

# ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΙΣΧΥΡΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΚΗΦΙΣΟΥ

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1</b>	<b>Εισαγωγή</b>	<b>1</b>
1.1	Αντικείμενο και διάρθρωση της μελέτης .....	1
1.2	Περιοχή μελέτης .....	2
1.3	Κατασκευαστικές παρεμβάσεις .....	4
<b>2</b>	<b>Βάση Δεδομένων</b>	<b>6</b>
2.1	Το λογισμικό «Υδρογνώμων» .....	6
2.2	Διάρθρωση και λειτουργία της βάσης δεδομένων .....	7
2.3	Διασύνδεση της βάσης δεδομένων με Σύστημα Γεωγραφικής Πληροφορίας για την οπτικοποίηση και μελέτη της χωρικής κατανομής των βροχοπτώσεων .....	8
<b>3</b>	<b>Υδρομετεωρολογικά δεδομένα</b>	<b>11</b>
3.1	Υδρομετεωρολογικοί σταθμοί .....	11
3.2	Βροχομετρικοί σταθμοί και πηγές δεδομένων .....	13
3.3	Δορυφορικά δεδομένα .....	16
3.4	Επιπρόσθετα δεδομένα (μη αρχειοθετημένα) .....	18
3.5	Τελικά δείγματα μέγιστων υψών βροχής .....	19
3.6	Διερεύνηση χρονικών τάσεων .....	19
<b>4</b>	<b>Μεθοδολογία κατασκευής όμβριων καμπυλών</b>	<b>22</b>
4.1	Εισαγωγή .....	22
4.2	Δεδομένα που χρησιμοποιούνται .....	22
4.3	Μαθηματική έκφραση σχέσης όμβριων καμπυλών .....	24
4.4	Συνάρτηση κατανομής .....	24
4.5	Τελική εξίσωση όμβριων καμπυλών .....	26
4.6	Εκτίμηση παραμέτρων .....	26
4.7	Ταυτόχρονη χρήση δειγμάτων από πολλές θέσεις .....	29
<b>5</b>	<b>Επεξεργασία δεδομένων και κατασκευή όμβριων καμπυλών</b>	<b>34</b>
5.1	Επεξεργασία βροχογραφικών δεδομένων .....	34
5.2	Επεξεργασία βροχομετρικών δεδομένων .....	36

5.3	Εκτίμηση των παραμέτρων της συνάρτησης κατανομής .....	41
5.4	Όμβριες καμπύλες μεμονωμένων σταθμών.....	43
5.5	Σύγκριση με δορυφορικά δεδομένα.....	51
5.6	Συγκρίσεις σημειακών όμβριων καμπυλών με παλιότερες μελέτες.....	53
5.7	Σύγκριση με όμβριες καμπύλες άλλων περιοχών.....	57
<b>6</b>	<b>Χωροχρονική κατανομή της βροχής – Τελικές τιμές εφαρμογής</b>	<b>64</b>
6.1	Εισαγωγή.....	64
6.2	Μαθηματική έκφραση του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής.....	65
6.3	Χωρική κατανομή χαρακτηριστικών καταιγίδων.....	65
6.4	Επαλήθευση με βάση δορυφορικά δεδομένα .....	66
6.5	Χρονική κατανομή χαρακτηριστικών καταιγίδων.....	69
6.6	Απλουστευμένη χρονική κατανομή καταιγίδων ελέγχου.....	70
6.7	Χρονική κατανομή με επιμερισμό μέσω στοχαστικού μοντέλου.....	73
<b>7</b>	<b>Τελικά συμπεράσματα και προτάσεις</b>	<b>75</b>
	<b>Αναφορές</b>	<b>77</b>
	<b>Παράρτημα Α: Πίνακες μηνιαίων υψών βροχής</b>	<b>80</b>
	<b>Παράρτημα Β: Πίνακες ετήσιων μέγιστων ημερήσιων και διήμερων υψών βροχής (από βροχόμετρα)</b>	<b>97</b>
	<b>Παράρτημα Γ: Πίνακες ετήσιων μέγιστων υψών βροχής για διάφορες χρονικές κλίμακες (από βροχογράφους)</b>	<b>103</b>
	<b>Παράρτημα Δ: Πίνακες ετήσιων μέγιστων υψών βροχής για διάφορες χρονικές κλίμακες από δορυφορικές παρατηρήσεις</b>	<b>114</b>
	<b>Παράρτημα Ε: Συγκρίσεις με παλιότερες όμβριες καμπύλες</b>	<b>118</b>
	<b>Παράρτημα ΣΤ: Γραφική απεικόνιση των απολύτως μέγιστων παρατηρημένων υψών βροχής για διάφορες χρονικές κλίμακες</b>	<b>137</b>
	<b>Παράρτημα Ζ: Διερεύνηση χαρακτηριστικών καταιγίδων ως προς τη χρονική και χωρική κατανομή τους</b>	<b>144</b>

# ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΙΣΧΥΡΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΚΗΦΙΣΟΥ

## 1 Εισαγωγή

---

### 1.1 Αντικείμενο και διάρθρωση της μελέτης

Η Υδρολογική Μελέτη Ισχυρών Βροχοπτώσεων στη Λεκάνη του Κηφισού αποτελεί τμήμα της «Μελέτης διαχείρισης Κηφισού (Υποέργο 004) (Τμήμα: από εκβολή μέχρι την περιοχή Κόκκινου Μύλου)». Η μελέτη έχει ανατεθεί από τη Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας της ΓΓΔΕ του π. ΥΠΕΧΩΔΕ στα Συμπράττοντα Γραφεία: Εξάρχου Νικολόπουλος Μπενσασσών Σύμβουλοι Μηχανικοί, Denco Σύμβουλοι Μηχανικοί, Γ. Καραβοκύρης και Συνεργάτες Σύμβουλοι Μηχανικοί, Γ. & Μ. Καφετζόπουλος, Δ. Μπενάκης & Σια, Λ. Μπενσασσών, Ν. Γκόγκος, Γ. Σκαμπέλος.

Το αντικείμενο της συνολικής μελέτης περιλαμβάνει τρία διακριτά τμήματα, τη δημιουργία Ενιαίου Λειτουργικού Μητρώου για το οδικό και το υδραυλικό έργο του Κηφισού, τη μελέτη διαχείρισης του οδικού έργου, και μελέτη διαχείρισης του υδραυλικού έργου.

Η παρούσα υδρολογική μελέτη εντάσσεται στο τρίτο τμήμα και έχει αντικείμενο την πληρέστερη κατά το δυνατόν ανάλυση των ισχυρών βροχοπτώσεων στην περιοχή και τη σύνθεση αξιόπιστων όμβριων καμπυλών και κριτηρίων σχεδιασμού. Η ορθολογική εκτίμηση των πλημμυρικών παροχών του Κηφισού και των ρεμάτων που εκβάλλουν σε αυτόν, καθώς και η εκτίμηση των παροχών σχεδιασμού των αντιπλημμυρικών έργων και των δικτύων ομβρίων στη λεκάνη του Κηφισού, προϋποθέτει την ύπαρξη αξιόπιστων όμβριων καμπυλών. Στο θέμα αυτό υπάρχει σοβαρότατο κενό, δεδομένου ότι οι μελέτες αντιπλημμυρικών έργων στηρίζονται κατά βάση στις όμβριες καμπύλες των οδηγιών του Υπουργείου Δημοσίων Έργων του 1966. Σε μεταγενέστερες μελέτες υπήρξαν προσπάθειες επαναθεώρησης του όλου προβλήματος, χωρίς όμως ολοκληρωμένη ανάλυση.

Η μελέτη επιχειρεί να αντιμετωπίσει με σύγχρονο και άρτιο τρόπο και το πρόβλημα των ισχυρών βροχοπτώσεων, με βάση και τα πιο πρόσφατα δεδομένα βροχοπτώσεων, επίγεια και δορυφορικά, αλλά και τις πιο σύγχρονες επιστημονικο-τεχνικές εξελίξεις στο υπόψη αντικείμενο στο διεθνή χώρο. Βασική επιδίωξη της μελέτης είναι η διαχρονικότητά της, που εξασφαλίζεται από τη δυνατότητα αυτόματης ενημέρωσής της με βάση τις νεότερες μετρήσεις που θα προκύπτουν. Για το σκοπό αυτό η μελέτη συνοδεύεται από ανάπτυξη βάσης δεδομένων για τις μετρήσεις βροχοπτώσεων και διασύνδεσή της με σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών.

Η μελέτη περιέλαβε τα ακόλουθα επιμέρους αντικείμενα που αναπτύσσονται στα αντίστοιχα κεφάλαια και παραρτήματά της:

1. Συγκέντρωση των ημερήσιων υψών βροχής από τα βροχόμετρα της περιοχής (Κεφάλαιο 3 και Παραρτήματα Α και Β).
2. Συγκέντρωση των υφιστάμενων ψηφιακών ή ψηφιοποιημένων δεδομένων και αποκωδικοποίηση και ψηφιοποίηση σε ωριαία χρονική κλίμακα των βροχογραφημάτων ισχυρών καταιγίδων των βροχογραφικών σταθμών της περιοχής μελέτης (Κεφάλαιο 3 και Παράρτημα Γ).
3. Συγκέντρωση των υφιστάμενων δορυφορικών δεδομένων υψών βροχής σε τρίωρη κλίμακα (Κεφάλαιο 3 και Παράρτημα Δ).

4. Κατασκευή βάσης δεδομένων για όλες τις χρονοσειρές και διασύνδεση της βάσης δεδομένων με σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών για την οπτικοποίηση και μελέτη της χωρικής κατανομής των βροχοπτώσεων (Κεφάλαια 2 και 6 και Παραρτήματα ΣΤ και Ζ).
5. Ανίχνευση τυχόν χρονικών τάσεων των μεγίστων υψών βροχής (Κεφάλαιο 3).
6. Εξαγωγή ετήσιων μεγίστων υψών βροχής για χαρακτηριστικές χρονικές κλίμακες σε σημειακή και επιφανειακή βάση (Κεφάλαια 3, 4 και 6 και Παραρτήματα Β-Δ).
7. Στατιστική επεξεργασία των τελικών χρονοσειρών μεγίστων υψών βροχής και παραγωγή όμβριων καμπυλών (Κεφάλαια 4 και 5).
8. Συλλογή υπαρχουσών όμβριων καμπυλών της περιοχής (όσων έχουν χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια μελετών αντιπλημμυρικών έργων) καθώς και από άλλες περιοχών της Ελλάδας και σύγκρισή τους με τις νέες καμπύλες (Κεφάλαιο 5 και Παράρτημα Ε).
9. Χωροχρονική ανάλυση των καταιγίδων, σε όποιο βαθμό επέτρεψαν τα διαθέσιμα επίγεια και δορυφορικά δεδομένα (αφού μέχρι τώρα δεν υπάρχουν για την περιοχή της Αθήνας μετρήσεις βροχοπτώσεων από ραντάρ) και μελέτη των πιο χαρακτηριστικών καταιγίδων ως προς τη χωρική και χρονική κατανομή τους (Κεφάλαιο 6 και Παραρτήματα ΣΤ και Ζ) .
10. Συγκρότηση μεθοδολογίας για την κατάρτιση υετογραφημάτων σχεδιασμού, τόσο με απλουστευμένη μεθοδολογία όσο και με στοχαστικό μοντέλο προσομοίωσης της χρονικής κατανομής της βροχής που δίνει τη δυνατότητα παραγωγής συνθετικών καταιγίδων με δεδομένα χαρακτηριστικά ολικής διάρκειας και ολικού ύψους βροχής (Κεφάλαιο 6).
11. Συναγωγή τελικών συμπερασμάτων και κριτηρίων κατάρτισης καταιγίδων σχεδιασμού και ελέγχου αντιπλημμυρικών έργων (Κεφάλαιο 7).

Μια βασική παράμετρος που πρέπει πλέον να λαμβάνεται υπόψη στις μελέτες αντιπλημμυρικών έργων είναι η Οδηγία 2007/60 (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο, 2007) για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας. Η υπόψη Οδηγία επιβάλλει τη μελέτη όχι μόνο των πλημμυρών υψηλής πιθανότητας (π.χ. περιόδου επαναφοράς 10-50 ετών) και μέσης πιθανότητας (π.χ. περιόδου επαναφοράς 100 ετών), αλλά και των πλημμυρών χαμηλής πιθανότητας (π.χ. περιόδου επαναφοράς 1000 ετών). Στο παρελθόν δεν είχαν γίνει προσπάθειες εκτίμησης τόσο ακραίων πλημμυρών, παρόλο που είχαν διατυπωθεί σχέσεις όμβριων καμπυλών που μπορούσαν να εφαρμοστούν για οποιαδήποτε περίοδο επαναφοράς. Η παρούσα μελέτη επιχειρεί να εκτιμήσει ακραίες βροχοπτώσεις περιόδου επαναφοράς μέχρι 10 000 ετών, παίρνοντας υπόψη πρόσφατο μεθοδολογικό πλαίσιο για τις «ουρές» των πιθανοτικών κατανομών των βροχοπτώσεων.

Εξ άλλου, πολλές από τις παλιότερες μελέτες, βασισμένες στις απαιτήσεις της αποκαλούμενης «ορθολογικής μεθόδου» περιόριζαν τις αναλύσεις των ισχυρών βροχοπτώσεων σε χρονικές κλίμακες λεπτών έως ολίγων ωρών. Η παρούσα μελέτη επεκτείνεται μέχρι την κλίμακα του 48ώρου, προκειμένου τα αποτελέσματά της να μπορούν να εφαρμοστούν με πιο σύγχρονες μεθόδους εκτίμησης πλημμυρών στη βάση μοντέλων βροχής-απορροής και με τη χρήση καταιγίδων σχεδιασμού μεγάλων διαρκειών.

Η μελέτη συνοδεύεται από ηλεκτρονικό υλικό που περιλαμβάνει τα προγράμματα και μοντέλα καθώς και την ψηφιακή βάση δεδομένων και το σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών.

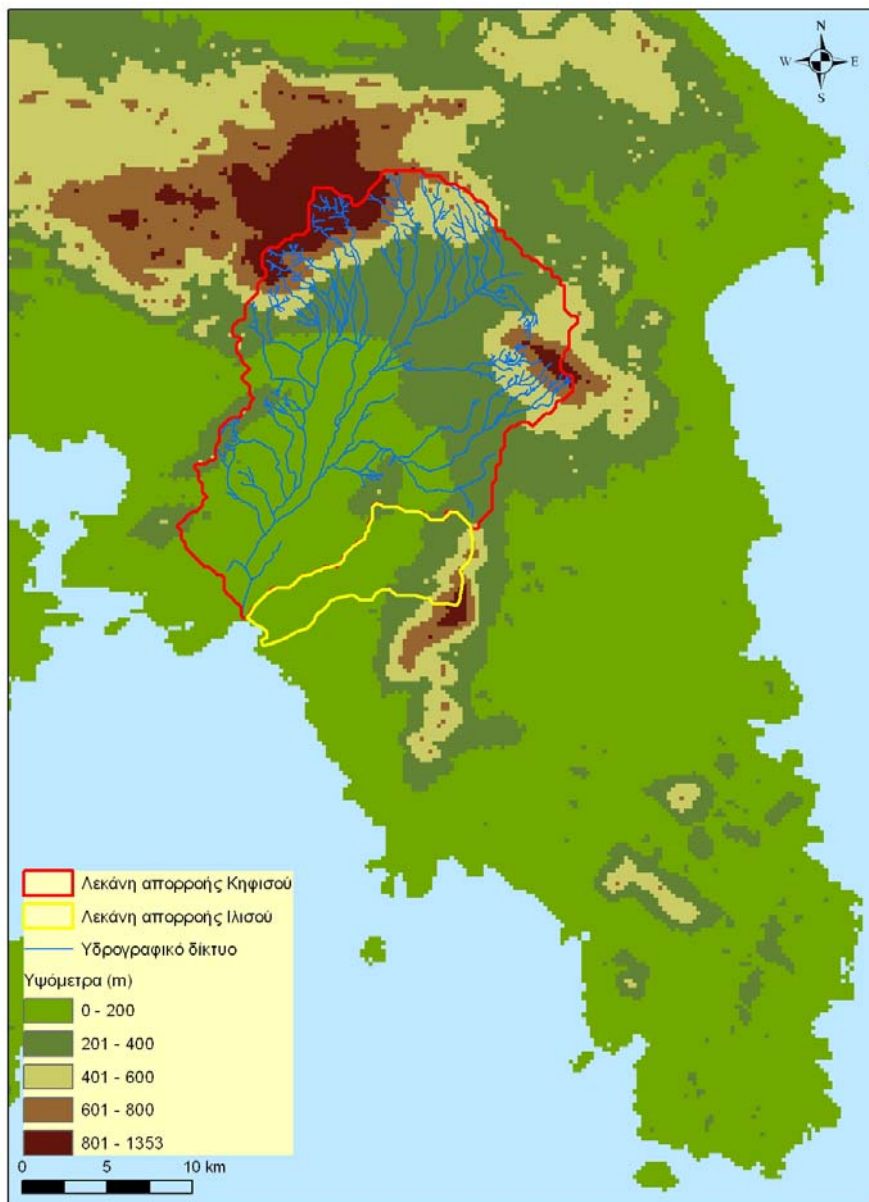
## 1.2 Περιοχή μελέτης

Ο Κηφισός ποταμός πηγάζει από την οροσειρά της Πάρνηθας, τον ορεινό όγκο της οποίας περικλείουν τα όρια του Εθνικού Δρυμού και της περιοχής «Natura 2000», διασχίζει το Λεκανοπέδιο

της Πρωτεύουσας και εκβάλλει σε βάθος κοίτης -9,50 μ. στο Φαληρικό Όρμο, ενώ αποτελεί τον κυριότερο αποδέκτη των ομβρίων υδάτων του Λεκανοπεδίου. Η λεκάνη απορροής του έχει έκταση 381.10 km<sup>2</sup> και μήκος διαδρομής 22 km, από τα οποία 14 km βρίσκονται εντός αστικής περιοχής (Σχήμα 1.1).

Οι χρήσεις γης στη λεκάνη του Κηφισού ποικίλλουν. Στις ανάντη ορεινές περιοχές κυριαρχούν τα δάση και οι θαμνώδεις εκτάσεις και στα κατάντη οι αστικές περιοχές. Επίσης, υπάρχουν καλλιεργημένα εδάφη και περιοχές βιομηχανικής χρήσης. Γενικά, η δομημένη σήμερα έκταση στη λεκάνη Κηφισού εκτιμάται ότι έχει ξεπεράσει το 70% και αυξάνεται διαρκώς, ενώ οι ορεινές και ημιορεινές περιοχές της λεκάνης στην Πάρνηθα και την Πεντέλη έχουν κατά καιρούς πληγεί από πυρκαγιές, με την καταστρεπτικότερη το καλοκαίρι του 2007.

Η μορφολογία των κατοικημένων περιοχών της λεκάνης Κηφισού χαρακτηρίζεται στο μεγαλύτερο μέρος της, από ομαλό ανάγλυφο. Στην ορεινή και ημιορεινή λεκάνη συναντώνται κυρίως ασβεστόλιθοι, μάρμαρα, σχιστόλιθοι και προσχώσεις ενώ οι πεδινές ελεύθερες περιοχές έχουν γίνει αδιαπέρατες από την αστικοποίηση (οικοδόμηση και αστικά οδικά δίκτυα).



Σχήμα 1.1 Οι λεκάνες απορροής του Κηφισού και του Ιλισού.

Στον Κηφισό συμβάλλει μεγάλος αριθμός ρεμάτων, τα οποία στις κατοικημένες περιοχές, κατά καιρούς έχουν προσχωθεί με ανθρώπινη (συνήθως αυθαίρετη) παρέμβαση. Οι βασικοί κλάδοι τους διευθετηθεί με κλειστές διατομές, ανεπαρκείς για τις σημερινές συνθήκες. Μέρος από τα υπόψη ρέματα, κυρίως στην ανοικτή διαδρομή του ποταμού, ανάντη των Τριών Γεφυρών και κατάντη της Αγίας Άννης μέχρι την εκβολή του, δεν έχουν ακόμη διευθετηθεί. Τέλος, μέρος των λεκανών Ποδονύφη και Νίκαιας έχουν μερικώς εκτραπεί προς τη λεκάνη ρέματος Ραφήνας και στον όρμο Περάματος, αντίστοιχα.

### 1.3 Κατασκευαστικές παρεμβάσεις

Όπως προαναφέρθηκε, η λεκάνη απορροής του ποταμού Κηφισού έχει υποστεί έντονες πιέσεις από ανθρώπινες δραστηριότητες (οργανωμένη δόμηση και πάσης φύσεως αυθαίρετες παρεμβάσεις). Κατά μήκος του ποταμού έχει πραγματοποιηθεί ένας σημαντικός αριθμός έργων, ενώ προβλέπεται να ολοκληρωθούν και κάποια άλλα στο μέλλον.

Από τις Τρεις Γέφυρες (θέση Κόκκινος Μύλος) και ανάντη ο ποταμός είναι και προβλέπεται να παραμείνει με ανοικτή διατομή. Στο τμήμα αυτό συμβάλλουν τα ρέματα Βαρυμπόμπης, Πύρνας (και η εκτροπή του), Χελιδονούς, Φασίδερι, Διονύσου, Αγίας Μαρίας, Κρυονερίου, Εκάλης κ.ά. Μέχρι σήμερα δεν έχει ολοκληρωθεί η μελέτη έργων διευθέτησης στα συμβάλλοντα ρέματα και τον κύριο κλάδο ή έργα ανάσχεσης πλημμυρών στη λεκάνη ανάντη. Σε αυτό το ανάντη τμήμα υπάρχουν σημαντικά προβλήματα καταπατήσεων, επιχωματώσεων της κοίτης, παράνομης δόμησης και απόρριψης παντός είδους στερεών και υγρών αποβλήτων.

Η διευθέτηση του Κηφισού εκτείνεται από τις Τρεις Γέφυρες μέχρι και την εκβολή του στο Φαληρικό Όρμο. Άρχισε από 35ετίας και ολοκληρώθηκε τμηματικά σε συνδυασμό με το οδικό έργο το 2004 στα πλαίσια των Ολυμπιακών Έργων και περιλαμβάνει τρία κύρια τμήματα:

- Από τις Τρεις Γέφυρες μέχρι την οδό Αγίας Άννης ο ποταμός είναι πλήρως καλυμμένος και επ' αυτού έχει δημιουργηθεί η Λεωφόρος Κηφισού.
- Από την οδό Αγ. Άννης μέχρι τη Λεωφόρο Ποσειδώνος είναι εγκιβωτισμένος με ανοικτή διατομή, ενώ η Λεωφ. Κηφισού είναι αρχικώς (για 1500 m μετά την Αγ. Άννης) παράπλευρα του Κηφισού και στη συνέχεια υπερυψωμένη πάνω από τη διευθετημένη κοίτη του Κηφισού.
- Από τη Λεωφόρο Ποσειδώνα μέχρι την εκβολή του στη θάλασσα είναι εγκιβωτισμένος με ανοικτή διατομή και κεντρικό μεσόβαθρο.

Σε ότι αφορά τα συμβάλλοντα ρέματα, τα κύρια έργα, από την εκβολή του Κηφισού και προς τα ανάντη, είναι τα παρακάτω:

*Ανοικτό τμήμα κατάντη Αγ. Άννης:* Υφιστάμενοι Παραλιακοί Συλλεκτήρες Ομβρίων Καλλιθέας - Μοσχάτου και Καραϊσκάκη: Οι συλλεκτήρες αυτοί έχουν κατασκευαστεί πριν από δεκαετίες, μετά τις εκτεταμένες επιχωματώσεις των ακτών, και συμβάλλουν στον Κηφισό κατάντη της Λεωφόρου Ποσειδώνος. Στους υπόψη συλλεκτήρες συμβάλλουν τα υφιστάμενα δίκτυα ομβρίων στις περιοχές των Δήμων Καλλιθέας, Μοσχάτου και Ν. Φαλήρου.

*Υφιστάμενος Βασικός Συλλεκτήρας Ομβρίων υψηλών ζωνών Μοσχάτου-Καλλιθέας- Νέας Σμύρνης:* Έχει κατασκευαστεί πριν από δεκαετίες αλλά δεν έχει ολοκληρωθεί το τελευταίο τμήμα του και η εκβολή στον Κηφισό.

*Συλλεκτήρας Αγ. Ιωάννη Ρέντη:* Έχει ολοκληρωθεί η κατασκευή του από την εκβολή του στον Κηφισό μέχρι τη σιδηροδρομική γραμμή και προβλέπεται να ολοκληρωθεί και το τμήμα του συλλεκτήρα ανάντη της γραμμής.

*Συλλεκτήρας Β. Παύλου:* Δεν έχει εκπονηθεί μελέτη. Προβλέπεται να εξυπηρετεί περιοχές της Λαχαναγοράς και θα ανακουφίζει τον υφιστάμενο παλαιό συλλεκτήρα στην οδό Πειραιώς.

*Υφιστάμενος παλαιός συλλεκτήρας στην οδό Πειραιώς μέχρι την Πλ. Ομοιοίας.*

*Εκτροπή Κυκλοβόρου Πρ. Δανιήλ και μερική εκτροπή Ιλισού στον Κηφισό:* Προβλέπεται να κατασκευαστεί στην οδό Κωνσταντινουπόλεως μεταξύ της Λεωφ. Αθηνών και του Κηφισού. Το έργο εκβολής στον Κηφισό έχει κατασκευαστεί μερικώς.

*Ρέμα Προφήτη Δανιήλ:* Το υπόψη ανοικτό ρέμα διασχίζει τον Ελαιώνα και εκβάλλει στον Κηφισό. Εκεί καταλήγουν και οι παροχές από τις υπερχειλίσσεις του παντοροϊκού συστήματος ανάντη της Λεωφ. Αθηνών και μικρές παροχές από τον Κυκλοβόρο. Το ρέμα Πρ. Δανιήλ δεν έχει διευθετηθεί και η σημερινή εκβολή του στον Κηφισό είναι προβληματική προκαλώντας συχνές υπερχειλίσσεις προς στις κατάντη περιοχές του Μοσχάτου. Για τη βελτίωση της λειτουργίας της εκβολής του έχει μελετηθεί να έχει κοινή εκβολή στον Κηφισό με τον Κυκλοβόρο επί της Κωνσταντινουπόλεως, αμέσως κατάντη της σιδηροδρομικής γραμμής.

*Κλειστό τμήμα μεταξύ Αγ. Άννης και Τρεις Γέφυρες:* Τα συμβάλλοντα ρέματα στο κλειστό τμήμα του Κηφισού από οδό Αγ. Άννης μέχρι Τρεις Γέφυρες είναι διευθετημένα με κλειστές διατομές. Για το ρέμα Εσχατιάς έχει προγραμματιστεί η διευθέτησή του και η βελτίωση της συμβολής του ρ. Λιοσίων στον Κηφισό.

*Ανοικτό τμήμα μεταξύ Τριών Γεφυρών και Κόκκινου Μύλου:* Στο τμήμα αυτό ο Κηφισός έχει διευθετηθεί με τραπεζοειδή διατομή διοχετευτικότητας  $250 \text{ m}^3/\text{s}$  στο οποίο εκβάλλει το ρέμα Αχαρνών.

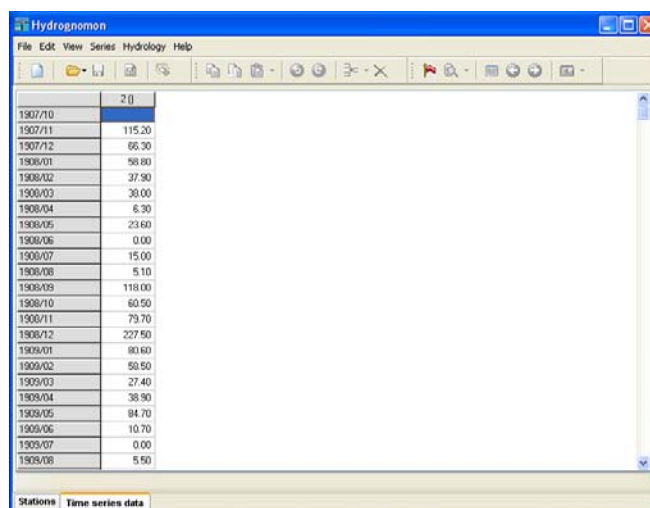
## 2 Βάση Δεδομένων

Στα πλαίσια αυτής της μελέτης έγινε εκτεταμένη συλλογή βροχομετρικών δεδομένων και ψηφιακή οργάνωσή τους σε βάση δεδομένων. Τα δεδομένα περιγράφονται στο κεφάλαιο 3. Η βάση δεδομένων αποτελείται από τα αρχεία δεδομένων και το λογισμικό ανάκτησης και επεξεργασίας τους. Τα αρχεία δεδομένων είναι απλά αρχεία κειμένου, συνοδευόμενα από τις χαρακτηριστικές ιδιότητες της κάθε χρονοσειράς (metadata), ενώ το λογισμικό ανάκτησης και περαιτέρω επεξεργασίας είναι η ηλεκτρονική εφαρμογή επεξεργασίας χρονοσειρών υδρομετεωρολογικών δεδομένων «Υδρογνώμων».

Τα βήματα που ακολουθεί ο χρήστης για την εγκατάσταση της βάσης δεδομένων είναι απλά. Κατ' αρχάς εγκαθιστά το λογισμικό «Υδρογνώμων» στον υπολογιστή του από το συνοδευτικό CD (φάκελος Hydro) και στη συνέχεια αντιγράφει τα αρχεία δεδομένων (φάκελος data στο συνοδευτικό CD) σε όποιο αποθηκευτικό μέσο επιθυμεί. Περισσότερες και πιο αναλυτικές πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση του λογισμικού υπάρχουν στο εγχειρίδιο εφαρμογής Υδρογνώμων, καθώς και στην ηλεκτρονική ιστοσελίδα <http://www.itia.ntua.gr/el/softinfo/28/>.

### 2.1 Το λογισμικό «Υδρογνώμων»

Το σύστημα επεξεργασίας των χρονοσειρών «Υδρογνώμων» (“Hydrognomon”), είναι μια αυτόνομη εφαρμογή λογισμικού που λειτουργεί σε περιβάλλον των Microsoft Windows 2000 ή νεότερο (Σχήμα 2.1). Πρόκειται για λογισμικό που αναπτύσσεται στο ΕΜΠ εδώ και μία δεκαετία για να καλύψει διάφορες ερευνητικές ανάγκες και η παρούσα έκδοση (4.0) είναι μετεξέλιξη των παλαιότερων εκδόσεων.



The screenshot shows the Hydrognomon software window. The title bar reads 'Hydrognomon'. The menu bar includes 'File', 'Edit', 'View', 'Series', 'Hydrology', and 'Help'. The toolbar contains various icons for file operations and data manipulation. The main window displays a table of time series data with the following content:

Date	Value
1907/10	2.0
1907/11	115.20
1907/12	66.30
1908/01	98.60
1908/02	37.90
1908/03	38.00
1908/04	6.30
1908/05	23.60
1908/06	0.00
1908/07	15.00
1908/08	5.10
1908/09	118.00
1908/10	60.50
1908/11	73.70
1908/12	227.60
1909/01	80.60
1909/02	69.60
1909/03	27.40
1909/04	38.90
1909/05	84.70
1909/06	10.70
1909/07	0.00
1909/08	5.50

At the bottom of the window, there are two tabs: 'Stations' and 'Time series data', with 'Time series data' being the active tab.

Σχήμα 2.1 Εισαγωγική οθόνη του λογισμικού «Υδρογνώμων»

Το εν λόγω σύστημα πραγματοποιεί απλές (τυπικές) υδρολογικές επεξεργασίες όπως οι ακόλουθες:

- Μετατροπή χρονοσειρών σε σταθερό χρονικό βήμα (ως γνωστόν, οι πρωτογενείς χρονοσειρές μπορεί να έχουν σταθερό βήμα, αλλά συχνά παρουσιάζουν διαταραχές, η εξάλειψη των οποίων είναι αναγκαία για περαιτέρω επεξεργασία).
- Εξαγωγή χρονοσειρών μεγαλύτερου χρονικού βήματος (συνάθροιση), π.χ. ωριαίων από δεκάλεπτες, ημερήσιων από ωριαίες, μηνιαίων από ημερήσιες.



- Τυπικοί έλεγχοι συνέπειας όπως ακραίων τιμών και χρονικής συνέπειας
- Γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ χρονοσειρών, πολλαπλή παλινδρόμηση, οργανική συσχέτιση και αυτοσυσχέτιση.
- Υδατικά ισοζύγια: αδρομερές μοντέλο βροχής – απορροής (το συγκεκριμένο υποσύστημα είναι γνωστό και ως «Ζυγός»).
- Συμπλήρωση ελλειπουσών τιμών με χρήση της γραμμικής παλινδρόμησης, δυνατότητα εισαγωγής τυχαίου όρου για διατήρηση των στατιστικών χαρακτηριστικών.
- Επέκταση χρονοσειρών.
- Γραμμικές πράξεις μεταξύ χρονοσειρών.
- Κατάρτιση καμπυλών στάθμης – παροχής με στατιστικές μεθόδους και καμπυλών επέκτασης με χρησιμοποίηση υδραυλικών εξισώσεων.
- Εξαγωγή χρονοσειρών παροχών από χρονοσειρές στάθμης, καθώς και χρονοσειρών όγκου και επιφανείας από χρονοσειρές στάθμης ταμιευτήρων και λιμνών.
- Υπολογισμός εξάτμισης και δυνητικής εξατμοδιαπνοής με αναλυτικές ή ημιεμπειρικές μεθόδους.
- Επέκταση δειγμάτων εξατμοδιαπνοής.
- Εύρεση δειγματικών στατιστικών χαρακτηριστικών χρονοσειράς, εκτίμηση στατιστικών παραμέτρων, στατιστικές προγνώσεις, στατιστικοί έλεγχοι και εύρεση διαστημάτων εμπιστοσύνης (το συγκεκριμένο υποσύστημα είναι γνωστό και ως «Πυθία»)
- Ανάλυση χρονοσειρών εξαιρετικών βροχοπτώσεων – κατάρτιση όμβριων καμπυλών με συνεπείς μεθοδολογίες (το συγκεκριμένο υποσύστημα είναι γνωστό και ως «Ομβρός»).

Η αναλυτική παρουσίαση της χρήσης του «Υδρογνώμονα» γίνεται στο εγχειρίδιο λειτουργίας του, που βρίσκεται στο φάκελο Hydro του CD που συνοδεύει την έκθεση.

## 2.2 Διάρθρωση και λειτουργία της βάσης δεδομένων

Οι χρονοσειρές δεδομένων είναι αποθηκευμένες σε αρχεία τύπου .hts. Πρόκειται για αρχεία κειμένου, τα οποία έχουν δημιουργηθεί με το λογισμικό «Υδρογνώμων», αλλά λόγω της απλής δομής τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν και από οποιαδήποτε άλλο λογισμικό επεξεργασίας κειμένου ή λογιστικό φύλλο (π.χ. Notepad ή Excel). Κάθε χρονοσειρά δεδομένων είναι αποθηκευμένη σε ξεχωριστό αρχείο, στο οποίο περιλαμβάνονται οι χαρακτηριστικές ιδιότητες της, όπως το όνομα, η χρονική κλίμακα, η μετρούμενη μεταβλητή, κτλ.

Οι χρονοσειρές δεδομένων χωρίζονται σε διάφορες χρονικές κλίμακες (μηνιαίες, ημερήσιες και υπο-ημερήσιες). Οι υπο-ημερήσιες κλίμακες είναι ωριαίες ή και 10λεπτες, όπου αυτό ήταν δυνατόν. Επίσης, υπάρχουν και ετήσιες χρονοσειρές μέγιστων υψών βροχής για χαρακτηριστικές χρονικές κλίμακες (από 10λεπτη μέχρι 48ωρη, αναλόγως με το χρονικό βήμα του οργάνου κάθε σταθμού). Οι χρονοσειρές των μέγιστων υψών βροχής προέκυψαν με επεξεργασία των υπαρχουσών χρονοσειρών, κάνοντας χρήση του λογισμικού «Υδρογνώμων».

Βάσει του παραπάνω χρονικού διαχωρισμού τα δεδομένα βροχόπτωσης της βάσης δεδομένων είναι ταξινομημένα σε 4 υποκατηγορίες (φάκελοι) οι οποίες είναι οι εξής:

- Daily: Χρονοσειρές δεδομένων ημερήσιας χρονικής κλίμακας.

- Sub-daily: Χρονοσειρές δεδομένων χρονικής κλίμακας μικρότερης της ημερήσιας.
- Monthly: Χρονοσειρές δεδομένων μηνιαίας χρονικής κλίμακας.
- Extremes: Μέγιστες ετήσιες τιμές σε διάφορες χρονικές κλίμακες.

Στην ονομασία κάθε αρχείου παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε χρονοσειράς, τα οποία είναι:

- Ο τύπος του οργάνου (BM για βροχόμετρο και BG για βροχογράφο).
- Το χρονικό βήμα της χρονοσειράς (στην περίπτωση που το χρονικό βήμα είναι 24 h ο τύπος οργάνου είναι βροχογράφος, ενώ αν είναι 1d πρόκειται για βροχόμετρο).
- Αν πρόκειται για χρονοσειρά ετησίων μέγιστων προστίθεται η κατάληξη max.

Η παραπάνω δομή της βάσης δεδομένων σε συνδυασμό με τη χρήση του «Υδρογνώμονα» επιλέχθηκε επειδή είναι απλή για τον χρήστη και εύκολα τροποποιήσιμη, αλλά και διαφανής και μεταφερτή, αφού στηρίζεται σε αρχεία κειμένου που δεν εξαρτώνται από ένα συγκεκριμένο λογισμικό ανάγνωσης (που μελλοντικά μπορεί να αποβεί παρωχημένο). Επίσης, μπορεί να συνδεθεί εύκολα με το σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών για την οπτικοποίηση και περαιτέρω μελέτη της χωρικής κατανομής των βροχοπτώσεων.

### **2.3 Διασύνδεση της βάσης δεδομένων με Σύστημα Γεωγραφικής Πληροφορίας για την οπτικοποίηση και μελέτη της χωρικής κατανομής των βροχοπτώσεων**

Για την οπτικοποίηση των σημειακών βροχοπτώσεων και την μελέτη χαρακτηριστικών καταιγίδων ως προς τη χωρική κατανομή τους αναπτύχθηκε μια εφαρμογή σε σύστημα γεωγραφικής πληροφορίας. Τα δεδομένα υποβάθρου της εφαρμογής προέρχονται από τον Τομέα Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος του ΕΜΠ, ενώ οι θέσεις των σταθμών μέτρησης της βροχόπτωσης που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη είναι αυτές που προκύπτουν από τις συντεταγμένες τους στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς (ΕΓΣΑ'87) και φαίνονται στον Πίνακα 3.1.

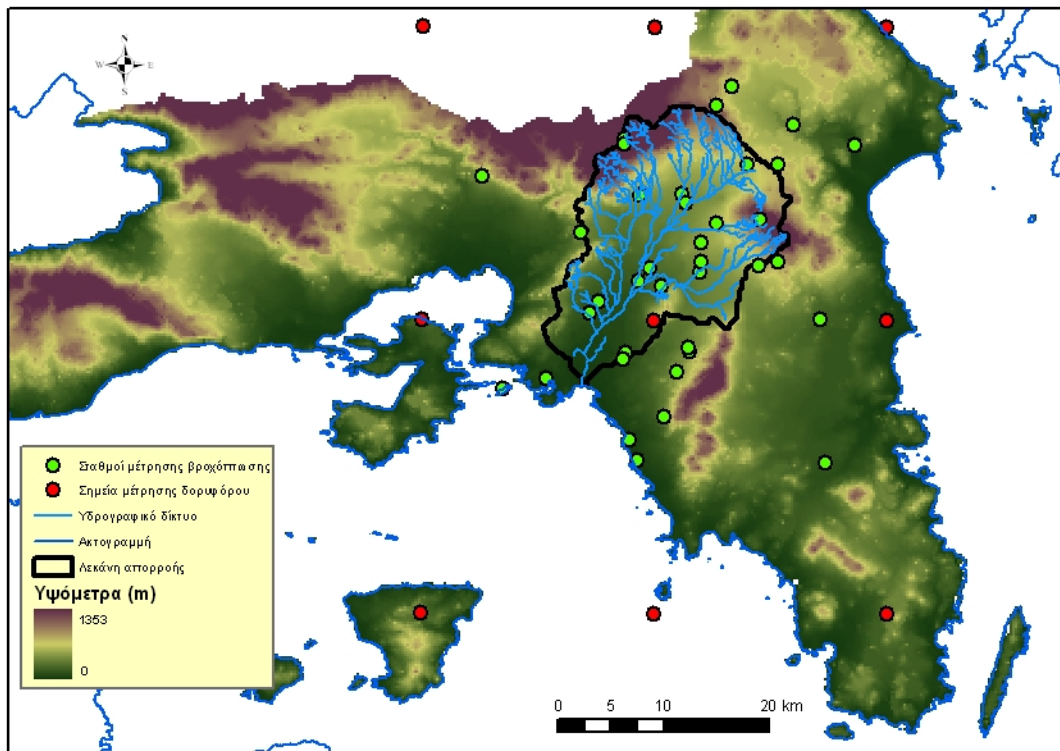
Η εφαρμογή αναπτύχθηκε στο περιβάλλον ArcMap της ESRI και καλείται από το αρχείο map.mxd που είναι αποθηκευμένο στον φάκελο GEODATA. Τα διανυσματικά δεδομένα είναι σε shapefile και τα ψηφιδωτά σε μορφή Ascii grid.

Ειδικότερα τα δεδομένα υποβάθρου που εμφανίζονται στο χάρτη (σε παρένθεση φαίνεται το όνομα κάθε επιπέδου στη γεωγραφική βάση) είναι τα παρακάτω (Σχήμα 2.1):

- Ακτογραμμή (coast)
- Λεκάνη απορροής (basin)
- Υδρογραφικό δίκτυο (river)
- Σταθμοί μέτρησης βροχόπτωσης
- Σημεία δορυφορικής μέτρησης της βροχόπτωσης από το σύστημα TRMM
- Ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων (dem)
- Όριο περιοχής μελέτης (bnd)

Η διασύνδεση της βάσης δεδομένων των βροχοπτώσεων με τους πίνακες των σταθμών που είναι αποθηκευμένοι στη βάση δεδομένων του συστήματος γεωγραφικής πληροφορίας έγινε με χρήση

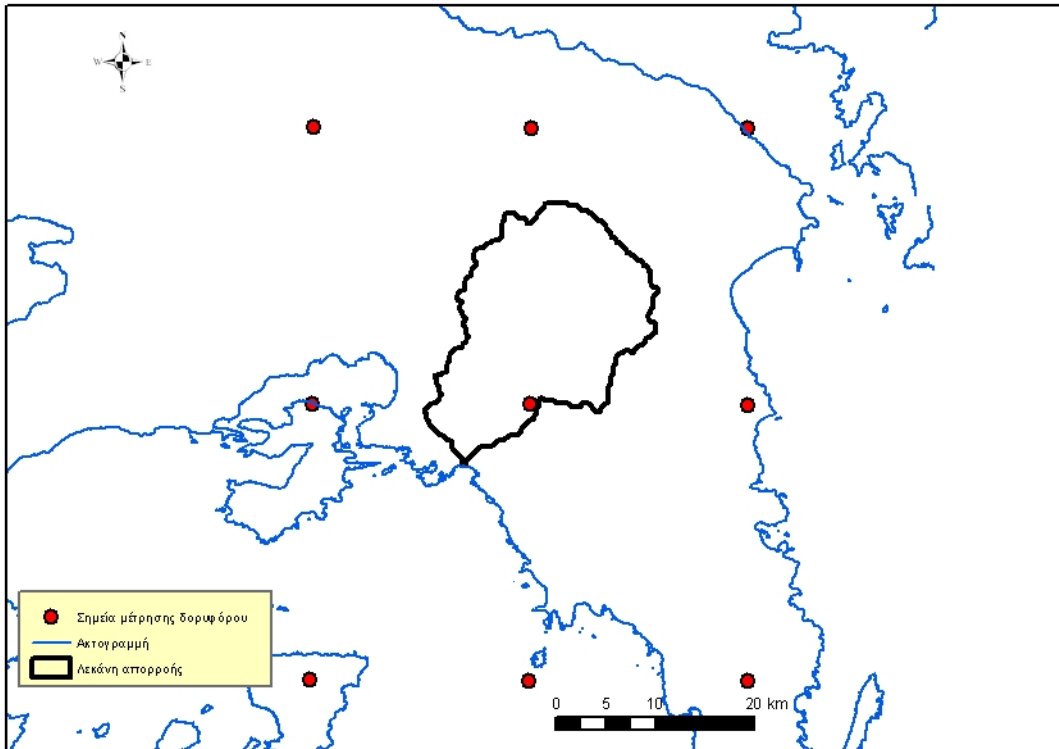
μοναδικού αριθμού αναγνώρισης για κάθε σταθμό και στις δύο βάσεις. Οι θέσεις των σταθμών μέτρησης (επίγεια και δορυφορικά σημεία μέτρησης) φαίνονται στα Σχήματα 2.2 και 2.3.



Σχήμα 2.1 Γεωγραφικά δεδομένα



Σχήμα 2.2 Θέσεις σταθμών μέτρησης βροχόπτωσης.



Σχήμα 2.3 Θέσεις δορυφορικών μετρήσεων.

## 3 Υδρομετεωρολογικά δεδομένα

---

Για τους σκοπούς της μελέτης, πραγματοποιήθηκε εκτεταμένη συλλογή, ανάλυση και επεξεργασία βροχομετρικών δεδομένων σε σταθμούς της λεκάνης Κηφισού, καθώς και σε γειτονικές λεκάνες απορροής.

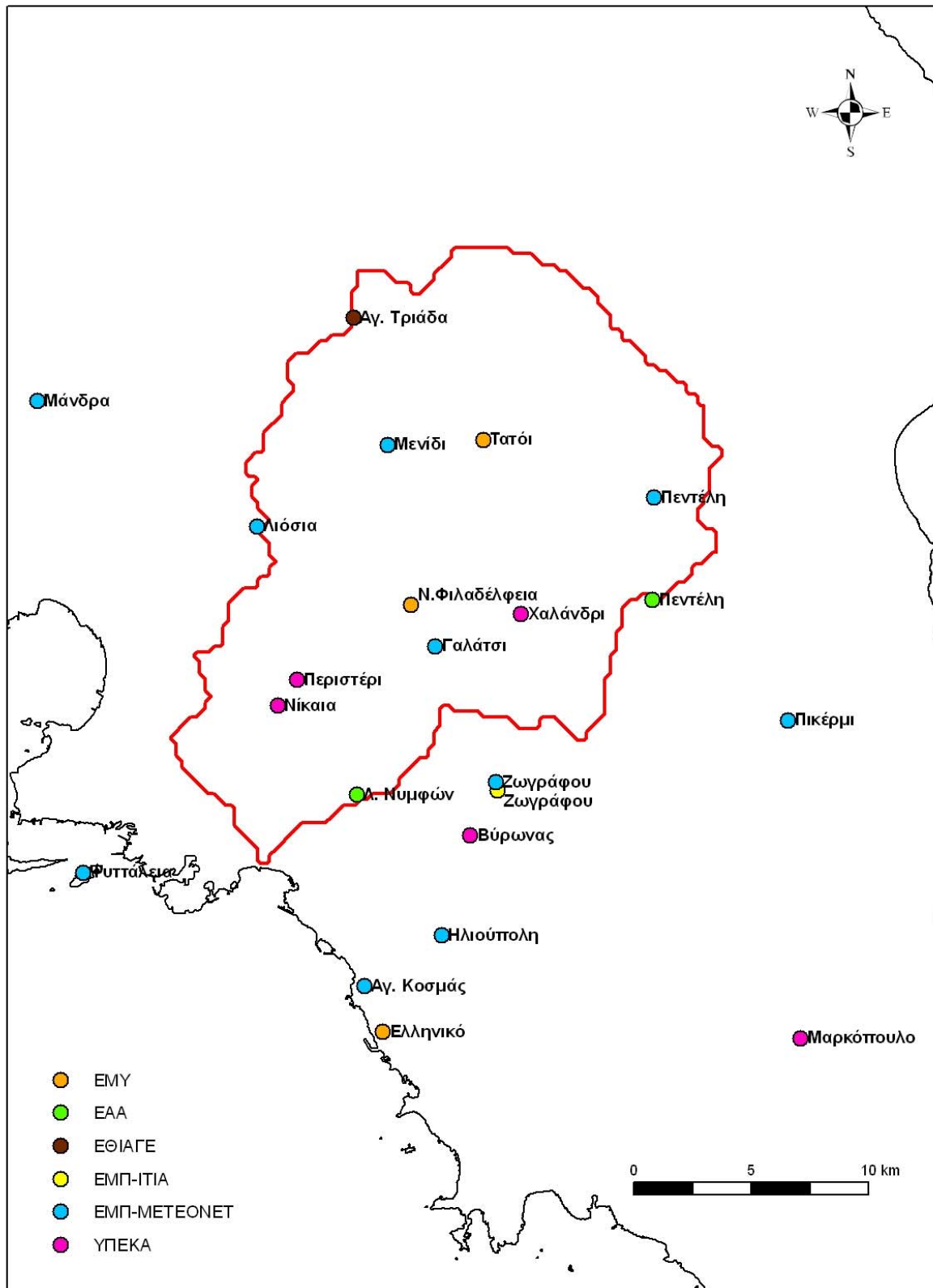
### 3.1 Υδρομετεωρολογικοί σταθμοί

Στον χάρτη του Σχήματος 3.1 απεικονίζονται οι θέσεις όλων των υδρομετεωρολογικών σταθμών της λεκάνης απορροής του Κηφισού, καθώς και των σταθμών που βρίσκονται πλησίον της λεκάνης και χρησιμοποιήθηκαν στη βάση δεδομένων. Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 3.1 η κατανομή τους ανά υπηρεσία είναι η εξής:

- Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία: 3 σταθμοί (βροχόμετρα και βροχογράφοι)
- Πρώην Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (π. ΥΠΕΧΩΔΕ): 5 σταθμοί (βροχόμετρα και βροχογράφοι)
- Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (ΕΕΑ): 2 σταθμοί (βροχογράφοι)
- Εθνικό Ινστιτούτο Αγροτικής Έρευνας (ΕΘΙΑΓΕ): 1 σταθμός (βροχόμετρο)
- Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΙΤΙΑ): 1 σταθμός (βροχογράφος)
- Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (METEONET): 10 σταθμοί (βροχογράφοι)

Έτσι, οι χρονοσειρές της βάσης δεδομένων αποτελούνται από τις μετρήσεις 22 υδρομετεωρολογικών σταθμών, οι οποίοι διαθέτουν συνολικά 9 βροχόμετρα και 19 βροχογράφους. Από αυτούς, ο σταθμός του ΕΑΑ στο Λόφο Νυμφών παρουσιάζει τη μακρότερη διάρκεια λειτουργίας, που είναι 149 έτη, ενώ το δίκτυο METEONET του ΕΜΠ, αν και έχει τους περισσότερους σταθμούς λειτουργεί μόλις 4 χρόνια κατά μέσο όρο. Σημειώνεται ότι ο σταθμός του ΕΑΑ, που στην παρούσα μελέτη αναφέρεται ως σταθμός Λόφου Νυμφών, στην πραγματικότητα κατά τα πρώτα έτη της λειτουργίας του (1860-1890) βρισκόταν σε άλλη θέση (στο Λυκαβηττό). Η μεταφορά του σε σχετικά κοντινή θέση δεν αναμένεται να έχει οδηγήσει σε στατιστικές διαφοροποιήσεις και έτσι είναι απολύτως επιβεβλημένη η χρήση του συνόλου των δεδομένων.

Από το σύνολο των 22 σταθμών μέτρησης, εννιά βρίσκονται εντός της λεκάνης απορροής, τρεις επί των ορίων της λεκάνης, τρεις εντός 5 km, έξι εντός 10 km και ένας βρίσκεται σε μεγαλύτερη των 10 km απόσταση (Μαρκόπουλο). Η επιλογή σταθμών εκτός της λεκάνης απορροής του Κηφισού, έγινε για να αξιοποιηθούν χρονοσειρές δεδομένων μεγάλου μήκους και υψηλής ποιότητας, όπως για παράδειγμα του σταθμού του Ελληνικού (ΕΜΥ) και του Ζωγράφου (ΕΜΠ – ΙΤΙΑ). Επίσης, καθώς το κλίμα της ευρύτερης περιοχής δεν παρουσιάζει σημαντικές μεταβολές σε ακτίνα 10 km, η χρήση των σταθμών αυτών προσθέτει επιπλέον πληροφορία, χρήσιμη για την εκπόνηση της μελέτης. Τέλος, ο σταθμός στο Μαρκόπουλο αν και απέχει περισσότερο από 10 km από τη λεκάνη απορροής χρησιμοποιήθηκε, εξαιτίας των (όπως αποδείχτηκε) κοινών κλιματικών χαρακτηριστικών με την περιοχή μελέτης.



Σχήμα 3.1 Υδρομετεωρολογικοί σταθμοί λεκάνης απορροής Κηφισού και γειτονικών λεκανών.

**Πίνακας 3.1** Υδρομετεωρολογικοί σταθμοί στην περιοχή μελέτης

α/α	Σταθμός	Υπηρεσία	Υψόμ.	X	Y	Τύπος Οργ.	Έναρξη	Λήξη	Χρ. Βήμα
1	Ελληνικό	ΕΜΥ	15	476329.7	4192393.9	ΒΓ BM	1957 1955	2009 2007	5 min 24 h
2	Φιλαδέλφεια	ΕΜΥ	138	477542.0	4210570.0	ΒΓ BM	1957 1955	2009 2007	5 min 24 h
3	Τατόι	ΕΜΥ				BM			12 h
4	Νίκαια	π. ΥΠΕΧΩΔΕ	67	471844.5	4206276.0	ΒΓ BM	1962 1962	1996 1997	30 min 24 h
5	Βύρωνας	π. ΥΠΕΧΩΔΕ	226	480042.4	4200743.5	ΒΓ BM	1961 1961	1996 1997	30 min 24 h
6	Περιστερί	π. ΥΠΕΧΩΔΕ	75	472656.7	4207387.5	ΒΓ BM	1968 1962	1991 1997	30 min 24 h
7	Χαλάνδρι	π. ΥΠΕΧΩΔΕ	189	482215.8	4210169.5	ΒΓ BM	1965 1953	1992 1997	30 min 24 h
8	Μαρκόπουλο	π. ΥΠΕΧΩΔΕ	85			BM			24 h
9	Λ. Νυμφών	ΕΑΑ	107	475208.0	4210169.5	ΒΓ	1860	2009	1 h
10	Πεντέλη	ΕΑΑ	509	487810.0	4210781.0	ΒΓ	2005	2009	1 h
11	Αγ. Τριάδα	ΕΘΙΑΓΕ	1040	475066.6	4222803.2	BM	2002	2009	1 month
12	Ζωγράφου	ΕΜΠ - ΙΤΙΑ	219	481211.9	4202651.6	ΒΓ	1993	2009	10 min
13	Ζωγράφου	ΕΜΠ - ΜΕΤΕΟΝΕΤ	181	481137	4203010.6	ΒΓ	2005	2009	10 min
14	Μενίδι	ΕΜΠ - ΜΕΤΕΟΝΕΤ	210	476525.5	4217394.2	ΒΓ	2005	2009	10 min
15	Ψυτάλλεια	ΕΜΠ - ΜΕΤΕΟΝΕΤ	20	463569.2	4199167.6	ΒΓ	2005	2009	10 min
16	Άγιος Κοσμάς	ΕΜΠ - ΜΕΤΕΟΝΕΤ	6	475537.3	4194336.4	ΒΓ	2005	2009	10 min
17	Ηλιούπολη	ΕΜΠ - ΜΕΤΕΟΝΕΤ	206	478845.1	4196491.3	ΒΓ	2005	2009	10 min
18	Μάνδρα	ΕΜΠ - ΜΕΤΕΟΝΕΤ	258	461612.2	4219259.5	ΒΓ	2005	2009	10 min
19	Γαλάτσι	ΕΜΠ - ΜΕΤΕΟΝΕΤ	176	478560.86	4208815.5	ΒΓ	2005	2009	10 min
20	Πεντέλη	ΕΜΠ - ΜΕΤΕΟΝΕΤ	729	487886.1	4215140.1	ΒΓ	2005	2009	10 min
21	Πικέρμι	ΕΜΠ - ΜΕΤΕΟΝΕΤ	133	493588.4	4205655.9	ΒΓ	2005	2009	10 min
22	Άνω Λιόσια	ΕΜΠ - ΜΕΤΕΟΝΕΤ	184	470969.3	4213921.9	ΒΓ	2006	2009	10 min

### 3.2 Βροχομετρικοί σταθμοί και πηγές δεδομένων

Παρακάτω δίνονται οι λεπτομέρειες για τους σταθμούς που εντάχθηκαν στη βάση δεδομένων και χρησιμοποιήθηκαν για τη σύνθεση της παρούσας μελέτης, καθώς και για τις εργασίες που έγιναν για την ανάκτηση των δεδομένων τους (ανά υπηρεσία):

**ΕΜΥ** Μετεωρολογικοί σταθμοί Ελληνικού και Νέας Φιλαδέλφειας (Βροχογράφοι): Ανάκτηση των πρωτογενών δεδομένων από φύλλα καταχώρησης και απευθείας κατάρτιση των πινάκων ετήσιων μέγιστων τιμών βροχοπτώσεως για χρονικές κλίμακες από 5 min μέχρι 24 h (1987-2008). Χορήγηση από την υπηρεσία των δεδομένων μέγιστων βροχοπτώσεων μέχρι το υδρολογικό έτος 1986-87 σε ψηφιακή μορφή για τις ίδιες χρονικές κλίμακες.

**ΕΜΥ** Μετεωρολογικοί σταθμοί Ελληνικού, Νέας Φιλαδέλφειας και Τατοΐου (Βροχόμετρα): Χορήγηση από την υπηρεσία των δεδομένων σε ψηφιακή μορφή σε χρονική κλίμακα 1 d, για τους δύο πρώτους και 12 h για το σταθμό Τατοΐου.

**π. ΥΠΕΧΩΔΕ (νυν ΥΠΕΚΑ)** Μετεωρολογικοί σταθμοί Νίκαιας, Βύρωνα, Περιστερίου και Χαλανδρίου (Βροχογράφοι): Χορήγηση από την υπηρεσία των δεδομένων σε ψηφιακή μορφή σε χρονική κλίμακα 30 min.

**π. ΥΠΕΧΩΔΕ (νυν ΥΠΕΚΑ)** Μετεωρολογικοί σταθμοί Νίκαιας, Βύρωνα, Περιστερίου, Χαλανδρίου και Μαρκόπουλου (Βροχόμετρα): Χορήγηση από την υπηρεσία των δεδομένων σε ψηφιακή μορφή σε χρονική κλίμακα 1 d.

**ΕΑΑ** Μετεωρολογικοί σταθμοί Λόφου Νυμφών και Πεντέλης (Βροχογράφοι & Βροχόμετρα): Χορήγηση από την υπηρεσία των δεδομένων σε ψηφιακή μορφή σε χρονικές κλίμακες 1 h και 1 d, αντίστοιχα.

**ΕΜΠ – Ερευνητική ομάδα ΙΤΙΑ** Μετεωρολογικός σταθμός Ζωγράφου (Βροχογράφος): Ανάκτηση από το Διαδίκτυο των δεδομένων σε ψηφιακή μορφή σε ακανόνιστη χρονική κλίμακα 10 min. Κανονικοποίηση της χρονικής κλίμακας με χρήση του λογισμικού «Υδρογνώμων».

**ΕΜΠ – ΜΕΤΕΟΝΕΤ** Μετεωρολογικοί σταθμοί Μενιδίου, Ψυτάλλειας, Άγιου Κοσμά, Ηλιούπολης, Μάνδρας, Γαλατσίου, Πεντέλης, Πικερμίου, Άνω Λιοσίων και Ζωγράφου (Βροχογράφοι): Ανάκτηση από το Διαδίκτυο των δεδομένων σε ψηφιακή μορφή σε χρονική κλίμακα 10 min.

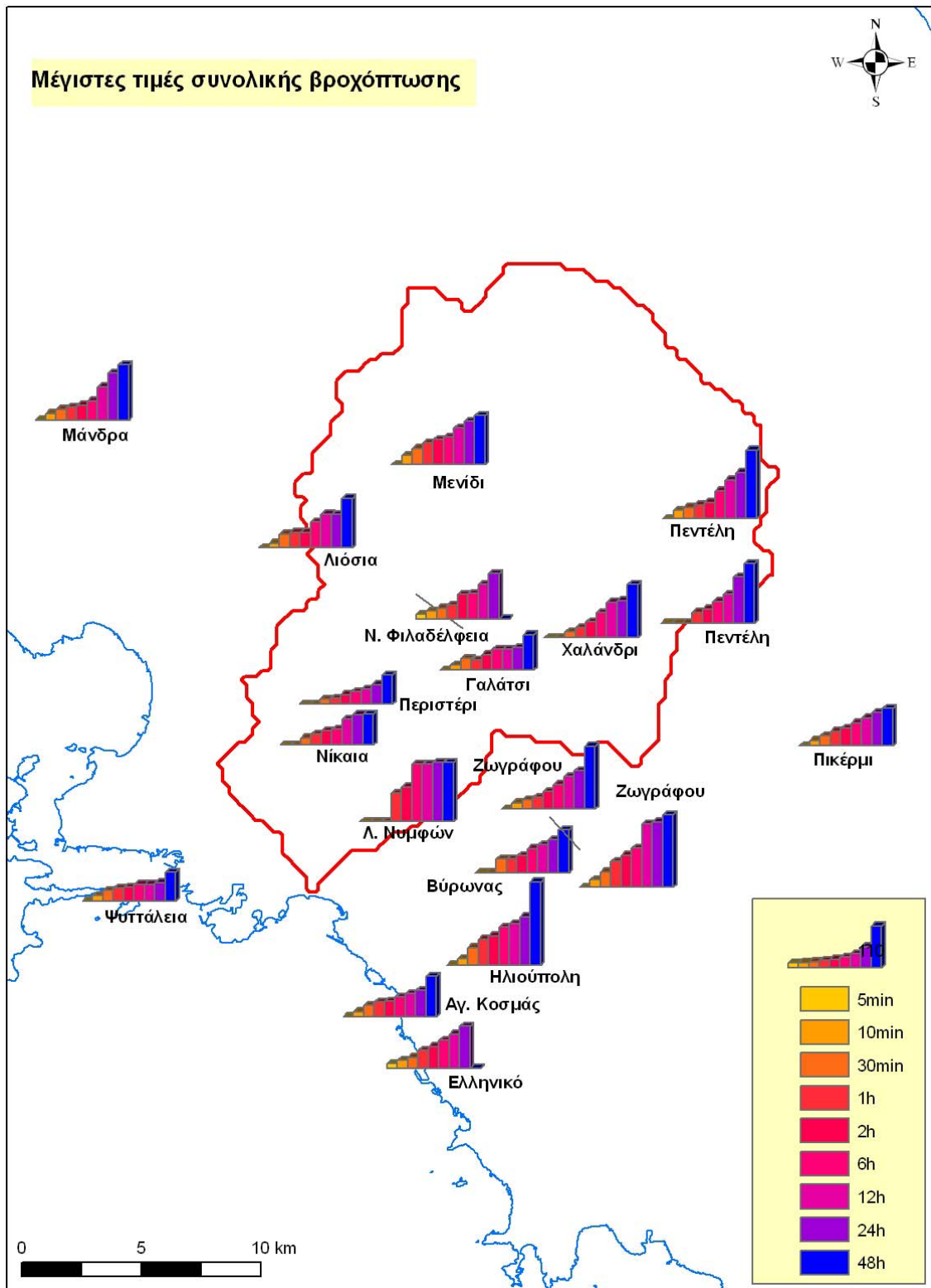
**ΕΘΙΑΓΕ** Μετεωρολογικός σταθμός Αγίας Τριάδας (Βροχόμετρο): Χορήγηση των δεδομένων σε ψηφιακή μορφή σε χρονική κλίμακα 1 μήνα. Ο σταθμός αυτός έχει χρησιμοποιηθεί έμμεσα στην παρούσα μελέτη, για λόγους ποιοτικής σύγκρισης μεταξύ των δεδομένων, καθώς διαθέτει μόνο μηνιαίες τιμές για σχετικά μικρό χρονικό διάστημα, αλλά είναι ο μοναδικός σταθμός σε μεγάλο υψόμετρο, στην περιοχή της Πάρνηθας.

**Πίνακας 3.2:** Μέγιστες τιμές συνολικής βροχόπτωσης από δεδομένα βροχογράφων.

	10 min	30 min	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h
Ελληνικό	20.0	28.0	45.9	54.9	71.6	86.9	106.7	
Ν.Φιλαδέλφεια	20.0	28.0	35.0	62.4	65.3	87.9	115.6	
Νίκαια		17.6	26.5	35.3	40.3	65.1	77.1	77.5
Βύρωνα		34.0	34.0	42.8	60.8	70.8	82.7	109.3
Περιστερί		12.3	15.0	24.3	32.3	38.5	49.8	74.8
Χαλάνδρι		15.4	25.3	40.6	63.1	89.8	93.9	136.2
Λ. Νυμφών			72.4	88.0	145.8	145.8	150.0	150.0
Πεντέλη (ΕΑΑ)			27.0	36.0	54.6	72.8	118.0	151.4
Ζωγράφου (ΙΤΙΑ)	19.4	39.8	66.3	82.2	99.7	161.8	166.8	185.4
Ζωγράφου	15.4	23.8	30.0	44.8	62.0	82.6	97.4	160.2
Μενίδι	23.4	42.0	55.6	64.4	70.4	94.2	110.8	125.6
Ψυτάλλεια	13.4	26.6	33.4	34.4	42.6	42.6	46.8	72.6
Άγιος Κοσμάς	12.4	28.2	37.6	38.6	49.2	57.8	67.2	102.4
Ηλιούπολη	15.8	44.2	65.4	73.8	96.4	105.4	122.8	211.8
Μάνδρα	16.6	27.4	32.8	38.6	48.8	84.8	119.8	141.4
Γαλάτσι	12.4	29.8	25.8	39.4	53.2	53.2	57.4	90.0
Πεντέλη	21.2	29.0	35.4	41.6	71.0	98.6	117.8	174.6
Πικέρμι	13.8	25.0	36.6	44.2	57.8	70.8	84.6	95.2
Άνω Λιόσια	11.8	35.2	39.2	39.2	65.8	85.6	85.0	126.2



Από τις πλήρεις χρονοσειρές των παραπάνω δειγμάτων, έχουν εξαχθεί τα συνολικά μέγιστα ύψη κάθε χρονοσειράς (ρεκόρ καταγραφής κάθε σταθμού) για διάφορες χρονικές κλίμακες (Πίνακας 3.2). Στο Σχήμα 3.2 παρατίθεται η γεωγραφική απεικόνιση του Πίνακα 3.2 στην περιοχή μελέτης (αναλυτικότερα διαγράμματα παρατίθενται στο Παράρτημα ΣΤ).



**Σχήμα 3.2** Ετήσιες μέγιστες τιμές βροχόπτωσης, όπως προέκυψαν από την επεξεργασία των χρονοσειρών των βροχογράφων στη λεκάνη απορροής του Κηφισού και των γειτονικών του λεκανών

### 3.3 Δορυφορικά δεδομένα

Εκτός από τα συμβατικά δεδομένα που περιλαμβάνονται στη βάση δεδομένων, για την ολοκλήρωση της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικά δεδομένα βροχοπτώσης, μέσω του προγράμματος TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission – Αποστολή Μέτρησης Τροπικών Βροχοπτώσεων) της NASA. Το πρόγραμμα αυτό σχεδιάστηκε για να παρέχει βελτιωμένες εκτιμήσεις των βροχοπτώσεων στους τροπικούς, όπου συμβαίνει και το μεγαλύτερο ποσοστό των βροχοπτώσεων του πλανήτη, αλλά στα πλαίσια του αναπτύχθηκε ένα παγκόσμιο δορυφορικό δίκτυο μετρήσεων που καλύπτει κατ' αρχή την υδρόγειο και ειδικότερα, με πιο ικανοποιητική ευκρίνεια ( $0.25^\circ$ ), την περιοχή ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη  $50^\circ\text{S}$  και  $50^\circ\text{N}$ .

Το δίκτυο αυτό αντλεί δεδομένα από δέκα διαφορετικές δορυφορικές και επίγειες πηγές, της οποίες στη συνέχεια επεξεργάζεται με τη χρήση του αλγόριθμου TMPA (TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis – Πολύ-δορυφορική Ανάλυση Βροχοπτώσης για το TRMM), όπως αυτός αναπτύχθηκε από τους *Huffman et al.* (1999) του Εργαστηρίου Μελέτης της Ατμόσφαιρας, στο NASA Goddard Space Flight Center. Οι πηγές που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής:

1. NASA/GSFC Ανακλαστικότητα PR επιπέδου 1
2. NASA/GSFC TMI Tb επιπέδου 1
3. NASA/GSFC PR-TMI Εκτιμήσεις Βροχοπτώσης επιπέδου 2
4. NASA/GSFC AMSR-E Tb επιπέδου 1b
5. RSS SSM/I Tb
6. NESDIS AMSU-B Εκτιμήσεις Βροχοπτώσης, λειτουργικού επιπέδου 2
7. NOAA/NWS/CPC Δεδομένα Ιστογραμμάτων IR Tb
8. NOAA/NWS/CPC Συγχωνευμένα Δεδομένα IR Γεωστατικών Δορυφόρων, φωτεινότητας-θερμοκρασίας, ευκρίνειας 4 km,
9. GPCC Ανάλυση Ελέγχου Βροχομετρικών Σταθμών
10. NOAA/NWS/CPC CAMS Ανάλυση Βροχομετρικών Σταθμών

Με τη βοήθεια του αλγόριθμου, οι παραπάνω ετερογενείς ομάδες μετρήσεων, ομογενοποιούνται σε ένα ενιαίο σύνολο δεδομένων και παράλληλα ελέγχονται και διορθώνονται πιθανά σφάλματα που προκύπτουν από τις ασυμφωνίες μεταξύ τους. Έτσι, το ενιαίο σύνολο δεδομένων έχει χωρική ευκρίνεια  $0.25^\circ$  και χρονική 3 h και καλύπτει χρονικό εύρος δεκατριών ετών (1998-2010). Στην παρούσα μελέτη δεν χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα του τελευταίου έτους (2010), καθώς το υδρολογικό έτος 2009-2010 δεν μπορούσε να συμπληρωθεί.

Η πρόσβαση στα δεδομένα γίνεται μέσω του διαδικτύου, με τη χρήση του συστήματος TOVAS (TRMM Online Visualization and Analysis System – Σύστημα Διαδικτυακής Οπτικοποίησης και Ανάλυσης του TRMM). Το σύστημα αυτό (Σχήμα 3.3) δημιουργήθηκε και υποστηρίζεται από το Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC) και παρέχει στο χρήστη δεδομένα βροχοπτώσης οπτικοποιημένα σε χάρτη ή απλό κείμενο τύπου ASCII. Η ωρολογιακή ζώνη που χρησιμοποιείται είναι η ώρα Γκρίνουιτς (GMT), γνωστή και ως UTC ή Z.

Η χρήση των δορυφορικών δεδομένων, επιτρέπει τη σύγκριση με αυτά της βάσης δεδομένων (επίγεια σημειακά δεδομένα), έτσι ώστε να γίνει πιο αξιόπιστη η μελέτη των ισχυρών καταιγίδων ως προς τη χωρική και χρονική κατανομή τους. Χαρακτηριστικό, είναι το παράδειγμα του επεισοδίου βροχοπτώσης στις 12/12/08, που παρουσιάζεται σε 4 στιγμιότυπα στο Σχήμα 3.4. Για το παράδειγμα αυτό χρησιμοποιήθηκε πλέγμα  $16 \times 16$  σημείων κανάβου ( $4^\circ \times 4^\circ$ ), έτσι ώστε να απεικονιστεί καλύτερα η χωρο-χρονική μεταβολή του επεισοδίου. Στην παρούσα μελέτη, για τη λεκάνη απορροής του Κηφισού, χρησιμοποιήθηκε πλέγμα  $3 \times 3$  σημείων κανάβου ( $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ ), με συντεταγμένες διαγωνίου  $37.75\text{N } 23.50\text{E}$  με  $38.25\text{N } 24.00\text{E}$  που αντιστοιχεί στους επίγειους σταθμούς μέτρησης.

North latitude: 50.0 N  
 West: 180.0 W East: 180.0 E  
 South latitude: 50.0 S  
 Zoom In Zoom Out

3-hourly TRMM 3B42(V6) Accumulated Rainfall (mm)  
 Rain Rate (mm/hr)

Plot Type: Lat-Lon Map

Begin Date: yr 2010 mo February dy 28 hr 21Z (Data Begin: 1998/01/01 00Z)  
 End Date: yr 2010 mo February dy 28 hr 21Z (Data End: 2010/02/28 21Z)

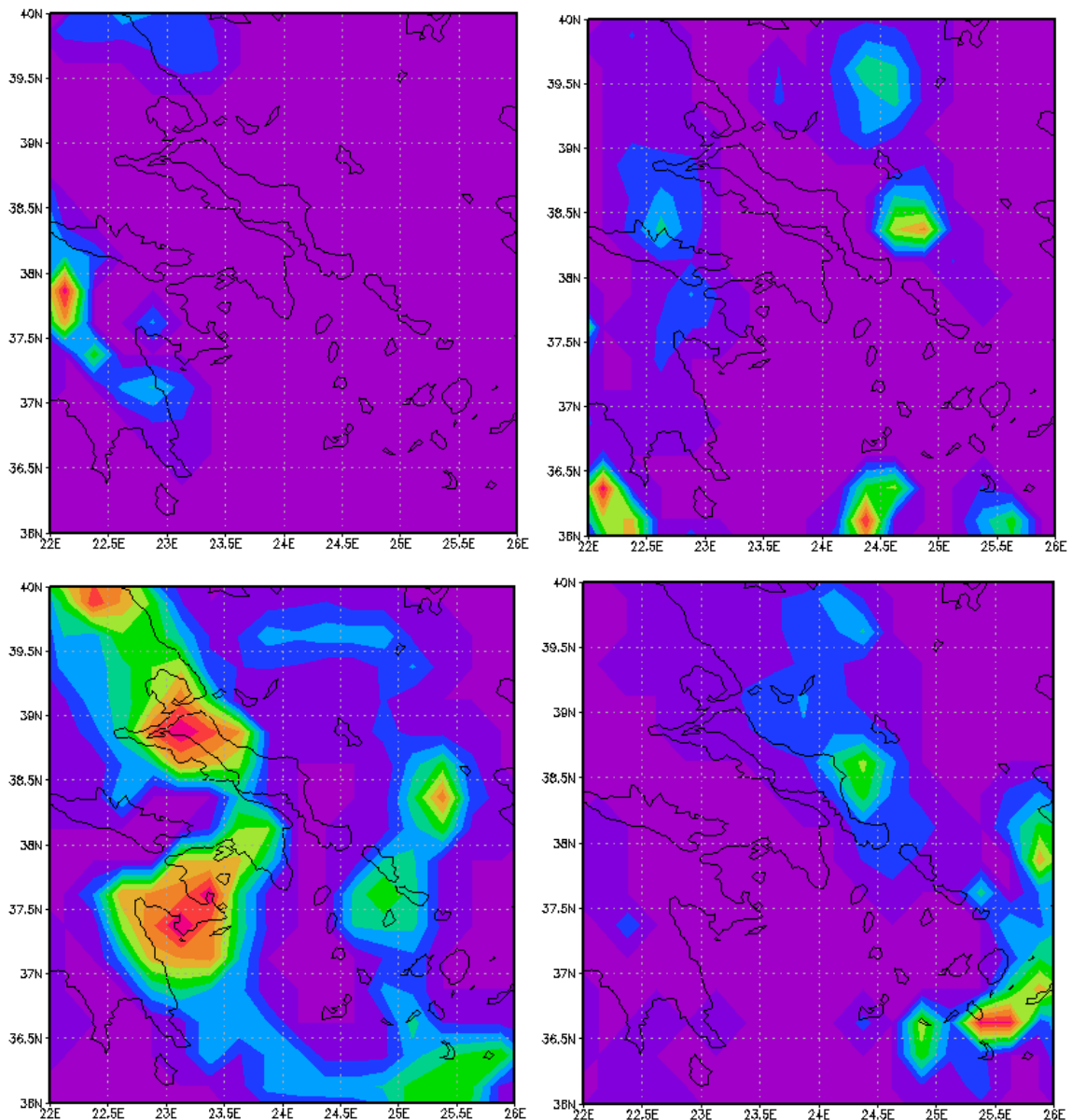
Color Options:  
 Pre-defined  
 Dynamic  
 Customized (linear only): Min Max

Time Series Plot  
 Y-Axis Options:  
 Dynamic  
 Customized: Min Max Interval

ASCII Output Resolution (°): 0.25x0.25

Generate Plot ASCII Output Reset Form

Σχήμα 3.3 Σύστημα TOVAS



Σχήμα 3.4 Χωρική απεικόνιση (ύψος βροχόπτωσης) επεισοδίου ισχυρής βροχόπτωσης στις 12/12/08 ανά 3 ώρες από το δίκτυο TRMM. Η πρώτη απεικόνιση αναφέρεται στις 14:00.

Το σύνολο των σταθμών βρίσκεται πλησίον του δορυφορικού σημείου κανάβου του συστήματος TRMM με συντεταγμένες 38.00°N 23.75°E. Πιο αναλυτικά η σχέση των δορυφορικών σημείων με τους επίγειους σταθμούς μέτρησης παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.3.

**Πίνακας 3.3** Σημεία κανάβου του δορυφορικού συστήματος μέτρησης πλησιέστερα προς τους αντίστοιχους επίγειους σταθμούς.

Γ. Πλάτος	Γ. Μήκος	Επίγειος σταθμός μέτρησης
37.75	23.50	
37.75	23.75	Ελληνικό, Άγιος Κοσμάς, Ηλιούπολη
37.75	24.00	Μαρκόπουλο
38.00	23.50	Ψυττάλεια
		Γαλάτσι, Ν. Φιλαδέλφεια, Περιστερί, Νίκαια, Χαλάνδρι, Λ. Νυμφών, Ζωγράφου, Βύρωνας,
38.00	23.75	Λιόσια
38.00	24.00	Πικέρμι, Πεντέλη
38.25	23.50	Μάνδρα
38.25	23.75	Αγία Τριάδα, Τατόι, Μενίδι
38.25	24.00	

### 3.4 Επιπρόσθετα δεδομένα (μη αρχαιοθετημένα)

Στην περιοχή της Αττικής είχαν λειτουργήσει κατά το παρελθόν μια σειρά βροχομετρικών σταθμών που τα δεδομένα τους δεν βρέθηκαν και δεν εντάχθηκαν στις επεξεργασίες της παρούσας μελέτης. Ωστόσο, για ενδεικτικούς λόγους παρατίθενται στον Πίνακα 2.4 οι απολύτως μέγιστες καταγραφές ημερήσιων υψών βροχής στους παλιότερους σταθμούς της Αττικής, οι οποίες ανακτήθηκαν από τις πηγές *Αντωνόπουλος και Στυλιανόπουλος (1946)* και *Υδραυλική (1980)*.

**Πίνακας 2.4** Απολύτως μέγιστες καταγραφές ημερήσιων υψών βροχής σε παλιότερους σταθμούς της Αττικής (σε φθίνουσα σειρά μέγιστου παρατηρημένου ύψους βροχής).

Σταθμός	Υπηρεσία	Υψόμετρο (m)	Έτη παρατηρήσεων	Ημερομηνία	Ύψος βροχής (mm)
Πεντέλη	ΜΥΥΑ	510	28	1952-12-23	193.5
Ανάβρυτα	ΜΥΥΑ	250	35	1930-01-22	193.0
Κηφισιά	ΕΥΔΑ	320	16	1930-02-22	187.4
Μπογιάτι	ΕΥΔΑ	350	38	1941-10-16	181.1
Σταμάτα	ΕΥΔΑ	370	12	1934-01-14	152.0
Κυβέλης Χάνι	ΕΥΔΑ	290	19	1934-12-22	145.4
Ταχυδρομείο Αθήνας	ΕΥΔΑ	80	38	1949-09-18	142.9
Κατσιμίδι	ΕΥΔΑ	360	43	1957-09-25	142.0
Τατόι	ΕΥΔΑ	480	43	1934-09-22	128.1
Φιλοθέη	ΥΠΔΕ	180	15	1962-09-26	127.8
Φράγμα Μαραθώνα	ΕΥΔΑ	370	19	1934-01-14	126.3
Κιούρκα	ΕΥΔΑ	400	19	1934-12-22	124.0
Μαραθώνας	ΕΥΔΑ	60	19	1938-02-05	124.0
Πειραιάς	ΜΥΥΑ	3	10	1933-12-02	123.0
Πάρνηθα	ΕΜΥ	900	11	1960-12-19	113.0
Γαλάτσι	ΕΥΔΑ	160	36	1941-10-16	110.0
Πεντέλη	ΥΠΔΕ	500	28	1962-09-26	102.0

**Συντομογραφίες** ΜΥΥΑ: Μετεωρολογική Υπηρεσία Υπουργείου Αεροπορίας, ΕΥΔΑ: Εταιρία Υδάτων Αθηνών, ΕΜΥ: Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, ΥΠΔΕ: Υπουργείο Δημόσιων Έργων.

**Σημείωση** Δεν επιβεβαιώνονται και αντιβαίνουν στις συστηματικές καταγραφές που αναλύονται στην παρούσα μελέτη οι αναφορές στη μελέτη της *Υδραυλικής (1980)* για ημερήσιες βροχοπτώσεις 144.0 mm στη Φιλαδέλφεια (ΕΜΥ) στις 1965-01-22 και 139.2 mm στο Λόφο Νυμφών (ΕΑΑ) στις 1918-10-30.

Από τα δεδομένα του Παραρτήματος Β προκύπτει ότι το μέγιστο παρατηρημένο ημερήσιο ύψος βροχής σε όλους τους 10 σταθμούς, τα δεδομένα των οποίων αναλύονται στην παρούσα μελέτη, είναι 175.1 mm (Τατοί, 1961-62) με δεύτερο μεγαλύτερο τα 166.5 mm (Ζωγράφου, 1994-95) και τρίτο μεγαλύτερο τα 150.2 mm (Λόφος Νυμφών, 1899-00). Παρατηρούμε ότι ο Πίνακας 2.4 περιλαμβάνει τέσσερις περιπτώσεις (σταθμοί Πεντέλη, Ανάβρυστα, Κηφισιά, Μπογιάτι) με ύψη βροχής μεγαλύτερα των 175.1 mm, μέχρι και 193.5 mm, οι οποίες μάλιστα αναφέρονται σε διαφορετικές ημερομηνίες στην περίοδο 1930-52.

### 3.5 Τελικά δείγματα μέγιστων υψών βροχής

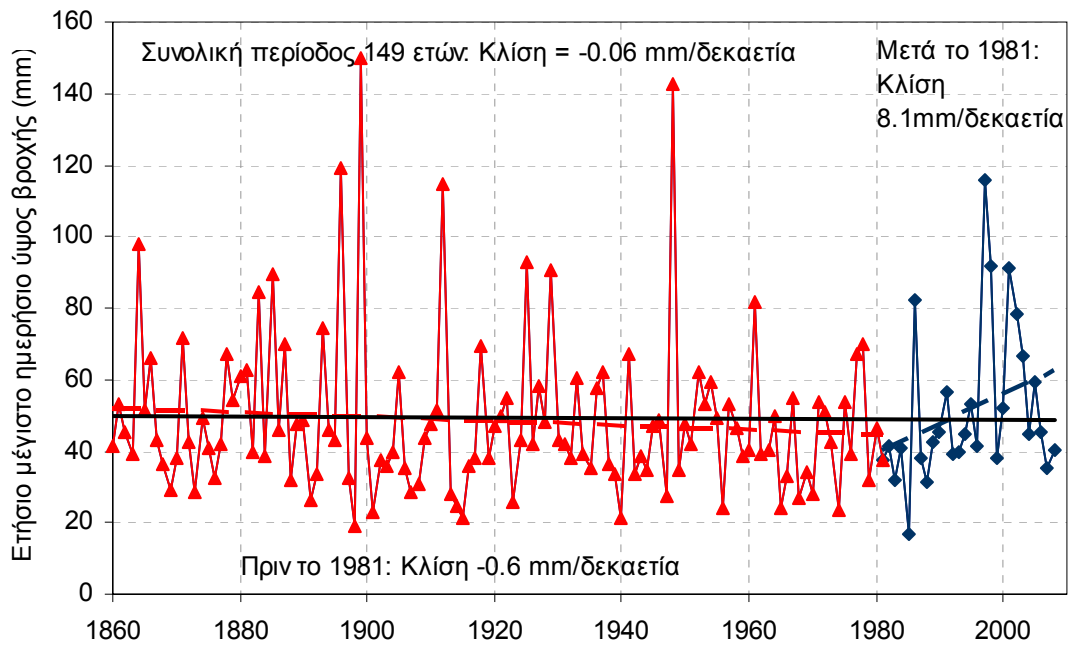
Με βάση τις συνεχείς καταγραφές των ημερήσιων υψών βροχής από βροχόμετρα καταρτίστηκαν οι σειρές των ετήσιων μέγιστων ημερήσιων και διήμερων υψών βροχόπτωσης, όπως παρουσιάζονται στο Παράρτημα Β (Πίνακες Β1 και Β2). Αντίστοιχα, από τα δεδομένα των βροχογράφων καταρτίστηκαν οι σειρές των ετήσιων μέγιστων υψών βροχόπτωσης για διάφορες χρονικές κλίμακες αναφοράς, με ελάχιστη χρονική κλίμακα τα 5, 10, 30 ή 60 min, ανάλογα με τη διακριτότητα του οργάνου ή τη διαθεσιμότητα ψηφιοποιημένων δεδομένων, και μέγιστη χρονική κλίμακα τις 24 ή 48 h, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα ψηφιοποιημένων δεδομένων. Οι σειρές αυτές παρουσιάζονται στο Παράρτημα Γ (Πίνακες Γ1 έως Γ19).

