



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Μοντελοποίηση της Υδρολογίας της Λεκάνης Απορροής του
Ποταμού Ευρώτα»**

Βοζινάκη Ανθή Ειρήνη

Εξεταστική Επιτροπή

Νικολαΐδης Νικόλαος (Επιβλέπων)

Καρατζάς Γεώργιος

Παλαιολόγος Ευάγγελος

Χανιά, 2009

Δε μπορείς να μπεις δυο φορές
στα ίδια νερά του ποταμού.

«Ηράκλειτος ο Εφέσιος»

Ευχαριστίες

Λίγο πριν το πέρας της διπλωματικής αυτής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά, όλους αυτούς που μου προσέφεραν απλόχερα τη βοήθειά τους.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Νικόλαο Νικολαΐδη, ο οποίος με την εμπιστοσύνη του, μου έδωσε την ευκαιρία να γνωρίσω την επιστήμη του Περιβάλλοντος, να δω τυγχόν προβλήματα, διαφορετικούς τρόπους επίλυσής τους, να μάθω να πεισμώνω, να παθιαστώ. Θα ήθελα επίσης να τον ευχαριστήσω για την υποστήριξή του στην συνέχεια των σπουδών μου.

Στην συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Γεώργιο Καρατζά για την στήριξή, που μου δείχνει όλο αυτό το χρονικό διάστημα και για την συμμετοχή του στην τριμελή μου επιτροπή. Ομοίως ευχαριστώ τον κ. Ευάγγελο Παλαιολόγο για την συμμετοχή του στην τριμελή μου επιτροπή.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την Ουρανία Τζωράκη, που στάθηκε πλάι μας κατά την εκπόνηση της διπλωματικής αυτής εργασίας, την Άντρη Χριστοδούλου για την πολύτιμη και ευχάριστη συνεργασία μαζί της, τον Δανιήλ Μωραΐτη, την Φωτεινή Σταμάτη και πολλά άλλα παιδιά που πέρασαν από το εργαστήριο, αφήνοντας το σημάδι τους.

Ενα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω και στον κ. Βασίλη Παπαδουλάκη, Γεωλόγο στην ΥΕΒ της Νομαρχίας Λακωνίας, που διέθεσε αρκετό από τον χρόνο του, μεταλαμπαδεύοντας την πολύτιμη, για την εργασία, εμπειρία του και τις γνώσεις του. Η βοήθεια του αποτέλεσε σημείο καθοριστικό για την εργασία

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τα αδέρφια μου, που πάντα με στηρίζουν και με ενισχύουν ηθικά και όλους τους φίλους μου που είναι κοντά μου.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Ειδίκευσης «Υγειονομική και Περιβαλλοντική Μηχανική» του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος, του Πολυτεχνείου Κρήτης, και στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού Προγράμματος «Τεχνολογίες Φιλικές προς το Περιβάλλον για Περιφερειακή Ανάπτυξη» (LIFE05ENV/GR/000245).

Κύριος στόχος της είναι η μοντελοποίηση της υδρολογίας της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα με το μοντέλο ETD, ώστε να καταστεί δυνατή μια ολοκληρωμένη και ορθότερη διαχείριση της λεκάνης. Η λεκάνη του Ευρώτα αποτελεί ένα σύστημα, αρκετά πολύπλοκο με έντονη καρστικοποίηση και μεγάλες διαφοροποιήσεις από περιοχή σε περιοχή. Επομένως σε πρώτο πλάνο έπρεπε να χωριστεί σε μικρότερες υπολεκάνες, ώστε να επεξεργαστεί τμηματικά και πιο ολοκληρωμένα.

Στο Κεφάλαιο 1 παρουσιάζεται σε μια μικρή εισαγωγή η Οδηγία Πλαίσιο για τα νερά 2000/60.

Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται βιβλιογραφική ανασκόπηση στις διάφορες έννοιες που αφορούν μια υδρολογική ανάλυση, καθώς επίσης και στα διάφορα υδρολογικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Στο Κεφάλαιο 3 γίνεται μια πλήρης περιγραφή της περιοχής μελέτης, περιλαμβάνοντας στοιχεία υδρολογικά, υδρογεωλογικά, μορφολογικά, κλιματολογικά και στοιχεία χρήσεων γης.

Στο Κεφάλαιο 4 αναλύονται τα δεδομένα του πεδίου. Αρχικά παρουσιάζεται η ανάλυση από την επεξεργασία των χρονοσειρών των δεδομένων βροχόπτωσης, θερμοκρασίας και εξάτμισης, που προκύπτουν από τους επτά μετεωρολογικούς σταθμούς της λεκάνης απορροής του Ευρώτα. Στη συνέχεια, γίνεται ανάλυση των μετρήσεων παροχής του πεδίου, που έχουν πραγματοποιηθεί σε καίρια σημεία του ποταμού Ευρώτα.

Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε κατά την μοντελοποίηση της υδρολογίας, καθώς επίσης και οι αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν στο μοντέλο του ETD, ώστε να προσαρμοστεί στις απαιτήσεις της περιοχής.

Στο Κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τη μοντελοποίηση της κάθε υπολεκάνης, τα ισοζύγια κάθε μιας καθώς επίσης και συνολικό ισοζύγιο της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή - Οδηγία Πλαίσιο	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	7
2.1 Υδρογεωλογία.....	7
2.2 Υδρολογία – Κύκλος Νερού.....	8
2.3 Λεκάνη Απορροής	9
2.4 Υδρολογικά Μοντέλα	10
2.4.1 Καρστικό Μοντέλο	12
2.4.1.1 Γενικά	12
2.4.1.2 Περιγραφή Καρστικού Μοντέλου.....	13
2.4.2 Μοντέλο ETD (ENHANCED TRICKLE-DOWN MODEL).....	16
2.4.2.1 Εισαγωγή στο μοντέλο	16
2.4.2.2 Περιγραφή του Μοντέλου	17
2.4.2.3 Περιγραφή του Υδρολογικού Υπομοντέλου.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Περιγραφή της Περιοχής Μελέτης.....	28
3.1 Γενικά	28
3.2 Ο ποταμός Ευρώτας.....	29
3.3 Γεωμορφολογία της Περιοχής	30
3.4 Στρωματογραφία – Γεωτεκτονικές Ενότητες	32
3.5 Υδρογεωλογία	41
3.5.1 Επιφανειακή Υδρολογία	41
3.5.2 Υδροφορίες.....	43
3.5.3 Πηγές	45
3.6 Κλιματολογικά Στοιχεία.....	47
3.7 Χρήσεις Γης στη λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα	48

3.8 Πιέσεις στην λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Ανάλυση Δεδομένων.....	54
4.1 Εισαγωγή	54
4.2 Ανάλυση Μετεωρολογικών Δεδομένων	55
4.2.1 Σταθμός Ριβιώτισσας.....	55
4.2.2 Σταθμός Σελλασίας.....	59
4.2.3 Σταθμός Βρονταμά.....	62
4.2.4 Σταθμός Περιβολίων.....	63
4.2.5 Σταθμός Έλους.....	64
4.2.6 Σταθμός Πετρίνα.....	68
4.2.7 Σταθμός Βασαράς.....	69
4.3 Σύγκριση των μετεωρολογικών δεδομένων των σταθμών.....	70
4.4 Ανάλυση Υδρολογικών δεδομένων (Μηνιαίες Τιμές).....	72
4.5 Ανάλυση Υδρολογικών Δεδομένων (Ημερήσιες Τιμές).....	73
4.5.1 Σταθμός Σκορτσινού.....	73
4.5.2 Σταθμός Βιβαρίου.....	74
4.5.3 Σταθμός Κελεφίνας.....	75
4.5.4 Σταθμός Σπάρτης.....	75
4.5.5 Σταθμός Βρονταμά.....	76
4.5.6 Σταθμός Σκάλας.....	77
4.5.7 Σταθμός Τάφρου Ω.....	77
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Μεθοδολογία.....	78
5.1 Εισαγωγή.....	79
5.1.1 Αλλαγές στο Μοντέλο ETD.....	80
5.1.2 Εισαγωγή Καρστικών Παροχών – QKARST.....	80

5.1.3	Εισαγωγή Παροχής από τυγχόν άνω υπολεκάνες – QUPSTREAM.....	80
5.1.4	Εισαγωγή Επιφανειακών αντλήσεων – QWITHDR.....	81
5.1.5	Εισαγωγή Υπόγειων Αντλήσεων – QIRR.....	81
5.1.6	Αλλαγές στον κώδικα του μοντέλου.....	81
5.2	Περιγραφή Μεθοδολογίας.....	83
5.2.1	Διαχωρισμός της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα σε μικρότερες.....	83
5.2.2	Συνολικό υδατικό ισοζύγιο λεκάνης απορροής	86
5.2.3	Υπολογισμός Βροχόπτωσης.....	87
5.2.4	Υπολογισμός Καρστικής παροχής.....	88
5.3	Υπολογισμός Υπόγειων Αντλήσεων.....	90
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Ανάλυση Μοντελοποίησης.....		92
6.1	Εισαγωγή.....	92
6.2	Υπολεκάνη Βορειοανατολικού Ταύγετου.....	92
6.2.1	Δεδομένα Βροχόπτωσης.....	93
6.2.2	Δεδομένα Εξάτμισης.....	94
6.2.3	Δεδομένα Θερμοκρασίας.....	95
6.2.4	Δεδομένα Καρστικού Μοντέλου.....	96
6.2.5	Δεδομένα Υπόγειων Αντλήσεων	96
6.2.6	Δεδομένα Επιφανειακών Αντλήσεων.....	97
6.2.7	Αποτελέσματα Μοντέλου.....	97
6.3	Υπολεκάνη Βορειοδυτικού Πάρνωνα.....	103
6.3.1	Δεδομένα Βροχόπτωσης.....	104
6.3.2	Δεδομένα Εξάτμισης.....	105
6.3.3	Δεδομένα Θερμοκρασίας.....	106
6.3.4	Δεδομένα Καρστικού Μοντέλου.....	106
6.3.5	Δεδομένα Υπόγειων Αντλήσεων.....	107
6.3.6	Δεδομένα Επιφανειακών Αντλήσεων.....	107

6.3.7	Αποτελέσματα Μοντέλου.....	108
6.4	Σύγκριση ΒΑ Ταϋγκετου και ΒΔ Πάρνωνα με Σπάρτη.....	112
6.5	Υπολεκάνη ΝΔ Πάρνωνα.....	113
6.5.1	Δεδομένα Βροχόπτωσης.....	114
6.5.2	Δεδομένα Εξάτμισης.....	115
6.5.3	Δεδομένα Θερμοκρασίας.....	116
6.5.4	Δεδομένα Καρστικού Μοντέλου.....	117
6.5.5	Δεδομένα Υπόγειων Αντλήσεων.....	117
6.5.6	Δεδομένα Επιφανειακών Αντλήσεων.....	118
6.5.7	Αποτελέσματα Μοντέλου.....	118
6.6	Υπολεκάνη Κεντρικού Ταϋγκετου.....	123
6.6.1	Δεδομένα Βροχόπτωσης.....	124
6.6.2	Δεδομένα Εξάτμισης.....	125
6.6.3	Δεδομένα Θερμοκρασίας.....	126
6.6.4	Δεδομένα Καρστικού Μοντέλου.....	127
6.6.5	Δεδομένα Υπόγειων Αντλήσεων.....	127
6.6.6	Δεδομένα Επιφανειακών Αντλήσεων.....	128
6.6.7	Αποτελέσματα Μοντέλου.....	128
6.7	Υπολεκάνη Πεδιάδας της Σκάλας.....	133
6.7.1	Δεδομένα Βροχόπτωσης.....	135
6.7.2	Δεδομένα Εξάτμισης.....	136
6.7.3	Δεδομένα Θερμοκρασίας.....	136
6.7.4	Δεδομένα Καρστικού Μοντέλου.....	136
6.7.5	Δεδομένα Υπόγειων Αντλήσεων.....	137

6.7.6	Δεδομένα Επιφανειακών Αντλήσεων.....	137
6.7.7	Αποτελέσματα Μοντέλου.....	137
6.8	Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα.....	142
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Στατιστική Ανάλυση των αποτελεσμάτων του Μοντέλου.....		147
7.1	Εισαγωγή.....	147
7.2	Στατιστική Ανάλυση ΒΑ Ταΰγετου.....	148
7.3	Στατιστική Ανάλυση ΒΔ Πάρνωννα.....	150
7.4	Στατιστική Ανάλυση Κεντρικού Ταΰγετου.....	152
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: Συμπεράσματα.....		153
Βιβλιογραφία.....		155
Παράρτημα Α		
Παράρτημα Β		
Παράρτημα Γ		
Παράρτημα Δ		

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή - Οδηγία Πλαίσιο

Σύμφωνα με την οδηγία πλαίσιο 2000/60, το νερό αποτελεί αγαθό περιβαλλοντικό, κοινωνικό και οικονομικό. Το νερό είναι αγαθό, αναντικατάστατο για την επιβίωση, την υγεία και την οικονομική ανάπτυξη με σημαντική πολιτιστική ή ακόμα και θρησκευτική αξία (Gleick, 2000). Η Οδηγία 2000/60 συνδυάζοντας ποιοτικούς, ποσοτικούς και οικολογικούς στόχους για την προστασία των υδάτινων οικοσυστημάτων, στοχεύει στην επίτευξη της καλής κατάστασης όλων των υδάτινων σωμάτων. Έτσι μέσα από ένα ιδιαίτερα αυστηρό και απαιτητικό χρονοδιάγραμμα, τα Κράτη - Μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης υποχρεούνται, στα πλαίσια της Κοινής Στρατηγικής για την Εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60 (Common Implementation Strategy – CIS) να εφαρμόσουν μία σειρά από δράσεις μέχρι το 2015.

Η Οδηγία-Πλαίσιο 2000/60 αποτελεί σταθμό και στρατηγικό εργαλείο πολιτικής και νομοθεσίας για την διατήρηση των υδάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Σκοπός της είναι να προστατεύσει συνολικά όλες τις κατηγορίες υδάτων, υπόγεια ύδατα, επιφανειακά, γλυκά και παράκτια, και να θέσει συγχρόνως συνολικά το πλαίσιο συντονισμού στη διαχείριση διασυνοριακών υδάτων.

Η Οδηγία-Πλαίσιο προβλέπει την ταυτοποίηση των ευρωπαϊκών υδάτων και των χαρακτηριστικών τους, ταξινομημένων ανά υδρογραφική λεκάνη απορροής και περιοχή λεκάνης απορροής, με παράλληλη έγκριση των σχεδίων διαχείρισης και των προγραμμάτων λήψης των ενδεδειγμένων μέτρων για κάθε υδατικό σύστημα.

Κύριοι στόχοι της Οδηγίας-Πλαίσιο είναι:

- ✓ Η εφαρμογή ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων σε επίπεδο λεκάνης απορροής,
- ✓ Η εφαρμογή της αρχής της αυτονομίας,
- ✓ Η εφαρμογή μιας συνδυασμένης προσέγγισης για τον έλεγχο της ρυπανσης καθορίζοντας, τόσο τα όρια εκπομπών ρύπων, όσο και στόχους για την επίτευξη της επιθυμητής ποιότητας των υδάτινων σωμάτων (επιφανειακών, μεταβατικών, παράκτιων και υπόγειων),
- ✓ Η εφαρμογή τιμολογιακής πολιτικής στις διαφορετικές χρήσεις του νερού,
- ✓ Η συμμετοχή του κοινού στη λήψη αποφάσεων για την διαχείριση υδάτινων πόρων και
- ✓ Η βελτιστοποίηση της νομοθεσίας.

Η Οδηγία δημιουργεί ένα πλαίσιο για την προστασία όλων των υδατίνων σωμάτων, (επιφανειακών, μεταβατικών, παράκτιων και υπόγειων), όπως διαφαίνονται από το πρώτο άρθρο της, ώστε:

- ✓ Να αποτρέπεται η περαιτέρω υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων και να προστατεύονται και βελτιώνονται οι υδατικοί πόροι,
- ✓ Να προωθείται η βιώσιμη διαχείριση των υδάτων, μέσω της μακροπρόθεσμης προστασίας των υδατικών πόρων,
- ✓ Να υπο-βοηθείται η βελτίωση του υδάτινου περιβάλλοντος μέσω εφαρμογής συγκεκριμένων μέτρων για τη σταδιακή μείωση της απόρριψης ρυπαντικών ουσιών προτεραιότητας και την εξάλειψη της απόρριψης επικίνδυνων ρυπαντικών ουσιών προτεραιότητας,
- ✓ Να εξασφαλίζεται η προοδευτική μείωση της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων και να αποτρέπεται η περαιτέρω ρύπανσή τους και
- ✓ Να υπο-βοηθείται η αντιμετώπιση των επιπτώσεων ακραίων φαινομένων πλημμυρών και ξηρασίας.

Ο βασικός λοιπόν στόχος της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Νερά που αφορά στην επίτευξη των διαχειριστικών στόχων σε όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέσω εφαρμογής κατάλληλων προγραμμάτων ορθής διαχείρισης των υδατικών πόρων σε κάθε υδατική περιφέρεια, προϋποθέτει την υλοποίηση διακριτών ενδιάμεσων σταδίων, που ρητά αναφέρονται στην Οδηγία, με πρώτο βήμα την εναρμόνιση του εθνικού θεσμικού πλαισίου.

Η Οδηγία αναφέρεται σε όλες τις κατηγορίες υδάτων, επιφανειακά, υπόγεια, μεταβατικά και παράκτια, ανεξαρτήτως μεγέθους και χαρακτηριστικών. Ωστόσο, για λόγους που σχετίζονται με την πρακτική εφαρμογή και τον έλεγχο εφαρμογής της Οδηγίας, όλα τα νερά θα πρέπει να συγκροτηθούν σε «υδάτινα σώματα» (ΥΣ) («water body»), τα οποία αποτελούν «διακριτά και σημαντικά» στοιχεία νερού, για τα οποία θα πρέπει να επιτευχθούν οι περιβαλλοντικοί στόχοι της Οδηγίας.

Η διακριτοποίηση των υδατίνων σωμάτων γίνεται μέσω εφαρμογής κριτηρίων σχετικών με τα γεωγραφικά και υδρομορφολογικά χαρακτηριστικά τους και με το αν το υδάτινο σώμα είναι τεχνητό ή ιδιαιτέρως τροποποιημένο. Μία άλλη ομάδα κριτηρίων σχετίζεται με την κατάσταση των υδατίνων σωμάτων, η οποία έχει άμεση σχέση με την ανάλυση πιέσεων και επιπτώσεων, ενώ παράλληλα προστατευόμενες περιοχές ή υδάτινα σώματα τα οποία έχουν σαφώς διαφορετική χρήση, αποτελούν επίσης διακριτά στοιχεία νερού.

Ο προσδιορισμός των λεκανών απορροής (river basins) και των υδροφορέων μπορεί να γίνει με τη χρήση τοπογραφικών και γεωλογικών – εδαφολογικών δεδομένων. Πιο σύνθετη είναι η διαδικασία ομαδοποίησης των λεκανών και των υδροφορέων καθώς και η ένταξη τμημάτων της παράκτιας ζώνης σε Υδατικές Περιφέρειες. Ένα από τα κυριότερα μεθοδολογικά προβλήματα είναι η επιλογή των κριτηρίων ομαδοποίησης των λεκανών απορροής σε Υδατικές Περιφέρειες. Τα κριτήρια που έχουν διερευνηθεί περιλαμβάνουν κλιματολογικά κριτήρια (υγρασία, εξατμισοδιαπνοή, ηλιοφάνεια, θερμοκρασία κλπ), περιβαλλοντικά (βιο-γεωγραφικές περιοχές, κατανομή πανίδας, γεωλογικές συνθήκες κλπ), κοινωνικο-οικονομικά (πυκνότητα πληθυσμού, κυρίαρχος τομέας οικονομικής δραστηριότητας, γλωσσικές και πολιτιστικές διαφορές κλπ) και διοικητικά (εθνικά σύνορα, διοικητική διαίρεση της χώρας, υφιστάμενες δομές κ.λπ.). Ανάλογα με τις εκάστοτε τοπικές συνθήκες διαφοροποιούνται οι συντελεστές βαρύτητας των προαναφερθέντων κριτηρίων, ωστόσο, συνήθως δίνεται καθοριστική βαρύτητα στα διοικητικά κριτήρια και αξίζει να σημειωθεί ότι σε όλες σχεδόν τις χώρες έχουν διαμορφωθεί ήδη προτάσεις ως προς τις Υδατικές Περιφέρειες. Επιπλέον μια λεκάνη απορροής μπορεί να διαιρεθεί σε μικρότερες ενότητες αρκεί να εξασφαλίζεται η βιωσιμότητα του οργανωτικού πλαισίου, που θα τις διέπει.

Η ένταξη υδατίνων σωμάτων στις αντίστοιχες υδατικές περιφέρειες παρουσιάζει προβλήματα στις περιπτώσεις, όπου ένα υδάτινο σώμα ανήκει σε περισσότερες από μία περιφέρειες. Σύμφωνα με την Οδηγία κάθε υδάτινο σώμα πρέπει να ενταχθεί σε μία μόνο Υδατική Περιφέρεια και ως εκ τούτου για τα μεν επιφανειακά και υπόγεια ύδατα τίθεται θέμα επιλογής της κατάλληλης περιφέρειας, ενώ για τα παράκτια ύδατα το συνηθέστερο κριτήριο είναι αυτό της γειννίας και ο χωρισμός και η ένταξη των επιμέρους τμημάτων της παράκτιας ζώνης στις αντίστοιχες περιφέρειες γίνεται με απλή προέκταση προς την θάλασσα των ορίων των περιφερειών.

Οι απαιτήσεις της οδηγίας για την ανάλυση των πιέσεων και των επιπτώσεων τους στα υδάτινα σώματα καθορίζεται από το Άρθρο 5 σύμφωνα με το οποίο για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής πρέπει:

- ✓ Να γίνει ανάλυση των χαρακτηριστικών της,
- ✓ Να εκτιμηθεί η επίπτωση των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων στην κατάσταση των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων και
- ✓ Να γίνει οικονομική ανάλυση της χρήσης του νερού.

Η καταγραφή των πιέσεων στην κάθε περιοχή λεκάνης απορροής (πιέσεις ρύπανσης, επιπτώσεις από απόληψη ποσοτήτων υδάτων από το υδάτινο σώμα,

αλλαγές στην μορφολογία του υδατίνου σώματος), έχει ως στόχο την κατανόηση των σημαντικότερων διαχειριστικών προβλημάτων για κάθε λεκάνη και τους μηχανισμούς μέσω των οποίων οι πιέσεις επηρεάζουν κάθε επιμέρους υδατίνο σώμα. Η αρχική αυτή «συνοπτική εκτίμηση» αποτελεί μια «γρήγορη» αλλά ουσιαστική φάση, η οποία ακολουθείται από μια αναλυτικότερη προσέγγιση των προβλημάτων.

Η προσέγγιση για την ανάλυση και καταγραφή των πιέσεων και την αρχική εκτίμηση των επιπτώσεων καθορίζεται από την εξής αλληλουχία: Δραστηριότητα (γενεσιουργές αιτίες) → Πίεση → Κατάσταση → Επίπτωση → Ανταπόκριση (λήψη μέτρων) - (DPSIR, Driver, Pressure, State, Impact, Response). Στη φάση αυτή πραγματοποιείται και η αναγνώριση πιθανών «διαδρομών» δραστηριοτήτων – πιέσεων – επιπτώσεων στα υδάτινα σώματα (π.χ.1 βιομηχανική δραστηριότητα → απόρριψη τοξικών → πιθανές επιπτώσεις από την ρύπανση με τοξικά του υδατίνου σώματος – αποδέκτη. π.χ.2 χρήση γης → εντατικές καλλιέργειες → ένταση στη χρήση αγροχημικών → απόπλυση αζώτου φωσφόρου → αύξηση στη συγκέντρωση θρεπτικών αλάτων στο υδατίνο σώμα → ευτροφισμός).

Το εύρος των πιθανών ρυπαντικών πιέσεων στα υδάτινα σώματα είναι μεγάλο και η κατηγοριοποίηση τους απαραίτητη και ιδιαίτερα δύσκολη αφού ο ίδιος ρύπος μπορεί να προκύψει από διαφορετικές πηγές, να βρεθεί σε διαφορετικές μορφές ή να προκαλέσει ποικιλία επιπτώσεων. Η συνηθέστερη διάκριση κατηγοριοποιεί τους ρύπους ανάλογα με την πηγή προέλευσης, σε σημειακές (π.χ. αστικά, κτηνοτροφικά ή βιομηχανικά υγρά απόβλητα) και μη σημειακές πηγές (π.χ. επιφανειακές απορροές). Άλλες κατηγοριοποιήσεις βασίζονται στην ένταση των επιπτώσεων των ρύπων, στη δυνατότητα αυτοκαθαρισμού τους από φυσικές διεργασίες εντός του ποτάμιου σώματος και στην χρονική τους συνέχεια (σποραδική είτε χρόνια παρουσία).

Η Οδηγία-Πλαίσιο ρυθμίζει και το θέμα της ποσότητας στο βαθμό που σχετίζεται και επηρεάζει την ποιότητα των υδάτων. Προς τον σκοπό αυτό η άντληση επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, χρειάζεται αδειοδότηση και πραγματοποιείται μόνο σε περίπτωση που διασφαλίζεται η μακροπρόθεσμη ισορροπία μεταξύ άντλησης και επαναπλήρωσης.

Η χρήση οικονομικών εργαλείων, όπως τέλη για τη χρήση του νερού, είτε για άντληση, είτε για παροχέτευση, υιοθετείται ρητά από την Οδηγία στα πλαίσια της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει» και επομένως η οικονομική εκτίμηση καθίσταται ουσιώδης αντικείμενο της διαχείρισης των υδάτων. Όλα αυτά συνεπάγονται μια πολιτική κοστολόγησης του ύδατος, η οποία θα αναληφθεί από τον χρήστη - καταναλωτή.

Τέλος, σημαντική πλευρά των σχεδίων διαχείρισης οφείλει να είναι η συμμετοχή του κοινού στη θέσπιση ποιοτικών στόχων για τα ύδατα, καθώς ό,τι αποφασίζεται έχει άμεση επίπτωση στην ανθρώπινη ζωή, όσον αφορά στην ποιότητα του πόσιμου νερού, στην κοστολόγησή του, στην επίδραση των εκπομπών των βιομηχανιών στα ύδατα για την αλιεία και την κολύμβηση κλπ.

Η Ελλάδα ως χώρα με μεγάλες διαφοροποιήσεις στη διαθεσιμότητα υδατικών πόρων και τη ζήτηση νερού μεταξύ περιοχών και λεκανών απορροής και σε συνδυασμό με τις μεγάλες εποχιακές διακυμάνσεις δημιουργεί την ανάγκη για εκτεταμένες υποδομές για την κάλυψη της ζήτησης νερού, όπως για παράδειγμα, έργα μεταφοράς νερού μεταξύ λεκανών απορροής, κατασκευή φραγμάτων για την αποθήκευση ικανοποιητικών ποσοτήτων νερού για την κάλυψη των θερινών αναγκών, μονάδες αφαλάτωσης σε νησιωτικές και παράκτιες περιοχές με χαμηλή διαθεσιμότητα υδατικών πόρων κλπ.

Η αύξηση της ζήτησης νερού, τόσο σε ποιότητα όσο και σε ποσότητα σε συγκεκριμένες περιοχές με περιορισμένα διαθέσιμα υδατικά αποθέματα και οι μη ολοκληρωμένες υποδομές δημιουργούν την ανάγκη επιπλέον κατασκευαστικών έργων, για τα οποία από εδώ και στο εξής θα πρέπει να εξασφαλίζεται ικανοποιητική – αν όχι πλήρης – ανάκτηση κόστους. Ταυτόχρονα, καθώς η ανάκτηση του κόστους παροχής υπηρεσιών είναι χαμηλή, οι υφιστάμενες υποδομές και υπηρεσίες σταδιακά υποβαθμίζονται, καθιστώντας έντονη την ανάγκη εκσυγχρονισμού τους π.χ. με ανακατασκευή των δικτύων, με εγκατάσταση συστημάτων αυτόματης παρακολούθησης του συστήματος κλπ.

Πιο συγκεκριμένα, στην Βιομηχανία της Ελλάδας, οι βιομηχανίες επιβάλλεται να επεξεργάζονται τα απόβλητά τους προκειμένου αυτά να είναι κατάλληλα για απόρριψη στο κοινό αποχετευτικό δίκτυο ή το περιβάλλον. Ωστόσο η θέσπιση ολοένα και αυστηρότερων περιβαλλοντικών στόχων και ορίων απόρριψης αυξάνει σημαντικά το κόστος επεξεργασίας επιβάλλοντας τη χάραξη πολιτικής για την παροχή κινήτρων (επιδοτήσεις ή άλλα οικονομικά κίνητρα) για την περιβαλλοντική αναβάθμιση των βιομηχανιών και την υιοθέτηση σύγχρονων τεχνολογιών επεξεργασίας των αποβλήτων, ιδιαίτερα για βιομηχανίες που χαρακτηρίζονται εξαιρετικά ρυπογόνες.

Στις γεωργικές δραστηριότητες της Ελλάδας αντιστοιχεί το 80% περίπου της συνολικής χρήσης νερού, ενώ γενικά οι αρδευτικές ανάγκες στο σύνολο της χώρας αυξάνονται. Η συνολική αύξηση των αρδευόμενων εκτάσεων κατά τη διάρκεια της τελευταίας 20ετίας εκτιμάται ότι ήταν της τάξης του 65%. Ένα μεγάλο μέρος των εκτάσεων (37,5% το 1999) αρδεύεται από ιδιωτική γεώτρηση ή πηγάδι (ΕΣΥΕ, 2004). Το γεγονός αυτό καθιστά προβληματική την εκτίμηση του όγκου των ετήσιων

απολήψεων από υπόγειους υδροφορείς, ενώ το περιβαλλοντικό κόστος που προκαλείται από τη συχνή υπερεκμετάλλευση δεν εκτιμάται και οι μηχανισμοί για την ανάκτησή του, μέσω χρέωσης των απολήψεων και επιβολής προστίμων για υπερκατανάλωση είναι από ανεπαρκείς έως ανύπαρκτοι. Το περιβαλλοντικό κόστος δε, που πιθανόν να προκαλείται λόγω της υπερβολικής χρήσης φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων και επηρεάζει τα κόστη επεξεργασίας πόσιμου νερού δεν λαμβάνεται υπόψη. Η αύξηση των τιμών νερού για γεωργική κατανάλωση πιθανόν να οδηγήσουν στην υιοθέτηση πρακτικών χαμηλών απωλειών νερού (εξορθολογισμός και προγραμματισμός των αρδεύσεων, εισαγωγή σύγχρονων μεθόδων άρδευσης), ενώ η υποκατάσταση των καλλιεργειών με άλλες, χαμηλότερων υδατικών απαιτήσεων, ιδιαίτερα σε περιοχές με χαμηλή διαθεσιμότητα πόρων οφείλει να αποτελέσει πρώτη προτεραιότητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Υδρογεωλογία

Το νερό υπάρχει στον πλανήτη μας και στις τρεις καταστάσεις του (στερεή, υγρή και αέρια). Απαντάται στην ατμόσφαιρα, στην επιφάνεια του εδάφους και στο υπέδαφος. Οι τρεις αυτές περιοχές αποτελούν τρία διαφορετικά πεδία μελέτης του νερού, που δεν είναι όμως στεγανά μεταξύ τους. Η δυναμική ισορροπία που υπάρχει μεταξύ των τριών αυτών πεδίων είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασής τους, αφού η μετάβαση του νερού από πεδίο σε πεδίο γίνεται σύμφωνα με ορισμένη νομοτέλεια.

Το αντικείμενο της Υδρογεωλογίας είναι η μελέτη του νερού στο υπέδαφος, δηλαδή η μελέτη του υπόγειου νερού. Η μελέτη αυτή, ωστόσο, δεν είναι ολοκληρωμένη αν δεν ληφθούν υπόψη μερικά απαραίτητα στοιχεία της επιφανειακής υδρολογίας και υδρομετεωρολογίας.

Η υδρογεωλογία λοιπόν, εξετάζει:

- ✓ Την επιφανειακή υδρολογία, υπό το πρίσμα της δισύνδεσης επιφανειακού και υπόγειου νερού.
- ✓ Τον τρόπο αποθήκευσης και κατανομής του υπόγειου νερού και το ρόλο που παίζουν σ' αυτό οι ποικίλοι γεωλογικοί σχηματισμοί και οι γεωλογικές δομές.
- ✓ Τους νόμους που ακολουθούν οι φυσικές κινήσεις του υπόγειου νερού και το ρόλο που παίζουν σ' αυτό η γεωλογική σύσταση του υπεδάφους.
- ✓ Τα αποθέματα του υπόγειου νερού, τις μεταβολές τους και τους τρόπους εκμετάλλευσής τους.
- ✓ Τις μεταβολές των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του υπόγειου νερού και την προστασία του από τυχόν μόλυνση.
- ✓ Τις μεθόδους αναζήτησης υπόγειου νερού.

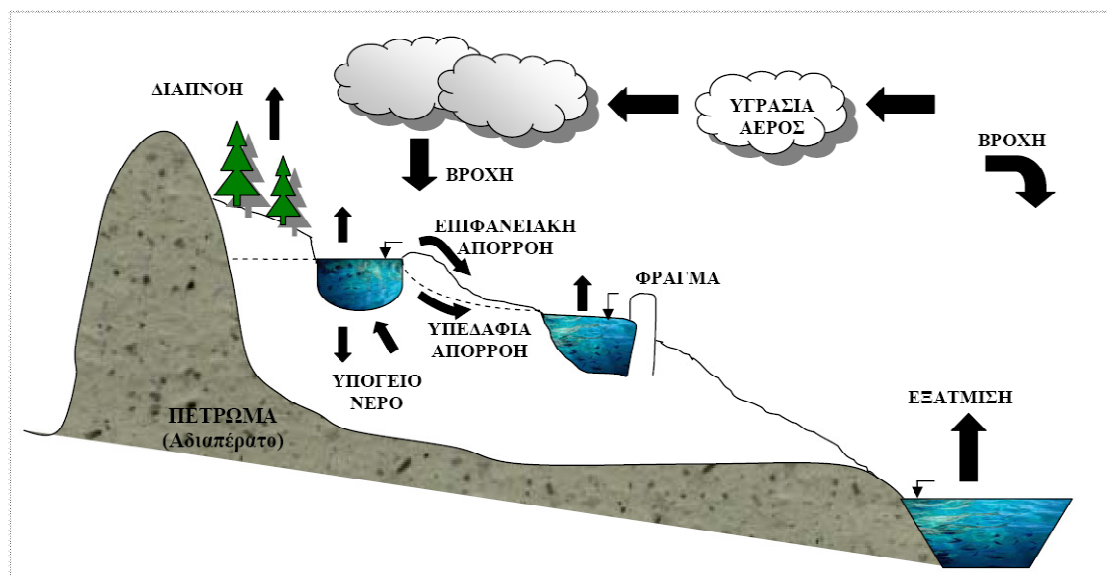
Σκοπός της υδρογεωλογίας, πέρα από την καθαρά ακαδημαϊκή έρευνα για την προαγωγή των γνώσεων, είναι η ορθολογικότερη και ασφαλέστερη εκμετάλλευση του υπόγειου νερού, η ανάπτυξη μεθόδων αναζήτησης υδροφόρων ορίζοντων και η προστασία του υπόγειου νερού από τη ρύπανση.

Στην σημερινή εποχή παρατηρείται η εξάντληση των υπόγειων υδάτινων αποθεμάτων μέσω αντλήσεων, καθώς επίσης και ο κίνδυνος ρύπανσης του υπόγειου νερού. Οι ποσότητες του νερού που καταναλώνονται έχουν σε συντριπτικά μεγάλο ποσοστό υπόγεια προέλευση, είναι δηλαδή νερά πηγαία ή αντλούμενα. Είμαστε λοιπόν υποχρεωμένοι να εφαρμόσουμε ορθές και χρήσιμες μεθόδους για την αναζήτηση, την ορθολογική εκμετάλλευση και την προστασία του υδάτινου πλούτου, ιδιαίτερα δε, του υπόγειου.

2.2 Υδρολογία – Κύκλος Νερού

Ένας αέναος κύκλος του νερού διαγράφεται στη φύση καθώς αυτό μεταπηδά από πεδίο σε πεδίο επαναλαμβάνοντας συνεχώς την κίνησή του αυτή μέσα στο χρόνο (Εικόνα 2.1.1).

Υδρολογία χαρακτηρίζεται η επιστήμη που ασχολείται με την μελέτη των υδάτων της γης από τη στιγμή που αυτά φτάνουν στην επιφάνεια της Γης με οποιαδήποτε μορφή, βροχή, χιόνι, χαλάζι, δροσιά κλπ, γνωστά στο σύνολό τους σαν «ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα» ή απλώς «κατακρημνίσματα».



Εικόνα 2.2.1 Υδρολογικός κύκλος νερού

Το νερό, λοιπόν, φτάνοντας στην επιφάνεια της γης ως κατακρήμνισμα έχει να ακολουθήσει τρεις δρόμους:

- i. Να διαπεράσει την επιφάνεια του εδάφους και να κατέλθει στο υπέδαφος, στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες, προστιθέμενο στο υπόγειο νερό. Η ποσότητα αυτή συνιστά την κατείσδυση. Μπορεί, αφού κάνει ένα δρομολόγιο, να επανέλθει στο φως, ύστερα από κάποιο χρόνο παραμονής στο υπέδαφος και με το υδρογραφικό σύστημα να οδηγηθεί στη θάλασσα απ' όπου επανεξατμίζεται, για να επαναλάβει τον κύκλο.
- ii. Να ρεύσει επιφανειακά και παραλαμβανόμενο από το υδρογραφικό δίκτυο (τα ποτάμια συστήματα) να εκχυθεί τελικά στη θάλασσα. Αυτή η ποσότητα που ρέει επιφανειακά και τελικά χύνεται στη θάλασσα, αποτελεί την επιφανειακή απορροή, που φυσικά και αυτή μπορεί να επανεξατμιστεί στην ατμόσφαιρα, όπου θα επαναλάβει τον υδρολογικό κύκλο.
- iii. Να επανεξατμιστεί από την επιφάνεια του εδάφους, από το υπέδαφος ή ακόμα και να διαπνευσθεί από τα φυτά, τα οποία αντλούν το νερό από το υπέδαφος. Αυτή η ποσότητα συνιστά την εξατμισοδιαπνοή, που επανέρχεται στην ατμόσφαιρα για να συνεχίσει τον κύκλο.

Ισχύει λοιπόν ότι:

Κατακρημνίσματα = Κατείσδυση + Επιφ. Απορροή + Εξατμισοδιαπνοή

Η εξίσωση αυτή αποτελεί την εξίσωση του Υδρολογικού Ισοζυγίου, που είναι χαρακτηριστική σε κάθε περιοχή και καθορίζει την υδάτινη οικονομία της εκάστοτε περιοχής.

Τα στοιχεία της εξίσωσης αυτής, που ονομάζονται και φάσεις του υδρολογικού ισοζυγίου μπορούν να εκφραστούν σε όγκο, σε ύψος νερού-βροχής και σε συντελεστές, δηλαδή σε ποσοστό ως προς τα κατακρημνίσματα. Το ύψος βροχής (νερού) προκύπτει από τον όγκο, όταν αυτός διαιρεθεί με την συνολική επιφάνεια της περιοχής, στην οποία αναφέρεται. Δηλαδή, με την έκφραση αυτή δεχόμαστε ομοιόμορφη κατανομή του υπ'όψην μεγέθους σε όλη την εξεταζόμενη περιοχή.

2.3 Λεκάνη Απορροής

Η έννοια του υδρολογικού ισοζυγίου μας αναγκάζει να εισάγουμε την έννοια της λεκάνης απορροής (ή υδρολογικής λεκάνης). Ονομάζουμε λοιπόν λεκάνη απορροής ενός ποταμού το τμήμα εκείνο της επιφάνειας του εδάφους πάνω στο

οποίο τα νερά που ρέουν επιφανειακά φέρονται με το υδρογραφικό σύστημα στην κοίτη του ποταμού, ο οποίος στην συνέχεια τα οδηγεί στην θάλασσα κατ' ευθείαν ή δια μέσου άλλου μεγαλύτερου ποταμού, του οποίου είναι παραπόταμος.

Η οριακή – περιφερειακή γραμμή μιας λεκάνης απορροής λέγεται υδροκριτική γραμμή της λεκάνης και αντιστοιχεί στην κορυφογραμμή εκείνη εκατέρωθεν της οποίας τα επιφανειακά νερά κατευθύνονται προς διαφορετικές λεκάνες απορροής. Η χάραξή της μπορεί να γίνει είτε πάνω σε ένα καλό τοπογραφικό χάρτη με προσεκτική παρατήρηση της μορφολογίας, είτε με παρατηρήσεις στο πεδίο.

Η σημασία της λεκάνης απορροής έγκειται στο ότι αυτή συνιστά ένα τμήμα εδάφους με αυτόνομη επιφανειακή υδροοικονομία, δηλαδή η λεκάνη απορροής έχει ένα ανεξάρτητο υδρολογικό ισοζύγιο. Συνήθως συμβαίνει οι λεκάνες αυτές να έχουν και ανεξάρτητη οικονομία υπόγειου νερού. Στην περίπτωση αυτή, όπου τυχαίνει σύμπτωση ανεξάρτητων επιφανειακών και υπόγειων ισοζυγίων, θα μπορούσαμε να προτείνουμε και τον όρο υδρογεωλογική λεκάνη.

Οι περιπτώσεις που η επιφανειακή και η υπόγεια λεκάνη δεν συμπίπτουν παρατηρούνται σχεδόν αποκλειστικά στις καρστικές περιοχές ή γενικά σε περιοχές με διαπερατούς σχηματισμούς σε επιφανειακή εμφάνιση και με μεγάλο πάχος.

Οι παράγοντες δε που παίζουν ρόλο στον καθορισμό του υδρολογικού ισοζυγίου μιας λεκάνης είναι:

- ✓ Οι κλιματικές συνθήκες (κυρίως βροχόπτωση και θερμοκρασία),
- ✓ Η φύση των πετρωμάτων που συνιστούν το υπέδαφος της λεκάνης,
- ✓ Η μορφολογία της λεκάνης και το υδρογραφικό της δίκτυο,
- ✓ Η βλάστηση και η επέμβαση του ανθρώπου (μέσω άροσης και καλλιιεργειών)

2.4 Υδρολογικά Μοντέλα

Μοντέλο είναι μια μαθηματική περιγραφή της συμπεριφοράς ενός φυσικού συστήματος. Είναι ένα κατασκεύασμα, το οποίο πιστοποιεί, περιγράφει ή αναπαράγει τη συμπεριφορά και την απόκριση φυσικών, χημικών ή βιολογικών συστημάτων.

Η δημιουργία μοντέλων για το περιβάλλον είναι αναγκαία, καθώς μας επιτρέπει την διαχείριση φυσικών και τεχνητών συστημάτων, την πρόγνωση της συμπεριφοράς τους και την πρόληψη τυχόν επικίνδυνων καταστάσεων. Η ανάπτυξη

και αναβάθμιση των συστημάτων υπολογιστών τα τελευταία χρόνια, κατέστησε δυνατό τον σχεδιασμό και την δημιουργία δεκάδων μοντέλων, τα οποία μας παρέχουν τη δυνατότητα γρήγορης, ακριβούς και ευέλικτης αναπαράστασης και μελέτης του φυσικού συστήματος.

Υπάρχουν ποικίλα μοντέλα που αφορούν στην προσομοίωση της υδρολογίας, επιφανειακής και υπόγειας. Πιο συγκεκριμένα, το ETD (Enhanced Trickle-Down Model), που μπορεί να περιγράψει επαρκώς όλους τους τύπους υδρολογικών συστημάτων σε συστήματα seepage και drainage, το SWAT (Soil and Water Assessment Tool), που είναι μοντέλο κατάλληλο για την προσομοίωση δασικών και αγροτικών λεκανών απορροής, το HSPF (Hydrological Simulation Program-Fortran), που επιπλέον μπορεί να προσομοιώσει και αστικές περιοχές, το ANSWERS-Continuous (Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation-Continuous), το MIKE SHE (European Hydrological System Model), το MODFLOW, το FLOWPATH, το MT3D, το SURFER κλπ.

Τα στάδια δημιουργίας ενός μοντέλου χωρίζονται σε:

- ✓ Επιλογή τρόπου προσομοίωσης (Conceptualization)
- ✓ Κωδικοποίηση – Δημιουργία μοντέλου
- ✓ Βαθμονόμηση Μοντέλου (Model Calibration)
- ✓ Επαλήθευση Μοντέλου (Verification)
- ✓ Αξιοπιστία Μοντέλου (Validation)
- ✓ Σύγκριση προβλέψεων με δεδομένα στο μέλλον
- ✓ Ανάλυση ευαισθησίας (Sensitivity Analysis)
- ✓ Ανάλυση αβεβαιότητας (Uncertainty Analysis)

Η Βαθμονόμηση του Μοντέλου (Model Calibration) είναι ένα κομμάτι της μοντελοποίησης πολύ σημαντικό στο οποίο προσδιορίζονται οι διαφορές παράμετροι που επηρεάζουν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, ώστε τα αποτελέσματα αυτά να είναι κατά το δυνατόν περισσότερο κοντά στα δεδομένα των παρατηρήσεων. Πριν την βαθμονόμηση είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός ορισμένων κριτηρίων – υποθέσεων, ενώ κατά τη διάρκειά της πραγματοποιείται ένας έλεγχος καταλληλότητας της προσαρμογής του μοντέλου (Goodness of fit). Στη συνέχεια με τη βοήθεια κατάλληλων στατιστικών πακέτων κατοχυρώνεται ή αποδεικνύεται η ορθή βαθμονόμηση του μοντέλου και επομένως η αποτελεσματικότητά του.

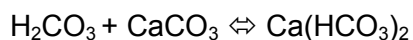
Στην παρούσα διπλωματική εργασία, γίνεται προσομοίωση της υδρολογίας των υπολεκανών του ποταμού Ευρώτα με την χρήση του μοντέλου ETD (Enhanced Trickle-Down Model). Στο μοντέλο αυτό έχουν πραγματοποιηθεί προσθήκες για την

επιτυχέστερη προσομοίωση των επιφανειακών νερών του ποταμού. Θα ακολουθήσει συγκεκριμένο κεφάλαιο για την περιγραφή των αλλαγών στο μοντέλο. Ωστόσο, μια από αυτές, είναι η προσθήκη των αποτελεσμάτων του καρστικού μοντέλου, του οποίου η περιγραφή πραγματοποιείται αμέσως παρακάτω.

2.4.1 Καρστικό Μοντέλο

2.4.1.1 Γενικά

Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή της διαδικασίας σχηματισμού κάρστ. Γενικά η καρστικοποίηση συνδέεται σχεδόν αποκλειστικά με τους ανθρακικούς σχηματισμούς. Τα ανθρακικά πετρώματα είναι ιδιαίτερα ευδιάλυτα σε σχέση με τα υπόλοιπα πετρώματα και αυτό το ενισχύουν οι κλιματικές συνθήκες της χώρας μας. Βασικό συστατικό των ανθρακικών πετρωμάτων είναι το CaCO_2 , το οποίο στην κανονική του μορφή είναι μη διαλυτό. Όταν όμως το όξινο νερό, το οποίο δημιουργείται από την ανάμειξη του νερού της βροχής με το CO_2 της ατμόσφαιρας, πέσει σε ανθρακικά πετρώματα, εισέρχεται μέσα στη μάζα τους από το δευτερογενές πορώδες. Κατά τη διάρκεια της κίνησής του, η οποία μπορεί να χαρακτηριστεί έντονα χαοτική, έρχεται σε επαφή με τα τοιχώματα των διακλάσεων (μικρά καναλάκια - τριχωειδή ρήγματα), με αποτέλεσμα το CaCO_3 , που περιέχεται στα πετρώματα να μετατρέπεται σε διαλυτό δισανθρακικό ασβέστιο, μέσω των αντιδράσεων που ακολουθούν, πραγματοποιώντας εν τέλει την διάλυση των ανθρακικών σχηματισμών και την δημιουργία του υπόγειου καρστ.



Για την ορθή διαχείριση των υδάτων σε επίπεδο λεκάνης απορροής και την εκτίμηση των απολίψιμων ποσοτήτων νερού, είναι απαραίτητη η μοντελοποίηση των εκφορτίσεων των καρστικών πηγών. Κύριος άξονας για την επίτευξη του παραπάνω, αποτελεί η συσχέτιση των αποτελεσμάτων της μοντελοποίησης αυτής, με την διακύμανση της στάθμης του νερού στο κάρστ και των εκφορτίσεων των πηγών που προκύπτουν από τα δεδομένα του πεδίου. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε το καρστικό μοντέλο, που περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω.

2.4.1.2 Περιγραφή Καρστικού Μοντέλου

Το καρστικό μοντέλο είναι ένα εννοιολογικό υδρολογικό μοντέλο, το οποίο θεωρεί το καρστικό σύστημα ως σύστημα πολλαπλών ταμιευτήρων, πιο συγκεκριμένα, τον ανώτερο και τον κατώτερο. Ο ανώτερος ταμιευτήρας είναι «γρήγορος», εκφορτίζει, δηλαδή, γρήγορα κατά τη διάρκεια μιας βροχόπτωσης και αμέσως μετά από αυτήν. Ο κατώτερος ταμιευτήρας είναι ταμιευτήρας αργής εκφόρτισης.

Υπάρχουν δύο εξισώσεις υδατικών ισοζυγίων που αντιπροσωπεύουν τον ανώτερο και κατώτερο ταμιευτήρα. Η μεταβολή του όγκου στον κάθε ταμιευτήρα, συναρτήσει του χρόνου, ισούται με την διαφορά της ημερήσιας εισροής νερού στον ταμιευτήρα και της ημερήσιας εκροής νερού από αυτόν. Με μαθηματικές εξισώσεις τα παραπάνω περιγράφονται ως εξής:

$$\frac{dV_1}{dt} = Q_{in,1} - Q_1 \quad (2.4.1)$$

$$\frac{dV_2}{dt} = Q_{in,2} - Q_2 \quad (2.4.2)$$

Όπου:

$Q_{in,1}$, $Q_{in,2}$ είναι η ημερήσια εισροή νερού στον ανώτερο και κατώτερο ταμιευτήρα αντίστοιχα, ενώ

Q_1 , Q_2 είναι η ημερήσια εκροή νερού από αυτούς, αντίστοιχα.

Η εισροή νερού στον ανώτερο ταμιευτήρα αντιπροσωπεύει την άμεση βροχόπτωση στο καρστ ή την τήξη του χιονιού. Η εισροή στο καρστ υπολογίζεται από το ισοζύγιο μάζας του διαμερίσματος του χιονιού σύμφωνα με τον τύπο:

$$\frac{dV_s}{dt} = (P_s - M_s) * \varepsilon * A_{karst} \quad (2.4.3)$$

Όπου:

V_s : ο ισοδύναμος όγκος νερού του διαμερίσματος του χιονιού,

P_s : η ημερήσια βροχόπτωση που πέφτει σαν χιόνι, όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι μικρότερη από μια κρίσιμη τιμή (m/d),

M_s : ο ημερήσιος ρυθμός τήξης του χιονιού (m/d),

ε : διορθωτικός παράγοντας, ο οποίος λαμβάνει υπόψιν τις υδατικές απώλειες από το χιόνι και

A_{karst} : η καρστική επιφάνεια (m^2).

Η άνω εξίσωση επιλύεται με τη μέθοδο του Euler για ημερήσιο χρονικό βήμα.

Ο ημερήσιος ρυθμός τήξης του χιονιού υπολογίζεται με τη χρήση εμπειρικών εξισώσεων που έχουν αναπτυχθεί από το Ινστιτούτο Γεωλογικών Ερευνών των ΗΠΑ (United States Geological Survey-USGS) (1956) και έχουν εφαρμοστεί σε μοντέλα λεκανών απορροής (Nikolaidis et al., 1988). Οι παρακάτω δυο εξισώσεις υπολογίζουν την τήξη του χιονιού υπό ξηρό καιρό, με απουσία και παρουσία βροχής, αντίστοιχα.

$$M_s = \frac{C_{m1} * (1.8 * T_a)^{n+1}}{1000} \quad (2.4.4)$$

$$M_s = \frac{C_{m2} * (0.007 * P_w + 0.074 * T_a * 1.8 + 0.05) * 0.254}{1000} \quad (2.4.5)$$

Όπου:

n : συντελεστής που συνήθως παίρνει την τιμή 0.25,

P_w : ημερήσια υγρή κατακρήμνιση (m/d),

T_a : μέση ημερήσια θερμοκρασία του αέρα ($^{\circ}C$) και

C_{m1} , C_{m2} : αδιάστατοι, διορθωτικοί συντελεστές που προσαρμόζουν τις εξισώσεις στις τοπικές συνθήκες.

Ο ρυθμός τήξης του χιονιού διορθώνεται, ώστε να αποφευχθούν αρνητικές τιμές στον όγκο του χιονιού.

Οι ημερήσιες, δε, εισροές νερού στον ανώτερο και στον κατώτερο ταμιευτήρα του καρστ μπορούν να υπολογιστούν αντίστοιχα από τις παρακάτω εξισώσεις:

$$Q_{in,1} = f * (P_w + M_s) * \varepsilon * A_{karst} \quad (2.4.6)$$

$$Q_{in,2} = (1 - f) * (P_w + M_s) * \varepsilon * A_{karst} + g * Q_1 \quad (2.4.7)$$

Όπου:

f : το ποσοστό της συνολικής παροχής (μέσω βροχόπτωσης και τήξης χιονιού) που εισέρχεται στον ανώτερο ταμιευτήρα και

g : το ποσοστό της παροχής που εισέρχεται στον κατώτερο ταμιευτήρα, από τον ανώτερο ταμιευτήρα.

Η αναλυτική επίλυση των δύο αρχικών εξισώσεων (2.4.1), (2.4.2) για σταθερά $Q_{in,1}$, $Q_{in,2}$ παρουσιάζεται παρακάτω:

$$Q_1 = Q_{1,0}e^{-A_1 t} + Q_{in,1}(1 - e^{-A_1 t}) \quad (2.4.8)$$

$$Q_2 = Q_{2,0}e^{-A_2 t} + Q_{in,2}(1 - e^{-A_2 t}) \quad (2.4.9)$$

Όπου:

A_1, A_2 : οι συντελεστές στείρευσης (1/day) για τον ανώτερο και τον κατώτερο ταμιευτήρα αντίστοιχα.

Η συνολική καρστική εκφόρτιση, δηλαδή, είναι το άθροισμα των δύο εκφορτίσεων (γρήγορης και αργής) των δύο ταμιευτήρων. Άρα

$$Q_{karstic} = (1 - g)Q_1 + Q_2 \quad (2.4.10)$$

Το παραπάνω καρστικό μοντέλο έχει συνολικά οχτώ συντελεστές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βαθμονόμησή του:

Δύο συντελεστές, A_1 και A_2 , που αντιστοιχούν στους συντελεστές στείρευσης των πηγών. Παρόλο που υπάρχουν πολλά μοντέλα- εξισώσεις (Maillet-1905, Tison-1960, Mangin-1974, Schoeller-1972, Boussinesq κλπ.), τα οποία προσομοιώνουν τις καμπύλες στείρευσης των καρστικών πηγών, εδώ χρησιμοποιείται το μοντέλο του Maillet. Το μοντέλο αυτό έχει φυσική σημασία, βασίζεται στην εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου κατά την περίοδο στείρευσης (χωρίς βροχοπτώσεις) και υποθέτει ότι οι πηγές εκφορτίζουν σε διακριτά σημεία και όχι σε μέτωπο, καθώς και η συσχέτιση μεταξύ όγκου και παροχής είναι γραμμική. Το αντίστροφο αυτών των συντελεστών, αντιπροσωπεύει τον υδραυλικό χρόνο παραμονής του εκφορτιζόμενου νερού για κάθε ταμιευτήρα.

Τρεις συντελεστές που σχετίζονται με την τήξη του χιονιού (n , C_{m1} και C_{m2}) και ελέγχουν την κλίση του υδρογραφήματος κατά τη διάρκεια της περιόδου τήξης του χιονιού.

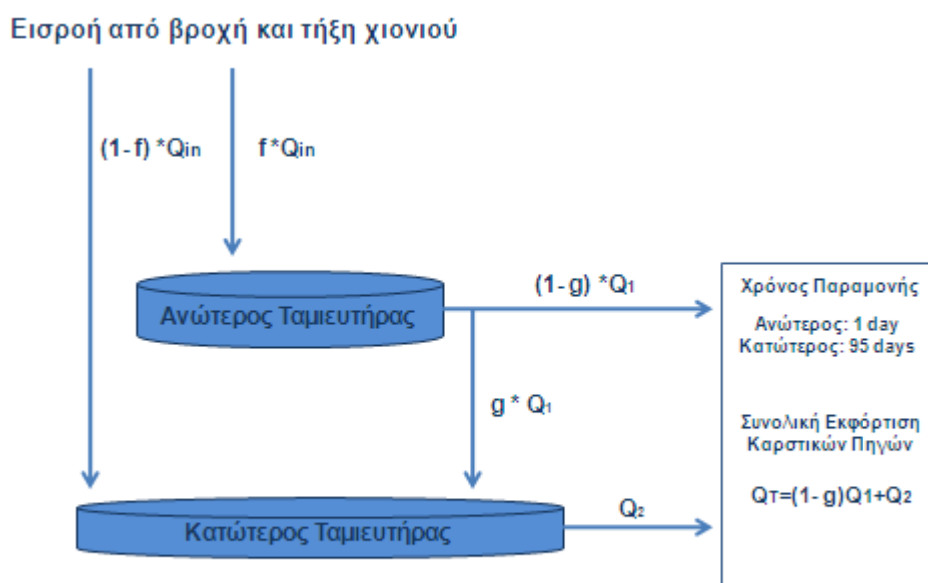
Δύο συντελεστές, f και g , που σχετίζονται με την γεωλογία και την υδραυλική του καρστ και

Το γινόμενο $\varepsilon \cdot A_{karst}$, που αποτελεί την ισοδύναμη επιφάνεια του καρστ σε m^2 και ρυθμίζει τις κορυφές του υδρογραφήματος.

Οι συντελεστές στείρευσης μπορούν να εκτιμηθούν από την βαθμονόμηση των παραπάνω εξισώσεων, βάσει των παροχών κατά την διάρκεια της ξηρής περιόδου.

Η επιφάνεια του καρστ που συνεισφέρει στις εκφορτίσεις των πηγών δεν είναι γνωστή. Παρόλα αυτά, αν υποθέσουμε ότι οι υδατικές απώλειες από το χιόνι είναι 10-20% του συνολικού υδάτινου όγκου του χιονιού, τότε η επιφάνεια του καρστ θα είναι 10-20% μεγαλύτερη από την ισοδύναμη επιφάνεια που προκύπτει από το γινόμενο ε^*A_{karst} , ύστερα από την βαθμονόμηση του μοντέλου.

Παρακάτω αναλύουμε και σχηματικά το καρστικό μοντέλο των δύο ταμιευτήρων (Εικόνα 2.4.1)



Εικόνα 2.4.1 - Σχηματική απεικόνιση καρστικού μοντέλου

Τα αποτελέσματα του καρστικού μοντέλου που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία, προήλθαν από την διπλωματική εργασία «Μοντελοποίηση της Υδρολογίας του Άνω Ρου του Ποταμού Ευρώτα» (Χριστοδούλου, 2009).

2.4.2 Μοντέλο ETD (ENHANCED TRICKLE-DOWN MODEL)

2.4.2.1 Εισαγωγή στο μοντέλο

Το μοντέλο ETD είχε χρησιμοποιηθεί αρχικά για την εκτίμηση της όξινης κατακρήμνισης σε πόρους (resources). Αρχικά είχε αναφερθεί μια έκδοση σταθερής

κατάστασης του μοντέλου από τους Stumm and Schnoor [1983]. Στην συνέχεια, μια έκδοση του μοντέλου μεταβλητού με το χρόνο (time variable version) αναπτύχθηκε από Schnoor et al. [1984] για την λίμνη Omaday και το ποτάμι Filson στη Minnesota.

Το χρονικά μεταβαλλόμενο μοντέλο έχει εφαρμοστεί από τους Lin and Schnoor [1986] σε δύο λίμνες, χωρίς εισροές και εκροές και τα νερά τους διηθούνται από το ίζημα στο υπόγειο νερό (seepage λίμνες). Οι λίμνες αυτές βρίσκονται στο Wisconsin (Λίμνη Clara και Vandercook).

Το μοντέλο σταθερής κατάστασης χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό του αριθμού των λιμνών που μπορεί να γίνουν όξινες σύμφωνα με διάφορα σενάρια φόρτισης οξέος για περίπου 1400 λίμνες κατά μήκος της κλίσης του φορτίου της οξύτητας της βροχής (Schnoor et al. [1986b]). Το μοντέλο έχει αποδειχθεί ότι είναι χρήσιμο στις εκτιμήσεις της οξίνισης μια που είναι απλό και βασίζεται στην αρχή της διατήρησης της αλκαλικότητας.

Το μοντέλο όπως χρησιμοποιείται από τους Lin και Schnoor, είναι κατάλληλο μόνο για seepage λίμνες, ενώ για να γίνει κατάλληλο για διάφορα υδρολογικά συστήματα επιφανειακών νερών, ήταν αναγκαίο να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες αλλαγές.

Είναι προφανές ότι τα seepage συστήματα και τα συστήματα που έχουν εισροές και εκροές (drainage συστήματα) είναι διαφορετικά από υδρολογική άποψη. Επομένως, ήταν απαραίτητη η εισαγωγή ενός πιο γενικού υδρολογικού υπομοντέλου που να μπορεί να περιγράψει επαρκώς όλους τους τύπους υδρολογικών συστημάτων.

2.4.2.2 Περιγραφή του Μοντέλου

Το ETD είναι ένα μοντέλο διαμερισματοποίησης. Αντιμετωπίζει καθένα από τα διαμερίσματα ως έναν συνεχώς αναδευόμενο αντιδραστήρα (continuous stirred reactor). Παρακάτω στην εικόνα (Εικόνα 2.4.2) παρουσιάζουμε τα διάφορα διαμερίσματα του εκάστοτε υδρολογικού συστήματος που εξετάζεται.

Το μοντέλο είναι συνδυασμός τεσσάρων υπομοντέλων:

- ✓ Το υδρολογικό υπομοντέλο (hydrologic submodel), το οποίο είναι το συστατικό που παράγει την ροή προς και από ένα διαμέρισμα. Γενικά προσομοιώνει την τήξη του χιονιού, την ενδοροή (interflow), την overland flow, την υπόγεια ροή, τις διεργασίες που υποκινούνται από τον παγετό (frost driven processes) και την εξατμισοδιαπνοή.
- ✓ Το υπομοντέλο για την αλκαλικότητα (alkalinity submodel), το οποίο αποτελείται από ένα σύνολο εξισώσεων ισοζυγίου μάζας για κάθε ένα

διαμέρισμα. Η αλκαλικότητα δημιουργεί διαδικασίες που συμπεριλαμβάνονται στο σχηματισμό του μοντέλου και κάποιες από αυτές είναι η ανταλλαγή ιόντων, η χημική αποσάθρωση, η ρόφηση των θειικών και η αναγωγή θειικών.

- ✓ Το υπομοντέλο που αφορά τα θειικά (sulfate submodel), το οποίο αποτελείται επίσης από ένα σύνολο εξισώσεων ισοζυγίου μάζας για τα θειικά.
- ✓ Το υπομοντέλο για το χλώριο (chloride submodel), το οποίο αποτελείται από ένα σύνολο εξισώσεων ισορροπίας μάζας που αφορούν το χλώριο, με την υπόθεση όμως ότι δεν πραγματοποιούνται αντιδράσεις του χλωρίου (συντηρητική ουσία).

Το σύστημα από είκοσι διαφορετικές εξισώσεις των τεσσάρων αυτών υπομοντέλων λύνεται με τη χρήση της αριθμητικής μεθόδου του Hamming (Hamming's variable time step fourth-order predictor-corrector numerical scheme) (Γεωργάκος 1994).

Το γήινο τμήμα της λεκάνης απορροής χωρίζεται σε τρία διαμερίσματα:

- ✓ Έδαφος
- ✓ Ακόρεστη Ζώνη
- ✓ Υπόγειο Νερό

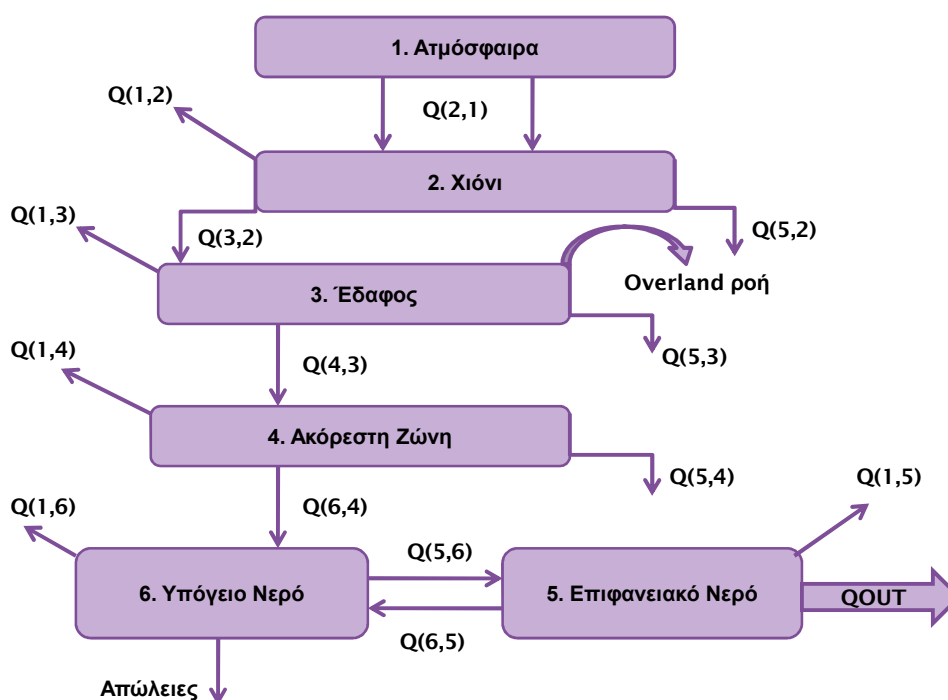
Οι ορίζοντες του εδάφους (soil horizons) O, A και B ορίζουν το διαμέρισμα του εδάφους. Οι ορίζοντες BC και C ορίζουν το σύστημα ροής της ακόρεστης ζώνης και των υπογείων νερών στις περισσότερες περιπτώσεις. Οι ορίζοντες BC και C1 περιέχουν το τμήμα της ακόρεστης ζώνης και ο C2 περιέχει το τμήμα του υπόγειου νερού. Αν η κατακρήμνιση νερού είναι έντονη, είναι πιθανόν ένα μέρος του ορίζοντα B να κορεστεί. Είναι επίσης πιθανόν κατά περιόδους μεγάλης ξηρασίας, μέρος των οριζόντων C1 ή C2 να περάσουν σε ακόρεστη κατάσταση. Τέτοιες δυνατότητες υπολογίζονται στο ETD μέσω της περιεχόμενης υγρασίας (βάθος νερού) σε κάθε διαμέρισμα. Αυτή η διάκριση στηρίζεται, κατά μέσο όρο, στο γεγονός ότι οι χημικές ιδιότητες του υπόγειου νερού, της ροής στην ακόρεστη ζώνη και της ροής μέσω του εδάφους είναι σημαντικά διαφορετικές με το βάθος του εδάφους.

2.4.2.3 Περιγραφή του Υδρολογικού Υπομοντέλου

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζουμε στο υδρολογικό υπομοντέλο, του οποίου περιγραφή ακολουθεί αμέσως παρακάτω.

Στην Εικόνα (2.4.2) παρουσιάζεται η πορεία της ροής ανάμεσα στα διάφορα διαμερίσματα του υδάτινου συστήματος που εξετάζουμε. Παρακάτω, θα

ακολουθήσει η περιγραφή κάθε διαμερίσματος και της ροής που σχετίζεται με κάθε ένα. Το $Q(i,j)$ συμβολίζει την ροή από το διαμέρισμα j στο διαμέρισμα i σε μέτρα ανά ημέρα (m/day) και το $h(i)$ είναι το ισοδύναμο βάθος του νερού στο διαμέρισμα i σε μέτρα (m). Όλες οι υπόγειες ροές μοντελοποιούνται με βάση την Darcian ροή με το ισοδύναμο κορεσμένο βάθος. Οι συντελεστές της διαπερατότητας, που σχετίζονται με αυτές τις ροές, έχουν υπολογιστεί σύμφωνα με μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί στο πεδίο. Ένας συντελεστής διόρθωσης για κάθε μια ροή έχει εισαχθεί για να υπολογίζει την χωρική μεταβλητότητα και λαμβάνεται υπόψιν σαν παράμετρος.



Εικόνα 2.4.2 – Περιγραφή της ροής στο μοντέλο ETD

Το διαμέρισμα του χιονιού συμπεριλαμβάνει την συνολική ποσότητα του χιονιού σε όλη την υδρολογική λεκάνη, συμπεριλαμβανομένων των χερσαίων και των υδάτινων εκτάσεων. Η εισροή στο διαμέρισμα του χιονιού γίνεται μέσω της κατακρήμνισης με τη μορφή χιονιού. Η μορφή της κατακρήμνισης καθορίζεται μόνο από την θερμοκρασία του αέρα στην επιφάνεια (TEMPC). Η εκροή από το διαμέρισμα του χιονιού, οφείλεται στην τήξη του χιονιού καθώς επίσης και στην εξάχνωση από την επιφάνειά του. Η ροή του λιωμένου χιονιού θεωρείται ότι εν μέρει ρέει επιφανειακά (επιφανειακή ροή) προς το υδάτινο σώμα και κατά ένα άλλο μέρος διεισδύει στο έδαφος. Οι εξισώσεις του διαμερίσματος του χιονιού του υδρολογικού υπομοντέλου ακολουθούν παρακάτω.

