

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΟΡΙΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ
ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

ΦΑΡΣΑΛΩΝ

ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ: 8176702

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ
ΜΕΤΕΡ — ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ — Ε.Π.Ε.

ΙΟΥΝΙΟΣ 1983

ΟΡΙΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ
ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

ΦΑΡΣΑΛΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

<u>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</u>	<u>ΣΕΛΙΔΑ</u>
1. ΓΕΝΙΚΑ	1
1.1. Άντικείμενο	1
1.2. Ύδρομετεωρολογικοί σταθμοί και διαθέσιμα στοιχεία	1
2. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	2
2.1. Δεδομένα	2
2.2. Έπεξεργασία των δεδομένων με τη συνάρτηση Gumbel	5
2.3. Καμπύλες έντασης -διάρκειας περιόδου έπαναφοράς βροχοπτώσεων	14
3. ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	18
3.1. Σύγκριση με τά δεδομένα του σταθμού Φαρσάλων	18
3.2. Σύγκριση με τις όμβριες καμπύλες Λάρισας και Άθηνών	23
3.3. Συμπεράσματα	24

ΟΡΙΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ
ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ
ΦΑΡΣΑΛΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

1. ΓΕΝΙΚΑ

1.1. Άντικείμενο.

Ἡ ὑδρολογικὴ αὐτὴ μελέτη ἐκπονεῖται στὰ πλαίσια τῆς ὀριστικῆς μελέτης ἀποχετεύσεως Φαρσάλων, πού ἀνατέθηκε στό γραφεῖο μελετῶν "ΜΕΤΕΡ-Σύμβουλοι Μηχανικοί - ΕΠΕ" ἀπὸ τὸ Ὑπουργεῖο Δημοσίων Ἔργων μέ τὴν ἀπὸ 3-2-83 σχετικὴ σύμβαση.

Ἡ ὑδρολογικὴ μελέτη ἔχει σάν ἀντικείμενο τὴν ἀξιοποίηση τῶν βροχομετρικῶν καὶ βροχογραφικῶν δεδομένων τῆς περιοχῆς γιὰ τὴν παραγωγὴ σχέσεων διάρκειας βροχῆς- ἔντασης βροχῆς - περιόδου ἐπαναφορᾶς. Οἱ σχέσεις αὐτές θά χρησιμοποιηθοῦν γιὰ τὸν ὑπόλογισμό τῶν πλημμυρικῶν παροχῶν ὀμβρίων μέ βάση τὴν ὀρθολογικὴ μέθοδο. Ἐπίσης θά χρησιμοποιηθοῦν γιὰ τὴν ἐκτίμηση τῶν πλημμυρικῶν παροχῶν τῶν ἐξωτερικῶν λεκανῶν τῶν Φαρσάλων, δεδομένου ὅτι δέν ὑπάρχουν γι' αὐτές ὑδρομετρητικὰ στοιχεῖα.

1.2. Ἵδρομετεωρολογικὸι σταθμοὶ καὶ διαθέσιμα στοιχεῖα.

Στὰ Φάρσαλα ὑπάρχουν δύο ὑδρομετεωρολογικὸι σταθμοὶ σέ λειτουργεῖα. Ὁ σταθμὸς τῆς Ἐθνικῆς Μετεωρολογικῆς Ὑπηρεσίας (ΕΜΥ) σέ ὑψόμετρο + 148 μ. ἐξοπλισμένος μέ βροχόμετρο καὶ ὄργανα μέτρησης τῆς θερμοκρασίας καὶ ὑγρασίας ἀέρα, πού ἔχει συστηματικὲς μετρήσεις ἀπὸ τὸ 1961, ἐνῶ ὑπάρχουν καὶ σποραδικὲς μετρήσεις προηγούμενων ἐτῶν, καὶ ὁ σταθμὸς τοῦ Ὑπουργείου Δημοσίων Ἔργων (ΥΠ.Δ.Ε.), ἐξοπλισμένος μέ βροχόμετρο, μέ μετρήσεις ἀπὸ τὸ 1955.

Δυστυχῶς, ἐπειδὴ στὴ μελέτη αὐτὴ τὸ ἐνδιαφέρον μας περιορίζεται στὶς βροχοπτώσεις μικρῆς διάρκειας (10' ἕως 1 ὥρα), τὰ δεδομένα τῶν σταθμῶν αὐτῶν

δέν είναι κατάλληλα, μιά πού οί μετρήσεις αναφέρονται σέ 24ωρη βάση. Υπάρχουν βέβαια έμπειρικές μέθοδοι πού δίνουσι όρισμένες ένδείξεις για τίς μικρές διάρκειες, από μετρήσεις 24ώρων βροχοπτώσεων, αλλά συνήθως τά αποτελέσματά τους παρουσιάζουσι μεγάλες άνακρίβειες. Έτσι στή μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν, μόνο για λόγους συγκρίσεως, τά δεδομένα του σταθμού τής ΕΜΥ.

Η παραγωγή τών έμβρίων καμπυλών έγινε από τά βροχομετρικά δεδομένα τών γειτονικών σταθμών Χαλκιάδων καί Σκοπιᾶς.

Ο σταθμός Χαλκιάδων είναι του Υπουργείου Γεωργίας (ΥΠ.Γ.Ε.) καί βρίσκεται σέ ύψόμετρο +250 μ. Είναι έξοπλισμένος μέ βροχόμετρο καί βροχογράφο μέ έβδομαδιαίες ταινίες καί λειτουργεί από τό 1972. Δυστυχώς όμως οί ταινίες του βροχογράφου τών περισσοτέρων έτών έχουν καταστραφεί από πλημμύρα πού έγινε στό χώρο όπου φυλάσσονταν. Έτσι έχουν απομείνει πλήρεις σειρές ταινιών τών έτών 1979, 1980 καί 1981, ένῶ υπάρχουν σειρές μέ έλλείψεις για τά έτη 1973, 1977 καί 1982. Ουσιαστικά οί αξιοποιήσιμες μετρήσεις άφοροῦν τά 3 χρόνια για τά όποια έχουμε πλήρεις σειρές, καί είναι προφανώς άνεπαρκείς για τό σκοπό πού μάς άπασχολεί.

Ο σταθμός Σκοπιᾶς είναι του Υπουργείου Δημοσίων Έργων (ΥΠ.Δ.Ε.) καί βρίσκεται σέ ύψόμετρο +450 μ. Περιλαμβάνει βροχόμετρο, βροχογράφο, έξαμισόμετρο καί θερμόμετρο άέρα, καί λειτουργεί από τό 1971. Ο βροχογράφος έχει λειτουργήσει ίκανοποιητικά, παρουσιάζει όμως σποραδικές έλλείψεις.

