ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

Διερεύνηση υδρογεωλογικών συνθηκών στην ευρύτερη περιοχή Μαλίων (Κρήτη)

Διπλωματική Εργασία

Δήμητρα - Αναστασία Ι. Τσάλα

Εξεταστική Επιτροπή:

Εμμανουήλ Στειακάκης, Επίκουρος Καθηγητής (επιβλέπων)

Εμμανουήλ Μανούτσογλου, Καθηγητής

Μιχαήλ Γαλετάκης, Αναπληρωτής Καθηγητής

Χανιά

Μάιος, 2013

Διερεύνηση υδρογεωλογικών συνθηκών στην ευρύτερη περιοχή Μαλίων (Κρήτη)

Αφιερώνεται στους γονείς μου,

Γιάννη και Στέλλα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης και συγκεκριμένα στο Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Γεωλογίας.

Αποτελεί το τελευταίο στάδιο πριν την ολοκλήρωση των σπουδών μου στη συγκεκριμένη σχολή και οφείλω να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που συνέβαλλαν στην ολοκλήρωσή της.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κύριο Στειακάκη Εμμανουήλ, για τις πολύτιμες συμβουλές και τις οδηγίες του σε όλο το χρονικό διάστημα της εκπόνησης της εργασίας τόσο σε πρακτικά όσο και σε θεωρητικά θέματα.

Ευχαριστώ επίσης τους κ. Βαβαδάκη Διονύσιο για την συνεχή του βοήθεια σε θέματα της διπλωματικής και κ. Κουτεντάκη Γιάννη για τις υποδείξεις του και την βοήθεια του στα προγράμματα υπολογιστών.

Τέλος ευχαριστώ πολύ την οικογένεια μου, τους φίλους μου και τον Παναγιώτη που με στηρίζουν όλα αυτά τα χρόνια.

Τσάλα Αναστασία

Χανιά, Μάιος 2013

Περιεχόμενα

Κατάλογος Εικόνων

Κατάλογος Πινάκων

Κατάλογος Διαγραμμάτων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο υδροφορέας των Μαλλίων είναι ένας παράκτιος καρστικός υδροφορέας που αναπτύσσεται σε ανθρακικούς σχηματισμούς της ζώνης της Τρίπολης. Στόχος της εργασίας είναι να διερευνηθεί το υδατικό δυναμικό της περιοχής λόγω των αυξημένων αναγκών σε νερό.

Η υδρογεωλογική μελέτη της περιοχής των Μαλίων παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον δεδομένης της έντονης εκμετάλλευσης που υφίσταται ο υδροφορέας κατά τους θερινούς μήνες και της υφαλμύρινσης που επιδεικνύει σε μια στενή παράκτια ζώνη.

Η περιοχή γεωλογικά δομείται από ανθρακικά πετρώματα της ζώνης της Τρίπολης. Η ζώνη αυτή είναι επωθημένη στην Φυλλιτική – Χαλαζιακή σειρά που δρα ως το αδιαπέρατο υπόβαθρο της περιοχής. Το ανώτερο στρώμα αποτελείται από Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις ιζημάτων.

Στο πλαίσιο της εργασίας αρχικά καθορίστηκαν τα όρια της υδρολογικής και της υδρογεωλογικής λεκάνης και στη συνέχεια έγινε εκτίμηση των παραμέτρων της εξίσωσης του υδρολογικού – υδρογεωλογικού ισοζυγίου.

Επεξεργάσθηκαν δεδομένα της περιόδου 1964-2008 από έξι βροχομετρικούς σταθμούς της ευρύτερης περιοχής. Ο έλεγχος της ομοιογένειας των βροχοπτώσεων βασίσθηκε στη μέθοδο της καμπύλης διπλής μάζας. Από τον συσχετισμό του υψομέτρου με την βροχόπτωση προέκυψε η εξίσωση της βροχοβαθμίδας και υπολογίστηκε ότι η υδρολογική λεκάνη δέχεται ετησίως όγκο νερού ίσο με 56,2 εκ. m^3.

Η πραγματική εξατμισιοδιαπνοή υπολογίστηκε με βάση τα δεδομένα από δύο σταθμούς της περιοχής και τον τύπο του Turc. Από την επεξεργασία των μετρήσεων προέκυψε ότι ο όγκος των κατακρημνισμάτων που χάνεται μέσω εξατμισιοδιαπνοής ανέρχεται σε 31,1 εκ m^3. Τέλος, η κατείσδυση υπολογίστηκε σε 23,2 εκ. m^3, ενώ η επιφανειακή απορροή εκτιμήθηκε σε 1,9 εκ. m^3.

Στο τελευταίο στάδιο της εργασίας επιχειρήθηκε προσέγγιση του ισοζυγίου της υδρογεωλογικής λεκάνης συνεκτιμώντας την κατείσδυση στην

περιοχή και τις πλευρικές εισροές - εκροές με βάση δεδομένα παροχών των πηγών και γεωτρήσεων της περιοχής.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις των εξεταστών.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σκοπός της εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία ασχολείται με την διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών στην περιοχή των Μαλίων του Ηρακλείου Κρήτης. Ο κύριος στόχος είναι να εξετασθεί και να εκτιμηθεί το υδατικό δυναμικό της λεκάνης καθώς αυτό παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω των αυξημένων αναγκών σε νερό της περιοχής. Σκοπός είναι να εξαχθούν συμπεράσματα για τα αποθέματα νερού έτσι ώστε να εκτιμηθεί η διαθεσιμότητα σε νερό και οι ενδεχόμενες επιπτώσεις από την εντατικοποίηση των αντλήσεων τους καλοκαιρινούς μήνες.

1.2 Μεθοδολογία

Στην περιοχή των Μαλίων παρατηρείται μια σημαντική ανισοκατανομή του ετήσιου όγκου βροχόπτωσης τόσο γεωγραφικά (η μέση ετήσια βροχόπτωση παρουσιάζει αύξηση από τα ανατολικά προς τα δυτικά και από νότια προς βόρεια), όσο και φυσιογραφικά (πεδινές προς ορεινές περιοχές) (Περιφέρεια Κρήτης, 2008).

Στο πλαίσιο της εργασίας αυτής γίνεται μια εκτίμηση του υδρολογικού ισοζυγίου της περιοχής. Αρχικά εξετάστηκε η περιοχή γεωλογικά και υδρογεωλογικά και εντοπίστηκαν τα όρια της υδρογεωλογικής και της υδρολογικής λεκάνης.

Στη συνέχεια έγινε επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων της ευρύτερης περιοχής. Από δεδομένα βροχοπτώσεων έξι σταθμών έγινε έλεγχος της ομοιογένειας των σταθμών με την μέθοδο της καμπύλης διπλής μάζας. Στην συνέχεια έγινε συσχετισμός του απόλυτου υψομέτρου με το ύψος των βροχοπτώσεων και υπολογίστηκε η γραμμική σχέση που τις συνδέει. Με βάση την σχέση αυτή χαράχθηκαν οι ισοΰετες καμπύλες και υπολογίστηκε ο συνολικός όγκος κατακρημνισμάτων που δέχεται η περιοχή.

Η εξατμισιδιαπνοή υπολογίστηκε από τον τύπο του Turc, σύμφωνα με δεδομένα για την θερμοκρασία και την έκταση της περιοχής. Με βάση τους συντελεστές κατείσδυσης, ανάλογα με την λιθολογία, υπολογίστηκε ο όγκος

νερού που κατεισδύει. Η επιφανειακή απορροή εκτιμήθηκε σαν υπολειπόμενος όρος της εξίσωσης του υδρολογικού ισοζυγίου.

Τέλος με βάση δεδομένα γεωτρήσεων (αντλήσεις) και τις παροχές των πηγών στην περιοχή υπολογίστηκε το ισοζύγιο της υδρογεωλογικής λεκάνης (εισροές και εκροές), έτσι ώστε να εκτιμηθεί η ποσότητα του νερού που μπορεί να εκμεταλλευτεί στην περιοχή.

2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

2.1 Η περιοχή μελέτης

Η πόλη των Μαλίων βρίσκεται 40 χλμ ανατολικά της πόλης του Ηρακλείου στην Κρήτη (βλέπε Εικόνα 2.1), έχει μόνιμο πληθυσμό 3.700 κατοίκους, ανήκει στον Δήμο Χερσονήσου και συγκεκριμένα στην Δημοτική Ενότητα Μαλίων. Από την δεκαετία του 60 και μετά η πόλη έχει υποστεί έντονη τουριστική ανάπτυξη, λόγω του όμορφου τοπίου, της πολιτιστικής του κληρονομιάς και του κλίματος. Κατά την διάρκεια του καλοκαιριού η πόλη φιλοξενεί μεγάλο αριθμό τουριστών. Για αυτό υπάρχει αυξημένη ανάγκη πόσιμου νερού, που οδηγεί σε εντατική άντληση του υπόγειου υδροφορέα της περιοχής λόγω έλλειψης άλλων πηγών νερού. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την έλλειψη μέτρων προστασίας, έχει οδηγήσει σε υποβάθμιση της ποιότητας των υπογείων υδάτων. Οι δυσμενείς επιδράσεις της αστικοποίησης γίνονται εμφανείς από την παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων αλάτων στο νερό καθώς και στην οργανική μόλυνση από NO^-_3 (Lamprakis, 1998).

Εικόνα 2.1: Απεικόνιση της περιοχής μελέτης από το πρόγραμμα Google Earth.

2.2 Υφιστάμενη κατάσταση

Για την κάλυψη των αναγκών ύδρευσης της περιοχής αντλήθηκαν κατά τα έτη 2004-2006 οι ποσότητες που φαίνονται στον Πίνακα 2.1. Από τον πίνακα αυτό εύκολα φαίνεται η μεγάλη διακύμανση των αντλούμενων ποσοτήτων ανά μήνα, γεγονός που οφείλεται στον τουριστικό χαρακτήρα της περιοχής.

Ακόμη, από τον ίδιο πίνακα φαίνεται ότι οι απαιτούμενες ποσότητες κατά τους καλοκαιρινούς μήνες ανέρχονται στην τάξη των 350.000 κ.μ. νερού ανά μήνα (Τεχνική Υπηρεσία ΔΕΥΑΜ, 2010).

Πίνακας 2.1: Αντλούμενες ποσότητες νερού (Τεχνική Υπηρεσία ΔΕΥΑΜ, 2010).

Μήνας	**Αντλούμενες ποσότητες νερού σε m^3**		
	2004	**2005**	**2006**
Ιανουάριος	74.550	86.010	43.560
Φεβρουάριος	77.940	75.150	45.480
Μάρτιος	85.110	88.350	71.100
Απρίλιος	105.270	125.640	94.440
Μάιος	184.740	195.900	156.330
Ιούνιος	257.550	239.010	225.060
Ιούλιος	325.350	287.670	325.900
Αύγουστος	338.070	328.080	334.180
Σεπτέμβριος	302.910	267.960	216.690
Οκτώβριος	182.700	174.480	130.470
Νοέμβριος	112.290	99.270	67.440
Δεκέμβριος	79.710	44.460	46.110
Σύνολο	**2.126.190**	**2.011.980**	**1.756.760**

Στον Πίνακα 2.2 παρουσιάζονται όλες οι καταγεγραμμένες από το Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Γεωλογίας του Πολυτεχνείο Κρήτης γεωτρήσεις στην περιοχή και τα στοιχεία τους για το 2011. Πέρα από τις ανάγκες του Δήμου Μαλίων καλύπτονται και άλλες ανάγκες ύδρευσης (Δήμος Ηρακλείου, Στρ. Βάση κτλ).

Πίνακας 2.2: Γεωτρήσεις στην περιοχή μελέτης (Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, 2012)

Κωδικός	Ιδιοκτήτης	Υψόμετρο (m)	Βάθος (m)	Λιθολογία	Παροχή (m^3/h)	Χρήση
N1	Δήμος Ηρακλείου	40	76	Νεογενής Σειρά, Ζώνη Τρίπολης	50	Ύδρευση πόλης Ηρακλείου
N2	Δήμος Ηρακλείου	53	62	Νεογενής Σειρά, Ζώνη Τρίπολης	60	Ύδρευση πόλης Ηρακλείου
N3A	Δήμος Ηρακλείου	54	69	Ζώνη Τρίπολης	60	Ύδρευση πόλης Ηρακλείου
N3B	Δήμος Ηρακλείου	48	65	Ζώνη Τρίπολης	60	Ύδρευση πόλης Ηρακλείου
N4	Δήμος Ηρακλείου	58	68	Νεογενής Σειρά, Ζώνη Τρίπολης	60	Ύδρευση πόλης Ηρακλείου
N5	Δήμος Ηρακλείου	54	64	Νεογενής Σειρά, Ζώνη Τρίπολης	50	Ύδρευση πόλης Ηρακλείου
N6	Δήμος Ηρακλείου	53	62	Νεογενής Σειρά, Ζώνη Τρίπολης	60	Ύδρευση πόλης Ηρακλείου
N8	Δήμος Ηρακλείου	86	126	Ζώνη Τρίπολης	85	Ύδρευση πόλης Ηρακλείου
N9	Δήμος Ηρακλείου	91	120	Ζώνη Τρίπολης	10	Ύδρευση πόλης Ηρακλείου
GM1	Δήμος Μαλίων	77	98	Τεταρτογενή, Ζώνη Τρίπολης	70	Ύδρευση Μαλίων
GM2	Δήμος Μαλίων	92	100	Τεταρτογενή, Ζώνη Τρίπολης	100	Ύδρευση Μαλίων
GM3	Δήμος Μαλίων	109	130	Ζώνη Τρίπολης	60	Ύδρευση Μαλίων
GM4	Δήμος Μαλίων	198	253	Ζώνη Τρίπολης, Φυλλιτική-Χαλαζιακή Σειρά	20	Ύδρευση Μαλίων
GM5	Δήμος Μαλίων	152	200	Ζώνη Τρίπολης	35	Ύδρευση Μαλίων
GM6	Δήμος Μαλίων	160	239	Ζώνη Τρίπολης	55	Ύδρευση Μαλίων
GM7	Δήμος Μαλίων	175	239	Ζώνη Τρίπολης	40	Ύδρευση Μαλίων
GM8	Δήμος Μαλίων	94	184	Ζώνη Τρίπολης	10	Ύδρευση Σταλίδας
GM9	Δήμος Μαλίων	159	238	Ζώνη Τρίπολης	15	Ύδρευση Σταλίδας
GM10	Δήμος Μαλίων	141	190	Ζώνη Τρίπολης	15	Ύδρευση Σταλίδας
GM11	Δήμος Μαλίων	156	233	Ζώνη Τρίπολης	20	Ύδρευση Σταλίδας
GM12	Δήμος Μαλίων	149	181	Ζώνη Τρίπολης	30	Ύδρευση Σταλίδας
GM13	Δήμος Μαλίων	149	180	Ζώνη Τρίπολης	10	Ύδρευση Σταλίδας
GM21	Δήμος Μαλίων	415	140	Φυλλιτική-Χαλαζιακή Σειρά	15	Ύδρευση/Άρδευση Μοχού
GM22	Δήμος Μαλίων	384	97	Φυλλιτική-Χαλαζιακή Σειρά	10	Ύδρευση Μοχού
GM23	Δήμος Μαλίων	382	50	Φυλλιτική-Χαλαζιακή Σειρά	25	Ύδρευση Κρασίου
GM24	Δήμος Μαλίων	381	500	Ζώνη Τρίπολης	30	Ύδρευση Κρασίου
GM25	Δήμος Μαλίων	350	350	Φυλλιτική-Χαλαζιακή Σειρά	10	Ύδρευση Μοχού

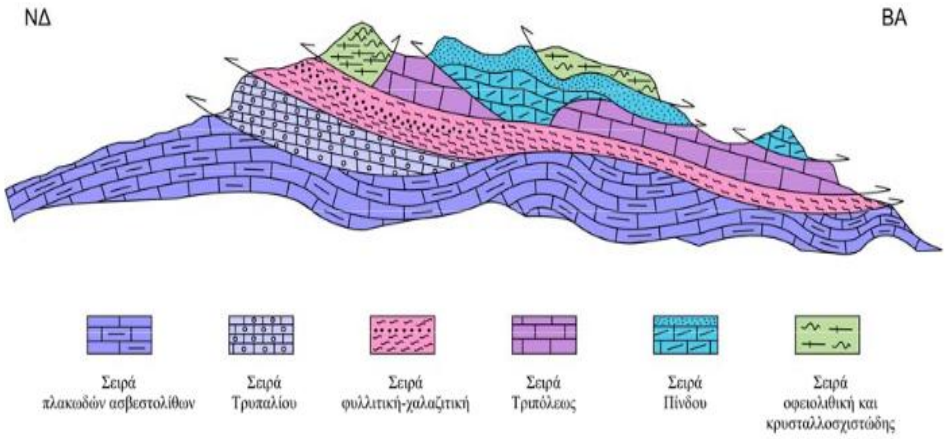
Κωδικός	Ιδιοκτήτης	Υψόμετρο (m)	Βάθος (m)	Λιθολογία	Παροχή (m^3/h)	Χρήση
GH1	Δήμος Χερσονήσου	72	100	Νεογενής Σειρά, Ζώνη Τρίπολης	80	Ύδρευση Χερσονήσου
GH2	Δήμος Χερσονήσου	45	60	Νεογενής Σειρά	40	Ύδρευση Χερσονήσου
GH3	Πετσαλάκης		60		40	Ύδρευση Χερσονήσου
GI1	ΙΓΜΕ	94	200	Ζώνη Τρίπολης	10	Πηγάδι παρατήρησης/Ύδρευση
GI2	ΙΓΜΕ	376	450	Ζώνη Τρίπολης	20	Πηγάδι παρατήρησης/Ύδρευση
GI3	ΙΓΜΕ	75	100	Ζώνη Τρίπολης	50	Πηγάδι παρατήρησης/Ύδρευση
GI4	ΙΓΜΕ	131	170	Ζώνη Τρίπολης	0	Πηγάδι παρατήρησης
GV1	Κοινότητα Βραχασίου		127	Νεογενής Σειρά, Ζώνη Τρίπολης	20	Ύδρευση Βραχασίου
GS1	Κοινότητα Σισίου		90		50	Ύδρευση Σισίου
GU1	Αμερικάνικη Στρατιωτική Βάση	40	60	Νεογενής Σειρά	10	Ύδρευση πρώην Αμερικανικής Βάσης
GU2	Αμερικάνικη Στρατιωτική Βάση	40	60	Νεογενής Σειρά	10	Ύδρευση πρώην Αμερικανικής Βάσης
GP1	Ανυφαντάκης		50		10	Άρδευση
GP2	Βλαχάκης		70		10	Άρδευση
GP3	Παπαδογιωργάκης		80		50	Άρδευση
GP4	Κανέτος	60	85	Νεογενής Σειρά, Ζώνη Τρίπολης	60	Άρδευση
GP5	Ασαργιώτης		50		10	Άρδευση
GP6	Τσαγκαράκης		70		10	Άρδευση
GP7	Αναστασάκης	73	90	Νεογενής Σειρά, Ζώνη Τρίπολης	10	Άρδευση
GP8	Αναστασάκης	73	125	Νεογενής Σειρά, Ζώνη Τρίπολης	40	Άρδευση
GP9	Πετράκης	37	60	Νεογενής Σειρά	60	Άρδευση
GP10	Ξενοδοχείο Nora		70		10	Ύδρευση/Άρδευση
GP11	Μανιούδης		80		10	Άρδευση
GP12			80		10	Άρδευση
GP13			80		10	Άρδευση
GP14	Ασαργιώτης		80		50	Ύδρευση/Άρδευση
GP15	Πλατάκης	103	150	Νεογενής Σειρά, Ζώνη Τρίπολης	80	Άρδευση
GP16	Γαράκης		127	Νεογενής Σειρά, Ζώνη Τρίπολης	120	Άρδευση
GP17	Βελιμβασάκης		142	Ζώνη Τρίπολης	80	Άρδευση
GP18	Σκουλικάρη	83	102	Ζώνη Τρίπολης	60	Άρδευση
GP19	Ομάδα Αγροτών		68	Νεογενής Σειρά	40	Άρδευση
GP20	Κατσούλης		50		40	Άρδευση

GP21	Κατσούλης		60		40	Άρδευση
GP22	Βλαστός		80		40	Άρδευση
GP23	Κατσούλης		90		70	Άρδευση
GP24			50		40	Άρδευση
GP25	Δήμος Μαλίων		80		80	Άρδευση
GP26	Εταιρία Σταμνά	155	100	Ζώνη Τρίπολης	50	Ύδρευση εταιρίας Σταμνά

Από τον Πίνακα 2.2 συμπεραίνεται ότι οι ετήσεις αντλήσεις σε νερό ετησίως φτάνουν τα 13,5 εκ. m^3. Λόγω των αυξημένων αναγκών για νερό κατά τους θερινούς μήνες υπάρχει προβληματισμός για τον τρόπο εκμετάλλευσης και τα διαθέσιμα αποθέματα νερού, γεγονός που υποδηλώνει την άναγκη της παρούσας εργασίας.

3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ – ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Η γεωλογική δομή της Κρήτης μπορεί να περιγραφεί σαν μια διάταξη τεσσάρων διαδοχικά επωθημένων τεκτονικών καλυμμάτων στην αυτόχθονη ενότητα των Πλακωδών Ασβεστόλιθων (Εικόνα 3.1). Στην περιοχή μελέτης επικρατούν πέντε συστήματα πετρωμάτων με βασικότερο αυτό των ανθρακικών πετρωμάτων της Ζώνης Τρίπολης.



Εικόνα 3.1: Σχηματική απεικόνιση της γεωλογικής δομής της νήσου Κρήτης με τα αλλεπάλληλα τεκτονικά καλύμματα (Kilia et al., 1985).

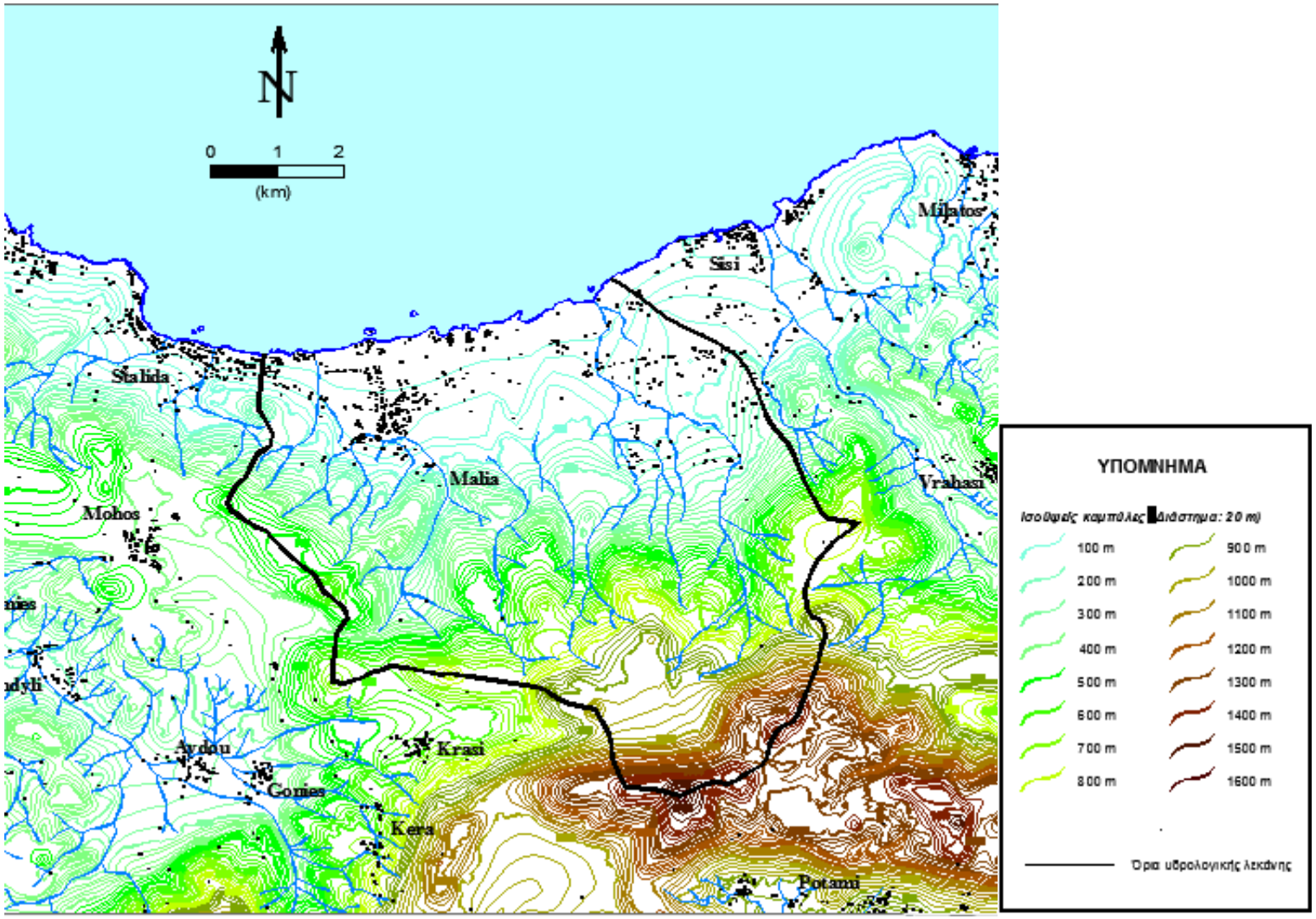
3.1 Γεωμορφολογία

Γεωμορφολογικά, η περιοχή του Δήμου Μαλίων περιλαμβάνει μια παράκτια πεδινή λωρίδα η οποία εισχωρεί τοπικά στην ενδοχώρα μέχρι βάθους 1,5 – 2,0 km. Τη χαμηλή περιοχή των Μαλίων διαδέχεται, αμέσως νότια, λοφώδης ζώνη, η οποία σε μικρή απόσταση από τον οικισμό (2 – 3 km) εξελίσσεται σε ορεινή περιοχή που σχηματίζει τις βόρειες υπώρειες του Λασιθιώτικου ορεινού συγκροτήματος (Δίκτη, υψόμετρο: 2.148 m), επί του οποίου, νότια και σε απόσταση 9,5 km αναπτύσσεται το οροπέδιο Λασιθίου (υψόμετρο 810 – 820 m).

3.2 Υδρολογική λεκάνη

Για την οριοθέτηση της υδρολογικής λεκάνης χρησιμοποιήθηκαν τοπογραφικοί χάρτες κλίμακας 1:50.000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (φύλλο Μοχός και φύλλο Άγιος Νικόλαος). Τα παραπάνω φύλλα μετατράπηκαν σε ψηφιακά αρχεία, ενοποιήθηκαν και γεωαναφέρθηκαν σε σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ ’87. Η επεξεργασία έγινε με χρήση του λογισμικού ArcGIS.

Με το πρόγραμμα Autocad σχεδιάστηκε η υδρολογική λεκάνη. Η έκταση που καταλαμβάνει η υδρολογική λεκάνη καθορίζεται από τον υδροκρίτη και το ανάγλυφο. Το μέγεθος της υδρολογικής λεκάνης υπολογίστηκε περί τα 62 Km^2 (Εικόνα 3.2).



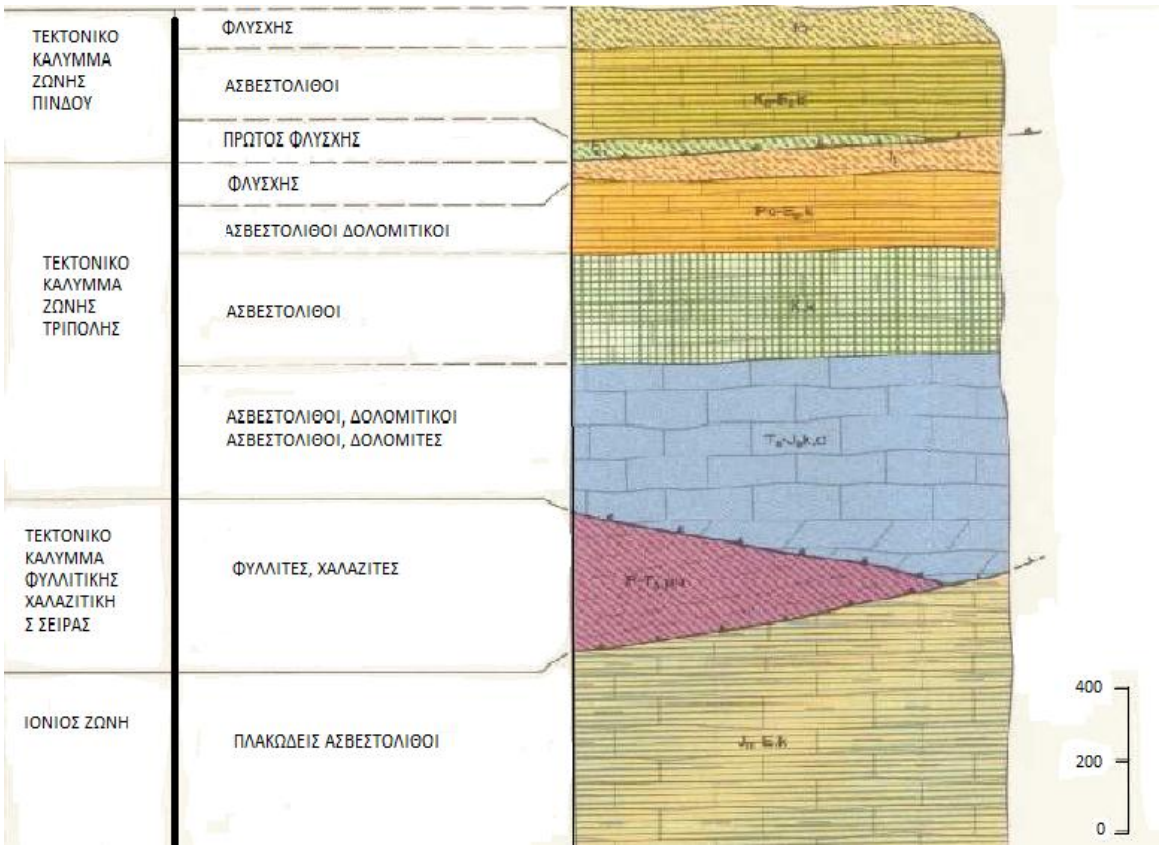
Εικόνα 3.2: Υδρολογική λεκάνη (Επεξεργασία: Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, 2012)

3.3 Γεωλογία της περιοχής

Στην περιοχή μελέτης εμφανίζονται πέντε συστήματα πετρωμάτων, τα οποία, από τα ανώτερα προς τα κατώτερα είναι τα εξής (βλέπε Εικόνα 3.3):

- τα Τεταρτογενή κλαστικά ιζήματα και οι Νεογενείς αποθέσεις
- τα πετρώματα της ζώνης Πίνδου
- τα ανθρακικά πετρώματα της γεωτεκτονικής ζώνης Τρίπολης
- το σύστημα Φυλλιτών – Χαλαζιτών και
- το ημιαυτόχθονο σύστημα των «Πλακωδών Ασβεστόλιθων»

Στα όρια του Δήμου Μαλίων επικρατούν σχεδόν αποκλειστικά τα ανθρακικά πετρώματα της «Τρίπολης» και μόνο στις νοτιοδυτικές (Μοχός – Κράσι) και νοτιοανατολικές (Βραχάσι – Σεληνάρι) παρυφές, αναδύεται στην επιφάνεια το «Φυλλιτικό – Χαλαζιακό» σύστημα (Εικόνα 3.4).