- Αν η Θερμοκρασία της ατμόσφαιρας είναι μικρότερη ή ίση με $0.0\text{ }^{\circ}\text{C}$

- ✓ Διαμέρισμα Χιονιού

$$\frac{dh(2)}{dt} = Q(2,1) - Q(1,2)$$

- Αν η Θερμοκρασία της ατμόσφαιρας είναι μεγαλύτερη από 0.0 °C

- ✓ Διαμέρισμα Χιονιού

$$\frac{dh(2)}{dt} = -Q(1,2) - Q(3,2) - Q(5,2)$$

Όπου οι ροές που σχετίζονται με το διαμέρισμα χιονιού δίνονται από τις εξισώσεις:

$$Q(2,1) = \text{SPREC} \quad (2.4.11)$$

Όπου SPREC, η ένταση της κατακρήμνισης σε μέτρα ανά μέρα (m/day), με $\text{SPREC} = \text{PREC}$ αν $\text{TEMPC} \leq 0$ και

$\text{SPREC} = 0.0$ αν $\text{TEMPC} > 0$

$$Q(3,2) = (1 - b) * \frac{\text{AREAT}}{\text{AREATT}} * Q_{\text{MELT}} \quad (2.4.12)$$

Όπου

Q_{MELT} η ταχύτητα τήξης σε μέτρα ανά ημέρα (m/day) και ορίζεται ως εξής:

$$Q_{\text{MELT}} = \gamma_1 * \frac{[(0.007 * \text{PREC} + 0.074) * \text{TEMPC} * 1.8 + 0.05] * 0.254}{1000} \quad (2.4.13)$$

$$Q_{\text{MELT}} = \gamma_1 * \frac{k(1.8 * \text{TEMPC})^{n+1}}{1000} \quad (2.4.14)$$

Όπου η εξίσωση (2.4.13) υπολογίζει την τήξη του χιονιού κατά τη διάρκεια βροχής για πυκνά δασωμένες περιοχές (λαμβάνοντας υπόψιν όλη την λεκάνη απορροής). Η εξίσωση (2.4.14) αφορά την τήξη χιονιού υπό ξηρό καιρό χωρίς βροχή με την έννοια ενός εμπειρικού προγράμματος, όπου $k(1.8 * \text{TEMPC})^n$ είναι ένας παράγοντας που χαρακτηρίζει την μέρα. Το n παίρνει συνήθως την τιμή 0.25. Οι εξισώσεις (2.4.13) και (2.4.14) χρησιμοποιούνται χάρη στην απλότητά τους και στο γεγονός ότι επιτρέπουν τον υπολογισμό του λιωμένου χιονιού από την θερμοκρασία

του αέρα και μόνο. Ο παράγοντας γ_1 υπολογίζει την παρουσία ή απουσία συσσώρευσης χιονιού.

$$Q(5,2) = \left(\frac{AREA_{AA}}{AREA_{AT}} + b * \frac{AREA_{AT}}{AREA_{AT}} \right) * Q_{MELT} \quad (2.4.15)$$

$$Q(1,2) = \gamma_1 * K_{PAN2} * Q_{EVAP} \quad (2.4.16)$$

Το διαμέρισμα του χιονιού απομονώνεται ή αποκλείεται όταν το ισοδύναμο βάθος του νερού γίνεται μικρότερο ή ίσο με το 10^{-4} m για να αποφευχθούν αριθμητικά προβλήματα κατά την ολοκλήρωση.

Το διαμέρισμα του εδάφους περιλαμβάνει το ανώτερο στρώμα εδάφους (ορίζοντες O, A και B) στο χερσαίο τμήμα της υδρολογικής λεκάνης. Οι εισροές στο διαμέρισμα του εδάφους προέρχονται από την βροχή που πέφτει στο χερσαίο τμήμα (terrestrial portion) της λεκάνης (σε περίπτωση που δεν υπάρχει στρώμα χιονιού). Οι εκροές από το διαμέρισμα αυτό αφορούν εγκάρσια (lateral) ροή προς το υδάτινο σώμα, διήθηση προς την ακόρεστη ζώνη και εξατμισοδιαπνοή από το έδαφος. Σε περίπτωση που η ποσότητα του νερού στο διαμέρισμα του εδάφους ξεπεράσει την χωρητικότητα κορεσμού για ένα χρονικό διάστημα, η παραπανίσια ποσότητα λαμβάνεται ως επιφανειακή ροή προς το υδάτινο σώμα στο τέλος του χρονικού διαστήματος αυτού. Οι εξισώσεις του διαμερίσματος του εδάφους του υδρολογικού υπομοντέλου βρίσκονται παρακάτω.

- Αν η Θερμοκρασία της ατμόσφαιρας είναι μικρότερη ή ίση με $0.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$
 - ✓ Διαμέρισμα Εδάφους

$$\frac{dh(3)}{dt} = -Q(5,3) - Q(4,3)$$

- Αν η Θερμοκρασία της ατμόσφαιρας είναι μεγαλύτερη από $0.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$
 - ✓ Διαμέρισμα Εδάφους

$$\frac{dh(3)}{dt} = Q(3,1) + Q(3,2) - Q(1,3) - Q(4,3) - Q(5,3) - OV_{LAND}$$

Στη συνέχεια ακολουθούν αναλυτικά οι εξισώσεις που αφορούν τις ροές στο διαμέρισμα του εδάφους. Δηλαδή:

$$Q(3,1) = WPREC * \frac{AREAT}{AREATT} \quad (2.4.17)$$

WPREC=PREC αν TEMPC>0° C

WPREC=0.0 αν TEMPC≤0° C

$$Q(5,3) = KLAT3 * CLAT * KHU * \{(1 - C_r)^{FI_L - FI} + [1 - (1 - C_r)^{FI_L - FI}] * [f_1(h)]^8\} * f_2(h) * D3 \quad (2.4.18)$$

CLAT είναι μια χαρακτηριστική παράμετρος για την εγκάρσια ροή που ορίζεται ως:

$$CLAT = SLOPE * \frac{PERIC + PERIL}{2 * AREATT}$$

Ο σχηματισμός αυτός βασίζεται στον νόμο του Darcy με $(f_2(h)*D3)$ να είναι το κορεσμένο βάθος, $\frac{PERIC+PERIL}{2}$ η επιφάνεια ροής και KHU η οριζόντια υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους. Η υδραυλική κλίση θεωρείται ανάλογη με το SLOPE και το KLAT3 πολλαπλασιάζει τους άλλους όρους της έκφρασης ώστε το γινόμενο να προσεγγίζει την πραγματική εγκάρσια ροή. Η διαίρεση του CLAT με το AREATT γίνεται για να μετατραπεί η ογκομετρική παροχή σε παροχή βασισμένη σε ισοδύναμο βάθος. Εδώ το $f_2(h) = \frac{h(3)}{UZSSAT}$ είναι ο λόγος της περίσσειας αποθηκευμένου νερού πάνω από την ονομαστική αποθήκευση προς την περίσσεια αποθήκευσης υπό κορεσμό και $f_1(h) = \frac{LZSSAT-h(4)}{LZSSAT}$ είναι μια αναλογία για την έλλειψη υγρασίας στην κατώτερη ζώνη.

$$Q(4,3) = KPERC3 * CPER * KVV * \{(1 - C_r)^{FI_L - FI} + [1 - (1 - C_r)^{FI_L - FI}] * [f_1(h)]^8\} * \frac{h(3)}{UZSSAT} \quad (2.4.19)$$

CPER είναι μια χαρακτηριστική παράμετρος για την διήθηση που ισούται με $\frac{AREAT}{AREATT}$. Η διαίρεση με AREATT γίνεται για να αναχθεί σε παροχή που βασίζεται σε ισοδύναμο βάθος.

$$Q(1,3) = (1 - \gamma_1) * KPAN3 * QEVAP \quad (2.4.20)$$

Στην περίπτωση που το σύνολο των εισροών ξεπερνά το σύνολο των εκροών στο διαμέρισμα του εδάφους υπό κορεσμό κατά την διάρκεια οποιουδήποτε χρονικού βήματος, το περισσευούμενο νερό λαμβάνεται ως επιφανειακή ροή στο διαμέρισμα του επιφανειακού νερού στο τέλος κάθε χρονικού βήματος. Η επιφανειακή ροή ορίζεται ως εξής:

$$OVLAND = (P - QOUT3) * \frac{H(3)^6}{UZSSAT} \quad \text{αν } P > QOUT3 \quad (2.4.21a)$$

$$OVLAND = 0.0 \quad \text{αν } P \leq QOUT3 \quad (2.4.21b)$$

$$P = Q(3,1) + Q(3,2) \quad (2.4.21c)$$

$$QOUT3 = Q(1,3) + Q(4,3) + Q(5,3) \quad (2.4.21d)$$

Η ανάγκη να συμπεριληφθούν οι επιδράσεις του παγωμένου εδάφους στο μοντέλο προκύπτει από δύο σημαντικούς λόγους. Πρώτον, επειδή όταν λιώνουν τα χιόνια κατά την άνοιξη το έδαφος είναι πολύ πιθανόν να παγώσει και κατά συνέπεια μια μεγάλη ποσότητα λιωμένου χιονιού να οδηγηθεί στο υδάτινο σώμα μέσω επιφανειακής ροής. Αυτό υπολογίζεται από τον παράγοντα b. Δεύτερον, σε εποχές που λιωμένο χιόνι διεισδύει στο έδαφος ή έχουμε βροχή και το έδαφος είναι ακόμα παγωμένο, οι υδραυλικές ιδιότητες του εδάφους π.χ KHU, KVVU είναι πιθανόν να μειωθούν σημαντικά. Εδώ εφαρμόζεται η διατύπωση των Anderson και Neuman (1984) για το παγωμένο έδαφος.

Στο διαμέρισμα της ακόρεστης ζώνης, παρατηρούνται εισροές μέσω διήθησης από το διαμέρισμα του εδάφους και εκροές προς το υδάτινο σώμα με εγκάρσια ροή, προς τον υδροφόρο ορίζοντα μέσω διήθησης σε μεγάλο βάθος και προς την ατμόσφαιρα με εξατμισοδιαπνοή. Η εξίσωση του διαμερίσματος της ακόρεστης

ζώνης του υδρολογικού υπομοντέλου, που είναι διαμέρισμα ανεξάρτητο από την θερμοκρασία της ατμόσφαιρας ακολουθεί παρακάτω:

- ✓ Διαμέρισμα Ακόρεστης Ζώνης

$$\frac{dh(4)}{dt} = Q(4,3) - Q(1,4) - Q(5,4) - Q(6,4)$$

Όπου, οι αντίστοιχες ροές περιγράφονται παρακάτω με κατάλληλες εξισώσεις.

$$Q(5,4) = K_{LAT4} * C_{LAT} * K_{HL} * \frac{h(4)}{LZSSAT} \quad (2.4.22)$$

$$Q(6,4) = K_{PERC4} * C_{PER} * K_{VL} * \frac{h(4)}{LZSSAT} \quad (2.4.23)$$

$$Q(1,4) = b_5 * FRAX * K_b * \frac{T_{mp}}{100} * 0.0254 \quad (2.4.24)$$

Το b_5 αφορά την περίπτωση που η πραγματική εξατμισοδιαπνοή από την ακόρεστη ζώνη είναι μηδέν σε συνθήκες όπου η συγκέντρωση νερού είναι κάτω από την ονομαστική αποθηκευτική χωρητικότητα. Αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιείται λόγω της απλότητάς της και του γεγονότος ότι άλλες μέθοδοι περιλαμβάνουν παραμέτρους που αφορούν την ταχύτητα του ανέμου.

Το διαμέρισμα επιφανειακών νερών περιλαμβάνει το υγρό μέρος της λεκάνης. Η περιοχή του διαμερίσματος αυτού ορίζεται ως η συνολική επιφάνεια νερού της λεκάνης. Οι εισροές προέρχονται από όλα τα άλλα διαμερίσματα και οι εκροές είναι διαρροές προς τα υπόγεια νερά, εξάτμιση προς την ατμόσφαιρα και επιφανειακές εκροές. Παρουσιάζουμε παρακάτω την εξίσωση του διαμερίσματος των επιφανειακών νερών του υδρολογικού υπομοντέλου.

- Αν η Θερμοκρασία της ατμόσφαιρας είναι μικρότερη ή ίση με 0.0 °C

- ✓ Διαμέρισμα Επιφανειακού Νερού

$$\frac{dh(5)}{dt} = Q(5,4) + Q(5,3) + Q(5,6) - Q(1,5) - Q(6,5) - Q_{OUT}$$

- Αν η Θερμοκρασία της ατμόσφαιρας είναι μεγαλύτερη από 0.0 °C
 - ✓ Διαμέρισμα Επιφανειακού νερού

$$\frac{dh(5)}{dt} = Q(5,1) + Q(5,2) + Q(5,3) + Q(5,4) + Q(5,6) + OV_{LAND} - Q(1,5) - Q(6,5) - Q_{OUT}$$

Οι διάφορες ροές που αναφέρονται στις άνω εξισώσεις παριστάνονται με τις εξής εκφράσεις:

$$Q(5,1) = W_{PREC} * \frac{A_{REAT}}{A_{EATT}} \quad (2.4.25)$$

$$Q(6,5) = d_1 * a_1 * CSEEP * HGR * STAGE \quad (2.4.26)$$

$$Q(5,6) = (1 - d_1) * a_2 * CSEEP * HGR * STAGE \quad (2.4.27)$$

$$CSEEP = CBED * \frac{PERIL}{DIST * A_{EATT}}$$

$$HGR = \left| STAGE - \frac{h(6) + h(4)}{PORE_6} \right|$$

Το CSEEP είναι μια χαρακτηριστική παράμετρος διαρροής και το HGR είναι η απόλυτη διαφορά πιεζομετρικού ύψους

Οι ροές αντιπροσωπεύονται ξεχωριστά και όχι σαν ένα σύνολο ροής προκειμένου να υπολογιστεί η μεταφορά αλκαλικότητας με ακρίβεια καθώς οι αλκαλικότητες για τα διαμερίσματα του υδάτινου σώματος και του εδάφους διαφέρουν σημαντικά. Οι εξισώσεις (2.4.26) και (2.4.27) είναι επαναδιατυπώσεις του νόμου του Darcy με $HGR/DIST$ μια χαρακτηριστική υδραυλική κλίση για την εγκάρσια ροή. Το STAGE υπολογίζεται με τη χρήση μιας μεθόδου γραμμικής παρεμβολής και είναι μια μεταβλητή όγκου. a_1 και a_2 είναι δυο καθαροί αριθμοί, αδιάστατοι, που

πολλαπλασιάζονται με την χαρακτηριστική υδραυλική κλίση, ώστε το αποτέλεσμα να προσεγγίζει την πραγματική ροή.

$$Q(1,5) = K_{PAN5} * (1 - \gamma_1) * Q_{EVAP} \quad (2.4.28)$$

Οι εκροές επιφανειακού νερού Q_{OUT} δια μέσου ενός επιφανειακού καναλιού μπορούν να υπολογιστούν με τη χρήση της εξίσωσης για ροή πάνω από ένα φράγμα ή στην περίπτωση που μια καμπύλη τιμών είναι διαθέσιμη, οι τιμές λαμβάνονται απ' ευθείας από αυτήν.

Ας σημειωθεί εδώ ότι το διαμέρισμα αυτό παίζει πολύ σημαντικό ρόλο για τον υπολογισμό της τιμής της αλκαλικότητας του επιφανειακού νερού και επομένως είναι αναγκαίος ο ακριβής υπολογισμός των ροών από και προς το διαμέρισμα αυτό, όσον αφορά στο κομμάτι του μοντέλου που υπολογίζει την αλκαλικότητα.

Οι εισροές στο διαμέρισμα του υπόγειου υδροφορέα προέρχονται από την ακόρεστη ζώνη με διήθηση, από τα επιφανειακά νερά με εγκάρσια ροή και με εισροές από τα όρια του υδροφόρου. Οι εκροές είναι η διαρροή-διήθηση προς τα επιφανειακά νερά, η εξατμισοδιαπνοή και οι εκροές νερού από το κάτω όριο του διαμερίσματος. Η εξίσωση του διαμερίσματος του υπόγειου υδροφορέα είναι ανεξάρτητη της θερμοκρασίας και παρουσιάζεται παρακάτω.

✓ Διαμέρισμα Υπόγειου Νερού

$$\frac{dh(6)}{dt} = Q(6,4) + Q(6,5) - Q(1,6) - Q(5,6)$$

Πιο συγκεκριμένα αναλύουμε την εξατμισοδιαπνοή από τα υπόγεια νερά που υπολογίζεται με την εξίσωση:

$$Q(1,6) = (1 - FRAX) \left(k_b * \frac{T_m * p}{100} * 0.0254 \right) \quad (2.4.29)$$

Όπου το $(1-FRAX)$ αντιπροσωπεύει το κλάσμα του διαπνέοντος νερού που προέρχεται από το διαμέρισμα των υπόγειων νερών.

Στο μοντέλο οι εξισώσεις δηλώνονται σε δύο διαφορετικές μορφές, η μια να ανταποκρίνεται στη θερμοκρασία του αέρα $TEMPC \leq 0^\circ C$ και η άλλη σε θερμοκρασία

TEMPC>0° C. Αυτό γίνεται με σκοπό να επιτευχθεί ευκολία στους υπολογισμούς. Ανάλογα με την τιμή του TEMPC σε κάθε χρονικό βήμα εισαγωγής χρησιμοποιούνται και οι κατάλληλες εξισώσεις. Σε περίπτωση που οποιοδήποτε από τα χερσαία διαμερίσματα κορεστεί ή εξαντληθεί, η διηθητική ροή προσαρμόζεται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Περιγραφή της Περιοχής Μελέτης

3.1 Γενικά

Η λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα ανήκει στην ευρύτερη περιοχή του νοτιοανατολικού τμήματος της Πελοποννήσου. Η συνολική της έκταση είναι 2420 km². Κατά το μεγαλύτερο τμήμα της, ανήκει στον νομό Λακωνίας, ενώ ένα μικρό κομμάτι της, βόρεια και βορειοανατολικά το κατέχει ο νομός Αρκαδίας. Δυτικά η υπολεκάνη συνορεύει με τον νομό Μεσσηνίας, ενώ νότια εκτείνεται ο Λακωνικός Κόλπος. Οι κύριοι ορεινοί όγκοι της λεκάνης είναι ο Ταύγετος και ο Πάρνωνας, ενώ ο Ευρώτας αποτελεί τον δεύτερο μεγαλύτερο ποταμό της Πελοποννήσου, μετά τον Αλφειό.

Στην λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα βρίσκονται συνολικά 95 δημοτικά διαμερίσματα, εκ των οποίων τα 90 ανήκουν στον νομό Λακωνίας, ενώ τα υπόλοιπα 5 στον νομό Αρκαδίας.

Πρωτεύουσα του νομού Λακωνίας είναι η Σπάρτη, η οποία αποτελεί το μεγαλύτερο αστικό κέντρο του νομού αλλά και της λεκάνης απορροής με πληθυσμό περίπου 15.000 (απογραφή 2001). Ο συνολικός πληθυσμός του νομού Λακωνίας ανέρχεται σε 99.637 κατοίκους (απογραφή 2001), με τους 67.810 από αυτούς να αποτελούν αγροτικό πληθυσμό και τους 31.827 αστικό. Οι σημαντικότεροι δήμοι που βρίσκονται στον νομό Λακωνίας είναι οι δήμοι: Πελλάνας, Οινούντος, Μυστρά, Σπάρτης, Θεραπνών, Φάριδος, Σμύνους, Κροκεών, Σκάλας, Γερόνθων, Έλους, τμήμα των δήμων Γυθείου, Νιάτων και Μολάων και της κοινότητας Καρυών. Επίσης στην λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα ανήκουν και οι δήμοι Σκυρίτιδας και Βαλτετσίου του Ν. Αρκαδίας.



Εικόνα 3.1 – Δήμοι Λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα

3.2 Ο ποταμός Ευρώτας

Στα αρχαία χρόνια ο ποταμός Ευρώτας ονομαζόταν «Ίρις». Σήμερα, το όνομά του προέρχεται από τη λέξη «ευρώς», που στα αρχαία ελληνικά σημαίνει μούχλα. Ο Ευρώτας ήταν ποταμός της Αρχαίας Σπάρτης. Στη δεξιά του όχθη, σε ύψωμα είχε δημιουργηθεί η αρχαία ατείχιστη και άπαρτη πρωτεύουσα των Δωριέων. Στα δε νερά του λούζονταν Χειμώνα - Καλοκαίρι οι σκληροί πολεμιστές. Στις όχθες του Ευρώτα διαπλάσσονταν οι αρχαίοι κάτοικοι της πλέον στρατοκρατικής και μαχητικής πολιτείας στη παγκόσμια Ιστορία.

Ο ποταμός Ευρώτας πηγάζει από το Αρκαδικό Οροπέδιο, νότια της Μαντινείας, κοντά στην Μεγαλόπολη και διερχόμενος από τις οροσειρές του Ταύγετου και του Πάρνωννα, εισέρχεται στην Λακωνία, περνά δίπλα από τη Σπάρτη και διασχίζει τον νομό Λακωνίας, από Βορρά προς Νότο, χωρίζοντάς τον στα δυο. Οι εκβολές του βρίσκονται στο μυχό του Λακωνικού κόλπου. Έχει μήκος περίπου 82 km. Από τις δύο οροσειρές που περιβάλλουν τον Ευρώτα ποταμό κατεβαίνουν αρκετοί παραπόταμοι. Οι σημαντικότεροι από αυτούς είναι ο Γερακάρης και το Αρδεολογάγκαδο από τον Ταύγετο, ενώ από τον Πάρνωννα ο Οινούντας, το Μεγάλο Ρέμα και το Μαριόρεμα. Ο Οινούντας ή Κελεφίνα είναι ο σπουδαιότερος

παραπόταμος του Ευρώτα και πηγάζει από το χωριό Αράχοβα, του Πάρνωννα. Οι παραπάνω ποταμοί, που χαρακτηρίζονται αρκετά ορμητικοί, κατεβάζουν μεγάλες ποσότητες χωμάτινης ύλης και πέτρες, με συνέπεια ο Ευρώτας να χαρακτηρίζεται προσχωματικός. Οι δε εκβολές του επεκτείνονται συνέχεια προς την θάλασσα, με αποτέλεσμα να διαφοροποιείται κάθε έτος η γραμμή του αιγιαλού και το πλάτος της παραλίας στο μυχό του Λακωνικού κόλπου.



Εικόνα 3.2 - Η κοιλάδα του Ευρώτα στη Λακωνία

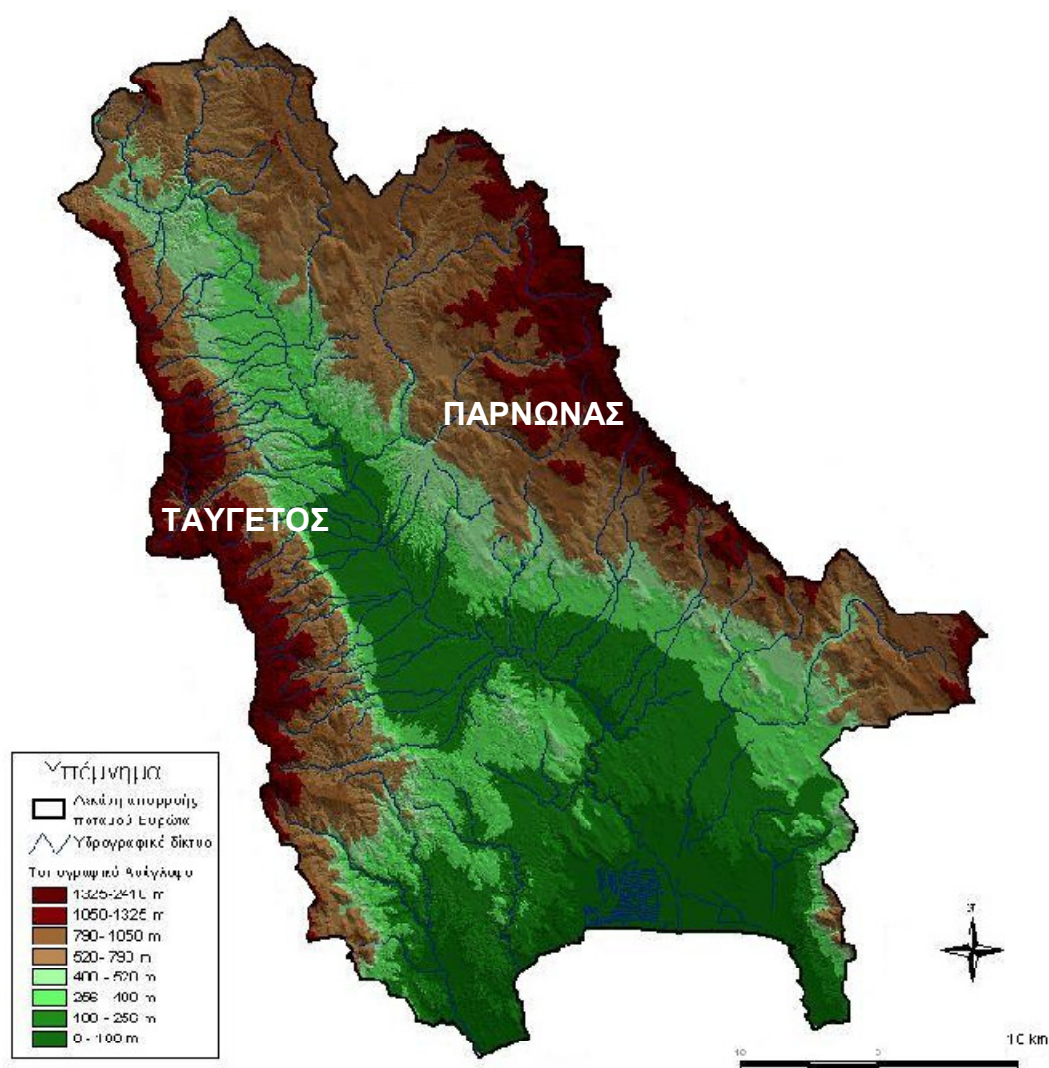
Στις όχθες του, αλλά και σε νησίδες στην κοίτη του φύονται πολλά υδρόβια φυτά και καλαμιές. Στα νερά του ζουν πολλά χέλια, βατράχια και διάφορα είδη πουλιών. Με τα χρόνια το νερό του λιγοστεύει, ενώ το καλοκαίρι η κοίτη του ξερνέται σε πολλά σημεία, αφήνοντας νερόλακκους κατά μήκος της κοίτης του, όπου συγκεντρώνεται πρασινάδα, που έχει την όψη της μούχλας.

Τα τελευταία χρόνια ο ποταμός έχει πληγεί από την ρίψη σκουπιδιών και μπάζων στην κοίτη του, την υπερβόσκηση, τον υπερτροφισμό από τα υπολλείματα των λιπασμάτων και τέλος την υπέρμετρη επέκταση καλλιεργούμενων εκτάσεων κατά μήκος της κοίτης του, των οποίων οι απαιτήσεις σε νερό καλύπτονται μέσω υπεραντλήσεων.

3.3 Γεωμορφολογία της Περιοχής

Η υπολεκάνη του ποταμού Ευρώτα χαρακτηρίζεται στο μεγαλύτερο κομμάτι της ορεινή, καθώς σε αυτό καλύπτεται από τους ορεινούς όγκους του Ταύγετου και

του Πάρνωνα. Η κορυφή του Ταύγετου ή αλλιώς Πενταδάκτυλου, έχει ύψος 2.407 m, ονομάζεται Προφήτης Ηλίας και βρίσκεται στο ανώτερο μέρος της τοποθεσίας, που ονομάζεται Πυραμίδα, από το χαρακτηριστικό σχήμα της. Η υψηλότερη κορυφή του Πάρνωνα ή αλλιώς Μαλεβού, έχει ύψος 1940 m και ονομάζεται Μεγάλη Τούρλα. Στην περιοχή μελέτης βρίσκονται δύο κύριες πεδιάδες, η Κοιλάδα της Σπάρτης και η Πεδιάδα της Σκάλας καθώς επίσης και ένα τμήμα της Πεδιάδας των Μολάων και του Γυθείου. Στο χάρτη παρακάτω παρουσιάζεται το υψομετρικό ανάγλυφο της λεκάνης απορροής, το οποίο συμπτίσεται στο 63,4% της σε ορεινό-ημιορεινό και στο υπόλοιπο 36,6% της σε πεδινό.



Φυσιογραφικά η πεδιάδα της Σπάρτης αποτελεί μια μακρόστενη κοιλάδα με ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση. Στο κέντρο περίπου της κοιλάδας παρατηρούνται λοφώδεις

εξάρσεις, οι οποίες κατανέμονται γραμμικά, παράλληλα με τη γενική διεύθυνση της κοιλάδας. Η κοιλάδα διατρέχεται κατά πλάτος από τον ποταμό Ευρώτα και κατά μήκος από μια σειρά δευτερευόντων υδρορεμάτων, κάποια παροδικής ροής, με γενική διεύθυνση κάθετη προς τον Ευρώτα, στον οποίο κι εκβάλλουν. Ανατολικά και δυτικά η περιοχή οριοθετείται από τους ορεινούς όγκους του Πάρνωνα και του Ταϋγέτου αντίστοιχα (Αντωνάκος, 1997).



Εικόνα 3.3 - Ταύγετος



Εικόνα 3.4 - Πάρνωνας

Η περιοχή της Σκάλας περιλαμβάνει μια πεδιάδα που καταλήγει στον Λακωνικό κόλπο. Οι οροσειρές φτάνουν σε υψόμετρα 200-340m δυτικά και βορειοδυτικά και μέχρι 900m ανατολικά. Οι κλίσεις στην βόρεια λοφώδη περιοχή είναι πιο μικρές από αυτές που παρουσιάζονται ανατολικά και δυτικά και παρουσιάζουν μέσο υψόμετρο 160-180m (Ανδριανάκη Μ., 2007). Η περιοχή της Σκάλας μπορεί να διακριθεί σε τρεις υπο-περιοχές:

- ✓ την περιοχή του Τρινάσσου, δυτικά του ποταμού Ευρώτα,
- ✓ την περιοχή του Έλους, ανατολικά του ποταμού Ευρώτα, και
- ✓ την περιοχή της Γλυκόβρυσης

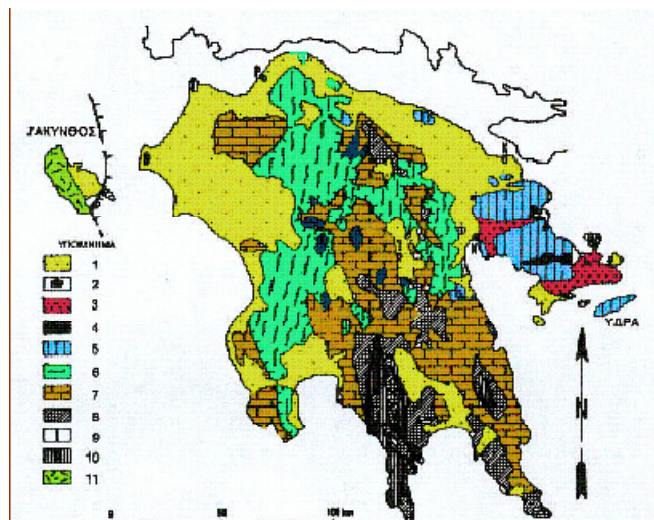
3.4 Στρωματογραφία – Γεωτεκτονικές Ενότητες.

Η σημερινή γεωμορφολογική εικόνα της Πελοποννήσου και των νησιών των τριών υδατικών διαμερισμάτων της είναι αποτέλεσμα αφενός της γεωλογικής και τεκτονικής δομής και αφετέρου των εξωγενών παραγόντων που επιδρούν σε αυτήν (π.χ. κλίμα).

Κυρίαρχο ρόλο στην τεκτονική της Πελοποννήσου που συνδέεται άμεσα με την υδρογεωλογική λειτουργία των επιμέρους ενοτήτων, αποτελεί η επώθηση της ζώνης Ωλονού – Πίνδου πάνω στην ζώνη Τρίπολης. Η ζώνη Γαβρόβου – Τρίπολης

και Παξών, αντιπροσωπεύεται από την σειρά των ανθρακικών σχηματισμών και του φλύσχη που υπέρκεινται των στρωμάτων Τυρού. Στα στρώματα αυτά επικρατούν ανοικτές πτυχές με άξονες γενικής διεύθυνσης Β-Ν που προκλήθηκαν κατά την τελική φάση των πτυχώσεων, ως αποτέλεσμα μιας συμπίεστικής τεκτονικής που επικράτησε την περίοδο Άνω Ολιγόκαινο – Κάτω Μειόκαινο. Οι πτυχές αυτές, λόγω του μεγάλου τους ανοίγματος, δεν είναι πάντα εύκολο να ανιχνευθούν και να σημειωθούν.

Μετά το τέλος των επωθητικών κινήσεων των εξωτερικών ζωνών, άρχισε μια περίοδος εφελκυστικών κινήσεων του ευρύτερου Ελληνικού χώρου, που είχε σαν αποτέλεσμα τον τεμαχισμό των στρωμάτων Γαβρόβου – Τρίπολης με κανονικά ρήγματα, κυρίως κατά τη διεύθυνση των αξόνων (Β-Ν) αλλά και μια δεύτερη ομάδα με λιγότερα ρήγματα κατά τη διεύθυνση Β 75° έως 90° Α. Η ζώνη της Πίνδου είναι επωθημένη προς τα δυτικά επάνω στη ζώνη Τρίπολης – Γαβρόβου εν είδη τεράστιου τεκτονικού καλύμματος που σε ορισμένες περιοχές (π.χ. Τζουμέρκα) έχει προελάσει ακόμη δυτικότερα και έχει φτάσει την Ιόνια ζώνη. Οι σχηματισμοί της Πίνδου, λόγω της παλαιότητάς τους είναι έντονα τεκτονισμένοι και λεπιωμένοι. Σε μεγάλο τμήμα της Πελοποννήσου, λόγω της διάβρωσης που έχει υποστεί το Πινδικό κάλυμμα, εμφανίζονται τα υποκείμενα στρώματα της ζώνης Γαβρόβου – Τρίπολης με τη μορφή «τεκτονικού παράθυρου» (περιοχή όρους Μαινάλου). Το γεωλογικό σκαρφήφημα του χάρτη της Πελοποννήσου φαίνεται στο χάρτη 3.2.



Χάρτης 3.2 – Γεωλογικό Σκαρφήφημα Πελοποννήσου (V. Jacobshagen et al., 1978).

(1): Νεογενείς-Τεταρτογενείς απωθέσεις, (2): Ηφαίστεια, (3): Κρητιδικοί και Παλαιογενείς σχηματισμοί της Αργολίδας, (4): Σχηματισμοί Ηωελληνικού καλύμματος, (5): Αργολική ενότητα, (6): Σειρά Πίνδου, (7): Σειρά Τρίπολης, (8): Σειρά Φυλλιτών, (9): Σειρά Ιόνια, (10): Σειρά Plattenkalk, (11): Σειρά Προασπούλια (Αντωνάκος 1997).

Στην περιοχή της Πελοποννήσου αναπτύσσονται οι περισσότερες από τις εξωτερικές γεωτεκτονικές ενότητες που δομούν τον Ελληνικό χώρο και συγκεκριμένα είναι οι παρακάτω:

✓ **Ζώνη Παξών ή Προαπούλιος.**

Καλύπτει τα κύρια τμήματα των νησιών Κεφαλονιά και Ζακύνθου. Στη ζώνη των Παξών τοποθετείται η σειρά των μαρμάρων της Μάνης.

✓ **Ιόνια ζώνη.**

Η Ιόνια ζώνη αρχίζει από την Αλβανία και εκτείνεται προς τα νότια, προς τη δυτική ηπειρωτική Ελλάδα (Ήπειρο και Ακαρνανία), τα Ιόνια νησιά (Κέρκυρα, ανατολικό τμήμα Λευκάδας, Ιθάκη, ανατολική Κεφαλονιά και ένα μικρό τμήμα της Ζακύνθου) και τη ΒΔ Πελοπόννησο. Ομόλογη της ζώνης αυτής θεωρείται η ζώνη Gargano-Marches Ombrie-Molise, που εμφανίζεται στην κεντρική Ιταλία. Στο χώρο της Πελοποννήσου – Κρήτης και των άλλων νησιών οι σχηματισμοί της Ιόνιας ζώνης είναι μεταμορφωμένοι και συνιστούν τη σειρά των Plattenkalk. Μόνο στην περιοχή της Μάνης έχουμε ορατή τεκτονική επαφή της ζώνης αυτής πάνω στη σειρά των Μαρμάρων της Μάνης που ανήκουν στη ζώνη των Παξών.

Η συνθετική στρωματογραφική επλληλία της σειράς των Plattenkalk, όπως αυτή έχει διαμορφωθεί από τη συσχέτιση των επί μέρους στρωματογραφικών τομών στις περιοχές του Ταΰγετου και του Πάρνωννα έχει ως εξής: σχιστόλιθοι οι οποίοι διαπιστώθηκαν σε διάφορες περιοχές κατά τη γεωλογική χαρτογράφηση της περιοχής του Ταΰγέτου από το Ι.Γ.Μ.Ε., κρυσταλλικοί δολομίτες και δολομιτικοί ασβεστόλιθοι, κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, χαλαζίτες, μάρμαρα και φλύσχης (Κατσικάκος, 1992). Οι ανθρακικοί σχηματισμοί είναι συνήθως μέσω έως παχυστρωματώδεις, βιτουμενιούχοι και έντονα καρστικοποιημένοι.

✓ **Ζώνη Γαβρόβου – Τρίπολης.**

Αποτελεί το υπόβαθρο της ζώνης της Πίνδου στην Πελοπόννησο και εμφανίζεται σε τμήματα της Κεντρικής, Ανατολικής και Δυτικής Πελοποννήσου και ως τεκτονικό παράθυρο στο βόρειο κεντρικό τμήμα αυτής (Αντωνάκος, 1997).

Η στρωματογραφική στήλη της ενότητας της Τρίπολης απαρτίζεται από τρία σύνολα. Στην βάση της βρίσκεται ένα σύνολο ελαφρώς μεταμορφωμένων σχηματισμών, γνωστό ως «στρώματα Τυρού». Τα στρώματα Τυρού χαρακτηρίζονται από δύο σημαντικές σειρές, μία ιζηματογενή από κλαστικά και ανθρακικά πετρώματα, ηλικίας Ανώτερο Παλαιοζωικό και μία

ηφαιστειοϊζηματογενή, τριαδικής ηλικίας. Πάνω από τα Στρώματα Τυρού, βρίσκεται μία ανθρακική ακολουθία. Η ακολουθία αυτή αποτελείται από βιτουμενιούχους παχυστρωματώδεις έως άστρωτους ασβεστόλιθους και δολομίτες, γνωστούς σαν *Trirolitza kalk*. Βασικό στοιχείο, που διαφοροποιεί τα ανθρακικά της στρωματογραφικής στήλης μεταξύ τους, είναι τα απολιθώματα. Πάνω από την ανθρακική ακολουθία υπάρχει ο φλύσχος, του οποίου η ιζηματογένεση αρχίζει στο ανώτερο Ηώκαινο. Η επαφή των ασβεστόλιθων με τον φλύσχη μπορεί να είναι στρωματογραφική ή τεκτονική. Στο ανώτερο τμήμα του ο φλύσχος περιέχει ένα συνονθύλευμα από διάφορα εξωτικά τεμάχια ποικίλης φύσης, σχήματος και μεγέθους. Ο σχηματισμός αυτός είναι γνωστός ως «άγριος φλύσχος».

Στην περιοχή του Ταΰγετου απαντώνται όλα τα τμήματα της στρωματογραφικής στήλης της ενότητας, εκτός από τον «άγριο φλύσχη», όμως η εμφάνιση της ενότητας περιορίζεται στο βόρειο και στο νοτιοανατολικό τμήμα του. Στα σημεία όπου υπέρκειται των φυλλιτών – χαλαζιτών, πάνω από την τεκτονική επαφή παρατηρείται είτε το ανθρακικό τμήμα της στρωματογραφικής στήλης της Τρίπολης, είτε τα στρώματα Τυρού (Καραλέμας, 2006; Κατσικάκος, 1992).

Επίσης, στο νότιο τμήμα της Πελοποννήσου, πάνω στην Ιόνιο ζώνη και στη περιοχή του όρους Κυλλήνης παρουσιάζεται μια επιμέρους ενότητα σχηματισμών (φυλλιτών – χαλαζιτών), η προέλευση και ο σχηματισμός της οποίας ακόμη δεν έχει εξακριβωθεί πλήρως. Η παρουσιαζόμενη στα φύλλα του Ι.Γ.Μ.Ε. 1:50.000 (Σπάρτη, Καλαμαί, Καρδαμύλη) άποψη, ότι οι σχηματισμοί της σειράς αυτής αποτελούν μέλη των βαθύτερων οριζόντων της ζώνης Γαβρόβου – Τρίπολης, είναι μία από τις επικρατέστερες σήμερα από πολλούς ερευνητές.

✓ **Ζώνη Πίνδου.**

Η ζώνη της Πίνδου, βρίσκεται τεκτονικά πάνω από τις προηγούμενες ενότητες. Στην περιοχή μελέτης εμφανίζεται ένα τμήμα της στρωματογραφικής στήλης της ενότητας, το οποίο αποτελεί τμήμα του Αρκαδικού Καλύμματος ή Αρκαδικής Τράπεζας. Ο κατώτερος στρωματογραφικός ορίζοντας που παρατηρείται είναι μία κλαστική σειρά από εναλλαγές ψαμμιτών, πηλιτών και Ραδιολαριτών με ενδιαστρώσεις λατυποπαγών ασβεστόλιθων, κενομάνιας ηλικίας, για την οποία έχει επικρατήσει ο όρος «Πρώτος Φλύσχος». Ακολουθούν οι «πλακώδεις ασβεστόλιθοι» με *Globotruncanidae*, οι οποίοι αποτελούν την πλέον διαδεδομένη φάση της ενότητας στην κεντρική και νότια Πελοπόννησο.

Πρόκειται για μικριτικούς ασβεστόλιθους με λίγες ενδιαστρώσεις ή κονδύλους πυριτόλιθων. Πάνω από τους ασβεστόλιθους αυτούς βρίσκονται τα μεταβατικά προς το φλύσχη στρώματα και ο φλύσχη της ενότητας. Επιπροσθέτως, έχει αναφερθεί η ύπαρξη ανθρακικών πετρωμάτων μικρού πάχους κάτω από τους ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους και κάτω από το σχηματισμό του «Πρώτου Φλύσχη» στην περιοχή του Πάρνωννα. Από τους παραπάνω σχηματισμούς, στην περιοχή του Ταΰγετου απαντώνται μόνο ο Πρώτος Φλύσχη και οι ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι. Η ενότητα της Πίνδου εμφανίζεται σε μικρά υπολειμματικά ράκη, στο βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης. Τα μικρά αυτά καλύμματα, τα οποία είναι αποκομμένα μεταξύ τους, έχουν υποστεί μετακαλλυματικές ολισθήσεις εξαιτίας της βαρύτητας με αποτέλεσμα να απαντώνται σε ορισμένα σημεία πάνω από το φλύσχη της ενότητας της Τρίπολης και σε άλλα πάνω από τους φυλλίτες – χαλαζίτες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η επαφή μικρής κλίσης του Πρώτου Φλύσχη της ενότητας της Πίνδου, πάνω στους φυλλίτες – χαλαζίτες που παρατηρείται βορείως του Δ.Δ. Γεωργιτσίου (Καραλέμας, 2006).

✓ **Μεταλπικοί σχηματισμοί.**

Η παρουσία των μεταλπικών σχηματισμών στην περιοχή μελέτης επικεντρώνεται στα μεγάλα τεκτονικά βυθίσματα, τα οποία είναι κατά κύριο λόγο το βύθισμα της Πελλάνας, το βύθισμα της Σπάρτης και το βύθισμα των Αιγίων βορείως του Γυθείου. Τα δύο πρώτα βυθίσματα οριοθετούνται δυτικά από το περιθωριακό ρήγμα του Ταΰγету. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αναπτύσσονται μεγάλης έκτασης και πάχους κώνοι κορημάτων πλειστοκαινικής ηλικίας, οι οποίοι προέρχονται από την διάβρωση εξαιτίας της μεγάλης ανύψωσης του κέρατος του Ταΰγету. Οι κώνοι αυτοί, όπως είναι φυσικό αποτελούνται από κροκάλες και λεπτομερές υλικό των σχηματισμών που δομούν το κέρας, δηλαδή των Φυλλιτών – Χαλαζιτών και των μαρμάρων της Μάνης. Τα υλικά αυτά παρουσιάζονται χαλαρά και σχεδόν αδιαβάθμητα. Κάτω από τους κώνους βρίσκονται πλειο-πλειστοκαινικοί, λιμναίοι σχηματισμοί, οι οποίοι παρουσιάζουν διάφορες λιθολογίες. Μπορούν να διαχωριστούν σε ένα σχηματισμό συνεκτικών ανθρακικών κροκαλοπαγών, πλειο- πλειστοκαινικής ηλικίας, που εναλλάσσεται με μάργες και ψαμμίτες και ένα δεύτερο σχηματισμό πλειστοκαινικής ηλικίας, αποτελούμενο από αργίλους, άμμους, λατύπες και εναλλαγές κροκαλοπαγών, τα οποία κατά θέσεις παρουσιάζουν διαβάθμιση, ενώ σε άλλα σημεία εμφανίζονται διάσπαρτα. Πάνω από όλους τους σχηματισμούς βρίσκονται οι αλλουβιακές αποθέσεις ολοκαινικής ηλικίας, οι οποίες καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση

εξαιτίας της μεταφορικής ικανότητας του ποταμού Ευρώτα και των παραποτάμων του. Νοτίως της ζώνης Χάνια Τάραψας – Δαφνί, οι λιμναίοι σχηματισμοί δίνουν την θέση τους σε θαλάσσιους. Παράλληλα, σταματά η εξάπλωση των κώνων κορημάτων, με αποτέλεσμα την επικράτηση θαλασσίων σχηματισμών, οι οποίοι αποτελούνται από ασβεστοψαμμιτικούς και αμιγείς αργίλους, τεφρές μάργες και αραιές στρώσεις οργανογενών ψαμμιτικών ασβεστόλιθων πλειοκαινικής ηλικίας (Καραλέμας, 2006). Στην πεδιάδα της Σπάρτης παρουσιάζονται Πλειο-πλειστοκαινικά ιζήματα που αποτελούνται από κροκαλοπαγή, αργιλούχες και πηλούχες άμμους αλλά και μάργες. Η απόθεσή τους έλαβε χώρα σε διαδοχικά ποτάμια και λιμναία περιβάλλοντα. Αντίστοιχα, τα ολοκαινικά ιζήματα της περιοχής δομούνται από αλλουβιακά ριπίδια στα δυτικά και αποθέσεις πεδιάδας πλημμύρας ποταμού στα ανατολικά. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από ένα καθεσώς εφελκυσμού, το οποίο εκφράζεται με κανονικά ρήγματα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης και κάθετα προς αυτά (Αντωνάκος, 1997).

✓ **Περιοχή Σκάλας.**

Το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής αποτελείται από σχηματισμούς παλαιοζωικού τύπου (Στρώματα Τυρού - παλαιοζωικά πετρώματα), συμπεριλαμβανομένου πορφυρών και ηφαιστειογενών σχηματισμών σε λεπτά στρωματά. Οι ασβεστόλιθοι των σχηματισμών του Τυρού δεν ξεπερνούν γενικά πάχος μερικών μέτρων, εκτός από την περιοχή της Άνω Γλυκόβρυσης, που παρουσιάζουν πάχος δέκα μέτρων. Εκεί μάλιστα φαίνεται ότι σχηματίζουν μια ζώνη μετάβασης από τον σχηματισμό Τυρού στους ασβεστόλιθους της ζώνης Τρίπολης. Μια παρόμοια ζώνη μετάβασης παρουσιάζεται και στα βόρεια των Κροκεών.

Τα στρώματα Τυρού επικαλύπτονται από τα πετρώματα της ζώνης Τρίπολης (μεσοζωική ηλικία). Τα πετρώματα της ζώνης Τρίπολης στην περιοχή της Σκάλας και των Μολάων αποτελούνται μόνο από ασβεστόλιθους (δεν εντοπίζεται Φλύσχης) σχετικά μεγάλου πάχους και χονδρόκοκκου κρυσταλλικού τύπου. Το συνολικό πάχος των εν λόγω σχηματισμών στην περιοχή της Σκάλας είναι 50 m. Οι ασβεστόλιθοι της Τρίπολης έχουν μεγάλο πορώδες εξαιτίας της υψηλής καρστικοποίησης. Η διάβρωση που προκάλεσε την καρστικοποίηση έλαβε χώρα πριν την απόθεση των νεογενών ιζημάτων. Επάνω από τους ασβεστόλιθους, αναπτύσσονται αποθέσεις από νεογενείς σχηματισμούς, ως αποτέλεσμα της μεταφοράς και απόθεσης υλικών και των πλημμύρων στην περιοχή από τη θάλασσα προκαλώντας την απόθεση ιλύος

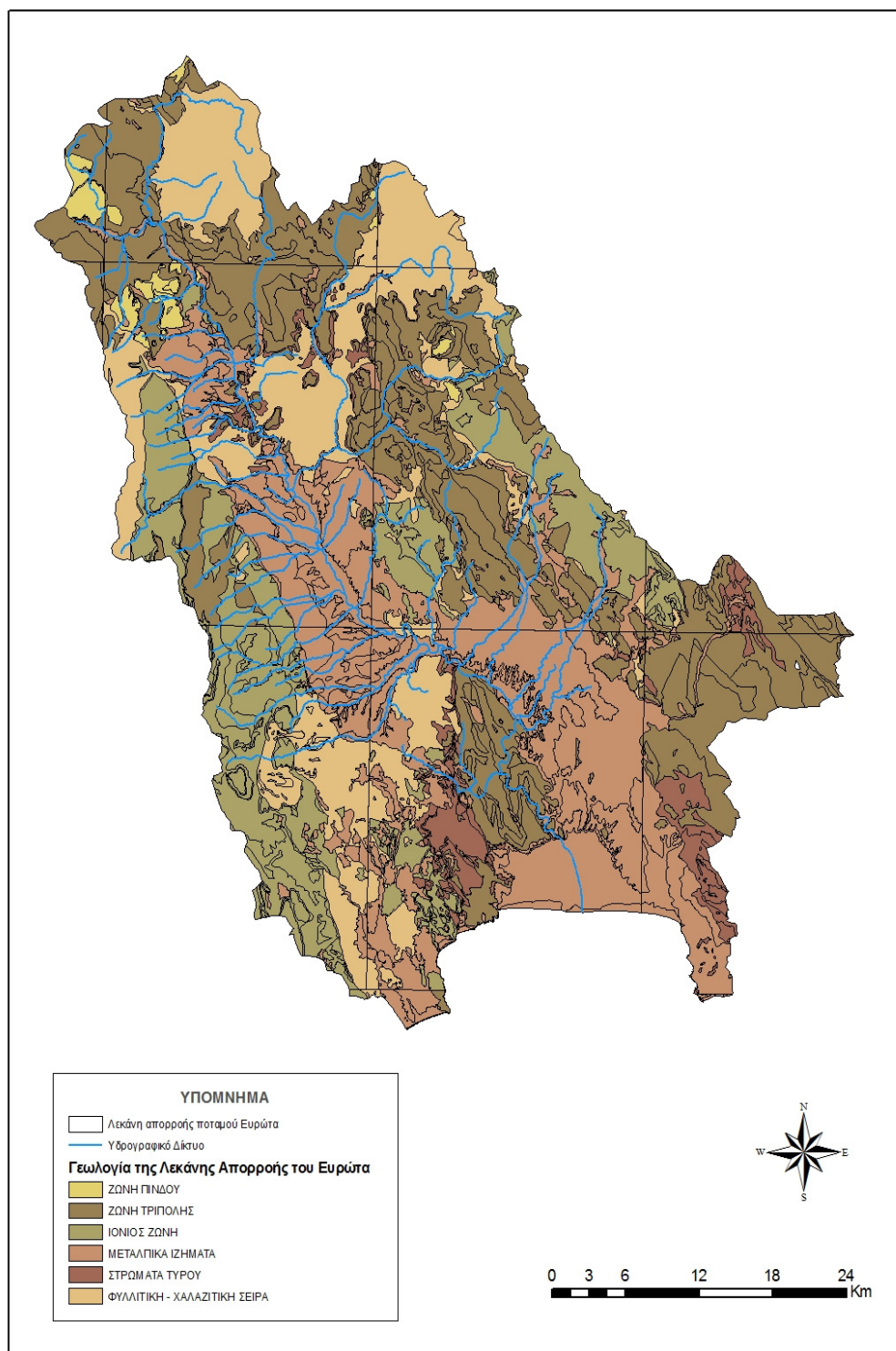
και αργίλου. Το πάχος του εν λόγω στρώματος ποικίλει από 50 έως 300 m. Τα αλλουβιακά εδάφη παρατηρούνται κυρίως στις επίπεδες περιοχές της πεδιάδας στα κατάντη του ποταμού Ευρώτα και αποτελούνται κυρίως από άργιλο, που προέρχεται από νεογενείς αποθέσεις. Κατά μήκος της ακτογραμμής έχει αναπτυχθεί μια ζώνη με αμμοθίνες με σημαντικό πλάτος που προστατεύει την ενδοχώρα από την θάλασσα. Η πεδιάδα στην περιοχή της Σκάλας αποτελείται από αρκετά μέτρα ιζήματος, το οποίο αποτελείται από άμμο, ιλύ, μάργες και άργιλο. Σύμφωνα μάλιστα με τα γεωλογικά προφίλ των διάφορων γεωτρήσεων στην περιοχή εμφανίζονται συχνά εναλλαγές μεταξύ λεπτών στρωμάτων των προαναφερθέντων σχηματισμών. Το περιεχόμενο σε άμμο και χαλίκι στα ιζήματα της λεκάνης ποικίλει ανάλογα με το βάθος και την κατανομή. Η στρωματοποίηση υποδεικνύει ότι το κέντρο της ιζηματοποίησης των αδρομερών κλαστικών ιζημάτων εντοπίζεται κοντά στον ποταμό Ευρώτα κατά την εισαγωγή του στην κατώτερη λεκάνη στο γεωγραφικό πλάτος της Σκάλας. Εκεί υπάρχουν εκτεταμένα στρώματα που τοπικά φθάνουν σε πάχος μεγαλύτερο από 100 m. Αυτά τα στρώματα από γεωηλεκτρική άποψη μπορούν να θεωρηθούν ως ο ανώτερος υδροφορέας. Όσο αυξάνει η απόσταση ανατολικά και δυτικά από τον ποταμό και νότια από τους πρόποδες του βουνού στην Σκάλα, το ποσοστό των αδρόκοκκων υλικών μειώνεται. Ένα ακόμη στρώμα ιζήματος υψηλής αντίστασης εντοπίζεται μεταξύ του Λεήμονα και του Έλους και κατά μήκος της γραμμής Βλαχιώτη – Αστερίου. Αυτό το στρώμα συμβαίνει σε μεγαλύτερα βάθη και υπέρκεινται του στρώματος που καλείται ως «ανώτερος υδροφορέας», με αποτέλεσμα να μπορεί να αποκαλεστεί ως κατώτερος υδροφορέας. Μεταξύ, αυτών των δυο στρωμάτων υπάρχουν ιζήματα με μάργες και άργιλο.

Κατά το νεογενές ο Παλαιο-Ευρώτας ποταμός έκοψε τους καρστικούς ασβεστόλιθους και πλήρωσε την περιοχή (πεδιάδα της Σκάλας) με άμμο και χαλίκι. Τα αδρόκοκκα στρώματα ιζήματος του Παλαιο-Ευρώτα αποτελούν τους σημερινούς «νεογενείς» υδροφορείς στην πεδιάδα της Σκάλας.

Τα αλλουβιακά εδάφη είναι ευρέως εξαπλωμένα στην πεδιάδα της Σκάλας. Συνίστανται κυρίως από μάργες που προέρχονται από τα νεογενή στρώματα των λόφων γύρω από την πεδιάδα. Στην νοτιοδυτική γωνία της Σκάλας (νοτιοδυτική περιοχή Τρινάσσου), εντοπίζονται βαριά μαύρα εδάφη από θαλάσσια λάσπη. Στις πλαγιές στα ανατολικά και δυτικά της πεδιάδας της Σκάλας έχει σχηματιστεί ένας διαφορετικός τύπος εδάφους εξ' αιτίας των παλαιοζωικών και μεσοζωικών πετρωμάτων των αντίστοιχων βουνών. Έτσι αυτά τα εδάφη είναι περισσότερο αμμώδη. Οι αμμοθίνες εντοπίζονται μόνο

στην ακτογραμμή και κινούνται αργά προς την ενδοχώρα, καθώς δεν παρουσιάζουν φυτοκοινωνίες στην έκτασή τους (GWE, 1972).

Στους χάρτες (3.3) και (3.4) παρουσιάζεται η γεωλογία της περιοχής της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα.



Χάρτης 3.3 – Γεωτεκτονικές ενότητες της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα.



3.5 Υδρογεωλογία

3.5.1 Επιφανειακή Υδρολογία

Η επιφανειακή αποστράγγιση του ποταμού Ευρώτα γίνεται μέσω τριών υδρολογικών συστημάτων.

Το υδρολογικό σύστημα του Ευρώτα, το οποίο αποστραγγίζει το μεγαλύτερο τμήμα του ανατολικού Ταύγετου και του δυτικού Πάρνωνα. Ξεκινάει από την Αρκαδία και καταλήγει στο Λακωνικό κόλπο. Βόρεια της Σκάλας, στην Γέφυρα του Βρονταμά, ο Ευρώτας εισέρχεται μέσα σ' ένα μεγάλο καρστικό ασβεστολιθικό όγκο, ο οποίος φτάνει μέχρι και μετά τη Γέφυρα της Σκάλας. Με εξαίρεση το σημείο μεταξύ Φούσιας και Μύλου, μέχρι την Γέφυρα της Σκάλας, ο Ευρώτας παραμένει μέσα στον ασβεστολιθικό όγκο, ενώ μεταξύ Φούσιας και Μύλου, διέρχεται μέσα από νέα διαπερατά ιζήματα, που υπέρκεινται των ασβεστόλιθων. Από το Φιλίσσι μέχρι την Γέφυρα της Σκάλας, το ίζημα του ποταμού αποτελείται από χαλίκι και άμμο περίπου 40 m σε πάχος. Κατά μήκος του καρστικού όγκου, που διαρρέει ο Ευρώτας από την Γέφυρα του Βρονταμά και μετά τη Γέφυρα της Σκάλας, ανάλογα με το υδραυλικό ισοζύγιο, μπορεί να συμβεί διήθηση προς τους ασβεστόλιθους ή επαναδιήθηση από το κάρστ στο ποτάμι. Αυτός ο καρστικός υπόγειος ταμιευτήρας συνδέεται μερικώς με τους ιζηματογενείς, αρτεσιανούς υδροφόρους, των περιοχών Έλους και Τρινάσσου.



Εικόνα 3.5 – Γέφυρα Βρονταμά

Στην συνέχεια, ο Ευρώτας από την περιοχή της Σκάλας και έπειτα ακολουθώντας τη νότια κατεύθυνση εισέρχεται στο δελταϊκό του σύστημα, στο οποίο δεν υπάρχουν υπολεκάνες, που να τροφοδοτούν απευθείας την κύρια κοίτη του. Το δελταϊκό σύστημα του Ευρώτα περιλαμβάνει την κύρια κοίτη του ποταμού, αλλά και τη συμβολή υπολεκανών από το νότιο Πάρνωνα και το ανατολικό περιθώριο του

Δέλτα (που καταλήγουν στην περιοχή Έλος) και το δυτικό περιθώριο του Δέλτα (που συμβάλουν στην τάφρο Ω). Ο Ευρώτας έχει αποστραγγιστικό ρόλο για τις παράπλευρες περιοχές του Έλους και του Τρινάσσου. Έπειτα από μερικά εκατοντάδες μέτρα μετά την γέφυρα της Σκάλας δεν σημειώνονται αξιοσημείωτες βαθιές κατεισδύσεις καθώς υπάρχουν αδιαπέρατα στρώματα που διαχωρίζουν το βαθύτερο αρτεσιανό υδροφορέα από τον ανώτερο ελεύθερο υδροφορέα. (Αδριανάκη Μ., 2007).

Τέλος, στην περιοχή εμφανίζονται υδρολογικά συστήματα που απορρέουν απευθείας στον Λακωνικό Κόλπο, από τον Μακρύγιαλο μέχρι τον όρμο Ελαίας στα ανατολικά, και από την Τρίνη μέχρι τον όρμο του Στομίου Δυτικά (Νικολαΐδης Ν. κ.α., 2006).

Σημαντικότεροι παραπόταμοι του ποταμού Ευρώτα είναι ο Οινούντας, του οποίου η λεκάνη απορροής αποτελεί μεγάλο μέρος της λεκάνης απορροής του ποταμού ευρώτα και βρίσκεται βορειοανατολικά της λεκάνης. Παλιότερα είχε ροή καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, σήμερα όμως το κατώτερό του τμήμα, καθώς και τμήματα κατά μήκος του, ξεραίνονται τους καλοκαιρινούς κυρίως μήνες, εξ' αιτίας της υπεραντλήσης των υδάτων του για αρδευτικούς σκοπούς.

Άλλος σημαντικός παραπόταμος του Ευρώτα είναι η Μαγουλίτσα, η οποία είναι ένα μικρό σε μήκος ρέμα, αλλά με σημαντική παροχή. Βρίσκεται βορειοδυτικά της Σπάρτης, από τη μεριά του Ταύγετου. Τροφοοτείται από σημαντικές πηγές, όπως αυτή της Τρύπης. Κατά την καλοκαιρινή περίοδο το κατώτερο τμήμα της ξεραίνεται εξ' αιτίας των υπεραντλήσεων για την κάλυψη υδρευτικών και αρδευτικών σκοπών της Σπάρτης.

Σημαντικά επίσης ρέματα, τα οποία βρίσκονται στην περιοχή της Σπάρτης είναι ο Γερακάρης, η Κάκαρη και η Ρασίνα, στα οποία η ροή διατηρείται στα υψηλότερα τμήματά τους, το νερό όμως αυτό δε φτάνει στον Ευρώτα κατά τους ξηρούς μήνες και πάλι εξαιτίας των αντλήσεων.

Στο βόρειο τμήμα της λεκάνης του Ευρώτα οι κυριότεροι παραπόταμοι είναι ο Κάστωρ και το Βαθύρρεμα ή διαφορετικά Βρυσσιώτικο ρέμα. Το Βαθύρρεμα διατηρεί ροή καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.

Σημαντικά ρέματα στο νότιο τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα είναι ο ποταμός Σμύνους ή Βαρδούνιας και το Μαριόρεμα. Το Μαριόρεμα συναντά τον Ευρώτα κοντά στις εκβολές του Ευρώτα, νότια του Πάρνωνα και έχει

μόνο πλημμυρικές παροχές. Ο ποταμός Βαρδούνιας πηγάζει από το νότιο τμήμα του Ταΰγετου, κοντά στην Αγ. Μαρίνα, και εκβάλλει στη θάλασσα νότια του Γυθείου, κοντά στο χωριό Κάμπος.

Για τη γεωργική εκμετάλλευση των βαλτωδών και ημιβαλτωδών εκτάσεων στην Πεδιάδα της Σκάλας, έχουν κατασκευαστεί αποστραγγιστικές τάφροι και κανάλια. Οι αποστραγγιστικές τάφροι δεν επικοινωνούν με τον Ευρώτα, αλλά τα νερά τους συγκεντρώνονται σε αντλιοστάσιο στη Τρίνισα και διοχετεύονται στη θάλασσα (Αδριανάκη Μ., 2007). Μία αποστραγγιστική τάφρος στην περιοχή της Σκάλας, φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα (3.6).



Εικόνα 3.6 – Αποστραγγιστική Τάφρος στην Περιοχή της Σκάλας

Η πλησιέστερη τάφρος στον Ευρώτα, είναι η Τάφρος Ω ή Βασιλοπόταμος, ο οποίος δέχεται νερά από τις πηγές της Σκάλας, από τις οποίες τροφοδοτείται και το κατώτερο σύστημα του ποταμού Ευρώτα. Δηλαδή η Τάφρος Ω επικοινωνεί σε κάποια σημεία με τον Ευρώτα. Έχει νερό όλο το χρόνο, με εξαίρεση κάποιες περιόδους, στις οποίες το νερό είναι στάσιμο. Η δεύτερη τάφρος είναι η Τάφρος Π, η οποία διατηρεί αρκετό νερό με μικρότερη ροή.

3.5.2 Υδροφορίες

Η περιοχή μελέτης απαρτίζεται από πλήθος υδροφορέων, ο καθένας από τους οποίους χαρακτηρίζεται από διαφορετικές υδρογεωλογικές ιδιότητες. Ωστόσο, οι διάφοροι σχηματισμοί έρχονται ποικιλοτρόπως σε επαφή, με αποτέλεσμα να υπάρχει υδραυλική επικοινωνία μεταξύ τους.

Όσο αφορά στην φύση του υδροφορέα στην ευρύτερη περιοχή διακρίνονται τρεις τύποι υδροφορέων.

- ✓ Καρστικοί Υδροφορείς.
- ✓ Κοκκώδεις, Φρεάτιοι ή μερικώς υπό πίεση υδροφορείς, που αναπτύσσονται στα ιζήματα των λεκανών και στον αποσαθρωμένο μανδύα κλαστικών πετρωμάτων.
- ✓ Υδροφόροι που αναπτύσσονται σε μέσο ασυνεχειών, μέσα στο δευτερογενές πορώδες (σε μεταμορφωμένα και πυριγενή πετρώματα λόγω τεκτονισμού, που υπό άλλες συνθήκες θεωρούνται αδιαπέρατα, π.χ. χαλαζίτες). (Καραλέμας, 2006)

Η κοιλάδα της Σπάρτης χαρακτηρίζεται από μια σειρά επάλληλων, ελεύθερων-ημιαρτεσιανών και αρτεσιανών υδροφορέων στις αποθέσεις του ολοκαίνου και πλειστοκαίνου, καθώς και από την ύπαρξη του καρστικού υδροφορέα στους ασβεστόλιθους και δολομίτες στα δυτικά της περιοχής. Ο ελεύθερος υδροφορέας παρουσιάζεται ενιαίος και μεταπίπτει σε ημιεγκλωβισμένο στο κέντρο της κοιλάδας με πάχος 5-15 m και ακόρεστη ζώνη 2-13 m σε όλη την περιοχή. Ακόμη, φαίνεται να έχει μια θετική υδραυλική σε σχέση με τον Ευρώτα στα κεντρικά και νότια της περιοχής ενώ η σχέση αυτή δε διακρίνεται στα βόρεια της περιοχής. Επίσης, διαφαίνεται μια σχέση τροφοδοσίας με τα παραπλήσια καρστικά υδροφόρα συστήματα. Η υδραυλική αγωγιμότητα του υδροφόρου κυμαίνεται από $1 \cdot 10^{-4}$ έως και $6 \cdot 10^{-4}$ m/sec. Η γεωγραφική κατανομή της υδραυλικής αγωγιμότητας φανερώνει μια περιοχή υψηλών τιμών κατά μήκος της κοίτης του ρέματος Ξεριάς καθώς επίσης και μια ζώνη υψηλών τιμών κατά μήκος της κοίτης του Ευρώτα (Αντωνάκος, 1997).

Στην περιοχή του κάτω ρου του Ευρώτα νότια της περιοχής της Σκάλας υπάρχει ελεύθερος υδροφορέας, ο οποίος διαχωρίζεται από τον αρτεσιανό από αδιαπέραστα στρώματα (μάργες ή ιλυώδης μάργες). Η τροφοδοσία του υδροφορέα προέρχεται από την διήθηση των βροχοπτώσεων, από την ροή του υπογείου νερού από τα ανάντη και από τους κατώτερους αρτεσιανούς υδροφορείς (καρστικοί και αδρομερείς ιζηματογενείς), με πολύ μικρό όμως ρυθμό, λόγω των αδιαπέρατων στρωμάτων μεγάλου πάχους, που τους χωρίζει. Ο υδροφορέας αποτελείται από μαργαϊκά στρώματα τα οποία είναι αναμεμιγμένα με άμμο και νεκρά κελύφη. Μόνο στα νότια της πεδιάδας της Σκάλας εντοπίζονται στρώματα λεπτόκοκκης άμμου πάχους μέχρι και 30-40 m. Λόγω του μικρού πάχους του, και του χαμηλού πορώδους που εμφανίζει, ο εν λόγω υδροφορέας δεν έχει τόσο μεγάλα αποθέματα

νερού. Ακόμη, η μεταβιβασιμότητα T , όπως επίσης και η αποθηκευτική ικανότητα είναι τόσο μικρή που δεν είναι δυνατή η μεγάλης κλίμακας εκμετάλλευσή του.

Από την άλλη πλευρά ο αρτεσιανός υδροφόρας του κάτω ρου του Ευρώτα τροφοδοτείται από περιοχές βόρεια και βορειοανατολικά της Σκάλας και ίσως από πιο βόρειες περιοχές της λεκάνης απορροής. Είναι σίγουρο ότι περιοχές σημαντικής διήθησης εντοπίζονται ανατολικά και βορειοανατολικά του Βρονταμά, όπως επίσης και βορειοανατολικά του χωριού Αγ. Ανδρέας. Σε αυτές τις περιοχές, μάλιστα, ένα αξιοσημείωτο τμήμα της επιφάνειας αποτελείται από καρστικοποιημένους ασβεστόλιθους της ζώνης Τρίπολης, με αποτέλεσμα να επιτρέπεται η γρήγορη βαθιά διήθηση των βροχοπτώσεων. Μεταξύ των περιοχών Αγ. Ανδρέας και Γεράκι υπάρχει μια επίπεδη μορφολογικά λεκάνη με βόρεια κατεύθυνση. Η λεκάνη είναι πληρωμένη με πολύ αδρόκκοκα ιζήματα που υπέρκεινται των νεογενών και του καρστ. Έτσι, σύμφωνα με την γεωλογική στρωματογραφία που παρουσιάζει η περιοχή το διηθημένο νερό της λεκάνης του άνω ρου του Ευρώτα δεν έχει άλλη δυνατότητα από το να τροφοδοτήσει τους αρτεσιανούς υδροφορείς του κάτω ρου και να καταλήξει στον Λακωνικό Κόλπο (τροφοδοτεί ακόμη της πηγές της Σκάλας). Βόρεια του Μύλου, ανατολικά του Ευρώτα, εμφανίζεται μια περιοχή με νεογενή ιζήματα με μικρότερους ρυθμούς στράγγισης. Η περιοχή του μεγάλου καρστικού όγκου βόρεια της Σκάλας αποτελεί υδρογεωλογική περιοχή της λεκάνης του κάτω ρου του Ευρώτα και εμφανίζει υψηλή και άμεση διήθηση στον καρστικό υδροφόρα (GWE, 1972).

3.5.3 Πηγές

Οι καρστικές πηγές παίζουν σημαντικό ρόλο στην υδρογεωλογία και την υδρολογία της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα. Με τον όρο καρστ, εννοούμε μία περιοχή, με χαρακτηριστική υδραυλική συμπεριφορά και γεωμορφές, η οποία προέκυψε από τον συνδυασμό της μεγάλης διαλυτότητας των πετρωμάτων και του πολύ καλά εξελιγμένου δευτερογενούς πορώδους. Το πορώδες των καρστικών σχηματισμών δίνει τη δυνατότητα στο καρστ να αποθηκεύει σημαντικές ποσότητες υπόγειου νερού, όπου το επιτρέπει το πάχος των πετρωμάτων (φυσική στρωματοποίηση) ή τεκτονικά αίτια. Η δημιουργία καρστικών φαινομένων συνδέεται πάντα με την παρουσία ορισμένων πετρωμάτων, τα οποία οφείλουν να είναι ευδιάλυτα και η διάλυσή τους να αφήνει ελάχιστο υπόλειμμα ώστε τα διάκενα να διευρύνονται και να παραμένουν ανοιχτά για να είναι δυνατή η κίνηση του νερού μέσα σε αυτά (Ανδριανάκη Μ., 2007).