Οί περιοχές Φαρσίλων, Χαλκιάδων καί Σκοπιᾶς είναι κοντινές καί βρίσκονται στήν ίδια λεκάνη άπορροής. Έτσι περιμένουμε τά δεδομένα τών σταθμών Χαλκιάδων καί Σκοπιᾶς ότι είναι άντιπροσωπευτικά καί για τά Φάρσαλα. Μάλιστα, έπειδή οί δύο σταθμοί βρίσκονται σέ μεγαλύτερο ύψόμετρο από τά Φάρσαλα, περιμένουμε ότι τά αποτελέσματα τής άνάλυσης θα δίνουσι έντάσεις βροχών λίγο μεγαλύτερες από τίς άντίστοιχες τών Φαρσάλων. Αυτό επιβεβαιώνεται καί από τήν σύγκριση πού έγινε για τά 24ωρα ύψη (βλ. κεφάλαιο 3.).

2. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

2.1. Δεδομένα.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, καί οί δύο βροχογράφοι διαθέτουσι έβδομαδιαίες ταινίες. Έτσι, δέν μπορούσι νά γίνουσι άναγνώσεις ύψων βροχής για διάρκειες μικρότερες τών 30 λεπτών, παρόλο πού θα ένδιέφεραν τήν μελέτη. Τά δεδομένα πού χρησιμοποιούσι ένδώ, άφοροῦν διάρκειες από 30 λεπτά μέχρι 24 ώρες.

Τά ύψη καί οί έντάσεις βροχής γιά μικρότερες διάρκειες θά προκύψουν από επέκταση τών σχέσεων πού θά βρεθοῦν από τίς παραπάνω διάρκειες.

Στούς πίνακες 1 καί 2 φαίνονται οί τιμές τών μεγίστων ετήσιων ύψών βροχής τών σταθμών Σκοπιᾶς καί Χαλκιάδων ἀντίστοιχα. Γιά τόν σταθμό Σκοπιᾶς, ὀρισμένες τιμές ἔχουν προκύψει ἀπό τά δελτία βροχομετρικῶν παρατηρήσεων, γιὰτί ὑπῆρχαν ἐλλείψεις στίς ταινίες τών βροχογράφων τά ἀντίστοιχα ἔτη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΜΕΓΙΣΤΑ ΕΤΗΣΙΑ ΥΨΗ ΒΡΟΧΗΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΣΚΟΠΙΑΣ

Έτος	Διάρκεια					
	30'	1h	2h	4h	12h	24h
1971	6,0	8,5	13,0	21,3	23,8	35,0
1972	8,5	11,4	22,5	31,8	69,5	97,2
1973	14,0	14,0	-	-	37,5*	37,5*
1974	7,0	7,5	-	30,3*	40,2*	40,2*
1975	14,0	20,0	25,4	25,4	32,0	33,8
1976	10,0	16,6	30,0	50,0	97,0	127,0
1977	14,0	20,0	26,8	41,0	50,3	50,8
1978	-	-	-	41,6*	93,4*	108,0*
1979	9,8	17,5	23,2	23,2	38,0	48,0
1980	25,4	30,0	38,0	56,8	113,2	129,9
1981	17,3	17,3	17,3	21,8	41,0	52,6
1982	24,0	24,8	26,6	39,9	47,4	67,4
μ.ο.	13,18	17,08	24,26	34,28	58,32	70,32
μ.ο. 1979-81	17,50	21,60	26,17	33,93	64,07	76,83

* ἐκτίμηση ἀπό μετρήσεις βροχομέτρου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΜΕΓΙΣΤΑ ΕΤΗΣΙΑ ΥΨΗ ΒΡΟΧΗΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΧΑΛΚΙΑΔΩΝ

Έτος	ΔΙΑΡΚΕΙΑ					
	30'	1h	2h	4h	12h	24h
1979	12,0	24,0	34,7	38,7	57,8	58,3
1980	10,0	12,0	17,5	32,0	62,3	73,9
1981	12,5	15,5	16,0	26,0	71,0	93,5
μ.ο.	11,50	17,17	22,73	32,23	63,70	75,23

Γιά τήν άξιοποίηση τών δεδομένων καί τών δύο σταθμών πρέπει νά ένοποιηθοϋν τά δύο δείγματα σέ ένα , θεωρούμενα ότι αντιπροσωπεύουν τόν ίδιο πληθυσμό. Προκειμένου νά γίνει ένοποίηση, πρέπει νά ισχύουν οί παρακάτω όροι:

- α) Νά υπάρχει στοχαστική ανεξαρτησία άνάμεσα στά μέγιστα ύψη βροχής τών δύο σταθμών, καί
- β) Νά υπάρχει όμοιογένεια τών δειγμάτων τών δύο σταθμών.

Συνήθως οί όροι αυτοί ίκανοποιοϋνται για γειτονικούς σταθμούς στήν ίδια λεκάνη άπορροής, καί για βροχοπτώσεις μικρής διάρκειας. Στήν πραγματικότητα έδω δέν μπορεί νά γίνει αξιόπιστος έλεγχος τής ισχύος τών παραπάνω όρων, δεδομένου ότι τό δεύτερο δείγμα έχει πολύ μικρό εϋρος, καί έτσι όποιαδήποτε έκτίμηση παραμέτρου από αυτό είναι άναξιόπιστη. Πάντως οί παρακάτω ένδείξεις συνηγοροϋν στό ότι οί όροι αυτοί ισχύουν:

α) Γιά τή στοχαστική ανεξαρτησία.

- α1) Παρατηρεΐται γενικά ότι οί ήμερομηνίες πού πραγματοποιήθηκαν τά μέγιστα ύψη βροχής σέ κάθε έτος, είναι διαφορετικές για τούς δύο σταθμούς, καί
- α2) Οί συσχετίσεις τών τιμών τών δύο δειγμάτων δίνουν άρνητικούς συντελεστές για όλες τίς διάρκειες.

β) Γιά τήν όμοιογένεια.

- β1) Παρατηρεΐται γενικά ότι οί μέσοι όροι καί τών δύο δειγμάτων έχουν πολύ κοντινές τιμές, για όλες τίς διάρκειες (βλέπε πίνακες 1 καί 2), καί
- β2) Όπως προέκυψε από σύγκριση τών νόμων κατανομής GUMBEL για τίς μέγιστες 24ωρες βροχοπτώσεις, άφενός τοϋ σταθμοϋ Χαλκιάδων καί άφετέρου τοϋ ένοποιημένου δειγματος, είναι πολύ συγγενείς (βλέπε κεφάλαιο 3). Παραθέτουμε έδω τά ύψη βροχής πού προκύπτουν από τούς δύο νόμους.

