήμου για τη συνεχή καθοδήγηση και επίβλεψη τόσο σε εργαστηριακό επίπεδο, όσο και σε θέματα που αφορούν τη σύνταξη και την τελική μορφή του κειμένου· χωρίς τη συνεισφορά της, η εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας θα ήταν αδύνατη.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γεωγραφία & Γεωτεκτονική Εξέλιξη της Μυγδονίας Λεκάνης

Η λεκάνη της Μυγδονίας βρίσκεται στην Κεντρική Μακεδονία, στο Νομό Θεσσαλονίκης, μεταξύ του Στρυμονικού κόλπου στα ανατολικά και του κόλπου της Θεσσαλονίκης στα δυτικά (Εικ.1.1). Συγκεκριμένα ορίζεται από τις κορυφογραμμές των βουνών Χορτιάτης, Χολομώντας, Κερδύλλια και Βερτίσκοι. Από γεωτεκτονική άποψη συνιστά ένα επίμηκες τεκτονικό βύθισμα, διεύθυνσης Α-Δ, το οποίο χωρίζει την περιοχή της Κεντρικής Μακεδονίας από τη χερσόνησο της Χαλκιδικής, στα νότια. Αποτελεί τμήμα μιας παλαιότερης ευρύτερης λεκάνης, της Προμυγδονίας λεκάνης (Ψιλοβίκος, 1977).



Εικ.1.1. Η ευρύτερη περιοχή της Μυγδονίας λεκάνης (Ψιλοβίκος, 1977)

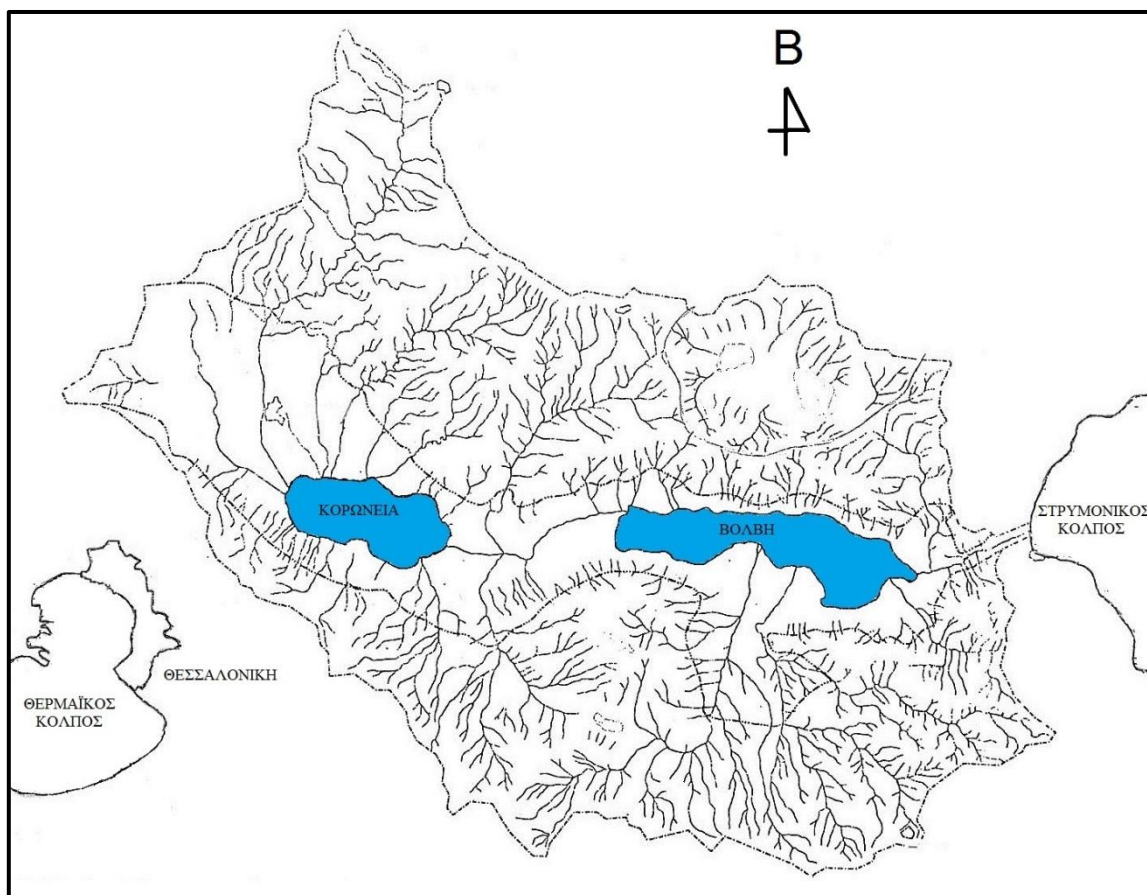
Η Προμυγδονία λεκάνη δημιουργήθηκε πιθανότατα στο διάστημα Κατώτερο - Μέσο Μειόκαινο, ως αποτέλεσμα μιας εφελκυστικής τεκτονικής (Παυλίδης, 2003). Κατά το Νεογενές - Κατώτερο Πλειστόκαινο στη λεκάνη αποτέθηκαν μια σειρά από ποτάμια και λιμναία ιζήματα. Στο τέλος του Κατώτερου Πλειστοκαίνου μια νέα τεκτονική δράση κατακερμάτισε την Προμυγδονία λεκάνη, με αποτέλεσμα το σχηματισμό νεότερων επιμέρους λεκανών (λεκάνες Μυγδονίας, Ζαγκλιβερίου, Δουμπιάς, Μαραθούσας). Η Μυγδονία λεκάνη, η μεγαλύτερη εξ αυτών, γέμισε με νερό σχηματίζοντας τη Μυγδονία λίμνη, η οποία σταδιακά αποστραγγίστηκε κατά τη διάρκεια του Μέσου - Ανώτερου Πλειστοκαίνου. Στο διάστημα αυτό η ιζηματογένεση συνεχίστηκε κυρίως με λιμναίες αποθέσεις. Σήμερα στην περιοχή

εντοπίζονται οι λίμνες Κορώνεια και Βόλβη, ως υπολείμματα της προαναφερθείσας λίμνης (Ψιλοβίκος, 1977).

1.2. Υδρογραφία & Υδρογεωλογία της Περιοχής

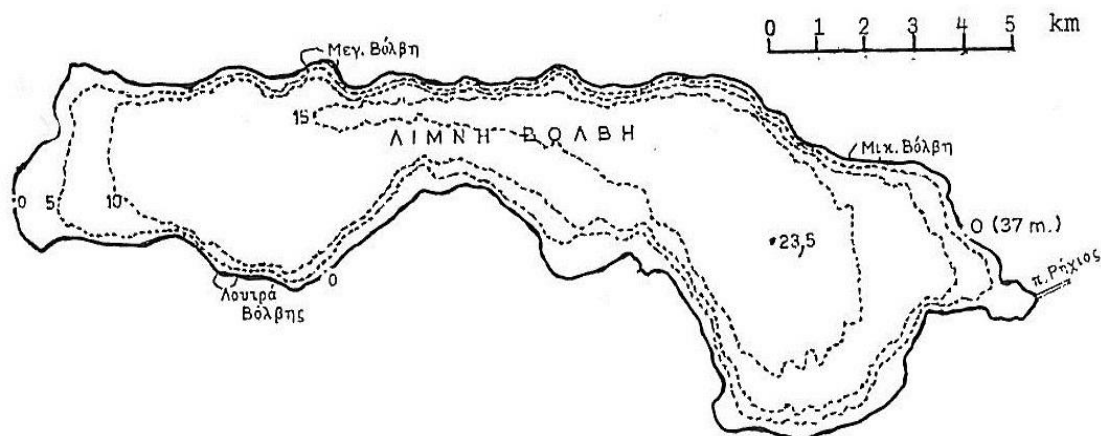
Η λεκάνη της Μυγδονίας αποστραγγίζεται από ένα πλήθος χειμάρρων που καταλήγουν στις λίμνες Κορώνεια και Βόλβη (Εικ.1.2). Στην παρούσα εργασία ωστόσο θα αναφερθούμε μόνο στις δύο λίμνες, καθώς και στους χειμάρρους Λαγκαδικίων και Σχολαρίου, τα νερά των οποίων είχε ως στόχο να διαχειριστεί το προς μελέτη τεχνικό έργο.

Ο χείμαρρος Λαγκαδικίων (Πλατανόρεμα) αποστραγγίζει τη λεκάνη του Ζαγκλιβερίου και ρέοντας προς Βορρά διέρχεται δυτικά του χωριού Λαγκαδίκια. Ο χείμαρρος Σχολαρίου (Ποταμιά ρέμα) αποστραγγίζει τα ύδατα της ευρύτερης περιοχής του Σοχού και ρέοντας προς Νότο διέρχεται δυτικά του χωριού Σχολάρι όπου ενώνεται με το χείμαρρο Λαγκαδικίων. Από την ένωσή τους σχηματίζεται το ρέμα Δερβένι που εκβάλλει στη Βόλβη.



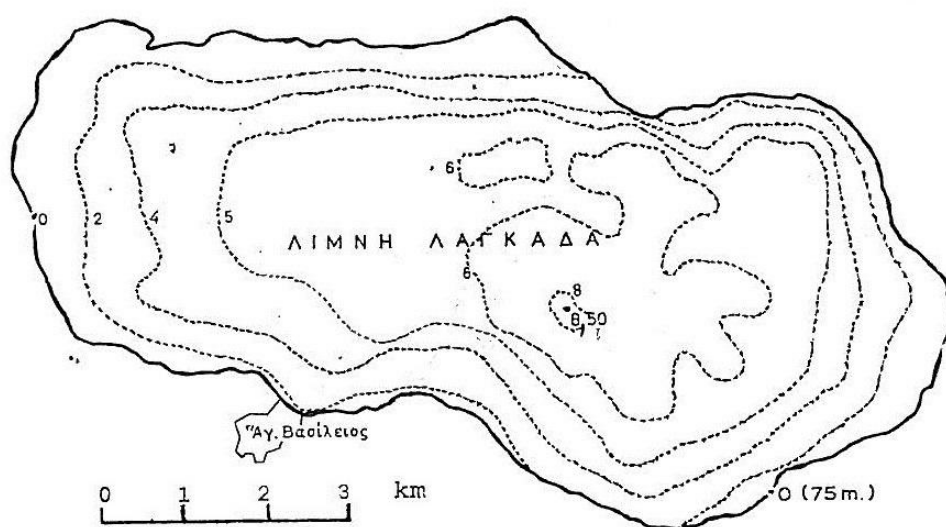
Εικ.1.2. Υδρογραφικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής της Μυγδονίας (Ψιλοβίκος, 1977)

Η λίμνη Βόλβη βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα της Μυγδονίας λεκάνης, έχει επίμηκες σχήμα, με μέγιστο μήκος 19,5 Km, μέγιστο πλάτος 3,4 Km και διεύθυνση Α-Δ (Εικ.1.2 & 1.3). Στη μέση στάθμη +37 m έχει έκταση 68,6 Km², γεγονός που την κατατάσσει στις μεγαλύτερες λίμνες της Ελλάδας. Το μέσο βάθος της είναι 14 m ενώ το μέγιστο βάθος της είναι 23,5 m. Τα νερά της εκρέουν επιφανειακά, διαμέσου του Ρήχιου ποταμού και των στενών της Ρεντίνας, στο Στρυμονικό κόλπο, που βρίσκεται ανατολικά αυτής (Ψιλοβίκος, 1977, Κουσουρή, 2014).

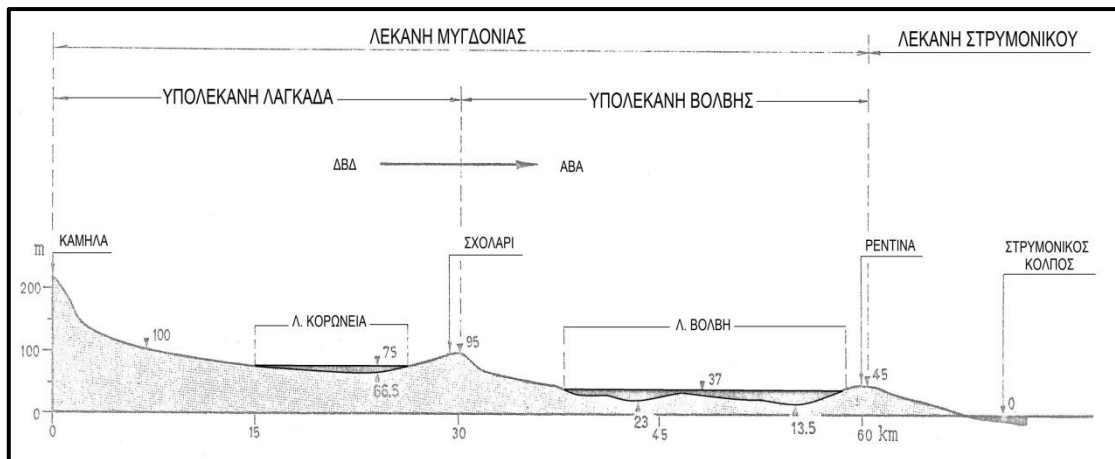


Εικ.1.3. Η Λίμνη Βόλβη και η μορφολογία του πυθμένα της, τη δεκαετία του 1970 (Ψιλοβίκος, 1977)

Η λίμνη Κορώνεια, γνωστή και ως Λίμνη Λαγκαδά ή Αγίου Βασιλείου, βρίσκεται στο δυτικό τμήμα της Μυγδονίας και έχει περίπου ελλειψοειδές σχήμα (Εικ.1.2 & 1.4). Η μέση στάθμη της, τουλάχιστον μέχρι τη δεκαετία 1970 - 1980, ήταν στα +75 m απόλυτο υψόμετρο, δηλαδή περίπου 38 m ψηλότερα από αυτή της Βόλβης (Εικ.1.5). Παρ' όλα αυτά δεν παρουσίασε ποτέ φυσική ροή ως προς τη Βόλβη (Ψιλοβίκος, 1977). Τις τελευταίες δεκαετίες η Κορώνεια αντιμετωπίζει έντονα προβλήματα αποξήρανσης, για τα οποία θα αναφερθούμε εκτενέστερα παρακάτω.



Εικ.1.4. Η Λίμνη Λαγκαδά και η μορφολογία του πυθμένα της, τη δεκαετία του 1970 (Ψιλοβίκος, 1977)



Εικ.1.5. Μορφολογική τομή κατά μήκος της Μυγδονίας λεκάνης, όπου διακρίνεται η υψομετρική διαφορά μεταξύ των δύο λιμνών κατά τη δεκαετία του 1970 (Ψιλοβίκος, 1977)

Τέλος ιδιαίτερο ενδιαφέρον, από υδρογεωλογικής άποψης, παρουσιάζει η υπολεκάνη Κορώνειας ή Λαγκαδά, στο δυτικό τμήμα της ευρύτερης λεκάνης της Μυγδονίας (Εικ.1.5). Η υπολεκάνη αυτή, η έκταση της οποίας φτάνει περίπου τα 670 km², χαρακτηρίζεται στο χαμηλότερο τμήμα της από την ανάπτυξη επάλληλων υπόγειων υδροφοριών, αλλού υπό πίεση, αλλού μερικώς υπό πίεση και αλλού ελεύθερης πιεζομετρικής επιφάνειας (Πρόγραμμα Αγροτικής Ανάπτυξης «Αλέξανδρος Μπαλτατζής», 2007-2013). Ο ελεύθερος υδροφορέας σχηματίζεται από μια διαδοχή λιμναίων αποθέσεων, αποτελούμενων από χαλίκι, άμμο και λεπτά στρώματα αργίλου. Έχει πάχος 40-60 m και ο εμπλουτισμός του πραγματοποιείται με απευθείας κατείσδυση του επιφανειακού και μετεωρικού νερού. Ο υπό πίεση υδροφορέας έχει μέσο πάχος 150 km² και διαχωρίζεται από τον ελεύθερο - ρηχό υδροφορέα μέσω ενός αργιλικού ημιδιαπερατού στρώματος, ενώ ο εμπλουτισμός του πραγματοποιείται κυρίως έμμεσα, με πλευρική τροφοδοσία από τους σχηματισμούς του υποβάθρου (Ζαλίδης κ.ά., 2004).

1.3. Γεωλογία της Περιοχής

1.3.1. Υπόβαθρο

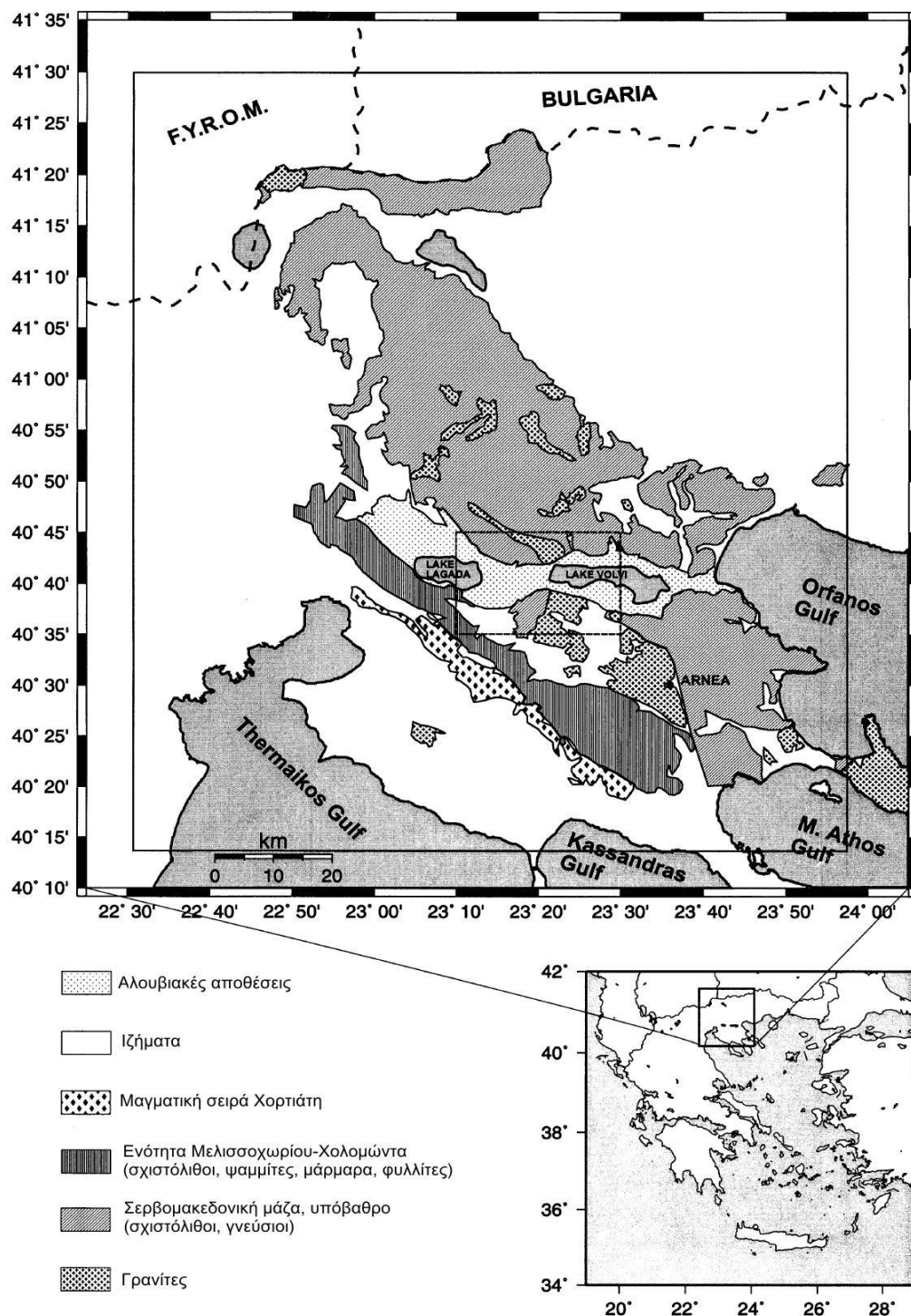
Το μεγαλύτερο μέρος του υποβάθρου της Μυγδονίας λεκάνης εντάσσεται γεωτεκτονικά στη Σερβομακεδονική μάζα, η οποία αποτελείται αποκλειστικά από κρυσταλλοσχιστώδη και πυριγενή πετρώματα, ενώ το δυτικό τμήμα της λεκάνης εντάσσεται στην Περιοδοπική ζώνη (Εικ.1.6 & 1.7), (Μουντράκης, 2010).



Εικ.1.6. Τεκτονικό σκαρίφημα της Σερβομακεδονικής μάζας στην οποία εντάσσεται το μεγαλύτερο μέρος του υποβάθρου της Μυγδονίας λεκάνης. 1: μεταλλικά ιζήματα της κοιλάδας του Στρυμόνα, 2: ενότητα του Βερτίσκου, 3: ενότητα των Κερδυλλίων, 4: μάζα της Ροδόπης, 5: Περιοδοπική ζώνη, 6: ανατολικό όριο της Σερβομακεδονικής (Γραμμή Στρυμόνα), 7: δυτικό όριο της Σερβομακεδονικής (Μουντράκης, 2010)

Το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο της Σερβομακεδονικής μάζας διαιρέθηκε από τους Kockel & Walther (1968) σε δύο ενότητες, την ενότητα Κερδυλλίων και την ενότητα Βερτίσκου. Η ενότητα Κερδυλλίων είναι η κατώτερη και παλαιότερη ενότητα. Εκτείνεται από τον ποταμό Στρυμόνα προς τα δυτικά μέχρι το Στρατώνι Χαλκιδικής. Αποτελείται κυρίως από γνεύσιους (μιγματιτικούς βιοτιτικούς, γρανατούχους διμαρμαρυγιακούς), αμφιβολίτες, αμφιβολιτιωμένους εκλογίτες και στον ανώτερό της ορίζοντα, δυτικά, από μάρμαρα μεγάλου πάχους. Η ενότητα Βερτίσκου είναι η ανώτερη και νεότερη ενότητα. Εκτείνεται από το Στρατώνι προς τα δυτικά μέχρι την Περιοδοπική ζώνη. Στον κατώτερό της ορίζοντα, ανατολικά, αποτελείται από μιγματιτικούς οφθαλμοειδείς ορθογνεύσιους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και λεπτές ενστρώσεις μαρμάρων. Στον ανώτερό της ορίζοντα, δυτικά, αποτελείται από αμφιβολίτες και από μεταγάββρους - μεταδιαβάσες που εντοπίζονται ως ενδιαστρώσεις ή ως φακοειδή σώματα μέσα στους γνεύσιους. Συχνά παρεμβάλλονται με τεκτονικές επαφές σερπεντινικά σώματα. Επειδή δεν υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές τόσο στην ηλικία, όσο και στη μεταμόρφωση των

δύο αυτών ενοτήτων, αλλά το όριο μεταξύ τους είναι ξεκάθαρα μία τεκτονική επαφή, θεωρούνται ως δύο τεκτονικές ενότητες της ίδιας κρυσταλλοσχιστώδους μάζας (Μουντράκης, 2010).



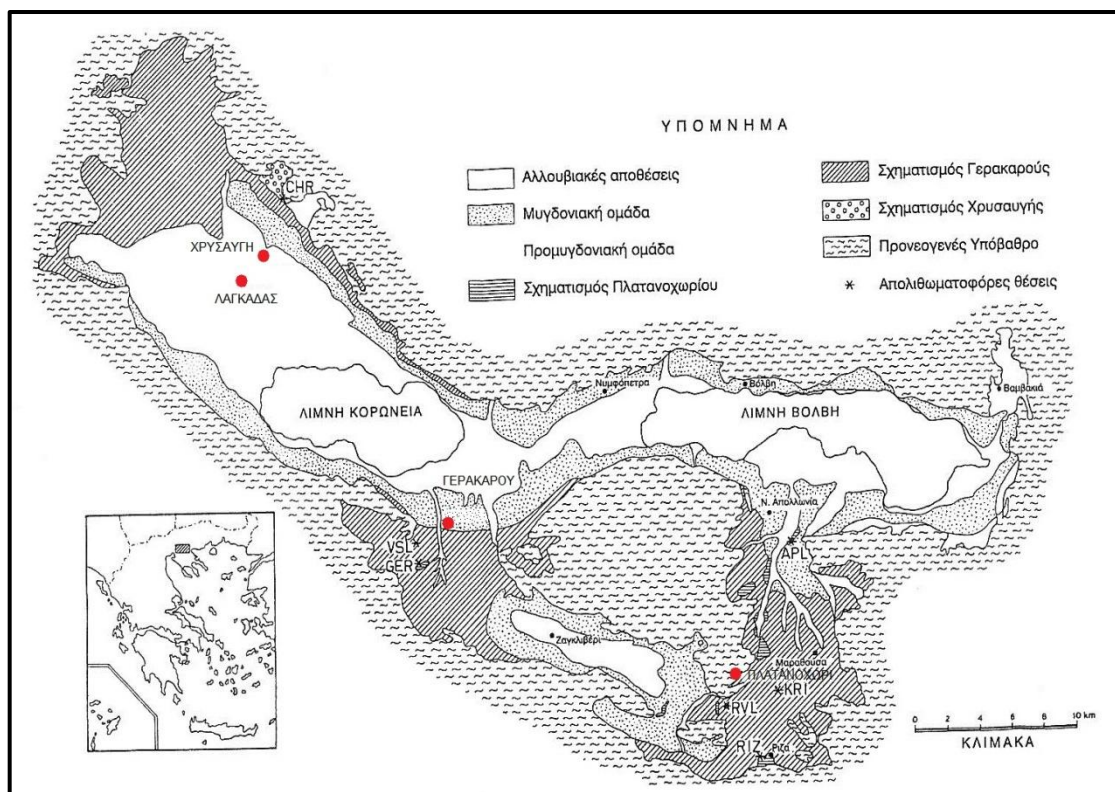
Εικ.1.7. Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής (Savnaidis et al. 2000)

1.3.2. Νεογενείς - Τεταρτογενείς Αποθέσεις

Ένα πολύ μεγάλο μέρος της Μυγδονίας καλύπτεται από ιζήματα του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς, τα οποία διακρίθηκαν σε δύο Ομάδες, την Προμυγδονιακή Ομάδα και τη Μυγδονιακή Ομάδα (Ψιλοβίκος, 1977, Koufos et al., 1988).

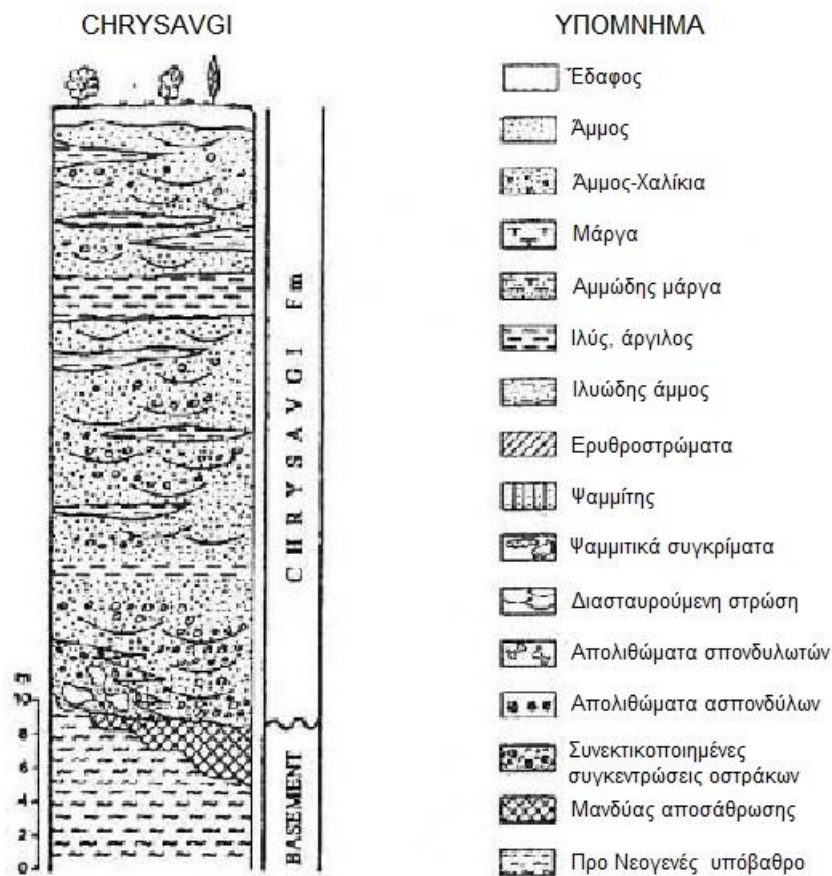
Α. Προμυγδονιακή Ομάδα

Περιλαμβάνει τους ιζηματογενείς σχηματισμούς που αποτέθηκαν εντός της Προμυγδονίας λεκάνης, δηλαδή πριν από το σχηματισμό της Μυγδονίας λεκάνης. Αποτελείται από έναν ορίζοντα αποσάθρωσης του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου, κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, αργιλοψαμμιτικά ιζήματα και ερυθροστρώματα (Ψιλοβίκος, 1977). Διαιρείται σε τρεις Σχηματισμούς, Σχηματισμός Χρυσανγής, Σχηματισμός Γερακαρούς και Σχηματισμός Πλατανοχωρίου (Εικ.1.8), (Koufos et al., 1995).



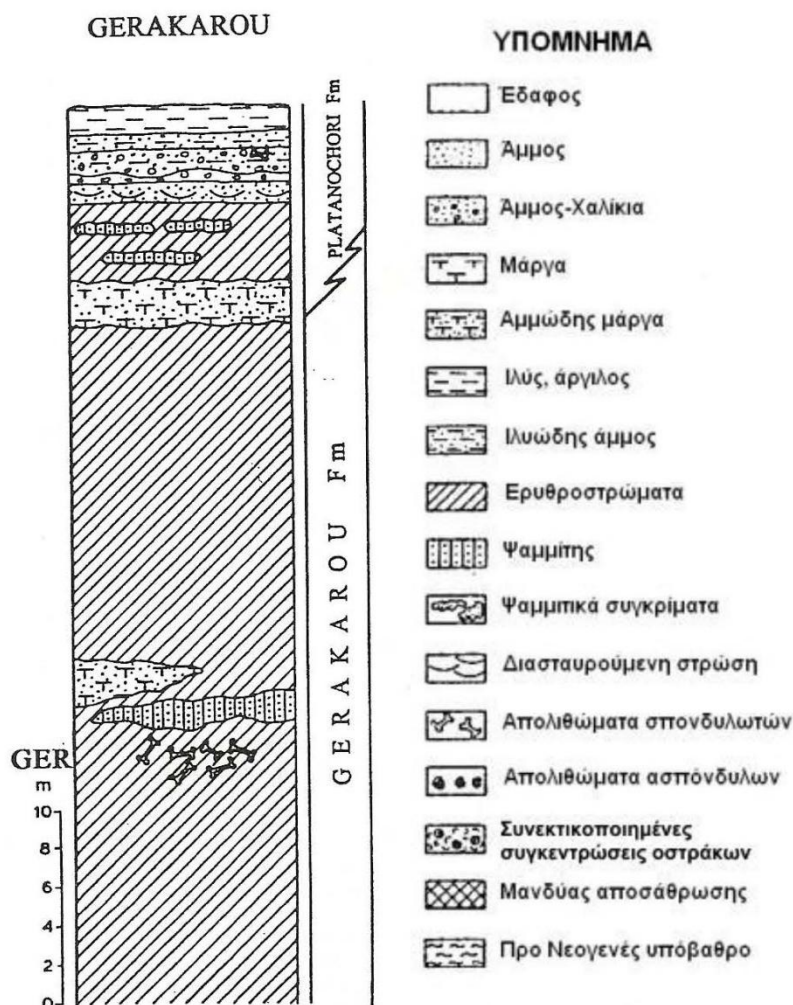
Εικ.1.8. Στρωματογραφικός χάρτης των Νεογενών - Τεταρτογενών αποθέσεων και του Προνεογενούς υποβάθρου της λεκάνης της Μυγδονίας (Koufos et al., 1995)

Ο Σχηματισμός Χρυσανγής (Εικ.1.9) εντοπίζεται βόρεια του ομώνυμου χωριού και θεωρείται ο παλαιότερος σχηματισμός ολόκληρης της λεκάνης, με ηλικία Μέσο - Ανώτερο Μειόκαινο. Έχει πάχος 40-50 m και αποτελείται από φακοειδείς εναλλαγές τεφρών έως λευκών, μη συνεκτικών, χονδροκλαστικών κροκαλοπαγών. Καθώς μεταβαίνουμε από τη βάση προς την κορυφή του σχηματισμού παρατηρείται μια συνεχής μείωση του μεγέθους των χαλικιών - κροκαλών (Koufos et al., 1995).



