



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΟΥ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ
ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ
ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΟΙΝΟΗ
ΠΟΤΑΜΟΥ(Ν.Αττικής)**

Πτυχιακή Εργασία
της Νασοπούλου Ιωάννας

Αθήνα, Φεβρουάριος 2006

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει σκοπό την ανάλυση του υδρολογικού ισοζυγίου της λεκάνης απορροής του ποταμού Οινόη ή Χάραδρου που βρίσκεται στον νομό Αττικής. Με βάση τον τύπο του υδρολογικού ισοζυγίου έγινε προσπάθεια εκτίμησης των παραμέτρων του κύκλου νερού για την περιοχή του Οινόη ποταμού, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Στα πλαίσια της εργασίας μελετήθηκε το κλίμα της περιοχής μετά από την επεξεργασία των λιγοστών πρωτογενών στοιχείων βροχομετρικών σταθμών που συλλέχθηκαν για την συγκεκριμένη λεκάνη απορροής. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης από την υπάρχουσα βιβλιογραφία.

Για την ανάλυση του υδρολογικού ισοζυγίου, υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας τις μεθοδολογίες που κρίθηκαν σε κάθε περίπτωση κατάλληλες, οι παράμετροι από τους οποίους εξαρτάται. Η πρώτη παράμετρος που παίζει σημαντικό ρόλο στον υδρολογικό κύκλο είναι ο όγκος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (P) που δέχεται η λεκάνη. Με δεδομένα τα ελάχιστα βροχομετρικά δεδομένα που ήταν διαθέσιμα για την περιοχή μελέτης, κρίθηκε σκόπιμη η χρησιμοποίηση της μεθόδου μετατροπής των ισοϋψών καμπυλών σε υσοιέτιες.

Η δεύτερη παράμετρος του υδρολογικού ισοζυγίου που αναλύθηκε είναι η εξατμισοδιαπνοή (E). Όπως για τον όγκο του νερού που δέχεται η λεκάνη (P) έτσι και για την παράμετρο της εξατμισοδιαπνοής αναπτύχθηκαν κάποιοι μέθοδοι υπολογισμού και εν συνεχεία έγινε εφαρμογή του τύπου του Turc για τη εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής στην λεκάνη απορροής που μελετήθηκε.

Η τελευταία παράμετρος του υδρολογικού ισοζυγίου που υπολογίστηκε είναι η κατείσδυση, η ποσότητα του νερού δηλαδή που χάνεται διαπερνώντας τους γεωλογικούς σχηματισμούς που καλύπτουν την λεκάνη. Για την εκτίμηση του ποσοστού κατείσδυσης χρησιμοποιήθηκε ο υδρογεωλογικός χάρτης της ευρείας περιοχής Αγίου Θωμά - Μαλακάσας – Καλάμου – Μαραθώνα που έχει εκπονηθεί από την υδρογεωλογική έρευνα των (Δούνα Α.κ.α, 1980). Με την χρήση του λογισμικού Arcmap δημιουργήθηκε μια πολυεπίπεδη βάση δεδομένων (ισοϋψείς καμπύλες, υδρογραφικό δίκτυο, υδροκρίτης, λιθολογικοί σχηματισμοί) αναλογικών χαρτών (τοπογραφικοί χάρτες κλίμακας 1:50.000, υδρολιθολογικός χάρτης κλίμακας 1:50.000).

Η εκτίμηση των παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου για την λεκάνη απορροής του Οινόη ποταμού έδειξε ότι δέχεται ετησίως συνολικό όγκο νερού που ανέρχεται $163279977,2 \text{ m}^3$. Η ποσότητα του νερού αυτού χάνεται λόγω του φαινομένου της εξάτμισης και διαπνοής, ενώ ποσότητα $32734074,69 \text{ m}^3$ κατεισδύει μέσω της διαπερατότητας των γεωλογικών σχηματισμών εμπλουτίζοντας τους υδροφόρους ορίζοντες της περιοχής. Η τελική ποσότητα νερού που αποτελεί την επιφανειακή απορροή, εκτιμήθηκε σε m^3 . Σημαντική επέμβαση στον υδρολογικό κύκλο της λεκάνης, η κατασκευή του φράγματος του Μαραθώνα το 1929, για την ύδρευση της πόλης της Αθήνας.

Η μακροπρόθεσμη επίπτωση από την λειτουργία του φράγματος αφορά την παράκτια ζώνη της πεδιάδας του Μαραθώνα που λόγω έλλειψης τροφοδοσίας με ποτάμια ιζήματα υποχωρεί σημαντικά. Επιπλέον, η αύξησης της δόμησης στην λεκάνη που παρατηρείται την τελευταία δεκαετία, εκτιμάται ότι επηρεάζει την αναλογία κατείσδυσης-επιφανειακής απορροής.

ABSTRACT

The aim of this study is to estimate the hydrological cycle analysis for the Inois (Haradros) river drainage basin which is located on the eastern part of Attica. Based on the equation of the hydrological cycle an attempt was made to calculate the hydrological parameters for Inois river using GIS techniques. The climate of the study area was investigated using precipitation and air temperature data collected from a few meteorological stations around the basin. Additionally, the geomorphological characteristics of the area are mentioned based on the results of previous studies.

For the water cycle analysis, all hydrological parameters were calculated using methodologies, which were considered to be the most reliable. The first parameter that plays important role for the water regime of the area is precipitation (P). For the calculation of this parameter contour lines were transformet to precipitation iso-lines.

The second parameter was Evaporo-transpiration (E). The selected methodology, which is suitable for the study drainage basin characteristics, was the methodology proposed by Turc.

The last estimated parameter was infiltration which corresponds to the amount of precipitation that penetrates through geological formations of the basin. In order to calculate Infiltration the hydrogeological map for the broader area of Ag. Thomas – Malakasas – Kalamos and Marathon was used. A spatial database for the drainage basin was constructed (including contour lines, watershed, drainage network and lithological formations) derived from analogue maps (topographical sheets at scale 1:50000, hydrogeological map of the same scale).

The hydrological cycle analysis of the drainage basin of Inois river showed that the area receives annually $163.279.977,2 \text{ m}^3$ of precipitated water. A part of that, which reaches $114.736.905,4 \text{ m}^3$ is lost due to evaporation and transpiration processes while an amount of $32.734.074,69 \text{ m}^3$ penetrates through geological formations, increasing the amounts of underground water. Finally the runoff is reaches $15809017,11 \text{ m}^3$. An important manmade interference for the water cycle of the area is the construction of a dam in 1929, near the town of Marathon, in order to supply Athens with potable water. The most important consequence from this dam was the slacken of sediment supply at the coastal plain shoreline causing significant retreat due to marine processes. In addition, the urbanization of the drainage basin, which was increased dramatically during the last decades, has influenced the infiltration/runoff proportion.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η σημασία των ποταμών και τα διαχρονικά τους ωφέλη για τον άνθρωπο.

Από την αρχαιότητα, ήταν γνωστή η σημασία και η σπουδαιότητα του νερού για την επιβίωση του ανθρώπου και την βιολογική του ανάπτυξη. Ο Θαλής ο Μιλήσιος είχε αναγνωρίσει ότι το νερό είναι η πρωταρχική ουσία από όπου προέρχονται όλα τα υλικά πράγματα στην ζωή του ανθρώπου, πολλά χρόνια πριν η επιστήμη το αποδείξει. Όπως είναι γνωστό από την ιστορία, ο άνθρωπος έχοντας αναγνωρίσει την σπουδαιότητα του νερού και ότι μπορεί να παραχθεί από αυτό προς όφελος του, δημιούργησε από την προϊστορική περίοδο, καταυλισμούς στις όχθες των ποταμών. Με την πάροδο του χρόνου δημιουργήθηκαν και συγκροτήθηκαν σπουδαίοι πολιτισμοί κοντά σε ποτάμια και υδάτινες περιοχές. (Σκουλικίδης Ν.Θ., 1997). Έτσι, τα πανάρχαια χρόνια, άνθησαν οι ποτάμιοι πολιτισμοί του Παλαιού Κόσμου κατά μήκος υδάτινων ρευμάτων, όπως του Κίτρινου Ποταμού (Κινέζικος πολιτισμός), του Ινδού (προϊνδικός πολιτισμός), του Ευφράτη και του Τίγρη (Σουμέριοι, Βαβυλώνιοι, Ασσύριοι), και του Νείλου (Αιγυπτιακός πολιτισμός). (Fernand Braudel, 2001)

Η κύρια αιτία ανάπτυξης και δημιουργίας των πολιτισμών σε αυτές τις περιοχές ήταν η ευκολία ύδρευσης που πρόσφεραν τα ποτάμια και το γεγονός ότι οι εύφορες παραποτάμια καλλιέργειες τους εξασφάλιζαν πιο εύκολα τροφή. Επίσης, ένα από τα πλεονεκτήματα εγκατάστασης σε παραποτάμια περιοχές ήταν η δυνατότητα μετακίνησης και εμπορίας αγαθών από την μία πόλη στην άλλη, με την κατασκευή πλεούμενων σχεδίων. Σχετικά με την πρακτική πλευρά των ποταμών, μπορεί να αναφερθεί ο σπουδαίος ρόλος που έπαιζαν οι περιοχές αυτές για τα αμυντικά συστήματα που είχαν αναπτύξει οι εκάστοτε πολιτισμοί με την δημιουργία απροσπέλαστων κάστρων, καλά οχυρωμένων, που έκαναν δύσκολη την πρόσβαση των εχθρών που κάθε φορά καλούνταν να αντιμετωπίσουν.

Εκτός, όμως από τα πρακτικά πλεονεκτήματα των ποταμών, σπουδαία ήταν και η αισθητική τους παρουσία στο περιβάλλον και ουκ ολίγες φορές αποτέλεσαν πηγή έμπνευσης για πολλούς καλλιτέχνες. Επιπλέον, αρκετοί επιστήμονες ήδη από την αρχαιότητα βρήκαν στα ποτάμια πρόσφορο πεδίο για επιστημονικές παρατηρήσεις, θεωρίες και έρευνα.

Σύμφωνα με την μυθολογία οι αρχαίοι Έλληνες λάτρευαν τους ποταμούς σαν αρσενικές θεότητες, θεωρώντας ότι σε αυτούς οφείλουν τις υπάρχουσες εύφορες

γαίες τους στις οποίες στήριζαν όλη την οικονομική και παραγωγική τους δυναμικότητα. Στο χώρο της Ελλάδας, μέσα από ανακαλύψεις αρχαιολόγων και σύμφωνα με ιστορικούς, έχουν έρθει στο φως και περιγραφές πολλών καταυλισμών - οικισμών σε παραποτάμιες περιοχές από την Παλαιολιθική ήδη εποχή. Συγκεκριμένα, υπάρχουν ευρήματα και στοιχεία στην περιοχή του Θεσσαλικού Πηνειού, ο οποίος μάλιστα θεωρείται ότι ήταν ένας από τους πολυπληθέστερους καταυλισμούς που έχουν ανακαλυφθεί στον Ελλαδικό χώρο. Μάλιστα, ο ποταμός Πηνειός και ο Αχελώος αποτελούσαν τους πιο ένδοξους ποτάμιους θεούς στην αρχαία Ελλάδα. Στην αρχαία Αθήνα ο πιο σπουδαίος ποτάμιος θεός ήταν ο Κηφισός, ο οποίος εθεωρείτο ζωοδότης και αποτελούσε τη κύρια πηγή ύδρευσης στον Ελαιώνα.

Στην σύγχρονη εποχή τα πράγματα έχουν αλλάξει και με την χρήση της τεχνολογίας τα ποτάμια προσφέρουν πολλά περισσότερα σε διάφορους τομείς της ζωής του ανθρώπου. Αυτό που έχει διατηρηθεί από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα είναι η αξία των ποταμών για τις εύφορες καλλιεργήσιμες εκτάσεις και μάλιστα σε πολλές χώρες (π.χ. χώρες του τρίτου κόσμου και χαμηλής οικονομικής ανάπτυξης) η οικονομία τους στηρίζεται κατά κύριο λόγο στην παραγωγή των προϊόντων τους που ευδοκιμούν σε ποτάμιες και εύφορες περιοχές. Τα υδροηλεκτρικά εργοστάσια έπαιζαν στον προηγούμενο αιώνα και παίζουν ακόμη και σήμερα σημαντικό ρόλο στην παραγωγή πολύτιμης ενέργειας, ενώ εκτιμάται ότι θα συνεχίσουν να έχουν σημαντική αξία στην ζωή των ανθρώπων και στο μέλλον. Η αλματώδης ανάπτυξη της τεχνολογίας που συντελείται σε συνδυασμό με την εκμετάλλευση των θερμικών και διαλυτικών ιδιοτήτων που περιέχονται στο νερό επέτρεψαν την τεράστια ανάπτυξη της βιομηχανίας στην σύγχρονη εποχή.

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας και τα σύγχρονα μηχανήματα που σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν χρησιμοποιήθηκαν στα ποτάμια με κύριο σκοπό να προσφέρουν στον σύγχρονο άνθρωπο παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, να συνεισφέρουν στον τομέα και να προσφέρουν σημαντικές βελτιώσεις στις υδατοκαλλιέργειες. Η σπουδαιότερη συνεισφορά των ποταμών στην ζωή του ανθρώπου είναι η ύδρευση και η άρδευση και η παραγωγή ενέργειας. Τα ποτάμια χρησιμοποιούνται για την άρδευση της γης κάνοντάς την παραγωγικότερη ενώ παράλληλα τα λεπτόκοκκα υλικά που μεταφέρουν με το νερό και αποθέτουν κάνουν το έδαφος γονιμότερο. Εξίσου σπουδαία είναι και η υδρευτική τους αξία, τροφοδοτώντας σε αρκετές περιπτώσεις τα υδραγωγεία με νερό και δίνοντας λύσεις στην υδροδότηση των πόλεων. Χαρακτηριστική περίπτωση οι ποταμοί Μόρνος και

Εύηνος, από τους οποίους υδροδοτείται τις τελευταίες δεκαετίες το λεκανοπέδιο της Αθήνας.

Επιπλέον τα ποτάμια έχουν αποτελέσει χώρους συγκέντρωσης, άθλησης και αναψυχής πράγμα που δείχνει τη θεμελιώδη σημασία τους για το πολιτισμό και την ποιότητα ζωής. Δραστηριότητες αναψυχής που σχετίζονται με τα ποτάμια είναι το ερασιτεχνικό ψάρεμα, η κωπηλασία καθώς επίσης και η απόλαυση που απολαμβάνει κανείς από την ομορφιά που προκαλεί το τοπίο, η ηρεμία του νερού και οι εικόνες που αποτυπώνονται στον επισκέπτη.

Ανακεφαλαιώνοντας, καταδεικνύεται ότι τα ποτάμια κυριαρχούν στην ζωή του ανθρώπου. Έχουν αξία βιολογική, υδρευτική, αρδευτική, αλιευτική, κτηνοτροφική, θηραματική, υλοτομική, υδροηλεκτρική, αμμοληπτική, εκπαιδευτική, επιστημονική, πολιτιστική, ψυχαγωγική, αλλά και στρατιωτική δημιουργώντας αδιάβαστα φυσικά κωλύματα και άξονες συγκοινωνιών. Η εγκατάσταση λοιπόν και η ανάπτυξη των μεγάλων πληθυσμιακών κέντρων δεν πραγματοποιήθηκε τυχαία κοντά σε περιοχές όπου υπήρχαν ποτάμια. (Σκουλικίδης Ν.Θ., 1997)

1.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά ενός ποταμού.

Το νερό των ποταμών προέρχεται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα που δέχεται μια περιοχή και συγκεντρώνονται επιφανειακά με άμεσο αποτέλεσμα την ροή. Τα νερά που συγκεντρώνονται επιφανειακά από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και δεν χάνονται λόγω της εξάτμισης ή της κατείσδυσης διαμορφώνουν ρυάκια, τα οποία καταλήγουν σε ακόμα μεγαλύτερες υδάτινες ροές, τα ποτάμια. Τα ρυάκια που δημιουργούνται από την αλληλεπίδραση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων με το ανάγλυφο και τους σχηματισμούς της περιοχής, ενώνονται μεταξύ τους, σχηματίζοντας το υδρογραφικό δίκτυο, μέσω του οποίου αποστραγγίζεται μια συγκεκριμένη περιοχή, που αποτελεί την λεκάνη απορροής.

Ένας ποταμός αποτελείται από την κοίτη, τις όχθες του, τις παρόχθιες περιοχές και τις πλυμμυρικές επιφάνειες. Επιπλέον, κατά μήκος της διαδρομής του διακρίνεται ο άνω, ο μέσος και ο κάτω ρους. Συνήθως ο άνω ρους του ποταμού χαρακτηρίζεται από ορμητικά και απότομα νερά, που διασχίζουν βαθιές, βραχώδεις και απότομες κοιλάδες οι οποίες έχουν μορφή V. Χαρακτηριστικά του άνω ρου των ποταμών είναι οι καταρράκτες, οι μεγάλες μορφολογικές κλίσεις και κυρίαρχη διεργασία, η διάβρωση. Καθώς τα ποτάμια φθάνουν σε χαμηλότερα υψόμετρα, η

κίνηση των νερών γίνεται πιο ήρεμη και πιο αργή και η κοίτη τους αποκτά μεγαλύτερο πλάτος. Στο κάτω ρου του ποταμού κυριαρχούν οι μικρές μορφολογικές κλίσεις και κυρίαρχη διεργασία είναι η απόθεση των μεταφερόμενων υλικών. Η κατάληξη του ποταμού, είναι το σημείο όπου γίνεται η εκβολή των νερών του σε θάλασσα ή λίμνη. Εκεί καταλήγουν μεγάλες ποσότητες ιζημάτων και όταν πληρούνται οι κατάλληλες προϋποθέσεις (μικρό βάθος, μικρός κυματισμός, περιορισμένα παράκτια ρεύματα) σχηματίζονται τα γνωστά **δέλτα** των ποταμών, τα οποία έχουν πάρει την ονομασία τους από το χαρακτηριστικό τους σχήμα που μοιάζει με το γράμμα Δ. (Σκουλικίδης Ν.Θ., 1997)

Η δράση του υδρογραφικού δικτύου κάθε περιοχής, έχει ως αποτέλεσμα την διάβρωση, την μεταφορά των προϊόντων της διάβρωσης και την απόθεση τους στις χαμηλές τοπογραφικά περιοχές. Η δράση των διεργασιών αυτών διαμορφώνει το ανάγλυφο της λεκάνης απορροής.

1.3 Τα ποτάμια ως υδροβιότοποι σπουδαίας οικολογικής και περιβαλλοντικής σημασίας.

Τα ποτάμια αποτελούν ένα σημαντικό περιβάλλον που διατηρεί ένα πλούσιο και πολύπλοκο έμβιο κόσμο. Η ταχύτητα του τρεχούμενου νερού καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την σύνθεση των φυτικών και ζωικών κοινοτήτων σε κάθε τμήμα του ποταμού. Τα ορεινά ρεύματα περιέχουν ελάχιστους ζωντανούς οργανισμούς και καθόλου ψάρια. Επιπλέον, το νερό που κινείται γρήγορα στα ρεύματα του ποταμού δεν επιτρέπει να ριζώσουν πολλά υδρόβια φυτά.

Σε τμήματα κατά μήκος του ποταμού, όπου αποτίθεται λεπτόκοκκα υλικά λάσπη και η ροή του νερού είναι αργή, οι κοινότητες των φυτικών και ζωικών οργανισμών που ζουν μοιάζουν αρκετά με αυτές που αναπτύσσονται στις λίμνες. Αντίθετα, στα τμήματα όπου η κίνηση του νερού είναι γρήγορη οι κοινότητες διαφέρουν σε αρκετά χαρακτηριστικά και αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι οι θερμοκρασίες είναι πιο χαμηλές, ψυχρότερες και υπάρχει περισσότερο οξυγόνο.

Αυτό που παρατηρείται στις κοινότητες των ποταμών τις περισσότερες φορές είναι ότι δεν είναι τόσο περίπλοκες όσο αυτές των λιμνών. Τα κύρια είδη που υπάρχουν είναι τα έντομα και τα οστρακόδερμα.

Πολλά είδη ζώων βασίζονται αποκλειστικά στην επιφάνεια του νερού και εκεί περνούν ολόκληρη την ζωή τους. Υπάρχουν βέβαια και άλλα που δεν μπορούν να

ζήσουν σε περιβάλλον με γλυκό νερό, όπως είναι τα αμφίβια ζώα (βάτραχος). Τα ζώα τα οποία δεν είναι άμεσα εξαρτημένα από το νερό, επισκέπτονται τα ποτάμια αλλά και τις λίμνες για να ικανοποιήσουν την δίψα τους και δεν ανήκουν στην κατηγορία των αμφιβίων είναι τα ανώτερα σπονδυλωτά. Επίσης, υδρόβια είναι πολλά ερπετά, όπως τα φίδια τα οποία βρίσκονται γύρω και μέσα στα ποτάμια. Μια άλλη κατηγορία ζώων που επισκέπτονται τα ποτάμια είναι τα πουλιά, όπου εκατοντάδες οικογένειες πτηνών όχι μόνο πίνουν νερό και να τρέφονται αλλά και δημιουργούν τις φωλιές τους στα ποτάμια. Τα πιο γνωστά πουλιά είναι οι πάπιες, οι πελεκάνοι και οι κύκνοι. Πολυάριθμα πουλιά που δεν μπορούν να κολυπήσουν τρέφονται με ψάρια που υπάρχουν στα ποτάμια. Τέλος, υπάρχουν και ομάδες θηλαστικών που έρχονται στα ποτάμια όχι μόνο για να βρουν τροφή και νερό αλλά και για να προστατεύσουν τα μικρά τους.

Συνεπώς, ότι τα ποτάμια αποτελούν για ποικίλους λόγους χώρο συγκέντρωσης ενός μεγάλου αριθμού ζώων. Υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ διαφόρων ποταμών και κανένα ποτάμι δεν μοιάζει με το άλλο. Κύριοι παράγοντες που καθορίζουν τα χαρακτηριστικά του είναι η γεωγραφική θέση, το κλίμα και η γεωλογία της περιοχής. Αποτέλεσμα όλων αυτών των παραγόντων είναι να σχηματίζονται ποτάμια με πολύπλοκα μορφολογικά χαρακτηριστικά και μέσα σε αυτά να καθορίζεται το είδος των ζώων που επιβιώνει.

Το νερό των ποταμών προσφέρει φυσικό περιβάλλον στα ψάρια και αποτελεί έναν σημαντικό κρίκο στην βιολογική αλυσίδα ορισμένων ποταμίων και θαλάσσιων ειδών όπως τα χέλια. Η ποτάμια αλιεία είναι πολύ περιορισμένη στα ποτάμια και πραγματοποιείται συνήθως στις εκβολές των ποταμών. Ανάλογες περιοχές ποτάμιας αλιείας στον Ελλαδικό βρίσκονται στους ποταμούς, Έβρο, Στρυμόνα, Λουδία, Αλιάκμονα και Πηνειό όπου παρατηρείται μεγάλη παραγωγή αλιευμάτων.

Σπουδαίο ρόλο διαδραματίζουν και οι δασωμένες παραποτάμιες περιοχές στην κτηνοτροφία καθώς αποτελούν περιοχές πλούσιας βοσκήσιμης ύλης για βοοειδή και αιγοπρόβατα. Η παραποτάμια βλάστηση παρουσιάζει και έναν επιπλέον θετικό ρόλο, προστατεύοντας από την διάβρωση και τις πλημμύρες. Αυτό επιτυγχάνεται με το να συγκρατούν τις όχθες του ποταμού και να εμποδίζουν την διάβρωσή τους από τα ρεύματα του νερού.

Συνοψίζοντας αυτά που έχουν αναφερθεί παραπάνω, διαπιστώνεται ότι τα ποτάμια προσφέρονται σε μεγάλο βαθμό για περιβαλλοντική εκπαίδευση. Η πλούσια ιχθυοπανίδα και ζωοπανίδα που κατανέμεται και συγκεντρώνεται στις εκβολές και

στα δέλτα των ποταμών, τόποι δηλαδή όπου επιβιώνουν χιλιάδες είδη ζώων, αποτελεί μια τεράστιας σημασίας και ανυπολόγιστης αξίας φυσικής κληρονομιάς για τον άνθρωπο.

2.Η ΠΑΡΟΥΣΑ ΜΕΛΕΤΗ

2.1 Αντικείμενο της μελέτης και σκοπός της εργασίας

Κύριος στόχος αυτής της εργασίας είναι η συλλογή και η επεξεργασία των κλιματικών στοιχείων της λεκάνης απορροής και η λεπτομερής εκτίμηση των

παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου. Έγινε αποτύπωση του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης απορροής, η οριοθέτηση της με την υδροκριτική γραμμή του ποταμού Οινόη, που βρίσκεται στο Βορειοανατολικό τμήμα του νομού Αττικής. Ο υπολογισμός του υδρολογικού ισοζυγίου στηρίζεται στην εκτίμηση των παραμέτρων που συνδέονται μεταξύ τους με τον τύπο $P = I + E + R$ όπου

P = ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

E = εξατμισοδιαπνοή

R = επιφανειακή απορροή

I = κατείσδυση

Η εκτίμηση των παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου θα βοηθήσει την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τις ποσότητες νερού που απορρέουν επιφανειακά, κατεισδύουν ενισχύοντας τους υδροφόρους ορίζοντες καθώς και την ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που χάνεται λόγω του φαινομένου της εξατμισοδιαπνοής. Η εξέταση της επίδραση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων έγινε μέσω της ανάλυση της κάθε παραμέτρου ξεχωριστά, εφαρμόζοντας σε κάθε περίπτωση την μεθοδολογία που κρίθηκε ότι προσφέρεται για την εξαγωγή αξιόπιστων συμπερασμάτων.

Ιδιαίτερη μνεία γίνεται στις ανθρώπινες επεμβάσεις. Η παρουσία της λίμνης του Μαραθώνα και το τεχνικό φράγμα που έχει κατασκευαστεί από το 1929 στην κεντρική κοίτη του ποταμού, για την υδροδότηση της Αθήνας, αποτελεί επέμβαση στο υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης.

3. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΟΚΡΙΤΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΟΙΝΟΗ

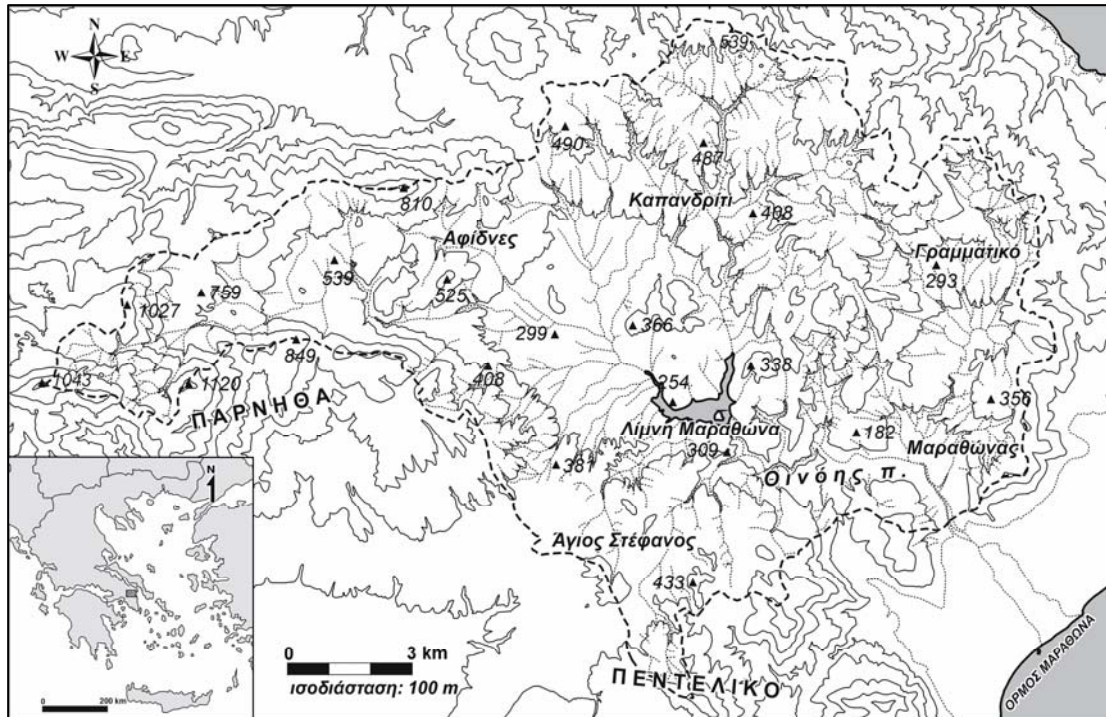
3.1 Γεωγραφική θέση και μορφολογικά χαρακτηριστικά του υδρολογικού δικτύου και της λεκάνης απορροής του Οινόη ποταμού.

Ο ποταμός Οινόης, γνωστός και ως Χάραδρος βρίσκεται στην Βορειοανατολική Αττική. Το συνολικό μήκος της κεντρικής κοίτης του είναι 31 χλμ. και η λεκάνη απορροής του έχει έκταση 177,2 χλμ. Στα δυτικά οριοθετείται από τον ορεινό όγκο της Πάρνηθας και στα νότια από το Πεντελικό όρος. Έχει γενική διεύθυνση ροής από τα Δυτικά προς τα Ανατολικά και εκβάλλει στον όρμο του Μαραθώνα σχηματίζοντας ένα δελταϊκό ριπίδιο που ουσιαστικά είναι η παράκτια πεδιάδα του Μαραθώνα. Κατά μήκος της κεντρικής κοίτης του ποταμού Οινόη έχει κατασκευαστεί το φράγμα του Μαραθώνα με την ομώνυμη τεχνητή λίμνη. Η κατασκευή του φράγματος κρίθηκε αναγκαία για την ύδρευση της πόλεως των Αθηνών. Οι μεγαλύτεροι οικισμοί που εντοπίζονται εντός της λεκάνης απορροής είναι το Καπανδρίτι, οι Αφίδνες, ο Άγιος Στέφανος, το Γραμματικό καθώς επίσης και ο Μαραθώνας στα ανατολικά. Η Βόρεια υδροκριτική γραμμή της λεκάνης φθάνει σε υψόμετρο 500 μ. και διαχωρίζει την λεκάνη απορροής του ποταμού Οινόη στα νότια από τα μικρά υδρογραφικά δίκτυα τα οποία έχουν κατάληξη στον νότιο Ευβοϊκό κόλπο. Η υδροκριτική γραμμή τέμνει κάθετα έξι κύριες ρηξιγενείς ζώνες οι οποίες έχουν διεύθυνση ανατολή-δύση και βορειοανατολικά - νοτιοδυτικά. (Παπανικολάου et al., 1988, Pavlopoulos and Maroukian, 1997)

Για τον άνω ρου (ορεινό τμήμα) ο κύριος άξονας της διεύθυνσης ροής του ποταμού Οινόη είναι ανατολή – δύση. Στα μισά περίπου της διαδρομής του κάμπτεται ελαφρά ακολουθώντας νοτιοανατολική διεύθυνση, για να εκβάλει στο νότιο τμήμα του νότιου Ευβοϊκού κόλπου, στον όρμο του Μαραθώνα. Στην περιοχή των εκβολών του έχει σχηματιστεί ένα αλλουβιακό ριπίδιο που ουσιαστικά αποτελεί την παράκτια πεδιάδα του Μαραθώνα, η οποία είναι γνωστή από το 490 π.Χ. με την μάχη που πραγματοποιήθηκε μεταξύ των Αθηναίων και των Περσών. Η πεδιάδα που έχει σχηματιστεί έχει επιμήκη μορφή βορειοανατολικής - νοτιοδυτικής διεύθυνσης και χωρίζεται από τον ποταμό Οινόη σε δύο τμήματα. Στην νοτιοδυτική πλευρά του αλλουβιακού ριπιδίου υπάρχει μια ελώδης περιοχή η οποία εδώ και μερικές δεκαετίες έχει αποξηρανθεί. Από την άλλη πλευρά, στα ανατολικά υπάρχει το έλος του Μαραθώνα το οποίο χωρίζεται από τη θάλασσα από μια αμμολωρίδα, όπου αναπτύσσονται χαμηλές παράκτιες αμμώδεις θίνες, που βρίσκονται σταθεροποιημένες με βλάστηση. (Baeteman, 1985)

Η ευρύτερη περιοχή της λεκάνης του Οινόη χαρακτηρίζεται από ραγδαία οικιστική ανάπτυξη, ιδιαίτερα την τελευταία δεκαετία. Έχει κατά καιρούς πληγεί από

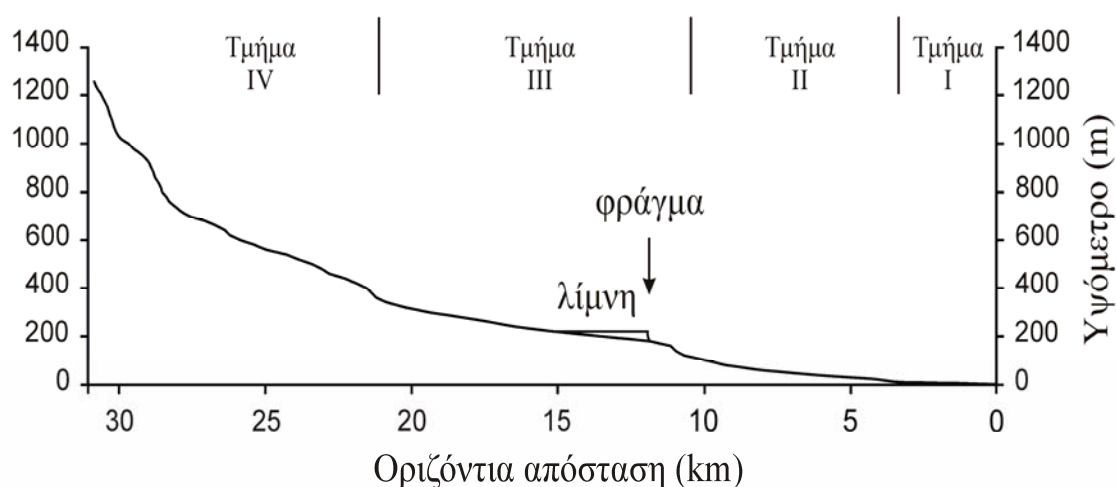
εκτεταμένες πυρκαγιές, τις οποίες ακολούθησε η κατασκευή μεγάλου αριθμού μόνιμων αλλά και παραθεριστικών κατοικιών.



Χάρτης 1. Τοπογραφικός χάρτης ης λεκάνης απορροής του Οινόη ποταμού. (Παυλόπουλος κ.α., 2005)

3.2 Επιμέρους τμήματα του Οινόη ποταμού.

Ο ποταμός Οινόης σύμφωνα με την κατά μήκος τομή της κεντρικής κοίτης του που παρουσιάζεται στο σχήμα 1 χωρίζεται σε τέσσερα τμήματα. (Παυλόπουλος κ.α., 2005)



Σχήμα 1. Επιμήκης τομή (longitudinal profile) της κεντρικής κοίτης του Οινόη ποταμού. (Παυλόπουλος κ.α., 2005)

Το πρώτο τμήμα του ποταμού εκτείνεται από τις εκβολές του έως 3,4 χλμ, ανάντη των εκβολών και περιλαμβάνει την διαδρομή του στο δελταϊκό ριπίδιο. Σε αυτό το τμήμα του ποταμού οι διαδικασίες απόθεσης ήταν έντονες πριν την κατασκευή του φράγματος. Με την λειτουργία του φράγματος ο όγκος των αποθέσεων έχει ελαχιστοποιηθεί και οι θαλάσσιες διαδικασίες που συντελούνται έχουν αρχίσει να διαβρώνουν την ακτογραμμή του ριπιδίου. Στο τμήμα αυτό η μέση κλίση της κεντρικής κοίτης είναι 0,2 %. (Maroukian et al, 1997)

Το δεύτερο τμήμα το ποταμού μπορεί να χαρακτηριστεί σαν πεδίο ήπιων κλίσεων με μήκος 7,6 χλμ. και μέση κλίση 2 %. Σε αυτό το τμήμα η διαδρομή του ποταμού αρχίζει από το 11 χλμ. και τελειώνει στο φράγμα Μαραθώνα με μήκος γύρω στα 850 μ. και μέση κλίση 5,6 %. Σε αυτό το τμήμα το ποτάμι ρέει σε ένα φαράγγι, το οποίο έχει σχηματιστεί λόγω οπισθοδρομούσας διάβρωσης. Το βάθος που έχει το φαράγγι είναι 100m περίπου και είναι σχηματισμένο στο σημείο όπου υπάρχει η επαφή των μαρμάρων με τους σχιστόλιθους της Αττικής. Η κύρια αιτία για την οποία παρουσιάζεται το σημείο κάμψης των δυο τμημάτων είναι η παρουσία εγκάρσιου, στην κοίτη του ποταμού, ρήγματος με βορειοανατολική-νοτιοδυτική διεύθυνση.

Το επόμενο τμήμα αντιστοιχεί στην τεχνητή λίμνη και έχει μήκος 3,3 χλμ. και η κλίση της κοίτης είναι ομαλή. Ανάντη της λίμνης και για μήκος περίπου 6 χλμ. η

κοίτη διατηρεί μέση κλίση 2,16%. Στο τμήμα αυτό παρουσιάζονται αποθέσεις αλλουβιακού ριπιδίου κοντά στην περιοχή των Αφιδνών. Ο λόγος που έχει σχηματιστεί το ριπίδιο οφείλεται στην αργή τεκτονική ανύψωση της περιοχής. (Παυλόπουλος κ.α., 2005)

3.3 Ποσοτική γεωμορφολογική ανάλυση του υδρογραφικού δικτύου του ποταμού Οινόη

Παρατηρώντας τον χάρτη του υδρογραφικού δικτύου του σχήματος 1 θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι ανήκει στην δενδριτική μορφή (Howard 1967). Η κεντρική κοίτη του ποταμού ανήκει στην VI^η τάξη σύμφωνα με την αρίθμηση που πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο του Strahler (1957). (Παυλόπουλος κ.α., 2005) Στο βορειοανατολικό τμήμα της λεκάνης διαπιστώνεται ότι το υδρογραφικό δίκτυο είναι πυκνό και καλά ανεπτυγμένο σε αντίθεση με το νότιο τμήμα όπου είναι πιο αραιό.

Τάξη Κλάδου u	Αριθμός Κλάδου N_u	Μήκος κοίτης (km) L_u	Εμβαδόν λεκάνης (km ²) A_u	Περίμετρος λεκάνης (km) P_u	Μήκος ισοϋψών (km) Lc_u
I	697	0,34	0,13	1,38	1,26
II	179	1,45	0,51	2,96	5,11
III	44	6,44	2,19	6,79	23,43
IV	12	22	7,45	14,24	76,32
V	3	130,57	45,92	36,58	463,28
VI	1	468,40	177,20	84,04	1790,53

Πίνακας 1. Μέσες τιμές των μετρούμενων μορφομετρικών παραμέτρων για τους κλάδους του ποταμού Οινόη. (Παυλόπουλος κ.α., 2005)

Παρατηρώντας τον πίνακα 1 φαίνεται όπως είναι λογικό το μήκος της κοίτης, το εμβαδόν και η περίμετρος της λεκάνης καθώς και το μήκος των ισοϋψών αυξάνεται από την μικρότερη προς την μεγαλύτερη τάξη του κλάδου. Ο επόμενος πίνακας παρουσιάζει τις μέσες τιμές όλων των μορφομετρικών παραμέτρων, δηλαδή την συχνότητα, την πυκνότητα, την κλίση των κλιτύων και τέλος την κυκλικότητα της λεκάνης του ποταμού Οινόη.

Τάξη u	Υδρογραφική συχνότητα (F_u)	Υδρογραφική πυκνότητα (D_u)	Κλίση κλιτύων (S_u)	Κυκλικότητα λεκάνης (C_u)
I	27,34	4,71	23,03	0,64
II	17,96	4,18	23,71	0,61
III	10,93	3,60	23,26	0,54
IV	7,94	3,21	21,66	0,45
V	5,91	2,87	20,27	0,42
VI	5,28	2,64	20,21	0,32

Πίνακας 2 .Μέσες τιμές των μορφομετρικών παραμέτρων του υδρολογικού δικτύου του Οινόη ποταμού. (Παυλόπουλος κ.α., 2005)

3.3.1 Οι τύποι με τους οποίους υπολογίστηκαν οι μορφομετρικοί παράμετροι

Η υδρογραφική συχνότητα μετριέται σε $1 / \text{Km}^2$ και υπολογίζεται μέσα από τον τύπο: **Υδρογραφική συχνότητα** $F_u = \Sigma N_u / A_u$

Η υδρογραφική πυκνότητα συχνότητα μετριέται σε Km / Km^2 και υπολογίζεται μέσα από τον τύπο: **Υδρογραφική πυκνότητα** $D_u = \Sigma L_u / A_u$

Η κλίση των κλιτύων μετριέται σε ποσοστό της % και υπολογίζεται μέσα από τον τύπο: **Κλίση κλιτύων** $S_u = (\Sigma L_{c_u} * C I / A_u) * 100$

Η κυκλικότητα λεκάνης μετριέται σε Km και υπολογίζεται μέσα από τον τύπο: **Κυκλικότητα λεκάνης** $C_u = 4 \pi * A_u / (P_u)^2$

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πίνακα διαπιστώνεται ότι η υδρογραφική συχνότητα μειώνεται καθώς αυξάνεται ο αριθμός της τάξης των κλάδων. Παρατηρείται δηλαδή ότι οι υψηλές τιμές της υδρογραφικής συχνότητας εμφανίζονται σε κλάδους μικρής τάξης όπως στην πρώτη όπου η συχνότητα είναι 27,34 και όσο η τάξη, η συχνότητα μικραίνει με αποτέλεσμα η έκτη τάξη που αποτελεί το σύνολο της λεκάνης να είναι 5,28. Τα συμπεράσματα για την συχνότητα είναι οι ανάλογα με αυτά που παρουσιάζονται για την πυκνότητα, όπου η πρώτη τάξη παρουσιάζει τιμή 4,71 και η έκτη εμφανίζει τιμή κατά το ήμισυ περίπου μικρότερη, δηλαδή 2,64.

Σχετικά με την κλίση των κλιτύων από τον **πίνακα 4** καταδεικνύεται ότι υπάρχουν διαφορές από την μία τάξη του κλάδου στην άλλη. Από την πρώτη τάξη στην δεύτερη το ποσοστό της κλίσης των κλιτύων έχει μεγαλώσει ενώ στην συνέχεια οι υπόλοιπες τάξεις των κλάδων έχουν μικρότερες κλίσεις με αποτέλεσμα να

μειώνεται. Κύρια αιτία για την μείωση της τιμής της κλίσης των κλιτύων της πρώτης τάξης είναι ότι ένας μεγάλος αριθμός των κλάδων αυτών καταλήγουν σε επιφάνειες ισοπέδωσης που αναπτύσσονται σε διάφορα υψόμετρα εντός της λεκάνης απορροής του ποταμού Οινόη. Αποτέλεσμα της συνεχόμενης μείωσης που παρατηρείται στις επόμενες τιμές της κλίσης των κλιτύων είναι η μέση τιμή της πρώτης τάξης είναι 23,03 % ενώ η κλίση του συνόλου της λεκάνης του ποταμού Οινόη είναι μικρότερη και είναι 20,21 %. Είναι φανερό ότι οι μεγάλες τιμές κλίσης κλιτύων παρατηρούνται σε λεκάνες μικρής τάξεως που απορρέουν κατευθείαν στην κεντρική κοίτη του ποταμού. Οι μεγάλες μορφολογικές κλίσεις στην περιοχή είναι αποτέλεσμα της έντονης καταβάθους διάβρωσης που οφείλεται στην τεκτονική ανύψωση της περιοχής. Επίσης σημαντικό ρόλο παίζει και η λιθολογία των σχηματισμών που αναπτύσσονται στην περιοχή μελέτης.

Σχετικά με τη κυκλικότητα της λεκάνης η πορεία που ακολουθούν οι αριθμοί που σχετίζονται με τις τάξεις των κλάδων μειώνονται από την αύξηση της τάξης. Έτσι λεκάνες πρώτης τάξης παρουσιάζουν διπλάσια τιμή κυκλικότητας (0,64) σε σχέση με αυτής της λεκάνης του ποταμού που είναι (0,32). Για την αξιολόγηση της κυκλικότητας της λεκάνης πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι τιμές που μπορεί να πάρει κυμαίνονται από 0,00 μέχρι 1,00. Η κυκλικότητα της λεκάνης που έχει την τιμή 1 αντιστοιχεί σε λεκάνης απορροής που έχει σχήμα τέλειου κύκλου και όταν η τιμή είναι 0,79 το σχήμα της λεκάνης είναι τετράγωνο. Η λεκάνη του ποταμού Οινόη που αντιστοιχεί στον κλάδο VI και αποτελεί την κεντρική κοίτη έχει τιμή 0,32 και η μορφή της είναι αρκετά επιμηκυσμένη. Ο λόγος για την επιμήκυνση αυτή οφείλεται στην επίδραση του μεγάλου μήκους ρήγματος με διεύθυνση από ανατολή προς δύση που έχει επηρεάσει την εξέλιξη της λεκάνης. Ανάμεσα στις επιδράσεις του ρήγματος είναι όπως παρουσιάζεται από τον χάρτη 1 της σελ 12 και η επιμήκυνση της κοίτης του Οινόη ποταμού. (Παυλόπουλος κ.α., 2005)

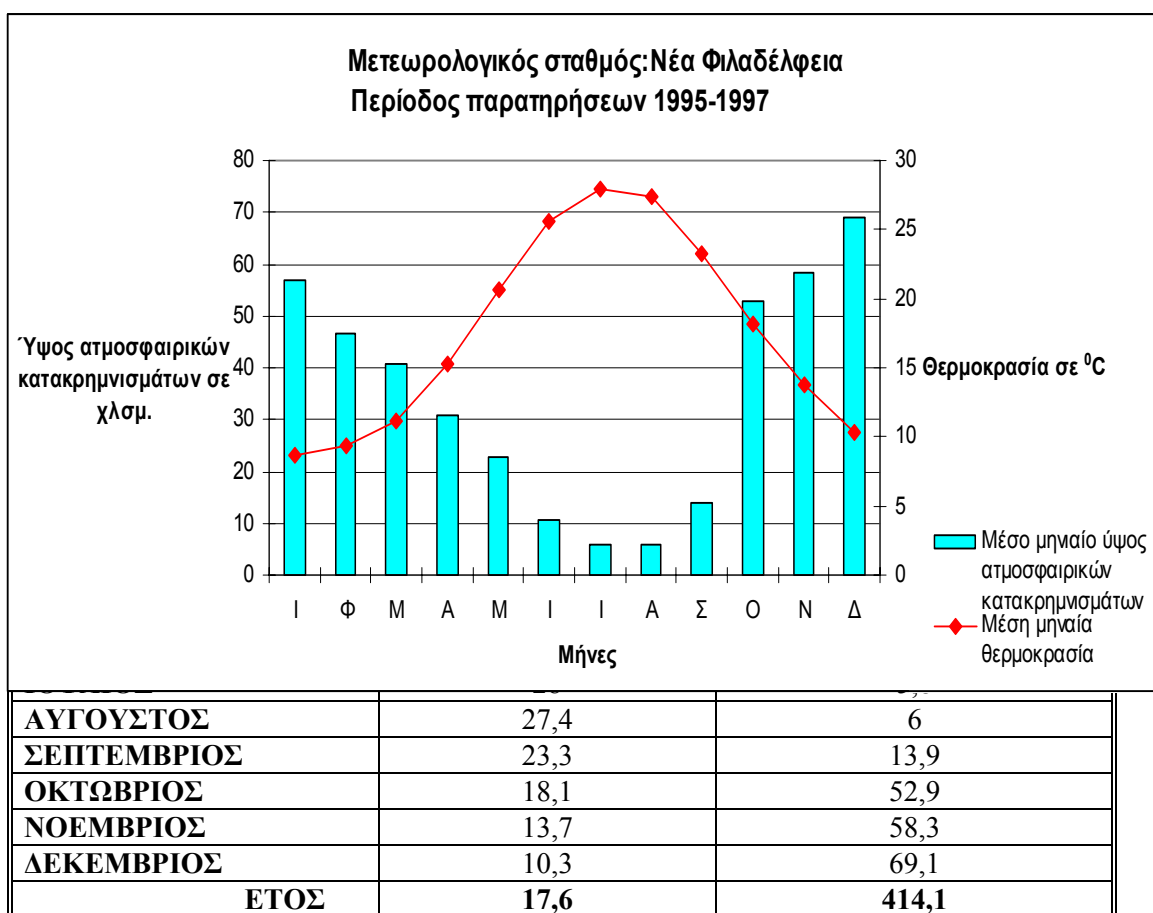
3.4 Κλίμα της περιοχής

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η περιγραφή κλιματολογικών συνθηκών της λεκάνης απορροής του ποταμού Οινόη, εξετάζοντας δυο από τα κυριότερα κλιματικά

στοιχεία, που είναι η θερμοκρασία του αέρα και τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Τα πρωτογενή δεδομένα συλλέχθηκαν από μετεωρολογικούς σταθμούς της περιοχής και επεξεργάστηκαν. Οι σταθμοί των οποίων τα δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν είναι της Νέας Φιλαδέλφειας, του Τατοΐου και του Μαραθώνα που έχουν εγκατασταθεί από την Ε.Μ.Υ. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι δυο πρώτοι σταθμοί βρίσκονται εκτός της λεκάνης. Εντούτοις, θεωρείται ότι δίνουν μια αίσθηση των πρόσφατων κλιματικών χαρακτηριστικών της περιοχής, αφού δεν υπάρχουν πρόσφατες μετρήσεις εντός αυτής. Βάση των στοιχείων αυτών, υπολογίστηκαν οι μέσες μηνιαίες τιμές και σχεδιάστηκαν τα διαγράμματα κύμανσης των μέσων τιμών από μήνα σε μήνα.

3.4.1 Μετεωρολογικός σταθμός Νέας Φιλαδέλφειας

Στο διάγραμμα 1 απεικονίζονται τα βροχομετρικά στοιχεία της περιοχής της Νέας Φιλαδέλφειας. Από το διάγραμμα 1 αλλά και τον πίνακα 1 που περιλαμβάνει δείχνει τις τιμές θερμοκρασίας του αέρα και ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων δεν παρατηρείται μεγάλο ποσοστό βροχοπτώσεων κατά την διάρκεια του έτους.



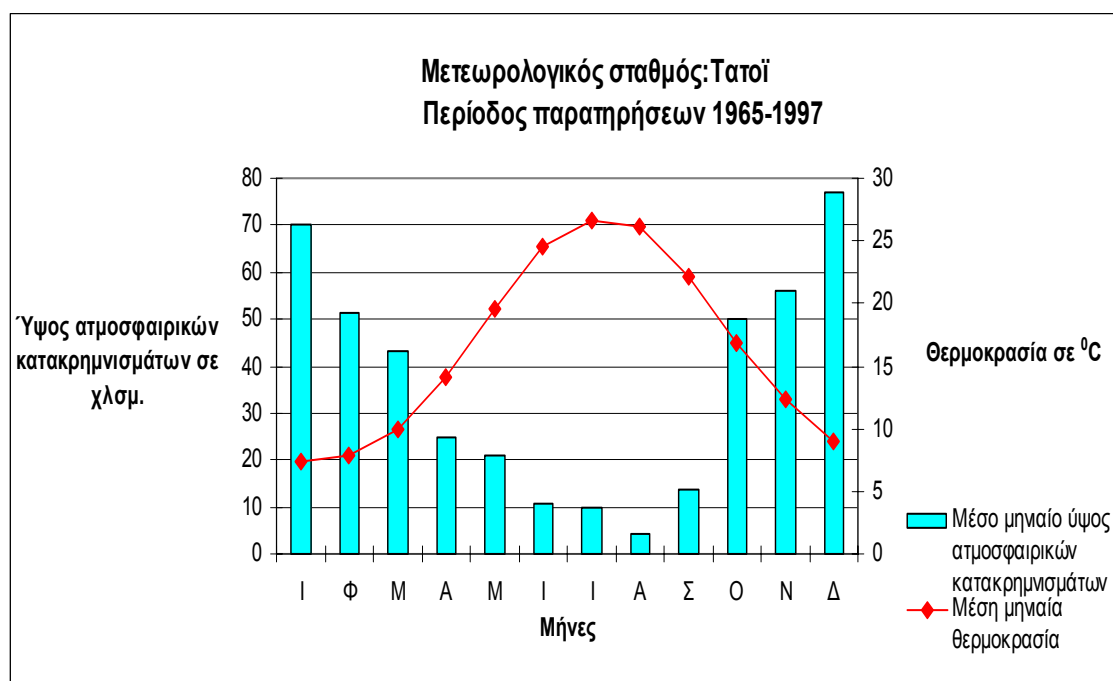
Διάγραμμα 1. Θερμοϋετογράμματα του μετεωρολογικού σταθμού Νέας Φιλαδέλφειας για την χρονική περίοδο 1995-1997

Το μέγιστο ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων παρουσιάζεται τον μήνα Δεκέμβριο που είναι 69,1 mm και το ελάχιστο τον μήνα Ιούλιο που είναι 5,8 mm. Η πορεία του διαγράμματος των βροχοπτώσεων είναι καθοδική από τον Ιανουάριο μέχρι τον Αύγουστο και στην συνέχεια αλλάζει και γίνεται ανοδική. Το μεγαλύτερο μέρος των βροχοπτώσεων σημειώνεται από τον Οκτώβριο έως τον Απρίλιο. Η πορεία του διαγράμματος της θερμοκρασίας του αέρα έχει αντίθετη εντελώς μορφή από αυτή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Αρχικά, διαπιστώνεται το ελάχιστο ποσοστό θερμοκρασίας είναι τον μήνα Ιανουάριο 8,7 °C και στην συνέχεια οι τιμές αυξάνονται σταδιακά έως ότου φτάσει στο μέγιστο σημείο που παρατηρείται τον μήνα Ιούλιο 28 °C και είναι. Στην συνέχεια οι θερμοκρασίες μειώνονται μέχρι και τον Δεκέμβριο. Το μέγιστο ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων παρουσιάζεται τον μήνα Δεκέμβριο που είναι 69,1 mm και το ελάχιστο τον μήνα Ιούλιο που είναι 5,8 mm. Η πορεία του διαγράμματος των βροχοπτώσεων είναι καθοδική από τον Ιανουάριο μέχρι τον Αύγουστο και στην συνέχεια αλλάζει και γίνεται ανοδική. Το μεγαλύτερο μέρος των βροχοπτώσεων σημειώνεται από τον Οκτώβριο έως τον Απρίλιο.