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ T (έτη)	24ωρα ΥΨΗ ΒΡΟΧΗΣ	
	Άπό δείγμα σταθμοϋ Χαλκιάδων	Άπό ένοποιημένο δείγμα
2	63,9	65,5
5	105,9	102,3
10	133,8	126,6
50	195,1	180,3

Μέ βάση αυτά αποφασίζεται τελικά ή ένοποίηση τών δειγμάτων τών δύο σταθμών. Τό ένοποιημένο δείγμα μεγίστων ύψων βροχής φαίνεται στόν πίνακα 3 σέ διατεταγμένη μορφή. Τό δείγμα τών άντιστοίχων έντάσεων βροχής φαίνεται στός πίνακες 4.1 έως 4.6.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΕΝΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ

α/α	30'	1h	2h	4 h	12h	24h
1	25,4	30,0	38,0	56,8	113,2	129,9
2	24,0	24,8	34,7	50,0	97,0	127,0
3	17,3	24,0	30,0	41,6	93,4	108,0
4	14,0	20,0	26,8	41,0	71,0	97,2
5	14,0	20,0	26,6	39,9	69,5	93,5
6	14,0	17,5	25,4	38,7	62,3	73,9
7	12,5	17,3	23,2	32,0	57,8	67,4
8	12,0	16,6	22,5	31,8	50,3	58,3
9	10,0	15,5	17,5	30,3	47,4	52,6
10	10,0	14,0	17,3	26,0	41,0	50,8
11	9,8	12,0	16,0	25,4	40,2	48,0
12	8,5	11,4	13,0	23,2	38,0	40,2
13	7,0	8,5	-	21,8	37,5	37,5
14	6,0	7,5	-	21,3	32,4	35,0
15	-	-	-	-	23,8	33,8

2.2. Έπεξεργασία τών δεδομένων μέ τή συνάρτηση Gumbel.

Έπειδή πρόκειται γιά έτήσια μέγιστα ύψη βροχής ή έπεξεργασία τους γίνεται μέ τήν κατανομή Gumbel I.

Έ συνάρτηση κατανομής Gumbel I δίνεται από τή σχέση:

$$F(h) = 1 - F_1(h) = 1 - \frac{1}{T} = \exp \left[- \exp \left[-a(h-x_0) \right] \right]$$

όπου: h -ή μεταβλητή "μέγιστο έτήσιο ύψος βροχής"

F(h)-ή συνάρτηση κατανομής

F₁(h)-ή πιθανότητα υπέρβασης

T -ή περίοδος έπαναφοράς

a & x₀ -οί παράμετροι του νόμου Gumbel

Οι παράμετροι εκτιμούνται από τὰ εμπειρικά χαρακτηριστικά του δείγματος: τή μέση τιμή \bar{h} καί τήν τυπική απόκλιση σ . Ἡ μέθοδος τῶν ροπῶν δίνει τίς ἀκόλουθες ἐκτιμήσεις:

$$\alpha = \frac{1}{0,78 \times \sigma} \quad \text{καί} \quad \chi_0 = \bar{h} - \frac{0,557}{\alpha}$$

Ἐδῶ ὅμως θά χρησιμοποιηθοῦν οἱ ἀκόλουθοι εμπειρικοί τύποι πού δίνουν πιά συντηρητικές (μεγαλύτερες) τιμές τοῦ ὕψους βροχῆς γιά μεγάλες περιόδους ἐπαναφορᾶς.

$$\alpha = \frac{S_N}{\sigma} \quad \text{καί} \quad \chi_0 = \bar{h} - \frac{\bar{Y}_N}{S_N} \cdot \sigma$$

ὅπου \bar{Y}_N καί S_N παράμετροι πού ἐξαρτῶνται ἀπό τό εὔρος τοῦ δείγματος N καί δίνονται συναρτήσῃ αὐτοῦ/πίνακες (βλ. Nemec ENGINEERING HYDROLOGY, σελ. 187).

Ὅπως προέκυψε ἀπό τήν ἐφαρμογή, οἱ τελευταῖοι τύποι προσαρμᾶζονται καλύτερα στά εμπειρικά δεδομένα ἀπό τούς πρώτους.

Οἱ σχετικοί ὑπολογισμοί γίνονται στούς πίνακες 4.1 ἕως 4.6 πού ἀκολουθοῦν. Οἱ εμπειρικές συχνότητες πού ἐμφανίζονται στούς πίνακες ὑπολογίζονται μέ τόν τύπο:

$$f_1 = \frac{v'}{N+1}$$

ὅπου v' ὁ αὐξων ἀριθμός καί N τό εὔρος τοῦ δείγματος.

Ἡ γραφική ἀπεικόνιση τῶν δειγμάτων μέ τίς εμπειρικές συχνότητες γίνεται στό σχῆμα 1. Στό ἴδιο σχῆμα ἔχουν χαρατεῖ καί οἱ συναρτήσῃς Gumbel πού προσαρμόστηκαν, πού λόγω εἰδικῆς κλίμακας τοῦ διαγράμματος ἀπεικονίζονται σάν εὐθεῖες.

Στό διάγραμμα αὐτό παρατηρεῖται ἡ πολύ καλή προσαρμογή τῶν συναρτήσεων μέ τὰ σημεῖα τῶν δειγμάτων. Ἔτσι γίνεται καταφανές, ὅτι περιττεύει ἡ ἀναζήτηση ἄλλης συναρτήσεως κατανομῆς μέ τυχόν καλύτερη προσαρμογή.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ
30 min.

v'	i mm/h	f_1 %
1	50,80	6,7
2	48,00	13,3
3	34,60	20,0
4	28,00	26,7
5	28,00	33,3
6	28,00	40,8
7	25,00	46,7
8	24,00	53,3
9	20,00	60,0
10	20,00	66,7
11	19,60	73,3
12	17,00	80,0
13	14,00	86,7
14	12,00	93,3

Υπολογισμός παραμέτρων

$$N = 14$$

$$Y_N = 0,5100$$

$$S_N = 1,0095$$

$$\bar{i} = 26,36$$

$$\sigma = 11,51$$

$$\alpha = 0,088$$

$$\chi_0 = 20,55$$

Χαρακτηριστικές τιμές της συνάρτησεως Gumbel

T (έτη)	i (mm/h)
2	24,71
5	37,59
10	46,1
20	54,3
50	64,89

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ 1h.

v'	i mm/h	f_1 %
1	30,00	6,7
2	24,80	13,3
3	24,00	20,0
4	20,00	26,7
5	20,00	33,3
6	17,50	40,0
7	17,30	46,7
8	16,60	53,3
9	15,50	60,0
10	14,00	66,7
11	12,00	73,3
12	11,40	80,0
13	8,50	86,7
14	7,50	93,3

