



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ
ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ



ΒΟΣΝΑΚΗ Ε. ΝΙΚΟΛΕΤΤΑ

**ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
ΤΩΝ ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ ΤΗΣ
ΚΟΙΤΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΣΤΡΥΜΟΝΑ
ΑΠΟ ΤΟ ΡΟΥΠΕΛ ΕΩΣ ΤΗ ΛΙΜΝΗ
ΚΕΡΚΙΝΗ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Επιβλέπων καθηγητής:
ΒΟΥΒΑΛΙΔΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2014

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΒΟΣΝΑΚΗ Ε. ΝΙΚΟΛΕΤΤΑ

ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ
ΑΠΟΘΕΣΕΩΝ ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ ΤΗΣ ΚΟΙΤΗΣ
ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΣΤΡΥΜΟΝΑ ΑΠΟ ΤΟ
ΡΟΥΠΕΛ ΕΩΣ ΤΗ ΛΙΜΝΗ ΚΕΡΚΙΝΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, 2014

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	5
1.2. Ο ΣΤΡΥΜΟΝΑΣ	5
2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	6
2.1. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΚΟΙΛΑΔΑΣ	6
2.2. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	7
2.3. ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΣΤΡΥΜΟΝΑ	7
2.4. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	9
2.5. ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	11
2.6. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	12
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	13
3.1. ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΗΝ ΥΠΑΙΘΡΟ – ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	13
3.2. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	15
3.2.1. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	15
3.2.2. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	16
3.2.3. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	18
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	20
4.1. ΘΕΣΗ Str-A	20
4.2. ΘΕΣΗ Str-B	23
4.3. ΘΕΣΗ Str-Γ.....	27
4.4. ΘΕΣΗ Str-Δ	30
4.5. ΘΕΣΗ Str-E	34
4.6. ΘΕΣΗ Str-Στ	38
4.7. ΘΕΣΗ Str-Z.....	42
4.8. ΘΕΣΗ Str-H.....	45

4.9. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	47
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	48
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΙΣΤΟΛΟΓΙΟ	49
6.1. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	49
6.2. ΙΣΤΟΛΟΓΙΟ	50

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η περιοχή μελέτης της εργασίας περιορίζεται από τα στενά του Ρούπελ (το σημείο όπου ο ποταμός μπαίνει σε ελληνικό έδαφος) μέχρι τη λίμνη Κερκίνη. Ο σκοπός της εργασίας είναι να προσδιοριστεί η στερεομεταφορά του ποταμού. Οι ιζηματογενείς αποθέσεις, με τη σύσταση και τη γεωμετρία που έχουν οι κόκκοι τους, μας δείχνουν τις διεργασίες που έλαβαν χώρα στην περιοχή και μπορούν να μας βοηθήσουν να οδηγηθούμε σε γενικότερα συμπεράσματα, όπως τη γεωμορφολογία της ευρύτερης περιοχής, τις τοπικές κλιματικές συνθήκες, την νεοτεκτονική αλλά και την επίδραση που έχει η ανθρώπινη δραστηριότητα.

Για να επιτευχθεί ο σκοπός της εργασίας, πραγματοποιήθηκαν έρευνα πεδίου, εργαστηριακές αναλύσεις και αξιοποιήθηκαν στοιχεία από προϋπάρχουσες εργασίες.

1.2. Ο ΣΤΡΥΜΟΝΑΣ

Ο Στρυμόνας είναι ποταμός της Βαλκανικής Χερσονήσου με συνολικό μήκος 392 km, από τα οποία τα 274 km βρίσκονται στη Βουλγαρία και τα 118 km στην Ελλάδα. Στο ελληνικό έδαφος, ο ποταμός ρέει στο νομό Σερρών.

Το ποτάμι πηγάζει από το όρος Βίτοσα (Витоша), νοτιοδυτικά της Σόφιας, σε υψόμετρο 2.200 m. Αρχικά ρέει πολύ ορμητικός μέσα από χαράδρες και στη συνέχεια σχηματίζει μια εύφορη κοιλάδα ανάμεσα στα όρη Ρούγιεν και Ρίλα. Συνεχίζει νότια και λίγο πριν την είσοδό του στην Ελλάδα ενώνεται με τον παραπόταμο Στρούμιτσα, που πηγάζει από το όρος Πλακοβίτσα, στο νοτιοανατολικό άκρο της Γιουγκοσλαβίας.

Στην Ελλάδα εισέρχεται μέσα από τα στενά της Κούλας (Ρούπελ) που ο ίδιος έχει διανοίξει ανάμεσα στις οροσειρές της Κερκίνης (Μπέλες) και του Όρβηλου (Αγκιστρου). Η κλίση του εδάφους αλλάζει απότομα και ο ποταμός χάνει την ορμητικότητα του. Αφότου μπει στην πεδιάδα των Σερρών, εισέρχεται στη λίμνη Κερκίνη και υπερχειλίζει στη νότια πλευρά της, κοντά στο χωριό Λιθότοπος. Από το σημείο αυτό και μέχρι τη συμβολή του με τον Αγγίτη, η κοίτη του Στρυμόνα είναι τεχνητή, με αναχώματα και αρδευτικά κανάλια. Τα αρδευτικά κανάλια αφαιρούν τον πλεονάζοντα όγκο νερού και ταυτόχρονα γονιμοποιούν την πεδιάδα.

Ο Στρυμόνας συμβάλλει με τον Αγγίτη, ο οποίος πηγάζει στις νότιες παρυφές του Φαλακρού Όρους. Στη θέση αυτή υπήρχε η αποξηραμένη, σήμερα, λίμνη του Αχινού. Τέλος, ο Στρυμόνας διέρχεται ανάμεσα στα όρη Κερδύλλιο και Παγγαίο και εκβάλλει στον Στρυμονικό Κόλπο, ανατολικά του χωριού Νέα Κερδύλλια σχηματίζοντας μικρό δέλτα. Η περιορισμένη έκταση του δέλτα, οφείλεται στην επίδραση του κυματισμού και της κατά μήκος των ακτών διάχυσης των φερτών υλικών του ποταμού. Παλαιότερα, οι εκβολές του βρισκόταν ανατολικότερα από τις σημερινές. (URL1, URL2, εγκυκλοπαίδεια Δομή)

2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

2.1. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΚΟΙΛΑΔΑΣ

Από το μέσο Μειόκαινο έως το Πλειστόκαινο υπήρξαν έντονες κατακόρυφες κίνησης οι οποίες προκάλεσαν την βύθιση της λεκάνης. Σαν αποτέλεσμα είχε την έντονη διάβρωση και τη μεταφορά και απόθεση των ιζημάτων στην βυθιζόμενη ταφρολεκάνη. Ο ποταμός αυτός ήταν ο Προ-Στρυμόνας, δεν είχε την μορφή που έχει σήμερα ούτε αποστραγγιζόταν στον Στρυμονικό κόλπο (Βουβαλίδης, 1998).

Με το τέλος των κινήσεων στο Πλειστόκαινο, τα εσωτερικά βυθίσματα αποστραγγίζονταν στο Αιγαίο. Εκείνη την περίοδο η στάθμη της θάλασσας μεταβάλλονταν συνεχώς, λόγω των παγετώνων, έτσι και ο ρυθμός της διάβρωσης άλλαζε με αποτέλεσμα τη δημιουργία αναβαθμίδων (χαρακτηριστικές στα στενά της Αμφίπολης) (Ψιλοβίκος & Ιωάννου, 1993).

Ο Στρυμόνας είχε αβαθή φυσική κοίτη, αυτό είχε ως αποτέλεσμα να πλημμυρίζει συχνά η πεδιάδα των Σερρών, αλλά και να αλλάζει συχνά την κοίτη του. Από τη συνολική πεδιάδα των Σερρών, μόνον το 37% δεν κινδύνευε από τον ποταμό, από τις πλημμύρες που προκαλούσαν εκτεταμένες καταστροφές, αλλά και αρρώστιες. Για την τιθάσευση του Στρυμόνα και των πλημμυρών του καθώς και για την άρδευση της περιοχής, το 1932 δημιουργήθηκε η τεχνητή λίμνη της Κερκίνης, με την κατασκευή φράγματος στη θέση Λιθότοπος καθώς και αναχωμάτων. Επίσης έγινε εκτροπή του ποταμού προς τη λίμνη από τα στενά του Ρούπελ μέσα σε αναχώματα, για παροχή $3000 \text{ m}^3/\text{s}$. Παράλληλα αποστραγγίστηκε η λίμνη του Αχινού και οι ελώδεις εκτάσεις της πεδιάδας (Κολοκυθά κ.α., 2008).

Λόγω της μεταφοράς και απόθεσης στη λίμνη μεγάλων ποσοτήτων φερτών υλών από τον ποταμό, μειώθηκε η χωρητικότητα της. Έτσι το 1982 κατασκευάστηκε υψηλότερο φράγμα και νέα αναχώματα, αυξάνοντας την επιφάνεια της λίμνης εποχιακά από 54.000 έως και 72.000 στρέμματα, με περιοδική μεταβολή της στάθμης από τα + 32 m έως και τα + 36 m.

Οι φερτές ύλες του ποταμού προσχώνουν συνεχώς την πεδιάδα των Σερρών και τη λίμνη Κερκίνη. Υπολογίζεται ότι μεταφέρονται τουλάχιστον $4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ φερτών υλών ετησίως, σε μέση ετήσια απορροή $3,4 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ νερού.

Τα ιζήματα, όπως προαναφέρθηκε, αποθέτονται μέσα στη λεκάνη των Σερρών με αποτέλεσμα στις εκβολές στο Στρυμονικό κόλπο να έχει δημιουργηθεί ποταμόκολπος με βάθος μεγαλύτερο από 2,5 m και να εισχωρήσει το θαλασσινό νερό. Οι δελταϊκές προσχώσεις σχηματίζονται τα τελευταία 10.000 χρόνια (Βουβαλίδης, 1998).

2.2. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το κλίμα που επικρατεί στην περιοχή χαρακτηρίζεται ως εύκρατο με σχετικά ήπιους υγρούς χειμώνες και ξηρά καλοκαίρια. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 15°C. Η μέση ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται από 500-600 mm στα πεδινά και από 700-950 mm σε περιοχές με υψηλότερα υψόμετρα. Το μέγιστο ημερήσιο ύψος βροχής είναι 60 mm, ενώ το ετήσιο πλήθος ημερών με βροχή είναι 85-100 ημέρες. Ξηρότερος μήνας είναι ο Σεπτέμβριος ενώ ο πιο βροχερός είναι ο Νοέμβριος και ο Δεκέμβριος (Στύλλας & Βουβαλίδης, 2007). Οι χιονοπτώσεις στην περιοχή παρατηρούνται από το Νοέμβριο έως και το Μάρτιο. Το χαλάζι στην περιοχή αποτελεί σπάνιο φαινόμενο (URL3).

Στην περιοχή παρουσιάζονται δύο μέγιστα βροχής το χρόνο. Το πρώτο είναι το Νοέμβριο με Δεκέμβριο. Το δεύτερο μέγιστο είναι το Μάιο ή τον Ιούνιο, το οποίο έχει συχνές και έντονες μικρής διάρκειας καταιγίδες. Οι καταιγίδες αυτές μπορούν να προκαλέσουν πλημμύρες (Μπαλαφούτης, 1977).

Η περιοχή δεν δέχεται την επίδραση βόρειων ισχυρών ανέμων, επειδή είναι προφυλαγμένη από το όρος Κερκίνη. Γενικά δεν παρατηρούνται στην περιοχή ισχυροί άνεμοι έντασης μεγαλύτερης των 8 Beaufort (URL3).

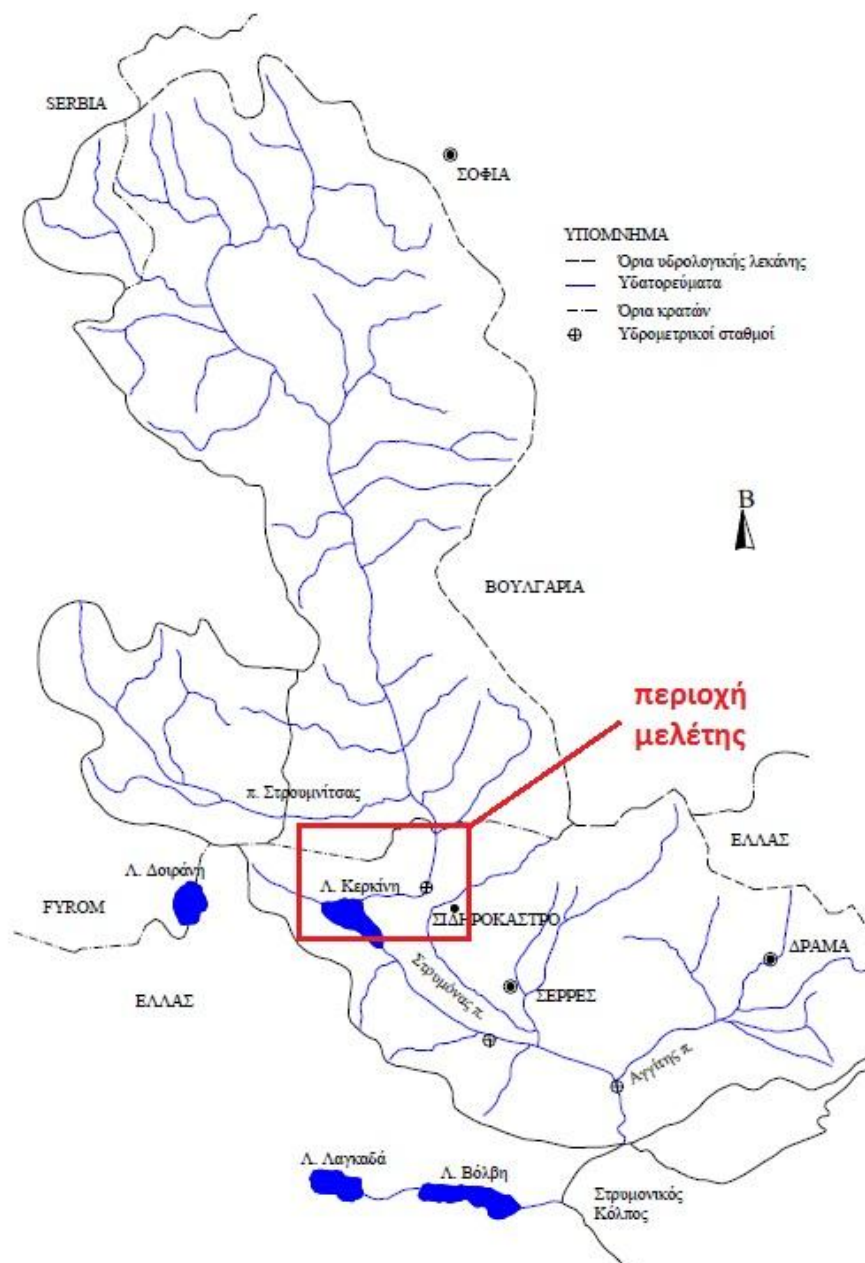
2.3. ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΣΤΡΥΜΟΝΑ

Η λεκάνη απορροής του καλύπτει έκταση 17.300 km², από αυτά τα 11.035 km² ανήκουν στην Βουλγαρία και την Π.Γ.Δ.Μ. και τα 6.295 km² στην Ελλάδα. Είναι η δεύτερη μεγαλύτερη λεκάνη στη Βουλγαρία μετά από αυτή της Marica. Στην Ελλάδα, περιλαμβάνει μέρος της βόρειας Ελλάδας, Κεντρική Μακεδονία, κυρίως το νομό Σερρών και της Θεσσαλονίκης εν μέρει (εγκυκλοπαίδεια Δομή).

Το υδρογραφικό δίκτυο αποστραγγίζει μέρος της μάζας της Ροδόπης και της Σερβομακεδονικής. Γενικά το σχήμα του είναι ασύμμετρο με τον κύριο κλάδο ΒΔ-ΝΑ ροής. Στο ανατολικό τμήμα του, έχει μεγάλη ανάπτυξη με ώριμες κοιλάδες, ενώ στο δυτικό τμήμα έχει περιορισμένη ανάπτυξη με πιο έντονο ανάγλυφο. Αυτή η ασυμμετρία οφείλεται στην έντονη πρόσφατη τεκτονική της περιοχής (Ψιλοβίκος, 1990).

Η ετήσια απορροή του ποταμού εκτιμάται σε 3.970* 10⁶ m³. Οι χείμαρροι έκτασης 3970 km² που αποστραγγίζουν τη λεκάνη των Σερρών έχουν συνολική ετήσια απορροή 855* 10⁶ m³ (Βουβαλίδης, 1998). Οι πηγές του είναι η βροχή και το χιόνι. Λόγω των πολλών βουνών που περιβάλλουν την κοιλάδα του ποταμού Στρυμόνα, η μεγαλύτερη απορροή είναι κυρίως τον Απρίλιο, Μάιο και Ιούνιο από το λιώσιμο των πάγων.

Το σχήμα της λεκάνης απορροής είναι ιδιαίτερα επιμήκης, το μέσο μήκος είναι 250 km και το μέσο πλάτος είναι περίπου 40 km, με μέσο υψόμετρο 900 m. Έχει έντονο ορεινό χαρακτήρα, όπου καθοριστικό ρόλο στις κλίσεις των πλαγιών έχουν οι παραπόταμοι (Ψιλοβίκος, 1990).



Εικόνα 2.3.1: η υδρολογική λεκάνη του ποταμού Στρυμόνα (Κολοκυθά κ.α., 2008).