Γενικά, στις καταγραφές των βροχομέτρων αλλά, κυρίως, των βροχογράφων υπήρχαν μεγάλα και συχνά χρονικά διαστήματα με ελλείψεις που εισάγουν αβεβαιότητα ως προς την αξιοπιστία των σειρών ετήσιων μέγιστων. Για να αποφευχθεί η συμπερίληψη εξαιρετικά αβέβαιων μέγιστων υψών βροχής στα στατιστικά δείγματα των Παραρτημάτων Β και Γ, εξαιρέθηκαν οι τιμές για εκείνα τα έτη που το συνολικό μήκος των διαστημάτων με ελλείψεις ξεπερνούσε το 25% της διάρκειας του έτους, εκτός από τα έτη που το μέγιστο ύψος ξεπερνούσε το 50% του απολύτως μέγιστου ύψους βροχής (ρεκόρ) που έχει καταγραφεί στο σύνολο της διάρκειας των παρατηρήσεων. Το κριτήριο αυτό θεωρήθηκε ότι εξασφαλίζει επαρκή αξιοπιστία στα τελικά δείγματα χωρίς να απορρίπτει καταγραμμένα εξαιρετικά μεγάλα ύψη βροχής για το λόγο ότι στο υπόψη έτος υπήρχαν ελλείψεις.

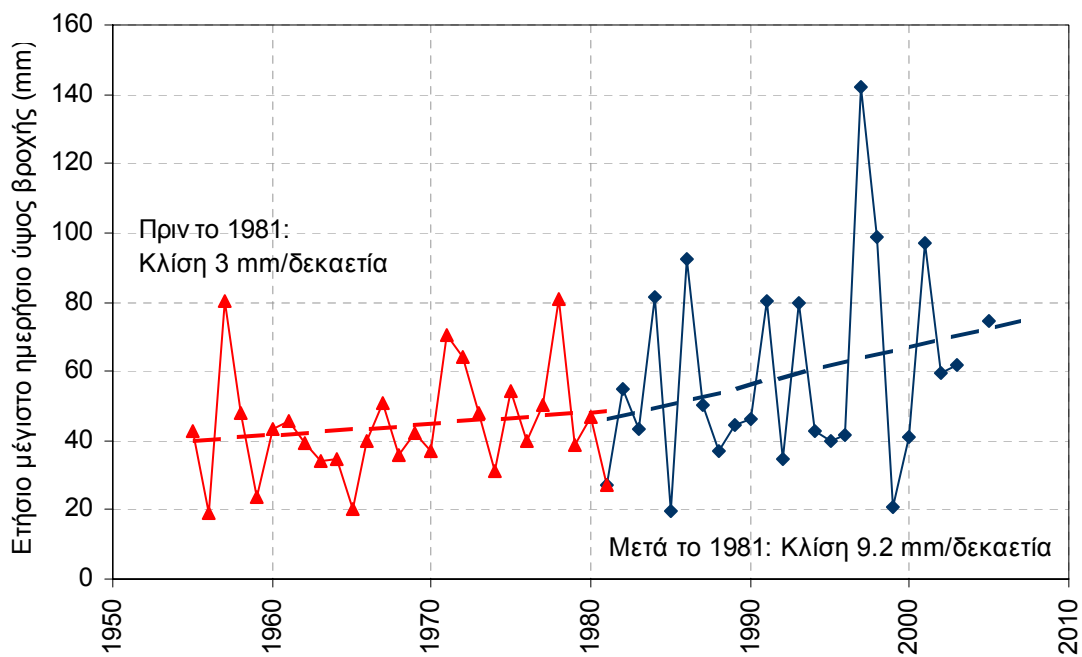
### 3.6 Διερεύνηση χρονικών τάσεων

Τα πλέον μακροχρόνια δείγματα είναι τα αυτά των ετήσιων μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής, όπως μετρήθηκαν από βροχόμετρα, με πρώτο το δείγμα του Λόφου Νυμφών μήκους 149 ετών και στη συνέχεια τα δείγματα του Ελληνικού και του Τατοΐου μήκους 50 ετών. Τα τρία αυτά δείγματα και ιδίως το πρώτο επιτρέπουν τη διερεύνηση τυχόν χρονικών τάσεων που μπορεί να σχετίζονται με κλιματικές διακυμάνσεις.

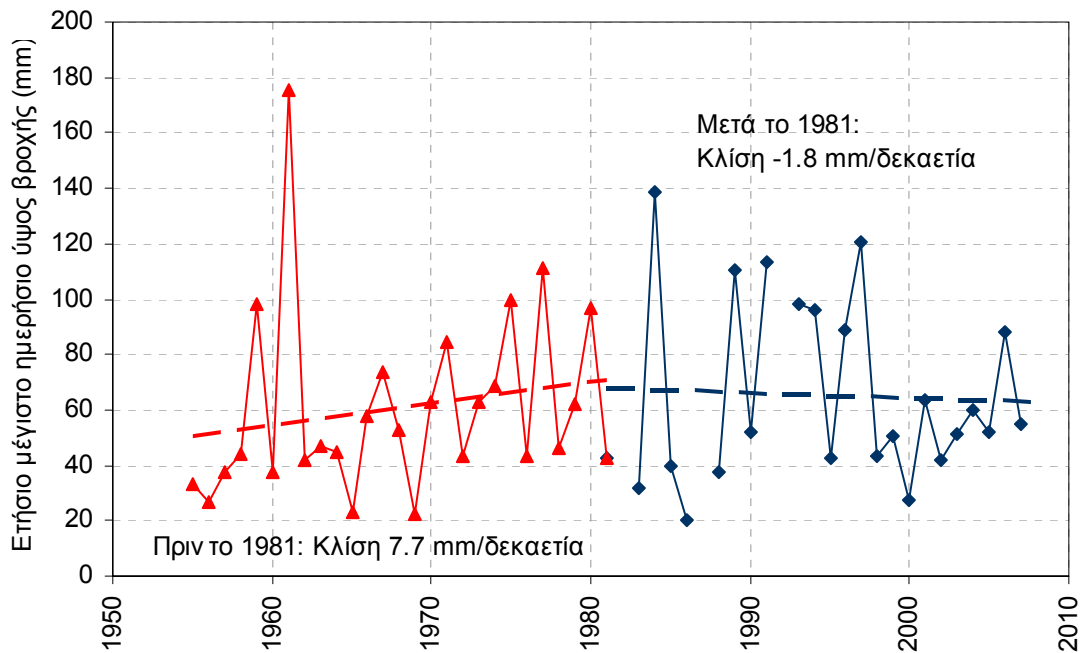
Στα Σχήματα 3.5-3.7 έχουν απεικονιστεί οι χρονοσειρές των ετήσιων μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής στους τρεις σταθμούς. Παρατηρούμε ότι μετά το 1981 στο Λόφο Νυμφών και το Ελληνικό παρατηρείται αυξητική τάση του μέγιστου ύψους βροχής. Μια τέτοια τάση θα μπορούσε να αποδοθεί στην αστικοποίηση και το επαγόμενο φαινόμενο «αστικής θερμικής νησίδας» (urban heat island) που αυξάνει την ατμοσφαιρική μεταγωγή (ανοδικές κινήσεις αέρα) και επιτείνει τις μεταγωγικές καταιγίδες. Ωστόσο, αυτό είναι μια υπόθεση που δεν ισχύει απαραίτητα. Παρατηρούμε ότι στο σταθμό Τατοΐου η τάση για την ίδια περίοδο είναι αντίστροφη (καθοδική). Εξ άλλου, στο Λόφο Νυμφών όλα τα προηγούμενα χρόνια υπήρξε μια ελαφρά καθοδική τάση, με αποτέλεσμα, στο σύνολο των 149 ετών η συνολική τάση να είναι πρακτικώς μηδενική (ανεπαίσθητα καθοδική). Εξ άλλου, στο Σχήμα 3.8 έχει παρασταθεί, μαζί με την ετήσια διακύμανση, ο κινούμενος μέσος όρος 30ετίας του ετήσιου μέγιστου ύψους βροχής του σταθμού Λόφου Νυμφών, όπου η ανοδική τάση φαίνεται να έχει σταματήσει, ή ίσως και να έχει αντιστραφεί προσφάτως.



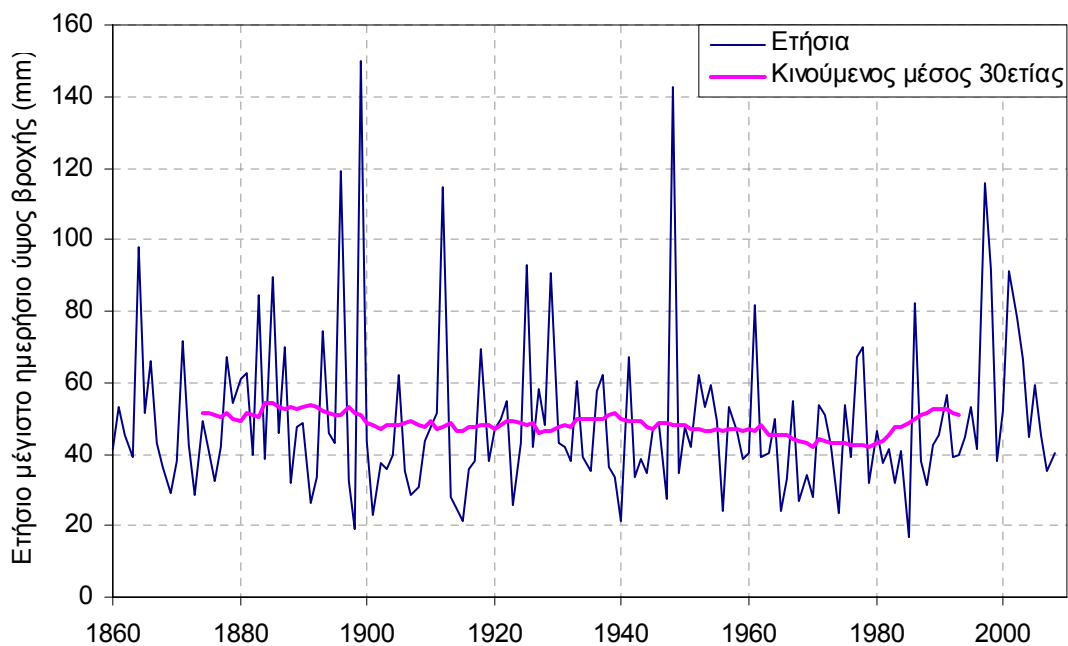
Σχήμα 3.5 Ετήσια μέγιστα ημερήσια ύψη βροχής στο σταθμό Λόφου Νυμφών και διαχρονικές τάσεις.



Σχήμα 3.6 Ετήσια μέγιστα ημερήσια ύψη βροχής στο σταθμό Ελληνικού και διαχρονικές τάσεις.



**Σχήμα 3.7** Ετήσια μέγιστα ημερήσια ύψη βροχής στο σταθμό Τατοΐου και διαχρονικές τάσεις.



**Σχήμα 3.8** Κινούμενοι μέσοι όροι 30ετίας των ετήσιων μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής στο σταθμό Λόφου Νυμφών.

Κατά συνέπεια μπορούμε να θεωρήσουμε ότι διαχρονικά τα δείγματα δεν παρουσιάζουν καμιά ιδιαίτερη μεταβλητότητα μακροκλίμακας, πέρα από τις συνήθεις κλιματικές διακυμάνσεις, και να τα επεξεργαστούμε με την κλασική στατιστική, κάτι στο οποίο συνηγορεί και το γεγονός ότι οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης (ανάμεσα στα ύψη διαδοχικών ετών) είναι πρακτικώς μηδενικοί.

## 4 Μεθοδολογία κατασκευής όμβριων καμπυλών

---

### 4.1 Εισαγωγή

Η εκτίμηση της βροχοπτώσης σχεδιασμού ή ελέγχου έργων βασίζεται κατά κανόνα στην πιθανοτική ανάλυση παρατηρημένων ακραίων υψών ( $h$ ) ή (χρονικά μέσων) εντάσεων ( $i$ ) βροχής, η οποία εν τέλει οδηγεί στην κατάρτιση σχέσεων έντασης – χρονικής κλίμακας αναφοράς ( $d$ )\* – περιόδου επαναφοράς ( $T$ ) της βροχής, ή αλλιώς των όμβριων καμπυλών. Η συμβατική στατιστική μέθοδος εξαγωγής όμβριων καμπυλών περιλαμβάνει τα εξής τρία κύρια βήματα: (α) την προσαρμογή πιθανοτικών συναρτήσεων κατανομής της έντασης βροχής ξεχωριστά για κάθε χρονική κλίμακα  $d$ , (β) την εκτίμηση, με βάση τις προσαρμοσμένες συναρτήσεις κατανομής για όλες τις διαθέσιμες κλίμακες, των εντάσεων βροχής για μια σειρά περιόδων επαναφοράς  $T$ , και (γ) την εξαγωγή, για κάθε περίοδο επαναφοράς  $T$ , μιας κατάλληλης έκφρασης ανάμεσα στην ένταση βροχής και τη χρονική κλίμακα. Συχνά τα βήματα αυτά ακολουθούνται και από ένα τέταρτο, στο οποίο γενικεύονται οι σχέσεις του βήματος (γ), προσδιορίζοντας έτσι μια εμπειρική σχέση που ισχύει για τυχούσα περίοδο επαναφοράς.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται εδώ είναι πιο πρόσφατη και διαφέρει από τη συμβατική μεθοδολογία τόσο ως προς τα βήματα που ακολουθεί, όσο και στην μαθηματική αντιμετώπιση των επιμέρους θεμάτων. Πιο συγκεκριμένα, η παρούσα μεθοδολογία: (α) χρησιμοποιεί δεδομένα όχι μόνο από βροχογράφους αλλά και από βροχόμετρα, (β) αντί της σταδιακής κατάρτισης μιας έκφρασης ή ενός συνόλου εκφράσεων όμβριων καμπυλών, χρησιμοποιεί εξ αρχής μία παραμετρική έκφραση, η οποία, αντί να είναι εμπειρική, απορρέει άμεσα από την συναρτησιακή έκφραση της πιθανοτικής κατανομής που υιοθετείται για την ένταση βροχής, (γ) βασίζεται στις νεότερες θεωρήσεις και διαπιστώσεις τόσο ως προς τη συνάρτηση κατανομής που ακολουθούν τα ακραία ύψη ή οι εντάσεις βροχής, όσο και ως προς τον τρόπο εκτίμησης των παραμέτρων της κατανομής, και (δ) αντιμετωπίζει συνολικά τα δεδομένα μιας ομάδας σταθμών της περιοχής μελέτης. Η γενική μεθοδολογία και οι επιμέρους πτυχές της περιγράφονται λεπτομερώς αλλού (Κουτσογιάννης, 1997· Koutsoyiannis et. al., 1998· Koutsoyiannis, 1999, 2004a,b, 2006· Koutsoyiannis and Baloutsos, 2000), ενώ σε συνοπτική μορφή δίνονται στα εδάφια που ακολουθούν.

### 4.2 Δεδομένα που χρησιμοποιούνται

Η κατασκευή των όμβριων καμπυλών στηρίζεται σε δεδομένα εντάσεων βροχής για χρονικές κλίμακες που κυμαίνονται από μια ελάχιστη κλίμακα 5-60 min (ανάλογα με την ευκρίνεια των διαθέσιμων παρατηρήσεων) μέχρι μια μέγιστη κλίμακα 24-48 h. Για τη χρονική κλίμακα  $d$  βρίσκεται το *ετήσιο μέγιστο ύψος βροχής*  $h(d)$ , δηλαδή το μέγιστο ύψος βροχής που πραγματοποιήθηκε μέσα στη δεδομένη χρονική κλίμακα για ένα υδρολογικό (ή ημερολογιακό) έτος, και υπολογίζεται η αντίστοιχη *ετήσια μέγιστη μέση ένταση* (ή απλούστερα *ετήσια μέγιστη ένταση*)  $i(d) = h(d) / d$ . Αν η διαδικασία αυτή επαναληφθεί για όλα τα έτη που υπάρχουν δεδομένα, προκύπτει το στατιστικό δείγμα (ή σειρά) ετήσιων μέγιστων υψών ή εντάσεων βροχής.

---

\* Η χρονική κλίμακα αναφοράς αναφέρεται συνήθως ως διάρκεια, αλλά ο συγκεκριμένος όρος είναι εσφαλμένος. Η χρονική κλίμακα  $d$ , στην οποία λαμβάνεται η μέση ένταση βροχής, δεν έχει σχέση με τη διάρκεια βροχής.



Στην πραγματικότητα, οι παραπάνω εργασίες γίνονται ταυτόχρονα για ένα σύνολο  $k$  χρονικών κλιμάκων  $d_j, j = 1, \dots, k$ , ξεκινώντας από ελάχιστη κλίμακα ίση με την ευκρίνεια (ή διακριτότητα,  $\delta$ ) των παρατηρήσεων και φθάνοντας μέχρι τη μέγιστη χρονική κλίμακα βροχής που ενδιαφέρει στα τυπικά προβλήματα του μηχανικού. Κανονικά όλες οι  $k$  σειρές θα πρέπει να έχουν τον ίδιο αριθμό δεδομένων  $n$ , αλλά, λόγω των ελλείψεων που συχνά υπάρχουν στα πρωτογενή δεδομένα, είναι δυνατό ο αριθμός αυτός ( $n_j$ ) να διαφέρει για διαφορετικές χρονικές κλίμακες.

Η χρονική ευκρίνεια  $\delta$  των πρωτογενών δεδομένων (βροχογραφημάτων ή ψηφιακών μετρήσεων) είναι προφανές ότι επηρεάζει τις τιμές των μέγιστων εντάσεων βροχής και συγκεκριμένα, μεγάλη διακριτότητα έχει συνέπεια την υπεκτίμηση των μέγιστων εντάσεων. Είναι προφανές ότι το μέγεθος του σφάλματος εξαρτάται από το λόγο της χρονικής κλίμακας αναφοράς προς ευκρίνεια ( $d/\delta$ ), και αν ο λόγος αυτός είναι αρκετά μεγάλος τότε το σφάλμα γίνεται αμελητέο. Για την άρση του σφάλματος για μικρές τιμές του λόγου  $d/\delta$ , συνήθως γίνεται αναγωγή των τιμών  $i(d)$ , με πολλαπλασιασμό επί ένα συντελεστή που εξαρτάται από το λόγο  $d/\delta$ . Τιμές αυτού του συντελεστή έχουν βρεθεί από έρευνες στην Αμερική και δίνονται στη βιβλιογραφία, π.χ. *Linsley et al.* (1975, σ. 357), απ' όπου προέρχεται και ο Πίνακας 4.1 που δίνεται παρακάτω.

**Πίνακας 4.1** Τυπικές τιμές του συντελεστή άρσης του σφάλματος διακριτοποίησης (Πηγή: *Linsley et al.*, 1975, σ. 357).

Λόγος χρονικής κλίμακας αναφοράς προς ευκρίνεια ( $d/\delta$ )	Συντελεστής άρσης του σφάλματος διακριτοποίησης
1	1.13
2	1.04
3-4	1.03
5-8	1.02
9-24	1.01

Παραδοσιακά, τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την κατάρτιση όμβριων καμπυλών προέρχονται από ταινίες βροχογράφων, στις οποίες η διακριτότητα είναι αρκετά μικρή (5 έως 30 min). Για μεγάλες χρονικές κλίμακες, 24 ή 48 ωρών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και δεδομένα από συνήθη βροχόμετρα ημερήσιων παρατηρήσεων. Αν συγκριθούν τα ετήσια μέγιστα ύψη βροχής, τα οποία έχουν προκύψει από βροχογράφο για χρονικές κλίμακες 24 ή 48 ωρών, με τα δεδομένα από βροχόμετρο του ίδιου σταθμού, γενικά αναμένεται οι τιμές 24ώρου από το βροχογράφο να είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες από βροχόμετρο, επειδή οι τελευταίες υπόκεινται στο σφάλμα χρονικής διακριτοποίησης. Ωστόσο, είναι πολύ συχνό το φαινόμενο οι τιμές από το βροχογράφο να είναι μικρότερες από αυτές του βροχομέτρου. Αυτό οφείλεται συνήθως στην κακή συντήρηση των ευαίσθητων μηχανισμών του βροχογράφου, η οποία έχει αποτέλεσμα την εσφαλμένη καταγραφή των υψών βροχής από το βροχογράφο. Επιπρόσθετος λόγος είναι το γεγονός ότι στις έντονες καταιγίδες το ύψος βροχής που εισέρχεται στο βροχογράφο κατά τη διάρκεια είτε του σιφωνισμού είτε της ανατροπής των σκαφιδίων (ανάλογα με τον μηχανισμό του βροχογράφου) δεν καταγράφεται, με αποτέλεσμα στις μεγάλες εντάσεις βροχής να γίνεται υπεκτίμηση μέχρι 15% (*Molini et al.*, 2005). Για το λόγο αυτό, στη μεθοδολογία που χρησιμοποιείται εδώ λαμβάνονται υπόψη όχι μόνο τα δεδομένα από βροχογράφους αλλά και αυτά από βροχόμετρα. Επιπρόσθετοι λόγοι που επίσης συνηγορούν στο να λαμβάνονται υπόψη τα δεδομένα των βροχομέτρων είναι: (α) η μεγαλύτερη πυκνότητα του δικτύου των βροχομέτρων σε σχέση με αυτό των βροχογράφων και (β) η μεγαλύτερη χρονική έκταση των παρατηρήσεων των βροχομέτρων από αυτές των βροχογράφων.

### 4.3 Μαθηματική έκφραση σχέσης όμβριων καμπυλών

Η γενική συναρτησιακή σχέση όμβριων καμπυλών είναι της μορφής:

$$i = \frac{a(T)}{b(d)} \quad (4.1)$$

όπου  $i$  η μέγιστη ένταση βροχής χρονικής κλίμακας  $d$  για περίοδο επαναφοράς  $T$ , και  $a(T)$  και  $b(d)$  κατάλληλες συναρτήσεις της περιόδου επαναφοράς και της χρονικής κλίμακας, αντίστοιχα (Κουτσογιάννης, 1997).

Η συνάρτηση  $b(d)$  είναι της ακόλουθης, εμπειρικά διαπιστωμένης αλλά και θεωρητικά τεκμηριωμένης (Κουτσογιάννης, 1997· Koutsoyiannis, 2006), γενικής μορφής:

$$b(d) = (1 + d / \theta)^\eta \quad (4.2)$$

όπου  $\theta$  και  $\eta$  αποτελούν παραμέτρους προς εκτίμηση, με  $\theta \geq 0$  (μονάδες χρόνου, π.χ. h) και  $0 < \eta < 1$  (αδιάστατη).

Η συνάρτηση  $a(T)$  προκύπτει αναλυτικά από τη συνάρτηση κατανομής που ισχύει για τη μέγιστη ένταση βροχής της υπό εξέταση περιοχής, όπως αυτή προκύπτει από την επεξεργασία των διαθέσιμων δεδομένων, ενώ αποφεύγεται η χρήση εμπειρικών συναρτήσεων (Κουτσογιάννης, 1997). Η συγκεκριμένη έκφραση της  $a(T)$  αναλύεται πιο κάτω.

### 4.4 Συνάρτηση κατανομής

Μια συνάρτηση κατανομής που αποδεικνύεται κατάλληλη για τη μέγιστη ένταση βροχής σε μεγάλο εύρος περιπτώσεων (Koutsoyiannis, 2004a,b, 2007) είναι η κατανομή Γενική Ακραίων Τιμών (ΓΑΤ· διεθνώς General Extreme Value – GEV – distribution). Αυτή η κατανομή ενσωματώνει τις κατανομές ακραίων τιμών τύπου I, II, και III και έχει την έκφραση:

$$F(x) = \exp \left\{ - \left[ 1 + \kappa \left( \frac{x}{\lambda} - \psi \right) \right]^{-1 / \kappa} \right\} \quad x \geq \lambda (\psi - 1 / \kappa) \quad (4.3)$$

όπου  $F(x)$  η συνάρτηση κατανομής της μεταβλητής  $x$ , και  $\kappa > 0$  (αδιάστατη),  $\lambda > 0$  (μονάδες ίδιες με αυτές του  $x$ ) και  $\psi$  (αδιάστατη) είναι οι παράμετροι σχήματος, κλίμακας και θέσης, αντίστοιχα. (Η περίπτωση  $\kappa < 0$ , αν και μαθηματικά είναι δυνατή, δεν είναι κατάλληλη για μέγιστες εντάσεις βροχής, γιατί συνεπάγεται άνω φραγμένη τιμή της έντασης, γεγονός που αντίκειται στη φυσική πραγματικότητα). Η μεταβλητή  $x$  αντιπροσωπεύει είτε την ένταση βροχής  $i$  είτε, ισοδύναμα, το γινόμενο  $i b(d)$  (για δεδομένη έκφραση της  $b(d)$ )· στην τελευταία περίπτωση η επίλυση της (4.3) ως προς  $x$  δίνει αμέσως τη συνάρτηση  $a(T)$  και, στη συνέχεια, η επίλυση ως προς  $i$  δίνει αμέσως την έκφραση της όμβριας καμπύλης χωρίς να απαιτείται καμιά πρόσθετη, εμπειρική ή όχι, παραδοχή (Κουτσογιάννης, 1997· Koutsoyiannis et. al., 1998).

Η (4.3) επιλύεται άμεσα ως προς  $x$ . Με την προϋπόθεση ότι αναλύονται σειρές ετήσιων μέγιστων, οπότε  $F(x) = 1 - \Delta / T$ , όπου  $\Delta = 1$  έτος, προκύπτει:

$$x_T = \lambda \left\{ \psi + \frac{\left[ -\ln \left( 1 - \frac{\Delta}{T} \right) \right]^{-\kappa} - 1}{\kappa} \right\} = \lambda' \left\{ \left[ -\ln \left( 1 - \frac{\Delta}{T} \right) \right]^{-\kappa} - \psi' \right\} \quad (4.4)$$

Στη δεύτερη εξίσωση για απλοποίηση έχει τεθεί  $\lambda' = \lambda / \kappa$  and  $\psi' = 1 - \kappa \psi$  (Koutsoyiannis et. al., 1998). Οι παράμετροι  $\kappa$ ,  $\psi$  και  $\psi'$  είναι αδιάστατες ενώ οι  $\lambda$  και  $\lambda'$  έχουν διαστάσεις ίδιες με αυτές του  $x$ , πράγμα που εξασφαλίζει την πλήρη διαστατική συνέπεια της εξίσωσης.

Για  $\kappa = 0$ , η κατανομή ΓΑΤ μεταπίπτει στην κατανομή μεγίστων τύπου I (Gumbel), οπότε η (4.3) παίρνει τη ειδική μορφή:

$$F(x) = \exp(-e^{-x/\lambda + \psi}) \quad (4.5)$$

όπου  $\lambda$  και  $\psi$  είναι οι παράμετροι κλίμακας και θέσης, αντίστοιχα, της κατανομής. Αντίστοιχα, η (4.4) παίρνει τη μορφή (Κουτσογιάννης, 1997· Koutsoyiannis et. al., 1998):

$$x_T = \lambda \left\{ \psi - \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{\Delta}{T} \right) \right] \right\} \quad (4.6)$$

Η κατανομή Gumbel είχε γίνει αποδεκτή ευρύτατα στην Ελλάδα και διεθνώς για την περιγραφή μεγίστων εντάσεων βροχής, χρησιμοποιώντας συνήθως δείγματα μήκους λίγων δεκάδων ετών. Ωστόσο, πρόσφατη μελέτη (Koutsoyiannis and Baloutsos, 2000) του δείγματος ημερήσιων μεγίστων βροχοπτώσεων του Αστεροσκοπείου Αθηνών, μήκους (την εποχή της εν λόγω μελέτης) 136 ετών, έδειξε ότι η κατανομή Gumbel απορρίπτεται στατιστικώς, παρόλο που δεν θα απορριπτόταν αν το μήκος του δείγματος ήταν μικρότερο. Αντίθετα, η κατανομή ΓΑΤ με παράμετρο σχήματος  $\kappa = 0.16$  έως 0.19 φάνηκε να είναι κατάλληλη για το υπόψη δείγμα.

Εξ άλλου, από στατιστική διερεύνηση (Koutsoyiannis, 1999) των δεδομένων από 2645 σταθμούς όλου του κόσμου, με συνολικό πλήθος μετρήσεων 95 000 σταθμών-ετών, τα οποία είχαν μελετηθεί παλιότερα από τον Hershfield (1961, 1965) και αποτέλεσαν τη βάση για τη διατύπωση της φερόνυμης μεθόδου εκτίμησης της πιθανής μέγιστης κατακρήμνισης (ΠΜΚ), διαπιστώθηκε ότι: (α) η κατανομή ΓΑΤ είναι γενικά κατάλληλη για ετήσιες σειρές μεγίστων βροχοπτώσεων, (β) η τιμή που υπολογίζεται τη μέθοδο Hershfield (1961, 1965) ως ΠΜΚ, αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς περίπου 60 000 ετών, και (γ) η τιμή της παραμέτρου σχήματος της κατανομής ΓΑΤ δίνεται ως συνάρτηση της μέσης τιμής της ετήσιας μέγιστης 24ωρης βροχόπτωσης  $\bar{h}$ , από τη σχέση:

$$\kappa = 0.183 - 0.00049 \bar{h} \quad (\bar{h} \text{ σε mm}) \quad (4.7)$$

Η σύγκριση της παραπάνω εναλλακτικής διατύπωσης της μεθόδου Hershfield με την κατανομή που προκύπτει από το δείγμα 136 ετών του Αστεροσκοπείου Αθηνών έδειξε πλήρη συμφωνία (Koutsoyiannis, 1999).

Τέλος, σε πρόσφατη μελέτη (Koutsoyiannis, 2004b) εξετάστηκε μια σειρά μεγάλου μήκους δειγμάτων ημερήσιας βροχής από 169 σταθμούς από όλο τον κόσμο. Καθένα από τα δείγματα είχε τουλάχιστον 100 χρόνια μετρήσεων. Η στατιστική ανάλυση των 169 δειγμάτων, όπως αναμενόταν, έδειξε ότι υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στις μέσες τιμές των επιμέρους σταθμών, τόσο μεταξύ διάφορων κλιματικών ζωνών, όσο και μέσα στην κάθε ζώνη. Η προσαρμογή της κατανομής ΓΑΤ στους επιμέρους σταθμούς έδειξε να είναι εν γένει ικανοποιητική. Ειδικότερα στο 92% των δειγμάτων προέκυψε θετικός συντελεστής σχήματος, πράγμα που αποτελεί σοβαρή ένδειξη για γενικευμένη εφαρμογή της κατανομής ΓΑΤ με θετική παράμετρο  $\kappa$ . Κατ' αρχάς φάνηκε να υπάρχει αξιοσημείωτη διασπορά στις 169 επιμέρους τιμές των συντελεστών σχήματος, η οποία όμως δεν φάνηκε να σχετίζεται με τις κλιματικές διαφοροποιήσεις. Ίδια συμπεριφορά έδειξαν και μια σειρά άλλων αδιαστατων στατιστικών χαρακτηριστικών. Λεπτομερέστερη διερεύνηση κατέδειξε ότι οι διασπορές που εμφανίζονται οφείλονται πρωτίστως σε στατιστικούς λόγους παρά σε φυσικά (κλιματικά) αίτια. Συγκεκριμένα, με προσομοιώσεις Monte Carlo δείχτηκε ότι η διασπορά όλων των αδιαστατοποιημένων στατιστικών παραμέτρων εξηγείται, πρακτικώς στο σύνολό της, από στατιστικούς (δειγματοληπτικούς) λόγους, ενώ για τις διαφοροποιήσεις που παρατηρούνται στις μέσες τιμές δεν αρκούν οι στατιστικοί λόγοι, αλλά χρειάζεται να υποτεθούν επιπρόσθετα φυσικά αίτια. Με βάση τις αναλύσεις αυτές προέκυψε το εντυπωσιακό συμπέρασμα ότι αν οι τιμές κάθε σταθμού αναχθούν με διαίρεση με τη μέση τιμή του δείγματος του υπόψη σταθμού, τότε όλα τα

ανηγμένα δείγματα έχουν πρακτικώς την ίδια κατανομή, ανεξάρτητα από την κλιματική ζώνη ή τη γεωγραφική και υψομετρική θέση. Ως αποτέλεσμα, μπορούν να ενοποιηθούν όλα τα ανηγμένα δείγματα, οπότε μπορεί να αποκτηθεί ευκρινέστερη εικόνα για την ενιαία αυτή κατανομή. Τα τελικά συμπεράσματα αυτής της μελέτης είναι τα ακόλουθα: (α) η κατανομή Gumbel είναι ακατάλληλη, (β) η κατανομή ΓΑΤ προσαρμόζεται πολύ καλύτερα στις εμπειρικές πιθανότητες, και (γ) η τελική εκτίμηση του συντελεστή σχήματος  $\kappa$  της κατανομής ΓΑΤ για το σύνολο των δεδομένων είναι  $\kappa = 0.15$ .

Τα παραπάνω συνηγορούν στην αποδοχή της ΓΑΤ ως κατάλληλης κατανομής για μέγιστες βροχοπτώσεις. Αντίθετα, η χρήση της κατανομής Gumbel (μεγίστων τύπου I) θα πρέπει να αποφεύγεται, δεδομένου ότι οδηγεί σε σοβαρή υπεκτίμηση των εντάσεων βροχής για μεγάλες περιόδους επαναφοράς. Σε περίπτωση που υπάρχει μεγάλου μήκους δείγμα, η παράμετρος σχήματος της κατανομής ΓΑΤ μπορεί να εκτιμάται άμεσα από το δείγμα. Σε αντίθετη περίπτωση είναι προτιμότερο να υιοθετείται η «παγκόσμια» βιβλιογραφική τιμή  $\kappa = 0.15$ .

#### 4.5 Τελική εξίσωση όμβριων καμπυλών

Η αποδοχή της κατανομής ΓΑΤ σε συνδυασμό με τις (4.1) και (4.2) οδηγεί στην ακόλουθη γενικευμένη έκφραση όμβριων καμπυλών:

$$i(d, T) = \frac{\lambda' \left\{ \left[ -\ln \left( 1 - \frac{d}{T} \right) \right]^{-\kappa} - \psi' \right\}}{(1 + d/\theta)^\eta} \quad (\kappa \neq 0) \quad (4.8)$$

Στην εξίσωση (4.8) η περίοδος επαναφοράς αναφέρεται σε σειρές ετήσιων μεγίστων και κατά συνέπεια παίρνει τιμές μεγαλύτερες από  $\Delta = 1$  έτος. Εφόσον η περίοδος επαναφοράς οριστεί με αναφορά σε σειρές υπεράνω κατωφλίου, και συνεπώς μπορεί να πάρει και τιμές μικρότερες από 1 έτος, η αντίστοιχη εξίσωση προκύπτει θεωρητικά ότι έχει την ακόλουθη απλούστερη έκφραση (Koutsoyiannis et al., 1998):

$$i(d, T) = \frac{\lambda' [(T/\Delta)^\kappa - \psi']}{(1 + d/\theta)^\eta} \quad (\kappa \neq 0) \quad (4.9)$$

όπου το  $T$  εκφράζεται σε έτη. Η (4.9) ουσιαστικά αποτελεί έκφραση της πιθανοτικής κατανομής Pareto. Για μικρές περιόδους επαναφοράς, η (4.9) είναι προφανώς δυσμενέστερη από την αντίστοιχη της (4.8), ενώ για μεγαλύτερες περιόδους επαναφοράς ( $T > 10$  χρόνια) πρακτικώς η πρώτη ταυτίζεται με τη δεύτερη, δεδομένου ότι για μικρές τιμές του  $\Delta/T$  ισχύει  $\ln [1 - (\Delta/T)] = -(\Delta/T) - (\Delta/T)^2 - \dots \approx -\Delta/T$ .

Τονίζεται ότι και οι δύο εξισώσεις (4.8) και (4.9) είναι διαστατικά συνεπείς, με δεδομένο ότι οι παράμετροι  $\kappa$  και  $\psi'$  είναι αδιάστατες ενώ η  $\lambda'$  έχει διαστάσεις έντασης βροχής.

#### 4.6 Εκτίμηση παραμέτρων

Για την εκτίμηση των παραμέτρων  $\lambda$ ,  $\psi$  (ή ισοδύναμα  $\lambda'$ ,  $\psi'$ ),  $\kappa$ ,  $\theta$  και  $\eta$  των παραπάνω εκφράσεων όμβριων καμπυλών έχουν διατυπωθεί από τον Κουτσογιάννη (1997· βλ. και Koutsoyiannis et al., 1998) δύο συνεπείς στατιστικές μέθοδοι, οι οποίες αποφεύγουν τη χρήση εμπειρικών τεχνικών που χρησιμοποιούνταν παλιότερα. Η πρώτη μέθοδος, που χρησιμοποιείται εδώ, εκτιμά τις παραμέτρους σε δύο βήματα. Στο πρώτο βήμα γίνεται η εκτίμηση των παραμέτρων της συνάρτησης  $b(d)$  (των  $\theta$  και  $\eta$ ) και στο δεύτερο αυτών της  $a(T)$  (των  $\lambda$ ,  $\psi$  και  $\kappa$  της κατανομής ΓΑΤ).

Από την (4.1) προκύπτει άμεσα ότι η τυχαία μεταβλητή  $y := i b(d)$  έχει συνάρτηση κατανομής ανεξάρτητη της χρονικής κλίμακας αναφοράς  $d$ , η οποία καθορίζεται πλήρως από τη συνάρτηση  $a(T)$ .

Πρέπει λοιπόν οι παράμετροι  $\theta$  και  $\eta$  να υπολογιστούν έτσι ώστε να ικανοποιούν τη συνθήκη ανεξαρτησίας της  $y$  από τη χρονική κλίμακα  $d$ .

Αν υποθέσουμε ότι είναι γνωστές οι τιμές των παραμέτρων  $\theta$  και  $\eta$ , τότε μπορούν να υπολογιστούν οι τιμές  $y_{jl} = i_{jl} b(d_j)$ , όπου  $j = 1, \dots, k$  και  $l = 1, \dots, n_j$ . Ενοποιώντας όλα τα δείγματα που περιέχουν τις τιμές  $y_{jl}$  αποκτούμε ένα συνολικό δείγμα μεγέθους:

$$m = \sum_{j=1}^k n_j \quad (4.10)$$

Με βάση το δείγμα αυτό, καταταγμένο σε φθίνουσα σειρά, μπορούμε να αντιστοιχίσουμε αύξοντες αριθμούς ή βαθμούς (ranks)  $r_{jl}$  σε όλες τις  $m$  τιμές  $y_{jl}$  (Για την περίπτωση που έχουμε ταυτόσημες τιμές  $y_{jl}$  χρησιμοποιούμε το μέσο όρο των αντίστοιχων βαθμών). Επανερχόμενοι στα αρχικά επιμέρους δείγματα των ξεχωριστών χρονικών κλιμάκων υπολογίζουμε για κάθε χρονική κλίμακα  $d_j$  το μέσο βαθμό:

$$\bar{r}_j = \frac{1}{n_j} \sum_{l=1}^{n_j} r_{jl} \quad (4.11)$$

Αν όλα τα επιμέρους δείγματα έχουν την ίδια κατανομή τότε κάθε  $\bar{r}_j$  θα πρέπει να βρίσκεται πολύ κοντά στην τιμή  $\bar{r} = (m + 1) / 2$ , διαφορετικά οι τιμές  $\bar{r}_j$  θα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Αυτό μας οδηγεί στη χρήση της στατιστικής παραμέτρου Kruskal-Wallis (βλ. π.χ. *Hirsch et al.*, 1993, σ. 17.25), η οποία συνδυάζει τους μέσους βαθμούς από όλα τα επιμέρους δείγματα:

$$H = \frac{6}{\bar{r} (2\bar{r} - 1)} \sum_{j=1}^k n_j (\bar{r}_j - \bar{r})^2 \quad (4.12)$$

Κατά συνέπεια, το πρόβλημα του προσδιορισμού των παραμέτρων  $\theta$  και  $\eta$  μπορεί να αναχθεί στην ελαχιστοποίηση της στατιστικής παραμέτρου  $H$ .<sup>\*</sup> Η αναλυτική ελαχιστοποίηση δεν είναι δυνατή και γι' αυτό θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί αριθμητική μέθοδος βελτιστοποίησης.

Για λόγους καλύτερης προσαρμογής της συνάρτησης  $b(d)$  στην περιοχή των υψηλότερων εντάσεων, είναι σκόπιμο να μη χρησιμοποιείται σε αυτό το πρώτο στάδιο υπολογισμού το σύνολο των δεδομένων κάθε επιμέρους δείγματος, αλλά ένα μέρος αυτών των δεδομένων. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιείται μόνο το υψηλότερο 1/2 ή 1/3 των δεδομένων από κάθε χρονική κλίμακα, αφού τα δεδομένα καταταχτούν σε φθίνουσα σειρά (σε αυτή τη μελέτη χρησιμοποιείται το υψηλότερο 1/2 των δεδομένων).

Αφού προσδιοριστούν οι παράμετροι  $\theta$  και  $\eta$ , η εκτίμηση των παραμέτρων της συνάρτησης  $a(T)$  είναι απλή και γίνεται στο δεύτερο στάδιο υπολογισμού. Συγκεκριμένα, οι τελευταίες παράμετροι εκτιμώνται με τις τυπικές μεθόδους της στατιστικής, χρησιμοποιώντας το ενοποιημένο δείγμα που

---

<sup>\*</sup> Αν τα επιμέρους δείγματα είναι ανεξάρτητα, τότε η στατιστική συνάρτηση  $H$ , της οποίας η σημειωτική εκτίμηση είναι η παραπάνω τιμή  $H$ , ακολουθεί κατανομή  $\chi^2$  με  $k - 1$  βαθμούς ελευθερίας. Στην περίπτωση αυτή είναι δυνατός ο έλεγχος της υπόθεσης  $H = 0$ , που ισοδυναμεί με την υπόθεση ότι όλα τα δείγματα προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό. Ο έλεγχος αυτός είναι *μη παραμετρικός* με την έννοια ότι δεν κάνει καμιά υπόθεση σχετικά με την κατανομή που ακολουθεί η μεταβλητή  $y$ . Ωστόσο, στην περίπτωση που εξετάζουμε, τα επιμέρους δείγματα που αναφέρονται σε διαφορετικές διάρκειες δεν είναι ανεξάρτητα, αλλά, αντίθετα, ισχυρώς συσχετισμένα. Έτσι δεν είναι γνωστή η κατανομή της  $H$  και δεν είναι δυνατός ο στατιστικός έλεγχος. Πάντως, ο στόχος της ελαχιστοποίησης της τιμής  $H$  εξακολουθεί να έχει νόημα και σε αυτή την περίπτωση.

περιέχει όλα τα  $m$  δεδομένα  $y_{ji}$ . Είναι βέβαια αυτονόητο ότι σε αυτό το δεύτερο στάδιο υπολογισμού πρέπει να χρησιμοποιείται το σύνολο των δεδομένων, και όχι ένα τμήμα τους.

Ειδικότερα, η εκτίμηση των παραμέτρων  $\lambda$ ,  $\psi$  και  $\kappa$  της κατανομής ΓΑΤ μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους της στατιστικής, από τις οποίες εδώ παρουσιάζονται οι δύο συνηθέστερες. Η πρώτη είναι η διαδεδομένη μέθοδος των ροπών, η οποία βασίζεται στις εξισώσεις:

$$C_s = \frac{\Gamma(1-3\kappa) - 3\Gamma(1-2\kappa)\Gamma(1-\kappa) + 2\Gamma^3(1-\kappa)}{[\Gamma(1-2\kappa) - \Gamma^2(1-\kappa)]^{3/2}} \quad (4.13)$$

$$\lambda = \frac{\kappa\sigma}{\sqrt{\Gamma(1-2\kappa) - \Gamma^2(1-\kappa)}} \quad (4.14)$$

$$\psi = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{\Gamma(1-\kappa) - 1}{\kappa} \quad (4.15)$$

όπου  $\mu$  η μέση τιμή,  $\sigma$  η τυπική απόκλιση και  $C_s$  ο συντελεστής ασυμμετρίας της κατανομής, ενώ  $\Gamma(\cdot)$  είναι η συνάρτηση γάμα. Η (4.13) λύνεται μόνο αριθμητικά και δίνει την παράμετρο  $\kappa$ . Μια πολύ καλή προσέγγιση δίνεται από την ακόλουθη εξίσωση (Koutsoyiannis, 2004b):

$$\kappa = \frac{1}{3} - \frac{1}{0.31 + 0.91C_s + \sqrt{(0.91C_s)^2 + 1.8}} \quad (4.16)$$

Στην περίπτωση που εξετάζουμε σχετικά μικρά δείγματα υψών βροχής, αντί να χρησιμοποιούμε την (4.13) μπορούμε να χρησιμοποιούμε βιβλιογραφικές τιμές του  $\kappa$ , όπως αναφέρθηκε παραπάνω, δεδομένου ότι η εκτίμηση του συντελεστή ασυμμετρίας της κατανομής είναι επισφαλής.

Η δεύτερη είναι η μέθοδος των L-ροπών, μια σχετικά νεότερη μέθοδος εκτίμησης παραμέτρων. Σε αντίθεση με την κλασική μέθοδο ροπών, η μέθοδος των L-ροπών αποφεύγει την ύψωση στο τετράγωνο ή στον κύβο των τιμών του δείγματος· για το λόγο αυτό οδηγεί σε πιο εύρωστες εκτιμήσεις, αφού δεν αποδίδει υπερβολική σημασία σε τυχόν εμφάνιση μίας ή περισσότερων εξαιρετικά ασυνήθων τιμών στο δείγμα. Η μέθοδος στηρίζεται στις ακόλουθες εξισώσεις (Koutsoyiannis, 2004a,b), η πρώτη από τις οποίες είναι προσεγγιστική:

$$\kappa = 7.8c - 1.43c^2 \quad (4.17)$$

$$\lambda = \frac{\kappa\lambda_2}{\Gamma(1-\kappa)(2^\kappa - 1)} \quad (4.18)$$

$$\psi = \frac{\lambda_1}{\lambda} - \frac{\Gamma(1-\kappa) - 1}{\kappa} \quad (4.19)$$

όπου:

$$c := \frac{\ln 2}{\ln 3} - \frac{2\lambda_2}{\lambda_3 + 3\lambda_2} \quad (4.20)$$

και  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  και  $\lambda_3$  οι τρεις πρώτες L-ροπές της κατανομής. Όλες οι L-ροπές έχουν διαστάσεις ίδιες με αυτές της τυχαίας μεταβλητής και κατά συνέπεια οι λόγοι

$$\tau_2 := \lambda_2/\lambda_1, \tau_3 := \lambda_3/\lambda_2, \tau_4 := \lambda_4/\lambda_3, \quad (4.21)$$

αποτελούν αδιάστατες παραμέτρους. Οι τελευταίες είναι γνωστές ως L συντελεστές μεταβλητότητας, ασυμμετρίας και κύρτωσης, αντίστοιχα.

Αμερόληπτες εκτιμήσεις των τριών πρώτων L-ροπών δίνονται από τις εξισώσεις (βλ. Stedinger et al., 1993, σ. 18.6):

$$\hat{\lambda}_1 = b_0 \quad (4.22)$$

$$\hat{\lambda}_2 = 2 b_1 - b_0 \quad (4.23)$$

$$\hat{\lambda}_3 = 6 b_2 - 6 b_1 + b_0 \quad (4.24)$$

όπου  $b_0$ ,  $b_1$  και  $b_2$  οι εκτιμήσεις των *πιθανοτικά σταθμισμένων ροπών* (probability-weighted moments). Οι τελευταίες δίνονται από τις εξισώσεις:

$$b_0 = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{(j)} \quad (4.25)$$

$$b_1 = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{j=1}^{n-1} (n-j) x_{(j)} \quad (4.26)$$

$$b_2 = \frac{1}{n(n-1)(n-2)} \sum_{j=1}^{n-2} (n-j)(n-j-1) x_{(j)} \quad (4.27)$$

όπου  $n$  το μέγεθος του δείγματος και  $x_{(j)}$  ( $j = 1, \dots, n$ ) η τιμή του δείγματος που έχει σειρά  $j$  στο καταταγμένο σε φθίνουσα σειρά δείγμα.

#### 4.7 Ταυτόχρονη χρήση δειγμάτων από πολλές θέσεις

Εφόσον διατίθενται (όπως συχνά συμβαίνει) περισσότερα του ενός δείγματα εντάσεων βροχής από διάφορους σταθμούς μιας κλιματικά ομογενούς περιοχής, ή και από τον ίδιο σταθμό για διαφορετικές χρονικές κλίμακες, προκύπτει το ζήτημα της ταυτόχρονης μελέτης του συνόλου των δειγμάτων με σκοπό την πλέον αξιόπιστη εκτίμηση των παραμέτρων μιας ενιαίας έκφρασης όμβριων καμπυλών στην κλιματικά ομογενή περιοχή μελέτης. Η διαπίστωση της κλιματικής ομογένειας μιας περιοχής μπορεί να γίνει στη βάση της σύγκρισης των στατιστικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων των διαφορετικών σταθμών. Εφόσον δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα στατιστικά χαρακτηριστικά, μπορούν να ενοποιηθούν όλα τα δείγματα, σχηματίζοντας ένα ενιαίο δείγμα από όλα τα επιμέρους. Αν υπάρχουν (σχετικά μικρές) διαφορές, ιδίως στις μέσες τιμές, είναι προτιμότερο να αδιαστατοποιούνται τα δείγματα, π.χ. με διαίρεση με τη μέση τιμή της 24ωρης βροχής του καθενός, ώστε τελικώς όλα τα υπό ενοποίηση δείγματα να έχουν ίδια μέση τιμή. Αδιαστατοποιημένα στατιστικά δείγματα μέγιστων βροχοπτώσεων που αναφέρονται σε διαφορετικές χρονικές κλίμακες  $d$  μπορούν επίσης να ενοποιηθούν αν αναχθούν κατάλληλα με τη συνάρτηση χρονικής κλίμακας  $b(d)$ , όπως περιγράφεται στο εδάφιο 4.6.

Ο ουσιαστικός στόχος της ενοποίησης δειγμάτων είναι η λεγόμενη «υποκατάσταση του χρόνου από το χώρο», δηλαδή η θεώρηση δειγμάτων από διαφορετικές θέσεις ως ισοδύναμου ενιαίου δείγματος από υποθετικά μεγαλύτερη χρονική διάρκεια παρατηρήσεων. Είναι γνωστό ότι σε περίπτωση που τα στατιστικά δείγματα των επιμέρους σταθμών είναι στατιστικώς ανεξάρτητα, η ενοποίηση έχει αποτέλεσμα την σημαντική αύξηση της στατιστικής αξιοπιστίας των εκτιμήσεων, αφού το μήκος του ενοποιημένου δείγματος, το οποίο χαρακτηρίζει την αξιοπιστία των στατιστικών εκτιμήσεων, είναι ίσο με το άθροισμα των επιμέρους μηκών (μέθοδος σταθμών-ετών). Ωστόσο, η ενοποίηση είναι επιτρεπτή και όταν υπάρχει στοχαστική εξάρτηση, και τα στατιστικά χαρακτηριστικά (ροπές, L ροπές κτλ.) και οι παράμετροι της κατανομής μπορούν να υπολογίζονται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως σε ένα ενιαίο δείγμα.

Ωστόσο, η αξιοπιστία των στατιστικών εκτιμήσεων δεν αυξάνεται το ίδιο όπως στην περίπτωση στοχαστικά ανεξάρτητων δειγμάτων. Έστω ότι τυχαίες μεταβλητές  $\underline{x}$  και  $\underline{y}$  αντιπροσωπεύουν τη βροχόπτωση σε δύο κλιματικά ομογενείς θέσεις, έτσι ώστε να έχουν την ίδια μέση τιμή  $\mu$  και τυπική

απόκλιση  $\sigma$ , και υποθέτουμε ότι οι δύο μεταβλητές είναι (ετερο-)συσχετισμένες με συντελεστή συσχέτισης  $\rho$ , αλλά χρονικά ανεξάρτητες (μηδενική αυτοσυσχέτιση). Θεωρούμε ότι στους δύο σταθμούς υπάρχουν ταυτόχρονα δείγματα μήκους  $n$ . Αν οι σταθμοί ήταν ασυσχέτιστοι ( $\rho = 0$ ) τότε το ενοποιημένο δείγμα, που θεωρούμε ότι αντιπροσωπεύει την τυχαία μεταβλητή  $z$ , μπορεί να θεωρηθεί ότι περιέχει όση πληροφορία έχει ένα πλήρως ανεξάρτητο στατιστικό δείγμα μήκους  $n + n = 2n$ . Στην περίπτωση συσχετισμένων μεταβλητών ( $\rho \neq 0$ ) θεωρούμε ότι η πληροφορία από τη μεταβλητή  $z$  αντιστοιχεί σε μικρότερο δείγμα μήκους  $n'_o = n + n' < 2n$ , όπου  $n'$  το ισοδύναμο μήκος που χαρακτηρίζει την επιπλέον πληροφορία.

Εύκολα μπορεί να δειχτεί ότι διασπορές των εκτιμητριών των μέσων τιμών  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$  και  $\bar{z}$  είναι

$$\text{Var}[\bar{x}] = \text{Var}[\bar{y}] = \frac{\sigma^2}{n}, \quad \text{Var}[\bar{z}] = \frac{\sigma^2(1+\rho)}{2n} = \frac{\sigma^2}{n_o} \quad (4.28)$$

απ' όπου προκύπτει

$$2n / n'_o = 1 + \rho \quad (4.29)$$

και κατά συνέπεια το επιπλέον ισοδύναμο μήκος είναι

$$n' = \frac{1-\rho}{1+\rho} n \quad (4.30)$$

Όταν υπάρχουν  $k > 1$  (αντί 2) σταθμοί και  $\rho$  είναι ο μέσος συντελεστής συσχέτισής τους, η (4.29) γενικεύεται (βλ. *Yule, 1945· Matalas and Langbein, 1962· Yevjevich, 1972, σ. 245· US National Research Council, 1988, σ. 25· Castellarin et al., 2005*) σε

$$kn / n'_o = 1 + (k-1)\rho \quad (4.31)$$

Κατά συνέπεια, θεωρώντας ότι  $n'_o = n'_1 + n'_2 + \dots + n'_k$ , όπου  $n'_i$  η συνεισφορά του σταθμού  $i$ , ενώ προφανώς  $n'_1 = n$ , προκύπτει ότι

$$n'_i = \frac{1-\rho}{[1+(i-1)\rho][1+(i-2)\rho]} n \quad (4.32)$$

ή αναδρομικά

$$n'_1 = n, \quad \frac{n'_i}{n'_{i-1}} = \frac{1+(i-3)\rho}{1+(i-1)\rho} \quad (4.33)$$

Για παράδειγμα, αν  $\rho = 0.5$  και  $k = 10$  σταθμοί, η συνεισφορά του πρώτου είναι  $n$ , του δεύτερου είναι  $n'_2 = n(1-\rho)/(1+\rho) = 0.33n$  και του τελευταίου  $n'_{10} = 0.018n$ . Κατά συνέπεια, κάθε φορά που προστίθεται ένας επιπλέον σταθμός για την ίδια περίοδο, η επί πλέον πληροφορία είναι όλο και μικρότερη. Εύκολα μπορεί να δειχτεί ότι το συνολικό πλήθος  $n'_o$  τείνει στην τιμή  $n/\rho$  όταν ο αριθμός των σταθμών  $k$  τείνει στο άπειρο. Κατά συνέπεια, υπάρχει ένα ανώτατο όριο στο μέγεθος που μπορεί να φτάσει το συνολικό ισοδύναμο μήκος παρατηρήσεων, ήτοι

$$n'_{o \max} = n / \rho \quad (4.34)$$

Τα παραπάνω βασίζουν την εκτίμηση του ισοδύναμου μήκους στη διασπορά της δειγματική μέσης τιμής. Με την ίδια λογική μπορεί να εκτιμηθεί ισοδύναμο μήκος με βάση τη διασπορά της δειγματικής διασποράς. Σε αυτή την προκειμένη περίπτωση, όπως απέδειξε ο *Stedinger (1983)*, η εξίσωση (4.29) διαφοροποιείται σε

$$kn / n''_o = 1 + (k-1)\rho^2 \quad (4.35)$$



και το συνολικό πλήθος  $n''_o$  τείνει στην τιμή  $n/\rho^2$  όταν ο αριθμός των σταθμών  $k$  τείνει στο άπειρο. Κατ' επέκταση, οι σχέσεις (4.32) και (4.33) γίνονται

$$n''_i = \frac{1 - \rho^2}{[1 + (i-1)\rho^2][1 + (i-2)\rho^2]} n \quad (4.36)$$

$$n''_1 = n, \quad \frac{n''_i}{n''_{i-1}} = \frac{1 + (i-3)\rho^2}{1 + (i-1)\rho^2} \quad (4.37)$$

$$n''_{o \max} = n / \rho^2 \quad (4.38)$$

Εμφανώς, η προσθήκη πληροφορίας είναι μεγαλύτερη στην περίπτωση της διασποράς σε σχέση με αυτή της μέσης τιμής.

Με προσομοίωση Monte Carlo διαπιστώθηκε ότι οι ίδιες ακριβώς σχέσεις της διασποράς ισχύουν και για την τυπική απόκλιση (βασίζοντας, δηλαδή την ανάλυση στη διασπορά της δειγματικής τυπικής απόκλισης). Εξ άλλου, με προσομοίωση Monte Carlo διερευνήθηκε η επαύξηση της πληροφορίας ως προς την εμπειρική περίοδο επαναφοράς της μέγιστης τιμής του δείγματος. Για δείγμα μεγέθους  $n$ , η εμπειρική περίοδος επαναφοράς της μέγιστης τιμής είναι κατά τα γνωστά (Koutsoyiannis, 1997)

$$T_1 = (n + 1) \Delta \quad (4.39)$$

Το ζητούμενο είναι να βρεθεί το ισοδύναμο μήκος  $n'''_o = n'''_1 + n'''_2 + \dots + n'''_k$ , που κατ' αντιστοιχία θα δώσει την περίοδο επαναφοράς του ενοποιημένου δείγματος ως

$$T_1 = (n'''_o + 1) \Delta \quad (4.40)$$

Η προσομοίωση για δύο μεταβλητές έδειξε ότι

$$n''' \approx \sqrt{1 - \rho^2} n \quad (4.41)$$

Η τελευταία σχέση μπορεί να γραφεί σε μορφή παρόμοια με την (4.30), ήτοι

$$n''' \approx \frac{1 - \rho'''}{1 + \rho'''} n \quad (4.42)$$

εφόσον οριστεί

$$\rho''' := [1/\rho - \sqrt{1/\rho^2 - 1}]^2 \quad (4.43)$$

πράγμα που μας επιτρέπει, για  $k$  μεταβλητές να υποθέσουμε ότι προσεγγιστικά θα ισχύει

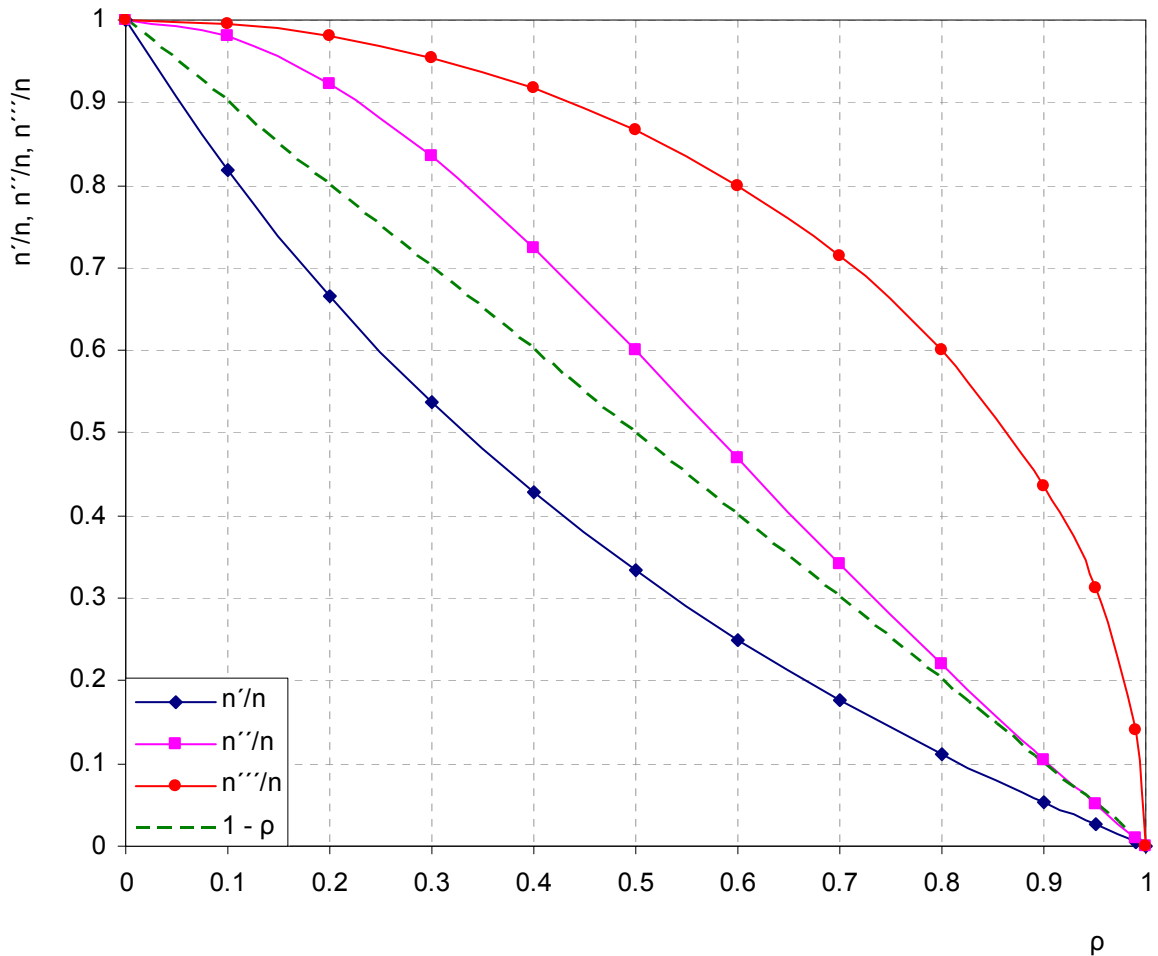
$$kn / n'''_o = 1 + (k-1) \rho''' \quad (4.44)$$

$$n'''_i \approx \frac{1 - \rho'''}{[1 + (i-1)\rho'''][1 + (i-2)\rho''']} n \quad (4.45)$$

$$n'''_1 = n, \quad \frac{n'''_i}{n'''_{i-1}} \approx \frac{1 + (i-3)\rho'''}{1 + (i-1)\rho'''} \quad (4.46)$$

$$n'''_{o \max} \approx n / \rho''' \quad (4.47)$$

Στο Σχήμα 4.1 παρουσιάζεται η μεταβολή καθενός από τα ισοδύναμα μήκη  $n'$ ,  $n''$  και  $n'''$ , ως κλάσμα του πραγματικού μήκους  $n$ , συναρτήσει του συντελεστή συσχέτισης  $\rho$  για δύο συσχετισμένα δείγματα (εξισώσεις (4.30), (4.36), (4.41), αντίστοιχα). Παρατηρούμε ότι για  $\rho = 0.5$  το μήκος  $n'$  που καθορίζει την πληροφορία για τη μέση τιμή είναι μόνο 1/3 του  $n$ , αλλά τα μήκη  $n''$  και  $n'''$  είναι σαφώς μεγαλύτερα,  $0.6 n$  και  $0.87 n$ , αντίστοιχα.



**Σχήμα 4.1** Ισοδύναμο μήκος  $n'$ ,  $n''$ ,  $n'''$  της πληροφορίας που προσθέτει η δεύτερη μεταβλητή από δείγμα μήκους  $n$  στο αρχικό δείγμα επίσης μήκους  $n$ , συναρτήσει του συντελεστή συσχέτισης των δύο μεταβλητών  $\rho$  (εξισώσεις (4.30), (4.36), (4.41), αντίστοιχα).

Η προσομοίωση Monte Carlo έγινε για περιθώρια κατανομή των μεταβλητών κανονική αλλά προφανώς ισχύει και για κάθε άλλη κατανομή που προκύπτει ως μονοτονικός μετασχηματισμός της κανονικής κατανομής (πρακτικώς για οποιαδήποτε κατανομή) εφόσον ο συντελεστής  $\rho$  αναφέρεται στη μετασχηματισμένη (και όχι στην αρχική μεταβλητή). Εφόσον ο συντελεστής μεταβλητότητας της αρχικής μεταβλητής δεν είναι ιδιαίτερα υψηλός (όπως συμβαίνει στις ετήσιες μέγιστες βροχοπτώσεις που, ανεξαρτήτως χρονικής κλίμακας, ο συντελεστής μεταβλητότητας σπάνια ξεπερνά την τιμή 0.5), ο συντελεστής συσχέτισης  $\rho$  της κανονικοποιημένης μεταβλητής δεν διαφέρει πολύ από τον  $\rho^*$  της αρχικής μεταβλητής. Για παράδειγμα, στη λογαριθμοκανονική κατανομή, υπάρχει απλή αναλυτική σχέση που συνδέει τα δύο μεγέθη, ήτοι

$$\rho = \frac{(1 + C_v^2)^{\rho^*} - 1}{C_v^2} \quad (4.48)$$

η οποία για σχετικά μικρό συντελεστή μεταβλητότητας  $C_v$  δίνει  $\rho \approx \rho^*$ .

Εφόσον αποδοθεί μια εμπειρική περίοδος επαναφοράς ίση με  $T_1 = (n'''_0 + 1) \Delta$  στη μεγαλύτερη τιμή του δείγματος είναι στη συνέχεια απλή υπόθεση να δοθούν τιμές της περιόδου επαναφοράς και στα υπόλοιπα στοιχεία του δείγματος, ήτοι  $T_i$  στο  $i$  μεγαλύτερο στοιχείο του δείγματος ( $1 \leq i \leq N$ , όπου  $N := kn$ ). Λόγοι συμμετρίας επιβάλλουν την έκφραση της εμπειρικής περιόδου επαναφοράς ως

$$T_i = \frac{N+1+2\alpha}{i+\alpha} \Delta \quad (4.49)$$

όπου  $\alpha$  κατάλληλη σταθερά. Καθώς είναι γνωστό το  $T_1$ , θα πρέπει  $(n+1+2\alpha)/(1+\alpha) = (n''_o+1)$ , απ' όπου προκύπτει  $\alpha = (N-n''_o)/(n''_o-1)$  και τελικώς

$$T_i = \frac{(N-1)(n''_o+1)}{(n''_o-1)i+N-n''_o} \Delta \quad (4.50)$$

Τέλος, σε περίπτωση που δεν υπάρχει πλήρης ταύτιση των περιόδων παρατήρησης των διαφορετικών δειγμάτων, η ύπαρξη στοχαστικής εξάρτησης ανάμεσα στις μεταβλητές επιτρέπει τη βελτίωση της εκτίμησης των στατιστικών χαρακτηριστικών του μικρότερου δείγματος με βάση αυτά του μεγαλύτερου. Έτσι, για δύο μεταβλητές  $\underline{x}$  και  $\underline{y}$  με μήκη δειγμάτων  $n$  και  $m < n$  (όπου οι  $m$  παρατηρήσεις είναι ταυτόχρονες με ισάριθμες από τις  $n$  παρατηρήσεις), η βελτιωμένη εκτίμηση της μέσης τιμής της  $\underline{y}$  είναι (Κουτσογιάννης, 1997, σ. 231)

$$\bar{y}^* = \bar{y} + b(\bar{x}^* - \bar{x}) \quad (4.51)$$

όπου οι μεταβλητές  $\underline{me}$  και χωρίς το σύμβολο  $*$  αναφέρονται, αντίστοιχα, σε μεγέθη δειγμάτων  $n$  και  $m$  και  $b$  είναι η κλίση της ευθείας που περιγράφει τη γραμμική συσχέτιση ( $\underline{y} = a + b\underline{x}$ ), έτσι ώστε για ισόνομα  $\underline{x}$  και  $\underline{y}$ ,  $b \equiv \rho$ . Αντίστοιχα, η βελτιωμένη εκτίμηση της διασποράς είναι

$$s_{y^*}^2 = s_y^2 + b^2 (s_x^{2*} - s_x^2) \quad (4.52)$$

## 5 Επεξεργασία δεδομένων και κατασκευή όμβριων καμπυλών

### 5.1 Επεξεργασία βροχογραφικών δεδομένων

Από τους 19 βροχογραφικούς σταθμούς του Παραρτήματος Γ μόνο πέντε διαθέτουν μήκος δείγματος επαρκές, 15 χρόνια ή παραπάνω, για να υποστηρίξουν την κατάρτιση όμβριων καμπυλών. Οι υπόλοιποι έχουν μικρό μήκος (π.χ. 5 χρόνια) είτε λόγω μικρού διαστήματος λειτουργίας είτε λόγω σποραδικότητας της (ορθής) λειτουργίας τους. Τα στατιστικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων έντασης βροχής αυτών των πέντε σταθμών, όπως προκύπτουν από τα δεδομένα των πινάκων του Παραρτήματος φαίνονται στους Πίνακες 5.1-5.5, αντιστοίχως.

**Πίνακας 5.1** Στατιστικά χαρακτηριστικά δειγμάτων έντασης βροχής του σταθμού Λόφου Νυμφών.

Χρονική κλίμακα (h)	1	2	6	12	24	48
Πλήθος δεδομένων	76	76	76	77	77	77
Μέση τιμή (mm/h)	20.06	13.33	6.05	3.63	2.03	1.16
Τυπική απόκλιση (mm/h)	10.36	6.68	3.18	1.78	0.95	0.55
Συντελεστής μεταβλητότητας $C_v$	0.52	0.50	0.53	0.49	0.47	0.47
Συντελεστής ασυμμετρίας $C_s$	2.53	2.25	3.06	2.01	1.78	1.46
Ροπή $\lambda_2$ (mm/h)	5.01	3.25	1.47	0.90	0.48	0.29
Ροπή $\lambda_3$ (mm/h)	1.41	1.02	0.49	0.26	0.13	0.07
Συντελεστής μεταβλητότητας $\tau_2$	0.25	0.24	0.24	0.25	0.24	0.25
Συντελεστής ασυμμετρίας $\tau_3$	0.28	0.31	0.34	0.28	0.27	0.25

**Πίνακας 5.2** Στατιστικά χαρακτηριστικά δειγμάτων έντασης βροχής του σταθμού Ελληνικού.

Χρονική κλίμακα (h)	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h
Πλήθος δεδομένων	48	48	48	48	48	48	48	48	37
Μέση τιμή (mm/h)	76.88	58.38	49.85	34.87	22.62	14.09	6.14	3.65	2.12
Τυπική απόκλιση (mm/h)	26.55	19.46	17.92	13.64	9.38	5.91	2.66	1.55	0.87
Συντελεστής μεταβλητότητας $C_v$	0.35	0.33	0.36	0.39	0.41	0.42	0.43	0.42	0.41
Συντελεστής ασυμμετρίας $C_s$	0.49	0.62	0.88	0.69	0.49	0.35	0.54	0.65	0.77
Ροπή $\lambda_2$ (mm/h)	15.16	10.98	9.96	7.71	5.37	3.40	1.52	0.87	0.48
Ροπή $\lambda_3$ (mm/h)	1.82	0.98	1.21	1.04	0.62	0.29	0.20	0.15	0.09
Συντελεστής μεταβλητότητας $\tau_2$	0.20	0.19	0.20	0.22	0.24	0.24	0.25	0.24	0.23
Συντελεστής ασυμμετρίας $\tau_3$	0.12	0.09	0.12	0.13	0.12	0.08	0.13	0.17	0.20

**Πίνακας 5.3** Στατιστικά χαρακτηριστικά δειγμάτων έντασης βροχής του σταθμού Φιλαδέλφειας.

Χρονική κλίμακα (h)	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h
Πλήθος δεδομένων	39	40	39	38	38	38	38	38	42
Μέση τιμή (mm/h)	74.09	54.94	43.45	30.26	20.78	12.55	5.43	3.31	1.78
Τυπική απόκλιση (mm/h)	27.15	24.76	17.69	13.98	10.84	6.08	2.54	1.59	0.80
Συντελεστής μεταβλητότητας $C_v$	0.37	0.45	0.41	0.46	0.52	0.48	0.47	0.48	0.45
Συντελεστής ασυμμετρίας $C_s$	0.90	2.26	1.70	1.52	1.99	1.99	1.71	1.76	1.13
Ροπή $\lambda_2$ (mm/h)	14.88	11.96	9.18	7.33	5.45	3.01	1.30	0.81	0.43
Ροπή $\lambda_3$ (mm/h)	2.65	3.52	1.85	1.65	1.68	0.97	0.35	0.25	0.10
Συντελεστής μεταβλητότητας $\tau_2$	0.20	0.22	0.21	0.24	0.26	0.24	0.24	0.25	0.24
Συντελεστής ασυμμετρίας $\tau_3$	0.18	0.29	0.20	0.22	0.31	0.32	0.27	0.30	0.22

**Πίνακας 5.4** Στατιστικά χαρακτηριστικά δειγμάτων έντασης βροχής του σταθμού Ζωγράφου.

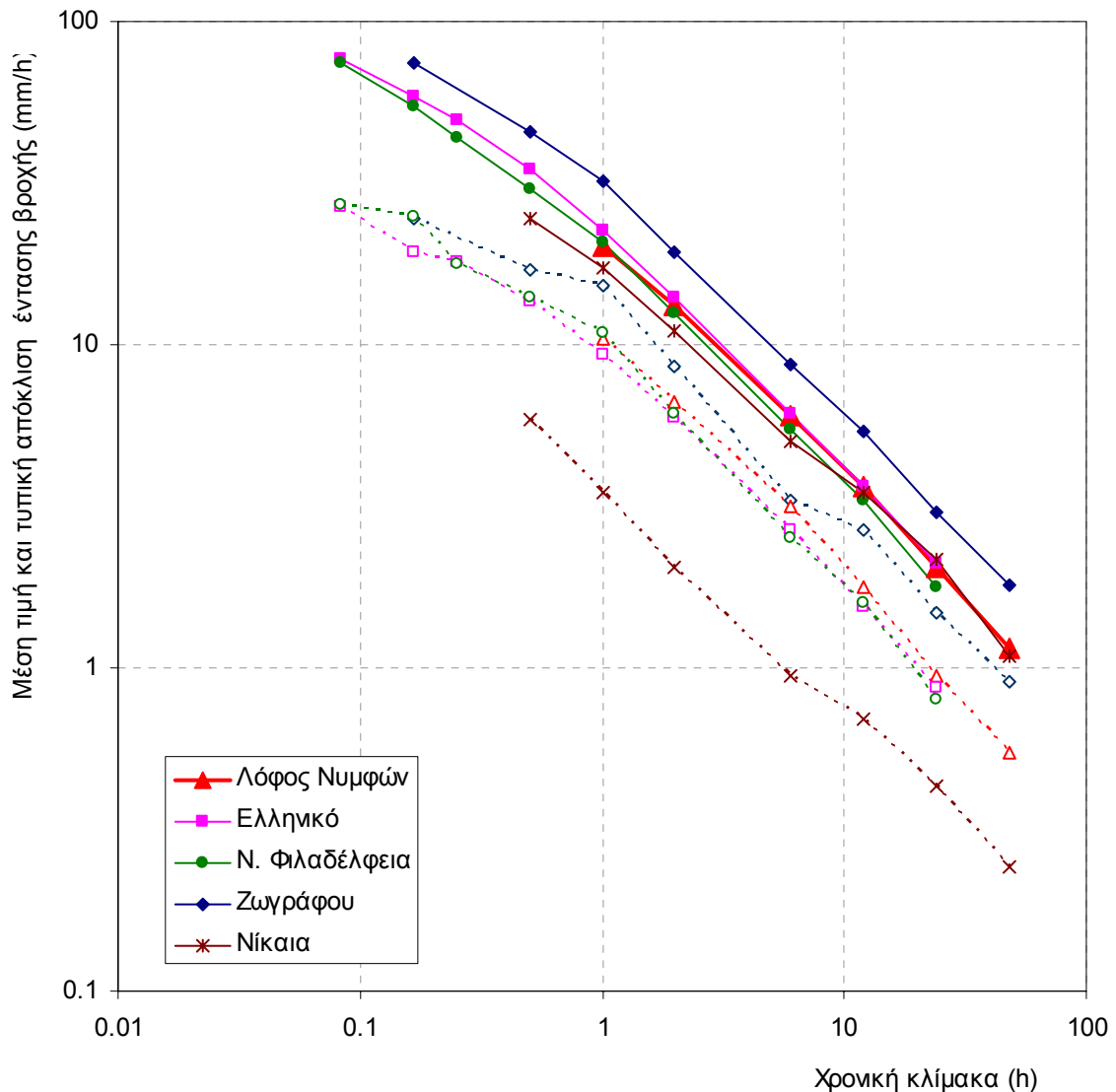
Χρονική κλίμακα (h)	10 min	30 min	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h
Πλήθος δεδομένων	16	16	16	16	16	16	16	16
Μέση τιμή (mm/h)	74.63	45.84	31.93	19.32	8.65	5.37	3.05	1.80
Τυπική απόκλιση (mm/h)	24.61	17.01	15.13	8.63	3.29	2.69	1.47	0.91
Συντελεστής μεταβλητότητας $C_v$	0.33	0.37	0.47	0.45	0.38	0.50	0.48	0.50
Συντελεστής ασυμμετρίας $C_s$	0.40	1.14	1.42	1.38	0.83	2.02	1.38	1.24
Ροπή $\lambda_2$ (mm/h)	14.37	9.25	7.94	4.68	1.86	1.37	0.80	0.50
Ροπή $\lambda_3$ (mm/h)	1.92	3.29	2.90	1.53	0.32	0.52	0.25	0.16
Συντελεστής μεταβλητότητας $\tau_2$	0.19	0.20	0.25	0.24	0.22	0.25	0.26	0.27
Συντελεστής ασυμμετρίας $\tau_3$	0.13	0.36	0.36	0.33	0.17	0.38	0.31	0.31

**Πίνακας 5.5** Στατιστικά χαρακτηριστικά δειγμάτων έντασης βροχής του σταθμού Νίκαιας.

Χρονική κλίμακα (h)	30 min	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h
Πλήθος δεδομένων	26	20	22	25	18	13	21
Μέση τιμή (mm/h)	24.47	17.18	11.08	5.00	3.49	2.17	1.09
Τυπική απόκλιση (mm/h)	5.84	3.49	2.04	0.94	0.69	0.43	0.24
Συντελεστής μεταβλητότητας $C_v$	0.24	0.20	0.18	0.19	0.20	0.20	0.22
Συντελεστής ασυμμετρίας $C_s$	0.80	1.34	1.75	0.17	1.53	1.04	0.67
Ροπή $\lambda_2$ (mm/h)	3.21	1.86	1.06	0.55	0.37	0.24	0.14
Ροπή $\lambda_3$ (mm/h)	0.91	0.70	0.34	0.02	0.14	0.04	0.03
Συντελεστής μεταβλητότητας $\tau_2$	0.13	0.11	0.10	0.11	0.10	0.11	0.13
Συντελεστής ασυμμετρίας $\tau_3$	0.28	0.38	0.32	0.04	0.38	0.18	0.22

Στο Σχήμα 5.1 έχει απεικονιστεί σε διπλό λογαριθμικό διάγραμμα η μεταβολή της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης της ετήσιας μέγιστης έντασης βροχής στους πέντε σταθμούς σε συνάρτηση με τη χρονική κλίμακα. Παρατηρούμε ότι σε κάθε σταθμό τα δύο μεγέθη ακολουθούν προσεγγιστικά νόμους δύναμης (ευθείες γραμμές στο διπλό λογαριθμικό διάγραμμα) με σαφείς προς τα κάτω αποκλίσεις σε μικρές χρονικές κλίμακες. Οι κλίσεις των σημειοσυνόλων είναι πρακτικώς οι ίδιες για την τυπική απόκλιση και τη μέση τιμή. Τα στατιστικά χαρακτηριστικά των διαφορετικών σταθμών παρουσιάζουν εντυπωσιακά παρόμοια εικόνα, με μόνη εξαίρεση το σταθμό Νίκαιας, οι τυπικές αποκλίσεις του οποίου είναι σημαντικά μειωμένες για όλες τις χρονικές κλίμακες. Οι προκύπτοντες συντελεστές μεταβλητότητας για τον υπόψη σταθμό είναι πολύ μικροί, περίπου 0.20 (Πίνακας 5.5) και όχι ρεαλιστικοί. Το γεγονός αυτό καθιστά τις μετρήσεις του σταθμού Νίκαιας ύποπτες ως προς την αξιοπιστία τους και έτσι η περαιτέρω ανάλυση γίνεται χωρίς τα δεδομένα του σταθμού αυτού. Η ομοιότητα για τους άλλους τέσσερις σταθμούς (ομοιοθεσία των καμπυλών που σχηματίζονται, και

σχεδόν ταύτιση για τους τρεις απ' αυτούς, ήτοι το Λόφο Νυμφών, το Ελληνικό και τη Φιλαδέλφεια) επιτρέπει να θεωρήσουμε τις ίδιες τιμές παραμέτρων  $\eta$  και  $\theta$  στους τέσσερις σταθμούς.



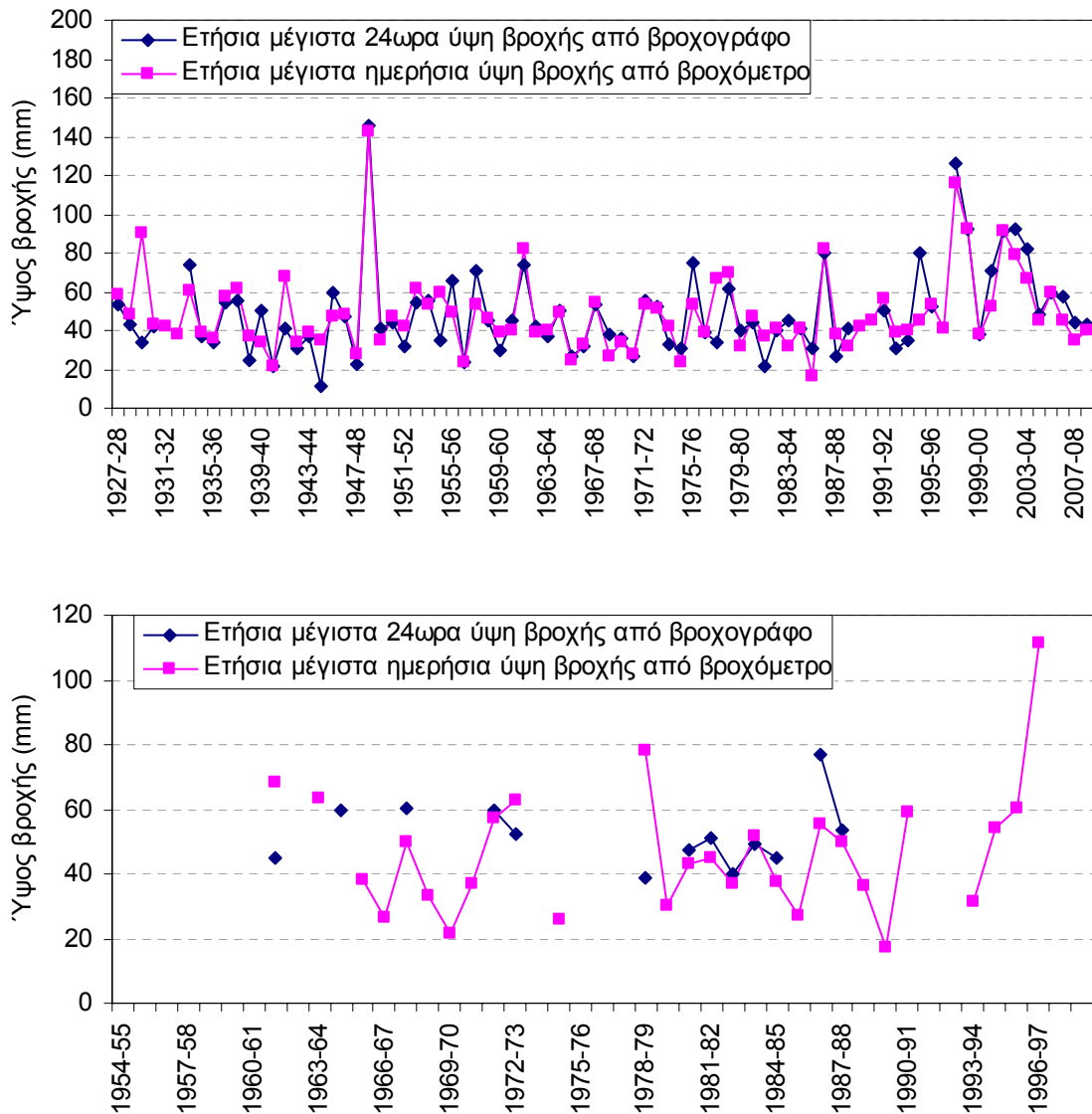
**Σχήμα 5.1** Μεταβολή των στατιστικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων ετήσιας μέγιστης έντασης βροχής των πέντε βροχογραφικών σταθμών, ήτοι της μέσης τιμής (συνεχείς γραμμές) και της τυπικής απόκλισης (διακεκομμένες γραμμές) συναρτήσει της χρονικής κλίμακας αναφοράς.