Υπολογισμός παραμέτρων

$$N = 14$$

$$Y_N = 0,5100$$

$$S_N = 1,0095$$

$$\bar{i} = 17,08$$

$$\sigma = 6,37$$

$$\alpha = 0,158$$

$$X_0 = 13,86$$

Χαρακτηριστικές τιμές της συναρτήσεως Gumbel

T (έτη)	i (mm/h)
2	16,17
5	23,33
10	28,06
20	32,60
50	38,48

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ
2h.

v	i mm/h	f_1 %
1	19,00	7,7
2	17,35	15,4
3	15,00	23,1
4	13,40	30,8
5	13,30	38,5
6	12,70	46,2
7	11,60	53,8
8	11,25	61,5
9	8,75	69,2
10	8,65	76,9
11	8,00	84,6
12	6,50	92,3

*Υπολογισμός παραμέτρων

$$N = 12$$

$$Y_N = 0,5035$$

$$S_N = 0,9833$$

$$\bar{i} = 12,13$$

$$\sigma = 3,81$$

$$\alpha = 0,258$$

$$\chi_0 = 10,18$$

Χαρακτηριστικές τιμές της συναρτήσεως Gumbel

T (έτη)	i (mm/h)
2	11,60
5	15,99
10	18,90
20	21,69
50	25,30

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ
4 h.

v'	i mm/h	f_1 %
1	14,20	6,7
2	12,50	13,3
3	10,40	20,0
4	10,25	26,7
5	9,98	33,3
6	9,68	40,0
7	8,00	46,7
8	7,95	53,3
9	7,58	60,0
10	6,50	66,7
11	6,35	73,3
12	5,80	80,0
13	5,45	86,7
14	5,33	93,3

Υπολογισμός παραμέτρων

$$N = 14$$

$$Y_N = 0,5100$$

$$S_N = 1,0095$$

$$\bar{i} = 8,57$$

$$\sigma = 2,71$$

$$\alpha = 0,363$$

$$\chi_0 = 7,18$$

Χαρακτηριστικές τιμές της συναρτήσεως Gumbel

T (έτη)	i (mm/h)
2	8,19
5	11,32
10	13,38
20	15,37
50	17,94

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ 12h.

v'	i mm/h	ξ_1 %
1	9,43	6,3
2	8,08	12,5
3	7,78	18,8
4	5,92	25,0
5	5,79	31,3
6	5,19	37,5
7	4,82	43,8
8	4,19	50,0
9	3,95	56,3
10	3,42	62,5
11	3,35	68,8
12	3,17	75,0
13	3,13	81,3
14	2,70	87,5
15	1,98	93,8

*Υπολογισμός παραμέτρων

$$N = 15$$

$$Y_N = 0,5128$$

$$S_N = 1,0206$$

$$\bar{I} = 4,86$$

$$\sigma = 2,18$$

$$\alpha = 0,468$$

$$\chi_0 = 3,76$$

Χαρακτηριστικές τιμές της συνάρτησεως Gumbel

T (έτη)	i (mm/h)
2	4,55
5	6,97
10	8,57
20	10,11
50	12,10

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ 24 h.

v'	i mm/h	f_1 %
1	5,41	6,3
2	5,29	12,5
3	4,50	18,3
4	4,05	25,0
5	3,90	31,3
6	3,08	37,5
7	2,81	43,3
8	2,43	50,0
9	2,19	56,3
10	2,12	62,5
11	2,00	68,8
12	1,68	75,0
13	1,56	81,3
14	1,46	87,5
15	1,41	93,8

