



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ
«Δ.Π.Μ.Σ Διαχείριση Παράκτιων Περιοχών»

Θέμα: Υδρολογικές διεργασίες και διάβρωση σε μικρές νησιωτικές λεκάνες απορροής – Η περίπτωση του χειμάρρου της Ερεσού Λέσβου



Μεταπτυχιακή διατριβή του Πολιτόπουλου Δημήτριου

ΜΥΤΙΛΗΝΗ, 2014



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ
«Δ.Π.Μ.Σ Διαχείριση Παράκτιων Περιοχών»

**Θέμα: Υδρολογικές διεργασίες και διάβρωση σε μικρές νησιωτικές λεκάνες
απορροής – Η περίπτωση του χειμάρρου της Ερεσού Λέσβου**

Μεταπτυχιακή διατριβή του Πολιτόπουλου Δημήτριου

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: κ. Τζωράκη Ουρανία, Επίκουρη Καθηγήτρια

Μέλη Επιτροπής:

1) κ. Βελεγράκης Αντώνης, Καθηγητής

2) κ. Κίζος Αθανάσιος, Επίκουρος Καθηγητής

ΜΥΤΙΛΗΝΗ, ΜΑΪΟΣ 2014

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στα πλαίσια της εκπόνησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, η συμβολή κάποιων ανθρώπων ήταν σημαντική. Έτσι, λοιπόν θα ήθελα να τους ευχαριστήσω για την βοήθεια που μου έδωσαν.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Τζωράκη Ουρανία, Επίκουρη Καθηγήτρια του Τμήματος Επιστημών της Θάλασσας και επιβλέπουσα της Διπλωματικής μου Εργασίας για την καθοδήγηση της και τις πολύτιμες συμβουλές της σε κάθε πτυχή της.

Στην συνέχεια, να ευχαριστήσω το μέλος της επιτροπής κ. Βελεγράκη Αντώνη, Καθηγητή του Τμήματος Επιστημών της Θάλασσας για όλες τις συμβουλές, που έχει δώσει ως τώρα καθώς και το τρίτο μέλος της επιτροπής κ. Κίζο Αθανάσιο.

Ευχαριστώ επίσης την κ. Ευστρατίου Αδαμαντία, Επίκουρη Καθηγήτρια του Τμήματος Επιστημών της Θάλασσας για τη σημαντική βοήθεια στην εργαστηριακή ανάλυση των δειγμάτων.

Επί προσθέτως, θα ήθελα να ευχαριστήσω το εργαστήριο Γεωγραφίας και Φυσικών Καταστροφών του κ. Καλαμποκίδη Κωνσταντίνου, Καθηγητή του Τμήματος Γεωγραφίας για την παροχή μετεωρολογικών δεδομένων. Τον κ. Ανδρεάδη Όλυμπο, υποψήφιο Διδάκτορα του Τμήματος Επιστημών της Θάλασσας και τον υποψήφιο Διδάκτορα κ. Ρήγο Αναστάσιο για την πολύτιμη βοήθεια του στις μετρήσεις πεδίου και στην επεξεργασία των δεδομένων. Επίσης, το συνάδελφο Ψαρρό Φώτη και τη φίλη Μαργαρώνη Σοφία για την πολύτιμη βοήθεια τους. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Στέλιο δημοτικό σύμβουλο του πρώην Δήμου Ερεσού και τους πολιτικούς μηχανικούς κ. Προβατά Νίκο και κ. Ζήρο Αθανάσιο για την βοήθειά τους στη διπλωματική μου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ii

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Διάρθρωση εργασίας	1
1.2 Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα (WFD 2000/60).....	1
1.3 Εδαφική διάβρωση	3
1.3.1 Γενικές Πληροφορίες για την εδαφική διάβρωση και παράγοντες της.....	3
1.3.2 Τύποι διάβρωσης του εδάφους.....	4
1.3.3 Γενική εξίσωση απώλειας εδάφους (Universal Soil Loss Equation)	4
1.4 Φράγματα	5
1.4.1 Ορισμός φραγμάτων και οι κατηγορίες τους.....	5
1.4.2 Επιπτώσεις των φραγμάτων	6
1.4.3 Ιζηματομεταφορά και φράγματα	7
1.5 Σκοπός της εργασίας και Ερευνητικά ερωτήματα.....	8
2. Περιγραφή Λεκάνης Απορροής	9
2.1 Γενικές πληροφορίες για την περιοχή μελέτης και ιστορικό φράγματος.....	9
2.2 Γεωλογία ευρύτερης περιοχής.....	11
2.3 Γεωλογία περιοχής μελέτη	12
3. Μοντέλο SWAT	14
3.1. Δεδομένα εισόδου του μοντέλου SWAT	14
3.1.1. Διαδικασία προσομοίωσης του υδρολογικού κύκλου	15
3.1.2. Δημιουργία υδρολογικού ισοζυγίου.....	16
3.1.3. Διαχειριστικές πρακτικές στο μοντέλο SWAT	17
3.2 Βαθμονόμηση του μοντέλου της λεκάνης απορροής της Ερεσού.....	17
3.2.1. Παράμετροι βαθμονόμησης	17
3.3. Εφαρμογές του μοντέλου SWAT	20
3.4. Υπολογισμός του ιζήματος του φράγματος.....	21
4. Δειγματοληψία και Ανάλυση Δεδομένων	28
4.1 Δείκτες.....	28
4.2. Μικροβιολογική Ανάλυση Δείγματος Νερού	30

4.2.1 Μικροβιολογικές τεχνικές.....	32
4.2.2 Μέθοδος διήθησης.....	32
4.3 Εργαστηριακή ανάλυση των δειγμάτων.....	34
4.4 Αποτελέσματα ανάλυσης δειγμάτων.....	37
5. Ανάλυση Μετεωρολογικών Δεδομένων.....	39
5.1 Μετεωρολογικοί- Βροχομετρικοί σταθμοί.....	41
5.1.1 Σταθμός Αεροδρομίου Μυτιλήνης.....	41
5.1.2 Σταθμός Ερεσού.....	44
5.1.3 Σταθμός Λόφου Πανεπιστημίου.....	47
5.1.4 Σταθμός Αγίας Παρασκευής.....	50
5.1.5 Σταθμός Ακράσι.....	52
5.1.6 Σταθμός Πτερούνας.....	55
5.1.7 Σταθμός Σιγρίου.....	58
5.1.8 Σταθμός Στύψης.....	61
5.2 Βροχομετρικοί σταθμοί.....	64
5.2.1 Σταθμός Σχολείου Αγίας Παρασκευής.....	64
5.2.2 Σταθμός Σχολείου Άντισσας.....	66
5.2.3 Σταθμός Αλυκών Πολιχνίτου.....	68
5.3 Σύγκριση Μετεωρολογικών Δεδομένων.....	69
5.4 Συσχετίσεις μεταξύ σταθμών.....	72
5.5 Υπολογισμός Εξάτμισης με την Μέθοδο Thornthwaite.....	76
6. Αποτελέσματα.....	80
6.1 Υδρολογικό Μοντέλο SWAT.....	80
7. Συζήτηση και Συμπεράσματα.....	92
7.1 Μετεωρολογικά δεδομένα.....	92
7.2 Βακτήρια.....	92
7.3 Ίζημα λεκάνης απορροής.....	92
7.4 Παροχή νερού.....	93
7.5 Προτάσεις.....	93
Βιβλιογραφία.....	94

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Διάρθρωση εργασίας

Στην εισαγωγή παρουσιάζονται γενικές πληροφορίες για την Οδηγία Πλαίσιο (WFD2000/60) , για τη διάβρωση και για τα φράγματα στην Ελλάδα.

Στο Κεφάλαιο 2, με τον τίτλο «Περιγραφή Λεκάνης Απορροής», περιγράφεται η περιοχή μελέτης μας και συγκεκριμένα η νησιωτική λεκάνη απορροής της Ερεσού Λέσβου.

Στο Κεφάλαιο 3, με τον τίτλο «Μοντέλο SWAT», περιγράφεται το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της εργασίας.

Στο Κεφάλαιο 4, με τον τίτλο «Δειγματοληψία και Ανάλυση Δεδομένων», γίνεται αναφορά στη διαδικασία δειγματοληψίας των υδάτων και στην ανάλυσή τους στο εργαστήριο.

Στο Κεφάλαιο 5, με τον τίτλο «Επεξεργασία Μετεωρολογικών Δεδομένων», γίνεται αναφορά στη συλλογή και επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων.

Στο Κεφάλαιο 6, με τίτλο «Αποτελέσματα», παρατίθενται οι εξισώσεις, οι συντελεστές και τα αποτελέσματα του υδρολογικού ισοζυγίου, του ισοζυγίου ιζήματος καθώς και της ποιότητας των υδάτων.

Στο Κεφάλαιο 7, με τίτλο «Συζήτηση και Συμπεράσματα», σχολιάζονται σε βάθος τα αποτελέσματα της εργασίας και γίνεται αναφορά σε ό,τι σημαντικό προέκυψε από αυτή.

1.2 Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα (WFD 2000/60)

Η Οδηγία Πλαίσιο «περί Υδάτων» 2000/60/EK, που δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων στις 22/12/2000, αποσκοπεί στη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής για τα ύδατα.

Οι στόχοι της Οδηγίας Πλαίσιο πρέπει να υλοποιηθούν από όλα τα κράτη Μέλη, σε προκαθορισμένο χρονοδιάγραμμα από το 2002 έως το 2015. Κύριος σκοπός της Οδηγίας Πλαίσιο σύμφωνα με το Άρθρο 1 είναι «η θέσπιση πλαισίου για την προστασία των εσωτερικών επιφανειακών, των μεταβατικών, των παράκτιων και των υπόγειων υδάτων, το οποίο:

α) να αποτρέπει την περαιτέρω επιδείνωση, να προστατεύει και να βελτιώνει την κατάσταση των υδάτινων οικοσυστημάτων, καθώς και των αμέσως εξαρτώμενων από αυτά χερσαίων οικοσυστημάτων και υδροτόπων σε ότι αφορά τις ανάγκες τους σε νερό·

β) να προωθεί τη βιώσιμη χρήση του νερού βάσει μακροπρόθεσμης προστασίας των διαθέσιμων υδάτινων πόρων·

γ) να αποσκοπεί στην ενίσχυση της προστασίας και τη βελτίωση του υδάτινου περιβάλλοντος, μεταξύ άλλων με ειδικά μέτρα για την προοδευτική μείωση των απορρίψεων, εκπομπών και διαρροών ουσιών προτεραιότητας και με την παύση ή τη σταδιακή εξάλειψη

των απορρίψεων, εκπομπών και διαρροών των επικίνδυνων ουσιών προτεραιότητας·

δ) να διασφαλίζει την προοδευτική μείωση της ρύπανσης των υπογείων υδάτων και να αποτρέπει την περαιτέρω μόλυνσή τους και

ε) να συμβάλλει στο μετριασμό των επιπτώσεων από πλημμύρες και ξηρασίες».

Παρακάτω γίνεται αναφορά αναλυτικά στο χρονοδιάγραμμα που θα ακολουθηθεί. Αρχικά το 2002 καθορίστηκε το υδάτινο σύστημα, πώς εντάχθηκε το υδάτινο σύστημα στις λεκάνες απορροής και πώς εντάσσονται οι λεκάνες απορροής σε Υδατικές Περιφέρειες (Εικόνα 1.1). Επίσης το 2002 καθορίστηκαν οι διάφοροι τύποι του υδάτινου συστήματος (π.χ. επιφανειακά ύδατα, υπόγεια ύδατα, εσωτερικά ύδατα) και καθορίστηκαν οι συνθήκες αναφοράς για κάθε ποιοτικό στοιχείο και πώς αναγνωρίστηκαν τα οικοσυστήματα.

Σύμφωνα με την Οδηγία πλαίσιο 2000/60/EK ορισμένες κατηγορίες υδατικών συστημάτων και οι ορισμοί τους είναι οι κάτωθι:

«Επιφανειακά ύδατα»: τα εσωτερικά ύδατα, εκτός των υπόγειων υδάτων· τα μεταβατικά και τα παράκτια ύδατα, εκτός εάν πρόκειται για τη χημική τους κατάσταση, οπότε περιλαμβάνουν και τα χωρικά ύδατα.

«Υπόγεια ύδατα»: το σύνολο των υδάτων που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους στη ζώνη κορεσμού και σε άμεση επαφή με το έδαφος ή το υπέδαφος.

«Εσωτερικά ύδατα»: το σύνολο των στάσιμων ή των ρεόντων επιφανειακών υδάτων και όλα τα υπόγεια ύδατα που βρίσκονται προς την πλευρά της ξηράς σε σχέση με τη γραμμή βάσης από την οποία μετράται το εύρος των χωρικών υδάτων. «Ποταμός»: σύστημα εσωτερικών υδάτων το οποίο ρέει, κατά το πλείστον, στην επιφάνεια του εδάφους αλλά το οποίο μπορεί, για ένα μέρος της διαδρομής του, να ρέει και υπογείως.

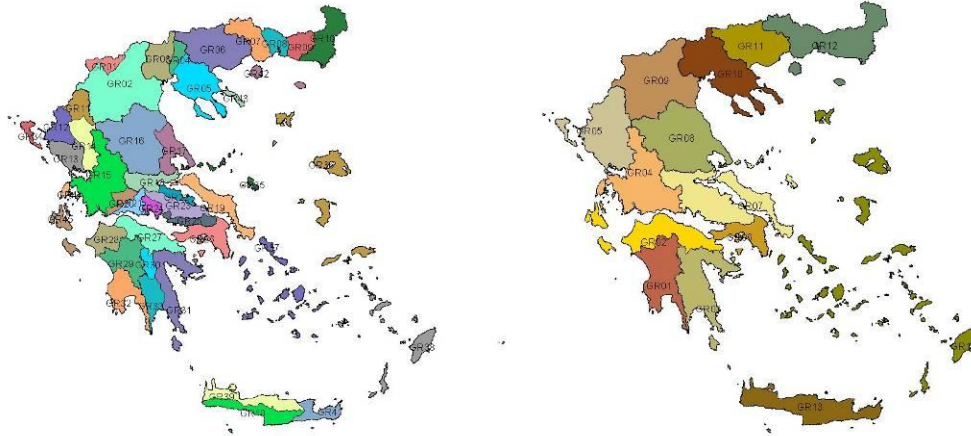
«Λίμνη»: σύστημα στάσιμων εσωτερικών επιφανειακών υδάτων.

«Μεταβατικά ύδατα»: συστήματα επιφανειακών υδάτων πλησίον του στομίου ποταμών τα οποία είναι εν μέρει αλμυρά λόγω της γεινιάσής τους με παράκτια ύδατα αλλά τα οποία επηρεάζονται ουσιαστικά από ρεύματα γλυκού νερού.

«Παράκτια ύδατα»: τα επιφανειακά ύδατα που βρίσκονται στην πλευρά της ξηράς μιας γραμμής, κάθε σημείο της οποίας βρίσκεται σε απόσταση ενός ναυτικού μιλίου προς τη θάλασσα από το πλησιέστερο σημείο της γραμμής βάσης από την οποία μετράται το εύρος των χωρικών υδάτων και τα οποία, κατά περίπτωση, εκτείνονται μέχρι του απώτερου ορίου των μεταβατικών υδάτων.

Άλλοι τύποι υδατικών συστημάτων είναι το τεχνητό υδατικό σύστημα ή για παράδειγμα το ιδιαίτερος τροποποιημένο υδατικό σύστημα. Ακόμη σύμφωνα με την οδηγία Πλαίσιο με τον όρο λεκάνη απορροής νοείται η εδαφική έκταση από την οποία συγκεντρώνεται το σύνολο της απορροής μέσω διαδοχικών ρευμάτων, ποταμών και πιθανώς λιμνών και παροχετεύεται στη θάλασσα με ενιαίο στόμιο ποταμού, εκβολές ή δέλτα. Έπειτα, το 2004 καθορίστηκαν για κάθε οικοσύστημα τα όρια υψηλής, μέτριας και καλής οικολογικής κατάστασης και ύστερα μέχρι το 2015 ακολουθεί ο σχεδιασμός διαχειριστικών σχεδίων και προγραμμάτων παρακολούθησης για τα υδάτινα συστήματα, ώστε να αποκτηθεί καλή οικολογική κατάσταση σε αυτά που δεν είχαν.

Ο βασικός στόχος της Οδηγίας είναι η αναβάθμιση και η προστασία της ποιότητας των υδατικών πόρων και κινείται σε περιβαλλοντικό πνεύμα. Μία από τις βασικές αρχές της Οδηγίας είναι η συμμετοχή όλων (π.χ. χρήστης-καταναλωτής) στη διαχείριση των υδατικών πόρων.



Εικόνα 1.1: Οι λεκάνες απορροής (αριστερά) και οι υδατικές περιφέρειες (δεξιά).
Πηγή: Σημειώσεις μαθήματος Οικολογίας και Διαχείρισης Παράκτιων Οικοσυστημάτων 2013.

Σύμφωνα με την Οδηγία Πλαίσιο, όλα τα επιφανειακά υδάτινα σώματα θα πρέπει να αξιολογηθούν και κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την ποιότητα της Οικολογικής Κατάστασης (υψηλή, καλή, μέτρια, ελλειπής και κακή).

1.3 Εδαφική διάβρωση

1.3.1 Γενικές Πληροφορίες για την εδαφική διάβρωση και παράγοντες της

Η διάβρωση του εδάφους είναι ένα φυσικό φαινόμενο, η εξέλιξη του οποίου έχει επιπτώσεις στη σταθερότητα των οικοσυστημάτων προκαλώντας την υποβάθμιση ή και την αμετάκλητη απώλεια εδάφους. Ως γνωστό η εδαφική διάβρωση οφείλεται στην αποκόλληση σωματιδίων από το εδαφικό κάλυμμα και τα επιφανειακά πετρώματα από την δράση των μετεωρολογικών φαινομένων και πραγματοποιείται κατά την κατακρήμνιση, την κατείσδυση και την επιφανειακή απορροή. Η ολοκλήρωση της διεργασίας πραγματοποιείται με τη μεταφορά και απόθεση του παραγόμενου ιζήματος.

Παράγοντες ελέγχου της εδαφικής διάβρωσης είναι το κλίμα (βροχόπτωση, θερμοκρασία, υγρασία), οι ιδιότητες του εδάφους, η βλάστηση, η τοπογραφία (κλίσεις εδάφους και μήκος συρροής), καθώς και οι ανθρώπινες δραστηριότητες (χρήσεις γης, κατασκευές). Η διάβρωση σε μία λεκάνη απορροής είναι μεγαλύτερη στα υψηλά ανάγλυφα (uplands) από τα χαμηλά (lowlands/coastal plains) (Milliman & Syvitski, 1992).

Επιπτώσεις της διάβρωσης είναι η ερημοποίηση της γης και η απογύμνωσή της από γόνιμα εδάφη, αποτελώντας φορέα ρύπανσης για τους υδάτινους όγκους στους οποίους καταλήγει, ενώ ταυτόχρονα εμπλουτίζει τους υδάτινους φορείς/αποδέκτες με φυσικά άλατα αναγκαία για την βιολογική τους συντήρηση και εξέλιξη. Επίσης η εδαφική διάβρωση είναι ο μηχανισμός μέσω του οποίου οι παράκτιες περιοχές τροφοδοτούνται με ιζήμα, το οποίο είναι απαραίτητο για τη διατήρηση του ιζηματικού ισοζυγίου των παραλιών (Komar, 1998). Οι Ευρωπαϊκές παράκτιες λεκάνες απορροής βρίσκονται κάτω από σημαντικότατη διάβρωση, ιδιαίτερα αυτές της Μεσογείου.

1.3.2 Τύποι διάβρωσης του εδάφους

Είναι γεγονός ότι η διάβρωση είναι ένα φαινόμενο που θα μπορούσε να θεωρηθεί επωφελές για τη δυναμική ανάπτυξη του εδάφους και γενικά της φύσης όταν ο ρυθμός αναγέννησης, σχηματισμού του εδάφους θα υπερέβαινε τους ρυθμούς

διάβρωσης. Στις περιπτώσεις αυτές έχουμε το σχηματισμό λεπτού επιφανειακού στρώματος εδάφους. Όπως αναφέραμε η διάβρωση εξαρτάται από τις κλιματολογικές και γεωμορφολογικές συνθήκες, το μητρικό υλικό και το καλλιεργητικό σύστημα που εφαρμόζεται σε μια περιοχή.

Η διάβρωση που οφείλεται στη δράση του νερού είναι ένα από τα πλέον γνωστά γεωλογικά φαινόμενα. Ο σχηματισμός διάφορων πεδιάδων, κοιλάδων, ο σχηματισμός των δέλτα διάφορων ποταμών είναι τα αποτελέσματα της καταστροφικής δράσης των νερών της βροχής. Στην κανονική διάβρωση (normal ή geological erosion) απομακρύνονται σε ετήσια βάση ποσότητες εδάφους που ανέρχονται σε 25-50 kg/στρέμμα (250-500 kg/εκτάριο). Δηλαδή στην κανονική γεωλογική διάβρωση σχηματίζεται ετησίως μεγαλύτερο στρώμα εδάφους από αυτό που καταστρέφει η διάβρωση. Στις περιπτώσεις που η διάβρωση καταστρέφει περισσότερο στρώμα εδάφους από αυτό που σχηματίζεται στις δεδομένες συνθήκες, τότε η διάβρωση καλείται επιταχυνόμενη (accelerated erosion). Συνήθως η διάβρωση αυτή προέρχεται από τη δράση του νερού και έχει μεγάλη σημασία για τη γεωργία. Σχετικά με την ορολογία γεωλογική και επιταχυνόμενη διάβρωση, που επικρατεί σε ορισμένες βιβλιογραφίες, έχουμε να παρατηρήσουμε ότι οι όροι αυτοί δεν ανταποκρίνονται στην ουσία των διαδικασιών της διάβρωσης.

Η γεωλογική διάβρωση προχωρεί ταυτόχρονα και παράλληλα με την αποσάθρωση των πετρωμάτων κατά τέτοιο τρόπο, ώστε το επιφανειακό στρώμα που απομακρύνεται με τη διάβρωση αντικαθίσταται συγχρόνως από το υλικό που προκύπτει από την αποσάθρωση των πετρωμάτων. Το φαινόμενο αυτό συντελείται με βραδείς ρυθμούς και γι'αυτό δε γίνεται αντιληπτό.

Η επιταχυνόμενη διάβρωση αντίθετα προκαλεί ζημιές που είναι εμφανείς και που πολλές φορές οι ζημιές αυτές είναι μεγάλης έκτασης. Κατά την επιταχυνόμενη διάβρωση απομακρύνονται ποσότητες γόνιμου επιφανειακού εδάφους των καλλιεργούμενων εκτάσεων. Στην αρχή απομακρύνονται τα λεπτόκοκκα τεμάχια του εδάφους, τα οποία είναι και τα πλέον χημικώς ενεργά, με αποτέλεσμα την εμφάνιση του άγονου και μη παραγωγικού υπεδάφους. Ειδικότερα στη χώρα μας οι διαβρώσεις των κεκλιμένων γεωργικών εκτάσεων που αποτελούν σημαντικό ποσοστό στις απώλειες των καλλιεργημένων γεωργικών εκτάσεων, είναι έντονες και πάρα πολύ εντυπωσιακές. Η επιταχυνόμενη διάβρωση παρατηρείται στις περιπτώσεις που η καλλιέργεια του εδάφους δε γίνεται με επιστημονικό τρόπο. Όμως στις περιπτώσεις που ο παραγωγός εφαρμόζει αντιδιαβρωτικά μέτρα προστασίας και αντιδιαβρωτικά συστήματα καλλιέργειας, η διάβρωση μπορεί να μειωθεί σημαντικά και να παραμείνει σε κανονικά επίπεδα.

1.3.3 Γενική εξίσωση απώλειας εδάφους (Universal Soil Loss Equation)

Η ποσότητα του εδάφους που χάνεται με τη διάβρωση υδατοκορεσμένου εδάφους και με την αυλακοειδή διάβρωση υπολογίζεται με βάση την εμπειρική εξίσωση που είναι γνωστή ως γενική εξίσωση απώλειας εδάφους (Universal Soil Loss Equation, USLE). Η USLE αναπτύχθηκε από την United States Agricultural Research Service (USARS) (Wischmeier and Smith, 1965, 1978; Panagos et al., 2012). Η μέθοδος αυτή προβλέπει το μακροπρόθεσμο μέσο ετήσιο ρυθμό διάβρωσης σε μια πλαγιά με βάση

τη βροχοπτώση, τον τύπο του εδάφους, την κλίση, τις αγροτικές καλλιέργειες, τις καλύψεις γης και τις πρακτικές ελέγχου της διάβρωσης του εδάφους (Jabbar, 2003; Panagos et al., 2012).

Η εξίσωση που υπολογίζει την απώλεια του εδάφους είναι η εξής:

$$A=R*K*L*S*C*P \text{ όπου:}$$

A= η ποσότητα του εδάφους που χάνεται με τη διάβρωση.

R= η διαβρωτική ικανότητα, διαβρωτικότητα (erosivity) των βροχοπτώσεων και των νερών της επιφανειακής απορροής, ως αποτέλεσμα της κινητικής ενέργειας των βροχών των καταιγίδων και με μέγιστη ένταση διάρκειας 30 min.

K= διαβρωσιμότητα του εδάφους που ισοδυναμεί με την τιμή της ποσότητας εδάφους που χάνεται από ένα κανονικό πειραματικό τεμάχιο μήκους 22,1 m και με κλίση 9% σε συνθήκες

κατεργασίας καθαρισμού του εδάφους και σε διαρκή αγρανάπαυση.

L= το μήκος του κεκλιμένου εδάφους.

S= η κλίση του κεκλιμένου εδάφους.

C= εκφράζει το καλλιεργητικό σύστημα και τη διαχείριση του εδάφους.

P= ο παράγοντας αυτός αναφέρεται σε πρακτικές εφαρμογές που έχει ως σκοπό να ελέγχει τη διάβρωση του εδάφους (Vemu & Pinnamaneni, 2011).

1.4 Φράγματα

1.4.1 Ορισμός φραγμάτων και οι κατηγορίες τους

Τα φράγματα είναι κατασκευές που παρεμποδίζουν την ροή ποταμών και υδατορευμάτων (Εικόνα 1.2). Μερικά φράγματα εκτρέπουν τη ροή ύδατος ενός ποταμού σε κανάλια, άλλα βελτιώνουν την ποιότητα των πλωτών οδών, ενώ χρησιμοποιούνται και για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας. Τα φράγματα κρατούν επίσης το νερό για την αστική κατανάλωση και γεωργικές/βιομηχανικές χρήσεις καθώς και για τον έλεγχο των πλημμυρών (World Commission of Dams, 2000).

Είδη φραγμάτων:

Φράγματα ελέγχου πλημμυρών τα οποία είναι κατασκευασμένα είτε από αναχώματα αργίλου, άμμου, αμμοχάλικων και βράχων (γήινα φράγματα) είτε από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Φράγματα παρεκτροπής που εκτρέπουν το νερό των ποταμών για την άρδευση.

Φράγματα αψίδων (arch dams) τα οποία είναι κατάλληλα για περιορισμένες και βραχώδεις τοποθεσίες. Είναι κυρτά, και η φυσική μορφή της αψίδας συγκρατεί το νερό στη δεξαμενή.

Φράγματα στήριξης (buttress dams) τα οποία μπορεί να είναι επίπεδα ή κυρτά, αλλά το σίγουρο είναι ότι μια σειρά υποστηριγμάτων στηρίζει και ενισχύει το φράγμα στην κατάντη πλευρά του. Τα περισσότερα από αυτά τα φράγματα (όπως π.χ. το φράγμα Bartlett στην Αριζόνα), είναι κατασκευασμένα από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Φράγματα αναχωμάτων (embankment dams) τα οποία είναι οι πιο συνηθισμένες κατασκευές, και είναι ογκώδη φράγματα φτιαγμένα από ιζήματα και βράχους. Τα φράγματα αναχωμάτων στηρίζονται στο βάρος τους για να αντισταθμίζουν τις

πλευρικές δυνάμεις του αποθηκευμένου νερού. Επίσης τα φράγματα αναχωμάτων οπλίζονται με έναν πυκνό, στεγανό πυρήνα που αποτρέπει τη διαπερατότητα νερού μέσω της δομής (για την επιμήκυνση των γραμμών ροής και την αποφυγή δημιουργίας δυνάμεων ανύψωσης).

Φράγματα βαρύτητας (gravity dams) τα οποία είναι ογκώδη φράγματα που αντιστέκονται στις πλευρικές δυνάμεις του νερού εξ' ολοκλήρου με το βάρος τους. Τα περισσότερα φράγματα βαρύτητας είναι ακριβά στην κατασκευή τους επειδή απαιτούν πολύ σκυρόδεμα.



Εικόνα 1.2: Φράγμα Revelstoke στον Καναδά (πάνω αριστερά), φράγμα Hoover στα σύνορα Αριζόνας- Νεβάδας (πάνω δεξιά), φράγμα Srisailem στην Ινδία (κάτω αριστερά), φράγμα Norris στις ΗΠΑ στην πολιτεία Tennessee (κάτω δεξιά). *Πηγή: www.wikipedia.com*

1.4.2 Επιπτώσεις των φραγμάτων

Τα φράγματα έχουν επιπτώσεις στις κατόντη (downstream) γεωμορφολογικές διαδικασίες. Αυτές οι αλλαγές των γεωμορφολογικών διαδικασιών προκαλούνται από την βασική λειτουργία του φράγματος (δηλ. την αποθήκευση των χειμερινών υψηλών ροών και τις θερινές παροχές νερού). Οι αλλαγές αυτές έχουν ως αποτέλεσμα τη μεταβολή της ετήσιας, μηνιαίας και καθημερινής βάσης στην κατανομή της ροής, στην μέγιστη ροή και σε άλλες γεωμορφολογικές παραμέτρους.

Επίσης μια από τις επιπτώσεις των φραγμάτων είναι ότι εμποδίζουν τη διέλευση ιζημάτων ενώ αποθηκεύουν στη δεξαμενή μέχρι 97% της ύλης, άμμου και αμμοχάλικων που μεταφέρονται από τον υδροκρίτη μέσω του ποταμού (Poulos & Collins, 2002). Οι αλλαγές στην μεταφορά νερού και ιζημάτων αλλάζουν τις φυσικές ιδιότητες/διεργασίες της κατάντη λεκάνης απορροής, όπως για παράδειγμα τη μορφή και τη σταθερότητα των καναλιών, τη στρατολόγησης-μεταφορά-απόθεσης ιζημάτων στις κοίτες κ.α.. Η χωρητικότητα των καναλιών μπορεί επίσης να αλλάξει, επηρεάζοντας έτσι τη συχνότητα των πλημμυρών. Ακόμα οι αλλαγές στις διεργασίες των ποταμών μπορεί να έχουν επιπτώσεις στους κατάντη βιολογικούς πόρους, στις χρήσεις γης, στην αναψυχή και αισθητική (World Commission of Dams, 2002). Τέλος τα φράγματα προκαλούν αλλαγές στον κατάντη ανεφοδιασμό ιζημάτων, θρεπτικών αλάτων και άνθρακα.

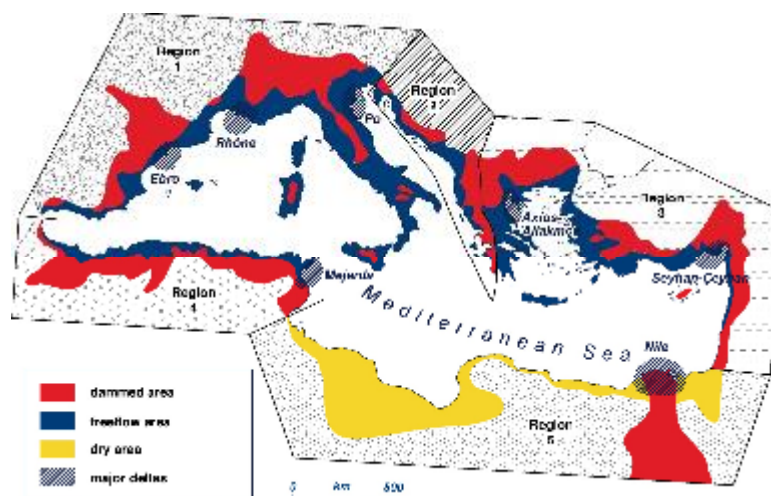
1.4.3 Ιζηματομεταφορά και φράγματα

Η μεταφορά του ιζήματος από τους ποταμούς στις ακτές και τους ωκεανούς αντιπροσωπεύει μια σημαντική διαδρομή στον βιογεωχημικό κύκλο. Με την αύξηση του ενδιαφέροντος για τις παγκόσμιες περιβαλλοντικές αλλαγές, είναι σημαντικό να εξεταστεί ο βαθμός στον οποίο αλλάζει ο σημαντικός δείκτης της λειτουργίας του γήινου συστήματος. Στοιχεία από τα πιο μακροπρόθεσμα αρχεία φορτίων ιζημάτων δείχνουν ότι οι ροές ιζημάτων ποταμών είναι ευαίσθητες εκτός από τις κλιματικές συνθήκες, σε πολλές επιρροές όπως η κατασκευή δεξαμενών, η εκκαθάριση του εδάφους, η μεταλλευτική δραστηριότητα, τα μέτρα συντήρησης εδάφους/ύδατος και τα προγράμματα ελέγχου ιζημάτων (Syvitski et al., 2003). Μερικές από αυτές τις επιρροές αναγκάζουν τα φορτία ιζημάτων να αυξηθούν, ενώ άλλες, όπως, προγράμματα συντήρησης εδάφους, ύδατος και ελέγχου ιζημάτων και κατασκευής δεξαμενών έχουν ως αποτέλεσμα μειωμένες ροές ιζήματος.

Φαίνεται ότι τα φράγματα έχουν σφραγίσει αποτελεσματικά πολλές λεκάνες απορροής, 'κλειδώνοντας' δισεκατομμύρια m³ ιζημάτων ετησίως. Οι παροχές στις Μεσογειακές ακτές έχουν ιδιαίτερα πληγεί από την κατασκευή φραγμάτων. Για μερικούς νότιους ευρωπαϊκούς ποταμούς (π.χ. Έβρος, Δούρος, Ροδανός), ο ετήσιος όγκος παροχής ιζημάτων αντιπροσωπεύει λιγότερο από το 10% των παροχών του 1950· για τον Έβρο το ποσοστό είναι λιγότερο από το 5%. Αυτό οδηγεί σε ένα σημαντικότατο έλλειμμα ιζημάτων στις εκβολές των ποταμών και παράκτια διάβρωση στο Δέλτα του Έβρου, στην Petit Camargue (Δέλτα Ροδανού) και στην Vagueira (Eurosion, 2004). Η μείωση στην παροχή ιζημάτων στην ακτή προκαλείται και από άλλες δραστηριότητες που οδηγούν σε μείωση της ροής του νερού ή στην αποτροπή πλημμυρών (οι πλημμύρες είναι σημαντικές γεννήτριες ιζημάτων).

Οι πρώτες έρευνες παγκοσμίως σχετικά με την επίδραση των φραγμάτων αναλήφθηκαν στη δυτική και κεντρική Αφρική. Οι μελέτες αφορούσαν κυρίως τη μείωση του ανεφοδιασμού ιζημάτων στην ακτή, την μείωση της ιζηματομεταφοράς κατά μήκος της ακτής και την εκτενή παράκτια διάβρωση και υπολογίστηκε μια μείωση της τάξης του 70% των παροχών με μεγάλα εύρη κυμαινόμενων επιπτώσεων στον παράκτιο ανεφοδιασμό ύδατος και ιζημάτων (CWR, 2003). Πρόσφατες μελέτες στην Μεσόγειο δείχνουν ότι η κατασκευή περισσότερων από 3500 μικρών και μεγάλων φραγμάτων μέσα στα τελευταία 50 έτη μείωσε σημαντικότερα τις παροχές στις παράκτιες περιοχές (Εικόνα 1.3). Άλλες έρευνες στη λεκάνη απορροής της Μαύρης Θάλασσας έχουν παρουσιάσει μειώσεις 9,1% και 53,4% των ροών ύδατος και ιζημάτων αντίστοιχα, μετά από τη φράξη των ποταμών (Tsimplis et al., 2004) με

σοβαρές επίσης επιπτώσεις (Tsimplis & Rixen, 2002) στην ανοιχτή θάλασσα της Ανατ. Μεσογείου.



Εικόνα 1.3: Τα περισσότερα από 3500 μέτρια και μεγάλα φράγματα της Μεσογείου (το 84% των οποίων έχει κατασκευασθεί τα τελευταία 50 έτη) έχουν στερήσει το περίπου 65% των ποτάμιων παροχών ιζημάτων από τις ακτές (από 1012×106 σε 355×106 t/yr). Επίσης έχουν αλλάξει την παράκτια κυκλοφορία (Poulos et al., 2002).

1.5 Σκοπός της εργασίας και Ερευνητικά ερωτήματα

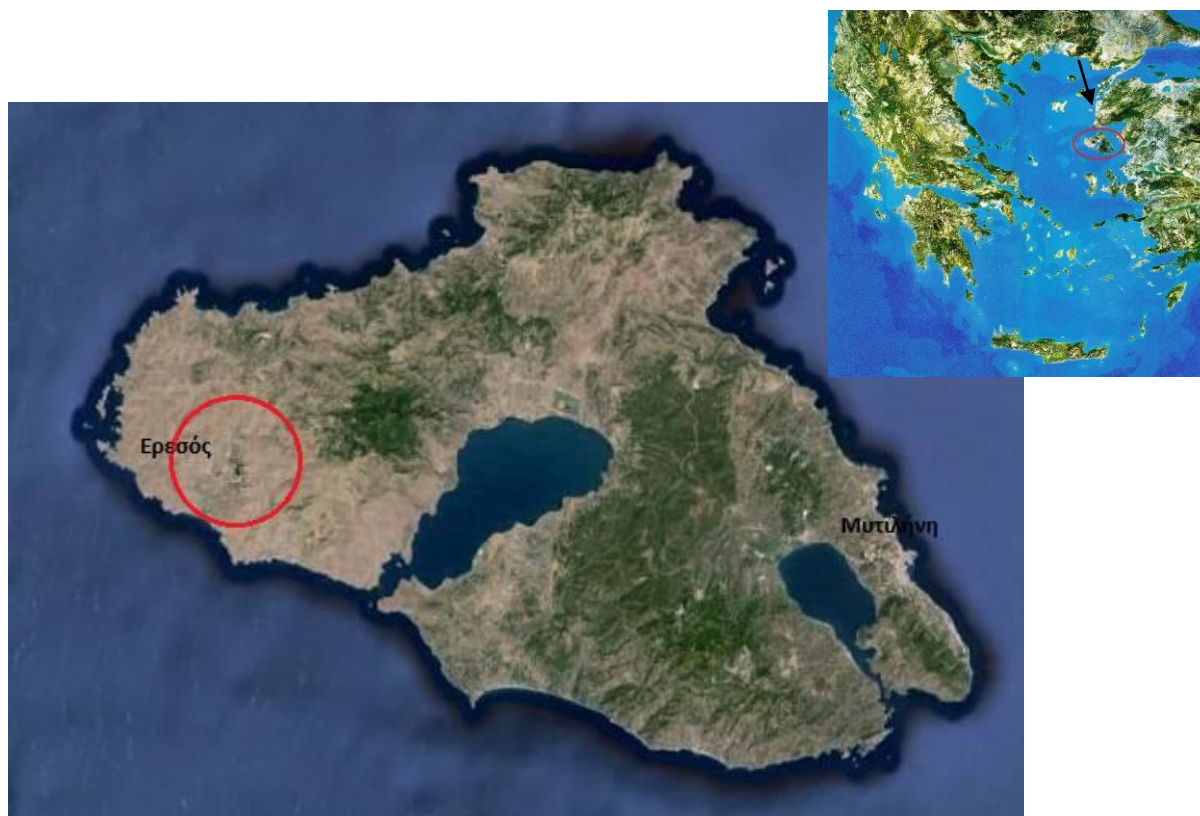
Ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να διερευνηθεί η παροχή ιζήματος στη λεκάνη απορροής της Ερεσού Λέσβου, η περίπτωση του φράγματος Πιθαρίου.

Τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας ήταν: α) να ερευνηθεί η βροχόπτωση στην περιοχή μελέτης, β) να βρεθεί η σχέση βροχής-απορροής, γ) να βρεθεί η στερεοπαροχή (η μεταφορά ιζήματος), δ) να βρεθεί κατά πόσο υπάρχει ρύπανση ανθρώπινης προέλευσης στη λεκάνη που καταλήγει στο φράγμα και ε) να προταθούν διαχειριστικά μέτρα για το φράγμα.

2. Περιγραφή Λεκάνης Απορροής

2.1 Γενικές πληροφορίες για την περιοχή μελέτης και ιστορικό φράγματος

Η περιοχή μελέτης της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η λεκάνη απορροής της Ερεσού Λέσβου (Εικόνα 2.1). Βρίσκεται στο νοτιοδυτικό (ΝΔ) τμήμα της Νήσου Λέσβου σε απόσταση 52 km από την πρωτεύουσα της Νήσου τη Μυτιλήνη.



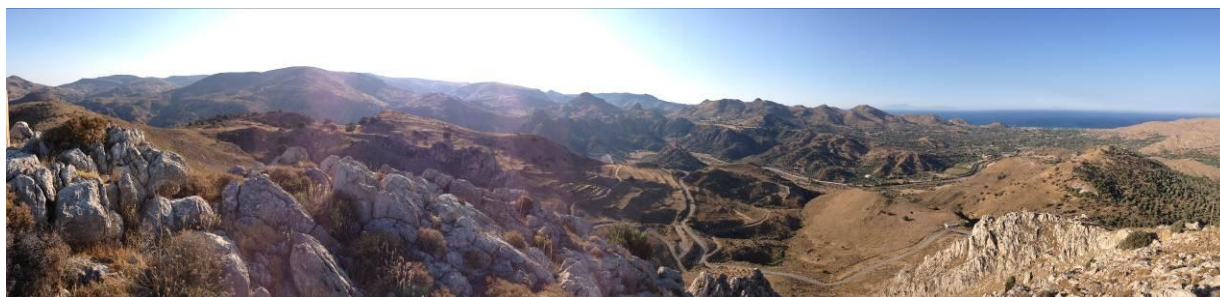
Εικόνα 2.1: Περιοχή μελέτης εργασίας (κόκκινος κύκλος στη Λέσβο).

Πηγή: www.googleearth.com

Το κλίμα της περιοχής είναι μεσογειακού τύπου, με ετήσιο εύρος θερμοκρασιών <20 °C, βροχοπτώσεις κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών και ξηρά καλοκαίρια. Η θερμοκρασία παρουσιάζει ακραίες τιμές τους μήνες Ιανουάριο και Αύγουστο, ενώ το μέσο θερμομετρικό εύρος είναι 17 °C και η μέση ετήσια θερμοκρασία 17.6 °C. Το ύψος βροχής μεγιστοποιείται το Δεκέμβριο και ελαχιστοποιείται τον Ιούλιο με μέσο ετήσιο ύψος βροχοπτώσεων τα 552,6 mm για τον μετεωρολογικό σταθμό της Άντισσας.

Όσον αφορά στη γεωμορφολογία της, η περιοχή χαρακτηρίζεται γενικά από ήπιο ανάγλυφο με μέσες κλίσεις πρανών ($10^{\circ} - 20^{\circ}$) (Εικόνα 2.2) ενώ οι κλίσεις είναι μεγαλύτερες μόνο τοπικά, κυρίως βόρεια του οικισμού της Ερεσού. Στα χαμηλότερα τμήματα, κοντά στη παραλία, το ανάγλυφο είναι πεδινό με πολύ μικρές κλίσεις. ($0^{\circ} - 10^{\circ}$). Η λεκάνη απορροής είναι της τάξης των 57 km² περίπου, τα 26 εκ των οποίων αποστραγγίζονται μέσω του χειμάρρου Χαλάνδρα στο φράγμα της Ερεσού. Δευτερεύοντες κλάδοι είναι ο χειμάρρος Μεθάλεια με λεκάνη απορροής 12 km², ο Καρασάρης με λεκάνη απορροής 7,4 km², ο Ελεούσας με λεκάνη απορροής 5 km² και

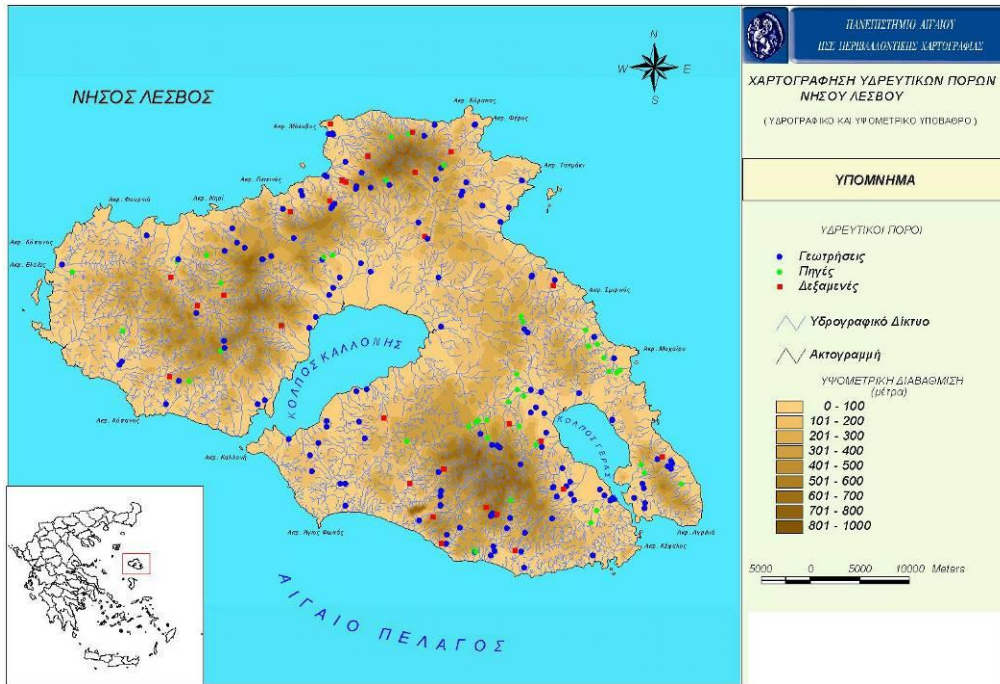
ο Λιφονάκας με λεκάνη απορροής 4,6 km², οι οποίοι καταλήγουν ως επί το πλείστον στην υπολεκάνη του Χαλάνδρα, κατάντη του φράγματος.



Εικόνα 2.2: Ανάγλυφο περιοχής μελέτης

Ο ταμιευτήρας της λεκάνης έχει κατασκευαστεί επί του χειμάρρου Χαλάντρα, στα ανάντη της συμβολής του με τον χειμάρρο Ελεούσας, περίπου 2.5 km δυτικά της Ερεσού και περίπου 5 km από την παραλία. Η λεκάνη απορροής του ταμιευτήρα έχει έκταση περίπου 27 km² που αντιστοιχεί στο 45% της συνολικής έκτασης της λεκάνης απορροής της Ερεσού. Το φράγμα (Εικόνα 2.4) κατασκευάστηκε γιατί θεωρήθηκε ότι συνέβαλε στην αντιπλημμυρική προστασία της περιοχής και κυρίως με στόχο την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών 3.500 στρεμμάτων αγροτικής γης. Το πρόφραγμα κατασκευάστηκε το 1997 και ολοκληρώθηκε το 1999. Έχει ύψος 29 μέτρα από την υφιστάμενη κοίτη του χειμάρρου και μήκος στέψης 340 μέτρα. Η ολική χωρητικότητα του ταμιευτήρα έχει υπολογισθεί ότι είναι 2.760.000 m³ (ωφέλιμη 2.550.000 m³), δηλ. ταμιεύεται ποσοστό ~19.3% της μέσης ετήσιας απορροής της συνολικής λεκάνης και περίπου 42% της αντίστοιχης απορροής της λεκάνης τροφοδοσίας του ταμιευτήρα. Ο ‘νεκρός όγκος’, δηλαδή ο όγκος πίσω από το φράγμα από τον πυθμένα μέχρι το κατώφλι υδροληψίας, έχει υπολογισθεί σε 210.000 m³ (Αποστολίδης, 2000). Το φράγμα είναι χωμάτινο, με αδιαπέραστο πυρήνα από αργιλικό υλικό και περιλαμβάνει υπερχειλιστή στο αριστερό αντέρεισμα που οδηγεί τις πλημμυρικές παροχές κατάντη στην κοίτη του χειμάρρου (Πασακαλίδου, 2007). Από το 1999 που λειτουργεί το φράγμα της Ερεσού, έχει υπολογιστεί ότι κατακρατείται το 40% έως 45% της συνολικής παραγωγής ιζήματος της λεκάνης απορροής (Vousdoukas et al., 2007). Το κόστος του φράγματος ανήλθε στα ~7.000.000 €.

Στην Εικόνα 2.3 παρουσιάζονται οι γεωτρήσεις, οι πηγές, οι δεξαμενές της Νήσου Λέσβου.



Εικόνα 2.3: Γεωτρήσεις, Πηγές, Δεξαμενές της Νήσου Λέσβου. Πηγή: Νομαρχία Λέσβου



Εικόνα 2.4: Φράγμα Πιθαρίου.

2.2. Γεωλογία ευρύτερης περιοχής

Η περιοχή μελέτης αλλά και η ευρύτερη περιοχή της δυτικής και βόρειας Λέσβου δομείται κυρίως από ηφαιστειακά πετρώματα, διαφόρων λιθολογικών τύπων (Hecht, G. 1973, Periper, G., 1978), ενώ αντίθετα στην περιοχή της νοτιοανατολικής Λέσβου επικρατούν τα μεταμορφωμένα αλπικά πετρώματα (Εικόνα 2.5). (Κατσιακάτσος, Γ. κ.α. 1982)

Στη γεωλογική δομή της Λέσβου λαμβάνουν μέρος, από τις αρχαιότερες στις νεότερες, οι ακόλουθες ενότητες γεωλογικών σχηματισμών:

- ✓ Αυτόχθονη ενότητα νεοπαλαιοζωϊκών έως και ανωτριάδικών σχηματισμών. Η ενότητα αυτή η οποία καταλαμβάνει σχεδόν ολόκληρη την περιοχή του νοτιανατολικού (ΝΑ) τμήματος του νησιού, αποτελείται από μία συνεχή σειρά (χωρίς την παρουσία στρωματογραφικών ασυμφωνιών) μεταϊζηματογενών σχηματισμών, μεγάλου πάχους. Χαρακτηριστικό γνώρισμα της ενότητας αυτής είναι η χαμηλού βαθμού μεταμόρφωση και η απουσία εκρηξιγενών πετρωμάτων. Η ενότητα διακρίνεται σε δύο τμήματα. Ένα κατώτερο νεοπαλαιοζωϊκής ηλικίας, αποτελούμενο από σχιστόλιθους, με ενστρώσεις κρυσταλλικών ασβεστόλιθων και από ένα ανώτερο τμήμα Τριαδικής ηλικίας αποτελούμενο από φυλλίτες, σχιστόλιθους, μετααρκόζες με παρεμβολές κρυσταλλικών ανθρακικών πετρωμάτων κατά κανόνα μεγάλου πάχους.
- ✓ Τεκτονικό κάλυμμα ηφαιστειοϊζηματογενούς σειράς σχηματισμών. Η δεύτερη ενότητα που είναι Τριαδικής ηλικίας συνίσταται από μεταβασίτες (πρασινίτες και πρασινόλιθοι) ποικίλης σύστασης σχιστόλιθους, κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους και δολομίτες και είναι επωθημένη επάνω στους παλαιοζωϊκούς σχηματισμούς της αυτόχθονης σειράς.
- ✓ Τεκτονικό κάλυμμα οφιολιθικών πετρωμάτων. Αποτελείται από υπερβασικά-βασικά πετρώματα του οφιολιθικού τεκτονικού καλύμματος όπως από περιδοτίτες, δουνίτες, σερπεντινίτες κ.λ.π. Στη βάση τους και σε ανώμαλη τεκτονική επαφή με αυτούς παρατηρούνται αμφιβολίτες και αμφιβολιτικοί σχιστόλιθοι. Η ενότητα αυτή είναι επωθημένη με τη σειρά της πάνω στους σχηματισμούς της δεύτερης ενότητας.
- ✓ Μεταλικοί σχηματισμοί. Πρόκειται για νεογενείς σχηματισμούς όπως πυροκλαστικά, διάφορα είδη λαβών που έχουν προέλθει από επάλληλες ηφαιστειακές δραστηριότητες του νησιού καθώς και από λιμναίες, ποτάμιες και χερσαίες ιζηματογενείς αποθέσεις, και από τεταρτογενείς σχηματισμούς όπως ποταμοχερσαίες αποθέσεις, κορήματα και αλλουβιακές αποθέσεις (Ανδρεάσης, 2005).

2.3 Γεωλογία περιοχής μελέτη

Η περιοχή μελέτης δομείται από σχηματισμούς, οι οποίοι περιγράφονται παρακάτω από τους παλαιότερους προς τους νεότερους:

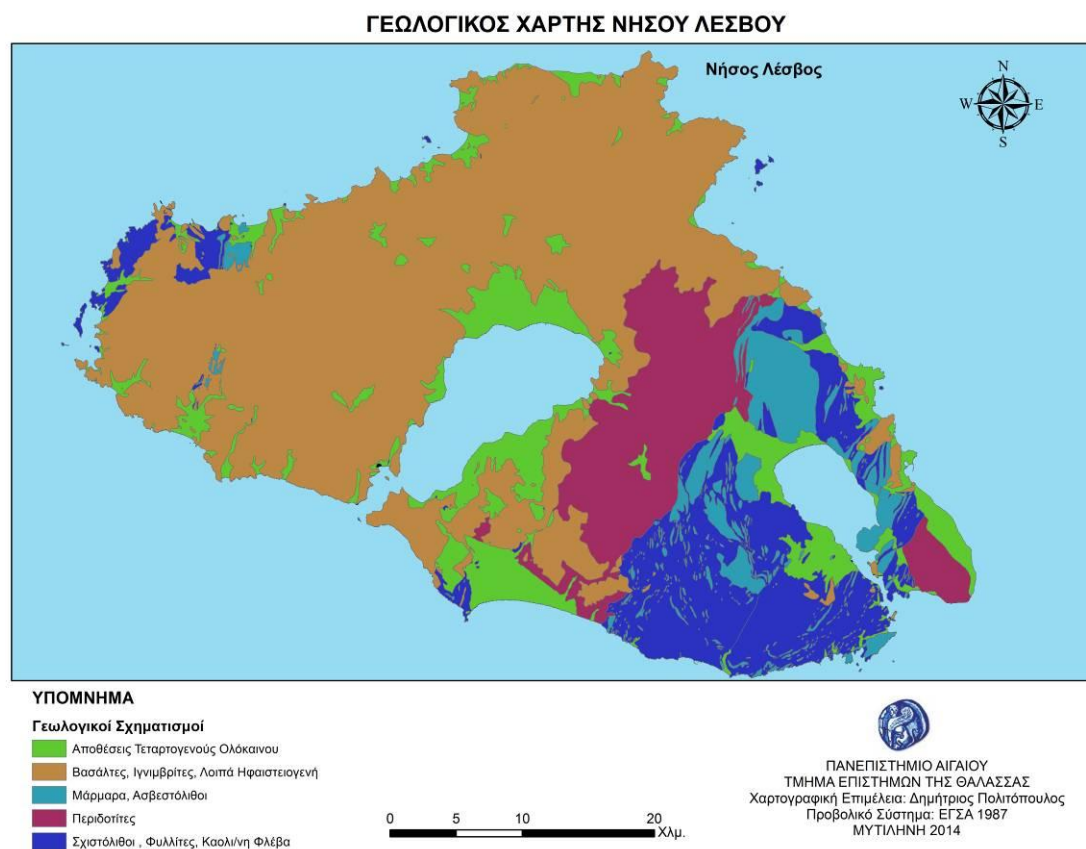
Σχιστόλιθοι, κροκαλοπαγή, ασβεστόλιθοι και μετα-αργιλικόι σχιστόλιθοι ηλικίας Παλαιοζωϊκού - Τριαδικού. Πρόκειται για σειρά από μεταμορφωμένους ψαμμιτικούς σχιστόλιθους, σχιστώδη κροκαλοπαγή και σε μικρότερο ποσοστό από φυλλίτες πλούσιους σε πορφυροβλάστες μαγνητίτη ενώ στα ανώτερα κυρίως μέλη απαντούν κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι. Στην περιοχή μελέτης οι ασβεστόλιθοι είναι μεμονωμένοι και έχουν μικρή επιφανειακή ανάπτυξη. Απαντούν κυρίως στην κοιλάδα του χειμάρρου Χαλάντρα.

Ηφαιστειακές λάβες ανδεσιτικής και δακτιτικής σύστασης. Καταλαμβάνουν σημαντικό τμήμα της περιοχής μελέτης και αποτελούν την κατώτερη ενότητα λαβών. Έρχονται σε άμεση επαφή με τους ασβεστόλιθους και έχουν πάχος που υπολογίζεται σε 200 - 300 μ.

Ιγκνιμπριτικά στρώματα. Ηφαιστειακές λάβες ρυολιθικής έως ρυοδακτικικής σύστασης με μέγιστο πάχος 60 μέτρα. Τα ανώτερα τμήματα της σειράς είναι βραχώδους συμπεριφοράς με αυξημένη αντοχή ενώ παρουσιάζουν σημαντική αντίσταση στη διάβρωση. Τα κατώτερα τμήματα χαρακτηρίζονται από τον τοφφικό χαρακτήρα τους, με ατελή στρώση και κισσηρώδη και σκωριώδη εγκλείσματα.

Ηφαιστειακά υλικά - Πυροκλαστικά υλικά. Κυρίως εστρωμένα ηφαιστειακά υλικά (τόφφοι συνήθως καολινιωμένοι, τέφρα, πυροκλαστικά υλικά, συνεκτικά λατυποπαγή από λάβες και βολίδες ποικίλου μεγέθους). Καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής μελέτης και το πάχος του σχηματισμού αυτού είναι μεγαλύτερο από 300 μέτρα

Αλλουβιακές αποθέσεις. Αποτελούνται από ασύνδετα αργιλοαμμώδη υλικά με διάσπαρτες κροκάλες και λατύπες. Εντοπίζονται κυρίως στην περιοχή της Σκάλας Ερεσού και εντός των κατώτερων τμημάτων των χειμάρρων της περιοχής.



Εικόνα 2.5: Γεωλογικός χάρτης της Νήσου Λέσβου.

3. Μοντέλο SWAT

Το μοντέλο SWAT (Soil and Water Assessment Tool) αναπτύχθηκε από την Υπηρεσία Αγροτικών Ερευνών των ΗΠΑ (USDA – ARS, Agricultural Research Service) με σκοπό να αξιολογήσει τις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις των πρακτικών διαχείρισης σε λεκάνες απορροής με μικρό αριθμό σταθμών παρακολούθησης και να προσομοιώσει την επίδρασή τους στον υδρολογικό κύκλο, τον κύκλο των θρεπτικών συστατικών, τα ιζήματα και την παραγωγή χημικών (Arnold et al., 1995; Neitsch et al., 2005). Η αποτελεσματικότητά του, το κατέστησε διεθνώς αποδεκτό ως ένα από τα πλέον κατάλληλα μοντέλα προσομοίωσης μεγάλων και πολύπλοκων λεκανών απορροής με διάφορους τύπους εδάφους, χρήσεων γης και συνθηκών διαχείρισης (Arnold and Fohrer, 2005; Behera and Panda, 2006; Gassman et al., 2007a).

Πρόκειται για ένα καταναμημένο υδρολογικό μοντέλο λεκάνης απορροής, φυσικής βάσης (physically-based) και συνεχούς χρόνου, που λειτουργεί με ημερήσιο βήμα (Arnold et al., 1998, Neitsch et al., 2001). Λαμβάνει υπόψη δεδομένα σχετικά με το έδαφος, τις χρήσεις γης και το κλίμα σε μια λεκάνη και δίνει αποτελέσματα σχετικά με τις απορροές, τα φερτά υλικά και τις ποιοτικές παραμέτρους του επιφανειακού νερού, χημικές (συγκεντρώσεις ενώσεων N και P) και βιολογικές (BOD, DO), στην έξοδο της λεκάνης αλλά και σε ενδιάμεσα σημεία. Η σχέση μεταξύ των μεταβλητών εισόδου και εξόδου περιγράφεται από εξισώσεις παλινδρόμησης.

Το μοντέλο SWAT δεν σχεδιάστηκε ώστε να προσομοιώσει τα μεμονωμένα γεγονότα πλημμύρας (Neitsch et al., 2002), αλλά τις διεργασίες διαχείρισης στη λεκάνη απορροής καθώς και τις διεργασίες βροχόπτωσης – απορροής με υψηλό βαθμό χωρικής λεπτομέρειας χάρη στη διαίρεση της λεκάνης απορροής σε επιμέρους υπολεκάνες. Το μοντέλο SWAT παρέχει μεταξύ άλλων τη δυνατότητα:

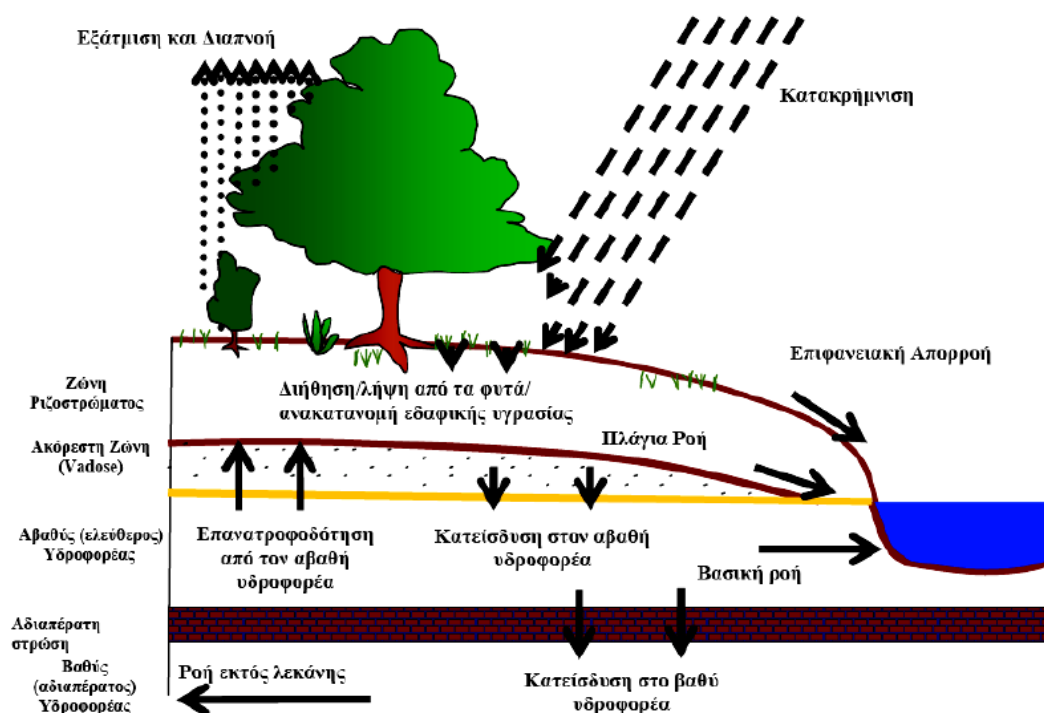
- α) προσομοίωσης της βροχόπτωσης και/ή της χιονόπτωσης μέχρι και 10 κλιμάκων υψομέτρου,
- β) επαναπροσδιορισμού των εισαχθέντων δεδομένων για προσομοίωση της κλιματικής αλλαγής και
- γ) πρόβλεψης των μελλοντικών κλιματικών συνθηκών.

3.1. Δεδομένα εισόδου του μοντέλου SWAT

Στα δεδομένα εισόδου του μοντέλου συγκαταλέγονται το ανάγλυφο, οι χρήσεις γης, οι τύποι του εδάφους (ιδανικά της ακόρεστης ζώνης), οι χρονοσειρές με τα ημερήσια δεδομένα βροχόπτωσης, μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, ταχύτητας του ανέμου καθώς και ηλιακής ακτινοβολίας (η απαίτηση των τριών τελευταίων εξαρτάται από τη μέθοδο προσομοίωσης της χρονοσειράς δυναμικής εξατμισοδιαπνοής) για όλο το χρονικό διάστημα προσομοίωσης (Gassman et al., 2007b). Ο μέσος όρος της ημερήσιας θερμοκρασίας αέρα που υπολογίζεται από τα δεδομένα που εισήχθησαν, χρησιμοποιείται για να καθοριστεί αν η βροχόπτωση πρέπει να προσομοιωθεί ως χιονόπτωση, ενώ η ελάχιστη και μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς της ημερήσιας θερμοκρασίας του εδάφους και του νερού. Τα εισαχθέντα δεδομένα χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση του κλίματος της περιοχής μελέτης με τη βοήθεια 13 μηνιαίων κλιματικών μεταβλητών, οι οποίες αναπτύχθηκαν μετά από χρόνια καταγραφή κλιματικών δεδομένων, και είναι καταγεγραμμένες σε πίνακες που διαθέτει το μοντέλο.

3.1.1. Διαδικασία προσομοίωσης του υδρολογικού κύκλου

Ο υδρολογικός κύκλος στο SWAT είναι αυτός που διέπει την ποσότητα νερού, φερτών υλών και θρεπτικών στοιχείων που εγκαταλείπουν το έδαφος και καταλήγουν στο υδρογραφικό δίκτυο στο ημερήσιο χρονικό βήμα προσομοίωσης. Οι συνιστώσες του υδρολογικού κύκλου απεικονίζονται στην Εικόνα 3.1 και προσομοιώνονται από το μοντέλο στη χωρική κλίμακα της Υδρολογικής Μονάδας Απόκρισης όπως αναλύεται ακολούθως.



Εικόνα 3.1: Συνιστώσες Υδρολογικού Ισοζυγίου στο μοντέλο SWAT.

Το SWAT δέχεται ημερήσια δεδομένα για τα κατακρημίσματα που εμφανίζονται στη λεκάνη απορροής. Η κατακρήμιση εμφανίζεται με τη μορφή βροχόπτωσης ή χιονόπτωσης, ανάλογα με τη μέση ημερήσια θερμοκρασία. Η χιονόπτωση σχηματίζει στρώση χιονιού στο έδαφος, το οποίο τήκεται όταν η εδαφική θερμοκρασία το επιτρέψει. Η δε συμπεριφορά του λιωμένου χιονιού είναι αντίστοιχη με αυτή της βροχόπτωσης (Neitsch et al., 2005).

Το νερό της βροχής, που αναλογεί σε κάθε υπολεκάνη, είναι αυτό που έχει καταγραφεί από εκείνον τον μετεωρολογικό σταθμό (μεταξύ αυτών που ορίζει ο χρήστης), που βρίσκεται πιο κοντά στο κέντρο βάρους της. Το διαθέσιμο νερό, είτε διηθείται στο έδαφος, όπου διοδεύεται στις διαφορετικές στρώσεις (μέχρι 10), είτε απορρέει επιφανειακά. Το ποσοστό του νερού απορροής ρυθμίζεται από τον συντελεστή απορροής, ανάλογα με τον τύπο του εδάφους και τη χρήση γης. Η εκτίμησή του πραγματοποιείται με μια τροποποιημένη μέθοδο του αριθμού καμπύλης CN (Curve Number) κατά SCS (USDA, Soil Conservation Service, 1972). Το εδαφικό νερό προσλαμβάνεται από τη βλάστηση και διαπνέεται, υφίσταται εδαφική εξάτμιση, κατείσδύει στον αβαθή υδροφόρα ή συμβάλλει στην απορροή στην έξοδο της λεκάνης με την ενδιάμεση απορροή (lateral flow). Για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής, το μοντέλο περιλαμβάνει τρεις διαφορετικές μεθόδους (Thornthwaite, Hargreaves και Penman-Monteith), που χρησιμοποιούνται ανάλογα με

τα υπάρχοντα δεδομένα. Ένα μέρος του υπόγειου νερού από τον αβαθή υδροφορέα (shallow aquifer) θεωρείται ότι φτάνει στα βαθύτερα στρώματα (deep aquifer) και χάνεται από το σύστημα. Το επιφανειακό νερό κινούμενο στο ποτάμι συναντά πιθανούς ταμιευτήρες και λίμνες, όπου η εξίσωση υδατικού ισοζυγίου διέπει την αποθήκευση και την απελευθέρωση νερού στο εκάστοτε χρονικό βήμα. Το νερό που τελικά καταλήγει στο ποτάμι είναι το άθροισμα της επιφανειακής, ενδιάμεσης και υπόγειας απορροής και διοδεύεται μέχρι τον επόμενο ταμιευτήρα ή λίμνη ή μέχρι την έξοδο της λεκάνης. Το μοντέλο επιτρέπει ακόμα την αφαίρεση νερού από κάθε σημείο του συστήματος (υδατόρρευμα, ταμιευτήρας, λίμνη, αβαθής και βαθύς υδροφορέας) για ανθρωπογενείς χρήσεις (Μιμίκου, 2006).

Η γενική εξίσωση που χρησιμοποιεί το SWAT για την περιγραφή του υδρολογικού κύκλου της Εικόνας 3.1 σε κάθε υδρολογική μονάδα είναι:

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - w_{seep} - Q_{gw})$$

όπου:

SW_t : η τελική περιεκτικότητα υγρασίας του εδάφους την ημέρα t

SW_0 : η αρχική περιεκτικότητα υγρασίας του εδάφους την χρονική στιγμή 0

R_{day} : η ημερήσια κατακρήμνιση την ημέρα i (mm H₂O)

Q_{surf} : η ημερήσια επιφανειακή απορροή την ημέρα i (mm H₂O)

E_a : η ημερήσια εξατμισοδιαπνοή την ημέρα i (mm H₂O)

W_{seep} : η ποσότητα νερού που εξέρχεται από την ζώνη ριζοστρώματος και εισέρχεται στη ζώνη vadose την ημέρα i (mm H₂O)

Q_{gw} : η υπόγεια ροή την ημέρα i (mm H₂O)

3.1.2. Δημιουργία υδρολογικού ισοζυγίου

Το μοντέλο SWAT ενσωματώνει όλες τις σχετικές υδρολογικές διεργασίες συμπεριλαμβανομένης της απορροής, του κύκλου και της μεταφοράς των θρεπτικών, της ανάπτυξης της βλάστησης, των χρήσεων γης καθώς και της διαχείρισης των υδατικών πόρων σε επίπεδο υπολεκάνης.

Συνεπώς, η λεκάνη απορροής υποδιαιρείται σε επιμέρους υπολεκάνες βάσει του αριθμού των παραποτάμων. Ο αριθμός και το μέγεθος των υπολεκάνων ποικίλει ανάλογα με το υδρογραφικό δίκτυο και το μέγεθος της λεκάνης απορροής. Η κάθε υπολεκάνη διαχωρίζεται στη συνέχεια περαιτέρω σε υδρολογικές μονάδες απόκρισης (Hydrological Response Units, HRUs), καθεμία από τις οποίες χαρακτηρίζεται σε όλη της την έκταση από ένα μοναδικό συνδυασμό των υποκείμενων γεωγραφικών χαρτών (εδάφη, κλίσεις, χρήσεις γης).

Η προσομοίωση του υδρολογικού ισοζυγίου πραγματοποιείται αρχικά για καθεμία υδρολογική μονάδα απόκρισης ξεχωριστά, στην οποία συνυπολογίζονται το ποσοστό της βροχόπτωσης που συγκρατείται από το φύλλωμα των φυτών και των δέντρων, ο τρόπος καταμερισμού της βροχόπτωσης, το νερό από το λιώσιμο του χιονιού, το νερό άρδευσης μεταξύ της επιφανειακής απορροής και της διήθησης, η αναδιανομή του

νερού στο προφίλ του εδάφους, η εξατμισοδιαπνοή, η υπεδάφια απορροή, καθώς και η ροή που επιστρέφει από τους ρηχούς υδροφορείς.

Αφού ολοκληρωθεί ο υπολογισμός της επιφανειακής απορροής, των κύκλων των θρεπτικών, της παραγωγής φερτών υλών και της ανάπτυξης των φυτών για κάθε υδρολογική μονάδα απόκρισης, τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση όλου του ποτάμιου συστήματος συνολικά. Αναλυτικότερα, οι ροές των υδρολογικών μονάδων απόκρισης της κάθε υπολεκάνης αθροίζονται και στη συνέχεια διοδεύονται μέσα στο υδρογραφικό δίκτυο χρησιμοποιώντας είτε τη μέθοδο αποθήκευσης μεταβλητού ρυθμού (Williams, 1969), είτε τη μέθοδο Muskingum (Neitsch et al., 2005), που είναι και οι δύο παραλλαγές της προσέγγισης του κινηματικού κύματος. Επίσης, αθροίζονται τα φορτία ή οι συγκεντρώσεις από τα ιζήματα, τα θρεπτικά, τα φυτοφάρμακα και τα βακτήρια των υδρολογικών μονάδων απόκρισης της κάθε υπολεκάνης (αφού συνυπολογιστεί η απομάκρυνση) και στη συνέχεια διοδεύονται μέσω των καναλιών, των λιμναζόντων νερών, των υγροτόπων και των ρεζερβουάρ για να καταλήξουν στην έξοδο της λεκάνης απορροής. Στους υπολογισμούς λαμβάνονται υπόψη οι διαφοροποιήσεις στη ροή και τα φορτία λόγω των σημειακών πηγών αλλά και των πιέσεων από τις αστικές περιοχές (Gassman et al., 2007b).

3.1.3. Διαχειριστικές πρακτικές στο μοντέλο SWAT

Το μοντέλο SWAT επιτυγχάνει μια πολύ λεπτομερειακή προσομοίωση των Διαχειριστικών Πρακτικών στην αγροτική γη, καθώς οι βασικότερες από αυτές όπως η σπορά, λίπανση, άροση, άρδευση, συγκομιδή, βόσκηση κ.α., μπορούν να οριστούν εύκολα από το χρήστη για κάθε υδρολογική μονάδα. Συγκεκριμένα, παρέχεται η δυνατότητα ορισμού της κατάλληλης ημερομηνίας και εκλογής του επιθυμητού τρόπου με τον οποίο θα πραγματοποιηθεί κάθε πρακτική (Μαγδάλη, 2012).

3.2 Βαθμονόμηση του μοντέλου της λεκάνης απορροής της Ερεσού

3.2.1. Παράμετροι βαθμονόμησης

Για την βαθμονόμηση του υδρολογικού μοντέλου χρειάστηκε η συμβολή διάφορων παραμέτρων, στις οποίες μεταβλήθηκαν οι τιμές τους, ώστε να δούμε εάν έχουν επίπτωση στα αποτελέσματα του μοντέλου. Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε χειροκίνητη βαθμονόμηση των παραμέτρων, μία διαδικασία η οποία είναι χρονοβόρα. Οι παράμετροι έχουν χρησιμοποιηθεί σε πληθώρα εργασιών π.χ. στους Arabi et al. (2008), στους Lenhart et al. (2002).

Από τις πιο ευαίσθητες παραμέτρους του μοντέλου είναι ο αριθμός καμπύλης (Curve Number) και η διαθέσιμη υγρασία του εδάφους (Soil Available Water Capacity ή SOL_AWC). Η παράμετρος της κορεσμένης υδραυλικής αγωγιμότητας (SOL_K) καθορίστηκε σε αναλογία με την υδρολογική ομάδα στην οποία ανήκει το κάθε έδαφος.

Άλλες παράμετροι, που χρησιμοποιήθηκαν είναι ο ALPHA_BF που είναι η σταθερά ύφεσης της παροχής του υπόγειου νερού και εκφράζει την ανταπόκριση της υπόγειας ροής σε μεταβολές της επαναπλήρωσης. Οι τιμές αυτής της παραμέτρου κυμαίνονται από 0 έως 1. Σημαντικές παράμετροι είναι ο συντελεστής επανατροφοδότησης (GW_REVP) και το όριο επιστρέφουσας ροής (GWQMIN). Ο συντελεστής επανατροφοδότησης ρυθμίζει τη ροή του νερού από τον αβαθή υδροφορέα προς τη ριζική ζώνη λόγω έλλειψης εδαφικής υγρασίας και πρόσληψης νερού από τα φυτά με βαθιές ρίζες. Ο συντελεστής επιστρέφουσας ροής εκφράζει το όριο νερού στον αβαθή

υδροφορέα (mm) που απαιτείται για ύπαρξη επιστρέφουσας ροής. Όταν το βάθος του νερού στον αβαθή υδροφορέα ξεπεραστεί, επιτρέπεται ροή προς το υδατόρρευμα.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν και παράμετροι για το μικροβιακό φορτίο. Για παράδειγμα ο δείκτης BACTKDQ είναι ο συντελεστής εξαγωγής βακτηρίων απορροής και μετριέται σε m^3/mg .

Στον παρακάτω Πίνακα 3.1 περιγράφονται οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία και το εύρος τιμών τους.

Πίνακας 3.1: Παράμετροι υδρολογικού μοντέλου και το εύρος τιμών τους.

