

Εκπόνηση μελετών τμήματος Αντίρριο - Κεφαλόβρυσο του Δυτικού Οδικού Άξονα Β-Ν

Υδρολογική μελέτη περιοχής οδικού άξονα Ιόνιας Οδού, τμήματος Αντίρριο - Κεφαλόβρυσο

Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή	1
1.1	Αντικείμενο	1
1.2	Μετρητικοί σταθμοί	2
2.	Γενική μεθοδολογία κατάρτισης όμβριων καμπυλών	2
3.	Σύνολα δεδομένων	5
4.	Επεξεργασία δεδομένων	6
4.1	Βροχογραφικά δεδομένα	6
4.2	Βροχομετρικά δεδομένα	8
4.3	Εκτίμηση παραμέτρων όμβριων καμπυλών	9
4.4	Τελικά αποτελέσματα	12
5.	Συγκρίσεις	
5.1	Σύγκριση με τις όμβριες καμπύλες της Αθήνας και Κέρκυρας	13
5.2	Σύγκριση με τις προγενέστερες όμβριες καμπύλες της ευρύτερης περιοχής	16
	Αναφορές.....	18
	Ομάδα μελέτης	19
	Παράρτημα Α: Μηνιαία μέγιστα ημερήσια ύψη βροχής (Δεδομένα από βροχόμετρα)	20
	Παράρτημα Β: Μηνιαία μέγιστα ύψη βροχής για διάφορες διάρκειες (Δεδομένα από βροχογράφους)	23

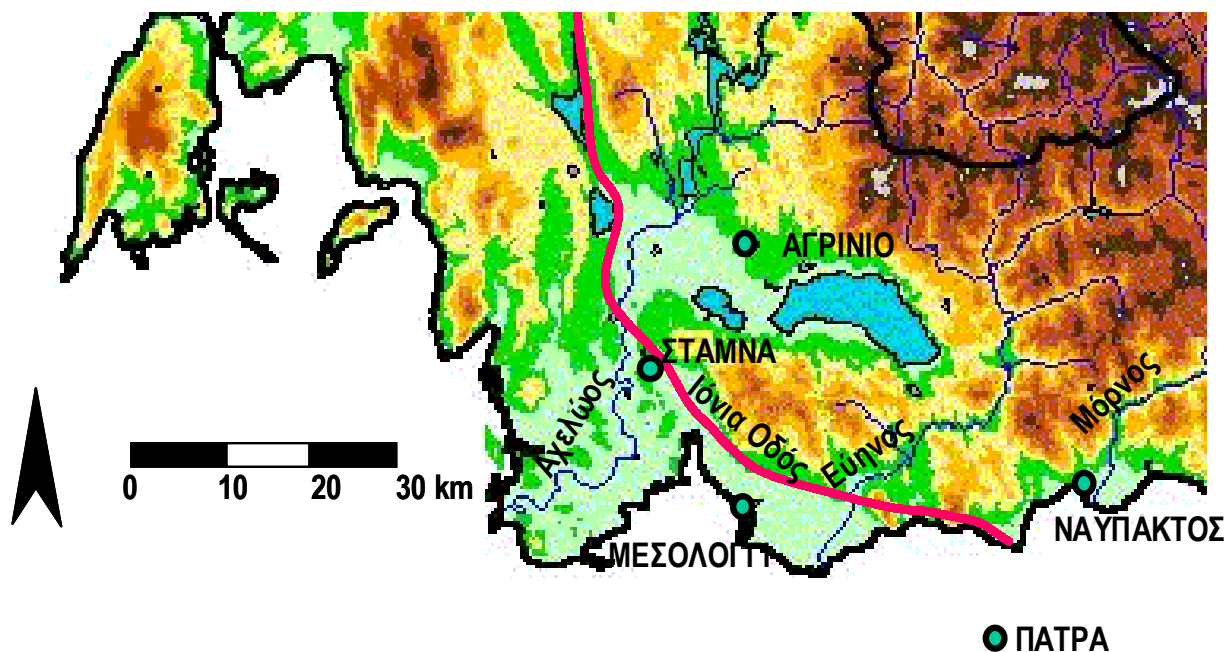
Εκπόνηση μελετών τμήματος Αντίρριο - Κεφαλόβρυσο του Δυτικού Οδικού Άξονα Β-Ν

Υδρολογική μελέτη περιοχής οδικού άξονα Ιόνιας Οδού, τμήματος Αντίρριο - Κεφαλόβρυσο

1. Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο

Αντικείμενο της Υδρολογικής Μελέτης της περιοχής του οδικού άξονα Ιόνιας Οδού, και ειδικότερα του τμήματος Αντίρριο - Κεφαλόβρυσο, είναι η κατάστρωση των σχέσεων έντασης-διάρκειας-περιόδου επαναφοράς των βροχοπτώσεων, ή αλλιώς των όμβριων καμπυλών της εν λόγω περιοχής. Η παρούσα μελέτη εντάσσεται στην «Εκπόνηση μελετών τμήματος Αντίρριο - Κεφαλόβρυσο του Δυτικού Οδικού Άξονα Β-Ν», η οποία ανατέθηκε στην Κοινοπραξία ΝΑΜΑ-ΚΑΣΤΩΡ από την Ειδική Υπηρεσία Δημόσιων Έργων Μεγάλων Έργων Δυτικής Ελλάδας (ΕΥΔΕ/ΜΕΔΕ) της Γενικής Γραμματείας Δημόσιων Έργων του ΥΠΕΧΩΔΕ. Η ευρύτερη περιοχή μελέτης φαίνεται στο Σχ. 1. Οι όμβριες καμπύλες που καταρτίζονται στην παρούσα μελέτη θα αξιοποιηθούν προκειμένου να εκτιμηθούν οι παροχές σχεδιασμού διάφορων τεχνικών έργων κατά μήκος της Ιόνιας οδού. Ειδικότερα, οι όμβριες καμπύλες αυτές είναι κατάλληλες για την εκτίμηση των παροχών των αποχετευτικών έργων της υπό μελέτη οδού και των πλημμυρικών παροχών των μικρών ρευμάτων που συναντά η χάραξη της οδού, όχι όμως και των πλημμυρών των μεγάλων ποταμών (Ευήνου, Αχελώου), η εκτίμηση των πλημμυρικών παροχών των οποίων προϋποθέτει ειδική υδρολογική μελέτη.



Σχ. 1 Χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης.

1.2 Μετρητικοί σταθμοί

Η κατάρτιση όμβριων καμπυλών βασίζεται κυρίως σε δεδομένα εντάσεων βροχής, η απόκτηση των οποίων προϋποθέτει τη λειτουργία βροχογράφων ή ηλεκτρονικών αισθητήρων με σχετικά υψηλή συχνότητα μετρήσεων. Στην ευρύτερη περιοχή μελέτης, βροχογράφος υπάρχει μόνο στο μετεωρολογικό σταθμό Αγρινίου, ενώ ο αμέσως γειτονικότερος σταθμός που είναι εξοπλισμένος με βροχογράφο είναι αυτός της Πάτρας. Δυστυχώς και οι δύο σταθμοί διαθέτουν δείγματα έγκυρων παρατηρήσεων πολύ μικρά (10 χρόνια ή λιγότερα) που δεν κρίνονται επαρκή για την αξιόπιστη κατάρτιση όμβριων καμπυλών. Για το λόγο αυτό αξιοποιούνται επιπροσθέτως δεδομένα μέγιστων ημερήσιων βροχοπτώσεων από τα βροχόμετρα των σταθμών Μεσολόγγι, Ναύπακτος και Σταμνά. Οι εν λόγω σταθμοί βρίσκονται σε θέσεις που καλύπτουν με αντιπροσωπευτικό τρόπο την περιοχή μελέτης. Χαρακτηριστικά στοιχεία των σταθμών που αξιοποιούνται στη μελέτη δίνονται στον Πίν. 1.

Πίν. 1 Βροχομετρικοί σταθμοί που αξιοποιούνται στη μελέτη.

A/A	Ονομασία	Γεωγρα- φικό μήκος	Γεωγρα- φικό πλάτος	Υψό- μετρο (m)	Φορέας	Είδος πληρο- φορίας*	Περίοδος δείγματος
1	Μεσολόγγι	21°26'	38°22'	5	ΥΠΕΧΩΔΕ	BM	1950-81
2	Ναύπακτος	21°50'	38°24'	13	ΥΠΕΧΩΔΕ	BM	1950-81
3	Σταμνά	21°17'	38°31'	142	ΥΠΕΧΩΔΕ	BM	1950-97
4	Αγρίνιο	21°24'	38°37'	47	ΕΜΥ	ΒΓ	1979-86
5	Πάτρα	21°44'	38°15'	1	ΕΜΥ	ΒΓ	1973-86

* BM: Βροχόμετρο, ΒΓ: Βροχογράφος

2. Γενική μεθοδολογία κατάρτισης όμβριων καμπυλών

Η γενική μεθοδολογία που ακολουθείται για την κατάρτιση των όμβριων καμπυλών έχει αναπτυχθεί πρόσφατα και περιγράφεται λεπτομερώς αλλού (Κουτσογιάννης, 1997, Koutsoyiannis et. al., 1998, Koutsoyiannis, 1999, Koutsoyiannis and Baloutsos, 2000). Τα γενικά χαρακτηριστικά της συνοψίζονται στα ακόλουθα σημεία:

1. Η γενική συναρτησιακή σχέση όμβριων καμπυλών είναι της μορφής

$$i = \frac{a(T)}{b(d)} \quad (1)$$

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

2. Η συνάρτηση $b(d)$ είναι της ακόλουθης, εμπειρικά διαπιστωμένης, γενικής μορφής

$$b(d) = (d + \theta)^n \quad (2)$$

όπου θ και η αποτελούν παραμέτρους προς εκτίμηση ($\theta > 0$, $0 < \eta < 1$) (Κουτσογιάννης, 1997).

3. Η συνάρτηση $a(T)$ προκύπτει αναλυτικά από τη συνάρτηση κατανομής που ισχύει για την μέγιστη ένταση βροχής της υπό εξέταση περιοχής, όπως αυτή προκύπτει από την επεξεργασία των διαθέσιμων δεδομένων, ενώ αποφεύγεται η χρήση εμπειρικών συναρτήσεων (Κουτσογιάννης, 1997).
4. Μια συνάρτηση κατανομής που αποδεικνύεται κατάλληλη για τη μέγιστη ένταση βροχής σε μεγάλο εύρος περιπτώσεων 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

$$F(x) = \exp\left\{-\left[1 + \kappa\left(\frac{x}{\lambda} - \psi\right)\right]^{-1/\kappa}\right\} \quad x \geq \lambda(\psi - 1/\kappa) \quad (3)$$

όπου $F(x)$ η συνάρτηση κατανομής για τιμές της μεταβλητής x , και $\kappa > 0$, $\lambda > 0$ και ψ 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 (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).

5. Η (3) επιλύεται άμεσα ως προς x , οπότε με την προϋπόθεση ότι $F(x) = 1 - 1/T$ (προϋπόθεση που ισχύει για σειρές ετήσιων μέγιστων) προκύπτει

$$x_T = \lambda \left\{ \psi + \frac{\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right]^{-\kappa} - 1}{\kappa} \right\} = \lambda' \left\{ \psi' + \left[-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right]^{-\kappa} \right\} \quad (4)$$

όπου για απλοποίηση έχει τεθεί $\lambda' = \lambda / \kappa$ and $\psi' = \kappa \psi - 1$ (Koutsoyiannis et. al., 1998).

