

Στραγγίσεις - παροχές σχεδιασμού

Μ.Σπηλιώτη

Κυρίως με βάση τα συγγράμματα του
Ομ. Καθ. Γ.Τσακίρης

Τάφροι

- Παροχές σχεδιασμού
- Υδραυλική επίλυση

Τάφρος

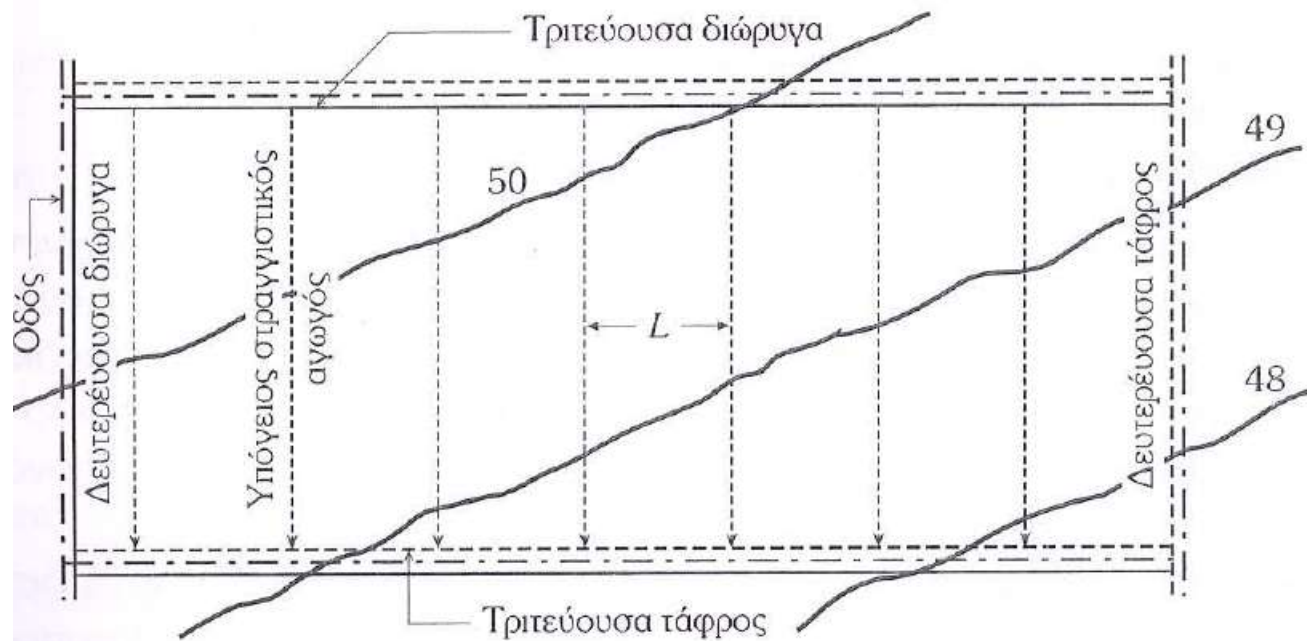
Στράγγιση: συλλογή πλεονάζοντος νερού στην **επιφάνεια** ή το **ριζόστρωμα**

Τάφρος: **Ανεπένδυτη διώρυγα** για συλλογή πλεονάζοντος νερού στην **επιφάνεια**

Συλλέγει:

- Πλεονάζον νερό άρδευσης
- Πλεονάζον νερό ραγδαία βροχής
- Συνήθως δυσμενέστερη περίπτωση η δεύτερη (υδρολογικός σχεδιασμός για παροχή αιχμής) ->Υδρολογία

Ντραίνες για απομάκρυνση νερού από το **ριζόστρωμα** και έλεγχο φρεατικής στάθμης



Σχ. 1: Τυπική διάταξη στραγγιστικών αγωγών σ' ένα επιφανειακό δίκτυο άρδευσης.

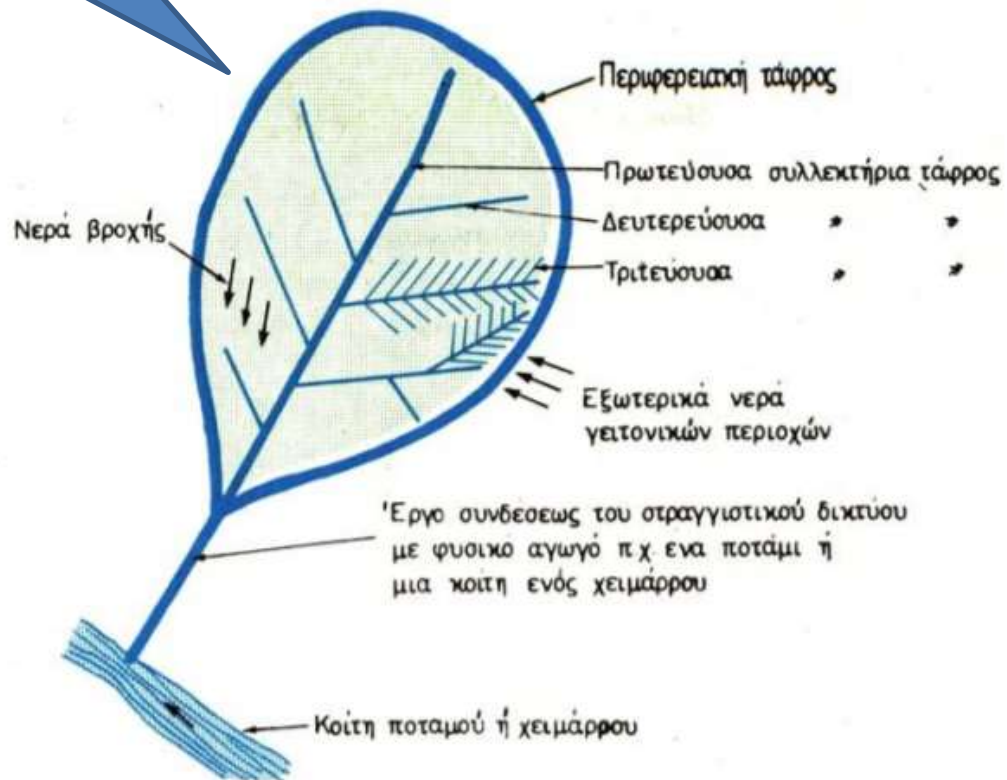
Ανεπένδυτες διώρυγες--- περιορισμός μέγιστης ταχύτητας

*Μέγιστες επιτρεπόμενες ταχύτητες ροής σε σπραγγιστική
τάφρο ανάλογα με τη φύση του εδάφους (Τζιμόπουλος,
1983)*

Εδαφος	Μέγιστη ταχύτητα ροής (m/s)
Αργίλος, πηλός	0.6 έως 0.8
Συνεκτικά αμμόδη εδάφη και αμμοίλες	0.3 έως 0.6
Λεπτή άμμος	0.15 έως 0.3
Χονδρή άμμος	0.2 έως 0.5
Σκληρή τύρφη	0.3 έως 0.6
Μαλακή τύρφη	0.15 έως 0.3

Σε εγγειοβελτιωτικά και
στην αποχέτευση ομβρίων
απομονώνουμε τις
«εξωτερικές επιρροές»

147

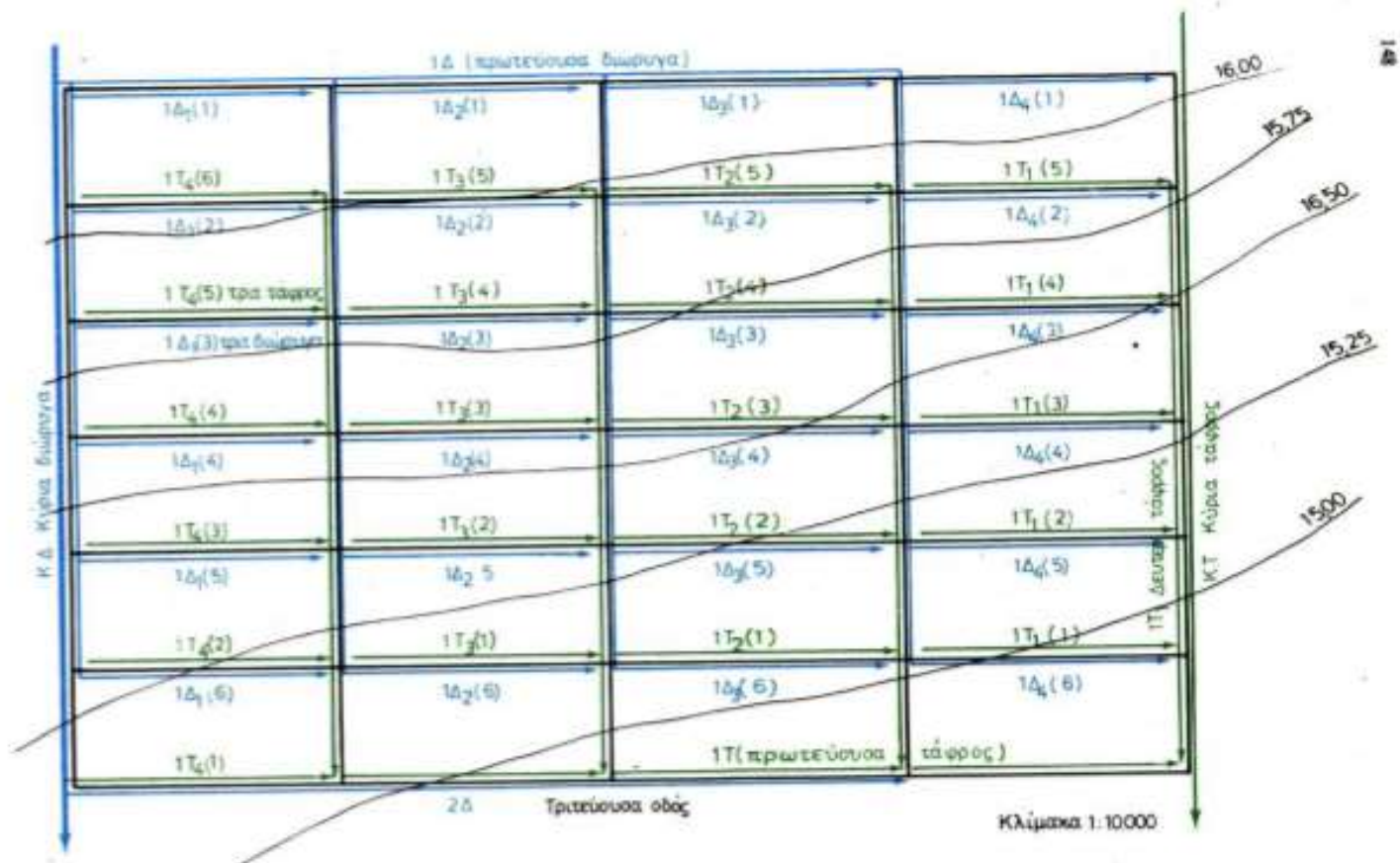


Σχ. 7.3α.
Γενικό σχήμα στραγγιστικού δικτύου.

Ρέμα Σούρες, 15/11/2017

UNIVERSITY OF CYPRUS
POST GRADUATE PROGRAM



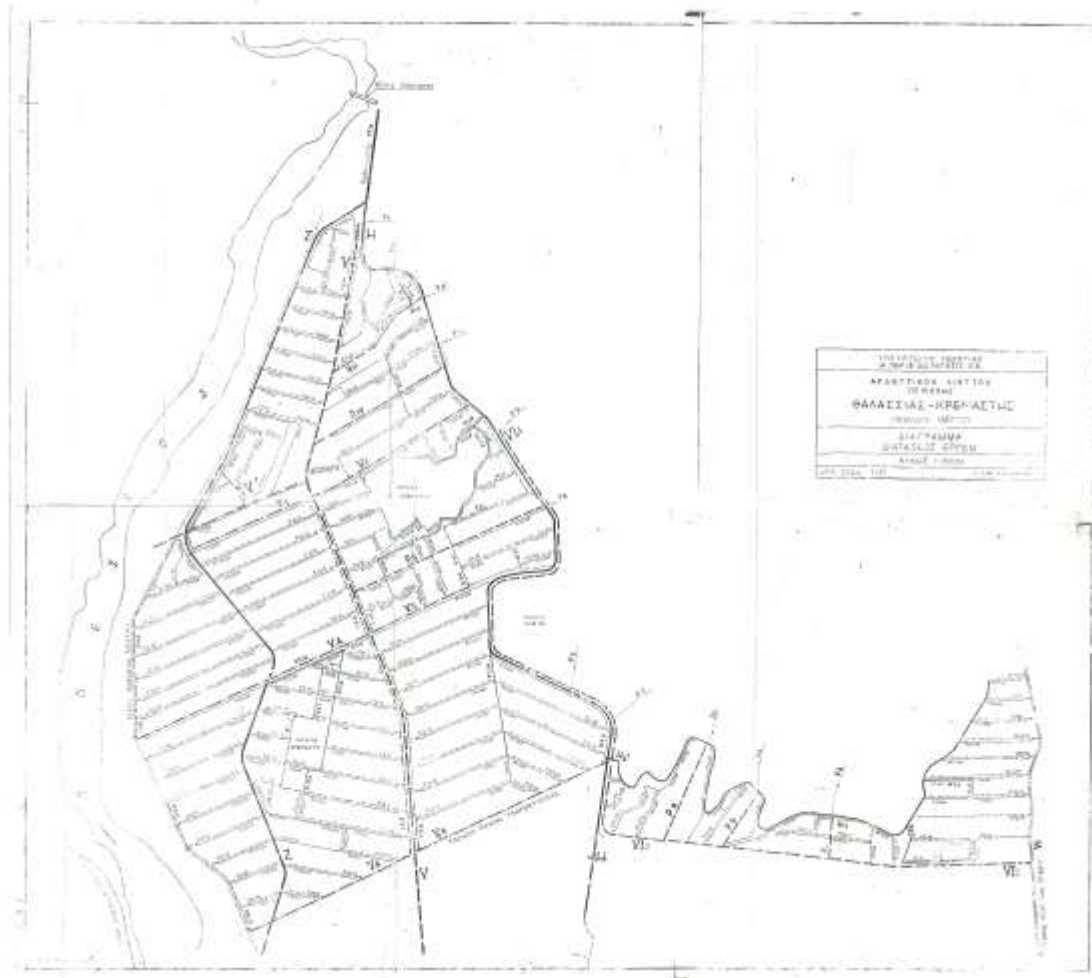


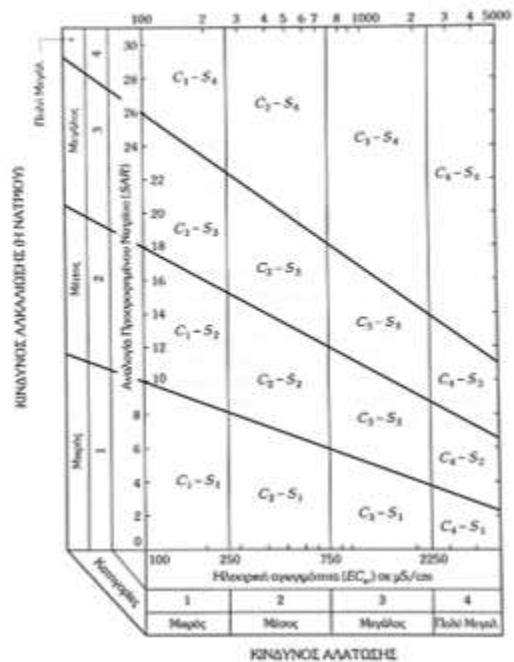
Σχ. 7.3β.