Πίνακας 3. Μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας του αέρα και ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων του σταθμού Νέας Φιλαδέλφειας για την χρονική περίοδο 1995-1997

3.4.2 Μετεωρολογικός σταθμός Τατοΐου

Στο διάγραμμα 2 παρουσιάζονται τα κλιματικά στοιχεία που παρατηρούνται στην περιοχή του Τατοΐου. Κύριο χαρακτηριστικό αυτής της περιοχής, η οποία διαφέρει από της Νέας Φιλαδέλφειας, είναι ότι βρίσκεται σε υψηλότερο σημείο από την προηγούμενη. Το υψόμετρο στην περιοχή είναι 236m γι' αυτό και οι τιμές της θερμοκρασίας είναι χαμηλότερες ενώ οι τιμές των ατμοσφαιρικών



κατακρημνισμάτων είναι ελαφρά υψηλότερες από τον σταθμό της Νέας Φιλαδέλφειας. Η γενική μορφή των διαγραμμάτων θερμοκρασίας και ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων του Τατοΐου και της Νέας Φιλαδέλφειας είναι παρόμοια. Η διαφορά που παρουσιάζεται είναι ότι οι τιμές βροχόπτωσης είναι ελαφρά υψηλότερες. Αντίθετα οι τιμές θερμοκρασίας είναι χαμηλότερες από αυτές της Νέας Φιλαδέλφειας.

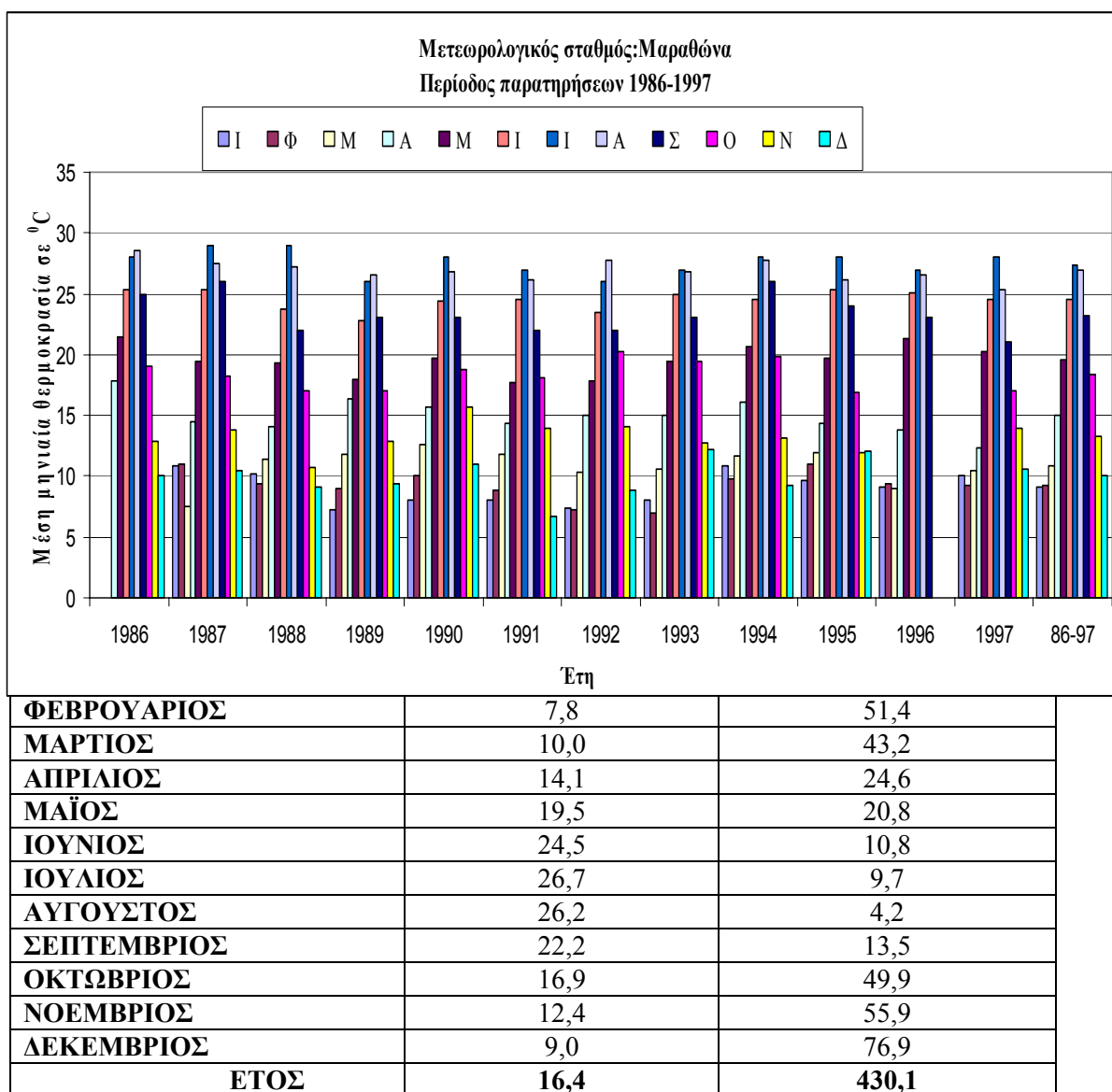
***Διάγραμμα 2.** Θερμοϋετογράμματα του μετεωρολογικού σταθμού Τατοΐου για την χρονική περίοδο 1956-1997.*

Το μέγιστο ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων εμφανίζεται τον μήνα Δεκέμβριο και είναι 76,9 mm και το ελάχιστο ύψος βροχόπτωσης είναι 4,2 mm τον μήνα Αύγουστο. Η πορεία των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων είναι αρχικά καθοδική και στην συνέχεια ακολουθεί ανοδική. Και εδώ παρατηρείται μια υγρή περίοδο του έτους από τον μήνα Οκτώβριο έως τον μήνα Απρίλιο, και μια ξηρή περίοδο από τον Μάιο έως τον Σεπτέμβριο. Σχετικά με την θερμοκρασία του αέρα, η ελάχιστη παρατηρείται τον μήνα Ιανουάριο και είναι 7,4 °C ενώ η μέγιστη τιμή διαπιστώνεται το μήνα Ιούλιο (27,7°C). Αντίθετα, η κατεύθυνση που ακολουθεί το διάγραμμα της θερμοκρασίας είναι στην αρχή καθοδική και ύστερα ανοδική. Οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες που παρατηρούνται σε όλη το χρονικό διάστημα είναι γύρω στους 10 °C κατά την ψυχρή περίοδο του χειμώνα και περίπου στους 25 °C μέχρι 27°C την θερμή περίοδο του καλοκαιριού. Οι θερμοκρασίες που παρουσιάστηκαν το έτος 1989 και το 1992 ήταν οι πιο χαμηλές σε όλη την διάρκεια του έτους, αφού από τον πίνακα διαπιστώνεται ότι τον μήνα Ιανουάριο η τιμή της θερμοκρασίας είναι η χαμηλότερη σε όλη την διάρκεια της εντεκαετίας (7,2°C) και (7,4°C) αντίστοιχα. Τον μήνα Ιούλιο παρατηρούνται οι υψηλότερες τιμές (26 °C). Στην αντίθετη πλευρά, οι χρονιές όπου παρουσιάζονται οι υψηλότερες τιμές σε όλη την χρονική περίοδο είναι το 1987 και το 1988. Σύμφωνα με τα γενικά θερμοκρασιακά στοιχεία για όλη την Ελλάδα αυτές οι δύο χρονιές παρουσίασαν πολύ υψηλές τιμές θερμοκρασίας και γινόταν λόγος για το πιο θερμό καλοκαίρι όλων των χρόνων.

Πίνακας 4. Μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας του αέρα και ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων του σταθμού Τατοΐου για την χρονική περίοδο 1956-1997

3.2.3 Μετεωρολογικός σταθμός Μαραθώνα

Στο διάγραμμα 3 παρουσιάζονται θερμοκρασίες του αέρα του μετεωρολογικού σταθμού του Μαραθώνα που βρίσκεται στην ομώνυμη παράκτια πεδιάδα, στις εκβολές του Οινώη ποταμού. Από το διάγραμμα 3 παρατηρείται ότι η ελάχιστη θερμοκρασία που παρουσιάστηκε κατά την χρονική περίοδο 86'-97' ήταν τον Ιανουάριο του 1989 ($7,2^{\circ}\text{C}$), ενώ αντίθετα η μέγιστη θερμοκρασία που παρουσιάστηκε την ίδια χρονική περίοδο ήταν τον Ιούλιο του 1987 και του 1988, όπου η θερμοκρασία ήταν 29°C .



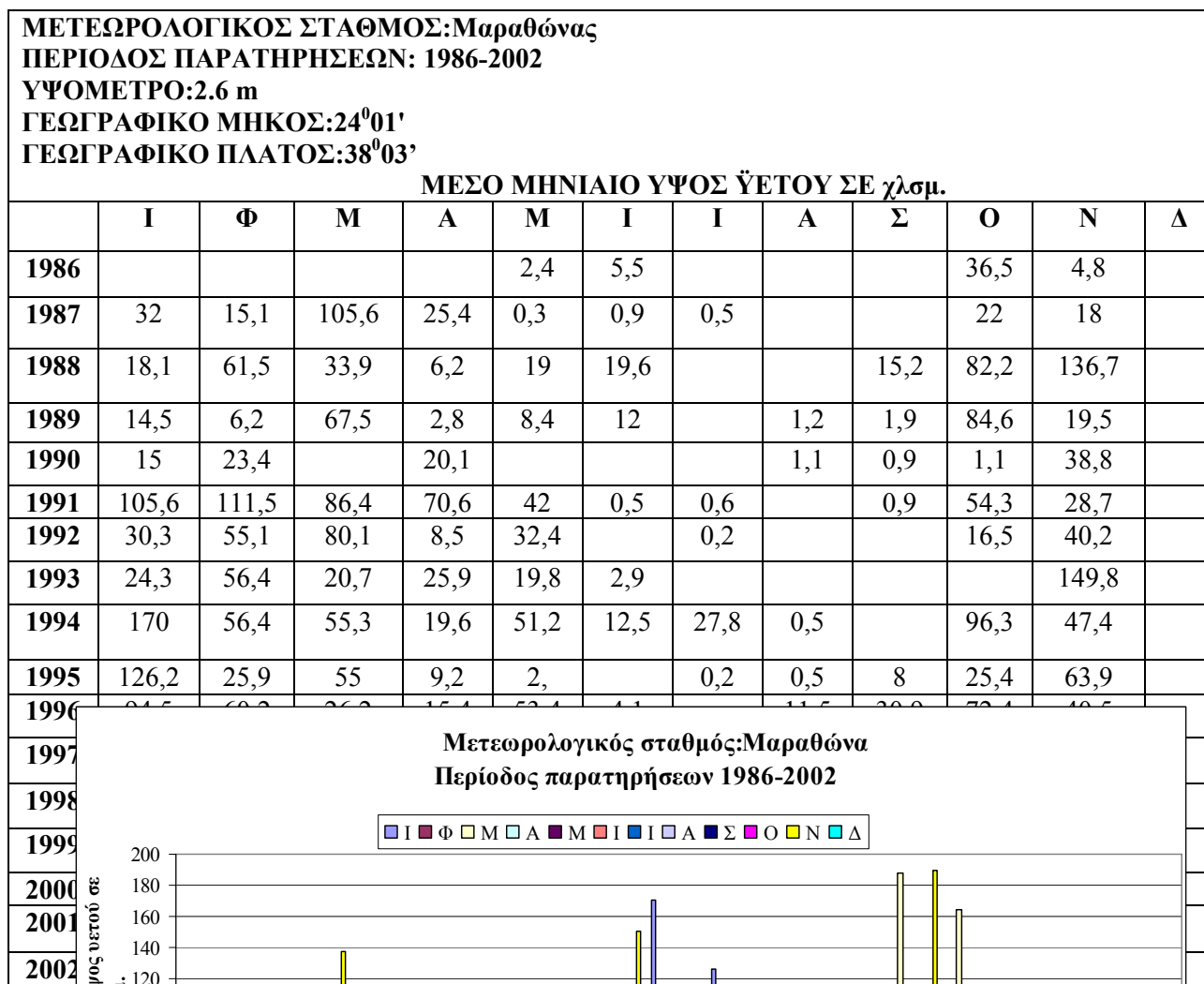
Διάγραμμα 3. Θερμοδιάγραμμα του μετεωρολογικού σταθμού του Μαραθώνα για την χρονική περίοδο 86'-97'

Ο πίνακας 5 απεικονίζει τα δεδομένα για τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες της χρονικής περιόδου από το 1986 έως το 1997. Το υψόμετρο της περιοχής βρίσκεται στα 2,6m, πράγμα που δείχνει ότι οι τιμές θερμοκρασίας αφορούν πεδινές περιοχές, και αναμένεται σε όλη την διάρκεια του έτους να είναι μέτριες προς υψηλές. Η πορεία που ακολουθούν οι θερμοκρασίες σε όλη την διάρκεια του κάθε έτους είναι ανάλογη με των άλλων βροχομετρικών σταθμών που εξετάστηκαν παραπάνω και καταγράφονται στον παρακάτω πίνακα 5. Εξαρτώνται, δηλαδή από την εποχή στην οποία έχουν γίνει οι μετρήσεις, και άμεσο ακόλουθο αυτών είναι το χειμώνα οι τιμές των θερμοκρασιών είναι χαμηλές, στη συνέχεια κατά την εαρινή περίοδο οι θερμοκρασίες σιγά –σιγά αυξάνονται, όπου τους καλοκαιρινούς μήνες φτάνουν στην μέγιστη τιμή τους.

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ: ΜΑΡΑΘΩΝΑΣ ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ:1986-1997 ΥΨΟΜΕΤΡΟ:2.6 m ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ:24°00' ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ:38°08' ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΣΕ °C													
Έτος σε °c	Μήνες												Μέση ετήσια θερμοκρασία
	I	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	
1986				17,8	21,4	25,3	28	28,6	25	19,1	12,9	10	
1987	10,9	11	7,5	14,5	19,4	25,4	29	27,5	26	18,3	13,8	10,5	17,78
1988	10,2	9,4	11,4	14,1	19,3	23,8	29	27,2	22	17	10,7	9,1	16,96
1989	7,2	9	11,8	16,3	18	22,8	26	26,5	23	17	12,9	9,4	16,68
1990	8,1	10	12,6	15,7	19,7	24,4	28	26,8	23	18,8	15,7	11	17,67
1991	8,1	8,9	11,8	14,4	17,7	24,5	27	26,2	22	18,1	13,9	6,7	16,57
1992	7,4	7,3	10,3	15	17,8	23,5	26	27,8	22	20,3	14,1	8,9	16,7
1993	8,1	7	10,6	15	19,5	25	27	26,8	23	19,5	12,8	12,2	17,19
1994	10,8	9,8	11,7	16,1	20,7	24,5	28	27,7	26	19,9	13,1	9,3	18,05
1995	9,7	11	12	14,4	19,7	25,3	28	26,1	24	16,9	11,9	12,1	17,55
1996	9,1	9,4	9	13,8	21,3	25,1	27	26,6	23				
1997	10,1	9,2	10,5	12,3	20,2	24,6	28	25,4	21	17	14	10,6	16,86
86-97	9,1	9,3	10,8	15,0	19,6	24,5	27,4	26,9	23,2	18,4	13,3	10,0	

Πίνακας 5. Μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας του Μαραθώνα την χρονική περίοδο 86'-97'

Διάγραμμα 4. Ύετοδιάγραμμα του μετεωρολογικού σταθμού του Μαραθώνα την χρονική περίοδο 1986-2002



Πίνακας 6. Μέσες μηνιαίες τιμές θετού του Μαραθώνα την χρονική περίοδο 86'-97'

3.4 Ιστορικά στοιχεία για την λίμνη του Μαραθώνα κατά την χρονική περίοδο 1840-μέχρι σήμερα

Η περιοχής μελέτης του υδρογραφικού δικτύου του ποταμού Οινόη που εξετάζεται περιλαμβάνει την λίμνη του Μαραθώνα οπότε κρίνεται σκόπιμο να γίνει μια αναφορά στην ιστορία της δημιουργίας της καθώς έπαιξε μεγάλο ρόλο στην υδροδότηση του νομού Αττικής και αποτέλεσε τον κύριο υδροφορέα σε ολόκληρο το λεκανοπέδιο για μια μακρά περίοδο μετά το 1929.

Η Αθήνα αντιμετώπιζε πρόβλημα ύδρευσης για πολλούς αιώνες και η υποδομή που υπήρχε δεν ήταν ικανή να δώσει λύσεις στο πρόβλημα. Με τις καταστροφές που είχαν σημειωθεί στην περίοδο της Τουρκοκρατίας και κατά την διάρκεια του απελευθερωτικού αγώνα το υδροδοτικό πρόβλημα στην Αθήνα είχε οξυνθεί. Εκείνη την περίοδο, το 1840, τέθηκε ξανά σε λειτουργία το Αδριάνειο Υδραγωγείο και με την ανακάλυψη και της Αδριάνειας δεξαμενής το 1870 άρχισε να υδροδοτείται ξανά η περιοχή της Αθήνας. Έτσι για έναν περίπου αιώνα η Αθήνα υδρευόταν κυρίως από πηγές της Πάρνηθας και από υπόγειους υδροφορείς χωρίς όμως να υπάρχει μια κύρια και σίγουρη πηγή ύδρευσης.

Κύρια αιτία όξυνσης του προβλήματος της ζήτησης σε νερό ήταν η διαρκής αύξηση του πληθυσμού της Αθήνας, λόγω της εγκατάστασης πολλών προσφύγων μετά την Μικρασιατική καταστροφή, γεγονός που δημιούργησε νέες ανάγκες. Η οριστική λύση του προβλήματος δόθηκε το 1929 όταν κατασκευάστηκε το φράγμα του Μαραθώνα. Βέβαια, το έργο είχε αρχίσει ήδη να κατασκευάζεται από το 1925 και η κύρια εταιρία που επόπτευε το έργο ήταν η Ανώνυμη Ελληνική Εταιρεία Υδάτων (ΕΕΥ). Η κατασκευή του φράγματος του Μαραθώνα ξεκίνησε τον Οκτώβριο του 1926 και το έργο ολοκληρώθηκε το 1929 με την συμβολή 900 εργατών. Το σχήμα του φράγματος είναι τοξωτό είναι βαρύτητος από σκυρόδεμα και είναι κατασκευασμένο από Πεντελικό μάρμαρο, πράγμα που του προσδίδει μια παγκόσμια μοναδικότητα. Η οργανωμένη προσπάθεια για την αποτελεσματική ύδρευσης της Αθήνας εκτός από την κατασκευή του φράγματος περιελάμβανε την κατασκευή άλλων τριών έργων. Αρχικά την δημιουργία της σήραγγας για την μεταφορά των νερών από τον Μαραθώνα στην Αθήνα με μήκος 13,4 χλμ. Στην συνέχεια δημιουργήθηκε το διωλιστήριο του Γαλατσίου και τέλος το δίκτυο διανομής Αθήνας – Πειραιά.

Σήμερα, η λίμνη του Μαραθώνα δεν συνεισφέρει στην ύδρευση της Αθήνας, παραμόνο σε περιόδους έντονης λειψυδρίας. Αποτελεί, δηλαδή, αποθηκευτικό χώρο νερού, για έκτακτες ανάγκες. Η συνεχόμενη όμως αύξηση του πληθυσμού της

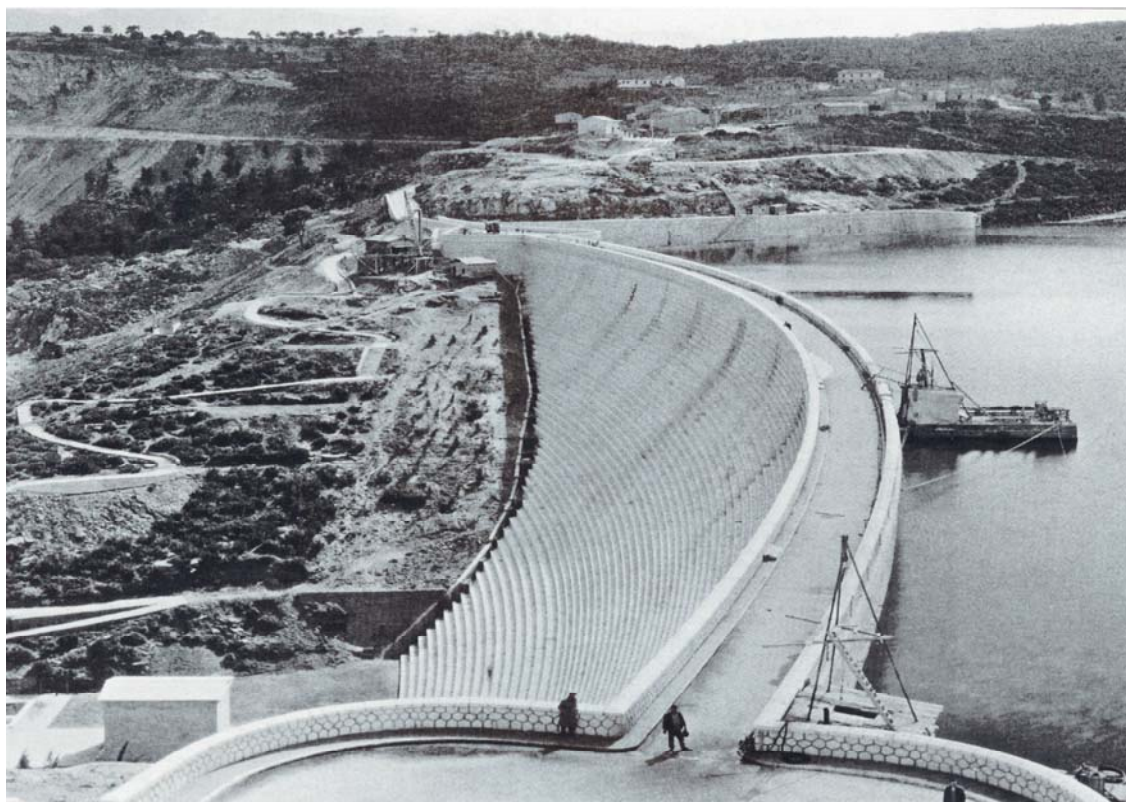
Αθήνας και ο αστικός χαρακτήρας που άρχισε να αποκτά, κατέστησε αναγκαίο την χρησιμοποίηση των νερών της φυσικής λίμνης Υλίκης που βρίσκεται στην Βοιωτία. Ο λόγος που προτιμήθηκε αυτή η λίμνη ήταν η ιδιαιτερότητα που έχει λόγω του γεγονότος ότι βρίσκεται σε χαμηλό υψόμετρο. Για την άντληση των νερών χρησιμοποιούνται πλωτά και χερσαία αντλιοστάσια και μάλιστα η λίμνη Υλίκη κατέχει το μεγαλύτερο αντλιοστάσιο σε ολόκληρη την Ευρώπη.

Ο τύπος του φράγματος είναι βαρύτητας από σκυρόδεμα και το μέγιστο ύψος του είναι 54μ. Στη βάση του το μέγιστο πλάτος είναι 48 μ. και η στέψη του φράγματος έχει τα εξής χαρακτηριστικά ως προς το πλάτος, το μήκος και το ύψος: 4,5 μ, 285 μ και 227 μ.υ.θ. αντίστοιχα. Το κατώτερο σημείο του φράγματος βρίσκεται σε ύψος +173 μ.υ.θ. Η στάθμη υπερχειλιστή είναι +223 μ.υ.θ. και η παροχή υπερχειλιστή 520 μ³/δευτ. Ο συνολικός όγκος του φράγματος καταλαμβάνει 180.000 μ³ σκυρόδεμα και λιθοδομή.

Ο Ταμιευτήρας του Μαραθώνα, ο οποίος τροφοδοτείται με νερό από τους Ταμιευτήρες του Μόρνου και της Υλίκης μέσω των υδραγωγείων τους χρησιμοποιείται για την αποθήκευση του νερού για λόγους ασφαλείας και λόγω της εγγύτητας που παρουσιάζει η περιοχή της Αθήνας. Η επιφάνεια στην στάθμη υπερχειλίστη του Ταμιευτήρα είναι στα 2,45 τετραγωνικά χιλιόμετρα και το μέγιστο βάθος του είναι στα 54 μ. Η λεκάνη απορροής έχει μήκος 118 τετραγωνικά χιλιόμετρα με μέση απορροή 14,4 εκατ.μ³ /έτος. Η μέση βροχόπτωση στην περιοχή φτάνει περίπου τα 580 mm/έτος, παρουσιάζοντας τυπική απόκλιση 135 mm και μέση απόληψη 12 εκατ.μ³ /έτος. Η μέγιστη χωρητικότητα που καταλαμβάνει ο Ταμιευτήρας του Μαραθώνα είναι 41μ³ /έτος και ο μέγιστος ωφέλιμος όγκος είναι 34 εκατ.μ³. (<http://www.eydap.gr>)

Μετά το 1974 άλλα δυο σημαντικά έργα πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή του Μαραθώνα με σκοπό την ενίσχυση του υδροδοτικού προβλήματος στην Αθήνα. Κατασκευάστηκε το τεχνικό φράγμα στον ποταμό Μόρνο το οποίο θεωρείται ότι είναι το ψηλότερο χωμάτινο φράγμα στην Ευρώπη με ύψος 126 μ. Η υδροδότηση της περιοχής της Αθήνας γίνεται μέσω του υδραγωγείου του Μόρνου που είναι το δεύτερο μεγαλύτερο υδραγωγείο στην Ευρώπη. Το 1992 άρχισαν οι εργασίες για την πραγματοποίηση του δεύτερου μεγάλου έργου που σχετίζεται με την εκτροπή του ποταμού Εύηνου προς τον ταμιευτήρα του Μόρνου μέσω της κατασκευής του φράγματος και της σήραγγας. Η ολοκλήρωση του έργου της ενωτικής σήραγγας προσαγωγής των νερών του Εύηνου στον ταμιευτήρα του ποταμού Μόρνου έγινε σε

διάστημα λιγότερο από δυο χρόνια, γεγονός που καταδεικνύει το σημαντικό επίτευγμα που συντελέστηκε σε παγκόσμιο επίπεδο με την δημιουργία μιας τόσο μεγάλου μήκους σήραγγας. Το υδραγωγείο του Μόρνου που κατασκευάστηκε επικοινωνεί με το υδραγωγείο της λίμνης Υλίκης με ενωτικά μεταξύ τους υδραγωγεία με κύριο σκοπό τον έλεγχο, την συντήρηση και την επισκευή των εγκαταστάσεων των δύο υδραγωγείων με την δυνατότητα που υπάρχει της παύσης του ενός από τα δυο. Το ακατέργαστο νερό που μεταφέρεται από τα υδραγωγεία του Μόρνου και της Υλίκης κατευθύνεται στις τέσσερις μονάδες Επεξεργασίας Νερού (Μ.Ε.Ν.) του



Γαλατσίου, του Πολυδενδρίου, των Αχαρνών και της Μάνδρας. Σε αυτές τις εγκαταστάσεις γίνεται καθαρισμός του νερού μέσα από τις εξής διαδικασίες: της κροκίδωσης, της καθίζησης, της διύλισης και της απολύμανσης μέσω χλωρίου με σκοπό να καθαριστεί από μικρόβια και μικροοργανισμούς. Στην συνέχεια μέσα από τις Μ.Ε.Ν. διοχετεύεται το νερό στις δεξαμενές των πόλεων. Ο αριθμός των δεξαμενών στις πόλεις είναι 45 και είναι διάσπαρτες σε διάφορα σημεία των πόλεων. Μέσα από τις δεξαμενές το νερό μεταφέρεται στους καταναλωτές μέσω ενός δικτύου που έχει σωληνώσεις μήκους 7 εκατομμυρίων μέτρων, το οποίο συνεχώς αναβαθμίζεται και επεκτείνεται.(<http://www.eydap.gr>)

Εικόνα 1. Το φράγμα του Μαραθώνα μετά την ολοκλήρωση των εργασιών κατασκευής του. Φωτογραφία του 1930 (Λάμπρου 1998).

4. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΥΠΟΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΟΚΡΙΤΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

4.1 Ορισμός της λεκάνης απορροής – Υδρογεωλογική λεκάνη

Στις προηγούμενες ενότητες έχει γίνει αναφορά για “την λεκάνη απορροής” μιας περιοχής χωρίς να έχει δοθεί ο ορισμός της. Γίνεται σαφές για τον υπολογισμό του υδρολογικού ισοζυγίου του ποταμού Οινόη, δηλαδή την εκτίμηση των παραμέτρων του είναι απαραίτητη η οριοθέτηση της λεκάνης απορροής του ποταμού. Με τον όρο λεκάνη απορροής ενός ποταμού νοείται το τμήμα της επιφάνειας του εδάφους όπου τα νερά των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων αποστραγγίζονται μέσω ενός υδρογραφικού δικτύου. Πέραν της κύριας λεκάνης απορροής υπάρχουν και υπολεκάνες που δημιουργούνται από τους παραπόταμους και γενικότερα από τους κλάδους του υδρογραφικού δικτύου. Τα όρια μιας λεκάνης απορροής τα ορίζει ο υδροκρίτης ή υδροκριτική γραμμή. Ο υδροκρίτης μιας περιοχής χαράσσεται στον τοπογραφικό χάρτη περιμετρικά του υδρογραφικού δικτύου με μια γραμμή ενώνοντας τα υψηλότερα σημεία (κορυφές) περιλαμβάνοντας τους κλάδους, των οποίων τα επιφανειακά νερά κατευθύνονται στην κεντρική κοίτη αυτού και αφήνοντας εκτός, τους κλάδους των γειτονικών υδρογραφικών δικτύων. Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν την διαμόρφωση και τα χαρακτηριστικά μιας λεκάνης, οι κυριότεροι είναι οι εξής:

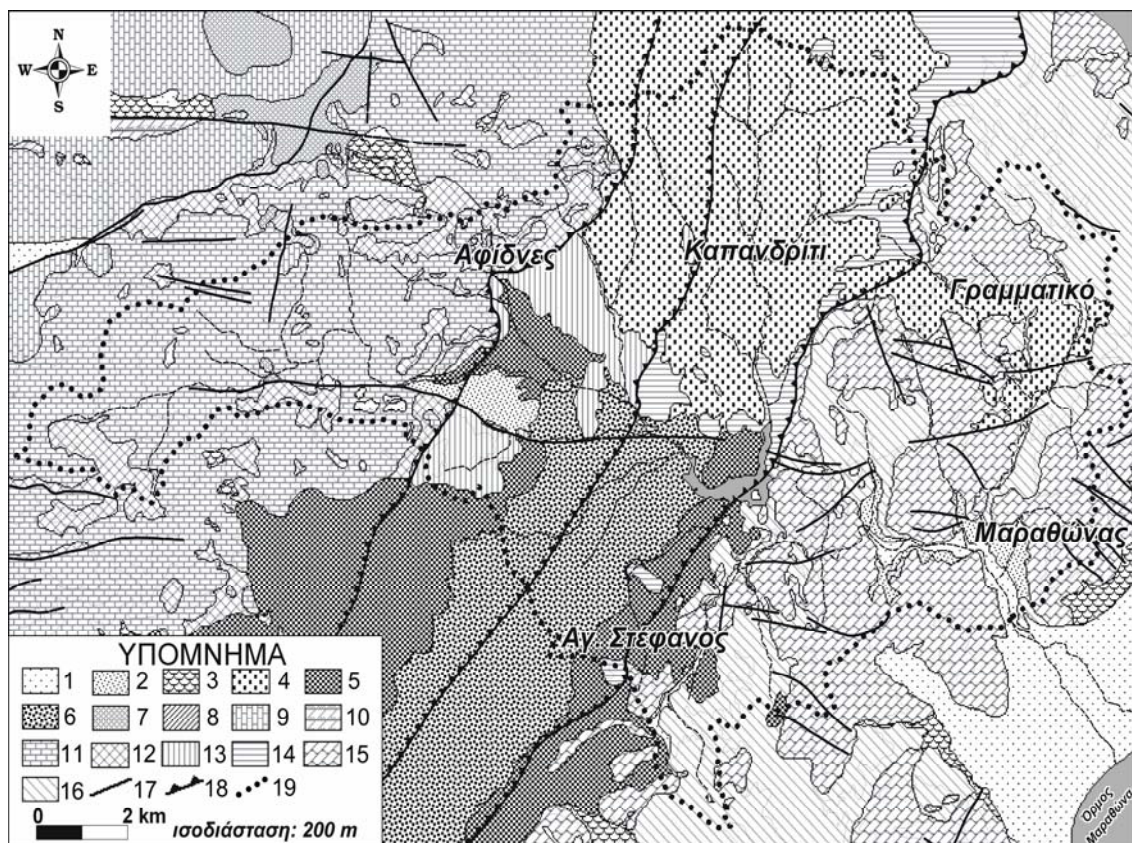
- Τα κλιματικά στοιχεία (βρόχοπτωση και θερμοκρασία)
- Η φύση των πετρωμάτων (διαπερατά-αδιαπέρατα)

- Ο τεκτονισμός και η μορφή του υδρογραφικού δικτύου
- Η βλάστηση, κ.α.

Εκτός όμως από την λεκάνη απορροής, υπάρχει και η υδρογεωλογική λεκάνη, η οποία περιλαμβάνει μια υπόγεια «αποθήκη» που συνδέεται με έναν ή περισσότερους αλληλοσυνδεδεμένους υδροφόρους ορίζοντες. Η κύρια διαφορά της υδρογεωλογικής από την λεκάνη απορροής είναι ότι μεταφέρει και τροφοδοτεί υπόγειο νερό στους υδροφόρους ορίζοντες σε αντίθεση με την λεκάνη απορροής που η μεταφορά και η τροφοδοσία γίνεται με επιφανειακά νερά. Η υδρογεωλογική λεκάνη και λεκάνη απορροής δεν είναι απαραίτητο να συμπίπτουν μεταξύ τους. Σε μερικές περιπτώσεις η υδρογεωλογική λεκάνη αποτελεί το κεντρικό τμήμα της λεκάνη απορροής (π.χ. σε μια κοιλάδα), ενώ υπάρχουν και περιπτώσεις στις οποίες είναι εντελώς ανεξάρτητες και διαφορετικές μεταξύ τους (π.χ. σε καρστικούς σχηματισμούς και στους αμμόλοφους). ((Καρύμπαλης, 2004)

4.2 Γεωλογία της λεκάνης απορροής του Οινόη ποταμού

Στο νότιο και ανατολικό τμήμα της λεκάνης απορροής του Οινόη ποταμού εμφανίζονται οι σχηματισμοί της “ αυτόχθονης ενότητας Αλμυροπόταμου –Αττικής”. Πρόκειται για μια ενότητα που παλαιογεωγραφικά ανήκει στην πλατφόρμα της ζώνης Γαβρόβου – Τρίπολης και εμφανίζεται στον χώρο των Εσωτερικών Ελληνίδων με την



μορφή τεκτονικών παραθύρων. Οι σχηματισμοί που ανήκουν σε αυτή την ενότητα στην περιοχή μελέτης του Οινόη ποταμού είναι οι κάτωθι: (Λόζιος, 1993).

Χάρτης 2. Γεωλογικός χάρτης της λεκάνης απορροής του Οινόη ποταμού (από Ρουμπάνη (1961), Boetechel & Papadeas (1968), Λόζιο, (1993), Ι.Γ.Μ.Ε, (2002) και επιτόπου υπαίθρια χαρτογράφηση της ερευνητικής ομάδας). Υπόμνημα: 1. Χαλαρές αλλουβιακές αποθέσεις Ολοκαινικής ηλικίας, 2. Αναβαθμίδες Ολοκαινικής ηλικίας, 3. Συνεκτικοποιημένοι κώνοι κορημάτων Πλειστοκαινικής ηλικίας, Σχηματισμοί Άνω Μειόκαινου: 4. Κροκαλολατυποπαγή Καπανδριτίου παρεμβολές τραβερτινοειδών ασβεστόλιθων, 5. Κροκαλολατυποπαγή με ενστρώσεις μαργαϊκών και τραβερτινοειδών ασβεστόλιθων, 6. Λεπτομερείς αποθέσεις πηλών, αργίλων και αργιλοαμμούχων υλικών με παρεμβολές κροκαλοπαγών και ψηφιδοπαγών, 7. Κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μάργες και ερυθροί πηλοί με ενστρώσεις μαργαϊκών ασβεστόλιθων, Πελαγονική ενότητα: 8. Φλύσχης ηλικίας Άνω Μαιστρίχιου-Παλαιόκαινου, 9. Επικλυσιγενείς ασβεστόλιθοι ηλικίας Κενομάνιου-Μαιστρίχιου, 10. Ασβεστόλιθοι και δολομίτες ηλικίας Ιουρασικού, 11. Ασβεστόλιθοι ηλικίας Μέσου Τριαδικού-Κάτω Ιουρασικού, 12. Αργιλοψαμμιτικά πετρώματα με ενστρώσεις ασβεστόλιθων ηλικίας ΛιθανθρακοΠέρμιου-Μέσου Τριαδικού, 13. Ενότητα Αφιδνών-Τουρκοβουνίων: Αργιλικοί σχιστόλιθοι και ψαμμίτες με ενστρώσεις ασβεστόλιθων ηλικίας Άνω Κρητιδικού-Παλαιόκαινου, Ενότητα νεοελληνικού τεκτονικού καλύμματος: 14. Σχιστόλιθοι με παρεμβολές μαρμάρων και κρυσταλλικών ασβεστόλιθων, Αυτόχθονη ενότητα Αττικής: 15. Μάρμαρα πιθανής Μεσοζωϊκής-Μεσοηωκαινικής ηλικίας, 16. Σχιστόλιθοι με ενστρώσεις μαρμάρων ηλικίας Κάτω-Μέσου Τριαδικού, 17. Ρήγμα, 18. Επώθηση, 19. Υδροκρίτης της λεκάνης απορροής του Οινόη ποταμού.

Συγκεκριμένα οι Μοσχοβιτικοί, επιδοτικοί, χλωριτικοί, χαλαζιακοί και ανθρακικοί σχιστόλιθοι, με επιδοτικούς αμφιβολίτες και ενστρώσεις μαρμάρων με βάση τον χάρτη 2 παρουσιάζονται ως εξής στην υδροκριτική λεκάνη απορροής..

- Μοσχοβίτικοι, επιδοτικοί, χλωριτικοί, χαλαζιακοί και ανθρακικοί σχιστόλιθοι, με επιδοτικούς αμφιβολίτες και ενστρώσεις μαρμάρων.
- Στο ανώτερο τμήμα τους παρεμβάλλονται βασικά μετα-εκρηξιγενή πετρώματα και μικρές μάζες σερπεντινιτών. Η πιθανή ηλικία ,του ανώτερου τουλάχιστον τμήματος ,των σχηματισμών αυτών είναι Κάτω – Μεσο Τριαδικοί (Λόζιος, 1993).

- Μάρμαρα μεσο-στρωματώδη με ενδιαστρώσεις πυριτιολίθων και συχνές παρεμβολές δολομιτών και δολομιτικών ασβεστόλιθων. Δεδομένου ότι τα μάρμαρα αυτά υπέρκεινται ασύμφωνα των Κάτω-Μέσο Τριαδικών σχιστολιθικών σχηματισμών της βορειοανατολικής Αττικής η ηλικία τους είναι πιθανά Μεσοζωική έως Μεσο – Ηωκαινική.
- Σχηματισμός μετα – φλύσχη με ενστρώσεις μαρμάρων πιθανής ηλικίας Μέσου – Ηωκαίνου.

Μεταξύ της “αυτόχθονης ενότητας Αλμυροπόταμου - Αττικής” και της Πελαγονικής ζώνης , εμφανίζεται ένα σύνολο σχηματισμών, που ανήκουν στις Εξωτερικές Ελληνίδες και διακρίνεται σε δυο μεγάλες ενότητες : “την ενότητα Αφιδνών” και την “ενότητα του νεοελληνικού τεκτονικού καλύμματος” (Katsikatos 1976, Katsikatos et al.1986). Οι σχηματισμοί της “ενότητας του νεοελληνικού τεκτονικού καλύμματος” είναι μεταμορφωμένοι, απαντώνται στις περιοχές Βαρνάβα, λίμνης Μαραθώνα και Αγίου Στεφάνου και είναι επωθημένοι στους μεταμορφωμένους σχηματισμούς της αυτόχθονης ενότητας Αλμυροπόταμου – Αττικής (Katsikatos, 1976). Οι σχηματισμοί αυτοί εμφανίζουν ορισμένες μικροδιαφορές από περιοχή σε περιοχή. Η περιοχή Βαρνάβα αποτελείται από σχιστόλιθους με πολλές ενστρώσεις με πολλές λεπτοστρωμάτων μαρμάρων και σιπολινομαρμάρων. Στην περιοχή της λίμνης του Μαραθώνα αποτελούνται από σχιστόλιθους με φακούς μαρμάρων που μεταπίπτουν συχνά σε σιπολινομάρμαρα ενώ κατά θέσεις απαντώνται μικρά σώματα σερμπεντινιτών ενώ στην περιοχή του Αγίου Στεφάνου η ενότητα αυτή αντιπροσωπεύεται από μια μικρή εμφάνιση κρυσταλλικών ασβεστόλιθων.

Οι σχηματισμοί της “ενότητας Αφιδνών” καταλαμβάνουν την περιοχή Αφιδνών (Κιούρκων) και είναι μια σειρά μη μεταμορφωμένων φλυοσχοειδών σχηματισμών που αποτελούνται από ψαμμίτες, αργιλικούς σχιστόλιθους και ψηφιδοπαγή με ενστρώσεις κρυσταλλικών ασβεστόλιθων. Η ηλικία τους είναι Αν.Κρητιδικό – Παλαιόκαινο και είναι επωθημένοι στους σχηματισμούς του “νεοελληνικού τεκτονικού καλύμματος” ενώ υπόκεινται τεκτονικά των σχηματισμών της Πελαγονικής ζώνης της Πάρνηθας και του νεο-Παλαιοζωϊκού της υποβάθρου.

Οι σχηματισμοί της Πελαγονικής ζώνης είναι εξολοκλήρου αμεταμόρφωτοι και περιλαμβάνουν: Μια σειρά εναλλασσόμενων αργιλοψαμμιτικών πετρωμάτων με ενστρώσεις ασβεστόλιθων ηλικίας Λιθανθρακοπερμίου – Κάτω – Μέσο – Τριαδικού, τους “ασβεστόλιθους Μαυρηγόρας – Μπελετσίου” ηλικίας Μέσου Τριαδικού –

Κάτω Ιουρασικού, ασβεστόλιθους Ανωκρητιδικής ηλικίας και τον φλύσχη ηλικίας Άνω Μαιστριχτιου – Παλαιόκαινου.

Οι Νεογενείς σχηματισμοί διακρίνονται σε:

⇒ Αδρομερείς ποταμο-λιμναίους σχηματισμούς της Πάρνηθας και του Πεντελικού, ηλικίας Άν.Μειόκαινου. Πρόκειται για λατυποπαγείς και κροκαλοπαγείς σχηματισμούς που βρίσκονται στις παρυφές των ορεινών όγκων της Πάρνηθας και του Πεντελικού . Με την απομάκρυνση από τους ορεινούς όγκους οι αποθέσεις αυτές εναλλάσσονται με λεπτομερέστερα υλικά. Κατά θέσεις παρεμβάλλονται ενστρώσεις μαργαϊκών – τραβερτινοειδών ασβεστόλιθων.

⇒ Κροκαλολατυποπαγή Καπανδριτίου, Άνω – Μειοκαινικής ηλικίας. Είναι μικρής συνεκτικότητας ποταμο-λιμναίες αποθέσεις άστρωτες ή με ασαφή στρώση. Περιέχουν κροκαλο – λάτυπες οι διαστάσεις των οποίων κυμαίνονται από πολύ μικρά μεγέθη μέχρι και ογκόλιθους. Κατά θέσεις παρεμβάλλονται στρώματα μαργαϊκών – τραβερτινοειδών ασβεστόλιθων.

Οι σχηματισμοί του Τεταρτογενούς διακρίνονται σε :

- Πλειστοκαινικής ηλικίας συνεκτικά πλευρικά κορήματα και κώνους κορημάτων.
 - Ασύνδετα Ολοκαινικά κορήματα, που αποτελούνται συνήθως απόγωνιώδη και αδρομερή υλικά.
 - Λεπτομερείς προσχωματικές αποθέσεις Πλειστοκαινικής ηλικίας καστανέρυθρου χρώματος με διάσπαρτες κροκάλες που συχνά αποτελούν υλικά ποτάμιων αναβαθμίδων.
 - Ολοκαινικής ηλικίας χαλαρές ποταμοχειμάρειες αποθέσεις από άμμους, κροκάλες και λάτυπες που εμφανίζονται κατά μήκος των ποτάμιων κοιτών.
- (Καρύμπαλης, 2004)

5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ – ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ

5.1 Εισαγωγή

Η εκτίμηση των παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου της περιοχής του ποταμού Οινόη έγινε με την βοήθεια των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ). Τα Σ.Γ.Π. σχετίζονται με την συλλογή, διαχείριση, επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων και έχουν συμβάλει στην αποτελεσματική αντιμετώπιση διαφόρων γεωγραφικών προβλημάτων.

Για την χάραξη του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής χρησιμοποιήθηκαν τοπογραφικοί χάρτες γενικής χρήσεως, κλίμακας 1:50.000, και συγκεκριμένα τα φύλλα χαρτών με τίτλο Κηφισιά και Αθήναι-Ελευσίς έκδοσης της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού με έτη έκδοσης, Δεκέμβριος 1988 για τον χάρτη Κηφισιάς και 1992 για τον χάρτη Αθήναι-Ελευσίς. Για την γεωαναφορά των χαρτών χρησιμοποιήθηκε το σύστημα των συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87, το οποίο εφαρμόζεται στην εγκάρσια μερκατορική προβολή, και ο κεντρικός μεσημβρινός και των δυο χαρτών είναι $\lambda=24^0$ μοίρες από τον μεσημβρινό του Greenwich, και ο συντελεστής κλίμακας είναι $K_0=0,9996$.

5.2 Οπτική σάρωση και γεωαναφορά της εικόνας

Πραγματοποιήθηκε η σάρωση των αναλογικών τοπογραφικών χαρτών, (παράμετροι σάρωσης :1200 dpi ανάλυση χρώματος και βάθος χρώματος 24 bit), και ακολούθησε η γεωαναφορά των χαρτών. Με την εφαρμογή του λογισμικού Arc map, το οποίο είναι υποπρόγραμμα του ArcGIS 9.1, έγινε η οπτικοποίηση των θεματικών επιπέδων που αντιστοιχούν στους χάρτες σάρωσης και πραγματοποιήθηκε η γεωαναφορά ύστερα από την κατάδειξη των σημείων ελέγχου, για τα οποία είναι

γνωστά οι πραγματικές συντεταγμένες τους, οι οποίες εισάγονται με πληκτρολόγηση.¹

(Οι γεωμετρικοί μετασχηματισμοί έχουν ως βασικό στόχο την ανάθεση συντεταγμένων σε ένα ψηφιακό χάρτη ή σε ένα θεματικό επίπεδο δεδομένων ενός ΣΓΠ ,έτσι ώστε να είναι δυνατή η επίθεση δεδομένων). (Χαλκιάς Χ., 2003)

Για την γεωαναφορά των εικόνων της Κηφισιάς και της Αθήναι-Ελευσίς χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα σημεία ελέγχου για το κάθε φύλλο χάρτη, οι συντεταγμένες των οποίων δίνονται από τους παρακάτω πίνακες:

Συντεταγμένες του χάρτη Κηφισιάς		Συντεταγμένες του χάρτη Αθήναι-Ελευσίς	
X:480000 Ψ:4230000	X:495000 Ψ:4230000	X:460000 Ψ:4230000	X:475000 Ψ:4230000
X:480000 Ψ:4210000	X:495000 Ψ:4210000	X:460000 Ψ:4210000	X:475000 Ψ:4210000

Πίνακας 7. Οι συντεταγμένες των τοπογραφικών χαρτών Κηφισιάς και της Αθήναι-Ελευσίς που χρησιμοποιήθηκαν για την γεωαναφορά.
(Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού)

Για την εκτίμηση της αξιοπιστίας της γεωαναφοράς εξετάζεται το σφάλμα για κάθε σύνδεση και το μέσο τετραγωνικό σφάλμα και αφού τα αποτελέσματα είναι ικανοποιητικά δηλαδή, έχει επιτευχθεί ικανοποιητική ακρίβεια του μετασχηματισμού (το σφάλμα πρέπει να είναι μικρότερο από το 11, όσο πιο μικρό είναι το σφάλμα τόσο πιο ακριβής είναι η γεωαναφορά του χάρτη), σταματά η εισαγωγή δεδομένων και καθίσταται επιτρεπτό να γίνει η αποθήκευση της πληροφορίας ακρίβειας της γεωαναφοράς η οποία αναφέρεται στο αρχείο της εικόνας. Στην προκειμένη περίπτωση, το σφάλμα που διαπιστώθηκε στον χάρτη της Κηφισιάς ήταν της τάξεως 5,82058 (Total RMS :5,82058) και στον χάρτη της Αθήναι-Ελευσίς (Total RMS:4,00588)

5.3 Δημιουργία Θεματικών επιπέδων –Καθορισμός του τύπου –Ψηφιοποίηση

Στην συνέχεια έγινε οργάνωση των οντοτήτων που πρόκειται να ψηφιοποιηθούν σε θεματικά επίπεδα. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε μέσω του υποπρογράμματος ArcCatalog και την δημιουργία ενός φακέλου Υδρογραφικό

¹ Η απευθείας γεωαναφορά των δεδομένων είναι αυτή που χρησιμοποιείται ευρύτατα κατά την φάση της δημιουργίας –εισαγωγής δεδομένων ,έτσι ώστε να δημιουργούνται αυτόματα με συντεταγμένες του επιλεγμένου συστήματος αναφοράς.

που περιέχει έναν φάκελο με το αρχείο του χάρτη και όλα τα θεματικά επίπεδα με το όνομα Shapefile. Αυτός ο φάκελος αποτελείται από 3 υποφακέλους (points,polylines,polygon) μέσα στους οποίους περιέχονται τα δομικά στοιχεία. Στην περίπτωση που αφορά το υδρογραφικό δίκτυο του ποταμού Οινόη έχουν χρησιμοποιήθηκαν μόνο τα δύο δομικά στοιχεία (polylines,polygon). Ο φάκελος polylines περιέχει έναν άλλο φάκελο στον οποίον ορίστηκε ο τύπος και το όνομα που αφορά το Shapefile του υδρογραφικού δικτύου και των ισοϋψών και εκφράζει στον χάρτη τα γραμμικά φαινόμενα. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε με τον φάκελο polygon που περιέχει και αυτός επίσης έναν φάκελο που αφορά το Shapefile της λίμνης του Μαραθώνα και του υδροκρίτη και στον οποίον επίσης, ορίστηκε ο τύπος και το όνομα.

Στην συγκεκριμένη μελέτη τα θεματικά επίπεδα που δημιουργήθηκαν είναι τα εξής:

Θεματικά επίπεδα	Μορφή
Υδρογραφικό δίκτυο	Γραμμή
Υδροκρίτης	Πολύγωνο
Ισοϋψείς	Γραμμή
Λίμνη Μαραθώνα	Πολύγωνο

Πίνακας 8.Θεματικά επίπεδα - Μορφή

Το επόμενο στάδιο αφορά την ψηφιοποίηση των γεωγραφικών οντοτήτων και συγκεκριμένα του υδρογραφικού δικτύου, του υδροκρίτη της λεκάνης απορροής, των ισοϋψών (ανά 100m) που περιλαμβάνονται μέσα στην λεκάνη και της λίμνης του Μαραθώνα. Η διαχείριση των παραπάνω θεματικών επιπέδων που δημιουργήθηκαν και η προσθήκη σε αυτά των γεωγραφικών οντοτήτων υλοποιείται με την χρήση του υποπρογράμματος Arc Map. Στην συνέχεια προστέθηκαν τα θεματικά επίπεδα καθώς και ο σαρωμένος χάρτης (αρχείο εικόνας), ο οποίος χρησιμοποιήθηκε ως υπόβαθρο για την ψηφιοποίηση της περιοχής. Λήφθηκαν υπόψη όλες οι απαραίτητες ενέργειες για την αποφυγή σφαλμάτων. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του snapping tolerate και όπου κρίθηκε αναγκαίο πραγματοποιήθηκαν περαιτέρω ρυθμίσεις. Από το παράθυρο snapping environment έγινε καθορισμός των τμημάτων από τις υπάρχουσες οντότητες. Για όλα τα γραμμικά στοιχεία (υδρογραφικό δίκτυο) έχει γίνει επιλογή των τμημάτων που θα ψηφιοποιηθούν έτσι ώστε να συνενώνονται τόσο με την κορυφή,όσο με την πλευρά και με τον κόμβο λήξης όταν βρίσκεται σε απόσταση 20 m, ανάλογα βέβαια με το επιθυμητό αποτέλεσμα. Για την διαδικασία της ψηφιοποίησης χρησιμοποιήθηκε η σημειακή μέθοδο (point mode) γιατί δίνει έμφαση στην λεπτομέρεια σε αντίθεση με την αλυσιδωτή μέθοδο.(Χαλκιάς, 2003)

Εφόσον προσδιορίστηκαν οι ανοχές ψηφιοποίησης, έγινε η ψηφιοποίηση των γεωγραφικών οντοτήτων, δηλαδή του υδρογραφικού δικτύου του ποταμού και υδροκρίτη, της λίμνης του Μαραθώνα. Το αποτέλεσμα της ψηφιοποίησης είναι η δημιουργία τριών χαρτών που αφορούν:

- ❖ Ο τοπογραφικός χάρτης του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής που περιλαμβάνει τον υδροκρίτη της λεκάνης απορροής, τις ισοϋψείς καμπύλες ανά 100 m.
- ❖ Το υδρογραφικό δίκτυο του Οινόη ποταμού.