6. Για $\kappa = 0$ η κατανομή ΓΑΤ μεταπίπτει στην κατανομή μεγίστων τύπου I (Gumbel), οπότε η (3) παίρνει τη ειδική μορφή

$$F(x) = \exp(-e^{-x/\lambda + \psi}) \quad (5)$$

όπου λ και ψ είναι οι παράμετροι κλίμακας και θέσης, αντίστοιχα, της κατανομής. Αντίστοιχα, η (4) παίρνει τη μορφή (Κουτσογιάννης, 1997, Koutsoyiannis et. al., 1998)

$$x_T = \lambda \left\{ \psi - \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right] \right\} \quad (6)$$

7. Για $\kappa = 1 / \psi$ (ή ισοδύναμα $\psi' = 0$) η κατανομή ΓΑΤ μεταπίπτει στην κατανομή μεγίστων τύπου II.
8. Η κατανομή Gumbel έχει γίνει αποδεκτή ευρύτατα στην Ελλάδα και διεθνώς για την περιγραφή μεγίστων εντάσεων βροχής, χρησιμοποιώντας συνήθως δείγματα μήκους λίγων δεκάδων ετών. Ωστόσο, η μελέτη ενός δείγματος αρκετά μεγαλύτερου μήκους, του δείγματος ημερήσιων μεγίστων βροχοπτώσεων του Αστεροσκοπείου Αθηνών, μήκους 136 ετών, έδειξε ότι η κατανομή Gumbel απορρίπτεται στατιστικά, παρόλο που δεν θα απορρίπτονταν αν το μήκος του δείγματος ήταν μικρότερο. Αντίστοιχα είναι τα συμπεράσματα για την κατανομή μεγίστων τύπου II. Αντίθετα, η κατανομή ΓΑΤ με παράμετρο σχήματος $\kappa = 0.16$ έως 0.19 φάνηκε να είναι κατάλληλη για το υπόψη δείγμα (Koutsoyiannis and Baloutsos, 2000).
9. Από πρόσφατη 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 φερώνυμης μεθόδου εκτίμησης της πιθανής μέγιστης κατακρήμνισης (ΠΜΚ· probable maximum precipitation – PMP) 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

$$\kappa = 0.183 - 0.00049 \bar{h} \quad (\bar{h} \text{ σε mm}) \quad (7)$$

10. 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).
11. 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 μεγάλο μήκος δείγμα, η παράμετρος σχήματος της κατανομής ΓΑΤ μπορεί να εκτιμάται άμεσα από το δείγμα. Σε αντίθετη περίπτωση είναι προτιμότερο να εκτιμάται από την (7).
12. Η αποδοχή της κατανομής ΓΑΤ σε συνδυασμό με τις (1) και (2) οδηγεί στην ακόλουθη γενικευμένη έκφραση όμβριων καμπυλών

$$i(d, T) = \frac{\lambda' \left\{ \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]^{-\kappa} + \psi' \right\}}{(d + \theta)^\eta} \quad (\kappa \neq 0) \quad (8)$$

13. Στην εξίσωση (8) η περίοδος επαναφοράς αναφέρεται σε σειρές ετήσιων μεγίστων και κατά συνέπεια παίρνει τιμές μεγαλύτερες από 1 έτος. Αν η περίοδος επαναφοράς οριστεί με αναφορά σε σειρές υπεράνω κατωφλίου, οπότε μπορεί να πάρει και τιμές μικρότερες από 1 έτος, η αντίστοιχη εξίσωση προκύπτει θεωρητικά ότι έχει την ακόλουθη απλούστερη έκφραση (Koutsoyiannis et al., 1998)

$$i(d, T) = \frac{\lambda' (T^\kappa + \psi')}{(d + \theta)^\eta} \quad (\kappa \neq 0) \quad (9)$$

Για μικρές περιόδους επαναφοράς, η εξίσωση (9) είναι προφανώς δυσμενέστερη από την αντίστοιχη της (8), ενώ για μεγαλύτερες περιόδους επαναφοράς ($T > 10$ χρόνια) πρακτικώς η πρώτη ταυτίζεται με τη δεύτερη, δεδομένου ότι για μικρές τιμές του $1/T$ ισχύει $\ln [1 - (1/T)] = -(1/T) - (1/T)^2 - \dots \approx -1/T$.

14. Για την εκτίμηση των παραμέτρων λ , ψ (ή ισοδύναμα λ' , ψ'), θ και η 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.

3. Σύνολα δεδομένων

Τα αποκωδικοποιημένα δεδομένα ετήσιων μεγίστων υψών βροχής για διάρκειες 5 min – 24 h για την περίοδο 1979-86 (8 έτη), όπως δημοσιεύτηκαν στη μελέτη των ΔΡΟΜΟΣ κ.ά. (1994) φαίνονται στον Πίν. 2. Σημειώνουμε ότι στα έτη 1985 και 1986 υπήρχαν σημαντικές ελλείψεις τιμών και έτσι είναι πιθανό τα δεδομένα που δημοσιεύονται να μην είναι τα απόλυτα ετήσια μέγιστα.

Πίν. 2 Ετήσια μέγιστα ύψη βροχής (mm) του σταθμού Αγρινίου για διάφορες διάρκειες βροχής.

Έτος	Διάρκεια							
	5 min	10 min	30 min	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h
1979	8.4	13.1	23.4	28.5	37.9	48.6	48.6	68.1
1980	10	20	31.4	40.3	40.4	41.1	47.7	47.8
1981	15.4	19	38.2	52.3	82.1	104.4	148	166.2
1982	10	16.2	18.4	26.5	41	53.8	75.4	108.2
1983	13.4	21.8	33.8	33.8	34.9	34.9	42.5	63
1984	9.9	15.2	24.1	34.1	53.8	70.5	73	73.8
1985	9.1	12.6	22.2	22.2	24.6	26.7	30.4	33.6
1986	6.2	10	11.6	13.7	16.6	30	30	32

Εξ άλλου, τα αποκωδικοποιημένα δεδομένα ετήσιων μεγίστων υψών βροχής για διάρκειες 5 min – 2 h για την περίοδο 1973-86, όπως δημοσιεύτηκαν στη μελέτη της EMA (1997) φαίνονται στον Πίν. 3. Σημειώνουμε τα δεδομένα των ετών 1982-85 έχουν πολλές ελλείψεις

τιμών και έτσι οι τιμές των μεγίστων δεν θεωρήθηκαν αξιόπιστες και δεν περιλήφθηκαν στον πίνακα.

Πίν. 3 Ετήσια μέγιστα ύψη βροχής (mm) του σταθμού Πάτρας για διάφορες διάρκειες βροχής.

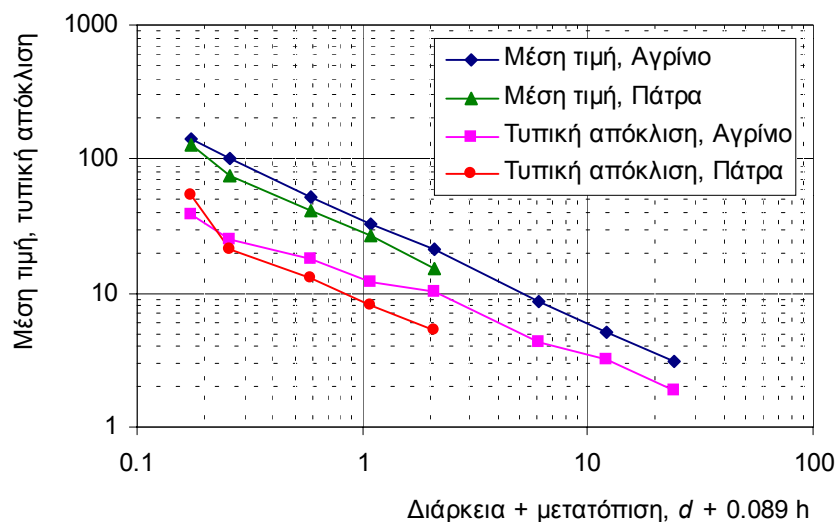
Έτος	Διάρκεια				
	5 min	10 min	30 min	1 h	2 h
1973	7.3	8.3	13.7	16.5	18.6
1974	6.3	9.1	15.4	19.1	23.6
1975	8.1	9.7	20	26.5	34.9
1976	8	13	27.9	34.4	35.9
1977	7.8	11.2	19.5	23.6	28.9
1978	20.2	20.2	20.2	22.6	23.5
1979	7.8	11.1	11.8	21.4	24.1
1980	9.6	11	29.2	40.9	55.3
1981	8.6	13.8	16.4	20.5	24.7
1986	8.9	13.8	27.3	32.4	32.6

Τα ετήσια μέγιστα ημερήσια ύψη βροχής στους σταθμούς Μεσολόγγι, Ναύπακτος και Σταμνά φαίνονται στον Πίν. 4. Οι σταθμοί Μεσολόγγι και Ναύπακτος σταμάτησαν να λειτουργούν μετά το 1981, ενώ η λειτουργία του σταθμού Σταμνά συνεχίζεται μέχρι σήμερα.

4. Επεξεργασία δεδομένων

4.1 Βροχογραφικά δεδομένα

Στο Σχ. 2 έχει απεικονιστεί σε διπλό λογαριθμικό διάγραμμα η μεταβολή της μέσης τιμής και της τυπικής απόκλισης της ετήσιας μέγιστης έντασης βροχής στους σταθμούς Αγρίνιο και Πάτρα, σε συνάρτηση με τη διάρκεια. Παρατηρούμε ότι σε κάθε σταθμό τα δύο μεγέθη ακολουθούν προσεγγιστικά νόμους δύναμης με τον ίδιο περίπου εκθέτη (κλίση ευθείας στο διπλό λογαριθμικό διάγραμμα) αν η διάρκεια προσαυξηθεί κατά την παράμετρο $\theta = 0.089$ h. Κάποια διαφοροποίηση στους εκθέτες εμφανίζεται στο σταθμό Αγρίνιο, η οποία πρέπει να αποδοθεί στο πολύ μικρό μέγεθος δείγματος (8 χρόνια) που δεν επιτρέπει την αξιόπιστη εκτίμηση των στατιστικών χαρακτηριστικών (ιδίως των τυπικών αποκλίσεων) Παρατηρούμε επίσης ότι τόσο οι μέσες τιμές των εντάσεων βροχής στην Πάτρα, όσο και οι τυπικές αποκλίσεις τους, έχουν τιμές λίγο χαμηλότερες από αυτές του Αγρινίου, αλλά πάντως οι αντίστοιχες καμπύλες διατάσσονται παράλληλα, πράγμα που σημαίνει ότι η εξίσωση (2) για την έκφραση της συνάρτησης διάρκειας έχει πρακτικώς ενιαίες παραμέτρους στην ευρύτερη περιοχή. Συμπερασματικά, οι παρατηρήσεις αυτές υποδεικνύουν την καταλληλότητα της εξίσωσης (2) για την έκφραση της συνάρτησης διάρκειας των όμβριων καμπυλών με ενιαίο σύνολο παραμέτρων.