Η εφαρμογή του αλγορίθμου ελαχιστοποίησης της στατιστικής παραμέτρου  $H$ , όπως περιγράφεται στο εδάφιο 4.6, χρησιμοποιώντας το μεγαλύτερο  $1/2$  του κάθε δείγματος, έδωσε τιμές παραμέτρων  $\theta = 0.17$  h και  $\eta = 0.77$ . Η ελαχιστοποίηση έγινε για το άθροισμα των τεσσάρων  $H$  των επιμέρους σταθμών και έτσι οι παράμετροι θεωρούνται αντιπροσωπευτικές για όλους τους σταθμούς και κατ' επέκταση για το σύνολο της λεκάνης του Κηφισού αλλά και ευρύτερα (ο σταθμός Ζωγράφου βρίσκεται έξω από τη λεκάνη του Κηφισού).

## 5.2 Επεξεργασία βροχομετρικών δεδομένων

Στο Σχήμα 5.2 έχουν απεικονιστεί οι χρονοσειρές του ετήσιου μέγιστου ημερήσιου ύψους βροχής σε δύο από τους σταθμούς που διαθέτουν και βροχόμετρο και βροχογράφο, σε σύγκριση με τις αντίστοιχες χρονοσειρές που έχουν προκύψει από τα μέγιστα 24ωρα ύψη βροχής του βροχογράφου. Γενικά παρατηρείται καλή συμφωνία και οι τιμές του βροχογράφου είναι κατά κανόνα υψηλότερες αυτών του βροχομέτρου, όπως αναμένεται (δεδομένου ότι στο βροχογράφο χρησιμοποιείται

«κινούμενο» παράθυρο 24 ωρών για τη μεγιστοποίηση, ενώ για το βροχόμετρο υπάρχει μόνο μία καταγραμμένη τιμή). Ωστόσο, υπάρχουν και εξαιρέσεις, όπου η τιμή του βροχομέτρου είναι μεγαλύτερη.



**Σχήμα 5.2** Σύγκριση ετήσιων μέγιστων υψών βροχής 24ώρου από βροχογράφο και μιας ημέρας από βροχόμετρο για τους σταθμούς (άνω) Λόφου Νυμφών και (κάτω) Νίκαιας.

Οι λόγοι που επιβάλλουν τη χρήση των δεδομένων από βροχόμετρα στην κατάρτιση όμβριων καμπυλών αναπτύχθηκαν στο κεφάλαιο 4. Πέραν αυτών, στο Σχήμα 5.2 είναι εμφανής η μεγαλύτερη πληρότητα των δεδομένων από βροχόμετρα. Επίσης, η γεωγραφική κάλυψη από βροχόμετρα πολυετούς λειτουργίας είναι αρκετά πυκνότερη αυτής από βροχογράφους (10 βροχόμετρα έναντι 4 βροχογράφων με επαρκούς μεγέθους δείγμα). Για όλους αυτούς τους λόγους, για την εκτίμηση των υπόλοιπων παραμέτρων των όμβριων καμπυλών (συγκεκριμένα των παραμέτρων της συνάρτησης  $a(T)$ ) χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα των βροχομέτρων με την απαραίτητη προσαύξηση των μετρήσεων (εδάφιο 4.2 και Πίνακας 4.1), όπως αναλύεται στη συνέχεια.

Στον Πίνακα 5.6 φαίνονται τα στατιστικά χαρακτηριστικά για καθένα από τα δείγματα ετήσιου μέγιστου ημερήσιου και διήμερου ύψους βροχής στους βροχομετρικούς σταθμούς μελέτης.

**Πίνακας 5.6** Στατιστικά χαρακτηριστικά δειγμάτων ετήσιου μέγιστου ημερήσιου και διήμερου ύψους βροχής στα βροχόμετρα της μελέτης.

<i>Ημερήσια</i>	Λόφος Νυμφών	Ελλη- νικό	Φιλα- δέλφεια	Χαλάν- δρι	Περι- Νίκαια	Περι- στέρι	Τατόι	Βύρω- νας	Ζωγρά- φου	Μαρκό- πουλο
<i>Ημερήσια</i>										
Πλήθος δεδομένων	149	50	35	41	28	33	50	35	16	35
Μέση τιμή (mm)	49.2	51.4	50.4	58.7	46.7	50.3	63.3	50.1	73.2	65.1
Τυπική απόκλιση (mm)	22.2	24.0	24.1	25.5	19.9	30.3	33.1	21.1	35.4	28.9
Συντελεστής με- ταβλητότητας $C_v$	0.45	0.47	0.48	0.43	0.43	0.60	0.52	0.42	0.48	0.44
Συντελεστής ασυμμετρίας $C_s$	1.95	1.45	1.44	1.00	1.24	2.15	1.23	0.82	1.38	0.73
Ροπή $\lambda_2$ (mm)	11.1	12.6	12.7	13.8	10.9	14.3	17.8	11.9	19.3	16.2
Ροπή $\lambda_3$ (mm)	3.34	3.25	3.53	3.47	1.84	6.19	4.70	2.59	6.01	2.52
Συντελεστής με- ταβλητότητας $\tau_2$	0.22	0.25	0.25	0.24	0.23	0.28	0.28	0.24	0.26	0.25
Συντελεστής ασυμμετρίας $\tau_3$	0.30	0.26	0.28	0.25	0.17	0.43	0.26	0.22	0.31	0.16
<i>Διήμερα</i>										
Πλήθος δεδομένων	118	50	35	41	28	33	50	35	16	35
Μέση τιμή (mm)	59.9	63.3	66.8	71.4	53.5	62.3	74.3	60.0	86.5	77.3
Τυπική απόκλιση (mm)	26.1	28.0	28.9	26.8	22.1	33.5	36.7	20.6	43.6	34.4
Συντελεστής με- ταβλητότητας $C_v$	0.43	0.44	0.43	0.38	0.41	0.54	0.49	0.34	0.50	0.44
Συντελεστής ασυμμετρίας $C_s$	1.69	1.39	0.83	0.51	0.76	1.59	1.28	0.46	1.24	0.78
Ροπή $\lambda_2$ (mm)	13.4	14.8	16.0	15.3	12.5	17.1	19.8	11.7	23.8	19.2
Ροπή $\lambda_3$ (mm)	3.53	3.50	3.88	1.96	1.84	6.66	4.31	1.22	7.48	2.72
Συντελεστής με- ταβλητότητας $\tau_2$	0.22	0.23	0.24	0.21	0.23	0.27	0.27	0.19	0.27	0.25
Συντελεστής ασυμμετρίας $\tau_3$	0.26	0.24	0.24	0.13	0.15	0.39	0.22	0.10	0.31	0.14

Όπως αναλύθηκε στο εδάφιο 4.7, οι θετικές συσχετίσεις ανάμεσα στους διαφορετικούς σταθμούς μας επιτρέπουν, με βάση το μεγαλύτερο δείγμα 149 ετών (για τα ημερήσια ύψη) ή 118 ετών (για τα διήμερα ύψη) του Λόφου Νυμφών, να βελτιώσουμε την εκτίμηση της μέσης τιμής όλων των υπόλοιπων σταθμών (εξίσωση (4.51)). Οι βελτιωμένες εκτιμήσεις φαίνονται στον Πίνακα 5.7 μαζί με τις αρχικές εκτιμήσεις (τις άμεσες στατιστικές εκτιμήσεις από το δείγμα, όπως φαίνονται στον Πίνακα 5.6). Επίσης, στον Πίνακα 5.7 φαίνονται οι ανηγμένες εκτιμήσεις μετά την αναγωγή με το συντελεστή διόρθωσης χρονικής ευκρίνειας του Πίνακα 4.1 (εδάφιο 4.2). Συγκεκριμένα, ο συντελεστής διόρθωσης για τα ημερήσια ύψη είναι 1.13 για όλους τους σταθμούς εκτός από τους σταθμούς Ζωγράφου (συντελεστής 1) και Τατόι (συντελεστής 1.04). Αντίστοιχα, για τα διήμερα ύψη ο συντελεστής είναι 1.04 για όλους τους σταθμούς εκτός από τους σταθμούς Ζωγράφου (συντελεστής 1) και Τατόι (συντελεστής 1.03).

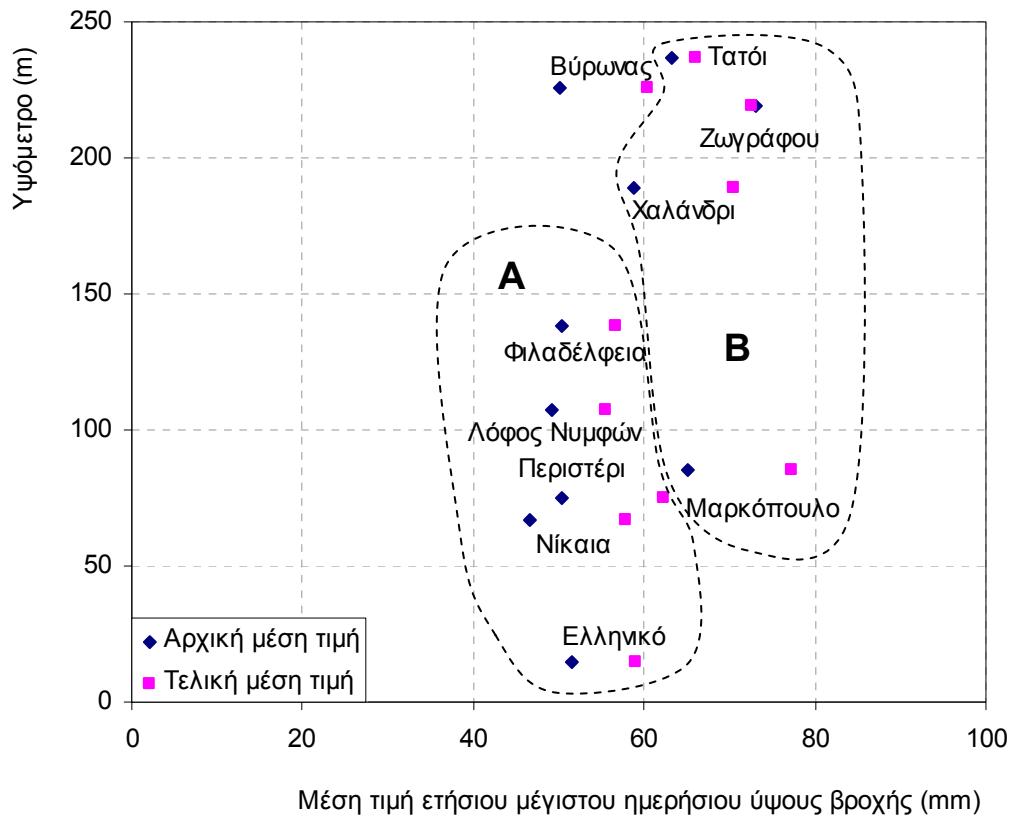


**Πίνακας 5.7** Χαρακτηριστικές μέσες τιμές ετήσιου μέγιστου ημερήσιου και διήμερου ύψους βροχής στα βροχόμετρα της μελέτης.

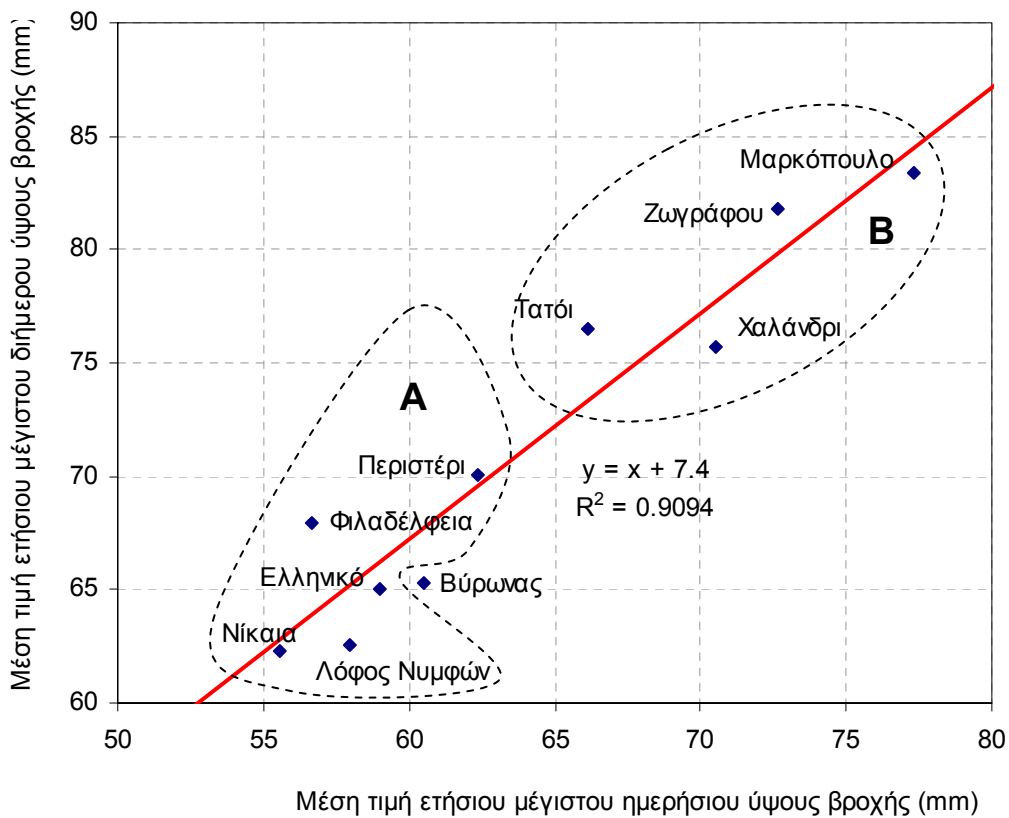
	Λόφος Νυμφών	Ελλη- νικό	Φιλα- δέλφεια	Χαλάν- δρι	Περι- Νίκαια	Περι- στέρι	Τατόι	Βύρω- νας	Ζωγρά- φου	Μαρκό- πουλο
<i>Ημερήσια</i>										
Αρχική μέση τιμή (mm)	49.2	51.4	50.4	58.7	46.7	50.3	63.3	50.1	73.2	65.1
Μέση τιμή ανηγμένη στη συνολική περίοδο (mm)	49.2	52.2	50.2	62.4	51.3	55.2	63.6	53.5	72.7	68.4
Μέση τιμή μετά από διόρθωση χρονικής ευκρίνειας (mm)	55.5	59.0	56.7	70.5	57.9	62.4	66.1	60.5	72.7	77.3
<i>Διήμερα</i>										
Αρχική μέση τιμή (mm)	59.9	63.3	66.8	71.4	53.5	62.3	74.3	60.0	86.5	77.3
Μέση τιμή ανηγμένη στη συνολική περίοδο (mm)	59.9	62.5	65.3	72.8	60.2	67.4	73.6	62.8	81.8	80.1
Μέση τιμή μετά από διόρθωση χρονικής ευκρίνειας (mm)	62.3	65.0	67.9	75.7	62.6	70.0	76.5	65.3	81.8	83.4
Ομάδα	A	A	A	B	A	A	B	-	B	B
Μέση τιμή 24ώρου ομάδας (mm)	57.3	57.3	57.3	71.9	57.3	57.3	71.9	-	71.9	71.9

Στον Πίνακα 5.7 παρατηρούμε ότι τα στατιστικά χαρακτηριστικά των διαφορετικών χρονοσειρών είναι παρόμοια σε όλους τους σταθμούς, χωρίς ωστόσο οι διαφορές να είναι πάντα αμελητέες. Ένα μέρος της διαφοροποίησης αναμένεται να οφείλεται σε δειγματοληπτικούς στατιστικούς λόγους. Άλλοι δυνητικοί παράγοντες διαφοροποίησης είναι γεωγραφική μεταβλητότητα και η διαφοροποίηση του υψομέτρου. Ειδικότερα, η ύπαρξη σχέσης υψομέτρου και μέσης τιμής του ετήσιου μέγιστου ημερήσιου ύψους βροχής διερευνάται στο Σχήμα 5.3. Παρατηρείται ότι δεν διαμορφώνεται σαφής σχέση υψομέτρου – ύψους βροχής. Η γεωγραφική μεταβλητότητα είναι σημαντικότερος παράγοντας και φαίνεται ότι οι σταθμοί που βρίσκονται στους πρόποδες των ορέων (Χαλάνδρι, Ζωγράφου, Τατόι) ή στα ανατολικά του λεκανοπεδίου (Μαρκόπουλο) χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερα ύψη βροχής. Κατά συνέπεια, η υπόθεση ότι όλες οι διαφορετικές χρονοσειρές αντιπροσωπεύουν τον ίδιο στατιστικό πληθυσμό δεν είναι εύλογη.

Ωστόσο, τόσο ο Πίνακας 5.7 όσο και τα Σχήματα 5.3 και 5.4 (όπου το τελευταίο απεικονίζει τη στατιστική σχέση ανάμεσα στο ημερήσιο και το διήμερο ύψος βροχής) δείχνουν ότι οι διαφορετικοί σταθμοί μπορούν να καταταγούν σε τρεις ομάδες όπου οι σταθμοί της κάθε ομάδας μπορεί να θεωρηθούν ότι έχουν τα ίδια στατιστικά χαρακτηριστικά και οι διαφορές εντός της ομάδας να αποδοθούν σε καθαρά στατιστικούς δειγματοληπτικούς λόγους (δηλαδή είναι στατιστικά μη σημαντικές).



Σχήμα 5.3 Σχέση μέσης τιμής ετήσιου μέγιστου ημερήσιου ύψους βροχής και υψομέτρου.



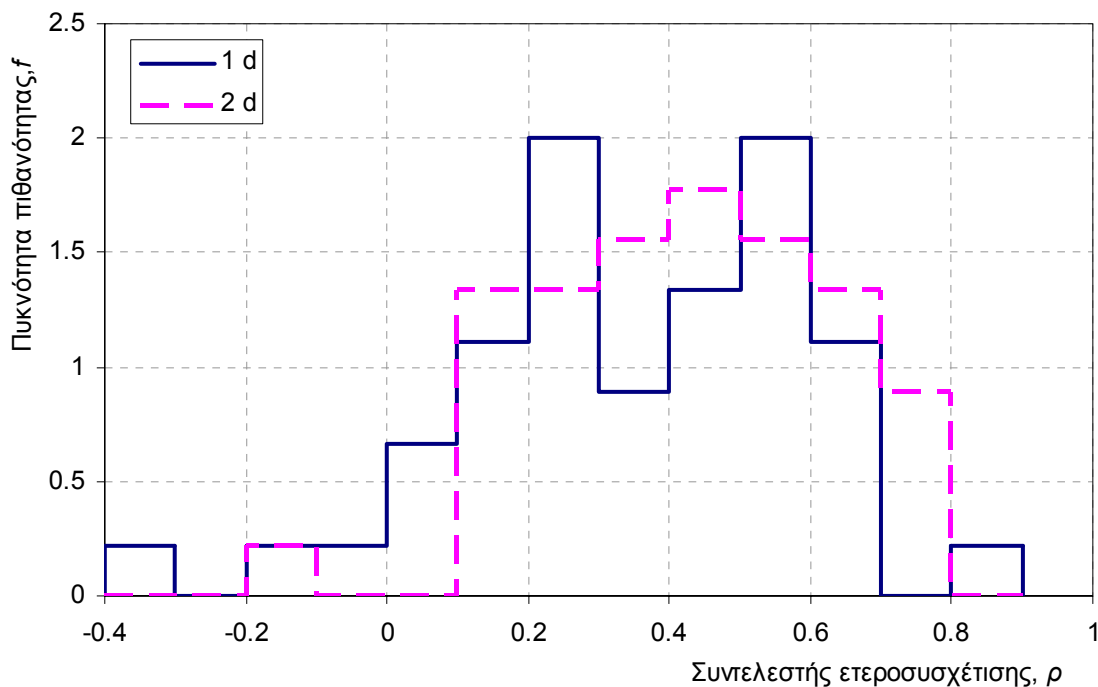
Σχήμα 5.4 Σχέση μέσων τιμών ημερήσιου και διήμερου μέγιστου ύψους βροχής.

Η ομάδα A περιλαμβάνει τους σταθμούς με μέτρια ύψη βροχής, Λόφος Νυμφών, Ελληνικό, Φιλαδέλφεια, Νίκαια και Περιστερί, και η ομάδα B τους σταθμούς με τα μεγαλύτερα ύψη βροχής, Χαλάνδρι, Ζωγράφου, Τατόι και Μαρκόπουλο. Ο σταθμός Βύρωνα, λόγω της γεωγραφικής θέσης του, θα περιμέναμε να ανήκει στην ομάδα B με τα μεγαλύτερα ύψη βροχής (βρίσκεται σε παρόμοιο υψόμετρο και κοντά στο σταθμό Ζωγράφου). Ωστόσο, τα χαρακτηριστικά του θα τον κατέτασσαν στην ομάδα A με τα μέτρια ύψη βροχής. Επειδή αυτό δεν μπορεί να αιτιολογηθεί, θεωρούμε την αξιοπιστία των δεδομένων του εν λόγω σταθμού αμφίβολη και δεν τον χρησιμοποιούμε σε περαιτέρω αναλύσεις. Για καθεμιά από τις δύο ομάδες των υπόλοιπων εννιά σταθμών υπολογίσαμε μια κοινή μέση τιμή, όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.7.

### 5.3 Εκτίμηση των παραμέτρων της συνάρτησης κατανομής

Η ανάλυση που προηγήθηκε μας επιτρέπει να θεωρήσουμε μια κοινή, για όλους τους σταθμούς, σχέση όμβριων καμπυλών, με ίδιες τιμές όλων των παραμέτρων εκτός από μία, την παράμετρο κλίμακας  $\lambda$ , για την οποία θεωρούμε διαφορετική τιμή ανά ομάδα σταθμών.

Για την περαιτέρω επεξεργασία, διαιρέθηκαν όλες οι τιμές κάθε δείγματος ετήσιου μέγιστου ύψους βροχής με την μέση τιμή 24ωρης βροχής της αντίστοιχης ομάδας (Πίνακας 5.7). Τα αδιαστατοποιημένα στατιστικά δείγματα μπορούν να ενοποιηθούν σε ένα για την περαιτέρω στατιστική επεξεργασία, ενώ και τα δείγματα μέγιστων βροχοπτώσεων ημέρας και διήμερου μπορούν επίσης να ενοποιηθούν αν αναχθούν κατάλληλα με τη συνάρτηση χρονικής κλίμακας  $b(d)$ , όπως περιγράφεται στο εδάφιο 4.6. Το ενοποιημένο/μικτό δείγμα επιτρέπει την πιο αξιόπιστη εκτίμηση των παραμέτρων της συνάρτησης  $a(T)$ .

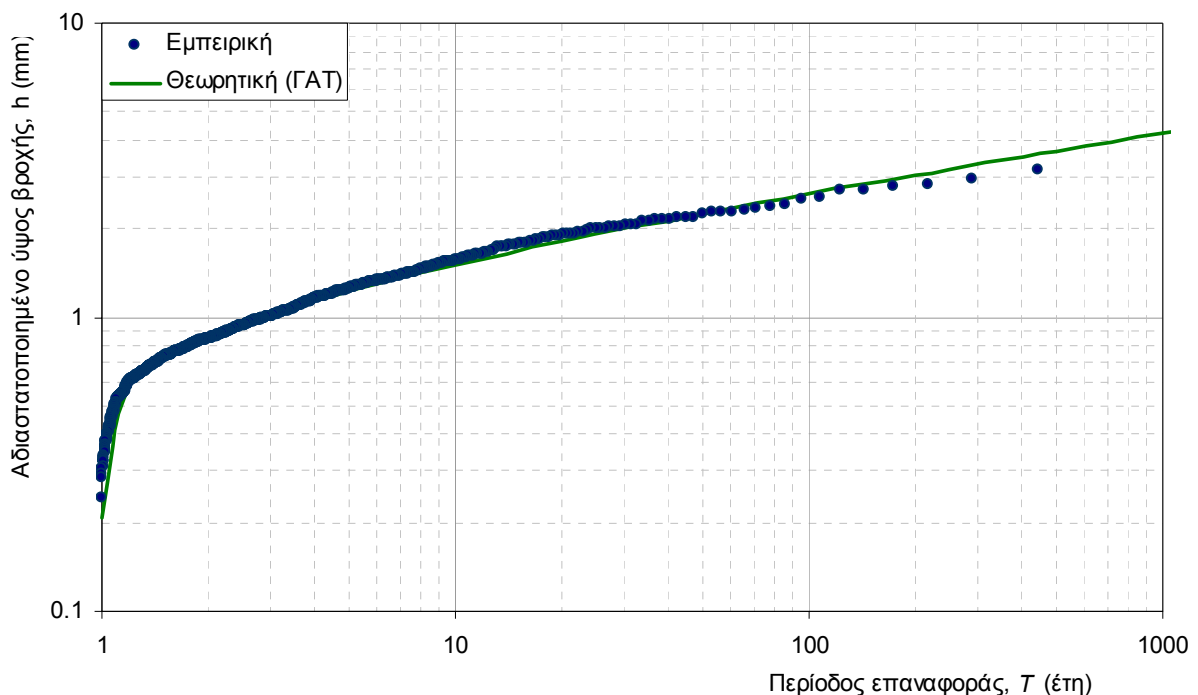


**Σχήμα 5.5** Ιστογράμματα συντελεστών ετεροσυσχέτισης μεταξύ των ετήσιων μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής των διάφορων σταθμών καθώς και των διήμερων υψών των ίδιων σταθμών.

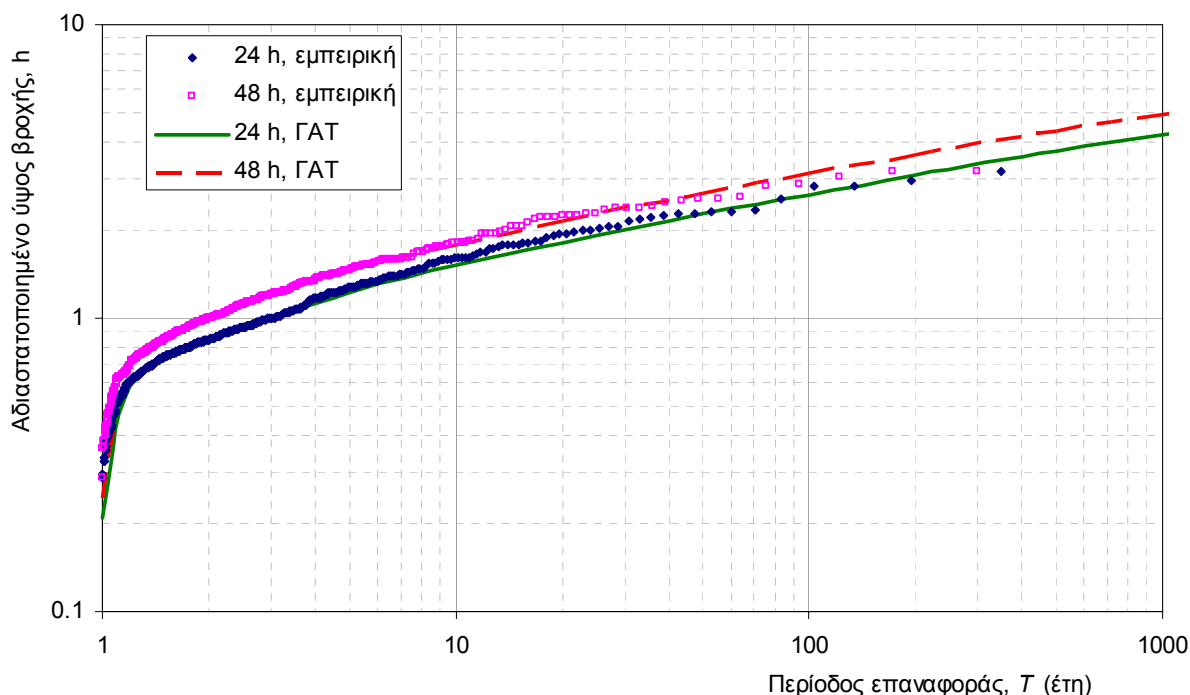
Όπως αναλύθηκε στο εδάφιο 4.7, σε περίπτωση που τα στατιστικά δείγματα των επιμέρους σταθμών είναι στατιστικώς ανεξάρτητα, η ενοποίηση έχει αποτέλεσμα την σημαντική αύξηση της στατιστικής αξιοπιστίας των εκτιμήσεων, αφού το μήκος του ενοποιημένου δείγματος, το οποίο χαρακτηρίζει την αξιοπιστία των στατιστικών εκτιμήσεων, είναι ίσο με το άθροισμα των επιμέρους μηκών (μέθοδος σταθμών-ετών). Ωστόσο, η ενοποίηση είναι επιτρεπτή και όταν υπάρχει στοχαστική εξάρτηση, μόνο

που η αξιοπιστία δεν αυξάνεται αναλόγως. Εν προκειμένω, οι διαφορετικές χρονοσειρές είναι θετικά συσχετισμένες μεταξύ τους, αν και οι συντελεστές ετεροσυσχέτισης είναι μέτριοι, όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στο Σχήμα 5.5 που δείχνει τη στατιστική κατανομή των 90 συντελεστών ετεροσυσχέτισης των δειγμάτων ημερήσιων (καθώς και άλλων τόσων των διήμερων) υψών βροχής. Οι μέσες τιμές των συντελεστών ετεροσυσχέτισης είναι  $\rho = 0.33$  και  $0.41$  για τα ημερήσια και τα διήμερα ύψη βροχής, αντίστοιχα (οι αντίστοιχοι ισοδύναμοι αριθμοί ανεξάρτητων σταθμών του εδαφίου 4.7, με αναφορά στην αξιοπιστία της μέσης τιμής, είναι  $2.5$  και  $2.1$ , αντίστοιχα).

Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των L-ροπών που περιγράφηκε στο εδάφιο 4.6 προσαρμόστηκε στο ενοποιημένο δείγμα η θεωρητική συνάρτηση κατανομής ΓΑΤ. Η τιμή της παραμέτρου σχήματος  $\kappa$ , η οποία εκτιμήθηκε με τη μέθοδο των L-ροπών, προκύπτει να είναι κοντά στη βιβλιογραφική τιμή  $0.15$  που προαναφέρθηκε και μικρότερη από την τιμή  $0.185$  των *Koutsoyiannis and Baloutsos* (2000). Συγκεκριμένα, η τιμή προσδιορίστηκε ίση με  $0.15$ ,  $0.11$  και  $0.13$  για το 24ωρο, 48ωρο και ενοποιημένο/μικτό δείγμα, αντίστοιχα. Τελικώς υιοθετήθηκε η βιβλιογραφική τιμή  $\kappa = 0.15$ . Οι τιμές των άλλων παραμέτρων είναι  $\lambda = 0.541$  και  $\psi = 2.61$ . Οι εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής των ενοποιημένων δειγμάτων έχουν απεικονιστεί στα Σχήματα 5.6 (ενοποιημένο/μικτό δείγμα) και 5.7 (ξεχωριστά για τις χρονικές κλίμακες 24 και 48 ωρών), σε σύγκριση και με τις θεωρητικές κατανομές. Στα σχήματα αυτά παρατηρείται πολύ καλή συμφωνία μεταξύ εμπειρικών και θεωρητικών συναρτήσεων κατανομής, με κάποια ασυμφωνία στα 48ωρα ύψη για πολύ μεγάλες περιόδους επαναφοράς ( $> 100$  έτη). Τα ισοδύναμα μήκη δειγμάτων  $n''''$ , τα οποία απαιτούνται για τον προσδιορισμό της εμπειρικής συνάρτησης κατανομής, εκτιμήθηκαν προσεγγιστικά σύμφωνα με το εδάφιο 4.7 και δίνονται στον Πίνακα 5.8.



**Σχήμα 5.6** Εμπειρική και θεωρητική (ΓΑΤ) κατανομή ενοποιημένου/μικτού αδιαστατοποιημένου δείγματος ετήσιων μέγιστων ημερήσιων και διήμερων υψών βροχής.



**Σχήμα 5.7** Εμπειρικές και θεωρητικές (ΓΑΤ) κατανομές αδιαστατοποιημένων δειγμάτων ετήσιων μέγιστων ημερήσιων και διήμερων υψών βροχής.

**Πίνακας 5.8** Ολικά και ισοδύναμα μήκη δειγμάτων.

	Δείγμα	24 h	48 h	Ενοποιημένο/μικτό
Ολικό μήκος, $n$		437	406	843
Εκτίμηση ισοδύναμου μήκους, $n''$		347	299	442

## 5.4 Όμβριες καμπύλες μεμονωμένων σταθμών

Αν συμβολίσουμε με  $z_T$  το, αδιαστατοποιημένο με τη μέση τιμή του, ετήσιο μέγιστο ημερήσιο ύψος βροχής για περίοδο επαναφοράς  $T$ , τότε η ένταση βροχής για τον τυχόντα σταθμό και για χρονική κλίμακα 24 h είναι  $i(24 \text{ h}, T) = \mu z_T / 24$ , όπου  $\mu$  η μέση τιμή που έχει χρησιμοποιηθεί στην αδιαστατοποίηση. Αντίστοιχα, το μέγεθος  $y_T := i(24 \text{ h}, T) (1 + 24/\theta)^{\eta}$ , η κατανομή του οποίου, όπως αναφέρθηκε στο εδάφιο 4.6, ορίζει τη συνάρτηση  $a(T)$  της σχέσης όμβριων καμπυλών, θα είναι  $y_T = \mu z_T (1 + 24/\theta)^{\eta} / 24$ . Κατά συνέπεια, το μέγεθος  $y$  έχει την ίδια συνάρτηση κατανομής με το  $z$  με ίδιες παραμέτρους σχήματος και θέσης, και παράμετρο κλίμακας ανάλογη αυτής του  $z$  με συντελεστή αναλογίας  $\mu (1 + 24/\theta)^{\eta} / 24$ .

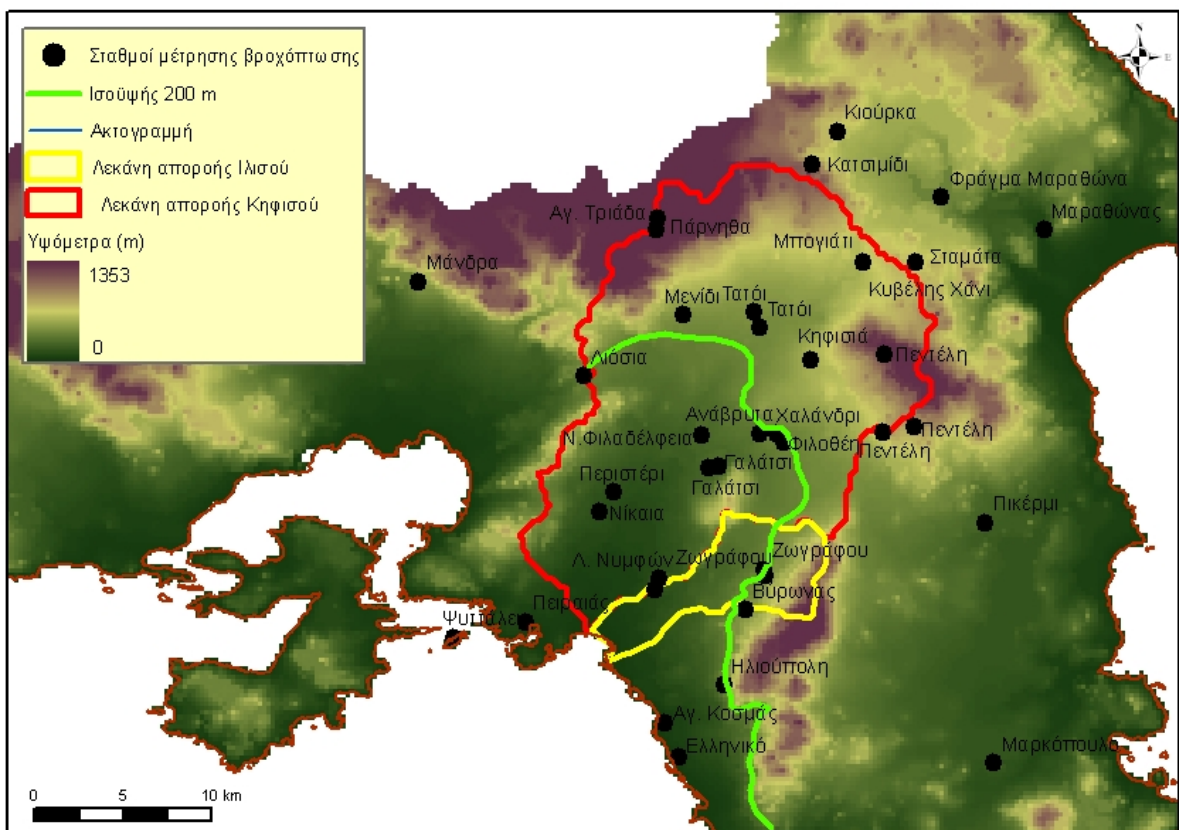
**Πίνακας 5.9** Εκτιμημένες παράμετροι όμβριων καμπυλών (εξισώσεις (4.8) και (4.9)).

Ομάδα	$\theta$	$\eta$	$\kappa$	$\lambda$	$\psi$	$\lambda'$	$\psi'$
A (Λόφος Νυμφών, Ελληνικό, Φιλαδέλφεια, Νίκαια, Περιστέρι)	0.17	0.77	0.15	31.0	2.61	207	0.61
B (Χαλάνδρι Ζωγράφου, Τατόι, Μαρκόπουλο)	0.17	0.77	0.15	39.0	2.61	260	0.61

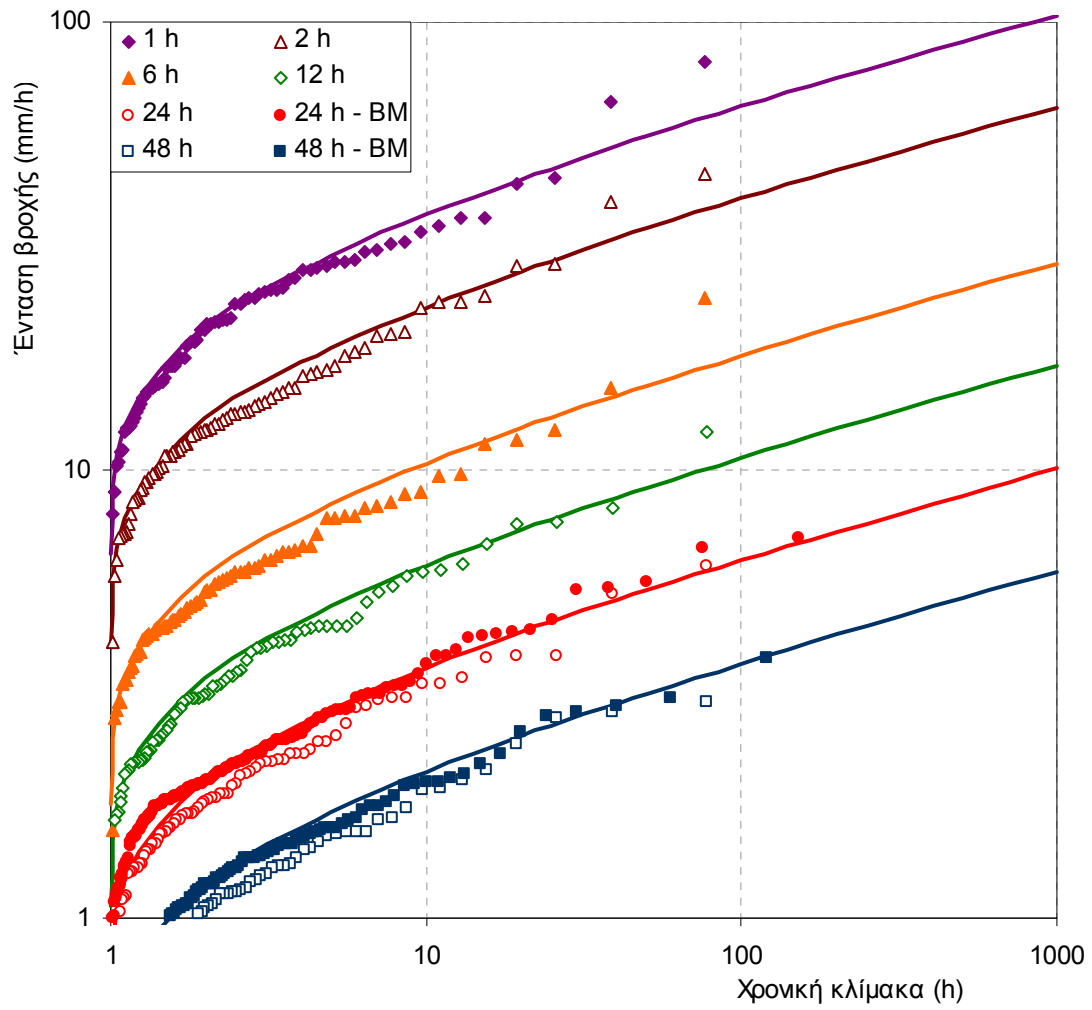
Κατά συνέπεια, οι παράμετροι  $\theta$  και  $\eta$  που εκτιμήθηκαν στο εδάφιο 5.1 σε συνδυασμό με τις παραμέτρους της κατανομής του αδιαστατοποιημένου μέγιστου ημερήσιου ύψους που εκτιμήθηκαν στο εδάφιο 5.3, καθορίζουν πλήρως τις εκφράσεις των όμβριων καμπυλών (εξισώσεις (4.8) και (4.9)- βλ. και Κουτσογιάννης, 1997, καθώς και Κουτσογιάννης *et al.*, 1998). Υπενθυμίζεται ότι τιμές των παραμέτρων  $\theta$  και  $\eta$  θεωρήθηκαν ενιαίες για όλους τους σταθμούς. Οι τελικές τιμές των παραμέτρων για τις δύο ομάδες σταθμών φαίνονται στον Πίνακα 5.9.

Οι συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ που ορίζονται από το εκτιμημένο σύνολο παραμέτρων για διάφορες χαρακτηριστικές χρονικές κλίμακες φαίνονται στα Σχήματα 5.9-5.12 για τους βροχογραφικούς σταθμούς και στα Σχήματα 5.13-5.18 για τους βροχομετρικούς σταθμούς. Στα ίδια σχήματα έχουν χαραχτεί και οι εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής. Από τα σχήματα προκύπτει ότι οι εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής βρίσκονται γενικώς σε καλή συμφωνία με τις θεωρητικές. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.18, οι βροχές στο Βύρωνα φαίνεται να τοποθετούνται μεταξύ των δύο ομάδων.

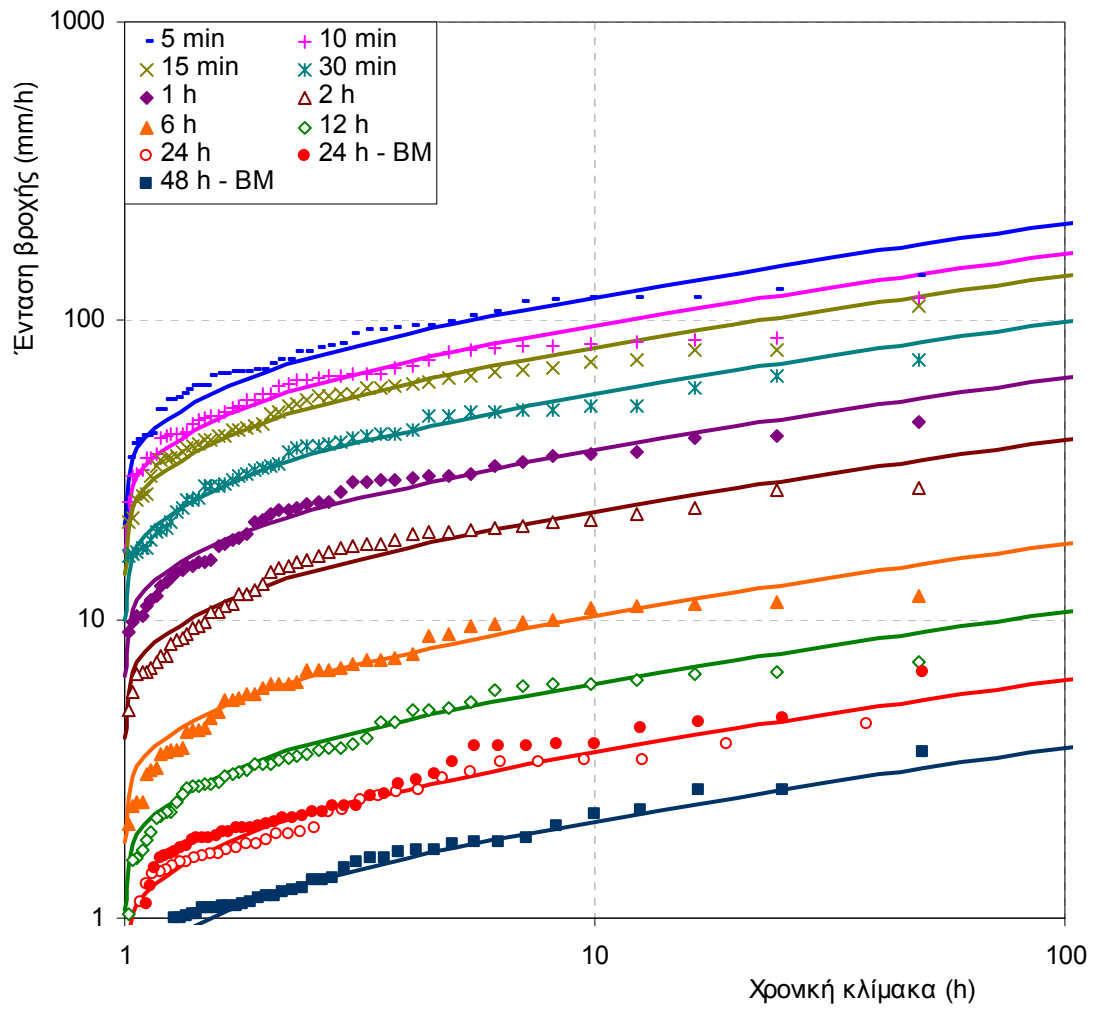
Κατά συνέπεια, θεωρούμε τις καμπύλες Α αντιπροσωπευτικές για το πεδινό τμήμα της λεκάνης του Κηφισού και τις καμπύλες Β, οι οποίες είναι αυξημένες κατά 25% σε σχέση με τις καμπύλες Α, αντιπροσωπευτικές για το ημιορεινό και ορεινό τμήμα της λεκάνης. Παίρνοντας υπόψη τη γεωγραφική κατανομή και το υψόμετρο των διαφορετικών σταθμών στους οποίους αντιστοιχεί καθεμιά από τις όμβριες καμπύλες Α και Β, θεωρήσαμε ενδεικτικά ως όριο για τη διάκριση των δύο ζωνών στις οποίες εφαρμόζονται οι δύο καμπύλες την ισούψη καμπύλη των 200 m (βλ. Σχήμα 5.8). Βεβαίως η θεώρηση αυτή είναι απλουστευτική, δεδομένου ότι η μετάβαση από τη μία ζώνη στην άλλη θα πρέπει να γίνεται βαθμιαία και όχι απότομα.



**Σχήμα 5.8** Η ισούψης καμπύλη των 200 m ως όριο για τη διάκριση των ζωνών εφαρμογής των όμβριων καμπυλών Α (υψόμετρα μικρότερα των 200 m) και Β (υψόμετρα μεγαλύτερα των 200 m). Στο χάρτη φαίνονται επίσης τα όρια των λεκανών Κηφισού και Ιλισού.

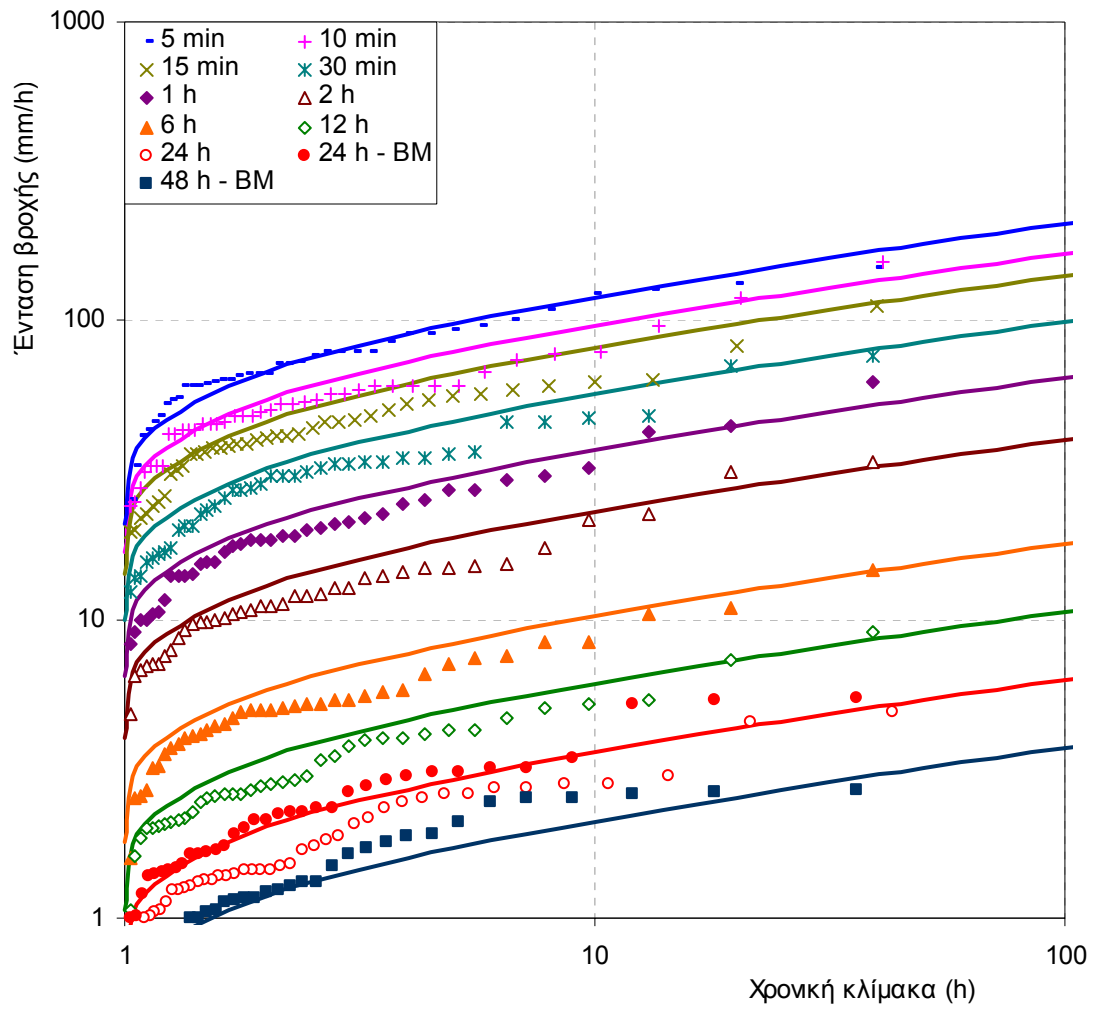


**Σχήμα 5.9** Συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ (καμπύλες) και εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής κατά Weibull (σημεία) για τις ετήσιες μέγιστες εντάσεις βροχής του σταθμού Λόφου Νυμφών (Ομάδα Α).

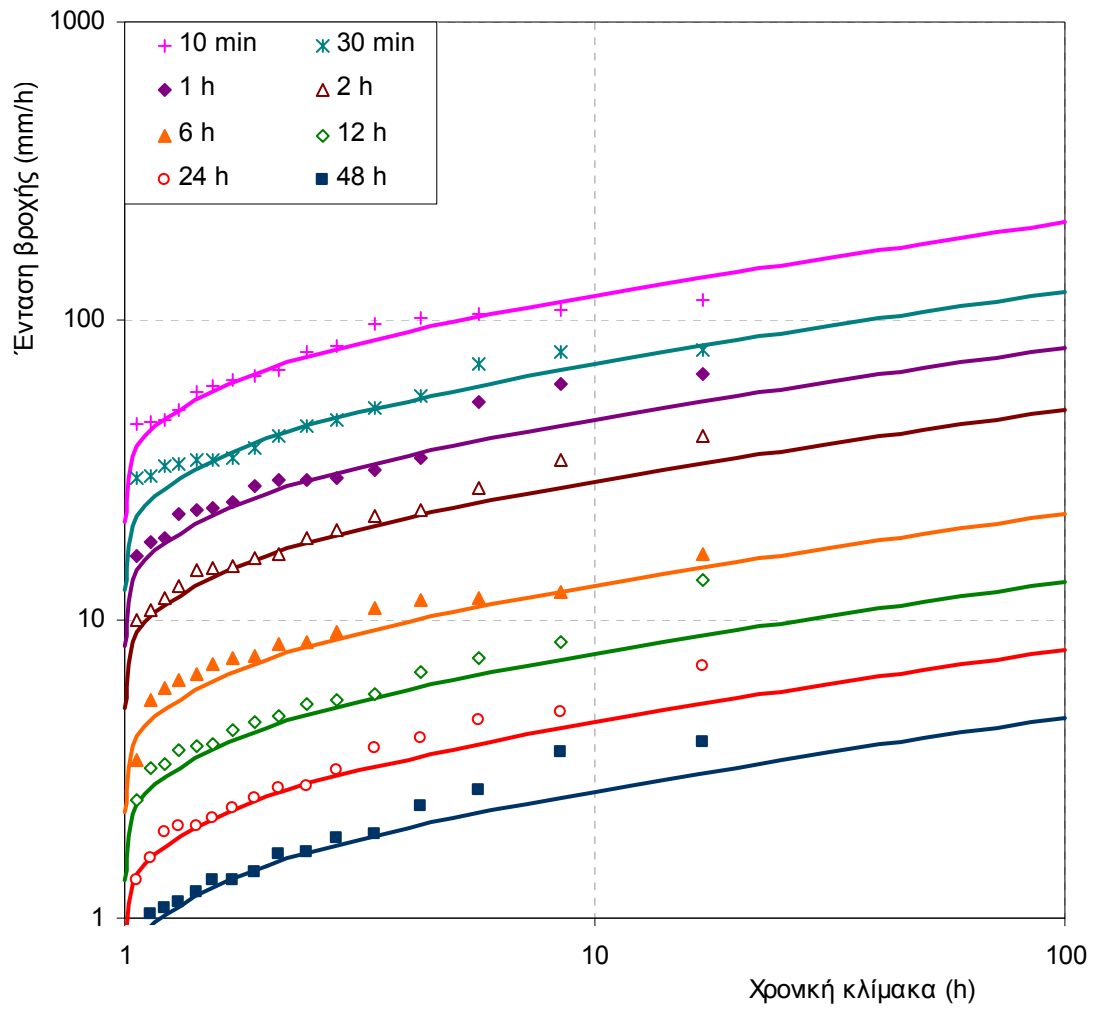


**Σχήμα 5.10** Συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ (καμπύλες) και εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής κατά Weibull (σημεία) για τις ετήσιες μέγιστες εντάσεις βροχής του σταθμού Ελληνικού (Ομάδα Α).

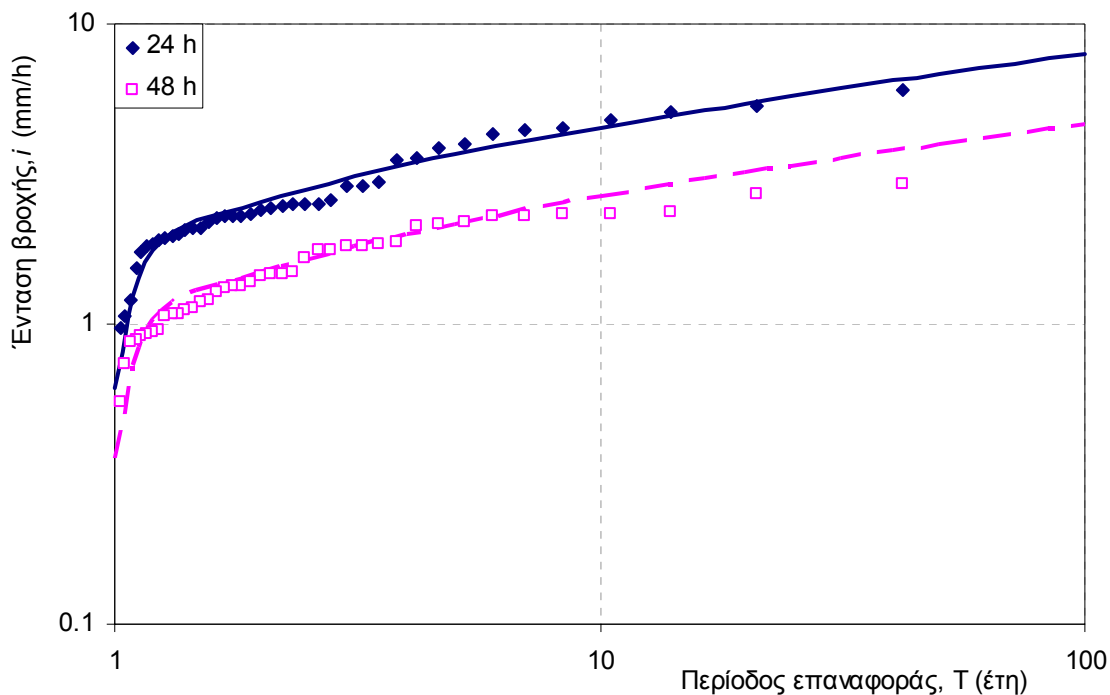




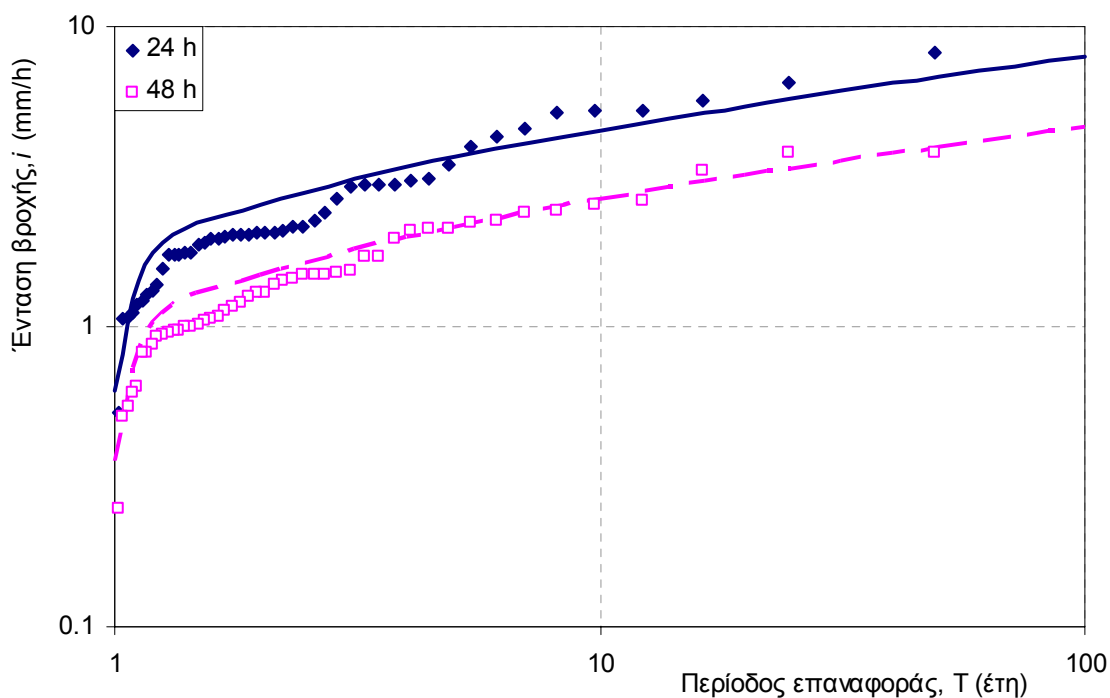
**Σχήμα 5.11** Συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ (καμπύλες) και εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής κατά Weibull (σημεία) για τις ετήσιες μέγιστες εντάσεις βροχής του σταθμού Φιλαδέλφειας (Ομάδα Α).



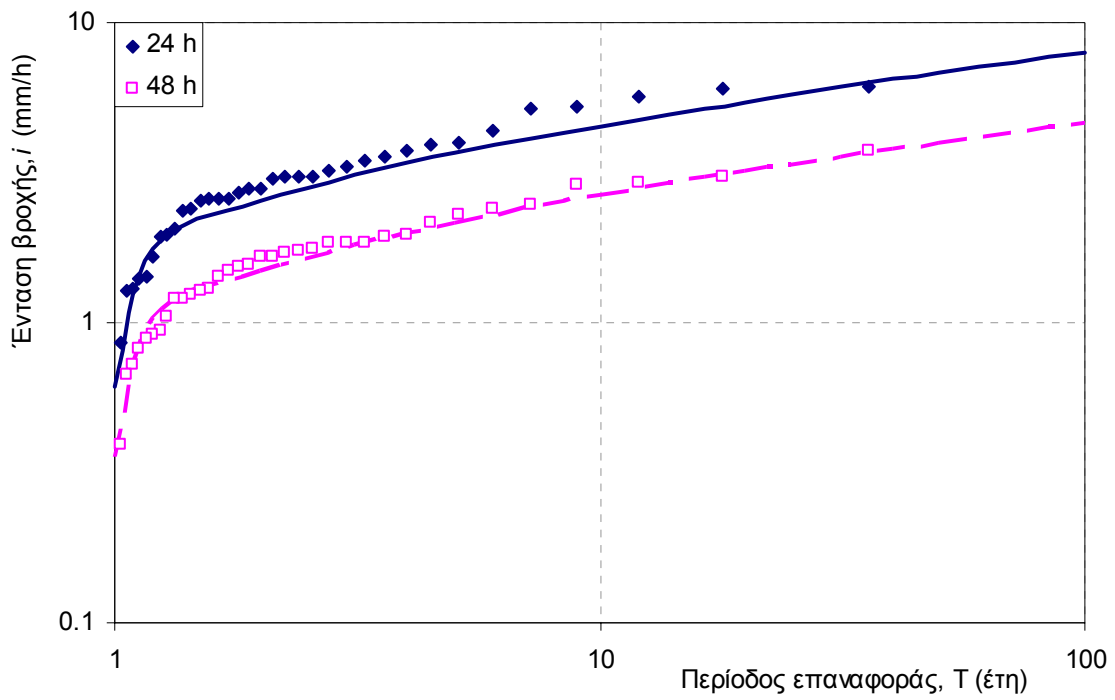
**Σχήμα 5.12** Συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ (καμπύλες) και εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής κατά Weibull (σημεία) για τις ετήσιες μέγιστες εντάσεις βροχής του σταθμού Ζωγράφου (Ομάδα Β).



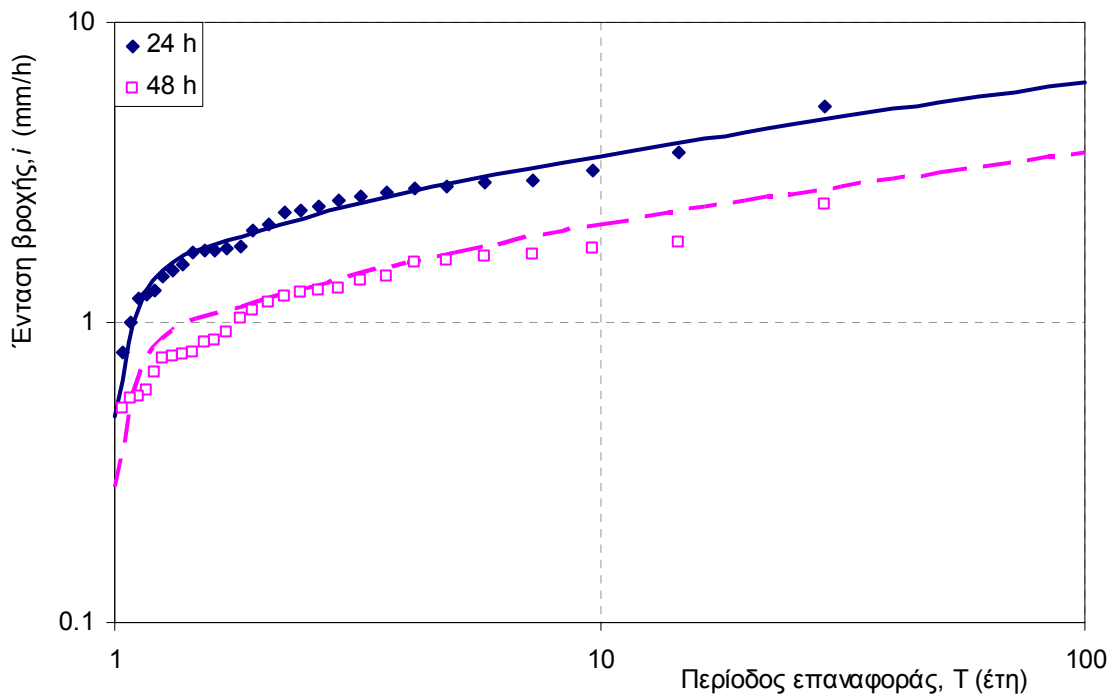
**Σχήμα 5.13** Συνάρτηση κατανομής ΓΑΤ (καμπύλες) και εμπειρική συνάρτηση κατανομής κατά Weibull (σημεία) για τις ετήσιες μέγιστες εντάσεις βροχής του σταθμού Χαλανδρίου (Ομάδα Β).



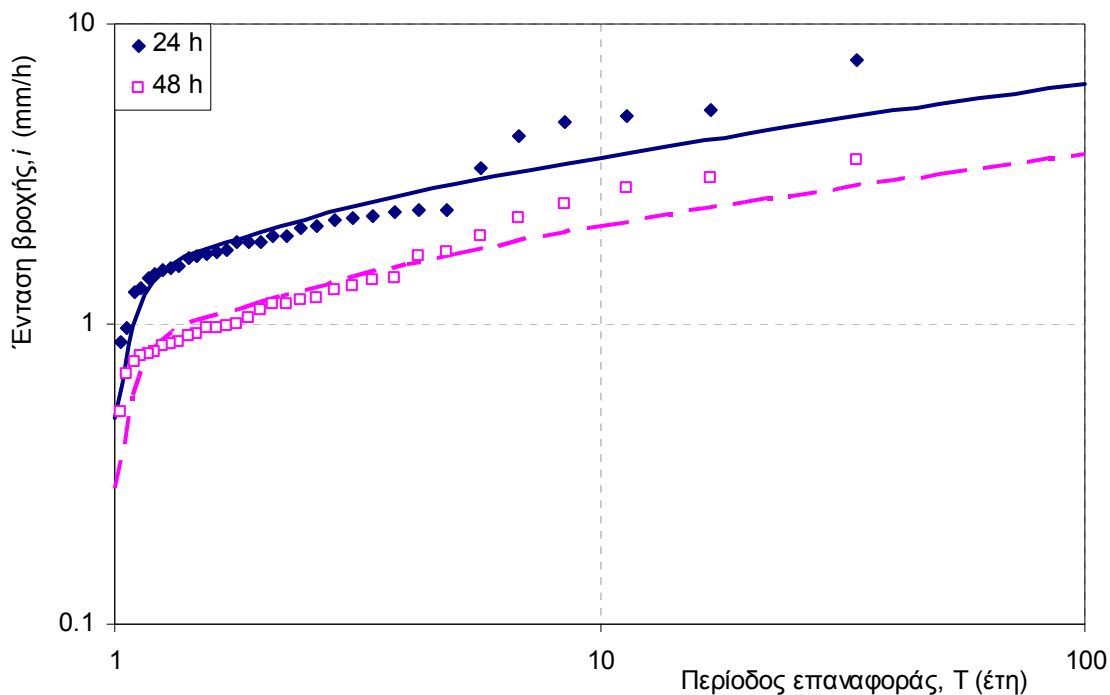
**Σχήμα 5.14** Συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ (καμπύλες) και εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής κατά Weibull (σημεία) για τις ετήσιες μέγιστες εντάσεις βροχής του σταθμού Ταतोίου (Ομάδα Β).



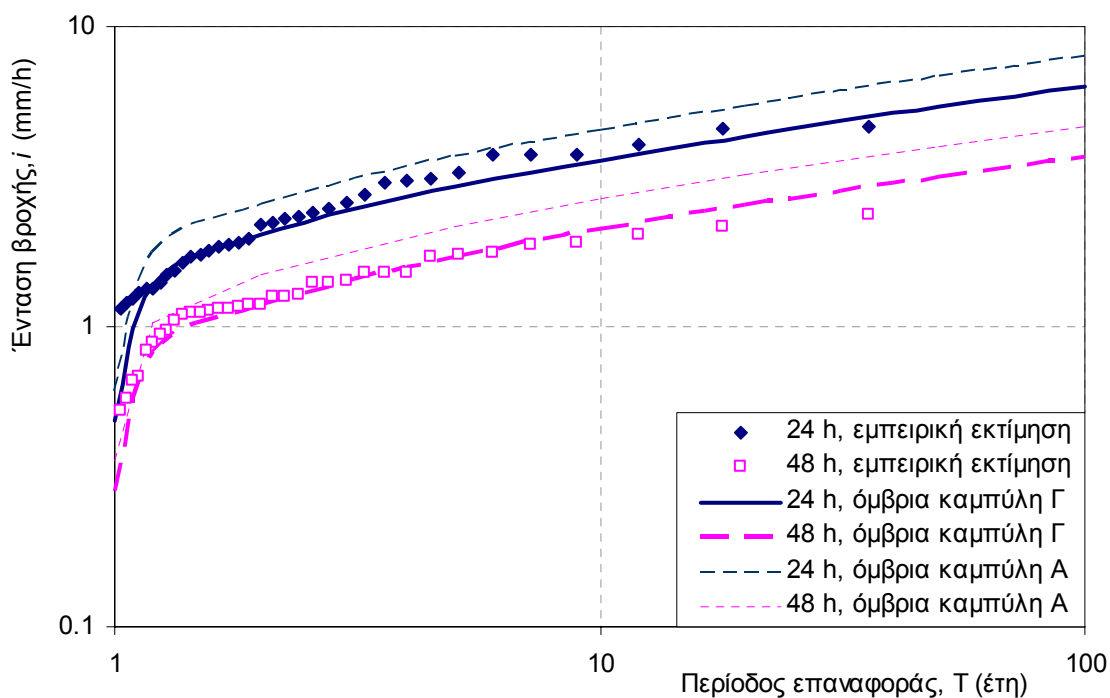
**Σχήμα 5.15** Συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ (καμπύλες) και εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής κατά Weibull (σημεία) για τις ετήσιες μέγιστες εντάσεις βροχής του σταθμού Μαρκόπουλου (Ομάδα Β).



**Σχήμα 5.16** Συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ (καμπύλες) και εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής κατά Weibull (σημεία) για τις ετήσιες μέγιστες εντάσεις βροχής του σταθμού Νίκαιας (Ομάδα Α).



**Σχήμα 5.17** Συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ (καμπύλες) και εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής κατά Weibull (σημεία) για τις ετήσιες μέγιστες εντάσεις βροχής του σταθμού Περιστερίου (Ομάδα Α).



**Σχήμα 5.18** Συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ (καμπύλες) και εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής κατά Weibull (σημεία) για τις ετήσιες μέγιστες εντάσεις βροχής του σταθμού Βύρωνα.

## 5.5 Σύγκριση με δορυφορικά δεδομένα

Τα ετήσια μέγιστα ύψη βροχής για χρονικές κλίμακες 3-48 h, όπως προέκυψαν από τις πλήρεις χρονοσειρές με χρονική ευκρίνεια 3 h για την περίοδο των υδρολογικών ετών από 1997-98 έως 2008-09 φαίνονται στους πίνακες του Παραρτήματος Δ. Τα στατιστικά χαρακτηριστικά των χρονοσειρών

ετήσιων μεγίστων φαίνονται στον Πίνακα 5.10. Μια βασική παρατήρηση είναι ότι δεν φαίνεται να υπάρχει συστηματική γεωγραφική μεταβλητότητα στα στατιστικά χαρακτηριστικά, αλλά οι όποιες διαφοροποιήσεις μπορούν να αποδοθούν σε στατιστικούς δειγματοληπτικούς λόγους. Το γεγονός αυτό επιτρέπει την ενοποίηση των δειγμάτων χωρίς την ανάγκη αδιαστατοποίησης.

Γενικά μπορεί να υποθεθεί ότι τα δορυφορικά μέγιστα ύψη αποτελούν επιφανειακές τιμές για επιφάνεια κυττάρου  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$  ή έκταση  $609.4 \text{ km}^2$  (για το γεωγραφικό πλάτος της Αθήνας). Έτσι, θα περιμέναμε ότι τα ύψη βροχής είναι μικρότερα από τα σημειακά ύψη των σταθμών εδάφους και ότι θα αντιστοιχούν στην όμβρια καμπύλη Α ή θα είναι χαμηλότερα από αυτά της καμπύλης Α. Ωστόσο, ο Πίνακας 5.10 δείχνει ότι τα ύψη βροχής των δορυφορικών μετρήσεων είναι αρκετά μεγάλα και αντιστοιχούν περισσότερο στην ομάδα σταθμών εδάφους Β παρά στην Α. Παρόλο που ως τώρα δεν έχει γίνει καμιά έρευνα για την αξιοπιστία των δορυφορικών δεδομένων στην περιοχή της Ελλάδας, θεωρούμε, μετά τις παραπάνω παρατηρήσεις, έχει νόημα να συγκρίνουμε τις όμβριες καμπύλες Β, που όπως τονίστηκε, αποτελούν έκφραση της πιθανοτικής κατανομής των σημειακών ετήσιων μεγίστων βροχοπτώσεων, με την εμπειρική πιθανοτική έκφραση όπως προκύπτει από τα δορυφορικά δεδομένα. Η σύγκριση γίνεται γραφικά στο Σχήμα 5.19 για τα ενοποιημένα δείγματα για όλα τα εννιά σημεία κανάβου και για κάθε χρονική κλίμακα ξεχωριστά. Οι εμπειρικές πιθανότητες εκτιμήθηκαν με βάση τα ισοδύναμα μήκη των ενοποιημένων δειγμάτων που υπολογίστηκαν σύμφωνα με το γενικό πλαίσιο του εδαφίου 4.7 και δίνονται στον Πίνακα 5.11.

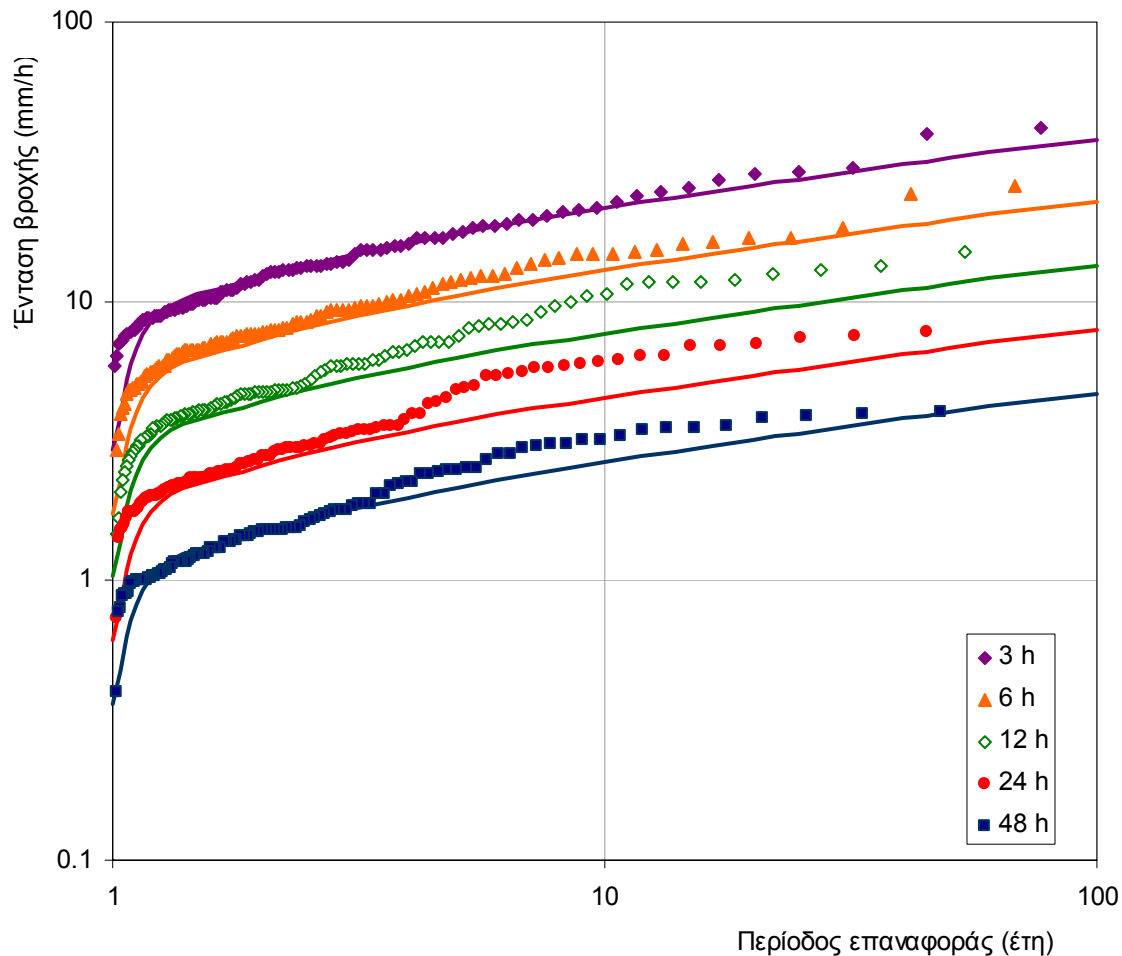
**Πίνακας 5.10** Στατιστικά χαρακτηριστικά δορυφορικών παρατηρήσεων.

Χρονική κλίμακα	$\varphi$ ( $^\circ$ )	37.75	38.00	38.25	37.75	38.00	38.25	37.75	38.00	38.25
	$\lambda$ ( $^\circ$ )	23.50	23.50	23.50	23.75	23.75	23.75	24.00	24.00	24.00
3 h	ΜΤ	45.6	48.6	36.6	46.4	40.0	38.8	40.8	38.1	37.3
	ΤΑ	15.6	28.2	19.6	14.3	18.0	26.5	16.5	19.2	11.4
	ΣΜ	0.34	0.58	0.54	0.31	0.45	0.68	0.40	0.50	0.31
6 h	ΜΤ	57.6	62.0	48.3	54.3	53.9	51.6	54.6	48.5	50.0
	ΤΑ	16.8	35.6	24.3	18.7	25.6	33.7	20.6	22.1	16.6
	ΣΜ	0.29	0.57	0.50	0.34	0.48	0.65	0.38	0.45	0.33
12 h	ΜΤ	72.4	73.3	59.4	74.3	68.8	67.0	68.3	63.8	60.7
	ΤΑ	29.6	43.2	28.3	41.6	35.2	39.7	30.6	31.8	26.4
	ΣΜ	0.41	0.59	0.48	0.56	0.51	0.59	0.45	0.50	0.43
24 h	ΜΤ	81.3	84.0	69.7	83.4	80.5	80.5	78.5	75.9	75.3
	ΤΑ	35.7	48.7	33.5	44.6	41.2	43.0	29.5	37.1	36.0
	ΣΜ	0.44	0.58	0.48	0.54	0.51	0.53	0.38	0.49	0.48
48 h	ΜΤ	88.6	89.8	73.9	89.9	84.8	84.1	85.9	81.4	83.4
	ΤΑ	42.4	50.3	33.8	47.2	40.2	43.2	33.3	41.5	38.9
	ΣΜ	0.48	0.56	0.46	0.53	0.47	0.51	0.39	0.51	0.47

ΜΤ: Μέση τιμή (mm), ΤΑ: Τυπική απόκλιση (mm), ΣΜ: Συντελεστής μεταβλητότητας

**Πίνακας 5.11** Ολικά και ισοδύναμα μήκη ενοποιημένων δειγμάτων δορυφορικών δεδομένων.

Δείγμα	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h
Ολικό μήκος, $n$	108	108	108	108	108
Μέσος συντελεστής συσχέτισης, $\rho$	0.44	0.52	0.64	0.72	0.69
Εκτίμηση ισοδύναμου μήκους, $n''''_o$	76	67	53	44	47



**Σχήμα 5.19** Συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ (καμπύλες) με βάση την όμβριας καμπύλη Β και εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής (σημεία) για τις ετήσιες μέγιστες εντάσεις βροχής από το ενοποιημένο δείγμα των εννιά σημείων κανάβου στην ευρύτερη λεκάνη του Κηφισού.

Παρατηρούμε ότι η συμφωνία των όμβριων καμπυλών Β με τα δορυφορικά εμπειρικά δεδομένα είναι αρκετά ικανοποιητική, γεγονός που ενισχύει την εμπιστοσύνη μας στις όμβριες καμπύλες που κατασκευάστηκαν. Τονίζουμε ωστόσο ότι, παρά τα προβλήματα που συζητήθηκαν, θεωρούμε πιο αξιόπιστα τα δεδομένα εδάφους και για το λόγο αυτό η κατασκευή των όμβριων καμπυλών βασίστηκε σε αυτά, ενώ η χρήση των δορυφορικών δεδομένων έγινε ενδεικτικά με στόχο την επαλήθευση.

## 5.6 Συγκρίσεις σημειακών όμβριων καμπυλών με παλιότερες μελέτες

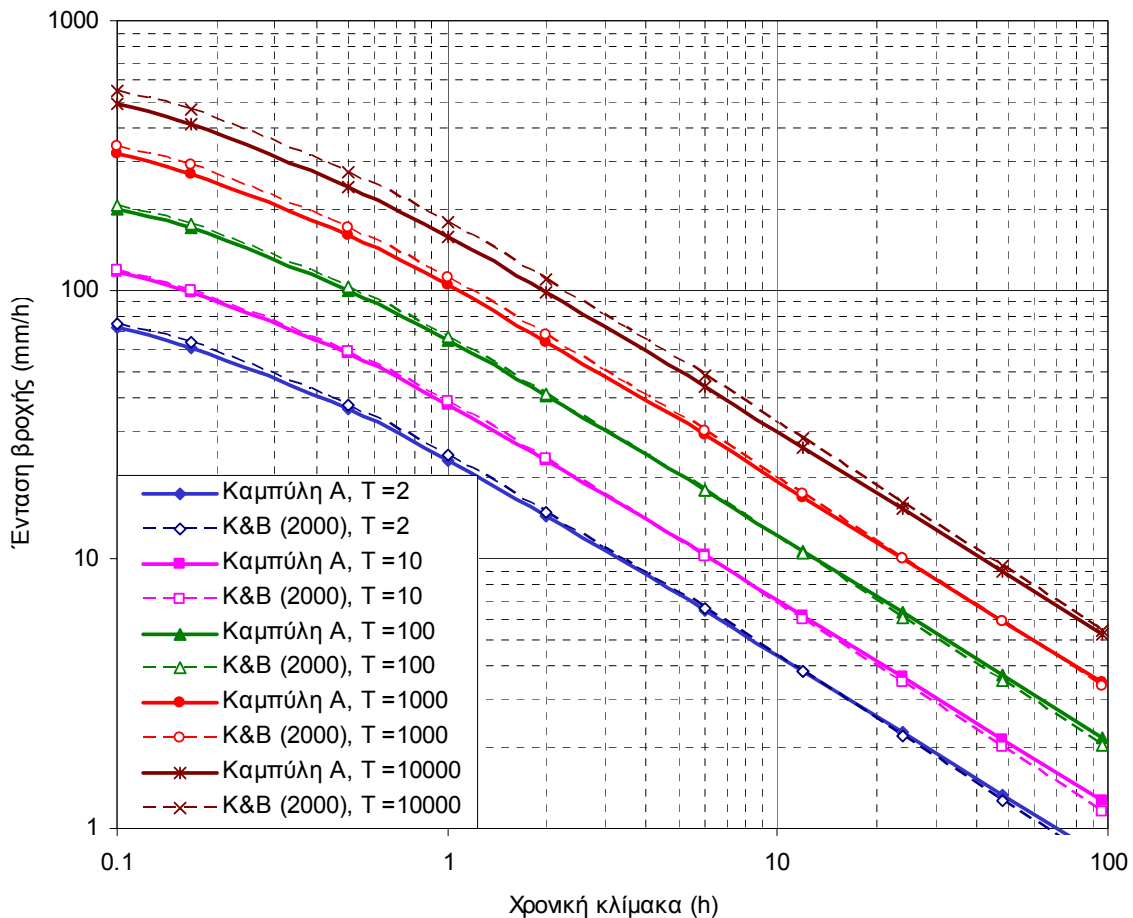
Οι όμβριες καμπύλες της ευρύτερης περιοχής της λεκάνης Κηφισού έχουν διερευνηθεί σε πολλές μελέτες από τη δεκαετία του 1950. Οι πιο πρόσφατες καμπύλες κατασκευάστηκαν στα πλαίσια ερευνητικής εργασίας και παρουσιάστηκαν στη δημοσίευση των *Koutsoyiannis and Baloutsos (2000)*. Στην υπόψη εργασία εκτιμήθηκε η ακόλουθη έκφραση όμβριων καμπυλών για την περιοχή της Αθήνας:

$$i(d, T) = \frac{152.9 (T^{0.185} - 0.45)}{(1 + d/0.189)^{0.796}}, \quad (d \text{ σε h, } i \text{ σε mm/h, } T \text{ σε έτη}) \quad (5.53)$$

Η εξαγωγή αυτής της εξίσωσης βασίστηκε αφενός στο δείγμα ετήσιων μέγιστων ημερήσιων βροχοπτώσεων του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, μεγέθους (τότε) 136 ετών και αφετέρου σε

δείγματα ετήσιων μέγιστων βροχοπτώσεων μικρότερων χρονικών κλιμάκων, μεγέθους (τότε) 30 ετών, του σταθμού Ελληνικού.