Στην περιοχή μελέτης η καρστικοποίηση συνδέεται στενά με τους ανθρακικούς σχηματισμούς. Καρστικοί σχηματισμοί μπορούν να βρεθούν οπουδήποτε και ιδιαίτερα κατά μήκος τεκτονικών δομών και ρηγμάτων. Σε όλες τις γεωλογικές ενότητες που εμφανίζονται στην ορεινή περιοχή της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα παρουσιάζονται τμήματα ανθρακικών πετρωμάτων τα οποία είναι έντονα καρστικοποιημένα. Οι υδροφορείς των σχηματισμών αυτών παρουσιάζουν μεγάλη δυναμικότητα. Όταν ένας καρστικός σχηματισμός έρθει σε επαφή με σχηματισμούς μικρότερης διαπερατότητας, δημιουργεί συγκέντρωση μεγάλης ποσότητας νερού στον καρστικό σχηματισμό. Όταν το νερό αυτό φτάνει στην επιφάνεια, δημιουργείται μια ρηξιγενής πηγή υπερπλήρωσης. Τέτοιου είδους πηγές μπορεί να εκφορτίζουν και σε κοκκώδεις υδροφορείς. Ο μηχανισμός που περιγράφηκε παραπάνω αποτελεί των μηχανισμό λειτουργίας των περισσότερων πηγών που απαντώνται στην περιοχή μελέτης. Οι κυριότερες πηγές της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα είναι της Σκάλας, του Ζορού, του Βιβαρίου, του Σκορτσινού, του Καστορίου, της Τρύπης του Άγιου Ιωάννη, του Καταγιάννη, του Παρορίου, του Κρυονερίου, των Διποτάμων, της Κρύας Βρύσης κ.α.

Οι πηγές της Σκάλας αποτελούνται από 11 ομάδες πηγών και βρίσκονται στους πρόποδες του βουνού στη δυτική πλευρά του χωριού της Σκάλας. Οι πηγές της Σκάλας τροφοδοτούν τον Βασιλοπόταμο ή αλλιώς Τάφρο Ω και οφείλουν την ύπαρξη τους στην επαφή των βορειότερων καρστικών ασβεστόλιθων με τα νεογενή και τεταρτογενή ιζήματα της κοιλάδας κατά μήκος της Δ-Α ρηγματογενούς ζώνης (καρστικές πηγές επαφής-υπερπλήρωσης). Το καρστικό σώμα που εντοπίζεται βορειοδυτικά της Σκάλας, σε μεγάλη έκταση, με βορειοδυτική κατεύθυνση και μεγάλο πάχος, διαπερνάται από τον ποταμό Ευρώτα και αποτελεί έναν σημαντικό ταμιευτήρα υπόγειου νερού. Κατά μήκος του ανατολικού τμήματος της περιοχής της Σκάλας ο καρστικός ασβεστόλιθος υπέρκειται και πάλι του αδιαπέρατου στρώματος Τυρού. Όμως εξαιτίας του πάχους του, το συγκεκριμένο καρστ είναι σε θέση να αποθηκεύσει μόνο μικρές ποσότητες νερού, το οποίο εκφορτίζεται σε κάποιες πηγές κοντά στην Άνω Γλυκόβρυση. Παρόμοιες συνθήκες δημιουργούν και τις πηγές Πανιγίστρα, κάτω από την γέφυρα της Σκάλας, οι οποίες όμως είναι μικρότερης σημασίας. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι το εν λόγω καρστικό όγκος τροφοδοτείται, πέρα από τον Ευρώτα, και από τον χείμαρρο Κεφαλάρι, αλλά και από σημαντικές ποσότητες υπόγειας ροής από την ανώτερη λεκάνη. Το υπόγειο νερό που δεν μπορεί να εκφορτιστεί από τις πηγές, τροφοδοτεί τους αρτεσιανούς υδροφορείς της Σκάλας. Ακόμη, κατά μήκος της βόρειας ρηγματογενούς ζώνης, ανατολικά των πηγών, το υπόγειο νερό από το καρστ μπορεί να εισχωρήσει στους «νεογενείς» ιζηματογενείς (αδρόκοκκο υλικό) αρτεσιανούς υδροφορείς.

Οι πηγές Βιβαρίου-Σελασίας και οι πηγές Ζορού εκφορτίζουν το καρστικό σύστημα Ζορού – Βιβαρίου, το οποίο τροφοδοτεί πλευρικά τις προσχώσεις του Ευρώτα στις λεκάνες του Βόρειου τμήματος. Οι πηγές Ζορού-Βιβαρίου είναι πηγές διαλείπουσας ροής, δηλαδή το καλοκαίρι δεν δίνουν ροή. Ωστόσο, ο Ευρώτας έχει μόνιμη ροή κατάντι των πηγών Βιβαρίου.

Οι πηγές Σκορτσινού εκφορτίζουν το ομόνυμο καρστικό σύστημα, το οποίο ρέει εξ' ολοκλήρου επιφανειακά στον Ευρώτα, μέσω του ρέματος Γιαννούλη, στην περιοχή του Βιβαρίου.

Οι πηγές του Καστορίου εκφορτίζουν το καρστικό σύστημα του Βόρειου Ταύγετου, του οποίου οι παροχές κατευθύνονται επιφανειακά στον Ευρώτα.

Οι πηγές της Τρύπης, του Άγιου Ιωάννη, του Καταγιάννη, του Παρορίου, του Κρουονερίου, των Διποτάμων, της Κρύας Βρύσης και άλλες μικρότερες πηγές εκφορτίζουν το καρστικό σύστημα του κεντρικού Ταύγετου, το οποίο τροφοδοτεί πλευρικά τους κοκκώδεις σχηματισμούς του κεντρικού Λακωνικού Πεδίου.

3.6 Κλιματολογικά Στοιχεία

Η λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα παρουσιάζει μεσογειακού τύπου κλίμα, με θερμά καλοκαίρια και υγρούς χειμώνες. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 16 ° C. Η μέση ετήσια βροχόπτωση υπολογίζεται σε 78 mm. Πληθώρα βροχόπτωσης πέφτει κατά την περίοδο Οκτωβρίου-Μαρτίου, ενώ πιο υγρός μήνας χαρακτηρίζεται ο Δεκέμβρης και πιο ξηρός ο Ιούνιος.

Η ορεινή περιοχή παρουσιάζει βαρύ χειμώνα με μεγάλες διακυμάνσεις θερμοκρασίας μεταξύ υγρής και θερμής περιόδου, μεταξύ ημέρας και νύχτας. Βροχοπτώσεις παρατηρούνται καθ' όλη την διάρκεια του έτους και παγετοί είναι εμφανείς από τον Οκτώβριο μέχρι και τον μήνα Απρίλιο.

Στα πεδινά κυριαρχούν φαινόμενα ομίχλης κυρίως κατά την διάρκεια του φθινοπώρου και του χειμώνα.

Οι μετεωρολογικοί σταθμοί που υπάρχουν στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα και μας παρέχουν ημερήσια δεδομένα, είναι:

- ✓ Σταθμός Έλους (υψόμετρο 20 m), ο οποίος μας παρέχει δεδομένα θερμοκρασίας, βροχόπτωσης και εξάτμισης

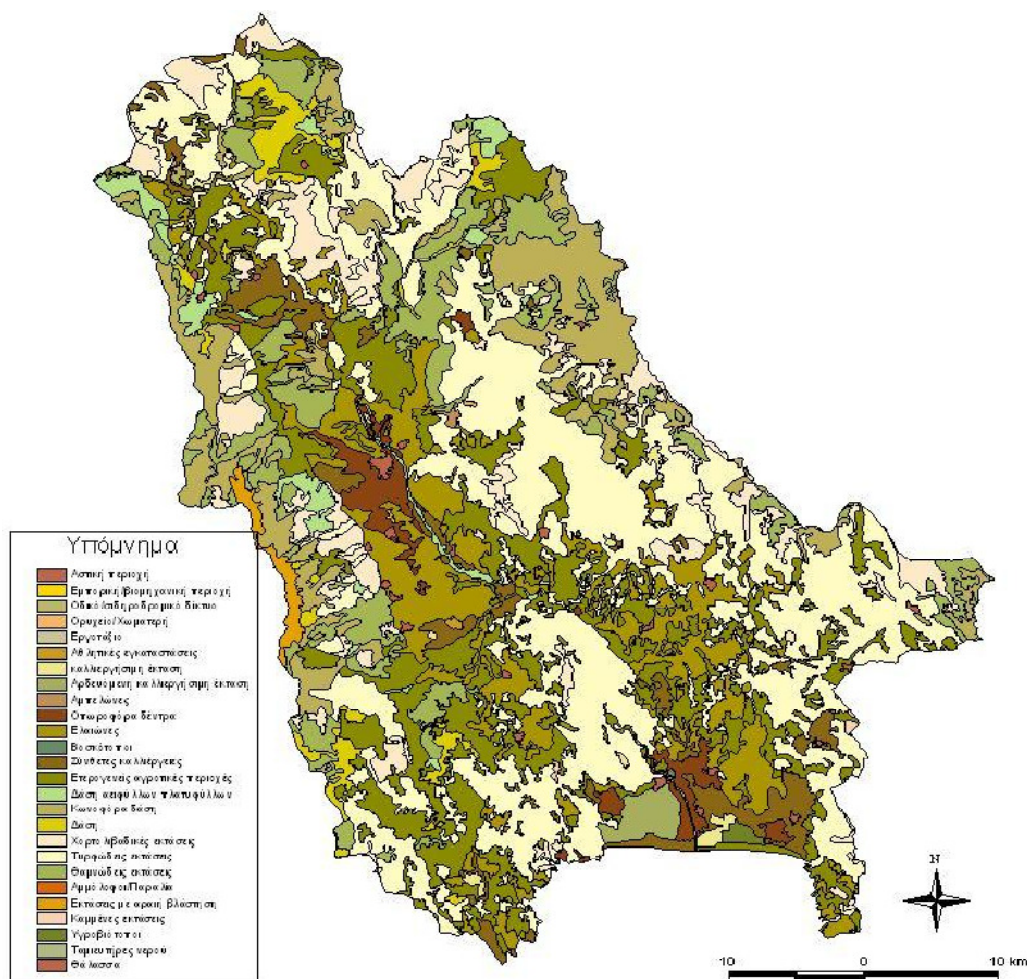
- ✓ Σταθμός Ριβιώτισσας (υψόμετρο 163,5 m), ο οποίος μας παρέχει ομοίως παρατηρήσεις θερμοκρασίας, βροχόπτωσης και εξάτμισης
- ✓ Σταθμός Βρονταμά (υψόμετρο 280 m), που μας παρέχει μόνο δεδομένα βροχόπτωσης
- ✓ Σταθμός Περιβολίων (υψόμετρο 490 m), που μας παρέχει επίσης μόνο βροχομετρικά στοιχεία
- ✓ Σταθμός Σελλασίας (υψόμετρο 590 m), που μας παρέχει δεδομένα θερμοκρασίας, βροχόπτωσης και εξάτμισης
- ✓ Σταθμός Βασαρά (υψόμετρο 646 m), που μας παρέχει μόνο βροχομετρικά δεδομένα
- ✓ Σταθμός Πετρίνας, ο οποίος μας παρέχει επίσης μόνο βροχομετρικά δεδομένα.

Τα παραπάνω μετεωρολογικά στοιχεία μας παρέχονται από την Νομαρχία Λακωνίας. Στα δεδομένα αυτά κατά καιρούς υπήρχαν κάποια κενά στη διάρκεια των χρόνων, επομένως χρειάστηκε σε μερικές περιπτώσεις η συμπλήρωσή τους, μέσω κατάλληλων συσχετίσεων ανάμεσα στους σταθμούς. Η ανάλυση αυτή ακολουθεί σε επόμενο κεφάλαιο.

3.7 Χρήσεις Γης στη λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα

Οι κύριες χρήσεις γης στη λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα παρουσιάζονται στο χάρτη 3.5.

Πριν από τις φωτιές του Αυγούστου 2007, το 61,25% της λεκάνης ήταν φυσικές επιφάνειες, δάση, λιβάδια κτλ, το 37,85% καλλιεργήσιμη γη που αντιστοιχεί σε συνολική επιφάνεια 912.2 km² και το 0,7% αστικές επιφάνειες (Νικολαΐδης κ.ά., 2006). Οι πυρκαγιές έκαψαν 216 km² δάσους, χορτολιβαδικής έκτασης και ελαιόδεντρων στον Πάρνωνα (Νικολαΐδης κ.ά., 2007) με αποτέλεσμα να μειωθούν οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις κατά ένα ποσοστό 4,5% ενώ οι δασικές και χορτολιβαδικές κατά 11,8%.



Χάρτης 3.5 - Χρήσεις Γης λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα.

3.8 Πιέσεις στην λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα

Η λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα είναι κυρίως αγροτική περιοχή, χωρίς ανεπτυγμένη βιομηχανία. Επομένως οι κύριες πιέσεις προέρχονται από την γεωργία, την κτηνοτροφία και κάποιες μεταποιητικές μονάδες γεωργικών προϊόντων.

Οι κύριες σημειακές πιέσεις της λεκάνης προέρχονται από αστικά υγρά απόβλητα και από απόβλητα μικρών βιομηχανικών μονάδων, που λειτουργούν σε αυτήν και συμπεριλαμβάνουν χυμοποιεία, ελαιοτριβεία και ένα εργοστάσιο παραγωγής αλλαντικών.

Στην λεκάνη απορροής του Ευρώτα λειτουργεί μόνο μια μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, στο δήμο της Σπάρτης. Το μεγαλύτερο μέρος του δήμου της Σπάρτης εξυπηρετείται από σύστημα αποχετεύσεως το οποίο καταλήγει στη μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων του δήμου Σπάρτης, όπου γίνεται βιολογική επεξεργασία. Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων της Σπάρτης έχει

σχεδιαστεί να εξυπηρετεί 40.000 Ισοδύναμους Κατοίκους ώστε να καλύψει τις ανάγκες της επόμενης 30ετίας. Αποχετευτικό δίκτυο διαθέτει επίσης η πόλη του Γυθείου, το οποίο εξυπηρετεί 4878 κατοίκους. Το σύνολο όμως των αποχετεύσεων του δήμου Γυθείου είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο των όμβριων υδάτων και τα λύματα κατευθύνονται στη θάλασσα χωρίς καμιά επεξεργασία. Μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων κατασκευάζεται στον οικισμό του Γερακίου. Η μονάδα αυτή θα ολοκληρωθεί σύντομα και θα εξυπηρετεί 1800 κατοίκους. Σε ένα μεγάλο μέρος των οικισμών της περιοχής μελέτης, δεν υπάρχουν αποχετευτικά δίκτυα, ούτε υπάρχει προοπτική κατασκευής τους στο μέλλον εξαιτίας του μικρού πληθυσμού τους και του γεγονότος ότι βρίσκονται σε απομονωμένες ορεινές περιοχές. Οι οικισμοί αυτοί εξυπηρετούνται από βόθρους και σηπτικές δεξαμενές οι οποίες πολλές φορές είναι πρόχειρα κατασκευασμένες, χωρίς να ακολουθούνται οι απαραίτητες προδιαγραφές. Τα βοθρολύματα περιέχουν υψηλά ποσοστά σε ρυπαντικό φορτίο. Εξαιτίας της έλλειψης κατάλληλης υποδομής για την υποδοχή των βοθρολυμάτων, η συνήθης πρακτική που ακολουθείται σήμερα είναι η ανεξέλεγκτη διάθεσή τους στον ποταμό Ευρώτα και σε ρέματα και παραποτάμους του, ακόμα και σε λακκούβες στην επιφάνεια του εδάφους. Η πρακτική αυτή αποτελεί σημαντική πηγή ρύπανσης.

Τα βιομηχανικά απόβλητα προέρχονται συγκεκριμένα από τις βιομηχανικές μονάδες του:

- ✓ «Χημοποιείου Λακωνίας». Ο όγκος των υγρών αποβλήτων που παράγονται κατά τη μέγιστη λειτουργία του εργοστασίου είναι 100 m³/h (MEDSPA, 1993). Το «χημοποιείο Λακωνία» διαθέτει μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και ένα μεγάλο μέρος του οργανικού φορτίου και των στερεών απομακρύνεται. Μικρό πρόβλημα δημιουργείται από το χρώμα και τις οσμές που παραμένουν στην εκροή της μονάδας επεξεργασίας των αποβλήτων.
- ✓ «Χυμοποιείου Παπαδημητρακόπουλος». Ο όγκος των υγρών που παράγεται από το χυμοποιίο αυτό είναι 78 m³/h από τα οποία μόνο τα 2,5 m³/h περιέχουν υψηλό ρυπαντικό φορτίο (MEDPSA, 1993). Τα απόβλητα της μονάδας αυτής ρίχνονται, σύμφωνα με μαρτυρίες των κατοίκων της περιοχής και επιτόπιες παρατηρήσεις, χωρίς καμιά επεξεργασία σε παραπόταμο ο οποίος καταλήγει στον ποταμό Ευρώτα, στην περιοχή της Αγίας Κυριακής. Η ρύπανση από τα απόβλητα αυτά φτάνει ως και την περιοχή της Σκούρας και του Βρονταμά.

- ✓ Σφαγεία. Στην περιοχή της Σπάρτης λειτουργούν τα σφαγεία «Τσικάκης» και «Γιαννόπουλος». Τα παραπάνω σφαγεία αποτελούνται από δυο μονάδες. Η πρώτη, που είναι και η παλιότερη, διαθέτει φάρμα με χωρητικότητα 6000 ζώων, ενώ η δεύτερη έχει χωρητικότητα 2000 ζώων. Για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων οι μονάδες αυτές χρησιμοποιούν ένα σύστημα λιμνών σταθεροποίησης, το οποίο αποτελείται από μια αερόβια και μια αναερόβια λίμνη. Οι επεξεργασμένες εκροές διατίθενται για άρδευση αγροτικής γης (MEDPSA, 1993). Επίσης στην περιοχή του δήμου Νιάτων λειτουργεί μεγάλο σφαγείο υπό την επωνυμία «Γεωργαντώνης». Το σφαγείο αυτό διαθέτει βιολογικό καθαρισμό και για τα υπολείμματα εφαρμόζει υπεδάφια διάθεση.
- ✓ «Βιοτεχνίες επεξεργασίας βρωσίμων ελιών». Στην περιοχή λειτουργούν τρεις μεγάλες βιοτεχνίες επεξεργασίας βρωσίμων ελιών. Η μεγαλύτερη, «Μακρυσόπουλος και ΣΙΑ επεξεργάζεται συνολικά 500 τόνους μαύρων ελιών. Η δεύτερη βρίσκεται με την επωνυμία «Κεφαλός Σπάρτη ΑΕ», επεξεργάζεται συνολικά 250 τόνους μαύρων ελιών το χρόνο. Η τρίτη βιοτεχνία ονομάζεται «Οινούντας ΑΕ». Επεξεργάζεται συνολικά 40 τόνους ελιάς. Σύμφωνα με τη Νομαρχία Λακωνίας, διαθέτουν τα απόβλητά τους σε βόθρους αφού πρώτα ρυθμίσουν το pH τους.
- ✓ «Τυροκομεία». Στην περιοχή του δήμου της Σπάρτης λειτουργούν δυο τυροκομεία Τ «Καλιακούδης» και «Σγουρίτσας». Έχουν δυναμικότητα 2500 και 1000 τόνους γάλακτος αντίστοιχα, κατά την περίοδο λειτουργίας τους. Διαθέτουν τα απόβλητά τους σε απορροφητικό βόθρο ενώ ένα μέρος τους δίνονται σε κτηνοτροφικές μονάδες. Επίσης άλλα τρία τυροκομεία βρίσκονται στο δήμο Νιάτων (Λάμπρος και Μπατζάκης) και στο δήμο Γερónθων (Μοίρας). Είναι δυναμικότητας περίπου 1000 τόνων γάλακτος κατά την περίοδο λειτουργίας. Το τυροκομείο «Λάμπρος» διαθέτει μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Τα στερεά απόβλητα του τυροκομείου συλλέγονται από το δήμο και διατίθενται σε ΧΑΔΑ.
- ✓ «Ελαιουργεία». Η καλλιέργεια της ελιάς είναι μια από τις πιο σημαντικές καλλιέργειες στο νομό Λακωνίας και η παραγωγή ελαιολάδου είναι ένας από τους σημαντικότερους τομείς της οικονομίας. Στην ευρύτερη περιοχή του νομού Λακωνίας λειτουργούν 169 ελαιουργεία από τα οποία τα 91 βρίσκονται στην περιοχή της

λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα, όπως προκύπτει από στοιχεία της Νομαρχίας Λακωνίας. Αρκετά από τα ελαιουργεία διαθέτουν τα απόβλητα τους ανεπεξέργαστα σε ρέματα και χείμαρρους ή και κατευθείαν στον ποταμό Ευρώτα δημιουργώντας σοβαρά προβλήματα ρύπανσης του ποταμού, των παρόχθιων περιοχών και του υπόγειου υδροφορέα. Συνηθισμένη επίσης πρακτική είναι η αποθήκευση των αποβλήτων αυτών σε δεξαμενές. Τα υγρά απόβλητα ελαιουργείων έχουν υψηλές συγκεντρώσεις οργανικού φορτίου, στερεών, αζώτου και φωσφόρου. Επίσης μπορεί να είναι τοξικά για μερικούς οργανισμούς, εξαιτίας του υψηλού περιεχομένου τους σε φαινόλες και του χαμηλού pH.

Στις μη σημειακές πηγές ρύπανσης συμπεριλαμβάνονται όλες οι πιέσεις που προκύπτουν από την επιφανειακή απορροή αστικών και βιομηχανικών περιοχών και δρόμων. Επίσης συμπεριλαμβάνονται οι πιέσεις που προέρχονται από την καλλιέργεια της αγροτικής γης και τη χρήση λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών, τη δασοκομία και την κτηνοτροφία. Για μια σωστή εκτίμηση των μη σημειακών πιέσεων της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα, είναι απαραίτητη η γνώση των χρήσεων γης της ευρύτερης περιοχής. Οι κυριότερες καλλιέργειες στην περιοχή είναι η ελιά, ακολουθούν τα πορτοκάλια και έπειτα σιτηρά, λαχανικά, αμπέλια κ.τ.λ. Η εντατική καλλιέργεια της γης έχει οδηγήσει στη χρήση μεγάλων ποσοτήτων λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών. Στην περιοχή της Σπάρτης καταναλώνονται σύνθετα και αμμωνιακά λιπάσματα τα οποία χρησιμοποιούνται στους πορτοκαλεώνες. Στην περιοχή της Σκάλας και του Βλαχιώτη υπάρχουν επίσης καλλιέργειες πορτοκαλιών, λαχανικών και πολλές εγκαταστάσεις θερμοκηπίων. Στην περιοχή χρησιμοποιούνται επίσης σύνθετα λιπάσματα με ιχνοστοιχεία. Οι καλλιέργειες ελιάς που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή καταναλώνουν αμμωνιακά και σύνθετα λιπάσματα (MEDPSA, 1993). Ο υπολογισμός των ποσοτήτων των λιπασμάτων που καταναλώνονται σε μια περιοχή είναι ιδιαίτερα δύσκολος. Το Υπουργείο Γεωργίας ορίζει τις προτεινόμενες ποσότητες λιπασμάτων για κάθε καλλιέργεια. Δυστυχώς όμως, εξαιτίας της άγνοιας, δε συμμορφώνονται όλοι οι αγρότες με τις ποσότητες αυτές με αποτέλεσμα να γίνεται υπερκατανάλωση λιπασμάτων.

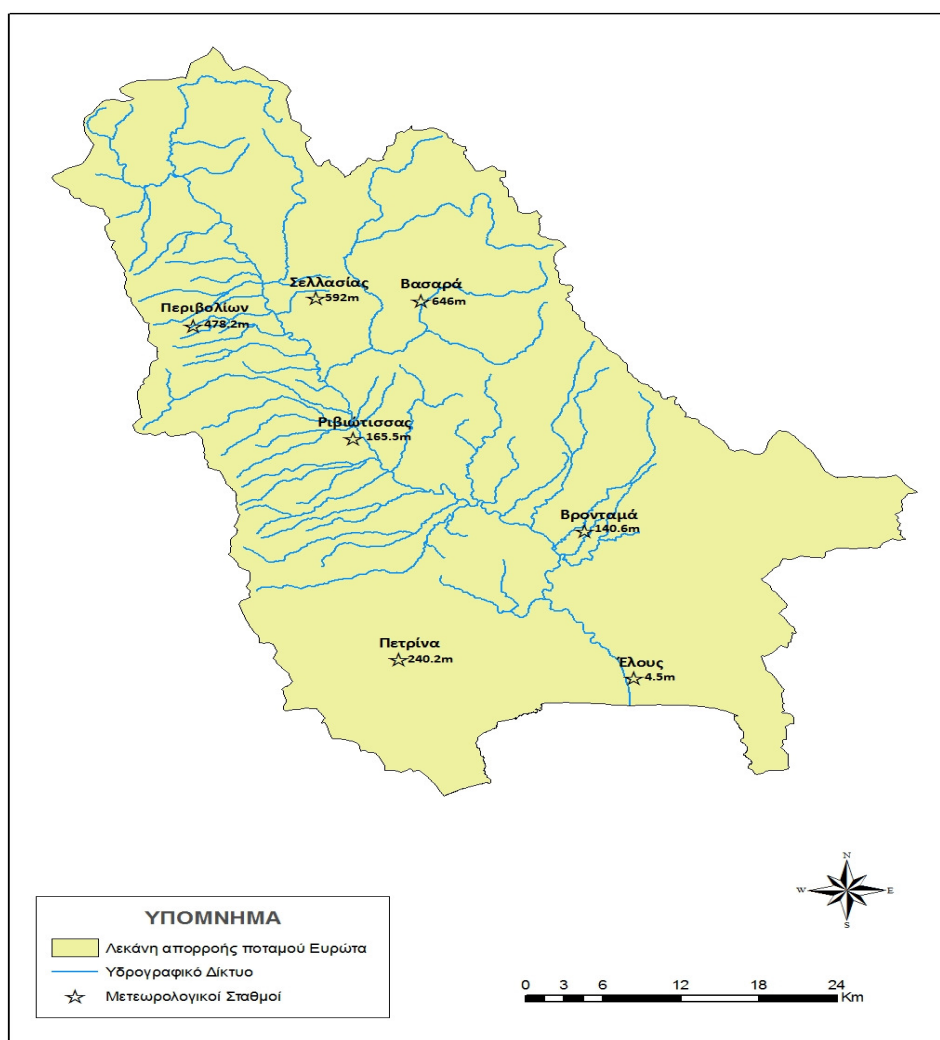
Ο αριθμός των ζώων ελευθέρως βοσκής που βόσκουν στην περιοχή της λεκάνης απορροής του Ευρώτα, σύμφωνα με στοιχεία που δόθηκαν από τους αρμόδιους δήμους είναι 130540 αιγοπρόβατα, 58070 πουλερικά, 1729 βοοειδή και 100 χοιρινά.

Όλοι οι δήμοι στη περιοχή της λεκάνης απορροής του Ευρώτα παρέχουν ένα οργανωμένο σύστημα συλλογής στερεών απορριμμάτων. Όμως η διαχείριση των στερεών απορριμμάτων μέχρι και πριν από λίγα χρόνια ήταν προβληματική αφού η διάθεση γινόταν κυρίως σε χώρους ανεξέλεγκτης εναπόθεσης απορριμμάτων, όπου τα απορρίμματα μαζεύονταν απλά και περιοδικά σκεπάζονταν με χώμα ή σε ρέματα όπου γινόταν η καύση τους. Οι χώροι όμως αυτοί αποτελούν πιθανή πηγή ρύπανσης εξαιτίας της διαφυγής ρύπων με τη βροχή. Τα τελευταία χρόνια γίνεται μια προσπάθεια από την πλευρά της τοπικής αυτοδιοίκησης για τη σωστή διαχείριση των στερεών απορριμμάτων. Έτσι στη Σπάρτη λειτουργεί Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ), ο οποίος εξυπηρετεί την ευρύτερη περιοχή. Επίσης έχουν γίνει μελέτες αποκατάστασης των χώρων ανεξέλεγκτης εναπόθεσης απορριμμάτων, όπως αυτή του χώρου στον Άγιο Νικόλαο και στις Γούρνες του δήμου Θεράπνων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Ανάλυση Δεδομένων

4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα πραγματοποιηθεί ανάλυση των βροχομετρικών δεδομένων της λεκάνης απορροής του Ευρώτα, των δεδομένων θερμοκρασίας και εξάτμισης, καθώς επίσης και των υδρολογικών δεδομένων. Συνολικά στη λεκάνη λειτουργούν επτά σταθμοί, εκ των οποίων οι τρεις είναι μετεωρολογικοί, μας παρέχουν δηλαδή δεδομένα βροχόπτωσης, θερμοκρασίας και εξάτμισης, ενώ οι υπόλοιποι τέσσερις μετράνε μόνο βροχόπτωση.



Χάρτης 4.1 – Μετεωρολογικοί σταθμοί λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα

Στον παραπάνω χάρτη παρουσιάζονται οι σταθμοί της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα, εκ των οποίων, αυτός της Ριβιώτισσας είναι μετεωρολογικός, της Σελλασίας και του Έλους. Οι υπόλοιποι παρέχουν μόνο βροχομετρικά δεδομένα.

Στα δεδομένα αυτά, 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. Οι εν λόγω συσχετίσεις βρίσκονται στα Παράρτηματα Β, Γ και Δ της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Επιπλέον, στη λεκάνη απορροής υπάρχουν επτά αυτόματοι καταγραφείς στάθμης (data logger) σε τοποθεσίες κατά μήκος του Ευρώτα. Από αυτούς έχουμε και ημερήσια δεδομένα παροχής για το 2007, ενώ για την χρονική περίοδο 2000-2006 τα δεδομένα παροχής είναι ημερήσια και προέρχονται από καίρια σημεία κατά μήκος του κύριου ρου του ποταμού. Ξεκινάμε με την ανάλυση των μετεωρολογικών δεδομένων και κλείνουμε το παρών κεφάλαιο με την ανάλυση των υδρολογικών δεδομένων.

4.2 Ανάλυση Μετεωρολογικών Δεδομένων

4.2.1 Σταθμός Ριβιώτισσας

Ο σταθμός αυτός, όπως φαίνεται και παραπάνω στο χάρτη βρίσκεται περίπου στο κέντρο της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα, σε υψόμετρο 165.5 m. Είναι ο πιο σημαντικός σταθμός στην ανάλυση μας, καθώς μας παρέχει πλήρη δεδομένα βροχόπτωσης, θερμοκρασίας και εξάτμισης.

✓ Δεδομένα Βροχόπτωσης

Ο σταθμός Ριβιώτισσας παρέχει δεδομένα βροχόπτωσης για όλη την περίοδο 2000-2007. Παρακάτω, παρουσιάζεται πίνακας με την μηνιαία βροχόπτωση του σταθμού και τις συνολικές τιμές της ανά έτος, καθώς επίσης και συγκριτικό διάγραμμα ανάμεσα στο συνολικό ύψος βροχής του σταθμού για τα έτη 2000-2007.

ΣΤΑΘΜΟΣ ΡΙΒΙΩΤΙΣΣΑ: ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)								
Έτος/Μήνας	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Γενάρης	46.6	131	81	264	173	164	133	7.2
Φλεβάρης	201.5	155	1	238	52	187	121	139.22
Μάρτης	19.5	23	64	115	31.5	117	67	28.9
Απρίλης	73.5	125	68	90	93	35	73	24.1
Μάης	20	27.5	0	18	39	53	51	70.2
Ιούνης	0	3	0	36	10	13	3	36.7
Ιούλης	5	13	18.5	2	2	4	23	0
Αύγουστος	10	89	59	9	0	0	0	0
Σεπτέμβρης	22	18	44	3	26	10	0	4.5
Οκτώβρης	29	11	58	134	10	35	120	115.5
Νοέμβρης	120	198	127	73	142	420	76	105.1
Δεκέμβρης	143	191	360	186	154.5	158	41.9	102.9
Σύνολο	690.1	984.5	880.5	1168	733	1196	708.9	634.32

Πίνακας 4.2.1 – Βροχόπτωση του σταθμού Ριβιώτισσας για το σύνολο της περιόδου προσομοίωσης στην λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα.



Διάγραμμα 4.2.1 – Συνολική βροχόπτωση ανά έτος Σταθμού Ριβιώτισσας.

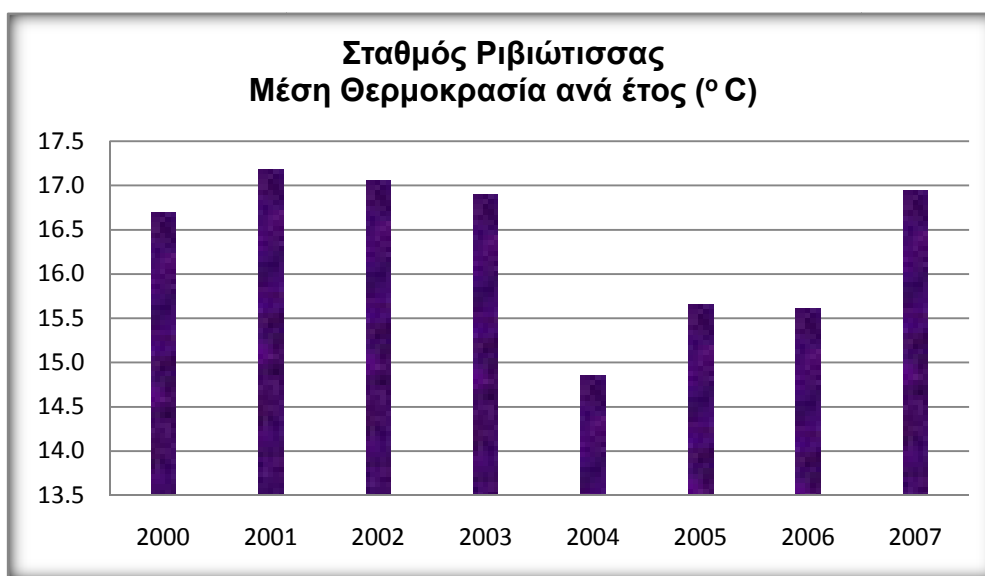
Από τα δεδομένα του σταθμού Ριβιώτισσας, παρατηρούμε ότι ανάμεσα στα έτη 2000-2007, το έτος 2005 είναι ένα έτος υγρό, με 1200 περίπου mm βροχόπτωσης, ενώ το έτος 2007 είναι το πιο ξηρό, με 600 mm περίπου.

✓ Δεδομένα Θερμοκρασίας

Δεδομένα θερμοκρασίας έχουμε από το σταθμό Ριβιώτισσας για όλη την περίοδο 2000-2007, εκτός από τον μήνα Ιανουάριο του 2001, όπου συμπληρώθηκε με βάση την συσχέτιση που παρουσιάζεται στο Παράρτημα Γ. Παρακάτω παρουσιάζεται πίνακας με τις μέσες μηνιαίες και ετησίες τιμές θερμοκρασίας για τον σταθμό και την χρονική περίοδο 2000-2007, και σχετικό συγκριτικό διάγραμμα.

ΣΤΑΘΜΟΣ ΡΙΒΙΩΤΙΣΣΑ: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (° C)									
Έτος/ Μήνας	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Μέση θερμοκρασία ανά μήνα
Γενάρης	6.4	10.8	7.2	10.0	7.4	8.3	7.4	9.9	8.4
Φλεβάρης	8.8	9.7	10.8	6.5	8.9	6.9	8.6	8.9	8.6
Μάρτης	10.3	14.1	13.0	8.7	10.7	11.3	12.2	11.8	11.5
Απρίλης	15.7	13.8	13.8	12.7	11.6	13.4	15.2	14.5	13.8
Μάης	19.1	19.2	18.6	20.3	14.5	19.3	18.0	19.3	18.6
Ιούνης	22.8	23.1	24.4	24.7	20.9	22.2	19.8	24.9	22.9
Ιούλης	26.1	25.4	27.3	26.9	23.7	26.1	22.3	27.6	25.7
Αύγουστος	25.0	25.9	26.3	26.5	22.5	23.1	25.0	27.2	25.2
Σεπτέμβρης	22.4	22.9	22.5	22.3	18.9	19.9	21.5	21.9	21.5
Οκτώβρης	17.7	19.6	18.1	20.0	17.2	15.4	16.0	17.9	17.7
Νοέμβρης	15.4	13.6	13.6	14.4	11.6	11.6	12.0	12.4	13.1
Δεκέμβρης	10.6	8.0	9.1	9.7	10.4	10.3	9.3	7.0	9.3
Μέση Θερμοκρασία	16.7	17.2	17.1	16.9	14.9	15.7	15.6	16.9	

Πίνακας 4.2.2 - Μέση μηνιαία και ετήσια θερμοκρασία του σταθμού Ριβιώτισσας για το σύνολο της περιόδου προσομοίωσης στην λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα.



Διάγραμμα 4.2.2 – Μέση θερμοκρασία ανά έτος Σταθμού Ριβιώτισσας.

Το έτος 2001 χαρακτηρίζεται περισσότερο θερμό με μέση θερμοκρασία στους 17 °C.

✓ Δεδομένα Εξάτμισης

Τα δεδομένα εξάτμισης του σταθμού Ριβιώτισσας είναι πλήρη για τα έτη 2000-2007 και παρουσιάζονται παρακάτω σε πίνακα και σε διάγραμμα.

ΣΤΑΘΜΟΣ ΡΙΒΙΩΤΙΣΣΑ: ΕΞΑΤΜΙΣΗ (mm)								
Έτος/ Μήνας	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Γενάρης	20.9	33.6	50.4	45.6	37.6	34.5	46.5	28.7
Φλεβάρης	26.4	47.2	43.2	50.4	30.8	19.5	38.5	39.8
Μάρτης	48.8	67.2	54.4	49.6	55.2	53.0	54.0	70.9
Απρίλης	67.2	66.8	63.2	61.6	53.6	89.5	100.1	81.6
Μάης	69.6	101.6	112.0	86.4	67.2	105.5	113.5	148.0
Ιούνης	111.2	124.0	128.4	121.2	119.2	121.0	112.5	181.2
Ιούλης	156.0	143.6	142.0	149.6	130.8	189.0	130.0	203.0
Αύγουστος	120.4	122.4	148.0	137.2	107.6	159.0	164.5	185.5
Σεπτέμβρης	93.2	82.4	60.0	94.8	98.0	107.0	159.5	130.0
Οκτώβρης	48.0	77.6	66.8	64.8	74.8	82.0	60.5	89.0
Νοέμβρης	40.8	51.2	40.8	2778.0	41.2	58.5	60.5	40.6
Δεκέμβρης	38.4	42.4	39.2	31.6	22.4	32.0	24.8	39.4
ΣΥΝΟΛΙΚΗ	840.9	960.0	948.4	3670.8	838.4	1050.5	1064.9	1237.7

Πίνακας 4.2.3 - Συνολική ετήσια εξάτμιση του σταθμού Ριβιώτισσας για το σύνολο της περιόδου προσομοίωσης στην λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα.



Διάγραμμα 4.2.3 – Συνολική Εξάτμιση ανά έτος Σταθμού Ριβιώτισσας.

4.2.2 Σταθμός Σελλασίας

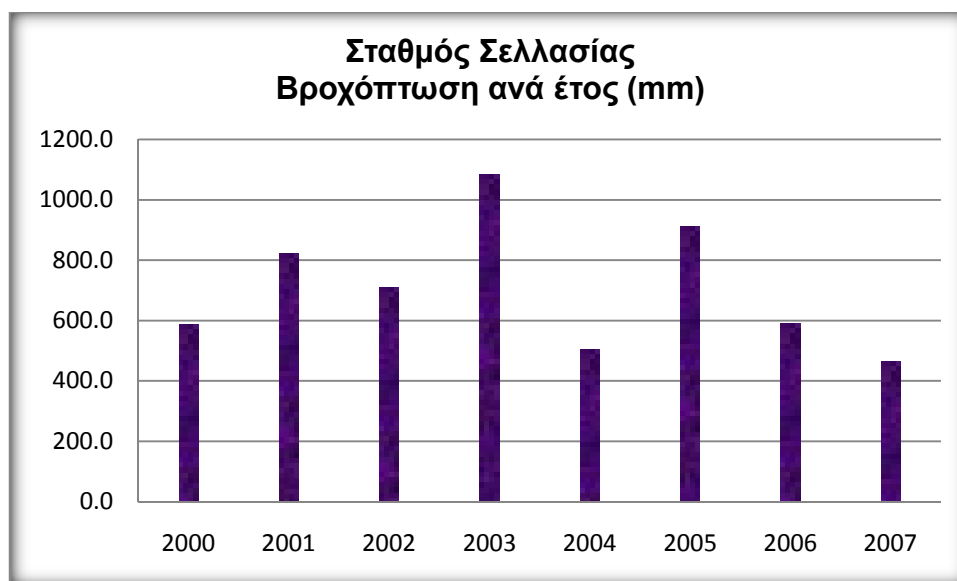
Ο σταθμός Σελλασίας βρίσκεται στα βορειότερα της υπολεκάνης σε υψόμετρο 592 m και μας παρέχει δεδομένα βροχόπτωσης, εξάτμισης και θερμοκρασίας.

✓ Δεδομένα Βροχόπτωσης

Η χρονοσειρά της βροχόπτωσης του Σταθμού Σελλασίας για το 2000-2007, ήταν ελλιπής κατά το διάστημα Γενάρης-Μάης 2003 (Παράρτημα Β).

ΣΤΑΘΜΟΣ ΣΕΛΛΑΣΙΑ: ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)								
Έτος/Μήνας	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Γενάρης	36.0	112.9	9.3	262.9	88.2	85.1	98.3	7.3
Φλεβάρης	147.0	108.3	0.0	200.8	29.9	159.0	79.2	79.7
Μάρτης	20.0	23.5	52.8	79.3	54.9	74.2	58.0	38.1
Απρίλης	56.0	108.8	45.6	101.1	49.7	14.5	63.4	28.2
Μάης	26.0	53.8	3.5	18.2	44.4	34.4	27.5	58.8
Ιούνης	2.0	3.0	9.0	49.0	15.1	43.3	13.0	76.4
Ιούλης	0.0	17.0	34.0	0.0	0.0	3.5	28.5	0.0
Αύγουστος	11.0	76.5	96.0	6.4	2.5	0.0	0.0	0.0
Σεπτέμβρης	25.0	34.0	75.9	6.5	20.0	50.9	46.3	3.5
Οκτώβρης	40.0	4.5	52.3	124.6	4.3	20.3	106.6	4.6
Νοέμβρης	95.0	126.5	111.2	63.2	104.6	334.0	48.6	85.8
Δεκέμβρης	130.0	154.1	217.9	171.6	90.4	91.8	20.6	80.9
ΣΥΝΟΛΟ	588.0	822.9	707.5	1083.6	504.0	911.0	590.0	463.3

Πίνακας 4.2.4 – Βροχόπτωση του σταθμού Σελλασίας για το σύνολο της περιόδου προσομοίωσης στην λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα.



Διάγραμμα 4.2.4 – Συνολική βροχόπτωση ανά έτος Σταθμού Σελλασίας.

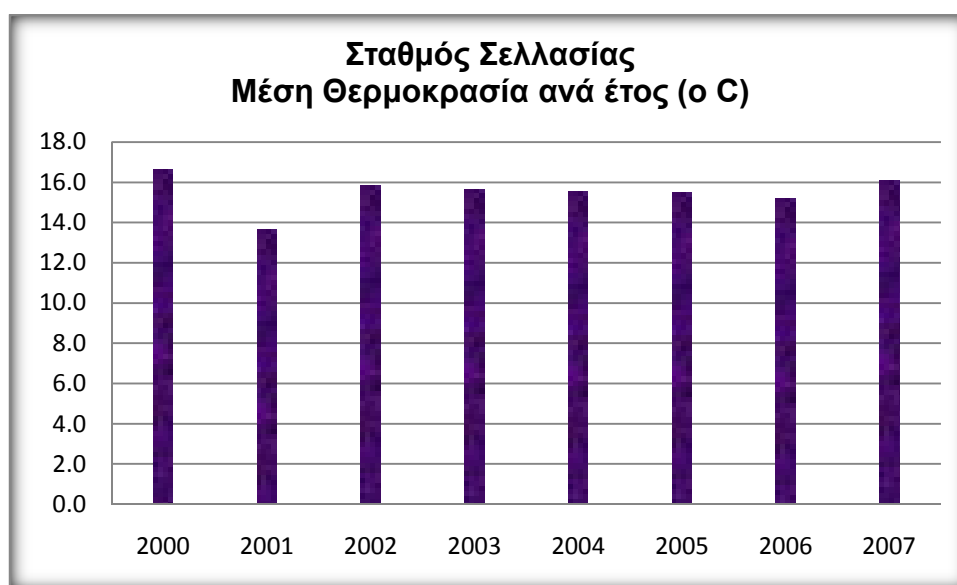
Παρατηρούμε ότι το έτος 2003 και πάλι χαρακτηρίζεται πιο υγρό για το σύνολο της περιόδου 2000-2007, ενώ το 2004 είναι το λιγότερο υγρό.

✓ Δεδομένα Θερμοκρασίας

Για τα δεδομένα θερμοκρασίας του σταθμού χρειάστηκε η συμπλήρωση των τιμών της περιόδου Γενάρης-Ιούνης 2003 (Παράρτημα Γ). Παρουσιάζουμε στη συνέχεια τα αποτελέσματα από την επεξεργασία των τιμών του πεδίου.

ΣΤΑΘΜΟΣ ΣΕΛΛΑΣΙΑΣ: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)									
Έτος/Μήνας	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Μέση θερμοκρασία ανά μήνα
Γενάρης	5.7	8.0	7.3	9.3	5.7	6.6	4.9	9.5	7.1
Φλεβάρης	7.5	7.9	11.1	6.1	8.0	4.4	6.9	7.6	7.4
Μάρτης	9.3	14.1	11.6	8.1	9.9	10.0	10.2	10.5	10.5
Απρίλης	16.0	12.7	12.7	11.8	12.3	12.7	14.6	13.9	13.3
Μάης	19.7	17.8	18.3	18.8	15.4	18.2	18.1	18.2	18.1
Ιούνης	24.7	23.0	22.9	23.0	21.7	21.0	21.9	24.3	22.8
Ιούλης	28.9	6.8	26.3	26.1	26.1	26.1	23.2	26.8	23.8
Αύγουστος	25.9	24.5	24.3	25.7	25.4	25.2	26.0	25.0	25.2
Σεπτέμβρης	21.5	19.6	19.6	21.2	21.4	21.6	21.2	21.7	21.0
Οκτώβρης	16.6	16.6	15.6	18.0	18.5	16.2	16.0	17.4	16.9
Νοέμβρης	14.9	8.8	12.9	12.1	12.8	Χ'	11.2	11.4	12.0
Δεκέμβρης	8.9	4.3	7.5	7.8	9.3	8.7	8.4	7.0	7.7
Μέση Θερμοκρασία	16.6	13.7	15.8	15.7	15.5	15.5	15.2	16.1	

Πίνακας 4.2.5 - Μέση μηνιαία και ετήσια θερμοκρασία του σταθμού Σελλασίας για το σύνολο της περιόδου προσομοίωσης στην λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα.



Διάγραμμα 4.2.5 – Μέση θερμοκρασία ανά έτος Σταθμού Σελλασίας.

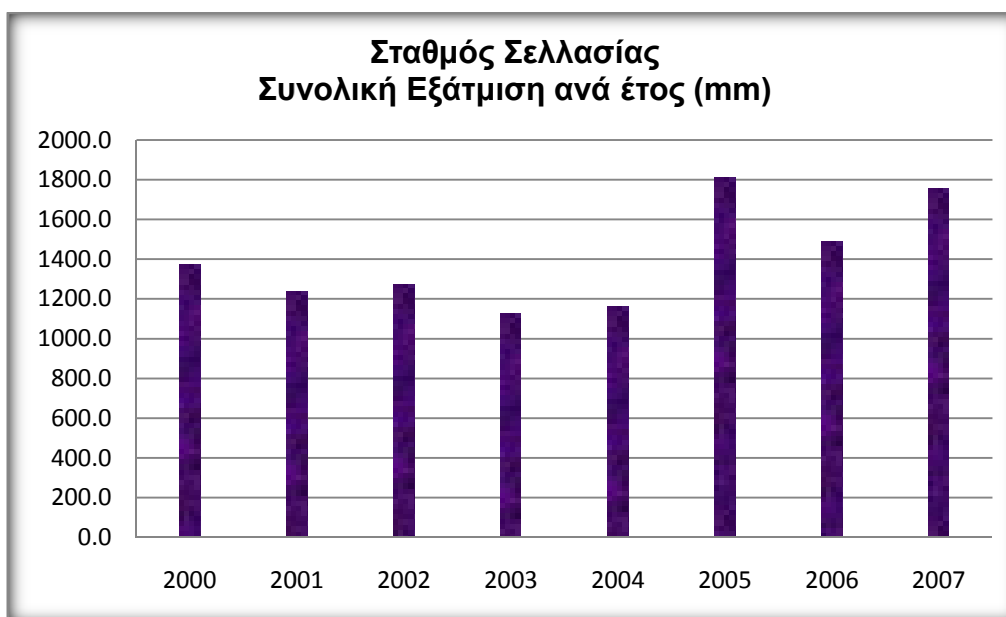
Μια αρκετά ομοιόμορφη κατανομή μεταξύ της μέσης θερμοκρασίας των ετών 2000 έως και 2007 παρουσιάζεται από τον σταθμό της Σελλασίας.

✓ Δεδομένα Εξάτμισης

Η χρονοσειρά της εξάτμισης του σταθμού Σελλασίας είχε παρουσιάζει κενό μόνο κατά το μήνα Ιούλιο του 2004 (Παράρτημα Γ). Παρουσιάζεται παρακάτω πίνακας με αντίστοιχο διάγραμμα από την επεξεργασία της χρονοσειράς αυτής.

ΕΞΑΤΜΙΣΗ (mm)								
Έτος/ Μήνας	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Γενάρης	20.9	33.6	50.4	45.6	37.6	34.5	46.5	28.7
Φλεβάρης	26.4	47.2	43.2	50.4	30.8	19.5	38.5	39.8
Μάρτης	48.8	67.2	54.4	49.6	55.2	53.0	54.0	70.9
Απρίλης	67.2	66.8	63.2	61.6	53.6	89.5	100.1	81.6
Μάης	69.6	101.6	112.0	86.4	67.2	105.5	113.5	148.0
Ιούνης	111.2	124.0	128.4	121.2	119.2	121.0	112.5	181.2
Ιούλης	156.0	143.6	142.0	149.6	130.8	189.0	130.0	203.0
Αύγουστος	120.4	122.4	148.0	137.2	107.6	159.0	164.5	185.5
Σεπτέμβρης	93.2	82.4	60.0	94.8	98.0	107.0	159.5	130.0
Οκτώβρης	48.0	77.6	66.8	64.8	74.8	82.0	60.5	89.0
Νοέμβρης	40.8	51.2	40.8	45.6	41.2	58.5	60.5	40.6
Δεκέμβρης	38.4	42.4	39.2	31.6	22.4	32.0	24.8	39.4
ΣΥΝΟΛΙΚΗ	840.9	960.0	948.4	938.4	838.4	1050.5	1064.9	1237.7

Πίνακας 4.2.6 - Συνολική ετήσια εξάτμιση του σταθμού Σελλασίας για το σύνολο της περιόδου προσομοίωσης στην λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα.



Διάγραμμα 4.2.6 – Συνολική Εξάτμιση ανά έτος Σταθμού Σελλασίας.

4.2.3 Σταθμός Βρονταμά

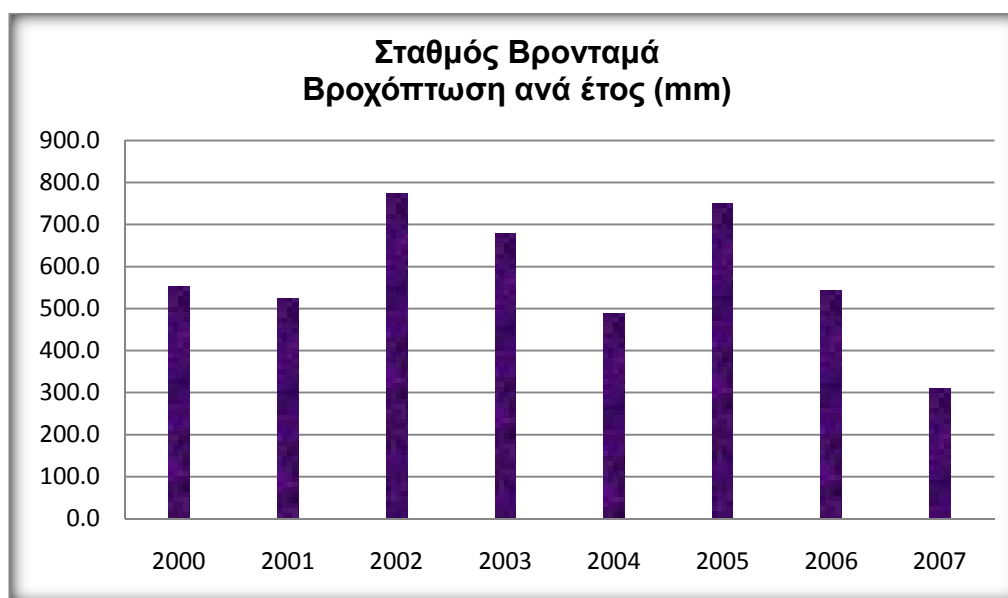
Ο σταθμός του Βρονταμά βρίσκεται νοτιοανατολικά της λεκάνης απορροής, σε υψόμετρο 140.6 m και μας παρέχει μόνο δεδομένα βροχόπτωσης.

✓ Δεδομένα Θερμοκρασίας

Ο σταθμός αυτός στο σύνολο της περιόδου 2000-2007, δεν παρουσιάζει ελλείψεις στα δεδομένα του. Παρακάτω ακολουθεί σχετικός πίνακας της χρονοσειράς των δεδομένων του σταθμού και αντίστοιχο διάγραμμα.

ΣΤΑΘΜΟΣ ΒΡΟΝΤΑΜΑ: ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)								
Έτος/Μήνας	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Γενάρης	22.6	120.2	63.4	189.6	131.6	124.9	106.9	1.1
Φλεβάρης	99.9	80.4	2.4	79.8	126.2	102.3	60.6	118.8
Μάρτης	8.6	14.0	59.4	60.6	28.9	37.6	27.0	35.6
Απρίλης	47.0	58.8	25.7	60.2	0.0	9.2	63.2	14.9
Μάης	18.8	16.0	6.0	9.4	30.6	26.6	6.4	45.0
Ιούνης	0.0	3.4	0.4	2.8	40.0	12.0	13.6	13.0
Ιούλης	0.0	4.8	10.2	2.2	14.1	0.0	29.2	0.0
Αύγουστος	0.0	24.4	15.4	15.2	20.4	0.0	0.0	0.0
Σεπτέμβρης	17.2	6.8	63.5	6.0	1.6	48.2	62.2	0.0
Οκτώβρης	119.2	4.2	53.5	50.8	3.1	15.3	105.0	58.7
Νοέμβρης	99.2	109.5	183.5	66.8	0.0	294.2	41.3	6.1
Δεκέμβρης	120.2	83.0	290.8	135.2	93.2	80.2	27.8	17.8
ΣΥΝΟΛΟ	552.7	525.5	774.2	678.6	489.6	750.5	543.2	311.0

Πίνακας 4.2.7 – Βροχόπτωση του σταθμού Βρονταμά για το σύνολο της περιόδου προσομοίωσης στην λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα.



Διάγραμμα 4.2.7 – Συνολική βροχόπτωση ανά έτος Σταθμού Βρονταμά.

Το έτος 2002 χαρακτηρίζεται ως το πιο υγρό, ενώ το 2007 ως το πιο ξηρό για τον σταθμό του Βρονταμά.

4.2.4 Σταθμός Περιβολίων

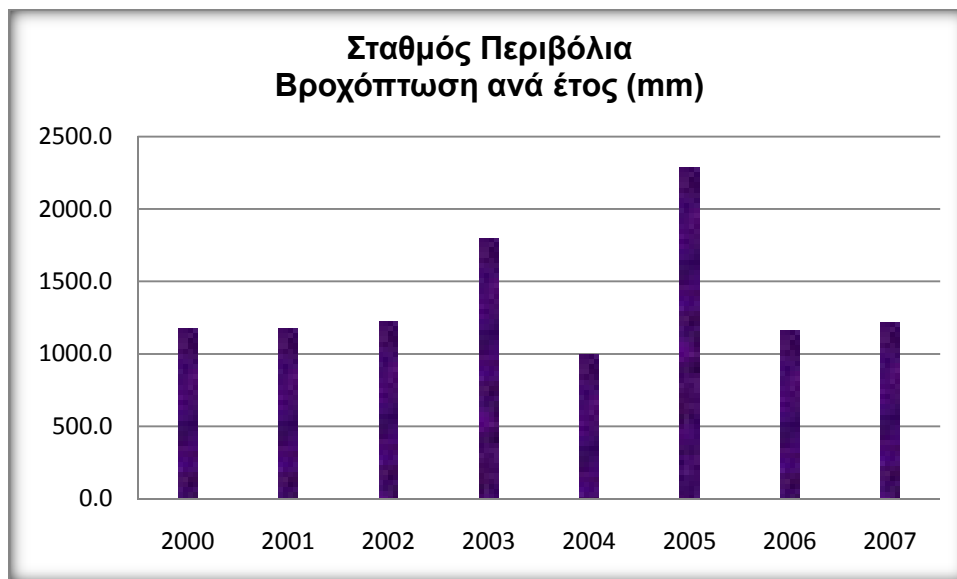
Ο σταθμός Περιβολίων βρίσκεται βορειοδυτικά της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα, σε υψόμετρο 478.2 m και μας δίνει επίσης μόνο δεδομένα βροχομετρικά.

✓ Δεδομένα Βροχόπτωσης

Στον σταθμό των περιβολίων τα δεδομένα βροχόπτωσης ήταν ελλιπή, για το διάστημα Αύγουστος- Δεκέμβρης 2001 και Αύγουστος- Οκτώβρης 2004 οπότε και συμπληρώθηκαν μέσω κατάλληλων συσχετίσεων (Παράρτημα Β). Από τη χρονοσειρά της βροχόπτωσης του σταθμού προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας της συνολικής ετήσιας βροχόπτωσης για τα έτη 2000-2007 καθώς και σχετικό διάγραμμα.

ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΡΙΒΟΛΙΑ: ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)								
Έτος/Μήνας	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Γενάρης	141.0	176.0	98.0	454.0	268.0	260.0	171.0	43.0
Φλεβάρης	326.0	180.0	6.0	347.0	46.0	398.0	261.0	214.0
Μάρτης	46.0	56.0	94.0	131.0	99.0	209.0	169.0	65.0
Απρίλης	98.0	245.0	114.0	165.0	115.0	61.0	70.0	55.0
Μάης	41.0	114.0	7.0	26.0	37.0	71.0	28.0	115.0
Ιούνης	0.0	3.0	9.0	20.0	56.0	128.0	20.0	46.0
Ιούλης	0.0	11.0	109.0	58.0	9.0	13.0	87.0	0.0
Αύγουστος	21.0	68.4	57.0	17.0	0.0	7.0	3.0	0.0
Σεπτέμβρης	16.0	13.9	88.0	9.0	42.0	59.0	76.0	3.0
Οκτώβρης	73.0	8.5	75.0	229.0	18.0	60.0	162.0	183.0
Νοέμβρης	196.0	152.3	215.0	74.0	146.0	657.0	82.0	253.0
Δεκέμβρης	219.0	147.0	353.0	270.0	162.0	362.0	35.0	238.0
ΣΥΝΟΛΟ	1177.0	1175.0	1225.0	1800.0	998.0	2285.0	1164.0	1215.0

Πίνακας 4.2.8 – Βροχόπτωση του σταθμού Περιβολίων για το σύνολο της περιόδου προσομοίωσης στην λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα.



Διάγραμμα 4.2.8 – Συνολική βροχόπτωση ανά έτος Σταθμού Περιβολίων.

Παρατηρούμε ότι το έτος 2005 είναι το πιο υγρό, με την περισσότερη βροχόπτωση, ενώ το 2004 είναι το πιο ξηρό.

4.2.5 Σταθμός Έλους

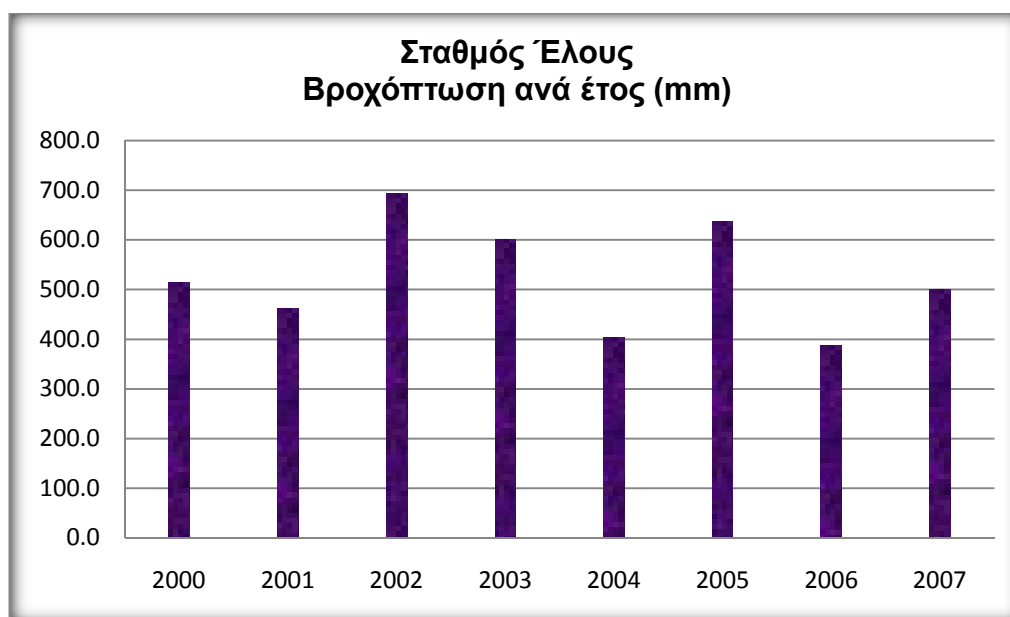
Ο σταθμός Έλους βρίσκεται στο νοτιότερο τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα, σε υψόμετρο 4.5 m και μας παρέχει δεδομένα βροχόπτωσης, εξάτμισης και θερμοκρασίας. Ωστόσο, δεν μας παρείχε πλήρη δεδομένα, ήταν ελλιπή.

✓ Δεδομένα Βροχόπτωσης

Χρειάστηκε λοιπόν να συμπληρώσουμε τα δεδομένα βροχόπτωσης του σταθμού για τις περιόδους του Μάρτη- Μάη 2003, του Μάρτη 2004 και για όλο το έτος 2005, μετά από κατάλληλες συσχετίσεις, που βρίσκονται στο Παράρτημα Β. Έτσι από την επεξεργασία της χρονοσειράς της βροχόπτωσης του σταθμού, προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα:

ΣΤΑΘΜΟΣ ΕΛΟΥΣ: ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)								
Έτος/Μήνας	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Γενάρης	31.0	94.2	83.6	184.3	86.5	86.0	25.8	7.2
Φλεβάρης	109.2	67.4	1.6	92.5	22.6	97.0	65.6	66.3
Μάρτης	6.8	11.0	52.9	45.9	13.5	62.0	34.6	28.9
Απρίλης	35.6	56.2	18.6	44.5	29.3	21.0	52.4	24.1
Μάης	14.2	28.6	4.4	10.0	38.4	30.0	11.5	70.2
Ιούνης	0.0	0.0	0.0	0.0	13.5	9.0	3.2	36.7
Ιούλης	0.0	5.0	5.4	0.0	19.6	5.0	1.9	0.0
Αύγουστος	0.0	39.0	3.2	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0
Σεπτέμβρης	10.6	2.4	47.6	0.0	3.0	8.0	39.4	4.5
Οκτώβρης	52.0	0.0	63.2	54.2	0.0	21.0	91.6	115.5
Νοέμβρης	121.8	74.6	134.2	82.0	89.5	215.0	41.6	90.4
Δεκέμβρης	132.2	84.0	278.1	88.0	85.8	83.0	19.2	55.8
ΣΥΝΟΛΟ	513.4	462.4	692.8	601.4	403.2	637.0	386.8	499.6

Πίνακας 4.2.9 – Βροχόπτωση του σταθμού Έλους για το σύνολο της περιόδου προσομοίωσης στην λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα.



Διάγραμμα 4.2.9 – Συνολική βροχόπτωση ανά έτος Σταθμού Έλους.

Παρατηρούμε ότι το έτος 2002 είναι το υγρότερο ενώ το 2006 το ξηρότερο.

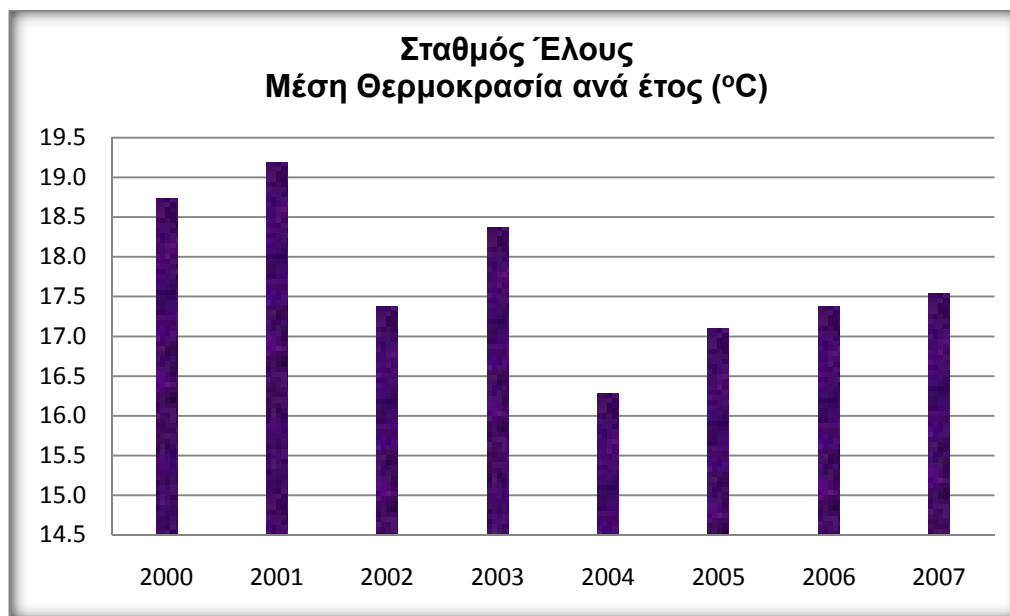
✓ Δεδομένα Θερμοκρασίας

Από τη χρονοσειρά της θερμοκρασίας του σταθμού Έλους μας έλλειπαν τα δεδομένα του διαστήματος 17/12/2002 έως και 22/1/2006. Τα συμπληρώσαμε μέσω κατάλληλων συσχετίσεων που παρουσιάζονται στο Παράρτημα Γ. Τα αποτελέσματα

από την επεξεργασία της χρονοσειράς αυτής παρουσιάζονται συνοπτικά στον ακόλουθο πίνακα και το διάγραμμα.

ΣΤΑΘΜΟΣ ΕΛΟΥΣ: ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)									
Έτος/Μήνας	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Μέση θερμοκρασία ανά μήνα
Γενάρης	8.2	11.0	8.9	11.3	8.6	9.5	8.1	9.9	9.4
Φλεβάρης	10.2	11.0	11.7	7.8	10.1	8.1	9.9	8.9	9.7
Μάρτης	10.3	15.2	13.2	10.0	12.1	12.6	12.0	11.8	12.1
Απρίλης	16.5	15.5	13.9	14.1	13.0	14.8	15.6	14.5	14.7
Μάης	21.3	20.8	19.0	21.9	15.9	20.9	19.2	19.3	19.8
Ιούνης	27.0	26.1	23.9	26.4	22.5	23.8	23.5	24.9	24.8
Ιούλης	30.3	29.2	26.6	28.6	25.3	27.8	25.9	27.6	27.7
Αύγουστος	29.2	28.4	25.8	28.2	24.1	24.7	27.4	27.2	26.9
Σεπτέμβρης	24.5	24.8	20.7	23.9	20.4	21.5	23.1	21.9	22.6
Οκτώβρης	18.9	22.6	18.0	21.6	18.7	16.9	19.0	17.9	19.2
Νοέμβρης	16.5	16.6	15.6	15.9	13.0	12.9	13.7	15.4	14.9
Δεκέμβρης	12.0	9.2	11.1	11.0	11.7	11.6	11.3	11.1	11.1
Μέση Θερμοκρασία	18.7	19.2	17.4	18.4	16.3	17.1	17.4	17.5	

Πίνακας 4.2.10 – Μέση Θερμοκρασία του σταθμού Έλους για το σύνολο της περιόδου προσομοίωσης στην λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα.



Διάγραμμα 4.2.10 – Μέση θερμοκρασία ανά έτος Σταθμού Έλους.

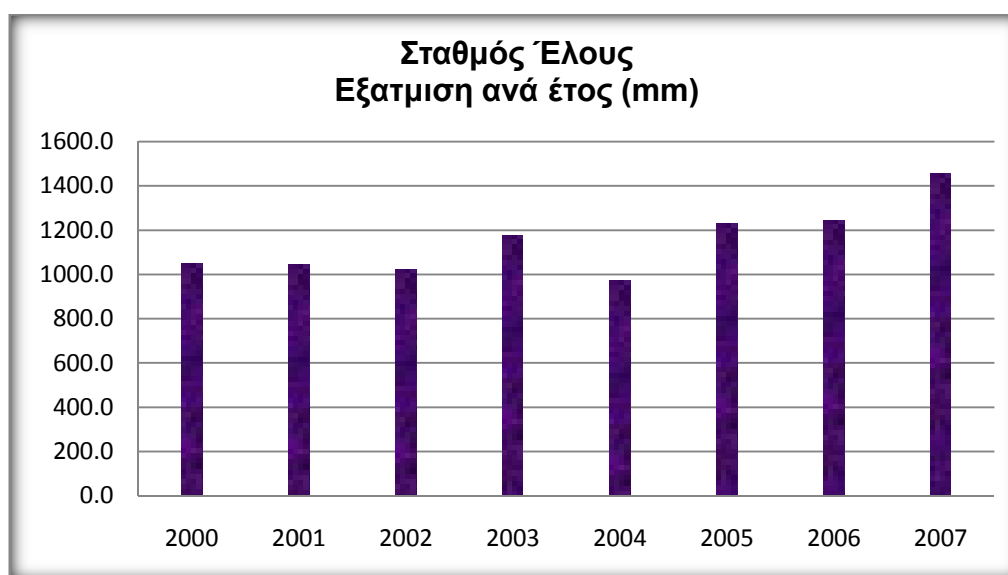
Παρατηρούμε ότι την μεγαλύτερη θερμοκρασία κατά μέσο όρο παρουσιάζει το έτος 2001, ενώ την μικρότερη το 2004.