Τυπικό σχήμα στραγγιστικού δικτύου από τάφρους μιας αρδευόμενης περιοχής.

Καρακατσούλης, 2020

Πρακτικά: οι δευτερεύουσες διώρυγες
έχουν και το ρόλο αντιπλημμυρικής
προστασίας





Σχήμα 5.3. Διάγραμμα ποιοτικής κατάταξης αρδευτικού νερού σύμφωνα με το Εργαστήριο Αλατότητας των Η.Π.Α. (U.S. Salinity Laboratory)



Υδρολογικός σχεδιασμός

ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

- Η **ορθολογική μέθοδος** (rational method) χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της αιχμής απορροής μικρών σχετικά υδρολογικών λεκανών (Έκταση λεκάνης απορροής, $A < 25 \text{ km}^2$) (Παπαμιχαήλ, 2001).
- Βασίζεται στην παραδοχή ότι για βροχές με ομοιόμορφη ένταση και κατανομή πάνω στη λεκάνη, η μέγιστη απορροή εμφανίζεται όταν το νερό από όλα τα σημεία της λεκάνης φτάσει στην έξοδο της.
- Η απορροή αυτή αποτελεί ένα συγκεκριμένο ποσοστό της έντασης της βροχής που την προκαλεί.

Λουκάς, 2020



Ορθολογική μέθοδος (τομή στην Υδρολογία)

Σύμφωνα με την Ορθολογική Μέθοδο η αιχμή της πλημμύρας υπολογίζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$R_{\max} = 0.278 \cdot C \cdot r \cdot A \quad (11.19)$$

όπου:

$R_{\max}$ = η αιχμή άμεσης απορροής, m^3/s

C = ο συντελεστής απορροής (αδιάστατος) (Κεφ. 7)

r = η κρίσιμη ένταση της βροχής που προκύπτει από την όμβρια καμπύλη για διάρκεια ίση με το χρόνο συγκέντρωσης της λεκάνης, mm/hr και

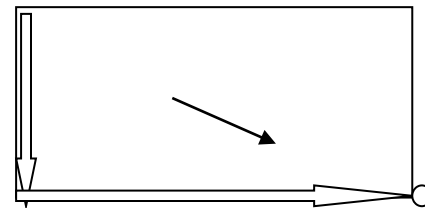
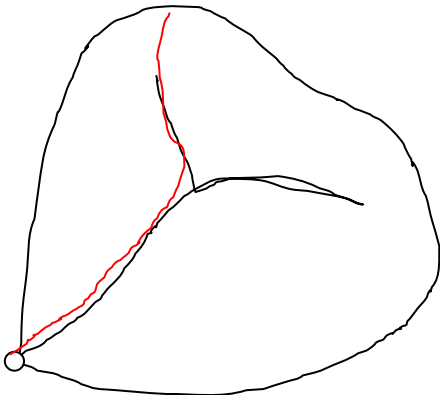
A = η έκταση της λεκάνης απορροής, Km^2 .

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

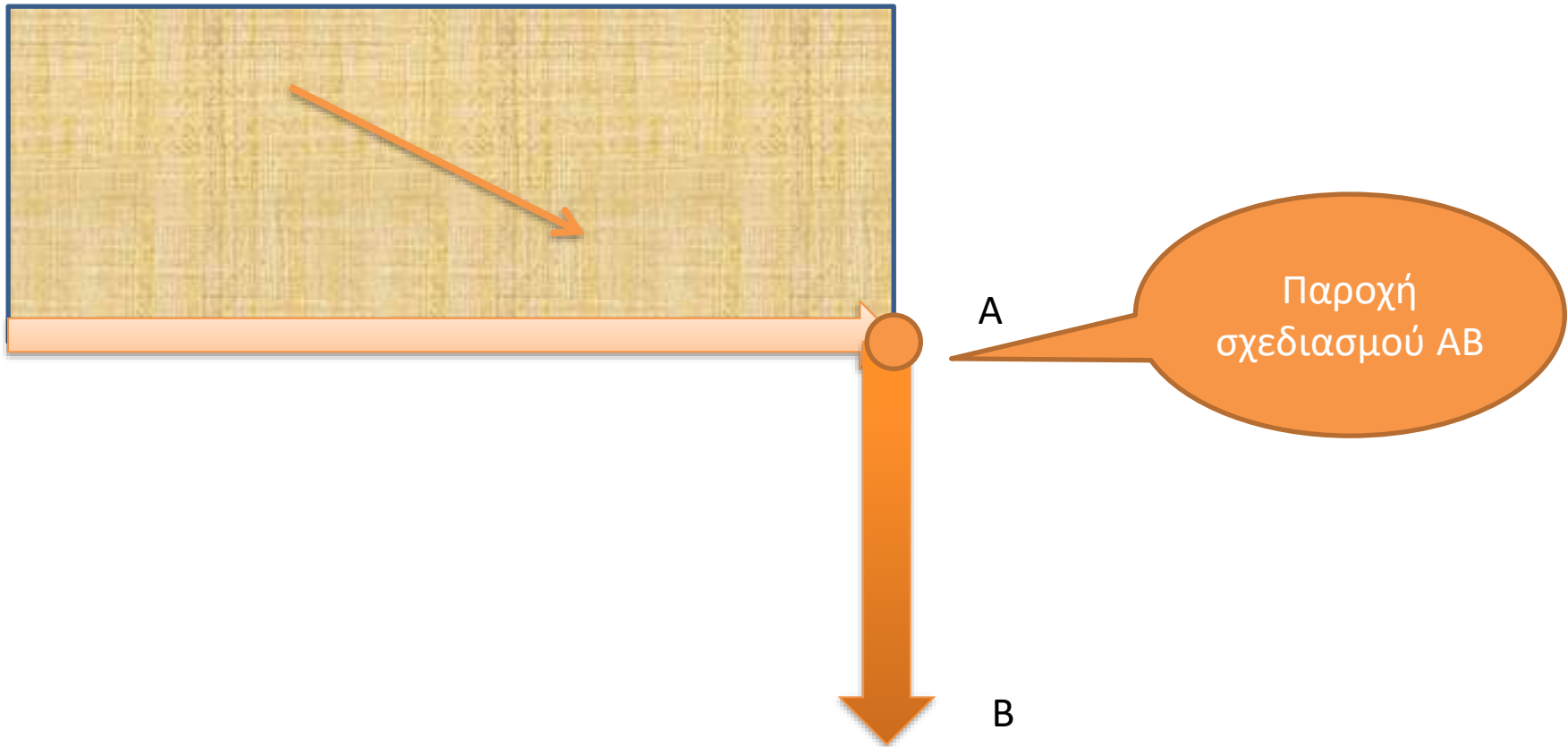
A = Επιφάνεια
λεκάνης
απορροής για
 $t_{\text{βροχης}} \geq t_c$

Χρόνος συγκέντρωσης

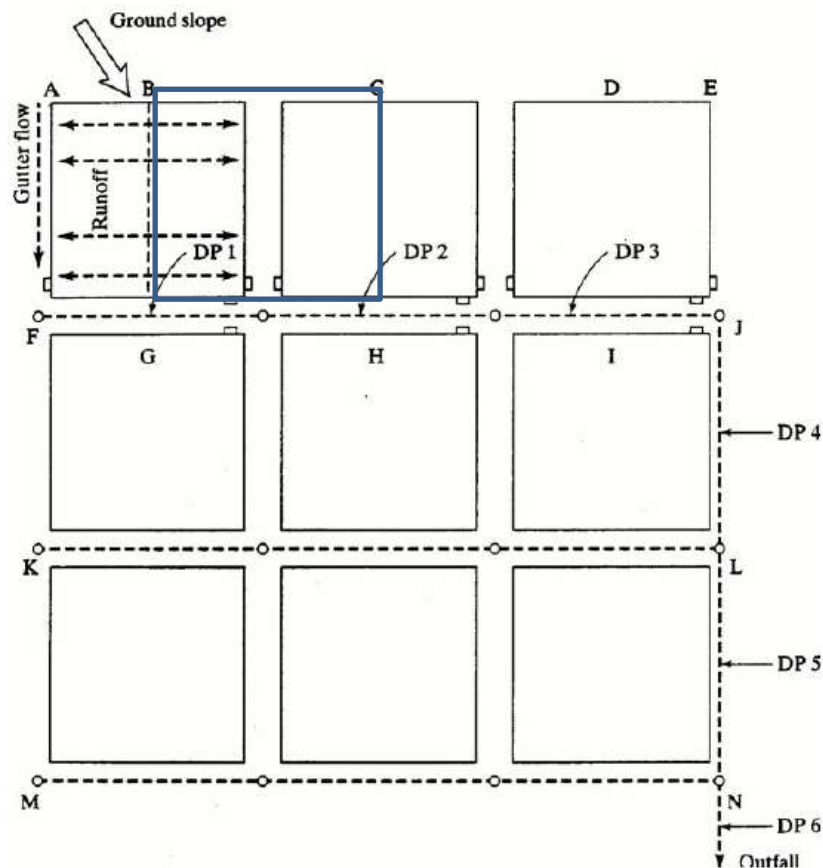
- **Χρόνος συγκέντρωσης**
 - Χρόνος που χρειάζεται το νερό να διανύσει την απόσταση από το πιο απομακρυσμένο σημείο της λεκάνης ως την έξοδο ακολουθώντας το υδρογραφικό δίκτυο
 - Διάκριση μεταξύ φυσικών λεκανών και αστικών λεκανών
 - Συνιστώσες χρόνου συγκέντρωσης:
 - Σε επιφάνειες (πειραματικές σχέσεις π.χ. Wanielista, 1978)
 - Ρηχή ροή (πειραματικές, Manning)
 - Διαμορφωμένη διατομή με βαθιά ροή (Manning)



Λεκάνη απορροής- υπολεκάνη στραγγίσεις



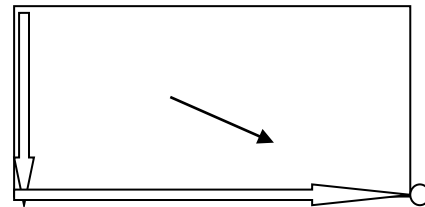
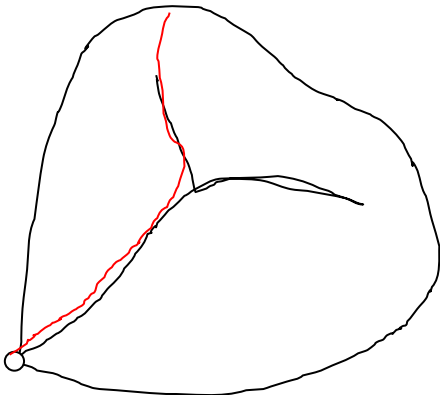
Λεκάνη απορροής στην αστική υδρολογία



Σχ 5. Τυπική διάταξη αγωγών αποχέτευσης ομβρίων σε αστική περιοχή

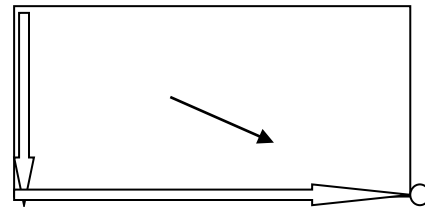
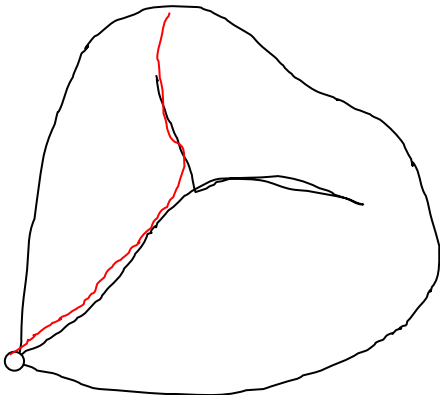
Μετασχηματισμός βροχής στην υδρολογία

- Λεκάνη απορροής
- Ειδικά προβλήματα (υπολεκάνη)
 - Διαστασιολόγηση: αστική λεκάνη ή στραγγιζόμενη επιφάνεια



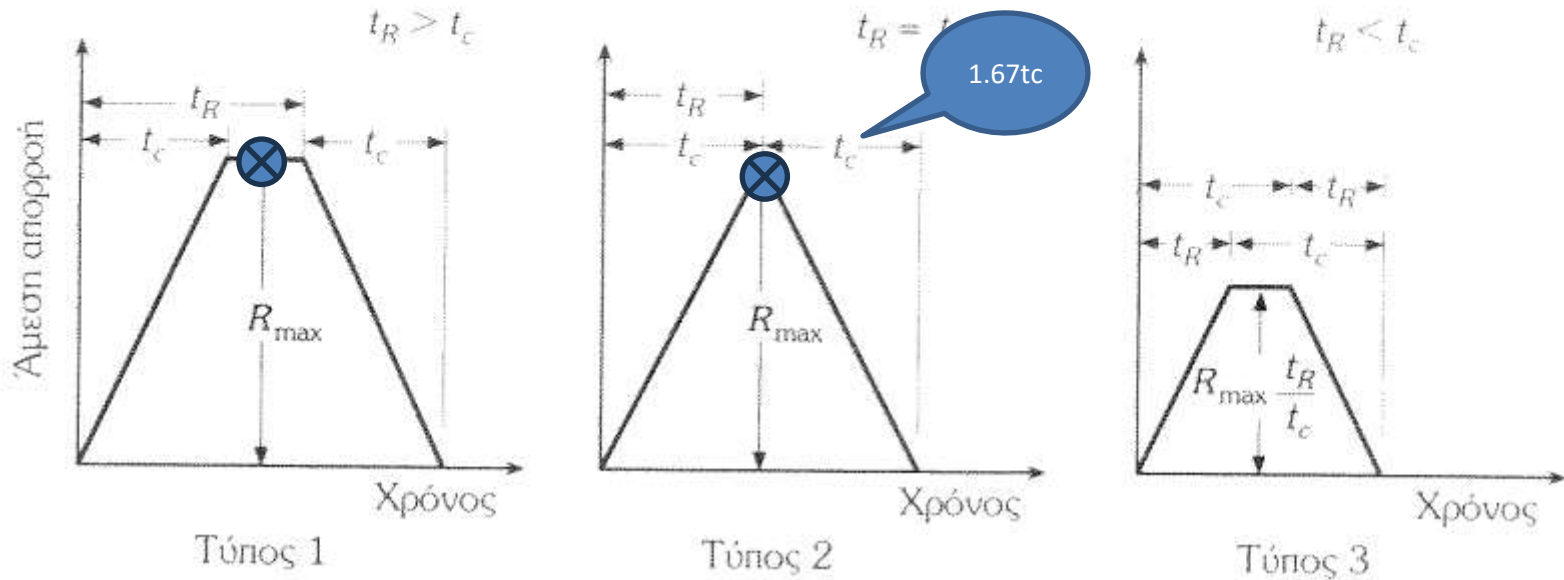
Μετασχηματισμός βροχής στην υδρολογία

- **Μοντέλα συνεχούς χρόνου:** «παραγωγή απορροής»
- **Μεμονωμένου πλημμυρικού γεγονότος:** Αντιπλημμυρικός σχεδιασμός
- Ορθολογική μέθοδος: Μεμονωμένου πλημμυρικού γεγονότος



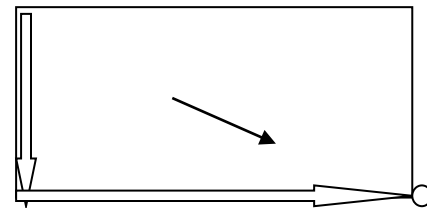
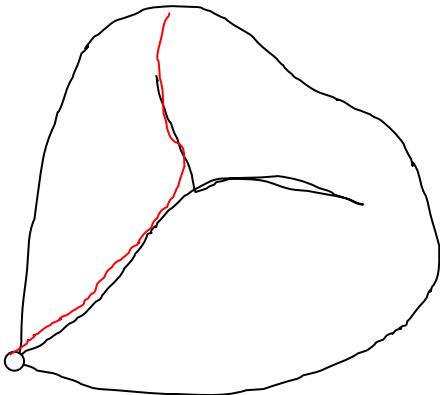
Υδρογραφήματα Πλημμύρας (χρονική εξέλιξη παροχής για μία θεση)

Λεπτομερέστερα μπορούν να υπάρξουν τρεις τύποι συνθετικών υδρογραφημάτων με βάση τη θεωρία της επέκτασης της Ορθολογικής Μεθόδου που παρουσιάζονται στο Σχ. 11.15.