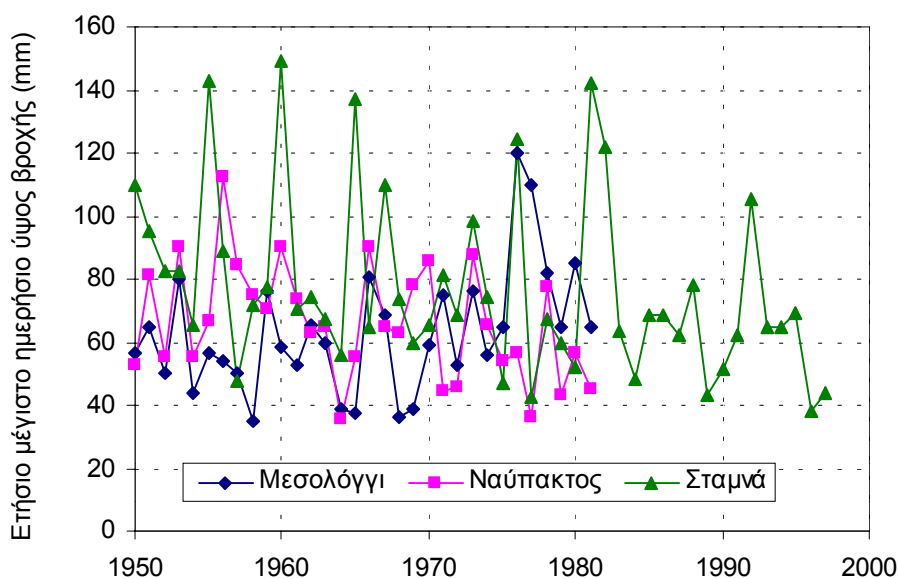
Σχ. 2 Μεταβολή των στατιστικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων ύψους βροχής του Αγρινίου και της Πάτρας συναρτήσει της διάρκειας βροχής.

Πίν. 4 Ετήσια μέγιστα ύψη βροχής (mm) στους σταθμούς Μεσολόγγι, Ναύπακτος και Σταμνά.

Έτος	Μεσολόγγι	Ναύπακτος	Σταμνά	Έτος	Μεσολόγγι	Ναύπακτος	Σταμνά
1950	56.6	52.5	109.6	1974	56.0	65.2	74.5
1951	65.0	81.5	95.2	1975	64.5	54.2	47.0
1952	50.0	55.5	82.5	1976	120.0	56.2	124.5
1953	80.0	90.0	82.4	1977	110.0	36.5	42.5
1954	44.0	55.0	65.5	1978	82.0	77.5	67.0
1955	56.5	66.9	142.7	1979	65.0	43.2	60.0
1956	54.0	112.5	88.6	1980	85.0	56.2	52.0
1957	50.0	84.2	47.8	1981	65.0	45.2	142.0
1958	35.0	74.9	71.6	1982			122.0
1959	76.5	70.5	77.4	1983			63.5
1960	58.5	90.0	149.1	1984			48.3
1961	52.5	73.5	70.6	1985			68.3
1962	65.5	63.0	74.5	1986			68.5
1963	60.0	65.0	67.6	1987			62.5
1964	38.5	35.4	55.6	1988			78.0
1965	37.2	55.2	137.4	1989			43.0
1966	80.5	89.9	64.9	1990			51.4
1967	68.5	64.8	110.0	1991			62.4
1968	36.5	62.7	73.5	1992			105.3
1969	38.5	77.8	59.5	1993			65.0
1970	59.0	85.7	65.5	1994			65.0
1971	75.0	44.2	81.5	1995			69.0
1972	53.0	45.8	68.5	1996			38.0
1973	76.0	87.6	98.5	1997			44.0

4.2 Βροχομετρικά δεδομένα

Στο Σχ. 3 έχουν απεικονιστεί οι χρονοσειρές του ετήσιου μέγιστου ημερήσιου ύψους βροχής στους σταθμούς Μεσολόγγι, Ναύπακτος και Σταμνά, ενώ στον Πίν. 5 φαίνονται τα στατιστικά χαρακτηριστικά των ίδιων χρονοσειρών. Γενικώς παρατηρούμε (όπως κατά κανόνα συμβαίνει) ότι οι τρεις χρονοσειρές είναι ασυσχέτιστες μεταξύ τους, πράγμα που επιβεβαιώνεται και από τους μικρούς συντελεστές συσχέτισης που υπολογίστηκαν (σε απόλυτη τιμή, μικρότεροι του 0.1). Οι χρονοσειρές των σταθμών Μεσολογγίου και Ναυπάκτου συμβαδίζουν ως προς τα στατιστικά χαρακτηριστικά, ενώ αυτή του σταθμού Σταμνά εμφανίζεται με αυξημένες τιμές του ύψους βροχής. Ωστόσο, ο στατιστικός έλεγχος δείχνει ότι η διαφοροποίηση της χρονοσειράς στη Σταμνά ως προς τις δύο άλλες δεν είναι στατιστικώς σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Έτσι, η θεώρηση ότι και οι τρεις χρονοσειρές αντιπροσωπεύουν τον ίδιο στατιστικό πληθυσμό είναι εύλογη, οπότε τα τρία στατιστικά δείγματα θα μπορούσαν να ενοποιηθούν σε ένα για την περαιτέρω στατιστική επεξεργασία. Εύλογη επίσης είναι και η εναλλακτική παραδοχή ότι η βροχή στη Σταμνά είναι αυξημένη σε σχέση με αυτή στο Μεσολόγγι και τη Ναύπακτο. Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκαν και οι δύο εναλλακτικές θεωρήσεις.



Σχ. 3 Απεικόνιση των χρονοσειρών ετήσιου μέγιστου ημερήσιου ύψους βροχής (Μεσολόγγι, Ναύπακτος, Σταμνά).

Πίν. 5 Στατιστικά χαρακτηριστικά δειγμάτων ετήσιου μέγιστου ημερήσιου ύψους βροχής (Μεσολόγγι, Ναύπακτος, Σταμνά).

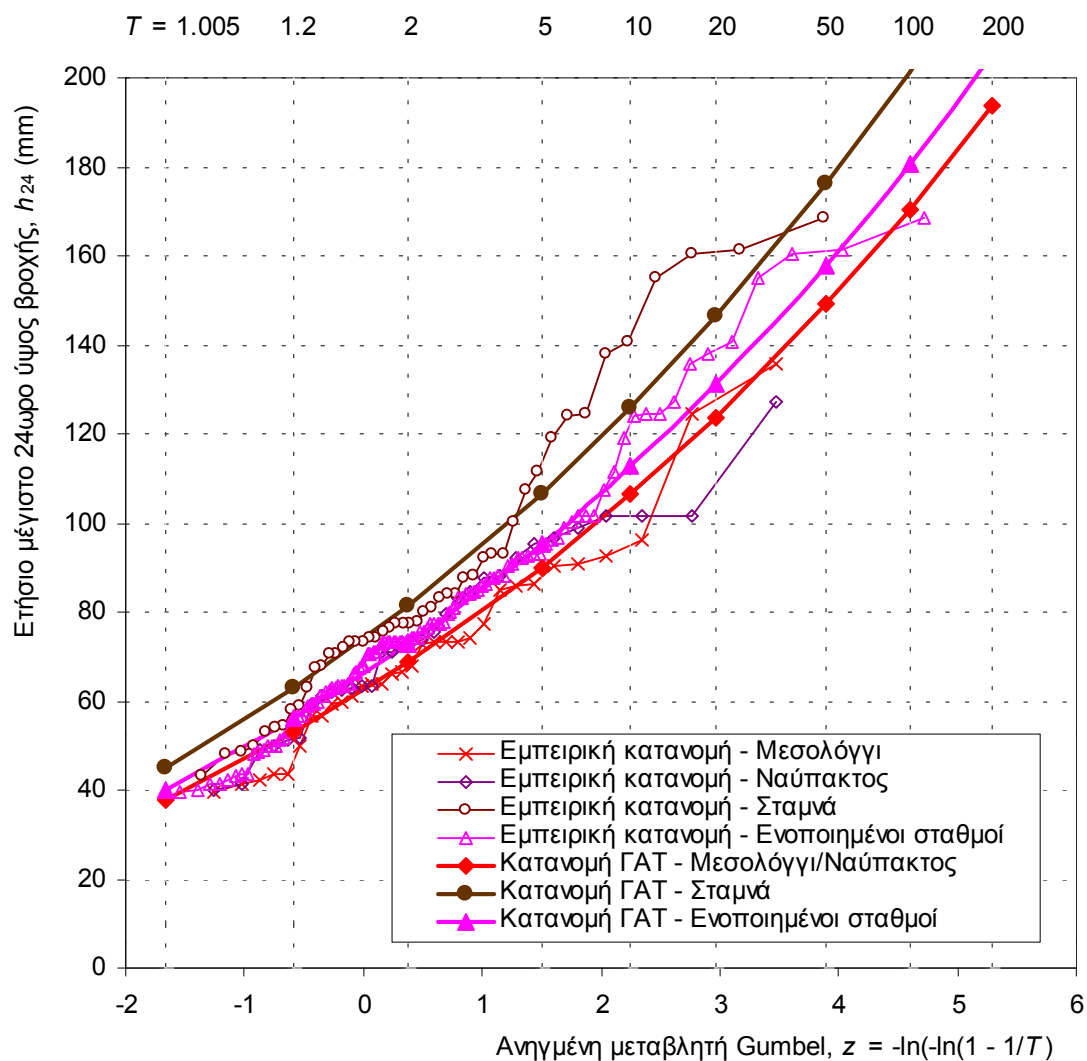
Σταθμός	Μεσολόγγι	Ναύπακτος	Σταμνά
Μέγεθος δείγματος	32	32	48
Μέση τιμή (mm)	62.9	66.2	77.2
Τυπική απόκλιση (mm)	19.6	18.2	28.2
Συντελεστής ασυμμετρίας	1.01	0.37	1.11

Στο Σχ. 4 έχουν απεικονιστεί σε χαρτί κατανομής Gumbel οι εμπειρικές συναρτήσεις των ετήσιων μέγιστων υψών βροχής των τριών σταθμών, στα οποία έγινε προηγουμένως η κατάλληλη αναγωγή για άρση του σφάλματος χρονικής διακριτοποίησης των δεδομένων ώστε να αντιπροσωπεύουν (κατά μέσο όρο) τα μέγιστα ύψη διάρκειας 24 ωρών (συντελεστής αναγωγής 1.13 για λόγο διάρκειας προς ευκρίνεια $d/\delta = 1$ · βλ. π.χ. Linsley et al., 1975, σ. 357). Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των L-ροπών (βλ. π.χ. Stedinger et al., 1993, σ. 18.5) προσαρμόστηκαν οι αντίστοιχες θεωρητικές συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ που επίσης έχουν απεικονιστεί στο Σχ. 4 (ειδικά για την παράμετρο κ χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση (7)). Γενικά παρατηρείται καλή συμφωνία εμπειρικών και θεωρητικών συναρτήσεων κατανομής, ενώ η καμπυλότητα των συναρτήσεων κατανομής στο χαρτί κατανομής Gumbel επιβεβαιώνει τη μη καταλληλότητα της τελευταίας, όπως συζητήθηκε και στο κεφάλαιο 2.

4.3 Εκτίμηση παραμέτρων όμβριων καμπυλών

Οι παράμετροι των όμβριων καμπυλών (εξισώσεις (8) και (9)) εκτιμήθηκαν με την μέθοδο δύο βημάτων που περιγράφεται από τον Κουτσογιάννη (1997· βλ. και Koutsoyiannis et al., 1998). Στο πρώτο βήμα εκτιμήθηκαν οι παράμετροι της συνάρτησης $b(d)$ χρησιμοποιώντας τα ενοποιημένα δείγματα των σταθμών Αγρινίου (Πίν. 2) και Πάτρας (Πίν. 3). Στο δεύτερο βήμα εκτιμήθηκαν οι παράμετροι της συνάρτησης $a(T)$ χρησιμοποιώντας ένα ενοποιημένο δείγμα των ετήσιων μέγιστων ημερήσιων υψών βροχής των τριών σταθμών του Πίν. 4. Οι τελικές τιμές των παραμέτρων φαίνονται στον Πίν. 6.