✓ Δεδομένα Εξάτμισης

Από τον σταθμό Έλους μας λείπουν τα δεδομένα εξάτμισης από το 2004 και έπειτα. Τα συμπληρώνουμε μέσα από κατάλληλες συσχετίσεις που παρουσιάζονται στο Παράρτημα Δ, ωστόσο επειδή το χρονικό διάστημα είναι μεγάλο δε μπορούμε να βασιστούμε στην εγκυρότητα της χρονοσειράς αυτής. Την αναλύουμε, ωστόσο. Σε επόμενο κεφάλαιο χρησιμοποιούμε την χρονοσειρά της Ριβιώτισσας με τα δεδομένα της εξάτμισης και όχι αυτήν του Έλους, στις περιπτώσεις, όπου η τελευταία μας χρειάζεται.

ΣΤΑΘΜΟΣ ΕΛΟΥΣ: ΕΞΑΤΜΙΣΗ (mm)								
Έτος/Μήνας	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Γενάρης	28.0	76.6	62.1	45.6	42.3	37.6	52.7	33.4
Φλεβάρης	35.4	53.9	53.4	50.4	33.4	21.7	42.7	45.4
Μάρτης	42.2	76.8	43.2	49.6	63.0	62.3	61.8	83.3
Απρίλης	78.1	66.6	55.9	61.6	61.1	104.5	116.8	95.1
Μάης	105.8	89.3	103.5	86.4	78.1	124.1	133.7	172.8
Ιούνης	160.0	120.8	157.6	121.2	140.2	142.0	135.0	213.6
Ιούλης	168.8	134.4	166.7	181.1	155.0	223.1	153.3	239.6
Αύγουστος	144.8	115.2	151.1	190.2	126.2	190.0	195.5	219.6
Σεπτέμβρης	86.1	103.5	72.5	161.7	114.5	126.5	188.0	154.0
Οκτώβρης	64.0	96.8	62.6	145.5	87.2	94.4	69.8	104.5
Νοέμβρης	77.0	58.1	60.2	67.5	47.2	67.5	69.5	46.6
Δεκέμβρης	58.9	52.0	36.1	17.8	25.5	35.1	27.9	45.6
ΣΥΝΟΛΙΚΗ	1049.0	1044.0	1024.9	1178.7	973.5	1228.8	1246.5	1453.4

Πίνακας 4.2.11 – Εξάτμιση του σταθμού Έλους για το σύνολο της περιόδου προσομοίωσης στην λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα.



Διάγραμμα 4.2.11 – Συνολική Εξάτμιση ανά έτος Σταθμού Έλους.

4.2.6 Σταθμός Πετρίνα

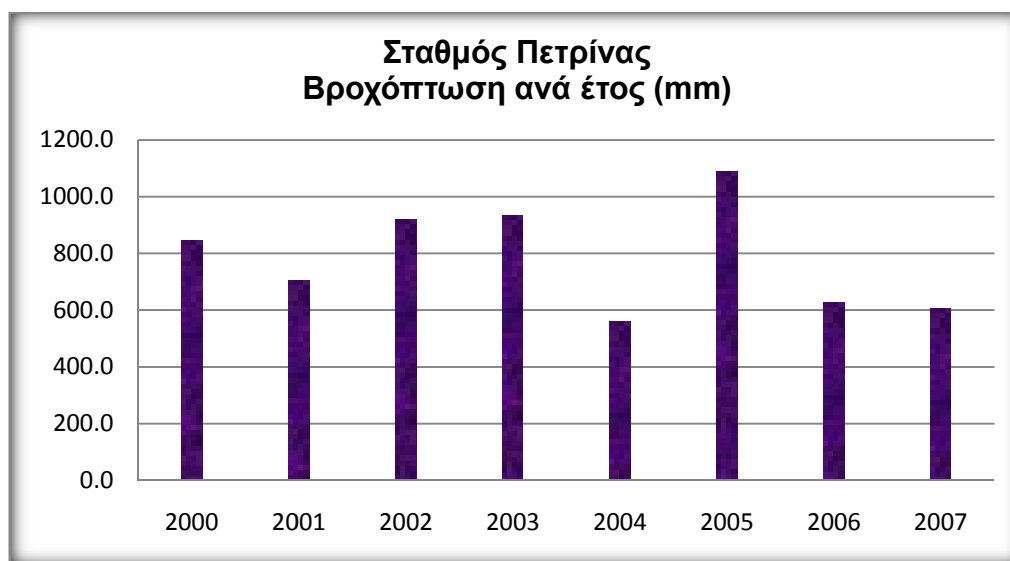
Ο Σταθμός της Πετρίνας βρίσκεται νοτιοδυτικά της λεκάνης απορροής του Ευρώτα, σε υψόμετρο 240.2 m και μας παρέχει μόνο δεδομένα βροχόπτωσης.

✓ Δεδομένα Βροχόπτωσης

Για το σύνολο της δετίας 2000-2007, τα δεδομένα του έτους 2004 ήταν ελλιπή. Μέσω κατάλληλων συσχετίσεων με δεδομένα άλλων σταθμών (Παράστημα Β). συμπληρώθηκαν. Έτσι προκύπτει για την χρονοσειρά της βροχόπτωσης:

ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΕΤΡΙΝΑ: ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)								
Έτος/Μήνας	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Γενάρης	126.0	120.2	54.6	225.7	146.0	162.6	160.2	17.7
Φλεβάρης	289.0	80.4	3.6	229.0	38.0	183.7	77.6	201.7
Μάρτης	8.6	14.0	90.5	66.8	18.0	66.9	42.0	39.5
Απρίλης	47.0	58.8	46.1	70.8	74.0	32.2	43.1	8.5
Μάης	18.8	30.6	7.5	1.8	25.0	13.5	24.5	41.8
Ιούνης	0.0	0.2	0.3	1.5	0.0	2.0	5.0	8.5
Ιούλης	0.0	0.0	5.9	3.2	0.0	21.0	1.4	0.0
Αύγουστος	0.0	9.8	68.0	0.3	0.0	0.0	0.8	0.0
Σεπτέμβρης	17.2	18.9	56.9	16.4	13.0	67.3	53.0	6.8
Οκτώβρης	119.2	6.0	65.7	94.0	0.0	25.2	110.2	108.5
Νοέμβρης	99.2	190.1	157.5	62.9	117.0	340.6	55.1	119.7
Δεκέμβρης	120.2	175.4	362.1	160.6	129.5	173.3	53.8	53.8
ΣΥΝΟΛΟ	845.2	704.4	918.7	933.0	560.5	1088.3	626.7	606.5

Πίνακας 4.2.12 – Βροχόπτωση του σταθμού Πετρίνας για το σύνολο της περιόδου προσομοίωσης στην λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα.



Διάγραμμα 4.2.12 – Συνολική βροχόπτωση ανά έτος Σταθμού Πετρίνας.

Το έτος 2005 είναι και πάλι το πιο υγρό έτος, ενώ το 2004 το ξηρότερο.

4.2.7 Σταθμός Βασαράς

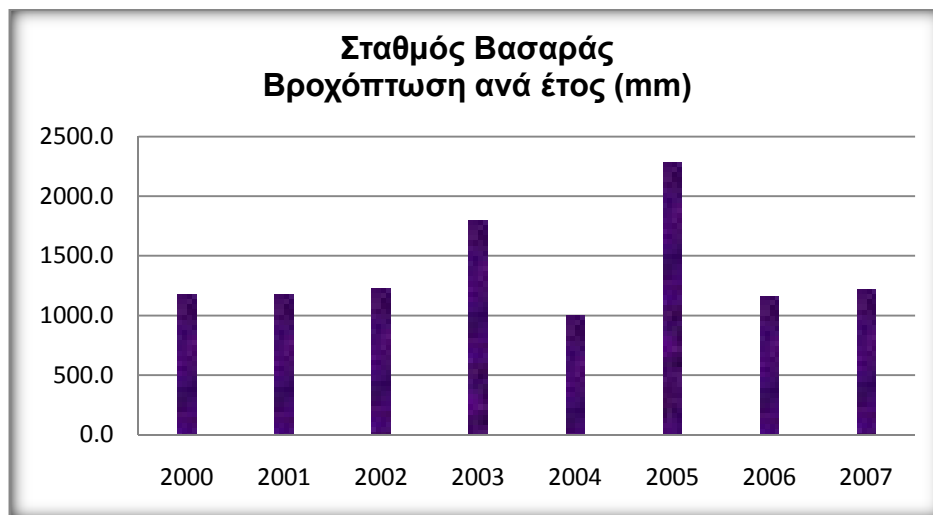
Ο σταθμός Βασαράς βρίσκεται βορειοανατολικά της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα, σε υψόμετρο 646 m. Μας παρέχει μόνο βροχομετρικά δεδομένα, τα οποία όμως είναι ελλιπή για πολλές χρονικές περιόδους του συνολικού διαστήματος 2000-2007.

✓ Δεδομένα Βροχόπτωσης

Η χρονοσειρά της βροχόπτωσης του σταθμού συμπληρώθηκε για τον Μάη του 2002, για το διάστημα Μάης-Ιούνης 2003, για τον Μάρτη 2004, για τον Ιούνιο 2005, για τον Σεπτέμβριο 2006, για τον Γενάρη 2007, Απρίλη 2007 και Ιούλη 2007 (Παράρτημα Β). Από την επεξεργασία της χρονοσειράς αυτής προκύπτουν τα ακόλουθα διαγράμματα.

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)								
Έτος/Μήνας	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Γενάρης	36.0	162.0	61.0	245.0	115.0	175.0	105.0	10.0
Φλεβάρης	135.0	116.0	0.0	123.0	30.0	142.0	90.0	144.0
Μάρτης	20.0	48.0	96.0	111.0	54.3	45.0	37.0	44.0
Απρίλης	96.0	78.0	52.0	82.0	39.0	15.0	115.0	24.1
Μάης	10.0	71.0	0.0	33.0	51.0	29.0	12.0	58.0
Ιούνιος	0.0	2.0	13.5	47.0	18.0	11.0	20.0	21.0
Ιούλης	13.0	10.0	31.0	0.0	26.0	25.0	27.0	0.0
Αύγουστος	0.0	12.0	32.0	0.0	2.0	23.0	8.0	0.0
Σεπτέμβρης	0.0	24.0	168.0	0.0	4.0	39.0	0.0	116.0
Οκτώβρης	81.0	0.0	45.0	72.0	0.0	42.0	102.0	104.0
Νοέμβρης	107.0	212.0	137.0	109.0	119.0	279.0	42.0	48.0
Δεκέμβρης	83.0	159.0	311.0	117.0	114.0	79.0	32.0	67.0
Σύνολο	581.0	894.0	946.5	939.0	572.3	904.0	590.0	636.1

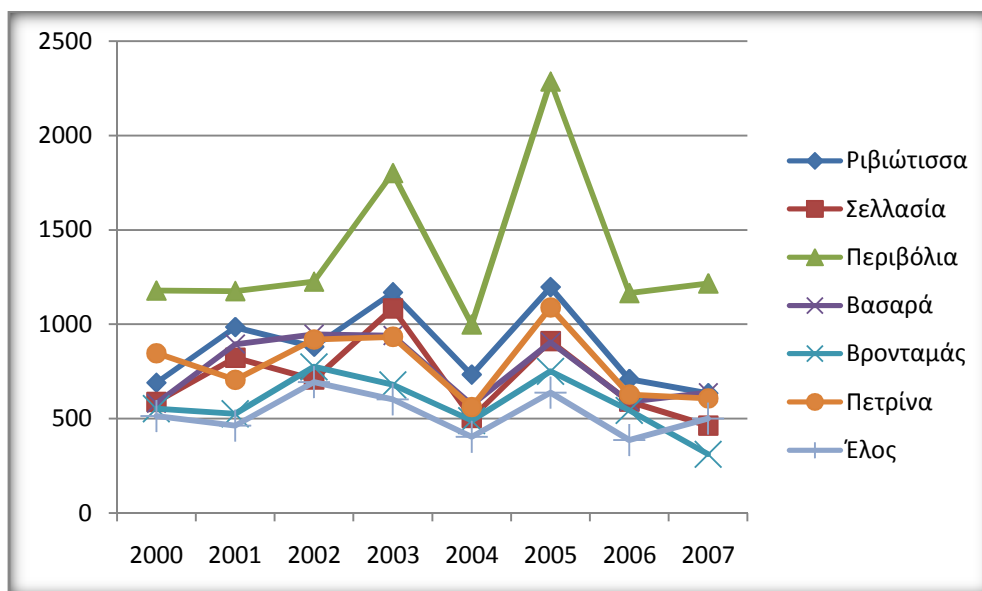
Πίνακας 4.2.13 – Βροχόπτωση του σταθμού Βασαράς για το σύνολο της περιόδου προσομοίωσης στην λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα.



Διάγραμμα 4.2.13 – Συνολική βροχόπτωση ανά έτος Σταθμού Βασαράς.

4.3 Σύγκριση των μετεωρολογικών δεδομένων των σταθμών

Παρακάτω θα παρουσιάσουμε συγκριτικά διαγράμματα βροχόπτωσης, θερμοκρασίας και εξάτμισης μεταξύ των σταθμών, από τα οποία θα προκύψουν κάποια συμπεράσματα.



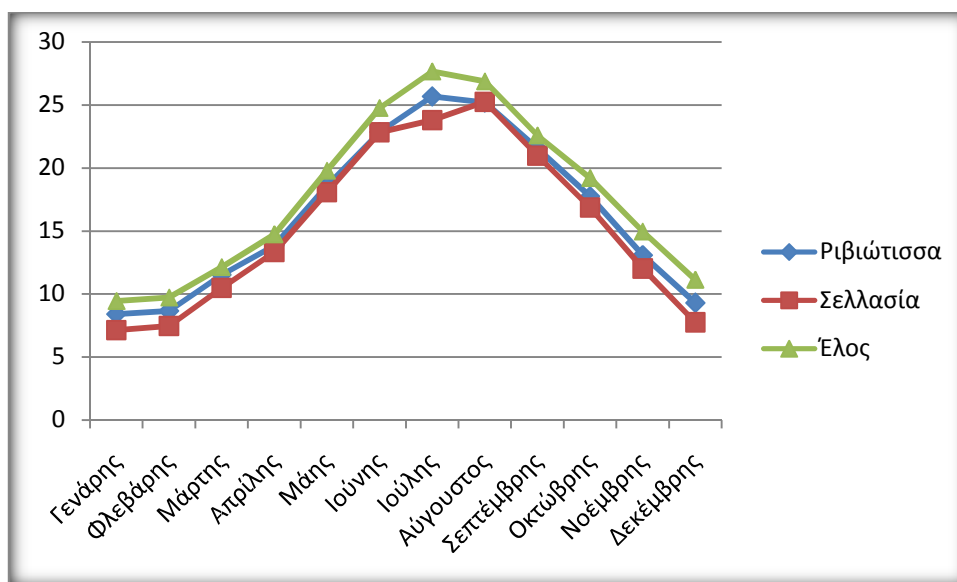
Διάγραμμα 4.3.1 – Συνολική Ετήσια Βροχόπτωση ανά σταθμό για το 2000-2007

Παρατηρούμε ότι ο σταθμός Περιβολίων παρουσιάζει τις μεγαλύτερες ετήσιες τιμές συνολικής βροχόπτωσης για το διάστημα 2000-2007. Αυτό δικαιολογείται και

από το γεγονός ότι ο σταθμός αυτός βρίσκεται κοντά στον Ταΰγετο και λόγω της γεωμορφολογίας της περιοχής, είναι σύνηθες το φαινόμενο των υψηλών βροχοπτώσεων. Ο σταθμός Έλους καταγράφει χαμηλές βροχοπτώσεις και αυτό επειδή βρίσκεται σε υψομετρικά χαμηλότερο σημείο από τους υπόλοιπους σταθμούς και επομένως οι ασθενείς βροχοπτώσεις είναι φυσιολογικό φαινόμενο στην περιοχή. Το 2005 σχεδόν για όλους τους σταθμούς αποτελεί έτος υγρό, ενώ το 2007 ιδιαίτερα ξηρό.

Μια παρατήρηση που αφορά στη βροχόπτωση των επτά σταθμών της λεκάνης απορροής του Ευρώτα, είναι το γεγονός ότι τα έτη 2005 και 2003, χαρακτηρίζονται ιδιαίτερα υγρά για την πλειοψηφία των σταθμών. Μόνο στους σταθμούς του Βρονταμά και του Έλους παρουσιάζεται το έτος 2002 ως πιο υγρό.

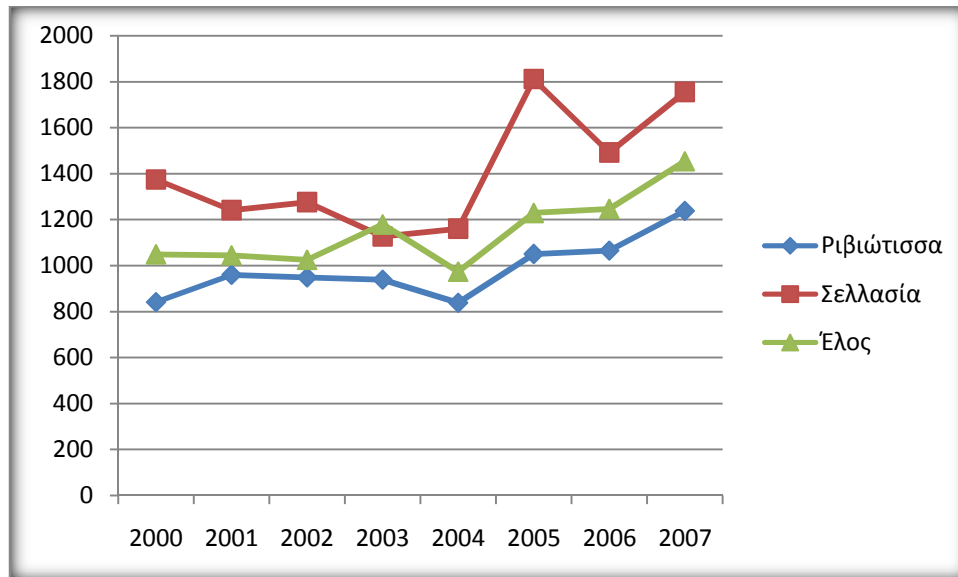
Για το σύνολο της περιόδου 2000-2007 προκύπτει ένα συγκριτικό διάγραμμα μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας για τους τρεις σταθμούς που μας παρέχουν δεδομένα θερμοκρασίας στη λεκάνη απορροή του Ευρώτα, της Ριβιώτισσας, της Σελλασίας και του Έλους.



Διάγραμμα 4.3.2 –Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες ανά σταθμό για το 2000-2007.

Από το διάγραμμα παραπάνω προκύπτει ότι οι μέσες τιμές θερμοκρασίας ανά μήνα, για όλη την χρονική περίοδο 2000-2007 που αναλύσαμε στην παρούσα διπλωματική εργασία, σχεδόν δεν διαφοροποιούνται μεταξύ των σταθμών.

Τέλος, φτιάχνουμε σε διάγραμμα το σύνολο της ετήσιας εξάτμισης για τους τρεις σταθμούς, της Ριβιώτισσας, Σελλασίας και του Έλους, για το διάστημα 2000-2007.



Διάγραμμα 4.3.3 –Ετήσια συνολική εξάτμιση ανά σταθμό για το 2000-2007

Παρατηρούμε ότι η εξάτμιση στο σταθμό Σελλασίας είναι σε υψηλότερα επίπεδα καθ' όλη τη χρονική περίοδο του 2000-2007.

4.4 Ανάλυση Υδρολογικών δεδομένων (Μηνιαίες Τιμές)

Για την περίοδο 2000-2006, όπως αναφέραμε και παραπάνω, οι τιμές των παροχών του ποταμού είναι μηνιαίες. Οι μετρήσεις αυτές, αναφέρονται κατευθείαν στη ροή του ποταμού και γίνονται σχεδόν μηνιαία. Ξεκινάμε από το βορειότερο σημείο της υπολεκάνης. Αρχικά στο ποτάμι εισέρχεται ο Σκορτσινός. Στην περιοχή Ευρώτας Βιβάρι Σελλασίας (Θέση 1) έχουν τοποθετηθεί όργανα που μετράνε την παροχή. Στην πορεία, στον ποταμό εισέρχεται και η Πηγή Βιβαρίου Σελλασίας (Θέση 2). Εκεί στην πηγή έχει δημιουργηθεί αυλάκι για πότισμα το οποίο ονομάζεται Αυλάκι Κοπανίτσας (Θέση 3). Το Αυλάκι αυτό ενώνεται στη συνέχεια με τον Ευρώτα, ώστε σε περίπτωση που το νερό δε χρησιμοποιηθεί για άρδευση, να επιστρέψει πίσω στο ποτάμι. Σε απόσταση 300 μέτρων από την Πηγή Βιβαρίου Σελλασίας (Θέση 2), έχει τοποθετηθεί ένα data logger από το πανεπιστήμιο Αθηνών, το οποίο μετράει τη στάθμη. Η περιοχή αυτή ονομάζεται Βιβάρι (Θέση 4). Επίσης σε απόσταση 1300

μέτρα από την Πηγή Βιβαρίου-Σελλασίας, έχει τοποθετηθεί ακόμα ένα datalogger από την ΥΕΒ όπου μετράει την στάθμη και την παροχή ανά μήνα. Αυτή η περιοχή ονομάζεται Στενό Βορδόνιας (Θέση 5). Έτσι λοιπόν θεωρούμε ως τελική παροχή στο συγκεκριμένο κομμάτι, την παροχή στη θέση Βιβάρι (Θέση 4), η οποία αποτελεί το άθροισμα των Θέσεων 1,2 και 3, δηλαδή είναι: $\text{Θέση 4} = \text{Θέση 1} + \text{Θέση 2} + \text{Θέση 3}$. Επίσης να σημειώσουμε ότι η παροχή στη Θέση 5 < Θέση 1+Θέση 2+Θέση 3 γιατί θεωρείται ότι ο Ευρώτας χάνει νερό από την Θέση 4 στη Θέση 5.

Στη συνέχεια η παροχή του ποταμού μετράται στο Στενό Βορδόνιας το οποίο βρίσκεται λίγο πιο Βόρεια από τη Σπάρτη. Κατεβαίνοντας νοτιότερα ένα άλλο σημείο, στο οποίο μετράται μηνιαία παροχή είναι η Θέση Φούσια Βρονταμά. Τέλος μια ακόμα μέτρηση πραγματοποιείται στα νοτιότερα της υπολεκάνης, στην Τάφρο Ω (Λεήμονα Μπουσουράκου), όπου εκεί είναι ένα κανάλι παροχέτευσης των πηγών της Σκάλας προς τη θάλασσα, και όχι της κοίτης του Ευρώτα. Οι πηγές της Σκάλας τροφοδοτούνται από τον ασβεστολιθικό σχηματισμό κατάντι του Βρονταμά.

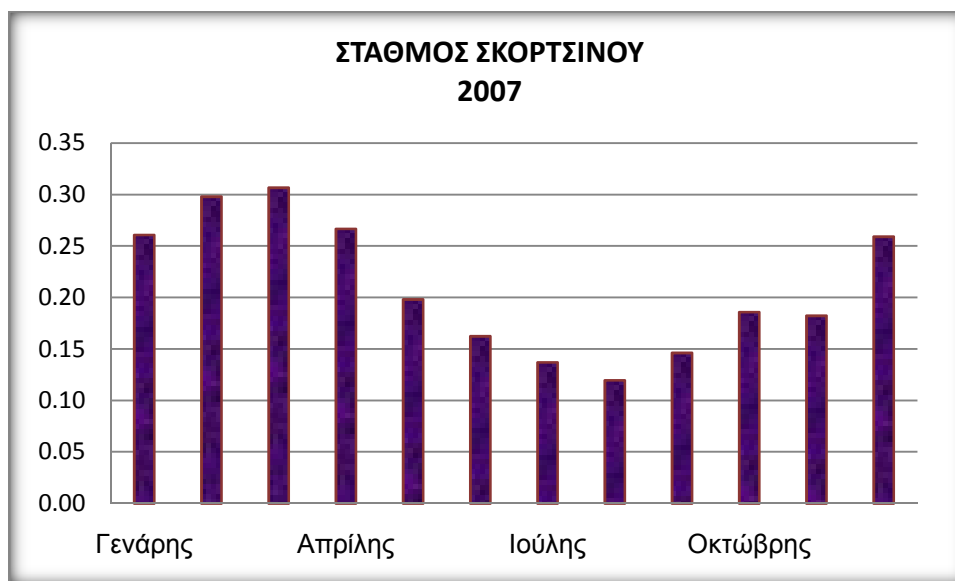
Υπάρχει στα βορειοανατολικά της λεκάνης και στη θέση Κελεφίνα ένα επιπλέον σημείο στο οποίο μετρώνται οι παροχές της περιοχής εκείνης, τις οποίες κατεβάζει ο παραπόταμος Οινούντας στον κύριο ρου του ποταμού.

4.5 Ανάλυση Υδρολογικών Δεδομένων (Ημερήσιες Τιμές)

Για το 2007 τα δεδομένα μας είναι πιο πλήρη. Κατά μήκος του κύριου ρου του Ευρώτα, έχουν τοποθετηθεί αυτόματοι καταγραφείς στάθμης, εφτά στο πλήθος, οι οποίοι δίνουν μετρήσεις στάθμης ανά συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Μέσα από τα δεδομένα αυτά της στάθμης, προκύπτουν στην πορεία, οι ημερήσιες τιμές παροχής του ποταμού στις συγκεκριμένες περιοχές. Παρακάτω παρουσιάζουμε καθεναν από τους εφτά αυτούς καταγραφείς, ξεκινώντας από τον βορειότερο.

4.5.1 Σταθμός Σκορτσινού

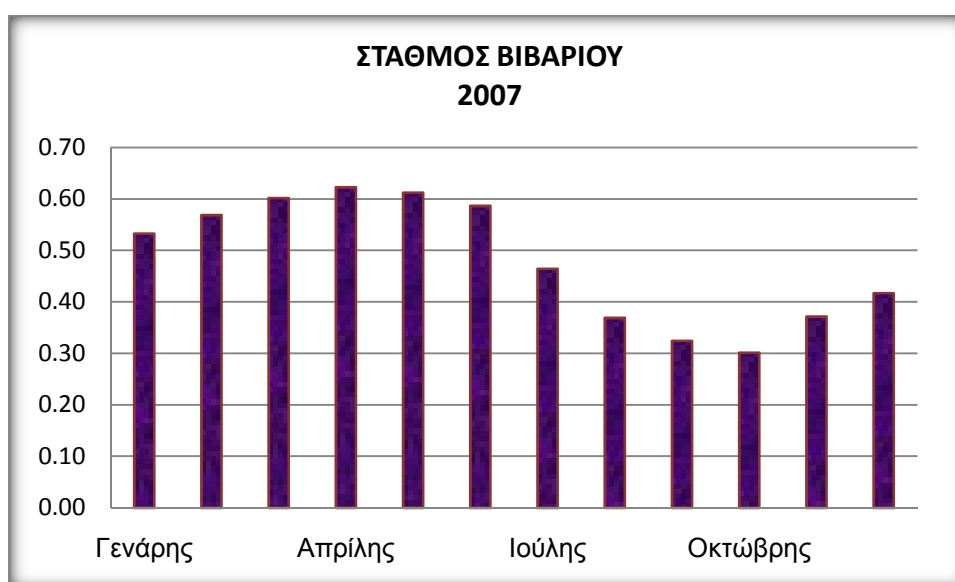
Ο σταθμός αυτός βρίσκεται στα βόρεια της λεκάνης του ποταμού Ευρώτα και είναι τοποθετημένος δίπλα στις πηγές Σκορτσινού. Καταγράφει τιμές στάθμης ανά μια ώρα. Παρουσιάζουμε παρακάτω το διάγραμμα στάθμης για το 2007 και τις μέσες μηνιαίες τιμές στάθμης.



Διάγραμμα 4.5.1 – Μέσες μηνιαίες τιμές στάθμης για το 2007 και τον σταθμό Σκορτσινού.

4.5.2 Σταθμός Βιβαρίου

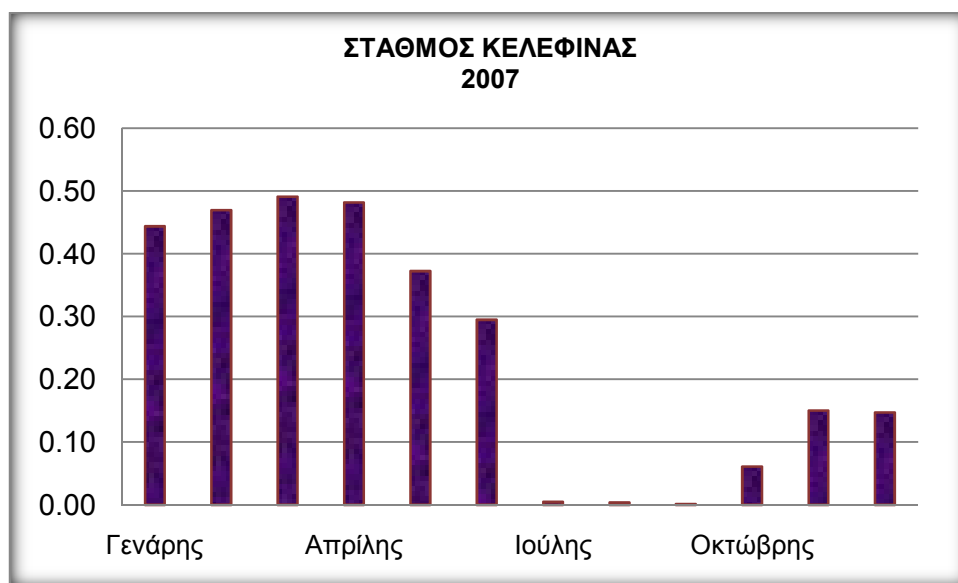
Ο σταθμός Βιβαρίου βρίσκεται στον άνω ρου του ποταμού Ευρώτα. Σε αυτόν οι καταγραφές στάθμης πραγματοποιούνται κάθε δέκα λεπτά. Παρουσιάζουμε παρακάτω μέσο μηνιαίο διάγραμμα σταθμης για το 2007, του σταθμού.



Διάγραμμα 4.5.2 – Μέσες μηνιαίες τιμές στάθμης για το 2007 και τον σταθμό Βιβαρίου.

4.5.3 Σταθμός Κελεφίνας

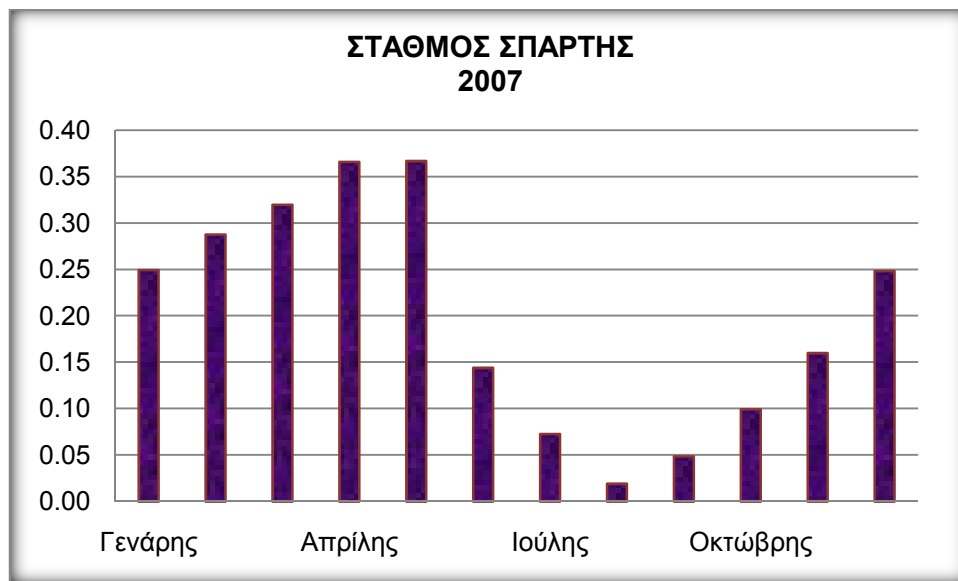
Ο σταθμός της Κελεφίνας βρίσκεται στα βορειανατολικά της λεκάνης του ποταμού Ευρώτα και πιο συγκεκριμένα, στην υπολεκάνη του Βορειοδυτικού Ταΰγετου. Στον σταθμό καταγράφονται ανά μια ώρα μετρήσεις παροχής του παραπόταμου Οινούντα, ο οποίος καταλήγει τελικά επιφανειακά στον Ευρώτα. Παρουσιάζουμε ένα διάγραμμα των μέσων μηνιαίων τιμών στάθμης για το 2007.



Διάγραμμα 4.5.3– Μέσες μηνιαίες τιμές στάθμης για το 2007 και τον σταθμό Κελεφίνας.

4.5.4 Σταθμός Σπάρτης

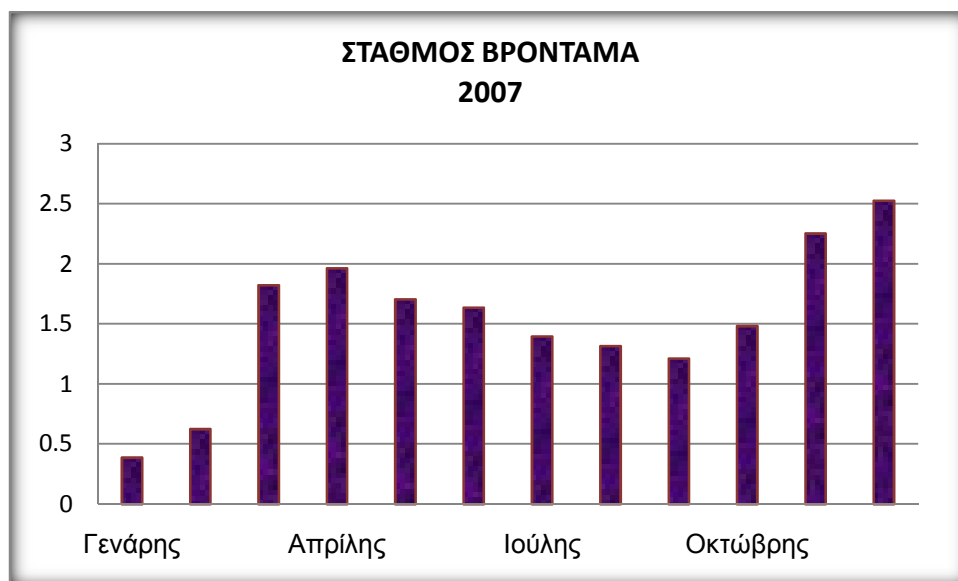
Ο σταθμός αυτός βρίσκεται στη μέση σχεδόν του ποταμού Ευρώτα. Σε αυτόν εισέρχεται όλη η επιφανειακή ροή από το κομμάτι του ΒΑ Ταύγετου και του ΒΔ Πάρνωννα. Στο σταθμό αυτό, οι μετρήσεις καταγράφονται ανά δέκα λεπτά. Παρακάτω παρουσιάζουμε το διάγραμμα της μέσης μηνιαίας στάθμης για το 2007, του σταθμού.



Διάγραμμα 4.5.4– Μέσες μηνιαίες τιμές στάθμης για το 2007 και τον σταθμό Σπάρτης.

4.5.5 Σταθμός Βρονταμά

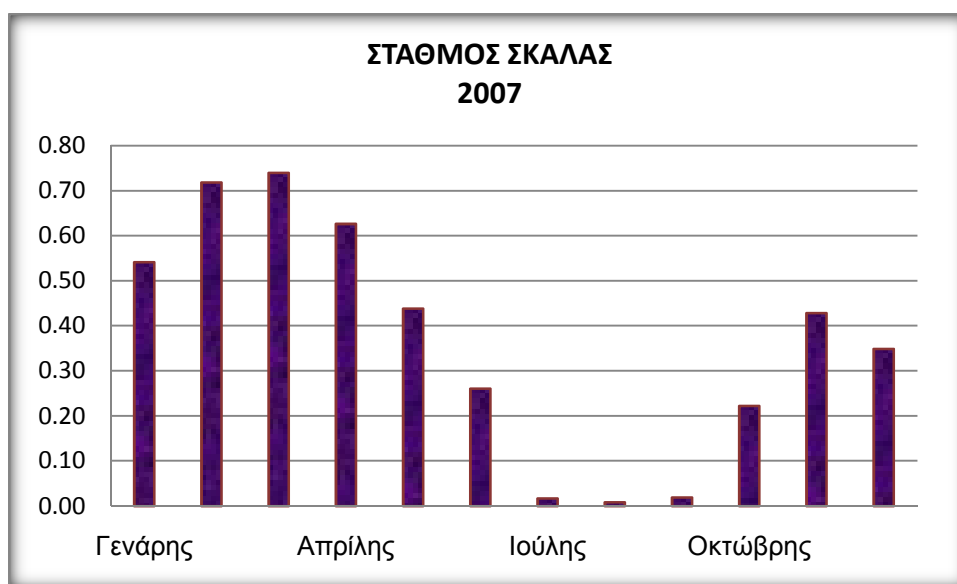
Ο σταθμός αυτός βρίσκεται ανάμεσα στην περιοχή της Σπάρτης και της Σκάλας. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται κάθε μια ώρα. Σε αυτό το σταθμό μπορεί να ελεγχθεί η συνολική ροή του μέσου και του άνω ρου του Ευρώτα. Στο διάγραμμα παρακάτω παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές στάθμης για το 2007.



Διάγραμμα 4.5.5– Μέσες μηνιαίες τιμές στάθμης για το 2007 και τον σταθμό Βρονταμά.

4.5.6 Σταθμός Σκάλας

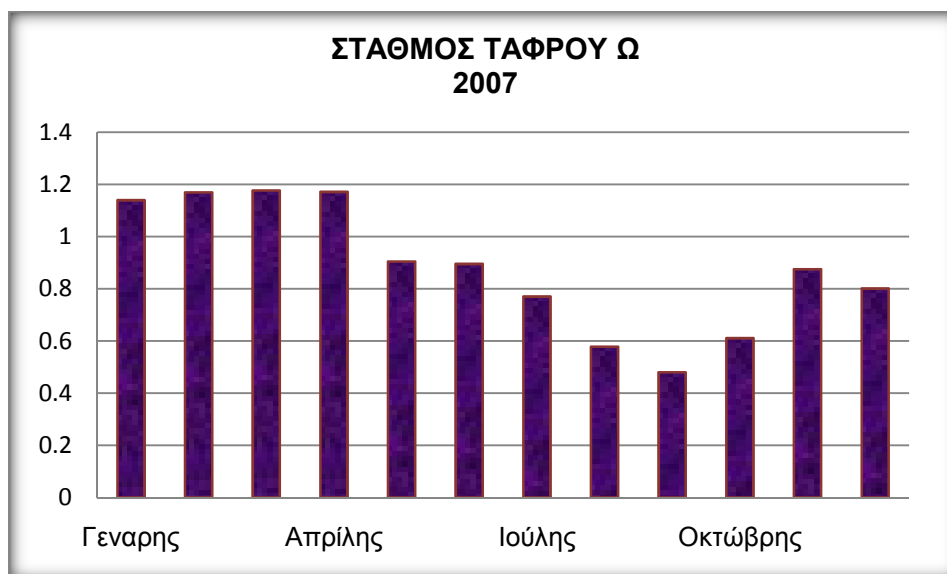
Ο σταθμός Σκάλας βρίσκεται στον κάτω ρου του ποταμού Ευρώτα και καταγράφει τιμές στάθμης ανά δέκα λεπτά. Ο σταθμός βρίσκεται στην περιοχή της γέφυρας της Σκάλας όπου μέρος του νερού που εισέρχεται στο καρστικό εκφορτίζει από το σημείο αυτό. Παρακάτω παρουσιάζουμε διάγραμμα της μέσης μηνιαίας στάθμης του σταθμού για το 2007.



Διάγραμμα 4.5.6– Μέσες μηνιαίες τιμές στάθμης για το 2007 και τον σταθμό Σκάλας.

4.5.7 Σταθμός Τάφρου Ω

Ο σταθμός της Τάφρου Ω παρέχει μετρήσεις στάθμης ανά μια ώρα. Η Τάφρος Ω είναι μια αποστραγγιστική τάφρος που δέχεται νερά από τις πηγές της Σκάλας. Παρακάτω παρουσιάζουμε διάγραμμα της μέσης μηνιαίας στάθμης του σταθμού για το 2007.



Διάγραμμα 4.5.7– Μέσες μηνιαίες τιμές στάθμης για το 2007 και τον σταθμό Τάφρου Ω.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Μεθοδολογία

5.1 Εισαγωγή

Στην παρούσα εργασία γίνεται χρήση του μοντέλου ETD για τον προσδιορισμό της υδρολογικής κατάστασης του ποταμού Ευρώτα. Επειδή η λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα, εκτός από την μεγάλη έκταση που κατέχει, αποτελεί και έναν μηχανισμό αρκετά πολύπλοκο, ήταν αναγκαίες κάποιες αλλαγές στο υπάρχον μοντέλο.

Αρχικά να σημειώσουμε ότι η λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα χωρίστηκε σε 6 υπολεκάνες, καθεμία από τις οποίες έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά, επομένως χρήζει και διαφορετικής αντιμετώπισης από το μοντέλο. Ο διαχωρισμός αυτός παρουσιάζεται παρακάτω.

Η λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα, όπως θα αναλύσουμε και παρακάτω, είναι έντονα καρστικοποιημένη. Το 39% περίπου της λεκάνης αποτελεί καρστική επιφάνεια. Θεωρήθηκε, λοιπόν, αναγκαία η προσθήκη του καρστικού μοντέλου στο ETD, ώστε να μπορεί να γίνει μια ολοκληρωμένη διαχείριση των υδάτων της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα. Επίσης ήταν σημαντικός και ο προσδιορισμός του ποσοστού της καρστικής αυτής παροχής που κατευθύνεται είτε επιφανειακά, είτε υπόγεια.

Με τον διαχωρισμό της λεκάνης απορροής σε υπολεκάνες κάθε μία αντιμετωπίζεται διαφορετικά. Σε κάθε υπολεκάνη εισάγονται δεδομένα (επιφάνειες, μετρήσεις παροχών πεδίου, βροχόπτωση, εξάτμιση, θερμοκρασία κλπ) που αντιστοιχούν αποκλειστικά σε αυτήν, ενώ τα αποτελέσματα του μοντέλου είναι επίσης ξεχωριστά για κάθε μια. Δεδομένου λοιπόν, ότι οι υπολεκάνες, αν και ξεχωριστές, στο σύνολό τους επικοινωνούν μεταξύ τους, προστέθηκε μια νέα παράμετρος, η οποία δίνει ως εισροή στην επόμενη υπολεκάνη, την παροχή του ποταμού που προκύπτει ως αποτέλεσμα, από την μοντελοποίηση της προηγούμενης της.

Τέλος, ο Νομός Λακωνίας, στον οποίο ανήκει ο ποταμός Ευρώτας, χαρακτηρίζεται ως έντονα αγροτική περιοχή. Άρα, οι αντλήσεις, είτε επιφανειακές, είτε υπόγειες, για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών του νομού, είναι συνήθης διαδικασία. Έγινε λοιπόν, εισαγωγή στο μοντέλο νέων παραμέτρων, οι οποίες εκχωρούν, από τη μια, τις αντλήσεις από το υπόγειο διαμέρισμα του ποταμού και από την άλλη τις αντλήσεις από το επιφανειακό διαμέρισμά του - δέσεις. Η προσθήκη

αυτών των παραμέτρων, δίνει επίσης και ένα χαρακτήρα διαχειριστικό στο μοντέλο, καθώς μας επιτρέπει την πρόβλεψη της υδρολογικής κατάστασης του Ευρώτα, σύμφωνα με την αδρευτική χρήση των παροχών του ποταμού.

Όλες οι παραπάνω αλλαγές αναλύονται ευθύς αμέσως και με τη μορφή εξισώσεων στο μοντέλο.

5.2 Αλλαγές στο Μοντέλο ETD

5.2.1 Εισαγωγή Καρστικών Παροχών - QKARST

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω για την ορθότερη μοντελοποίηση της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα, χρειάστηκε να προσθέσουμε στο μοντέλο τον παράγοντα QKARST, ο οποίος εισάγει τις τιμές παροχής των καρστικών πηγών της υπολεκάνης, από το καρστικό μοντέλο. Οι χρονοσειρές με τα αποτελέσματα του καρστικού μοντέλου, προήλθαν από τη διπλωματική εργασία της Άντρης Χριστοδούλου «Μοντελοποίηση της Υδρολογίας του Άνω Ρου του Ποταμού Ευρώτα» (Χανιά 2009).

Στη συνέχεια, πραγματοποιήσαμε μια αλλαγή, η οποία μας δίνει την δυνατότητα, να διαχειριστούμε τις καρστικές αυτές παροχές, QKARST, με την έννοια ότι μπορούμε να ελέγχουμε πλέον και την κατεύθυνσή τους, είτε προς το επιφανειακό διαμέρισμα του ποταμού, είτε προς το υπόγειο. Έγινε, λοιπόν, εισαγωγή μίας σταθεράς, W , η οποία καθορίζει το ποσοστό της καρστικής παροχής το οποίο κατευθύνεται επιφανειακά στο ποτάμι.

5.2.2 Εισαγωγή Παροχής από τυγχόν άνω υπολεκάνες - QUPSTREAM

Εξ' αιτίας του γεγονότος ότι η υπολεκάνη μας χωρίστηκε σε 6 υπολεκάνες και κάθε υπολεκάνη εξετάστηκε ξεχωριστά, ήταν αναγκαίο να προστεθεί στο μοντέλο ένας ακόμα παράγοντας, ο οποίος θα περιγράφει την ροή κάθε υπολεκάνης και θα την εισάγει στην επόμενη της. Ο παράγοντας αυτός είναι το QUPSTREAM, το οποίο στην ουσία, δίνει τα νερά, που έρχονται ως εκροή από μια υπολεκάνη, σαν εισροή στην επόμενη της. Το QUPSTREAM καθορίζει την ποσότητα της επιφανειακής ροής κάθε υπολεκάνης του ποταμού και τον τρόπο με τον οποίο τα νερά κινούνται επιφανειακά στο ποτάμι, κατά μήκος των υπολεκανών.

Το QUPSTREAM είναι ένας παράγοντας «ανακυκλώσιμος» στο μοντέλο. Εξάγεται ως τελική παροχή από μια υπολεκάνη, εισάγεται στην επόμενη υπολεκάνη ως εισερχόμενη παροχή από την άνω, εξάγεται και από αυτήν και πάλι λειτουργεί ως εισροή σε κάποια άλλη.

5.2.3 Εισαγωγή Επιφανειακών αντλήσεων - QWITHDR

Το γεγονός ότι κατά μήκος της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα παρατηρούνται αυξημένες απαιτήσεις σε νερό, για την κάλυψη αδρευτικών αναγκών, και οι οποίες καλύπτονται σε ένα ποσοστό τους από επιφανειακές αντλήσεις κατευθείαν από το ποτάμι (δέσεις), μας έκανε να προσθέσουμε έναν παράγοντα, ο οποίος θα αντιπροσωπεύει τις αντλήσεις αυτές. Ο παράγοντας των δέσεων είναι ο QWITHDR, ο οποίος μπορεί να εισαχθεί στο μοντέλο από καταγεγραμμένες πηγές της εκάστοτε περιοχής, αν υπάρχουν. Αν δεν υπάρχουν τότε θα μπορεί να λειτουργεί κατά τρόπο περισσότερο διαχειριστικό, είτε ελέγχοντας, είτε προβλέποντας τις αντλήσεις που πραγματοποιούνται από το ποτάμι.

5.2.4 Εισαγωγή Υπόγειων Αντλήσεων – QIRR

Ο παράγοντας QIRR αποτελεί το σύνολο των αντλήσεων που πραγματοποιούνται από το υπόγειο διαμέρισμα του ποταμού. Ο παράγοντας αυτός καθορίζεται από τις παροχές που καταγράφουν οι γεωτρήσεις ανά περιοχή. Ωστόσο, οι υπάρχουσες γεωτρήσεις είναι περισσότερες από τις καταγεγραμμένες, επομένως ο παράγοντας αυτός μπορεί να λειτουργήσει περισσότερο διαχειριστικά, προβλέποντας και τις μη καταγεγραμμένες. Το QIRR προστίθεται καθαρά στο κομμάτι του διαμερίσματος του εδάφους του υδάτινου συστήματος και εκρέει από το υπόγειο διαμέρισμα του ποταμού.

5.2.5 Αλλαγές στον κώδικα του μοντέλου

Παρουσιάζουμε παρακάτω τις αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν στο μοντέλο, στις εξισώσεις του ισοζυγίου του εξεταζόμενου υδάτινου σώματος.

✓ **Διαμέρισμα Εδάφους**

$$\frac{dh(3)}{dt} = Q(3,1) + Q(3,2) + Q_{IRR} - Q(1,3) - Q(4,3) - Q(5,3) - OV_{LAND} \quad (5.2.1)$$

✓ **Διαμέρισμά Ακόρεστης Ζώνης**

$$\frac{dh(4)}{dt} = Q(4,3) - Q(1,4) - Q(5,4) - Q(6,4) \quad (5.2.2)$$

✓ **Διαμέρισμα Επιφανειακού Νερού**

$$\begin{aligned} \frac{dh(5)}{dt} = & Q(5,1) + Q(5,2) + Q(5,3) + Q(5,4) + Q(5,6) + OV_{LAND} + (W * Q_{KARST}) \\ & + Q_{UPSTREAM} - Q(1,5) - Q(6,5) - Q_{WITHDR} - Q_{OUT} \quad (5.2.3) \end{aligned}$$

✓ **Διαμέρισμα Υπόγειου Νερού**

$$\begin{aligned} \frac{dh(6)}{dt} = & Q(6,4) + Q(6,5) + (1 - W) * Q_{KARST} - Q(1,6) - Q(5,6) - Q_{IRR} \\ & - Q_{NET6} \quad (5.2.4) \end{aligned}$$

Θυμίζουμε ότι $Q(i,j)$ είναι η παροχή από το διαμέρισμα j στο διαμέρισμα i .

Q_{NET6} : είναι οι διάφορες απώλειες από το υπόγειο τμήμα του ποταμού.

Μια σχηματική απεικόνιση των παραπάνω αλλαγών στο μοντέλο, ανάμεσα στις διάφορες ροές μεταξύ των διαμερισμάτων του ποταμού παρουσιάζεται παρακάτω στην Εικόνα 5.2.1



5.3.1 Διαχωρισμός της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα σε μικρότερες.

- **Υπολεκάνη Βορειοανατολικού Ταύγετου**

- Υπολεκάνη Βορειοδυτικού Πάρνωνα

Η υπολεκάνη του Βορειοδυτικού Πάρνωνα βρίσκεται βόρεια και ανατολικά της λεκάνης του Ευρώτα. Σ' αυτήν ανήκει ο Βορειοδυτικός Πάρνωνας, καθώς ο Βορειοανατολικός ανήκει στο διαμέρισμα της Αρκαδίας. Στην υπολεκάνη αυτή βρίσκονται τα καρστικά συστήματα των Καρυών και ένα κόμματα του καρστικού συστήματος του Κεντρικού Πάρνωνα.

- **Υπολεκάνη Κεντρικού Ταύγετου**

Η υπολεκάνη αυτή βρίσκεται κάτω από την υπολεκάνη του Βορειοανατολικού Ταύγετου, δηλαδή δυτικά και κεντρικά ολόκληρης της λεκάνης απορροής του Ευρώτα. Σ' αυτήν ανήκει ο Κεντρικός Ταύγετος. Στην υπολεκάνη αυτή ανήκουν επίσης και το καρστικό σύστημα του Κεντρικού Ταύγετου.

- **Υπολεκάνη Νοτιοδυτικού Πάρνωνα**

Η υπολεκάνη αυτή βρίσκεται αντίστοιχα κάτω από την υπολεκάνη του Βορειοδυτικού Πάρνωνα, δηλαδή ανατολικά και σχετικά κεντρικά ολόκληρης της υπολεκάνης του ποταμού Ευρώτα. Όπως είπαμε ο δυτικός Ανατολικός Πάρνωνας ανήκει στο διπλανό διαμέρισμα της Αρκαδίας. Σε αυτήν ανήκει το υπόλοιπο κομμάτι του καρστικού συστήματος του Κεντρικού Πάρνωνα.

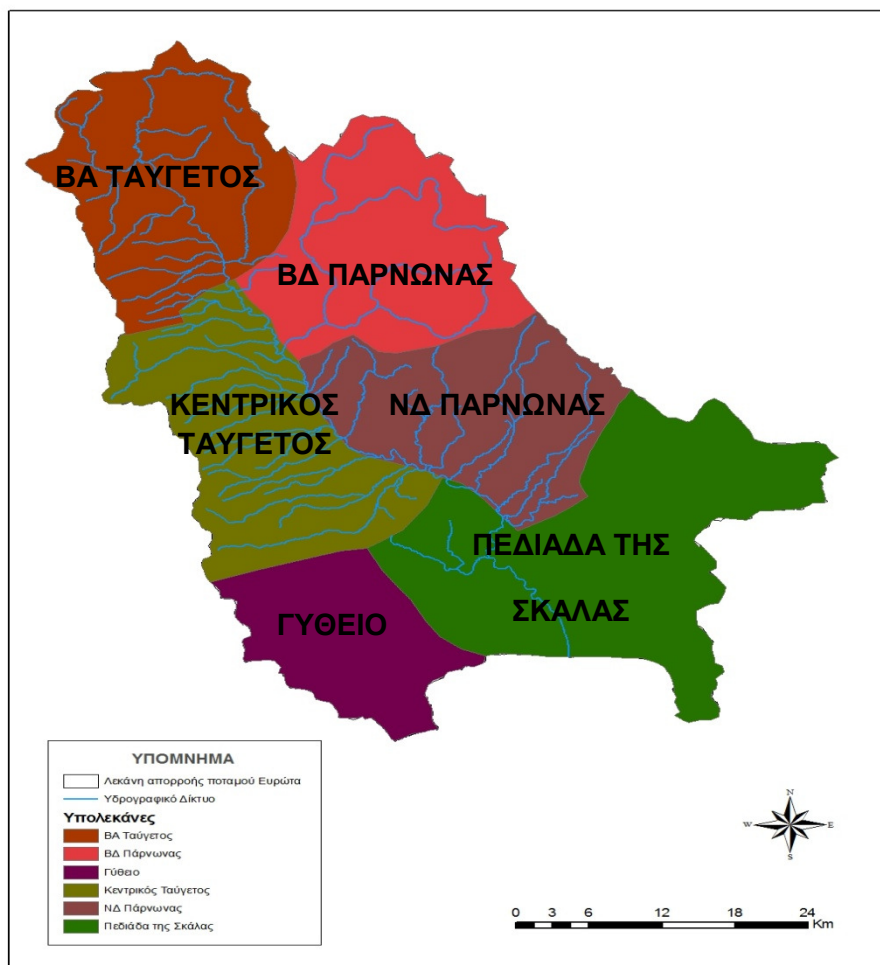
- **Υπολεκάνη Πεδιάδα της Σκάλας**

Η υπολεκάνη αυτή βρίσκεται νότια και ανατολικά ολόκληρης της λεκάνης του Ευρώτα και περιέχει τον Νότιοδυτικό Πάρνωνα. Τα καρστικά συστήματα που βρίσκονται εκεί, είναι της Σκάλας-Κροκεών και του Νότιου Πάρνωνα-Ζάρακα.

- **Υπολεκάνη Γυθείου.**

Η υπολεκάνη αυτή εκτείνεται νοτιοδυτικά της λεκάνης του Ευρώτα. Περιέχει το καρστικό σύστημα του Νότιου Ταύγετου, ωστόσο δεν συνεισφέρει στην λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα και γι' αυτό δεν θα αναλυθεί διεξοδικά στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Παρακάτω ακολουθεί χάρτης και πίνακας σχετικός με τις επιφάνειες της κάθε υπολεκάνης και τις αντίστοιχες καρστικές και μη καρστικές κάθε μιας. Να σημειώσουμε ότι στο μοντέλο ως συνολική επιφάνεια της κάθε υπολεκάνης θεωρείται η μη καρστική. Αυτό συμβαίνει, διότι στον υπολογισμό της καρστικής παροχής, στο καρστικό μοντέλο, είχε ήδη εισαχθεί η ανάλογη βροχοπτώση, η οποία δεν θα θέλαμε να εισαχθεί ξανά, στο ETD. Επομένως το μοντέλο αναφέρεται στην μη καρστική επιφάνεια της κάθε υπολεκάνης.



Χάρτης 5.3.1 Υπολεκάνες της Λεκάνης Απορροής του ποταμού Ευρώτα

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΥΡΩΤΑ			
ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ (ΚΜ2)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΚΑΡΣΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΜΗ ΚΑΡΣΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ
ΒΑ ΤΑΥΓΕΤΟΣ	415	145	269
ΒΔ ΠΑΡΝΩΝΑΣ	393	131	262
ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΤΑΥΓΕΤΟΣ	415	178	237
ΝΔ ΠΑΡΝΩΝΑΣ	364	157	207
ΠΕΔΙΑΔΑ ΤΗΣ ΣΚΑΛΑΣ	605	252	353
ΓΥΘΕΙΟ	239	74	166

Πίνακας 5.3.1: Υπολεκάνες λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα και επιφάνειές τους

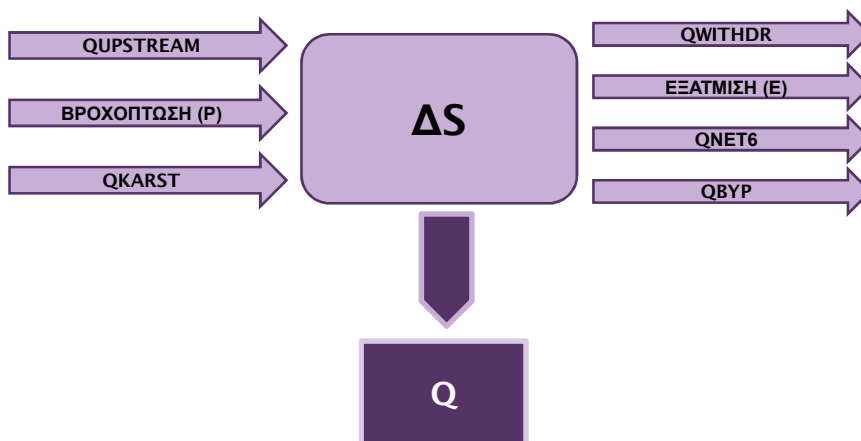
5.3.2 Συνολικό υδατικό ισοζύγιο λεκάνης απορροής

Σύμφωνα με την μεθοδολογία της παρούσας εργασίας, εισροές στην λεκάνη αποτελούν οι βροχόπτωση (P), η καρστική παροχή QKARST, η οποία χωρίζεται στο κομμάτι που κατευθύνεται επιφανειακά ($W \cdot QKARST$) και σε αυτό που οδηγείται υπόγεια $((1-W) \cdot QKARST)$. Επίσης εισροή αποτελούν και οι εισροές από τυχόν άλλη λεκάνη απορροής, η οποία επικοινωνεί με την λεκάνη στην οποία αναφέρεται το ισοζύγιο, μεταφέροντας τις εκροές της, σε αυτήν. Εκροές αποτελούν η εξάτμιση (E), οι επιφανειακές αντλήσεις - δέσεις (QWITHDR), οι διάφορες απώλειες του συστήματος (QNET6) από το υπόγειο διαμέρισμά του, το κομμάτι των εκροών από το προσχωματικό κομμάτι του ποταμού (QBYP), που αποτελεί επίσης υπόγειες απώλειες και η παροχή του ποταμού κατά τη διάρκεια προσομοίωσης. Στο υδάτινο σώμα γίνεται αποθήκευση και κάποιου υδάτινου όγκου (ΔS). Οπότε το συνολικό υδατικό ισοζύγιο με την μορφή εξίσωσης είναι:

$$P + QKARST + QUPSTREAM = E + QWITHDR + QNET6 + QBYP + Q + \Delta S$$

Το ισοζύγιο υπολογίζεται για την περίοδο 2000 έως και 2007, ενώ παρουσιάζεται παρακάτω σε σχηματική μορφή.

ΓΕΝΙΚΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ



Εικόνα 5.3.1 - Γενικό Υδρολογικό Ισοζύγιο

5.3.3 Υπολογισμός Βροχόπτωσης

Η βροχόπτωση ανά υπολεκάνη υπολογίστηκε με την μέθοδο των πολύγωνων Thiessen. Με αυτή τη μέθοδο το ύψος βροχής κάθε βροχομετρικού σταθμού θεωρείται ότι εφαρμόζεται μέχρι του μέσου της αποστάσεως, από τους γειτονικούς σταθμούς. Οι βροχομετρικοί σταθμοί ενώνονται με ευθείες γραμμές έτσι ώστε όλη περιοχή μελέτης να καλυφθεί με τρίγωνα, όπως φαίνεται στον παρακάτω χάρτη. Στη συνέχεια φέρονται οι μεσοκάθετες όλων των πλευρών των τριγώνων. Έτσι σχηματίζονται πολύγωνα, κάθε ένα από τα οποία, περιβάλλει ένα σταθμό. Μπορούμε να υπολογίσουμε στη συνέχεια το βάρος του ύψους της βροχής κάθε βροχομετρικού σταθμού που βρίσκεται στο κέντρο του πολύγωνου, από τον λόγο του εμβαδού της επιφάνειας του πολυγώνου ως προς την συνολική επιφάνεια της περιοχής. Παρακάτω παρουσιάζεται χάρτης με τα πολύγωνα Thiessen και αντίστοιχος πίνακας με τα ποσοστά συμμετοχής κάθε βροχομετρικού σταθμού σε κάθε υπολεκάνη.

ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΥΡΩΤΑ		
ΒΑ ΤΑΥΓΕΤΟΣ	ΣΕΛΛΑΣΙΑ	53%
	ΠΕΡΙΒΟΛΙΑ	47%
ΒΔ ΠΑΡΝΩΝΑΣ	ΒΑΣΑΡΑ	78%
	ΣΕΛΛΑΣΙΑ	21%
	ΡΙΒΙΩΤΙΣΣΑ	1%
ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΤΑΥΓΕΤΟΣ	ΡΙΒΙΩΤΙΣΣΑ	52%
	ΠΕΡΙΒΟΛΙΑ	20%
	ΠΕΤΡΙΝΑ	18%
	ΣΕΛΛΑΣΙΑ	5%
	ΒΡΟΝΤΑΜΑΣ	4%
ΝΔ ΠΑΡΝΩΝΑΣ	ΒΡΟΝΤΑΜΑΣ	58%
	ΡΙΒΙΩΤΙΣΣΑ	30%
	ΒΑΣΑΡΑ	12%
ΠΕΔΙΑΔΑ ΤΗΣ ΣΚΑΛΑΣ	ΒΡΟΝΤΑΜΑΣ	51%
	ΕΛΟΣ	40%
	ΠΕΤΡΙΝΑ	9%
ΓΥΘΕΙΟ	ΠΕΤΡΙΝΑ	99%
	ΕΛΟΣ	1%

Πίνακας 5.3.2 – Ποσοστό συμμετοχής κάθε βροχομετρικού σταθμού στον υπολογισμό της βροχόπτωσης κάθε υπολεκάνης σύμφωνα με την μέθοδο Thiessen.



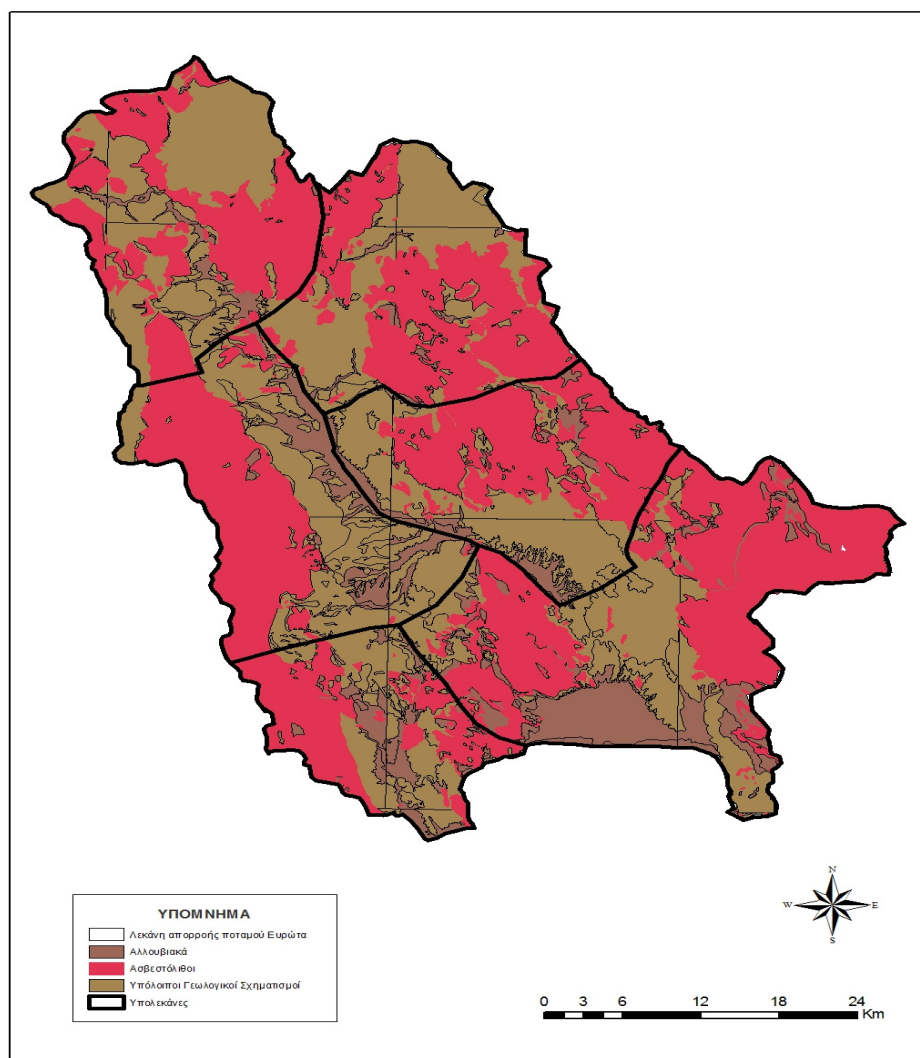
Χάρτης 5.3.2 – Πολύγωνα Thiessen στην λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα

5.3.4 Υπολογισμός Καρστικής παροχής

Οι τιμές της καρστικής παροχής, εισήχθησαν από το καρστικό μοντέλο, του οποίου τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε παλιότερη διπλωματική εργασία. (Άντρη Χριστοδούλου «Μοντελοποίηση της Υδρολογίας του Άνω ρου του ποταμού Ευρώτα, Χανιά 2009). Υπάρχουν έξη καρστικοί σχηματισμοί στην υπολεκάνη: του Βιβαρίου, του Σκορτσινού, των Καρυών, του Ταυγέτου, του Πάρνωνα και της Σκάλας. Παρακάτω παρουσιάζεται πίνακας των επιφανειών που καταλαμβάνουν οι καρστικοί αυτοί σχηματισμοί σε κάθε υπολεκάνη.

ΚΑΡΣΤΙΚΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΕΥΡΩΤΑ (km ²)							
ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ/ΚΑΡΣΤΙΚΟ	ΒΑ ΤΑΥΓΕΤΟΣ	ΝΔ ΠΑΡΝΩΝΑΣ	ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΤΑΥΓΕΤΟΣ	ΒΔ ΠΑΡΝΩΝΑΣ	ΠΕΔΙΑΔΑ ΤΗΣ ΣΚΑΛΑΣ	ΓΥΘΕΙΟ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΑΝΑ ΚΑΡΣΤΙΚΟ
ΒΙΒΑΡΙ	110						110
ΣΚΟΡΤΣΙΝΟΣ	16						16
ΚΑΡΥΕΣ		37					37
ΤΑΥΓΕΤΟΣ	19		178			74	271
ΠΑΡΝΩΝΑΣ		94		157	183		434
ΣΚΑΛΑ					69		69
ΑΘΡΟΙΣΜΑ ΑΝΑ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ	145	131	178	157	252	74	937

Πίνακας 5.3.3- Καρστικές Επιφάνειες ανά υπολεκάνη



Χάρτης 5.3.3 – Καρστικοί σχηματισμοί λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα.

Σε επόμενο κεφάλαιο αναλύονται οι καρστικοί αυτοί σχηματισμοί ανά υπολεκάνη και ο τρόπος με τον οποίο οι παροχές τους συνεισφέρουν στην κάθε μια από αυτές.

5.4 Υπολογισμός Υπόγειων Αντλήσεων

Για τον υπολογισμό των υπόγειων αντλήσεων ανά υπολεκάνη χρησιμοποιήθηκε η καταγεγραμμένη συνολική αγροτική έκταση, ανά δήμο σε κάθε μια υπολεκάνη. Προκύπτει ο ακόλουθος Πίνακας 5.3.4:

ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ	ΔΗΜΟΙ	ΕΚΤΑΣΗ	ΕΚΤΑΣΗ	ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΗ ΕΚΤΑΣΗ
		m ²	ΣΤΡΕΜ.	ΣΤΡΕΜ.
ΒΑ ΤΑΥΓΕΤΟΣ	Δ.ΟΙΝΟΥΝΤΑ	244850	244.85	7137
	Δ. ΠΕΛΛΑΝΑΣ	6892000	6892	
ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΤΑΥΓΕΤΟΣ	Δ. ΣΠΑΡΤΗΣ	23157900	23157.9	54707
	Δ. ΜΥΣΤΡΑ	15607000	15607	
	Δ. ΦΑΡΙΔΟΣ	15488800	15488.8	
	Δ. ΚΡΟΚΕΩΝ	453360	453.36	
ΒΔ ΠΑΡΝΩΝΑΣ	Δ. ΘΕΡΑΠΝΩΝ	337740	337.74	6276
	Δ. ΣΠΑΡΤΗΣ	1286550	1286.55	
	Δ. ΟΙΝΟΥΝΤΑ	4652150	4652.15	
ΝΔ ΠΑΡΝΩΝΑΣ	Δ. ΘΕΡΑΠΝΩΝ	16549260	16549.26	37950
	Δ. ΣΠΑΡΤΗΣ	1286550	1286.55	
	Δ. ΣΚΑΛΑΣ	7236300	7236.3	
	Δ. ΓΕΡΟΝΘΡΩΝ	12878100	12878.1	
ΠΕΔΙΑΔΑ ΣΚΑΛΑΣ	Δ. ΣΚΑΛΑΣ	65126700	65126.7	241906
	Δ. ΕΛΟΥΣ	98873000	98873	
	Δ. ΚΡΟΚΕΩΝ	4930290	4930.29	
	Δ. ΓΕΡΟΝΘΡΩΝ	72975900	72975.9	
ΓΥΘΕΙΟ	Δ. ΦΑΡΙΔΟΣ	815200	815.2	1099
	Δ. ΚΡΟΚΕΩΝ	283350	283.35	
ΣΥΝΟΛΟ ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ: 349.075 ΣΤΡΕΜΜΑΤΑ				

Πίνακας 5.3.4 – Αρδευόμενες εκτάσεις λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα

Δεδομένου ότι για κάθε στρέμμα γεωργικής καλλιέργειας απαιτούνται κατά μέσο όρο 500 m³ νερού, οι συνολικές ετήσιες απαιτήσεις σε νερό για κάθε υπολεκάνη βρίσκονται στον ακόλουθο Πίνακα 5.3.5.

ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ	Q _{IRR}
	ΕΚ. Μ ³
ΒΔ ΤΑΥΓΕΤΟΣ	3.6
ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΤΑΥΓΕΤΟΣ	27.4
ΒΑ ΠΑΡΝΩΝΑΣ	3.1
ΝΑ ΠΑΡΝΩΝΑΣ	19.0
ΠΕΔΙΑΔΑ ΤΗΣ ΣΚΑΛΑΣ	121.0
ΓΥΘΕΙΟ	0.5
ΣΥΝΟΛΟ: 175 ΕΚ. Μ3	

Πίνακας 5.3.5 - Απαιτήσεις σε νερό ανά έτος για κάθε υπολεκάνη

Κεφάλαιο 6: Ανάλυση Μοντελοποίησης

6.1 Εισαγωγή

Παρακάτω θα ακολουθήσει η ανάλυση της μοντελοποίησης που πραγματοποιήθηκε με το μοντέλο ETD, ανά υπολεκάνη. Σε κάθε υποενότητα, παρουσιάζονται αναλυτικά τα δεδομένα που εισήχθησαν στο μοντέλο, τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από αυτό, καθώς επίσης και ανάλυση των αποτελεσμάτων για κάθε μια υπολεκάνη.

6.2 Υπολεκάνη Βορειοανατολικού Ταύγετου

Η υπολεκάνη αυτή, όπως έχουμε αναφέρει και παραπάνω, βρίσκεται στα βορειοδυτικά της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα. Παρακάτω φαίνεται και το σχήμα της.



Έχει συνολική έκταση 415 km^2 , εκ των οποίων τα 145 km^2 αποτελούν καρστική επιφάνεια. Περιέχει τους καρστικούς σχηματισμούς του Σκορτσινού, του Βιβαρίου και ενός μέρους του Ταύγετου. Σε ποσοστιαία μορφή η καρστική επιφάνεια της υπολεκάνης του ΒΑ Ταύγετου ανέρχεται σε 35% της συνολικής επιφάνειάς της.

ΒΑ ΤΑΥΓΕΤΟΣ		
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (km ²)	414.51	Το 35.02% της συνολικής επιφάνειας αποτελεί καρστική επιφάνεια.
ΚΑΡΣΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (km ²)	145.15	

Πίνακας 6.2.1- Επιφάνειες Υπολεκάνης ΒΑ Ταύγετου

ΒΑ ΤΑΥΓΕΤΟΣ	
ΚΑΡΣΤΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ (km ²)
ΣΚΟΡΤΣΙΝΟΣ	16.34
ΒΙΒΑΡΙ	109.68
ΤΑΥΓΕΤΟΣ	19.12
ΣΥΝΟΛΟ: 145.15 km ²	

Πίνακας 6.2.2-Καρστικές Επιφάνειες Υπολεκάνης ΒΑ Ταύγετου

Η προσομοίωση της υπολεκάνης πραγματοποιήθηκε για 8 χρόνια. Η περίοδος προσομοίωσης ξεκινάει από το 2000 μέχρι και το 2007, ενώ τα δεδομένα που εισήχθησαν στο μοντέλο κατά την διαδικασία της προσομοίωσης παρουσιάζονται παρακάτω αναλυτικά.

6.2.1 Δεδομένα Βροχόπτωσης

Σύμφωνα με τα πολύγωνα Thiessen η βροχόπτωση της υπολεκάνης του ΒΑ Ταυγέτου υπολογίζεται από το 53% της βροχόπτωσης του σταθμού των Περιβολίων και το 47% αυτής του σταθμού Σελλασίας. Στο σύνολο της θετίας, που γίνεται η προσομοίωση, η βροχόπτωση ανέρχεται σε 8.52 m. Δηλαδή σε 2291 εκ. m³ στο σύνολο της υπολεκάνης. Παρακάτω ακολουθεί πίνακας σχετικός με την συνολική βροχόπτωση ανά έτος που εισήχθηκε στο μοντέλο, σύμφωνα με τα πολύγωνα Thiessen.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΒΑ ΤΑΥΓΕΤΟΥ	
ΠΕΡΙΒΟΛΙΑ 53% - ΣΕΛΛΑΣΙΑ 47%	
ΕΤΟΣ	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (m)
2000	0.90
2001	1.01
2002	0.98
2003	1.46
2004	0.77
2005	1.64
2006	0.89
2007	0.86
ΣΥΝΟΛΟ	8.52 m

Πίνακας 6.2.3 – Συνολική Βροχόπτωση για την Υπολεκάνη ΒΑ Ταύγετου κατά την περίοδο προσομοίωσης.



Διάγραμμα 6.2.1 – Συνολική Βροχόπτωση ανά έτος κατά την περίοδο προσομοίωσης για την υπολεκάνη του ΒΑ Ταύγετου

6.2.2 Δεδομένα Εξάτμισης

Τα δεδομένα εξάτμισης, που χρησιμοποιήθηκαν στην υπολεκάνη του ΒΑ Ταύγετου, ήταν αυτά του σταθμού Σελλασίας. Ο σταθμός Περιβολίων, δεν είχε αντίστοιχα δεδομένα, καθώς αποτελεί μόνο βροχομετρικό σταθμό. Θεωρούμε ότι η πραγματική εξάτμιση, αποτελεί το 70% της εξάτμισης του πεδίου. Παρακάτω

ακολουθεί πίνακας με την μετρημένη εξάτμιση του πεδίου της υπολεκάνης του ΒΑ Ταύγετου.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΒΑ ΤΑΥΓΕΤΟΥ	
ΣΤΑΘΜΟΣ ΣΕΛΛΑΣΙΑΣ	
ΕΤΟΣ	ΕΞΑΤΜΙΣΗ (m)
2000	962.14
2001	841.34
2002	903.34
2003	788.82
2004	812.64
2005	1267.35
2006	1043.98
2007	1228.08
ΣΥΝΟΛΟ	7.85 m

Πίνακας 6.2.4 – Συνολική μετρημένη Εξάτμιση στο πεδίο για την Υπολεκάνη ΒΑ Ταύγετου κατά την περίοδο προσομοίωσης.

6.2.3 Δεδομένα Θερμοκρασίας

Ομοίως με την εξάτμιση, εισάγουμε στο μοντέλο δεδομένα θερμοκρασίας από τον σταθμό Σελλασίας. Έτσι προκύπτει ο παρακάτω πίνακας, ο οποίος δίνει την μέση θερμοκρασία κάθε έτους για την υπολεκάνη του ΒΑ Ταύγετου και την περίοδο προσομοίωσής μας.

ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΒΑ ΤΑΥΓΕΤΟΥ	
ΣΤΑΘΜΟΣ ΣΕΛΛΑΣΙΑΣ	
ΕΤΟΣ	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (ο C)
2000	16.65
2001	15.30
2002	15.87
2003	15.73
2004	15.56
2005	15.26
2006	15.27
2007	16.16

Πίνακας 6.2.5 – Μέση Θερμοκρασία ανά έτος για την Υπολεκάνη ΒΑ Ταύγετου κατά την περίοδο προσομοίωσης.

6.2.4 Δεδομένα Καρστικού Μοντέλου

Στην υπολεκάνη του ΒΑ Ταΰγετου ανήκουν τα καρστικά συστήματα του Σκορτσινού, του Βιβαρίου και ενός μέρους του Ταΰγετου.

Πιο συγκεκριμένα, το σύνολο του καρστικού του Σκορτσινού, εκφορτίζεται διαμέσου της ομώνυμης πηγής του Σκορτσινού και ρέει επιφανειακά εξ'ολοκλήρου, μέσω του ρέματος Γιαννούλη, στον Ευρώτα, στην περιοχή του Βιβαρίου.

Το καρστικό σύστημα Ζορού-Βιβαρίου εκφορτίζεται κυρίως μέσω των πηγών Βιβαρίου-Σελλασίας και των πηγών Ζορού. Τροφοδοτεί πλευρικά τις προσχώσεις του Ευρώτα στις λεκάνες του Βόρειου τμήματος. Στο μοντέλο θεωρήσαμε ότι το καρστικό σύστημα των πηγών Ζορού-Βιβαρίου κατευθύνεται στο 50% υπόγεια και στο υπόλοιπο 50%, επιφανειακά.

Τέλος το καρστικό σύστημα του Βόρειου Ταΰγετου, αποτελεί το 7.1% του συνολικού καρστικού του Ταΰγετου, από το οποίο θεωρήσαμε ότι το 35% εξατμίζεται λόγω φυτοκάλυψης στην περιοχή. Ο παραπάνω καρστικός σχηματισμός, εκφορτίζεται μέσω των πηγών του Καστορίου και κατευθύνεται στο σύνολό του, επιφανειακά στον Ευρώτα.

ΠΑΡΟΧΕΣ ΚΑΡΣΤΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ 8ΕΤΙΑ (m³)		
ΒΙΒΑΡΙ	ΣΚΟΡΤΣΙΝΟΣ	Β. ΤΑΥΓΕΤΟΣ
344	51	75
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΑΡΣΤΙΚΟΥ		
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ	298 εκ. m³	
ΥΠΟΓΕΙΑ	172 εκ. m³	
ΣΥΝΟΛΙΚΑ: 470 εκ. m³		

Πίνακας 6.2.6 – Παροχές καρστικού στο σύνολο της περιόδου προσομοίωσης της Υπολεκάνης ΒΑ Ταΰγετου και κατέθυνση τους.

6.2.5 Δεδομένα Υπόγειων Αντλήσεων

Η συνολική αρδευόμενη επιφάνεια στην υπολεκάνη του ΒΑ Ταΰγετου είναι 7137 στρέμματα. Θεωρούμε ότι για κάθε στρέμμα ετησίως απαιτούνται 500 m³ νερού για την ικανοποίηση των αρδευτικών αναγκών της περιοχής. Επομένως η συνολική ποσότητα νερού που καταναλώνεται ετησίως για άρδευση υπολογίζεται περίπου σε 3. 57 εκ. m³.

ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ ΒΑ ΤΑΥΓΕΤΟΥ	
ΔΗΜΟΙ	ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΗ ΕΚΤΑΣΗ (ΣΤΡΕΜ)
ΟΙΝΟΥΝΤΑ	245
ΠΕΛΛΑΝΑΣ	6892
ΣΥΝΟΛΟ: 7137 ΣΤΡΕΜ.	
ΑΡΔΕΥΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ	3.57 ΕΚ. m ³
ΣΥΝΟΛΟ 8ΕΤΙΑΣ: 29 εκ. m ³	

Πίνακας 6.2.7 –Αρδευτική έκταση της Υπολεκάνης ΒΑ Ταύγετου και απαιτήσεις σε νερό για την περίοδο προσομοίωσης.

6.2.6 Δεδομένα Επιφανειακών Αντλήσεων

Πέρα από τις υπόγειες αντλήσεις που πραγματοποιούνται στην περιοχή για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών, υπάρχουν και οι απευθείας αντλήσεις από το ποτάμι, μέσω δέσεων, οι οποίες φαίνονται σε πίνακα παρακάτω, για την υπολεκάνη του ΒΑ Ταύγετου και την περίοδο προσομοίωσης μας.

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΑΝΤΛΗΣΕΙΣ-ΔΕΣΕΙΣ	
ΕΤΟΣ	ΕΚ. M3
2000	0.00
2001	2.47
2002	2.47
2003	0.00
2004	2.04
2005	1.64
2006	0.81
2007	11.85
ΣΥΝΟΛΟ 8ΕΤΙΑΣ: 21.3 εκ. m3	

Πίνακας 6.2.8 –Επιφανειακές αντλήσεις από τον Ευρώτα ανά έτος.

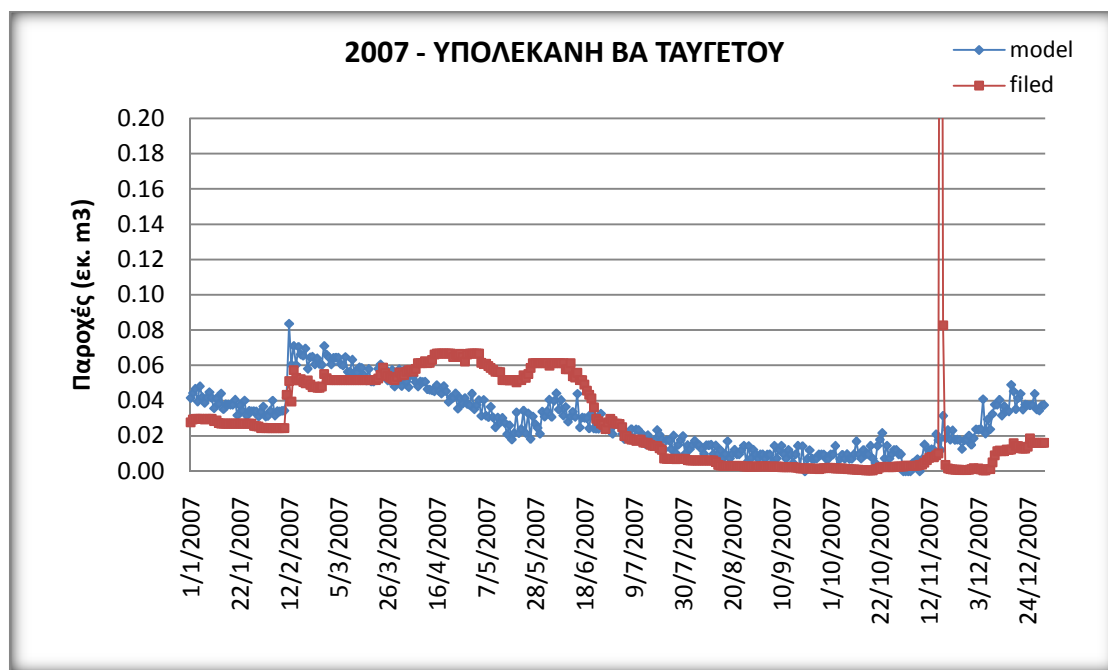
6.2.7 Αποτελέσματα Μοντέλου

Από την μοντελοποίηση της υπολεκάνης του ΒΑ Ταύγετου προκύπτει το ακόλουθο διάγραμμα:



Διάγραμμα 6.2.2 – Προσομοίωση της υπολεκάνης του ΒΑ Ταύγετου για την περίοδο 2000 έως και 2007.

Για το 2007, όπου έχουμε ξεχωριστά δεδομένα, προκύπτει:



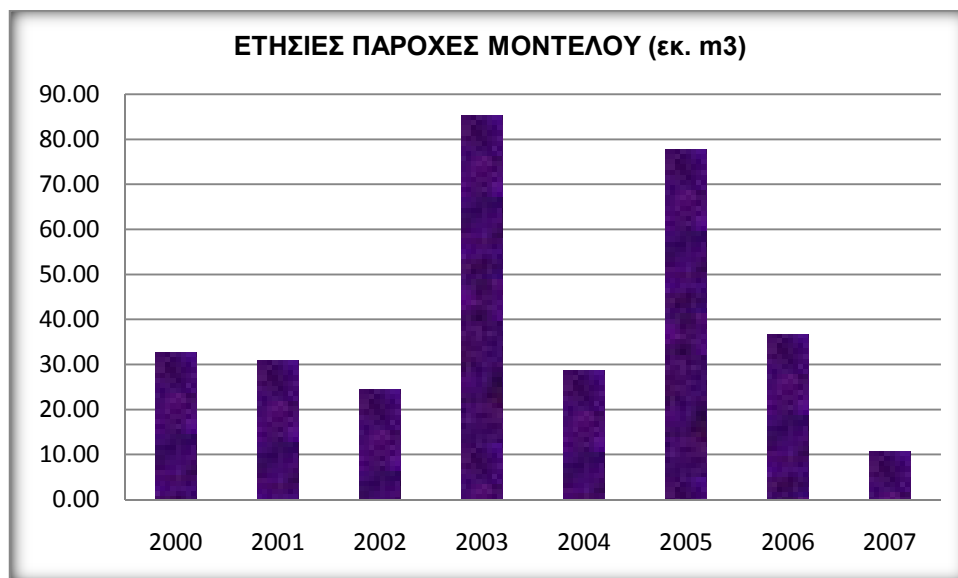
Διάγραμμα 6.2.3 – Προσομοίωση της υπολεκάνης του ΒΑ Ταύγετου για το έτος 2007.

Η μπλέ γραμμή παριστάνει τις παροχές του μοντέλου ενώ η κόκκινη τις μετρήσεις του πεδίου. Το μοντέλο, όπως φαίνεται, προσομοιώνει κατά το μεγαλύτερο βαθμό σχετικά καλά τα μηνιαία δεδομένα του πεδίου, τα οποία αποτελούν μετρήσεις

που έχουν πραγματοποιηθεί σε συγκεκριμένο σημείο στην υπολεκάνη, με την ονομασία «Θέση Βιβάρι». Στο τέλος του 2007, στο τέλος δηλαδή της περιόδου προσομοίωσης, το μοντέλο τείνει να συμπίσει με τα συνεχή δεδομένα που έχουμε για το έτος αυτό, τα οποία προέρχονται από data logger, που τοποθετήθηκαν στην περιοχή αυτή το έτος 2007.

ΒΑ ΤΑΥΓΕΤΟΣ	
ΕΤΟΣ	ΠΑΡΟΧΕΣ (εκ. m3)
2000	32.58
2001	30.87
2002	24.55
2003	85.32
2004	28.60
2005	77.76
2006	36.82
2007	10.69

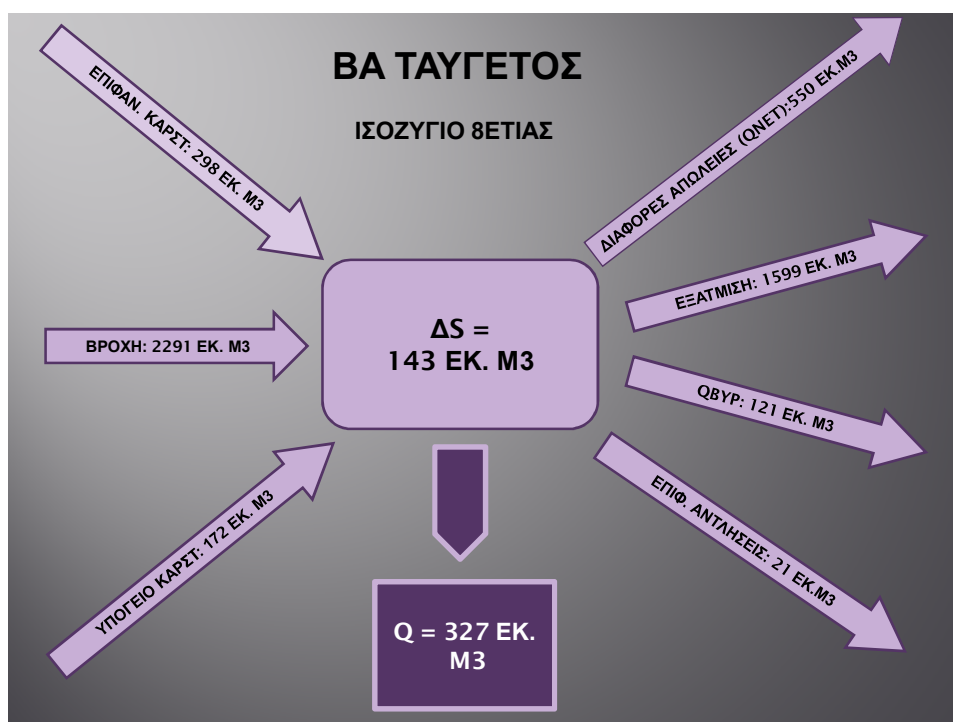
Πίνακας 6.2.9 - Ετήσια παροχή μοντέλου για την υπολεκάνη του ΒΑ Ταΰγετου



Διάγραμμα 6.2.4 – Ετήσιες παροχές μοντέλου για την λεκάνη απορροής του Ευρώτα.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η ανάλυση του ισοζυγίου από την παραπάνω προσομοίωση. Στην Εικόνα 6.2.1 δίνεται το τελικό ισοζύγιο για την συνολική περίοδο προσομοίωσης των 8 ετών. Στο μοντέλο ως εισροές θεωρούνται, η βροχόπτωση (2291 εκ. m³), οι παροχές από το καρστικό που καταλήγουν επιφανειακά στο ποτάμι

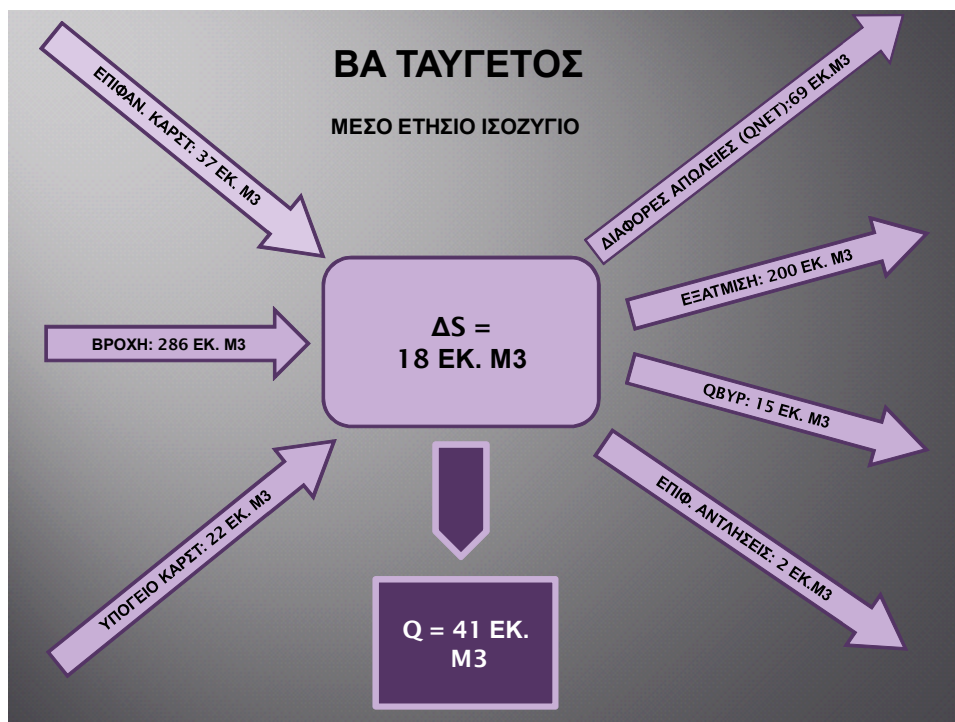
(298 εκ. m³) και οι παροχές από το καρστικό που κατευθύνονται υπόγεια (172 εκ. m³). Εκροές θεωρούνται η εξάτμιση (1599 εκ. m³), οι επιφανειακές αντλήσεις από το ποτάμι – δέσεις (21 εκ. m³), οι διάφορες άλλες απώλειες από το υπόγειο κομμάτι του υδάτινου συστήματος (550 εκ. m³) και οι απώλειες από την προσχωματική ζώνη του ποταμού (121 εκ. m³). Οι συνολικές απώλειες (QBYP+QNET) αποτελούν το 24% των συνολικών εισροών στην υπολεκάνη. Συνολικά, υπολογίζεται ότι αποθηκεύονται στο υδάτινο σύστημα του ποταμού 143 εκ. m³, νερό που αποθηκεύεται είτε στο επιφανειακό κομμάτι, είτε στην ακόρεστη ζώνη, είτε στο υπόγειο διαμέρισμα του υδάτινου σώματός μας.



Εικόνα 6.2.1 – Ισοζύγιο θετίας από την προσομοίωση της υπολεκάνης του BA Ταύγετου.

Από τον ποταμό εκρέουν 327 εκ. m³ νερό κατά την θετία προσομοίωσης. Να σημειώσουμε επιπλέον ότι στην όλη διαδικασία προσομοίωσης, όπως αναφέρουμε και παραπάνω, συμπεριλαμβάνεται και ο παράγοντας των υπόγειων αντλήσεων. Στην συγκεκριμένη περιοχή αυτές ανέρχονται σε 29 εκ. m³. Ωστόσο, ο παράγοντας αυτός δεν υπάρχει στο παραπάνω ισοζύγιο, καθώς στο μοντέλο αρχικά προστείνεται στο διαμέρισμα του εδάφους και στη συνέχεια εξέρχεται από το υπόγειο νερό, κατέχοντας έτσι έναν ρόλο περισσότερο διαχειριστικό.

Παρακάτω παρουσιάζουμε και ένα μέσο ετήσιο ισοζύγιο για την υπολεκάνη του BA Ταύγετου.

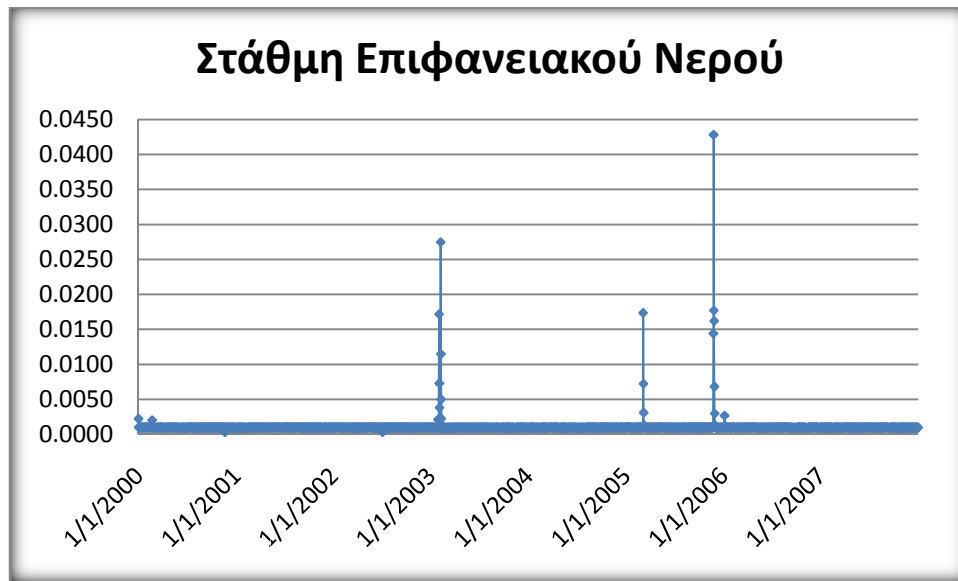


Εικόνα 6.2.2 – Μέσο ετήσιο Ισοζύγιο από την προσομοίωση της υπολεκάνης του ΒΑ Ταύγετου.

Τέλος, παρουσιάζονται τα διαγράμματα με την μεταβολή της στάθμης κατά τη διάρκεια της περιόδου προσομοίωσης για κάθε υδατικό διαμέρισμα του ποταμού.



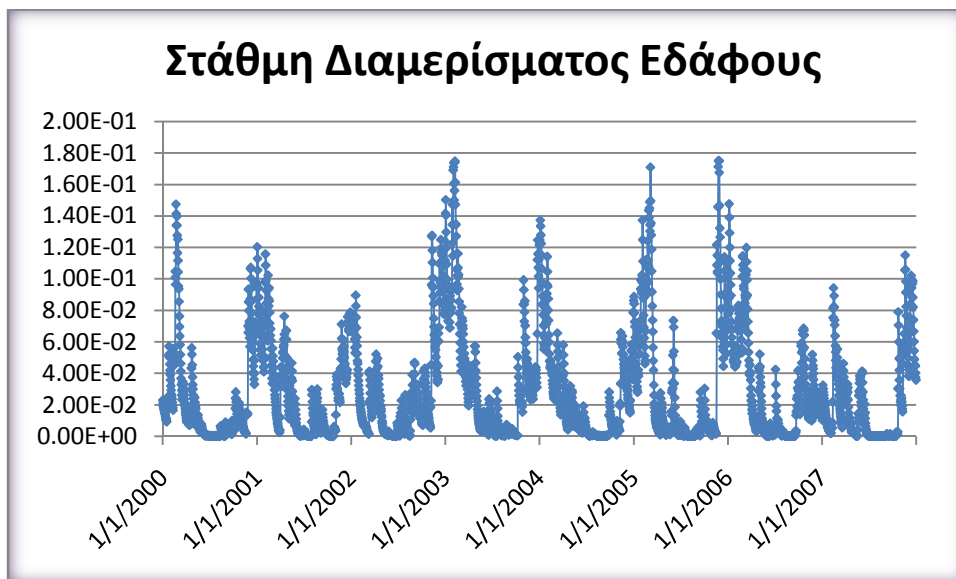
Διάγραμμα 6.2.5 – Στάθμη νερού υπόγειου διαμερίσματος του ποταμού κατά την χρονική διάρκεια της προσομοίωσης.



Διάγραμμα 6.2.6 – Στάθμη επιφανειακού νερού κατά την χρονική διάρκεια της προσομοίωσης.



Διάγραμμα 6.2.7 – Στάθμη νερού του διαμερίσματος της ακόρεστης ζώνης κατά την χρονική διάρκεια της προσομοίωσης.



Διάγραμμα 6.2.8 – Στάθμη του διαμερίσματος εδάφους κατά την χρονική διάρκεια της προσομοίωσης.

6.3 Υπολεκάνη Βορειοδυτικού Πάρνωνα

Η υπολεκάνη αυτή, βρίσκεται στα βορειοανατολικά της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα.



Έχει συνολική έκταση 393 km², εκ των οποίων τα 131 km² αποτελούν καρστική επιφάνεια. Περιέχει τους καρστικούς σχηματισμούς των Καρυών και ενός μέρους του βόρειου Πάρνωνα. Σε ποσοστία μορφή η καρστική επιφάνεια της υπολεκάνης του ΒΔ Πάρνωνα ανέρχεται στο 33% της συνολικής επιφάνειάς της.

ΒΔ ΠΑΡΝΩΝΑΣ		
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (km ²)	393	Το 33% της συνολικής επιφάνειας αποτελεί καρστική επιφάνεια.
ΚΑΡΣΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (km ²)	131	

Πίνακας 6.3.1- Επιφάνειες Υπολεκάνης ΒΔ Πάρνωνα

ΒΔ ΠΑΡΝΩΝΑΣ	
ΚΑΡΣΤΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ (km ²)
ΚΑΡΥΕΣ	37
ΠΑΡΝΩΝΑΣ	94
ΣΥΝΟΛΟ: 131 km ²	

Πίνακας 6.3.2 - Καρστικές Επιφάνειες Υπολεκάνης ΒΔ Πάρνωνα

Η προσομοίωση της υπολεκάνης πραγματοποιήθηκε για 8 χρόνια. Ξεκινάει από το 2000 μέχρι και το 2007, ενώ τα δεδομένα που εισήχθησαν στο μοντέλο κατά την διαδικασία της προσομοίωσης παρουσιάζονται παρακάτω αναλυτικά.

6.3.1 Δεδομένα Βροχόπτωσης

Σύμφωνα με τα πολύγωνα Thiessen η βροχόπτωση της υπολεκάνης του ΒΑ Ταυγέτου υπολογίζεται από το 78% της βροχόπτωσης του σταθμού της Βασαράς, το 21% της βροχόπτωσης του σταθμού Σελλασίας και το 1% του σταθμού Ριβιώτισσας. Στο σύνολο της 8ετίας, που γίνεται η προσομοίωση, η βροχόπτωση ανέρχεται σε 5.99 m. Δηλαδή σε 1569 εκ. m³ στο σύνολο της υπολεκάνης. Παρακάτω ακολουθεί πίνακας σχετικός με την συνολική βροχόπτωση ανά έτος που εισήχθηκε στο μοντέλο, σύμφωνα με τα πολύγωνα Thiessen.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΒΔ ΠΑΡΝΩΝΑ	
ΒΑΣΑΡΑ 78%-ΣΕΛΛΑΣΙΑ 21%-ΡΙΒΙΩΤΙΣΣΑ 1%	
ΕΤΟΣ	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (m)
2000	0.58
2001	0.88
2002	0.90
2003	0.97
2004	0.56
2005	0.91
2006	0.59
2007	0.60
ΣΥΝΟΛΟ	5.99 m

Πίνακας 6.3.3 – Συνολική Βροχόπτωση για την Υπολεκάνη ΒΔ Πάρνωνα κατά την περίοδο προσομοίωσης.



Διάγραμμα 6.3.1 - Συνολική Βροχόπτωση ανά έτος κατά την περίοδο προσομοίωσης για την υπολεκάνη του ΒΔ Πάρνωνα.

6.3.2 Δεδομένα Εξάτμισης

Τα δεδομένα εξάτμισης, που χρησιμοποιήθηκαν στην υπολεκάνη του ΒΔ Πάρνωνα, ήταν κι εδώ αυτά του σταθμού Σελλασίας. Ο σταθμός Βασαράς, παρόλο που συνεισφέρει περισσότερο στην υπολεκάνη, δεν διαθέτει αντίστοιχα δεδομένα, είναι μόνο βροχομετρικός σταθμός. Επομένως, χρησιμοποιούμε τα δεδομένα του

δεύτερου, σε σημαντικότητα, σταθμού της υπολεκάνης. Θεωρούμε ότι η πραγματική εξάτμιση, αποτελεί το 70% της εξάτμισης του πεδίου..

6.3.3 Δεδομένα Θερμοκρασίας

Για τον ίδιο λόγο, παίρνουμε δεδομένα εξάτμισης για την προσομοίωση της υπολεκάνης του ΒΔ Πάρνωνα, από τον σταθμό Σελλασίας, όπως έγινε και με τον ΒΑ Ταΰγετο.

6.3.4 Δεδομένα Καρστικού Μοντέλου

Στην υπολεκάνη του ΒΔ Πάρνωνα ανήκουν τα καρστικά συστήματα των Καρυών και του Βόρειοδυτικού Πάρνωνα.

Πιο συγκεκριμένα, το καρστικό σύστημα των Καρυών συνεισφέρει επιφανειακά, μέσω των ρεμάτων Αραχωβίτικο και Οίνους, στον παραπόταμο Οινούντα ή Κελεφίνα, του ποταμού Ευρώτα. Στο υπόλοιπο κομμάτι του κατευθύνεται υπόγεια. Το καρστικό σύστημα του Βόρειοδυτικού Πάρνωνα τροφοδοτεί πλευρικά τους υδροφόρους των κοκκοδών σχηματισμών του Μέσου ρου του Ευρώτα.

Στο μοντέλο θεωρήσαμε ότι το καρστικό σύστημα των Καρυών κατευθύνεται κατά το 90% του, υπόγεια, ενώ κατά το υπόλοιπο 10% επιφανειακά. Το κομμάτι του καρστικού του Πάρνωνα δε, κατευθύνεται στο 30% του υπόγεια, και στο υπόλοιπο 70% επιφανειακά. Θεωρήσαμε και στο συγκεκριμένο σημείο εξάτμιση της τάξης του 35% του συνόλου τους και από τους δύο καρστικούς σχηματισμούς της υπολεκάνης. Παρακάτω παρουσιάζονται τα δεδομένα των καρστικών παροχών σε πίνακα.

ΠΑΡΟΧΕΣ ΚΑΡΣΤΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ 8ΕΤΙΑ	
ΚΑΡΥΕΣ	ΠΑΡΝΩΝΑΣ
137	225
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΑΡΣΤΙΚΟΥ	
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ	171
ΥΠΟΓΕΙΑ	191
ΣΥΝΟΛΙΚΑ: 362 εκ. m3	

Πίνακας 6.3.4 – Παροχές καρστικού στο σύνολο της περιόδου προσομοίωσης της Υπολεκάνης ΒΔ Πάρνωνα και κατέθυνσή τους.

6.3.5 Δεδομένα Υπόγειων Αντλήσεων

Η συνολική αρδευόμενη επιφάνεια στην υπολεκάνη του ΒΔ Πάρνωνα είναι 6276 στρέμματα. Θεωρούμε ότι για κάθε στρέμμα ετησίως απαιτούνται 500 m³ νερού για τις αρδευτικές ανάγκες της περιοχής. Επομένως η συνολική ποσότητα νερού που καταναλώνεται ετησίως για άρδευση υπολογίζεται περίπου σε 3. 14 εκ. m³.

ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ ΒΔ ΠΑΡΝΩΝΑ	
ΔΗΜΟΙ	ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΗ ΕΚΤΑΣΗ (ΣΤΡΕΜ)
Δ. ΘΕΡΑΠΝΩΝ	338
Δ. ΣΠΑΡΤΗΣ	1287
Δ. ΟΙΝΟΥΝΤΑ	4652
ΣΥΝΟΛΟ: 6276 ΣΤΡΕΜ.	
ΑΡΔΕΥΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ	3.14 ΕΚ. m ³
ΣΥΝΟΛΟ 8ΕΤΙΑΣ: 25 ΕΚ. m ³	

Πίνακας 6.3.5 –Αρδευτική έκταση της Υπολεκάνης ΒΔ Πάρνωνα και απαιτήσεις σε νερό για την περίοδο προσομοίωσης.

6.3.6 Δεδομένα Επιφανειακών Αντλήσεων

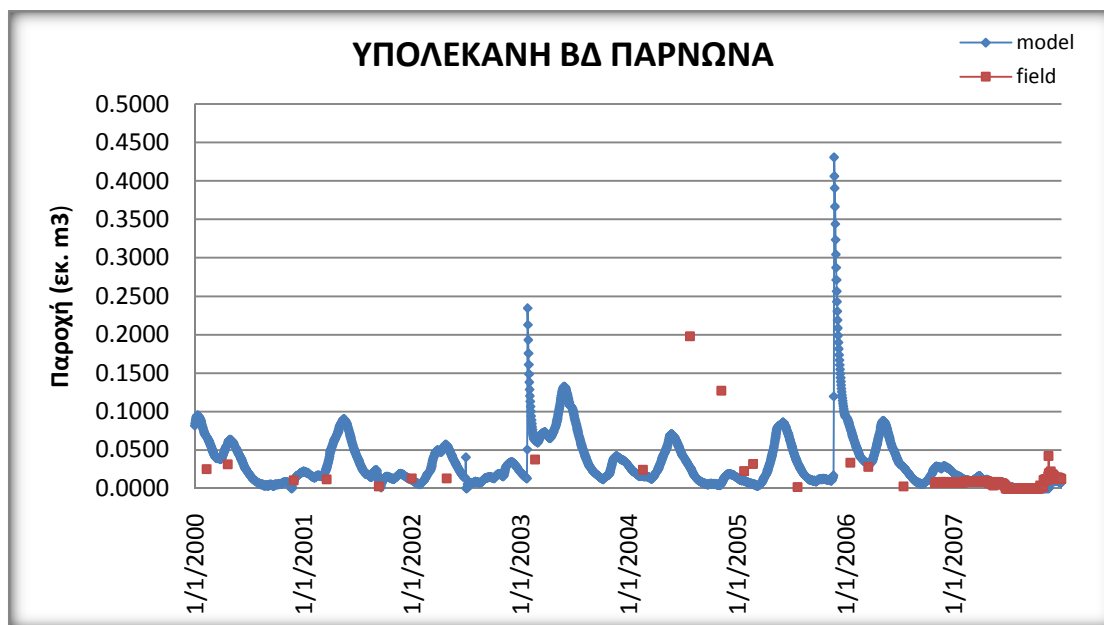
Πέρα από τις υπόγειες αντλήσεις που πραγματοποιούνται στην περιοχή για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών, υπάρχουν και οι απευθείας αντλήσεις από το ποτάμι, μέσω δέσεων, οι οποίες φαίνονται σε πίνακα παρακάτω, για την υπολεκάνη του ΒΔ Πάρνωνα και την περίοδο προσομοίωσής μας

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΑΝΤΛΗΣΕΙΣ - ΔΕΣΕΙΣ	
ΕΤΟΣ	ΕΚ. M3
2000	0.00
2001	0.63
2002	0.00
2003	0.00
2004	0.00
2005	0.00
2006	0.00
2007	3.90
ΣΥΝΟΛΟ: 4.5 ΕΚ. M3	

Πίνακας 6.3.6 –Επιφανειακές αντλήσεις από τον Ευρώτα ανά έτος για την υπολεκάνη του ΒΔ Πάρνωνα.

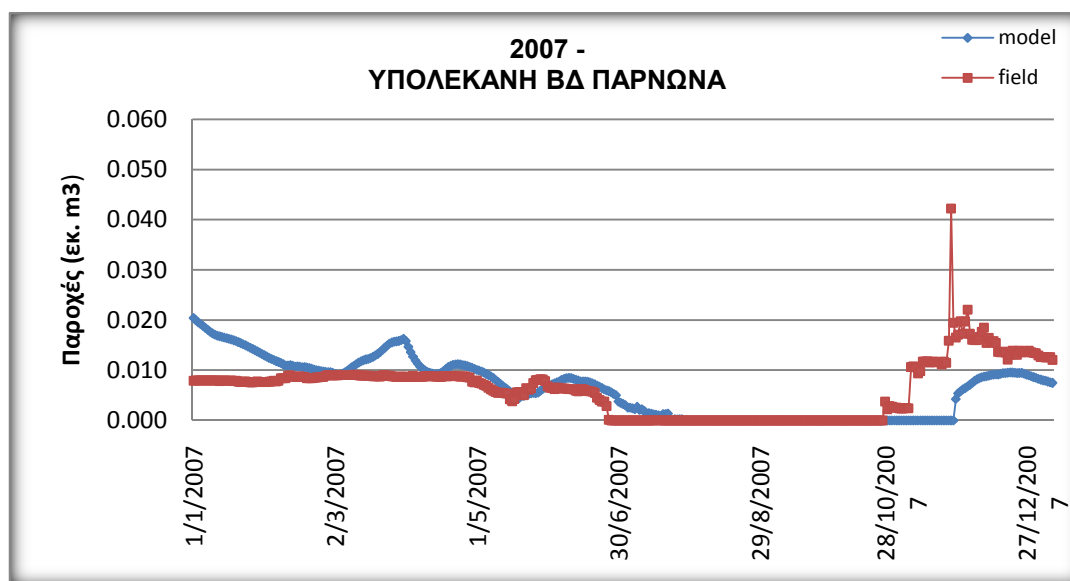
6.3.7 Αποτελέσματα Μοντέλου

Από την μοντελοποίηση της υπολεκάνης προκύπτει το ακόλουθο διάγραμμα:



Διάγραμμα 6.3.2 – Προσομοίωση της υπολεκάνης του ΒΔ Πάρνωνα για την περίοδο 2000 έως και 2007.

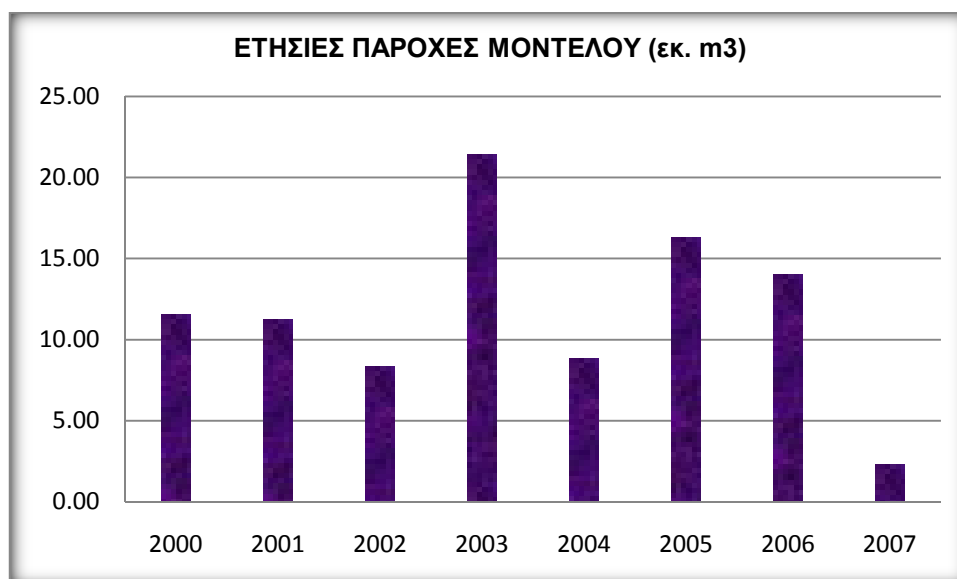
Παρατηρείται έλλειψη δεδομένων παροχής για την υπολεκάνη αυτή. Ωστόσο, τα υπάρχοντα μηνιαία δεδομένα προκύπτουν από το σημείο «Κελεφίνα-στη Θέση Βασαρά» του Ευρώτα. Για το 2007, από το οποίο και έπειτα, έχουμε συνεχόμενα δεδομένα από τοποθετημένο όργανο data logger, προκύπτει ξεχωριστά το ακόλουθο διάγραμμα:



Διάγραμμα 6.3.3 – Προσομοίωση της υπολεκάνης του ΒΔ Πάρνωνα για το έτος 2007.

ΒΔ ΠΑΡΝΩΝΑΣ	
ΕΤΟΣ	ΠΑΡΟΧΗ (εκ. m ³)
2000	11.55
2001	11.23
2002	8.36
2003	21.42
2004	8.87
2005	16.33
2006	14.03
2007	2.33

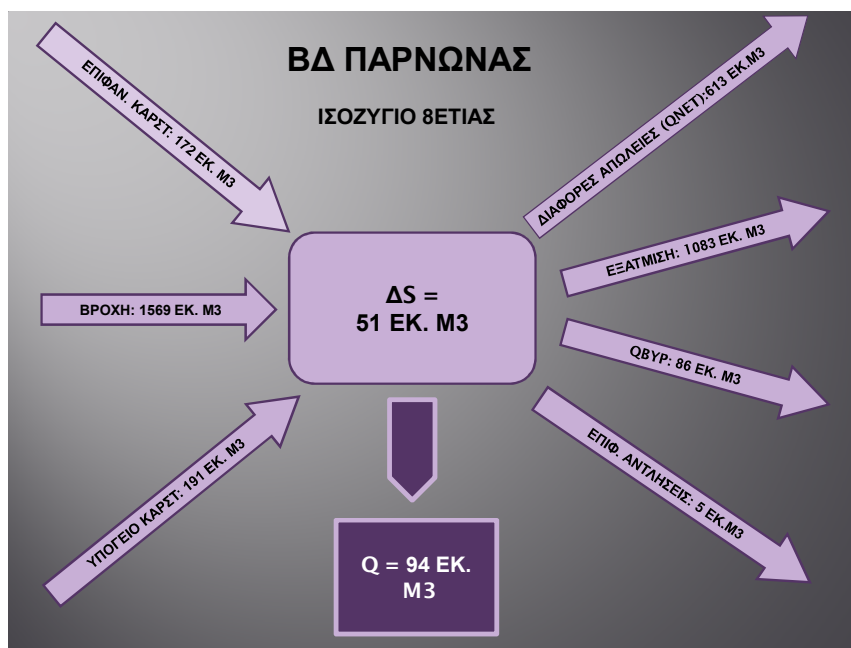
Πίνακας 6.3.7 - Ετήσια παροχή μοντέλου για την υπολεκάνη του ΒΔ Πάρνωνα.



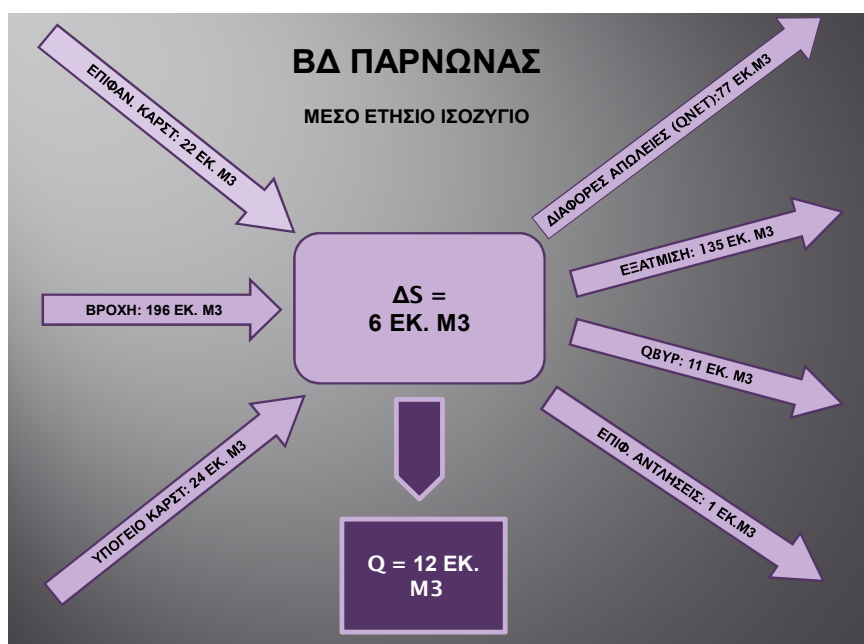
Διάγραμμα 6.3.4 – Ετήσιες παροχές μοντέλου για την λεκάνη απορροής του Ευρώτα.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η ανάλυση του ισοζυγίου από την παραπάνω προσομοίωση. Στην Εικόνα 6.3.1 δίνεται το τελικό ισοζύγιο για την συνολική περίοδο προσομοίωσης των 8 ετών. Στο μοντέλο ως εισροές θεωρούνται, η βροχόπτωση (1569 εκ. m³), οι παροχές από το καρστικό που καταλήγουν επιφανειακά στο ποτάμι (172 εκ. m³) και οι παροχές από το καρστικό που κατευθύνονται υπόγεια (191 εκ. m³). Εκροές θεωρούνται η εξάτμιση (1083 εκ. m³), οι επιφανειακές αντλήσεις από το ποτάμι – δέσεις (5 εκ. m³), οι διάφορες άλλες απώλειες από το υπόγειο κομμάτι του υδάτινου συστήματος (613 εκ. m³) και οι απώλειες από το προσχωματικό κομμάτι του ποταμού (86 εκ. m³). Οι συνολικές απώλειες της 8ετίας, αποτελούν το 36% των συνολικών εισροών στην υπολεκάνη. Συνολικά, υπολογίζεται ότι αποθηκεύονται στο

υδάτινο σύστημα του ποταμού 51 εκ. m³, νερό που αποθηκεύεται είτε στο επιφανειακό κομμάτι, είτε στην ακόρεστη ζώνη, είτε στο υπόγειο διαμέρισμα του υδάτινου σώματός μας. Από το ποτάμι εκρέουν συνολικά 94 εκ. m³. Να σημειώσουμε επιπλέον ότι στην όλη διαδικασία προσομοίωσης, όπως αναφέρουμε και παραπάνω, συμπεριλαμβάνεται και ο παράγοντας των υπόγειων αντλήσεων. Στην συγκεκριμένη περιοχή αυτές ανέρχονται σε 25 εκ. m³. Στην Εικόνα 6.3.2 παρουσιάζεται και ένα μέσο ετήσιο ισοζύγιο της υπολεκάνης.



Εικόνα 6.3.1 – Ισοζύγιο 8ετίας από την προσομοίωση της υπολεκάνης του ΒΔ Πάρνωνα.

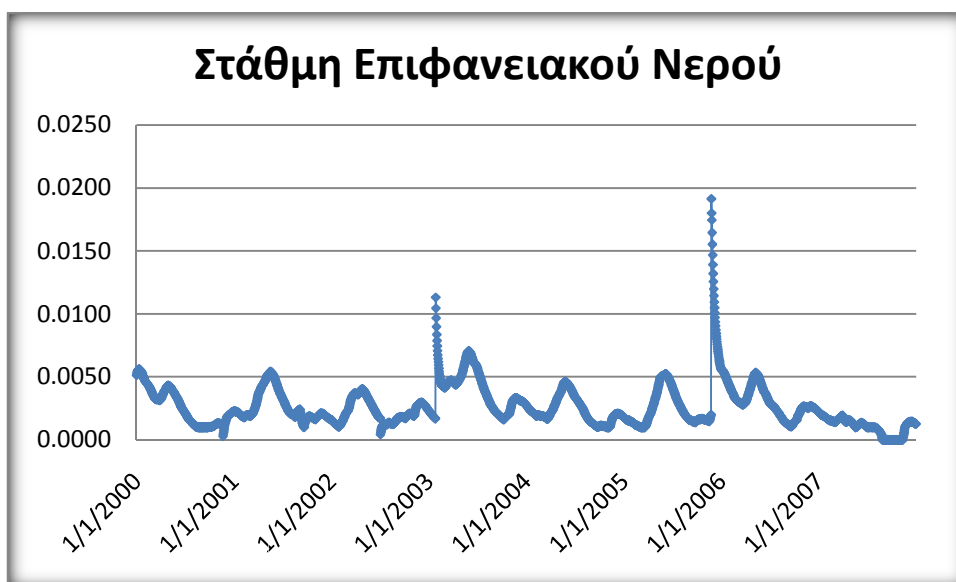


Εικόνα 6.3.2 – Μέσο ετήσιο Ισοζύγιο από την προσομοίωση της υπολεκάνης του ΒΔ Πάρνωνα.

Τέλος, παρουσιάζονται τα διαγράμματα με την μεταβολή της στάθμης κατά τη διάρκεια της περιόδου προσομοίωσης για κάθε ένα υδατικό διαμέρισμα του ποταμού.



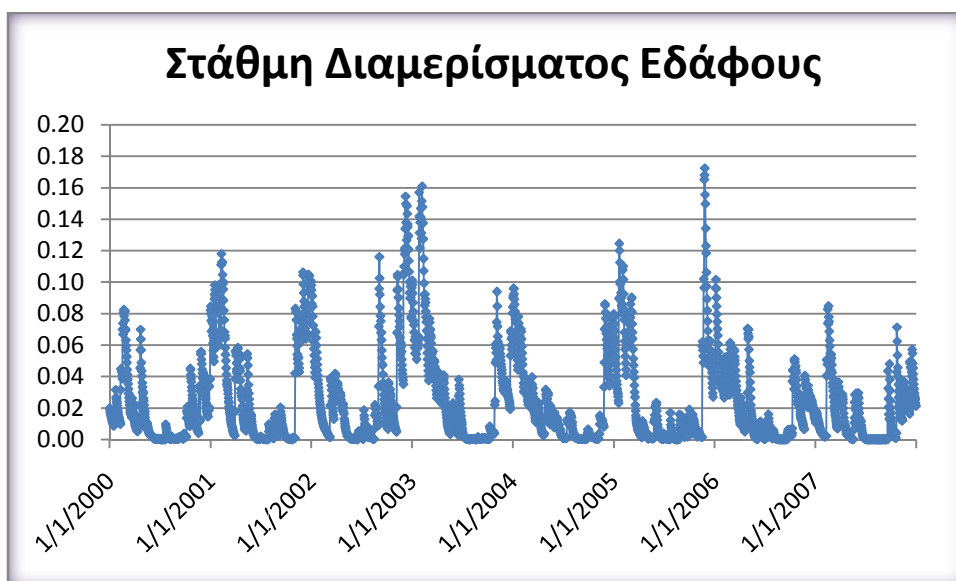
Διάγραμμα 6.3.5 – Στάθμη νερού υπόγειου διαμερίσματος του ποταμού κατά την χρονική διάρκεια της προσομοίωσης.



Διάγραμμα 6.3.6 – Στάθμη επιφανειακού νερού κατά την χρονική διάρκεια της προσομοίωσης.



Διάγραμμα 6.3.7 – Στάθμη νερού του διαμερίσματος της ακόρεστης ζώνης κατά την χρονική διάρκεια της προσομοίωσης.

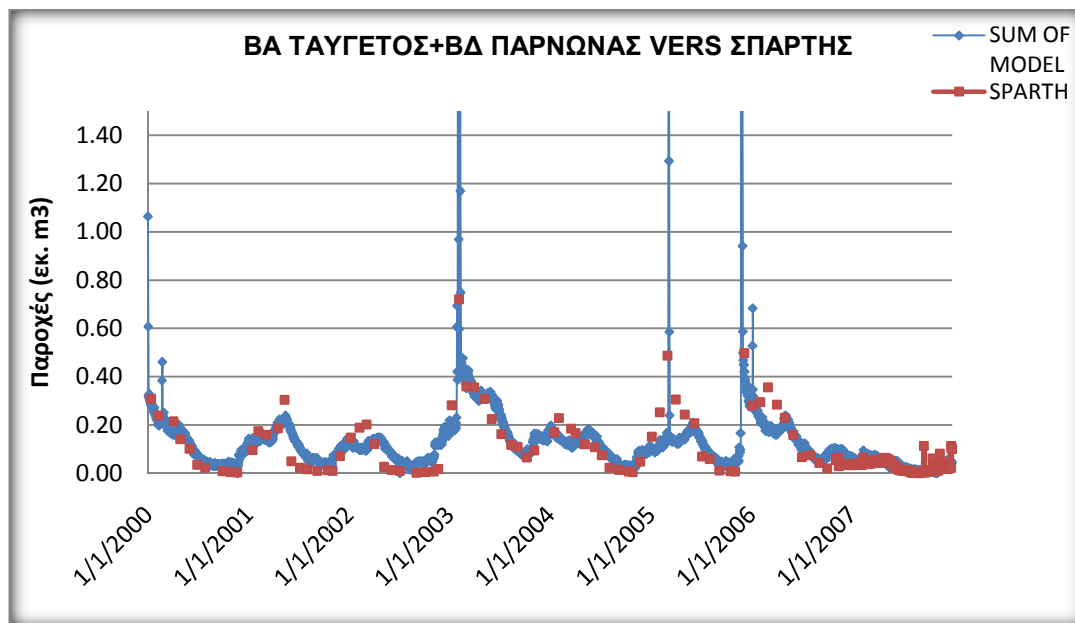


Διάγραμμα 6.3.8 – Στάθμη του διαμερίσματος εδάφους κατά την χρονική διάρκεια της προσομοίωσης

6.4 Σύγκριση ΒΑ Ταΰγετου και ΒΔ Πάρνωνα με Σπάρτη

Στο σημείο αυτό πραγματοποιούμε μια ενδιάμεση σύγκριση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τις δύο υπολεκάνες του ΒΑ Ταΰγετου και του ΒΔ Πάρνωνα, με τις μετρήσεις παροχών του πεδίου, στην περιοχή της Σπάρτης και πιο συγκεκριμένα στο σημείο «Ευρώτας-Στενό Βορδόνιας». Έτσι προκύπτει το

ακόλουθο διάγραμμα από το οποίο φαίνεται ότι τα νερά των δυο άνω υπολεκανών ταυτίζονται σε μεγάλο βαθμό με τις μετρήσεις του πεδίου στη συγκεκριμένη περιοχή.



Διάγραμμα 6.4.1 - Σύνολο Παροχής ΒΑ Ταΰγετου και ΒΔ Πάρνωνα σε σύγκριση με τα δεδομένα πεδίου της Σπάρτης

6.5 Υπολεκάνη ΝΔ Πάρνωνα

Η υπολεκάνη αυτή βρίσκεται στα νοτιοδυτικά της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα και παρακάτω παραθέτουμε τη μορφή της.



Έχει συνολική έκταση 364 km², εκ των οποίων τα 157 km² αποτελούν καρστική επιφάνεια. Περιέχει το κεντρικό κομμάτι από τον καρστικό σχηματισμό του Πάρνωνα. Σε ποσοστιαία μορφή η καρστική επιφάνεια της υπολεκάνης του ΝΔ Πάρνωνα ανέρχεται σε 43% της συνολικής επιφάνειάς της.

ΝΔ ΠΑΡΝΩΝΑΣ		
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (km ²)	364	Το 43% της συνολικής επιφάνειας αποτελεί καρστική επιφάνεια.
ΚΑΡΣΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (km ²)	157	

Πίνακας 6.5.1- Επιφάνειες Υπολεκάνης ΝΔ Πάρνωνα.

ΝΔ ΠΑΡΝΩΝΑΣ	
ΚΑΡΣΤΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ (km ²)
Κ. ΠΑΡΝΩΝΑΣ	157
ΣΥΝΟΛΟ: 157 km ²	

Πίνακας 6.5.2-Καρστικές Επιφάνειες Υπολεκάνης ΝΔ Πάρνωνα.

Η προσομοίωση διαρκεί 8 χρόνια, για τα έτη 200 έως και 2007. Τα δεδομένα που εισήχθησαν στο μοντέλο για την πραγματοποίηση της μοντελοποίησης παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

6.5.1 Δεδομένα Βροχόπτωσης

Σύμφωνα με τα πολύγωνα Thiessen η βροχόπτωση της υπολεκάνης του ΒΔ Πάρνωνα υπολογίζεται από το 58% του σταθμού Βρονταμά, το 12% της βροχόπτωσης του σταθμού Βασαράς και το 30% του σταθμού Ριβιώτισσας. Στο σύνολο της 8ετίας, που γίνεται η προσομοίωση, η βροχόπτωση ανέρχεται σε 5.57 m. Δηλαδή σε 1153 εκ. m³ στο σύνολο της υπολεκάνης. Παρακάτω ακολουθεί πίνακας σχετικός με την συνολική βροχόπτωση ανά έτος που εισήχθηκε στο μοντέλο, σύμφωνα με τα πολύγωνα Thiessen.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΝΔ ΠΑΡΝΩΝΑ	
ΒΡΟΝΤΑΜΑΣ 58% - ΒΑΣΑΡΑ 13% - ΡΙΒΙΩΤΙΣΣΑ 3%	
ΕΤΟΣ	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (m)
2000	0.60
2001	0.72
2002	0.84
2003	0.87
2004	0.58
2005	0.91
2006	0.60
2007	0.45
ΣΥΝΟΛΟ	5.57 m

Πίνακας 6.5.3– Συνολική Βροχόπτωση για την Υπολεκάνη ΝΔ Πάρνωνα κατά την περίοδο προσομοίωσης.



Διάγραμμα 6.5.1 - Συνολική Βροχόπτωση ανά έτος κατά την περίοδο προσομοίωσης για την υπολεκάνη του ΝΔ Πάρνωνα.

6.5.2 Δεδομένα Εξάτμισης

Τα δεδομένα εξάτμισης, που χρησιμοποιήθηκαν στην υπολεκάνη του ΝΔ Πάρνωνα, ήταν αυτά του σταθμού Ριβιώτισσας. Ο σταθμός Βρονταμά, δεν παρέχει αντίστοιχα δεδομένα, καθώς αποτελεί μόνο βροχομετρικό σταθμό. Ομοίως και ο

σταθμός Βασαράς, ο οποίος είναι ο δεύτερος σε σημαντικότητα σταθμός της υπολεκάνης. Θεωρούμε ότι η πραγματική εξάτμιση, αποτελεί το 70% της εξάτμισης του πεδίου. Παρακάτω ακολουθεί πίνακας με την μετρημένη εξάτμιση του πεδίου της υπολεκάνης του ΝΔ Πάρνωνα.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΝΔ ΠΑΡΝΩΝΑ	
ΣΤΑΘΜΟΣ ΡΙΒΙΩΤΙΣΣΑΣ	
ΕΤΟΣ	ΕΞΑΤΜΙΣΗ (m)
2000	0.59
2001	0.67
2002	0.66
2003	0.66
2004	0.59
2005	0.74
2006	0.75
2007	0.87
ΣΥΝΟΛΟ	5.52 m

Πίνακας 6.5.4 – Συνολική μετρημένη Εξάτμιση πεδίου για την Υπολεκάνη ΝΔ Πάρνωνα κατά την περίοδο προσομοίωσης.

6.5.3 Δεδομένα Θερμοκρασίας

Ομοίως με την εξάτμιση, εισάγουμε στο μοντέλο δεδομένα θερμοκρασίας από τον σταθμό Ριβιώτισσας. Έτσι προκύπτει ο παρακάτω πίνακας, ο οποίος δίνει την μέση θερμοκρασία κάθε έτους για την υπολεκάνη του ΝΔ Πάρνωνα και την περίοδο προσομοίωσής μας.

ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΔ ΠΑΡΝΩΝΑ	
ΣΤΑΘΜΟΣ ΡΙΒΙΩΤΙΣΣΑΣ	
ΕΤΟΣ	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (° C)
2000	16.7
2001	17.2
2002	17.1
2003	17.0
2004	14.9
2005	15.7
2006	15.6
2007	17.0

Πίνακας 6.5.5 – Μέση Θερμοκρασία ανά έτος για την Υπολεκάνη ΝΔ Πάρνωνα κατά την περίοδο προσομοίωσης.

6.5.4 Δεδομένα Καρστικού Μοντέλου

Στην υπολεκάνη του ΝΔ Πάρνωνα ανήκει το καρστικό σύστημα του Κεντρικού Πάρνωνα, το οποίο καρστικό σύστημα, τροφοδοτεί πλευρικά τους υδροφόρους των κοκκοδών σχηματισμών του Μέσου και Κάτω ρου του Ευρώτα και τον Βασιλοπόταμο. Στην περιοχή αυτή υπάρχουν πολλοί χείμαρροι με την ονομασία Ξεριάδες. Η ονομασία αυτή προκύπτει από το γεγονός ότι οι χείμαρροι αυτοί, συνεισφέρουν επιφανειακά στο ποτάμι, μόνο σε περιόδους εμφάνισης έντονων βροχοπτώσεων.

Στο μοντέλο θεωρήσαμε ότι το καρστικό σύστημα του Κεντρικού Πάρνωνα κατευθύνεται εξ' ολοκλήρου υπόγεια, κατεβάζει δηλαδή νερό στον Ευρώτα μόνο, κατά τις περιόδους έντονης βροχόπτωσης και αυτό θα φανεί και στο διάγραμμα που προκύπτει από την προσομοίωση της υπολεκάνης, που θα ακολουθήσει πιο κάτω. Εδώ παρουσιάζουμε πίνακες σχετικούς με τις παροχές του καρστικού του Κ. Πάρνωνα και την υπόγεια κατεύθυνσή τους.

ΠΑΡΟΧΕΣ ΚΑΡΣΤΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ 8ΕΤΙΑ	
ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΤΑΥΓΕΤΟΣ	
375 m ³	
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΑΡΣΤΙΚΟΥ	
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ	0 εκ. m ³
ΥΠΟΓΕΙΑ	375 εκ. m ³
ΣΥΝΟΛΙΚΑ: 375 εκ. m ³	

Πίνακας 6.5.6 – Παροχές καρστικού στο σύνολο της περιόδου προσομοίωσης της Υπολεκάνης του ΝΑ Πάρνωνα και κατέθυνση τους.

6.5.5 Δεδομένα Υπόγειων Αντλήσεων

Η συνολική αρδευόμενη επιφάνεια στην υπολεκάνη του ΝΔ Πάρνωνα είναι 37950 στρέμματα. Θεωρούμε ότι για κάθε στρέμμα ετησίως απαιτούνται 500 m³ νερού για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών της περιοχής. Επομένως η συνολική ποσότητα νερού που καταναλώνεται ετησίως για άρδευση υπολογίζεται περίπου σε 18.98 εκ. m³.

ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ ΝΔ ΠΑΡΝΩΝΑ	
ΔΗΜΟΙ	ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΗ ΕΚΤΑΣΗ (ΣΤΡΕΜ)
Δ. ΓΕΡΟΝΘΡΩΝ	12878
Δ. ΘΕΡΑΠΝΩΝ	16549
Δ. ΣΚΑΛΑΣ	7236
Δ. ΣΠΑΡΤΗΣ	1287
ΣΥΝΟΛΟ: 37950 ΣΤΡΕΜ.	
ΑΡΔΕΥΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ	18.98 εκ. m ³
ΣΥΝΟΛΟ 8ΕΤΙΑΣ: 152 εκ. m ³	

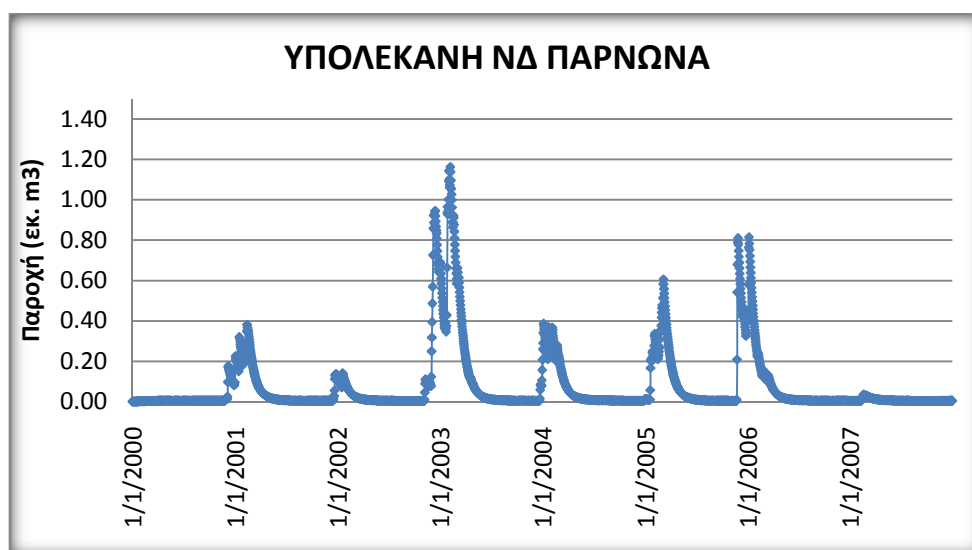
Πίνακας 6.5.7 –Αρδευτική έκταση της Υπολεκάνης ΝΔ Πάρνωνα και απαιτήσεις σε νερό για την περίοδο προσομοίωσης.

6.5.6 Δεδομένα Επιφανειακών Αντλήσεων

Πέρα από τις υπόγειες αντλήσεις που πραγματοποιούνται στην περιοχή για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών, υπάρχουν και οι απευθείας αντλήσεις από το ποτάμι, μέσω δέσεων, όπου για την υπολεκάνη του ΝΔ Πάρνωνα είναι μηδενικές.

6.5.7 Αποτελέσματα Μοντέλου

Από την μοντελοποίηση της υπολεκάνης του ΝΔ Πάρνωνα προκύπτει το ακόλουθο διάγραμμα:

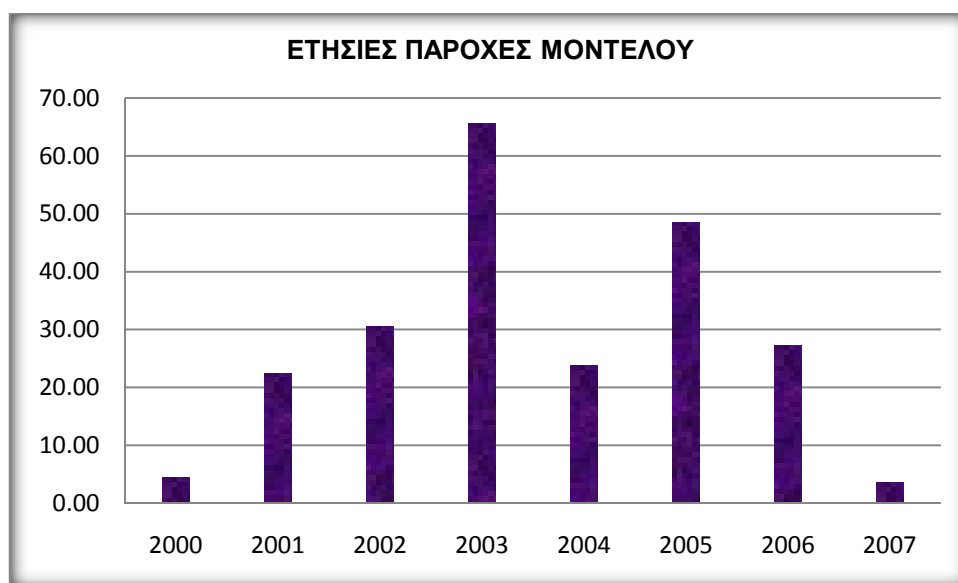


Διάγραμμα 6.5.2 – Προσομοίωση της υπολεκάνης του ΒΔ Πάρνωνα για την περίοδο 2000 έως και 2007.