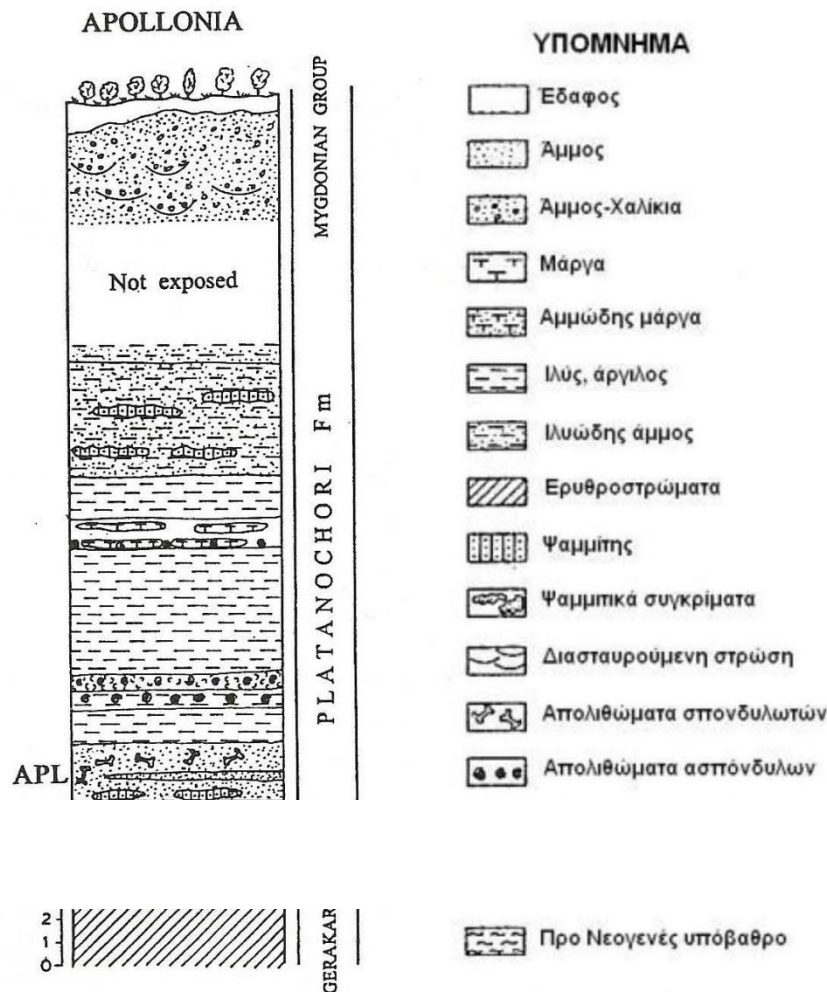
Εικ.1.9. Συνοπτική στρωματογραφική στήλη του Σχηματισμού Χρυσανγής (Koufos et al., 1995)

Ο Σχηματισμός Γερακαρούς (Εικ.1.10) καταλαμβάνει μεγάλο μέρος της λεκάνης. Το πάχος του ξεπερνά τα 100 m και απαρτίζεται κατά κύριο λόγο από ερυθροστρώματα. Αυτά αποτελούνται από ρυθμικές εναλλαγές διαβαθμισμένων στρωμάτων, κροκαλών, ψαμμιτών και αργιλικών υλικών, με χαρακτηριστικό ερυθρόφαιο χρώμα, που οφείλεται στα αργιλικά υλικά που περιέχουν. Επίσης ξεχωρίζουν λόγω της χαρακτηριστικής διάβρωσης που παρουσιάζουν. Ο Σχηματισμός της Γερακαρούς χρονολογείται στο Κατώτερο Πλειστόκαινο (Ψιλοβίκος, 1977, Koufos et al., 1995).



Εικ.1.10. Συνοπτική στρωματογραφική στήλη του Σχηματισμού Γερακαρούς (Koufos et al., 1995)

Τέλος, ο Σχηματισμός Πλατανοχωρίου (Εικ.1.11) εμφανίζεται σε περιορισμένες θέσεις μέσα στη λεκάνη. Συγκεκριμένα εντοπίζεται στο νοτιοανατολικό τμήμα της Μυγδονίας (Πλατανοχώρι, Ριζά, Απολλωνία) ως υπολείμματα διάβρωσης. Το πάχος του κυμαίνεται από 10 έως 20 m και αποτελείται από ποτάμια - ποταμολιμναία ιζήματα. Χρονολογείται στο Ανώτερο τμήμα του Κατώτερου Πλειστοκαίνου και αντιπροσωπεύει ένα μεταβατικό στάδιο από την Προμυγδονιακή στη Μυγδονιακή Ομάδα (Koufos et al., 1995).



Εικ.1.11. Συνοπτική στρωματογραφική στήλη του Σχηματισμού Πλατανοχωρίου (Koufos et al., 1995)

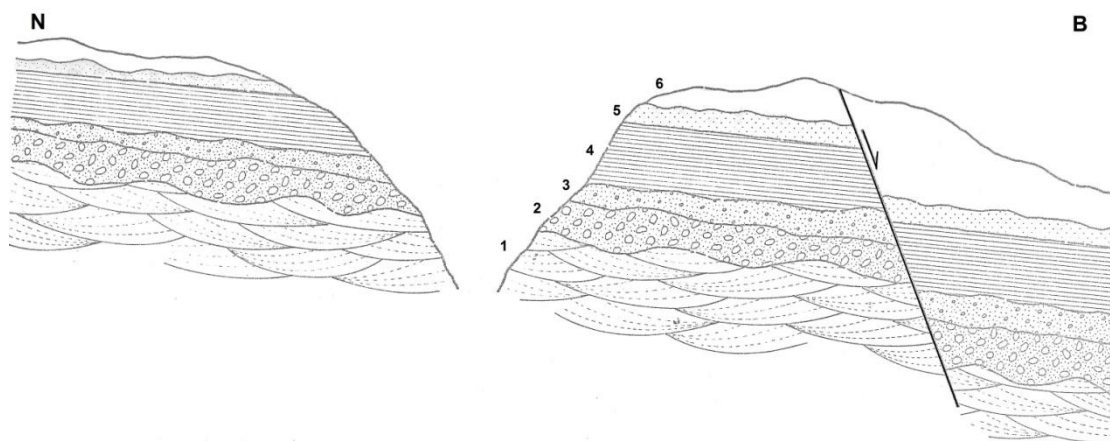
Β. Μυγδονιακή Ομάδα

Περιλαμβάνει τους ιζηματογενείς σχηματισμούς της Μυγδονίας λεκάνης που αποτέθηκαν ασύμφωνα επάνω στα ιζήματα της Προμυγδονιακής Ομάδας κατά το Μέσο - Ανώτερο Πλειστόκαινο. Από τη βάση προς την κορυφή της ομάδας αυτής παρατηρείται μια συνεχής μείωση του μεγέθους των κόκκων. Στη βάση της υπάρχουν χονδρόκοκκα κλαστικά ιζήματα τα οποία μεταβαίνουν σε άμμους, ιλύες και αργίλους, ενώ προς την κορυφή υπάρχουν ιλυοαργιλώδη και αμμώδη ιζήματα. Τέλος στο ανώτατο τμήμα εμφανίζονται κατά τόπους κροκάλες, ψαμμίτες, άμμοι και τραβερτίνες (Ψιλοβίκος, 1977, Koufos et al., 1995).

Ιδιαίτερη αναφορά αξίζει να γίνει στα ιζήματα που εντοπίζονται στην περιοχή κατασκευής της ενωτικής τάφρου (κεντρική περιοχή της λεκάνης), στις αναβαθμίδες των χειμάρρων Λαγκαδικίων και Σχολαρίου. Τα ιζήματα αυτά αποτέθηκαν τόσο στον πυθμένα όσο και στα περιθώρια της Μυγδονίας λίμνης κατά τη φάση πλήρωσης της λεκάνης και συνιστούν τη λεγόμενη ακολουθία πληρώσεως (Ψιλοβίκος, 1977).

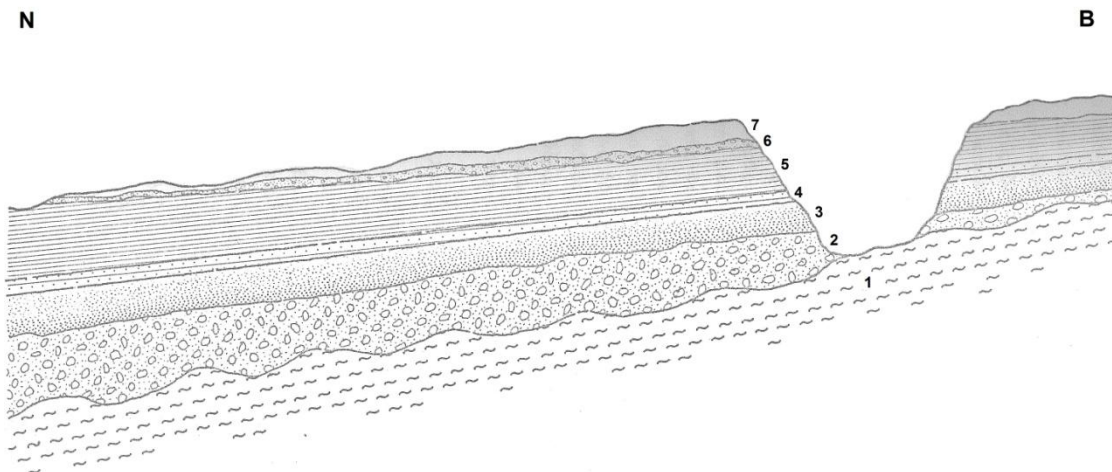
Στο χείμαρρο των Λαγκαδικίων η ακολουθία πληρώσεως βρίσκεται μεταξύ των υποκείμενων ερυθροστρωμάτων του Σχηματισμού Γερακαρούς (Προμυγδονιακή Ομάδα) στα οποία επικάθεται ασύμφωνα και των υπερκείμενων υλικών διάβρωσης. Αποτελείται από τα εξής στρώματα (Εικ.1.12):

- Ένα κατώτερο στρώμα κροκαλών αναμεμιγμένων με χονδρόκοκκη άμμο. Οι μεγαλύτερες σε μέγεθος κροκάλες αποτελούνται από γνεύσιο, μαρμαρυγιακό σχιστόλιθο, χαλαζία και πηγματίτη, ενώ οι μικρότερες από φυλλίτη. Η άμμος έχει κυρίως φυλλιτική σύσταση. Το πάχος του στρώματος αυτού κυμαίνεται από 0,5 έως 2 m.
- Ένα στρώμα άμμου με σαφή διαβάθμιση και κύρια σύσταση χαλαζία, μαρμαρυγίες και φυλλίτη. Το πάχος του κυμαίνεται από 0,3 έως 1 m.
- Ένα στρώμα αργιλικών στρώσεων, που αποτελείται από λεπτόκοκκο υλικό (μεγέθους ιλύος) και φτάνει σε πάχος μέχρι και τα 3 m.
- Ένα ανώτερο στρώμα άμμου που αποτελείται από χαλαζία μαρμαρυγίες και αργιλικό υλικό και έχει μέσο πάχος 1m (Ψιλοβίκος, 1977).



Εικ.1.12. Η ακολουθία πληρώσεως όπως εμφανίζεται στο χείμαρρο Λαγκαδικίων. 1: Ερυθροστρώματα, 2: Στρώμα κροκαλών - άμμου, 3: Στρώμα άμμου με σαφή διαβάθμιση, 4: Στρώμα αργιλικών στρώσεων, 5: Στρώμα άμμου κατά στρώσεις, 6: Υλικά διάβρωσης (Ψιλοβίκος, 1977).

Στο χείμαρρο Σχολαρίου η ακολουθία πληρώσεως έχει παρόμοια σύσταση με αυτή του χείμαρρου Λαγκαδικίων, με βασική διαφορά ότι υπέρκειται του υποβάθρου της Μυγδονίας λεκάνης (μαρμαρυγιακός σχιστόλιθος - γνεύσιοι) και όχι της Προμυγδονιακής Ομάδας (Εικ.1.13), (Ψιλοβίκος, 1977).



Εικ.1.13. Η ακολουθία πληρώσεως όπως εμφανίζεται στο χειμάρρο Σχολαρίου. 1: Υπόβαθρο Μυγδονίας (γνέσσιοι), 2: Στρώμα κροκαλών - άμμου, 3: Στρώμα άμμου με σαφή διαβάθμιση, 4: Εναλλαγές αργίλου - άμμου, 5: Στρώμα σργιλικών στρώσεων, 6: Παράκτιο κροκαλοπαγές, 7: Υλικά διάβρωσης (Ψιλοβίκος, 1977).

1.4. Τεκτονική

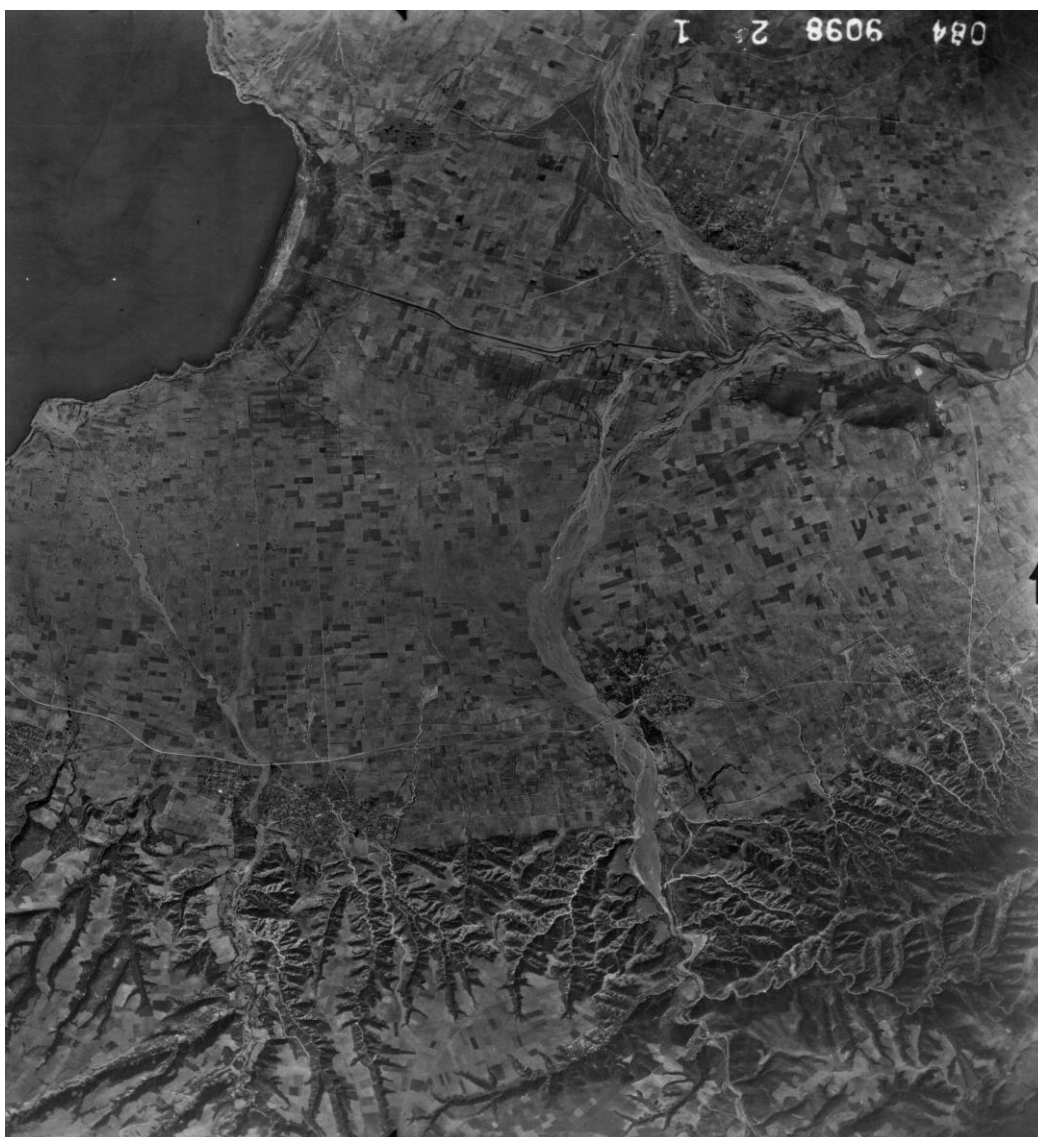
Σήμερα η επικρατούσα τεκτονική στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μυγδονίας είναι εφελκυστική, διεύθυνσης B-N με μικρές αποκλίσεις από BBA-NNΔ έως BBD-NNΑ. Η τεκτονική αυτή χρονολογείται από το Μέσο Πλειστόκαινο και είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία κανονικών ρηγμάτων διεύθυνσης Α-Δ, τα οποία στην πλειοψηφία τους είναι ενεργά. Παράλληλα στην περιοχή εντοπίζονται και ρήγματα διαφορετικής διεύθυνσης, τα οποία υπό την επίδραση του συγκεκριμένου εφελκυστικού πεδίου παρουσιάζουν συνιστώσα οριζόντιας μετατόπισης. Με τη δράση των ενεργών αυτών ρηγμάτων συνδέονται τα έντονα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του νότιου περιθωρίου της λεκάνης. Έτσι καθώς μεταβαίνουμε προς Βορρά οι βαθιές κοιλάδες σχήματος «V», που χαρακτηρίζουν το νότιο περιθώριο, εξομαλύνονται, ενώ παράλληλα η κλίση των ρεμάτων μειώνεται απότομα. Επιπλέον ως αποτέλεσμα του πολυρηγματωμένου (multifractured) χαρακτήρα της, η Μυγδονία λεκάνη διακρίνεται από μέτρια σεισμική δραστηριότητα⁽¹⁾, με ρυθμό ολίσθησης που ποικίλλει σημαντικά από θέση σε θέση (Παυλίδης, 2003).

⁽¹⁾ Σύμφωνα με το νέο Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ 2000) ο ελληνικός χώρος διακρίνεται σε τρεις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας, τις Ζώνες I, II και III (Εικ.1, Παράρτημα 1). Η λεκάνη της Μυγδονίας ανήκει στη Ζώνη II, με μέση τιμή εδαφικών επιταχύνσεων 0,24 g, όπου g η επιτάχυνση της βαρύτητας (URL_1).

2. Η ΕΝΩΤΙΚΗ ΤΑΦΡΟΣ

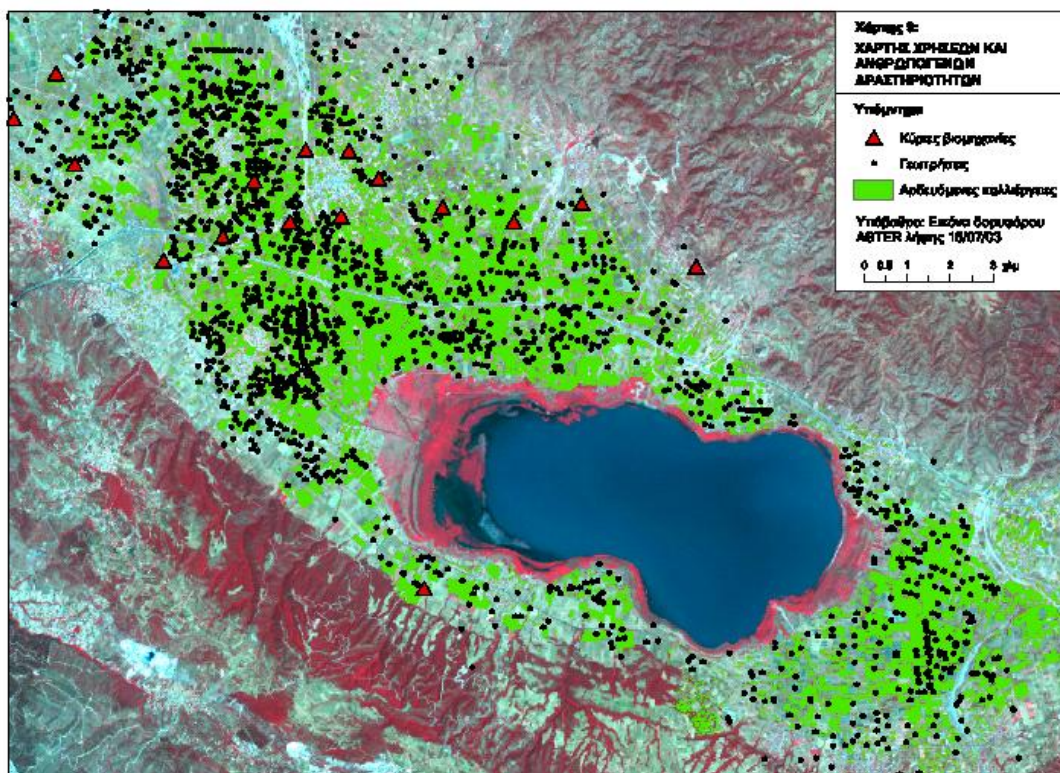
2.1. Το Χρονικό Συρρίκνωσης της Κορώνειας

Τη δεκαετία 1930-1940 η Υπηρεσία Εγγείων Βελτιώσεων (Υ.Ε.Β.) προχώρησε στην κατασκευή ενωτικής τάφρου μεταξύ των λιμνών Κορώνειας και Βόλβης (Εικ.2.1). Το έργο αυτό αποσκοπούσε στην αποστράγγιση των ελών που αναπτύσσονταν δυτικά της Κορώνειας, έπειτα από την εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων και είχε ως σκοπό να αποδοθούν οι εκτάσεις τους προς καλλιέργεια. Η αποστράγγιση αυτή άρχισε σταδιακά να στερεί την ποσότητα της περισεΐας του νερού από τους υπόγειους υδροφορείς. (Μουζούρη κ.ά., 2002).



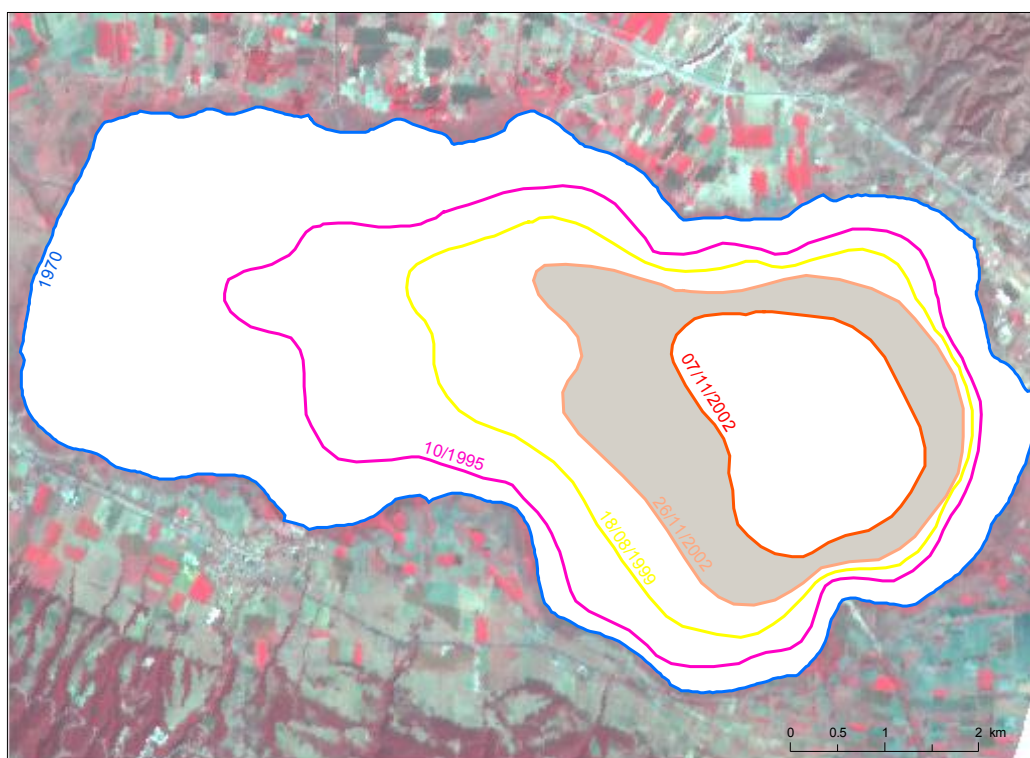
Εικ.2.1. Αεροφωτογραφία της Γ.Υ.Σ. (1945) όπου διακρίνονται: με σκούρο χρώμα η ενωτική τάφρος και με ανοικτό χρώμα οι χείμαρροι Λαγκαδικίων (στο κέντρο) και Σχολαρίου (πάνω) (Πηγή: Μ.Π.Ε., 2005).

Το έτος 1977, η λίμνη Κορώνεια στη μέση στάθμη +75 m είχε επιφάνεια 46,2 Km², με μέγιστο μήκος 11 Km, μέγιστο πλάτος 4,5 Km και μέγιστο βάθος 8,5 m. Στα νερά της διαβιούσαν δέκα διαφορετικά είδη ψαριών, ενώ το περιβάλλον της φιλοξενούσε δεκάδες είδη πανίδας, κυρίως ορνιθοπανίδας, και χλωρίδας. Στις αρχές της δεκαετίας 1980-1990 παράγοντες όπως οι χαμηλές τιμές της αγοράς γης, τα άφθονα αποθέματα νερού στον υδροφόρο ορίζοντα της περιοχής, καθώς και η μικρή απόσταση αυτής από την πόλη της Θεσσαλονίκης, οδήγησαν στην εγκατάσταση των πρώτων μεγάλων βιομηχανικών μονάδων. Συνολικά κοντά στη λίμνη Κορώνεια εγκαταστάθηκαν 19 βιομηχανίες (Εικ.2.2), οι μισές από τις οποίες ήταν βαφεία - φινιριστήρια, ενώ κατά τα τέλη της δεκαετίας του '90 δημιουργήθηκε και ένα εργοστάσιο επεξεργασίας γάλακτος. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τη ραγδαία ανάπτυξη της γεωργίας και της κτηνοτροφίας, είχε ως αποτέλεσμα οι ανάγκες για κατανάλωση ύδατος να αυξηθούν σημαντικά. Για την κάλυψη των αναγκών αυτών διανοίχτηκαν πολυάριθμες γεωτρήσεις, πολλές εκ των οποίων παράνομες. Ενδεικτικά μόνο αναφέρεται ότι στην ευρύτερη περιοχή έχουν κατασκευαστεί περίπου 2000 αβαθείς γεωτρήσεις, βάθους 20-40 m και περισσότερες από 500 υδρογεωτρήσεις βάθους 80-300 m (Εικ.2.2). Μάλιστα το μεγαλύτερο μέρος του όγκου του νερού αντλούνταν κατά τους θερινούς μήνες, κατά τους οποίους η στάθμη του υδροφορέα βρισκόταν ούτως ή άλλως σε χαμηλά επίπεδα (Ψιλοβίκος 1977, Κουσουρή, 2014, Περιοδική Έκδοση «Κορώνεια Βόλβη», 2009, Μουζούρη κ.ά., 2002, Μ.Π.Ε., 2005).



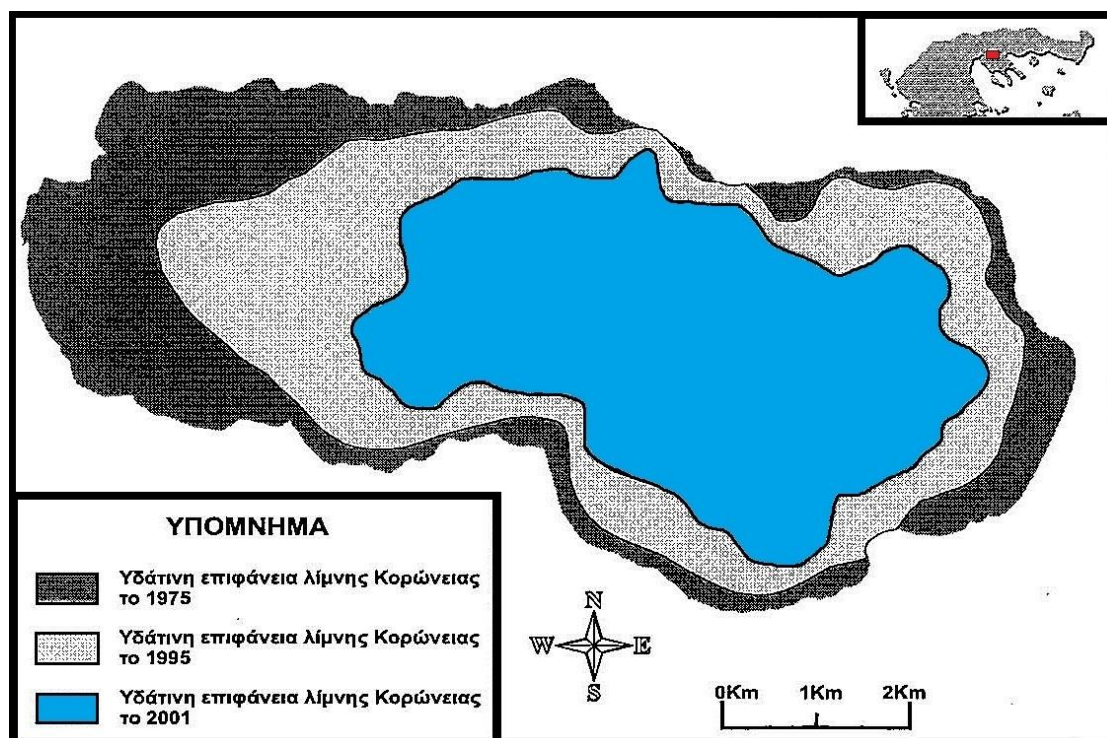
Εικ.2.2. Δορυφορική εικόνα της περιοχής περιμετρικά της λίμνης Κορώνειας κατά το έτος 2003. Διακρίνονται οι θέσεις των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, των υδρογεωτρήσεων καθώς και οι αρδευόμενες καλλιέργειες (Πηγή: Μ.Π.Ε., 2005)

Όλα αυτά, συναρτήσει και της παρατεταμένης ξηρασίας που έπληξε την ευρύτερη περιοχή την περίοδο 1989-1994, συντέλεσαν αφενός στη συνεχή συρρίκνωση της λίμνης, η στάθμη της οποίας βρισκόταν αρχικά στα +75 m απόλυτο υψόμετρο (Εικ. 1.4 & 1.5), αφετέρου στην υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων της, καθώς τόσο τα αστικά όσο και τα βιομηχανικά λύματα της γύρω περιοχής κατέληγαν απευθείας στα νερά της, δίχως να έχουν υποστεί κάποια επεξεργασία. Έτσι λοιπόν η Κορώνεια ενώ το έτος 1986 είχε περίπου 130 Mm³ νερό και μέγιστο βάθος 4 m, έφτασε περίπου μέσα σε μία δεκαετία, το 1995, να έχει μόλις 20 Mm³ νερό και μέγιστο βάθος λιγότερο από 1 m. Το καλοκαίρι μάλιστα του 1995 συντελέστηκε μια από τις μεγαλύτερες οικολογικές καταστροφές στην Ελλάδα. Συγκεκριμένα στις 31 Ιουλίου 1995 σημειώθηκαν οι πρώτοι θάνατοι ψαριών στο ΒΑ άκρο της λίμνης. Το φαινόμενο αυτό συνεχίστηκε τις επόμενες ημέρες με αποκορύφωμα το μαζικό θάνατο ψαριών στις 15, 16 και 17 Αυγούστου και τον πλήρη αφανισμό της ιχθυοπανίδας (Μ.Π.Ε., 2005, Κουσουρή, 2014, Περιοδική Έκδοση «Κορώνεια Βόλβη», 2009). Αιτία του θανάτου των ψαριών ήταν ο ευτροφισμός⁽²⁾ και η έντονη ρύπανση των υδάτων της λίμνης (Michaloudi et al., 2012).

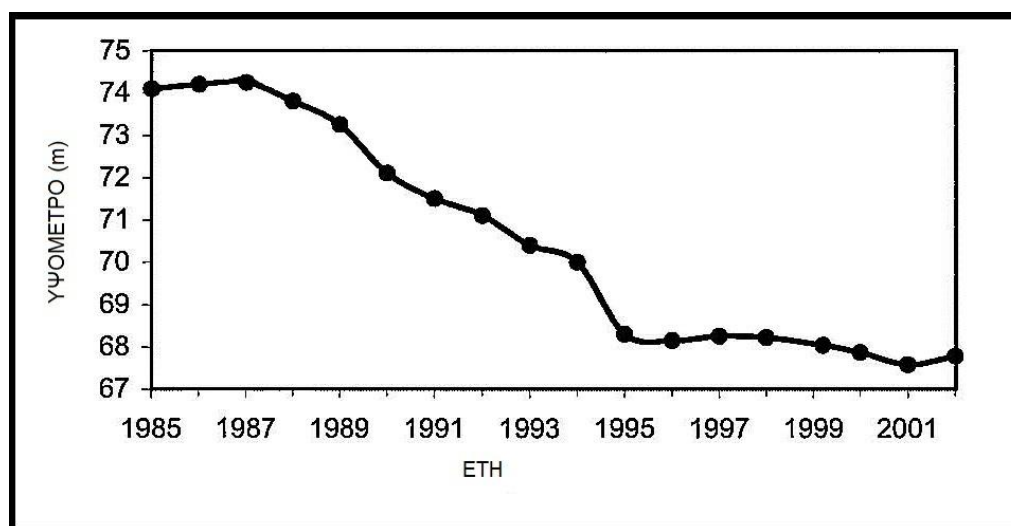


Εικ.2.3. Μεταβολή της έκτασης της λίμνης Κορώνειας μεταξύ των ετών 1970-2002 (Ζαλίδης κ.ά., 2004)

⁽²⁾ Συνθήκη η οποία επικρατεί σε εμπλουτισμένα με θρεπτικά συστατικά, επιφανειακά υδροσυστήματα. Τα θρεπτικά συστατικά, κυρίως φωσφορικές (P) και νιτρικές (N) ενώσεις, προερχόμενα ως επί το πλείστον από τον άνθρωπο (λιπάσματα, αστικά και βιομηχανικά λύματα κ.ά.), συμβάλλουν στη ραγδαία ανάπτυξη των φυκών και των αλγών, στην ελάττωση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό και τελικά στο θάνατο των υδάτινων οργανισμών από ασφυξία (Βουδούρης, 2009).



Εικ.2.4. Μεταβολή της έκτασης της λίμνης Κορώνειας μεταξύ των ετών 1975-2001 (Μουζούρη κ.ά., 2002)



Εικ.2.5. Η πορεία της μέσης ετήσιας στάθμης της λίμνης Κορώνειας κατά το χρονικό διάστημα 1985 - 2001. Παρατηρείται ότι από το 1987 έως το 1995 η στάθμη του νερού μειώθηκε ραγδαία, για να σταθεροποιηθεί (περίπου) στη συνέχεια σε εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα (Μουζούρη κ.ά., 2002)

Το καλοκαίρι του 2002 η λίμνη αποξηράνθηκε τελείως. Ωστόσο από τις αρχές του επόμενου έτους, νερό άρχισε και πάλι να συσσωρεύεται στον πυθμένα της. Το καλοκαίρι του 2003 τοπικοί αλιείς εισήγαγαν στη λίμνη κάποια ψάρια, κυρίως κυπρινοειδή. Το Σεπτέμβριο του 2004 στις όχθες της λίμνης εντοπίστηκαν χιλιάδες νεκρά ψάρια και πουλιά, ο μαζικός θάνατος των οποίων συνέπεσε με μια εξαιρετικά πυκνή άνθηση τοξικών μικροοργανισμών στα νερά (Moustaka - Gouni et al., 2004, Genitsaris et al., 2009, Michaloudi et al., 2009).