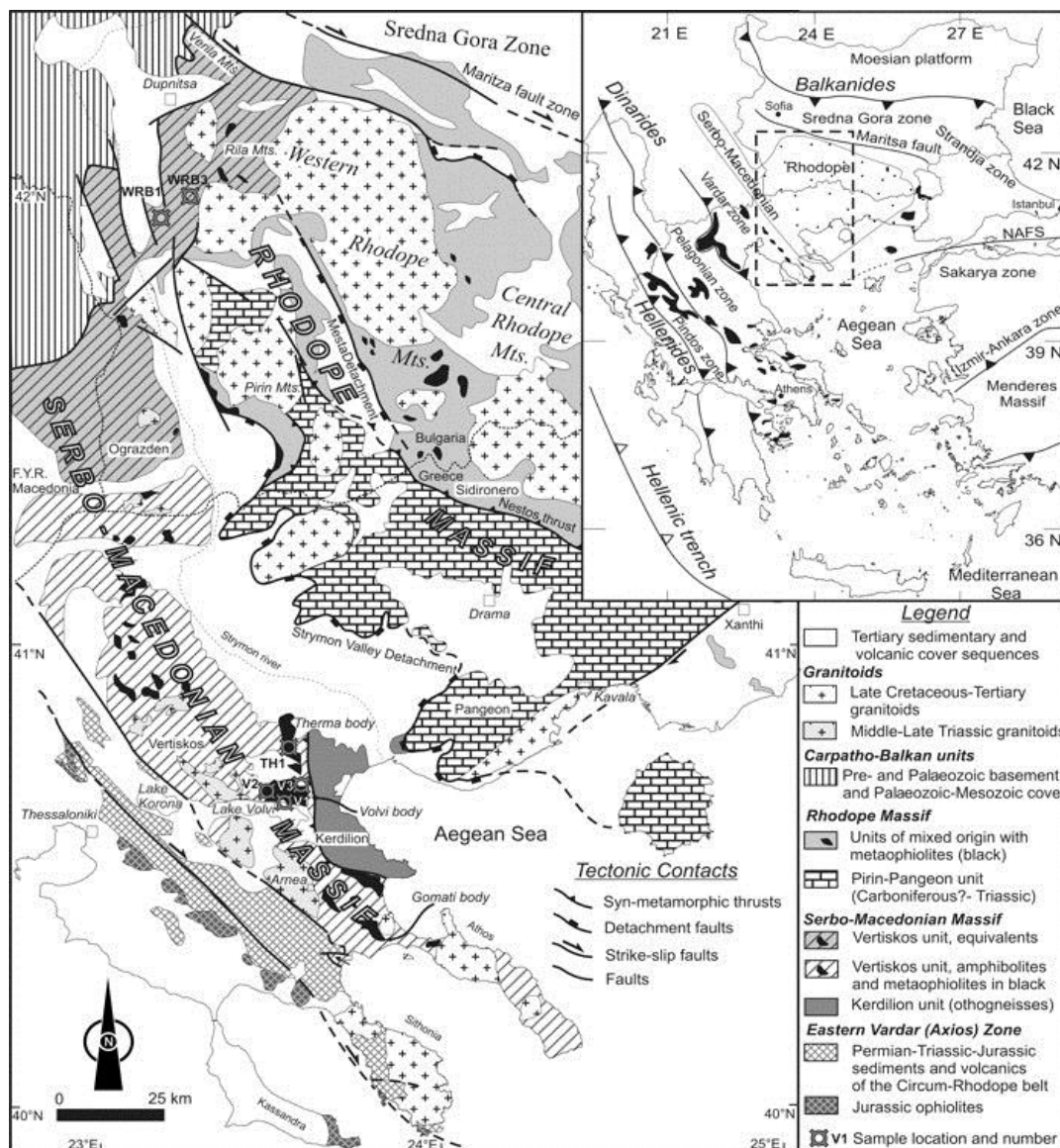
2.4. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Ο Στρυμόνας αποτελεί το διαχωριστικό όριο μεταξύ της μάζας της Ροδόπης, ανατολικά, και της Σερβομακεδονικής μάζας, δυτικά. Στα ανατολικά, οι ορεινοί σχηματισμοί της Βροντούς και του Ορβήλου αποτελούνται κυρίως από παλαιοζωικά μάρμαρα με εναλλαγές σχιστόλιθων, γνεύσιων και αμφιβολιτών και μέσα έχουν διεισδύσει τριτογενείς πλουτωνίτες (γρανίτες). Στα δυτικά, οι ορεινοί σχηματισμοί του Μαυροβουνίου – Δύσωρου και Κερκίνης αποτελούνται από γνεύσιους, σχιστόλιθους, μιγματίτες, οφιόλιθους και μάρμαρα παλαιοζωικής ηλικίας. Και οι δύο μάζες προεκτείνονται βόρεια στη Βουλγαρία και Γιουγκοσλαβία (Μουντράκης, 2010).

Νέες έρευνες, στην τεκτονική και τη μεταμόρφωση, δείχνουν ότι η Σερβομακεδονική και η Ροδόπη αποτελούν μια ενιαία μάζα και ο διαχωρισμός τους οφείλεται σε κανονικό ρήγμα μικρής κλίσης. Η υπερκείμενη μάζα, λόγω εφελκυστικής τεκτονικής στο Βόρειο Αιγαίο, κινήθηκε προς τα νοτιοδυτικά, στο Τριτογενές (Μειόκαινο), η οποία δημιούργησε ανάμεσα τους τη Νεογενή λεκάνη του Στρυμόνα (Βουβαλίδης, 1998).

Η τεκτονική επαφή των δύο μαζών καλύπτεται με ιζηματογενείς αποθέσεις που φτάνουν περίπου τα 3800 m πάχος. Αυτό οφείλεται στα πολλά μικρά βυθίσματα που συνθέτουν το βύθισμα του Στρυμόνα. Τα βυθίσματα αυτά είναι μεταλπικά, νεογενή και τεταρτογενή. Τα ιζήματα αυτά προέρχονται είτε από αποθέσεις του ποταμού και των χειμάρρων της περιοχής είτε από θαλάσσια ιζήματα που σχηματίστηκαν σε παλαιότερες γεωλογικές περιόδους.

Ολόκληρος ο χώρος του βυθίσματος του Στρυμόνα βρίσκεται υπό καθεστώς έντονων τεκτονικών γεγονότων μέχρι και σήμερα, όπως μαρτυρούν τα μεγάλα γεωθερμικά του πεδία, η πολύπλοκη ρηξιγενής τεκτονική και τα μεγάλα σεισμικά κέντρα που φιλοξενεί. Τα ρήγματα με προσανατολισμούς ΒΑ -ΝΔ, ΒΔ -ΝΑ και Α -Δ έχουν σχηματιστεί τόσο στο υπόβαθρο, όσο και στις υπερκείμενες ιζηματογενείς αποθέσεις και έχουν προκαλέσει τον πολυκερματισμό της λεκάνης. Σημαντικές είναι και οι κατακόρυφες κινήσεις εκατέρωθεν των ρηγμάτων, οι οποίες ευθύνονται για τη μεγάλη βύθιση του κεντρικού τομέα της (μεγαλύτερη από 4000 m κατά το Νεογενές και το Τεταρτογενές) το οποίο διαρρέει ο Στρυμόνας (Παπαφιλίππου – Πέννου κ.α., 1998).



Εικόνα 2.4.1: Γεωλογικός χάρτης της μάζας Ροδόπης και Σερβομακεδονικής μάζας (URL5)

2.5. ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Μέσα από την κοίτη του Στρυμόνα μεταφέρονται $2,0-2,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\gamma$ νερό, $1 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\gamma$ αιωρούμενα υλικά (ιλύς και άργιλος) και $130-170 \cdot 10^3 \text{ m}^3/\gamma$ πυθμένα υλικά (άμμος) που καταλήγουν στη λίμνη. Η άμμος, που αποτίθεται στον πυθμένα της κοίτης, σχηματίζει κεντρικά νησίδες και πλευρικά φράγματα, επίσης θίνες και ρυτιδώσεις. Οι κόκκοι της άμμου κινούνται στον πυθμένα με σύρση, κύλιση και πήδηση (Ψιλοβίκος κ.α., 1994).

Το νερό κινείται με μικρή ταχύτητα και αποθέτει τα ιζήματα στις ράχες των θινών σε διασταυρούμενες στρώσεις. Μεταξύ των θινών σχηματίζονται αυλακώσεις, όπου το νερό κινείται εκεί μέσα με μεγαλύτερη ταχύτητα. Ανάλογα με την παροχή του νερού, οι ράχες των θινών μπορεί να εξέχουν πάνω από την επιφάνεια του νερού. Το πυθμένιο φορτίο αμέσως μετά από πλημμυρικές παροχές στην κοίτη σχηματίζει νησίδες και πλευρικά φράγματα. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση ιζήματος βρίσκεται στην κάμψη της κοίτης, στο εσωτερικό μέρος της, λόγω της μείωσης της ταχύτητας του νερού. Κατά τη διάρκεια πλημμύρας τα ιζήματα της κοίτης μεταφέρονται στη λίμνη. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται ο φυσικός καθαρισμός της κοίτης. Αυτό τα φαινόμενο είναι χαρακτηριστικό των πλεξοειδών ποταμών με χειμαρρικό χαρακτήρα (Ψιλοβίκος κ.α., 1994)

Η απόθεση των υλικών δε γίνεται με ομοιόμορφο τρόπο κατά μήκος της κοίτης. Είναι κυρίως χονδρόκοκκη έως μεσόκοκκη άμμος. Όσο πλησιάζουμε τη λίμνη η άμμος γίνεται πιο λεπτόκοκκη και με καλύτερη ταξινόμηση (Ψιλοβίκος κ.α., 1994).

Στη λίμνη έχει σχηματιστεί δέλτα, σχήματος 'πέλμα πτηνού' και έκτασης $21,8 \text{ km}^2$, από τις αποθέσεις του Στρυμόνα και οφείλεται σε ρυθμικές εναλλαγές επεισοδίων ήρεμης και πλημμυρικής παροχής του ποταμού. Υπάρχουν στρώματα ιλύος και άμμου σε εναλλαγές. Το δέλτα προεκτείνεται προς το κέντρο της λίμνης, όπου κινδυνεύει να διχοτομηθεί (Ψιλοβίκος κ.α., 1994)

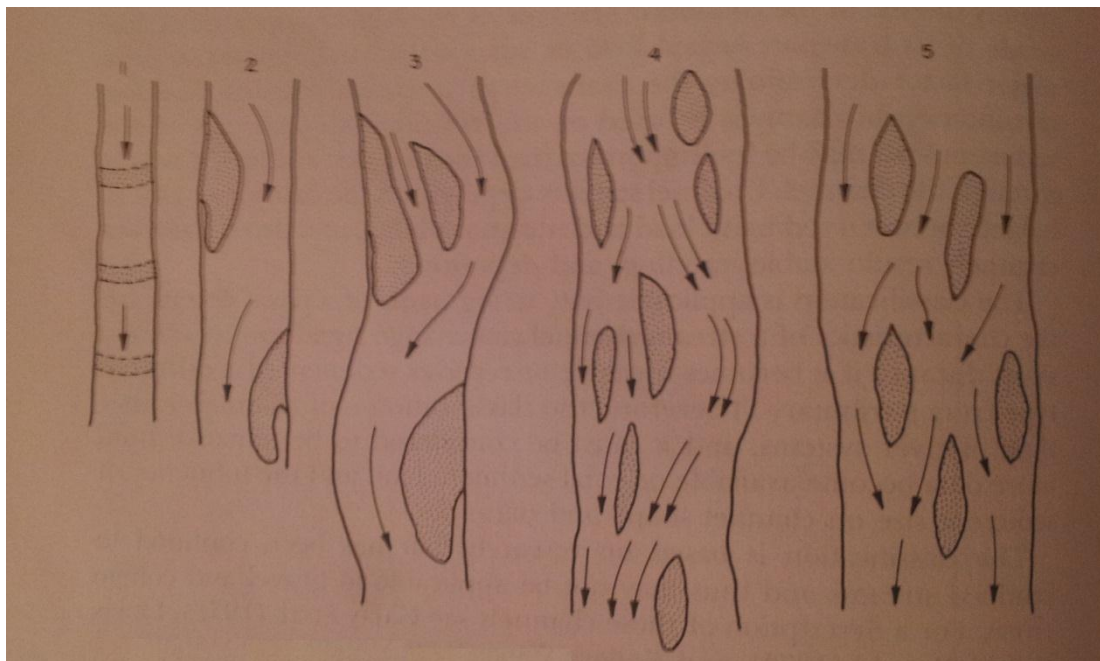
Το υλικό στην κοίτη του ποταμού είναι καθαρά κλαστικό, στις εκβολές είναι ανάμειξη με βιογενή υλικά και σε απομακρυσμένες περιοχές της λίμνης καθαρά βιογενείς προέλευσης. Χημικές αναλύσεις έδειξαν ότι τα κλαστικά ιζήματα αποτελούνται κυρίως από ορυκτά αργιλίου-πυριτίου και τα βιογενή ιζήματα αποτελούνται κυρίως από πυρίτιο με ίχνη ασβεστίου. (Ψιλοβίκος κ.α., 1994) Από πλευράς υφής τα ιζήματα χαρακτηρίζονται υποώριμα, ενώ από πλευράς ορυκτολογίας είναι ανώριμα, λόγω της μικρής απόστασης μεταφοράς της από τη μητρική πηγή βορείως του Ρούπελ (Ψιλοβίκος κ.α., 1994).

2.6. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ο ποταμός μετέφερε και απέθετε μέσα στην κοίτη του μεγάλη ποσότητα φερτών υλών, με αποτέλεσμα να μειωθεί η χωρητικότητα της κοίτης. Έτσι κατασκευάστηκε καινούργια κοίτη, ακριβώς δίπλα στην παλιά, με ψηλότερα αναχώματα. Η εκτροπή του ποταμού, μέσα από τα αναχώματα, έγινε το 1984 από τα στενά του Ρούπελ μέχρι τη λίμνη Κερκίνη, όπου και εκβάλει. Η χωρητικότητα ήταν για παροχή $3000 \text{ m}^3/\text{s}$. Η τεχνητή κοίτη έχει μήκος 15.5 km περίπου, μέσο πλάτος 165 m ενώ το πλάτος της κοίτης των πλημμυρών είναι 400-800 m και μέση κλίση 0.82‰(Ψιλοβίκος κ.α., 1994).

Στο Ρούπελ και ανάντη της γέφυρας Πετριτσίου είναι το μόνο μέρος που η κοίτη του ποταμού μπορεί να χαρακτηριστεί ως φυσική, με πλάτος 100-220 m, ελαφρά κυματοειδή πορεία και μικρή κλίση 0.9-1.1 ‰(Ψιλοβίκος κ.α., 1994).

Ο ποταμός φαίνεται να αποκατέστησε όλα τα φυσικά χαρακτηριστικά του μετά την εκτροπή. Σχηματισμοί νησίδων και θινών μέσα στην κοίτη δίνουν χαρακτήρες πλεξοειδούς ποταμού.



Εικόνα 2.1.1: Στάδια σχηματισμού ενός πλεξοειδή ποταμού

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1. ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΗΝ ΥΠΑΙΘΡΟ – ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Αρχικά πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ενημέρωση για την περιοχή μελέτης και μελετήθηκαν χάρτες. Στη συνέχεια ακολούθησε η υπαίθρια έρευνα.

Η δειγματοληψία έλαβε χώρα στις 26 Αυγούστου του 2013. Εκείνη την περίοδο η στάθμη του ποταμού πέφτει αρκετά, με αποτέλεσμα την εύκολη πρόσβαση και συλλογή δειγμάτων μέσα από την κοίτη του ποταμού. Συνολικά μελετήθηκαν 8 θέσεις, από τη γέφυρα του Πετριτσίου μέχρι τις εκβολές του ποταμού στη λίμνη Κερκίνη. Συλλέχθηκαν 3 δείγματα κατά μήκος κάθε θέσης, λήφθηκαν φωτογραφίες και οι συντεταγμένες σε κάθε σημείο δειγματοληψίας. Η αποθήκευση των δειγμάτων έγινε μέσα σε πλαστικές σακούλες με όλα τα στοιχεία αναγεγραμμένα πάνω τους.



Εικόνα 3.1.1: Θέσεις δειγμάτων (χάρτης Google Earth)

Όλα τα δείγματα προέρχονται από την ανατολική πλευρά της κοίτης του Στρυμόνα και έχουν συλλεγεί με κατεύθυνση από τη γέφυρα του Πετριτσίου προς τη λίμνη Κερκίνη. Η δειγματοληψία έγινε σε μήκος 17 km. Οι θέσεις μεταξύ τους απέχουν περίπου 2 km. Τα δείγματα προέρχονται από τις αναβαθμίδες, την όχθη, τον πυθμένα και τις νησίδες του ποταμού.



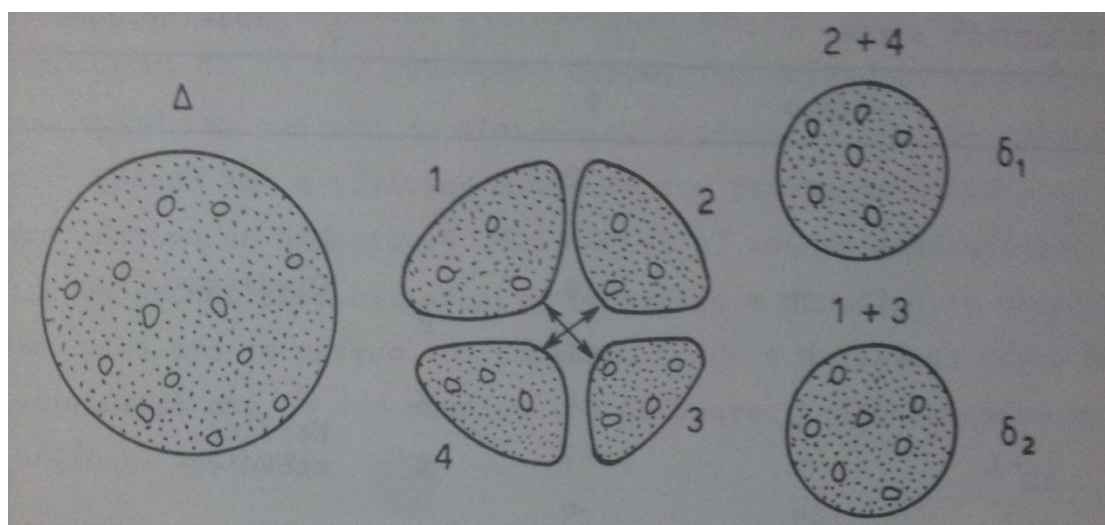
Φωτ 4.1: Χαρακτηριστικό σημείο του ποταμού Στρυμόνα από την περιοχή δειγματοληψίας

3.2. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

3.2.1. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Τα δείγματα απλώθηκαν σε καθαρά χαρτιά ώστε να στεγνώσουν σε θερμοκρασία δωματίου. Τα μεγάλα κατά βάρος δείγματα διαχωρίστηκαν σε μικρότερα με τη μέθοδο του σταυρού (Εικόνα 3.2.1) (Ψιλοβίκος, 2010):

- δείγματα με κροκάλες και χονδρόκοκκη άμμο 100-200gr
- αμμώδη δείγματα 80-120gr
- δείγματα με λεπτόκοκκο υλικό 30-50gr



Εικόνα 3.2.1: Ο διαχωρισμός των δειγμάτων σε μικρότερα με τη μέθοδο του σταυρού (Ψιλοβίκος, 2010)

Τα τελικά δείγματα ζυγίστηκαν σε ζυγαριά ακριβείας και το καθαρό βάρος σημειώθηκε στον πίνακα μηχανικής ανάλυσης. Στη συνέχεια έγινε η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου ανάλυσης σύμφωνα με την κοκκομετρική σύσταση του κάθε δείγματος που έγινε μακροσκοπικά. Τα χονδρόκοκκα ή/και αμμώδη δείγματα αναλύθηκαν με τη μέθοδος κοσκινίσματος και τα πηλώδη δείγματα αναλύθηκαν με τη μέθοδος multipette (Αλμπανάκης, 2011) που βασίζεται στη μέθοδο του σιφωνίου. Χρησιμοποιήθηκαν και οι δύο μέθοδοι για την ανάλυση των δειγμάτων που έδωσαν ποσοστό μεγαλύτερο από 5% ιλύος-αργίλου, κατά το διαχωρισμό με κόσκινα. Σε αυτή την περίπτωση η ανάλυση με τη μέθοδο multipette εφαρμόστηκε κάθε φορά για ολόκληρο το δείγμα και από αυτή προέκυψαν τα ποσοστά άμμου-ιλύος-αργίλου στο δείγμα ενώ η μέθοδος των κόσκινων έδωσε τα επιμέρους ποσοστά των κλασμάτων της άμμου.

