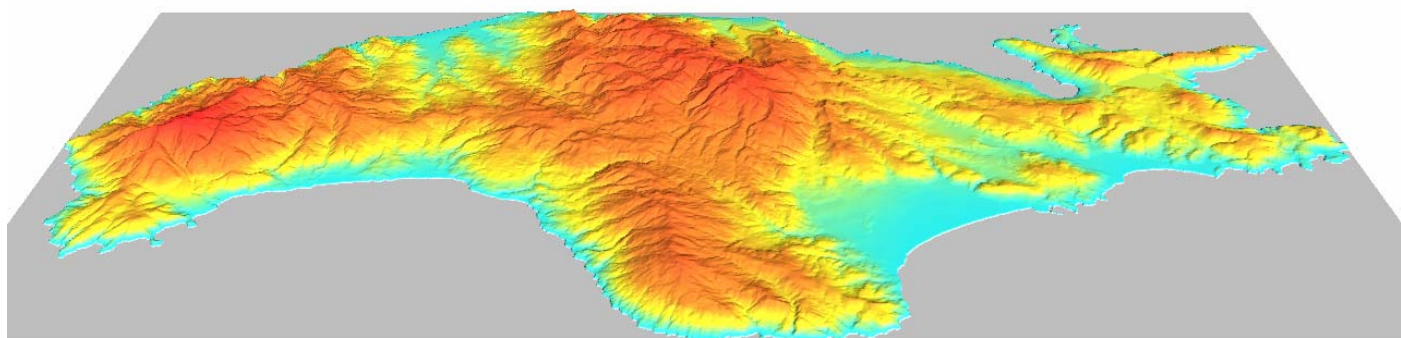


ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΜΟΥΡΤΖΙΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ
ΓΕΩΛΟΓΟΣ

**Γεωμορφολογικά και υδρογραφικά
χαρακτηριστικά που συνδέονται με την
ανάπτυξη των χειμάρρων της νήσου Σάμου.**



**ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2008**

ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΜΟΥΡΤΖΙΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ
ΓΕΩΛΟΓΟΣ

**Γεωμορφολογικά και υδρογραφικά
χαρακτηριστικά που συνδέονται με την
ανάπτυξη των χειμάρρων της νήσου Σάμου.**

Υπό την επίβλεψη του:

ΘΕΟΔΩΡΟΥ ΑΣΤΑΡΑ, ΚΑΘΗΓΗΤΗ

Και των μελών της συμβουλευτικής επιτροπής

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟ ΑΛΜΠΙΑΝΑΚΗ, ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓΗΤΗ

ΑΡΗ ΨΙΛΟΒΙΚΟ, ΛΕΚΤΟΡΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2008

Ευχαριστίες

Αρχικά θέλω να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Θ. Αστάρα, επιβλέποντα καθηγητή μου, για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπο μου και για την θερμή υποστήριξη του.

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω θερμά:

Τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Κ. Αλμπανάκη για τις υποδείξεις και παρατηρήσεις του στη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

Τον Λέκτορα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Αρ. Ψιλοβίκο για την καθοριστική πολύτιμη βοήθειά του τόσο κατά την υπαίθρια έρευνα της διατριβής όσο και για την σημαντική καθοδήγησή του στα θέματα υδρολογίας.

Τον Λέκτορα κ. Κ. Βουβαλίδη, που αποτέλεσε την αφορμή να ξεκινήσω τις μεταπτυχιακές σπουδές και με βοήθησε σε όλη την διάρκεια αυτών.

Στις ευχαριστίες μου δε θα μπορούσα να μην αναφέρω και τους δύο αείμνηστους καθηγητές του τμήματος Γεωλογίας, Αν. Ψιλοβίκο και Ε. Βαβλιάκη.

Ο καθηγητής Αν. Ψιλοβίκος αποτέλεσε τον αρχικό επιβλέποντα καθηγητή μου και ο οποίος ήταν ο άνθρωπος που έδωσε την αρχική ιδέα της εργασία αυτής.

Ο καθηγητής Ε. Βαβλιάκης με βοήθησε καθοριστικά για την επιστημονική μου εξέλιξη τόσο κατά τη διάρκεια των προπτυχιακών μου σπουδών όσο και κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους συναδέλφους μου μεταπτυχιακούς φοιτητές και το διοικητικό προσωπικό του Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας, για την σημαντική βοήθειά που μου προσέφεραν ο καθένας με τον τρόπο του κατά την διάρκεια εκπόνησης της διατριβής ειδίκευσης, καθώς επίσης και την συνάδελφο Σοφία Μαργώνη για τη βοήθειά της και το χρόνο της κατά την υπαίθρια έρευνα της διατριβής μου.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου για τη συνεχή και υπομονετική ηθική και υλική στήριξή της, χωρίς την οποία δεν θα ήταν δυνατή η αποπεράτωση της παρούσας διατριβής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή, πραγματεύεται αφενός τη γεωμορφολογία της Νήσου Σάμου, αφετέρου την υδρολογία και τα πλημμυρικά φαινόμενα που έλαβαν χώρα στη μεγάλη πλημμύρα του 2001 και την πιθανότητα εμφάνισής τους στο μέλλον.

Για την ολοκλήρωση της διατριβής, σε ότι αφορά το τμήμα της γεωμορφολογίας, ερευνήθηκαν οι λεκάνες απορροής 3^{ης}, 4^{ης}, και 5^{ης} τάξης από πλευράς μορφομετρίας, εξετάζοντας διάφορες παραμέτρους του υδρογραφικού δικτύου και των λεκανών απορροής που αφορούν την υδρογραφική υφή, τη γεωμετρία των λεκανών και τις κλίσεις του αναγλύφου. Παρατίθενται μια σειρά από δεδομένα, καθώς επίσης και η επεξεργασία τους με τη μορφή δισδιάστατων χαρτών, που σχετίζονται με τη γεωγραφική κατανομή των μορφομετρικών δεικτών και τις γεωμορφολογικές διεργασίες που επέδρασαν στη διαμόρφωση και στην εξέλιξη του δικτύου.

Σε ότι αφορά την υδρολογία, υπολογίστηκαν για τους 8 κυριότερους χειμάρρους της Σάμου οι πλημμυρικές παροχές με διάφορες μεθόδους και για διάφορους χρόνους επαναφοράς ($T = 2,5,10,25,50,100,200,300,500,1000$ έτη) και συγκρίθηκαν με τις μετρημένες και εκτιμημένες τιμές από το ύπαιθρο, όπως αυτές προέκυψαν κατά τη διάρκεια της μεγάλης πλημμύρας που έπληξε τη Σάμο στις 28–29/11/2001. Για τον υπολογισμό των πλημμυρικών απορροών χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι Fuller και Ορθολογική. Οι χρόνοι συρροής που χρησιμοποιήθηκαν για την Ορθολογική μέθοδο υπολογίστηκαν με τους τύπους του Kirpich, Giandotti και S.C.S. Οι τιμές της έντασης της βροχόπτωσης, προέκυψαν ύστερα από εμπειριστατωμένη υδρολογική ανάλυση με τη μέθοδο της κατανομής των ακραίων τιμών (κατά Gumbel) και τη χρήση των εξισώσεων έντασης βροχόπτωσης – διάρκειας. Οι παροχές που προέκυψαν με τον τρόπο αυτό, συγκρίθηκαν με τις υπάρχουσες τιμές (μετρημένες και υπολογισμένες) των πλημμυρικών παροχών της μεγάλης πλημμύρας του Νοεμβρίου 2001.

Η έρευνα ολοκληρώθηκε με την επίσκεψη στη Σάμο για έρευνα πεδίου, η οποία έλαβε χώρα τόσο στις ορεινές – ημιορεινές περιοχές των λεκανών απορροής των 8 χειμάρρων, όσο και στις πεδινές, όπου μετρήθηκαν οι διατομές των τεχνικών έργων – γεφυριών, λίγο πριν τις εκβολές τους. Αυτό έδωσε τη δυνατότητα να γίνει μία υδραυλική διερεύνηση των διατομών, η οποία έδειξε ότι τα έργα δεν έχουν αστοχίες,

μπορούν να παροχετεύσουν αντίστοιχες πλημμυρικές παροχές, αλλά θα πρέπει να συντηρούνται και να καθαρίζονται τακτικά.

Τέλος, προτείνονται τρόποι ανάσχεσης των πλημμυρικών αυτών φαινομένων στα πλαίσια της διαχείρισης των υδατικών πόρων της Σάμου και της γενικότερης προστασίας του φυσικού της περιβάλλοντος.

ABSTRACT

The present postgraduate thesis is focused on two research subjects: Geomorphology of Samos river network and Hydrological analysis of flooding phenomena. The results of the hydrological analysis are compared with the extreme values of flooding episodes that took place in the extended floods of November 2001 and their probability to appear in the future.

The research concerned on geomorphology, has to do with the morphometry of the hydrological basins of 3rd, 4th, and 5th order, examining various parameters of river network and hydrological basins such as the hydrographic texture, the geometry of basins and the gradient of the relief. The results of the geomorphological analysis are presented in two – dimensional maps. In these maps, the geographic distribution of the hydrographic texture, the geometry of basins and the gradient of the relief are shown, related with the river network evolution and the landscape.

Concerning on hydrology, for the 8 greater torrents of Samos Island, the flooding runoff values were calculated, using various methods. These values were compared with the measured and estimated values in control points in the torrents (points near the estuaries), as they were obtained during the extreme flood of 28–29/11/2001. For the calculation of the peak runoff values, Fuller and Rational methods were used. The concentration times used for the Rational Method, were calculated using three specific formulas: 1) Kirpich, 2) Giandotti and 3) Soil Conservation Service (S.C.S.). The values of intensity of rainfall in time resulted after thorough hydrologic analysis using the method of Gumbel extreme values and formulas combined intensity of rainfall with duration. The peak runoff values obtained were compared with the measured and estimated values of the flooding episode of November 2001.

The research was completed with field working in Samos, which took place in the mountainous regions of the hydrological basins of the 8 torrents, and also in the

control points just before the torrent estuaries (hydraulic works – bridges). This research showed that the hydraulic works can correspond in such flooding episodes but has to be maintained properly.

Finally, measures are proposed against flooding phenomena in Samos Island as well as management strategies of water resources and protection of the natural environment.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. Εισαγωγή	1
1.1 Σκοπός της εργασίας	1
1.2 Υλικά	1
1.3 Μεθοδολογία	2
2. Φυσική Γεωγραφία της περιοχής μελέτης	4
2.1 Γεωγραφικά στοιχεία της περιοχής μελέτης	4
2.2 Ιστορικά στοιχεία	6
2.3 Μετεωρολογικά – Κλιματικά στοιχεία	7
2.4 Χλωρίδα	11
2.5 Πανίδα	13
2.6 Γεωλογικά στοιχεία της περιοχής μελέτης	13
2.6.1 Γεωτεκτονική θέση, παλαιογραφία, μεταμόρφωση και τεκτονική δομή της Σάμου	13
2.6.2 Γεωλογία της Σάμου	15
3. Λήψη δεδομένων	20
3.1 Μέτρηση των μορφομετρικών παραμέτρων στα υδρογραφικά συστήματα της νήσου Σάμου	20
3.2 Μορφομετρικοί παράμετροι των δικτύων απορροής	20
3.3 Μορφομετρικοί παράμετροι λεκανών απορροής	21
3.4 Αποτελέσματα μορφομετρικών παραμέτρων	27
3.4.1 Μορφομετρικοί παράμετροι υδρογραφικού δικτύου	27
3.4.2 Μορφομετρικοί παράμετροι λεκανών απορροής	31
3.4.2.1 Υδρογραφική πυκνότητα	35
3.4.2.2 Υδρογραφική συχνότητα	37
3.4.2.3 Λόγος αναγλύφου	39
3.4.2.4 Κυκλικότητα	39
3.4.2.5 Βαθμός τραχύτητας	41
3.4.2.6 Υψομετρικό ολοκλήρωμα	43
3.5 Ταξινόμηση αναγλύφου (κατά Dikau)	47
3.6 Κλίση αναγλύφου	48
3.7 Ροδοδιαγράμματα συχνότητας	52
4. Υδρολογία – Πλημμυρικές απορροές	57

4.1 Πλημμυρικές παροχές.....	57
4.2 Ανάλυση συχνότητας βροχομετρικών στοιχείων	62
4.2.1 Η κατανομή ακραίων τιμών του Gumbel	63
4.3 Σχέση ύψους – διάρκειας βροχόπτωσης.....	64
4.4 Μέθοδοι Υπολογισμού πλημμυρικών παροχών	65
4.4.1 Μέθοδος Fuller	65
4.4.2 Ορθολογική μέθοδος.....	66
4.4.2.1 Συντελεστής απορροής	67
4.4.3 Μέθοδοι υπολογισμού χρόνου συρροής.....	70
4.4.3.1 Υπολογισμός χρόνου συρροής κατά Kirpich.....	70
4.4.3.2 Υπολογισμός χρόνου συρροής κατά Giandotti.....	71
4.4.3.3 Υπολογισμός χρόνου συρροής κατά SCS.....	71
4.5 Στοιχεία υδραυλικής ανοιχτών αγωγών.....	72
4.5.1 Κατηγορίες αγωγών	72
4.5.2 Χαρακτηριστικά μεγέθη κατά πλάτος τομής – υγρής διατομής.....	73
4.5.3 Η εξίσωση του Manning.....	74
4.5.3.1 Μόνιμη – σταθερή ομοιόμορφη ροή	74
4.5.3.2 Η εξίσωση του Manning.....	75
5. Εφαρμογή στους χειμάρρους της νήσου Σάμου	77
5.1 Μεθοδολογία.....	77
5.2 Υδρολογικά και κλιματικά στοιχεία	78
5.2.1 Ο Μ.Σ. του αεροδρομίου Σάμου και το νέο δίκτυο τηλεμετρικών σταθμών της νήσου Σάμου.	78
5.2.2 Η καταγραφή της σφοδρής βροχόπτωσης της 18-19/11/2001.....	81
5.3 Αποτελέσματα.....	85
5.3.1 Μέθοδος Fuller	85
5.3.2 Ορθολογική μέθοδος.....	88
5.3.2.1 Κατανομή βροχόπτωσης μέσα στο 24ωρο	91
5.3.2.2 Ανάλυση συχνότητας βροχομετρικών στοιχείων	93
5.3.2.3 Ορθολογική μέθοδος.....	105
5.3.3 Συγκριτική αξιολόγηση των πλημμυρικών παροχών	107

5.3.4 Υδραυλική διερεύνηση διατομών ελέγχου	117
5.3.5.1 Ίμβρασος.....	118
5.3.5.2 Καλαθής.....	121
5.3.5.3 Ρέμα Μυτιληνίων.....	123
5.3.5.4 Μάνα.....	125
5.3.5.5 Κακόρεμα (Πλατανάκια)	127
5.3.5.6 Φουρνιώτικο	129
5.3.5.7 Μεγάλο ρέμα.....	131
5.3.5.8 Αμφίλυσος	132
6. Συμπεράσματα	134
7. Βιβλιογραφία	138

Κεφάλαιο 1

1 Εισαγωγή

1.1 Σκοπός της εργασίας

Η παρούσα διατριβή ειδίκευσης πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας της ειδίκευσης ‘Γεωγραφία και Περιβάλλον’.

Σκοπός της είναι η γεωμορφολογική και υδρολογική μελέτη της Νήσου Σάμου. Για την επίτευξη αυτού του στόχου έγινε χρησιμοποίηση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) και συγκεκριμένα του προγράμματος Mapinfo 8.0 και του Vertical Mapper 3.0. Με την βοήθεια αυτών έγιναν αυτοματοποιημένες μετρήσεις για τον υπολογισμό των υδρογραφικών και γεωμορφολογικών στοιχείων, δημιουργήθηκαν χάρτες μορφομετρικών παραμέτρων καθώς και η τρισδιάστατη απεικόνιση της Νήσου Σάμου, συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο στην εξαγωγή συμπερασμάτων. Στην συνέχεια υπολογίστηκαν οι πλημμυρικές παροχές των 8 κυριότερων χειμάρρων της Νήσου Σάμου με δύο μεθόδους, την μέθοδο Fuller και την Ορθολογική μέθοδο προσδιορισμού πλημμυρικής παροχής.

1.2 Υλικά

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν τα εξής δεδομένα:

- Τοπογραφικοί χάρτες της Γ.Υ.Σ. κλίμακας 1:50.000, φύλλα ‘Καρλόβασι’ και ‘Σάμου’ (ΓΥΣ,1978).
- Γεωλογικοί χάρτες του ΙΓΜΕ (ΙΓΜΕ, 1979).
- Μετεωρολογικά δεδομένα της Σάμου από το Μετεωρολογικό Σταθμό (Μ.Σ.) του αεροδρομίου της Σάμου και από το νέο δίκτυο των δέκα τηλεμετρικών Μ.Σ της Σάμου, που έχει εγκαταστήσει το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (Πρώην Γεωργίας).
- Δεδομένα χλωρίδας, πανίδας και ιστορικών στοιχείων από το διαδίκτυο.
- Laser αποστασιόμετρο (Leica DISTO™ A5, ακρίβειας $\pm 2\text{mm}$).
- GPS (Garmin, ακρίβειας < 3 μέτρα).

1.3 Μεθοδολογία

Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε σε λογισμικό των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S.). Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πρόγραμμα MapInfo 8.0., ώστε να ψηφιοποιηθεί το υδρογραφικό δίκτυο και οι λεκάνες απορροής. Η ψηφιοποίηση έγινε στους τοπογραφικούς χάρτες της Γ.Υ.Σ. με κλίμακα 1:50.000. Το προβολικό σύστημα που χρησιμοποιήθηκε κατά την ψηφιοποίηση, διόρθωση και επεξεργασία των δεδομένων είναι το Ε.Γ.Σ.Α' 87 και το ελλειψοειδές αναφοράς το GRS'80.

Για την κατασκευή των κανάβων και των χαρτών χωρικής κατανομής των παραμέτρων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πρόγραμμα Vertical Mapper 3.0. Για να μετατραπούν τα δεδομένα από σημειακά και γραμμικά σε ενιαίο κানাβο, εφαρμόστηκε η μέθοδος “παρεμβολής αντίστροφης απόστασης βάρους” (Inverse Distance Weighting interpolation method).

Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) προέκυψε από την ψηφιοποίηση τοπογραφικών χαρτών της Γ.Υ.Σ. με κλίμακα 1:50.000. Αρχικά, ψηφιοποιήθηκαν οι ισοϋψείς των 20m, και τελικά χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος “παρεμβολής φυσικής γειτονίας” (natural neighbor interpolation). Ο κানাβος (grid), που κατασκευάστηκε έχει μέγεθος κελιού 20m, που είναι κατάλληλο για τα χαρακτηριστικά της ψηφιοποίησης (χάρτες κλίμακας 1:50.000), την πολυπλοκότητα του ανάγλυφου και τις μορφομετρικές παραμέτρους του εδάφους, που αναλύθηκαν.

Στη συνέχεια, για τους 8 κυριότερους χειμάρρους της Σάμου υπολογίστηκαν οι πλημμυρικές παροχές με διάφορες μεθόδους και συγκρίθηκαν με τις υπάρχουσες μετρημένες τιμές από πεδίο και με τις διατομές από τα γεφύρια, που υπάρχουν σε αυτούς τους χειμάρρους και συγκεκριμένα με τη μέθοδο Fuller και την Ορθολογική μέθοδο (Hwang N.H.C. and Houghtalen R.J., 1996). Οι χρόνοι συρροής που χρησιμοποιήθηκαν για την Ορθολογική μέθοδο υπολογίστηκαν με τους τύπους του Kirpich (Kirpich, 1940 από Danhil et al., 2005), Giandotti (Giandotti, 1940 από Garcin et al., 2006) και S.C.S. (Soil Conservation Service, 1972). Οι τιμές αυτές, που προέκυψαν, ύστερα από εμπεριστατωμένη υδραυλική ανάλυση ακραίων τιμών (κατανομή κατά Gumbel) και τη χρήση των εξισώσεων έντασης βροχόπτωσης – διάρκειας, που προέκυψαν στην παρούσα εργασία, συγκρίθηκαν με τις υπάρχουσες

τιμές (μετρημένες και υπολογισμένες) των πλημμυρικών παροχών της μεγάλης πλημμύρας του Νοεμβρίου 2001.

Οι μετρημένες και υπολογισμένες τιμές, συγκρίθηκαν μεταξύ τους και έγινε ένας πρώτος υπολογισμός της περιόδου επαναφοράς του πλημμυρικού αυτού φαινομένου, περίπου στα 500 χρόνια.

Τέλος, η έρευνα ολοκληρώθηκε με την επίσκεψη στη Σάμο για έρευνα πεδίου, η οποία έλαβε χώρα τόσο στις ορεινές – ημιορεινές περιοχές των λεκανών απορροής των 8 χειμάρρων, όσο και στις πεδινές, όπου μετρήθηκαν οι διατομές των τεχνικών έργων – γεφυριών, λίγο πριν τις εκβολές τους. Αυτό έδωσε τη δυνατότητα να γίνει μία υδραυλική διερεύνηση των διατομών, η οποία έδειξε ότι τα έργα δεν έχουν αστοχίες και μπορούν να παροχετεύσουν αντίστοιχες πλημμυρικές παροχές.

Αντίστοιχες εργασίες γεωμορφολογικού και υδρολογικού περιεχομένου υπάρχουν αρκετές. Ενδεικτικά, μπορούμε να αναφέρουμε την μεταπτυχιακή διατριβή του Ζιώγα Κ., (2002) κατά την οποία δημιουργήθηκε ένα ολοκληρωμένο υδρολογικό-μορφολογικό μοντέλο για ορεινούς χειμάρρους, στη συνέχεια την εργασία του Παπαμιχαήλ Δ.Μ. κ.α., (2001) στην οποία έγινε εκτίμηση των πλημμυρογραφημάτων της ραγδαίας βροχόπτωσης της 7-8 Οκτωβρίου 2000 στην περιοχή Μεγάλης Παναγιάς Χαλκιδικής καθώς και εκτίμηση της περιόδου επαναφοράς αυτής της βροχόπτωσης. Την εργασία του Μαγαλιού Σ. κ.α., (2006) που αναφέρεται στην χωρική μεταβολή διάφορων υδρολογικών παραμέτρων σε σχέση με την εκτίμηση των πλημμυρικών παροχών ρεμάτων Όσσας. Την εργασία του Βαβλιάκη Ελ. κ.α. (2002) που αφορά την παρακολούθηση και την προσομοίωση της γεωγραφικής κατανομής της ραγδαίας βροχόπτωσης της 28–29/11/2001 στη Σάμο και τη συμβολή στην ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών της πόρων. Μπορούμε να αναφέρουμε και ένα βιβλίο του Σακκά Ι.Γ., 2004 με τίτλο «Τεχνική Υδρολογία» που αφορά την υδρολογία των επιφανειακών υδάτων. Οι Σαπουντζής Μ. κ.α. ασχολήθηκαν με τις υδρογεωμορφολογικές διεργασίες που αφορούν τον χείμαρρο "Γεραμπίνη" Ζαγοράς Πηλίου το 2006 και τέλος οι Σπυρίδης, Α. κ.α. (2002) πραγματοποίησαν εξαγωγή ομβρίων καμπύλων Ν. Κοζάνης για χρήση αυτών σε αντιπλημμυρικά έργα και έργα διαχείρισης υδατικών πόρων.

Κεφάλαιο 2

2 Φυσική Γεωγραφία της περιοχής μελέτης

2.1. Γεωγραφικά στοιχεία της περιοχής μελέτης

Η Σάμος βρίσκεται στο ανατολικό άκρο του κεντρικού Αιγαίου κοντά στα παράλια της Μικράς Ασίας (1500 μ). Οριοθετείται από τις γεωγραφικές συντεταγμένες 37° 49' Βόρειο Γεωγραφικό Πλάτος (Β.Γ.Π.) και 27° 04' 04' 30'' Ανατολικού Γεωγραφικού Μήκους (Α.Γ.Μ.). Είναι το όγδοο σε μέγεθος νησί της Ελλάδας, έχει έκταση 478,5 km², μήκος ακτογραμμής 160,9 km και το σχήμα της είναι επίμηκες με μέγιστο άξονα Α-Δ. Οι ορεινοί όγκοι του Κερκετέα (1433 μ), Αμπέλου (1150m) και ο λόφος της Ζωοδόχος Πηγής (433m) καταλαμβάνουν το δυτικό, κεντρικό και ανατολικό τμήμα της Σάμου και χωρίζονται μεταξύ τους από τις δύο κύριες νεογενείς λεκάνες του Καρλοβασίου και των Μυτιληνίων (βλ. Σχήμα 2.6).

Η Σάμος έχει 33.814 κατοίκους (απογραφή 2001), αποτελείται από τέσσερις δήμους, Σάμου, Καρλοβασίων, Πυθαγορείου και Μαραθοκάμπου, με πρωτεύουσα την Σάμο.

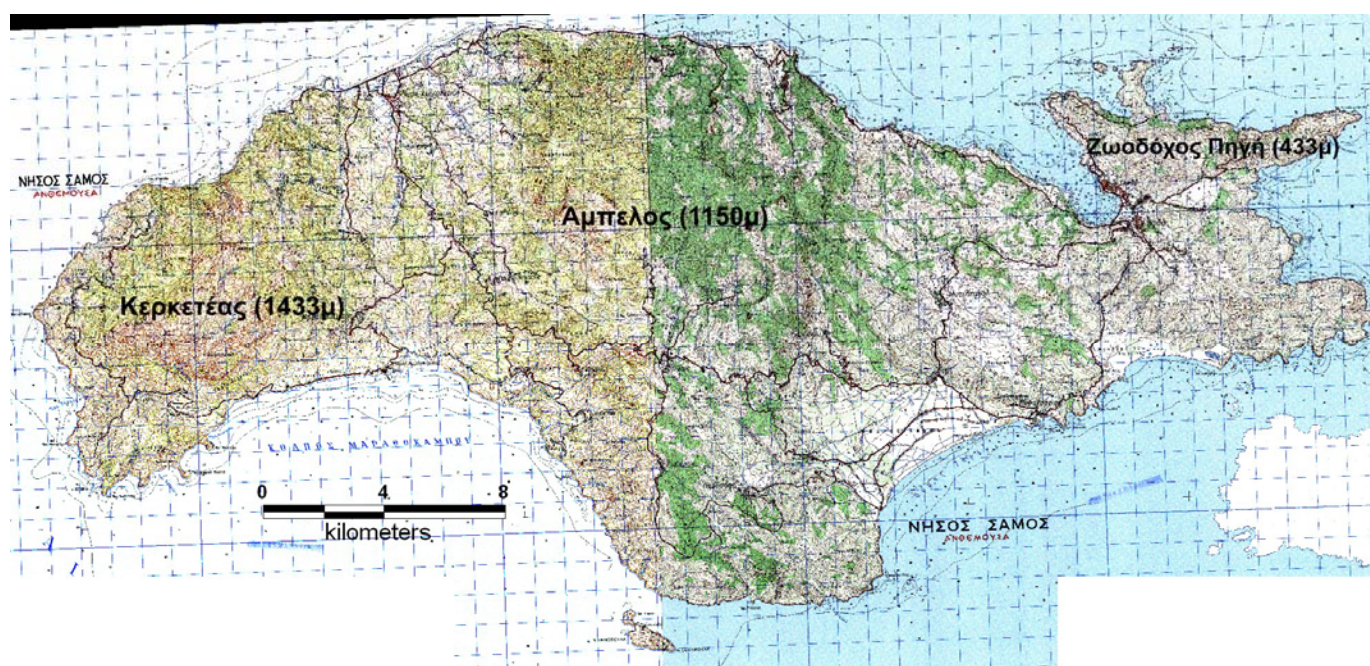
Τα ψηλά βουνά συντελούν στην έντονη βροχόπτωση το χειμώνα και σε αυτό οφείλεται η πλούσια βλάστηση και οι πολλές και πλούσιες πηγές. Τα πολλά νερά και η πλούσια βλάστηση ήταν ο λόγος που στην αρχαιότητα την ονόμαζαν "Υδρήλη".

Δεν έχει μεγάλα ποτάμια στο νησί, υπάρχουν όμως μικρά ποτάμια, χειμαρρικής μορφής, που εμφανίζουν ροή και το καλοκαίρι.

Στο Σχήμα 2.1α φαίνεται η θέση της Νήσου Σάμου στον Ελλαδικό χώρο και στο Σχήμα 2.1β ο τοπογραφικός χάρτης της νήσου Σάμου κλίμακας 1:50.000 (Γ.Υ.Σ., 1978).



Σχήμα 2.1α: Η Σάμος στον Ελλαδικό χώρο.



Σχήμα 2.1β: Τοπογραφικός χάρτης της νήσου Σάμου, κλίμακας 1:50.000, όπου φαίνονται οι ορεινοί όγκοι του Κερκετέα, της Αμπέλου και της Ζωοδόχου Πηγής (Γ.Υ.Σ., 1978).

2.2. **Ιστορικά στοιχεία**

Κατά την αρχαιότητα, η Σάμος, αν και μικρή έπαιξε σπουδαίο πολιτιστικό ρόλο, όχι μόνο στην Ιωνία αλλά και σ' ολόκληρη την αρχαία Ελλάδα.

Κατά την περίοδο του Πολυκράτη (6^ο π.Χ. αιώνα), η Σάμος έγινε το κέντρο του Ιωνικού Πολιτισμού, με σπουδαία έργα και μνημεία όπως το Ευπαλίνειο όρυγμα, ο ναός της Ήρας, θέατρα, τα ανάκτορα (τα οποία προσπάθησε να αναστηλώσει πολύ αργότερα ο ρωμαίος αυτοκράτορας Καλλιγούλας) (www.samosin.gr).

Ο Πολυκράτης ίδρυσε βιβλιοθήκη, η οποία περιλάμβανε ότι πιο αξιόλογο είχε παρουσιάσει μέχρι τότε το ανθρώπινο πνεύμα. Η αυλή της βιβλιοθήκης είχε γίνει πνευματικό κέντρο και φιλοξενούσε τους κορυφαίους της διανόησης του τότε κόσμου.

Ο Πολυκράτης είχε δημιουργήσει ισχυρότατο στρατό και ο στόλος (με τα ταχύτατα πλοία Σάμαινες) ήταν ο πρώτος στο Αιγαίο. Κατά τον Ηρόδοτο, τρεις ήταν οι πόλεις που κυριαρχούσαν στη θάλασσα, η Κνωσός του Μίνωα (15^{ος} αιώνας π.Χ.), η Σάμος (6^{ος} αιώνας π.Χ.) και η Αθήνα (5^{ος} αιώνας π.Χ.). Έτσι, ο Πολυκράτης είχε καταστήσει τη Σάμο πρώτη πόλη μεταξύ Ελλήνων και βαρβάρων και ήταν ο πρώτος που προσπάθησε να ενώσει όλους τους Έλληνες κατά των Περσών.

Μετά το θάνατο του Πολυκράτη (522 π.Χ.) ακολούθησαν πόλεμοι και η Σάμος υπήρξε επίκεντρο των αγώνων μεταξύ Ελλήνων και Περσών. Τελικά, καταστράφηκε από τους Αθηναίους (την εποχή του Περικλή) το 439 π.Χ. μετά από πολύμηνη πολιορκία.

Η Σάμος κατά την αρχαιότητα ανάδειξε μεγάλο αριθμό διαπρεπών ανδρών και γυναικών, σ' όλους τους τομείς του πνεύματος, με πρώτο τον **Πυθαγόρα**, το μεγαλύτερο φιλόσοφο των αιώνων.

Σάμιοι επίσης ήταν :

ο **Αρίσταρχος**, που πολλούς αιώνες πριν τον Κοπέρνικο, διατύπωσε το ηλιοκεντρικό σύστημα,

ο **Αγάθαρκος**, μεγάλος ζωγράφος, που πρώτος ασχολήθηκε με τη σκηνογραφία και την προοπτική,

ο **Θεόδωρος**, μεγάλος καλλιτέχνης και αρχιτέκτονας,

ο **Αίσωπος**, ο γνωστός μυθοποιός,

η **Δαμώ**, φιλόσοφος, κόρη του Πυθαγόρα.

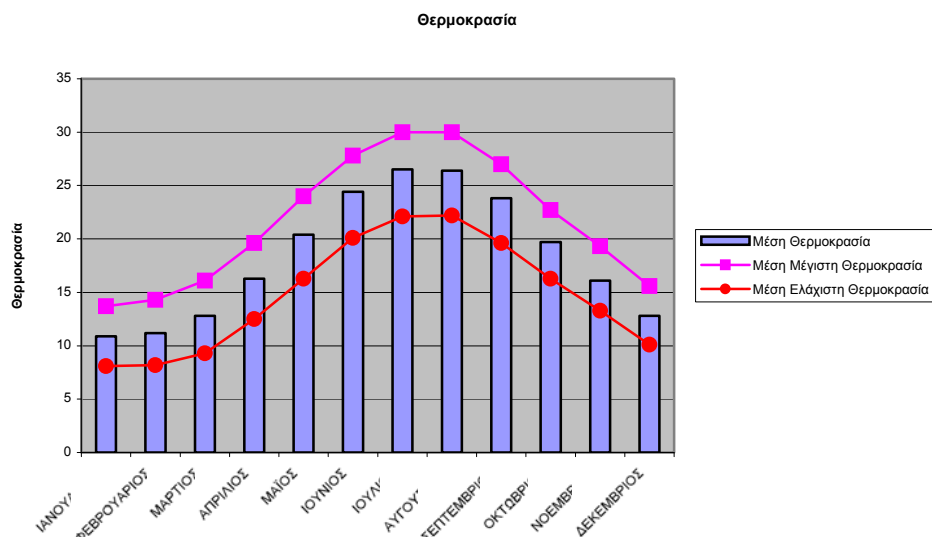
2.3. Μετεωρολογικά - Κλιματικά Στοιχεία

Το κλίμα της Σάμου είναι ήπιο, υγιεινό και ευχάριστο. Δροσερό το καλοκαίρι και ζεστό τον χειμώνα (www.samosin.gr). Τα κυριότερα μετεωρολογικά στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού Σάμου είναι τα παρακάτω (Πίνακας 2.1), κατά μήνα :

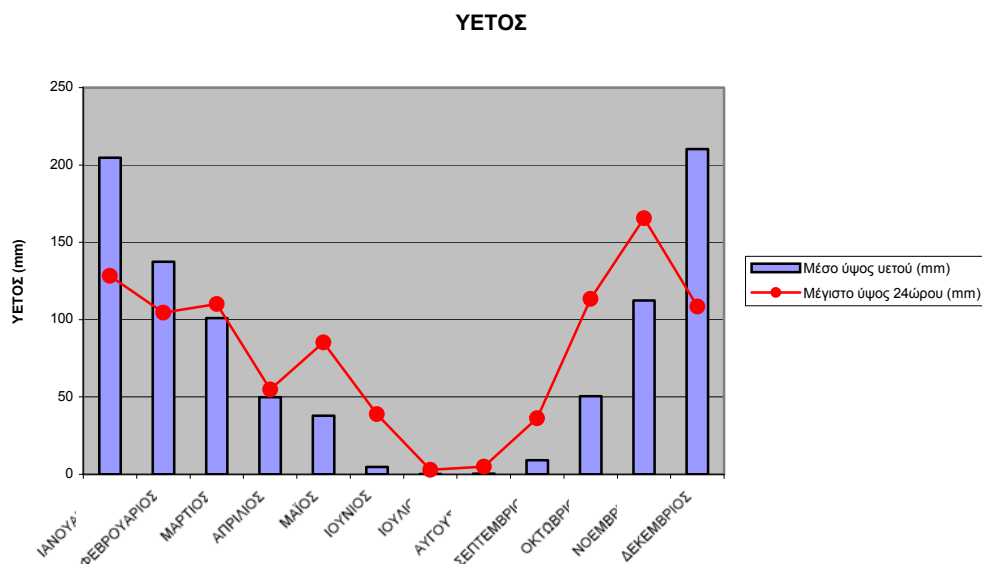
Πίνακας 2.1: Τα κυριότερα μετεωρολογικά στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού Σάμου

ΜΗΝΕΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ			ΥΕΤΟΣ		ΑΝΕΜΟΣ	
	Μέση	Μέση Μέγιστη	Μέση Ελάχιστη	Μέσο ύψος υετού (mm)	Μέγιστο ύψος 24ώρου (mm)	Επικρατούσα Διεύθυνση	Μέση Ταχύτητα (Μποφόρ)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	11	13,7	8,1	204,7	128,4	ΒΔ	2,9
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	11	14,3	8,2	137,5	104,5	ΝΑ	3,1
ΜΑΡΤΙΟΣ	13	16,1	9,3	100,9	110	ΒΔ	3,1
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	16	19,6	12,5	49,8	54,9	ΒΔ	3,1
ΜΑΪΟΣ	20	24	16,3	37,8	85,2	ΒΔ	2,7
ΙΟΥΝΙΟΣ	24	27,8	20,1	4,8	39	ΒΔ	3,1
ΙΟΥΛΙΟΣ	27	30	22,1	0,2	3	ΒΔ	3,5
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	26	30	22,2	0,4	5	ΒΔ	3,3
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	24	27	19,6	9,2	36,2	ΒΔ	2,9
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	20	22,7	16,3	50,5	113,5	ΒΔ	2,5
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	16	19,3	13,3	112,4	165,6	ΒΔ	2,6
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	13	15,6	10,1	210,2	108,5	ΝΑ	3
ΕΤΟΣ	18	21,7	14,8	918,4	165,6		

Οι παραπάνω μετρήσεις έχουν ληφθεί από το Μετεωρολογικό Σταθμό Σάμου στο νότιο τμήμα του νησιού (Γεωγραφικό Πλάτος 37° 42' και Γεωγραφικό Μήκος 26° 55') και σε υψόμετρο 59 μέτρων. Οι μετρήσεις έγιναν για τη θερμοκρασία τα έτη 1931-1940 και 1946-1971, για την ηλιοφάνεια τα έτη 1959-1976 και για τον άνεμο τα έτη 1951-1977. Παρακάτω φαίνονται τα διαγράμματα της μέσης Θερμοκρασίας, σε συνδυασμό με τη μέση μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία, για κάθε μήνα (Σχήμα 2.2), και το διάγραμμα του μέσου ύψους υετού (mm) με το μέγιστο ύψος 24ώρου (mm) για κάθε μήνα (Σχήμα 2.3).



Σχήμα 2.2: Διάγραμμα της μέσης Θερμοκρασίας, καθώς και της μέσης μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας, για κάθε μήνα.



Σχήμα 2.3: Διάγραμμα του μέσου ύψους νετού (mm), καθώς και του μέγιστου ύψους 24ώρου (mm) για κάθε μήνα.

Οι μεταβολές της θερμοκρασίας, τόσο οι ετήσιες, όσο και οι ημερήσιες, είναι σχετικά περιορισμένες και οι ελάχιστες θερμοκρασίες σπάνια πέφτουν κάτω από το μηδέν.

Η απολύτως μέγιστη και η απολύτως ελάχιστη θερμοκρασία που σημειώθηκαν στο Μετεωρολογικό σταθμό Σάμου ήταν 38,2 °C και - 4,3 °C αντίστοιχα.

Λόγω του έντονου και απότομου ανάγλυφου, έντονες βροχές συμβαίνουν στην Σάμο. Το ετήσιο μέσο βροχομετρικό ύψος ανέρχεται σε 918,4 χιλιοστά με βροχερότερο μήνα το Δεκέμβριο, που πέφτει το 23% της βροχής.

Η βροχερότερη εποχή είναι ο χειμώνας, που πέφτει το 60,1 % της βροχής, ενώ το καλοκαίρι είναι σχεδόν άνυδρο, με 4,1 % των βροχοπτώσεων. Οι υπόλοιπες βροχές πέφτουν νωρίς την Άνοιξη και αργά το Φθινόπωρο. Απ' τα μέσα Απριλίου, μέχρι τα μέσα Οκτωβρίου οι βροχοπτώσεις είναι ελάχιστες και πολλές φορές επιζήμιες, ιδίως την Άνοιξη.

Οι άνεμοι που επικρατούν στη Σάμο είναι οι βόρειοι που τους θερινούς μήνες πνέουν σχεδόν συνέχεια. Οι νότιοι, που πνέουν, ευθύνονται για τις περισσότερες βροχές, οι οποίες λαμβάνουν χώρα κυρίως τη χειμερινή περίοδο.

Οι βόρειοι άνεμοι, το καλοκαίρι (μελέτμια), ανεβαίνουν τις βόρειες πλαγιές του νησιού, αργά και σταθερά, αφήνοντας την υγρασία τους. Όταν περάσουν τα υψηλότερα σημεία, ξηροί και ορμητικοί, χύνονται προς τις νότιες πλαγιές και γι' αυτό οι νότιες περιοχές είναι ξηρότερες από τις βόρειες και επηρεάζονται περισσότερο από τους ανέμους, δίνοντας στην ατμόσφαιρα μια κρυστάλλινη διαύγεια, πολλές φορές.

Η ηλιοφάνεια στη Σάμο είναι από τις μεγαλύτερες στην Ελλάδα, αφού, επί εξαμήνου και πλέον, κατά τη θερινή περίοδο, σπάνια εμφανίζεται νέφωση στον ουρανό.

Τα παραπάνω στοιχεία αφορούν τη θέση και το υψόμετρο του Μετεωρολογικού σταθμού Σάμου και είναι περισσότερο ενδεικτικά. Όμως, το ανάγλυφο, το υψόμετρο, ο προσανατολισμός και άλλοι ακόμα παράγοντες, συντελούν στη δημιουργία πλήθους μικροκλιμάτων, από τα πιο ξηρά έως τα πιο υγρά και από τα πιο θερμά έως τα πιο ψυχρά και μέσα σ' αυτά αναπτύσσονται τα διάφορα οικοσυστήματα.

Με βάση τη μέση μηνιαία θερμοκρασία και τη μέση βροχόπτωση της λεκάνης για την παραπάνω χρονική περίοδο γίνεται η κλιματική ταξινόμηση της περιοχής με τη βοήθεια της σχέσης του De Martonne's (Φλόκας, 1990):

$$I = \frac{12P}{t + 10} \quad (2.1)$$

όπου I= δείκτης, ο οποίος χαρακτηρίζει το κλίμα της περιοχής και οι χαρακτηριστικές του τιμές δίνονται στον Πίνακα 2.2, P=η μέση μηνιαία βροχόπτωση και t= μέση μηνιαία θερμοκρασία.

Πίνακας 2.2: Χαρακτηρισμός του κλίματος από τα όρια τιμών του I.

ΟΡΙΑ ΤΙΜΩΝ ΤΟΥ I	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ
I<5	Πολύ ξηρό
5<I<15	Ξηρό
15<I<20	Ημίξηρο
20<I<30	Υφυγρο
30<I<60	Υγρό
I>60	Πολύ υγρό

Στον Πίνακα 2.3 δίνεται ο χαρακτηρισμός του κλίματος της Σάμου για κάθε μήνα, που βασίζεται στην εκτίμηση του δείκτη I του De Martonne's, με βάση τα στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού. Από τον πίνακα προκύπτει ότι το κλίμα της περιοχής από το Δεκέμβριο μέχρι το Φεβρουάριο είναι πολύ υγρό. Την περίοδο Ιουνίου-Σεπτεμβρίου είναι πολύ ξηρό, ενώ τον Μάιο χαρακτηρίζεται απλά ξηρό. Το Μάρτιο και Νοέμβριο το κλίμα χαρακτηρίζεται υγρό. Και τέλος τον Απρίλιο και Οκτώβριο, που λειτουργούν ως μεταβατικοί μήνες, το κλίμα είναι ύφυγρο. Επίσης, παρατηρούμε ότι η μέση μέγιστη θερμοκρασία είναι 27,8 °C τον Ιούλιο, ενώ η μέση ελάχιστη 8,1 °C τον Ιανουάριο. Η μέση μέγιστη βροχόπτωση είναι 165,6 mm το Νοέμβριο.

Πίνακας 2.3: Μέση μηνιαία θερμοκρασία και βροχόπτωση για την περίοδο 1931-1940, 1946-75 και χαρακτηρισμός του κλίματος με βάση το δείκτη I (De Martonne's).

ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C	ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)	ΔΕΙΚΤΗΣ I	ΕΙΔΟΣ ΚΛΙΜΑΤΟΣ
Ιανουάριος	11	204,7	117,5	Πολύ υγρό
Φεβρουάριος	11	137,5	77,8	Πολύ υγρό
Μάρτιος	13	100,9	53,1	Υγρό
Απρίλιος	16	49,8	22,7	Ύφυγρο
Μάιος	20	37,8	14,9	Ξηρό
Ιούνιος	24	4,8	1,7	Πολύ ξηρό
Ιούλιος	27	0,2	0,1	Πολύ ξηρό
Αύγουστος	26	0,4	0,1	Πολύ ξηρό
Σεπτέμβριος	24	9,2	3,3	Πολύ ξηρό
Οκτώβριος	20	50,5	20,4	Ύφυγρο
Νοέμβριος	16	112,4	51,7	Υγρό
Δεκέμβριος	13	210,2	110,6	Πολύ υγρό

2.4. Χλωρίδα

Ο προσανατολισμός, το ανάγλυφο που δημιουργείται απ' τα βουνά της, τον Κέρκη με 1433μ και την Άμπελο (ή Καρβούνης) με 1150 μέτρα υψόμετρο και το πλήθος των επιμέρους μικροκλιμάτων, συντελούν στο να διαθέτει η Σάμος μια πλουσιότατη χλωρίδα με πολύ μεγάλη βιοποικιλότητα, που δε συναντιέται σε κανένα άλλο νησί του Αιγαίου.

Σήμερα, κι' αυτό δεν είναι υπερβολή, το νησί διαθέτει περισσότερες δασικές εκτάσεις, απ' όσες διέθετε κατά καιρούς, τους τελευταίους δύο αιώνες, παρά τις φωτιές των τελευταίων χρόνων. Αυτό οφείλεται στη μεγάλη ταχύτητα αναδάσωσης που παρατηρείται στη Σάμο και τη γρήγορη κάλυψη των σημαντικών γεωργικών εκτάσεων, που εγκατέλειψαν οι γεωργοί. Αδιάψευστος μάρτυρας είναι οι τεράστιες αναβαθμιδωμένες (πεζούλες) εκτάσεις (Σχήμα 1.2), στα ορεινά, που σήμερα καλύπτονται από δάση (www.samosin.gr).



Σχήμα 2.4 : Οι πεζούλες σε μία πλαγιά στην περιοχή Παγώνδας, Σάμος.

Οι άνεμοι που επικρατούν στη Σάμο και κυρίως την θερινή περίοδο, που οι βροχές είναι σπάνιες, είναι οι βορειοδυτικοί. Οι άνεμοι αυτοί τη χωρίζουν χονδρικά σε τρεις κλιματικές ζώνες: α) το βόρειο τμήμα, που επηρεάζεται απ' τους ανέμους που έρχονται απ' την θάλασσα και είναι υγρό και δροσερό, β) το νότιο, που οι άνεμοι κατεβαίνουν απ' τα βουνά ξηροί και ορμητικοί (κατεβατοί άνεμοι), που ξηραίνουν και θερμαίνουν το περιβάλλον και γ) τις ορεινές περιοχές, που επικρατούν

χαμηλότερες θερμοκρασίες και υψηλή υγρασία. Όπως είναι κατανοητό, οι ζώνες αυτές δεν έχουν σαφή όρια κι' ανάλογα με το κλίμα κάθε περιοχής, έχει προσαρμοστεί και η αντίστοιχη χλωρίδα (www.samosin.gr).

Η Σάμος έχει έκταση 478,2 Km², η οποία, βάσει των στοιχείων της Διεύθυνσης Γεωργίας και της Διεύθυνσης Δασών Σάμου, κατανέμεται ως εξής (Πίνακας 2.4):

Πίνακας 2.4: Οι εκτάσεις της Σάμου με βάση των στοιχείων της Διεύθυνσης Γεωργίας και της Διεύθυνσης Δασών Σάμου (www.samosin.gr).

ΕΙΔΟΣ	Έκταση σε στρέμματα	Ποσοστό
Γεωργικές εκτάσεις, Λιβάδια, Βοσκές	206.450	43,2%
Δάση	136.400	28,6%
Δασικές θαμνώδεις εκτάσεις	88.700	18,5%
Οικισμοί, δρόμοι	18.150	3,8%
Άγωνα, Βραχώδη	14.050	2,9%
Αλπικές εκτάσεις	10.150	2,1%
Λίμνες, ποταμοί	4.300	0,9%
ΣΥΝΟΛΟ	478200	100%

Κύρια καλλιέργεια της Σάμου είναι η ελιά (ελαιόδεντρα) και το αμπέλι. Η καλλιέργειά τους περιορίζεται στο βόρειο και κεντρικό τμήμα. Τα εσπεριδοειδή ευδοκιμούν πολύ καλά σε χαμηλά υψόμετρα και σε υπήνεμες και αρδευόμενες περιοχές στο νότιο τμήμα (Κάμπος, Χώρα, Μεσόκαμπος).

Τα οπωροφόρα ευδοκιμούν στη Σάμο, συστηματικές καλλιέργειες όμως δεν υπάρχουν, τα σποραδικά δένδρα αφθονούν, κυρίως στο βόρειο τμήμα και στα ορεινά. Εκεί, συναντώνται κερασιές, βυσσινιές και μηλιές, που είναι φυτά ψυχρών περιοχών και δεν ευδοκιμούν στα χαμηλά. Συστηματικές καλλιέργειες κηπευτικών διενεργούνται στο βόρειο τμήμα. Τα δάση Πεύκης καταλαμβάνουν το 28,5% της όλης έκτασης της Σάμου και καλύπτουν τις ορεινές περιοχές και μεγάλες περιοχές του βορείου τμήματος. Στο νότιο τμήμα, τα δάση αυτά είναι λιγότερα. Στα χαμηλά επικρατεί η τραχεία Πεύκη (*Pinus brutia*), που φτάνει μέχρι την θάλασσα, από υψόμετρα όμως άνω των 700 μέτρων σχεδόν επικρατεί η μαύρη Πεύκη (*Pinus nigra*) και σχηματίζει εκτεταμένα δάση στα ορεινά.

Εκτός απ' τα δάση Πεύκης υπάρχουν και άλλες δασικές εκτάσεις, που υπολογίζονται σε 88.700 στρέμματα. Αυτές καλύπτονται από διάφορα είδη φυτών, φυλλοβόλων και αειθαλών, των οποίων το ύψος, σε πολλά απ' αυτά, ξεπερνά τα πέντε μέτρα. Εκτεταμένες τέτοιες εκτάσεις υπάρχουν στο νότιο τμήμα, στ'

ανατολικά, περιοχές Βαθέος Παλαιοκάστρου και Σάμου, στα δυτικά, περιοχές Καλλιθέας και Δρακαίων, και σε πολλές περιοχές του βορείου τμήματος. Το είδος αυτό της βλάστησης καλύπτει συνήθως βραχώδεις και άγονες εκτάσεις, με κύρια χαρακτηριστικά τα μικρά, σκληρά και συνήθως αγκαθωτά φύλλα, που καλύπτονται από κηρώδεις ουσίες το χονδρό φλοιό και το βαθύ ριζικό σύστημα.

2.5. Πανίδα

Η πανίδα της Σάμου είναι αρκετά πλούσια, έναντι άλλων νησιών, πράγμα που οφείλεται στη βλάστηση, τα βουνά της και τα νερά της.

Παλαιότερα, υπήρχαν πολλές φώκιες (*Monachus monachus*) στις βραχώδεις παραλίες της Σάμου, σήμερα υπάρχουν λίγες στις βορειοδυτικές ακτές, στη θέση Σεϊτάνι και γι' αυτό η περιοχή προστατεύεται και έχει χαρακτηριστεί ως βιολογικό πάρκο. Όπως ισχυρίζονται πολλοί ψαράδες, υπάρχουν και σε άλλες περιοχές της Σάμου. Η μείωση των πληθυσμών τους, όπως και των δελφινιών, δεν οφείλεται μόνο στην καταδίωξη τους απ' τους ψαράδες και την ανθρώπινη παρουσία, αλλά κυρίως στην έλλειψη τροφής, λόγω της υπεραλίευσης και της μεγάλης μείωσης των αλιευμάτων.

Στην περιοχή που εντοπίζονται σήμερα οι φώκιες, επικρατούν δυνατοί άνεμοι και η θάλασσα είναι πάντα σχεδόν ταραγμένη, κατάσταση που δυσκολεύει την αλιεία και ίσως για αυτό επιβιώνουν. (www.samosin.gr).

2.6. Γεωλογικά στοιχεία της περιοχής μελέτης

2.6.1 Γεωτεκτονική θέση, παλαιογεωγραφία, μεταμόρφωση και τεκτονική δομή της Σάμου.