α/α	Παράμετρος	Περιγραφή	Τυπικό εύρος στο SWAT	Εύρος τιμών στη λεκάνη απορροής
1	SOL_AWC	Διαθέσιμη υγρασία εδάφους (Available water capacity in soil layer) (mm H ₂ O/mm εδάφους)	0 - 1	0.3
2	SOL_K	Κορεσμένη υδραυλική αγωγιμότητα (Saturated hydraulic conductivity) (mm/h)	0-2000	10
3	SOL_Z	Βάθος εδάφους (Soil depth) (mm)	0-3500	480
4	GWQMIN	Ελάχιστο βάθος νερού στον αβαθή υδροφορέα για να επιτραπεί η κατείσδυση (Threshold depth of water in the shallow aquifer for percolation to occur) (mm)	0 - 5000	1800
5	GWREVAP	Συντελεστής επανατροφοδότησης υπόγειου νερού (Groundwater revap coefficient)	0.02 - 0.2	0.15
6	ALPHA_BF	Παράγοντας ύφεσης της παροχής υπόγειου νερού (Baseflow alpha factor) (days)	0 - 1	0.1
7	CH_N2	Manning's n value for main channel	0.01-0.3	0.01
8	CH_Con		0.001-1	0
9	ESCO	Συντελεστής εξάτμισης αντιστάθμισης του εδάφους (Soil evaporation compensation factor)	0-1	0.95

10	CH_K2	Ενεργή υδραυλική αγωγιμότητα (Effective hydraulic conductivity) (mm/hr)		32
11	CN	Αριθμός Καμπύλης (Curve number)	35-98	61
12	USLE_P	Παράγοντας πρακτικών για την εξίσωση της διάβρωσης (USLE equation support practice factor)	0.3-0.9	0.9
13	SPCON	Συντελεστής της εξίσωσης μεταφοράς ιζήματος (Coefficient in sediment transport equation)	0.0001-0.001	0.01
14	SPEXP	Εκθέτης ιζήματος (Exponent in sediment)	1.0-2.0	1.5
15	WDLPQ	Συντελεστής θανάτου των λιγότερο ανθεκτικών βακτηρίων σε εδαφικό διάλυμα στους 20°C (Die-off factor for less persistent bacteria in soil solution at 20°C) (1/day)	0-1	1
16	WGLPQ	Συντελεστής ανάπτυξης των λιγότερο ανθεκτικών βακτηρίων σε εδαφικό διάλυμα στους 20°C (Growth factor for less persistent bacteria in soil solution at 20°C) (1/day)	-	0
17	WDLPS	Συντελεστής θανάτου των λιγότερο ανθεκτικών βακτηρίων που απορροφώνται από τα σωματίδια του εδάφους στους 20°C (Die-off factor for less persistent bacteria absorbed to soil particles at 20°C) (1/day)	-	0.023
18	WGLPS	Συντελεστής ανάπτυξης των λιγότερο ανθεκτικών βακτηρίων που απορροφώνται από τα σωματίδια του εδάφους στους 20°C (Growth factor for less persistent bacteria to soil particles at 20°C) (1/day)	-	0

19	WDLPRCH	Συντελεστής θανάτου των λιγότερο ανθεκτικών βακτηρίων σε χειμάρρους (τρεχούμενο νερό) στους 20°C (Die-off factor for less persistent bacteria in streams (moving water) at 20°C) (1/day)	-	0.35
20	WDLPRES	Συντελεστής θανάτου των λιγότερο ανθεκτικών βακτηρίων σε υδάτινα σώματα (στάσιμα νερά) στους 20°C (Die-off factor for less persistent bacteria in water bodies (still water) at 20°C) (1/day)	-	1.03
21	BACTKDQ	Συντελεστής εκχυλίσεως απορροής βακτηρίων (Bacteria runoff extraction coefficient) (m ³ /mg)	-	90
22	THBACT	Συντελεστής προσαρμογής της θερμοκρασίας για το θάνατο/ανάπτυξη των βακτηρίων (Temperature adjustment factor for bacteria die-off/growth)	-	1.07
23	WDLPF	Συντελεστής θανάτου των λιγότερο ανθεκτικών βακτηρίων επί του φυλλώματος στους 20°C (Die-off for less persistent bacteria on foliage at 20°C) (1/day)	-	0.016
24	BACT_SWF	Fraction of manure applied to land areas that has active colony-forming units	-	1

3.3. Εφαρμογές του μοντέλου SWAT

Το μοντέλο SWAT έχει χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές για την ποσοτικοποίηση των επιδράσεων της κλιματικής αλλαγής σε έναν αποδέκτη (Stone et al., 2001), την εκτίμηση της εδαφικής διάβρωσης (Phomcha et al., 2012; Shen et al., 2009), την αξιολόγηση του υδροηλεκτρικού δυναμικού (Kusre et al., 2010), την ανάπτυξη των αποτελεσματικότερων πρακτικών διαχείρισης (Gassman et al., 2007b), τη μεταφορά των φυτοφαρμάκων σε επίπεδο λεκάνης απορροής (Luo and Zhang, 2009) καθώς και την πρόβλεψη της απορροής (Demirel et al., 2009).

Ακόμη, το μοντέλο SWAT έχει εφαρμοστεί σε τροπικές λεκάνες απορροής με ελάχιστη διαθεσιμότητα δεδομένων (Ndomba et al., 2008). Τέλος, το μοντέλο SWAT έχει εφαρμοστεί σε λεκάνες απορροής στην Ελλάδα για τη μελέτη της υδρολογίας και της χημείας της λεκάνης απορροής του ποταμού Κόσυνθου στη Βορειοανατολική

Ελλάδα (Pisinaras et al., 2010) καθώς και για την εκτίμηση της χημικής κατάστασης των υδάτων της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα και την εφαρμογή μέτρων διασφάλισης της οικολογικής του ποιότητας (Κασσωτάκη, 2011). Τα αποτελέσματα και των δύο μελετών έδειξαν ότι το μοντέλο SWAT είναι ένα πολύ ευέλικτο και αξιόπιστο εργαλείο στη λήψη αποφάσεων για τη διαχείριση των υδάτων, ειδικά κάτω από την ανάγκη για εναρμόνιση με την οδηγία πλαίσιο και ότι αν βαθμονομηθεί σωστά, είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό στην εξέταση σεναρίων διαχείρισης λεκανών απορροής στη Μεσόγειο.

3.4. Υπολογισμός του ιζήματος του φράγματος

Για να υπολογιστεί η παροχή ιζήματος από τη λεκάνη απορροής που καταλήγει στο φράγμα πραγματοποιήθηκε η διαδικασία γεωαναφοράς και ψηφιοποίησης των σχεδίων κατασκευής του φράγματος. Για την γεωαναφορά χρησιμοποιήθηκαν 4 σημεία πάνω στο χάρτη με συντεταγμένες Ελληνικού Γεωδαιτικού Συστήματος Αναφοράς (ΕΓΣΑ 1987). Πραγματοποιήθηκε ψηφιοποίηση των σημείων εντός της δεξαμενής του φράγματος καθώς και στις ισοϋψείς.

Για να υπολογιστεί το ιζήμα που έχει εναποτεθεί στον πυθμένα της δεξαμενής του φράγματος από την αρχή της λειτουργίας του, πραγματοποιήθηκε αποτύπωση της δεξαμενής με τη χρήση DGPS (TOPCON HiPer II RTK DGPS) για τις συντεταγμένες x και y καθώς και βυθόμετρο (HighTarget HD 370 Hydrographic Ecosounder) για τη μέτρηση και καταγραφή του βάθους.

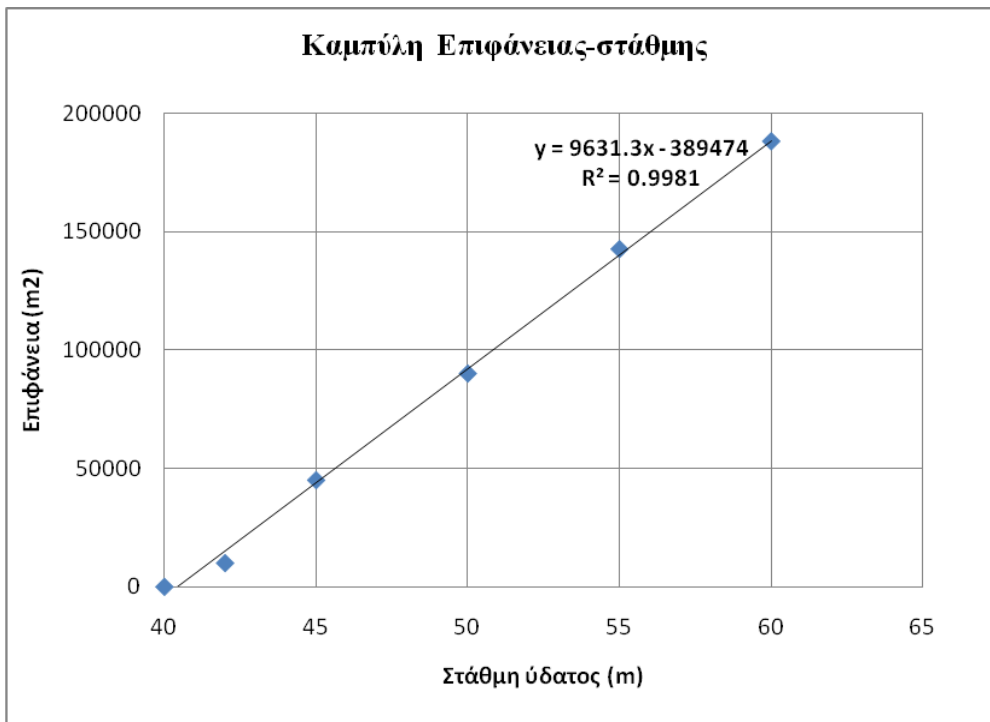
Στα δεδομένα από την αποτύπωση του φράγματος και από την ψηφιοποίηση των σχεδίων κατασκευής του φράγματος πραγματοποιήθηκε επεξεργασία τους στο λογισμικό AutoCAD. Σε αυτό το λογισμικό από τα σχέδια κατασκευής του φράγματος πραγματοποιήθηκε η εξής διαδικασία όπου χωρίστηκε το υψόμετρο από τα 40 m (αρχή πυθμένα λίμνης) έως τα 63 m (σημείο υπερχειλίσης) σε κλάσεις του ενός μέτρου. Για μέτρο αύξησης της στάθμης υπολογίστηκε η επιφάνεια και ο όγκος της δεξαμενής του φράγματος (Πίνακας 3.2).

Στα Διαγράμματα 3.1 και 3.2 παρουσιάζονται επιφάνεια ανά στάθμη ύδατος και ο όγκος ανά στάθμη ύδατος.

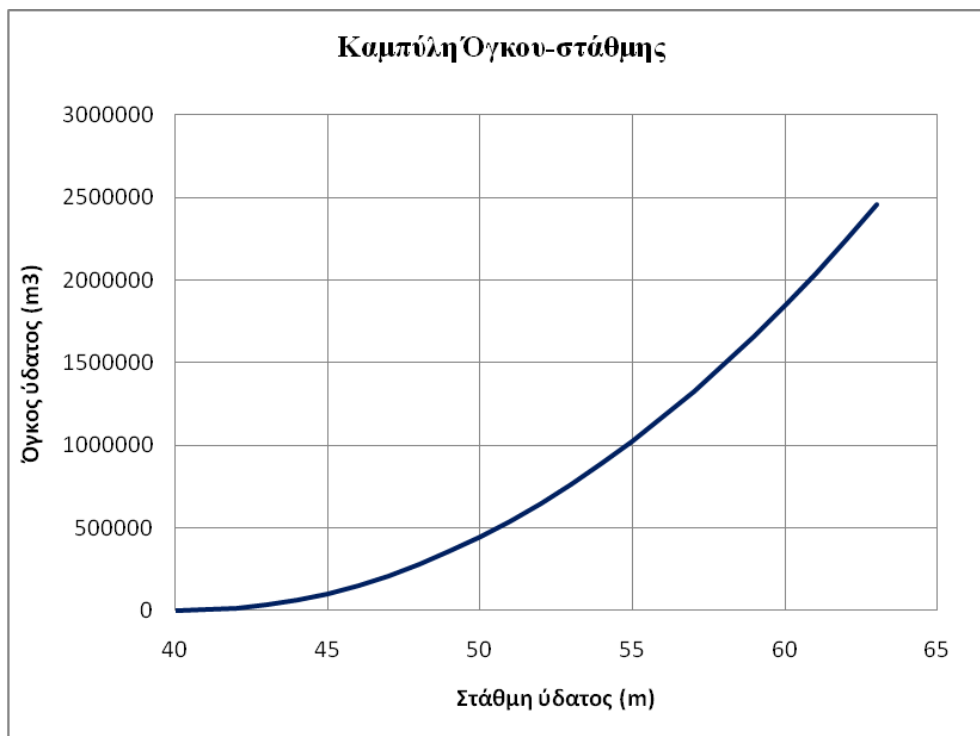
Πίνακας 3.2: Υψόμετρο, επιφάνεια, όγκος και συνολικός όγκος από την αποτύπωση και τα σχέδια κατασκευής φράγματος.

Υψόμετρο	Επιφάνεια (A) m ²	Όγκος (V) m ³	Συνολικός Όγκος (Vtot) m ³
40	0	0	0
41	5793.7	2896.85	2896.85

42	15396.4	10595.05	13491.9
43	24999.1	20197.75	33689.65
44	34601.8	29800.45	63490.1
45	44204.5	39403.15	102893.3
46	53807.2	49005.85	151899.1
47	63409.9	58608.55	210507.7
48	73012.6	68211.25	278718.9
49	82615.3	77813.95	356532.9
50	92218	87416.65	443949.5
51	101820.7	97019.35	540968.9
52	111423.4	106622.1	647590.9
53	121026.1	116224.8	763815.7
54	130628.8	125827.5	889643.1
55	140231.5	135430.2	1025073
56	149834.2	145032.9	1170106
57	159436.9	154635.6	1324742
58	169039.6	164238.3	1488980
59	178642.3	173841	1662821
60	188245	183443.7	1846265
61	197847.7	193046.4	2039311
62	207450.4	202649.1	2241960
63	217053.1	212251.8	2454212



Διάγραμμα 3.1: Καμπύλη επιφάνειας ανά στάθμη ύδατος.



Διάγραμμα 3.2: Καμπύλη όγκου ανά στάθμη ύδατος.

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε επεξεργασία στα δεδομένα της βαθυμετρίας από την αποτύπωση του φράγματος που έγινε στις 23 Ιανουαρίου του 2014, μετά από 11 χρόνια λειτουργίας του. Να σημειωθεί πως η στάθμη του νερού κατά την αποτύπωση υπολογίστηκε βάσει των παρατηρήσεων (περίπου 6 μέτρα κάτω από τον υπερχειλιστή (+63.00 m) και του μέγιστου βάθους που μετρήθηκε +15.50 m. Από την πρώτη

υπόθεση προκύπτει ότι η στάθμη της τεχνητής λίμνης τον μήνα Ιανουάριο 2013 ήταν $\Sigma=63-6=57$ m, και από την δεύτερη υπόθεση προέκυψε ότι $\Sigma=40+15.5=55.5$ m. Η μέση τιμή υπολογίστηκε $\Sigma=56.25$ m.

Από τους παρακάτω Πίνακες 3.3 και 3.4 μπορεί να υπολογιστεί η διαφορά του όγκου του νερού από τη μελέτη του φράγματος και από την αποτύπωση του Ιανουαρίου 2013. Γνωρίζοντας την διαφορά όγκου του νερού μπορεί να υπολογιστεί και η ποσότητα του ιζήματος θεωρώντας ότι σε ένα φράγμα αργιλοιλύς σύστασης η πυκνότητα ιζήματος είναι 500 kg/m^3 .

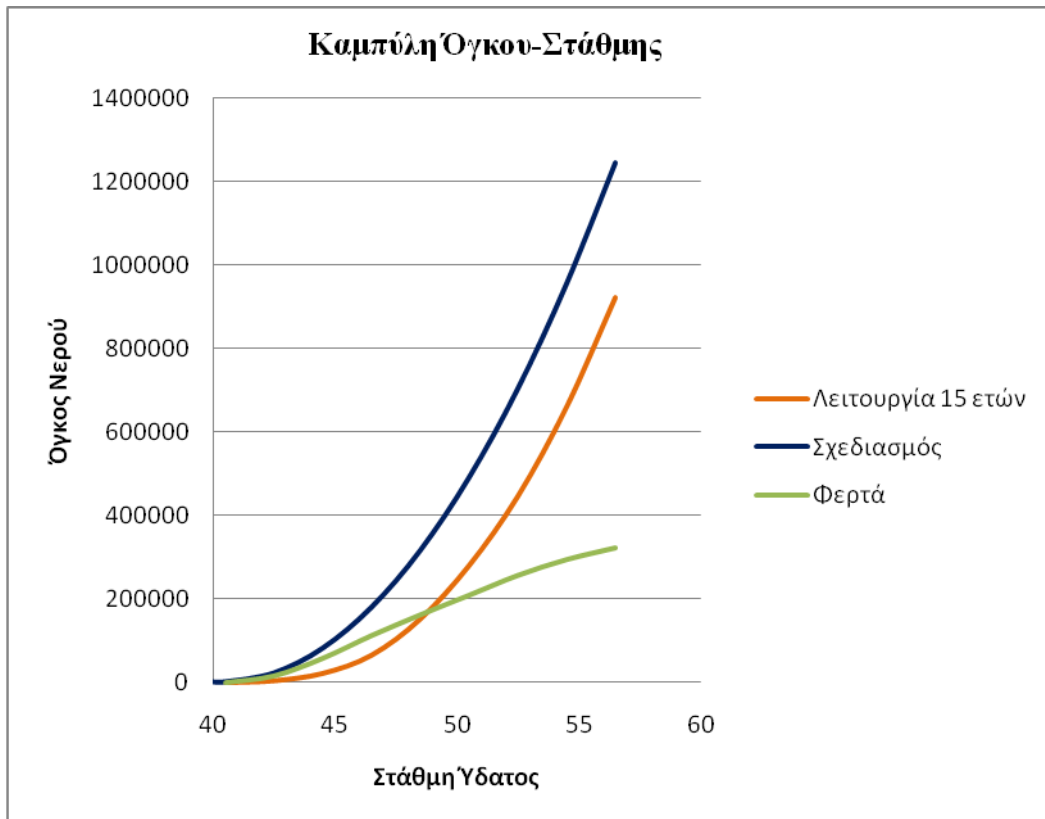
Στα 11 χρόνια λειτουργίας του φράγματος η διαφορά όγκου νερού είναι: $\Delta V = V_{\text{σχεδίου}} - V_{\text{αποτύπωσης}} = 1.245.271 - 923.346 = 321.925 \text{ m}^3$. Με βάση αυτό υπολογίστηκε η ποσότητα ιζήματος όπου είναι: $321.925 \text{ m}^3 * 500 \text{ kg}/1000 = 160.963 \text{ tons}$. Η μέση ποσότητα ιζήματος ανά έτος υπολογίζεται: $160.923 \text{ τόννοι} / 11 \text{ έτη λειτουργίας} = 14.633 \text{ tons/yr}$. Οι τόννοι ιζήματος ανά έτος ανά εκτάριο υπολογίζονται ως $14.633/2.701 \text{ ha} = 5,4 \text{ tons/yr ha}^{-1}$. Στο Διάγραμμα 3.3 παρουσιάζονται ο όγκος νερού από την αποτύπωση και τα σχέδια μελέτης του φράγματος καθώς και τα φερτά υλικά ανά στάθμη ύδατος.

Πίνακας 3.3: Ο υπολογισμός της επιφάνειας και του όγκου από τα σχέδια μελέτης του φράγματος.

Σχεδιασμός				
Στάθμη	Επιφάνεια (Α)	Όγκος (V)	V_{total}	Απώλεια (V_{loss})
m	m^2	m^3	m^3	%
56,5	154635,6	290065,7	1245271	0,258518
54,5	135430,2	251654,9	955205,6	0,307895
52,5	116224,8	213244,1	703550,7	0,36438
50,5	97019,35	174833,3	490306,6	0,426424
48,5	77813,95	136422,5	315473,3	0,514663
46,5	58608,55	98011,7	179050,8	0,630557
44,5	39403,15	59600,9	81039,09	0,723825
42,5	20197,75	21190,1	21438,19	0,777033
40,5	992,35	248,0875	248,0875	1
40	0	0	0	

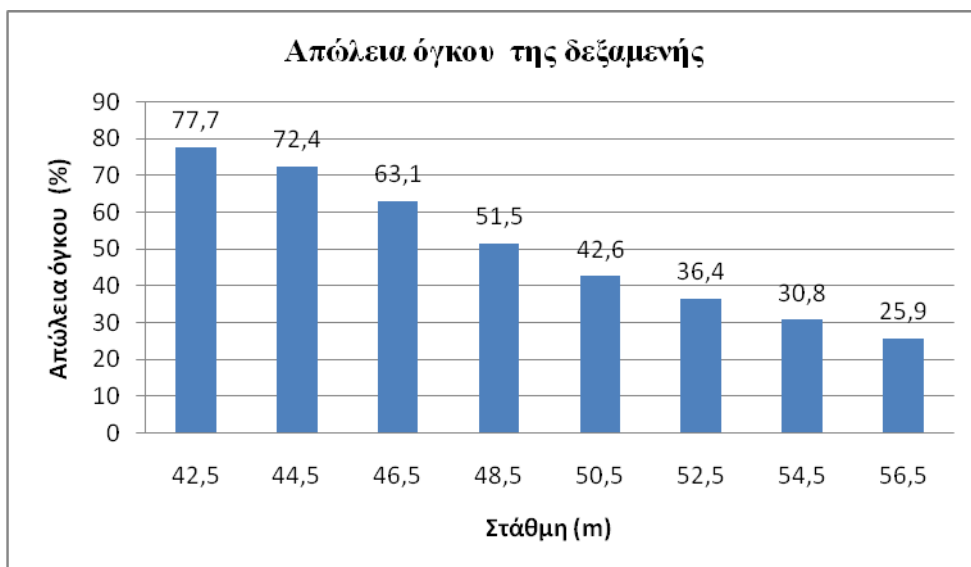
Πίνακας 3.4: Ο υπολογισμός της επιφάνειας και του όγκου από την αποτύπωση του φράγματος.

Αποτύπωση				
Βάθος	Στάθμη	Επιφάνεια (Α)	Όγκος (V)	V_{total}
m	m	m²	m³	m³
0	56,5	142192	262243	923346
2	54,5	120051	213912	661103
4	52,5	93861	165963	447191
6	50,5	72102	128117	281228
8	48,5	56015	86962	153111
10	46,5	30947	43768	66149
12	44,5	12821	17601	22381
14	42,5	4780	4780	4780
16	40,5	0	0	0



Διάγραμμα 3.3: Διάγραμμα όγκου νερού ανά στάθμη ύδατος από την αποτύπωση και το σχεδιασμό του φράγματος.

Στο παρακάτω Διάγραμμα 3.4 παρουσιάζεται η απώλεια του όγκου ανά στάθμη (δηλ. ανά δύο μέτρα) στην δεξαμενή του φράγματος. Στο Διάγραμμα φαίνεται πως οι απώλειες όγκου της δεξαμενής του φράγματος είναι μεγαλύτερες στα μικρότερα βάθη και μικρότερες στα μεγαλύτερα βάθη.



Διάγραμμα 3.4: Απώλεια όγκου (%) ανά στάθμη ύδατος της δεξαμενής του φράγματος.

Στην παρακάτω Εικόνα 3.2 απεικονίζεται πως πραγματοποιήθηκε η αποτύπωση του φράγματος.



Εικόνα 3.2: Αποτίπωση φράγματος.

4. Δειγματοληψία και Ανάλυση Δεδομένων

4.1 Δείκτες

Ο έλεγχος της μικροβιολογικής ποιότητας των υδάτων αναψυχής και κολύμβησης καθώς και η καταλληλότητα του πόσιμου νερού στηρίζεται στους ίδιους δείκτες (Πίνακας 4.1). Γίνεται, σύμφωνα με την διεθνή και ελληνική νομοθεσία, με δύο μεθόδους, την μέθοδο των πολλαπλών σωληναρίων και την μέθοδο της διήθησης δια μικροβιοκρατών μεμβρανών, όπως αυτές καθορίζονται από την Αμερικανική Εταιρεία Δημόσιας Υγείας (American Public Health Association- APHA).

Η μικροβιολογική καταλληλότητα των υδάτων, είτε αυτά είναι πόσιμα, είτε νερά αναψυχής (κολυμβητικά), είτε επιφανειακά νερά (ποταμοί, λίμνες, θάλασσες), καθορίζεται με την καταμέτρηση συγκεκριμένων μικροοργανισμών, των μικροβιακών δεικτών.

Οι μικροβιακοί δείκτες είναι αλλόχθονοι μικροοργανισμοί, οι οποίοι διαβιούν παροδικά μέσα στο υδάτινο περιβάλλον προερχόμενοι συνήθως από το γαστρεντερικό σωλήνα ανθρώπων και ζώων.

Οι κυριότεροι μικροβιακοί δείκτες ρύπανσης των υδάτων είναι τα ολικά κολοβακτηριοειδή, τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή και οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι υποομάδα των οποίων είναι οι εντερόκοκκοι, ενώ υπάρχουν και συμπληρωματικοί δείκτες ρύπανσης οι οποίοι διαφέρουν ανάλογα με την κατηγορία των υδάτων που ελέγχεται.

Οι κυριότερες παράμετροι που προβλέπονται να εξετάζονται ως μικρόβια-δείκτες είναι τα:

1. Ολικά κολοβακτηριοειδή
2. Κολοβακτηριοειδή κοπράνων
3. Στρεπτόκοκκοι κοπράνων
4. Κλωστηρίδια αναγωγικών θειωδών αλάτων
5. Καταμέτρηση των συνολικών βακτηριδίων για το πόσιμο νερό

5.1 στους 37 βαθμούς Κελσίου

5.2 στους 22 βαθμούς Κελσίου

Η σημασία της ανεύρεσης κάθε μιας από τις παραπάνω παραμέτρους έγκειται στο ότι δίδει με αρκετή προσέγγιση πληροφορίες για το είδος της μόλυνσης που αφορά το νερό από το οποίο έχει ληφθεί το δείγμα που εξετάστηκε.

Έτσι λοιπόν,

- Τα Ολικά Κολοβακτηριοειδή δεν προέρχονται μόνο από τα κόπρανα των ανθρώπων και ζώων αλλά και από το χώμα και τα φυτά και επομένως μόνη η παρουσία τους, εφόσον δεν συνυπάρχουν και άλλες βακτηριολογικές παράμετροι στα αποτελέσματα μιας εξέτασης νερού, θα μπορούσε π.χ. να υποδηλώνει ενδεχόμενη περιβαλλοντικής προέλευσης μόλυνση του νερού.
- Τα Κολοβακτηριοειδή κοπράνων αντίθετα, επειδή έχουν προέλευση τον εντερικό σωλήνα ανθρώπων και θερμόαιμων ζώων υποδεικνύουν μόλυνση κοπρανώδους προέλευσης του νερού και στην περίπτωση αυτή είναι βέβαια αυτονόητος ο κίνδυνος να υπάρχουν και παθογόνοι μικροοργανισμοί με τις όποιες συνέπειες. Η *Escherichia coli* (Κολοβακτηρίδιο) συνιστά ένα τυπικό μέλος της

ομάδας αυτής των μικροοργανισμών και κατά συνέπεια η παρουσία έστω και ενός (1) μικροβιακού κυττάρου σε 100 ml χλωριωμένου νερού είναι ενδεικτική μόλυνσης ή κακής απολύμανσης του.

- Οι Στρεπτόκοκκοι κοπράνων είναι μια ομάδα μικροοργανισμών που αποτελείται από είδη που βρίσκονται στον εντερικό σωλήνα ανθρώπων και θερμόαιμων ζώων και αν υπάρχουν, υποδεικνύουν μόλυνση κοπρανόδους προέλευσης του νερού και στην περίπτωση αυτή είναι βέβαια αυτονόητος ο κίνδυνος να υπάρχουν και παθογόνοι μικροοργανισμοί με τις όποιες συνέπειες. Η παρουσία αυτών των μικροοργανισμών επιβεβαιώνει τη μόλυνση του νερού από λύματα και ιδίως όταν δεν ανευρίσκονται *E.coli*, με δεδομένη μάλιστα τη μεγαλύτερη αντοχή τους στην οριακή χλωρίωση αυξάνει η αξία τους στην εκτίμηση της μικροβιολογικής ποιότητας. Περιλαμβάνουν τα είδη *Streptococcus bovis*, *S.avium*, *S. gallinarum*, *S. equinus*, αλλά και τα είδη *S. faecium* & *S. faecalis* που συναντώνται συχνότερα στον εντερικό σωλήνα του ανθρώπου. Οι στρεπτόκοκκοι κοπράνων που ανήκουν στα είδη, *S.gallinarum*, *S.equinous*, *S.faecium* & *S.faecalis* συνιστούν μια υποομάδα που ονομάζεται εντερόκοκκοι.

- Το Κλωστηρίδιο το διαθλαστικό είναι ένα σπορογόνο βακτηρίδιο και με τους σπόρους του επιζεί σε αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες, αλλά εμφανίζει και μεγαλύτερη αντοχή στη χλωρίωση. Η παρουσία του αποτελεί απόδειξη μόλυνσης του νερού ακόμη και στις περιπτώσεις εκείνες που δεν ανιχνεύεται *E. coli*, οπότε και εκτιμάται ότι η μόλυνση είναι παλιά. Η ανίχνευσή του θεωρείται ότι έχει ιδιαίτερη σημασία για τις ελλείψεις που αφορούν τα μικρά συστήματα υδρεύσεων που δεν είναι δυνατόν να ελέγχονται σε τακτική βάση,

- Η καταμέτρηση των συνολικών βακτηριδίων στο πόσιμο νερό μας δίδει μια εικόνα της μικροβιολογικής καθαρότητας του νερού, ιδίως για τις περιπτώσεις που αυτό χρησιμοποιείται από βιομηχανίες τροφίμων και φαρμάκων. Για τα δίκτυα ύδρευσης η σταθερότητα του αριθμού τους είναι σημαντικός δείκτης της ακεραιότητας του δικτύου και της επάρκειας της χλωρίωσης. Αιφνίδια αύξηση του αριθμού τους κατά 1-2 λογάριθμους μπορεί να υποδηλώνει ανεπάρκεια στο σύστημα επεξεργασίας του νερού, επιμόλυνση της πηγής υδροληψίας ή και ανάπτυξη βιολογικού υμενίου στο δίκτυο. Πολλές φορές είναι το πρώτο ανιχνεύσιμο σημείο μόλυνσης.

- Άλλα μικρόβια - δείκτες είναι η *Pseudomonas aeruginosa* (εμφιαλωμένα νερά, ύδρευση νοσοκομείων, κολυμβητικές δεξαμενές), *Rodococcus coprophilus* (νοκαρδιόμορφος ακτινομύκητας-ειδικός δείκτης ζωικής μόλυνσης του νερού), οι βακτηριοφάγοι των εντεροβακτηριδίων (ως δείκτες της παρουσίας των ιών στο νερό) κ.ά.

Ο ιδανικός οργανισμός – δείκτης πρέπει να έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- α) να είναι εφαρμόσιμος σε όλα τα νερά
- β) να συνυπάρχει με τα παθογόνα είδη
- γ) να έχει αρκετή συγκέντρωση σε σχέση με τα παθογόνα είδη
- δ) η συγκέντρωσή του να είναι ανάλογη με το βαθμό μόλυνσης
- ε) να έχει χρόνο ζωής παραπλήσιο με τα παθογόνα είδη
- στ) να μην υπάρχει σε καθαρά νερά
- ζ) να είναι εύκολα ανιχνεύσιμος

η) να έχει σταθερά βιοχημικά χαρακτηριστικά για ανίχνευση

θ) να είναι αβλαβής (Πολιτόπουλος Δ., 2012)

Πίνακας 4.1: Μικροβιακοί δείκτες και Νομοθεσία για τα πόσιμα νερά.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΤΙΜΗ	
	ΥΑ Α5/288/86	ΚΥΑ Υ2/2600/01
ΟΜΧ 22 °C ΟΜΧ 37 °C	100 / 1 ml 10 / 1 ml	Άνευ ασυνήθους μεταβολής (ενδεικτική)
Ολικά κολοβακτηριοειδή	0 / 100 ml	0 / 100 ml (ενδεικτική)
Κολοβακτηριοειδή κοπράνων	0 / 100 ml	-
<i>E. coli</i>	-	0 / 100 ml
Στρεπτόκοκκοι κοπράνων	0 / 100 ml	
Εντερόκοκκοι	-	0 / 100 ml
Κλωστηρίδια θειοαναγωγικά	0 / 20 ml	-
<i>Clostridium perfringens</i> + σπόροι*	-	0 / 100 ml
*Όταν το νερό προέρχεται η επηρεάζεται από επιφανειακά νερά		

4.2. Μικροβιολογική Ανάλυση Δείγματος Νερού

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν κατά τους μήνες Δεκέμβριο και Μάρτιο στην περιοχή της Ερεσού και πιο συγκεκριμένα στο ορεινό τμήμα της λεκάνης απορροής του χειμάρρου Χαλάντρα. Τα δείγματα λήφθηκαν από δύο διαφορετικά ρυάκια καθώς και από τη δεξαμενή του φράγματος. (Εικόνα 4.1). Στο σύνολό τους ήταν έξι. Όσον αφορά τα υλικά και τις μεθόδους, όλα τα αναλώσιμα υλικά, ο εξοπλισμός, οι μέθοδοι, οι αρχές που τις διέπουν και οι διαδικασίες των μεθόδων ανάλυσης, αναπτύσσονται παρακάτω.



Εικόνα 4.1: Σημεία δειγματοληψίας των δειγμάτων ύδατος.



Εικόνα 4.2: Σημείο δειγματοληψίας 2.

Τα ειδικά εργαστήρια μικροβιολογικής ανάλυσης του νερού δέχονται καθημερινά πολλά δείγματα, ποικίλης προέλευσης (νερά από δίκτυα ύδρευσης, εμφιαλωμένα, θαλάσσια, επιφανειακά νερά, ιαματικά ή από κολυμβητήρια). Τα δείγματα φθάνουν στο εργαστήριο για πολλούς λόγους. Τις περισσότερες φορές είναι τα λεγόμενα δείγματα ρουτίνας, δηλαδή τα δείγματα που αναλύονται για προληπτικούς λόγους, στα πλαίσια της συστηματικής παρακολούθησης του νερού, χωρίς να υπάρχει υποψία ότι το νερό έχει προκαλέσει κρούσματα ή επιδημίες. Άλλα δείγματα αποστέλλονται στα εργαστήρια επειδή το νερό ενοχοποιείται για πρόκληση κρουσμάτων. Σε άλλες περιπτώσεις δείγματα αποστέλλονται για να διαπιστωθεί εάν το νερό καλύπτει τις προδιαγραφές για την χρήση που προορίζεται. Τέτοιες περιπτώσεις δειγμάτων

αφορούν σε πηγές που προορίζονται για εμφιάλωση, για ακτές που προορίζονται να χαρακτηριστούν επισήμως ως «ακτές κολύμβησης» κ.λπ.

Στην πλειοψηφία τους τα δείγματα που αποστέλλονται στα εργαστήρια είναι δείγματα που ανήκουν στην πρώτη περίπτωση, δηλαδή είναι δείγματα προληπτικής παρακολούθησης. Έχει υπολογιστεί ότι τα δείγματα προληπτικής παρακολούθησης αποτελούν το 95% των συνολικών δειγμάτων που αναλύει ένα εργαστήριο Δημόσιας Υγείας. Στην πλειοψηφία τους τα δείγματα αυτά δεν περιέχουν παθογόνους μικροοργανισμούς και είναι κατάλληλα για κατανάλωση. Επομένως, η διεξαγωγή μικροβιολογικών αναλύσεων για την ανίχνευση όλων των κατηγοριών των παθογόνων μικροοργανισμών στα δείγματα αυτά θα ήταν μεγάλη σπατάλη κόπου, χρόνου και χρημάτων. Οι αναλύσεις για την ανίχνευση των παθογόνων απαιτούν κατά κανόνα εξειδικευμένα εργαστήρια, πολύπλοκες μεθόδους, συχνά επαναλαμβανόμενες με κλασσικές και με μοριακές τεχνικές. Οι αναλύσεις είναι ακριβές και συχνά απαιτούν πολύ χρόνο για την εξαγωγή του τελικού αποτελέσματος.

Στα δείγματα ρουτίνας γίνεται ανίχνευση των λεγόμενων δεικτών ρύπανσης. Η παρουσία δεικτών ρύπανσης σε ένα δείγμα νερού υποδεικνύει ρύπανση και επομένως την πιθανότητα (αλλά όχι την βεβαιότητα) της παρουσίας και κάποιων παθογόνων μικροοργανισμών.

Τότε απαιτείται: α) υγειονομική διερεύνηση για να διαπιστωθεί η πηγή της ρύπανσης β) εξειδικευμένες μικροβιολογικές αναλύσεις για την ανίχνευση των παθογόνων και γ) επιδημιολογική διερεύνηση για την πιθανή πρόκληση επιδημίας ή μεμονωμένων κρουσμάτων.

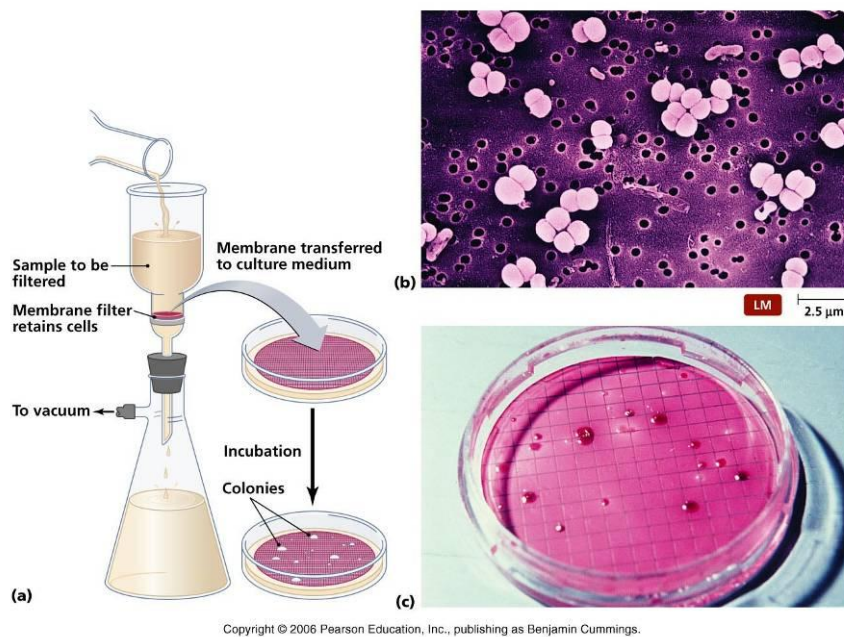
4.2.1 Μικροβιολογικές τεχνικές

Για την ανεύρεση βακτηρίων και μυκήτων χρησιμοποιήσαμε τη μέθοδο της διήθησης. Για την μέτρηση του ολικού αριθμού μεσόφιλων και ψυχρόφιλων χρησιμοποιείται η μέθοδος της ενσωμάτωσης.

Πριν από κάθε ανάλυση έχει μεγάλη σημασία η σωστή ομογενοποίηση του δείγματος με έντονη ανάδευση της φιάλης τουλάχιστον 20 φορές. Ωστόσο, η κατανομή των μικροοργανισμών στο δείγμα είναι άνιση ακόμα και μετά από καλή ανάδευση, και η βακτηριακή συγκέντρωση κάθε 100ml δείγματος που αναλύουμε μπορεί να διαφέρει σημαντικά από την συγκέντρωση του υπόλοιπου δείγματος.

4.2.2 Μέθοδος διήθησης

Η διήθηση μεμβρανών είναι γενικά μια τεχνική, η οποία χρησιμοποιεί ένα φυσικό εμπόδιο, μια πορώδη μεμβράνη ή ένα φίλτρο, για να χωρίσει τα σωματίδια σε ένα υγρό. Τα σωματίδια χωρίζονται βάσει του μεγέθους και του σχήματός τους με τη χρήση πίεσης και ειδικά σχεδιασμένων μεμβρανών με διαφορετικά μεγέθη πόρων. Αν και υπάρχουν διαφορετικές μέθοδοι διήθησης (Εικόνα 4.3) μεμβρανών (αντίστροφη όσμωση, νανοδιήθηση, υπερδιήθηση και μικροδιήθηση, κατά σειρά αυξανόμενου μεγέθους πόρων), όλες έχουν ως στόχο να διαχωρίσουν ή να συμπυκνώσουν ουσίες σε ένα υγρό.