Αν γίνει η παραδοχή ότι η βροχή στη Σταμνά είναι αυξημένη σε σχέση με αυτή στο Μεσολόγγι και τη Ναύπακτο, τότε διαφοροποιείται η παράμετρος κλίμακας και παίρνει την τιμή $\lambda' = 63.81$ για τη Σταμνά (αύξηση κατά 12% σε σχέση με την ενιαία τιμή $\lambda' = 57.13$) και $\lambda' = 53.96$ για τους άλλους δύο σταθμούς (μείωση κατά 6% σε σχέση με την ενιαία τιμή $\lambda' = 57.13$). Αντίστοιχη είναι και η ποσοστιαία μεταβολή της παραμέτρου λ .



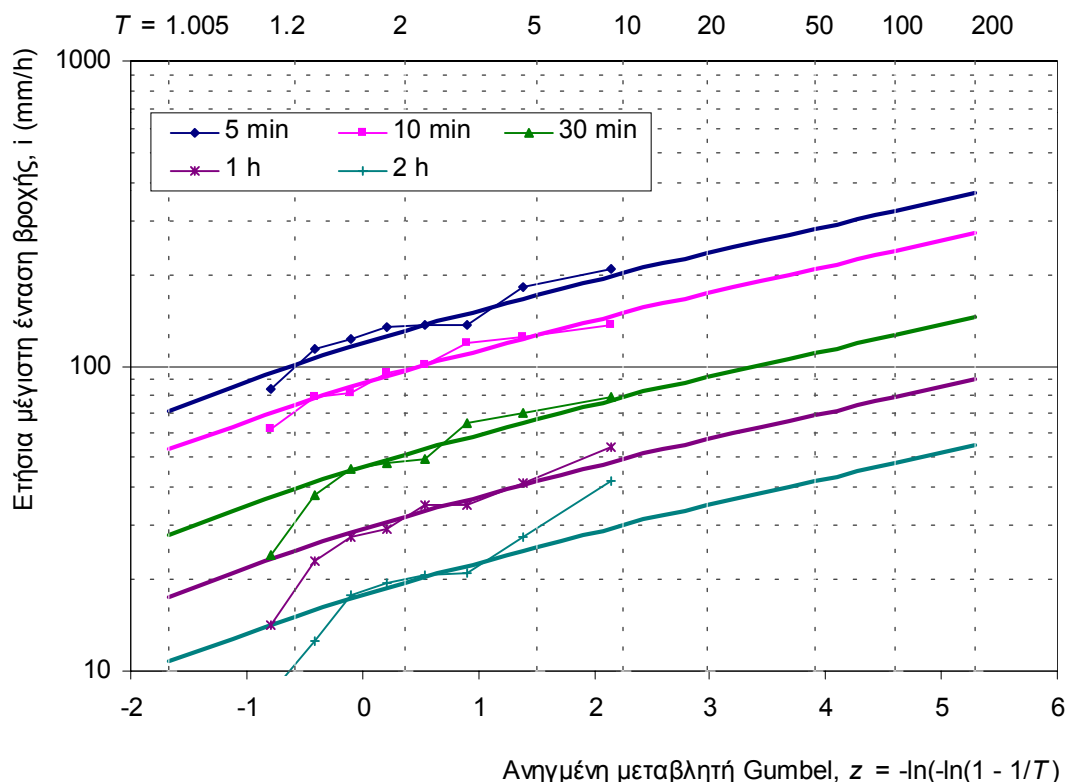
Σχ. 4 Εμπειρικές και θεωρητικές κατανομές ετήσιων μέγιστων 24ώρων υψών βροχής.

Πίν. 6 Εκτιμημένες παράμετροι όμβριων καμπυλών (εξισώσεις (8) και (9)).

Παράμετρος	Τιμή
κ	0.144
λ (mm)	17.53
ψ	3.767
λ' (mm)	57.13
ψ'	-0.458
θ (h)	0.089
η	0.761

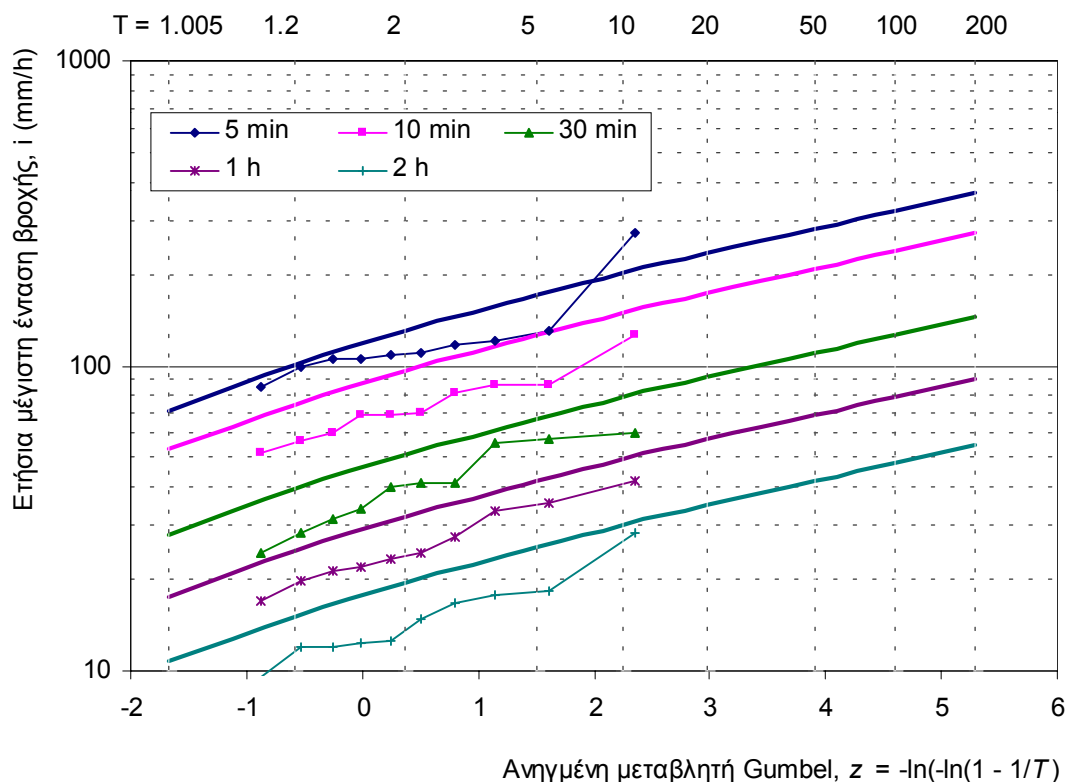
Οι συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ που ορίζονται από το ενιαίο εκτιμημένο σύνολο παραμέτρων για διάφορες χαρακτηριστικές διάρκειες βροχής φαίνονται, σε χαρτί κατανομής

μεγίστων τύπου II*, στο Σχ. 5 για το Αγρίνιο και στο Σχ. 6 για την Πάτρα. Στα ίδια σχήματα έχουν χαραχτεί και οι εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής, εκτιμημένες με τον τύπο του Weibull (Stedinger et al., 1993, p. 18.25· Κουτσογιάννης, 1997, σ. 117). Από το Σχ. 5 προκύπτει ότι οι θεωρητικές συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ βρίσκονται σε συμφωνία με τις εμπειρικές για το Αγρίνιο. Αντίστοιχα, από το Σχ. 6 προκύπτει ότι οι εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής στην Πάτρα είναι λίγο χαμηλότερες από τις θεωρητικές. Πάντως, όπως προαναφέρθηκε, τα στατιστικά δείγματα είναι και στους δύο σταθμούς πολύ μικρά για να επιτρέψουν τη συναγωγή ασφαλών στατιστικών συμπερασμάτων.



Σχ. 5 Συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ (καμπύλες) και εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής κατά Weibull (τεθλασμένες) για τις ετήσιες μέγιστες εντάσεις βροχής του σταθμού Αγρινίου.

* Η απεικόνιση σε χαρτί κατανομής μεγίστων τύπου II είναι εύχρηστη και κατατοπιστική, λόγω της λογαριθμικής κλίμακας του άξονα τιμών της μεταβλητής, παρόλο που η συνάρτηση κατανομής ΓΑΤ δεν παριστάνεται ως ευθεία στο χαρτί αυτό. Σημειώνεται ότι δεν μπορεί να κατασκευαστεί γενικής χρήσης χαρτί κατανομής ΓΑΤ, όπου η κατανομή αυτή θα μπορούσε να παρασταθεί ως ευθεία (όπως μπορεί να κατασκευαστεί π.χ. για τις κατανομές μεγίστων τύπου II, Gumbel, Gauss), επειδή η εν λόγω κατανομή έχει μεταβλητή παράμετρο σχήματος.



Σχ. 6 Συναρτήσεις κατανομής ΓΑΤ (καμπύλες) και εμπειρικές συναρτήσεις κατανομής κατά Weibull (τεθλασμένες) για τις ετήσιες μέγιστες εντάσεις βροχής του σταθμού Πάτρας.

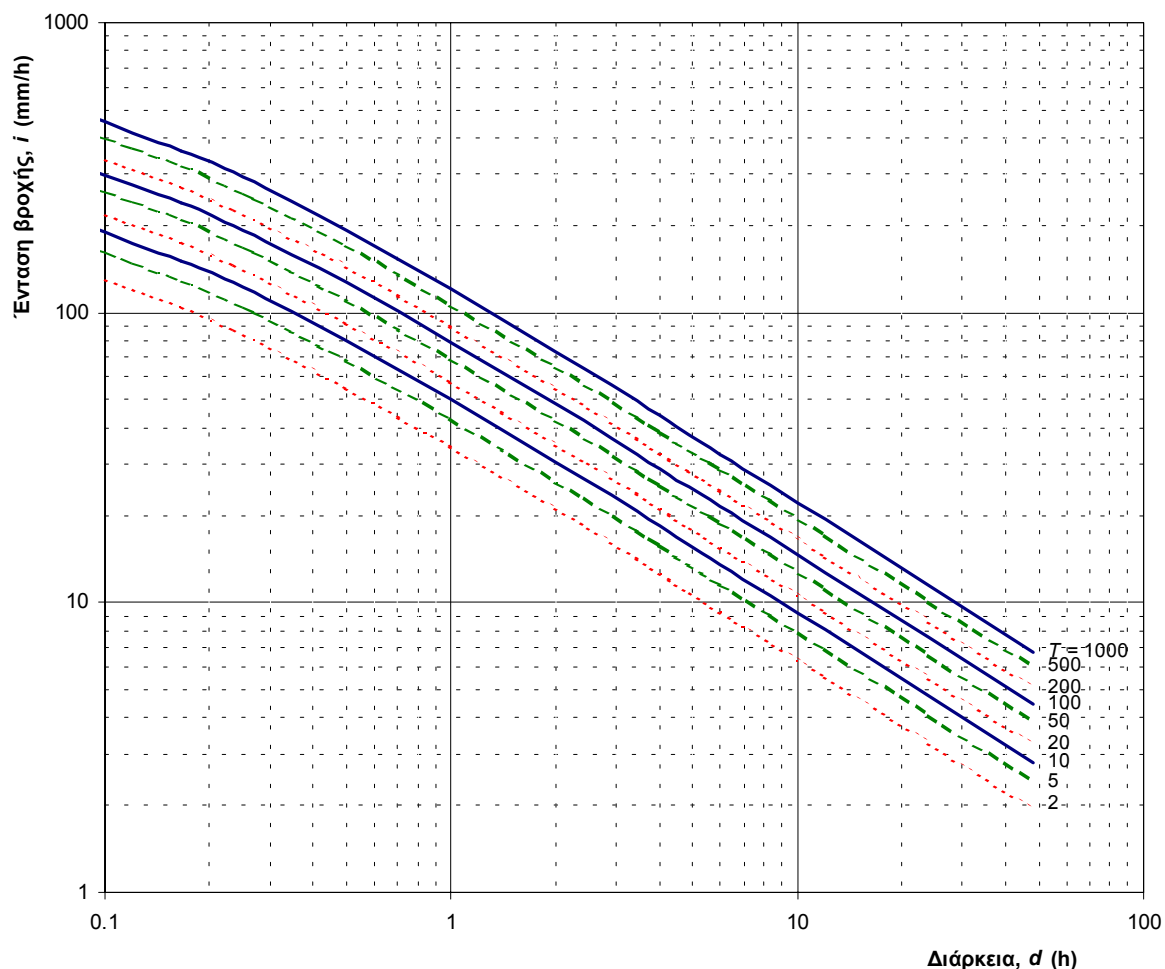
4.4 Τελικά αποτελέσματα

Η τελική έκφραση των όμβριων καμπυλών, όπως προκύπτει με εφαρμογή της εξίσωσης (9) για το σύνολο παραμέτρων του Πίν. 6 που αντιστοιχεί στο ενοποιημένο δείγμα, είναι