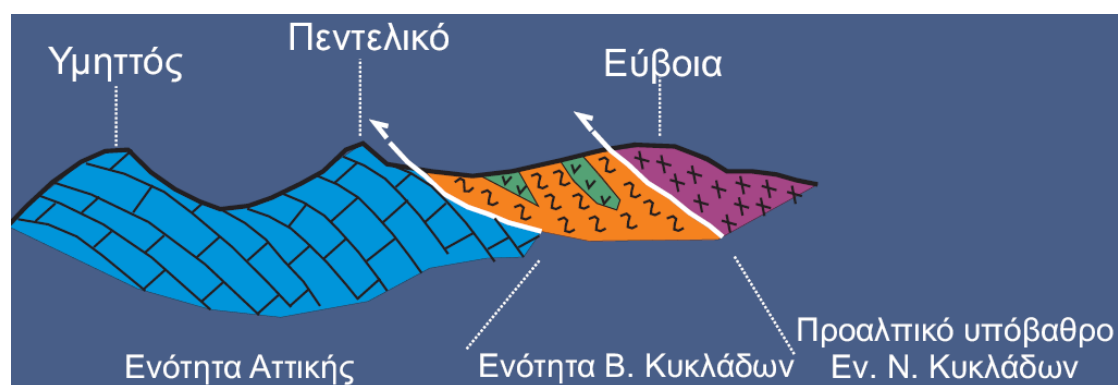
Η Σάμος ανήκει στην Αττικοκυκλαδική ζώνη, η οποία περιλαμβάνει τα νησιά των Κυκλάδων καθώς και τμήμα της Αττικής. Η Αττικοκυκλαδική ζώνη χωρίζεται σε τρεις επιμέρους ενότητες: Ενότητα Αττικής, Ενότητα Νοτίων Κυκλάδων και Ενότητα Βορείων Κυκλάδων (Papanikolaou, 1984). Σύμφωνα με ορισμένες απόψεις, η Αττικοκυκλαδική μάζα είναι η προς Νότο συνέχεια της Πελαγονικής ζώνης, στην πραγματικότητα όμως πρόκειται για μια μάζα ετερογενούς σύστασης που αποτελείται

από διάφορες ενότητες σχηματισμών με τεκτονικές μεταξύ τους σχέσεις. Οι τελευταίες όμως διαπιστώνονται σε λίγες περιοχές λόγω του ότι η σημερινή εξάπλωση της θάλασσας του Αιγαίου εμποδίζει την παρατήρησή τους.

Η Σάμος βρίσκεται στην ενότητα Βόρειων Κυκλάδων, η οποία περιλαμβάνει μάρμαρα ηλικίας Άνω Τριαδικό-Κάτω Ιουρασικό, μετα-ηφαιστειακά πετρώματα (μετα-τόφφους και μετα-λαβές) κλαστικά ιζήματα, που συγκροτούν έναν πιθανό σχηματισμό φλύσχη ηλικίας τέλους Κρητιδικού – Ηωκαίνου.

Κύριο χαρακτηριστικό αυτής της ενότητας είναι ότι τα πετρώματα της εμφανίζουν δύο μεταμορφώσεις. Μία πρώτη υψηλής πίεσης – χαμηλής θερμοκρασίας, με σχηματισμό γλαυκοφανούς, που έχει μεγάλη εξάπλωση σε όλο το χώρο των Β.Κυκλάδων και μια δεύτερη πρασινοσχιστολιθική, που θεωρείται ανάδρομη σχετικά με την πρώτη.

Τα πετρώματα της ενότητας Βόρειων Κυκλάδων εμφανίζουν σαφείς ομοιότητες με τα πετρώματα της ενότητας Όσσας – Αμπελάκια και της ενότητας Μακρυνίτσας του Πηλίου με κύριο βέβαιο στοιχείο την παρουσία του γλαυκοφανούς. Υπάρχει επίσης αντιστοιχία και στην τεκτονική θέση των ενότητων αυτών, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.5, όπου διακρίνεται ότι η ενότητα Βόρειων Κυκλάδων εφίππευει στο χώρο της Νότιας Εύβοιας πάνω στην ενότητα Αττικής, ενώ πάνω στην ίδια τοποθετούνται τεκτονικά μεταμορφωμένα πετρώματα πιθανόν του κρυσταλλοσχιστώδους της Πελαγονικής.



Σχήμα 2.5 Οι κυριότερες ενότητες της Αττικοκυκλαδικής Μάζας: Ενότητα Αττικής, Ενότητας Βορείων Κυκλάδων και Ενότητας Νοτίων Κυκλάδων (Μουντράκης, 1985).

Θυμίζουμε ότι και στην περιοχή Ολύμπου - Όσσας παρατηρείται ανάλογη τεκτονική σχέση με την ανθρακική μάζα του Ολύμπου υποκείμενη, τη σειρά Αμπελάκια με το γλαυκοφανή επικείμενο και το κρυσταλλοσχιστώδες της

Πελαγονικής σε ακόμη ανώτερη τεκτονική θέση. Οι τεκτονικές αυτές διαδοχές οδηγούν στην υπόθεση αντιστοιχίας της μεν ενότητας Αττικής με τη σειρά Ολύμπου της δε ενότητας Β.Κυκλάδων με τη σειρά Όσσας – Αμπελάκια. Η σημασία όμως αυτών των αντιστοιχιών δεν έχει ακόμη ερμηνευθεί ικανοποιητικά (Μουντράκης, 1985).

Πάντως, ο γενικά αποδεκτός χαρακτήρας της Αττικοκυκλαδικής μάζας είναι ότι συγκροτείται από αλληπάλλληλα τεκτονικά καλύμματα μεταμορφωμένων πετρωμάτων τα οποία αποκαλύπτονται ως συνεχή τεκτονικά παράθυρα.

2.6.2 Γεωλογία της Σάμου.

Στην περιοχή της Σάμου - Φούρνων οι σχηματισμοί της Αττικοκυκλαδικής ζώνης έχουν μεγάλο πάχος και εμφανίζονται σε μεγάλη έκταση. Αποτελούνται κυρίως από σχιστόλιθους και φυλλίτες, με ενστρώσεις μαρμάρων μεγάλου πάχους και παρεμβολές, κατά θέσεις, μεταβασιτών, μεταγάββρων και σερπεντινιτών (Ψιλοβίκος κ.α., 1996). Γνώρισμα των σχηματισμών της Αττικοκυκλαδικής ζώνης της περιοχής αυτής είναι ότι αυτοί έχουν μεταμορφωθεί σε συνθήκες υψηλών πιέσεων και χαμηλών θερμοκρασιών, με αποτέλεσμα η εμφάνιση κυανοσχιστολίθων στους σχηματισμούς αυτούς να είναι πολύ συχνή.

Οι σχηματισμοί της Αττικοκυκλαδικής ζώνης της Σάμου βρίσκονται επωθημένοι πάνω στη σχετικά αυτόχθονη ανθρακική σειρά του Κερκετέα - Φούρνων ή, κατά θέσεις, πάνω σε σχιστολιθικούς σχηματισμούς μεταφλύσχη της σειράς αυτής, η οποία ανήκει στις Εξωτερικές ζώνες και εμφανίζεται στην περιοχή αυτή με μορφή τεκτονικού παραθύρου (Σχήμα 2.6). Η ανθρακική αυτή σειρά έχει ορατό πάχος 1.500μ. περίπου και αντίθετα προς τους υπερκείμενους σ' αυτήν, τεκτονικά, σχηματισμούς της Αττικοκυκλαδικής ζώνης, που έχουν μεταμορφωθεί σε συνθήκες υψηλών πιέσεων και χαμηλών θερμοκρασιών, οι σχηματισμοί της ανθρακικής αυτής σειράς έχουν υποστεί μόνο χαμηλού βαθμού μεταμόρφωση, στην πρασινοσχιστολιθική φάση.

Επίσης, στην περιοχή της Σάμου, πάνω στους σχηματισμούς της Αττικοκυκλαδικής ζώνης, είναι επωθημένοι αμεταμόρφωτοι σχηματισμοί της Πελαγονικής ζώνης. Οι σχηματισμοί αυτοί απαντώνται στο δυτικό τμήμα της Σάμου (περιοχή Καλλιθέας) και στα νησιά Θύμαινα και Αλατσονήσι, του συγκροτήματος

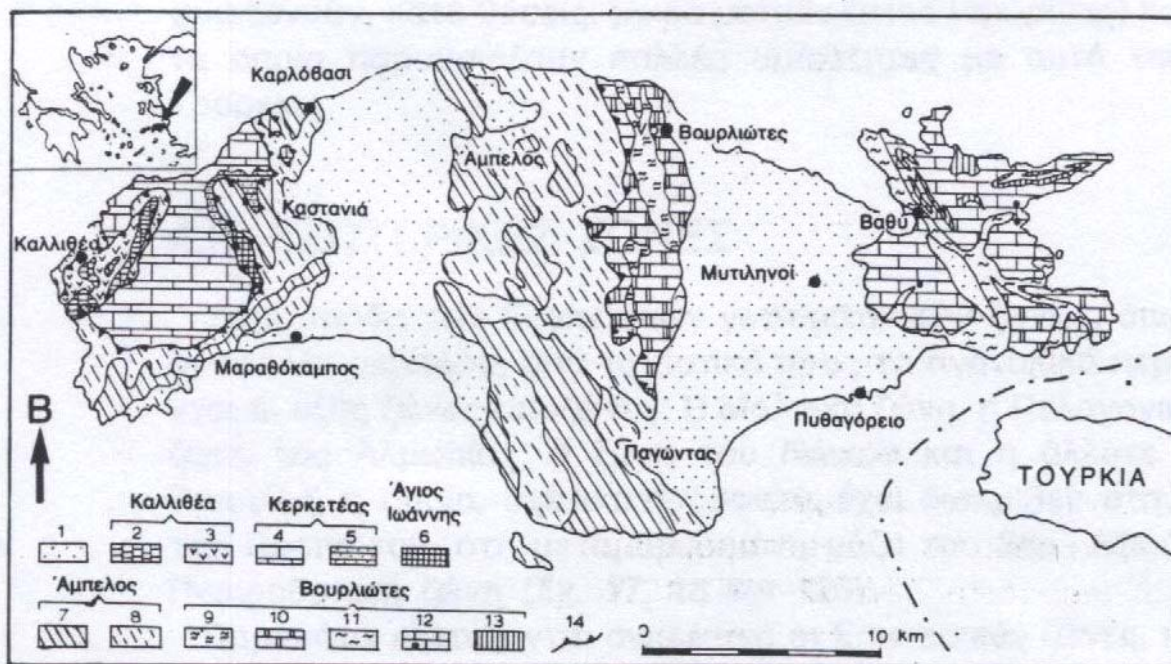
των Φούρνων και είναι κυρίως ασβεστόλιθοι του Ανώτερου Τριαδικού και ίσως του Κατώτερου Ιουρασικού, με Μεγαλόδοντα (*Megalodon*) και άλλα απολιθώματα. Σ' αυτούς συμμετέχουν, επίσης, κλαστικοί σχηματισμοί του Κατώτερου - Μέσου Τριαδικού, με ενστρώσεις ασβεστόλιθων και ραδιολαριτών και παρεμβολές βασικών εκρηξιγενών πετρωμάτων, με μορφή κοιτών, σε μεγάλη έκταση. Επίσης, συμμετέχουν μικρές μάζες υπερβασικών πετρωμάτων, κυρίως στη βάση του τεκτονικού αυτού καλύμματος.

Οι σχηματισμοί της Αττικοκυκλαδικής ζώνης της Σάμου διακρίνονται σε τρεις επί μέρους τεκτονικές Ενότητες, οι οποίες είναι: Η Ενότητα Αγίου Ιωάννη, η Ενότητα Αμπέλου και η Ενότητα Βουρλιωτών - Ζωοδόχου Πηγής. Οι Ενότητες αυτές έχουν ως εξής (Σχήμα 2.6):

α) Ενότητα Αγίου Ιωάννη: Απαντάται στο δυτικό τμήμα της Σάμου και βρίσκεται τεκτονικά τοποθετημένη μεταξύ της αυτόχθονης ανθρακικής σειράς του Κερκετέα (υποκείμενης) και της τεκτονικής Ενότητας Αμπέλου (υπερκείμενης). Αποτελείται από μεταμορφωμένα βασικά εκρηξιγενή, τα οποία πολλές φορές διατηρούν τα αρχικά τους ορυκτά. Η παρουσία γλαυκοφανή στους σχηματισμούς της Ενότητας αυτής είναι συχνή και το συνολικό πάχος της φτάνει τα 200μ. περίπου.

β) Ενότητα Αμπέλου: Συνιστά το κεντρικό και εν μέρει το δυτικό τμήμα της Σάμου, υπερκείμενη της Σειράς του Κερκετέα ή της Ενότητας Αγίου Ιωάννη και υποκείμενη τεκτονικά της Ενότητας Βουρλιωτών - Ζωοδόχου Πηγής. Η Ενότητα αυτή αποτελείται από εναλλαγές μαρμάρων, ποικίλου χρώματος και πάχους, και σχιστόλιθων, κυρίως μοσχοβιτικών και χαλαζιακών, καθώς επίσης γλαυκοφανιτικών και επιδοτιτικών. Κατά θέσεις παρεμβάλλονται στους σχηματισμούς αυτούς μεταμορφωμένα βασικά εκρηξιγενή, μεταγάββροι, και μικρές μάζες σερπεντινιτών. Το συνολικό πάχος των σχηματισμών της Ενότητας αυτής υπερβαίνει τα 2.000μ.

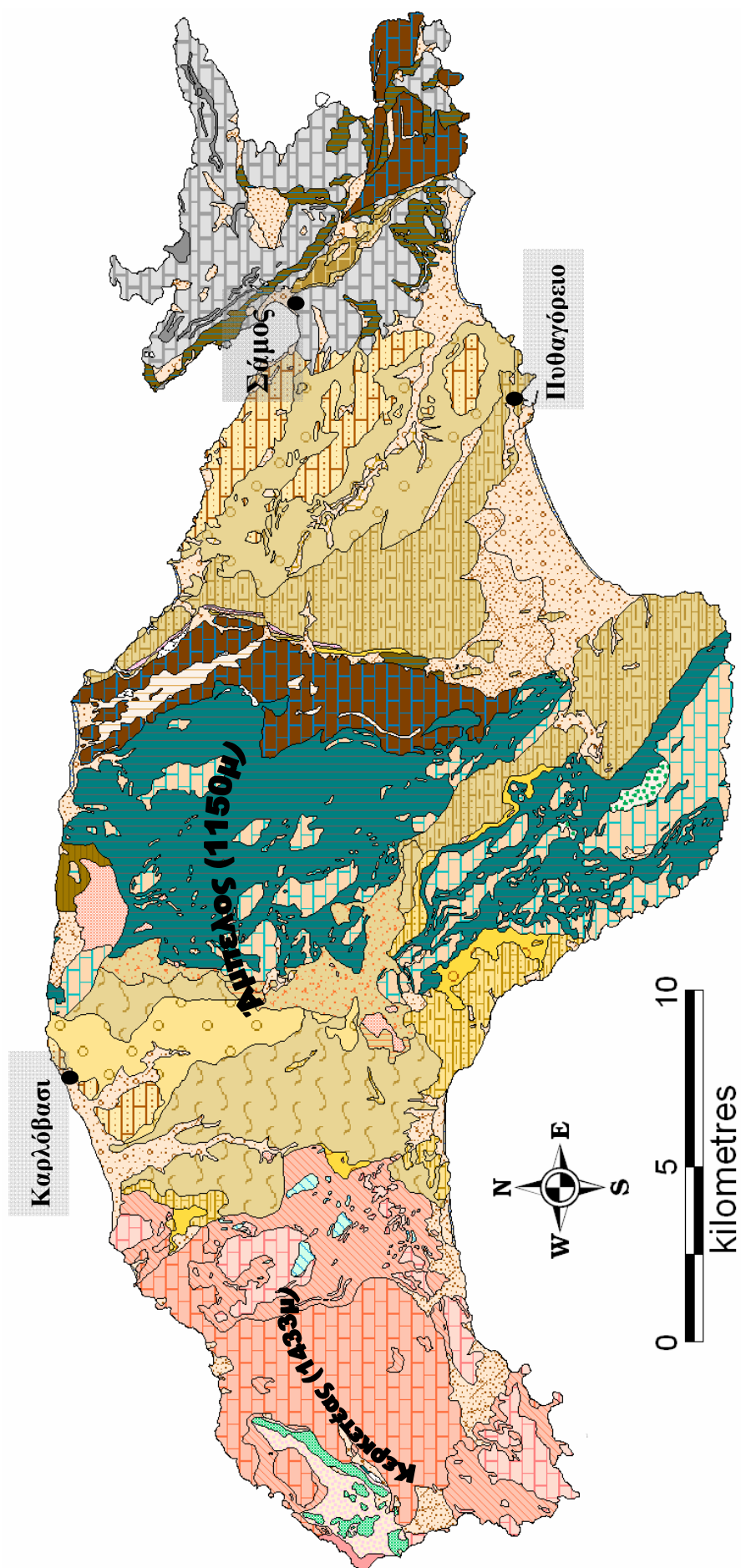
γ) Ενότητα Βουρλιωτών - Ζωοδόχου Πηγής: Καταλαμβάνει κυρίως το ανατολικό τμήμα του νησιού και λιγότερο το κεντρικό, υπερκείμενη τεκτονικά της Ενότητας Αμπέλου. Η Ενότητα αυτή αποτελείται κυρίως από μάρμαρα, το συνολικό πάχος των οποίων υπερβαίνει τα 1.000μ. και λιγότερο από σχιστόλιθους, οι οποίοι είναι κυρίως μοσχοβιτικοί, χαλαζιακοί, χλωριτικοί και κατά θέσεις γλαυκοφανιτικοί. Τα μάρμαρα του ανατολικού τμήματος της Σάμου της Ενότητας αυτής φιλοξενούν, κατά θέσεις, μικρά μεταβωξίτικά (σμύριδας) κοιτάσματα, τα οποία παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες με αυτά της Δυτικής Τουρκίας.



Σχήμα 2.6. Γεωλογικός χάρτης της νήσου Σάμου. [Από τη γεωλογική χαρτογράφηση του Δ. ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΥ (1979), σε κλίμακα 1:50.000, με τροποποιήσεις από Δ. ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ (1979)]. Υπόμνημα:

1: Νεογενείς αποθέσεις, 2: Ασβεστόλιθοι του Τριαδικού - Ιουρασικού, Καλλιθέας, 3: Σπιλίτες, διάβασες, ραδιολαρίτες, ψαμμίτες και ασβεστόλιθοι του Μέσου -Ανώτερου Τριαδικού, Καλλιθέας. 4: Μάρμαρα Κερκετέα, 5: Φυλλίτες Κερκετέα, 6: Βασικά ηφαιστειακά πετρώματα μεταμορφωμένα, Αγίου Ιωάννη, 7: Μάρμαρα Αμπέλου, 8: Σχιστόλιθοι Αμπέλου, 9: Κατώτεροι σχιστόλιθοι Βουρλιωτών, 10: Κατώτερα μάρμαρα Βουρλιωτών, 11: Ενδιάμεσοι σχιστόλιθοι Βουρλιωτών, 12: Ανώτερα μάρμαρα Βουρλιωτών (Ανώτερο Κρητιδικό;), 13: Ανώτεροι σχιστόλιθοι Βουρλιωτών, 14: Επώθηση.

Στο Σχήμα 2.7 παρουσιάζεται ο ψηφιακός γεωλογικός χάρτης της Σάμου ο οποίος κατασκευάστηκε με τη βοήθεια του προγράμματος MapInfo 8.0. Η ψηφιοποίηση έγινε από τον γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε (φύλλα Ν. Καρλοβάσιου και Σάμου) (1979).



Σχήμα 2.7 : Ψηφιακός γεωλογικός χάρτης της Σάμου με τους γεωλογικούς σχηματισμούς από την ψηφιοποίηση του αναλογικού χάρτη του ΙΓΜΕ (Φύλλα Ν.Καρλοβάσιου και Σάμου). Ακολουθεί το υπόμνημα.

Υπόμνημα

ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ

-  Κατολισθαίνουσα περιοχή (*t*)
-  Παράκτιες αποθέσεις (*cd, dn*)
-  Αλλουβιακές αποθέσεις (*al2*)
-  Αλλουβιακές αποθέσεις μικρών εσωτερικών λεκανών (*al1*)
-  Σύγχρονα πλευρικά κορήματα (*sc2, cs2*)
-  Αποσαθρωμένα των γύρω πετρωμάτων (*e*)
-  Παλαιά πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων (*sc1, cs1*)

ΝΕΟΓΕΝΕΣ

Λεκάνη Μυτιλινιών

-  Ανώτερη σειρά σχηματισμών λεκάνης Μυτιλινιών: ασβεστόλιθοι λιμναίας φάσης (*Pl.km2*)
-  Κλαστική σειρά σχηματισμών λεκάνης Μυτιλινιών: ποταμολιμναίες αποθέσεις (*M4.c2*)
-  Κατώτερη σειρά σχηματισμών λεκάνης Μυτιλινιών: ασβεστόλιθοι λιμναίας φάσης (*M.(k,m)2*)

Λεκάνη Καρλοβασίου

-  Ανώτερη σειρά σχηματισμών λεκάνης Καρλοβασίου: μαργαϊκούς και τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθοι, λιμναίας φάσης (*Pl.km1*)
-  Κλαστική σειρά σχηματισμών λεκάνης Καρλοβασίου: ποταμολιμναίες αποθέσεις (*M4.c1*)
-  Κατώτερη σειρά σχηματισμών λεκάνης Καρλοβασίου
 -  α) Μάργες σκληρές (*M.m1*)
 -  β) Τραβερτινοειδής, παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι (*M.(k,m)1*)
 -  Πυροκλαστικά υλικά
 -  Πυριτωμένα ιζήματα (μαργών και μαργαϊκών ασβεστολίθων) (*(m,mk)1*)

Λεκάνη Παλαιόκαστρου

-  Μεσοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθοι (*M.k-tv*)
-  Μάργες μικρής συνεκτικότητας (*M1-mm*)
-  Κροκαλοπαγή της βάσεως των νεογενών ιζημάτων (*Ng.c*)
-  Ηφαιστειακά πετρώματα (*vol*)
-  Ηφαιστειακοί τόφφοι (*tf*)

ΕΠΩΘΗΜΕΝΗ ΣΕΙΡΑ

-  Ανωτριάτικοι - Ιουρατικοί ασβεστόλιθοι (*Js.k*)
-  Βασικά ριξηγενείς πετρώματα (*sp,d*)
-  Περιδοτική μάζα (*p*)
-  Κλαστικά πετρώματα (*st*)

ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

-  Μάρμαρα Ζωδόχου Πηγής (*mr4*) με ενστρώσεις μοσχοβιτικών σχιστολίθων (*sch.mu*)
-  Σχιστόλιθοι Κοτσικιά - Ψιλής Άμμου (*sch3*)
-  Μάρμαρα Βουρλιωτών - "Σύρραχου" (*mr3*) με ενστρώσεις μαρμαρυγιακών σχιστολίθων (*sch.mi*)
-  Μάρμαρα Αμπέλου (*mr2*)
-  Σχιστόλιθοι Αμπέλου (*sch2*)
-  Σχιστόλιθοι Αμπέλου με πολλά μικρά σώματα ηφαιστιτών (*vol-sch2*)
-  Σιπολίνες-σιπολινομάρμαρα-αγκερίτες παρυφών Κερκετέα (*sp*)
-  Σχιστόλιθοι Μαραθόκαμπου - Κοσμοδαίων (*sch1*)
-  Μάρμαρα Κερκετέα (*mr*)
-  Οφιολιθικά πετρώματα (*s*)

Κεφάλαιο 3

3 Λήψη δεδομένων

3.1 *Μέτρηση των μορφομετρικών παραμέτρων στα υδρογραφικά συστήματα της νήσου Σάμου*

Οι μορφομετρικοί παράγοντες των υδρογραφικών συστημάτων διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Μορφομετρικοί παράγοντες των υδρογραφικών δικτύων
- Μορφομετρικοί παράγοντες των λεκανών απορροής.

Αυτές διακρίνονται σε μετρούμενες και υπολογιζόμενες. Στην παρούσα εργασία οι μετρούμενες προέκυψαν από τους τοπογραφικούς χάρτες της ΓΥΣ που προαναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 2. Οι υπολογιζόμενες προέρχονται από υπολογισμούς των προηγούμενων παραμέτρων.

3.2 *Μορφομετρικοί παράμετροι των δικτύων απορροής (υδρογραφικών δικτύων)*

Μετρούμενες παράμετροι:

1. **Τάξη κοίτης του ρεύματος (u):** η υιοθέτηση μιας ιεραρχίας (ταξινομήσεως) των κοιτών των ρευμάτων είναι αναγκαία, γιατί διάφοροι μορφομετρικοί και υδρολογικοί χαρακτήρες συνδέονται με κάθε μία από απ' αυτές. Το περισσότερο διαδομένο σύστημα που χρησιμοποιείται είναι η αρίθμηση κατά Strahler (1952) και είναι μία τροποποίηση από ένα προϋπάρχον σύστημα ταξινόμησης του Horton (1945). Στο σύστημα ταξινόμησης, λοιπόν, κατά Strahler (1952) τα ρεύματα που δε δέχονται ύδατα μικρότερων κλάδων ονομάζονται 1^{ης} τάξης. Η σύνδεση δύο κλάδων 1^{ης} τάξης δημιουργεί ένα ρεύμα 2^{ας} τάξης, η σύνδεση δύο κλάδων 2^{ας} τάξης δημιουργεί ένα ρεύμα 3^{ης} τάξης κ.ο.κ.

2. **Αριθμός τμημάτων των κοιτών (Nu) τάξης u:** είναι το σύνολο τμημάτων κοιτών των ρευμάτων τάξης u.
3. **Συνολικό μήκος τμημάτων κοιτών (Lu)** μέσα στις λεκάνες απορροής κάθε τάξης: είναι το άθροισμα τμημάτων κοιτών της ίδιας τάξης.
4. **Συνολικό μήκος τμημάτων των κοιτών όλων των τάξεων (ΣLu)** μέσα σε μία λεκάνη απορροής τάξης u: Είναι το άθροισμα του συνολικού μήκους των τμημάτων κοιτών κάθε τάξης ($\Sigma Lu = L_1 + L_2 + \dots + L_{u-1} + L_u$).

3.3 Μορφομετρικοί παράμετροι λεκανών απορροής

Οι μορφομετρικές παράμετροι χωρίζονται στις μετρούμενες και στις υπολογιζόμενες από τα φύλλα του τοπογραφικού χάρτη της Νήσου Σάμου (Ν.Καρλοβάσιου και Σάμος) και είναι οι εξής:

Μετρούμενες παράμετροι:

1. **Το εμβαδό της επιφάνειας της λεκάνης απορροής (A) σε km²:** Στους υπολογισμούς χρησιμοποιείται η προβολή της επιφάνειας της λεκάνης απορροής πάνω στο οριζόντιο επίπεδο.
2. **Το μέγιστο μήκος της λεκάνης απορροής (Lbmax):** Αυτό εκφράζεται με διάφορους τρόπους (Gregory and Walling, 1973). Στην περίπτωση μας είναι η προβολή του μήκους του κυρίου κλάδου της κοίτης, προεκτεινόμενο μέχρι τον υδροκρίτη.
3. **Μέγιστο τοπικό ανάγλυφο της λεκάνης απορροής (H):** είναι η διαφορά μεταξύ του υψηλότερου (υδροκρίτης) και χαμηλότερου σημείου (στόμιο) της λεκάνης κατά μήκος της μεγαλύτερης διάστασής της και η οποία είναι παράλληλη προς το κύριο υδρογραφικό ρεύμα.
4. **Περίμετρος λεκάνης απορροής (P):** είναι το μήκος του υδροκρίτη, που περιβάλλει τη λεκάνη απορροής.

Υπολογιζόμενες παράμετροι:

- 1. Υδρογραφική Πυκνότητα (drainage density) (D) σε km^{-1} :** είναι ο λόγος του συνολικού μήκους των κλάδων των κοιτών όλων των τάξεων σε μια λεκάνη απορροής δια του εμβαδού της λεκάνης απορροής (Horton, 1945).

$$D = \frac{\sum Lu}{A} \quad (3.1)$$

Η υδρογραφική πυκνότητα εξαρτάται άμεσα από το κλίμα της περιοχής, τις φυσικές ιδιότητες του πετρώματος και του υπερκείμενου εδαφικού καλύμματος, τη βλάστηση και το ανάγλυφο της περιοχής.

Η υδρογραφική πυκνότητα αυξάνεται όσο πιο νέα είναι η τεκτονική δραστηριότητα σε μια περιοχή (Han et al, 2003, Reddy et al, 2004, από Παράσχο, 2005). Σε περιοχές οι οποίες αποτελούνται από σκληρά πετρώματα και καλύπτονται από πυκνή βλάστηση, η υδρογραφική πυκνότητα έχει μικρές τιμές. Σε περιοχές που αποτελούνται από μαλακά πετρώματα και καλύπτονται από πυκνή βλάστηση, η υδρογραφική πυκνότητα έχει μέσες τιμές. Τέλος υψηλή υδρογραφική πυκνότητα παρατηρείται σε περιοχές αποτελούμενες από ιζηματογενείς σχηματισμούς, στις οποίες απουσιάζει η φυτική κάλυψη και έχουν υψηλό ανάγλυφο (Κούλας, 2004). Στην περιοχή μελέτης η υδρογραφική πυκνότητα δεν παίρνει πολύ μεγάλες τιμές, γεγονός που οφείλεται στην ύπαρξη πολύ έντονης βλάστησης. Όμως, η διαπίστωση αυξημένων τιμών πυκνότητας σε συγκεκριμένες ζώνες, σε συνδυασμό με άλλες παραμέτρους, όπως η κυκλικότητα και η συχνότητα που αναλύονται παρακάτω, δίνει μια ενδεικτική εικόνα της κατάστασης που επικρατεί στην περιοχή μελέτης.

- 2. Υδρογραφική Συχνότητα (channel frequency) (F) σε $\text{N} \cdot \text{km}^{-2}$:** Ακολουθώντας, αναλύθηκε η παράμετρος της υδρογραφικής συχνότητας της λεκάνης απορροής, η οποία δίνεται από τον τύπο (Horton, 1945):

$$F = \frac{Nu}{A} \quad (3.2)$$

Όπου Nu: ο αριθμός ρεμάτων του δικτύου της λεκάνης

A: το εμβαδόν της λεκάνης απορροής

Η διαμόρφωση του μεγέθους της υδρογραφικής συχνότητας εξαρτάται από τους ίδιους παράγοντες που εξαρτάται και η υδρογραφική πυκνότητα, δηλαδή από το είδος των γεωλογικών δομών, από το κλίμα και από τη βλάστηση (Σωτηριάδης και Ψιλοβίκος, 1984). Συνεπώς, η αυξημένη συχνότητα οφείλεται σε έντονες γεωλογικές δομές.

- 3. Λόγος αναγλύφου (relief ratio) (Rh):** είναι ο λόγος του τοπικού αναγλύφου της λεκάνης (H) διά του μεγαλύτερου μετρούμενου μήκους της λεκάνης (Lbmax) από τον χάρτη, παράλληλα προς την κύρια υδρογραφική κοίτη (Schumm, 1956).

$$R_h = \frac{H}{Lh} \quad (3.3)$$

Το Lh λαμβάνεται από τον τοπογραφικό χάρτη και όπως προαναφέρθηκε είναι η προβολή του Lbmax στο οριζόντιο επίπεδο. Ο λόγος αναγλύφου είναι ένας, χωρίς διαστάσεις, λόγος μεταξύ του υψομέτρου και του μήκους. Αυτός είναι ίσος με την εφαπτομένη της γωνίας, η οποία σχηματίζεται μεταξύ δύο επιπέδων τεμνόμενων στο στόμιο της λεκάνης, το ένα είναι το οριζόντιο επίπεδο και το άλλο διέρχεται από το ψηλότερο σημείο της λεκάνης (Αστάρας, 1980). Έτσι, ο Rh μετράει το συνολικό βαθμό κλίσης της λεκάνης και είναι δείκτης της εντάσεως των διεργασιών διάβρωσης, που έγιναν και γίνονται στις κλιτύες της λεκάνης απορροής (Strahler, 1964).

- 4. Κυκλικότητα (C_u):** Η κυκλικότητα μιας λεκάνης απορροής τάξης u (C_u) είναι η παράμετρος, που χαρακτηρίζει τη μορφή και το σχήμα που έχει αποκτήσει μια λεκάνη λόγω της δράσης του νερού και δίνεται από τον τύπο (Schumm, 1956):

$$C_u = \frac{4 \cdot \pi \cdot E}{P^2} \quad (3.4)$$

Όπου E: το εμβαδόν της λεκάνης απορροής

P: η περίμετρος της λεκάνης απορροής

Συνεπώς, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μια ποσοτική παράμετρος, ώστε να διακριθούν μεταξύ τους λεκάνες που έχουν υποστεί ανύψωση ή όχι. Οι τιμές που μπορεί να λάβει η παράμετρος της κυκλικότητας είναι από 0 έως 1. Τιμές κοντά στο 1 δείχνουν κυκλικές λεκάνες, που είναι αποτέλεσμα μακρόχρονης δράσης του ρέοντος νερού και ασθενούς τεκτονικής δραστηριότητας. Τιμές που τείνουν στο 0 δείχνουν επιμήκεις λεκάνες, με προσανατολισμένη

διεύθυνση ροής αποτέλεσμα πρόσφατης τεκτονικής δράσης (Reddy et al, 2004, από Παράσχο, 2005).

- 5. Βαθμός τραχύτητας (ruggedness number) (Rn) μιας λεκάνης απορροής:** είναι το γινόμενο της υδρογραφικής πυκνότητας (D) και του μέγιστου αναγλύφου (Hmax) της λεκάνης απορροής, εκφρασμένων και των δύο με τις ίδιες διαστάσεις (Strahler, 1958).

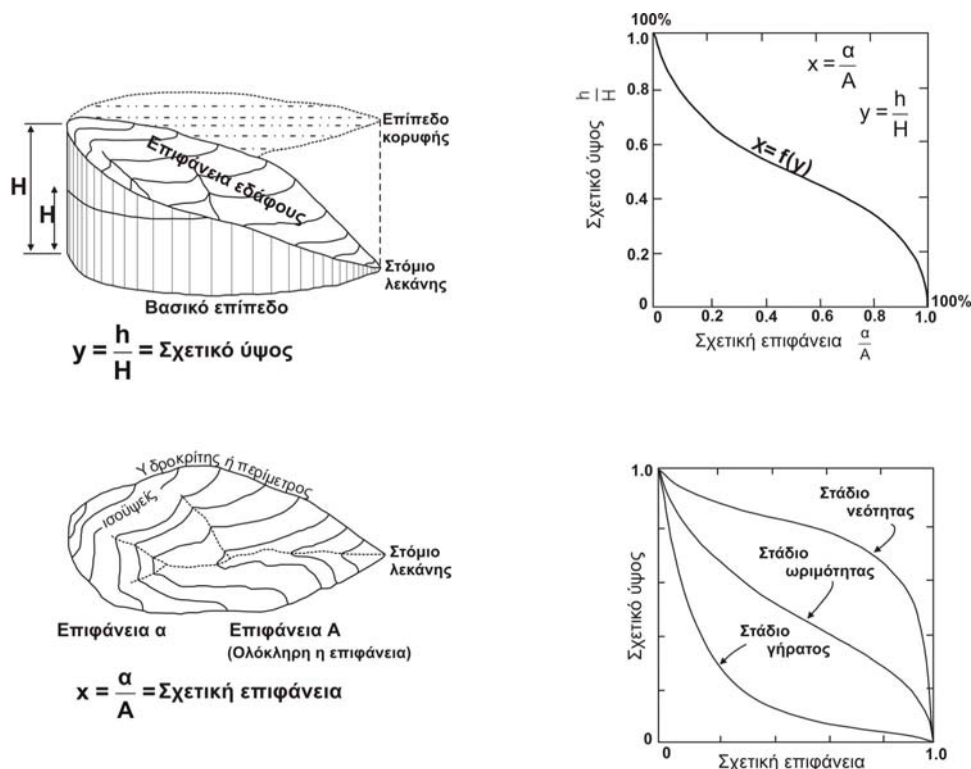
$$R_n = H_{max} \cdot D \quad (3.5)$$

Υψηλές τιμές του Rn εμφανίζονται σε περιοχές, όπου και οι δύο μορφομετρικές παράμετροι Hmax και D είναι μεγάλες, δηλαδή, όταν οι κλιτύες δεν είναι μόνο απότομες, αλλά έχουν και μεγάλο μήκος (Strahler, 1958 από Αστάρα, 1980).

- 6. Υψομετρικό Ολοκλήρωμα (Hi):** Η υψομετρική καμπύλη δείχνει με απλό τρόπο την κατανομή της μάζας του ανάγλυφου μέσα σε μια λεκάνη, η οποία ορίζεται από την περίμετρό της και από δύο επίπεδα, ένα βασικό επίπεδο διερχόμενο από το στόμιο της λεκάνης και ένα επίπεδο κορυφής διερχόμενο από το ψηλότερο σημείο του υδροκρίτη της λεκάνης. Με τον τρόπο αυτό, η υψομετρική καμπύλη περιγράφει τη λεκάνη απορροής σε μια κατά μήκος τομή.

Προκειμένου να χαρακτηριστεί το σχήμα μιας υψομετρικής καμπύλης μιας δεδομένης λεκάνης απορροής πραγματοποιείται ο υπολογισμός του υψομετρικού ολοκληρώματος (hypsothetic integral). Το υψομετρικό ολοκλήρωμα προσδιορίζεται ως το εμβαδόν της επιφάνειας κάτω από την υψομετρική καμπύλη (Strahler, 1952).

Ο Strahler (1952) χρησιμοποίησε δύο παραμέτρους x και y για να εκφράσει τη σχέση μεταξύ της επιφάνειας και του υψομέτρου της λεκάνης απορροής χωρίς διαστάσεις. Οι παράμετροι που χρησιμοποίησε φαίνονται στο σχήμα 3.1 (Αστάρας, 1980) που ακολουθεί.



Σχήμα 3.1: Σχηματική αναπαράσταση της εξαγωγής των αδιάστατων παραμέτρων χ και ψ για τον υπολογισμό των υψομετρικών καμπύλων και του ολοκληρώματος. (Αστάρας, 1980)

Το σχετικό ύψος y , είναι ο λόγος του ύψους h , για κάθε ισοϋψή καμπύλη, προς το τοπικό ανάγλυφο της λεκάνης H . Η σχετική επιφάνεια x , είναι ο λόγος της οριζόντιας προβολής της επιφάνειας a , προς ολόκληρη την οριζόντια προβολή της επιφάνειας (A), της λεκάνης. Οι λόγοι y και x ποικίλουν από 0,0 μέχρι 1 (δηλαδή από 0% μέχρι 100%).

Στη συνέχεια κατασκευάζεται η γραφική παράσταση των λόγων a/A και h/H .

Ένας άλλος ταχύτερος τρόπος υπολογισμού του υψομετρικού ολοκληρώματος (H_i) γίνεται βάση του τύπου :

$$H_i = \frac{\text{μέσο υψόμετρο} - \text{ελάχιστο υψόμετρο}}{\text{μέγιστο υψόμετρο} - \text{ελάχιστο υψόμετρο}} \quad (\text{Keller and Pinter, 2002}) \quad (3.6)$$

Οι τιμές του μέγιστου και του ελάχιστου υψομέτρου υπολογίζονται απευθείας από τον τοπογραφικό χάρτη, ενώ η τιμή του μέσου υψομέτρου μπορεί να υπολογιστεί είτε από το μέσο όρο των υψομέτρων 50 τυχαίων σημείων στη λεκάνη, είτε ως η μέση τιμή όλων των υψομέτρων της λεκάνης,

χρησιμοποιώντας το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (DEM). Στην υπό μελέτη λεκάνη προσδιορίστηκε η τιμή του μέσου υψομέτρου της λεκάνης και η μέγιστη και ελάχιστη τιμή με τη βοήθεια του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου (Keller and Pinter, 2002, από Παράσχο, 2005).

7. **Λόγος επιμηκύνσεως της λεκάνης (elongation ratio) (Er):** είναι η έκφραση του σχήματος της λεκάνης απορροής και ορίζεται ως ο λόγος της διαμέτρου του κύκλου (d), ο οποίος έχει εμβαδόν ίσο με το εμβαδό της λεκάνης απορροής, διά της μέγιστης διάστασης της λεκάνης (Lbmax) (Schumm, 1956, από Αστάρια, 1980):

$$E_r = \frac{d}{Lb_{\max}} \quad (3.7)$$

Η μέγιστη διάσταση της λεκάνης (Lbmax) υπολογίσθηκε με τη βοήθεια του λόγου αναγλύφου (Rh), που εκφράζει την εφαπτομένη της γωνίας κλίσης της λεκάνης, διότι από το χάρτη μετρίεται η προβολή της Lbmax (δηλαδή το Lh).

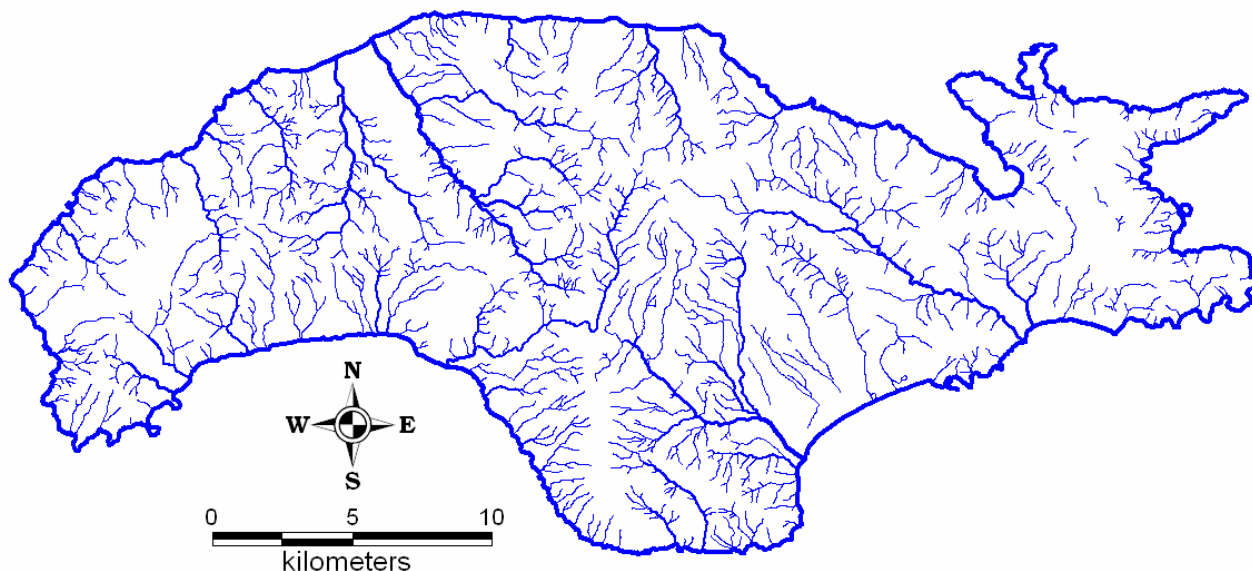
3.4 Αποτελέσματα μορφομετρικών παραμέτρων

3.4.1 Μορφομετρικοί παράμετροι υδρογραφικού δικτύου (υδρογραφικά στοιχεία της Σάμου)

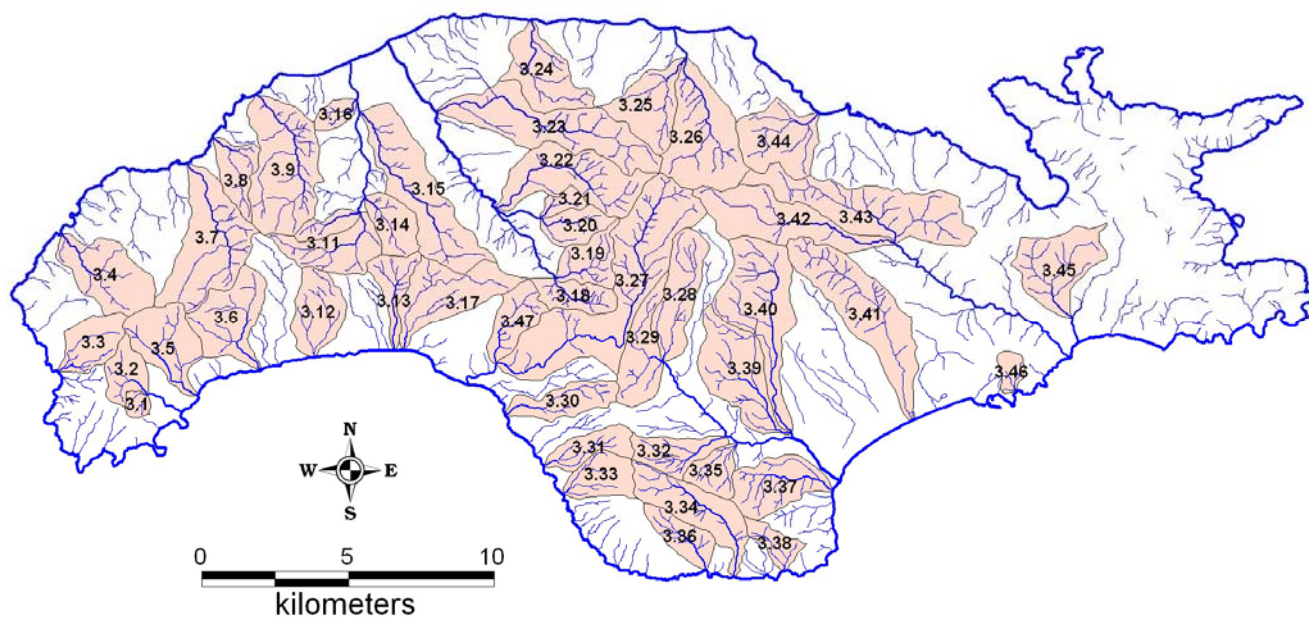
Για να γίνει η ποσοτική ανάλυση ενός υδρογραφικού δικτύου θα πρέπει κατ' αρχήν να καθορισθεί μία σχέση μεταξύ των κλάδων αυτού, βασιζόμενη στην διαφορά του μεγέθους και της θέσης ενός εκάστοτε κλάδου, ως προς τους υπόλοιπους κλάδους.

Η αρίθμηση του υδρογραφικού δικτύου στη παρούσα διατριβή έγινε σύμφωνα με την αρίθμηση κατά Strahler (1952), η οποία ανφέρθηκε στο υποκεφάλαιο 3.2.

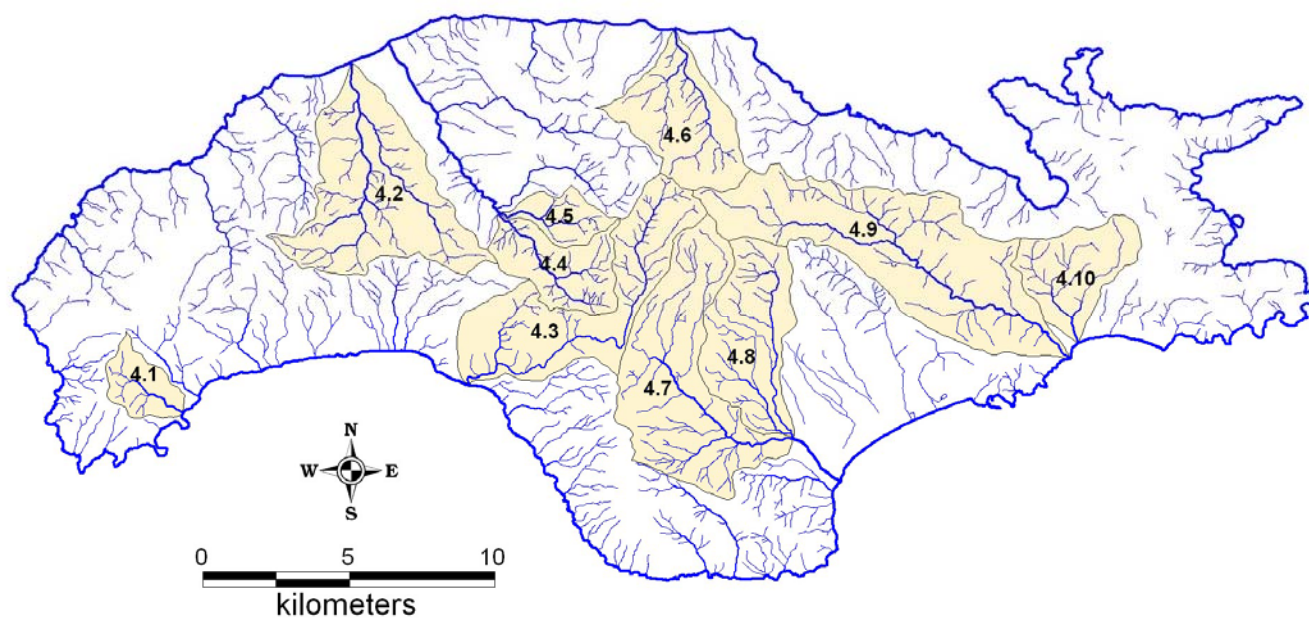
Αρχικά, με την βοήθεια του λογισμικού MapInfo v.8 πραγματοποιήθηκε η ψηφιοποίηση ολόκληρου του υδρογραφικού δικτύου της νήσου Σάμου. Στη συνέχεια έγινε η αρίθμηση κατά Strahler (1952) και η οριοθέτηση των υδρολογικών λεκανών 3^{ης}, 4^{ης} και 5^{ης} τάξης (Σχήμα 3.2 ,3.3, 3.4, 3.5). Συγκεκριμένα η ψηφιοποίηση έγινε στους τοπογραφικούς χάρτες της ΓΥΣ 1:50.000 στα φύλλα Ν.Καρλοβάσιου και Σάμος.



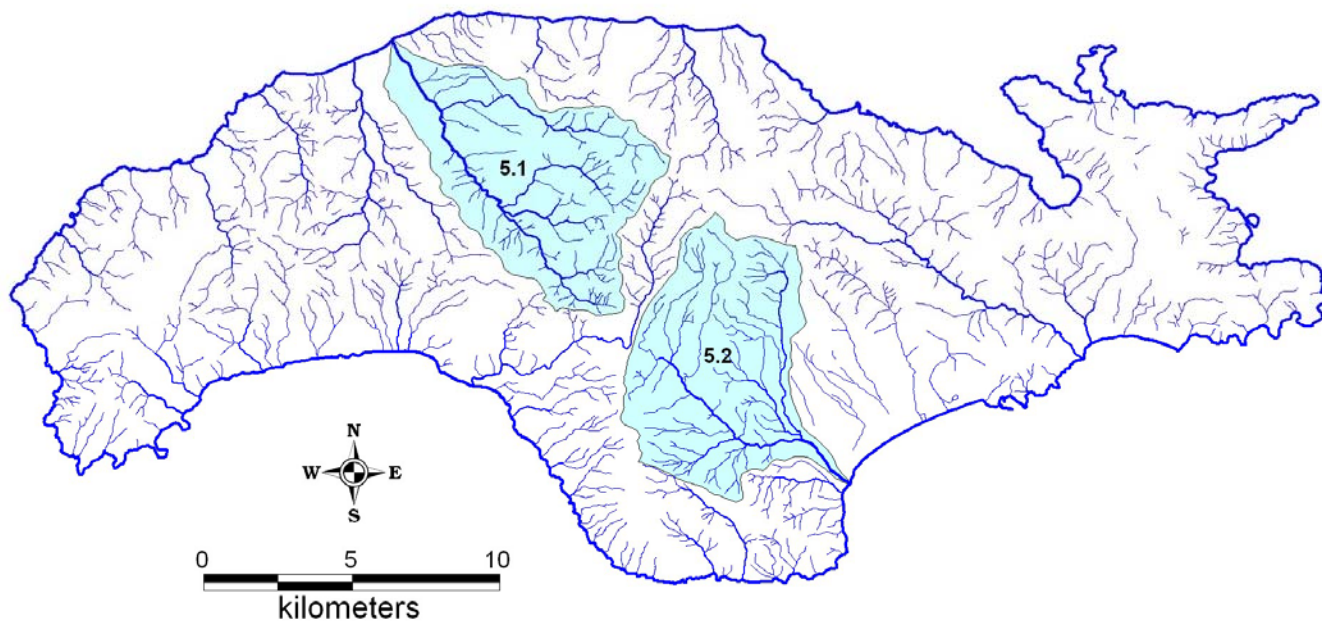
Σχήμα 3.2: Υδρογραφικό δίκτυο της Νήσου Σάμου.



Σχήμα 3.3 Λεκάνες απορροής 3^{ης} τάξης



Σχήμα 3.4 Λεκάνες απορροής 4^{ης} τάξης



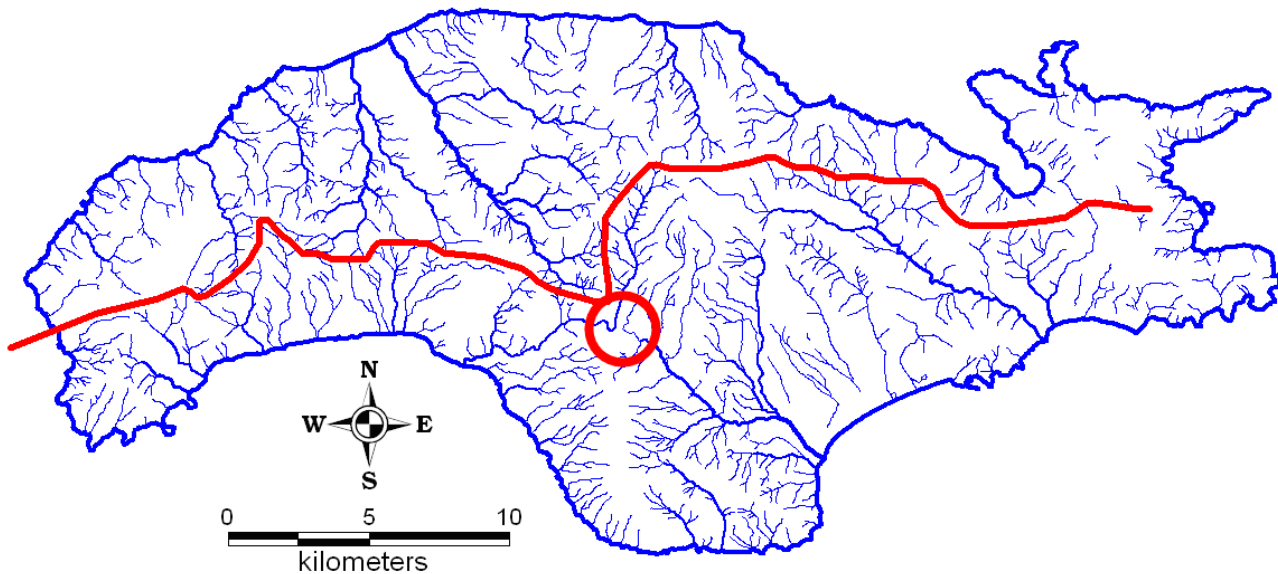
Σχήμα 3.5. Λεκάνες απορροής 5^{ης} τάξης

Στον πίνακα 3.1 φαίνονται για όλη τη νήσο Σάμοο αριθμός (Nu) των κλάδων και τα μήκη κλάδων κάθε τάξης (Lu):

Πίνακας 3.1: Οι κλάδοι και τα μήκη αυτών της Νήσου Σάμου

Τάξης κλάδων (u)	Αριθμός κλάδων (Nu)	Μήκος κλάδων (Lu) (km)
1	869	486,6
2	234	203,4
3	47	105,1
4	9	29,02
5	2	10,03
		ΣLu=834,15

Στο χάρτη του υδρολογικού δικτύου που ακολουθεί (Σχήμα 3.6) φαίνεται με έντονη γραμμή η κύρια υδροκριτική γραμμή της Σάμου, που χωρίζει το νησί στη βόρεια και νότια πλευρά του.