3.2.2. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Για την κοκκομετρική ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν κόσκινα ανά 0,5 Φ. Ειδικά τα δείγματα που είχαν περιεκτικότητα σε χαλίκια κοσκινίστηκαν αρχικά σε στήλη κόσκινων από -6Φ έως -2,5Φ για να διαχωριστούν οι κροκάλες. Στη συνέχεια το περιεχόμενο του δίσκου βάσης κοσκινίστηκε σε στήλη -2Φ έως 0,5Φ με δόνηση για 10' και διαχωρίστηκαν τα κλάσματα της χονδρόκοκκης άμμου. Το υλικό που απέμεινε στο δίσκο βάσης κοσκινίστηκε σε στήλη κόσκινων από 1Φ έως 4Φ με δόνηση για 15'. Το τελευταίο κόσκινο (4Φ) διαχωρίζει την άμμο από την ιλύ-άργιλο.

Πίνακας 3.2.2.1: Ταξινόμηση και γενική ονοματολογία ιζηματογενών κόκκων (Udden, Wentworth, 1922)

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΟΚΚΩΝ		ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΤΑΞΗ
mm	Φ	
4096	-12	Κροκάλες — Χαλίκια
2048	-11	
1024	-10	
512	-9	
256	-8	
128	-7	
64	-6	
32	-5	
16	-4	
8	-3	
4	-2	
2	-1	
1	0	
0,5	1	Άμμος
0,25	2	
0,125	3	
0,062	4	
0,031	5	
0,016	6	Ιλύς
0,008	7	
0,004	8	
0,002	9	
0,001	10	Άργιλος
0,0005	11	
0,00025	12	

Αν το βάρος του υλικού που μένει στο δίσκο βάσης είναι μεγαλύτερο από 5% τότε το δείγμα πρέπει να αναλυθεί και με τη μέθοδο του σιφωνίου (Ψιλοβίκος, 2010).

Κατά τη διάρκεια της κοκκομετρικής ανάλυσης κάθε κόσκινο αδειάζετε και καθαρίζεται σ' ένα καθαρό χαρτί και ζυγίζεται το περιεχόμενό του σε ζυγαριά ακριβείας. Το βάρος του γράφεται δίπλα από το αντίστοιχο μέγεθος στον πίνακα μηχανικής ανάλυσης.

Τα βάρη κάθε δείγματος περάστηκαν σε πρόγραμμα GRADISTAT (Blott, 2008) μαζί με τα υπόλοιπα στοιχεία του δείγματος (όνομα δείγματος, ημερομηνία δειγματοληψίας του και το συνολικό βάρος που αναλύθηκε). Με την επεξεργασία αυτών των δεδομένων βρέθηκαν οι γραφικές παράμετροι μεγέθους δηλαδή ο γραφικός μέσος όρος, η γραφική σταθερή απόκλιση (ταξινόμηση), η γραφική λοξότητα και η γραφική κύρτωση και χαρακτηρίστηκε κάθε δείγμα.



Φωτ 3.2.2.1: Τα κόσκινα στο εργαστήριο Ιζηματολογίας του Τομέα Φυσικής & Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας, ΑΠΘ.

3.2.3. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Επειδή δεν υπάρχει μέθοδος για τον άμεσο διαχωρισμό των κλασμάτων από 0,0625 mm έως 0,00006 mm, καταφεύγουμε στη μέθοδο έμμεσης μέτρησης. Αυτή η μέθοδος στηρίζεται στη διαφορετική ταχύτητα καθίζησης των κόκκων μέσα στο νερό, με βάση το διαφορετικό τους μέγεθος (Ψιλοβίκος, 2010).

Τα δείγματα αναλύθηκαν με τη Μέθοδο Multipette κατά Albanakis, 2011. Για την ανάλυση με τη μέθοδο multipette χρησιμοποιήθηκε ζυγαριά ακριβείας 4 δεκαδικών ψηφίων. Ζυγίστηκαν όλα τα σκεύη πριν τη χρήση τους ώστε να καταγραφεί το καθαρό βάρος τους και να γίνει εφικτός ο υπολογισμός του βάρους των επιμέρους δειγμάτων που προέκυψαν από την ανάλυση. Το βάρος του κάθε δείγματος θα πρέπει να είναι 4,0-4,5 gr από το αρχικό δείγμα. Κάθε δείγμα ξηράνθηκε σε φούρνο και κρύωσε στον αφυγραντήρα. Ζυγίστηκε ξανά το ξηρό βάρος του (δεν πρέπει να είναι λιγότερο από 3,5 gr) και προστέθηκαν 2 ml Calgon (διάλυμα 0,06-0,08 gr/ml) και λίγο απιονισμένο νερό (3-4 ml). Στη συνέχεια κάθε δείγμα τοποθετήθηκε σε ειδικό δοχείο με καπάκι και στο μηχάνημα δόνησης για 6 ώρες ώστε να ενεργοποιηθεί η άργιλος. Εντωμεταξύ προετοιμάστηκε το ηλεκτρονικό σιφώνιο (multipette) σημειώνοντας στην επέκταση του στομίου τα δύο βάθη δειγματοληψίας (στα 6 cm από το στόμιο για το δείγμα 4Φ και στα 3,5 cm για το δείγμα 8Φ). Σ' ένα κύλινδρο καθίζησης, ύψους 25 cm και εσωτερικής διαμέτρου 3 cm, σημειώθηκε το σημείο μέγιστης στάθμης των 161ml και τοποθετήθηκε το διάλυμα με την προσθήκη απιονισμένου νερού. Ελέγχτηκε η θερμοκρασία νερού και σημειώθηκε στο υπολογιστικό φύλλο Excel (Albanakis, 2011) οπότε και προέκυψαν αυτόματα οι χρόνοι δειγματοληψίας. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε μόνο για τις μετρήσεις 4Φ και 8Φ ώστε να υπάρξει διαχωρισμός άμμου-ιλύος-αργίλου και ποσοτικοποίηση των ποσοστών συμμετοχής τους σε κάθε δείγμα. Αφού ολοκληρώθηκε η δειγματοληψία τα δείγματα ξηράνθηκαν σε φούρνο, κρύωσαν σε αφυγραντήρα και ζυγίστηκαν. Τα μεικτά βάρη συμπληρώθηκαν στο υπολογιστικό φύλλο Excel κατά Albanakis (2011) και προέκυψαν οι περιεκτικότητες κάθε δείγματος σε άμμο-ιλύ-άργιλο.



Φωτ 3.2.3.1: Το ηλεκτρονικό σιφώνιο (multipipette) που αναλύθηκαν τα δείγματα κατά Albanakis, 2011

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1. ΘΕΣΗ Str-A

Δείγματα Str-A1, Str-A2, Str-A3

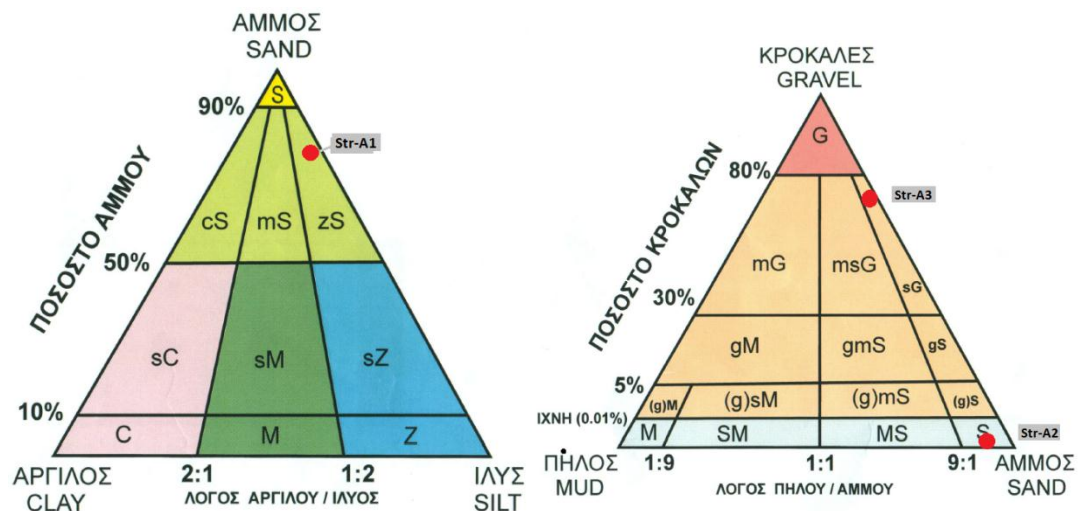
Η θέση Str-A (Εικόνα 4.1.1) βρίσκεται δίπλα από την γέφυρα του Πετριτσίου. Από το σημείο αυτό ξεκινάει η πεδιάδα των Σερρών. Τα δείγματα προέρχονται από την αναβαθμίδα (Str-A1) μέχρι την όχθη του ποταμού (Str-A3) (Φωτ 4.1). Παρατηρήθηκε ότι το υλικό μεταβαίνει από λεπτό-κοκκη άμμο που είναι στην αναβαθμίδα σε πιο χονδρόκοκκη προς την κοίτη.



Φωτ 4.1: Θέση Str-A



Εικόνα 4.1.1: Θέσεις δειγμάτων Str-A1, Str-A2, Str-A3 (χάρτης Google Earth)



Εικόνα 4.1.2: Τριγωνικό διάγραμμα (Άμμος - Ιλύς - Άργιλος) και (Χαλίκια - Άμμος - Πηλός)

Str-A1	ιλυούχος άμμος
Str-A2	άμμος
Str-A3	αμμούχες κροκάλες

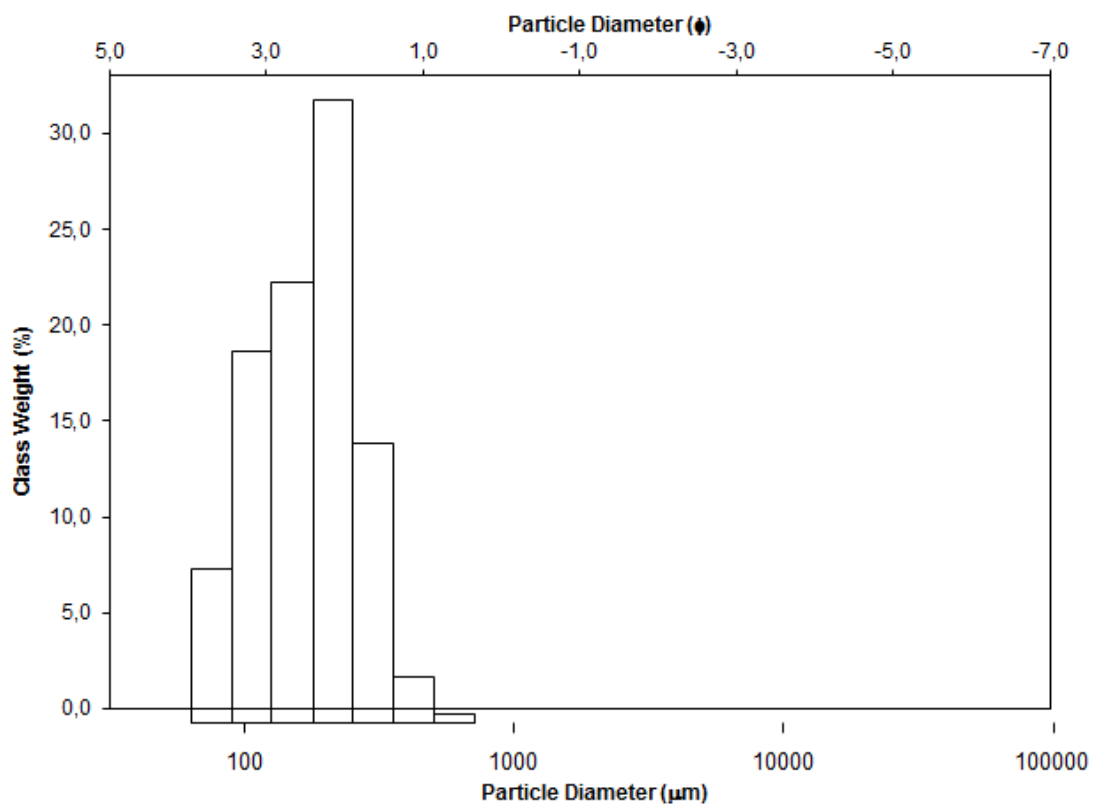
Πίνακας 4.1.1: Χαρακτηρισμός δειγμάτων από Gradistat

	κροκάλες	άμμος	ίλύς	άργιλος
Str-A1	0,0%	78,27%	20,99%	0,74%
Str-A2	0,0%	95,7%	4,3%	0,0%
Str-A3	73,1%	26,3%	0,6%	0,0%

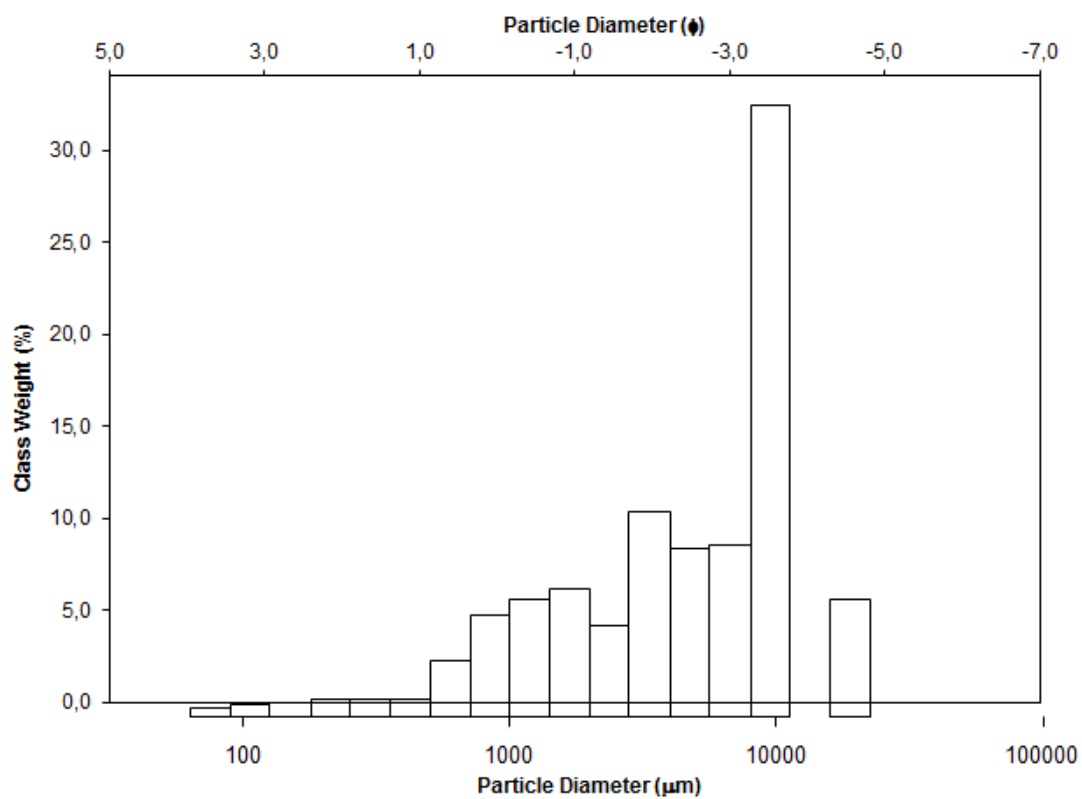
Πίνακας 4.1.2: Αναλογία υλικών στα δείγματα

	Γραφικός Μέσος Όρος Μεγέθους (M)	Τυπική Απόκλιση (Ταξινομήση) (σ)	Λοξότητα (sk)	Κύρτωση (ku)
Str-A2	2,63 άμμος	0,711 μετρίως καλή	0,175 θετική	0,967 μεσόκυρτη
Str-A3	-1,968 κροκάλες - χάλικες	1,56 φτωχή	0,358 πολύ θετική	0,896 πλατύκυρτη

Πίνακας 4.1.3: Αποτελέσματα από Gradistat



Εικόνα 4.1.3: Κατανομή μεγέθους κόκκων δείγματος Str-A2



Εικόνα 4.1.4: Κατανομή μεγέθους κόκκων δείγματος Str-A3

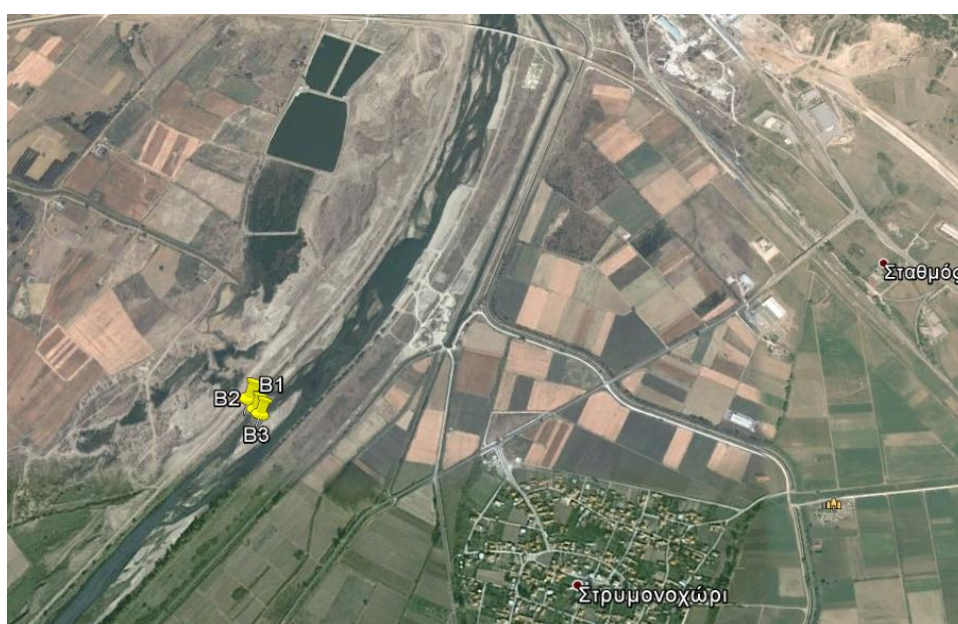
4.2. ΘΕΣΗ Str-B

Δείγματα Str-B1, Str-B2, Str-B3

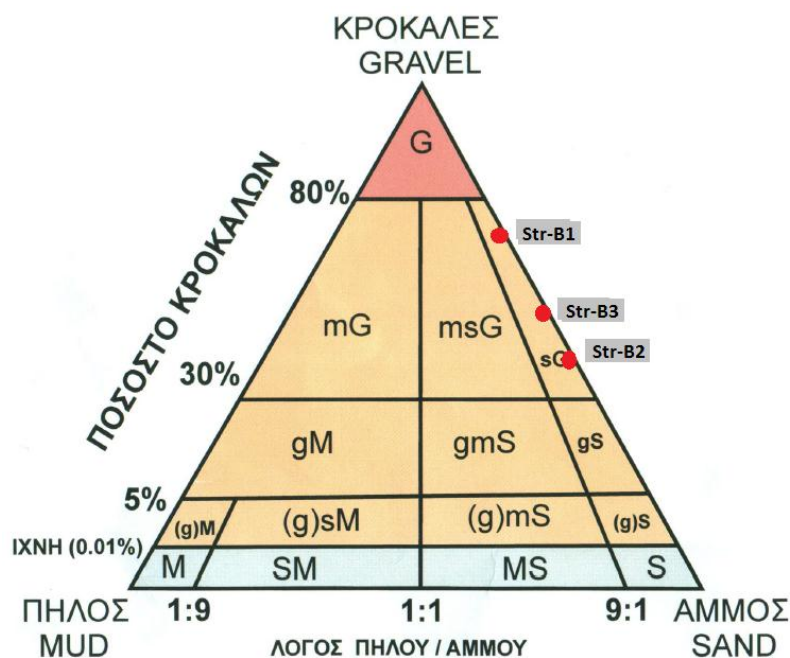
Η θέση Str-B (Εικόνα 4.2.1) βρίσκεται νοτιότερα της θέσης Str-A. Το πρώτο δείγμα προέρχεται από την αναβαθμίδα του ποταμού (Φωτ 4.2). Το υλικό αποτελείται από λεπτόκοκκη άμμο με αρκετά χαλίκια και κροκάλες. Τα άλλα δυο δείγματα προέρχονται από μια νησίδα που βρίσκεται στη μέση της κοίτης. Το ίζημα μεταβαίνει σε πιο χονδρόκοκκη άμμο προς το κέντρο της νησίδας αλλά μειώνεται η περιεκτικότητα σε χαλίκια.