Εικόνα 4.3: Μέθοδος διήθησης.

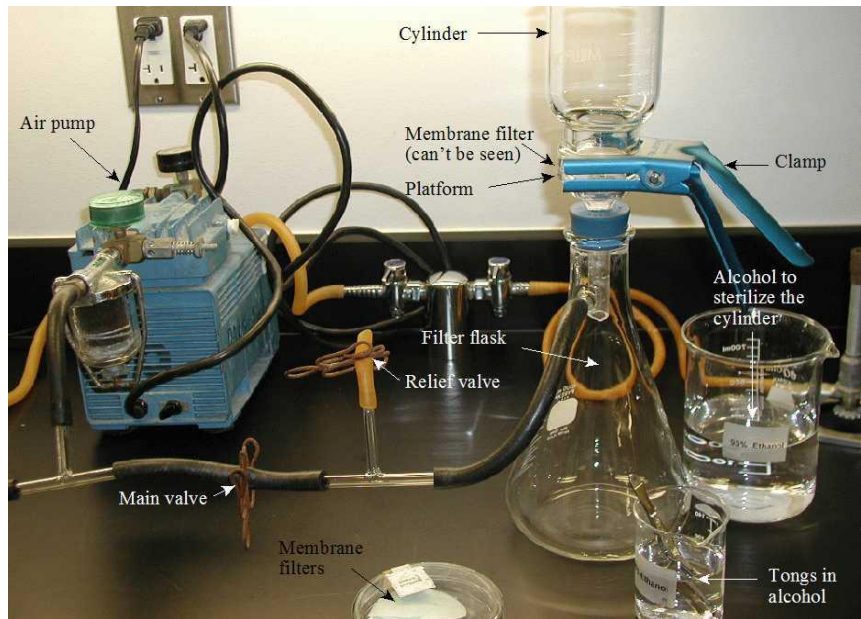
Πηγή : <http://academic.pgcc.edu/~kroberts/Lecture/Chapter%206/counting.html>

Συγκεκριμένα, σε αυτή την μέθοδο μία συγκεκριμένη ποσότητα νερού διηθείται μέσω αποστειρωμένων μικροβιοκρατών μεμβρανών συνήθως κατασκευασμένων από εστέρες κυτταρίνης (ένα λεπτό υλικό με τους πολύ μικρούς πόρους). Το μέγεθος των πόρων της μεμβράνης (porosity) πρέπει να είναι μικρότερο από το μέγεθος των βακτηριακών κυττάρων και συνήθως είναι 0.45μ. Στην επιφάνεια της μεμβράνης συνήθως υπάρχει διαγράμμιση η οποία βοηθάει στην ακριβή καταμέτρηση των αποικιών. Η μεμβράνη τοποθετείται σε διηθητική συσκευή η οποία είναι συνδεδεμένη με αντλία κενού. Μετά την διήθηση η μεμβράνη τοποθετείται στην επιφάνεια θρεπτικού υποστρώματος. Στην συνέχεια το υλικό με την μεμβράνη επωάζεται και μετά την επώαση, στην επιφάνεια της μεμβράνης αναπτύσσονται αποικίες, οι οποίες καταμετρούνται και ταυτοποιούνται.

Στα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι το γεγονός ότι η καταμέτρηση των αποικιών γίνεται με βάση των μορφολογία τους, χωρίς την ανίχνευση βιοχημικών χαρακτηριστικών. Έτσι απαιτείται επιβεβαίωση ορισμένου αριθμού αποικιών η οποία είναι και χρονοβόρος κι προσθέτει κόστος στην μέθοδο. Επίσης η μέθοδος δεν είναι αποτελεσματική σε νερό με αυξημένη θολρότητα. Στα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι τα στενότερα όρια αξιοπιστίας τα οποία υπολογίζονται με την εξίσωση :

$$C \pm 2\sqrt{C+1}$$

όπου c ο αριθμός των αποικιών που καταμετρήθηκαν στην επιφάνεια της μεμβράνης.



Εικόνα 4.4: Ολική διάταξη τυπικής μονής συστοιχίας διήθησης μεμβράνης.

Πηγή: http://biology.clc.uc.edu/Fankhauser/Labs/Microbiology/Drinking_Water/jpgs/Drinking_water.html

4.3 Εργαστηριακή ανάλυση των δειγμάτων

Υλικά

τρυβλία διαμέτρου 5.5 cm με θρεπτικό υπόστρωμα : SABOURAUD DEXTROSE AGAR

θρεπτικά υποστρώματα:

Sabouraud Dextrose Agar - Scharlau

Αποστειρωμένες μεμβράνες με μέγεθος πόρου 0.45μ.

Ογκομετρικοί κύλινδροι των 100mL αποστειρωμένοι

Λύχνος υγραερίου εργαστηριακός

Φλόγιστρο

Λαβίδες μεταλλικές

Οινόπνευμα

Εκτέλεση

1. Συγκεντρώνουμε όλα τα υλικά μας και τα δείγματα. Φροντίζουμε τα δείγματα να μείνουν λίγο σε θερμοκρασία δωματίου προτού γίνει η διήθηση και κυρίως αν είχαν συντηρηθεί-φυλαχτεί σε ψυγείο.
2. Σημειώνουμε με προσοχή τα στοιχεία των δειγμάτων επάνω στα τρυβλία, με ανεξίτηλο μαρκαδόρο και τοποθετούμε κάθε τρυβλίο μαζί με το δείγμα που του αντιστοιχεί, επανελέγχοντας με προσοχή αν ταυτίζονται για να τα έχουμε έτοιμα προς χρήση.
3. Βάζουμε σε ένα ποτήρι ζέσεως μικρή ποσότητα οινόπνευματος και βυθίζουμε μέσα δύο μεταλλικές λαβίδες και τις συντηρούμε εκεί, μέχρις ότου να τις χρειαστούμε. Ο

λόγος που έχουμε δύο λαβίδες είναι για να τις χρησιμοποιούμε εναλλάξ όταν τις πυρακτώνουμε για να τις αποστειρώσουμε, για να μην χρειάζεται να περιμένουμε να κρυώσει το μέταλλο. Μέχρι να επανέλθει η μία, αξιοποιούμε την άλλη.

4. Ανάβουμε τον εργαστηριακό λύχνο υγραερίου για να έχουμε άσηπτες συνθήκες αέρα, γύρω από τον χώρο που εργαζόμαστε, προς αποφυγή επιμολύνσεων, καθώς και για να καυτηριάζουμε-αποστειρώνουμε τις μεταλλικές λαβίδες.

5. Φέρνουμε κοντά μας το δείγμα νερού που θα διηθήσουμε, το τρυβλίο με το θρεπτικό υπόστρωμα και τις μικροβιοκρατείς αποστειρωμένες μεμβράνες με μέγεθος πόρου 0.45μ. Ελέγχουμε για άλλη μια φορά το τρυβλίο με το θρεπτικό υπόστρωμα, να αντιστοιχεί με το δείγμα.

6. Ανακινούμε την φιάλη του δείγματος τουλάχιστον 20 φορές με ήπιες κινήσεις δεξιά κι αριστερά.

7. Καίμε στον λύχνο το στόμιο της φιάλης και αφήνουμε λίγα δευτερόλεπτα την φιάλη να κρυώσει για να μην σκοτώσουμε τους μικροοργανισμούς με την θερμότητα.

8. Όσο κρυώνει η φιάλη αποστειρώνουμε στον λύχνο τις λαβίδες και τις τοποθετούμε επάνω στο στόμιο του ποτηριού ζέσεως με τα άκρα της λαβίδας να εξέχουν και να μην ακουμπούν πουθενά κι επιμολυνθούν. Αφήνουμε να επανέλθει η θερμοκρασία τους στα φυσιολογικά.

9. Έπειτα παίρνουμε έναν αποστειρωμένο ογκομετρικό κύλινδρο και ογκομετρούμε με ακρίβεια 100 mL νερού.

10. Ανοίγουμε την συσκευασία μιας από τις αποστειρωμένες διηθητικές μεμβράνες και βγάζουμε την μεμβράνη με μία από τις λαβίδες. Την κρατάμε με προσοχή από την περιφέρεια στα άκρα και ποτέ από το κέντρο, αποφεύγοντας να την τραυματίσουμε, να την σκίσουμε ή να την επιμολύνουμε .

11. Σηκώνουμε το χωνί διήθησης με το αριστερό χέρι ενώ με το δεξί κρατάμε την μεμβράνη με την λαβίδα και τοποθετούμε την μεμβράνη στο κέντρο της πλατφόρμας διήθησης.

12. Αποστειρώνω την λαβίδα στον λύχνο και την τοποθετώ πάνω στο ποτήρι ζέσεως όπως πριν και την αφήνω να κρυώσει.

13. Προσθέτω τα 100 mL (Εικόνα 4.5) νερού από τον ογκομετρικό κύλινδρο στο χωνί, ανοίγω την βαλβίδα εκροής και τα διηθώ.



Εικόνα 4.5: Προσθήκη δείγματος στο χωνί διήθησης.

14. Κλείνω την βαλβίδα εκροής αμέσως μόλις τελειώσει η διήθηση του νερού και δεν αφήνω σε καμία περίπτωση να διηθείται η μεμβράνη χωρίς να υπάρχει για αρκετή ώρα υγρό στο χωνί.

15. Ξεκλειδώνω το χωνί και αφαιρώ με την άλλη αποστειρωμένη λαβίδα την μεμβράνη (Εικόνα 4.6) από την πλατφόρμα διήθησης και ξανατοποθετώ το χωνί στην θέση του και κλειδώνω.



Εικόνα 4.6: Αφαίρεση μεμβράνης από την πλατφόρμα διήθησης.

16. Μεταφέρω την μεμβράνη στο τρυβλίο με το θρεπτικό υλικό και την ενοφθαλμιζώ στην επιφάνεια του υποστρώματος με την πλευρά κατακράτησης των μικροοργανισμών προς τα επάνω. Αφήνω λίγο την μεμβράνη να προσκολληθεί στο θρεπτικό υπόστρωμα και στην συνέχεια αναστρέφω τα τρυβλία.

Σε αυτό το σημείο, της μεταφοράς της μεμβράνης και του ενοφθαλμισμού της στο θρεπτικό υλικό, πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή ώστε να μην εγκλωβίζεται αέρας μεταξύ της μεμβράνης και της επιφάνειας του υποστρώματος.

17. Επώαση των τρυβλίων με την μεμβράνη στην κατάλληλη θερμοκρασία. Η επώαση των δειγμάτων έγινε σε θερμοκρασία 37°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$), για 24 μέχρι 48h για τα βακτήρια.

18. Μετά την επώαση ακολουθεί η ανάγνωση των αποτελεσμάτων και η καταμέτρηση των αποικιών και η εξαγωγή συμπερασμάτων (Εικόνα 4.7).

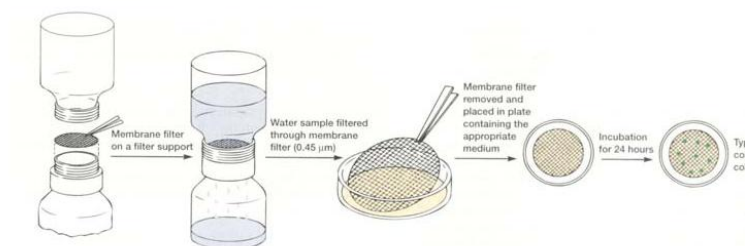
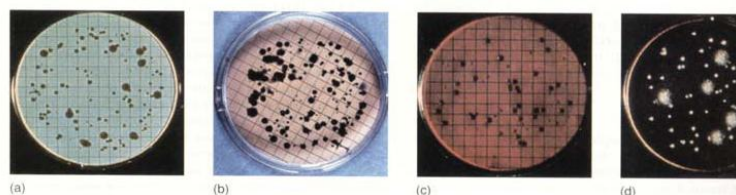


Figure 6.7 The Membrane Filtration Procedure.



Εικόνα 4.7: Αποικίες που αναπτύσσονται στην επιφάνεια μεμβρανών έπειτα από διήθηση και εμποτισμό του ηθμού με κατάλληλο θρεπτικό μέσο.

Πηγή: <http://www.metal.ntua.gr/uploads/2995/askhsh1.pdf>

4.4 Αποτελέσματα ανάλυσης δειγμάτων

Το θρεπτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Sabouraud Dextrose Agar – Scharlau για την ανίχνευση του κολοβακτηριδίου *E. coli*. Η επώαση των δειγμάτων από την πρώτη δειγματοληψία έγινε σε θάλαμο ανάπτυξης στους 37° C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$), για 24 μέχρι 48h, που είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη και άλλων βακτηριδίων εκτός από την *E. Coli*. Στην δεύτερη δειγματοληψία η επώαση πραγματοποιήθηκε στους 48° C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$), για 24 μέχρι 48h, με συνέπεια την ανάπτυξη του βακτηρίου *E. coli*.

Στον Πίνακα 4.2 και στον Πίνακα 4.3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την δειγματοληψία Δεκεμβρίου 2013 και Μαρτίου 2014 αντίστοιχα για τις διηθήσεις των 100 ml, 10 ml και 1 ml.

Πίνακας 4.2: Αποτελέσματα δειγματοληψίας Δεκεμβρίου 2013 (100 ml, 10 ml και 1ml) για την ανίχνευση του φορτίου των βακτηρίων στους 37° C.

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ 2013			
	100 ml	10 ml	1 ml
Δείγμα 1	2 τυπικές > 100 μη τυπικές	> 100 μη τυπικές	49 μη τυπικές
Δείγμα 2	3 τυπικές > 100 μη τυπικές	> 100 μη τυπικές	21 μη τυπικές
Δείγμα 3	37 τυπικές > 100 μη τυπικές	5 τυπικές	38 μη τυπικές

Από τα αποτελέσματα της πρώτης δειγματοληψίας παρατηρείται ότι δεν αναπτύχθηκαν αποικίες του βακτηρίου *E. coli* στα τρεχούμενα νερά, ενώ αναπτύχθηκαν πολλές αποικίες στο δείγμα νερού από τη δεξαμενή του φράγματος. Αυτό συμβαίνει λόγω χαμηλών βροχοπτώσεων και μη ανανέωσης του νερού. Επομένως το νερό του φράγματος καθώς και το τρεχούμενο νερό είναι μη κατάλληλο για οικιακή χρήση και κατανάλωση.

Πίνακας 4.3: Αποτελέσματα δειγματοληψίας Μαρτίου 2014 (100 ml, 10 ml και 1 ml) για την ανίχνευση του φορτίου των βακτηρίων στους 48° C.

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΜΑΡΤΙΟΥ 2014			
	100 ml	10 ml	1 ml
Δείγμα 1	24 τυπικές	3 τυπικές	1 τυπική
Δείγμα 2	9 τυπικές	2 τυπικές	-
Δείγμα 3	2 τυπικές	-	-

Από τα αποτελέσματα της δεύτερης δειγματοληψίας παρατηρείται ότι αναπτύχθηκαν αποικίες του βακτηρίου *E. coli* στην ανάλυση των δειγμάτων από τα τρεχούμενα νερά, ενώ στο δείγμα νερού του φράγματος αναπτύχθηκαν ελάχιστες αποικίες. Αυτό συνέβη λόγω αυξημένων βροχοπτώσεων στις περιοχές λήψης των δειγμάτων. Η επεξήγηση για το αυξημένο φορτίο κολοβακτηριδίων στα τρεχούμενα νερά μπορεί να είναι η απόρριψη λυμάτων (π.χ. κτηνοτροφικά, αστικά). Από τα παραπάνω συμπεραίνεται πως το νερό του φράγματος είναι καλύτερης ποιότητας το μήνα Μάρτιο σε σχέση με τον μήνα Δεκέμβριο.

5. Ανάλυση Μετεωρολογικών Δεδομένων

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στη συλλογή, ανάλυση και επεξεργασία των μετεωρολογικών-βροχομετρικών δεδομένων. Για τη συγκεκριμένη εργασία συλλέχθηκαν μετεωρολογικά-βροχομετρικά δεδομένα από 8 μετεωρολογικούς σταθμούς και βροχομετρικά δεδομένα από 4 βροχομετρικούς σταθμούς που βρίσκονται διάσπαρτοι σε όλη την έκταση της Νήσου Λέσβου. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 5.1) παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του κάθε σταθμού, όπως το υψόμετρο, η χρονική περίοδος συλλογής δεδομένων της βροχόπτωσης και θερμοκρασίας καθώς και οι γεωγραφικές συντεταγμένες του κάθε σταθμού.

Στην Εικόνα 5.1 απεικονίζονται οι μετεωρολογικοί- βροχομετρικοί σταθμοί σε όλη την έκταση της Νήσου Λέσβου, που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία.

Πίνακας 5.1: Πληροφορίες των μετεωρολογικών- βροχομετρικών σταθμών.

Σταθμός		Υψόμετρο m	Βροχόπτωση mm	θερμοκρασία °C	LAT	LONG
Μετεωρολογικός- Βροχομετρικός	Αεροδρόμιο Μυτιλήνης (EMY)	3	01/01/1955- 31/01/2010	01/01/1955- 31/12/2003	432572	72516
	Ερεσός	12,5	30/10/2009 - 31/12/2012	30/10/2009 - 31/12/2012	4333244	666663
	Λόφος Παν/μίου (Μυτιλήνη)	71	01/07/2003- 21/10/2013	01/07/2003- 21/10/2013	432889	72199
	Αγ. Παρασκευή	94	01/07/2003- 21/10/2013	01/07/2003- 21/10/2013	434394	69786
	Ακράσι	362	01/07/2003- 21/10/2013	01/07/2003- 21/10/2013	432224	69948
	Πτερούντα	307	01/07/2003- 31/07/2006	01/07/2003- 31/07/2006	434265	67664
	Σίγρι	46	01/06/2007- 21/10/2013	01/06/2007- 21/10/2013	434156	66006
	Στύψη (EMY)	395,7	17/10/1989- 28/02/2012	01/01/1990- 31/12/2006	435333	69174
Βροχομετρικός	Σχολείο Αγ. Παρασκευής	95	12/12/1976- 24/11/2010	-	434621	69583
	Αλυκές Πολιχνίτου	3	01/02/2003- 03/01/2011	-	433155	68803
	Αλυκές Καλλονής	3	02/01/2008- 29/11/2010	-	4342095	694119
	Σχολείο Άντισσας	275	21/10/1974- 15/12/2001	-	4344107	670922



Εικόνα 5.1: Μετεωρολογικοί-βροχομετρικοί σταθμοί σε όλη την έκταση της Νήσου Λέσβου.

Τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού της λεκάνης απορροής της Ερεσού πάρθηκαν από το Εργαστήριο Παράκτιας Μορφοδυναμικής και Θαλάσσιας Γεωλογίας του Τμήματος Επιστημών της Θάλασσας.

Τα δεδομένα των πέντε (δηλ. σταθμός Λόφος Πανεπιστημίου, Ακράσι, Αγία Παρασκευή, Πτερούντα και Σίγρι) από τους οχτώ μετεωρολογικούς-βροχομετρικούς συλλέχθηκαν από το εργαστήριο Γεωγραφίας και Φυσικών Καταστροφών του Τμήματος Γεωγραφίας.

Τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού Στύψης πάρθηκαν από το Υπουργείο Γεωργίας σε αναλογική μορφή και δημιουργήθηκε ψηφιακή βάση δεδομένων στο λογισμικό πακέτο Excel 2007. Η βάση δεδομένων περιείχε πληροφορίες όπως η ημέρα, ο μήνας, το έτος, τα χιλιοστά βροχόπτωσης/ ημέρα καθώς και η μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία ανά 24 ώρες.

Ακόμα τα δεδομένα για το σταθμό του Αεροδρομίου Μυτιλήνης πάρθηκαν από το Εργαστήριο Δημοσίων Έργων του Ν. Λέσβου και τέλος, τα δεδομένα των βροχομετρικών σταθμών «Σχολείο Αγίας Παρασκευής», «Σχολείο Άντισσας», «Αλυκές Πολιχνίτου», «Αλυκές Καλλονής» από αναλογική μορφή μετατράπηκαν σε ψηφιακή.

Η ανάλυση και επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων πραγματοποιήθηκε με την συμβολή του λογισμικού πακέτου Matlab και Excel. Στα δεδομένα, υπάρχουν χρονικές περιόδους, στις οποίες οι μετρήσεις είτε δεν έχουν πραγματοποιηθεί λόγω βλάβης των οργάνων, είτε δεν είναι έγκυρες για διάφορους λόγους. Στις περιπτώσεις αυτές, τα δεδομένα συμπληρώθηκαν μετά από την πραγματοποίηση συσχετίσεων ανάμεσα στους κατάλληλους σταθμούς. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης (Multiple Linear Regression) με τη συμβολή του λογισμικού SPSS.

Να σημειωθεί πως οι συμπληρωμένες τιμές αναγράφονται στα πινακάκια με θαλασσί χρώμα.

5.1 Μετεωρολογικοί- Βροχομετρικοί σταθμοί

5.1.1 Σταθμός Αεροδρομίου Μυτιλήνης

Ο σταθμός αυτός βρίσκεται στο αεροδρόμιο, 8 km νοτιοανατολικά από την πόλη της Μυτιλήνης και σε υψόμετρο 3 m. Καταγράφει δεδομένα βροχόπτωσης, μέγιστη ελάχιστη και μέση θερμοκρασία, ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου και σχετική υγρασία.

Δεδομένα βροχόπτωσης

Ο σταθμός Αεροδρομίου Μυτιλήνης παρέχει δεδομένα βροχόπτωσης για την περίοδο 1955-2004. Παρακάτω, παρουσιάζεται ο Πίνακας 5.2 με την ετήσια βροχόπτωση του σταθμού καθώς επίσης και συγκριτικό διάγραμμα ανάμεσα στο συνολικό ύψος βροχής του σταθμού για τα έτη 1955-2004. Παρουσιάζονται και οι μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις για τον σταθμό «Αεροδρόμιο Μυτιλήνης» στον Πίνακα 5.3.

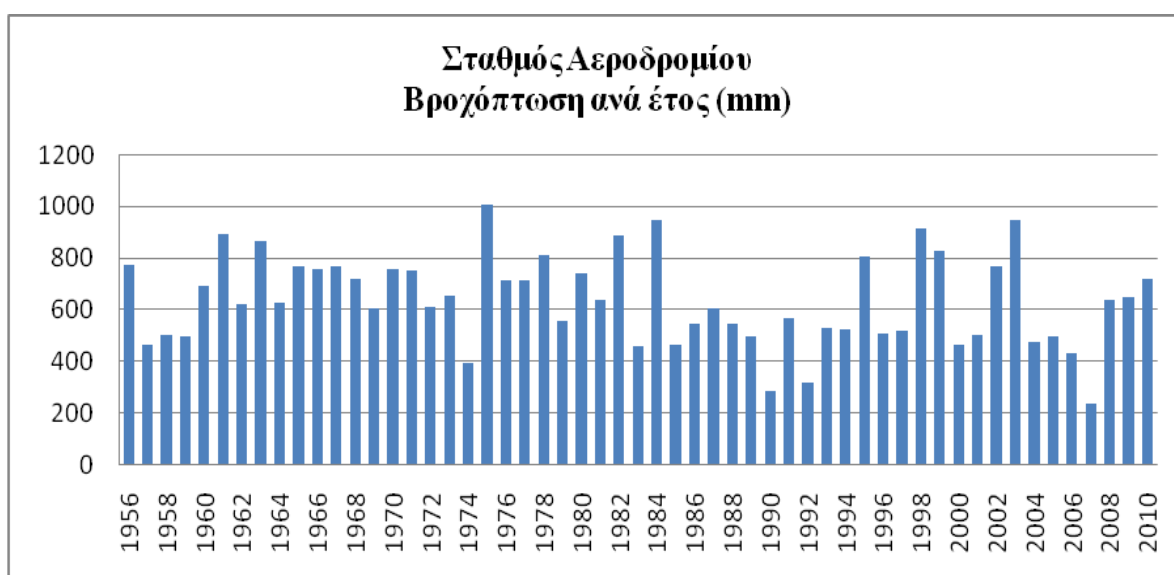
Πίνακας 5.2: Ετήσια βροχόπτωση από το σταθμό «Αεροδρόμιο Μυτιλήνης».

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)							
Υδρολογικό Έτος	1955-1956		1956-1957	1957-1958	1958-1959	1959-1960	1960-1961
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	774,7		466,1	503,4	499,1	691,4	892,2
Υδρολογικό Έτος	1961-1962	1962-1963	1963-1964	1964-1965	1965-1966	1966-1967	1967-1968
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	621	866,8	625,6	769,9	755,8	766,4	719,9
Υδρολογικό Έτος	1968-1969	1969-1970	1970-1971	1971-1972	1972-1973	1973-1974	1974-1975
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	607,5	757,6	753,4	609,2	656,5	391,4	1007
Υδρολογικό Έτος	1975-1976	1976-1977	1977-1978	1978-1979	1979-1980	1980-1981	1981-1982
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	714	712	811,7	557,1	739,7	635,6	889,9
Υδρολογικό Έτος	1982-1983	1983-1984	1984-1985	1985-1986	1986-1987	1987-1988	1988-1989
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	458,1	948,4	463,1	545,4	607,8	545,1	495,4
Υδρολογικό Έτος	1989-1990	1990-1991	1991-1992	1992-1993	1993-1994	1994-1995	1995-1996
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	285,8	566,7	318,8	526,9	524,7	807,4	508,6
Υδρολογικό Έτος	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	520,5	915,6	828,7	465,6	504,8	767,9	949
Υδρολογικό Έτος	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	474,6	497,2	432,8	237,2	640,1	648,8	721,9
Μέσο Ύψος Βροχής 1955-2010	636,4						

Πίνακας 5.3: Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις από το σταθμό «Αεροδρόμιο Μυτιλήνης».

Μήνες	Μέση μηνιαία βροχόπτωση(1955-2010) (mm)
Ιανουάριος	111,1
Φλεβάρης	92,9
Μάρτης	70,0
Απρίλης	45,4
Μάης	19,6
Ιούνης	5,5
Ιούλης	2,0
Αύγουστος	2,6
Σεπτέμβρης	12,8
Οκτώβρης	43,0
Νοέμβρης	94,0
Δεκέμβρης	138,4

Στο Διάγραμμα 5.1 αναφέρεται η συνολική βροχόπτωση από το σταθμό «Αεροδρόμιο».



Διάγραμμα 5.1: Συνολική βροχόπτωση ανά έτος του μετεωρολογικού σταθμού Αεροδρομίου Μυτιλήνης.

Από τα δεδομένα βροχόπτωσης για την περίοδο 1955-2010 στο σταθμό του Αεροδρομίου παρατηρείται ότι το πιο υγρό έτος είναι το 1974-1975 με 1007mm βροχής και το πιο ξηρό έτος το 2007 με 237,2mm βροχής. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής για τα έτη 1955-2010 είναι 636,4mm.

Δεδομένα Θερμοκρασίας

Τα δεδομένα θερμοκρασίας από το μετεωρολογικό σταθμό του αεροδρομίου της Μυτιλήνης παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.4 και αφορούν τη χρονική περίοδο 1955-2003. Συγκεκριμένα στον Πίνακα 5.4 παρουσιάζονται οι μέσες ετήσιες θερμοκρασίες και στον Πίνακα 5.5 οι μέσες μηνιαίες.

Πίνακας 5.4: Μέσες ετήσιες θερμοκρασίες από τον σταθμό «Αεροδρόμιο».

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)							
Έτος	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961
Μέση Ετήσια Θερμοκρασία	18,8	17,4	18,0	18,1	17,1	18,3	17,9
Έτος	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
Μέση Ετήσια Θερμοκρασία	18,4	18,2	17,5	17,5	18,7	17,4	17,8
Έτος	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Μέση Ετήσια Θερμοκρασία	17,5	17,9	17,3	17,3	17,3	17,4	17,3
Έτος	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Μέση Ετήσια Θερμοκρασία	16,7	17,9	17,6	17,8	17,4	17,7	17,0
Έτος	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Μέση Ετήσια Θερμοκρασία	17,1	17,5	17,7	17,8	16,9	17,4	17,5
Έτος	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Μέση Ετήσια Θερμοκρασία	17,9	17,0	16,9	17,3	18,3	17,8	17,4
Έτος	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Μέση Ετήσια Θερμοκρασία	17,3	18,2	19,0	18,2	19,1	18,6	18,1

Πίνακας 5.5: Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες από το σταθμό «Αεροδρόμιο».

Μήνες	Μέση μηνιαία θερμοκρασία (1955-2003)
Ιανουάριος	9,5
Φλεβάρης	10,0
Μάρτης	11,7
Απρίλης	15,6
Μάης	20,4
Ιούνιος	24,9
Ιούλιος	26,8
Αύγουστος	26,4
Σεπτέμβρης	23,0
Οκτώβρης	18,6
Νοέμβρης	14,3
Δεκέμβρης	11,3

Στο Διάγραμμα 5.2 παρουσιάζεται η ετήσια θερμοκρασία από το σταθμό Αεροδρομίου Μυτιλήνης την χρονική περίοδο 1955-2003.



Διάγραμμα 5.2: Μέση ετήσια θερμοκρασία σταθμού «Αεροδρόμιο Μυτιλήνης».

Από το Διάγραμμα 2 παρατηρείται πως το έτος 1976 είναι το έτος με τη μικρότερη μέση ετήσια θερμοκρασία (16,7°C) και το 2001 το έτος με τη μεγαλύτερη μέση ετήσια θερμοκρασία (19,1°C) από το σταθμό του αεροδρομίου της Μυτιλήνης.

5.1.2 Σταθμός Ερεσού

Ο σταθμός αυτός βρίσκεται 54 km δυτικά της πόλης της Μυτιλήνης και σε υψόμετρο 12,5 m. Καταγράφει δεδομένα βροχόπτωσης, μέγιστη ελάχιστη και μέση θερμοκρασία, ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου και σχετική υγρασία για τη χρονική περίοδο 2009-2012. Τα δεδομένα του σταθμού της Σκάλας Ερεσού είναι ελλιπή λόγω προβλημάτων του μετεωρολογικού σταθμού με συνέπεια οι ημερήσιες χρονοσειρές να μη χρησιμοποιηθούν στο υδρολογικό μοντέλο SWAT.

Δεδομένα Βροχόπτωσης

Στον πίνακα 5.6 παρουσιάζεται η μηνιαία βροχόπτωση του σταθμού και οι συνολικές τιμές της ανά έτος, καθώς επίσης και συγκριτικό διάγραμμα ανάμεσα στο συνολικό ύψος βροχής του σταθμού για τα έτη 2009-2012.

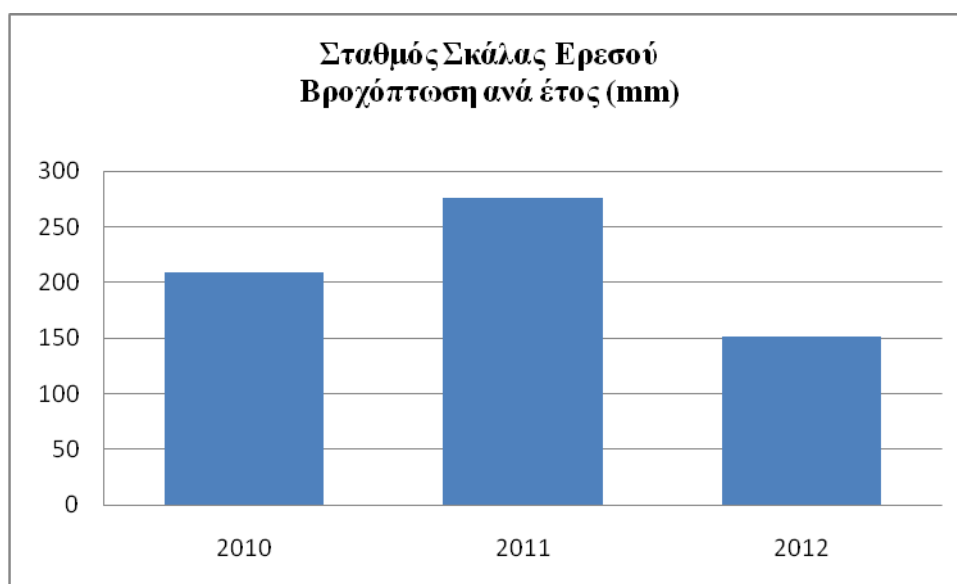
Πίνακας 5.6: Μηνιαία βροχόπτωση από το σταθμό «Ερεσός».

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)				
Μήνες	2009	2010	2011	2012
Ιανουάριος	-	35.6	31.8	17.2
Φλεβάρης	-	58.5	24.1	31.6
Μάρτης	-	11.6	26.8	8.9
Απρίλης	-	4.1	18.6	54.3
Μάης	-	4.8	26.7	0

Ιούνης	-	5.5	7.6	0
Ιούλης	-	0	0	-
Αύγουστος	-	0	0	-
Σεπτέμβρης	-	0.7	11.7	-
Οκτώβρης	-	88.7	0	4.1
Νοέμβρης	44	1.4	0	10.4
Δεκέμβρης	44.1	39.2	28.2	57.7
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	-	208.9	276.6	151.9
Μέσο Ύψος Βροχής 2009-2012	212.5			

Συγκρίνοντας με τον σταθμό του αεροδρομίου η βροχόπτωση είναι μικρότερη στην Ερεσό. Ωστόσο, υπάρχουν κενά στα δεδομένα και οι τιμές δεν είναι απόλυτα σωστές και ίσως απέχουν από την πραγματικότητα.

Στο Διάγραμμα 5.3 παρουσιάζεται η ετήσια βροχόπτωση από το μετεωρολογικό σταθμό της Ερεσού.



Διάγραμμα 5.3: Συνολική βροχόπτωση ανά έτος στο σταθμό της Σκάλας Ερεσού (στο διάγραμμα συμπεριλαμβάνονται και οι μήνες που δεν έχουν δεδομένα).

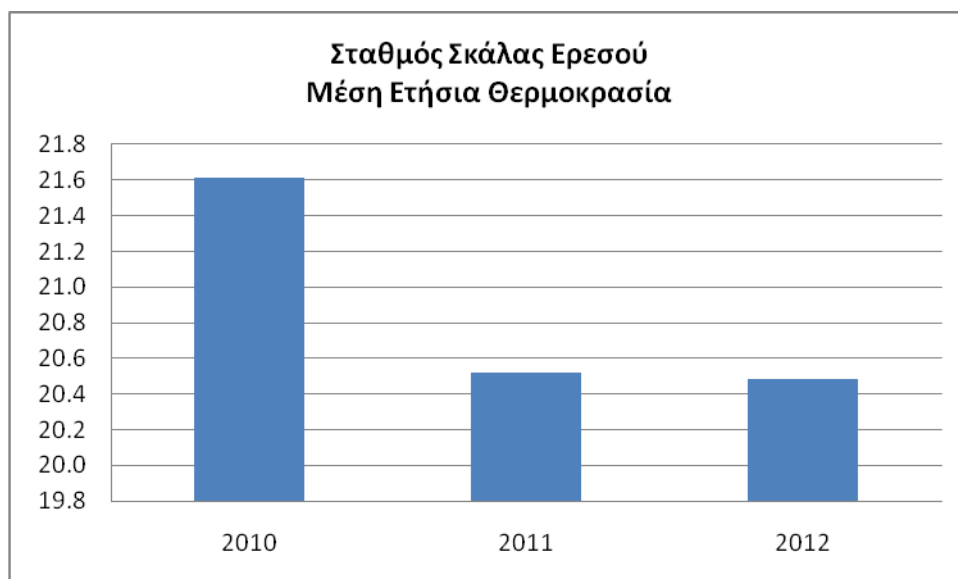
Δεδομένα Θερμοκρασίας

Τα δεδομένα θερμοκρασίας για το μετεωρολογικό σταθμό Σκάλας Ερεσού παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.7 και αφορούν τη χρονική περίοδο 2009-2012. Συγκεκριμένα στον πίνακα παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες καθώς και οι μέσες ετήσιες θερμοκρασίες.

Πίνακας 5.7: Μέση μηνιαία θερμοκρασία από το σταθμό «Ερεσός».

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)				
Μήνες	2009	2010	2011	2012
Ιανουάριος	-	13.0	13.0	9.8
Φλεβάρης	-	13.6	13.3	10.2
Μάρτης	-	15.6	13.8	12.5
Απρίλης	-	19.5	16.3	15.9
Μάης	-	23.4	22.8	21.9
Ιούνης	-	27.6	27.8	29.7
Ιούλης	-	31.1	30.9	30.1
Αύγουστος	-	32.6	30.5	30.6
Σεπτέμβριος	-	27.3	28.7	28.0
Οκτώβρης	19.8	20.8	20.0	24.2
Νοέμβρης	18.1	19.9	15.0	19.2
Δεκέμβρης	15.4	14.9	14.1	13.7
Μέση Ετήσια Θερμοκρασία	-	21.6	20.5	20.5
Μέση Θερμοκρασία 2009-2012	20.9			

Στο Διάγραμμα 5.4 παρουσιάζεται η μέση ετήσια θερμοκρασία από το μετεωρολογικό σταθμό Σκάλας Ερεσού.



Διάγραμμα 5.4: Μέση ετήσια θερμοκρασία από το σταθμό «Ερεσός».

Από το Διάγραμμα 5.4 παρατηρείται πως το έτος 2012 είναι το έτος με τη μικρότερη μέση ετήσια θερμοκρασία και το 2010 το έτος με τη μεγαλύτερη μέση ετήσια θερμοκρασία για το σταθμό της Σκάλας Ερεσού.

5.1.3 Σταθμός Λόφου Πανεπιστημίου

Ο σταθμός αυτός βρίσκεται λίγο έξω από την πόλη της Μυτιλήνης και σε υψόμετρο 71 m. Καταγράφει δεδομένα βροχόπτωσης, μέγιστη ελάχιστη και μέση θερμοκρασία, ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου και σχετική υγρασία για τη χρονική περίοδο 2003-2013.

Δεδομένα Βροχόπτωσης

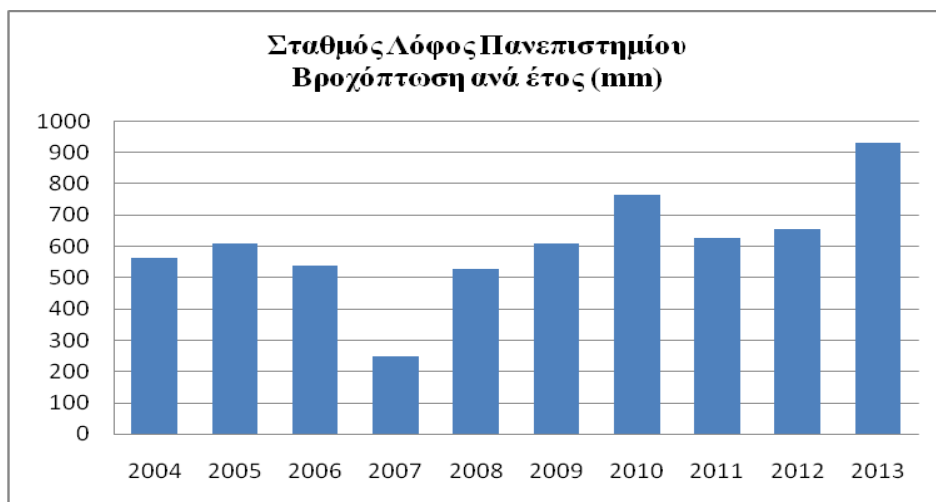
Στον πίνακα 5.8 παρουσιάζεται η μηνιαία βροχόπτωση του σταθμού και οι συνολικές τιμές της ανά έτος, καθώς επίσης και συγκριτικό διάγραμμα ανάμεσα στο συνολικό ύψος βροχής του σταθμού για τα έτη 2003-2013.