Σχήμα 3.6: Το υδρογραφικό δίκτυο με την κύρια υδροκριτική γραμμή (κόκκινη γραμμή)

Φαίνεται χαρακτηριστικά ότι στις δύο νεογενείς λεκάνες η κύρια υδροκριτική γραμμή χωρίζει το νησί ασύμμετρα. Στις νεογενείς αποθέσεις στην ανατολική Σάμο, οι λεκάνες απορροής στη βόρεια πλευρά είναι σημαντικά μικρότερης έκτασης σε σύγκριση με τις λεκάνες στο νότιο τμήμα. Στις νεογενείς αποθέσεις στο δυτικό μέρος της Σάμου έχουμε το αντίθετο φαινόμενο. Στο νότιο τμήμα έχουμε μικρές λεκάνες και στο βόρειο μεγαλύτερες με αναπτυγμένο δίκτυο.

Στη συνέχεια προβάλαμε στον γεωλογικό χάρτη της Σάμου το υδρογραφικό δίκτυο και παρατηρήσαμε ότι δεν επηρεάζεται τόσο ως προς τη διάταξή του αφού υπάρχουν υδρολογικές λεκάνες που το δίκτυό τους εξαπλώνεται σε διαφορετικούς σχηματισμούς χωρίς να αλλάζει μορφή, επηρεάζεται όμως ως προς την υδρογραφική πυκνότητα και συχνότητα από τους γεωλογικούς σχηματισμούς

Το μοναδικό σημείο που επηρεάζεται από τους σχηματισμούς είναι το ανατολικό μέρος της Σάμου, όπου έχουμε χαρακτηριστική μορφή υδρογραφικού δικτύου σε καρστική περιοχή με μικρούς κλάδους ρεμάτων και με μικρά μήκη κλάδων που χάνονται σε υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες και σπήλαια.

Επίσης στο σημείο που τονίζεται με τον κύκλο πάνω στο χάρτη (Σχήμα 3.6) φαίνεται χαρακτηριστικά ότι έχουμε ένα φαινόμενο πειρατείας ενός μεγάλου κλάδου

του υδρογραφικού δικτύου του χειμάρρου Αμφίλυσσου που στρέφεται προς τα δυτικά. Αυτό το φαινόμενο αποτελεί ένα ξεχωριστό αντικείμενο εργασίας που θα μπορούσε να μελετηθεί αναλυτικά τα επόμενα χρόνια.

3.4.2 Μορφομετρικοί παράμετροι λεκανών απορροής

Τα αποτελέσματα των παραπάνω μετρούμενων και υπολογιζόμενων μορφομετρικών παραμέτρων φαίνονται στους παρακάτω πίνακες 3.3, 3.4 και 3.5 για όλες τις λεκάνες 3^{ης}, 4^{ης} και 5^{ης} τάξης της νήσου Σάμου.

Πίνακας 3.3: Αποτελέσματα των μορφομετρικών παραμέτρων για τις λεκάνες 3^{ης} τάξης

ID	Τάξη λεκάνης απορροής	Εμβαδό λεκάνης (A) (km ²)	Αριθμός κλάδων λεκάνης (N)	Μήκος όλων των κλάδων της λεκάνης (km)	Περίμετρο λεκάνης (km)	Lh (km)	Υδρογραφική πυκνότητα (D))(km ⁻¹)	Υδρογραφική συχνότητα (F)(N·km ⁻²)	Λόγος Αναγλύφου (Rh)	Κυκλικότητα (Cu)	Λόγος επιμηκύνσεως (Er)	Hi (%)	Τραχύτητα (Rn)
3.1	3	0,663	7	2,042	3,071	3,242	0,439	0,292	0,057	0,883	0,251	53,78	0,869
3.2	3	2,298	10	4,357	7,129	1,046	0,713	0,436	0,804	0,568	1,449	29,20	1,779
3.3	3	3,213	11	6,231	7,609	2,704	0,692	0,566	0,481	0,697	0,663	36,76	2,524
3.4	3	5,805	13	9,646	10,400	3,821	0,800	0,742	0,373	0,674	0,631	46,14	2,366
3.5	3	5,036	14	9,950	9,954	3,589	0,711	0,711	0,395	0,638	0,625	51,05	2,803
3.6	3	5,476	13	10,910	11,280	4,142	0,868	0,839	0,289	0,541	0,565	42,02	2,387
3.7	3	8,864	22	16,640	14,710	5,780	0,669	0,756	0,246	0,515	0,515	55,61	2,667
3.8	3	2,596	11	6,326	7,976	3,432	0,725	0,575	0,240	0,513	0,469	54,40	2,005
3.9	3	9,351	40	22,320	13,330	5,839	0,333	0,558	0,151	0,661	0,524	37,36	2,107
3.10	3	1,331	8	3,394	5,501	2,414	0,688	0,424	0,201	0,552	0,478	51,70	1,537
3.11	3	4,248	14	9,825	10,590	4,412	0,756	0,702	0,169	0,476	0,467	39,38	1,991
3.12	3	4,042	10	8,805	8,141	3,212	0,814	0,881	0,219	0,766	0,626	31,80	1,530
3.13	3	2,478	13	7,556	9,016	3,274	0,694	0,581	0,135	0,383	0,481	50,55	1,348
3.14	3	2,799	12	5,418	6,737	2,563	0,561	0,452	0,135	0,775	0,653	44,89	0,858
3.15	3	9,147	21	15,330	16,950	6,772	0,807	0,730	0,093	0,400	0,447	35,01	1,110
3.16	3	1,073	9	2,965	4,121	1,758	0,458	0,329	0,116	0,794	0,589	40,70	0,616
3.17	3	6,233	10	11,620	13,070	6,010	1,307	1,162	0,113	0,458	0,415	46,57	1,271
3.18	3	2,549	21	7,667	7,601	2,495	0,362	0,365	0,089	0,554	0,640	37,20	2,045
3.19	3	2,882	11	7,230	8,404	3,287	0,764	0,657	0,169	0,513	0,516	38,18	2,545
3.20	3	2,328	12	5,616	6,746	2,871	0,562	0,468	0,214	0,643	0,531	56,67	2,461
3.21	3	0,930	7	2,287	4,743	1,661	0,678	0,327	0,316	0,519	0,581	63,34	2,269
3.22	3	7,441	27	15,910	15,040	7,107	0,557	0,589	0,119	0,413	0,384	61,60	2,358
3.23	3	9,888	24	19,520	18,960	8,510	0,790	0,813	0,123	0,345	0,370	58,35	2,178
3.24	3	5,010	14	10,060	10,780	4,496	0,770	0,719	0,228	0,541	0,498	53,30	2,054

ID	Τάξη λεκάνης απορροής	Εμβαδό λεκάνης (A) (km ²)	Αριθμός κλάδων λεκάνης (N)	Μήκος όλων των κλάδων της λεκάνης (km)	Περίμετρο λεκάνης (km)	Lh (km)	Υδρογραφική πυκνότητα (D))(km ⁻¹)	Υδρογραφική συχνότητα (F)(N·km ⁻²)	Λόγος Αναγλύφου (Rh)	Κυκλικότητα (Cu)	Λόγος επιμηκύνσεως (Er)	Hi (%)	Τραχύτητα (Rn)
3.25	3	4,604	11	8,669	10,410	3,651	0,946	0,788	0,257	0,534	0,588	54,64	1,926
3.26	3	8,332	17	13,760	12,700	4,712	0,747	0,809	0,213	0,649	0,613	46,14	1,789
3.27	3	15,660	45	32,516	24,630	11,030	0,547	0,723	0,098	0,324	0,359	48,91	2,373
3.28	3	4,916	11	11,930	10,820	5,164	0,984	1,085	0,148	0,527	0,429	35,87	2,629
3.29	3	4,214	10	7,903	11,180	4,094	1,118	0,790	0,109	0,423	0,501	27,84	1,429
3.30	3	3,212	10	7,167	9,379	4,118	0,938	0,717	0,160	0,459	0,435	47,77	1,470
3.31	3	2,540	8	5,913	8,091	3,221	1,011	0,739	0,231	0,487	0,495	48,76	1,729
3.32	3	2,952	13	8,475	8,749	3,423	0,673	0,652	0,194	0,484	0,502	48,65	2,130
3.33	3	2,989	8	5,947	7,442	2,646	0,930	0,743	0,288	0,678	0,653	51,64	1,517
3.34	3	5,590	19	11,660	13,080	5,595	0,688	0,614	0,136	0,410	0,423	54,63	1,592
3.35	3	2,132	10	5,989	6,324	2,040	0,632	0,599	0,189	0,670	0,716	61,98	1,245
3.36	3	2,545	13	6,832	7,225	3,188	0,556	0,526	0,239	0,612	0,500	50,03	2,047
3.37	3	4,777	21	13,440	9,514	3,596	0,453	0,640	0,120	0,663	0,608	37,46	1,213
3.38	3	1,615	10	4,998	6,303	2,403	0,630	0,500	0,168	0,511	0,529	50,18	1,247
3.39	3	6,723	19	16,212	12,640	5,410	0,665	0,853	0,101	0,529	0,479	36,04	1,395
3.40	3	8,997	17	20,456	17,050	6,894	1,003	1,203	0,144	0,389	0,435	37,13	2,321
3.41	3	9,683	30	20,790	17,020	7,840	0,567	0,693	0,064	0,420	0,397	35,39	1,078
3.42	3	7,460	9	11,150	16,490	7,310	1,832	1,239	0,143	0,345	0,374	44,03	1,708
3.43	3	10,160	25	19,000	19,700	5,924	0,788	0,760	0,156	0,329	0,538	19,42	1,911
3.44	3	5,382	12	10,670	10,010	2,928	0,834	0,889	0,277	0,675	0,792	43,74	1,606
3.45	3	5,844	14	12,270	11,230	3,660	0,802	0,876	0,101	0,582	0,661	47,24	0,804
3.46	3	0,998	8	2,624	4,048	1,422	0,506	0,328	0,177	0,765	0,703	45,76	0,661
3.47	3	3,072	16	7,630	8,021	3,245	0,501	0,477	0,192	0,600	0,540	51,42	1,693

Πίνακας 3.4: Αποτελέσματα των μορφομετρικών παραμέτρων για τις λεκάνες 4^{ης} τάξης

ID	Τάξη λεκάνης απορροής	Εμβαδό λεκάνης (A) (km ²)	Αριθμός κλάδων λεκάνης (N)	Μήκος όλων των κλάδων της λεκάνης (km)	Περίμετρο λεκάνης (km)	Lh (km)	Υδρογραφική πυκνότητα (D))(km ⁻¹)	Υδρογραφική συχνότητα (F)(N·km ⁻²)	Λόγος Αναγλύφου (Rh)	Κυκλικότητα (Cu)	Λόγος επιμηκύνσεως (Er)	Hi (%)	Τραχύτητα (Rn)
4.1	4	4,532	18	7,838	9,301	3,130	0,517	0,435	0,300	0,658	0,680	25,99	1,623
4.2	4	26,020	84	52,120	26,530	7,354	0,316	0,620	0,117	0,464	0,694	28,13	1,724
4.3	4	21,950	64	43,300	29,470	11,820	0,460	0,677	0,097	0,317	0,396	44,04	2,254
4.4	4	9,346	51	24,570	15,680	5,120	0,307	0,482	0,146	0,477	0,597	38,98	2,667
4.5	4	4,209	20	9,456	10,050	4,204	0,503	0,473	0,180	0,523	0,488	55,79	2,292
4.6	4	13,830	34	24,870	17,020	5,823	0,501	0,731	0,186	0,600	0,639	49,36	1,948
4.7	4	26,760	71	60,950	28,130	10,980	0,396	0,858	0,101	0,425	0,471	36,63	2,600
4.8	4	15,760	36	36,860	18,530	7,010	0,515	1,024	0,141	0,576	0,566	29,83	2,387
4.9	4	35,460	57	57,180	34,340	14,430	0,602	1,003	0,079	0,378	0,413	23,00	1,843
4.10	4	10,450	18	18,890	14,180	5,033	0,788	1,049	0,076	0,653	0,642	40,98	0,691

Πίνακας 3.5: Αποτελέσματα των μορφομετρικών παραμέτρων για τις λεκάνες 5^{ης} τάξης

ID	Τάξη λεκάνης απορροής	Εμβαδό λεκάνης (A) (km ²)	Αριθμός κλάδων λεκάνης (N)	Μήκος όλων των κλάδων της λεκάνης σε km	Περίμετρο λεκάνης (km)	Lh (km)	Υδρογραφική πυκνότητα (D))(km ⁻¹)	Υδρογραφική συχνότητα (F)(N·km ⁻²)	Λόγος Αναγλύφου (Rh)	Κυκλικότητα (Cu)	Λόγος επιμηκύνσεως (Er)	Hi (%)	Τραχύτητα (Rn)
5.1	5	46,050	147	94,840	31,820	12,340	2,060	3,192	0,089	0,571	0,550	47,16	2,272
5.2	5	43,540	108	100,100	31,370	13,280	2,298	2,480	0,086	0,556	0,497	33,85	2,625

Αναλυτικότερα:

3.4.2.1 Υδρογραφική πυκνότητα:

Οι τιμές του D σε λεκάνες απορροής που αναπτύσσονται σε διαφορετικές γεωλογικές ενότητες και κλιματικές περιοχές ποικίλουν και κυμαίνονται μεταξύ ευρέων ορίων. Έτσι έχουμε χαμηλή υδρογραφική πυκνότητα για τιμές 3-4 km⁻¹, μέση υδρογραφική πυκνότητα για τιμές 8-16 km⁻¹ και υψηλή υδρογραφική πυκνότητα για τιμές 30-50 km⁻¹ (Strahler, 1952,1957,1964, από Σωτηριάδη & Ψιλοβίκο,1984).

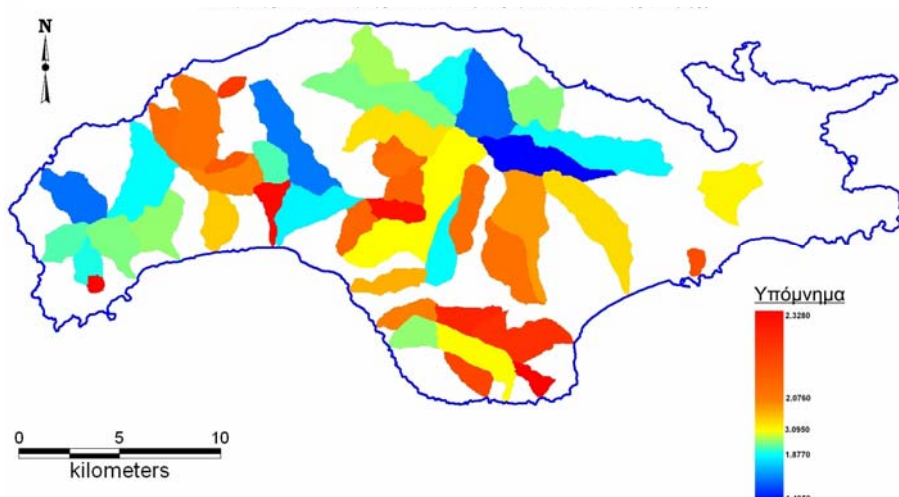
Όσον αφορά τη Σάμο η πυκνότητα στις λεκάνες 3^{ης} τάξης έχει ένα εύρος τιμών από 1,5 μέχρι 3,1 km⁻¹ και χαρακτηρίζονται από χαμηλή υδρογραφική πυκνότητα.

Για τις λεκάνες 4^{ης} τάξης έχει εύρος τιμών από 1,6 μέχρι 2,63 km⁻¹ και επίσης χαρακτηρίζονται χαμηλής υδρογραφικής πυκνότητας .

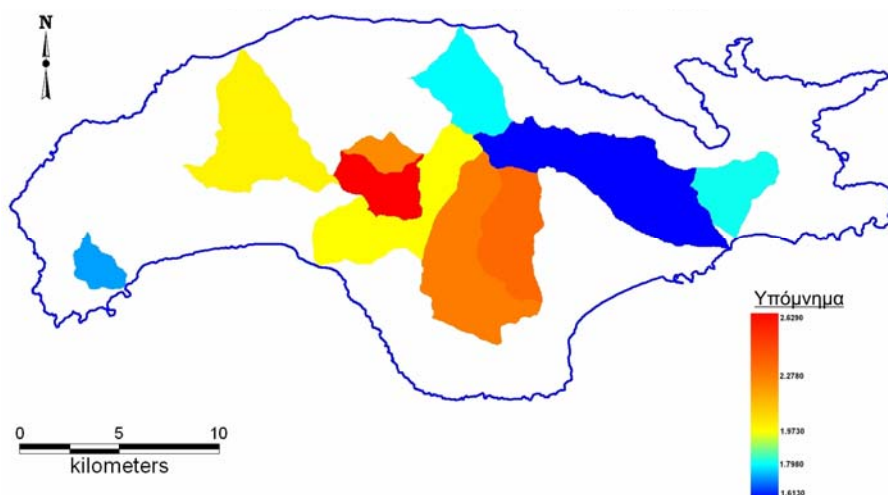
Για τις δύο λεκάνες 5^{ης} τάξης οι τιμές είναι 2,06 και 2,23 km⁻¹ και χαρακτηρίζονται πάλι χαμηλής υδρογραφικής πυκνότητας.

Στους χάρτες παρακάτω (Σχήμα 3.7) φαίνεται η διαφοροποίηση των τιμών της υδρογραφικής πυκνότητας.

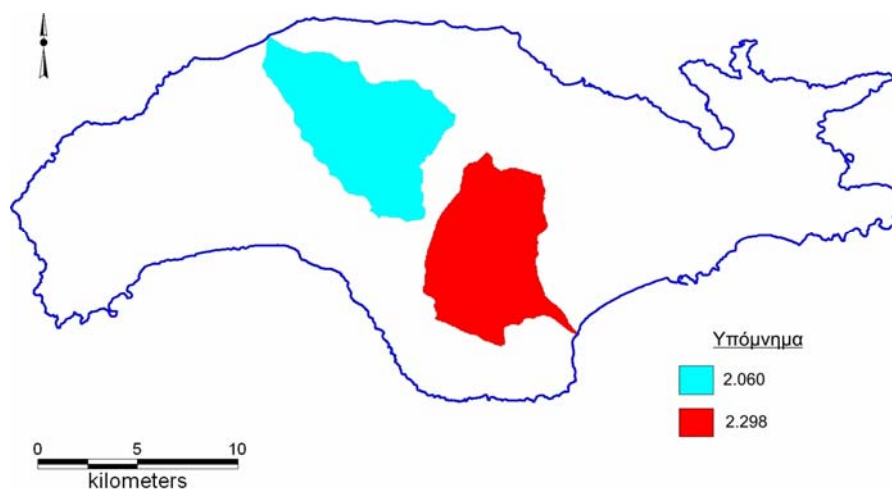
Χάρτης Κατανομής Υδρογραφικής Πυκνότητας λεκανών 3^{ης} τάξης



Χάρτης Κατανομής Υδρογραφικής Πυκνότητας λεκανών 4^{ης} τάξης



Χάρτης Κατανομής Υδρογραφικής Πυκνότητας λεκανών 5^{ης} τάξης



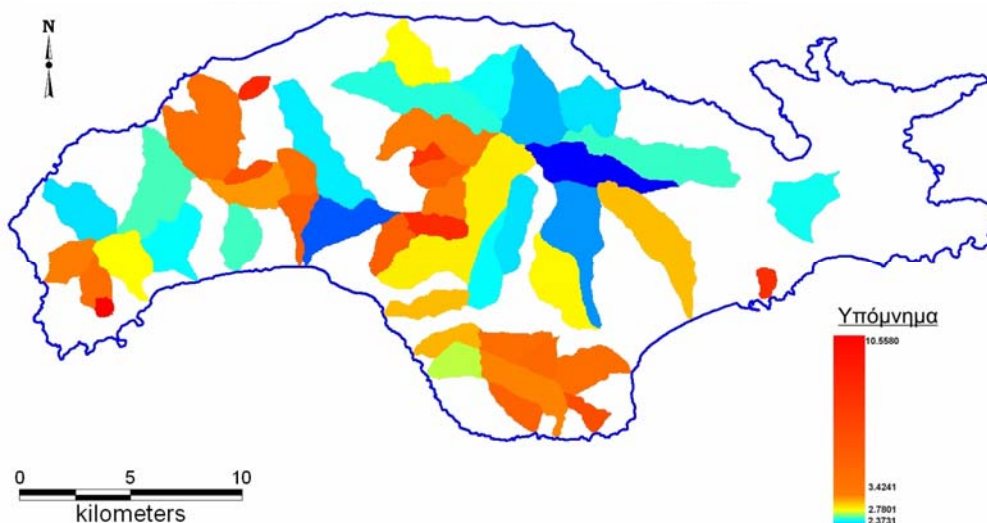
Σχήμα 3.7: Χάρτες κατανομής υδρογραφικής πυκνότητας λεκανών 3^{ης} , 4^{ης} και 5^{ης} τάξης. Τα νούμερα στα υπομνήματα είναι σε km^{-1} .

3.4.2.2 Υδρογραφική συχνότητα:

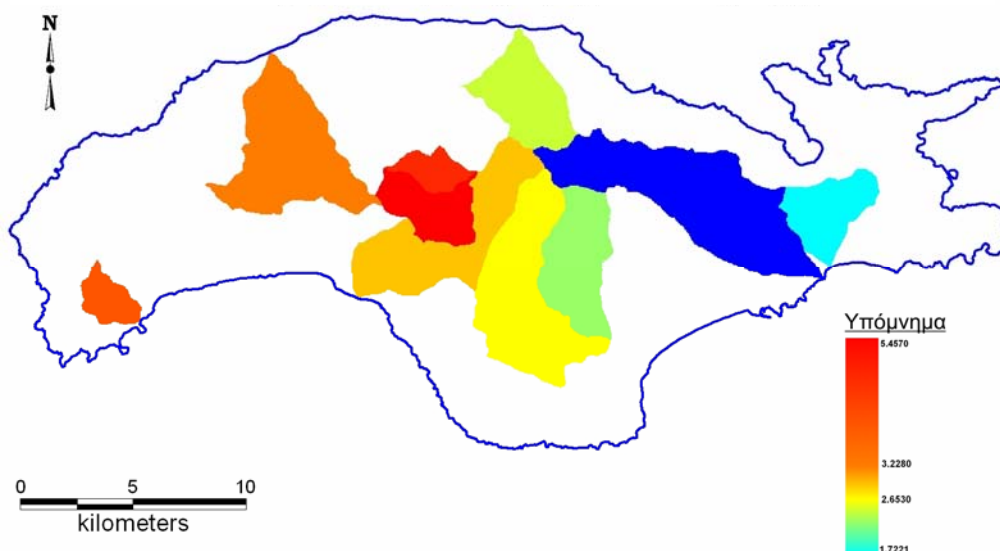
Για τις λεκάνες 3^{ης} τάξης οι τιμές της υδρογραφικής συχνότητας κυμαίνονται από 0,2 έως 1,239 N·km⁻². Για τις λεκάνες 4^{ης} τάξης κυμαίνονται από 0,435 έως 1,05 N·km⁻². Και τέλος για οι τιμές των λεκανών 5^{ης} τάξης είναι 2,48 και 3,2 N·km⁻². Οι τιμές λοιπόν της υδρογραφικής συχνότητας έχουν ένα πολύ μικρό εύρος και δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερες διαφοροποιήσεις ανά περιοχές.

Στους χάρτες του σχήματος 3.8 φαίνεται η κατανομή υδρογραφικής συχνότητας για τις λεκάνες 3^{ης}, 4^{ης} και 5^{ης} τάξης.

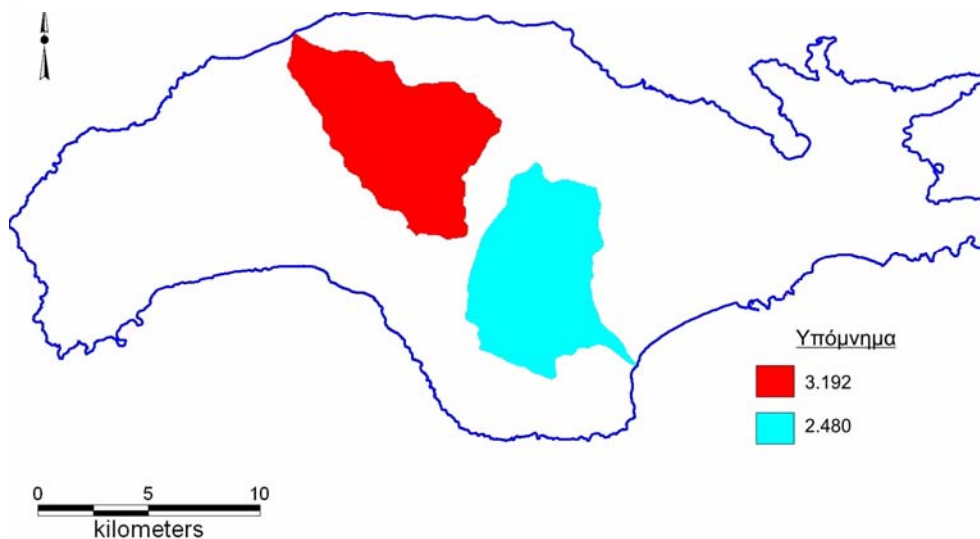
Χάρτης Κατανομής Υδρογραφικής Συχνότητας (λεκανών 3^{ης} τάξης)



Χάρτης Κατανομής Υδρογραφικής Συχνότητας (λεκανών 4^{ης} τάξης)



Χάρτης Κατανομής Υδρογραφικής Συχνότητας (λεκανών 5^{ης} τάξης)



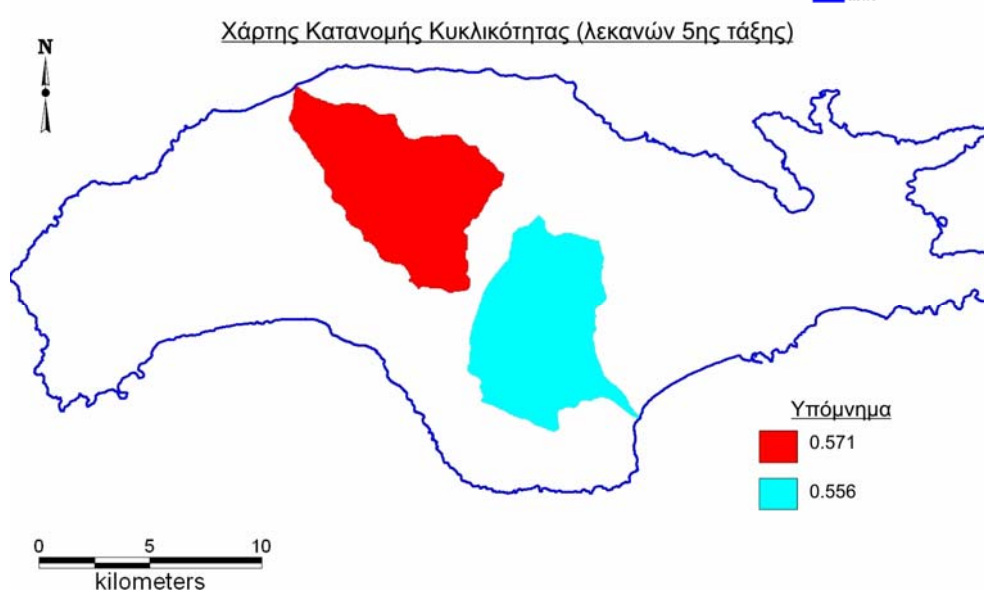
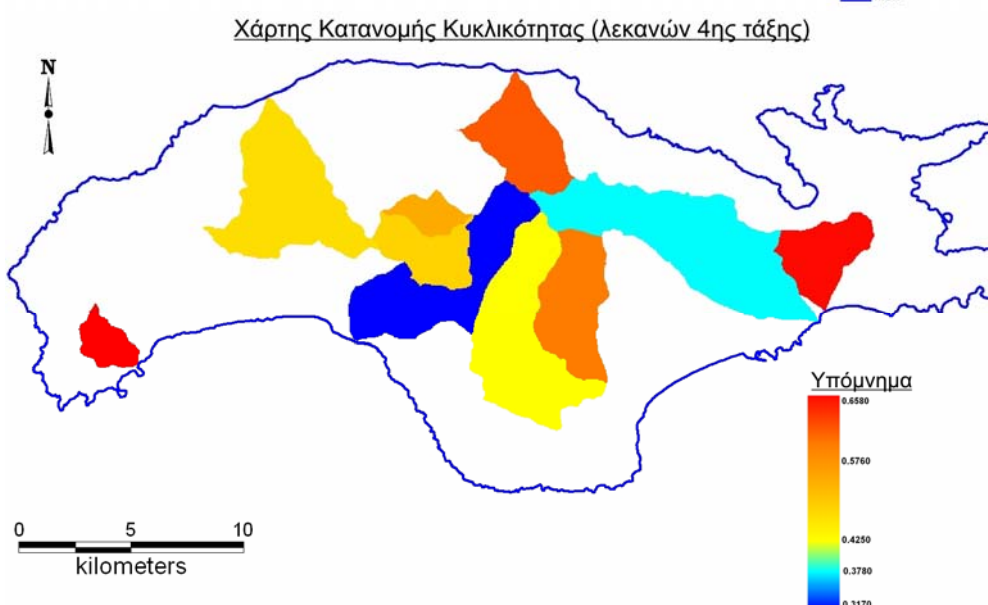
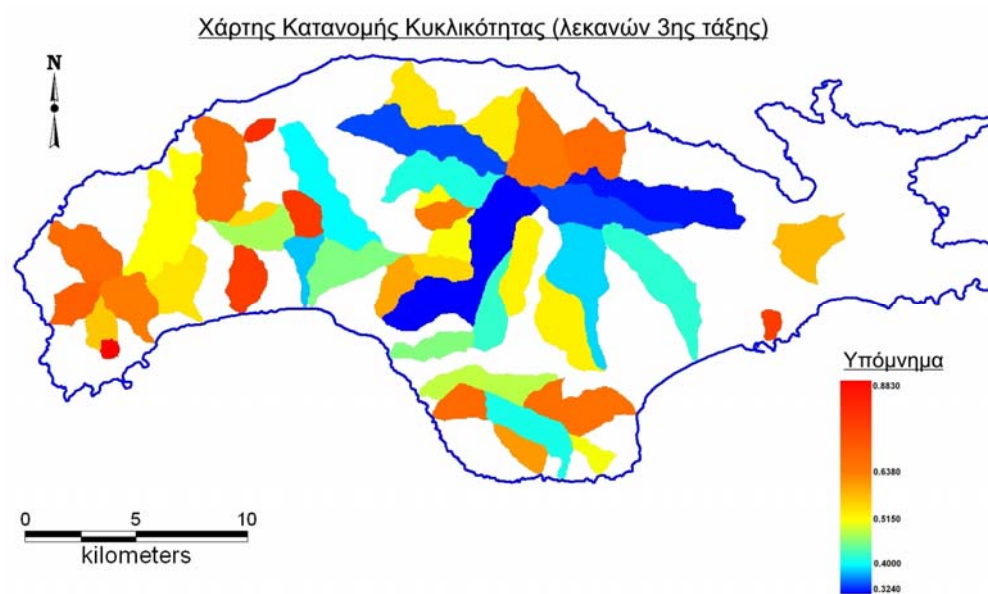
Σχήμα 3.8: Χάρτες κατανομής υδρογραφικής συχνότητας λεκανών 3^{ης}, 4^{ης} και 5^{ης} τάξης.

3.4.2.3 Λόγος αναγλύφου

Όπως προαναφέρθηκε, ο λόγος αναγλύφου εκφράζει το βαθμό κλίσης της λεκάνης και έτσι είναι ο δείκτης της εντάσεως των διεργασιών, που έλαβαν χώρα στις κλιτύες της λεκάνης (Strahler, 1964), γι' αυτό θεωρείται μία από τις θεμελιώδεις μορφομετρικές παραμέτρους. Έτσι, στις λεκάνες 5^{ης} τάξης παρατηρείται ο λόγος αναγλύφου να έχει μικρές τιμές, ενώ για τις 4^{ης} τάξης λεκάνες οι τιμές είναι μεγαλύτερες (η μεγαλύτερη τιμή που παρουσιάζεται είναι $R_h=0,3$). Τέλος στις λεκάνες απορροής 3^{ης} τάξης οι τιμές του λόγου αναγλύφου είναι ακόμα μεγαλύτερες, από 0,324 μέχρι 0,883. Αυτές οι τιμές φανερώνουν ότι οι διεργασίες διάβρωσης, που συμβαίνουν στις λεκάνες 3^{ης} τάξης, είναι πιο έντονες από τις λεκάνες μεγαλύτερης τάξης.

3.4.2.4 Κυκλικότητα

Στο σχήμα 3.9 φαίνονται οι χάρτες κατανομής κυκλικότητας για τις λεκάνες 3^{ης} τάξης, 4^{ης} τάξης και 5^{ης} τάξης.



Σχήμα 3.9: Χάρτες κατανομής της κυκλικότητας των λεκανών 3^{ης}, 4^{ης} και 5^{ης} τάξης.

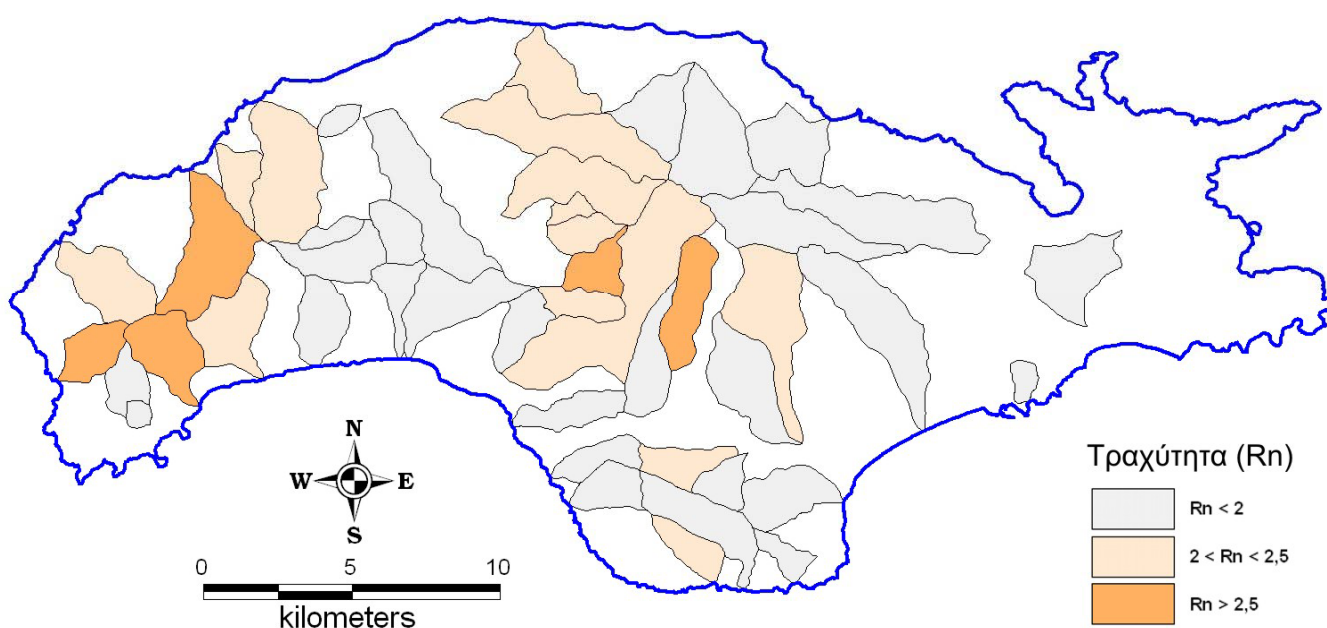
3.4.2.5 Βαθμός τραχύτητας

Όπως προαναφέρθηκε υψηλές τιμές του R_n εμφανίζονται σε περιοχές όπου και οι δύο μορφομετρικές παράμετροι $H_{\max}$ και D είναι μεγάλες, δηλαδή, όταν οι κλιτύες δεν είναι μόνο απότομες, αλλά έχουν και μεγάλο μήκος.

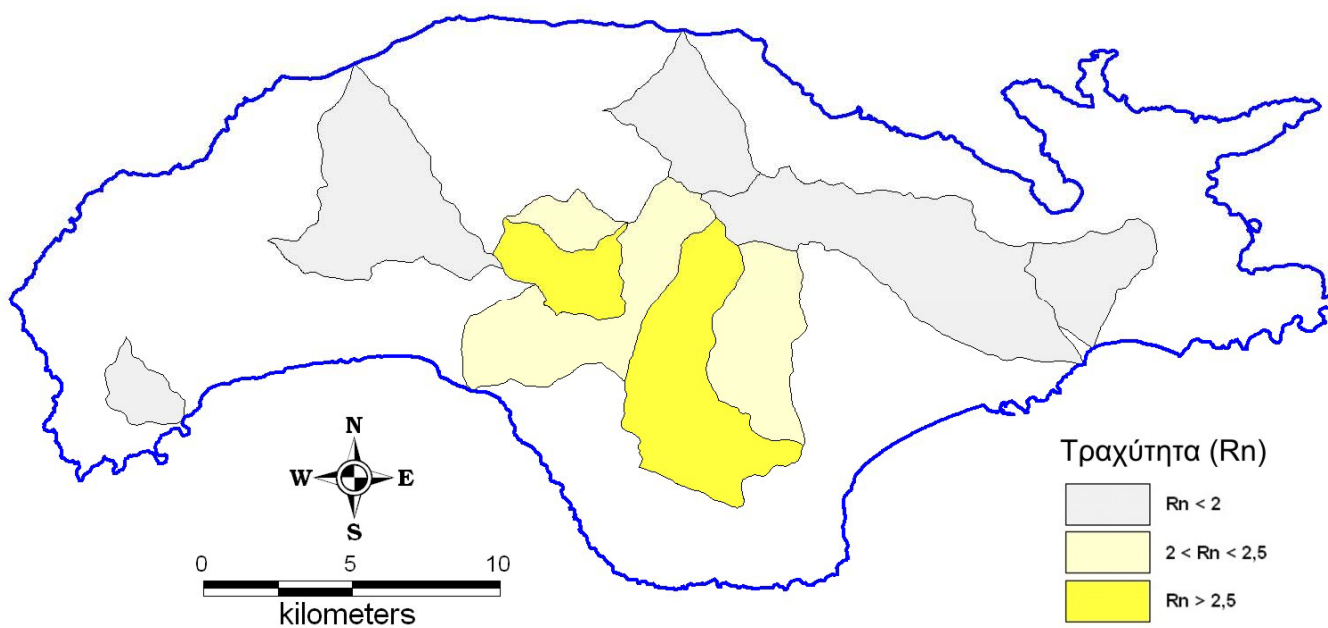
Τα αποτελέσματα από τον υπολογισμό του R_n δείχνουν ότι οι δύο λεκάνες 5^{ης} τάξης έχουν αυξημένη τραχύτητα και ειδικότερα η λεκάνη 5^{ης} τάξης, που βρίσκεται στο νότιο τμήμα της Σάμου (Σχήμα 3.12) με τιμή $R_n=2,625$, η οποία δείχνει ότι υπάρχει μεγάλη κλίση στη λεκάνη σε συνδυασμό με το μεγάλο μήκος της.

Στις λεκάνες 4^{ης} τάξης αυξημένη τραχύτητα εμφανίζουν οι λεκάνες, που βρίσκονται στο κεντρικό τμήμα του νησιού και νότια (Σχήμα 3.11).

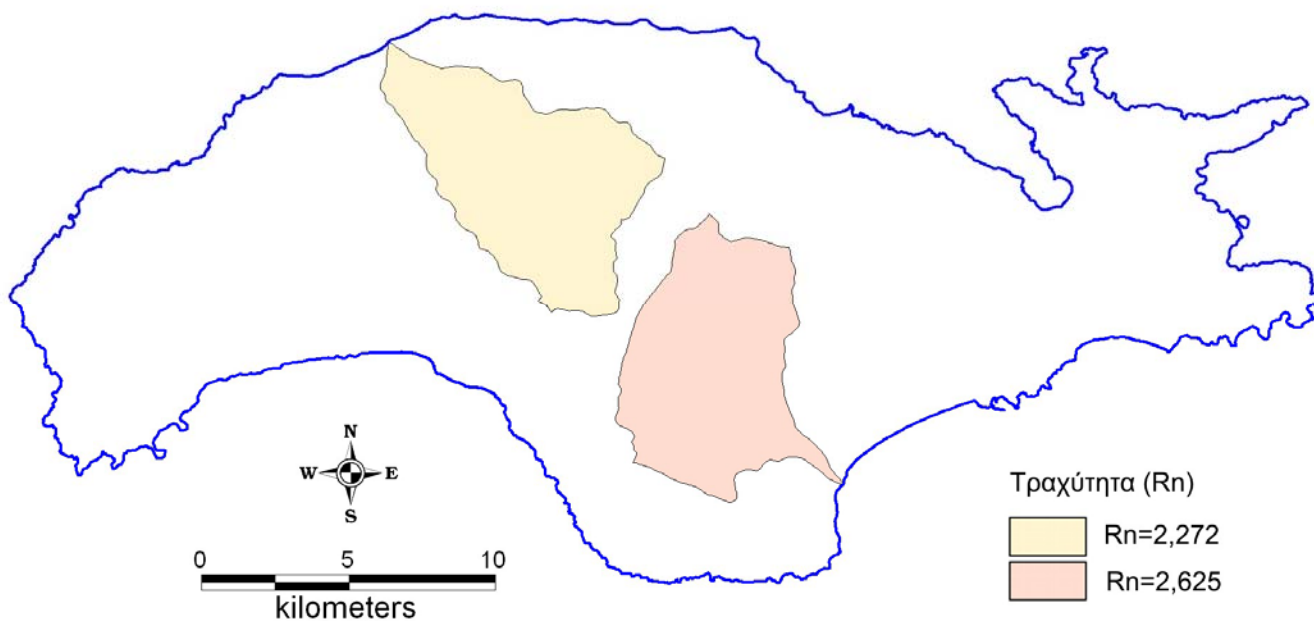
Τέλος, για τις λεκάνες 3^{ης} τάξης υψηλές τιμές τραχύτητας εμφανίζονται στο δυτικό τμήμα της Σάμου, στην ορεινή μάζα του όρους Κερκετέα και στο κεντρικό τμήμα του νησιού, κυρίως στην λεκάνη του Καρλοβασίου (Σχήμα 3.10).



Σχήμα 3.10: Χάρτης κατανομής της τραχύτητας (R_n) για τις λεκάνες 3^{ης} τάξης.



Σχήμα 3.11: Χάρτης κατανομής της τραχύτητας (R_n) για τις λεκάνες 4^{ης} τάξης.



Σχήμα 3.12: Χάρτης κατανομής της τραχύτητας (R_n) για τις λεκάνες 5^{ης} τάξης.

3.4.2.6 Υψομετρικό ολοκλήρωμα:

Στην συγκεκριμένη εργασία υπολογίστηκε το υψομετρικό ολοκλήρωμα με βάση τον τύπο :

$$H_i = \frac{\text{μέσο υψόμετρο} - \text{ελάχιστο υψόμετρο}}{\text{μέγιστο υψόμετρο} - \text{ελάχιστο υψόμετρο}} \quad (\text{Keller and Pinter, 2002}) \quad (3.6)$$

Τα αποτελέσματα δίνονται στον παρακάτω πίνακα 3.5. Με βάση τον Strahler (1952, 1957, 1964) (από Αστάρια, 1980) η μετάβαση από το στάδιο της νεότητας στο στάδιο της ωριμότητας ανταποκρίνεται κατά προσέγγιση σε τιμή υψομετρικού ολοκληρώματος 60% και από το στάδιο της ωριμότητας στο στάδιο του γήρατος σε τιμή 35%.

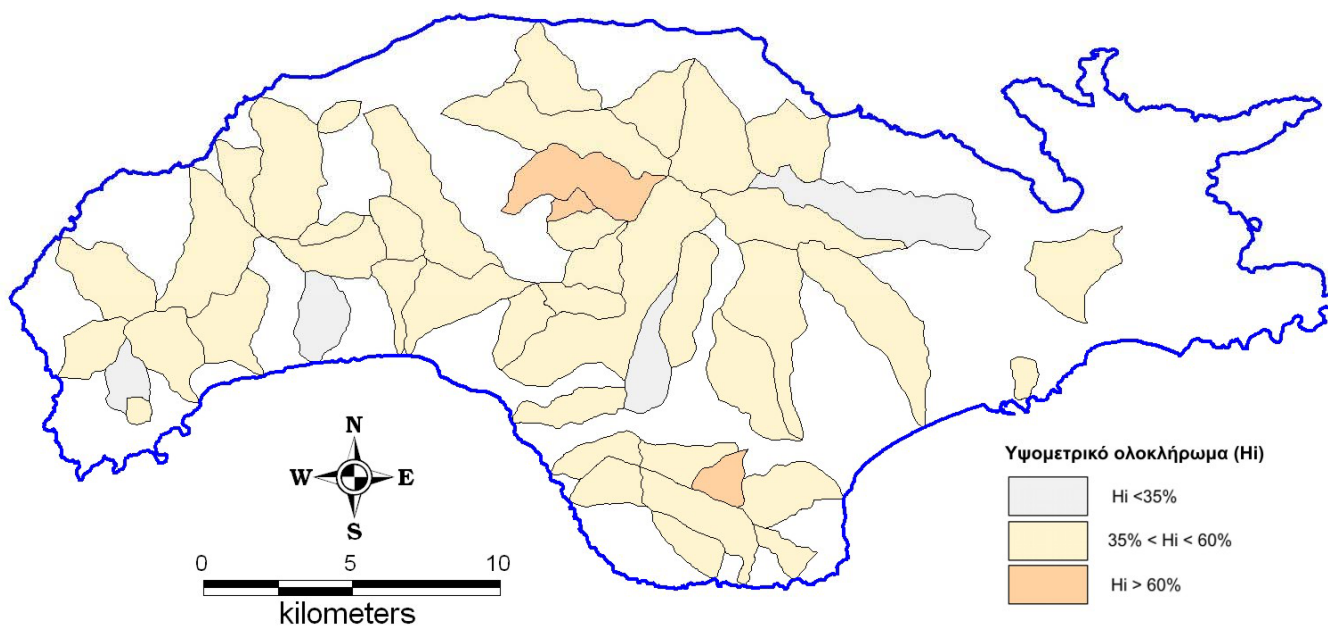
Από την μελέτη των πινάκων 3.2, 3.3 και 3.4 λοιπόν προκύπτουν για τις λεκάνες απορροής τα εξής αποτελέσματα (Πίνακας 3.5):

Πίνακας 3.5: Χαρακτηρισμός των λεκανών απορροής σύμφωνα με την τιμή του υψομετρικού ολοκληρώματος.

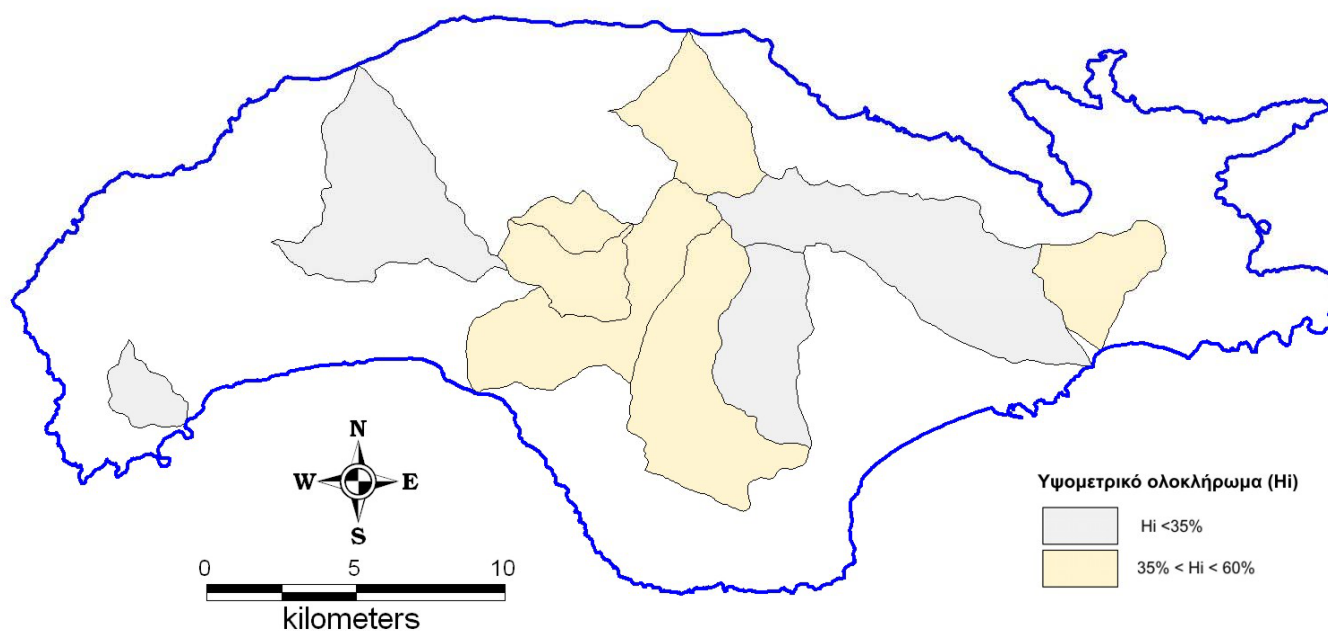
ID	Υψομετρικό Ολοκλήρωμα %	Χαρακτηρισμός λεκάνης απορροής
5.1	47,16	Στάδιο ωριμότητας
5.2	33,85	Στάδιο γήρατος
4.1	25,99	Στάδιο γήρατος
4.2	28,13	Στάδιο γήρατος
4.3	44,04	Στάδιο ωριμότητας
4.4	38,98	Στάδιο ωριμότητας
4.5	55,79	Στάδιο ωριμότητας
4.6	49,36	Στάδιο ωριμότητας
4.7	36,63	Στάδιο ωριμότητας
4.8	29,83	Στάδιο γήρατος
4.9	23,00	Στάδιο γήρατος
4.10	40,98	Στάδιο ωριμότητας
3.1	53,78	Στάδιο ωριμότητας
3.2	29,20	Στάδιο γήρατος
3.3	36,76	Στάδιο ωριμότητας
3.4	46,14	Στάδιο ωριμότητας
3.5	51,05	Στάδιο ωριμότητας
3.6	42,02	Στάδιο ωριμότητας
3.7	55,61	Στάδιο ωριμότητας
3.8	54,40	Στάδιο ωριμότητας
3.9	37,36	Στάδιο ωριμότητας
3.10	51,70	Στάδιο ωριμότητας
3.11	39,38	Στάδιο ωριμότητας
3.12	31,80	Στάδιο γήρατος
3.13	50,55	Στάδιο ωριμότητας
3.14	44,89	Στάδιο ωριμότητας
3.15	35,01	Στάδιο ωριμότητας
3.16	40,70	Στάδιο ωριμότητας
3.17	46,57	Στάδιο ωριμότητας
3.18	37,20	Στάδιο ωριμότητας

ID	Υψομετρικό Ολοκλήρωμα %	Χαρακτηρισμός λεκάνης απορροής
3.19	38,18	Στάδιο ωριμότητας
3.20	56,67	Στάδιο ωριμότητας
3.21	63,34	Στάδιο νεότητας
3.22	61,60	Στάδιο νεότητας
3.23	58,35	Στάδιο ωριμότητας
3.24	53,30	Στάδιο ωριμότητας
3.25	54,64	Στάδιο ωριμότητας
3.26	46,14	Στάδιο ωριμότητας
3.27	48,91	Στάδιο ωριμότητας
3.28	35,87	Στάδιο ωριμότητας
3.29	27,84	Στάδιο γήρατος
3.30	47,77	Στάδιο ωριμότητας
3.31	48,76	Στάδιο ωριμότητας
3.32	48,65	Στάδιο ωριμότητας
3.33	51,64	Στάδιο ωριμότητας
3.34	54,63	Στάδιο ωριμότητας
3.35	61,98	Στάδιο νεότητας
3.36	50,03	Στάδιο ωριμότητας
3.37	37,46	Στάδιο ωριμότητας
3.38	50,18	Στάδιο ωριμότητας
3.39	36,04	Στάδιο ωριμότητας
3.40	37,13	Στάδιο ωριμότητας
3.41	35,39	Στάδιο ωριμότητας
3.42	44,03	Στάδιο ωριμότητας
3.43	19,42	Στάδιο γήρατος
3.44	43,74	Στάδιο ωριμότητας
3.45	47,24	Στάδιο ωριμότητας
3.46	45,76	Στάδιο ωριμότητας
3.47	51,42	Στάδιο ωριμότητας

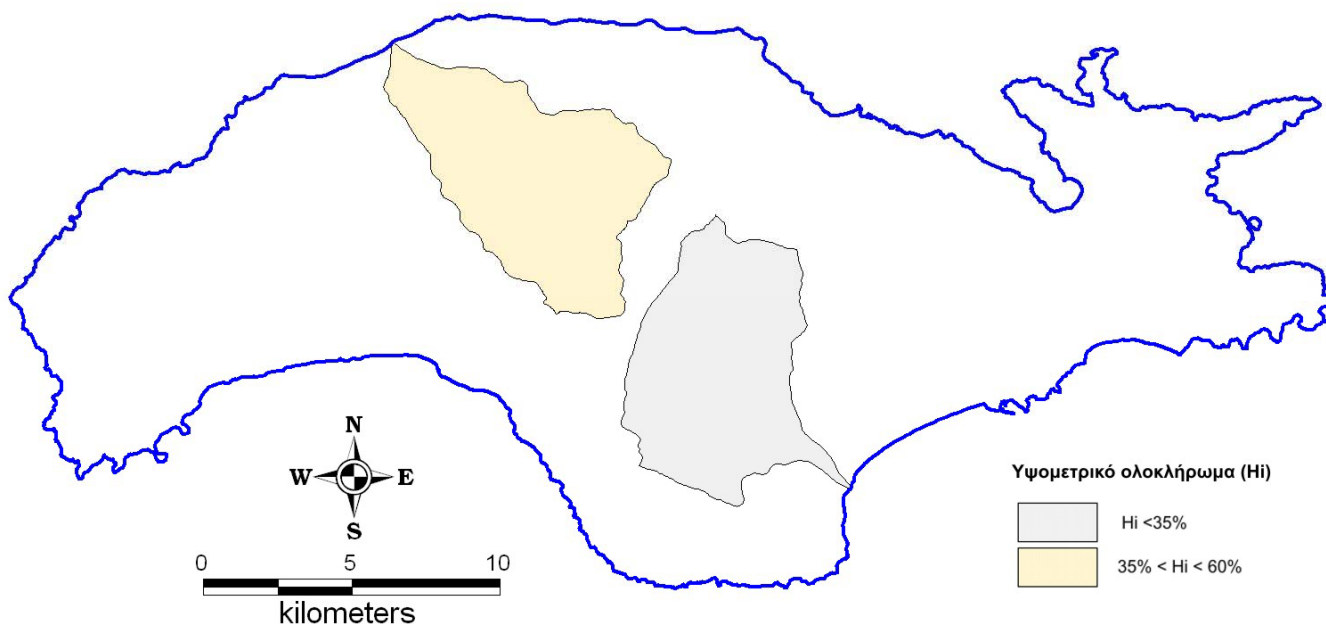
Στη συνέχεια κατασκευάστηκαν χάρτες κατανομής του υψομετρικού ολοκληρώματος (Hi) για κάθε τάξη ξεχωριστά (Σχήμα 3.12α,β,γ).