Η σύγκριση των όμβριων καμπυλών Α της παρούσας μελέτης με αυτές των *Koutsogiannis and Baloutsos* (2000) παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 5.20. Είναι εντυπωσιακό το γεγονός ότι για περιόδους επαναφοράς μέχρι 100 χρόνια οι δύο ομάδες όμβριων καμπυλών πρακτικώς συμπίπτουν, ενώ για μεγαλύτερες περιόδους επαναφοράς, έως και 10 000 χρόνια, οι καμπύλες Α της παρούσας μελέτης δίνουν ελαφρώς μικρότερες εντάσεις. Θα πρέπει βέβαια να επισημανθεί ότι για τόσο μεγάλες περιόδους επαναφοράς η αβεβαιότητα είναι πολύ μεγάλη, οπότε, από πρακτική άποψη, μπορεί να θεωρηθεί ότι οι δύο ομάδες καμπυλών ταυτίζονται στο σύνολό τους.

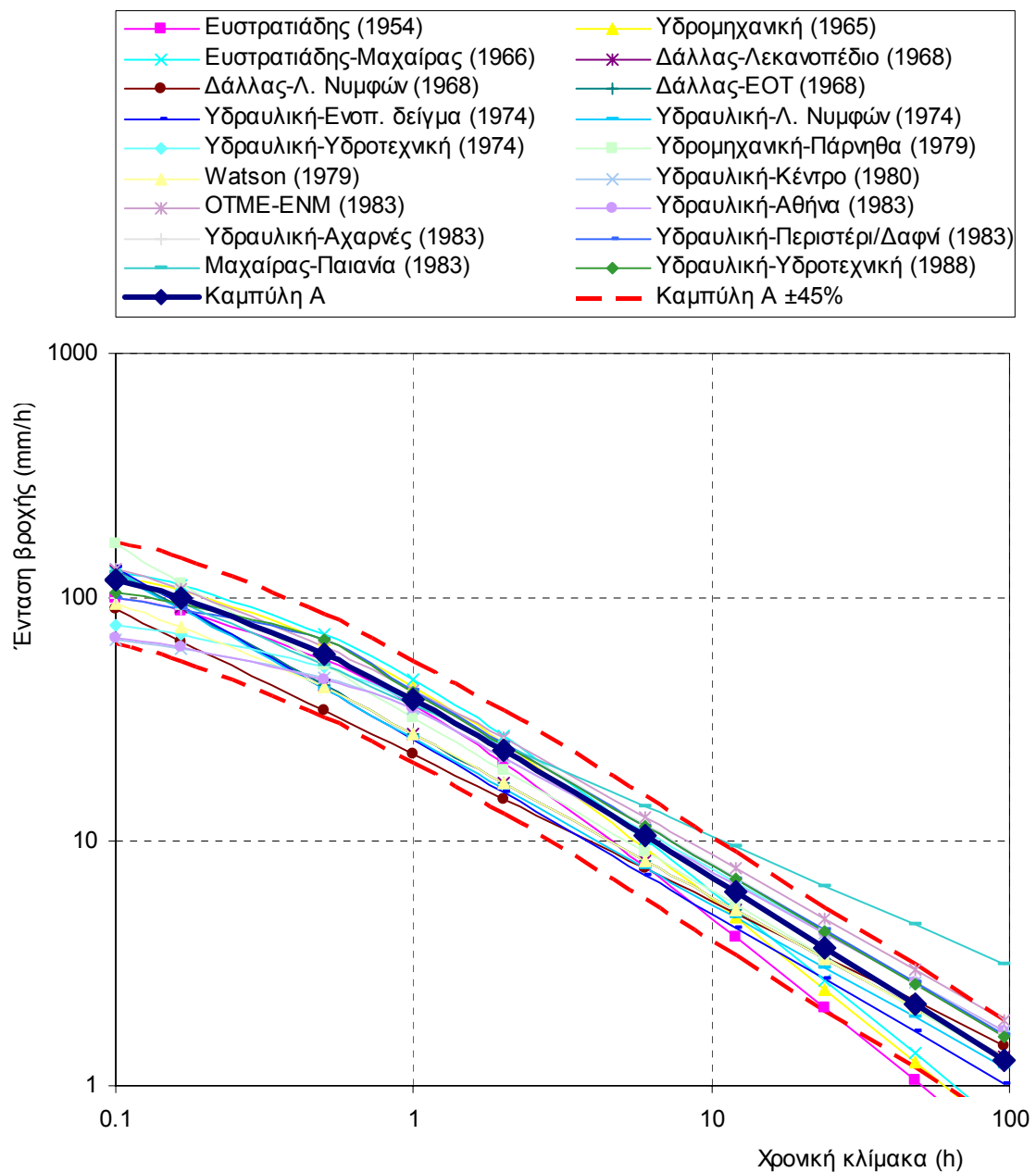


**Σχήμα 5.20** Σύγκριση των όμβριων καμπυλών Α από την παρούσα μελέτη (συνεχείς γραμμές) με αυτές της μελέτης *Koutsogiannis and Baloutsos* (2000) (διακεκομμένες γραμμές).

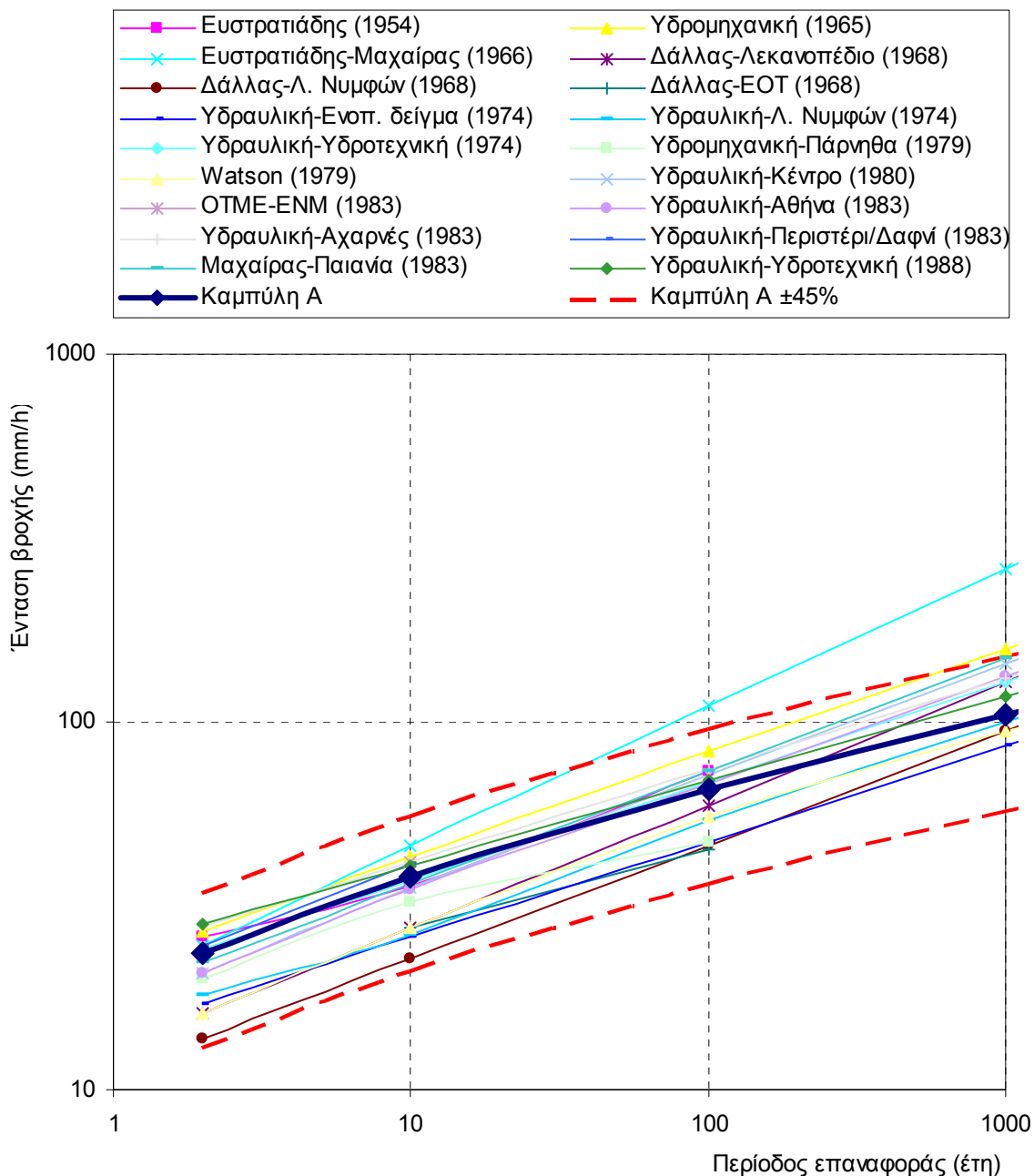
Καταγραφή των παλιότερων όμβριων καμπυλών και σύγκριση με αυτές της παρούσας μελέτης περιέχεται στο Παράρτημα Ε. Γενικά, οι παλιότερες καμπύλες μπορούν να καταταχθούν σε τρεις ομάδες, ανάλογα με τη μαθηματική έκφρασή τους σε σχέση κυρίως με τη χρονική κλίμακα: στις υπερβολικές σχέσεις, στις σχέσεις δύναμης και τις μικτές. Οι πρώτες αναπτύχθηκαν από τη δεκαετία του 1950 και χρησιμοποιήθηκαν μέχρι πρόσφατα. Το πλεονέκτημά τους είναι ότι συμπεριφέρονται καλά στις μικρές χρονικές κλίμακες. Ωστόσο, υπεκτιμούν σοβαρά τις εντάσεις βροχής για μεγάλες χρονικές κλίμακες. Οι δεύτερες προτάθηκαν από τα τέλη της δεκαετίας του 1960 και συμπεριφέρονται καλά στις μεγάλες κλίμακες, αλλά υπερεκτιμούν τις εντάσεις στις μικρές. Αυτό επισημάνθηκε από το τέλος της δεκαετίας του 1980 και οι προσπάθειες να αντιμετωπιστεί ήταν μάλλον ad hoc παρά συστηματικές. Εν προκειμένω είχαν χρησιμοποιηθεί δύο τεχνικές: η ad hoc μείωση των εντάσεων για



μικρές χρονικές κλίμακες, βασισμένες σε αναλύσεις παλιότερης διεθνούς βιβλιογραφίας, ή η μίξη δύο μαθηματικών εκφράσεων, η πρώτη εκ των οποίων είναι μια σχέση δύναμης, ενώ η δεύτερη έχει και υπερβολικό όρο, και η υιοθέτηση για κάθε κλίμακα της μικρότερης από τις εντάσεις που προκύπτουν από τις δύο σχέσεις. Είναι εντυπωσιακό το γεγονός ότι, ενώ μια συνδυαστική σχέση δύναμης-υπερβολής, όπως αυτή της παρούσας μελέτης ή της μελέτης *Koutsogiannis and Baloutsos* (2000), μπορεί να περιγράψει ικανοποιητικά τις εντάσεις και για μικρές και για μεγάλες χρονικές κλίμακες, οι μελέτες ακολούθησαν της τεχνική της μίξης δύο διαφορετικών εκφράσεων, με εξαίρεση μία μελέτη (OTME – ENM του 1983) που πρότεινε μια ενιαία συνδυαστική σχέση, η οποία μάλιστα είναι σε αρκετά καλή συμφωνία με την αντίστοιχη καμπύλη της παρούσας μελέτης (βλ. Παράρτημα E11). Γενικά όλες οι μελέτες κάλυψαν περιόδους επαναφοράς έως 50 ή 100 ετών με αποτέλεσμα οι επεκτάσεις τους για μεγαλύτερες περιόδους να είναι κατά κανόνα εξαιρετικά υψηλές και μη ρεαλιστικές.



**Σχήμα 5.21** Σύγκριση της όμβριας καμπύλης A της παρούσας μελέτης για περίοδο επαναφοράς 10 ετών με παλιότερες όμβριες καμπύλες του Κηφισού ή της ευρύτερης περιοχής για ίδια περίοδο επαναφοράς.



**Σχήμα 5.22** Σύγκριση της όμβριας καμπύλης Α της παρούσας μελέτης για χρονική κλίμακα 1 h με παλιότερες όμβριες καμπύλες του Κηφισού ή της ευρύτερης περιοχής για ίδια χρονική κλίμακα.

Αναλυτικά, οι καμπύλες των διάφορων μελετών παρουσιάζονται στο Παράρτημα Ε ενώ μια συγκεντρωτική συγκριτική εικόνα παρουσιάζουν τα σχήματα 5.21 και 5.22. Είναι χαρακτηριστική η διασπορά των διαφορετικών όμβριων καμπυλών, οι οποίες κατά κανόνα κυμαίνονται σε ένα εύρος  $\pm 45\%$ , ενώ λίγες ξεφεύγουν ακόμη και απ' αυτό το μεγάλο εύρος. Όπως αναλύθηκε παραπάνω, η γεωγραφική μεταβλητότητα δικαιολογεί διαφορές μέχρι  $+25\%$ . Το πολύ μεγαλύτερο εύρος διαφοροποίησης των παλιότερων καμπυλών θα πρέπει να αποδοθεί κυρίως σε ανεπιτυχείς παραδοχές και γενικότερα μεθοδολογία υπολογισμού και δευτερευόντως στα μικρότερου μήκους δείγματα που υπήρχαν κατά τη φάση εκπόνησης των αντίστοιχων μελετών. Πάντως, όπως προκύπτει από την αναλυτική σύγκριση του Παραρτήματος Ε, με την πάροδο του χρόνου παρατηρείται μια τάση σύγκλισης των καμπυλών προς αυτές της παρούσας μελέτης, έτσι ώστε οι πιο σύγχρονες μελέτες να χρησιμοποιούν κατά κανόνα και λογικότερες εντάσεις βροχής σχεδιασμού.

## 5.7 Σύγκριση με όμβριες καμπύλες άλλων περιοχών

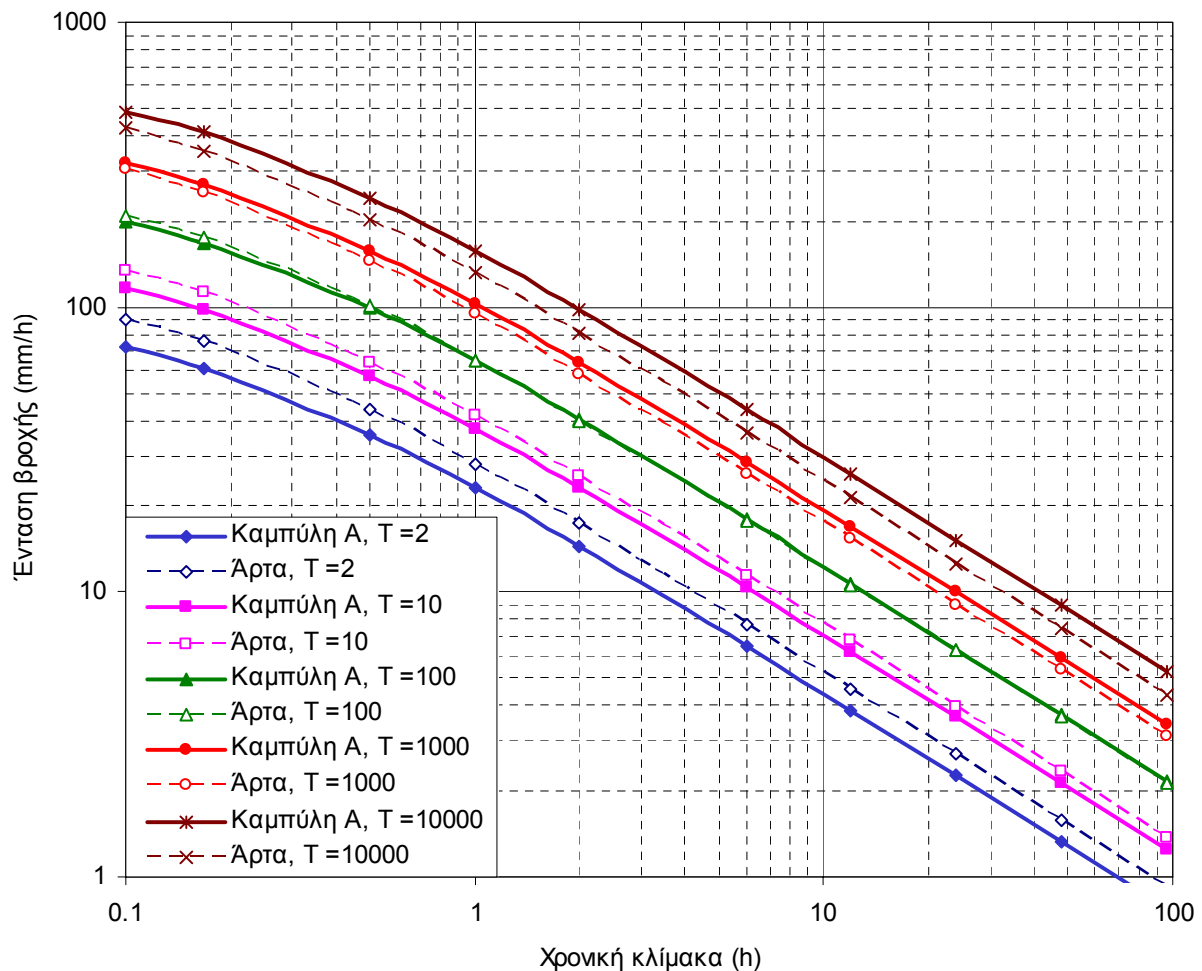
Έχει ενδιαφέρον να συγκριθούν οι όμβριες καμπύλες της Αθήνας με αυτές άλλων περιοχών της χώρας. Παρακάτω παρατίθενται μια σειρά από συγκρίσεις με καμπύλες που έχουν αναπτυχθεί για άλλες περιοχές σχετικά πρόσφατα με μεθοδολογία παρόμοια με αυτή της παρούσας μελέτης.

Σε πρόσφατη μελέτη (Κουτσογιάννης κ.ά., 2010) εκτιμήθηκαν οι ακόλουθες εκφράσεις όμβριων καμπυλών για την πόλη της Άρτας και τη λεκάνη Αράχθου, αντίστοιχα:

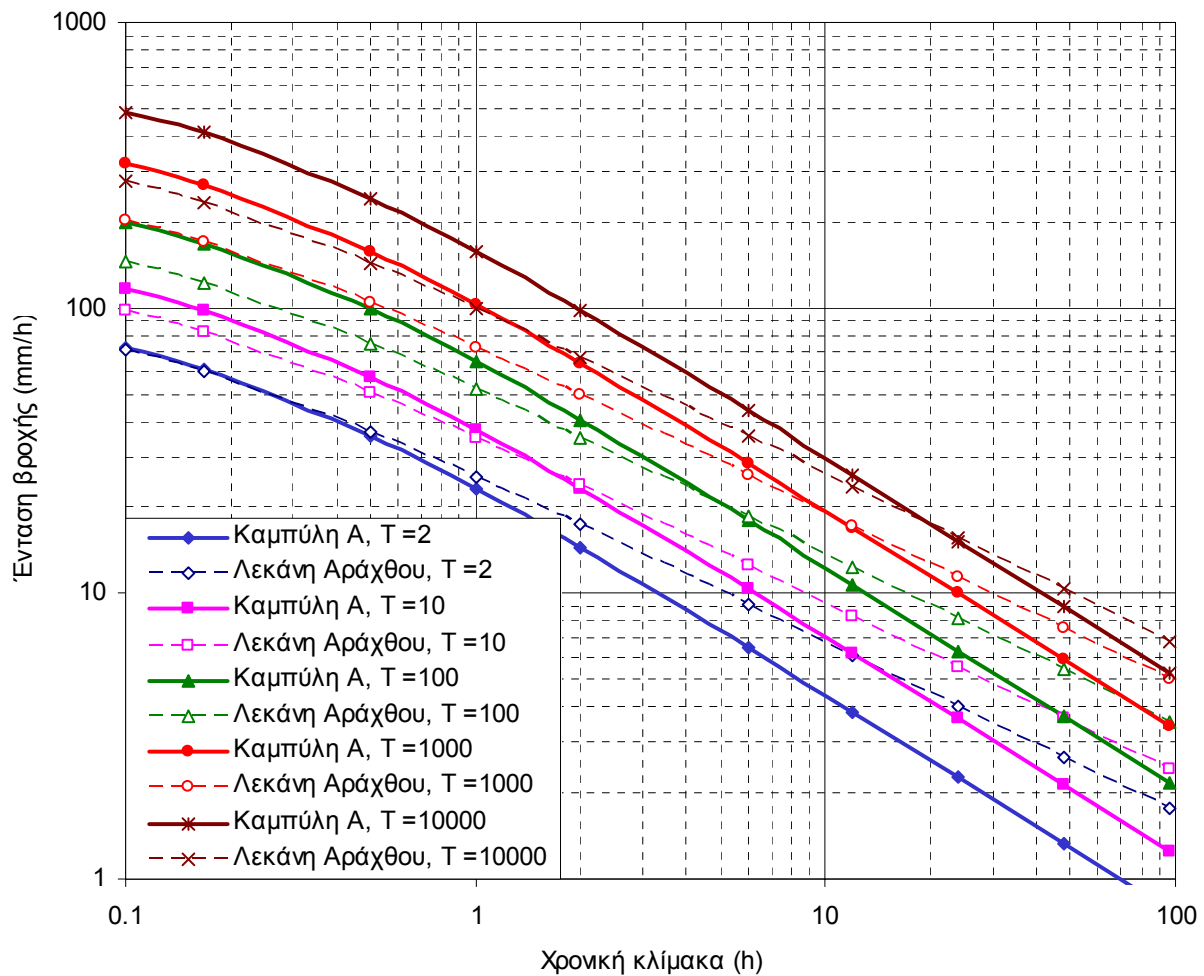
$$i(d, T) = \frac{344.2 (T^{0.1} - 0.68)}{(1 + d/0.15)^{0.77}}, \quad (d \text{ σε h, } i \text{ σε mm/h, } T \text{ σε έτη}) \quad (5.54)$$

$$i(d, T) = \frac{216 (T^{0.1} - 0.57)}{(1 + d/0.1)^{0.6}}, \quad (d \text{ σε h, } i \text{ σε mm/h, } T \text{ σε έτη}) \quad (5.55)$$

Η εξαγωγή αυτής της πρώτης βασίστηκε στα δεδομένα του σταθμού της Άρτας (ΕΜΥ) ενώ της δεύτερης σε 17 βροχομετρικούς σταθμούς της λεκάνης (ΔΕΗ, π. ΥΠΕΧΩΔΕ), τέσσερις από τους οποίους είναι εξοπλισμένοι και με βροχογράφο.



**Σχήμα 5.23** Σύγκριση των όμβριων καμπυλών Α της Αθήνας με αυτές της Άρτας (Κουτσογιάννης κ.ά., 2010).



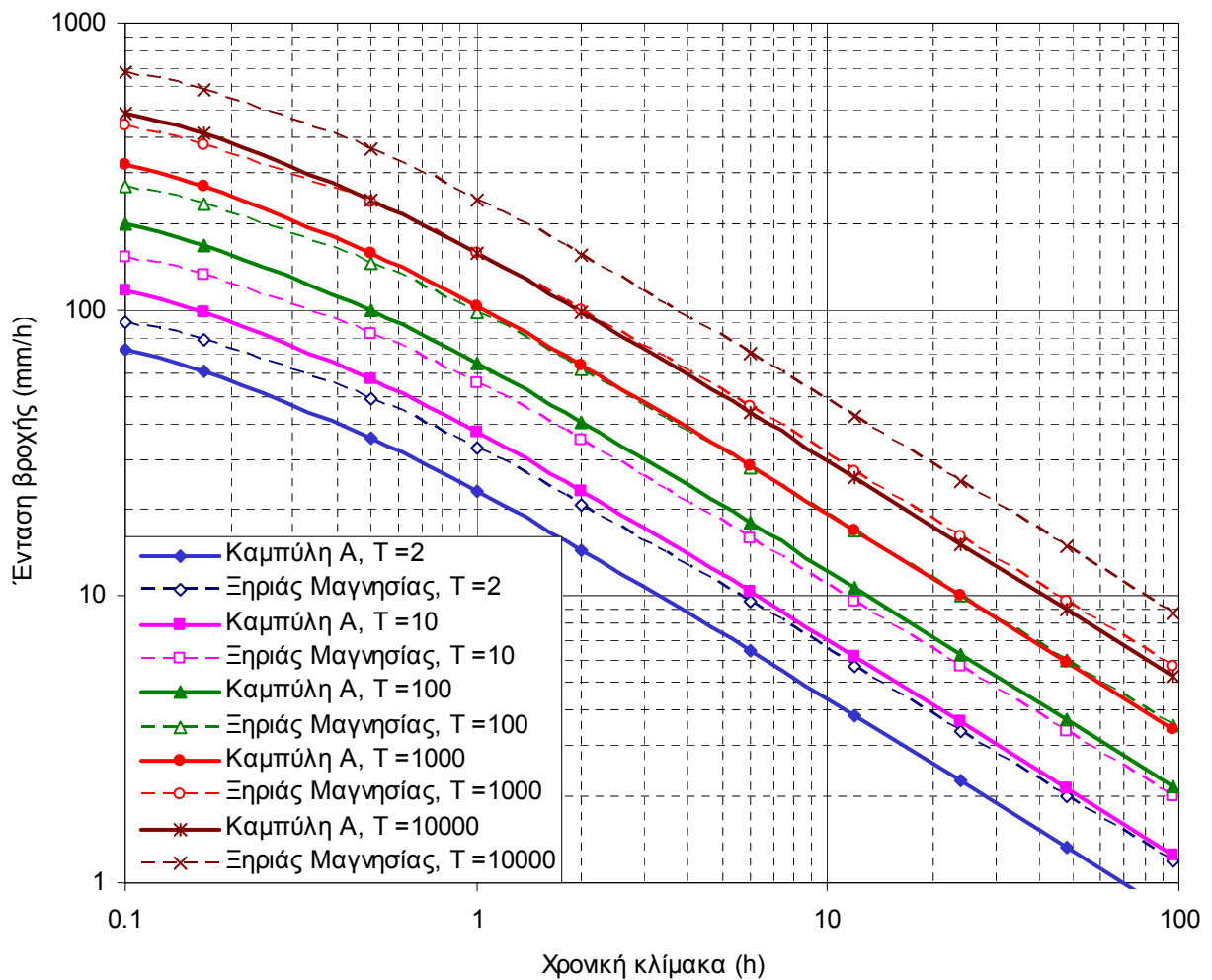
Σχήμα 5.24 Σύγκριση των όμβριων καμπυλών A της Αθήνας με τις σημειακές όμβριες καμπύλες της λεκάνης Αράχθου (Κουτσογιάννης κ.ά., 2010).

Η σύγκριση των όμβριων καμπυλών A της Αθήνας με αυτές της Άρτας παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 5.23. Είναι χαρακτηριστικά τα στοιχεία ομοιότητας ως προς τη διάταξη των δύο ομάδων καμπυλών, με την Άρτα να παρουσιάζει μεγαλύτερες εντάσεις βροχής για μικρές περιόδους επαναφοράς αλλά μικρότερες για μεγάλες περιόδους επαναφοράς. Αντίστοιχα, η σύγκριση των όμβριων καμπυλών A της Αθήνας με τις σημειακές όμβριες καμπύλες της λεκάνης Αράχθου παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 5.24. Είναι εντυπωσιακό το γεγονός ότι, παρά το σημαντικά ξηρότερο κλίμα της Αθήνας σε σχέση με αυτό της λεκάνης Αράχθου, για μικρές χρονικές κλίμακες ( $\leq 1$  h) η Αθήνα παρουσιάζει μεγαλύτερες εντάσεις βροχής, ενώ για μεγάλες περιόδους επαναφοράς αυτό επεκτείνεται και σε μεγαλύτερες χρονικές κλίμακες, έως και 12 h.

Σε άλλη πρόσφατη μελέτη (Κουτσογιάννης και Μαρκόνης, 2010) έχει εξαχθεί η ακόλουθη εξίσωση όμβριων καμπυλών για την λεκάνη Ξηριά Μαγνησίας:

$$i(d, T) = \frac{268.7 (T^{0.15} - 0.66)}{(1 + d/0.22)^{0.76}}, \quad (d \text{ σε h, } i \text{ σε mm/h, } T \text{ σε έτη}) \quad (5.56)$$

Η σύγκριση των όμβριων καμπυλών Α της Αθήνας της λεκάνης με αυτές της λεκάνης Ξηριά Μαγνησίας παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 5.25. Παρατηρούμε ότι οι καμπύλες της Μαγνησίας εμφανίζουν συστηματικά υψηλότερες εντάσεις από αυτές της Αθήνας.



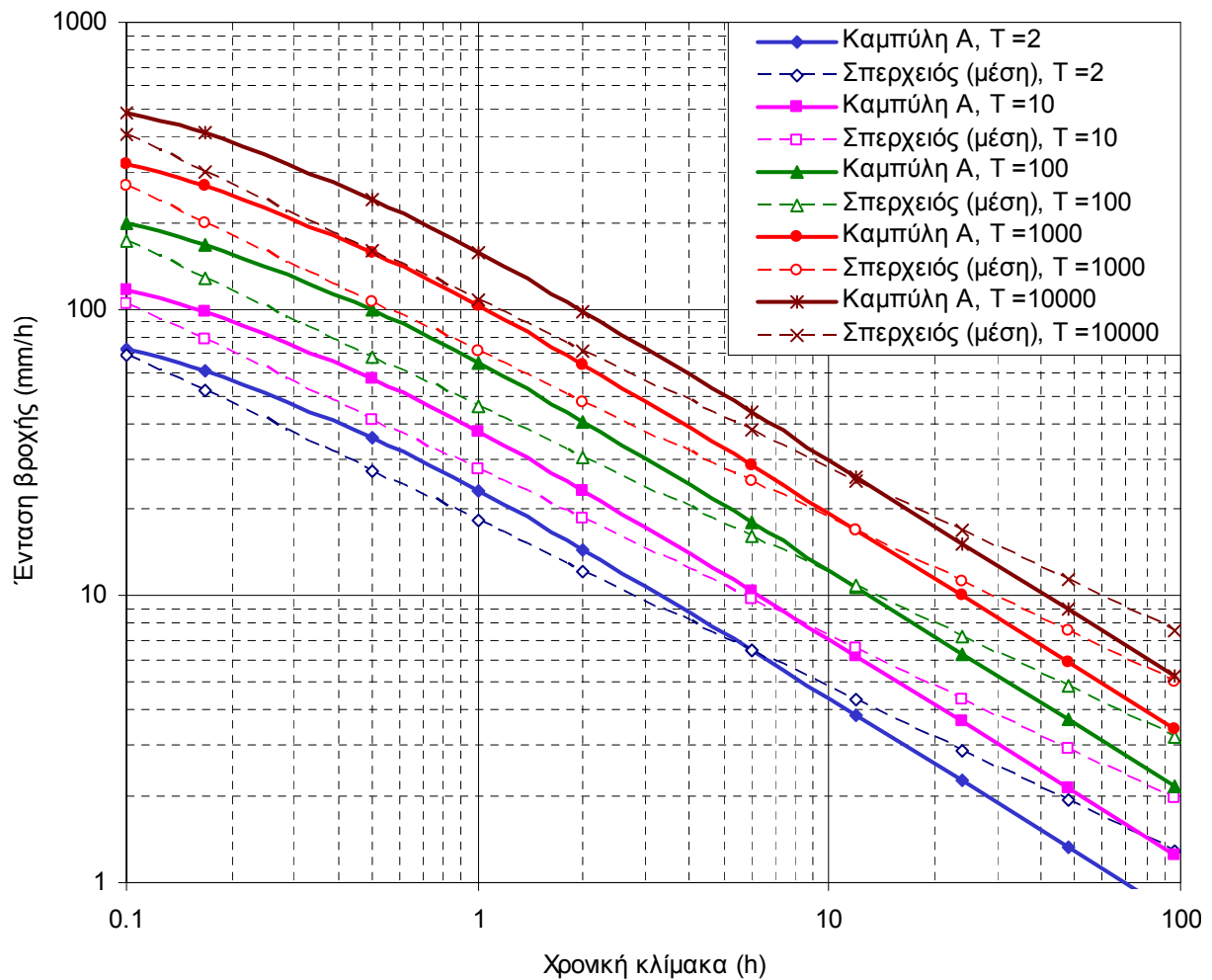
**Σχήμα 5.25** Σύγκριση των όμβριων καμπυλών Α της Αθήνας με τις σημειακές όμβριες καμπύλες της λεκάνης Ξηριά Μαγνησίας (Κουτσογιάννης και Μαρκόνης, 2010).

Στη μελέτη των Κουτσογιάννη κ.ά. (2003) έχουν εξαχθεί εξισώσεις όμβριων καμπυλών για τη Λαμία και τη λεκάνη Σπερχειού, που έχουν τις ακόλουθες εκφράσεις, αντίστοιχα:

$$i(d, T) = \frac{32.4 (T^{0.15} - 0.517)}{d^{0.60}}, \quad (d \text{ σε h, } i \text{ σε mm/h, } T \text{ σε έτη}) \quad (5.57)$$

$$i(d, T) = \frac{30.87 (T^{0.15} - 0.517)}{d^{0.58}}, \quad (d \text{ σε h, } i \text{ σε mm/h, } T \text{ σε έτη}) \quad (5.58)$$

Εμφανώς, οι δύο αυτές ομάδες καμπυλών δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Η σύγκριση των όμβριων καμπυλών Α της Αθήνας με αυτές της λεκάνης Σπερχειού παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 5.26. Παρατηρούμε ότι οι καμπύλες της Σπερχειού εμφανίζουν χαμηλότερες εντάσεις βροχής για μικρές χρονικές κλίμακες αλλά υψηλότερες για χρονικές κλίμακες μεγαλύτερες των 12 h.

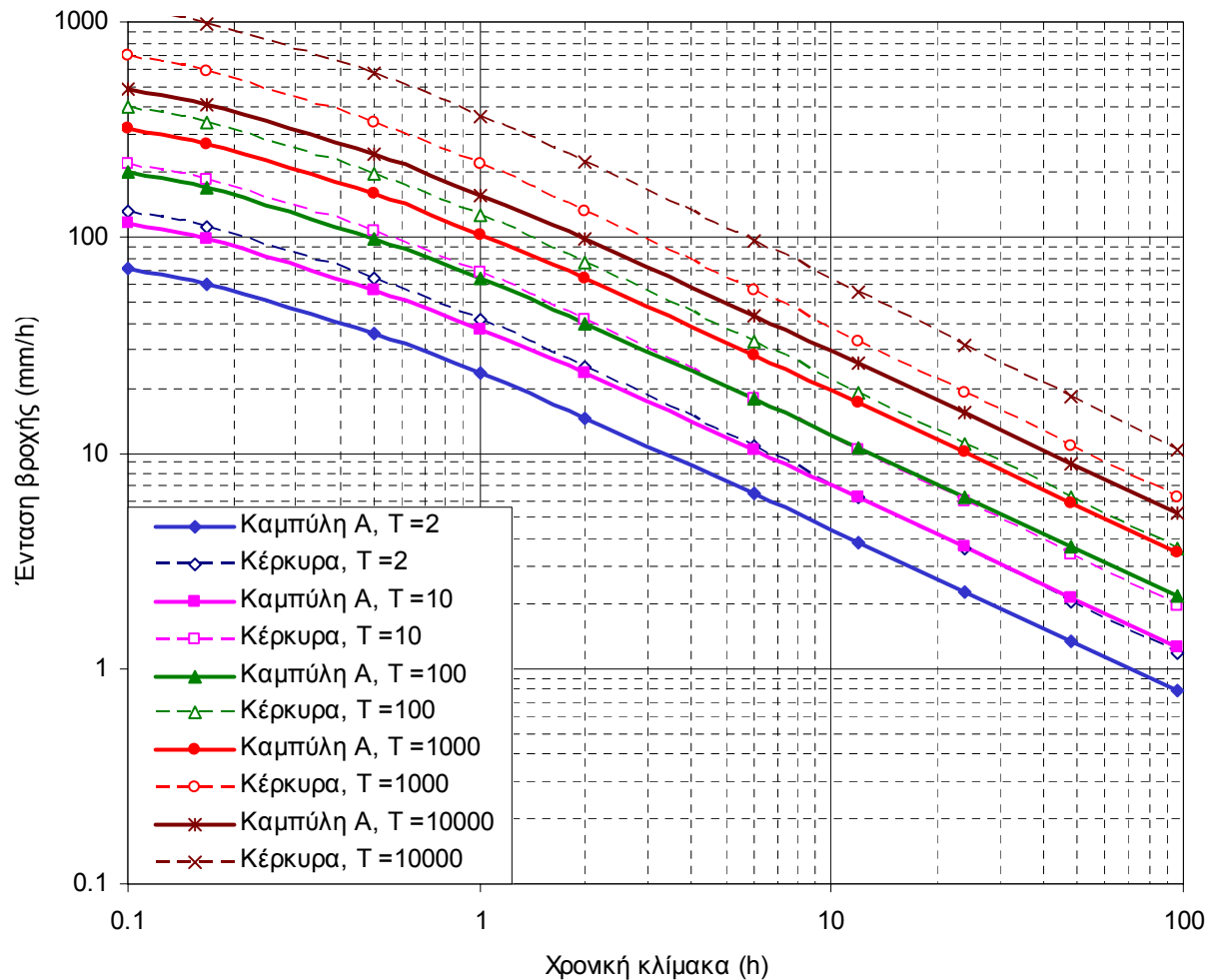


**Σχήμα 5.26** Σύγκριση των όμβριων καμπυλών Α της Αθήνας με τις σημειακές όμβριες καμπύλες της λεκάνης Σπερχειού (Κουτσογιάννης κ.ά., 2003).

Εξάλλου, στη μελέτη του *Κουτσογιάννη* (2001) έχει εξαχθεί η ακόλουθη εξίσωση όμβριων καμπυλών για την περιοχή της Κέρκυρας:

$$i(d, T) = \frac{282.8 (T^{0.202} - 0.481)}{(1 + d/0.18)^{0.81}}, \quad (d \text{ σε h, } i \text{ σε mm/h, } T \text{ σε έτη}) \quad (5.59)$$

Η σύγκριση των όμβριων καμπυλών της λεκάνης με αυτές της Κέρκυρας παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 5.27. Παρατηρούμε ότι οι καμπύλες της Κέρκυρας εμφανίζουν αρκετά έως πολύ υψηλότερες εντάσεις από αυτές της Αθήνας, γεγονός που μπορεί να εξηγηθεί με βάση την άμεση γειτνίαση της Κέρκυρας το Ιόνιο, απ' όπου προέρχονται τα περισσότερα καταιγιδοφόρα μετεωρολογικά συστήματα.

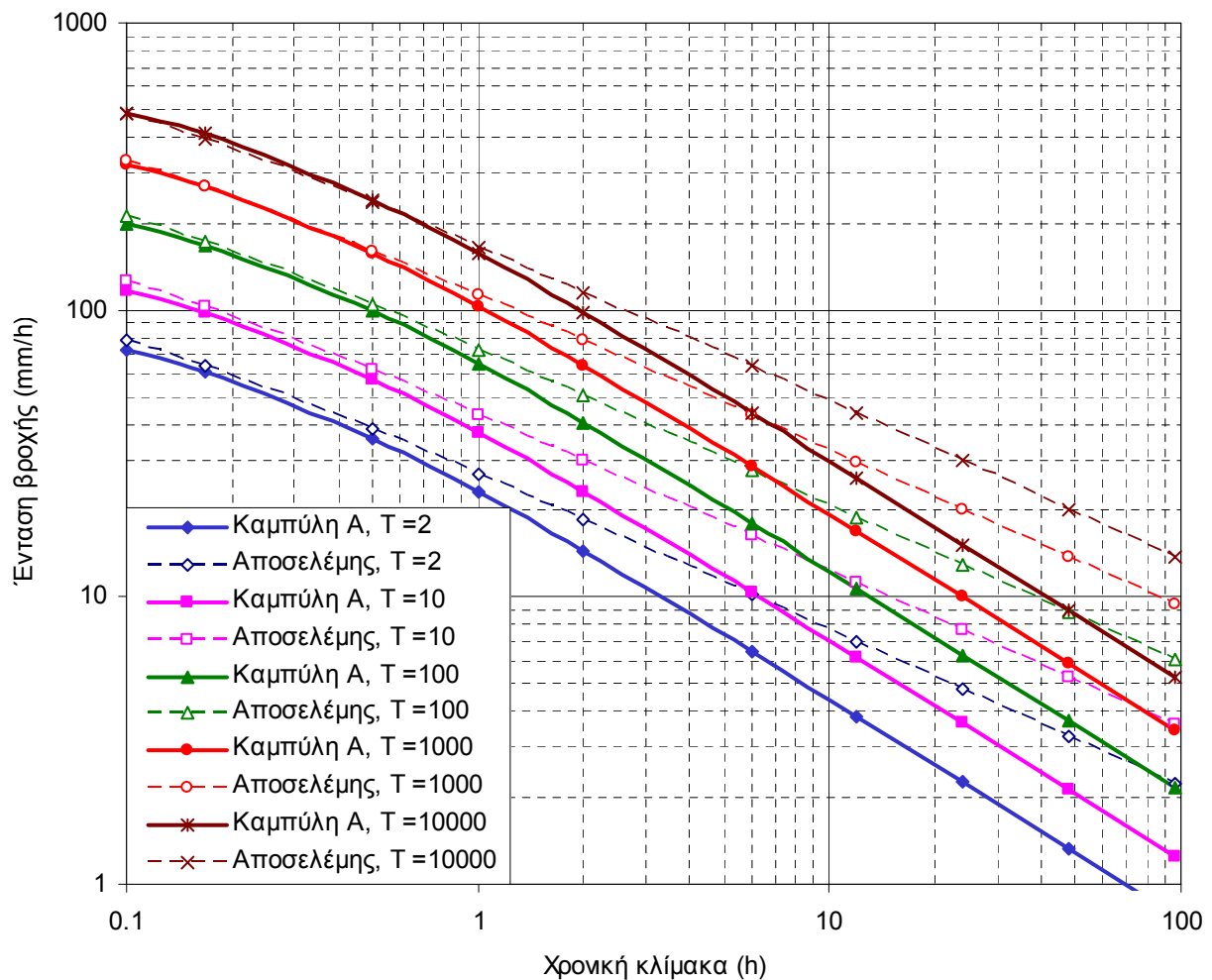


**Σχήμα 5.27** Σύγκριση των τελικών όμβριων καμπυλών της λεκάνης (μέση σημειακή) με αυτές της Κέρκυρας (*Κουτσογιάννης*, 2001).

Στη μελέτη των Κουτσογιάννη κ.ά. (2001) καταρτίστηκαν όμβριες καμπύλες στα πλαίσια του αντιπλημμυρικού σχεδιασμού του φράγματος Αποσελέμη, χρησιμοποιώντας βροχομετρικά και βροχογραφικά δεδομένα από πολλούς σταθμούς της ευρύτερης περιοχής. Οι καμπύλες έχουν την ακόλουθη μαθηματική έκφραση:

$$i(d, T) = \frac{348.9 (T^{0.127} - 0.68)}{(1 + d/0.05)^{0.55}}, \quad (d \text{ σε h, } i \text{ σε mm/h, } T \text{ σε έτη}) \quad (5.60)$$

Η γραφική σύγκριση στο Σχήμα 5.28 δείχνει ότι οι εντάσεις βροχής στον Αποσελέμη για χρονικές κλίμακες άνω της ώρας είναι αρκετά έως πολύ μεγαλύτερες απ' ό,τι στην Αθήνα. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το νοτιότερο γεωγραφικό πλάτος της περιοχής Αποσελέμη, που οδηγεί σε υψηλότερες τιμές της περιεκτικότητας της ατμόσφαιρας σε υδρατμούς.



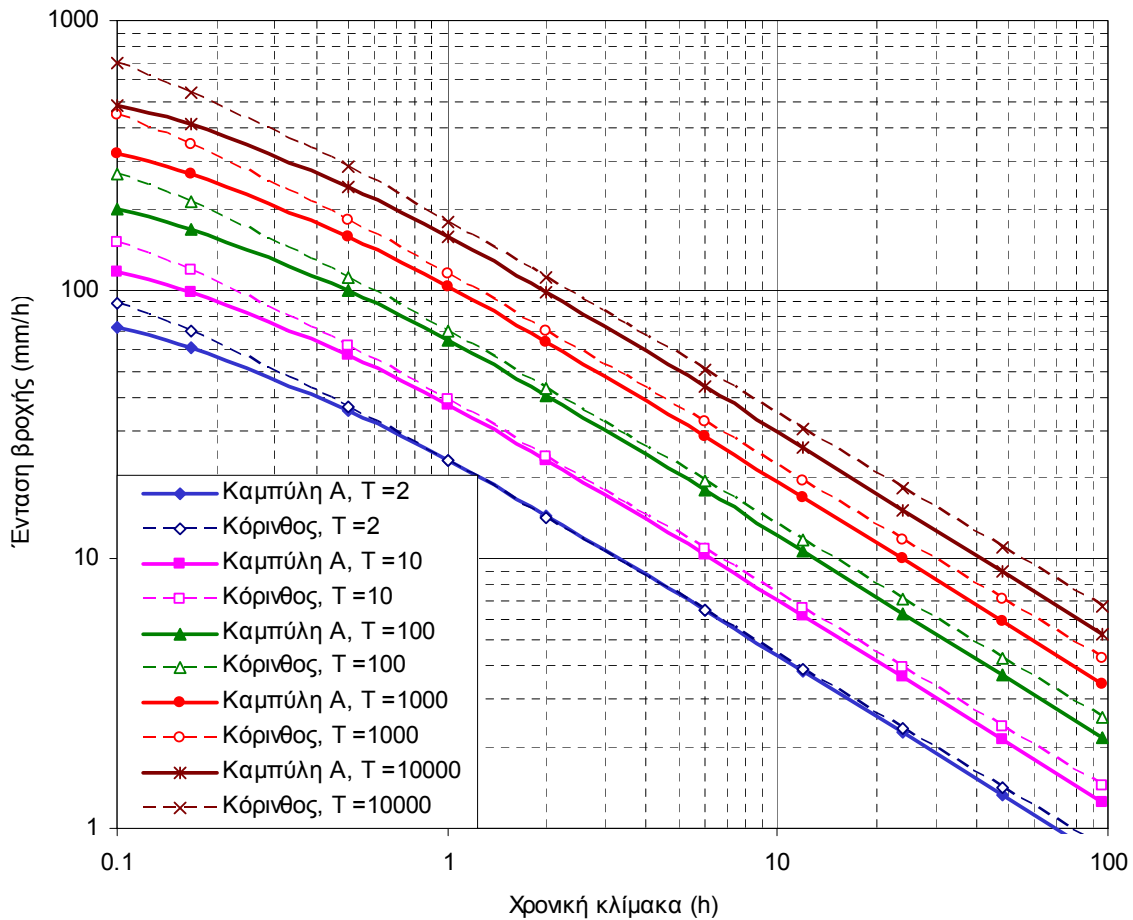
**Σχήμα 5.28** Σύγκριση των τελικών όμβριων καμπυλών της λεκάνης (μέση σημειακή) με αυτές της λεκάνης Αποσελέμη (Κουτσογιάννης κ.ά., 2001).



Τέλος στη μελέτη των *Κουτσογιάννη και Λαζαρίδη* (1998) έχει εξαχθεί η ακόλουθη εξίσωση όμβριων καμπυλών για την περιοχή της Κορίνθου:

$$i(d, T) = \frac{361 (T^{0.16} - 0.636)}{(1 + d/0.0679)^{0.81}}, \quad (d \text{ σε h, } i \text{ σε mm/h, } T \text{ σε έτη}) \quad (5.61)$$

Η σύγκριση των όμβριων καμπυλών της λεκάνης με αυτές της Κορίνθου παρουσιάζεται γραφικά στο Σχήμα 5.29. Παρατηρούμε ότι οι καμπύλες της Αθήνας και της Κορίνθου παρουσιάζουν παρόμοια εικόνα γεγονός που εξηγείται από την εγγύτητα και τις παρόμοιες κλιματολογικές συνθήκες των δύο περιοχών.



**Σχήμα 5.29** Σύγκριση των τελικών όμβριων καμπυλών της λεκάνης (μέση σημειακή) με αυτές της Κορίνθου (*Κουτσογιάννης και Λαζαρίδης, 1998*).

## 6 Χωροχρονική κατανομή της βροχής – Τελικές τιμές εφαρμογής

---

### 6.1 Εισαγωγή

Οι τιμές που προκύπτουν από την όμβρια καμπύλη Α ή Β αφορούν στη σημειακή βροχόπτωση. Στην υδρολογική εφαρμογή, ωστόσο, χρειάζονται πάντα οι επιφανειακά μέσες εντάσεις για τη λεκάνη απορροής που μελετάται και όχι οι σημειακές εντάσεις. Κατά συνέπεια είναι απαραίτητη μια μεθοδολογία για την αναγωγή των σημειακών σε επιφανειακές εντάσεις βροχής.

Μια άμεση μέθοδος για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος είναι η κατασκευή όμβριων καμπυλών με βάση ιστορικά δεδομένα επιφανειακών εντάσεων βροχής. Αντί, δηλαδή, να χρησιμοποιήσουμε τα δεδομένα εντάσεων, όπως έχουν καταγραφεί σε ένα ή περισσότερους βροχογράφους μεμονωμένα, ολοκληρώνουμε την πληροφορία από πολλούς ταυτόχρονα βροχογράφους, υπολογίζοντας τις επιφανειακά μέσες εντάσεις για το σύνολο της λεκάνης. Ωστόσο, η μέθοδος αυτή έχει σοβαρά μειονεκτήματα. Γενικά, το δίκτυο των βροχογράφων είναι συνήθως αραιό, πολύ αραιότερο από το δίκτυο των βροχομέτρων, και έτσι σπάνια διατίθεται αριθμός βροχογράφων επαρκής για την εξαγωγή επιφανειακών εντάσεων βροχής. Αλλά ακόμη και όταν αυτό συμβαίνει, πάλι η εξαγωγή επιφανειακών εντάσεων βροχής είναι προβληματική, εξαιτίας του κακού συγχρονισμού των ωρολογιακών μηχανισμών των βροχογράφων· οι ωρολογιακοί μηχανισμοί είναι συνήθως παλιάς τεχνολογίας (μηχανικοί) και όχι ιδιαίτερα ακριβείς στην αποτύπωση του χρόνου. Στην προκειμένη περίπτωση, μόνο δύο από τους σταθμούς έχουν συνεχώς καταγραμμένη πληροφορία σε ωριαία κλίμακα και σε χρόνο μεγαλύτερο ή ίσο των 15 ετών και συγκεκριμένα οι σταθμοί Λόφου Νυμφών και Ζωγράφου. Κατά συνέπεια, είναι αδύνατη η εφαρμογή αυτής της μεθόδου.

Έτσι, όπως στις περισσότερες περιπτώσεις, ακολουθείται μια άλλη πρακτική: Οι όμβριες καμπύλες καταρτίζονται σε σημειακή βάση και στη συνέχεια η σημειακή ένταση που υπολογίζεται απ' αυτές ανάγεται κατάλληλα ώστε να αντιπροσωπεύει την επιφανειακή ένταση. Η αναγωγή γίνεται με πολλαπλασιασμό επί τον *συντελεστή επιφανειακής αναγωγής* (areal reduction factor),

$$\varphi := \frac{i_A(d, T)}{i(d, T)} \quad (6.1)$$

ο οποίος είναι επίσης γνωστός στην ελληνική τεχνική ορολογία και ως (επιφανειακός) *μειωτικός συντελεστής* καθώς και ως *συντελεστής ομοιομόρφισης*. Ο όρος  $i_A(d, T)$  στον αριθμητή στη σχέση ορισμού του  $\varphi$  είναι η τιμή της έντασης βροχής που προκύπτει από την επιφανειακή όμβρια καμπύλη, ενώ ο όρος  $i(d, T)$  είναι η αντίστοιχη τιμή από τη σημειακή όμβρια καμπύλη. Η σημειακή καμπύλη θεωρείται αντιπροσωπευτική για το τυχόν σημείο της λεκάνης. Βέβαια, ο προσδιορισμός του  $\varphi$  από τοπικά δεδομένα προϋποθέτει την κατασκευή επιφανειακών όμβριων καμπυλών, αλλά όταν αυτό δεν είναι δυνατό, όπως στην προκειμένη περίπτωση, χρησιμοποιούνται βιβλιογραφικές τιμές που αναφέρονται σε άλλες περιοχές όπου έγιναν συστηματικές έρευνες.

Ο συντελεστής  $\varphi$  έχει τις ακόλουθες, εμπειρικά διαπιστωμένες, ιδιότητες (βλ. *Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος*, 1999):

1. Είναι πάντα μικρότερος από 1: όταν καταγράφεται μέγιστη ένταση στη θέση του βροχογραφικού σταθμού, είναι απίθανο την ίδια στιγμή να καταγράφεται μέγιστη ένταση σε όλη την υπόψη επιφάνεια.

- Είναι φθίνουσα συνάρτηση της έκτασης: η αύξηση της έκτασης της επιφάνειας συνεπάγεται τη μείωση του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής.
- Είναι αύξουσα συνάρτηση της χρονικής κλίμακας: η αύξηση της χρονικής κλίμακας συνοδεύεται από αύξηση του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής.
- Εξαρτάται σε κάποιο βαθμό από την περίοδο επαναφοράς και φαίνεται ότι η αύξηση της περιόδου επαναφοράς οδηγεί σε ασθενή μείωση του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής· ωστόσο δεν υπάρχουν ακόμη κατηγορηματικά συμπεράσματα για αυτή την εξάρτηση, η οποία δεν έχει διερευνηθεί σε αντίστοιχο βαθμό με αυτές που αναφέρονται στη χρονική κλίμακα και την έκταση.

## 6.2 Μαθηματική έκφραση του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής

Εκτεταμένες εμπειρικές διερευνήσεις σχετικά με τη μεταβολή του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής συναρτήσει της μεταβολής της έκτασης και της χρονικής κλίμακας έχουν γίνει τόσο στις ΗΠΑ όσο και στη Μεγάλη Βρετανία. Τα αποτελέσματα των διερευνήσεων δίνονται υπό μορφή διαγραμμάτων ή πινάκων. Στα πινακοποιημένα αποτελέσματα του *UK National Environmental Research Council* (1975), τα οποία είναι και τα πληρέστερα σε ό,τι αφορά στο εύρος μεταβολής της χρονικής κλίμακας (1 min – 25 ημέρες) και της έκτασης (1 – 30 000 km<sup>2</sup>) προσαρμόστηκε (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999) η ακόλουθη αναλυτική έκφραση

$$\varphi = \max \left\{ \left( 1 - \frac{0.048 A^{0.36 - 0.01 \ln A}}{d^{0.35}} \right), 0.25 \right\} \quad (6.2)$$

όπου  $A$  η έκταση σε km<sup>2</sup> και  $d$  η χρονική κλίμακα σε h. Οι *Collier and Hardaker* (1996) σημειώνουν ότι η έρευνα σε έντονα διαφορετικές περιοχές της Μεγάλης Βρετανίας έδειξε ότι η μεταβολή του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής με την έκταση και τη χρονική κλίμακα είναι η ίδια παντού. Εξ άλλου, η ίδια σχέση φαίνεται να προσαρμόζεται σε ικανοποιητικό βαθμό και σε αποτελέσματα για τις δυτικές ΗΠΑ που δίνονται σε νομογράφημα *World Meteorological Organization* (1986, σ. 103· βλ. *Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος*, 1999).

Στην Ελλάδα δεν έχει γίνει ως τώρα καμιά αντίστοιχη συστηματική μελέτη για την εξαγωγή καμπυλών μεταβολής του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής. Δεδομένου ότι οι τιμές του συντελεστή αναγωγής για δεδομένη έκταση και χρονική κλίμακα έχουν αρκετά μικρή γεωγραφική μεταβλητότητα σε σχέση με την πολύ μεγαλύτερη μεταβλητότητα των όμβριων καμπυλών, μπορεί να θεωρηθεί επιτρεπτή η χρήση της εξίσωσης (6.2) και για την Ελλάδα και ειδικότερα για τη λεκάνη του Κηφισού.

Η εφαρμογή της σχέσης (6.2) για τη συνολική έκταση λεκάνης του Κηφισού (380 km<sup>2</sup>) και για χαρακτηριστικές χρονικές κλίμακες, έδωσε τις τιμές που φαίνονται στον Πίνακα 6.1.

**Πίνακας 6.1** Χαρακτηριστικές τιμές του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής  $\varphi$  για τη λεκάνη Κηφισού (συνολική έκταση).

$d$ (h)	1	2	4	6	12	24	48
$\varphi$	0.71	0.78	0.82	0.85	0.88	0.91	0.93

## 6.3 Χωρική κατανομή χαρακτηριστικών καταιγίδων

Παρόλο που, όπως προαναφέρθηκε, οι δύο μόνο σταθμοί με συνεχώς διαθέσιμο δείγμα σε ωριαία κλίμακα για σχετικώς επαρκές χρονικό διάστημα ταυτόχρονης λειτουργίας τους δεν επιτρέπουν την εξαγωγή επιφανειακών όμβριων καμπυλών, εντούτοις η λειτουργία, την τελευταία πενταετία, μιας σειράς αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών επιτρέπει την αναπαράσταση της χωρικής κατανομής

χαρακτηριστικών ισχυρών επεισοδίων βροχής. Έτσι, στο Παράρτημα Z παρατίθεται μια σειρά χαρτών γεωγραφικής κατανομής του ύψους βροχής στη λεκάνη του Κηφισού για έξι επεισόδια βροχής.

Επισημαίνεται, ωστόσο, ότι η παράθεση αυτών των διαγραμμάτων γίνεται για ενδεικτικούς λόγους και ότι ο συντελεστής  $\rho$  δεν μπορεί να προκύψει από τέτοια διαγράμματα (π.χ. ως μέσος όρος τιμών από μερικά επεισόδια). Αντίθετα, σύμφωνα με τον ορισμό του (εξίσωση (6.1)), ο συντελεστής  $\rho$  απαιτεί να είναι γνωστή η συνάρτηση κατανομής της επιφανειακά μέσης μέγιστης έντασης βροχής.

#### 6.4 Επαλήθευση με βάση δορυφορικά δεδομένα

Όπως προαναφέρθηκε, τα δορυφορικά δεδομένα δεν έχουν ακόμη διερευνηθεί ως προς την αξιοπιστία τους αλλά θεωρούμε ότι μπορούν να αποτελέσουν βάση επαλήθευσης των βιβλιογραφικών τιμών του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής με χρήση τοπικών δεδομένων. Βέβαια, και πάλι το διαθέσιμο δείγμα είναι σχετικά μικρό (12 χρόνια) ενώ η χρονική διακριτότητα των 3 ωρών και η χωρική διακριτότητα των 609.4 km<sup>2</sup> είναι υπερβολικά μεγάλες για τη λεκάνη του Κηφισού. Έτσι, η ανάλυση που ακολουθεί έχει και πάλι ενδεικτικό χαρακτήρα.

Η πληρότητα των χρονοσειρών των δορυφορικών δεδομένων επιτρέπει την επιφανειακή ολοκλήρωση από τον κάναβο των 9 σημείων σε επιφάνειες 2, 4 και 9 κυττάρων, ή 1218.8, 2437.6 και 5484.6 km<sup>2</sup>. Διερευνήθηκαν όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί συνένωσης γειτονικών κυττάρων, ήτοι 12 συνδυασμοί με 2 κύτταρα, 4 με 4 και 1 με 9 κύτταρα. Στη συνέχεια έγινε εξαγωγή των ετήσιων μέγιστων επιφανειακών τιμών και τέλος ενοποίηση των διαφορετικών συνδυασμών ίδιας επιφάνειας. Τα ολικά και τα ισοδύναμα μήκη ενοποιημένων δειγμάτων που προέκυψαν με αυτό τον τρόπο (σύμφωνα με το γενικό πλαίσιο του εδαφίου 4.7) φαίνονται στους Πίνακες 6.2 και 6.3 για επιφάνειες με συνένωση δύο και τεσσάρων κυττάρων. Υπενθυμίζεται ότι τα αντίστοιχα μεγέθη για επιφάνεια ενός κυττάρου φαίνονται στον Πίνακα 5.11, ενώ για τη συνένωση εννιά κυττάρων δεν υπάρχει θέμα ενοποίησης και το μήκη των δειγμάτων είναι 12 για όλες τις χρονικές κλίμακες.

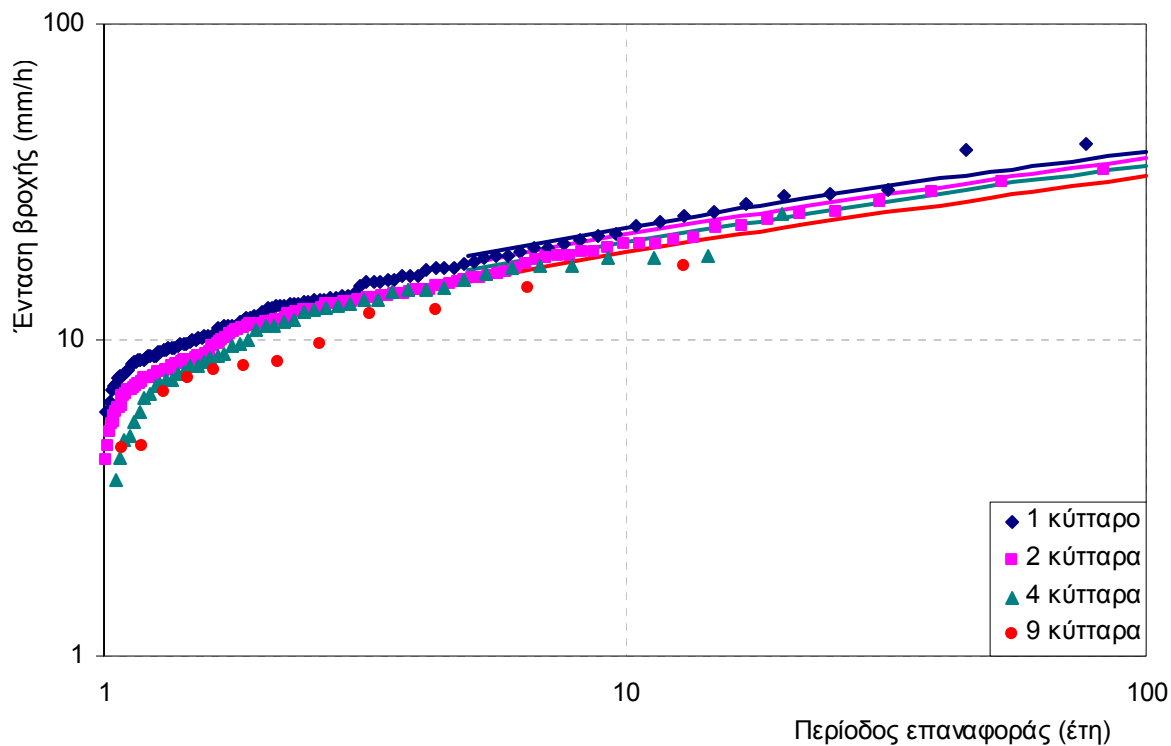
**Πίνακας 6.2** Ολικά και ισοδύναμα μήκη ενοποιημένων δειγμάτων δορυφορικών δεδομένων για επιφάνεια με συνένωση δύο κυττάρων.

Δείγμα	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h
Ολικό μήκος, $n$	144	144	144	144	144
Μέσος συντελεστής συσχέτισης, $\rho$	0.49	0.66	0.78	0.84	0.80
Εκτίμηση ισοδύναμου μήκους, $n''''_o$	82	56	41	34	38

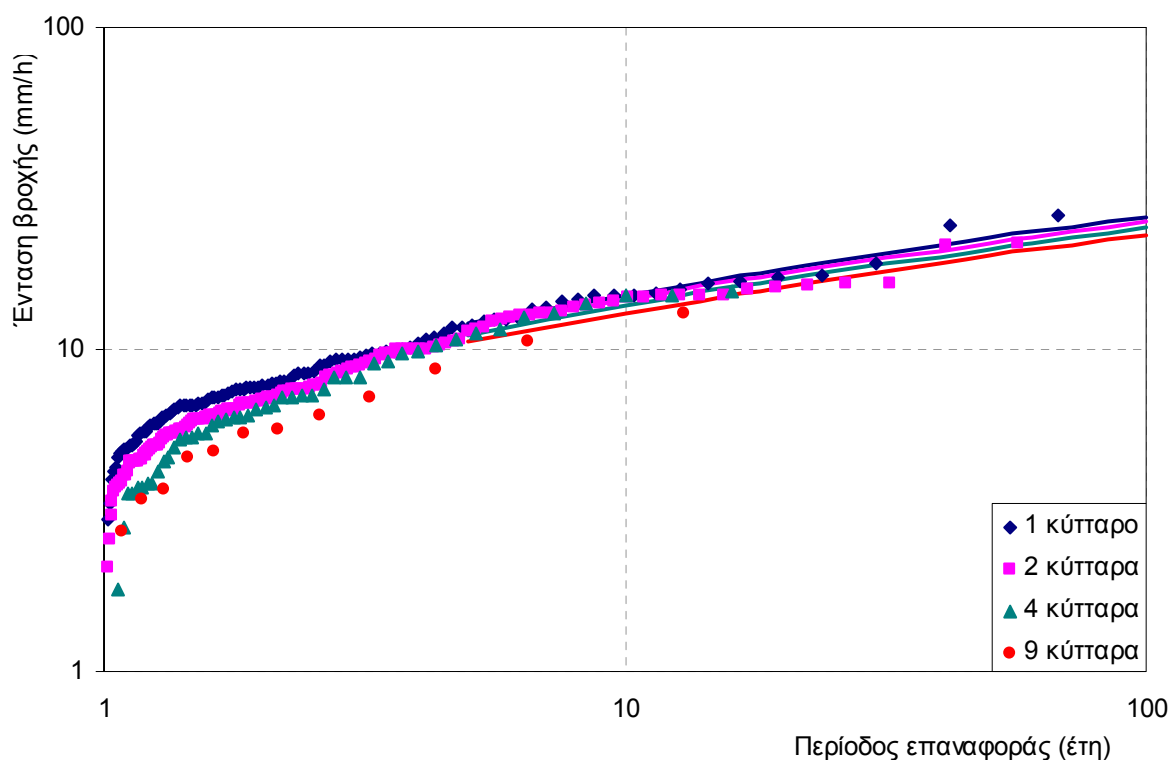
**Πίνακας 6.3** Ολικά και ισοδύναμα μήκη ενοποιημένων δειγμάτων δορυφορικών δεδομένων για επιφάνεια με συνένωση τεσσάρων κυττάρων.

Δείγμα	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h
Ολικό μήκος, $n$	108	108	108	108	108
Μέσος συντελεστής συσχέτισης, $\rho$	0.44	0.52	0.64	0.72	0.69
Εκτίμηση ισοδύναμου μήκους, $n''''_o$	76	67	53	44	47

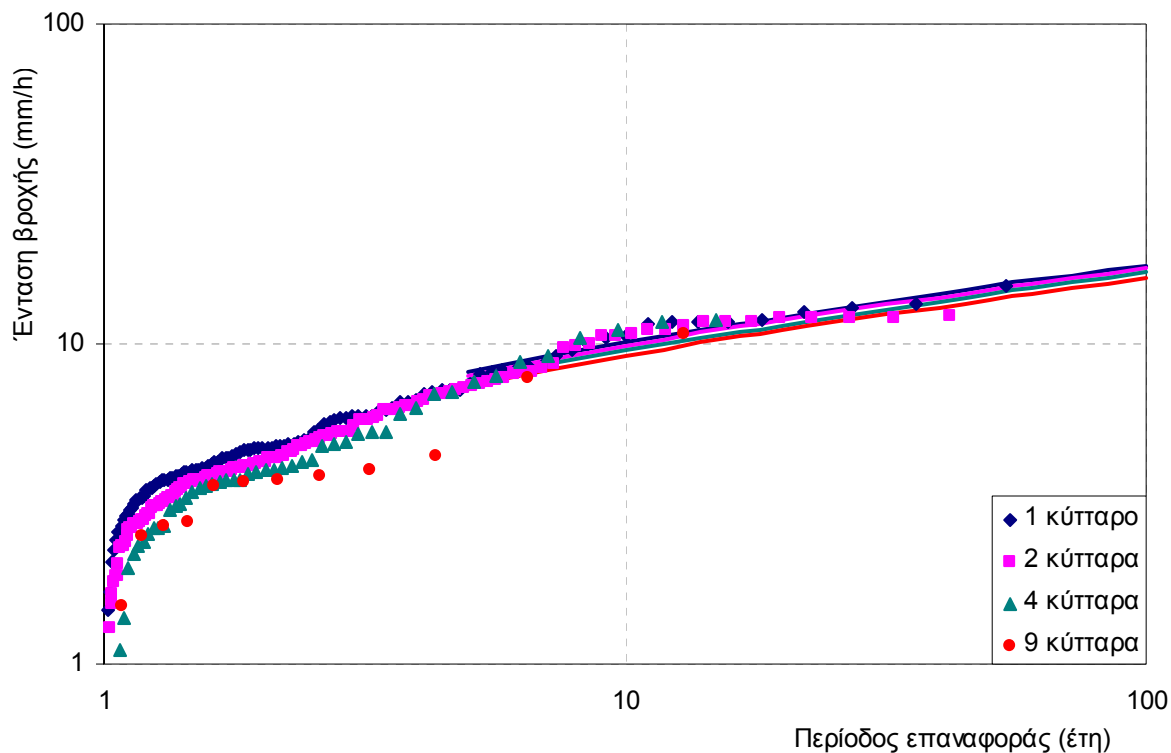
Στη συνέχεια έγινε γραφική σύγκριση των επιφανειακών όμβριων καμπυλών όπως προκύπτουν αφενός από την ολοκλήρωση των δορυφορικών χρονοσειρών και αφετέρου με την αναγωγή των σημειακών όμβριων καμπυλών με εφαρμογή του συντελεστή αναγωγής της εξίσωσης (6.2). Η σύγκριση παρουσιάζεται στα Σχήματα 6.1-6.5 για κλίμακες από 3 έως 48 h. Για την καλύτερη εποπτεία στις γραφικές συγκρίσεις ο συντελεστής κλίμακας  $\lambda'$  των σημειακών όμβριων καμπυλών επαναπροσδιορίστηκε για κάθε χρονική κλίμακα σε τρόπο ώστε η επιφανειακή καμπύλη για ένα κύτταρο να προσαρμόζεται όσο γίνεται καλύτερα σε εμπειρικές περιόδους επαναφοράς μεγαλύτερες ή ίσες των 5 ετών, που κυρίως ενδιαφέρουν το σχεδιασμό.



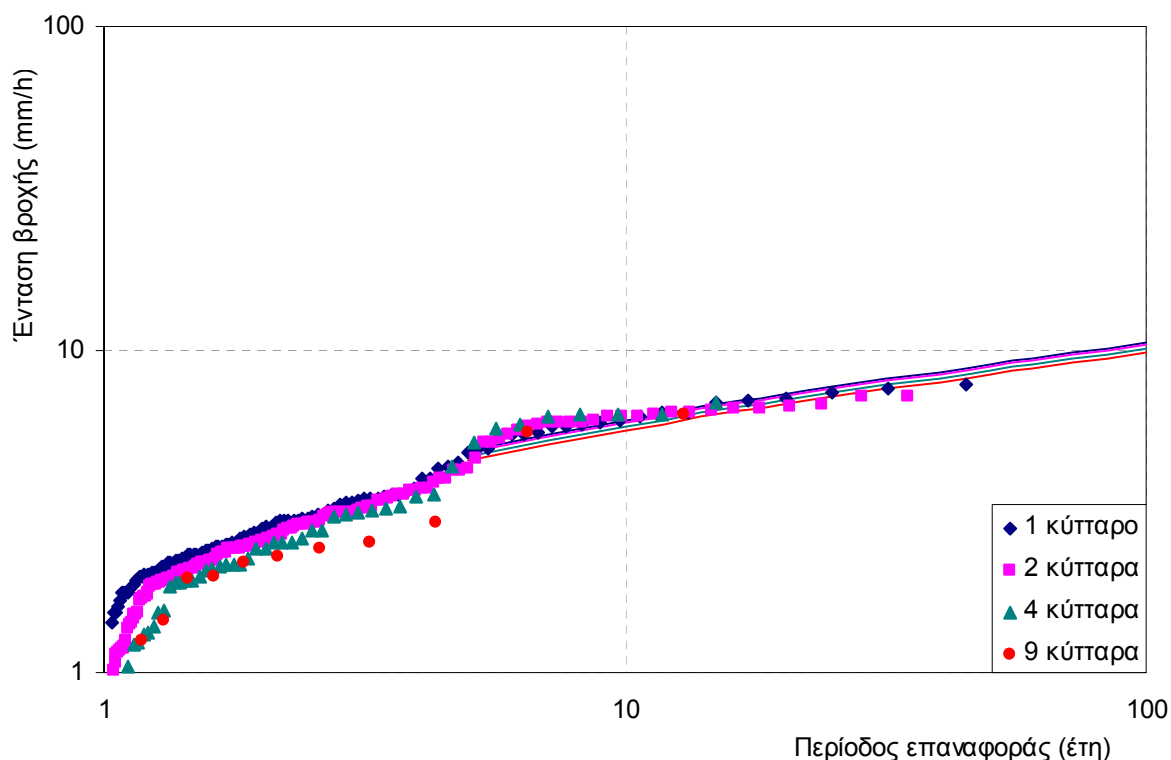
**Σχήμα 6.1** Σύγκριση επιφανειακών όμβριων καμπυλών για χρονική κλίμακα 3 h όπως προκύπτουν αφενός από την ολοκλήρωση των δορυφορικών χρονοσειρών και αφετέρου από την αναγωγή των σημειακών όμβριων καμπυλών με εφαρμογή του συντελεστή αναγωγής της εξίσωσης (6.2).



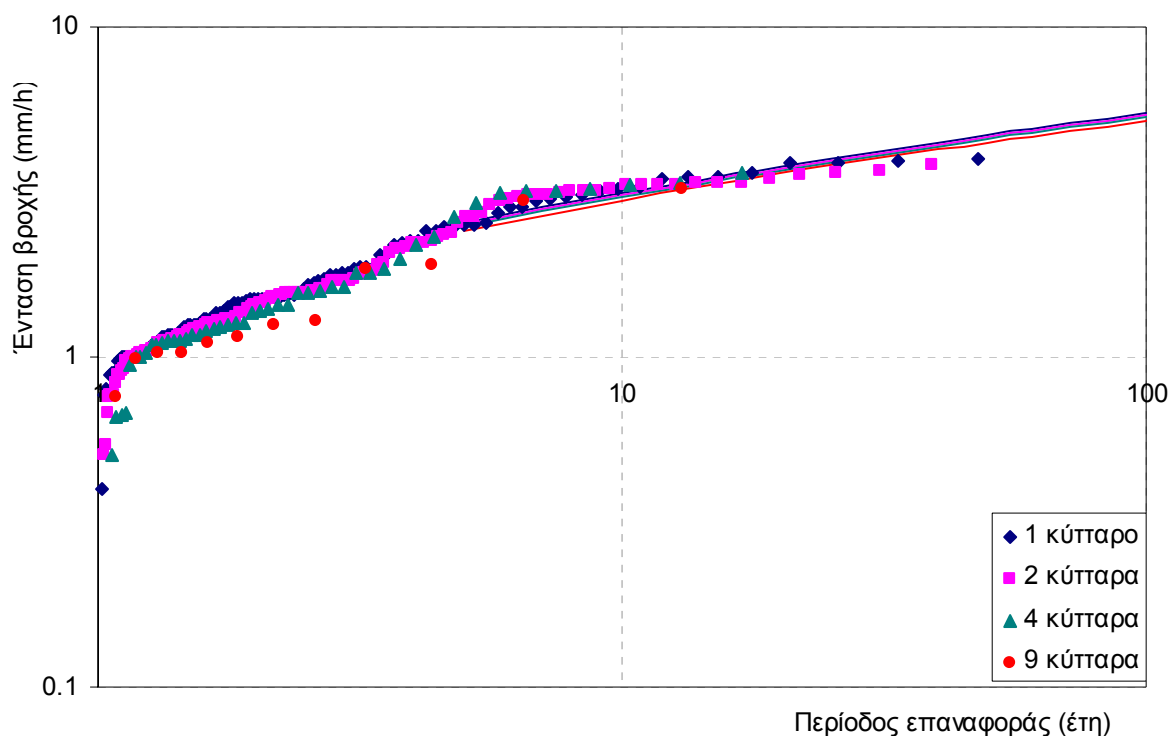
**Σχήμα 6.2** Σύγκριση επιφανειακών όμβριων καμπυλών για χρονική κλίμακα 6 h όπως προκύπτουν αφενός από την ολοκλήρωση των δορυφορικών χρονοσειρών και αφετέρου με την αναγωγή των σημειακών όμβριων καμπυλών με εφαρμογή του συντελεστή αναγωγής της εξίσωσης (6.2).



**Σχήμα 6.3** Σύγκριση επιφανειακών όμβριων καμπυλών για χρονική κλίμακα 12 h όπως προκύπτουν αφενός από την ολοκλήρωση των δορυφορικών χρονοσειρών και αφετέρου με την αναγωγή των σημειακών όμβριων καμπυλών με εφαρμογή του συντελεστή αναγωγής της εξίσωσης (6.2).



**Σχήμα 6.4** Σύγκριση επιφανειακών όμβριων καμπυλών για χρονική κλίμακα 24 h όπως προκύπτουν αφενός από την ολοκλήρωση των δορυφορικών χρονοσειρών και αφετέρου με την αναγωγή των σημειακών όμβριων καμπυλών με εφαρμογή του συντελεστή αναγωγής της εξίσωσης (6.2).



**Σχήμα 6.5** Σύγκριση επιφανειακών όμβριων καμπυλών για χρονική κλίμακα 48 h όπως προκύπτουν αφενός από την ολοκλήρωση των δορυφορικών χρονοσειρών και αφετέρου με την αναγωγή των σημειακών όμβριων καμπυλών με εφαρμογή του συντελεστή αναγωγής της εξίσωσης (6.2).

Από τις γραφικές συγκρίσεις γίνεται φανερό ότι, όπως προαναφέρθηκε, η αύξηση της περιόδου επαναφοράς οδηγεί σε ασθενή μείωση του συντελεστή επιφανειακής αναγωγής. Πράγματι, για περιόδους επαναφοράς κοντά στο 1 έτος τα σημειοσύνολα των εμπειρικών τιμών δείχνουν μεγαλύτερες μειώσεις από αυτές στις μεγάλες περιόδους επαναφοράς. Για μεγάλες χρονικές κλίμακες, 24 ή 48 ωρών και για περιόδους επαναφοράς μεγαλύτερες ή ίσες των 5 ετών, στις οποίες εστιάστηκε η σύγκριση, τόσο η εμπειρική μέθοδος, όσο και αυτή που βασίζεται στο συντελεστή αναγωγής δίνουν αμελητέες μειώσεις. Για μικρές χρονικές κλίμακες 3 ή 6 ωρών φαίνεται πως τα εμπειρικά δεδομένα δίνουν μεγαλύτερες μειώσεις από αυτές της που δίνει η χρήση της εξίσωσης (6.2). Κατά συνέπεια, θα πρέπει να θεωρηθεί ότι η χρήση της εξίσωσης (6.2) είναι υπέρ της ασφαλείας στο σχεδιασμό και τον έλεγχο των αντιπλημμυρικών έργων.

## 6.5 Χρονική κατανομή χαρακτηριστικών καταιγίδων

Παλιότερα στις μελέτες αντιπλημμυρικών έργων (και ακόμη και σήμερα οι μελέτες των δικτύων ομβρίων) ο προσδιορισμός των πλημμυρικών παροχών γινόταν με την αποκαλούμενη «ορθολογική μέθοδο», σύμφωνα με την οποία η διάρκεια της βροχής σχεδιασμού είναι ίση με το χρόνο συγκέντρωσης της λεκάνης και η έντασή της είναι σταθερή στο χρόνο. Οι σύγχρονες μεθοδολογίες για μεγάλης κλίμακας έργα επιβάλλουν την εγκατάλειψη της ορθολογικής μεθόδου και τη χρήση διαρκειών βροχής που είναι πολλαπλάσιες του χρόνου συγκέντρωσης. Υπό αυτές τις συνθήκες, η παραδοχή χρονικά σταθερής έντασης βροχής δεν είναι ρεαλιστική, οπότε αποκτά νόημα η μελέτη της χρονικής κατανομής της βροχοπτώσης.

Προκειμένου να αποκτηθεί μια ιδέα της συμπεριφοράς των βροχοπτώσεων στον Κηφισό ως προς τη χρονική τους μεταβλητότητα, στο Παράρτημα Ζ παρατίθεται μια σειρά διαγραμμάτων χρονικής κατανομής του ύψους βροχής στη λεκάνη του Κηφισού για δέκα επεισόδια βροχής (έξι από τα οποία χρησιμοποιήθηκαν επίσης για τη μελέτη της χωρικής κατανομής της βροχής).

Δεδομένου ότι τα συγκεκριμένα επεισόδια βροχής είναι ισχυρά, οι αδιαστατοποιημένες χρονικές κατανομές τους θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για την κατασκευή υετογραφημάτων σχεδιασμού. Εναλλακτικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν αδιαστατοποιημένες κατανομές από τη βιβλιογραφία, οι οποίες συνήθως έχουν προκύψει μετά από στατιστική ανάλυση πολλών επεισοδίων. Μια κατάταξη αυτών και άλλων απλοποιημένων μεθόδων γίνεται από τον *Koutsoyiannis* (1994), όπου εισάγεται και μια συνθετότερη στοχαστική μέθοδος. Η συγκεκριμένη εργασία συμπεραίνει, μετά από σύγκριση με τη στοχαστική μέθοδο, ότι οι μέθοδοι αδιαστατοποιημένων καμπυλών ενέχουν στοιχεία αυθαιρεσίας και ασυνέπειας και γι' αυτό δεν συστήνονται. Έτσι, η παράθεση αυτών των διαγραμμάτων χρονικής κατανομής ισχυρών επεισοδίων βροχής γίνεται για ενδεικτικούς λόγους και δεν συστήνεται η χρήση τους. Αντίθετα συστήνεται η χρήση μιας από τις μεθόδους που αναπτύσσονται στα δύο επόμενα εδάφια.

## 6.6 Απλουστευμένη χρονική κατανομή καταιγίδων ελέγχου

Από τις απλοποιημένες μεθόδους της πράξης θεωρούνται ως πλεονεκτικότερες και συνεπέστερες αυτές της δυσμενέστερης διάταξης του υετογραφήματος σχεδιασμού ή ελέγχου (ή *worst profile*: *U.S. Department of the Interior*, 1977, σ. 817· *Koutsoyiannis*, 1994) και η συναφής μέθοδος των εναλλασσόμενων μπλοκ (*alternating block method*: *Sutcliffe*, 1978, σσ. 31-35, *Chow et al.*, 1988, σ. 466).

Με τις μεθόδους αυτές προσδιορίζονται τα τμηματικά ύψη βροχής των επιμέρους διαρκειών με βάση την όμβρια καμπύλη της υπό μελέτη λεκάνης, που αντιστοιχεί στην περίοδο επαναφοράς μελέτης και σε χρονική κλίμακα ίση με την υπόψη διάρκεια. Τα τμηματικά ύψη βροχής διατάσσονται στη συνέχεια με τρόπο ώστε να προκύπτει ένας ρεαλιστικός και ταυτόχρονα αρκετά δυσμενής συνδυασμός, στην περίπτωση της μεθόδου των εναλλασσόμενων μπλοκ, ή ο δυσμενέστερος δυνατός συνδυασμός, δηλαδή αυτός που προκαλεί τη δυσμενέστερη αιχμή της παραγόμενης πλημμύρας, στην περίπτωση της μεθόδου της δυσμενέστερης διάταξης.

Οι μέθοδοι αυτές παρουσιάζουν σοβαρά πλεονεκτήματα έναντι άλλων απλών μεθόδων της πράξης. Πρώτον, βασίζονται αποκλειστικά σε δεδομένα που έχουν μετρηθεί στην περιοχή μελέτης (όμβριες καμπύλες) και όχι σε διαγράμματα της βιβλιογραφίας. Δεύτερον, οδηγούν σε ένα μοναδικό υετογράφημα σχεδιασμού ή ελέγχου, χωρίς να απαιτείται καμιά πρόσθετη παραδοχή. Τρίτον, έχει δείχτει μέσω σύγκρισης με πληρέστερα στοχαστικά μοντέλα (*Koutsoyiannis*, 1994) ότι τα αποτελέσματά τους είναι σαφώς πιο εύλογα και συνεπή, σε σχέση με αυτά της μεθόδου των αδιάστατων αθροιστικών καμπυλών.