6.ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ - Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

6.1 Η σημασία του υδρολογικού ισοζυγίου και τα στοιχεία που το προσδιορίζουν.

Ο όρος υδρολογικό ισοζύγιο αναφέρεται στην σταθερή και αδιάκοπη κίνηση του νερού στην ατμόσφαιρα, στην επιφάνεια της γης καθώς και στο υπέδαφος. Η γνώση του υδρολογικού κύκλου σε μια περιοχή σχετίζεται άμεσα με την κατανόηση της εμφάνισης και της κίνησης του νερού, όπως επίσης για την ανάπτυξη και την διαχείριση των υδάτινων πόρων. Για τον ποσοτικό υπολογισμό του υδρολογικού κύκλου μιας περιοχής χρησιμοποιείται η εξής μαθηματική εξίσωση: $P = E + R + I$ Παρακάτω θα προσδιοριστεί η σημασία της κάθε παραμέτρου της παραπάνω εξίσωσης καθώς και οι τρόποι υπολογισμού τους.

Ο υδρολογικός κύκλος είναι μια συνεχής διαδικασία που δεν παρουσιάζει αρχή και τέλος. Εξαιτίας του γεγονότος ότι οι ωκεανοί καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της υδρογείου η περιγραφή του υδρολογικού κύκλου αρχίζει με την εξάτμιση των νερών τους. Το νερό που εξατμίζεται από τους ωκεανούς σχηματίζει τα σύννεφα, τα οποία κάτω από κατάλληλες συνθήκες συμπυκνώνονται και σχηματίζουν τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα όπως βροχή, χιόνι, χαλάζι, δροσιά κ.λ.π. (Σούλιος, 1996)

Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (P), πέφτοντας στην επιφάνεια της γης ακολουθούν κάποιες διαδρομές του υδρολογικού ισοζυγίου οι οποίες είναι οι εξής :

Μια από τις συχνότερες διαδρομές και αυτό που κατά κύριο λόγο συμβαίνει στο μεγαλύτερο μέρος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων είναι ότι πέφτουν στους ωκεανούς και αποδίδονται πάλι στην ατμόσφαιρα, με την μορφή της εξάτμισης. Ένα μικρό ποσοστό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων μπορεί να

εξατμίζεται στη ατμόσφαιρα χωρίς να προλάβει να φτάσει στην επιφάνεια της γης. Τελευταία διαδρομή τους είναι να πέσουν στην ξηρά, όπου οι καταστάσεις που μπορούν να συμβούν είναι οι παρακάτω: Είτε να εξατμιστούν αμέσως ερχόμενα σε επαφή με το έδαφος, την βλάστηση κ.α, είτε να ακολουθήσουν έναν από τους κάτωθι δρόμους : Ο πρώτος δρόμος σχετίζεται με το μέρος που απορρέει επιφανειακά, το οποίο τροφοδοτεί τα ρυάκια, τους ποταμούς, τους χείμαρρους, τους παραπόταμους και καταλήγει στις λίμνες και στη θάλασσα όπου από εκεί επιστρέφει στην ατμόσφαιρα με την μορφή της εξάτμισης. Το νερό που ρέει μέσω του υδρογραφικού δικτύου αποτελεί την επιφανειακή απορροή και συμβολίζεται με το γράμμα **(R)** στον τύπο του υδρολογικού ισοζυγίου .

Ο δεύτερος δρόμος έχει σχέση με το μέρος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που διαπερνά το έδαφος και εισέρχεται στο υπέδαφος μέσω των ρωγμών ή των ρηγμάτων των διάφορων πετρωμάτων με αποτελέσματα να σχηματίζει το υπόγειο νερό ή να προστίθεται στο ήδη υπάρχον. Το νερό αυτό μετά από μια μικρή ή μεγάλη διαδρομή και μια αργή ή γρήγορη πορεία μέσα στο υπέδαφος, επανέρχεται στην επιφάνεια του εδάφους μέσα από τις πηγές. Με το νερό αυτό τροφοδοτούνται οι ποταμοί ή οδηγείται στη θάλασσα ή τέλος, επανέρχεται στην ατμόσφαιρα με την βοήθεια του ριζικού συστήματος των φυτών μέσω του φαινομένου της διαπνοής. Το νερό που διαπερνά την επιφάνεια της γης και εισέρχεται σε αυτή, αποτελεί την κατείσδυση και συμβολίζεται με το γράμμα **(I)** στον τύπο του υδρολογικού ισοζυγίου.

Τελευταία διαδρομή μιας σημαντικής ποσότητας των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων επιστρέφει στην ατμόσφαιρα. Αυτό μπορεί να συμβεί είτε με την εξάτμιση του νερού των λιμνών, των ποταμών και των στρωμάτων που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια της γης, είτε με το φαινόμενο της διαπνοής των φυτών. Το σύνολο των διεργασιών μέσω των οποίων το νερό επιστρέφει στην ατμόσφαιρα ονομάζεται εξατμισοδιαπνοή και συμβολίζεται με το γράμμα **(E)** στον τύπο του υδρολογικού ισοζυγίου.

Σύμφωνα με τα προηγούμενα αναγραφόμενα διαπιστώνουμε ότι ο υδρολογικός κύκλος ή αλλιώς ο κύκλος του νερού, μπορεί να εκφραστεί μέσα από τον ακόλουθο μαθηματικό τύπο που αποτελεί ουσιαστικά τον τύπο του υδρολογικού ισοζυγίου, όπως έχει αναφερθεί και στην αρχική παράγραφο του παρόντος κεφαλαίου .

$$P = E + R + I$$

Όπου

P =ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

E =εξατμισοδιαπνοή

R =επιφανειακή απορροή

I =κατείδσδυση

Το **E** ,το **R** και το **I** που αποτελούν τα δεύτερα μέλη της εξίσωσης ,αποτελούν τις φάσεις του υδρολογικού ισοζυγίου και εκφράζονται σε χιλιοστά (mm), σε μονάδες όγκου (π.χ. m³) είτε σε ποσοστά (%) επί των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Ο τύπος του υδρολογικού ισοζυγίου και η εκτίμηση των φάσεων του εφαρμόζεται σε συγκεκριμένα τμήματα της υδρολογικής λεκάνης ή αλλιώς λεκάνης απορροής.

Για την σύνταξη ενός υδρολογικού ισοζυγίου, εκτός από την μεθοδολογία που θα εφαρμοστεί είναι απαραίτητη η εγκατάσταση κάποιων οργάνων χρήσιμων για την εκτέλεση των αντίστοιχων παρατηρήσεων και την εξαγωγή σημαντικών συμπερασμάτων.

⇒ Αρχικά θα πρέπει να γίνει χρήση μετεωρολογικών οργάνων όπως είναι τα βροχόμετρα , τα χρονόμετρα , τα εξατμισήμετρα και άλλα σχετικά όργανα.

⇒ Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν όργανα που σχετίζονται με την υγρασία του εδάφους μέσω της δειγματοληψίας του.

⇒ Επιπρόσθετα, για την σύνταξη του υδρολογικού ισοζυγίου χρησιμοποιούμε πιεζόμετρα τα οποία χρησιμοποιούμε για την εκτέλεση των πιεζομετρίων παρατηρήσεων .

⇒ Τέλος, η μέτρηση της απορροής μπορεί να γίνει από σταθμημετρικούς σταθμούς, όπως είναι οι υπερχειλιστές και τα σταθμήμετρα.

Για την σύνταξη ενός υδρολογικού ισοζυγίου σε παγκόσμιο επίπεδο θα πρέπει να εξεταστούν δυο υδρολογικά ισοζύγια. Το ένα θα αφορά τις μετρήσεις στην ξηρά και το άλλο τις μετρήσεις στην θάλασσα. Θα πρέπει επίσης να γίνουν καταγραφές και μετρήσεις σε μακροχρόνια διαστήματα ,με σκοπό να εξομαλυνθούν οι κλιματικές διακυμάνσεις. Ο όγκος του νερού που παίρνει μέρος στις διαδικασίες του υδρολογικού ισοζυγίου διαφέρει όχι μόνο στα διάφορα γεωγραφικά μήκη και πλάτη αλλά και από περιοχή σε περιοχή.

(Καρύμπαλης, 2004)

Είναι προφανές, ότι στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, δεν ήταν δυνατή η επιτόπια μέτρηση όλων των στοιχείων που θα οδηγούσαν στην αξιόπιστη εκτίμηση των παραμέτρων για την λεκάνη του Οινόη ποταμού. Για τον λόγο αυτό,

χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από την υπάρχουσα βιβλιογραφία για την περιοχή και έγινε η επιλογή των μεθοδολογιών υπολογισμού που σε κάθε περίπτωση προσαρμόζεται στα διαθέσιμα δεδομένα.

7. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΟΥ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

7.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναπτυχθούν οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται γενικά για την εκτίμηση των παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου και θα γίνει αναφορά σε αυτές που επιλέγηκαν για την εφαρμογή τους στην λεκάνη απορροής του Οινόη ποταμού. Θα αναλυθεί διεξοδικά ο τύπος του υδρολογικού ισοζυγίου $P = E + R + I$, που αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, για την περιοχή η οποία εξετάζεται και μέσω αυτού θα εξαχθούν καταληκτικά συμπεράσματα που θα αφορούν τις συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή και τις επιπτώσεις που έχει υποστεί το ισοζύγιο στην περιοχή από τις ανθρωπογενείς επεμβάσεις. Για την ανάλυση του τύπου του υδρολογικού ισοζυγίου αρχικά γίνεται αναφορά στους παράγοντες από τους οποίους εξαρτώνται οι παράμετροι γενικά και στην συνέχεια δίνονται στοιχεία για τις μεθοδολογίες που εφαρμόζονται για την εκτίμησή τους. Τέλος, εκτιμάται η τιμή κάθε ενός παράγοντα για την λεκάνη απορροής του Οινόη ποταμού.

7.2 Μέθοδοι υπολογισμού των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (P)

Η ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που δέχεται μια περιοχή μετράται με το κατακόρυφο ύψος που θα έφτανε το νερό της βροχής στο τόπο αν δεν συνέβαιναν απώλειες λόγω απορροής, διήθησης, εξάτμισης και διαπνοής. Το ύψος αυτό λέγεται ύψος βροχής και μετριέται σε χιλιοστά του μέτρου, από ειδικά όργανα, τα βροχόμετρα. Τα βροχόμετρα είναι όργανα που μετρούν τη βροχή και γενικότερα τα υδάτινα κατακρημνίσματα. (Τσόγκας, 1999)

Το ύψος βροχής που μετράται με το βροχόμετρο, θα πρέπει να υποτεθεί ότι αντιπροσωπεύει βροχόπτωση που έπεσε και στην περιοχή γύρω από αυτό. Ακόμα και μέσα από αυτήν την παραδοχή είναι γνωστό ότι θα προσδιοριστεί κατά προσέγγιση η

πραγματικότητα. Αυτό συμβαίνει γιατί στην περιοχή του βροχόμετρου υπάρχει πιθανότητα να τύχει εντονότερη βροχόπτωση σε σχέση με την γύρω περιοχή που μπορεί να έχει μικρότερη βροχόπτωση ή μπορεί να συμβεί και το αντίστροφο. Επομένως, για να υπάρξουν αποτελέσματα που να πλησιάζουν και να προσεγγίζουν την πραγματικότητα, οι βροχομετρικοί σταθμοί στους οποίους θα πρέπει να καταγράφονται τα αποτελέσματα των βροχομετρικών παρατηρήσεων, θα πρέπει να είναι εγκατεστημένοι σε χαρακτηριστικά σημεία. Ο υπολογισμός των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων μπορεί να πραγματοποιηθεί με τέσσερις μεθόδους. Θα πρέπει να υπάρχει σε μια περιοχή ένα σχετικό, πυκνό δίκτυο βροχομετρικών σταθμών που να καλύπτουν και υψομετρικά την περιοχή και να συλλέγουν μετρήσεις για μακράν χρονική περίοδο. (Τσόγκας, 1999)

7.2.1 Πρώτη μέθοδος: Υπολογισμός των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων με τη μέθοδο των πολυγώνων Thiessen

Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή γίνεται η παραδοχή ότι, η τιμή του ύψους βροχής κάθε βροχομετρικού σταθμού ισχύει μέχρι το μέσο της απόστασης μεταξύ δυο γειτονικών σταθμών. Επίσης, λαμβάνονται υπόψη τα όρια της περιοχής μελέτης που εξετάζεται. Τα βήματα που ακολουθούνται σε αυτήν την μεθοδολογία εκτίμησης των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων είναι τα εξής:

- i) Στην αρχή οι βροχομετρικοί σταθμοί της περιοχής τοποθετούνται σε έναν τοπογραφικό χάρτη και ενώνονται μεταξύ τους με ευθείες γραμμές. Το αποτέλεσμα είναι να δημιουργηθούν τρίγωνα σε ολόκληρη την περιοχή.
- ii) Η δεύτερη ενέργεια είναι η χάραξη των μεσοκαθέτων όλων των πλευρών των τριγώνων. Το αποτέλεσμα είναι να οριστεί ένα πολύγωνο για κάθε σταθμό. Η επιφάνεια του κάθε πολυγώνου την υπολογίζεται με εμβαδομέτρηση.
- iii) Προχωρώντας, σε αυτήν μεθοδολογία πρέπει να υποθέσουμε ότι η έκταση του κάθε πολυγώνου σε κάθε σημείο του δέχεται τόση βροχή όση και ο βροχομετρικός σταθμός που βρίσκεται μέσα σε αυτό. Έτσι, πολλαπλασιάζοντας το μέσο ύψος βροχής του βροχομετρικού σταθμού με την έκταση του πολυγώνου βρίσκεται τον συνολικό όγκο νερού που αντιστοιχεί σε κάθε πολύγωνο.
- iv) Η πρόσθεση όλων αυτών των γινομένων δίνει τον συνολικό όγκο νερού για όλη την λεκάνη.

Η μέθοδος των πολυγώνων Thiessen χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που σημειώνονται σε μια λεκάνη απορροής που έχει μικρό αριθμό βροχομετρικών σταθμών, η κατανομή τους είναι ανομοιόμορφη μέσα στην λεκάνη απορροής και τέλος περιβάλλεται από ένα ανάγλυφο, το οποίο δεν είναι έντονο. Βασικό μειονέκτημα της είναι ότι σε περιπτώσεις αφαίρεσης ή πρόσθεσης ενός σταθμού πρέπει να γίνει αλλαγή του συστήματος των πολυγώνων. Επιπλέον, σε αυτή την μέθοδο οι τοπογραφικές ανωμαλίες που παρουσιάζονται στο ανάγλυφο και που συχνά είναι αιτία διαφοροποίησης της βροχόπτωσης, δεν λαμβάνονται υπόψη. (Καρύμπαλης, 2004)

Για όλους τους προαναφερόμενους λόγους, η μέθοδος αυτήν δεν κρίθηκε κατάλληλη για την χρησιμοποίηση της στην εκτίμηση του όγκου των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων της λεκάνης απορροής του ποταμού Οινόη.

7.2.2 Δεύτερη μέθοδος: Εκτίμηση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων με την μέθοδο του μέσου υψομέτρου της λεκάνης,

Η μέθοδος αυτή είναι πάρα πολύ απλή, γιατί αυτό που χρειάζεται για τον υπολογισμό του συνολικού όγκου του νερού είναι η εκτίμηση του μέσου υψομέτρου της λεκάνης H_v και της βροχοβαθμίδας α (εκτενής αναφορά για την βροχοβαθμίδα και τον τρόπο υπολογισμού της θα γίνει στην εφαρμογή της μεθόδου για την περιοχή του Οινόη). Με τον όρο **βροχοβαθμίδα** ονομάζεται η μεταβολή των βροχοπτώσεων σε σχέση με το υψόμετρο. Γνωρίζοντας το μέσο υψόμετρο H_v , τοποθετώντας όπου $\chi = H_v$ στην εξίσωση $\psi = \alpha \cdot \chi + \beta$ που συνδέει το υψόμετρο μιας περιοχής με το ύψος βροχής που δέχεται, υπολογίζεται το ψ που αντιστοιχεί στο ύψος βροχής. Στην συνέχεια από τον τύπο $P = E \cdot h$

E = έκταση λεκάνης

$h = \psi$ = ύψος βροχής, βρίσκουμε τον συνολικό όγκο βροχής της λεκάνης.

7.2.3 Τρίτη μέθοδος: Χάραξη των ισοϋετιών καμπυλών.

Με την μέθοδο αυτή αρχικά σχεδιάζονται οι ισοϋέτιες καμπύλες της περιοχής με στοιχεία που έχουν ληφθεί από διάφορους μετεωρολογικούς σταθμούς στην εκάστοτε περιοχή. Οι ισοϋέτιες καμπύλες σχεδιάζονται σε ισοϋετείς χάρτες, και είναι καμπύλες όπου σε κάθε σημείο της οποίας η βροχόπτωση έχει την ίδια τιμή. (Τσόγκας, 1999) Εν συνεχεία υπολογίζεται το εμβαδόν που περικλείεται μεταξύ δυο

διαδοχικών ισοϋετιών καμπυλών και το αποτέλεσμα πολλαπλασιάζεται με το ημιάθροισμα των τιμών των καμπυλών. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για κάθε ζεύγος καμπυλών και όλα τα αποτελέσματα-γινόμενα, προστίθενται. Το αποτέλεσμα της πρόσθεσης δίνει τον συνολικό όγκο νερού που πέφτει σε μια λεκάνη απορροής. Το μέσο ύψος βροχής της λεκάνης υπολογίζεται από την διαίρεση του συνολικού όγκου που καταλαμβάνει η λεκάνη με την έκταση της.

Ο τύπος του μέσου ύψους βροχής είναι: $H_{\mu} = \Sigma h \cdot E / E_{ολ}$

όπου το H_{μ} = το μέσο ύψος βροχής

h = ο αριθμητικός μέσος βροχής σε δυο διαδοχικές καμπύλες

E = το εμβαδόν της λεκάνης ανάμεσα σε δυο διαδοχικές καμπύλες

$E_{ολ}$ = το ολικό εμβαδόν της λεκάνης

Αν και αρχικά είχε επιλεγεί η συγκεκριμένη μέθοδος για τον υπολογισμό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στην περιοχή μελέτης του ποταμού Οινόη, δεδομένου ότι είναι η πλέον αξιόπιστη, λόγω της δυσκολίας που παρουσιάστηκε ως προς την συγκέντρωση βροχομετρικών στοιχείων, αφού δεν υπήρχαν σταθμοί που να λειτουργούν για μεγάλη χρονική περίοδο εντός της λεκάνης απορροής του ποταμού Οινόη.

Σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους, που περιγράφηκαν, θεωρείται ότι είναι η πιο ακριβής, γιατί προκύπτουν αξιόπιστα αποτελέσματα λόγω του γεγονότος ότι κατά την χάραξη των καμπυλών λαμβάνονται υπόψη όχι μόνο το ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, των μεμονωμένων σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν, αλλά και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά την κατανομή των βροχοπτώσεων στην λεκάνη. Αυτοί οι παράγοντες σχετίζονται κυρίως με την μορφολογία του εδάφους, με τους άνεμους που επικρατούν στην περιοχή και γενικά με διάφορες τοπικές ιδιομορφίες που επηρεάζουν τις μικροκλιματικές συνθήκες της εκάστοτε λεκάνης απορροής. (Καρύμπαλης, 2004)

7.2.4 Εκτίμηση του όγκου των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων με την μέθοδο της μετατροπής των ισοϋψών καμπυλών σε υσοϋέτιες.

Η μέθοδος που επιλέγει για τον υπολογισμό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στην περιοχή μελέτης του Οινόη ποταμού είναι η μετατροπή των ισοϋψών καμπυλών σε υσοϋέτιες με την χρήση της βροχοβαθμίδας. Ο κύριος λόγος για αυτήν την επιλογή είναι, όπως αναφέρθηκε η ελλειπής συγκέντρωση βροχομετρικών και θερμοκρασιακών στοιχείων στον άμεσο χώρο της λεκάνης,

εξαιτίας της μη ύπαρξης μετεωρολογικών σταθμών στο νομό Αττικής. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι να υπάρχουν βροχομετρικά στοιχεία μόνο για τρεις σταθμούς, που βρίσκονται περιμετρικά της λεκάνης. Οι μετεωρολογικοί σταθμοί, από τους οποίους αντλήθηκαν στοιχεία για την εργασία και παρουσιάστηκαν ήδη στο κεφάλαιο 3.4 του κλίματος, είναι: Νέας Φιλαδέλφειας, Μαραθώνα και Τατοΐου.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την μετατροπή των ισοϋψών καμπυλών σε υσοϋέτιες είναι η χρήση της **βροχοβαθμίδας**. Για να υπολογιστεί η τιμή της βροχοβαθμίδας, που αντιστοιχεί στον ρυθμό αύξησης των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων με την αύξηση του υψόμετρου, ακολουθήθηκαν τα εξής βήματα:

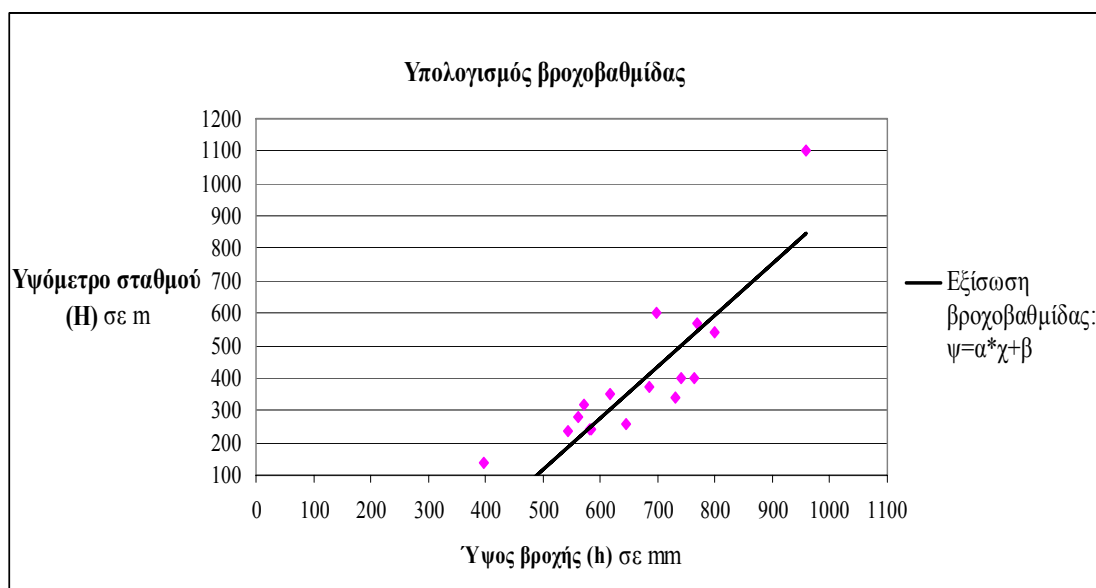
- i) Η κατασκευή ενός πίνακα όπου συγκεντρώθηκαν τα στοιχεία των βροχομετρικών σταθμών, το απόλυτο υψόμετρο των σταθμών, η περίοδος παρατηρήσεων, ο αριθμός των ετών και το ύψος βροχής σε mm.

Βροχομετρικός σταθμός	Ύψος βροχής(h) σε mm	Υψόμετρο σταθμού (H) σε m.	Περίοδος παρατηρήσεων
Κηφισιά	572,60	320	1944-1968
Μπογιάτι	617,30	350	1928-1969
Αφίδναι	740,70	400	1925-1973
Τατόι	544,64	234	1960-1976
Κατσιμίδι	769,00	570	1925-1973
Μπογιάτι	645,50	260	1925-1973
Καπανδρίτι	730,40	340	1925-1973
Βαρνάβας	764,10	400	1925-1973
Φράγμα Μαραθώνα	584,00	240	1925-1973
Μαραθώνας	567,20	60	1925-1973
Σταμάτα	684,20	370	1931-1973
Άγιος Μερκούριος	697,20	600	1938-1968
Αυλώνα	560,20	280	1951-1966
Σούλι	531,90	25	1951-1958
Παράδεισος	582,00	240	1953-1965
Τανάγρα	395,80	139	1957-1965
Πάρνηθα	957,20	1100	1976-1977
Πύλη	799,60	540	1945-1977
Ελευσίνα	417,82	30	1951-1976

Πίνακας 9. Το ύψος βροχής που δέχεται στο αντίστοιχο υψόμετρο ο κάθε βροχομετρικός σταθμός της λεκάνης απορροής με περίοδο παρατηρήσεων από το 1925 έως το 1977.

Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της βροχοβαθμίδας αναφέρονται σε μετρήσεις παλαιότερων ετών, από το 1944 μέχρι και το 1976, και ελήφθησαν από 19 βροχομετρικούς σταθμούς, που ήταν εγκατεστημένοι στην ευρύτερη περιοχή και παρακολουθούνταν μέχρι εκείνες τις χρονολογίες από την Ε.Ε.Υ. (17 βροχομετρικοί σταθμοί) και από την Ε.Μ.Υ. (2 βροχομετρικοί σταθμοί). Ο πίνακας 8 συγκεντρώνει τα στοιχεία των βροχομετρικών σταθμών. (Δούνας κ.α., 1980)

- ii) Στην συνέχεια σχεδιάστηκε το διάγραμμα 5 υψόμετρου – ύψους βροχής. Στον άξονα των χ το ύψος βροχής σε mm και στον άξονα των ψ το αντίστοιχο απόλυτο υψόμετρο των βροχομετρικών σταθμών σε m. Έστερα τοποθετώντας τα σημεία του πίνακα στους άξονες χ και ψ σχεδιάζεται η ευθεία παλινδρόμησης και υπολογίζεται η εξίσωση της μορφής $\psi = \alpha * \chi + \beta$ που την περιγράφει. Η βροχοβαθμίδα είναι η κλίση της ευθείας, και δίνεται σαν $\alpha = d\psi / d\chi$.



Διάγραμμα 5. Υπολογισμός της βροχοβαθμίδας και της ευθείας παλινδρόμησης $\psi = \alpha * \chi + \beta$ για την ευρύτερη περιοχή της λεκάνης του Οινοή ποταμού

- iii) Το ύψος της βροχής δεν εξαρτάται αποκλειστικά και μόνο από το υψόμετρο αλλά εξαρτάται κυρίως από άλλους παράγοντες γι'αυτό παρατηρείται ότι τα σημεία του πίνακα δεν βρίσκονται πάνω στην ευθεία αλλά παρατηρούνται

αποκλίσεις. Για το λόγο αυτό σχεδιάστηκε η κεντροβαρής ευθεία που δίνει την μέση τιμή της μεταβολής των βροχοπτώσεων σε σχέση με το υψόμετρο για την συγκεκριμένη λεκάνη απορροής.