Σχήμα 3.12α: Χάρτης κατανομής του υψομετρικού ολοκληρώματος (Hi) για τις λεκάνες απορροής 3^{ης} τάξης



Σχήμα 3.12β: Χάρτης κατανομής του υψομετρικού ολοκληρώματος (Hi) για τις λεκάνες απορροής 4^{ης} τάξης



Σχήμα 3.12γ: Χάρτης κατανομής του υψομετρικού ολοκληρώματος (H_i) για τις λεκάνες απορροής 5^{ης} τάξης

Από τη μελέτη λοιπόν του πίνακα 3.5 και από τους χάρτες κατανομής του υψομετρικού ολοκληρώματος (Σχήμα 3.12) προκύπτει ότι για τις λεκάνες απορροής 5^{ης} τάξης, η μία που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του νησιού, είναι στο στάδιο ωριμότητας, ενώ στο νότιο τμήμα του νησιού η λεκάνη 5^{ης} τάξης βρίσκεται στο στάδιο γήρατος, πράγμα που σημαίνει ότι έχει υποστεί διεργασίες διάβρωσης και έχουν μεταφερθεί αρκετά φερτά υλικά.

Όσον αφορά τις λεκάνες 4^{ης} τάξης, αυτές που βρίσκονται στο κεντρικό τμήμα του νησιού και ειδικότερα στη βόρεια, δυτική και νότια πλευρά του όρους της Αμπέλου, βρίσκονται στο στάδιο ωριμότητας μαζί με τη λεκάνη 4^{ης} τάξης στο ανατολικό μέρος του νησιού, δίπλα στους ασβεστολιθικούς σχηματισμούς. Οι υπόλοιπες λεκάνες 4^{ης} τάξης (Σχήμα 3.12β) βρίσκονται στο στάδιο γήρατος, οι τρεις από τις οποίες βρίσκονται στις νεογενείς αποθέσεις της Σάμου και η μία στο δυτικό τμήμα της Σάμου.

Τέλος, για τις λεκάνες 3^{ης} τάξης παρατηρείται ότι τρεις λεκάνες βρίσκονται στο στάδιο νεότητας και τέσσερις λεκάνες στο στάδιο γήρατος. Όλες οι υπόλοιπες βρίσκονται στο στάδιο ωριμότητας.

3.5 Ταξινόμηση αναγλύφου (κατά Dikau)

Προκειμένου να χαρακτηριστεί το ανάγλυφο, που παρατηρείται στη νήσο Σάμου, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ταξινόμησης των υψομέτρων κατά Dikau (Dikau, 1989). Σύμφωνα με τη ταξινόμηση αυτή, μία περιοχή μπορεί να χαρακτηριστεί σύμφωνα με το υψόμετρο που παρουσιάζει πάνω από το επίπεδο της θάλασσας (Πίνακας 3.6).

Πίνακας 3.6: Ταξινόμηση αναγλύφου από τον Dikau (1989). Χαρακτηρισμός του αναγλύφου μιας περιοχής, βάση του υψομέτρου που παρουσιάζει πάνω από το επίπεδο της θάλασσας.

Ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας (σε m)	Χαρακτηρισμός περιοχής
<150m	Πεδινή
150- 600m	Λοφώδης
600-900m	Ημιορεινή
>900m	Ορεινή

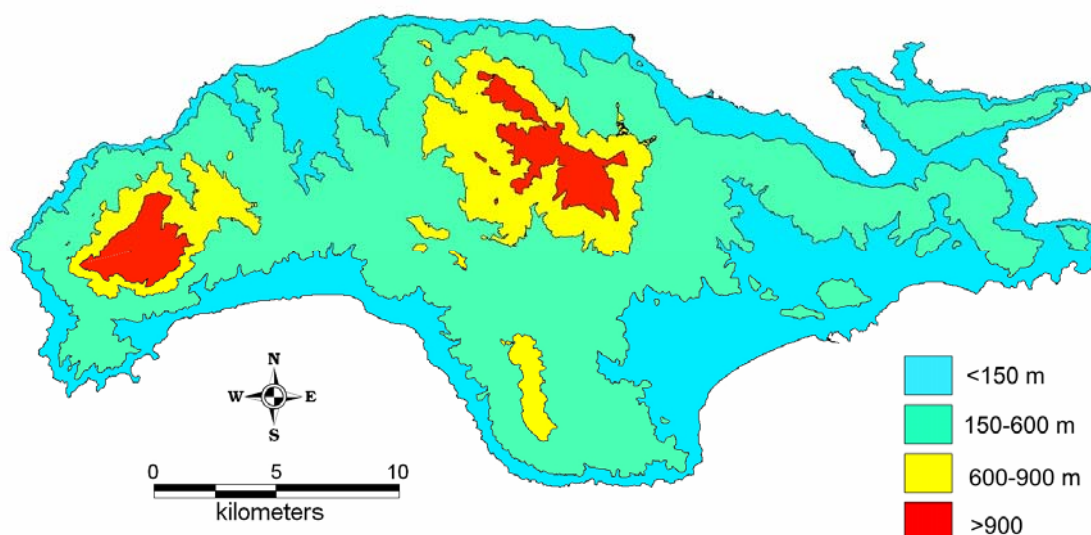
Στη συνέχεια σε συνδυασμό του Πίνακα 3.6 και του ψηφιακού αναγλύφου (DEM) κατασκευάστηκε ο χάρτης υψομέτρων για τη Σάμο. Ο χάρτης υψομέτρων παρουσιάζεται στο σχήμα 3.13. Επίσης, υπολογίστηκε η έκταση σε km², καθώς και το ποσοστό της έκτασης που καταλαμβάνει η κάθε περιοχή, ανάλογα με τον χαρακτηρισμό που της έχει αποδοθεί (Πίνακας 3.7.).

Πίνακας 3.7: Τύποι αναγλύφου και ποσοστά αυτών, όπως συναντώνται στο νησί της Σάμου.

Ύψος από την επιφάνεια της θάλασσας (σε m)	Χαρακτηρισμός περιοχής	Έκταση σε km ²	Ποσοστό έκτασης (%)
<150m	Πεδινή	159,417	33,316
150- 600m	Λοφώδης	244,289	51,053
600-900m	Ημιορεινή	54,606	11,412
>900m	Ορεινή	20,180	4,2174

Σύμφωνα με τα παραπάνω, διαπιστώνεται ότι το ανάγλυφο του νησιού, στη μεγαλύτερη έκταση του, χαρακτηρίζεται λοφώδες (51,053%) έως πεδινό (33,316%). Οι πεδινές περιοχές, οι οποίες φαίνονται με γαλάζιο χρώμα στο χάρτη των υψομέτρων (Σχήμα 3.13), παρατηρούνται κυρίως στις δύο νεογενείς λεκάνες του νησιού και πιο συγκεκριμένα στη ΒΔ λεκάνη της περιοχής των Καρλοβασιών και στη ΝΔ λεκάνη της περιοχής του Μαραθόκαμπου. Οι λοφώδεις περιοχές, που αποτελούν το μεγαλύτερο τμήμα του νησιού, φαίνονται στο χάρτη των υψομέτρων με το πράσινο χρώμα και παρατηρούνται στο ανατολικό τμήμα της Σάμου καθώς και γύρω από τους

ορεινούς όγκους του νησιού στο δυτικό και κεντρικό τμήμα της νήσου Σάμου. Οι ημιορεινές περιοχές (κίτρινο χρώμα στο χάρτη των υψομέτρων) και οι ορεινές περιοχές (κόκκινο χρώμα στο χάρτη των υψομέτρων) παρατηρούνται στο δυτικό, κεντρικό και νότιο τμήμα της Σάμου με του ορεινούς όγκους του Κερκετέα (1434 m), της Αμπέλου (1093 m) και του Μπουρνιά (750 m) αντίστοιχα.



Σχήμα 3.13: Χάρτης υψομέτρων της Σάμου.

3.6 Κλίση ανάγλυφου

Με τη βοήθεια του Vertical Mapper 3.0 κατασκευάσαμε το χάρτη κλίσεων του σχήματος 3.14 για τη Νήσο Σάμο. Η ταξινόμηση των κλίσεων του ανάγλυφου έγινε σε έξι κύριες κατηγορίες με βάση την ταξινόμηση της Επιτροπής Γεωμορφολογικής Έρευνας και Χαρτογράφησης της Διεθνούς Γεωγραφικής Ένωσης (IGU-International Geographical Union) (Demek, 1972).

Έτσι, οι κλίσεις, που χρησιμοποιήθηκαν χαρακτηρίζουν τις εξής επιφάνειες και τις εξής διεργασίες (Demek, 1972, από Κούλα 2004):

Κλίση 0-2°: Επίπεδο έως ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο (πλημμυρικά πεδία, επιφάνειες επιπέδωσης, αναβαθμίδες). Έναρξη διάβρωσης τύπου καλύμματος.

Κλίση 2-5°: Ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο (πρόποδες κοιλάδων, περιοχές τελικών μοραίνων, κλιτύς θινών). Διάβρωση καλύμματος και έναρξη αυλακωτής διάβρωσης. Μέτρα προστασίας του εδάφους στις καλλιεργούμενες περιοχές. Προτεινόμενη η καλλιέργεια κατά ισοϋψείς.

Κλίση 5-15°: Ισχυρώς κεκλιμένο ανάγλυφο (κλιτύς κοιλάδων, τεκτονικές αναβαθμίδες). Κινήσεις μαζών, ισχυρή διάβρωση τύπου καλύμματος και αυλακωτή,

έντονες διαβρωτικές διεργασίες. Πιθανές ολισθήσεις εδάφους και ερπυσμός. Στις 15° βρίσκεται η κρίσιμη γωνία για το σχηματισμό πλήρους εδαφικού ορίζοντα. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες συναντούν ιδιαίτερες δυσκολίες, ενώ η καλλιέργεια είναι αδύνατη χωρίς την χρήση αναβαθμίδων.

Κλίση 15-35°: Απότομο έως εξαιρετικά απότομο ανάγλυφο (κλιτύες κοιλάδων μεσαίων ορέων). Έντονες διεργασίες απογύμνωσης, ερπυσμοί εδαφών, λασπορροές, έντονη αυλακωτή και γραμμική διάβρωση τόσο σε γυμνές όσο και σε δασικές περιοχές. Αδύνατη η καλλιέργεια, δύσκολη η υλοτομία. Στις κλίσεις αυτές ανήκουν οι περιοχές των δασών.

Κλίση 35-55°: Απόκρημνο ανάγλυφο. Πολύ λεπτό ασυνεχές στρώμα εδάφους, έντονη απογύμνωση του μητρικού πετρώματος, ισχυρότατη έκθεση στους παράγοντες της διάβρωσης και της βαρύτητας. Αδύνατη προσπέλαση, περιοχή δασών και οριακή εκμετάλλευση της υλοτομίας.

Κλίση >55°: Κάθετο ανάγλυφο. Απουσία εδάφους. Απογύμνωση πετρωμάτων και κατάρρευση βράχων. Αδυναμία οικονομικής εκμετάλλευσης.

Από το χάρτη κλίσεων, υπολογίζοντας τα εμβαδά για κάθε ομάδα κλίσεων με την βοήθεια του Vertical Mapper 3.0 προέκυψε ο πίνακας 3.8.

Πίνακας 3.8: Ποσοστά των επιφανειών ανάλογα με την γωνία κλίσης τους, όπως προέκυψε από το σχήμα 3.14.

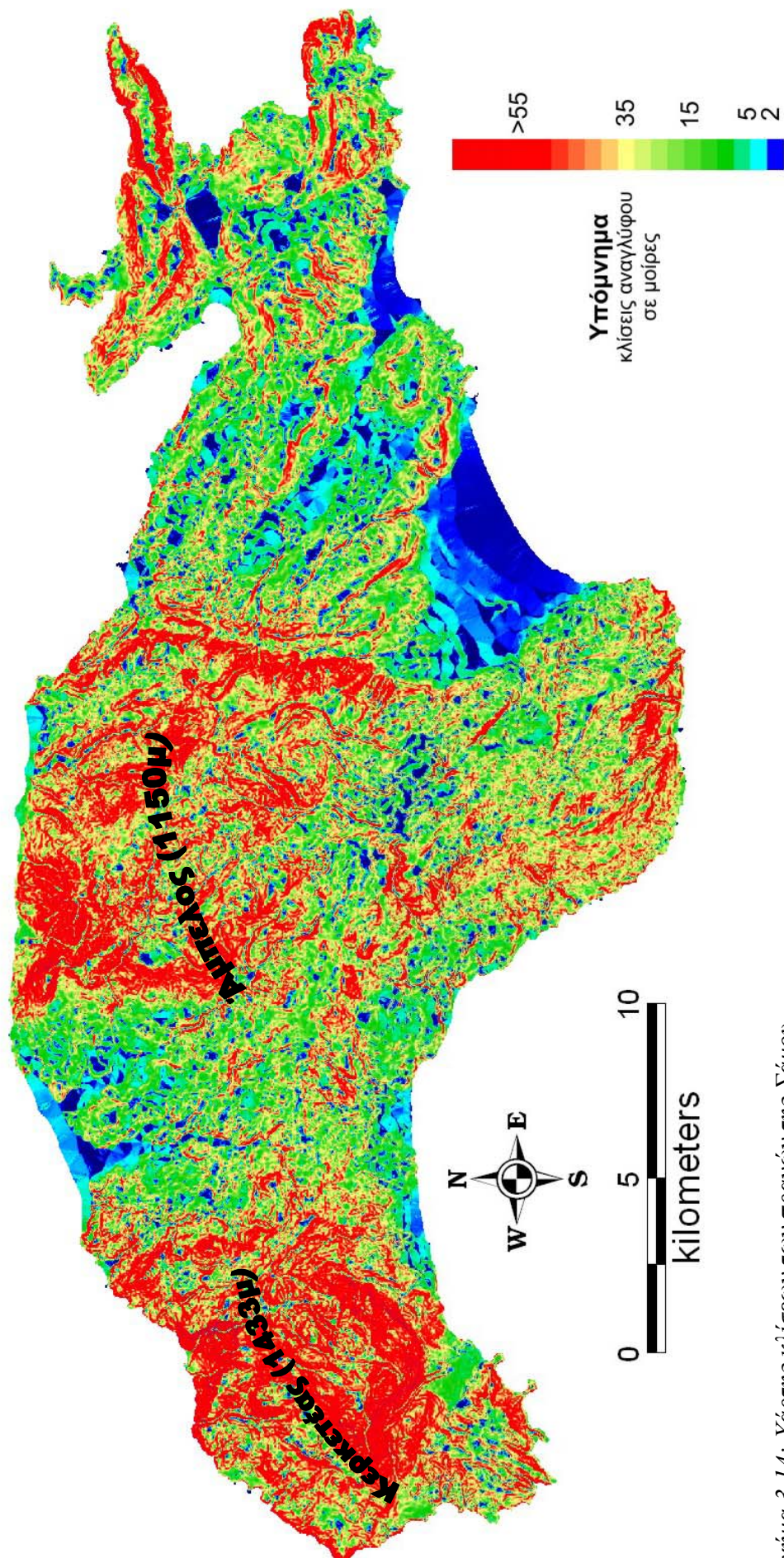
Γωνία κλίσης σε μοίρες	Επιφάνεια σε km ²	Ποσοστό συνολικής επιφάνειας %
0-2°	26,84	5,6
2-5°	31,36	6,55
5-15°	60,95	12,73
15-35°	168,17	35,14
35-55°	115,37	24,11
> 55°	75,80	15,84

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα από τον Πίνακα 3.8 καθώς και το χάρτη κλίσεων του σχήματος 3.13 μπορούν να προκύψουν τα εξής συμπεράσματα:

- Το μεγαλύτερο ποσοστό της έκτασης του νησιού (35,14%) χαρακτηρίζεται από κλίσεις αναγλύφου που κυμαίνονται από 15° έως 35°. Οι τιμές αυτές αντιπροσωπεύουν ένα απότομο έως εξαιρετικά απότομο ανάγλυφο που χαρακτηρίζεται από έντονες διεργασίες απογύμνωσης και έντονης αυλακωτής και γραμμικής διάβρωσης. Αυτές τις τιμές τις συναντάμε σε όλη την έκταση του νησιού εκτός από το βόρειο κεντρικό τμήμα της νήσου Σάμου και το δυτικό

ορεινό όγκο του νησιού, όπου παρατηρείται πιο έντονο κάθετο ανάγλυφο με μεγαλύτερες κλίσεις. (Σχήμα 3.14).

- Ένα σημαντικό ποσοστό της έκτασης του νησιού (24,11 %), που χαρακτηρίζεται από εύρος κλίσεων 35° έως 55° σε συνδυασμό μαζί με ένα ποσοστό έκτασης 15,84% που έχει εύρος κλίσεων πάνω από 55° παρατηρείται κυρίως στους δύο ορεινούς όγκους της Αμπέλου και του Κερκετέα στο βόρειο κεντρικό τμήμα της νήσου Σάμου και στο δυτικό τμήμα του νησιού. Οι τιμές αυτές παρουσιάζουν ένα απόκρημνο έως κάθετο ανάγλυφο, που έχει υποστεί έντονη απογύμνωση. (Σχήμα 3.14)
- Οι χαμηλότερες τιμές των κλίσεων από 0° έως 2° και από 2° έως 5° , που δείχνουν ένα ανάγλυφο επίπεδο έως ελαφρά κεκλιμένο, αντιστοιχούν σε πλημμυρικά πεδία, επιφάνειες επιπέδωσης και πρόποδες κοιλάδων. Αυτές οι τιμές κλίσεων παρατηρούνται στο ανατολικό τμήμα του νησιού μέχρι το όρος της Αμπέλου, στο νότιο κεντρικό τμήμα και ανάμεσα από τους ορεινούς όγκους της Αμπέλου και του Κερκετέα. (Σχήμα 3.14)

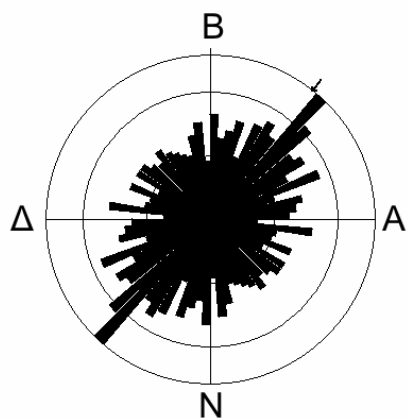


Σχήμα 3.14: Χάρτης κλίσεων των πρανών της Σάμου

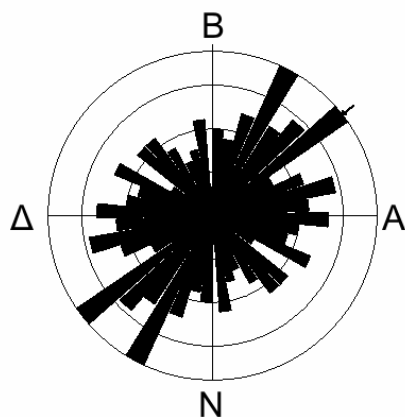
3.7 Ροδοδιαγράμματα συχνότητας

Για την διερεύνηση της επίδρασης, που ασκεί ο ρηγματογόνος τεκτονισμός στη διαμόρφωση και ανάπτυξη των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου, επιχειρήθηκε η ευθυγραμμοποίηση των κλάδων όλων των τάξεων σύμφωνα με τη μεθοδολογία Scheidegger (1980) (Καρύμπαλη κ.α, 2004). Μετρήθηκε ο προσανατολισμός τους και οι μετρήσεις ομαδοποιήθηκαν και αναπαραστάθηκαν με τη μορφή ροδοδιαγραμμάτων συχνότητας διευθύνσεων ροής ανά τάξη (Σχήμα 3.15). Αντίστοιχο ροδόγραμμα συχνότητας διευθύνσεων σχεδιάστηκε για τα τεκτονικά ρήγματα και τις τεκτονικές ασυνέχειες της Νήσου Σάμου (Σχήμα 3.16). Τα τεκτονικά στοιχεία ελήφθησαν από γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ κλίμακας 1:50.000.

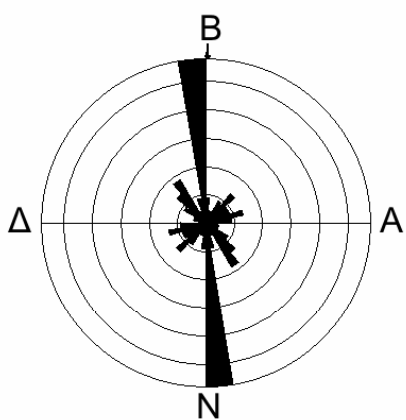
Με τη βοήθεια, του λογισμικού MapInfo v.8 εξάγαμε στοιχεία των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου όσον αφορά την διεύθυνση τους και στη συνέχεια μέσω ενός άλλου λογισμικού, Georient v.9.2, κατασκευάσαμε τα παρακάτω ροδοδιαγράμματα συχνότητας για κάθε τάξη κλάδου ξεχωριστά.



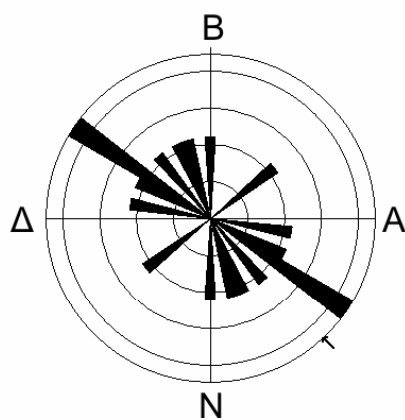
Διεύθυνση υδρογραφικών κλάδων
1^{ης} τάξης στη Σάμο.



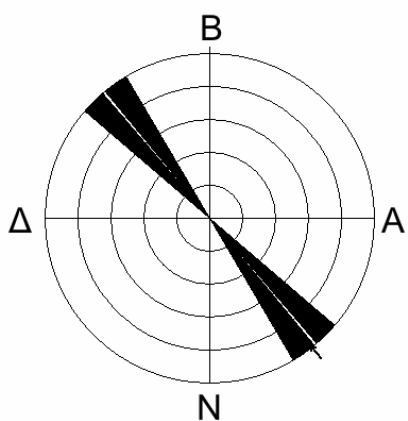
Διεύθυνση υδρογραφικών κλάδων
2^{ης} τάξης στη Σάμο.



Διεύθυνση υδρογραφικών κλάδων
3^{ης} τάξης στη Σάμο.



Διεύθυνση υδρογραφικών κλάδων
4^{ης} τάξης στη Σάμο.



Διεύθυνση υδρογραφικών κλάδων
5^{ης} τάξης στη Σάμο.

Σχήμα 3.15: Μορφές ροδοδιαγραμμάτων συχνότητας του προσανατολισμού των κλάδων κάθε τάξης του υδρογραφικού δικτύου ξεχωριστά.

Παρατηρούμε ότι οι κλάδοι 1^{ης} τάξης και 2^{ης} έχουν διεύθυνση κυρίως ΒΑ-ΝΔ. Οι 3^{ης} τάξης έχουν κύρια διεύθυνση Β-Ν, ενώ οι κλάδοι μεγάλης τάξης, 4^{ης} και 5^{ης} έχουν οι διευθύνσεις είναι ΒΔ-ΝΑ.

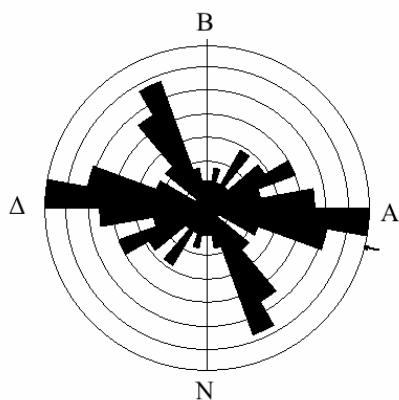
Συμπερασματικά, καταλήγουμε ότι υπάρχουν δύο διαφορετικά συστήματα υδρογραφικού δικτύου, ένα παλιότερο με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, που περιλαμβάνει και τους μεγαλύτερους κλάδους και ένα νεότερο με κύρια διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, που περιλαμβάνει όλους τους νεότερους, μικρότερων τάξεων κλάδους. Μία πιθανή εξήγηση γι' αυτό είναι ότι για τους μεγαλύτερους κλάδους υπήρχε ο χρόνος και η τεκτονική, ώστε η γεωλογία και το ανάγλυφο να επιδράσει πάνω τους, ενώ οι μικρότεροι και νεότεροι κλάδοι δεν έχουν υποστεί έντονη την τεκτονική επίδραση.

Για την καταγραφή και τη μελέτη των τεκτονικών ρηγμάτων και των τεκτονικών ασυνεχειών που υπάρχουν στη νήσο Σάμο έγιναν οι εξής εργασίες:

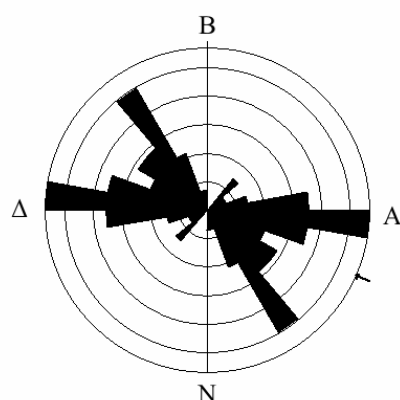
1) Κατασκευάστηκαν ροδοδιαγράμματα των ρηγμάτων ξεχωριστά για κάθε ζώνη της Σάμου (Σχήμα 3.16):

- Ανατολική Σάμος.
- Νεογενείς αποθέσεις στην Ανατολική πλευρά της Σάμου.
- Κεντρική Σάμος.
- Νεογενείς αποθέσεις στην Δυτική πλευρά της Σάμου.
- Δυτική Σάμος.

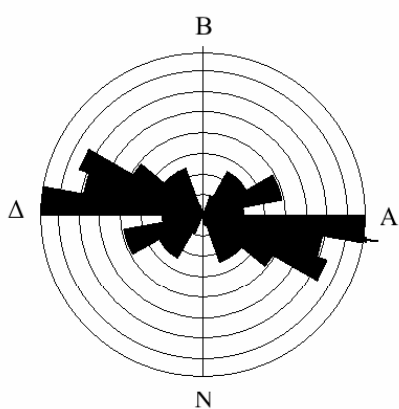
Αυτή η ταξινόμηση έγινε σύμφωνα με τους γεωλογικούς σχηματισμούς κάθε ζώνης της Σάμου για να ελεγχθεί αν κάποιος σχηματισμός έχει επηρεαστεί χρονικά ξεχωριστά από τους υπόλοιπους.



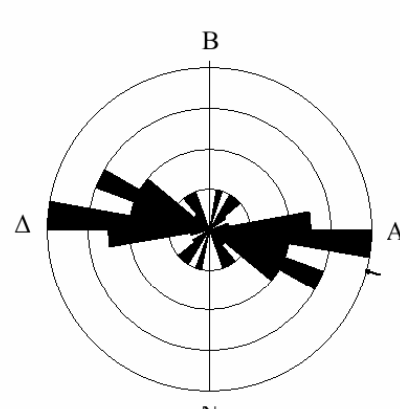
Διεύθυνση ρηγμάτων στην ανατολική Σάμο



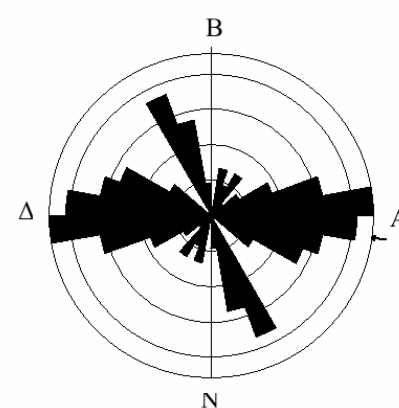
Διεύθυνση ρηγμάτων στις νεογενείς αποθέσεις στην ανατολική Σάμο



Διεύθυνση ρηγμάτων στην κεντρική Σάμο



Διεύθυνση ρηγμάτων στις νεογενείς αποθέσεις στην δυτική Σάμο

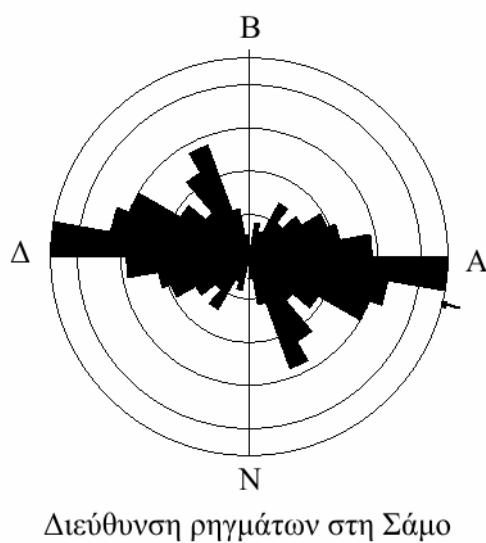


Διεύθυνση ρηγμάτων στην δυτική Σάμο

Σχήμα 3.16: Ροδοδιαγράμματα των ρηγμάτων ξεχωριστά για κάθε ζώνη της Σάμου.

Από τα παραπάνω ροδοδιαγράμματα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι στις νεογενείς αποθέσεις και στην ανατολική και στη δυτική πλευρά η κύρια τάση είναι ΒΔΔ-NΑΑ και μια δεύτερη τάση ΒΔ-ΝΑ, ενώ στην κεντρική Σάμο παρατηρούμε μόνο την κύρια τάση ΒΔΔ-NΑΑ και πολύ μικρή εμφάνιση της τάσης ΒΔ-ΝΑ.

2) Στη συνέχεια, κατασκευάστηκε ροδοδιάγραμμα συχνότητας για όλα τα ρήγματα και τις τεκτονικές ασυνέχειες στη Σάμο (Σχήμα 3.17), που επιβεβαιώνει την παραπάνω διαπίστωση, ότι δηλαδή επικρατούν δύο τάσης: μία κύρια ΒΔΔ-NΑΑ και μία δευτερεύουσα ΒΔ-ΝΑ.



Σχήμα 3.17: Ροδοδιάγραμμα συχνότητας για όλα τα ρήγματα και τις τεκτονικές ασυνέχειες στη Νήσο Σάμο.

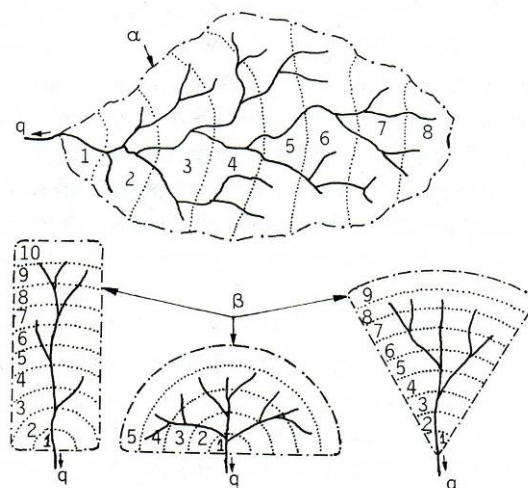
Κεφάλαιο 4

4 Υδρολογία – Πλημμυρικές απορροές

4.1. Πλημμυρικές παροχές

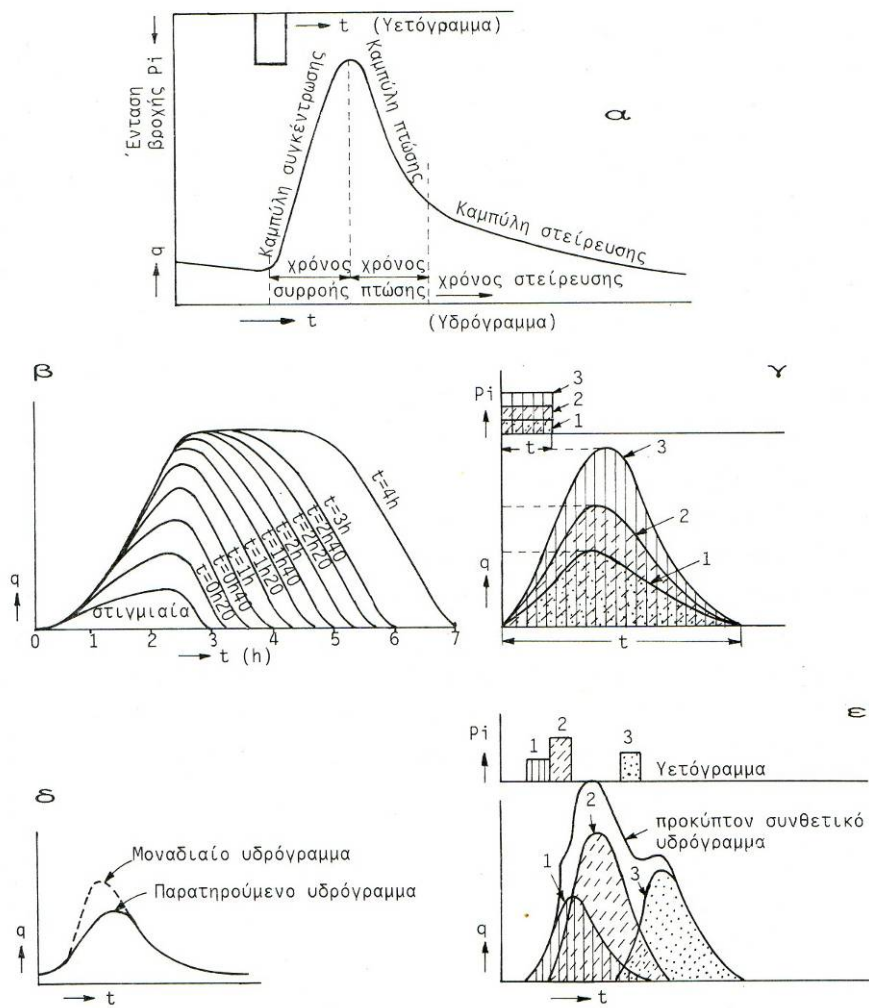
Το μέγεθος «παροχή» έχει μεταβολές μέσα στο χώρο, που είναι συνάρτηση γεωλογικών - κλιματικών - μορφολογικών παραγόντων, αλλά έχει και μεταβολές μέσα στο χρόνο που είναι συνάρτηση της «χρονοσειράς» των κατακρημνισμάτων. Πραγματικά, όταν μία βροχή έχει μεγάλη ένταση και ιδιαίτερα όταν έχει και μεγάλη διάρκεια, προκαλεί ραγδαία αύξηση της παροχής των φυσικών ρευμάτων νερού. Προκαλεί δηλαδή «πλημμυρικές παροχές», των οποίων το σημείο αιχμής μπορεί υπό συνθήκες να παίρνει ακρότατες τιμές. Για θεωρητικούς, αλλά κυρίως για πρακτικούς λόγους, όπως σχεδίαση αποχευτικών συστημάτων, διευθέτηση κοίτης ποταμών και χειμάρρων, προστασία αγροτικών εκτάσεων και οικισμών, σχεδίαση υπερχειλιστών σε φράγματα κλπ., είναι σκόπιμο και αναγκαίο να μπορούμε να γνωρίζουμε τις ακρότατες τιμές πλημμυρικών παροχών (Σούλιος, 1986).

Όταν βρέχει σε μία λεκάνη, τότε τα νερά της επιφανειακής απορροής μεταφέρονται βαθμιαία προς την έξοδο, στην οποία φθάνουν πρώτα αυτά που έρχονται από τα κοντινά της σημεία, μετά από τα αμέσως επόμενα και στο τέλος από τα ακραία. Έτσι, μπορούμε να χαράξουμε τις «ισόχρονες καμπύλες», δηλαδή τις καμπύλες εκείνες πάνω στη λεκάνη, που κάθε μια ανταποκρίνεται στο γεωμετρικό τόπο των σημείων, από τα οποία τα επιφανειακώς απορρέοντα νερά φθάνουν ταυτόχρονα στην έξοδο. Έτσι, στο Σχήμα 4.1α, έχουμε τις ισόχρονες της 1 ώρας, των 2, 3 κλπ. ωρών, που δείχνουν πόσο χρόνο χρειάζεται το νερό, που απορρέει επιφανειακά από αυτά τα σημεία να φθάσει στην έξοδο. Ο χρόνος t_c , που απαιτείται για να φθάσουν στην έξοδο της λεκάνης μόρια του νερού, που ξεκινούν απορρέοντα από τα ακρότατα σημεία της λεκάνης, ονομάζεται χρόνος συγκέντρωσης ή χρόνος συρροής. Ο χρόνος αυτός εξαρτάται βέβαια από την έκταση της λεκάνης, αλλά όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.1β και από το γεωμετρικό σχήμα της και επίσης από το ανάγλυφο της (μέση κλίση κλπ.).



Σχήμα 4.1 Ισόχρονες καμπύλες σε λεκάνες απορροής (Σούλιος, 1986)

Αν μία βροχόπτωση έχει σταθερή ένταση σε όλη τη διάρκεια της (που είναι μικρότερη ή ίση του χρόνου συγκέντρωσης) και ομοιόμορφη κατανομή σε όλη την έκταση της θεωρούμενης λεκάνης, τότε στην έξοδο της λεκάνης αυτής θα πάρουμε το λεγόμενο «μοναδιαίο υδρογράφημα» Σχήμα 4.2α. Αυτό θα έχει ορισμένα στοιχεία (μέγιστη παροχή, χρόνο ανταπόκρισης, χρόνο συγκέντρωσης, κλπ.), που ανταποκρίνονται στα γεωλογικά - γεωμετρικά - φυσιογραφικά στοιχεία της θεωρούμενης λεκάνης, αλλά και στην ένταση της βροχόπτωσης που το προκάλεσε. Αλλά στην έξοδο μιας λεκάνης για να φθάσει η ακραία πλημμυρική παροχή τη μέγιστη τιμή, που αντιστοιχεί στην όποια ένταση της βροχόπτωσης, θα πρέπει η τελευταία να έχει διάρκεια ίση με το χρόνο συγκέντρωσης (συρροής), όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.2β. Αν η βροχόπτωση διαρκέσει περισσότερο από το χρόνο συγκέντρωσης (και έχει πάντα σταθερή ένταση και ομοιόμορφη κατανομή), τότε δεν θα έχουμε αύξηση της μέγιστης αντίστοιχης τιμής της πλημμυρικής παροχής, όμως η μέγιστη τιμή δεν θα παρατηρείται στιγμιαία, αλλά για κάποιο χρονικό διάστημα (αντίστοιχο προς τη διάρκεια της βροχόπτωσης), (βλ. Σχήμα 4.2β). Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.2γ, προκειμένου για την ίδια λεκάνη, όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση μιας (σταθερής και ομοιόμορφης) βροχόπτωσης τόσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της ακραίας (ή μέγιστης) πλημμυρικής παροχής (Σούλιος, 1986). Αν η βροχόπτωση δεν είναι ομοιόμορφη (είτε πέφτει σε ορισμένα μόνο τμήματα της λεκάνης, είτε πέφτει σε όλα αλλά με διαφορετική ένταση), τότε το υδρογράφημα, που θα προκύψει, μπορεί να είναι όπως αυτό του Σχήματος 4.2δ. Τέλος, αν έχουμε βροχόπτωση ομοιόμορφη, αλλά με μεταβαλλόμενη ένταση ή διακοπτόμενη, τότε το υδρογράφημα, που θα προκύψει, θα είναι συνθετικό των επιμέρους μοναδιαίων, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.2ε.



Σχήμα 4.2 Μορφές υδρογραφημάτων(Σούλιος, 1986)

Οι Παράγοντες που ρυθμίζουν τις ακραίες τιμές πλημμυρικών παροχών, είναι οι παρακάτω (Σούλιος, 1986):

- Η ένταση της βροχόπτωσης και η διάρκεια της, αν η τελευταία είναι μικρότερη του χρόνου συγκέντρωσης.

- Το εμβαδό A της λεκάνης απορροής. Είναι προφανές ότι όσο πιο μεγάλη είναι η έκταση μιας λεκάνης απορροής τόσο πιο μεγάλη είναι η ακραία τιμή της πλημμυρικής παροχής QM. Όμως, η «ειδική πλημμυρική παροχή», δηλ. η ανά μονάδα επιφάνειας (π.χ. 1 Km²) αντιστοιχούσα πλημμυρική παροχή, με ίδιες τις άλλες συνθήκες, είναι τόσο μικρότερη όσο μεγαλύτερη είναι η έκταση της λεκάνης και αντίστροφα. Φαίνεται ότι μεταξύ της επιφάνειας A και της παροχής QM υπάρχει μία εμπειρική σχέση της μορφής:

$$QM = C \cdot E^n \quad (4.1)$$

όπου C = παράμετρος εξαρτώμενη από γεωμετρικά - γεωλογικά - μορφολογικά κ.ά. στοιχεία της λεκάνης, και n = εκθέτης που φαίνεται ότι παίρνει τιμές από 0,4 μέχρι 0,8.

- Το γεωμετρικό σχήμα της λεκάνης, γιατί όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.1, καθορίζει βασικά το χρόνο συγκέντρωσης.

- Η γεωλογική σύσταση και η μορφολογία (μέση κλίση) της λεκάνης που καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό το συντελεστή απορροής.

- Η επέμβαση του ανθρώπου με διάφορα έργα στη λεκάνη (διευθετήσεις χειμάρρων -ποταμών, κατασκευή φραγμάτων, γεφυρών, τεχνητών τάφρων κλπ.), την καλλιέργεια, την πολεοδομία κλπ.

Η ένταση της βροχόπτωσης είναι ένα παράγωγο μέγεθος και συγκεκριμένα το πηλίκο του ύψους της βροχόπτωσης προς το χρόνο διάρκειας. Με τον τρόπο αυτό γίνεται αντιληπτό ότι η ανά μονάδα χρόνου ένταση της βροχόπτωσης θα είναι τόσο πιο μεγάλη σε μία περιοχή όσο μικρότερος είναι ο χρόνος διάρκειας της. Ακόμα, ότι ορισμένες μεγάλες εντάσεις βροχόπτωσης έχουν κάποια περίοδο επαναφοράς (10, 50, 100, 500 ή 1000 κλπ. έτη). Δηλ. υπάρχει μια «μέγιστη» ένταση, που δυνητικά εμφανίζεται ανά δεκαετία (αλλά όχι σε τακτά χρονικά διαστήματα), μία άλλη «μέγιστη» (προφανώς μεγαλύτερη) ανά πεντηκονταετία κλπ. Οι σχέσεις ένταση βροχόπτωσης - διάρκεια και ένταση βροχόπτωσης - περίοδος επαναφοράς (συχνότητα) απεικονίζονται με ευθεία γραμμή σε διλογαριθμικό χαρτί. Είναι έτσι προφανές ότι σε μία λεκάνη ανάλογα με τη διάρκεια επανάληψης (10, 50, 100, 500,

1000 κλπ. έτη) θα έχουμε μια μέγιστη τιμή της πλημμυρικής παροχής. Η τιμή αυτή είδαμε ότι σε γενικές γραμμές αυξάνεται γραμμικά με το λογάριθμο της διάρκειας επανάληψης.

Όπως αναλύθηκε, υπάρχουν πολλοί παράγοντες που ρυθμίζουν τη μέγιστη πλημμυρική παροχή ενός φυσικού ρεύματος νερού (και κατ' επέκταση και της αντίστοιχης λεκάνης), οι οποίοι μάλιστα μεταβάλλονται ευρύτατα και ποικιλότροπα. Οι παράγοντες αυτοί δύσκολα θα μπορούσαν να συνδυασθούν σε ένα τύπο ή μία μέθοδο. Οι τύποι και οι μέθοδοι που αναφέρονται στη βιβλιογραφία για τον υπολογισμό της μέγιστης τιμής των πλημμυρικών παροχών είναι πολλές δεκάδες, ίσως εκατοντάδες, και είναι είτε εμπειρικές, είτε αναλυτικές. Οι πρώτες δίνουν σχέση μεταξύ διαφόρων χαρακτηριστικών της λεκάνης απορροής (έκταση, μορφολογία κλπ.). Οι δεύτερες αναλύουν διάφορα υδρολογικά μεγέθη και διαδικασίες, που οδηγούν στον υπολογισμό της μέγιστης πλημμυρικής παροχής.

Η απορροή από εξωτερικές φυσικές λεκάνες θα πρέπει να υπολογίζεται κάνοντας χρήση της καλύτερης δυνατής μεθόδου. Όταν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία σχετικά με την παροχή ποταμών, αυτή θα πρέπει να υπολογίζεται από ανάλυση συχνότητας παροχής (μέθοδος Gumbel) (Gumbel, 1967 από Kite G.W., 1977). Σε περίπτωση που αυτό δεν είναι δυνατό και εφόσον υπάρχει διαθέσιμη καμπύλη έντασης- διάρκειας βροχόπτωσης, θα πρέπει να εφαρμόζεται τεχνική απορροής βροχόπτωσης, π.χ. Ορθολογική Μέθοδος (Hwang N.H.C. and Houghtalen R.J., 1996). Για τις μεγάλες λεκάνες απορροής, που υπερβαίνουν τα 50 km², οι κατάλληλες τεχνικές ανάλυσης είναι αυτές που κάνουν χρήση συνθετικών μοναδιαίων υδρογραμμάτων, π.χ. η αμερικάνικη μέθοδος S.C.S (Soil Conservation Service, 1972). Επίσης, σαν μια πρώτη προσέγγιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο τύπος Fuller, ο οποίος είναι μία εμπειρική σχέση που παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το 1914 από τα τότε διαθέσιμα στοιχεία στην Αμερική, με κυριότερο στόχο την εύρεση των πλημμυρικών παροχών σε μεγάλες λεκάνες στις Η.Π.Α. Η απορροή από τις φυσικές λεκάνες απορροής θα πρέπει να υπολογίζεται βάσει αποδεδειγμένα αξιόπιστης καμπύλης έντασης-διάρκειας βροχόπτωσης, η οποία θα πρέπει να είναι συμβατή με τις καμπύλες για τις παρακείμενες περιοχές και όχι απλά τυφλή μεταφορά από στοιχεία άλλων μελετών. Ενδέχεται να απαιτείται εκπόνησή της από στοιχεία βροχοπτώσεων (Ψιλοβίκος Α., 2001).

Εν κατακλείδι, η μέγιστη πλημμυρική παροχή κάποιου φυσικού ρεύματος νερού ακολουθεί μια ιδιαίτερα σύνθετη νομοτέλεια. Μερικές, ιδιαίτερα σπάνιες, παροχές επακόλουθες βιβλικών κατακλυσμικών βροχοπτώσεων, ίσως είναι αδύνατο να

υπολογισθούν με τις πιο πάνω μεθόδους, εκτός ίσως από μόνες τις στατιστικές μεθόδους για τις οποίες θεωρητικά καμιά παροχή δεν αποκλείεται, αλλά η εμφάνιση της είναι ζήτημα πιθανότητας.

4.2. Ανάλυση συχνότητας βροχομετρικών στοιχείων

Ο σωστός σχεδιασμός της κατασκευής και λειτουργίας όλων των έργων αξιοποίησης ενός υδάτινου ρεύματος, βασίζεται κατά κύριο λόγο στην όσο το δυνατό καλύτερη επιστημονικά τεκμηριωμένη εκτίμηση της πλημμυρικής παροχής του, για μια συγκεκριμένη περίοδο επαναφοράς. Το γεγονός αυτό οδηγεί αναπόφευκτα στην ανάγκη “ανάλυσης συχνότητας ακραίων τιμών” (Τζιμόπουλος, 1996).

Στην ανάλυση συχνότητας, οι μέγιστες ετήσιες τιμές κάποιας υδρολογικής διαδικασίας δηλαδή κάποιου υδρολογικού φαινομένου που δείχνει μια συνεχή αλλαγή στο χρόνο, στο χώρο, στην επιφάνεια ή πάνω σε ένα γραμμικό γεωμετρικό στοιχείο του υδρολογικού μας δικτύου, κατατάσσονται κατά φθίνουσα τάξη μεγέθους για όσα χρόνια έχουμε παρατηρήσεις, αγνοώντας τη χρονική τους ακολουθία, οπότε προκύπτει μία χρονική σειρά ή σειρά συχνότητας.

Στη σειρά συχνότητας, ορίζεται σαν περίοδος επαναφοράς το διάστημα σε χρόνια ανάμεσα στην εμφάνιση μια παροχής καθορισμένου μεγέθους και μιας άλλης ίσης ή μεγαλύτερης παροχής. Αυτή ακριβώς η διαδικασία ακολουθείται για τα στοιχεία του βροχομετρικού σταθμού της ΕΜΥ στο αεροδρόμιο της Σάμου και έτσι σχηματίζονται επτά πίνακες με τις βροχοπτώσεις 1,2,3,6,12,18,24 ωρών. Κατατάσσονται οι μέγιστες τιμές των βροχοπτώσεων κατά φθίνουσα τάξη μεγέθους, όπως περιγράφηκε παραπάνω και προκύπτουν οι επτά σειρές συχνότητας.

Οι παραπάνω χρονικές σειρές ακολουθούν κάποια κατανομή συχνότητας ακραίων τιμών. Το ποια είναι ακριβώς η κατανομή που ακολουθείται από τις μέγιστες αυτές τιμές της υδρολογικής παραμέτρου δεν είναι εύκολο να προσδιοριστεί. Από τις διάφορες κατανομές, που έχουν αναφερθεί στην Ελληνική και ξένη βιβλιογραφία, μεγάλη εφαρμογή βρίσκουν η κατανομή Gumbel, η κατανομή Pearson τύπου III και η λογαριθμική κατανομή του Pearson τύπου III (Τζιμόπουλος, 1996).

Οι παραπάνω τρεις κατανομές έχει αποδειχθεί ότι προσεγγίζουν τα διάφορα φυσικά φαινόμενα με ικανοποιητική ακρίβεια εισάγοντας το μικρότερο βαθμό αβεβαιότητας στο σχεδιασμό των διάφορων τεχνικών έργων.

Η πείρα έχει δείξει ότι μεταξύ των γνωστών κατανομών, εκείνη που προσαρμόζεται καλύτερα στο πρόβλημά μας είναι η κατανομή των ακραίων τιμών

τύπου I, γνωστή στην Υδρολογία ως κατανομή Gumbel, η οποία χρησιμοποιείται και στην παρούσα εργασία. Γίνεται επεξεργασία των στοιχείων για περιόδους επαναφοράς $T=2,5,10,25,50,100,200,300,500,1000$ ετών.