Η βασική παραδοχή και των δύο μεθόδων είναι ότι, σε κάθε επιμέρους διάρκεια, το προκύπτον ύψος βροχής έχει την ίδια περίοδο επαναφοράς με το τελικό (συνολικό) ύψος βροχής. Βεβαίως, η παραδοχή αυτή δεν είναι ρεαλιστική, πράγμα που αποτελεί και το σημαντικότερο μειονέκτημα των δύο μεθόδων. Ωστόσο, όπως φαίνεται στο Παράρτημα Ζ (Σχήματα Z15-Z17, τα οποία δίνουν τη χρονική κατανομή και τις μέγιστες εντάσεις ανά χρονική κλίμακα), ενώ η χρονική κατανομή είναι έντονα μεταβαλλόμενη από επεισόδιο σε επεισόδιο και, ως εκ τούτου, ιδιαίτερα αβέβαιη, η διάταξη των μέγιστων εντάσεων ανά χρονική κλίμακα έχει σχετική συνάφεια με μια από τις όμβριες καμπύλες (για μια περίοδο επαναφοράς), βέβαια διαφορετική ανά επεισόδιο αλλά και ανά σταθμό για το ίδιο επεισόδιο. Αυτό σημαίνει ότι η παραδοχή μιας ενιαίας περιόδου επαναφοράς για όλες τις χρονικές κλίμακες είναι τουλάχιστον πιο ρεαλιστική από την υιοθέτηση μιας αυθαίρετης αδιάστατης χρονικής κατανομής.

Στη μέθοδο των εναλλασσόμενων μπλοκ, τα τμηματικά ύψη βροχής διατάσσονται σε χρονική ακολουθία με το μέγιστο στο μέσο της επιλεγμένης συνολικής διάρκειας βροχής και τα υπόλοιπα σε φθίνουσα σειρά εναλλακτικά αριστερά και δεξιά από το κεντρικό μπλοκ. Στη μέθοδο της



δυσμενέστερης διάταξης το υετογράφημα σχεδιασμού ή ελέγχου προκύπτει με την εξής μεθοδολογία: Τα τμηματικά ύψη βροχής διατάσσονται σε χρονική αντιστοιχία με τις τεταγμένες του μοναδιαίου υδρογραφήματος σε τρόπο ώστε το μέγιστο ύψος βροχής να είναι απέναντι από τη μέγιστη τεταγμένη του μοναδιαίου υδρογραφήματος, το αμέσως μικρότερο απέναντι από την αμέσως μικρότερη τεταγμένη, κοκ. Η διάταξη αυτή στη συνέχεια αντιστρέφεται και έτσι προκύπτει το τελικό υετογράφημα. Αποδεικνύεται θεωρητικά ότι η τεχνική αυτή πράγματι δίνει τη μέγιστη παροχή αιχμής, όταν συνδυαστεί με το μοναδιαίο υδρογράφημα.

Όταν υιοθετείται μία από αυτές τις μεθόδους κατάρτισης της καταιγίδας σχεδιασμού ή ελέγχου, η διάρκεια βροχής θεωρείται σημαντικό πολλαπλάσιο (αρκετά μεγαλύτερο του διπλάσιου) του χρόνου υστέρησης της λεκάνης.

Ένα παράδειγμα εφαρμογής της μεθόδου των εναλλασσόμενων μπλοκ δίνεται στα Σχήματα 6.6 και 6.7 για ολική διάρκεια βροχής 24 ωρών. Για την επιφανειακή αναγωγή των σημειακών όμβριων καμπυλών θεωρείται κατ' αρχάς ότι η καμπύλη Β είναι αντιπροσωπευτική για το 57% της λεκάνης (219 km<sup>2</sup>) και η καμπύλη Α για το υπόλοιπο 43%, πράγμα που οδηγεί σε σταθμισμένη παράμετρο  $\lambda' = 237$  (στην πραγματικότητα, στη στάθμιση θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και η διαφοροποίηση των συντελεστών απορροής στα δύο τμήματα). Στη συνέχεια χρησιμοποιείται ο συντελεστής  $\phi$  από τη σχέση (6.2). Για την κατασκευή της χρονικής διάταξης χρησιμοποιείται η μέθοδος των εναλλασσόμενων μπλοκ. Τέλος, για τον υπολογισμό του καθαρού (ή ενεργού) ύψους βροχής, δηλαδή το διαχωρισμό των υδρολογικών ελλειμμάτων από το συνολικό υετογράφημα, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της *US Soil Conservation Service* (1972· βλ. και *U.S. Department of the Interior*, 1977 καθώς και *Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος*, 1999, σ. 274-278). Η εν λόγω μέθοδος βασίζεται στις ακόλουθες παραδοχές:

- Για ένα αρχικό διάστημα  $t_{a0}$ , όλη η ποσότητα της βροχόπτωσης  $h_{a0}$  μετατρέπεται εξ ολοκλήρου σε έλλειμμα (αρχικό έλλειμμα), χωρίς να δίνει καθόλου ενεργή βροχόπτωση. Κατά συνέπεια, μετά το χρόνο  $t_{a0}$ , το μέγιστο ενεργό ύψος βροχής  $h_e$  δεν μπορεί να υπερβεί το δυνητικό μέγεθος  $h - h_{a0}$ , όπου  $h$  το ολικό ύψος βροχής.
- Το επιπλέον, πέραν του αρχικού  $h_{a0}$ , ελλειμματικό ύψος κατά τη διάρκεια μιας μεγάλης βροχόπτωσης δεν μπορεί να ξεπεράσει μια μέγιστη τιμή  $S$ , η οποία καλείται *μέγιστη δυνητική κατακράτηση* (potential maximum retention).
- Το αρχικό έλλειμμα είναι  $h_{a0} = 0.2 S$ ,
- Σε κάθε χρονική στιγμή  $t > t_{a0}$ , οι λόγοι του ενεργού ύψους βροχής  $h_e$  και του ελλειμματικού μείον το αρχικό έλλειμμα ( $h_a - h_{a0}$ ), προς τα αντίστοιχα δυνητικά μεγέθη ( $h - h_{a0}$  και  $S$ , αντίστοιχα), είναι ίσοι.

Βάσει των παραπάνω παραδοχών, προκύπτει η ακόλουθη εμπειρική σχέση:

$$h_e = \begin{cases} 0 & h \leq 0.2 S \\ \frac{(h - 0.2 S)^2}{h + 0.8 S} & h > 0.2 S \end{cases} \quad (6.3)$$

Η σχέση (6.3) εφαρμόζεται και για το τελικό ύψος βροχής της καταιγίδας αλλά και για ενδιάμεσες τιμές του, και έτσι προκύπτει η χρονική εξέλιξη του φαινομένου. Το τελικό ύψος των ελλειμμάτων μπορεί να φτάσει ασυμπτωτικά (για βροχόπτωση μεγάλου ύψους) την τιμή  $1.2 S$ .

**ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΥΕΤΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ  
ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ  
ΘΕΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ**

**ΚΗΦΙΣΟΥ  
ΕΚΒΟΛΗ**

Επιφάνεια λεκάνης (km<sup>2</sup>)

380

Περίοδος επαναφοράς ελέγχου (έτη)

100

**ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ**

Όμβρια καμπύλη:  $i = \lambda(T^k - \psi)/(1 + d/\theta)^\eta$  (i σε mm/h, T σε έτη, d σε h)

όπου	κ	0.15
	λ'	237
	ψ'	0.61
	θ	0.17
	η	0.77

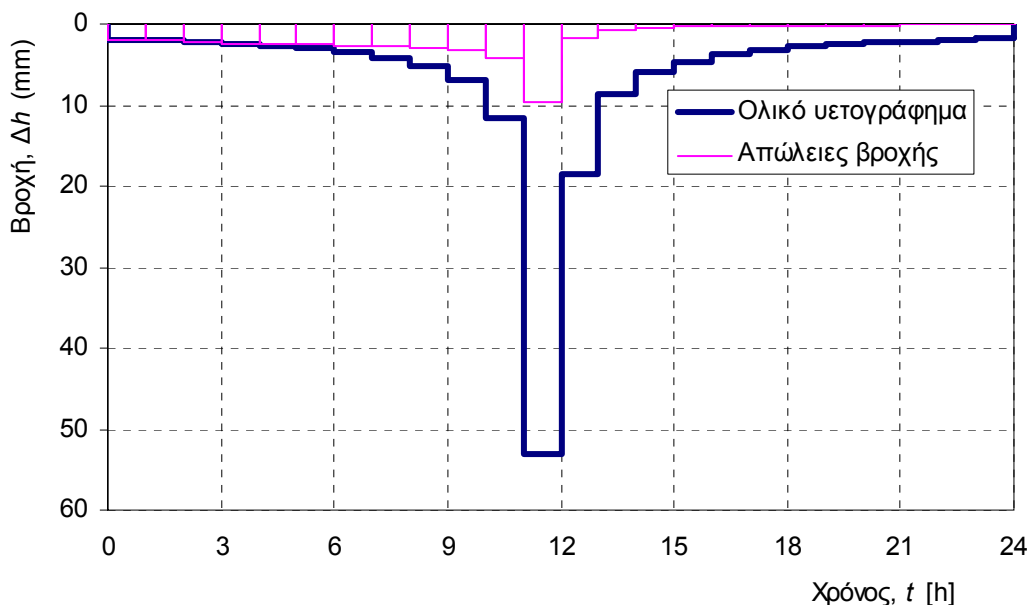
Μέθοδος κατάρτισης υετογραφήματος:

Με εναλλασσόμενα μπλοκ

Διάρκεια βροχής, D (h)	24
Χρονικό βήμα υπολογισμού, δ (h)	1
Αριθμός καμπύλης απωλειών (Curve Number/SCS), CN	85
Παράμετρος S = 25.4 (1000/CN - 10) (mm)	44.8
Ολικό σημειακό ύψος βροχής, H (mm)	173.3
Συντελεστής επιφανειακής αναγωγής, φ	0.91
Ολικό επιφανειακό ύψος βροχής, H' (mm)	157.0
Καθαρό ύψος βροχής, H* (mm)	113.6
Ολικές απώλειες	34.4%

Χρόνος t (h)	Κρίσιμο ύψος βροχής				Ολικό υετογράφημα		Καθαρό υετογράφημα	
	Αθρ. σημ. h(t) (mm)	Συντ. επιφ. αναγωγής	Αθρ. επιφ. h(t) (mm)	Μερικό Δh(t) (mm)	Μερικό Δh (mm)	Αθροιστ. h (mm)	Αθροιστ. h* (mm)	Μερικό Δh* (mm)
1	74.3	0.71	53.1	53.1	1.9	1.9	0.0	0.0
2	92.4	0.78	71.7	18.6	2.0	3.9	0.0	0.0
3	103.5	0.81	83.3	11.7	2.2	6.1	0.0	0.0
4	111.8	0.82	92.1	8.7	2.4	8.5	0.0	0.0
5	118.4	0.84	99.1	7.0	2.7	11.2	0.1	0.1
6	124.0	0.85	105.0	5.9	3.0	14.2	0.5	0.4
7	128.8	0.86	110.2	5.2	3.5	17.6	1.4	0.9
8	133.2	0.86	114.8	4.6	4.1	21.8	2.8	1.4
9	137.1	0.87	118.9	4.1	5.2	26.9	5.1	2.3
10	140.6	0.87	122.7	3.8	7.0	33.9	8.9	3.8
11	143.9	0.88	126.1	3.5	11.7	45.6	16.5	7.6
12	147.0	0.88	129.3	3.2	53.1	98.7	59.8	43.3
13	149.8	0.88	132.4	3.0	18.6	117.3	76.6	16.8
14	152.5	0.89	135.2	2.8	8.7	126.0	84.6	8.0
15	155.0	0.89	137.8	2.7	5.9	131.9	90.1	5.5
16	157.4	0.89	140.4	2.5	4.6	136.5	94.4	4.3
17	159.7	0.89	142.8	2.4	3.8	140.3	97.9	3.5
18	161.9	0.90	145.1	2.3	3.2	143.5	100.9	3.0
19	164.0	0.90	147.3	2.2	2.8	146.3	103.6	2.7
20	166.0	0.90	149.4	2.1	2.5	148.9	105.9	2.4
21	167.9	0.90	151.4	2.0	2.3	151.1	108.1	2.2
22	169.8	0.90	153.3	1.9	2.1	153.2	110.1	2.0
23	171.6	0.90	155.2	1.9	1.9	155.2	111.9	1.8
24	173.3	0.91	157.0	1.8	1.8	157.0	113.6	1.7

**Σχήμα 6.6** Παράδειγμα πινακοποιημένων υπολογισμών υετογραφήματος μελέτης (ολικού και καθαρού) για τη λεκάνη του Κηφισού.



**Σχήμα 6.7** Παράδειγμα υετογραφήματος μελέτης (ολικού και καθαρού) για τη λεκάνη του Κηφισού.

Εφόσον δεν υπάρχουν μετρήσεις απορροής, η τιμή της παραμέτρου  $S$  μπορεί να εκτιμηθεί βιβλιογραφικά. Συγκεκριμένα, η τιμή της  $S$  (σε mm) συνδέεται με μια άλλη χαρακτηριστική παράμετρο της λεκάνης, τη CN, η οποία είναι γνωστή ως *αριθμός καμπύλης απορροής* (runoff curve number), με τη σχέση:

$$S = 254 \left( \frac{100}{CN} - 1 \right) \quad (6.4)$$

Η παράμετρος CN παίρνει τιμές από 0 μέχρι 100, και επηρεάζεται από τις συνθήκες εδάφους και χρήσεις γης στη λεκάνη απορροής, καθώς τις προηγούμενες συνθήκες εδαφικής υγρασίας. Για το συγκεκριμένο παράδειγμα που δίνεται στα Σχήματα 6.6 και 6.7 θεωρήθηκε ενδεικτικά  $CN = 85$ .

## 6.7 Χρονική κατανομή με επιμερισμό μέσω στοχαστικού μοντέλου

Τα στοχαστικά μοντέλα επιτρέπουν την παραγωγή οσωνδήποτε διαφορετικών υετογραφημάτων καταιγίδας που διατηρούν τη στοχαστική δομή των παρατηρημένων βροχοπτώσεων. Αν αυτά τα υετογραφήματα τροφοδοτήσουν ένα μοντέλο βροχής-απορροής, τότε μπορεί να παραχθεί ένας ίδιος αριθμός πλημμυρογραφημάτων και να προσδιοριστεί ένα ισάριθμο πλήθος παροχών πλημμυρικής αιχμής. Στη συνέχεια μπορεί να αντιμετωπιστεί πιθανοτικά, μέσω των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων, η παροχή σχεδιασμού ή ελέγχου.

Οι όμβριες καμπύλες που έχουν καταρτιστεί μπορούν να δώσουν το συνολικό ύψος βροχής για μια καθορισμένη διάρκεια βροχής σχεδιασμού, π.χ. 24 ωρών. Χρειάζεται τότε ένα μοντέλο στοχαστικού επιμερισμού για την παραγωγή μιας σειράς υετογραφημάτων, π.χ. σε ωριαία κλίμακα, που όλα να έχουν το δεδομένο αθροιστικό ύψος βροχής 24ώρου. Ένα τέτοιο μοντέλο που επισυνάπτεται (σε ηλεκτρονική μορφή) στην παρούσα μελέτη είναι το πρόγραμμα YETOS (*Koutsoyiannis and Onof, 2001*), ένα πρόγραμμα στοχαστικού επιμερισμού βροχοπτώσεων σε λεπτή χρονική κλίμακα. Το πρόγραμμα πραγματοποιεί στοχαστική προσομοίωση της βροχόπτωσης σε μία θέση σε λεπτή χρονική κλίμακα, βασισμένη στο μοντέλο σημειακής ανέλιξης Bartlett-Lewis. Λειτουργεί σε διάφορα επίπεδα και συνδυασμούς τους (ανάλογα και με τη διαθεσιμότητα δεδομένων εισόδου), όπως σε επίπεδο επιχειρησιακής λειτουργίας ή ελέγχου, και σε επίπεδο απλής σειριακής προσομοίωσης ή επιμερισμού. Στην τελευταία περίπτωση επιμερίζει δεδομένα ημερήσια ύψη βροχόπτωσης σε ωριαίες τιμές.

Απαραίτητο για να λειτουργήσει το πρόγραμμα είναι να εκτιμηθούν οι παράμετροι του μοντέλου σημειακής ανέλιξης Bartlett-Lewis. Στην παρούσα μελέτη προσδιορίστηκαν οι εν λόγω παράμετροι από τα ωριαία δεδομένα του σταθμού Λόφου Νυμφών και δίνονται στο αντίστοιχο αρχείο εισόδου του προγράμματος, το οποίο είναι έτοιμο για λειτουργία.

## 7 Τελικά συμπεράσματα και προτάσεις

---

1. Η Οδηγία 2007/60 για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας επιβάλλει τη μελέτη όχι μόνο των πλημμυρών υψηλής πιθανότητας (π.χ. περιόδου επαναφοράς 10-50 ετών) και μέσης πιθανότητας (π.χ. περιόδου επαναφοράς 100 ετών), αλλά και των πλημμυρών χαμηλής πιθανότητας (π.χ. περιόδου επαναφοράς 1000 ετών). Η παρούσα μελέτη καλύπτει την εκτίμηση ακραίων βροχοπτώσεων περιόδου επαναφοράς μέχρι 10 000 ετών, παίρνοντας υπόψη πρόσφατο μεθοδολογικό πλαίσιο για τις «ουρές» των πιθανοτικών κατανομών των βροχοπτώσεων. Βεβαίως, οι εκτιμήσεις για τόσο μεγάλες περιόδους επαναφοράς είναι αναγκαστικά επισφαλείς. Ως προς τις χρονικές κλίμακες, η παρούσα μελέτη επεκτείνεται από την κλίμακα πενταλέπτου μέχρι την κλίμακα του 48ώρου, προκειμένου τα αποτελέσματά της να μπορούν να εφαρμοστούν με πιο σύγχρονες μεθόδους εκτίμησης πλημμυρών στη βάση μοντέλων βροχής-απορροής και με τη χρήση καταγίδων σχεδιασμού μεγάλων διαρκειών.
2. Η λεκάνη απορροής του Κηφισού είναι επαρκώς εξοπλισμένη με βροχομετρικούς σταθμούς με ικανοποιητική περίοδο λειτουργίας. Μάλιστα, στη λεκάνη αυτή ανήκει ο σταθμός με τη μεγαλύτερη σε μήκος χρονοσειρά παρατηρήσεων στην Ελλάδα (Λόφος Νυμφών, 149 χρόνια) καθώς και άλλοι σταθμοί (Ελληνικό, Φιλαδέλφεια) με μεγάλο διάστημα παρατηρήσεων (50 χρόνια). Το γεγονός αυτό επιτρέπει τη σχετικά αξιόπιστη εκτίμηση της πιθανοτικής κατανομής των βροχοπτώσεων, την κατασκευή όμβριων καμπυλών, και τη σύνθεση καταγίδων και πλημμυρογραφημάτων ελέγχου. Όμως είναι καίρια η έλλειψη εξοπλισμού ραντάρ που θα έδινε σημαντική πληροφόρηση για τη χωρική κατανομή των βροχοπτώσεων.
3. Οι διαφορετικοί σταθμοί της λεκάνης (και κυρίως οι τρεις που αναφέρθηκαν παραπάνω) εμφανίζουν εντυπωσιακή ομοιότητα ως προς τη στατιστική συμπεριφορά των βροχοπτώσεων που έχουν καταγράψει, πράγμα που επιτρέπει την ενιαία έκφραση όμβριων καμπυλών για το μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης του Κηφισού. Από άλλους σταθμούς προκύπτει ότι στις ορεινές περιοχές ή στους πρόποδες τους οι βροχοπτώσεις έχουν μεγαλύτερες εντάσεις.
4. Σε γενικές γραμμές, προκύπτει ότι τόσο οι ετήσιες μέγιστες βροχοπτώσεις για οποιαδήποτε χρονική κλίμακα ακολουθούν την Γενική κατανομή Ακραίων Τιμών (ΓΑΤ), ο συντελεστής σχήματος της οποίας έχει ίδια τιμή με αυτή που έχει προσδιοριστεί σε πολλούς σταθμούς παγκοσμίως που διαθέτουν μεγάλο μήκος ( $\kappa = 0.15$ ).
5. Οι τελικές όμβριες καμπύλες ομαδοποιούνται σε δύο, ήτοι
  - Καμπύλες Α αντιπροσωπευτικές για το πεδινό τμήμα της λεκάνης του Κηφισού (υψόμετρα μικρότερα των 200 m):

$$i(d, T) = \frac{207 (T^{0.15} - 0.61)}{(1 + d/0.17)^{0.77}}, \quad (d \text{ σε h, } i \text{ σε mm/h, } T \text{ σε έτη})$$

- Καμπύλες Β αντιπροσωπευτικές για το ορεινό και ημιορεινό τμήμα της λεκάνης (υψόμετρα μεγαλύτερα των 200 m):

$$i(d, T) = \frac{260 (T^{0.15} - 0.61)}{(1 + d/0.17)^{0.77}}, \quad (d \text{ σε h, } i \text{ σε mm/h, } T \text{ σε έτη})$$

6. Οι ακραίες βροχοπτώσεις στην περιοχή του Κηφισού, παρά το σαφώς ξηρό κλίμα της Αττικής, εμφανίζουν μεγάλες εντάσεις, συγκρινόμενες με άλλες περιοχές της χώρας, ιδίως για μικρές χρονικές κλίμακες.
7. Συγκριτικά με παλιότερες εκτιμήσεις, οι βροχοπτώσεις της παρούσας μελέτης είναι μειωμένες για επεισόδια βροχής χαμηλής πιθανότητας (για περιόδους επαναφοράς 1000 ετών ή μεγαλύτερες) αλλά είναι σχετικά αυξημένες (κατά μέσο όρο) για επεισόδια βροχής υψηλής πιθανότητας. Γενικά οι παλιότερες μελέτες εμφανίζουν μεγάλη διασπορά, κυμαινόμενες σε εύρος  $\pm 45\%$  σε σχέση με τις καμπύλες A της παρούσας μελέτης. Το εύρος αυτό δεν δικαιολογείται από τη γεωγραφική μεταβλητότητα της βροχόπτωσης και θα πρέπει να αποδοθεί στις διαφορετικές μεθοδολογίες και παραδοχές και στα μικρότερου μήκους δείγματα στα οποία είχαν στηριχτεί οι μελέτες εκείνες. Ωστόσο, οι πιο πρόσφατες από τις όμβριες καμπύλες που έχουν κατασκευαστεί για την περιοχή της Αθήνας (*Koutsogiannis and Baloutsos, 2000*), για τις οποίες χρησιμοποιήθηκε μεθοδολογία παρόμοια με αυτήν εδώ, πρακτικώς ταυτίζονται με τις καμπύλες A της παρούσας μελέτης.
8. Η ανάγκη για την μελέτη πλημμυρών χαμηλής πιθανότητας που επιβάλλεται από την Οδηγία 2007/60, σε συνδυασμό με τη δυσκολία ενίσχυσης των υφιστάμενων έργων για την κάλυψη τόσο ακραίων επεισοδίων θα απαιτήσει στο μέλλον αφενός τη λήψη μη κατασκευαστικών μέτρων για την απομείωση της πλημμυρικής διακινδύνευσης, και αφετέρου την ανάπτυξη σύνθετων μοντέλων για την προσομοίωση της διάδοσης των πλημμυρικών επεισοδίων μέσα και έξω από την κοίτη του Κηφισού και των ρεμάτων που συμβάλλουν σε αυτόν.
9. Το στοιχείο της πρόβλεψης της πλημμύρας είναι καθοριστικό για την απομείωση της πλημμυρικής διακινδύνευσης και, στην περίπτωση της Αθήνας όπου τα υφιστάμενα έργα μελετήθηκαν για πλημμύρες υψηλής πιθανότητας, αναδεικνύεται ως ιδιαίτερα σημαντικό. Κατά συνέπεια η κατασκευή ενός σύγχρονου συστήματος πρόγνωσης (με χρήση μοντέλων και σύγχρονου εξοπλισμού υδρομετρήσεων αλλά και επιφανειακών μετρήσεων της βροχής με ραντάρ) θα πρέπει να θεωρηθεί ως πρώτιστης σημασίας για την ασφάλεια των ιδιοκτησιών, των μνημείων και του πληθυσμού της πρωτεύουσας.

## Αναφορές

---

- Αντωνόπουλος, Κ., και Δ. Στυλιανόπουλος, *Υδρολογικά παρατηρήσεις*, 557 σελίδες, Υπουργείο Δημοσίων Έργων, Αθήνα, 1946.
- ΕΝΜ, *Βασικά Στοιχεία και Προτάσεις για την Επικαιροποίηση του Σχεδιασμού Αντιπλημμυρικής Προστασίας Περιοχών του Νομού Αττικής*, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Εργοδότης: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Ανάδοχος, Εξάρχου-Νικολόπουλου-Μπενσασσών Αθήνα, 2004.
- Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο, *Οδηγία 2007/60/ΕΚ Του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2007 για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας*, 2007.
- Κουτσογιάννης, Δ., *Στατιστική Υδρολογία*, Έκδοση 4, 312 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1997.
- Κουτσογιάννης, Δ. Υδρολογική Μελέτη Πλημμυρών, *Μελέτη Δίαιτας π. Ποταμού Κέρκυρας*, Αναπτυξιακή Επιχείρηση Δήμου Κερκυραίων & Γραφείο Μελετών Μ. Παπακώστα και Συνεργάτες, Κέρκυρα, 2001.
- Κουτσογιάννης, Δ., και Λ. Λαζαρίδης, Υδρολογική μελέτη πλημμυρών, *Οριστική μελέτη αποχέτευσης Κορίνθου, Μελέτη χειμάρρου Ξηριά, Εισαγωγικό μέρος*, Εργοδότης: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Ανάδοχος: Υδροεξυγιαντική, 122 σελίδες, Αθήνα, 1998.
- Κουτσογιάννης, Δ., και Ι. Μαρκόνης, Υδρολογική μελέτη λεκάνης Ξηριά Μαγνησίας, *Μελέτη επειγόντων αντιπλημμυρικών έργων χειμάρρων Ξηριά, Σεσκουλιώτη και Κακαβιώτη*, Εργοδότης: Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Μαγνησίας, Ανάδοχος: Γραφείο Μαχαίρα, Αθήνα, 2010.
- Κουτσογιάννης, Δ., και Θ. Ξανθόπουλος, *Τεχνική Υδρολογία*, Έκδοση 3, 418 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999.
- Κουτσογιάννης, Δ., Ν. Μαμάσης, και Α. Ευστρατιάδης, Υδρολογική μελέτη λεκάνης Σπερχειού, *Υδρολογική-Υδραυλική Μελέτη για την Αντιπλημμυρική Προστασία της Νέας Διπλής Σιδηροδρομικής Γραμμής κατά τη Διέλευσή της από την Περιοχή του Ποταμού Σπερχειού*, Εργοδότης: ΕΡΓΑ ΟΣΕ, Ανάδοχος: Δ. Σωτηρόπουλος, Συνεργαζόμενοι: Δ. Κουτσογιάννης, 197 σελίδες, Αθήνα, Ιανουάριος 2003.
- Κουτσογιάννης, Δ., Ι. Μαρκόνης, Α. Κουκουβίνος, και Ν. Μαμάσης, Υδρολογική μελέτη πλημμυρών Αράχθου, *Οριστική Οριοθέτηση Τμήματος Κοίτης Ποταμού Αράχθου που Διέρχεται στα Όρια του Δήμου Αρταίων*, Εργοδότης: Δήμος Αρταίων, Ανάδοχοι: ΑΔΚ - Αρώνης – Δρέττας – Καρλαύτης Σύμβουλοι Μηχανικοί ΑΕ, ΥΔΡΟΤΕΚ - Υδραυλικές Μελέτες ΑΕ, Β. Μούζος, 272 σελίδες, 2010.
- Κουτσογιάννης, Δ., Ι. Ναλμπάντης, Ν. Μαμάσης, Α. Ευστρατιάδης, Λ. Λαζαρίδης, και Α. Δανιήλ, Υδρολογική μελέτη πλημμυρών, *Τεχνικός Σύμβουλος για το έργο "Υδρευση Ηρακλείου και Αγίου Νικολάου από το φράγμα Αποσελέμη"*, Εργοδότης: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Ανάδοχος: Κοινοπραξία Αποσελέμη, Αθήνα, 2001.
- Υδραυλική, Τεχνική Έκθεσις, *Προκαταρκτική Μελέτη Δικτύων Αποχετεύσεως Ακαθάρτων και Ομβρίων Υδάτων Αχαρνών – Άνω Λιοσίων – Καματερού – Ζεφυρίου*, Εργοδότης: Οργανισμός Αποχετεύσεως Πρωτευούσης, Ανάδοχος: Υδραυλική, Αθήνα, Ιούνιος 1980.

- Castellarin, A., R. M. Vogel, and N. C. Matalas, Probabilistic behavior of a regional envelope curve, *Water Resour. Res.*, 41, W06018, doi:10.1029/2004WR003042, 2005.
- Chow, V. T., D. R. Maidment, and L. W. Mays, *Applied Hydrology*, 572 pages, McGraw-Hill, 1988.
- Collier, C. G., and P. J. Hardaker, Estimating probable maximum precipitation using a storm model approach, *J. of Hydrol.*, 183, 227-306, 1996.
- Huffman G. J., and D. T. Bolvin, TRMM and Other Data Precipitation Data Set Documentation, Laboratory for Atmospheres, NASA Goddard Space Flight Center and Science Systems and Applications, Inc., 2009.
- Hershfield, D. M., Estimating the probable maximum precipitation, *Proc. ASCE, J. Hydraul. Div.*, 87(HY5), 99-106, 1961
- Hershfield, D. M., Method for estimating probable maximum precipitation, *J. American Waterworks Association*, 57, 965-972, 1965.
- Hirsch, R. M., Helsel, D. R., Cohn, T. A., and Gilroy, E. J., Statistical analysis of hydrological data, *Handbook of Hydrology*, D. R. Maidment (ed.), McGraw-Hill, 1993.
- Koutsoyiannis, D., A stochastic disaggregation method for design storm and flood synthesis, *Journal of Hydrology*, 156, 193-225, 1994.
- Koutsoyiannis, D., A probabilistic view of Hershfield's method for estimating probable maximum precipitation, *Water Resources Research*, 35(4), 1313-1322, 1999.
- Koutsoyiannis, D., Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall, 1, Theoretical investigation, *Hydrological Sciences Journal*, 49 (4), 575–590, 2004a.
- Koutsoyiannis, D., Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall, 2, Empirical investigation of long rainfall records, *Hydrological Sciences Journal*, 49 (4), 591–610, 2004b.
- Koutsoyiannis, D., An entropic-stochastic representation of rainfall intermittency: The origin of clustering and persistence, *Water Resources Research*, 42 (1), W01401, doi:10.1029/2005WR004175, 2006.
- Koutsoyiannis, D., A critical review of probability of extreme rainfall: principles and models, *Advances in Urban Flood Management*, edited by R. Ashley, S. Garvin, E. Pasche, A. Vassilopoulos, and C. Zevenbergen, 139–166, Taylor and Francis, London, 2007.
- Koutsoyiannis, D., and G. Baloutsos, Analysis of a long record of annual maximum rainfall in Athens, Greece, and design rainfall inferences, *Natural Hazards*, 22(1), 31-51, 2000.
- Koutsoyiannis, D., and C. Onof, Rainfall disaggregation using adjusting procedures on a Poisson cluster model, *Journal of Hydrology*, 246, 109–122, 2001.
- Koutsoyiannis, D., D. Kozonis, and A. Manetas, A mathematical framework for studying rainfall intensity-duration-frequency relationships, *Journal of Hydrology*, 206(1-2), 118-135, 1998.
- Linsley, R. K., M. A. Kohler, and J. L. H. Paulhus, *Hydrology for Engineers*, 2<sup>nd</sup> Edition, McGraw-Hill, New York, 1975.
- Matalas, N. C., and W. B. Langbein, Information content of the mean, *J. Geophys. Res.*, 67(9), 3441–3448, 1962.



- Molini, A., L.G. Lanza and P. La Barbera, The impact of tipping-bucket raingauge measurement errors on design rainfall for urban-scale applications, *Hydrological Processes*, 19(5), 1073-1088, 2005.
- Stedinger, J. R., Estimating a regional flood frequency distribution, *Water Resour. Res.*, 19, 503– 510, 1983.
- Stedinger, J. R., R. M. Vogel, and E. Foufoula-Georgiou, Frequency analysis of extreme events, Chapter 18 in *Handbook of Hydrology*, edited by D. R. Maidment, McGraw-Hill, 1993.
- Sutcliffe J.V., *Methods of Flood Estimation, A Guide to Flood Studies Report*, Report No 49, Institute of Hydrology, UK, 1978.
- UK National Environmental Research Council (NERC), *Flood Studies Report*, Institute of Hydrology, Wallingford, 1975.
- US Department of the Interior, Bureau of Reclamation, *Design of Arch Dams*, U.S. Government Printing Office, Denver, CO, 1977.
- US National Research Council, *Estimating Probabilities of Extreme Floods: Methods and Recommended Research*, National Academy Press, Washington, D.C., 1988.
- US Soil Conservation Service, *National Engineering Handbook*, section 4, Hydrology, U.S. Dept. of Agriculture, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 1972.
- World Meteorological Organization (WMO), *Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation*, Operational Hydrology Report 1, 2nd edition, Publication 332, World Meteorological Organization, Geneva, 1986.
- Yevjevich, V., *Probability and Statistics in Hydrology*, Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado, 1972.
- Yule, G. U., A method of studying time series based on their internal correlations, *J. R. Stat. Soc.*, 108, 208– 225, 1945.

## Παράρτημα Α: Πίνακες μηνιαίων υψών βροχής

Πίνακας Α1 Μηνιαία ύψη βροχής σταθμού Ελληνικού (ΒΜ)													
Υδρ. Έτος	Μήνας												Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1954-55				68.9	36.9	11.5	34.5	0.3	0.0	2.3	31.3	52.7	
1955-56	217.6	85.8	5.2	26.0	46.4	59.8	12.2	19.9	2.7	0.0	0.0	1.4	477.0
1956-57	7.1	69.9	35.9	37.5	7.6	2.6	18.5	16.4	4.0	0.0	0.3	3.4	203.2
1957-58	128.3	55.5	28.8	114.2	8.2	29.7	22.2	17.5	3.1	0.0	0.0	20.3	427.8
1958-59	29.9	100.3	4.6	30.9	0.7	30.8	27.7	11.8	0.1	18.5	0.3	5.1	260.7
1959-60	31.2	23.7	34.3	51.5	10.7	22.0	25.0	7.0	10.1	0.0	14.4	6.0	235.9
1960-61	10.8	64.5	131.1	50.2	21.0	74.9	3.8	1.4	2.5	0.0	0.0	0.0	360.2
1961-62	8.4	50.0	41.3	36.2	43.9	11.0	18.8	8.0	1.0	0.7	0.0	69.3	288.6
1962-63	62.9	60.6	138.3	26.2	15.8	25.0	11.6	71.0	0.3	11.7	0.0	1.8	425.1
1963-64	98.4	58.4	46.1	89.1	38.4	11.3	17.9	1.9	14.0	0.0	1.8	5.6	382.9
1964-65	19.4	23.0	33.9	63.2	124.5	72.3	15.4	4.8	7.8	0.0	2.1	0.0	366.4
1965-66	1.4	20.2	27.6	53.1	14.5	57.7	37.7	10.6	2.4	0.0	4.5	22.6	252.3
1966-67	64.4	39.7	77.2	46.2	48.2	12.7	20.4	20.9	14.0	1.4	0.0	14.7	359.8
1967-68	130.2	77.0	42.3	91.1	42.2	28.4	9.3	7.3	15.1	0.0	4.6	0.3	447.8
1968-69	71.2	139.0	104.2	42.0	20.4	41.4	9.6	2.4	0.1	0.0	0.0	0.7	431.0
1969-70	0.0	26.4	138.5	46.8	35.2	20.0	0.9	26.2	4.2	0.0	4.3	25.1	327.6
1970-71	49.1	16.7	70.8	89.2	83.7	69.0	12.4	0.6	0.0	2.0	2.6	10.0	406.1
1971-72	10.7	20.4	91.4	83.1	64.9	17.3	57.6	17.7	0.0	51.7	73.0	2.0	489.8
1972-73	157.5	0.2	11.2	65.3	62.2	86.8	12.3	1.5	0.6	4.9	0.0	2.2	404.7
1973-74	23.6	35.3	47.5	21.6	80.6	59.4	7.6	18.1	12.0	0.0	2.9	23.6	332.2
1974-75	37.6	44.4	38.2	12.1	24.5	35.6	19.5	23.3	7.6	2.1	34.4	0.0	279.3
1975-76	16.5	43.3	148.1	41.3	109.5	40.0	20.9	12.7	1.9	0.1	45.2	12.3	491.8
1976-77	131.6	59.3	23.9	8.9	11.6	11.5	19.4	2.1	14.4	0.0	0.0	11.4	294.1
1977-78	6.6	99.0	132.5	51.8	65.4	25.6	32.6	15.2	4.9	0.0	1.0	69.4	504.0
1978-79	100.9	51.7	73.9	21.6	40.2	11.2	1.5	21.4	0.0	5.0	8.2	0.2	335.8
1979-80	90.1	90.1	36.7	25.6	11.0	89.9	26.1	8.2	14.1	0.0	7.9	0.3	400.0
1980-81	93.6	42.0	79.2	91.2	33.4	10.5	26.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	379.5
1981-82	23.2	30.6	64.4	22.9	56.0	54.6	53.7	45.3	2.5	1.6	22.0	0.0	376.8
1982-83	23.1	71.7	44.7	20.1	77.5	68.7	4.6	46.4	0.4	45.9	0.0	1.7	404.8
1983-84	44.0	104.8	68.6	43.7	45.7	76.5	112.7	0.7	0.0	25.3	6.7	0.0	528.7
1984-85	2.8	20.6	61.1	104.3	23.0	88.9	29.5	4.5	0.0	18.2	0.0	0.7	353.6
1985-86	24.5	33.0	38.7	38.2	44.9	31.2	16.6	6.9	37.1	0.0	0.0	0.0	271.1
1986-87	56.6	29.9	28.3	19.7	35.5	177.0	20.0	0.7	13.7	0.1	9.6	1.3	392.4
1987-88	41.2	94.2	36.1	43.5	129.3	78.6	14.5	9.9	2.4	0.0	0.0	4.0	453.7
1988-89	7.5	96.2	116.3	3.0	2.6	25.0	8.6	13.0	2.0	0.0	0.3	18.6	293.1
1989-90	56.6	11.5	17.4	7.8	9.8	0.7	21.9	1.3	2.9	0.0	16.1	5.0	151.0
1990-91	18.1	41.1	79.8	60.0	56.5	37.9	69.3	30.8	0.0	2.8	3.2	0.0	399.5
1991-92	32.8	15.7	112.1	2.1	17.5	69.0	17.4	40.9	20.5	0.4	0.0	0.0	328.4
1992-93	6.0	55.3	29.4	4.4	47.5	4.6	46.9	16.9	6.1	0.0	0.0	0.0	217.1
1993-94	0.0	212.8	8.6	126.0	33.2	19.7	21.4	49.5	10.0	11.8	0.0	0.0	493.0
1994-95	68.9	35.5	104.8	84.6	5.2	35.3	5.9	5.9	19.6	0.0	1.4	4.2	371.3
1995-96	9.2	76.9	61.3	33.4	56.2	30.8	7.1	1.9	0.0	0.0	21.9	29.9	328.6

Υδρ. Έτος	Μήνας												Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1996-97	37.0	17.0	83.6	74.1	5.8	12.0	64.7	0.0	2.9	0.0	1.9	0.2	299.2
1997-98	34.5	96.4	94.1	26.9	15.0	205.3	10.5	11.4	0.0	0.0	0.0	6.9	501.0
1998-99	31.2	163.5	19.6	31.8	8.6	155.8	9.2	0.7	2.7	58.0	1.6	6.9	489.6
1999-00	30.0	24.4	44.6	7.9	9.0	7.3	12.1	2.7	12.3	0.0	0.0	4.8	155.1
2000-01	6.2	93.1	27.9	25.7	36.4	20.2	28.4	0.1	1.2	11.7	0.0	2.4	253.3
2001-02	0.0	164.8	77.4	22.6	9.9	47.5	37.4	0.0	0.0	7.7	24.9	62.9	455.1
2002-03	37.9	125.1	161.7	56.8	64.7	28.7	41.4	12.2	0.0	0.0	1.3	4.0	533.8
2003-04	23.8	66.1	84.3	136.9	22.9	14.8	10.4	6.7	0.4	9.0	0.0	0.0	375.3
2004-05	40.3	43.1	76.0	86.9	52.6	10.6	1.0					5.3	
2005-06	3.3	177.0	13.9	67.5	41.5	39.2	29.3						
2006-07	0.0	23.9	0.0	0.5	41.1	49.4	5.5						
Μέση τιμή	43.4	63.9	61.5	47.9	38.7	44.5	23.1	13.2	5.5	5.9	7.0	10.2	364.8

**Πίνακας Α2 Μηνιαία ύψη βροχής σταθμού Φιλαδέλφειας (BM)**

Υδρ. Έτος	Μήνας												Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1954-55				74.0	52.5	16.3	54.3	2.4	7.2	0.2	14.6	28.4	
1955-56	244.2	144.7	6.5	43.8	77.1	61.5	19.0	1.4	0.4	0.0	0.0	4.9	603.5
1956-57	4.6	58.3	53.0	55.3	6.7	19.4	32.8	58.7	3.0	0.0	0.0	12.1	303.9
1957-58	104.8	59.5	33.2	106.0	5.5	43.1	25.8	13.6	6.6	0.3	0.0	89.9	488.3
1958-59	10.5	87.9	11.2	28.2	7.6	21.3	24.3	35.5	20.0	24.4	2.7	7.9	281.5
1959-60	41.9	30.4	30.7	73.8	18.6	19.8	29.1	14.5	3.9	1.5	13.0	8.4	285.6
1960-61	11.7	81.9	118.2	72.5	31.4	58.3	11.6	4.9	0.8	0.0	0.4	0.0	391.7
1961-62	49.5	121.7	51.4	44.4	37.2	14.6	20.9	6.1	0.9	0.4	0.0	127.9	475.0
1962-63	68.4	95.4	124.0	54.2	28.9	25.8	12.6	84.6	1.2	0.8	0.3	1.7	497.9
1963-64	113.1	54.3	42.9	84.8	43.8	18.9	17.2	34.9	57.0	0.0	0.0	13.0	479.9
1964-65	25.0	21.7	48.9	82.5	114.2	61.7	28.5	29.9	10.8	0.0	2.0	0.0	425.2
1965-66	18.0	38.7	36.4	53.9	27.4	61.1	38.9	25.0	9.9	0.0	3.7	62.0	375.0
1966-67	60.0	26.0	87.5	22.8	37.3	15.5	43.5	29.4	3.9	17.1	6.9	19.9	369.8
1967-68	114.8	70.7	48.7	99.1	69.5	34.4	6.9	46.2	16.5	0.0	3.5	2.0	512.3
1968-69	65.2	108.0	85.9	58.4	27.4	39.2	11.8	2.6	3.3	0.4	0.0	6.2	408.4
1969-70	0.0	30.5	143.8	48.5	32.4	23.2	0.9	21.3	10.5	1.7	5.5	4.5	322.8
1970-71	48.4	16.5	81.6	56.3	82.0	79.6	14.8	7.2	9.9	9.9	3.3	2.0	411.5
1971-72	24.3	22.5	78.2	125.6	58.4	11.5	91.7	21.0	2.1	29.3	34.7	19.3	518.6
1972-73	130.9	0.4	11.4	89.8	76.5	71.2	10.6	5.0	8.4	26.7	0.9	36.7	468.5
1973-74	18.5	36.5	51.7	50.4	70.1	62.6	18.2	21.4	16.5	0.0	12.2	11.7	369.8
1974-75	21.0	41.7	67.5	28.9	44.6	34.3	25.2	59.2	28.9	0.0	19.9	0.0	371.2
1975-76	12.2	72.3	126.8										
1976-77													
1977-78													
1978-79													
1979-80													
1980-81													
1981-82													
1982-83													
1983-84													
1984-85													

Υδρ. Έτος	Μήνας												9 Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8		
1985-86													
1986-87													
1987-88													
1988-89				0.0	5.4	26.9	10.1	35.7	8.6	1.0	5.2	14.9	
1989-90	132.0	13.2	17.7	1.7	17.5	0.0	9.2	3.6	0.0	0.0	14.1	10.6	219.6
1990-91	22.6	55.4	139.0	38.5	55.9	56.2	96.4	51.5	0.0	12.2	11.0	0.0	538.7
1991-92	44.9	39.2	108.1	6.6	26.8	69.0	42.1	34.7	3.0	6.0	0.0	0.0	380.4
1992-93	18.7	57.4	43.8	7.9	55.6	5.2	24.5	47.2	0.0	0.0	0.0	0.0	260.3
1993-94	0.0	145.3	23.4	124.6	24.4	38.8	24.9	30.2	7.8	14.9	0.6	0.0	434.9
1994-95	128.1	39.3	94.8	132.0	6.8	47.9	17.5	2.0	12.3	0.0	11.8	4.5	497.0
1995-96	11.9	65.1	99.6	61.0	74.7	29.5	18.1	7.5	0.0	0.0	13.6	29.6	410.6
1996-97	42.7	21.0	16.2	135.9	10.4	8.0	46.2	7.2	17.9	0.0	25.8	0.0	331.3
1997-98	20.3	54.6	112.5	31.6	15.2	163.6	14.9	36.8	0.5	0.0	0.0	2.9	452.9
1998-99	23.2	133.6	26.0	38.1	15.1	135.1	13.8	4.4	0.1	41.6	6.3	15.2	452.5
1999-00	25.0	38.1	100.0	10.4	10.4	12.2	13.7	1.0	3.0	0.0	0.0	3.6	217.4
2000-01	9.7	87.3	2.6	28.8	20.6	4.6	25.3	4.1	0.9	22.5	1.4	0.4	208.2
2001-02	0.5	149.9	77.5	41.2	15.1	50.9	33.6	17.5	0.0	9.5	85.9	125.4	607.0
2002-03	39.9	123.4	131.9	97.3	37.2	30.2	36.8	12.1	1.2	0.0	1.7	8.8	520.5
2003-04	24.0	39.8	127.4	104.6	17.9	19.8	13.6	18.4	0.3	0.0	0.0	0.0	365.8
2004-05	27.8	60.6	100.4	59.2	45.6	11.7	6.3						
2005-06	1.1	127.0	11.6	43.9	32.1	50.7	6.9						
2006-07	5.0	14.6	9.0	11.1	44.2	39.8	6.4						
Μέση τιμή	45.2	63.7	66.2	58.2	37.0	39.8	25.0	22.7	7.5	6.0	8.1	18.2	397.6

**Πίνακας Α3** Μηνιαία ύψη βροχής σταθμού Τατοΐου (BM)

Υδρ. Έτος	Μήνας												9 Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8		
1955-56				55.8	78.8	78.7	21.7	9.5	3.0	0.0	0.0	4.8	
1956-57	7.5	69.1	61.0	98.6	6.0	2.5	0.0	0.0	36.0	92.4			
1957-58		41.7	52.8	125.4	2.4	57.6	26.0	23.2	2.5	0.0	0.0	56.4	388.0
1958-59	23.1	81.9	13.2	37.6	10.7	42.0	25.1	62.9	17.2	18.4	4.5	11.4	348.0
1959-60	114.8	31.2	31.2	121.6	25.3	38.8	52.0	53.8	0.3	1.0	2.6	2.7	475.3
1960-61	8.1	86.6	159.7		59.6	55.9	10.5	8.6	5.6	0.0	0.0	0.6	
1961-62	37.1	185.2	63.4	50.2	72.7	15.1	31.6	17.4	1.0	1.0	0.0	28.4	503.1
1962-63	72.7	104.2	0.0	89.0	44.7	29.1	6.1	59.6	2.2	0.0	0.0	3.0	410.6
1963-64	146.5	61.0	59.2	123.2	59.0	14.2	1.6	1.8	43.8	0.0	0.0	98.0	608.3
1964-65	34.3	30.8	63.0	84.8	144.5	55.2	40.9	6.0	0.0	0.0	4.5	5.1	469.1
1965-66	53.5	16.0		83.4	14.2	17.6	29.4	11.0	0.0	17.2	19.4	3.0	
1966-67	103.2	76.8	19.8	24.7	41.9	23.6	41.2	6.2	0.0			41.4	
1967-68	206.7	112.0	68.4	112.6	133.1	32.9	10.2	23.6	21.2	0.0	12.7	2.0	735.4
1968-69	98.0	210.2	134.3	117.8	29.6	58.2	14.4	2.7	0.7	0.2	15.8	3.5	685.4
1969-70	0.0	34.6	83.2	53.4	30.5	16.1	2.6	11.0	24.3	19.7	1.0	25.5	301.9
1970-71	64.5	15.8	77.5	66.3	169.1	46.8	11.2	10.6	0.0	46.6	0.6	2.4	511.4
1971-72	41.3	22.8	73.6	105.2	58.8	25.6	72.0	16.5	44.0	72.5	5.9	10.2	548.4
1972-73	96.1	5.0	23.3	93.5	71.4	66.4	8.8	0.2	3.0	16.0	23.7	4.0	411.4
1973-74	27.3	24.8	34.9	66.6	115.3	73.3	3.8	22.0	27.0	0.2	1.2	4.6	401.0
1974-75	89.1	38.4	99.5	32.8	58.3	29.2	28.5	36.4	56.0	2.2	15.0	0.0	485.4

Υδρ. Έτος	Μήνας											9 Αθρ.	
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8		
1975-76	6.1	89.8	130.0	147.0	69.0	40.0	53.0	27.0	7.0	16.0	12.0	15.0	611.9
1976-77	123.7	80.4	35.0	19.0	24.6	6.0	18.0	3.0	15.0	0.0	0.0	55.0	379.7
1977-78	65.4	30.0	242.9	163.0	106.8	29.3		9.9	2.8	0.0	0.0	46.1	
1978-79	76.5	48.7	90.3	28.2	58.0	25.7	0.1	26.0	5.4	17.7	5.2	2.7	384.5
1979-80	127.8	107.4	74.2	37.2	45.7	81.7	38.2	32.3	6.8	0.0	0.0	0.6	551.9
1980-81	136.6	72.5	109.3	148.1	49.5	19.7	23.9	2.3	0.0	12.4	0.6	2.0	576.9
1981-82	2.0	29.5	91.2	0.0	73.4	83.1	0.0	0.0	3.4	0.0	0.7	0.0	283.3
1982-83	0.0	5.0	4.0	1.1	28.5	17.8	1.1	0.0		58.1	0.0	0.8	
1983-84	0.0	84.7	6.9	26.8	80.0	91.9	17.2	0.0	0.0	5.7	0.0	8.2	321.4
1984-85	28.2	17.3	307.1	15.7	42.9	7.9	15.7	20.5	0.0	1.0	31.4	26.2	513.9
1985-86	53.1	5.1	94.6	42.6	17.7	37.7	2.2	0.0	9.3	0.0	0.0	10.3	272.6
1986-87	7.4	4.1	36.9	1.2	14.2	3.9	24.0	0.0	0.0	0.0	13.3	69.5	174.5
1987-88	72.7	30.3	78.8	64.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	246.7
1988-89	0.0	0.0	0.0	11.7	4.0	47.4	11.0	5.2	21.9	33.1			
1989-90	2.9	14.6	13.2	12.8	6.5	4.9	1.1	0.0	0.0	10.8	0.6	4.8	72.2
1990-91	87.9	131.8	48.1	12.6	67.1	43.4	77.0	5.2	4.3	16.7	10.8	18.0	522.9
1991-92	58.6	154.1	30.4	55.8	32.6	43.7	23.8	34.6	8.2	0.0	0.0	17.3	459.1
1992-93	37.6	55.1	32.2	40.9	7.0	38.7	23.8	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	235.9
1993-94	81.7	51.2	44.0	158.9	20.2	25.7	18.0	28.4	23.0	0.0	0.0		
1994-95		69.6	137.6	15.9	68.2	10.7	1.5	11.4	5.0	30.7	2.3	34.8	
1995-96	97.6	78.9	42.5	99.9	32.4	25.1	0.1	27.7	0.0	4.5	16.3	49.3	474.3
1996-97	19.2	87.0	129.5	16.2	26.4	48.9	67.1	12.2	2.3	12.7	0.0	49.7	471.2
1997-98	69.6	122.6	40.3	32.0	211.6	118.5	33.8	22.9	0.0	0.0	2.8	26.9	681.0
1998-99	85.3	80.8	23.5	37.3	92.8	80.9	5.8	0.0	4.4	72.2	44.7	15.3	543.0
1999-00	75.5	93.8	42.4	11.6	20.2	11.3	2.7	2.5	0.0	0.0	0.0	28.5	288.5
2000-01	40.7	35.4	51.3	36.8	1.0	56.2	3.3	0.0	16.3	0.4	0.9	2.2	244.5
2001-02	119.6	166.5	30.1	64.2	84.3		25.8	0.0	0.4	10.8	185.7	119.5	
2002-03	80.6	171.1	63.8	119.2	68.1	53.3	30.2	11.9	0.0	10.0	23.0	12.3	643.5
2003-04	48.4	120.2	140.7	64.6	22.4	26.5	14.7	3.9	0.2	27.3	0.7	31.2	500.8
2004-05	67.3	86.1											
Μέση τιμή	61.6	68.8	70.0	63.1	53.1	38.7	20.2	13.7	8.8	13.1	10.0	20.7	441.8

**Πίνακας Α4** Μηνιαία ύψη βροχής σταθμού Νίκαιας (BM)

Υδρ. Έτος	Μήνας											9 Αθρ.	
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8		
1961-62				12.2	41.1	10.9	23.9	6.5	2.3	2.3	0.0	88.2	
1962-63	45.6	77.9	126.6	57.2	28.4	14.7	20.3	78.1	0.9	14.3	0.0	0.0	464.0
1963-64	147.7	29.6	50.7	72.1	41.7	15.4	12.7	11.7	13.3		0.1	9.1	
1964-65	20.4	14.0	42.8	64.7	126.0	66.5	26.1	13.6	7.7	0.0	4.1	0.0	385.9
1965-66	9.2	25.0	45.0	37.4	14.8	64.0	30.5	19.2	9.5	0.0	0.6	44.8	299.9
1966-67	21.9	34.0	59.7	24.2	37.6	18.1	23.2	19.4	4.8	3.2	0.0	29.1	275.2
1967-68	96.8	55.6	46.4	79.8	45.9	30.2	9.5	39.6	50.0	0.0	4.3	0.0	458.1
1968-69	64.2	79.9	85.5	47.8	25.7	45.0	11.4	0.0	0.6	0.0	0.0	21.9	381.9
1969-70	0.0	14.5	113.3	36.0	37.0	33.2	0.6	16.3	4.6	1.4	0.0	11.3	268.2
1970-71	30.4	4.7	58.3	53.9	80.3	75.6	11.2	3.8	0.0	2.3	0.0	9.1	329.6
1971-72	16.9	22.9	79.1	65.8	57.3	12.7	89.7	12.0	0.0	10.8	49.0	11.2	427.4
1972-73	152.6	3.5	9.8	58.4	59.3	56.0	5.1	1.0	0.2	6.6	0.8	2.7	356.0

Υδρ. Έτος	Μήνας												Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1973-74	26.8	17.1	47.2	32.3	42.1	71.9	14.1		0.0	0.0	5.5	11.6	268.6
1974-75	13.1	36.6	14.1	31.3	31.3	21.2	13.6	21.1	19.4	9.4	47.0	0.0	258.1
1975-76													
1976-77													
1977-78							0.0	7.9	4.2	0.0	0.0	57.0	
1978-79	71.2	36.4	111.3	16.4	49.4	13.9	0.3	24.9	0.0	2.3	0.0	0.5	326.6
1979-80	79.9	64.9	31.5	36.0	11.4	76.7	25.1	14.5	12.1	0.0	0.0	0.0	352.1
1980-81	121.9	28.0	71.7	99.2	33.3	11.1	39.9	3.3	0.1	2.8	0.7	0.0	412.0
1981-82	24.2	22.6	80.4	24.0	60.2	43.6	59.8	39.4	0.0	0.1	2.9	0.0	357.2
1982-83	22.8	60.0	85.7	8.0	43.0	34.6	3.4	24.9	2.4	6.8	2.2	0.0	293.7
1983-84	14.6	62.2	80.6	31.3	42.6	42.4	122.9	0.5	0.0	22.9	5.2	0.0	425.2
1984-85	5.3	8.1	55.9	80.9	19.8	79.3	34.3	6.7	0.4	5.8	0.0	2.1	298.6
1985-86	32.7	43.8	30.7	32.1	58.1	22.8	14.8	9.5	36.5	2.5	0.0	0.0	283.5
1986-87	45.1	21.5	19.7	15.7	5.2	77.0	73.2	2.8	37.4	0.0	10.2	0.0	307.8
1987-88	43.9	76.2	30.7	26.9	86.6	76.9	16.5	31.5	15.2	0.0	0.0	8.1	412.5
1988-89	10.4	63.8	72.0	3.8	5.8	22.3	6.8	7.2	5.7	0.7	0.0	0.4	198.9
1989-90	23.6	13.6	17.3	8.7	13.5	4.0	30.0	0.6	0.0	0.0	14.7	1.0	127.0
1990-91	20.9	39.2	114.5	32.6	75.2	51.3							
1991-92													
1992-93													
1993-94				0.0	18.0	38.4	39.0	51.2	30.7	6.8	0.0	0.0	
1994-95	93.9	31.0	84.1	65.8	1.6	55.8	1.1	0.0	0.0	0.0	33.2	13.1	379.6
1995-96	0.0	12.8	79.9	72.8	81.9	28.9	0.0	10.9	0.0	0.0	0.0	20.9	308.1
1996-97	31.5	20.5	65.3	115.5	0.8	2.7							
Μέση τιμή	44.4	35.2	62.4	43.3	41.1	39.3	25.3	16.5	8.6	3.5	6.0	11.4	337

**Πίνακας Α5 Μηνιαία ύψη βροχής σταθμού Βύρωνα (BM)**

Υδρ. Έτος	Μήνας												Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1961-62			54.3	42.1	46.5	19.2	24.7	6.5	1.3	0.8	0.0	73.2	
1962-63	58.4	75.8	155.5	46.3	13.5		0.0	54.3	0.5	8.1	0.0	0.0	
1963-64	101.6	58.9	59.2	73.2	45.2	15.3	13.2	1.5	30.3	0.0	0.0	8.7	407.1
1964-65	19.6	13.4	45.0	81.1	110.0	63.4	19.5	22.3	3.6	0.0	2.6	0.0	380.5
1965-66	1.9	20.3	33.4	41.6	15.7	49.2	17.8	29.8	0.0	0.0	0.7	26.4	236.8
1966-67	71.5	38.5	97.3	22.5	36.4	9.4	17.3	3.9	13.1	8.0	0.0	24.3	342.2
1967-68	95.1	48.9	55.7	92.9	49.2	29.7	7.3	59.3	51.5	0.0	4.1	0.3	494.0
1968-69	67.6	80.8	107.7	55.0	15.1	50.9	9.0	6.1	0.0	0.0	0.0	5.1	397.3
1969-70	0.0	13.7	133.7	47.1	44.6	17.3	0.0	15.2	9.2	3.4	0.0	14.4	298.6
1970-71	29.7	23.6	62.7	73.1	74.7	69.6	9.6	0.4	0.0	0.0	1.8	7.6	352.8
1971-72	18.0	32.7	56.8	86.2	57.2	12.3	80.3	3.5	0.0	20.0	34.2	3.6	404.8
1972-73	165.1	2.8	9.5	34.2	78.3	71.2	12.7	6.5	1.4	16.3	1.4	30.5	429.9
1973-74	22.9	24.9	37.0	35.9	89.9	51.8	9.6	30.1	24.4	0.0	18.7	15.2	360.4
1974-75	25.0	33.2	33.1	31.8	37.2	25.4	16.3	51.9	5.2	2.5	12.6	0.0	274.2
1975-76	16.5	55.9	141.9	38.5	110.2	28.9	51.8	14.5	2.4	0.0	28.5	16.8	505.9
1976-77	115.6	51.7	21.0	9.2	9.4	8.6	16.3	0.2	12.6	0.0	0.0	15.1	259.7
1977-78	4.6	128.4	110.8	47.9	52.3	22.6	38.0	11.4	1.2	0.0	0.0	58.4	475.6
1978-79	82.7	45.8	99.1	18.7	41.2	12.0	0.0	45.5	2.7	0.0	1.8	0.0	349.5

Υδρ. Έτος	Μήνας												Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1979-80	82.8	64.0	29.5	27.4	5.5	100.7	37.9	13.6	19.1	0.0	2.4	0.0	382.9
1980-81	56.2	66.1	59.5	4.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	188.6
1981-82	9.7	36.1	4.0	100.6	15.6	30.2	45.2	109.4	0.0	7.5	0.0	0.0	358.3
1982-83	43.2	33.8	70.4	0.0	0.0	4.2	3.1	9.2	0.8	2.6	6.2	0.2	173.7
1983-84		20.0	73.9	53.3	51.2	74.2	152.8	0.0	0.0	12.4	5.5	0.0	
1984-85	0.2	46.1	56.8	66.0	21.9	103.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	295.0
1985-86	104.1	217.7	158.6	10.2	68.3	9.4	10.8	2.7	72.3	2.3	0.0	0.0	656.4
1986-87	37.0	3.5	16.3	21.7	37.9	128.7	31.2	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	280.4
1987-88	36.9	49.1	22.3	74.3	149.4	76.6	13.6	24.4	23.8	0.0	0.0	2.7	473.0
1988-89	15.3	47.5	58.2	2.0	2.0	23.4	5.7	3.3	3.4	0.7	0.3	6.9	168.7
1989-90	62.1	9.9	22.2	6.2	11.1	0.0	20.1	1.2	1.5	0.0	12.5	1.3	148.1
1990-91	18.4	25.3	91.0	53.1	84.7	66.8	90.6	51.4	0.0	1.1	25.1	0.0	507.4
1991-92	42.2	36.9	112.8	3.6	31.6	91.1	38.0	42.1	7.8	1.4	0.0	0.0	407.5
1992-93	23.7	70.7	26.4	10.9	50.7	5.0	34.6	16.3	1.5	62.3	0.0	0.0	302.2
1993-94	0.0	207.0	16.3	0.0	42.0	34.4	23.9	74.8	25.7	37.5	0.0	0.0	461.6
1994-95	106.8	49.0	133.9	104.4	4.0	50.1	15.6	1.8	0.0	41.2	14.5	4.2	525.5
1995-96	8.8	83.3	70.6	79.3	67.4	27.4	30.9	7.5	0.0	0.0	12.3	24.6	412.1
1996-97	29.5	19.9	116.6	116.7	1.0								
Μέση τιμή	46.3	52.4	68.1	44.8	43.7	40.7	25.6	20.6	9.0	6.5	5.3	9.8	372.8

**Πίνακας Α6** Μηνιαία ύψη βροχής σταθμού Περιστερίου (ΒΜ)

Υδρ. Έτος	Μήνας												Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1961-62													180.4
1962-63	81.2	208.8	347.7	42.7	49.7	30.5	32.9	121.6	6.5	8.2	0.3	0.0	930.1
1963-64	242.0	49.9	82.3	89.3	68.2	31.6	0.0	21.7	66.5	0.0	0.0	92.0	743.5
1964-65	110.3	42.9	84.2	136.6	175.3	119.7	69.5	75.1	15.3	0.0			
1965-66	20.2	49.1	99.0	53.9	19.0	69.5	35.6	22.4	14.8	0.0	4.3		
1966-67				13.6	1.6	31.8	100.3	49.6	59.7	29.4	0.0	74.4	
1967-68	188.9	149.6	29.3	104.7	50.4	27.6	4.7	32.8	33.2	0.0	2.8	0.0	624.0
1968-69	52.3	76.9	91.4	49.8	27.5	45.5	10.3	0.0	5.8	1.4	0.0	13.9	374.8
1969-70	0.2	18.2	156.3	25.7	22.2	31.3	0.3	18.6	4.4	6.0	0.0	12.6	295.8
1970-71	26.4	3.8	55.2	49.5	58.5	96.0	8.3	4.8	0.5	12.0	1.5	4.8	321.3
1971-72	11.0	31.4	66.7	67.0	70.0	8.0	105.5	9.0	0.0	41.5	38.0	17.0	465.1
1972-73	117.1	3.3	13.9	37.1	34.5	30.5	3.5	5.5	1.5	11.0	1.0		
1973-74						1.0	15.9	15.0	10.3	0.0	3.0	16.0	
1974-75	11.0	0.0	37.4	24.5	31.5	26.5	18.5	13.7	13.0	0.0	37.5	0.0	213.6
1975-76	14.0	53.0	129.0	36.0	57.6	22.0	33.5	25.0	0.0	0.0	12.0	8.0	390.1
1976-77	122.0	70.0	30.0	12.0	10.0	11.5	16.0	0.0	22.0	0.0	0.0	24.0	317.5
1977-78	4.0	183.3	98.0	62.0	57.0	23.0	29.5	10.0	2.0	0.0	0.0	43.0	511.8
1978-79	80.0	28.4	75.0	15.0	49.5	13.5	0.0	21.5	0.0	0.6	0.0	0.0	283.5
1979-80	88.5	77.0	40.0	45.0	11.7	85.5	26.5	20.5	5.0	0.0	6.0	3.0	408.7
1980-81	188.0	34.3	136.5	90.0	20.1	16.0	35.5	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	521.9
1981-82	17.5	30.6	95.7	23.0	61.5	55.0	60.0	20.0	0.0	0.0	1.0	2.0	366.3
1982-83	32.0	59.0	85.3	9.0	56.0	39.0	3.5	13.0	4.7	21.0	0.2	0.0	322.7
1983-84	11.5	76.1	58.0	38.0	29.0	78.0		0.0	0.0	19.1	6.7	0.0	
1984-85	3.2	15.5	52.1	76.1	16.7	78.3	28.4	0.4	3.2	3.3	0.0	0.2	277.4

Υδρ. Έτος	Μήνας												Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1985-86	33.2	37.4	41.3	24.8	61.7	17.8	13.9	11.3	47.5	0.0	0.0	0.0	288.9
1986-87	42.1	31.0	22.0	27.4	22.6	142.8	48.1	43.9	10.0	0.0	30.0	9.2	429.1
1987-88	47.6	132.6	41.4	22.6	117.0	67.7	26.2	19.5	22.8	0.0	0.0	12.5	509.9
1988-89	20.4	51.7	84.4	4.2	9.2	22.9	5.0	20.9	8.2	3.2	0.5	0.1	230.7
1989-90	49.3	7.6	16.4	2.2	14.1	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	18.4	0.0	115.5
1990-91	21.0	39.6	109.5	36.2	86.0	59.4	101.6	38.3	2.1	2.6	4.2	0.0	500.5
1991-92	35.3	40.8	50.9	3.7	31.7	71.9	19.3	38.3	1.4	0.0	0.0	27.1	320.4
1992-93	8.0	76.9	22.8	2.7	64.0	0.8	35.1	19.9	0.0	0.0		0.0	
1993-94	0.0	189.2	24.9	103.4	21.6	45.0	24.4	56.7	10.2	8.6	0.0	0.0	484.0
1994-95	144.2	38.5	121.8	78.2	11.9	57.1	5.3	0.0	8.3	0.0	5.8	2.5	473.6
1995-96	12.5	47.5	114.8	92.2	89.4	36.4	8.4	15.0	0.0	0.0	11.3	30.8	458.3
1996-97	73.9	24.8	75.7	122.2	6.9	2.2							
Μέση τιμή	57.8	60.0	78.5	47.7	44.5	42.7	28.3	22.5	11.2	4.9	5.8	17.9	421.8

**Πίνακας Α7** Μηνιαία ύψη βροχής σταθμού Χαλανδρίου (BM)

Υδρ. Έτος	Μήνας												Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1952-53						61.8	48.8	45.1	17.1	21.2	0.0	3.6	
1953-54	112.2	19.7	4.6	111.6	67.8	37.0	51.4	56.2	58.1	0.0	0.0	6.3	524.8
1954-55	84.9	107.5	52.3	72.6	47.1	13.4	72.4	0.0	7.5	0.0	9.6	25.8	493.1
1955-56	350.2	151.9	0.0	77.8	117.8	85.0	29.7	0.0	4.3		0.0	4.2	820.9
1956-57	14.8	40.0	64.9	73.5	9.6	28.5	21.5	34.9	5.6	0.0	0.0	1.4	294.7
1957-58	98.6	59.3	41.7	162.6	27.8	53.0	73.5	28.3	0.7	0.0	0.0	71.4	616.9
1958-59	7.6	119.6	6.2	50.8	3.5	38.0	24.6	18.0	15.3	29.7	7.2	11.5	332.0
1959-60	73.7	37.2	41.7	91.5	17.7	17.5	25.7	38.5	8.7	0.0	6.4	9.3	367.9
1960-61	12.1	103.5	168.3	153.7	63.9	76.5	14.6	8.5	0.7	0.0	1.8	0.0	603.6
1961-62	55.4	65.8	66.6	49.3	56.3	19.0	31.9	18.1	1.7	1.4	0.0	153.4	518.9
1962-63	107.0	127.4	151.9	131.0	46.7	28.8	13.9	111.0	5.5	1.1	0.0	0.0	724.3
1963-64	117.6	67.0	54.3	122.1	155.1	32.7	17.2	15.4	40.8	5.0	0.0	20.4	647.6
1964-65	23.4	12.4	51.6	107.9	79.1	65.8	31.2	19.3	7.4	0.0	3.2	0.0	401.3
1965-66	3.0	27.7	30.0	64.1	15.9	54.5	20.4	37.2	9.4	0.0	2.8	0.0	265.0
1966-67	56.7	47.6	114.5	34.6	35.9	12.3	67.7	40.7	5.8	7.4	6.8	15.6	445.6
1967-68	138.6	71.0	95.9	106.6	82.2	40.1	7.1	30.0	17.7	0.0	4.1	0.1	593.4
1968-69	62.5	113.9	113.5	78.3	17.8	44.8	12.9	14.5	8.0	0.0	0.0	2.5	468.8
1969-70	0.0	19.7	149.8	47.2	50.4	16.2	0.7	24.3	4.1	15.0	0.0	20.5	347.9
1970-71	66.9	21.0	89.9	74.6	89.0	72.4	17.6	4.1	17.0	42.9	1.8	3.8	501.1
1971-72	25.5	23.9	80.6	119.0	66.5	16.2	81.4	23.9	0.4	60.5	17.5	13.8	529.2
1972-73	126.7	3.7	15.5	88.3	66.9	81.9	7.6	5.7	4.0	34.5	2.7	27.5	465.0
1973-74	29.9	33.5	42.5	52.4	101.6	50.7	14.3	26.6	16.3	0.0	1.2	17.8	386.8
1974-75	37.0	47.0	40.8	44.7	46.1	42.0	22.9	51.4	57.1	0.2	13.4	0.0	402.6
1975-76	31.5	47.0	175.9	37.1	113.1	50.8	57.9	43.6	9.5	7.7	13.6	13.4	601.1
1976-77	109.9	92.8	23.8	13.3	9.1	9.8	20.4	1.2	11.0	0.0	0.0	22.0	313.3
1977-78	2.9	95.0	233.7	99.5	80.2	27.0	40.9	14.3	5.6	0.0	0.0	51.0	650.1
1978-79	59.2	58.4	91.5	19.7	46.9	14.7	0.0	84.8	28.7	3.5	3.0	0.8	411.2
1979-80	98.6	104.1	39.6	32.5	32.5	97.4	25.8	39.7	19.2	0.0	0.1	0.0	489.5
1980-81	144.4	30.1	122.1	173.7	32.1	20.8	30.9	4.0	0.0	0.5	0.0	2.7	561.3
1981-82	20.5	33.3	92.9	15.2	93.3	62.0	56.9	43.8	0.8	0.0	4.0	2.6	425.3



Υδρ. Έτος	Μήνας												Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1982-83	42.4	75.7	59.2	7.0	109.9	56.6	4.1	11.0	14.5	19.4	28.0	0.0	427.8
1983-84	22.7	61.5	103.4	58.5	53.4	64.2	112.8	0.7	0.0	19.8	11.7	3.4	512.1
1984-85	9.5	28.8	75.4	137.9	24.5	88.6	37.2	22.5	5.0	4.1	0.6		
1985-86			0.0	21.2	65.8	26.2	15.9	11.5	50.4	2.0	0.0	0.4	
1986-87	31.7	14.9	27.6	17.0	48.9	134.7	77.6	5.4	58.6	0.0	0.0	0.0	416.4
1987-88	28.0	110.5	49.4	71.9	131.8	78.7	9.3	13.3	14.7	0.0	0.0	2.7	510.3
1988-89	11.1	103.1	71.3	2.4	7.6	0.0	0.0	54.3	26.9	0.0	0.0	6.5	283.2
1989-90	99.3	16.9	24.4	2	16.5	9.17	15.5	0	0	0	0	2.5	186.3
1990-91			0	39			5.93	39.12	1.6	3	3.9	0	
1991-92	47	58.2	73.2	12.4	41.4	84.3	42	41.5	1.9	0	0	0	401.9
1992-93					1.09	5.9	37.2	14.7	3.3	0	0.7	0	
1993-94	0	212	31.2	116	24.4	47.3	24.9	29.83	8.17	0	0	0	494.4
1994-95	99.4	78.5	123	88.1	5.33	39.5	10.8	1.2	7.3	4.8	28.2	1.8	487.8
1995-96	9.3	109	84.7	103	65.6	17.9	20.57	0	0	0	2.1	41.4	453.9
1996-97	38.8	20.4	86.4	141	16.1	18.4							
Μέση τιμή	61.2	65.1	71.3	72.6	53.1	44.1	30.81	25.64	13.19	6.6	3.96	13.03	460.6

**Πίνακας Α8 Μηνιαία ύψη βροχής σταθμού Μαρκόπουλου (ΒΜ)**

Υδρ. Έτος	Μήνας												Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1961-62				82.5	2	15.8	25.3	9.6	0.2	0.0		66.7	
1962-63	89.3					37.3	16.0	59.8					
1963-64	123.1	66.5	49.1	99.5	28.2	14.7	12.7	10.2	22.1	0.0	0.0	0.0	426.1
1964-65	5.2	49.5	40.4	104.7	95.3	92.3	23.1	44.7	6.2	0.0	2.1	0.0	463.5
1965-66	0.6	28.1	21.8	66.5	9.6	56.3	21.5	21.2	5.0	0.0	0.3	73.2	304.1
1966-67	51.1	18.2	100.1	39.4	49.9	20.8	53.3	27.9	40.5	0.2	2.5	47.5	451.4
1967-68	63.8	79.5	66.5	144.9	85.6	40.6	12.5	42.1	60.6	0.0	3.5	2.2	601.8
1968-69	125.2	119.1	105.5	64.8	20.5	32.7	2.8	0.0	0.2	0.1	0.0	1.6	472.5
1969-70	0.0	25.8	168.7	51.1	48.2	16.0	0.3	24.1	0.2	21.0	0.0	10.9	366.3
1970-71	107.7	26.6	95.6	89.6	99.8	49.0	20.1	0.7	20.3	10.4	0.2	8.1	528.1
1971-72	5.5	34.3	103.4	159.9	73.0	13.4	70.6	16.4	0.0	14.3	14.5	1.3	506.6
1972-73	141.9	0.0	16.1	127.7	97.8	70.4	7.6	3.5	0.1	10.3	13.8	3.6	492.8
1973-74	47.3	52.9	34.8	26.8	164.4	77.5	7.4	22.0	3.0	0.0	0.2	2.5	438.8
1974-75	38.0	33.9	32.0	21.3	44.8	37.6	10.5	42.5	25.9	0.0	21.3	0.0	307.8
1975-76	18.4	43.9	186.3	44.7	130.2	42.4	29.1	13.6	3.3	0.0	14.6	31.4	557.9
1976-77	158.4	55.4	57.8	14.8	41.4	12.5	26.6	0.0	10.8	0.0	0.0	16.2	393.9
1977-78	13.0	75.1	212.2	56.6	84.5	50.3	55.9	9.1	2.2	0.0	0.0	71.5	630.4
1978-79	146.7	84.3	72.0	18.3	53.9	7.5	2.3	24.8	0.7	1.5	0.0	4.5	416.5
1979-80	100.2	181.7	28.0	60.4	24.6	80.0	31.9	25.4	27.5	0.0	0.0	6.4	566.1
1980-81	116.4	64.7	98.7	178.6	41.2	15.4	28.5	2.2	0.0	0.7	0.0	0.0	546.4
1981-82	28.3	78.3	104.5	36.3	115.8	112.7	80.6	39.1	0.3	0.5	0.0	0.0	596.4
1982-83	16.0	84.5	58.3	14.8	107.0	66.0	0.2	2.2	0.9	5.2	15.2	0.7	371.0
1983-84	0.4	106.2	98.3	48.1	51.6	95.1	130.7	0.0	0.0	0.5	0.3	0.0	531.2
1984-85	8.2	22.0	148.8	119.4	38.5	102.6	29.8	3.2	0.0	17.6	0.0	0.0	490.1
1985-86	30.2	57.9	77.8	52.7	69.6	23.0	8.4	7.1	8.4	0.0	0.0	0.0	335.1
1986-87	19.5	21.3	24.1	48.8	24.0	144.9	43.4	0.5	17.5	0.0	0.0	0.0	344.0
1987-88	35.1	64.6	60.0	6.0	111.4	118.2	8.4	3.0	12.5	0.0	0.0	2.5	421.7

Υδρ. Έτος	Μήνας												Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1988-89	3.1	86.8	141.6	5.3	4.8	43.9	1.2	3.9	0.0	0.0	0.0	5.5	296.1
1989-90	14.3	14.6	32.9	0	30.6	0	18.2	0.5	0	0	0.2	0	111.3
1990-91	11.7	34	16.8	43.1	114	87.2	76.8	31.5	0	0.6	0	0	415.5
1991-92	38.8	35.7	196	16	43.2	61.2	14.4	29.8	0	0	0	0	435.2
1992-93	5.6	45.4	61.1	17.4	115	2.7	41.7	26.5	5.5	0	0	0	321.2
1993-94	0	278	19.7	98.5	57.1	33	16.5	52.1	6.6	10.2	0	0	571.2
1994-95	90.4	41.6	151	130	5.9	53.2	27.3	3.5	0	0.5	12	3.7	518.8
1995-96	15.1	58.1	75.5	114	93.4	31.7	8.7	3.2	0	0		52.2	451.6
1996-97	35	44.7	92.8	154	16.1	33.8							
Μέση τιμή	48.7	62.1	83.8	67.3	63.8	49.8	27.55	17.31	8.25	2.75	3.15	12.12	446.6

**Πίνακας Α9** Μηνιαία ύψη βροχής σταθμού Λ. Νυμφών (ΒΜ)

Υδρ. Έτος	Μήνας												Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1857-58				36.0	40.0	30.0	2.0	7.5	17.0	27.0	25.0	16.0	
1858-59	25.0	41.0	26.0	32.3	56.6	18.5					6.8	2.3	
1859-60	5.4	75.1	72.4	37.7	90.9	41.5	14.7	11.7	10.1	17.8	0.0	2.0	379.3
1860-61	25.3	67.9	64.5	14.4	1.3	34.8	10.7	76.0	21.0	1.7	9.9	1.7	329.2
1861-62	52.8	3.5	90.5	43.9	16.6	10.0	3.2	6.1	43.6	2.6	0.0	6.6	279.4
1862-63	0.0	102.9	9.1	27.3	2.6	74.0	8.6	1.8	13.9	0.0	0.1	5.4	245.7
1863-64	6.0	68.7	74.4	75.6	74.9	13.7	11.8	57.0	11.2	0.0	0.0	52.7	446.0
1864-65	140.8	241.0	41.5	45.3	110.3	44.3	10.7	0.6	0.7		4.2	5.6	645.0
1865-66	35.5	50.7	13.0	21.7	24.9	23.3	1.9	19.7	3.2	0.0	0.0	31.8	225.7
1866-67	22.6	135.6	79.6	31.1	2.6	24.1	17.6	3.5	22.1	3.6	0.8	0.5	343.7
1867-68	74.0	54.8	101.9	72.5	8.2	78.7	16.3	29.5	3.9	1.5	0.2	6.1	447.6
1868-69	69.7	113.3	24.0	48.5	16.6	69.3	44.7	28.5	12.3	2.7	19.4	28.7	477.7
1869-70	13.6	29.0	66.3	59.1	32.0	51.6	64.2	6.3	0.1	0.0	29.3	30.7	382.2
1870-71	28.8	25.0	80.7	110.8	27.5	26.2	21.6	19.9	3.1	0.0	0.1	7.5	351.2
1871-72	183.7	111.3	67.3	124.9	15.4	9.1	18.0	1.7	42.4	1.1	6.6	0.0	581.5
1872-73	26.0	113.8	79.2	5.7	37.7	51.1	17.2	77.8	6.1	1.7	4.3	17.7	438.3
1873-74	49.9	28.7	42.4	51.6	32.5	32.4	19.4	50.2	0.0	0.0	0.1	4.7	311.9
1874-75	64.7	74.1	102.5	34.0	97.7	75.0	31.5	48.3	8.0	4.8	0.0	56.2	596.8
1875-76	42.3	69.9	51.1	2.4	7.5	5.5	11.6	15.0	6.3	11.1	9.2	0.0	231.9
1876-77	35.8	95.2	12.3	11.7	27.5	37.5	7.0	32.9	19.7	4.6	33.6	13.8	331.6
1877-78	163.6	87.5	48.6	38.3	34.4	33.6	10.2	6.5	7.5	13.8	4.4	19.5	467.9
1878-79	1.7	63.1	123.0	139.8	29.8	28.3	24.1	8.5	0.0	0.0	0.0	15.7	434.0
1879-80	63.0	60.6	46.9	30.2	25.3	33.1	27.6	11.7	8.9	1.2	62.9	39.6	411.0
1880-81	16.8	27.7	35.8	90.8	93.5	41.1	3.7	17.8	0.2	35.2	0.0	8.6	371.2
1881-82	7.3	19.6	197.0	76.0	28.4	66.5	34.8	15.4	4.6	4.6		0.0	454.2
1882-83	14.0	14.4	63.9	93.7	52.2	85.7	61.2	26.3	11.3	1.8	53.5	3.5	481.5
1883-84	210.8	115.4	131.1	60.7	15.8	17.0	28.0	21.7	8.2	15.4	37.4	2.9	664.4
1884-85	4.7	96.2	51.6	112.3	66.5	86.3	15.4	6.9	28.5		0.0	3.1	
1885-86	46.2	254.2	50.7	165.9	77.7	61.9	39.5	33.6	3.7	6.8	23.2	0.0	763.4
1886-87	10.9	34.6	64.1	24.8	17.9	6.5	53.7	0.0	15.0	0.0	0.5	13.3	241.3
1887-88	58.3	131.4	44.5	33.4	42.4	14.9	10.1	60.6	0.0	0.0	9.2	15.2	420.0
1888-89	43.6	50.4	22.6	80.3	39.1	65.0	4.2	22.9	49.0	29.7	0.3	5.3	412.4
1889-90	21.6	50.3	57.8	4.5	45.8	18.2	23.6	12.7	8.7	0.0	0.0	44.7	287.9