Φωτ 4.2: Θέση Str-B



Εικόνα 4.2.1: Θέσεις δειγμάτων Str-B1, Str-B2, Str-B3 (χάρτης Google Earth)



Εικόνα 4.2.2: Τριγωνικό διάγραμμα (Χαλίκια – Άμμος – Πηλός)

Str-B1	αμμούχες κροκάλες
Str-B2	αμμούχες κροκάλες
Str-B3	αμμούχες κροκάλες

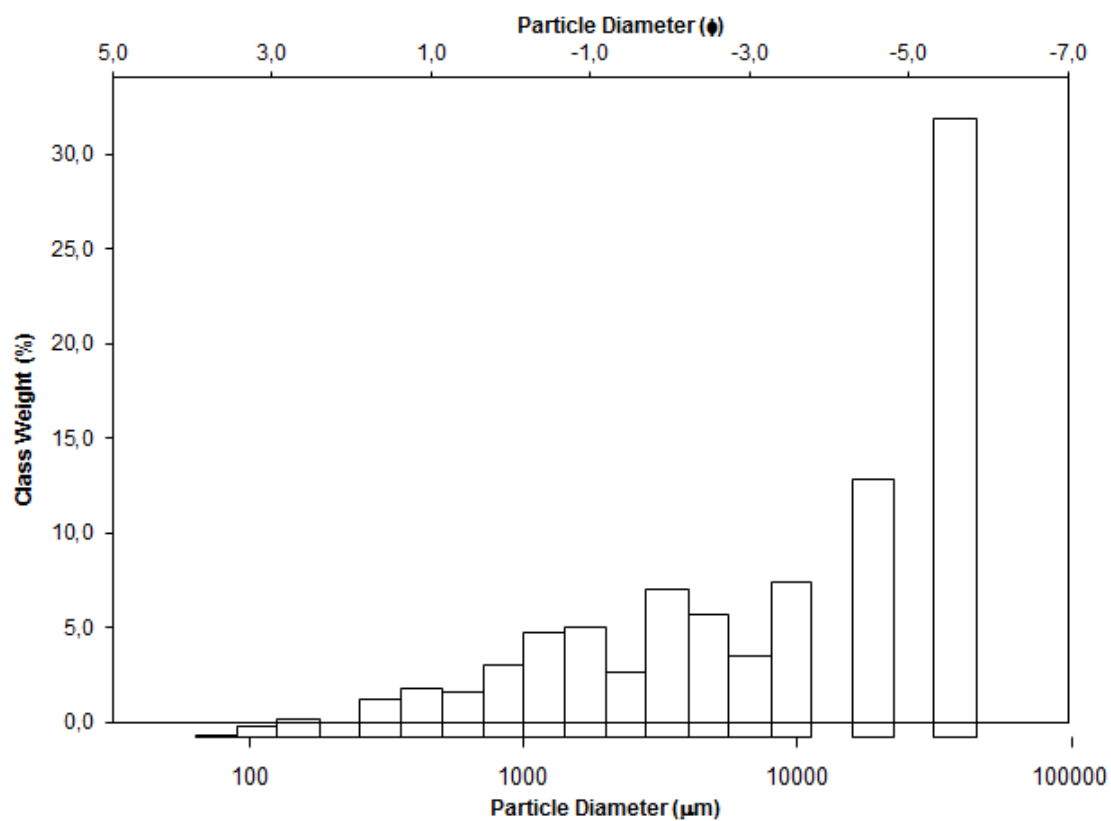
Πίνακας 4.2.1: Χαρακτηρισμός δειγμάτων από Gradistat

	κροκάλες	άμμος	ιλύς
Str-B1	75,9%	23,9%	0,2%
Str-B2	42,2%	57,6%	0,2%
Str-B3	44,7%	55,2%	0,1%

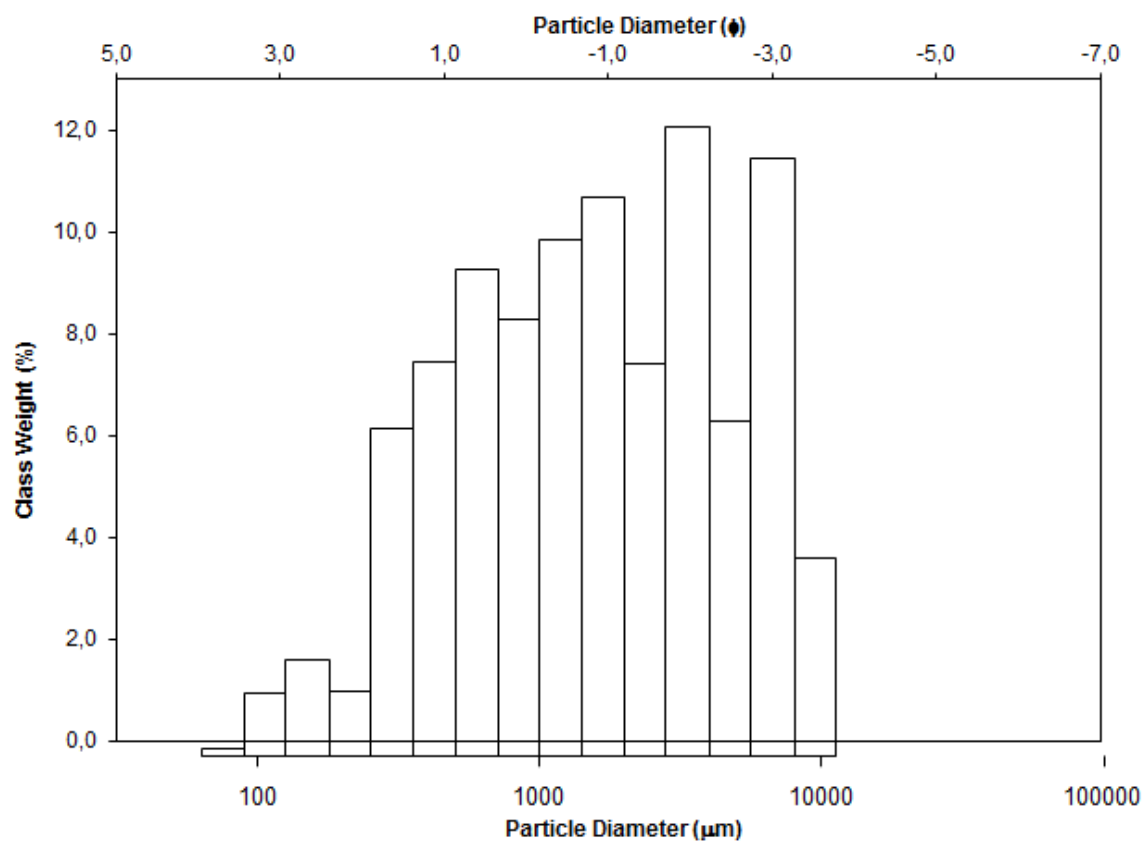
Πίνακας 4.2.2: Αναλογία υλικών στα δείγματα

	Γραφικός Μέσος Όρος Μεγέθους (Μ)	Τυπική Απόκλιση (Ταξινόμηση) (σ)	Λοξότητα (sk)	Κύρτωση (ku)
Str-B1	-2,93 κροκάλες - χάλικες	2,268 πολύ φτωχή	0,283 θετική	0,701 πλατύκυρτη
Str-B2	-0,644 άμμος	1,657 φτωχή	0,032 συμμετρική	0,79 πλατύκυρτη
Str-B3	-0,674 άμμος	2,06 πολύ φτωχή	-0,074 συμμετρική	0,607 πολύ πλατύκυρτη

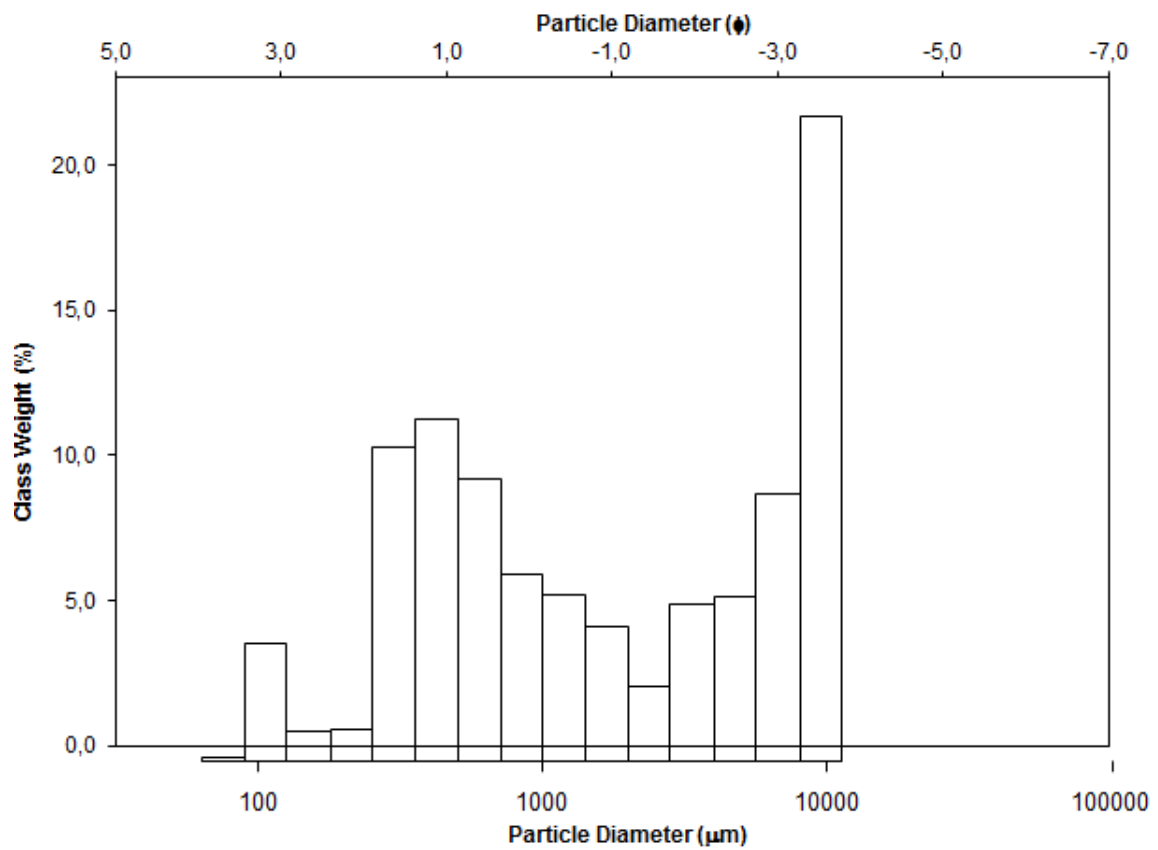
Πίνακας 4.2.3: Αποτελέσματα από Gradistat



Εικόνα 4.2.3: Κατανομή μεγέθους κόκκων δείγματος Str-B1



Εικόνα 4.2.4: Κατανομή μεγέθους κόκκων δείγματος Str-B2

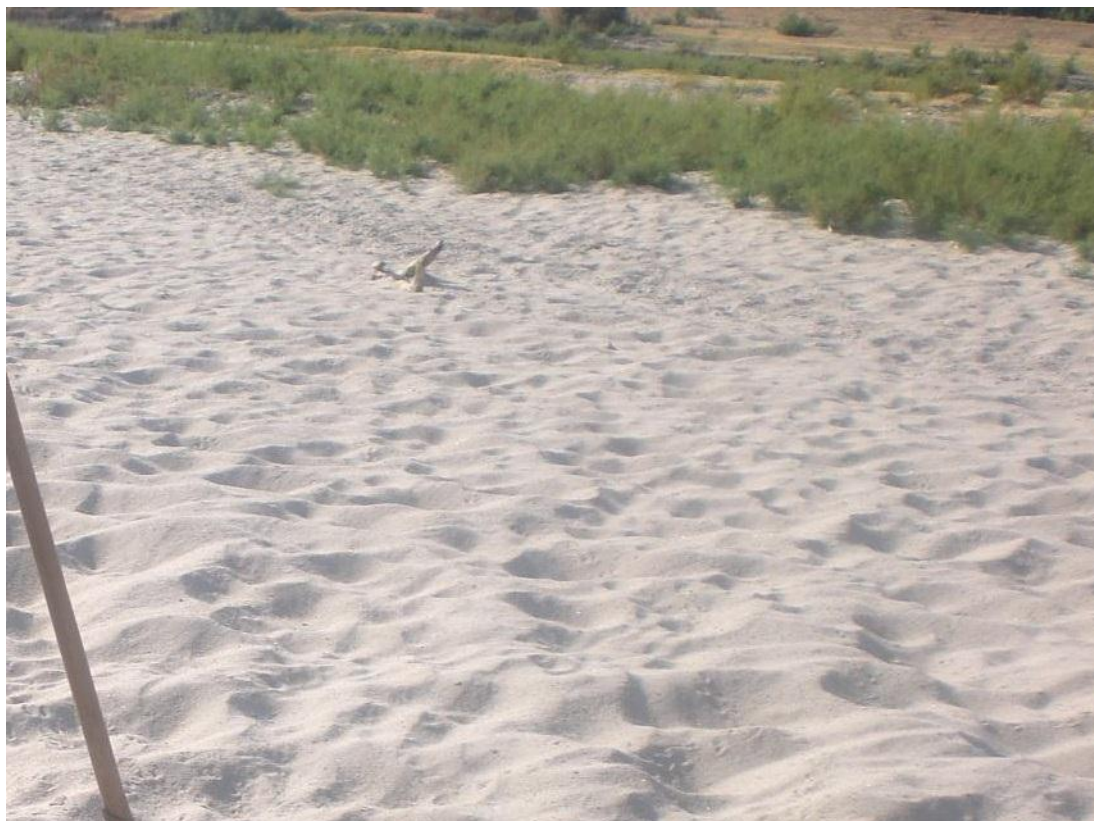


Εικόνα 4.2.5: Κατανομή μεγέθους κόκκων δείγματος Str-B3

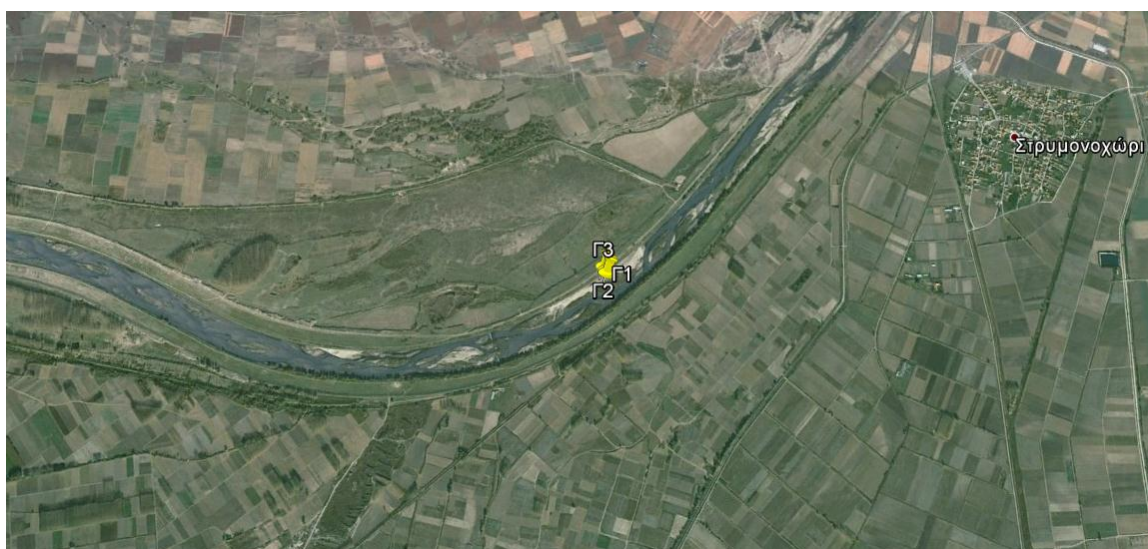
4.3. ΘΕΣΗ Str-Γ

Δείγματα Str-Γ1, Str-Γ2, Str-Γ3

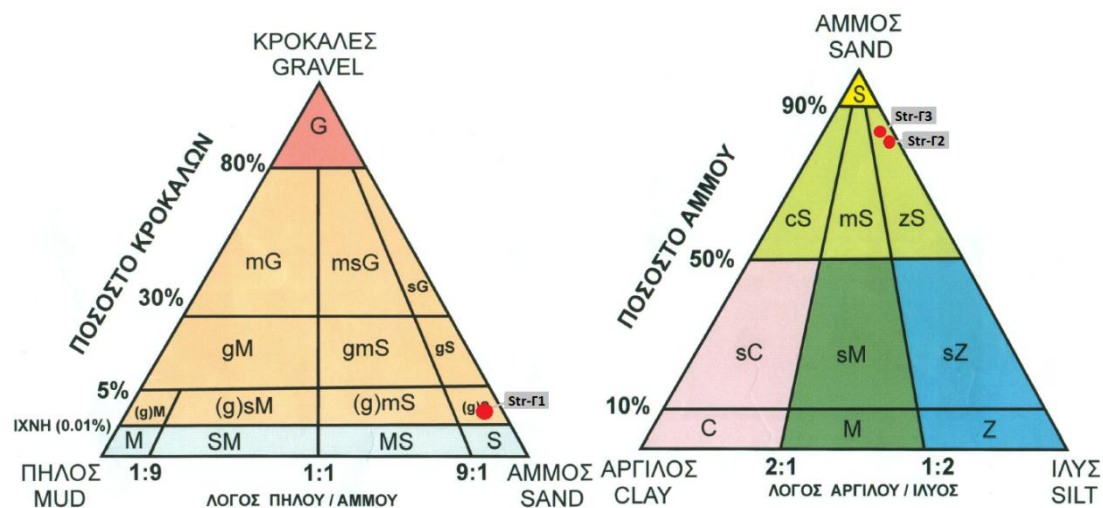
Η θέση Str-Γ (Εικόνα 4.3.1) βρίσκεται στο σημείο όπου αλλάζει κατεύθυνση ο ποταμός και κινείται προς τα δυτικά. Αυτό έχει σα συνέπεια να χάνει τη μεταφορική του ικανότητα και να αποθέτει το υλικό που μεταφέρει. Τα δείγματα αποτελούνται από λεπτόκοκκα ιζήματα (Φωτ 4.3).