4.2.1. Η κατανομή ακραίων τιμών του Gumbel

Ο Gumbel (1967) βασισμένος στην παραδοχή ότι η κατανομή των μέγιστων υψών βροχής είναι απεριορίστη, δηλαδή ότι δεν υπάρχει μέγιστη βροχόπτωση που να μην μπορεί να ξεπεραστεί από μία μεγαλύτερη, βρήκε ότι η πιθανότητα P εμφάνισης ενός ύψους βροχής X μεγαλύτερου της τιμής x δίνεται με τη σχέση:

$P(X \geq x) = 1 - \exp(-e^{-b})$, όπου

$$P = \frac{1}{T}, \quad T = N + \frac{1}{m} \quad (4.2)$$

$$b = \alpha + \frac{X}{c} \quad (4.3)$$

$$\alpha = \gamma \cdot c - \bar{X} \quad (4.4)$$

$$c = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot s \quad (4.5)$$

$$\gamma = 0,57721 \text{ (σταθερά E)} \quad (4.6)$$

$$\gamma \cdot c = 0,45 \cdot s \quad (4.7)$$

$$s = \sqrt{\sum \frac{(\bar{X} - X)^2}{N-1}} \quad (4.8)$$

όπου

T η περίοδος επαναφοράς

N ο αριθμός των ετών παρατηρήσεων

m η θέση του εξεταζόμενου ύψους βροχής στη χρονική σειρά

s η τυπική απόκλιση δείγματος της χρονικής σειράς

Προκύπτει ότι:

$$b = \frac{1}{0,7797} \cdot (X - \bar{X} + 0,45 \cdot s) \quad (4.9)$$

Με διαδοχικές αντιλογαριθμήσεις η ανηγμένη μεταβλητή b προκύπτει από τη σχέση

$$b = -\ln \left[-\ln \left[1 - \frac{1}{T} \right] \right] \quad (4.10)$$

Τελικά από τις δύο παραπάνω σχέσεις (4.9 και 4.10) προκύπτει η μέγιστη τιμή του ύψους βροχής ως εξής:

$$X = \bar{X} - s \cdot \left(\frac{\sqrt{6}}{\pi} \right) \cdot \left[\gamma + \ln \left[\ln \left[\frac{T}{T-1} \right] \right] \right] \quad (4.11)$$

$$K = \left(\frac{\sqrt{6}}{\pi} \right) \cdot \left[\gamma + \ln \left[\ln \left[\frac{T}{T-1} \right] \right] \right] \quad (4.12)$$

Όπου ο παράγοντας

ονομάζεται παράγοντας συχνότητας

Στη συνέχεια με βάση τη σχέση (4.11), υπολογίζονται τα μέγιστα πιθανά ύψη βροχής x για κάθε περίοδο επαναφοράς και για κάθε χρόνο διάρκειας βροχής. Όπως προαναφέρθηκε περίοδο επαναφοράς επιλέξαμε περιόδους $T=2,5,10,25,50,100,200,300,500,1000$ έτη.

4.3. Σχέση ύψους - διάρκειας βροχόπτωσης

Ο τύπος 4.13 δίνει την καμπύλη της γραφικής παράστασης ύψους – διάρκειας βροχόπτωσης (Ξανθόπουλος, 1971, 1990):

$$h = a \cdot t^b \quad (4.13)$$

Όπου: h τα μέγιστα πιθανά ύψη βροχής
 t ο χρόνος διάρκειας σε λεπτά
 a, b οι συντελεστές που προσδιορίζονται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, έτσι ώστε η ευθεία $\log h = \log a + b \cdot \log t$ να έχει την ελάχιστη τετραγωνική απόκλιση από τα σημεία που παριστούν τις τιμές των μέγιστων υψών βροχής που παρατηρήθηκαν.

Συγκεκριμένα οι συντελεστές b και $\log a$ δίνονται από τις σχέσεις

$$b = \frac{\sum (\log h \cdot \log t) - \frac{\sum (\log h) \cdot \sum (\log t)}{v}}{\sum (\log t)^2 - \frac{(\sum \log t)^2}{v}} \quad (4.14)$$

$$\log a = \frac{\sum (\log h)}{i} - b \cdot \frac{\sum \log t}{i} \quad (4.15)$$

Όπου: v το πλήθος των υπαρχόντων κάθε φορά δειγμάτων.

Στις παραπάνω εξισώσεις, εισάγονται οι τιμές των υψών βροχόπτωσης h που προκύπτουν από τη εξίσωση (1) για κάθε τιμή της διάρκειας t , δηλαδή για 1,2,3,6,12,18,24 ώρες και βρίσκονται οι τιμές των συντελεστών της εξίσωσης ύψους – διάρκειας βροχής.

4.4. Μέθοδοι Υπολογισμού πλημμυρικών παροχών

4.4.1. Μέθοδος Fuller

Η μέθοδος Fuller χρησιμοποιείται μόνο για μια πρώτη εκτίμηση των πλημμυρικών απορροών και εφόσον δεν υπάρχουν ακριβέστερα στοιχεία. Η μέθοδος Fuller έχει το μειονέκτημα ότι υπερεκτιμά την πλημμυρική παροχή για λεκάνες μικρότερες των 5 km² και υποεκτιμά την πλημμυρική παροχή για λεκάνες μεγαλύτερες των 20 km². Παρόλα αυτά, εμείς θα χρησιμοποιήσουμε αυτή τη μέθοδο στις λεκάνες των 8 κυριότερων χειμάρων της νήσου Σάμου ως μια πρώτη προσέγγιση της πλημμυρικής παροχής και θα συγκρίνουμε τις τιμές με τις παροχές που μετρήθηκαν.

Σύμφωνα με τον Fuller, η εμπειρική σχέση που δίνει την πλημμυρική απορροή δίνεται από την σχέση:

$$Q_{\max} = Q_1 \cdot (1 + \beta \log_{10} T) \cdot \left(1 + \frac{2,66}{F^{0,3}}\right) \quad (4.16)$$

Όπου

$Q_{\max}$ Πλημμυρική απορροή σε m³/s

T Η περίοδος επαναφοράς σε έτη.

F Η οριζόντια προβολή της λεκάνης απορροής σε km²

β Συντελεστής που μπορεί να ληφθεί ίσος με 0.8 ή να προσδιοριστεί με βάση παρατηρήσεις

Q₁ Η μέση ημερήσια παροχή της μέγιστης πλημμύρας με περίοδο επαναφοράς ενός έτους εκφρασμένη σε m³/s. Το Q₁ μπορεί να υπολογιστεί με βάση τον τύπο:

$$Q_1 = 1.80 \cdot F^{0.8} \quad (4.17)$$

Με εφαρμογή του τύπου και με τα γεωμετρικά στοιχεία του υδατορρεύματος έρευνας, υπολογίζονται οι πλημμυρικές απορροές για ορισμένες περιόδους επαναφοράς (T=2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 300, 500, 1000 χρόνια). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε επόμενο κεφάλαιο και αφορούν τους 8 κυριότερους χειμάρρους της νήσου Σάμου.

4.4.2. Ορθολογική μέθοδος

Η εξίσωση της “ορθολογικής μεθόδου” εκφράζει ότι εάν η βροχόπτωση διαρκέσει αρκετά, τότε η μέγιστη παροχή από τη λεκάνη απορροής θα είναι η μέση τιμή της βροχόπτωσης της λεκάνης απορροής, εξαιτίας της μείωσής της από τον παράγοντα της διείσδυσης του νερού στο έδαφος. Ο χρόνος συγκέντρωσης είναι η διάρκεια του χρόνου που χρειάζεται το νερό να πάει από το πιο απομακρυσμένο σημείο της λεκάνης απορροής στο σημείο της εκβολής του χειμάρρου. Εάν η διάρκεια των κατακρημνισμάτων υπερβαίνει το χρόνο συγκέντρωσης, τότε είναι εφαρμόσιμη η «ορθολογική μέθοδος». Η εξίσωση της ορθολογικής μεθόδου δείχνει ότι ο ρυθμός βροχόπτωσης είναι σταθερός και ο ρυθμός διείσδυσης του ύδατος είναι σταθερός. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της αιχμής απορροών μικρών σχετικά υδρολογικών λεκανών (<35 km²). Βασίζεται στην αρχή ότι, για βροχές με ομοιόμορφη ένταση και κατανομή πάνω στην υδρολογική λεκάνη, η μέγιστη απορροή εμφανίζεται όταν το νερό από όλα τα σημεία της λεκάνης απορροής φτάνει στην έξοδό της. Η απορροή αυτή αποτελεί ένα συγκεκριμένο ποσοστό της έντασης της βροχής, που την προκαλεί. Η ορθολογική μέθοδος χρησιμοποιείται, αφού πρώτα από στοιχεία των βροχομετρικών σταθμών υπολογίσουμε τη 24ωρη κατανομή βροχόπτωσης (Fetter, 2001).

Σύμφωνα με την ορθολογική μέθοδο (Hwang N.H.C. and Houghtalen R.J., 1996), η μέγιστη πλημμυρική απορροή μπορεί να δοθεί από τη σχέση:

$$Q = 0.278 \cdot C \cdot i \cdot A \quad (4.18)$$

Όπου:

Q Πλημμυρική απορροή σε m³/s.

A Η οριζόντια προβολή της λεκάνης απορροής km².

i Η μέση ένταση βροχόπτωσης διάρκειας ίσης με τον χρόνο συρροής των υδάτων από την επιφάνεια A μέχρι την εξεταζόμενη διατομή του ρεύματος σε mm/hr.

C Ο συντελεστής απορροής.

Για τη σωστή χρήση της μεθόδου είναι επιβεβλημένο να ξεκαθαριστούν τα όρια της εφαρμογής της. Καταρχήν, η εφαρμογή της μεθόδου προϋποθέτει ότι η ένταση της βροχής σε όλη τη διάρκεια της είναι ομοιόμορφη, με ομοιόμορφη επίσης χωρική κατανομή πάνω στην υδρολογική λεκάνη. Η συνθήκη αυτή σπανίως ικανοποιείται στη φύση. Επειδή η παραπάνω ομοιομορφία προσεγγίζεται όταν οι υδρολογικές λεκάνες είναι μικρές, ανάλογη θα είναι και η επιτυχία της μεθόδου. Ένα άλλο στοιχείο που πρέπει να προσεχθεί είναι η εκτίμηση της εντάσεως της βροχής. Για να φτάσουμε στη μέγιστη αιχμή, το νερό πρέπει να φθάσει στην έξοδο της λεκάνης από όλα τα σημεία της, δηλαδή η διάρκεια της βροχής με την ομοιόμορφη ένταση πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με τον χρόνο συγκέντρωσης t_c της υδρολογικής λεκάνης. Τούτο υποδηλώνει ότι η μέθοδος δεν μπορεί να εφαρμοστεί για διάρκεια βροχής μικρότερης του t_c . Αλλά και στην περίπτωση που η διάρκεια βροχής είναι μεγαλύτερη του t_c , δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτούσια στη σχέση η ένταση που εξάγεται από τις βροχομετρικές παρατηρήσεις και αυτό διότι από την αρχική ένταση θα πρέπει να αφαιρεθούν τα ποσοστά εκείνα, που συγκρατούνται από την φυτοκόμη και τις εδαφικές κοιλότητες, που απορρέουν μετά την εμφάνιση της πλημμυρικής απορροής (Τζιμόπουλος, κ.α., 1996).

4.4.2.1. Συντελεστής απορροής

Σύμφωνα με τη συλλογιστική της ορθολογικής μεθόδου, η αιχμή της απορροής ανά μονάδα επιφάνειας μιας λεκάνης που προκαλείται από βροχή ομοιόμορφης

εντάσεως και έχει απεριόριστη διάρκεια, θα είναι: $q_p = \frac{Q_p}{a} = C \cdot i \quad (4.19)$

που υποδηλώνει ότι ο συντελεστής απορροής C αντιπροσωπεύει την αναλογία q_p/i . Ο συντελεστής απορροής C πρέπει να επιλέγεται με βάση τους ακόλουθους παράγοντες:

- 1) το ανάγλυφο της επιφάνειας της λεκάνης
- 2) την έκταση και την πυκνότητα της φυτοκάλυψης
- 3) την κλίση των πρανών της λεκάνης
- 4) την περιεχόμενη στο έδαφος υγρασία κατά την έναρξη της βροχής.

Τα παραπάνω συνιστούν ότι ο συντελεστής απορροής δεν είναι σταθερός ούτε για την ίδια την υδρολογική λεκάνη, αφού είναι συνάρτηση της περιεχόμενης στο έδαφος υγρασίας και της εντάσεως της βροχής. Επειδή οι παράγοντες αυτοί είναι αδύνατο να εκτιμηθούν, το C επιλέγεται συνήθως από πίνακες που παίρνουν υπόψη όλους τους άλλους παράγοντες, εκτός από τους δύο παραπάνω (Πίνακας 4.1).

Πίνακας 4.1 Ενδεικτικός πίνακας του συντελεστή απορροής C (Fetter, 2001)

Περιγραφή περιοχής	C
Εμπορική	
Κέντρο	0,70-0,95
Περιφέρεια	0,50-0,70
Οικιστική, αστική	
Μονοκατοικίες	0,30-0,50
Πολυκατοικίες σε πανταχόθεν ελεύθερο σύστημα	0,40-0,60
Πολυκατοικίες σε συνεχές σύστημα	0,60-0,75
Οικιστική, υποαστική	0,25-0,40
Διαμερίσματα	0,50-0,70
Βιομηχανία	
Ελαφριά	0,50-0,80
Βαριά	0,60-0,90
Πάρκα	0,10-0,25
Παιδότοποι	0,20-0,35
Σιδηρόδρομοι	0,20-0,35
χωρίς εγγειοβελτιωτικά έργα	0,10-0,30
Χαρακτήρας του εδάφους	
Πεζοδρόμιο	
Σκυρόδεμα - Ασφαλτοσκυρόδεμα	0,70-0,95
Πλίνθοι	0,70-0,85
Στέγες	0,75-0,95
Αγροί, αμμώδη εδάφη	
επίπεδα, κάτω από 2% κλίση	0,05-0,11
κλίση 2%-7%	0,10-0,15
απότομη κλίση πάνω από 7%	0,15-0,20
Αγροί, βαριά εδάφη	
επίπεδα, κάτω από 2% κλίση	0,13-0,17
κλίση 2%-7%	0,18-0,22
απότομη κλίση πάνω από 7%	0,25-0,35

Σύμφωνα με το Π.Δ. 696/74 (Προεδρικό Διάταγμα) ο συντελεστής απορροής C μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση $C=1-C'$ και είναι συνάρτηση των παρακάτω παραγόντων:

- I. Τοπογραφικές συνθήκες
- II. Φύση εδάφους
- III. Φυτοκάλυψη

Οι τιμές του συντελεστή C' δίνονται στον παρακάτω πίνακα 4.2:

Πίνακας 4.2 Τιμές συντελεστή απορροής C'

Τιμές συντελεστή C'	Τιμές του C'
I) ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	
• Επίπεδα εδάφη μέσων κλίσεων 0,015% έως 0,050%	0,30
• Κλιτύες μέσων κλίσεων 0,25% έως 0,35%	0,20
• Λοφώδη εδάφη μέσων κλίσεων 2,5% έως 3,5%	0,10
II) ΦΥΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ	
• Αδιαπέρατοι άργιλοι	0,10
• Μέσες συνθήκες αργίλων και πηλών	0,20
• Αμμοπηλοί	0,40
III) ΦΥΤΟΚΑΛΥΨΗ	
• Καλλιεργήσιμες εκτάσεις	0,10
• Δεντροκάλυψη	0,20

Για τη συγκεκριμένη εργασία, τους συντελεστές απορροής, για τους 8 κυριότερους χειμάρρους της Σάμου, τους πήραμε από την εργασία των Psilonikos Aris et al., 2003, όπου είχαν υπολογιστεί με αφορμή την φωτιά στην Σάμο, το 2000. Έτσι, έχουμε τον παρακάτω πίνακα 4.3:

Πίνακας 4.3: Συντελεστές απορροής C για τους κυριότερους χειμάρρους της Σάμου

Ονομασία	Συντελεστής απορροής
Ίμβρασος	0,689
Καλαθής	0,663
Μυτιληνίων	0,649
Μάνα	0,624
Κακόρεμα	0,592
Φουρνιώτικο	0,586
Μεγάλο ρέμα	0,585
Αμφίλυσος	0,568

Όπως ήδη αναφέρθηκε παραπάνω, η ορθολογική μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί για βροχές που η διάρκειά τους είναι ίση ή μεγαλύτερη από το χρόνο συγκεντρώσεως. Είναι κατά συνέπεια απαραίτητο να υπάρχει κάποιος τρόπος υπολογισμού του χρόνου αυτού.

4.4.3. Μέθοδοι υπολογισμού χρόνου συρροής

Σε αυτό το σημείο, πριν προχωρήσουμε στην εφαρμογή της ορθολογικής μεθόδου, πρέπει να υπολογίσουμε τους χρόνους συρροής των χειμάρρων. Για τον υπολογισμό λοιπόν του χρόνου συρροής για περιπτώσεις υδρολογικών λεκανών, που τα μήκη διαδρομής είναι σχετικά μεγάλα και οι επιφάνειες τους παρουσιάζουν ανομοιομορφία, έχουν επινοηθεί διάφορες εμπειρικές σχέσεις για τον υπολογισμό του χρόνου συγκεντρώσεως.

Ο χρόνος συρροής για τις φυσικές λεκάνες με σαφώς καθορισμένο κύριο ποταμό ή ρέμα θα πρέπει να υπολογίζεται από την σχέση Kirpich (Kirpich, Z.P., 1940 από Danhil et al., 2005). Οι μεγάλες σύνθετες φυσικές λεκάνες απορροής θα πρέπει να χωρίζονται σε εσωτερικές λεκάνες. Ο χρόνος συρροής για τις μικρές επιφάνειες χωρίς σαφώς καθορισμένη μισγάγγεια που δημιουργούν παροχή σε τάφρους διακοπής, θα πρέπει να υπολογίζονται από τη σχέση Giandotti (Giandotti, 1940 από Garcin et al., 2006).

Οι σχέσεις που θα χρησιμοποιηθούν σε αυτήν την εργασία είναι του Kirpich (1940), Giandotti (1940) και της Soil Conservation Service (SCS) (1972) και στη συνέχεια θα χρησιμοποιήσουμε τα αποτελέσματά τους για να υπολογίσουμε την ένταση της βροχόπτωσης και να εφαρμόσουμε την “ορθολογική μέθοδο.”

4.4.3.1. Υπολογισμός χρόνου συρροής κατά Kirpich

Η σχέση Kirpich είναι η ακόλουθη (Kirpich, Z.P., 1940 από Danhil et al., 2005):

$$t_c = 4 \cdot K^{0.77} \text{ όπου } K = \frac{L}{\sqrt{J}} \text{ και } J = \frac{H - h}{L} \quad (4.20)$$

Όπου:

tc: Ο χρόνος συρροής ή χρόνος συγκέντρωσης εκφρασμένος σε min.

L: Το μέγιστο μήκος διαδρομής της φυσικής κοίτης σε km.

h: Το υψόμετρο πυθμένα της φυσικής κοίτης του υδατορρεύματος στη διατομή ελέγχου σε m.

H: Το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης απορροής σε m.

K, J : Τοπογραφικός δείκτης και κατά μήκος κλίση, αντίστοιχα, δίνονται παραπάνω.

4.4.3.2 Υπολογισμός χρόνου συρροής κατά Giandotti

Ο χρόνος συρροής των υδάτων μέχρι την εξεταζόμενη διατομή του ρεύματος, υπολογίζεται με βάση τον τύπο του Giandotti (Giandotti, 1940 από Garcin et al., 2006), που δίνεται από τη σχέση:

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{H_m - h}} \quad (4.21)$$

Όπου:

tc: Ο χρόνος συρροής ή χρόνος συγκέντρωσης εκφρασμένος σε hr.

A: Η οριζόντια προβολή της λεκάνης απορροής σε km².

L: Το μήκος διαδρομής της φυσικής κοίτης σε km.

h: Το υψόμετρο πυθμένα της φυσικής κοίτης του υδατορρεύματος στη διατομή ελέγχου σε m.

H_m: Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής σε m.

4.4.3.3. Υπολογισμός χρόνου συρροής κατά SCS

Ο τύπος είναι ο παρακάτω (Soil Conservation Service, 1972):

$$t_c = \frac{L^{1.15}}{7700 \cdot H^{0.38}} \quad (4.22)$$

Όπου:

tc: Ο χρόνος συρροής ή χρόνος συγκέντρωσης εκφρασμένος σε hr.

L: Το μήκος διαδρομής της φυσικής κοίτης σε ft.

DH: Η υψομετρική διαφορά ανάμεσα στο πλέον απομακρυσμένο σημείο και στην έξοδο της λεκάνης σε m.

h: Το υψόμετρο στο σημείο εξόδου της λεκάνης σε m.

H: Το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης απορροής σε m.

4.5. Στοιχεία υδραυλικής ανοιχτών αγωγών.

4.5.1 Κατηγορίες αγωγών

Σύμφωνα με τους Δαμασκηνίδου και Σιδηρόπουλο (1993), ορισμένες από τις κατηγορίες των ανοιχτών αγωγών είναι οι εξής:

Ανοικτός αγωγός. Ένας αγωγός ονομάζεται ανοικτός ή αγωγός ελεύθερης ροής, όταν το νερό που ρέει σ' αυτόν εμφανίζει ελεύθερη επιφάνεια, στην οποία η πίεση είναι ίση με την ατμοσφαιρική. Η κύρια κινητήρια δύναμη της ροής οφείλεται στη βαρύτητα. Η επιβράδυνση της ροής οφείλεται στις δυνάμεις τριβής. Οι ανοικτοί αγωγοί διακρίνονται σε φυσικούς και τεχνητούς, ως εξής:

Φυσικός αγωγός. Είναι ο αγωγός που έχει δημιουργηθεί από φυσικές διεργασίες και δεν έχει υποστεί σημαντική επέμβαση από τον άνθρωπο. Στην κατηγορία αυτή υπάγονται οι ποταμοί, οι χείμαρροι και όλα τα φυσικά υδατορεύματα. Η μορφή της διατομής τους είναι ακανόνιστη, εμφανίζουν μεγάλη ποικιλία στη μορφή των τοιχωμάτων από άποψη τραχύτητας και χαρακτηρίζονται συχνά από χαλαρότητα των υλικών του πυθμένα και των παρειών τους καθώς επίσης και από μεταβλητότητα της μορφής τους στο χρόνο.

Τεχνητός αγωγός. Είναι ο αγωγός που έχει κατασκευαστεί ή έχει προκύψει από τη διευθέτηση και διαμόρφωση ενός φυσικού αγωγού από τον άνθρωπο. Τεχνητοί αγωγοί είναι οι διώρυγες, τα αρδευτικά κανάλια, οι στραγγιστικές τάφροι, οι σήραγγες και οι υπόνομοι. Ανάλογα με το σχήμα της διατομής τους διακρίνονται σε ορθογωνικούς, τραπεζοειδείς, τριγωνικούς, κυκλικούς, ωοειδείς, στοματοειδείς κλπ. (Σχ. 4.3).



Σχήμα 4.3 Η διάκριση των τεχνητών αγωγών με βάση το σχήμα τους

Χαρακτηριστικά μεγέθη κατά μήκος τομής

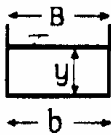
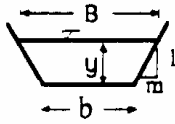
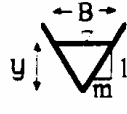
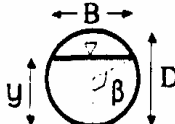
- α. **Γωνία θ** : η γωνία που σχηματίζει η κατά μήκος τομή του πυθμένα με το οριζόντιο επίπεδο.
- β. **Κλίση S_0** : η κατά μήκος κλίση του πυθμένα ως προς το οριζόντιο επίπεδο ($S_0 = \tan \theta$).
- γ. **Βάθος ροής y** : Η κατακόρυφη απόσταση του χαμηλότερου σημείου της διατομής από την ελεύθερη επιφάνεια.
- δ. **Βάθος ροής d** : Η απόσταση του χαμηλότερου σημείου της διατομής από την ελεύθερη επιφάνεια σε διεύθυνση κάθετη προς τον πυθμένα ($y = d / \cos \theta$). Συνήθως, η γωνία θ είναι πολύ μικρή και γίνεται η παραδοχή : $\cos \theta = 1$ και $y = d$.

4.5.2. Χαρακτηριστικά μεγέθη κατά πλάτος τομής – υγρής διατομής

- α. **Εμβαδό διατομής A** : Το εμβαδό της υγρής διατομής σε επίπεδο κάθετο προς την κύρια διεύθυνση της ροής.
- β. **Πλάτος διατομής B** : Το πλάτος της υγρής διατομής στην ελεύθερη επιφάνεια.
- γ. **Βρεχόμενη περίμετρος P** : Το μήκος του στερεού ορίου της διατομής που βρέχεται από το νερό.
- δ. **Υδραυλική ακτίνα R** : Ο λόγος του εμβαδού A προς τη βρεχόμενη περίμετρο P ($R = A/P$).
- ε. **Υδραυλικό βάθος y_v** : Ο λόγος του εμβαδού προς το πλάτος της διατομής ($y_v = A/B$). Είναι δηλαδή ένα μέσο βάθος της διατομής.

Στον παρακάτω Πίνακα 4.4, δίνονται τα βασικά γεωμετρικά μεγέθη ορισμένων χαρακτηριστικών διατομών (Δαμασκηνίδου και Σιδηρόπουλος, 1993).

Πίνακας 4.4 Γεωμετρικά μεγέθη διαφόρων διατομών

Στοιχεία διατομής	Εμβαδό (A)	Βρεχόμενη περίμετρος (P)	Πλάτος διατομής (B)
	$b \cdot y$	$b + 2y$	b
	$(b + my)y$	$b + 2y\sqrt{1 + m^2}$	$b + 2my$
	$m \cdot y^2$	$2y\sqrt{1 + m^2}$	$2my$
	$(2\beta - \sin 2\beta) \frac{D^2}{8}$	βD	$D \sin \beta$

4.5.3. Η εξίσωση του Manning

4.5.3.1. Μόνιμη – σταθερή ομοιόμορφη ροή

Ομοιόμορφη ροή ονομάζεται όταν η μέση ταχύτητα της είναι σταθερή κατά μέγεθος και διεύθυνση. Κατά συνέπεια, η ομοιόμορφη ροή μπορεί να προκληθεί σε επενδεδυμένους πρισματικούς αγωγούς μεγάλου μήκους χωρίς πλάγια παροχή. Στη σταθερή ομοιόμορφη ροή ισχύει (Manning, J.C., 1992):

$$S_o = S_f \quad (4.23)$$

δηλαδή, η κλίση τριβών ισούται με την κλίση του πυθμένα του αγωγού. Άρα, στην ομοιόμορφη ροή η γραμμή ενέργειας, η ελεύθερη επιφάνεια και ο πυθμένας του αγωγού είναι μεταξύ τους παράλληλοι.

4.5.3.2. Η εξίσωση του Manning

Το 1889, ο Ιρλανδός μηχανικός Manning, βασιζόμενος σε μεγάλο αριθμό παρατηρήσεων σε φυσικούς και τεχνητούς αγωγούς, παρουσίασε μία καθαρά εμπειρική σχέση, η οποία με τις μεταγενέστερες τροποποιήσεις πήρε την ακόλουθη μορφή (Manning, J.C., 1992):

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (4.24) \quad \text{και} \quad Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (4.25)$$

Όπου V : η μέση ταχύτητα σε m/sec.

R : η υδραυλική ακτίνα, ο λόγος της υγρής διατομής του χειμάρρου (σε m^2) προς την βρεχόμενη περίμετρο (m).

S_f : η κλίση τριβών και για την περίπτωση ομοιόμορφης ροής είναι $S_f = S_o$ και δηλαδή ίση με την κλίση του πυθμένα του αγωγού.

n : ο συντελεστής τραχύτητας που ονομάζεται συντελεστής του Manning.

Η παραπάνω εξίσωση είναι γνωστή ως εξίσωση του Manning και η αξιοπιστία της κυρίως σε τραχείς αγωγούς, έχει εξακριβωθεί σε ένα ευρύ φάσμα ροών. Για το λόγο αυτό καθώς επίσης και εξαιτίας της απλής μορφής της, η εξίσωση αυτή χρησιμοποιείται ευρύτατα στους υπολογισμούς ανοικτών αγωγών.

Ο συντελεστής n εκφράζει την τραχύτητα του αγωγού. Το n είναι αδιάστατος αριθμός, αν και κανονικά έχει διαστάσεις $[T \cdot L^{-1/3}]$. Επειδή δεν είναι λογικό ένας συντελεστής τραχύτητας να έχει διαστάσεις χρόνου, έχει επικρατήσει να θεωρείται αδιάστατος αριθμός και οι διαστάσεις του να απορροφώνται από τον αριθμητή του κλάσματος ο οποίος είναι ένας συντελεστής φ ίσος με $1 [m^{1/3}/s]$ στο μετρικό σύστημα και $1,486 [ft^{1/3} / s]$ στο αγγλοσαξονικό σύστημα μονάδων.

Η ταχύτητα της ροής εξαρτάται από τη συνολική τριβή ανάμεσα στο νερό και στην κοίτη του ποταμού. Ποτάμια που έχουν λεία κοίτη έχουν μικρότερη τριβή και γι' αυτό το λόγο συναντάμε και μεγαλύτερη ταχύτητα της ροής ύδατος. Ποτάμια με τραχύτητα στην κοίτη συντελούν στον στροβιλισμό, ο οποίος καταναλώνει ενέργεια και μειώνει την ταχύτητα ροής.

Στη συνέχεια περιγράφονται κάποιες τυπικές τιμές για τον συντελεστή n (Fetter, 2001)

Ρέματα σε βουνά με βραχώδη κοίτη	0,04-0,05
Ελικοειδή φυσικά ρέματα με χαμηλή βλάστηση	0,035
Φυσικά ρέματα με αραιή βλάστηση	0,025
Ευθυτενή κανάλια	0,020
Λειασμένο σκυρόδεμα/τσιμέντο	0,012

Η εξίσωση Manning μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καθοριστεί η ροή σε συνθήκες που αποκλείουν άμεσες μετρήσεις πεδίου. Για παράδειγμα, εάν ένας χείμαρρος αλλάζει συχνά τη στάθμη του (κατά την διάρκεια μιας πλημμύρας ανεβαίνει και πέφτει η στάθμη) οι συμβατικές μετρήσεις για τη ροή του ύδατος θα χρειαστούν αρκετό χρόνο. Μπορεί να χρειαστεί και 1 ώρα για να παρθούν οι μετρήσεις της απορροής (παροχής) και της ταχύτητας της ροής και η παροχή μπορεί να μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, ένας άμεσος υπολογισμός μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας την τομή του ποταμού και την κλίση της κοίτης.

Κεφάλαιο 5

5 Εφαρμογή των προηγούμενων μεθόδων υπολογισμού πλημμυρικών παροχών στους χειμάρρους της Νήσου Σάμου

5.1 Μεθοδολογία

Στην παρούσα εργασία αρχικά πραγματοποιήθηκε μία πρώτη εκτίμηση πλημμυρικών παροχών με τον τύπο Fuller, υπολογίζοντας τις πλημμυρικές παροχές των 8 κυριότερων χειμάρρων της Νήσου Σάμου για περιόδους επαναφοράς $T=2,5,10,25,50,100,200,300,500,1000$ χρόνια. Στη συνέχεια εφαρμόστηκε η μέθοδος Gumbel, η οποία επέτρεψε την εφαρμογή της Ορθολογικής μεθόδου από τα διαθέσιμα τα βροχομετρικά στοιχεία και τέλος συγκρίθηκαν όλες οι τιμές των παροχών από κάθε μέθοδο με τις μετρήσεις που έγιναν στην ύπαιθρο. Ο τύπος λοιπόν της Ορθολογικής μεθόδου όπως ήδη τον συναντήσαμε παραπάνω (σχέση 4.18) είναι:

$$Q = 0.278 \cdot C \cdot i \cdot A$$

Για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής χρειάζεται η οριζόντια προβολή της λεκάνης απορροής σε km^2 (A), την οποία υπολογίσαμε από τον ψηφιοποιημένο τοπογραφικό χάρτη της Νήσου Σάμου, ο συντελεστής απορροής (C), τον οποίο πήραμε από την εργασία των Psilonikos Aris et al. (2003) και τέλος η μέση ένταση (i) βροχόπτωσης διάρκειας ίσης με το χρόνο συρροής των υδάτων από την επιφάνεια A μέχρι την εξεταζόμενη διατομή του ρεύματος σε mm/hr.

Η μέση ένταση (i), υπολογίστηκε από τα μέγιστα ύψη βροχοπτώσεων διάρκειας 24hr για τα έτη 1950-1997 και 2001. Συγκεκριμένα αυτά υπολογίστηκαν από την κατανομή της βροχόπτωσης 1,2,3,6,12,18,24 ωρών σύμφωνα με τα ποσοστά κατανομής 24ωρης βροχής από το U.S.B.R. (1960). Στη συνέχεια για την κατανομή της βροχόπτωσης 1,2,3,6,12,18,24 ωρών εφαρμόστηκε η κατανομή Gumbel και σχεδιάστηκαν οι καμπύλες της σχέσης ύψος βροχόπτωσης με τη διάρκεια για περιόδους επαναφοράς $T=2,5,10,25,50,100,200,300,500,1000$ χρόνια. Υπολογίζοντας έτσι το a και b της σχέσης ύψος βροχόπτωσης με τη διάρκεια $h = a \cdot t^b$, τα οποία στη συνέχεια τοποθετήθηκαν στη σχέση μέση ένταση με την διάρκεια $i = a \cdot t^{b-1}$ και υπολογίστηκε η μέση ένταση (i) για περιόδους επαναφοράς $T=2,5,10,25,50,100,200,300,500,1000$ χρόνια. Αυτές οι δύο σχέσεις εφαρμόστηκαν για χρόνους συρροής, που υπολογίστηκαν κατά Kirpich, Giandotti και με τη μέθοδο

S.C.S. Έτσι, συγκεντρώθηκαν όλα τα στοιχεία και υπολογίστηκε η πλημμυρική παροχή με τη Ορθολογική Μέθοδο για τρεις διαφορετικούς χρόνους συρροής (Kirpich, Giandotti, S.C.S.).

Στο τέλος κατασκευάστηκαν διαγράμματα για περιόδους επαναφοράς $T=2,5,10,25,50,100,200,300,500,1000$ χρόνια, που συγκρίνουν τις μετρημένες παροχές από την ύπαιθρο, τις παροχές από την μέθοδο Fuller και από την Ορθολογική μέθοδο φτάνοντας σε κάποια συμπεράσματα που αναφέρονται στη συνέχεια.

5.2 Υδρολογικά και κλιματικά στοιχεία

5.2.1. Ο Μ.Σ του αεροδρομίου Σάμου και το νέο δίκτυο τηλεμετρικών Μ.Σ. της Νήσου Σάμου

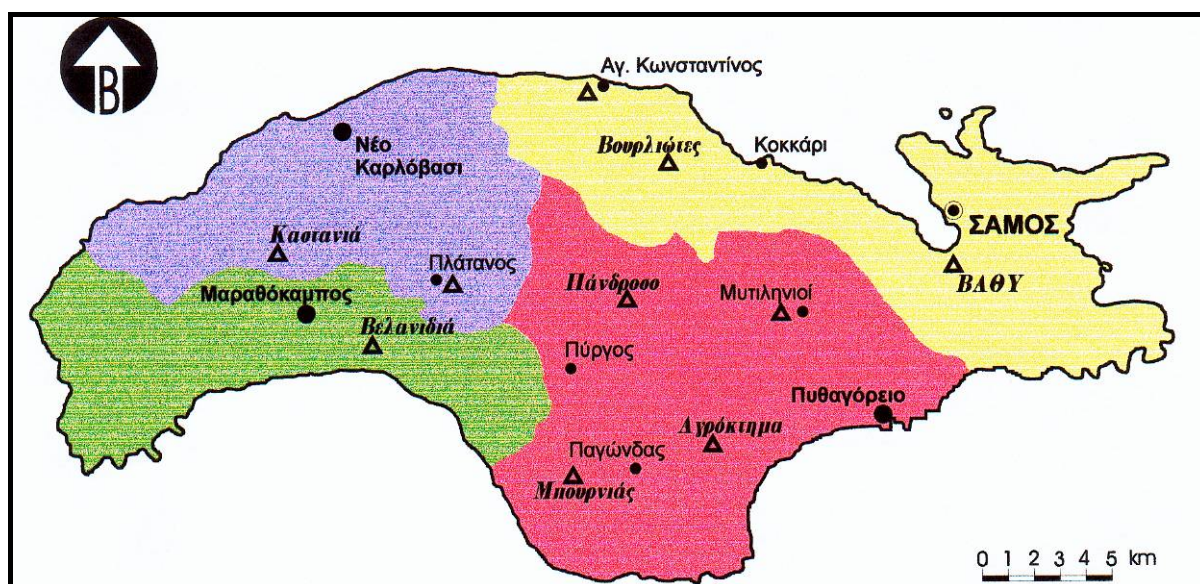
Για να γίνει δυνατή η μελέτη των πλημμυρικών φαινομένων της Σάμου και να μπορέσουμε να εφαρμόσουμε κάποιες μεθόδους υπολογισμού της πλημμυρικής παροχής των 8 κυριότερων χειμάρρων, είναι απαραίτητη η γνώση των υδρολογικών της στοιχείων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήσαμε τις μέγιστες τιμές των βροχοπτώσεων που καταγράφηκαν στο μοναδικό έως το 2000 Υδρομετεωρολογικό σταθμό του Αεροδρομίου της Σάμου. Αυτά τα στοιχεία είναι καταγραφές των βροχοπτώσεων για τα έτη 1950 - 1997 (Βαβλιάκης κ.α.,2002).

Το έτος 2000, ύστερα από ενέργειες του τότε Υπουργού Γεωργίας και της Δ/σης Γεωργίας Σάμου, εγκαταστάθηκε και λειτουργεί αυτοματοποιημένο τηλεμετρικό δίκτυο 10 Υδρομετεωρολογικών Σταθμών σε διάφορες περιοχές και υψομετρικές θέσεις της Σάμου (Βαθύ, Βουρλιώτες, Πλάτανος, Βελανιδιά, Πάνδροσο, Μπουρνιάς, Μυτιληνιοί, Καστανιά, Αγ. Κωνσταντίνος και Αγρόκτημα Μύλων). Το δίκτυο αυτό είναι ηλεκτρονικό και οι περιφερειακοί σταθμοί στέλνουν τα στοιχεία που καταγράφουν στον κεντρικό υπολογιστή της Δ/σης Γεωργίας Σάμου, έτσι ώστε να υπάρχει άμεση ενημέρωση των αρμόδιων Υπηρεσιών και Φορέων για κάθε είδος ατμοσφαιρικό φαινόμενο που συμβαίνει στο νησί. Το σύστημα αυτό δίνει τη δυνατότητα για άμεση λήψη αποφάσεων σε περιπτώσεις φυσικών καταστροφών, όπως π.χ. πλημμύρες. Συγκεκριμένα, η κατανομή των σταθμών ανά Δήμο, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.1, είναι η εξής (Βαβλιάκης κ.α.,2002):

Πίνακας 5.1 Η κατανομή των σταθμών ανά Δήμο (από Βαβλιάκης κ.α., 2002):

Δήμος Σάμου	Δήμος Καρλοβασίων	Δήμος Μαραθόκαμπου	Δήμος Πυθαγορείου
Σταθμός Βαθύ Σταθμός Βουρλιώτες Σταθμός Αγ. Κωνσταντίνος	Σταθμός Πλάτανος Σταθμός Καστανιά	Σταθμός Βελανιδιά	Σταθμός Πάνδροσο Σταθμός Μυτιληνιοί Σταθμός Αγρόκτημα Σταθμός Μπουρνιάς

Στο Σχήμα 5.1, δίνονται οι θέσεις των σταθμών του δικτύου αυτού ενώ στον Πίνακα 5.2, τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά τους, δηλαδή οι συντεταγμένες τους στο Εθνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΕΓΣΑ) 1987 και το απόλυτο υψόμετρό τους. Οι συντεταγμένες στο ΕΓΣΑ '87 προτιμούνται αντί των γεωγραφικών συντεταγμένων φ και λ, γιατί έχουν προσδιοριστεί με τοπογραφικές μεθόδους και δίνουν τη θέση των σταθμών με μεγάλη ακρίβεια.



Σχήμα 5.1 Οι θέσεις των 10 σταθμών στη Νήσο Σάμο και η κατανομή τους ανά Δήμο

Το δίκτυο σταθμών μπορεί να δημιουργήσει μία πολύ καλή τράπεζα δεδομένων σε ότι αφορά μετεωρολογικά, κλιματικά και υδρολογικά δεδομένα. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα εξαγωγής πολύτιμων συμπερασμάτων σχετικά με τη γεωγραφική κατανομή των φυσικών φαινομένων σε όλη την επικράτεια της Σάμου, αφού οι σταθμοί αυτοί είναι εγκατεστημένοι σε διάφορες θέσεις και υψόμετρα του νησιού (Πίνακας 5.2). Τα λίγα χρόνια της λειτουργίας τους όμως δεν επιτρέπουν την εξαγωγή αξιόπιστων μέσων μηνιαίων και ετησίων τιμών. Η χρονοσειρά, η οποία απαιτείται για την εφαρμογή των στατιστικών μεθόδων, ώστε να υπάρχει μια πρώτη εμπεριστατωμένη εικόνα για τη διακύμανση των υδρομετεωρολογικών φαινομένων στο νησί, θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 15 ετών (Ψιλοβίκος Άρης κ.α., 2004).

Πίνακας 5.2 Τοπογραφικά χαρακτηριστικά των σταθμών

ΣΤΑΘΜΟΙ	Τοπογραφικά Χαρακτηριστικά		
	Χ	Υ	Υψόμετρα
Αγρόκτημα	753500	4173860	20
Αγ. Κωνσταντίνος	748702	4187902	20
Βουρλιώτες	762733	4181563	100
Βελανιδιά	737630	4178821	100
Μυτιληνιοί	756520	4179571	160
Βουρλιώτες	751262	4186075	360
Καστανιά	736858	4181787	360
Πλάτανος	742229	4180409	540
Πάνδροσο	749362	4179836	650
Μπουρνιάς	747224	4174147	750

Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα του υδρομετεωρολογικού σταθμού του αεροδρομίου Σάμου, τα οποία συνιστούν αξιόπιστη χρονοσειρά 48ετίας, με την προσθήκη της μέγιστης βροχόπτωσης, που καταγράφηκε από το νέο τηλεμετρικό δίκτυο των σταθμών το Νοέμβριο 2001.

Οι μέγιστες τιμές λοιπόν των βροχοπτώσεων σύμφωνα με την χρονική τους ακολουθία, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 5.3:

Πίνακας 5.3: Μέγιστες τιμές βροχοπτώσεων

α/α	Έτος	H - Max (mm)
1	2001*	505,4
2	1997	53,4
3	1996	78,1
4	1995	109,5
5	1994	67,3
6	1993	70,8
7	1992	41,3
8	1991	60,4
9	1990	66,1
10	1989	113
11	1988	79,4
12	1987	41,9
13	1986	44,8
14	1985	45
15	1984	44,1
16	1983	85,2
17	1982	65,9
18	1981	90,6
19	1980	37,7
20	1979	57,1
21	1978	194,6
22	1977	145,5
23	1976	62,3
24	1975	89,9
25	1974	76,7
26	1973	57,4
27	1972	36,6
28	1971	72,5
29	1970	56,4

30	1969	67,3
31	1968	63,7
32	1967	77,6
33	1966	48,5
34	1965	85,2
35	1964	44,2
36	1963	88
37	1962	104
38	1961	63
39	1960	165,6
40	1959	94
41	1958	77,3
42	1957	110,6
43	1956	66
44	1955	190
45	1954	84,1
46	1953	102,7
47	1952	55,1
48	1951	110
49	1950	66,4
Μέσος όρος		88,0
Τυπική απόκλιση (standard deviation)		70,4

*η τιμή είναι η μέγιστη για το έτος 2001 από τον σταθμό Πάνδροσο, στο Δήμο Πυθαγορείου, όπως προέκυψε από την σφοδρή καταιγίδα 28-29/11/2001

5.2.2. Η καταγραφή της σφοδρής βροχόπτωσης της 18-19/11/2001 (μετρήσεις πλημμυρικών απορροών)

Κατά την διάρκεια της βροχόπτωσης της 28-29/11/2001, μετρήθηκαν οι παροχές αιχμής στην ύπαιθρο από μέλη Ερευνητικής Ομάδας (Βαβλιάκης κ.α., 2002) που εκείνες τις μέρες βρισκόταν στην Σάμο σε θέσεις όπου αυτό ήταν δυνατό λόγω της σφοδρότητας του φαινομένου. Σε άλλες θέσεις εκτιμήθηκαν με βάση την άνοδο της στάθμης των χειμάρρων (ίχνος πλημμύρας) και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των διατομών ελέγχου. Οι παραπάνω μετρήσεις της παροχής σε συνδυασμό με τις μετρήσεις του ύψους των κατακρημνισμάτων που καταγράφηκαν κατά την

συγκεκριμένη βροχόπτωση, μπορούν να δώσουν πολύτιμα στοιχεία σχετικά με την περίοδο επαναφοράς του πλημμυρικού αυτού φαινομένου, έτσι ώστε να ληφθούν αυτά υπόψη σε μελλοντικές μελέτες και έργα, ώστε να αποφευχθούν αυτού του είδους τα φαινόμενα.

Οι μετρήσεις και οι εκτιμήσεις των παροχών κατά τη διάρκεια αιχμής των πλημμυρικών φαινομένων, δίνονται στον παρακάτω πίνακα 5.4:

Πίνακας 5.4 Μετρημένες τιμές παροχών στους 8 κυριότερους χειμάρρους της Σάμου

Ονομασία	Παροχή (m ³ /sec)
Ίμβρασος	190
Καλαθής	70
Μυτιληνίων	200
Μάνα	80
Κακόρεμα	100
Φουρνιώτικο	300
Μεγάλο ρέμα	150
Αμφίλυσος	50

Στο σχήμα 5.2 φαίνεται ο χάρτης με του 8 κυριότερους χειμάρρους της Σάμου.



Σχήμα 5.2: Οι 8 κυριότεροι χειμάρροι της νήσου Σάμου.

Η σφοδρή καταιγίδα της 28-29/11/2001 προκάλεσε τις πιο καταστροφικές πλημμύρες των τελευταίων χρόνων. Χαρακτηριστικό είναι ότι σε όλους τους σταθμούς ξεπεράστηκαν κατά πολύ τα 200 mm βροχόπτωσης, εκτός από το σταθμό «Αγρόκτημα» όπου πλησίασε πολύ κοντά στην τιμή αυτή και το σταθμό «Καστανιά» για τον οποίο δεν υπήρχαν καταγραφές εκείνες τις μέρες. Το ραγδαίο αυτό φαινόμενο, εμφανίστηκε στις 20:00 το βράδυ της 28/11/2001 και ολοκληρώθηκε στις 10:00 το πρωί της 29/11/2001. Διήρκεσε συνολικά 14 ώρες εμφανίζοντας διάφορες αιχμές (peak) μέσα στο δεκατετράωρο αυτό σε καθέναν από τους 10 σταθμούς.

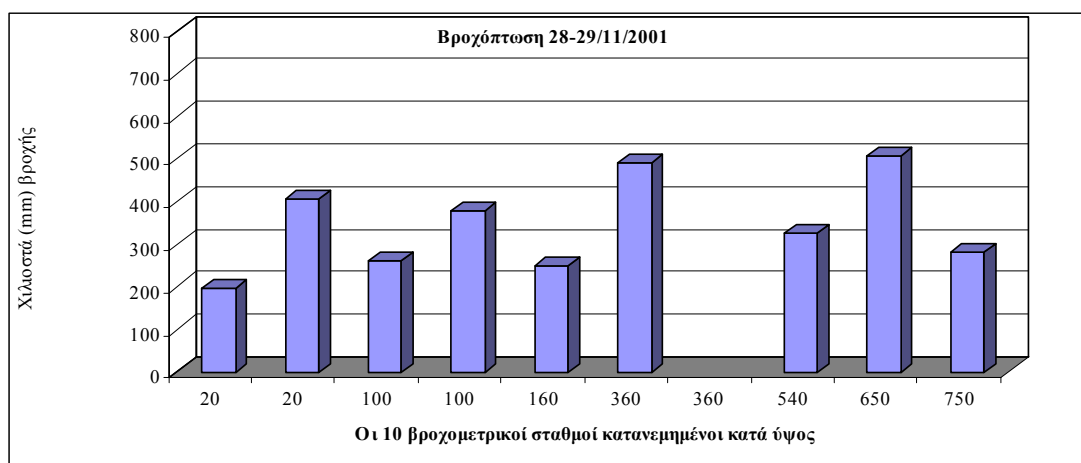
Στον Πίνακα 5.5 δίνονται τα χιλιοστά βροχής για καθέναν από τους 10 νέους υδρομετεωρολογικούς σταθμούς του τηλεμετρικού δικτύου, που έλαβαν χώρα το Νοέμβριο του 2001, καθώς επίσης και στα συνολικά χιλιοστά βροχής του μήνα αυτού.

Πίνακας 5.5 Η σφοδρή καταιγίδα της 28-29/11/2001 όπως καταγράφηκε από το νέο δίκτυο Υδρομετεωρολογικών Σταθμών στη Σάμο

ΣΤΑΘΜΟΙ	Τοπογραφικά Χαρακτηριστικά			Ημερομηνίες και χιλιοστά (mm) βροχής	
	X	Y	Υψόμετρα	28-29/11	Σύνολο Νοεμβρίου 2001
Αγρόκτημα	753500	4173860	20	196.0	834.0
Αγ. Κωνσταντίνος	748702	4187902	20	404.2	956.2
Βαθύ	762733	4181563	100	260.0	1273.4
Βελανιδιά	737630	4178821	100	378.0	869.8
Μυτιληνιοί	756520	4179571	160	248.4	919.8
Βουρλιώτες	751262	4186075	360	492.2	1318.0
Καστανιά	736858	4181787	360	-	1225.4
Πλάτανος	742229	4180409	540	325.4	584.2
Πάνδροσο	749362	4179836	650	505.4	1271.8
Μπουρνιάς	747224	4174147	750	282.8	789.0

Επίσης, κατά τη διάρκεια της μεγάλης καταιγίδας της 28-29/11/2001 σε όλους τους σταθμούς του τηλεμετρικού δικτύου παρατηρήθηκαν πολύ μεγάλα ύψη βροχής. Το φαινόμενο δηλαδή δεν ήταν τοπικού χαρακτήρα, αλλά αφορούσε όλη τη νησιωτική επικράτεια. Τα μεγαλύτερα ύψη βροχής δεν παρατηρήθηκαν στους σταθμούς με το μεγαλύτερο υψόμετρο, αλλά σ' αυτούς που είχαν βόρειο προσανατολισμό. Συγκεκριμένα οι σταθμοί Πλάτανος (584,2 mm), Μπουρνιάς (789,0 mm), Πάνδροσο (1271,8 mm), Αγρόκτημα (834,0 mm), Βελανιδιά (869,8 mm) και Μυτιληνιοί (919,8 mm) βρίσκονται στο νότιο μέρος του Νησιού. Οι τρεις πρώτοι είναι σε ορεινές περιοχές και οι τρεις επόμενοι σε πεδινές (Πίνακας 5.5). Ο μέσος όρος τους για το Νοέμβριο του 2001 είναι 878 mm βροχής. Οι σταθμοί Αγ. Κωνσταντίνος (956,2 mm), Βαθύ (1273,0 mm) και Βουρλιώτες (1318,0 mm) βρίσκονται στο βόρειο μέρος του Νησιού. Οι δύο πρώτοι είναι σε πεδινές περιοχές και ο τελευταίος σε ημιορεινή περιοχή (Πίνακας 5.5). Ο μέσος όρος τους για το μήνα Νοέμβριο του 2001 είναι 1183 mm βροχής. Δε λαμβάνεται υπόψη ο σταθμός Καστανιά, γιατί κατά τη βροχόπτωση 28-29/11/2001 δε λειτούργησε (Βαβλιάκης κ.α., 2002, Ψιλοβίκος Άρης κ.α., 2004).

Παρακάτω στο Σχήμα 5.2, παρουσιάζεται το ραβδόγραμμα της βροχόπτωσης της 28–29/11/2001 όπως καταγράφηκε στους σταθμούς του δικτύου



Σχήμα 5.3 Η βροχόπτωση της 28-29/11/2001 όπως καταγράφηκε από τους σταθμούς. Οι σταθμοί είναι κατανεμημένοι καθ' ύψος με τη σειρά του Πίνακα 5.5

5.3 Αποτελέσματα από την εφαρμογή των μεθόδων υπολογισμού των πλημμυρικών παροχών στους χειμαρρους της Σάμου.

5.3.1. Μέθοδος Fuller

Σύμφωνα με τον Fuller, η πλημμυρική απορροή δίνεται από την παρακάτω εμπειρική σχέση:

$$Q_{\max} = Q_1 \cdot (1 + \beta \log_{10} T) \cdot \left(1 + \frac{2,66}{A^{0,3}}\right) \quad (5.1)$$

Όπου

- $Q_{\max}$ Πλημμυρική απορροή σε m^3/s .
 T Η περίοδος επαναφοράς σε έτη.
 A Η οριζόντια προβολή της λεκάνης απορροής σε km^2 .
 β Συντελεστής που μπορεί να ληφθεί ίσος με 0.8 ή να προσδιοριστεί με βάση παρατηρήσεις.
 Q_1 Η μέση ημερήσια παροχή της μέγιστης πλημμύρας με περίοδο επαναφοράς ενός έτους εκφρασμένη σε m^3/s . Το Q_1 μπορεί να υπολογιστεί με βάση τον τύπο:

$$Q_1 = 1.80 \cdot A^{0.8} \quad (5.2)$$

Με εφαρμογή του τύπου και με τα γεωμετρικά στοιχεία των χειμάρρων έρευνας, υπολογίζονται οι πλημμυρικές απορροές για ορισμένες περιόδους επαναφοράς $T=2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 300, 500, 1000$ χρόνια. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 5.6:

Πίνακας 5.6 Οι εκτιμήσεις των παροχών αιχμής κατά Fuller για περιόδους επαναφοράς $T=2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 300, 500, 1000$ χρόνια.