Υπολογισμός παραμέτρων

$$N = 15$$

$$Y_N = 0,5128$$

$$S_N = 1,0206$$

$$\bar{I} = 2,93$$

$$\sigma = 1,38$$

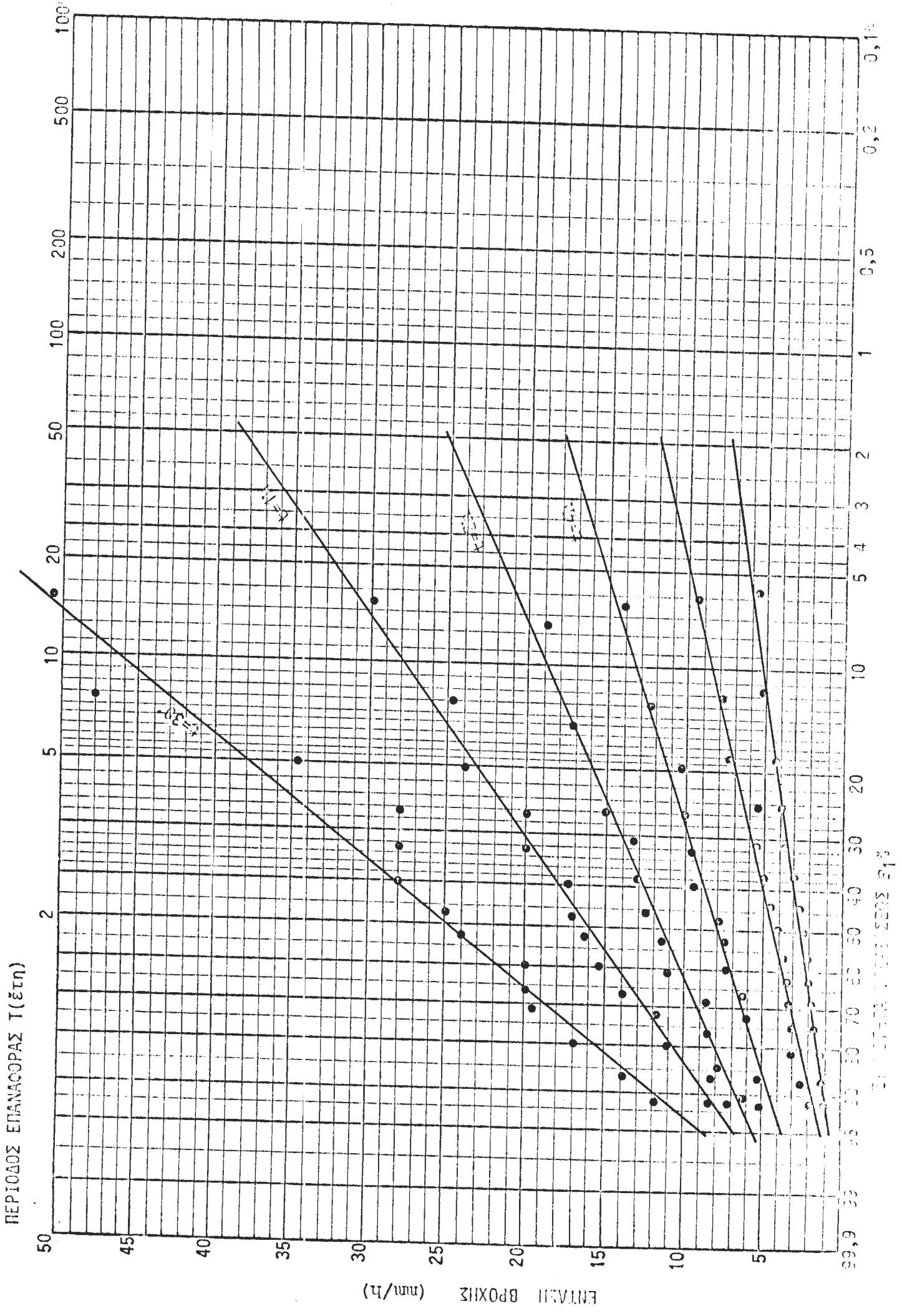
$$\alpha = 0,740$$

$$X_0 = 2,24$$

Χαρακτηριστικές τιμές της συνάρτησεως Gumbel

T (έτη)	i (mm/h)
2	2,73
5	4,26
10	5,28
20	6,25
50	7,51

Σχήμα 1: Συναρτήσεις Gumbel μεγίστων εντάσεων βροχής



2.3. Καμπύλες έντασης - διάρκειας - περιόδου επαναφοράς βροχοπτώσεων.

Επιλέγεται η πιό κάτω σχέση $i - t - T$, ένιαία για όλες τις περιόδους επαναφοράς.

$$i = \frac{kT^a}{(t+b)^n}$$

όπου: i -ή ένταση βροχής σε mm/h

t -ή διάρκεια σε h

T -ή περίοδος επαναφοράς σε έτη

k, a, b, n -σταθερές

Η σχέση παριστάνεται σαν ένα σύνολο παραλλήλων ευθειών με κλίση $-n$ σε διπλά λογαριθμικό χορτί με άξονες $i/t+b$. Με βάση την παρατήρηση αυτή μπορεί να βρεθεί γραφικά ή τιμή του b , με δοκιμαστικές επιλογές των τιμών του, και απεικονίσεις των σημείων $i/t+b$ (όπως προέκυψαν στους πίνακες 4.1 έως 4.6) σε λογαριθμικούς άξονες. Έτσι βρέθηκε ότι η τιμή του b είναι $b = \emptyset$.

Οι τιμές των υπολοίπων παραμέτρων k , a και n υπολογίζονται με την μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων. Η λογαρίθμηση της σχέσεως δίνει:

$$\log i = \log k + a \log T - n \log t.$$

Αν τεθεί $X = \log T$

$$y = -\log t$$

$$z = \log i$$

$$c = \log k$$

ή τελευταία παίρνει τη μορφή:

$$z = ax + ny + c$$

Σύμφωνα με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων οι σταθερές a , n και c προκύπτουν ως λύσεις του γραμμικού συστήματος:

$$a \sum x + n \sum y + cN = \sum z$$

$$a \sum x^2 + n \sum xy + c \sum x = \sum xz$$

$$a \sum xy + n \sum y^2 + c \sum y = \sum yz$$

Οι σχετικοί υπολογισμοί, με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης κατά Gumbel των πινάκων 4.1 έως 4.6, γίνονται στον πίνακα 5.

Οι σχέσεις που τελικά προέκυψαν είναι:

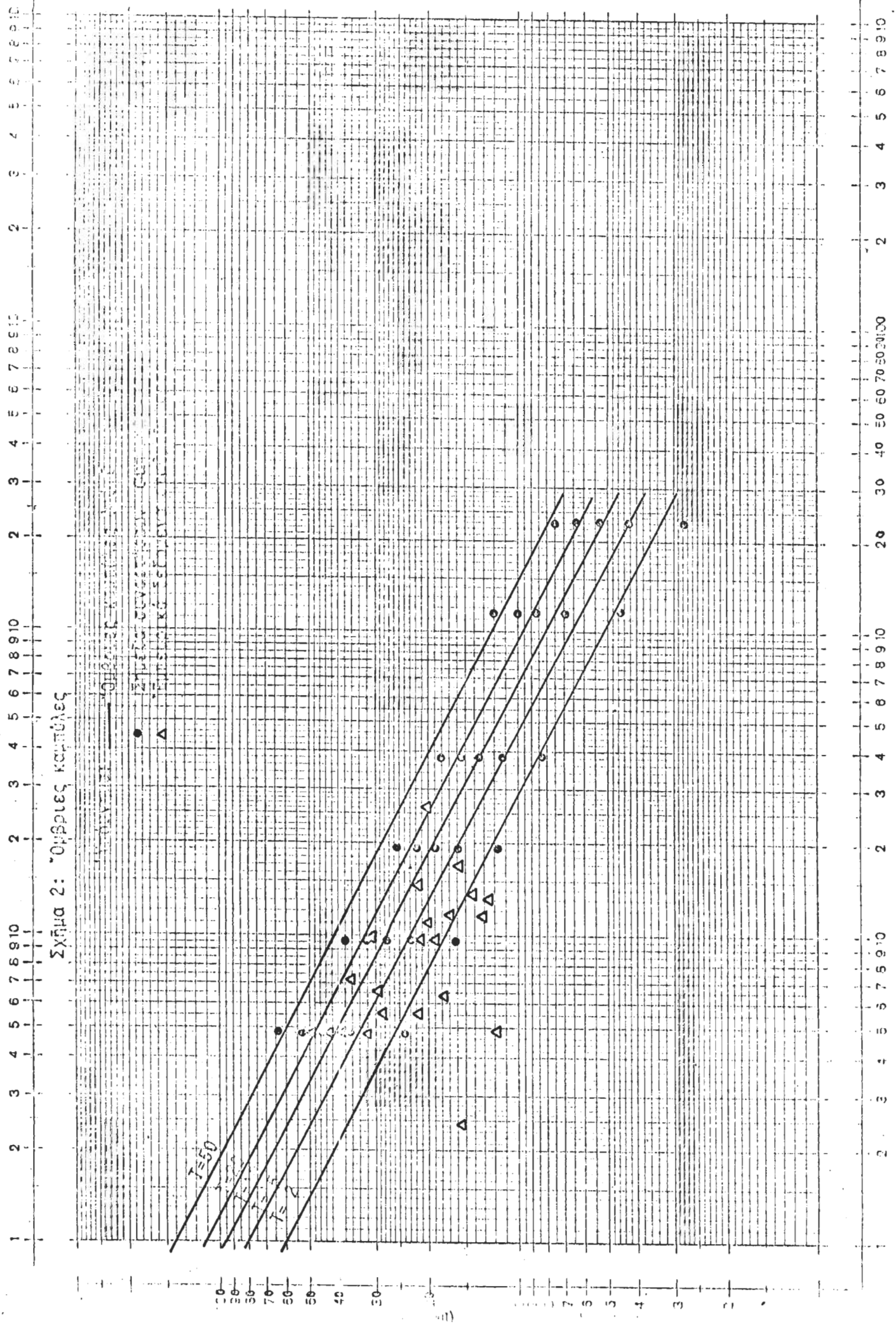
$$\begin{array}{ll}
 i = 14,76 T^{0,274} / t^{0,536} & h = 14,76 T^{0,274} t^{0,464} \\
 T = 2 \quad i = 17,85/t^{0,536} & h = 17,85 t^{0,464} \\
 T = 5 \quad i = 22,95/t^{0,536} & h = 22,95 t^{0,464} \\
 T = 10 \quad i = 27,76/t^{0,536} & h = 27,76 t^{0,464} \\
 T = 20 \quad i = 33,56/t^{0,536} & h = 33,56 t^{0,464} \\
 T = 50 \quad i = 43,15/t^{0,536} & h = 43,15 t^{0,464}
 \end{array}$$