Πίνακας 2.1. Μορφομετρικές, φυσικές και χημικές παράμετροι σε δείγματα νερού από τη λίμνη Κορώνεια, για το διάστημα 10/03/2003 - 29/12/2004 (Michaloudi et al., 2012)

Ημερομηνία	Μέγιστο Βάθος (m)	Διαφάνεια Νερού (Secchi D., m)	Θερμοκρασία (°C)	pH	Διαλυμένο Οξυγόνο (mg/l)	Αλατότητα (P.S.U.)	Αγωγιμότητα (mS/cm)
10/03/2003	1,50	0,50	9,5	9,50	4,40	2,38	4,42
20/04/2003	1,50	0,50	15,3	9,07	4,50	2,20	4,18
25/05/2003	1,50	0,30	24,2	9,19	8,30	2,36	4,39
22/06/2003	1,20	0,15	-	8,80	7,60	2,10	3,94
13/07/2003	1,20	0,15	-	9,10	7,10	3,04	5,89
03/08/2003	1,20	0,20	24,2	9,02	11,50	3,36	6,21
21/09/2003	1,05	0,25	24,1	9,44	7,90	4,30	7,91
09/11/2003	1,05	0,18	12,8	8,98	6,65	4,06	7,44
08/02/2004	1,40	0,34	10,3	8,97	8,05	3,21	5,86
28/03/2004	1,40	0,23	13,0	9,12	6,80	3,16	5,83
30/04/2004	1,30	0,80	19,7	9,12	8,65	-	-
23/05/2004	1,26	0,40	24,2	-	-	3,34	6,16
27/06/2004	1,20	0,25	26,8	9,21	6,45	3,54	6,52
22/07/2004	0,84	0,13	26,4	9,43	11,23	4,61	8,57
25/08/2004	0,90	0,20	24,3	9,50	5,80	4,56	8,35
17/09/2004	0,86	0,33	24,3	9,46	3,00	5,05	9,22
26/09/2004	0,88	0,21	23,2	9,44	6,85	5,06	9,16
06/10/2004	0,90	0,31	20,0	9,50	6,90	5,60	10,10
26/11/2004	0,80	0,14	3,0	9,52	9,20	5,30	9,60
29/12/2004	0,87	0,13	2,0	9,52	9,40	2,00	4,30

Τα επόμενα χρόνια η στάθμη της λίμνης παρουσίασε μικρή αύξηση, αλλά το καλοκαίρι του 2008 αποξηράνθηκε για μία ακόμη φορά. Σήμερα η Κορώνεια αποτελεί ένα εφήμερο υδάτινο σύστημα· χαρακτηρίζεται ως προσωρινή ή εποχική ή διαλειπούσα λίμνη, καθώς σε συνθήκες ανομβρίας μπορεί ανά πάσα στιγμή να αποξηρανθεί εκ νέου (Κουσουρής, 2014).

2.2. Σκοπός του Τεχνικού Έργου

Μετά την πλήρη αποξήρανση της λίμνης Κορώνειας το 1995, η Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Θεσσαλονίκης (ΝΑΘ) προσέφυγε στο Ταμείο Συνοχής της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με σκοπό την εύρεση λύσης στο τεράστιο οικολογικό ζήτημα που προέκυψε. Το Ταμείο αποφάνθηκε θετικά και έτσι τρία χρόνια αργότερα, το 1998, η αγγλική εταιρεία Knight Piesold, σε συνεργασία με τοπικούς επιστημονικούς φορείς, κατέθεσε ένα σχέδιο περιβαλλοντικής αποκατάστασης της λίμνης Κορώνειας, τόσο ποιοτικής όσο και ποσοτικής, με σκοπό να επανέλθει στα επίπεδα της δεκαετίας του '70, με τίτλο «Περιβαλλοντική αποκατάσταση της λίμνης Κορώνειας». Το σχέδιο αυτό, γνωστό ως Master Plan I, πρότεινε τη μεταφορά νερού στη λίμνη Κορώνεια είτε από την ίδια υδρολογική λεκάνη, π.χ. μέσω εκτροπής των χειμάρρων Λαγκαδικίων και Σχολαρίου, είτε από άλλη υδρολογική λεκάνη, π.χ. από τον ποταμό Αλιάκμονα. Επιπρόσθετα έδινε ιδιαίτερη έμφαση στη σημασία εξοικονόμησης νερού από τις γεωργικές δραστηριότητες, μέσω αλλαγών στις πρακτικές άρδευσης και καλλιέργειας, καθώς και στη σημασία κατασκευής έργων για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων και των βιομηχανικών αποβλήτων της ευρύτερης περιοχής. Ωστόσο το όλο εγχείρημα έμεινε ανεκπλήρωτο καθώς το σχέδιο δεν εγκρίθηκε από την αρμόδια διεύθυνση του ΥΠΕΧΩΔΕ (URL_2).

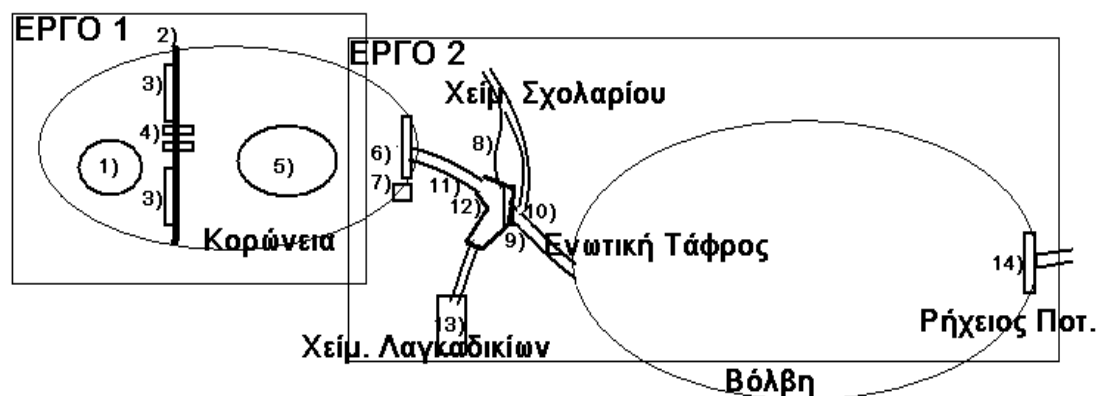
Το 2004 η ΝΑΘ προχώρησε στην αναθεώρηση του αρχικού σχεδίου αποκατάστασης της λίμνης Κορώνειας. Το αναθεωρημένο σχέδιο, Master Plan II, περιλάμβανε μια σειρά μέτρων και έργων, τόσο σε επίπεδο συστήματος λίμνης - υγρότοπου, όσο και σε επίπεδο λεκάνης απορροής. Τα μέτρα - έργα αυτά στόχευαν στην υδρολογική αποκατάσταση της λίμνης, στη βελτίωση της ποιότητας των υδάτων της, στη στήριξη των τροφικών πλεγμάτων και στην ενίσχυση της βιοποικιλότητας, ιδιαίτερα της ορνιθοπανίδας και της ιχθυοπανίδας. Ωστόσο κρίθηκε ότι η αποκατάσταση του υγρότοπου στα επίπεδα της δεκαετίας του '70, κάτι στο οποίο απέβλεπε το Master Plan I, ήταν πρακτικά αδύνατη. Αντίθετα εφικτός στόχος ήταν το ενιαίο σύστημα της λεκάνης της Μυγδονίας να καταστεί αυτοσυντηρούμενο (self sustainable) ακόμη και σε δύσκολα υδρολογικά έτη, τα οποία εξάλλου χαρακτηρίζουν τα Μεσογειακά οικοσυστήματα (Μ.Π.Ε., 2005).

Μέσα από ένα σύνολο προτεινόμενων μέτρων και έργων, στην τελική υποβολή προς χρηματοδότηση στο Ταμείο Συνοχής II εντάχθηκαν, υπό τον τίτλο «Αποκατάσταση της λίμνης Κορώνειας, Ν. Θεσσαλονίκης», τα υποέργα «Δημιουργία και διαμόρφωση υγρότοπου και βαθέων ενδιαιτημάτων», «Έργα βελτίωσης υδραυλικών χαρακτηριστικών και αμφίδρομη λειτουργία ενωτικής τάφρου», «Έργα λιμνοδεξαμενών ωρίμανσης» και «Διαχείριση καλαμώνων στο υγροτοπικό σύστημα της Κορώνειας». Παράλληλα στην υποβολή συμπεριλαμβάνονταν η παρακολούθηση των διαχειριστικών παρεμβάσεων, η δημιουργία Συστήματος Υποστήριξης Λήψης Αποφάσεων, ενέργειες ενημέρωσης - ευαισθητοποίησης και ενίσχυσης του εθελοντισμού, καθώς και η παρουσία συμβούλου διαχείρισης του έργου (Μ.Π.Ε., 2005).

Από τα προαναφερθέντα υποέργα, το υποέργο με τίτλο «Έργα βελτίωσης υδραυλικών χαρακτηριστικών και αμφίδρομη λειτουργία ενωτικής τάφρου», που αποτελεί και το βασικό θέμα της παρούσας εργασίας, θα εξασφάλιζε την επικοινωνία μεταξύ των δύο λιμνών, έτσι ώστε μακροπρόθεσμα η λίμνη Κορώνεια να μην αποτελεί τελματική λίμνη. Βραχυπρόθεσμα αποσκοπούσε στη σταδιακή ανύψωση της στάθμης της μέχρι την ισοϋψή των 72 m, με τη μερική παροχέτευση των χειμάρρων Λαγκαδικίων και Σχολαρίου. Συγκεκριμένα υπολογίστηκε ότι σε ετήσια βάση η λίμνη Κορώνεια θα εμπλουτιζόταν με 9,5 εκ. m³ νερού, ιδιαίτερα κατά τους χειμερινούς μήνες. Σε γενικές γραμμές το έργο αυτό, πέρα από τη βελτίωση του υδατικού ισοζυγίου της λίμνης Κορώνειας και των ποιοτικών χαρακτηριστικών των υδάτων της, θα διασφάλιζε τη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης της ορνιθοπανίδας και της ιχθυοπανίδας της περιοχής, τη διατήρηση της στάθμης της λίμνης Βόλβης, τη διατήρηση ικανής παροχής στο Ρήχιο ποταμό καθώς επίσης και την προστασία των γειτονικών περιοχών από πλημμυρικά φαινόμενα (Μ.Π.Ε., 2005, Τζιμόπουλος & Πλιάτσικα, 2005).

Γενικότερα όλα τα μέτρα και τα έργα που προτάθηκαν από το Master Plan II σχετίζονται μεταξύ τους, είτε άμεσα είτε έμμεσα, με διάφορες και πολυδιάστατες παραμέτρους. Ωστόσο, ως αμεσότερα λειτουργικά σχετιζόμενο με το εξεταζόμενο τεχνικό έργο, θεωρείται το υποέργο δημιουργίας και διαμόρφωσης υγροτόπου και βαθέων ενδιαιτημάτων, εντός της λίμνης Κορώνειας (Εικ.2.5) (Μ.Π.Ε., 2005)

- 1) Πέντε υδατοσυλλογές
- 2) Ανάχωμα (πρόφραγμα) ύψους 2,30μ
- 3) Δύο υπερχειλιστές άμεσης εκκένωσης μήκους 2Χ350,0μ στάθμης +73,00μ
- 4) Δύο οχετοί βαθμιαίας εκκένωσης Φ1000
- 5) Βαθεία ενδιαιτήματα
- 6) Ένας υπερχειλιστής διατήρησης στάθμης μήκους 30,00μ στάθμης +72,00μ
- 7) Τριπλό θυρόφραγμα ελεγχόμενης τροφοδοσίας πλάτους 3Χ1,00μΧ0,30μ στάθμης +71.50μ/+72,00μ
- 8) Διώρυγα διαχείρισης νερών Χειμ. Σχολαρίου σταθερής παροχής 30,00μ³/sec με έργο εισόδου AVIS 3Χ3.50Χ1.30
- 9) Υπερχειλιστής διατήρησης στάθμης +73,00μ
- 10) Οχετός βαθμιαίας εκκένωσης Φ600
- 11) Τάφρος αμφίδρομης λειτουργίας πλάτους 27,00μ και στέψης αναχωμάτων +77,00μ
- 12) Δεξαμενή αναρρόθμισης όγκου έως 15.000μ³
- 13) Δεξαμενή συγκράτησης φερτών όγκου 50.000μ³ Χειμ. Λαγκαδικίων
- 14) Ένας υπερχειλιστής πλάτους 20,00μ στάθμης +37,00μ

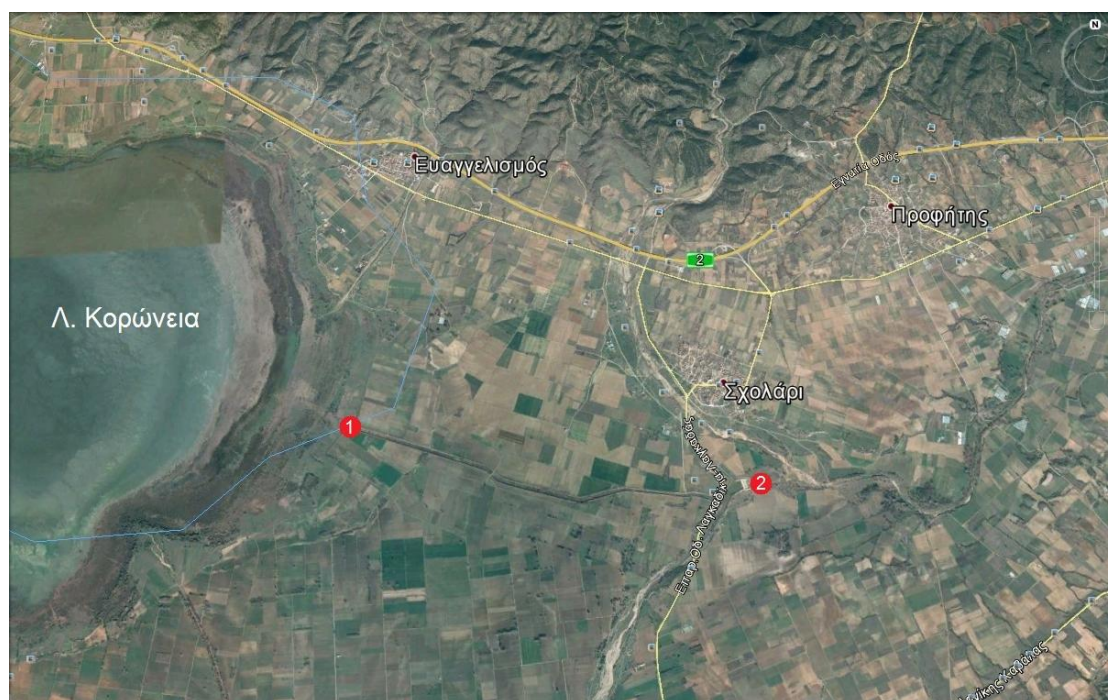


Εικ.2.5. Σχηματική απεικόνιση της θέσης του προς μελέτη τεχνικού έργου (Έργο 2) και των επιμέρους έργων του (6-14) σε σχέση με τις δύο λίμνες και με το υποέργο δημιουργίας και διαμόρφωσης βαθέων ενδιαιτημάτων (Έργο 1, υποέργα 1-5), (Πηγή: Μ.Π.Ε., 2005)

Όπως διακρίνεται και στο παραπάνω σχήμα, τα δύο υποέργα δρουν συμπληρωματικά μεταξύ τους. Ιδιαίτερα τα επιμέρους υδραυλικά - διαχειριστικά έργα αυτών, δηλαδή το ανάχωμα υγροτόπου στις βορειοδυτικές όχθες της λίμνης Κορώνειας (2), το οποίο συνοδεύεται από δύο υπερχειλιστές άμεσης εκκένωσης (3) και δύο οχετούς βαθμιαίας εκκένωσης (4), το έργο ρύθμισης της εκροής από τη λίμνη Κορώνεια προς την ενωτική τάφρο στα ανατολικά αυτής, το οποίο αποτελείται από ένα σταθερό υπερχειλιστή διατήρησης της στάθμης του νερού (6) και ένα μεταβαλλόμενο χειρωνακτικά θυρόφραγμα για τον έλεγχο της τροφοδοσίας της ενωτικής τάφρου και της λίμνης Βόλβης με νερό (7), τη διώρυγα διαχείρισης στο χειμάρρο Σχολαρίου (8), τα έργα υδροληψίας στη συμβολή των χειμάρρων Λαγκαδικίων και Σχολαρίου με την ενωτική τάφρο καθώς και τη διευθέτηση της ίδιας της ενωτικής τάφρου ώστε να λειτουργεί αμφίδρομα (9-13) και τέλος το έργο ρύθμισης της εκροής από τη λίμνη Βόλβη προς τον ποταμό Ρήχιο και από εκεί στον Στρυμονικό κόλπο (14). Για το λόγο αυτό κρίθηκε απαραίτητη η συγχρονισμένη και παράλληλη υλοποίηση τόσο της τεχνικής μελέτης όσο και της λειτουργίας τους (Μ.Π.Ε., 2005).

2.3. Τεχνικογεωλογικά Χαρακτηριστικά του Έργου

Το έργο χωροθετείται στην ανατολική πλευρά της λίμνης Κορώνειας, στην ενωτική τάφρο μεταξύ Κορώνειας - Βόλβης, μέχρι και τη συμβολή των χειμάρρων Λαγκαδικίων και Σχολαρίου (Εικ.2.6) και στον ποταμό Ρήχιο (Εικ.2.7), του Νομού Θεσσαλονίκης.



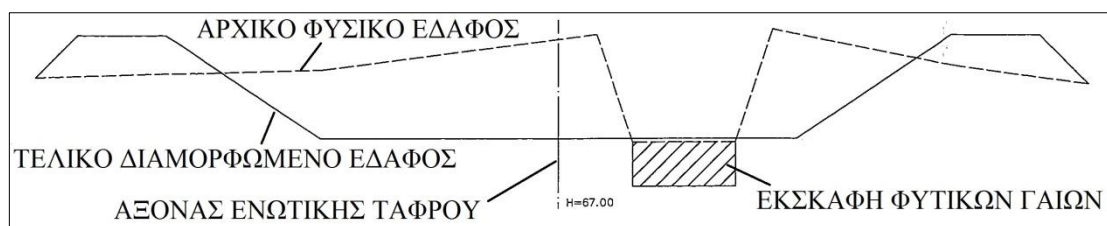
Εικ.2.6. Η ανατολική πλευρά της λίμνης Κορώνειας όπου διακρίνονται το δυτικό (1) και το ανατολικό (2) όριο της ενωτικής τάφρου (Πηγή: Google Earth)



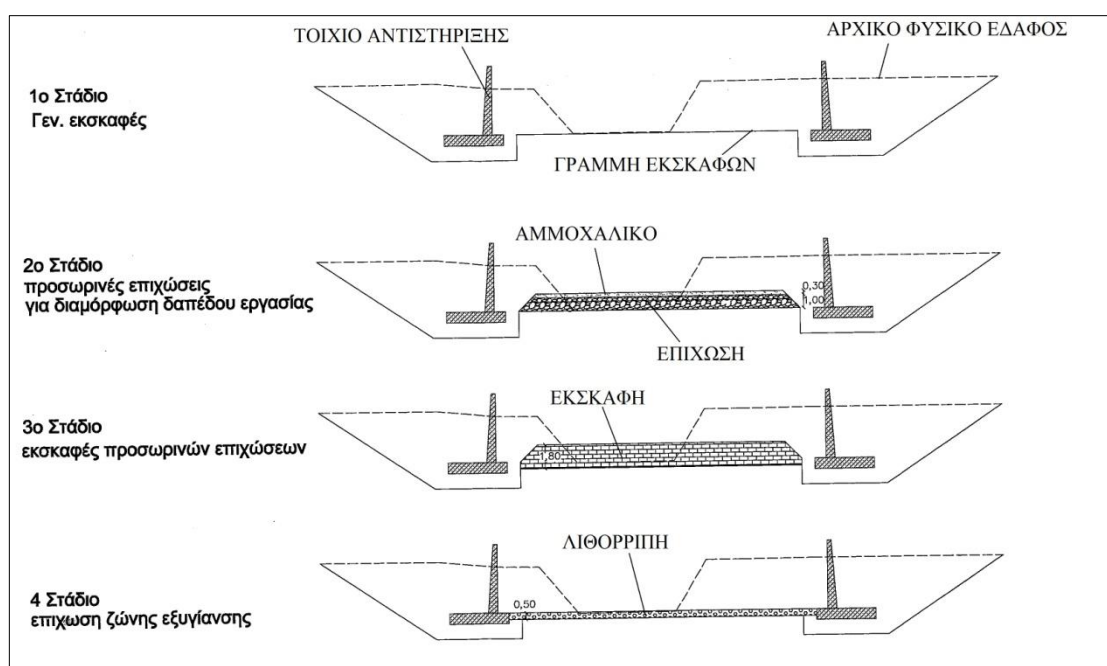
Εικ.2.7. Η ανατολική πλευρά της λίμνης Βόλβης όπου σημειώνεται η κοίτη του Ρήχιου ποταμού, στην οποία πραγματοποιήθηκαν τεχνικές παρεμβάσεις (Πηγή: Google Earth)

Σύμφωνα με τη Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών της ΝΑΘ, το έργο περιλάμβανε εργασίες διάνοιξης και διευθέτησης της προϋπάρχουσας ενωτικής τάφρου μεταξύ των λιμνών Κορώνειας και Βόλβης, καθώς και εργασίες διαχείρισης των υδάτων των χειμάρρων Λαγκαδικίων και Σχολαρίου στην περιοχή συμβολής τους. Επίσης προέβλεπε τη διαχείριση των υδάτων στην εκβολή της λίμνης Βόλβης προς τον ποταμό Ρήχιο. Αναλυτικότερα το έργο περιλάμβανε:

- 1) Τη διάνοιξη και διαμόρφωση της κοίτης της ενωτικής τάφρου ώστε να εξασφαλίζεται η ροή υδάτων από τη λίμνη Κορώνεια προς τη λίμνη Βόλβη. Οι παρεμβάσεις αυτές έγιναν σε συνολικό μήκος 4,7 km. Δημιουργήθηκε διατομή σχήματος τραπεζίου (Σχ.2.1) με γεωμετρικά χαρακτηριστικά τέτοια που να διασφαλίζουν την ακεραιότητα των γειτονικών εκτάσεων. Έτσι κατά τόπους τα πρανή επενδύθηκαν με λιθοπλήρωτα συρματοκιβώτια, τα λεγόμενα «σαραζανέτια», ενώ υπάρχουν και περιοχές όπου τόσο τα πρανή όσο και η κοίτη της τάφρου επενδύθηκαν με οπλισμένο σκυρόδεμα. Πιο αναλυτικά η διατομή χωρίς επένδυση έχει ολικό μήκος 3.274,96 m, πλάτος πυθμένα τουλάχιστον 27 m και κλίση πρανών 1,5:1,0 (βάση:ύψος) ή 1,0:1,0 (βάση:ύψος) σε θέσεις όπου απαιτήθηκε κατασκευή αναχωμάτων. Η στέψη των πρανών βρίσκεται σε υψόμετρο +75 m στο στόμιο εξόδου της λίμνης Κορώνειας, ενώ προς τα ανατολικά αυξάνεται, φτάνοντας τα + 77 m. Σε θέσεις όπου εκτιμήθηκε ότι θα εκδηλωθούν φαινόμενα αστάθειας κατασκευάστηκε τοιχίο αντιστήριξης από οπλισμένο σκυρόδεμα (Σχ.2.2).



Σχ.2.1. Απεικόνιση της διατομής σχήματος τραπεζίου κατά μήκος της κοίτης της ενωτικής τάφρου (Πηγή: Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Θεσσαλονίκης, Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών)



Σχ.2.2. Στάδια διαμόρφωσης της κοίτης της ενωτικής τάφρου στις θέσεις των τοιχίων αντιστήριξης (Πηγή: Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Θεσσαλονίκης, Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών)

Όσο αφορά τη διατομή με επένδυση λιθοπλήρωτων συρματοκιβωτίων, αυτή έχει ολικό μήκος 377 m, πλάτος πυθμένα τουλάχιστον 23 m και κλίση πρανών 1,0:1,0 (βάση:ύψος), ενώ η στέψη των πρανών βρίσκεται σε υψόμετρο +77 m. Τα συρματοκιβώτια έχουν πλάτος 2 m και ύψος 1 m. Τέλος η διατομή με επένδυση και της κοίτης και των πρανών με οπλισμένο σκυρόδεμα έχει ολικό μήκος 348 m, πλάτος πυθμένα τουλάχιστον 20 m, κλίση πρανών 1,0:5,0 (βάση:ύψος), ενώ η στέψη των πρανών βρίσκεται σε υψόμετρο +77 m. Το μέσο πάχος της επένδυσης είναι 0,5 m.

Σημειώνεται ότι ο πυθμένας κατά μήκος της τάφρου έχει σταθερή κλίση ίση με 0,275‰ προς τα ανατολικά, ενώ καλύφθηκε εξολοκλήρου από στρώμα ζεολίθου, αναμεμιγμένου με χώμα από τα προϊόντα εκσκαφής, πάχους 0,15 m. Επίσης κατά μήκος της τάφρου κατασκευάστηκαν δύο γέφυρες, η μία στον άξονα της επαρχιακής οδού Λαγκαδικίων – Σχολαρίου και η άλλη σε θέση προϋπάρχουσας γέφυρας η οποία δε θα ανταποκρινόταν στο απαιτούμενο υψόμετρο του πυθμένα της ενωτικής τάφρου.

- 2) Την εκροή της λίμνης Κορώνειας. Για το σκοπό αυτό κατασκευάστηκε υπερχειλιστής από λιθοπλήρωτα συρματοκιβώτια, ενώ στο ανατολικότερο τμήμα του έγινε και εμποτισμός με σκυρόδεμα για αύξηση της αντοχής. Το μήκος του υπερχειλιστή φτάνει τα 25 m. Επίσης για τον ίδιο σκοπό, νότια του υπερχειλιστή κατασκευάστηκε διάταξη ελέγχου ροής αποτελούμενη από τρία συρόμενα θυροφράγματα από χάλυβα, διαστάσεων 1,0×0,5 m το καθένα, τα οποία κινούνται με χειροκίνητο μηχανισμό.
- 3) Την κατασκευή λεκάνης αναρρύθμισης στο ανατολικό περιθώριο της Κορώνειας, στη θέση μεταξύ των χειμάρρων Λαγκαδικίων και Σχολαρίου στην ενωτική τάφρο. Ουσιαστικά πρόκειται για έναν κλιμακωτό υπερχειλιστή - φράγμα με τον οποίο επιτυγχάνεται ο έλεγχος της ροής στις στάθμες +73 m και +73,5 m αντίστοιχα. Το άνοιγμα του υπερχειλιστή στην στάθμη +73 είναι 40 m και στην στάθμη +73,5, είναι 70 m. Το έργο αποτελείται από λιθοπλήρωτα συρματοκιβώτια, έχει μήκος 29,22 m και πλάτος 78 m. Για την εξασφάλιση ομαλών συνθηκών ροής, στα ανάντη του υπερχειλιστή κατασκευάστηκε προστατευτικό επίχωμα, από τα προϊόντα των εκσκαφών, με κλίση πρανούς 1,5:1,0 (βάση:ύψος), ενώ στα κατάντη του υπερχειλιστή έγινε επένδυση της κοίτης με λιθοπλήρωτα συρματοκιβώτια συνολικού μήκους 19,5 m.
- 4) Εργασίες διευθέτησης της κοίτης του χειμάρρου Λαγκαδικίων, που αποσκοπούσαν στη συγκράτηση φερτών υλικών όγκου μέχρι και 50.000 m³. Στα πλαίσια των εργασιών αυτών κρίθηκε απαραίτητη η αναδιαμόρφωση της εθνικής οδού Λαγκαδικίων - Σχολαρίου.
- 5) Την κατασκευή διώρυγας διαχείρισης διαμέσου της οποίας θα διασφαλιζόταν η απόληψη μέρους της παροχής του χειμάρρου Σχολαρίου, μέχρι και 30 m³/sec. Η διώρυγα είναι σχήματος τραπεζίου, με πλάτος πυθμένα 11 m, κλίση πυθμένα 0.177% προς Νότο, κλίση πρανών 1,5:1,0 (βάση:ύψος), ενώ το μήκος της φτάνει περίπου τα 900 m. Περιλαμβάνει έναν υπερχειλιστή, πρόκειται για τσιμεντοσωλήνα εσωτερικής διαμέτρου 0,6 m, στην κοίτη του χειμάρρου Σχολαρίου και ένα ρουφράκτη στην αρχή της. Επίσης, επειδή η διώρυγα διέκοψε την πρόσβαση προς τις γειτονικές καλλιέργειες, κρίθηκε απαραίτητη η κατασκευή γέφυρας.
- 6) Εργασίες στο σημείο εκφόρτισης της λίμνης Βόλβης στον ποταμό Ρήχιο.

2.4. Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Πριν παρατεθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του τεχνικού έργου, κρίθηκε απαραίτητη μια αναφορά στο ισχύον νομικό καθεστώς προστασίας της ευρύτερης περιοχής των λιμνών Κορώνειας και Βόλβης.

Το Ελληνικό Κράτος έχει την υποχρέωση, μέσω μιας σειράς διεθνών συμβάσεων και συμφωνιών, να διασφαλίζει την προστασία και τη διατήρηση των φυσικών οικοσυστημάτων και ειδών. Στο πλαίσιο αυτό οι χερσαίες και υδάτινες περιοχές του υδροτοπικού συστήματος των λιμνών Κορώνειας - Βόλβης και Μακεδονικών Τεμπών, χαρακτηρίστηκαν ως «Εθνικό Πάρκο Υδροτόπων των Λιμνών Κορώνειας - Βόλβης και Μακεδονικών Τεμπών» (ΚΥΑ 6919/2004 (ΦΕΚ 248/5-3-2004)). Παράλληλα η ευρύτερη περιοχή έχει χαρακτηριστεί ως:

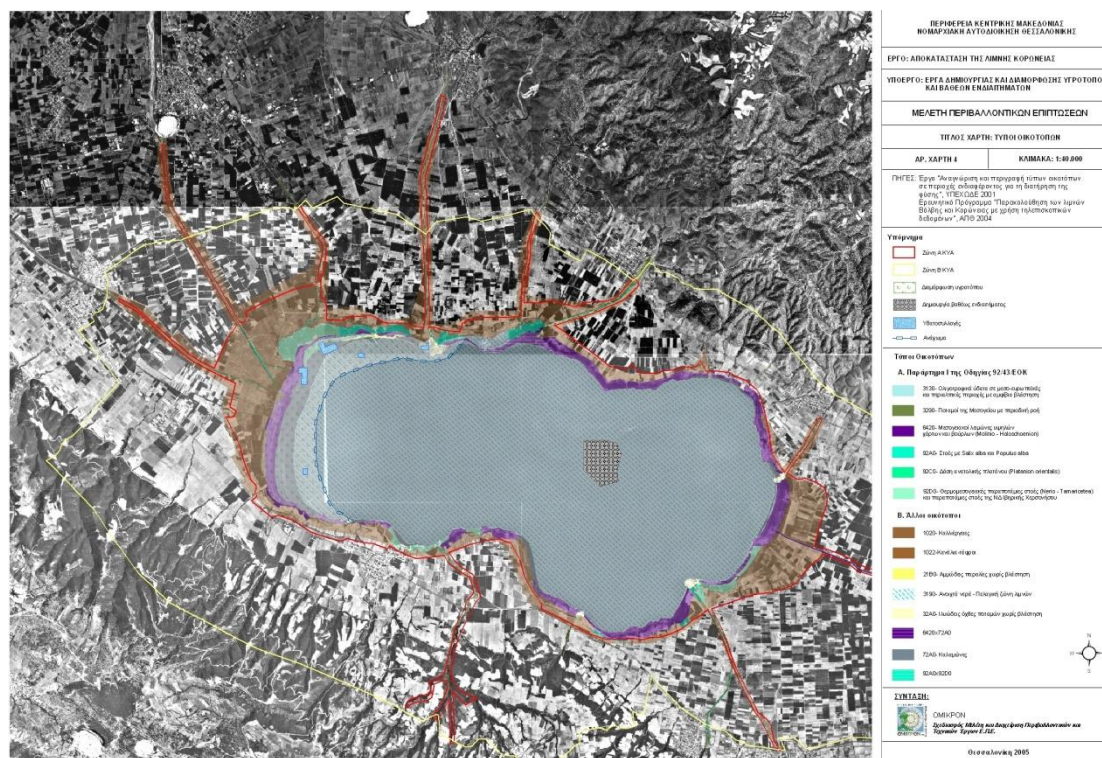
- Υγρότοπος Διεθνούς Σημασίας με την ονομασία «Λίμνες Βόλβη και Κορώνεια», βάσει της Διεθνούς Σύμβασης Ramsar⁽³⁾ (Ν.Δ. 191/74 (ΦΕΚ 350/Α/29-11-74), Ν. 1751/88 (ΦΕΚ 26/Α/9-2-88), Ν. 1950/91 (ΦΕΚ 84/Α/31-5-91)).
- Ζώνη Ειδικής Προστασίας με κωδικό και ονομασία «GR1220009 Λίμνες Βόλβη και Λαγκαδά και Στενά Ρεντίνας», σε εφαρμογή της οδηγίας 79/409/ΕΟΚ (ΚΥΑ 41498/29-11-85 (ΦΕΚ 757/Β), ΚΥΑ 294283/98 (ΦΕΚ 68/Β/98)).
- Τόπος Κοινοτικής Σημασίας για ένταξη στο Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο «NATURA 2000⁽⁴⁾» με κωδικό «GR 1220001 Λίμνες Βόλβη και Λαγκαδά, Ευρύτερη Περιοχή» και «GR 1220003 Στενά Ρεντίνας, Ευρύτερη Περιοχή», σε εφαρμογή της οδηγίας 92/43/ΕΟΚ (ΚΥΑ 33318 (ΦΕΚ 1289/Β/28-12-98)).
- Καταφύγια Άγριας Ζωής («Λίμνη Λαγκαδά» ΦΕΚ 398/Β/83, «Προφήτου Νυμφόπετρας» ΦΕΚ 423/Β/93, «Λίμνη Βόλβη» και «Λίμνη Κορώνεια» με ισχύ έως 31/7/99, «Παραλίμνιο Δάσος Απολλωνίας» ΦΕΚ 172/Β/86, «Ρήχειος Ποταμός» ΦΕΚ 569/Β/91)

Επίσης σύμφωνα με την ΚΥΑ 6919/2004, η περιοχή έχει χωριστεί σε τρεις συγκεντρικές ζώνες προστασίας, τις Ζώνες Α', Β' και Γ' (Εικ.2.8), οι οποίες εντάσσονται υπό την ευθύνη του Φορέα Διαχείρισης Λιμνών Κορώνειας Βόλβης⁽⁵⁾ (URL_5).