Ονομασία	F (εμβαδόν σε km ²)	$Q_1=1,80 \cdot F^{0,8}$	T	$(1+\beta \cdot \log_{10} T)$	$1+2,66/F^{0,3}$	$Q_m (m^3/s)$
Ίμβρασος	43,54	36,845	2	1,241	1,857	84,921
Καλαθής	9,683	11,068	2	1,241	2,346	32,221
Μυτιληνίων	35,46	31,265	2	1,241	1,912	74,173
Μάνα	3,655	5,077	2	1,241	2,803	17,657
Κακόρεμα	13,83	14,721	2	1,241	2,210	40,360
Φουρνιώτικο	46,05	38,535	2	1,241	1,843	88,131
Μεγάλο ρέμα	26,02	24,407	2	1,241	2,001	60,590
Αμφίλυσος	8,787	10,241	2	1,241	2,386	30,318
Ονομασία	F (εμβαδόν σε km ²)	$Q_1=1,80 \cdot F^{0,8}$	T	$(1+\beta \cdot \log_{10} T)$	$1+2,66/F^{0,3}$	$Q_m (m^3/s)$
Ίμβρασος	43,54	36,845	5	1,559	1,857	106,708
Καλαθής	9,683	11,068	5	1,559	2,346	40,488
Μυτιληνίων	35,46	31,265	5	1,559	1,912	93,203
Μάνα	3,655	5,077	5	1,559	2,803	22,188
Κακόρεμα	13,83	14,721	5	1,559	2,210	50,715
Φουρνιώτικο	46,05	38,535	5	1,559	1,843	110,743
Μεγάλο ρέμα	26,02	24,407	5	1,559	2,001	76,136
Αμφίλυσος	8,787	10,241	5	1,559	2,386	38,097
Ονομασία	F (εμβαδόν σε km ²)	$Q_1=1,80 \cdot F^{0,8}$	T	$(1+\beta \cdot \log_{10} T)$	$1+2,66/F^{0,3}$	$Q_m (m^3/s)$
Ίμβρασος	43,54	36,845	10	1,800	1,857	123,190
Καλαθής	9,683	11,068	10	1,800	2,346	46,741
Μυτιληνίων	35,46	31,265	10	1,800	1,912	107,599
Μάνα	3,655	5,077	10	1,800	2,803	25,615
Κακόρεμα	13,83	14,721	10	1,800	2,210	58,548
Φουρνιώτικο	46,05	38,535	10	1,800	1,843	127,848
Μεγάλο ρέμα	26,02	24,407	10	1,800	2,001	87,895
Αμφίλυσος	8,787	10,241	10	1,800	2,386	43,981
Ονομασία	F (εμβαδόν σε km ²)	$Q_1=1,80 \cdot F^{0,8}$	T	$(1+\beta \cdot \log_{10} T)$	$1+2,66/F^{0,3}$	$Q_m (m^3/s)$
Ίμβρασος	43,54	36,845	25	2,118	1,857	144,978
Καλαθής	9,683	11,068	25	2,118	2,346	55,008
Μυτιληνίων	35,46	31,265	25	2,118	1,912	126,629
Μάνα	3,655	5,077	25	2,118	2,803	30,145
Κακόρεμα	13,83	14,721	25	2,118	2,210	68,903
Φουρνιώτικο	46,05	38,535	25	2,118	1,843	150,459
Μεγάλο ρέμα	26,02	24,407	25	2,118	2,001	103,441
Αμφίλυσος	8,787	10,241	25	2,118	2,386	51,760
Ονομασία	F (εμβαδόν σε km ²)	$Q_1=1,80 \cdot F^{0,8}$	T	$(1+\beta \cdot \log_{10} T)$	$1+2,66/F^{0,3}$	$Q_m (m^3/s)$
Ίμβρασος	43,54	36,845	50	2,359	1,857	161,460
Καλαθής	9,683	11,068	50	2,359	2,346	61,262
Μυτιληνίων	35,46	31,265	50	2,359	1,912	141,025
Μάνα	3,655	5,077	50	2,359	2,803	33,572
Κακόρεμα	13,83	14,721	50	2,359	2,210	76,736
Φουρνιώτικο	46,05	38,535	50	2,359	1,843	167,564
Μεγάλο ρέμα	26,02	24,407	50	2,359	2,001	115,200
Αμφίλυσος	8,787	10,241	50	2,359	2,386	57,644

Ονομασία	F (εμβαδόν σε km ²)	$Q_1=1,80 \cdot F^{0,8}$	T	$(1+\beta \cdot \log_{10} T)$	$1+2,66/F^{0,3}$	$Q_m (m^3/s)$
Ίμβρασος	43,54	36,845	100	2,600	1,857	177,941
Καλαθής	9,683	11,068	100	2,600	2,346	67,515
Μυτιληνίων	35,46	31,265	100	2,600	1,912	155,420
Μάνα	3,655	5,077	100	2,600	2,803	36,999
Κακόρεμα	13,83	14,721	100	2,600	2,210	84,569
Φουρνιώτικο	46,05	38,535	100	2,600	1,843	184,669
Μεγάλο ρέμα	26,02	24,407	100	2,600	2,001	126,960
Αμφίλυσος	8,787	10,241	100	2,600	2,386	63,529
Ονομασία	F (εμβαδόν σε km ²)	$Q_1=1,80 \cdot F^{0,8}$	T	$(1+\beta \cdot \log_{10} T)$	$1+2,66/F^{0,3}$	$Q_m (m^3/s)$
Ίμβρασος	43,54	36,845	200	2,841	1,857	194,423
Καλαθής	9,683	11,068	200	2,841	2,346	73,769
Μυτιληνίων	35,46	31,265	200	2,841	1,912	169,816
Μάνα	3,655	5,077	200	2,841	2,803	40,426
Κακόρεμα	13,83	14,721	200	2,841	2,210	92,403
Φουρνιώτικο	46,05	38,535	200	2,841	1,843	201,774
Μεγάλο ρέμα	26,02	24,407	200	2,841	2,001	138,719
Αμφίλυσος	8,787	10,241	200	2,841	2,386	69,413
Ονομασία	F (εμβαδόν σε km ²)	$Q_1=1,80 \cdot F^{0,8}$	T	$(1+\beta \cdot \log_{10} T)$	$1+2,66/F^{0,3}$	$Q_m (m^3/s)$
Ίμβρασος	43,54	36,845	300	2,982	1,857	204,064
Καλαθής	9,683	11,068	300	2,982	2,346	77,427
Μυτιληνίων	35,46	31,265	300	2,982	1,912	178,237
Μάνα	3,655	5,077	300	2,982	2,803	42,431
Κακόρεμα	13,83	14,721	300	2,982	2,210	96,985
Φουρνιώτικο	46,05	38,535	300	2,982	1,843	211,780
Μεγάλο ρέμα	26,02	24,407	300	2,982	2,001	145,598
Αμφίλυσος	8,787	10,241	300	2,982	2,386	72,855
Ονομασία	F (εμβαδόν σε km ²)	$Q_1=1,80 \cdot F^{0,8}$	T	$(1+\beta \cdot \log_{10} T)$	$1+2,66/F^{0,3}$	$Q_m (m^3/s)$
Ίμβρασος	43,54	36,845	500	3,159	1,857	216,211
Καλαθής	9,683	11,068	500	3,159	2,346	82,035
Μυτιληνίων	35,46	31,265	500	3,159	1,912	188,846
Μάνα	3,655	5,077	500	3,159	2,803	44,956
Κακόρεμα	13,83	14,721	500	3,159	2,210	102,758
Φουρνιώτικο	46,05	38,535	500	3,159	1,843	224,385
Μεγάλο ρέμα	26,02	24,407	500	3,159	2,001	154,265
Αμφίλυσος	8,787	10,241	500	3,159	2,386	77,192
Ονομασία	F (εμβαδόν σε km ²)	$Q_1=1,80 \cdot F^{0,8}$	T	$(1+\beta \cdot \log_{10} T)$	$1+2,66/F^{0,3}$	$Q_m (m^3/s)$
Ίμβρασος	43,54	36,845	1000	3,400	1,857	232,692
Καλαθής	9,683	11,068	1000	3,400	2,346	88,289
Μυτιληνίων	35,46	31,265	1000	3,400	1,912	203,242
Μάνα	3,655	5,077	1000	3,400	2,803	48,383
Κακόρεμα	13,83	14,721	1000	3,400	2,210	110,591
Φουρνιώτικο	46,05	38,535	1000	3,400	1,843	241,490
Μεγάλο ρέμα	26,02	24,407	1000	3,400	2,001	166,024
Αμφίλυσος	8,787	10,241	1000	3,400	2,386	83,076

5.3.2. Ορθολογική μέθοδος

Ο υπολογισμός του χρόνου συρροής έγινε με τις τρεις αυτές μεθόδους ξεχωριστά για κάθε έναν από τους οχτώ χειμάρρους της Νήσου Σάμου. Έτσι έχουμε:

Α) Υπολογισμός του χρόνου συρροής κατά Kirpich

Η σχέση Kirpich είναι η ακόλουθη:

$$t_c = 4 \cdot K^{0.77} \quad (5.3) \quad \text{όπου } K = \frac{L}{\sqrt{J}} \text{ και } J = \frac{H-h}{L}$$

Όπου:

t_c: Ο χρόνος συρροής ή χρόνος συγκέντρωσης εκφρασμένος σε min.

L: Το μέγιστο μήκος διαδρομής της φυσικής κοίτης σε km.

h: Το υψόμετρο πυθμένα της φυσικής κοίτης του υδατορεύματος στη διατομή ελέγχου σε m.

H: Το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης απορροής σε m.

K, J : Δίνονται παραπάνω.

Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του τύπου φαίνονται στον παρακάτω

Πίνακα 5.7:

Πίνακας 5.7 Υπολογισμός του χρόνου συρροής κατά Kirpich

Ονομασία	L (km)	h (m)	H (m)	J	K	t _c (min)	t _c (hr)
Ίμβρασος	14,5	0	1140	0,078621	51,71298	83,47024	1,391171
Καλαθής	8,036	0	502	0,062469	32,152	57,89088	0,964848
Μυτιληνίων	16,14	0	1143	0,070818	60,65019	94,37148	1,572858
Μάνα	3,655	0	810	0,221614	7,764054	19,38332	0,323055
Κακόρεμα	6,476	0	1083	0,167233	15,83602	33,55733	0,559289
Φουρνιώτικο	13,94	0	1103	0,079125	49,55716	80,77778	1,346296
Μεγάλο ρέμα	10,25	0	860	0,083902	35,38642	62,32527	1,038754
Αμφίλυσος	6	381	1142	0,126833	16,84746	35,19586	0,586598

Β) Υπολογισμός του χρόνου συρροής κατά Giandotti

Ο χρόνος συρροής των υδάτων, μέχρι την εξεταζόμενη διατομή του ρεύματος, υπολογίζεται με βάση τον τύπο του Giandotti, που δίνεται από τη σχέση:

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{F} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{H - h}} \quad (5.4)$$

Όπου:

t_c: Ο χρόνος συρροής ή χρόνος συγκέντρωσης εκφρασμένος σε hr.

F: Η οριζόντια προβολή της λεκάνης απορροής σε km².

L: Το μήκος διαδρομής της φυσικής κοίτης σε km.

h: Το υψόμετρο πυθμένα της φυσικής κοίτης του υδατορρεύματος στη διατομή ελέγχου σε m.

H: Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής σε m.

Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του τύπου φαίνονται στον παρακάτω

Πίνακα 5.8:

Πίνακας 5.8 Υπολογισμός του χρόνου συρροής κατά Giandotti

Ονομασία	F (km ²)	L (km)	h (m)	H (m)	t _c (min)	t _c (hr)
Ίμβρασος	43,54	14,5	0	570	151,240	2,52
Καλαθής	9,683	8,036	0	117	169,884	2,83
Μυτιληνιών	35,46	16,14	0	262	222,545	3,71
Μάνα	5,382	3,655	0	354	58,845	0,98
Κακόρεμα	13,83	6,476	0	534	79,807	1,33
Φουρνιώτικο	46,05	13,94	0	520	158,048	2,63
Μεγάλο ρέμα	26,02	10,25	0	242	172,497	2,87
Αμφίλυσος	8,787	6	381	762	80,141	1,34

Γ) Υπολογισμός του χρόνου συρροής κατά SCS

Ο τύπος είναι ο παρακάτω:

$$t_c = \frac{L^{1.15}}{7700 \cdot H^{0.38}} \quad (5.5)$$

Όπου:

t_c: Ο χρόνος συρροής ή χρόνος συγκέντρωσης εκφρασμένος σε hr.

L: Το μήκος διαδρομής της φυσικής κοίτης σε ft.

DH: Η υψομετρική διαφορά ανάμεσα στο πλέον απομακρυσμένο σημείο και στην έξοδο της λεκάνης σε m.

h: Το υψόμετρο στο σημείο εξόδου της λεκάνης σε m.

H: Το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης απορροής σε m.

Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του τύπου φαίνονται στον παρακάτω

Πίνακα 5.9:

Πίνακας 5.9 Υπολογισμός του χρόνου συρροής κατά S.C.S

Ονομασία	L (km)	h (m)	H (m)	t _c (min)	t _c (hr)
Ίμβρασος	14,5	0	1140	81,815	1,36
Καλαθής	8,036	0	502	56,678	0,94
Μυτιληνιών	16,14	0	1143	92,452	1,54
Μάνα	3,655	0	810	19,098	0,32
Κακόρεμα	6,476	0	1083	33,016	0,55
Φουρνιώτικο	13,94	0	1103	79,178	1,32
Μεγάλο ρέμα	10,25	0	860	61,109	1,02
Αμφίλυσος	8,787	6	381	1142	0,58

5.3.2.1. Κατανομή βροχόπτωσης μέσα στο 24ωρο

Από το Μ.Σ του αεροδρομίου της Νήσου Σάμου πήραμε τα μέγιστα ύψη βροχοπτώσεων για τα έτη 1950-1997 και 2001, όπως φαίνονται στον Πίνακα 5.11. Σύμφωνα με αυτά, υπολογίστηκε η κατανομή της βροχόπτωσης για 1,2,3,6,12,18,24 ώρες σύμφωνα με τα ποσοστά κατανομής 24ώρου από τη U.S.B.R (1960) (Πίνακας 5.10). Αυτή η διαδικασία ακολουθήθηκε γιατί δεν υπήρχε βροχογράφος στο Μ.Σ. Αεροδρομίου Σάμου, ο οποίος θα έδινε απευθείας τα ύψη βροχής ανά 5',10',15',20',30',1^h,2^h,3^h,6^h,12^h,18^h,24^h, γεγονός που μας αναγκάζει να κάνουμε ταξινόμηση τα ύψη βροχής του 24^h σύμφωνα με την U.S.B.R (1960) (Πίνακας 5.10). Έτσι έχουμε την παρακάτω κατανομή (Πίνακας 5.11):

Πίνακας 5.10 Ποσοστά κατανομής 24ώρου σύμφωνα με την U.S.B.R.

Ωρες	Ποσοστά βροχόπτωσης 24ώρου
1 ώρα	34 % της βροχόπτωσης
2 ώρες	43 % της βροχόπτωσης
3 ώρες	49 % της βροχόπτωσης
6 ώρες	61 % της βροχόπτωσης
12 ώρες	79 % της βροχόπτωσης
18 ώρες	92 % της βροχόπτωσης
24 ώρες	100 % της βροχόπτωσης

Πίνακας 5.11 Μέγιστα ύψη βροχοπτώσεων διάρκειας 24ώρου για τα έτη 1950-1997 με βάση τα ποσοστά κατανομής U.S.B.R.

Έτος	Max (mm)	1 ώρα	2 ώρες	3 ώρες	6 ώρες	12 ώρες	18 ώρες	24 ώρες
2001	505,4	171,84	217,32	247,65	308,29	399,27	464,97	505,40
1978	194,6	66,16	83,68	95,35	118,71	153,73	179,03	194,60
1955	190	64,60	81,70	93,10	115,90	150,10	174,80	190,00
1960	165,6	56,30	71,21	81,14	101,02	130,82	152,35	165,60
1977	145,5	49,47	62,57	71,30	88,76	114,95	133,86	145,50
1989	113	38,42	48,59	55,37	68,93	89,27	103,96	113,00
1957	110,6	37,60	47,56	54,19	67,47	87,37	101,75	110,60
1951	110	37,40	47,30	53,90	67,10	86,90	101,20	110,00
1995	109,5	37,23	47,09	53,66	66,80	86,51	100,74	109,50
1962	104	35,36	44,72	50,96	63,44	82,16	95,68	104,00
1953	102,7	34,92	44,16	50,32	62,65	81,13	94,48	102,70
1959	94	31,96	40,42	46,06	57,34	74,26	86,48	94,00
1981	90,6	30,80	38,96	44,39	55,27	71,57	83,35	90,60
1975	89,9	30,57	38,66	44,05	54,84	71,02	82,71	89,90
1963	88	29,92	37,84	43,12	53,68	69,52	80,96	88,00
1965	85,2	28,97	36,64	41,75	51,97	67,31	78,38	85,20
1983	85,2	28,97	36,64	41,75	51,97	67,31	78,38	85,20
1954	84,1	28,59	36,16	41,21	51,30	66,44	77,37	84,10
1988	79,4	27,00	34,14	38,91	48,43	62,73	73,05	79,40
1996	78,1	26,55	33,58	38,27	47,64	61,70	71,85	78,10
1967	77,6	26,38	33,37	38,02	47,34	61,30	71,39	77,60
1958	77,3	26,28	33,24	37,88	47,15	61,07	71,12	77,30
1974	76,7	26,08	32,98	37,58	46,79	60,59	70,56	76,70
1971	72,5	24,65	31,18	35,53	44,23	57,28	66,70	72,50
1993	70,8	24,07	30,44	34,69	43,19	55,93	65,14	70,80
1969	67,3	22,88	28,94	32,98	41,05	53,17	61,92	67,30
1994	67,3	22,88	28,94	32,98	41,05	53,17	61,92	67,30
1950	66,4	22,58	28,55	32,54	40,50	52,46	61,09	66,40
1990	66,1	22,47	28,42	32,39	40,32	52,22	60,81	66,10
1956	66	22,44	28,38	32,34	40,26	52,14	60,72	66,00
1982	65,9	22,41	28,34	32,29	40,20	52,06	60,63	65,90
1968	63,7	21,66	27,39	31,21	38,86	50,32	58,60	63,70
1961	63	21,42	27,09	30,87	38,43	49,77	57,96	63,00
1976	62,3	21,18	26,79	30,53	38,00	49,22	57,32	62,30
1991	60,4	20,54	25,97	29,60	36,84	47,72	55,57	60,40
1973	57,4	19,52	24,68	28,13	35,01	45,35	52,81	57,40
1979	57,1	19,41	24,55	27,98	34,83	45,11	52,53	57,10
1970	56,4	19,18	24,25	27,64	34,40	44,56	51,89	56,40
1952	55,1	18,73	23,69	27,00	33,61	43,53	50,69	55,10
1997	53,4	18,16	22,96	26,17	32,57	42,19	49,13	53,40
1966	48,5	16,49	20,86	23,77	29,59	38,32	44,62	48,50
1985	45	15,30	19,35	22,05	27,45	35,55	41,40	45,00
1986	44,8	15,23	19,26	21,95	27,33	35,39	41,22	44,80
1964	44,2	15,03	19,01	21,66	26,96	34,92	40,66	44,20
1984	44,1	14,99	18,96	21,61	26,90	34,84	40,57	44,10
1987	41,9	14,25	18,02	20,53	25,56	33,10	38,55	41,90
1992	41,3	14,04	17,76	20,24	25,19	32,63	38,00	41,30
1980	37,7	12,82	16,21	18,47	23,00	29,78	34,68	37,70
1972	36,6	12,44	15,74	17,93	22,33	28,91	33,67	36,60

5.3.2.2. Ανάλυση συχνότητας βροχομετρικών στοιχείων

Στην παρούσα εργασία, όπως αναφέρθηκε χρησιμοποιείται η μέθοδος Gumbel, που την περιγράψαμε παραπάνω.

Από τα παραπάνω στοιχεία της κατανομής του 24ώρου για κάθε ώρα που μελετάμε (1^η,2^η,3^η,6^η,12^η,18^η,24^η ώρα) κατατάσσονται κατά φθίνουσα τάξη μεγέθους τα δεδομένα σύμφωνα με το ύψος βροχόπτωσης και προκύπτει μία σειρά συχνότητας. Στην συνέχεια κατασκευάζονται 7 πίνακες, από τους οποίους υπολογίζεται ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση για τη βροχόπτωση στην συγκεκριμένη χρονική διάρκεια. Στους Πίνακες 5.12 έως 5.18 φαίνονται οι τιμές για την 1^η,2^η,3^η,6^η,12^η,18^η,24^η ώρα και στους Πίνακες 5.19 έως 5.25 η εφαρμογή της μεθόδου Gumbel.

Πίνακας 5.12 Φθίνουσα κατάταξη μέγιστων υψών βροχόπτωσης 1^{ης} ώρας (σειρά συχνότητας)

α/α	Έτος	H _{max} 24h (mm)	H - 1ώρας (mm)	T=(N+1)/m	P(H>h)=m/(N+1)	lnH
1	2001	505,4	171,84	50,00	0,02	5,147
2	1978	194,6	66,16	25,00	0,04	4,192
3	1955	190	64,60	16,67	0,06	4,168
4	1960	165,6	56,30	12,50	0,08	4,031
5	1977	145,5	49,47	10,00	0,1	3,901
6	1989	113	38,42	8,33	0,12	3,649
7	1957	110,6	37,60	7,14	0,14	3,627
8	1951	110	37,40	6,25	0,16	3,622
9	1995	109,5	37,23	5,56	0,18	3,617
10	1962	104	35,36	5,00	0,2	3,566
11	1953	102,7	34,92	4,55	0,22	3,553
12	1959	94	31,96	4,17	0,24	3,464
13	1981	90,6	30,80	3,85	0,26	3,428
14	1975	89,9	30,57	3,57	0,28	3,420
15	1963	88	29,92	3,33	0,3	3,399
16	1965	85,2	28,97	3,13	0,32	3,366
17	1983	85,2	28,97	2,94	0,34	3,366
18	1954	84,1	28,59	2,78	0,36	3,353
19	1988	79,4	27,00	2,63	0,38	3,296
20	1996	78,1	26,55	2,50	0,4	3,279
21	1967	77,6	26,38	2,38	0,42	3,273
22	1958	77,3	26,28	2,27	0,44	3,269
23	1974	76,7	26,08	2,17	0,46	3,261
24	1971	72,5	24,65	2,08	0,48	3,205
25	1993	70,8	24,07	2,00	0,5	3,181
26	1969	67,3	22,88	1,92	0,52	3,130
27	1994	67,3	22,88	1,85	0,54	3,130
28	1950	66,4	22,58	1,79	0,56	3,117
29	1990	66,1	22,47	1,72	0,58	3,112
30	1956	66	22,44	1,67	0,6	3,111
31	1982	65,9	22,41	1,61	0,62	3,109
32	1968	63,7	21,66	1,56	0,64	3,075
33	1961	63	21,42	1,52	0,66	3,064
34	1976	62,3	21,18	1,47	0,68	3,053
35	1991	60,4	20,54	1,43	0,7	3,022
36	1973	57,4	19,52	1,39	0,72	2,971
37	1979	57,1	19,41	1,35	0,74	2,966
38	1970	56,4	19,18	1,32	0,76	2,954
39	1952	55,1	18,73	1,28	0,78	2,930
40	1997	53,4	18,16	1,25	0,8	2,899
41	1966	48,5	16,49	1,22	0,82	2,803
42	1985	45	15,30	1,19	0,84	2,728
43	1986	44,8	15,23	1,16	0,86	2,723
44	1964	44,2	15,03	1,14	0,88	2,710
45	1984	44,1	14,99	1,11	0,9	2,708
46	1987	41,9	14,25	1,09	0,92	2,656
47	1992	41,3	14,04	1,06	0,94	2,642
48	1980	37,7	12,82	1,04	0,96	2,551
49	1972	36,6	12,44	1,02	0,98	2,521
Μέσος όρος			29,92			
Τυπική απόκλιση			23,95			

Πίνακας 5.13 Φθίνουσα κατάταξη μέγιστων υψών βροχόπτωσης 2^{ης} ώρας (σειρά συχνότητας)

α/α	Έτος	H _{max} 24h (mm)	H – 2 ^{ης} ώρας (mm)	T=(N+1)/m	P(H>h)=m/(N+1)	lnH
1	2001	505,4	217,32	50,00	0,02	5,381
2	1978	194,6	83,68	25,00	0,04	4,427
3	1955	190	81,70	16,67	0,06	4,403
4	1960	165,6	71,21	12,50	0,08	4,266
5	1977	145,5	62,57	10,00	0,1	4,136
6	1989	113	48,59	8,33	0,12	3,883
7	1957	110,6	47,56	7,14	0,14	3,862
8	1951	110	47,30	6,25	0,16	3,857
9	1995	109,5	47,09	5,56	0,18	3,852
10	1962	104	44,72	5,00	0,2	3,800
11	1953	102,7	44,16	4,55	0,22	3,788
12	1959	94	40,42	4,17	0,24	3,699
13	1981	90,6	38,96	3,85	0,26	3,662
14	1975	89,9	38,66	3,57	0,28	3,655
15	1963	88	37,84	3,33	0,3	3,633
16	1965	85,2	36,64	3,13	0,32	3,601
17	1983	85,2	36,64	2,94	0,34	3,601
18	1954	84,1	36,16	2,78	0,36	3,588
19	1988	79,4	34,14	2,63	0,38	3,531
20	1996	78,1	33,58	2,50	0,4	3,514
21	1967	77,6	33,37	2,38	0,42	3,508
22	1958	77,3	33,24	2,27	0,44	3,504
23	1974	76,7	32,98	2,17	0,46	3,496
24	1971	72,5	31,18	2,08	0,48	3,440
25	1993	70,8	30,44	2,00	0,5	3,416
26	1969	67,3	28,94	1,92	0,52	3,365
27	1994	67,3	28,94	1,85	0,54	3,365
28	1950	66,4	28,55	1,79	0,56	3,352
29	1990	66,1	28,42	1,72	0,58	3,347
30	1956	66	28,38	1,67	0,6	3,346
31	1982	65,9	28,34	1,61	0,62	3,344
32	1968	63,7	27,39	1,56	0,64	3,310
33	1961	63	27,09	1,52	0,66	3,299
34	1976	62,3	26,79	1,47	0,68	3,288
35	1991	60,4	25,97	1,43	0,7	3,257
36	1973	57,4	24,68	1,39	0,72	3,206
37	1979	57,1	24,55	1,35	0,74	3,201
38	1970	56,4	24,25	1,32	0,76	3,188
39	1952	55,1	23,69	1,28	0,78	3,165
40	1997	53,4	22,96	1,25	0,8	3,134
41	1966	48,5	20,86	1,22	0,82	3,038
42	1985	45	19,35	1,19	0,84	2,963
43	1986	44,8	19,26	1,16	0,86	2,958
44	1964	44,2	19,01	1,14	0,88	2,945
45	1984	44,1	18,96	1,11	0,9	2,942
46	1987	41,9	18,02	1,09	0,92	2,891
47	1992	41,3	17,76	1,06	0,94	2,877
48	1980	37,7	16,21	1,04	0,96	2,786
49	1972	36,6	15,74	1,02	0,98	2,756
Μέσος όρος			37,84			
Τυπική απόκλιση			30,29			

Πίνακας 5.14 Φθίνουσα κατάταξη μέγιστων υψών βροχόπτωσης 3^{ης} ώρας (σειρά συχνότητας)

α/α	Έτος	H _{max} 24h (mm)	H – 3 ^{ης} ώρας (mm)	T=(N+1)/m	P(H>h)=m/(N+1)	lnH
1	2001	505,4	247,65	50,00	0,02	5,512
2	1978	194,6	95,35	25,00	0,04	4,558
3	1955	190	93,10	16,67	0,06	4,534
4	1960	165,6	81,14	12,50	0,08	4,396
5	1977	145,5	71,30	10,00	0,1	4,267
6	1989	113	55,37	8,33	0,12	4,014
7	1957	110,6	54,19	7,14	0,14	3,993
8	1951	110	53,90	6,25	0,16	3,987
9	1995	109,5	53,66	5,56	0,18	3,983
10	1962	104	50,96	5,00	0,2	3,931
11	1953	102,7	50,32	4,55	0,22	3,918
12	1959	94	46,06	4,17	0,24	3,830
13	1981	90,6	44,39	3,85	0,26	3,793
14	1975	89,9	44,05	3,57	0,28	3,785
15	1963	88	43,12	3,33	0,3	3,764
16	1965	85,2	41,75	3,13	0,32	3,732
17	1983	85,2	41,75	2,94	0,34	3,732
18	1954	84,1	41,21	2,78	0,36	3,719
19	1988	79,4	38,91	2,63	0,38	3,661
20	1996	78,1	38,27	2,50	0,4	3,645
21	1967	77,6	38,02	2,38	0,42	3,638
22	1958	77,3	37,88	2,27	0,44	3,634
23	1974	76,7	37,58	2,17	0,46	3,627
24	1971	72,5	35,53	2,08	0,48	3,570
25	1993	70,8	34,69	2,00	0,5	3,547
26	1969	67,3	32,98	1,92	0,52	3,496
27	1994	67,3	32,98	1,85	0,54	3,496
28	1950	66,4	32,54	1,79	0,56	3,482
29	1990	66,1	32,39	1,72	0,58	3,478
30	1956	66	32,34	1,67	0,6	3,476
31	1982	65,9	32,29	1,61	0,62	3,475
32	1968	63,7	31,21	1,56	0,64	3,441
33	1961	63	30,87	1,52	0,66	3,430
34	1976	62,3	30,53	1,47	0,68	3,419
35	1991	60,4	29,60	1,43	0,7	3,388
36	1973	57,4	28,13	1,39	0,72	3,337
37	1979	57,1	27,98	1,35	0,74	3,331
38	1970	56,4	27,64	1,32	0,76	3,319
39	1952	55,1	27,00	1,28	0,78	3,296
40	1997	53,4	26,17	1,25	0,8	3,264
41	1966	48,5	23,77	1,22	0,82	3,168
42	1985	45	22,05	1,19	0,84	3,093
43	1986	44,8	21,95	1,16	0,86	3,089
44	1964	44,2	21,66	1,14	0,88	3,075
45	1984	44,1	21,61	1,11	0,9	3,073
46	1987	41,9	20,53	1,09	0,92	3,022
47	1992	41,3	20,24	1,06	0,94	3,008
48	1980	37,7	18,47	1,04	0,96	2,916
49	1972	36,6	17,93	1,02	0,98	2,887
		Μέσος όρος	43,12			
		Τυπική απόκλιση	34,52			

Πίνακας 5.15 Φθίνουσα κατάταξη μέγιστων υψών βροχόπτωσης 6^{ης} ώρας (σειρά συχνότητας)

α/α	Έτος	H _{max} 24h (mm)	H – 6 ^{ης} ώρας (mm)	T=(N+1)/m	P(H>h)=m/(N+1)	lnH
1	2001	505,4	308,29	50,00	0,02	5,731
2	1978	194,6	118,71	25,00	0,04	4,777
3	1955	190	115,90	16,67	0,06	4,753
4	1960	165,6	101,02	12,50	0,08	4,615
5	1977	145,5	88,76	10,00	0,1	4,486
6	1989	113	68,93	8,33	0,12	4,233
7	1957	110,6	67,47	7,14	0,14	4,212
8	1951	110	67,10	6,25	0,16	4,206
9	1995	109,5	66,80	5,56	0,18	4,202
10	1962	104	63,44	5,00	0,2	4,150
11	1953	102,7	62,65	4,55	0,22	4,138
12	1959	94	57,34	4,17	0,24	4,049
13	1981	90,6	55,27	3,85	0,26	4,012
14	1975	89,9	54,84	3,57	0,28	4,004
15	1963	88	53,68	3,33	0,3	3,983
16	1965	85,2	51,97	3,13	0,32	3,951
17	1983	85,2	51,97	2,94	0,34	3,951
18	1954	84,1	51,30	2,78	0,36	3,938
19	1988	79,4	48,43	2,63	0,38	3,880
20	1996	78,1	47,64	2,50	0,4	3,864
21	1967	77,6	47,34	2,38	0,42	3,857
22	1958	77,3	47,15	2,27	0,44	3,853
23	1974	76,7	46,79	2,17	0,46	3,846
24	1971	72,5	44,23	2,08	0,48	3,789
25	1993	70,8	43,19	2,00	0,5	3,766
26	1969	67,3	41,05	1,92	0,52	3,715
27	1994	67,3	41,05	1,85	0,54	3,715
28	1950	66,4	40,50	1,79	0,56	3,701
29	1990	66,1	40,32	1,72	0,58	3,697
30	1956	66	40,26	1,67	0,6	3,695
31	1982	65,9	40,20	1,61	0,62	3,694
32	1968	63,7	38,86	1,56	0,64	3,660
33	1961	63	38,43	1,52	0,66	3,649
34	1976	62,3	38,00	1,47	0,68	3,638
35	1991	60,4	36,84	1,43	0,7	3,607
36	1973	57,4	35,01	1,39	0,72	3,556
37	1979	57,1	34,83	1,35	0,74	3,551
38	1970	56,4	34,40	1,32	0,76	3,538
39	1952	55,1	33,61	1,28	0,78	3,515
40	1997	53,4	32,57	1,25	0,8	3,484
41	1966	48,5	29,59	1,22	0,82	3,387
42	1985	45	27,45	1,19	0,84	3,312
43	1986	44,8	27,33	1,16	0,86	3,308
44	1964	44,2	26,96	1,14	0,88	3,294
45	1984	44,1	26,90	1,11	0,9	3,292
46	1987	41,9	25,56	1,09	0,92	3,241
47	1992	41,3	25,19	1,06	0,94	3,227
48	1980	37,7	23,00	1,04	0,96	3,135
49	1972	36,6	22,33	1,02	0,98	3,106
Μέσος όρος			53,68			
Τυπική απόκλιση			42,97			

Πίνακας 5.16 Φθίνουσα κατάταξη μέγιστων υψών βροχόπτωσης 12^{ης} ώρας (σειρά συχνότητας)

α/α	Έτος	H _{max} 24h (mm)	H – 12 ^{ης} ώρας (mm)	T=(N+1)/m	P(H>h)=m/(N+1)	lnH
1	2001	505,4	399,27	50,00	0,02	5,990
2	1978	194,6	153,73	25,00	0,04	5,035
3	1955	190	150,10	16,67	0,06	5,011
4	1960	165,6	130,82	12,50	0,08	4,874
5	1977	145,5	114,95	10,00	0,1	4,744
6	1989	113	89,27	8,33	0,12	4,492
7	1957	110,6	87,37	7,14	0,14	4,470
8	1951	110	86,90	6,25	0,16	4,465
9	1995	109,5	86,51	5,56	0,18	4,460
10	1962	104	82,16	5,00	0,2	4,409
11	1953	102,7	81,13	4,55	0,22	4,396
12	1959	94	74,26	4,17	0,24	4,308
13	1981	90,6	71,57	3,85	0,26	4,271
14	1975	89,9	71,02	3,57	0,28	4,263
15	1963	88	69,52	3,33	0,3	4,242
16	1965	85,2	67,31	3,13	0,32	4,209
17	1983	85,2	67,31	2,94	0,34	4,209
18	1954	84,1	66,44	2,78	0,36	4,196
19	1988	79,4	62,73	2,63	0,38	4,139
20	1996	78,1	61,70	2,50	0,4	4,122
21	1967	77,6	61,30	2,38	0,42	4,116
22	1958	77,3	61,07	2,27	0,44	4,112
23	1974	76,7	60,59	2,17	0,46	4,104
24	1971	72,5	57,28	2,08	0,48	4,048
25	1993	70,8	55,93	2,00	0,5	4,024
26	1969	67,3	53,17	1,92	0,52	3,973
27	1994	67,3	53,17	1,85	0,54	3,973
28	1950	66,4	52,46	1,79	0,56	3,960
29	1990	66,1	52,22	1,72	0,58	3,955
30	1956	66	52,14	1,67	0,6	3,954
31	1982	65,9	52,06	1,61	0,62	3,952
32	1968	63,7	50,32	1,56	0,64	3,918
33	1961	63	49,77	1,52	0,66	3,907
34	1976	62,3	49,22	1,47	0,68	3,896
35	1991	60,4	47,72	1,43	0,7	3,865
36	1973	57,4	45,35	1,39	0,72	3,814
37	1979	57,1	45,11	1,35	0,74	3,809
38	1970	56,4	44,56	1,32	0,76	3,797
39	1952	55,1	43,53	1,28	0,78	3,773
40	1997	53,4	42,19	1,25	0,8	3,742
41	1966	48,5	38,32	1,22	0,82	3,646
42	1985	45	35,55	1,19	0,84	3,571
43	1986	44,8	35,39	1,16	0,86	3,566
44	1964	44,2	34,92	1,14	0,88	3,553
45	1984	44,1	34,84	1,11	0,9	3,551
46	1987	41,9	33,10	1,09	0,92	3,500
47	1992	41,3	32,63	1,06	0,94	3,485
48	1980	37,7	29,78	1,04	0,96	3,394
49	1972	36,6	28,91	1,02	0,98	3,364
		Μέσος όρος	69,52			
		Τυπική απόκλιση	55,65			

Πίνακας 5.17 Φθίνουσα κατάταξη μέγιστων υψών βροχόπτωσης 18^{ης} ώρας (σειρά συχνότητας)

α/α	Έτος	H _{max} 24h (mm)	H – 18 ^{ης} ώρας (mm)	T=(N+1)/m	P(H>h)=m/(N+1)	lnH
1	2001	505,4	464,97	50,00	0,02	6,142
2	1978	194,6	179,03	25,00	0,04	5,188
3	1955	190	174,80	16,67	0,06	5,164
4	1960	165,6	152,35	12,50	0,08	5,026
5	1977	145,5	133,86	10,00	0,1	4,897
6	1989	113	103,96	8,33	0,12	4,644
7	1957	110,6	101,75	7,14	0,14	4,623
8	1951	110	101,20	6,25	0,16	4,617
9	1995	109,5	100,74	5,56	0,18	4,613
10	1962	104	95,68	5,00	0,2	4,561
11	1953	102,7	94,48	4,55	0,22	4,548
12	1959	94	86,48	4,17	0,24	4,460
13	1981	90,6	83,35	3,85	0,26	4,423
14	1975	89,9	82,71	3,57	0,28	4,415
15	1963	88	80,96	3,33	0,3	4,394
16	1965	85,2	78,38	3,13	0,32	4,362
17	1983	85,2	78,38	2,94	0,34	4,362
18	1954	84,1	77,37	2,78	0,36	4,349
19	1988	79,4	73,05	2,63	0,38	4,291
20	1996	78,1	71,85	2,50	0,4	4,275
21	1967	77,6	71,39	2,38	0,42	4,268
22	1958	77,3	71,12	2,27	0,44	4,264
23	1974	76,7	70,56	2,17	0,46	4,257
24	1971	72,5	66,70	2,08	0,48	4,200
25	1993	70,8	65,14	2,00	0,5	4,176
26	1969	67,3	61,92	1,92	0,52	4,126
27	1994	67,3	61,92	1,85	0,54	4,126
28	1950	66,4	61,09	1,79	0,56	4,112
29	1990	66,1	60,81	1,72	0,58	4,108
30	1956	66	60,72	1,67	0,6	4,106
31	1982	65,9	60,63	1,61	0,62	4,105
32	1968	63,7	58,60	1,56	0,64	4,071
33	1961	63	57,96	1,52	0,66	4,060
34	1976	62,3	57,32	1,47	0,68	4,049
35	1991	60,4	55,57	1,43	0,7	4,018
36	1973	57,4	52,81	1,39	0,72	3,967
37	1979	57,1	52,53	1,35	0,74	3,961
38	1970	56,4	51,89	1,32	0,76	3,949
39	1952	55,1	50,69	1,28	0,78	3,926
40	1997	53,4	49,13	1,25	0,8	3,894
41	1966	48,5	44,62	1,22	0,82	3,798
42	1985	45	41,40	1,19	0,84	3,723
43	1986	44,8	41,22	1,16	0,86	3,719
44	1964	44,2	40,66	1,14	0,88	3,705
45	1984	44,1	40,57	1,11	0,9	3,703
46	1987	41,9	38,55	1,09	0,92	3,652
47	1992	41,3	38,00	1,06	0,94	3,637
48	1980	37,7	34,68	1,04	0,96	3,546
49	1972	36,6	33,67	1,02	0,98	3,517
		Μέσος όρος	80,96			
		Τυπική απόκλιση	64,81			

Πίνακας 5.18 Φθίνουσα κατάταξη μέγιστων υψών βροχόπτωσης 24^{ης} ώρας (σειρά συχνότητας)

α/α	Έτος	H _{max} 24h (mm)	H – 24 ^{ης} ώρας (mm)	T=(N+1)/m	P(H>h)=m/(N+1)	lnH
1	2001	505,4	505,40	50,00	0,02	6,225
2	1978	194,6	194,60	25,00	0,04	5,271
3	1955	190	190,00	16,67	0,06	5,247
4	1960	165,6	165,60	12,50	0,08	5,110
5	1977	145,5	145,50	10,00	0,1	4,980
6	1989	113	113,00	8,33	0,12	4,727
7	1957	110,6	110,60	7,14	0,14	4,706
8	1951	110	110,00	6,25	0,16	4,700
9	1995	109,5	109,50	5,56	0,18	4,696
10	1962	104	104,00	5,00	0,2	4,644
11	1953	102,7	102,70	4,55	0,22	4,632
12	1959	94	94,00	4,17	0,24	4,543
13	1981	90,6	90,60	3,85	0,26	4,506
14	1975	89,9	89,90	3,57	0,28	4,499
15	1963	88	88,00	3,33	0,3	4,477
16	1965	85,2	85,20	3,13	0,32	4,445
17	1983	85,2	85,20	2,94	0,34	4,445
18	1954	84,1	84,10	2,78	0,36	4,432
19	1988	79,4	79,40	2,63	0,38	4,374
20	1996	78,1	78,10	2,50	0,4	4,358
21	1967	77,6	77,60	2,38	0,42	4,352
22	1958	77,3	77,30	2,27	0,44	4,348
23	1974	76,7	76,70	2,17	0,46	4,340
24	1971	72,5	72,50	2,08	0,48	4,284
25	1993	70,8	70,80	2,00	0,5	4,260
26	1969	67,3	67,30	1,92	0,52	4,209
27	1994	67,3	67,30	1,85	0,54	4,209
28	1950	66,4	66,40	1,79	0,56	4,196
29	1990	66,1	66,10	1,72	0,58	4,191
30	1956	66	66,00	1,67	0,6	4,190
31	1982	65,9	65,90	1,61	0,62	4,188
32	1968	63,7	63,70	1,56	0,64	4,154
33	1961	63	63,00	1,52	0,66	4,143
34	1976	62,3	62,30	1,47	0,68	4,132
35	1991	60,4	60,40	1,43	0,7	4,101
36	1973	57,4	57,40	1,39	0,72	4,050
37	1979	57,1	57,10	1,35	0,74	4,045
38	1970	56,4	56,40	1,32	0,76	4,032
39	1952	55,1	55,10	1,28	0,78	4,009
40	1997	53,4	53,40	1,25	0,8	3,978
41	1966	48,5	48,50	1,22	0,82	3,882
42	1985	45	45,00	1,19	0,84	3,807
43	1986	44,8	44,80	1,16	0,86	3,802
44	1964	44,2	44,20	1,14	0,88	3,789
45	1984	44,1	44,10	1,11	0,9	3,786
46	1987	41,9	41,90	1,09	0,92	3,735
47	1992	41,3	41,30	1,06	0,94	3,721
48	1980	37,7	37,70	1,04	0,96	3,630
49	1972	36,6	36,60	1,02	0,98	3,600
Μέσος όρος			88,00			
Τυπική απόκλιση			70,44			

Πίνακας 5.19 Εφαρμογή της μεθόδου του Gumbel για τα ποσοστά βροχής για την 1^η ώρα.

T	F=1-1/T	b	H(mm)
2	0,5	0,3665	25,10
5	0,8	1,4999	51,03
10	0,9	2,2504	68,19
25	0,96	3,1985	89,87
50	0,98	3,9019	105,96
100	0,99	4,6001	121,93
200	0,995	5,2958	137,84
300	0,996667	5,7021	147,13
500	0,998	6,2136	158,83
1000	0,999	6,9073	174,70

Πίνακας 5.20 Εφαρμογή της μεθόδου του Gumbel για τα ποσοστά βροχής για την 2^η ώρα.

T	F=1-1/T	b	H(mm)
2	0,5	0,3665	31,75
5	0,8	1,4999	64,53
10	0,9	2,2504	86,24
25	0,96	3,1985	113,66
50	0,98	3,9019	134,01
100	0,99	4,6001	154,21
200	0,995	5,2958	174,33
300	0,996667	5,7021	186,08
500	0,998	6,2136	200,88
1000	0,999	6,9073	220,94

Πίνακας 5.21 Εφαρμογή της μεθόδου του Gumbel για τα ποσοστά βροχής για την 3^η ώρα.

T	F=1-1/T	b	H(mm)
2	0,5	0,3665	36,18
5	0,8	1,4999	73,54
10	0,9	2,2504	98,27
25	0,96	3,1985	129,53
50	0,98	3,9019	152,71
100	0,99	4,6001	175,72
200	0,995	5,2958	198,65
300	0,996667	5,7021	212,05
500	0,998	6,2136	228,91
1000	0,999	6,9073	251,77

Πίνακας 5.22 Εφαρμογή της μεθόδου του Gumbel για τα ποσοστά βροχής για την 6^η ώρα.

T	F=1-1/T	b	H(mm)
2	0,5	0,3665	45,04
5	0,8	1,4999	91,55
10	0,9	2,2504	122,34
25	0,96	3,1985	161,25

T	F=1-1/T	b	H(mm)
50	0,98	3,9019	190,11
100	0,99	4,6001	218,76
200	0,995	5,2958	247,31
300	0,996667	5,7021	263,98
500	0,998	6,2136	284,97
1000	0,999	6,9073	313,43

Πίνακας 5.23 Εφαρμογή της μεθόδου του Gumbel για τα ποσοστά βροχής για την 12^η ώρα.

T	F=1-1/T	b	H(mm)
2	0,5	0,3665	58,33
5	0,8	1,4999	118,56
10	0,9	2,2504	158,44
25	0,96	3,1985	208,83
50	0,98	3,9019	246,21
100	0,99	4,6001	283,31
200	0,995	5,2958	320,28
300	0,996667	5,7021	341,87
500	0,998	6,2136	369,05
1000	0,999	6,9073	405,92

Πίνακας 5.24 Εφαρμογή της μεθόδου του Gumbel για τα ποσοστά βροχής για την 18^η ώρα.

T	F=1-1/T	b	H(mm)
2	0,5	0,3665	67,92
5	0,8	1,4999	138,07
10	0,9	2,2504	184,51
25	0,96	3,1985	243,19
50	0,98	3,9019	286,72
100	0,99	4,6001	329,93
200	0,995	5,2958	372,98
300	0,996667	5,7021	398,13
500	0,998	6,2136	429,78
1000	0,999	6,9073	472,71

Πίνακας 5.25 Εφαρμογή της μεθόδου του Gumbel για τα ποσοστά βροχής για την 24^η ώρα.

T	F=1-1/T	b	H(mm)
2	0,5	0,3665	73,83
5	0,8	1,4999	150,07
10	0,9	2,2504	200,56
25	0,96	3,1985	264,34
50	0,98	3,9019	311,65
100	0,99	4,6001	358,62
200	0,995	5,2958	405,42
300	0,996667	5,7021	432,75
500	0,998	6,2136	467,16
1000	0,999	6,9073	513,82

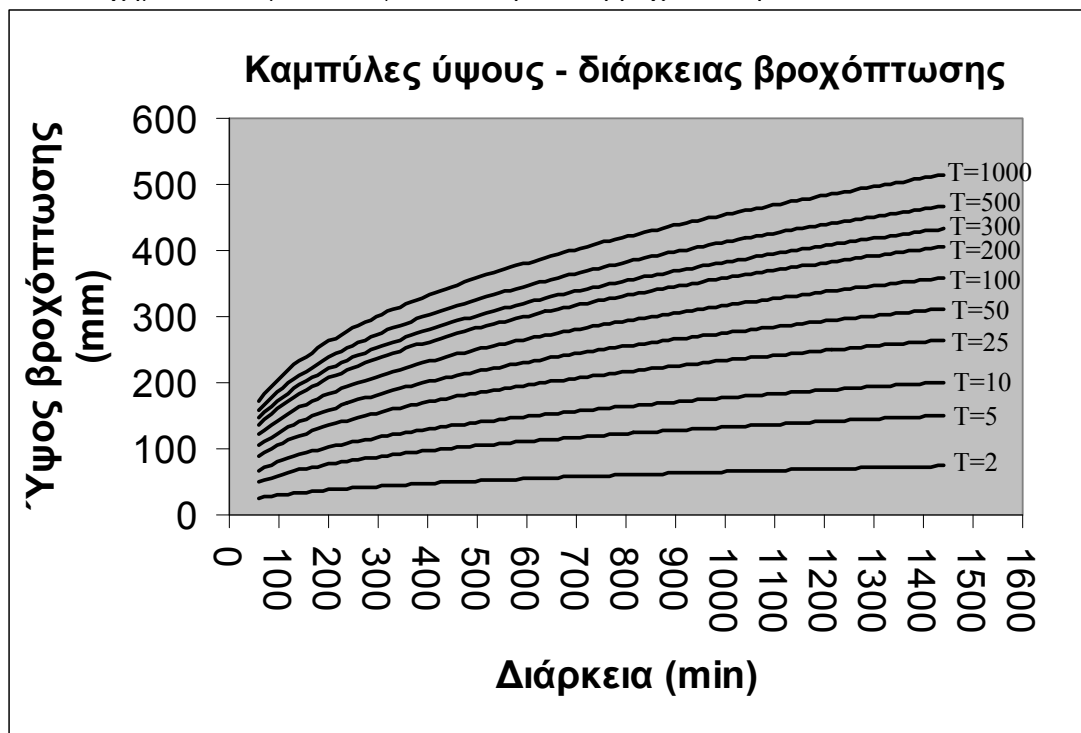
Με βάση λοιπόν τη σχέση (4.11), υπολογίζονται τα μέγιστα πιθανά ύψη βροχής x για κάθε περίοδο επαναφοράς και για κάθε χρόνο διάρκειας βροχής. Ως περίοδο επαναφοράς, επιλέξαμε περιόδους $T=2,5,10,25,50,100,200,300,500,1000$ ετών. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 5.26

Πίνακας 5.26 Μέγιστα ύψη βροχής σε mm για κάθε περίοδο επαναφοράς και για κάθε χρόνο διάρκειας βροχής

	Μέγιστα ύψη βροχής σε mm						
t (min)	60	120	180	360	720	1080	1440
T (έτη)							
2	25,10	31,75	36,18	45,04	58,33	67,92	73,83
5	51,03	64,53	73,54	91,55	118,56	138,07	150,07
10	68,19	86,24	98,27	122,34	158,44	184,51	200,56
25	89,87	113,66	129,53	161,25	208,83	243,19	264,34
50	105,96	134,01	152,71	190,11	246,21	286,72	311,65
100	121,93	154,21	175,72	218,76	283,31	329,93	358,62
200	137,84	174,33	198,65	247,31	320,28	372,98	405,42
300	147,13	186,08	212,05	263,98	341,87	398,13	432,75
500	158,83	200,88	228,91	284,97	369,05	429,78	467,16
1000	174,70	220,94	251,77	313,43	405,92	472,71	513,82

Από τον παραπάνω Πίνακα 5.26 κατασκευάστηκε διάγραμμα καμπύλων ύψους – διάρκειας βροχόπτωσης για $T=2,5,10,25,50,100,200,300,500,1000$ χρόνια (Σχήμα.5.4) Οι καμπύλες είναι της μορφής $h=a \cdot t^b$, για τις οποίες υπολογίστηκαν τα a, b (Πίνακας 5.27).

Σχήμα 5.4 Καμπύλες ύψους – διάρκειας βροχόπτωσης



Πίνακας 5.27 Τιμές *a, b* από τις καμπύλες ύψους – διάρκειας βροχόπτωσης

T (έτη)	a	b	b-1
2	6,1522	0,3418	-0,6582
5	12,506	0,3418	-0,6582
10	16,712	0,3418	-0,6582
25	22,027	0,3418	-0,6582
50	25,97	0,3418	-0,6582
100	29,884	0,3418	-0,6582
200	33,783	0,3418	-0,6582
300	36,06	0,3418	-0,6582
500	38,928	0,3418	-0,6582
1000	42,816	0,3418	-0,6582

Με τροποποίηση της σχέσης $h=a \cdot t^b$ μπορεί να γραφεί η εξίσωση της έντασης $i=a \cdot t^{b-1}$, όπου t ο χρόνος συρροής. Οπότε για κάθε a, b υπάρχει μία τιμή έντασης βροχόπτωσης για κάθε χρόνο συρροής, που έχει υπολογιστεί κατά Kirpich, Giandotti και S.C.C (Πίνακας 5.28, Πίνακας 5.29 και Πίνακας 5.30).