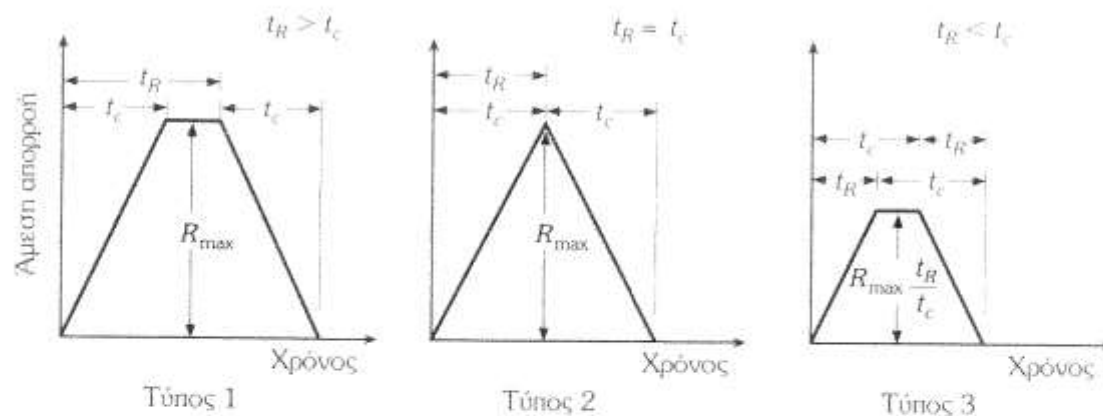


Χρόνος συγκέντρωσης

- **Χρόνος συγκέντρωσης**
 - Χρόνος που χρειάζεται το νερό να διανύσει την απόσταση από το πιο απομακρυσμένο σημείο της λεκάνης ως την έξοδο ακολουθώντας το υδρογραφικό δίκτυο
 - Διάκριση μεταξύ φυσικών λεκανών και αστικών λεκανών
 - Συνιστώσες χρόνου συγκέντρωσης:
 - Σε επιφάνειες (πειραματικές σχέσεις π.χ. Wanielista, 1978)
 - Ρηχή ροή (πειραματικές, Manning)
 - Διαμορφωμένη διατομή με βαθιά ροή (Manning)



Λεπτομερέστερα μπορούν να υπάρξουν τρεις τύποι συνθετικών υδρογραφημάτων με βάση τη θεωρία της επέκτασης της Ορθολογικής Μεθόδου που παρουσιάζονται στο Σχ. 11.15.



Σχ. 11.15: Τύποι υδρογραφημάτων της Ορθολογικής Μεθόδου.

Τύπος 1. Διάρκεια (περισσεύματος) βροχής μεγαλύτερη του χρόνου συγκέντρωσης ($t_R > t_c$). Προκύπτει υδρογράφημα τραπεζοειδούς μορφής με αιχμή που υπολογίζεται από την Εξ. 11.19. Ο ανιών και ο κατιών κλάδος είναι διάρκειας ίσης με τον χρόνο συγκέντρωσης.

Τύπος 2. Διάρκεια $t_R = t_c$. Προκύπτει υδρογράφημα τριγωνικής μορφής με αιχμή που υπολογίζεται επίσης από την Εξ. 11.19. Επίσης ο ανιών και ο κατιών κλάδος είναι ίσος με τον χρόνο συγκέντρωσης.

Τύπος 3. Διάρκεια $t_R < t_c$. Προκύπτει υδρογράφημα τραπεζοειδούς μορφής με αιχμή $R_{\max} (t_R / t_c)$ όπου η $R_{\max}$ υπολογίζεται από την Εξ. 11.19. Ο ανιών και ο κατιών κλάδος είναι ίσοι με τη διάρκεια t_R .

Παρατήρηση. Σύμφωνα με την ανάλυση πολλών υδρογραφημάτων για μέσες λεκάνες απορροής έχει επικρατήσει η άποψη Άγγλων και Αμερικανών ερευνητών (USDA, 1972) ότι ο κατιών κλάδος μπορεί να παίρνεται στους τύπους 1 και 2 ίσος με $1.67 t_c$. Σύμφωνα με τον Nemec (1972) η διάρκεια του κατιόντος κλάδου μπορεί να είναι 3 μέχρι 5 φορές μεγαλύτερη από τον χρόνο συγκέντρωσης με τις μεγαλύτερες τιμές για τις μικρότερες λεκάνες.

Συντελεστής απορροής

Συντελεστής Απορροής C

Συντελεστής απορροής C είναι ο λόγος του όγκου της άμεσης απορροής προς τον όγκο της βροχόπτωσης. Δηλαδή μπορεί να γραφεί

$$C = \frac{h_R}{h_r} \text{ ορισμός,} \quad (8.5)$$

όπου:

h_R είναι ο όγκος της άμεσης απορροής εκφρασμένος σε ισοδύναμο ύψος και
 h_r είναι ο όγκος βροχόπτωσης εκφρασμένος σε ισοδύναμο ύψος.

Προσοχή! Ο συντελεστής απορροής
αφορά όγκους και όχι απορροές

Πίν. 8.1: Τιμές του συντελεστή απορροής C^*

Τύπος επιφάνειας	C
Οδοστρώματα (ασφαλτικά, σκυροδέματος)	0.70 – 0.95
Στέγες σπιτιών	0.75 – 0.95
Αμμώδη εδάφη	
κλίση 0 ÷ 2 %	0.05 – 0.10
κλίση 2 ÷ 7 %	0.10 – 0.15
κλίση > 7 %	0.15 – 0.20
Βαριά εδάφη	
κλίση 0 ÷ 2 %	0.13 – 0.17
κλίση 2 ÷ 7 %	0.18 – 0.22
κλίση > 7 %	0.25 – 0.35
Εμπορικές περιοχές (κέντρο πόλης)	0.70 – 0.95
(προάστιο)	0.50 – 0.70
Κατοικημένες περιοχές	0.30 – 0.70
Βιομηχανικές περιοχές	0.50 – 0.90
Πάρκα, κοιμητήρια	0.10 – 0.25
Γήπεδα	0.20 – 0.35

Πρέπει να σημειωθεί ακόμη ότι ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται όσον αφορά στην επιλογή του συντελεστή C , λόγω της ευαισθησίας που παρουσιάζει η ορθολογική μέθοδος στο συντελεστή αυτό. Ανάλογα με την περίπτωση, η τιμή του συντελεστή C μπορεί να επιλεγεί από τον πίνακα που προτείνει η U.S. Soil Conservation Service, (1972), (Πίνακας 9.1).

Πίν. 9.1: Πλημμυρικός συντελεστής απορροής C για γεωργικές εκτάσεις

Κλίση εδάφους (%)	Διηθητικότητα εδάφους		
	Υψηλή	Μέση	Χαμηλή
Καλλιεργημένη έκταση			
< 5	0.30	0.50	0.60
5 - 10	0.40	0.60	0.70
10 - 30	0.50	0.70	0.80
Λειβάδια			
< 5	0.10	0.30	0.40
5 - 10	0.15	0.35	0.55
10 - 30	0.20	0.40	0.60

Όμβρια καμπύλη

- Συντελεστής απορροής C: Λόγος όγκου άμεσης απορροής προς τον όγκο της βροχόπτωσης

$$c = h_R/h_r$$

- h_R όγκος άμεσης απορροής εκφρασμένος σε όρους ισοδυνάμου ύψους
- h_r όγκος βροχόπτωσης εκφρασμένος σε όρους ισοδυνάμου ύψους

- Όμβριες καμπύλες

- $i = at^n$, για δεδομένη περίοδο επαναφοράς
- $i = ct^n/T^b$, μοναδική για όλες τις περιόδους επαναφοράς (Τσακίρης, 1995)
- Οι όμβριες καμπύλες είναι παράλληλες για τις περιόδους επαναφοράς
- Για την ίδια περίοδο επαναφοράς η ένταση βροχής i μειώνεται με την αύξηση της διάρκειας βροχής
- Για την ίδια διάρκεια βροχής η ένταση αυξάνεται με την αύξηση της περιόδου επαναφοράς

Όμβρια καμπύλη

- (i) Για την ίδια περίοδο επαναφοράς η ένταση της βροχής, r , μειώνεται με την αύξηση της διάρκειας.
- (ii) Για την ίδια διάρκεια η ένταση αυξάνει με την αύξηση της περιόδου επαναφοράς.

Με την ανάλυση συχνότητας και τη συσχέτιση των μεγεθών ένταση, διάρκεια, περίοδος επαναφοράς προκύπτουν διαγράμματα όπως αυτό του Σχήματος 4.15 που είναι ιδιαίτερα χρήσιμα στον υδρολογικό σχεδιασμό πολλών έργων αξιοποίησης και προστασίας των υδατικών πόρων. Οι καμπύλες αυτές είναι γνωστές στην υδρολογία ως Όμβριες καμπύλες. Στις Όμβριες καμπύλες εξάγονται συνήθως μαθηματικές σχέσεις εκθετικού ή άλλου τύπου.

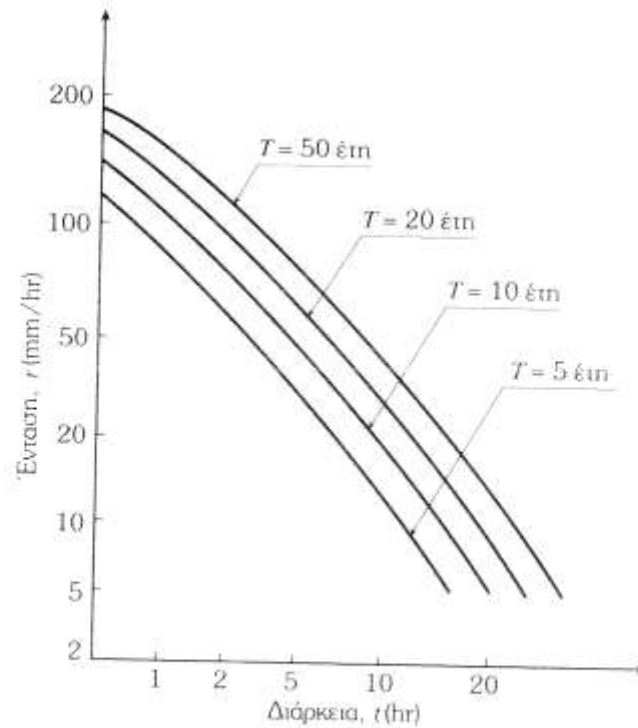
Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται ευρύτατα οι ακόλουθες μαθηματικές σχέσεις

$$r = \alpha t^n \quad (\text{διαφορετική για κάθε περίοδο επαναφοράς})$$

και

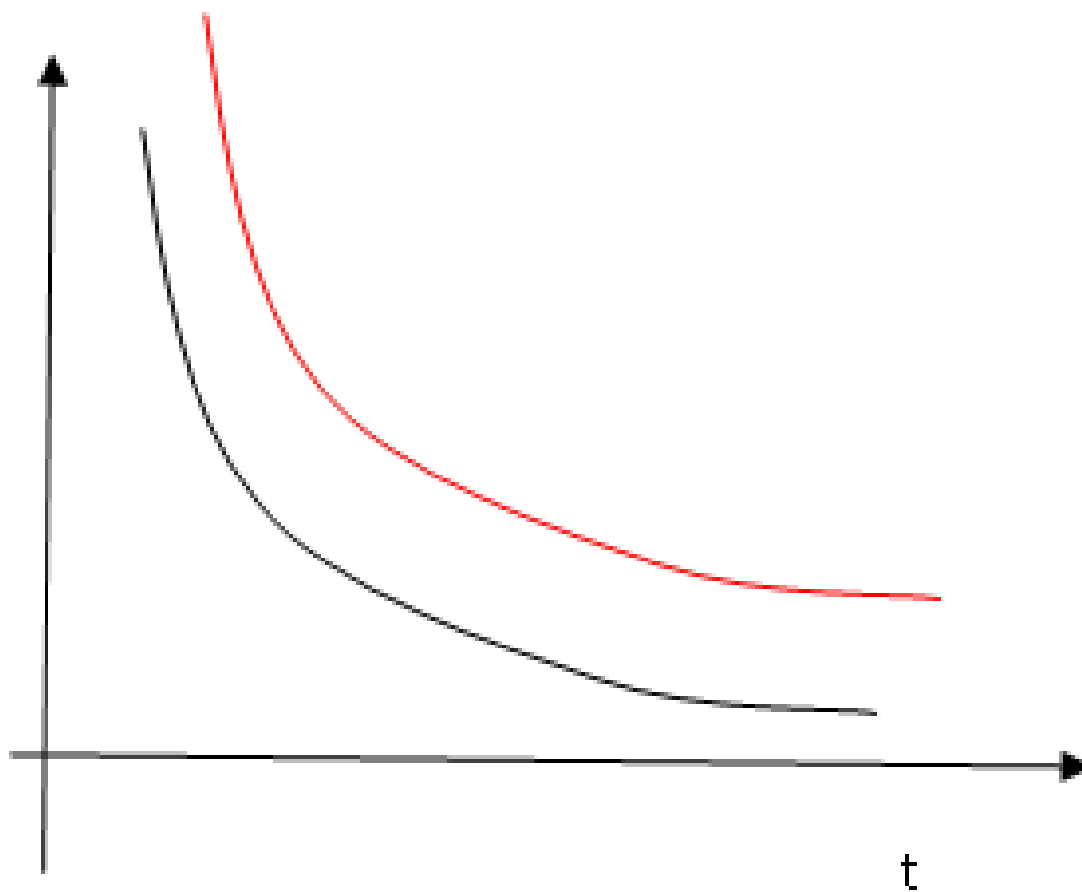
$$r = c \frac{t^n}{T^b} \quad (\text{μοναδική σχέση για όλες τις περιόδους επαναφοράς})$$