- ii) Για τον υπολογισμό του ολικού ύψους βροχής Ψ που πέφτει σε ένα συγκεκριμένο υψόμετρο χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση όπου α =βροχοβαθμίδα και β = το ύψος βροχής στην επιφάνεια της θάλασσας

Από τον πίνακα 9 προκύπτει ότι :

$\bar{X}=342$	$\bar{\Psi}=640$	$\bar{X} \bar{\Psi} = 218.910$	
$\Sigma X^2=3.324.302$	$\Sigma \Psi^2=8.119.607$	$\Sigma X\Psi=4.691.343$	
$\Sigma X=6.498$	$\Sigma \Psi=12.161$	$(\bar{X})^2=116.964$	
$(\Sigma X)^2=42.224.004$	$(\Sigma \Psi)^2=147.908.406$	$(\bar{\Psi})^2=409.715$	$N=19$

Από τους παραπάνω υπολογισμούς εξάγονται τα ακόλουθα αποτελέσματα για την τιμή του συντελεστή α και για τον συντελεστή β , που είναι τα εξής: $\alpha=0,48$ και $\beta=475$

Οπότε η σχέση γίνεται ως εξής: $h = \alpha\chi + \beta \rightarrow h = 0.48\chi + 475$

Ο συντελεστής συσχέτισης της παραπάνω εξίσωσης υπολογίζεται από την σχέση :

$$r = \frac{\frac{1}{N} \Sigma X\Psi - \bar{X} \bar{\Psi}}{\sigma X \bullet \sigma \Psi}$$

$$\sigma X = \sqrt{\frac{\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N}}{N-1}} \quad \text{και} \quad \sigma \Psi = \sqrt{\frac{\Sigma \Psi^2 - \frac{(\Sigma \Psi)^2}{N}}{N-1}}$$

Η παραπάνω εξίσωση μετατρέπει τον τοπογραφικό χάρτη μιας λεκάνης σε έναν χάρτη ισοϋετιών καμπυλών. Ο υπολογισμός του ύψους βροχής στην επιφάνεια της θάλασσας προέκυψε με την προέκταση της ευθείας του διαγράμματος μέχρι να τμήσει τον άξονα των Ψ . (Δούνας κ.α., 1980)

- iv) Τέλος, για την μετατροπή της ισοϋψούς καμπύλης σε ισοϋέτια αντικαταστάθηκε στην εξίσωση το χ με την τιμή της ισοϋψούς. Με αυτό τον τρόπο

υπολογίστηκε σε κάθε υψόμετρο το ύψος βροχής που αντιστοιχεί. Για την λεκάνη απορροής του Οινόη ποταμού κρίθηκε σκόπιμο να μετατραπούν σε ισοϋέτιες οι ισοϋψείς ανά 100 m.

Για να μετρηθεί ο όγκος βροχής που ορίζεται ανάμεσα σε δύο ισοϋέτιες καμπύλες για μια περιοχή υπολογίστηκε η επιφάνεια μεταξύ των δυο ισοϋέτιων καμπυλών και το αποτέλεσμα αυτό πολλαπλασιάστηκε με το μέσο όρο των τιμών των δεδομένων ισοϋέτιων καμπυλών. Αυτό έγινε για τα ζεύγη τιμών που υπάρχουν στον πίνακα. Η πρόσθεση όλων αυτών έδωσε τον συνολικό όγκο βροχής που πέφτει στην λεκάνη απορροής. Σύμφωνα με την εφαρμογή αυτής της μεθοδολογίας και τα στοιχεία του πίνακα 7, προέκυψε ο πίνακας που μετατρέπει τις ισοϋψείς καμπύλες σε ισοϋέτιες με βάση την εξίσωση $H = 0.48h + 475$. Η τελευταία στήλη του πίνακα, παρουσιάζει την μετατροπή του ύψους βροχής από κυβικά μέτρα σε μέτρα.

7.3 Μεθοδολογία εμβαδομέτρησης των υψομετρικών ζωνών της λεκάνης απορροής του Οινόη για τον υπολογισμό του P.

Για την πραγματοποίηση του υπολογισμού του P εφαρμόστηκε η διαδικασία της εμβαδομέτρησης των περιοχών που περιλαμβάνονται μεταξύ των διαδοχικών ισοϋψών-ισοϋετιών της λεκάνης απορροής με την χρήση των εργαλείων του υποπρογράμματος του Arc Catalog.

Αρχικά, για την μέτρηση των εμβαδών που περικλείονται σε μια διαδοχική υψομετρική ζώνη έγινε ψηφιοποίηση της υδροκριτικής γραμμής σε νέο πολυγωνικό shapefile έτσι ώστε στην συνέχεια να ακολουθήσει ο τεμαχισμός του πολυγώνου με τα ανάλογα εμβαδά των υψομετρικών ζωνών. Το επόμενο βήμα, ήταν η ψηφιοποίηση. Η εμβαδομέτρηση των ισοϋψών πραγματοποιήθηκε με τα εξής βήματα χρησιμοποιώντας το λογισμικό Arcmap:

Argishelp → Working with Tables → Making field Calculations.

Για την ομαδοποίηση των ισοϋψών, όπως φαίνονται στον πίνακα 9 δόθηκε ένας συγκεκριμένος κωδικός από 1 έως 14 που καταγράφει την περιμετρική ζώνη κάθε μιας ισοϋψούς από 0 έως 1400m υψόμετρο.

Υψόμετρο σταθμού (H) σε m (ισοϋψής)	Ύψος βροχής(h) σε m ³ (ισοϋέτιες)	Ύψος βροχής(h) σε m (ισοϋέτιες)
0	475	0,475 m
100	523	0,523 m
200	571	0,571 m
300	619	0,619 m
400	667	0,667 m
500	715	0,715 m
600	763	0,763 m
700	811	0,811 m
800	859	0,859 m
900	907	0,907m
1000	955	0,955 m
1100	1003	1,003 m
1200	1051	1,051 m
1300	1099	1,099 m
1400	1147	1,147m.

Πίνακας 10. Η μετατροπή των ισούπων καμπυλών σε ισοϋέτιες με την
χρήση $\psi = \alpha \cdot \chi + \beta$

Περιμετρικές ζώνες ισοϋψών σε m	E= ΕΜΒΑΔΟΝ
1400-1300	85418,1927
1300-1200	631545,7561
1200-1100	890824,3716
1100-1000	2682675,9560
1000-900	1567960,3803
900-800	1302138,5719
800-700	4652420,2333
700-600	6424076,0338
600-500	14341167,3319
500-400	30010038,6961
400-300	48260013,1938
300-200	45481605,6391
200-100	13925797,3141
100-0	7493203,5107

Πίνακας 11. Παρουσίαση των εμβαδών που καταλαμβάνουν
οι υψομετρικές ζώνες στην υδροκριτική λεκάνη
του Οινόη ποταμού.

7.4 Τελικά αποτελέσματα της παραμέτρου του υδρολογικού ισοζυγίου P

Μέσα από την διαδικασία της εμβαδομέτρησης των υψομετρικών ζωνών και από την μετατροπή των ισοϋψών καμπυλών σε ισοϋέτιες προέκυψαν τα αποτελέσματα της παραμέτρου P του υδρολογικού ισοζυγίου της λεκάνης απορροής του Οινόη ποταμού. Ο τύπος, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε όπως αναφέρθηκε στην υποενότητα 7.2.4 είναι ο εξής $P = \sum h \cdot E / E_{ολ}$. Μέσα από αυτόν τύπο προέκυψε ο πίνακας 12 που παρουσιάζει τις τιμές του κάθε εμβαδού που περικλείεται μεταξύ δύο ισοϋετιών.

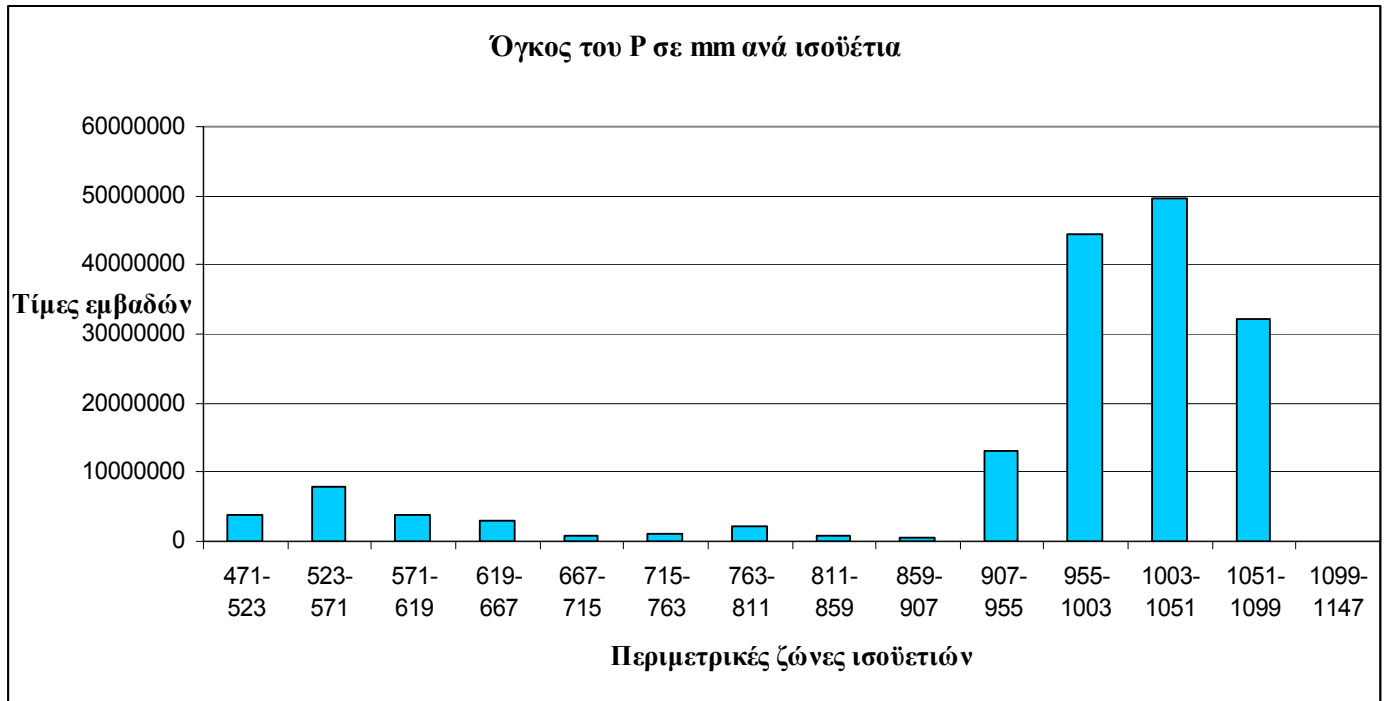
Σύμφωνα με τις τιμές που παρουσιάστηκαν από την ψηφιοποίηση των εμβαδών των ισοϋψών που μετατράπηκαν σε ισοϋέτιες καταδεικνύεται από το διάγραμμα 6 ότι το μικρότερο εμβαδόν που περικλείεται στην περιμετρική ζώνη της

Περιμετρικές ζώνες ισοϋετιών σε mm	P=μέσο ύψος βροχής σε mm
475-523	3739108,552
523-571	7844618,531
571-619	3822325,24
619-667	2991506,21
667-715	899777,7532
715-763	1158722,721
763-811	2111265,977
811-859	743838,3503
859-907	557654,9026
907-955	12964917,3
955-1003	44526491,92
1003-1051	49563033,55
1051-1099	32260791,6
1099-1147	95924,6304
Συνολικό P σε m³	163279977,2

Πίνακας 11. Ο όγκος νερού που δέχεται η περιοχή μεταξύ των διαδοχικών ισοϋετιών. Ο όγκος νερού προέκυψε μετά τον πολλαπλασιασμό του ημιαθροίσματος των ισοϋετιών με το εμβαδόν που περικλείουν

ισοϋέτιας 1099 mm-1147mm ενώ αντίθετα το μεγαλύτερο εμβαδόν παρατηρείται στην ισοϋέτια των 1003 mm-1051mm. Καθώς οι περιφερειακές ζώνες των ισοϋετιών μειώνονται στο διάγραμμα διαπιστώνεται ότι παράλληλα μειώνεται ο όγκος ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Γενικά στην υδροκριτική λεκάνη του Οινόη

ποταμού παρατηρούνται χαμηλές τιμές βροχόπτωσης γιατί κατά κύριο λόγο κυριαρχούν χαμηλά υψόμετρα στην περιοχή μελέτης.



***Διάγραμμα 6.** Ο όγκος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που περικλείεται σε κάθε ισοϋέτια μετά την μετατροπή των ισοϋψών σε ισοϋέτιες.*

8. ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ

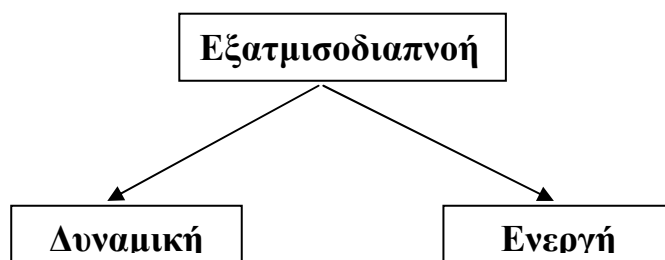
8.1 Εξατμισοδιαπνοή και οι παράγοντες που την επηρεάζουν.

Η έννοια της εξατμισοδιαπνοής αφορά την διαδικασία με την οποία το νερό μεταβαίνει από την υγρή στην αέρια κατάσταση. Η μετατροπή αυτή συντελείται με την βοήθεια της ηλιακής ακτινοβολίας. Η ετυμολογία της λέξης όπως είναι φανερό προσδιορίζει δυο καταστάσεις. Αναφέρεται στην διαδικασία της εξάτμισης και στην διαδικασία της διαπνοής.

Η μεν εξάτμιση παρουσιάζεται όταν ο αριθμός των μορίων του νερού που βρίσκεται σε αέρια φάση είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό των μορίων που βρίσκονται στην υγρή φάση. Στην πραγματικότητα αυτό που συμβαίνει είναι μεταφορά νερού στην ατμόσφαιρα από την ελεύθερη υδάτινη επιφάνεια. Η εξάτμιση πραγματοποιείται τόσο σε νερά που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια της γης όσο και σε νερά που βρίσκονται πολύ κοντά στο έδαφος. Η άμεση μέτρηση της εξάτμισης γίνεται με ατμόμετρα, όπου μετρούν την εξάτμιση απο μια σταθερή επιφάνεια, και επίσης από τα εξατμησίμετρα.

Από την άλλη πλευρά η διαπνοή αναφέρεται στην διαδικασία κατά την οποίαν η υπάρχουσα βλάστηση και οι καλλιέργειες με την βοήθεια του ριζικού τους συστήματος αντλούν νερό και εν συνεχεία με την βοήθεια των στομάτων τους το αποδίδουν στην ατμόσφαιρα. Η μέτρηση της διαπνοής γίνεται είτε με φυτόμετρα, είτε με την σχέση διαπνοής, που αφορά την σχέση ανάμεσα στην ποσότητα νερού που καταναλώνεται και το ξερό φυτικό προϊόν εκτός των ριζών.

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω οι λειτουργίες της εξάτμισης και της διαπνοής συνυπολογίζονται σε πολλές περιπτώσεις και τότε μιλάμε για το φαινόμενο της εξατμισοδιαπνοής. Η εξατμισοδιαπνοή διακρίνεται σε δύο κατηγορίες οι οποίες είναι:



Η εξατμισοδιαπνοή που θεωρείται **δυναμική** είναι αυτή που πραγματοποιείται όταν υπάρχει επάρκεια προσφοράς νερού στην επιφάνεια του εδάφους με αποτέλεσμα να υπάρχει υπερκάλυψη στις ανάγκες ανάπτυξης των φυτών.

Η **ενεργή** εξατμισοδιαπνοή είναι αυτή που πραγματοποιείται κάτω από φυσικές συνθήκες.

Η διαφορά που υπάρχει μεταξύ τους είναι ότι για να μπορέσει να υπάρξει ενεργή εξατμισοδιαπνοή θα πρέπει να υπάρχει διαθέσιμη υγρασία. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το παρακάτω: Σε μια περιοχή όπου υπάρχει ξερό και θερμό κλίμα η δυναμική εξατμισοδιαπνοή είναι υψηλή ενώ η ενεργή δεν υπάρχει καθόλου, είναι δηλαδή μηδενική. (Τσόγκας, 1999)

Για τον προσδιορισμό της εξατμισοδιαπνοής θα πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη διάφορους παράγοντες που επηρεάζουν τόσο την εξάτμιση όσο και την διαπνοή. Μερικοί από αυτούς είναι κοινοί και στις δυο διαδικασίες και είναι οι ακόλουθοι:

- ❖ Η θερμοκρασία του νερού
- ❖ Η θερμοκρασία και η απόλυτη υγρασία του στρώματος του αέρα που είναι πάνω από την εξατμιζόμενη επιφάνεια .
- ❖ Ο άνεμος που απομακρύνει τους υδρατμούς από την περιοχή της εξατμιζόμενης επιφάνειας και μπορεί να διατηρεί χαμηλή την απόλυτη υγρασία.
- ❖ Η πίεση των υδρατμών στην επιφάνεια του υπόγειου νερού.
- ❖ Το ποσοστό αλατότητας που βρίσκεται διαλυμένο στο νερό.
- ❖ Το βάθος της επιφάνειας του υπόγειου νερού.
- ❖ Η δομή και η σύσταση του εδάφους.
- ❖ Οι βροχοπτώσεις που εξαρτώνται από την εποχή στην οποία συμβαίνουν και ο τρόπος που πραγματοποιούνται.

Υπάρχουν όμως και μερικοί άλλοι παράγοντες που δεν αναφέρθηκαν προηγουμένως και επηρεάζουν κατά κύριο λόγο την διαδικασία της διαπνοής. Αυτοί είναι οι εξής :

- ❖ Το είδος, η πυκνότητα, το μέγεθος, και το στάδιο ανάπτυξης της των καλλιεργειών και των φυτών.
 - ❖ Οι καιρικές συνθήκες όπου συμβαίνει το φαινόμενο της διαπνοής
 - ❖ Η εποχή του έτους επηρεάζει σημαντικά την διαδικασία της διαπνοής σε αντίθεση με την εξάτμιση που δεν επηρεάζεται καθόλου.
 - ❖ Η υγρασία του εδάφους αποτελεί σημαντικό ρόλο στην διαπνοή.
- (Καρύμπαλης, 2004)

8.2 Μέθοδοι υπολογισμοί της εξατμισοδιαπνοής

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής έχει μεγάλη σημασία για την άρδευση και τις καλλιέργειες. Πολλοί ερευνητές έχουν αναπτύξει διάφορες εμπειρικές μεθόδους οι οποίες είναι αποτέλεσμα μετρήσεων και μακροχρόνιων παρατηρήσεων.

Οι μέθοδοι αυτές κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες.

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

Οι μέθοδοι για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως είναι πάρα πολλές. Ενδεικτικά, στην μελέτη αυτή θα αναφερθεί μία από αυτές, καθώς και η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την εύρεση της εξατμισοδιαπνοής στην περιοχή που εξετάζεται, στον Οινόη ποταμό.

8.2.1 Μέθοδος Thonhwaite

Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε το 1948 από τον **Thonhwaite** και βασίζεται στην δυνητική εξατμισοδιαπνοή. Η δυνητική εξατμισοδιαπνοή αναφέρεται στην ποσότητα νερού που υπερκαλύπτει την επιφάνεια του εδάφους και την βλάστηση, λόγω υψηλών ποσοστών βροχοπτώσεων, με αποτέλεσμα ένα μεγάλο μέρος νερού να χάνεται από την επιφάνεια. Αυτό συμβαίνει όταν οι μηνιαίες βροχοπτώσεις είναι μεγαλύτερες από τις υπολογιζόμενες της μηνιαίας δυνητικής εξατμισοδιαπνοής. Στις περιπτώσεις αυτές η δυνητική εξατμισοδιαπνοή ισούται με την πραγματική, ενώ σε άλλες περιπτώσεις που οι μηνιαίες βροχοπτώσεις είναι μικρότερες, τότε η δυνητική εξατμισοδιαπνοή είναι κατά πολύ μεγαλύτερη της πραγματικής και ισούται με τις βροχοπτώσεις. (Καρύμπαλης, 2004)

8.3 Η εφαρμογή της μεθόδου στην μελέτη του Οινόη ποταμού.

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την τον υπολογισμό του όγκου νερού της εξατμισοδιαπνοής είναι η μέθοδος Turc. Για την ακρίβεια των αποτελεσμάτων θα πρέπει στην περιοχή να υπάρχουν υψηλά ποσοστά ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, να επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες και η λεκάνη να μην περιέχει ανθρακικούς καρστικούς σχηματισμούς. Πάρα το γεγονός ότι ο διορθωμένος ως προς την θερμοκρασία του αέρα τύπος του Turc θα έδινε περισσότερα αξιόπιστα αποτελέσματα, η εφαρμογή δεν ήταν δυνατή λόγω περιορισμένων κλιματικών στοιχείων. Ο τύπος της μεθοδολογίας του Turc είναι ο εξής:

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

E= η ετήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή

P= το μέσο ετήσιο ύψος βροχής σε mm

L= ο συντελεστής, ο οποίος βγαίνει από τον τύπο $300 + 25T + 0,05 T^3$

T= η μέση ετήσια θερμοκρασία σε βαθμούς °C

Για την επίλυση του τύπου και την εύρεση του αποτελέσματος της εξατμισοδιαπνοής, έγινε υπολογισμός των μεταβλητών που αποτελούν τον τύπο της. Το μέσο ύψος βροχής της λεκάνης ανέρχεται σε 811 mm. Για τον υπολογισμό της δεύτερης μεταβλητής του τύπου της εξατμισοδιαπνοής, δηλαδή του συντελεστή L, πρέπει αρχικά να υπολογιστεί η μέση ετήσια θερμοκρασία που επικρατεί στην περιοχή. Αυτό πραγματοποιήθηκε από τον πίνακα 5 που περιλαμβάνει την μέση θερμοκρασία σε °C για τον σταθμό Μαραθώνα κατά τη χρονική περίοδο 1986-1997. Σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα, η τιμή της μεταβλητής T είναι 17,201 °C.

Αντικαθιστώντας, την τιμή της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας στην εξίσωση $300 + 25T + 0,05 T^3$ υπολογίζεται ότι ο συντελεστής L είναι 984,4917786.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα και αντικαθιστώντας τις αντίστοιχες μεταβλητές στον τύπο, υπολογίζεται ότι η τιμή της εξατμισοδιαπνοής στην

υδροκριτική λεκάνη του Οινόη ποταμού είναι $E = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}} = 645,5$

Μετά την μετατροπή των mm σε m και τον πολλαπλασιασμό με το συνολικό εμβαδό της λεκάνης που είναι 177748885,2m υπολογίζεται ότι ο όγκος νερού που χάνεται λόγω εξατμισοδιαπνοής για τον σύνολο της λεκάνης ανέρχεται σε 1.147.369.054 m³.

9. ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ

9.1 Ο ορισμός της κατείσδυσης και παράγοντες που την επηρεάζουν

Με τον όρο κατείσδυση εννοούμε το σύνολο των διαδικασιών που συντελούνται με άμεσο αποτέλεσμα την εισχώρηση και διείσδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στο έδαφος και συνεχίζοντας φτάνει σε βαθύτερα στρώματα του υπεδάφους. Στις κάτω από το έδαφος περιοχές, είτε συγκεντρώνεται σε ήδη υπάρχοντες υδροφόρους ορίζοντες (ενεργή κατείσδυση), είτε δημιουργεί καινούριους.

Οι παράγοντες που αφορούν την κατείσδυση χωρίζονται σε δυο κατηγορίες. Η μια αφορά τα φυσικά χαρακτηριστικά της περιοχής και η άλλη κατηγορία σχετίζεται με τους κλιματικούς παράγοντες που επηρεάζουν την περιοχή, που όπως είναι γνωστό μεταβάλλονται, ανάλογα με την εποχή και το έτος που συμβαίνουν. Όπως επίσης θα παρατηρήσουμε παρακάτω, υπάρχουν μερικοί παράγοντες που είναι κοινοί με αυτούς της επιφανειακής απορροής, όπως η φυτοκάλυψη, η ένταση και η χρονική διάρκεια των βροχοπτώσεων, η λιθολογία και η μορφολογική κλίση της περιοχής.

Αναλυτικότερα ένας από τους κυριότερους παράγοντες που επηρεάζουν την κατείσδυση είναι η μορφολογική κλίση που παρουσιάζει μια λεκάνη απορροής σε μια περιοχή. Όταν υπάρχει μεγάλη κλίση, είναι λογικό να παρουσιάζεται μικρή ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που κατεισδύουν στο έδαφος γιατί ο χρόνος που μένουν στο έδαφος είναι πολύ μικρός. Αντίθετα η επιφανειακή απορροή σε αυτές τις περιπτώσεις είναι αρκετά μεγάλη. Δεν συμβαίνει το ίδιο σε περιοχές με μικρή μορφολογική κλίση, όπου τα ποσοστά κατασδείσης που παρουσιάζονται είναι υψηλά.

Επίσης, την κατείσδυση την επηρεάζει η λιθολογική σύσταση της περιοχής. Όπως η επιφανειακή απορροή, έτσι και η κατείσδυση εξαρτάται από το είδος των πετρωμάτων που αποτελείται η λεκάνη απορροής. Τα διαπερατά πετρώματα επιτρέπουν μεγάλα ποσοστά κατείσδυσης έναντι των αδιαπέρατων που επιτρέπουν πολύ μικρά ποσοστά.

Επιπλέον, η βλάστηση και η φυτοκάλυψη της περιοχής παίζει σημαντικό ρόλο στην ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που θα κατεισδύσουν ή θα συγκρατηθούν στην επιφάνεια του εδάφους.

Επιπρόσθετος παράγοντας για την κατείδυση είναι η ένταση των βροχοπτώσεων και η χρονική διάρκεια που παρουσιάζουν. Η ύπαρξη μικρής εντάσεως βροχής και μεγάλης διάρκειας ευνοεί την κατείδυση ,ενώ το αντίθετο ισχύει στην περίπτωση της επιφανειακής απορροής.

Η υγρασία του εδάφους αλλά και η παρουσία του πάγου και του χιονιού είναι δυο άλλες αιτίες που ευνοούν την κατείδυση. Όσο πιο πολύ υγρασία υπάρχει στο έδαφος, τόσο πιο μικρή ποσότητα νερού χρειάζεται η επιφάνεια του εδάφους .Αποτέλεσμα είναι η κατείδυση μεγαλύτερης ποσότητας νερού στους υδροφόρους ορίζοντες. Το ίδιο συμβαίνει και στην περίπτωση του χιονιού και της παγωνιάς όπου τα ποσοστά κατείδυσης είναι μεγάλα όταν αρχίζουν σιγά-σιγά να λιώνουν οι πάγοι.

Τελειώνοντας, είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι η εποχή του έτους, όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την κατείδυση. Κυρίως, οι ιδανικές κλιματολογικές συνθήκες εμφάνισης μεγάλων ποσοστών κατείδυσης είναι η εποχή του φθινοπώρου, του χειμώνα και η αρχή της άνοιξης και αυτό λόγω ότι παρουσιάζονται πολλές βροχοπτώσεις μεγάλης χρονικής διάρκειας.(Καρύμπαλης, 2004)

9.2 Μέθοδοι υπολογισμού της κατείδυσης

Ένας από τους τρόπους υπολογισμού της κατείδυσης αποτελεί η παρακολούθηση της παροχής των πηγών μια λεκάνης απορροής κατά την διάρκεια του έτους γνωρίζοντας την συνολική επιφάνεια της λεκάνης και τον συνολικό όγκο ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που δέχεται σε όλη την χρονική περίοδο. Επιπλέον, η μέτρηση της κατείδυσης πραγματοποιείται με την βοήθεια ειδικών συσκευών και εγκαταστάσεων που ονομάζονται λυσίμετρα και χρησιμοποιούνται κυρίως σε προσχωσιγενείς περιοχές.