Στη συγκεκριμένη περιοχή δεν υπάρχουν μετρήσεις παροχής πεδίου, για να πραγματοποιηθεί καλύτερη προσομοίωση, ωστόσο όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, παρατηρούμε ότι το ποτάμι στην συγκεκριμένη περιοχή, παραμένει ξηρό για το σύνολο της περιόδου προσομοίωσης, ενώ γεμίζει απότομα, στα πιθανά φαινόμενα υψηλής βροχόπτωσης.

ΝΔ ΠΑΡΝΩΝΑΣ	
ΕΤΟΣ	ΠΑΡΟΧΕΣ (εκ. m3)
2000	4.44
2001	22.50
2002	30.51
2003	65.67
2004	23.78
2005	48.59
2006	27.25
2007	3.59

Πίνακας 6.5.8 – Ετήσιες παροχές μοντέλου για την λεκάνη του Ευρώτα

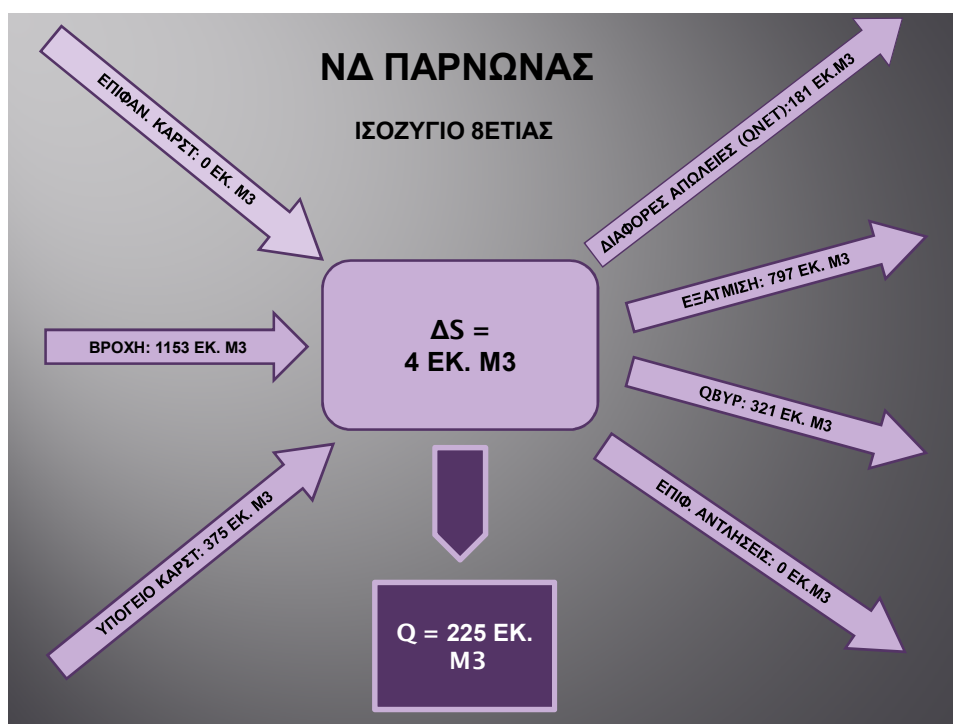


Διάγραμμα 6.5.3 – Ετήσιες παροχές μοντέλου για την λεκάνη απορροής του Ευρώτα.

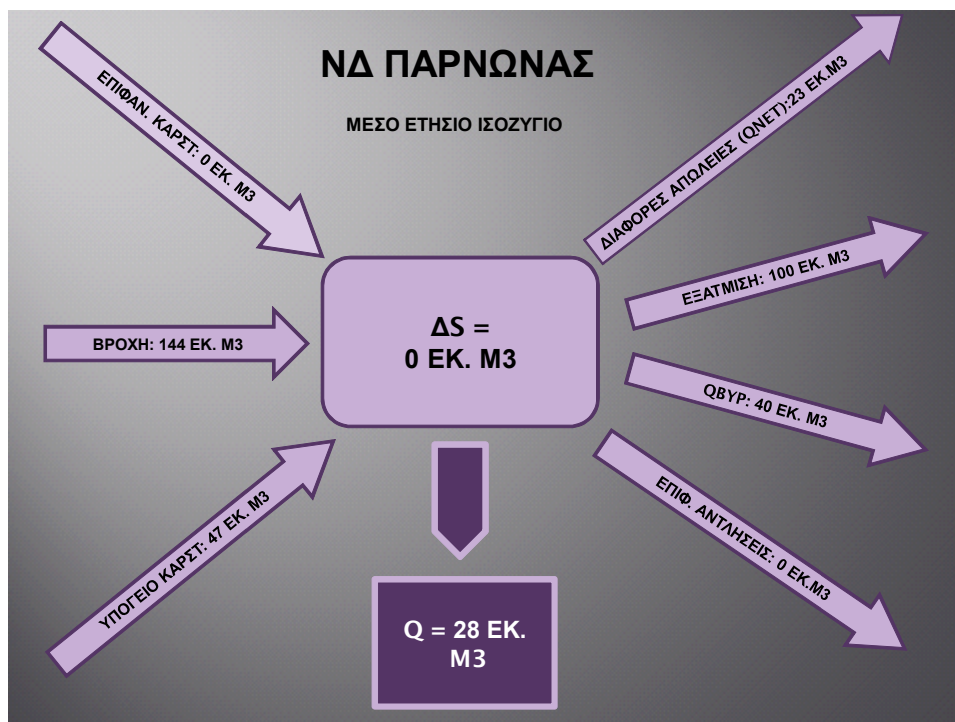
Παρουσιάζεται στη συνέχεια η ανάλυση του ισοζυγίου από την παραπάνω προσομοίωση. Στην Εικόνα 6.5.1 δίνεται το τελικό ισοζύγιο για την συνολική περίοδο προσομοίωσης των 8 ετών. Στο μοντέλο ως εισροές θεωρούνται, η βροχόπτωση (1153 εκ. m³), οι παροχές από το καρστικό που καταλήγουν επιφανειακά στο ποτάμι

(0 εκ. m³) και οι παροχές από το καρστικό που κατευθύνονται υπόγεια (375 εκ. m³). Εκροές θεωρούνται η εξάτμιση (797 εκ. m³), οι επιφανειακές αντλήσεις από το ποτάμι – δέσεις (0 εκ. m³), οι διάφορες άλλες απώλειες από το υπόγειο κομμάτι του υδάτινου συστήματος (181 εκ. m³) και οι απώλειες από το προσχωματικό κομμάτι του ποταμού QBYP (321 εκ. m³). Συνολικά, υπολογίζεται ότι αποθηκεύονται στο υδάτινο σύστημα του ποταμού 4 εκ. m³, νερό που αποθηκεύεται είτε στο επιφανειακό κομμάτι, είτε στην ακόρεστη ζώνη, είτε στο υπόγειο διαμέρισμα του υδάτινου σώματός μας. Από το ποτάμι εκρέουν συνολικά 225 εκ. m³ νερό κατά την 8ετία προσομοίωσης. Να σημειώσουμε επιπλέον ότι στην όλη διαδικασία προσομοίωσης, όπως αναφέρουμε και παραπάνω, συμπεριλαμβάνεται και ο παράγοντας των υπόγειων αντλήσεων. Στην συγκεκριμένη περιοχή αυτές ανέρχονται σε 152 εκ. m³.

Η Εικόνα 6.5.2 αποτελεί το μέσο ετήσιο ισοζύγιο της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα.

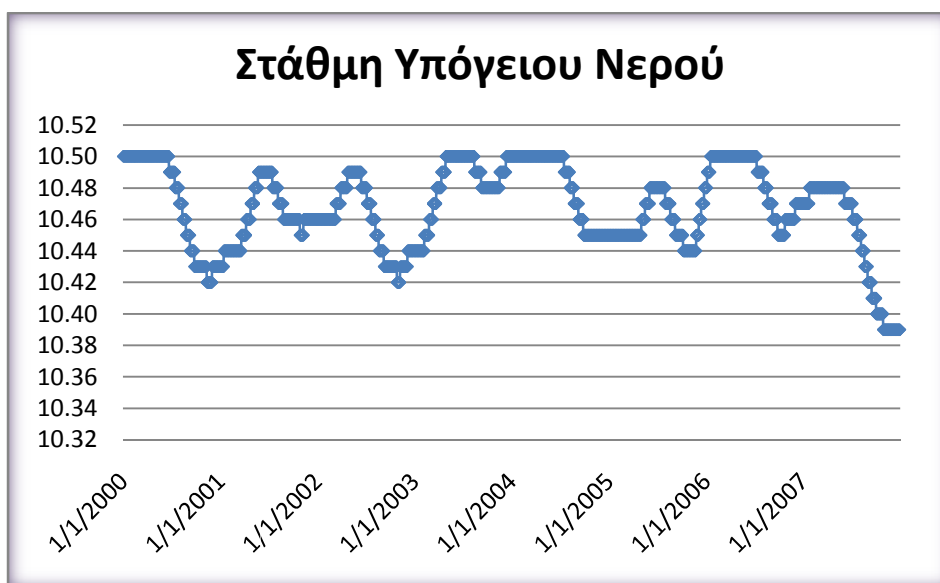


Εικόνα 6.5.1 – Ισοζύγιο 8ετίας από την προσομοίωση της υπολεκάνης του ΝΔ Πάρνωνα.

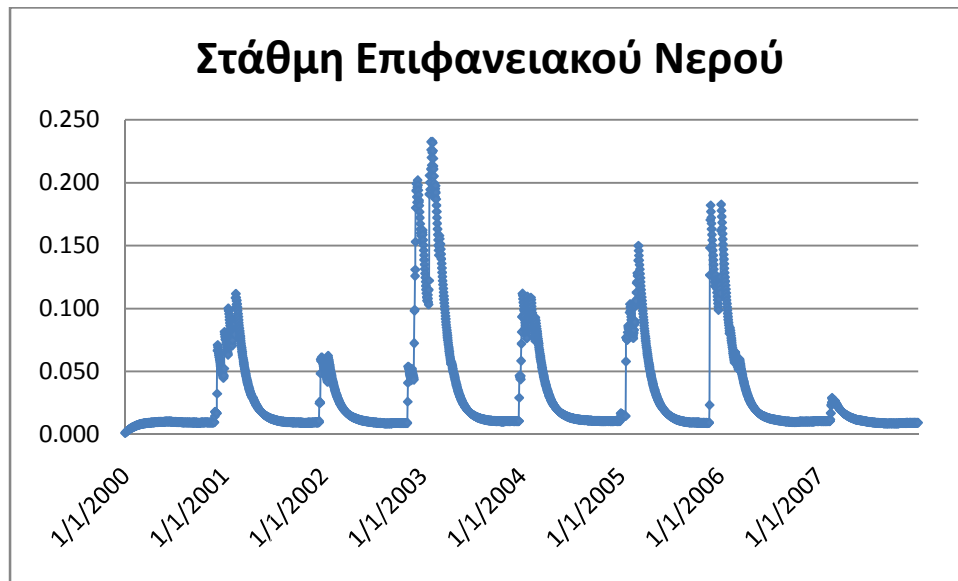


Εικόνα 6.5.2 – Μέσο ετήσιο Ισοζύγιο από την προσομοίωση της υπολεκάνης του ΝΑ Πάρνωνα.

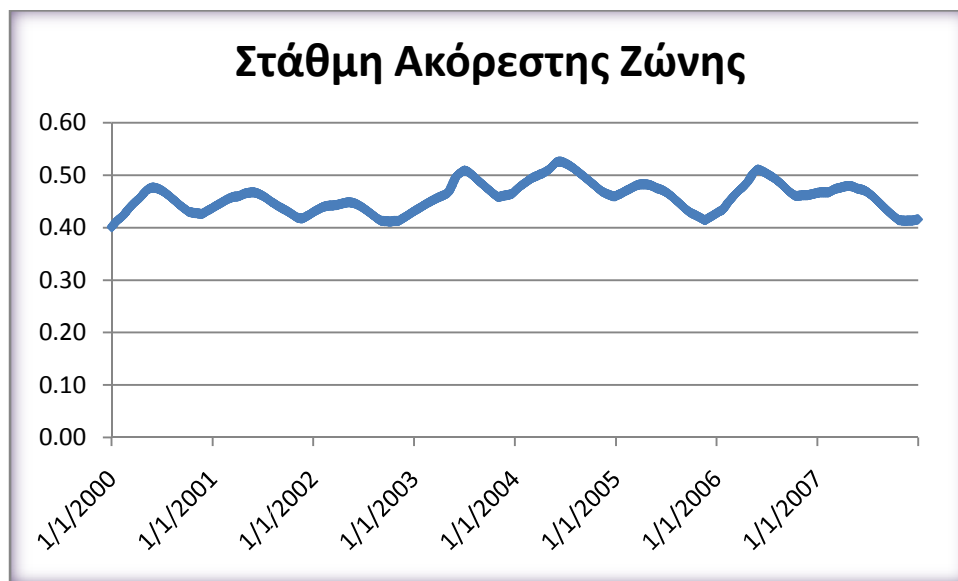
Τέλος, παρουσιάζονται τα διαγράμματα με την μεταβολή της στάθμης κατά τη διάρκεια της περιόδου προσομοίωσης για κάθε υδατικό διαμέρισμα του ποταμού.



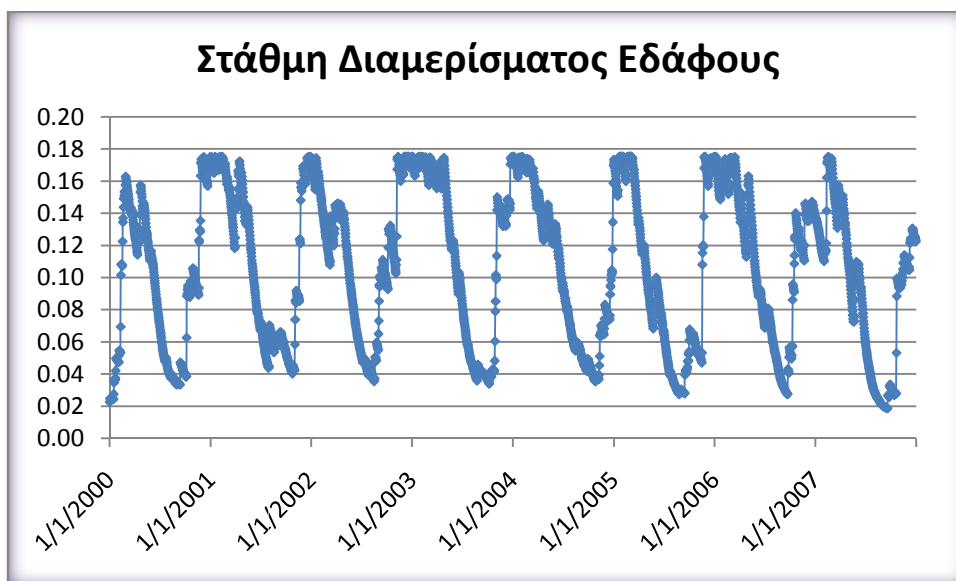
Διάγραμμα 6.5.4 – Στάθμη νερού υπόγειου διαμερίσματος του ποταμού κατά την χρονική διάρκεια της προσομοίωσης.



Διάγραμμα 6.5.5 – Στάθμη επιφανειακού νερού κατά την χρονική διάρκεια της προσομοίωσης.



Διάγραμμα 6.5.6 – Στάθμη νερού του διαμερίσματος της ακόρεστης ζώνης κατά την χρονική διάρκεια της προσομοίωσης.



Διάγραμμα 6.5.7 – Στάθμη του διαμερίσματος εδάφους κατά την χρονική διάρκεια της προσομοίωσης.

6.6 Υπολεκάνη Κεντρικού Ταΰγετου

Η υπολεκάνη του Κεντρικού Ταΰγετου, βρίσκεται στα κεντρικά και δυτικά της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα. Παρακάτω φαίνεται μορφή της. Έχει συνολική έκταση 415 km², εκ των οποίων τα 178 km² αποτελούν καρστική επιφάνεια.



Περιέχει το καρστικό σύστημα του Κεντρικού Ταΰγετου. Σε ποσοστία μορφή η καρστική επιφάνεια της υπολεκάνης του ΒΑ Ταύγετου ανέρχεται σε 43% της συνολικής επιφάνειάς της.

ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΤΑΥΓΕΤΟΣ		
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (km ²)	414	Το 43% της συνολικής επιφάνειας αποτελεί καρστική επιφάνεια.
ΚΑΡΣΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (km ²)	178	

Πίνακας 6.6.1- Επιφάνειες Υπολεκάνης Κεντρικού Ταύγετου

ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΤΑΥΓΕΤΟΣ	
ΚΑΡΣΤΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ (km ²)
Κ. ΤΑΥΓΕΤΟΣ	178
ΣΥΝΟΛΟ: 178 km ²	

Πίνακας 6.6.2-Καρστικές Επιφάνειες Υπολεκάνης Κεντρικού Ταύγετου

Η προσομοίωση της υπολεκάνης πραγματοποιήθηκε για 8 χρόνια. Η περίοδος προσομοίωσης ξεκινάει από το 2000 μέχρι και το 2007, ενώ τα δεδομένα που εισήχθησαν στο μοντέλο κατά την διαδικασία της προσομοίωσης παρουσιάζονται παρακάτω αναλυτικά.

6.6.1 Δεδομένα Βροχόπτωσης

Σύμφωνα με τα πολύγωνα Thiessen η βροχόπτωση της υπολεκάνης του Κεντρικού Ταύγετου υπολογίζεται από το 52% της βροχόπτωσης του σταθμού της Ριβιώτισσας, το 20% αυτής του σταθμού Περιβολίων, το 18% της βροχόπτωσης του σταθμού Πετρίνα, το 5% της Σελλασίας και το 4% του Βρονταμά. Στο σύνολο της θετίας, που γίνεται η προσομοίωση, η βροχόπτωση ανέρχεται σε 7.44 m. Δηλαδή σε 1769 εκ. m³ στο σύνολο της υπολεκάνης. Παρακάτω ακολουθεί πίνακας σχετικός με την συνολική βροχόπτωση ανά έτος που εισήχθηκε στο μοντέλο, σύμφωνα με τα πολύγωνα Thiessen.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΤΑΥΓΕΤΟΥ	
ΡΙΒΙΩΤΙΣΣΑ 52% - ΠΕΡΙΒΟΛΙΑ 20% - ΠΕΤΡΙΝΑ 18% - ΣΕΛΛΑΣΙΑ 5% - ΒΡΟΝΤΑΜΑΣ 4%	
ΕΤΟΣ	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (m)
2000	0.80
2001	0.94
2002	0.93
2003	1.22
2004	0.73
2005	1.35
2006	0.77
2007	0.72
ΣΥΝΟΛΟ	7.44 m

Πίνακας 6.6.3 – Συνολική Βροχόπτωση για την Υπολεκάνη Κεντρικού Ταύγετου κατά την περίοδο προσομοίωσης.



Διάγραμμα 6.6.1 - Συνολική Βροχόπτωση ανά έτος κατά την περίοδο προσομοίωσης για την υπολεκάνη του Κεντρικού Ταύγετου.

6.6.2 Δεδομένα Εξάτμισης

Τα δεδομένα εξάτμισης, που χρησιμοποιήθηκαν στην υπολεκάνη του Κεντρικού Ταύγετου, ήταν αυτά του σταθμού Ριβιώτισσας, καθώς ο σταθμός αυτός

κατέχει το μεγαλύτερο βάρος στην υπολεκάνη. Θεωρούμε ότι η πραγματική εξάτμιση, αποτελεί το 70% της εξάτμισης του πεδίου. Παρακάτω ακολουθεί πίνακας με την μετρημένη εξάτμιση του πεδίου της υπολεκάνης του Κεντρικού Ταύγετου.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΤΑΥΓΕΤΟΥ	
ΣΤΑΘΜΟΣ ΡΙΒΙΩΤΙΣΣΑΣ	
ΕΤΟΣ	ΕΞΑΤΜΙΣΗ (m)
2000	0.59
2001	0.67
2002	0.66
2003	0.66
2004	0.59
2005	0.74
2006	0.75
2007	0.87
ΣΥΝΟΛΟ	5.52 m

Πίνακας 6.6.4 – Συνολική μετρημένη Εξάτμιση στο πεδίο για την Υπολεκάνη Κεντρικού Ταύγετου κατά την περίοδο προσομοίωσης.

6.6.3 Δεδομένα Θερμοκρασίας

Ομοίως με την εξάτμιση, εισάγουμε στο μοντέλο δεδομένα θερμοκρασίας από τον σταθμό Ριβιώτισσας. Έτσι προκύπτει ο παρακάτω πίνακας, ο οποίος δίνει την μέση θερμοκρασία κάθε έτους για την υπολεκάνη του Κεντρικού Ταύγετου και την περίοδο προσομοίωσής μας.

ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΤΑΥΓΕΤΟΥ	
ΣΤΑΘΜΟΣ ΡΙΒΙΩΤΙΣΣΑΣ	
ΕΤΟΣ	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (° C)
2000	16.7
2001	17.2
2002	17.1
2003	17.0
2004	14.9
2005	15.7
2006	15.6
2007	17.0

Πίνακας 6.6.5 – Μέση Θερμοκρασία ανά έτος για την Υπολεκάνη Κεντρικού Ταύγετου κατά την περίοδο προσομοίωσης.

6.6.4 Δεδομένα Καρστικού Μοντέλου

Στην υπολεκάνη του Κεντρικού Ταύγετου ανήκει το καρστικό σύστημα του Κεντρικού Ταύγετου, το οποίο ρέει, κατά το μεγαλύτερο μέρος του, επιφανειακά μέσω των πηγών Τρύπης, Αγίου Ιωάννη, Καταγιάννη, Παρορίου, Κρυονερίου, Διποτάμων, Κρύας Βρύσης και άλλων μικρότερων πηγών, στον Ευρώτα. Τροφοδοτεί, δε, πλευρικά τους κοκκώδεις σχηματισμούς του Κεντρικού Λακωνικού Πεδίου. Το καρστικό του Κεντρικού Ταύγετου, αποτελεί το 66% του συνολικού καρστικού του Ταύγετου, από το οποίο θεωρήσαμε ότι το 35% εξατμίζεται λόγω φυτοκάλυψης στην περιοχή. Στο μοντέλο θεωρήσαμε ότι το 80% του καρστικού του Κεντρικού Ταύγετου κατευθύνεται επιφανειακά και το υπόλοιπο 20%, υπόγεια.

ΠΑΡΟΧΕΣ ΚΑΡΣΤΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ 8ΕΤΙΑ (εκ. m ³)	
ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΤΑΥΓΕΤΟΣ	
709	
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΑΡΣΤΙΚΟΥ	
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ	638 εκ. m ³
ΥΠΟΓΕΙΑ	71 εκ. m ³
ΣΥΝΟΛΙΚΑ: 709 εκ. m ³	

Πίνακας 6.6.7 – Παροχές καρστικού στο σύνολο της περιόδου προσομοίωσης της Υπολεκάνης Κεντρικού Ταύγετου και κατέθυνση τους.

6.6.5 Δεδομένα Υπόγειων Αντλήσεων

Η συνολική αρδευόμενη επιφάνεια στην υπολεκάνη του Κεντρικού Ταύγετου είναι 54.707 στρέμματα. Επομένως η συνολική ποσότητα νερού που καταναλώνεται ετησίως για άρδευση υπολογίζεται περίπου σε 27.35 εκ. m³.

ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΤΑΥΓΕΤΟΥ	
ΔΗΜΟΙ	ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΗ ΕΚΤΑΣΗ (ΣΤΡΕΜ)
Δ. ΚΡΟΚΕΩΝ	453.36
Δ. ΜΥΣΤΡΑ	15607
Δ. ΣΠΑΡΤΗΣ	23157.9
Δ. ΦΑΡΙΔΟΣ	15488.8
ΣΥΝΟΛΟ: 54707 ΣΤΡΕΜ.	
ΑΡΔΕΥΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ	27.35 εκ. m ³
ΣΥΝΟΛΟ 8ΕΤΙΑΣ: 219 εκ. m ³	

Πίνακας 6.6.8–Αρδευτική έκταση της Υπολεκάνης Κεντρικού Ταύγετου και απαιτήσεις σε νερό για την περίοδο προσομοίωσης.

6.6.6 Δεδομένα Επιφανειακών Αντλήσεων

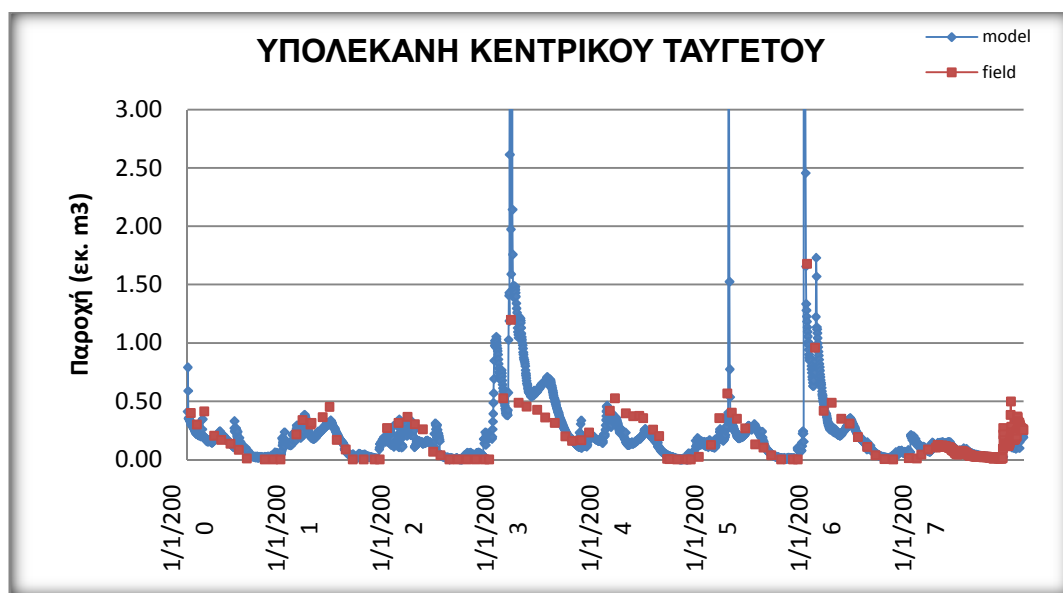
Πέρα από τις υπόγειες αντλήσεις που πραγματοποιούνται στην περιοχή για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών, υπάρχουν και οι απευθείας αντλήσεις από το ποτάμι, μέσω δέσεων, οι οποίες φαίνονται σε πίνακα παρακάτω, για την υπολεκάνη του Κεντρικού Ταύγετου και την περίοδο προσομοίωσης μας.

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΑΝΤΛΗΣΕΙΣ ΔΕΣΕΙΣ	
ΕΤΟΣ	ΕΚ. Μ3
2000	6.5
2001	20.4
2002	21.8
2003	0.0
2004	15.2
2005	20.4
2006	21.9
2007	0.0
ΣΥΝΟΛΟ: 106.2 ΕΚ. Μ3	

Πίνακας 6.6.9 –Επιφανειακές αντλήσεις από τον Ευρώτα ανά έτος.

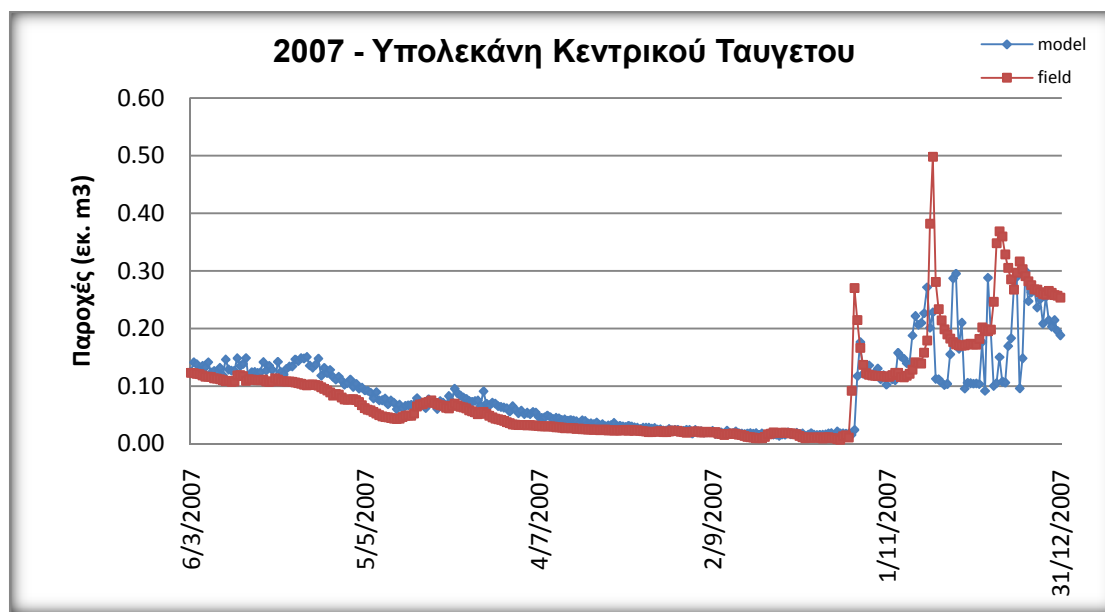
6.6.7 Αποτελέσματα Μοντέλου

Από την μοντελοποίηση της υπολεκάνης προκύπτει το ακόλουθο διάγραμμα:



Διάγραμμα 6.6.2 – Προσομοίωση της υπολεκάνης του Κεντρικού Ταύγετου για την περίοδο 2000 έως και 2007.

Για το 2007, όπου έχουμε ξεχωριστά ημερήσια δεδομένα, προκύπτει το ακόλουθο διάγραμμα. Το διάστημα από 1/1/2007 έως και 5/3/2007, δεν συμπεριλάβαμε τα δεδομένα του data logger και αυτό επειδή οι τιμές δεν ήταν αξιόπιστες. Το διάστημα αυτό προσομοιώσαμε την υπολεκάνη μας, σύμφωνα με τα μηνιαία δεδομένα που είχαμε και για τις 6/3/2007 και έπειτα, συνεχίσαμε με τις ημερήσιες τιμές παροχής.



Διάγραμμα 6.6.3 – Προσομίωση της υπολεκάνη του Κεντρικού Ταύγету για το έτος 2007.

Η μπλέ γραμμή παριστάνει τις παροχές του μοντέλου ενώ η κόκκινη τις μετρήσεις του πεδίου. Οι μηνιαίες τιμές του μοντέλου προέρχονται από την τοποθεσία «Βρονταμάς». Στη συνέχεια τα δεδομένα τα ημερήσια, προέρχονται από το data logger, που τοποθετήθηκε το 2007, στη θέση αυτή.

ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΤΑΥΓΕΤΟΣ	
ΕΤΟΣ	ΠΑΡΟΧΕΣ (εκ. m3)
2000	49.63
2001	56.26
2002	61.39
2003	212.68
2004	52.52
2005	168.54
2006	76.82
2007	33.12

Πίνακας 6.6.10 – Ετήσιες παροχές μοντέλου του ποταμού Ευρώτα

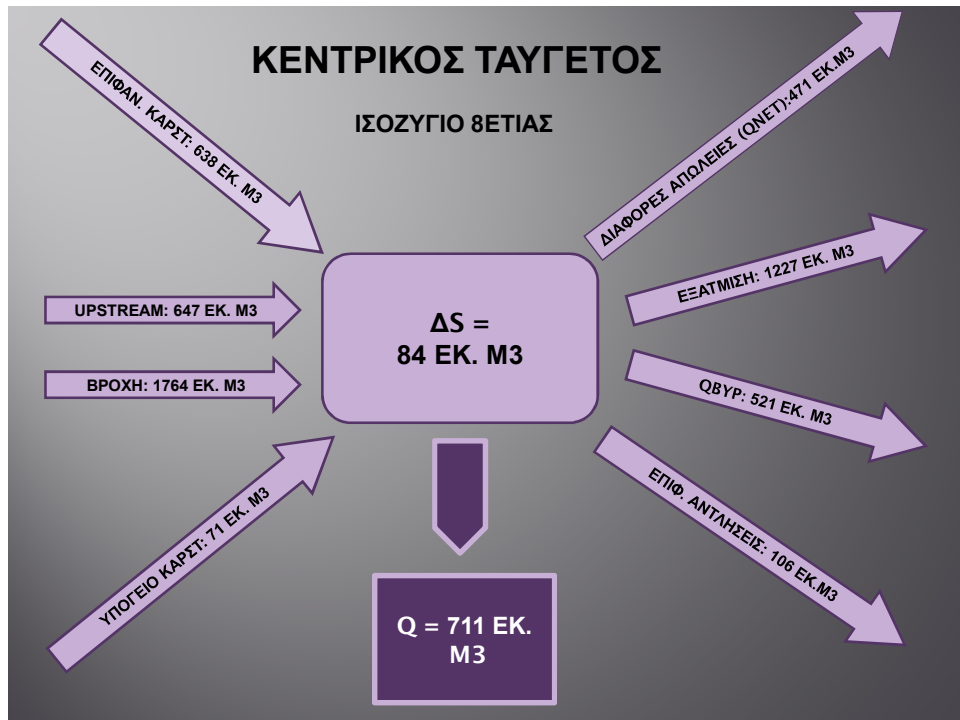


Διάγραμμα 6.6.4 – Ετήσιες παροχές μοντέλου για τον ποταμό Ευρώτα

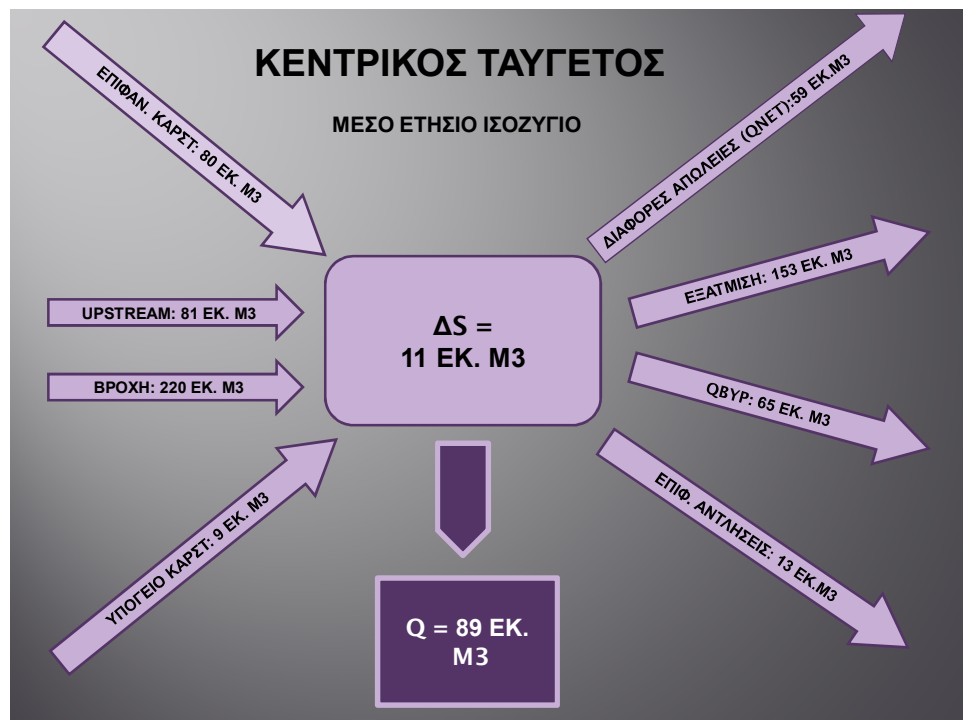
Στη συνέχεια, στην Εικόνα 6.6.1 παρουσιάζεται η ανάλυση του ισοζυγίου από την παραπάνω προσομοίωση και για την συνολική περίοδο προσομοίωσης των 8 ετών. Στο μοντέλο ως εισροές θεωρούνται, η βροχόπτωση (1764 εκ. m³), οι παροχές από το καρστικό του Κεντρικού Ταΰγετου, που καταλήγουν επιφανειακά στο ποτάμι (638 εκ. m³) και οι παροχές από το καρστικό που κατευθύνονται υπόγεια (71 εκ. m³). Εκροές θεωρούνται η εξάτμιση (1227 εκ. m³), οι επιφανειακές αντλήσεις από το ποτάμι – δέσεις (106 εκ. m³), οι διάφορες άλλες απώλειες από το υπόγειο κομμάτι του υδάτινου συστήματος (471 εκ. m³) και οι απώλειες από το προσχωματικό κομμάτι του ποταμού, QBYP (521 εκ. m³). Οι απώλειες αυτές αποτελούν το 32% των συνολικών εισροών στην υπολεκάνη. Συνολικά, υπολογίζεται ότι αποθηκεύονται στο υδάτινο σύστημα του ποταμού 84 εκ. m³ νερό που αποθηκεύεται είτε στο επιφανειακό κομμάτι, είτε στην ακόρεστη ζώνη, είτε στο υπόγειο διαμέρισμα του υδάτινου σώματός μας.

Από τον ποταμό εκρέουν επίσης και 711 εκ. m³ νερό κατά την 8ετία προσομοίωσης. Να σημειώσουμε επιπλέον ότι στην όλη διαδικασία προσομοίωσης, όπως αναφέρουμε και παραπάνω, συμπεριλαμβάνεται και ο παράγοντας των υπόγειων αντλήσεων. Στην συγκεκριμένη περιοχή αυτές ανέρχονται σε 219 εκ. m³.

Στην Εικόνα 6.6.2 παρουσιάζουμε ένα μέσο ετήσιο ισοζύγιο της υπολεκάνης αυτής.

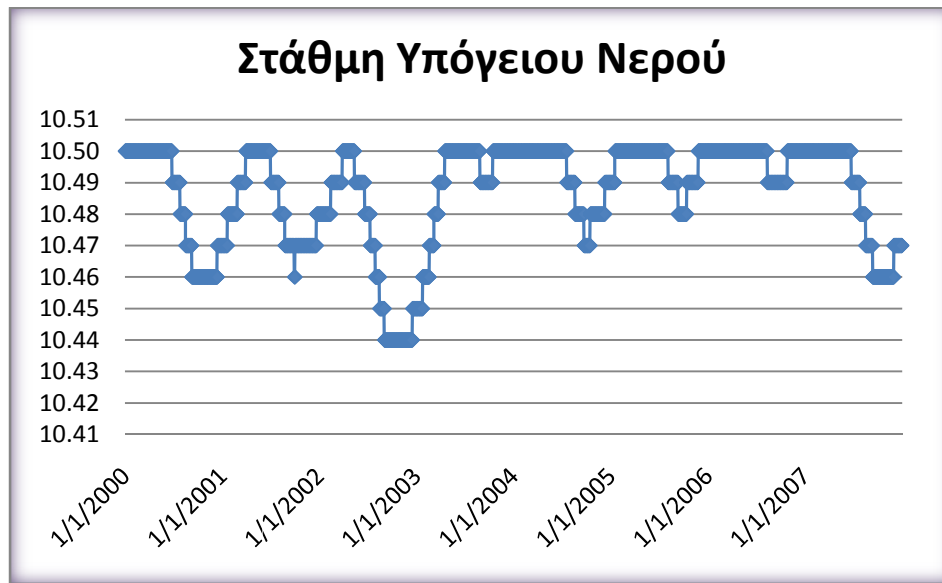


Εικόνα 6.6.1 – Ισοζύγιο 8ετίας από την προσομοίωση της υπολεκάνης του Κεντρικού Ταύγετου.

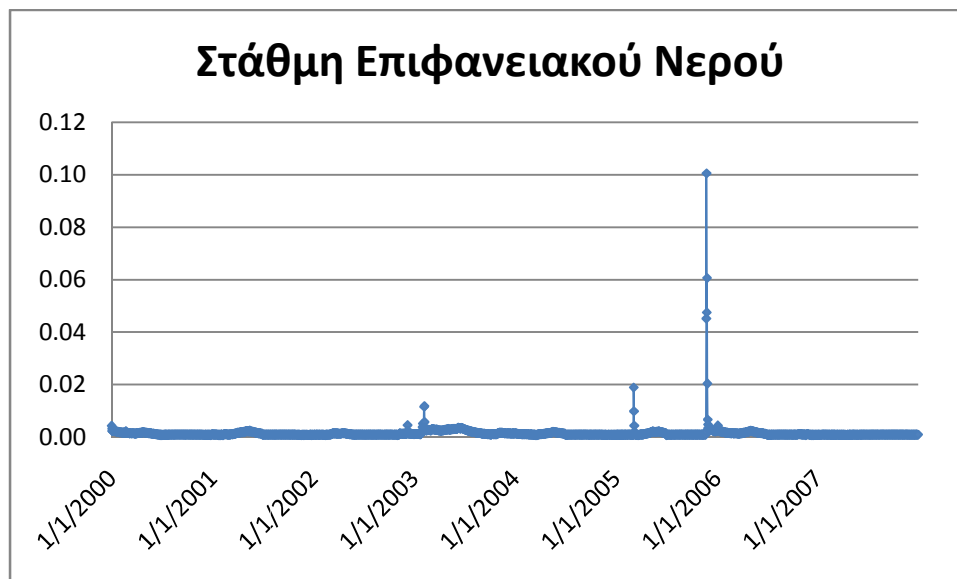


Εικόνα 6.6.2 – Μέσο ετήσιο Ισοζύγιο από την προσομοίωση της υπολεκάνης του Κεντρικού Ταύγετου.

Τέλος, παρουσιάζονται τα διαγράμματα με την μεταβολή της στάθμης κατά τη διάρκεια της περιόδου προσομοίωσης για κάθε υδατικό διαμέρισμα του ποταμού.



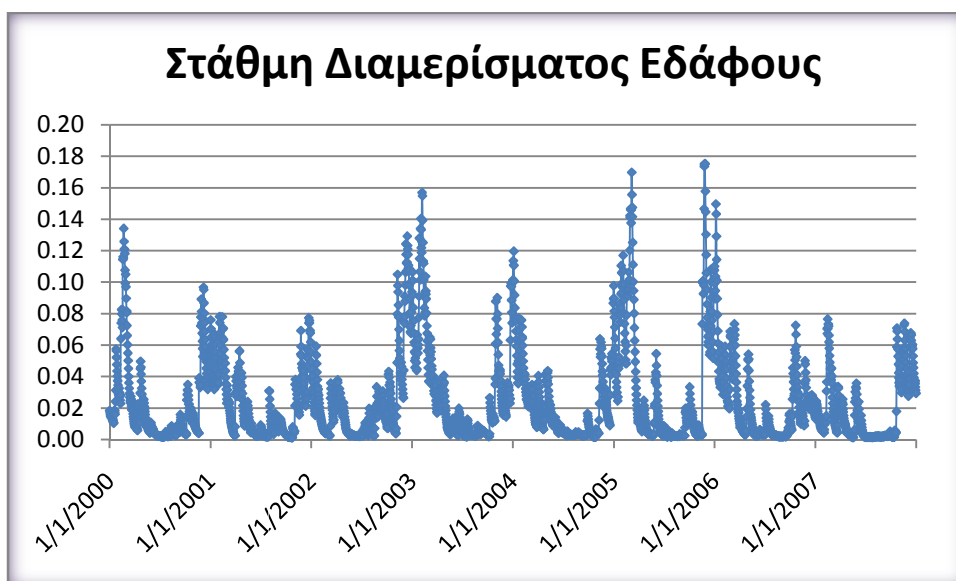
Διάγραμμα 6.6.5 – Στάθμη νερού υπόγειου διαμερίσματος του ποταμού κατά την χρονική διάρκεια της προσομοίωσης.



Διάγραμμα 6.6.6 – Στάθμη επιφανειακού νερού κατά την χρονική διάρκεια της προσομοίωσης.



Διάγραμμα 6.6.7 – Στάθμη νερού του διαμερίσματος της ακόρεστης ζώνης κατά την χρονική διάρκεια της προσομοίωσης.



Διάγραμμα 6.6.8 – Στάθμη του διαμερίσματος εδάφους κατά την χρονική διάρκεια της προσομοίωσης.

6.7 Υπολεκάνη Πεδιάδας της Σκάλας

Η υπολεκάνη της Πεδιάδας της Σκάλας, βρίσκεται στα νότια και ανατολικά της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα. Παρακάτω φαίνεται η μορφή της. Έχει συνολική έκταση 605 km^2 , εκ των οποίων τα 252 km^2 αποτελούν καρστική επιφάνεια.



Περιέχει το karstικό σύστημα του Νότιου Πάρνωνα, καθώς επίσης και αυτό της Σκάλας. Σε ποσοστιαία μορφή η karstική επιφάνεια της υπολεκάνης του ΒΑ Ταύγετου ανέρχεται σε 43% της συνολικής επιφάνειάς της.

ΠΕΔΙΑΔΑ ΤΗΣ ΣΚΑΛΑΣ		
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (km ²)	605	Το 43% της συνολικής επιφάνειας αποτελεί karstική επιφάνεια.
KARSTΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (km ²)	252	

Πίνακας 6.7.1- Επιφάνειες Υπολεκάνης Πεδιάδας της Σκάλας

ΠΕΔΙΑΔΑ ΤΗΣ ΣΚΑΛΑΣ	
KARSTΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ (km ²)
ΣΚΑΛΑ	69
ΝΟΤΙΟΣ ΠΑΡΝΩΝΑΣ	183
ΣΥΝΟΛΟ: 252 km ²	

Πίνακας 6.7.2-Κarstικές Επιφάνειες Υπολεκάνης Πεδιάδας της Σκάλας

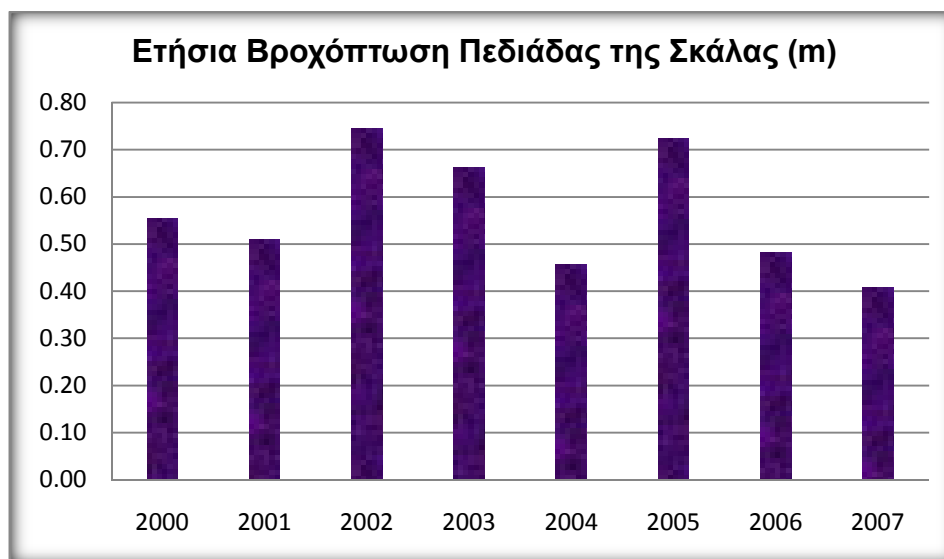
Η προσομοίωση της υπολεκάνης πραγματοποιήθηκε για 8 χρόνια. Η περίοδος προσομοίωσης ξεκινάει από το 2000 μέχρι και το 2007, ενώ τα δεδομένα που εισήχθησαν στο μοντέλο κατά την διαδικασία της προσομοίωσης παρουσιάζονται παρακάτω αναλυτικά.

6.7.1 Δεδομένα Βροχόπτωσης

Σύμφωνα με τα πολύγωνα Thiessen η βροχόπτωση της υπολεκάνης του Πεδιάδας της Σκάλας υπολογίζεται από το 51% της βροχόπτωσης του σταθμού του Βρονταμά, το 40% αυτής του σταθμού Έλους και το 9% της βροχόπτωσης του σταθμού Πετρίνας. Στο σύνολο της 8ετίας, που γίνεται η προσομοίωση, η βροχόπτωση ανέρχεται σε 4.54 m. Δηλαδή σε 1601 εκ. m³ στο σύνολο της υπολεκάνης. Παρακάτω ακολουθεί πίνακας σχετικός με την συνολική βροχόπτωση ανά έτος που εισήχθηκε στο μοντέλο, σύμφωνα με τα πολύγωνα Thiessen.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΠΕΔΙΑΔΑΣ ΤΗΣ ΣΚΑΛΑΣ	
ΒΡΟΝΤΑΜΑΣ 51% - ΕΛΟΣ 40% - ΠΕΤΡΙΝΑ 9%	
ΕΤΟΣ	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (m)
2000	0.55
2001	0.51
2002	0.75
2003	0.66
2004	0.46
2005	0.72
2006	0.48
2007	0.41
ΣΥΝΟΛΟ	4.54 m

Πίνακας 6.7.3 – Συνολική Βροχόπτωση για την Υπολεκάνη Πεδιάδα της Σκάλας κατά την περίοδο προσομοίωσης.



Διάγραμμα 6.7.1 -- Συνολική Βροχόπτωση ανά έτος κατά την περίοδο προσομοίωσης για την υπολεκάνη της Πεδιάδας της Σκάλας.

6.7.2 Δεδομένα Εξάτμισης

Τα δεδομένα εξάτμισης, που χρησιμοποιήθηκαν στην υπολεκάνη της Πεδιάδας της Σκάλας, ήταν αυτά του σταθμού Ριβιώτισσας, όπως και στην υπολεκάνη του Κεντρικού Ταΰγετου. Κανονικά θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα του σταθμού Έλους, καθώς αυτός είναι ο δεύτερος σε σημαντικότητα σταθμός για την υπολεκάνη, ωστόσο επειδή για μεγάλο χρονικό διάστημα τα δεδομένα εξάτμισης ήταν ελλιπή, σε αυτό τον σταθμό, διαλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε αυτά της Ριβιώτισσας, που είναι πιο ακριβή και πλήρη.

6.7.3 Δεδομένα Θερμοκρασίας

Ομοίως με την εξάτμιση, εισάγουμε στο μοντέλο δεδομένα θερμοκρασίας από τον σταθμό Ριβιώτισσας, τα ίδια της υπολεκάνης του Κεντρικού Ταΰγετου.

6.7.4 Δεδομένα Καρστικού Μοντέλου

Στην υπολεκάνη της Πεδιάδας της Σκάλας, ανήκει το καρστικό σύστημα του Νότιου Πάρνωνα και Ζάρακα, το οποίο εκφορτίζεται μέσω παράκτιων και υποθαλάσσιων πηγών και τροφοδοτεί πλευρικά τους κοκκώδεις υδροφόρους των κάμπων Απιδιάς και Μολάων. Επίσης στην υπολεκάνη αυτή ανήκει και το καρστικό σύστημα της Σκάλας-Κροκεών, το οποίο εκφορτίζεται εξ' ολοκλήρου επιφανειακά στην υπολεκάνη της Πεδιάδας της Σκάλας και τροφοδοτεί τον Βασιλοπόταμο.

Στο μοντέλο θεωρήσαμε ότι το 40% του καρστικού του Νότιου Πάρνωνα εκφορτίζεται επιφανειακά στο ποτάμι, ενώ το υπόλοιπο 60% κατευθύνεται υπόγεια. Για το καρστικό της Σκάλας θεωρήσαμε ότι όλο κατευθύνεται επιφανειακά στο ποτάμι.

ΠΑΡΟΧΕΣ ΚΑΡΣΤΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ 8ΕΤΙΑ (m ³)	
ΝΟΤΙΟΣ ΠΑΡΝΩΝΑΣ	ΣΚΑΛΑ
438	285
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΑΡΣΤΙΚΟΥ	
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ	460 εκ. m ³
ΥΠΟΓΕΙΑ	263 εκ. m ³
ΣΥΝΟΛΙΚΑ: 723 εκ. m ³	

Πίνακας 6.7.4 – Παροχές καρστικού στο σύνολο της περιόδου προσομοίωσης της Υπολεκάνης της Πεδιάδας της Σκάλας και κατέθυνση τους.

6.7.5 Δεδομένα Υπόγειων Αντλήσεων

Η συνολική αρδευόμενη επιφάνεια στην υπολεκάνη της Πεδιάδας της Σκάλας είναι 241.906 στρέμματα. Επομένως η συνολική ποσότητα νερού που καταναλώνεται ετησίως για άρδευση υπολογίζεται περίπου σε 121 εκ. m³.

ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ ΠΕΔΙΑΔΑΣ ΣΚΑΛΑΣ	
ΔΗΜΟΙ	ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΗ ΕΚΤΑΣΗ (ΣΤΡΕΜ)
Δ. ΓΕΡΟΝΘΡΩΝ	72976
Δ. ΕΛΟΥΣ	98873
Δ. ΚΡΟΚΕΩΝ	4930
Δ. ΣΚΑΛΑΣ	65127
ΣΥΝΟΛΟ: 241.906 ΣΤΡΕΜ.	
ΑΡΔΕΥΣΗ ΑΝΑ ΕΤΟΣ	121 εκ. m ³
ΣΥΝΟΛΟ 8ΕΤΙΑΣ: 968 εκ. m ³	

Πίνακας 6.7.5–Αρδευτική έκταση της Υπολεκάνης της Πεδιάδας της Σκάλας και απαιτήσεις σε νερό για την περίοδο προσομοίωσης.

6.7.6 Δεδομένα Επιφανειακών Αντλήσεων

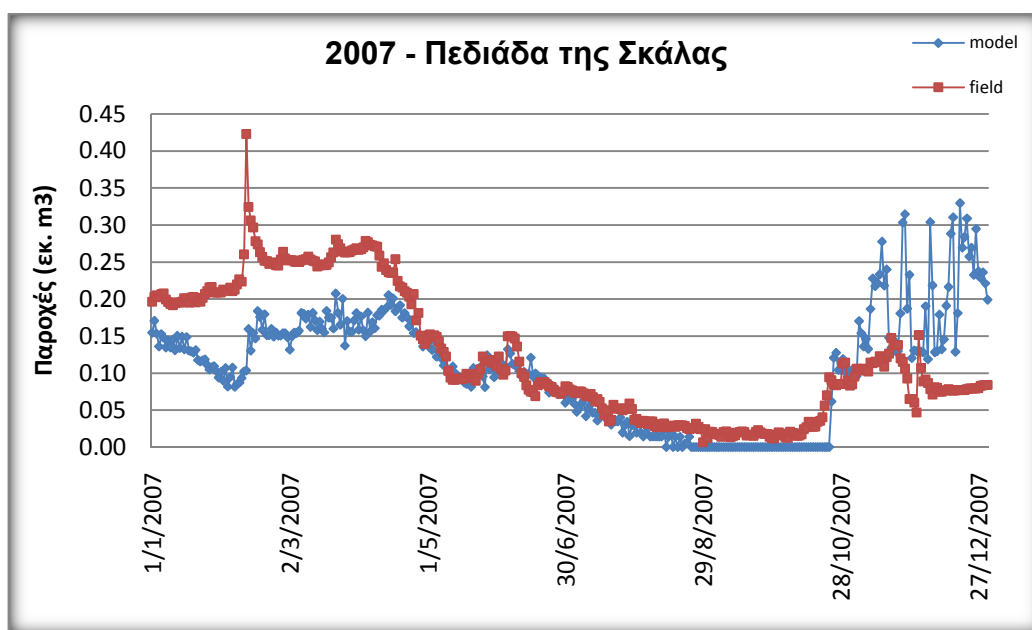
Για την υπολεκάνη της Πεδιάδας της Σκάλας οι συνολικές δέσεις για το χρονικό διάστημα της προσομοίωσης μας, είναι μηδενικές. Στη συγκεκριμένη περιοχή δεν πραγματοποιούνται αντλήσεις επιφανειακά, από το ποτάμι.

6.7.7 Αποτελέσματα Μοντέλου



Διάγραμμα 6.7.2 – Προσομοίωση της υπολεκάνης της Πεδιάδας της Σκάλας για την περίοδο 2000 έως και 2007.

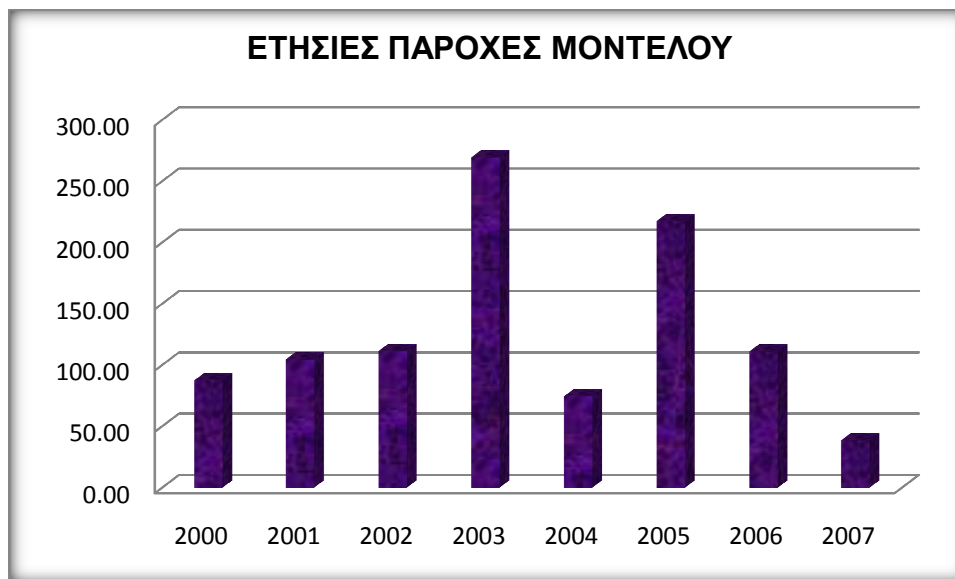
Στο παραπάνω διάγραμμα με τα αποτελέσματα του μοντέλου, τα μηνιαία δεδομένα παροχής, προέρχονται από το σημείο «Τάφρος Ω». Ωστόσο τα ημερήσια δεδομένα παροχής, του έτους 2007, είναι αποτέλεσμα του αθροίσματος της παροχής των σημείων «Τάφρος Ω» και «Σκάλα». Για τη Σκάλα δεν υπάρχουν αντίστοιχα μηνιαία δεδομένα για την χρονική περίοδο πριν το 2007. Σαν αποτέλεσμα το μοντέλο για την περίοδο 2000-2006 συγκρίνεται με λιγότερη παροχή, εφόσον εισάγουμε μόνο τις τιμές της Τάφρου Ω. Γι'αυτό και οι τιμές παροχής του μοντέλου είναι αυξημένες σε σχέση με αυτές του πεδίου για κείνο το διαστήμα.



Διάγραμμα 6.7.3 – Προσομίωση της υπολεκάνης της Πεδιάδας της Σκάλας για το έτος 2007.

ΠΕΔΙΑΔΑ ΤΗΣ ΣΚΑΛΑΣ	
ΕΤΟΣ	ΠΑΡΟΧΕΣ (εκ. m3)
2000	87.53
2001	104.61
2002	111.45
2003	269.46
2004	74.53
2005	217.49
2006	111.12
2007	38.55

Πίνακας 6.7.6 – Ετήσιες παροχές μοντέλου του ποταμού Ευρώτα



Διάγραμμα 6.7.4 – Ετήσιες παροχές μοντέλου για τον ποταμό Ευρώτα

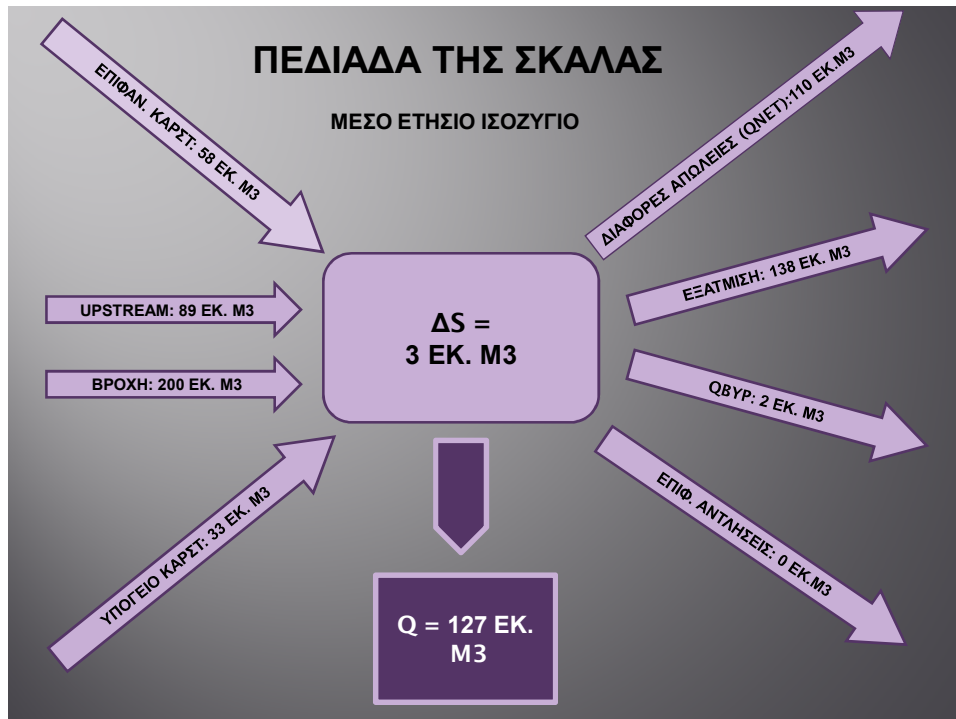
Στη συνέχεια, στην Εικόνα 6.7.1 παρουσιάζεται η ανάλυση του ισοζυγίου από την παραπάνω προσομοίωση και για την συνολική περίοδο προσομοίωσης των 8 ετών. Στο μοντέλο ως εισροές θεωρούνται, η βροχόπτωση (1603 εκ. m^3), οι παροχές από το καρστικό της Πεδιάδας της Σκάλας, που καταλήγουν επιφανειακά στο ποτάμι (460 εκ. m^3) και οι παροχές από το καρστικό που κατευθύνονται υπόγεια (263 εκ. m^3). Στην υπολεκάνη του ποταμού καταλήγει και η συνολική εκροή της υπολεκάνης του Κεντρικού Ταΰγετου, QUPSTREAM (711 εκ. m^3). Εκροές θεωρούνται η εξάτμιση (1107 εκ. m^3), οι επιφανειακές αντλήσεις από το ποτάμι – δέσεις (0 εκ. m^3), οι διάφορες άλλες απώλειες από το υπόγειο κομμάτι του υδάτινου συστήματος (877 εκ. m^3) και οι απώλειες από το προσχωματικό κομμάτι του ποταμού, QBYP (15 εκ. m^3). Οι απώλειες αυτές αποτελούν το 29% των συνολικών εισροών στην υπολεκάνη. Συνολικά, υπολογίζεται ότι αποθηκεύονται στο υδάτινο σύστημα του ποταμού 23 εκ. m^3 νερό που αποθηκεύεται είτε στο επιφανειακό κομμάτι, είτε στην ακόρεστη ζώνη, είτε στο υπόγειο διαμέρισμα του υδάτινου σώματός μας.

Από τον ποταμό εκρέουν συνολικά 1015 εκ. m^3 νερό κατά την 8ετία προσομοίωσης. Να σημειώσουμε επιπλέον ότι στην όλη διαδικασία προσομοίωσης, όπως αναφέρουμε και παραπάνω, συμπεριλαμβάνεται και ο παράγοντας των υπόγειων αντλήσεων. Στην συγκεκριμένη περιοχή αυτές ανέρχονται σε 268 εκ. m^3 .

Στην Εικόνα 6.7.2 παρουσιάζουμε ένα μέσο ετήσιο ισοζύγιο της υπολεκάνης αυτής.

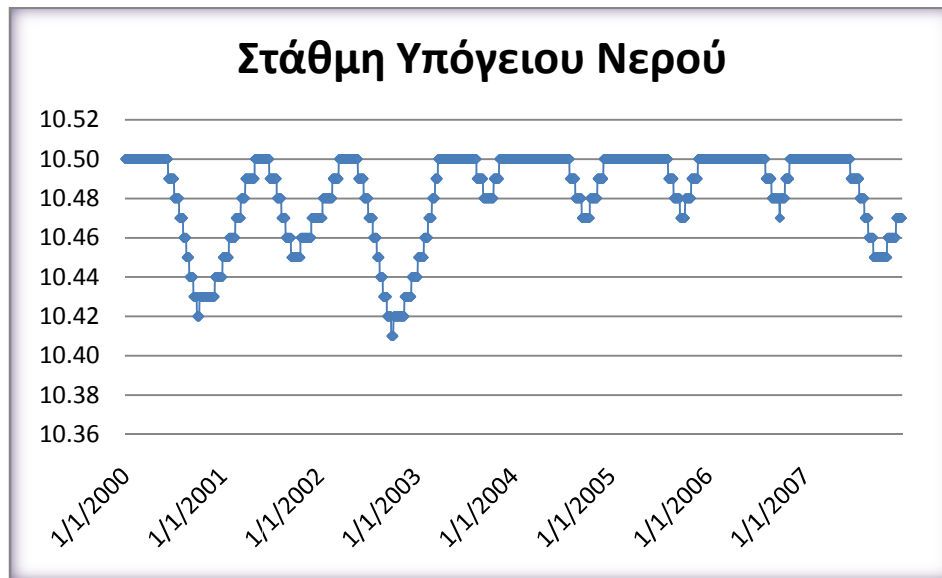


Εικόνα 6.7.1 – Ισοζύγιο 8ετίας από την προσομοίωση της υπολεκάνης της Πεδιάδας της Σκάλας.

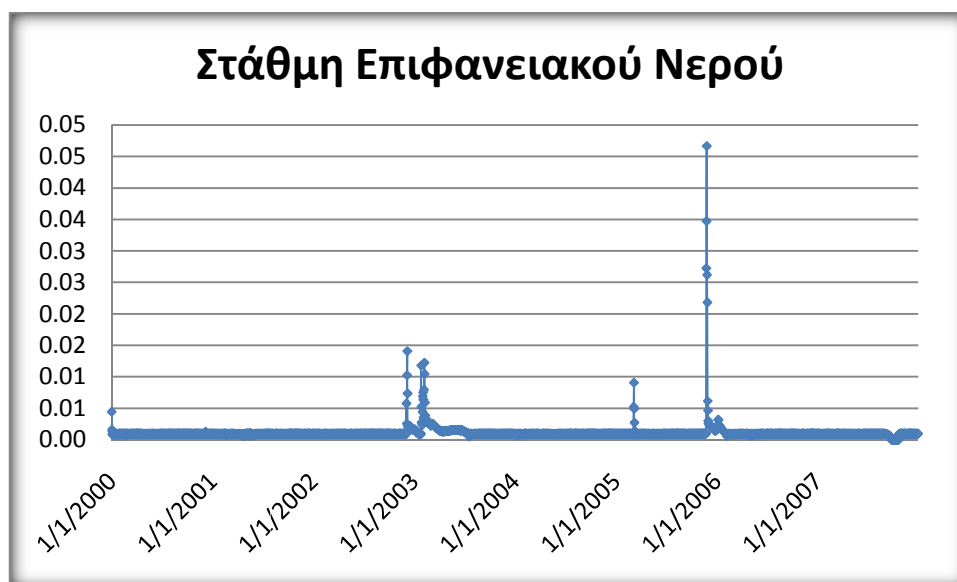


Εικόνα 6.7.2 – Μέσο ετήσιο Ισοζύγιο από την προσομοίωση της υπολεκάνης της Πεδιάδας της Σκάλας.

Τέλος, παρουσιάζονται τα διαγράμματα με την μεταβολή της στάθμης κατά τη διάρκεια της περιόδου προσομοίωσης για κάθε υδατικό διαμέρισμα του ποταμού.



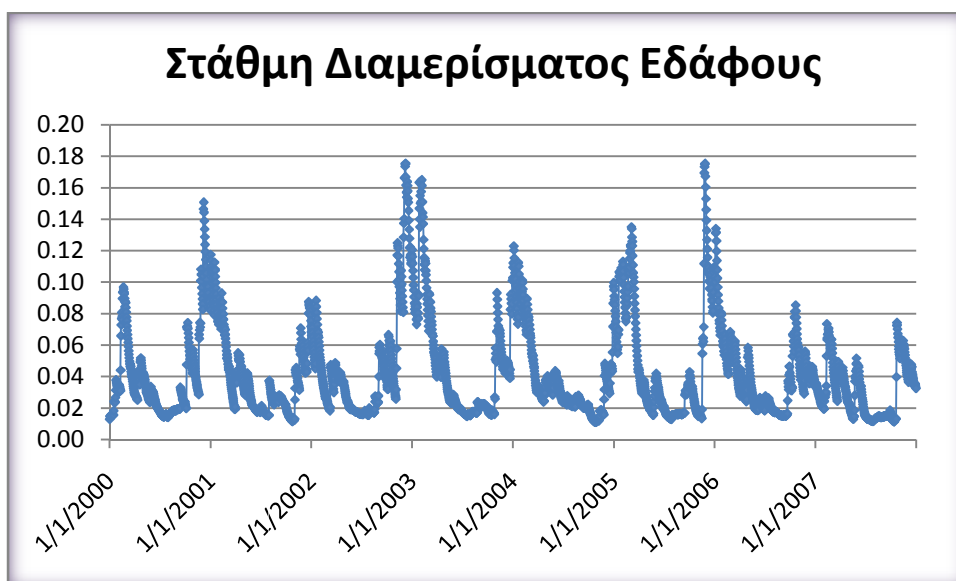
Διάγραμμα 6.7.5 – Στάθμη νερού υπόγειου διαμερίσματος του ποταμού κατά την χρονική διάρκεια της προσομοίωσης.



Διάγραμμα 6.7.6 – Στάθμη επιφανειακού νερού κατά την χρονική διάρκεια της προσομοίωσης.



Διάγραμμα 6.7.7 – Στάθμη νερού του διαμερίσματος της ακόρεστης ζώνης κατά την χρονική διάρκεια της προσομοίωσης.



Διάγραμμα 6.7.8 – Στάθμη του διαμερίσματος εδάφους κατά την χρονική διάρκεια της προσομοίωσης.

6.8 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα

Παρακάτω παραθέτουμε συγκεντρωτικούς πίνακες με τα αποτελέσματα των ισοζυγίων κάθε υπολεκάνης, ενώ στη συνέχεια ακολουθεί σχετική ανάλυσή τους.

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΙΣΡΟΕΣ ΛΕΚΑΝΗΣ			
ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ	QKARST	ΒΡΟΧΗ	Σ QIN
ΒΑ ΤΑΥΓΕΤΟΣ	470	2291	2761
ΒΔ ΠΑΡΝΩΝΑΣ	363	1569	1932
ΝΔ ΠΑΡΝΩΝΑΣ	375	1153	1528
ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ	709	1764	2473
ΣΚΑΛΑ	723	1603	2326
ΣΥΝΟΛΑ	2640	8380	11020
ΠΟΣΟΣΤΑ ΕΠΙ ΤΩΝ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΕΙΣΡΟΩΝ ΣQIN	24%	76%	

Πίνακας 6.8.1 – Συνολικές Εισροές στην λεκάνη απορροής του Ευρώτα.