⁽³⁾ Σύμβαση για τους Υδροβιότοπους Διεθνούς Σημασίας. Πήρε το όνομά της από την ιρανική πόλη Ράμσαρ στην οποία υπογράφηκε στις 2 Φεβρουαρίου 1971. Σύμφωνα με αυτή κάθε χώρα μέλος έχει την υποχρέωση να ορίσει τουλάχιστον έναν υδροβιότοπο υπό καθεστώς προστασίας. Στην Ελλάδα υπάρχουν συνολικά 10 Υγρότοποι Ράμσαρ (Ελληνική Εταιρεία Περιβάλλοντος και Πολιτισμού, 2009).

⁽⁴⁾ Πανευρωπαϊκό δίκτυο για την προστασία των ειδών και των ενδιαιτημάτων τους, το οποίο ιδρύθηκε το Μάιο του 1992. Το ελληνικό δίκτυο Natura 2000 περιλαμβάνει σήμερα 419 περιοχές συνολικής έκτασης 4.294.205 εκταρίων. Η έκταση αυτή αντιστοιχεί στο 4,5% της έκτασης του ευρωπαϊκού δικτύου, κατατάσσοντας τη χώρα μας στη δέκατη θέση σε σχέση με τα 27 κράτη - μέλη της Ε.Ε. (URL_3).

⁽⁵⁾ Ο Φορέας Διαχείρισης Λιμνών Κορώνειας Βόλβης αποτελεί νομικό πρόσωπο ιδιωτικού δικαίου, εποπτευόμενο από το Υ.ΠΕ.Κ.Α. και έχει μη κερδοσκοπικό χαρακτήρα. Η χρηματοδότησή του προέρχεται από Εθνικούς Πόρους και Κοινοτικά Προγράμματα (Ε.Π.ΠΕΡ. κ.ά.). Εδρεύει στο Δήμο Λαγκαδά, ενώ υπό την αρμοδιότητά του λειτουργεί το κέντρο πληροφόρησης στην Απολλωνία του Δήμου Μαδύτου (URL_4).



Εικ.2.8. Τύποι οικοτοπίων και ζώνες περιμετρικά της λίμνης Κορώνειας (Πηγή: Μ.Π.Ε., 2005)

Αναλυτικότερα η Α' Ζώνη, εσωτερική ζώνη, περιλαμβάνει τις υδάτινες επιφάνειες και τις όχθες των δύο λιμνών, τους καλαμιώνες, τα ποτάμια, τους χειμάρρους, την παραλίμνια και παραποτάμια βλάστηση, τις γεωργικές εκτάσεις μεταξύ των δύο λιμνών καθώς και τις περιοχές «Απόλυτης Προστασίας», δηλαδή το δάσος της Απολλωνίας και τα Μακεδονικά Τέμπη. Στη ζώνη αυτή επιτρέπονται η επιστημονική έρευνα, οι κτηνοτροφικές, γεωργικές και αλιευτικές δραστηριότητες, ο ελλιμενισμός και η κίνηση μικρών αλιευτικών σκαφών σε προκαθορισμένες από το Φορέα θέσεις και διαδρομές αντίστοιχα, η συντήρηση του υφιστάμενου οδικού δικτύου, η λειτουργία, η συντήρηση και ο εκσυγχρονισμός των νόμιμα υφιστάμενων γεωτρήσεων και τέλος η διάθεση των αστικών και βιομηχανικών λυμάτων στις λίμνες ή στους χειμάρρους, μετά από την όσο δυνατό πληρέστερη επεξεργασία τους (Περιοδική Έκδοση «Κορώνεια Βόλβη», 2009).

Η Β' Ζώνη περιβάλλει την Α' Ζώνη και περιλαμβάνει τις χερσαίες εκτάσεις μεταξύ των οικισμών Ευαγγελισμός, Σχολάρι, Αγ. Βασίλειος, Νυμφόπετρα, Ρεντίνα, Μόδι, Ν. Μάδυτος, Κοκκαλού και εφάπτεται με τους οικισμούς Καβαλάρη, Δρακόντιο, Ανάληψη, Προφήτης, Λαγκαδίκια, Στίβος, Γερακαρού, Βασιλούδι, Βαϊοχώρι, Σταυρός, Ν. Απολλωνία και Πλατεία. Στη ζώνη αυτή επιτρέπονται μεταξύ άλλων η θήρα, σε απόσταση >300 m από την Α' Ζώνη, η κατασκευή μικρών κτηνοτροφικών μονάδων, υπό την προϋπόθεση να απέχουν απόσταση >500 m από την Α' Ζώνη και η κατανάλωσή τους σε νερό να μην ξεπερνά τα 10 m³ ανά ημέρα, η κατασκευή θερμοκηπίων, η ανέγερση γεωργικών αποθηκών μέγιστου εμβαδού 80 m²

και η ανέγερση μονώροφης κατοικίας μέγιστου εμβαδού 200 m² (Περιοδική Έκδοση «Κορώνεια Βόλβη», 2009).

Τέλος η Γ' Ζώνη, εξωτερική ζώνη, εκτείνεται από τη Β' Ζώνη μέχρι τα όρια της Μυγδονίας λεκάνης. Στη ζώνη αυτή επιτρέπονται μεταξύ άλλων η εγκατάσταση κτηνοπτηνοτροφικών μονάδων, υπό την προϋπόθεση να διαθέτουν αξιόπιστο σύστημα τουλάχιστον δευτεροβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων⁽⁶⁾, καθώς και σχέδιο διαχείρισης θνησιμότητας των ζώων. Επίσης επιτρέπονται όλες οι εξορυκτικές δραστηριότητες υπό την προϋπόθεση ότι το εξορυκτικό μέτωπο δε θα είναι ορατό από την Α' Ζώνη, θα απέχει τουλάχιστον 10 km από αυτή και δε θα επηρεάζει σημαντικά τα επιφανειακά και υπόγεια νερά (Περιοδική Έκδοση «Κορώνεια Βόλβη», 2009).

Το έργο χωροθετείται εντός της Α' Ζώνης Προστασίας. Βάσει λοιπόν του ισχύοντος νομικού καθεστώτος η κατασκευή αλλά και η λειτουργία του θα έπρεπε να εξασφαλίζουν την ελάχιστη διατάραξη του τοπικού οικοσυστήματος. Γενικά οι κυριότερες άμεσες και έμμεσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις του τεχνικού έργου μπορούν να διακριθούν σε αυτές κατά τη φάση κατασκευής του και σε αυτές κατά τη φάση λειτουργίας του.

Στις πρώτες συμπεριλαμβάνονται πρώτα απ' όλα οι επιπτώσεις στο έδαφος της περιοχής. Συγκεκριμένα στη ζώνη πρόσχωσης του χειμάρρου Σχολαρίου πραγματοποιήθηκε εκσκαφή και αφαίρεση επιφανειακού εδάφους, ενώ στην κοίτη του χειμάρρου Λαγκαδικίων πραγματοποιήθηκαν εργασίες διευθέτησης συνολικού μήκους 400 m. Παράλληλα εδαφικό υλικό αφαιρέθηκε και κατά μήκος της κοίτης της ενωτικής τάφρου, στα πλαίσια της αναδιαμόρφωσης - διεύρυνσής της. Οι επιπτώσεις αυτές, όπως είναι φυσικό, είναι μακροχρόνιες και μη αναστρέψιμες. Επίσης στις αρνητικές επιπτώσεις κατά τη φάση κατασκευής συγκαταλέγεται η όχληση της ορνιθοπανίδας και της ιχθυοπανίδας από τη διέλευση και τη λειτουργία των μηχανημάτων και των οχημάτων. Το μεγαλύτερο πρόβλημα αφορούσε την ιχθυοπανίδα του ποταμού Ρήχιου. Έτσι για να επιτευχθεί η ελάχιστη δυνατή όχληση, οι εργασίες στην κοίτη του ποταμού πραγματοποιήθηκαν κατά τη θερινή περίοδο, όπου αφενός η παροχή βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα, αφετέρου, δε συντελείται αναπαραγωγή των κυριότερων ειδών που διαβιούν στα νερά του. Όσο αφορά τη χλωρίδα της περιοχής, χρειάστηκε να γίνει αποψίλωση στοιχείων βλάστησης κατά μήκος της ενωτικής τάφρου, αλλά και στη θέση κατασκευής του έργου για τον έλεγχο ροής του Ρήχιου ποταμού. Για την αποκατάσταση της χλωρίδας πραγματοποιήθηκαν φυτεύσεις με θαμνώδη, δενδρώδη και αναρριχώμενα είδη της περιοχής. Τέλος όσο αφορά το κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον του έργου, προκλήθηκαν κυκλοφοριακές δυσλειτουργίες στην επαρχιακή οδό Λαγκαδικίων - Σχολαρίου, από την καθαίρεση δύο υφιστάμενων γεφυρών και την αντικατάστασή τους με νέες. (Μ.Π.Ε., 2005).

⁽⁶⁾ Η επεξεργασία λυμάτων διακρίνεται σε πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια. Η πρωτοβάθμια ή μηχανική επεξεργασία λυμάτων αποσκοπεί στην απομάκρυνση των φερτών υλών, των ανόργανων συστατικών όπως η άμμος και των οργανικών ουσιών που επιπλέουν ή καθιζάνουν. Η δευτεροβάθμια επεξεργασία λυμάτων ακολουθεί συνήθως την πρωτοβάθμια και αποσκοπεί στην περαιτέρω μείωση του διαλυτού οργανικού φορτίου (BOD) και των αιωρούμενων στερεών (S.S.), ενώ παράλληλα στοχεύει στη μείωση των αζωτούχων (N) και φωσφορικών (P) ενώσεων που πιθανόν να υπάρχουν στα υγρά απόβλητα (Νταρακάς, 2014).

Στόχος του τεχνικού έργου, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ήταν η βελτίωση του υδατικού ισοζυγίου της λίμνης Κορώνειας και των ποιοτικών χαρακτηριστικών των υδάτων της, καθώς και η διατήρηση, κατά το δυνατό, της στάθμης της λίμνης Βόλβης. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι κατά τη φάση λειτουργίας του έργου οι σημαντικότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις αφορούν την υδρολογία της περιοχής, ιδιαίτερα την υδρολογία των δύο λιμνών και του χειμάρρου Σχολαρίου. Στο χείμαρρο Σχολαρίου, από τη θέση κατασκευής της διώρυγας διαχείρισης και προς τα κατάντη, η παροχή μειώθηκε αισθητά. Η ανάδοχος εταιρεία αποφάσισε το μέγιστο της μείωσης αυτής να είναι τα 30 m³/sec. Έτσι αν για παράδειγμα η παροχή του χειμάρρου είναι 50 m³/sec, τα 30 οδηγούνται διαμέσου της διώρυγας διαχείρισης στη λεκάνη αναρρύθμισης που βρίσκεται μεταξύ των χειμάρρων Σχολαρίου και Λαγκαδικίων, ενώ τα υπόλοιπα 20 ακολουθούν τη φυσική ροή καταλήγοντας στη λίμνη Βόλβη. Ως συνέπεια αυτού, αλλά και λόγω της μερικής παροχέτευσης του χειμάρρου Λαγκαδικίων, μειώθηκε ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδάτων της λεκάνης της Βόλβης και κατ' επέκταση ο υπόγειος και ο επιφανειακός εμπλουτισμός της λίμνης (Μ.Π.Ε., 2005). Όσο αφορά τη λίμνη Κορώνεια, το υδατικό ισοζύγιό της, τουλάχιστον κατά το σύντομο χρονικό διάστημα λειτουργίας του έργου, βελτιώθηκε αισθητά. Αντίθετα η ποιότητα των υδάτων της δεν παρουσίασε ουσιαστικά καμία βελτίωση, κυρίως λόγω των γεωργικών δραστηριοτήτων και της ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων, που συνέχισε να λαμβάνει χώρα στην ευρύτερη περιοχή (URL_5).

Ένα εξίσου σημαντικό ζήτημα που τέθηκε σχετικά με τη λειτουργία της ενωτικής τάφρου, ήταν η υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων στη λίμνη Βόλβη. Τα τελευταία χρόνια η λίμνη Κορώνεια έχει αποκτήσει χαρακτήρα έλους (Μουζούρη κ.α., 2002). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα στα ύδατά της να εντοπίζεται πλήθος βακτηρίων, κυανοβακτηρίων και μικροφυκών φυτοπλαγκτού, πρωτοζώων και νηματοειδών φυκών, τα οποία παράγουν οργανικό υλικό που αποσυντίθεται και συσσωρεύεται στον πυθμένα της (Περιοδική Έκδοση «Η Φύση», 2014). Μέσω της αμφίδρομης λειτουργίας της ενωτικής τάφρου κάποιοι από τους μικροοργανισμούς αυτούς αναπόφευκτα θα οδηγηθούν στη λίμνη Βόλβη όπου είναι πιθανό να κυριαρχήσουν, υποβαθμίζοντας έτσι την ποιότητα των υδάτων της (URL_5). Για να αποτραπεί μια τέτοιας κλίμακας οικολογική καταστροφή, η ανάδοχος εταιρεία φρόντισε για τη δημιουργία σταθμού όπου θα ελέγχεται η ποιότητα των υδάτων της λίμνης Κορώνειας. Έτσι σε περίπτωση που οι τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων των υδάτων⁽⁷⁾ της είναι εκτός των προκαθορισμένων ορίων, θα αποτρέπεται η αποστολή τους προς τη λίμνη Βόλβη (Μ.Π.Ε., 2005). Ωστόσο η αποτελεσματικότητα του μέτρου αυτού αμφισβητείται έντονα, καθώς βιολόγοι θεωρούν ότι οι λίμνες Κορώνεια και Βόλβη αποτελούν δύο εντελώς διαφορετικής κατάστασης οικοσυστήματα. Έτσι ακόμη και σε περίπτωση που η ποιότητα των υδάτων της λίμνης Κορώνειας βρίσκεται εντός προκαθορισμένων ορίων, η επικοινωνία μεταξύ των δύο λιμνών θα είχε ανεπιθύμητες επιπτώσεις στο οικοσύστημα της λίμνης Βόλβης (URL_5).

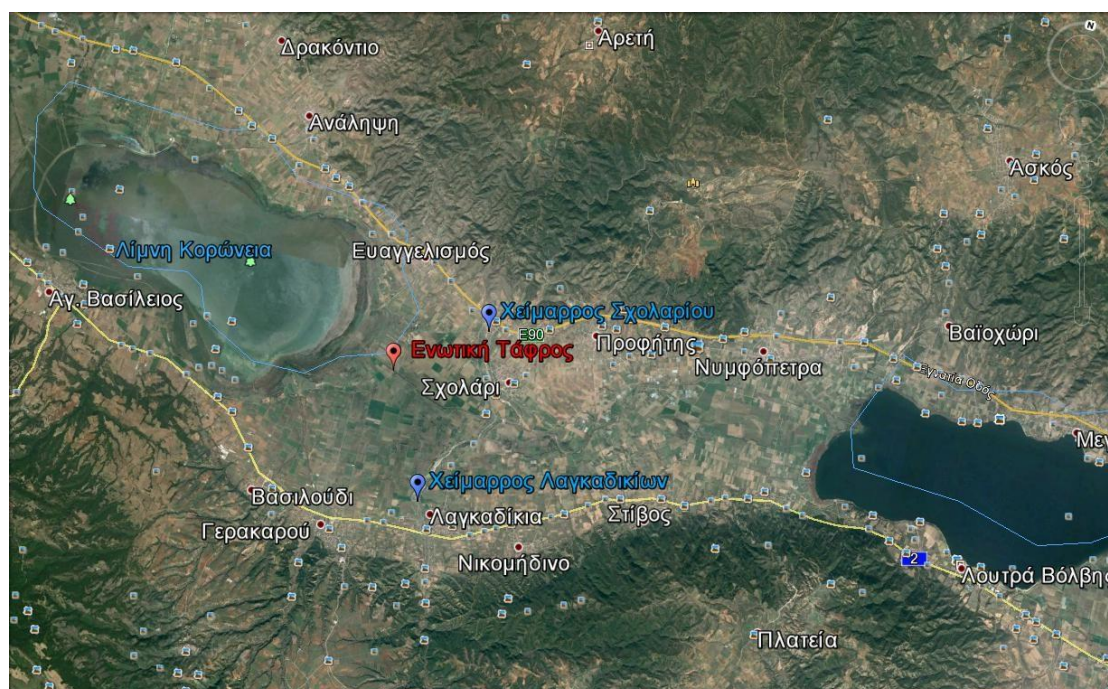
⁽⁷⁾ Οι σημαντικότερες παράμετροι του νερού διακρίνονται σε φυσικές (θερμοκρασία, χρώμα, θολότητα, οσμή, ραδιενέργεια) και χημικές (ενεργός οξύτητα (pH), αγωγιμότητα, σκληρότητα, αλκαλικότητα, δυναμικό οξειδοαναγωγής (Eh)) (Βουδούρης, 2009).

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ

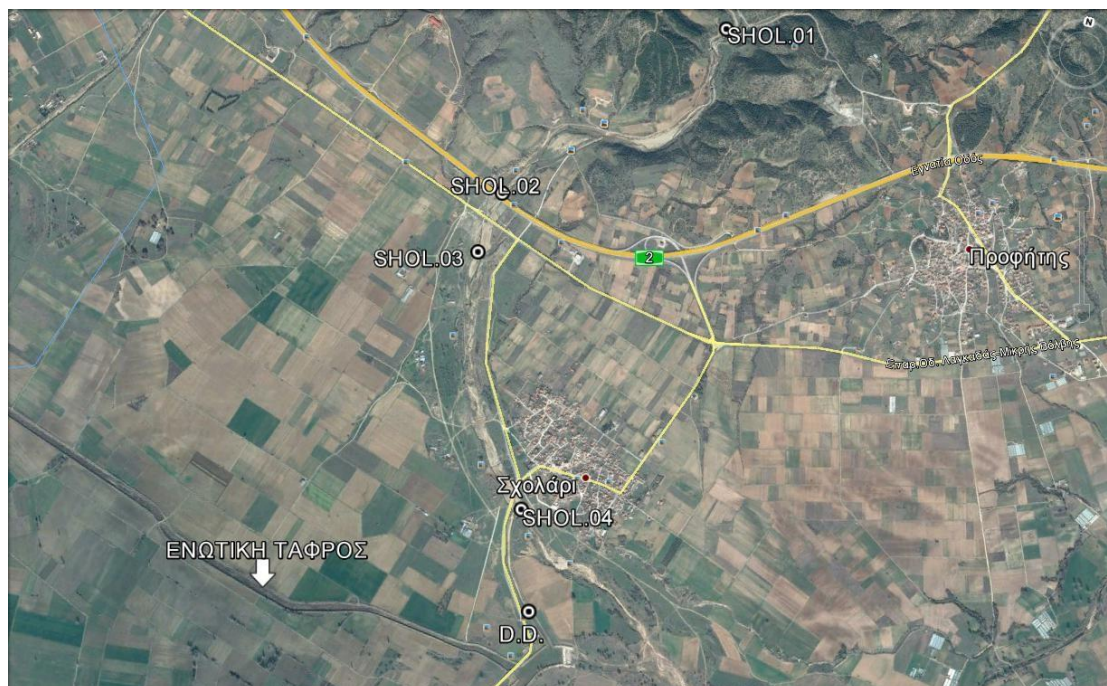
3.1. Εργασία Πεδίου

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω (Κεφ. 2.2), στόχος της αμφίδρομης λειτουργίας της ενωτικής τάφρου ήταν η σταδιακή ανύψωση της στάθμης της λίμνης Κορώνειας, μέσω της μερικής παροχέτευσης υδάτων των χειμάρρων Λαγκαδικίων και Σχολαρίου. Επομένως ο προσδιορισμός του καθεστώτος φερτών υλών των δύο χειμάρρων είναι μείζονος σημασίας.

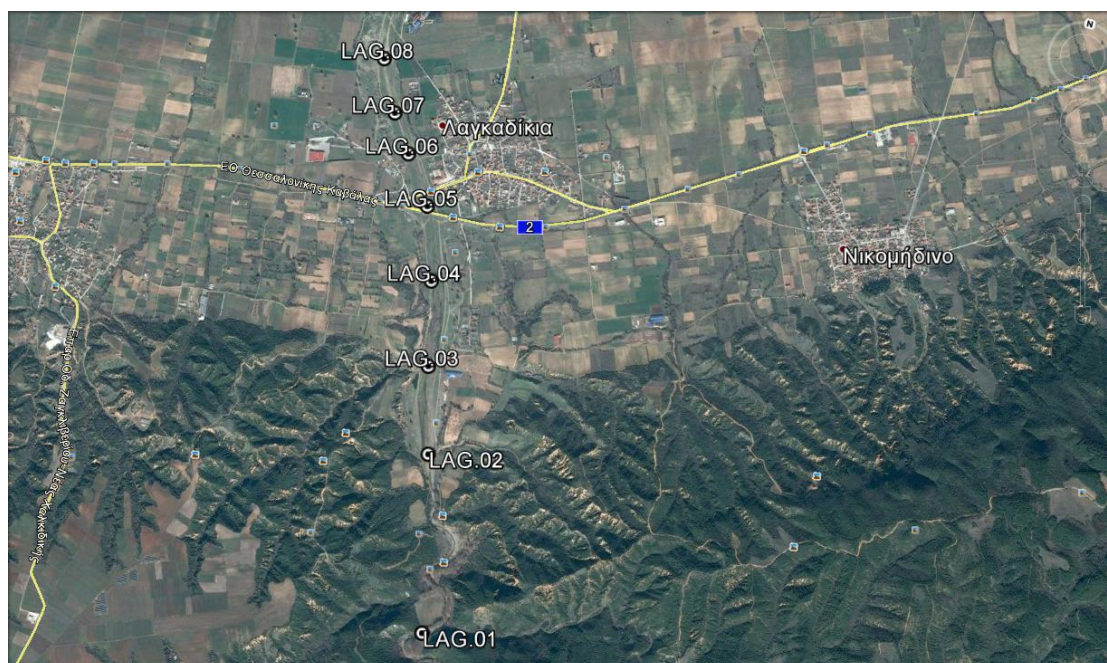
Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκαν επιφανειακές δειγματοληψίες σε συγκεκριμένες θέσεις, τόσο εντός της κοίτης των δύο χειμάρρων, ανάντη κάθε τεχνητής αναβαθμίδας, όσο και εντός της διώρυγας διαχείρισης μεταξύ αυτών (Εικ.3.1, 3.2, 3.3). Οι συντεταγμένες των θέσεων ελήφθησαν με τη βοήθεια προγράμματος πλοήγησης μέσω GPS (Soviet Military Maps) σε συσκευή κινητού τηλεφώνου, με βάση το Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ '87) (Πίνακας 3.1) και αποτυπώθηκαν στο χάρτη με τη βοήθεια του προγράμματος γραφικής απεικόνισης της Γης, Google Earth. Οι δειγματοληψίες έγιναν σε περίοδο έντονων βροχοπτώσεων με αποτέλεσμα να υπάρχει σχετικά υψηλή ποσότητα υδάτων, με εξαίρεση τη διώρυγα διαχείρισης όπου δεν υπήρχε νερό. Τα δείγματα, δεκατρία στο σύνολο, μετά τη λήψη τους απλώθηκαν σε καθαρά χαρτιά και παρέμειναν σε θερμοκρασία δωματίου, μέχρι να στεγνώσουν πλήρως. Στη συνέχεια μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Ιζηματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας του ΑΠΘ, όπου και υποβλήθηκαν σε κοκκομετρικές αναλύσεις.



Εικ.3.1. Δορυφορική εικόνα της ευρύτερης περιοχής όπου πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες (Πηγή: Google Earth)



Εικ.3.2. Θέσεις δειγματοληψιών εντός της κοίτης του χειμάρρου Σχολαρίου (SHOL.01-04) και εντός της διώρυγας διαχείρισης (D.D.) (Πηγή: Google Earth)



Εικ.3.3. Θέσεις δειγματοληψιών εντός της κοίτης του χειμάρρου Λαγκαδικίων (LAG.01-08) (Πηγή: Google Earth)

Πίνακας 3.1. Γεωγραφικές συντεταγμένες των σημείων δειγματοληψίας

ΟΝΟΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ
LAG.01	40°36'41.90"B	23°14'57.97"A
LAG.02	40°37'14.33"B	23°14'49.58"A
LAG.03	40°37'30.40"B	23°14'44.76"A
LAG.04	40°37'46.20"B	23°14'40.66"A
LAG.05	40°37'59.90"B	23°14'35.49"A
LAG.06	40°38'8.90"B	23°14'27.92"A
LAG.07	40°38'16.00"B	23°14'22.28"A
LAG.08	40°38'25.75"B	23°14'16.55"A
D.D.	40°39'53.49"B	23°15'14.05"A
SHOL.01	40°41'47.41"B	23°15'30.23"A
SHOL.02	40°41'7.86"B	23°14'45.15"A
SHOL.03	40°40'56.09"B	23°14'42.53"A
SHOL.04	40°40'11.26"B	23°15'6.83"A

3.2. Εργαστηριακές Μέθοδοι Ανάλυσης και Επεξεργασίας Δεδομένων

Επειδή όλα τα δείγματα ξεπερνούσαν το ενδεδειγμένο για κοκκομετρική ανάλυση βάρος, χωρίστηκαν αρχικά σε επιμέρους τμήματα με τη μέθοδο του σταυρού και στη συνέχεια τα τμήματα που επιλέχθηκαν ζυγίστηκαν σε ζυγαριά ακριβείας. Έπειτα ανάλογα με τη φύση του κάθε δείγματος επιλέχθηκε η κατάλληλη μέθοδος ανάλυσης.

Τα δείγματα LAG.01, LAG.02, LAG.03, LAG.04, LAG.06, LAG.07, SHOL.01, SHOL.02, SHOL.03 και SHOL.04 αποτελούνταν από χονδρόκοκκο υλικό. Έτσι αναλύθηκαν με τη μέθοδο του κοσκίνισματος. Κατά τη μέθοδο αυτή το κάθε δείγμα τοποθετήθηκε αρχικά σε μια σειρά από κόσκινα με διάμετρο βρόγχων από - 4Φ έως 0.5Φ με βήμα 0.5Φ. Τα κόσκινα αυτά τοποθετήθηκαν σε μηχανήμα ανάδευσης για 10 min. Το υλικό που έμεινε στον τελικό δίσκο τοποθετήθηκε σε μια δεύτερη σειρά από κόσκινα με διάμετρο βρόγχων από 1Φ έως 4Φ με βήμα επίσης 0.5Φ. Αυτά με τη σειρά τους τοποθετήθηκαν στο μηχανήμα ανάδευσης για 15 min. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας καταγράφηκε το βάρος του υλικού που παρέμεινε σε κάθε κόσκινο και στον τελικό δίσκο της δεύτερης σειράς κοσκίνων. Επιπλέον υπολογίστηκε η απώλεια κάθε δείγματος, η οποία σε καμία περίπτωση δεν ξεπέρασε το 2% του αρχικού του βάρους, ποσοστό που αποτελεί το ελάχιστο αποδεκτό όριο για την εγκυρότητα της ανάλυσης. Τα δεδομένα των αναλύσεων επεξεργάστηκαν στο πρόγραμμα GRADISTAT Version 8.0 (Blott, 2010) για την εξαγωγή αποτελεσμάτων σχετικών με την κοκκομετρία του εκάστοτε υλικού. Αναλυτικοί πίνακες των δεδομένων και των αποτελεσμάτων, καθώς και διαγράμματα, παρουσιάζονται στο Παράρτημα 1.

Σημειώνεται ότι σε καθένα από τα δείγματα αυτά, το υλικό που παρέμεινε στο κόσκινο των 0Φ εξετάστηκε στο στερεοσκόπιο με σκοπό να προσδιοριστεί οπτικά ο βαθμός ιστολογικής ωριμότητας του δείγματος, βάσει του βαθμού σφαιρικότητας και στρογγυλότητας των κόκκων χαλαζία και σύμφωνα με το διάγραμμα Krumbain & Sloss (1963) (Σχ.1, Παράρτημα 1).

Τα δείγματα LAG.05, LAG.08 και D.D. περιείχαν μεγάλο ποσοστό λεπτόκοκκου υλικού. Τα δύο πρώτα δείγματα περιείχαν και οργανικά υλικά. Για τα τρία αυτά δείγματα ακολουθήθηκε διαφορετική μέθοδος ανάλυσης. Αρχικά στα δείγματα LAG.05 και LAG.08 έγινε απομάκρυνση των οργανικών υλικών, με βάση τη μεθοδολογία που περιγράφεται από τον Ψιλοβίκο (2010). Από κάθε δείγμα πάρθηκε μικρή ποσότητα ξηρού υλικού η οποία αφού ζυγίστηκε, τοποθετήθηκε σε προζυγισμένο δοχείο ζέσεως, στο οποίο προστέθηκε απιονισμένο νερό, σε αναλογία περίπου 1:1 με το υλικό, μαζί με 15 ml H₂O₂ (peridrol). Για να επιταχυνθεί η διαδικασία της καύσης, τα αιωρούμενα οργανικά αφαιρέθηκαν με το χέρι, ενώ τα δοχεία τοποθετήθηκαν πάνω σε αντιστάσεις θέρμανσης. Παράλληλα με τη συνεχή ανάδευση των δειγμάτων προστίθετο, ανά τακτά χρονικά διαστήματα, νέα ποσότητα peridrol. Όταν τα δείγματα έπαψαν να αναβράζουν, ακολούθησε το ξέπλυμα του peridrol. Για το σκοπό αυτό τα δοχεία γέμισαν με απιονισμένο νερό και αφέθηκαν για αρκετό χρονικό διάστημα μέχρι το υλικό να κατακαθήσει. Στη συνέχεια με τη χρήση σωλήνα απορρόφησης, το νερό αφαιρέθηκε προσεκτικά ώστε να μην υπάρξει απώλεια στερεού υλικού. Η διαδικασία επαναλήφθηκε δύο φορές για κάθε δείγμα ώστε να ξεπλυθεί όσο το δυνατόν καλύτερα. Μετά την αποξήρανσή τους τα δείγματα ζυγίστηκαν για να υπολογιστεί το ποσοστό (%) των οργανικών που περιείχαν (Πίνακας 4.2). Εν συνεχεία τα δείγματα LAG.05, LAG.08 και D.D. αναλύθηκαν με τη μέθοδο του σιφωνίου. Αναλυτικότερα τα δείγματα αφού αναμίχθηκαν με απιονισμένο νερό και με 20 ml διαλύματος ...% w/v εξαμεταφωσφορικού νατρίου (calgon), τοποθετήθηκαν σε μηχανήμα ανάδευσης για 2 min. Το calgon λειτουργεί ως παράγοντας διασποράς, εμποδίζοντας τους κόκκους του αργιλικού υλικού να συσσωματωθούν κατά την προσθήκη του νερού. Έπειτα τοποθετήθηκαν σε ογκομετρικό σωλήνα χωρητικότητας 1000 ml στον οποίο προστέθηκε επιπλέον ποσότητα απιονισμένου νερού μέχρι την πλήρωσή του. Το στόμιο σφραγίστηκε με την παλάμη και ο σωλήνας ανακινήθηκε μέχρι το υλικό να τεθεί σε πλήρη αιώρηση. Στη συνέχεια ο σωλήνας τοποθετήθηκε στον εργαστηριακό πάγκο και ξεκίνησαν οι δειγματοληψίες. Για κάθε δείγμα έγιναν δύο λήψεις, μία για μεγέθη κόκκων 4Φ και μία για 8Φ, στους προβλεπόμενους χρόνους οι οποίοι καθορίστηκαν συναρτήσει της θερμοκρασίας του ρευστού και του βάθους δειγματοληψίας, με βάση την εφαρμογή excel κατά Αλμπανάκη (2011). Από την εφαρμογή αυτή προέκυψαν τα ποσοστά συμμετοχής της άμμου, της ιλύος και της αργίλου σε κάθε δείγμα.