Όμβρια καμπύλη



Σχ. 4.15: Οι όμβριες καμπύλες όπως προέκυψαν από την ανάλυση συχνότητας των βροχομετρικών δεδομένων ενός σταθμού.

$$\text{Ένταση βροχής (mm/h)} = f(t, T)$$



Περίοδος επαναφοράς --- αρδεύσεις

Δευτέρας
τρίτης
τάξης T= 2
χρόνια

της περιοχής μελέτης για δεδομένη περίοδο επαναφοράς. Σε στραγγιστικά δίκτυα γεωργικών εκτάσεων, ανάλογα με την αναμενόμενη οικονομική πρόσοδο από τις καλλιέργειες και με δεδομένο ότι ανεπάρκεια του βασικού κορμού του στραγγιστικού δικτύου, (κύρια και συλλεκτήριες τάφροι πρώτης τάξης), θα δημιουργούσε πολύ μεγαλύτερες ζημιές απ' ό,τι η ανεπάρκεια του δευτερεύοντος - τριτεύοντος δικτύου, η περίοδος επαναφοράς συνήθως δεν υπερβαίνει τα 2 έτη για τάφρους δευτέρας και τρίτης τάξης, ενώ επιλέγεται στο διάστημα μεταξύ 15 και 25 έτη για την κύρια και τις συλλεκτικές τάφρους πρώτης τάξης. (Smedema και Rycroft, 1983). Ως διάρκεια

Πρώτης
τάξης 15-
25 έτη

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ - ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗ

□ Περίοδος επαναφοράς, T μιας δεδομένης τιμής x της τυχαίας μεταβλητής X είναι ο μέσος αριθμός χρονικών διαστημάτων (εν προκειμένω υδρολογικών ετών) που μεσολαβεί μεταξύ 2 διαδοχικών εμφανίσεων της τυχαίας μεταβλητής με μέγεθος μεγαλύτερο ή ίσο της δεδομένης τιμής x .

$$P(X \geq x) = \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{1}{P(X \geq x)} = \frac{1}{1 - P(X \leq x)}$$

□ Διακινδύνευση είναι η πιθανότητα R να πραγματοποιηθεί μέσα σε n έτη τιμή που αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς T .

Πιθανότητα υπέρβασης σε n έτη
(Διακινδύνευση):

$$R = 1 - (1 - 1/T)^n$$

Περίοδος επαναφοράς

- Μέσος όρος όπου το πλημμυρικό γεγονός συμβαίνει με αυτή η μεγαλύτερη ένταση
- Μέσος όρος: παραπλανητικό: π.χ. περίοδος επαναφοράς 50 ετών σημαίνει ότι στα 300 χρόνια η πλημμύρα ίση η μεγαλύτερη συμβαίνει 6 φορές:
 - Μπορεί να είναι στο 50,100,150,200,250,300 έτος αλλά μπορεί αν είναι και
 - 1, 2, 200, 205, 250, 270 έτος

Περίοδος επαναφοράς

Δεν εξετάζετε σε αυτό το μάθημα

- $T=1/p$
- Προκύπτει από το μέσο όρο των γεγονότων και γεωμετρική κατανομή

$$\underline{m_0}=1/p$$

- Συνεπώς, σε μια ακολουθία Bernoulli ο χρόνος επιστροφής έχει γεωμετρική κατανομή. Ο **μέσος χρόνος επιστροφής** (που στους κύκλους των μηχανικών είναι γνωστός ως **περίοδος επιστροφής ή περίοδος επαναφοράς**) θα είναι

$$\bar{T} = E(T) =$$

= (μία επιτυχία σε ένα χρόνο, σε δύο χρόνια μία επιτυχία στο τέλος, σ

ε τρία χρόνια μία επιτυχία στο τέλος ...

$$= \sum_{t=1}^{\infty} t \cdot p q^{t-1} = p(1 + 2q + 3q^2 + \dots) \quad (1.2)$$

Περίοδος επαναφοράς σε υδραυλικά έργα

Αναλόγως της οικονομικής σκοπιμότητας

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Περίοδοι επαναφοράς (έτη) για αντιπλημμυρικά έργα

ΑΓΩΓΟΙ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΩΝ

Μικρής κυκλοφορίας (5-10)
Μεσαίας κυκλοφορίας (10-25)
Μεγάλης κυκλοφορίας (50-100)

ΓΕΦΥΡΕΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΩΝ

Δευτερεύον (10-50)
Πρωτεύον δίκτυο (50-100)

ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΕΚΤΑΣΕΩΝ (5-50)

ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΠΟΛΕΩΝ

Μικρές πόλεις (2-25)
Μεγάλες πόλεις (25-50)

ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΑ

Μικρής (5-10)
Μεσαίας (10-25)
Μεγάλης κυκλοφορίας (50-100)

ΑΝΑΧΩΜΑΤΑ

Σε αγροτικές εκτάσεις (2-50)
Σε πόλεις (50-200)

Λουκάς, 2020

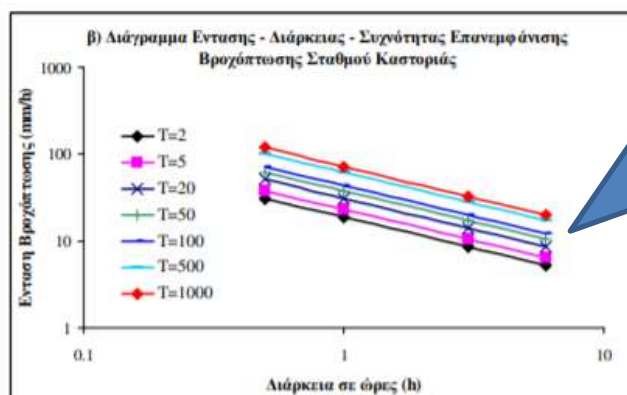
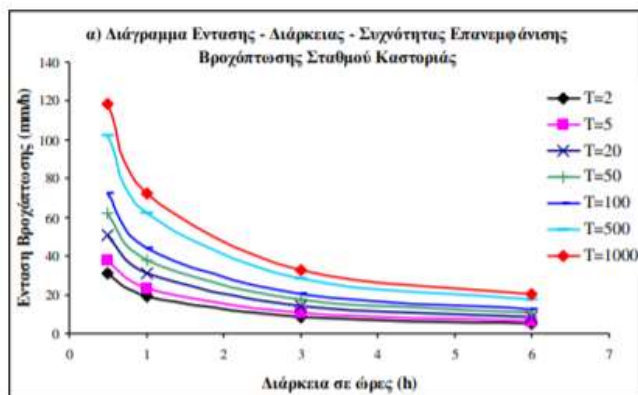


Όμβριες καμπύλες και λογαριθμική τους μορφή

ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Καμπύλες έντασης – διάρκειας – συχνότητας βροχόπτωσης (Intensity-Duration-Frequency, IDF curves)

Όμβριες καμπύλες διάρκειας – έντασης βροχοπτώσεων, για διάφορες περιόδους επαναφοράς, του σταθμού Καστοριάς: α) κοινό γραμμικό διάγραμμα, και β) λογαριθμικό διάγραμμα.



Οι ευθείες ποτές δεν συναντώνται γιατί θα είχαμε μεγαλύτερη ένταση βροχής για μικρότερη περίοδο επαναφοράς για ίδια διάρκεια βροχής

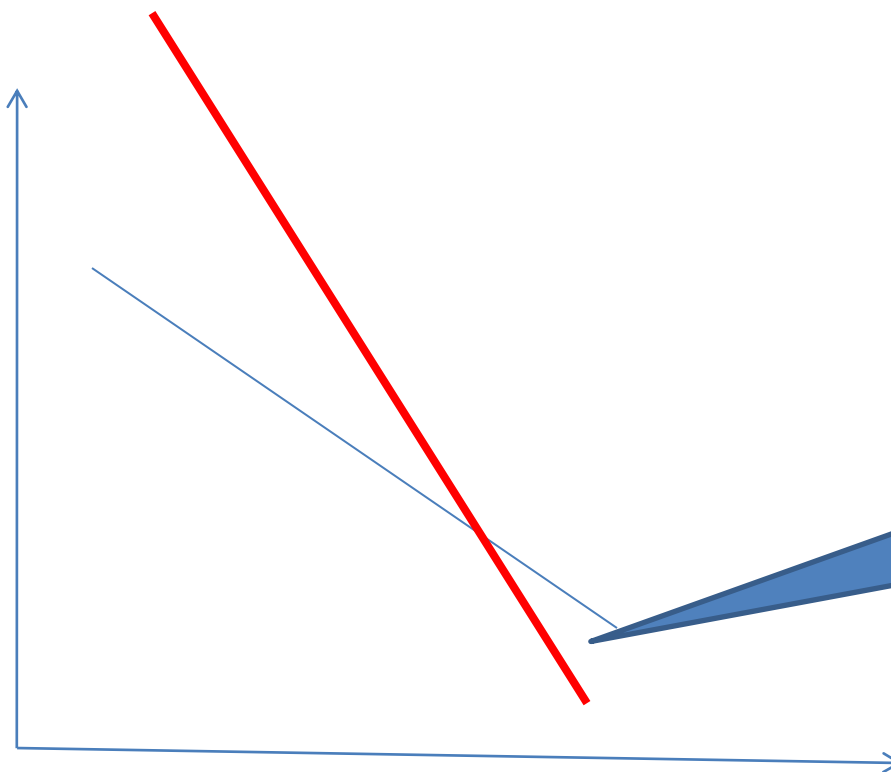
$$i = \frac{kT^\alpha}{(D+b)^m}$$

$$i = \frac{16.31851 * T^{0.2155}}{D^{0.714}}$$

Λουκάς, 2020



Άτοπο

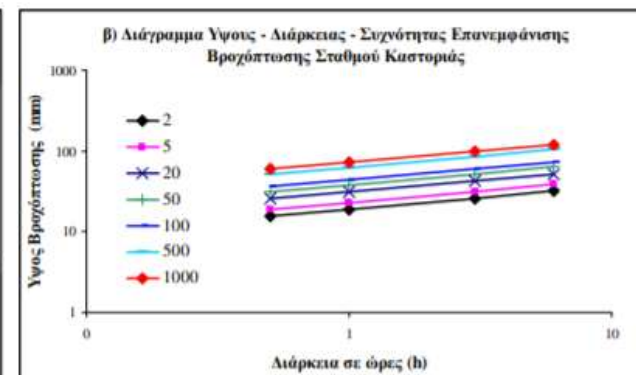
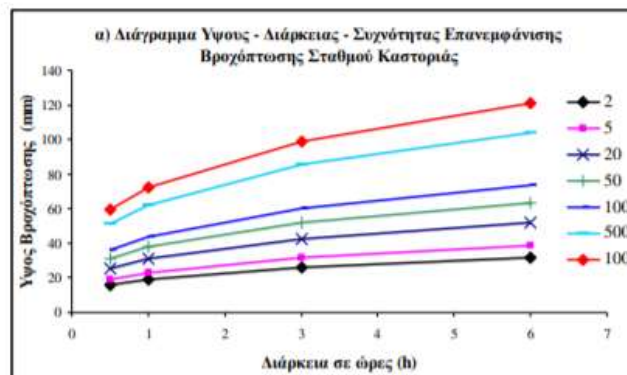


Οι ευθείες
ποτές δεν
συναντώνται
γιατί θα
είχαμε
μεγαλύτερη
ένταση
βροχής για
μικρότερη
περίοδο
επαναφοράς
για ίδια
διάρκεια
βροχής

Καμπύλες ύψους-παροχής

Καμπύλες ύψους – διάρκειας – συχνότητας βροχόπτωσης (Depth-Duration-Frequency, DDF curves)

Όμβριες καμπύλες διάρκειας – ύψους βροχοπτώσεων, για διάφορες περιόδους επαναφοράς, του σταθμού Καστοριάς: α) κοινό γραμμικό διάγραμμα, και β) λογαριθμικό διάγραμμα.



$$P = kT^{\alpha} (D + b)^{(1-m)}$$

$$P = 16.31851 * T^{0.2155} * D^{0.286}$$



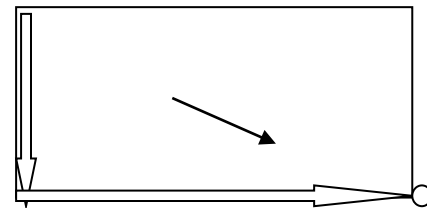
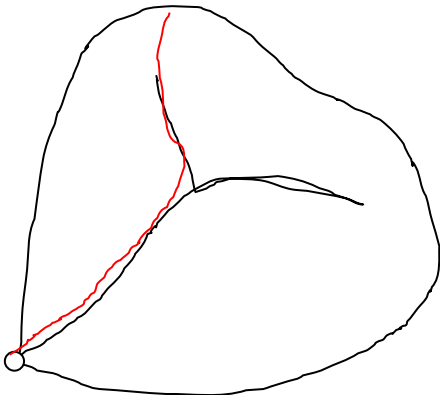
Δημιουργία ομβρίων καμπυλών

- Δεδομένα βροχομετρικών σταθμών
- Εγγειοβελτιωτικά: Πεδινές εκτάσεις
- Σταθμοί μετεωρολογικής υπηρεσίας σε πρωτεύουσες νομών

Χρόνος συγκέντρωσης

- Χρόνος συγκέντρωσης

- Χρόνος που χρειάζεται το νερό να διανύσει την απόσταση από το πιο απομακρυσμένο σημείο της λεκάνης ως την έξοδο ακολουθώντας το υδρογραφικό δίκτυο
- Διάκριση μεταξύ φυσικών λεκανών και αστικών λεκανών
- Συνιστώσες χρόνου συγκέντρωσης:
 - Σε επιφάνειες (πειραματικές σχέσεις π.χ. Wanielista, 1978)
 - Ρηχή ροή (πειραματικές, Manning)
 - Διαμορφωμένη διατομή με βαθιά ροή (Manning)



Φυσικές λεκάνες---χρήση και σε αρδευόμενες εκτάσεις

(i) Ο χρόνος συγκέντρωσης t_c (min) να υπολογιστεί από την εξίσωση του Kirpich:

$$t_c = 0.02 \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0.385}$$

όπου L (m) το συνολικό μήκος ροής από το πλέον απομακρυσμένο σημείο της κεκλιμένης επιφάνειας έως την έξοδο της τάφρου και S η κατά μήκος κλίση του εδάφους.