Φωτ 4.3: Θέση Str-Γ



Εικόνα 4.3.1: Θέσεις δειγμάτων Str-Γ1, Str-Γ2, Str-Γ3 (χάρτης Google Earth)



Εικόνα 4.3.2: Τριγωνικό διάγραμμα (Χαλίκια - Άμμος - Πηλός) και (Άμμος - Ιλύς - Άργιλος)

Str-Γ1	ελαφρά κροκαλούχος άμμος
Str-Γ2	ιλυούχος άμμος
Str-Γ3	ιλυούχος άμμος

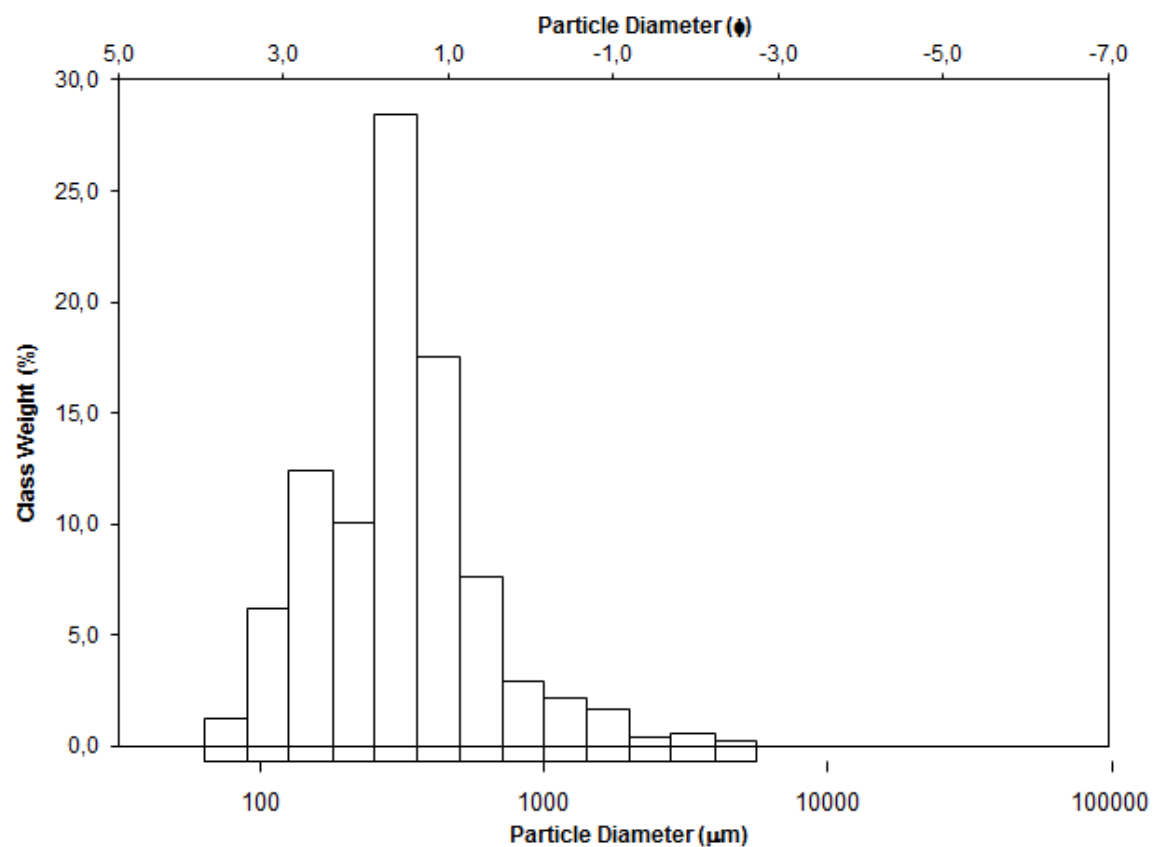
Πίνακας 4.3.1: Χαρακτηρισμός δειγμάτων από Gradistat

	κροκάλες	άμμος	ιλύς	άργιλος
Str-Γ1	3,2%	94,9%	1,9%	0,0%
Str-Γ2	0,0%	84,04%	15,07%	0,90%
Str-Γ3	0,0%	86,18%	12,69%	1,13%

Πίνακας 4.3.2: Αναλογία υλικών στα δείγματα

	Γραφικός Μέσος Όρος Μεγέθους (M)	Τυπική Απόκλιση (Ταξινομήση) (σ)	Λοξότητα (sk)	Κύρτωση (ku)
Str-Γ1	1,75 άμμος	1,106 φτωχή	-0,053 συμμετρική	1,286 λεπτόκυρτη

Πίνακας 4.3.3: Αποτελέσματα από Gradistat



Εικόνα 4.3.3: Κατανομή μεγέθους κόκκων δείγματος Str-Γ1

4.4. ΘΕΣΗ Str-Δ

Δείγματα Str-Δ1, Str-Δ2, Str-Δ3

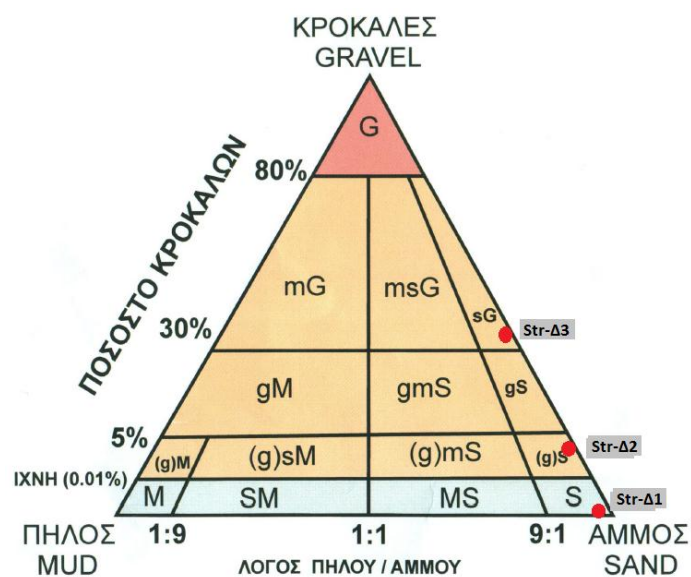
Η θέση Str-Δ (Εικόνα 4.4.1) βρίσκεται και αυτή σε σημείο που αλλάζει πορεία ο ποταμός. Τα δείγματα Str-Δ1 και Str-Δ2 προέρχεται από τον πυθμένα του ποταμού και αποτελούνται από λεπτόκοκκη άμμο. Το δείγμα Str-Δ3 προέρχεται από μια νησίδα του ποταμού και αποτελείται από λεπτόκοκκη άμμο με χαλίκια και κροκάλες (Φωτ 4.4).



Φωτ 4.4: Θέση Str-Δ



Εικόνα 4.4.1: Θέσεις δειγμάτων Str-Δ1, Str-Δ2, Str-Δ3 (χάρτης Google Earth)



Εικόνα 4.4.2: Τριγωνικό διάγραμμα (Χαλίκια – Άμμος – Πηλός)

Str-Δ1	άμμος
Str-Δ2	ελαφρά κροκαλούχος άμμος
Str-Δ3	αμμούχες κροκάλες

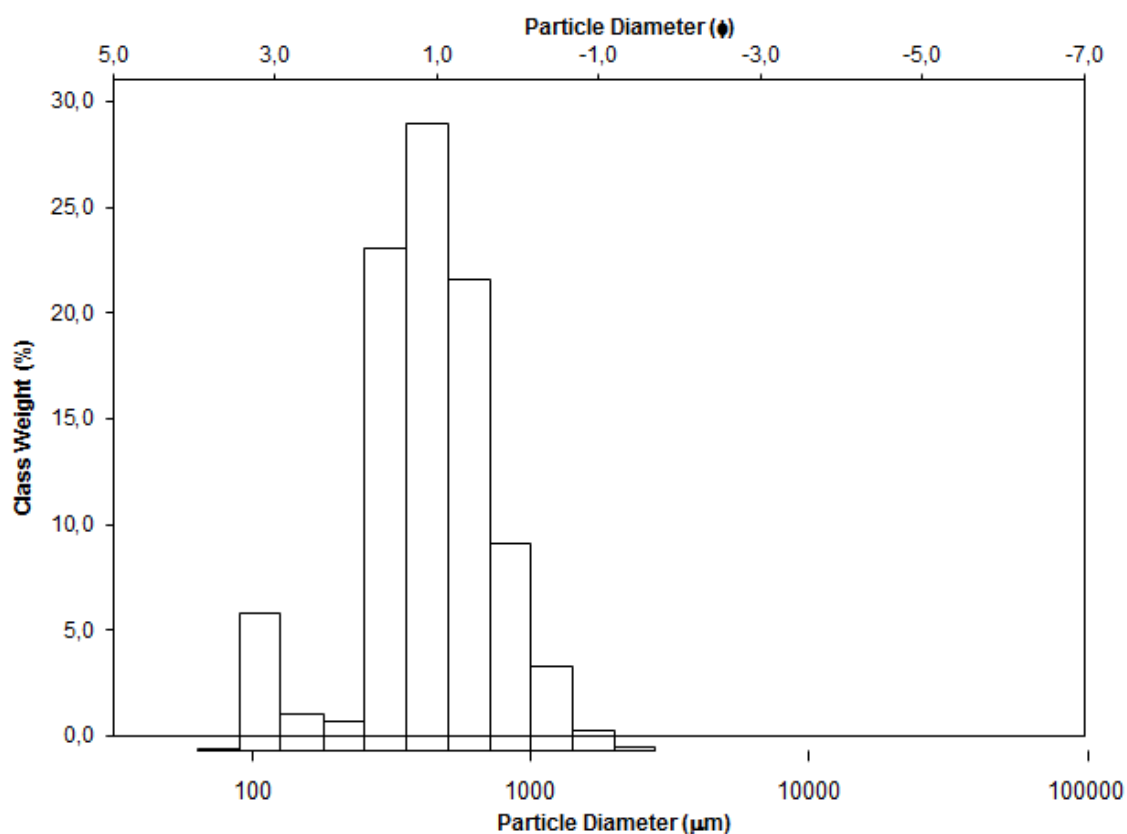
Πίνακας 4.4.1: Χαρακτηρισμός δειγμάτων από Gradistat

	κροκάλες	άμμος	ιλύς
Str-Δ1	0,2%	99,8%	0,1%
Str-Δ2	4,4%	95,3%	0,3%
Str-Δ3	36,0%	63,4%	0,5%

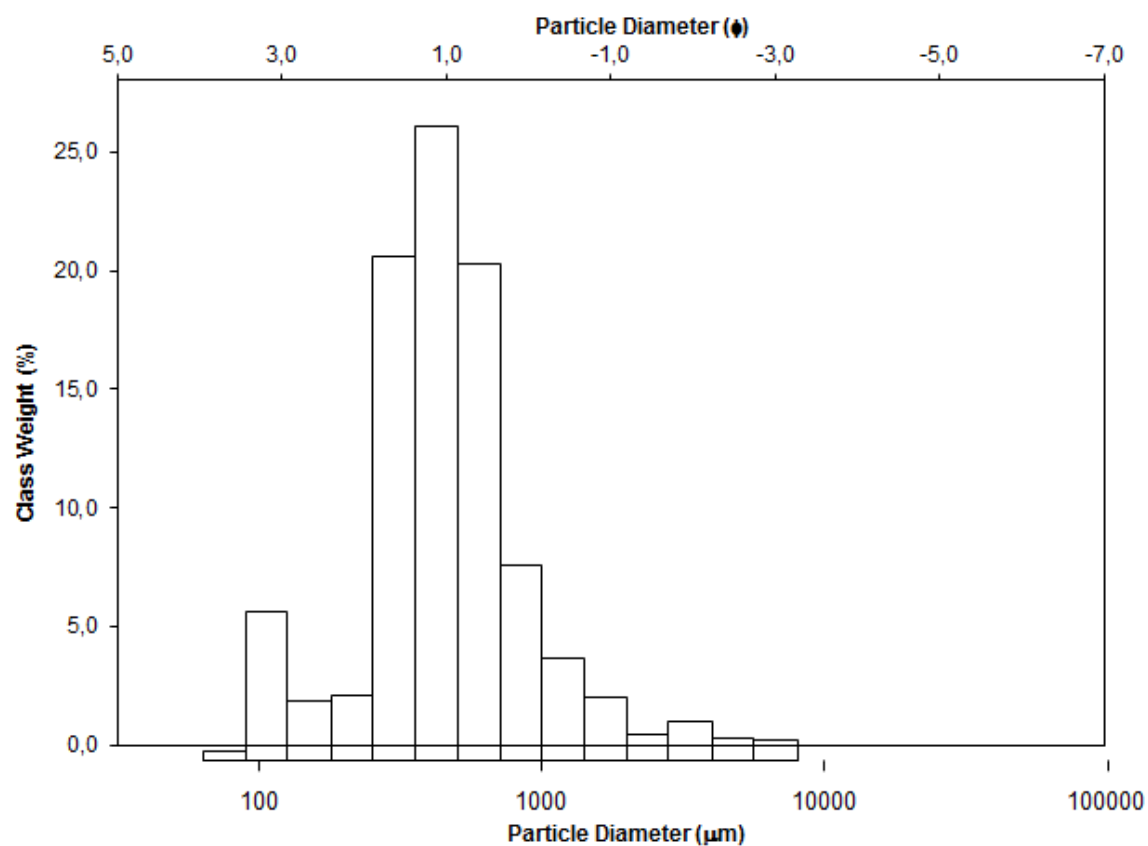
Πίνακας 4.4.2: Αναλογία υλικών στα δείγματα

	Γραφικός Μέσος Όρος Μεγέθους (M)	Τυπική Απόκλιση (Ταξινόμηση) (σ)	Λοξότητα (sk)	Κύρτωση (ku)
Str-Δ1	1,201 άμμος	0,803 μέτρια	0,091 συμμετρική	1,342 λεπτόκυρτη
Str-Δ2	1,121 άμμος	1,011 φτωχή	-0,067 συμμετρική	1,555 πολύ λεπτόκυρτη
Str-Δ3	-0,045 άμμος	2,622 πολύ φτωχή	-0,33 πολύ αρνητική	0,664 πολύ πλατύκυρτη

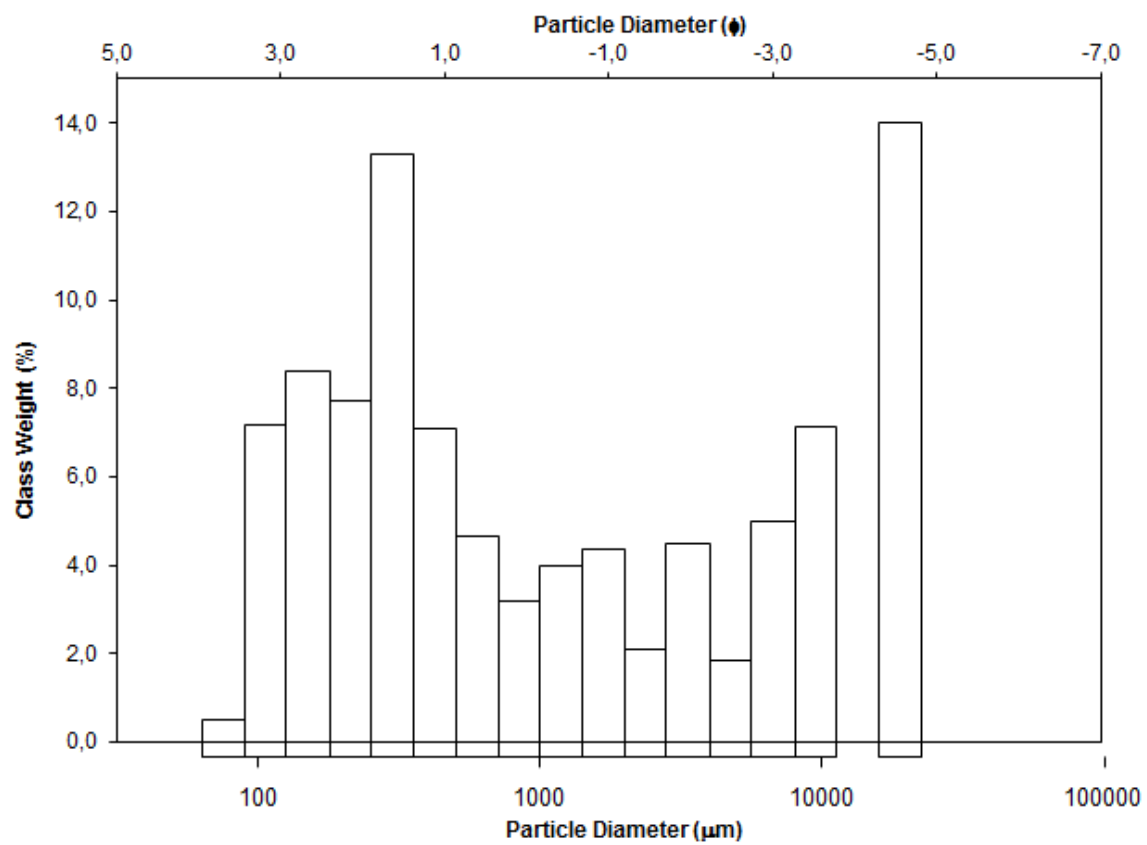
Πίνακας 4.4.3: Αποτελέσματα από Gradistat



Εικόνα 4.4.3: Κατανομή μεγέθους κόκκων δείγματος Str-Δ1



Εικόνα 4.4.4: Κατανομή μεγέθους κόκκων δείγματος Str-Δ2



Εικόνα 4.4.5: Κατανομή μεγέθους κόκκων δείγματος Str-Δ3

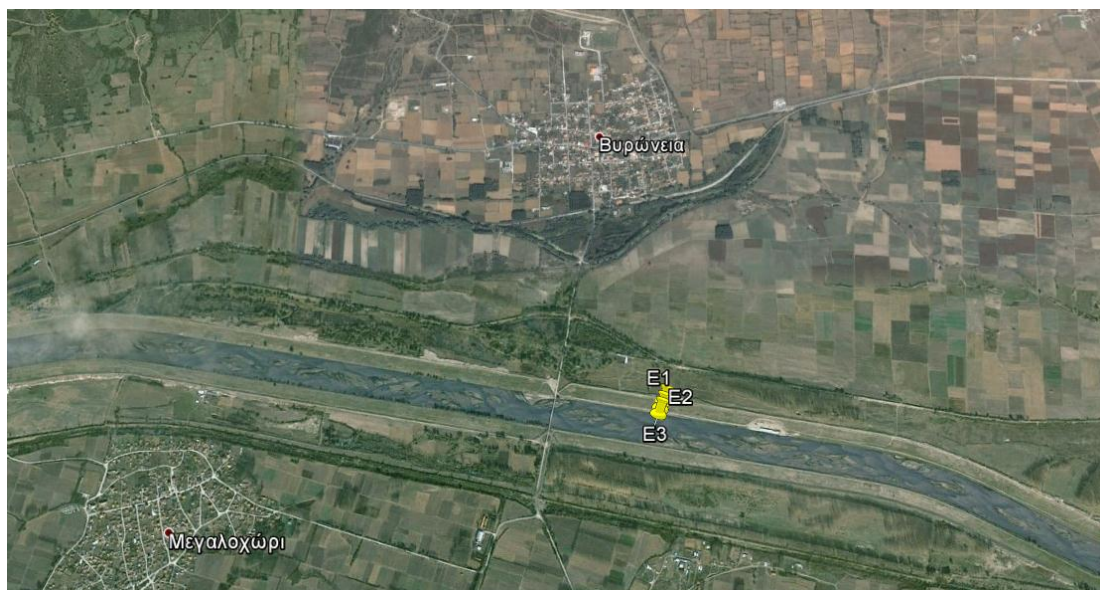
4.5. ΘΕΣΗ Str-E

Δείγματα Str-E1, Str-E2, Str-E3

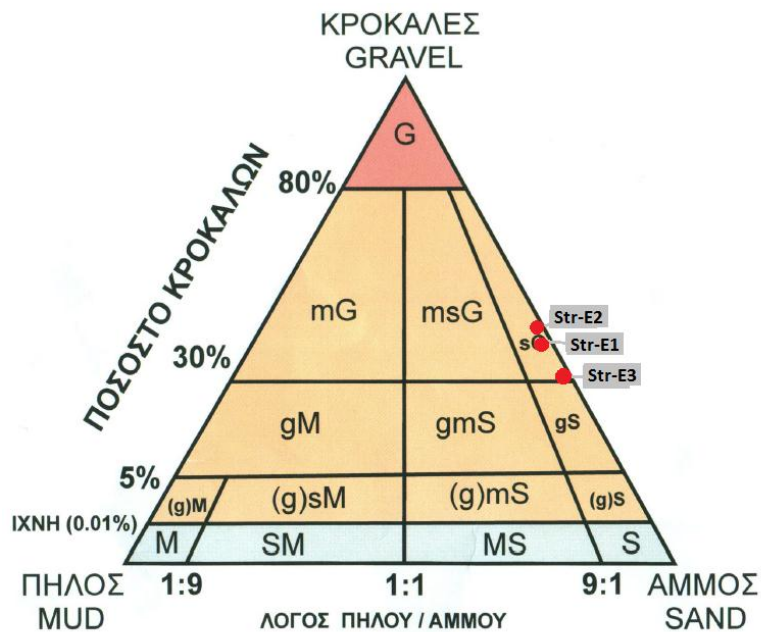
Η θέση Str-E (Εικόνα 4.5.1) βρίσκεται ανάντη της γέφυρας της Βυρώνειας. Το δείγμα Str-E1 προέρχεται από την όχθη του ποταμού και περιέχει λεπτόκοκκη άμμο με χαλίκια και κροκάλες. Τα δείγματα Str-E2 και Str-E3 προέρχεται από τον πυθμένα του ποταμού. Παρατηρήθηκε ότι το ίζημα μεταβαίνει σε πιο λεπτόκοκκο από την όχθη προς το κέντρο της κοίτης (Φωτ 4.5).