Τα δείγματα LAG.05 και LAG.08, όπως έδειξε η μακροσκοπική εξέτασή τους, περιείχαν και κροκάλες. Με την εφαρμογή excel κατά Αλμπανάκη (2011), που χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων της μεθόδου του σιφωνίου, στο ποσοστό της άμμου συνυπολογίζεται το ποσοστό όλων των κλασμάτων με διάμετρο κόκκων μεγαλύτερη από 4Φ. Κρίθηκε συνεπώς αναγκαίο να υπολογιστεί το πραγματικό ποσοστό συμμετοχής της άμμου και των κροκαλών σε κάθε δείγμα. Για το λόγο αυτόν όταν ολοκληρώθηκε η μέθοδος του σιφωνίου το περιεχόμενο του

ογκομετρικού σωλήνα ξεπλύθηκε σε υγρό κόσκινο 4Φ. Το περιεχόμενο του κόσκινου, η άμμος και τα χαλίκια, αποξηράνθηκε και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε κοκκομετρική ανάλυση με τη μέθοδο του κοσκινίσματος. Στη συνέχεια έγινε αναγωγή του βάρους των κροκαλών σε ποσοστό % επί του συνολικού αρχικού βάρους του αντίστοιχου δείγματος και στη συνέχεια το ποσοστό αυτό αφαιρέθηκε από το ποσοστό της άμμου που είχε υπολογιστεί με την εφαρμογή excel κατά Αλμπανάκη (2011). Συνεπώς, στα δείγματα LAG.05 και LAG.08, τα επιμέρους ποσοστά συμμετοχής των κροκαλών, της άμμου, της ιλύος και της αργίλου, προέκυψαν από τη σύνθεση των αποτελεσμάτων των δύο αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν σε καθένα από αυτά.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα των μετρήσεων προέκυψε ο συγκεντρωτικός Πίνακας 4.1, στον οποίο παρουσιάζονται οι τιμές γραφικών παραμέτρων μεγέθους κατά Folk & Ward (1975) για κάθε δείγμα, ο μέσος όρος μεγέθους των κόκκων, η τυπική απόκλιση, η λοξότητα και η κύρτωση. Ο χαρακτηρισμός των παραμέτρων αυτών, βασίστηκε στους πίνακες του Παραρτήματος 1 (Πιν. 28, 29, 30, 31). Στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζονται ακόμη οι χαρακτηρισμοί των δειγμάτων βάσει του προγράμματος GRADISTAT και οι τελικοί χαρακτηρισμοί τους βάσει της εκτίμησης των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 4.1. Συγκεντρωτικός πίνακας των αποτελεσμάτων των κοκκομετρικών αναλύσεων με τη μέθοδο του κοσκινίσματος

ΟΝΟΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	Μέσος Όρος του Μεγέθους Μ (σε Φ)	Τυπική Απόκλιση (σ)	Λοξότητα (Sk)	Κύρτωση (Ku)	Χαρακτηρισμός GRADISTAT	Χαρακτηρισμός Δείγματος
LAG.01	-1,819 λεπτόκοκκο χαλίκι	1,791 κακή	0,361 πολύ θετική	0,683 πλατύκυρτη	αμμοχαλικώδες	αμμοχάλικο με μικρές κροκάλες
LAG.02	-0,8 πολύ χονδρόκοκκη άμμος	1,401 κακή	-0,151 αρνητική	0,96 μεσόκυρτη	αμμοχαλικώδες	αμμοχάλικο με μικρές κροκάλες
LAG.03	0,411 χονδρόκοκκη άμμος	0,63 μέτρια καλή	-0,107 αρνητική	1,064 μεσόκυρτη	ελαφρώς χαλικοαμμώδες	αμμοχάλικο
LAG.04	0,11 χονδρόκοκκη άμμος	1,5 κακή	-0,201 αρνητική	0,962 μεσόκυρτη	χαλικοαμμώδες	αμμοχάλικο
LAG.06	2,566 λεπτόκοκκη άμμος	0,741 μέτρια	0,022 συμμετρική	1,249 λεπτόκυρτη	ελαφρώς χαλικοαμμώδες	άμμος με μικρά χαλίκια
LAG.07	1,479 μεσόκοκκη άμμος	0,944 μέτρια	0,085 συμμετρική	1,38 λεπτόκυρτη	ελαφρώς χαλικοαμμώδες	άμμος με μικρά χαλίκια
SHOL.01	0,265 χονδρόκοκκη άμμος	1,101 κακή	-0,158 αρνητική	1,043 μεσόκυρτη	χαλικοαμμώδες	αμμοχάλικο
SHOL.02	0,237 χονδρόκοκκη άμμος	0,973 μέτρια	-0,181 αρνητική	1,081 μεσόκυρτη	χαλικοαμμώδες	αμμοχάλικο
SHOL.03	0,29 χονδρόκοκκη άμμος	1,698 κακή	-0,291 αρνητική	1,067 μεσόκυρτη	χαλικοαμμώδες	αμμοχάλικο
SHOL.04	0,078 χονδρόκοκκη άμμος	1,466 κακή	-0,316 πολύ αρνητική	1,01 μεσόκυρτη	χαλικοαμμώδες	αμμοχάλικο

Από την επεξεργασία των δειγμάτων LAG.05 και LAG.08 με Υπεροξείδιο του Οξυγόνου (H_2O_2) προέκυψαν ενδεικτικά ποσοστά συμμετοχής των οργανικών σε αυτά (Πίνακας 4.2).

<i>Πίνακας 4.2. Υπολογισμός ποσοστού (%) οργανικών στα δείγματα LAG.05 και LAG.08.</i>				
ΟΝΟΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΒΑΡΟΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ (gr)	ΒΑΡΟΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΥΣΗ (gr)	ΒΑΡΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ (gr)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ (%)
LAG.05	25,58	25,03	0,55	2,15
LAG.08	25,20	24,75	0,45	1,79

Από την κοκκομετρική ανάλυση με τη μέθοδο του σιφωνίου προέκυψαν τα ποσοστά περιεκτικότητας άμμου, ιλύος, αργίλου για το δείγμα D.D. Στα δείγματα LAG.05 και LAG.08, τα ποσοστά συμμετοχής των κροκαλών, της άμμου, της ιλύος και της αργίλου, προέκυψαν από τη σύνθεση των αποτελεσμάτων δύο αναλύσεων, της κοκκομετρικής ανάλυσης με τη μέθοδο του σιφωνίου και της κοκκομετρικής ανάλυσης με τη μέθοδο του κοσκινίσματος, λόγω της περιεκτικότητας τους σε κροκάλες (Πίνακας 4.3).

<i>Πίνακας 4.3. Ποσοστά % περιεκτικότητας κροκαλών, άμμου, ιλύος και αργίλου και χαρακτηρισμός των δειγμάτων LAG.05, LAG.08 και D.D.</i>					
ΟΝΟΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΒΑΡΟΣ ΚΡΟΚΑΛΩΝ (%)	ΒΑΡΟΣ ΑΜΜΟΥ (%)	ΒΑΡΟΣ ΙΛΥΟΣ (%)	ΒΑΡΟΣ ΑΡΓΙΛΟΥ (%)	Χαρακτηρισμός δείγματος
LAG.05	9.99	79.21	7.6	3.2	Ιλυούχος άμμος με χαλίκια.
LAG.08	20.57	64.53	10.9	4.0	Ιλυούχος άμμος με χαλίκια
D.D.	0.00	68.7	26.9	4.4	Ιλυούχος άμμος

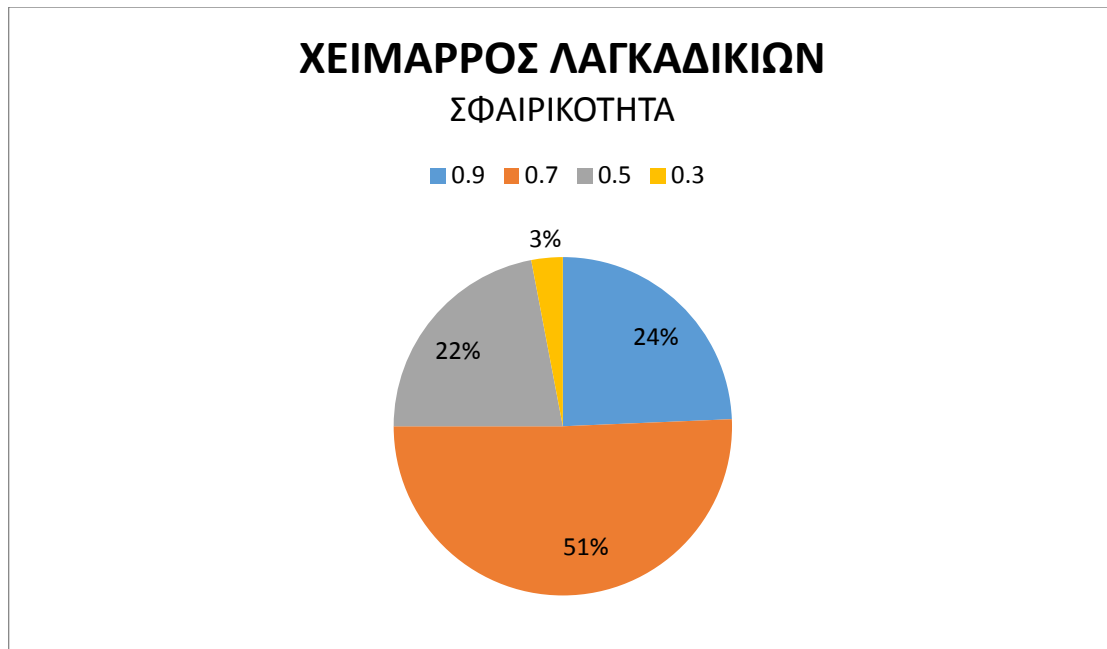
Η στερεοσκοπική εξέταση για τον οπτικό προσδιορισμό της ιστολογικής ωριμότητας των ληφθέντων δειγμάτων, με εξαίρεση τα λεπτόκοκκα δείγματα LAG.05, LAG.08 και D.D. τα οποία απαιτούν ηλεκτρικές μεθόδους μετρήσεων, έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα:



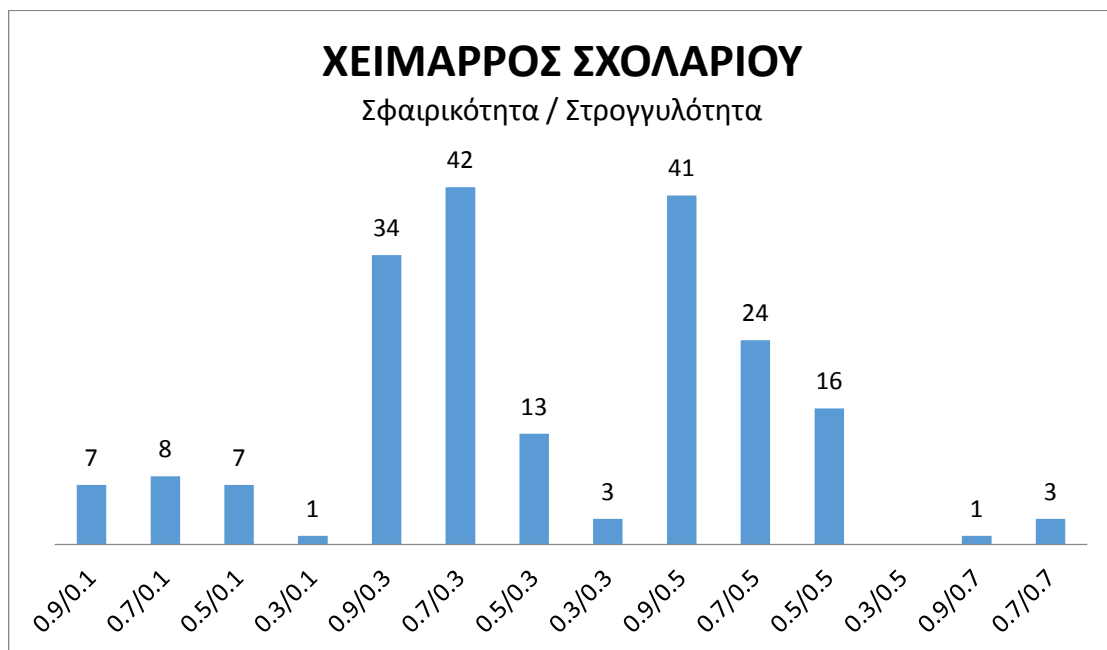
Σχ.4.1. Ραβδόγραμμα αθροιστικών συχνοτήτων των τιμών σφαιρικότητας και στρογγυλότητας για τα δείγματα του χειμάρρου Λαγκαδικίων



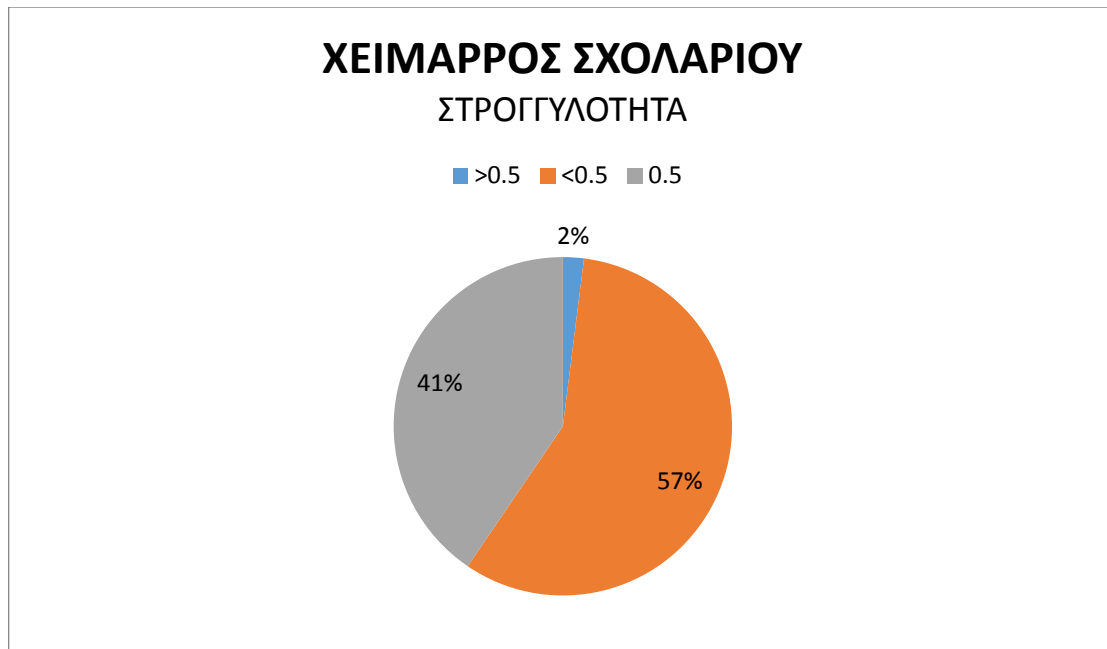
Σχ.4.2. Διάγραμμα αθροιστικών συχνοτήτων % των διαφόρων τιμών στρογγυλότητας για τα δείγματα του χειμάρρου Λαγκαδικίων



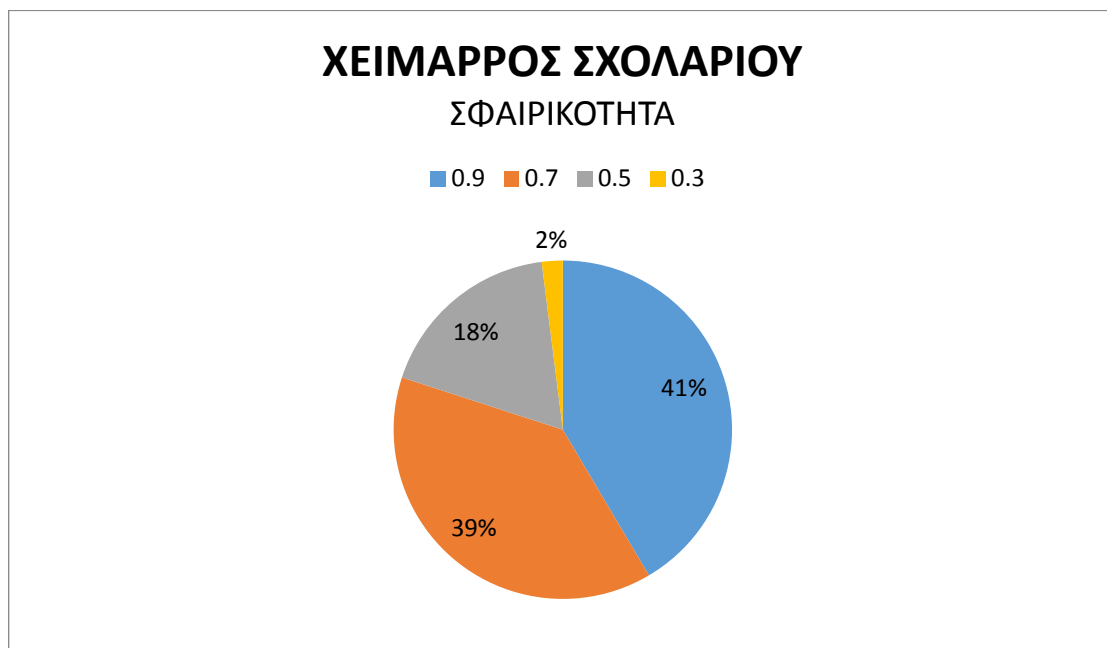
Σχ.4.3. Διάγραμμα αθροιστικών συχνοτήτων % των διαφόρων τιμών σφαιρικότητας για τα δείγματα του χειμάρρου Λαγκαδικίων



Σχ.4.4. Ραβδόγραμμα αθροιστικών συχνοτήτων των τιμών σφαιρικότητας και στρογγυλότητας για τα δείγματα του χειμάρρου Σχολαρίου

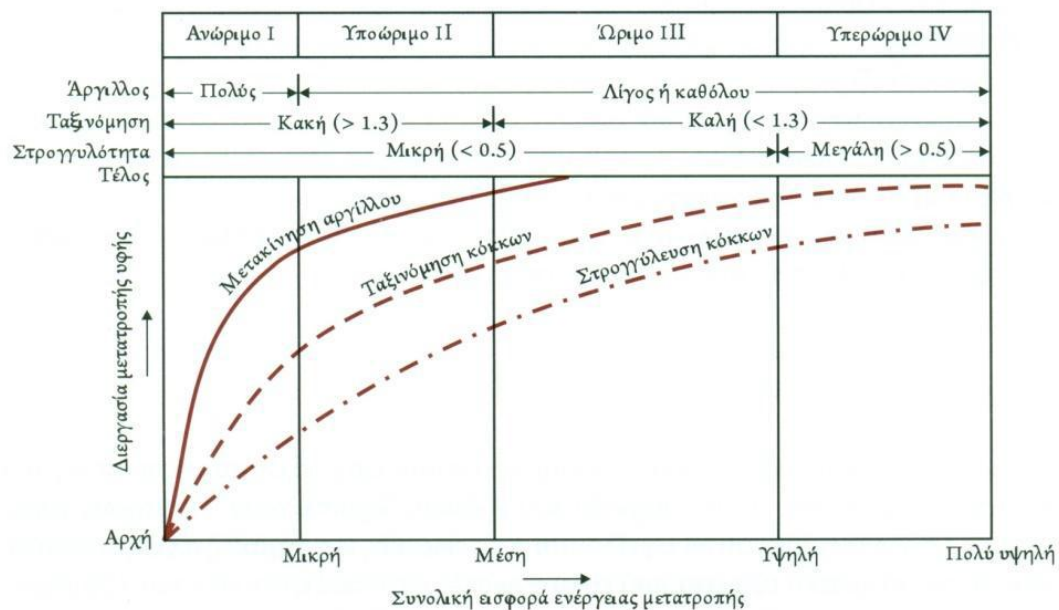


Σχ.4.5. Διάγραμμα αθροιστικών συχνοτήτων % των διαφόρων τιμών στρογγυλότητας για τα δείγματα του χειμάρρου Σχολαρίου



Σχ.4.6. Διάγραμμα αθροιστικών συχνοτήτων % των διαφόρων τιμών σφαιρικότητας για τα δείγματα του χειμάρρου Σχολαρίου

Στα δείγματα του χειμάρρου Λαγκαδικίων, παρατηρούμε ότι η στρογγυλότητα των κόκκων είναι μικρή, ενώ η σφαιρικότητα αυτών παίρνει κατά κύριο λόγο τιμή 0.7. Λαμβάνοντας υπόψη τη χαμηλή τιμή στρογγυλότητας, σε συνδυασμό με τη χαμηλή περιεκτικότητα των δειγμάτων αυτών σε άργιλο (<5%) και την καλή ταξινόμηση τους ($\sigma < 1.3$), (Πίνακας 4.1), συμπεραίνουμε, σύμφωνα με το διάγραμμα του Folk (1951), (Σχ.4.7), ότι τα συγκεκριμένα δείγματα ανήκουν στο Ωριμο Στάδιο (III).



Σχ.4.7. Κατάταξη των ιζημάτων με βάση την ωριμότητα της υφής κατά Folk, 1951 (από Ψιλοβίκος & Ψιλοβίκος, 2010)

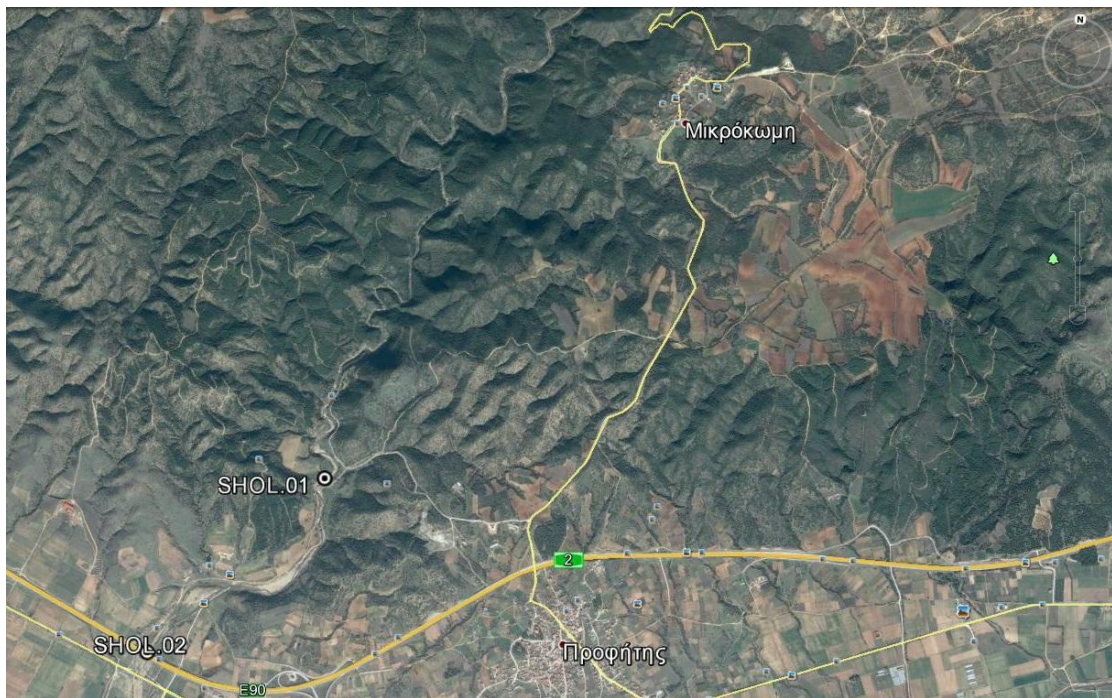
Στα δείγματα του χειμάρρου Σχολαρίου, παρατηρούμε ότι η στρογγυλότητα των κόκκων είναι επίσης μικρή, ενώ η σφαιρικότητα αυτών έχει δύο επικρατούσες τιμές, την τιμή 0.7 και την τιμή 0.9. Λαμβάνοντας υπόψη τη χαμηλή τιμή στρογγυλότητας, σε συνδυασμό με τη χαμηλή περιεκτικότητα των δειγμάτων αυτών σε άργιλο (<5%) και την κακή ταξινόμησή τους ($\sigma > 1.3$), (Πίνακας 4.1), διαπιστώνουμε, σύμφωνα με το διάγραμμα του Folk (1951), (Σχ.4.7), ότι τα συγκεκριμένα δείγματα ανήκουν στο Υποώριμο Στάδιο (II).

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

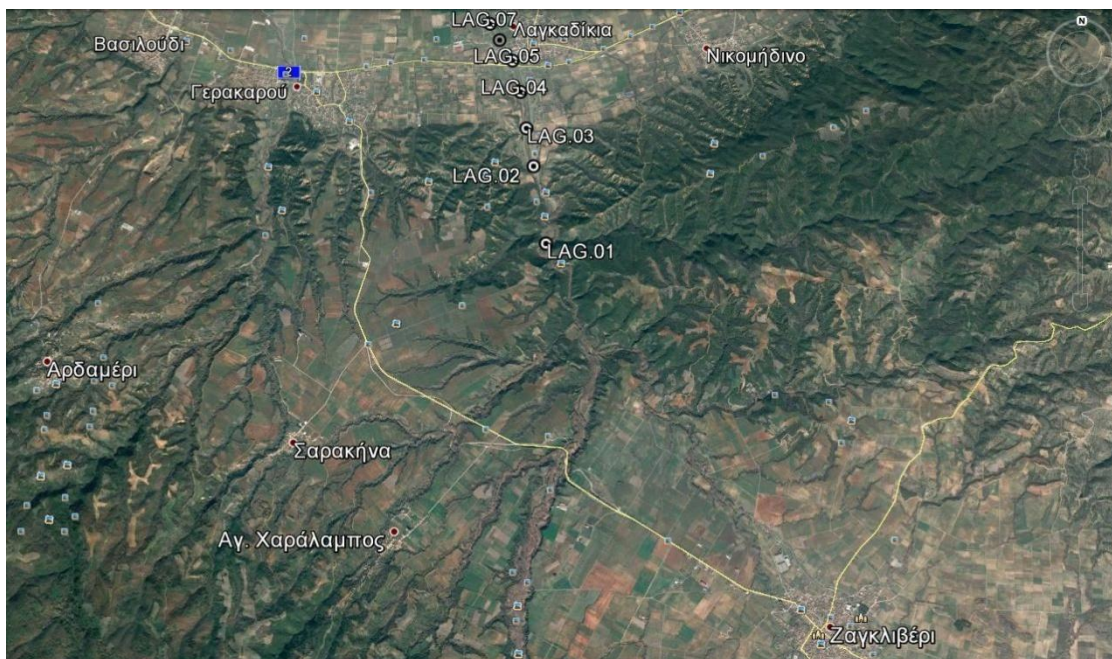
Το προς μελέτη τεχνικό έργο ολοκληρώθηκε στις αρχές του 2010. Τους πρώτους μήνες λειτουργίας του τα αποτελέσματα ήταν ενθαρρυντικά, καθώς η στάθμη της λίμνης Κορώνειας αυξήθηκε, ξεπερνώντας κατά τόπους τα 2 m. Ωστόσο μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα, και συγκεκριμένα το καλοκαίρι του ίδιου έτους, το έργο κατέστη μη λειτουργικό (Περιοδική Έκδοση «Η Φύση», 2014). Βασική αιτία αποτέλεσε η συγκέντρωση μεγάλης ποσότητας φερτών υλικών τόσο εντός της διώρυγας διαχείρισης όσο και εντός της ίδιας της ενωτικής τάφρου. Έτσι η στάθμη της λίμνης υποχώρησε εκ νέου, ενώ τα νερά της γέμισαν και πάλι με τοξικούς μικροοργανισμούς.

Βάσει υπαίθριων παρατηρήσεων διαπιστώθηκε ότι το υλικό που εντοπίζεται εντός της διώρυγας διαχείρισης, υλικό το οποίο προέρχεται αποκλειστικά από το χείμαρρο Σχολαρίου, είναι ιδιαίτερα λεπτόκοκκο. Η κοκκομετρική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε σε δείγμα της εν λόγω θέσης, έδειξε ότι πρόκειται για ιλυούχο άμμο, στη σύσταση της οποίας επικρατούν μαρμαρυγίες. Η συσσώρευση του υλικού αυτού είχε ως αποτέλεσμα το βάθος της κοίτης της διώρυγας να μειωθεί σταδιακά, καθιστώντας αδύνατη τη ροή των υδάτων προς τη δεξαμενή αναρρύθμισης. Ανάλογα προβλήματα εκδηλώθηκαν και εντός της ενωτικής τάφρου. Εκεί η συσσώρευση φερτών υλικών από τους χειμάρρους Σχολαρίου και Λαγκαδικίων, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη καλαμώνων και την κατάπτωση υλικού από το νότιο πρηνές της τάφρου, στις θέσεις εκατέρωθεν του τοιχίου αντιστήριξης, δημιούργησε τοπικά φράγματα που εμποδίζουν την ομαλή ροή του νερού προς τη λίμνη Κορώνεια.

Η στερεοσκοπική εξέταση των δειγμάτων που συλλέχθηκαν από τους χειμάρρους Σχολαρίου και Λαγκαδικίων, έδειξε ότι τα κλαστικά ιζήματα του πρώτου βρίσκονται σε χαμηλότερο στάδιο ιστολογικής ωριμότητας από τα αντίστοιχα ιζήματα του δεύτερου. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στη σύσταση της λεκάνης απορροής και συγκεκριμένα στην αναλογία μεταξύ των πετρωμάτων του υποβάθρου και των υπερκείμενων ιζημάτων, όπως αυτή παρουσιάζεται στις περιοχές από όπου διέρχονται οι δύο χείμαρροι. Αναλυτικότερα, στο μεγαλύτερο τμήμα του βόρειου τμήματος της λεκάνης απορροής, περιοχή από την οποία διέρχεται ο χείμαρρος Σχολαρίου (Εικ.4.1), εκτίθεται επιφανειακά το υπόβαθρο. Αντιθέτως, στο νότιο τμήμα της λεκάνης ο χείμαρρος Λαγκαδικίων (Εικ.4.2) διαρρέει κυρίως ιζήματα, με αποτέλεσμα αυτά να υφίστανται ένα δεύτερο κύκλο επεξεργασίας από τη δράση του επιφανειακού νερού και έτσι να εμφανίζονται ιστολογικά ωριμότερα. Βέβαια η ιστολογική ωριμότητα εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως το ανάγλυφο, η τεκτονική δράση και οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής (Ψιλοβίκος, 2010).



Εικ.4.1. Δορυφορική εικόνα από το βόρειο τμήμα της λεκάνης απορροής, περιοχή από όπου διέχεται ο χείμαρρος Σχολαρίου (Πηγή: Google Earth)



Εικ.4.2. Δορυφορική εικόνα από το νότιο τμήμα της λεκάνης απορροής, περιοχή από όπου διέρχεται ο χείμαρρος Λαγκαδικίων (Πηγή: Google Earth)

Για να καταστεί το έργο άμεσα λειτουργικό, απαιτείται ένα σύνολο ενεργειών τόσο σε τοπικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο λεκάνης απορροής. Συγκεκριμένα όσο αφορά στο χείμαρρο Σχολαρίου, πρωταρχικός στόχος είναι η μείωση της μεταφορικής - διαβρωτικής ικανότητας του νερού, ιδιαίτερα σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων, έτσι ώστε να περιοριστεί όσο το δυνατό περισσότερο η ποσότητα των φερτών υλικών που μεταφέρονται και αποτίθενται στη διώρυγα διαχείρισης αλλά και στα υπόλοιπα τμήματα του τεχνικού έργου. Για το σκοπό αυτό απαιτείται η αποκατάσταση των υφιστάμενων αναβαθμών εντός της κοίτης του χείμαρρου, οι οποίοι κατά τόπους έχουν υποστεί εκτεταμένες φθορές. Παράλληλα η κατασκευή ταμιευτήρων συγκράτησης φερτών υλικών, με χαρακτηριστικά τέτοια ώστε να συγκρατούν τα λεπτόκοκκα υλικά, θα μπορούσε να συμβάλει προς την κατεύθυνση αυτή. Επίσης κρίνεται απαραίτητη η σταθεροποίηση του ανατολικού πρανούς του χείμαρρου, στη θέση από όπου διέρχεται η Εγνατία Οδός, με τοποθέτηση νέων λιθοπλήρωτων συρματοκιβωτίων στη θέση των κατεστραμμένων προϋπαρχόντων. Όσο αφορά τη διώρυγα διαχείρισης, απαιτείται η απομάκρυνση των φερτών υλικών, ο όγκος των οποίων έχει πληρώσει σχεδόν εξ ολοκλήρου τη διατομή, ενώ σχετικά με το χείμαρρο Λαγκαδικίων, απαιτείται ο καθαρισμός της δεξαμενής συγκράτησης. Τέλος όσο αφορά την ενωτική τάφρο, πέρα από την απομάκρυνση των φερτών υλικών, απαιτείται ο καθαρισμός των καλαμώνων, καθώς επίσης και η ενίσχυση του ποδός των πρανών στις θέσεις όπου εκδηλώθηκαν φαινόμενα ολίσθησης, με την τοποθέτηση λιθοπλήρωτων συρματοκιβωτίων.

Όπως προαναφέρθηκε, οι ενέργειες αυτές πιθανότατα θα εξασφαλίσουν την άμεση επαναλειτουργία του έργου, σε καμία όμως περίπτωση δεν αρκούν για να επιτευχθεί ο αρχικός στόχος του. Για να βελτιωθούν το υδατικό ισοζύγιο και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υδάτων της λίμνης Κορώνειας, απαιτείται ένα σύνολο δραστικών μέτρων που θα αφορούν στη διαχείριση τόσο των υδατικών πόρων όσο και των αστικών και βιομηχανικών λυμάτων της ευρύτερης περιοχής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη Μυγδονία λεκάνη του Νομού Θεσσαλονίκης, εντοπίζονται σήμερα οι λίμνες Κορώνεια και Βόλβη, ως υπολείμματα μιας ευρύτερης λίμνης που λειτούργησε στην περιοχή κατά το παρελθόν.

Τη δεκαετία του '30 μεταξύ των δύο αυτών λιμνών διανοίχτηκε ενωτική τάφρος, με σκοπό την αποστράγγιση των ελών που προέκυπταν δυτικά της λίμνης Κορώνειας, έπειτα από την εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων και την απόδοση των εκτάσεων τους προς καλλιέργεια. Με το έργο αυτό η ποσότητα της περισσείας του νερού άρχισε σταδιακά να στερείται από τους υπόγειους υδοφορείς. Μάλιστα το πρόβλημα οξύνθηκε από τη δεκαετία του '80 και μετά, όπου η εντατικοποίηση της καλλιέργειας, σε συνδυασμό με την εγκατάσταση μεγάλων βιομηχανικών μονάδων στη γύρω περιοχή, οδήγησε στη διάνοιξη πολυάριθμων γεωτρήσεων περιμετρικά της λίμνης, ώστε να καλυφθεί η τεράστια ζήτηση ύδατος. Έτσι η στάθμη της λίμνης άρχισε να υποχωρεί, ενώ παράλληλα η υποβάθμιση των υδάτων της από τα αστικά και βιομηχανικά λύματα που κατέληγαν σε αυτή, οδήγησε στην εξαφάνιση της ιχθυοπανίδας της.