Εικόνα 3.3: Στρωματογραφική διάρθρωση των νεογενών και αλπικών σχηματισμών της ευρύτερης περιοχής ενδιαφέροντος κατά τον γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. κλίμακας 1:50.000, Φύλλο Μοχός, έτος έκδοσης 1989.

Η αναλυτική περιγραφή των γεωλογικών σχηματισμών (βλέπε Εικόνα 3.3), που απαντώνται στη λεκάνη απορροής από τα ανώτερα προς τα κατώτερα, έχει ως εξής:

Τεταρτογενής Σειρά: αποτελείται από α) αλλουβιακές αποθέσεις που περιέχουν χαλαρά αργιλοαμμώδη υλικά, ερυθρογή με κροκαλολατύπες σε μικρές εσωτερικές λεκάνες και υλικά ελλουβιακού μανδύα β) κώνους κορημάτων και πλευρικά κορήματα και γ) βιοκλαστικούς ασβεστόλιθους.

Νεογενής Σειρά: τα πετρώματα της σειράς αυτής είναι α) λευκές ομογενείς μάργες ή μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και φαιού χρώματος μάργες, συχνά αμμούχες, με λεπτοστρωματώδεις παρεμβολές που μεταβαίνουν προς τα πάνω σε καστανωπές άμμους και/ή ασβεστολιθικούς ψαμμίτες β) βιοκλαστικοί, εν μέρει λατυποπαγείς ή κροκαλοπαγείς ασβεστόλιθοι και υφαλώδεις ασβεστόλιθοι γ) ακανόνιστες εναλλαγές από κροκαλοπαγή, καστανόχρωμες άμμοι, ιλυόλιθοι και γκρίζες αμμούχες άργιλοι ή μάργες.

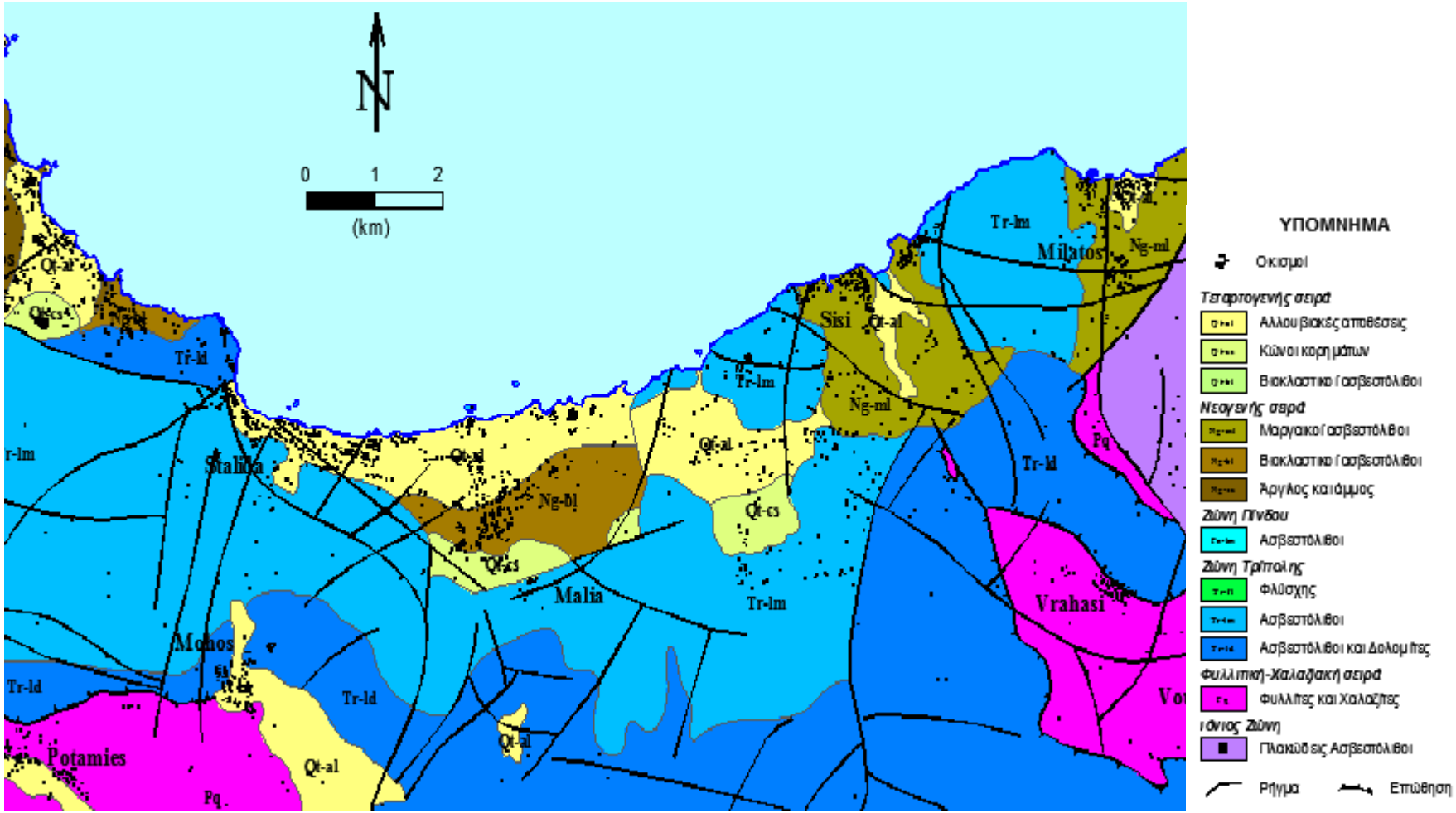
Ζώνη Πίνδου: αποτελείται από ασβεστόλιθους του μέσου Τριαδικού έως ανώτερου Ηώκαινου, λεπτο-μεσοστρωματώδεις, λευκότεφροι μέχρι ροδότεφροι που εξελίσσονται σε μικρολατυποπαγείς, πτυχωμένοι και τεκτονισμένοι. Η βάση της σειράς αποτελείται από ‘’πρώτο’’ φλύσχη ο οποίος περιέχει ψαμμίτη και ψαμμιτικούς ασβεστόλιθους με θραύσματα βασικών εκρηξιγενών πετρωμάτων.

Ζώνη Τρίπολης: Οι λιθοστρωματογραφικές μονάδες που αποτελούν τη ζώνη Τρίπολης στην περιοχή που εξετάζεται είναι i) η ανθρακική σειρά και ii) ο φλύσχης. Η ανθρακική σειρά αποτελείται στη βάση της από ασβεστόλιθο, δολομιτικό ασβεστόλιθο και δολομίτες στη συνέχεια από τεφρό μεσοπαχυστρωματώδη ασβεστόλιθο του Κρητιδικού. Ο φλύσχης αποτελείται από εναλλαγές καστανών, ερυθρών αργιλικών σχιστολίθων και ψαμμιτών με μικρές ενστρώσεις τεφρών ασβεστολιθικών τουρβιδιτών.

Φυλλιτική - Χαλαζιακή σειρά: Τα τεκτονικά καλύμματα της σειράς αποτελούνται από α) μαργαϊκούς-ανθρακικούς σχιστολίθους με ιστό μικροκρυσταλλικό και και υφή σχιστώδη. Αποτελείται κυρίως από μαρμαρυγίες και χλωρίτη, μικροκρυστάλλους ασβεστίτη και σε μικρότερη αναλογία κρυστάλλους χαλαζία και αστρίων και β) χαλαζιακοί μετα-ψαμμίτες που

αποτελούνται από γωνιώδεις κόκκους χαλαζία, με πολύ μικρή συμμετοχή αστρίων και θραύσματα πυριτόλιθων.

Πλακώδεις Ασβεστόλιθοι: κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι και κατά θέσεις μάρμαρα, μέσο κρυσταλλικά, χρώματος τεφρόμαυρου, καλά στρωμένα σε πάγκους με πάχος που ποικίλει από λίγα εκατοστά μέχρι ένα μέτρο. Φέρουν ενστρώσεις πυριτόλιθων, χρώματος λευκού μέχρι τεφρού ή φακούς και κονδύλους από πυριτόλιθους. Στα κατώτερα μέλη τους κατά θέσεις παρεμβάλλεται ένστρωση από ανθρακικούς-χαλαζιακούς σχιστόλιθους. Στα ανώτερα μέλη τους, μεταπίπτουν προς τα πάνω σε κιτρινοπράσινους ασβεστοφυλλίτες που αποτελούν μεταβατικά στρώματα των πλακωδών ασβεστολίθων προς τον μεταφλύσχη τους. Κατά θέσεις τα ανώτερα μέλη απουσιάζουν λόγω διάβρωσης ή τεκτονικών αιτιών και οι επικείμενες σειρές έρχονται απ ευθείας σε επαφή με τα κατώτερα μέλη της ανθρακικής σειράς. Οι Πλακώδεις ασβεστόλιθοι, έχουν μεταμορφωθεί σε συνθήκες υψηλών πιέσεων – χαμηλών θερμοκρασιών.



Εικόνα 3.4 : Γεωλογικός Χάρτης της περιοχής (Επεξεργασία: Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, 2012).

3.4 Τεκτονικά χαρακτηριστικά

Η τεκτονική δομή στην περιοχή ελέγχει τη ροή του καρστικού νερού. Τρεις ομάδες κανονικών ρηγμάτων συναντώνται ως επί το πλείστον: Δ-Α, ΒΒΑ-ΝΝΔ και ΒΑ-ΝΔ, που επηρεάζουν την κατεύθυνση της κίνησης των υπόγειων υδάτων (Εικόνα 3.4).

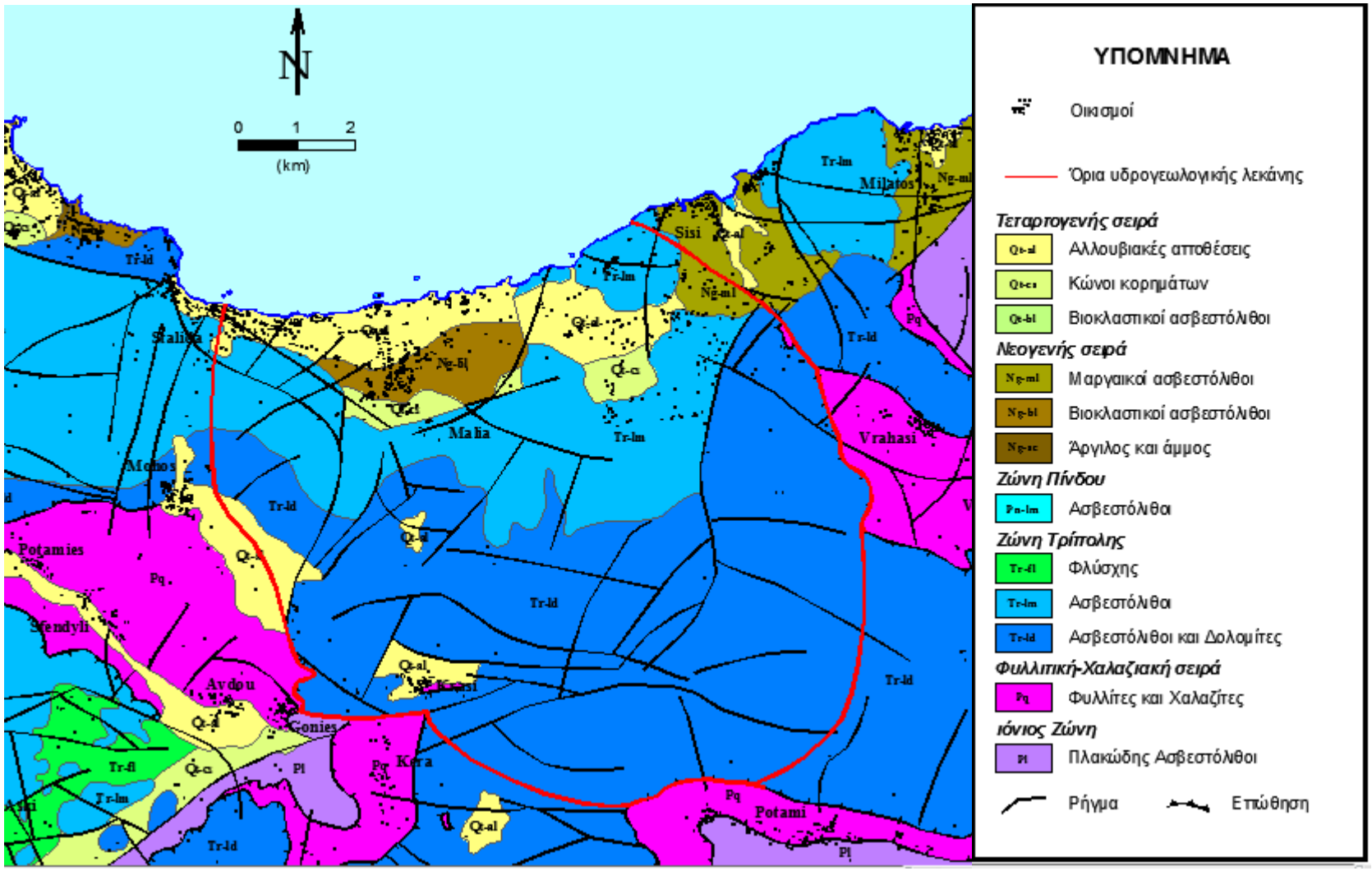
Πρέπει να σημειωθεί ότι η σημασία των ρηγμάτων στον έλεγχο των υδροφοριών είναι καταλυτική σε περιοχές με πολύπλοκη και πολυφασική τεκτονική εξέλιξη όπως η Κρήτη. Τα ρήγματα είναι δυνατόν να ενεργούν σαν «αγωγοί» ροής υψηλής περατότητας ή σαν χαμηλής περατότητας «φραγμοί» της υπόγειας ροής επιδρώντας σημαντικά στην κατανομή των υδραυλικών φορτίων σε ένα ρηξιγενή υδροφορέα. Η δομή των ρηγμάτων είναι καθοριστική για την επιρροή τους στην υπόγεια ροή και έχει διαπιστωθεί ότι όπου οι συνθήκες το επιτρέπουν μπορεί να προξενήσουν πτώση (άλμα) υδραυλικού φορτίου μεγαλύτερου των 100 μέτρων.

4 ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΑ – ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Οι υπόγειοι υδατικοί πόροι της περιοχής περιλαμβάνονται στην καρστικοποιημένη υδρογεωλογική λεκάνη που δομείται κυρίως από τα ανθρακικά πετρώματα της Ζώνης Τρίπολης. Η Φυλλιτική – Χαλαζιακή σειρά αποτελεί το αδιαπέρατο υπόβαθρο. Εκτιμήθηκαν οι υδραυλικοί παράμετροι με βάση μετρήσεις δοκιμαστικών αντλήσεων και υπολογίστηκαν οι τιμές της μεταβιβαστικότητας και υδροπερατότητας. Η υδρογεωλογική λεκάνη οριοθετείται με βάση τα υδρολογικά, γεωλογικά και τεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

4.1 Οριοθέτηση Υδρογεωλογικής λεκάνης

Τα περιθώρια της υδρογεωλογικής λεκάνης είναι ευρύτερα και διαφορετικά από αυτά της υδρολογικής λεκάνης όπως φαίνεται από την Εικόνα 4.1. Τα όρια της λεκάνης καθορίστηκαν με βάση την γεωλογία και την τεκτονική. Πιο συγκεκριμένα οι φυλλιτικοί - χαλαζιακοί σχηματισμοί λειτουργούν ως αδιαπέρατοι και οριοθετούν την λεκάνη, ενώ το εσωτερικό της αποτελείται κυρίως από ασβεστόλιθους, ασβεστολιθικούς δολομίτες, Νεογενή και Τεταρτογενή πετρώματα που έχουν μεγάλη διαπερατότητα. Σημαντικό ρόλο στην οριοθέτηση της λεκάνης, παίζει η τεκτονική και κυρίως τα ρήγματα. Πιο αναλυτικά τα δυτικά όρια της λεκάνης ορίζονται από ένα σύστημα ρηγμάτων με κατεύθυνση Β-Ν και ΒΔ-ΝΑ, νότια από ένα σύστημα ρηγμάτων με κατεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, Δ-Α και τέλος τα ανατολικά όρια βρίσκονται από τα ρήγματα με κατεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ. Από τα γενικά τεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής, από τρείς τομές που κατασκευάστηκαν και την συνολική εκτίμηση της υδρολιθολογίας σχεδιάστηκε η υδρογεωλογική λεκάνη.



Εικόνα 4.1: Υδρογεωλογική λεκάνη (Επεξεργασία: Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, 2012).

4.2 Καρστικό υδροφόρο σύστημα

Καρστικό υδροφόρο σύστημα είναι το σύστημα εκείνο που συνίσταται εξ ολοκλήρου ή κατά κύριο λόγο από καρστικούς (ανθρακικούς) σχηματισμούς.

Κατά ένα άλλο ορισμό το καρστικό υδροφόρο σύστημα είναι ένα σύνολο καρστικής περιοχής στο επίπεδο του οποίου οι υπόγειες ροές είναι έτσι οργανωμένες ώστε να συνιστούν μια ενότητα αποστράγγισης. Είναι δηλαδή μια στοιχειώδης ανεξάρτητη και αυτόνομη μονάδα καρστικής υδροφορίας.

Η οργάνωση και λειτουργία του καρστικού υδροφόρου συστήματος έχει τα εξής χαρακτηριστικά (Σούλιος, 1985):

- Η κορεσμένη ζώνη αποτελεί συνήθως μικρό τμήμα του όλου συστήματος. Το μεγαλύτερο τμήμα του είναι μη κορεσμένη.
- Στη μη κορεσμένη ζώνη λόγω εναλλαγής σ' αυτή στρώσεων ή στρωμάτων με μικρή και μεγάλη περατότητα, δημιουργούνται εποχιακά και μόνιμα υδροφόρα στρώματα. Τα στρώματα αυτά λέγονται επικαρστικά υδροφόρα στρώματα.
- Το καρστικό υδροφόρο σύστημα μπορεί να έχει μια ή περισσότερες βασικές εξόδους (πηγές). Επιπλέον μπορεί να έχει και πηγές υπερχείλισης (εξόδους) που λειτουργούν μόνο κατά την ισχυρή φόρτιση του συστήματος με την κατείσδυση ή την διήθηση από το νερό των κατακρημνισμάτων.
- Σε αντίθεση με τα άλλα υδροφόρα συστήματα, το καρστικό σύστημα δεν έχει τη μορφολογική εικόνα της λεκάνης και δεν μπορεί να οριοθετηθεί από την γεωμορφολογία και γενικά από μόνη την επιφανειακή αναγνώριση. Η οριοθέτηση του είναι δύσκολη και γίνεται με στρωματογραφική-τεκτονική ανάλυση με υδρολογικές μετρήσεις και συσχετίσεις.

4.3 Υδραυλικές συνθήκες

Λόγω λιθολογικής ανομοιογένειας η ανθρακική σειρά της Τρίπολης έχει μεταβλητή διαπερατότητα. Παρόλα αυτά τα ασβεστολιθικά μέλη της ακολουθίας

είναι καλά καρστικοποιημένα. Οι ανθρακικές σειρές φιλοξενούν πολλούς υδροφόρους ορίζοντες, σε διαφορετικά επίπεδα, οι οποίοι επικοινωνούν υδραυλικά. Σε πολλές περιπτώσεις ρωγμές με ευρεία ανοίγματα εγκαθιστούν άμεση υδραυλική επικοινωνία μεταξύ κάρστ και θαλασσινού νερού. Οι δύο σημαντικότεροι υδροφόροι ορίζοντες βρίσκονται στα ανθρακικά Τρίπολης και στον ασβεστόλιθο του Νεογενούς. Η υδρογεωλογικη συμπεριφορά αυτών των σχηματισμών ελέγχεται από την τεκτονική παραμόρφωση η οποία ευνοεί την διήθηση του νερού. Το βάθος του υδροφόρου κυμαίνεται ανάλογα με το βάθος του αδιαπέρατου υπόβαθρου ή το επίπεδο της θάλασσας στις παράκτιες ζώνες.

Τα ανθρακικά πετρώματα της ζώνης Τρίπολης είναι έντονα τεκτονισμένα και καρστικοποιημένα και έχουν μεγάλη διαπερατότητα. Φιλοξενούν έναν πολύ ανισότροπο καρστικό υδροφόρο με σημαντική παραγωγικότητα. Η Φυλλιτική - Χαλαζιακή σειρά σχηματίζει την αδιαπέρατη βάση. Στα σημεία που η ανθρακική μονάδα της Τρίπολης είναι σε άμεση επαφή με την σειρά των Πλακωδών Ασβεστόλιθων οφείλεται στην απουσία Φυλλιτικής-Χαλαζιακής σειράς. Οι ασυνέχειες του καρστικού υδροφόρου της Τρίπολης τοπικά γεμίζουν με ‘’terra rossa’’ ελαττώνοντας την διαπερατότητα τους. Ο υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται σε άμεση υδραυλική επικοινωνία με θαλασσινό νερό στο βορειότερο τμήμα της περιοχής. Το νερό είναι ‘’φρέσκο’’ στην ενδοχώρα του καρστικού υδροφόρου και υφάλμυρο στην παράκτια περιοχή λόγω εισχώρησης θαλασσινού νερού.

Τα ανθρακικά πετρώματα της ζώνης Πίνδου έχουν χαμηλή καρστικοποίηση και μικρή διαπερατότητα. Είναι λιγότερο σημαντικά για την οικονομία νερού στην περιοχή. Σε σημεία που ο φλύσχης είναι έντονα τεκτονισμένος, μπορεί να υπάρξει υδραυλική επικοινωνία μεταξύ της ζώνης Τρίπολης και Πίνδου. Το νερό που κατεισδύει από τις βροχοπτώσεις ‘’φορτίζει’’ τον βαθύτερο καρστικό υδροφορέα της ζώνης Τρίπολης (Voudouris et al., 2007).

4.4 Εκτίμηση των υδραυλικών παραμέτρων του καρστικού υδροφόρου

Η εκτίμηση των υδραυλικών παραμέτρων βασίζεται στην αξιολόγηση δοκιμαστικών αντλήσεων σε γεωτρήσεις της περιοχής.

Οι δοκιμαστικές αντλήσεις γίνονται κυρίως για δύο λόγους:

- Για να μας δώσουν πληροφορίες για τη δυναμικότητα, λειτουργία και απόδοση μιας συγκεκριμένης γεώτρησης.
- Για να μας δώσουν πληροφορίες για τη συμπεριφορά και τη δυναμικότητα του υδροφόρου στρώματος ή του συστήματος των υδροφόρων που τροφοδοτούν μια γεώτρηση ή ένα πεδίο γεωτρήσεων.

Οι δοκιμαστικές αντλήσεις πραγματοποιούνται

- Μετά το πέρας της κατασκευής της γεώτρησης και συγκεκριμένα
- Μετά το τέλος της φάσης της ανάπτυξης.

Καλό είναι να γίνονται στο τέλος της ξηράς περιόδου γιατί:

- Τα αποτελέσματα και οι προβλέψεις που θα γίνουν την εποχή αυτή είναι ``συντηρητικές`` και αποφεύγονται σοβαρά λάθη και υπερεκτιμήσεις.
- Δεν αλλάζουν οι υδραυλικές σταθερές του υδροφόρου k (υδροπερατότητα), T (μεταβιβαστικότητα), S (συντελεστής εναποθήκευσης), εκείνη την εποχή, αλλάζει όμως η υδροστατική στάθμη, η στάθμη άντλησης καθώς και ο ρυθμός εμπλουτισμού του υδροφόρου από άλλα υδροφόρα στρώματα.

Οι αρχές λειτουργίας μιας δοκιμαστικής άντλησης είναι απλές: Από μια γεώτρηση αντλείται νερό για ορισμένο διάστημα με ορισμένη παροχή. Η επίδραση της άντλησης εξετάζεται μέσω μετρήσεων της στάθμης, είτε στην ίδια την γεώτρηση, είτε με πιεζόμετρα. Η απόδοση της γεώτρησης υπολογίζεται από την ειδική παροχή της, ενώ οι υδραυλικές παράμετροι υπολογίζονται βάσει της μεταβολής της στάθμης με κατάλληλες μεθόδους.

Πολλές δοκιμές άντλησης δεν φτάνουν πάντοτε σε κατάσταση ισορροπίας, που σημαίνει ότι ο κώνος πτώσης στάθμης συνεχίζει να επεκτείνεται με το χρόνο. Η ροή στις συνθήκες αυτές, της μη ισορροπίας, ονομάζεται μη μόνιμη ή ασταθής ροή. Τα δεδομένα της πτώσης στάθμης από γεώτρηση που αντλείται σε κατάσταση μη ισορροπίας χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των υδραυλικών παραμέτρων T, S, k. Όλες γενικά οι ροές προς τα υδρομαστευτικά έργα είναι μη μόνιμες ροές (Βουδούρης, 2001).

4.4.1 Κυριότερες μέθοδοι υπολογισμού των υδραυλικών παραμέτρων

Οι κυριότερες μέθοδοι ανάλυσης είναι:

- Η μέθοδος Dupuit-Thiem
- Η μέθοδος των πρότυπων καμπυλών ή μέθοδος Theis
- Η μέθοδος Jacob

Η μέθοδος Dupuit-Thiem πρακτικά δεν έχει εφαρμογή γιατί απαιτεί κατάσταση ισορροπίας που δύσκολα επιτυγχάνεται και απαιτεί την ύπαρξη δύο τουλάχιστον πιεζομέτρων.

Η μέθοδος Theis : Προϋποθέσεις εφαρμογής της μεθόδου είναι: i) ο συντελεστής διαπερατότητας (k) και το πάχος του υδροφορέα να μην αλλάζουν αισθητά στην έκταση εξάπλωσης του κώνου ταπείνωσης, ii) η ροή του νερού προς την αντλούμενη γεώτρηση να είναι ακτινωτή και οριζόντια, iii) η διάμετρος της γεώτρησης να είναι σχετικά μικρή, ώστε η αποθήκευση νερού να μην λαμβάνεται πρακτικά υπόψη μέσα σ' αυτή, iv) το υδροφόρο στρώμα να είναι υπό πίεση ή στους ελεύθερους η πτώση στάθμης να είναι πού μικρή σε σχέση με το πάχος τους, v) να μην υπάρχουν φυσικά ή υδραυλικά όρια στην έκταση επιρροής του κώνου ταπείνωσης, vi) να μην παρατηρούνται απώλειες φορτίου (λόγω τυρβώδους ροής) στην γεώτρηση.

Μεθοδολογία: Οι τύπο του Theis μπορούν να εφαρμοσθούν για τον υπολογισμό των υδραυλικών παραμέτρων (k,T,S). Στην μέθοδο αυτή οι μετρήσεις πτώσης στάθμης/χρόνου της άντλησης παριστάνεται γραφικά σε διπλό λογαριθμικό χαρτί και συγκρίνεται με πρότυπες καμπύλες. Η πρότυπη καμπύλη έχει άξονες $W_{(u)}$ και u και η πειραματική καμπύλη με άξονες δ και x^2/t. Οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται στη μέθοδο Theis είναι οι εξής:

$$\delta = \frac{qW_{(u)}}{2\pi T} \qquad u = \frac{x^2 S}{4tT} \qquad \text{και} \qquad k = \frac{T}{H}$$

Όπου: δ = η πτώση στάθμης (m)

q = η παροχή άντλησης (m^3/sec)

t = ο χρόνος άντλησης (sec)

π = ο φυσικός αριθμός 3,14

W(u) =εκθετική συνάρτηση

x = απόσταση από το κέντρο της αντλούμενης γεώτρησης (m)

T = μεταβιβαστικότητα (m^2/sec)

S = συντελεστής εναποθήκευσης

k = υδροπερατότητα (m/sec)

H = πάχος υδροφόρου (m)

Η <u>μέθοδος Jacob</u> : Οι Cooper-Jacob διαπίστωσαν ότι όταν οι τιμές της συνάρτησης $u = \frac{x^2 S}{4tT}$ είναι πολύ μικρές (u≤0.01), δηλαδή όταν είτε ο χρόνος άντλησης t είναι αρκετά μεγάλος είτε η απόσταση x στην οποία γίνεται η παρατήρηση σχετικά μικρή τότε η εξίσωση του Theis παίρνει τη μορφή:

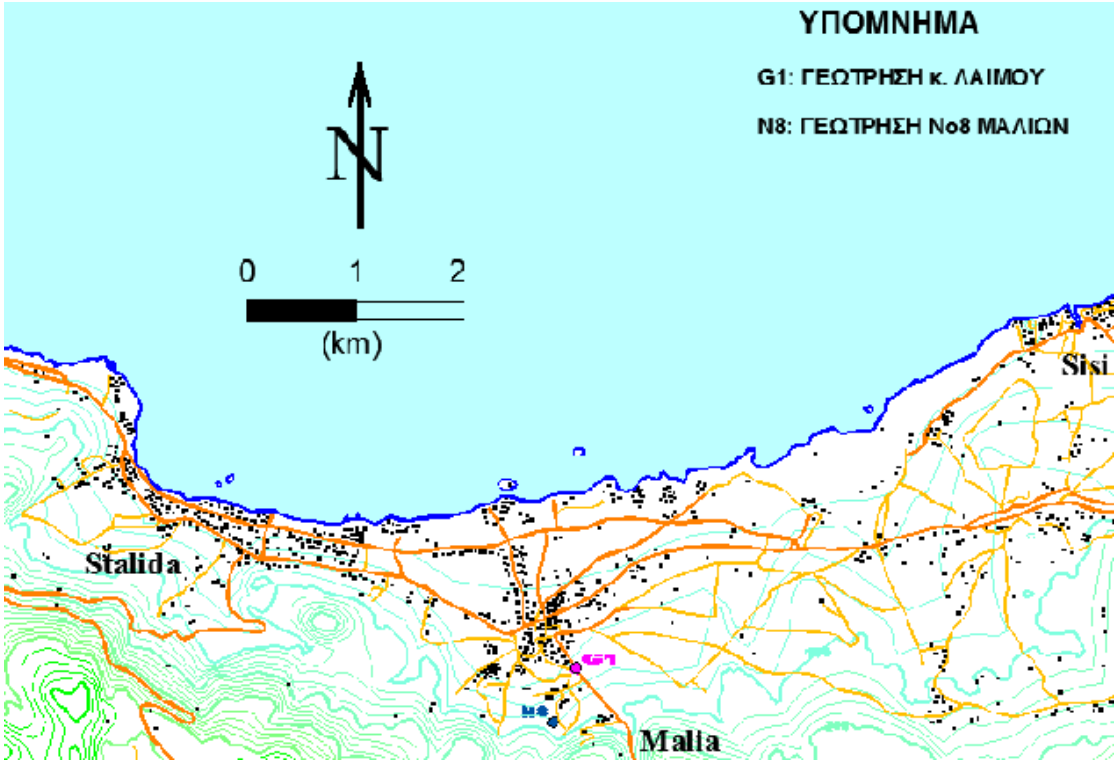
$$\delta = \frac{0,83q}{T} \log \frac{2,25Tt}{x^2 S}$$

Η εξίσωση Jacob δίνει την πτώση στάθμης δ σε λογαριθμική σχέση με τον χρόνο t. Πραγματικά η παραπάνω εξίσωση γράφεται:

$$\delta = \frac{0,83q}{T} (\log \frac{2,25Tt}{x^2 S} + \log t)$$

Αν θέσουμε $\frac{0,183q}{T} = A$ και $\log \frac{2,25T}{x^2 S} = B$ τότε δ = AB + Alogt, επομένως η καμπύλη (δ,logt) είναι ευθεία σε ημι-λογαριθμικό διάγραμμα με το δ σε δεκαδική κλίμακα και το t σε λογαριθμική.