$$i(d, T) = \frac{57.13 (T^{0.144} - 0.458)}{(d + 0.089)^{0.761}} \quad (d \text{ σε h, } i \text{ σε mm/h}) \quad (10)$$

Οι εντάσεις βροχής που προκύπτουν από την εξίσωση (10) είναι σκόπιμο να αυξηθούν κατά 12% για το πιο βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης, ενώ μπορούν να μειωθούν κατά 6% για το νοτιότερο τμήμα (Αντίρριο-Μεσολόγγι).

Όπως προαναφέρθηκε (ενότητα 2), στην παραπάνω έκφραση η περίοδος επαναφοράς αντιστοιχεί σε σειρά μεγίστων υπεράνω καταφλίου (και επομένως μπορεί να πάρει και τιμές μικρότερες από 1), παρόλο που οι παράμετροι εκτιμήθηκαν με βάση σειρές ετήσιων μεγίστων. Η τελική εξίσωση όμβριων καμπυλών (10) έχει παρασταθεί γραφικά σε άξονες $i - d$ στο Σχ. 7.



Σχ. 7 Τελικές όμβριες καμπύλες της περιοχής μελέτης με βάση τα ενοποιημένα στατιστικά δείγματα.

5. Συγκρίσεις

5.1 Σύγκριση με τις όμβριες καμπύλες της Αθήνας και Κέρκυρας

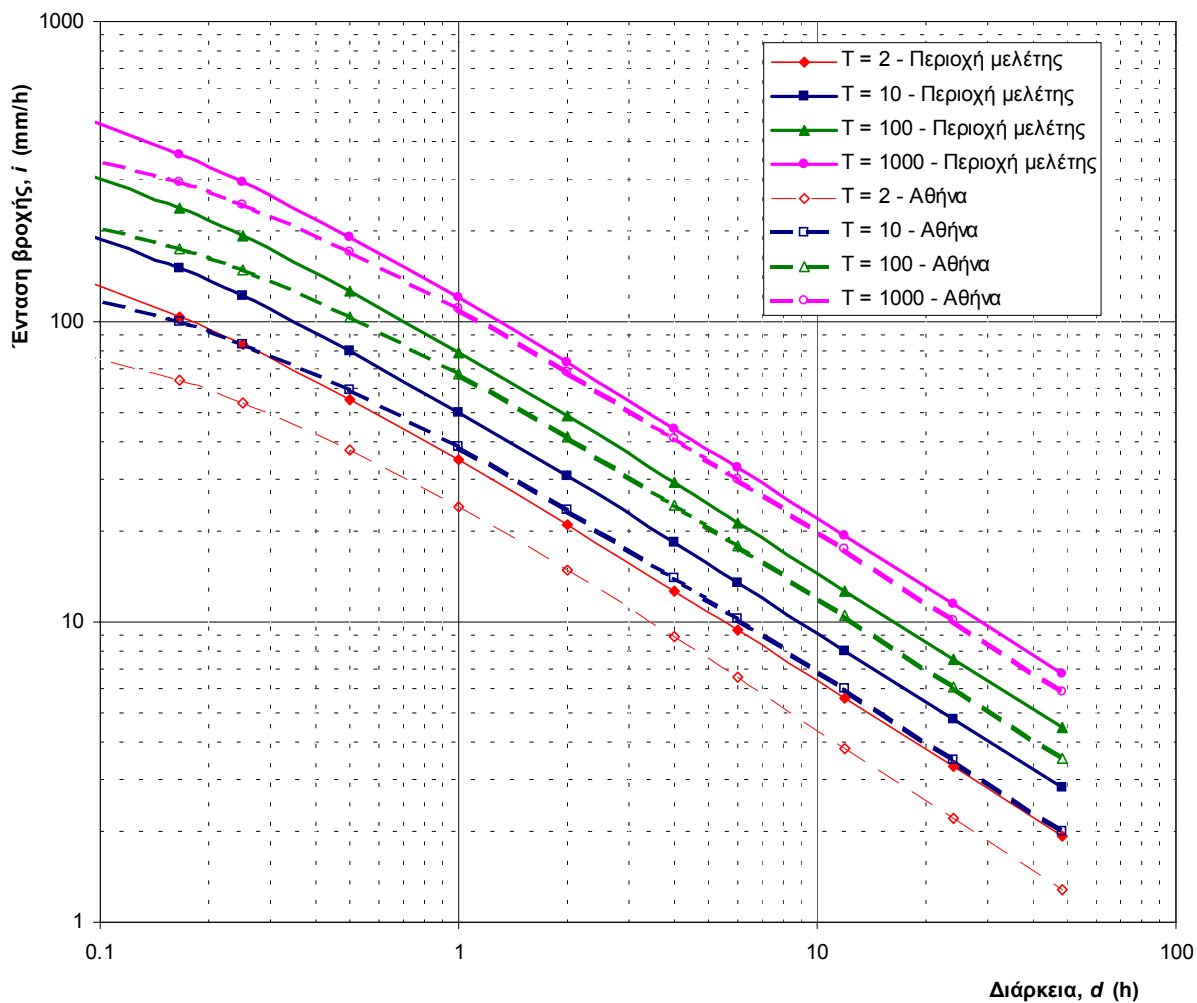
Πρόσφατα (Koutsoyiannis and Baloutsos, 2000) εκτιμήθηκε η ακόλουθη έκφραση όμβριων καμπυλών για την περιοχή της Αθήνας

$$i(d, T) = \frac{40.6 (T^{0.185} - 0.45)}{(d + 0.189)^{0.796}} \quad (d \text{ σε h, } i \text{ σε mm/h}) \quad (11)$$

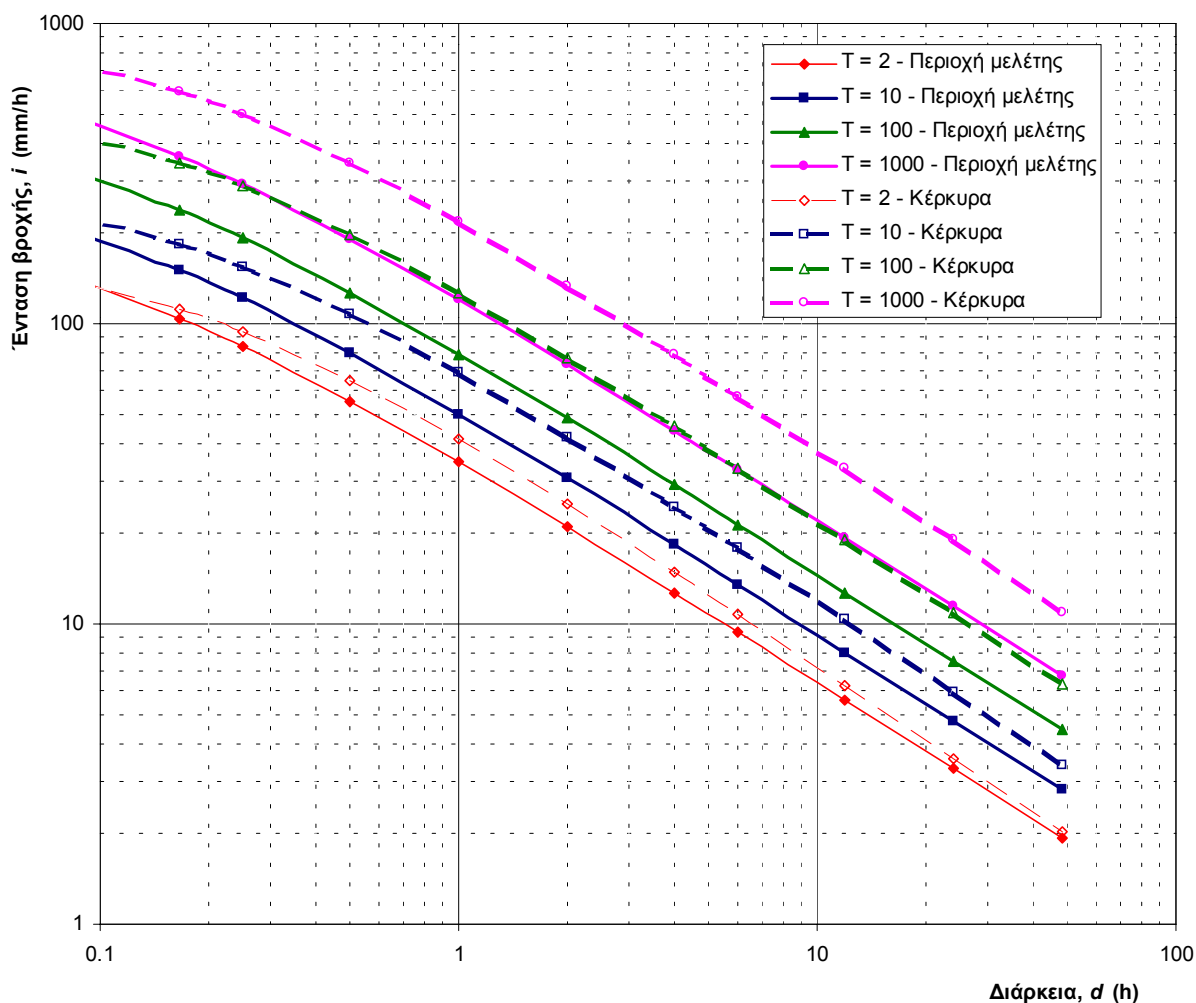
Η εξαγωγή αυτής της εξίσωσης βασίστηκε αφενός στο δείγμα ετήσιων μέγιστων ημερήσιων βροχοπτώσεων του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, μεγέθους 136 ετών (το μεγαλύτερο σε μέγεθος δείγμα της Ελλάδας) και αφετέρου σε δείγματα ετήσιων μέγιστων βροχοπτώσεων μικρότερων διαρκειών, μεγέθους 30 ετών, του σταθμού Ελληνικού.