Υδρ. Έτος	Μήνας											9 Αθρ.	
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8		
1890-91	27.0	90.8	102.7	55.3	16.9	10.3	19.6	1.0	0.0	7.8	0.0	2.1	333.5
1891-92	24.6	26.9	41.7	32.5	44.3	22.3	33.0	11.6	15.6	0.3	0.0	6.6	259.4
1892-93	4.3	43.6	34.4	86.0	32.8	26.3	33.4	9.2	1.7	0.0	3.9	11.6	287.2
1893-94	21.6	43.2	147.2	75.5	5.1	7.1	47.2	8.1	0.5	0.7	0.0	8.0	364.2
1894-95	33.1	74.1	96.2	35.8	78.2	54.9	12.9	9.2	5.2	15.9	0.0	4.9	420.4
1895-96	35.4	16.3	68.8	65.0	13.6	4.7	35.1	4.5	1.6	4.7	0.0	57.1	306.8
1896-97	13.0	172.9	52.3	64.7	6.1	9.9	9.9	23.0	101.7	1.7	15.6	23.5	494.3
1897-98	79.3	8.0	36.3	7.3	23.8	23.6	2.0	10.7	0.5	0.0	0.0	0.0	191.5
1898-99	24.7	1.5	21.6	47.4	22.4	8.2	29.8	7.9	5.7	7.1	2.8	26.2	205.3
1899-00	27.1	200.8	30.4	70.4	58.1	23.6	22.7	20.9	44.1	2.3	0.0	0.0	500.4
1900-01	8.3	37.9	71.1	30.2	49.1	7.5	11.8	20.2		1.9	13.1	15.0	
1901-02	46.0	86.7	34.8	14.9	29.7	39.5	1.2	8.1	2.2	0.0	5.8	0.1	269.0
1902-03	101.0	50.2	44.2	4.9	43.5	41.1	13.2	21.5	9.1	10.3	0.0	0.0	339.0
1903-04	10.7	26.3	138.1	127.7	22.8	16.5	12.7	34.5	8.0	0.4	0.0	16.5	414.2
1904-05	61.1	45.8	57.5	116.9	55.0	84.3	2.9	2.9	11.6	2.4	0.0	0.0	440.4
1905-06	90.7	26.4	11.1	32.7	28.3	24.7	56.6	75.7	19.2		35.3	2.5	403.2
1906-07	50.0	56.4	54.7	39.6	61.0	31.9	31.6	0.0	5.9	0.0	55.1	0.3	386.5
1907-08	0.0	33.1	48.1	41.3	17.5	37.3	4.7	24.1	2.6	1.2	0.0	70.5	280.4
1908-09	22.0	62.1	137.2	58.5	37.8	23.9	24.4	11.0	16.9	0.0	5.0	45.5	444.3
1909-10	18.5	69.9	35.1	146.6	106.8	59.3	16.9	33.6	23.0	0.0	1.8	7.7	519.2
1910-11	0.8	57.1	148.3	20.9	17.0	44.5	50.6	19.5	5.0	0.4	10.4	18.3	392.8
1911-12	15.4	107.1	84.5	39.3	67.2	21.7	18.9	16.3	8.3	13.4	0.0	0.9	393.0
1912-13	16.7	206.9	94.7	15.1	68.1	15.2	1.4	22.0	0.2	0.0		66.2	506.5
1913-14	45.7	27.3	52.3	111.8	47.8	7.4	27.8	16.9	15.7	13.4	8.6	8.5	383.2
1914-15	36.6	111.0	48.4	41.1	44.1	22.3	68.3	12.1	0.0	5.0	0.7	29.3	418.9
1915-16	29.6	20.2	4.1	28.8	46.2	28.4	18.4	26.0	0.5	4.1	0.0	4.3	210.6
1916-17	18.6	46.9	95.4	84.0	55.9	10.8	45.9	26.4	19.2	0.0	0.0	0.0	403.1
1917-18	63.0	91.0	142.1	5.9	38.2	81.4	7.5	7.7	9.0	0.8	2.5	0.0	449.1
1918-19	118.1	110.3	87.6	99.0	25.5	34.3	7.7	24.3	16.1	0.0	12.2	5.6	540.7
1919-20	67.0	33.1	45.0	41.2	50.6	20.1	31.5	60.8	5.2	13.9	6.2	0.0	374.6
1920-21	41.6	53.9	110.2	27.0	32.8	10.3	29.4	45.6	51.6	0.2	0.0	64.8	467.4
1921-22	85.4	107.2	70.1	46.5	43.8	4.9	3.2	53.8	1.2	0.0	0.0	0.6	416.7
1922-23	12.2	71.9	48.6	102.0	26.3	28.2	16.7	30.0	40.3	0.4	2.9	0.0	379.5
1923-24	7.8	26.0	70.6	58.8	40.4	32.7	0.0	20.2	22.6	0.0	12.8	33.5	325.4
1924-25	62.2	54.0	30.7	4.9	69.9	101.6	7.3	35.6	16.2	0.8	0.0	0.0	383.2
1925-26	34.4	137.1	6.1	57.0	31.2	2.1	1.3	3.7	0.4	0.3	3.0	0.0	276.6
1926-27	0.0	38.6	151.6	30.3	40.7	46.5	24.3	2.0	0.0	10.4	1.2	9.6	355.2
1927-28	92.0	0.3	72.0	104.0	29.0	76.4	7.2	2.8	0.0	0.0	2.8	0.1	386.6
1928-29	5.1	104.6	112.7	55.8	35.0	17.1	8.3	9.6	0.0	0.0	10.1	59.2	417.5
1929-30	69.0	39.5	68.3	40.8	127.6	12.3	29.4	33.7	14.9	7.3	0.9	38.1	481.8
1930-31	97.3	16.7	71.6	115.3	51.9	29.3	54.5	36.8	24.3	0.0	2.1	9.8	509.6
1931-32	10.8	20.3	165.9	29.5	22.3	91.2	12.1	1.0	3.3	0.0	1.7	0.0	358.1
1932-33	4.9	70.8	22.8	68.9	42.2	11.4	29.8	27.3	23.8	29.9	1.9	10.2	343.9
1933-34	36.8	27.9	104.6	53.4	103.9	45.2	4.3	17.4	13.8	4.4	0.0	4.2	415.9
1934-35	9.7	56.0	97.2	85.0	37.8	36.9	1.4	2.4	5.5	0.0	0.0	20.0	351.9
1935-36	30.2	28.0	86.8	70.5	58.9	31.5	6.3	47.7	73.2	1.1	11.4	1.6	447.2

Υδρ. Έτος	Μήνας											9 Αθρ.	
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8		
1936-37	89.4	114.0	68.8	8.7	36.1	12.9	11.6	97.0	1.3	17.0	1.3	13.9	472.0
1937-38	117.5	88.0	105.8	34.9	57.4	32.2	47.6	3.7	0.0	10.3	9.3	29.3	536.0
1938-39	77.6	53.9	119.0	68.4	38.3	116.6	16.9	1.7	34.3	0.0	7.8	17.9	552.4
1939-40	33.0	80.4	105.4	95.7	27.3	23.6	20.4	33.3	1.8	12.7	3.4	0.0	437.0
1940-41	26.4	63.9	42.5	31.3	55.1	7.1	9.1	9.5	8.6	0.0	0.4	0.9	254.8
1941-42	74.4	19.8	73.3	138.3	62.7	35.6	22.2	0.4	13.3	1.2	27.4	0.0	468.6
1942-43	56.2	45.8	19.8	46.9	13.4	52.7	13.3	16.1	18.4	0.0	0.0	21.7	304.3
1943-44	9.4	22.9	38.5	40.5	84.5	24.4	61.9	0.3	0.6	9.6	69.4	0.8	362.8
1944-45	41.0	9.3	91.6	81.8	10.1	24.4	22.3	0.0	0.1	0.0	0.5	2.8	283.9
1945-46	32.6	136.8	110.7	44.2	15.8	74.6	26.0	24.6	0.4	3.2	0.0	0.0	468.9
1946-47	42.1	12.9	124.1	76.5	13.2	2.3	0.8	0.9	48.8	6.0	1.1	0.0	328.7
1947-48	49.6	52.0	51.9	41.5	57.4	14.8	24.7	44.3	23.7	0.0	0.0	13.9	373.8
1948-49	0.5	36.7	23.0	67.0	17.0	33.3	9.2	0.0	38.9	39.5	0.9		
1949-50	68.6	52.1	15.0	22.5	11.5	86.5	24.3	28.7	0.4	0.0	0.0	35.7	345.3
1950-51	9.2	12.7	129.4	117.4	21.8	27.9	7.9	22.6	34.6	2.7	38.2	18.1	442.5
1951-52	35.2	68.5	49.8	39.3	51.3	73.9	0.2	34.7	3.7	1.4	0.0	2.7	360.7
1952-53	33.4	86.5	117.8	83.3	7.0	36.2	30.6	100.3	7.2	0.9	3.2	2.0	508.4
1953-54	126.2	15.6	49.0	72.2	60.8	24.8	53.8	40.9	1.1	0.0	0.0	9.3	453.7
1954-55	94.3	77.4	55.1	74.8	43.9	11.0	58.8	0.1	0.6	7.0	10.9	21.7	455.6
1955-56	260.9	112.9	9.4	30.8	56.5	71.2	20.0	3.8	2.4	0.0	0.0	5.4	573.3
1956-57	10.5	57.0	52.1	43.7	9.5	10.6	17.4	47.2	2.4	0.0	0.0	4.8	255.2
1957-58	112.4	46.8	37.0	91.5	7.5	36.1	30.1	17.1	12.2	0.0	0.0	49.4	440.1
1958-59	8.4	89.2	5.4	23.4	0.9	25.2	28.0	16.2	3.1	24.1	0.2	9.1	233.2
1959-60	27.0	32.4	38.5	71.7	19.6	22.8	24.4	4.4	6.6	0.0	18.5	9.3	275.2
1960-61	12.7	81.9	131.6	93.5	27.6	77.2	6.8	7.3	1.1	0.0	0.0	0.0	439.7
1961-62	14.3	85.5	44.0	44.8	43.4	10.6	20.5	6.9	1.8	0.5	0.0	78.7	351.0
1962-63	42.8	89.5	138.7	66.7	21.4	17.3	10.1	86.3	0.9	9.8	0.2	0.0	483.7
1963-64	143.7	47.1	55.7	73.4	36.6	18.8	10.8	3.4	32.3	0.0	0.0	12.4	434.2
1964-65	17.9	17.5	50.0	72.4	136.6	61.6	24.6	17.0	4.2	0.0	2.8	0.0	404.6
1965-66	3.7	23.7	32.4	37.0	13.6	60.6	25.7	22.5	10.5	0.0	0.9	38.0	268.6
1966-67	51.1	31.1	92.6	24.9	43.2	15.1	23.9	26.1	4.8	12.7	0.0	25.9	351.4
1967-68	112.0	56.7	61.5	80.9	52.8	30.7	9.8	48.7	60.0	0.0	3.6	0.2	516.9
1968-69	69.2	91.5	98.4	54.5	12.6	57.7	16.0	3.2	0.6	0.0	0.0	15.0	418.7
1969-70	0.1	18.3	122.9	30.1	47.0	26.3	0.9	15.9	3.8	1.5	0.0	14.9	281.7
1970-71	28.1	14.0	57.9	67.3	69.6	74.9	12.7	1.8	0.0	1.1	1.4	9.6	338.4
1971-72	20.6	24.6	79.7	70.4	64.0	14.5	92.5	10.4	0.0	12.4	22.8	7.5	419.4
1972-73	147.2	2.7	12.5	68.9	68.8	74.3	9.8	4.3	0.6	30.4	0.6	44.0	464.1
1973-74	16.2	27.5	52.3	38.1	78.2	67.3	16.0	32.8	25.1	0.0	3.6	12.6	369.7
1974-75	19.5	38.0	30.7	28.8	43.4	29.7	17.3	49.2	8.4	6.8	29.6	0.0	301.4
1975-76	22.5	73.0	144.2	38.8	117.8	30.1	38.4	15.7	2.6	0.1	17.2	13.5	513.9
1976-77	130.4	72.0	21.6	10.7	11.0	10.0	21.3	1.2	9.8	0.0	0.0	20.4	308.4
1977-78	5.8	153.9	109.6	58.6	57.7	21.0	32.9	9.6	2.3	0.0	0.0	47.3	498.7
1978-79	88.9	33.9	92.3	21.3	49.8	14.3	0.7	33.4	0.0	1.6	0.5	1.1	337.8
1979-80	101.7	75.4	36.3	33.6	12.8	86.0	34.0	12.1	23.7	0.0	2.1	0.4	418.1
1980-81	101.7	29.2	76.7	85.6	30.9	24.0	36.7	2.5	0.0	1.9	0.4	0.0	389.6
1981-82	23.1	31.8	86.5	29.4	56.6	48.7	54.0	26.6	0.3	9.8	1.2	0.1	368.1

Υδρ. Έτος	Μήνας											9 Αθρ.	
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8		
1982-83	17.9	64.2	76.1	1.9	77.4	44.3	12.3	24.8	1.4	5.2	14.6	2.5	342.6
1983-84	22.3	73.0	76.6	39.9	34.3	85.4	116.3	1.4	0.0	23.0	9.8	0.0	482.0
1984-85	0.7	19.9	50.1	75.4	27.2	84.9	32.0	9.1	0.4	5.9	0.0	1.3	306.9
1985-86	24.2	29.3	39.4	30.5	61.2	11.5	13.3	19.0	39.7	0.9	0.0	0.0	269.0
1986-87	44.9	27.8	31.6	15.0	35.6	88.2	95.2	2.7	28.2	0.0	12.8	0.0	382.0
1987-88	69.4	100.7	37.6	37.5	97.3	67.3	27.4	17.5	23.5	0.0	0.0	9.0	487.2
1988-89	3.1	102.4	83.3	3.1	3.2	33.2	5.6	3.6	4.3	1.4	0.1	0.7	244.0
1989-90	66.6	11.8	17.0	4.8	15.8	0.0	17.4	0.8	0.0	0.0	14.8	1.8	150.8
1990-91	21.0	33.6	89.3	44.0	81.0	57.0	90.0	50.0	0.0	6.0	28.0	0.0	499.9
1991-92	41.0	35.0	87.0	3.0	33.0	79.0	31.0	36.0	12.0	5.0	0.0	0.0	362.0
1992-93	32.0	55.0	24.0	15.0	48.0	7.0	39.0	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	237.0
1993-94	0.0	154.0	24.0	102.0	31.0	37.0	22.0	63.0	22.0	24.0	0.0	0.0	479.0
1994-95	110.0	38.0	109.0	100.0	4.0	38.0	9.0	6.0	1.0	13.0	8.0	5.0	441.0
1995-96	8.0	76.0	58.0	104.0	66.0	34.0	21.0	20.0	0.0	0.0	9.0	22.0	418.0
1996-97	40.0	29.0	77.0	86.0	6.0	8.0	43.0	6.0	5.0	0.0	19.0		
1997-98	37.0	57.0	117.0	18.0	24.0	156.0	20.0	21.0		0.0	0.0	5.0	
1998-99	31.0	185.0	29.0	30.0	18.0	172.0	9.0	2.0	4.0		0.0	25.0	505.0
1999-00	32.0	42.0	94.0	13.0	21.0	10.0	12.0	2.0	16.0	0.0	1.0	2.0	245.0
2000-01	9.0	120.0	23.0	56.0		8.0	59.0	2.0	1.0	14.0	2.0	0.0	294.0
2001-02	0.0	103.0	94.0	34.0	10.0	49.0	44.0	9.0	0.0		52.0	218.0	613.0
2002-03	69.0	175.0	236.0	77.0	74.0	23.0	39.0	18.0	0.0	0.0	3.0	20.0	734.0
2003-04	39.0	81.0	156.0	138.0	16.0	7.0	13.0	10.0			0.0	0.0	
2004-05	44.0	62.0	126.0	68.0	46.0	23.0	4.0	27.0	5.0	27.0	6.0	57.0	495.0
2005-06	4.0	169.0	14.0	61.0	51.0	56.0	16.0	0.0	8.0	7.0	0.0	69.0	455.0
2006-07	89.0	18.0	14.0	1.0	39.0	74.0	7.0	86.0	11.0	0.0	0.0	0.0	339.0
2007-08	82.0	35.0	34.0	28.0	12.0	35.0	73.0	2.0					
Μέση τιμή	45.47	64.98	69.13	54.23	40.7	38.2	23.81	20.79	11.48	4.95	6.96	14.82	395.2

**Πίνακας Α10 Μηνιαία ύψη βροχής σταθμού Λ.Νυμφών (ΒΓ)**

Υδρ. Έτος	Μήνας											9 Αθρ.	
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8		
1926-27							0.0	1.4	0.0	9.4	0.2	8.7	
1927-28	84.8	0.2	57.4	86.4	18.0	64.1	7.2	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	319.7
1928-29	4.5	95.1	91.5	41.2	4.1	13.2	7.6	6.0	0.0	0.0	7.8	43.6	314.6
1929-30	42.2	36.0	48.3	22.8	36.6	13.4	20.0	29.8	5.7	7.5	0.7	37.8	300.6
1930-31	93.0	16.0	67.7	92.3	45.4	24.6	49.8	34.4	23.3	0.0	1.7		
1931-32													
1932-33								25.4	19.7	28.0	1.8	5.8	
1933-34	34.6	26.1	88.0	42.2	84.5	50.4	3.8	12.6	18.6	4.0	0.0	3.5	368.2
1934-35	7.7	53.0	99.8	85.8	32.9	38.0	0.3	2.5	5.2	0.0	0.0	19.0	344.2
1935-36	17.8	30.0	68.5	60.3	48.4	27.2	4.6	40.3	57.1	1.0	10.9	1.1	367.1
1936-37	83.2	105.8	63.2	7.6	32.3	11.1	10.8	75.1	0.7	16.7	0.3	12.8	419.5
1937-38	90.5	80.9	69.1	29.1	42.4	27.4	42.4	3.4	0.0	10.2	9.3	26.5	431.0
1938-39	41.4	51.1	111.2	63.2	39.9	96.3	18.5	0.8	23.3	0.0	0.8	17.4	463.9
1939-40	30.1	72.6	86.9	92.5	30.2	21.6	20.1	30.7	9.8	12.7	3.2	0.0	410.4
1940-41	27.4	55.3	43.5	31.5	43.6	6.0	7.7	7.4	6.4	0.0	1.2	0.4	230.3
1941-42	44.9	17.0	42.5	48.6	17.6	18.8	17.6	0.2	10.5	0.7	1.4	0.1	219.8

Υδρ. Έτος	Μήνας											9 Αθρ.	
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8		
1942-43	45.9	37.8	15.9	38.7	10.3	43.3	10.4	11.3	12.5	0.0	0.0	17.0	243.2
1943-44	8.4	19.2	33.9	34.4	67.2	20.9	47.6	0.3	71.2	0.0	0.0	0.6	303.6
1944-45	31.1	8.0	6.7	0.8	8.6	18.9	19.0	0.0	0.0	0.0	0.6	2.1	95.7
1945-46	31.1	126.7	92.2	43.7	16.3	66.8	25.0	22.6	0.4	3.4	0.0	0.0	428.2
1946-47	40.7	11.6	115.4	73.1	13.3	2.3	0.6	0.9	47.1	5.3	1.3	0.0	311.6
1947-48	41.4	50.4	47.1	36.1	51.0	13.9	21.6	36.9	22.6	0.0	0.0	12.9	333.9
1948-49	0.2	18.9	21.1	57.9	13.7	27.9	9.2	0.0	36.8	38.2	0.9	146.7	371.5
1949-50	62.1	48.0	14.7	21.4	9.0	83.8	23.8	21.8	0.0	0.0	0.0	33.3	317.9
1950-51	8.5	13.0	116.6	102.6	20.1	27.4	7.8	33.3	32.4	2.5	37.5	18.3	419.8
1951-52	32.6	63.1	51.4	44.1	44.2	50.9	0.4	34.1	2.3	1.1	0.0	2.8	326.9
1952-53	18.6	79.2	93.5	68.6	7.2	31.9	7.9	92.1	7.2	0.8	3.0	2.2	412.2
1953-54	116.8	14.2	46.6	63.7	56.4	22.3	49.7	38.6	1.4	0.0	0.0	10.6	420.3
1954-55	23.9	70.4	50.7	65.8	33.5	9.7	56.6	0.0	0.8	7.7	10.2	19.3	348.5
1955-56	239.6	113.8	10.8	28.8	55.6	71.6	19.1	1.7	2.0	0.0	0.0	5.5	548.4
1956-57	10.3	54.9	52.2	44.8	20.4	3.0	17.0	42.3	1.7	0.0	0.0	4.6	251.2
1957-58	110.6	52.9	26.2	84.0	9.0	36.8	24.6	15.0	10.4	0.0	0.0	49.1	418.7
1958-59	7.3	86.3	5.1	18.1	1.1	23.5	27.5	4.5	3.4	23.8	0.2	8.9	209.5
1959-60	25.8	29.5	36.8	60.8	19.6	22.9	24.2	4.9	6.8	0.0	17.4	11.2	260.1
1960-61	12.1	74.6	125.2	88.0	28.0	70.6	6.5	7.5	1.0	0.0	0.0	0.0	413.3
1961-62	14.3	77.5	44.7	43.7	43.5	9.5	18.6	6.3	1.7	0.5	0.0	66.9	327.1
1962-63	41.1	89.4	136.6	60.1	20.7	23.0	10.8	87.2	0.4	9.3	0.0	0.0	478.5
1963-64	134.1	49.6	61.7	70.2	28.6	20.5	11.3	3.7	32.8	0.0	0.0	11.7	424.2
1964-65	17.4	16.8	46.4	68.4	131.7	59.1	25.0	17.1	4.6	0.0	2.7	0.0	389.1
1965-66	3.4	22.0	29.3	33.0	13.6	57.6	24.9	22.3	10.8	0.0	0.9	36.0	253.8
1966-67	48.7	30.4	73.5	24.5	42.7	15.0	25.6	23.3	5.5	12.4	0.0	25.0	326.5
1967-68	109.0	55.8	59.4	76.0	56.2	29.5	13.3	44.6	59.0	0.0	2.4	0.3	505.4
1968-69	68.0	84.0	97.5	52.4	18.6	49.6	16.3	3.8	0.5	0.0	0.0	14.9	405.3
1969-70	0.0	16.7	119.2	37.9	37.1	28.6	0.6	18.0	1.1	1.1	0.0	14.5	275.0
1970-71	27.6	13.5	54.2	66.8	73.5	70.3	11.6	3.1	0.6	1.8	1.2	8.3	332.4
1971-72	20.4	22.7	76.9	66.0	40.1	11.9	84.9	10.0	0.0	11.4	19.7	3.6	367.6
1972-73	139.5	0.1	10.0	64.3	62.8	67.5	9.5	2.8	0.9	28.1	0.5	29.9	415.7
1973-74	14.9	25.1	49.4	37.6	51.7	47.9	15.7	21.6	25.4	0.0	1.4	11.2	301.9
1974-75	17.5	34.3	29.2	22.2	41.6	24.7	15.7	38.4	7.9	6.3	27.6	0.0	265.2
1975-76	21.5	67.4	141.7	24.6	111.2	27.8	38.6	15.5	3.2	0.6	17.5	13.5	483.2
1976-77	129.8	64.3	22.8	10.2	10.7	10.5	21.6	1.2	10.1	0.0	0.0	20.6	301.7
1977-78	5.9	18.4	63.0	60.4	29.6	21.2	34.0	11.5	2.9	0.0	0.0	46.4	293.2
1978-79	82.7	19.5	82.3	20.2	43.5	8.0	0.7	34.2	0.0	1.6	0.8	1.2	294.7
1979-80	93.1	42.0	34.6	32.9	11.8	54.4	29.8	12.1	23.1	0.0	2.0	0.4	336.1
1980-81	97.0	28.4	73.0	80.9	29.6	25.0	33.0	2.8	1.9	0.0	0.0	0.0	371.5
1981-82	21.6	31.3	45.7	26.5	23.0	48.4	40.5	25.9	0.0	0.0	0.0	0.0	262.8
1982-83	17.4	70.5	81.0	2.5	80.5	43.5	12.1	22.1	1.8	5.3	13.2	2.3	352.1
1983-84	0.2	58.6	70.9	38.9	34.9	0.0	110.7	1.4	0.0	22.0	10.4	0.0	348.0
1984-85	1.1	18.8	47.4	68.3	26.5	86.4	28.9	9.3	0.6	5.8	0.0	1.2	294.3
1985-86	23.3	28.6	37.9	29.7	56.0	6.2	13.5	19.2	37.7	0.9	0.0	0.0	252.9
1986-87	24.9	14.7	27.6	15.9	33.8	84.8	89.1	2.9	27.8	0.1	12.7	0.0	334.1
1987-88	67.7	98.7	36.9	37.5	31.5	66.0	26.2	19.7	10.6	0.0	0.0	8.3	403.0

Υδρ. Έτος	Μήνας												9 Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8		
1988-89	20.9	83.2	80.2	3.0	3.4	40.8	5.3	3.4	4.3	1.4	0.0	0.7	246.7
1989-90	62.2	11.7	17.7	4.9	15.7	0.1	12.6	0.6					
1990-91								23.3	0.0	4.6	25.5	0.0	
1991-92	38.9	36.2	79.9	2.8	20.4	79.0	31.9	34.8	3.1	4.7	0.0	0.0	331.9
1992-93	32.4	48.2	25.5	13.2	47.6	6.5	38.4	16.4	0.0	0.0	0.2	0.0	228.3
1993-94	0.0	89.4	20.9	93.7	29.8	36.2	21.0	52.8	21.6	13.4	0.0	0.0	378.8
1994-95	108.3	34.8	98.8	98.1	3.6	38.8	8.2	4.5	0.3	0.9	1.8	4.9	403.1
1995-96	7.7	78.9	53.5	99.6	64.7	32.3	20.1	19.8	0.0	0.0	9.0	21.3	406.8
1996-97	43.4	27.8	50.0										
1997-98						149.5	20.5	20.6	1.0	0.0	0.0	5.1	
1998-99	33.0	186.8	30.2	30.4	17.8	172.2	9.1	1.5	0.4	45.1	0.0	24.8	551.2
1999-00	31.8	41.7	93.7	13.2	20.9	9.9	12.2	2.4	16.0	0.0	1.3	0.2	243.2
2000-01	9.2	119.7	28.7	51.2	45.2	7.5	58.9	1.7	0.7	13.5	1.7	0.0	338.0
2001-02	0.4	103.3	95.5	33.3	10.4	49.3	44.4	8.8	0.0	91.2	52.1	218.0	706.6
2002-03	69.0	174.7	235.8	76.7	73.7	22.7	38.8	17.6	0.0	0.0	3.4	20.2	732.5
2003-04	38.8	82.9	154.3	138.4	16.4	6.9	14.0	9.5	0.4	0.0	0.0	0.0	461.6
2004-05	44.4	61.5	126.0	68.0	45.6	22.8	3.7	27.3	4.7	26.6	5.9	57.5	494.0
2005-06	4.4	167.4	14.0	61.3	50.5	56.3	15.8	0.0	8.0	7.0	0.0	68.5	453.2
2006-07	89.0	18.5	13.6	0.9	38.5	73.6	6.6	85.7	10.9	0.0	0.0	0.0	337.3
2007-08	81.6	34.9	34.2	27.5	11.6	36.2	71.7	1.9	6.8	0.0	2.5	41.8	350.7
2008-09	30.3	33.4	63.19	80.29	44.6	90.39	32.39	3.5	0.7	1.9	0.3	80.09	461.1
2009-10	73.59	46.1											
Μέση τιμή	44.68	53.05	62.4	48.65	34.69	38.31	23.25	17.97	9.87	6.13	4.08	17.48	360.6

**Πίνακας Α11 Μηνιαία ύψη βροχής σταθμού Αγ. Τριάδας (BM)**

Υδρ. Έτος	Μήνας												9 Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8		
2001-02				210.0	84.0	101.0	222.0	39.0	0.0	15.0	23.0	129.0	
		171.											
2002-03	102.0	0	346.0	148.0	433.0	154.0	91.0	14.0	0.0	0.0	38.0	39.0	1536
2003-04	43.0	43.0	320.0	321.0	48.0	33.0	66.0	20.0	16.0	0.0	0.0	0.0	910
2004-05	45.0	80.0	330.0	265.0	225.0	55.0	14.0	59.0	10.0	23.0	6.0	114.0	1226
		341.											
2005-06	47.0	0	32.0	242.0	95.0	129.0	35.0	2.0	17.0	13.0	0.0	53.0	1006
2006-07	332.0	44.0	36.0										
2007-08											21.0	49.0	
2008-09	1.0	88.0	144.0	180.0	88.0	153.0	42.0	47.0	21.0	30.0	0.0	134.0	928
2009-10	119.0	34.0											
		114.											
Μέση τιμή	98.4	4	201.3	227.7	162.2	104.2	78.3	30.2	10.7	13.5	12.6	74.0	1127.5

**Πίνακας Α12** Μηνιαία ύψη βροχής σταθμού Αγ. Κοσμά (ΒΓ)

Υδρ. Έτος	Μήνας												Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
2004-05						22.8	1.4	18.6	2.4	28.2	0.2	61.4	
2005-06	5.8	184.8	13.0	77.8	69.0	45.6	32.6	0.0	26.6	4.0	0.4	27.2	486.8
2006-07	99.8	28.2	11.0	1.4	53.0	53.2	7.6	65.2	6.6	0.4	0.0	0.0	326.4
2007-08	66.6	29.6	42.6	16.0	15.0	44.8	70.8	4.4	5.6	0.0	2.4	41.8	339.6
2008-09	4.0	36.6	67.2	86.0	38.0	44.4	27.6	1.6	0.0	1.0	11.6	38.2	356.2
2009-10	55.0	26.0	53.4										
Μέση τιμή	46.2	61.0	37.4	45.3	43.8	42.2	28.0	18.0	8.2	6.7	2.9	33.7	296.4

**Πίνακας Α13** Μηνιαία ύψη βροχής σταθμού Άνω Λιοσίων (ΒΓ)

Υδρ. Έτος	Μήνας												Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
2005-06						52.4	7.0	0.2	12.0	20.2	0.0	72.2	
2006-07	171.8	41.6	15.6	5.8	63.8	80.0	12.4	64.8	4.6	0.0	0.0	0.2	460.6
2007-08	133.6	46.0	38.2	28.8	50.4	46.0	61.0	1.2	11.0	0.2	28.6	26.2	471.2
2008-09	0.8	56.6	88.6	87.8	40.2	56.6	17.4	19.8	8.4	4.4	5.0	59.6	445.2
2009-10	65.4	55.4	46.6										
Μέση τιμή	92.9	49.9	47.3	40.8	51.5	58.8	24.5	21.5	9.0	6.2	8.4	39.6	341.7

**Πίνακας Α14** Μηνιαία ύψη βροχής σταθμού Γαλατσίου (ΒΓ)

Υδρ. Έτος	Μήνας												Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
2004-05									1.2	16.2	6.2	118.2	
2005-06	14.0	192.6	33.6	51.0	48.4	62.6	17.8	0.2	29.4	4.8	0.4	88.6	543.4
2006-07	117.8	21.8	13.8	3.4	70.8	57.4	6.0	46.0	7.0	0.0	0.0	0.0	344.0
2007-08	91.2	34.0	51.0	26.0	20.4	40.2	59.4	1.2	2.0	0.0	7.6	21.6	354.6
2008-09	2.6	27.2	80.8	86.6	44.4	52.0	13.2	11.4	0.4	30.4	8.8	51.4	409.2
2009-10	104.4	38.8	52.8										
Μέση τιμή	66.0	62.9	46.4	41.8	46.0	53.1	24.1	14.7	8.0	10.3	4.6	56.0	433.9

**Πίνακας Α15** Μηνιαία ύψη βροχής σταθμού Ηλιούπολης (ΒΓ)

Υδρ. Έτος	Μήνας												Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
2004-05								30.8	9.6	31.0	0.2	66.0	
2005-06	11.6	341.8	30.6	120.6	60.8	37.6	15.0	0.0	15.2	0.0	0.0	20.8	654.0
2006-07	161.0	34.6	14.8	2.8	68.0	50.2	3.8	109.0	9.4	0.2	0.0	0.0	453.8
2007-08	95.8	32.6	67.8	28.2	26.0	65.4	73.8	5.6	4.4	0.0	1.6	39.2	440.4
2008-09	6.6	39.8	101.8	102.0	54.4	63.8	35.0	5.6	0.0	5.4	4.2	52.8	471.4
2009-10	79.0	35.2	64.0										
Μέση τιμή	70.8	96.8	55.8	63.4	52.3	54.3	31.9	30.2	7.7	7.3	1.2	35.8	507.5

**Πίνακας Α16** Μηνιαία ύψη βροχής σταθμού Μάνδρας (ΒΓ)

Υδρ. Έτος	Μήνας												Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
2004-05										6.0	7.2	80.6	
2005-06	8.6	171.4	42.6	130.6	44.2	82.6	24.8	0.2	7.6	39.8	0.2	28.4	581.0
2006-07	245.0	47.4	13.8	10.4	66.0	61.6	14.2	90.8	5.2	0.0	14.8	0.8	570.0
2007-08	118.4	49.0	58.0	39.2	45.4	50.2	67.6	3.2	21.0	2.0	19.6	27.0	500.6
2008-09	1.2	48.4	111.6	101.4	36.6	56.0	9.4	9.2	2.4	16.6	6.6	99.0	498.4
2009-10	58.0	53.4	56.4										
Μέση τιμή	86.2	73.9	56.5	70.4	48.1	62.6	29.0	25.9	9.1	12.9	9.7	47.2	531.5



**Πίνακας Α17** Μηνιαία ύψη βροχής σταθμού Μενιδίου (ΒΓ)

Υδρ. Έτος	Μήνας												Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
2004-05						20.1	1.4	30.8	9.0	6.4	2.8	89.5	
2005-06	5.3	190.4	50.4	71.9	70.7	69.4	33.7	1.2	18.4	16.6	0.8	24.4	553.1
2006-07	210.4	26.2	17.2	9.6	65.4	96.8	19.8	126.0	8.0	0.0	0.0	0.0	579.4
2007-08	131.8	50.8	53.9	40.1	42.0	61.0	53.2	3.0	17.8	0.0	34.0	36.0	523.6
2008-09	0.0	48.0	93.8	81.0	35.6	58.4	14.4	16.4	4.6	17.2	29.0	58.6	457.0
2009-10	75.8												
Μέση τιμή	84.7	78.8	53.8	50.7	53.4	61.1	24.5	35.5	11.6	8.0	13.3	41.7	517.1

**Πίνακας Α18** Μηνιαία ύψη βροχής σταθμού Πεντέλης (ΒΓ)

Υδρ. Έτος	Μήνας												Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
2005-06		279.4	39.6	101.2	62.0	76.6	26.4	28.0	30.4	15.8	0.0	51.8	
2006-07	272.6	32.4	18.2	10.2	101.4	88.6	10.0	74.6	9.6	0.0	3.8	0.6	622.0
2007-08	65.0	61.8	81.0	32.8	45.2	89.2	70.8	3.0	19.4	0.2	7.6	43.6	519.6
2008-09	1.0	61.2	158.8	133.2	72.0	62.0	22.2	6.4	9.4	55.8	0.8	90.4	673.2
2009-10	113.0	44.6	60.4										
Μέση τιμή	112.9	95.9	71.6	69.4	70.1	79.1	32.4	28.0	17.2	18.0	3.1	46.6	644.3

**Πίνακας Α19** Μηνιαία ύψη βροχής σταθμού Πικερμίου (ΒΓ)

Υδρ. Έτος	Μήνας												Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
2005-06				98.8	45.0	45.6	19.0	0.2	6.4	1.0	0.0	25.0	
2006-07	196.2	31.0	15.6	2.4	59.2	86.8	7.0	89.8	16.4	0.0	0.0	0.0	504.4
2007-08	91.8	31.6	62.6	27.4	27.4	74.2	58.0	2.0	9.2	0.2	1.0	12.0	397.4
2008-09	1.4	33.6	86.4	77.2	46.8	80.4	17.4	4.0	0.0	1.4	5.4	28.0	382.0
2009-10	85.8	51.0	58.4										
Μέση τιμή	93.8	36.8	55.8	51.5	44.6	71.8	25.4	24.0	8.0	0.7	1.6	16.3	430.3

**Πίνακας Α20** Μηνιαία ύψη βροχής σταθμού Ψυτάλλειας (ΒΓ)

Υδρ. Έτος	Μήνας												Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
2004-05						25.6	2.8	35.0	0.8	46.2	1.2	55.2	
2005-06	4.8	150.4	20.0	69.0	47.4	53.6	20.0	0.0	17.8	24.0	0.4	47.2	454.6
2006-07	83.0	25.4	8.8	2.4	40.4	43.2	11.4	68.6	5.2	0.0	0.0	0.0	288.4
2007-08	86.4	38.8	32.4	25.8	18.6	29.2	60.2	2.6	10.6	2.4	34.4	21.6	363.0
2008-09	3.0	87.6	69.6	71.2	31.2	65.8	27.6	2.0	1.6	6.2	2.8	8.0	376.6
2009-10	56.4	50.0	54.0										
Μέση τιμή	46.7	70.4	37.0	42.1	34.4	43.5	24.4	21.6	7.2	15.8	7.8	26.4	377.3

**Πίνακας Α21** Μηνιαία ύψη βροχής σταθμού Ζωγράφου (ΒΓ)

Υδρ. Έτος	Μήνας												Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
2004-05											1.8	75.8	
2005-06	15.2	268.8	84.8	99.6	87.6	56.6	17.4	0.0	31.8	2.8	0.0	107.8	772.4
2006-07	140.4	24.2	18.4	5.2	79.0	79.8	6.4	68.4	13.8	0.0	16.2	0.0	451.8
2007-08	79.2	34.6	54.2	27.0	31.6	55.0	62.0	2.2	1.2	0.0	8.0	35.4	390.4
2008-09	6.4	35.2	102.6	104.8	55.8	92.6	37.0	16.6	0.4	11.4	0.0	58.0	520.8
2009-10	81.4	52.4	65.6										
Μέση τιμή	64.5	83.0	65.1	59.2	63.5	71.0	30.7	21.8	11.8	3.6	5.2	55.4	534.8

**Πίνακας Α22** Μηνιαία ύψη βροχής σταθμού Ζωγράφου ΕΜΠ (ΒΓ)

Υδρο. Έτος	Μήνας												9 Αθρ.
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8		
1993-94	28.2	217.7	23.6	141.1	36.1	45.0	48.7	79.1	21.2	15.0	0.0	0.0	655.9
1994-95	193.3	46.6	142.8	117.9	4.1	66.7	12.1	0.0	1.5	61.2	10.2	1.7	658.1
1995-96	1.0	12.9	90.5	105.4	79.6	20.3	36.7	14.5	0.0	0.0	8.9	30.9	400.7
1996-97	30.3	30.2	123.9	98.3	5.5	7.8	54.2	10.2	2.5	0.0	56.8	0.0	419.7
1997-98	55.9	91.6	134.5	47.4	39.8	105.8	11.7	55.3	0.0	0.0	0.0	2.6	544.7
1998-99	14.8	172.9	31.2	38.4	24.8	197.2	13.6	91.8	0.4	47.2	9.4	45.2	686.9
1999-00	21.6	42.2	74.0	14.8	13.6	11.0	12.0	4.2	12.4	0.0	0.0	0.0	205.8
2000-01	15.6	106.8	26.8	47.6	49.4	8.4	51.4	1.2	1.0	13.2	1.4	0.4	323.2
2001-02	1.0	173.8	116.6	44.6	14.4	87.2	52.6	56.2	0.0	38.4	43.4	146.0	774.3
2002-03	33.8	136.6	199.4	99.2	72.6	26.8	45.6	21.6	0.0	0.0	2.0	7.2	644.9
2003-04	29.2	52.4	130.0	177.2	25.8	16.0	24.6	19.2	0.6	0.0	0.0	0.0	475.1
2004-05	35.2	51.6	141.4	106.8	81.4	28.8	3.0	19.0	7.8	38.4	4.0	69.2	586.7
2005-06	13.4	293.8	26.4	73.8	87.8	71.6	16.2	0.0	37.2	4.0	0.0		
2006-07													
2007-08			54.4	24.0		26.2	14.6						
2008-09		36.4	111.0	108.6	54.4	96.0	36.4	21.2	0.8	13.8	0.0		
Μέση τιμή	36.4	104.7	95.1	83.0	42.1	54.3	28.9	28.1	6.1	16.5	9.7	25.3	530.2

## Παράρτημα Β: Πίνακες ετήσιων μέγιστων ημερήσιων και διήμερων υψών βροχής (από βροχόμετρα)

**Πίνακας Β1** Ετήσια μέγιστα ημερήσια ύψη βροχόπτωσης από βροχόμετρα της Αττικής.

Έτος ή Υδρ. Έτος	Λόφος Νυμφών	Ελλη- νικό	Φιλα- δέλφεια	Χαλάν- δρι	Περι- Νίκαια στέρι	Τατόι	Βύρω- νας	Ζωγρά- φου	Μαρκό- πουλο
1860	41.5								
1861	53.0								
1862	45.1								
1863	39.1								
1864	98.1								
1865	51.2								
1866	66.1								
1867	43.3								
1868	36.2								
1869	28.9								
1870	37.9								
1871	71.4								
1872	42.4								
1873	28.5								
1874	49.3								
1875	40.6								
1876	32.3								
1877	41.7								
1878	66.9								
1879	54.1								
1880	61.1								
1881	62.5								
1882	39.6								
1883	84.6								
1884	38.8								
1885	89.7								
1886	45.8								
1887	70.0								
1888	31.9								
1889	47.5								
1890	48.6								
1891-92	26.1								
1892-93	33.3								
1893-94	74.5								
1894-95	46.0								
1895-96	43.3								
1896-97	119.3								
1897-98	32.4								
1898-99	19.2								
1899-00	150.2								
1900-01	43.5								
1901-02	23.0								
1902-03	37.6								
1903-04	35.7								
1904-05	39.7								
1905-06	62.0								

Έτος ή ΥδροΈτος	Λόφος Νυμφών	Ελλη- νικό	Φιλα- δέλφεια	Χαλάν- δρι	Περι- Νίκαια στέρι	Βύρω- νας	Ζωγρά- φου	Μαρκό- πουλο
1906-07	35.1							
1907-08	28.4							
1908-09	30.8							
1909-10	43.9							
1910-11	47.4							
1911-12	51.5							
1912-13	114.9							
1913-14	27.7							
1914-15	24.8							
1915-16	21.3							
1916-17	35.9							
1917-18	37.8							
1918-19	69.6							
1919-20	37.9							
1920-21	46.8							
1921-22	49.8							
1922-23	54.6							
1923-24	26.0							
1924-25	42.8							
1925-26	93.0							
1926-27	42.0							
1927-28	58.3							
1928-29	47.9							
1929-30	90.5							
1930-31	43.1							
1931-32	41.8							
1932-33	38.0							
1933-34	60.6							
1934-35	39.2							
1935-36	35.5							
1936-37	57.4							
1937-38	61.9							
1938-39	36.6							
1939-40	33.5							
1940-41	21.5							
1941-42	67.4							
1942-43	33.8							
1943-44	38.8							
1944-45	34.7							
1945-46	46.9							
1946-47	48.7							
1947-48	27.6							
1948-49	142.9							
1949-50	34.6							
1950-51	47.6							
1951-52	41.9							
1952-53	61.9							
1953-54	53.0			53.4				
1954-55	59.4			44.7				
1955-56	49.5	42.7	48.1	113.0		33.0		
1956-57	24.1	19.2	21.3	25.4		27.0		
1957-58	53.2	80.2	62.0	42.1		37.7		
1958-59	46.4	47.8	45.3	63.4		44.3		

Έτος ή ΥδροΈτος	Λόφος Νυμφών	Ελλη- νικό	Φιλα- δέλφεια	Χαλάν- δρι	Περι- Νίκαια	Περι- στέρι	Τατόι	Βύρω- νας	Ζωγρά- φου	Μαρκό- πουλο
1959-60	38.8	23.8	29.4	38.7			98.0			
1960-61	40.2	43.5	35.1	47.8			37.5			
1961-62	81.9	45.6	115.6	127.8	68.3		175.1	52.8		41.7
1962-63	39.1	39.2	30.0	46.8		104.3	42.0	40.6		
1963-64	40.5	33.9	35.8	107.3	63.4	50.1	47.0	31.6		59.1
1964-65	49.6	34.5	56.2	49.1		50.9	44.6	39.8		40.9
1965-66	24.2	20.3	34.6	20.6	38.0	32.5	23.0	24.3		35.2
1966-67	32.8	39.6	30.4	55.1	26.2		57.5	46.2		54.8
1967-68	54.8	50.7	59.1	61.6	49.7	70.6	74.0	48.5		50.9
1968-69	26.7	35.6	21.5	50.7	33.2	31.2	52.6	58.5		53.8
1969-70	34.1	42.3	42.2	22.5	21.4	27.8	22.5	39.2		27.1
1970-71	27.9	37.1	49.6	41.6	36.8	42.0	63.0			43.7
1971-72	53.6	70.2	109.8	74.5	57.4	48.0	84.5	65.2		128.8
1972-73	50.8	64.3	37.1	43.5	62.6	40.0	43.5	79.8		83.2
1973-74	42.3	48.1	32.0	39.5			63.1	49.2		92.1
1974-75	23.5	31.2	31.3	37.1	25.6	20.5	68.8	27.5		29.8
1975-76	53.7	54.5		85.0		33.0	100.0	79.2		79.3
1976-77	39.0	39.6		40.3		40.0	43.0	36.8		73.8
1977-78	67.0	50.4		95.6		161.3	111.0	99.2		75.5
1978-79	70.1	80.9		48.7	78.3	51.0	46.0	69.5		130.4
1979-80	31.9	38.9		44.5	30.1	32.0	62.0	36.6		59.6
1980-81	46.7	46.8		91.0	42.8	90.0	96.6	26.4		65.0
1981-82	37.3	27.3		51.5	45.2	45.0	42.6	34.6		85.2
1982-83	41.3	55.0		48.5	36.7	35.0		29.6		57.2
1983-84	31.9	43.6		32.8	51.5	27.0	32.1	41.7		55.4
1984-85	41.1	81.6		94.3	37.6	37.0	138.8	28.5		63.8
1985-86	16.6	19.9			27.2	36.0	40.0	38.0		27.5
1986-87	82.0	92.3		52.9	55.5	41.6	20.3	63.7		50.2
1987-88	38.0	50.5		61.0	50.0	47.3		54.8		65.0
1988-89	31.5	36.7		48.5	36.2	37.6	37.3	25.5		65.2
1989-90	42.5	44.4	65.2	53.1	17.0	18.4	110.7	28.3		18.2
1990-91	45.4	46.1	67.0		59.0	48.4	52.0	47.5		68.2
1991-92	56.3	80.2	65.0	40.8		36.5	113.6	66.0		110.5
1992-93	39.4	34.7	30.8			30.2		32.4		30.2
1993-94	39.7	79.6	40.7	53.7	31.5	39.8	98.3	96.8	110.9	111.8
1994-95	44.7	42.7	72.5	82.3	54.0	109.0	96.2	79.0	166.8	70.2
1995-96	53.0	39.8	47.8	76.4	60.2	44.5	42.9	51.0	51.8	54.7
1996-97	41.5	41.5	67.9	101.2	111.4	100.0	88.9	86.2	75.5	119.5
1997-98	116.0	142.0	113.5				120.3		48.9	
1998-99	92.0	98.5	49.7				43.1		89.0	
1999-00	38.0	20.7	25.6				50.9		32.0	
2000-01	51.9	41.0	34.8				27.6		48.8	
2001-02	91.0	96.8	63.5				63.4		96.6	
2002-03	78.6	59.6	45.2				41.9		65.0	
2003-04	66.7	62.0	47.5				51.3		66.6	
2004-05	44.8						60.2		56.2	
2005-06	59.3	74.4					51.8		117.2	
2006-07	45.2						88.0		61.0	
2007-08	35.3						54.7		46.4	
2008-09	40.1								38.2	

Τα δεδομένα αποτελούν μέγιστες ημερήσιες καταγραφές εκτός από αυτά του σταθμού Ζωγράφου που είναι μέγιστα 24ωρης συνάθροισης δεκάλεπτων υψών βροχής και του Τατοίου που είναι μέγιστα 24ωρης συνάθροισης 12ώρων καταγραφών.

**Πίνακας Β2** Ετήσια μέγιστα ύψη βροχόπτωσης διημέρου από βροχόμετρα της Αττικής.

Υδρ.Έτος	Λόφος Νυμφών	Ελλη- νικό	Φίλα- δέλφεια	Χαλάν- δρι	Περι- Νίκαια	Περί- στέρι	Βύρω- νας	Ζωγρά- φου	Μαρκό- πουλο
1891-92	26.1								
1892-93	35.8								
1893-94	74.5								
1894-95	55.0								
1895-96	43.3								
1896-97	119.8								
1897-98	44.0								
1898-99	21.0								
1899-00	175.1								
1900-01	49.6								
1901-02	36.3								
1902-03	41.2								
1903-04	56.9								
1904-05	52.5								
1905-06	64.4								
1906-07	36.4								
1907-08	37.4								
1908-09	55.2								
1909-10	60.4								
1910-11	55.0								
1911-12	61.5								
1912-13	130.6								
1913-14	41.2								
1914-15	39.9								
1915-16	21.4								
1916-17	42.0								
1917-18	54.0								
1918-19	72.9								
1919-20	38.7								
1920-21	64.8								
1921-22	73.3								
1922-23	67.6								
1923-24	30.8								
1924-25	63.0								
1925-26	93.3								
1926-27	67.0								
1927-28	58.8								
1928-29	62.6								
1929-30	107.5								
1930-31	49.6								
1931-32	67.8								
1932-33	43.8								
1933-34	80.4								
1934-35	40.0								
1935-36	63.2								
1936-37	62.6								
1937-38	92.7								
1938-39	41.5								
1939-40	55.6								
1940-41	29.8								
1941-42	69.2								

Υδρ. Έτος	Λόφος Νυμφών	Ελλη- νικό	Φιλα- δέλφεια	Χαλάν- δρι	Περι- Νίκαια	Περι- στέρι	Τατόι	Βύρω- νας	Ζωγρά- φου	Μαρκό- πουλο
1942-43	40.5									
1943-44	49.2									
1944-45	35.1									
1945-46	67.2									
1946-47	48.8									
1947-48	29.7									
1948-49	143.5									
1949-50	45.8									
1950-51	56.9									
1951-52	46.6									
1952-53	63.0									
1953-54	84.2			81.7						
1954-55	69.7			58.9						
1955-56	94.9	58.3	96.1	125.0			50.4			
1956-57	27.7	21.1	26.9	34.1			33.0			
1957-58	76.8	106.8	78.9	83.7			70.2			
1958-59	47.1	47.9	46.3	63.4			44.3			
1959-60	39.8	29.4	33.0	54.4			98.0			
1960-61	73.5	71.6	56.6	69.2			62.5			
1961-62	81.9	57.4	115.6	136.2	74.6		175.5	58.0		48.7
1962-63	49.3	62.2	42.0	62.0		131.4	43.9	66.2		
1963-64	50.9	52.3	48.3	107.3	85.6	55.9	60.8	44.8		76.1
1964-65	58.4	39.7	61.0	49.1		80.2	49.4	48.5		40.9
1965-66	35.2	25.7	41.9	25.3	42.5	45.7	25.0	24.3		41.8
1966-67	43.7	45.8	41.3	67.6	26.2		68.5	52.3		57.3
1967-68	54.8	77.4	83.5	106.9	58.6	115.7	121.3	57.8		72.3
1968-69	40.5	53.9	36.5	52.5	35.3	34.7	68.8	58.9		55.9
1969-70	39.5	47.9	54.1	40.3	24.0	48.6	28.4	50.7		38.0
1970-71	31.2	42.4	52.8	55.5	39.7	43.0	64.0			60.2
1971-72	59.9	73.0	115.8	109.5	63.3	66.0	91.3	80.4		142.4
1972-73	63.6	86.1	60.9	60.6	72.6	53.5	50.6	88.6		90.8
1973-74	44.8	50.3	38.1	43.2			79.1	53.6		114.3
1974-75	35.2	43.8	45.9	42.9	36.0	23.5	69.8	31.6		33.3
1975-76	76.3	77.7		85.0		39.0	103.0	79.2		81.9
1976-77	39.0	39.6		42.3		40.0	43.0	38.2		76.2
1977-78	133.0	68.0		98.6		161.3	111.0	99.2		85.0
1978-79	70.1	81.3		49.9	78.3	51.0	60.0	69.5		133.9
1979-80	45.4	46.9		50.0	35.2	37.0	66.7	52.6		70.8
1980-81	48.6	51.7		105.0	56.1	90.0	96.6	26.4		100.1
1981-82	51.1	41.2		62.2	50.9	59.5	56.2	64.4		85.7
1982-83	42.2	56.4		66.5	36.7	45.0		43.2		66.1
1983-84	47.3	49.8		43.8	53.6	36.0	45.1	51.4		55.8
1984-85	41.6	82.4		101.1	47.8	46.0	153.0	30.3		85.2
1985-86	32.6	35.0			27.3	42.0	40.1	65.0		31.1
1986-87	82.0	94.3		83.4	76.1	61.8	26.4	87.1		88.8
1987-88	65.2	76.4		67.6	58.3	77.8		69.6		105.5
1988-89	44.2	54.4		51.2	39.9	39.4	37.3	41.0		69.0
1989-90	44.5	49.6	113.2	86.7	25.9	31.5	115.4	54.8		18.2
1990-91	51.6	46.1	87.0		65.2	53.5	71.4	54.7		78.4
1991-92	57.9	82.8	69.4	40.8		36.5	118.3	69.8		110.5
1992-93	53.4	50.9	43.8			56.4		52.9		43.4
1993-94	73.5	123.4	57.2	81.6	31.5	65.1	103.3	109.3	129.0	173.3

Υδρ.Έτος	Λόφος Νυμφών	Ελλη- νικό	Φίλα- δέλφεια	Χαλάν- δρι	Περι- Νίκαια	Περι- στέρι	Τατόι	Βύρω- νας	Ζωγρά- φου	Μαρκό- πουλο
1994-95	86.8	62.3	122.8	99.4	82.0	141.1	104.2	81.4	171.6	80.5
1995-96	53.4	50.3	49.2	76.4	60.2	44.5	44.8	51.0	51.8	59.2
1996-97	72.0	54.3	120.9	105.9	114.6	104.2	97.7	94.0	80.4	134.8
1997-98	136.9	166.5	124.3				196.3		58.6	
1998-99	92.0	102.6	54.2				53.5		89.2	
1999-00	38.0	20.7	44.9				55.3		32.0	
2000-01	71.1	49.7	52.2				27.6		54.0	
2001-02	91.0	123.6	87.6				86.4		114.6	
2002-03	101.8	73.5	59.2				46.5		92.4	
2003-04	96.9	62.8	75.5				69.1		79.0	
2004-05	65.4						79.1		64.6	
2005-06	59.4	97.4					76.1		185.4	
2006-07	57.0						100.7		64.2	
2007-08	45.9						73.9		68.6	
2008-09	48.0								49.2	

Τα δεδομένα αποτελούν μέγιστα από διήμερη συνάθροιση ημερήσιων καταγραφών εκτός από αυτά του σταθμού Ζωγράφου που είναι μέγιστα 48ωρης συνάθροισης δεκάλεπτων υψών βροχής και του Τατοΐου που είναι μέγιστα 48ωρης συνάθροισης 12ώρων καταγραφών.



## Παράρτημα Γ: Πίνακες ετήσιων μέγιστων υψών βροχής για διάφορες χρονικές κλίμακες (από βροχογράφους)

**Πίνακας Γ1** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε h) με βάση τα δεδομένα του βροχογράφου του Λόφου Νυμφών (ΕΑΑ).

Υδρ. έτος	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h
1927-28	17.1	29.3	39.8	49.5	53.4	54.3
1928-29	22.4	25.2	27.4	32.5	43.1	54.1
1929-30	9.3	13.8	25.7	27.3	34.0	37.8
1930-31	28.5	38.6	40.7	40.8	41.6	47.3
1931-32						
1932-33						
1933-34	17.0	25.9	47.0	56.3	73.5	74.5
1934-35	15.7	18.5	36.2	37.0	37.0	37.0
1935-36	19.0	31.6	34.1	34.2	34.2	49.5
1936-37	25.8	32.3	34.5	48.7	54.3	58.1
1937-38	32.4	38.4	49.9	53.6	55.6	73.2
1938-39	13.8	17.6	23.2	23.3	24.9	39.5
1939-40	24.8	31.1	38.6	50.2	50.6	50.6
1940-41	9.0	15.3	21.8	21.8	21.8	21.8
1941-42	13.8	26.1	37.6	39.8	40.8	40.8
1942-43	12.4	14.6	26.7	26.7	31.0	33.6
1943-44	23.8	25.6	27.8	28.5	37.3	62.1
1944-45	7.9	8.0	9.5	9.6	11.6	13.6
1945-46	20.8	21.9	30.4	39.4	59.1	62.5
1946-47	38.7	45.5	47.1	47.1	47.1	47.1
1947-48	21.9	21.9	21.9	22.5	22.6	22.6
1948-49	58.6	87.9	145.8	145.8	146.0	146.0
1949-50	13.6	21.8	32.0	37.3	41.1	41.8
1950-51	15.1	23.0	27.8	39.5	44.4	55.6
1951-52	11.3	12.2	23.0	27.0	31.7	33.3
1952-53	24.8	24.9	39.4	53.7	54.1	54.9
1953-54	18.2	23.3	29.9	31.4	55.8	94.0
1954-55	21.3	24.4	26.3	26.8	35.0	49.0
1955-56	25.7	34.5	47.6	64.0	65.2	102.3
1956-57	11.6	19.1	20.4	20.5	23.7	24.7
1957-58	22.2	25.6	32.5	48.3	70.8	79.6
1958-59	9.8	18.2	35.4	45.2	45.2	45.3
1959-60	14.2	18.1	20.5	26.4	30.2	31.0
1960-61	19.1	21.1	26.9	36.4	45.2	68.9
1961-62	28.2	54.7	73.6	73.9	74.1	74.1
1962-63	21.5	23.2	25.9	34.5	42.3	54.8
1963-64	25.1	28.9	29.0	36.9	36.9	47.3
1964-65	32.4	44.1	49.4	49.8	49.9	59.8
1965-66	11.9	19.6	19.9	20.0	27.0	33.5
1966-67	14.0	26.8	26.8	27.2	31.7	31.7
1967-68	22.2	28.4	53.8	53.8	53.8	54.4
1968-69	13.0	16.7	25.3	35.2	38.2	40.2
1969-70	10.8	18.9	25.1	25.7	35.7	36.0
1970-71	11.0	13.8	23.5	25.4	26.3	31.3
1971-72	15.6	23.6	28.6	43.1	55.6	60.5

Υδρ. έτος	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h
1972-73	18.2	23.4	34.9	48.0	52.1	62.6
1973-74	11.1	18.8	21.2	29.8	33.1	33.1
1974-75	19.1	20.8	27.1	28.1	30.5	31.9
1975-76	13.3	16.4	36.5	53.9	74.4	74.4
1976-77	21.2	27.8	35.7	37.2	39.0	39.0
1977-78	18.7	25.9	28.3	28.3	33.5	33.8
1978-79	30.0	45.5	59.1	60.7	61.2	63.2
1979-80	12.8	13.6	18.3	29.8	39.6	43.4
1980-81	16.8	20.7	26.6	37.7	44.5	56.1
1981-82	7.1	11.2	16.8	20.7	21.4	21.4
1982-83	13.5	13.9	23.5	37.1	39.8	40.7
1983-84	15.1	21.1	40.4	42.4	45.5	45.7
1984-85	9.8	16.5	25.7	30.5	40.6	40.7
1985-86	11.0	14.0	18.1	25.1	30.3	30.9
1986-87	12.2	21.3	47.1	71.0	79.9	80.6
1987-88	17.4	17.4	17.4	26.4	26.7	34.0
1988-89	18.8	24.3	29.7	29.7	41.0	42.9
1989-90						
1990-91						
1991-92	13.3	20.7	39.3	49.6	50.5	51.2
1992-93	15.7	16.6	30.8	31.0	31.0	45.2
1993-94	18.9	23.8	30.1	32.1	35.1	35.9
1994-95	20.9	36.0	43.1	66.3	80.3	84.7
1995-96	22.6	32.7	51.0	52.8	52.8	52.8
1996-97						
1997-98				98.6	126.5	137.7
1998-99	31.1	38.9	70.1	91.8	91.8	92.4
1999-00	15.1	23.6	33.7	38.0	38.0	38.0
2000-01	23.6	35.3	53.1	69.5	71.2	71.2
2001-02	72.4	75.9	91.0	91.0	91.0	133.8
2002-03	39.8	55.4	68.9	82.0	92.2	117.8
2003-04	26.1	47.2	58.4	72.0	82.1	97.1
2004-05	25.1	29.2	36.4	41.6	47.7	65.4
2005-06	27.0	27.2	33.5	53.0	59.3	68.4
2006-07	15.0	19.4	35.6	52.4	57.0	57.7
2007-08	19.4	27.0	32.4	41.5	44.0	74.6
2008-09	27.4	31.7	37.9	38.0	43.5	51.5

**Πίνακας Γ2** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε min ή h) με βάση τα δεδομένα του βροχογράφου Ελληνικού (EMY).

Υδρ. έτος	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h
1957-58	6.8	11.0	16.1	26.0	35.0	53.8	53.8	75.2	
1958-59	4.9	8.0	11.2	16.5	21.5	22.4	40.5	47.8	
1959-60	3.3	5.8	8.2	10.0	11.6	13.7	14.2	21.8	
1960-61	4.5	5.8	6.5	9.2	11.0	13.3	21.7	27.3	
1961-62	10.0	14.3	18.5	20.9	24.8	38.6	43.9	44.8	
1962-63	5.6	10.0	10.8	11.8	13.8	14.4	18.2	23.3	
1963-64	6.5	7.1	8.7	13.9	14.3	17.0	21.1	32.6	
1964-65	8.0	10.5	12.3	14.0	15.5	21.3	25.7	26.0	
1965-66	3.2	6.0	8.8	11.5	12.0	13.1	14.7	20.3	
1966-67	6.2	10.6	13.1	14.2	15.1	15.1	29.3	29.5	
1967-68	2.9	4.1	5.5	8.3	10.2	13.3	21.9	33.0	38.0
1968-69	10.5	11.5	14.0	21.6	26.8	30.3	35.6	35.6	35.6
1969-70	6.9	10.7	14.2	20.8	24.5	24.9	32.7	33.0	42.3
1970-71	3.5	7.0	10.2	12.6	17.7	17.9	22.2	37.1	37.1
1971-72	9.8	14.2	19.8	32.6	35.9	39.5	60.1	60.1	70.2
1972-73	5.7	8.3	12.2	19.7	33.5	35.5	40.7	63.2	64.3
1973-74	5.0	7.0	10.0	12.6	15.2	19.7	25.2	41.6	48.1
1974-75	8.0	8.0	10.2	15.3	15.9	16.6	25.6	31.2	31.2
1975-76	10.0	20.0	28.0	37.0	40.9	43.0	44.3	54.5	54.5
1976-77	9.6	14.6	17.1	20.7	23.2	29.8	36.7	39.6	39.6
1977-78	4.7	7.7	11.0	19.3	32.7	40.3	40.4	40.4	40.4
1978-79	6.5	11.1	14.9	23.8	30.0	39.1	71.6	73.4	80.9
1979-80	5.6	6.8	7.6	8.4	13.3	17.2	21.9	33.7	38.9
1980-81	5.0	9.4	10.8	15.2	19.4	22.2	33.5	39.2	46.8
1981-82	5.6	10.8	14.3	20.3	24.7	26.1	26.1	27.3	27.3
1982-83	11.8	13.3	18.3	24.8	36.2	45.2	45.8	54.2	55.0
1983-84	7.9	12.4	16.9	25.2	29.0	35.4	42.2	43.6	43.6
1984-85	3.4	5.3	6.6	8.2	12.9	24.3	59.2	72.0	81.6
1985-86	6.2	11.0	13.0	14.6	15.6	18.8	18.8	18.8	20.0
1986-87	5.5	9.0	13.5	16.1	29.1	37.1	57.0	86.9	92.3
1987-88	6.0	7.9	9.1	12.8	17.8	33.7	37.2	44.4	63.3
1988-89	5.7	10.9	14.9	18.8	23.4	28.9	36.7	36.7	36.7
1989-90	5.0	7.5	8.6	8.7	9.0	15.1	28.0	37.8	46.2
1990-91	8.6	13.0	13.9	16.4	23.6	31.4	43.6	46.1	46.1
1991-92	4.2	5.0	5.3	9.8	18.4	35.5	67.7	79.7	80.2
1992-93	3.4	5.1	6.3	8.7	9.8	10.0	14.7	26.2	34.7
1993-94	10.0	14.0	20.0	26.0	30.5	40.9	65.3	69.2	79.6
1994-95	7.8	13.8	16.4	19.0	21.1	24.3	36.5	42.7	42.7
1995-96									
1996-97									
1997-98									
1998-99									
1999-00	4.6	8.6	9.3	10.1	10.2	11.5	12.3	12.3	12.3
2000-01	4.2	6.7	9.5	18.3	22.4	34.7	41.0	41.0	41.0
2001-02	5.5	7.0	8.7	15.9	28.9	42.3	68.2	79.3	106.7
2002-03	8.3	13.7	17.3	29.6	45.9	54.9	57.6	59.6	59.6
2003-04	5.4	9.0	11.1	19.1	29.4	39.9	52.8	61.0	61.8
2004-05	7.5	10.3	15.1	23.8	29.6	32.4	33.9	33.9	33.9
2005-06	7.8	11.7	15.3	25.2	40.7	47.4	66.2	73.4	74.4
2006-07	4.5	8.5	9.6	14.0	14.6	21.2	32.0	39.4	39.4
2007-08	8.9	13.5	15.6	24.9	30.4	30.9	32.2	34.1	34.1
2008-09	7.0	9.5	9.9	10.6	18.8	19.0	19.0	19.0	

Τα δεδομένα μέχρι και το 1986-87 έχουν δοθεί επεξεργασμένα από την ΕΜΥ με τη μορφή μέγιστων υψών βροχής για διάφορες χρονικές κλίμακες και για κάθε μήνα του έτους. Τα υπόλοιπα προήλθαν από ψηφιοποίηση βροχογραφημάτων που έγινε στα πλαίσια της παρούσας μελέτης.

**Πίνακας Γ3** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε min ή h) με βάση τα δεδομένα του βροχογράφου Φιλαδέλφειας (EMY).

Υδρ. έτος	5 min	10 min	15 min	30 min	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h
1960-61	3.4	4.1	5.5	7.0	9.9	13.9	19.1	33.6	34.8
1961-62	11.0	20.0	28.0	35.0	62.4	62.4	62.4	62.4	62.4
1962-63	9.0	10.0	10.2	10.2	10.6	13.6	16.1	25.9	27.1
1963-64	6.5	7.0	9.0	15.2	20.7	21.6	22.2	22.2	22.2
1964-65	6.5	8.0	9.6	10.0	15.5	18.4	32.3	51.1	56.2
1965-66	7.5	10.0	11.5	15.5	18.4	19.6	22.9	29.2	34.5
1966-67	10.5	13.0	15.0	24.0	30.0	30.6	30.6	31.4	33.6
1967-68	12.6	12.8	15.6	22.9	29.4	29.6	33.0	33.0	33.0
1968-69	2.7	4.6	4.9	6.2	10.4	13.0	19.5	19.5	21.8
1969-70	5.4	8.0	10.3	12.7	16.7	22.0	32.4	41.9	41.9
1970-71	5.5	8.0	10.5	13.7	14.0	15.7	29.7	47.7	49.6
1971-72	5.0	7.2	9.5	15.0	22.7	34.4	65.3	87.9	108.1
1972-73	6.5	10.1	13.1	15.2	15.6	25.5	30.0	36.0	36.2
1973-74	5.0	8.7	9.7	11.6	17.9	19.8	29.5	32.0	32.2
1974-75	7.7	8.7	10.0	10.3	15.3	19.7	31.3	31.3	31.7
1975-76	8.0	12.4	15.8	16.6	19.0	19.3	23.9	23.9	23.9
1976-77	6.0	8.9	12.5	16.8	18.5	20.8	29.8	30.8	33.0
1977-78	5.5	10.1	11.6	17.8	32.3	42.9	50.1	61.0	62.0
1978-79	5.3	9.1	11.5	17.4	19.0	24.4	24.4	24.4	24.4
1979-80	6.3	7.5	7.9	8.3	8.3	15.1	15.1	25.1	32.0
1980-81	7.5	11.3	13.5	16.0	20.1	23.8	24.8	24.8	25.0
1981-82	3.8	7.0	8.2	11.9	13.9	17.2	28.1	34.4	35.8
1982-83	4.4	5.4	6.2	6.9	9.9	14.1	26.6	34.7	34.9
1983-84	8.4	9.4	9.4	13.5	18.5	22.5	26.5	27.0	29.6
1984-85	4.6	5.4	6.5	8.4	11.6	14.2	15.4	24.0	29.8
1985-86	7.1	7.5	9.3	14.1	17.5	22.3	25.6	25.6	25.6
1986-87									
1987-88	5.3	9.5	14.3	18.1	21.2	21.2	21.2	40.7	43.8
1988-89	5.2	7.2	10.1	17.3	24.3	28.7	30.3	30.3	30.3
1989-90									65.2
1990-91	5.1	7.5	9.0						67.0
1991-92	4.5	7.2	9.1	13.5	13.9	20.2	50.3	64.5	65.0
1992-93									30.8
1993-94	3.6	5.2	5.6	8.6					40.7
1994-95		26.0			42.7	66.9	88.3	108.8	117.7
1995-96									
1996-97									
1997-98									
1998-99									
1999-00	4.0	5.4	6.0	7.8	9.1	9.6	9.6	12.8	9.6
2000-01	5.5	8.3	11.0	16.5	21.8	25.5	34.8	48.2	52.2
2001-02	6.0	10.0	13.9	23.7	27.1	28.1	34.5	47.4	71.3
2002-03	6.1	7.6	7.7	11.3	20.0	27.7	42.4	49.7	59.1
2003-04	6.5	8.4	11.9	16.9	25.2	30.1	39.2	55.9	67.4
2004-05	10.2	16.0	20.6	38.0	44.7	45.4	45.5	45.5	45.5
2005-06	5.0	9.7	14.6	23.0	27.3	29.9	31.2	31.2	34.6
2006-07	2.1	4.0	5.0	8.0	14.1	24.1	44.2	51.4	60.9

Τα δεδομένα μέχρι και το 1986-87 έχουν δοθεί επεξεργασμένα από την EMY με τη μορφή μέγιστων υψών βροχής για διάφορες χρονικές κλίμακες και για κάθε μήνα του έτους. Τα υπόλοιπα προήλθαν από ψηφιοποίηση βροχογραφημάτων που έγινε στα πλαίσια της παρούσας μελέτης. Ειδικά για το έτος 1993-94 δεν βρέθηκε το βροχογράφημα, αλλά οι καταγραφές υπήρχαν στα αρχεία των μελετητών.

**Πίνακας Γ4** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε min ή h) με βάση τα δεδομένα του αυτόματου μετεωρολογικού σταθμού στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου (ΕΜΠ).

Υδρ. έτος	10 min	30 min	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h
1993-94	13.2	25.5	29.2	37.5	73.7	80.3	110.9	129.0
1994-95	17.0	35.9	66.3	82.2	99.7	161.8	166.8	171.6
1995-96	7.5	16.7	24.9	29.3	50.3	50.9	51.8	51.8
1996-97	10.8	23.1	34.8	44.2	65.7	67.7	75.5	80.4
1997-98	17.6	27.9	29.9	29.9	42.3	44.0	48.9	58.6
1998-99	18.2	39.8	61.4	68.0	69.2	88.4	89.0	89.2
1999-00	10.0	14.8	18.8	19.8	20.2	30.0	32.0	32.0
2000-01	9.6	15.2	18.2	23.4	32.0	39.4	48.8	54.0
2001-02	19.4	39.2	53.2	54.8	54.8	64.4	96.6	114.6
2002-03	7.8	17.0	28.0	40.0	49.4	62.6	65.0	92.4
2003-04	10.6	18.6	29.4	33.0	39.4	56.8	66.6	79.0
2004-05	8.4	17.0	23.2	25.8	35.6	45.0	56.2	64.6
2005-06	13.8	22.2	31.4	46.2	71.0	100.4	117.2	185.4
2006-07	16.2	16.2	16.2	21.6	44.2	54.0	61.0	64.2
2007-08	11.4	20.4	23.6	30.2	45.0	46.2	46.4	68.6
2008-09	7.6	17.4	22.4	32.2	37.6	38.2	38.2	49.2

Τα δεδομένα προέρχονται από το Νοτιοανατολικό σταθμό της Πολυτεχνειούπολης (Γιά, <http://www.meteo.ntua.gr/>) με εξαίρεση τα δεδομένα των ετών 2006-07 και 2007-08 που προέρχονται από το Βορειοδυτικό σταθμό (Meteonet).

**Πίνακας Γ5** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε min ή h) με βάση τα δεδομένα του βροχογράφου Νίκαιας (ΥΠΕΚΑ).

Υδρ. έτος	30 min	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h
1961-62		15.1	19.3	26.4	38.4	44.7	46.6
1962-63	9.9	15.3					50.3
1963-64	14.9	18.2	18.3	20.8			41.4
1964-65	17.6	26.5	27.0	38.2	53.9	59.4	61.3
1965-66	16.7	20.3	21.7	32.4	35.1		49.4
1966-67	11.8	14.7	19.6	24.9			
1967-68	17.3	17.9	27.5	32.5	50.0	60.1	61.4
1968-69	9.0		17.7	23.9			
1969-70	10.5	14.6	21.7	21.7			
1970-71	9.9			26.8	36.0		41.5
1971-72	11.9	14.1	18.9	33.4	47.3	59.8	69.5
1972-73	9.9	14.9	21.5	38.4	49.0	52.5	57.1
1973-74	10.2	19.8	20.5	22.8			41.3
1974-75	10.3	13.9	21.3	33.0	36.4		46.8
1975-76							
1976-77							
1977-78	15.8	22.4	35.3	35.6	35.6		43.8
1978-79	17.6	22.6	26.2	35.0	38.6	38.6	
1979-80	14.7	15.0					
1980-81	10.5		20.1	29.1	40.2	47.1	67.8
1981-82	11.8	14.1	19.1	29.9	41.6	51.1	67.0
1982-83				28.7	38.3	39.8	39.8
1983-84	12.4	16.6	23.2	37.3	43.6	49.0	49.0
1984-85	9.9		18.1	28.7	35.6	44.8	44.8
1985-86							
1986-87	10.0		21.2	40.9	65.1	77.1	77.5
1987-88	10.1	15.1	20.8	26.5	34.8	53.3	65.3
1988-89	15.6	17.5	24.1	31.5			39.7
1989-90	10.1			22.7			
1990-91	11.0	15.0	24.8	28.4	34.2		41.9
1991-92							
1992-93							
1993-94							
1994-95							
1995-96	9.0						

**Πίνακας Γ6** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε min ή h) με βάση τα δεδομένα του βροχογράφου Χαλανδρίου (π. ΥΠΕΧΩΔΕ).

Υδρ. έτος	30 min	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h
1964-65							
1965-66	12.2	18.9	27.5				
1966-67	12.0	12.8				58.7	61.1
1967-68	13.8	19.5	25.3	35.3		56.8	71.3
1968-69	10.0	14.6		34.4		50.4	50.9
1969-70							
1970-71							
1971-72	10.8					49.7	54.5
1972-73	9.9	15.9	20.6				50.7
1973-74	9.9						
1974-75							
1975-76	9.5			40.9			
1976-77	15.4	21.0	29.3	38.6			
1977-78	12.8	20.2	36.6	66.2	90.5	93.9	93.9
1978-79	9.8	12.8		41.7	48.4	49.2	49.2
1979-80	8.7						
1980-81	13.3	25.3	40.6	59.1	59.5	60.9	62.9
1981-82	10.3						
1982-83	10.8	12.8		33.2			55.8
1983-84	15.3	15.6					
1984-85	10.3	14.8					
1985-86	10.0						
1986-87	11.0						52.4
1987-88	10.6					62.6	72.9
1988-89	13.9	13.9	24.1				
1989-90	10.3			40.4		81.4	81.8
1990-91							
1991-92	9.2						

**Πίνακας Γ7** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε min ή h) με βάση τα δεδομένα του βροχογράφου Περιστερίου (π. ΥΠΕΧΩΔΕ).

Υδρ. έτος	30 min	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h
1968-69	10.5	13.3	13.3	22.0	29.0	32.7	
1969-70	6.7		13.4	20.2	21.1	37.2	39.4
1970-71	9.3	9.3	13.3	24.1	29.0	29.1	
1971-72	7.8	8.4					
1972-73	7.9			17.4	20.6	30.3	42.1
1973-74				17.5	30.4	40.4	45.4
1974-75	7.0	9.3					
1975-76	9.5	13.1	13.5	18.1		32.0	
1976-77							
1977-78							
1978-79							
1979-80	9.2	9.4			19.7	27.0	
1980-81	9.2	9.8	14.3	18.6	21.8	38.3	60.8
1981-82	8.5	9.2		18.7	26.6	30.7	
1982-83				20.6	27.2	28.4	
1983-84				17.4			
1984-85							
1985-86	10.3	10.8	20.4	26.4	26.6	33.3	
1986-87	10.3	10.3	16.3	32.0	38.9	45.5	60.0
1987-88	11.3	15.0	26.3	32.6	36.2	50.7	74.7
1988-89	12.3	14.4	20.4	23.1	25.6	28.9	
1989-90	10.8	12.9	16.4	17.8	20.8	28.9	
1990-91	10.7	16.4	22.1	25.8	31.4	47.5	52.2



**Πίνακας Γ8** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε min ή h) με βάση τα δεδομένα του βροχογράφου Βύρωνα (π. ΥΠΕΧΩΔΕ).

Υδρ. έτος	30 min	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h
1961-62		33.0	44.0	61.0	69.3	77.9	77.9
1962-63		19.9	29.6	33.8	36.2	49.1	58.9
1963-64					36.1		56.8
1964-65		22.1	33.4	39.0	39.3		
1965-66							
1966-67							
1967-68							48.8
1968-69							
1969-70							
1970-71							
1971-72							
1972-73							
1973-74							
1974-75							
1975-76							
1976-77							
1977-78							
1978-79							
1979-80							
1980-81	34.0	35.1	35.1	35.9	41.4	46.1	
1981-82	25.2	26.2	28.5	38.2	38.2		
1982-83							
1983-84							
1984-85							
1985-86							
1986-87							
1987-88							
1988-89							
1989-90					35.4	49.8	51.9
1990-91	18.3	26.6	29.1	38.1	40.8	49.1	55.2
1991-92				38.4	54.2	58.3	60.2
1992-93							
1993-94			25.1	51.1	52.8	82.6	97.2
1994-95	19.7	38.5	44.6	55.4	70.8	77.9	82.1
1995-96		20.6	31.4	43.7	48.5	48.6	48.6
1996-97					36.0		

**Πίνακας Γ9** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε h) με βάση τα δεδομένα του βροχογράφου Πεντέλης (ΕΑΑ).

Υδρ. έτος	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h
1999-00	4.2	5.8	10.6	11.4		
2000-01	20.0	26.8	45.4	45.8	45.8	45.8
2001-02	27.0	36.0	50.0	72.8	118.0	151.4
2002-03	16.4	27.8	48.2	58.6	61.0	80.2
2003-04	10.0	19.2	51.2	71.4	90.0	100.2
2004-05	17.4	21.6	34.6	45.4	64.4	78.2
2005-06	20.4	31.6	46.4	55.8		
2006-07	17.6	34.0	54.6	67.2	100.0	123.2
2007-08	14.8	22.0	40.0	57.4	68.2	68.4

**Πίνακας Γ10** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε min ή h) με βάση τα δεδομένα του αυτόματου σταθμού Αγίου Κοσμά (Meteonet).

Υδρ. έτος	10 min	30 min	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h
2004-05	13.0	28.8	37.6	38.6	38.6	38.6	41.8	
2005-06	10.6	22.2	26.0	31.0	49.2	57.8	67.2	102.2
2006-07	6.2	12.8	19.4	22.0	30.4	38.4	44.0	44.2
2007-08	10.8	16.8	21.2	23.2	30.8	39.2	42.0	54.2
2008-09	12.4	15.0	15.0	15.6	23.0	23.0	23.0	26.0

**Πίνακας Γ11** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε min ή h) με βάση τα δεδομένα του αυτόματου σταθμού Άνω Λιοσίων (Meteonet).

Υδρ. έτος	10 min	30 min	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h
2005-06	9.0	23.6	35.2	39.2	46.4	46.8	46.8	
2006-07	5.8	15.0	19.8	23.6	49.0	68.6	81.6	92.8
2007-08	10.0	22.0	34.2	37.8	65.8	85.6	85.6	126.2
2008-09	10.2	21.8	25.0	31.6	38.2	38.4	39.2	43.2

**Πίνακας Γ12** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε min ή h) με βάση τα δεδομένα του αυτόματου σταθμού Γαλατσίου (Meteonet).

Υδρ. έτος	10 min	30 min	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h
2004-05	8.8	17.6	22.4	39.4	53.2	53.2	55.2	79.8
2005-06	12.4	29.8	34.0	34.0	34.4	39.8	57.4	90.0
2006-07	6.8	11.4	13.2	21.6	38.6	47.2	54.8	56.8
2007-08	7.6	14.6	25.8	38.8	40.0	50.6	50.8	82.6
2008-09	9.4	18.8	25.4	27.6	28.8	29.8	38.2	38.4

**Πίνακας Γ13** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε min ή h) με βάση τα δεδομένα του αυτόματου σταθμού Ηλιούπολης (Meteonet).

Υδρ. έτος	10 min	30 min	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h
2005-06	15.8	44.2	65.4	73.8	96.4	105.4	122.8	211.8
2006-07	9.8	20.2	25.0	25.4	54.2	65.4	67.8	70.8
2007-08	10.4	20.8	27.8	29.2	43.0	44.2	46.8	80.6
2008-09	5.4	12.6	12.8	17.8	27.0	27.0	27.2	35.2

**Πίνακας Γ14** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε min ή h) με βάση τα δεδομένα του αυτόματου σταθμού Μάνδρας (Meteonet).

Υδρ. έτος	10 min	30 min	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h
2004-05		14.6						
2005-06	14.4	27.4	30.0	34.2	39.0	44.6	78.0	93.4
2006-07	8.8	19.0	24.8	29.8	48.8	84.8	119.8	141.4
2007-08	16.6	25.8	32.8	38.6	48.0	54.4	54.4	107.4
2008-09	12.0	19.6	22.6	23.2	29.6	49.6	68.2	68.6

**Πίνακας Γ15** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε min ή h) με βάση τα δεδομένα του αυτόματου σταθμού Μενιδίου (Meteonet).

Υδρ. έτος	10 min	30 min	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h
2005-06	10.8	17.4	20.6	27.2	28.6	43.2	74.8	95.6
2006-07	20.6	41.8	55.6	64.4	70.4	94.2	110.8	125.6
2007-08	23.4	42.0	43.8	43.8	43.8	44.0	44.0	81.8
2008-09	15.2	27.8	28.8	29.0	29.4	32.0	38.8	38.8

**Πίνακας Γ16** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε min ή h) με βάση τα δεδομένα του αυτόματου σταθμού Πεντέλης (Meteonet).

Υδρ. έτος	10 min	30 min	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h
2005-06	21.2	24.6	26.8	35.6	70.8	98.6	111.4	174.6
2006-07	7.8	15.4	25.8	41.6	71.0	81.6	117.8	127.2
2007-08	13.2	17.0	18.0	23.6	38.6	52.2	70.4	71.0
2008-09	11.4	29.0	35.4	36.4	36.4	42.4	68.8	71.4

**Πίνακας Γ17** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε min ή h) με βάση τα δεδομένα του αυτόματου σταθμού Πικερμίου (Meteonet).

Υδρ. έτος	10 min	30 min	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h
2005-06	6.2	17.0	24.0	27.6	35.6	39.2	39.2	41.2
2006-07	10.0	19.4	28.0	44.2	57.8	70.8	84.6	95.2
2007-08	13.8	25.0	36.6	38.4	38.4	55.8	55.8	85.6
2008-09	6.4	11.8	14.6	15.6	24.0	29.2	30.6	30.6

**Πίνακας Γ18** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε min ή h) με βάση τα δεδομένα του αυτόματου σταθμού Ψυττάλειας (Meteonet).

Υδρ. έτος	10 min	30 min	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h
2004-05	13.4	25.6	33.4	34.4	35.6	35.6	35.6	
2005-06	8.2	19.0	20.2	26.4	32.2	41.8	46.8	72.2
2006-07	7.8	10.4	12.8	13.4	28.6	37.0	42.0	44.4
2007-08	10.2	20.6	24.8	26.6	33.6	38.6	38.8	72.6
2008-09	10.2	16.8	25.4	31.6	42.6	42.6	42.6	56.6

**Πίνακας Γ19** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε min ή h) με βάση τα δεδομένα του αυτόματου σταθμού Ζωγράφου (Meteonet).

Υδρ. έτος	10 min	30 min	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h
2004-05	10.0	12.4						
2005-06	15.4	23.8	30.0	44.8	57.4	82.2	97.4	160.2
2006-07	16.2	16.2	16.2	21.6	44.2	54.0	61.0	64.2
2007-08	11.4	20.4	23.6	30.2	45.0	46.2	46.4	68.6
2008-09	8.4	13.8	19.8	29.4	35.0	35.4	35.6	46.8

## Παράρτημα Δ: Πίνακες ετήσιων μέγιστων υψών βροχής για διάφορες χρονικές κλίμακες από δορυφορικές παρατηρήσεις

---

**Πίνακας Δ1** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε h) για το σημείο κανάβου  $\varphi = 37.75^\circ$ ,  $\lambda = 23.50^\circ$ .

Υδρ. έτος	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h
1997-98	37.8	69.8	98.2	117.7	119.2
1998-99	40.4	46.1	57.4	95.2	120.9
1999-00	39.6	39.6	39.6	42.4	46.5
2000-01	33.2	40.3	70.6	70.6	70.6
2001-02	39.2	55.9	55.9	55.9	55.9
2002-03	58.9	91.8	142.0	166.7	188.7
2003-04	52.7	58.0	58.0	58.0	62.3
2004-05	64.1	64.1	102.0	107.6	107.6
2005-06	81.3	81.3	85.9	85.9	115.6
2006-07	27.3	45.6	55.9	55.9	55.9
2007-08	39.9	58.0	60.0	69.5	69.5
2008-09	33.4	40.8	43.2	50.6	50.6

**Πίνακας Δ2** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε h) για το σημείο κανάβου  $\varphi = 38.00^\circ$ ,  $\lambda = 23.50^\circ$ .

Υδρ. έτος	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h
1997-98	30.5	50.5	71.7	103.9	107.0
1998-99	27.9	40.6	50.7	80.2	108.1
1999-00	28.6	35.2	42.7	52.5	53.2
2000-01	32.6	35.4	47.9	47.9	47.9
2001-02	46.1	67.2	67.2	67.2	69.8
2002-03	62.4	101.7	140.1	176.3	184.9
2003-04	75.8	79.6	79.6	79.6	79.6
2004-05	50.4	50.4	56.5	67.6	67.6
2005-06	41.9	44.9	44.9	44.9	48.3
2006-07	30.2	42.9	51.4	54.3	71.8
2007-08	124.3	155.4	181.0	186.7	191.2
2008-09	32.7	40.1	45.6	47.6	48.1

**Πίνακας Δ3** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε h) για το σημείο κανάβου  $\varphi = 38.25^\circ$ ,  $\lambda = 23.50^\circ$ .

Υδρ. έτος	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h
1997-98	29.4	50.3	71.5	102.4	105.5
1998-99	23.8	40.4	47.6	59.1	73.3
1999-00	23.0	25.8	36.2	42.7	47.4
2000-01	20.9	23.6	27.3	34.1	42.9
2001-02	28.3	43.8	54.5	55.5	61.2
2002-03	50.9	75.0	99.4	132.9	142.6
2003-04	60.3	60.3	60.3	72.4	72.4
2004-05	25.7	28.7	44.3	53.1	56.9
2005-06	35.4	44.9	44.9	48.4	48.4
2006-07	29.1	37.5	52.7	52.7	52.7
2007-08	86.5	110.3	127.9	130.4	130.4
2008-09	26.5	39.0	46.3	52.8	52.8

**Πίνακας Δ4** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε h) για το σημείο κανάβου  $\varphi = 37.75^\circ$ ,  $\lambda = 23.75^\circ$ .