Πίνακας 5.28 Ένταση βροχόπτωσης (i) από χρόνο συρροής κατά Kirpich

	Ίμβρασος	Καλαθής	Μυτιληνίων	Μάνα	Κακόρεμα	Φουρνιώτικο	Μεγάλο ρέμα	Αμφίλυος
tc (hr)	1,391	0,965	1,573	0,323	0,559	1,346	1,039	0,587
για T=2	4,951	6,299	4,566	12,943	9,019	5,059	6,000	8,740
για T=5	10,063	12,804	9,282	26,309	18,333	10,283	12,197	17,766
για T=10	13,448	17,110	12,404	35,158	24,498	13,741	16,299	23,741
για T=25	17,725	22,552	16,349	46,339	32,289	18,112	21,483	31,292
για T=50	20,898	26,589	19,276	54,634	38,070	21,354	25,328	36,894
για T=100	24,047	30,596	22,181	62,868	43,807	24,572	29,145	42,454
για T=200	27,185	34,588	25,075	71,071	49,523	27,778	32,948	47,993
για T=300	29,017	36,919	26,765	75,861	52,861	29,650	35,169	51,228
για T=500	31,325	39,856	28,894	81,895	57,065	32,008	37,966	55,302
για T=1000	34,453	43,836	31,779	90,074	62,764	35,205	41,758	60,825

Πίνακας 5.29 Ένταση βροχόπτωσης (i) από χρόνο συρροής κατά Giandotti

	Ίμβρασος	Καλαθής	Μυτιληνίων	Μάνα	Κακόρεμα	Φουρνιώτικο	Μεγάλο ρέμα	Αμφίλυος
tc (hr)	2,521	2,831	3,709	0,981	1,330	2,634	2,875	1,336
για T=2	3,348	3,554	2,596	6,231	5,099	3,252	3,070	5,085
για T=5	6,805	7,224	5,277	12,667	10,365	6,611	6,241	10,337
για T=10	9,094	9,654	7,052	16,927	13,851	8,834	8,340	13,813
για T=25	11,986	12,724	9,295	22,311	18,256	11,644	10,992	18,206
για T=50	14,132	15,001	10,959	26,304	21,524	13,728	12,960	21,465
για T=100	16,262	17,262	12,611	30,269	24,768	15,797	14,913	24,700
για T=200	18,383	19,515	14,256	34,218	28,000	17,858	16,859	27,923
για T=300	19,622	20,830	15,217	36,524	29,887	19,062	17,995	29,805
για T=500	21,183	19,623	16,427	39,429	32,264	20,578	19,426	32,175
για T=1000	23,299	21,582	18,068	43,367	35,486	22,633	21,367	35,389

Πίνακας 5.30 Ένταση βροχόπτωσης (i) από χρόνο συρροής κατά S.C.S

	Ίμβρασος	Καλαθής	Μυτιληνίων	Μάνα	Κακόρεμα	Φουρνιώτικο	Μεγάλο ρέμα	Αμφίλυσος
tc (hr)	1,364	0,945	1,541	0,318	0,550	1,320	1,018	0,576
για T=2	5,016	6,387	4,629	13,070	9,116	5,126	6,078	8,842
για T=5	10,197	12,984	9,409	26,568	18,530	10,419	12,356	17,974
για T=10	13,626	17,350	12,573	35,503	24,762	13,923	16,512	24,019
για T=25	17,960	22,869	16,572	46,794	32,637	18,351	21,763	31,657
για T=50	21,175	26,962	19,538	55,171	38,479	21,637	25,659	37,324
για T=100	24,366	31,026	22,483	63,486	44,278	24,897	29,526	42,950
για T=200	27,546	35,074	25,416	71,769	50,055	28,146	33,378	48,553
για T=300	29,402	37,438	27,129	76,606	53,429	30,043	35,628	51,826
για T=500	31,741	40,415	29,287	82,699	57,679	32,432	38,461	55,948
για T=1000	34,911	44,452	32,212	90,959	63,439	35,672	42,303	61,536

5.3.2.3. Ορθολογική μέθοδος

Στη συνέχεια μετά την ανάλυση συχνότητας βροχομετρικών στοιχείων και τον υπολογισμό της μέσης έντασης βροχόπτωσης υπολογίστηκαν όλες οι παράμετροι που χρειάζονται για την εφαρμογή της Ορθολογικής μεθόδου. Έτσι η μέγιστη πλημμυρική απορροή μπορεί να δοθεί από την σχέση:

$$Q = 0.278 \cdot C \cdot i \cdot A \quad (4.18)$$

Όπου:

Q Πλημμυρική απορροή σε m³/s.

A Η οριζόντια προβολή της λεκάνης απορροής km².

i Η μέση ένταση βροχόπτωσης διάρκειας ίσης με τον χρόνο συρροής των υδάτων από την επιφάνεια A μέχρι την εξεταζόμενη διατομή του ρεύματος σε mm/hr.

C Ο συντελεστής απορροής.

Για κάθε ένταση που έχει υπολογιστεί σύμφωνα με τον χρόνο συρροής κατά Kirpich, κατά Giandotti και κατά S.C.S. εφαρμόστηκε ο τύπος της Ορθολογικής μεθόδου και προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα στους Πίνακες 5.31, Πίνακας 5.32 και Πίνακας 5.33.

Πίνακας 5.31 Μέγιστες Παροχές σύμφωνα με την Ορθολογική μέθοδο με χρόνο συρροής κατά Kirpich

T (έτη)	Ίμβρασος	Καλαθής	Μυτιληνίων	Μάνα	Κακόρεμα	Φουρνιώτικο	Μεγάλο ρέμα	Αμφίλυσος
2	41,287	11,242	29,214	8,206	20,527	37,949	25,390	12,127
5	83,926	22,852	59,386	16,681	41,727	77,142	51,613	24,651
10	112,152	30,537	79,359	22,291	55,760	103,086	68,971	32,941
25	147,821	40,249	104,598	29,381	73,494	135,871	90,906	43,418
50	174,282	47,454	123,322	34,640	86,650	160,193	107,179	51,190
100	200,548	54,605	141,908	39,861	99,709	184,336	123,333	58,905
200	226,714	61,730	160,423	45,062	112,718	208,387	139,424	66,590
300	241,994	65,891	171,235	48,099	120,315	222,432	148,821	71,078
500	261,241	71,131	184,854	51,925	129,884	240,123	160,658	76,732
1000	287,333	78,235	203,317	57,111	142,857	264,106	176,704	84,395

Πίνακας 5.32 Μέγιστες Παροχές σύμφωνα με την Ορθολογική μέθοδο με χρόνο συρροής κατά Giandotti

T (έτη)	Ίμβρασος	Καλαθής	Μυτιληνίων	Μάνα	Κακόρεμα	Φουρνιώτικο	Μεγάλο ρέμα	Αμφίλυσος
2	27,919	6,342	16,610	3,951	11,606	24,397	12,992	7,055
5	56,754	12,893	33,764	8,031	23,592	49,594	26,409	14,342
10	75,841	17,229	45,120	10,733	31,526	66,273	35,291	19,166
25	99,961	22,708	59,469	14,146	41,553	87,350	46,515	25,261
50	117,855	26,773	70,115	16,678	48,991	102,986	54,842	29,783
100	135,617	30,808	80,682	19,192	56,375	118,508	63,107	34,272
200	153,311	34,828	91,209	21,696	63,730	133,970	71,341	38,743
300	163,645	37,175	97,356	23,158	68,025	142,999	76,149	41,354
500	176,660	40,132	105,099	25,000	73,436	154,372	82,205	44,644
1000	194,304	44,140	115,596	27,497	80,770	169,791	90,416	49,102

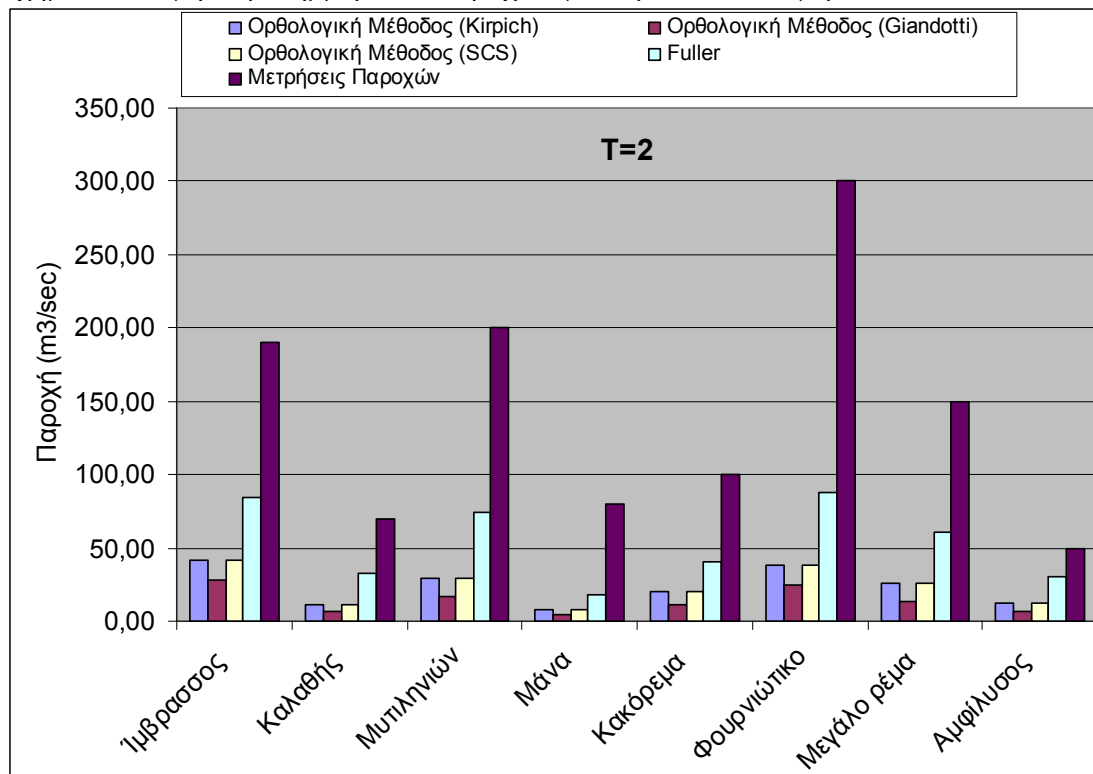
Πίνακας 5.33 Μέγιστες Παροχές σύμφωνα με την Ορθολογική μέθοδο με χρόνο συρροής κατά S.C.S

T (έτη)	Ίμβρασος	Καλαθής	Μυτιληνίων	Μάνα	Κακόρεμα	Φουρνιώτικο	Μεγάλο ρέμα	Αμφίλυσος
2	41,835	11,399	29,612	8,287	20,748	38,452	25,722	12,268
5	85,040	23,172	60,195	16,845	42,175	78,164	52,287	24,939
10	113,641	30,966	80,440	22,510	56,360	104,452	69,872	33,326
25	149,782	40,814	106,022	29,670	74,284	137,671	92,093	43,925
50	176,594	48,120	125,001	34,981	87,582	162,316	108,578	51,788
100	203,209	55,372	143,840	40,253	100,781	186,778	124,943	59,593
200	229,722	62,596	162,607	45,504	113,930	211,148	141,244	67,368
300	245,206	66,816	173,567	48,571	121,609	225,379	150,764	71,908
500	264,708	72,130	187,372	52,435	131,281	243,305	162,755	77,628
1000	291,146	79,334	206,086	57,672	144,393	267,605	179,010	85,381

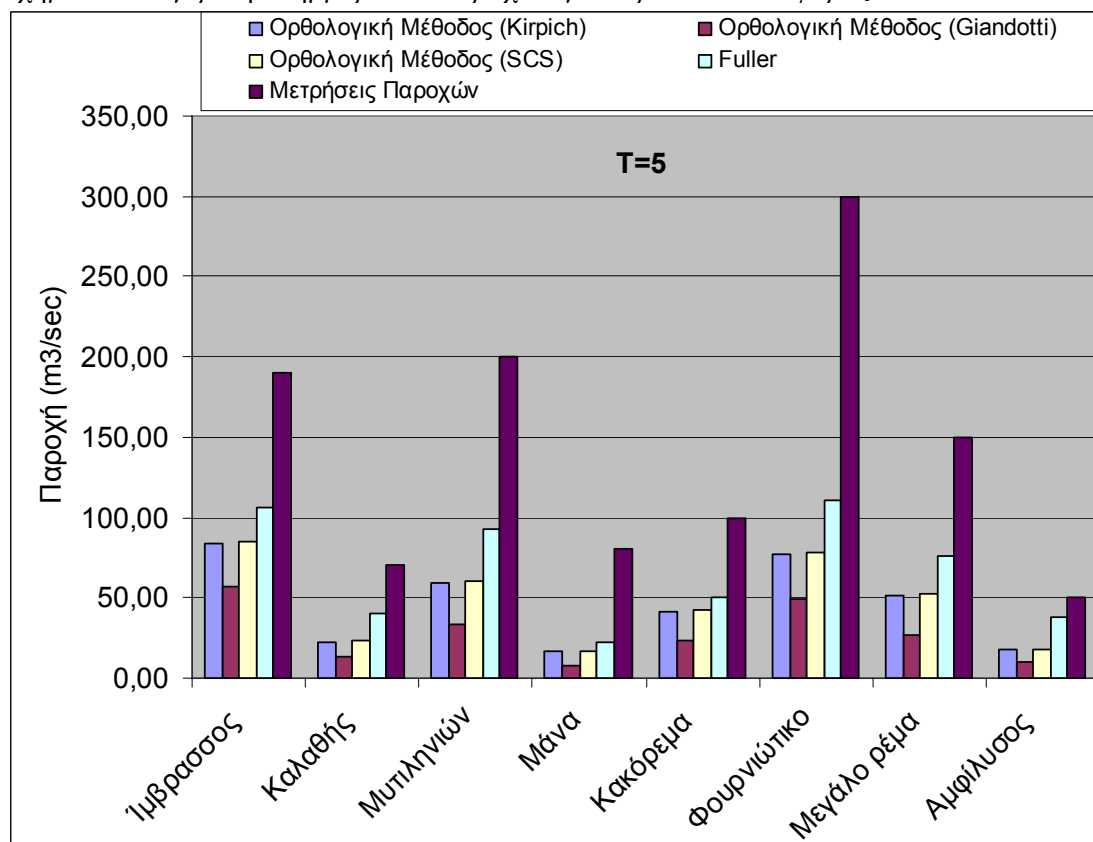
5.3.3. Συγκριτική αξιολόγηση των πλημμυρικών παροχών.

Στη συνέχεια για την συγκριτική αξιολόγηση των πλημμυρικών παροχών κατασκευάστηκαν διαγράμματα που συγκρίνουν τις τιμές των πλημμυρικών παροχών που μετρήθηκαν ή εκτιμήθηκαν στο πεδίο με τις τιμές που υπολογίστηκαν με τη μέθοδο Fuller και με την Ορθολογική μέθοδο (και για τους τρεις χρόνους συρροής κατά Kirpich, Giandotti και S.C.S). Τα διαγράμματα είναι διαχωρισμένα σύμφωνα με τις περιόδους επαναφοράς T=2,5,10,25,50,100,200,300,500,1000 χρόνια (Σχήμα 5.5 έως 5.14).

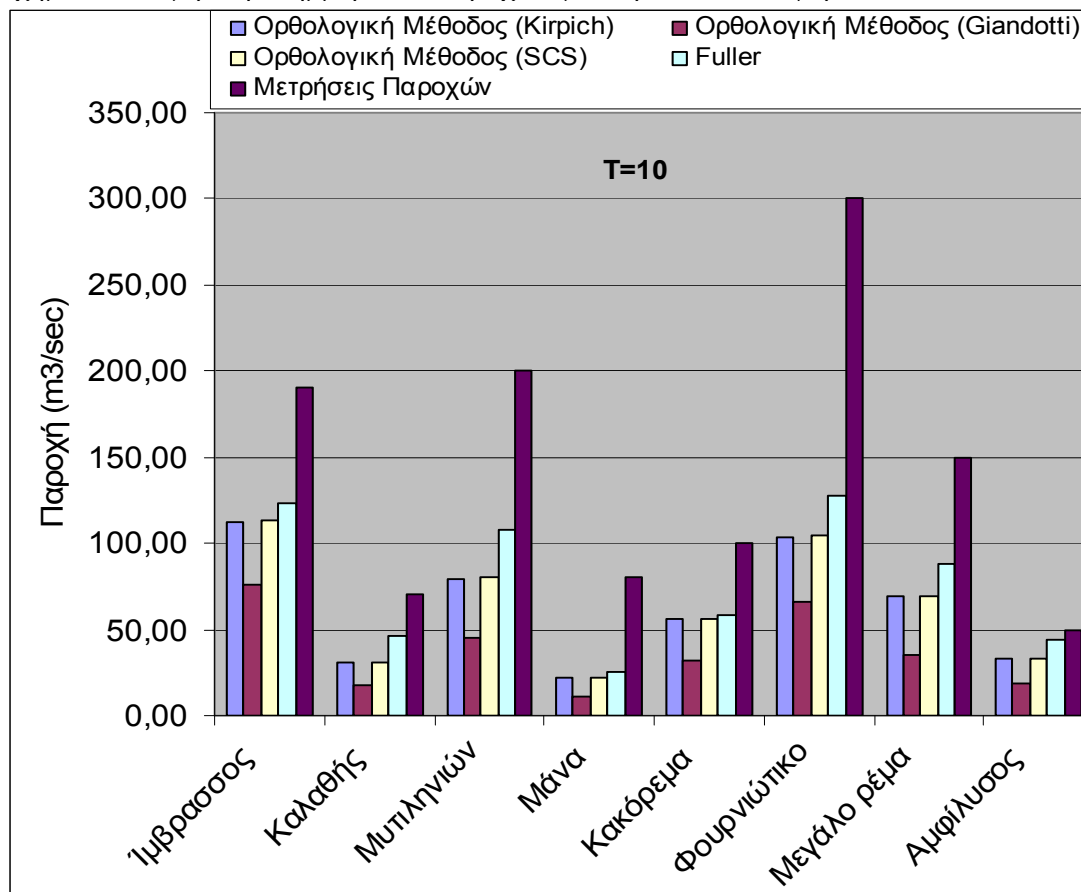
Σχήμα 5.5 Σύγκριση πλημμυρικών παροχών για περίοδο επαναφοράς $T=2$



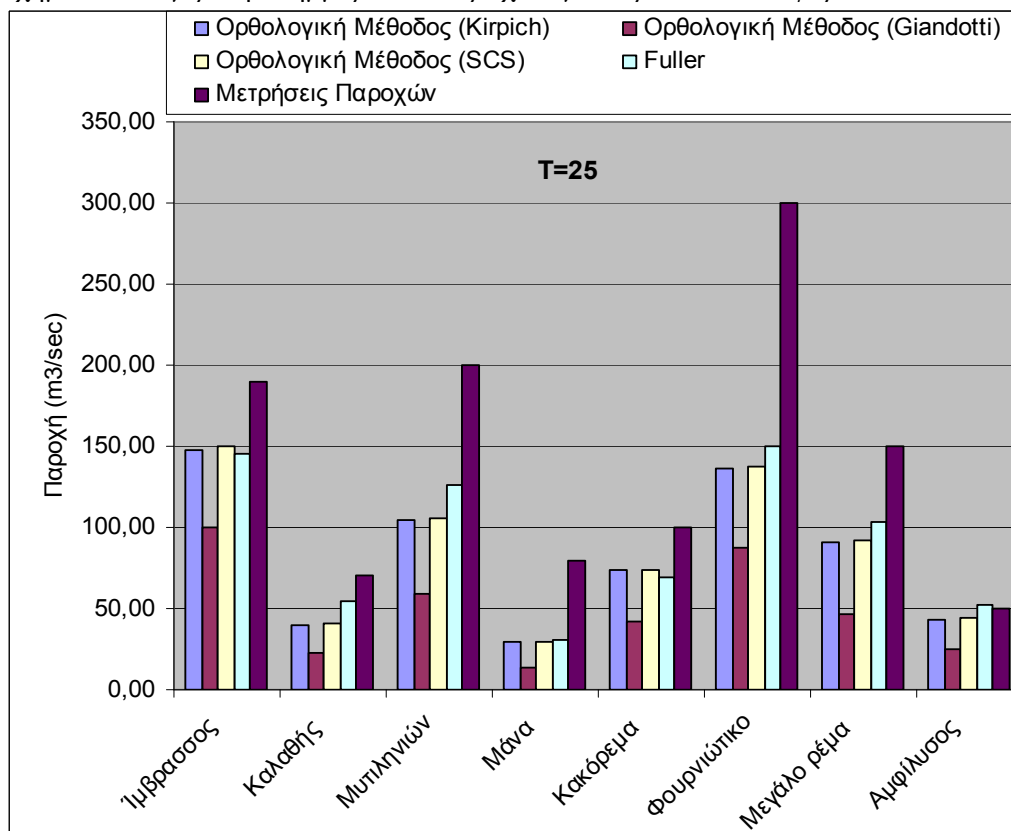
Σχήμα 5.6 Σύγκριση πλημμυρικών παροχών για περίοδο επαναφοράς $T=5$



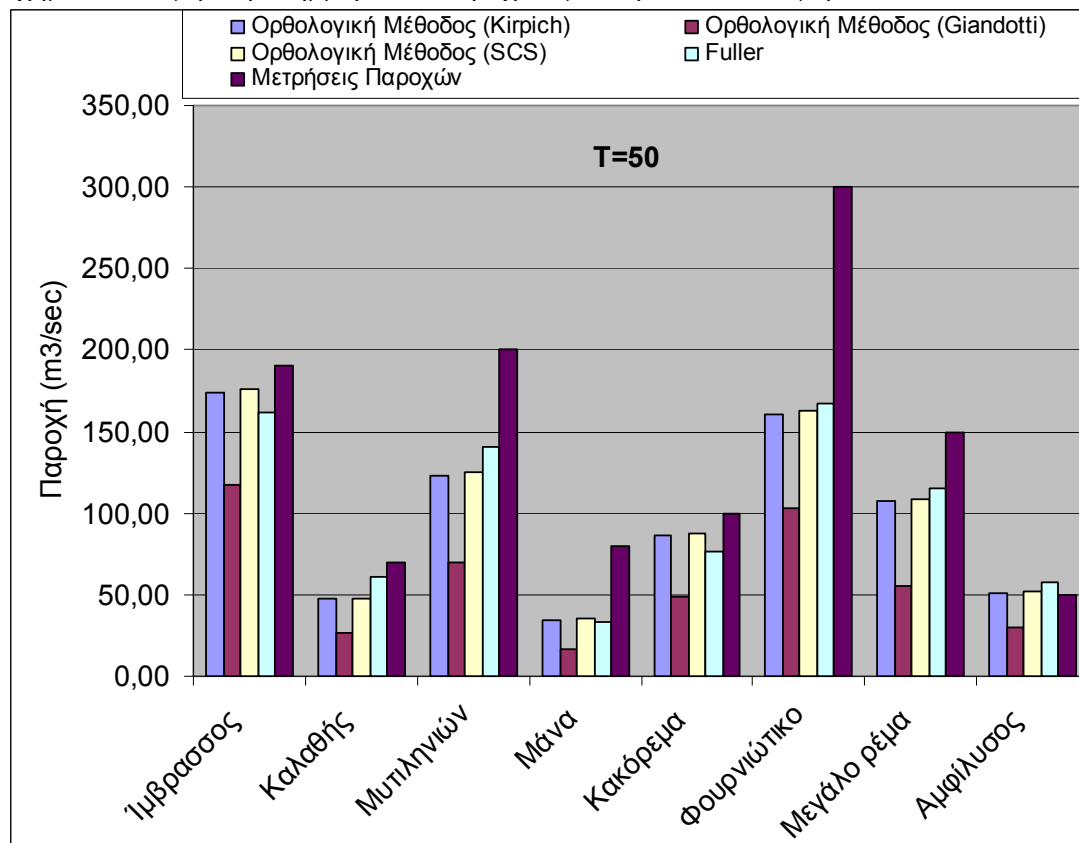
Σχήμα 5.7 Σύγκριση πλημμυρικών παροχών για περίοδο επαναφοράς $T=10$



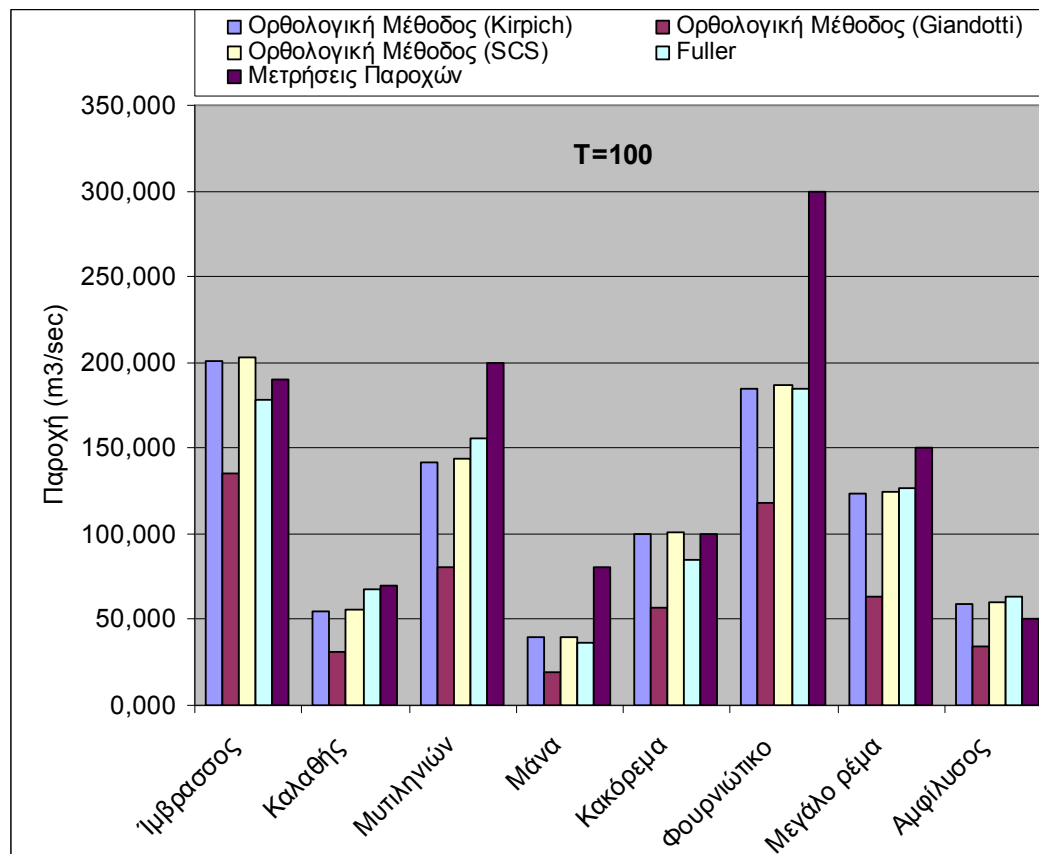
Σχήμα 5.8 Σύγκριση πλημμυρικών παροχών για περίοδο επαναφοράς $T=25$



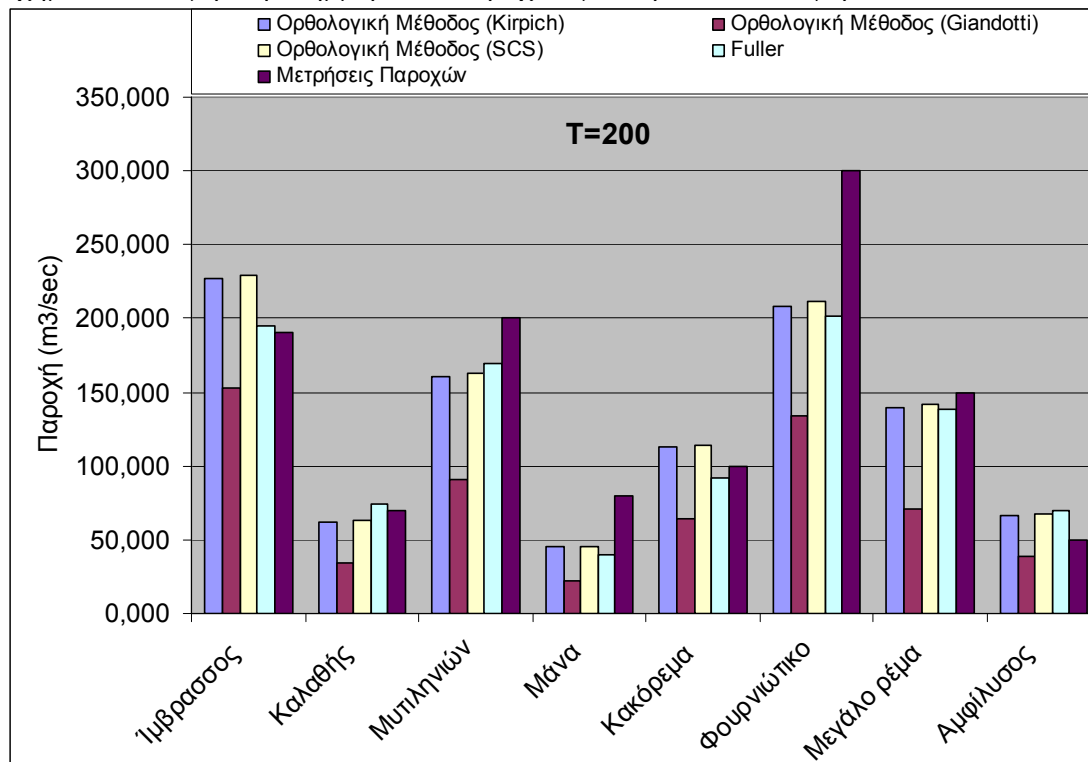
Σχήμα 5.9 Σύγκριση πλημμυρικών παροχών για περίοδο επαναφοράς $T=50$



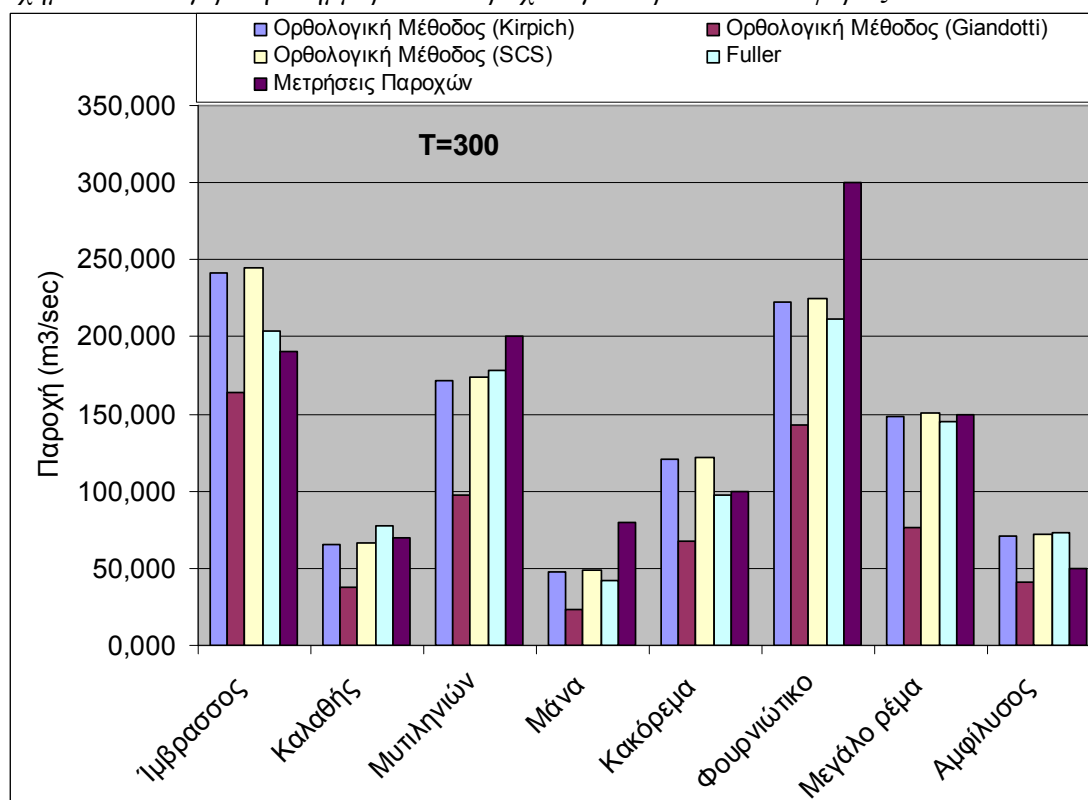
Σχήμα 5.10 Σύγκριση πλημμυρικών παροχών για περίοδο επαναφοράς $T=100$



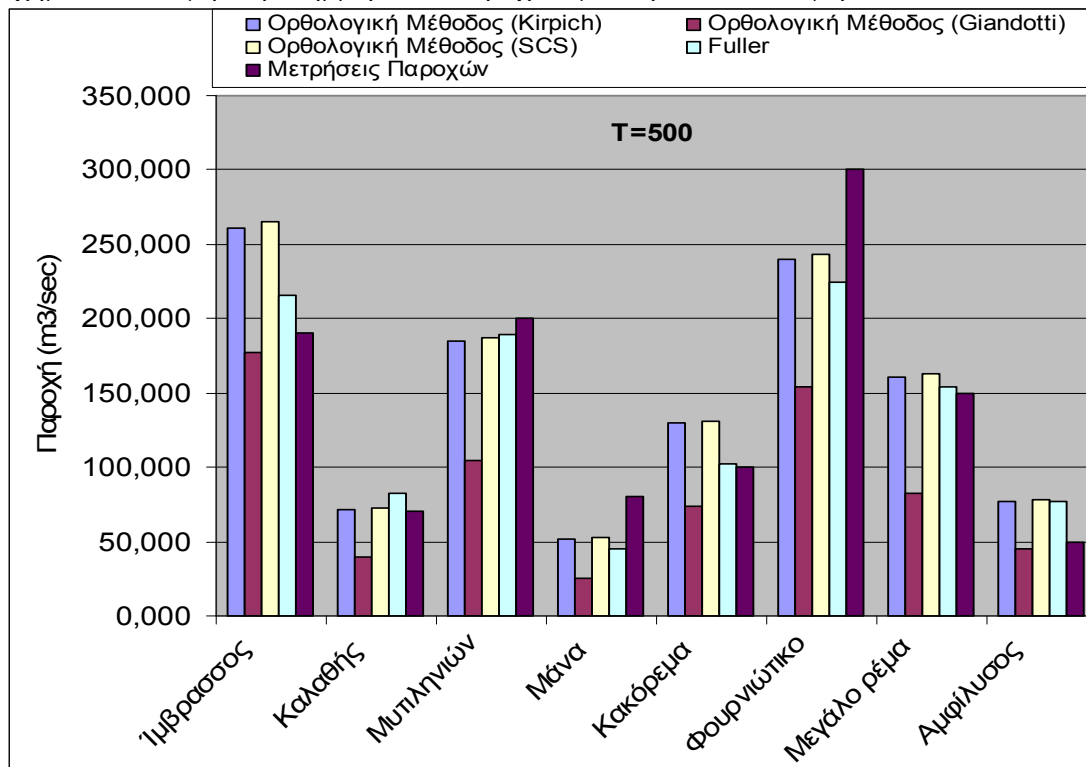
Σχήμα 5.11 Σύγκριση πλημμυρικών παροχών για περίοδο επαναφοράς $T=200$



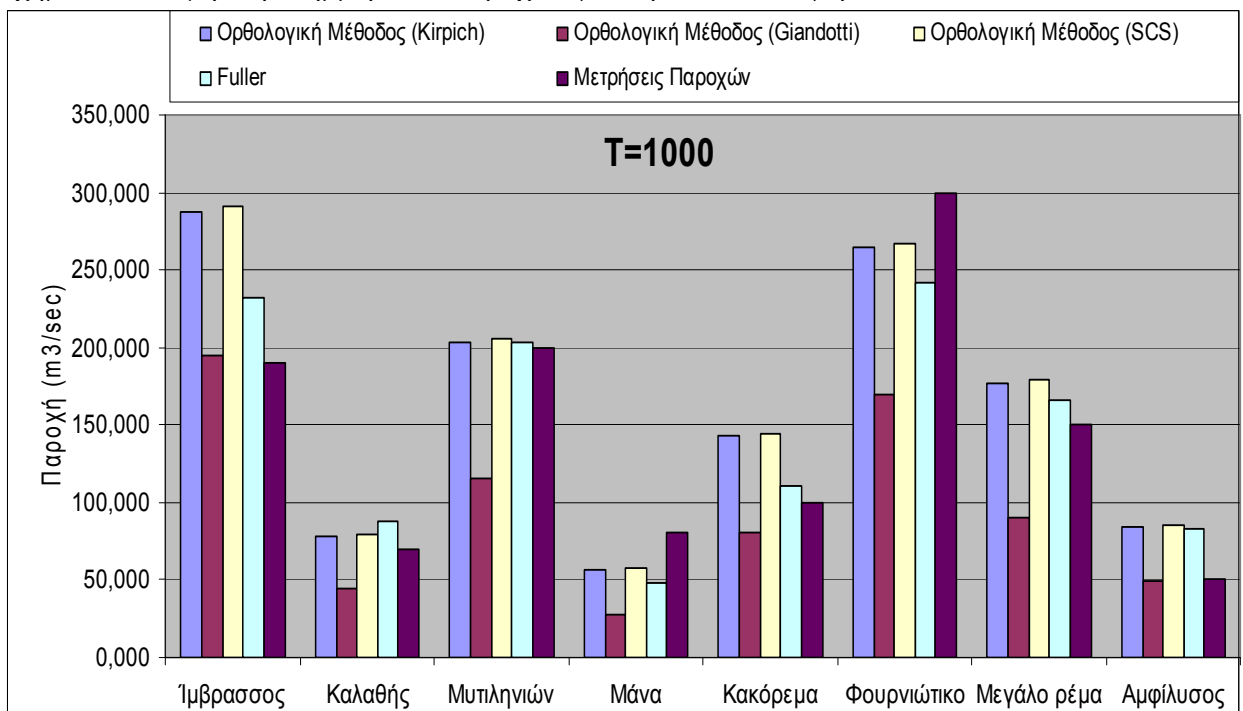
Σχήμα 5.12 Σύγκριση πλημμυρικών παροχών για περίοδο επαναφοράς $T=300$



Σχήμα 5.13 Σύγκριση πλημμυρικών παροχών για περίοδο επαναφοράς $T=500$



Σχήμα 5.14 Σύγκριση πλημμυρικών παροχών για περίοδο επαναφοράς $T=1000$



Θα είναι παρακινδυνευμένο και τολμηρό επιστημονικά να γίνει προσπάθεια να εκτιμηθεί η περίοδος επαναφοράς για τις πλημμυρικές παροχές. Αυτό οφείλεται στα εξής γεγονότα:

- Οι μετρήσεις έχουν κάποιο βαθμό σφάλματος, γιατί δε πραγματοποιήθηκαν ακριβώς την ώρα της πλημμυρικής αιχμής σε όλους τους χειμάρρους
- Ειδικά για τον χείμαρρο Αμφίλυσο, οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στη γέφυρα του Πύργου και αφορούσαν τη μισή περίπου από την λεκάνη απορροής του. Για το λόγο αυτό υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις των μετρήσεων από τις τιμές που προέκυψαν από τις άλλες μεθόδους.
- Η μέθοδος Fuller είναι μία προσεγγιστική μέθοδος και χρησιμοποιείται μόνο όταν δεν υπάρχουν λεπτομερή βροχομετρικά στοιχεία, που να προκύπτουν από χρονοσειρές τουλάχιστον 20ετίας με καταγραφές εντάσεων από βροχογράφους

Παρόλα αυτά, γίνεται μία απόπειρα εκτίμησης, η οποία βασίζεται στον υπολογισμό του ελαχίστου αθροίσματος των τιμών

Απόλυτη τιμή [μετρημένη παροχή – υπολογισμένη παροχή αιχμής].

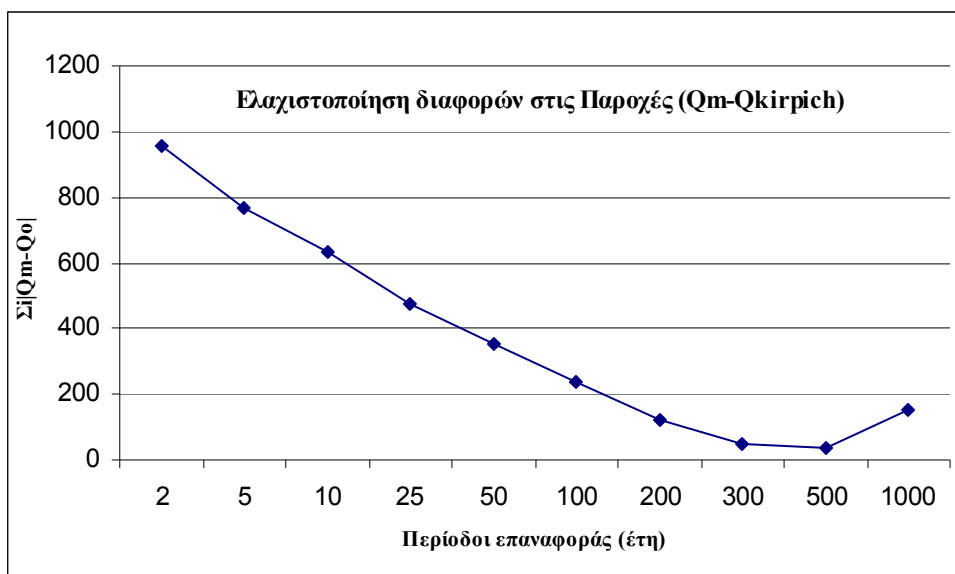
Η παραπάνω σχέση μπορεί να γραφεί σε μαθηματική μορφή ως εξής:

$$f(x) = \min \sum_{i=1}^n |Q_m - Q_o| \quad (5.6)$$

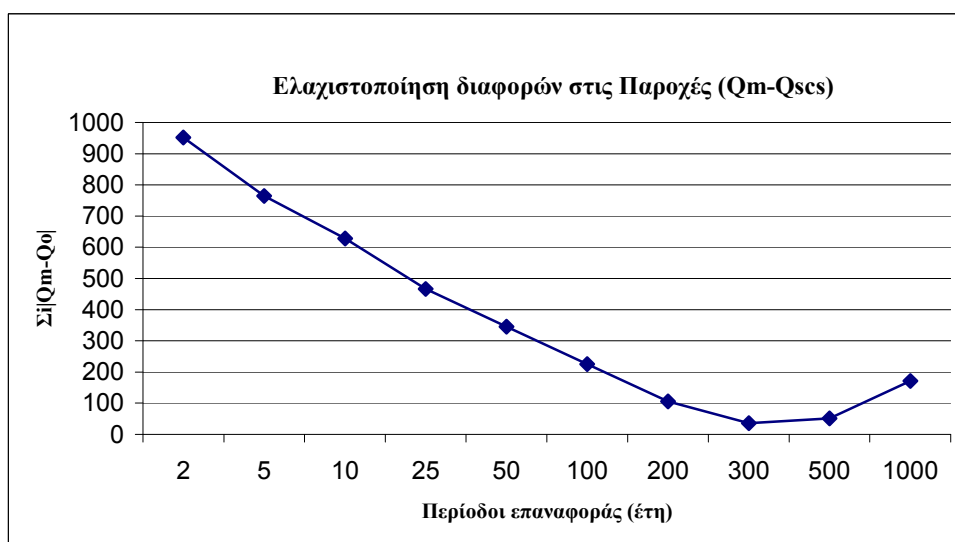
Όπου	f	Η συνάρτηση προς ελαχιστοποίηση
	i	Ο εκάστοτε χειμάρρος
	n	Ο συνολικός αριθμός των χειμάρρων
	Q_m	Η μετρημένη παροχή
	Q_o	Η υπολογισμένη παροχή αιχμής, με τέσσερις τρόπους: κατά ορθολογική (Kirpich, Giandotti, S.C.S) και κατά Fuller.

Στο σχήμα 5.15, όπου χρησιμοποιείται η ορθολογική μέθοδος κατά Kirpich φαίνεται παραστατικά ότι το άθροισμα αυτό ελαχιστοποιείται για περίοδο επαναφοράς σε χρόνο $T=500$ χρόνια. Στο σχήμα 5.16, όπου χρησιμοποιείται η ορθολογική μέθοδος κατά S.C.S, το άθροισμα ελαχιστοποιείται σε χρόνο $T=300$ χρόνια, ενώ τέλος στα σχήματα 5.17 και 5.18 (ορθολογική κατά Giandotti και Fuller αντίστοιχα) φαίνεται ότι το άθροισμα ελαχιστοποιείται για περίοδο επαναφοράς πάνω από 1000 χρόνια. Αν εξετάσουμε τον καθένα χειμάρρο χωριστά, προκύπτει ότι για τους χειμάρρους Ίμβρασο, Κακόρεμα και Αμφίλυσο μία περίοδο επαναφοράς $T=100$ χρόνια, για το Μεγάλο Ρέμα $T=300$ χρόνια, για τον χειμάρρο Καλαθή $T=500$ χρόνια, ενώ για τους υπόλοιπους χειμάρρους, Μυτιλινιών, Μάνα και Φουρνιώτικο, προκύπτει περίοδο επαναφοράς μεγαλύτερη των 1000 χρόνων. Αυτό οφείλεται στα παρακάτω γεγονότα:

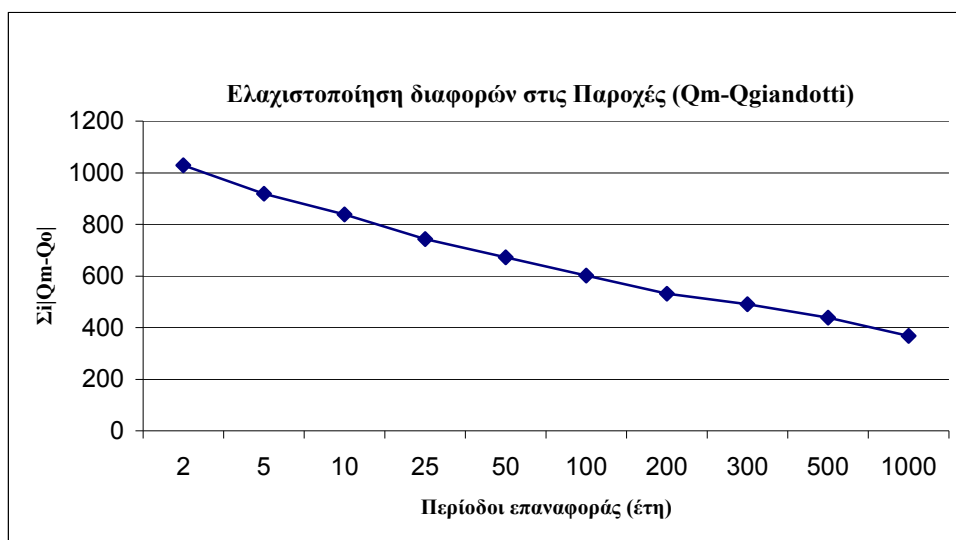
- Στη γεωγραφική κατανομή της βροχόπτωσης επάνω στη Νήσο Σάμο, που ποίκιλε σε διάφορες τοποθεσίες.
- Στη βλάστηση και στο φυτικό κάλυμμα της εκάστοτε λεκάνης απορροής των χειμάρρων.



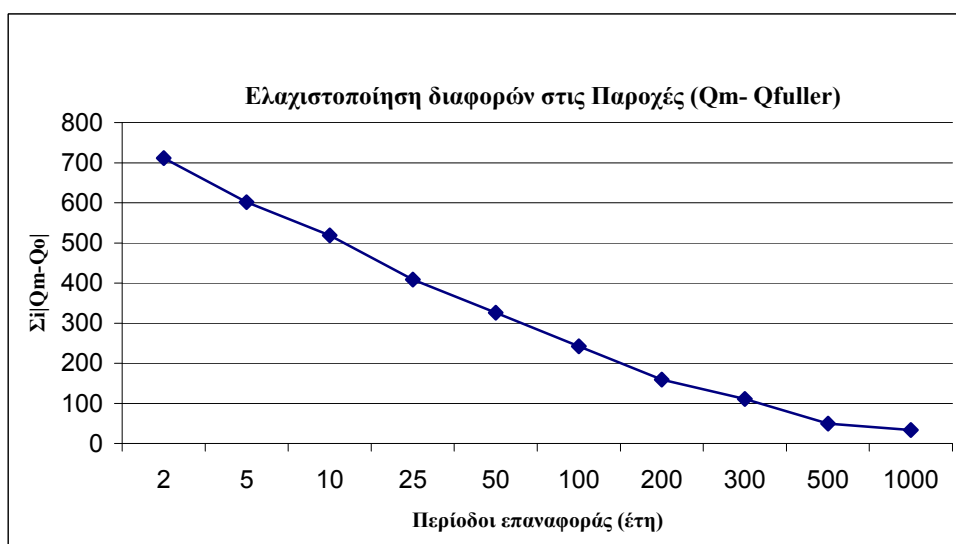
Σχήμα 5.15 Ελαχιστοποίηση των αθροισμάτων των απολύτων τιμών των διαφορών των μετρημένων παροχών Q_m , από τις υπολογισμένες παροχές με την Ορθολογική μέθοδο Q_o (με χρόνο συρροής κατά Kirpich)



Σχήμα 5.16 Ελαχιστοποίηση των αθροισμάτων των απολύτων τιμών των διαφορών των μετρημένων παροχών Q_m , από τις υπολογισμένες παροχές με την Ορθολογική μέθοδο Q_o (με χρόνο συρροής κατά SCS)



Σχήμα 5.17 Ελαχιστοποίηση των αθροισμάτων των απολύτων τιμών των διαφορών των μετρημένων παροχών Q_m , από τις υπολογισμένες παροχές με την Ορθολογική μέθοδο Q_o (με χρόνο συρροής κατά Giandotti)



Σχήμα 5.18 Ελαχιστοποίηση των αθροισμάτων των απολύτων τιμών των διαφορών των μετρημένων παροχών Q_m , από τις υπολογισμένες παροχές με την Fuller μέθοδο Q_o .

5.3.4. Υδραυλική διερεύνηση διατομών ελέγχου.

Για την υδραυλική διερεύνηση των χειμάρρων πραγματοποιήθηκαν εργασίες υπαίθρου τον Μάιο 2007, κατά τις οποίες μετρήθηκαν οι διατομές από τις γέφυρες στις κοίτες των κυριότερων 8 χειμάρρων της Νήσου Σάμου. Παλαιότερα το 2001 είχαν πραγματοποιηθεί παρατηρήσεις υπαίθρου για τη σφοδρή καταιγίδα 28-29/11/2001 από την Ερευνητική Ομάδα (Βαβλιάκης κ.α. 2002), κατά τις οποίες έγιναν λήψεις φωτογραφιών μετά τα πλημμυρικά φαινόμενα. Έτσι παρακάτω παρατίθενται φωτογραφίες συγκριτικά για καθένα από τους χειμάρρους (βλ. φωτογραφίες 5.1 μέχρι 5.8).

Αφού λοιπόν υπάρχουν οι μετρήσεις για τις διατομές των γεφυρών των χειμάρρων, μας δοθηκε η δυνατότητα να κάνουμε τους υδραυλικούς υπολογισμούς για κάθε μία απ' αυτές και να γίνει η σύγκριση των παροχών που προκύπτουν σε σχέση με τις μέγιστες παροχές, που υπολογίστηκαν για περίοδο επαναφοράς $T=500$ χρόνια, αφού για αυτή την περίοδο επαναφοράς οι παροχές μας πλησιάζουν περισσότερο τις τιμές των παροχών που μετρήθηκαν στο πεδίο.

Αναλυτικά λοιπόν για κάθε χείμαρρο, έχουμε τα εξής:

5.3.5.1 Χείμαρρος Ίμβρασος

Για τον χείμαρρο Ίμβρασο, (βλ. σχήμα 5.2) μετρήθηκαν οι διαστάσεις της διατομής της γέφυρας στο Δ.Δ Ηραίων του Δήμου Πυθαγορείου που βρίσκεται κοντά στις εκβολές του χείμαρρου. Στη Φωτογραφία 5.1β φαίνονται οι διαστάσεις της γέφυρας. Ενώ στην Φωτογραφία 5.1α φαίνονται οι εμφανείς διαβρώσεις κοίτης στην κατάντη πλευρά, μετά την πλημμύρα της 28-29/11/2001.



Φωτ. 5.1α Η γέφυρα του Ίμβρασου στο Δ.Δ Ηραίων, με εμφανείς διαβρώσεις όχθης και κοίτης στην κατάντη πλευρά, μετά την πλημμύρα της 28-29/11/2001 (Βαβλιάκης κ.α., 2002).



Φωτ. 5.1β Διαστάσεις της γέφυρας του Ίμβρασου στο Δ.Δ Ηραίων

Στον παρακάτω πίνακα 5.34 δίνονται τα υδραυλικά στοιχεία για την γέφυρα του Τιμβρασου. Κάθε ένα από αυτά, έχει ως εξής:

Όπου N	ο συντελεστής τραχύτητας κατά Manning.
C	ο συντελεστής απορροής.
ts	ο χρόνος συρροής κατά S.C.S.
J	η κλίση του πυθμένα του αγωγού.
i	η ένταση με βάση χρόνο συρροής κατά S.C.S.
b	το συνολικό πλάτος της διατομής της γέφυρας.
E	το εμβαδό της λεκάνης απορροής του χειμάρρου.
Qo (SCS)	η παροχή με βάση την Ορθολογική μέθοδο (με χρόνο συρροής κατά SCS).
y	το ύψος που φτάνει η στάθμη του νερού (m).
A	η υγρή διατομή του χειμάρρου (m ²).
P	η βρεχόμενη περίμετρος (m).
R	η υδραυλική ακτίνα, ο λόγος της υγρής διατομής του χειμάρρου (σε m ²) προς την βρεχόμενη περίμετρο (m).
Q	η παροχή που υπολογίζεται σύμφωνα με τον Manning
V	η ταχύτητα ροής κατά Manning.
y/yp	ο λόγος της υγρής διατομής προς τη μέγιστη δυνατή υγρή διατομή.