Δεν χρησιμοποιώ εξισώσεις για να βρω το χρόνο συγκέντρωσης που ισχύουν σε φυσικές λεκάνες σε αστικές λεκάνες

Όπως είναι φανερό η παραπάνω εξίσωση στηρίζεται στην υπόθεση ότι είναι γνωστός ο χρόνος συγκέντρωσης. Ο χρόνος συγκέντρωσης, t_c , μπορεί να υπολογισθεί από εμπειρικές εξισώσεις όπως του Kirpich (1940):

$$\rightarrow t_c = 0.02 \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0.385} \quad (\text{min}) \quad \text{ρίμπα} \quad (11.20)$$

όπου:

L = η απόσταση κατά μήκος του κυρίου ρεύματος από το πιο απομακρυσμένο σημείο μέχρι την έξοδο της λεκάνης, m

S = η μέση κλίση κατά μήκος του μήκους της διαδρομής L , m/m.

Ένας άλλος εμπειρικός τρόπος εκτίμησης του χρόνου συγκέντρωσης που έχει χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν σε μελέτες είναι η Εξίσωση Giandotti:

$$\rightarrow t_c = \frac{4 \sqrt{A} + 1.5 L}{0.8 \sqrt{\Delta H}} \quad (\text{hr}) \quad (11.21)$$

όπου:

A = η έκταση της λεκάνης απορροής, Km^2

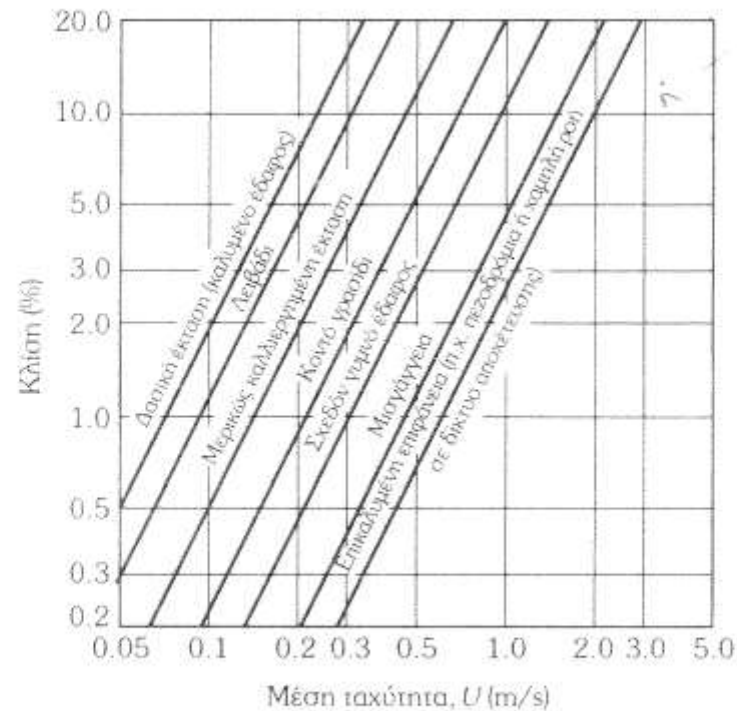
L = η απόσταση κατά μήκος του κυρίου ρεύματος μέχρι την έξοδο της λεκάνης, Km

ΔH = η υψομετρική διαφορά μεταξύ μέσου υψομέτρου της λεκάνης και της κοίτης του ρεύματος στην έξοδο της λεκάνης, m.

Ο χρόνος συγκέντρωσης μπορεί επίσης να εκτιμηθεί με βάση την διαδρομή που ακολουθεί το νερό από το πιο απομακρυσμένο σημείο μέχρι την έξοδο. Δηλαδή μπορεί να χωριστεί σε επιμέρους χρόνους διαδρομής (α) πάνω στην επιφάνεια του εδάφους (β) σε μισγάγγειες (γ) σε ρεύμα. Κάθε ένας από αυτούς τους χρόνους μπορεί να προσεγγισθεί με διαφορετικό τρόπο. Για παράδειγμα η ταχύτητα ροής στα ρεύματα και τις μισγάγγειες μπορεί να προκύψει με τις γνωστές εμπειρικές εξισώσεις (π.χ. Manning) ενώ η ταχύτητα ροής πάνω στο έδαφος μπορεί να προκύψει από διαγράμματα που έχουν πειραματική βάση ως συνάρτηση της κλίσης και της μορφής / χρήσης, της επιφάνειας

Αστικές λεκάνες

413



Σχ. 11.14: Μέση ταχύτητα ροής πάνω σε έδαφος για διαφορετικές επιφάνειες εδάφους (Wanielista, 1978).

Διάλλειμα: επίδραση αστικοποίησης

Επίδραση αστικοποίησης:

- Μείωση του χρόνου συγκέντρωσης →
Αύξηση έντασης βροχής
- Αύξηση συντελεστή απορροής C

Βροχή μικρής σχετικά περιόδου επαναφοράς δημιουργεί ζημίες που αντιστοιχούσαν (πριν) σε βροχή μεγαλύτερης περιόδου επαναφοράς

Βήματα ορθολογικής μεθόδου κατά το σχεδιασμό

- Επιλογή περιόδου επαναφοράς αναλόγως της σημαντικότητας και της επικινδυνότητας του έργου
- Εύρεση χρόνου συγκέντρωσης λεκάνης
- Εφαρμογή του χρόνου αυτού στη όμβρια καμπύλη (διάρκεια βροχής)
 - Εάν εφαρμόσουμε μικρότερη διάρκεια βροχής δε συμβάλλει όλη η λεκάνη στην απορροή
 - Εάν εφαρμόσουμε μεγαλύτερη διάρκεια βροχής προκύπτει μικρότερη ένταση βροχής

Εφαρμογή 1

Κεκλιμένη επιφάνεια έκτασης 100 στρεμμάτων, ορθογωνικού σχήματος, αποστραγγίζεται από τάφρο στην κάτω πλευρά της. Το μήκος της επιφάνειας είναι 1000m και η κλίση της 2%, ενώ το μήκος της τάφρου είναι 100m με κλίση 1%. Ζητούνται:

1. Ποιά θα είναι η παροχή αιχμής πλημμύρας στην έξοδο της τάφρου για περίοδο επαναφοράς της ραγδαίας βροχής $T = 25$ έτη;

2. Ποιός ο συνολικός όγκος πλημμύρας με βάση το συνθετικό τριγωνικό υδρογράφημα;

Οι υπολογισμοί να γίνουν με την ορθολογική μέθοδο και με επιπλέον δεδομένα τα παρακάτω:

- (i) Ο χρόνος συγκέντρωσης t_c (min) να υπολογιστεί από την εξίσωση του Kirpich:

$$t_c = 0.02 \cdot L^{0.77} \cdot S^{-0.385}$$

όπου L (m) το συνολικό μήκος ροής από το πλέον απομακρυσμένο σημείο της κεκλιμένης επιφάνειας έως την έξοδο της τάφρου και S η κατά μήκος κλίση του εδάφους.

Η όμβρια καμπύλη της περιοχής για $T = 25$ έτη, δίνεται από την εξίσωση:

$$r = 29.1 \cdot t^{-0.53}, \quad (r: \text{σε mm/h}, \quad t: \text{σε h}).$$

Για την επιλογή του πλημμυρικού συντελεστή απορροής να ληφθεί υπόψη ότι το έδαφος είναι μέσης διηθητικότητας και ότι η έκταση καλλιεργείται.

Χρόνος βροχής σχεδιασμού= χρόνος συγκέντρωσης

Λύση. Ο συνολικός χρόνος συγκέντρωσης είναι το άθροισμα του χρόνου ροής στην κεκλιμένη επιφάνεια, t_{c1} και του χρόνου ροής στην τάφρο, t_{c2} .

$$\begin{aligned} t_c &= t_{c1} + t_{c2} = 0.02 \cdot (1000^{0.77} \cdot 0.02^{-0.385} + 100^{0.77} \cdot 0.01^{-0.385}) = \\ &= 22.5 \text{ min} = 0.375 \text{ h} \end{aligned}$$

Η ένταση της ραγδαίας βροχής για διάρκεια ίση με το χρόνο συγκέντρωσης είναι:

$$r = 29.1 \cdot t^{-0.53} = 29.1 \cdot 0.375^{-0.53} = 48.9 \text{ mm/h}$$

Συντελεστής απορροής

Ο πλημμυρικός συντελεστής απορροής με βάση τον Πίνακα 9.1 έχει τιμή: $C = 0.5$.

Πίν. 9.1: Πλημμυρικός συντελεστής απορροής C για γεωργικές εκτάσεις

Κλίση εδάφους (%)	Διηθητικότητα εδάφους		
	Υψηλή	Μέση	Χαμηλή
Καλλιεργημένη έκταση			
< 5	0.30	0.50	0.60
5 - 10	0.40	0.60	0.70
10 - 30	0.50	0.70	0.80
Λειβάδια			
< 5	0.10	0.30	0.40
5 - 10	0.15	0.35	0.55
10 - 30	0.20	0.40	0.60

Ορθολογική μέθοδος---παροχή αιχμής

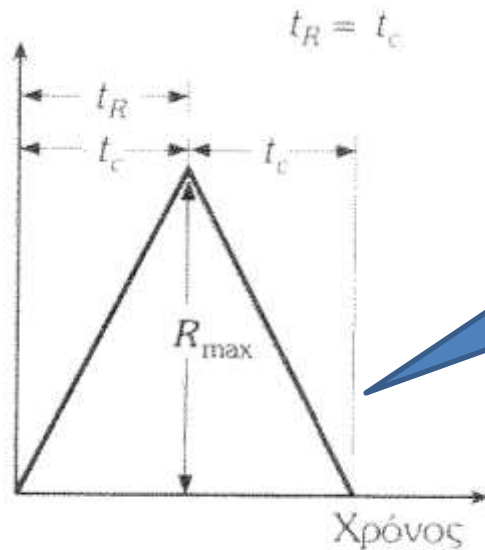
Εφαρμόζεται η εξ. (9.1):

$$Q = C \cdot r \cdot A / 3600 = 0.5 \cdot 48.9 \cdot 100 / 3600 = 0.68 \text{ m}^3/\text{s}$$

Όγκος πλημμύρας

Ο συνολικός όγκος πλημμύρας με βάση το συνθετικό τριγωνικό υδρογράφημα θα είναι:

$$\begin{aligned} V &= 0.5 \cdot Q \cdot (t_c + 1.67 \cdot t_c) = 0.5 \cdot Q \cdot 2.67 \cdot t_c = \\ &= 0.5 \cdot 0.68 \cdot 2.67 \cdot 0.375 \cdot 3600 = 1225 \text{ m}^3. \end{aligned}$$



1.67 t_c

Χρόνος βροχής = χρόνο
συγκέντρωσης

ΕΦΑΡΜΟΓΗ 1 – ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΙΑ ΤΑΦΡΟΣ ΣΕ ΚΑΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΗ ΕΚΤΑΣΗ (ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΟ ΕΡΓΟ για ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ)

1. ΣΧΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ



2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΛΕΚΑΝΗΣ

Έκταση λεκάνης, $A = 0.12 \text{ km}^2$ (12 ha)
 Συντελεστής απορροής, $C = 0.35$
 Μήκος κύριας διαδρομής, $L = 400 \text{ m}$
 Μέση κλίση λεκάνης, $S_m = 0.010$
 Περίοδος επαναφοράς, $T = 10$ έτη

3. ΧΡΟΝΟΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ

Μέθοδος Kirpich:

$$t_c = 0.0195 L^{0.77} S_m^{-0.385}$$

$$t_c = 0.0195 400^{0.77} 0.010^{-0.385}$$

$$t_c = 11.6 \text{ min} = 12 \text{ min}$$

4. ΕΝΤΑΣΗ ΒΡΟΧΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

IDF ($T = 10$ έτη):

$$i = \frac{520}{(t_c + 10)^{0.72}}$$

$$i = \frac{520}{(12 + 10)^{0.72}} = 57 \text{ mm/h}$$

5. ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ – ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

$$Q = 0.278 C i A \text{ (m}^3/\text{s)}$$

$$Q = 0.278 \times 0.35 \times 57 \times 0.12 = 0.665 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_d = 0.67 \text{ m}^3/\text{s}$$

6. ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΑΦΡΟΥ

Τύπος: τραπεζοειδής, αντενδεδυτή
 Πλάτος πυθμένα, $b = 1.20 \text{ m}$
 Πρανές, $z = 1.5\text{H}:1\text{V}$
 Κλίση πυθμένα, $S_b = 0.002$
 Manning, $n = 0.030$
 Ελεύθερο περιθώριο, $f = 0.20 \text{ m}$
 Υπόθεση βάθους ροής, $y = 0.50 \text{ m}$

7. ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ (MANNING)

Παράμετρος	Τύπος	Υπολογισμός	Τιμή
Εμβαδόν ροής, A_r	$A_r = y(b + zy)$	$0.50 (1.20 + 1.5 \times 0.50)$	0.975 m^2
Βρεχόμενη περίμετρος, P	$P = b + 2y\sqrt{1+z^2}$	$1.20 + 2 \times 0.50 \sqrt{1+1.5^2}$	3.00 m
Υδραυλική ακτίνα, R	$R = \frac{A_r}{P}$	$0.975 / 3.00$	0.325 m
Παραχτεντικότητα, Q_{cap}	$Q = \frac{1}{n} A_r R^{2/3} S_b^{1/2}$	$\frac{1}{0.030} \times 0.975 \times 0.325^{2/3} \times 0.002^{1/2}$	$0.69 \text{ m}^3/\text{s}$

$$\text{Έλεγχος παροχής: } Q_{cap} = 0.69 \text{ m}^3/\text{s} > Q_d = 0.67 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow \text{ΕΠΑΡΚΕΙ}$$

8. ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΑΝΕΠΕΝΔΥΤΗ ΤΑΦΡΟ

Μέση ταχύτητα:

$$V = \frac{Q_{cap}}{A_r} = \frac{0.69}{0.975} = 0.70 \text{ m/s}$$

Μέγιστη επιτρεπτή ταχύτητα (ενδεικτικά):

Sandy loam: 0.75 m/s Silty loam: 0.90 m/s Clay loam: 1.07 m/s

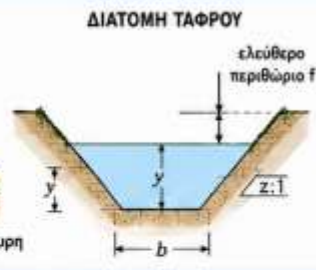
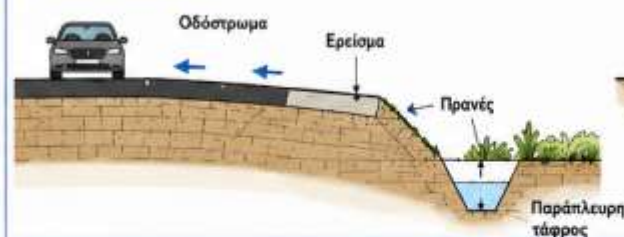
$$\text{Έλεγχος: } V = 0.70 \text{ m/s} < V_{max} = 0.75 \text{ m/s} \rightarrow \text{ΑΠΟΔΕΚΤΗ}$$

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ: Η συλλεκτήρια τάφρος είναι επαρκής ως προς παροχή και ταχύτητα.