Η σύγκριση των όμβριων καμπυλών της περιοχής μελέτης με αυτές της Αθήνας παρουσιάζεται γραφικά στο Σχ. 8. Παρατηρούμε ότι υπάρχει διαφοροποίηση των δύο ομάδων

καμπυλών, με εμφάνιση υψηλότερων εντάσεων βροχής στην περιοχή μελέτης. Η διαφοροποίηση είναι σημαντικότερη στις χαμηλές περιόδους επαναφοράς και αμβλύνεται στις υψηλότερες.



Σχ. 8 Σύγκριση των τελικών όμβριων της περιοχής μελέτης (συνεχείς γραμμές) με τις όμβριες καμπύλες της Αθήνας (διακεκομμένες γραμμές· Koutsoyiannis and Baloutsos, 2000).



Σχ. 9 Σύγκριση των τελικών όμβριων της περιοχής μελέτης (συνεχείς γραμμές) με τις όμβριες καμπύλες της Κέρκυρας (διακεκομμένες γραμμές· Κουτσογιάννης, 2001).

Εξάλλου, σε μια πιο πρόσφατη μελέτη (Κουτσογιάννης, 2001) έχει εξαχθεί η ακόλουθη εξίσωση όμβριων καμπυλών για την περιοχή της Κέρκυρας:

$$i(d, T) = \frac{70.51 (T^{0.202} - 0.481)}{(d + 0.18)^{0.81}} \quad (d \text{ σε h, } i \text{ σε mm/h}) \quad (12)$$

Η σύγκριση των όμβριων καμπυλών της περιοχής μελέτης με αυτές της Κέρκυρας παρουσιάζεται γραφικά στο Σχ. 9. Παρατηρούμε ότι για μικρές περιόδους επαναφοράς (π.χ. $T = 2$) οι δύο ομάδες καμπυλών πλησιάζουν αρκετά, αλλά για μεγάλες περιόδους επαναφοράς υπάρχει διαφοροποίηση των δύο ομάδων καμπυλών, με εμφάνιση χαμηλότερων εντάσεων βροχής στην περιοχή μελέτης.

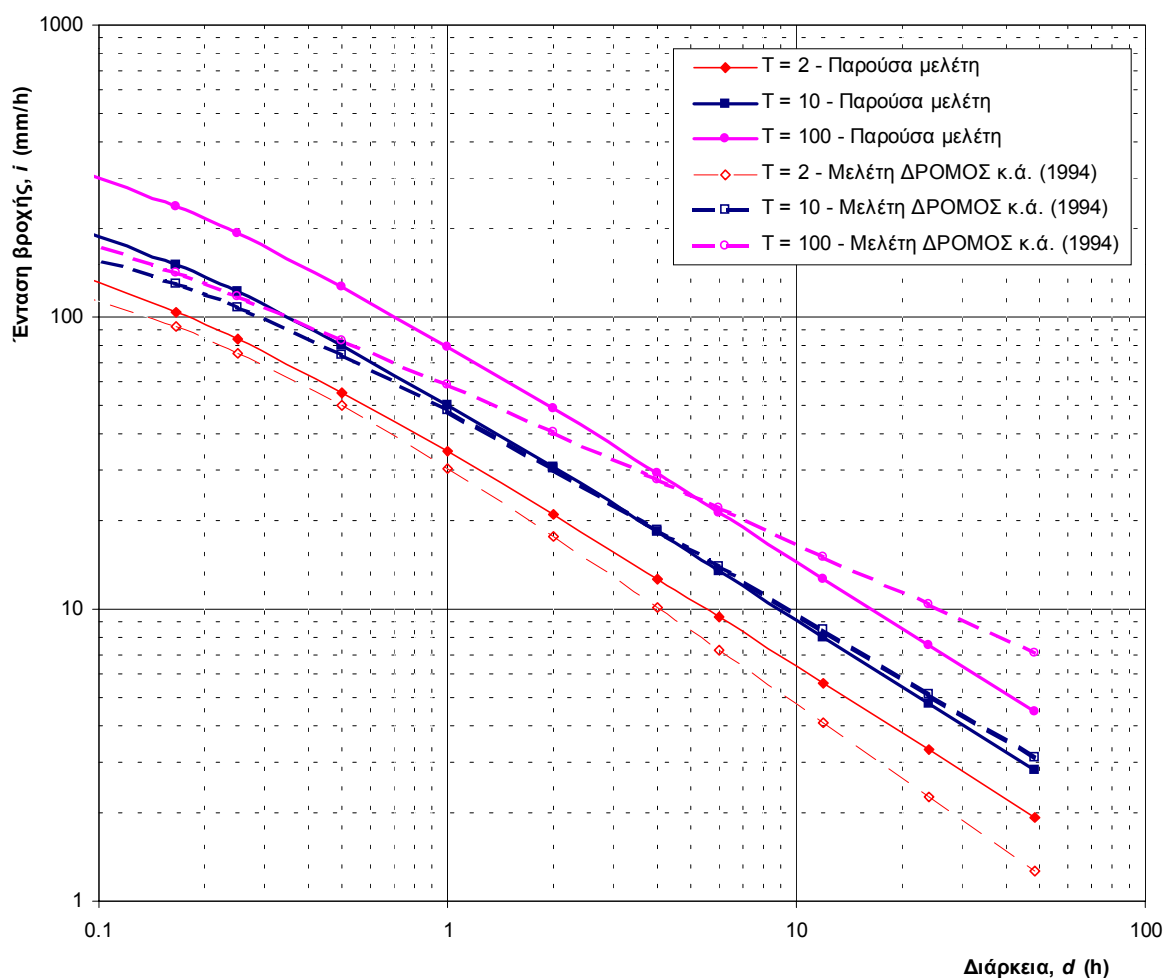
Τα αποτελέσματα των παραπάνω συγκρίσεων είναι αρκετά εύλογα, δεδομένου ότι με βάση το κλίμα της χώρας αναμένεται να αυξάνουν οι εντάσεις βροχής όσο προχωρούμε προς τα δυτικά ή βορειοδυτικά της Αθήνας.

5.2 Σύγκριση με τις προγενέστερες όμβριες καμπύλες της ευρύτερης περιοχής

Στη μελέτη των ΔΡΟΜΟΣ κ.ά. (1994) είχαν καταστρωθεί όμβριες καμπύλες για το σταθμό του Αγρινίου με βάση το ίδιο δείγμα υψών βροχής που χρησιμοποιήθηκε και εδώ. Χρησιμοποιήθηκε μεθοδολογία που βασίζεται στη στατιστική επεξεργασία με την κατανομή Pearson III, συνδυασμένη με ορισμένες εμπειρικές θεωρήσεις. Οι εξισώσεις που προέκυψαν τελικώς είναι της μορφής

$$i = b / (d + a)^m \quad (d \text{ σε h, } i \text{ σε mm/h}) \quad (13)$$

όπου για περιόδους επαναφοράς 2, 5, 10, 20, 50 και 100 χρόνια ο συντελεστής a παίρνει τις τιμές 0.14, 0.14, 0.12, 0.10, 0.07 και 0.04, αντίστοιχα, ο συντελεστής b τις τιμές 33.91, 45.63, 52.31, 58.40, 65.41 και 69.48, και ο συντελεστής m τις τιμές 0.85, 0.79, 0.73, 0.67, 0.60 και 0.55, αντίστοιχα.. Γραφική σύγκριση των εξισώσεων όμβριων καμπυλών (13) της μελέτης των ΔΡΟΜΟΣ κ.ά. (1994), και (10) της παρούσας μελέτης δίνεται στο Σχ. 10. Παρατηρούμε ότι οι δύο ομάδες καμπυλών σχεδόν ταυτίζονται για περίοδο επαναφοράς 10 χρόνια αλλά παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις για άλλες περιόδους επαναφοράς (ιδίως για τις μεγαλύτερες).

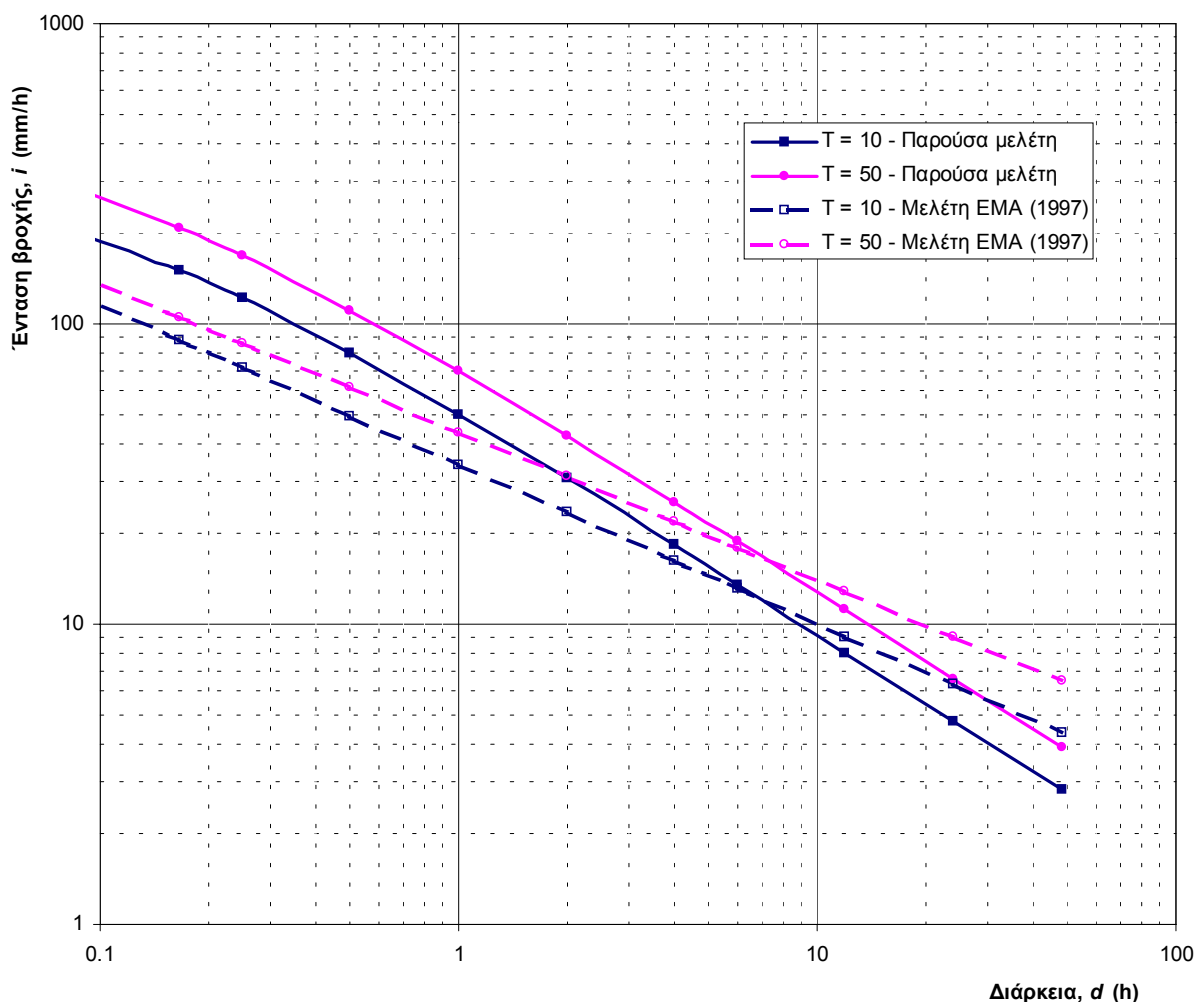


Σχ. 10 Σύγκριση των τελικών όμβριων της παρούσας μελέτης (συνεχείς γραμμές) με τις όμβριες καμπύλες των ΔΡΟΜΟΣ κ.ά. (1994) για το Αγρίνιο (διακεκομμένες γραμμές).