Το 2004 η Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Θεσσαλονίκης στην προσπάθειά της να αποκαταστήσει το οικολογικό πρόβλημα, προχώρησε, με τη συγχρηματοδότηση της Ε.Ε., στην αναδιαμόρφωση της ενωτικής τάφρου και στην κατασκευή ενός συνόλου συμπληρωματικών έργων. Σκοπός της ήταν η βελτίωση του υδατικού ισοζυγίου και των ποιοτικών χαρακτηριστικών των υδάτων της λίμνης Κορώνειας, με τη μικρότερη δυνατή διατάραξη του οικοσυστήματος της γειτονικής Βόλβης. Για το λόγο αυτό προβλέφθηκε η αμφίδρομη λειτουργία της ενωτικής τάφρου, έτσι ώστε όταν η στάθμη των υδάτων της λίμνης Κορώνειας ξεπερνούσε ένα συγκεκριμένο ύψος, η περισσεία του νερού να οδηγούνταν, διαμέσου της τάφρου, προς τη λίμνη Βόλβη.

Το έργο ολοκληρώθηκε στις αρχές του 2010, ωστόσο το καλοκαίρι του ίδιου έτους κατέστη μη λειτουργικό. Η επιτόπια έρευνα, σε συνδυασμό με τις κοκκομετρικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν σε δείγματα από την περιοχή άμεσου ενδιαφέροντος, έδειξε ως βασική αιτία της αστοχίας του έργου τη συσσώρευση μεγάλης ποσότητας λεπτόκοκκων φερτών υλικών, τόσο εντός της ενωτικής τάφρου όσο και εντός των σύνοδων αυτής έργων, από τους χειμάρρους Λαγκαδικίων και Σχολαρίου. Για να καταστεί το έργο και πάλι λειτουργικό, απαιτείται ένα σύνολο ενεργειών όπως, η απομάκρυνση των συσσωρευμένων φερτών υλικών, ο περιορισμός της μεταφορικής ικανότητας των προαναφερθέντων χειμάρρων με την αποκατάσταση αφενός των αναβαθμίδων εντός της κοίτης των χειμάρρων και αφετέρου των λιθοπλήρωτων συρματοκιβωτίων στα πρηνή εκατέρωθεν αυτής, ο καθαρισμός των καλαμώνων εντός της ενωτικής τάφρου, η σταθεροποίηση του νότιου πρானούς της τάφρου εκατέρωθεν του υφιστάμενου τοιχίου αντιστήριξης. Ωστόσο για να βελτιωθούν το υδατικό ισοζύγιο και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υδάτων της λίμνης Κορώνειας, απαιτούνται δραστικά μέτρα που θα αφορούν τη διαχείριση τόσο των υδατικών πόρων όσο και των αστικών και βιομηχανικών λυμάτων της περιοχής.

SEDIMENTOLOGICAL PROCESSES AND CHARACTERISTICS OF THE SEDIMENTS IN THE JOINING CHANNEL OF KORONIA - VOLVI LAKES

SUMMARY

In Mygdonia basin of the Prefecture of Thessaloniki lie the lakes Koronia and Volvi, as remnants of a larger lake that operated in the region during the past.

During the 30's, a ditch was opened between the two lakes, aiming to the drainage of the marshes that were formed west of lake Koronia, after the occurrence of floods. It also aimed to the giving of these lands for cultivation. With this project, the excessive amounts of water gradually began to be deprived of the underground waterbeds. The problem began to get more intense during the 80's, since the intensification of cultivation and the installation of large industrial units in the wider area, led to the opening of numerous drillings around the lake, aiming to the coverage of the vast request of water. This way the lake's level began to give in, while the degradation of its waters by the urban and industrial waste waters flowing in Koronia, led to the extinction of its fish fauna.

Attempting to restore this ecological problem and having the co-financing of the EU, the Prefecture of Thessaloniki proceeded during 2004 to the remodeling of the unifying moat and to the building and construction of a series of complementary projects. The Prefecture's aim was the improvement of the aquatic balance and of the qualitative characteristics of lake Koronia's waters, with the smallest possible derangement of the ecosystem of the nearby lake Volvi. Therefore, what was predicted was the bidirectional function of the unifying moat, so that when the water level of Koronia would come over a certain height, the excessive amount of waters would be driven towards lake Volvi, through the moat.

The project was completed in the beginning of 2010. However, during the summer of the same year it became non – functional. The fieldwork, combined with grain size analyses that were conducted in samples of the area under immediate concern, showed that the major cause of the project failure was the accumulation of large amounts of suspended materials, both within the unifying moat, as well as inside the facilities that accompanied the whole project, which came from the streams of Langadikia and Scholari. In order for the project to function again, a set of actions is required such as: removal of the accumulated sediment, limitation of the capacity of the aforementioned streams, by restoring both the terraces inside the bed of the two torrents and the stone wire-boxes on both its sides, stabilization of the southern slope of the ditch at both sides of the existing retaining wall. However, in order to improve the water balance and quality characteristics of the waters of Lake Koronia, there are some drastic measures that require to be taken under consideration, concerning the management of both the water resources and the urban and industrial sewage of the area where the two lakes lie.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Blott, S.J. (2010). GRADISTAT Version 8.0. A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer. Kenneth Pye Associates Ltd., Crowthorne Enterprise Centre, Berkshire
- Genitsari, S., Kormas, K.A. and Moustaka-Gouni, M. (2009). Microscopic eukariotes living in a dying lake (Lake Koronia, Greece). FEMS Microbiol. Ecol. 69: 75-83
- Kockel F. & Walther H. (1968). Zur geologischen etwicklung des sublichen Serbo-Mazedonischen massivs (Nord Griechenland). Bull. of the Geol. Inst. ser geotact. strat. lithol. 17: 133-142
- Koufos, G.D., Syrides, G.E., Kostopoulos, D.S. & Koliadimou, K.K. (1995). Preliminary results about the stratigraphy and the palaeoenvironment of Mygdonia Basin, Macedonia, Greece. GEOBIOS, M.S. 18: 243-249. Proc.1st Congress of the European Palaeontological Association, Lyon
- Michaloudi, E., Moustaka-Gouni, M., Gkelis, S. and Pantelidakis, K. (2009). Plankton community structure during an Ecosystem Disruptive Algal Bloom of *Prymnesium parvum*. J. Plankton Res. 31: 301-309
- Michaloudi, E., Moustaka-Gouni, M., Pantelidakis, K., Katsiapi, M. & Genitsaris, S. (2012). Plankton succession in the temporary Lake Koronia after intermittent dry-out
- Moustaka-Gouni, M., Cook, C.M., Gkelis, S., Michaloudi, E., Pantelidakis, K., Pyrovetsi, M. and Lanaras, T. (2004). The coincidence of a *Prymnesium parvum* bloom and the mass kill of birds and fish in Lake Koronia. Harmful Algae News 26: 1-2
- Savvaidis A.S., Pedersen L.B., Tsokas G.N., and Dawes G.J., (2000). Structure of the Mygdonia basin (N. Greece) inferred from MT and gravity data. Tectonophysics
- Αλμπανάκης, Κ. (2011): Πρόταση δημιουργίας πρωτοκόλλου κοκκομετρικής ανάλυσης με τη μέθοδο του σιφωνίου (πιπέτας) με υποδεκαπλάσιο χρόνο ανάλυσης. Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, τομ. 44.
- Βουδούρης, Κ. (2009). Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος, Υπόγεια Νερά & Περιβάλλον. Εκδόσεις Τζιόλα
- Ελληνική Εταιρεία Περιβάλλοντος και Πολιτισμού. Ελληνικοί Υγρότοποι Ράμσαρ, Αξιολόγηση Προστασίας και Διαχείρισης, Φεβρουάριος 2009
- Ελληνική Εταιρεία Προστασίας της Φύσης. Περιοδική Έκδοση «Η Φύση», τεύχος 144, Ιανουάριος - Φεβρουάριος - Μάρτιος 2014

- Ζαλίδης, Γ., Συλλαίος, Ν. & Μισοπολινός, Ν. (2004). Ερευνητικό πρόγραμμα παρακολούθησης των λιμνών Βόλβης και Κορώνειας με χρήση τηλεπισκοπικών δεδομένων. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωπονίας, Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Εδαφολογίας, Αναπτυξιακή Εταιρεία Νομού Θεσσαλονίκης Α.Ε.
- Κουσουρή, Θ. Σ. (2014). Οι Λίμνες στην Ελλάδα (3/6. Μακεδονία), Μαρτυρίες & Καταγραφές
- Κουφός, Γ. (2004). Παλαιοντολογία Σπονδυλωτών. Εκδόσεις Ζήτη
- Μουζούρη, Γ., Αλμπανάκης, Κ., Ψιλοβίκος, Αρ., Βουβαλίδης, Κ. & Μαργώνη, Σ. (2002). Το υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας και η επίδρασή του στην εξέλιξη των μορφομετρικών χαρακτηριστικών της. Πρακτικά 6^{ου} Πανελλήνιου Γεωγραφικού Συνεδρίου, Θεσσαλονίκη 3-6 Οκτωβρίου 2002, τομ. Α, σελ. 202-209
- Μουντράκης, Δ. Μ. (2010). Γεωλογία και Γεωτεκτονική Εξέλιξη της Ελλάδας. University Studio Press
- Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Θεσσαλονίκης (2004). Προμελέτη του υποέργου «Έργο Βελτίωσης Υδραυλικών Χαρακτηριστικών και Αμφίδρομη Λειτουργία της Ενωτικής Τάφρου»
- Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Θεσσαλονίκης (2005). Οριστική μελέτη του υποέργου «Έργο Βελτίωσης Υδραυλικών Χαρακτηριστικών και Αμφίδρομη Λειτουργία της Ενωτικής Τάφρου»
- Νταρακάς, Ε. (2014). Διεργασίες Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων (Εισαγωγή στην Τεχνική Περιβάλλοντος)
- Παυλίδης, Σ. (2003). Γεωλογία των Σεισμών. Εισαγωγή στη Νεοτεκτονική, Μορφοτεκτονική και Παλαιοσεισμολογία. University Studio Press
- Πρόγραμμα Αγροτικής Ανάπτυξης «Αλέξανδρος Μπαλατζής», (2007-2013). Έλεγχος Χημικής Ποιότητας Αρδευτικών Υδάτων (Επιφανειακών και Υπόγειων) σε Κλίμακα Λεκανών Απορροής Ποταμών Μακεδονίας - Θράκης και Θεσσαλίας. Αποτελέσματα Λεκάνης Μυγδονίας.
- Τζιμόπουλος, Χ. & Πλιάτσικα, Δ. (2005). Έρευνα Διαχείρισης της Υδρολογικής Λεκάνης Κορώνειας. 5^η Διεθνής Έκθεση & Συνέδριο για την Τεχνολογία Περιβάλλοντος «Heleco '05», Τ.Ε.Ε., Αθήνα 3-6 Φεβρουαρίου 2005
- Φορέας Διαχείρισης Λιμνών Κορώνειας - Βόλβης. Περιοδική Έκδοση «Κορώνεια Βόλβη», τεύχος 1, Απρίλιος 2009
- Ψιλοβίκος, Α. (1977). Παλαιογεωγραφική εξέλιξις της λεκάνης και της λίμνης της Μυγδονίας (Λαγκαδά - Βόλβης). Διδακτορική Διατριβή, Φυσικομαθηματική Σχολή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Ψιλοβίκος, Αν., Ψιλοβίκος Αρ. (2010). Ιζηματολογία. Εκδόσεις Τζιόλα

ΙΣΤΟΛΟΓΙΟ

URL_1 www.oasp.gr (2015)

Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας

URL_2 www.nomosphysis.org.gr (2015)

ΜΚΟ για το Περιβάλλον και την Αειφόρο Ανάπτυξη

URL_3 www.ypeka.gr (2015)

Υπουργείο Παραγωγικής Ανασυγκρότησης Περιβάλλοντος & Ενέργειας

URL_4 www.foreaskv.gr (2015)

Φορέας Διαχείρισης Λιμνών Κορώνειας Βόλβης

URL_5 www.b2green.gr (2015)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1. ΠΙΝΑΚΕΣ, ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ & ΕΙΚΟΝΕΣ

Πίνακες 1 & 2. Δεδομένα Κοκκομετρικής Ανάλυσης Χονδρόκοκκου Υλικού με τη Μέθοδο του Κοσκινίσματος για τα δείγματα LAG.01 και LAG.02, αντίστοιχα.

Sample Identity: LAG.01
 Analyst:
 Date: 01/03/2015
 Initial Sample Weight: 503.31

Sample Identity: LAG.02
 Analyst:
 Date: 01/03/2015
 Initial Sample Weight: 515.87

Aperture (microns)	Class Weight Retained (g or %)
90000	0
63000	0
45000	0
31500	0
22400	0
16000	0
11200	104.26
8000	88.71
5600	43.48
4000	34.55
2800	30.97
2000	27.74
1400	32.89
1000	31.18
710	33.58
500	36.61
355	22.52
250	11.04
180	3.16
125	1.03
90	0.34
63	0.29
	0.56

Aperture (microns)	Class Weight Retained (g or %)
90000	0
63000	0
45000	0
31500	0
22400	0
16000	0
11200	14.39
8000	36.74
5600	19.73
4000	30.69
2800	45.67
2000	61.46
1400	80.20
1000	69.13
710	64.36
500	59.82
355	25.83
250	6.09
180	0.82
125	0.21
90	0.10
63	0.08
	0.29

Πίνακες 3 & 4. Δεδομένα Κοκκομετρικής Ανάλυσης Χονδρόκοκκου Υλικού με τη Μέθοδο του Κοσκινίσματος για τα δείγματα LAG.03 και LAG.04, αντίστοιχα.

Sample Identity: LAG.03
 Analyst:
 Date: 01/03/2015
 Initial Sample Weight: 352.1

Sample Identity: LAG.04
 Analyst:
 Date: 01/03/2015
 Initial Sample Weight: 502.62

Aperture (microns)	Class Weight Retained (g or %)
90000	0
63000	0
45000	0
31500	0
22400	0
16000	0
11200	0
8000	0
5600	0.60
4000	2.00
2800	2.42
2000	3.50
1400	16.95
1000	56.76
710	101.46
500	112.60
355	44.66
250	8.57
180	1.38
125	0.47
90	0.21
63	0.09
	0.32

Aperture (microns)	Class Weight Retained (g or %)
90000	0
63000	0
45000	0
31500	0
22400	0
16000	0
11200	0
8000	8.53
5600	18.34
4000	24.03
2800	32.02
2000	33.70
1400	44.36
1000	49.46
710	59.49
500	82.90
355	66.29
250	42.24
180	22.00
125	12.28
90	3.34
63	1.17
	1.60

Πίνακες 5 & 6. Δεδομένα Κοκκομετρικής Ανάλυσης Χονδρόκοκκου Υλικού με τη Μέθοδο του Κοσκινίσματος για τα δείγματα LAG.06 και LAG.07, αντίστοιχα.

Sample Identity: LAG.06
 Analyst:
 Date: 01/03/2015
 Initial Sample Weight: 388.41

Sample Identity: LAG.07
 Analyst:
 Date: 01/03/2015
 Initial Sample Weight: 294.23

Aperture (microns)	Class Weight Retained (g or %)
90000	0
63000	0
45000	0
31500	0
22400	0
16000	0
11200	0
8000	0.79
5600	0
4000	1.01
2800	1.50
2000	1.95
1400	2.14
1000	1.83
710	2.19
500	4.23
355	9.21
250	46.17
180	107.94
125	115.01
90	58.47
63	21.08
	13.88

Aperture (microns)	Class Weight Retained (g or %)
90000	0
63000	0
45000	0
31500	0
22400	0
16000	0
11200	0
8000	0
5600	0.60
4000	0.88
2800	1.86
2000	2.86
1400	4.83
1000	6.72
710	13.69
500	45.60
355	83.86
250	61.67
180	31.60
125	20.68
90	8.76
63	4.27
	5.59

Πίνακες 7 & 8. Δεδομένα Κοκκομετρικής Ανάλυσης Χονδρόκοκκου Υλικού με τη Μέθοδο του Κοσκινίσματος για τα δείγματα SHOL.01 και SHOL.02, αντίστοιχα.

Sample Identity: SHOL.01
 Analyst:
 Date: 01/03/2015
 Initial Sample Weight: 411.53

Sample Identity: SHOL.02
 Analyst:
 Date: 15/03/2015
 Initial Sample Weight: 442.61

Aperture (microns)	Class Weight Retained (g or %)
90000	0
63000	0
45000	0
31500	0
22400	0
16000	0
11200	0
8000	3.50
5600	5.72
4000	6.63
2800	14.07
2000	24.60
1400	44.06
1000	56.92
710	69.36
500	84.52
355	58.27
250	33.01
180	8.47
125	1.68
90	0.25
63	0.16
	0.15

Aperture (microns)	Class Weight Retained (g or %)
90000	0
63000	0
45000	0
31500	0
22400	0
16000	0
11200	0
8000	4.40
5600	3.69
4000	4.54
2800	17.27
2000	17.74
1400	46.85
1000	69.52
710	88.11
500	102.99
355	60.70
250	21.21
180	3.99
125	0.97
90	0.30
63	0.08
	0.06

Πίνακες 9 & 10. Δεδομένα Κοκκομετρικής Ανάλυσης Χονδρόκοκκου Υλικού με τη Μέθοδο του Κοσκινίσματος για τα δείγματα SHOL.03 και SHOL.04, αντίστοιχα.

Sample Identity: SHOL.03
 Analyst:
 Date: 15/03/2015
 Initial Sample Weight: 568.06

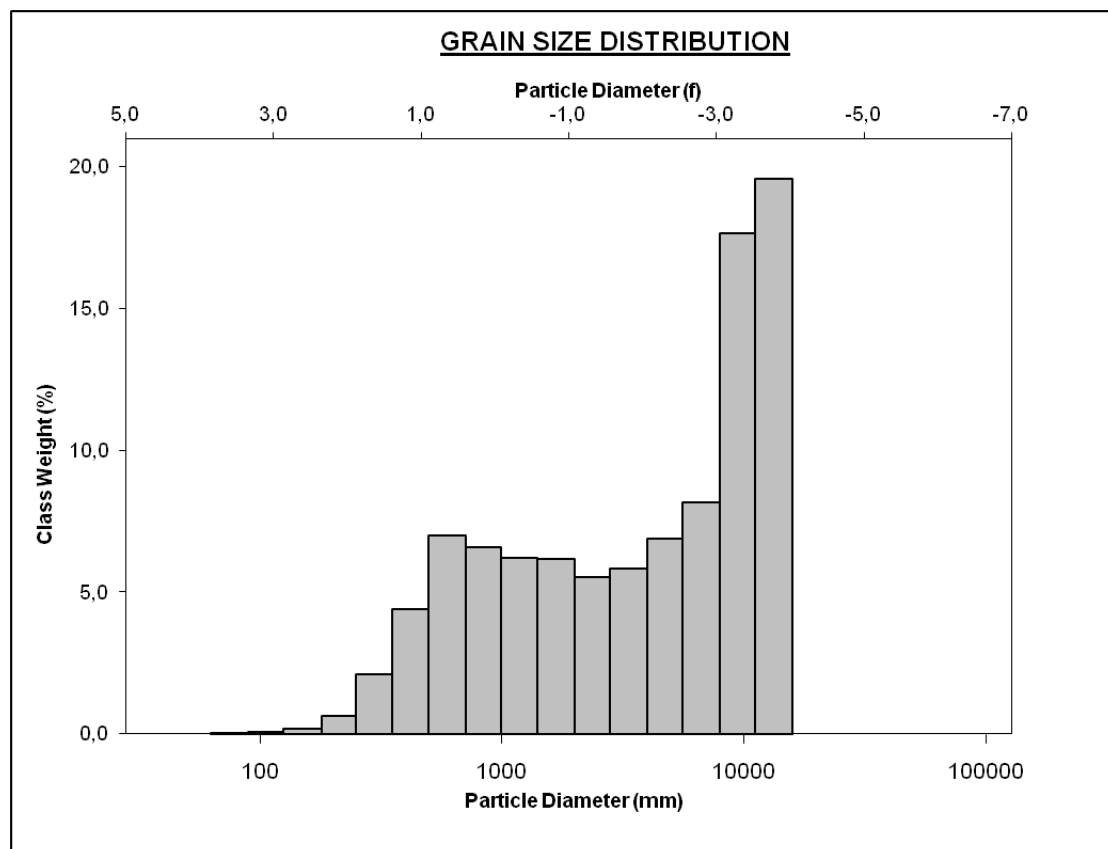
Sample Identity: SHOL.04
 Analyst:
 Date: 15/03/2015
 Initial Sample Weight: 524.1

Aperture (microns)	Class Weight Retained (g or %)
90000	0
63000	0
45000	0
31500	0
22400	0
16000	0
11200	0
8000	34.75
5600	12.82
4000	13.67
2800	34.97
2000	21.33
1400	40.39
1000	48.74
710	61.01
500	85.68
355	78.48
250	65.42
180	41.39
125	23.10
90	4.98
63	0.83
	0.41

Aperture (microns)	Class Weight Retained (g or %)
90000	0
63000	0
45000	0
31500	0
22400	0
16000	0
11200	0
8000	17.20
5600	18.60
4000	17.92
2800	36.50
2000	21.19
1400	44.42
1000	54.81
710	65.88
500	93.78
355	79.56
250	50.81
180	15.45
125	4.70
90	1.59
63	0.42
	0.32

Πίνακας 11. Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης δείγματος LAG.01, στο πρόγραμμα GRADISTAT 8.0 κατά Blott, 2010.

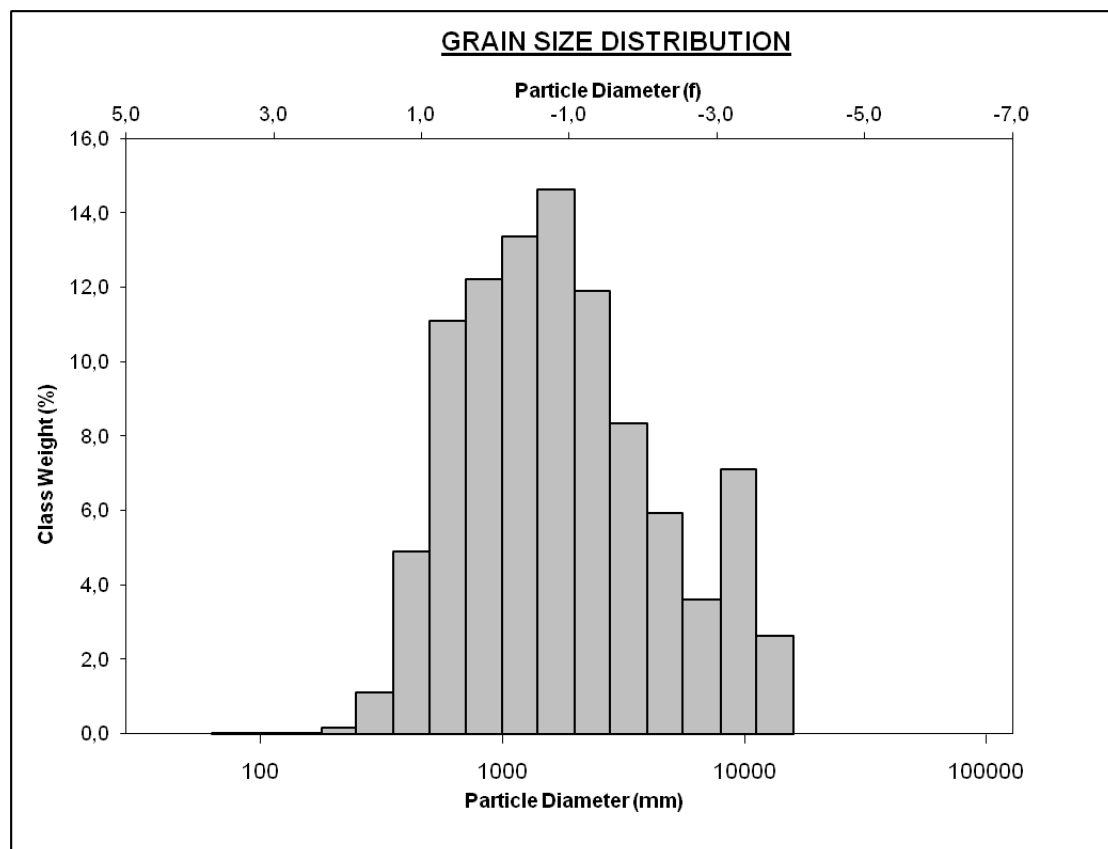
SIEVING ERROR: 9908,0%		<u>SAMPLE STATISTICS</u>	
SAMPLE IDENTITY: LAG.01		ANALYST & DATE: ,	
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted		TEXTURAL GROUP: Sandy Gravel	
SEDIMENT NAME: Sandy Medium Gravel			
	ϕ m	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION
MODE 1:	13600,0	-3,743	GRAVEL: 65,6% COARSE SAND: 14,0%
MODE 2:	605,0	0,747	SAND: 34,3% MEDIUM SAND: 6,7%
MODE 3:			MUD: 0,1% FINE SAND: 0,8%
D ₁₀ :	557,4	-3,752	V FINE SAND: 0,1%
MEDIAN or D ₅₀ :	4838,7	-2,275	V COARSE GRAVEL: 0,0% V COARSE SILT: 0,0%
D ₉₀ :	13471,0	0,843	COARSE GRAVEL: 0,0% COARSE SILT: 0,0%
(D ₉₀ / D ₁₀):	24,17	-0,225	MEDIUM GRAVEL: 38,4% MEDIUM SILT: 0,0%
(D ₉₀ - D ₁₀):	12913,6	4,595	FINE GRAVEL: 15,5% FINE SILT: 0,0%
(D ₇₅ / D ₂₅):	8,631	0,077	V FINE GRAVEL: 11,7% V FINE SILT: 0,0%
(D ₇₅ - D ₂₅):	9128,0	3,110	V COARSE SAND: 12,7% CLAY: 0,0%
	METHOD OF MOMENTS		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic
	ϕ m	ϕ m	ϕ
MEAN ($\bar{x}$):	6086,6	3438,4	-1,782
SORTING (σ):	4952,7	3,449	1,786
SKEWNESS (Sk):	0,351	-0,629	0,629
KURTOSIS (K):	1,596	2,527	2,527
	FOLK & WARD METHOD		
	Geometric	Logarithmic	Description
	ϕ m	ϕ	
MEAN ($\bar{x}$):	3527,3	-1,819	Very Fine Gravel
SORTING (σ):	3,460	1,791	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	-0,361	0,361	Very Fine Skewed
KURTOSIS (K):	0,683	0,683	Platykurtic



Γράφημα 1. Ραβδόγραμμα συχνότητας κατανομής κόκκων δείγματος LAG.01, στο πρόγραμμα GRADISTAT 8.0 κατά Blott, 2010.

Πίνακας 12. Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης δείγματος LAG.02, στο πρόγραμμα GRADISTAT 8.0 κατά Blott, 2010.

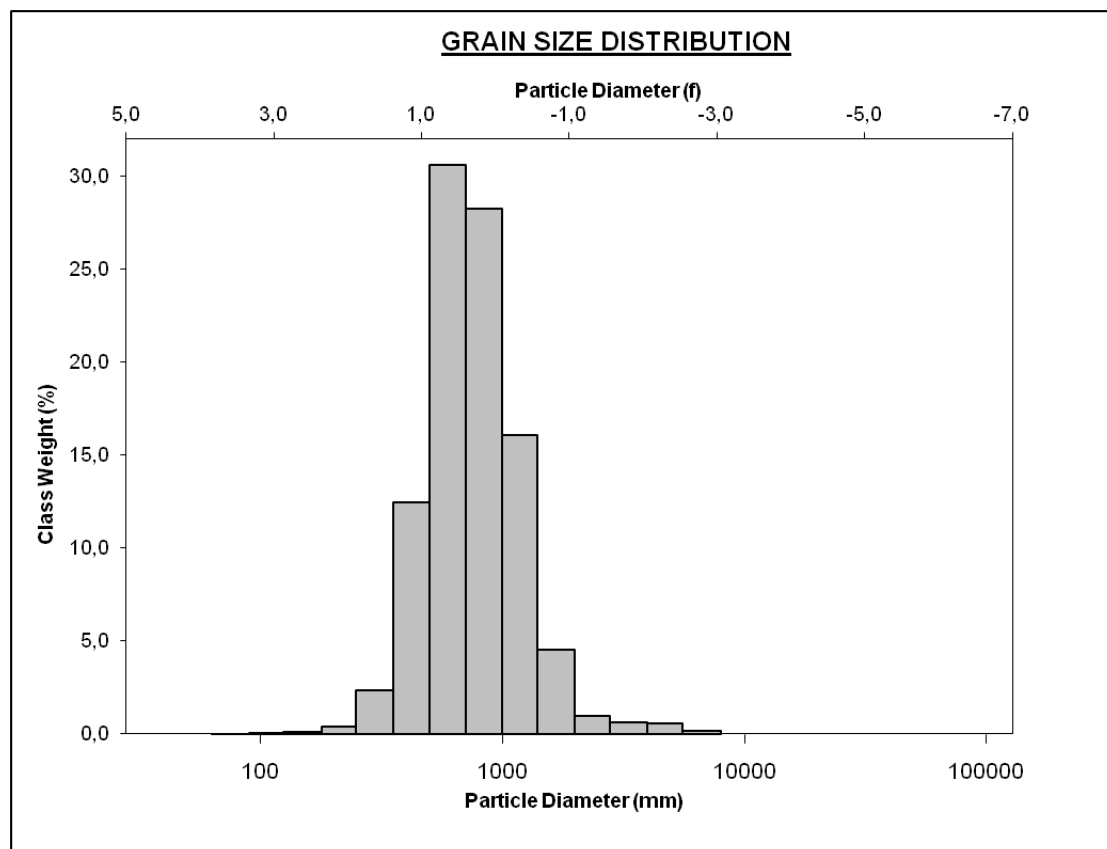
SIEVING ERROR: 9905,0%			<u>SAMPLE STATISTICS</u>			
SAMPLE IDENTITY: LAG.02			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Sandy Gravel			
SEDIMENT NAME: Sandy Very Fine Gravel						
	φ m	Φ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	1700,0	-0,743	GRAVEL: 40,5%		COARSE SAND: 24,1%	
MODE 2:	9600,0	-3,243	SAND: 59,5%		MEDIUM SAND: 6,2%	
MODE 3:			MUD: 0,1%		FINE SAND: 0,2%	
D ₁₀ :	556,1	-2,989			V FINE SAND: 0,0%	
MEDIAN or D ₅₀ :	1607,5	-0,685	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 0,0%	
D ₉₀ :	7937,9	0,847	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 0,0%	
(D ₉₀ / D ₁₀):	14,27	-0,283	MEDIUM GRAVEL: 9,9%		MEDIUM SILT: 0,0%	
(D ₉₀ - D ₁₀):	7381,8	3,835	FINE GRAVEL: 9,8%		FINE SILT: 0,0%	
(D ₇₅ / D ₂₅):	3,764	-0,130	V FINE GRAVEL: 20,8%		V FINE SILT: 0,0%	
(D ₇₅ - D ₂₅):	2372,3	1,912	V COARSE SAND: 29,0%		CLAY: 0,0%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	φ m	φ m	Φ	φ m	Φ	
MEAN ($\bar{x}$):	2824,4	1758,2	-0,814	1741,6	-0,800	Very Coarse Sand
SORTING (σ):	3064,2	2,561	1,357	2,640	1,401	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	1,946	0,256	-0,256	0,151	-0,151	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	6,183	2,971	2,971	0,960	0,960	Mesokurtic



Γράφημα 2. Ραβδόγραμμα συχνότητας κατανομής κόκκων δείγματος LAG.02, στο πρόγραμμα GRADISTAT 8.0 κατά Blott, 2010.

Πίνακας 13. Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης δείγματος LAG.03, στο πρόγραμμα GRADISTAT 8.0 κατά Blott, 2010.