Πίνακας 5.8: Μηνιαία βροχόπτωση για το σταθμό «Λόφος Πανεπιστημίου».

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)											
Μήνες	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Ιανουάριος	-	232,3	70,2	43,8	30,2	47,1	112,7	87,9	116,5	112	152,8
Φλεβάρης	-	55,6	261,8	42,8	71,3	18	124,1	321,2	74,6	83	172,7
Μάρτης	-	31,7	91,4	34,8	59,7	37,7	125,3	24,5	23,1	27,1	75
Απρίλης	-	65,4	27,6	19,2	9,8	71,4	39,1	27,2	46	142,1	52,7
Μάης	-	20,7	15	1,4	23,6	1,7	11,5	34,3	32,3	72,6	14

Ιούνης	-	40,2	17,7	0,3	13,5	0,3	6,8	30,1	12,2	0	6,1
Ιούλης	0	0	0,8	0	0	0	15	0	0	0,4	3,4
Αύγουστος	0	0	0,4	0	0	0,2	0	0	0	0	0
Σεπτέμβρης	18,4	0,2	0,1	0	0	42,5	27,7	19	3	0,4	21,4
Οκτώβρης	39,5	0,4	1,5	17,3	51,2	3,6	0,2	159	85,4	33,4	101,4
Νοέμβρης	5,9	18,6	299,1	1,3	100,2	45,9	89,5	25,2	0,2	41	156,9
Δεκέμβρης	72,9	103,5	94,9	21,6	157,4	97,4	131	134,5	133,3	258,2	13,6
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	-	564,4	607,5	537,8	248,3	527,7	609,1	764,9	626,4	656,5	932,1
Μέσο Ύψος Βροχής 2003-2013	607,5										

Στο Διάγραμμα 5.5 παρουσιάζεται η ετήσια βροχόπτωση από το μετεωρολογικό σταθμό «Λόφος Πανεπιστημίου».



Διάγραμμα 5.5: Συνολική βροχόπτωση ανά έτος στο σταθμό του Λόφου Πανεπιστημίου.

Από το Διάγραμμα 5.5 φαίνεται πως το 2013 είναι το πιο υγρό έτος και το πιο ξηρό έτος είναι το 2007 για το σταθμό «Λόφος Πανεπιστημίου» τη χρονική περίοδο 2003-2013.

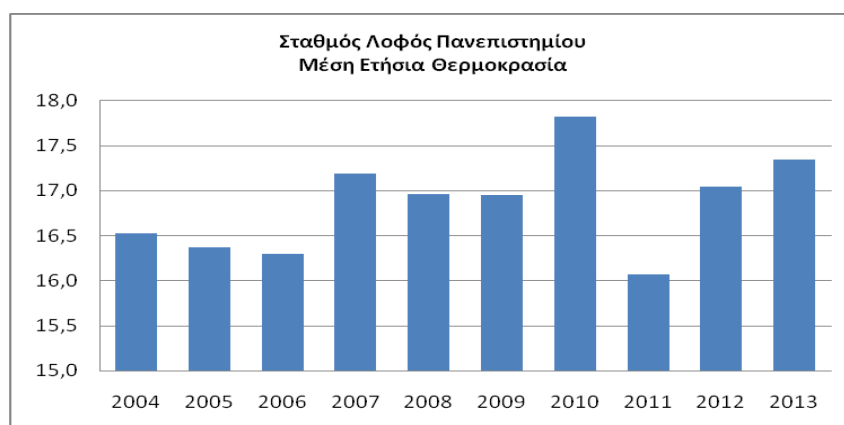
Δεδομένα Θερμοκρασίας

Τα δεδομένα θερμοκρασίας για το μετεωρολογικό σταθμό «Λόφος Πανεπιστημίου» παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.9 και αφορούν τη χρονική περίοδο 2003-2013. Συγκεκριμένα στον Πίνακα 5.9 παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες καθώς και οι μέσες ετήσιες θερμοκρασίες.

Πίνακας 5.9: Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες από το σταθμό «Λόφος Πανεπιστημίου».

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)											
Μήνες	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Ιανουάριος	-	7,3	9,2	6,2	10,2	7,0	9,3	9,1	8,6	6,0	10,8
Φλεβάρης	-	8,2	7,2	8,6	9,1	8,1	8,6	11,1	8,8	6,8	10,3
Μάρτης	-	11,4	10,6	10,8	11,5	13,3	10,4	11,6	10,0	10,4	12,5
Απρίλης	-	14,4	14,6	15,1	14,3	15,9	14,2	15,2	12,1	15,7	15,9
Μάης	-	18,2	19,4	19,1	20,3	19,1	19,7	20,2	18,0	19,2	21,0
Ιούνιος	-	23,4	22,5	23,4	25,7	24,1	23,7	23,5	23,3	24,8	23,8
Ιούλης	26,0	25,2	26,2	24,4	26,9	25,6	26,4	26,1	26,9	27,4	25,3
Αύγουστος	26,1	25,4	26,1	27,1	26,8	26,2	24,4	28,1	25,2	26,5	26,0
Σεπτέμβριος	21,0	21,6	22,3	21,6	22,4	21,7	21,0	22,8	23,6	22,6	22,6
Οκτώβρης	18,3	19,2	16,4	18,1	18,0	18,0	19,1	16,7	15,6	20,2	16,5
Νοέμβρης	13,4	13,6	11,6	11,8	12,7	14,2	14,3	17,3	10,3	15,2	14,50
Δεκέμβρης	9,4	10,4	10,4	9,3	8,4	10,3	12,2	12,0	10,6	9,7	8,90
Μέση Ετήσια Θερμοκρασία	-	16,5	16,4	16,3	17,2	17,0	16,9	17,8	16,1	17,0	17,3
Μέση Θερμοκρασία 2003-2013	16,9										

Στο Διάγραμμα 5.6 παρουσιάζεται η μέση ετήσια θερμοκρασία από το μετεωρολογικό σταθμό «Λόφος Πανεπιστημίου».



Διάγραμμα 5.6: Μέση ετήσια θερμοκρασία του σταθμού «Λόφος Πανεπιστημίου».

Από το Διάγραμμα 5.6 παρατηρείται πως το έτος 2011 είναι το έτος με τη μικρότερη μέση ετήσια θερμοκρασία και το 2010 το έτος με τη μεγαλύτερη μέση ετήσια θερμοκρασία για το σταθμό «Λόφος Πανεπιστημίου».

5.1.4 Σταθμός Αγίας Παρασκευής

Ο σταθμός αυτός βρίσκεται 30 km βορειοδυτικά από την πόλη της Μυτιλήνης και σε υψόμετρο 94 m. Καταγράφει δεδομένα βροχόπτωσης, μέγιστη ελάχιστη και μέση θερμοκρασία, ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου και σχετική υγρασία για τη χρονική περίοδο 2003-2013.

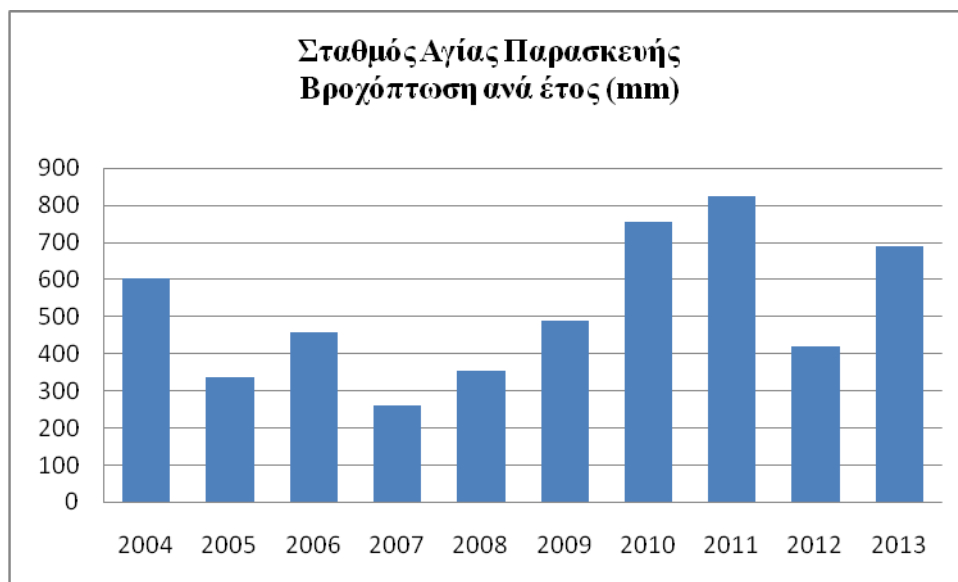
Δεδομένα Βροχόπτωσης

Στον Πίνακα 5.10 παρουσιάζεται η μηνιαία βροχόπτωση του σταθμού και οι συνολικές τιμές της ανά έτος, καθώς επίσης και συγκριτικό διάγραμμα ανάμεσα στο συνολικό ύψος βροχής του σταθμού για τα έτη 2003-2013.

Πίνακας 5.10: Μηνιαία βροχόπτωση από το σταθμό «Αγία Παρασκευή».

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)											
Μήνες	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Ιανουάριος	-	282,6	57,3	27,6	30	59,8	65,4	130,1	73,9	113,7	172,5
Φλεβάρης	-	28,3	85,9	103,8	27,3	17,3	76,1	269,3	76,4	96,9	159,5
Μάρτης	-	31	62,1	32,5	31,9	25,1	71,3	22,3	39,1	30,9	54,4
Απρίλης	-	71,2	22,1	2,1	27,7	55,1	48	9,7	70,8	71	35,5
Μάης	-	13,6	2,3	1,4	44,5	2,8	5,3	46,3	19,1	2,1	8,3
Ιούνιος	-	16,3	4,1	2,1	0,1	0,2	46,5	41,6	1,6	0	29,5
Ιούλιος	0	0,5	1,3	0,3	0	0,1	0	1,6	27,3	0	28,9
Αύγουστος	0	15	47,5	27,3	0	1,1	0	0	27,3	5,5	0
Σεπτέμβρης	17	0,2	11,1	29,06	0,4	11,7	26	25,3	28,4	0,8	15,9
Οκτώβρης	38	0,3	6,8	41,5	17,8	1,9	16,4	175,5	71	3,2	37,9
Νοέμβρης	4,2	29,1	173,7	28,7	77,3	39	32	236,2	4,6	23,4	102,2
Δεκέμβρης	102,2	13,9	52,5	30,1	85	109,5	161,1	49,5	22,5	159,5	14,3
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	-	603,1	337	459,16	262,2	353,3	489	755,7	825,05	419	690,6
Μέσο Ύψος Βροχής 2003-2013	519,4										

Στο Διάγραμμα 5.7 παρουσιάζεται η ετήσια βροχόπτωση για τον μετεωρολογικό σταθμό Αγίας Παρασκευής. Με γαλάζιο χρώμα συμβολίζονται τα δεδομένα που συμπληρώθηκαν μετά από την πραγματοποίηση συσχετίσεων ανάμεσα στο σταθμό της Αγίας Παρασκευής με τους σταθμούς του Αεροδρομίου, του Λόφου Πανεπιστημίου, της Στύψης, του σχολείου της Αγίας Παρασκευής και του Ακρασίου. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης (Multiple Linear Regression) με τη συμβολή του λογισμικού SPSS.



Διάγραμμα 5.7: Συνολική βροχόπτωση ανά έτος στο σταθμό Αγίας Παρασκευής.

Από το Διάγραμμα 5.7 φαίνεται πως το πιο υγρό έτος είναι το 2011 με τιμή 825 mm και πιο ξηρό έτος το 2007 με τιμή 262,2 mm για το σταθμό Αγίας Παρασκευής την περίοδο 2004-2013.

Δεδομένα Θερμοκρασίας

Τα δεδομένα θερμοκρασίας για το μετεωρολογικό σταθμό Αγίας Παρασκευής παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.11 και αφορούν τη χρονική περίοδο 2003-2013. Συγκεκριμένα στον Πίνακα 5.11 παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες καθώς και οι μέσες ετήσιες θερμοκρασίες.

Πίνακας 5.11: Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες από το σταθμό «Αγία Παρασκευή».

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)											
Μήνες	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Ιανουάριος	-	6,1	7,6	4,7	9	5,4	8,3	8,4	6,8	4,6	9,3
Φλεβάρης	-	6,5	6,3	7,0	8,1	6,3	7,8	10,0	7,4	5,5	10,6
Μάρτης	-	10,0	9,3	9,5	10,4	11,9	8,7	10,2	8,4	8,8	12,8
Απρίλης	-	13,1	12,8	14,3	13,1	14,2	13,5	14,3	11,4	14,5	16,0
Μάης	-	17,0	18,9	18,3	18,9	18,2	18,8	19,3	17,4	22,1	21,9
Ιούνης	-	22,9	22,4	23,0	27,9	24,1	23,3	23,0	22,8	6,6	28,3

Ιούλης	25,7	25,3	26,3	24,7	27,7	26,0	26,4	26,3	25,8	10,2	22,9
Αύγουστος	26,7	24,6	25,4	29,2	26,6	26,7	25,4	28,4	23,7	28,9	16,9
Σεπτέμβριος	20,6	21,5	21,5	25,3	21,2	21,1	21,0	22,4	22,1	24,2	22,9
Οκτώβρης	17,2	18,0	15,1	18,5	17,3	16,8	18,1	15,9	13,7	20,9	17
Νοέμβρης	11,5	12,4	11,0	16,4	11,5	13,5	11,9	15,8	9,4	15,8	14,9
Δεκέμβρης	8,2	9,1	9,6	12,6	7,1	8,9	11,1	10,7	8,9	9,7	8,2
Μέση Ετήσια Θερμοκρασία	-	15,6	15,5	17,0	16,6	16,1	16,2	17,1	14,8	14,3	16,8
Μέση Θερμοκρασία 2004-2013	16,0										

Στο Διάγραμμα 5.8 παρουσιάζεται η μέση ετήσια θερμοκρασία από το μετεωρολογικό σταθμό Αγίας Παρασκευής.



Διάγραμμα 5.8: Μέση ετήσια θερμοκρασία του σταθμού «Αγία Παρασκευή».

Από το Διάγραμμα 5.8 παρατηρείται πως το έτος 2012 είναι το έτος με τη μικρότερη μέση ετήσια θερμοκρασία και το 2010 το έτος με τη μεγαλύτερη μέση ετήσια θερμοκρασία για το σταθμό της Αγίας Παρασκευής.

5.1.5 Σταθμός Ακράσι

Ο σταθμός αυτός βρίσκεται 22 km νοτιοδυτικά από την πόλη της Μυτιλήνης και σε υψόμετρο 362 m. Ο σταθμός Ακράσι είναι ο πέμπτος από τους οχτώ μετεωρολογικούς-βροχομετρικούς σταθμούς.

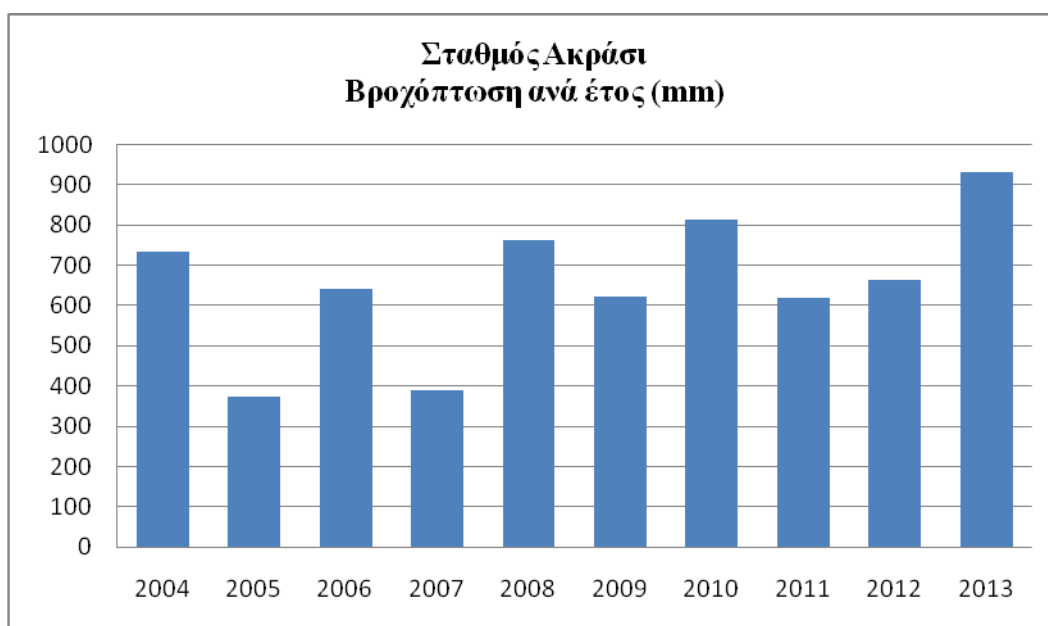
Δεδομένα Βροχόπτωσης

Στον Πίνακα 5.12 παρουσιάζεται η μηνιαία βροχόπτωση του σταθμού και οι συνολικές τιμές της ανά έτος, καθώς επίσης και συγκριτικό διάγραμμα ανάμεσα στο συνολικό ύψος βροχής του σταθμού για τα έτη 2003-2013.

Πίνακας 5.12: Μηνιαίες βροχοπτώσεις από το σταθμό «Ακράσι».

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)											
Μήνες	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Ιανουάριος	83,5	310,3	7,4	42,6	70,6	75,8	112,8	88,5	102,6	118,5	191,9
Φλεβάρης	123,9	93,6	43,4	79,5	37,5	0,0	97,3	232	82,3	116,5	190,1
Μάρτης	40,7	13,3	51,1	137,3	50,8	32,7	140,7	26,2	52,7	10,1	76,6
Απρίλης	71	73,1	23,4	18,7	10,8	58	47,8	38,1	43,5	51,7	53,6
Μάης	24,9	40,1	6,3	1,5	60	4,8	2,1	58,5	52,7	70,8	3,2
Ιούνιος	2,4	14	12,5	3,5	0,1	13,8	18	8,7	21,8	22,3	34,4
Ιούλιος	1	9,6	0	48,5	0,4	19,5	8,2	0	0,6	0	4,4
Αύγουστος	10,1	0,6	5,4	0	0,0	14,9	0	9,3	0	4,3	7,2
Σεπτέμβρης	33,9	40,5	25,5	0	0,0	14,1	39,8	9,1	0,2	9,8	12,6
Οκτώβρης	38,2	11,3	15,2	122,9	259,8	7,9	16	134,6	72,3	9,2	49,4
Νοέμβρης	5	46,6	218,6	8,3	119,8	53,8	123,8	8,3	42,2	48,6	87,5
Δεκέμβρης	93,8	140,1	76	28,7	149,4	92,8	201,8	118,8	145,5	299,1	9,8
Σύνολο Υδρολογικού Έτους		732,1	373	641,4	390,1	762,6	621,2	812	618,1	664	930,9
Μέσο Ύψος Βροχής 2003-2013	654,5										

Στο Διάγραμμα 5.9 παρουσιάζεται η ετήσια βροχόπτωση από το μετεωρολογικό σταθμό «Ακράσι».



Διάγραμμα 5.9: Συνολική βροχόπτωση ανά έτος στο σταθμό Ακρασίου.

Από το Διάγραμμα 5.9 φαίνεται πως το 2013 είναι το πιο υγρό έτος και το πιο ξηρό έτος είναι το 2005 για το σταθμό «Ακράσι» τη χρονική περίοδο 2004-2013.

Δεδομένα Θερμοκρασίας

Τα δεδομένα θερμοκρασίας από το μετεωρολογικό σταθμό Ακρασίου παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.13 και αφορούν τη χρονική περίοδο 2003-2013. Συγκεκριμένα στον Πίνακα 5.13 παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες καθώς και οι μέσες ετήσιες.

Πίνακας 5.13: Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες από το σταθμό «Ακράσι».

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)											
Μήνες	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Ιανουάριος	-	6,9	9,1	5,7	10,3	6,7	9,5	8,7	8,7	5,5	9,0
Φλεβάρης	-	7,8	6,8	8,4	8,9	7,9	8,0	10,8	9,1	6,6	10,1
Μάρτης	-	11,0	10,8	10,6	11,3	13,6	10,3	12,0	9,8	11,8	12,2
Απρίλης	-	14,5	14,6	15,6	14,7	16,3	15,1	15,8	12,3	15,8	16,5
Μάης	-	18,2	20,0	19,6	21,0	19,8	20,8	21,2	18,7	19,6	21,9
Ιούνης	-	24,0	23,2	23,9	26,9	25,5	24,8	24,1	23,9	26,5	24,6
Ιούλης	27,2	26,5	27,6	25,9	26,6	27,3	27,7	27,4	28,0	29,5	26,6
Αύγουστος	28,2	26,2	26,9	28,5	27,7	28,5	26,5	29,5	26,9	28,5	28,1

Σεπτέμβριος	21,6	22,6	22,9	23,8	23,2	22,6	22,1	23,6	25,4	24,4	23,1
Οκτώβρης	18,4	19,9	16,4	15,5	18,7	18,2	19,6	16,7	15,7	20,8	17,6
Νοέμβρης	13,8	13,8	11,6	12,3	13,1	14,9	14,6	17,8	10,4	15,3	14,8
Δεκέμβρης	9,3	10,4	10,3	9,4	8,3	10,3	12,2	11,7	10,5	9,7	9,0
Μέση Ετήσια Θερμοκρασία	-	16,8	16,7	16,6	17,6	17,6	17,6	18,3	16,6	17,8	17,8
Μέση Θερμοκρασία 2004-2013	17,3										

Στο Διάγραμμα 5.10 παρουσιάζεται η μέση ετήσια θερμοκρασία από το μετεωρολογικό σταθμό Ακράσιου.



Διάγραμμα 5.10: Μέση ετήσια θερμοκρασία από τον σταθμό Ακράσιου.

Από το Διάγραμμα 5.10 παρατηρείται πως το έτος 2006 είναι το έτος με τη μικρότερη μέση ετήσια θερμοκρασία και το 2010 το έτος με τη μεγαλύτερη μέση ετήσια θερμοκρασία για το σταθμό Ακράσι.

5.1.6 Σταθμός Πτερούνας

Ο σταθμός αυτός βρίσκεται 45 km βορειοδυτικά από την πόλη της Μυτιλήνης και σε υψόμετρο 307 m. Συνέλλεγε μετεωρολογικά δεδομένα από το 2003 μέχρι το 2006 και στη συνέχεια μεταφέρθηκε στο Σίγρι και καταγράφει δεδομένα μέχρι και σήμερα.

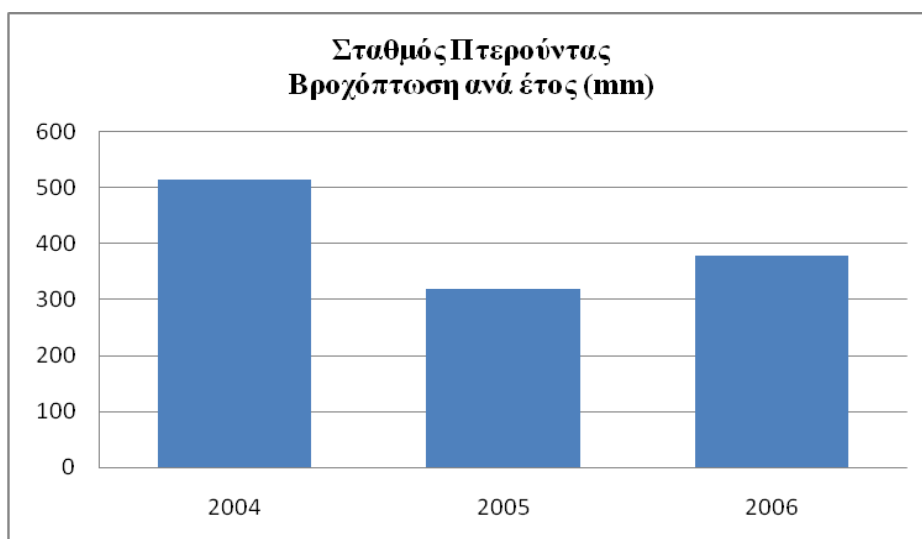
Δεδομένα Βροχόπτωσης

Στον Πίνακα 5.14 παρουσιάζεται η μηνιαία βροχόπτωση του σταθμού και οι συνολικές τιμές της ανά έτος, καθώς επίσης και συγκριτικό διάγραμμα ανάμεσα στο συνολικό ύψος βροχής του σταθμού για τα έτη 2003-2006.

Πίνακας 5.14: Μηνιαίες βροχοπτώσεις από το σταθμό «Πτερούντα».

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)				
Μήνες	2003	2004	2005	2006
Ιανουάριος	-	205,3	52,5	44,4
Φλεβάρης	-	37,4	62,3	44,3
Μάρτης	-	38,1	4,7	120,5
Απρίλης	-	66,7	0,3	10,1
Μάης	-	8,7	0,1	3,2
Ιούνιος	-	1,2	0	0,7
Ιούλης	0	0	0	0
Αύγουστος	2,3	1,3	0,2	12,4
Σεπτέμβρης	34,9	0	0	6,1
Οκτώβρης	25,1	0,4	0	19,4
Νοέμβρης	2,7	50	69,1	12,9
Δεκέμβρης	128,3	147,9	68	13,3
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	-	514,8	318,4	378,8
Μέσο Ύψος Βροχής 2003-2013	404			

Στο Διάγραμμα 5.11 παρουσιάζεται η ετήσια βροχόπτωση από το μετεωρολογικό σταθμό «Πτερούντα».



Διάγραμμα 5.11: Συνολική βροχόπτωση ανά έτος στο σταθμό Πτερούντας.

Από το Διάγραμμα 5.11 φαίνεται πως το πιο υγρό έτος είναι το 2004 και πιο ξηρό έτος το 2005 για το σταθμό Πτερούντας την περίοδο 2003-2006.

Δεδομένα Θερμοκρασίας

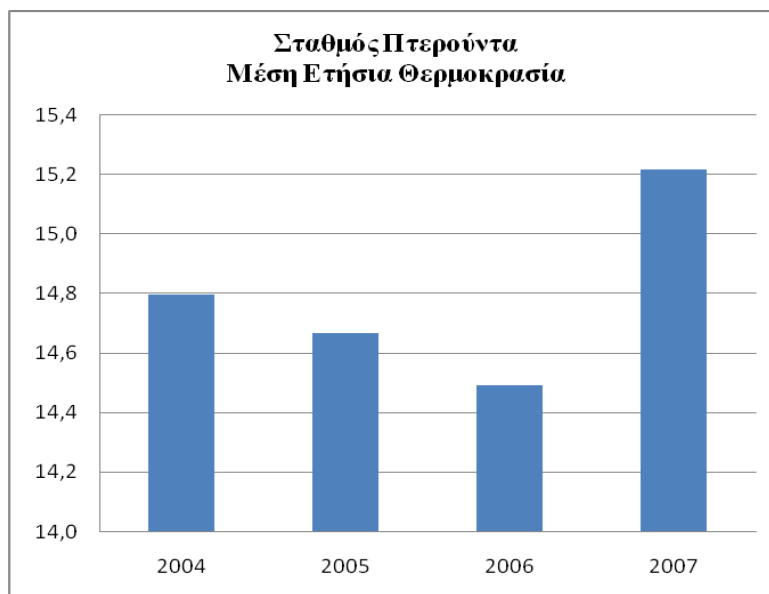
Τα δεδομένα θερμοκρασίας από το μετεωρολογικό σταθμό Πτερούντας παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.15 και αφορούν τη χρονική περίοδο 2003-2013. Συγκεκριμένα στον Πίνακα 5.15 παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες καθώς και οι μέσες ετήσιες.

Πίνακας 5.15: Μέση μηνιαία θερμοκρασία από το σταθμό «Πτερούντα».

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)					
Μήνες	2003	2004	2005	2006	2007
Ιανουάριος	-	5,2	7,1	3,8	8,9
Φλεβάρης	-	6,4	5,4	6,8	7,6
Μάρτης	-	9,2	9,2	9,0	9,7
Απρίλης	-	12,6	12,9	13,5	12,5
Μάης	-	16,2	18,4	17,3	18,8
Ιούνης	24,6	21,7	20,7	21,6	23,5
Ιούλης	24,5	23,8	24,7	23,2	24,2
Αύγουστος	25,2	23,5	24,4	26,1	23,7
Σεπτέμβριος	19,3	20,3	20,3	19,8	18,9
Οκτώβρης	16,5	17,7	14,1	15,4	16,3
Νοέμβρης	11,8	12,0	9,8	10,1	10,8

Δεκέμβρης	7,6	8,8	8,9	7,4	7,7
Μέση Ετήσια Θερμοκρασία	-	14,8	14,7	14,5	15,2
Μέση Θερμοκρασία 2004-2006	14,8				

Στο Διάγραμμα 5.12 παρουσιάζεται η μέση ετήσια θερμοκρασία από το μετεωρολογικό σταθμό της Πτερούντας.



Διάγραμμα 5.12: Μέση ετήσια θερμοκρασία από το σταθμό Πτερούντας.

Από το Διάγραμμα 5.12 παρατηρείται πως το έτος 2006 είναι το έτος με τη μικρότερη μέση ετήσια θερμοκρασία και το 2007 το έτος με τη μεγαλύτερη μέση ετήσια θερμοκρασία για το σταθμό Πτερούντας.

5.1.7 Σταθμός Σιγρίου

Ο σταθμός αυτός βρίσκεται 62 km δυτικά από την πόλη της Μυτιλήνης και σε υψόμετρο 46 m.

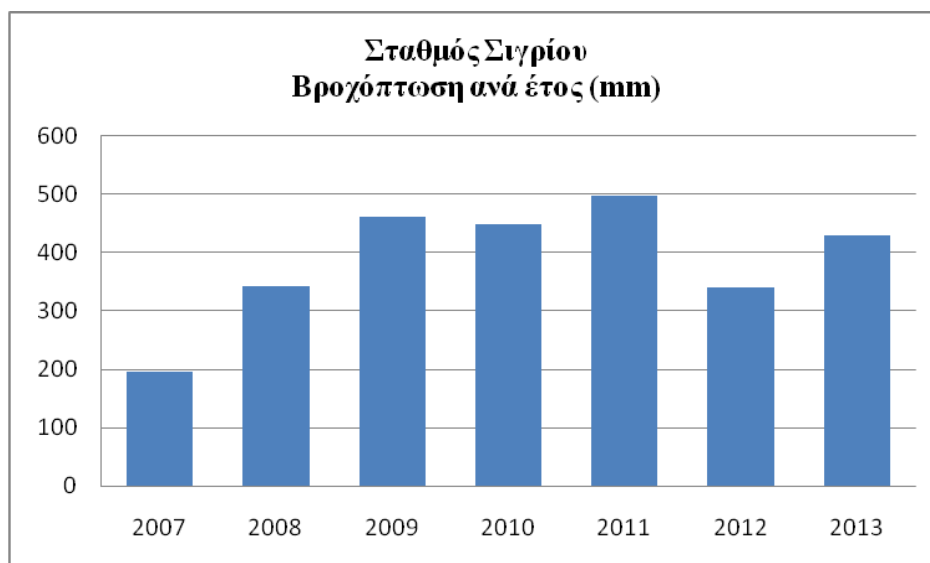
Δεδομένα Βροχόπτωσης

Στον Πίνακα 5.16 παρουσιάζεται η μηνιαία βροχόπτωση του σταθμού και οι συνολικές τιμές της ανά έτος, καθώς επίσης και συγκριτικό διάγραμμα ανάμεσα στο συνολικό ύψος βροχής του σταθμού για τα έτη 2007-2013.

Πίνακας 5.16: Μηνιαία βροχόπτωση από το σταθμό «Σίγρι».

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)								
Μήνες	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Ιανουάριος	-	20,4	37,2	91,4	61,5	71,6	41,9	106,1
Φλεβάρης	-	44,6	8,7	72,9	117,3	41,5	94,5	126,8
Μάρτης	-	35	68,6	33,5	13,4	62,9	27,6	11,3
Απρίλης	-	11,2	59,1	33,7	10,5	66,1	33	9,5
Μάης	-	23,8	5,4	1,6	18,4	17,6	34,2	7,9
Ιούνης	-	6	0,5	20,5	12,6	11,7	0,4	4,2
Ιούλης	-	0	0	0	6,8	0,4	0	6,3
Αύγουστος	-	0	4,7	0	0	0	6,7	0
Σεπτέμβρης	-	1,5	20,3	17,6	3,2	0,6	1,2	0,3
Οκτώβρης	24,4	26,4	0,5	39,9	149,7	33,8	66,7	82,8
Νοέμβρης	12,4	56,2	104,2	60,6	17,4	0,1	64,3	76
Δεκέμβρης	16,1	55,8	86	103,3	56,9	66,2	26,1	23,5
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	-	195,4	342,9	461,9	447,5	496,4	339,6	429,5
Μέσο Ύψος Βροχής 2003-2013	387,6							

Στο Διάγραμμα 5.13 παρουσιάζεται η ετήσια βροχόπτωση από το μετεωρολογικό σταθμό του Σιγρίου.



Διάγραμμα 5.13: Συνολική βροχόπτωση ανά έτος στο σταθμό «Σίγρι».

Από το Διάγραμμα 5.13 φαίνεται πως το πιο υγρό έτος είναι το 2007 και πιο ξηρό έτος το 2011 για το σταθμό «Σίγρι» την περίοδο 2007-2013.

Δεδομένα Θερμοκρασίας

Τα δεδομένα θερμοκρασίας από το μετεωρολογικό σταθμό του Σιγρίου παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.18 και αφορούν τη χρονική περίοδο 2007-2013. Συγκεκριμένα στον Πίνακα 5.18 παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες καθώς και οι μέσες ετήσιες θερμοκρασίες.

Πίνακας 5.18: Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες από το σταθμό «Σίγρι».

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)							
Μήνες	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Ιανουάριος	8,9	7,9	10,6	9,9	9,5	6,8	10,1
Φλεβάρης	7,6	8,7	9,4	12,0	9,4	7,8	10,6
Μάρτης	9,7	13,9	11,2	12,2	10,5	10,8	13,0
Απρίλης	12,5	16,1	14,3	15,7	12,4	16,0	16,2
Μάης	18,8	19,0	19,5	20,3	18,1	19,3	20,8
Ιούνης	24,6	23,6	23,3	23,3	22,8	24,5	23,4
Ιούλης	26,2	24,9	25,7	25,2	26,0	26,7	26,4
Αύγουστος	25,5	25,4	24,0	26,8	24,8	26,2	25,8
Σεπτέμβριος	21,8	21,3	20,7	22,6	23,4	22,3	22,5
Οκτώβρης	18,4	18,3	19,2	17,3	15,8	20,4	16,9
Νοέμβρης	13,6	15,1	15,1	17,9	10,7	15,7	15,6
Δεκέμβρης	9,3	11,2	13,4	12,8	11,5	11,3	9,6
Μέση Ετήσια Θερμοκρασία	16,4	17,1	17,2	18,0	16,2	17,3	17,6
Μέση Θερμοκρασία 2007-2013	17,1						

Στο Διάγραμμα 5.14 παρουσιάζεται η μέση ετήσια θερμοκρασία από το μετεωρολογικό σταθμό του Σιγρίου.



Διάγραμμα 5.14: Μέση ετήσια θερμοκρασία από το σταθμό «Σίγρι».

Από το Διάγραμμα 5.14 παρατηρείται πως το έτος 2011 είναι το έτος με τη μικρότερη μέση ετήσια θερμοκρασία και το 2010 το έτος με τη μεγαλύτερη μέση ετήσια θερμοκρασία.

5.1.8 Σταθμός Στύψης

Ο σταθμός αυτός βρίσκεται 37 km βορειοδυτικά από την πόλη της Μυτιλήνης και σε υψόμετρο 395,7 m.

Δεδομένα Βροχόπτωσης

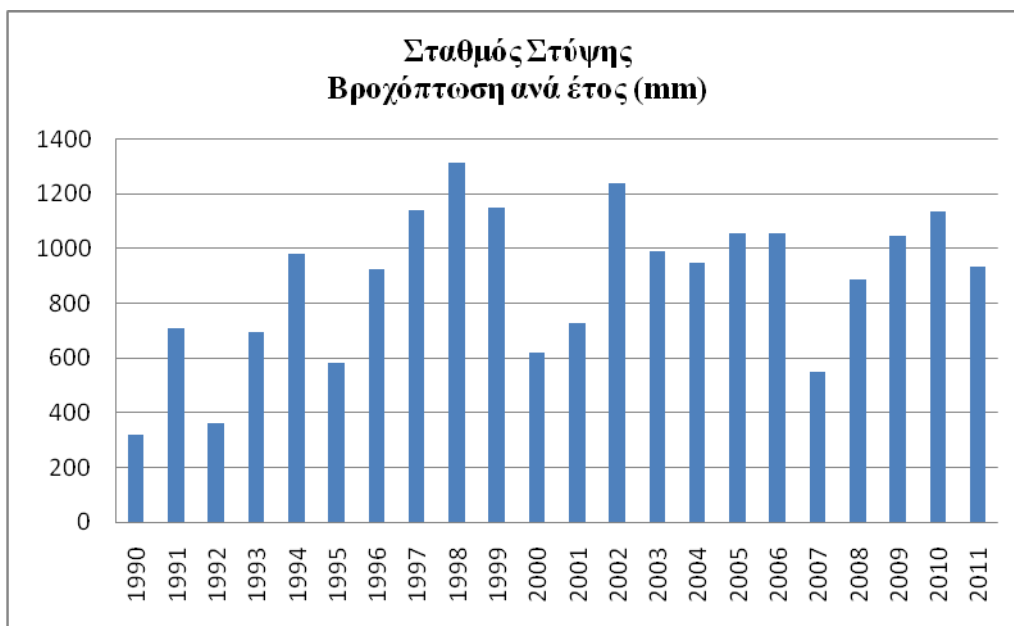
Στον Πίνακα 5.19 παρουσιάζεται η ετήσια βροχόπτωση του σταθμού καθώς επίσης και συγκριτικό διάγραμμα 5.15 ανάμεσα στο συνολικό ύψος βροχής του σταθμού για τα έτη 1990-2011.

Πίνακας 5.19: Ετήσιες βροχοπτώσεις από το σταθμό «Στύψη».

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)								
Υδρολογικό Έτος	1989-1990	1990-1991	1991-1992	1992-1993	1993-1994	1994-1995	1995-1996	
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	321,2	710,5	360,3	693,1	981,2	581,7	924,8	
Υδρολογικό Έτος	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	1140,7	1312,9	1151,1	619,2	727,2	1238,7	989,4	
Υδρολογικό Έτος	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	948,5	1054,3	1055,9	550,5	886,9	1048,0	1134,7	931,7
Μέσο Ύψος Βροχής 1990-2011	951,7							

Πίνακας 5.20: Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις από το σταθμό «Στύψη».