Φωτ 4.5: Θέση Str-E



Εικόνα 4.5.1: Θέσεις δειγμάτων Str-E1, Str-E2, Str-E3 (χάρτης Google Earth)



Εικόνα 4.5.2: Τριγωνικό διάγραμμα (Χαλίκια – Άμμος – Πηλός)

Str-E1	αμμούχες κροκάλες
Str-E2	αμμούχες κροκάλες
Str-E3	αμμούχες κροκάλες

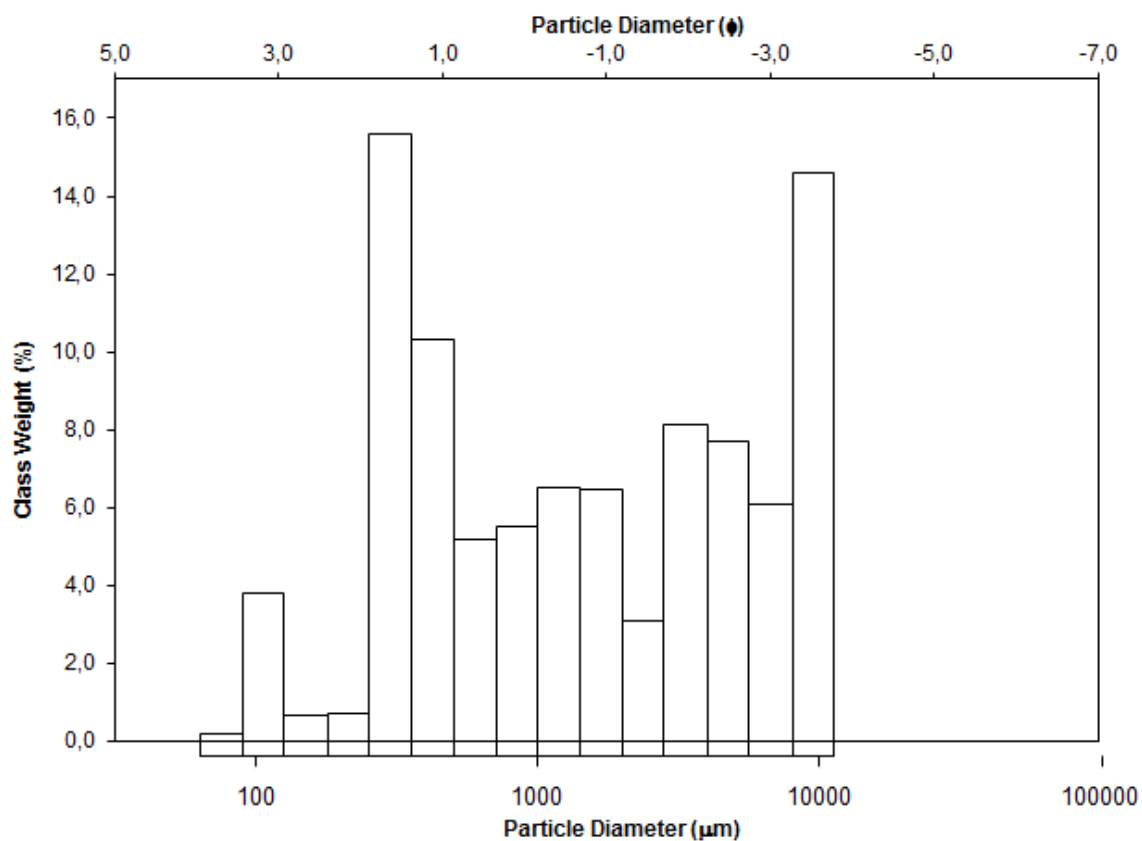
Πίνακας 4.5.1: Χαρακτηρισμός δειγμάτων από Gradistat

	κροκάλες	άμμος	ιλύς
Str-E1	41,0%	58,3%	0,7%
Str-E2	46,6%	53,3%	0,1%
Str-E3	31,1%	68,7%	0,2%

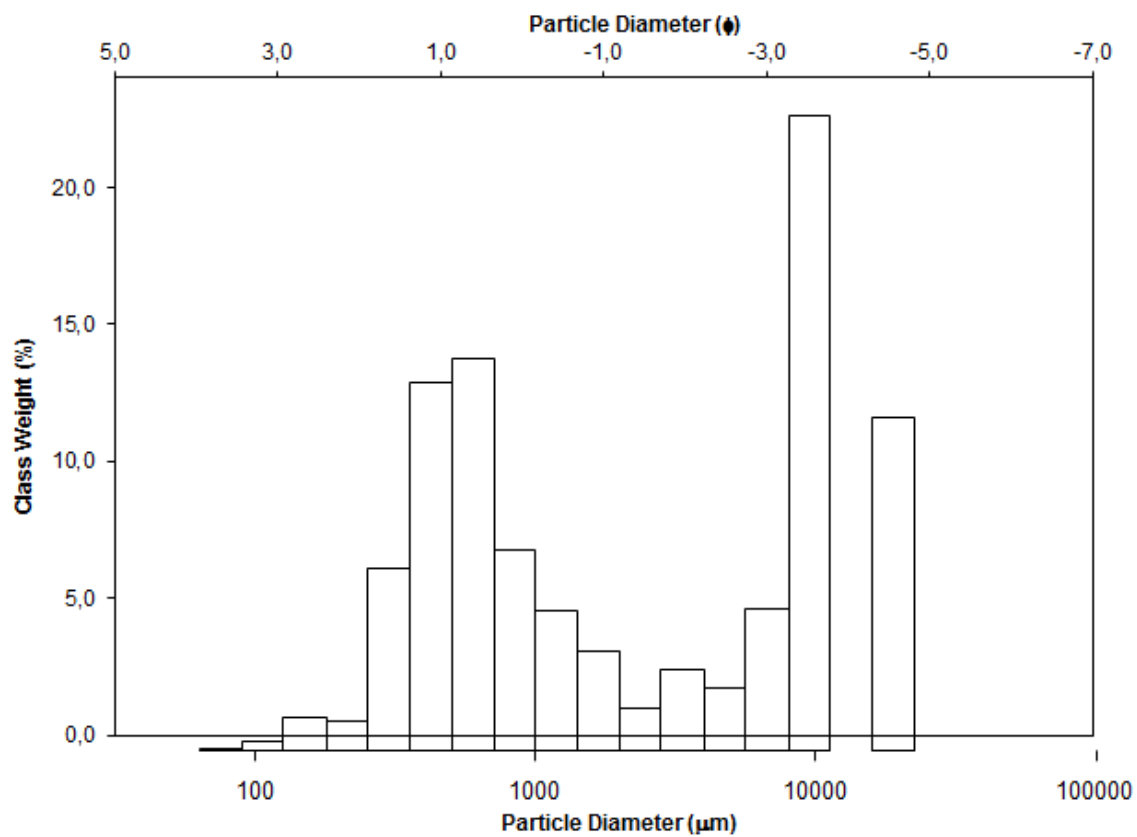
Πίνακας 4.5.2: Αναλογία υλικών στα δείγματα

	Γραφικός Μέσος Όρος Μεγέθους (M)	Τυπική Απόκλιση (Ταξινόμηση) (σ)	Λοξότητα (sk)	Κύρτωση (ku)
Str-E1	-0,498 άμμος	2,114 πολύ φτωχή	-0,021 συμμετρική	0,71 πλατύκυρτη
Str-E2	-0,891 άμμος	2,09 πολύ φτωχή	-0,229 αρνητική	0,607 πολύ πλατύκυρτη
Str-E3	-0,152 άμμος	2,058 πολύ φτωχή	-0,42 πολύ αρνητική	0,82 πλατύκυρτη

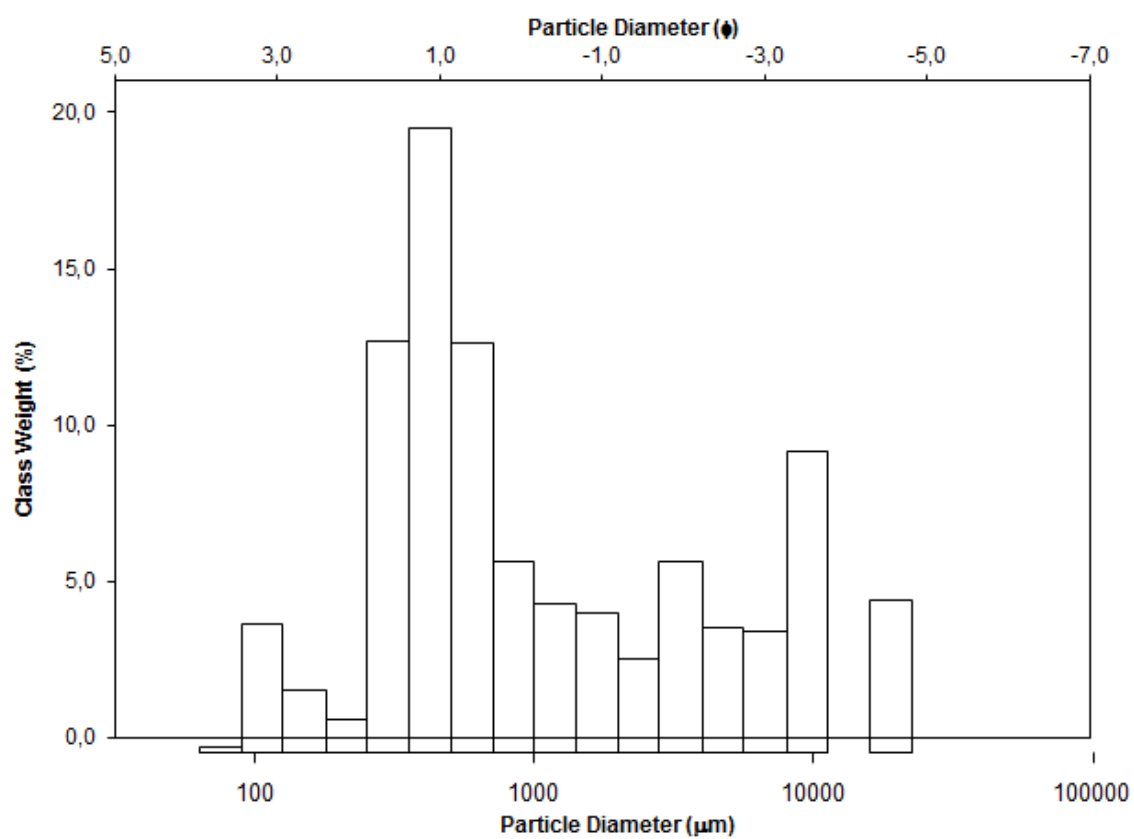
Πίνακας 4.5.3: Αποτελέσματα από Gradistat



Εικόνα 4.5.3: Κατανομή μεγέθους κόκκων δείγματος Str-E1



Εικόνα 4.5.4: Κατανομή μεγέθους κόκκων δείγματος Str-E2



Εικόνα 4.5.5: Κατανομή μεγέθους κόκκων δείγματος Str-E3

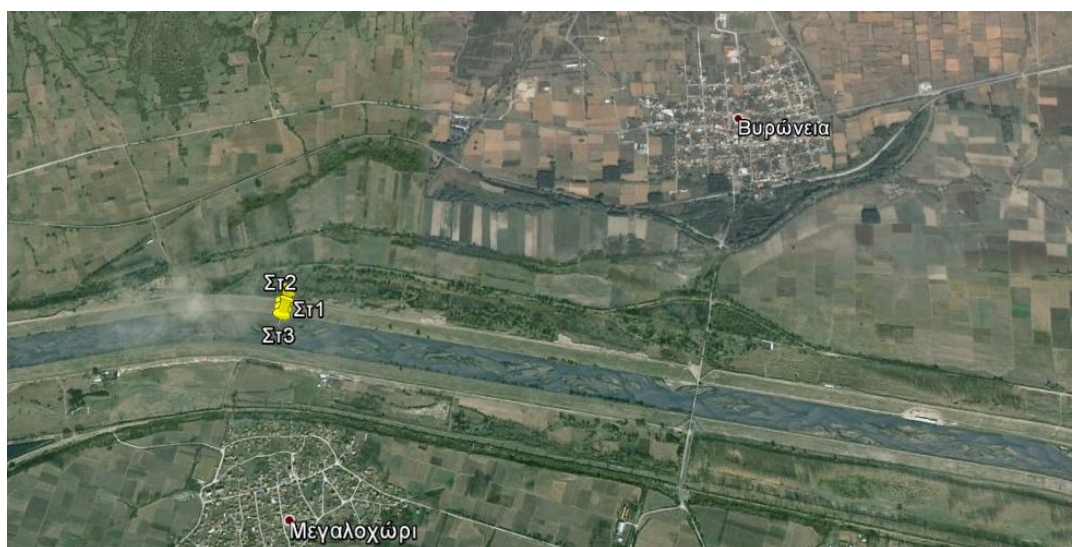
4.6. ΘΕΣΗ Str-Στ

Δείγματα Str-Στ1, Str-Στ2, Str-Στ3

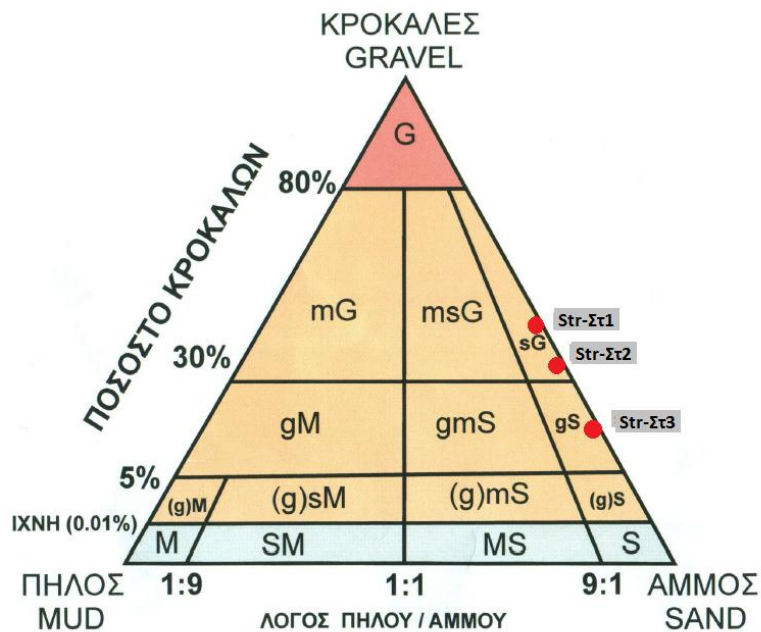
Η θέση Str-Στ (Εικόνα 4.6.1) βρίσκεται κατάντη της γέφυρας της Βυρώνειας. Το δείγμα Str-Στ1 προέρχεται από την όχθη του ποταμού και αποτελείται από χονδρόκοκκη άμμο με χαλίκια και κροκάλες (Φωτ 4.6). Τα δείγματα Str-Στ2 και Str-Στ 3 προέρχεται από τον πυθμένα του ποταμού. Προς το κέντρο της κοίτης το ίζημα μεταβαίνει σε πιο λεπτόκοκκο με κάποια χαλίκια. Η θέση του δείγματος Str-Στ3 βρίσκεται σε φράγμα του ποταμού.