9.3 Η εφαρμογή της μεθόδου στην μελέτη του Οινόη ποταμού.

Ο τρόπος όμως που εφαρμόστηκε για την εκτίμηση της κατείδυσης στην συγκεκριμένη μελέτη έγινε με την ομαδοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών που έχουν δημιουργηθεί στην λεκάνη απορροής του ποταμού Οινόη.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την ψηφιοποίηση της περιοχής είναι όμοια με αυτήν που πραγματοποιήθηκε για την χάραξη του υδρογραφικού δικτύου, των ισοϋψών και του υδροκρίτη. Η διαφορά που υπάρχει είναι ότι τα shapefiles των γεωλογικών σχηματισμών που δημιουργήθηκαν είναι σε μορφή polygon και όχι σε polyline.

Για την κατηγοριοποίηση των πετρωμάτων χρησιμοποιήθηκε ο υδρογεωλογικός χάρτης ευρείας περιοχής Αγίου Θωμά - Μαλακάσας – Καλάμου – Μαραθώνα από την υδρογεωλογική έρευνα των Δούνα κ.α, 1980. Για την σύνταξη του υδρογεωλογικού χάρτη χρησιμοποιήθηκαν και προϋπάρχουσες γεωλογικές χαρτογραφήσεις της κλίμακας 1:50000 υπό Α.Δούνα (Φύλλα Ερυθραί, Ελευσίνα), υπό Α.Μαυρίδη (Φύλλο Χαλκίδα), υπό Γ.Κατσικάτου (Φύλλα Κηφισιά, Ραφήνα, Ερέτρια) και κλίμακα 1:5000 υπό Α.Δούνα, Γ.Καλλέργη, Α.Μόρφη, Μ. Παγούνη(Φύλλο Ν.Ψαρρά) σύμφωνα με το υπόμνημα του υδρογεωλογικού χάρτη. Εφόσον πραγματοποιήθηκε η σάρωση του υδρογεωλογικού χάρτη που είχε ως αποτέλεσμα την δημιουργία του ψηφιδωτού αρχείου του χάρτη θα πραγματοποιηθεί η γεωαναφορά του. Το σύστημα συντεταγμένων που χρησιμοποιήθηκε για τον χάρτη είναι το ΕΓΣΑ 87' και πηγή δεδομένων είναι και σε αυτήν την ψηφιοποίηση το ψηφιακό μοντέλο εδάφους για την Ελλάδα.

Για να πραγματοποιηθεί η αγκίστρωση του χάρτη έπρεπε να βρεθούν συγκεκριμένα και σταθερά σημεία ελέγχου, στα οποία οι συντεταγμένες ήταν γνωστές. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε ο αγκιστρωμένος χάρτης του φύλλου Κηφισιάς. Έχοντας τον χάρτη της Κηφισιά δίπλα στον τοπογραφικό χάρτη παρατηρήθηκαν κοινά σημεία ελέγχου τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την εύρεση των συντεταγμένων του γεωλογικού χάρτη. Για παράδειγμα ένα από τα σημεία που βρέθηκαν ήταν η συμβολή του ποταμού Καινούργιου με τον ποταμό Σέχρι που ενώνονται με τον Οινόη ποταμό.

Αποτέλεσμα της εύρεσης των συντεταγμένων των παραπάνω σημείων είναι ο πίνακας 13 που συγκεντρώνει τα τέσσερα σημεία ελέγχου για την γεωαναφορά της εικόνας του υδρογεωλογικού χάρτη της περιοχής Αγίου Θωμά - Μαλακάσας – Καλάμου – Μαραθώνα:

X:49532,07 Ψ:4221006,75	X:480500,34 Ψ:4224203,15
X:480252,16 Ψ:4223939,84	X:487361,70 Ψ:4216552,56

Πίνακας 13. Συντεταγμένες του υδρογεωλογικός χάρτης της ευρείας περιοχής Αγίου Θωμά – Μαλακάσας – Καλάμου– Μαραθώνα

Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα μετά την γεωαναφορά του χάρτη είναι (Total RMS :6,2058)

Το επόμενο βήμα που ακολουθήθηκε στην ψηφιοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών είναι η οργάνωση των οντοτήτων σε θεματικά επίπεδα και στην προκειμένη περίπτωση το δομικό στοιχείο που χρησιμοποιείται είναι το polygon. Ο φάκελος polygon περιέχει το αρχείο στο οποίο έχει οριστεί ο τύπος και το όνομα που αφορά το Shapefile των γεωλογικών σχηματισμών και εκφράζει στον χάρτη τα πολυγωνικά φαινόμενα.

Τα θεματικά επίπεδα που δημιουργήθηκαν είναι τα εξής:

Θεματικά επίπεδα	Μορφή
Κροκαλοπαγή και άργιλοι	Πολύγωνο
Λατυποκροκαλοπαγή και ψαμμούχοι μάργες	Πολύγωνο
Μάργες ψαμμίτες, κροκαλοπαγή.	Πολύγωνο
Ασβεστόλιθοι	Πολύγωνο
Αργιλικόι σχιστόλιθοι	Πολύγωνο
Σχιστόλιθοι μοσχοβίτικοι (Σχιστόλιθοι Δανίου)	Πολύγωνο
Σχιστόλιθοι χλωριτικοί (Σχιστόλιθοι Μαραθώνα)	Πολύγωνο
Μάρμαρα	Πολύγωνο

Πίνακας 14. Θεματικά επίπεδα γεωλογικών σχηματισμών-Μορφή

Στην συνέχεια η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η ψηφιοποίηση των παραπάνω θεματικών επιπέδων. Η διαχείριση των επιπέδων που δημιουργήθηκαν και

η προσθήκη των γεωγραφικών οντοτήτων υλοποιήθηκε με την χρήση του υποπρογράμματος ArcMap και εν συνεχεία πραγματοποιήθηκε η προσθήκη των θεματικών επιπέδων στο ArcCatalog, η προσθήκη του σαρωμένου χάρτη που χρησιμοποιήθηκε ως υπόβαθρο για την ψηφιοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής καθώς και ο προσδιορισμός των ανοχών ψηφιοποίησης.

Μετά το τέλος της ψηφιοποίησης των γεωλογικών σχηματισμών που καταλαμβάνουν την λεκάνη απορροής και που ορίζονται από την γραμμή του υδροκρίτη, είναι δημιουργήθηκε ο υδρολιθολογικός χάρτη. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που απεικονίζονται στον γεωλογικό χάρτη παρουσιάζουν διαφορετική υδρολογική συμπεριφορά, η οποία είναι συνάρτηση της λιθολογικής τους σύστασης. Στην συνέχεια η ομαδοποίηση των σχηματισμών που καταλαμβάνουν την περιοχή πραγματοποιήθηκε μέσω βιβλιογραφικών δεδομένων σε διαπερατούς σχηματισμούς, ημιπερατούς-υδατοστεγανούς και αδιαπέρατους ανάλογα με την συμπεριφορά τους στην επιφανειακή απορροή. Οι συντελεστές κατεισδύσης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: Για τους υδατοστεγανούς σχηματισμούς θεωρήθηκε ότι η κατεισδυση είναι 8 %, για τους υδροπερατούς 48 %, για τους ημιπερατούς 20 %, για τους ημιπερατούς έως υδατοστεγανούς 25 % και τέλος για τους υδατοστεγανούς έως ημιπερατούς 10 %. Με την χρήση Σ.Γ.Π., όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, υπολογίστηκε η έκταση που κάθε σχηματισμός καταλαμβάνει μεταξύ των δυο διαδοχικών ισοϋετιών καμπυλών. Στην συνέχεια, πολλαπλασιάζοντας την έκταση αυτή με των ημιάθροισμα των διαδοχικών ισοϋετιών, εκτιμήθηκε ο όγκος νερού που ο κάθε σχηματισμός δέχεται με την μορφή ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Τέλος, πολλαπλασιάζοντας τον όγκο νερού με τον συντελεστή κατεισδύσης του εκάστοτε σχηματισμού, υπολογίστηκε ο όγκος νερού που κατεισδύει για την συγκεκριμένη επιφάνεια. Αθροίζοντας όλα τα αποτελέσματα υπολογίστηκε ο συνολικός όγκος νερού που κατεισδύει στην λεκάνη απορροής του Οινόη ποταμού.

9.4 Εμβαδομέτρηση των γεωλογικών σχηματισμών που περικλείονται από τις ισοϋέτιες καμπύλες

Όπως αναφέρθηκε ήδη στο κεφάλαιο της γεωλογίας οι σχηματισμοί από τους οποίους συνίσταται η περιοχή που μελετάται κατατάσσονται σε δυο μεγάλα συστήματα: α)

στο μη μεταμορφωμένο σύστημα και β) στο μεταμορφωμένο σύστημα αλλά και πρόσφατους σχηματισμούς που δεν εντάσσονται στα δυο αυτά συστήματα.

Το πρώτο σύστημα, που είναι το μεταμορφωμένο περιλαμβάνει δυο κατηγορίες πετρωμάτων: α) τα ανθρακικά πετρώματα, β) τα ιζήματα του Νέου Παλαιοζωικού, γ) τη σχιστοκερατολιθική διάπλαση και δ) τον φλύσχη. Στα ανθρακικά πετρώματα κατατάσσονται οι Παλαιοζωικοί ασβεστόλιθοι, οι Τριαδικοί – Ιουρασικοί ασβεστόλιθοι και τέλος οι Κρητιδικοί. Στην περιοχή υπάρχουν ανθρακικά πετρώματα αφού ένα μεγάλο μέρος του χάρτη καταλαμβάνουν οι Τριαδικοί ασβεστόλιθοι. (Δούνας κ.α., 1980)

Η ανάλυση και η παρουσίαση των παραπάνω πετρωμάτων που περιλαμβάνονται στην λεκάνη απορροής έγινε με το διαμελισμό των ισοϋετιών σε αυτά. Συγκεκριμένα, για τον υπολογισμό των εμβαδών των γεωλογικών σχηματισμών που περικλείονται ανάμεσα στις ισοϋέτιες καμπύλες, έγινε αρχικά ψηφιοποίηση των γεωλογικών σχηματισμών, όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα 9.3. Ακολούθησε, η μέτρηση του κάθε γεωλογικού σχηματισμού ξεχωριστά, με την ανάλογη διαδικασία που ακολουθήθηκε στην εμβαδομέτρηση των υψομετρικών ζωνών.

Η εμβαδομέτρηση των σχηματισμών πραγματοποιήθηκε με τα εξής βήματα μέσα από το Arcmap:

ArcGIS Desktop help → Working with Tables → Making field Calculations.

Μετά από την διαδικασία εμβαδομέτρησης υπολογίστηκε με το εργαλείο **clip** από το ArcCatalog η επιφάνεια που καταλαμβάνει κάθε γεωλογικός σχηματισμός σε σχέση με την υψομετρική ζώνη στην οποία περιλαμβάνεται. Τα αποτελέσματα του υπολογισμού των εμβαδών παρουσιάζονται αναλυτικά για κάθε γεωλογικό σχηματισμό στον παρακάτω πίνακα και στα ανάλογα διαγράμματά τους.

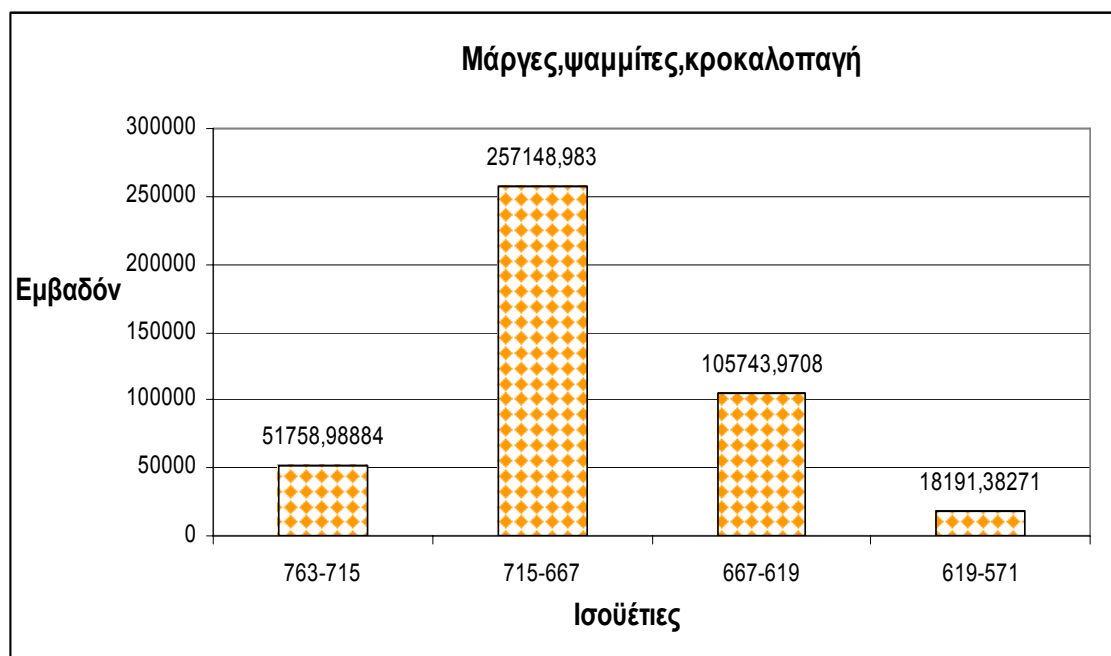
9.4.1 Μάργες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή

Συγκεκριμένα στον ψηφιοποιημένο λιθολογικό χάρτη παρουσιάζονται τα εξής ιζήματα: Ο πρώτος γεωλογικός σχηματισμός που ψηφιοποιήθηκε και για τον οποίον πραγματοποιήθηκε η εμβαδομέτρηση στις περιφερειακές ζώνες του υψομέτρου που καταλαμβάνει είναι οι μάργες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή που περιλαμβάνονται στην κατηγορία των Νεογενών σχηματισμών. Τα ιζήματα αυτής της κατηγορίας χαρακτηρίζονται υδατοστεγανοί έως και ημιπερατοί σχηματισμοί έχουν το συντελεστή κατείδυσης 10 % . (Δούνας κ.α., 1980)

Ισοϋέτιες	Εμβαδόν
763-715	51758,98884474460
715-667	257148,98300269400
667-619	105743,97076893100
619-571	18191,38271006150

Πίνακας 15. Μάργες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή.

Εκτός από την κατηγορία αυτών των γεωμορφών των Νεογενών σχηματισμών, περιλαμβάνεται και άλλη μια κατηγορία, που αφορά τους μαργαϊκούς τραβερτινοειδές ασβεστόλιθους, η οποία δεν περιλαμβάνεται στην λεκάνη απορροής της παρούσας μελέτης. Οι συγκεκριμένοι σχηματισμοί είναι συμπαγείς και ισχυρά διαρρηγμένοι και αποκαρστωμένοι, υδροπερατοί έως και λίαν υδροπερατοί



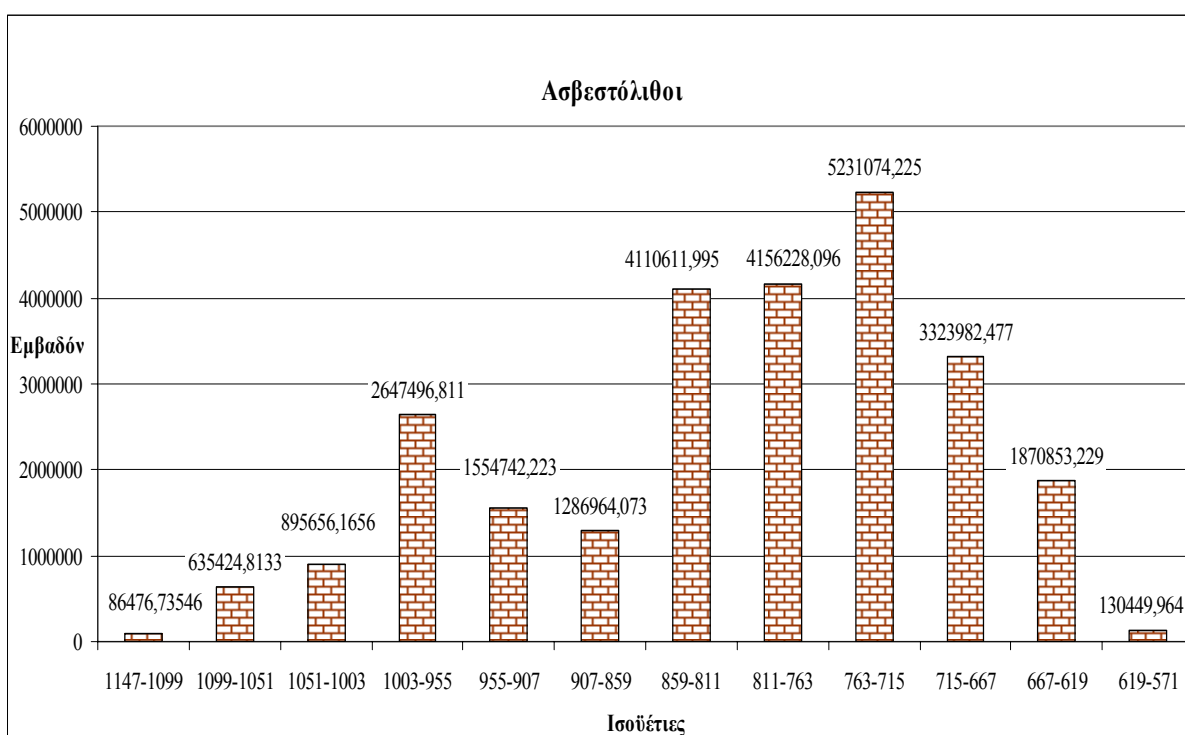
Διάγραμμα 7. Η αποτύπωση του εμβαδού που καταλαμβάνουν οι μάργες, οι ψαμμίτες, και τα κροκαλοπαγή στις ισοϋέτιες της λεκάνη απορροής

9.4.2 Ασβεστόλιθοι

Ο επόμενος σχηματισμός που βρίσκεται στην λεκάνη απορροής κατατάγεται στην κατηγορία των Τριαδικών, οι οποίοι είναι ασβεστόλιθοι λεπτολακώδεις έως παχυπλακώδεις, άστρωτοι και ασβεστόλιθοι δολομιτικοί. Οι σχηματισμοί χαρακτηρίζονται από υδατοπερατότητα έως και λίαν υδατοπερατότητα έχουν το συντελεστή κατείδυσης 48 %. Τα χαρακτηριστικά αυτά παρουσιάζονται κυρίως σε σχηματισμούς του Μέσου και Ανώτερου Τριαδικού.

Ισοϋέτια	Εμβαδόν
1147-1099	86476,7354
1099-1051	635424,813
1051-1003	895656,1656
1003-955	2647496,811
955-907	1554742,2229
907-859	1286964,0734
859-811	4110611,9946
811-763	4156228,0963
763-715	5231074,2254
715-667	3323982,4774
667-619	1870853,2285
619-571	130449,9641

Πίνακας 16. Ασβεστόλιθοι



Διάγραμμα 8. Η αποτύπωση του εμβαδού που καταλαμβάνουν οι ασβεστόλιθοι στις ισοϋέτιες της λεκάνη απορροής.

Το δεύτερο σύστημα, το οποίο περιλαμβάνει τους σχηματισμούς που συνίσταται η περιοχή που μελετάται, είναι το μεταμορφωμένο σύστημα. Τα ιζήματα που εντοπίστηκαν στην λεκάνη απορροής του Οινόη ποταμού είναι τα εξής:

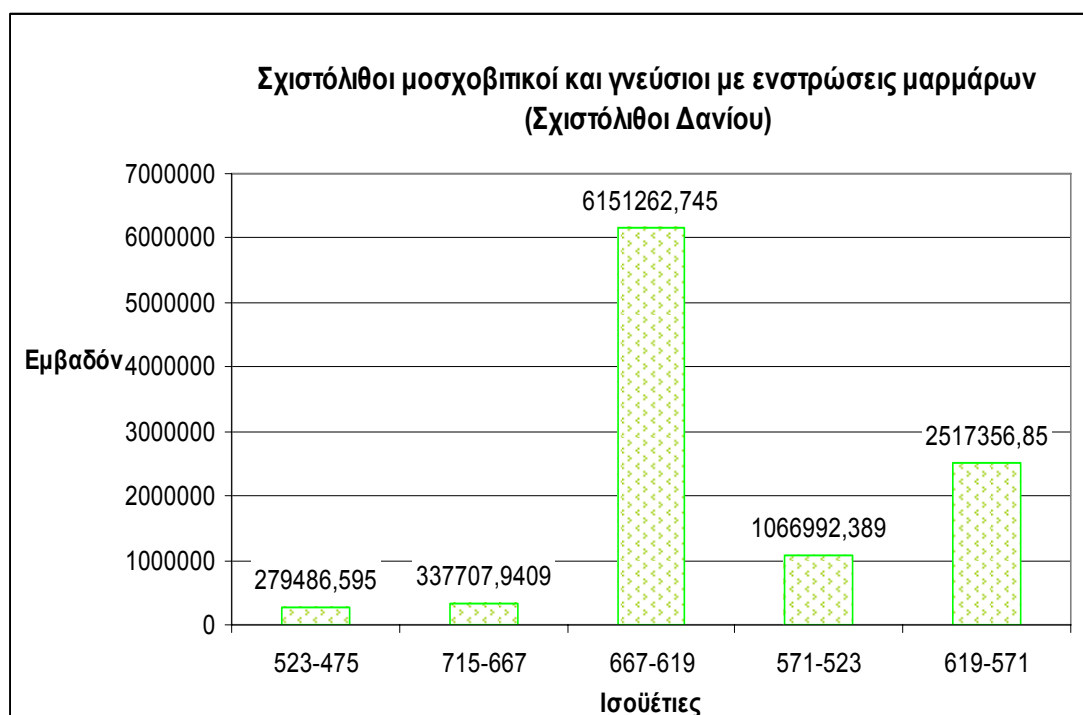
9.4.3 Σχιστόλιθοι με ενστρώσεις μαρμάρων (Σχιστόλιθοι- Δανίου)

Τα πετρώματα αυτά που παρουσιάζονται στο διάγραμμα 9 ανήκουν στο μεταμορφωμένο σύστημα και περιέχουν στρώματα από μοσχοβίτικους και γενεύσιους

σηματισμούς. Είναι υδατοστεγνοί σχηματισμοί και τοπικά υδροπερατοί λόγω του τεκτονισμού που υπάρχει στην περιοχή και έχουν το συντελεστή κατείσδυσης 8 %.

Ισοϋέτιες	Εμβαδόν
523-475	279486,5950
715-667	337707,9409
667-619	6151262,7445
571-523	1066992,3888
619-571	2517356,8501

Πίνακας 17. Σχιστόλιθοι- Δανίου



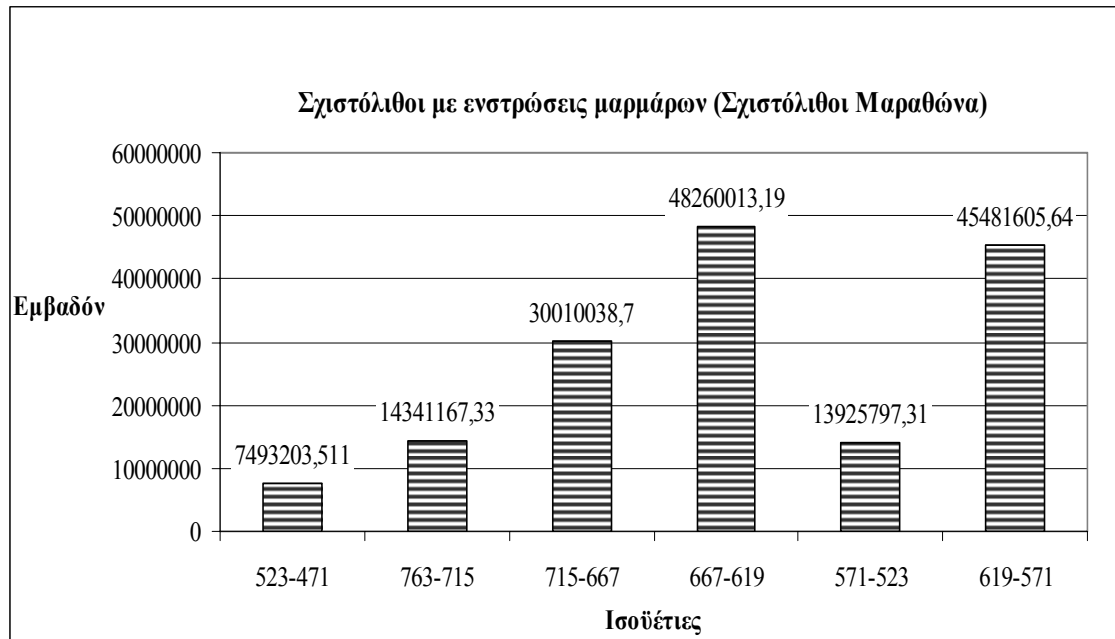
Διάγραμμα 9. Η αποτύπωση του εμβαδού που καταλαμβάνουν οι Μοσχοβιτικοί σχιστόλιθοι στις ισοϋέτιες της λεκάνη απορροής.

9.4.4 Σχιστόλιθοι χλωριτικοί με ενστρώσεις μαρμάρων (Σχιστόλιθοι-Μαραθώνα)

Τα πετρώματα αυτά, ανήκουν επίσης στο μεταμορφωμένο σύστημα και περιλαμβάνουν χλωριτικούς μαρμαρυγιακούς σχηματισμούς. Είναι γενικά υδατοστεγανοί σχηματισμοί με ενστρώσεις περιδοτιτής σερπεντίνης και έχουν το συντελεστή κατείσδυσης 8 %.