Ενδεικτική βιβλιογραφία: ODOT Hydraulic Manual, Appendix F - Rational Method, Table 1 (Pavement & Roads: $C = 0.30$, Side Slopes, Earth: $C = 0.60$).

ΕΦΑΡΜΟΓΗ 2 – ΠΑΡΑΠΛΕΥΡΗ ΤΑΦΡΟΣ ΣΕ ΟΔΟΠΟΙΑ (ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΟΔΟΥ)

1. ΣΧΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ



2. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΛΕΚΑΝΗΣ

Έκταση απορροής, $A = 0.025 \text{ km}^2$ (2.5 ha)
 Συντελεστής απορροής, $C = 0.90$
 Μήκος κύριας διαδρομής, $L = 220 \text{ m}$
 Μέση κλίση λεκάνης, $S_m = 0.020$
 Περίοδος επαναφοράς, $T = 10$ έτη

Βιβλιογραφική τιμή συντελεστή οδοστρώματος/ασφαλτικής επιφάνειας $C = 0.90$ (π.χ. Chow et al., 1988 - εννοία τιμή).

3. ΧΡΟΝΟΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ

Kirpich:

$$t_c = 0.0195 L^{0.77} S_m^{-0.385}$$

$$t_c = 0.0195 220^{0.77} 0.020^{-0.385}$$

$$t_c = 5.6 \text{ min}$$

(Ελάχιστη διάρκεια για IDF: 10 min)

$$t_c = 10 \text{ min}$$

4. ΕΝΤΑΣΗ ΒΡΟΧΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

IDF ($T = 10$ έτη):

$$i = \frac{520}{(t_c + 10)^{0.72}}$$

$$i = \frac{520}{(10 + 10)^{0.72}} = 60 \text{ mm/h}$$

5. ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ – ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

$$Q = 0.278 C i A \text{ (m}^3/\text{s)}$$

$$Q = 0.278 \times 0.90 \times 60 \times 0.025 = 0.38 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_d = 0.38 \text{ m}^3/\text{s}$$

6. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΑΦΡΟΥ (ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΑ)

Τύπος: τραπεζοειδής, αντενδεδυτή
 Πλάτος πυθμένα, $b = 0.40 \text{ m}$
 Πρανές, $z = 2\text{H}:1\text{V}$
 Κλίση πυθμένα, $S_b = 0.002$
 Manning, $n = 0.035$
 Ελεύθερο περιθώριο, $f = 0.15 \text{ m}$
 Υπόθεση βάθους ροής, $y = 0.55 \text{ m}$

7. ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ (MANNING)

Παράμετρος	Τύπος	Υπολογισμός	Τιμή
Εμβαδόν ροής, A_r	$A_r = y(b + zy)$	$0.55 (0.40 + 2 \times 0.55)$	0.825 m^2
Βρεχόμενη περίμετρος, P	$P = b + 2y\sqrt{1+z^2}$	$0.40 + 2 \times 0.55 \sqrt{1+2^2}$	2.86 m
Υδραυλική ακτίνα, R	$R = \frac{A_r}{P}$	$0.825 / 2.86$	0.288 m
Παραχτεντικότητα, Q_{cap}	$Q = \frac{1}{n} A_r R^{2/3} S_b^{1/2}$	$\frac{1}{0.035} \times 0.825 \times 0.288^{2/3} \times 0.002^{1/2}$	$0.46 \text{ m}^3/\text{s}$

$$\text{Έλεγχος παροχής: } Q_{cap} = 0.46 \text{ m}^3/\text{s} > Q_d = 0.38 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow \text{ΕΠΑΡΚΕΙ}$$

8. ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΑΝΕΠΕΝΔΥΤΗ ΤΑΦΡΟ

Μέση ταχύτητα:

$$V = \frac{Q_{cap}}{A_r} = \frac{0.46}{0.825} = 0.56 \text{ m/s}$$

Μέγιστη επιτρεπτή ταχύτητα (ενδεικτικά):

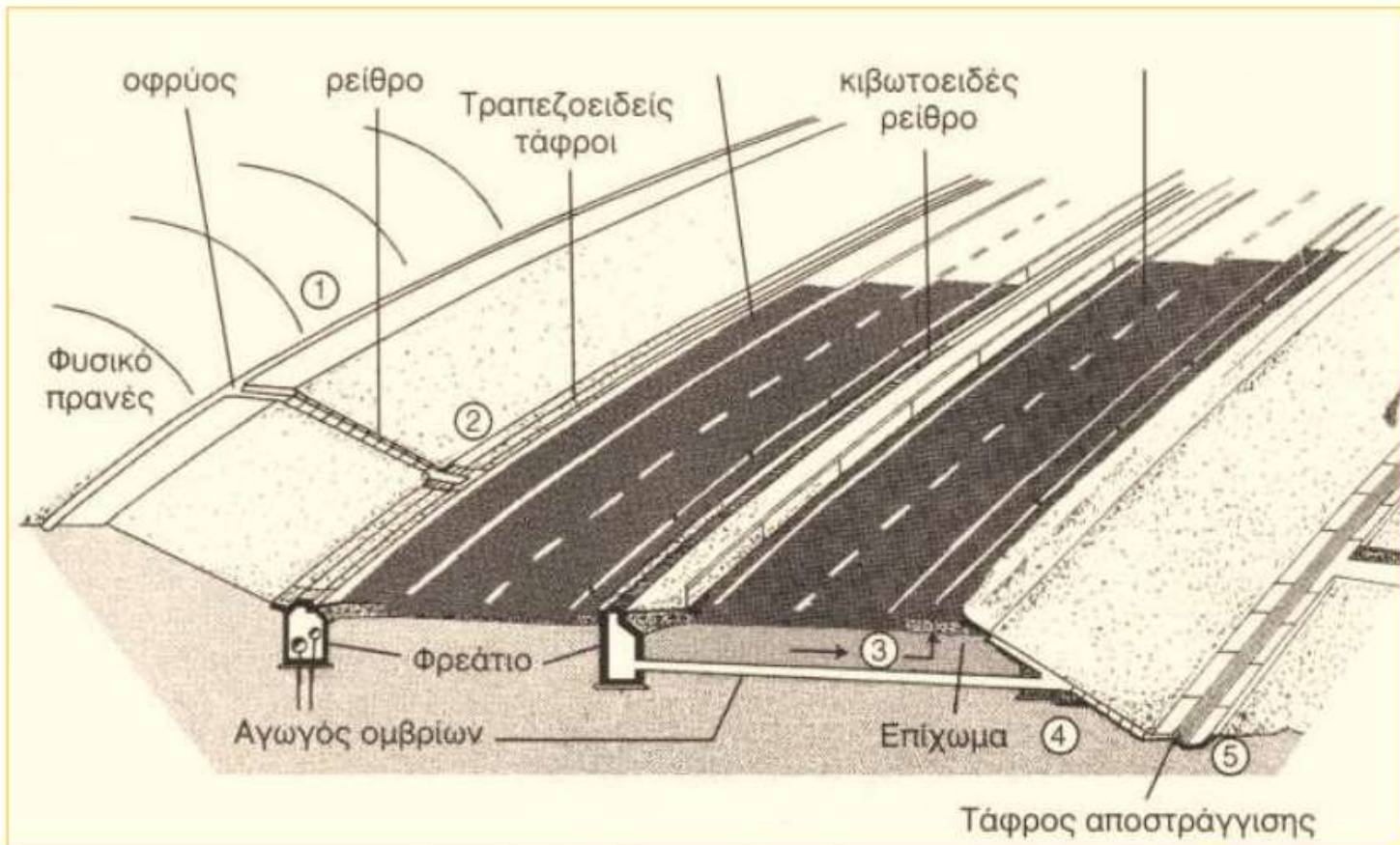
Sandy loam: 0.75 m/s Silty loam: 0.90 m/s Clay loam: 1.07 m/s

$$\text{Έλεγχος: } V = 0.56 \text{ m/s} < V_{max} = 0.75 \text{ m/s} \rightarrow \text{ΑΠΟΔΕΚΤΗ}$$

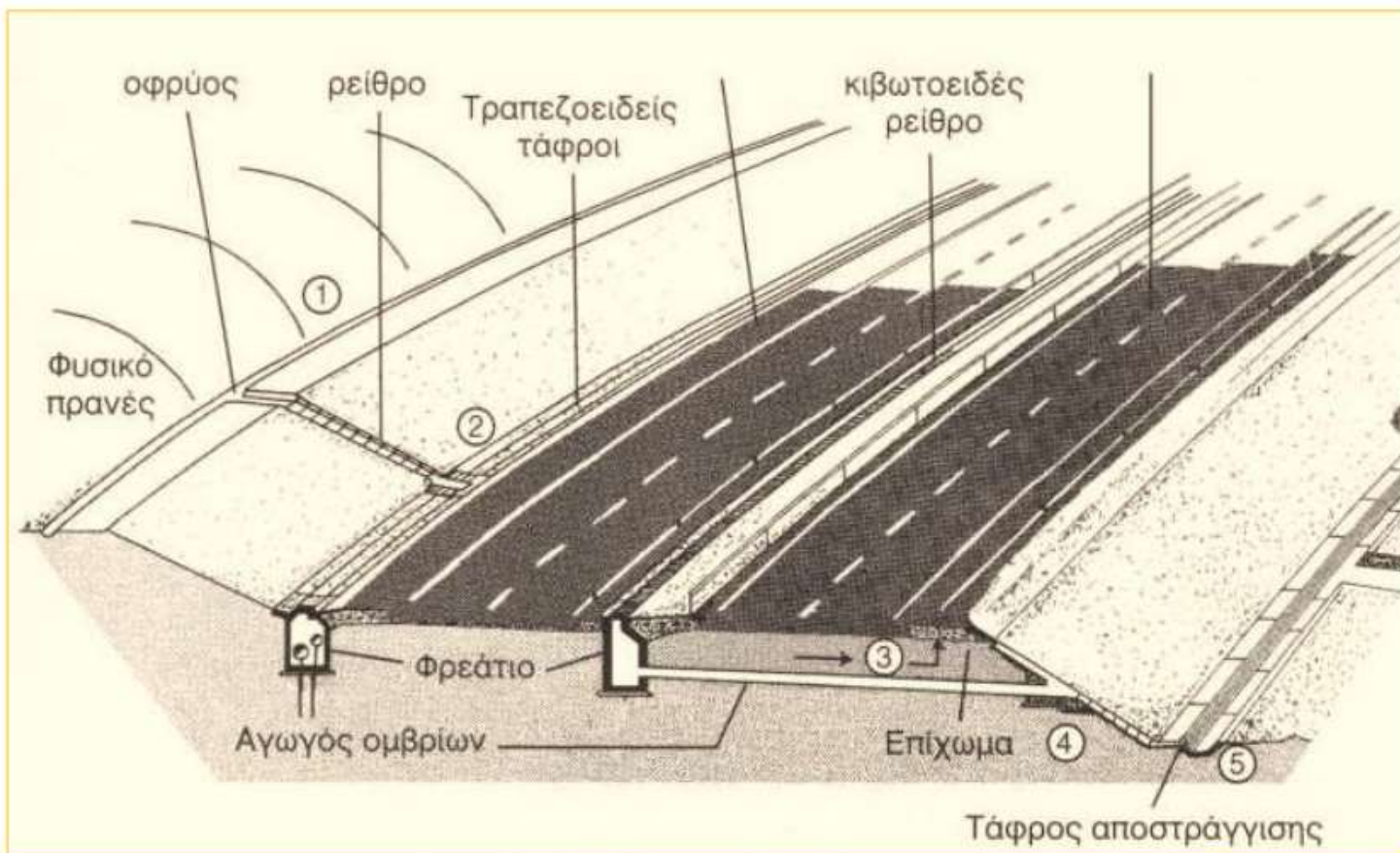
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ: Η παράπλευρη τάφρος επαρκεί ως προς παροχή και ταχύτητα μετά τη διόρθωση του συντελεστή απορροής ($C = 0.90$).

Ενδεικτική βιβλιογραφία: ODOT Hydraulic Manual, Appendix F - Rational Method, Table 1 (Pavement & Roads: $C = 0.30$, Side Slopes, Earth: $C = 0.60$).

Όμβρια, ορθολογική και οδοποιία



Οδοποιία



Σχέση πλάτους – πυθμένα – τάφρος πατέντα για να βγαίνει ο έλεγχος

Όσον αφορά στην τιμή του λόγου πλάτους πυθμένα – βάθους ροής, το U.S. Bureau of Reclamation προτείνει την απλή εμπειρική σχέση:

$$y_0 / A^{1/2} = 0,5$$

όπου $A = (by_0 + zy_0^2)$

Λύνοντας ως $b/y_0 \rightarrow b/y_0 = 4 - z$

Ο Bauzil (1952) με βάση τη θεώρηση της ελαχιστοποίησης του εμβαδού υγρής διατομής της τάφρου κατέληξε:

$$b/y_0 = 2 \cdot \{(1 + z^2)^{1/2} - z\}$$

Επιπρόσθετο
σε σχέση με
το μάθημα
της
Υδραυλικής

z	b / y_0
0.5	1.236
0.75	1.000
1.00	0.828
1.25	0.701
1.50	0.605
2.00	0.472
3.00	0.324

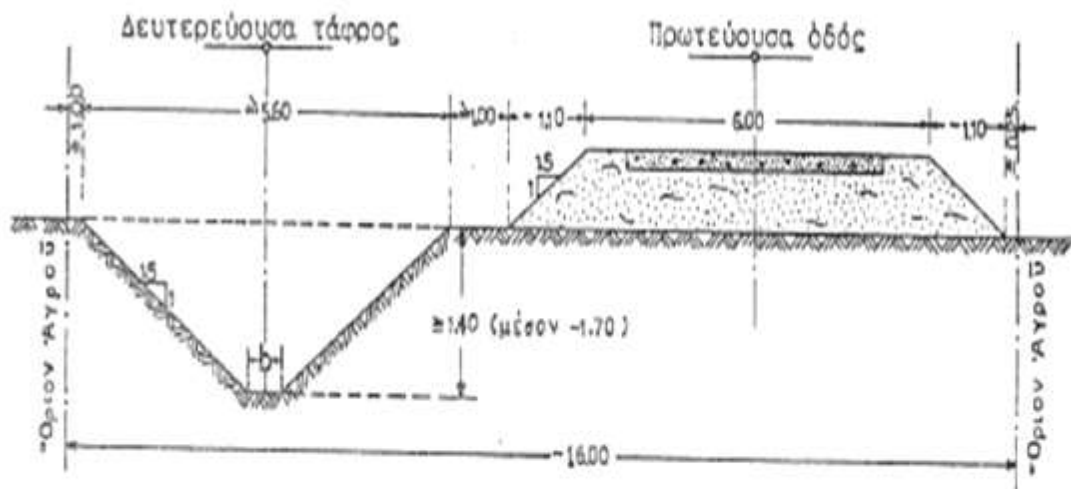
Τσακίρης, 2010 και Σιδηρόπουλος, 2020

Υδραυλικός σχεδιασμός τάφρων

Δρ Μ. Σπηλιώτης

(κυρίως με βάση Τσακίρης, 2010)