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΚΡΟΕΣ ΛΕΚΑΝΗΣ (ΕΚ.Μ3)						
ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ	ΕΞΑΤΜΙΣΗ	ΔΕΞΕΙΣ	QNET6	QBYP	QTOTAL	Σ QOUT
ΒΑ ΤΑΥΓΕΤΟΣ	1599	21	550	121	327	2618
ΒΔ ΠΑΡΝΩΝΑΣ	1083	5	613	86	94	1881
ΝΔ ΠΑΡΝΩΝΑΣ	797	0	181	321	225	1524
ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ	1227	106	471	521	711	3036
ΣΚΑΛΑ	1107	0	877	15	1015	3014
ΣΥΝΟΛΑ	5813	132	2692	1064	1015	10716
ΠΟΣΟΣΤΑ ΕΠΙ ΤΩΝ ΣΥΝΟΛΙΚΩΝ ΕΙΣΡΟΩΝ ΣQIN	53%	1%	21%	10%	9%	

Πίνακας 6.8.2 – Συνολικές Εκροές στην λεκάνη απορροής του Ευρώτα.

ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΜΕΝΟΣ ΟΓΚΟΣ (ΕΚ.Μ3)	
ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ	ΔS
ΒΑ ΤΑΥΓΕΤΟΣ	143
ΒΔ ΠΑΡΝΩΝΑΣ	51
ΝΔ ΠΑΡΝΩΝΑΣ	4
ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ	84
ΣΚΑΛΑ	23
ΣΥΝΟΛΟ	305
ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΗΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗΣ ΕΙΣΡΟΗΣ ΣQIN	2%

Πίνακας 6.8.3 – Αποθηκευμένος όγκος νερού στην λεκάνη απορροής του Ευρώτα ανά υπολεκάνη.

Το σύνολο της καρστικής παροχής στην υπολεκάνη αποτελεί το 24% των συνολικών εισροών σε αυτήν, ενώ η βροχόπτωση είναι το 76%. Το 53% των

συνολικών εισροών της υπολεκάνης εξατμίζεται, το 1% αντλείται μέσω δέσεων από το ποτάμι επιφανειακά, το 9% εκρέει ως παροχή από το ποτάμι και το 21% χάνεται από το υπόγειο διαμέρισμα του ποταμού, ενώ το 10% από το προσχωματικό του τμήμα.

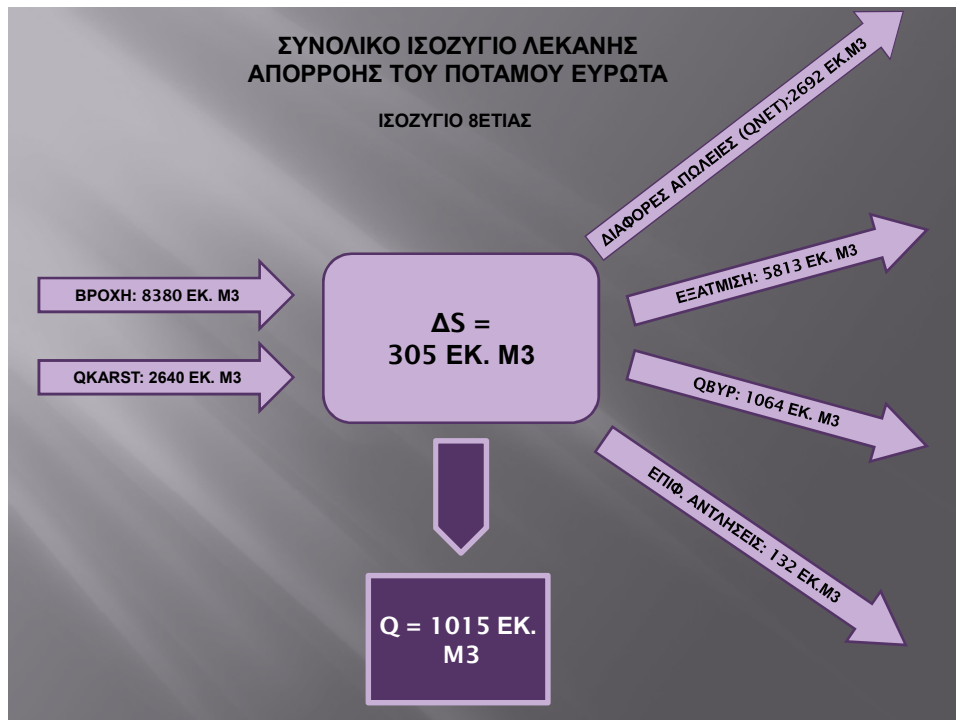
Τέλος, το κομμάτι των υπόγειων απωλειών (QNET6), χρειάζει ιδιαίτερης ανάλυσης. Οι απώλειες αυτές, αποτελούν είτε απώλειες που πραγματοποιούνται υπογείως, προς άλλες λεκάνες, γειτονικές με αυτήν του ποταμού Ευρώτα, επομένως δεν μπορούν να προσδιοριστούν ακριβώς. Είτε αποτελούν ένα τμήμα των υδάτων που χάνονται υπόγεια, ανάμεσα στις υπολεκάνες του ποταμού Ευρώτα, οι οποίες φαίνονται να επικοινωνούν μεταξύ τους, υπογείως. Είτε αποτελούν τυγχόν υπεραντλήσεις που πραγματοποιούνται στην κάθε περιοχή, οι οποίες δεν είναι καταγεγραμμένες στα στοιχεία της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης της περιοχής. Παρουσιάζουμε συγκεντρωτικό πίνακα παρακάτω με τις καταγεγραμμένες υπόγειες αντλήσεις ανά υπολεκάνη, οι οποίες όμως για λόγους, που εξηγήθηκαν και στην ανάλυση του μοντέλου, δεν συμπεριλαμβάνονται στο ισοζύγιο.

ΥΠΟΓΕΙΕΣ ΑΝΤΛΗΣΕΙΣ (ΕΚ. Μ3)	
ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ	QIRR
ΒΑ ΤΑΥΓΕΤΟΣ	29
ΒΔ ΠΑΡΝΩΝΑΣ	25
ΝΔ ΠΑΡΝΩΝΑΣ	152
ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ	219
ΣΚΑΛΑ	968
ΣΥΝΟΛΑ	1393

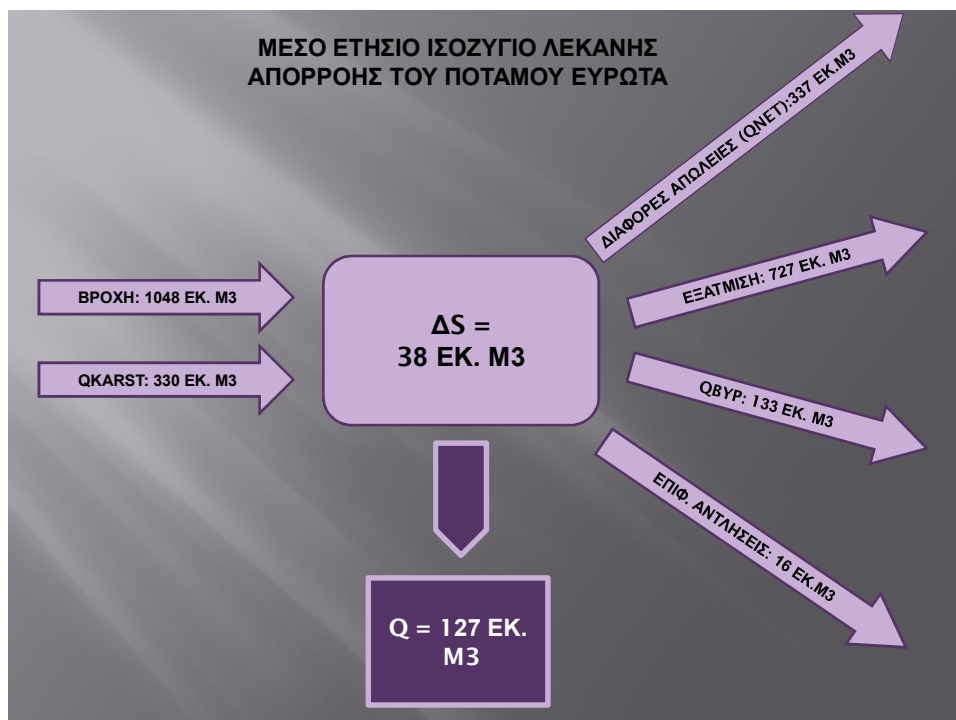
Πίνακας 6.8.4 – Συνολική ποσότητα άρδευσης ανά υπολεκάνη.

Θα μπορούσε, ωστόσο το 11% της συνολικής εισροής στο ποτάμι να αντλείται υπογείως για την ικανοποίηση των αρδευτικών αναγκών της εκάστοτε περιοχής.

Παρακάτω στις εικόνες παρουσιάζουμε σχηματικά το συνολικό ισοζύγιο της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα, για την 8ετία, καθώς επίσης και ένα μέσο ετήσιο.



Διάγραμμα 6.8.1 – Συνολικό ισοζύγιο 8ετίας λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα



Διάγραμμα 6.8.2 – Μέσο ετήσιο ισοζύγιο λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα

Στο σημείο αυτό, να σημειώσουμε ότι το σύνολο των υπόγειων απωλειών αποτελεί το 31% των συνολικών εισροών. Το ποσοστό αυτό είναι σχετικά μεγάλο και αυτό γιατί ένα κομμάτι των απωλειών αυτών προκύπτει λόγω της αβεβαιότητας κατά τον υπολογισμό των υπόγειων αντλήσεων. Ο τρόπος με τον οποίο υπολογίστηκαν οι υπόγειες αντλήσεις στην παρούσα διπλωματική εργασία, είναι περισσότερο θεωρητικός και σύμφωνος με τα δεδομένα από τη βιβλιογραφία. Ωστόσο η λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα, αποτελεί στο μεγαλύτερο μέρος της, αγροτική λεκάνη, με υψηλές απαιτήσεις σε νερό για την ικανοποίηση των αρδευτικών αυτών αναγκών. Οι γεωτρήσεις ανά περιοχή, δεν είναι δυνατόν να καταμετρηθούν επακριβώς, με αποτέλεσμα ένα μέρος των απωλειών, που παρουσιάζονται στο μοντέλο, να αποτελεί την ποσότητα των αντλήσεων που πραγματοποιούνται μεν, αλλά δεν καταγράφονται, των υπεραντλήσεων δηλαδή. Παράλληλα, ένα άλλο κομμάτι των απωλειών αυτών, μπορεί να οφείλεται στις λάθος επιμέρους μετρήσεις της εξάτμισης ή των δέσεων ανά υπολεκάνη. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, θα πρέπει σε κάθε υπολεκάνη είτε να γίνεται ακριβής έλεγχος των πραγματοποιούμενων αντλήσεων, είτε να υιοθετηθούν νέες μέθοδοι άρδευσης, που θα ενισχύουν την εξοικονόμηση ύδατος.

Κεφάλαιο 7: Στατιστική Ανάλυση των Αποτελεσμάτων του Μοντέλου

7.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο θα πραγματοποιηθεί μια γενική ανάλυση της συμπεριφοράς του μοντέλου ETD, σχετικά με τα δεδομένα παροχής του πεδίου.

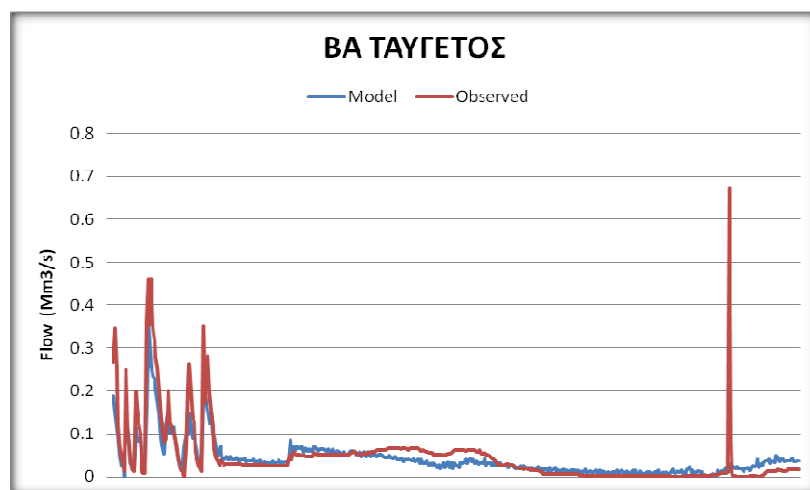
Οι μέθοδοι που θα χρησιμοποιηθούν παρουσιάζονται παρακάτω. Αρχικά εξετάζουμε την αποδοτικότητα της Nash-Sutcliffe μεθόδου, η οποία υπολογίζει την ποιότητα του μοντέλου, όσον αφορά στην απεικόνιση της διασποράς των δεδομένων. Η τιμή 1, παριστάνει μια άριστη αναπαράσταση. Αρνητικές τιμές υποδηλώνουν ότι η πρόβλεψη του μοντέλου είναι χειρότερη από μια απλή χρήση της μέσης παροχής. Η αποδοτικότητα αυτή μπορεί να επηρεαστεί έντονα από μερικά ακραία σφάλματα.

Στη συνέχεια πραγματοποιούμε το Kolmogorov-Smirnov τεστ, το οποίο συγκρίνει τις αθροιστικές κατανομές των χρονοσειρών. Στην ακόλουθη διαδικασία παρουσιάζεται διάγραμμα με τα υπόλοιπα συναρτήσεως του χρόνου, το οποίο δείχνει τις τάσεις του μοντέλου. Επιπλέον διάγραμμα είναι αυτό με τα υπόλοιπα συναρτήσεως της παρατηρούμενης παροχής, το οποίο υποδηλώνει καθαρά μια τάση.

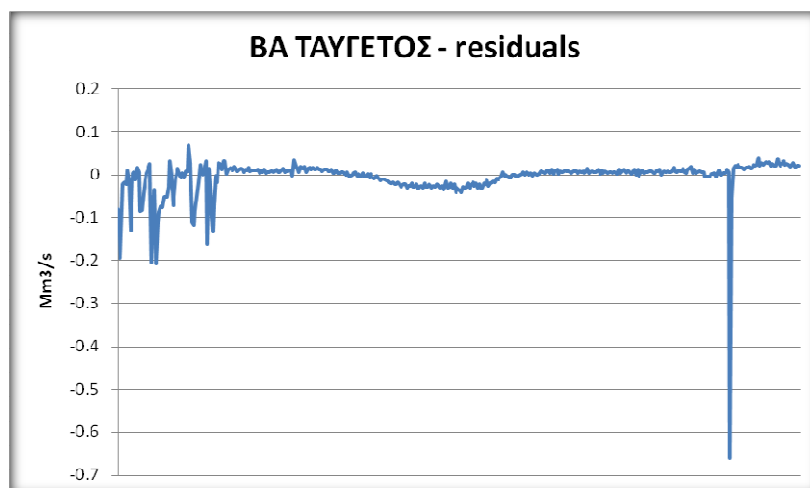
Πραγματοποιούμε στατιστική ανάλυση για τις υπολεκάνες του ΒΑ Ταΰγετου, του ΒΔ Πάρνωνα και του Κεντρικού Ταΰγετου. Στον ΝΔ Πάρνωνα δεν είναι δυνατή η στατιστική ανάλυση, λόγω της απουσίας δεδομένων παροχής από το πεδίο. Στην Πεδιάδα της Σκάλας, δε, δεν πραγματοποιούμε αντίστοιχη ανάλυση, καθώς τα δεδομένα παροχής πεδίου δεν ανταποκρίνονται στις συνολικές τιμές πεδίου, όπως αναφέραμε και στο κεφάλαιο 6, της ανάλυσης του μοντέλου.

7.2 Στατιστική Ανάλυση ΒΑ Ταΰγετου

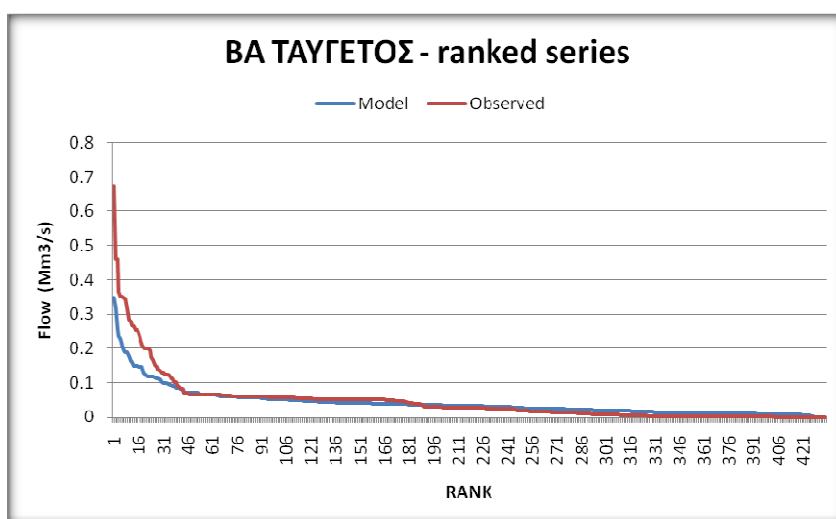
Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα που προέκυψαν από την στατιστική ανάλυση στην συγκεκριμένη υπολεκάνη.



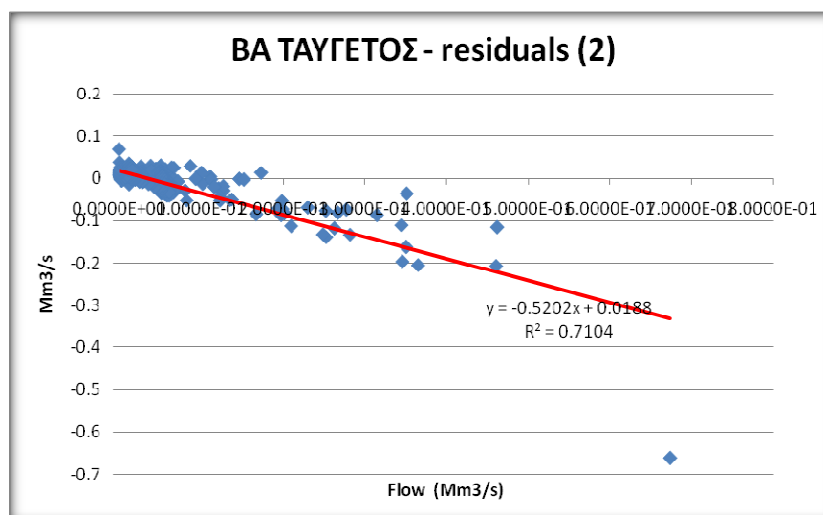
Διάγραμμα 7.2.1 – Τιμές Μοντέλου - Παρατηρήσεις πεδίου.



Διάγραμμα 7.2.2 Υπόλοιπα (residuals) του μοντέλου για την υπολεκάνη του ΒΑ Ταΰγετου.



Διάγραμμα 7.2.3 – Ranked Series μοντέλου και παρατηρήσεων πεδίου.



Διάγραμμα 7.2.4 – Υπόλοιπα μοντέλου συναρτήσει των δεδομένων παρατήρησης.

Όσον αφορά στους διάφορους στατιστικούς δείκτες του πίνακα 7.2.1, έχουμε ότι τα αποτελέσματα του μοντέλου συσχετίζονται με τα δεδομένα πεδίου με συντ/τη συσχέτισης $r = 0.82$, που αυτό υποδηλώνει μια ισχυρή γραμμική συσχέτιση μεταξύ τους. Σύμφωνα με την Nash-Sutcliffe μέθοδο, η διασπορά των αποτελεσμάτων του μοντέλου βρίσκεται στο 0.62, το οποίο αποτελεί μια αρκετά καλή πρόβλεψη του μοντέλου.

QUALITY OF FIT	
SSQ	1
Correlation	0.82
Nash Sutcliffe efficiency	0.61

Πίνακας 7.2.1 – Quality of fit

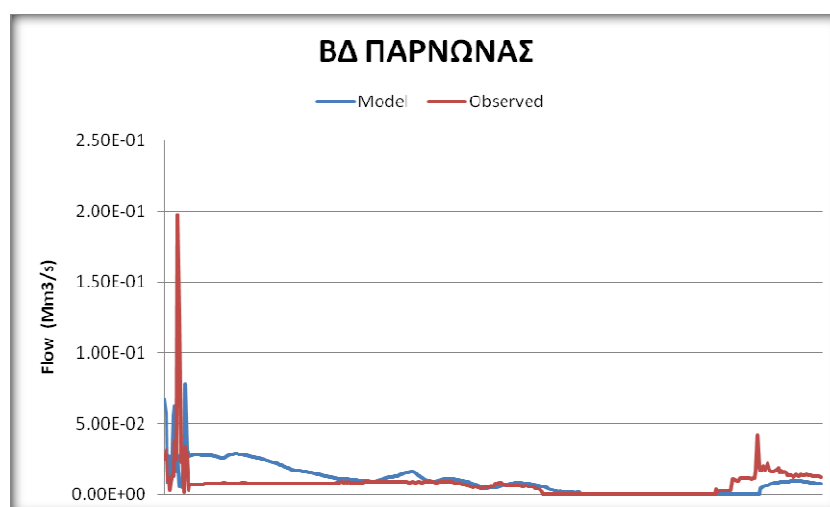
	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	ΜΟΝΤΕΛΟ
1	0.687	0.878
2	0.540	0.738
3	0.437	0.619
4	0.342	0.538
5	0.305	0.515
6	0.320	0.497
7	0.335	0.474
8	0.322	0.477
9	0.302	0.458
10	0.297	0.453
significance level		0.096

Πίνακας 7.2.2 – Συσχετίσεις Χρονοσειρών.

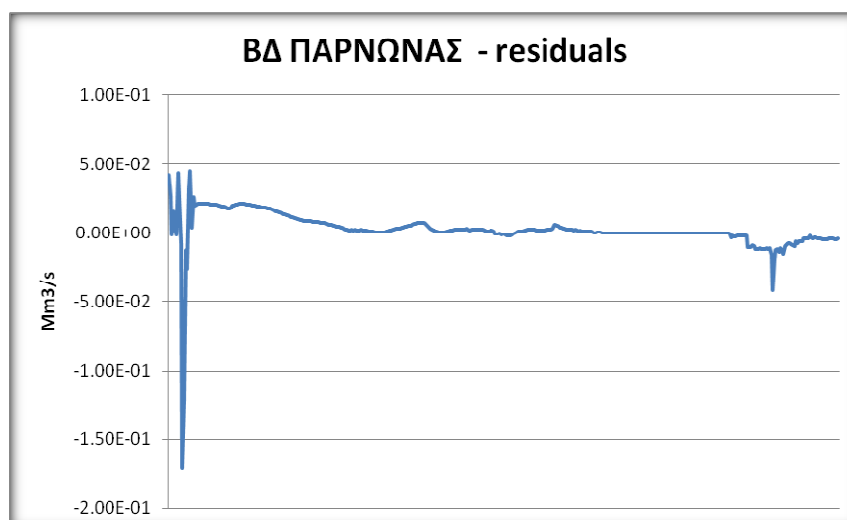
Το επίπεδο σημαντικότητας αναφέρεται στο πόσο πιθανό είναι να υπάρξει σφάλμα ανάμεσα στο μοντέλο και στις μετρήσεις του πεδίου. Γενικά αποδεκτό είναι ένα σφάλμα της τάξης του 5%. Στο συγκεκριμένο σημείο και για την υπολεκάνη του ΒΑ Ταΰγετου, υπάρχει σφάλμα 9.6%.

7.3 Στατιστική Ανάλυση ΒΔ Πάρνωνας

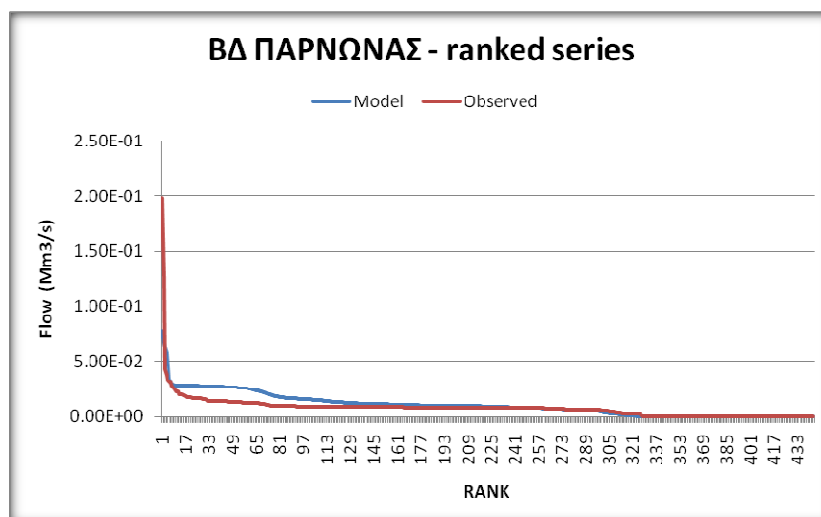
Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα που προέκυψαν από την στατιστική ανάλυση στην συγκεκριμένη υπολεκάνη.



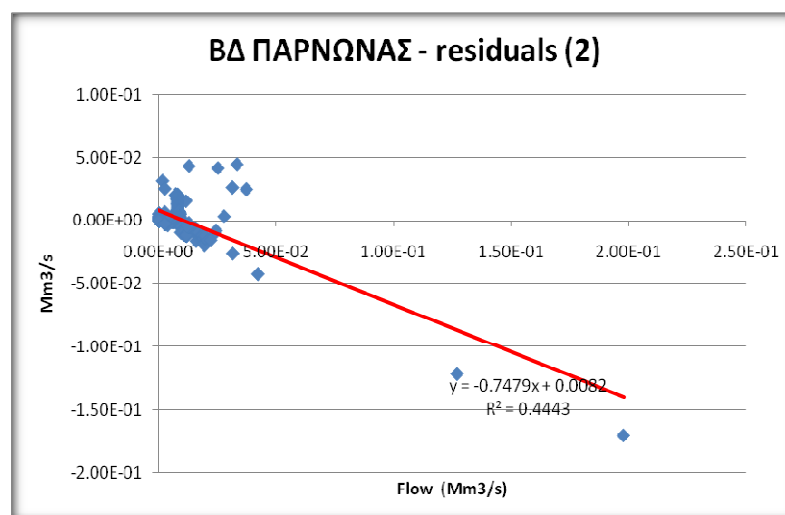
Διάγραμμα 7.3.1 – Τιμές Μοντέλου - Παρατηρήσεις πεδίου.



Διάγραμμα 7.3.2 Υπόλοιπα (residuals) του μοντέλου για την υπολεκάνη του ΒΔ Πάρνωνας.



Διάγραμμα 7.3.3 – Ranked Series μοντέλου και παρατηρήσεων πεδίου.



Διάγραμμα 7.3.4 – Υπόλοιπα μοντέλου συναρτήσει των δεδομένων παρατήρησης.

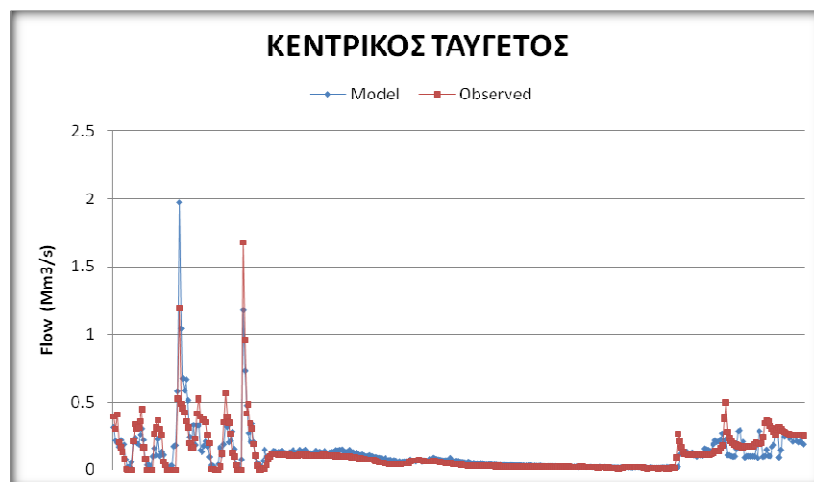
Στην υπολεκάνη του ΒΔ Πάρνωνα πρέπει να σημειωθεί η απουσία δεδομένων, η οποία δεν επιτρέπει την καλύτερη δυνατή προσαρμογή του μοντέλου στα δεδομένα του πεδίου, ωστόσο το επίπεδο σφάλματος βρίσκεται στο 9.5%.

	observed	model
1	0.605	0.837
2	0.369	0.734
3	0.299	0.732
4	0.226	0.701
5	0.273	0.748
6	0.223	0.820
7	0.183	0.835
8	0.232	0.782
9	0.241	0.721
10	0.179	0.697
significance level		0.094916

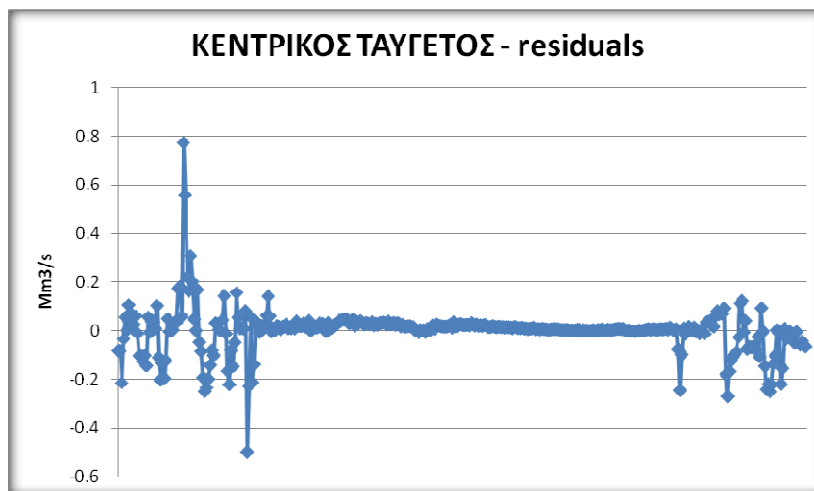
Πίνακας 7.3.2 – Συσχετίσεις Χρονοσειρών

7.4 Στατιστική Ανάλυση Κεντρικού Ταΰγету

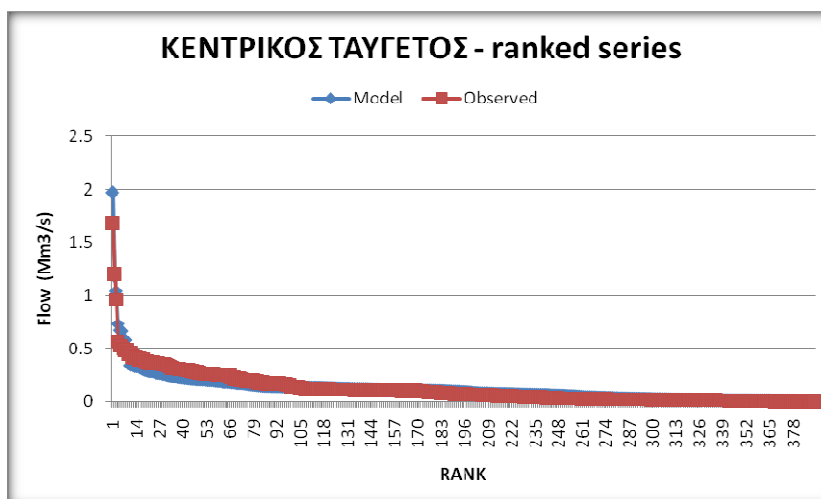
Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα που προέκυψαν από την στατιστική ανάλυση στην υπολεκάνη του Κεντρικού Ταΰγету.



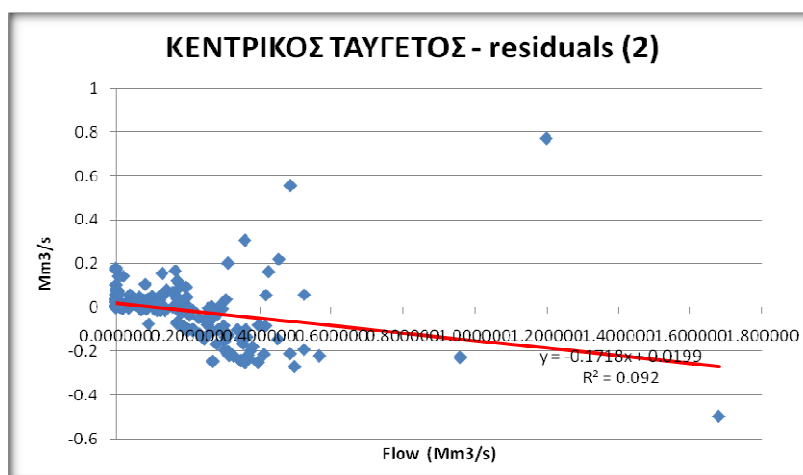
Διάγραμμα 7.4.1 – Τιμές Μοντέλου - Παρατηρήσεις πεδίου.



Διάγραμμα 7.4.2 Υπόλοιπα (residuals) του μοντέλου για την υπολεκάνη του Κεντρικού Ταΰγετου.



Διάγραμμα 7.4.3 – Ranked Series μοντέλου και παρατηρήσεων πεδίου.



Διάγραμμα 7.4.4 – Υπόλοιπα μοντέλου συναρτήσει των δεδομένων παρατήρησης.

Η συσχέτιση μεταξύ των αποτελεσμάτων του μοντέλου και των δεδομένων του πεδίου είναι ισχυρά γραμμική, καθώς $r = 0.84$. Η διασπορά, δε, των αποτελεσμάτων του μοντέλου βρίσκεται στο 0.68, σύμφωνα με την μέθοδο Nash-Sutcliffe. Επομένως το μοντέλο έχει κάνει μια καλή πρόβλεψη των δεδομένων. Το επίπεδο σημαντικότητας είναι της τάξης του 10%.

QUALITY OF FIT	
SSQ	3
Correlation	0.84
Nash Sutcliffe efficiency	0.68

Πίνακας 7.4.1 – Quality of fit

	observed	model
1	0.697	0.709
2	0.475	0.491
3	0.372	0.390
4	0.262	0.322
5	0.188	0.258
6	0.124	0.178
7	0.123	0.135
8	0.165	0.144
9	0.246	0.168
10	0.374	0.219
significance level	0.101	

Πίνακας 7.4.2 – Συσχετίσεις Χρονοσειρών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: Συμπεράσματα

Η λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα, χαρακτηρίζεται ως ένα αρκετά σύνθετο σύστημα. Πρωταρχικό ρόλο σε αυτό παίζει η συνολική καρστική επιφάνεια της λεκάνης, η οποία κατέχει ένα αρκετά μεγάλο κομμάτι επί της συνολικής επιφάνειας της λεκάνης του Ευρώτα. Για το λόγο αυτό, στη λεκάνη του Ευρώτα, υπάρχει πολύ νερό. Σύμφωνα με τη μοντελοποίηση στις υπολεκάνες του Ευρώτα, το νερό αυτό σε πολλά σημεία, χάνεται. Από τη μια, αυτό μπορεί να συμβαίνει λόγω της υπόγειας επικοινωνίας της λεκάνης, είτε με άλλες λεκάνες, γειτονικές, είτε λόγω της υπόγειας επικοινωνίας, ανάμεσα στις υπολεκάνες της κύριας λεκάνης. Στην περίπτωση αυτή, ο ανθρώπινος παράγοντας είναι αδύναμος, τα υπόγεια νερά που χάνονται, δε μπορούν να υπολογιστούν, επακριβώς. Από την άλλη, το υπόγειο αυτό «χάσιμο», μπορεί να οφείλεται σε τυχόν ανεξέλεγκτες υπεραντλήσεις που γίνονται σε διάφορες περιοχές, οι οποίες προκαλούν ταπείνωση του υπόγειου υδροφορέα. Στην περίπτωση αυτή, είναι απαραίτητη η λήψη αποφάσεων, οι οποίες θα ελέγχουν και θα περιορίζουν αυστηρά την ποσότητα των αντλούμενων αυτών υδάτων. Ένας άλλος τρόπος επίλυσης του προβλήματος αυτού, είναι η υιοθέτηση διαφορετικών μεθόδων άρδευσης, οι οποίοι θα ενίσχυσουν την εξοικονόμηση του νερού.

Από τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα, είναι εμφανής η έλλειψη δεδομένων ανά περιοχές. Η ύπαρξή τους θα ήταν ακόμα πιο ευνοϊκή και τα αποτελέσματα ακόμα πιο συγκεκριμένα, η αβεβαιότητα δε των μοντέλων θα μπορούσε να ελαττωθεί. Σε μερικά σημεία στον Ευρώτα δεν υπάρχουν καθόλου μετρήσεις, όπως για παράδειγμα, στην υπολεκάνη του ΝΔ Πάρνωννα, όπου η μοντελοποίηση δεν δύναται να είναι πλήρης, ενώ οι πραγματικές συνθήκες δεν μπορούν να εκτιμηθούν. Χρειάζεται επομένως ένα πιο οργανωμένο σχέδιο ελέγχου της λεκάνης, σε καίρια σημεία αυτής, ώστε επόμενες μελέτες και μοντελοποιήσεις να βασίζονται σε περισσότερα και ακριβέστερα στοιχεία με την αβεβαιότητα να περιορίζεται.

Επιπλέον, οι υπολεκάνες της περιοχής, ως μεμονωμένα συστήματα, παρουσιάζουν μεταξύ τους διαφοροποιήσεις σε χαρακτηριστικά μορφολογικά, υδρολογικά, υδρογεωλογικά, χρήσεων γης. Ως αποτέλεσμα αυτού, κάθε υπολεκάνη απαιτεί διαφορετικό και ιδιαίτερο τρόπο αντιμετώπισης από τις άλλες. Προτείνεται, επομένως, η μεμονωμένη εξέταση κάθε υπολεκάνης για την εξασφάλιση μιας πιο ολοκληρωμένης εικόνας ανά περιοχή και την εξαγωγή ανάλογων αντιπροσωπευτικών συμπερασμάτων, ανάλογα με τα υπάρχοντα προβλήματα.

Σε γενικές γραμμές το μοντέλο δούλεψε αρκετά καλά για την λεκάνη απορροής του ποταμού Ευρώτα. Κατάφερε να προσδιορίσει τις κατευθύνσεις των παροχών των καρστικών συστημάτων ανά υπολεκάνη, τις δέσεις και τις υπόγειες αντλήσεις και να μας δώσει μια πιο σαφή εικόνα της κατάστασης της λεκάνης, η οποία στην πορεία δίνει ένα στόχο και μια κατεύθυνση κατά την υλοποίηση ενός ολοκληρωμένου σχεδίου διαχείρισης της λεκάνης αυτής.

Βιβλιογραφία

1. Α. ΑΝΔΡΕΑΔΑΚΗΣ (2008). «Η Οδηγία - πλαίσιο 2000/60 για την Διαχείριση Υδάτινων Πόρων».
2. Μ. ΑΝΔΡΙΑΝΑΚΗ (2007). «Ελεγχόμενη Φυσική Αποκατάσταση Ρύπων στη Λεκάνη Απορροής του Ποταμού Ευρώτα». Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Χανιά 2007.
3. Α. ΑΝΤΩΝΑΚΟΣ (1997). Ρύπανση και μόλυνση του υπόγειου υδροφόρου της ευρύτερης περιοχής Σπάρτης από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών Τμήμα Γεωλογίας, Πάτρα 1997.
4. Δ. ΑΣΗΜΑΚΟΠΟΥΛΟΣ (2007). «Οικονομικά εργαλεία στη διαχείριση υδατικών πόρων - Η Οδηγία 2000/60 και η ανάκτηση κόστους στην ελληνική πραγματικότητα».
5. Κ. ΒΑΛΤΑ (2008) «Φυσική Αποκατάσταση ρυπαντών και Αξιολόγηση Χημικής Ποιότητας των υδάτων της λεκάνης απορροής του ποταμού Ευρώτα». Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Χανιά 2008.
6. Κ. ΖΑΝΑΚΗ (2001) «Έλεγχος Ποιότητας Νερού», Εκδόσεις ΙΩΝ, β' έκδοση (2001).
7. Ν. Δ. ΚΑΡΑΛΕΜΑΣ, (2006). «Μηχανισμοί λειτουργίας των πηγών του ανατολικού Ταΰγετου», Διατριβή Μεταπτυχιακής Ειδίκευσης, Εθνικό Καποδιστριακό Αθηνών, Σχολή Θετικών Επιστημών (2006).
8. Γ. ΚΑΡΙΨΙΑΔΗΣ (2008). «Η Οδηγία-Πλαίσιο για τα Ύδατα. Διαχείριση Διασυνοριακών Υδάτων» (Νοέμβριος 2008).
9. Μ.ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ. «Ατμοσφαιρική Ρύπανση με Στοιχεία Μετεωρολογίας», Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος (2007).
10. Ν.ΝΙΚΟΛΑΙΔΗΣ. «Σχέδιο Διαχείρισης Υδατικών πόρων της Λεκάνης Απορροής του Ποταμού Ευρώτα», Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Χανια 2007.
11. Ν. ΝΙΚΟΛΑΪΔΗΣ, Ν. ΣΚΟΥΛΙΚΙΔΗΣ, Κ. ΤΣΑΚΙΡΗΣ, Ν. ΚΑΛΟΓΕΡΑΚΗΣ (2006). «Προκαταρκτικό Σχέδιο Διαχείρισης της

- Λεκάνης Απορροής του ποταμού Ευρώτα και της Παράκτιας Ζώνης», Τεχνική έκθεση 242σ. - Παράρτημα 79σ. στα πλαίσια του προγράμματος LIFE- Envifriendly
12. Ν.ΝΙΚΟΛΑΙΔΗΣ. Σημειώσεις Μεταπτυχιακού μαθήματος «Περιβαλλοντικά Μοντέλα», Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος (2007).
 13. Ν.ΝΙΚΟΛΑΙΔΗΣ. Σημειώσεις Μαθήματος «Μοντέλα Ποιότητας Επιφανειακών Υδάτων-Μοντέλο ETD», Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος.
 14. ΝΟΜΑΡΧΙΑΚΗ ΑΥΤΟΔΙΟΙΚΗΣΗ ΛΑΚΩΝΙΑΣ (2007). «Σχέδιο Διαχείρισης Αντιπλημμυρικής Προστασίας Νομού Λακωνίας», Τεχνική έκθεση στα πλαίσια του προγράμματος LIFE- Envifriendly (Φεβρουάριος 2007).
 15. Μ.Α. ΜΙΜΙΚΟΥ. Παρουσίαση: Υδρολογικά Μοντέλα – Σύγχρονα Εργαλεία Ολοκληρωμένης Προσέγγισης και Διαχείρισης Λεκάνης Απορροής. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Σχολή Πολιτική Μηχανικών, Εργαστήριο Υδρολογίας και αξιοποίησης υδατικών πόρων.
 16. Ι. Γ. ΣΑΚΚΑ.(2004). «Τεχνική Υδρολογία» α' τόμος, Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων. Εκδόσεις Αϊβάζη, Θεσσαλονίκη.
 17. Γ. Χ. ΣΟΥΛΙΟΣ (1996). «Γενική Υδρογεωλογία» α' τόμος. Εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
 18. Φ. ΣΤΑΜΑΤΗ, Ο. ΤΖΩΡΑΚΗ, Ν. ΝΙΚΟΛΑΙΔΗΣ, Κ. ΒΟΖΙΝΑΚΗΣ (2007). «Μοντελοποίηση των εκφορτίσεων του Καρστικού Συστήματος των Λευκών Ορέων στην Κρήτη» (Ιούνιος 2007).
 19. Φ. ΣΤΑΜΑΤΗ, Ν. ΝΙΚΟΛΑΙΔΗΣ, Κ. ΒΟΖΙΝΑΚΗΣ, Δ. ΠΑΠΑΜΑΣΤΟΡΑΚΗΣ, Μ. ΚΡΙΤΣΩΤΑΚΗΣ (2007). «Στοχαστική Μοντελοποίηση του Καρστικού Συστήματος του Δυτικού Αποκόρωνα στην Κρήτη» (Ιανουάριος 2007).
 20. Ο. ΤΖΩΡΑΚΗ. «Μοντελοποίηση Υδρολογικών και Γεωχημικών διεργασιών σε ποτάμιο σύστημα διαλείπουσας ροής». Διδακτορική διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Χανιά 2007.
 21. Γ. ΤΣΑΚΙΡΗΣ, 1995: Υδατικοί Πόροι: Ι. Τεχνική υδρολογία, Εκδόσεις ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ, Αθήνα (1995).

22. A. ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ. «Μοντελοποίηση της Υδρολογίας του Άνω Ρου του Ποταμού Ευρώτα». Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Χανιά 2009.
23. A. ANTONAKOS AND N. LAMBRAKIS. (2000). "Hydrodynamic Characteristics and Nitrate Propagation in Sparta Aquifer", Water Research, Vol. 34, No. 16, pp.3977-3986.
24. K. P. GEORGAKAKOS, G.M. VALLE-FILHO, N. P. NIKOLAIDIS and J.L. SCHNOOR (1989). "Lake Acidification Studies: The Role of Input Uncertainty in Long-Term Predictions". Water Resources Research, Vol. 25, No. 7, pp. 1511-1518.
25. N. P. NIKOLAIDIS, HU., H., and ECSEDY, C. (1994). "Effects of Climatic Variability on Freshwater Watersheds: Case Studies", Aquatic Sciences, Vol. 56, No. 2, pp. 161-178.
26. N. P. NIKOLAIDIS, HU., H., ECSEDY, C., and J. D. LIN (1993). "Hydrologic Response of Freshwater Watersheds to Climatic Variability; Model Development". Water Resources Research, Vol. 29, No. 10, pp. 3317-3328.
27. N.P. NIKOLAIDIS, MULLER, P.K., SCHNOOR, J.L. and HU, H.L. (1991). "Modeling the Hydrogeochemical Response of a Stream to Acid Deposition Using the Enhanced Trickle-Down Model". Research Journal of Water Pollution Control Federation, Vol. 63, No. 3, pp. 220-227.
28. N.P. NIKOLAIDIS, J. L. SCHNOOR and K. P. GEORGAKAKOS, (1989). "Modeling of Long-Term Lake Alkalinity Responses to Acid Deposition". Journal of Water Pollution Control Federation, Vol. 61, No. 2, pp. 188-199.
29. N.P. NIKOLAIDIS, H. RAJARAM, J. L. SCHNOOR and K. P. GEORGAKAKOS. (1988). "Generalized Softwater Acidification Model". Water Resources Research, Vol. 24, No. 12, pp. 1983-1996.
30. J.L. SCHNOOR (2003). «Περιβαλλοντικά Μοντέλα - Τύχη και Μεταφορά Ρύπων στον Αέρα, Νερό και Έδαφος», Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ (2003).
31. O. TZORAKI, N. P. NIKOLAIDIS (2007). "A generalized framework for modeling the hydrologic and biogeochemical response of a

Mediterranean temporary river basin”, Journal of Hydrology (August 2007).

Αναφορές στο διαδίκτυο

1. www.ga.water.usgs.gov/edu/watercyclegreek.html
2. www.wikipedia.org
3. www.evrotas.gr
4. www.envfriendly.tuc.gr
5. <http://www.aua.gr>

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Περιγραφή των Παραμέτρων που χρησιμοποιούνται στο
Υδρολογικό Υπομοντέλο του ETD**

Μεταβλητές Εισροών

PREC: Συχνότητα βροχής(mm/day)

TEMPC: Θερμοκρασία Αέρα (° C)

QEVAP: Εξάτμιση (mm/day)

Μεταβλητές εκροών

h(i): ισοδύναμο ύψος νερού στο i- διαμέρισμα

QOUT: Προβλέψιμη εκροή επιφανειακού νερού από το υδάτινο σώμα
($\frac{m}{day \cdot unit \text{ catchment area}}$)

STAGE: προβλεπόμενη κατάσταση (στάθμη του υδάτινου σώματος (m))

Υπολογισμένες Μεταβλητές

QOUT: Η επιφανειακή εκροή νερού από το υδάτινο σώμα (m³/day)

Παράμετροι

a₁: παράγοντας διόρθωσης της επιφανειακής διαροής του υδάτινου συστήματος
(αδιάστατο)

a₂: παράγοντας διόρθωσης της υπόγειας διαροής του υδάτινου συστήματος
(αδιάστατο)

b: το κομμάτι του χιονιού που λιώνει και κατευθύνεται στο επιφανειακό νερό
(αδιάστατο)

d₁: το κομμάτι της περιμέτρου του υδάτινου σώματος στο οποίο πραγματοποιείται
διαροή (αδιάστατο)

FRAX: Κομμάτι της εξατμισοδιαπνοής από την ακόρεστη ζώνη (αδιάστατο)

H(i): σταθερά για τον ρυθμό-βαθμό υδρόλυσης για το διαμέρισμα i ($\frac{meq}{m^2 \cdot d}$)

KLAT(3): σταθερά για την εγκάρσια ροή για το διαμέρισμα του εδάφους (αδιάστατο)

KLAT(4): σταθερά για την εγκάρσια ροή για το διαμέρισμα της ακόρεστης ζώνης
(αδιάστατο)

KPERC3: σταθερά για την κατακόρυφη διήθηση για το διαμέρισμα του εδάφους (αδιάστατο)

KPERC4: σταθερά για την κατακόρυφη διήθηση για το διαμέρισμα της ακόρεστης ζώνης (αδιάστατο)

KPAN(i): Συντελεστή για την εξατμισοδιαπνοή από το διαμέρισμα i, σχετικός με την υπολογισμένη εξάτμιση (αδιάστατο)

Σταθερές

AREAA: υδάτινη επιφάνεια της υπολεκάνης (m^2)

AREAT: χερσαία επιφάνεια της υπολεκάνης (m^2)

AREATT: συνολική επιφάνεια της υπολεκάνης (m^2)

CBED: ενεργή υδραυλική αγωγιμότητα του στρώματος του επιφανειακού νερού (m/day)

C_r : παράγοντας μείωσης του ρυθμού υποχώρησης ανά βαθμό $^{\circ}C$ κάτω από το σημείο παγετού F_L (αδιάστατο)

D3: Βάθος του ανώτερου στρώματος εδάφους ή του διαμερίσματος του εδάφους (m)

DEP4: Βάθος του διαμερίσματος της ακόρεστης ζώνης = $DEPBR - D3 - (h(6)/PORE(6))$ (m)

DEP6: Βάθος του διαμερίσματος του υπόγειου νερού (m)

DEPBR: Μέσο βάθος αδιαπέρατου στρώματος στην υπολεκάνη (m)

DIST: απόσταση μεταξύ των κεντροβαρικών σημείων ανάμεσα στο υδάτινο σώμα και την λεκάνη απορροής (m)

FI: Δείκτης Ακαριαίου παγετού ($^{\circ}C$)

FIL: Οριακή τιμή του δείκτη παγετού πάνω από την οποία δεν υπάρχει μείωση του ρυθμού υποχώρησης (αδιάστατο)

K_b : συντελεστής διαπνοής (m/d)

KHL: Οριζόντια υδραυλική αγωγιμότητα του διαμερίσματος της ακόρεστης ζώνης (m/day)

KHU: Οριζόντια υδραυλική αγωγιμότητα του διαμερίσματος του εδάφους (m/day)

KVL: Κατακόρυφη υδραυλική αγωγιμότητα του διαμερίσματος της ακόρεστης ζώνης (m/day)

KVU: Κατακόρυφη υδραυλική αγωγιμότητα του διαμερίσματος του εδάφους (m/day)

LZSSAT: ισοδύναμο βάθος αποθηκευμένου νερού στο διαμέρισμα της ακόρεστης ζώνης υπό υποθετικές συνθήκες κορεσμού (m)

OVLAND: υπερεδάφεια ροή (m/d)

p: Μηνιαίο ποσοστό των ωρών ηλιοφάνειας (αδιάστατο)

PERIC: Περίμετρος της λεκάνης απορροής

PERIL: Περίμετρος του υδάτινου σώματος

PORE3: πορώδες του εδάφους στο διαμέρισμα εδάφους (αδιάστατο)

PORE4: πορώδες του διαμερίσματος της ακόρεστης ζώνης (αδιάστατο)

PORE6: πορώδες του υπόγειου διαμερίσματος (αδιάστατο)

SLOPE: μέση επιφανειακή κλίση της λεκάνης απορροής (αδιάστατο)

T_m: μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C)

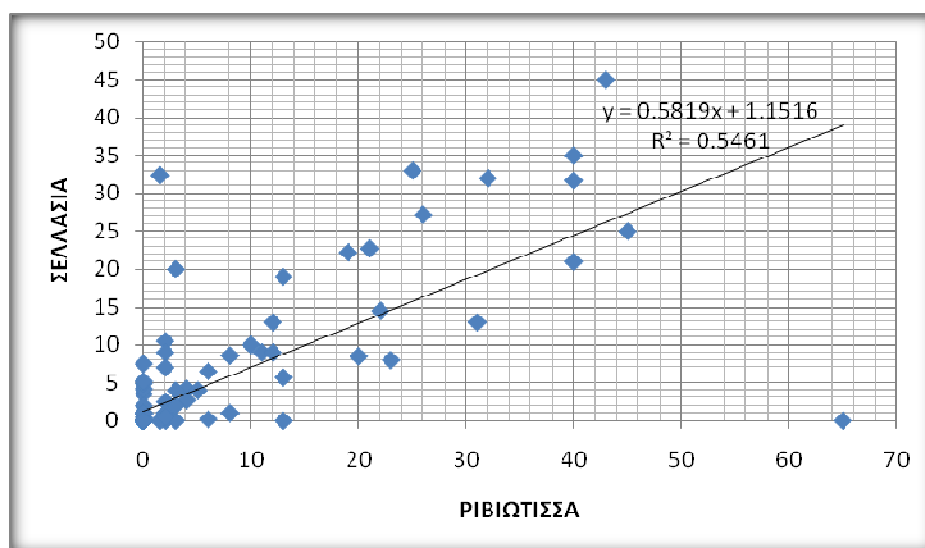
UZSSAT: ισοδύναμο βάθος αποθηκευμένου νερού στο διαμέρισμα του εδάφους υπό συνθήκες κορεσμού (m)

γ_i: συντελεστής που υπολογίζει την παρουσία ή απουσία συσσώρευσης χιονιού (αδιάστατο)

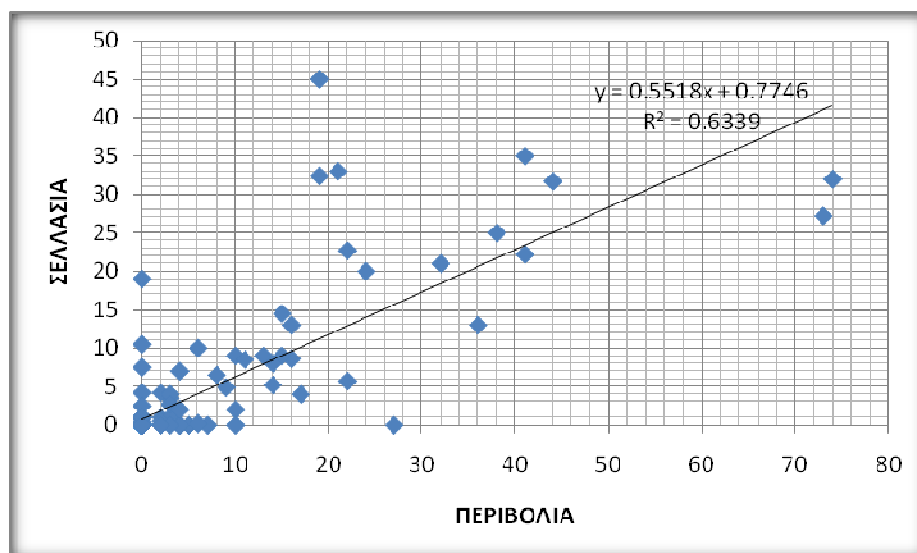
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ

Συμπλήρωση Δεδομένων Βροχόπτωσης του Σταθμού Σελλασίας

Για το χρονικό διάστημα Γενάρης 2003 έως και Μάης 2003 συμπληρώνουμε τα δεδομένα του Σταθμού Σελλασίας από τον Σταθμό Περιβολίων, αφού έχουμε πραγματοποιήσει προηγουμένως τις ακόλουθες ημερήσιες συσχετίσεις που αφορούν στο χρονικό διάστημα Αύγουστος 2002 έως και Δεκέμβρη 2002 ανάμεσα στους σταθμούς Σελλασίας-Ριβιώτισσας και Σελλασίας-Περιβολίων.



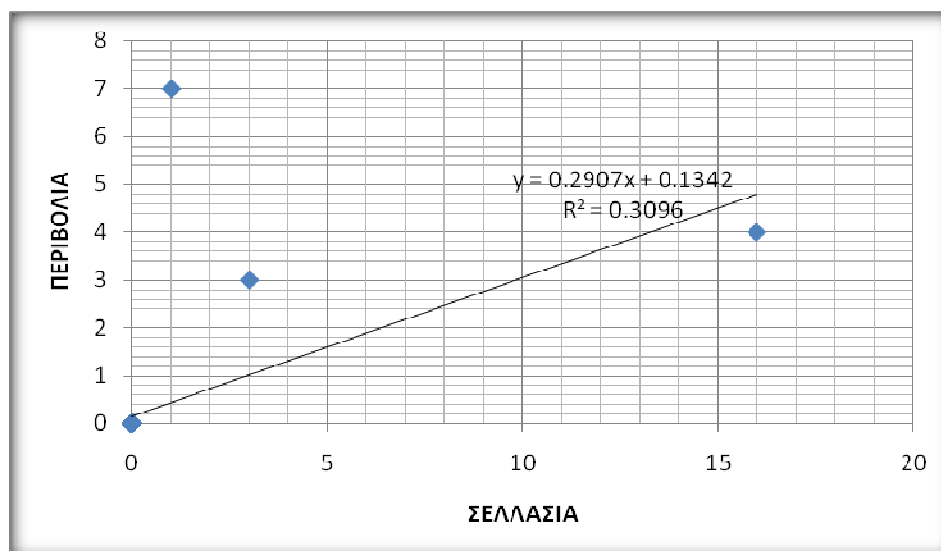
Διάγραμμα 1- Ημερησια συσχέτιση των δεδομένων του Σταθμού Σελλασίας με τον Σταθμό Ριβιώτισσας κατά τους μήνες Αύγουστο 2003- Δεκέμβρη 2003.



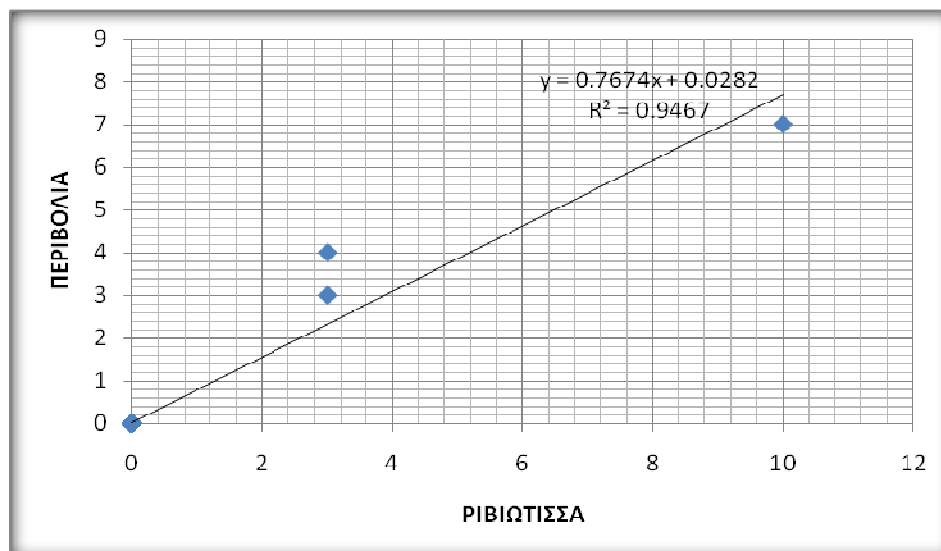
Διάγραμμα 2- Ημερήσια συσχέτιση των δεδομένων του Σταθμού Σελλασίας με τον Σταθμό Περιβολίων κατά τους μήνες Αύγουστο 2003- Δεκέμβρη 2003.

Συμπλήρωση Δεδομένων Βροχόπτωσης του Σταθμού Περιβολίων

Για τη συμπλήρωση των δεδομένων βροχόπτωσης που λείπουν από το σταθμό Περιβολίων κατά το χρονικό διάστημα Αυγούστου 2001 έως και Δεκέμβρη 2001 συσχετίζουμε τα ημερήσια δεδομένα του σταθμού με αυτά των σταθμών Σελλασίας και Ριβιώτισσας για τους μήνες Ιούνιο-Ιούλιο του 2001. Προκύπτουν, επομένως τα ακόλουθα διαγράμματα:



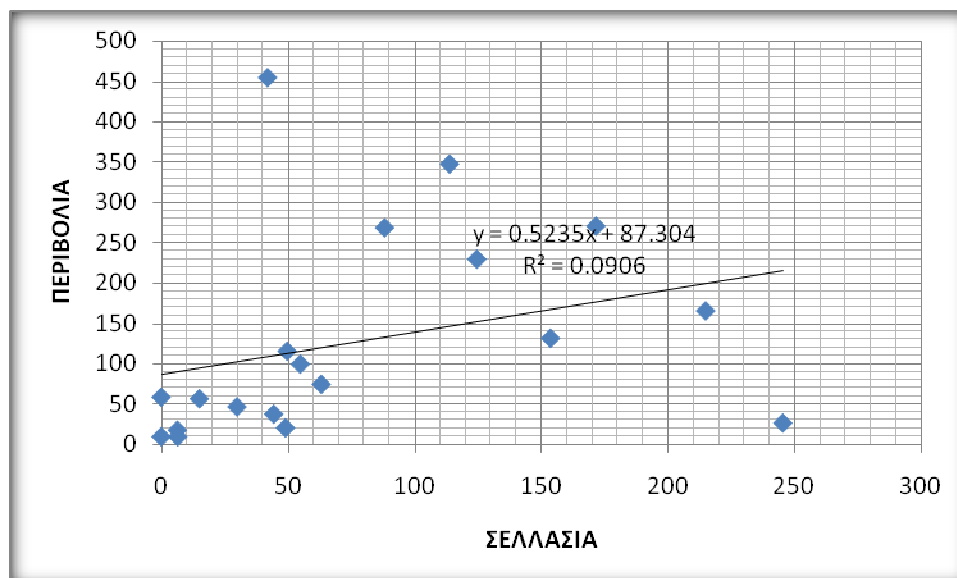
Διάγραμμα 3- Ημερήσια συσχέτιση των δεδομένων του Σταθμού Περιβολίων με τον Σταθμό Σελλασίας κατά τους μήνες Ιούνιο-Ιούλιο 2001.



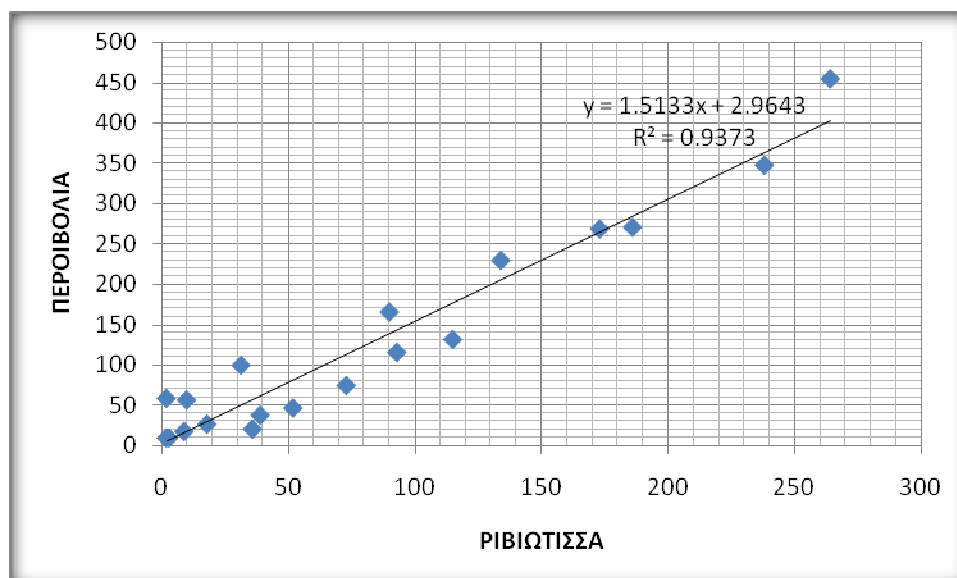
Διάγραμμα 4- Ημερήσια συσχέτιση των δεδομένων του Σταθμού Περιβολίων με τον Σταθμό Ριβιώτισσας κατά τους μήνες Ιούνιο-Ιούλιο 2001.

Διαλέγουμε λοιπόν να συμπληρώσουμε τα δεδομένα του σταθμού Περιβολίων σύμφωνα με αυτά του σταθμού Ριβιώτισσας για την περίοδο Αυγούστου 2001 έως και Δεκέμβρη 2001.

Για τη συμπλήρωση των δεδομένων που λείπουν το χρονικό διάστημα Αύγουστος έως και Οκτώβρης 2004 πραγματοποιούμε τις ακόλουθες μηνιαίες συσχετίσεις του σταθμού Περιβολίων, με τους σταθμούς Σελλασίας και Ριβιώτισσας. Τα δεδομένα θα συμπληρωθούν από το σταθμό Ριβιώτισσας.



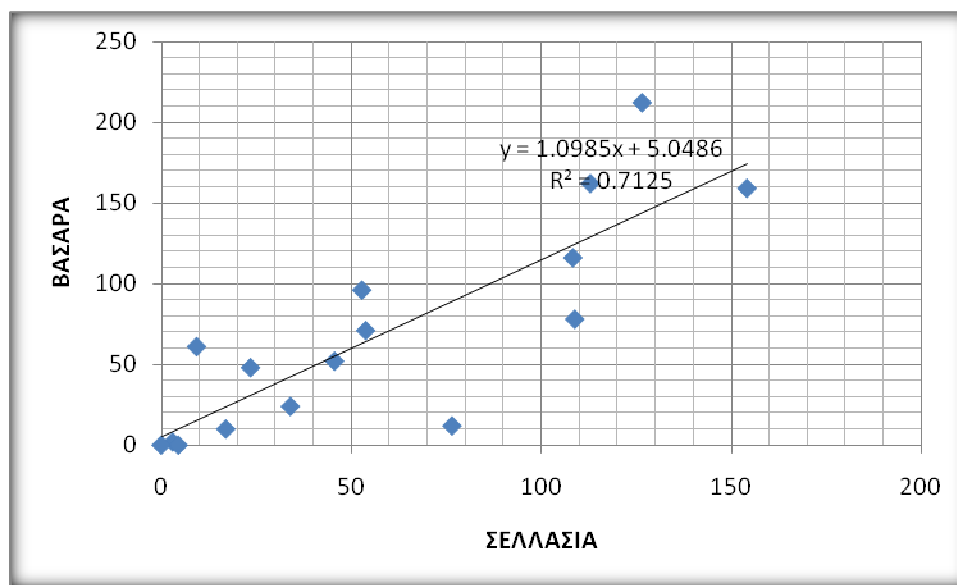
Διάγραμμα 5- Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του Σταθμού Περιβολίων με τον Σταθμό Σελλασίας κατά τους μήνες Γενάρη 2003 - Ιούλη 2004.



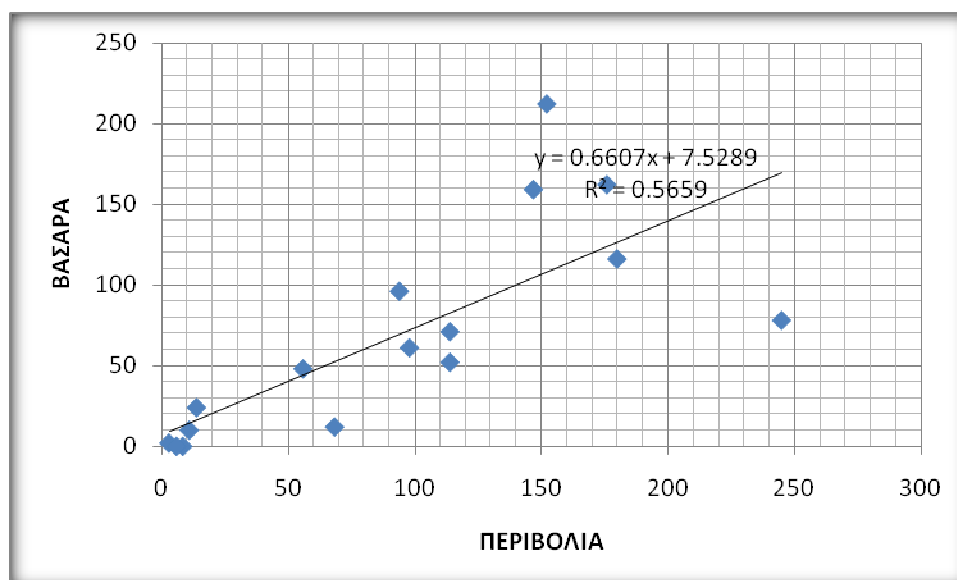
Διάγραμμα 6- Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του Σταθμού Περιβολίων με τον Σταθμό Ριβιώτισσας κατά τους μήνες Γενάρη 2003- Ιούλη 2004.

Συμπλήρωση Δεδομένων Βροχόπτωσης του Σταθμού Βασαράς

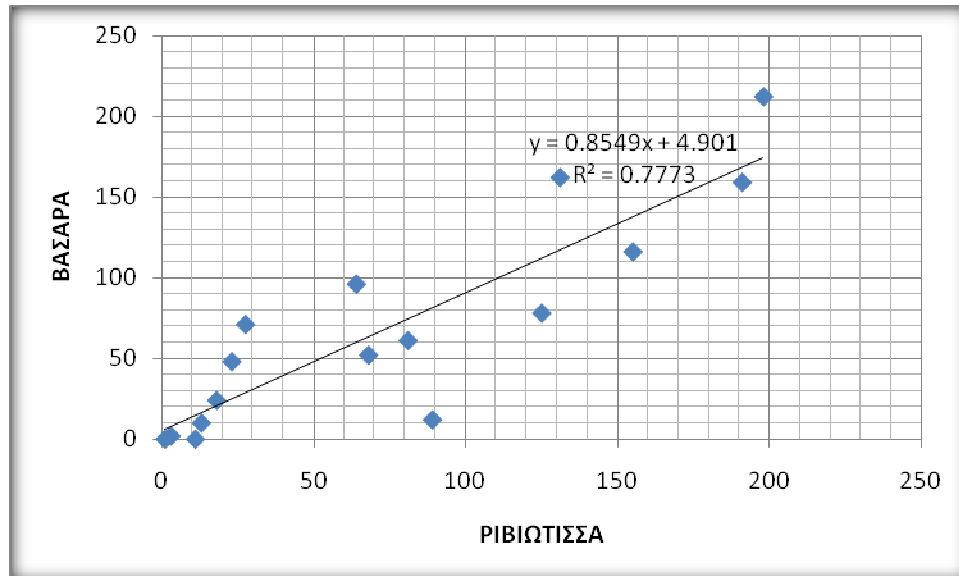
Για την συμπλήρωση των δεδομένων βροχόπτωσης του σταθμού Βασαράς για τον μήνα Μάιο 2002 συσχετίζουμε τις μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης του σταθμού με τις αντίστοιχες μηνιαίες των σταθμών Σελλασίας, Περιβολίων και Ριβιώτισσας για το διάστημα Γενάρης 2001 – Απρίλης 2002 και έτσι προκύπτουν τα παρακάτω διαγράμματα.