Εξετάστηκαν δύο γεωτρήσεις (βλέπε Εικόνα 4.2) της περιοχής για τον υπολογισμό των υδραυλικών παραμέτρων, της μεταβιβαστικότητας T και της υδροπερατότητας k. Τα δεδομένα των γεωτρήσεων και η επεξεργασία τους φαίνεται στα κεφάλαια 4.4.2 και 4.4.3. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είναι η μέθοδος επαναφοράς της στάθμης η οποία βασίζεται στον τύπο του Jacob γιατί είναι απλή στην εφαρμογή της και το πρότυπο στο οποίο στηρίζεται θεωρητικά δεν εισάγει παρά αμελητέα σφάλματα. Η μέθοδος ‘’επαναφοράς στάθμης’’ λαμβάνει υπόψη της τον ρυθμό αποκατάστασης της στάθμης μέσα στη γεώτρηση που αντλείται μετά την παύση της άντλησης (επαναφορά). Περιλαμβάνει δύο εναλλακτικές λύσεις χρησιμοποιώντας, είτε τη σχέση ‘’χρόνος – υπολειπόμενη πτώση στάθμης’’, είτε τη σχέση ‘’χρόνος – υπολογισμένη επαναφορά’’.



Εικόνα 4.2: Θέσεις γεωτρήσεων που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση των υδραυλικών παραμέτρων του καρστικού υδροφορέα.

4.4.2 Αξιολόγηση μετρήσεων άντλησης της γεώτρησης του κ Λαιμού

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της γεώτρησης είναι : α) Μια δοκιμαστική άντληση που περιελάμβανε 9 ώρες προάντληση και μια κύρια άντληση διάρκειας 11 ωρών και 30 λεπτών. β) στοιχεία από δύο γεωτρήσεις παρατήρησης που βρίσκονται πλησίον της μελετώμενης γεώτρησης, η μία σε απόσταση 100 μέτρων και ανήκει στον Δήμο Μαλίων και η άλλη σε απόσταση 500 μέτρων και ανήκει στον Δήμο Ηρακλείου.

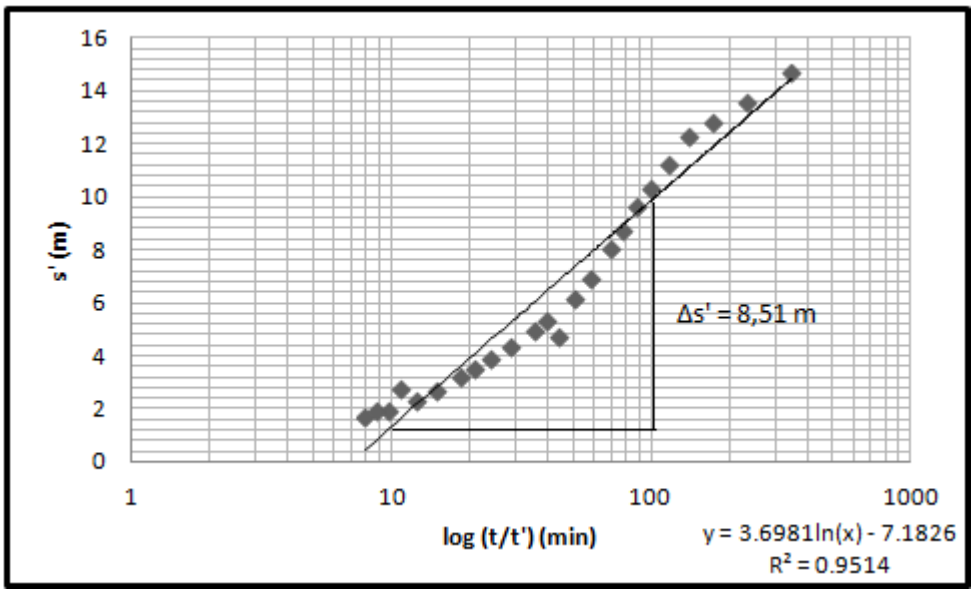
Πίνακας 4.1: Στοιχεία γεώτρησης (Λαιμού)

Υδροστατική στάθμη: 55,20 m
Βάθος τοποθέτησης αντλίας: 93 m
Τύπος αντλίας: πομόνα
Διάμετρος σωλήνα εξαγωγής: 4’’
Υψόμετρο γεώτρησης: 60 m

Παροχή εκμετάλλευσης: 10-15 m^3/h
Δοκιμαστική άντληση: 26 m^3/h

<u>Μέθοδος Επαναφοράς: Λύση ‘’υπολειπόμενης πτώσης στάθμης’’</u>

Η καταχώρηση των δεδομένων s’ και t/t’ σε ημιλογαριθμικό διάγραμμα δίνει μια γραμμική σχέση (σχ. 4.1) από την οποία υπολογίζεται η διαφορά Δs’ ενός λογαριθμικού κύκλου t/t’:



Διάγραμμα 4.1: Λύση υπολειπόμενης πτώσης στάθμης (γεώτρηση κ. Λαιμού).

Παροχή άντλησης (Q) = 26 m^3/h = 6,39 * 10^{-3} m^3/sec

Δs για έναν λογαριθμικό κύκλο (από διάγραμμα)= 9,84-1,33= 8,51 m

H= πάχος υδροφόρου στρώματος = 95 (βάθος γεώτρησης) – 55,2 (υδροστατική στάθμη)= 39,8 m

- $$T = \frac{2,3Q}{4\pi\Delta s'} \qquad [4.1]$$

όπου,

T = μεταβιβαστικότητα (m^2/sec)

Q = παροχή (m^3/sec)

Από την εξίσωση 4.1, T = 1,37 *10^{-4} m^2/sec = 11,83 m^2/day

- $k = \frac{T}{H}$ [4.2]

όπου,

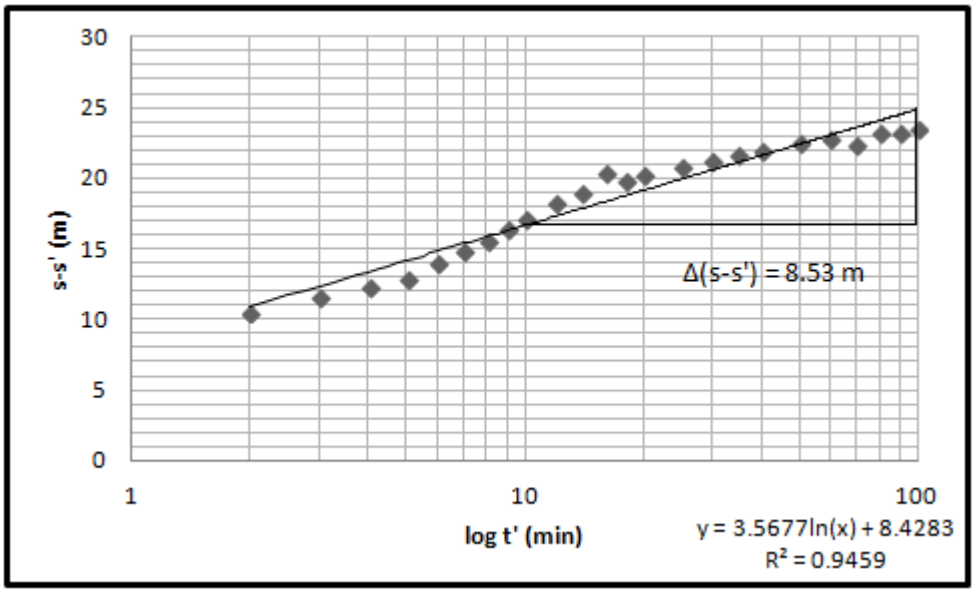
H = πάχος υδροφόρου στρώματος (m)

k = υδροπερατότητα (m/sec)

Από την εξίσωση 4.2, k = 3,45*10^{-6} m/sec

<u>Μέθοδος Επαναφοράς: Λύση ‘’υπολογισμένης επαναφοράς’’</u>

Η καταχώρηση των δεδομένων s-s’ και t’ σε ημιλογαριθμικό διάγραμμα δίνει μια ευθεία, από την οποία υπολογίζεται η διαφορά Δ(s-s’) ενός λογαριθμικού κύκλου:



Διάγραμμα 4.2: Λύση υπολογισμένης επαναφοράς (γεώτρηση κ. Λαιμού).

Παροχή άντλησης (Q) = 26m^3/h = 6,39 * 10^{-3} m^3/sec

Δ(s-s’) για έναν λογαριθμικό κύκλο (από διάγραμμα) = 14,94 - 6,41 = 8,53 m

Η = πάχος υδροφόρου στρώματος = 95 (βάθος γεώτρησης) – 55,2 (υδροστατική στάθμη) = 39,8 m

- $$T = \frac{2,3Q}{4\pi\Delta(s - s')} \qquad [4.3]$$

Από την εξίσωση 4.3, T = 1,42 *10^{-4} m^2/sec = 12,26 m^2/day

- Από την εξίσωση 4.2, k = 3,57*10^{-6} m/sec

4.4.3 Αξιολόγηση μετρήσεων άντλησης της γεώτρησης αντικατάσταση No 8.

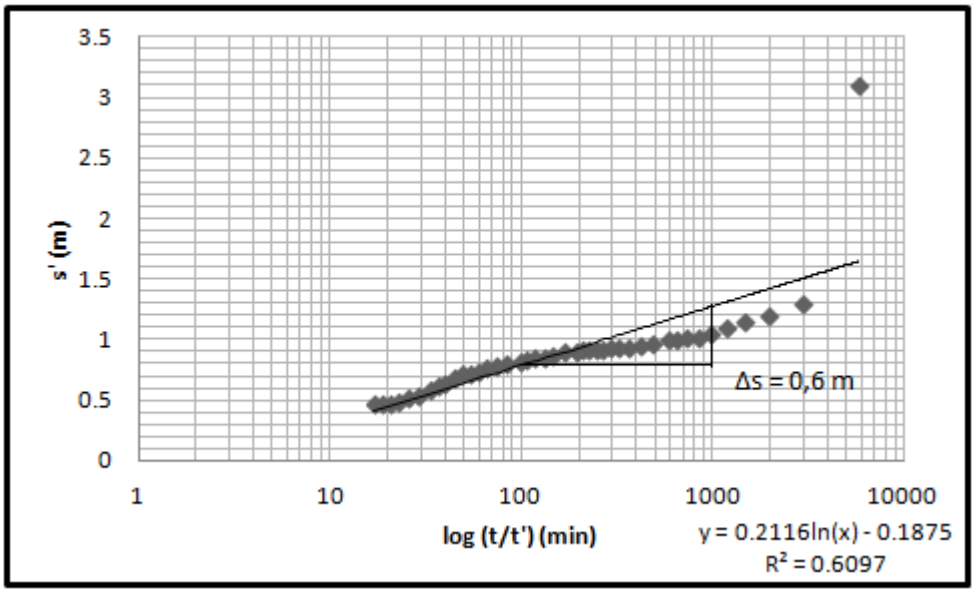
Η θέση της γεώτρησης βρίσκεται 500 μέτρα νότια του χωρίου Μάλια.

Πίνακας 4.2: Στοιχεία γεώτρησης (No 8)

Υδροστατική στάθμη: 81 m
Βάθος τοποθέτησης αντλίας: 104 m
Τύπος αντλίας: πομόνα
Διάμετρος σωλήνα εξαγωγής: 6’’
Υψόμετρο γεώτρησης: 85,59 m
Παροχή εκμετάλλευσης: 85 m^3/h

<u>Μέθοδος Επαναφοράς: Λύση ‘’υπολειπόμενης πτώσης στάθμης’’</u>

Η καταχώρηση των δεδομένων s’ και t/t’ σε ημιλογαριθμικό διάγραμμα δίνει μια ευθεία από την οποία υπολογίζεται η διαφορά Δs’ ενός λογαριθμικού κύκλου t/t’:



Διάγραμμα 4.3: Λύση υπολειπόμενης πτώσης στάθμης (γεώτρηση No8).

Παροχή άντλησης (Q) = 85m^3/h = 2,36 * 10^{-2} m^3/sec

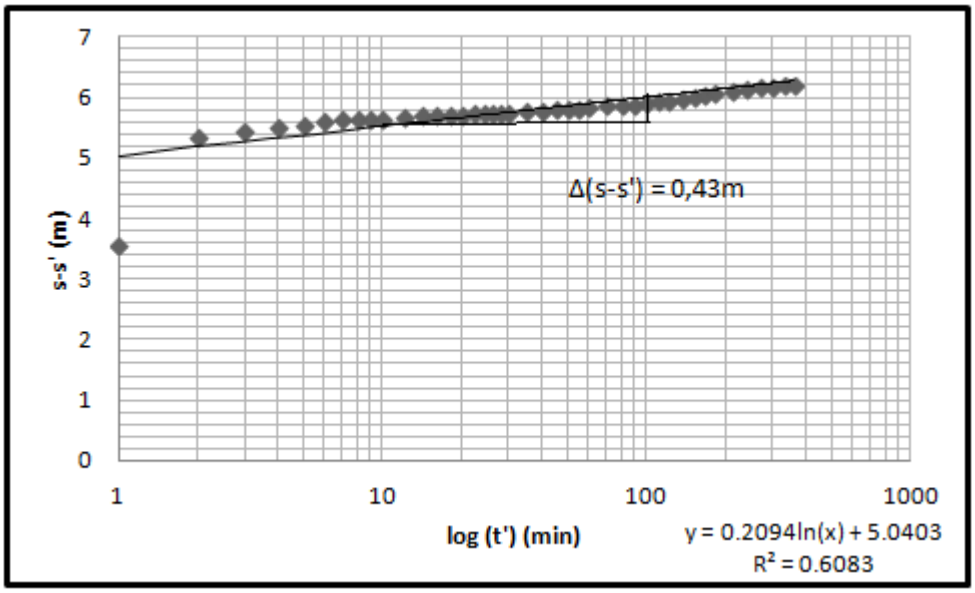
Δs για έναν λογαριθμικό κύκλο (από διάγραμμα) = 1,1 - 0,5 = 0,6 m

H = πάχος υδροφόρου στρώματος = 92(βάθος γεώτρησης) – 81(υδροστατική στάθμη) = 11 m

- Από την εξίσωση 4.1, T = 7,2 *10^{-3} m^2/sec = 622,3 m^2/day
- Από την εξίσωση 4.2, k = 6,54*10 $^{-4}$m/sec

<u>Μέθοδος Επαναφοράς: Λύση ‘’υπολογισμένης επαναφοράς’’</u>

Η καταχώρηση των δεδομένων s-s’ και t’ σε ημιλογαριθμικό διάγραμμα δίνει μια ευθεία, από την οποία υπολογίζεται η διαφορά Δ(s-s’) ενός λογαριθμικού κύκλου:



Διάγραμμα 4.4: Λύση υπολογισμένης επαναφοράς (γεώτρηση Νο 8).

Παροχή άντλησης (Q) = 85m^3/h = 2,36 * 10^{-2} m^3/sec

Δ(s-s') για έναν λογαριθμικό κύκλο (από διάγραμμα) = 6 – 5,57 = 0,43 m

Η = πάχος υδροφόρου στρώματος = 92(βάθος γεώτρησης) – 81(υδροστατική στάθμη) = 11 m

- Από την εξίσωση 4.3, T = 1,05 *10^{-2} m^2/sec = 868,3 m^2/day
- Από την εξίσωση 4.2, k = 9,1*10 $^{-4}$ m/sec

5 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

Η μελέτη των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων έχει ουσιαστική σημασία για την εκτίμηση του υδρολογικού ισοζυγίου και την αξιολόγηση των υδάτινων αποθεμάτων μιας περιοχής.

5.1 Το νερό στη φύση

Η προέλευση του υπογείου νερού είναι βασικά μετεωρική. Το υπόγειο νερό μπορεί να διακριθεί σε (Σούλιος, 1986) :

- Νερό κατείσδυσης: είναι αυτό που βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια του υδροφόρου ορίζοντα και κινείται κατακόρυφα. Έχει άμεση μετεωρική προέλευση , είναι κινούμενο νερό και η κίνηση του έχει μικρή οριζόντια συνιστώσα.
- Νερό ροής: είναι αυτό που κινείται κάτω από την επιφάνεια του υδροφόρου ορίζοντα, δηλαδή αυτό που βρίσκεται μέσα στον υδροφόρο ορίζοντα. Είναι νερό εξ ορισμού κινούμενο και η κίνηση του έχει σημαντική οριζόντια συνιστώσα.
- Νερό βάθους ή βαθύ νερό: είναι αυτό που πρακτικά δεν κινείται ή κινείται βραδύτατα. Είναι συνήθως υδροστατικά απομονωμένο και δεν υπόκειται σε υδροδυναμισμό. Περιέχει σε διάλυση μεγάλες ποσότητες αλάτων ή βρίσκεται σε χημική ισορροπία με τα πετρώματα.

5.2 Κύκλος νερού

Το νερό φτάνοντας στην επιφάνεια της Γής σαν *κατακρημνίσματα* (P) (βροχή, χιόνι , χαλάζι, δροσιά κτλ) μπορεί να ακολουθήσει τρείς 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 I*. Μπορεί αφού κάνει μια υπόγεια διαδρομή, να επανέλθει στο φώς ύστερα από κάποιο χρόνο παραμονής στο υπέδαφος και με το υδρογραφικό σύστημα να οδηγηθεί στην θάλασσα από όπου επανεξατμίζεται.

ii. Να ρεύσει επιφανειακά και παραλαμβανόμενο από το υδρογραφικό δίκτυο (ποτάμια συστήματα) να εκχυθεί τελικά στη θάλασσα. Αυτή η ποσότητα που ρέει επιφανειακά, συνιστά την *επιφανειακή απορροή R* που φυσικά μπορεί και αυτή τελικά να επανεξατμισθεί και να επανέλθει στην ατμόσφαιρα από όπου θα επαναλάβει τον κύκλο.

iii. Να επανεξατμισθεί από την επιφάνεια του εδάφους, από την ελεύθερη επιφάνεια του υδρογραφικού συστήματος, από το υπέδαφος ή ακόμα να διαπνευσθεί από τα φυτά που το αντλούν από το υπέδαφος. Αυτή η ποσότητα συνιστά την *εξατμισιδιαπνοή E*, που επανέρχεται στην ατμόσφαιρα.

Τα παραπάνω μας δίνουν την *εξίσωση υδρολογικού ισοζυγίου*

$$\mathbf{P = I + R + E} \qquad [5.1]$$

η οποία είναι χαρακτηριστική σε κάθε περιοχή και καθορίζει την υδάτινη οικονομία της (Σούλιος, 1986).

5.3 Μετεωρολογικές συνθήκες στην περιοχή μελέτης

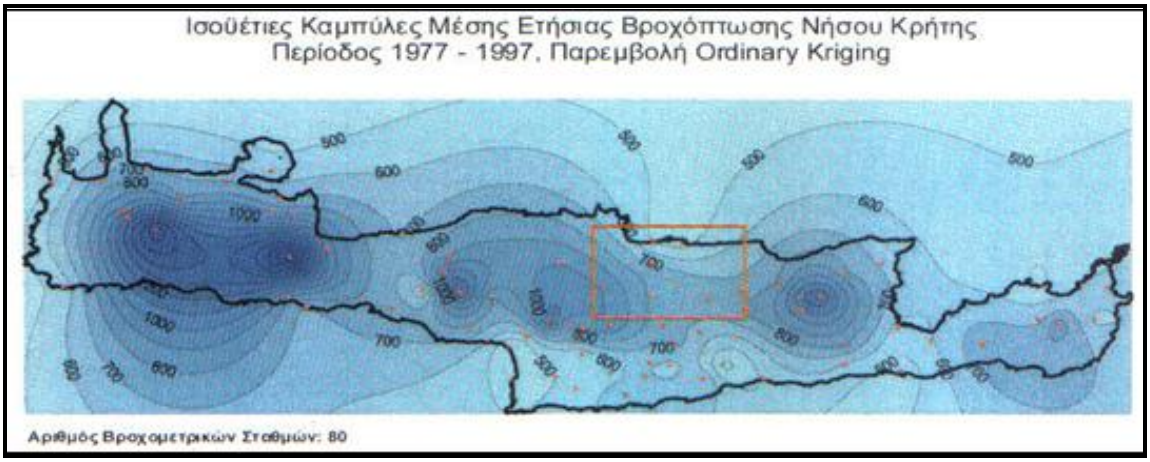
Η περιοχή των Μαλίων έχει μεσογειακό κλίμα με υγρούς χειμώνες και ζεστά, ξηρά καλοκαίρια. Το υδρολογικό έτος θεωρείται από τον Οκτώβρη μέχρι τέλη Σεπτεμβρίου του επόμενου έτους. Πάνω από 85% της ετήσιας βροχόπτωσης συμβαίνει την υγρή περίοδο από Νοέμβρη έως Απρίλη, η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 18° C στις παράκτιες περιοχές, ο Φεβρουάριος είναι ο πιο υγρός μήνας και ο Ιούλιος ο πιο ζεστός. Μέγιστες θερμοκρασίες έως 35° C είναι συχνές το καλοκαίρι. Η εξατμισιοδιαπνοή συμβαίνει από Απρίλιο μέχρι Οκτώβριο, γεγονός που σημαίνει πως το περισσότερο υπόγειο νερό συγκεντρώνεται από Νοέμβριο μέχρι Απρίλιο (Voudouris et al., 2007).

5.4 Βροχοπτώσεις (P)

Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (P) είναι το σύνολο του μετεωρικού νερού που φτάνει στην επιφάνεια της Γης με οποιαδήποτε μορφή. Η μέτρηση των κατακρημνισμάτων γίνεται με ειδικά όργανα τα βροχόμετρα. Οι μετρήσεις των οργάνων αυτών αφορούν ύψος βροχής (mm), και από αυτές τις μετρήσεις εκτιμάται:

- Το ετήσιο ή μηνιαίο ύψος κατακρημνισμάτων για ένα ορισμένο έτος ή μήνα
- Το μέσο ετήσιο ή μηνιαίο ύψος κατακρημνισμάτων (βροχομετρικός δείκτης)
- Τον δείκτη βροχερότητας (ετήσιο ύψος κατακρημνισμάτων / ετήσιο βροχομετρικό δείκτη)
- Τα υετογράμματα, δηλαδή τα διαγράμματα κατανομής των κατακρημνισμάτων στους δώδεκα μήνες του έτους

Από τις μετρήσεις αυτές επίσης σχεδιάζονται χάρτες με ισοΰετες καμπύλες, που είναι καμπύλες που ενώνουν σημεία με ίδια βροχόπτωση, όπως αυτόν της Εικόνας 5.1.



Εικόνα 5.1: Ισοΰετες καμπύλες Νήσου Κρήτης και η περιοχή μελέτης (Δ.Ε.Υ.Α. Μαλίων).

5.4.1 Βροχομετρικά δεδομένα

Στην περιοχή μελέτης διατίθενται δεδομένα από έξι βροχομετρικούς σταθμούς στις εξής περιοχές: Αβδού Ηρακλείου, Άγιος Γεώργιος Λασιθίου, Άρμαχα Ηρακλείου, Έξω ποταμοί Λασιθίου, Καστέλι Ηρακλείου και Νεάπολη Λασιθίου. Τα δεδομένα αφορούν την περίοδο από το 1964 – 2008. Οι ακριβείς θέσεις των σταθμών φαίνονται στον Χάρτη 1(ΓΥΣ, 2007) στο Παράρτημα και τα υψόμετρα τους στον Πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1: Υψόμετρα βροχομετρικών σταθμών.

Σταθμός	Απόλυτο Υψόμετρο (m)
Αβδού (1)	230
Άγιος Γεώργιος (2)	850
Άρμαχα (3)	450
Έξω Ποταμοι (4)	800
Καστέλι (5)	450
Νεάπολη (6)	240

Πολλές φορές οι βροχομετρικές παρατηρήσεις δεν είναι απόλυτα συγκρίσιμες εξ αίτιας αλλαγής των συνθηκών κατά τον χρόνο λειτουργίας των σταθμών. Η ετερογένεια στις παρατηρήσεις μπορεί να διαπιστωθεί και να εξαλειφθεί με γραφικές ή στατιστικές μεθόδους.

Στην παρούσα εργασία ο έλεγχος της ομοιογένειας των σταθμών βασίζεται στη μέθοδο της καμπύλης διπλής μάζας. Πρόκειται για μια γραφική μέθοδο ελέγχου των δεδομένων η οποία επιλέχθηκε γιατί είναι σχετικά σύντομη και αποτελεσματική στον εντοπισμό τέτοιου είδους ανωμαλιών. Για τον σκοπό αυτό συντάχθηκε ο Πίνακας 5.2 σύμφωνα με τα μηνιαία δεδομένα και ο Πίνακας 5.3 σύμφωνα με τα ετήσια δεδομένα. Η μέθοδος συνίσταται στη σύγκριση των αθροιστικών ετήσιων τιμών βροχόπτωσης ενός σταθμού με την σύγχρονη μέση αθροιστική βροχόπτωση μιας ομάδας γειτονικών σταθμών. Αλλαγή οφειλόμενη

σε μετεωρολογικά αίτια επιδρά ομοιότροπα σε όλους τους σταθμούς και το διάγραμμα είναι ευθεία. Στα δεδομένα των σταθμών όπου διακρίνονται δύο ευθείες με διαφορετική κλίση χρειάζεται διόρθωση ώστε οι παρατηρήσεις να καταστούν ομοιογενείς. Υπάρχει καλή γραμμική συσχέτιση μεταξύ των σημείων τα οποία διατάσσονται κατά μήκος της κεντροβαρούς ευθείας που υπολογίζεται με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων (πολύ υψηλός βαθμός συντελεστή συσχέτισης $R^2 > 0,99$). Ως εκ τούτου τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όλοι οι επιλεγμένοι σταθμοί είναι ομοιογενείς (βλέπε Παράρτημα)

5.4.2 Έλεγχος, διόρθωση και επέκταση των παρατηρήσεων.

Λαμβάνονται υπόψη μόνο οι κοινές παρατηρήσεις των σταθμών. Αν για κάποιο σταθμό λείπουν οι παρατηρήσεις μιας περιόδου, αφαιρούνται τα στοιχεία της περιόδου αυτής και από τους υπόλοιπους σταθμούς.

Στην περίπτωση μας έπρεπε να γίνει διόρθωση των τιμών και συγκεκριμένα για τα τελευταία έτη (2002-2008) του σταθμού Άγιος Γεώργιος όπου δεν διαθέτουμε παρατηρήσεις. Πρέπει να γίνει συμπλήρωση των παρατηρήσεων κατά τα έτη αυτά προκειμένου να υπάρχει κοινή περίοδο βάσης για όλους τους σταθμούς. Για αυτό χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος καμπύλης διπλής μάζας. Με τα στοιχεία των στηλών 3 και 16 του Πίνακα 5.3 κατασκευάστηκε διάγραμμα από το οποίο προκύπτει η ευθεία $y = 0,8789x+950,41$. Από την ευθεία αυτή υπολογίστηκαν οι τιμές που λείπανε (υπογραμμισμένες στον Πίνακα 5.3).

Πίνακας 5.2 : Βροχοπτώσεις σύμφωνα με τα μηνιαία δεδομένα για κάθε σταθμό για εφαρμογή της μεθόδου ‘’διπλής μάζας’’.

Μήνες	Αθροιστική βροχόπτωση σταθμών (mm)						Άθροισμα στηλών 2-7	Μέση αθροιστική βροχόπτωση των στηλών 2-7 εκτός της αθροιστικής βροχόπτωσης του σταθμού (mm):						Μέσος όρος στηλών 2-7
	ΑΒΔΟΥ	ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ	ΑΡΜΑΧΑ	ΕΞΩ ΠΟΤΑΜΟΙ	ΚΑΣΤΕΛΙ	ΝΕΑΠΟΛΗ		ΑΒΔΟΥ	ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ	ΑΡΜΑΧΑ	ΕΞΩ ΠΟΤΑΜΟΙ	ΚΑΣΤΕΛΙ	ΝΕΑΠΟΛΗ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Σεπτέμβριος	1049	789	952	1142	839	1031	5801	950	1681	970	932	992	954	967
Σεπτέμβριος-Οκτώβριος	4661	4095	4104	6818	3857	4671	28204	4709	8146	4820	4277	4869	4707	4701
Σεπτέμβριος-Νοέμβριος	9756	9064	8898	15147	8079	9236	60179	10084	17340	10256	9006	10420	10189	10030
Σεπτέμβριος-Δεκέμβριος	16408	15747	16088	27458	14437	15288	105425	17803	30415	17867	15593	18198	18027	17571
Σεπτέμβριος-Ιανουάριος	23509	23030	23019	39456	20495	22090	151599	25618	43684	25716	22429	26221	25902	25266
Σεπτέμβριος-Φεβρουάριος	29445	28340	28242	49008	25320	27342	187696	31650	54100	31891	27738	32475	32071	31283
Σεπτέμβριος-Μάρτιος	33862	33048	32519	56958	29231	31722	217341	36696	62619	36964	32077	37622	37124	36224
Σεπτέμβριος-Απρίλιος	36057	35016	34398	60754	30952	33860	231038	38996	66579	39328	34057	40017	39435	38506
Σεπτέμβριος-Μάιος	37224	36000	35574	62476	31847	34748	237868	40129	68552	40459	35079	41204	40624	39645
Σεπτέμβριος-Ιούνιος	37607	36335	35786	62955	32122	35181	239987	40476	69159	40840	35406	41573	40961	39998
Σεπτέμβριος-Ιούλιος	37673	36706	35884	63104	32191	35250	240808	40627	69362	40985	35541	41723	41112	40135
Σεπτέμβριος-Αύγουστος	37799	36771	35965	63310	32307	35310	241461	40732	69555	41099	35630	41831	41230	40243

Πίνακας 5.3: Βροχοπτώσεις σύμφωνα με τα ετήσια δεδομένα για κάθε σταθμό για εφαρμογή της μεθόδου ‘’διπλής μάζας’’.