Φωτ 4.6: Θέση Str-Στ



Εικόνα 4.6.1: Θέσεις δειγμάτων Str-Στ1, Str-Στ2, Str-Στ3 (χάρτης Google Earth)



Εικόνα 4.6.2: Τριγωνικό διάγραμμα (Χάλικια – Άμμος – Πηλός)

Str-Στ1	αμμούχες κροκάλες
Str-Στ2	αμμούχες κροκάλες
Str-Στ3	κροκαλούχος άμμος

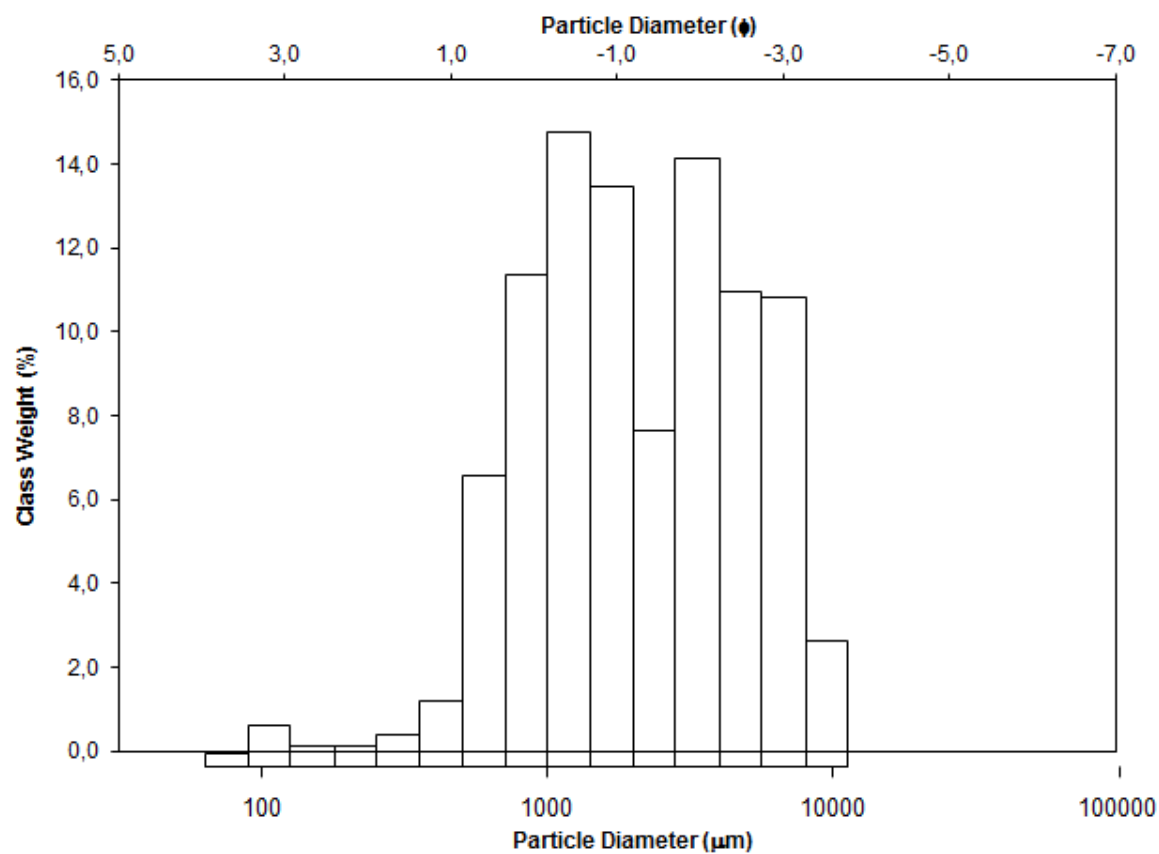
Πίνακας 4.6.1: Χαρακτηρισμός δειγμάτων από Gradistat

	κροκάλες	άμμος	ύλος
Str-Στ1	47,9%	51,8%	0,4%
Str-Στ2	34,4%	65,4%	0,1%
Str-Στ3	17,0%	83,0%	0,1%

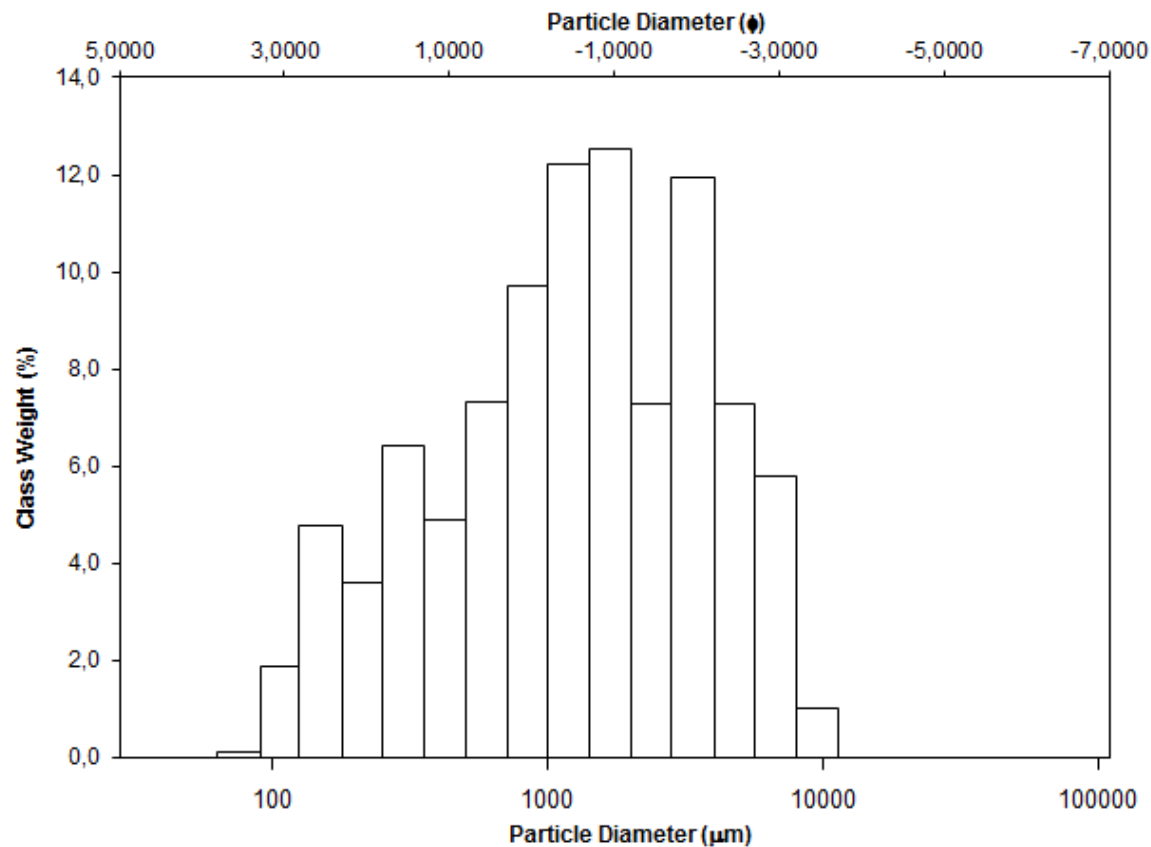
Πίνακας 4.6.2: Αναλογία υλικών στα δείγματα

	Γραφικός Μέσος Όρος Μεγέθους (M)	Τυπική Απόκλιση (Ταξινόμηση) (σ)	Λοξότητα (sk)	Κύρτωση (ku)
Str-Στ1	-1,007 κροκάλες - χάλικες	1,272 φτωχή	-0,056 συμμετρική	0,815 πλατύκυρτη
Str-Στ2	-0,241 άμμος	1,701 φτωχή	0,142 θετική	0,915 μεσόκυρτη
Str-Στ3	0,513 άμμος	1,452 φτωχή	-0,318 πολύ αρνητική	1,014 μεσόκυρτη

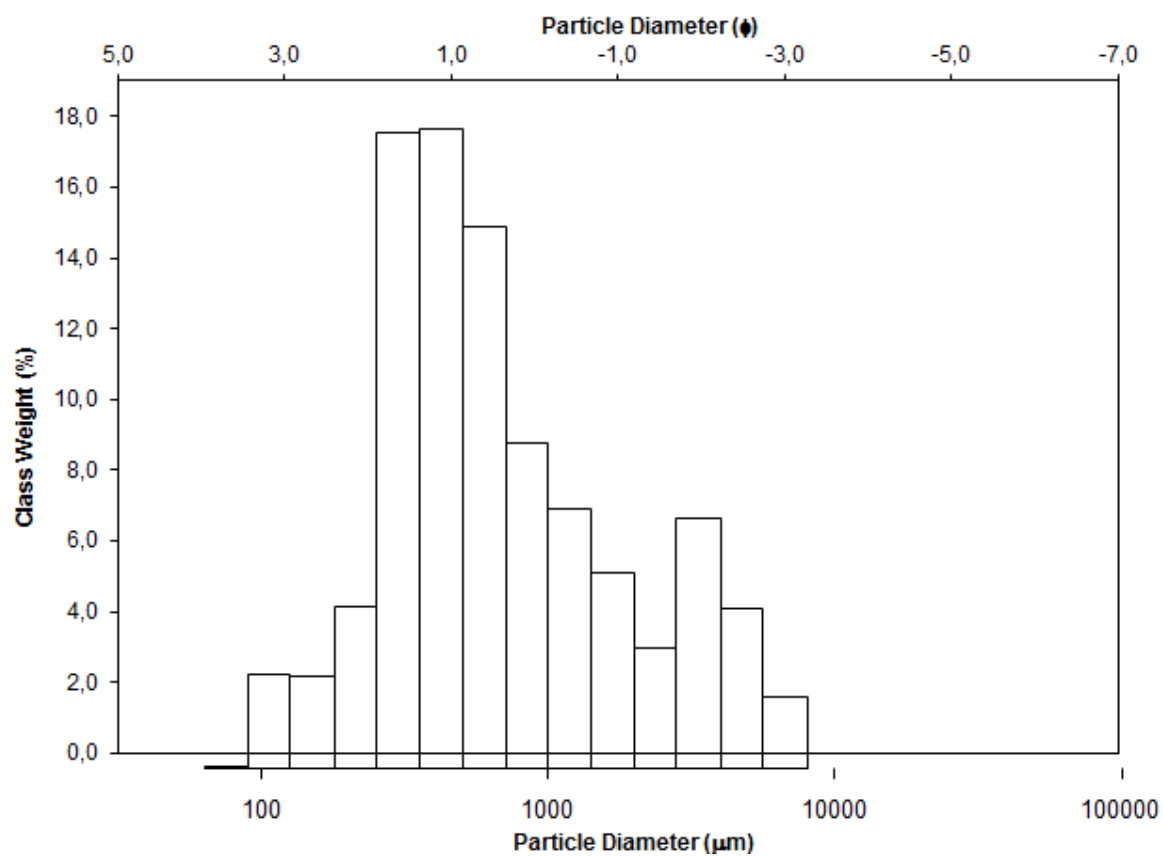
Πίνακας 4.6.3: Αποτελέσματα από Gradistat



Εικόνα 4.6.3: Κατανομή μεγέθους κόκκων δείγματος Str- Στ1



Εικόνα 4.6.4: Κατανομή μεγέθους κόκκων δείγματος Str- Στ2



Εικόνα 4.6.5: Κατανομή μεγέθους κόκκων δείγματος Str- Στ3

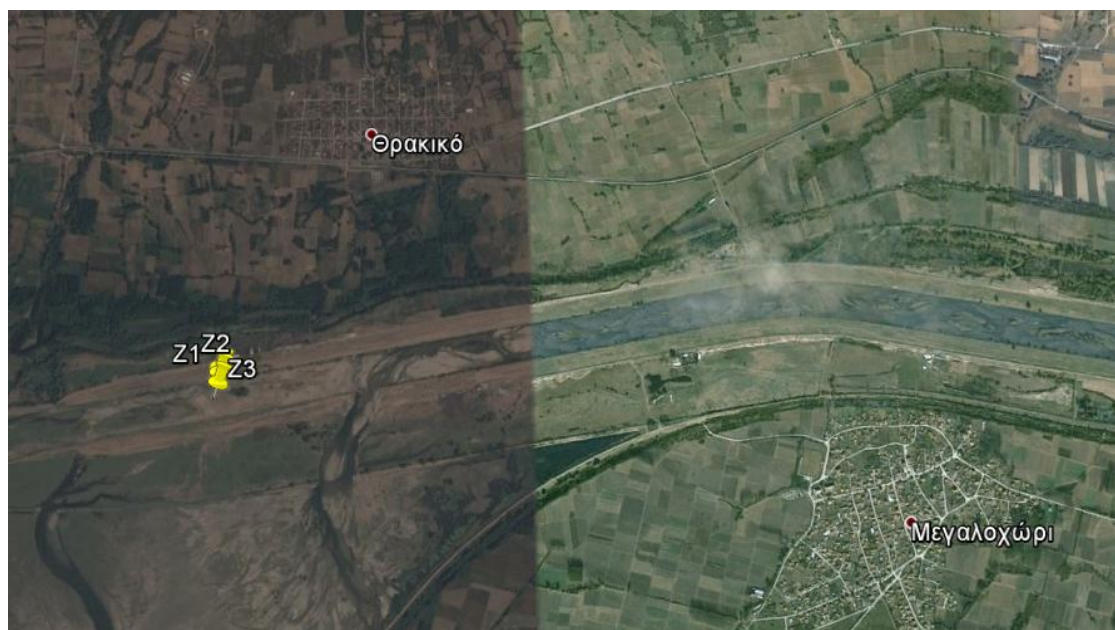
4.7. ΘΕΣΗ Str-Z

Δείγματα Str-Z1, Str-Z2, Str-Z3

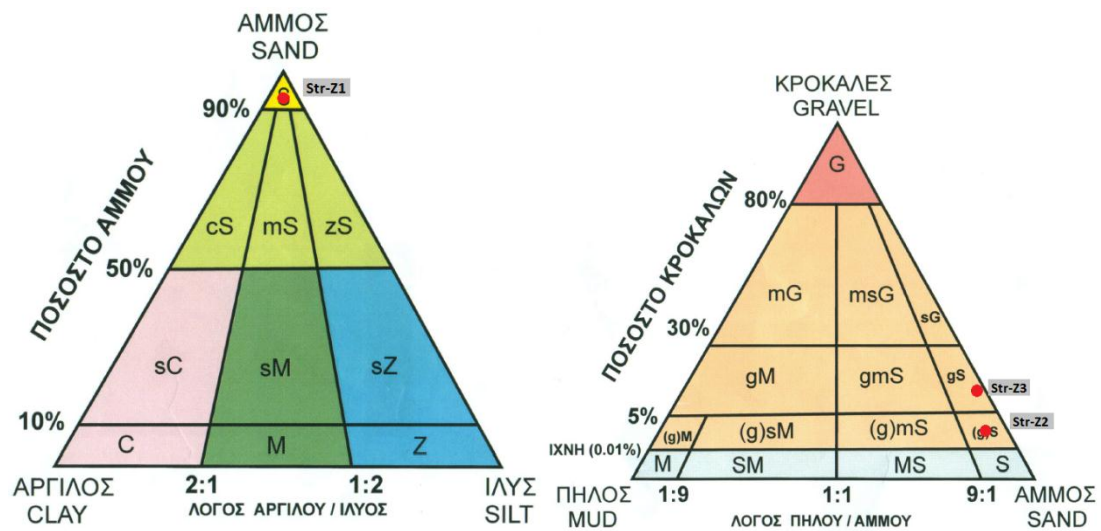
Η θέση Str-Z (Εικόνα 4.7.1) βρίσκεται ανάντη του δέλτα του ποταμού στη λίμνη Κερκίνη. Το δείγμα Str-Z1 προέρχεται από τον πυθμένα του ποταμού. Τα δείγματα Str-Z2 και Str-Z3 προέρχεται από φράγματα μέσα στην κοίτη του. Η άμμος της θέσης αυτής είναι λεπτόκοκκη (Φωτ 4.7).



Φωτ 4.7: Θέση Str-Z



Εικόνα 4.7.1: Θέσεις δειγμάτων Str-Z1, Str-Z2, Str-Z3 (χάρτης Google Earth)



Εικόνα 4.7.2: Τριγωνικό διάγραμμα (Άμμος - Ιλύς - Άργιλος) και (Χαλίκια - Άμμος - Πηλός)

Str-Z1	άμμος
Str-Z2	κροκαλούχος άμμος
Str-Z3	ελαφρά κροκαλούχος άμμος

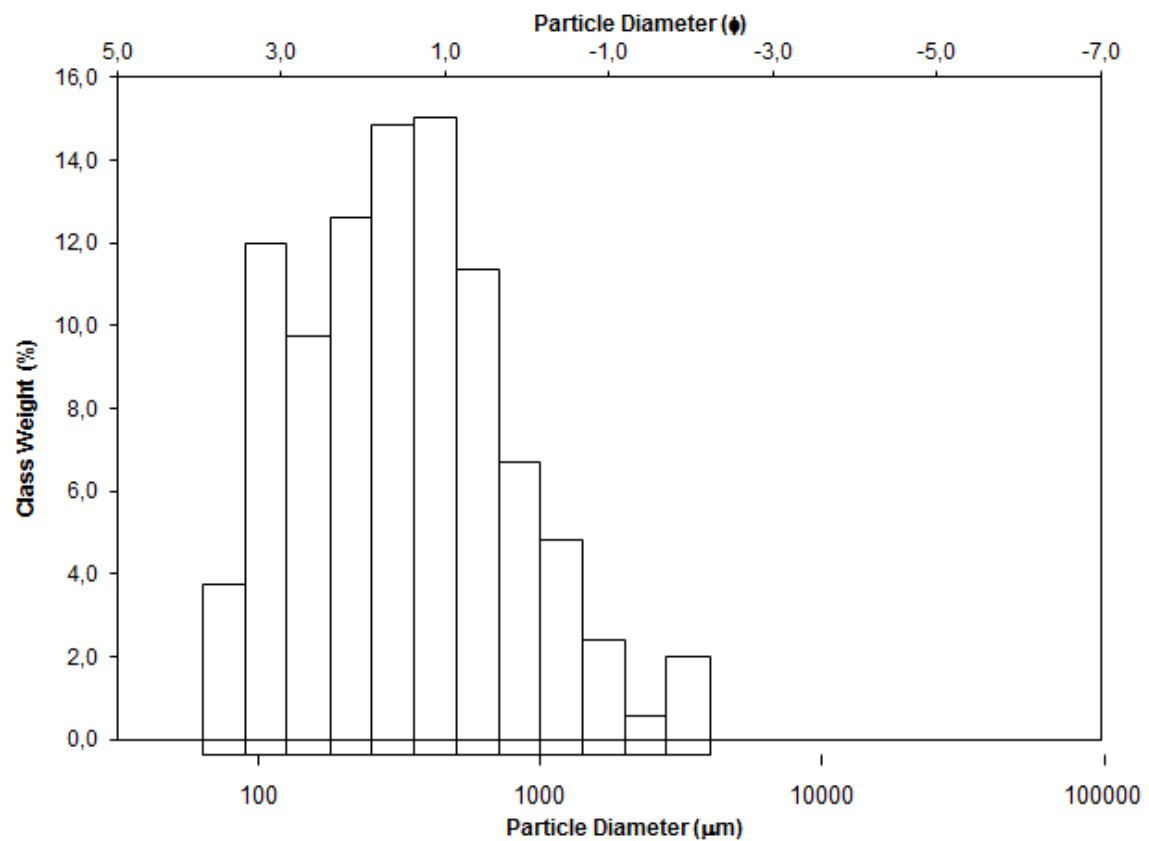
Πίνακας 4.7.1: Χαρακτηρισμός δειγμάτων από Gradistat

	κροκάλες	άμμος	ιλύς	άργιλος
Str-Z1	0,0%	94,77%	5,01%	0,22%
Str-Z2	3,2%	93,8%	2,9%	0,0%
Str-Z3	13,2%	86,0%	0,9%	0,0%