Υδρ. έτος	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h
1997-98	45.9	84.6	156.0	181.3	187.1
1998-99	47.9	47.9	57.7	95.1	122.0
1999-00	38.0	38.0	38.0	46.8	50.3
2000-01	39.0	50.0	80.4	80.4	80.4
2001-02	46.3	46.3	46.3	48.0	48.0
2002-03	68.4	88.4	140.1	149.1	157.0
2003-04	50.9	53.2	53.2	53.2	60.2
2004-05	40.4	40.4	49.3	55.7	55.7
2005-06	71.3	71.3	71.3	71.3	97.5
2006-07	22.7	40.1	51.2	51.2	51.2
2007-08	56.6	62.6	119.1	119.1	120.1
2008-09	29.2	29.2	29.2	49.7	49.7

**Πίνακας Δ5** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε h) για το σημείο κανάβου  $\varphi = 38.00^\circ$ ,  $\lambda = 23.75^\circ$ .

Υδρ. έτος	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h
1997-98	38.8	65.3	96.6	142.3	147.2
1998-99	25.4	44.8	56.6	71.8	89.7
1999-00	26.3	37.1	52.7	64.2	65.6
2000-01	35.3	35.3	49.7	65.1	69.5
2001-02	52.5	57.0	57.0	57.0	65.7
2002-03	50.3	100.6	151.2	165.4	165.4
2003-04	74.4	74.4	74.4	74.4	74.4
2004-05	45.6	45.6	53.9	83.1	83.1
2005-06	17.7	17.7	17.7	17.7	19.2
2006-07	21.8	32.5	48.8	51.4	62.9
2007-08	65.3	96.0	110.1	115.3	115.3
2008-09	26.1	41.0	56.9	58.7	59.8

**Πίνακας Δ6** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε h) για το σημείο κανάβου  $\varphi = 38.25^\circ$ ,  $\lambda = 23.75^\circ$ .

Υδρ. έτος	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h
1997-98	41.2	70.4	99.0	144.7	148.9
1998-99	23.5	42.5	48.4	60.1	75.3
1999-00	23.1	29.3	48.7	56.1	59.8
2000-01	29.0	29.0	32.2	42.5	42.5
2001-02	26.6	27.9	35.3	62.8	65.6
2002-03	46.0	74.0	114.6	131.5	136.5
2003-04	28.3	33.6	33.6	48.8	48.8
2004-05	38.2	38.6	76.1	76.1	81.3
2005-06	30.9	30.9	30.9	36.8	36.8
2006-07	30.7	43.1	57.1	67.6	72.4
2007-08	120.0	146.4	159.6	168.2	168.2
2008-09	27.7	53.4	68.3	71.2	72.9

**Πίνακας Δ7** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε h) για το σημείο κανάβου  $\varphi = 37.75^\circ$ ,  $\lambda = 24.00^\circ$ .

Υδρ. έτος	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h
1997-98	40.7	72.9	102.6	129.1	136.0
1998-99	28.2	42.7	58.6	82.8	98.7
1999-00	26.7	41.9	41.9	54.0	55.5
2000-01	41.5	51.2	69.9	77.3	77.3
2001-02	38.2	46.0	46.0	46.0	49.1
2002-03	58.4	97.6	138.2	138.2	145.1
2003-04	85.9	85.9	85.9	85.9	85.9
2004-05	30.8	30.8	39.6	60.2	60.2
2005-06	38.6	44.7	47.4	70.9	118.3
2006-07	30.2	47.3	71.1	71.1	74.1
2007-08	35.8	59.1	83.4	83.4	86.6
2008-09	34.7	34.7	34.7	43.5	43.5

**Πίνακας Δ8** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε h) για το σημείο κανάβου  $\varphi = 38.00^\circ$ ,  $\lambda = 24.00^\circ$ .

Υδρ. έτος	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h
1997-98	34.4	55.5	85.8	141.3	172.5
1998-99	24.0	30.2	38.9	59.8	72.4
1999-00	30.1	59.4	73.8	86.3	88.2
2000-01	27.6	33.3	63.3	73.2	73.2
2001-02	36.8	48.5	59.1	59.1	59.1
2002-03	54.5	88.6	141.2	152.9	152.9
2003-04	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7
2004-05	47.7	47.7	47.7	47.7	47.7
2005-06	19.0	20.1	20.1	38.2	38.2
2006-07	26.5	30.1	44.8	60.9	71.8
2007-08	40.8	42.7	64.8	64.8	67.6
2008-09	26.1	36.7	36.7	36.7	43.0

**Πίνακας Δ9** Δείγματα ετήσιων μέγιστων υψών βροχής (σε mm) για τις αντίστοιχες χρονικές κλίμακες αναφοράς (σε h) για το σημείο κανάβου  $\varphi = 38.00^\circ$ ,  $\lambda = 24.25^\circ$ .

Υδρ. έτος	3 h	6 h	12 h	24 h	48 h
1997-98	33.0	55.1	85.4	137.9	168.8
1998-99	21.5	34.3	42.4	63.5	84.5
1999-00	30.8	60.7	79.3	84.7	85.4
2000-01	25.8	32.9	43.7	62.8	62.8
2001-02	55.6	55.6	55.6	74.2	74.2
2002-03	55.5	88.9	124.9	154.2	154.2
2003-04	40.3	40.3	40.3	40.3	49.8
2004-05	47.7	55.8	55.8	55.8	55.8
2005-06	25.1	25.1	25.1	42.4	62.5
2006-07	35.6	46.5	70.3	81.9	90.2
2007-08	44.2	47.2	48.9	48.9	54.9
2008-09	33.2	57.4	57.4	57.4	57.4

## Παράρτημα Ε: Συγκρίσεις με παλιότερες όμβριες καμπύλες

---

Στο παράρτημα αυτό επισκοπείται η ιστορική εξέλιξη της κατασκευής όμβριων καμπυλών στην περιοχή της Αθήνας και γίνεται σύγκριση των διαφορετικών ομάδων όμβριων καμπυλών με αυτές της παρούσας μελέτης, και ειδικότερα με τις οι όμβριες καμπύλες Α. Η σύγκριση γίνεται γραφικά για περιόδους επαναφοράς 2, 10, 100, 1000 και 10 000 χρόνια. Στην παρουσίαση των μαθηματικών εκφράσεων όλων των ομάδων καμπυλών έχουν γίνει, όπου χρειάστηκε, κατάλληλες μετατροπές, ώστε οι μονάδες να είναι ενιαίες, ήτοι για τις εντάσεις βροχής ( $i$ ) mm/h, για τις χρονικές κλίμακες ( $d$ ) h και για τις περιόδους επαναφοράς ( $T$ ) έτη.

Συνολικά επισκοπούνται και συγκρίνονται 18 διαφορετικές ομάδες όμβριων καμπυλών από σχεδόν ισάριθμες μελέτες. Η κριτική επισκόπηση αυτή βασίστηκε σε προγενέστερες επισκοπήσεις της Υδραυλικής (1980) και ENM (2004) καθόσον δεν ήταν δυνατή η συγκέντρωση των πρωτότυπων μελετών, οι οποίες ξεκινούν από τη δεκαετία του 1950.



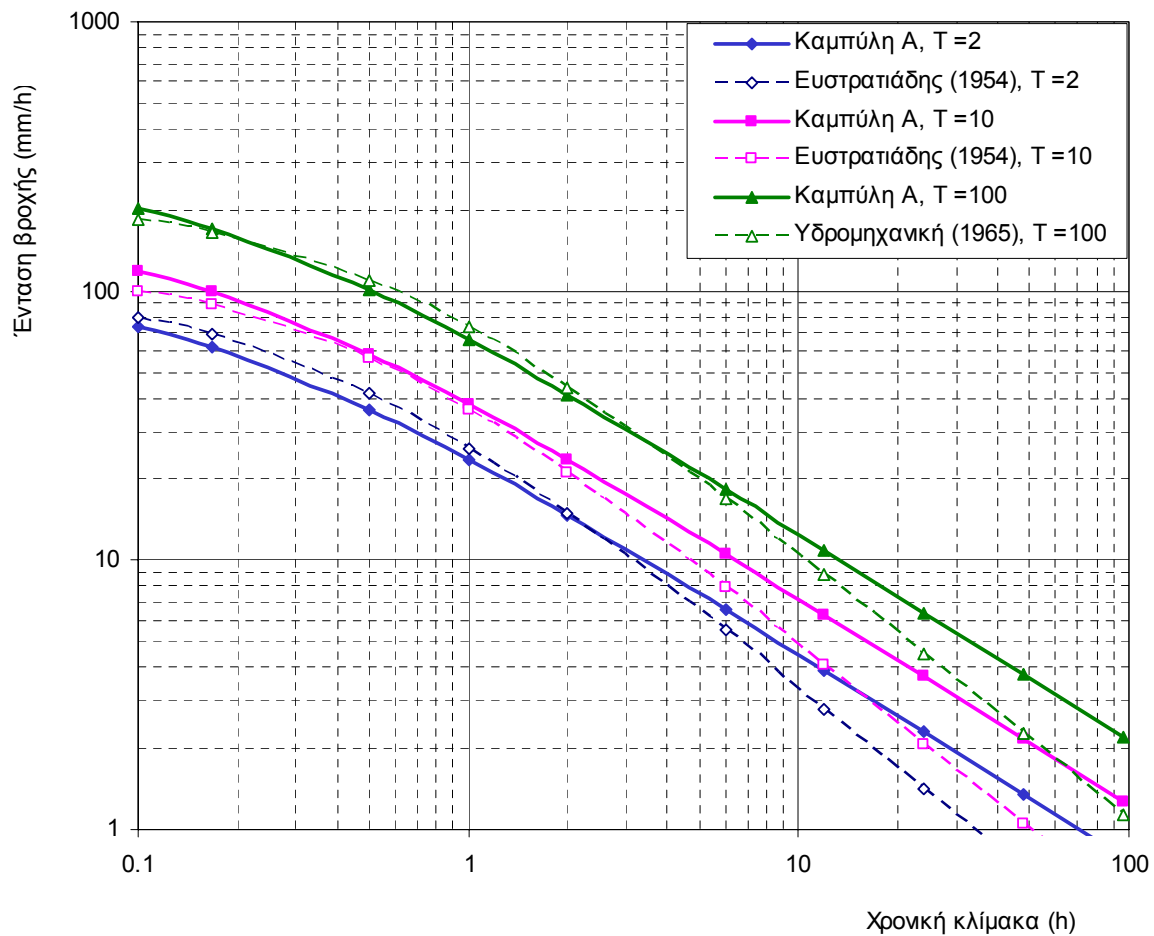
## Ε1. Γ. Ευστρατιάδης (1954)

Οι πρώτες όμβριες καμπύλες της Αθήνας φαίνεται ότι κατασκευάστηκαν το 1954 από τον Γρηγόριο Ευστρατιάδη και δημοσιεύτηκαν στο περιοδικό Τεχνικά Χρονικά (Τεύχος 365-366, 1954) και αργότερα θεσμοθετήθηκαν για τον υπολογισμό δικτύων ομβρίων με την Απόφαση του Υπουργείου Δημοσίων Έργων Δ. 22421/1966-07-08. Οι καμπύλες υπολογίστηκαν από βροχογραφικά δεδομένα του σταθμού του Λόφου Νυμφών για χρονικές κλίμακες 5 min έως 5 h και έχουν τη μορφή

$$i = \frac{\alpha(T)}{d + \beta(T)} \quad (\text{Ε1})$$

όπου η παράμετρος  $\alpha$  παίρνει τιμές 23.8, 34.7, 50.7 και 62.2 για περιόδους επαναφοράς 1, 2, 5 και 10 έτη, αντίστοιχα, και η παράμετρος  $\beta$  παίρνει τιμές 0.293, 0.337, 0.390 και 0.407, αντίστοιχα. Οι καμπύλες επανεξεταστήκαν από την Υδρομηχανική το 1965 και επεκτάθηκαν για περιόδους επαναφοράς 20, 50 και 100 έτη με τιμές της παραμέτρου  $\alpha$  72.1, 92.0 και 110.0, αντίστοιχα, και τιμές της παραμέτρου  $\beta$  0.432, 0.467 και 0.500, αντίστοιχα.

Η σχέση έχει χρησιμοποιηθεί και πιο πρόσφατα (1990), για τον υπολογισμό της βροχόπτωσης σχεδιασμού στα πλαίσια της μελέτης έργων αποχέτευσης της Ε.Λ. Ελευσίνας – Α/Α Σπάτων (Αττική Οδός) στα τμήματα Α.Κ. Μεταμόρφωσης – Α.Κ. Κηφισιάς – Α.Κ. Παλλήνης, καθώς και στη μελέτη αποχέτευσης – αποστράγγισης της Λ. Κύμης στο τμήμα Α από ΕΛΕΣΣ έως Ε.Ο. Νο 1.

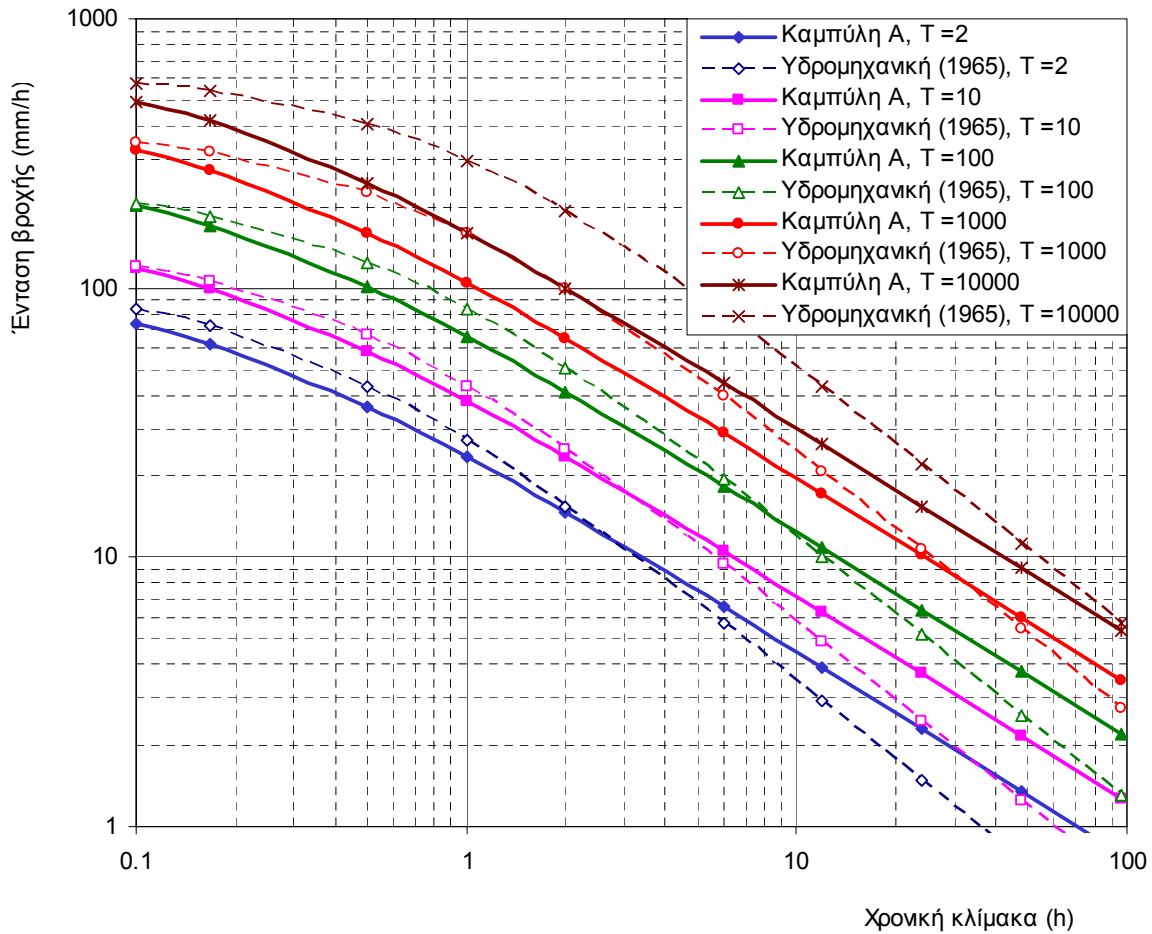


**Σχήμα Ε1** Σύγκριση των όμβριων καμπυλών Α με αυτές του Ευστρατιάδη (1954) και της επέκτασής τους από την Υδρομηχανική (1965).

## E2. Υδρομηχανική (1965)

Για τον υπολογισμό της βροχόπτωσης σχεδιασμού στα πλαίσια της οριστικής μελέτης υδραυλικών έργων στην ευρύτερη περιοχή Κηφισού έγινε γενίκευση της έκφρασης των καμπυλών Ευστρατιάδη, στην ακόλουθη μορφή:

$$i = \frac{28.92 T^{0.32}}{d + 0.31 T^{0.11}} \quad (E2)$$

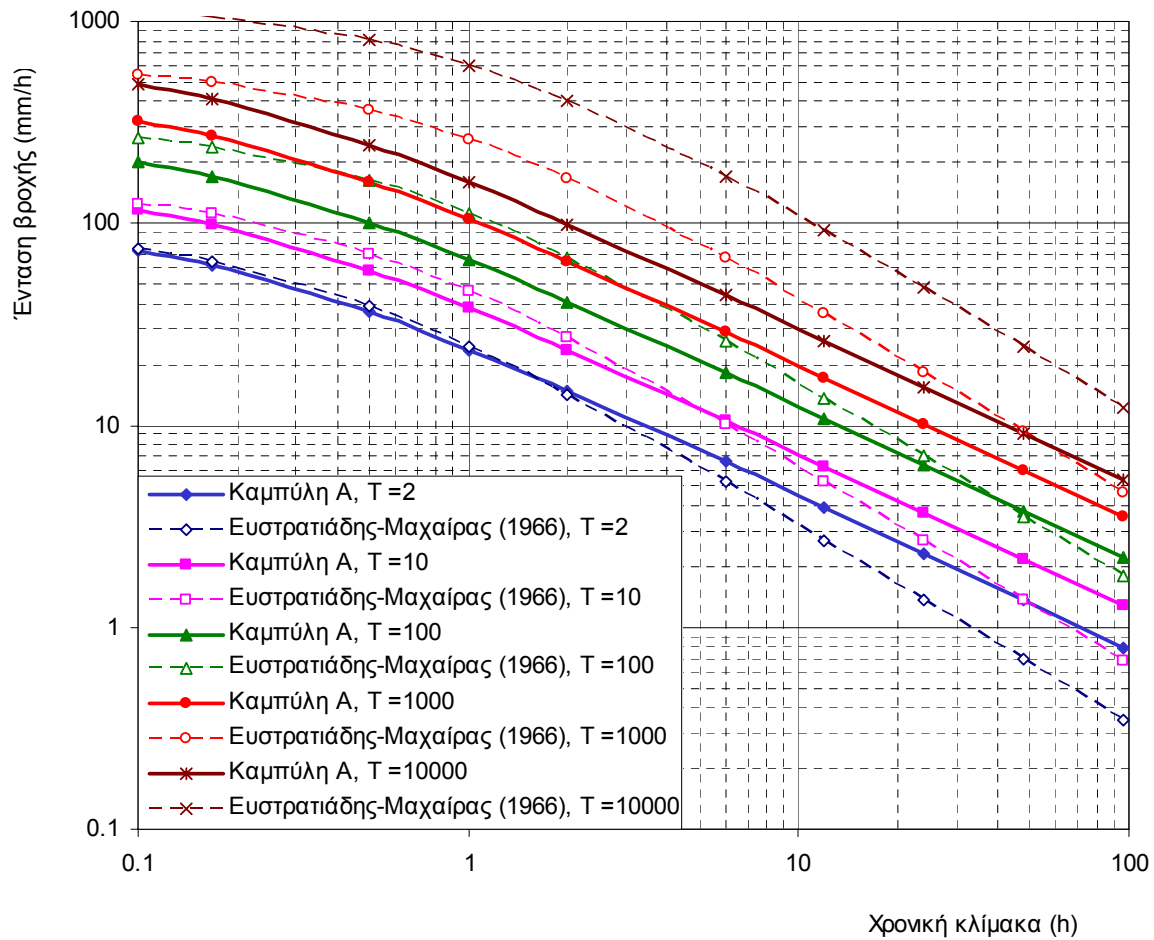


**Σχήμα E2** Σύγκριση των όμβριων καμπυλών Α με τις γενικευμένες της Υδρομηχανικής (1965).

### Ε3. Γ. Ευστρατιάδης – Α. Μαχαίρας (1966)

Πρόκειται για διαφοροποίηση (μετά από συμπλήρωση και με νεότερα δεδομένα) της γενικευμένης έκφρασης των καμπυλών Ευστρατιάδη, στην ακόλουθη μορφή:

$$i = \frac{24.88 T^{0.42}}{d + 0.32 T^{0.12}} \quad (E3)$$



Σχήμα Ε3 Σύγκριση των όμβριων καμπυλών Α με τις καμπύλες Ευστρατιάδη-Μαχαίρα (1966).

#### Ε4. Σ. Δάλλας (1968)

Στην υπόψη μελέτη, στα πλαίσια της αναδιευθέτησης του Κηφισού, υπολογίστηκε μια σειρά από όμβριες καμπύλες μεμονωμένα για διάφορους σταθμούς αλλά και για το σύνολο των σταθμών. Ειδικότερα, οι εκφράσεις των καμπυλών που προτάθηκαν είναι οι ακόλουθες.

Χαρακτηριστική καμπύλη για το λεκανοπέδιο της Αθήνας, κατασκευασμένη με βάση ενοποιημένο δείγμα από τους σταθμούς: Λόφος Νυμφών, Αθήνα-Ομόνοια, Βύρωνας, Νίκαια, Πειραιάς, Πεντέλη, Περιστέρι, Χαλάνδρι (συνολικό πλήθος παρατηρήσεων: 125 έτη):

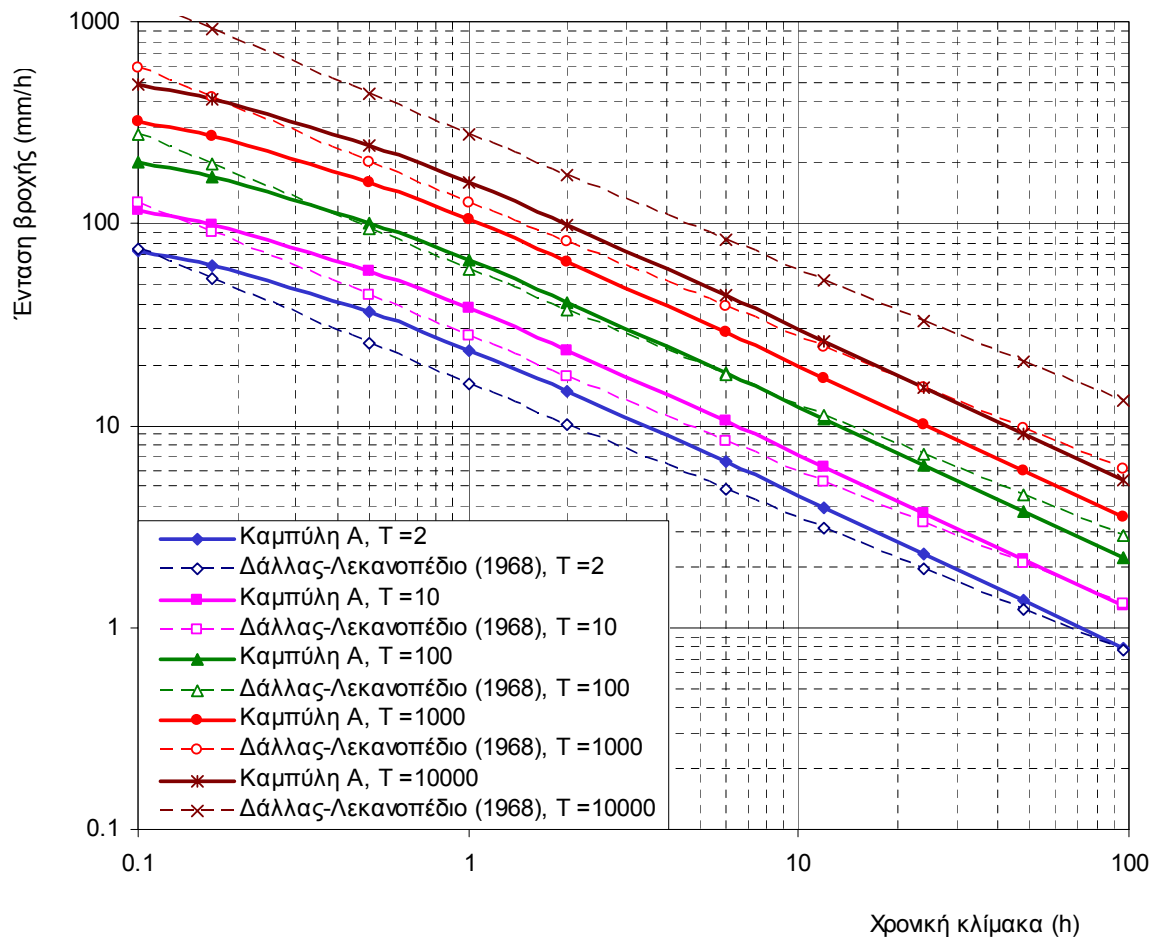
$$i = \frac{12.8 T^{1/3}}{d^{2/3}} \quad (E4)$$

Λόφος Νυμφών, χρονικές κλίμακες από 6 min μέχρι 24 h

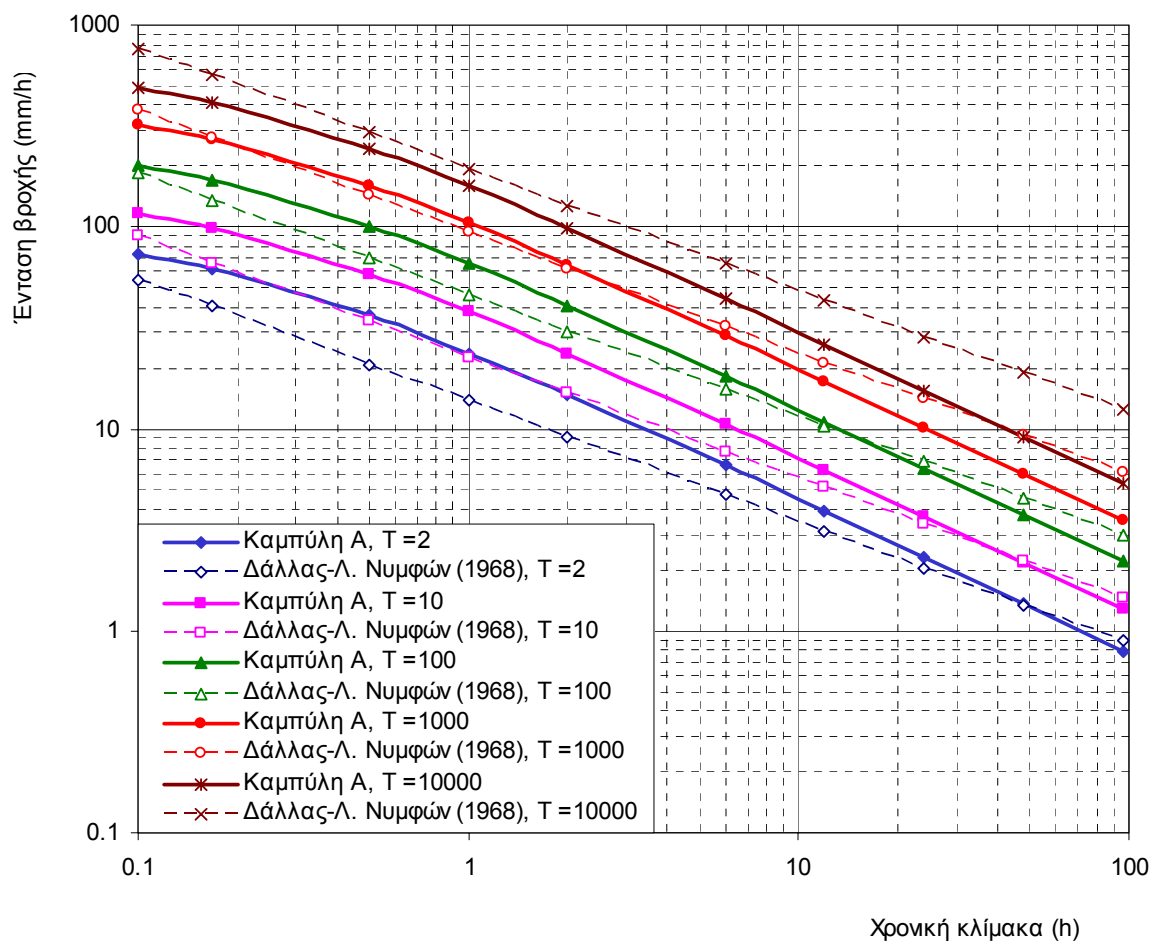
$$i = \frac{11.1 T^{0.31}}{d^{0.60}} \quad (E5)$$

Λόφος Νυμφών, για χρονικές κλίμακες μέχρι 3 h

$$i = \frac{15.1 T^{0.37}}{d^{0.6}} \quad (E6)$$



Σχήμα Ε4 Σύγκριση των όμβριων καμπυλών Α με τις καμπύλες Δάλα (1968) για το λεκανοπέδιο της Αθήνας (Εξίσωση (E4)).



**Σχήμα E5** Σύγκριση των όμβριων καμπυλών Α με τις καμπύλες Δάλα (1968) για το λεκανοπέδιο της Αθήνας (Εξίσωση (E5)).

Στην ίδια μελέτη, υπολογίστηκαν οι ακόλουθες σχέσεις για τους αντίστοιχους σταθμούς.

Ομόνοια (από 17 έτη παρατηρήσεων)

$$i = \frac{17.6 T^{0.32}}{d^{0.84}} \quad (E7)$$

Πειραιάς (από 5.5 έτη παρατηρήσεων)

$$i = \frac{11.6 T^{0.35}}{d^{0.67}} \quad (E8)$$

Πεντέλη (από 7 έτη παρατηρήσεων)

$$i = \frac{12.5 T^{0.33}}{d^{0.44}} \quad (E9)$$

Περιστερί (από 5.5 έτη παρατηρήσεων)

$$i = \frac{17.0 T^{0.41}}{d^{0.51}} \quad (E10)$$

Φιλοθέη (από 14.5 έτη παρατηρήσεων)

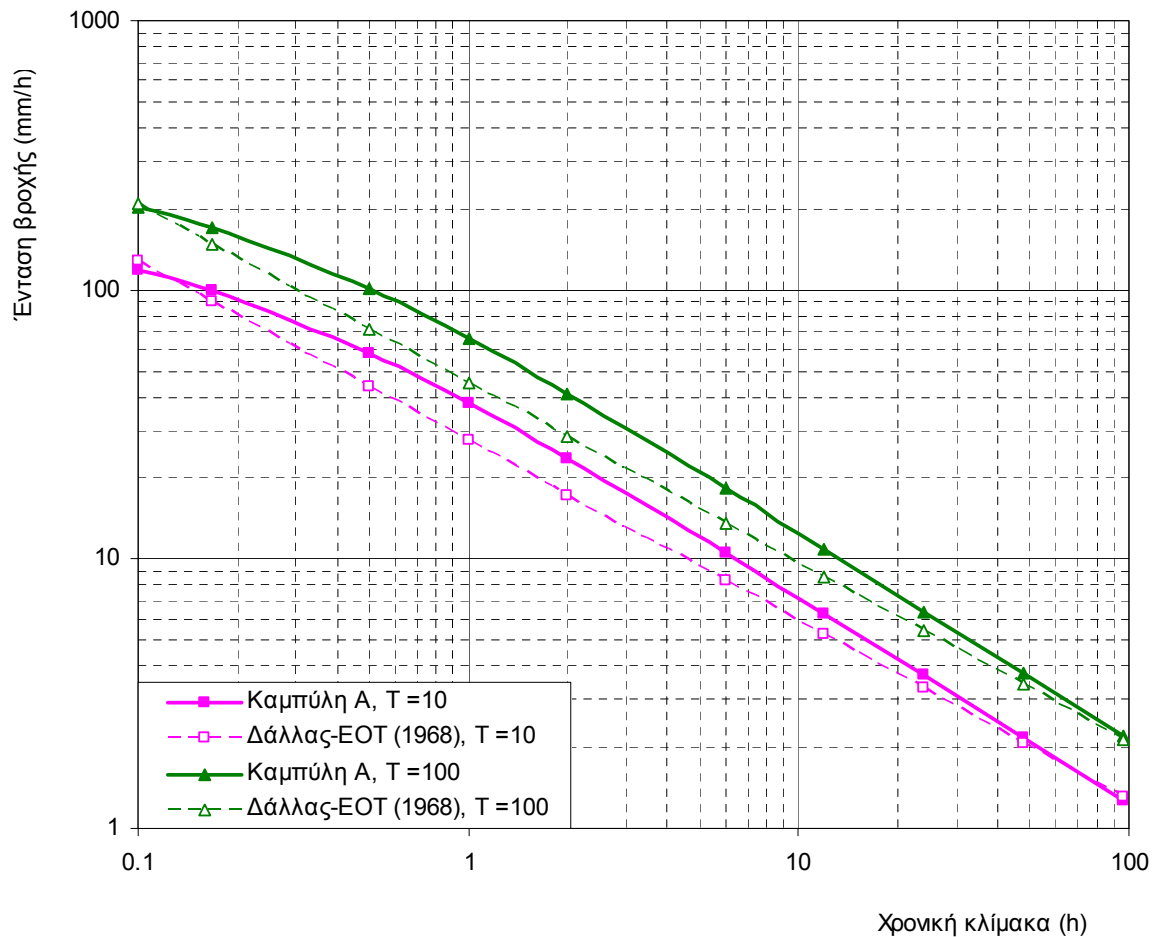
$$i = \frac{15.1 T^{0.40}}{d^{0.77}} \quad (E11)$$

## E5. Σ. Δάλλας – ΕΟΤ (1968)

Για τον υπολογισμό της βροχόπτωσης σχεδιασμού, στα πλαίσια της μελέτης έργων τουριστικής αξιοποίησης του Φαληρικού Όρμου, χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση:

$$i = \frac{\alpha(T)}{d^{2/3}} \quad (\text{E12})$$

όπου ο συντελεστής  $\alpha$  παίρνει τιμές 24, 27.5, 33, 39 και 45 για περιόδους επαναφοράς  $T = 5, 10, 20, 50$  και 100 έτη, αντίστοιχα.



**Σχήμα Ε6** Σύγκριση των όμβριων καμπυλών Α με τις καμπύλες Δάλλα-ΕΟΤ (1968) για τη μελέτη έργων τουριστικής αξιοποίησης του Φαληρικού Όρμου.

## Ε6. Υδραυλική (1974)

Η Υδραυλική (1974) μελέτησε βροχές διάρκειας άνω των 20 min τόσο από το σταθμό Λόφου Νυμφών όσο και από 25 σταθμούς του λεκανοπεδίου Αθηνών και κατέληξε στις ακόλουθες σχέσεις:

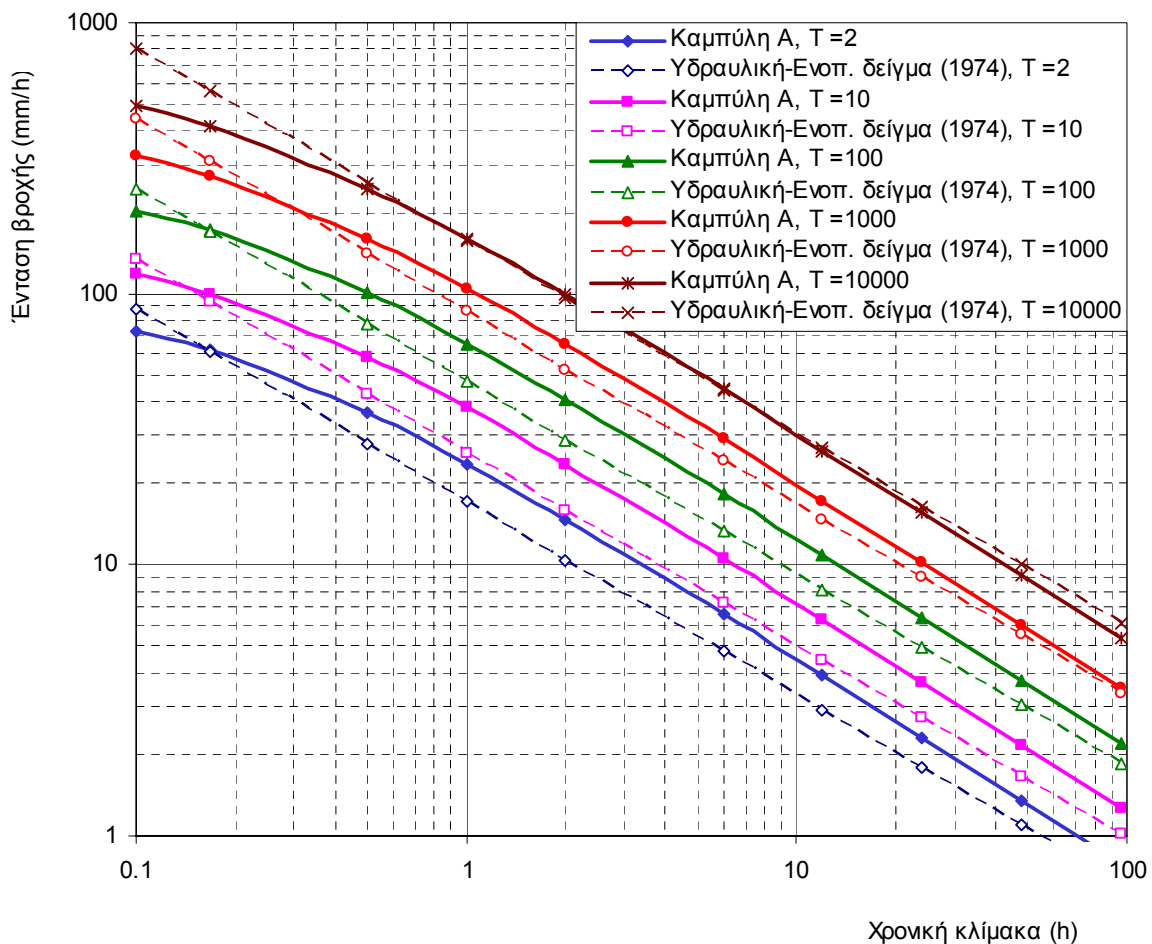
Για το ενοποιημένο δείγμα από πολλούς σταθμούς:

$$i = \frac{14.28 T^{0.26}}{d^{0.71}} \quad (E13)$$

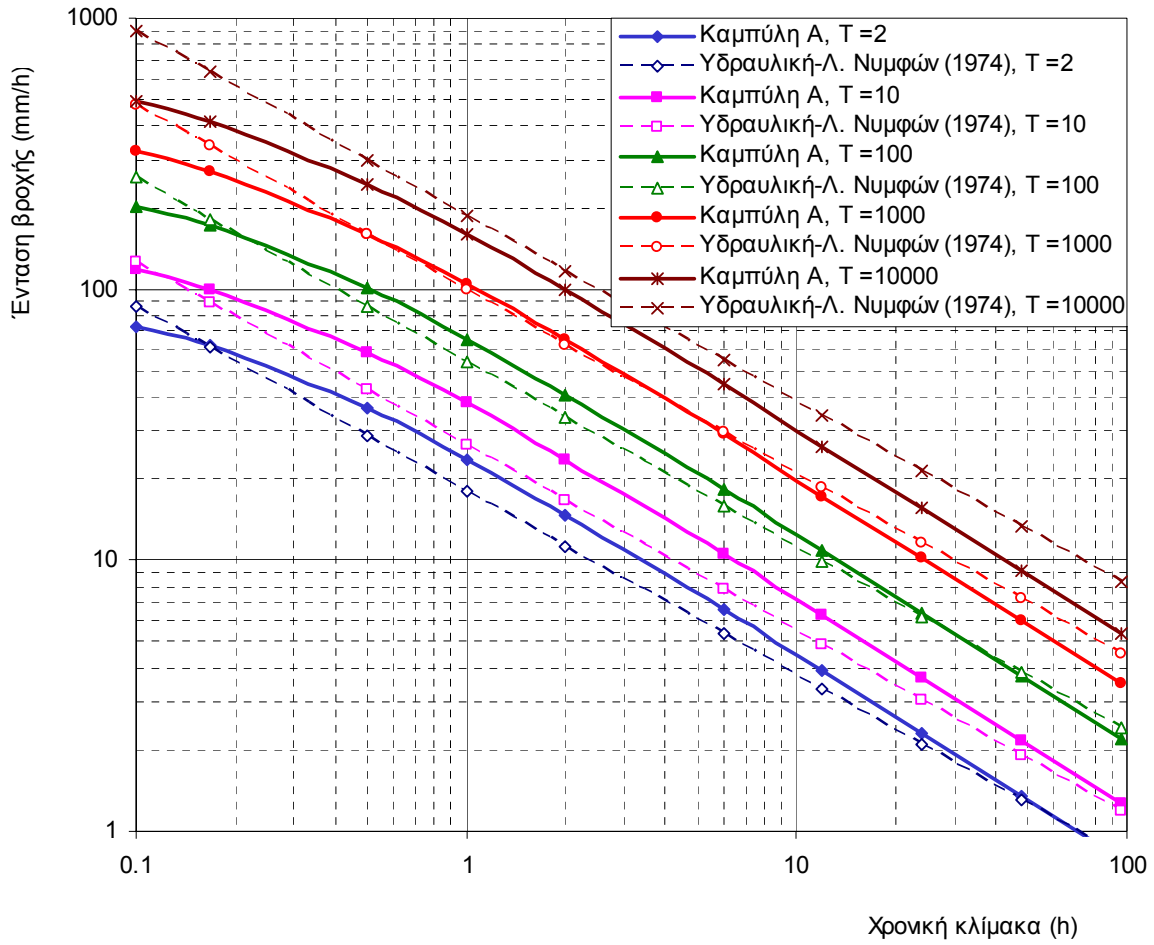
Για το Λόφο Νυμφών:

$$i = \frac{13.4 T^{0.27}}{d^{0.68}} \quad (E14)$$

Τελικώς πρότεινε τη χρήση της δεύτερης καμπύλης για τη λεκάνη Κηφισού, αλλά μετά από προσαύξηση των τιμών των εντάσεων κατά 6-15.8%, έτσι ώστε ο αριθμητής της εξίσωσης (E14) να έχει τιμές 18.1, 22.3, 26.5, 32.2, 42.6 και 53.8 για περιόδους επαναφοράς 2, 5, 10, 20, 50 και 100 έτη, αντίστοιχα.



**Σχήμα E7** Σύγκριση των όμβριων καμπυλών A με τις καμπύλες Υδραυλικής (1974) για το ενοποιημένο δείγμα όλων των σταθμών (εξίσωση (E13)).



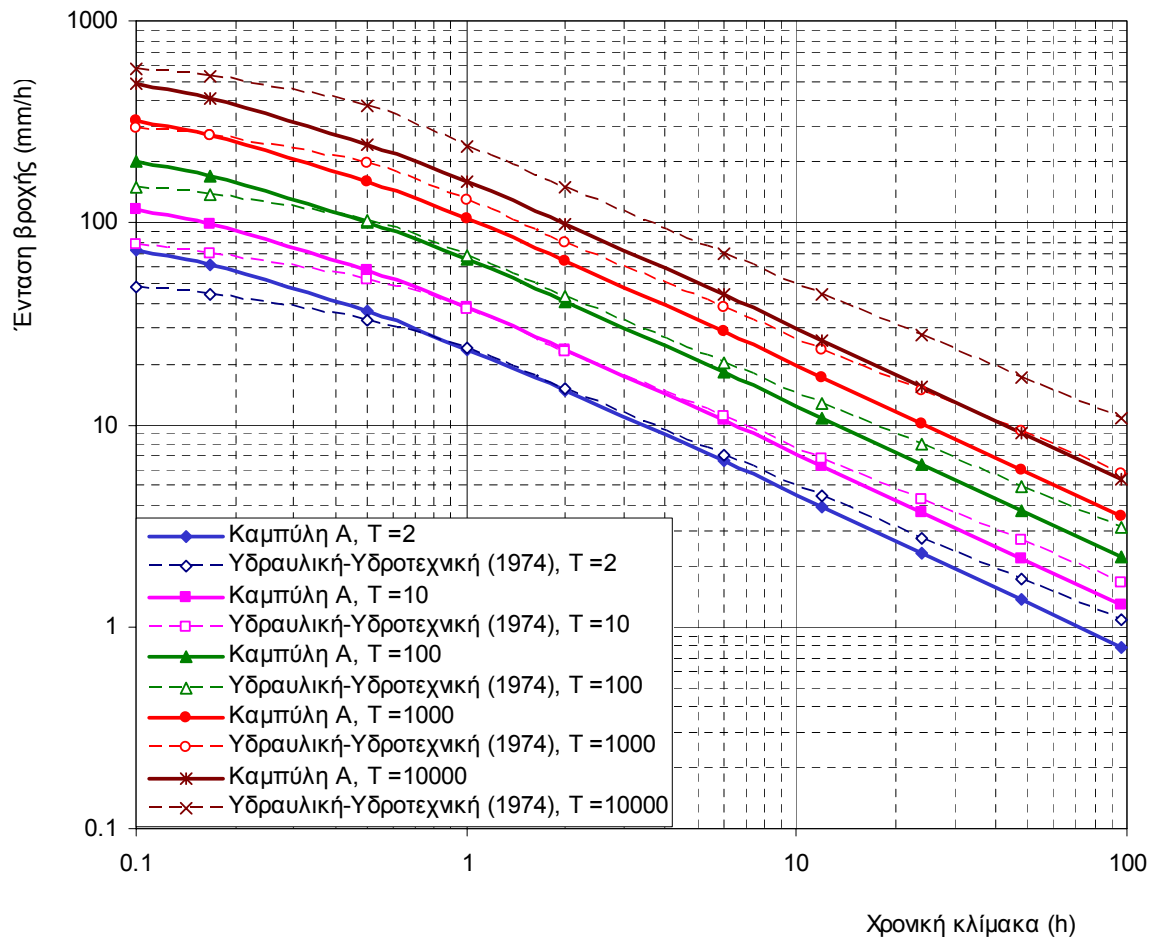
**Σχήμα Ε8** Σύγκριση των όμβριων καμπυλών Α με τις καμπύλες Υδραυλικής (1974) για το ενοποιημένο δείγμα όλων των σταθμών (εξίσωση (Ε14) μετά την εφαρμογή της σχετικής προσαύξησης, όπου για περιόδους επαναφορά  $> 100$  ο συντελεστή προσαύξησης θεωρήθηκε ίσος με 15.8%).



## Ε7. Υδραυλική-Υδροτεχνική (1974)

Ἡ εν λόγω σχέση που χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της προκαταρκτικής μελέτης έργων διευθέτησης Κηφισού προσαυξάνει τον αριθμητή της εξίσωσης (E14) και παράλληλα εισάγει μια διορθωτική σχέση για τις μικρές χρονικές κλίμακες. Η τελική εξίσωση έχει την έκφραση:

$$i = \min \left( \frac{19.86 T^{0.27}}{d^{0.68}}, \frac{23.57 T^{0.29}}{(d + 0.30)^{0.57}} \right) \quad (E15)$$



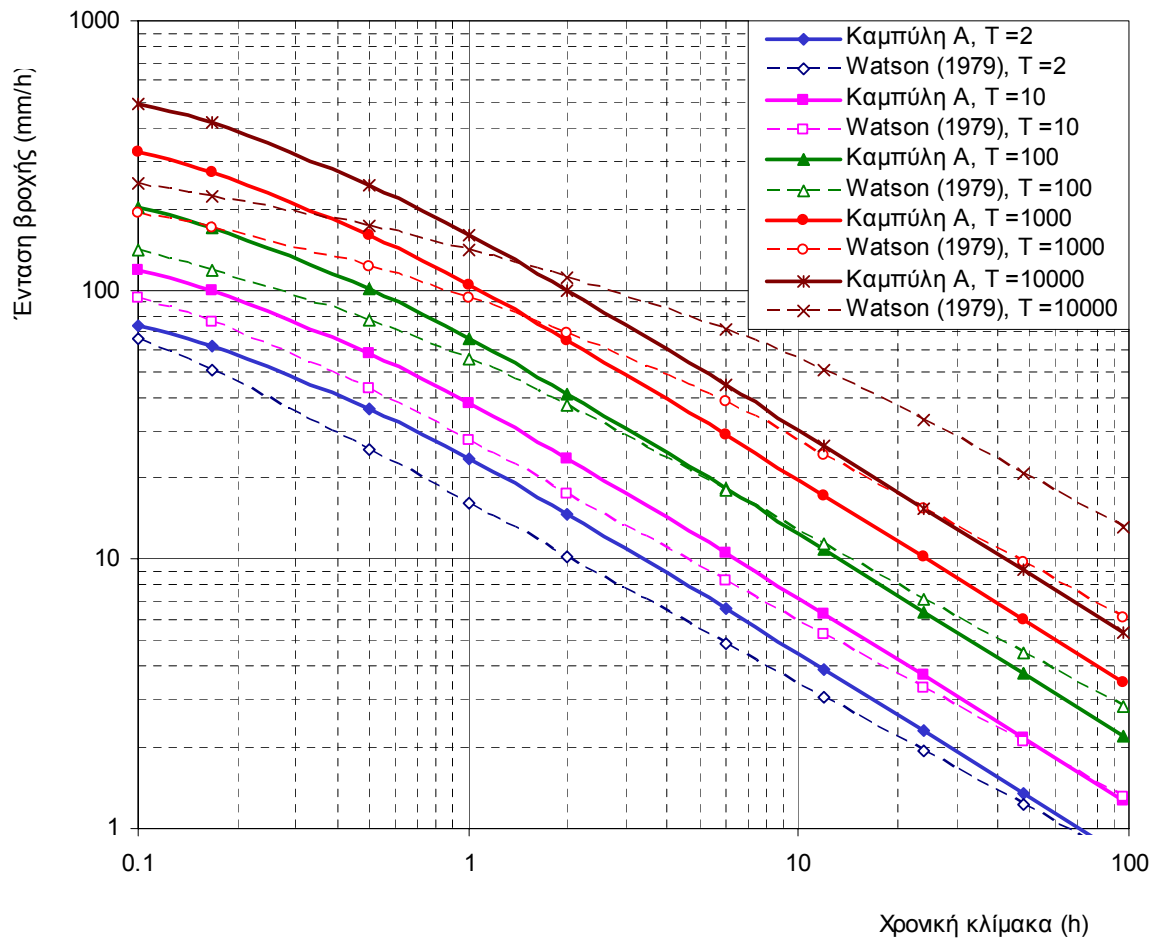
**Σχήμα Ε9** Σύγκριση των όμβριων καμπυλών Α με τις καμπύλες Υδραυλικής-Υδροτεχνικής (1974).

## E8. Watson (1979)

Η Watson (1979) χρησιμοποιεί αρχικώς την Εξίσωση (E4) από τη μελέτη Δάλα (1968), αλλά θεωρεί υπερβολικές τις τιμές εντάσεων που είναι μεγαλύτερες των 40 mm/h, οπότε προτείνει την ακόλουθη διορθωτική εξίσωση:

$$i = \min\left(\frac{12.8 T^{1/3}}{d^{2/3}}, \frac{8.13 T^{0.5} e^{\alpha}}{d}\right), \quad \alpha = 0.5 - 0.016 i \quad (E16)$$

Η εξίσωση είναι πεπλεγμένη ως προς  $i$  και η επίλυσή της απαιτεί αριθμητική (π.χ. επαναληπτική) μέθοδο. Η Watson (1979) θεωρεί την ως άνω εξίσωση αντιπροσωπευτική για το σύνολο της λεκάνης του Κηφισού, ενώ για «τοπικές υπολεκάνες» προτείνει την προσαύξηση των τιμών με συντελεστή  $f = 1.42$ .



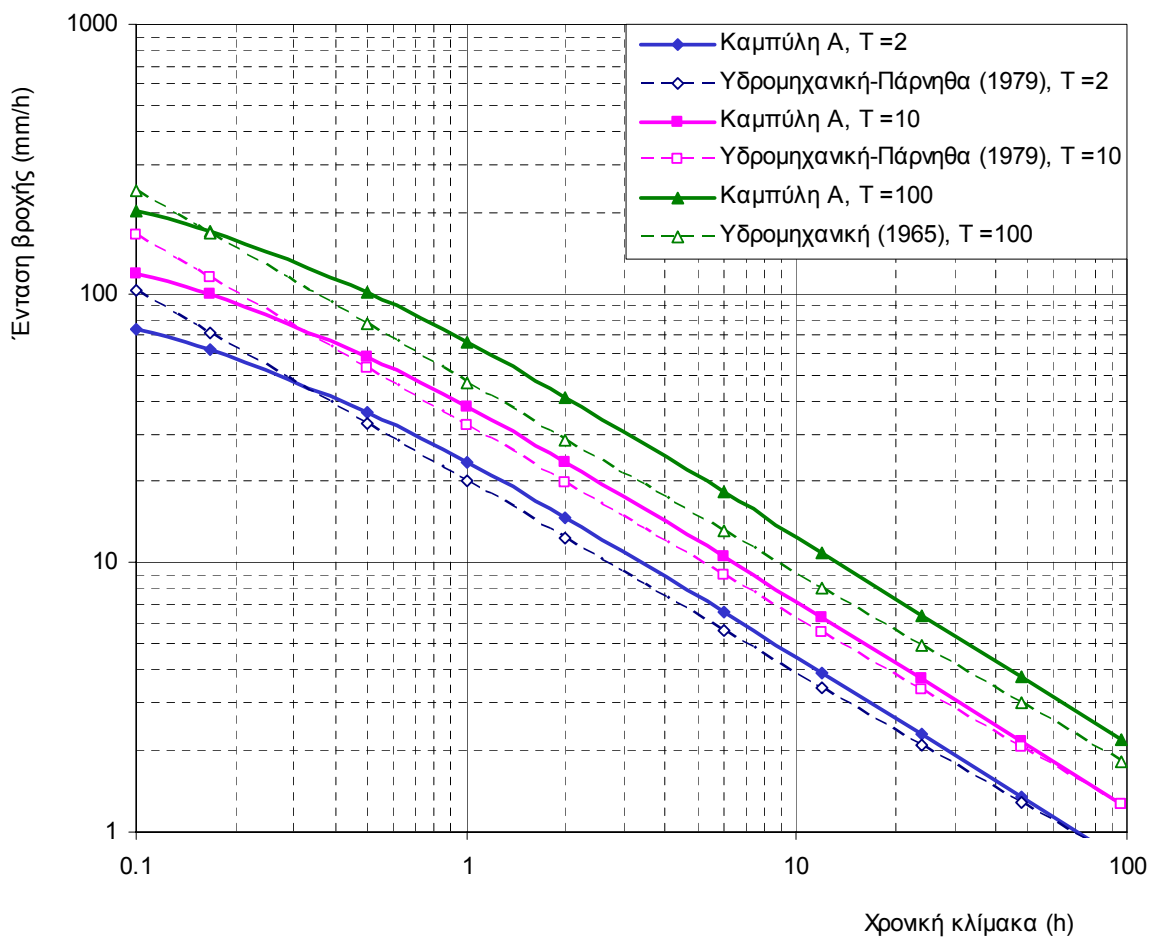
**Σχήμα E10** Σύγκριση των όμβριων καμπυλών Α με τις καμπύλες Watson (1979) χωρίς την εφαρμογή συντελεστή προσαύξησης.

## E9. Υδρομηχανική – Πάρνηθα (1979)

Χρησιμοποιώντας δεδομένα από τους σταθμούς Τατοΐου (ΕΜΥ, 55 έτη), Δεκελείας (ΜΥΑΑ, 44 έτη), Δεκελείας (ΕΥΔΑ, 43 έτη), Πάρνηθας (ΜΥΑΑ, 32 έτη) και Πάρνηθας (ΕΜΥ, 11 έτη), κατασκευάστηκε η εξίσωση

$$i = \frac{a(T)}{d^{0.71}} \quad (E17)$$

όπου για τα ενοποιημένα δεδομένα ο συντελεστής  $a$  παίρνει τιμές 12.6, 20.13, 27.35, 32.15, 36.57, 41.9 και 46.9 για περιόδους επαναφοράς 1.1, 2, 5, 10, 20, 50 και 100 έτη, αντίστοιχα. Ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον στοιχείο από την υπόψη μελέτη είναι η ταυτότητα των συντελεστών των μεμονωμένων όμβριων καμπυλών των σταθμών Τατοΐου (υψόμετρο 239 m) και Πάρνηθας (υψόμετρο 900 m) ενώ μικρότερες εντάσεις προέκυψαν για το σταθμό Δεκελείας (υψόμετρο 480 m).



Σχήμα E11 Σύγκριση των όμβριων καμπυλών Α με τις καμπύλες Υδρομηχανικής – Πάρνηθα (1979).

## E10. Υδραυλική (1980)

Μετά από διεξοδική ανάλυση η μελέτη προτείνει τις ακόλουθες σχέσεις:

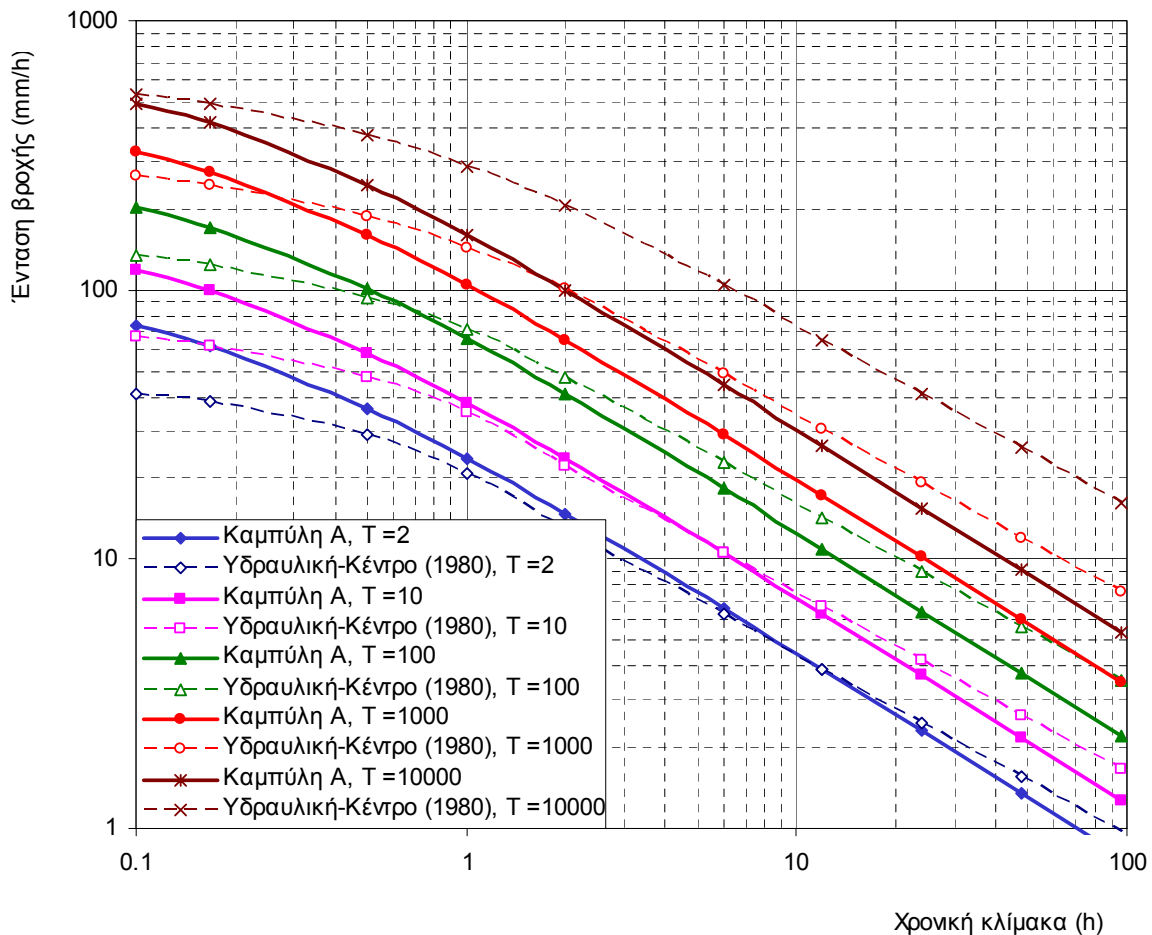
Για τη λεκάνη Κηφισού εν συνόλω την εξίσωση (E4) από τη μελέτη Δάλα (1968).

Για τα τοπικά δίκτυα των κεντρικών περιοχών του λεκανοπεδίου της Αθήνας την προσαυξημένη έκδοση της εξίσωσης (E14) με επιπλέον προσαύξηση 29%, σε ό,τι αφορά τις μεγάλες χρονικές κλίμακες, αλλά και με απομείωση για τις μικρές χρονικές κλίμακες. Η τελικώς εξαγόμενη σχέση γράφεται:

$$i = \min \left( \frac{16.5 T^{0.33}}{d^{0.67}}, \frac{22.1 T^{0.3}}{(d + 0.40)^{0.6}} \right) \quad (E18)$$

Για την περιοχή Αχαρνών την εξίσωση (E18) μετά από αναγωγή με πολλαπλασιαστικό συντελεστή  $\theta$ , ο οποίος προκύπτει από τη σχέση:

$$\theta = 2.02 / T^{0.18} - 1.34 / T \quad (E19)$$



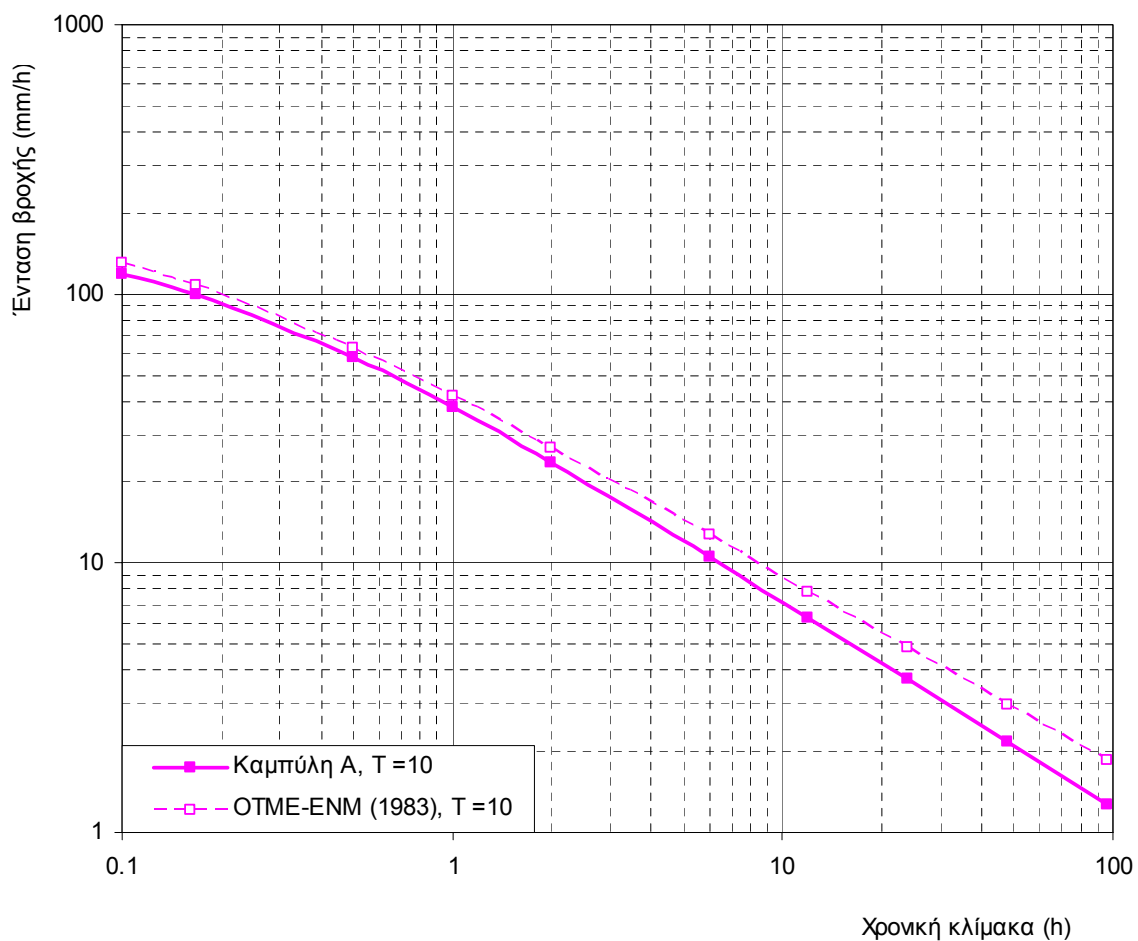
Σχήμα E12 Σύγκριση των όμβριων καμπυλών A με τις καμπύλες Υδραυλικής (1980· εξίσωση (E18)).

## E11. ΟΤΜΕ – ENM (1983)

Για τον υπολογισμό της βροχοπτώσης σχεδιασμού στα πλαίσια της «Μελέτης αποχετεύσεως ομβρίων και ακαθάρτων υδάτων περιοχής Πειραιά», με δεδομένα βροχομετρικού σταθμού Λόφου Νυμφών, χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση:

$$i = \frac{a(T)}{(d + 0.12)^{0.71}} \quad (E20)$$

όπου ο συντελεστής  $a$  δίνεται σε πινακοποιημένη μορφή ως συνάρτηση της περιόδου επαναφοράς και της «αξιοπιστίας». Για μέτρο «αξιοπιστίας» 50%, όπως χρησιμοποιήθηκε στις μελέτες έργων αντιπλημμυρικής προστασίας και αποχέυσης ομβρίων της ευρύτερης περιοχής του Φαληρικού όρμου στα πλαίσια των ολυμπιακών έργων καθώς και στα πλαίσια των μελετών του TRAM, ο συντελεστής  $a$  παίρνει τις τιμές 36, 45, 53 και 64 για περιόδους επαναφοράς 5, 10, 20 και 50 έτη, αντίστοιχα.



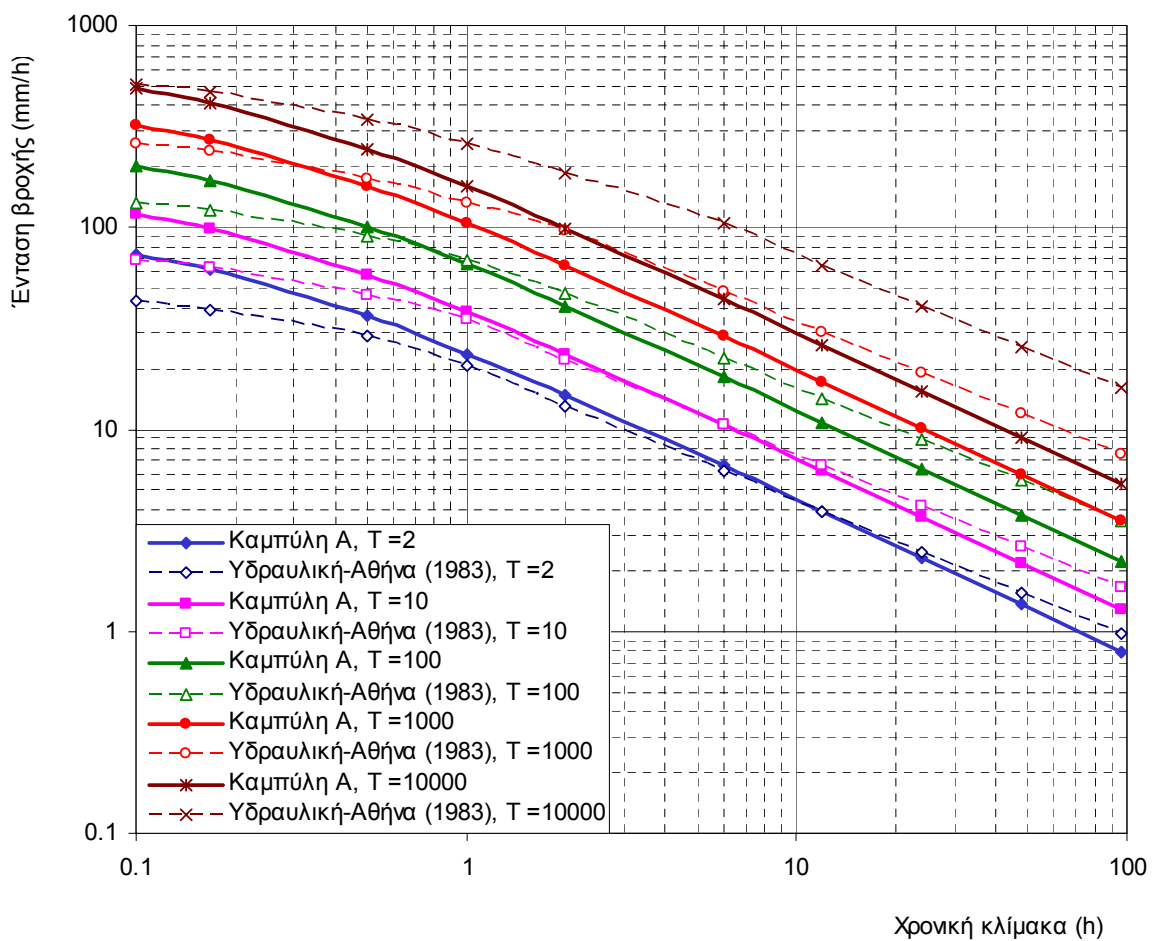
**Σχήμα E13** Σύγκριση της όμβριας καμπύλης A για περίοδο επαναφοράς 10 ετών με την αντίστοιχη καμπύλη των ΟΤΜΕ – ENM (1983).

## E12. Υδραυλική – Αθήνα (1983)

Για τον υπολογισμό της βροχόπτωσης σχεδιασμού στα πλαίσια της μελέτης υδραυλικών έργων στην ευρύτερη περιοχή των Αθηνών, με δεδομένα βροχομετρικού σταθμού Λόφου Νυμφών, χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω εξισώσεις:

$$i = \min \left( \frac{16.5 T^{0.33}}{d^{0.67}}, \frac{20.8 T^{0.29}}{(d + 0.30)^{0.57}} \right) \quad (E21)$$

Παρατηρούμε ότι το πρώτο μέρος της εξίσωσης που ισχύει για μεγάλες χρονικές κλίμακες είναι ταυτόσημο με το αντίστοιχο της εξίσωσης (E18) (Υδραυλική, 1980), ενώ το δεύτερο μέρος είναι όμοιο με το αντίστοιχο της εξίσωσης (E15) (Υδραυλική-Υδροτεχνική, 1974) μετά από αναγωγή με πολλαπλασιαστικό συντελεστή  $20.8/23.57 = 0.88$ . Θεωρήθηκε ότι η εξίσωση ισχύει για λεκάνες απορροής με έκταση από  $50.35 \text{ km}^2$  έως  $367.78 \text{ km}^2$ .



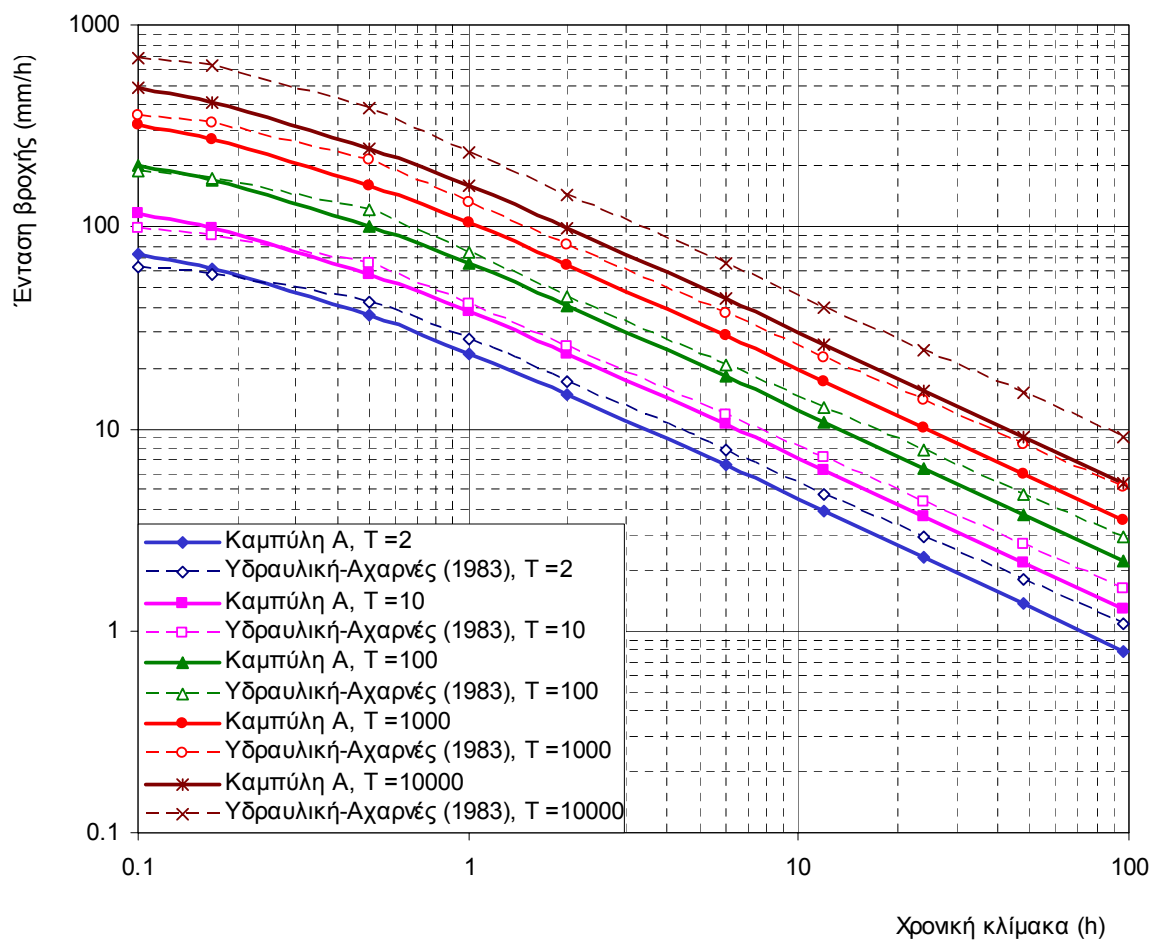
Σχήμα E14 Σύγκριση των όμβριων καμπυλών A με τις καμπύλες Υδραυλικής (1983) για την Αθήνα.

### E13. Υδραυλική – Αχαρνές (1983)

Για τον υπολογισμό της βροχόπτωσης σχεδιασμού στα πλαίσια της προκαταρκτικής μελέτης έργων αποχέτευσης ομβρίων της περιοχής Αχαρνών, με δεδομένα των βροχομετρικών σταθμών Περιστερίου, Τατοΐου, Μπογιατίου, Δεκέλειας και Πάρνηθας, χρησιμοποιήθηκε η παρακάτω εξίσωση:

$$i = \min \left( \frac{23.45 T^{0.25}}{d^{0.71}}, \frac{30.76 T^{0.28}}{(d + 0.30)^{0.57}} \right) \quad (E22)$$

Η σχέση αυτή χρησιμοποιήθηκε και στις μελέτες έργων αποχέτευσης της Ε.Λ. Ελευσίνας – Α/Α Σπάτων (1990), τμήμα Α.Κ. Μεταμόρφωσης – Αυχένas Μαυρηνόρας, στην μελέτη αποχέτευσης – αποστράγγισης της Λ. Κύμης στο τμήμα Β από Ε.Ο. Νο 1 έως Ολυμπιακό Χωριό, καθώς και στη μελέτη διευθέτησης ρεμάτων του Ολυμπιακού Χωριού (ρ. Αχαρνών).



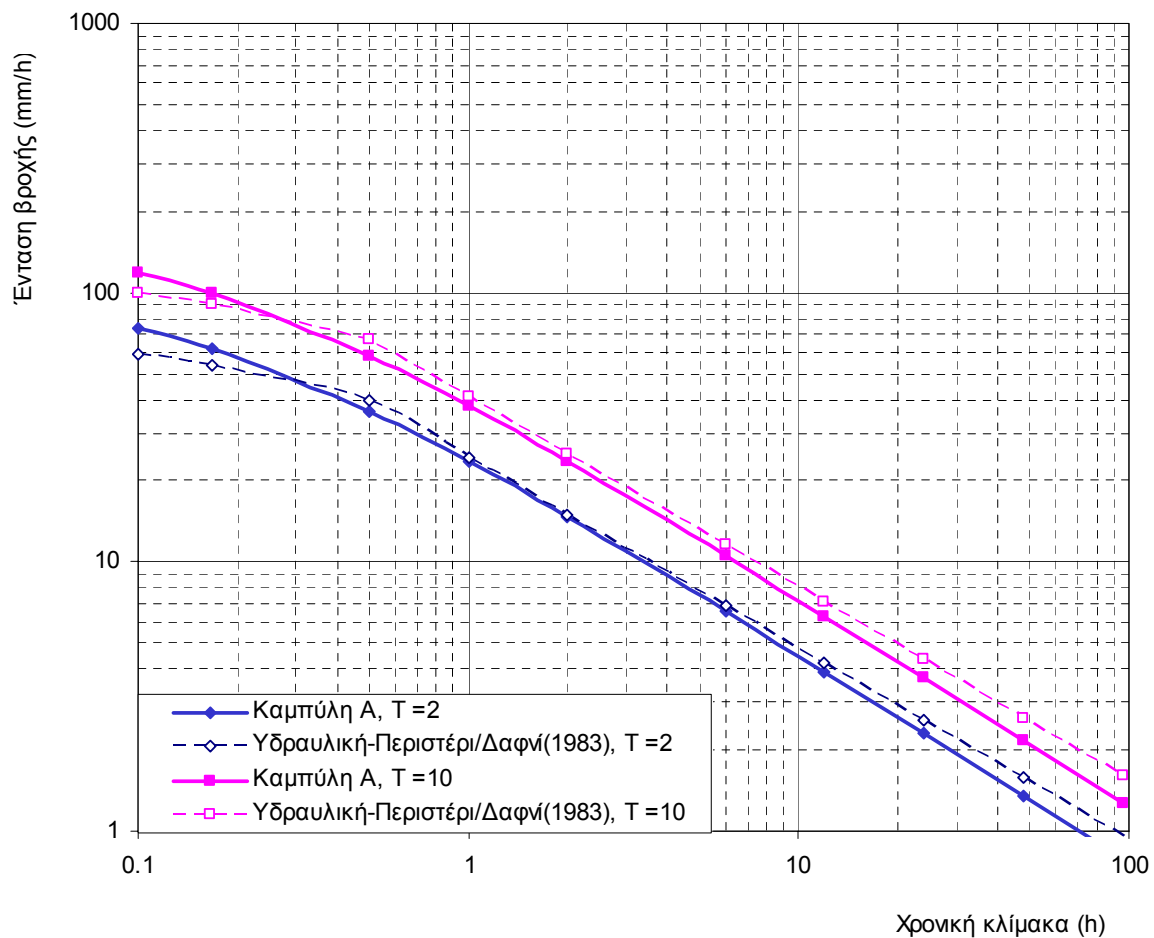
**Σχήμα E15** Σύγκριση των όμβριων καμπυλών Α με τις καμπύλες Υδραυλικής (1983) για την περιοχή Αχαρνών.

## E14. Υδραυλική – Περιστέρι/Δαφνί (1983)

Για τον υπολογισμό της βροχόπτωσης σχεδιασμού στα πλαίσια της μελέτης διευθέτησης ρευμάτων Περιστερίου και Δαφνίου, χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω εξισώσεις:

$$i = \min \left( \frac{\alpha(T)}{d^{0.71}}, \frac{\beta(T)}{(d + 0.30)^{0.57}} \right) \quad (E23)$$

όπου ο συντελεστής  $\alpha$  παίρνει τιμές 24.55, 35.12, 41.24, 46.96 και 53.95 για περιόδους επαναφοράς  $T = 2, 5, 10, 20$  και  $50$  έτη, αντίστοιχα, ενώ ο συντελεστής  $\beta$  παίρνει τιμές 34.78, 48.99, 58.61, 68.01 και 80.08, αντίστοιχα. Παρατηρούμε ότι οι παρονομαστές της εν λόγω σχέσης είναι ταυτόσημοι με αυτούς της εξίσωσης (E22).



**Σχήμα E16** Σύγκριση των όμβριων καμπυλών Α με τις καμπύλες Υδραυλικής (1983) για την περιοχή Περιστέρι/Δαφνί.



## E15. Μαχαίρας – Παιανία (1983)

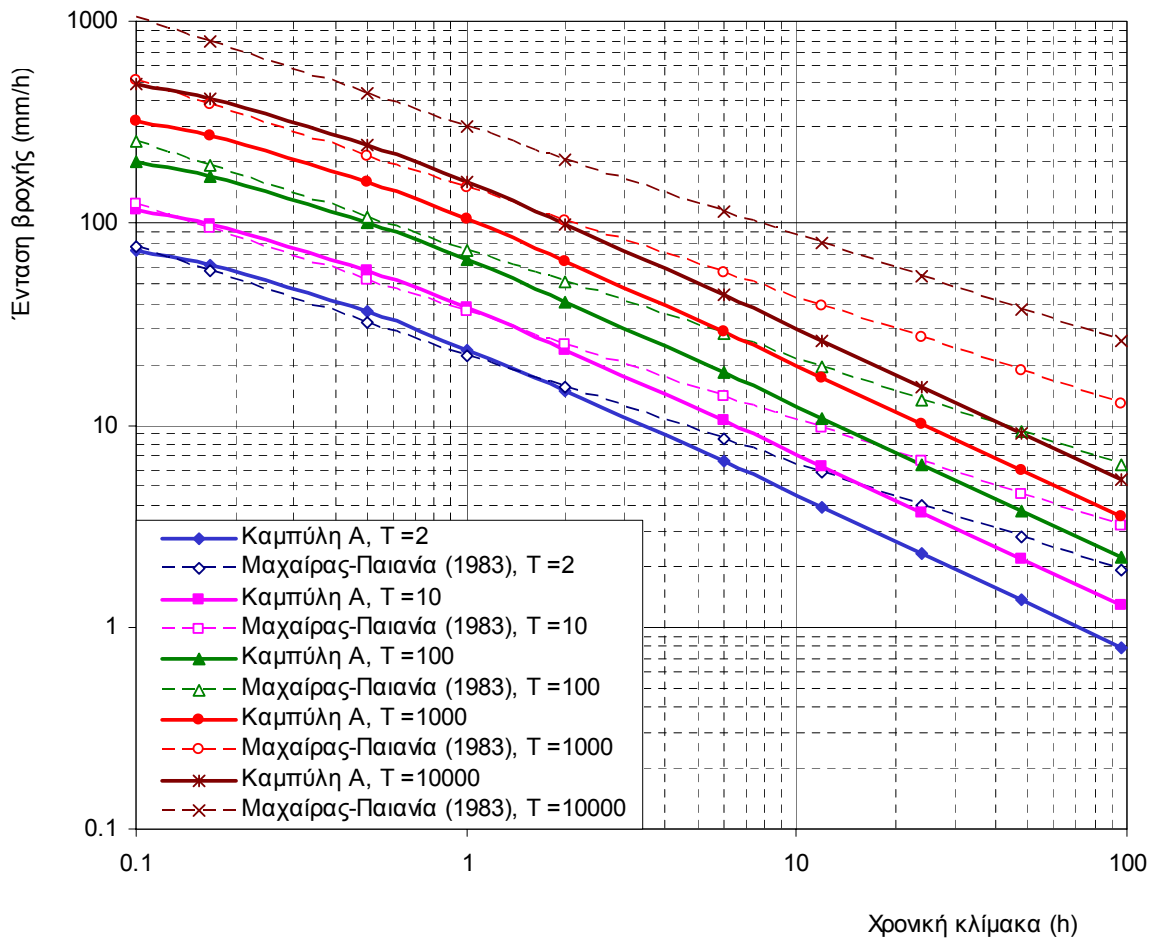
Κατά την “Προμελέτη Διευθετήσεως Ρέματος Ραφήνας” η οποία εκπονήθηκε από το Γραφείο Μαχαίρα για λογαριασμό του ΥΠΕΧΩΔΕ (Δ3) το 1983, υπολογίστηκε όμβρια καμπύλη για την περιοχή της Παιανίας χρησιμοποιώντας στοιχεία παρατηρήσεων ύψους - διάρκειας από βροχόμετρο, για τα έτη 1952-56, 1958-59 και 1963-66 από σταθμό του Υπουργείου Γεωργίας ο οποίος λειτούργησε κατά την περίοδο 1949-66, καθώς και του βροχογράφου της ΕΜΥ για τα έτη 1973-75. Η όμβρια καμπύλη έχει τη μαθηματική έκφραση

$$i = \frac{14.37 T^{0.306}}{d^{0.537}} \quad (E24)$$

Λαμβάνοντας υπόψη την ύπαρξη ορεινής περιοχής στο βόρειο τμήμα της λεκάνης, η προαναφερθείσα Προμελέτη Διευθετήσεως Ρέματος Ραφήνας προτείνει προσαύξηση κατά 20-25% προκειμένου να βρεθεί η όμβρια καμπύλη της όλης λεκάνης. Η τελικά προτεινόμενη σχέση για την λεκάνη ρέματος Ραφήνας είναι:

$$i = \frac{18.0 T^{0.306}}{d^{0.537}} \quad (E25)$$

Η ίδια πρακτικώς καμπύλη (μετά από στρογγύλευση κατά 1 δεκαδικό ψηφίο των συντελεστών) χρησιμοποιήθηκε και για τη λεκάνη Ερασίνου και στα πλαίσια μελετών της Αττικής Οδού.