Υδρολογικά έτη	Αθροιστική βροχόπτωση σταθμών (mm)						Άθροισμα στηλών από 2-7	Μέση αθροιστική βροχόπτωση των στηλών 2 μέχρι 7 εκτός της αθροιστικής βροχόπτωσης του σταθμού (mm):						Μέσος όρος στηλών 2-7	Μέσος όρος στηλών 2,4-7
	ΑΒΔΟΥ	ΑΓΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ	ΑΡΜΑΧΑ	ΕΞΩ ΠΟΤΑΜΟΙ	ΚΑΣΤΕΛΙ	ΝΕΑΠΟΛΗ		ΑΒΔΟΥ	ΑΓΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ	ΑΡΜΑΧΑ	ΕΞΩ ΠΟΤΑΜΟΙ	ΚΑΣΤΕΛΙ	ΝΕΑΠΟΛΗ		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1964-65	843	270	1217	1956	1029	1047	6362	1104	1218	1029	881	1067	1063	1060	1218
1964-66	1336	828	1716	2788	1499	1633	9800	1693	1795	1617	1402	1660	1633	1633	1795
1964-67	2223	1754	2400	4105	2128	2455	15065	2568	2662	2533	2192	2587	2522	2511	2662
1964-68	3201	2987	3232	5770	2888	3632	21710	3702	3745	3696	3188	3764	3616	3618	3745
1964-69	4241	4474	4234	8002	3877	4818	29645	5081	5034	5082	4329	5154	4965	4941	5034
1964-70	4827	5493	4863	9082	4437	5409	34110	5857	5723	5849	5006	5935	5740	5685	5723
1964-71	5569	6729	5686	10709	5119	6160	39973	6881	6649	6857	5853	6971	6762	6662	6649
1964-72	6216	7792	6491	11920	5713	6800	44932	7743	7428	7688	6602	7844	7626	7489	7428
1964-73	6991	8751	7341	13432	6443	7681	50639	8730	8378	8660	7441	8839	8592	8440	8378
1964-74	7605	9583	7979	14665	6965	8251	55048	9488	9093	9414	8077	9617	9359	9175	9093
1964-75	8354	10703	8759	15857	7694	8967	60332	10396	9926	10315	8895	10528	10273	10055	9926
1964-76	9435	11818	9662	17542	8536	10006	66998	11513	11036	11467	9891	11693	11398	11166	11036
1964-77	10068	12709	10255	19097	9105	10951	72184	12423	11895	12386	10618	12616	12247	12031	11895
1964-78	11232	14176	11559	20962	10287	11906	80122	13778	13189	13713	11832	13967	13643	13354	13189
1964-79	12262	15234	12457	22554	11161	12796	86464	14840	14246	14801	12782	15061	14734	14411	14246
1964-80	13170	16490	13831	24169	12011	13775	93446	16055	15391	15923	13855	16287	15934	15574	15391
1964-81	13925	17573	14694	25361	12774	14623	98950	17005	16275	16851	14718	17235	16865	16492	16275
1964-82	14619	18483	15424	26390	13489	15369	103773	17831	17058	17670	15477	18057	17681	17296	17058

1964-83	15463	18935	16120	27538	14156	16101	108313	18570	17876	18439	16155	18831	18442	18052	17876
1964-84	16140	20108	17131	28884	14963	16838	114064	19585	18791	19387	17036	19820	19445	19011	18791
1964-85	17135	20984	18108	30259	15846	18046	120378	20649	19879	20454	18024	20906	20466	20063	19879
1964-86	17682	21630	18665	31147	16356	18758	124236	21311	20521	21114	18618	21576	21096	20706	20521
1964-87	18925	22901	19664	32626	17337	20002	131456	22506	21711	22358	19766	22824	22291	21909	21711
1964-88	19594	23942	20378	33721	17944	20642	136220	23325	22456	23169	20500	23655	23116	22703	22456
1964-89	20276	24963	21135	34806	18570	21311	141061	24157	23220	23985	21251	24498	23950	23510	23220
1964-90	20768	25663	21649	35537	18990	21788	144395	24725	23746	24549	21772	25081	24521	24066	23746
1964-91	21486	26526	22311	36552	19629	22525	149029	25509	24501	25344	22495	25880	25301	24838	24501
1964-92	22352	27475	23118	37835	20334	23286	154399	26409	25385	26256	23313	26813	26223	25733	25385
1964-93	22951	28239	23636	38902	20791	23828	158346	27079	26021	26942	23889	27511	26904	26391	26021
1964-94	23702	29196	24325	40209	21429	24462	163323	27924	26825	27799	24623	28379	27772	27220	26825
1964-95	24620	30804	25203	41989	22295	25439	170350	29146	27909	29029	25672	29611	28982	28392	27909
1964-96	25373	32010	26008	43172	23030	26174	175767	30079	28751	29952	26519	30547	29919	29294	28751
1964-97	26428	33279	26914	45231	23828	27051	182730	31260	29890	31163	27500	31780	31136	30455	29890
1964-98	27315	34588	27797	46926	24543	27987	189156	32368	30914	32272	28446	32923	32234	31526	30914
1964-99	28245	35647	28635	48500	25345	28640	195012	33353	31873	33275	29302	33933	33274	32502	31873
1964-00	28686	36096	29099	49446	25818	29248	198393	33941	32459	33859	29789	34515	33829	33065	32459
1964-01	29523	37221	29854	50968	26526	29967	204060	34907	33368	34841	30618	35507	34818	34010	33368
1964-02	30815	38254	30749	53060	27395	30900	211174	36072	34584	36085	31623	36756	36055	35196	34584
1964-03	32554	39977	32039	55466	28595	31832	220464	37582	36097	37685	33000	38374	37726	36744	36097
1964-04	33683	41225	32834	57424	29408	32622	227196	38703	37194	38872	33954	39558	38915	37866	37194
1964-05	34709	42329	33622	58946	30173	33365	233145	39687	38163	39905	34840	40594	39956	38857	38163
1964-06	35725	43352	34313	60455	30783	34037	238664	40588	39062	40870	35642	41576	40925	39777	39062
1964-07	36802	44512	35214	61922	31596	34874	244919	41624	40081	41941	36600	42665	42009	40820	40081
1964-08	37759	45548	35951	63310	32307	35631	250505	42549	40991	42911	37439	43640	42975	41751	40991

5.4.3 Επεξεργασία σύμφωνα με το υψόμετρο

Στους Πίνακες 5.4 έως 5.9 φαίνονται συγκεντρωμένα τα επεξεργασμένα δεδομένα για το μέγιστο και ελάχιστο ύψος βροχής καθώς και ο μέσος όρος βροχόπτωσης για τα έτη 1964-2008.

Πίνακας 5.4: Ύψος βροχόπτωσης στο σταθμό Αβδού (υψόμετρο 230m).

ΑΒΔΟΥ	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ	ΣΥΝ.
Μεγ.ύψος(mm)	232,0	342,3	289,2	384,4	411,5	249,3	313,7	233,4	126,1	182,0	33,0	18,0	1243,2
Ελαχ. Ύψος(mm)	0,0	0,0	10,5	17,8	0,0	14,9	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	440,8
Μ.Ο (mm)	23,7	73,5	111,4	136,7	145,0	121,3	101,1	45,7	25,4	9,8	1,6	1,4	792,9

Πίνακας 5.5: Ύψος βροχόπτωσης στο σταθμό Αγ. Γεώργιος (υψόμετρο 850m).

ΑΓ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ	ΣΥΝ.
Μεγ.Ύψος (mm)	219,0	327,6	481,0	446,9	540,4	338,1	374,0	330,5	229,0	92,1	278,0	24,5	1608,5
Ελαχ. Ύψος(mm)	0,0	0,0	10,4	0,0	59,5	15,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	449,0
Μ.Ο (mm)	22,5	94,5	142,0	191,0	202,3	147,5	134,5	54,7	27,3	9,3	10,3	1,8	1040,3

Πίνακας 5.6: Ύψος βροχόπτωσης στο σταθμό Αρμάχα (υψόμετρο 450m).

ΑΡΜΑΧΑ	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ	ΣΥΝ.
Μεγ. Ύψος(mm)	215,5	254,5	321,6	386,0	366,2	236,8	336,0	218,7	148,5	50,0	49,0	20,0	1373,7
Ελαχ. Ύψος(mm)	0,0	0,0	1,0	27,6	53,4	8,0	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	464,0
Μ.Ο (mm)	21,1	70,8	108,0	159,7	152,3	115,1	101,6	43,0	25,8	5,5	2,3	0,9	806,3

Πίνακας 5.7: Ύψος βροχόπτωσης στο σταθμό Έξω Ποταμοί (υψόμετρο 800m).

ΈΞΩ ΠΟΤΑΜΟΙ	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ	ΣΥΝ.
Μεγ.ύψος (mm)	225,5	653,0	814,5	627,1	606,0	548,0	590,0	327,0	154,7	186,8	69,0	60,0	2232,0
Ελαχ. Ύψος (mm)	0,0	0,0	13,5	38,7	77,0	7,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	567,4
Μ.Ο (mm)	23,8	124,8	170,4	258,8	273,8	202,0	179,8	74,2	40,5	13,6	3,2	2,6	1363,3

Πίνακας 5.8: Ύψος βροχόπτωσης στο σταθμό Καστέλι (υψόμετρο 350m).

ΚΑΣΤΕΛΙ	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ	ΣΥΝ.
Μεγ. Ύψος(mm)	307,1	256,0	350,3	324,0	344,2	240,0	287,5	190,5	94,0	100,7	35,5	15,0	1182,5
Ελαχ. Ύψος(mm)	0,0	0,0	2,0	28,7	32,4	0,2	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	329,8
Μ.Ο (mm)	15,7	69,6	92,0	138,9	145,9	105,0	85,3	34,2	19,5	7,4	1,5	1,0	711,8

Πίνακας 5.9: Ύψος βροχόπτωσης στο σταθμό Νεάπολη (υψόμετρο 240m).

ΝΕΑΠΟΛΗ	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ	ΣΥΝ.
Μεγ. Ύψος(mm)	310,0	498,5	523,0	372,5	368,0	329,5	326,4	210,0	124,0	120,0	37,0	12,0	1296,5
Ελαχ. Ύψος(mm)	0,0	0,0	11,3	17,0	39,2	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	411,5
Μ.Ο (mm)	22,1	83,2	105,7	145,1	153,3	118,7	105,8	48,2	21,9	9,9	2,1	0,9	818,7

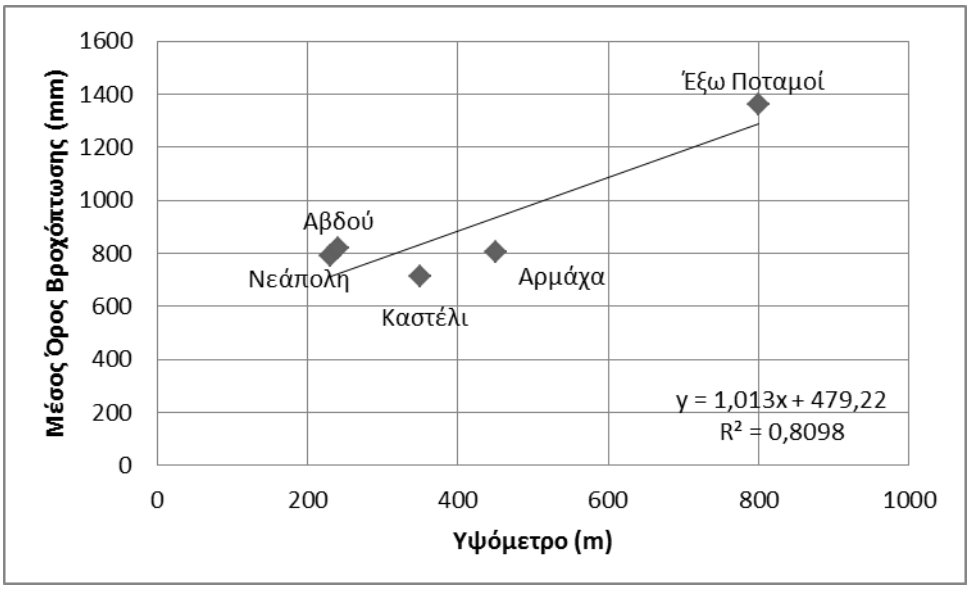
Η μέση ετήσια βροχόπτωση σε κάθε σταθμό υπολογίστηκε από τα μηνιαία στοιχεία και παραστάθηκε γραφικά έναντι του υψομέτρου του εν λόγω σταθμού. Η γραφική παράσταση με όλους τους σταθμούς μας δίνει γραμμική σχέση με συντελεστή συσχέτισης R^2 = 0,6726 που είναι μικρός. Μετά από δοκιμές, από τους σταθμούς αφαιρέθηκε αυτός του Αγίου Γεωργίου γιατί για τον σταθμό αυτό είχαμε τα λιγότερα δεδομένα, είναι σχετικά πιο απομακρυσμένος από τους άλλους και αφαιρώντας τον έχουμε καλύτερη συσχέτιση υψομέτρου – βροχόπτωσης. Μια γραμμή παλινδρόμησης (βλέπε Σχήμα 5.1) που

τοποθετήθηκε σε αυτά τα δεδομένα δείχνει την ακόλουθη σχέση μεταξύ των βροχοπτώσεων (y) και του υψομέτρου (x):

$$y = 1{,}013\,x + 479{,}22 \quad (R^2 = 0{,}8098) \qquad [5.2]$$

Πίνακας 5.10: Συγκεντρωτικά στοιχεία σταθμών.

ΒΡΟΧ. ΣΤΑΘΜΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΣΤΑΘΜΟΥ (m)	ΜΗΝΑΣ ΜΕΓ. ΥΨΟΥΣ	ΜΕΓ. ΥΨΟΣ (mm)	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ (mm)
ΑΒΔΟΥ	230	Ιανουάριος	411,5	792,9
ΑΡΜΑΧΑ	450	Δεκέμβριος	386	806,3
ΕΞΩ ΠΟΤΑΜΟΙ	800	Νοέμβριος	814,5	1363,3
ΚΑΣΤΕΛΙ	350	Νοέμβριος	350	711,8
ΝΕΑΠΟΛΗ	240	Νοέμβριος	523	818,7



Σχήμα 5.1: Παράσταση του υψομέτρου έναντι της βροχόπτωσης.

5.4.3 Υπολογισμός όγκου βροχοπτώσεων

Ο υψηλός συντελεστής (R^2 = 0,8098) της σχέσης υψομέτρου βροχόπτωσης μας επιτρέπει, με ικανοποιητική προσέγγιση, να χρησιμοποιήσουμε την εξίσωση y = 1,013 x + 479,22 για τον υπολογισμό του όγκου των βροχοπτώσεων που δέχεται η περιοχή σε συνάρτηση με το υψόμετρο της.

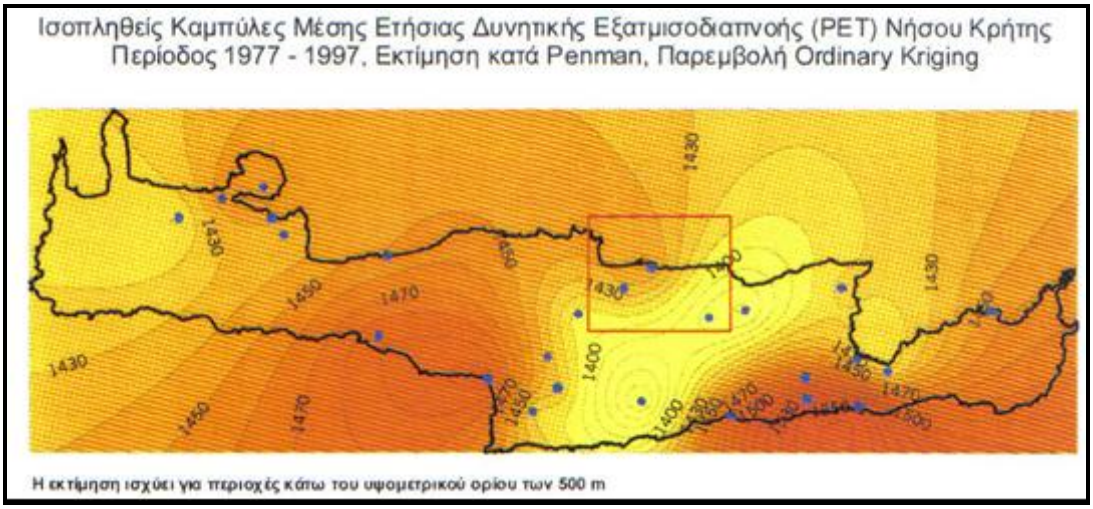
Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε είναι ο υπολογισμός του όγκου των βροχοπτώσεων με βάση τον τοπογραφικό χάρτη. Αρχικά μετατρέπουμε τις ισοϋψείς καμπύλες σε ισοκαμπύλες βροχόπτωσης (ισοΰετες) σύμφωνα με την γραμμική σχέση που συνδέει τον υψόμετρο με την βροχόπτωση. Στο Παράρτημα υπάρχει η αντιστοιχία μεταξύ βροχόπτωσης και υψομέτρου καθώς και ο Χάρτης 2 που απεικονίζει τις ισοΰετες. Ο Χάρτης συντάχθηκε στο πλαίσιο Ερευνητικής Εργασίας του Εργαστηρίου Εφαρμοσμένης Γεωλογίας. Υπολογίστηκε η επιφάνεια που περικλείεται μεταξύ δυο συνεχόμενων ισοΰετων καμπυλών και η τιμή αυτή πολλαπλασιάστηκε με την μέση τιμή βροχόπτωσης των δύο καμπυλών. Αυτή η διαδικασία έγινε για όλες τις τιμές και το άθροισμα τους είναι ο συνολικός όγκος των κατακρημνισμάτων (βλέπε Παράρτημα Πίνακα 9).

Συνολικός όγκος P (m^3) = Εμβαδό (m^2) x Μέσος όρος κατακρημνισμάτων (m) = **56.264.671 m^3**

5.5 Εξατμισιοδιαπνοή (Ε)

Η εξατμισιοδιαπνοή Ε, είναι το μέρος εκείνο των κατακρημνισμάτων που επανέρχεται στην ατμόσφαιρα από εξάτμιση είτε από την επιφάνεια του εδάφους, από τα πρώτα στρώματα του εδάφους, από τις ελεύθερες επιφάνειες νερού, από το νερό που με μορφή λεπτού υμέναιου που περικαλύπτει τα φυτά κατά την βροχή ή που επικάθεται σε αυτά με μορφή σταγόνων, είτε από την διαπνοή των φυτών. Δηλαδή είναι κάθε είδους φυσικές πρωτογενείς απώλειες του νερού των κατακρημνισμάτων από εξάτμιση ή διαπνοή που επανέρχονται άμεσα στην ατμόσφαιρα.

Η εξατμισιοδιαπνοή μπορεί να εκφραστεί σε όγκο (m^3), σε συντελεστή (%) της βροχόπτωσης ή σε ύψος νερού (mm) και να χαραχθούν καμπύλες που συνδέουν σημεία με ίση εξατμισιοδιαπνοή όπως αυτές της Εικόνας 5.2.



Εικόνα 5.2: Καμπύλες μέσης ετήσιας Δυνητικής Εξατμισιδιαπνοής (Δ.Ε.Υ.Α. Μαλίων).

Η ποσότητα της εξατμισιδιαπνοής που πραγματοποιείται από εδαφικές επιφάνειες, πλήρως και ομοιόμορφα καλυμμένες από αναπτυσσόμενη χλωρίδα, κάτω από συνθήκες απεριόριστης διαθεσιμότητας νερού, σε αντιστοιχία δηλαδή με την εξάτμιση υδάτινων επιφανειών, ονομάζεται δυνητική εξατμισιδιαπνοή, ενώ οι πραγματικές απώλειες νερού από την επιφάνεια του εδάφους με τους μηχανισμούς της εξάτμισης και της διαπνοής κάτω από υφιστάμενες συνθήκες κλίματος, φυτοκάλυψης και

εδαφικής υγρασίας ονομάζεται πραγματική εξατμισιδιαπνοή. Προφανώς η πραγματική εξατμισιδιαπνοή είναι μικρότερη ή το πολύ ίση με τη δυνητική (Σούλιος, 2007).

Η εξατμισιδιαπνοή και ιδιαίτερα η πραγματική, σαν μη υποκείμενη σε άμεση μέτρηση, είναι ο πιο δύσκολα μετρήσιμος παράγοντας του υδρολογικού ισοζυγίου. Γι' αυτό έχει προταθεί σωρεία τύπων εμπειρικών, για τον υπολογισμό της, που οι περισσότεροι έχουν τοπική εφαρμογή. Οι μέθοδοι αυτές κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες.

Η πρώτη κατηγορία αφορά εμπειρικές σχέσεις, οι οποίες βασίζονται σε πειραματικά δεδομένα που σχετίζονται με κλιματολογικά και υδρολογικά δεδομένα. Η δεύτερη κατηγορία σχετίζεται με θεωρητικές μεθόδους που βασίζονται στον τρόπο με τον οποίον γίνεται η μεταφορά των υδρατμών. Η τρίτη κατηγορία αναφέρεται όπως και η δεύτερη σε θεωρητικές μεθόδους που είναι βασισμένες στις αρχές της καταναλισκόμενης ενέργειας για εξάτμιση (Καρύμπαλης, 2004).

Για την εκτίμηση της δυνητικής εξατμισιδιαπνοής χρησιμοποιείται:

- Ο τύπος του C. Thornthwaite (1948):

$$E_{\Delta} = 16(10\frac{T}{I})^{\alpha}$$

Όπου:

E_{Δ} = η μηνιαία δυνητική εξατμισιδιαπνοή σε mm

T = η μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρος για τον υπόψη μήνα σε C^o

$\alpha = 0{,}49239 + 1792 .10^{-5} * I – 771.10^{-7} *I^2 + 675.10^{-9} * I^3$

I = ο ετήσιος θερμικός δείκτης που δίνεται από $I = \sum_{i=1}^{12}(\frac{T}{5})^{1,514}$

Ο τύπος αυτός εισάγει πολλούς αριθμητικούς δείκτες με πολλά δεκαδικά ψηφία και με αυτή την έννοια είναι δύσχρηστος. Επίσης στηρίζεται

μόνο σε μετρήσεις της θερμοκρασίας που σημαίνει πως είναι ιδιαίτερα χρήσιμος για την κλιματολογία όχι όμως για την υδρογεωλογία.

- Τύπος του L. Sera (1954):

$$E_{\Delta} = 270 * e^{0.06447}$$

Όπου:

E_{Δ} = η μέση ετήσια δυνητική εξατμισιδιαπνοή σε mm

T = η μέση ετήσια θερμοκρασία σε C^o

Για την πραγματική εξατμισιδιαπνοή χρησιμοποιείται κυρίως ο τύπος του L. Turc (1951) :

$$E = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

όπου:

E = η πραγματική ετήσια εξατμισιοδιαπνοή σε mm

P = το ύψος των ετήσιων κατακρημνισμάτων (βροχομετρικός δείκτης) σε mm

$L = 300 + 25T + 0.05\ T^3$

T = η ετήσια θερμοκρασία του αέρα σε βαθμούς Κελσίου, που εκφράζει την εξατμιστική δυνατότητα της ατμόσφαιρας.

Αντί για την μέση θερμοκρασία χρησιμοποιήθηκε η ‘’ διορθωμένη ‘’ T_{Δ} που δίνεται από τον τύπο:

$$T_{\Delta} = \frac{P_1T_1 + P_2T_2 + ... + P_{12}T_{12}}{P_1 + P_2 + ... + P_{12}}$$

Όπου,

P_1, P_2, … P_{12} = τα ύψη των κατακρημνισμάτων σε κάθε ένα από τους 12 μήνες

T_1, T_2, … T_{12} = η αντίστοιχη μέση θερμοκρασία του αέρα.

Τα δεδομένα για τον σταθμό Καστέλι Ηρακλείου για τα συγκεκριμένα υδρολογικά έτη όπου μας παρέχονται πληροφορίες βρίσκονται στο Παράρτημα. Μετά από εφαρμογή του τύπου για την ‘’ διορθωμένη ‘’ θερμοκρασία και της εξίσωσης του Turc τα αποτελέσματα για την εξατμισιοδιαπνοή παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.10.

Πίνακας 5.11: Δεδομένα για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισιοδιαπνοής για τον σταθμό Καστέλι.

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	P	$T_Δ$	L	E (mm)
1978-79	873,2	13,771	774,844	**592,77**
1979-80	850,9	11,106	646,151	**524,27**
1980-81	763	9,7761	591,119	**476,31**
1981-82	714,5	11,737	674,269	**502,36**
1982-83	667,5	10,842	634,769	**471,31**
1983-84	806,2	12,298	700,448	**540,51**
1984-85	883,2	11,96	684,547	**551,5**
1985-86	509,7	12,013	687,001	**423,22**
1986-87	981,9	11,9	681,759	**569,34**
1987-88	607	11,547	665,64	**461,28**
1988-89	625,2	12,659	717,917	**485,49**
1989-90	420,8	12,828	726,254	**378,54**
1990-91	638,7	11,398	658,969	**470,93**
1991-92	704,7	10,241	609,722	**471,29**
1992-93	457	9,7072	588,416	**372,74**
1993-94	638,1	11,707	672,915	**475,72**
1994-95	866,5	13,727	772,484	**589,82**
1995-96	734,6	10,149	606,004	**477,23**
1996-97	797,8	10,983	640,824	**509,7**
1997-98	715,4	11,998	686,313	**507,57**
1999-00	473,3	11,072	644,651	**394,55**
200-01	707,7	12,153	693,586	**507,95**

Αντίστοιχα για την περιοχή Αβδού Ηρακλείου τα δεδομένα και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.11.

Πίνακας 5.12: Δεδομένα για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισιοδιαπνοής για τον σταθμό Αβδού.

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	P	T_{Δ}	L	E (mm)
1991-92	865,4	10,44	617,72	**511,48**
1992-93	599,1	9,811	592,5	**432,09**
1993-94	751,1	11,94	683,62	**517,43**
1994-95	917,6	13,46	758,3	**596,76**
1995-96	753,3	10,5	620,34	**488,85**
1996-97	1055,2	11,66	670,92	**574,5**
1997-98	887,1	12,06	689,08	**554,73**
1999-00	440,8	12,49	709,84	**388,76**
2000-01	837,5	12,31	700,86	**548,91**

Μέσος όρος πραγματικής εξατμισιδιαπνοής για Καστέλι: 488,836 mm = 0,488836 m

Μέσος όρος πραγματικής εξατμισιδιαπνοής για Αβδού: 512,613 mm = 0,512613 m

Μέσος όρος σταθμών: 500,724 mm = 0,500724 m

Άρα ο συνολικός όγκος της πραγματικής εξατμισιοδιαπνοής είναι: 0,500724 m x 62204503 m^2 = **31.147.287 m^3**

Επειδή τα δεδομένα για την εξατμισιδιαπνοή δεν είναι ταυτόχρονα με τα δεδομένα για την βροχόπτωση έγινε η παραδοχή πως οι τιμές αυτές θεωρούνται αντιπροσωπευτικές για την συνολική χρονική περίοδο (1964-2008). Για λόγους σύγκρισης έγινε και υπολογισμός της εξατμισιδιαπνοής σε σχέση με την βροχόπτωση για την κοινή περίοδο των σταθμών (1991-2001) και το αποτέλεσμα είναι πως η εξάτμιση βρίσκεται στο 65% της βροχόπτωσης

(47.708.677 m^3) αρκετά μεγαλύτερη από το ποσοστό 55% που υπολογίστηκε για την περίοδο 1964-2008. Η διαφορά αυτή μπορεί να οφείλεται πρώτον στο ότι έχουμε δεδομένα από δύο μόνο σταθμούς και όχι και από τους έξι που υπολογίζεται η βροχόπτωση και δεύτερον στην μεγάλη χρονική διαφορά των μετρήσεων (44 χρόνια για τις βροχοπτώσεις και μόλις 10 χρόνια για την εξατμισιοδιαπνοή).

5.6 Κατείσδυση (I)

Όταν το νερό που προέρχεται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα εισχωρεί στο έδαφος, λέγεται πως κατεισδύει, δημιουργώντας την υποδερμική και βασική υπόγεια ροή. Η διήθηση και η κίνηση του νερού στο έδαφος παίζουν σημαντικό υδρολογικό ρόλο και επηρεάζουν την επιφανειακή απορροή, την εξατμισοδιαπνοή, την επαναφόρτιση των υδροφορέων.

Το νερό της βροχής που πέφτει στο έδαφος (περίσσεια βροχόπτωσης), εφόσον το έδαφος δεν έχει κορεστεί, αποθηκεύεται ένα μέρος του ως εδαφική υγρασία. Όταν όμως το έδαφος κορεστεί, η ποσότητα που δεν μπορεί πλέον να αποθηκευτεί, απορρέει επιφανειακά.

Ο ρυθμός διήθησης είναι μεταβλητός χωρικά και χρονικά. Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται είναι:

- η ένταση και η διάρκεια των βροχοπτώσεων,
- οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους,
- η κατάσταση του επιφανειακού εδαφικού καλύμματος, δηλαδή τη βλάστηση
- η περιεκτικότητα σε υγρασία του επιφανειακού εδάφους πριν την έναρξη της βροχόπτωσης,
- η θερμοκρασία,
- η ποιότητα του βρόχινου νερού
- η περιεκτικότητα του εδάφους σε αέρα, το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα, τα τριχοειδή φαινόμενα

Όπως είναι εύκολα αντιληπτό οι παραπάνω παράμετροι που επηρεάζουν τη διήθηση δεν είναι εύκολο να εκτιμηθούν. Η βαθιά διήθηση ονομάζεται κατείσδυση και αναφέρεται στο υπόλοιπο νερό από αυτό που εξατμίζεται ως εδαφική εξατμισοδιαπνοή και αποθηκεύεται ως εδαφική υγρασία, και διηθείται μέσα στα πετρώματα κατεισδύοντας στους υπόγειους υδροφορείς και εμπλουτίζοντας τους. Η κατείσδυση αποτελεί μια από τις πιο ενδιαφέρουσες συνιστώσες του υδατικού ισοζυγίου των υδροφόρων σχηματισμών, γιατί συμβάλλει άμεσα όχι μόνο στην εκτίμηση των ανανεώσιμων υδατικών αποθεμάτων τους αλλά και στην αποσαφήνιση των μηχανισμών λειτουργίας τους και συνεπώς στη διαχείρισή τους (Σούλιος, 1986).

Στην παρούσα εργασία θα γίνει μια εκτίμηση της κατείσδυσης λόγω έλλειψης δεδομένων για την χρήση κάποιας μεθόδου.

Αρχικά κάνουμε ομαδοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών που καταλαμβάνουν την υδρολογική λεκάνη ανάλογα με τα λιθολογικά χαρακτηριστικά και την διαπερατότητα τους.

Τρεις είναι οι κατηγορίες των γεωλογικών σχηματισμών και οι αντίστοιχες τιμές κατείσδυσης (ποσοστό επί της βροχόπτωσης) :

- ανθρακικοί καρστικοποιημένοι σχηματισμοί, τα ασβεστολιθικά πετρώματα (τιμή κατείσδυσης 51,3%)(E. Steiakakis et al., 2011)
- Αλλουβιακές αποθέσεις (τιμή κατείσδυσης 10%)(Β. Περλέρος et al., 2004)
- Νεογενείς αποθέσεις (τιμή κατείσδυσης 20%)(Β. Περλέρος et al., 2004)

Υπολογίστηκε επίσης το εμβαδό που καταλαμβάνουν οι παραπάνω σχηματισμοί στο σύνολο της λεκάνης από τον γεωλογικό χάρτη με τη χρήση του προγράμματος AutoCAD. Έτσι προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 5.13:

Πίνακας 5.13: Δεδομένα για τον υπολογισμό της κατείσδυσης

	Εμβαδό (m^2)	Συντ. κατείσδυσης (%)	Κατείσδυση (m)	Όγκος κατεισδύοντος ύδατος (m^3)
Ασβεστολιθικοί σχηματισμοί	44.757.714	51,3	0,47314	21.176.660
Αλλουβιακές αποθέσεις	12.694.743	10	0,09223	1.170.836
Νεογενείς αποθέσεις	4.752.046	20	0,18446	876.562
Σύνολο	62.204.503			**23,2 εκ. m^3**

Το αποτέλεσμα του συνολικού όγκου βροχοπτώσεων που καταλήγει στη κατείσδυση είναι 41 %. Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε έχει μειονεκτήματα γιατί δεν λήφθηκαν υπόψη σοβαροί παράγοντες όπως η χρήση της γης και η ποσότητα και ποιότητα της βλάστησης. Παρόλα αυτά θεωρείται ότι δίνεται μια αξιόπιστη εκτίμηση της ποσότητας των κατακρημνισμάτων που κατεισδύουν στο υπέδαφος.