Η γραφική απεικόνιση των σχέσεων γίνεται στο σχήμα 2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΜΒΡΙΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ

α/α	$X = \log T$	$Y = -\log t$	$Z = \log i$	
1	0,3919	0,3010	1,3929	$N = 30$
2	0,6990	"	1,5751	$\Sigma X = 30$
3	1,0000	"	1,6637	$\Sigma Y = -15,3075$
4	1,3010	"	1,7348	$\Sigma Z = 35,1016$
5	1,6990	"	1,8122	$\Sigma_{XY} = -15,3075$
6	0,3010	0,0000	1,2087	$\Sigma_{XZ} = 37,0071$
7	0,6990	"	1,3679	$\Sigma_{Y^2} = -12,4168$
8	1,0000	"	1,4481	$\Sigma_{X^2} = 36,9504$
9	1,3010	"	1,5132	$\Sigma_{Y^2} = 18,0668$
10	1,6990	"	1,5852	$\Sigma_{Z^2} = 44,5796$
11	0,3010	-0,3010	1,0645	
12	0,6990	"	1,2038	$\alpha \Sigma X + n \Sigma Y + Nc = \Sigma Z$
13	1,0000	"	1,2765	$\alpha \Sigma X^2 + n \Sigma_{XY} + c \Sigma X = \Sigma XZ$
14	1,3010	"	1,3363	$\alpha \Sigma_{XY} + n \Sigma Y^2 + c \Sigma Y = \Sigma YZ$
15	1,6990	"	1,4031	
16	0,3010	-0,6021	0,9133	$30,000\alpha - 15,3075n + 30c = 35,1016$
17	0,6990	"	1,0538	$36,9504\alpha - 15,3075n + 30c = 37,0071$
18	1,0000	"	1,1265	$+15,3075\alpha - 18,0668n + 15,3075 = 12,4168$
19	1,3010	"	1,1867	
20	1,6990	"	1,2538	$\alpha = 0,2742$
21	0,3010	-1,0792	0,6580	$n = 0,5356$
22	0,6990	"	0,8432	$c = 1,1692$
23	1,0000	"	0,9330	$\kappa = 14,7634$
24	1,3010	"	1,0048	
25	1,6990	"	1,0828	

α/a	$X=\log T$	$Y = -\log t$	$Z=\log i$
26	0,3010	-1,3802	0,4362
27	0,6990	"	0,6294
28	1,0000	"	0,7226
29	1,3010	"	0,7959
30	1,6990	"	0,8756



Σχήμα 2: Όριζόντιες κοιλότητες

ΧΡΟΝΟΣ ΕΦΟΧΗΣ t (h)

3. ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

3.1. Σύγκριση με τα δεδομένα του σταθμού Φαρσάλων.

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 1 τα δεδομένα του σταθμού Φαρσάλων της ΕΜΥ χρησιμοποιούνται μόνο για σύγκριση.

Στόν πίνακα 6 φαίνονται οι ετήσιες μέγιστες έντασεις τών Φαρσάλων, όπως έχουν υπολογιστεί από την ΕΜΥ με βάση στοιχεία του βροχομέτρου για 22 έτη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6: ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΝΤΑΣΕΙΣ ΒΡΟΧΗΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΦΑΡΣΑΛΩΝ

Έτος	διάρκεια (h)	ένταση (mm/h)	Έτος	διάρκεια (h)	ένταση (mm/h)
1960	1.10'	20,6	1971	1.45'	16,3
1961	0.30'	12,9	1972	0.35'	22,3
1962	0.40'	30,0	1973	0.35'	29,1
1963	0.30'	33,0	1974	1.25'	14,1
1964	0.30'	44,0	1975	0.45'	37,8
1965	1.30'	22,7	1976	0.30'	40,0
1966	0.40'	18,0	1977	0.30'	51,0'
1967	1.00'	19,0	1978	1.10'	13,7
1968	2.45'	20,5	1979	1.10'	16,7
1969	1,00'	21,5	1980	1.20'	12,8
1970	1.05'	32,3	1981	0.15'	16,0

Παρόλο που οι πιο πάνω τιμές δεν προκύπτουν με τον κλασσικό τρόπο ανάλυσης, που αναπτύχθηκε στο κεφάλαιο 2, και επομένως δεν μπορούν να συγκριθούν άμεσα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης που έγινε πάνω στα δεδομένα τών σταθμών Σκοπιᾶς καί Χαλκιιάδων, μία ένδεικτική σύγκριση μπορεί να γίνει, αν τοποθετηθούν τα σημεία i/t πάνω στο διάγραμμα τών ομβρίων καμπυλών. Πράγματι αυτό έγινε στο σχήμα 2, όπου φαίνονται τα ακόλουθα αποτελέσματα, που αφορούν τα υποδιαστήματα μέσα στα οποία βρίσκονται τα διάφορα σημεία.

Όρια περιόδου επαναφοράς	Θεωρητικός αριθμός σημείων στο διάστημα*	Παρατηρηθείς αριθμός σημείων στο διάστημα
T < 2	11,0	7
2 < T < 5	6,6	7
5 < T < 10	2,2	3
10 < T < 20	1,1	3
20 < T	1,1	2
Σύνολο	22	22

$$* N \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) = 22 \times \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \text{ όπου } T_1 \text{ καί } T_2 \text{ τὰ όρια.}$$

Παρατηρούμε ότι ή προσαρμογή τών σημείων αυτών μέ τίς καμπύλες είναι άρκετά καλή.

Μία άλλη σύγκριση πού μπορεί νά γίνει άφορᾶ τὰ μέγιστα έτήσια 24ωρα ύψη, τὰ όποια μπορούν νά ληφθούν από τό βροχόμετρο τών Φαρσάλων. Τά ύψη αυτά για τό διάστημα 1961-1981 (21 έτη) φαίνονται στον πίνακα 7.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7: ΜΕΓΙΣΤΑ 24ΩΡΑ ΥΨΗ ΒΡΟΧΗΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΦΑΡΣΑΛΩΝ (χλστ).