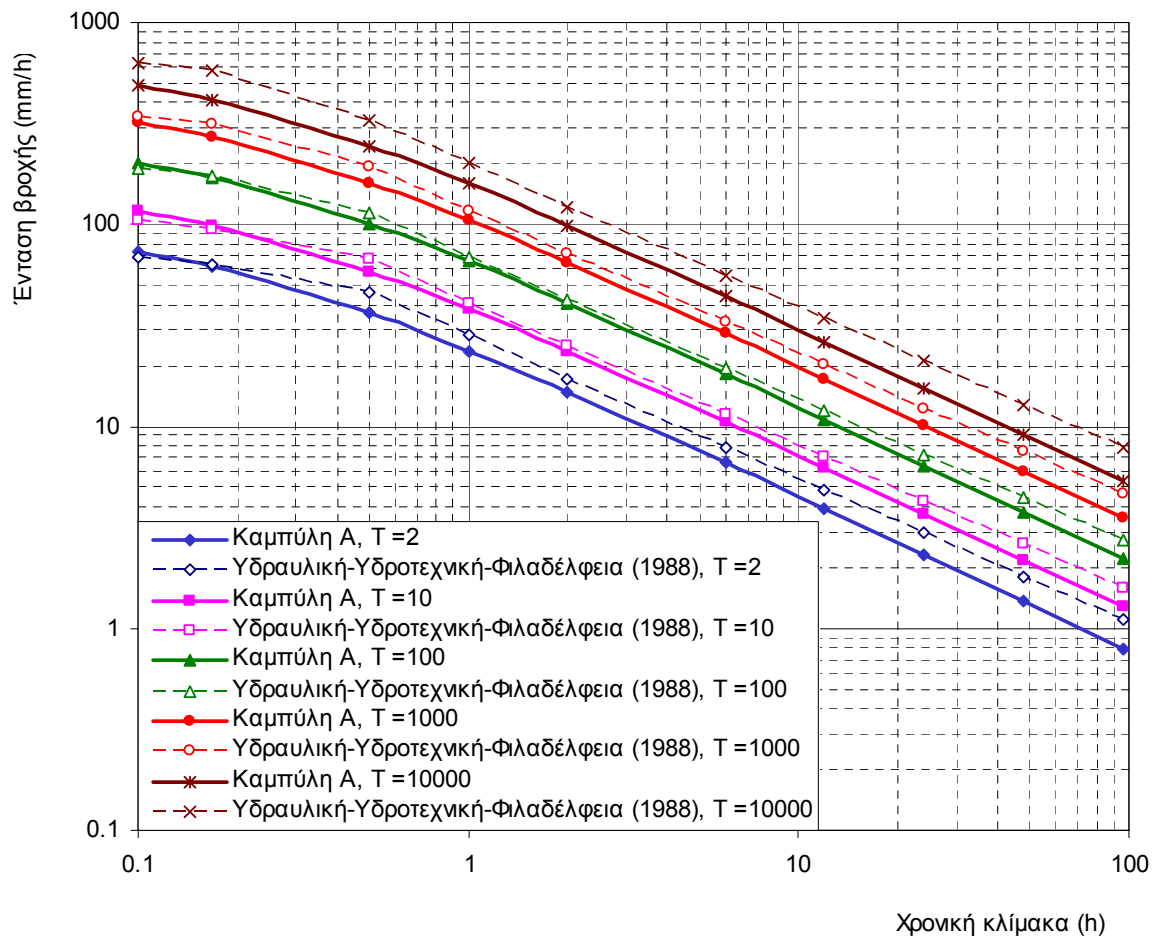
**Σχήμα E17** Σύγκριση των όμβριων καμπυλών Α με τις καμπύλες Μαχαίρα (1983) για την περιοχή της Παιανίας.

## E16. Υδραυλική/Υδροτεχνική – Φιλαδέλφεια (1988)

Για τον υπολογισμό της βροχόπτωσης σχεδιασμού στα πλαίσια της οριστικής μελέτης έργων αναδιευθέτησης του Κηφισού και των συμβαλλόντων ρευμάτων (1990), στο τμήμα από την οδό Πειραιώς μέχρι τον κόμβο Ιεράς Οδού (Χ.Θ. 1+400 – Χ.Θ. 5+060) (1991), καθώς και στα πλαίσια των μελετών έργων εκβολών Περισού και Λιοσίων (1988), χρησιμοποιήθηκε η παρακάτω εξίσωση, που καταρτίστηκε με δεδομένα του σταθμού Φιλαδέλφειας:

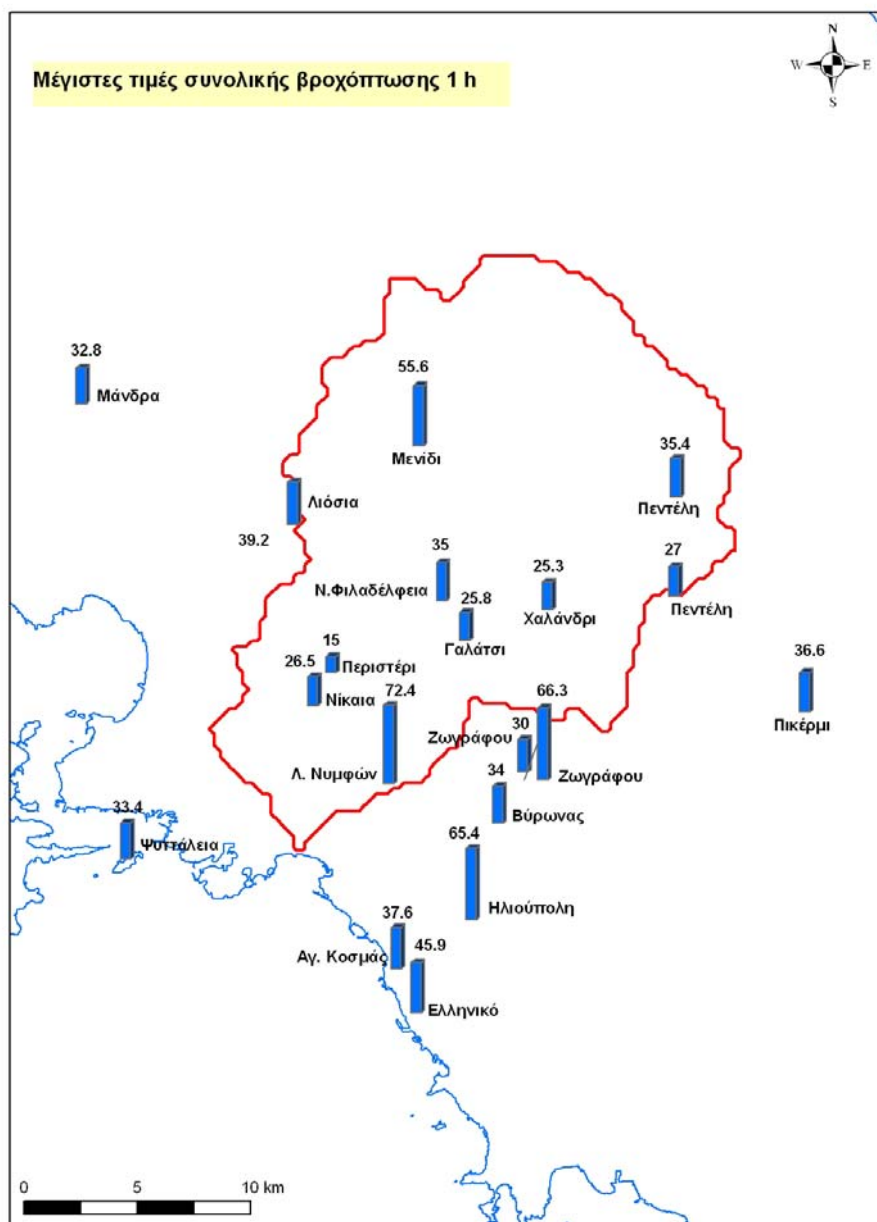
$$i = \min \left( \frac{24.04 T^{0.23}}{d^{0.71}}, \frac{33.88 T^{0.26}}{(d + 0.30)^{0.57}} \right) \quad (E26)$$

Παρατηρούμε ότι οι παρονομαστές της εν λόγω σχέσης είναι ταυτόσημοι με αυτούς της εξίσωσης (E22), αλλά οι αριθμητές διαφέρουν.

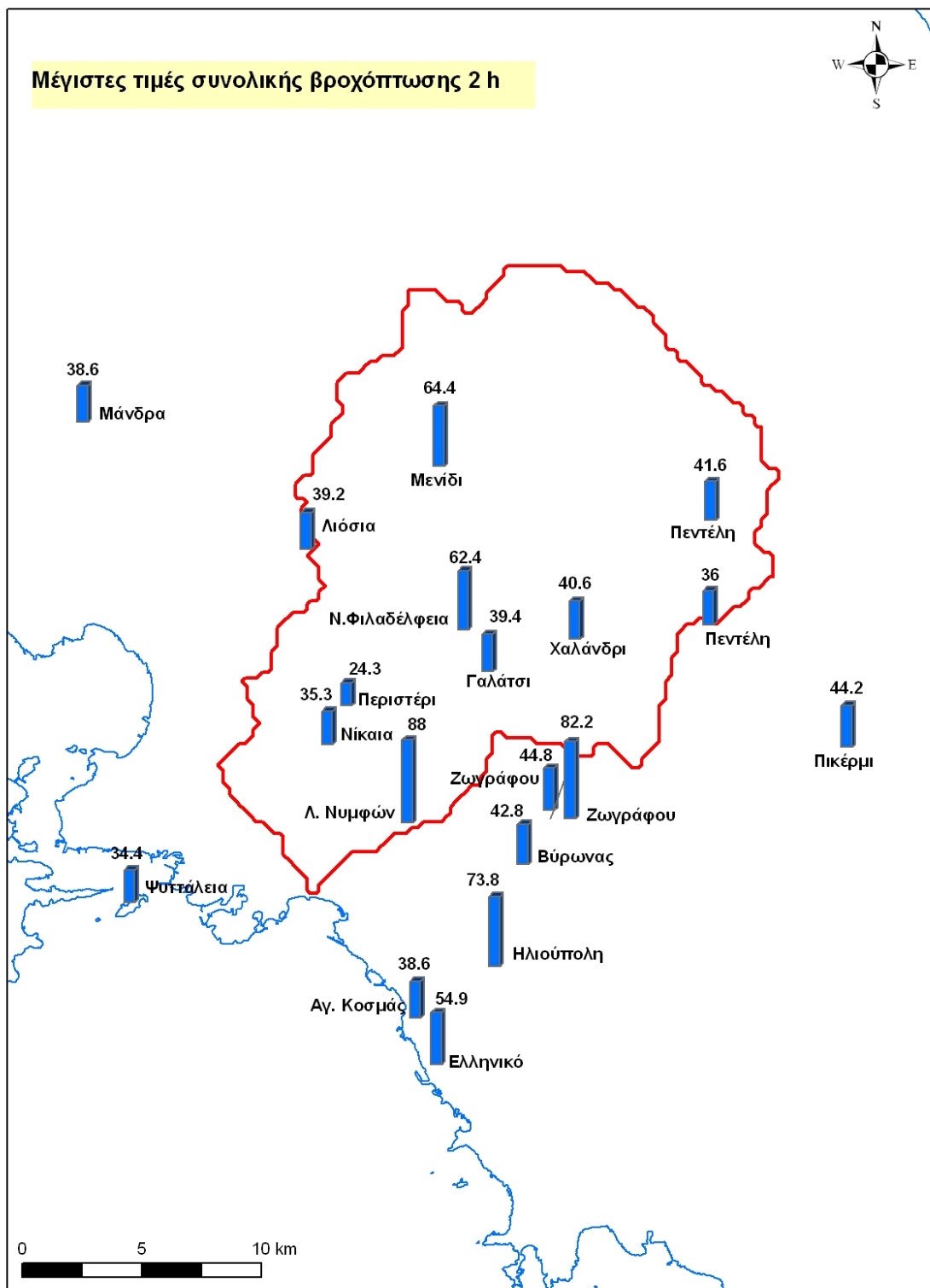


**Σχήμα E18** Σύγκριση των όμβριων καμπυλών Α με τις καμπύλες Υδραυλικής/Υδροτεχνικής (1988) για το σταθμό Φιλαδέλφειας.

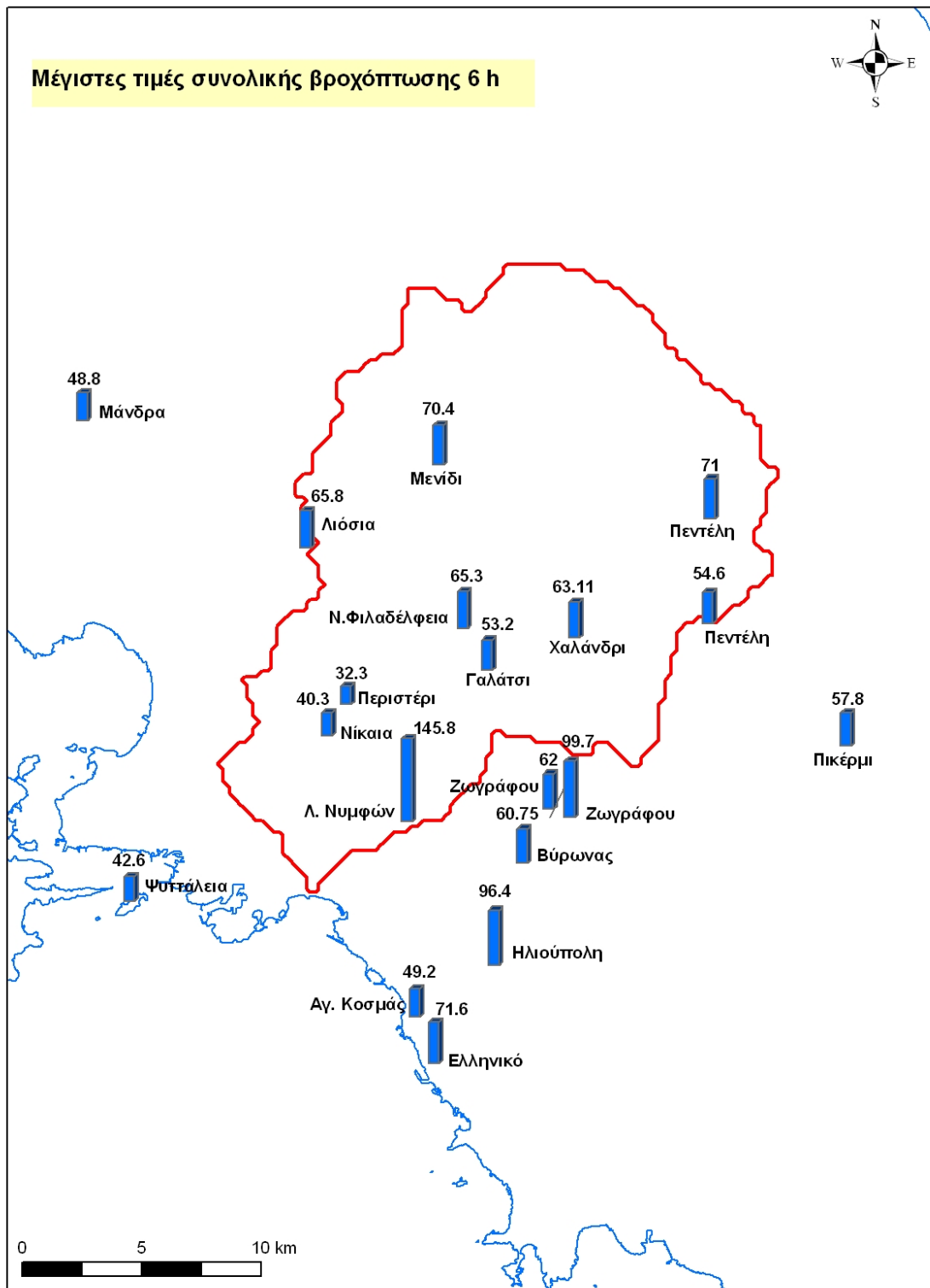
## Παράρτημα ΣΤ: Γραφική απεικόνιση των απολύτως μέγιστων παρατηρημένων υψών βροχής για διάφορες χρονικές κλίμακες



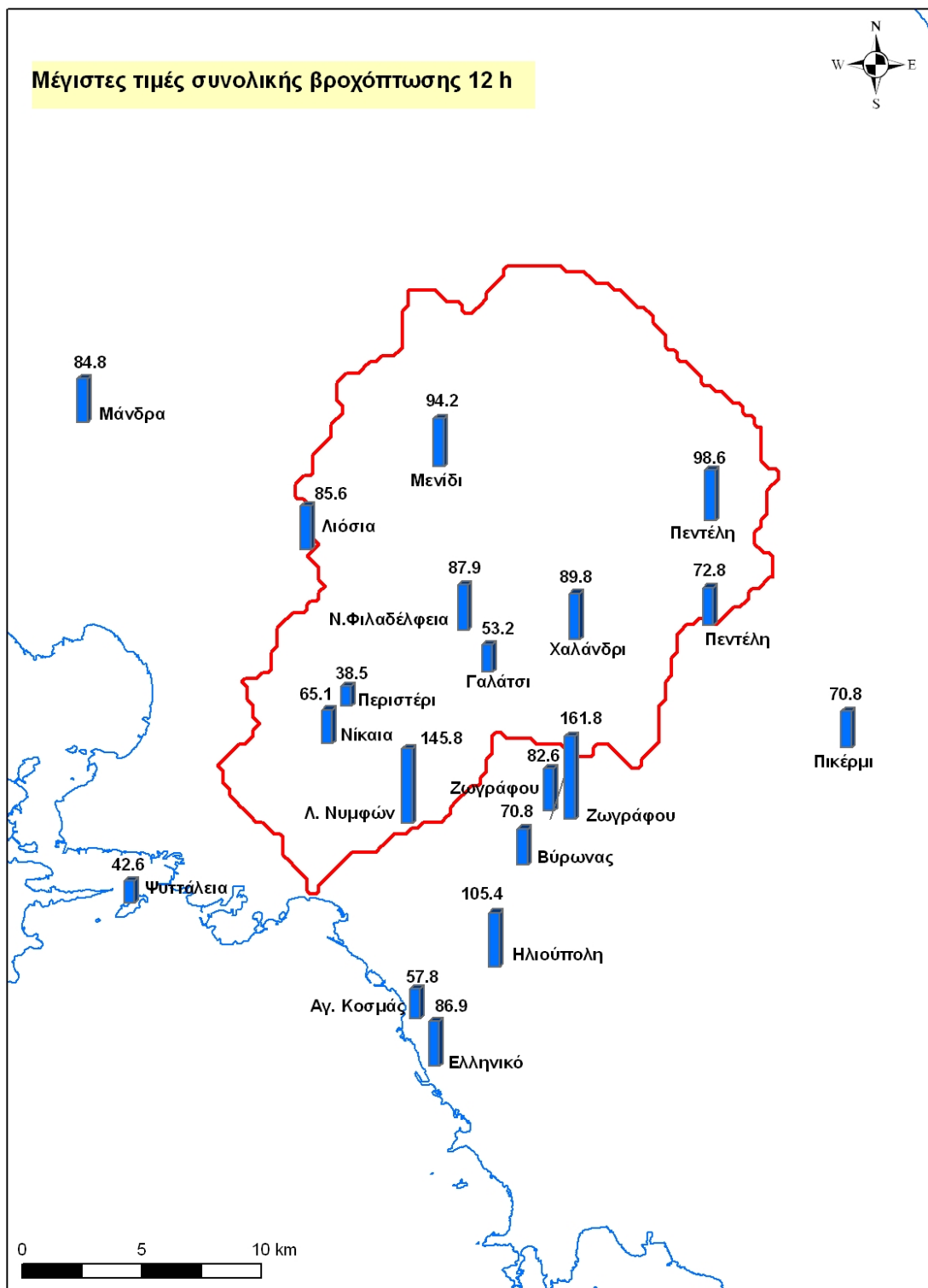
Σχήμα ΣΤ1 Απολύτως μέγιστη παρατηρημένη βροχόπτωση χρονικής κλίμακας 1h.



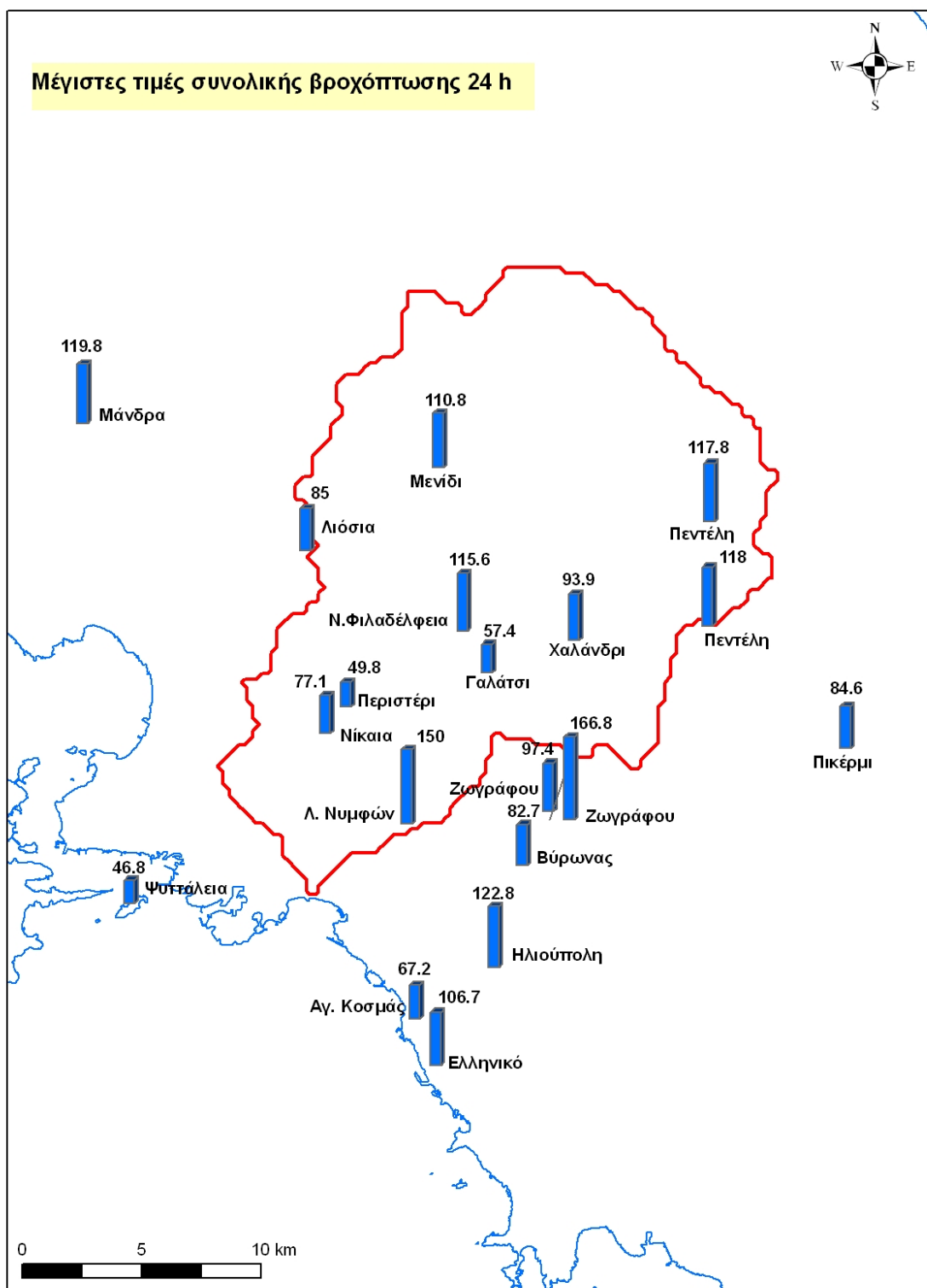
Σχήμα ΣΤ2 Απολύτως μέγιστη παρατηρημένη βροχόπτωση χρονικής κλίμακας 2 h.



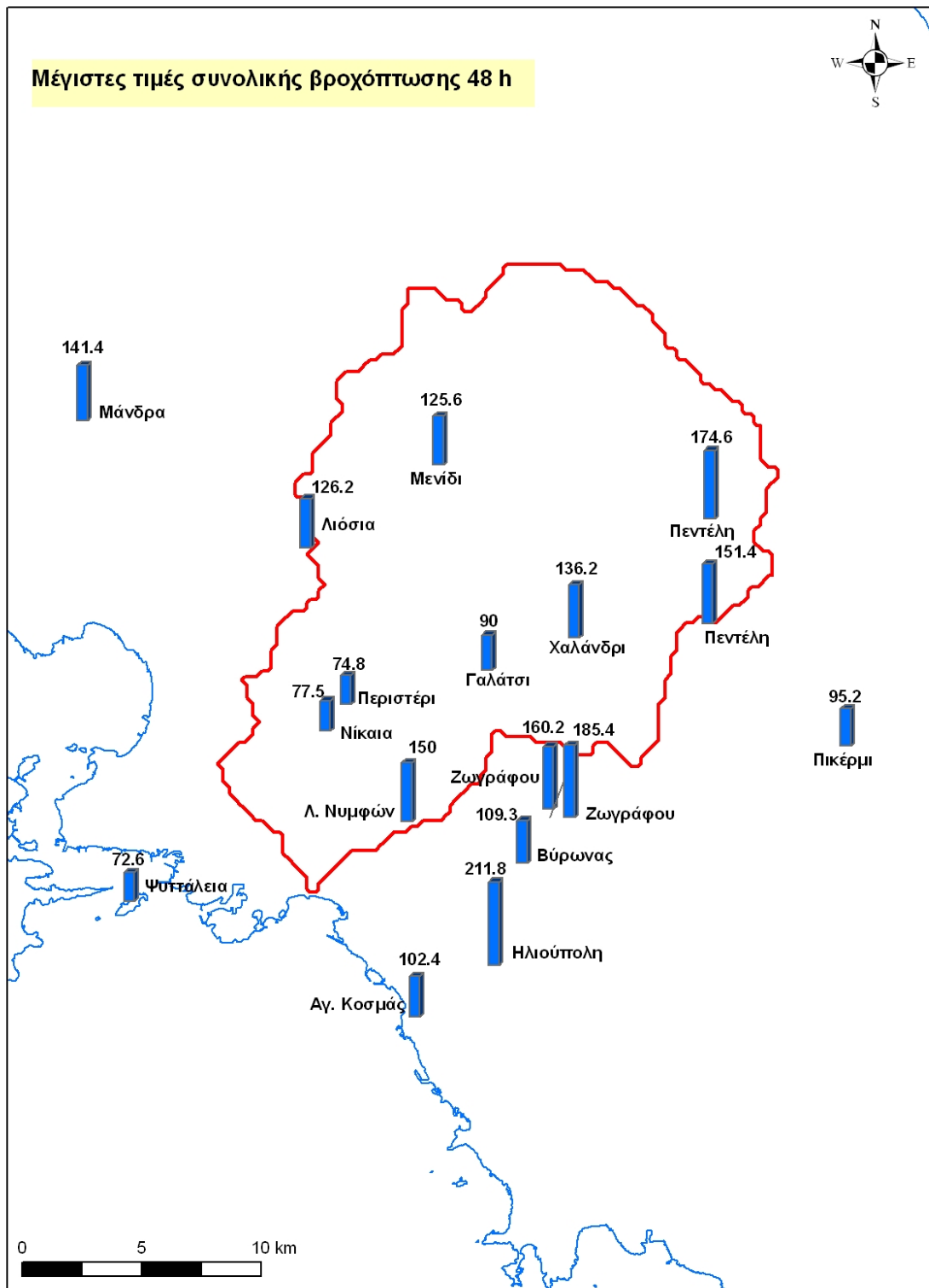
Σχήμα ΣΤ3 Απολύτως μέγιστη παρατηρημένη βροχόπτωση χρονικής κλίμακας 6 h.



Σχήμα ΣΤ4 Απολύτως μέγιστη παρατηρημένη βροχόπτωση χρονικής κλίμακας 12 h.

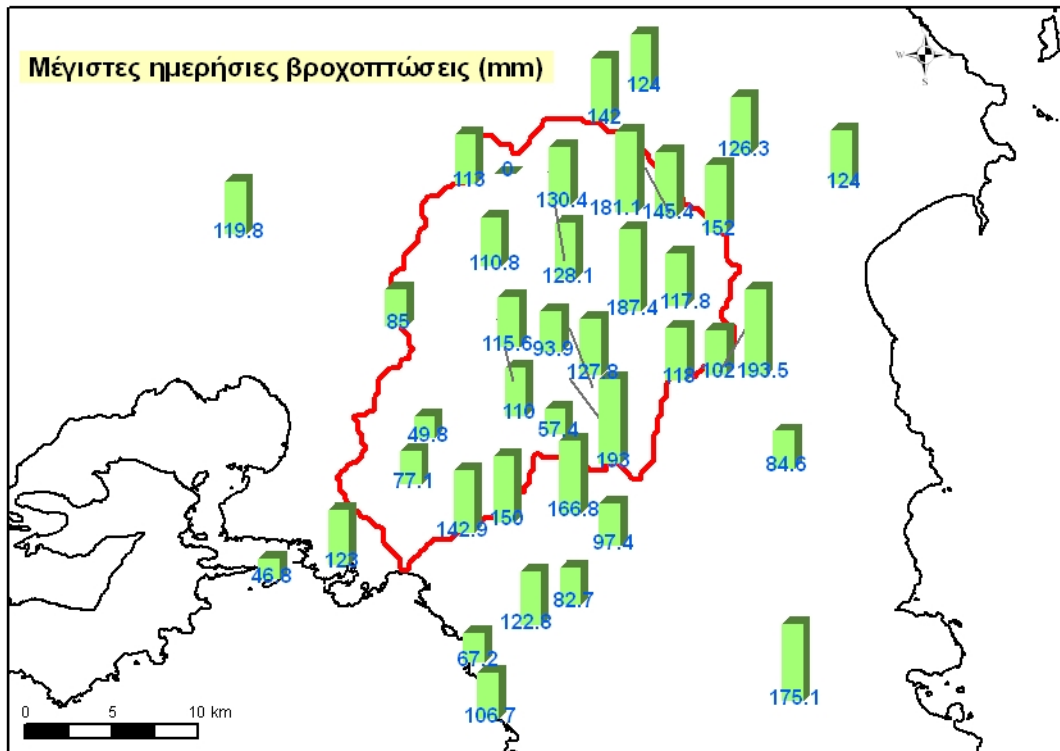


Σχήμα ΣΤ5 Απολύτως μέγιστη παρατηρημένη βροχόπτωση χρονικής κλίμακας 24 h.



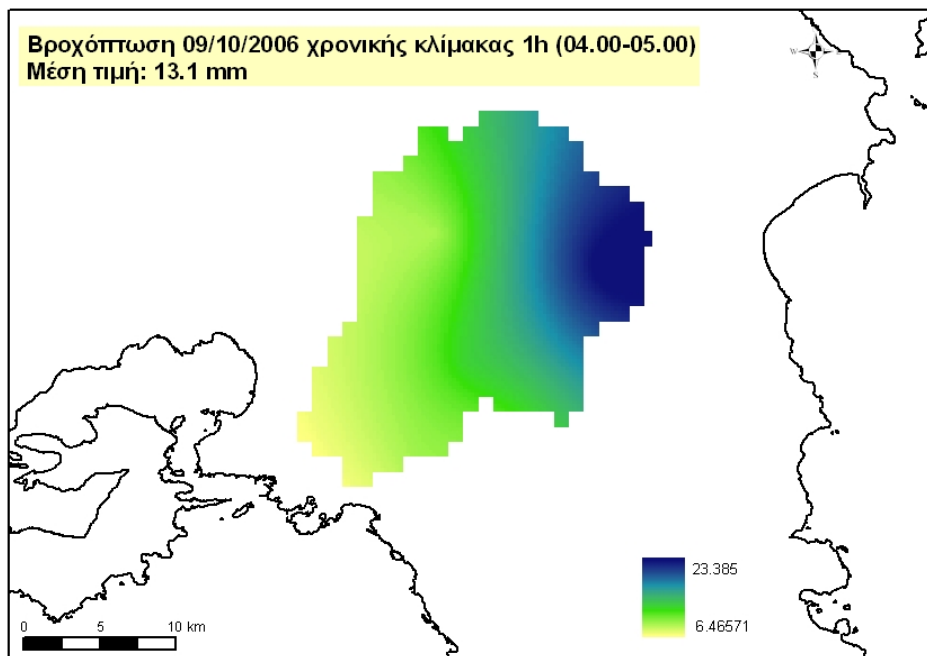
Σχήμα ΣΤ6 Απολύτως μέγιστη παρατηρημένη βροχόπτωση χρονικής κλίμακας 48 h.



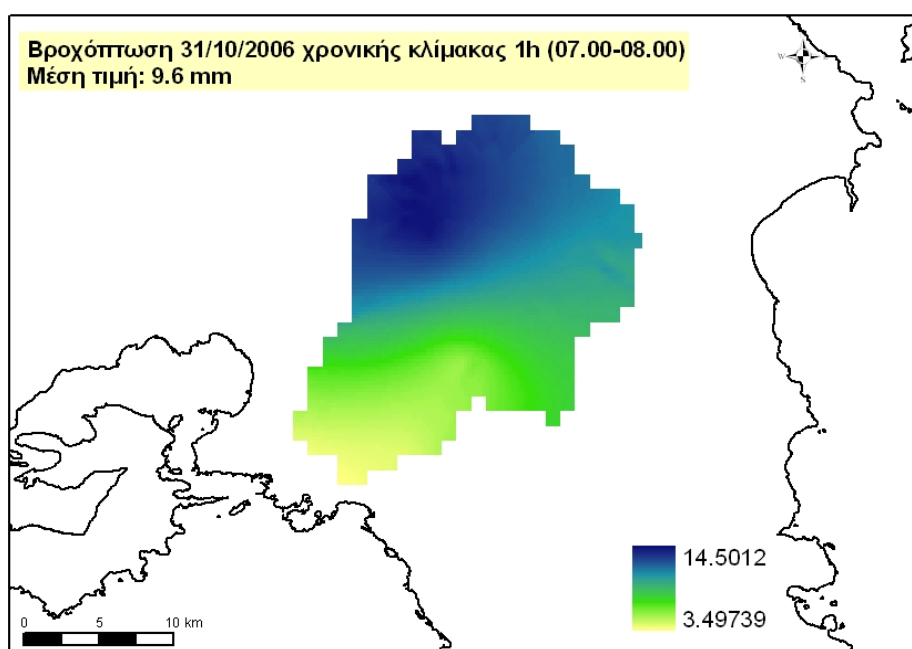


**Σχήμα ΣΤ7** Απολύτως μέγιστη παρατηρημένη βροχόπτωση ημερήσιας χρονικής κλίμακας από σταθμούς βάσης δεδομένων και παλαιότερους σταθμούς.

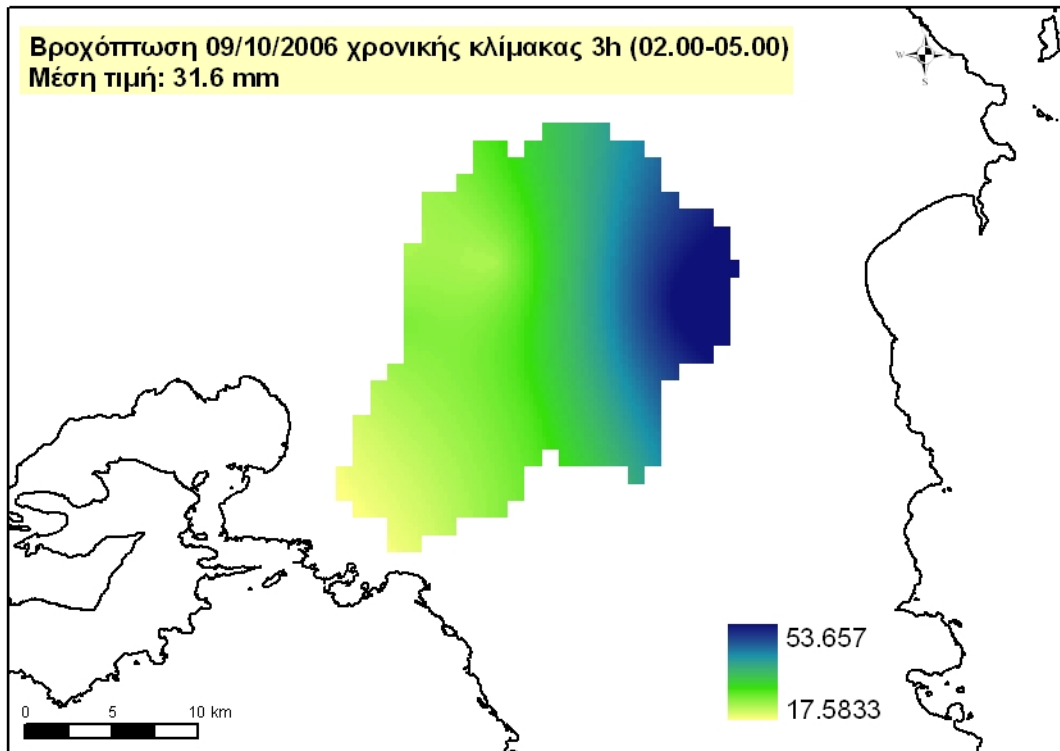
## Παράρτημα Ζ: Διερεύνηση χαρακτηριστικών καταιγίδων ως προς τη χρονική και χωρική κατανομή τους



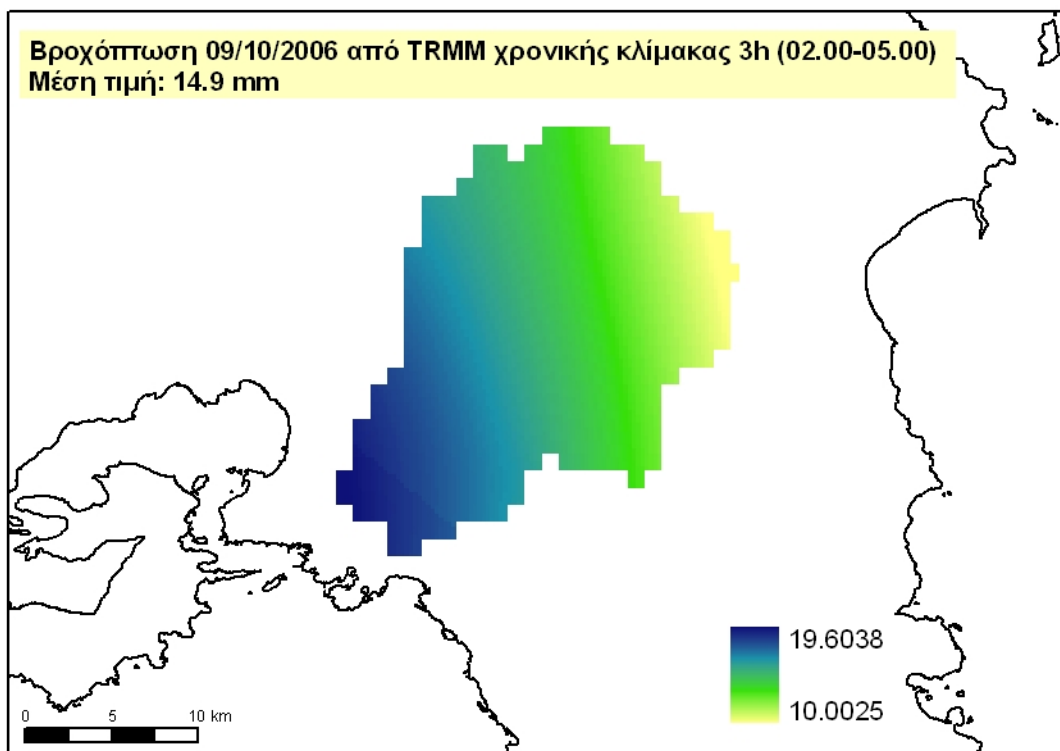
Σχήμα Ζ1 Βροχόπτωση χρονικής κλίμακας 1h (09/10/2006,04.00-05.00)



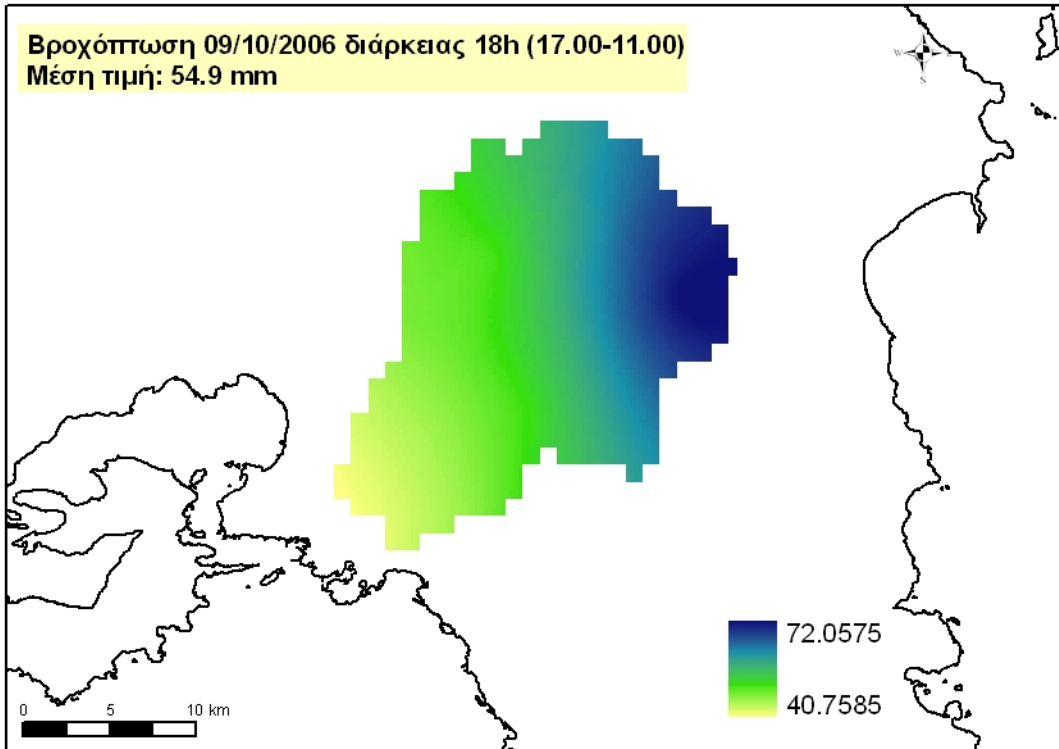
Σχήμα Ζ2 Βροχόπτωση χρονικής κλίμακας 1h (31/10/2006,07.00-08.00).



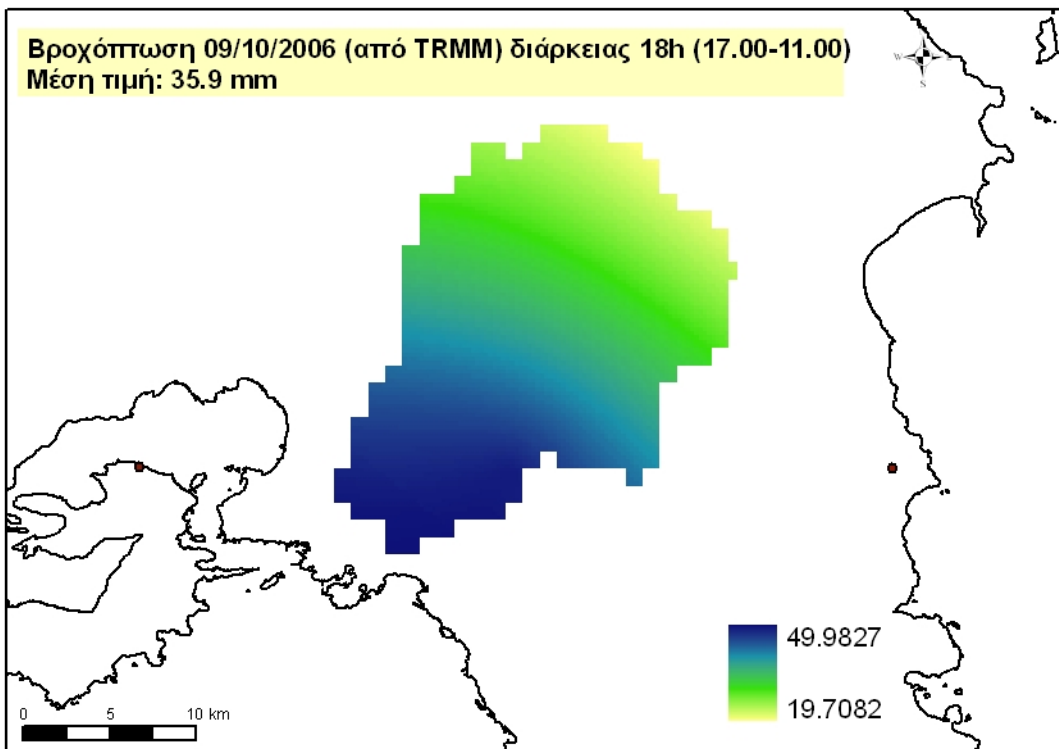
Σχήμα Z3 Βροχόπτωση χρονικής κλίμακας 3h (31/10/2006,07.00-08.00) (δεδομένα από σταθμούς)



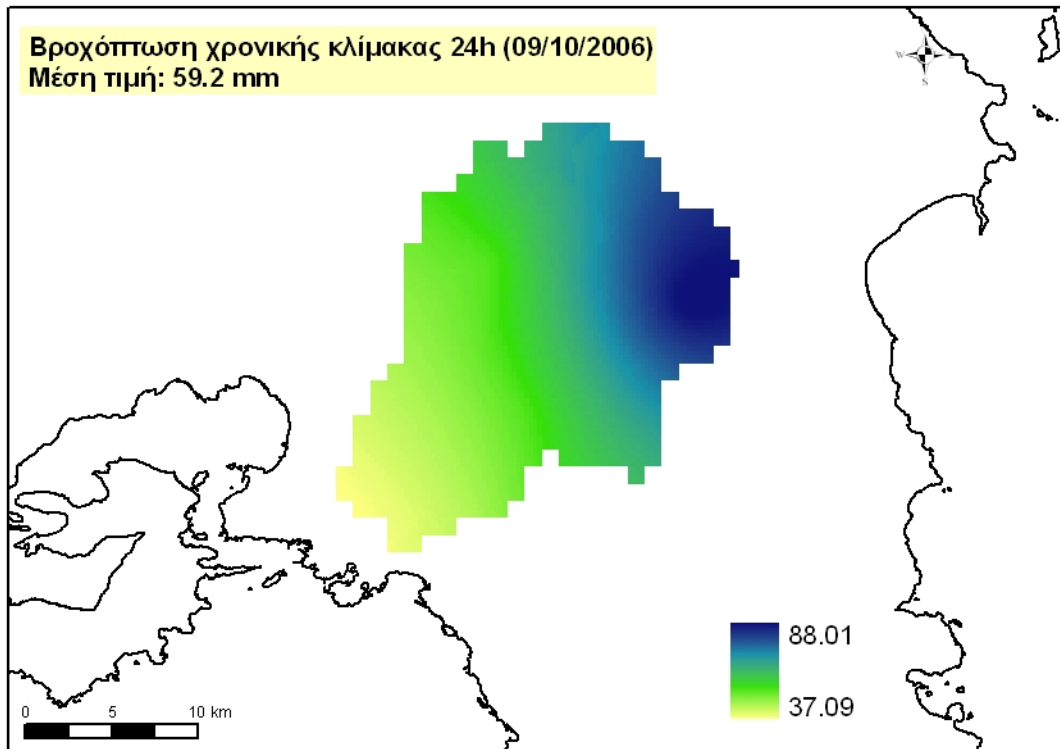
Σχήμα Z4 Βροχόπτωση χρονικής κλίμακας 3h (31/10/2006,07.00-08.00) (δεδομένα από TRMM).



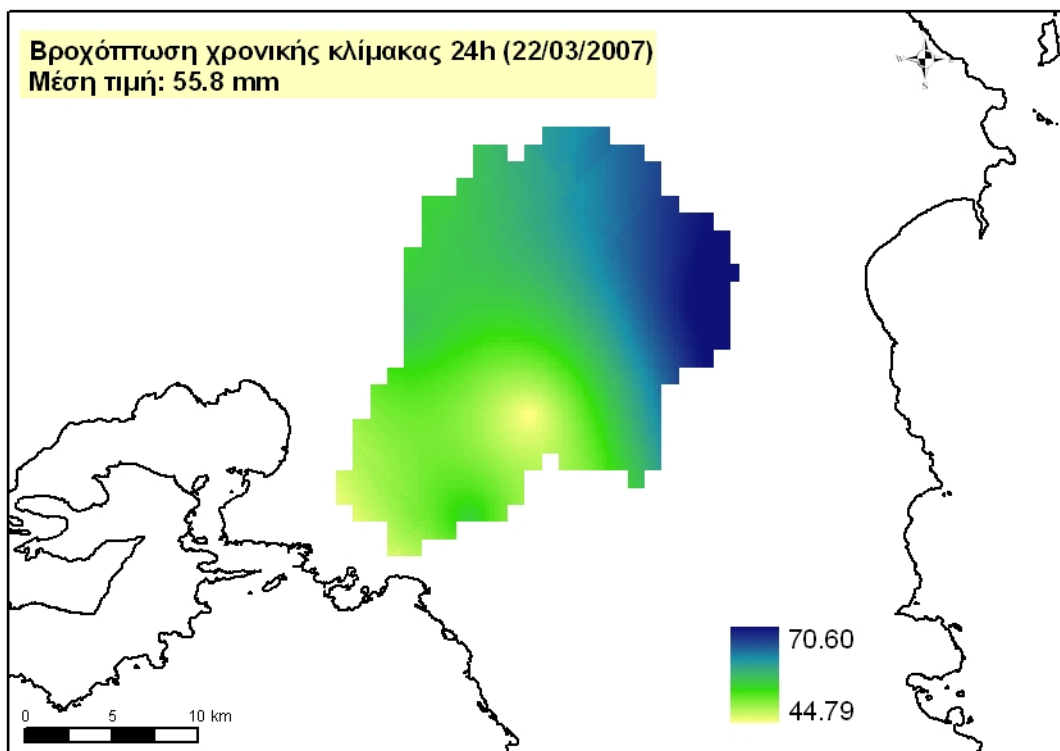
Σχήμα Z5 Βροχόπτωση διάρκειας 18h (09/10/2006,17.00-11.00).



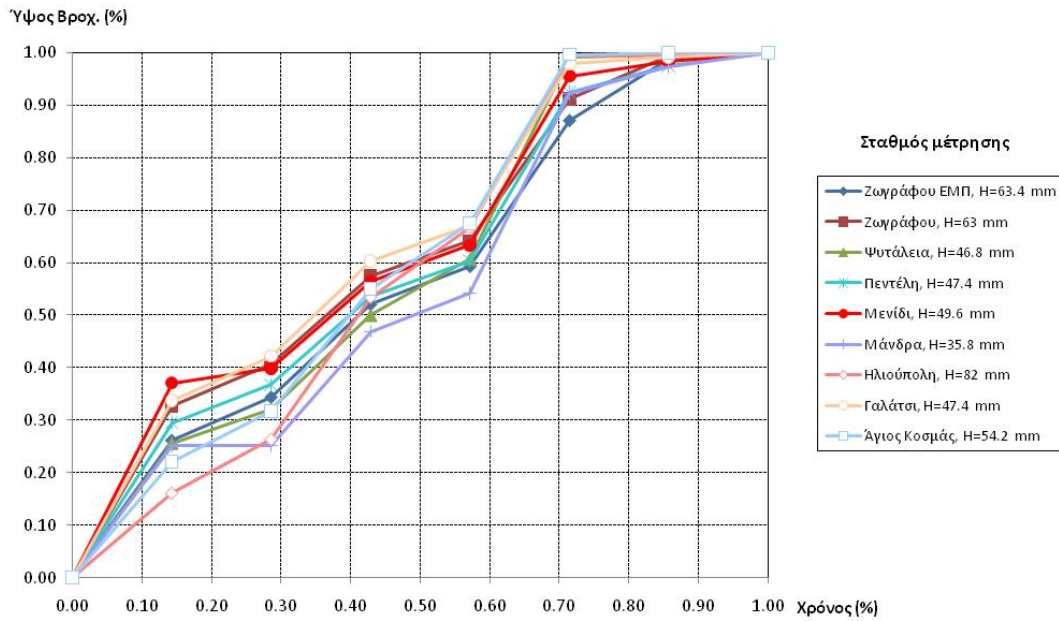
Σχήμα Z6 Βροχόπτωση διάρκειας 18h (09/10/2006,17.00-11.00) (δεδομένα από TRMM).



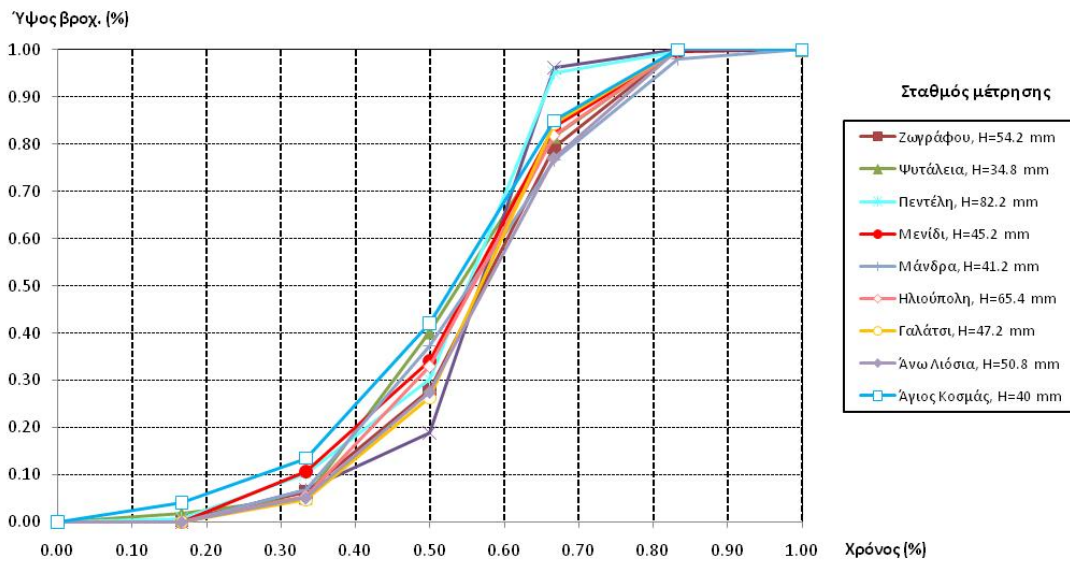
Σχήμα Z7 Βροχόπτωση χρονικής κλίμακας 24h (09/10/2006)



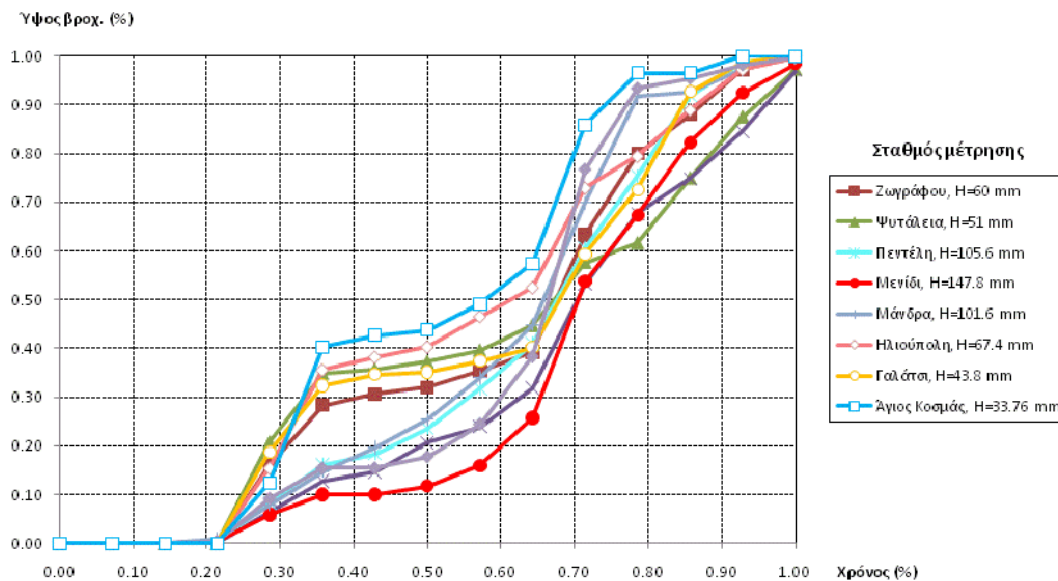
Σχήμα Z8 Βροχόπτωση χρονικής κλίμακας 24h (22/03/2007)



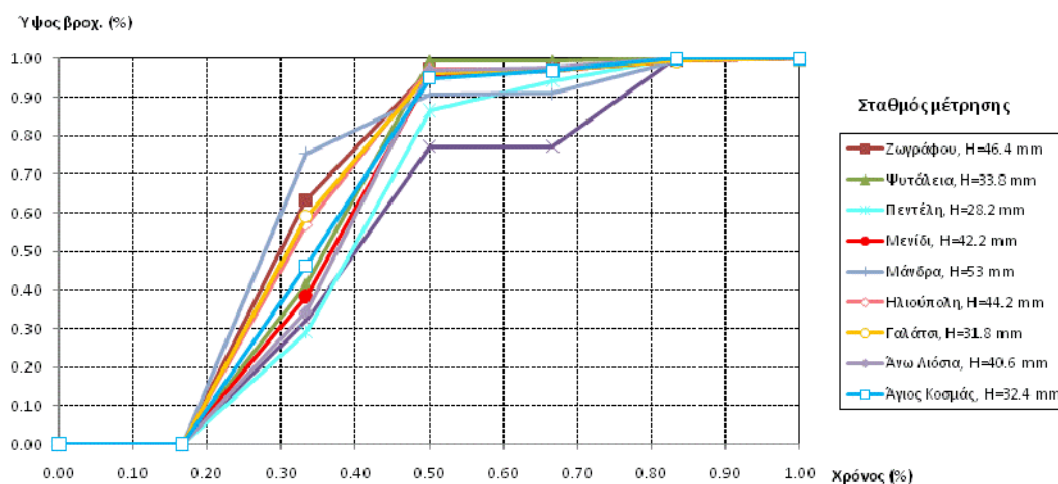
**Σχήμα Ζ9** Ποσοστιαία αθροιστική καμπύλη επεισοδίου βροχόπτωσης 17/11/2005, διάρκειας 21 h



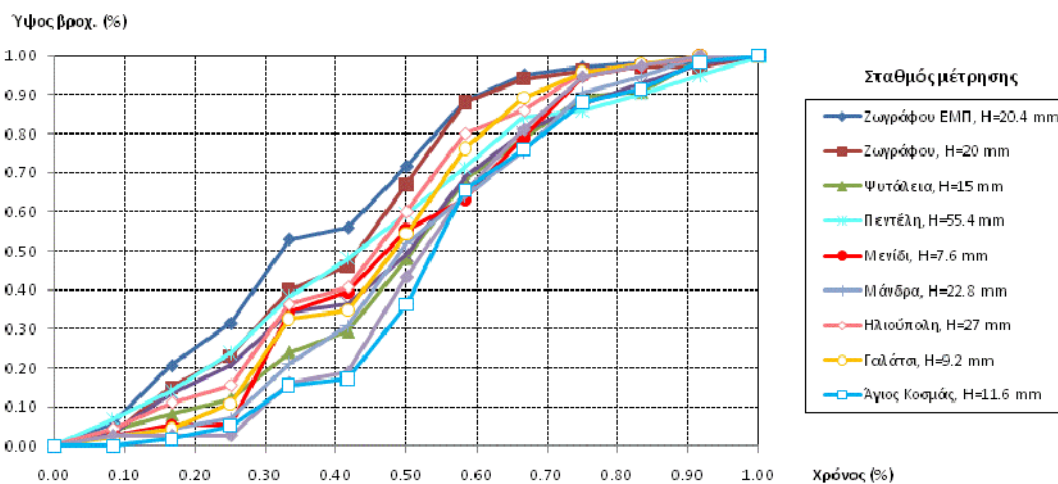
**Σχήμα Ζ10** Ποσοστιαία αθροιστική καμπύλη επεισοδίου βροχόπτωσης 9-10/10/2006, διάρκειας 18 h.



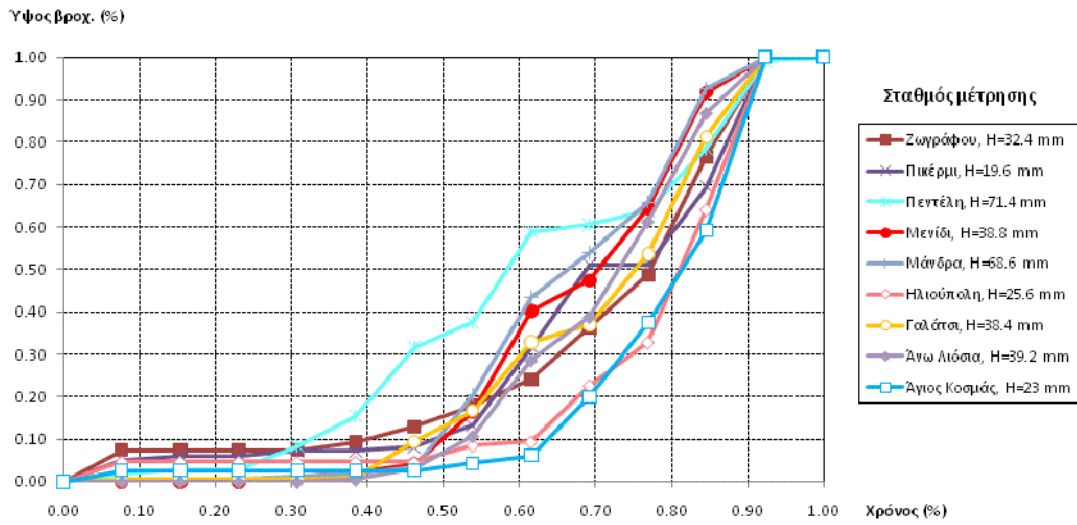
Σχήμα Z11 Ποσοστιαία αθροιστική καμπύλη επεισοδίου βροχόπτωσης 30-31/10/2006, διάρκειας 45 h.



Σχήμα Z12 Ποσοστιαία αθροιστική καμπύλη επεισοδίου βροχόπτωσης 21-22/10/2007, διάρκειας 21 h

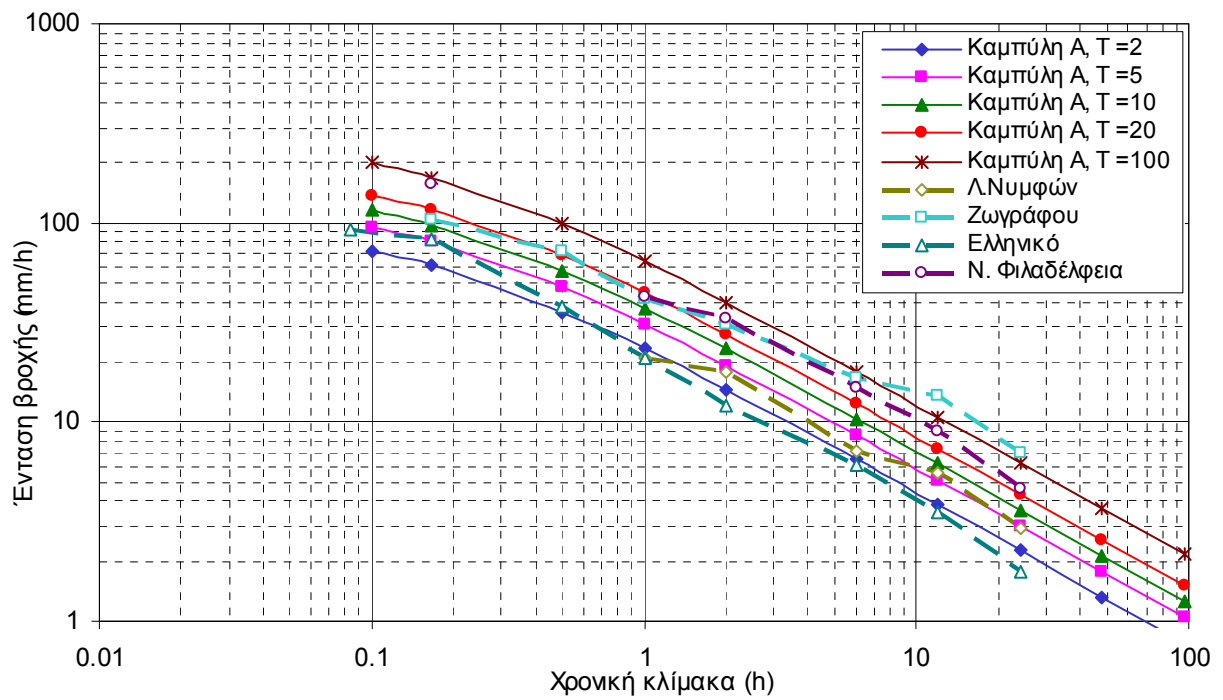
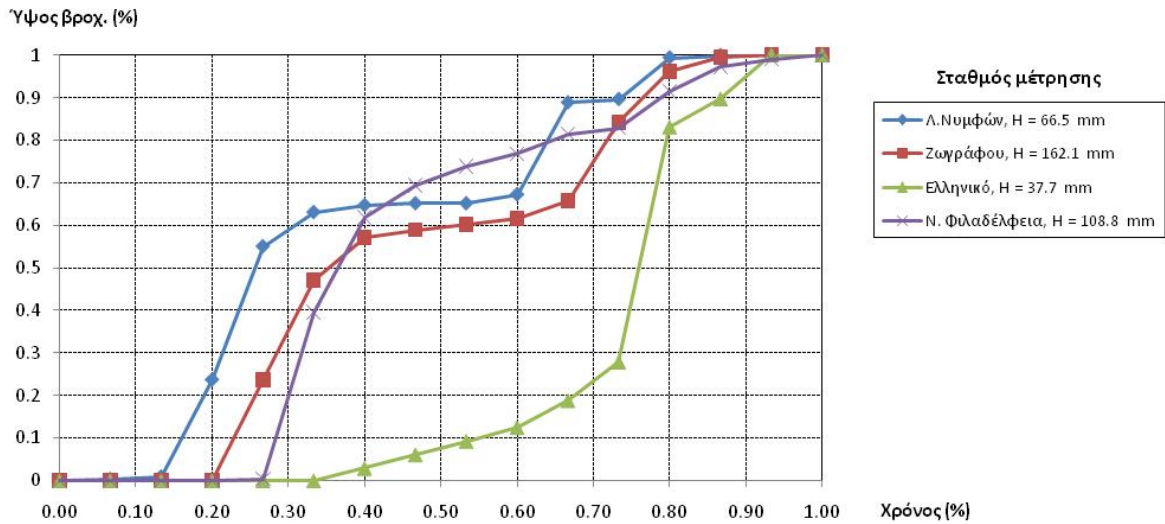


**Σχήμα Z13** Ποσοστιαία αθροιστική καμπύλη επεισοδίου βροχόπτωσης 27-28/12/2009, διάρκειας 39 h.

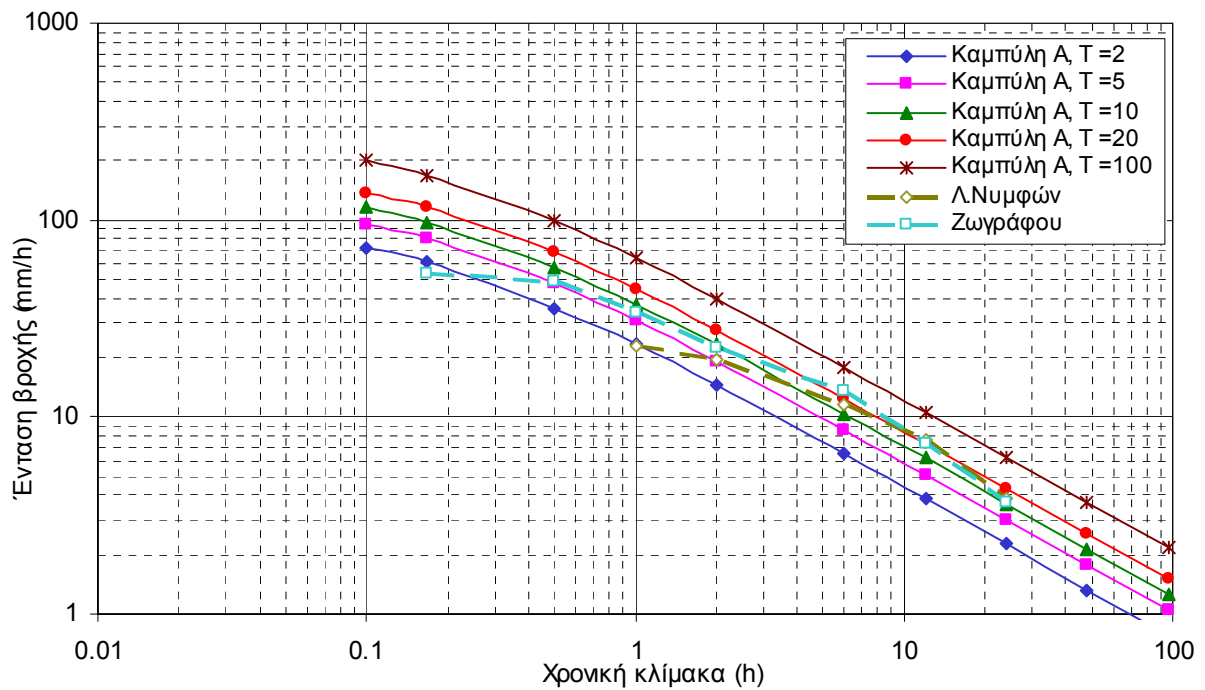
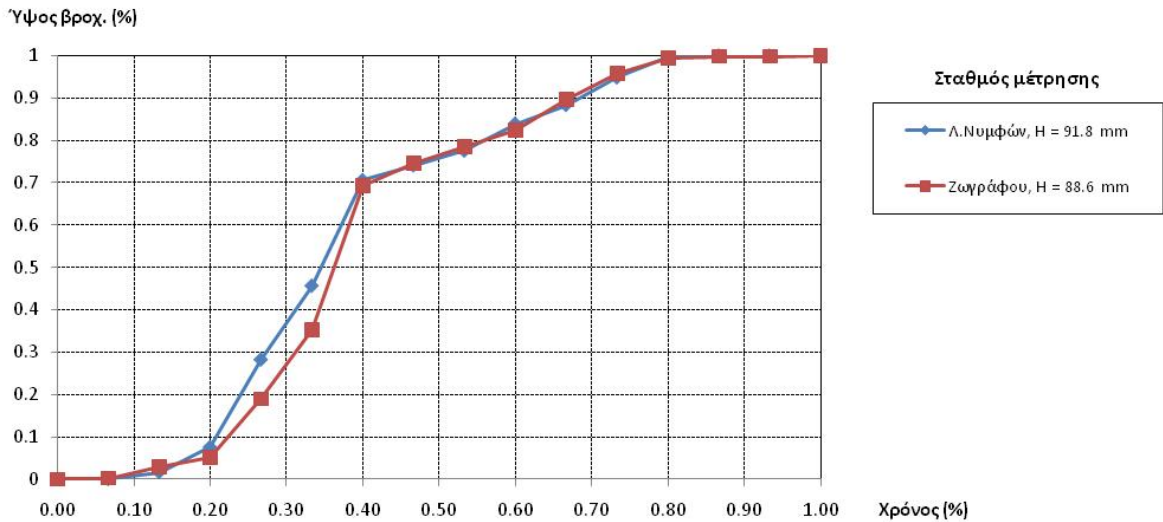


**Σχήμα Z14** Ποσοστιαία αθροιστική καμπύλη επεισοδίου βροχόπτωσης 10-11/9/2009, διάρκειας 42 h.

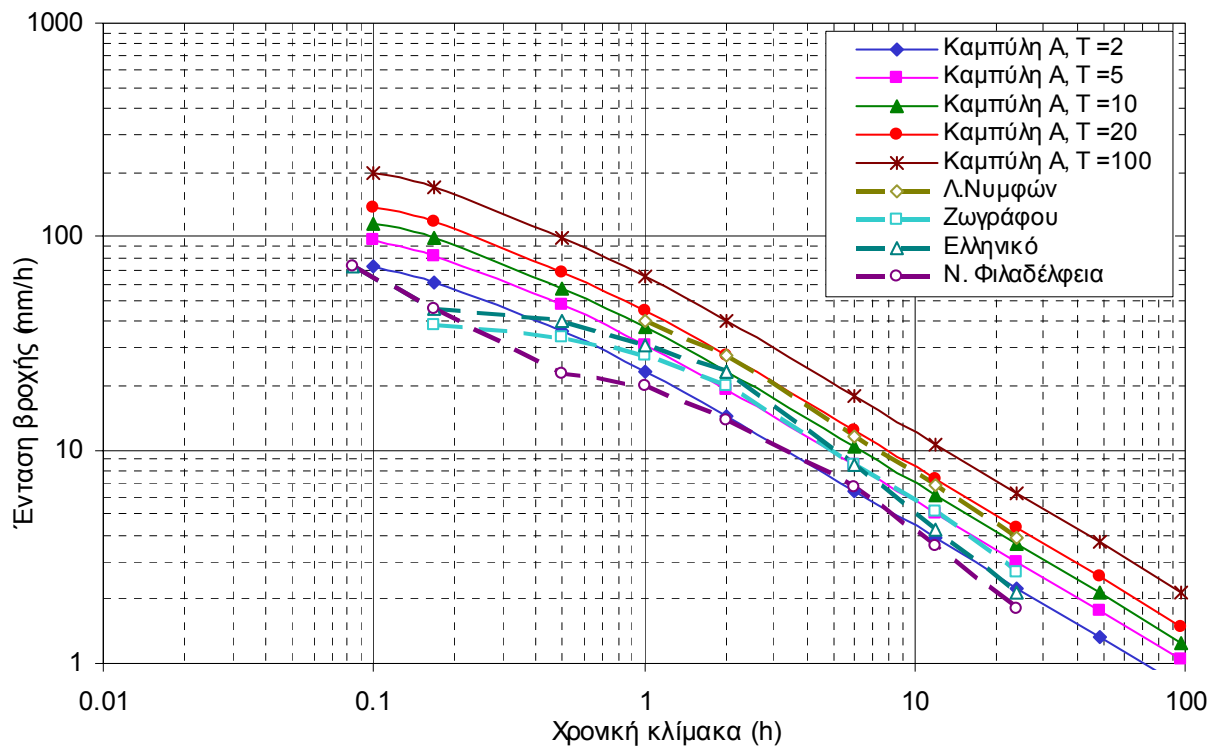
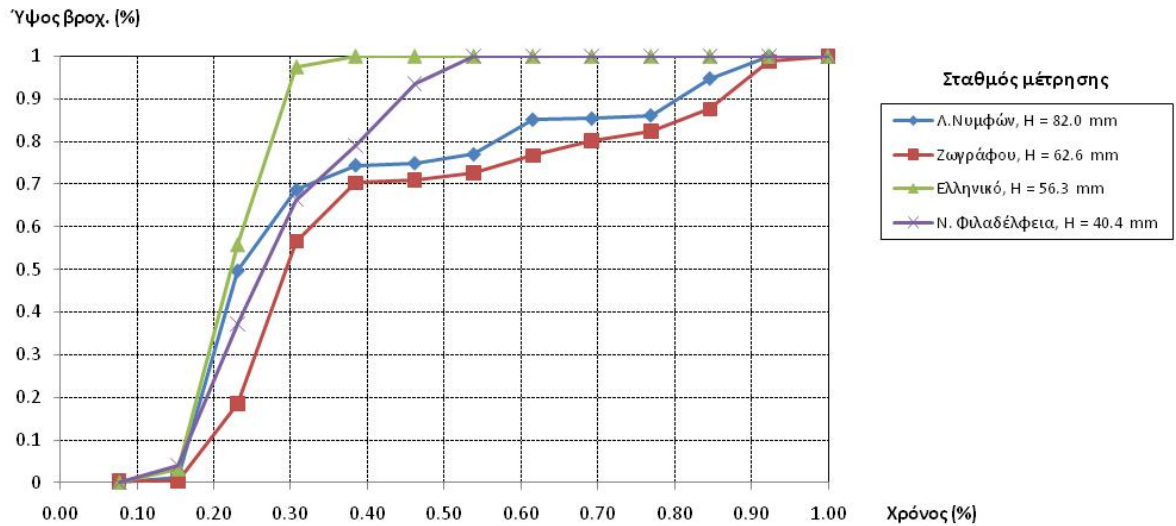




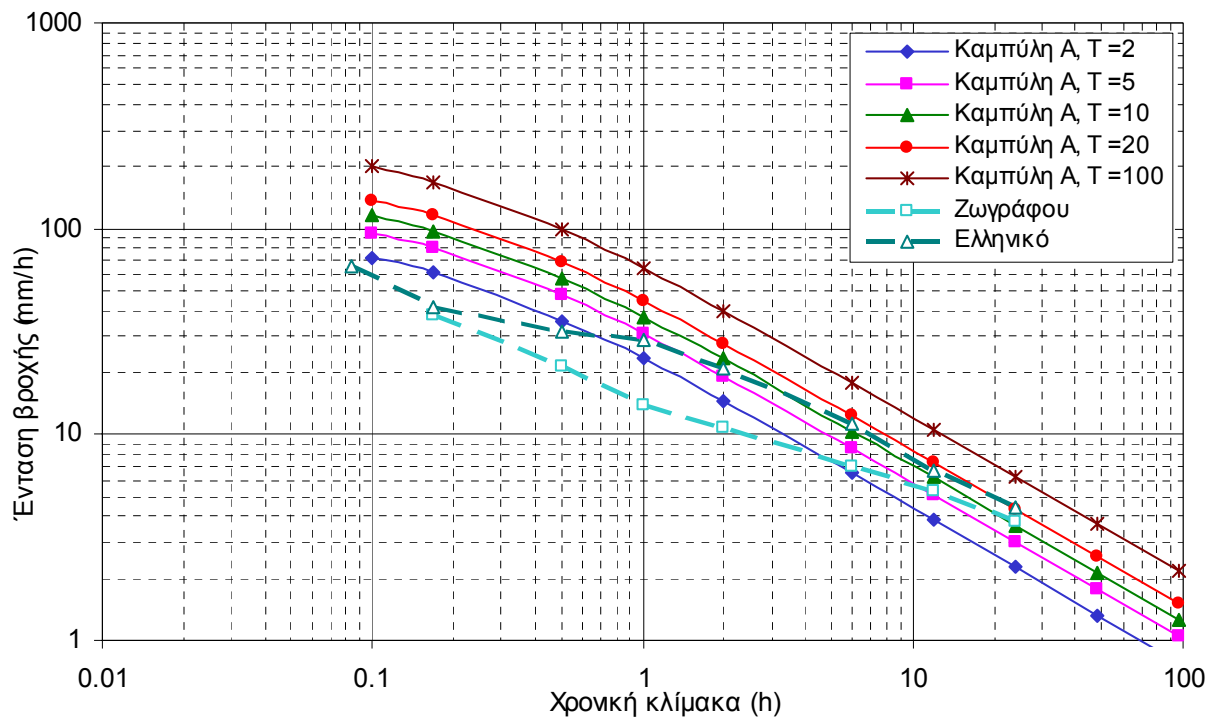
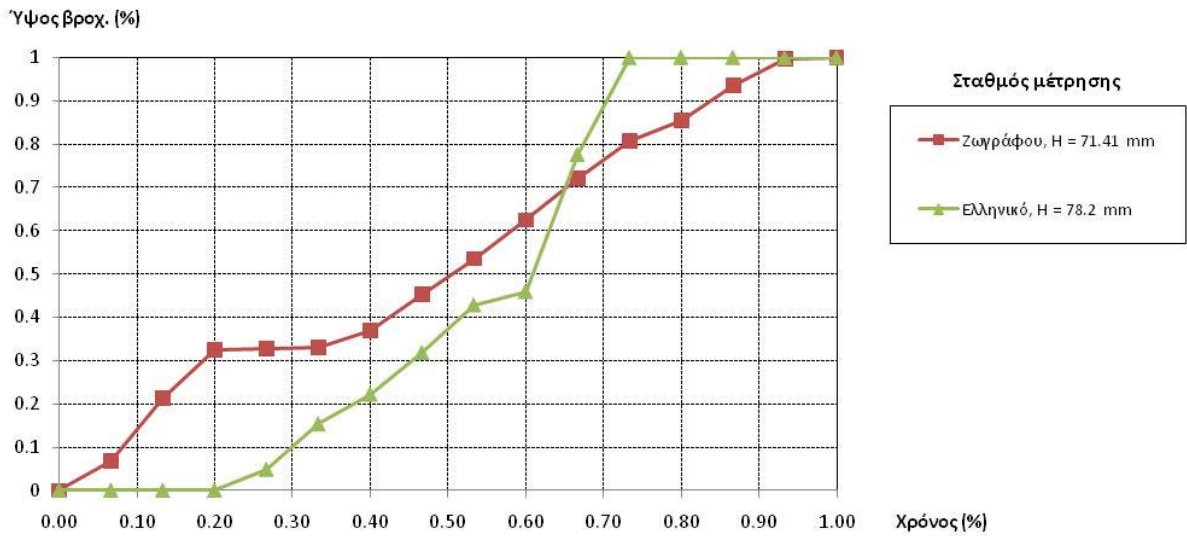
Σχήμα Z15 Επεισόδιο βροχόπτωσης 21-22/10/1994, διάρκειας 15 h: (άνω) ποσοστιαία αθροιστική καμπύλη· (κάτω) μέγιστες εντάσεις για κάθε κλίμακα σε σύγκριση και με τις όμβριες καμπύλες Α.



**Σχήμα Z16** Επεισόδιο βροχόπτωσης 20/11/1998, διάρκειας 15 h: (άνω) ποσοστιαία αθροιστική καμπύλη· (κάτω) μέγιστες εντάσεις για κάθε κλίμακα σε σύγκριση και με τις όμβριες καμπύλες A. Ποσοστιαία αθροιστική καμπύλη επεισοδίου βροχόπτωσης 20/11/1998, διάρκειας 15 h.



**Σχήμα Ζ17** Επεισόδιο βροχόπτωσης 7/11/2002, διάρκειας 13 h: (άνω) ποσοστιαία αθροιστική καμπύλη· (κάτω) μέγιστες εντάσεις για κάθε κλίμακα σε σύγκριση και με τις όμβριες καμπύλες Α. Ποσοστιαία αθροιστική καμπύλη επεισοδίου βροχόπτωσης.



**Σχήμα Z18** Επεισόδιο βροχόπτωσης 5/11/2001, διάρκειας 15 h: (άνω) ποσοστιαία αθροιστική καμπύλη· (κάτω) μέγιστες εντάσεις για κάθε κλίμακα σε σύγκριση και με τις όμβριες καμπύλες A. Ποσοστιαία αθροιστική καμπύλη επεισοδίου βροχόπτωσης.

## **Ευχαριστίες**

Εκφράζονται ευχαριστίες στο ΥΠΕΚΑ (Ε. Τηλιγάδας, Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων – Διεύθυνση Προστασίας) την ΕΜΥ (Μ. Αναδρανιστάκης, Διευθυντής Κλιματολογίας· Α. Παπαπέτρου, Προϊστάμενη Τμήματος Εφαρμογών Υδρομετεωρολογίας, Ν. Δρης) το ΕΑΑ (Μ. Πετράκης, Διευθυντής Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης· Δ. Φουντά, Ερευνήτρια), το ΕΘΙΑΓΕ (Ερευνητές Γ. Μπαλούτσος και Α. Μπουρλέτσικας), το ΕΜΠ (Ερευνητικές Ομάδες μετεωρολογικών σταθμών Ιτιά και Meteonet) και την Αμερικανική NASA (Ομάδα Tropical Rainfall Measuring Mission) για τη χορήγηση ή την ελεύθερη διάθεση στο Διαδίκτυο των υδρομετεωρολογικών δεδομένων. Ευχαριστούμε ιδιαίτερα τον Α. Νικολόπουλο από το Γραφείο Μελετών ENM για τη συνεργασία του και το συντονισμό του έργου.

## **Ομάδα εκπόνησης**

Η υδρολογική μελέτη εκπονήθηκε από τους Δ. Κουτσογιάννη, Δρ. Μηχανικό, Καθηγητή ΕΜΠ, και τους Ι. Μαρκόνη, Μηχανικό Περιβάλλοντος, MSc, Υπ. Δρ. ΕΜΠ, Α. Κουκουβίνο, Αγρονόμο-Τοπογράφο Μηχανικό DEA με ειδικότητα στα συστήματα γεωγραφικής πληροφορίας, Σ. Μ. Παπαλεξίου, Περιβαλλοντολόγο, Υπ. Δρ. ΕΜΠ, Ν. Μαμάση, Δρ. Μηχανικό, Λέκτορα ΕΜΠ και Π. Δημητριάδη, Πολιτικό Μηχανικό, MSc, Υπ. Δρ. ΕΜΠ.

Αθήνα, Απρίλιος 2010

Για την Ομάδα εκπόνησης

Για το Μελετητή  
Ο Κοινός Εκπρόσωπος

Δ. Κουτσογιάννης

Α. Νικολόπουλος