5.7 Απορροή (R)

Η υδρολογική λεκάνη αποτελεί το φυσικό υποδοχέα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και δρα, με όλα τα μορφολογικά, εδαφολογικά και λοιπά φυσικά χαρακτηριστικά της, σαν ένα σύστημα μετασχηματισμού. Στο σύστημα αυτό, εισερχόμενα θεωρούνται τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα που απορροφούνται από το έδαφος και αποθηκεύονται στους υπόγειους υδροφορείς. Όταν το έδαφος κορεστεί εμποδίζει την περαιτέρω διήθηση του νερού με αποτέλεσμα αυτό να απορρέει επιφανειακά.

Με βάση τα παραπάνω, η απορροή μπορεί να εμφανιστεί με διάφορες μορφές. Έτσι παρατηρούμε

- την *άμεση απορροή*, που οφείλεται στην ύπαρξη αδιαπέρατων σχηματισμών, μέσω των οποίων ποσοστό της βροχής απορρέει άμεσα,
- την *επίγεια ροή*, που είναι μια ταχεία απόκριση που οφείλεται στον κορεσμό του εδάφους,

- την *υποδερμική ροή*, που είναι μια αργή απόκριση που οφείλεται στην πλευρική (οριζόντια) κίνηση του νερού που εισχωρεί στο έδαφος και
- τη *βασική ροή*, δηλαδή την απόκριση των κατώτερων εδαφικών στρωμάτων (υδροφορείς), μέσω πηγών.

Συχνά με τον όρο απορροή εννοείται η επιφανειακή απορροή. Αυτό συμβαίνει διότι στην υδρολογία η επιφανειακή απορροή ενδιαφέρει περισσότερο από κάθε άλλη συνιστώσα του υδρολογικού κύκλου, τόσο γιατί δίνει το μεγαλύτερο μέρος των εκμεταλλεύσιμων υδάτινων πόρων, όσο και γιατί δημιουργεί σημαντικούς φυσικούς κινδύνους στην περίπτωση των πλημμυρών.
Οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιφανειακή απορροή είναι:

- η ένταση των βροχοπτώσεων
- η κατανομή των βροχοπτώσεων μέσα στο έτος
- η διάρκεια και ο όγκος των βροχοπτώσεων
- η θερμοκρασία, οι άνεμοι, το κλίμα
- η κλίση της επιφάνειας του εδάφους
- η πυκνότητα της βλάστησης
- η σύσταση και η λιθολογία του εδάφους

Ιδιαίτερα όσον αφορά τη σύσταση του εδάφους, αξίζει να αναφερθεί πως η μεγαλύτερη επιφανειακή απορροή παρατηρείται σε μεταμορφωσιγενή και ηφαιστειογενή εδάφη με ποσοστό που αγγίζει μέχρι και το 50% της βροχόπτωσης, ενώ οι μικρότερες τιμές παρουσιάζονται σε πιο διαπερατά εδάφη ασβεστολιθικών πετρωμάτων και προσχώσεων (Βουδούρης, 2009).

Ο συντελεστής απορροής δεν είναι μέγεθος σταθερό για την ίδια υδρολογική λεκάνη καθώς εξαρτάται από την ένταση και την υγρασία του εδάφους. Για τον λόγο αυτό ο συντελεστής απορροής επιλέγεται από πίνακες. Οι τιμές που προτείνει η U.S Army Corps of Engineers είναι οι παρακάτω:

Σχηματισμός	**Συντελεστής απορροής**
Διαπερατά εδάφη	0,10 – 0,20
Εδάφη μέσης διαπερατότητας	0,30 – 0,40
Εδάφη μικρής διαπερατότητας	0,40 – 0,50

Λόγω έλλειψης δεδομένων, εδώ θα υπολογιστεί η απορροή σαν υπολειπόμενος παράγοντας της εξίσωσης του υδρολογικού ισοζυγίου. Έτσι έχουμε :

$$P = E + R + I$$

Άρα $\mathbf{R = P - E - I = 1.893.325\ m^3}$

Τελικά έχουμε τα παρακάτω αποτελέσματα για όλους τους παράγοντες του υδρολογικού ισοζυγίου σαν ποσοστά επί της βροχόπτωσης:

Κατακρημνίσματα P = 100%

Εξατμισιοδιαπνοή E= 55% για την περίοδο 1964-2008 και 65% για την περίοδο 1991-2001

Κατείσδυση I= 41% για την περίοδο 1964-2008 και 33% για την περίοδο 1991-2001

Απορροή R= 4% για την περίοδο 1964-2008 και 2% για την περίοδο 1991-2001

6 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ

Το ισοζύγιο της υδρογεωλογικής λεκάνης δεν είναι αποκλειστικά υδρολογική έννοια. Αποτελεί μια έκφραση του νόμου της συνέχειας, προσαρμοσμένη ούτως ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί σε περιπτώσεις που ενδιαφέρουν τον υδρογεωλόγο. Για την εκτίμηση του ισοζυγίου της λεκάνης λαμβάνονται υπόψη όλοι οι παράγοντες που εξετάστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια. Ουσιαστικά η βασική έκφραση του ισοζυγίου είναι ότι ισούται με τη διαφορά της εισροής μείον της εκροής στη λεκάνη.

6.1 Πηγές

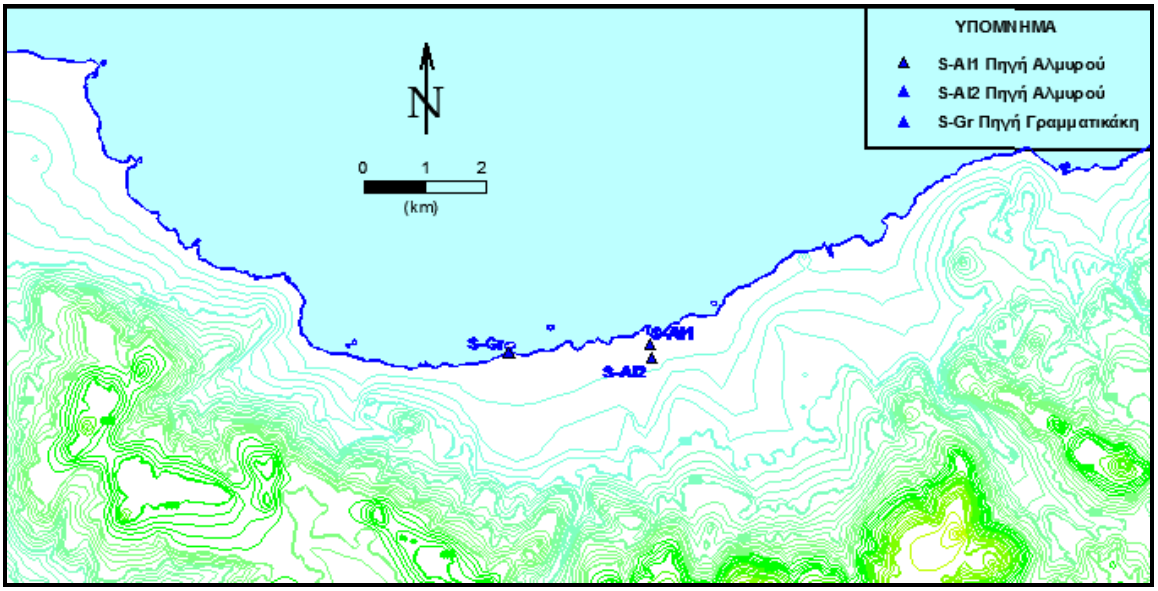
Οι πηγές και οι αναβλύσεις συνδέονται στενά με τον κύκλο του νερού στη φύση, την υδρολογική ισορροπία και το υδρογεωλογικό ισοζύγιο. Αποτελούν επίσης μία σημαντική ένδειξη για το είδος της υδροφορίας μιας περιοχής. Κατά το ιστορικό παρελθόν η παρουσία τους ήταν σημαντική για τη δημιουργία οικισμών ή την ανάπτυξη στρατιωτικών δυνάμεων (Σούλιος, 2004).

Ο Todd (1980) δίνει για τις πηγές τον εξής ορισμό: «είναι μία συγκεντρωμένη εκροή υπόγειου νερού που εμφανίζεται στην επιφάνεια του εδάφους ως ένα ρεύμα νερού που ρέει ελεύθερα». Οι διαρροές νερού μπορούν να σχηματίζουν τοπικά μικρά τέλματα ή ροές ή να εξατμίζονται, ανάλογα με την παροχή της διαρροής, την τοπογραφία και το κλίμα. Τέλος, ανάβλυση εννοούμε κάθε εμφάνιση υπόγειου νερού στην επιφάνεια του εδάφους ή στον πυθμένα μάζας νερού (ποταμού, λίμνης, θάλασσας).

Υδρογεωλογικά οι πηγές και γενικά οι αναβλύσεις είναι στην πραγματικότητα «υπερχείλιση» υδροφόρων στρωμάτων. Εκφορτίζουν τα υδροφόρα στρώματα. Αυτά τροφοδοτούνται με την κατείσδυση ή τη διήθηση από τα κατακρημνίσματα και ανεβαίνει η στάθμη τους. Οι πηγές εμφανίζονται εκεί που η στάθμη των υδροφόρων στρωμάτων έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια του εδάφους. Είναι ο γεωμετρικός τόπος της τομής του υδροφόρου ορίζοντα με τη στάθμη του εδάφους. Γι΄ αυτό εμφανίζονται γεωμορφολογικά στα χαμηλότερα σημεία, στο επίπεδο βάσης, εκτός από τις πηγές που συνδέονται με επικρεμάμενους υδροφορείς. Οι πηγές πάντως αποτελούν σημαντική ένδειξη της υδροφορίας

μιας περιοχής. Μεγάλος αριθμός μικρών πηγών στις παρυφές κοιλάδων ή στα κράσπεδα λόφων είναι ένδειξη ρηχού υδροφόρου ορίζοντα με μικρή περατότητα. Αντίθετα μεγάλες πηγές στον πυθμένα κοιλάδων, στο βασικό γεωμορφολογικό επίπεδο, είναι ένδειξη ύπαρξης μεγάλου υδροφόρου με σημαντική περατότητα.

Στην περιοχή μελέτης δύο είναι οι σημαντικές ομάδες πηγών η πηγή Αλμυρού και η πηγή Γραμματικάκη (βλέπε Εικόνα 6.1) . Οι πηγές αυτές βρίσκονται σε μικρή απόσταση από την πόλη των Μαλίων και είναι υφάλμυρες με ετήσιες παροχές 2.720.187 m^3 (Αλμυρού S-Al1 και S-Al2, Πίνακας 6.1) και 137.767 m^3 (Γραμματικάκη S-Gr, Πίνακας 6.2). Ο συνολικός όγκος νερού που εκρέει από της πηγές ετησίως είναι 2.857.954 m^3.



Εικόνα 6.1: Θέσεις πηγών (Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, 2012)

Πίνακας 6.1: Παροχές για την πηγή Αλμυρού (Πολυτεχνείο Κρήτης, 2012).

Έτος	Εξαμηνιαία Παροχή (m^3)	Εξαμηνιαία παροχή (m^3)	Ετήσια παροχή (m^3)
	ΜΑΙΟ - ΟΚΤ	**ΝΟΕ - ΑΠΡ**	
1971	326.160	2.926.454	3.252.614
1972	1.405.987	2.883.211	4.289.198
1973	48.211	4.336.589	4.384.800
1974	537.840	3.027.456	3.565.296
1975	5.357	2.482.272	2.487.629
1976	1.274.400	7.047.216	8.321.616
1977	-	-	-
1978	-	-	-
1979	-	-	-
1980	-	-	-
1981	329.702	3.706.560	4.036.262
1982	218.506	1.896.826	2.115.331
1983	141.782	3.141.936	3.283.718
1984	406.253	2.547.850	2.954.102
1985	348.451	3.721.939	4.070.390
1986	147.053	1.384.819	1.531.872
1987	1.374.192	3.274.992	4.649.184
1988	58.925	1.945.296	2.004.221
1989	64.282	907.200	971.482
1990	0	596.506	596.506
1991	12.321	1.647.657	1.659.977
1992	81.302	1.794.390	1.875.692
1993	145.930	522.020	667.950
1994	271.331	3.001.156	3.272.486
1995	6.696	1.202.299	1.208.995
1996	89.329	2.326.346	2.415.675
1997	300.911	4.043.909	4.344.820
1998	11.437	606.506	617.943
1999	67.459	1.016.428	1.083.886
2000	38.178	1.025.033	1.063.212
2001	-	-	-
	296.615	2.423.572	2.720.187

Πίνακας 6.2: Παροχές για την πηγή Γραμματικάκη (Πολυτεχνείο Κρήτης, 2012).

Έτος	Εξαμηνιαία Παροχή (m^3)	Εξαμηνιαία παροχή (m^3)	Ετήσια παροχή (m^3)
	ΜΑΙΟ - ΟΚΤ	ΝΟΕ - ΑΠΡ	
1969	-	-	-
1970	69.252	69.026	138.278
1971	57.432	64.109	121.541
1972	69.960	55.994	125.954
1973	69.564	63.456	133.020
1974	71.808	78.120	149.928
1975	65.112	74.160	139.272
1976	72.096	78.984	151.080
1977	-	-	-
1978	-	-	-
1979	-	-	-
1980	-	-	-
1981	92.040	101.448	193.488
1982	74.352	72.864	147.216
1983	71.496	62.712	134.208
1984	70.608	75.312	145.920
1985	82.488	66.384	148.872
1986	80.136	55.512	135.648
1987	117.792	104.520	222.312
1988	86.801	76.752	163.553
1989	49.807	49.846	99.653
1990	49.877	46.145	96.022
1991	60.761	61.070	121.831
1992	66.852	43.210	110.062
1993	36.132	13.790	49.922
1994	60.480	37.646	98.127
1995	48.328	42.438	90.765
1996	58.166	127.798	185.964
1997	63.575	168.895	232.470
1998	60.431	61.745	122.176
1999	78.605	57.535	136.140
2000	56.849	69.434	126.284
2001	-	-	-
	68.178	69.589	137.767

6.2 Εκτίμηση ισοζυγίου

Ο υπολογισμός των πάσης φύσεως τροφοδοσιών και απωλειών μια υδρογεωλογικής λεκάνης καλείται υδρογεωλογικό ισοζύγιο. Η βασική αρχή που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό ενός τέτοιου ισοζυγίου είναι:

Τροφοδοσία = Απώλειες ± μεταβολή αποθεμάτων

Ο ακριβής υπολογισμός του ισοζυγίου είναι δύσκολος με ακρίβεια γιατί ο κάθε παράγοντας εξαρτάται από πολλούς άλλους που δεν είναι εύκολα υπολογίσιμοι. Πιο συγκεκριμένα η τροφοδοσία γίνεται με :

α) απευθείας κατείσδυση νερού εντός της λεκάνης

β) κατείσδυση επιφανειακών νερών από παρακείμενους σχηματισμούς

γ) υπόγειες πλευρικές τροφοδοσίες

δ) τροφοδοσία από υπερκείμενα υδροφόρα στρώματα

Οι απώλειες σε ένα ισοζύγιο μπορεί να προέρχονται από:

α) εκφορτίσεις μέσω πηγών

β) πλευρικές διαφυγές προς γειτονικούς υδροφορείς

γ) απολήψεις μέσω υδροληπτικών έργων

δ) απώλειες προς τα υπερκείμενα στρώματα

Οι εισροές υπολογίζονται από:

- το ποσοστό του νερού που κατεισδύει στους σχηματισμούς των ασβεστόλιθων προερχόμενο από τις βροχοπτώσεις. Ο ετήσιος όγκος κατεισδύοντος ύδατος υπολογίσθηκε στην παράγραφο 5.6 σε 23.224.059 m^3 ετησίως.

- τις πλευρικές τροφοδοσίες που είναι άγνωστες. Στην παρούσα εργασία έγινε προσπάθεια εκτίμησης των πλευρικών εισροών με βάση τον νόμο του Darcy και την υδραυλική κλίση στα όρια της λεκάνης.

Ο νόμος του Darcy στην απλή του μορφή εκφράζεται με την εξίσωση:

$v = - k * i$

όπου

v = η ταχύτητα (m/sec) με συνιστώσες u,v,w στο τρισορθογώνιο σύστημα αξόνων

κ = υδροπερατότητα m/sec και

i = η υδραυλική κλίση που αντιπροσωπεύει την μεταβολή του φορτίου ανά μονάδα μήκους διαδρομής και στην πράξη αναπαριστά την κλίση της πιεζομετρικής επιφάνειας του υδροφόρου ορίζοντα μεταξύ δύο σημείων.

Το πρόσημο μείον στην εξίσωση υποδηλώνει ότι η ροή γίνεται από περιοχές υψηλότερου προς περιοχές χαμηλότερου υδραυλικού φορτίου. Σε γενικευμένη μορφή ο νόμος Darcy εκφράζεται με την σχέση: $Q = A * k * i$

όπου Q η παροχή (m^3/sec) και

A η διατομή από την οποία περνά το νερό (m).

Από δεδομένα (Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, 2012) για την περιοχή γνωρίζουμε τις τιμές της υδραυλικής κλίσης για καλοκαίρι (3,5 ‰) και χειμώνα (5‰). Επίσης, από την Εικόνα 3.1 φαίνεται ότι η κύρια πλευρική τροφοδοσία της υδρογεωλογικής λεκάνης γίνεται από ΝΑ (από την ραγδαία αύξηση των υψομέτρων και τη γεωλογία) σε πλάτος που εκτιμάται σε 2 Km περίπου και πάχος περί τα 100 m, άρα A = 2 * 0,1 = 0,2 Km^2. Η τιμή της οριζόντιας υδροπερατότητας εκτιμήθηκε στο 50% της κατακόρυφης ($3,9 * 10^{-4}$ m/sec, βλέπε παράγραφο 4.3) και υπολογίστηκε σε $1,9 * 10^{-4}$ m/sec.

- Για το καλοκαίρι: $Q = 0,2 * 10^6 * 1,9 * 10^{-4} * 3,5 * 10^{-3}$ = <u>0,175 m^3/sec</u>
- Για τον χειμώνα: $Q = 0,2 * 10^6 * 1,9 * 10^{-4} * 5 * 10^{-3}$ = <u>0,25 m^3/sec</u>

Συνεπώς, είναι δυνατό να θεωρηθεί (πρόχειρη εκτίμηση) ότι οι πλευρικές εισροές φτάνουν τα 2 εκατ. m^3 το καλοκαίρι και τα 2,9 εκατ. m^3 τον χειμώνα. Δηλαδή, συνολικά τα 4,9 εκατ. m^3 ετησίως.

Επειδή η γεωτρήσεις δεν μπορούν να θεωρηθούν απολύτως αντιπροσωπευτικές για όλη την περιοχή γίνεται μια δεύτερη εκτίμηση για τις πλευρικές εισροές. Θεωρούμε $k = 1*10^{-5}$ m/sec που είναι μια τιμή χαρακτηριστική για καρστικούς σχηματισμούς και οι παραπάνω υπολογισμοί έχουν τις τιμές 1.088.640 m^3 για το καλοκαίρι και 1.555.200 m^3 για τον χειμώνα. Ετησίως δηλαδή 2.643.840 m^3. Αυτή η δεύτερη τιμή θεωρείται πιο σωστή και αυτή θα χρησιμοποιηθεί στον υπολογισμό του υδρογεωλογικού ισοζυγίου.

Έτσι, έχουμε $\Sigma_{εισροές}$ = 23,2 εκατ. m^3 (κατείσδυση) + 2,6 εκατ. m^3 (πλευρικές εισροές) = **25,8 εκατ. m^3**

Οι εκροές υπολογίζονται από:

- Τις ετήσιες παροχές των πηγών. Οι μέσες ετήσιες παροχές των κύριων καρστικών πηγών Αλμυρού Μαλίων και Γραμματικάκη υπολογίσθηκαν στην παράγραφο 6.1 σε 2.720.187 m^3 και 137.767 m^3, αντίστοιχα.
- Τις ετήσιες απολήψεις (αντλήσεις) από τα διάφορα υδροληπτικά έργα. Οι αντλήσεις από τις γεωτρήσεις και τα πηγάδια της περιοχής εκτιμήθηκαν στην παράγραφο 2.2 σε περίπου 13,5 εκατ. m^3.
- Πλευρικές εκροές που είναι άγνωστες.
- Παροχές υποθαλάσσιων πηγών που είναι άγνωστες.

Έτσι, έχουμε $\Sigma_{εκροές}$ = 2,7 εκατ. m^3 + 0,1 εκατ. m^3 + 13,5 εκατ. m^3 = **16,3 εκατ. m^3**.

Παρατηρείται διαφορά μεταξύ εισροών και εκροών:

$\Sigma_{εισροές}$ - $\Sigma_{εκροές}$ = **9,5 εκατ. m^3**

η οποία προφανώς οφείλεται στις άγνωστες εκροές τόσο πλευρικά προς γειτονικές υδρογεωλογικές λεκάνες, όσο και σε υποθαλάσσιες πηγές, για τις οποίες δεν διατίθενται δεδομένα παροχών.

7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Από την επεξεργασία των δεδομένων από έξι βροχομετρικούς σταθμούς εκτιμήθηκε ότι η μέση βροχόπτωση στην περιοχή είναι 922 mm. Διακρίνεται μια ξηρή περίοδος από τον Απρίλιο έως τον Σεπτέμβριο και μια υγρή από τον Οκτώβριο μέχρι τον Μάρτιο. Προσδιορίστηκε η μαθηματική σχέση που συνδέει το υψόμετρο των σταθμών με τον μέσο όγκο βροχόπτωσης και εκτιμήθηκε η τιμή της βροχοβαθμίδας. Από την γραμμική σχέση y = 1,013 x + 479,22 που συνδέει τα δύο αυτά μεγέθη έγινε η μετατροπή των ισοϋψών καμπυλών σε ισοΰετες και διαπιστώθηκε πως ο όγκος νερού που δέχεται η υδρολογική λεκάνη ετησίως είναι ίσος με 56.264.671 m^3.

Από την εφαρμογή του τύπου του Turc προέκυψε ότι ένα υψηλό ποσοστό της τάξης του 55% χάνεται στην εξάτμιση. Ο όγκος αυτός εκτιμήθηκε σε 31.147.287 m^3 ετησίως. Η κατείσδυση υπολογίστηκε από τα πετρώματα που επικρατούν στην περιοχή και τους συντελεστές κατείσδυσης που τα χαρακτηρίζουν. Το ποσοστό του νερού που κατεισδύει είναι 41% επίσης πολύ υψηλό που αντιπροσωπεύει μέσο ετήσιο όγκο 23.224.059 m^3. Τέλος, η απορροή υπολογίστηκε ως υπολειπόμενος παράγοντας της εξίσωσης του υδρολογικού ισοζυγίου και η τιμή της βρέθηκε πολύ μικρή 1.893.325 m^3 μόλις το 4% των βροχοπτώσεων.

Από το γενικό ισοζύγιο υδάτων μεταξύ εισροών και εκροών στην λεκάνη βρέθηκε ένα πλεόνασμα της τάξης του 9,5 εκ. m^3. Μια ερμηνεία για την περίσσεια νερού είναι οι υποθαλάσσιες πηγές που υπάρχουν στην περιοχή και είναι αδύνατο να διερευνηθούν. Η ποσότητα αυτή είναι πολύ σημαντική σε περίπτωση που δύναται να εκμεταλλευτεί.

Τα αποτελέσματα για κάθε ένα από τους παράγοντες του υδρολογικού ισοζυγίου επιδέχονται διόρθωσης για διάφορους λόγους. Καταρχάς τα δεδομένα από τους σταθμούς δεν είναι συνεχόμενα για όλα τα έτη και κάποιοι σταθμοί είναι πιο απομακρυσμένοι από την κύρια περιοχή μελέτης. Επίσης πρόκειται για εκτιμήσεις όσον αφορά κάποια δεδομένα (όπως π.χ. ο συντελεστής κατείσδυσης). Από τα παραπάνω συμπεραίνεται πως το αποτέλεσμα για το ισοζύγιο είναι μια προσέγγιση για την κατάσταση που επικρατεί στην περιοχή και όχι ένα ακριβές αποτέλεσμα.

Βιβλιογραφία

1. Αγιουτάντης Ζ.Κ., Μερτίκας Σ.Π. (2003). Ένας πρακτικός οδηγός για την συγγραφή τεχνικών κειμένων, εκδόσεις ΙΩΝ, Χανιά
2. Βούδούρης Κ. (2009). Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος, Υπόγεια νερά και περιβάλλον, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
3. Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (ΓΥΣ) (2007). «Τοπογραφικός χάρτης, Φύλλο Άγιος Νικόλαος». Κλίμακα 1:50.000.
4. Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (ΓΥΣ) (2007). «Τοπογραφικός χάρτης, Φύλλο Μοχός». Κλίμακα 1:50.000.
5. Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, 2012
6. Καλλέργης, Γ.Α. (1999). Εφαρμοσμένη – Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία, Πρώτος και Τρίτος τόμος, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα.
7. Καρυμπαλης, Ε. (2004). Σημειώσεις και εργαστηριακές ασκήσεις Κλιματολογίας – Υδρολογίας, Αθήνα.
8. Lambrakis, N.J. (1998). The impact of human activities in the Malia coastal area (Crete) on groundwater quality. Enviromental Geology 36(1-2), Springer – Verlag.
9. Μουντράκης, Δ.Μ. (1985). Γεωλογία της Ελλάδας, University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
10. Περιφέρεια Κρήτης, Γενική Δ/νση Περιφέρειας, Διεύθυνση Υδάτων, Τμήμα Παρακολούθησης & Έλεγχου της Ποιότητας και Ποσότητας των Υδάτων (2008). «Κατάσταση υπόγειων υδροφορέων Κρήτης: Παρατηρήσεις (1/11/2007 – 3/4/2008)». Ηράκλειο.
11. Περλέρος, Β., Δ. Παπαμαστοράκης, Μ. Κριτσωτάκης, Ε. Δρακοπούλου, Α. Παναγόπουλος (2004). «Υπόγειο υδατικό δυναμικό Κρήτης. Προβλήματα και προοπτικές». Πρακτικά 10ου Διεθνούς Συνεδρίου, Απρίλιος 2004. Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, τομ. XXXVI. Θεσσαλονίκη.
12. Σούλιος, Γ. (1986). Γενική Υδρογεωλογία, Πρώτος και Δεύτερος τόμος, University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
13. Steiakakis E., Monopolis D., Vavadakis D., Lambrakis N., (2011). Effective infiltration assessment in Kourtaliotis karstic basin (S. Crete)

14. Τεχνική Υπηρεσία ΔΕΥΑΜ (2010). Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ‘’Εξωτερικό δίκτυο ύδρευσης Δήμου Μαλίων και συστήματος ελέγχου και εντοπισμού διαρροών του δικτύου ύδρευσης της ΔΕΥΑ Μαλίων’’, ΔΕΥΑ, Μάλια.

15. Τσιούνια, Α. (2012). Εκτίμηση των παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου της λεκάνης απορροής του ποταμού Αποσελέμη (Ν. Κρήτη), Πτυχιακή εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας.

16. Voudouris K., Alexopoulos A., Antonakos A. and Kallergis G. (2007). Water resources in the wider area of the Aposelemis basin, Crete island , Greece, Πρακτικά 11ου Διεθνούς συνεδρίου, τόμος XXXX, Αθήνα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 1: Βροχομετρικά δεδομένα σταθμού Αβδού.