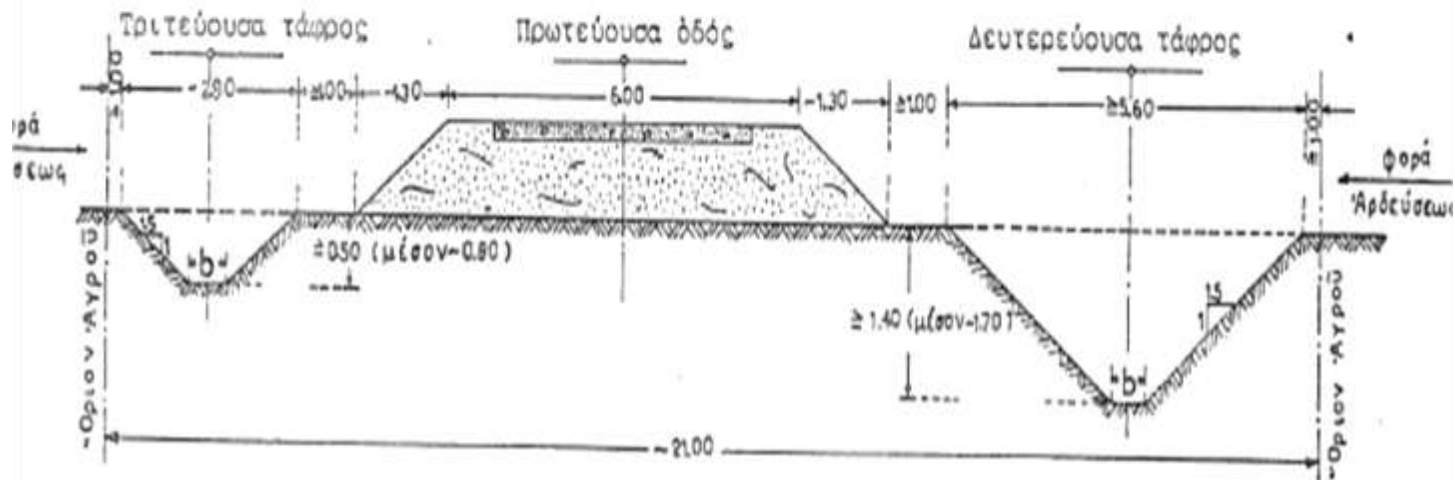
Δ. ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΗΣ ΤΑΦΡΟΥ-ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΗΣ ΟΔΟΥ



Σακκάς, 1988



Ε. ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΗΣ ΟΔΟΥ ΚΑΙ ΔΥΟ ΠΑΡΑΛΛΗΛΩΝ ΤΑΦΩΝ ΕΚΑΤΕΡΩΘΕΝ
(Τοπική περίπτωση)



Τάφρος

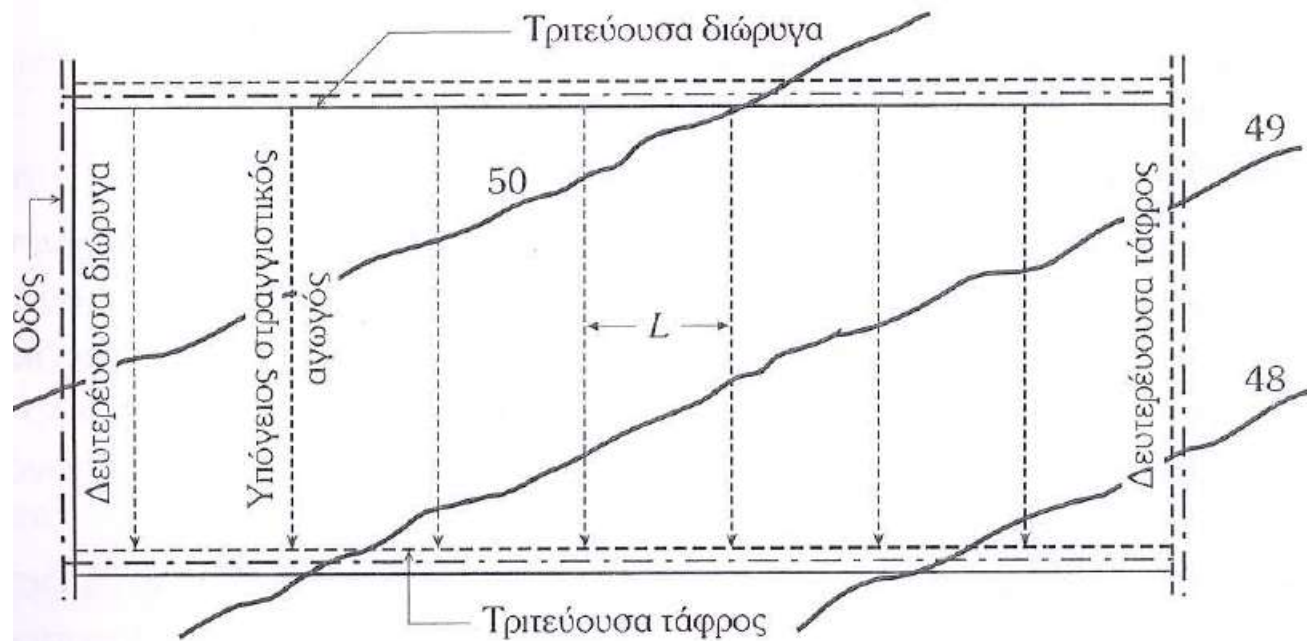
Στράγγιση: συλλογή πλεονάζοντος νερού στην **επιφάνεια** ή το **ριζόστρωμα**

Τάφρος: **Ανεπένδυτη διώρυγα** για συλλογή πλεονάζοντος νερού στην **επιφάνεια**

Συλλέγει:

- Πλεονάζον νερό άρδευσης
- Πλεονάζον νερό ραγδαία βροχής
- Συνήθως δυσμενέστερη περίπτωση η δεύτερη (υδρολογικός σχεδιασμός για παροχή αιχμής)

Ντραίνες για απομάκρυνση νερού από το **ριζόστρωμα** και έλεγχο φρεατικής στάθμης



Σχ. 1: Τυπική διάταξη στραγγιστικών αγωγών σ' ένα επιφανειακό δίκτυο άρδευσης.

Ανεπένδυτες διώρυγες--- περιορισμός μέγιστης ταχύτητας

*Μέγιστες επιτρεπόμενες ταχύτητες ροής σε σπραγγιστική
τάφρο ανάλογα με τη φύση του εδάφους (Τζιμόπουλος,
1983)*

Εδαφος	Μέγιστη ταχύτητα ροής (m/s)
Αργίλος, πηλός	0.6 έως 0.8
Συνεκτικά αμμόδη εδάφη και αμμοίλες	0.3 έως 0.6
Λεπτή άμμος	0.15 έως 0.3
Χονδρή άμμος	0.2 έως 0.5
Σκληρή τύρφη	0.3 έως 0.6
Μαλακή τύρφη	0.15 έως 0.3

Πίνακας 3.3

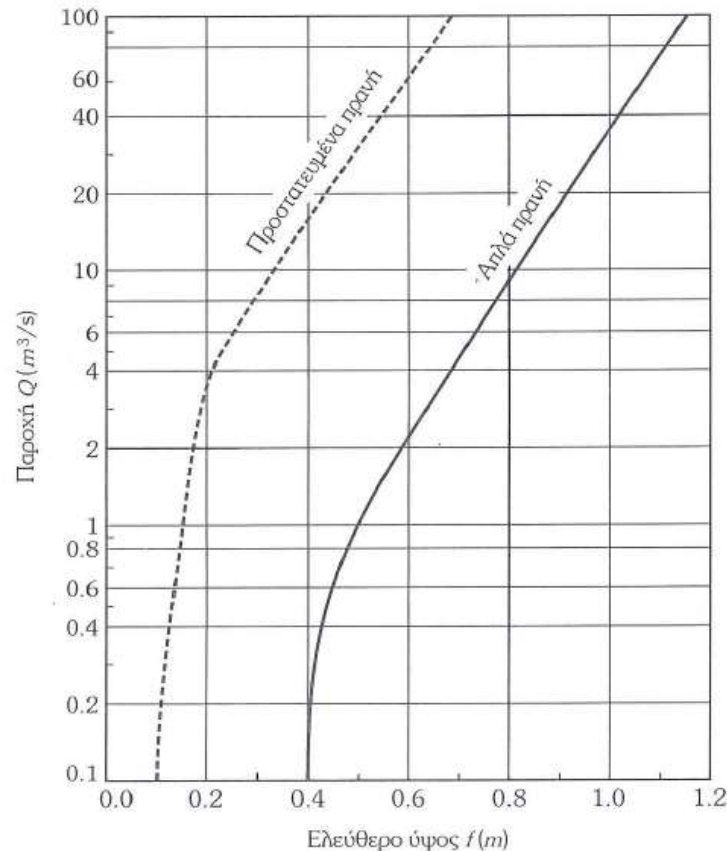
Επιτρεπόμενα όρια μεγίστων και ελαχίστων ταχυτήτων και κλίσεις πρανών
σε διάφορες περιπτώσεις ανοιχτών αγωγών

ΜΕΓΙΣΕΣ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ			
α/α	Σύσταση αρχικού υλικού κοίτης	Καθαρό νερό [m/s]	Νερό που μεταφέρει άμμο ή χαλίκια [m/s]
1	Λεπτή άμμος	0.45	0.45
2	Ιλυώδες έδαφος	0.60	0.60
3	Συμπαγής άργιλλος	0.75	0.70
4	Πολύ σκληρή άργιλλος	1.80	1.50
5	Λεπτά χαλίκια	0.75	1.15
6	Λίθοι	1.50	2.00
ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ			
α/α	Σύσταση νερού	Ταχύτητα ροής [m/s]	
1	Νερά βορβορώδη	0.35-0.40	
2	Νερά που μεταφέρουν λεπτή άμμο	0.60-0.65	
3	Νερά πόσιμα	0.50-0.65	
4	Νερά στάσιμα που αποχετεύονται	0.65-0.80	

Ελάχιστες κλίσεις πρανών για διάφορα βάθη τάφρων (Boss, 1994, p743).

Βάθος Τάφρου (γ)	Ελάχιστη τιμή (z)
$\gamma \leq 1\text{m}$	1,0
$1 < \gamma < 2$	1,5
$\gamma \geq 2\text{m}$	2,0

Ελεύθερο περιθώριο w (αντίστοιχο f)



Προστατευμένα
πρανή: σαρζανέτια
ή λιθορριπή)

Ελεύθερο ύψος (περιθώριο ασφαλείας) (*freeboard*) w από την ελεύθερη στάθμη του νερού σε μια τάφρο.

Συντελεστής Manning σε τάφρους

- Ανεπένδυτοι
- Μεταβλητή τραχύτητα στο χρόνο
- Περιορισμένο πλάτος

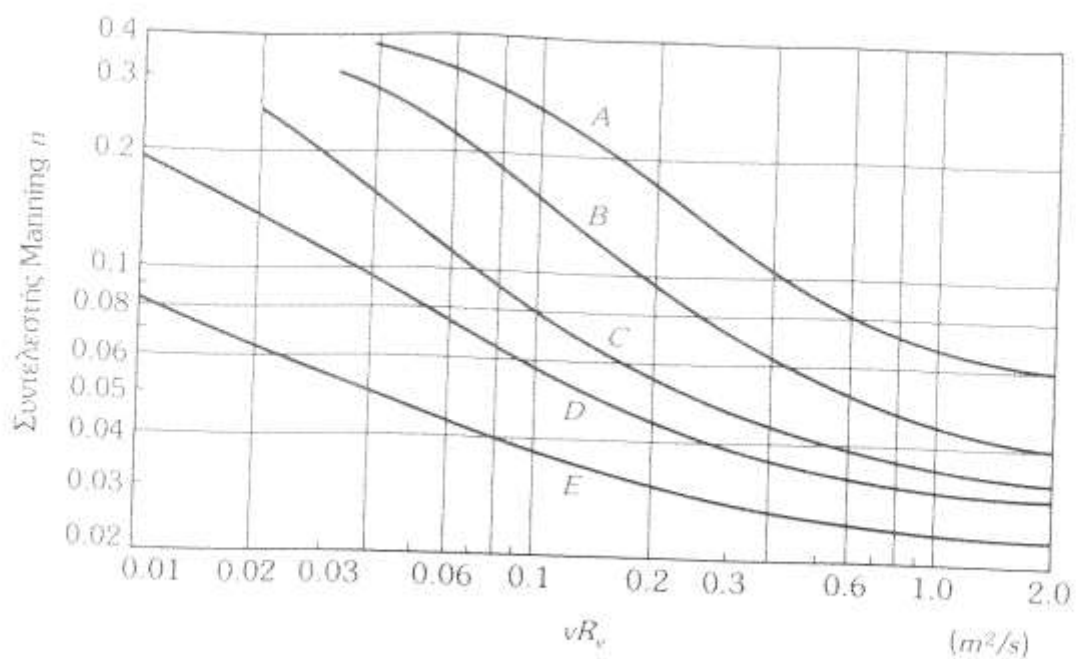
Θά πρέπει νά σημειωθεῖ ὅτι σέ πολλές τάφρους ὑπάρχει μεγάλη ἀνάπτυξη ὑδροχαρῶν φυτῶν καί πρασίνου καί ἡ ροή τοῦ νεροῦ γίνεται σέ πολύ χαμηλές ταχύτητες, ὅποτε ὁ συντελεστής $n=(1/K)$ ἐξαρτιέται ἀπό τόν ἀριθμό *Reynolds*

$$Re = \frac{V \cdot R}{\nu}$$

ὅπου V = ἡ μέση ταχύτητα, R =ἡ ὑδραυλική ἀκτίνα καί ν =τό κινηματικό ἰξῶδες

Τζιμοπουλος, 1983

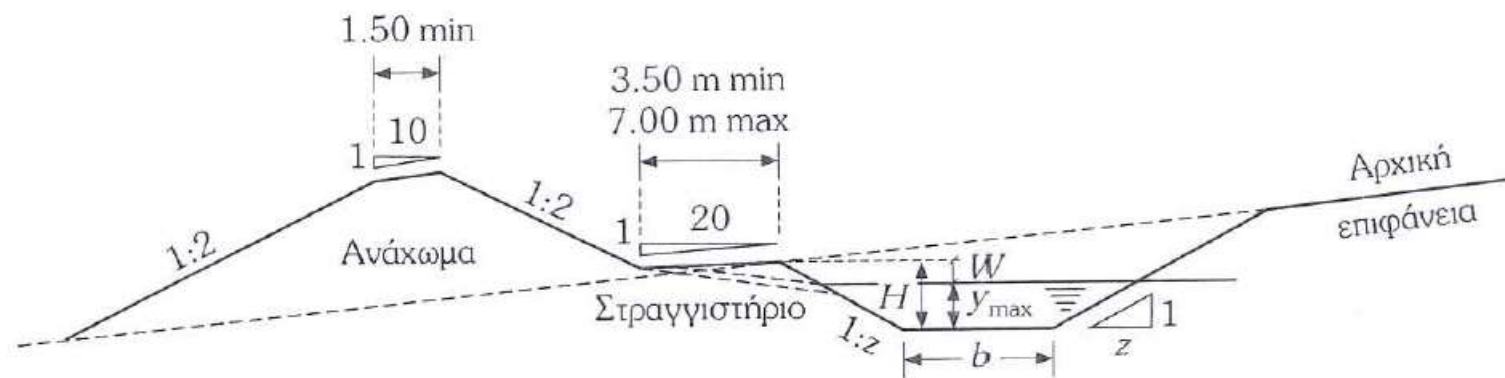
Στο Σχήμα 9.16 επιλέγεται η κατάλληλη καμπύλη (A, B, C, D ή E) με τη βοήθεια του Πίνακα 9.6.