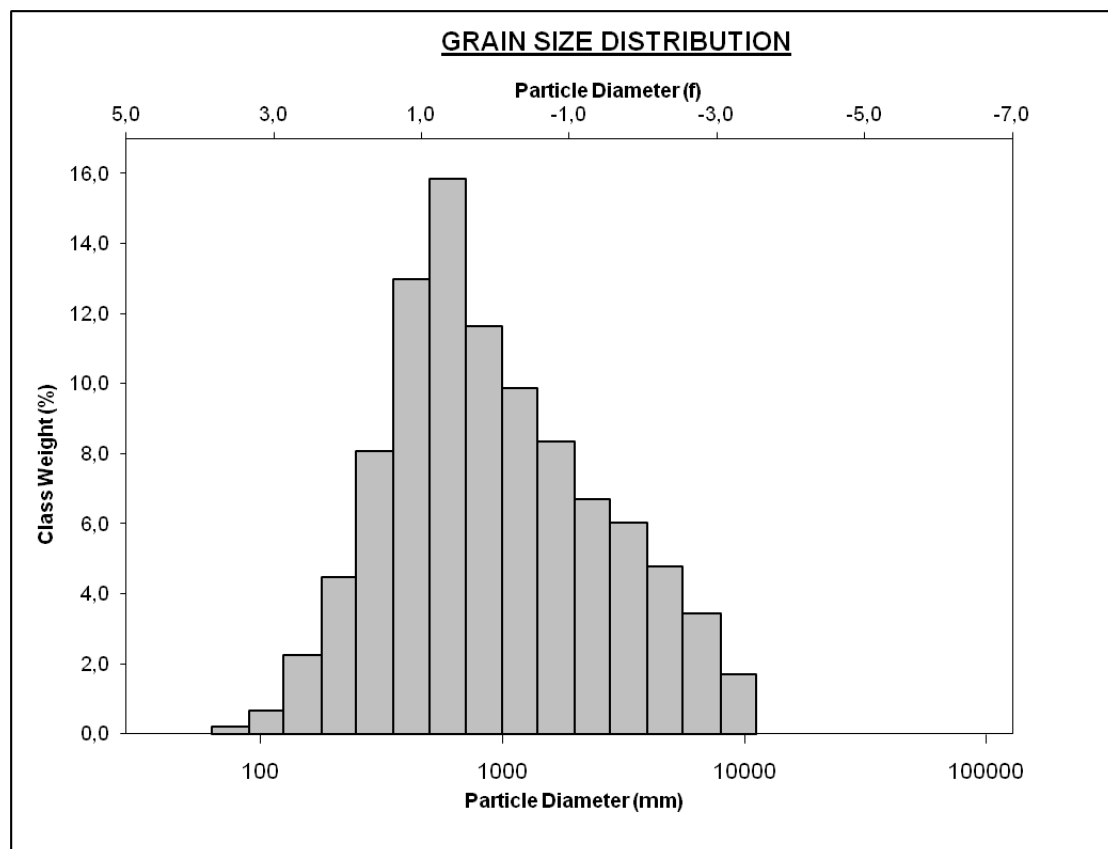
SIEVING ERROR: 900,3%			<u>SAMPLE STATISTICS</u>			
SAMPLE IDENTITY: LAG.03			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Well Sorted			TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand			
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Coarse Sand						
	$\bar{y}_m$	$\bar{y}_w$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	605,0	0,747	GRAVEL: 2,4%		COARSE SAND: 60,8%	
MODE 2:			SAND: 97,5%		MEDIUM SAND: 15,1%	
MODE 3:			MUD: 0,1%		FINE SAND: 0,5%	
D ₁₀ :	427,3	-0,402			V FINE SAND: 0,1%	
MEDIAN or D ₅₀ :	728,7	0,457	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 0,0%	
D ₉₀ :	1321,5	1,227	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 0,0%	
(D ₉₀ / D ₁₀):	3,093	-3,050	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 0,0%	
(D ₉₀ - D ₁₀):	894,3	1,629	FINE GRAVEL: 0,7%		FINE SILT: 0,0%	
(D ₇₅ / D ₂₅):	1,774	30,44	V FINE GRAVEL: 1,7%		V FINE SILT: 0,0%	
(D ₇₅ - D ₂₅):	427,8	0,827	V COARSE SAND: 20,9%		CLAY: 0,0%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\bar{y}_m$	$\bar{y}_m$	$\bar{y}_w$	$\bar{y}_m$	$\bar{y}_w$	
MEAN ($\bar{x}$):	864,2	749,5	0,416	752,2	0,411	Coarse Sand
SORTING (σ):	569,6	1,626	0,702	1,547	0,630	Moderately Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	4,667	-0,192	0,192	0,107	-0,107	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	36,63	11,51	11,51	1,064	1,064	Mesokurtic



Γράφημα 3. Ραβδόγραμμα συχνότητας κατανομής κόκκων δείγματος LAG.03, στο πρόγραμμα GRADISTAT 8.0 κατά Blott, 2010.

Πίνακας 14. Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης δείγματος LAG.04, στο πρόγραμμα GRADISTAT 8.0 κατά Blott, 2010.

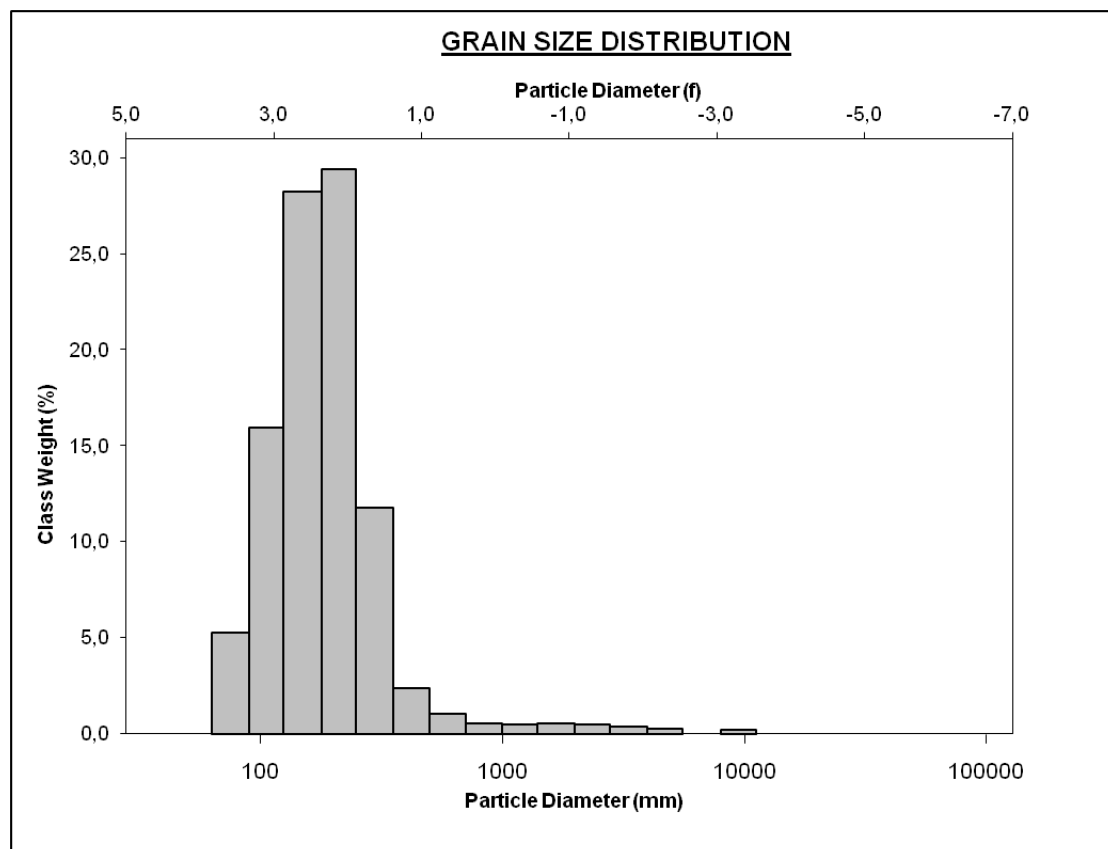
SIEVING ERROR: 9917,3%			<u>SAMPLE STATISTICS</u>			
SAMPLE IDENTITY: LAG.04			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand			
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand						
	$\bar{y}_m$	$\bar{y}_w$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	605,0	0,747	GRAVEL: 23,2%		COARSE SAND: 28,4%	
MODE 2:			SAND: 76,4%		MEDIUM SAND: 21,6%	
MODE 3:			MUD: 0,3%		FINE SAND: 6,8%	
D ₁₀ :	271,2	-2,015			V FINE SAND: 0,9%	
MEDIAN or D ₅₀ :	792,3	0,336	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 0,1%	
D ₉₀ :	4040,8	1,883	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 0,1%	
(D ₉₀ / D ₁₀):	14,90	-0,935	MEDIUM GRAVEL: 1,7%		MEDIUM SILT: 0,1%	
(D ₉₀ - D ₁₀):	3769,7	3,897	FINE GRAVEL: 8,4%		FINE SILT: 0,1%	
(D ₇₅ / D ₂₅):	4,207	-1,309	V FINE GRAVEL: 13,1%		V FINE SILT: 0,1%	
(D ₇₅ - D ₂₅):	1420,2	2,073	V COARSE SAND: 18,7%		CLAY: 0,1%	
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\bar{y}_m$	$\bar{y}_m$	$\bar{y}_w$	$\bar{y}_m$	$\bar{y}_w$	
MEAN ($\bar{x}$):	1585,8	910,6	0,135	926,5	0,110	Coarse Sand
SORTING (σ):	1883,9	2,829	1,500	2,828	1,500	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2,262	0,026	-0,026	0,201	-0,201	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	8,252	3,586	3,586	0,962	0,962	Mesokurtic



Γράφημα 4. Ραβδόγραμμα συχνότητας κατανομής κόκκων δείγματος LAG.04, στο πρόγραμμα GRADISTAT 8.0 κατά Blott, 2010.

Πίνακας 15. Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης δείγματος LAG.06, στο πρόγραμμα GRADISTAT 8.0 κατά Blott, 2010.

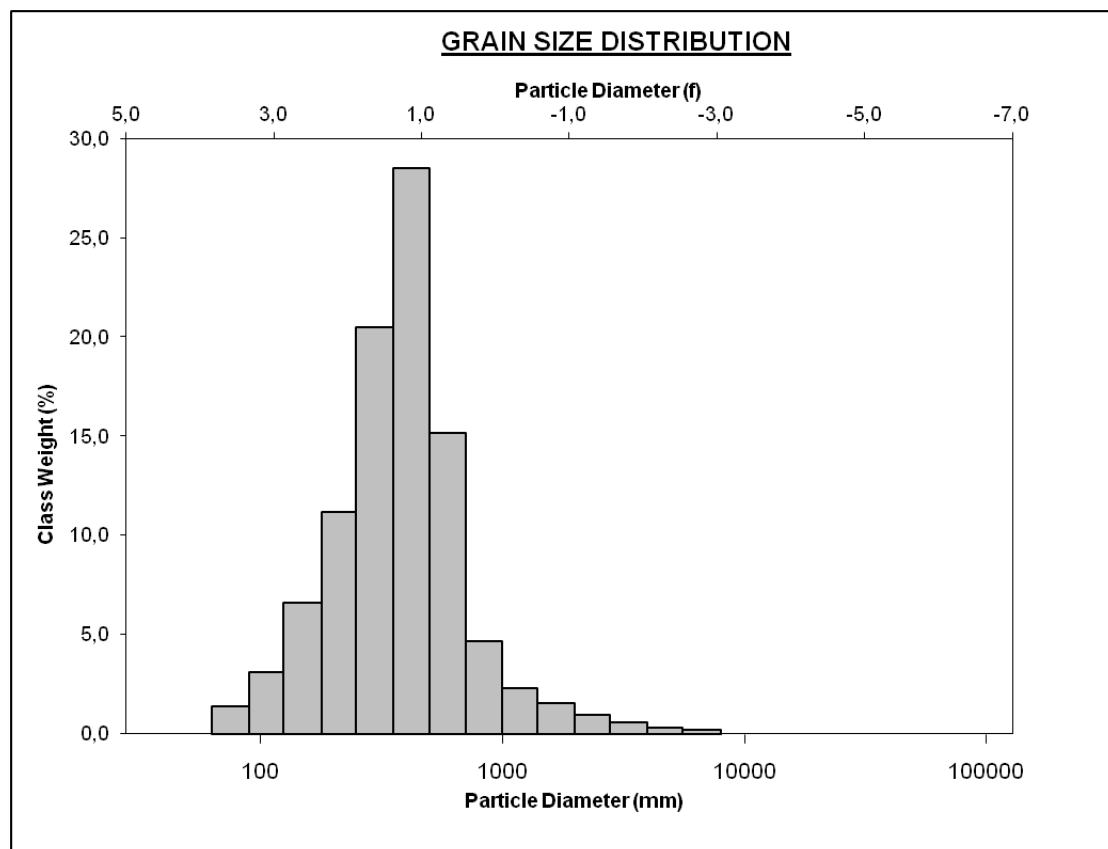
SIEVING ERROR: 9926,1%			<u>SAMPLE STATISTICS</u>			
SAMPLE IDENTITY: LAG.06			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted			TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand			
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Fine Sand						
	ϕm	Φ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	215,0	2,237	GRAVEL: 1,4%		COARSE SAND: 1,7%	
MODE 2:			SAND: 95,1%		MEDIUM SAND: 14,3%	
MODE 3:			MUD: 3,6%		FINE SAND: 57,6%	
D ₁₀ :	91,93	1,646			V FINE SAND: 20,5%	
MEDIAN or D ₅₀ :	171,8	2,541	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 0,6%	
D ₉₀ :	319,5	3,443	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 0,6%	
(D ₉₀ / D ₁₀):	3,475	2,092	MEDIUM GRAVEL: 0,2%		MEDIUM SILT: 0,6%	
(D ₉₀ - D ₁₀):	227,5	1,797	FINE GRAVEL: 0,3%		FINE SILT: 0,6%	
(D ₇₅ / D ₂₅):	1,829	1,412	V FINE GRAVEL: 0,9%		V FINE SILT: 0,6%	
(D ₇₅ - D ₂₅):	104,7	0,871	V COARSE SAND: 1,0%		CLAY: 0,6%	
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	ϕm	ϕm	Φ	ϕm	Φ	
MEAN ($\bar{x}$):	256,8	165,5	2,595	168,9	2,566	Fine Sand
SORTING (σ):	569,1	2,299	1,201	1,671	0,741	Moderately Sorted
SKEWNESS (Sk):	11,39	-0,735	0,735	-0,022	0,022	Symmetrical
KURTOSIS (K):	163,6	10,21	10,21	1,249	1,249	Leptokurtic



Γράφημα 5. Ραβδόγραμμα συχνότητας κατανομής κόκκων δείγματος LAG.06, στο πρόγραμμα GRADISTAT 8.0 κατά Blott, 2010.

Πίνακας 16. Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης δείγματος LAG.07, στο πρόγραμμα GRADISTAT 8.0 κατά Blott, 2010.

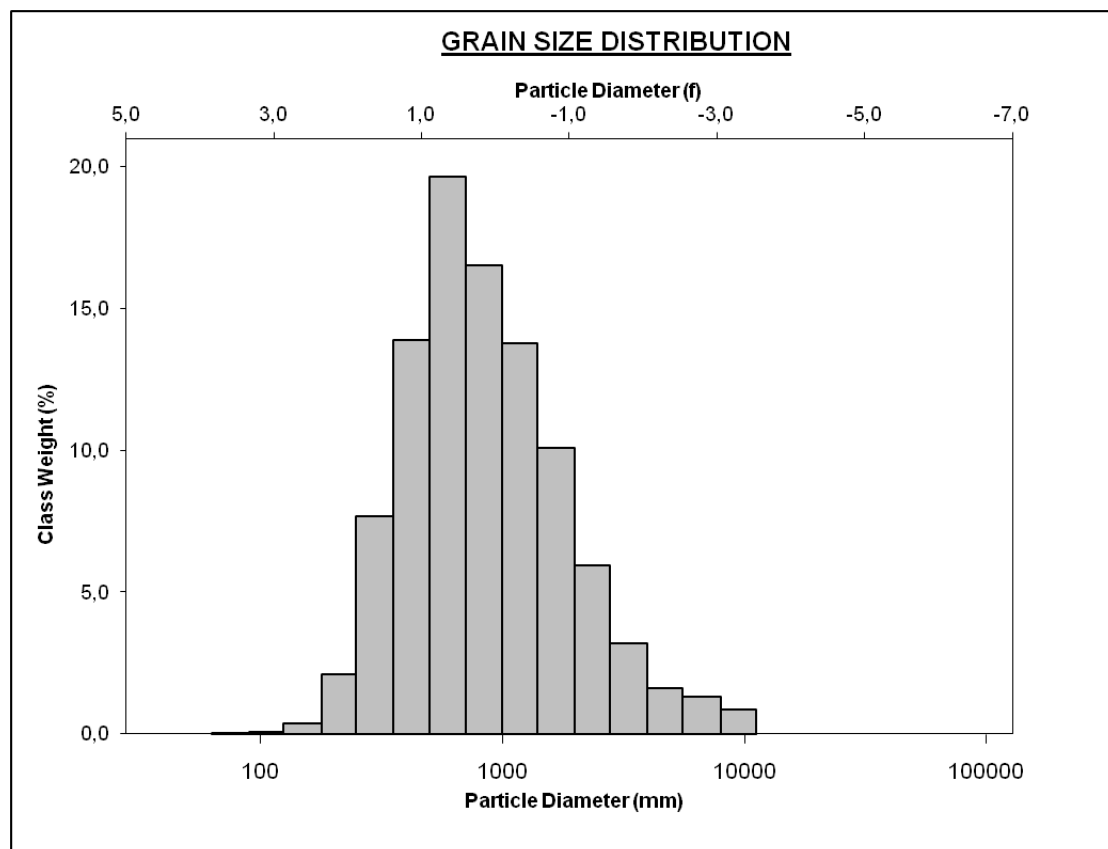
SIEVING ERROR: 9925,9%			<u>SAMPLE STATISTICS</u>			
SAMPLE IDENTITY: LAG.07			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted			TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand			
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Medium Sand						
	φ m	Φ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	427,5	1,247	GRAVEL: 2,1% COARSE SAND: 20,2%			
MODE 2:			SAND: 96,0% MEDIUM SAND: 49,6%			
MODE 3:			MUD: 1,9% FINE SAND: 17,8%			
D ₁₀ :	151,0	0,419	V FINE SAND: 4,4%			
MEDIAN or D ₅₀ :	376,1	1,411	V COARSE GRAVEL: 0,0% V COARSE SILT: 0,3%			
D ₉₀ :	748,2	2,727	COARSE GRAVEL: 0,0% COARSE SILT: 0,3%			
(D ₉₀ / D ₁₀):	4,954	6,515	MEDIUM GRAVEL: 0,0% MEDIUM SILT: 0,3%			
(D ₉₀ - D ₁₀):	597,1	2,309	FINE GRAVEL: 0,5% FINE SILT: 0,3%			
(D ₇₅ / D ₂₅):	2,029	2,064	V FINE GRAVEL: 1,6% V FINE SILT: 0,3%			
(D ₇₅ - D ₂₅):	260,8	1,021	V COARSE SAND: 3,9% CLAY: 0,3%			
			METHOD OF MOMENTS			
			Arithmetic	Geometric	Logarithmic	FOLK & WARD METHOD
			φ m	φ m	Φ	Geometric Logarithmic Description
MEAN ($\bar{x}$):	487,1	349,7	1,516	358,8	1,479	Medium Sand
SORTING (σ):	553,0	2,315	1,211	1,924	0,944	Moderately Sorted
SKEWNESS (Sk):	5,970	-1,344	1,344	-0,085	0,085	Symmetrical
KURTOSIS (K):	52,60	9,911	9,911	1,380	1,380	Leptokurtic



Γράφημα 6. Ραβδόγραμμα συχνότητας κατανομής κόκκων δείγματος LAG.07, στο πρόγραμμα GRADISTAT 8.0 κατά Blott, 2010.

Πίνακας 17. Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης δείγματος SHOL.01, στο πρόγραμμα GRADISTAT 8.0 κατά Blott, 2010.

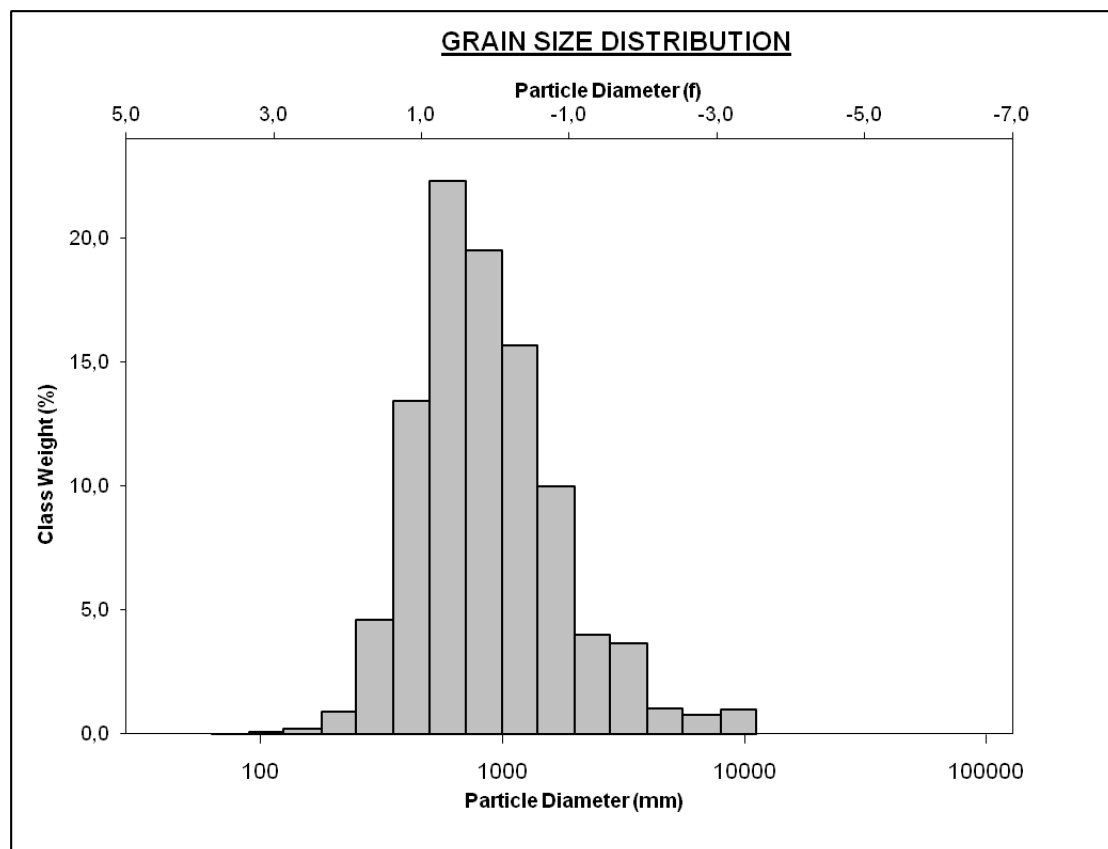
SIEVING ERROR: 9903,9%			<u>SAMPLE STATISTICS</u>			
SAMPLE IDENTITY: SHOL.01			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand			
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand						
	$\bar{y}_m$	$\bar{y}_w$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	605,0	0,747	GRAVEL: 13,3% COARSE SAND: 37,4%			
MODE 2:			SAND: 86,7% MEDIUM SAND: 22,2%			
MODE 3:			MUD: 0,0% FINE SAND: 2,5%			
D ₁₀ :	345,4	-1,264	V FINE SAND: 0,1%			
MEDIAN or D ₅₀ :	780,5	0,358	V COARSE GRAVEL: 0,0% V COARSE SILT: 0,0%			
D ₉₀ :	2401,7	1,534	COARSE GRAVEL: 0,0% COARSE SILT: 0,0%			
(D ₉₀ / D ₁₀):	6,954	-1,213	MEDIUM GRAVEL: 0,9% MEDIUM SILT: 0,0%			
(D ₉₀ - D ₁₀):	2056,4	2,798	FINE GRAVEL: 3,0% FINE SILT: 0,0%			
(D ₇₅ / D ₂₅):	2,721	-2,215	V FINE GRAVEL: 9,4% V FINE SILT: 0,0%			
(D ₇₅ - D ₂₅):	863,4	1,444	V COARSE SAND: 24,5% CLAY: 0,0%			
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\bar{y}_m$	$\bar{y}_m$	$\bar{y}_w$	$\bar{y}_m$	$\bar{y}_w$	
MEAN ($\bar{x}$):	1220,0	854,8	0,226	832,0	0,265	Coarse Sand
SORTING (σ):	1338,4	2,164	1,114	2,145	1,101	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	3,508	0,495	-0,495	0,158	-0,158	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	18,43	3,751	3,751	1,043	1,043	Mesokurtic



Γράφημα 7. Ραβδόγραμμα συχνότητας κατανομής κόκκων δείγματος SHOL.01, στο πρόγραμμα GRADISTAT 8.0 κατά Blott, 2010.

Πίνακας 18. Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης δείγματος SHOL.02, στο πρόγραμμα GRADISTAT 8.0 κατά Blott, 2010.

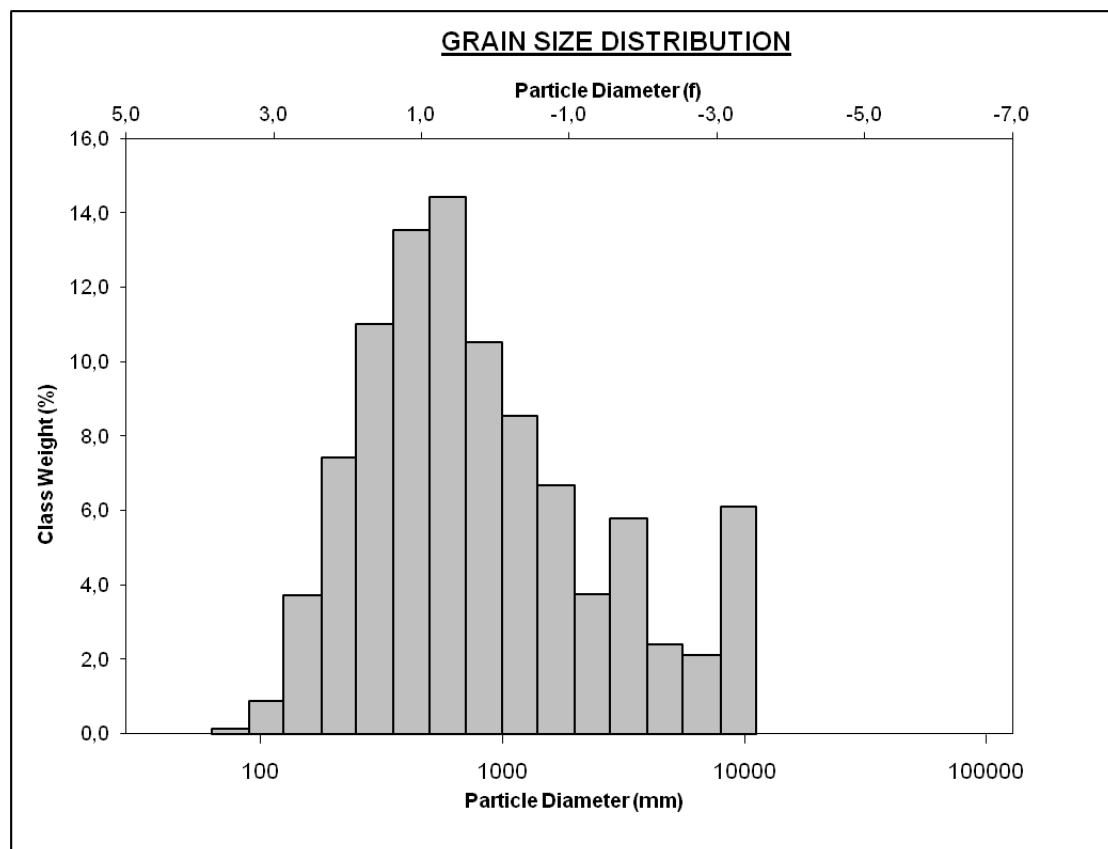
SIEVING ERROR: 9904,3%			<u>SAMPLE STATISTICS</u>			
SAMPLE IDENTITY: SHOL.02			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Sorted			TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand			
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand						
	$\bar{y}_m$	$\bar{y}_w$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	605,0	0,747	GRAVEL: 10,8% COARSE SAND: 43,2%			
MODE 2:			SAND: 89,2% MEDIUM SAND: 18,5%			
MODE 3:			MUD: 0,0% FINE SAND: 1,1%			
D ₁₀ :	392,1	-1,093	V FINE SAND: 0,1%			
MEDIAN or D ₅₀ :	800,6	0,321	V COARSE GRAVEL: 0,0% V COARSE SILT: 0,0%			
D ₉₀ :	2133,1	1,351	COARSE GRAVEL: 0,0% COARSE SILT: 0,0%			
(D ₉₀ / D ₁₀):	5,440	-1,236	MEDIUM GRAVEL: 1,0% MEDIUM SILT: 0,0%			
(D ₉₀ - D ₁₀):	1741,0	2,444	FINE GRAVEL: 1,9% FINE SILT: 0,0%			
(D ₇₅ / D ₂₅):	2,392	-2,375	V FINE GRAVEL: 7,9% V FINE SILT: 0,0%			
(D ₇₅ - D ₂₅):	753,7	1,258	V COARSE SAND: 26,3% CLAY: 0,0%			
			METHOD OF MOMENTS			
			Arithmetic	Geometric	Logarithmic	FOLK & WARD METHOD
			$\bar{y}_m$	$\bar{y}_m$	$\bar{y}_w$	Geometric Logarithmic Description
MEAN ($\bar{x}$):	1185,6	873,5	0,195	848,8	0,237	Coarse Sand
SORTING (σ):	1268,2	2,006	1,004	1,963	0,973	Moderately Sorted
SKEWNESS (Sk):	4,039	0,699	-0,699	0,181	-0,181	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	23,60	4,202	4,202	1,081	1,081	Mesokurtic



Γράφημα 8. Ραβδόγραμμα συχνότητας κατανομής κόκκων δείγματος SHOL.02, στο πρόγραμμα GRADISTAT 8.0 κατά Blott, 2010.

Πίνακας 19. Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης δείγματος SHOL.03, στο πρόγραμμα GRADISTAT 8.0 κατά Blott, 2010.

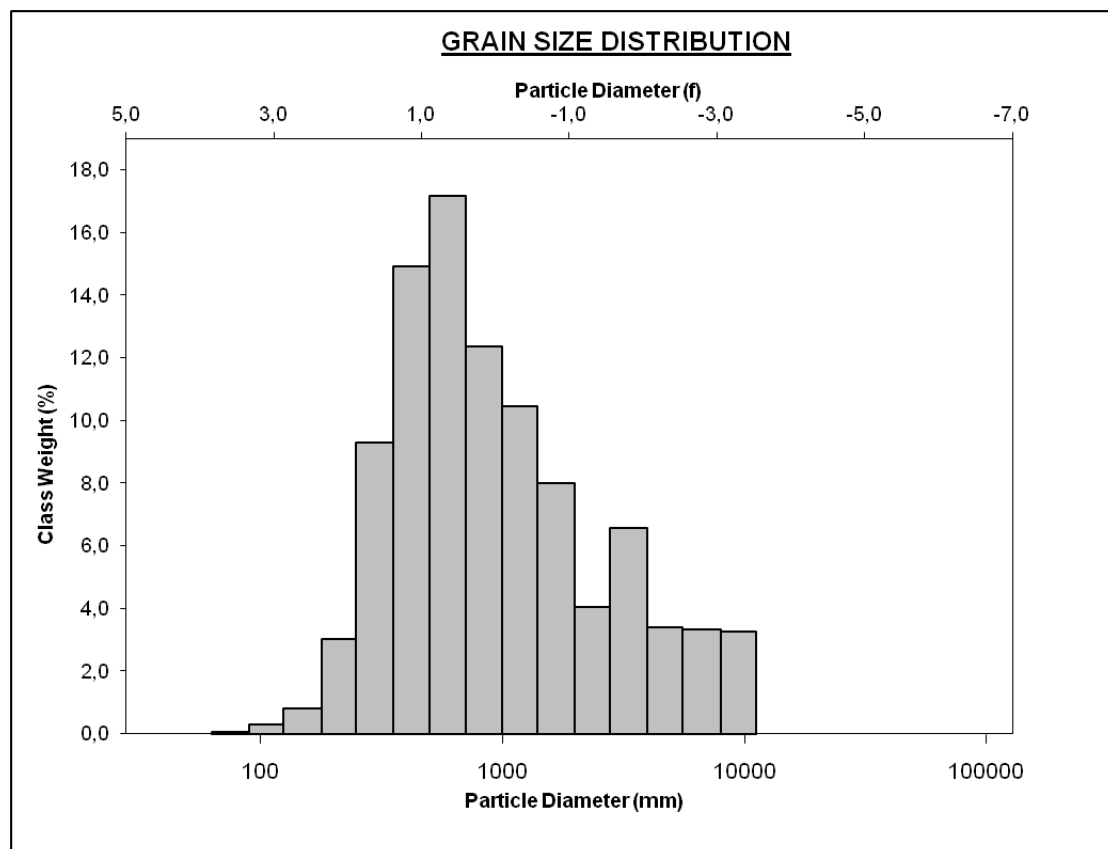
SIEVING ERROR: 9901,6%			<u>SAMPLE STATISTICS</u>			
SAMPLE IDENTITY: SHOL.03			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Trimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand			
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand						
	ϕ m	Φ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	605,0	0,747	GRAVEL: 20,7%		COARSE SAND: 25,8%	
MODE 2:	9600,0	-3,243	SAND: 79,2%		MEDIUM SAND: 25,3%	
MODE 3:	3400,0	-1,743	MUD: 0,1%		FINE SAND: 11,4%	
D ₁₀ :	223,9	-2,158			V FINE SAND: 1,0%	
MEDIAN or D ₅₀ :	664,2	0,590	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 0,0%	
D ₉₀ :	4462,3	2,159	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 0,0%	
(D ₉₀ / D ₁₀):	19,93	-1,001	MEDIUM GRAVEL: 6,1%		MEDIUM SILT: 0,0%	
(D ₉₀ - D ₁₀):	4238,4	4,317	FINE GRAVEL: 4,7%		FINE SILT: 0,0%	
(D ₇₅ / D ₂₅):	4,425	-2,117	V FINE GRAVEL: 9,9%		V FINE SILT: 0,0%	
(D ₇₅ - D ₂₅):	1247,4	2,146	V COARSE SAND: 15,7%		CLAY: 0,0%	
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	ϕ m	ϕ m	Φ	ϕ m	Φ	
MEAN ($\bar{x}$):	1679,7	821,3	0,284	817,8	0,290	Coarse Sand
SORTING (σ):	2418,0	3,069	1,618	3,245	1,698	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2,351	0,541	-0,541	0,291	-0,291	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	7,628	2,803	2,803	1,067	1,067	Mesokurtic



Γράφημα 9. Ραβδόγραμμα συχνότητας κατανομής κόκκων δείγματος SHOL.03, στο πρόγραμμα GRADISTAT 8.0 κατά Blott, 2010.

Πίνακας 20. Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης δείγματος SHOL.04, στο πρόγραμμα GRADISTAT 8.0 κατά Blott, 2010.