Μήνες	Μέση μηνιαία βροχόπτωση(1989-2011)
Ιανουάριος	110,8
Φλεβάρης	138,3
Μάρτης	96,4
Απρίλης	76,4
Μάης	26,8
Ιούνης	11,0
Ιούλης	3,5
Αύγουστος	5,2
Σεπτέμβρης	31,9
Οκτώβρης	63,3
Νοέμβρης	124,0
Δεκέμβρης	187,8



Διάγραμμα 5.15: Συνολική βροχόπτωση ανά έτος στο σταθμό Στύψης.

Από το Διάγραμμα 5.15 φαίνεται πως το πιο ξηρό έτος είναι το 1990 και πιο υγρό έτος το 1998 για το σταθμό Στύψης την περίοδο 1990-2011.

Δεδομένα Θερμοκρασίας

Τα δεδομένα θερμοκρασίας για το μετεωρολογικό σταθμό Στύψης παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.21 και αφορούν τη χρονική περίοδο 1990-2006. Συγκεκριμένα στον Πίνακα 5.21 παρουσιάζονται οι μέσες ετήσιες θερμοκρασίες.

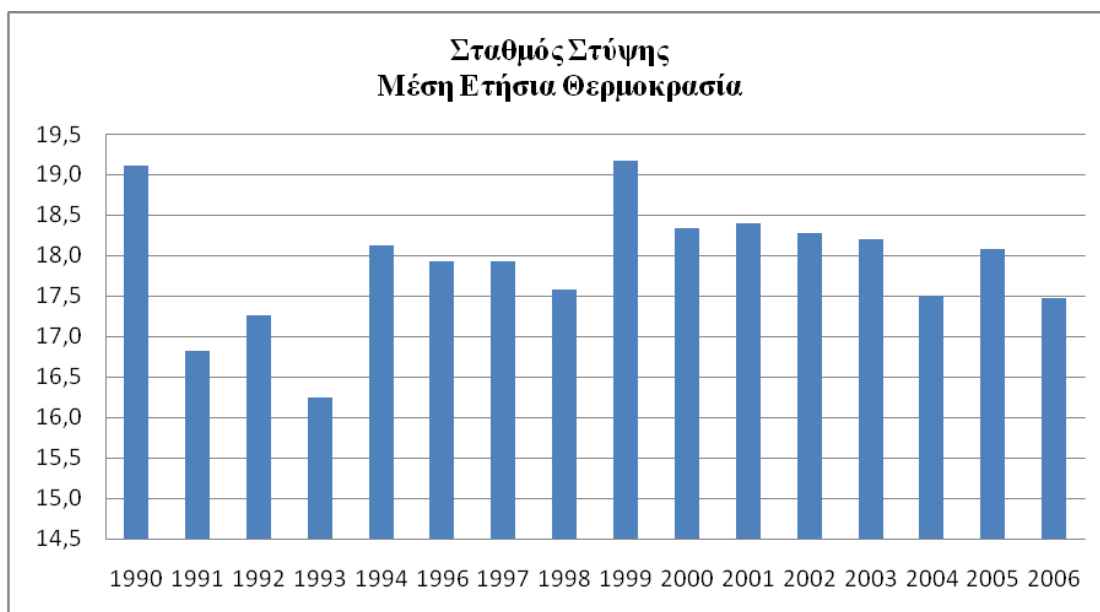
Πίνακας 5.21: Μέσες ετήσιες θερμοκρασίες από το σταθμό «Στύψη».

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)								
Έτος	1990	1991	1992	1993	1994	1996	1997	1998
Μέση Ετήσια Θερμοκρασία	19,1	16,8	17,3	16,3	18,1	17,9	17,9	17,6
Έτος	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Μέση Ετήσια Θερμοκρασία	19,2	18,3	18,4	18,3	18,2	17,5	18,1	17,5
Μέση Θερμοκρασία 2004-2013	17,9							

Πίνακας 5.22: Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες για το σταθμό «Στύψη».

Μήνες	Μέση μηνιαία θερμοκρασία (1990-2006)
Ιανουάριος	9,6
Φλεβάρης	9,1
Μάρτης	12,3
Απρίλης	15,8
Μάης	20,4
Ιούνης	24,9
Ιούλης	27,3
Αύγουστος	27,0
Σεπτέμβρης	23,4
Οκτώβρης	19,9
Νοέμβρης	14,6
Δεκέμβρης	10,6

Στο Διάγραμμα 5.16 παρουσιάζεται η μέση ετήσια θερμοκρασία από το μετεωρολογικό σταθμό της Στύψης.



Διάγραμμα 5.16: Μέση ετήσια θερμοκρασία από το σταθμό της Στύψης.

Από το Διάγραμμα 5.16 παρατηρείται πως το έτος 1993 είναι το έτος με τη μικρότερη μέση ετήσια θερμοκρασία και το 1990, 1999 τα έτη με τη μεγαλύτερη μέση ετήσια θερμοκρασία σύμφωνα με το σταθμό της Στύψης.

5.2 Βροχομετρικοί σταθμοί

5.2.1 Σταθμός Σχολείου Αγίας Παρασκευής

Οι βροχομετρικοί σταθμοί είναι στο σύνολο τους 4. Ο βροχομετρικός σταθμός του σχολείου Αγίας Παρασκευής βρίσκεται 30 km βορειοδυτικά από την πόλη της Μυτιλήνης και σε υψόμετρο 95 m. Βρίσκεται εντός του δημοτικού σχολείου της Αγίας Παρασκευής και η συλλογή των μετεωρολογικών δεδομένων γίνεται εθελοντικά από τους μαθητές και τους δασκάλους (Εικόνα 5.2).



Εικόνα 5.2: Βροχομετρικός σταθμός « Σχολείο Αγίας Παρασκευής».

Δεδομένα Βροχόπτωσης

Στον Πίνακα 5.23 παρουσιάζεται η ετήσια βροχόπτωση του σταθμού καθώς επίσης και συγκριτικό διάγραμμα 5.17 ανάμεσα στο συνολικό ύψος βροχής του σταθμού για τα έτη 1977-2010.

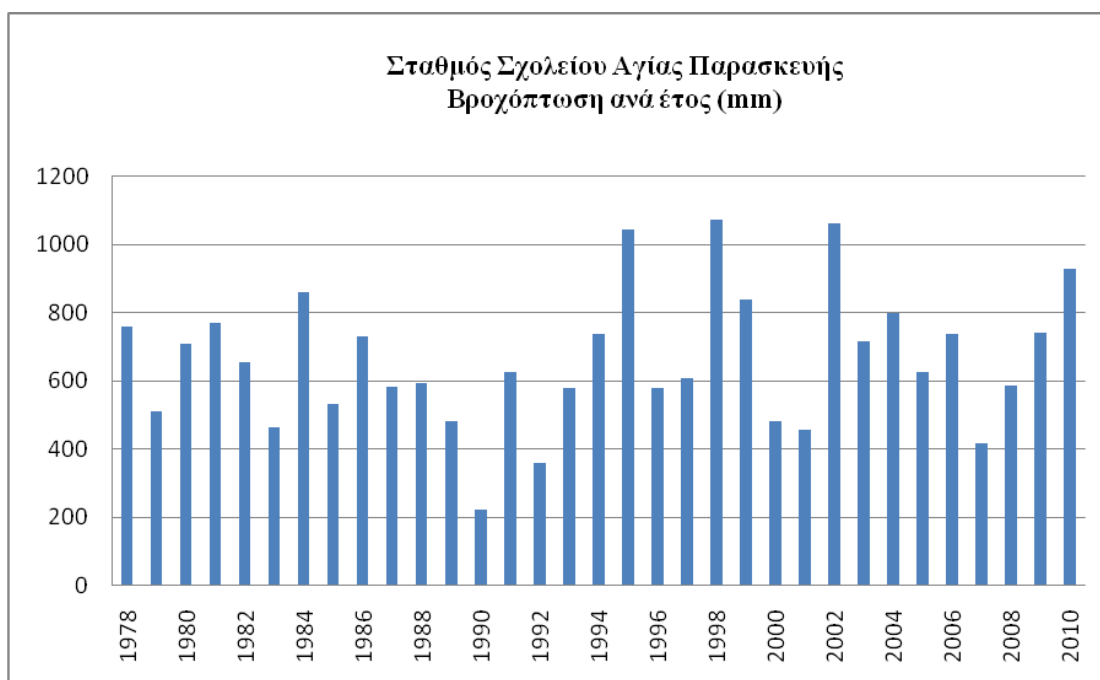
Πίνακας 5.23: Ετήσια βροχόπτωση από το σταθμό «Σχολείο Αγίας Παρασκευής».

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)							
Υδρολογικό Έτος	1977-1978	1978-1979	1979-1980	1980-1981	1981-1982	1982-1983	1983-1984
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	759,3	509,2	709,7	771,5	655	463,5	860
Υδρολογικό Έτος	1984-1985	1985-1986	1986-1987	1987-1988	1988-1989	1989-1990	1990-1991
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	533	730,5	584,5	594,5	482	220,5	627,5
Υδρολογικό Έτος	1991-1992	1992-1993	1993-1994	1994-1995	1995-1996	1996-1997	1997-1998
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	358,5	580,5	737,5	1043,5	578	608	1073,5
Υδρολογικό Έτος	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	838	483	455,5	1062,5	718	797,5	624,5
Υδρολογικό Έτος	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010		
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	739	416	586	740,5	928		
Μέσο Ύψος Βροχής 1978-2010	662,7						

Πίνακας 5.24: Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις από το σταθμό «Σχολείο Αγίας Παρασκευής».

Μήνες	Μέση μηνιαία βροχόπτωση (1977-2010)
Ιανουάριος	101,9
Φλεβάρης	93,5
Μάρτης	75,0
Απρίλης	47,0
Μάης	27,0
Ιούνης	7,5
Ιούλης	2,6
Αύγουστος	3,1
Σεπτέμβρης	21,7
Οκτώβρης	46,5
Νοέμβρης	108,9
Δεκέμβρης	128,7

Στο Διάγραμμα 5.17 παρουσιάζεται η ετήσια βροχόπτωση από το βροχομετρικό σταθμό του σχολείου της Αγίας Παρασκευής.



Διάγραμμα 5.17: Συνολική βροχόπτωση ανά έτος στο σταθμό του σχολείου της Αγίας Παρασκευής.

Από το Διάγραμμα 5.17 φαίνεται πως το πιο υγρό έτος είναι το 1998 και το πιο ξηρό έτος το 1990 για το σταθμό του σχολείου Αγίας Παρασκευής την περίοδο 1977-2010.

5.2.2 Σταθμός Σχολείου Άντισσας

Ο βροχομετρικός σταθμός του σχολείου της Άντισσας βρίσκεται 52 km δυτικά από την πόλη της Μυτιλήνης και σε υψόμετρο 275 m. Ο βροχομετρικός σταθμός είναι τοποθετημένος εντός του σχολείου της Άντισσας. Από το 1978-2010 τα δεδομένα συλλέγονταν από τον επιστάτη του σχολείου και από το 2013 και μετά τα δεδομένα συλλέγονται εθελοντικά από τους μαθητές του σχολείου (Εικόνα 5.3).



Εικόνα 5.3: Βροχομετρικός σταθμός «Σχολείο Άντισσας».

Δεδομένα Βροχόπτωσης

Στον Πίνακα 5.25 παρουσιάζονται οι ετήσιες βροχοπτώσεις του σταθμού καθώς επίσης και συγκριτικό διάγραμμα 5.18 ανάμεσα στο συνολικό ύψος βροχής του σταθμού για τα έτη 1975-2001.

Πίνακας 5.25: Ετήσια βροχόπτωση από το σταθμό «Σχολείο Άντισσας».

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)							
Υδρολογικό Έτος	1974-1975	1975-1976	1976-1977	1977-1978	1978-1979	1979-1980	1980-1981
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	759	446,1	252	638	520	656	590,5
Υδρολογικό Έτος	1981-1982	1982-1983	1983-1984	1984-1985	1985-1986	1986-1987	1987-1988
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	685	396	785	336	738	528	489
Υδρολογικό Έτος	1988-1989	1989-1990	1990-1991	1991-1992	1992-1993	1993-1994	1994-1995
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	539	274	452	235	455	629	814
Υδρολογικό Έτος	1995-1996	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	774	468	872	682	489	459	
Μέσο Ύψος Βροχής 1975-2001	554,1						

Πίνακας 5.26: Μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις από το σταθμό «Σχολείο Άντισσας».

Μήνες	Μέση μηνιαία βροχόπτωση(1975-2001)
Ιανουάριος	90,1
Φλεβάρης	80,0
Μάρτης	63,7
Απρίλης	42,4
Μάης	24,6
Ιούνης	5,9
Ιούλης	2,0
Αύγουστος	2,6
Σεπτέμβρης	11,0
Οκτώβρης	32,3
Νοέμβρης	93,4
Δεκέμβρης	104,9

Στο Διάγραμμα 5.18 παρουσιάζεται η ετήσια βροχόπτωση από το βροχομετρικό σταθμό του σχολείου της Άντισσας.



Διάγραμμα 5.18: Συνολική βροχόπτωση ανά έτος στο σταθμό του σχολείου της Άντισσας.

Από το Διάγραμμα 5.18 φαίνεται πως το πιο υγρό έτος είναι το 1998 και πιο ξηρό το έτος 1992 για το σταθμό του σχολείου της Άντισσας την περίοδο 1975-2001.

5.2.3 Σταθμός Αλυκών Πολιγνίου

Ο βροχομετρικός σταθμός αλυκών Πολιγνίου βρίσκεται 33 km δυτικά από την πόλη της Μυτιλήνης και σε υψόμετρο 3 m.

Δεδομένα Βροχόπτωσης

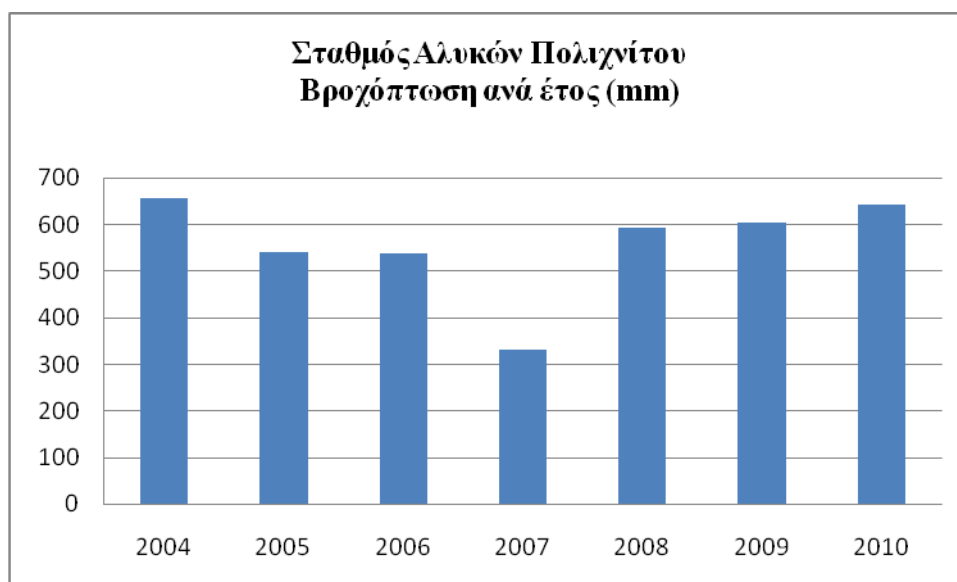
Στον Πίνακα 5.27 παρουσιάζεται η μηνιαία βροχόπτωση του σταθμού και οι συνολικές τιμές της ανά έτος, καθώς επίσης και συγκριτικό διάγραμμα 5.19 ανάμεσα στο συνολικό ύψος βροχής του σταθμού για τα έτη 2003-2010.

Πίνακας 5.27: Μέση μηνιαία βροχόπτωση από το σταθμό «Αλυκές Πολιγνίου».

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)								
Μήνες	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Ιανουάριος	-	257,9	59	27,6	21,4	80,8	142,7	78,3
Φλεβάρης	125,4	31,6	224,6	76,5	25,7	10	90,1	237,1
Μάρτης	20,2	30,1	45,5	148,4	65,4	35,9	117,6	20,1
Απρίλης	58,3	65,3	11,2	6,3	0	78,2	64,5	16,3
Μάης	30,2	12	1,3	2,5	40,6	1,8	9,3	40,2
Ιούνης	0	46	3,8	0	0	0	19,9	21,1
Ιούλης	0	0	0	0	0	0	0	0

Αύγουστος	0	2,5	0	0	0	1,3	0	0
Σεπτέμβρης	23,8	0	0	22,7	0	12	21,7	7,5
Οκτώβρης	41,5	0	0	125,2	181,1	2,5	12,4	174,4
Νοέμβρης	15	37,7	192,8	6,4	66,7	29,7	67,2	13,8
Δεκέμβρης	155	158,6	61,6	47,8	124,5	104,8	141,6	97,4
Σύνολο Υδρολογικού Έτους	-	656,9	541,7	538,4	332,5	592,3	602,8	641,8
Μέσο Ύψος Βροχής 2004-2010	558,1							

Στο Διάγραμμα 5.19 παρουσιάζεται η ετήσια βροχόπτωση από το βροχομετρικό σταθμό των αλυκών Πολιχνίτου.



Διάγραμμα 5.19: Συνολική βροχόπτωση ανά έτος στο σταθμό των αλυκών Πολιχνίτου.

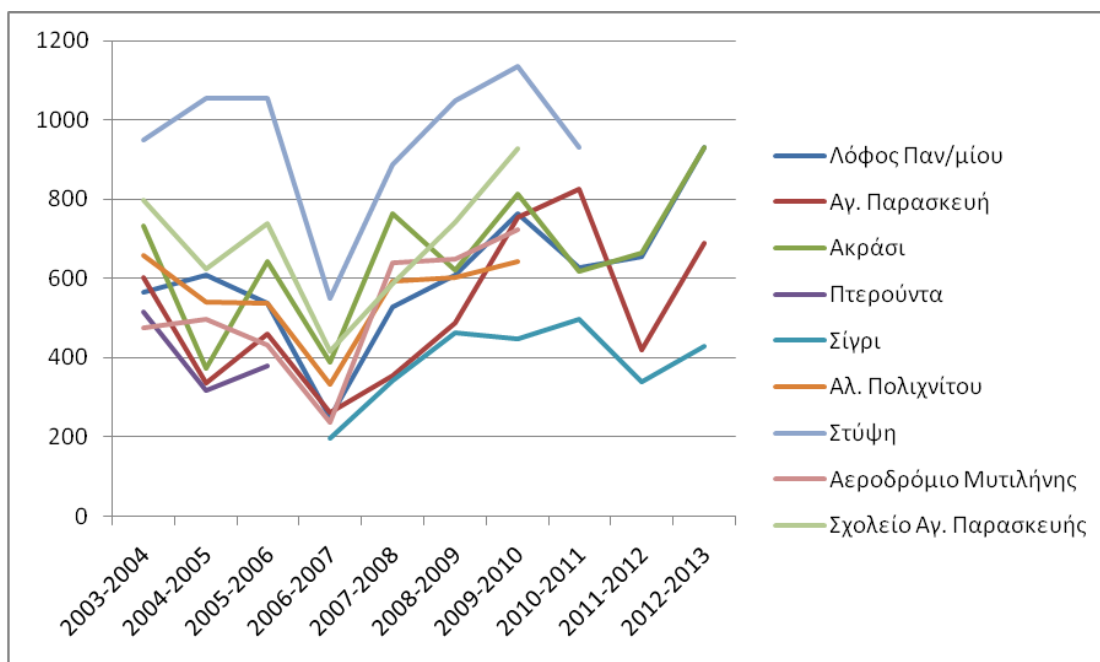
Από το Διάγραμμα 5.19 φαίνεται πως το πιο υγρό έτος είναι το 2004 και πιο ξηρό το έτος 2007 για το σταθμό των αλυκών Πολιχνίτου την περίοδο 2004-2010.

5.3 Σύγκριση Μετεωρολογικών Δεδομένων

Παρακάτω παρουσιάζονται συγκριτικά πίνακες (5.28 και 5.29) και διαγράμματα (5.20 και 5.21) για την βροχόπτωση και την θερμοκρασία μεταξύ των μετεωρολογικών – βροχομετρικών σταθμών για τη χρονική περίοδο 2003 – 2013.

Πίνακας 5.28: Βροχόπτωση ανά μετεωρολογικό-βροχομετρικό σταθμό από το 2003-2013.

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)										
Υδρολογικό Έτος	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013
Σύνολο Υδρολογικού Έτους του σταθμού του Λόφου Παν/μίου	564.4	607.5	537.8	248.3	527.7	609.1	764.9	626.4	656.5	932.1
Σύνολο Υδρολογικού Έτους του σταθμού Αγ. Παρασκευής	603.1	337	459.1	262.2	353.3	489	755.7	825.0	419	690.6
Σύνολο Υδρολογικού Έτους του σταθμού Ακρασίου	732.1	373	641.4	390.1	762.6	621.2	812	618.1	664	930.9
Σύνολο Υδρολογικού Έτους του σταθμού Πτερούντας	514.8	318.4	378.8	-	-	-	-	-	-	-
Σύνολο Υδρολογικού Έτους του σταθμού Σιγρίου	-	-	-	195.4	342.9	461.9	447.5	496.4	339.6	429.5
Σύνολο Υδρολογικού Έτους του σταθμού αλυκών Πολιχνίτου	656.9	541.7	538.4	332.5	592.3	602.8	641.8	-	-	-
Σύνολο Υδρολογικού Έτους του σταθμού Στύψης	948.5	1054.3	1055.9	550.5	886.9	1048	1134.7	931.7	-	-
Σύνολο Υδρολογικού Έτους του σταθμού αεροδρομίου Μυτιλήνης	474.6	497.2	432.8	237.2	640.1	648.8	721.9	-	-	-
Σύνολο Υδρολογικού Έτους του σταθμού του σχολείου Αγ. Παρασκευής	797.5	624.5	739	416	586	740.5	928	-	-	-



Διάγραμμα 5.20: Συνολική βροχόπτωση ανά μετεωρολογικό-βροχομετρικό σταθμό από το 2003-2013.

Από το Διάγραμμα 5.20 συνολικής βροχόπτωσης ανά μετεωρολογικό-βροχομετρικό σταθμό για την περίοδο 2003-2013 φαίνεται πως ο σταθμός της Στύψης εμφανίζει την υψηλότερη βροχόπτωση λόγω του μεγάλου υψομέτρου της περιοχής. Ενώ, ο σταθμός του Σιγρίου εμφανίζει την χαμηλότερη βροχόπτωση λόγω του χαμηλού υψομέτρου και της γεωγραφικής του θέσης.

Πίνακας 5.29: Μέση ετήσια θερμοκρασία ανά μετεωρολογικό-βροχομετρικό σταθμό από το 2003-2013.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)										
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Μέση Ετήσια Θερμοκρασία του σταθμού του Λόφου Παν/μίου	16.5	16.4	16.3	17.2	17.0	16.9	17.8	16.1	17.0	17.3
Μέση Ετήσια Θερμοκρασία του σταθμού Αγ. Παρασκευής	15.6	15.5	17.0	16.6	16.1	16.2	17.1	14.8	14.3	16.8
Μέση Ετήσια Θερμοκρασία του σταθμού Ακρασίου	16.8	16.7	16.6	17.6	17.6	17.6	18.3	16.6	17.8	17.8
Μέση Ετήσια Θερμοκρασία του σταθμού Πτερούντας	14.8	14.7	14.5	15.2	-	-	-	-	-	-
Μέση Ετήσια Θερμοκρασία του σταθμού Σιγρίου	-	-	-	16.4	17.1	17.2	18.0	16.2	17.3	17.6



Διάγραμμα 5.21: Μέση ετήσια θερμοκρασία ανά μετεωρολογικό-βροχομετρικό σταθμό από το 2003-2013.

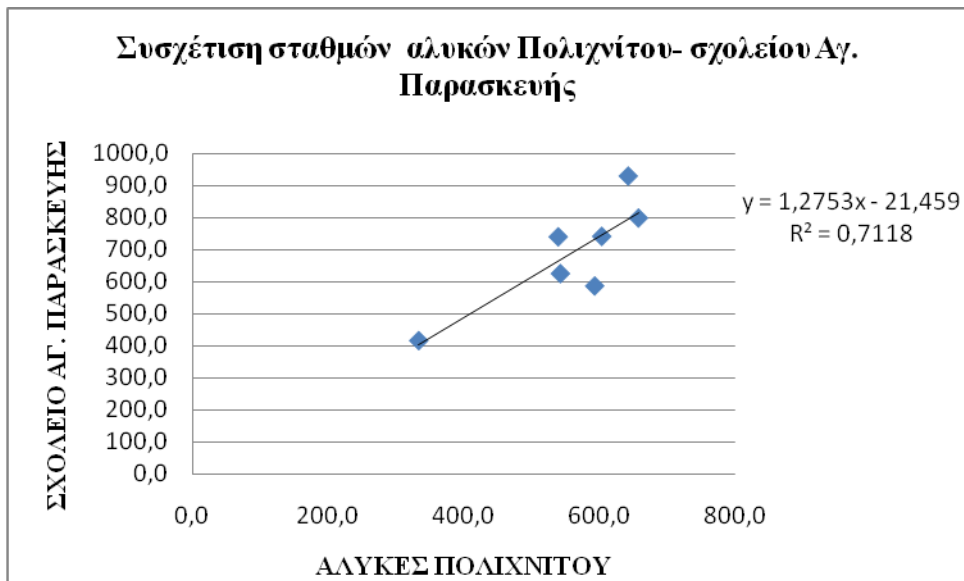
Από το Διάγραμμα 5.21 μέσης ετήσιας θερμοκρασίας ανά μετεωρολογικό-βροχομετρικό σταθμό για την περίοδο 2003-2013 φαίνεται πως ο σταθμός στο Ακράσι παρουσιάζει τις μεγαλύτερες μέσες ετήσιες θερμοκρασίες σε σχέση με τους σταθμούς του Σιγρίου και του Λόφου Πανεπιστημίου. Ακολουθεί ο σταθμός της Αγίας Παρασκευής και τελευταίος είναι ο σταθμός της Πτερούντας.

5.4 Συσχετίσεις μεταξύ σταθμών

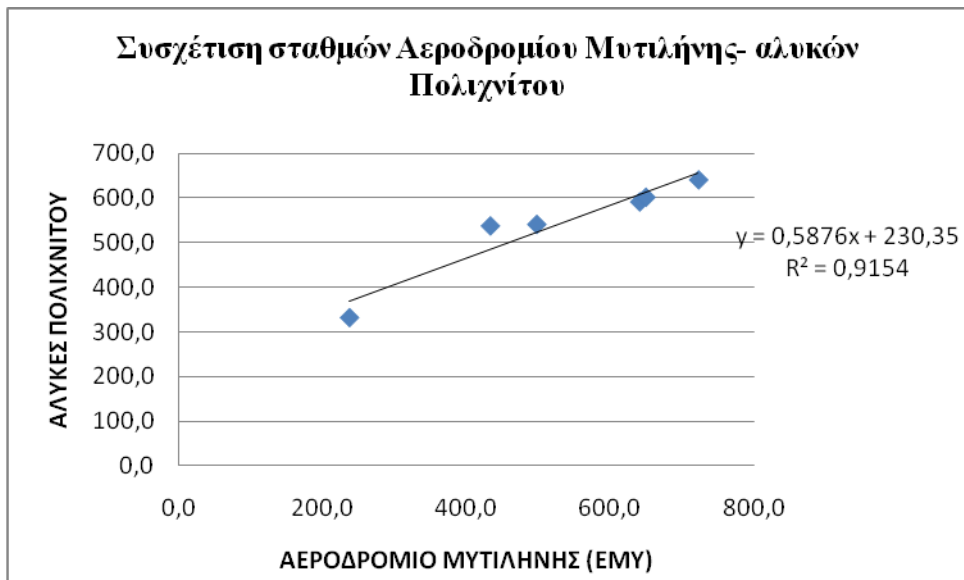
Στα παρακάτω Διαγράμματα 5.22, 5.23, 5.24, 5.25, 5.26, 5.27, 5.28, 5.29 παρουσιάζονται οι συσχετίσεις μεταξύ των σταθμών «Αλυκές Πολιχνίτου-Σχολείο Αγίας Παρασκευής», «Αεροδρόμιο- Αλυκές Πολιχνίτου», «Αεροδρόμιο- Σχολείο Αγίας Παρασκευής», «Αεροδρόμιο- Σχολείο Άντισσας», «Στύψη- Σχολείο Αγίας Παρασκευής», «Σχολείο Αγ. Παρασκευής- Αγ. Παρασκευή», «Στύψη- Σχολείο Άντισσας», «Σχολείο Αγ. Παρασκευής- Σχολείο Άντισσας» κατά σειρά.

Όπως φαίνεται από τα παρακάτω διαγράμματα συσχέτισης των μετεωρολογικών σταθμών τα περισσότερα ζευγάρια παρουσιάζουν υψηλή θετική συσχέτιση. Μόνο το ζευγάρι σταθμών «Αεροδρόμιο- Σχολείο Αγίας Παρασκευής» παρουσιάζουν μέτρια θετική συσχέτιση σύμφωνα με το R^2 .

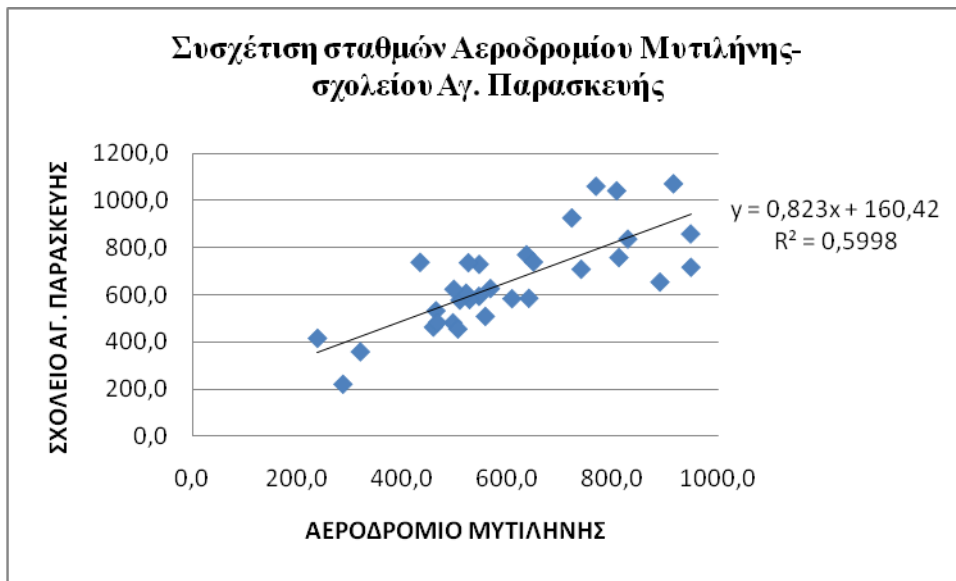
Δεν παρουσιάστηκαν όλες οι συσχετίσεις μεταξύ των υπολοίπων σταθμών καθώς παραλήφθηκαν εκείνες των σταθμών με ελλιπή δεδομένα και προτιμήθηκαν οι πλέον αντιπροσωπευτικές.



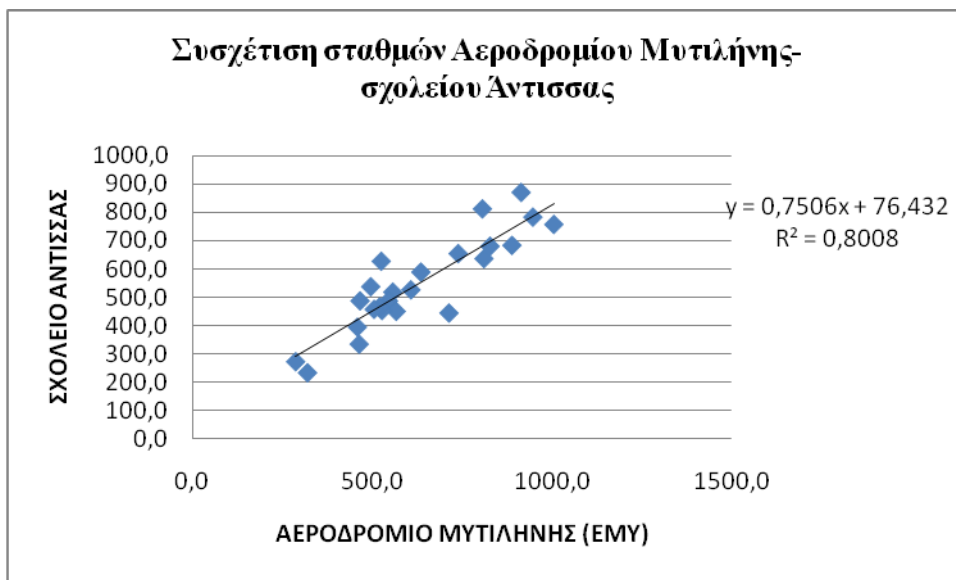
Διάγραμμα 5.22: Συσχέτιση «Αλυκών Πολιχνίτου-Σχολείου Αγίας Παρασκευής».



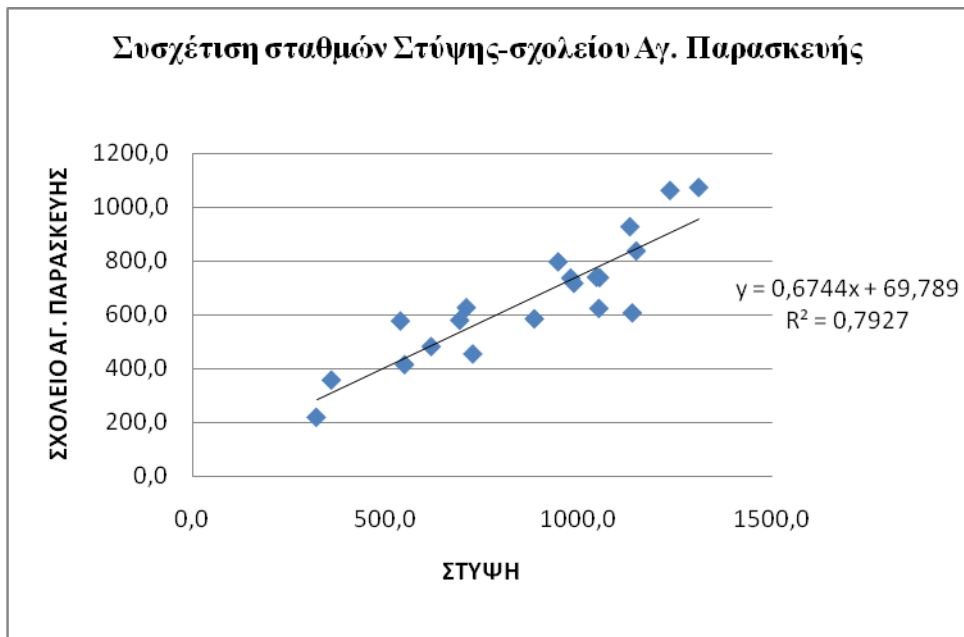
Διάγραμμα 5.23: Συσχέτιση «Αεροδρόμιο-Αλυκών Πολιχνίτου».



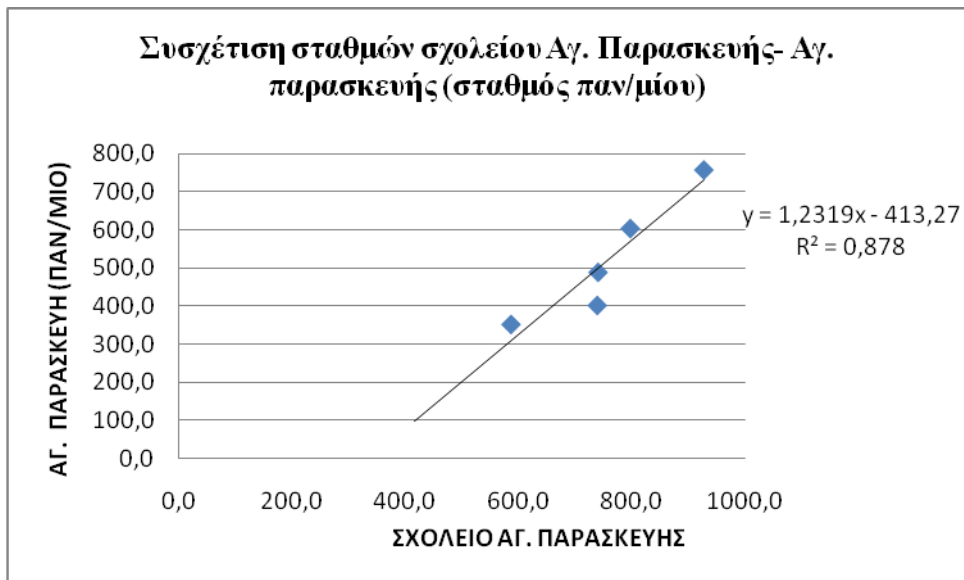
Διάγραμμα 5.24: Συσχέτιση «Αεροδρόμιο-Σχολείο Αγίας Παρασκευής».



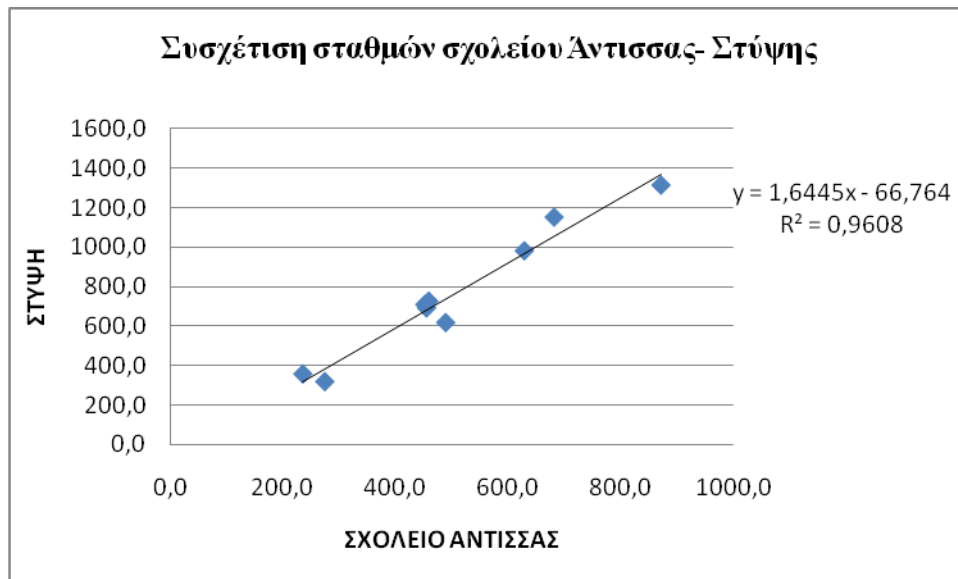
Διάγραμμα 5.25: Συσχέτιση «Αεροδρόμιο-Σχολείο Άντισσας».