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ	**Α.Μ. 201**
ΤΜΗΜΑ ΕΓΓ. ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ	**ΑΡΙΘΜ. ΣΤΟ ΧΑΡΤΗ: 18**
ΣΤΑΘΜΟΣ: ΑΒΔΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	**ΠΛΑΤ. 35ο 14'**
ΟΡΓΑΝΟ: ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΟ	**ΣΥΝΤ{**
ΥΔΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ: ΑΠΟΣΕΛΕΜΗ	**ΜΗΚ. 25ο 26'**
ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΑΠΟ: 1964	**ΥΨΟΜ. 230Μ**

Μ Η Ν Ι Α Ι Ε Σ Β Ρ Ο Χ Ο Π Τ Ω Σ Ε Ι Σ Σ Ε Μ Μ

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ	ΣΥΝ.
1964-65				17,8	166,1	191,8	120,5	79,5	42,5	3,0	0,0	0,0	
1965-66	0,0	24,6	10,5	110,4	159,0	45,0	101,4	16,3	20,0	6,0	0,0	0,0	**493,2**
1966-67	140,0	12,1	64,0	177,6	135,6	115,8	198,7	36,6	6,0	0,0	0,0	0,0	**886,4**
1967-68	5,0	342,3	59,4	94,8	218,4	69,9	117,2	63,7	3,5	4,5	0,0	0,0	**978,7**
1968-69	37,0	150,4	256,4	99,5	299,5	15,6	88,5	76,5	16,0	0,0	0,0	0,0	**1039,4**
1969-70	0,0	13,5	54,3	137,6	85,1	68,4	148,6	63,8	15,2	0,0	0,0	0,0	**586,5**
1970-71	7,6	83,5	158,3	85,1	167,9	133,1	49,4	46,5	0,0	9,0	0,0	1,6	**742,0**
1971-72	10,0	25,5	114,2	49,7	74,5	57,3	98,9	60,8	126,1	4,8	20,0	5,3	**647,1**
1972-73	1,2	133,2	53,5	127,2	268,8	78,2	54,4	58,5	0,0	0,0	0,0	0,0	**775,0**
1973-74	21,5	110,5	91,8	43,0	129,5	108,0	80,0	29,7	0,0	0,0	0,0	0,0	**614,0**
1974-75	3,0	4,0	118,3	139,3	257,9	151,4	25,4	6,4	42,6	0,0	0,0	0,0	**748,3**
1975-76	0,0	30,5	56,0	251,3	268,1	153,0	233,5	58,0	31,0	0,0	0,0	0,0	**1081,4**
1976-77	0,0	137,3	150,5	52,8	48,7	84,0	82,8	76,7	0,0	0,0	0,0	0,0	**632,8**
1977-78	232,0	46,4	28,5	384,4	242,3	93,5	116,7	20,5	0,0	0,0	0,0	0,0	**1164,3**
1978-79	15,5	115,0	180,7	234,7	81,4	73,2	80,3	32,4	34,8	182,0	0,0	0,0	**1030,0**
1979-80	8,5	40,8	244,9	195,0	66,4	195,2	72,3	80,3	5,0	0,0	0,0	0,0	**908,4**
1980-81	10,0	35,5	24,3	82,5	411,5	165,6	10,3	13,0	1,6	0,0	0,0	0,0	**754,3**
1981-82	0,0	0,0	117,9	45,3	56,8	227,9	121,7	38,8	41,7	26,0	0,0	18,0	**694,1**
1982-83	0,0	18,3	229,0	206,9	64,9	117,4	110,4	63,9	0,0	0,0	33,0	0,0	**843,8**
1983-84	0,0	2,2	66,4	74,3	122,0	178,2	114,7	20,9	0,0	83,0	0,0	15,8	**677,5**
1984-85	0,0	9,9	289,2	150,7	224,3	143,5	96,9	80,7	0,0	0,0	0,0	0,0	**995,2**
1985-86	0,0	60,1	43,5	110,2	75,5	110,2	76,8	0,0	62,0	8,0	0,0	0,0	**546,3**
1986-87	230,6	21,4	130,8	196,4	102,0	147,0	147,0	233,4	34,6	0,0	0,0	0,0	**1243,2**
1987-88	0,0	2,8	77,2	145,9	58,4	249,3	60,4	10,4	63,0	1,5	0,0	0,0	**668,9**
1988-89	0,0	208,0	81,5	115,4	108,6	14,9	113,2	0,0	41,1	0,0	0,0	0,0	**682,7**
1989-90	0,0	79,9	161,1	42,0	90,8	87,4	7,5	12,6	0,8	6,9	0,0	2,4	**491,4**
1990-91	13,5	56,8	93,4	103,7	199,6	160,3	26,6	49,1	14,1	1,4	0,0	0,0	**718,5**
1991-92	1,0	161,3	51,0	359,5	44,1	105,9	60,7	23,2	50,7	8,0	0,0	0,0	**865,4**
1992-93	0,0	0,0	42,8	144,6	162,8	94,7	53,6	19,8	71,8	9,0	0,0	0,0	**599,1**
1993-94	0,0	103,5	171,3	26,5	272,6	112,5	45,8	9,8	9,1	0,0	0,0	0,0	**751,1**
1994-95	0,0	266,7	240,3	118,0	104,8	69,6	98,3	11,8	1,6	1,0	5,5	0,0	**917,6**
1995-96	6,0	35,3	95,8	63,5	138,0	172,7	190,7	34,3	17,0	0,0	0,0	0,0	**753,3**
1996-97	50,0	92,5	20,0	193,8	103,0	206,0	313,7	61,0	15,2	0,0	0,0	0,0	**1055,2**
1997-98	11,5	120,9	190,9	116,8	62,9	40,9	257,7	59,0	26,5	0,0	0,0	0,0	**887,1**
1998-99	0,0	59,8	74,9	313,2							0,0	0,0	
1999-00	48,0	3,0	17,0	108,0	0,0	85,5	54,1	47,9	77,3	0,0	0,0	0,0	**440,8**
2000-01	0,0	40,0	151,0	140,5	149,5	243,5	12,0	49,0	45,0	0,0	0,0	7,0	**837,5**
Μεγ.ύψος	**232,0**	**342,3**	**289,2**	**384,4**	**411,5**	**249,3**	**313,7**	**233,4**	**126,1**	**182,0**	**33,0**	**18,0**	**1243,2**
Ελ. Ύψος	**0,0**	**0,0**	**10,5**	**17,8**	**0,0**	**14,9**	**7,5**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**440,8**
Μ.Ο	**23,7**	**73,5**	**111,4**	**136,7**	**145,0**	**121,3**	**101,1**	**45,7**	**25,4**	**9,8**	**1,6**	**1,4**	**792,9**

Πίνακας 2: Βροχομετρικά δεδομένα σταθμού Άγιος Γεώργιος.

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ	**Α.Μ.**
ΤΜΗΜΑ ΕΓΓ. ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ	**ΑΡΙΘΜ. ΣΤΟ ΧΑΡΤΗ: 1**
ΣΤΑΘΜΟΣ: ΑΓΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΛΑΣΙΘΙΟΥ	**ΠΛΑΤ. 35ο 10'**
ΟΡΓΑΝΟ: ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΟ	**ΣΥΝΤ{**
ΥΔΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ: ΟΡΟΠ. ΛΑΣΙΘΙΟΥ	**ΜΗΚ. 25ο 29'**
ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΑΠΟ: 1965	**ΥΨΟΜ. 850Μ**

Μ Η Ν Ι Α Ι Ε Σ Β Ρ Ο Χ Ο Π Τ Ω Σ Ε Ι Σ Σ Ε Μ Μ

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ	ΣΥΝ.
1965-66				92,6	220,9	48,4	141,8	9,3	22,8	32,8	0,0	0,0	
1966-67	102,0	33,9	153,5	266,0	65,5	62,5	180,1	39,3	4,5	19,0	0,0	0,0	**926,3**
1967-68	7,3	271,9	81,9	134,9	269,9	118,5	183,7	147,0	3,2	12,3	0,0	2,0	**1232,6**
1968-69	27,8	246,3	417,6	134,0	420,6	15,0	116,2	65,5	43,8	0,0	0,8	0,0	**1487,6**
1969-70	0,0	48,7	10,4	371,4	87,9	109,2	320,6	58,1	11,8	0,3	0,0	0,0	**1018,4**
1970-71	16,3	143,0	212,3	108,1	268,0	255,9	104,0	104,1	0,0	24,2	0,0	0,8	**1236,7**
1971-72	11,0	37,0	77,7	67,8	179,6	130,5	132,5	152,8	229,0	13,2	14,3	17,0	**1062,4**
1972-73	4,9	184,4	100,3	152,6	252,0	121,0	54,8	67,0	17,2	1,3	4,0	0,0	**959,5**
1973-74	5,0	153,3	150,2	29,6	214,6	242,0		28,3	1,0	7,6	0,0	0,0	
1974-75	46,2	16,0	110,2	186,2	397,9	204,2	60,1	21,6	77,5	0,0	0,0	0,0	**1119,9**
1975-76	5,4	7,1	56,5	384,8	124,4	224,5	211,8	55,7	42,7	0,0	2,5	0,0	**1115,4**
1976-77	0,0	268,3	165,2	68,1	63,4	143,7	106,6	65,3	9,1	1,3	0,0	0,0	**891,0**
1977-78	219,0	51,2	57,2	446,9	374,0	144,2	164,0	10,6	0,0	0,0	0,0	0,0	**1467,1**
1978-79	32,0	134,3	96,5	296,8	149,1	62,8	122,0	28,6	35,2	92,1	8,3	0,6	**1058,3**
1979-80	3,0	16,9	218,3	323,7	108,1	254,8	230,7	76,9	21,5	0,0	0,0	1,2	**1255,1**
1980-81	20,7	28,1	26,1	247,0	540,4	155,9	28,3	28,5	8,3	0,0	0,0	0,0	**1083,3**
1981-82	0,0	1,0	82,0	88,9	122,0	230,9	211,8	4,1	90,2	63,3	0,0	15,7	**909,9**
1982-83	0,0	15,5	101,2	67,2	63,0	84,0	29,5	45,2	4,9	29,2	11,0	1,8	**452,5**
1983-84	9,0	22,9	173,6	277,5	155,2	190,0	136,5	156,6	0,0	0,8	51,0	0,0	**1173,1**
1984-85	0,0	10,0	294,7	58,3	355,1	37,9	48,9	67,2	3,5	0,0	0,0		**875,6**
1985-86	0,0	154,0	62,0	54,0	132,0	127,3	59,5	9,5	45,0	3,0	0,0	0,0	**646,3**
1986-87	150,5	30,5	74,5	238,0	110,5	130,6	199,0	330,5	7,0	0,0	0,0	0,0	**1271,1**
1987-88	0,0	14,0	124,0	235,5	109,5	338,1	160,7	8,5	50,0	0,0	0,0	0,0	**1040,3**
1988-89	0,0	327,6	104,0	195,9	111,5	15,0	225,0	0,0	39,5	3,0	0,0	0,0	**1021,5**
1989-90	0,0	189,0	195,5	42,5	87,0	119,0	0,7	31,0	6,5	4,5	0,0	24,5	**700,2**
1990-91	11,5	26,0	99,0		274,0	186,5	22,0	35,5	15,0	1,0	0,0	1,0	**671,5**
1991-92	0,0	137,0	113,0	383,5	59,5	123,5	93,0	0,0	27,5	12,0	0,0	0,0	**949,0**
1992-93	0,0	0,0	67,0	198,7	165,7	171,5	75,5	16,0	66,0	4,0	0,0	0,0	**764,4**
1993-94	0,0	32,8	212,5	98,0	276,0	213,5	102,5	9,0	12,0	0,0	0,0	0,0	**956,3**
1994-95	0,0	235,5	481,0	186,0	234,5	65,0	104,0	17,0	7,5	0,0	278,0	0,0	**1608,5**
1995-96	16,0	59,0	76,9	150,0	330,0	325,0	162,0	54,5	31,0	0,0	1,5	0,0	**1205,9**
1996-97	38,0	103,0	37,0	300,0	243,5	164,0	291,0	58,0	25,0	10,0	0,0	0,0	**1269,5**
1997-98	18,0	187,0	192,0	242,0	121,0	57,0	374,0	92,0	25,5	0,0	0,0	0,0	**1308,5**
1998-99	0,0	43,0	110,0	431,0	240,0	65,0	170,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**1059,0**
1999-00	45,0	0,0	45,0	0,0	184,0	90,0	55,0	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**449,0**
2000-01	0,0	78,0	390,0	126,0	173,0	283,0	30,0	45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**1125,0**
Μεγ. Ύψος	**219,0**	**327,6**	**481,0**	**446,9**	**540,4**	**338,1**	**374,0**	**330,5**	**229,0**	**92,1**	**278,0**	**24,5**	**1608,5**
Ελ. Ύψος	**0,0**	**0,0**	**10,4**	**0,0**	**59,5**	**15,0**	**0,7**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**449,0**
Μ.Ο	**22,5**	**94,5**	**142,0**	**191,0**	**202,3**	**147,5**	**134,5**	**54,7**	**27,3**	**9,3**	**10,3**	**1,8**	**1040,3**

Πίνακας 3: Βροχομετρικά δεδομένα σταθμού Αρμάχα.

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ	**Α.Μ. 53**
ΤΜΗΜΑ ΕΓΓ. ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ	**ΑΡΙΘΜ. ΣΤΟ ΧΑΡΤΗ: 21**
ΣΤΑΘΜΟΣ:ΑΡΜΑΧΑ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	**ΠΛΑΤ. 35ο 10'**
ΥΔΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ: ΚΑΣΤΕΛΙΟΥ	**ΜΗΚ. 25ο 21'**
ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΑΠΟ: 1963	**ΥΨΟΜ. 450Μ**

Μ Η Ν Ι Α Ι Ε Σ Β Ρ Ο Χ Ο Π Τ Ω Σ Ε Ι Σ Σ Ε Μ Μ

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ	ΣΥΝ.
1962-63							23,3	78,0	52,0	0,0	0,0	0,0	
1963-64	0,0	200,0	48,0	158,0	64,0	117,0	141,0	38,0	33,0	18,0	0,0	0,0	**817,0**
1964-65	9,0	15,0	104,0	386,0	187,0	191,0	180,0	103,1	36,0	6,0	0,0	0,0	**1217,1**
1965-66	0,0	51,9	1,0	126,6	144,1	40,7	100,3	20,3	6,0	6,0	0,0	2,4	**499,3**
1966-67	67,5	17,0	90,1	117,7	83,2	110,2	146,8	35,7	3,5	12,0	0,0	0,0	**683,7**
1967-68	13,0	239,8	47,7	132,3	184,6	74,5	66,0	53,4	2,7	18,2	0,0	0,0	**832,2**
1968-69	10,1	212,6	210,4	83,3	315,8	9,0	78,2	51,0	29,5	0,0	1,3	0,0	**1001,2**
1969-70	0,0	16,6	60,5	245,4	79,5	59,2	107,2	52,4	7,9	0,5	0,0	0,0	**629,2**
1970-71	5,8	104,4	163,9	77,9	177,9	160,5	73,5	46,6	0,0	9,0	0,8	3,0	**823,3**
1971-72	1,3	16,9	67,3	97,1	94,8	97,1	126,5	138,7	148,5	1,5	14,0	1,6	**805,3**
1972-73	3,5	142,9	50,2	185,6	282,6	72,6	37,4	47,2	27,4	0,0	0,0	0,0	**849,4**
1973-74	2,3	117,8	128,2	28,4	174,6	78,4	68,4	34,8	0,5	5,1	0,0	0,0	**638,5**
1974-75	6,3	16,6	131,0	124,7	251,1	137,9	18,0	22,2	70,6	0,9	0,0	0,0	**779,3**
1975-76	0,0	5,2	60,8	239,9	189,3	164,9	185,7	45,3	10,9	1,7	0,0	0,0	**903,7**
1976-77	0,0	131,2	108,6	49,8	60,7	73,5	106,1	57,1	6,0	0,0	0,0	0,0	**593,0**
1977-78	215,5	27,1	125,6	352,5	282,9	137,9	145,0	17,2	0,0	0,0	0,0	0,0	**1303,7**
1978-79	18,0	104,6	89,0	260,7	113,1	81,5	102,4	21,5	44,1	50,0	13,0	0,0	**897,9**
1979-80	215,5	27,1	195,6	352,5	282,9	137,9	145,0	17,2	0,0	0,0	0,0	0,0	**1373,7**
1980-81	20,5	58,3	16,5	190,4	366,2	160,0	19,0	28,8	4,0	0,0	0,0	0,0	**863,7**
1981-82	0,0	0,0	129,0	78,5	70,1	199,6	155,5	37,5	31,6	21,0	0,0	7,0	**729,8**
1982-83	0,0	2,3	55,4	105,6	131,2	189,8	135,1	20,0	4,0	45,5	5,0	2,0	**695,9**
1983-84	15,0	12,0	228,5	296,3	89,4	148,6	86,4	85,9	0,0	0,0	49,0	0,0	**1011,1**
1984-85	0,0	3,0	321,6	163,7	212,1	135,9	97,7	37,0	6,4	0,0	0,0	0,0	**977,4**
1985-86	0,0	65,6	42,9	93,6	105,0	96,2	84,1	0,0	63,7	5,0	0,0	0,0	**556,1**
1986-87	116,0	32,7	93,0	182,4	96,5	79,2	151,3	218,7	29,4	0,0	0,0	0,0	**999,2**
1987-88	0,0	17,0	87,2	147,9	65,7	236,8	72,0	14,0	73,5	0,0	0,0	0,0	**714,1**
1988-89	0,0	254,5	101,9	142,5	91,5	8,0	123,5	0,0	33,0	2,0	0,0	0,0	**756,9**
1989-90	0,0	135,3	139,2	27,6	70,0	95,3	11,8	14,8	0,0	0,0	0,0	20,0	**514,0**
1990-91	4,0	33,7	88,3	137,8	192,7	120,4	24,0	44,1	17,2	0,0	0,0	0,0	**662,2**
1991-92	0,0	106,8	56,9	299,5	53,4	112,0	83,5	45,0	45,3	4,6	0,0	0,0	**807,0**
1992-93	0,0	0,0	49,6	132,9	136,5	80,9	44,3	10,9	56,5	6,0	0,0	0,0	**517,6**
1993-94	0,0	34,0	148,1	42,0	253,0	164,5	32,0	7,0	9,0	0,0	0,0	0,0	**689,6**
1994-95	0,0	193,5	265,5	144,0	124,0	51,0	79,0	13,0	1,0	0,0	7,0	0,0	**878,0**
1995-96	10,0	28,0	79,0	88,0	207,0	176,0	165,0	29,0	22,0	0,0	1,0	0,0	**805,0**
1996-97	30,0	47,5	26,0	211,0	77,0	131,0	336,0	25,0	19,0	3,0	0,0	0,0	**905,5**
1997-98	15,0	125,0	193,0	123,0	70,0	33,0	244,0	62,0	18,0	0,0	0,0	0,0	**883,0**
1998-99	1,0	47,0	93,0	255,7						0,0	0,0	0,0	
1999-00	11,0	4,0	12,0	85,0	154,0	76,0	55,0	22,0	45,0	0,0	0,0	0,0	**464,0**
2000-01	12,0	45,0	196,0	102,5	103,5	219,5	12,0	40,0	25,0	0,0	0,0	0,0	**755,5**
Μεγ. Ύψος	**215,5**	**254,5**	**321,6**	**386,0**	**366,2**	**236,8**	**336,0**	**218,7**	**148,5**	**50,0**	**49,0**	**20,0**	**1373,7**
Ελ. Ύψος	**0,0**	**0,0**	**1,0**	**27,6**	**53,4**	**8,0**	**11,8**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**464,0**
Μ.Ο	**21,1**	**70,8**	**108,0**	**159,7**	**152,3**	**115,1**	**101,6**	**43,0**	**25,8**	**5,5**	**2,3**	**0,9**	**806,3**

Πίνακας 4: Βροχομετρικά δεδομένα σταθμού Έξω Ποταμοί.

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ **Α.Μ. 42**
ΤΜΗΜΑ ΕΓΓ. ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ **ΑΡΙΘΜ. ΣΤΟ ΧΑΡΤΗ: 2**
ΣΤΑΘΜΟΣ: ΕΞΩ ΠΟΤΑΜΟΙ ΛΑΣΙΘΙΟΥ **ΠΛΑΤ. 32ο 12'**
ΟΡΓΑΝΟ: ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΟ **ΣΥΝΤ{**
ΥΔΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ: ΑΛΜΥΡΟΣ ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ **ΜΗΚ. 25ο 32'**
ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΑΠΟ: 1931 **ΥΨΟΜ. 800Μ**

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕ ΜΜ													
ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	**ΣΕΠ.**	**ΟΚΤ.**	**ΝΟΕ.**	**ΔΕΚ.**	**ΙΑΝ.**	**ΦΕΒ.**	**ΜΑΡ.**	**ΑΠΡ.**	**ΜΑΙ.**	**ΙΟΥΝ.**	**ΙΟΥΛ.**	**ΑΥΓ**	**ΣΥΝ.**
1930-31					85,1	317,5	55,0	111,3	71,5	5,2	0,0	0,0	
1931-32	4,9	42,0	54,1	129,0	503,2	354,8	78,4	11,2	85,4	0,0	0,0	0,0	**1263,0**
1932-33	0,0	29,3	814,5	166,1	96,2	105,3	59,2	53,3	15,5	0,0	0,0	0,0	**1339,4**
1933-34	22,1	0,0	13,5	327,6	313,4	288,6	29,3	174,0	13,1	0,0	0,0	0,0	**1181,6**
1934-35	0,0	276,3	52,0	191,1	331,0	190,1	323,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**1363,5**
1935-36	24,7	117,1	152,5	81,9	128,6	116,1	56,4	14,8	49,3	5,8	48,3	0,0	**795,5**
1936-37	0,8	26,7	132,4	391,0	224,1	225,6	16,3	46,7	26,1	0,0	0,0	0,0	**1089,7**
1937-38	0,0	213,3	243,1	38,7	323,4	548,0	185,5	223,6	30,5	0,0	0,0	0,0	**1806,1**
1938-39	4,6	32,6	83,4	244,6	85,6	205,4	295,8	0,0	23,6	186,8	0,0	11,5	**1173,9**
1939-40	3,7	0,0	244,1	113,3	488,9	198,9	153,4	56,1	97,3	4,1	0,0	0,0	**1359,8**
1940-41	0,0	32,9	147,2	279,3	132,3	323,1							
1946-47					343,2	42,6	74,5	43,7	31,2	0,0	0,0	0,0	
1947-48	0,0	65,0	174,5	74,4	385,4	281,0	235,0	86,0	15,0	0,0	0,0	0,0	**1316,3**
1948-49					568,8	270,3	204,4	72,4	11,1	2,0	0,0	0,0	
1949-50	7,6	35,2	35,9	627,1	287,5	55,0	353,1	56,3	151,4	0,0	1,2	0,0	**1610,3**
1950-51	10,5	39,6	96,1	42,2	214,3	90,6	41,6	4,8	10,8	0,0	13,9	3,0	**567,4**
1951-52	38,3	219,0	273,8	454,9	124,8	118,3	182,1	14,7	14,2	3,4	0,0	0,0	**1443,5**
1952-53	18,3	34,7	119,8	428,2	379,6	123,0	286,3	5,0	90,1	55,6	0,0	0,0	**1540,6**
1953-54	10,5	18,5	351,2	299,8	191,3	113,4	124,7	130,5	5,2	0,0	0,0	27,8	**1272,9**
1954-55	29,7	361,5	122,6	226,5	123,4	61,6	114,5	80,3	0,0	0,0	0,0	11,6	**1131,7**
1955-56	60,0	32,1	281,3	411,7	177,3	238,6	249,3	9,7	61,3	0,0	0,0	0,0	**1521,3**
1956-57	0,0	30,6	42,2	142,2	578,2	17,3	367,4	49,0	36,5	4,0	0,0	0,0	**1267,4**
1957-58	16,5	221,0	107,8	118,4	419,9	9,7	165,8	43,0	30,7	92,6	0,0	0,0	**1225,4**
1958-59	98,0	13,0	76,0	318,4	284,6	189,1	28,3	16,9	20,0	0,0	4,0	0,0	**1048,3**
1959-60	15,0	377,5	41,0	268,9	339,7	144,0	465,0	166,0	63,5	12,9	0,0	0,0	**1893,5**
1960-61	55,0	2,0	32,0	289,0	312,0	465,0	124,0	26,0	11,0	14,0	0,0	0,0	**1330,0**
1961-62	0,0	465,0	179,0	386,0	355,0	363,0	7,0	20,0	141,0	0,0	0,0	0,0	**1916,0**
1962-63	106,0	313,0	38,0	375,0	391,0	327,0	226,0	213,0	50,0	0,0	0,0	0,0	**2039,0**
1963-64	0,0	199,0	77,0	160,0	349,0	288,0	338,0	66,0	39,0	40,0	0,0	0,0	**1556,0**
1964-65	12,0	0,0	208,0	481,0	434,0	395,0	221,0	137,0	48,0	20,0	0,0	0,0	**1956,0**
1965-66	0,0	26,0	23,0	180,0	215,0	76,0	180,0	2,0	34,0	36,0	0,0	60,0	**832,0**
1966-67	150,0	16,0	174,0	240,0	170,0	151,0	298,0	75,0	6,0	37,0	0,0	0,0	**1317,0**
1967-68	21,0	348,0	178,0	166,0	320,0	184,0	192,0	226,0	3,0	19,0	0,0	8,0	**1665,0**
1968-69	70,0	258,0	724,0	214,0	606,0	18,0	160,0	132,0	46,0	0,0	4,0	0,0	**2232,0**
1969-70	0,0	49,0	68,5	263,7	139,9	82,8	371,1	92,9	7,6	4,2	0,0	0,0	**1079,7**
1970-71	14,5	205,8	324,7	138,5	281,5	362,0	138,3	133,8	0,8	20,0	4,2	3,2	**1627,3**
1971-72	43,2	34,0	72,7	164,3	169,5	129,3	184,5	188,0	154,7	27,8	30,5	12,0	**1210,5**
1972-73	7,8	267,9	107,2	398,7	437,1	102,2	73,3	90,3	18,0	0,0	10,0	0,0	**1512,5**
1973-74	7,5	118,3	200,0	176,0	274,0	292,0	111,0	46,0	0,0	8,0	0,0	0,0	**1232,8**
1974-75	26,0	14,0	120,0	247,0	377,0	264,0	53,0	48,0	43,0	0,0	0,0	0,0	**1192,0**
1975-76	0,0	13,0	59,0	558,0	247,0	284,0	364,0	123,0	37,0	0,0	0,0	0,0	**1685,0**

1976-77	0,0	653,0	252,0	98,0	87,0	180,0	150,0	115,0	11,0	9,0	0,0	0,0	**1555,0**
1977-78	188,0	126,0	43,0	549,0	556,0	154,0	217,0	32,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**1865,0**
1978-79	56,0	170,0	134,0	532,0	172,0	159,0	210,0	28,0	55,0	70,0	0,0	6,0	**1592,0**
1979-80	0,0	48,0	360,0	427,0	180,0	324,0	148,0	103,0	25,0	0,0	0,0	0,0	**1615,0**
1980-81	35,0	122,0	22,0	188,0	463,0	264,0	39,0	45,0	14,0	0,0	0,0	0,0	**1192,0**
1981-82	0,0	0,0	145,0	53,0	135,0	236,0	310,0	53,0	88,0	0,0	0,0	9,0	**1029,0**
1982-83	0,0	2,0	148,0	113,0	262,0	231,0	277,0	25,0	5,0	85,0	0,0	0,0	**1148,0**
1983-84	3,0	26,0	307,0	319,0	181,0	146,0	151,0	144,0	0,0	0,0	69,0	0,0	**1346,0**
1984-85	0,0	15,0	327,0	272,0	320,0	198,0	146,0	76,0	21,0	0,0	0,0	0,0	**1375,0**
1985-86	0,0	209,0	62,0	169,0		7,0	92,5	5,0	58,0	4,0	0,0	0,0	**606,5**
1986-87	225,5	39,0	130,0	222,3	127,5	149,5	175,0	327,0	84,0	0,0	0,0	0,0	**1479,8**
1987-88	0,0	18,0	69,0	310,5	116,5	372,5	132,5	9,5	66,0	0,0	0,0	0,0	**1094,5**
1988-89	1,5	355,0	96,5	157,0	141,5	40,0	244,5	0,0	44,4	4,5	0,0	0,0	**1084,9**
1989-90	0,0	193,0	195,5	53,0	102,0	109,5	16,5	18,5	0,5	28,0	0,0	14,5	**731,0**
1990-91	13,5	45,5	124,0	150,0	419,0	153,0	34,0	47,0	26,0	0,0	0,0	3,0	**1015,0**
1991-92	0,0	205,0	141,0	437,0	77,0	173,0	112,0	40,0	59,0	39,0	0,0	0,0	**1283,0**
1992-93	0,0	0,0	95,0	307,0	233,0	202,0	70,0	26,0	120,0	14,0	0,0	0,0	**1067,0**
1993-94	0,0	82,0	268,5	154,5	350,0	298,0	84,5	70,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**1307,5**
1994-95	0,0	403,0	495,5	349,0	207,0	82,0	135,0	70,0	13,0	0,0	25,0	0,0	**1779,5**
1995-96	0,0	33,0	99,0	147,0	253,0	225,0	320,0	71,0	35,0	0,0	0,0	0,0	**1183,0**
1996-97	64,0	171,0	36,0	365,0	300,0	375,0	590,0	116,0	26,0	16,0	0,0	0,0	**2059,0**
1997-98	0,0	218,0	275,0	247,0	107,0	126,0	530,0	154,0	38,0	0,0	0,0	0,0	**1695,0**
1998-99	0,0	96,0	136,0	539,0							0,0	0,0	
1999-00	34,0	0,0	81,0	159,0	264,0	195,0	90,0	42,5	80,0	0,0	0,0	0,0	**945,5**
2000-01	0,0	87,5	450,0	176,5	265,0	321,0	47,0	44,0	131,0	0,0	0,0	0,0	**1522,0**
Μεγ.ύψος	**1498,7**	**7863,9**	**10736,1**	**16306,3**	**17526,3**	**13131,7**	**11507,0**	**4749,8**	**2592,3**	**867,9**	**210,1**	**169,6**	**2232,0**
Ελ. Ύψος	**0,0**	**0,0**	**13,5**	**38,7**	**77,0**	**7,0**	**7,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**567,4**
Μ.Ο	**46,8**	**245,7**	**335,5**	**509,6**	**539,3**	**397,9**	**354,1**	**146,1**	**79,8**	**26,7**	**6,4**	**5,1**	**1363,3**

Πίνακας 5: Βροχομετρικά δεδομένα σταθμού Καστέλι.