Όπως περιγράφηκε προηγουμένως, αυτό που πρέπει να διερευνηθεί είναι κατά πόσο η παροχή αιχμής των πεντακοσίων χρόνων μπορεί να παροχετευθεί επιτυχώς από τις διατομές ελέγχου (γεφύρια) στο διαθετημένο τμήμα των χειμάρρων λίγο πριν τις εκβολές τους.

Πίνακας 5.34 Υδραυλική διερεύνηση του χειμάρρου Τιμβρασου

**Στοιχεία ομοιόμορφης ροής
ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ**

$$\begin{aligned} N &= 0,02 & ts &= 81,815 & J &= 0,00931 \\ C &= 0,689 & I &= 31,741 \\ b &= 19,5 \end{aligned}$$

$$Q_0 \text{ (SCS)} = 264,708 \qquad E = 43540$$

y(m)	A(m ²)	b(m)	P(m)	R(m)	Q(m ³ /s)	V	Y/Y _p
0,5	9,75	19,5	20,500	0,476	28,660	2,940	0,132
1	19,5	19,5	21,500	0,907	88,148	4,520	0,263
1,5	29,25	19,5	22,500	1,300	168,09	5,747	0,395
2	39	19,5	23,500	1,660	263,74	6,763	0,526
2,5	48,75	19,5	24,500	1,990	372,07	7,632	0,658
3	58,5	19,5	25,500	2,294	490,92	8,392	0,789
3,5	68,25	19,5	26,500	2,575	618,66	9,065	0,921
3,8	74,1	19,5	27,100	2,734	699,03	9,434	1,000

Από τον πίνακα 5.34 προκύπτει ότι η παροχή που υπολογίστηκε για 2m ύψους στάθμης νερού, αναλογεί σε παροχή $Q = 263,74 \text{ m}^3/\text{sec}$, που είναι ίση περίπου με την παροχή που υπολογίστηκε με την Ορθολογική μέθοδο (με χρόνο συρροής κατά S.C.S). Συνεπώς, για αυτήν την μέγιστη θεωρητικά τιμή που υπολογίστηκε για περίοδο επαναφοράς $T=500$ χρόνια η διατομή της γέφυρας επαρκεί για την παροχή στην αιχμή της πλημμύρας $Q_{\text{(SCS)}}=264,708$.

5.3.5.2 Χείμαρρος Καλαθής

Όσον αφορά τώρα τον χείμαρρο Καλαθή (βλ. σχήμα 5.2), μετρήθηκαν οι διαστάσεις της διατομής της γέφυρας στην είσοδο του Δ.Δ Χώρας του Δήμου Πυθαγορείου. Στη Φωτογραφία 5.2β φαίνονται οι διαστάσεις της γέφυρας. Ενώ στην Φωτογραφία 5.2α φαίνεται η ανάντη πλευρά με τους κορμούς των δέντρων στις όχθες, μετά την πλημμύρα της 28-29/11/2001.



Φωτ. 5.2α Οι γέφυρες του χείμαρρου Καλαθή στην είσοδο του Δ.Δ Χώρας του Δήμου Πυθαγορείου, μετά την πλημμύρα της 28-29/11/2001. Φαίνεται η ανάντη πλευρά με τους κορμούς των δέντρων στις όχθες (Βαβλιάκης κ.α., 2002).



Φωτ. 5.2β Διαστάσεις της γέφυρας του Καλαθή στην είσοδο του Δ.Δ Χώρας (κατάντη πλευρά από το γεφύρι).

Στον παρακάτω πίνακα 5.35 δίνονται τα υδραυλικά στοιχεία για τη γέφυρα του Καλαθί στην είσοδο του Δ.Δ Χώρας.

Πίνακας 5.35 Υδραυλική διερεύνηση του χειμάρρου Καλαθί

Στοιχεία ομοιόμορφης ροής ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ							
N = 0,02		ts = 56,678		J = 0,009			
C = 0,663		I = 40,415					
b = 6,8							
Qmax = 82,035							
Qo (SCS) = 72,1296						E = 9683	
y(m)	A(m2)	B(m)	P(m)	R(m)	Q(m³/s)	V	y/yp
0,5	3,4	5,4	7,800	0,436	9,230	2,715	0,250
1	6,8	5,4	8,800	0,773	27,040	3,977	0,500
1,5	10,2	5,4	9,800	1,041	49,469	4,850	0,750
2	13,6	5,4	10,800	1,259	74,892	5,507	1,000

Από τον πίνακα 5.35 προκύπτει ότι η παροχή που υπολογίστηκε για 2m ύψους στάθμης νερού αναλογεί σε παροχή $Q = 74,892 \text{ m}^3/\text{sec}$, που είναι ίση περίπου με την παροχή που υπολογίστηκε με την Ορθολογική μέθοδο (με χρόνο συρροής κατά S.C.S) αλλά μικρότερη από τη μέγιστη παροχή $Q_{\max}=82,035 \text{ m}^3/\text{sec}$ με την μέθοδο Fuller. Επειδή όμως η λεκάνη του ρέματος είναι σχετικά μικρή ($9,683 \text{ km}^2$), ενδεχομένως να υπάρχει μία υπερεκτίμηση της πλημμυρικής παροχής κατά Fuller. Άρα μπορεί να βγεί το συμπέρασμα ότι το τεχνικό έργο οριακά επαρκεί.

5.3.5.3 Ρέμα χειμάρρου Μυτιληνίων

Για το ρέμα των Μυτιληνίων (βλ. σχήμα 5.2), το οποίο πηγάζει από την κορυφή του όρους Αμπέλος, μετρήθηκαν οι διαστάσεις της διατομής της γέφυρας στην περιοχή του «Μεσόκαμπου». Στη Φωτογραφία 5.3β φαίνονται οι διαστάσεις της γέφυρας στη περιοχή «Μεσόκαμπος», από την ανάντη πλευρά. Στη Φωτογραφία 5.3α φαίνεται η ίδια πλευρά, μετά την πλημμύρα της 28-29/11/2001.



Φωτ. 5.3α Το γεφύρι του ρέματος Μυτιληνίων στην τοποθεσία «Μεσόκαμπος», μετά την πλημμύρα της 28-29/11/2001 (Βαβλιάκης κ.α., 2002).



Φωτ. 5.3β Διαστάσεις της γέφυρας του χειμάρρου Μυτιληνιού στην περιοχή «Μεσόκαμπος»

Στον παρακάτω πίνακα 5.36 δίνονται τα υδραυλικά στοιχεία για τη γέφυρα του χειμάρρου Μυτιληνιού στην περιοχή «Μεσόκαμπος».

Πίνακας 5.36 Υδραυλική διερεύνηση του χειμάρρου Μυτιληνιών

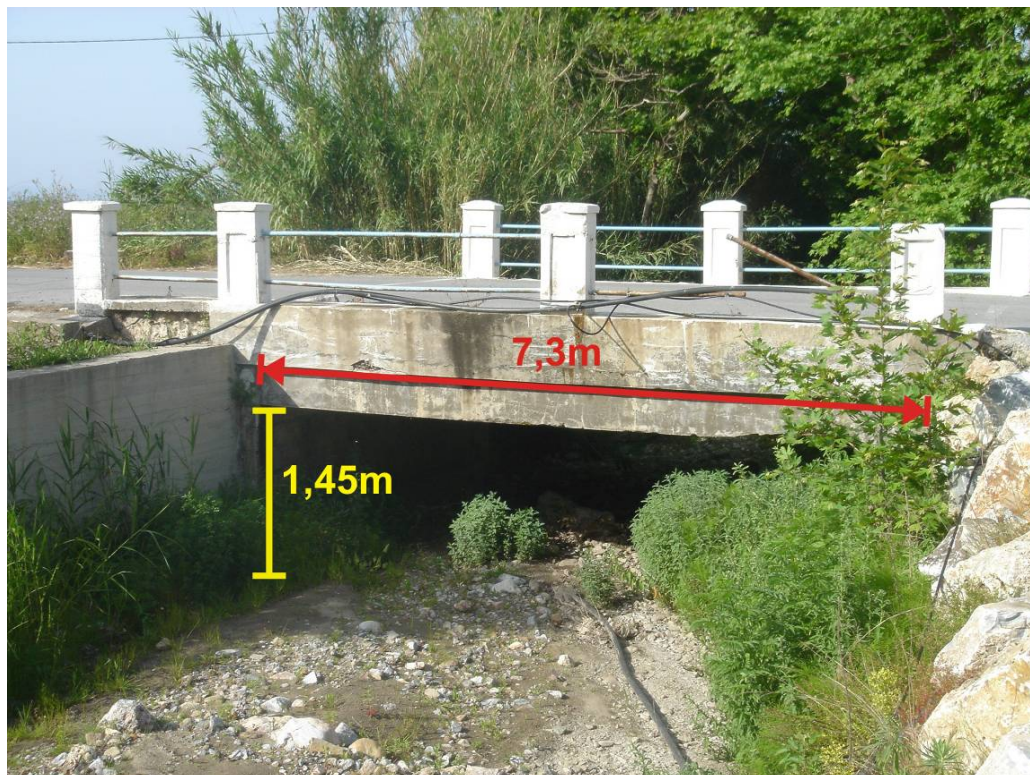
Στοιχεία ομοιόμορφης ροής ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ			
N =	0,02	ts =	92,452
C =	0,649	I =	29,287
b =	18		
Q _{max} =	188,846		
Q _o (SCS) =	187,372	E =	35460

y(m)	A(m ²)	B(m)	P(m)	R(m)	Q(m ³ /s)	V	y/yp
0,5	9	18	19,000	0,474	29,955	3,328	0,192
1	18	18	20,000	0,900	91,903	5,106	0,385
1,5	27	18	21,000	1,286	174,859	6,476	0,577
2	36	18	22,000	1,636	273,810	7,606	0,769
2,5	45	18	23,000	1,957	385,564	8,568	0,962
2,6	46,8	18	23,200	2,017	409,240	8,744	1,000

Από τον πίνακα 5.36 προκύπτει ότι η παροχή, που υπολογίστηκε για 1,5m ύψους στάθμης νερού, αναλογεί σε παροχή $Q = 174,859 \text{ m}^3/\text{sec}$, που είναι ίση περίπου με την παροχή που υπολογίστηκε με την Ορθολογική μέθοδο (με χρόνο συρροής κατά S.C.S) και ίση με την μέγιστη παροχή $Q_{\text{max}}=188,846 \text{ m}^3/\text{sec}$ με την μέθοδο Fuller. Συνεπώς, για αυτήν τη μέγιστη θεωρητικά τιμή, που υπολογίστηκε για περίοδο επαναφοράς $T=500$ χρόνια, η διατομή της γέφυρας επαρκεί για την παροχή στην αιχμή της πλημμύρας $Q_{(\text{Fuller})}=188,846 \text{ m}^3/\text{sec}$.

5.3.5.4 Χείμαρρος Μάνα

Για το χείμαρρο Μάνα (βλ. σχήμα 5.2), μετρήθηκαν οι διαστάσεις της διατομής της γέφυρας στην έξοδο του Κοκκαρίου προς Αυλάκια (Φωτ. 5.4).



Φωτ. 5.4 Διαστάσεις της γέφυρας του χείμαρρου Μάνα στην έξοδο του Κοκκαρίου προς Αυλάκια.

Στον παρακάτω πίνακα 5.37 δίνονται τα υδραυλικά στοιχεία για τη γέφυρα του χείμαρρου Μάνα στην έξοδο του Κοκκαρίου προς Αυλάκια.

Πίνακας 5.37 Υδραυλική διερεύνηση του χειμάρρου Κοκκαρίου

Στοιχεία ομοιόμορφης

ροής

ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ

ΔΙΑΤΟΜΗ

N = 0,02

ts = 19,098

J = 0,116

C = 0,689

I = 82,699

b = 7

Qo (SCS) = 52,4345

E = 3655

y(m)	A(m²)	B(m)	P(m)	R(m)	Q(m³/s)	V	y/yp
0,5	3,5	7	8,000	0,438	34,349	9,814	0,191
1	7	7	9,000	0,778	100,817	14,402	0,382
1,5	10,5	7	10,000	1,050	184,720	17,592	0,573
2	14	7	11,000	1,273	279,995	20,000	0,763
2,5	17,5	7	12,000	1,458	383,244	21,900	0,954
2,62	18,34	7	12,240	1,498	408,956	22,299	1,000

Από τον πίνακα 5.37 προκύπτει ότι η παροχή που υπολογίστηκε με την Ορθολογική μέθοδο (με χρόνο συρροής κατά S.C.S) είναι και η μέγιστη παροχή $Q_{max}=52,4345 \text{ m}^3/\text{sec}$. Συνεπώς, για αυτήν τη μέγιστη θεωρητικά τιμή που υπολογίσαμε για περίοδο επαναφοράς $T=500$ χρόνια η διατομή της γέφυρας επαρκεί για την παροχή στην αιχμή της πλημμύρας με τη στάθμη του νερού να φτάνει περίπου τα 0,75m, σύμφωνα με τους υδραυλικούς υπολογισμούς που έγιναν.

5.3.5.5 Χείμαρρος Κακόρεμα (Πλατανάκια)

Για το χείμαρρο Κακόρεμα (βλ. σχήμα 5.2), στην περιοχή Πλατανάκια, μετρήθηκαν οι διαστάσεις της διατομής της γέφυρας (Φωτ. 5.5β). Στη Φωτογραφία 5.5α φαίνεται η κανάντη πλευρά της γέφυρας, μετά την πλημμύρα της 28-29/11/2001.



Φωτ. 5.5α Η διάβρωση κατόντη της γέφυρας του Κακορέμματος στην περιοχή «Πλατανάκια», μετά την πλημμύρα της 28-29/11/2001 (Βαβλιάκης κ.α., 2002).



Φωτ. 5.5β Διαστάσεις της γέφυρας του χείμαρρου Κακορέμματος στην περιοχή «Πλατανάκια».

Στον παρακάτω πίνακα 5.38 δίνονται τα υδραυλικά στοιχεία για τη γέφυρα του χειμάρρου Κακορέμματος στην περιοχή «Πλατανάκια».

Πίνακας 5.38 Υδραυλική διερεύνηση του χειμάρρου Κακορέμματος

**Στοιχεία ομοιόμορφης ροής
ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ**

$$\begin{array}{lll} N = 0,02 & ts = 33,016 & J = 0,082 \\ C = 0,592 & I = 57,679 & \\ b = 13,1 & & \end{array}$$

$$Q_0 \text{ (SCS)} = 131,281 \qquad E = 13830$$

y(m)	A(m ²)	B(m)	P(m)	R(m)	Q(m ³ /s)	V	y/yp
0,5	6,55	13,1	14,100	0,465	56,251	8,588	0,185
1	13,1	13,1	15,100	0,868	170,613	13,024	0,370
1,5	19,65	13,1	16,100	1,220	321,315	16,352	0,556
2	26,2	13,1	17,100	1,532	498,56	19,029	0,741
2,5	32,75	13,1	18,100	1,809	696,27	21,260	0,926
2,7	35,37	13,1	18,500	1,912	780,11	22,056	1,000

Από τον πίνακα 5.38 προκύπτει ότι η παροχή που υπολογίστηκε με την Ορθολογική μέθοδο (με χρόνο συρροής κατά S.C.S) είναι η μέγιστη παροχή $Q_{max}=131,281 \text{ m}^3/\text{sec}$. Συνεπώς, για αυτήν τη μέγιστη θεωρητικά τιμή, που υπολογίστηκε για περίοδο επαναφοράς $T=500$ χρόνια, η διατομή της γέφυρας επαρκεί για την παροχή στην αιχμή της πλημμύρας με τη στάθμη του νερού να φτάνει περίπου τα 0,75m, σύμφωνα με τους υδραυλικούς υπολογισμούς που έγιναν.

5.3.5.6 Χείμαρρος Φουρνιώτικο

Για το χείμαρρο Φουρνιώτικο (βλ. σχήμα 5.2), το οποίο έχει μεγάλη λεκάνη απορροής και φθάνει μέχρι τις δυτικές κορυφές του όρους Αμπέλος, μετρήθηκαν οι διαστάσεις της διατομής της γέφυρας, που βρίσκεται μέσα στο Καρλόβασι (Φωτ. 5.6α). Στην Φωτογραφία 5.6β φαίνεται η κανάντη πλευρά της γέφυρας, μετά την πλημμύρα της 28-29/11/2001. Συγκεκριμένα φαίνονται καθαρά οι αναβαθμίδες για την απόσβεση της ροής, οι οποίες λειτούργησαν κανονικά κατά τη διαδικασία εξέλιξης του φαινομένου.



Φωτό 5.6β Η γέφυρα του Φουρνιώτικου ρέματος στην κατάντη πλευρά της, μετά την πλημμύρα της 28-29/11/2001. Φαίνονται καθαρά οι αναβαθμίδες για την απόσβεση της ροής οι οποίες λειτούργησαν κανονικά κατά τη διαδικασία εξέλιξης του φαινομένου (Βαβλιάκης κ.α., 2002).



Φωτ. 5.6α Διαστάσεις της γέφυρας του χείμαρρου Φουρνιώτικου στην περιοχή Καρλόβασι.

Πίνακας 5.39 Υδραυλική διερεύνηση του χειμάρρου Φουρνιώτικου

N = 0,02 ts = 79,178 J = 0,0315
C = 0,586 I = 32,432
b = 35

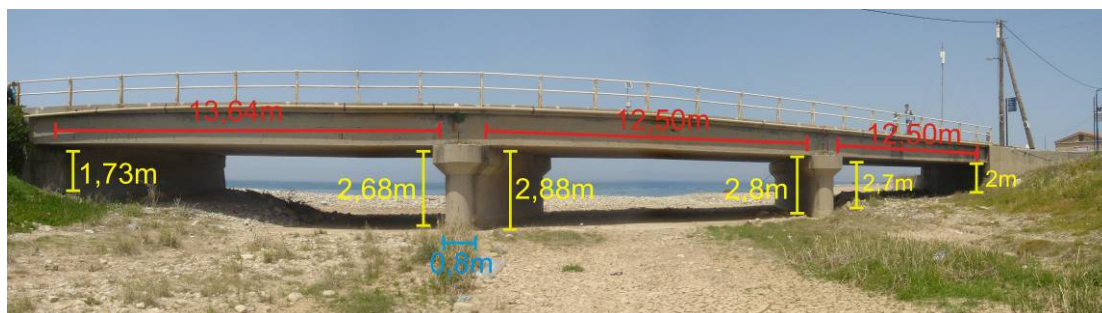
Q₀ (SCS) = 243,305 E = 46050

y(m)	A(m2)	B(m)	P(m)	R(m)	Q(m3/s)	V	y/yp
0,5	17,5	35	36,000	0,486	96,01	5,486	0,154
1	35	35	37,000	0,946	299,30	8,551	0,308
1,5	52,5	35	38,000	1,382	577,92	11,008	0,462
2	70	35	39,000	1,795	917,44	13,106	0,615
2,5	87,5	35	40,000	2,188	1308,47	14,954	0,769
3	105	35	41,000	2,561	1744,15	16,611	0,923
3.25	113,75	35	41,500	2,741	1977,03	17,380	1,000

06/08/2010

5.3.5.7 Χείμαρρος Μεγάλο ρέμα

Για τον χείμαρρο Μεγάλο ρέμα (βλ. σχήμα 5.2), το οποίο πηγάζει από τα υψώματα του Μαραθόκαμπου, μετρήθηκαν οι διαστάσεις της διατομής της γέφυρας, που βρίσκεται στο παραλιακό δρόμο (Φωτογραφία. 5.7).



Φωτ. 5.7 Διαστάσεις της γέφυρας του χειμάρρου Μεγάλο ρέμα στον παραλιακό δρόμο.

Στον παρακάτω πίνακα 5.40 δίνονται τα υδραυλικά στοιχεία για τη γέφυρα του χειμάρρου Μεγάλου ρέματος .

Πίνακας 5.40 Υδραυλική διερεύνηση του χειμάρρου Μεγάλου ρέματος

Στοιχεία ομοιόμορφης ροής ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ

N = 0,02 ts = 61,109 J = 0,033
C = 0,585 I = 38,461
b = 38.64

$$Q_0 \text{ (SCS)} = 162,755 \qquad \Sigma \lambda = 26020$$

y(m)	A(m2)	B(m)	P(m)	R(m)	Q(m3/s)	V	Y/Yp
0,5	19,32	38,64	39,640	0,487	108,515	5,617	0,282
1	38,64	38,64	40,640	0,951	338,839	8,769	0,565
1,5	57,96	38,64	41,640	1,392	655,302	11,306	0,847
1,77	68,3928	38,64	42,180	1,621	856,080	12,517	1,000

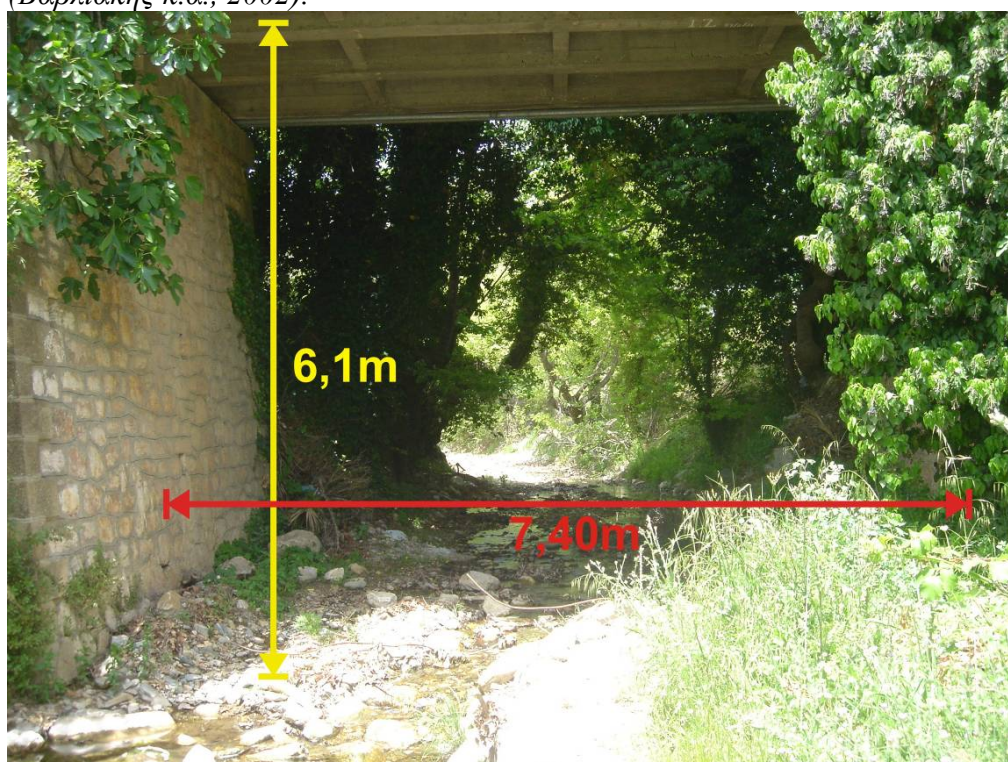
Από τον πίνακα 5.40 προκύπτει ότι η παροχή που υπολογίστηκε με την Ορθολογική μέθοδο (με χρόνο συρροής κατά S.C.S) είναι η μέγιστη παροχή $Q_{max}=162,755 \text{ m}^3/\text{sec}$. Συνεπώς, για αυτήν τη μέγιστη θεωρητικά τιμή, που υπολογίστηκε για περίοδο επαναφοράς $T=500$ χρόνια, η διατομή της γέφυρας επαρκεί για την παροχή στην αιχμή της πλημμύρας με τη στάθμη του νερού να φτάνει περίπου τα $0,75\text{m}$, σύμφωνα με τους υδραυλικούς υπολογισμούς που έγιναν.

5.3.5.8 Χείμαρρος Αμφίλυσος

Για το χείμαρρο Αμφίλυσο (βλ. σχήμα 5.2), μετρήθηκαν οι διαστάσεις της διατομής της γέφυρας του Πύργου δίπλα στον κεντρικό δρόμο (Φωτογραφία. 5.8β). Στη φωτογραφία 5.8α φαίνεται ο χείμαρρος του Αμφίλυσου μετά την πλημμύρα της 28-29/11/2001 στη γέφυρα του Πύργου.



Φωτ.5.8α Ο χείμαρρος Αμφίλυσος στη γέφυρα του Πύργου (Δ.Δ Πύργου – Δήμος Πυθαγορείου) στον κεντρικό δρόμο, μετά την πλημμύρα της 28-29/11/2001 (Βαβλιάκης κ.α., 2002).



Φωτ. 5.8β Διαστάσεις της γέφυρας του χείμαρρου Αμφίλυσου στον Πύργο.

Στον παρακάτω πίνακα 5.41 δίνονται τα υδραυλικά στοιχεία για τη γέφυρα του χειμάρρου Αμφίλυσου στον Πύργο .

Πίνακας 5.41 Υδραυλική διερεύνηση του χειμάρρου Αμφίλυσου

Στοιχεία ομοιόμορφης ροής ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ							
N = 0,02		ts = 75,567		J = 0,047			
C = 0,568		I = 33,444					
b = 7,4							
Qmax = 77,192							
Qo (SCS) = 46,4042		E = 8787					
y(m)	A(m2)	B(m)	P(m)	R(m)	Q(m3/s)	V	y/yp
0,5	3,7	7,4	8,400	0,440	23,268	6,289	0,082
1	7,4	7,4	9,400	0,787	68,534	9,261	0,164
1,5	11,1	7,4	10,400	1,067	125,928	11,345	0,246
2	14,8	7,4	11,400	1,298	191,326	12,927	0,328
2,5	18,5	7,4	12,400	1,492	262,389	14,183	0,410
3	22,2	7,4	13,400	1,657	337,644	15,209	0,492
3,5	25,9	7,4	14,400	1,799	416,101	16,066	0,574
4	29,6	7,4	15,400	1,922	497,065	16,793	0,656
4,5	33,3	7,4	16,400	2,030	580,032	17,418	0,738
5	37	7,4	17,400	2,126	664,627	17,963	0,820
5,5	40,7	7,4	18,400	2,212	750,562	18,441	0,902
6	44,4	7,4	19,400	2,289	837,616	18,865	0,984
6,1	45,14	7,4	19,600	2,303	855,145	18,944	1,000

Από τον πίνακα 5.41 ότι η παροχή που υπολογίστηκε για 1m ύψους στάθμης νερού, αναλογεί σε παροχή $Q = 74,892 \text{ m}^3/\text{sec}$, που είναι ίση περίπου με την παροχή που υπολογίστηκε με την Ορθολογική μέθοδο (με χρόνο συρροής κατά S.C.S), αλλά μικρότερη από την μέγιστη παροχή $Q_{\max}=77,192 \text{ m}^3/\text{sec}$ με την μέθοδο Fuller. Συνεπώς, για αυτήν τη μέγιστη θεωρητικά τιμή, που υπολογίστηκε για περίοδο επαναφοράς $T=500$ χρόνια, η διατομή της γέφυρας επαρκεί για την παροχή στην αιχμή της πλημμύρας $Q_{(\text{Fuller})}=77,192 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Κεφάλαιο 6

6 Συζήτηση - Συμπεράσματα

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή πραγματεύεται αφενός τη γεωμορφολογία της Νήσου Σάμου, αφετέρου την υδρολογία και τα πλημμυρικά φαινόμενα, που έλαβαν χώρα στη μεγάλη πλημμύρα του 2001 και την πιθανότητα εμφάνισής τους στο μέλλον.

Για την πραγματοποίηση της διατριβής ερευνήθηκαν οι λεκάνες απορροής των οκτώ σημαντικότερων χειμάρρων της Σάμου τόσο από πλευράς μορφομετρίας όσο και από πλευράς χειμαρρικότητας κατά τη διέλευσή τους μέσα από χωριά και Δήμους που βρίσκονται στην πεδινή – ημιορεινή και στην παράκτια ζώνη με έντονες τουριστικές δραστηριότητες.

Με τη βοήθεια των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, έγινε σε πρώτη φάση η γεωμορφολογική διερεύνηση που περιελάμβανε τα εξής :

- Την μέτρηση των μορφομετρικών παραμέτρων στα υδρογραφικά συστήματα της νήσου Σάμου τόσο των υδρογραφικών δικτύων όσο και των λεκανών απορροής.
- Την κατασκευή χαρτών κατανομής υπολογιζόμενων μορφομετρικών παραμέτρων (υδρογραφικής πυκνότητας, υδρογραφικής συχνότητας, κυκλικότητας, βαθμού τραχύτητας, υψομετρικού ολοκληρώματος).
- Την ταξινόμηση αναγλύφου κατά Dikau.
- Την κατασκευή χάρτη κλίσεων της Νήσου Σάμου.
- Την κατασκευή ροδοδιαγραμμάτων συχνότητας του προσανατολισμού των ρεμάτων (υδρογραφικού δικτύου) κάθε τάξης ξεχωριστά και των ρηγμάτων της Σάμου.

Στη συνέχεια με την επεξεργασία και ανάλυση των παραπάνω υπολογιζόμενων παραμέτρων προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

Η **υδρογραφική πυκνότητα** στις λεκάνες 3^{ης}, 4^{ης} και 5^{ης} τάξης τις χαρακτηρίζεται ως χαμηλή υδρογραφική πυκνότητα σε σχέση με το εύρος τιμών της.

Οι τιμές της **υδρογραφικής συχνότητας** για όλες τις λεκάνες 3^{ης}, 4^{ης} και 5^{ης} έχουν πολύ μικρή διακύμανση χωρίς να παρουσιάζεται κάποια ιδιαίτερα μεγάλη τιμή.

Στις λεκάνες 5^{ης} τάξης παρατηρείται ο **λόγος αναγλύφου** να έχει μικρές τιμές, ενώ για τις 4^{ης} τάξης λεκάνες οι τιμές είναι μεγαλύτερες. Τέλος, στις λεκάνες

απορροής 3^{ης} τάξης οι τιμές του λόγου αναγλύφου είναι ακόμα μεγαλύτερες. Αυτές οι τιμές φανερώνουν ότι οι διεργασίες διάβρωσης που συμβαίνουν στις λεκάνες 3^{ης} τάξης είναι πιο έντονες από τις λεκάνες μεγαλύτερης τάξης.

Τα αποτελέσματα από τον υπολογισμό της **τραχύτητας του αναγλύφου** δείχνουν ότι οι δύο λεκάνες 5^{ης} τάξης έχουν αυξημένη τραχύτητα και ειδικότερα η λεκάνη 5^{ης} τάξης που βρίσκεται στο νότιο τμήμα της Σάμου, η οποία δείχνει ότι υπάρχει μεγάλη κλίση στη λεκάνη σε συνδυασμό με το μεγάλο μήκος της. Στις λεκάνες 4^{ης} τάξης εμφανίζουν αυξημένη τραχύτητα οι λεκάνες που βρίσκονται στο κεντρικό τμήμα του νησιού και νότια και τέλος για τις λεκάνες 3^{ης} τάξης εμφανίζονται υψηλές τιμές τραχύτητας στο δυτικό τμήμα της Σάμου, στην ορεινή μάζα του όρους Κερκετέα και στο κεντρικό τμήμα του νησιού, κυρίως στην λεκάνη του Καρλοβασίου.

Από τα αποτελέσματα του **υψομετρικού ολοκληρώματος** προκύπτει ότι για τις λεκάνες απορροής 5ης τάξης, η μία λεκάνη απορροής που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του νησιού είναι στο στάδιο ωριμότητας, ενώ στο νότιο τμήμα του νησιού η λεκάνη 5ης τάξης βρίσκεται στο στάδιο γήρατος, πράγμα που σημαίνει ότι έχει υποστεί διεργασίες διάβρωσης και έχουν μεταφερθεί αρκετά φερτά υλικά. Όσον αφορά τις λεκάνες 4ης τάξης, αυτές που βρίσκονται στο κεντρικό τμήμα του νησιού και ειδικότερα στη βόρεια, δυτική και νότια πλευρά του όρους της Αμπέλου βρίσκονται στο στάδιο ωριμότητας μαζί με τη λεκάνη 4ης τάξης στο ανατολικό μέρος του νησιού δίπλα στους ασβεστολιθικούς σχηματισμούς. Οι υπόλοιπες λεκάνες 4ης τάξης βρίσκονται στο στάδιο γήρατος, οι τρεις από τις οποίες βρίσκονται στις νεογενείς αποθέσεις της Σάμου και η μία στο δυτικό τμήμα της Σάμου. Τέλος, για τις λεκάνες 3ης τάξης παρατηρείται ότι τρεις λεκάνες βρίσκονται στο στάδιο νεότητας και τέσσερις λεκάνες στο στάδιο γήρατος. Όλες οι υπόλοιπες βρίσκονται στο στάδιο ωριμότητας.

Η ανάλυση των ροδοδιαγραμμάτων συχνότητας του προσανατολισμού των ρεμάτων κάθε τάξης ξεχωριστά μας έδειξε ότι οι κλάδοι 1^{ης} και 2^{ης} τάξης έχουν διεύθυνση κυρίως ΒΑ-ΝΔ. Οι κλάδοι 3^{ης} τάξης έχουν κύρια διεύθυνση Β-Ν, ενώ οι χείμαρροι μεγάλης τάξης, 4^{ης} και 5^{ης} έχουν διευθύνσεις ΒΔ-ΝΑ. Μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι υπάρχουν δύο διαφορετικά συστήματα υδρογραφικού δικτύου, ένα παλιότερο με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, που περιλαμβάνει και τους μεγαλύτερους κλάδους και ένα νεότερο με κύρια διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, που περιλαμβάνει όλους τους νεότερους, μικρής τάξης κλάδους. Μία πιθανή εξήγηση γι' αυτό είναι ότι για τους μεγαλύτερους κλάδους υπήρχε ο χρόνος ώστε οι τεκτονικές δυνάμεις να επιδράσουν

επάνω τους, ενώ αντίθετα οι μικρότεροι και νεότεροι κλάδοι, δεν έχουν υποστεί έντονη την τεκτονική επίδραση. Από τα ροδοδιαγράμματα συχνότητας των ρηγμάτων της Σάμου βγαίνει το συμπέρασμα ότι επικρατούν δύο τάσεις: μία κύρια ΒΔΔ-NAA και μία δευτερεύουσα ΒΔ-NA. Αυτές οι δύο τάσεις συμπίπτουν σχεδόν με την διεύθυνση των υδρογραφικών κλάδων 4^{ης} και 5^{ης} τάξης, γεγονός που φανερώνει ότι η τεκτονική ήταν η αιτία που καθόρισε την διεύθυνση των μεγάλων κλάδων στο νησί της Σάμου.

Στη συνέχεια, με βάση τα στοιχεία του υδρομετεωρολογικού σταθμού του αεροδρομίου Σάμου, τα οποία παρείχαν μία αξιόπιστη χρονοσειρά δεδομένων σχεδόν 50ετίας και με τη συμβολή των τηλεμετρικών υδρομετεωρολογικών σταθμών, που έχουν εγκατασταθεί στο νησί από το Υπουργείο Γεωργίας, βρέθηκαν τα μέγιστα 24ωρα ύψη βροχοπτώσεων, που παρατηρήθηκαν στο νησί σε ετήσια βάση σε όλη την χρονική περίοδο από το 1950 έως το 1997 και το 2001.

Αυτά τα ύψη βροχής επέτρεψαν την εφαρμογή της στατιστικής μεθόδου του Gumbel, για την εύρεση των καμπύλων ύψους βροχής – περιόδου επαναφοράς και έντασης βροχής – περιόδου έπαναφοράς. Στη συνέχεια, με τη χρήση της ορθολογικής μεθόδου και με τη βοήθεια τριών τύπων για τον υπολογισμό του χρόνου συρροής (κατά Kirpich, Giandotti και Soil Conservation Service – SCS), βρέθηκαν τα μέγιστα των παροχών των χειμάρρων για περιόδους επαναφοράς 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 300, 500, 1000 ετών. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε η εμπειρική μέθοδος εύρεσης των τιμών πλημμυρών αιχμής κατά Fuller για τις ίδιες περιόδους επαναφοράς. Αυτές οι τιμές συγκρίθηκαν με τις τιμές των παροχών, που μετρήθηκαν στο ύπαιθρο κατά τη διάρκεια της σφοδρής βροχόπτωσης ή εκτιμήθηκαν με βάση το ίχνος της πλημμύρας στις διατομές ελέγχου (γεφύρια) στα διευθετημένα τμήματα των κοιτών στην πεδινή ζώνη λίγο πριν τις εκβολές τους. Προέκυψε λοιπόν η περίοδος επαναφοράς αυτής της πλημμυρικής αιχμής για κάθε έναν από τους 8 χειμάρρους ξεχωριστά.

Οι συντελεστές απορροής, όπως αυτοί διαμορφώθηκαν ανά χείμαρρο μετά την πυρκαγιά του 2000, όπου σημαντικές εκτάσεις πευκοδάσους και καλλιεργειών αποτεφρώθηκαν, ελήφθησαν από την εργασία των Psilonikos Aris et al. (2003). Οι συντελεστές αυτοί αποτελούν όρους για την εφαρμογή της ορθολογικής μεθόδου. Έτσι, εφαρμόζοντας την ορθολογική μέθοδο με τη βοήθεια του συντελεστή απορροής εκτιμήθηκε ότι η βροχόπτωση ήταν 500ετίας. Στη συνέχεια, για τις μέγιστες τιμές των παροχών που προέκυψαν από τις παραπάνω μεθόδους για την περίοδο επαναφοράς των 500 ετών, έγινε μία υδραυλική διερεύνηση της παροχετευτικότητας των

χειμάρρων στις διατομές ελέγχου της πεδινής ζώνης, λίγο πριν τις εκβολές στη θάλασσα. Το αποτέλεσμα ήταν ότι επαρκούν οι διατομές για αντίστοιχες βροχοπτώσεις και τα έργα δεν είναι άστοχα. Το ερώτημα που ενδεχομένως δημιουργείται είναι γιατί συμβαίνουν πλημμύρες με καταστροφικά φαινόμενα όπως αυτά της 28 – 29 / 11 / 2001. Η απάντηση το πιθανότερο βρίσκεται στο γεγονός ότι οι ορεινές και πεδινές κοίτες των χειμάρρων δεν ήταν καθαρές από σκουπίδια και εποχιακή βλάστηση, που προκαλούν μείωση της διατομής της κοίτης, αύξηση του συντελεστή τραχύτητας και κατ' επέκταση επικίνδυνη άνοδο της στάθμης δημιουργώντας τις προϋποθέσεις για υπερχειλίση. Ένας άλλος παράγοντας που όμως λήφθηκε υπόψη κατά τον υπολογισμό των συντελεστών απορροής στους τρεις τύπους της ορθολογικής μεθόδου, είναι οι πυρκαγιές της τελευταίας δεκαπενταετίας και κυρίως αυτή του 2000.

Για να μπορέσει να γίνει αυτή η υδραυλική διερεύνηση χρειάστηκε επιτόπου μετάβαση στη Σάμο και δουλειά υπαίθρου. Από την εργασία υπαίθρου προέκυψαν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των διατομών ελέγχου στα διευθετημένα τμήματα των χειμάρρων είτε αυτά αφορούσαν ημιορεινές – πεδινές λεκάνες είτε την παράκτια ζώνη στις εκβολές. Με τον τρόπο αυτό πραγματοποιήθηκε μία συνδυαστική εργασία γεωμορφολογίας και υδρολογίας – υδραυλικής, που επέτρεψε να διερευνηθεί το ανάγλυφο και τα πλημμυρικά φαινόμενα στους βασικότερους χειμάρρους της Σάμου.

Αυτό που τελικά μπορεί να αποτελέσει ερέθισμα για περαιτέρω έρευνα της υδρογεωγραφίας της Σάμου γενικότερα, είναι η ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων της Σάμου και η εύρεση τρόπων :

- A) Για την καταπολέμηση της λειψυδρίας και την ανάσχεση των πλημμύρων με τρόπους αποθήκευσης του επιφανειακού νερού με μικρά φράγματα και εμπλουτισμού του υπόγειου υδροφορέα.
- B) Την αξιοποίηση των τηλεμετρικών δεδομένων των υδρομετεωρολογικών σταθμών για την εφαρμογή μοντέλων υδατικού ισοζυγίου.
- Γ) Τη διερεύνηση του υδατικού ισοζυγίου με βάση τις ανάγκες και τη διαθεσιμότητα των υδατικών της πόρων.
- Δ) Την προστασία των χειμάρρων και ρεμάτων από τη διάβρωση, τη ρύπανση από ανεξέλεγκτη απόρριψη σκουπιδιών και τον καθαρισμό τους.
- E) Την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος και κυρίως του πλούσιου δασικού πλούτου της Σάμου από τις πυρκαγιές.

Κεφάλαιο 7

7 Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Demek, J., 1972: *Manual of detailed geomorphological mapping*. International Geographical Union.
- Dikau, R., 1989: *The application of a digital relief model to landform analysis in geomorphology*, Taylor and Francis, p.51-77.
- Daniil E.I., Michas S.N., Lazaridis L.S., 2005: *Hydrologic modeling for the determination of design discharges in ungauged basins*. 9th International Conference on Environmental Science and Technology (9CEST2005), Rhodes island, Greece
- Fetter, C.W., 2001: *Applied Hydrology*. Fourth Edition. Prentice Hall, inc.
- Garcina, M., Poisson, B., Pouget, R., 2004: *High rates of geomorphological processes in a tropical area: the Remparts River case study (Re'union Island, Indian Ocean)*. *Geomorphology* 67 , 335–350
- Giandotti, M., 1940: *Previsione empirica delle piene in base alle precipitazioni meteoriche, alle caratteristiche fisiche e morfologiche dei bacini*: Applicazione del metodo ad alcuni bacini dell'appennino ligure, *Pubbl. 2 del Servizio Idrografico* (1940), pp. 5–13.
- Gregory, K. & Walling, D., 1973 : *Drainage basin form and process*, Edward Arnold, London.
- Gumbel, E.J. (1967). *Statistics of extremes*. Columbia University Press. New York, pp.375
- Han, Z., Wu, L., Ran, Y., Ye, Y., 2003: *The concealed active tectonics and their characteristics as revealed by drainage density in the North China plain (KCP)*. *Journal of Asian Earth Sciences*, 21: 989-998.
- Horton, R., 1945: *Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology*, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 56.
- Hwang N.H.C. and Houghtalen R.J., 1996: *Fundamentals of Hydraulic Engineering Systems*. Prentice Hall Inc., N. Jersey, USA.

- Kirpich, Z.P. 1940: *Time of concentration of small agricultural watersheds*. Civil Engineering, 10:362
- Keller and Pinter, 2002: *Active Tectonics, Earthquakes, Uplift, and Landscape. Second edition*. Prentice — Hall. Inc. New Jersey, pp. 121—124.
- Kite G.W., 1977: *Frequency and risk analysis in Hydrology*. Water Resources Publications, Colorado, USA.
- Manning, J.C., 1992: *Applied Principles of Hydrology*, Second Edition, Macmillan, 294p.
- Papanikolaou, D. 1979: Unités tectoniques et phases de deformation dans l' île de Samos, Mer Égée, Grèce. Bull. Soc. géol. France. (VII), 21, 745-752.
- Papanikolaou, D. 1984. The three metamorphic belts of the Hellenides: a review and a kinematic interpretation. Jour. Geol. Geol. Society, sp. Publ., 17, pp. 550-561.
- Psilovikos, Ar., Vavliakis El., Margoni S. & Koutalou V., 2003: *Determination of the runoff coefficient in the river basins of the main torrents in Samos island after the fire of July 2000 using orthophotomaps and G.I.S*. Proceedings of the International Conference titled: «GIS and Remote Sensing: Environmental Applications» COST 718, 719, pp. 307 – 314, Volos, Greece.
- Reddy, G.P.O., Maji, A.K. Gajbhiye, K.S., 2004: *Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in a basaltic terrain. Central India - a remote sensing and GIS approach*. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 6: 1-16.
- Scheideger, A.E., 1980Q The orientation of valley trends in Ontario. Z. fur Geomorph. N.F. 2, (1): 19-30
- Schumm, S.A., 1956: *Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy*. New Jersey. Geological Society of America Bulletin, 61: 597-646.
- Strahler, A. N., 1957: *Quantitative analysis of watershed geomorphology*-. Trans. Am. Geophys. Union, vol, 38, pp. 913-920.
- Strahler, A. N., 1964: *Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and channel Networks*, In CHOW, V. T., (Ed.) Handbook of Applied Hydrology, Section 14 : 54, New York.
- Strahler, A. N.. 1952: *'Hypsometric (are - altitude) analysis of erosional topography'*. Bulletin Geolog. Societ. Americ., 63: 1117-1142.

- United States Bureau of Reclamation (U.S.B.R.), 1960: Design of Small Dams, A Water Resources Technical Publication.
- Vertical Mapper Spatial Analysis and Display Software, 2001, *Tutorial*, Northwood Technologies Inc. and Marconi Mobile Limited Canada.

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αστάρας, Θ., 1980: *Ποσοτική γεωμορφολογική μελέτη τμήματος των Δ.Πλευρών του όρους Βερτίσκον (Κ. Μακεδονία), (Με 4 χάρτες εντός κειμένου)*, Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη, σελ. 49 – 54.
- Αστάρας, Θ., Οικονομίδης Δ., Μουρατίδης Α., 2007. *Ψηφιακή χαρτογραφία και γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.
- Βαβλιάκης, Ελ., 2002: *Έρευνα παρακολούθησης των αλλαγών στις αποτεφρωμένες εκτάσεις της Σάμου και των επιπτώσεων αυτών στη διάβρωση των εδαφών, στην εκδήλωση πλημμυρών και στην υποβάθμιση των υδατικών πόρων*. Ερευνητικό Πρόγραμμα της Επιτροπής Ερευνών ΑΠΘ. (κωδ. 20342, Φορέας Νομαρχία Σάμου, Επιτροπή Ερευνών ΑΠΘ, 2002)
- Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ), 1978 , Τοπογραφικοί χάρτες, Φύλλο Καρλόβασι και Φύλλο Σάμου (κλίμακας 1:50.000).
- Δαμασκηνίδου, Σιδηρόπουλος, 1993. Σημειώσεις Ανοικτών Αγωγών. Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, ΑΠΘ.
- Ζιώγας, Κ., 2002: *Δημιουργία ενός ολόκληρου υδρολογικού-μορφολογικού μοντέλου για τους ορεινούς χειμάρρους*. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.
- Ι.Γ.Μ.Ε. (Δ. ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΣ), 1979: Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος φύλλα Ν.Καρλοβάσιου-Λιμίν Βαθέος.
- Καραμούζης, Δ., 2000: *Ερευνητικό έργο. Διαχείριση υδατικών πόρων υδρολογικής λεκάνης Ολύνθιου Χαλκιδικής. Πακέτο εργασίας: Χωροθέτηση και προκαταρκτική διερεύνηση φράγματος Βατόνια (Ολύνθιου) Χαλκιδικής*. Ελληνική Δημοκρατία-Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας-Υπουργείο Γεωργίας. Θεσσαλονίκη.

- Καρύμπαλης, Ε., Κοντής, Ε., Ζούρος, Ν., 2004: *Ποσοτικές γεωμορφολογικές παρατηρήσεις στη λεκάνη απορροής του χειμάρρου Τσικνιά (κεντρική Λέσβος)*. 7^ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, Μυτιλήνη.
- Κούλας, Ν., 2004: *Φυσικό περιβάλλον και στοιχείο διαχείρισης του χειμάρρου Ολυνθίου της Χαλκιδικής*, Διατριβή ειδίκευσης, Θεσσαλονίκη.
- Κρητικίδης, Εμ., 1869: *Τοπογραφία της Σάμου*
- Μαγαλιός, Σ., Κωτσόπουλος, Σ., Αλεξίου, Ι., Γραβάνης, Γ., Λόκκας, Φ., Μπασδάνης, Β., 2006: *Χωρική μεταβολή υδρολογικών παραμέτρων προς εκτίμηση πλημμυρικών παροχών ρεμάτων της Όσσας*. 10^ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Ε.Υ.Ε., Τόμος 1, σελ. 103-110, Ξάνθη.
- Μιμίκου, Μ., Μπαλτάς, Ε., 2006: *Τεχνική Υδρολογία*, Αθήνα, σελ. 178-182.
- Μουντράκης, Δ., 1985: *Γεωλογία της Ελλάδας*, Universal Studio Press, Θεσσαλονίκη.
- Ξανθόπουλος, Θ., 1971: *Μαθήματα Στατιστικής Υδρολογίας*. Θεσσαλονίκη.
- Ξανθόπουλος, Θ., 1990: *Εισαγωγή στην τεχνική υδρολογία*. Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.
- Παπαμιχαήλ Δ., 2001: *Τεχνική Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων*. Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Παπαμιχαήλ, Δ.Μ., Γεωργίου, Π.Ε., Καραμούζης, Δ.Ν., 2001: *Εκτίμηση των πλημμυρογραφημάτων της ραγδαίας βροχόπτωσης της 7-8 Οκτωβρίου 2000 στην περιοχή της Μεγάλης Παναγιάς Χαλκιδικής*. Ελληνική Υδροτεχνική Ένωση (ΕΥΕ), «Υδροτεχνικά», τόμος 11.
- Παράσχος, Θ., 2005. *Η γεωμορφολογική εξέλιξη της κοιλάδας του Ίναχου ποταμού της Φθιώτιδας, παραπόταμου του Σπερχειού ποταμού*. Διατριβή ειδίκευσης, Θεσσαλονίκη.
- Σακκάς, Ι.Γ., 2004: *Τεχνική Υδρολογία*. – Τόμος 1: Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων. Εκδόσεις Αϊβάζη, Θεσσαλονίκη.
- Σαπουντζής, Μ., Παπαθανασίου, Θ., Μερτζάνης, Α., Ευθυμίου Γ., Αγγελακόπουλος, Ι. & Μυρωνίδης, Δ., 2006: *Υδρογεωμορφολογικές διεργασίες στο χειμάρρο "Γεραμπίνη" Ζαγοράς Πηλίου*. Πρακτικά της 2ης Επιστημονικής Ημερίδας της Επιτοπής Γεωμορφολογίας της Ε.Γ.Ε., αφιερωμένη στη μνήμη των καθηγητών Αντωνίου Ψιλοβίκου και Ελευθερίου Βαβλιάρη, Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας τομ. XXXIX/III, σελ. 104 - 118, Αθήνα, Νοέμβριος 2006.

- Σούλιος, Γ.Χ., 1986: *Γενική Υδρογεωλογία*. Τόμος 1, Εκδόσεις University Studio Press A.E.,σελ. 69-73, Θεσσαλονίκη.
- Σπυρίδης, Α., Ψιλοβίκος Αρ. & Κουτάλου Β., 2002: *Εξαγωγή όμβριων καμπυλών Νομού Κοζάνης για χρήση αυτών σε αντιπλημμυρικά έργα και έργα διαχείρισης υδατικών πόρων*. Πρακτικά του 6ου Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου της Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρείας, Τόμος Ι, σελ. 339 – 346, Θεσσαλονίκη, Οκτώβριος 2002.
- Σπυρίδης, Α., 2001: *Εκπόνηση μελέτης βελτίωσης του εσωτερικού δικτύου αποχέτευσης πόλης Κοζάνης και αποσυμφόρησης του Κεντρικού Αποχετευτικού Αγωγού – ΚΑΑ*. Φορέας Αναπτυξιακή Δυτικής Μακεδονίας ΑΝΚΟ Α.Ε., Θεσσαλονίκη 2001)
- Σταματιάδης, Επ., 1886: *Σαμιακά*
- Σωτηριάδης, Λ. & Ψιλοβίκος, Α., 1984. *Ασκήσεις Γεωμορφολογίας*, Α.Π.Θ., Υπηρεσία δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη, σελ. 22 - 38.
- Τερζίδης, Γ.Α., 1997: *Εφαρμοσμένη Υδραυλική*. Εκδόσεις Ζήτη, σελ. 582, Θεσσαλονίκη.
- Τζιμόπουλος, Χ., Σπυρίδης Α., Παπαδοπούλου Ε., 1996: *Ταμιευτήρας Παμόριτσα Πενταλόφου Κοζάνης – Υδρολογική Έρευνα*. Ερευνητικό Πρόγραμμα Επιτροπής Ερευνών ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Τζιμόπουλος Χ., Σπυρίδης Α.,: *Ταμιευτήρας Παμόριτσα Πενταλόφου κοζάνης – Υδρολογική Έρευνα*. Ερευνητικό Πρόγραμμα Επιτροπής Ερευνών Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 1996.
- Φλόκας Α., 1990: *Μαθήματα μετεωρολογίας και Κλιματολογίας*. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.
- Ψιλοβίκος, Α., 1996: *Έρευνα της νεοτεκτονικής και σεισμοτεκτονικής κατάστασης της νήσου Σάμου και εκπόνηση σχεδίου δράσης για την αντισεισμική θωράκιση*. Ερευνητικό Πρόγραμμα της Επιτροπής Ερευνών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.
- Ψιλοβίκος, Αρ., 2001: *Υδραυλική μελέτη των έργων αντιπλημμυρικής προστασίας Δροσάτου – Αμαράντων του Δήμου Δοϊράνης*. Φορέας Δήμος Δοϊράνης, Θεσσαλονίκη 2001
- Ψιλοβίκος, Αρ., Μαργώνη Σ., Βαβλιάκης Ελ., Ψιλοβίκος Αντ., 2004: *Παρακολούθηση και προσομοίωση της γεωγραφικής κατανομής της ραγδαίας βροχόπτωσης της 28–29/11/2001 στη Σάμο και συμβολή στην ολοκληρωμένη*

*διαχείριση των υδατικών της πόρων. Πρακτικά του 7ου Πανελληνίου
Γεωγραφικού Συνεδρίου, Τόμος Ι, σελ. 450 – 457, Μυτιλήνη.*

Ηλεκτρονικές διευθύνσεις

- www.samosin.gr