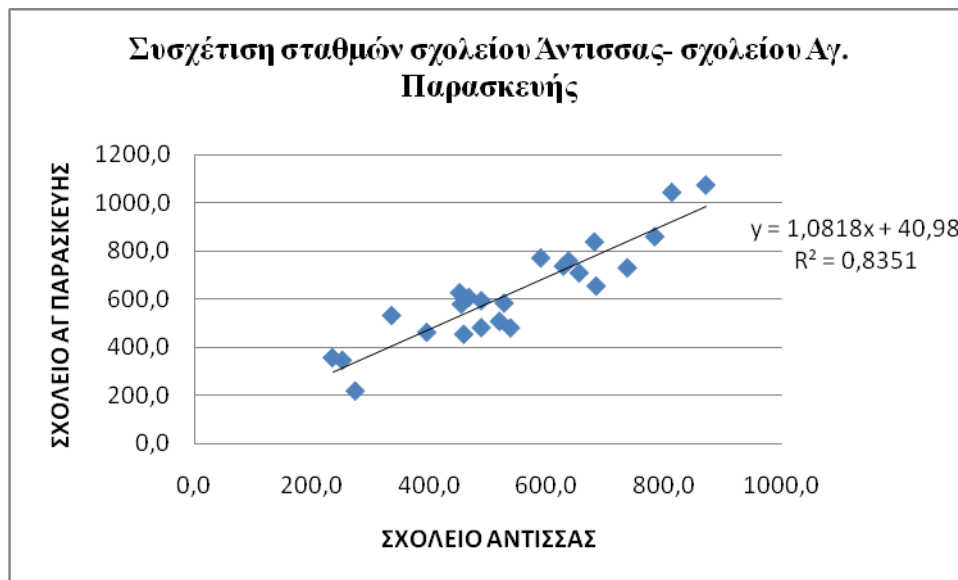
Διάγραμμα 5.26: Συσχέτιση «Στύψη-Σχολείο Αγίας Παρασκευής».



Διάγραμμα 5.27: Συσχέτιση «Αγία Παρασκευή-Σχολείο Αγίας Παρασκευής».



Διάγραμμα 5.28: Συσχέτιση «Σχολείο Αντισσας-Στύψη».



Διάγραμμα 5.29: Συσχέτιση «Σχολείο Αντισσας-Σχολείο Αγίας Παρασκευής».

5.5 Υπολογισμός Εξάτμισης με την Μέθοδο Thornthwaite

Για τον υπολογισμό της εξάτμισης χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Thornthwaite. Η εμπειρική μέθοδος του Thornthwaite έχει χρησιμοποιηθεί στην πράξη περισσότερο από κάθε άλλη, διεθνώς αλλά και στην Ελλάδα, λόγω των φειδωλών απαιτήσεών της σε δεδομένα εισόδου (μόνο μέση θερμοκρασία) αλλά και της παλαιότητας της (1948) (Παπαζαφειρίου, 1998).

Ο Thornthwaite (1948) δημιούργησε μια εξίσωση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για περιορισμένη διαθεσιμότητα νερού. Η εξίσωση εκτιμά τη μηνιαία εξατμισοδιαπνοή με βάση τη μέση μηνιαία θερμοκρασία και έχει τη μορφή:

$$E_p = 16 \left(\frac{10t_i}{J} \right)^a \frac{\mu N}{360}$$

όπου:

E_p : η δυνητική εξατμισοδιαπνοή σε mm/μήνα

t_i : η μέση μηνιαία θερμοκρασία σε °C

μ : ο αριθμός ημερών του υπό εξέταση μήνα

N : η μέση αστρονομική διάρκεια της ημέρας

J : ο ετήσιος δείκτης θερμοκρασίας και

A : μια εμπειρική παράμετρος που εξαρτάται από το δείκτη J ($\alpha=0.016J+0.5$).

Ο δείκτης θερμοκρασίας J , και a μια εμπειρική παράμετρος που εξαρτάται από το δείκτη J ($a=0.016J+0.5$). Υπολογίστηκε η εξατμηση για τον σταθμό της Ερεσού (Πίνακας 5.30). Ενώ ο μηνιαίος δείκτης θερμοκρασίας j_i είναι συνάρτηση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας σύμφωνα με την εξίσωση:

$$j_i = 0.09t_i^{3/2}$$

Πίνακας 5.30: Υπολογισμός εξατμησης για τον σταθμό της Ερεσού.

Μήνας	Θερμοκρασία (t_i)	$j_i=0,09*t_i^{3/2}$	ρ	$N_i=\rho_i*\mu$	$J=(\sum j_i)$	μ	$\alpha=0,016J+0,5$	$E_p=16((10*t_i/J)^{\alpha})*(\mu*N/360)$
Oct-09	19.8	7.9	0.3	7.8	110.8	31	2.3	40.0
Nov-09	18.1	6.9	0.2	6.6	110.8	30	2.3	27.0
Dec-09	15.4	5.4	0.2	6.2	110.8	31	2.3	17.9
Jan-10	13.0	4.2	0.2	6.5	110.8	31	2.3	13.0
Feb-10	13.6	4.5	0.2	7.0	110.8	29	2.3	14.4
Mar-10	15.6	5.5	0.3	8.4	110.8	31	2.3	25.0
Apr-10	19.5	7.7	0.3	9.0	110.8	30	2.3	43.3
May-10	23.4	10.2	0.3	10.2	110.8	31	2.3	76.9
Jun-10	27.6	13.0	0.4	10.5	110.8	30	2.3	111.1
Jul-10	31.1	15.6	0.3	10.5	110.8	31	2.3	151.8
Aug-10	32.6	16.8	0.3	9.6	110.8	31	2.3	154.3

Sep-10	27.3	12.9	0.3	8.4	110.8	30	2.3	87.1
Oct-10	20.8	8.5	0.3	7.8	108.3	31	2.2	45.9
Nov-10	19.9	8.0	0.2	6.6	108.3	30	2.2	34.3
Dec-10	14.9	5.2	0.2	6.2	108.3	31	2.2	17.4
Jan-11	13.0	4.2	0.2	6.5	108.3	31	2.2	13.5
Feb-11	13.3	4.4	0.2	7.0	108.3	29	2.2	14.3
Mar-11	13.8	4.6	0.3	8.4	108.3	31	2.2	19.9
Apr-11	16.3	5.9	0.3	9.0	108.3	30	2.2	29.7
May-11	22.8	9.8	0.3	10.2	108.3	31	2.2	74.3
Jun-11	27.8	13.2	0.4	10.5	108.3	30	2.2	115.1
Jul-11	30.9	15.4	0.3	10.5	108.3	31	2.2	150.7
Aug-11	30.5	15.2	0.3	9.6	108.3	31	2.2	133.5
Sep-11	28.7	13.8	0.3	8.4	108.3	30	2.2	98.8
Oct-11	20.0	8.1	0.3	7.8	100.6	31	2.1	45.6
Nov-11	15.0	5.2	0.2	6.6	100.6	30	2.1	20.5
Dec-11	14.1	4.8	0.2	6.2	100.6	31	2.1	17.4
Jan-12	9.8	2.8	0.2	6.5	100.6	31	2.1	8.5
Feb-12	10.2	2.9	0.2	7.0	100.6	29	2.1	9.3
Mar-12	12.5	4.0	0.3	8.4	100.6	31	2.1	18.3
Apr-12	15.9	5.7	0.3	9.0	100.6	30	2.1	31.4
May-12	21.9	9.2	0.3	10.2	100.6	31	2.1	72.9
Jun-12	29.7	14.5	0.4	10.5	100.6	30	2.1	137.1
Jul-12	30.1	14.8	0.3	10.5	100.6	31	2.1	146.2
Aug-12	30.6	15.2	0.3	9.6	100.6	31	2.1	138.1
Sep-12	28.0	13.3	0.3	8.4	100.6	30	2.1	97.2

Παρακάτω παρουσιάζεται ο Πίνακας 5.31 με την ετήσια εξάτμιση για τα υδρολογικά έτη 2009-2012. Λόγω έλλειψης βροχομετρικών δεδομένων από το σταθμό της Ερεσού δεν είναι εφικτό να πραγματοποιηθεί σύγκριση εξάτμισης- βροχόπτωσης. Όσον αφορά στην εξάτμιση των τριών υδρολογικών ετών δεν υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις στις τιμές.

Πίνακας 5.31: Ετήσια εξάτμιση για την περιοχή της Ερεσού.

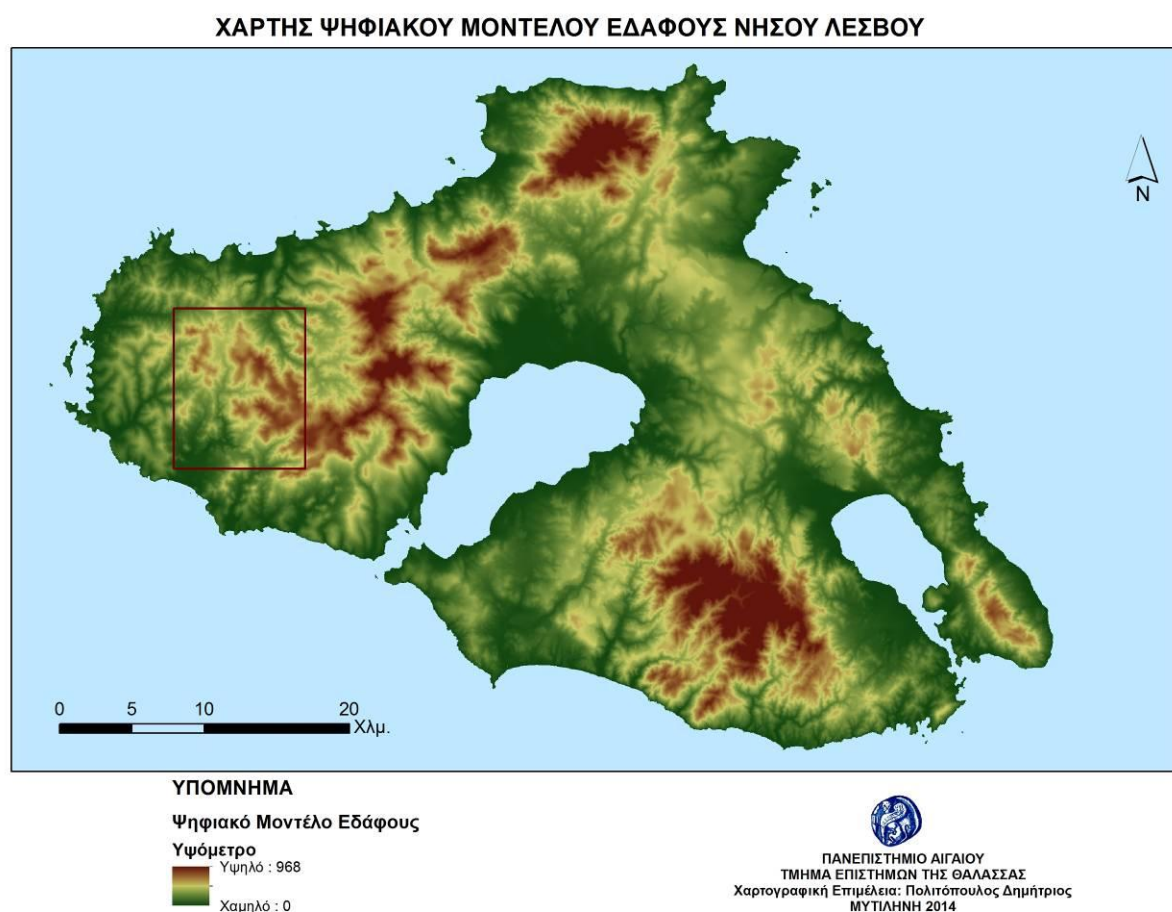
Υδρολογικό Έτος	Ετήσια Εξάτμιση (mm)
2009-2010	761,7
2010-2011	747,4
2011-2012	742,4

6. Αποτελέσματα

6.1 Υδρολογικό Μοντέλο SWAT

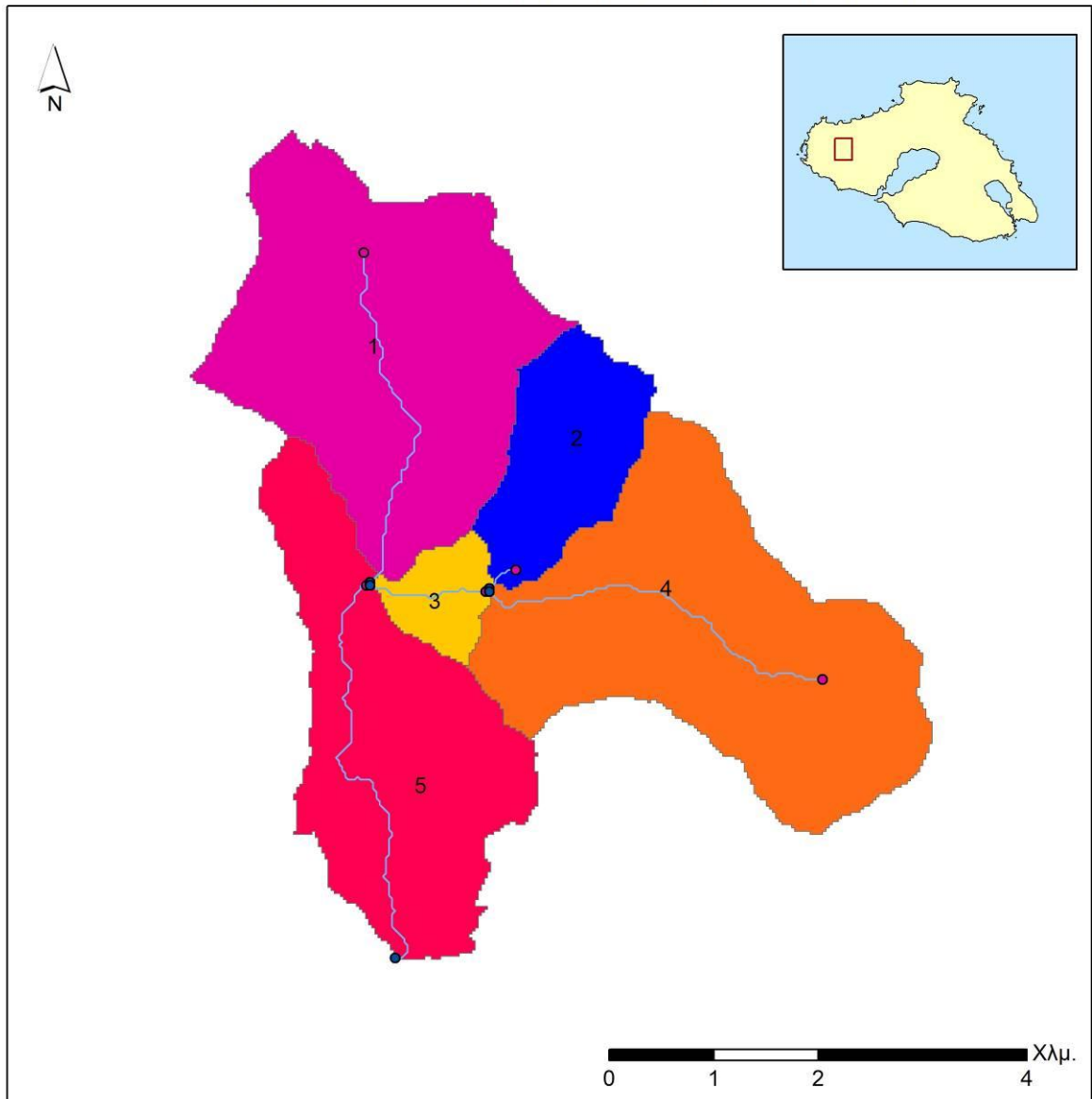
Στις παρακάτω Εικόνες 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5 παρουσιάζονται οι χάρτες που προέκυψαν από το υδρολογικό μοντέλο SWAT. Από την Εικόνα 6.3 με τις χρήσεις/καλύψεις γης φαίνεται πως το μεγαλύτερο ποσοστό (91,66 %) στην περιοχή μελέτης καταλαμβάνει η κάλυψη «βοσκότοποι» (σκούρο πράσινο χρώμα). Το μικρότερο ποσοστό καταλαμβάνει η χρήση «γεωργικές καλλιέργειες» (ανοιχτό πράσινο) με ποσοστό 1,62% και η κάλυψη «χορτολιβαδικές εκτάσεις» (μπλε χρώμα) με ποσοστό 1,58 %.

Στην Εικόνα 6.2 με τις υπολεκάνες φαίνονται οι 5 υπολεκάνες της περιοχής μελέτης. Επιπλέον, στην Εικόνα 6.4 με τις κλίσεις φαίνεται το μεγαλύτερο ποσοστό (90 %) να έχει κλίση >30°. Ακολουθούν σε ποσοστό 7,4 % οι κλίσεις 10-30° και οι κλίσεις 0-10° με ποσοστό 2,6%. Τέλος, από την Εικόνα 6.5 με τα εδάφη της λεκάνης απορροής το μεγαλύτερο ποσοστό (95,5 %) καταλαμβάνει ο τύπος εδάφους «s9323». Ακολουθούν οι τύποι «s9322», «s9321», «s9320» κατά σειρά με ποσοστά 3,1 %, 1,3 % και 0,1%.



Εικόνα 6.1: Ψηφιακό Μοντέλου Εδάφους Λέσβου και της περιοχής μελέτης (κόκκινο τετράγωνο).

ΧΑΡΤΗΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ ΓΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

— Υδρογραφικό Δίκτυο

Υπολεκάνες

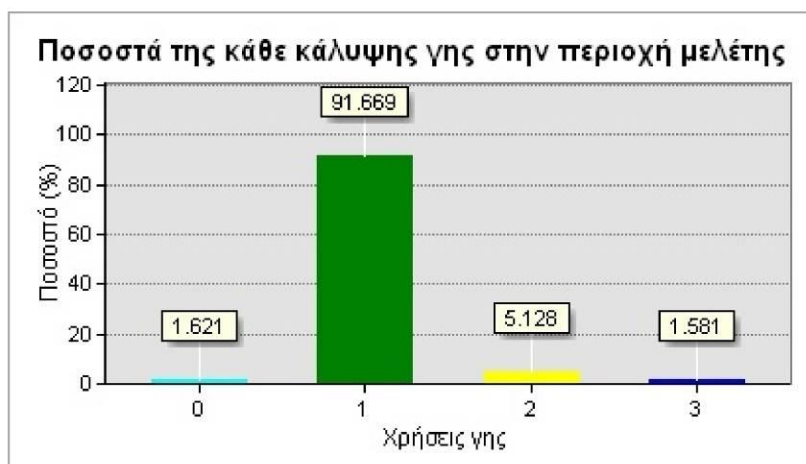
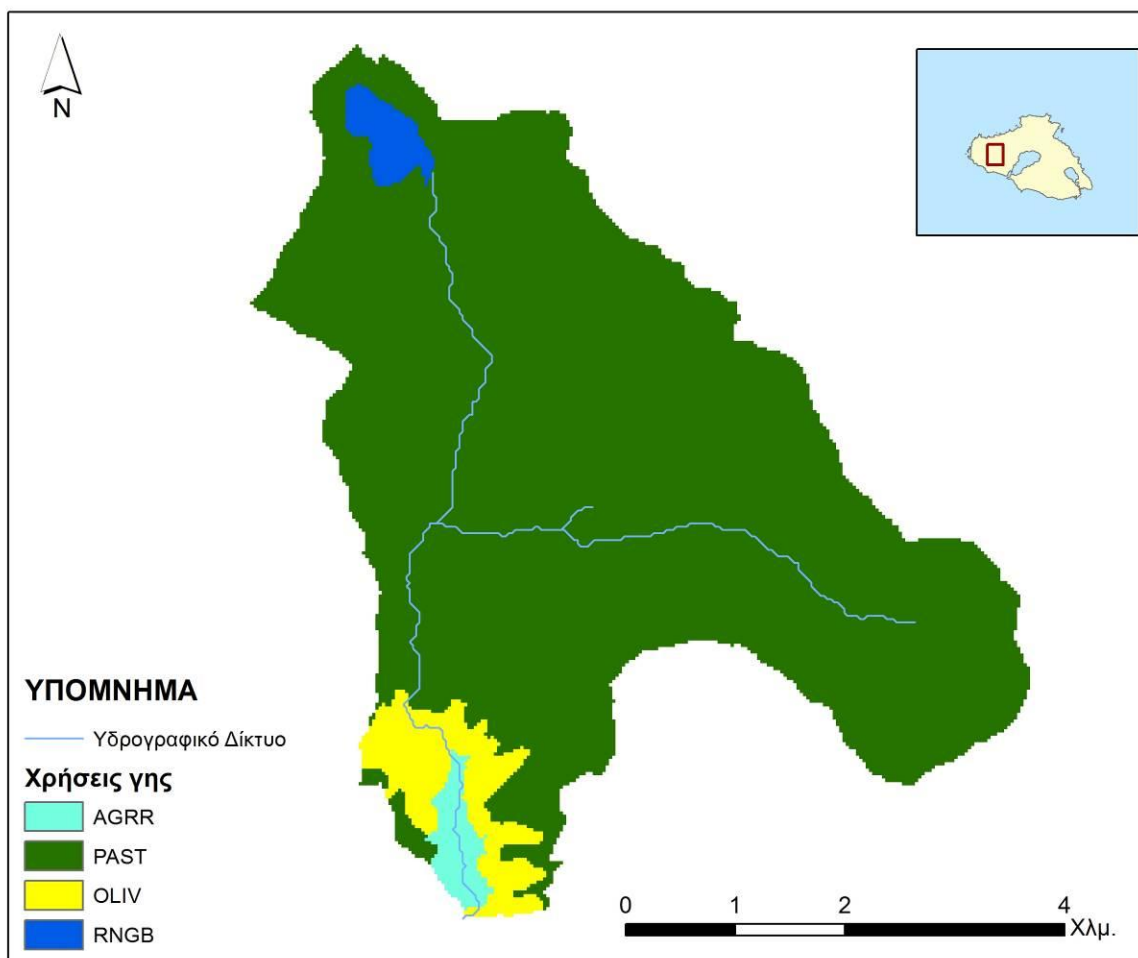
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ
Χαρτογραφική Επιμέλεια: Πολιτόπουλος Δημήτριος
ΜΥΤΙΛΗΝΗ 2014

Εικόνα 6.2: Υπολεκάνες της λεκάνης απορροής.

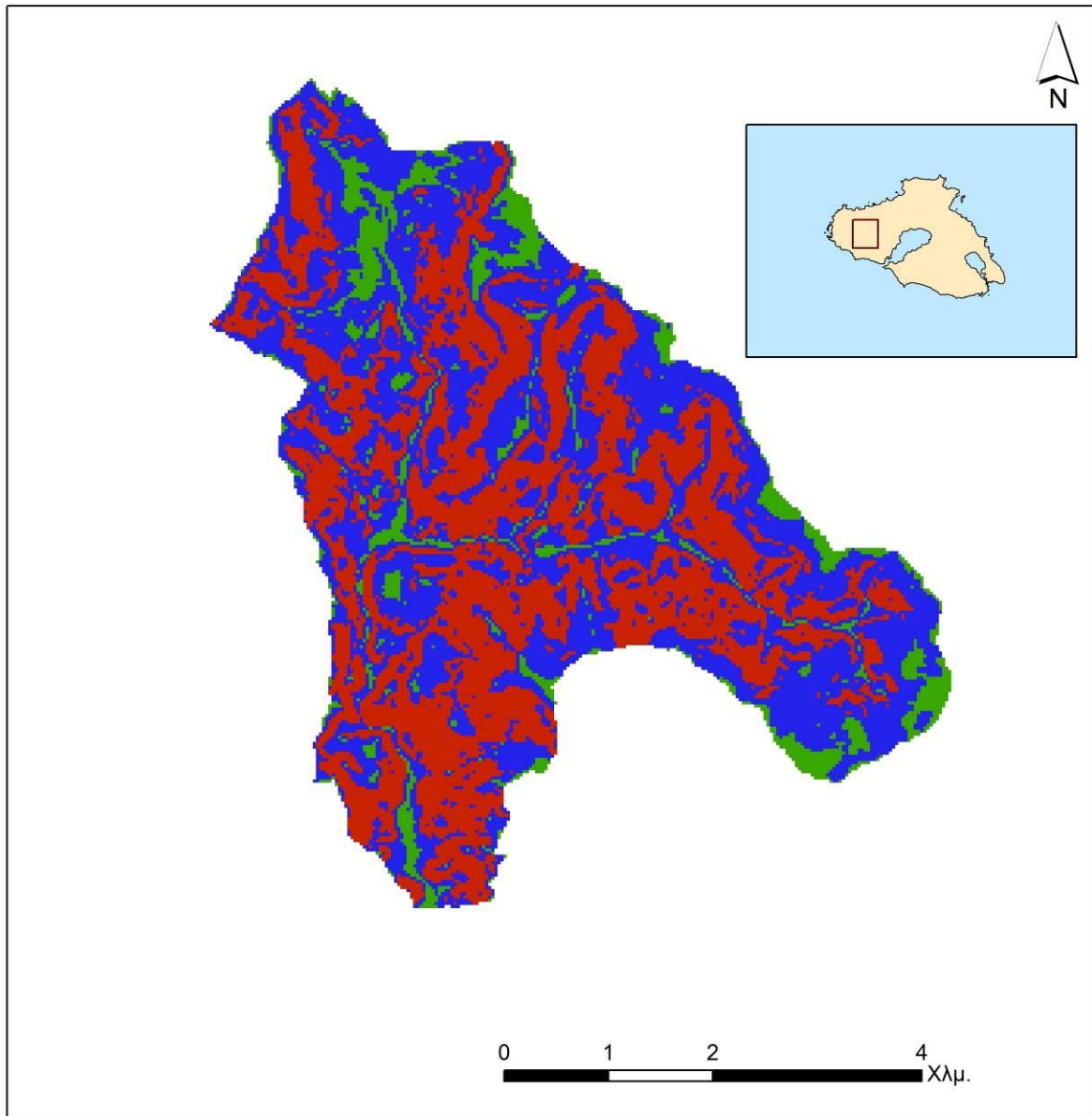
ΧΑΡΤΗΣ ΧΡΗΣΕΩΝ/ΚΑΛΥΨΕΩΝ ΓΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ




 ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
 ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ
 Χαρτογραφική Επιμέλεια: Πολιτόπουλος
 Δημήτριος
 ΜΥΤΙΛΗΝΗ 2014


Εικόνα 6.3: Χρήσεις/ καλύψεις γης της λεκάνης απορροής.

ΧΑΡΤΗΣ ΚΛΙΣΕΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Κλίσεις (%)

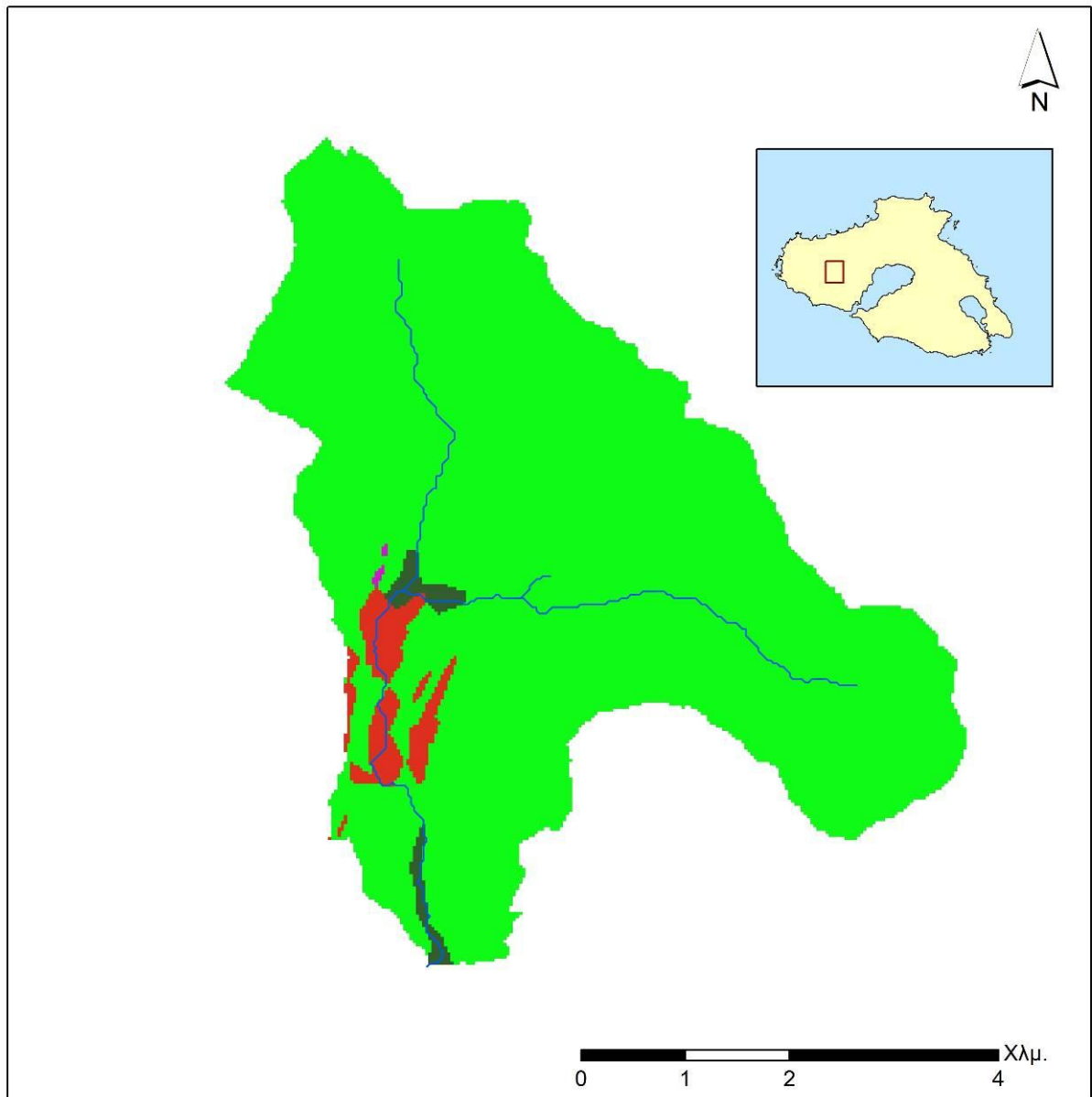
	0-10
	10-30
	30-9999



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ
Χαρτογραφική Επιμέλεια: Πολιτόπουλος Δημήτριος
ΜΥΤΙΛΗΝΗ 2014

Εικόνα 6.4: Κλίσεις της λεκάνης απορροής.

ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

— Υδρογραφικό Δίκτυο

Κλάσεις Εδάφους

■ s9320

■ s9321

■ s9322

■ s9323



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ
Χαρτογραφική Επιμέλεια: Πολιτόπουλος Δημήτριος
ΜΥΤΙΛΗΝΗ 2014

Εικόνα 6.5: Εδαφολογικός χάρτης της λεκάνης απορροής.

Στα παρακάτω Διαγράμματα 6.1, 6.3, 6.4, 6.6, παρουσιάζονται κατά σειρά τα διαγράμματα παροχής (flow) νερού, θρεπτικών όπως τα νιτρικά (NO₃) και αμμωνιακά (NH₄), αιωρούμενων σωματιδίων (suspended sediment) και μη ανθεκτικών βακτηρίων (non-persistent bacteria) για μηνιαία δεδομένα από το 1997 έως το 2012 για τη πέμπτη υπολεκάνη της λεκάνης απορροής που καταλήγει στην τοποθεσία του φράγματος.

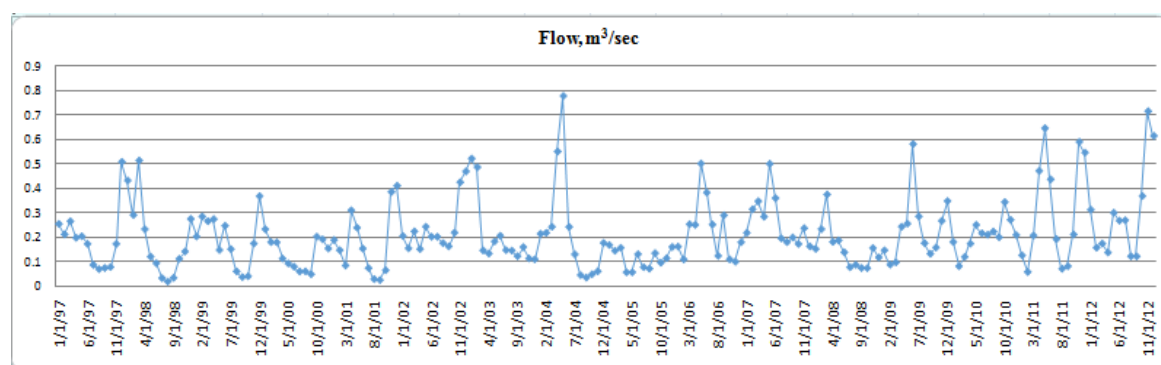
Από το Διάγραμμα 6.1 παροχής φαίνεται πως οι τιμές της παροχής του νερού τείνουν να μηδενισθούν τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω μείωσης των βροχοπτώσεων κατά το θέρος σε αντίθεση με το χειμώνα. Επίσης παρατηρείται μία υψηλή τιμή παροχής που ίσως να οφείλεται σε πλημμυρικό γεγονός. Η μέση τιμή της παροχής είναι 0.20 m³/sec.

Από το Διάγραμμα 6.3 των νιτρικών φαίνεται πως τους χειμερινούς μήνες παρουσιάζονται οι υψηλότερες τιμές ενώ τους καλοκαιρινούς μήνες οι χαμηλότερες. Ο μέσο όρος για τα νιτρικά είναι 9.7 mg/L. Παρουσιάζονται και τρεις ακραίες τιμές, που πλησιάζουν τα 25 mg/L.

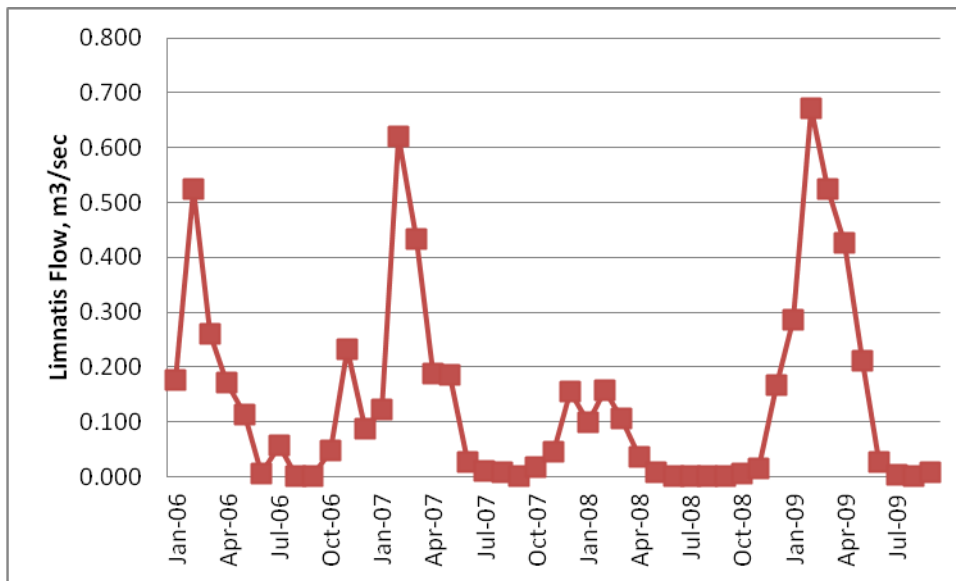
Από το Διάγραμμα 6.4 των αμμωνιακών φαίνεται πως οι τιμές τους είναι μικρότερες από 0.5 mg/L, ενώ τους καλοκαιρινούς μήνες παρατηρούνται τρεις ακραίες τιμές. Ο μέσος όρος είναι 0,27 mg/L. Οι τιμές αυτές των θρεπτικών που απορρέουν από τη λεκάνη οφείλονται στην παρουσία των αιγοπροβάτων που βόσκουν στην περιοχή. Για τη βαθμονόμηση του μοντέλου θεωρήθηκε πως τα ζώα της μη σταβλισμένης κτηνοτροφίας κατανέμονται ισάριθμα στις 5 υπολεκάνες. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του υδρολογικού μοντέλου η κοπριά από κάθε ζώο είναι 0.8 kg/ ha. Αυτό προέκυψε από τον αριθμό των 3,000 προβάτων που βόσκουν στην λεκάνη απορροής. Τα συγκεκριμένα ζώα παράγουν κατά εκτίμηση 260 kg κοπριάς/ χρόνο. Για ένα χρόνο έχω 780.000 kg/ year = 780 tons/ year κοπριάς.

Στο Διάγραμμα 6.6 των αιωρούμενων σωματιδίων φαίνεται πως τους καλοκαιρινούς μήνες οι τιμές τους τείνουν να μηδενισθούν λόγω ελλιπών βροχοπτώσεων και πολύ χαμηλών ροών του ποταμού. Αντίθετα τους χειμερινούς μήνες οι τιμές τους αυξάνονται απότομα λόγω βροχοπτώσεων και μάλιστα με εμφάνιση ακραίων τιμών. Έτσι η διάβρωση επηρεάζεται από το χειμαρρώδες χαρακτήρα του ποταμού.

Στο Διάγραμμα 6.7 των μη-ανθεκτικών βακτηρίων για μηνιαία δεδομένα από το 1997 έως το 2012 παρατηρείται ότι οι περισσότερες τιμές των βακτηρίων κυμαίνονται μεταξύ 0-20 cfu/mL και ελάχιστες τιμές είναι πάνω από 80 cfu/ mL.

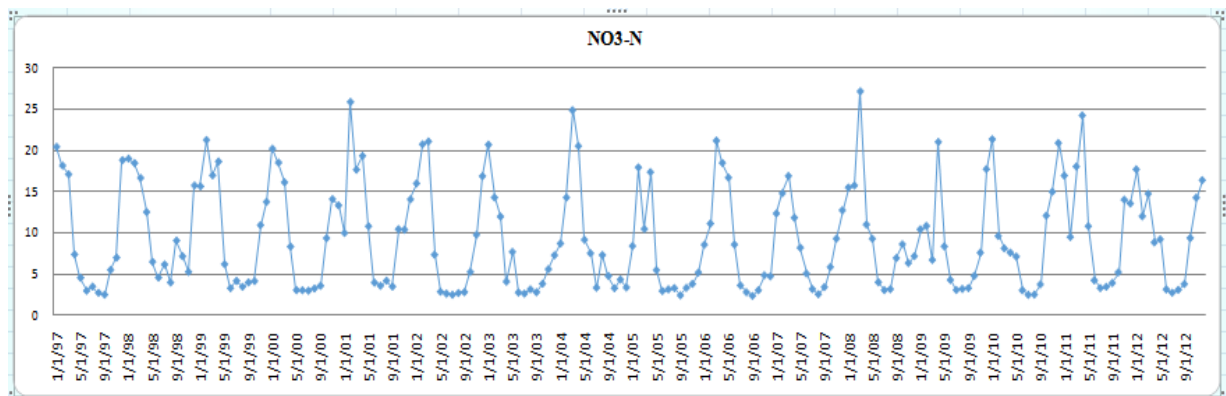


Διάγραμμα 6.1: Παροχή νερού για μηνιαία δεδομένα από το 1997 έως το 2012.