Σχ. 9.16: Εκτίμηση του συντελεστή τραχύτητας n του Manning σε τάφρους με φυτοκάλυψη.

Πιν. 9.6: Κατάσταση φυτοκάλυψης σε ανεπένδυτη στραγγιστική τάφρο (Int. Inst. Land Reclamation, 1974)

Μέσο μήκος πρασίνου (m) (m)	Ανάπτυξη καλή	Ανάπτυξη αρκετά καλή
> 0.75	A	B
0.30 - 0.60	B	C
0.15 - 0.25	C	D
0.05 - 0.15	D	D
< 0.05	E	E



Διατομή τάφρου κεκλιμένης περιοχής

Κλίση πρανών

Το οριζόντιο τμήμα z της κλίσης των πρανών στραγγιστικών τάφρων ανάλογα με το είδος του εδάφους (Int. Inst. Land Reclamation, 1974)

Είδος εδάφους	z^*
Σκληρή τύρφη	1 έως 2
Μαλακή τύρφη	3 έως 4
Σκληρή άργιλος, πηλός	0.75 έως 2
Αμμώδης άργιλος, συνεκτικό αμμώδες έδαφος	1.5 έως 2.5
Αμμώδης πηλός, πορώδης άργιλος	2 έως 3
Χαλαρό αμμώδες έδαφος	2 έως 4
Πετρώματα	0.25

* Η κλίση των πρανών είναι 1 (κατακόρυφο) : z (οριζόντιο).

Σχέση πλάτους – πυθμένα - τάφρος

Όσον αφορά στην τιμή του λόγου πλάτους πυθμένα – βάθους ροής, το U.S. Bureau of Reclamation προτείνει την απλή εμπειρική σχέση:

$$y_0 / A^{1/2} = 0,5$$

όπου $A = (by_0 + zy_0^2)$

Λύνοντας ως $b/y_0 \rightarrow b/y_0 = 4 - z$

Ο Bauzil (1952) με βάση τη θεώρηση της ελαχιστοποίησης του εμβαδού υγρής διατομής της τάφρου κατέληξε:

$$b/y_0 = 2 \cdot \{(1 + z^2)^{1/2} - z\}$$

Επιπρόσθετο
σε σχέση με
το μάθημα
της
Υδραυλικής

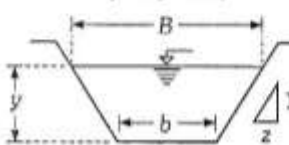
z	b/y_0
0.5	1.236
0.75	1.000
1.00	0.828
1.25	0.701
1.50	0.605
2.00	0.472
3.00	0.324

Τσακίρης, 2010 και Σιδηρόπουλος, 2020

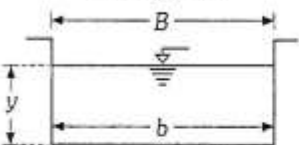
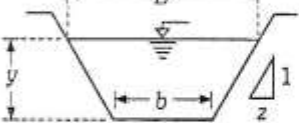
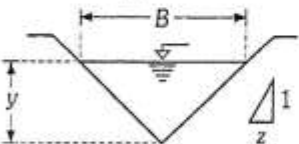
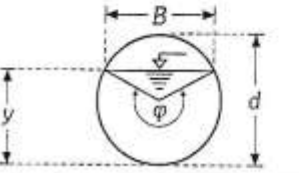
Άσκηση Τάφρος

Να διαστασιολογηθεί ανεπένδυτη στραγγιστική τάφρος με διερχόμενη παροχή $Q=2,5 \text{ m}^3/\text{s}$, κλίση πρανών 1:1,5, κατά μήκος κλίση 0,01% και συντελεστή τραχύτητας $1/n=35$.

Λύση

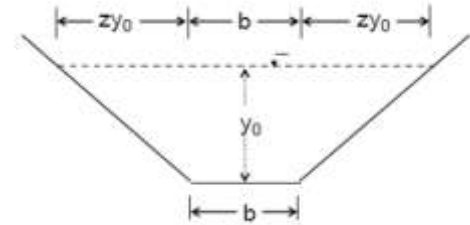
Διατομή	Επιφάνεια A	Βρεχ. περίμετρος P	Υδραυλική ακτίνα $R = A/P$	Πλάτος ελεύθερης επιφάνειας B	Υδραυλικό βάθος $y_u = A/B$	Αριθμός Froude F
Ορθογωνιακή						
						
Τραπεζοειδής 	$(b + zy)y$	$b + 2y\sqrt{1 + z^2}$	$\sqrt{\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}}$	$b + 2zy$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2zy}$	$\sqrt{\frac{(b + 2zy)Q^2}{(b + zy)^3 y^3 g}}$

Πίν. 3.1: Γεωμετρικά στοιχεία αγωγών

Διατομή	Επιφάνεια A	Βρεχ. περίμετρος P	Υδραυλική ακτίνα $R = A/P$	Πλάτος ελεύθερης επιφάνειας B	Υδραυλικό βάθος $y_\mu = A/B$	Αριθμός Froude F
Ορθογωνική 	by	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$	b	y	$\sqrt{\frac{Q^2}{b^2 y^3 g}}$
Τραπεζοειδής 	$(b + zy)y$	$b + 2y\sqrt{1 + z^2}$	$\sqrt{\frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}}$	$b + 2zy$	$\frac{(b + zy)y}{b + 2zy}$	$\sqrt{\frac{(b + 2zy)Q^2}{(b + zy)^3 y^3 g}}$
Τριγωνική 	zy^2	$2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1 + z^2}}$	$2zy$	$\frac{y}{2}$	$\sqrt{\frac{2Q^2}{z^2 y^5 g}}$
Κυκλική 	$\frac{d^2}{8}(\varphi - \sin \varphi)$	$d \frac{\varphi}{2}$	$\frac{d}{4} \left(1 - \frac{\sin \varphi}{\varphi}\right)$	$d \left(\sin \frac{\varphi}{2}\right)$ ή $2\sqrt{y(d - y)}$	$\frac{d}{8} \left\{ \frac{\varphi - \sin \varphi}{\sin \frac{\varphi}{2}} \right\}$	$\sqrt{\frac{512 Q^2 \sin(\frac{\varphi}{2})}{g d^5 (\varphi - \sin \varphi)^3}}$

Γεωμετρική πρόταση

- $b/y = 4 - z = 4 - 1.5 = 2.5$ άρα $b = 2.5y$



- Τότε όμως τα γεωμετρικά στοιχεία της διατομής είναι:

$$A = (by + zy^2) = (by + 1.5y^2) = (2.5y \cdot y + 1.5y^2) = 4y^2$$

$$R = \frac{A}{\Pi} = \frac{(by + zy^2)}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}} = \frac{4y^2}{2.5y + 2y\sqrt{1 + 1.5^2}} = 0.66y$$

Ομοιόμορφη ροής εξίσωση του Manning

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2} \Leftrightarrow \frac{Q \cdot n}{S^{1/2}} = AR^{2/3}$$

$$\Leftrightarrow \frac{2.5}{\left(\frac{0.01}{100}\right)^{0.5} \cdot 35} = 4y^2 (0.66y)^{2/3}$$

$$\Leftrightarrow 7.14 = 4 \cdot (0.66)^{2/3} y^{6/3} y^{2/3} \Leftrightarrow 2.36 = y^{8/3} \Leftrightarrow y = 1.38$$

Οπότε προκύπτει **αποδεκτή** **ταχύτητα** για μία σειρά από εδάφη

$$Q = V \cdot A \Leftrightarrow V = \frac{Q}{A} = \frac{2.5}{4y^2} = \frac{2.5}{4 \cdot 1.38^2} = 0.32 \text{ok}$$

Μέγιστες επιτρεπόμενες ταχύτητες ροής σε σπραγγιστική τάφρο ανάλογα με τη φύση του εδάφους (Τζιμόπουλος, 1983)

Εδαφος	Μέγιστη ταχύτητα ροής (m/s)
Αργίλος, πηλός	0.6 έως 0.8
Συνεκτικά αμώδη εδάφη και αμμοίλες	0.3 έως 0.6
Λεπτή άμμος	0.15 έως 0.3
Χονδρή άμμος	0.2 έως 0.5
Σκληρή τύρφη	0.3 έως 0.6
Μαλακή τύρφη	0.15 έως 0.3

**ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ
(ΠΡΟΑΙΡΕΤΙΚΑ....)**

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ - ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗ

□ Περίοδος επαναφοράς, T μιας δεδομένης τιμής x της τυχαίας μεταβλητής X είναι ο μέσος αριθμός χρονικών διαστημάτων (εν προκειμένω υδρολογικών ετών) που μεσολαβεί μεταξύ 2 διαδοχικών εμφανίσεων της τυχαίας μεταβλητής με μέγεθος μεγαλύτερο ή ίσο της δεδομένης τιμής x .

$$P(X \geq x) = \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{1}{P(X \geq x)} = \frac{1}{1 - P(X \leq x)}$$

□ Διακινδύνευση είναι η πιθανότητα R να πραγματοποιηθεί μέσα σε n έτη τιμή που αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς T .

Πιθανότητα υπέρβασης σε n έτη
(Διακινδύνευση):

$$R = 1 - (1 - 1/T)^n$$

Γεωμετρική κατανομή $\rightarrow$ περίοδος επαναφοράς

- **Περίοδος Επαναφοράς (ή Επιστροφής).** Σε προβλήματα που οι δοκιμές αντιστοιχούν σε χρονικά ή χωρικά διαστήματα, ο αριθμός των χρονικών (ή χωρικών) διαστημάτων μέχρι την πρώτη πραγματοποίηση του ορισμένου ενδεχομένου ονομάζεται χρόνος έως το πρώτο συμβάν ή **χρόνος της πρώτης επιτυχίας**.
- Παρατηρούμε όμως ότι αν οι δοκιμές (ή τα διαστήματα) είναι στατιστικά ανεξάρτητες μεταξύ τους, ο χρόνος έως το πρώτο συμβάν θα πρέπει να είναι επίσης ο χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών συμβάντων (δηλαδή, μεταξύ δύο επιτυχιών). ο χρόνος μεταξύ δύο επιτυχιών στην ακολουθία Bernoulli ονομάζεται **χρόνος επιστροφής ή χρόνος επαναφοράς** και είναι ίσος με τον χρόνο έως την πρώτη επιτυχία.
- Συνεπώς, σε μια ακολουθία Bernoulli ο χρόνος επιστροφής έχει γεωμετρική κατανομή. **Ο μέσος χρόνος επιστροφής** (που στους κύκλους των μηχανικών είναι γνωστός ως **περίοδος επιστροφής ή περίοδος επαναφοράς**) θα είναι

Μέσος όρος χρονικής διάρκειας έως πρώτη επανάληψη $=1/p$

- Συνεπώς, σε μια ακολουθία Bernoulli ο χρόνος επιστροφής έχει γεωμετρική κατανομή. Ο **μέσος χρόνος επιστροφής** (που στους κύκλους των μηχανικών είναι γνωστός ως **περίοδος επιστροφής ή περίοδος επαναφοράς**) θα είναι

$$\bar{T} = E(T) =$$

= (μια επιτυχία σε ένα χρόνο, σε δύο χρόνια μία επιτυχία στο τέλος, σ

ε τρία χρόνια μία επιτυχία στο τέλος ...

$$= \sum_{t=1}^{\infty} t \cdot pq^{t-1} = p(1 + 2q + 3q^2 + \dots) \quad (1.2)$$

$= \dots = 1/p$

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ - ΔΙΑΚΙΝΔΥΝΕΥΣΗ

□ Περίοδος επαναφοράς, T μιας δεδομένης τιμής x της τυχαίας μεταβλητής X είναι ο μέσος αριθμός χρονικών διαστημάτων (εν προκειμένω υδρολογικών ετών) που μεσολαβεί μεταξύ 2 διαδοχικών εμφανίσεων της τυχαίας μεταβλητής με μέγεθος μεγαλύτερο ή ίσο της δεδομένης τιμής x .

$$P(X \geq x) = \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{1}{P(X \geq x)} = \frac{1}{1 - P(X \leq x)}$$

□ Διακινδύνευση είναι η πιθανότητα R να πραγματοποιηθεί μέσα σε n έτη τιμή που αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς T .

Πιθανότητα υπέρβασης σε n έτη
(Διακινδύνευση):

$$R = 1 - (1 - 1/T)^n$$

Risk

Έστω η 50 χρόνων πλημμύρα. ($p = \frac{1}{50} = 0.02$)

Ποια η πιθανότητα ότι μία τουλάχιστον ηλ θα συμβεί στα
επόμενα 30 χρόνια μία τουλάχιστον πλημμύρα με $T > 50$ χρόνια?

$$\text{Risk} = 1 - (1 - 0.02)^{30} = 0.455$$

Μία πλημμύρα

στα 30 χρόνια.

$$1 - 0.02 = \text{καμία πιθανότητα.}$$

$$(1 - 0.02) \cdot \cdot \cdot \cdot (1 - 0.02) = \text{καμία πιθανότητα σε 30 χρόνια}$$

$$1 - (1 - 0.02)^{30} = \text{προβλεπόμενη μία πιθανότητα σε 30 χρόνια} \\ = \left(\text{καμία πιθανότητα σε 30 χρόνια} \right)$$

Av η κατασκευή έχει ως κόστος τα 100 χιλιάδες,
2022

$$\text{Risk} = 1 - \left(1 - \frac{1}{100}\right)^{30} = 0.26$$

Παράδειγμα: Πιθανότητα εμφάνισης μιας αιχμής πλημμύρας με παροχή $Q \geq x$, όπου x η αιχμή πλημμύρας με περίοδο επαναφοράς $T = 50$ έτη, κατά τη διάρκεια μιας περιόδου τριών ετών ($n = 3$):

$$p_3 = 1 - \left(1 - \frac{1}{50}\right)^3 = 0.059 \approx 6\%$$