Έτος	Μέγιστο 24ωρο ύψος βροχής	Έτος	Μέγιστο 24ωρο ύψος βροχής	Έτος	Μέγιστο 24ωρο ύψος βροχής
1961	53,0	1968	62,0	1975	42,8*
1962	83,0	1969	29,0	1976	52,0
1963	34,0	1970	53,5	1977	25,5
1964	45,0	1971	30,0	1978	92,0
1965	34,0	1972	45,0*	1979	43,4
1966	63,0	1973	40,5*	1980	85,0
1967	44,0	1974	37,3*	1981	52,0

* Τιμή προερχόμενη από δείγμα 11 μηνιαίων τιμών (έλλειψη μέτρησης 1 μήνα).

Δεδομένου ότι τὰ διαθέσιμα μέγιστα 24ωρα ύψη βροχής προέκυψαν από μία μόνο μέτρηση καί όχι από άθροιση περισσοτέρων (όπως π.χ. στο βροχογράφο), πρέπει νά πολλαπλασιαστούν μέ κάποιο συντελεστή άναγωγής μεγαλύτερο από 1. Σύμφωνα μέ τούς Linsley, Kohler and Paulus ("Hydrology for Engineers, σελ. 357), ό συντελεστής αυτός είναι 1,13. Οί τιμές πού προκύπτουν μέ αυτό τόν τρόπο φαίνονται στον πίνακα 8 σέ διατεταμένη μορφή.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8: ΜΕΓΙΣΤΑ ΔΙΑΤΕΤΑΓΜΕΝΑ ΎΨΗ 24ΩΡΗΣ ΒΡΟΧΗΣ ΣΤΑΘΜΟΥ ΦΑΡΣΑΛΩΝ
(έτη 1961-1981, εκτός από τα έτη 1972, 1973, 1974, 1975.

v'	h_{24}	$h'_{24} = h_{24} \times 1,13$
1	92,0	104,0
2	85,0	96,1
3	83,0	93,8
4	63,0	71,2
5	62,0	70,1
6	53,5	60,5
7	53,0	59,9
8	52,0	58,8
9	52,0	58,8
10	45,0	50,9
11	44,0	49,7
12	43,4	49,0
13	34,0	38,4
14	34,0	38,4
15	30,0	33,9
16	29,0	32,8
17	25,5	28,8
$\bar{X} =$	51,79	58,54
$\sigma =$	20,04	22,66

Στά δεδομένα του πίνακα 8 προσαρμόζεται η συνάρτηση Gumbel, με τη μορφή που περιγράφεται στην παράγραφο 2.2, όποτε προκύπτουν οι παρακάτω παράμετροι:

$$\begin{aligned} N &= 17 & \bar{h} &= 58,54 \\ Y_N &= 0,5181 & \sigma &= 22,66 \\ S_N &= 1,0411 & \alpha &= 0,046 \\ & & X_0 &= 47,26 \end{aligned}$$

Οι αντίστοιχες παράμετροι για τα 24ωρα ύψη Σκοπιᾶς και τα 24ωρα ύψη του διευρυμένου δείγματος Σκοπιᾶς και Χαλκιάδων είναι:

Δείγμα σταθμού Σκοπιᾶς		Διευρυμένο δείγμα σταθμῶν Σκοπιᾶς καί Χαλκιάδων	
N	= 12	N	= 15
Y_N	= 0,5035	Y_N	= 0,5128
S_N	= 0,9833	S_N	= 1,0206
\bar{h}	= 68,95	\bar{h}	= 70,21
σ	= 36,49	σ	= 33,13
α	= 0,027	α	= 0,031
X_0	= 50,27	X_0	= 53,56

Οἱ τρεῖς συναρτήσεις Gumbel ἀπεικονίζονται στό σχῆμα 3. Χαρακτηριστικά σημεῖα τῶν συναρτήσεων εἶναι τά ἀκόλουθα:

ΠΙΝΑΚΑΣ 9: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΩΝ GUMBEL 24ΩΡΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ (mm).

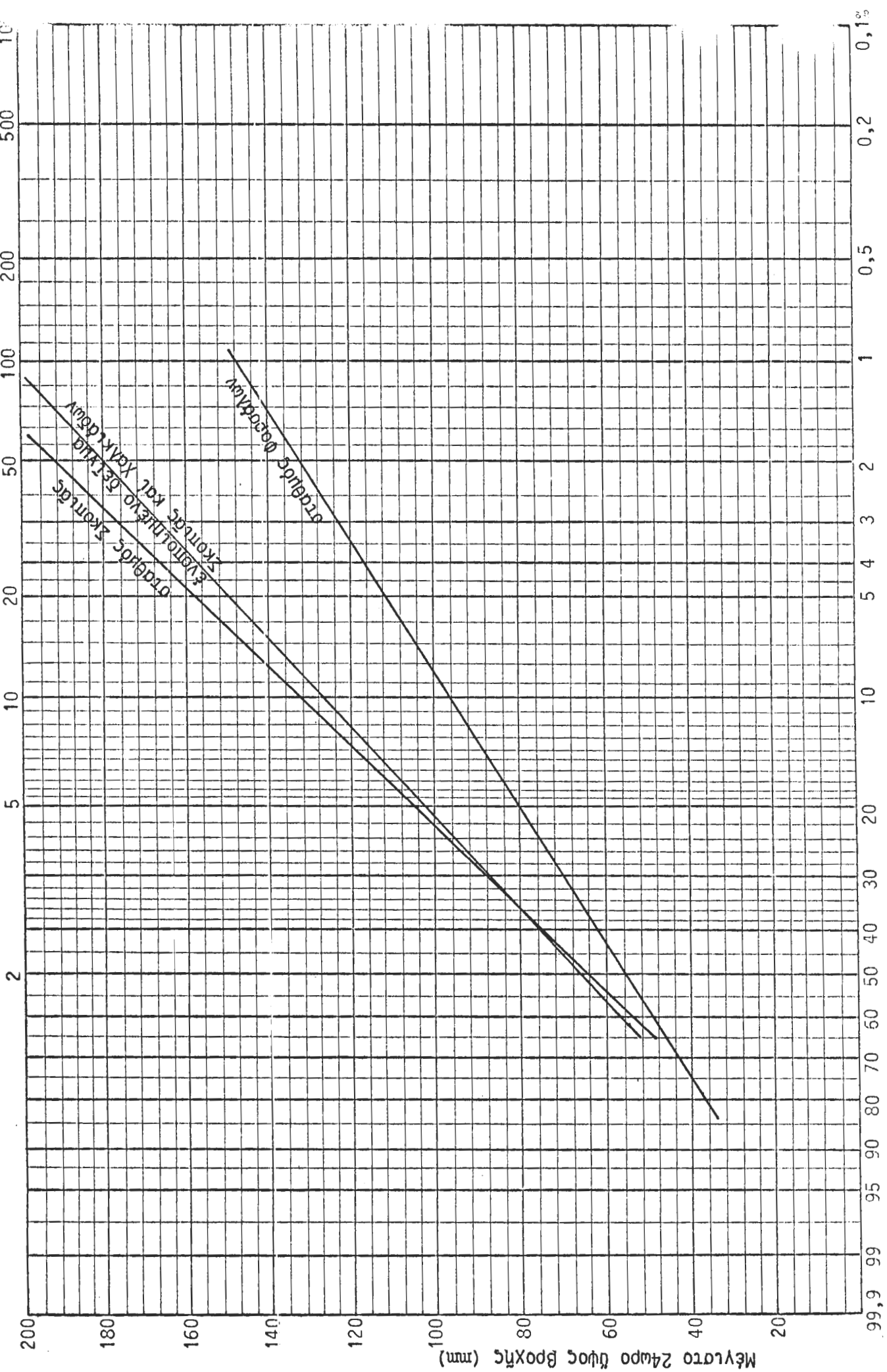
Περίοδος Ἐπαναφορᾶς	Σταθμός Φαρσάλων	Σταθμός Σκοπιᾶς	Σταθμοί Σκοπιᾶς & Χαλκιάδων
2	55,2	63,9	65,5
5	79,9	105,9	102,3
10	96,2	133,8	126,6
50	132,2	195,1	180,3