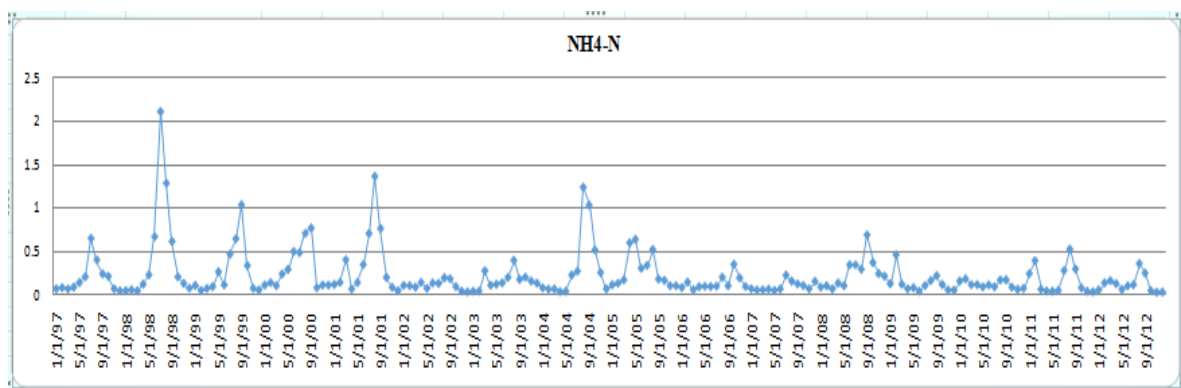


Διάγραμμα 6.2: Παροχή νερού για ημερήσια δεδομένα από το 2007 έως το 2009 για τον παραπόταμο Λιμνάτη του Κούρη ποταμού της Κύπρου

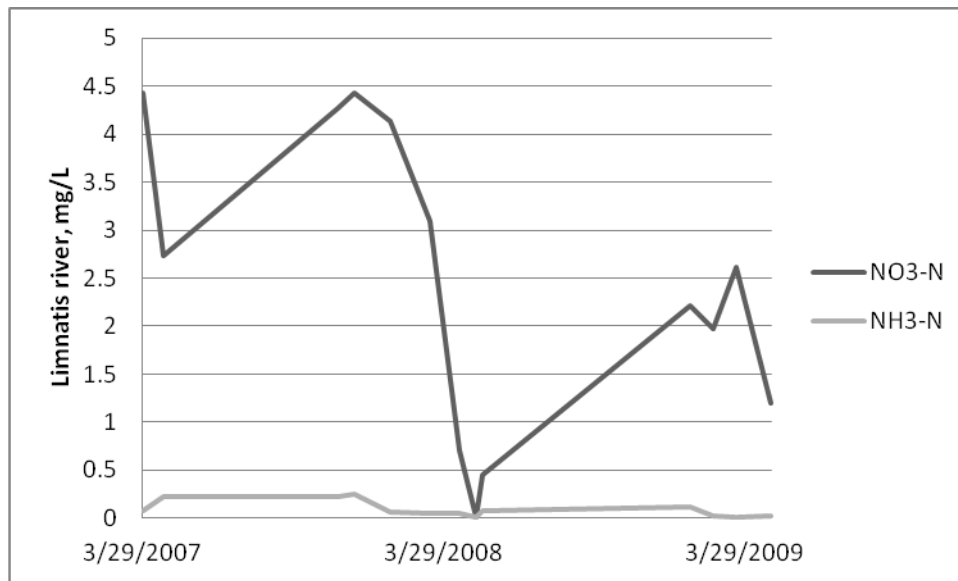
Συγκρίνοντας το υδρογράφημα του χειμάρρου της Ερεσού (6.1) με το υδρογράφημα του παραπόταμου Λιμνάτη της Κύπρου (6.2) που έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά ως προς την κλίση, τις χρήσεις γης και την γεωλογία του εδάφους, παρατηρούμε ότι παρουσιάζουν χαμηλές ροές κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και αύξηση της παροχής μετά από σημαντικά γεγονότα βροχής.



Διάγραμμα 6.3: Νιτρικό Άζωτο για μηνιαία δεδομένα από το 1997 έως το 2012.

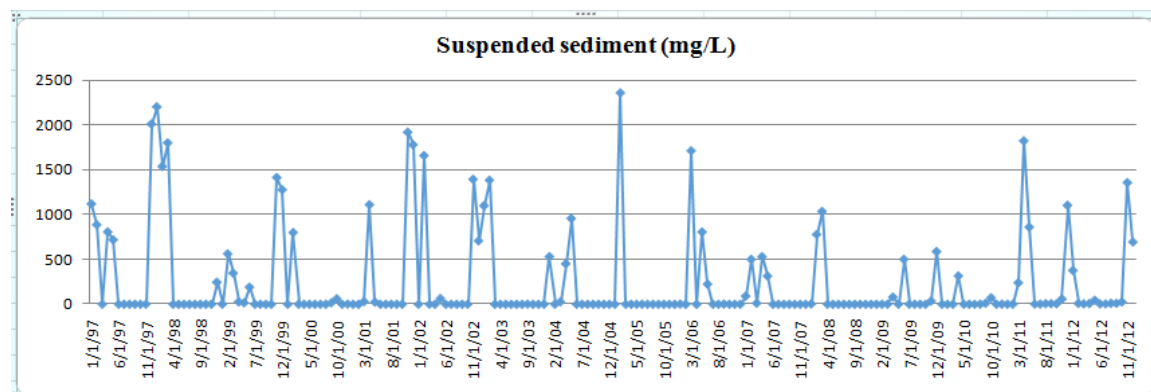


Διάγραμμα 6.4: Αμμωνιακό Άζωτο για μηνιαία δεδομένα από το 1997 έως το 2012.

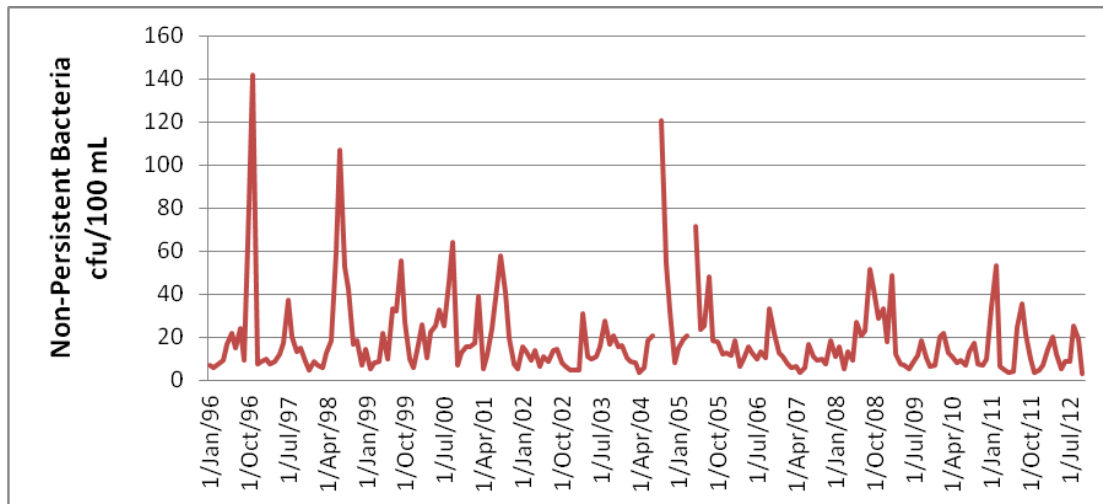


Διάγραμμα 6.5: Νιτρικό και Αμμωνιακό άζωτο στον παραπόταμο Λιμνάτη της Κύπρου.

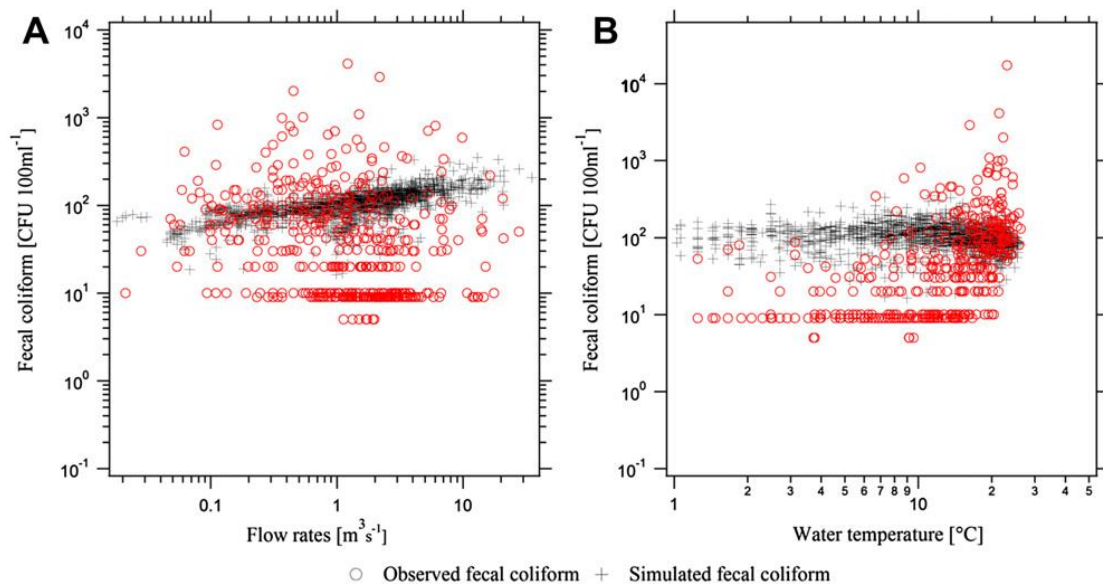
Μηνιαίες μετρήσεις Νιτρικού και Αμμωνιακού αζώτου στον παραπόταμο Λιμνάτη της Κύπρου παρουσιάζουν παρόμοια διακύμανση με αυτή του ποταμού της Ερεσού (Βλ. Διαγράμματα 6.3, 6.4, 6.5). Η διακύμανση του Νιτρικού αζώτου από 0,01-5,0 mg/L και αμμωνιακού από 0,01-0,2 mg/L.



Διάγραμμα 6.6: Αιωρούμενα σωματίδια για μηνιαία δεδομένα από το 1997 έως το 2012.



Διάγραμμα 6.7: Μη-ανθεκτικά βακτήρια για μηνιαία δεδομένα από το 1997 έως το 2012.



Διάγραμμα 6.8: Συσχετογράμματα μεταξύ της παροχής νερού και της θερμοκρασίας νερού και τον παρατηρούμενων και προσομοιωμένων βακτηρίων.

Πηγή: Cho et al., 2012

Από το Διάγραμμα 6.8 φαίνεται ότι η συγκέντρωση των βακτηρίων δεν ακολουθεί αναλογικότητα σε σχέση με τη θερμοκρασία του νερού και την παροχή του ποταμού. Όπως φαίνεται και από τα παραπάνω συσχετογράμματα το μικροβιακό φορτίο δεν ακολουθεί γραμμικότητα (Βλ. παραπάνω Διάγραμμα 6.7 μη ανθεκτικών βακτηρίων). Όπως φαίνεται και από μελέτη στον Κόλπο της Καλλονής (Βλ. Παρακάτω Πίνακα 6.1) μπορούμε να πούμε πως τα βακτήρια παρουσιάζουν διαφορετική διακύμανση ανάλογα με την εποχή, την θερμοκρασία, τη ροή και την ρύπανση που δέχεται μία περιοχή. Οι δικές μας τιμές είναι χαμηλές ωστόσο αυτό δεν αποκλείει την πιθανότητα υψηλών συγκεντρώσεων βακτηρίων στην λεκάνη.

Πίνακας 6.1: Παροχή νερού και μικροβιολογικό φορτίο των χειμάρρων που καταλήγουν στον κόλπο Καλλονής 01/12/13 (ελήφθησαν από Αδ. Ευστρατίου).

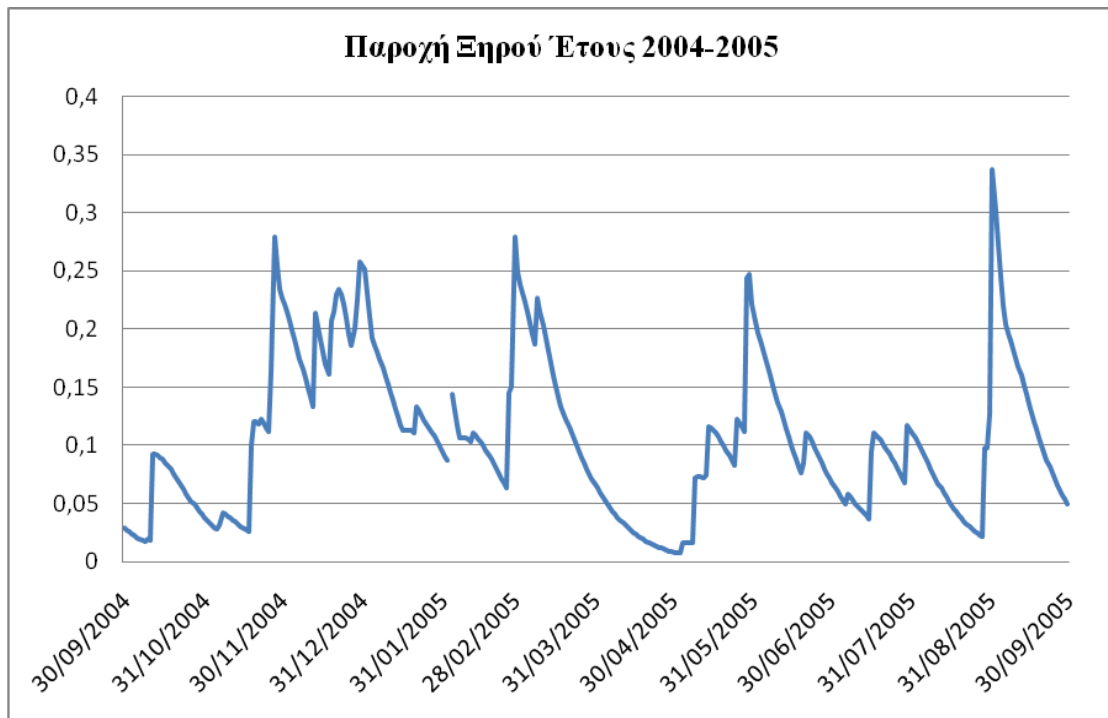
Ημερομηνία	01 Δεκεμβρίου 2013											
Θέση	3	4	5	5 ^α	6	7	8	9	10	11	12	13
Όνομα	Γλάρος	Λούτσας	Αγ. Παύλος	Αλ. Καταφύγιο	Μάκρης	Αγλαδερή	Βούβαρης	Μυλοπόταμος	Τσικνιάς	Χριστού	Ποταμιά	Παράκοιλα
Ώρα	9:30	10:40	11:05	11:20	11:25	11:40	12:28	13:30	13:45	13:52	14:05	14:25
Παροχή L/sec	31,3	43,4	54,0	28,5	182,0	59,4	981,0	142,7	76,1	-	43,9	125,6
E.coli/100 mL	480	3100	32000	180	230	2500	220	210	1000	90	-	8300

Στα Διαγράμματα 6.9 και 6.10 παρουσιάζεται η παροχή νερού για το ξηρό υδρολογικό έτος 2004-2005 και για το υγρό υδρολογικό έτος 2011-2012. Τα δεδομένα αφορούσαν ημερήσιες τιμές παροχής νερού. Τα συγκεκριμένα υδρολογικά έτη θεωρήθηκαν ξηρά και υγρά αντίστοιχα λόγω της σύγκρισης τους με τα υπόλοιπα όσον αφορά τις βροχοπτώσεις και επομένως τις ροές.

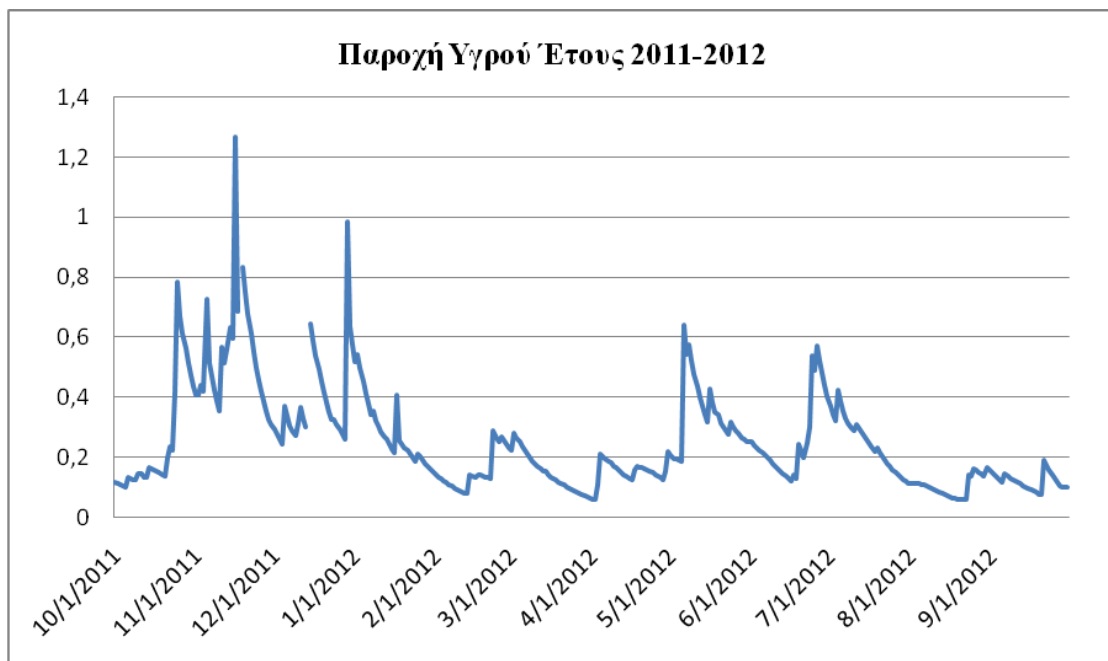
Στο Διάγραμμα 6.9 του ξηρού υδρολογικού έτους παρατηρούνται μεγάλες αυξομειώσεις στις ημερήσιες παροχές νερού. Οι παροχές νερού τείνουν να μηδενισθούν τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω της έλλειψης βροχής. Στο Διάγραμμα 6.10 του υγρού υδρολογικού έτους παρατηρούνται υψηλές τιμές παροχής νερού ακόμα και τους θερινούς μήνες όπως ο Ιούλιος και ο Αύγουστος. Επίσης δεν παρατηρούνται υψηλές τιμές παροχής νερού τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο, ενώ τους μήνες Νοέμβριο και Δεκέμβριο είναι υψηλές.

Το υγρό έτος απορρέουν $V_{\text{υγρού έτους}} = 8,45 * 10^6 \text{ m}^3$ νερού και το ξηρό έτος

$V_{\text{ξηρού έτους}} = 3,41 * 10^6 \text{ m}^3$ νερού. Για άρδευση χρησιμοποιούνται περίπου $\sim 1,5 * 10^6 \text{ m}^3$ νερού το χρόνο. Έτσι, το νερό που χρησιμοποιείται για άρδευση είναι μικρότερο σε όγκο από ότι το νερό που απορρέει από τη λεκάνη απορροής σε ένα υγρό και σε ένα ξηρό έτος.



Διάγραμμα 6.9: Παροχή νερού για το ξηρό υδρολογικό έτος 2004-2005.



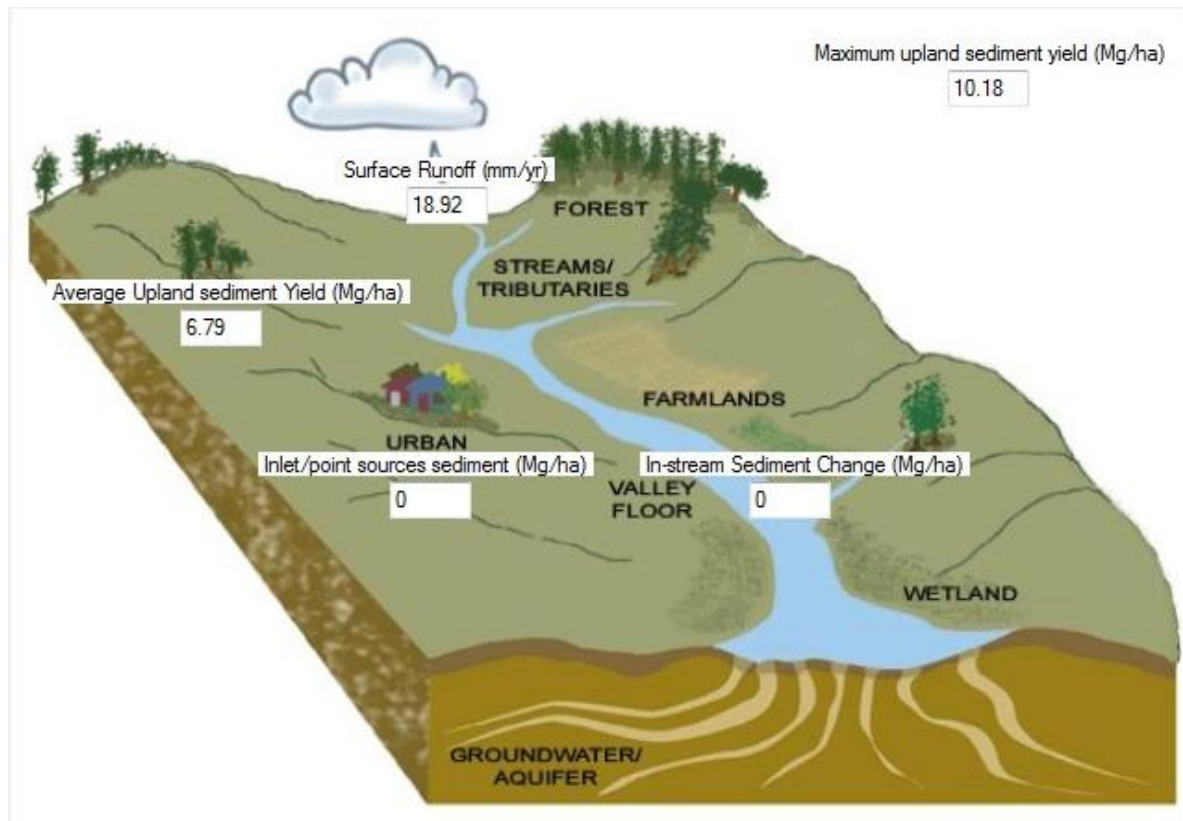
Διάγραμμα 6.10: Παροχή νερού για το υγρό υδρολογικό έτος 2011-2012.

Η μέση ετήσια ποσότητα ιζήματος που εισέρχεται στο φράγμα υπολογίστηκε με τη χρήση του λογισμικού AutoCad σε 14.633 tons/year. Οι τόνοι ιζήματος (sediment) ανά έτος και ανά εκτάριο υπολογίζονται σε 5,4 tons/year ha⁻¹. Το αποτέλεσμα αυτό προέκυψε από την αποτύπωση του φράγματος και από τα σχέδια κατασκευής του.

Συγκριτικά με το παραπάνω αποτέλεσμα (δηλ. 5,4 tons/year ha⁻¹) το υδρολογικό μοντέλο SWAT υπολόγισε τη μέση ποσότητα ιζήματος σε 6,79 tons/year ha⁻¹ (βλ. παρακάτω Εικόνα 6.6). Η διαφορά αυτή έγκειται πιθανόν στο ίζημα που διαφεύγει

από την υπερχείλιση του νερού από την δεξαμενή. Να σημειωθεί πως δεν έγινε προσπάθεια για βελτίωση της προσομοίωσης λόγω έλλειψης δεδομένων.

Στην Εικόνα 6.6 φαίνεται το ισοζύγιο ιζήματος της λεκάνης απορροής. Από το σχήμα της εικόνας φαίνεται η τιμή της επιφανειακής απορροής που είναι 18,92 mm/year.



Εικόνα 6.6: Ισοζύγιο ιζήματος της λεκάνης απορροής.

7. Συζήτηση και Συμπεράσματα

7.1 Μετεωρολογικά δεδομένα

Από την επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων συμπεραίνεται ότι τα καιρικά φαινόμενα μεταβάλλονται σε όλη την έκταση της Νήσου. Για παράδειγμα παρατηρείται μειωμένη βροχόπτωση στα δυτικά της Νήσου σε σχέση με τα ανατολικά. Αυτό οφείλεται στην διαφορετική γεωμορφολογία του εδάφους σε όλη την Νήσο Λέσβο.

Επίσης, στα υψηλά υψόμετρα υπάρχει αυξημένη βροχόπτωση και χαμηλότερες τιμές στη θερμοκρασία σε σχέση με τις πεδινές περιοχές. Ομοίως από την επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων φαίνεται πως οι σταθμοί δεν συσχετίζονται μεταξύ τους λόγω π.χ. διαφορετικού υψομέτρου τοποθέτησής τους και γεωγραφικής θέσης.

Σημαντικό ρόλο έπαιξε και ο τρόπος συλλογής των δεδομένων στην απόκλιση των τιμών από σταθμό σε σταθμό (δηλ. η συλλογή δεδομένων από αυτόματους μετεωρολογικούς σταθμούς ή η συλλογή δεδομένων με χειροκίνητο τρόπο από αρμόδιο άτομο).

Συμπεράσματα για τις βροχοπτώσεις της λεκάνης απορροής μπορούν να εξαχθούν καλύτερα από τον βροχομετρικό σταθμό του σχολείου της Άντισσας καθώς βρίσκεται πλησιέστερα από τους υπόλοιπους στην περιοχή μελέτης.

7.2 Βακτήρια

Από τις δειγματοληψίες και τις εργαστηριακές αναλύσεις των δειγμάτων νερού παρατηρήθηκε πως τα ύδατα που απορρέουν από την λεκάνη απορροής στο φράγμα έχουν αυξημένο μικροβιακό φορτίο. Αυτή η μόλυνση μπορεί να οφείλεται στην μη σταβλισμένη κτηνοτροφία, στις μικρές παραγωγικές μονάδες γαλακτοκομικών προϊόντων καθώς και στους ελάχιστους κατοίκους της περιοχής.

Συμπερασματικά από τα αποτελέσματα των εργαστηριακών αναλύσεων το νερό που απορρέει από τη λεκάνη απορροής καθώς και το νερό της δεξαμενής του φράγματος κρίνεται ακατάλληλο για οικιακή χρήση και μη πόσιμο.

Ωστόσο, το συγκεκριμένο νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το πότισμα των γεωργικών καλλιεργειών κατάντη του φράγματος και στην κτηνοτροφία.

7.3 Ίζημα λεκάνης απορροής

Από τη σύγκριση των σχεδίων κατασκευής του φράγματος με την αποτύπωση του προέκυψε το μέσο ίζημα απορροής για την λεκάνη το οποίο θεωρείται και αντιπροσωπευτικό της πραγματικότητας σε σχέση με το αποτέλεσμα του υδρολογικού μοντέλου SWAT.

Επίσης εξαιτίας του ότι δεν υπήρξαν μετρήσεις πεδίου για το ίζημα επηρέασε τα αποτελέσματα του υδρολογικού μοντέλου. Το συγκεκριμένο αποτέλεσμα επηρεάστηκε και από το ότι η λεκάνη απορροής είναι μία μεσογειακή λεκάνη και συγκεκριμένα μία νησιωτική λεκάνη απορροής με ιδιαίτερη σημασία επειδή η παραλία που καταλήγει το νερό του φράγματος επηρεάζεται από παράκτια διάβρωση.

Από τη διάβρωση της λεκάνης απορροής έχουν εναποτεθεί συνολικά **160.963 tons** ιζήματος τα 11 χρόνια λειτουργίας του. Ο όγκος του ιζήματος αυτού είναι $V_{total}=321925 \text{ m}^3$, ο οποίος ουσιαστικά είναι η απώλεια του όγκου (V_{loss}) του νερού που εισέρχεται στην λεκάνη απορροής με συνέπεια κάθε χρόνο να μειώνεται ο διαθέσιμος όγκος της δεξαμενής του φράγματος. Αυτός ο όγκος ιζήματος

κατακρατείται στο φράγμα και δεν καταλήγει στην παραλία της Ερεσού. Με αυτό τον τρόπο ενισχύεται το φαινόμενο της διάβρωσης της παραλίας, καθώς δεν εναποτίθεται νέο ίζημα από τη λεκάνη απορροής. Η παραλία της Ερεσού αντιμετωπίζει σοβαρό πρόβλημα διάβρωσης και κάθε χρόνο είναι ορατή η οπισθοχώρησή της.

7.4 Παροχή νερού

Για την παροχή νερού παρόλο που δεν υπήρχαν μετρήσεις προέκυψαν ικανοποιητικά αποτελέσματα εφόσον βαθμονομήθηκαν επαρκώς οι παράμετροι του υδρολογικού μοντέλου. Αυτό φάνηκε και στα αποτελέσματα μας όπου η μέση ετήσια παροχή για το ξηρό υδρολογικό έτος 2004-2005 ήταν πολύ χαμηλή ενώ αντίθετα για το υγρό υδρολογικό έτος 2011-2012 ήταν υψηλή. Το ίδιο συνέβη τους καλοκαιρινούς μήνες όπου οι τιμές τείνουν να μηδενισθούν και αυτό είναι αντιπροσωπευτικό της πραγματικότητας.

7.5 Προτάσεις

Για την ολοκληρωμένη διαχείριση της λεκάνης απορροής και της παράκτιας ζώνης χρειάζονται να ληφθούν μέτρα που είναι τα εξής:

- α) Τοποθέτηση οργάνων μέτρησης του ιζήματος για τον έλεγχο της διάβρωσης
- β) Παρακολούθηση της παροχής νερού με τη τοποθέτηση οργάνων μέτρησης από την λεκάνη απορροής στο φράγμα, καθώς και του νερού που διαφεύγει από τον υπερχειλιστή του φράγματος
- γ) Διαχειριστικά μέτρα για τον έλεγχο της μη σταβλισμένης κτηνοτροφίας
- ε) Συχνός έλεγχος του νερού της δεξαμενής του φράγματος και ορθή χλωρίωση ώστε να είναι κατάλληλο για οικιακή χρήση και για κατανάλωση
- στ) Συντήρηση και επισκευή των γεννητριών του αντλιοστασίου από εξειδικευμένο προσωπικό
- ζ) Μέτρα διαχείρισης των υδάτινων πόρων με ελεγχόμενη άρδευση και καταγραφή των αρδευόμενων εκτάσεων
- η) Πραγματοποίηση μελέτης για βυθοκόρηση στο φράγμα ώστε να αυξηθεί ο διαθέσιμος χώρος της δεξαμενής για νερό.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Arabia, M., Frankenberg, J. R., Engel, B. A., Arnold, J. G. (2008). Representation of agricultural conservation practices with SWAT. *Hydrological processes* 22, 3042-3055.
- Arnold, J. G., Williams, J. R., Maidment, D. R. (1995). Continuous – time water and sediment-routing model for large basins. *Journal of Hydraulic Engineering*, 121 (2), 171-183.
- Arnold, J.G., Allen, P.M., 1996. Estimating hydrologic budgets for three Illinois watersheds. *Journal of Hydrology* 176, 57-77.
- Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R. S., Williams J.R., 1998. Large area hydrologic modeling and assessment: Part I: Model development. *J. American Water Resources Assoc*, 34 (1), 73-89.
- Arnold, J.G., Fohrer, N., 2005. SWAT2000: current capabilities and research opportunities in applied watershed modeling. *Hydrol. Process.* 19, 563-572.
- Behera, S., Panda, R. K., (2006). Evaluation of management alternatives for an agricultural watershed in a sub-humid subtropical region using a physical process based model. *Agric. Ecosyst. Environ*, 113, 62-72.
- CWR (2003). Seminar Notes, Center For Water Research, University of Western Australia.
- Demirel, M. C., Venancio, A., Kahya, E. (2009). Flow forecast by SWAT model and ANN in Pracana basin, Portugal. *Advances in Engineering Software* 40, 467-473.
- Gassman, P. W., Reyes, M., Green, C. H., Arnold, J. G., 2007a. SWAT peer-reviewed literature: a review. *Proceedings. Third International SWAT Conference*, 13-15 July 2005, Zurich, Switzerland.
- Gassman, P. W., Reyes, M. R., Green, C. H., Arnold, J. G. (2007b). The soil and water assessment tool: Historical development, applications, and future research directions. *Trans. ASAE* 50 (4), 1211–1250. \
- EuroSION (2004a). Living with coastal erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability PART I. Final Report of the Project ‘Coastal erosion – Evaluation of the need for action’, Directorate General Environment, European Commission.
- EuroSION (2004b). Living with coastal erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability PART II: Maps and Statistics. Final Report of the Project ‘Coastal erosion – Evaluation of the need for action’. Directorate General Environment. European Commission.

- Jabbar, M. T. (2003). Application of GIS to Estimate Soil Erosion Using RUSLE. *Geo-spatial Information Science*, 6, 1, 34-37.
- Komar P. D. (1998). *Beach Processes and Sedimentation* (2nd Edition). Prentice Hall, N.J. USA. 544 pp.
- Kusre, B. C., Baruah, D. C., Bordoloi, P. K., Patra, S. C. (2010). Assesment of hydropower potential using GIS and hydrological modeling technique in Kopili River basin in Assam (India). *Appl. Energy* 87, 298-309.
- Lenhart, T., Eckhardt, K., Fohrer, N., Frede, H.-G. (2002). Comparison of two different approaches of sensitivity analysis. *Physics and Chemistry of the Earth* 27 (9-10), 645-654.
- Luo, Y. & Zhang, M. (2009). Management-oriented sensitivity analysis for pesticide transport in watershed-scale water quality modeling using SWAT. *Environmental Pollution* 157, 3370-3378.
- Milliman J. D., Syvitski J. P. M. (1992). Geomorphic/ tectonic control of sediment discharge to the ocean: the importance of small mountainous rivers. *Journal of Geology*,100, 525-544.
- Ndomba, P., Mtalo, F., Killingtveit, A. (2008). SWAT model application in a data scarce tropical complex catchment in Tanzania. *Physics and Chemistry of the Earth* 33, 626-632.
- Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., Williams, J. R. (2001). *Soil and Water Assessment Tool. Theoretical Documentation, Version 2000*. Blackland Research Center, Agricultural Research Service, Texas, USA.
- Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., Williams, J. R. (2005). *Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation, Version 2005*. Grassland, Soil and Water Research Laboratory; Agricultural Research Service 808 East Blackland Road; Temple, Texas 76502; Blackland Research Center; Texas Agricultural Experiment Station 720 East Blackland Road; Temple, Texas 76502, USA.
- Panagos, P., Karydas, C. G., Gitas, I. Z., Montanarella, L. (2012). Monthly soil erosion monitoring based on remotely sensed biophysical parameters: a case study in Strymonas river basin towards a functional pan-European service. *International Journal of Digital Earth*, 5, 6, 461-487.
- Phomcha, P., Wirojanagud, P., Vangpaisal, T., Thaveevouthti, T. (2012). Modeling the impacts of alternative soil conservation practices for an agricultural watershed with the SWAT model. *Procedia Engineering*, 32, 1205-1213.
- Pisinaras, V., Petalas, C., Gikas, G., Gemitzi, A., Tsihrintzis, V. (2010). Hydrological and water quality modeling in a medium-sized basin using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT). *Desalination* ,250, 274–286.

- Poulos, S. E. & Collins, M. B. (2002). A quantitative evaluation of riverine/sediment fluxes to the Mediterranean Basin: Natural flows, coastal zone evolution and the role of dam construction. In: S.J. Jones and L.E. Frostick (Eds), *Sediment Flux to Basins: Causes, Controls and Consequences*. Geological Society of London Special Publication, 191, 227-245.
- Shen, Z. Y., Gong, Y. W., Li, Y. H., Hong, Q., Xu, L., Liu, R. M. (2009). A comparison of WEPP and SWAT for modeling soil erosion of the Zhangjiachong watershed in the three Gorges reservoir area. *Ag Water Mgmt* 96, 1435-1442.
- Stone, M. C., Hotchkiss, R. H., Hubbard, C. M., Fontaine, T. A., Mearns, L. O., Arnold, J. G., (2001). Impacts of climate change on Missouri River basin water yield. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 37, 1119-1129.
- Tsimplis, M. N. & M. Rixen (2002). Sea level in the Mediterranean Sea: The contribution of temperature and salinity changes. *Geophys. Res. Lett.*, 29 (23).
- Tsimplis, M. N., Josey, S. A., Rixen, M., Stanev, E. V. (2004). On the forcing of the sea level in the Black Sea. *Journal of Geophysical Research*, 109, art no C08015.
- Syvitski J. P. M. (2003). *Global Planet. Change* 39, 1.
- USDA, Soil Conservation Service (1972). Section 4: Hydrology in National Engineering Handbook. SCS.
- Vemu, S. & Pinnamaneni, U. B. (2011). Estimation of spatial patterns of soil erosion using remote sensing and GIS: a case study of Indravati catchment. *Nat Hazards*, 59,1299–1315. DOI 10.1007/s11069-011-9832-6.
- Vousdoukas, M. I., Velegrakis, A. F., Karambas, T. V. (2007). Morphology and sedimentology of a microtidal, beachrock-infected beach: Vatera, Lesbos, NE Mediterranean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (submitted).
- Wischmeier, W. H. & Smith, D. D. (1978): Predicting rainfall erosion losses, USDA Agr. Res. Ser. Handbook, 537.
- Wischmeier, W. H. & Smith D. D. (1965) Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. Agriculture Handbook No. 282, U.S. Department of Agriculture, Washington, DC.
- World Commission on Dams, 2000. Dams and Water: Global Statistics: Europe – Hydro and Irrigation Led Dam Development in Europe. Online:<http://www.dams.org/global/euro.htm>.

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Ανδρεάδης Ο. (2005). Οι επιπτώσεις της κατασκευής του φράγματος στο ισοζύγιο ιζήματος της λεκάνης απορροής της Ερεσού. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Αιγαίου. Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας. Μυτιλήνη.
- Αποστολίδης Κ. Π., Στεφάνου Χ., Στεργιόπουλος Κ., Αντωνοπούλου Ε. (2000). «Μ.Π.Ε. για το εργο: Αξιοποίηση Ταμιευτήρα Ερεσού Ν. Λέσβου». Υπουργείο Γεωργίας, Αθήνα.
- Κασσωτάκη, Ε. (2011). Ανάπτυξη μεθοδολογίας υπολογισμού ολικών μέγιστων ημερήσιων φορτίων με τη χρήση στατιστικής υδρολογίας και σύνθετων υδρολογικών μοντέλων προσομοίωσης λεκάνης απορροής. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος. Χανιά.
- Κουτσούμπας, Δ. (2012). Σημειώσεις μαθήματος Οικολογία και Διαχείριση Παράκτιων Οικοσυστημάτων. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας. Μυτιλήνη.
- Μαγδάλη, Μ. (2012). Ανάπτυξη του υδρολογικού μοντέλου. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος. Χανιά.
- Μιμίκου, Μ. Α. (2006). Τεχνολογία Υδατικών Πόρων. Γ' έκδοση, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.
- Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα, WFD 2000/60.*
- Πολιτόπουλος, Δ. (2012). Δυνητικά παθογόνοι μικροοργανισμοί σε δείγματα ιαματικών λουτρών. Πτυχιακή Εργασία. ΤΕΙ Αθήνας, Τμήμα Ιατρικών Εργαστηρίων. Αθήνα.