Εξ άλλου, στη μελέτη της EMA (1997) είχαν καταστρωθεί όμβριες καμπύλες για το σταθμό της Πάτρας με βάση το ίδιο δείγμα υψών βροχής που χρησιμοποιήθηκε και εδώ. Χρησιμοποιήθηκε μεθοδολογία που βασίζεται στη στατιστική επεξεργασία με την κατανομή Gumbel, συνδυασμένη με ορισμένες εμπειρικές θεωρήσεις. Οι εξισώσεις που προέκυψαν τελικώς είναι της μορφής

$$i = b / d^m \quad (d \text{ σε h, } i \text{ σε mm/h}) \quad (14)$$

όπου για περιόδους επαναφοράς 10 και 50 χρόνια ο συντελεστής b παίρνει τις τιμές 34.055 και 43.617, και ο συντελεστής m τις τιμές 0.532 και 0.493, αντίστοιχα.. Γραφική σύγκριση των εξισώσεων όμβριων καμπυλών (14) της μελέτης της EMA (1997), και (10) της παρούσας μελέτης δίνεται στο Σχ. 11. Παρατηρούμε ότι οι δύο ομάδες καμπυλών παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις με τις καμπύλες της παρούσας μελέτης να δίνουν σημαντικά υψηλότερες εντάσεις για μικρές διάρκειες βροχής της τάξης των λεπτών έως λίγων ωρών και χαμηλότερες για μεγάλες διάρκειες της τάξης του 24ώρου.



Σχ. 11 Σύγκριση των τελικών όμβριων της παρούσας μελέτης (συνεχείς γραμμές) με τις όμβριες της EMA (1987) για την Πάτρα (διακεκομμένες γραμμές).

Αναφορές

- ΔΡΟΜΟΣ, Α.Π. Μαρκόπουλος, Σ. Λαγοδήμος, ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ, Γραφείο Α. Πρέζα – Σ. Πηλίτση, Ι. Κολλιτιάτης, Τεύχος Υδρολογίας - Προμελέτη Υδραυλικών Έργων, Αυτοκινητόδρομος Δυτικής Ελλάδας – Ευρεία Παράκαμψη Αγρινίου, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Αθήνα, 1994.
- ΕΜΑ (Εταιρία Μελετών Αναπτύξεως), Μελέτη Αποχέτευσης Ομβρίων, Οριστική Μελέτη Β Τμήματος Παράκαμψης Ναυπάκτου, 2^η ΔΕΚΕ – Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα, 1997.
- 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. Παπακόστα και Συνεργάτες, Κέρκυρα, 2001.
- 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.
- Koutsoyiannis, D., A probabilistic view of Hershfield's method for estimating probable maximum precipitation, *Water Resources Research*, 35(4), 1313-1322, 1999.
- 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., 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*, 2nd Edition, McGraw-Hill, New York, 1975.
- 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.

Ομάδα μελέτης

Η έκθεση αυτή συντάχθηκε στα πλαίσια της «Εκπόνησης μελετών τμήματος Αντίρριο - Κεφαλόβρυσο του Δυτικού Οδικού Άξονα Β-Ν», η οποία ανατέθηκε από την Ειδική Υπηρεσία Δημόσιων Έργων Μεγάλων Έργων Δυτικής Ελλάδας (ΕΥΔΕ/ΜΕΔΕ) της Γενικής Γραμματείας Δημόσιων Έργων του ΥΠΕΧΩΔΕ, και εκπονείται από την Κ/ξία ΝΑΜΑ-ΚΑΣΤΩΡ. Η υδρολογική μελέτη εκπονήθηκε από τον Δ. Κουτσογιάννη. Συνεργάστηκε ο Δ. Κάτσιος.

Αθήνα, Ιούνιος 2001

Για τη σύνταξη της μελέτης

Για τον Ανάδοχο

Δ. Κουτσογιάννης

**Παράρτημα Α: Μηνιαία μέγιστα ημερήσια ύψη βροχής
(Δεδομένα από βροχόμετρα)**

Σταθμός Μεσολογγίου

ΜΗΝ ΕΤΟΣ	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ (mm)		ΦΕΒΡΟΥΑΡ. (mm)		ΜΑΡΤΙΟΣ (mm)		ΑΠΡΙΛΙΟΣ (mm)		ΜΑΙΟΣ (mm)		ΙΟΥΝΙΟΣ (mm)		ΙΟΥΛΙΟΣ (mm)		ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ (mm)		ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ (mm)		ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ (mm)		ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ (mm)		ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ (mm)			
	ΗΜΕΡ	Υψ. ΒΡ	ΗΜΕΡ	Υψ. ΒΡ	ΗΜΕΡ	Υψ. ΒΡ	ΗΜΕΡ	Υψ. ΒΡ	ΗΜΕΡ	Υψ. ΒΡ	ΗΜΕΡ	Υψ. ΒΡ	ΗΜΕΡ	Υψ. ΒΡ	ΗΜΕΡ	Υψ. ΒΡ	ΗΜΕΡ	Υψ. ΒΡ	ΗΜΕΡ	Υψ. ΒΡ	ΗΜΕΡ	Υψ. ΒΡ	ΗΜΕΡ	Υψ. ΒΡ		
1950	18	35.5	12	25	2	22	5	4	14	6.5	23	7.5	28	4.5	1	5	9	2.5	3	28.6	31	56.6	6	47.8	23	42
1951	20	24	2	30	13	30	-	-	1	2.5	27	8.5	25	7.5	3	8.5	3	8.5	23	8	18	14	10	50	19	49
1953	3	50	7	15	14	11.5	17	26	31	38.5	1	33.5	9	8	29	7	12	20	20	8	50	5	80	20	3.5	
1954	29	35	3	35	30	15	12	11	7	32	-	-	-	-	30	3	-	-	-	8	30	18	35	13	44	
1955	10	56.5	5	7	24	20	16	25	12	6	-	-	-	-	4	15	4	15	3	38	8	55	21	38	22	10.3
1956	9	32.4	1	45.5	14	54	5	17.4	11	12	22	11.7	-	-	-	-	-	-	28	8.5	29	28.7	20	37.3	26	18.4
1957	27	30.4	12	12.6	1	24.4	20	20	5	14.5	-	-	-	-	22	20.3	28	29.5	25	38	4	50	16	16	20	
1958	19	35	23	5.6	22	20	19	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	24.3	18	32.5	9	22.2	17	28.5
1959	3	34.5	16	5	16	27.7	18	21.5	16	9.6	10	8.5	4	3	22	23.5	7	76.5	7	76.5	8	8.5	7	46.1	1	33
1960	11	40.5	8	7.5	4	18.5	2	14.5	26	10.5	-	-	-	-	-	-	-	-	11	19	7	10	8	29.5	11	58.5
1961	29	28.5	3	25.5	2	10.5	11/23	3.5	12	11.5	22	15.5	-	-	-	-	-	-	-	-	9	52.5	6	44.3	25	35.5
1962	30	21	24	30.6	23	15.5	7	15.6	5	8.5	-	-	-	-	29	65	29	65	29	65	20	40.5	13	62	3	65.5
1963	21	30.5	2	25.5	24	31	1	30.5	13	18.5	3	5	6	7.5	31	22.5	1	35.5	1	35.5	10	60	29	36.5	12	28
1964	30	20.5	21	17.5	14	21.5	26	9.5	30	7.5	15	7.5	-	-	-	-	-	-	26	2.5	20	15.5	3	38.5	27	35
1965	20	29	9	35.5	21	11	10	21.4	8	18.5	19	37.2	-	-	-	-	-	-	-	-	11	25.4	16	25.5	2	16
1966	27	35	13	20.5	14	25	15	7.4	9	9.4	28	18.3	25	15	-	-	-	-	21	10.5	19	80.5	28	78	7	32.5
1967	26	45	10	8	15	12	11	11.4	28	12.3	23	5.2	-	-	-	-	-	-	6	68.5	6	38.4	1	31.5	24	25.5
1968	βλάβη οργαν.		18	2.5	16	13.5	9	2.5	28	10.5	4	8.4	-	-	15	7.4	24	7	24	7	27	28.8	7	36.5	14	31.5
1969	10	35	14	32.4	17	25.5	19	3.5	9	38.5	7	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	10	7	35.7
1970	30	40	19	50.5	16	55	6	12	4	21.5	25	30	-	-	10	57	-	-	-	-	2	59	23	26	25	24
1971	21	15	2	26.5	28	75	6	12	28	21	9	12	1	6	-	-	-	-	30	24	16	47	25	37	1	26.5
1972	9/29	36	14/29	27	6	51.5	12	36	5	25	-	-	16	16	25	17	2	15	3	15	3	53	25	8	-	-
1973	28	76	18	58	11	37.5	2	44.5	-	-	19	36	-	-	30	18.5	28	31	13	13	18	17	48	10	37	
1974	2	32	6	24	16	53.5	18	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	56	31	42	7	36	12	17
1975	-	-	14	64.5	24	36	-	-	14	24	6	27	-	-	-	-	-	-	-	-	10	59	11	34	17	52
1976	28	20	13	43	24	13	13	45	24	10	7	9	24	26.5	20	12	17	12	17	12	14	63	2	120	17/19	22
1977	14	16	15	47	13	18	21	28	15	16	-	-	-	-	24	8	23	48	7	8	20	110	4	40	4	40
1978	31	48	8	65	25	65	4	64	10	50	-	-	-	-	-	-	-	-	3	78	27	29	29	82	23	35
1979	30	35	5	18	10	65	2	17	13	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	29	20	50	31	35
1980	2	47	3	16	20	29	31	20	2	48	-	-	-	-	30	20	25	10	25	10	26	47	10	85	22	47
1981	18	25	6	38	19	38	12	21	24	30	13	10	-	-	25	9	6	28	6	28	27	38	7/15	65		