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ **Α.Μ. 61**

ΤΜΗΜΑ ΕΓΓ. ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ **ΑΡΙΘΜ. ΣΤΟ ΧΑΡΤΗ: 32**

ΣΤΑΘΜΟΣ: ΚΑΣΤΕΛΙ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ **ΠΛΑΤ. 35ο 13'**

ΟΡΓΑΝΟ: ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΟ **ΣΥΝΤ{**

ΥΔΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ: ΚΑΣΤΕΛΙΟΥ **ΜΗΚ. 25ο 20'**

ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΑΠΟ: 1931 **ΥΨΟΜ. 350Μ**

Μ Η Ν Ι Α Ι Ε Σ Β Ρ Ο Χ Ο Π Τ Ω Σ Ε Ι Σ Σ Ε Μ Μ

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	**ΣΕΠ.**	**ΟΚΤ.**	**ΝΟΕ.**	**ΔΕΚ.**	**ΙΑΝ.**	**ΦΕΒ.**	**ΜΑΡ.**	**ΑΠΡ.**	**ΜΑΙ.**	**ΙΟΥΝ.**	**ΙΟΥΛ.**	**ΑΥΓ**	**ΣΥΝ.**
1931-32	13,5	34,0	14,6	40,8	233,4	76,7	41,4	3,1	37,8	0,0	0,0	0,0	**495,3**
1932-33	0,0	29,1	350,3	108,7	77,6	57,9	45,9	34,7	10,0	0,0	0,0	0,0	**714,2**
1933-34	1,1	0,0	5,8	172,0	155,3	174,4	27,3	60,8	10,0	0,0	0,0	0,0	**606,7**
1934-35	0,0	89,5	13,6	115,4	195,1	98,4	125,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**637,7**
1935-36	0,5	71,2	101,0	64,0	32,4	43,8	25,0	17,2	30,2	23,0	0,0	0,0	**408,3**
1936-37	11,0	35,0	137,1	183,4	148,6	91,0	2,0	22,8	12,2	0,0	0,0	0,0	**643,1**
1937-38	4,1	184,9	176,7	86,9	213,4	213,1	71,6	103,4	0,0	0,0	0,0	0,0	**1054,1**
1938-39	10,3	10,1	59,1	133,8	80,0	157,2	128,1	0,0	13,3	65,5	0,0	2,0	**659,4**
1939-40	4,0	0,0	153,7	42,8	207,6	143,9	94,7	37,4	12,1	13,4	0,0	0,0	**709,6**
1940-41	0,0	31,7	64,3	161,0	70,0	165,0	131,4	12,1	0,0	0,0	0,0	0,0	**635,5**

1941-42	8,4	58,0	53,0	99,5	169,0	162,0	63,4	37,5	4,0	17,0	15,0	15,0	**701,8**
1942-43	0,0	99,6	119,0	72,2									
1948-49					315,5	143,0	83,0	59,2	8,4	10,5	0,0	0,0	
1949-50	5,0	48,0	31,2	209,0	147,7	21,5	196,5	18,7	94,0	10,5	0,0	0,0	**782,1**
1950-51	2,5	25,0	71,7	35,3	109,7	44,4	31,0	0,0	6,0	0,0	4,2	0,0	**329,8**
1951-52	8,1	98,2	248,9	188,1	45,2	57,7	94,6	13,5	2,5	0,0	0,0	0,0	**756,8**
1952-53	10,0	23,8	87,4	285,5	177,4	72,2	122,5	16,5	26,0	2,2	0,0	2,3	**825,8**
1953-54	19,3	19,5	85,0	137,1	106,3	82,0	108,1	54,0	2,0	0,0	0,0	0,0	**613,3**
1954-55	3,8	175,1	117,1	202,1	92,5	23,0	44,0	0,0	0,0	2,7	14,3		**674,6**
1955-56	36,3	36,3	158,3	247,0	132,0	151,5	105,1	5,2	59,0	0,0	0,0	0,0	**930,7**
1956-57	0,0	26,5	48,0	101,2	325,2	0,2	161,7	26,0	29,0	0,0	0,5	0,0	**718,3**
1957-58	15,0	143,5	48,1	59,5	214,2	9,5	83,7	16,8	17,0	25,0	0,0	0,0	**632,3**
1958-59	53,5	12,5	60,0	182,5	125,5	57,5	12,5	16,0	6,5	3,5	0,0	0,0	**530,0**
1959-60	0,0	204,7	43,0	148,5	181,5	119,5	70,0	109,5	42,0	23,0	0,0	0,0	**941,7**
1960-61	7,0	0,0	50,0	185,0	147,0	240,0	71,0	26,0	0,0	8,0	0,0	0,0	**734,0**
1961-62	0,0	256,0	24,0	196,0	332,0	202,0	5,0	13,0	50,0	0,0	0,0	0,0	**1078,0**
1962-63	87,0	198,0	34,0	178,0	227,0	102,0	34,0	38,0	33,0	0,0	0,0	0,0	**931,0**
1963-64	0,0	144,0	38,0	74,0	109,0	109,0	120,0	34,0	25,0	9,0	0,0	0,0	**662,0**
1964-65	17,0	36,0	97,0	238,0	176,0	172,0	153,0	98,0	30,0	11,0	0,0	1,0	**1029,0**
1965-66	0,0	69,0	2,0	116,0	122,0	44,0	76,0	10,0	13,0	12,0	0,0	6,0	**470,0**
1966-67	82,0	9,0	56,0	116,0	86,0	100,0	139,0	31,0	4,0	6,0	0,0	0,0	**629,0**
1967-68	1,0	235,0	52,0	95,0	175,0	46,0	108,0	44,0	2,0	2,0	0,0	0,0	**760,0**
1968-69	7,0	192,0	206,0	107,0	318,0	12,0	72,0	48,0	27,0	0,0	0,0	0,0	**989,0**
1969-70	0,0	28,9	63,5	176,2	80,2	41,4	104,4	50,9	14,0	0,0	0,0	0,0	**559,5**
1970-71	11,2	76,7	104,5	62,1	161,7	155,4	61,6	33,9	0,0	8,4	6,0	0,9	**682,4**
1971-72	3,9	24,9	53,2	61,5	68,7	76,7	131,6	84,3	79,4	0,0	9,1	1,1	**594,4**
1972-73	0,8	181,1	45,3	148,7	166,6	82,1	35,3	49,8	18,0	0,0	1,7	0,0	**729,4**
1973-74	4,0	90,7	93,7	36,7	139,3	66,8	62,5	23,4	0,0	5,0	0,0	0,0	**522,1**
1974-75	34,0	16,4	112,4	113,5	199,7	139,8	32,6	18,5	62,0	0,0	0,0	0,0	**728,9**
1975-76	3,0	1,5	74,6	221,7	171,7	139,2	170,2	44,4	12,5	3,0	0,0	0,0	**841,8**
1976-77	0,0	149,3	102,5	52,2	56,6	64,0	84,3	54,7	5,7	0,0	0,0	0,0	**569,3**
1977-78	307,1	28,8	30,8	324,0	254,4	108,4	112,3	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	**1182,5**
1978-79	8,1	93,1	113,1	228,3	90,2	81,2	97,2	26,0	33,0	100,7	2,3	0,0	**873,2**
1979-80	25,5	15,0	180,0	210,8	87,8	175,7	88,5	55,2	10,3	1,0	0,0	1,1	**850,9**
1980-81	6,5	53,9	16,7	159,5	344,2	146,3	9,5	20,8	5,6	0,0	0,0	0,0	**763,0**
1981-82	0,0	0,0	148,5	72,2	65,5	192,5	120,3	43,2	39,3	18,0	0,0	15,0	**714,5**
1982-83	0,0	8,5	62,0	75,1	152,2	164,9	113,5	21,9	2,9	57,5	2,0	7,0	**667,5**
1983-84	6,3	17,8	210,1	215,7	75,6	100,5	81,6	63,1	0,0	0,0	35,5	0,0	**806,2**
1984-85	0,0	4,4	228,0	177,8	229,7	96,2	83,3	60,8	3,0	0,0	0,0	0,0	**883,2**
1985-86	0,0	54,8	29,8	113,3	76,6	92,2	67,7	1,0	69,0	5,3	0,0	0,0	**509,7**
1986-87	112,3	38,3	85,5	195,6	88,1	97,3	142,8	190,5	31,3	0,2	0,0	0,0	**981,9**
1987-88	0,0	11,0	66,1	138,0	55,2	222,8	55,3	9,9	48,7	0,0	0,0	0,0	**607,0**
1988-89	2,2	213,2	88,5	127,5	64,9	6,7	85,2	0,0	35,7	1,3	0,0	0,0	**625,2**
1989-90	0,0	86,7	149,5	28,7	56,3	65,1	6,0	15,0	0,0	4,0	0,0	9,5	**420,8**
1990-91	8,2	36,2	92,2	118,5	167,2	148,5	17,6	32,2	17,3	0,8	0,0	0,0	**638,7**
1991-92	0,0	107,2	36,9	314,1	42,1	86,8	63,3	23,6	26,0	4,7	0,0	0,0	**704,7**
1992-93	0,0	0,0	64,0	112,4	114,6	81,8	41,9	15,0	24,3	3,0	0,0	0,0	**457,0**
1993-94	0,0	23,5	145,6	30,2	260,2	133,2	31,0	6,9	7,5	0,0	0,0	0,0	**638,1**
1994-95	0,0	237,7	212,0	147,2	107,8	47,6	94,2	11,0	0,0	2,2	6,8	0,0	**866,5**
1995-96	4,0	17,2	74,2	89,4	173,7	155,1	180,9	29,6	10,5	0,0	0,0	0,0	**734,6**
1996-97	20,0	58,6	11,8	165,3	64,4	131,8	287,5	40,3	9,1	9,0	0,0	0,0	**797,8**
1997-98	9,0	109,9	141,1	95,8	61,4	30,7	211,5	51,0	4,9	0,1	0,0	0,0	**715,4**

1998-99	0,5	53,0	86,5	259,6							0,0	0,0	
1999-00	26,0	0,0	17,0	105,4	156,0	78,5	44,9	9,2	36,3	0,0	0,0	0,0	**473,3**
2000-01	4,8	23,4	144,5	134,0	109,4	214,7	11,0	47,3	18,2	0,0	0,0	0,4	**707,7**
Μεγ.ύψος	**1004,8**	**4456,9**	**5890,0**	**8892,3**	**9189,1**	**6616,3**	**5376,7**	**2156,5**	**1230,5**	**468,5**	**97,4**	**61,3**	**1182,5**
Ελ. Ύψος	**0,0**	**0,0**	**2,0**	**28,7**	**32,4**	**0,2**	**2,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**329,8**
Μ.Ο	**30,9**	**137,1**	**181,2**	**273,6**	**287,2**	**206,8**	**168,0**	**67,4**	**38,5**	**14,6**	**3,0**	**1,9**	**711,8**

Πίνακας 6: Βροχομετρικά δεδομένα σταθμού Νεάπολη.

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ **Α.Μ. 43**

ΤΜΗΜΑ ΕΓΓ. ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ **ΑΡΙΘΜ. ΣΤΟ ΧΑΡΤΗ: 8**

ΣΤΑΘΜΟΣ: ΝΕΑΠΟΛΗ ΛΑΣΙΘΙΟΥ **ΠΛΑΤ. 35ο 15'**

ΟΡΓΑΝΟ: ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΟ **ΣΥΝΤ{**

ΥΔΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ: ΑΛΜΥΡΟΣ ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ **ΜΗΚ. 25ο 36'**

ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΑΠΟ: 1932 **ΥΨΟΜ. 240Μ**

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕ ΜΜ

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	**ΣΕΠ.**	**ΟΚΤ.**	**ΝΟΕ.**	**ΔΕΚ.**	**ΙΑΝ.**	**ΦΕΒ.**	**ΜΑΡ.**	**ΑΠΡ.**	**ΜΑΙ.**	**ΙΟΥΝ.**	**ΙΟΥΛ.**	**ΑΥΓ**	**ΣΥΝ.**
1931-32							81,6	26,9	34,5				
1932-33	15,0	38,5	523,0	123,0	58,5	74,0	15,5	48,1	11,1	3,5	0,0	0,0	**910,2**
1933-34	21,0	0,1	11,4	372,5	138,5	168,5	49,5	137,5	6,5	5,9	0,0	0,0	**911,4**
1934-35	0,0	154,0	42,0	103,5	242,6	145,0	170,5	4,4	3,1	0,0	0,0	0,0	**865,1**
1935-36	17,5	45,0	87,4	49,1	77,8	43,5	58,2	4,9	14,5	25,3	37,0	0,0	**460,2**
1936-37	19,0	25,2	164,0	207,1	137,3	136,3	12,5	11,1	28,0	0,0	4,0	0,0	**744,5**
1937-38	0,0	194,5	288,9	78,3	136,6	196,2	98,9	143,3	14,6	0,0	0,0	0,0	**1151,3**
1938-39	12,1	23,7	40,1	124,7	39,5	190,5	130,0	0,0	15,8	47,9	0,0	6,2	**630,5**
1939-40	9,0	0,0	77,5	27,5	302,4	288,3	112,1	48,0	14,0	4,3	0,0	10,3	**893,4**
1940-41	11,0	33,0	64,5	203,5	185,0	51,0							
1949-50	15,0	40,5	102,5	262,5	178,0	19,0	228,0	58,0	124,0	0,0	0,0	0,0	**1027,5**
1950-51	0,0	24,0	124,5	17,0	146,5	46,0	26,5	0,0	5,0	0,0	14,0	8,0	**411,5**
1951-52	5,0	111,0	147,0	236,0	63,0	75,0	102,5	5,0	35,5	2,0	0,0	0,0	**782,0**
1952-53	13,0	25,0	104,0	188,5	147,0	73,0	160,0	7,5	22,0	33,0	0,0	0,0	**773,0**
1953-54	11,0	12,5	233,5	198,5	136,5	112,0	116,0	78,0	6,0	0,0	0,0	0,0	**904,0**
1954-55	9,0	242,0	61,5	117,0	85,5	26,0	91,0	69,5	0,0	0,0	0,0	4,5	**706,0**
1955-56	17,5	42,5	173,6	323,5	93,5	196,5	145,0	3,0	36,0	0,0	0,0	0,0	**1031,1**
1956-57	0,0	18,0	55,0	77,0	343,0	13,5	211,0	50,0	21,5	23,0	0,0	0,0	**812,0**
1957-58	41,5	152,5	125,0	67,0	146,5	8,0	115,0	25,0	1,0	13,0	0,0	0,0	**694,5**
1958-59	58,5	19,0	83,5	296,0	164,5	31,0	19,0	17,0	6,0	0,0	2,0	0,0	**696,5**
1959-60	2,0	178,0	30,5	153,0	198,5	36,0	166,5	155,5	42,0	2,5	0,0	0,0	**964,5**
1960-61	29,5	0,0	41,0	206,0	116,0	228,0	48,0	17,5	0,5	3,5	0,0	0,0	**690,0**
1961-62	0,0	176,0	52,0	188,5	271,5	218,0	9,0	15,0	21,5	0,0	0,0	0,0	**951,5**
1962-63	79,0	260,0	17,5	158,5	180,0	329,5	107,0	140,0	25,0	0,0	0,0	0,0	**1296,5**
1963-64	0,0	176,5	16,5	108,0	116,0	107,5	224,5	52,5	47,5	0,0	0,0	0,0	**849,0**
1964-65	10,5	0,0	69,0	248,5	226,0	242,0	123,0	91,5	30,0	6,0	0,0	0,0	**1046,5**
1965-66	0,0	10,5	13,0	124,0	198,0	106,0	121,5	2,5	10,0	1,0	0,0	0,0	**586,5**
1966-67	151,5	14,0	43,6	107,0	152,0	138,5	143,5	52,5	14,3	5,5	0,0	0,0	**822,4**
1967-68	11,0	498,5	102,0	87,0	169,0	86,0	127,0	96,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**1176,5**
1968-69	76,0	275,0	217,0	87,0	335,0	21,3	96,8	57,3	20,5	0,0	0,0	0,0	**1185,9**

1969-70	0,0	36,5	40,2	133,4	99,9	50,4	151,1	61,8	7,2	11,0	0,0	0,0	**591,5**
1970-71	17,5	27,1	152,0	78,5	194,7	170,0	67,3	31,4	0,0	12,5	0,0	0,0	**751,0**
1971-72	6,5	36,0	89,5	131,7	83,9	45,7	76,3	58,2	105,6	0,0	0,0	6,2	**639,6**
1972-73	4,5	149,8	47,2	156,4	322,6	68,2	61,2	61,2	0,0	0,0	10,0	0,0	**881,1**
1973-74	46,0	75,4	100,7	22,2	112,7	104,8	62,4	35,5	0,0	10,2	0,0	0,0	**569,9**
1974-75	58,2	12,0	52,0	124,4	252,8	121,6	30,4	38,2	22,2	4,0	0,0	0,0	**715,8**
1975-76	0,0	34,0	33,5	208,7	232,1	147,5	291,4	85,0	7,0	0,0	0,0	0,0	**1039,2**
1976-77	0,0	372,0	145,7	42,2	39,2	86,2	106,7	85,0	8,0	60,0	0,0	0,0	**945,0**
1977-78	145,2	103,0	11,3	261,4	229,0	77,0	117,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**954,9**
1978-79	21,0	132,2	113,0	191,0	122,0	102,0	85,0	16,0	55,0	18,0	35,0	0,0	**890,2**
1979-80	0,0	48,0	199,0	164,0	90,0	261,0	105,0	96,0	9,0	7,0	0,0	0,0	**979,0**
1980-81	0,0	82,0	29,0	117,0	368,0	196,0	19,0	30,0	7,0	0,0	0,0	0,0	**848,0**
1981-82	0,0	0,0	113,0	37,0	63,0	294,0	114,0	38,0	56,0	19,0	0,0	12,0	**746,0**
1982-83	0,0	0,0	70,0	132,0	127,0	175,0	82,0	15,0	0,0	120,0	11,0	0,0	**732,0**
1983-84	0,0	22,0	195,0	176,0	52,0	104,0	119,0	65,0	0,0	0,0	4,0	0,0	**737,0**
1984-85	0,0	10,0	269,0	223,0	240,0	134,0	153,0	175,0	4,0	0,0	0,0	0,0	**1208,0**
1985-86	0,0	95,0	59,0	117,0	52,0	164,0	55,0	0,0	64,0	106,0	0,0	0,0	**712,0**
1986-87	310,0	36,0	150,0	183,0	103,0	81,0	145,0	210,0	26,0	0,0	0,0	0,0	**1244,0**
1987-88	0,0	16,0	68,0	131,0	62,0	187,0	109,0	25,0	42,0	0,0	0,0	0,0	**640,0**
1988-89	4,0	184,0	77,0	123,0	118,0	7,0	119,0	0,0	37,0	0,0	0,0	0,0	**669,0**
1989-90	0,0	60,0	208,0	37,0	94,0	64,0	0,0	5,0	0,0	5,0	0,0	4,0	**477,0**
1990-91	21,0	76,0	104,0	85,0	214,0	159,0	22,0	48,0	8,0	0,0	0,0	0,0	**737,0**
1991-92	0,0	134,0	41,0	287,0	41,0	99,0	101,0	11,0	32,0	15,0	0,0	0,0	**761,0**
1992-93	0,0	0,0	65,0	154,0	117,0	82,0	46,0	11,0	63,0	3,9	0,0	0,0	**541,9**
1993-94	0,0	16,8	143,5	53,0	231,2	126,4	56,8	0,0	6,2	0,0	0,0	0,0	**633,9**
1994-95	0,0	294,3	238,8	219,5	63,9	44,3	91,0	15,3	3,0	0,0	7,2	0,0	**977,3**
1995-96	2,2	34,8	83,6	58,1	158,3	156,1	193,6	35,0	13,4	0,0	0,0	0,0	**735,1**
1996-97	31,5	61,5	44,0	119,1	87,8	105,7	261,6	114,5	29,5	21,2	0,0	0,0	**876,4**
1997-98	8,1	83,3	211,1	82,8	52,3	49,2	326,4	65,8	57,5	0,0	0,0	0,0	**936,5**
1998-99	11,2	33,2	50,7	244,9	140,0	40,0	113,7	19,5	0,0	0,0	0,0	0,0	**653,2**
1999-00	24,1	0,0	31,9	97,1	248,3	114,0	56,7	15,5	20,3	0,0	0,0	0,0	**607,9**
2000-01	0,0	20,3	103,5	122,6	157,5	218,6	5,0	46,3	42,4	3,0	0,0	0,0	**719,2**
Μεγ.ύψος	**310,0**	**498,5**	**523,0**	**372,5**	**368,0**	**329,5**	**326,4**	**210,0**	**124,0**	**120,0**	**37,0**	**12,0**	**1296,5**
Ελ. Ύψος	**0,0**	**0,0**	**11,3**	**17,0**	**39,2**	**7,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**411,5**
Μ.Ο	**22,1**	**83,2**	**105,7**	**145,1**	**153,3**	**118,7**	**105,8**	**48,2**	**21,9**	**9,9**	**2,1**	**0,9**	**818,7**

Πίνακας 6: επεξεργασία δεδομένων της γεώτρησης του κ Λαιμού που βρίσκεται στα Μάλια.

Διάρκεια Αντλήσεως t' (min)	Στάθμη Ύδατος (m)	t	t/t’	Στάθμη Ύδατος – Υδροστατική s' (m)	s-s'
0	80.4	690			10.5
2	69.9	692	346	14.7	11.6
3	68.8	693	231	13.6	12.35
4	68.05	694	173.5	12.85	12.86
5	67.54	695	139	12.34	13.97
6	66.43	696	116	11.23	14.88
7	65.52	697	99.5	10.32	15.55
8	64.85	698	87.25	9.65	16.46
9	63.94	699	77.6	8.74	17.15
10	63.25	700	70	8.05	18.24
12	62.16	702	58.5	6.96	19
14	61.4	704	50.2	6.2	20.46
16	59.94	706	44.1	4.74	19.85
18	60.55	708	39.3	5.35	20.22
20	60.18	710	35.5	4.98	20.86
25	59.54	715	28.6	4.34	21.25
30	59.15	720	24	3.95	21.68
35	58.72	725	20.7	3.52	21.96
40	58.44	730	18.2	3.24	22.48
50	57.92	740	14.8	2.72	22.87
60	57.53	750	12.5	2.33	22.44
70	57.96	760	10.8	2.76	23.28
80	57.12	770	9.6	1.92	23.4
90	57	780	8.6	1.92	23.45
100	56.95	790	7.9	1.75	80.4

Πίνακας 8: Επεξεργασία δεδομένων της γεώτρησης αντικατάσταση Νο 8 που βρίσκεται στα Μάλια.

t'	s'	t	t/t'	s-s'
1	3.1	5761	5761	3.58
2	1.3	5762	2881	5.38
3	1.2	5763	1921	5.48
4	1.15	5764	1441	5.53
5	1.1	5765	1153	5.58
6	1.05	5766	961	5.63
7	1.03	5767	823	5.65
8	1.02	5768	721	5.66
9	1	5769	641	5.68
10	1	5770	577	5.68
12	0.97	5772	481	5.71
14	0.96	5774	412	5.72
16	0.94	5776	361	5.74
18	0.94	5778	321	5.74
20	0.94	5780	289	5.74
22	0.93	5782	262	5.75
24	0.92	5784	241	5.76
26	0.92	5786	222	5.76
28	0.92	5788	206	5.76
30	0.91	5790	193	5.77
35	0.9	5795	165	5.78
40	0.88	5800	145	5.8
45	0.86	5805	129	5.82
50	0.85	5810	116	5.83
55	0.84	5815	105	5.84
60	0.82	5820	97	5.86
70	0.8	5830	83	5.88
80	0.79	5840	73	5.89
90	0.77	5850	65	5.91
100	0.75	5860	58.6	5.93
110	0.73	5870	53	5.95
120	0.72	5880	49	5.96
135	0.69	5895	43	5.99
150	0.65	5910	39.4	6.03
165	0.63	5925	35	6.05
180	0.6	5940	33	6.08
210	0.55	5970	28.4	6.13
240	0.52	6000	25	6.16
270	0.5	6030	22.3	6.18
300	0.48	6060	20.2	6.2
330	0.47	6090	18.4	6.21

Πίνακας 9: Υψόμετρα – όγκοι βροχοπτώσεων

Ισοϋψείς	Εμβαδό (m^2)	Ισοϋψής	Ισοϋέτη	Στρογγυλοποίηση	Μέση τιμή	Βροχόπτωση (mm)	Όγκος βροχής (m^3)
20-40	3623580,226	20	499,48	500	510	0,51	1848025,915
40-60	2739641,025	40	519,74	520	530	0,53	1452009,743
60-80	3140870,96	60	540	540	550	0,55	1727479,028
80-100	3253496,628	80	560,26	560	570	0,57	1854493,078
100-120	1926916,278	100	580,52	580	590	0,59	1136880,604
120-140	1251366,14	120	600,78	600	610	0,61	763333,3453
140-160	1086597,136	140	621,04	620	630	0,63	684556,1956
160-180	931654,4032	160	641,3	640	650	0,65	605575,3621
180-200	1204196,335	180	661,56	660	670	0,67	806811,5444
200-220	1728401,518	200	681,82	680	690	0,69	1192597,047
220-240	983613,4004	220	702,08	700	710	0,71	698365,5143
240-260	888155,8614	240	722,34	720	730	0,73	648353,7788
260-280	994233,4282	260	742,6	740	750	0,75	745675,0712
280-300	1361867,126	280	762,86	760	770	0,77	1048637,687
300-320	1242609,992	300	783,12	780	790	0,79	981661,8938
320-340	778655,0598	320	803,38	800	810	0,81	630710,5984
340-360	719184,6229	340	823,64	820	830	0,83	596923,237
360-380	795445,375	360	843,9	840	850	0,85	676128,5688
380-400	814761,4228	380	864,16	860	870	0,87	708842,4378
400-420	9554427,417	400	884,42	880	890	0,89	8503440,401
420-440	731780,9283	420	904,68	900	910	0,91	665920,6448
460-480	678233,9661	440	924,94	920	930	0,93	630757,5885
480-500	881292,9402	460	945,2	940	950	0,95	837228,2932
500-520	962002,3736	480	965,46	960	970	0,97	933142,3024
520-540	552566,0093	500	985,72	980	990	0,99	547040,3492
540-560	495881,7477	520	1005,98	1000	1010	1,01	500840,5652
560-580	505655,2455	540	1026,24	1020	1030	1,03	520824,9029
580-600	628275,1409	560	1046,5	1040	1050	1,05	659688,8979
600-620	670897,2727	580	1066,76	1060	1070	1,07	717860,0818
620-640	536994,6121	600	1087,02	1080	1090	1,09	585324,1272
640-660	472186,558	620	1107,28	1100	1110	1,11	524127,0794
660-680	513075,769	640	1127,54	1120	1130	1,13	579775,619
680-700	772309,7414	660	1147,8	1140	1150	1,15	888156,2026
700-720	1652879,428	680	1168,06	1160	1170	1,17	1933868,931
720-740	337623,0835	700	1188,32	1180	1190	1,19	401771,4694
740-760	287087,8197	720	1208,58	1200	1210	1,21	347376,2618
760-780	283357,8936	740	1228,84	1220	1230	1,23	348530,2091
780-800	375277,6233	760	1249,1	1240	1250	1,25	469097,0291
800-820	556554,8485	780	1269,36	1260	1270	1,27	706824,6576
820-840	366268,9893	800	1289,62	1280	1290	1,29	472486,9962
840-860	316770,7876	820	1309,88	1300	1310	1,31	414969,7318

860-880	325176,7689	840	1330,14	1320	1330	1,33	432485,1026
880-900	4994002,498	860	1350,4	1340	1350	1,35	6741903,372
900-920	1063411,787	880	1370,66	1360	1370	1,37	1456874,149
920-940	547252,5126	900	1390,92	1380	1390	1,39	760680,9925
940-960	368348,772	920	1411,18	1400	1410	1,41	519371,7685
960-980	305613,4085	940	1431,44	1420	1430	1,43	437027,1742
980-1000	261693,6331	960	1451,7	1440	1450	1,45	379455,768
1000-1020	153333,1187	980	1471,96	1460	1470	1,47	225399,6845
1020-1040	124880,6974	1000	1492,22	1480	1490	1,49	186072,2391
1040-1060	128115,8781	1020	1512,48	1500	1510	1,51	193454,9759
1060-1080	127900,0175	1040	1532,74	1520	1530	1,53	195687,0268
1080-1100	136964,1968	1060	1553	1540	1550	1,55	212294,505
1100-1120	136169,9209	1080	1573,26	1560	1570	1,57	213786,7758
1120-1140	114035,4492	1100	1593,52	1580	1590	1,59	181316,3642
1140-1160	108082,1318	1120	1613,78	1600	1610	1,61	174012,2322
1160-1180	118754,8384	1140	1634,04	1620	1630	1,63	193570,3866
1180-1200	130820,509	1160	1654,3	1640	1650	1,65	215853,8399
1200-1220	151702,5424	1180	1674,56	1660	1670	1,67	253343,2458
1220-1240	132958,4358	1200	1694,82	1680	1690	1,69	224699,7565
1240-1260	123291,0572	1220	1715,08	1700	1710	1,71	210827,7078
1260-1280	132425,2529	1240	1735,34	1720	1730	1,73	229095,6875
1280-1300	268221,6047	1260	1755,6	1740	1750	1,75	469387,8082
1300-1400	497862,9503	1280	1775,86	1760	1770	1,77	881217,422
1400+	156838,1568	1300	1796,12	1780	1790	1,79	280740,3007

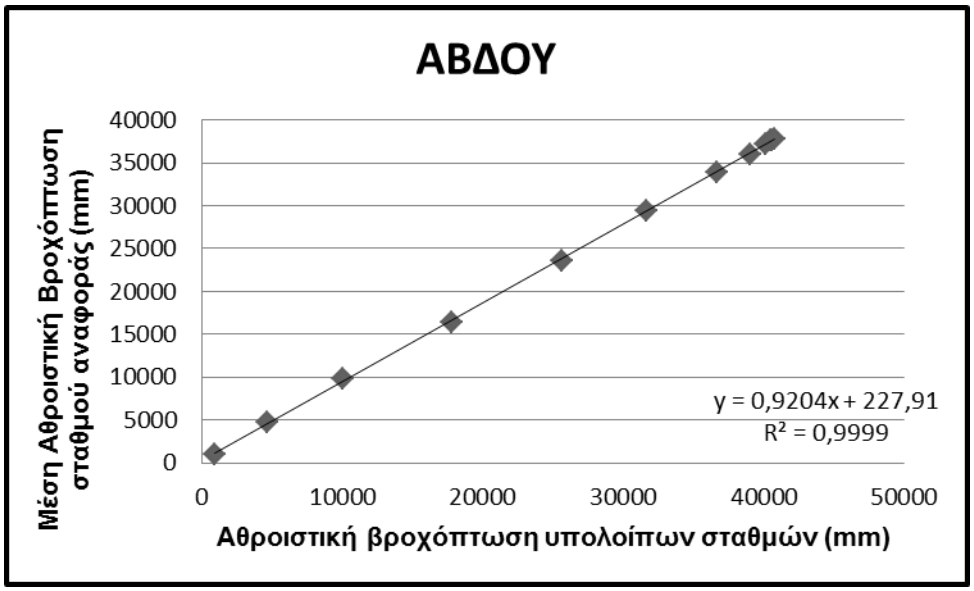
Πίνακας 10: επεξεργασία δεδομένων για τον υπολογισμό της εξάτμισης για τον σταθμό Καστέλι.