Γιά τίς μικρές περιόδους ἐπαναφορᾶς (2 ἕως 10 ἔτη) πού ἐνδιαφέρουν τήν μελέτη αὐτή, παρατηροῦμε ὅτι:

- α) Τά δεδομένα τοῦ σταθμοῦ Σκοπιᾶς καί τά δεδομένα τοῦ ἐνοποιημένου δείγματος δίνουν συναρτήσεις κατανομῆς πού σχεδόν ταυτίζονται (βλέπε καί παράγραφο 2.1, ἐδ. β2), καί
- β) Ὁ σταθμός Φαρσάλων δίνει μικρότερα, κατά 15,6% ἕως 10,6% ἀπὸ τὴν ἀπαιτούμενη προχῆς, σέ σχέση μέ ἐκεῖνα τῶν σταθμῶν Σκοπιᾶς καί Χαλκιάδων, πράγμα πού εἶναι λογικό λόγω μικρότερου ὑψόμετρο.

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ T (έτη)

Σχήμα 3: Κατανομή Gumbel μεγίστων έτησιών βροχοπτώσεων διάρκειας 29h



3.2. Σύγκριση με τις θμβριες καμπύλες Λάρισας και 'Αθηνών .

'Η σύγκριση αφορά τις θμβριες καμπύλες της Λάρισας, όπως δίνονται στη μελέτη αποχέτευσης Λάρισας (μελετητής Δεληγιώργης-Μιχαλόπουλος), και της 'Αθήνας (σταθμός 'Αστεροσκοπείου 'Αθηνών), που έχουν τις ακόλουθες εκφράσεις υπερβολικής μορφής:

<u>Λάρισα</u>		<u>'Αθήνα</u>
T = 2	$i = 1680/(t + 28)$	$i = 1800/(t + 28)$
T = 5	$i = 2280/(t + 20)$	$i = 2400/(t + 28)$
T = 10	$i = 2580/(t + 15)$	$i = 3000/(t + 28)$

όπου i ή ένταση βροχής σε mm/h
καί t ή διάρκεια βροχής σε min

Στόν πίνακα 10 φαίνονται χαρακτηριστικές εντάσεις των πιό πάνω σχέσεων για μικρές διάρκειες, σε σύγκριση με τις αντίστοιχες εντάσεις των Φαρσάλων, όπως προέκυψαν στην παραύσα μελέτη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 10: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΦΑΡΣΑΛΩΝ-ΛΑΡΙΣΑΣ-ΑΘΗΝΩΝ

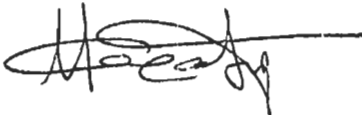
T έτη	t min	ΕΝΤΑΣΕΙΣ ΒΡΟΧΗΣ mm/h			Μ.Τ.Ι.Α.Μ.Μ.Η	ΑΡΤΑ
		ΦΑΡΣΑΛΑ	ΛΑΡΙΣΑ	ΑΘΗΝΑ		
2	10	46,61	44,20	47,37		84.7
	20	32,16	35,00	37,50		
	30	25,88	28,97	31,03		50.2
	60	17,85	19,09	20,45		31.8
5	10	59,92	76,00	80,00	98,5	100.3
	20	41,34	57,00	60,00		
	30	33,27	45,60	48,00	55,6	59.5
	60	22,95	28,50	30,00		32.8
10	10	72,46	103,20	120,00	116,7	113.9
	20	49,99	73,71	85,71		
	30	40,23	57,33	66,67	66,5	67.5
	60	27,76	34,40	40,00		42.9

Παρατηρούμε ότι οι εντάσεις των Φαρσάλων, όπως υπολογίστηκαν στην παρούσα μελέτη, είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες της Λάρισας (μέχρι και 47% για T = 10) και των 'Αθηνών (μέχρι και 71% για T = 10).

3.3. Συμπεράσματα.

Από τις προηγηθείσες συγκρίσεις γίνεται καταφανές ότι οι δμβριες καμπύλες πού υπολογίστηκαν στην παρούσα μελέτη με βάση τα δεδομένα των βροχογραφικών σταθμών Σκοπιᾶς καί Χαλκιᾶδων, είναι κατάλληλες γιά τή μελέτη ἀποχετεύσης Φαρσᾶλων. Τό γεγονός ότι οι βροχοπτώσεις τῶν Φαρσᾶλων είναι μικρότερης ἐντάσεως ἀπό τις ἀντίστοιχες τῆς Σκοπιᾶς ἀποδείκνυται ὡς τῆς ἀσφαλείας τοῦ ὑπό μελέτη δικτύου δμβρίων. Οι ἐντάσεις βροχῆς τῆς παρούσας μελέτης είναι ἀρκετά μικρότερες ἀπό τις ἀντίστοιχες τῆς Λάρισας καί τῶν Ἀθηνῶν.

Ὁ Μελετητής



ΜΕΤΕΡ-ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ-ΕΠΕ

Ὁ συντάξας

ΔΗΜ.ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