Διάγραμμα 7 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Βασαράς με τον σταθμό Σελλασίας για το διάστημα Γενάρη 2001 έως και Απρίλη 2002



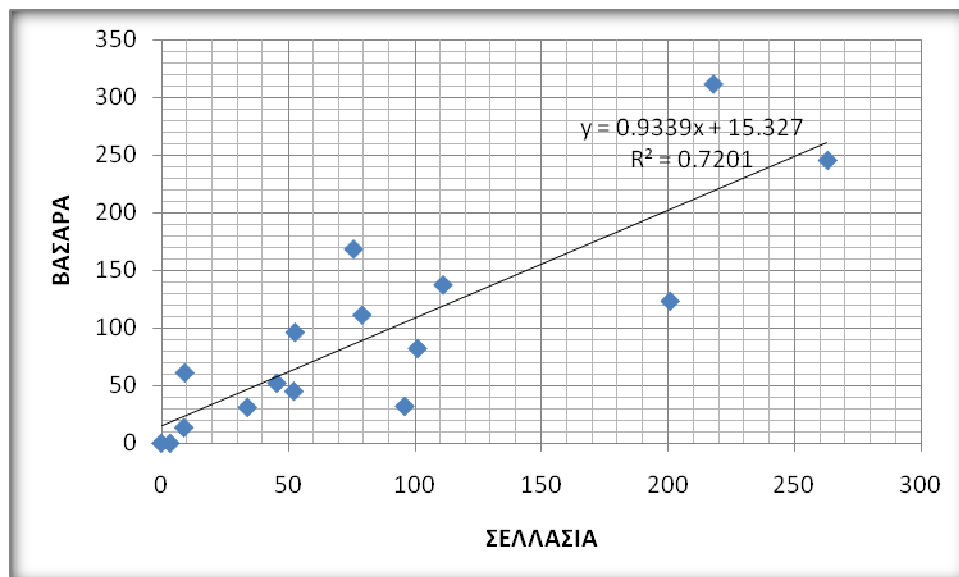
Διάγραμμα 8 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Βασαράς με τον σταθμό Περιβόλια για το διάστημα Γενάρη 2001 έως και Απρίλη 2002



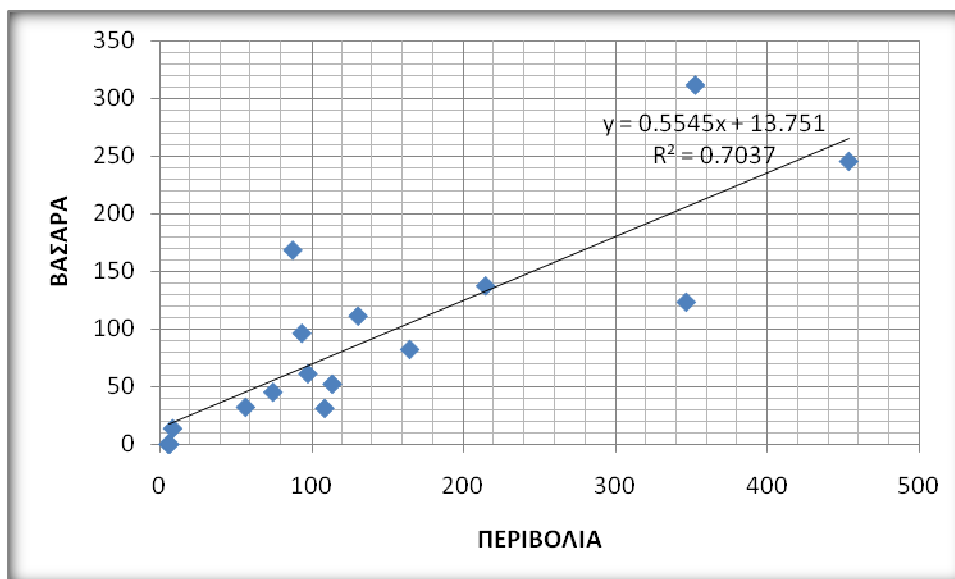
Διάγραμμα 9 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Βασαράς με τον σταθμό Ριβιώτισσας για το διάστημα Γενάρη 2001 έως και Απρίλη 2002

Διαλέγουμε επομένως να συμπληρώσουμε τα δεδομένα που λείπουν για τον Μάη του 2002 σύμφωνα με τον σταθμό Ριβιώτισσας.

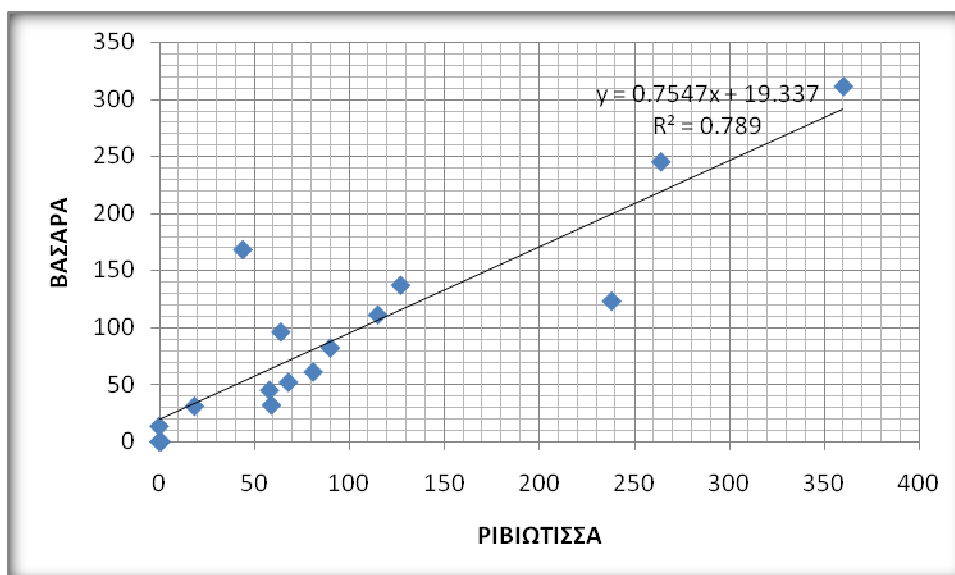
Για την συμπλήρωση των δεδομένων του σταθμού Βασαράς του Μάη-Ιούνη 2003 πραγματοποιούμε ανάλογες μηνιαίες συσχετίσεις.



Διάγραμμα 10 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Βασαράς με τον σταθμό Σελλασίας για το διάστημα Γενάρη 2002 έως και Απρίλη 2003



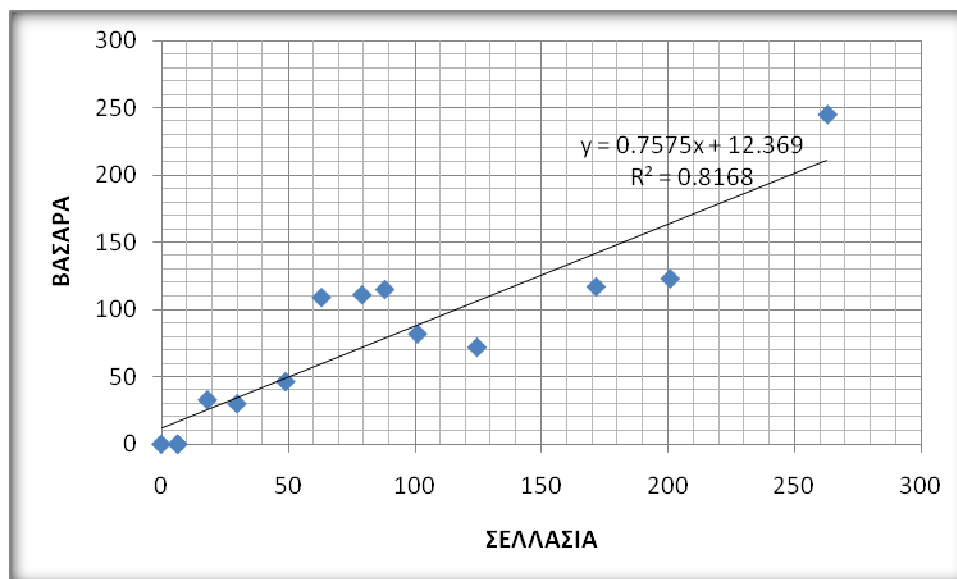
Διάγραμμα 11 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Βασαράς με τον σταθμό Περιβόλια για το διάστημα Γενάρη 2002 έως και Απρίλη 2003



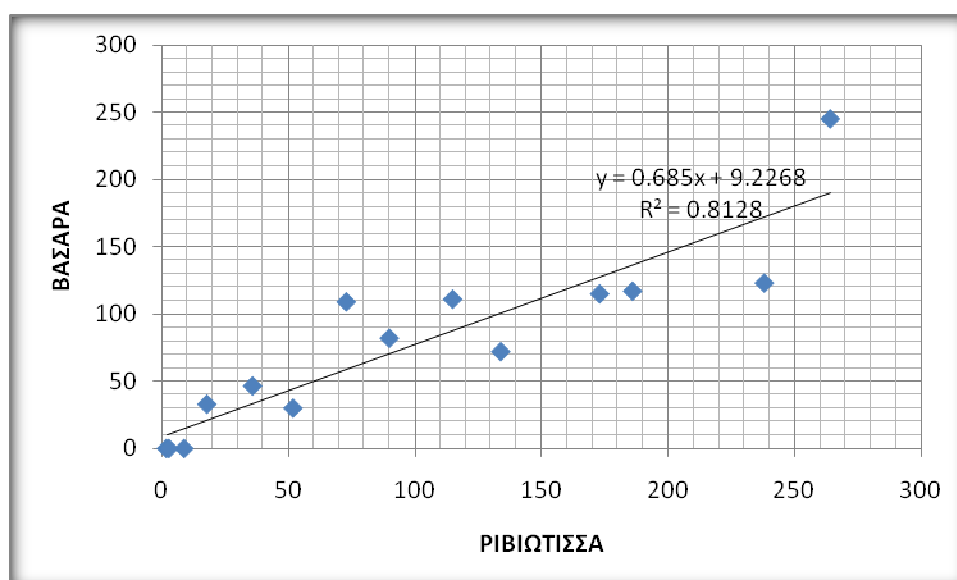
Διάγραμμα 12 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Βασαράς με τον σταθμό Ριβιώτισσας για το διάστημα Γενάρη 2002 έως και Απρίλη 2003

Συμπληρώνουμε τα δεδομένα του Μάη-Ιούνη 2003, που λείπουν, σύμφωνα με τον σταθμό Ριβιώτισσας.

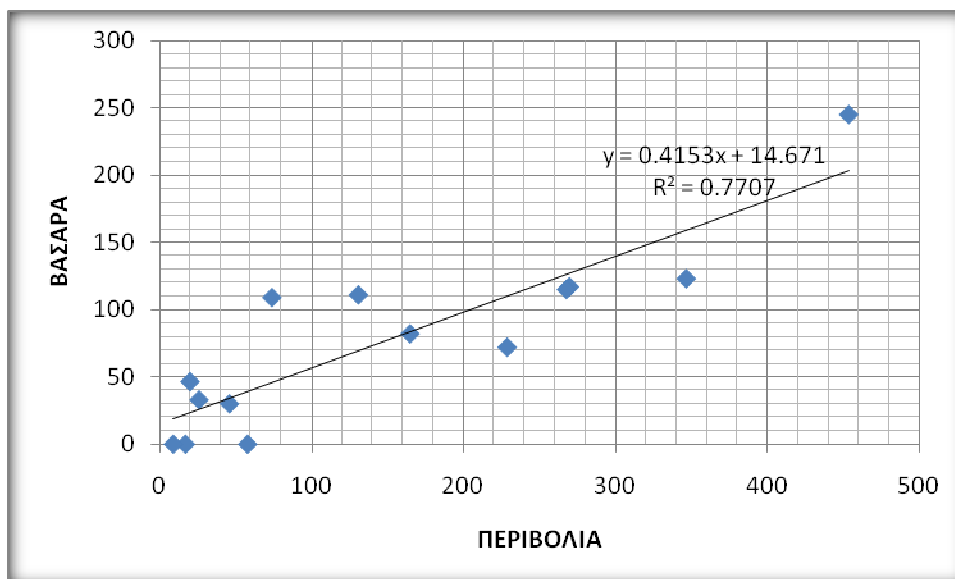
Για την συμπλήρωση των δεδομένων του σταθμού κατά το μήνα Μάρτιο 2004 πραγματοποιούμε μηνιαία συσχέτιση των βροχομετρικών δεδομένων ανάμεσα στους σταθμούς Σελλασία-Βασαρά, Ριβιώτισσα-Βασαρά και Περιβόλια-Βασαρά για το χρονικό διάστημα Γενάρη 2003 έως και Φλεβάρη 2004.



Διάγραμμα 13 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Βασαράς με τον σταθμό Σελλασίας για το διάστημα Γενάρη 2003 έως και Φλεβάρη 2004



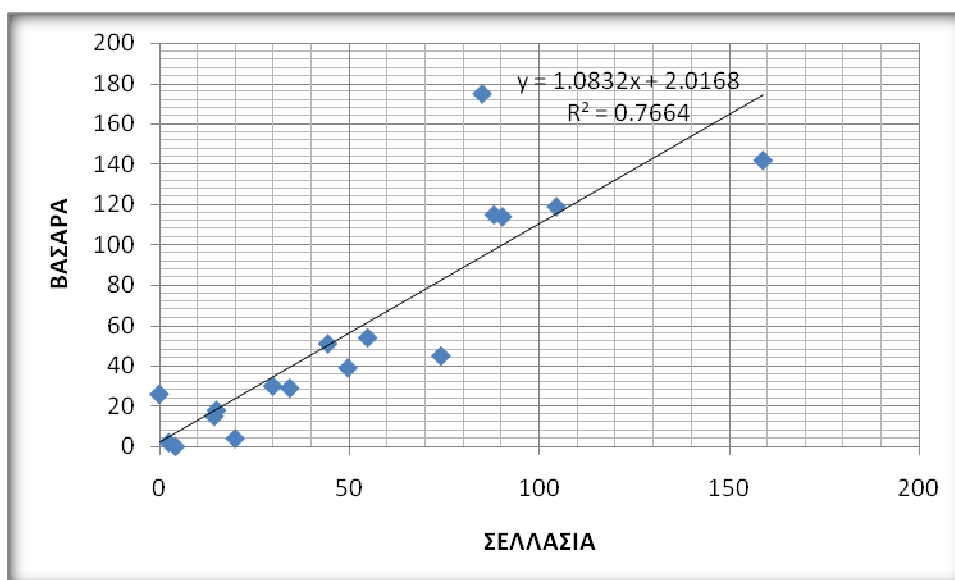
Διάγραμμα 14 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Βασαράς με τον σταθμό Ριβιώτισσας για το διάστημα Γενάρη 2003 έως και Φλεβάρη 2004



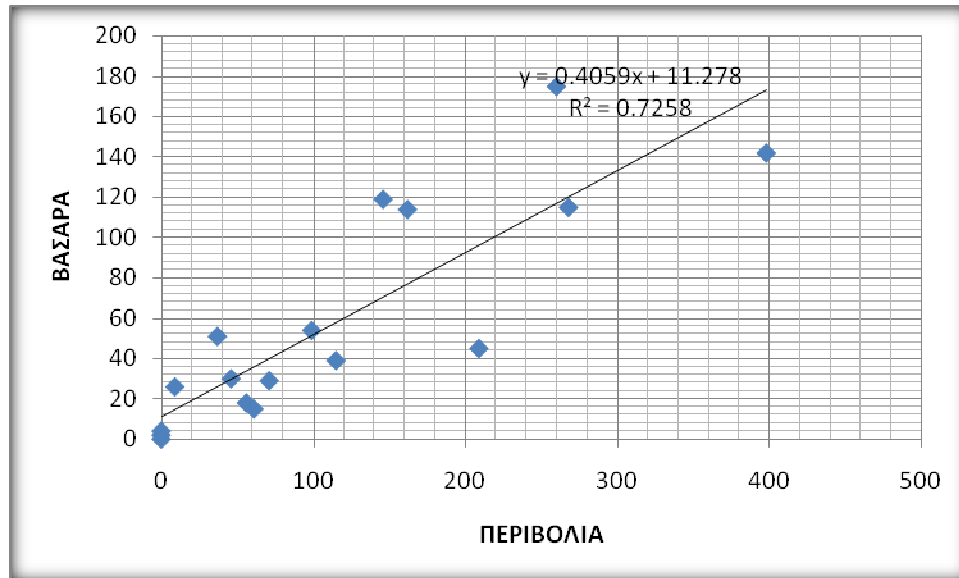
Διάγραμμα 15 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Βασαράς με τον σταθμό Περιβόλια για το διάστημα Γενάρη 2003 έως και Φλεβάρη 2004

Επομένως, συμπληρώνουμε τα δεδομένα του Μάρτη 2004 του σταθμού Βασαράς, σύμφωνα με τα δεδομένα του Σταθμού Σελλασίας.

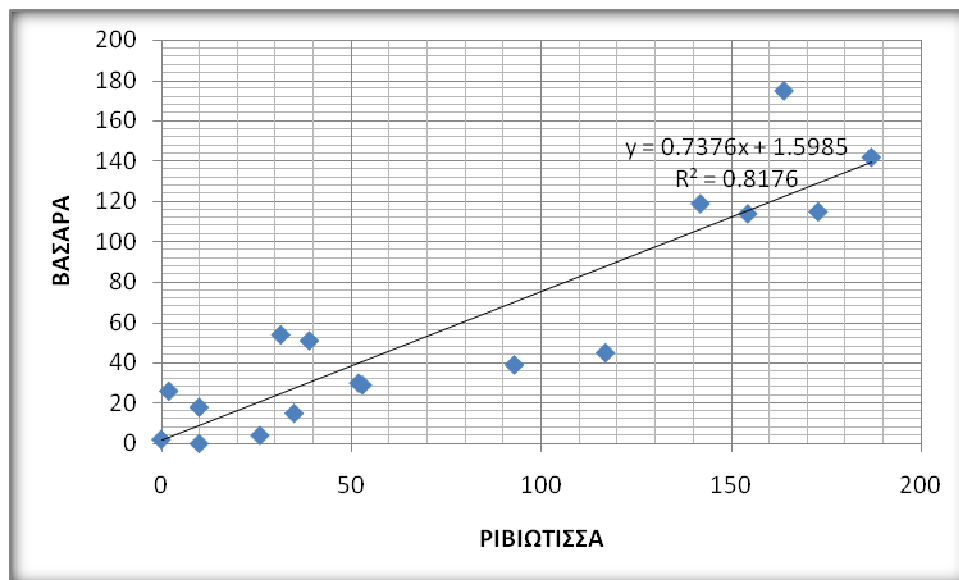
Για την συμπλήρωση των δεδομένων του σταθμού για τον μήνα Ιούνιο του 2005 πραγματοποιούμε επίσης μηνιαίες συσχετίσεις μεταξύ των σταθμών, από τις οποίες προκύπτουν τα ακόλουθα διαγράμματα:



Διάγραμμα 16 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Βασαράς με τον σταθμό Σελλασίας για το διάστημα Γενάρη 2004 έως και Μάη 2005



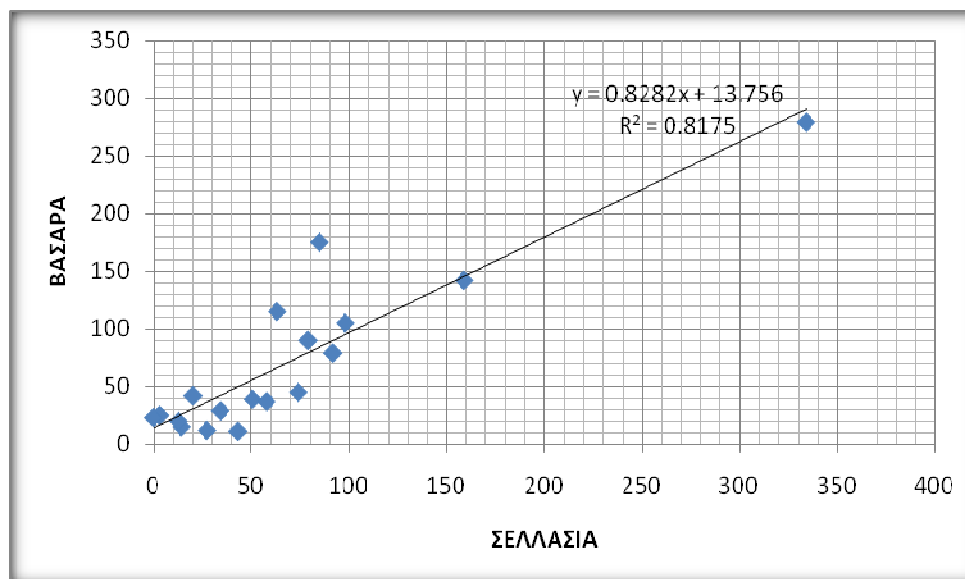
Διάγραμμα 17 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Βασαράς με τον σταθμό Περιβολίων για το διάστημα Γενάρη 2004 έως και Μάη 2005



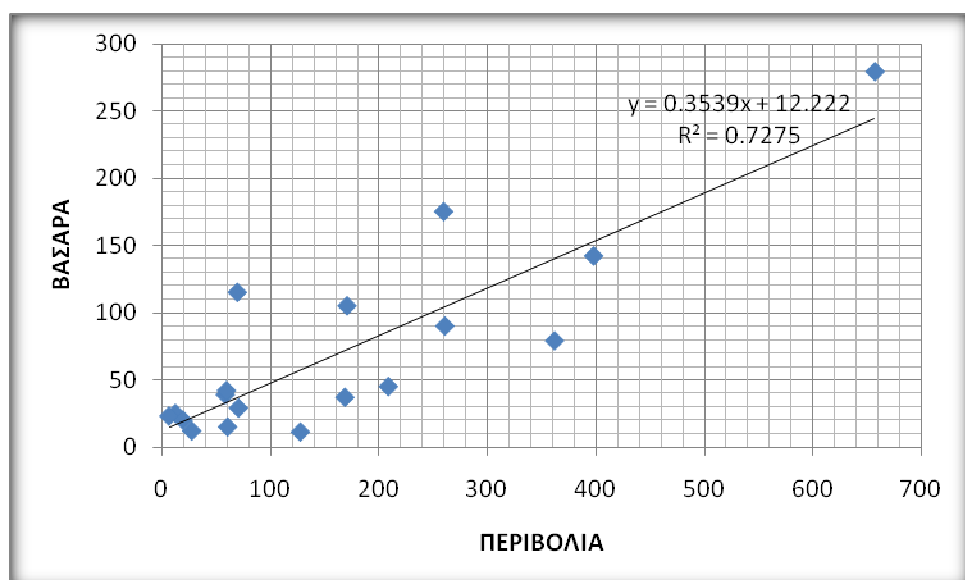
Διάγραμμα 18 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Βασαράς με τον σταθμό Ριβιώτισσας για το διάστημα Γενάρη 2004 έως και Μάη 2005

Συμπληρώνουμε τα δεδομένα του Ιουνίου 2005 σύμφωνα με τα δεδομένα του σταθμού Ριβιώτισσας.

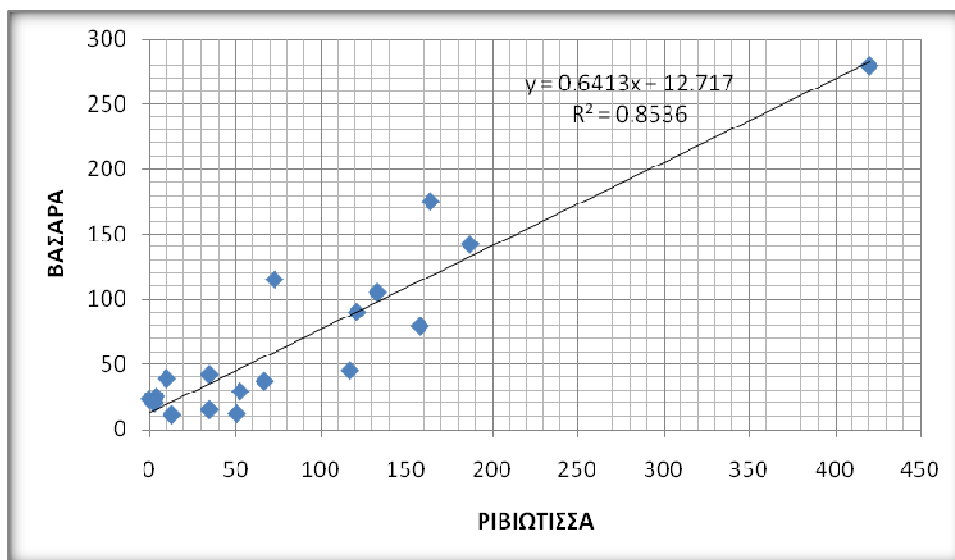
Για την συμπλήρωση των δεδομένων του μήνα Ιουλίου 2006 ακολουθούμε την ίδια ακριβώς διαδικασία για το χρονικό διάστημα Γενάρη 2005 έως και Ιούνη 2006, στην οποία προκύπτουν τα ακόλουθα διαγράμματα από τα οποία συμπεραίνουμε ότι τα δεδομένα που λείπουν θα συμπληρωθούν από τα αντίστοιχα δεδομένα του σταθμού Ριβιώτισσας.



Διάγραμμα 19 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Βασαράς με τον σταθμό Σελλασίας για το διάστημα Γενάρη 2005 έως και Ιούνη 2006

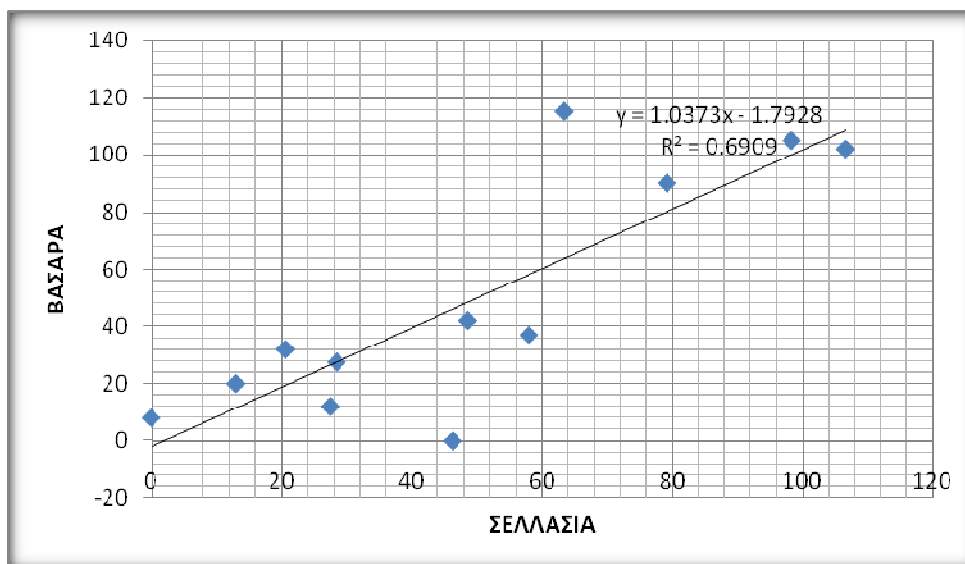


Διάγραμμα 20 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Βασαράς με τον σταθμό Περιβολίων για το διάστημα Γενάρη 2005 έως και Ιούνη 2006

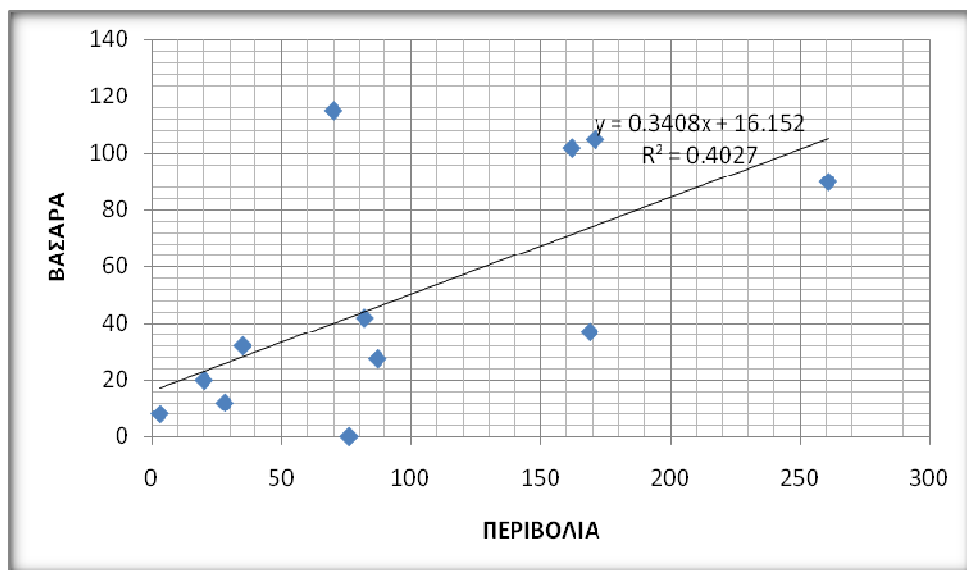


Διάγραμμα 21 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Βασαράς με τον σταθμό Ριβιώτισσας για το διάστημα Γενάρη 2005 έως και Ιούνη 2006

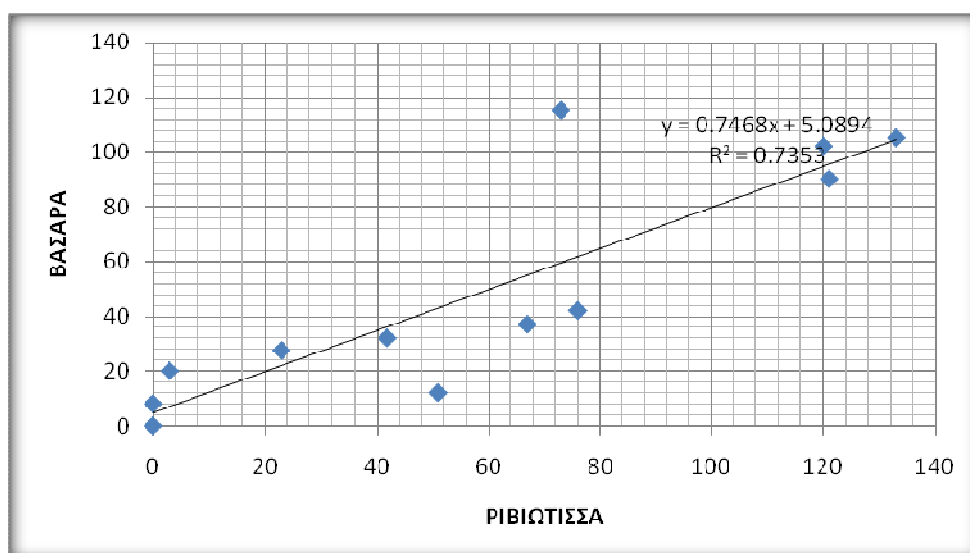
Για την συμπλήρωση των βροχομετρικών δεδομένων του Γενάρη 2007 για τον σταθμό Βασαρά, ακολουθούμε και πάλι την ίδια διαδικασία στην οποία καταλήγουμε, μετά από συσχέτιση των δεδομένων των σταθμών για όλο το 2006, στην συμπλήρωση των δεδομένων του σταθμού από τα δεδομένα του σταθμού Ριβιώτισσας. Τα διαγράμματα της παραπάνω διαδικασίας ακολουθούν ευθύς αμέσως.



Διάγραμμα 22 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Βασαράς με τον σταθμό Σελλασίας για το διάστημα Γενάρη 2006 έως και Δεκέμβρη 2006

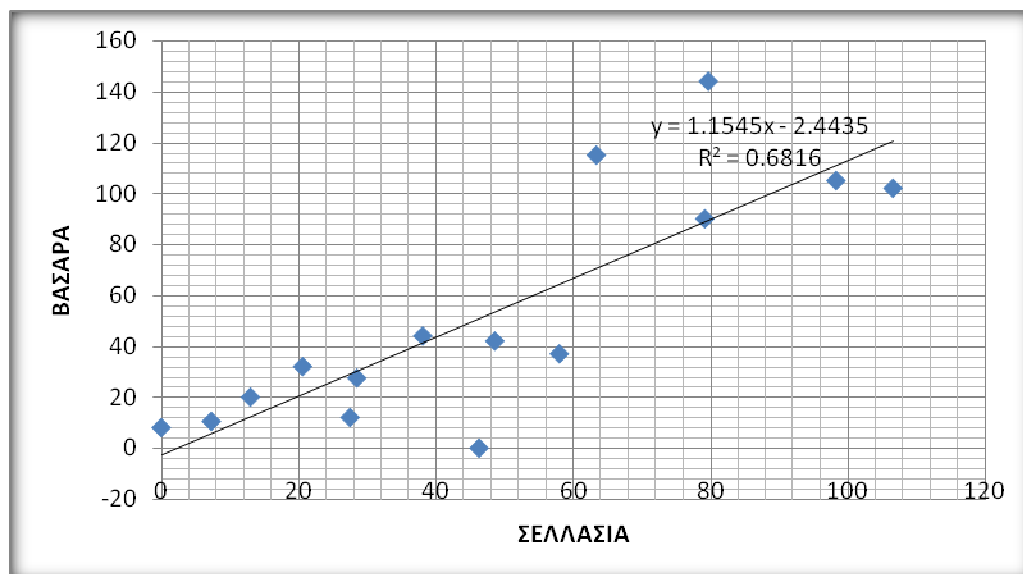


Διάγραμμα 23 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Βασαράς με τον σταθμό Περιβολίων για το διάστημα Γενάρη 2006 έως και Δεκέμβρη 2006

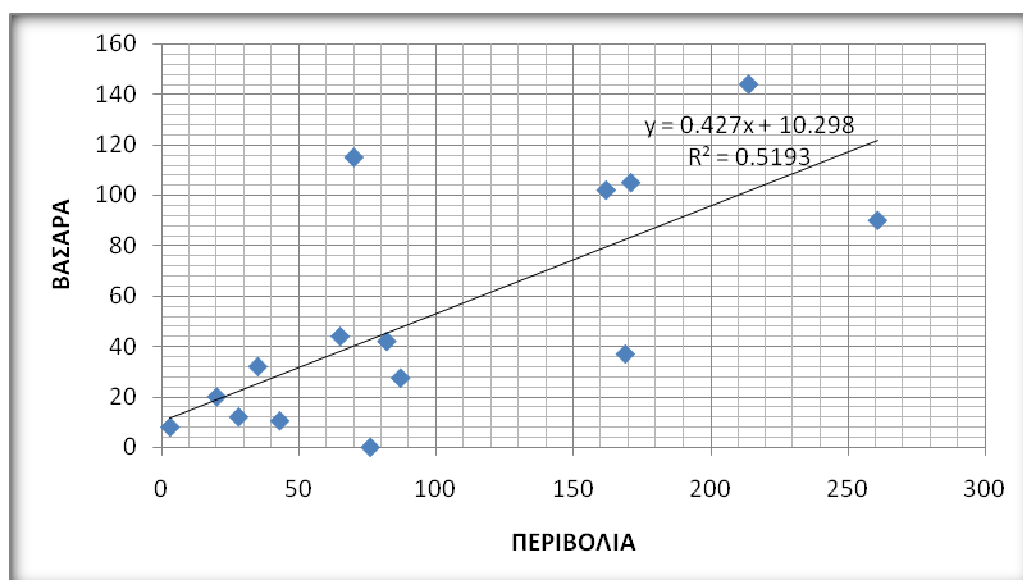


Διάγραμμα 24 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Βασαράς με τον σταθμό Ριβιώτισσας για το διάστημα Γενάρη 2006 έως και Δεκέμβρη 2006

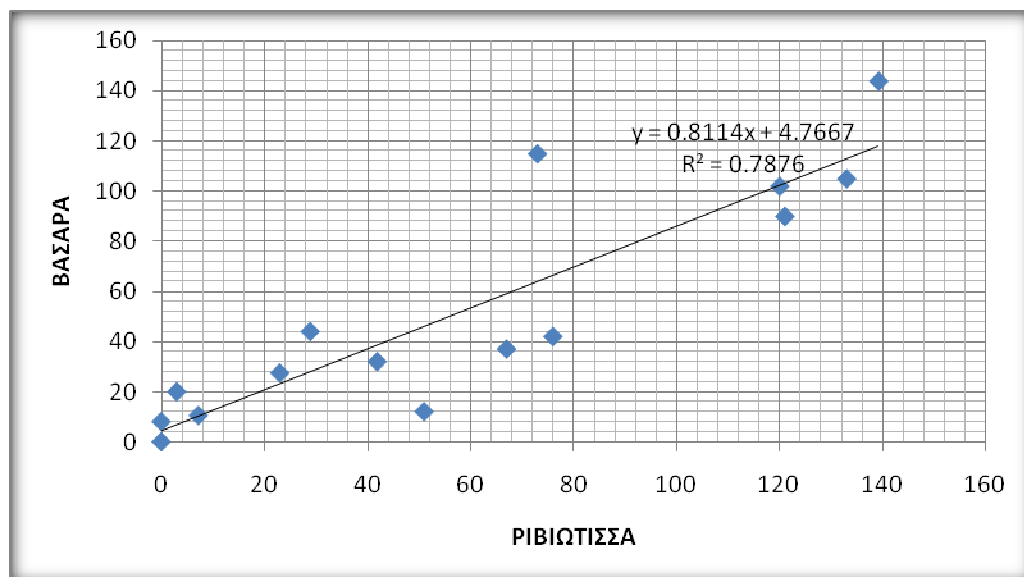
Ομοίως για τον Απρίλη του 2007 έχουμε τα ακόλουθα διαγράμματα:



Διάγραμμα 25 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Βασαράς με τον σταθμό Σελλασίας για το διάστημα Γενάρη 2006 έως και Μάρτη 2007



Διάγραμμα 26 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Βασαράς με τον σταθμό Περιβολίων για το διάστημα Γενάρη 2006 έως και Μάρτη 2007

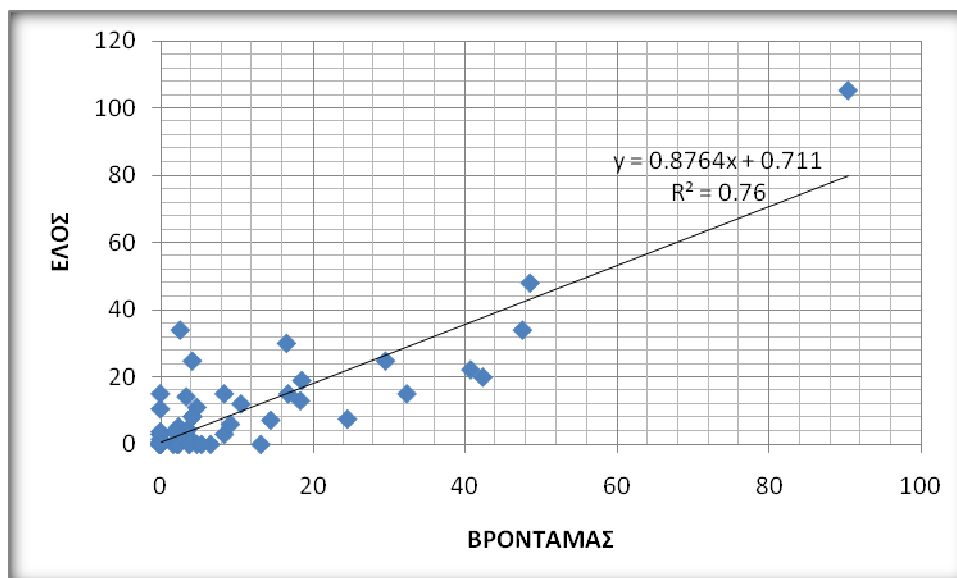


Διάγραμμα 27 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Βασαράς με τον σταθμό Ριβιώτισσας για το διάστημα Γενάρη 2006 έως και Δεκέμβρη 2006

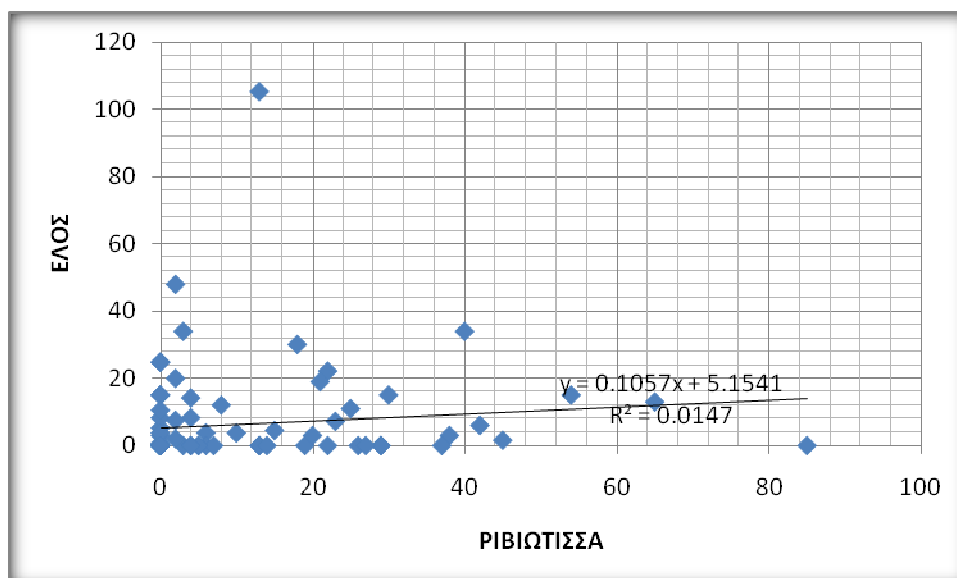
Καταλήγουμε στην συμπλήρωση των δεδομένων για τον μήνα Απρίλη 2007, σύμφωνα με τα δεδομένα του σταθμού Ριβιώτισσας.

Συμπλήρωση Βροχομετρικών Δεδομένων του Σταθμού Έλους

Για την συμπλήρωση των βροχομετρικών δεδομένων του σταθμού Έλους κατά το χρονικό διάστημα Μάρτης 2003-Μάης 2003 επιλέγουμε να συσχετίσουμε τα ημερήσια δεδομένα του σταθμού με τα αντίστοιχα των σταθμών Ριβιώτισσας και Βρονταμά, για το χρονικό διάστημα από Δεκέμβρη 2002 έως και Φλεβάρη 2003. Καταλήγουμε στα ακόλουθα διαγράμματα, απ' όπου διαλέγουμε την συμπλήρωση των ελλιπών δεδομένων από τα δεδομένα του σταθμού Βρονταμά.

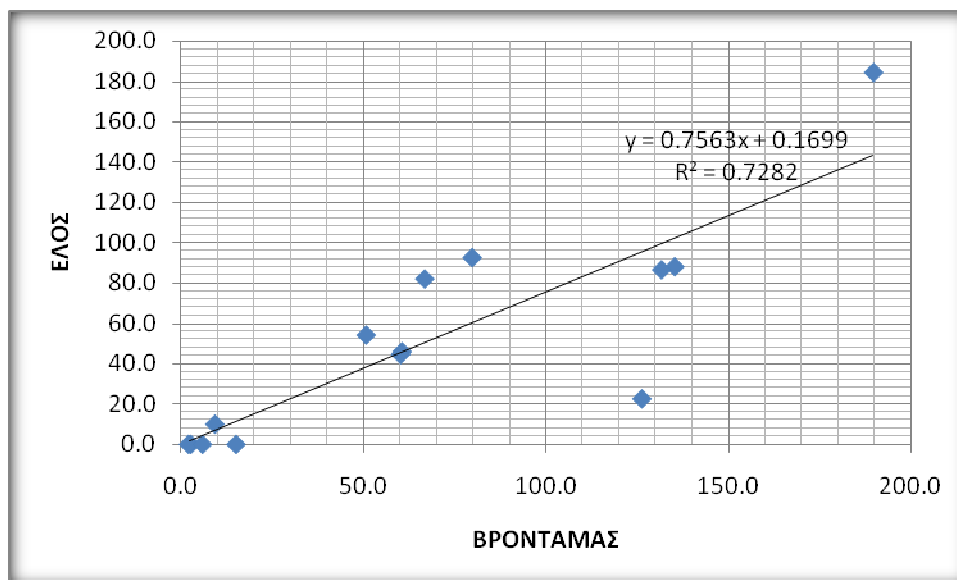


Διάγραμμα 28 – Ημερήσια συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Έλους με τον σταθμό Βρονταμά για το διάστημα Δεκέμβρη 2002 έως και Φλεβάρη 2003.

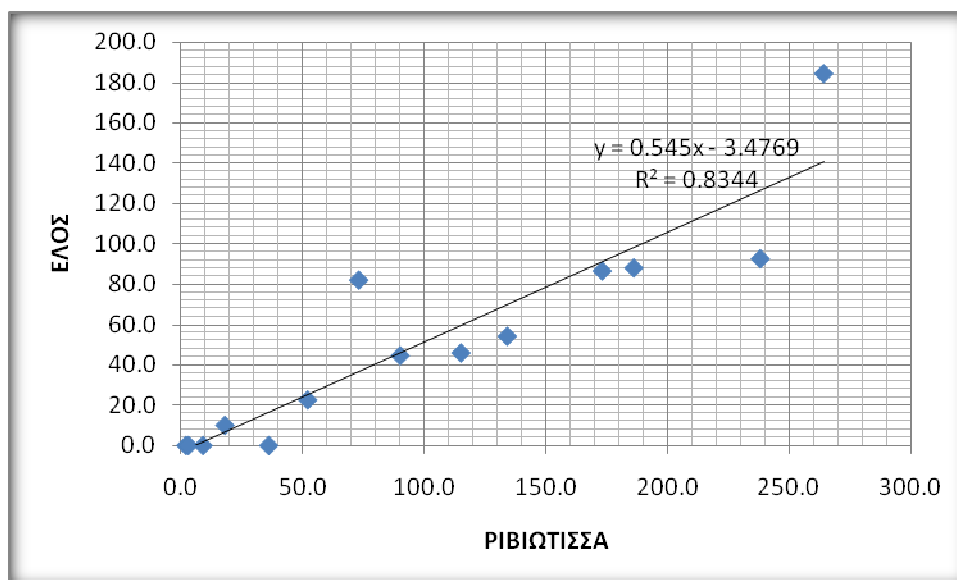


Διάγραμμα 29 – Ημερήσια συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Έλους με τον σταθμό Ριβιώτισσας για το διάστημα Δεκέμβρη 2002 έως και Φλεβάρη 2003.

Για την συμπλήρωση των δεδομένων του Μάρτη 2004, επιλέγουμε μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων των σταθμών Βρονταμάς-Έλος και Ριβιώτισσα-Έλος κατά τη χρονική περίοδο Γενάρης 2003 έως και Φλεβάρη 2004. Καταλήγουμε στη συμπλήρωση των απαιτούμενων δεδομένων από τα αντίστοιχα δεδομένα του σταθμού Ριβιώτισσας, σύμφωνα με τα παρακάτω διαγράμματα:



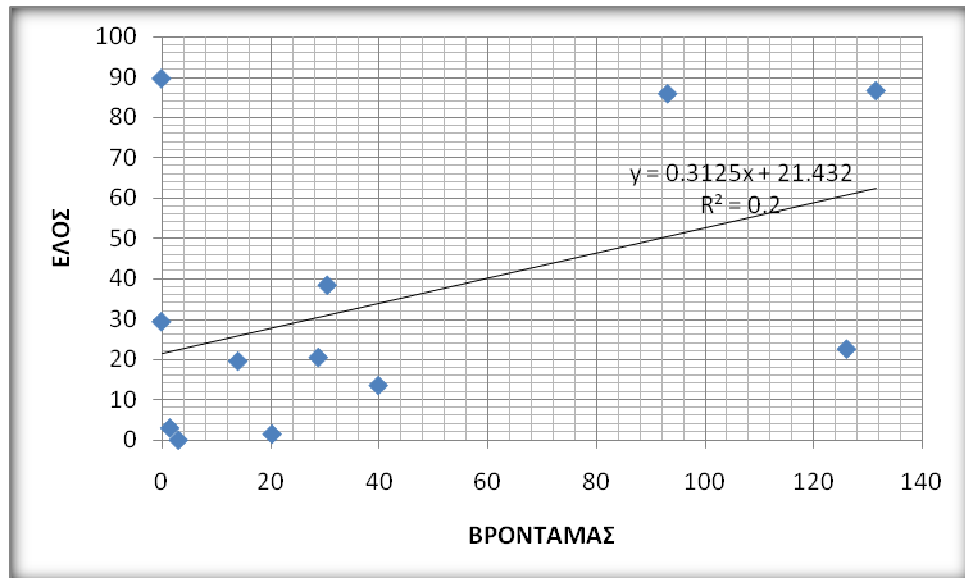
Διάγραμμα 30 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Έλους με τον σταθμό Βρονταμά για το διάστημα Γενάρη 2003 έως και Φλεβάρη 2004.



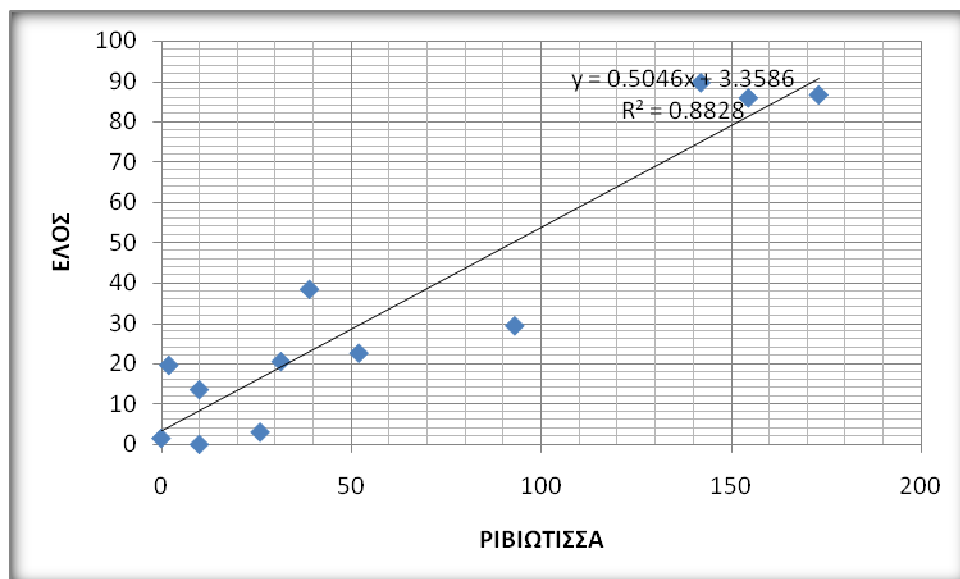
Διάγραμμα 31 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Έλους με τον σταθμό Ριβιώτισσας για το διάστημα Γενάρη 2003 έως και Φλεβάρη 2004.

Για την συμπλήρωση των βροχομετρικών δεδομένων ολόκληρου του έτους 2005, συσχετίζουμε τους παραπάνω σταθμούς ως προς τις μηνιαίες τιμές

βροχόπτωσης για όλο το 2004. Καταλήγουμε σε καλύτερη συσχέτιση μεταξύ των σταθμών Έλους-Ριβιώτισσας, απ'όπου και συμπληρώνουμε τα δεδομένα που λείπουν, σύμφωνα με ένα από τα παρακάτω διαγράμματα.



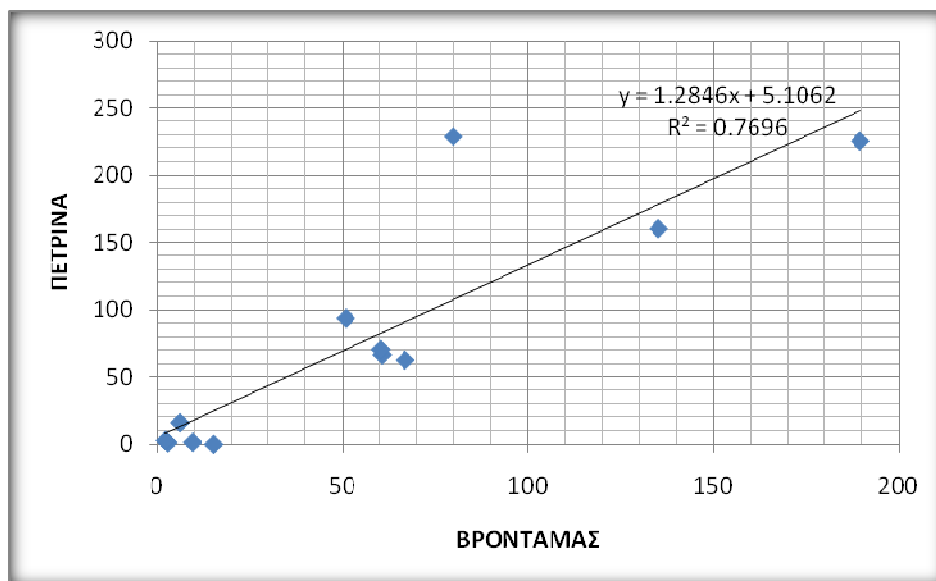
Διάγραμμα 32 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Έλους με τον σταθμό Βρονταμά για το διάστημα Γενάρη 2004 έως και Δεκέμβρη 2004.



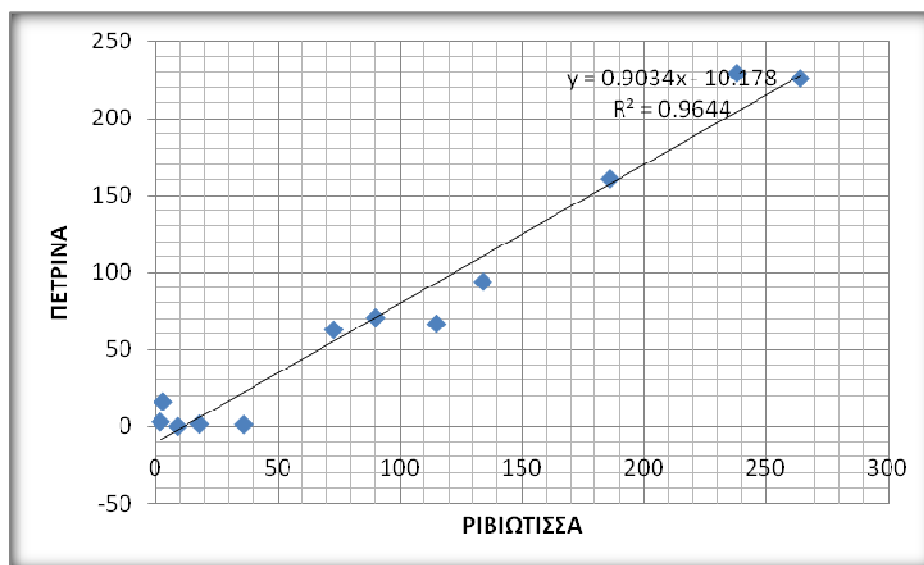
Διάγραμμα 33 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Έλους με τον σταθμό Ριβιώτισσας για το διάστημα Γενάρη 2004 έως και Δεκέμβρη 2004.

Συμπλήρωση Βροχομετρικών Δεδομένων του Σταθμού Πετρίνα

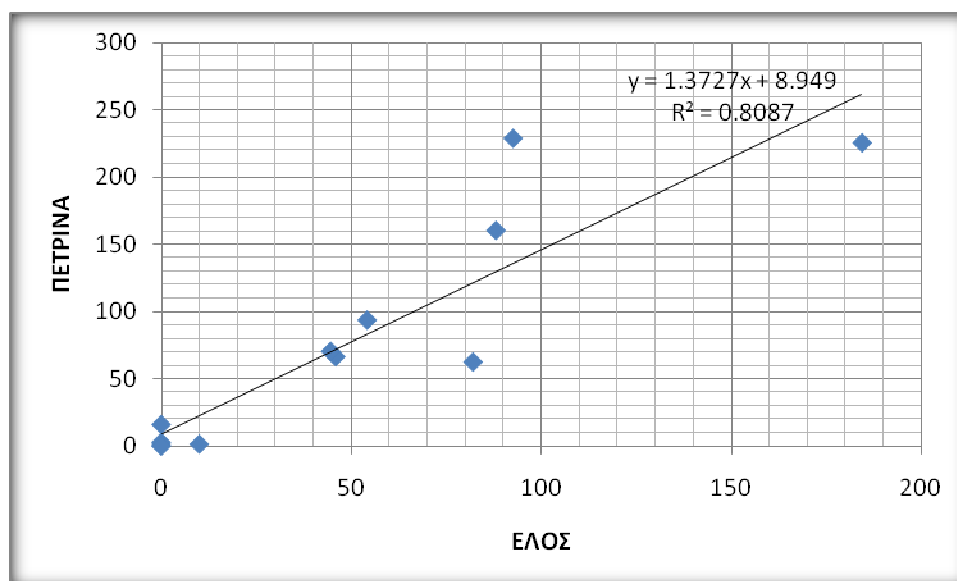
Για την συμπλήρωση των δεδομένων βοχόπτωσης του έτους 2004, του σταθμού Πετρίνα κάνουμε μηνιαίες συσχετίσεις ανάμεσα στους σταθμούς Πετρίνα-Βρονταμά, Πετρίνα-Ριβιώτισσα και Πετρίνα-Έλος. Καταλήγουμε ότι η συσχέτιση με το σταθμό της Ριβιώτισσας είναι καλύτερη επομένως συμπληρώνουμε και τα δεδομένα σύμφωνα με τον σταθμό αυτό. Παρακάτω ακολουθούν διαγράμματα τα οποία πιστοποιούν το παραπάνω.



Διάγραμμα 34 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Πετρίνας με τον σταθμό Βρονταμά για το διάστημα Γενάρη 2003 έως και Δεκέμβρη 2003.



Διάγραμμα 35 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Πετρίνας με τον σταθμό Ριβιώτισσα για το διάστημα Γενάρη 2003 έως και Δεκέμβρη 2003.

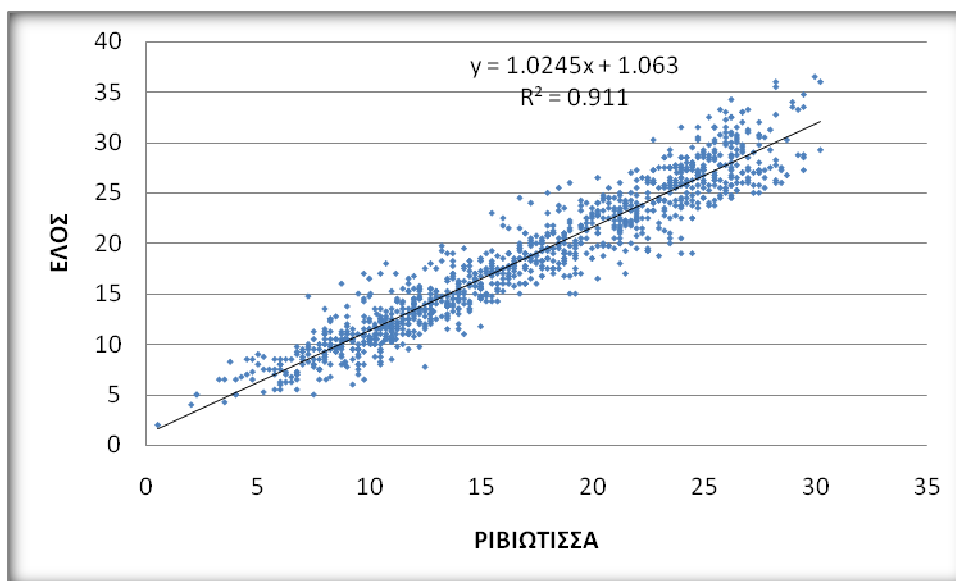


Διάγραμμα 36 – Μηνιαία συσχέτιση των δεδομένων του σταθμού Πετρίνας με τον σταθμό Έλους για το διάστημα Γενάρη 2003 έως και Δεκέμβρη 2003.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Συμπλήρωση δεδομένων Θερμοκρασίας του Σταθμού Έλους

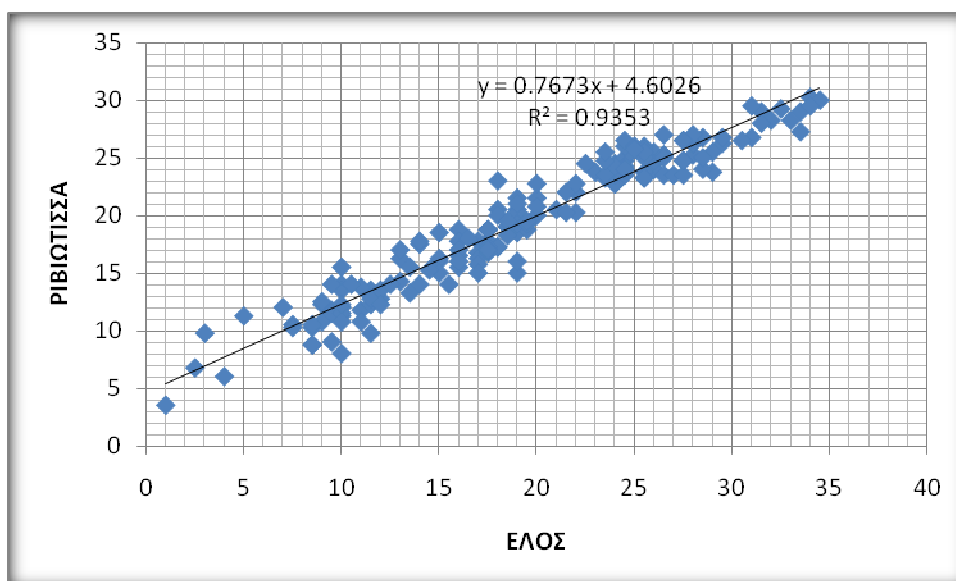
Για την συμπλήρωση των δεδομένων του σταθμού Έλους για την χρονική περίοδο 17/12/2002-22/1/2006, πραγματοποιούμε αρχικά συσχέτιση μεταξύ των ημερήσιων δεδομένων του σταθμού με το σταθμό της Ριβιώτισσας για να καταλήξουμε στη σχέση, σύμφωνα με την οποία θα γίνει η συμπλήρωση των δεδομένων. Έτσι προκύπτει το ακόλουθο διάγραμμα:



Διάγραμμα 1 – Ημερήσια συσχέτιση των δεδομένων θερμοκρασίας του σταθμού Έλους με τον σταθμό Ριβιώτισσας για το διάστημα Γενάρη 2000 έως 16 Δεκέμβρη 2002.

Συμπλήρωση δεδομένων Θερμοκρασίας του Σταθμού Ριβιώτισσας

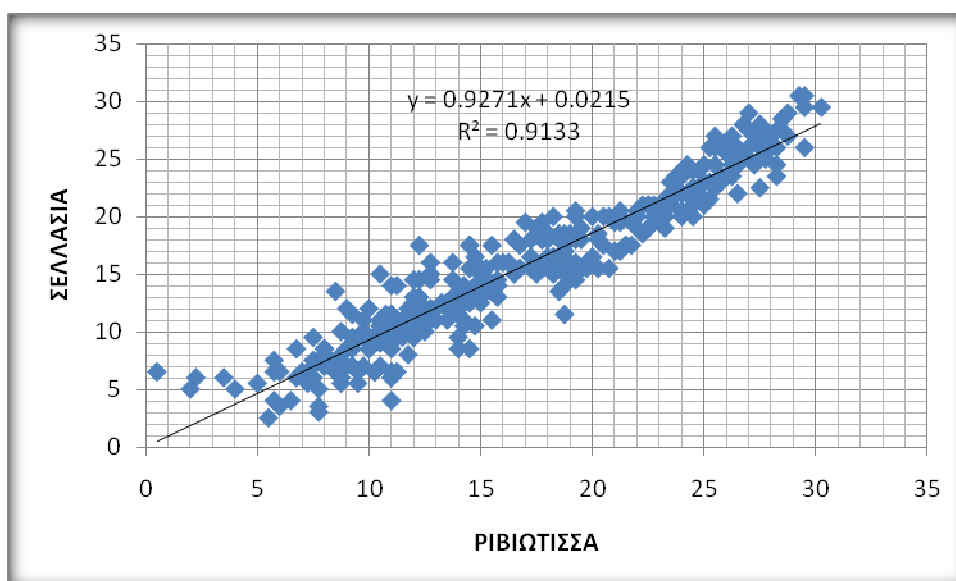
Για την συμπλήρωση των δεδομένων Θερμοκρασίας του σταθμού Ριβιώτισσας για τον μήνα Ιανουάριο του 2001, πραγματοποιούμε αρχικά συσχέτιση μεταξύ των ημερήσιων δεδομένων του σταθμού με το σταθμό του Έλους για να καταλήξουμε στη σχέση, σύμφωνα με την οποία θα γίνει η συμπλήρωση των δεδομένων. Έτσι προκύπτει το ακόλουθο διάγραμμα:



Διάγραμμα 2 – Ημερήσια συσχέτιση των δεδομένων θερμοκρασίας του σταθμού Ριβιώτισσας με τον σταθμό Έλους για το διάστημα Ιούνιο 2000 έως Δεκέμβριο 2000.

Συμπλήρωση δεδομένων Θερμοκρασίας του Σταθμού Σελλασίας

Για την συμπλήρωση των δεδομένων θερμοκρασίας του χρονικού διαστήματος Γενάρης 2003- 17 Ιούνιο 2003 ακολουθούμε ημερήσια συσχέτιση των θερμοκρασιακών δεδομένων ολόκληρου του 2002, ανάμεσα στους σταθμούς Ριβιώτισσας και Σελλασίας, ώστε να καταλήξουμε στη σχέση που θα μας παρέχει τα ελλιπή δεδομένα. Έτσι έχουμε:

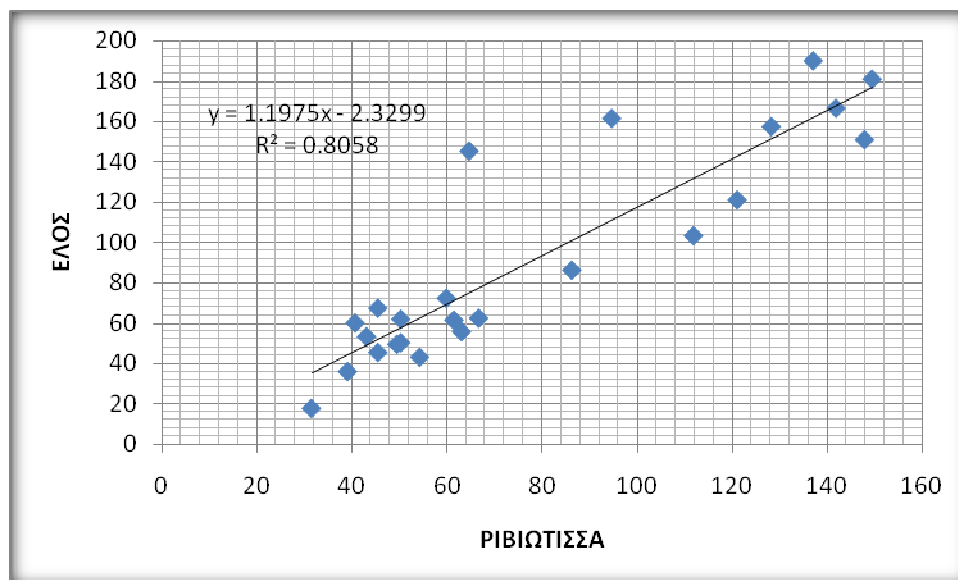


Διάγραμμα 3 – Ημερήσια συσχέτιση των δεδομένων θερμοκρασίας του σταθμού Σελλασίας με τον σταθμό Ριβιώτισσας για το διάστημα Γενάρη 2002 έως Δεκέμβριο 2002.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ: ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ

Συμπλήρωση δεδομένων Εξάτμισης του Σταθμού Έλους

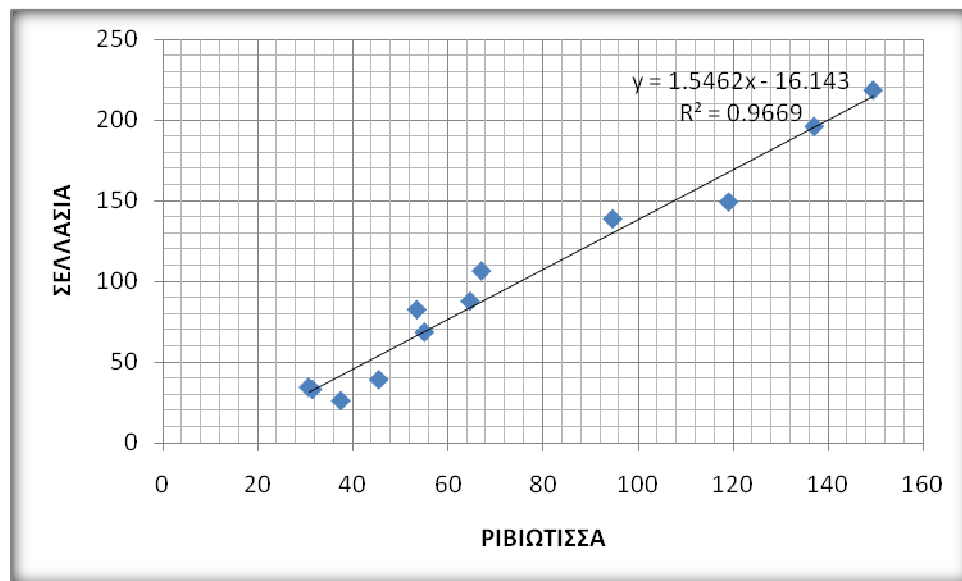
Για την συμπλήρωση των δεδομένων εξάτμισης που μας λείπουν για τα έτη 2004 έως και 2007 θα ακολουθήσει παρακάτω μηνιαία συσχέτιση μεταξύ των σταθμών Ριβιώτισσας και Έλους για τα έτη 2002 έως και 2003. Παρακάτω ακολουθεί το σχετικό διάγραμμα το οποίο μας δίνει μια σχετικά καλή συσχέτιση μεταξύ των δύο σταθμών.



Διάγραμμα 1 – Μηνιαία Συσχέτιση μεταξύ των σταθμών Ριβιώτισσας-Έλους για την συμπλήρωση των δεδομένων της χρονικής περιόδου 2004 έως και 2007.

Συμπλήρωση δεδομένων Εξάτμισης του Σταθμού Έλους

Για την συμπλήρωση των δεδομένων εξάτμισης του Σταθμού Σελλασίας τον μήνα Μάρτιο του 2004, πραγματοποιούμε μηνιαία συσχέτιση με τον σταθμό της Ριβιώτισσας για το χρονικό διάστημα Ιουλίου 2003 έως και Ιουνίου 2004 ώστε να δούμε αν αυτοί οι δύο σταθμοί έχουν καλή ομοιογένεια. Προκύπτει το ακόλουθο διάγραμμα:



Διάγραμμα 2 – Μηνιαία Συσχέτιση μεταξύ των σταθμών Ριβιώτισσας-Σελλασίας για την συμπλήρωση των δεδομένων του μήνα Μαρτίου 2004.