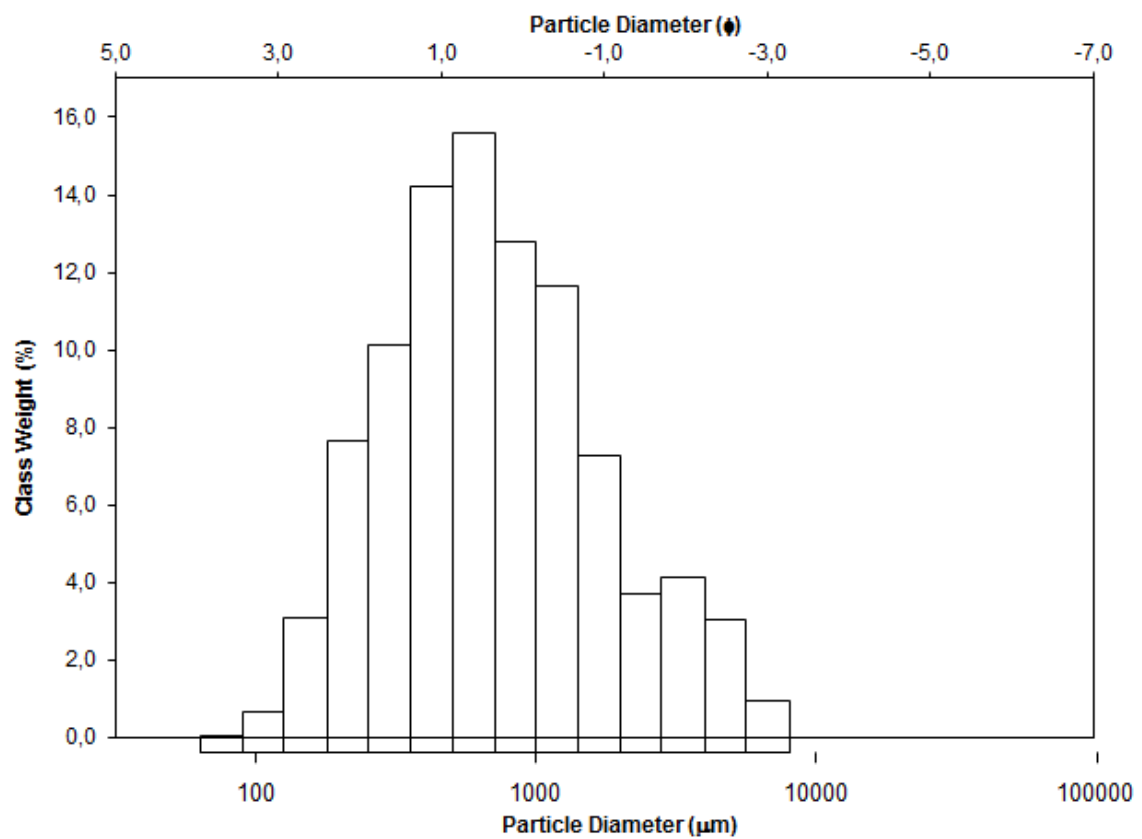
Πίνακας 4.7.2: Αναλογία υλικών στα δείγματα

	Γραφικός Μέσος Όρος Μεγέθους (M)	Τυπική Απόκλιση (Ταξινόμηση) (σ)	Λοξότητα (sk)	Κύρτωση (ku)
Str-Z2	1,722 άμμος	1,351 φτωχή	-0,021 συμμετρική	0,972 μεσόκυρτη
Str-Z3	0,564 άμμος	1,364 φτωχή	-0,107 αρνητική	1,050 μεσόκυρτη

Πίνακας 4.7.3: Αποτελέσματα από Gradistat



Εικόνα 4.7.3: Κατανομή μεγέθους κόκκων δείγματος Str-Z2



Εικόνα 4.7.4: Κατανομή μεγέθους κόκκων δείγματος Str-Z3

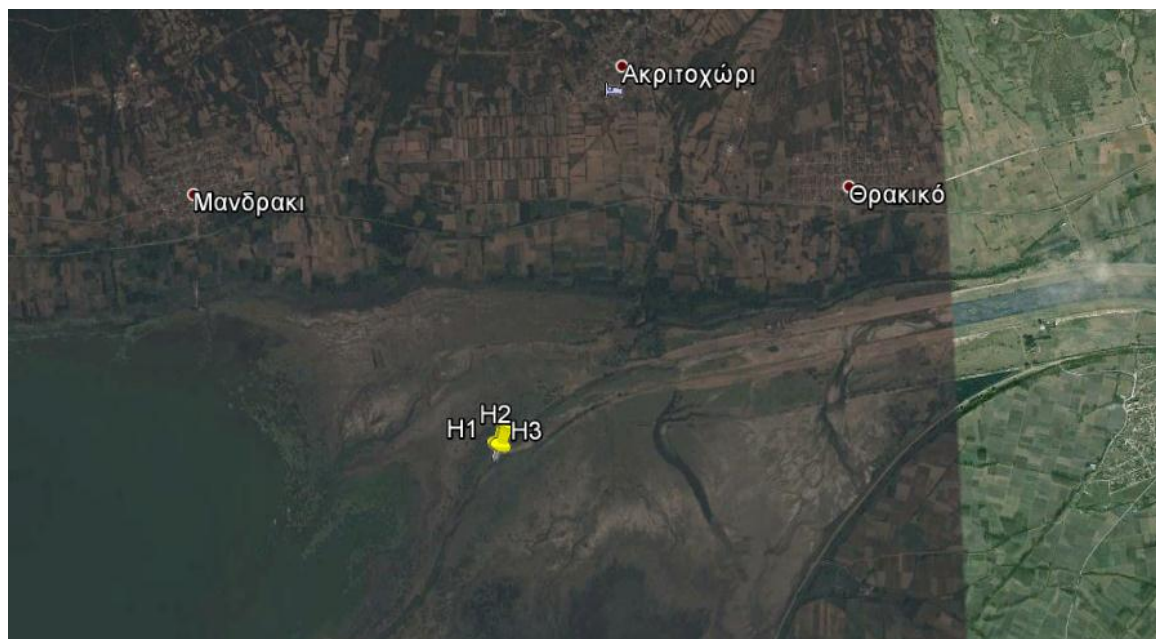
4.8. ΘΕΣΗ Str-H

Δείγματα Str-H1, Str-H2, Str-H3

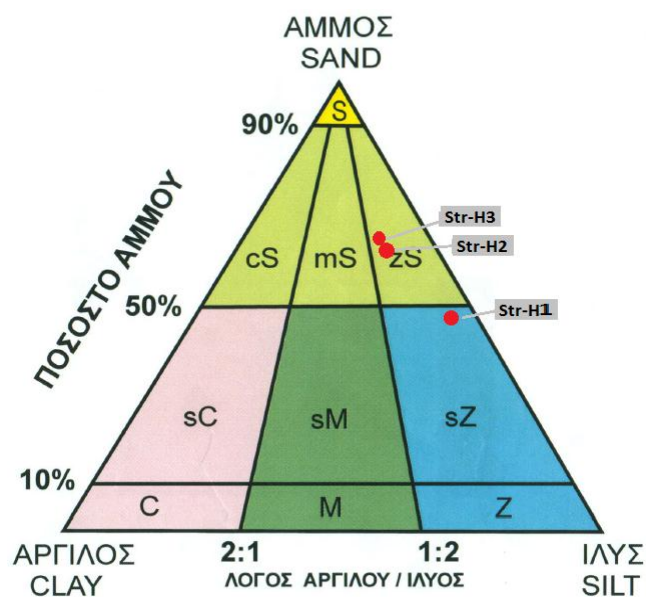
Η θέση Str-H (Εικόνα 4.8.1) βρίσκεται στις εκβολές του ποταμού στη λίμνη Κερκίνη. Τα δείγματα αποτελούνται από λεπτόκοκκη άμμο και ιλύ όπως και το σύνολο των ιζημάτων στη θέση αυτή (Φωτ 4.8).



Φωτ 4.8: Θέση Str-H



Εικόνα 4.8.1: Θέσεις δειγμάτων Str-H1, Str-H2, Str-H3 (χάρτης Google Earth)



Εικόνα 4.8.2: Τριγωνικό διάγραμμα (Άμμος - Ιλύς - Άργιλος)

Str-H1	αμμούχος ιλύς
Str-H2	ιλυούχος άμμος
Str-H3	ιλυούχος άμμος

Πίνακας 4.8.1: Χαρακτηρισμός δειγμάτων από Gradistat

	άμμος	ιλύς	άργιλος
Str-H1	46.8%	43.4%	9.8%
Str-H2	66.6%	23%	10.4%
Str-H3	65.1%	25.6%	9.3%

Πίνακας 4.8.2: Αναλογία υλικών στα δείγματα

4.9. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στον Πίνακα 4.9 περιγράφονται όλα τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη χρήση του προγράμματος Gradistat.

Πίνακας 4.9: Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα από όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν

Δείγμα	M(σε Φ)	σ(σε Φ)	sk(σε Φ)	ku(σε Φ)	Χαρακτηρισμός gradistat	Χαρακτηρισμός δείγματος
Str-A2	2,63 άμμος	0,711 μετρίως καλή	0,175 θετική	0,967 μεσόκυρτη	άμμος	άμμος
Str-A3	-1,968 κροκάλες - χάλικες	1,56 φτωχή	0,358 πολύ θετική	0,896 πλατύκυρτη	χαλικοαμμώδες	χαλίκια με άμμο
Str-B1	-2,93 κροκάλες - χάλικες	2,268 πολύ φτωχή	0,283 θετική	0,701 πλατύκυρτη	χαλικοαμμώδες	χαλίκια με άμμο
Str-B2	-0,644 άμμος	1,657 φτωχή	0,032 συμμετρική	0,79 πλατύκυρτη	χαλικοαμμώδες	χαλίκια με πολύ άμμο
Str-B3	-0,674 άμμος	2,06 πολύ φτωχή	-0,074 συμμετρική	0,607 πολύ πλατύκυρτη	χαλικοαμμώδες	χαλίκια με πολύ άμμο
Str-Γ1	1,75 άμμος	1,106 φτωχή	-0,053 συμμετρική	1,286 λεπτόκυρτη	ελαφρώς χαλικοαμμώδες	άμμος
Str-Δ1	1,201 άμμος	0,803 μέτρια	0,091 συμμετρική	1,342 λεπτόκυρτη	ελαφρώς χαλικοαμμώδες	άμμος
Str-Δ2	1,121 άμμος	1,011 φτωχή	-0,067 συμμετρική	1,555 πολύ λεπτόκυρτη	ελαφρώς χαλικοαμμώδες	άμμος
Str-Δ3	-0,045 άμμος	2,622 πολύ φτωχή	-0,33 πολύ αρνητική	0,664 πολύ πλατύκυρτη	χαλικοαμμώδες	χαλίκια με άμμο
Str-E1	-0,498 άμμος	2,114 πολύ φτωχή	-0,021 συμμετρική	0,71 πλατύκυρτη	χαλικοαμμώδες	χαλίκια με άμμο
Str-E2	-0,891 άμμος	2,09 πολύ φτωχή	-0,229 αρνητική	0,607 πολύ πλατύκυρτη	χαλικοαμμώδες	χαλίκια με άμμο
Str-E3	-0,152 άμμος	2,058 πολύ φτωχή	-0,42 πολύ αρνητική	0,82 πλατύκυρτη	χαλικοαμμώδες	χαλίκια με άμμο
Str-Στ1	-1,007 κροκάλες - χάλικες	1,272 φτωχή	-0,056 συμμετρική	0,815 πλατύκυρτη	χαλικοαμμώδες	χαλίκια με άμμο
Str-Στ2	-0,241 άμμος	1,701 φτωχή	0,142 θετική	0,915 μεσόκυρτη	χαλικοαμμώδες	άμμος με χαλίκια
Str-Στ3	0,513 άμμος	1,452 φτωχή	-0,318 πολύ αρνητική	1,014 μεσόκυρτη	αμμώδες	άμμος με χαλίκια
Str-Z2	1,722 άμμος	1,351 φτωχή	-0,021 συμμετρική	0,972 μεσόκυρτη	ελαφρώς χαλικοαμμώδες	άμμος
Str-Z3	0,564 άμμος	1,364 φτωχή	-0,107 αρνητική	1,050 μεσόκυρτη	χαλικοαμμώδες	άμμος

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η περιοχή μελέτης της εργασίας περιορίζεται από τα στενά του Ρούπελ (το σημείο όπου ο ποταμός μπαίνει σε ελληνικό έδαφος) μέχρι τη λίμνη Κερκίνη. Το τμήμα αυτό του ποταμού είναι τεχνητό, με πλευρικά αναχώματα εκατέρωθεν της κοίτης του. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μη μπαίνουν πλευρικά άλλοι χείμαρροι στο ποτάμι και να διαταράσσουν τη ροή του. Έτσι γίνεται η παρατήρηση της εκλεκτικής ταξινόμησης των φερτών υλικών, που μπαίνουν από τα στενά έως τη λίμνη, χωρίς κάποια παρεμβολή στο ενδιαμέσο. Το τμήμα, αυτό, του ποταμού αποτελείται κυρίως από άμμο με κροκάλες και κατά τόπους ιλύ. Στα σημεία που αλλάζει η διεύθυνση της κοίτης ή πλησιάζει τις εκβολές στη λίμνη, η ταχύτητα ελαττώνεται, υπάρχει και ελάχιστη άργιλος. Η ταξινόμηση των κόκκων είναι φτωχή έως πολύ φτωχή, ενώ η λοξότητα είναι αρχικά, κοντά στα στενά του Ρούπελ, θετική, στη συνέχεια γίνεται συμμετρική και τέλος, στις εκβολές στη λίμνη, είναι αρνητική.

Ο ποταμός αποθέτει κυρίως άμμο και κροκάλες αλλά και ελάχιστη ιλύ. Η κλίση του είναι μικρή, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται νησίδες μέσα στην κοίτη του. Οι νησίδες αυτές αποτελούνται κυρίως από χαλίκια και άμμο. Στο σημείο που ο ποταμός αλλάζει πορεία (θέση Str-Γ), με κατεύθυνση προς τη λίμνη, δηλαδή προς τα δυτικά, ελαττώνεται η ταχύτητα του οπότε μικραίνει και η μεταφορική του ικανότητα. Έτσι αποθέτει άμμο μαζί με ιλύ. Όσο κατευθύνεται προς τη λίμνη εξακολουθεί να αποθέτει άμμο και χαλίκια, σε ίδια περίπου αναλογία. Ενώ όταν πλησιάζει προς τις εκβολές(θέση Str-Z) το ποσοστό της άμμου αυξάνεται (έως και 90%) μέχρις ότου φτάσει στη λίμνη (θέση Str-H) και αποθέσει όλο το λεπτόκοκκο φορτίο του, δηλαδή την άμμο, ιλύ και ένα μικρό ποσοστό άργιλο.

Καθώς ο ποταμός μπαίνει στην πεδιάδα των Σερρών αποθέτει άμμο, κροκάλες και ελάχιστη ιλύ. Μέσα στην κοίτη του, λόγω της μικρής του κλίσης, αποθέτει μεγάλο ποσοστό από το ίζημα που μεταφέρει και σχηματίζει νησίδες και φράγματα. Αυτός είναι και ο λόγος που έχει πάρει το χαρακτήρα, πλεξοειδής ποταμός. Ενώ όταν φτάσει στη λίμνη, όπου και εκβάλλει, είναι το τοπικό βασικό επίπεδο του ποταμού, το ίζημα του αποτελείται από λεπτόκοκκα υλικά, δηλαδή άμμο, ιλύ και ένα μικρό ποσοστό άργιλο.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΙΣΤΟΛΟΓΙΟ

6.1. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ALBANAKIS K., SKLAVOUNOS S., PSILOVNIKOS A. 1993.** Preliminary report on the suspended sediment load distribution and quality in the river strymon-lake kerkini hydrosystem, Δελτίον της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας: Τόμ. 28, Αρ. 1
- BLOTT J. S. 2008.** GRADISTAT Version 6.0 A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer.
- ΑΛΜΠΑΝΑΚΗΣ Κ. 2011.** Πρόταση δημιουργίας πρωτοκόλλου κοκκομετρικής ανάλυσης με τη μέθοδο του σιφωνίου (πιπέτας) με υποδεκαπλάσιο χρόνο ανάλυσης. Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας : Τόμ. 44
- ΒΟΥΒΑΛΙΔΗΣ Κ. 1998.** Μορφολογικές, ιζηματολογικές, ωκεανογραφικές διεργασίες και ανθρωπογενείς επεμβάσεις που συμβάλλουν στην εξέλιξη του συστήματος των εκβολών του ποταμού Στρυμόνα, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
- ΒΟΥΒΑΛΙΔΗΣ Κ. 2011.** Φυσική γεωγραφία, εκδόσεις Δίσιγμα
- ΔΟΜΗ:** Έγχρωμη εγκυκλοπαίδεια Δομή, τόμος 14, σελ. 407
- ΚΟΛΟΚΥΘΑ Ε., ΝΤΟΤΑ Α., ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ Ζ., ΜΥΛΟΠΟΥΛΟΣ Γ. 2008.** Η συμβολή της τεχνητής λίμνης Κερκίνης στην αειφορική ανάπτυξη της λεκάνης απορροής του Στρυμόνα
- ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ Δ. 2010.** Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδος, εκδόσεις University Studio Press
- ΜΠΑΛΑΦΟΥΤΗΣ Χ., 1977:** Συμβολή εις τη μελέτη του κλίματος της Μακεδονίας και Δυτικής Θράκης, Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Θετικών Επιστημών Α.Π.Θ.
- ΠΑΠΑΦΙΛΙΠΠΟΥ -ΠΕΝΝΟΥ Ε. 2004.** Δυναμική εξέλιξη και σύγχρονες εξωγενείς διεργασίες του υδρογραφικού συστήματος της ταφολεκάνης των Σερρών, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.
- ΠΑΠΑΦΙΛΙΠΠΟΥ -ΠΕΝΝΟΥ Ε., ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ Α., ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ Ε., ΠΑΛΙΚΑΡΙΔΗΣ Χ. 1998.** Επίδραση της νεοτεκτονικής στην εξέλιξη του υδρογραφικού συστήματος του ρέματος Εζοβίτη (Κερδύλιο όρος -Αν. Μακεδονία), Πρακτικά, 4^ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο

ΣΤΥΛΛΑΣ Μ., ΒΟΥΒΑΛΙΔΗΣ Κ. 2007. Η επίδραση των ανθρώπινων επεμβάσεων στη μορφολογία και τη διαχείριση της κοίτης του ποταμού Στρυμόνα της βόρειας Ελλάδας, Πρακτικά, 8^ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο

ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ Α. 1990. Η επίδραση της νεοτεκτονικής στη διαμόρφωση των υδρογραφικών δικτύων της νοτιοδυτικής Ροδόπης, Δελτίον της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας: Τόμ. 22

ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ Α., ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ Ε., ΒΟΥΒΑΛΙΔΗΣ Κ., ΠΑΠΑΦΙΛΙΠΠΟΥ -ΠΕΝΝΟΥ Ε. 2001.

Γεωμορφολογικές, υδρογραφικές και ιζηματολογικές διεργασίες στη λεκάνη των Σερρών που οφείλονται στη δράση της ρηξιγενούς τεκτονικής του τεταρτογενούς, Πρακτικά, 9^ο Διεθνές Συνέδριο

ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ Α., ΙΩΑΝΝΟΥ Α. Σ. 1993. Ανανέωση των ποταμών στο χώρο που περιβάλλει το Βόρειο Αιγαίο πέλαγος σε σχέση προς τις μεταπλειοκαινικές τεκτονικές και κλιματικές αλλαγές, Δελτίον της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας: Τόμ. 28, Αρ. 1

ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ Α., ΠΑΠΑΦΙΛΙΠΠΟΥ -ΠΕΝΝΟΥ Ε., ΑΛΜΠΑΝΑΚΗΣ Κ., ΒΟΥΒΑΛΙΔΗΣ Κ. 1994.

Μεταφορά και απόθεση υλικών στην τεχνητή κοίτη του Στρυμόνα ανάντη του ταμιευτήρα της Κερκίνης, Πρακτικά, 7^ο Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο

ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ ΑΝ., ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ ΑΡ. 2010. Ιζηματολογία, Εκδόσεις Τζιόλα.

6.2. ΙΣΤΟΛΟΓΙΟ

URL1. <http://el.wikipedia.org/>

URL2. <http://bg.wikipedia.org/>

URL3. <http://kerkini.gr/>

URL4. <http://www.strymonas.gr/>

URL5. <http://www.geoscienceworld.org/>