Ισοϋέτιες	Εμβαδόν
523-471	7493203,51078
763-715	14341167,3319
715-667	30010038,6961
667-619	48260013,1938
571-523	13925797,3141
619-571	45481605,6391

Πίνακας 18. Σχιστόλιθοι–Μαραθώνα



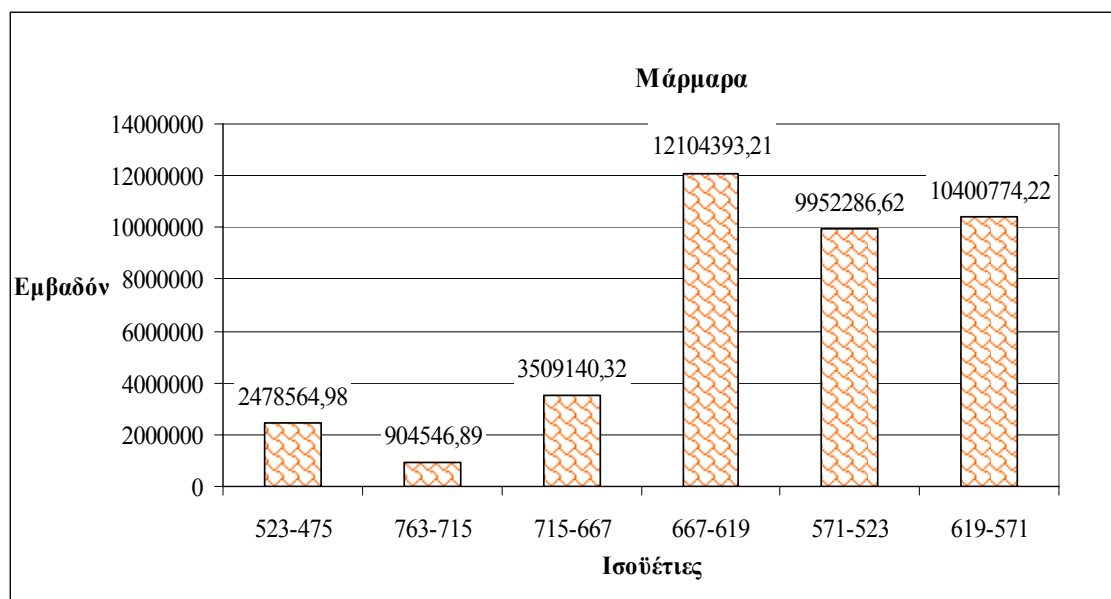
Διάγραμμα 9. Η αποτύπωση του εμβαδού που καταλαμβάνουν οι χλωριτικοί σχιστόλιθοι στις ισοϋέτιες της λεκάνη απορροής

9.4.5 Μάρμαρα

Ο επόμενος γεωλογικός σχηματισμός αφορά τα μάρμαρα Αγίας Μαρίνας, που καταλαμβάνουν ένα μεγάλο μέρος της υδροκριτικής λεκάνης και είναι υδροπερατοί σχηματισμοί με συντελεστή κατείσδυσης 48%. Από τα στοιχεία του πίνακα 19 διαπιστώνεται ότι τα μάρμαρα Αγίας Μαρίνας στην λεκάνη απορροής του Οινόη ποταμού βρίσκονται κατά κύριο λόγο σε ορεινές περιοχές, απ'ότι σε περιοχές χαμηλού υψομέτρου.

Ισοϋέτιες	Εμβαδόν
523-475	2478564,9841
763-715	904546,8922
715-667	3509140,3214
667-619	12104393,2115
571-523	9952286,6172
619-571	10400774,2236

Πίνακας 19. Μάρμαρα



Διάγραμμα 10. Η αποτύπωση του εμβαδού που καταλαμβάνουν τα Μάρμαρα στις ισοϋέτιες της λεκάνη απορροής

9.4.6. Πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων.

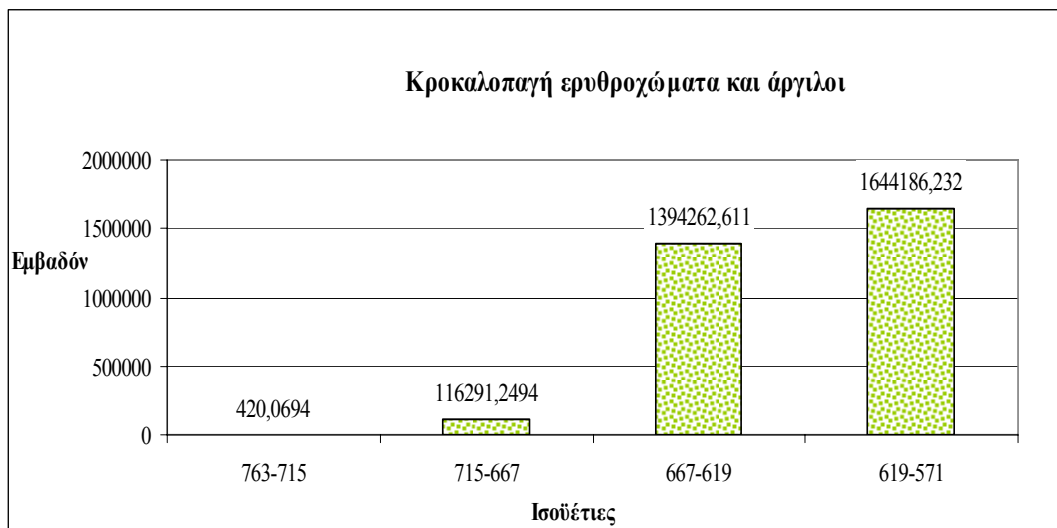
Οι σχηματισμοί που δεν περιλαμβάνονται στα παραπάνω συστήματα είναι οι κάτωθι: Οι ποταμοχειμάρρεις αποθέσεις περιλαμβάνονται στην γεωλογική ηλικία του Ολόκαινου, το οποίο περιλαμβάνει δύο κατηγορίες σχηματισμών. Η πρώτη κατηγορία είναι οι σύγχρονοι ποταμοχειμαρρώδεις αποθέσεις άμμων, κροκάλων και αργίλων. Γενικά, οι σχηματισμοί είναι υδροπερατοί και τοπικά περιλαμβάνουν ημιπερατούς σχηματισμούς πάχους έως και 50 μ. Η δεύτερη κατηγορία σχηματισμών που περιλαμβάνει το Ολόκαινο είναι τα πλευρικά κορήματα και οι κώνοι κορημάτων τα οποία περιλαμβάνονται στην λεκάνη απορροής του Οινόη ποταμού στην ισοϋέτια των 523mm-475mm με εμβαδόν 1510408,5526. Τα πετρώματα αυτά είναι γενικά υδροπερατά με συντελεστή κατείσδυσης 48 % και έχουν κατά κανόνα μικρό πάχος.

9.4.6 Κροκαλοπαγή ερυθροχώματα και άργιλοι

Οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούνται από διλουβιακά κροκαλοπαγή ερυθροχώματα και άργιλους είναι ημιπερατοί έως υδατοστεγανοί με συντελεστή κατείσδυσης 25 % και ανήκουν στην γεωλογική ηλικία του Πλειστοκαίνου.

Ισοϋέτιες	Εμβαδόν
763-715	420,0694
715-667	116291,2494
667-619	1394262,6119
619-571	1644186,2322

Πίνακας 20.Κροκαλοπαγή ερυθροχώματα και άργιλοι.



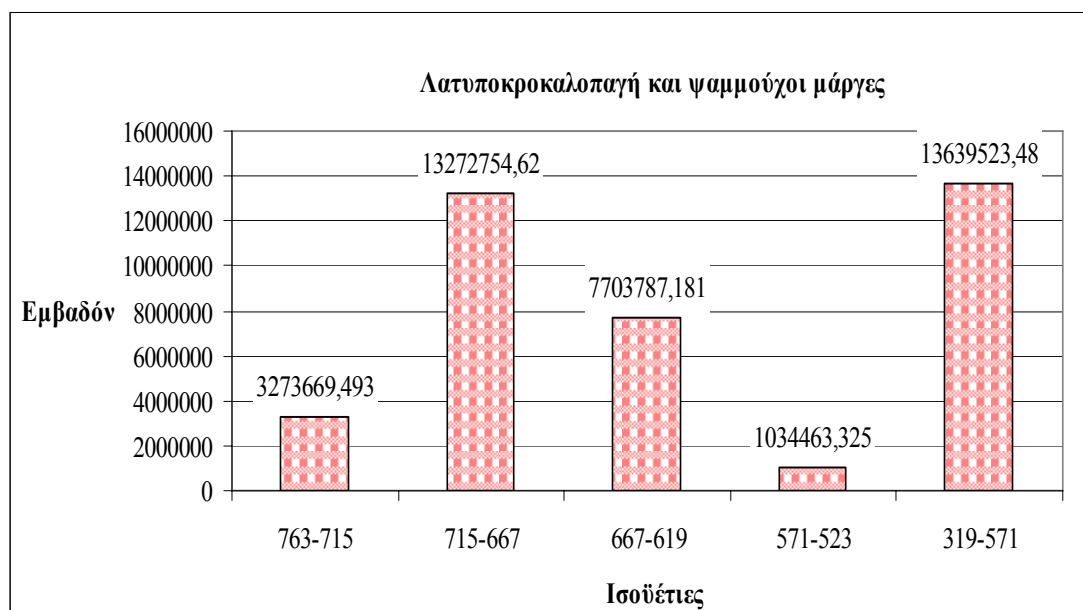
Διάγραμμα 11. Η αποτύπωση του εμβαδού που καταλαμβάνουν κροκαλοπαγή ερυθροχώματα και άργιλους στις ισοϋέτιες της λεκάνη απορροής

9.4.7 Λατυποκροκαλοπαγή και ψαμμούχοι μάργες

Οι σχηματισμοί αυτοί, που περιλαμβάνονται στην υδροκριτική λεκάνη χαρακτηρίζονται από ημιπερατότητα έως και υδατοστεγνούς σχηματισμούς και ανήκουν στην γεωλογική ηλικία του Πλειοπλειστόκαινου. Ο συντελεστής κατείδυσής τους είναι 25%.

Ισοϋέτιες	Εμβαδόν
763-715	3273669,4929
715-667	13272754,6215
667-619	7703787,1811
571-523	1034463,3246
319-571	13639523,4776

Πίνακας 21. Λατυποκροκαλοπαγή και ψαμμούχοι μάργες.



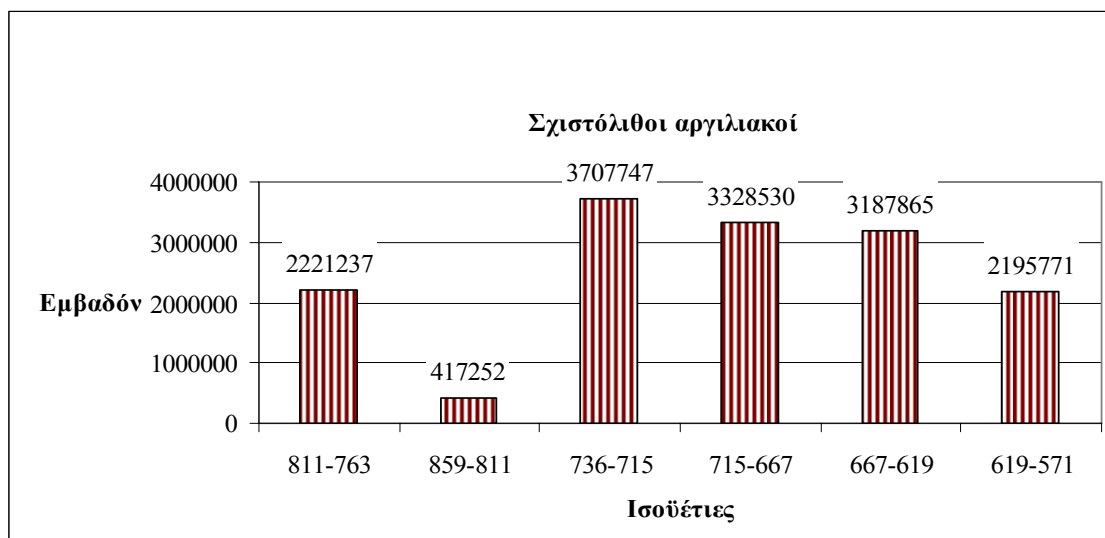
Διάγραμμα 11. Η αποτύπωση του εμβαδού που καταλαμβάνουν οι λατυποκροκαλοπαγή και ψαμμούχοι μάργες στις ισοϋέτιες της λεκάνη απορροής.

9.4.8 Σχιστόλιθοι Αργιλικοί

Οι σχηματισμοί αυτοί, οι οποίοι ανήκουν στο μεταμορφωμένο σύστημα και η ηλικία τους κατατάσσονται στο Νέο Παλαιοζωικό χρονικό διάστημα αποτελούνται από αργιλικούς σχιστοψαμμίτες και γραουβάκες με παρεμβολές ασβεστόλιθων. Χαρακτηρίζονται υδρολογικά υδατοστεγανοί σχηματισμένοι τοπικά και ημιπερατοί με συντελεστή κατείσδυσης 8 %.

Ισοϋέτιες	Εμβαδόν
811-763	2221237
859-811	417252
736-715	3707747
715-667	3328530
667-619	3187865
619-571	2195771

Πίνακας 22. Σχιστόλιθοι Αργιλικοί



***Διάγραμμα 11.** Η αποτύπωση του εμβαδού που καταλαμβάνουν οι αργιλικοί σχιστόλιθοι στις ισοϋέτιες της λεκάνη απορροής.*

10.ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΠΟΡΡΟΗ

10.1 Ο ορισμός της επιφανειακής απορροής και παράγοντες που την επηρεάζουν.

Η επιφανειακή απορροή παρουσιάζεται όταν τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα πέφτουν στην επιφάνεια της γης και υπόκεινται στον νόμο της βαρύτητας. Η κατεύθυνση των νερών ακολουθεί την πορεία από τα υψηλότερα σημεία της περιοχής (π.χ.βουνά) προς τα χαμηλότερα (λίμνες, πεδιάδες κ.λ.π.). (Τσόγκας, 1999). Όταν στην περιοχή υπάρχει πλεόνασμα νερού και έχουν ικανοποιηθεί οι ανάγκες της εκάστοτε περιοχής για κατείσδυση, κατακράτηση και συγκέντρωση η ποσότητα των νερών ρέει επιφανειακά και καταλήγει σε χείμαρρους, ρυάκια και ποτάμια με άμεση κατάληξη στις λίμνες και στις θάλασσες. Η επιφανειακή απορροή εξαρτάται από διάφορους παράγοντες και θα γίνει αναφορά σε μερικούς απο αυτούς .

Ο πρώτος και ο σπουδαιότερος έχει σχέση με την μορφολογία και η γεωλογική σύσταση της λεκάνης. Κύριο στοιχείο αυτού του παράγοντα είναι η διαπερατότητα των πετρωμάτων και των σχηματισμών που υπάρχουν στην περιοχή. Ο λόγος βάση της οποίας γίνεται διάκριση σε διαπερατά, μεσοδιαπερατά και αδιαπέρατα είναι ο βαθμός κορεσμός που έχει επέλθει σε αυτά. Αν σε μια περιοχή υπάρχουν πετρώματα που είναι διαπερατά η ποσότητα νερού που θα συγκρατείται θα είναι πάρα πολύ μικρή. Αντίθετα, αν σε μια περιοχή υπάρχουν αδιαπέρατα πετρώματα θα παραμένει αρκετή ποσότητα νερού στην επιφάνεια.

Δεύτερος παράγοντας που επηρεάζει την επιφανειακή απορροή είναι η διάρκεια, η ένταση και η κατανομή των βροχοπτώσεων στην λεκάνη απορροής. Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση της βροχόπτωσης ,τόσο μεγαλύτερη είναι η επιφανειακή απορροή σε σχέση με την ποσότητα νερού που «χάνεται» στο έδαφος.

Τρίτος παράγοντας είναι η φυτοκάλυψη και η βλάστηση της περιοχής. Είναι λογικό σε περιοχές με πυκνή και πλούσια βλάστηση να υπάρχει μεγαλύτερη κατακράτηση νερών σε αντίθεση με περιοχές όπου η βλάστηση είναι φτωχή και αραιή.

Ο τέταρτος παράγοντας επισημαίνει την σπουδαιότητα της τοπολογίας της λεκάνης και την κλίση της μορφολογία της. Όσο μεγαλύτερη και απότομη κλίση έχει μια λεκάνη απορροής τόσο μεγαλύτερη είναι η επιφανειακή απορροή γιατί το χρονικό

διάστημα που παραμένει στην επιφάνεια του εδάφους είναι μικρό και δεν προλαβαίνει να έρθει σε επαφή με την επιφάνεια της λεκάνης.

Ο πέμπτος παράγοντας αφορά το βάθος που υπάρχει ελεύθερο της επιφάνειας του υπόγειου νερού για να δεχτεί μια νέα ποσότητα νερού (επιφανειακή απορροή). Όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος σε μια λεκάνη απορροής, τόσο μεγαλύτερο είναι η ποσότητα του νερού που ρέει επιφανειακά .

Ο έκτος παράγοντας αναφέρεται στην γεωμετρία του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης.

Καταλήγοντας στον **τελευταίο παράγοντα** που επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την επιφανειακή απορροή είναι οι χιλιάδες επεμβάσεις που κάνει ο άνθρωπος στη φύση. Μια από τις μόνιμες και συχνές ενέργειες του ανθρώπου είναι η χρησιμοποίηση του υπόγειου νερού για άρδευση και για ύδρευση. Στην συνέχεια είναι ο βαθμός επίδρασης της αστικοποίησης που έχει επέλθει σε πάρα πολλές περιοχές του πλανήτη και επιδεινώνουν την επιφανειακή απορροή. Η συνεχής τσιμεντοποίηση των αστικών περιοχών, δημιουργώντας δρόμους, σπίτια κ.λ.π. καθώς επίσης και εμποδίζοντας και κλείνοντας τις κοίτες των ποταμών δημιουργούν αύξηση της επιφανειακής απορροής με αποτέλεσμα τα φαινόμενα των πλημμύρων να είναι έντονα και συχνά σε παγκόσμιο επίπεδο.

10.2 Μέθοδοι υπολογισμοί της επιφανειακής απορροής

Ο υπολογισμός της επιφανειακής απορροής σε ένα υδρογραφικό δίκτυο μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους και μετρήσεις. Μερικές από αυτές τις μεθόδους είναι οι ακόλουθες:

- ❖ Μέθοδοι μέτρηση της στάθμης
- ❖ Μέθοδοι της παροχής
- ❖ Μέθοδος μέτρησης ταχύτητας-διατομής
- ❖ Μέθοδος μόνιμων κατασκευών
- ❖ Μέθοδος χρησιμοποίησης χημικών ουσιών
- ❖ Εναλλακτικές μέθοδοι στις οποίες χρησιμοποιούνται εμπειρικές σχέσεις που συνδέουν την απορροή με τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.

10.3 Η εφαρμογή της μεθόδου στην μελέτη του Οινόη ποταμού.

Για την περιοχή μελέτης δεδομένου ότι δεν υπάρχουν μετρήσεις παροχές, όπως άλλωστε και για τα περισσότερα ποτάμια της Αττικής, η επιφανειακή απορροή (R) υπολογίστηκε έμμεσα από τον τύπο του υδρολογικού ισοζυγίου $P = E + R + I$, μετά τον υπολογισμό του P, του E και του I.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η επεξεργασία των πρωτογενών κλιματολογικών δεδομένων που αφορούν την θερμοκρασία του αέρα και τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα για τους μετεωρολογικούς σταθμούς περιμετρικά τις περιοχές μελέτης έδειξαν ότι η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται γύρω στους 17,5 και η μέση ετήσια βροχόπτωση περίπου στα 430 mm. Διακρίνεται μια θερμή και ξηρή περίοδος του έτους που διαρκεί από τον Απρίλιο έως τον Σεπτέμβριο και μια ψυχρή και υγρή που διαρκεί από τον Οκτώβριο έως τον Μάρτιο. Την δεύτερη αυτή περίοδο του έτους η λεκάνη απορροής του Οινόη ποταμού δέχεται την μεγαλύτερη ποσότητα νερού με την μορφή ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Από δεδομένα διαφορετικών χρονολογιών και διάφορων μετεωρολογικών σταθμών της ευρύτερης περιοχής η βροχοβαθμίδα υπολογίστηκε σε 0,48 και η μέση ετήσια βροχόπτωση για την λεκάνη απορροής ανέρχεται σε 811mm.

Η εφαρμογή της μεθοδολογίας μετατροπής των ισοϋψών καμπυλών σε ισοϋέτιων οδήγησε στην διαπίστωση ότι η λεκάνη του Οινόη ποταμού δέχεται ετησίως όγκο νερού με την μορφή ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που ανέρχεται σε 163.279.977,2 m³. Από την ποσότητα αυτή η εφαρμογή του τύπου του Turc έδειξε ότι ένα υψηλό ποσοστό που ανέρχεται στο 70,3 % χάνεται με τα φαινόμενα της εξάτμισης και της διαπνοής των φυτών. Ο όγκος αυτός που εκτιμήθηκε σε 114.736.905,4 m³ θεωρείται σχετικά μεγάλος δεδομένου ότι στην λεκάνη απορροής επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες και σχετικά χαμηλές βροχοπτώσεις.

Η έλλειψη λεπτομερών κλιματολογικών δεδομένων δεν επέτρεψε την εφαρμογή του διορθωμένου τύπου του Turc. Η κατείσδυση υπολογίστηκε λαμβάνοντας υπόψη την υδρο

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Baeterman, C. (1985). «Late Holocene geology of the Marathon plain (Greece)». *Journal of Coastal Research*, 1(2):173-185

Braudel, F. (2001) «Η μελέτη του πολιτισμού και οι άλλες επιστήμες» (σελ. 60-78 από το βιβλίο του *Γραμματική των Πολιτισμών*, ΜΙΕΤ, Αθήνα

ΓΥΣ,1988 Τοπογραφικός χάρτης της Ελλάδος κλίμακας 1:50.000 φύλλο Κηφισία, Αθήνα

ΓΥΣ,1992 Τοπογραφικός χάρτης της Ελλάδος κλίμακας 1:50.000 φύλλο Ελευσίς, Αθήνα

Καρύμπαλης, Ε., (2004). Σημειώσεις και εργαστηριακές ασκήσεις Κλιματολογίας-Υδρολογίας, Αθήνα

Katsikatos, G. (1976), «La structure tectonique de l'Attique et de l' île de Eubée», *Bull. Soc. Geol. France*, 19:75-80.

Katsikatos, G., Migiros, G., Triantaphyllis and Mettos, A. (1986), «Geological structure of internal Hellenides (E. Thessaly, SW. Macedonia, Euboea – Attica – Northern Cyclades islands and Lesvos)», *Geol. & Georph. Res.*, Special issue: 191-212

Λάμπρου, Ι. (1998), *Ο υδάτινος πλούτος της Αττικής γης*, Αθήνα:Αγροτική Τράπεζα της Ελλάδος.

Λόζιος, Σ.(1993), *Τεκτονική ανάλυση των μεταμορφωμένων σχηματισμών της Νοτιοανατολικής Αττικής*, Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Αθηνών, σελ. 299

(Σκουλικίδης, Ν.Θ. (1997), Βιώσιμη ανάπτυξη με την Περιβαλλοντική Αγωγή, Νομ.Αυτοδ.Αιτωλοακαρνανίας-ΥΠΕΧΩΔΕ,Μεσολόγγι)

Τσόγκας, Χ.Ε. (1999), *Υδρολογία*, Εκδόσεις 'ΊΩΝ', Αθήνα,

Εταιρεία, Ύδρευση, Ιστορική Αναδρομή Ύδρευσης, 1840-1926, ΕΥΔΑΠ 2003 page:1. Εύρεση στις 27 Ιουνίου 2005 και στην ιστοσελίδα : http://www.eydap.gr/index.asp?a_id=196. Αναζήτηση στον δικτυακό τόπο <http://www.google.com.gr>

Εταιρεία, Ύδρευση ,Ιστορική Αναδρομή Ύδρευσης, 1926-Σήμερα, ΕΥΔΑΠ 2003 page:1,2. Εύρεση στις 27 Ιουνίου 2005 και στην ιστοσελίδα : http://www.eydap.gr/index.asp?a_id=196. Αναζήτηση στον δικτυακό τόπο <http://www.google.com.gr>

Εταιρεία, Ύδρευση ,Ταμιευτήρας Μαραθώνα ,ΕΥΔΑΠ 2003 page :1,2.

Εύρεση στις 27 Ιουνίου 2005 και στην ιστοσελίδα:
http://www.eydap.gr/index.asp?a_id=57. Αναζήτηση στον δικτυακό τόπο
<http://www.google.com.gr>

Παπανικολάου, Δ., Μαριολάκος, Η., Λέκκας, Ε. και Λόζιος, Σ. (1988), «Μορφοτεκτονικές παρατηρήσεις στην λεκάνη Ασώπου και την παραλιακή ζώνη Ωρωπού. Συμβολή στην νεοτεκτονική της Βόρειας Αττικής», *Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας*, XX:251-267.

Pavlopoulos, K. and Maroukian, H. (1998), «Geomorphic and morphotectonic observations in the drainage network of Kakotopia stream. North East Attica, Greece.» *Geologia Balcanica*, 28 (1-2): 23-35.

Παυλόπουλος Κ., Καρύμπαλης Ε., Μαρουκίαν Χ., (2005), «10 Τεύχη Γεωγραφίες»
ΧΑΛΚΙΑΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

523-475	1510408,553	ΟΛΟΚΑΙΝΟ
	279486,595	ΜΟΣΧΟΒΙΤΙΚΟΙ

	2478565	ΑΓΙΑΣ ΜΑΡΙΝΑΣ
	7493203,511	ΧΛΩΡΙΤΙΚΟΙ ΜΑΡΜΑΡΥΓΙΑΚΚΟΙ
571-523	9952287	ΑΓΙΑΣ ΜΑΡΙΝΑΣ
	1066992,389	ΜΟΣΧΟΒΙΤΙΚΟΙ
	1034463,325	ΠΛΕΙΟΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ
	13925797,31	ΧΛΩΡΙΑΚΟΣ
619-571	18191,38271	ΜΑΡΓΕΣ
	10400774,22	ΑΓΙΑΣ ΜΑΡΙΝΑΣ
	2571356,85	ΜΟΣΧΟΒΙΤΙΚΟΙ
	2195771	ΝΈΟ ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟ
	130449,9641	ΤΡΙΑΔΙΚΟ
	4318968,56	ΧΛΟΡΙΑΚΟΣ
	1644186,232	ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ
667-619	105743,9708	ΜΑΡΓΕΣ
	12104393,21	ΑΓΙΑΣ ΜΑΡΙΝΑΣ
	6151262,745	ΜΟΣΧΟΒΙΤΙΚΟΙ
	3187865	ΝΈΟ ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟ
	48260013,19	ΧΛΟΡΙΑΚΟΣ
	7703787,181	ΠΛΕΙΟΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ
	1394262,612	ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ
	1870853,229	ΤΡΙΑΔΙΚΟ
715-667	257148,983	ΜΑΡΓΕΣ
	3509140,32	ΑΓΙΑΣ ΜΑΡΙΝΑΣ
	337707,9409	ΜΟΣΧΟΒΙΤΙΚΟΙ
	3328530	ΝΈΟ ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟ
	13272754,62	ΠΛΕΙΟΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ
	30010038,7	ΧΛΟΡΙΑΚΟΣ
	3323982,477	ΤΡΙΑΔΙΚΟ
	116291,2495	ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ
763-715	51758,98884	ΜΑΡΓΕΣ
	904546,89	ΑΓΙΑΣ ΜΑΡΙΝΑΣ
	3707747	ΝΈΟ ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟ
	3273669,493	ΠΛΕΙΟΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ
	14341167,33	ΧΛΟΡΙΑΚΟΣ
	5231074,225	ΤΡΙΑΔΙΚΟ
	420,0694442	ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ
811-763	2221237	ΝΈΟ ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟ
	4156228,096	ΤΡΙΑΔΙΚΟ
859-811	417252	ΝΈΟ ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟ
	4110611,995	ΤΡΙΑΔΙΚΟ

907-859	1286964,073	ΤΡΙΑΔΙΚΟ
955-907	1554742,223	ΤΡΙΑΔΙΚΟ
1003-955	2647496,811	ΤΡΙΑΔΙΚΟ
1051-1003	895656,1656	ΤΡΙΑΔΙΚΟ
1099-1003	635424,8133	ΤΡΙΑΔΙΚΟ
1147-1099	86476,73546	ΤΡΙΑΔΙΚΟ