SIEVING ERROR: 901,8%			<u>SAMPLE STATISTICS</u>			
SAMPLE IDENTITY: SHOL.04			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Gravelly Sand			
SEDIMENT NAME: Very Fine Gravelly Coarse Sand						
	$\bar{y}$ m	$\bar{y}$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	605,0	0,747	GRAVEL: 21,3%		COARSE SAND: 30,5%	
MODE 2:	3400,0	-1,743	SAND: 78,6%		MEDIUM SAND: 24,9%	
MODE 3:			MUD: 0,1%		FINE SAND: 3,9%	
D ₁₀ :	307,2	-2,038			V FINE SAND: 0,4%	
MEDIAN or D ₅₀ :	767,4	0,382	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 0,0%	
D ₉₀ :	4106,9	1,703	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 0,0%	
(D ₉₀ / D ₁₀):	13,37	-0,836	MEDIUM GRAVEL: 3,3%		MEDIUM SILT: 0,0%	
(D ₉₀ - D ₁₀):	3799,8	3,741	FINE GRAVEL: 7,0%		FINE SILT: 0,0%	
(D ₇₅ / D ₂₅):	3,765	-1,466	V FINE GRAVEL: 11,0%		V FINE SILT: 0,0%	
(D ₇₅ - D ₂₅):	1257,1	1,913	V COARSE SAND: 19,0%		CLAY: 0,0%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\bar{y}$ m	$\bar{y}$ m	$\bar{y}$	$\bar{y}$ m	$\bar{y}$	
MEAN ($\bar{x}$):	1645,0	939,0	0,091	947,3	0,078	Coarse Sand
SORTING (σ):	2095,1	2,687	1,426	2,763	1,466	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	2,390	0,524	-0,524	0,316	-0,316	Very Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	8,405	2,965	2,965	1,010	1,010	Mesokurtic



Γράφημα 10. Ραβδόγραμμα συχνότητας κατανομής κόκκων δείγματος SHOL.04, στο πρόγραμμα GRADISTAT 8.0 κατά Blott, 2010.

Πίνακας 21. Δεδομένα κοκκομετρικής ανάλυσης με τη μέθοδο του σιφωνίου του δείγματος LAG.05						
ΟΝΟΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ			LAG.05	ΠΡΟΣΤΕΘΗΚΑΝ: 20 ml Calgon		
ΜΙΚΤΟ ΒΑΡΟΣ (gr)			100,65			
ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ (gr)			75,62			
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)			25,03			
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ: 26 °C		ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ: 1000 ml νερού		
Φ	ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ (gr)	ΜΙΚΤΟ ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ-ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (gr)	ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (gr)	ΧΡΟΝΟΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ		ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (gr)
				min	sec	- 0,01718 gr Calgon
4	41,249	41,320	0,071	0	25	0,05382
8	36,720	36,753	0,033	54	25	0,01582

Πίνακας 22. Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης δείγματος LAG.05 στην εφαρμογή excel κατά Αλμπανάκη, 2011.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ ΣΙΦΩΝΙΟΥ (PIPET)													
				$t = h / (1500 \cdot A \cdot d^2)$		A. coef		Clays, Quart		Amphibolites			
Computation of A coefficient :				T Celcius		3		3.35					
Give Temperature: 26.0				16		3.23		3.92	4.6	Clays, Quartz			
for clays and quartz density (2,65)				20		3.57		4.33	5.08	A = 0,0004*T ² + 0,0715*T + 1,9826			
				24		3.93		4.76	5.6				
				28		4.3		5.21	6.21				
				32		4.68		5.67	6.6				
Φ	d mm	βάθος h	A. coef	t min	hours	mim	sec		Φ=log ₁₀ d	time	net dry weight	ml cylinder	1000
1	4.0	0.06250	10	0.42	0	0	24	coarse silt	4.0	23 sec	0.0538	g sediment	25.03
2	5.0	0.03125	10	1.67	0	1	39	medium silt	5.0			ml micro pipette	20
3	6.0	0.01562	10	6.66	0	6	39	fine silt	6.0	6 mim		100% in 5 ml (g) = 0.501	
4	7.0	0.00780	10	26.65	0	26	38	very fine silt	7.0			5% of concentration(g) = 0.025	
5	8.0	0.00390	5	53.30	0	53	17	coarse clay	8.0	28 mim	0.0158		
6	9.0	0.00195	5	213.18	3	33	11	medium clay	9.0			sand % = 89.2	
10.0	0.00098	5		844.06	14	4	3	fine clay	10.0			silt % = 7.6	
11.0	0.00049	5		3376.24	56	16	14		11.0			clay % = 3.2	
12.0	0.00024	5		14073.5	234	33	32		12.0			clay / silt = 5/12	
13.0	0.00012	5		56294.13	938	14	8		13.0			silt to clay+silt % = 70.61	

Πίνακας 23. Δεδομένα κοκκομετρικής ανάλυσης με τη μέθοδο του σιφωνίου του δείγματος LAG.08

ΟΝΟΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ			LAG.08		ΠΡΟΣΤΕΘΗΚΑΝ: 20 ml Calgon	
ΜΙΚΤΟ ΒΑΡΟΣ (gr)			101,37			
ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ (gr)			76,62			
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)			24,75			
			ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ: 26 °C		ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ: 1000 ml νερού	
Φ	ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ (gr)	ΜΙΚΤΟ ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ-ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (gr)	ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (gr)	ΧΡΟΝΟΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ		ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (gr)
				min	sec	- 0,01718 gr Calgon
4	30,861	30,952	0,091	0	25	0,07382
8	39,992	40,029	0,037	54	25	0,01982

Πίνακας 24. Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης δείγματος LAG.08 στην εφαρμογή excel κατά Αλμπανάκη, 2011.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ ΣΙΦΩΝΙΟΥ (PIPET)													
				$t = h / (1500 \cdot A \cdot d^2)$				A. coef	Clays, Quart		Amphibolites		
Computation of A coefficient :								T Celcius					
Give Temperature: 26.0								16	3.23	3.92	4.6	Clays, Quartz	
for clays and quartz density (2,65)								20	3.57	4.33	5.08	$A = 0,0004 \cdot T^2 + 0,0715 \cdot T + 1,9826$	
								24	3.93	4.76	5.6		
								28	4.3	5.21	6.21		
								32	4.68	5.67	6.6		
Φ	d mm	βάθος h	A. coef	t min	hours	mim	sec		$\Phi = -\log_2(d)$	time	net dry weight	ml cylinder	1000
1	4.0	0.06250	10	6.42	0	0	24	coarse silt	4.0	23 sec	0.0738	g sediment	24.75
2	5.0	0.03125	10	1.67	0	1	39		5.0			ml micro pipette	20
3	6.0	0.01562	10	6.66	0	6	39	medium silt	6.0	6 mim			
4	7.0	0.00780	10	26.65	0	26	38	fine silt	7.0				
5	8.0	0.00390	5	53.30	0	53	17	very fine silt	8.0	28 mim	0.0198	100% in 5 ml (g) =	0.495
6	9.0	0.00195	5	213.18	3	33	11	coarse clay	9.0			5% of concentration(g) =	0.025
	10.0	0.00098	5	844.06	14	4	3	medium clay	10.0			sand % =	85.1
	11.0	0.00049	5	3376.24	56	16	14	fine clay	11.0			silt % =	10.9
	12.0	0.00024	5	14073.5	234	33	32		12.0			clay % =	4.0
	13.0	0.00012	5	56294.13	938	14	8		13.0			clay / silt =	29/79
												silt to clay+silt % =	73.15

Πίνακας 25. Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης υλικού με μέγεθος κόκκων $\geq 4\Phi$ για τα δείγματα LAG.05 και LAG.08. Το βάρος των κροκαλών είναι το άθροισμα των κλασμάτων που παρέμεινε στα κόσκινα με διάμετρο ανοιγμάτων -3Φ , -2Φ και -1Φ (LAG.05: 2.50 gr, LAG.08: 5.09 gr)

Φ	LAG.05 ΒΑΡΟΣ (gr)	LAG.08 ΒΑΡΟΣ (gr)
-3	0.00	0.00
-2	0.10	2.80
-1	2.40	2.29
0	4.02	4.20
1	4.39	3.91
2	5.02	3.95
3	3.50	2.13
4	1.56	0.97
ΤΕΛΙΚΟΣ ΔΙΣΚΟΣ	0.44	0.18

Πίνακας 26. Δεδομένα κοκκομετρικής ανάλυσης με τη μέθοδο του σιφωνίου του δείγματος D.D.

ΟΝΟΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ			D.D.	ΠΡΟΣΤΕΘΗΚΑΝ: 20 ml Calgon		
ΜΙΚΤΟ ΒΑΡΟΣ (gr)			126,14			
ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ (gr)			91,38			
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ (gr)			24,45			
		ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ: 26 °C		ΚΥΛΙΝΔΡΟΣ: 1000 ml νερού		
Φ	ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ (gr)	ΜΙΚΤΟ ΒΑΡΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ-ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (gr)	ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (gr)	ΧΡΟΝΟΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ		ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ (gr)
				min	sec	- 0,01718 gr Calgon
4	37,007	37,242	0,235	0	25	0,21782
8	42,539	42,587	0,048	54	25	0,03082

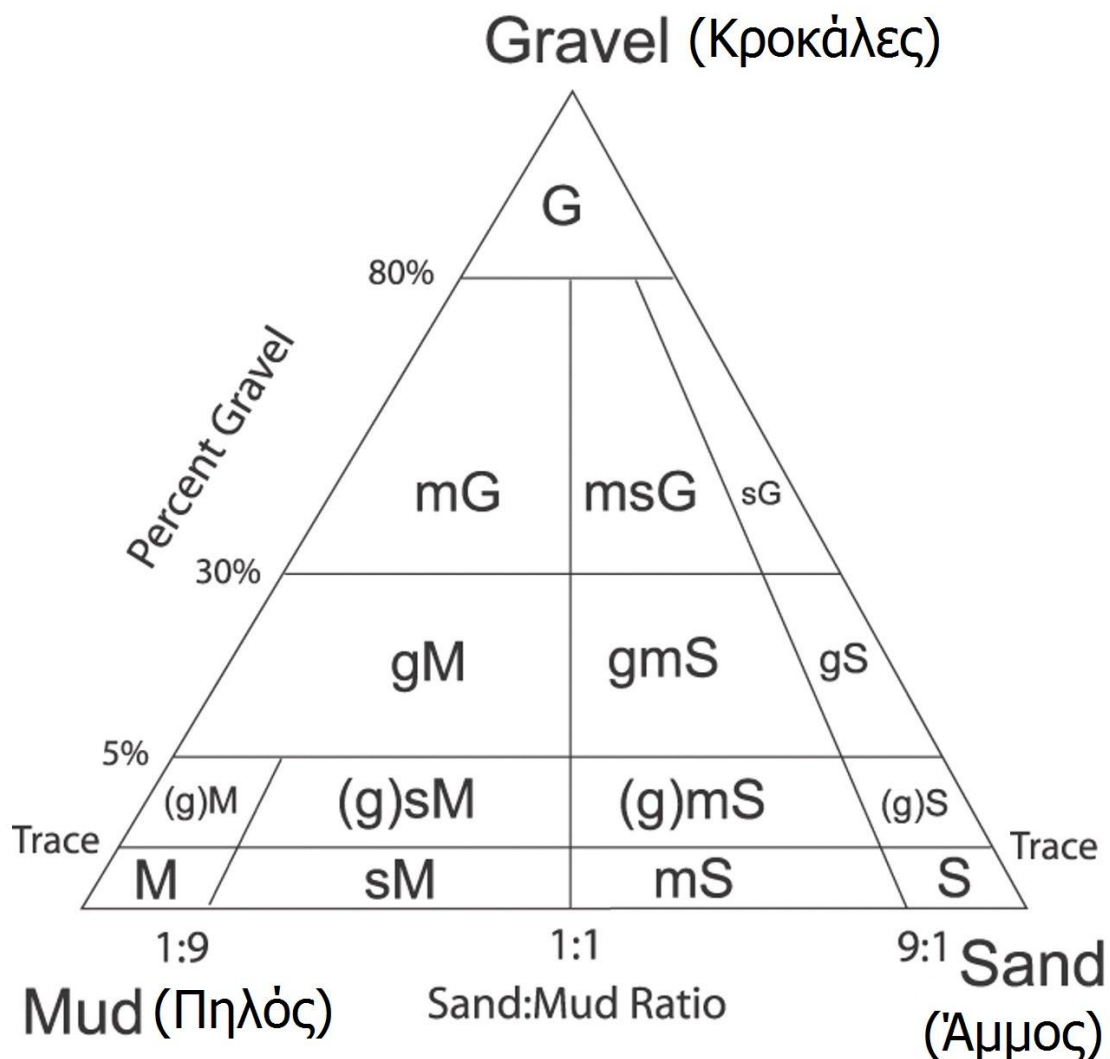
Πίνακας 27. Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης δείγματος D.D. στην εφαρμογή excel κατά Αλμπανάκη, 2011.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΟΥ ΣΙΦΩΝΙΟΥ (PIPET)														
					$t = h / (1500 \cdot A \cdot d^2)$									
Computation of A coefficient :					A. coef	Clays, Quart		Amphibolites						
Give Temperature: 26.0					T Celcius		3	3.35						
for clays and quartz density (2,65)					16	3.23	3.92	4.6		Clays, Quartz				
					20	3.57	4.33	5.08		$A = 0,0004 \cdot T^2 + 0,0715 \cdot T + 1,9826$				
					24	3.93	4.76	5.6						
					28	4.3	5.21	6.21						
					32	4.68	5.67	6.6						
Φ	d mm	βάθος h	A. coef	t min	hours	mim	sec		Φ=-log(d)	time	net dry weight	ml cylinder	1000	
1	4.0	0.00250	10	6.42	0	0	24	coarse silt	4.0	23 sec	0.2178	g sediment	34.76	
2	5.0	0.00120	10	1.67	0	1	39		5.0			ml micro pipette	20	
3	6.0	0.01550	10	6.66	0	6	39	mediun silt	6.0	6 mim				
4	7.0	0.00780	10	26.65	0	26	38	fine silt	7.0			100% in 5 ml (g) =	0.695	
5	8.0	0.00390	5	53.30	0	53	17	very fine silt	8.0	28 mim	0.0308	5% of concentration(g) =	0.035	
6	9.0	0.00195	5	213.18	3	33	11	coarse clay	9.0					
10.0	0.00098	5		844.06	14	4	3	medium clay	10.0			sand % =	68.7	
11.0	0.00049	5		3376.24	56	16	14	fine clay	11.0			silt % =	26.9	
12.0	0.00024	5		14073.5	234	33	32		12.0			clay % =	4.4	
13.0	0.00012	5		56294.13	938	14	8		13.0			clay / silt =	15/91	
												silt to clay+silt % =	85.85	

Πίνακας 28. Ταξινόμηση μεγέθους κόκκων κλαστικών ιζημάτων κατά Udden-Wentworth (Wentworth, 1922), (Πηγή: jsedres.geoscienceworld.org)

PARTICLE LENGTH (d _I)				Φ	GRADE	CLASS	FRACTION	
km	m	mm	Unlithified				Lithified	
1075				-30	very coarse	Megalith	Megagravel	Mega- Conglomerate
538				-29	coarse			
269				-28	medium			
134				-27	fine			
67.2				-26	very fine			
33.6				-25	very coarse	Monolith		
16.8				-24	coarse			
8.4				-23	medium			
4.2				-22	fine			
2.1				-21	very fine			
1.0	1048.6			-20	very coarse	Slab		
0.5	524.3			-19	coarse			
0.26	262.1			-18	medium			
	131.1			-17	fine			
	65.5			-16	very coarse	Block		
	32.8			-15	coarse			
	16.4			-14	medium			
	8.2			-13	fine			
	4.1	4096		-12	very coarse	Boulder		
	2.0	2048		-11	coarse			
	1.0	1024		-10	medium			
	0.5	512		-9	fine			
	0.25	256		-8	coarse	Cobble	Gravel	Conglomerate
		128		-7	fine			
		64		-6	very coarse	Pebble		
		32		-5	coarse			
		16		-4	medium			
		8		-3	fine			
		4		-2		Granule		
		2		-1	very coarse	Sand	Sand	Sandstone
		1		0	coarse			
		0.50		1	medium			
		0.25		2	fine			
		0.125		3	very fine	Silt	Mud	Mudstone or Shale
		0.063		4	coarse			
		0.031		5	medium			
		0.015		6	fine			
		0.008		7	very fine			
		0.004		8		Clay		
		0.002		9				
		0.001		10				
		0.0005		11				
		0.0002		12				
		0.0001		13				

Σύστημα Ταξινόμησης κατά Folk (1954, 1980)



G: Gravel (Κροκάλες)

g: Gravelly (Κροκαλούχος)

(g): Slightly Gravelly (Ελαφρά Κροκαλούχος)

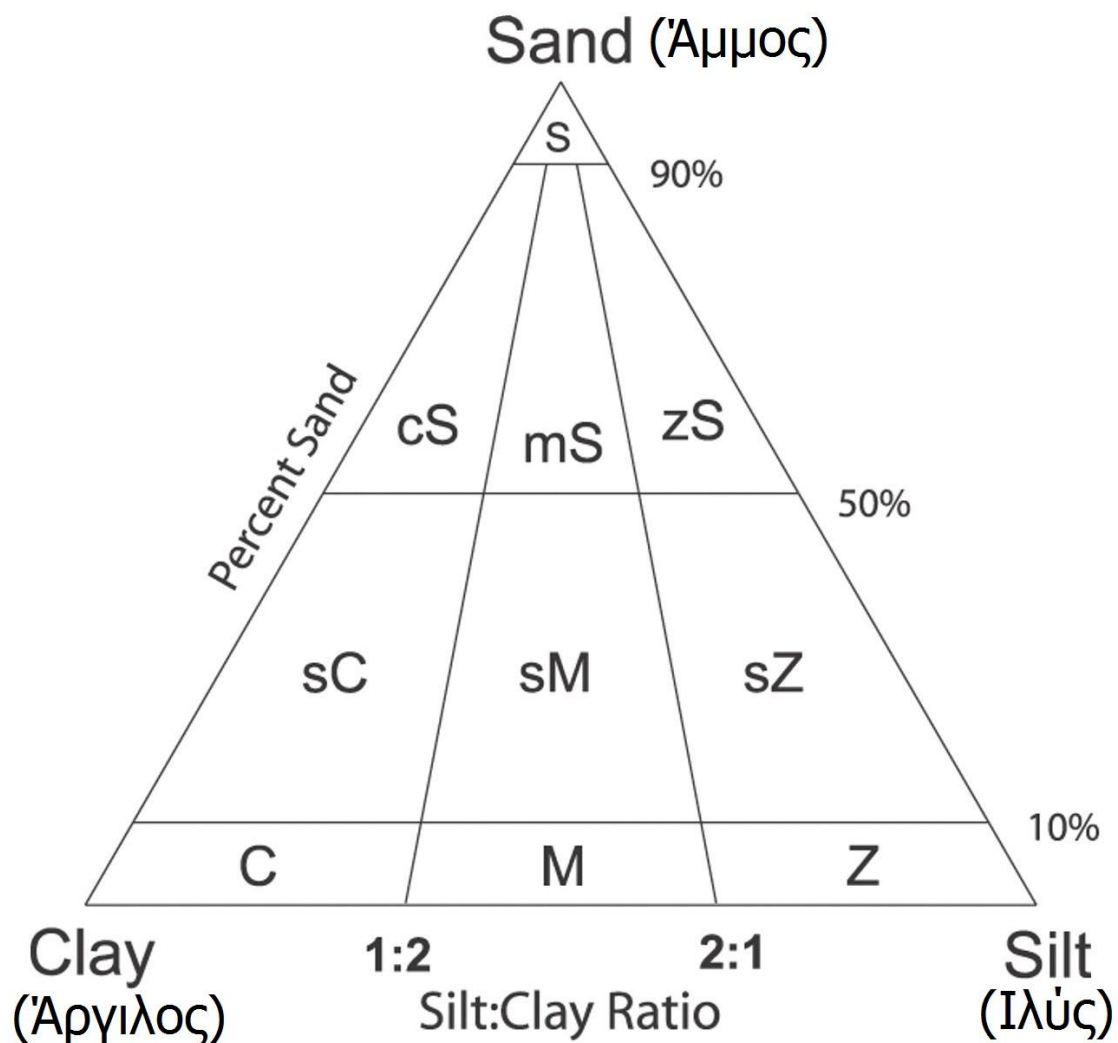
S: Sand (Άμμος)

s: Sandy (Αμμούχος)

M: Mud (Πηλός)

m: Muddy (Πηλούχος)

Σύστημα Ταξινόμησης Κατά Folk (1980)



S: Sand (Άμμος)

s: Sandy (Αμμούχος)

Z: Silt (Ιλύς)

z: Silty (Ιλυούχος)

M: Mud (Πηλός)

m: Muddy (Πηλούχος)

C: Clay (Άργιλος)

c: Clayey (Αργιλούχος)

Πίνακας 29. Ταξινόμηση κλαστικών ιζημάτων βάσει των τιμών της τυπικής απόκλισης (σ), (από Ψιλοβίκο, 2010)

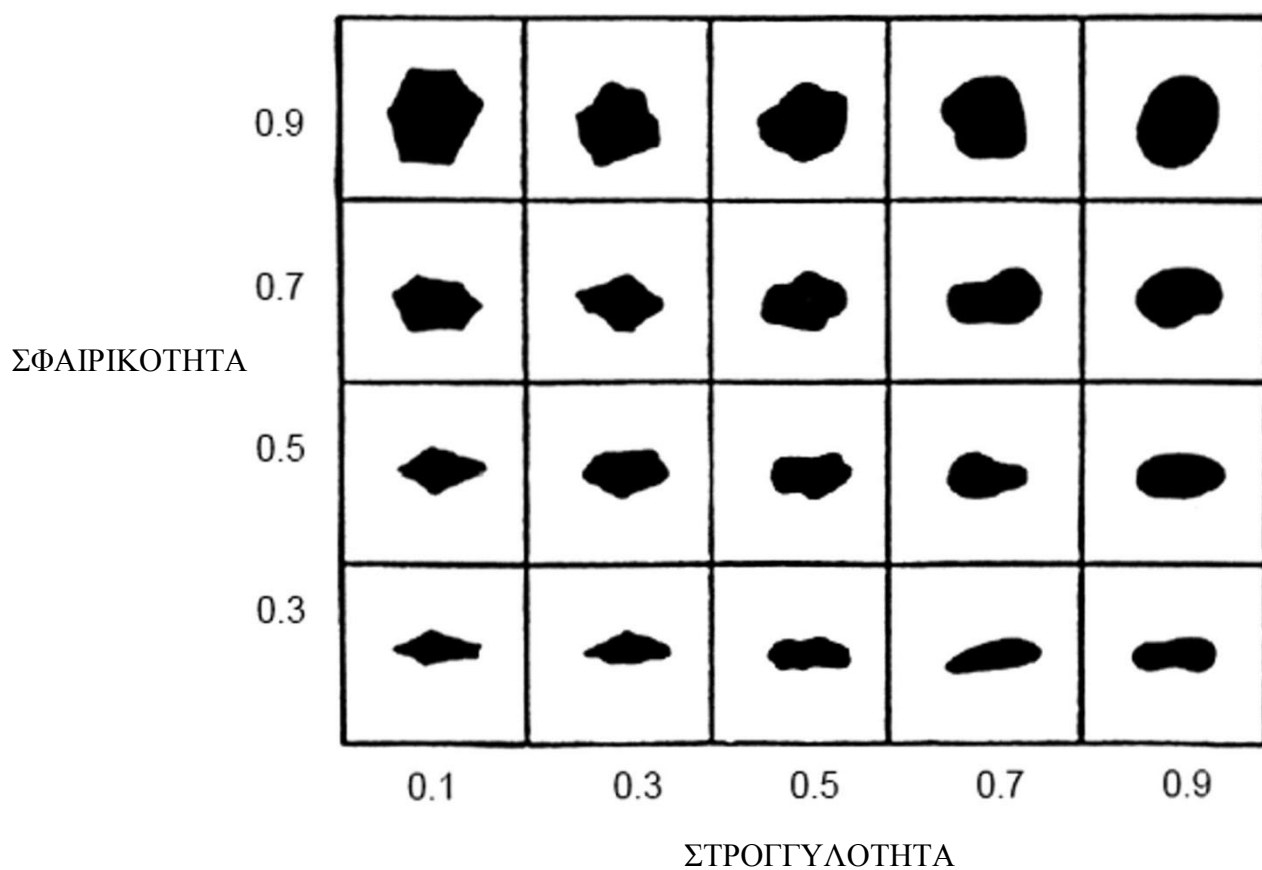
Τυπική Απόκλιση (σ)	Ταξινόμηση
<0,35	πολύ καλή
0,35 - 0,50	καλή
0,50 - 0,71	μέτρια καλή
0,71 - 1,00	μέτρια
1,00 - 2,00	κακή
2,00 - 4,00	πολύ κακή
>4,00	εξαιρετικά κακή

Πίνακας 30. Χαρακτηρισμός λοξότητας (Sk) βάσει των τιμών της (από Ψιλοβίκο, 2010)

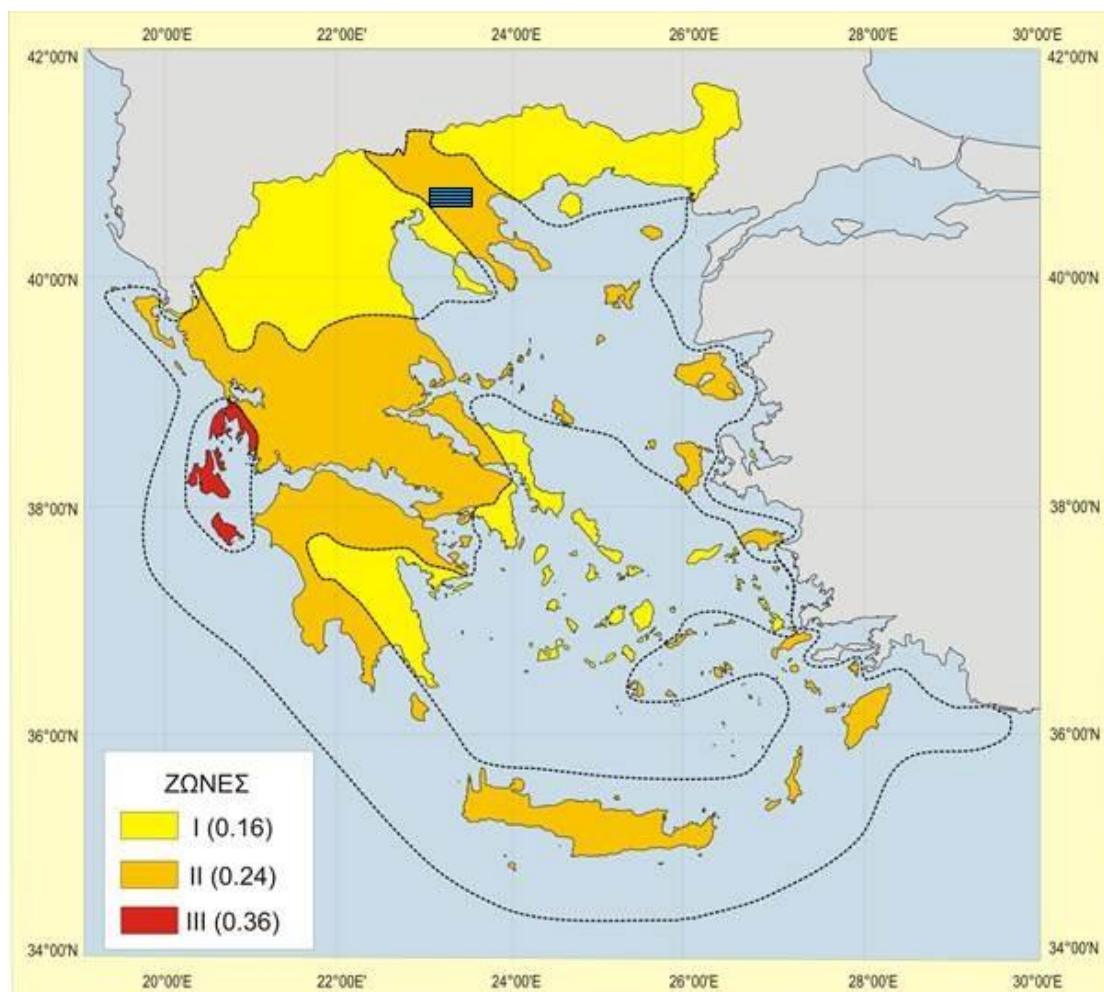
Λοξότητα (Sk)	Χαρακτηρισμός
+1,00 έως +0,30	πολύ θετική
+0,30 έως +0,10	θετική
+0,10 έως -0,10	συμμετρική
-0,10 έως -0,30	αρνητική
-0,30 έως -1,00	πολύ αρνητική

Πίνακας 31. Χαρακτηρισμός κύρτωσης (Ku) βάσει των τιμών της (από Ψιλοβίκο, 2010)

Κύρτωση (Ku)	Χαρακτηρισμός
<0,67	πολύ πλατύκυρτη
0,67 - 0,90	πλατύκυρτη
0,90 - 1,11	μεσόκυρτη
1,11 - 1,50	λεπτόκυρτη
1,50 - 3,00	πολύ λεπτόκυρτη
>3,00	εξαιρετικά λεπτόκυρτη



Σχ.1. Διάγραμμα για τον οπτικό υπολογισμό της σφαιρικότητας και της στρογγυλότητας των κόκκων της άμμου (Krumbein & Sloss, 1963)



Εικ.1. Χάρτης ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας της Ελλάδος, σύμφωνα με τον ΕΑΚ 2000, στον οποίο απεικονίζεται και η θέση της Μυγδονίας λεκάνης (τροποποιημένος από www.buildinghow.com)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



Φωτ.1. Χείμαρρος Λαγκαδικίων, θέση λήψης δείγματος LAG.01 (Ημ. Λήψης: 01/03/2015)



Φωτ.2. Χείμαρρος Λαγκαδικίων, θέση λήψης δείγματος LAG.02 (Ημ. Λήψης: 01/03/2015)



Φωτ.3. Χείμαρρος Λαγκαδικίων, θέση λήψης δείγματος LAG.05 (Ημ. Λήψης: 01/03/2015)



Φωτ.4. Θέση όπου ο χείμαρρος Λαγκαδικίων διασχίζει την επαρχιακή οδό Λαγκαδικίων-Λαγκαδά (ιρλανδική διάβαση) (Ημ. Λήψης: 01/03/2015)



Φωτ.5. Λεκάνη αναρρύθμισης. Στο βάθος διακρίνεται η επαρχιακή οδός Λαγκαδικίων-Λαγκαδά και το ανατολικό όριο της ενωτικής τάφρου (Ημ. Λήψης: 03/10/2014)



Φωτ.6. Φράγμα λεκάνης αναρρύθμισης αποτελούμενο από σκυρόδεμα και λιθόπλήρωτα συρματοκιβώτια (σαραζανέτια) (Ημ. Λήψης: 03/10/2014)



Φωτ.7. Αποψη της ενωτικής τάφρου στη θέση κατασκευής των τοιχίων αντιστήριξης (Ημ. Λήψης: 03/10/2014)



Φωτ.8. Αποψη της ενωτικής τάφρου στην έξοδο προς τη λίμνη Κορώνεια (Ημ. Λήψης: 03/10/2014)



Φωτ.9. Ρουφράκτης μεταξύ του χειμάρρου Σχολαρίου και της διώρυγας διαχείρισης, στο βάθος (Ημ. Λήψης: 01/03/2015)



Φωτ.10. Διώρυγα διαχείρισης, θέση λήψης δείγματος D.D. (Ημ. Λήψης: 01/03/2015)



Φωτ.11. Χείμαρρος Σχολαρίου, θέση λήψης δείγματος SHOL.01 (Ημ. Λήψης: 01/03/2015)



Φωτ.12. Χείμαρρος Σχολαρίου, θέση λήψης δείγματος SHOL.04. Στο βάθος διακρίνεται ο ρουφράκτης στην είσοδο της διώρυγας διαχείρισης (Ημ. Λήψης: 15/03/2015)



Φωτ.13. Αστοχία των μέτρων αντιστήριξης του ανατολικού πρανούς του χειμάρρου Σχολαρίου, στη θέση από όπου διέρχεται η Εγνατία Οδός (Ημ. Λήψης: 15/03/2015)



Φωτ.14. Αστοχία των μέτρων αντιστήριξης του ανατολικού πρανούς του χειμάρρου Σχολαρίου, στη θέση από όπου διέρχεται η Εγνατία Οδός (Ημ. Λήψης: 15/03/2015)



Φωτ.15. Άποψη της διώρυγας διαχείρισης κατά το στάδιο διάνοιξής της (Ημ. Λήψης: 01/09/2009, Πηγή: Μ.Π.Ε., 2005)



Φωτ.16. Η διώρυγα διαχείρισης όπως φαίνεται σήμερα. Διακρίνεται ξεκάθαρα η πλήρωση της κοίτης με φερτά υλικά (Ημ. Λήψης: 03/10/14)



Φωτ.17. Αστάθεια στο νότιο πρανές της ενωτικής τάφρου, ανατολικά του τοιχίου αντιστήριξης (Ημ. Λήψης: 03/10/2014)



Φωτ.18 Αστάθεια στο νότιο πρανές της ενωτικής τάφρου, δυτικά του τοιχίου αντιστήριξης. Διακρίνεται επίσης η έντονη παρουσία καλαμώνων εντός της τάφρου (Ημ. Λήψης: 03/10/2014)



Φωτ.19. Καλαμώνες εντός της ενωτικής τάφρου (Ημ. Λήψης: 03/10/2014)



Φωτ.20. Καλαμώνες εντός της ενωτικής τάφρου (Ημ. Λήψης: 03/10/2014)



Φωτ.21. Καλαμώνες εντός της ενωτικής τάφρου (Ημ. Λήψης: 03/10/2014)

Οι λήψεις φωτογραφιών από τους συντάκτες της εργασίας, έγιναν με φωτογραφικές μηχανές Pentax K-m και Sony Cyber-shot DSC-S930