Σταθμός Ναυπάκτου

ΜΗΝ ΕΤΟΣ	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ		ΦΕΒΡΟΥΑΡ.		ΜΑΡΤΙΟΣ		ΑΠΡΙΛΙΟΣ		ΜΑΙΟΣ		ΙΟΥΝΙΟΣ		ΙΟΥΛΙΟΣ		ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ		ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ		ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ		ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	
	ΗΜΕΡ	Υψ. ΒΡ (mm)	ΗΜΕΡ	Υψ. ΒΡ (mm)	ΗΜΕΡ	Υψ. ΒΡ (mm)	ΗΜΕΡ	Υψ. ΒΡ (mm)	ΗΜΕΡ	Υψ. ΒΡ (mm)	ΗΜΕΡ	Υψ. ΒΡ (mm)	ΗΜΕΡ	Υψ. ΒΡ (mm)	ΗΜΕΡ	Υψ. ΒΡ (mm)	ΗΜΕΡ	Υψ. ΒΡ (mm)	ΗΜΕΡ	Υψ. ΒΡ (mm)	ΗΜΕΡ	Υψ. ΒΡ (mm)	ΗΜΕΡ	Υψ. ΒΡ (mm)
1950																								
1951	14	81.5	17	10.5	9	48.5	4	17.5	13	8.5	22	15.5	19	2.5	26	4.5	2	5	30	42.5	5	52.5	20	39.5
1952	11	53.5	3	22.5	6	14.5	-	-	4	7.5	-	-	25	17.5	-	-	9	17.5	26	33.5	2	45.5	9	13.5
1953	4	38.5	17	24.5	15	8.5	18	22.5	20	20.5	13	23.5	7	61.5	29	2.3	12	21.6	7	90	3	70.2	21	25.3
1954	30	55	2	30.2	29	20.1	18	20.4	7	15.2	-	-	-	-	-	-	30	5.1	9	13.6	17	47.8	22	50.3
1955	20	21.2	14	21.5	2	39.4	15	20.5	-	-	-	-	-	-	3	20.5	2	40.8	7	66.9	15	46.5	11	10.2
1956	30	42.5	13	60.4	12	112.5	6	25.2	4	40	25	14.2	13	5.8	-	-	28	36	30	47.5	12	45.2	2	32.5
1957	24	44.2	28	39.5	9	15.2	19	6.2	18	13.2	28	16	-	-	22	7.2	28	84.2	31	56	9	22.7	1	65.7
1958	12	58	28	74.9	10	50.9	10	16.5	20	8.2	8	27	-	-	-	-	3	26	20	30.5	9	39	17	52.5
1959	16	28.5	23	6.4	13	45.5	18	30.2	29	5.6	8	6.2	15	6.4	18	6.3	5	68.6	7	20.5	8	70.5	22	65
1960	18	45	14	30	3	25	2	50	10	23	-	-	29	1.5	-	-	27	40	12	20	8	35	18	90
1961	29	28.1	3	51	3	17	27	19	2	10	9	0.3	-	-	-	-	-	-	9	2	2	4.3	24	73.5
1962	12	29.5	23	35	3	37	7	22	5	15	12	10	3	13.2	-	-	29	42.5	19/31	40	13	57	2	63
1963	20	65	1	60	6/22	20	2	27	18	20	20	35	7	20	-	-	1	22.5	9	48	27	27	18	38
1964	7	15	21/22	30	2	35	4	15	31	10	1	15.2	-	-	-	-	22	25.6	21	22.4	19	25.2	1	35.4
1965	20	50.7	15	45.5	24	20.2	14	25.1	4	13.5	17	8.2	-	-	-	-	-	-	10	55.2	24	39.7	4	44.6
1966	23	63.5	12	26.2	7	33.3	19	10.7	8	14.5	3	41.8	-	-	29	23.9	1	17.5	18	27.8	27	89.9	14	29.9
1967	10	30.9	18	30.5	14	38.6	25	27.2	22	24.8	22	17.8	3	7.6	-	-	12	37.7	5	22.8	1	19.2	20	64.8
1968	25	37.5	17	42.5	12	12.8	-	-	30	35.8	25	24.8	-	-	14	57.4	24	26.8	25	35.2	20	41.6	10	62.7
1969	9	35.7	14	31.4	15	26.5	20	6.2	9	45.2	-	-	11	3.1	-	-	12	26.2	-	-	26	62.6	19	77.8
1970	18	40.4	19	47.5	16	26.6	6	20.4	21	3.5	-	-	25	2.4	-	-	1	5.2	2	85.7	9	30.5	23	35.4
1971	26	26.8	17	35.2	4	37.8	6	7.5	29	28.5	8	4.2	22	16.2	11	3.7	18	24.6	17	21.3	20	44.2	10	32.4
1972	20	45.8	8	20.4	6	12.7	13	19.7	5	15.3	-	-	19	11.6	20	3.2	3	5.7	10	18.2	21	3.5	25	4.6
1973	29	87.6	26	54.3	18	35.2	22	32.6	16	3.7	20	85.4	3	9.7	30	6.4	29	35.6	14	40.2	9	65.4	9	42.2
1974	19	24.6	8	47.2	15	31.6	16	34.5	3	32.5	15	19.7	22	20.2	-	-	27	30.4	23	65.2	29	45.3	16	38.4
1975	29	27.2	19	36.4	11	32.4	18	14.2	7	24.2	11	24.2	-	-	11	8.4	-	-	11	22.4	12	40.2	14	54.2
1976	30	28.2	14	24.2	26	32.5	13	32.5	25	24.2	9	8.5	15	22.3	21	9.2	18	11.4	15	42.4	2	56.2	24	26.5
1977	19	27.4	23	35.2	14	32.5	21	25.4	16	20.4	18	18.4	-	-	26	8.2	4	12.4	4	6.2	15	33.2	12	36.5
1978	23	42.5	15	32.2	28	30.2	2	26.5	10	11.2	-	-	-	-	-	-	3	77.5	28	54.2	28	60.5	27	54.2
1979	8	32.5	6	32.5	22	27.5	3	42.2	31	24.5	25	18.5	10	6.5	19	21.5	2	5.2	27	37.2	20	43.2	30	39.2
1980	2	56.2	15	32.5	16	35.2	7	32	22	26.5	3	32.5	-	-	19	8.5	30	10.2	23	40.2	11	55.2	20	40.2
1981	5	45.2	27	45.2	19	32.2	13	35.2	3	25.2	15	8.2	-	-	-	-	14	28.2	25	36.2	15	28.2		

**Παράρτημα Β: Μηνιαία μέγιστα ύψη βροχής για διάφορες διάρκειες
(Δεδομένα από βροχογράφους)**

ΕΘΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ
 ΔΙΕΥΘ. ΥΠ'ΑΓΧΗΡΑ: ΥΠΟΦΟΡΟΓΙΑΣ
 ΤΟΜΕΑΣ: Η/Υ

ΣΤΑΣΜΟΣ ΑΓΡΙΝΙΟ WMO No 16 672
 ΠΛΑΤΟΣ 8 38 37 ΜΗΚΟΣ Α 21 23 ΥΨΟΜΕΤΡΟ 47 ΜΕΤΡΑ

ΜΕΤΕΤΑ ΜΗΝΙΑΙΑ ΨΗ ΣΑ ΔΙΑΚΡΕΙΑΣ ΚΑΙ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ

ΕΤΟΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡΤ	ΑΠΡΙ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓΟΥ	ΣΕΠΤ	ΟΚΤΩ	ΝΟΕΜ	ΔΕΚΕ	ΜΕΣΙΤΟ
1979					7.1	0.3	0.5	8.4	7.6	7.6	7.8	2.1	8.4
1980	4.8	4	3.2	2.4	7.1	21	9	18	1	31	12	17	10
1981	4.2	4	0.8	2	10	1.5	2	30	26	9	2	1	15.4
1982	0.5	14	19	3	22	13	8	18	30	24	15	15	10
1983	1	15	1.3	2	2.3	4.7	2.1	2.3	10	3.5	3	7.6	13.4
1984	8.1	3	2	5	10	30	9	5.5	13.4	3.4	18	1	9.9
1985	8.1	3	19	19	9.9	0.1	1	8.1	6.3	2.2	9.1	1	9.1
1986	6.2	1	1	1.1	5.4	11	1	17	17	21	20	26	6.2
1987	1	13	13	20	29	11			0.3	2.4	3.5	15	15

ΕΘΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ
 ΔΙΕΥΘ. ΙV/ΤΗΝΗΜΑ:ΥΟΡΟΛΟΓΙΑΣ
 ΤΟΜΕΑΣ:Η/Υ

ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΓΡΙΝΙΟ WMO No 16 672
 ΡΑΒΔΟΣ B 38 37 ΜΗΚΟΣ A 21 23
 ΥΨΟΜΕΤΡΟ 47 ΜΕΤΡΑ

ΜΕΓΙΣΤΑ ΜΗΝΙΑΙΑ ΥΦΗ 10Α ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΚΑΙ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ

ΕΤΟΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡΤ	ΑΠΡΙ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓΟΥ	ΣΕΠΤ	ΟΚΤΩ	ΝΟΕΜ	ΔΕΚΕ	ΜΕΣΙΟ
1979						9.3	0.5	0.8	10.5	10.4	13.1	3.6	13.1
1980	5.8	5.8	4.5	3.7	11.1	4.7	9	18	1	31	12	17	20
1981	6.2	3.9	1.3	2.1	14.5	1.6	4	30	26	9	2	1	19
1982	14	14	5	3	22	13	8	18	30	24	15	15	16.2
1983	1.7	26	25					19	23	3			21.8
1984	31							13	18	18		1	15.2
1985								9.2	9	3.6	15.2	1.5	15.2
1986								17	17	21	20	26	12.6
1987													
									0.6	4	4	4	10
									26	25	25	15	

ΕΘΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ
ΔΙΕΥΘ. ΙΥ/ΤΜΗΜΑ:ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ
ΤΟΜΕΑΣ:Η/Υ

ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΓΡΙΝΙΟ ΜΜD Νο 16 672
ΠΛΑΤΟΣ 8 38 37 ΜΗΚΟΣ Α 21 23 ΥΨΟΜΕΤΡΟ 47 ΜΕΤΡΑ

ΜΕΤΕΤΑ ΜΗΝΙΑΙΑ ΥΟΗ 30Α ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΚΑΙ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ

ΕΤΟΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒΡ	ΜΑΡΤ	ΑΠΡΙ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓΟΥ	ΣΕΠΤ	ΟΚΤΩ	ΝΟΕΜ	ΔΕΚΕ	ΜΕΤΙΣΤΟ
1979						13.1	1	2	18.7	23.4	20.6	7.4	23.4
1980	9.9	7.1	6.5	7.6	19.1	9.6	9	18	1	31	12	17	31.4
1981	11.9	5.8	3	3.2	16.9	1.8	6.9	8	10.8	38.2	8.8	14.1	38.2
1982	2.4	12.5	19	12	22	13	8	18	30	24	9	15	18.4
1983	3.6	26	25					19	23	3			33.8
1984	15			4.8	6.5	12.7	6.7	15	33.8	7.3		9.4	33.8
				2	10	16	9	13	18	18		1	24.1
				18.9	14.3	0.3		10.6	15.5	6.7	24.1	3.4	24.1
1985	16.7		19		11	1		17	20	21	20	26	22.2
					4.7	22.2							
1986	11.6			3.9	2.9	10.1						6.8	11.6
1987	1			11	19	29			26	27		17	

ΕΘΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ
ΔΙΕΥΘ. ΙΥ/ΤΜΗΜΑ: ΥΠΟΒΑΘΜΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ: Η/Υ

ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΡΓΙΝΙΩ ΜΗΘ Μο 16 672
ΠΛΑΤΟΣ 8 38 37 ΜΗΚΟΣ Α 21 23 ΥΨΟΜΕΤΡΟ 47 ΜΕΤΡΑ

ΜΕΓΙΣΤΑ ΜΗΝΙΑΙΑ ΥΦΗ 120 ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΚΑΙ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ

ΕΤΟΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡΤ	ΑΠΡΙ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓΟΥ	ΣΕΠΤ	ΟΚΤΩ	ΝΟΕΜ	ΔΕΚΕ	ΜΕΓΙΣΤΟ
1979						14	2.6	4.4	19.5	48.6	31.8	30.5	48.6
1980	30.3	17.5	35.8	22.9	40.8	13.7	9	18	1	31	6	29	47.7
1981	72.5	24.8	13.8	28.7	17.1	1.8	7	30	26	26	28	22	148
1982	14	6	19	12	22	13	8	26	30	27	15	23	75.4
1983	26	25						19	23	3		42.5	42.5
1984	20.4	15	32	2	6.6	21	7.9	23.5	34.9	27.5		2	73
1985	30.4	3	51.8	19	15.7	0.3	9	13	18	24	73	15.4	73
1986	30	1	20.4	28	11	1	17	12.2	19.7	15.2	20	26	30.4
1987	1		20.4	21.4	16.4	10	10	9.4	24.6	11		5	17.3
			28	19	10			26	26	29		17	17