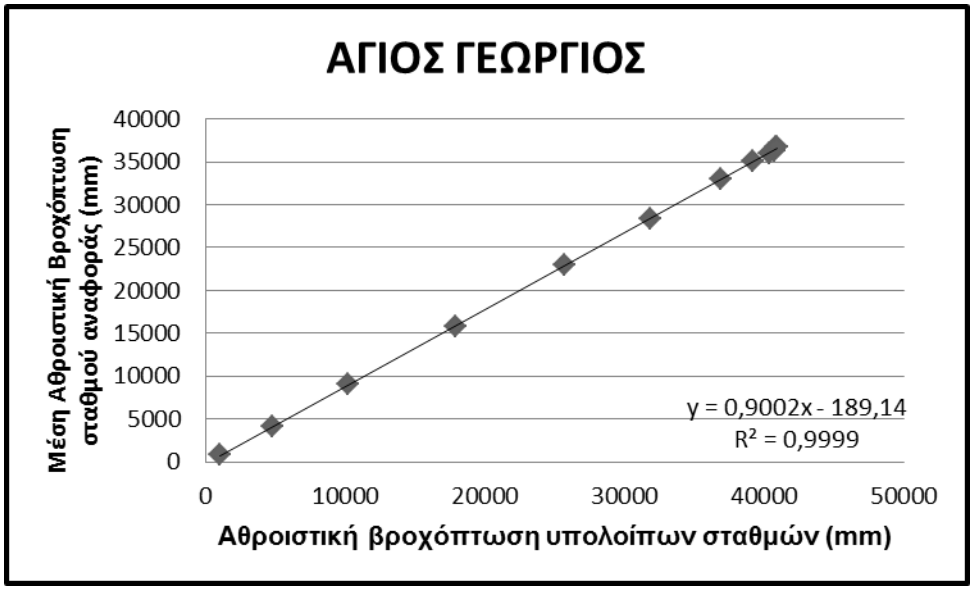
Για κάθε μήνα η θερμοκρασία επι την αντίστοιχη βροχόπτωση													
ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	**ΣΕΠ.**	**ΟΚΤ.**	**ΝΟΕ.**	**ΔΕΚ.**	**ΙΑΝ.**	**ΦΕΒ.**	**ΜΑΡ.**	**ΑΠΡ.**	**ΜΑΙ.**	**ΙΟΥΝ.**	**ΙΟΥΛ.**	**ΑΥΓ**	**ΣΥΝΟΛΟ**
1978-79	162	1573	1369	2625	1082	885	1196	354	561	2165	52,7	0	12024,7
1979-80	530	281	2520	2129	720	1423	920	701	179	21,2	0	25,3	9450,27
1980-81	129	1013	262	1707	2513	1331	113	293	98	0	0	0	7459,18
1981-82	0	0	1916	953	812	1540	1143	635	645	389	0	354	8386,1
1982-83	0	157	812	826	1202	1369	1124	313	53,9	1173	47	160	7236,96
1983-84	130	290	2857	2416	756	905	979	782	0	0	799	0	9914,64
1984-85	0	81	3078	1814	2756	952	933	894	55,2	0	0	0	10563,2
1985-86	0	784	450	1235	758	968	711	14	1090	113	0	0	6122,97
1986-87	2313	613	992	1858	951	1031	1042	2381	498	4,24	0	0	11684,6
1987-88	0	187	879	1849	541	1916	586	140	911	0	0	0	7008,83
1988-89	48,6	3411	1044	1275	454	57	980	0	618	26,8	0	0	7914,56
1989-90	0	1387	2018	321	422	644	67,8	227	0	88,8	0	221	5398,08
1990-91	179	652	1463	1363	1388	1277	218	428	294	17,8	0	0	7279,62
1991-92	0	2026	483	2356	333	556	608	323	429	103	0	0	7216,73
1992-93	0	0	768	1023	940	605	411	210	413	66,6	0	0	4436,2
1993-94	0	456	2038	344	2732	1305	341	113	140	0	0	0	7470,45
1994-95	0	4659	2777	1457	1100	514	1036	136	0	50,6	164	0	11894,1
1995-96	89,2	275	838	1010	1476	1520	1682	361	203	0	0	0	7455,65
1996-97	440	897	158	2000	638	1107	2703	451	163	206	0	0	8762,36
1997-98	176	1791	1933	1073	553	289	1925	755	87,7	2,23	0	0	8583,47
1999-00	580	0	258	1286	1170	707	445	145	650	0	0	0	5240,22
200-01	105	407	2196	1487	1160	2104	160	639	333	0	0	10	8600,89

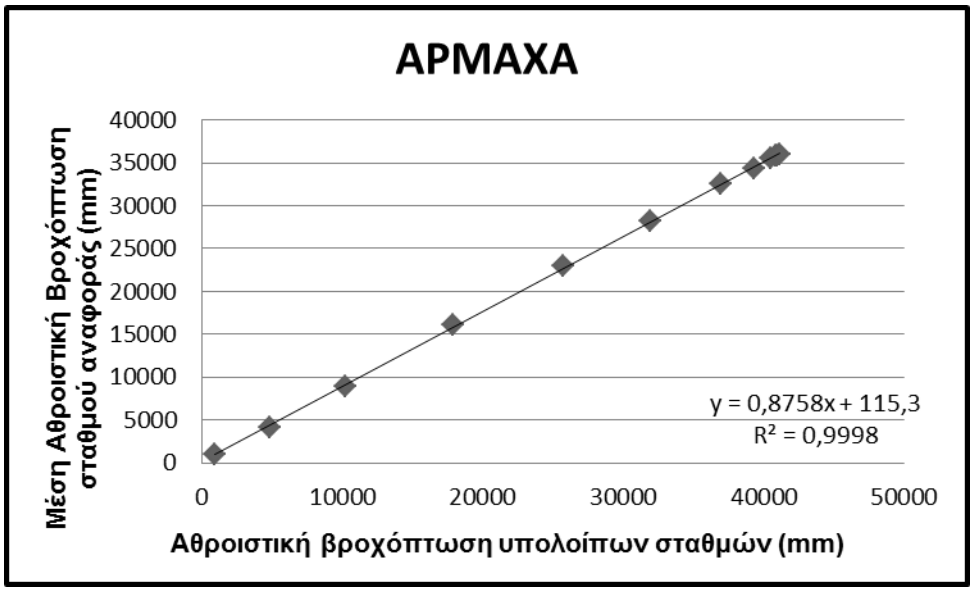
Πίνακας 11: επεξεργασία δεδομένων για τον υπολογισμό της εξάτμισης για τον σταθμό Αβδού.

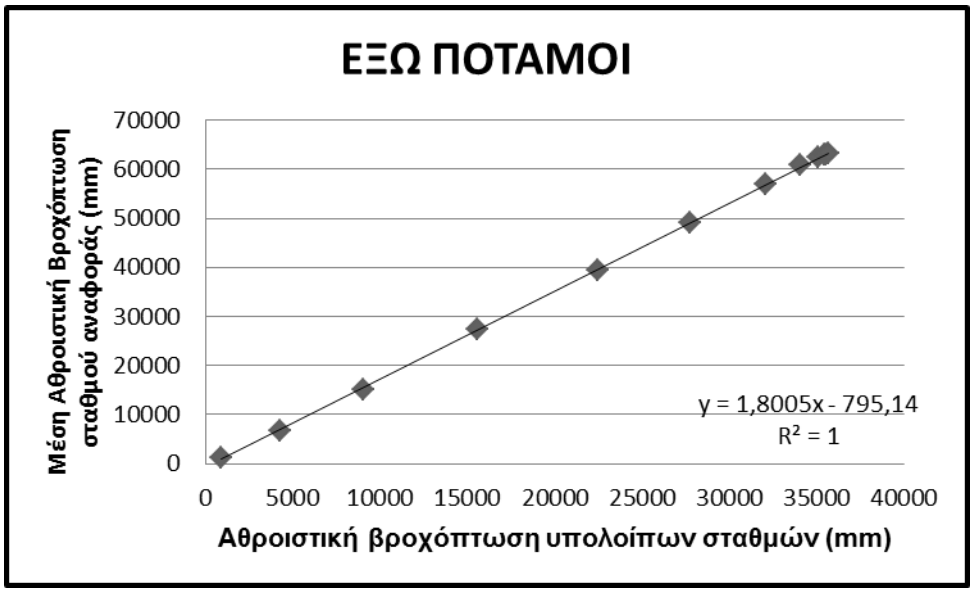
ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	**ΣΕΠ.**	**ΟΚΤ.**	**ΝΟΕ.**	**ΔΕΚ.**	**ΙΑΝ.**	**ΦΕΒ.**	**ΜΑΡ.**	**ΑΠΡ.**	**ΜΑΙ.**	**ΙΟΥΝ.**	**ΙΟΥΛ.**	**ΑΥΓ**	**ΣΥΝΟΛΟ**
1991-92	19,2	3032	668,1	2552,5	326,34	635,4	552,37	308,6	770,6	166	0	0	9031,1
1992-93	0	0	594,92	1243,6	1221	672,37	477,04	269,3	1213	186	0	0	5877,89
1993-94	0	1822	2329,7	278,25	2726	1046,25	458	141,1	167,4	0	0	0	8968,34
1994-95	0	4987	3123,9	1062	1058,48	709,92	1091,13	144	26,56	22,7	122,7	0	12348,6
1995-96	127,2	554,2	1140	717,55	1159,2	1813,35	1678,16	401,3	317,9	0	0	0	7908,9
1996-97	1070	1425	266	2403,1	1081,5	1730,4	3356,59	713,7	261,4	0	0	0	12307,3
1997-98	213,9	2104	2653,5	1238,1	572,39	388,55	2190,45	885	450,5	0	0	0	10696
1999-00	1032	57,3	260,1	1004,4	0	641,25	470,67	704,1	1337	0	0	0	5507,14
2000-01	0	672	2265	1559,6	1539,85	2410,65	169,2	710,5	810	0	0	170,1	10306,9

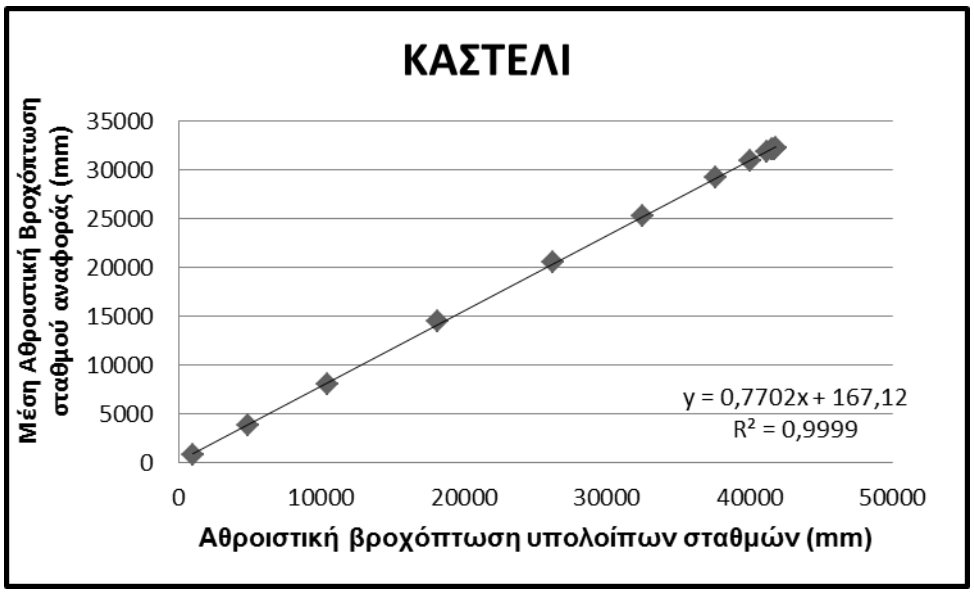
Αποτελέσματα σύμφωνα με την μηνιαία βροχόπτωση

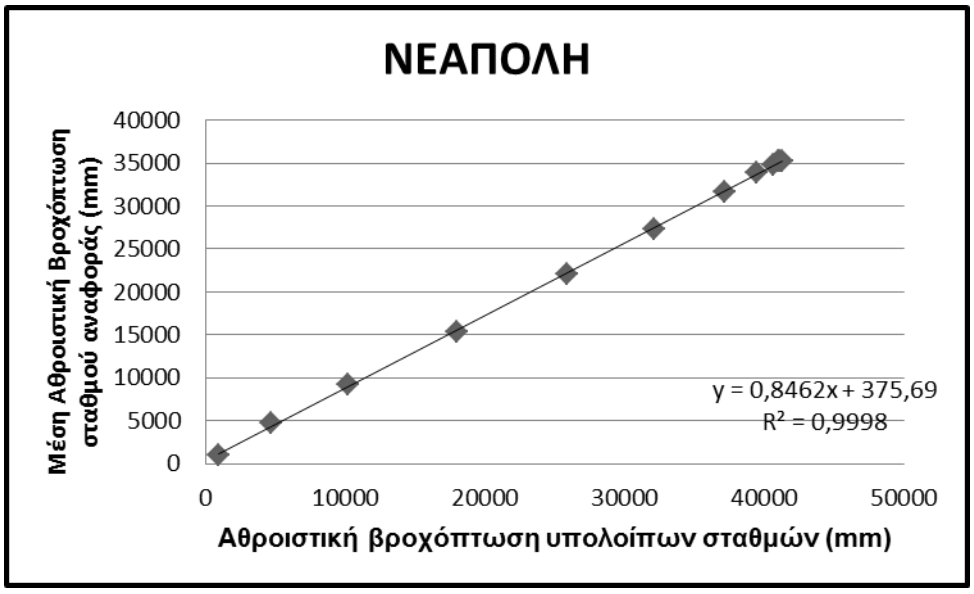




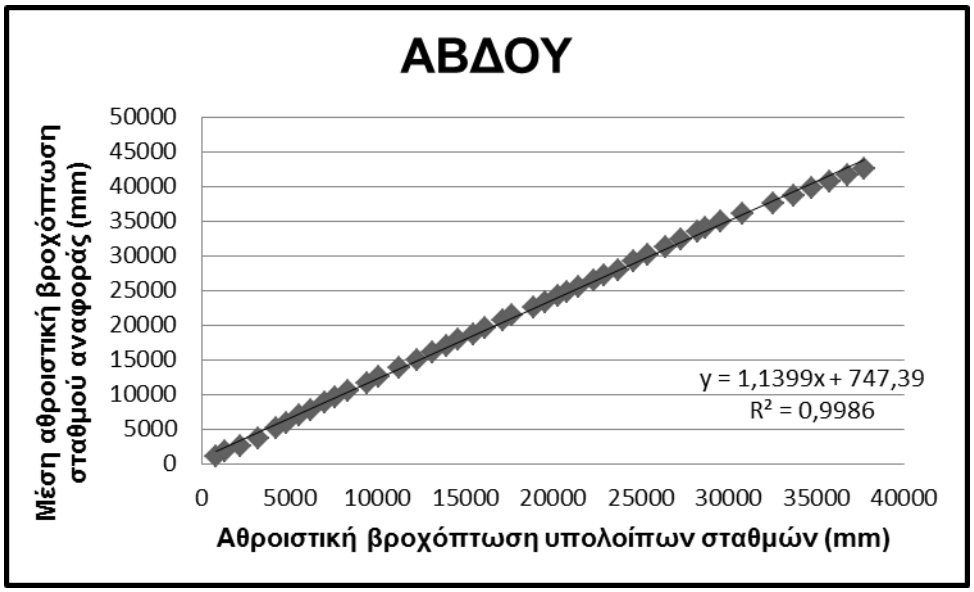


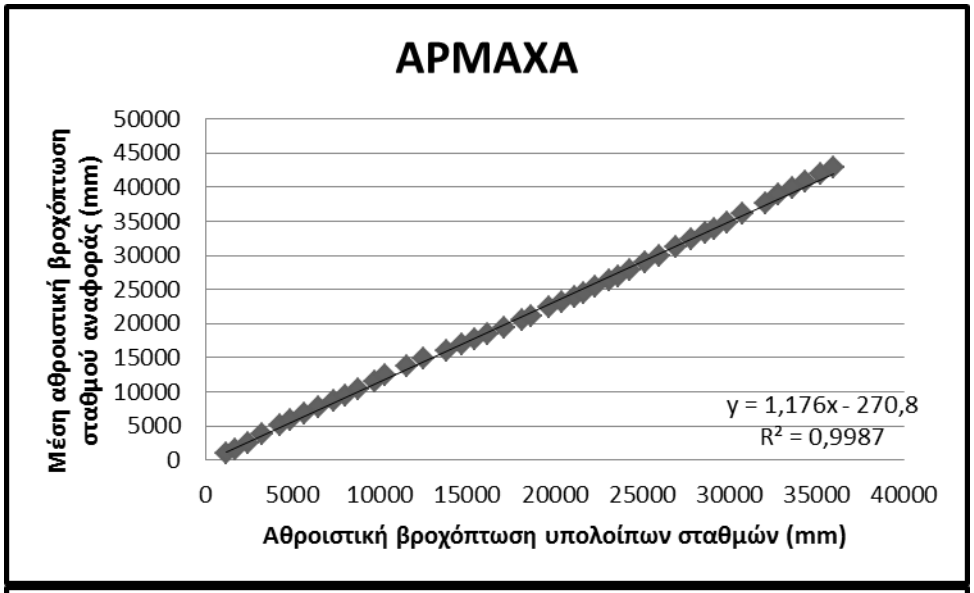

ΕΞΩ ΠΟΤΑΜΟΙ
Μέση Αθροιστική Βροχόπτωση σταθμού αναφοράς (mm)
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
0
5000
10000
15000
20000
25000
30000
35000
40000
y = 1,8005x - 795,14
R² = 1
Αθροιστική βροχόπτωση υπολοίπων σταθμών (mm)

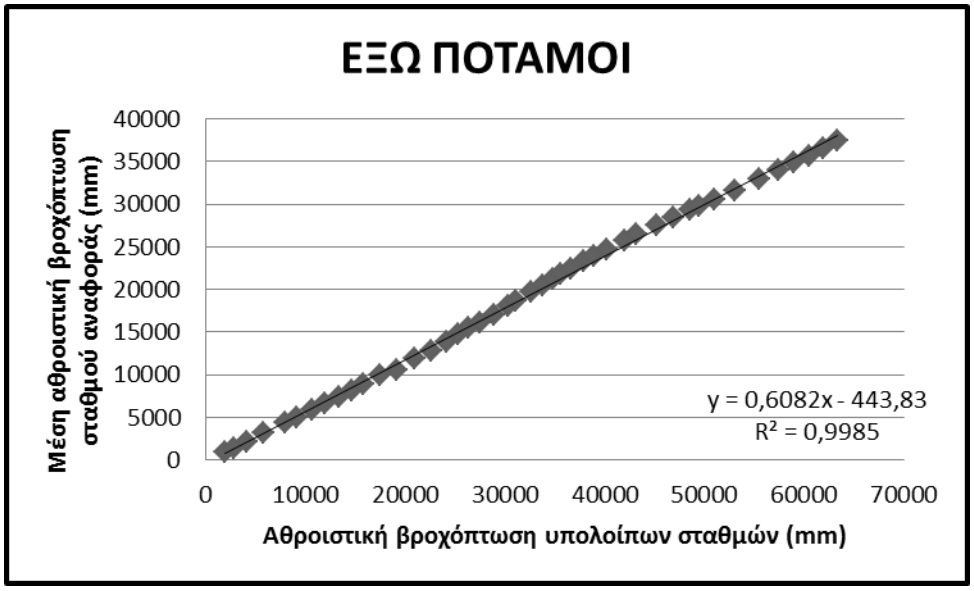

ΚΑΣΤΕΛΙ
Μέση Αθροιστική Βροχόπτωση σταθμού αναφοράς (mm)
35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
0
10000
20000
30000
40000
50000
y = 0,7702x + 167,12
R² = 0,9999
Αθροιστική βροχόπτωση υπολοίπων σταθμών (mm)

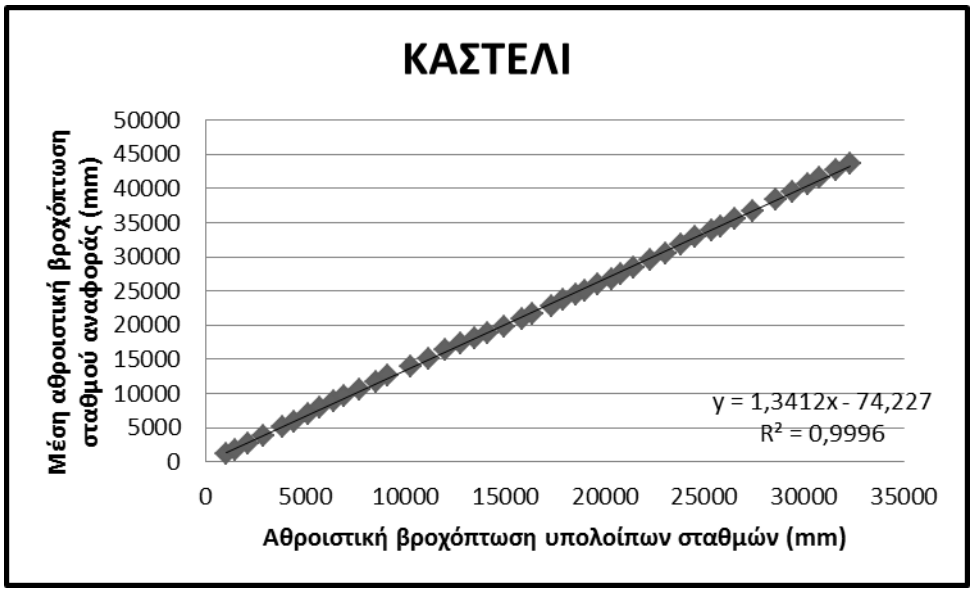

ΝΕΑΠΟΛΗ
Μέση Αθροιστική Βροχόπτωση σταθμού αναφοράς (mm)
40000
35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
0
10000
20000
30000
40000
50000
y = 0,8462x + 375,69
R² = 0,9998
Αθροιστική βροχόπτωση υπολοίπων σταθμών (mm)

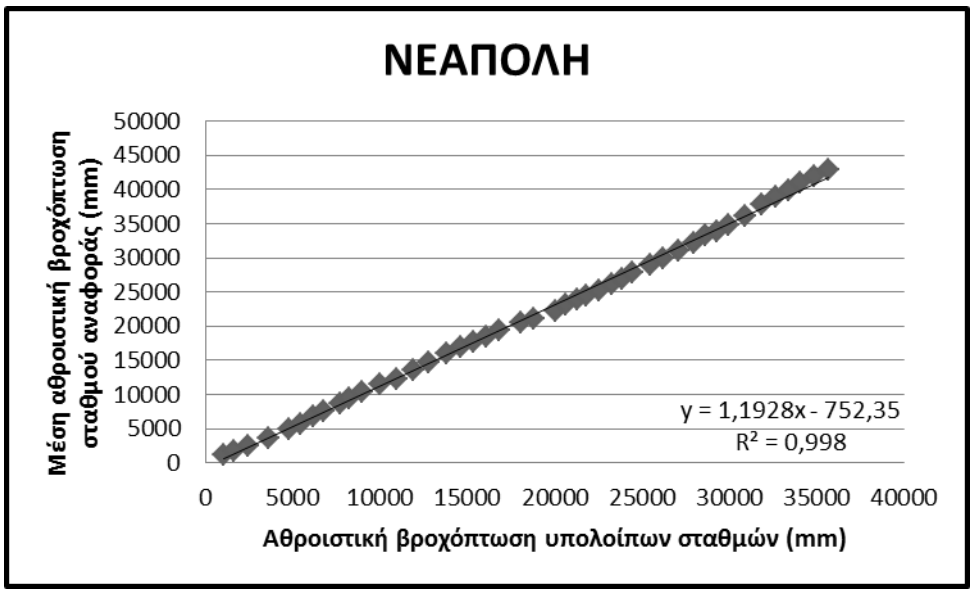
- **Αποτελέσματα σύμφωνα με την ετήσια βροχόπτωση**



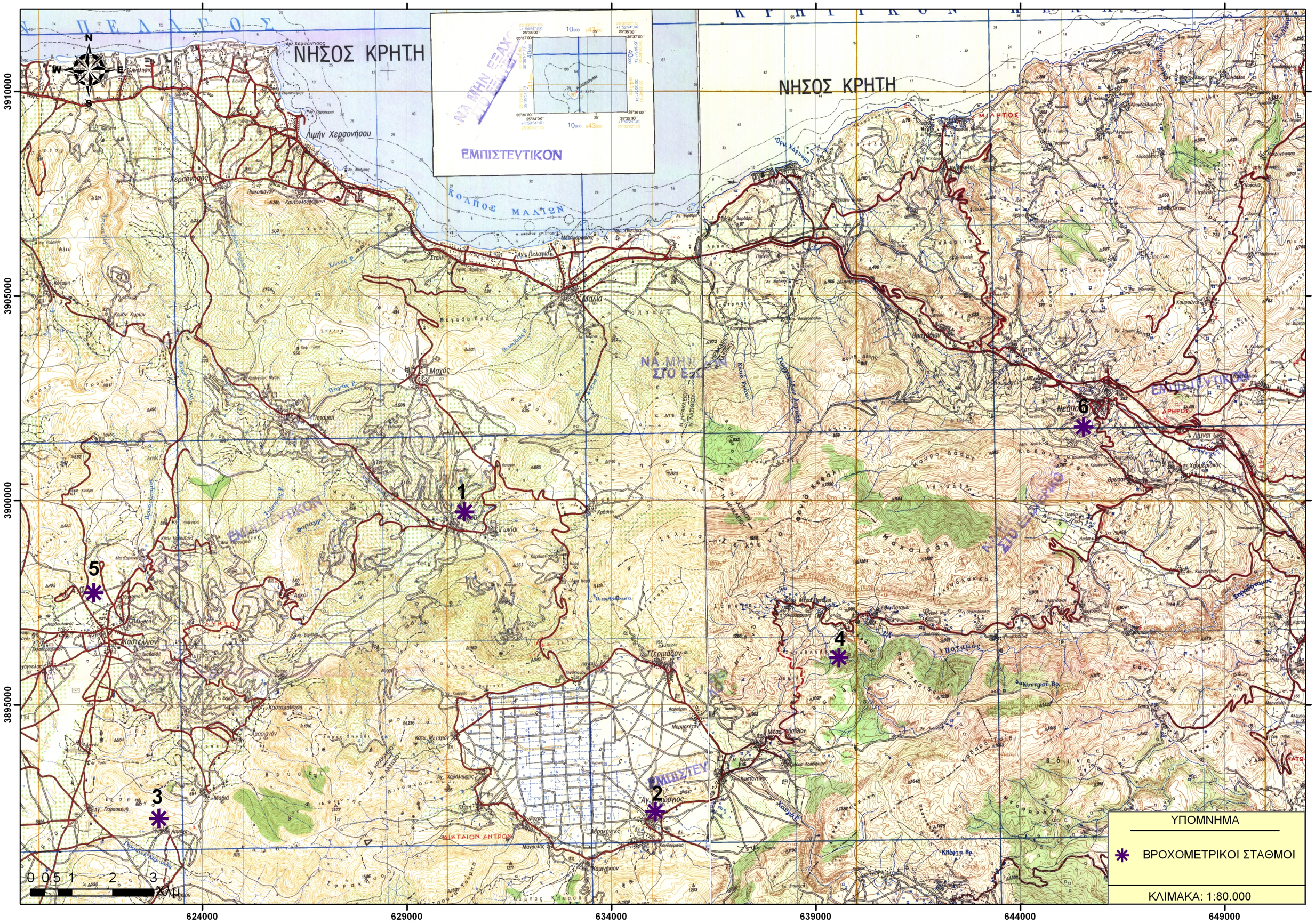



ΕΞΩ ΠΟΤΑΜΟΙ
Μέση αθροιστική βροχόπτωση σταθμού αναφοράς (mm)
40000
35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
0
10000
20000
30000
40000
50000
60000
70000
Αθροιστική βροχόπτωση υπολοίπων σταθμών (mm)
y = 0,6082x - 443,83
R² = 0,9985

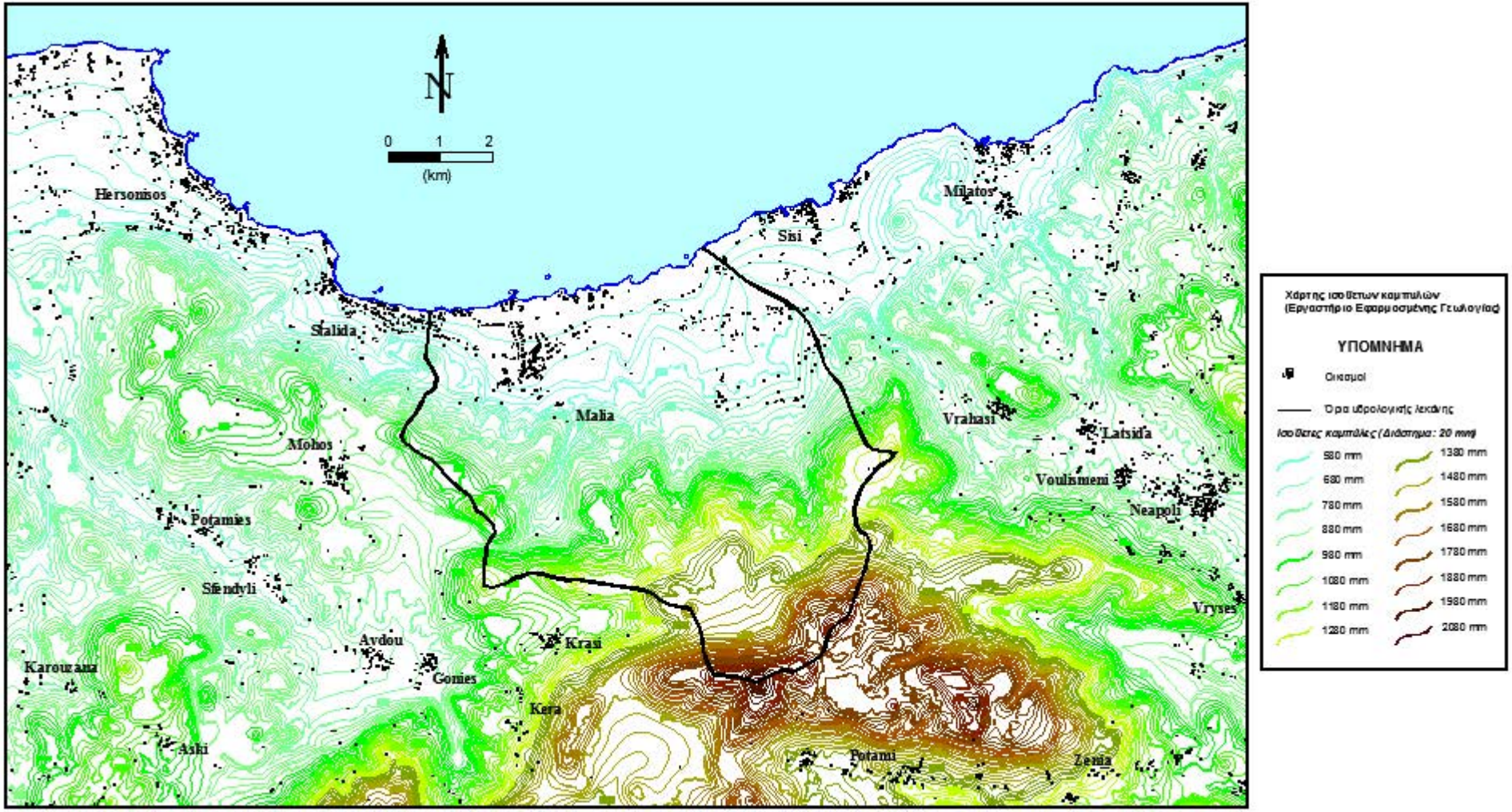

ΚΑΣΤΕΛΙ
Μέση αθροιστική βροχόπτωση σταθμού αναφοράς (mm)
50000
45000
40000
35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
0
5000
10000
15000
20000
25000
30000
35000
Αθροιστική βροχόπτωση υπολοίπων σταθμών (mm)
y = 1,3412x - 74,227
R² = 0,9996


ΝΕΑΠΟΛΗ
Μέση αθροιστική βροχόπτωση σταθμού αναφοράς (mm)
50000
45000
40000
35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
0
5000
10000
15000
20000
25000
30000
35000
40000
Αθροιστική βροχόπτωση υπολοίπων σταθμών (mm)
y = 1,1928x - 752,35
R² = 0,998

ΧΑΡΤΗΣ 1


ΝΗΣΟΣ ΚΡΗΤΗ
ΝΗΣΟΣ ΚΡΗΤΗ
ΠΕΛΑΓΟΣ ΚΡΗΤΗΣ
ΚΟΛΠΟΣ ΜΑΛΙΩΝ
Λιμήν Χερσονήσου
Χερσόνησος
Μαλία
Μοχός
Γωνιαί
Καστέλλιον
Ποτάμος
Νέπιος
Λίμναι
ΔΡΗΡΟΣ
ΜΙΛΗΤΟΣ
ΙΚΤΑΙΟΝ ΑΝΤΡΟΝ
ΕΜΠΙΣΤΕΥΤΙΚΟΝ
ΝΑ ΜΗΝ ΕΞΑΧΘΟΥΝ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ
1
2
3
4
5
6
3910000
3905000
3900000
3895000
624000
629000
634000
639000
644000
649000
0 0.5 1 2 3 Χλμ
ΥΠΟΜΝΗΜΑ
ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ
ΚΛΙΜΑΚΑ: 1:80.000

ΧΑΡΤΗΣ 2


N
0 1 2
(km)
Hersonisos
Milatos
Sisi
Stalida
Malia
Mohos
Vrahasi
Latsida
Voulismeni
Neapoli
Potamies
Sfendyli
Vryses
Avdou
Krasi
Karoutani
Gonies
Kera
Asiki
Potami
Zenia
Χάρτης ισοβίτων καμπυλών
(Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Γεωλογίας)
ΥΠΟΜΝΗΜΑ
Οικισμοί
Όρια υδρολογικής λεκάνης
Ισοβίτες καμπύλες (Διάστημα: 20 mm)
580 mm
680 mm
780 mm
880 mm
980 mm
1080 mm
1180 mm
1280 mm
1380 mm
1480 mm
1580 mm
1680 mm
1780 mm
1880 mm
1980 mm
2080 mm