

# **Υδραυλική & Υδραυλικά Έργα**

## **5<sup>ο</sup> εξάμηνο Σχολής Πολιτικών Μηχανικών**



# **Παροχές ομβρίων**

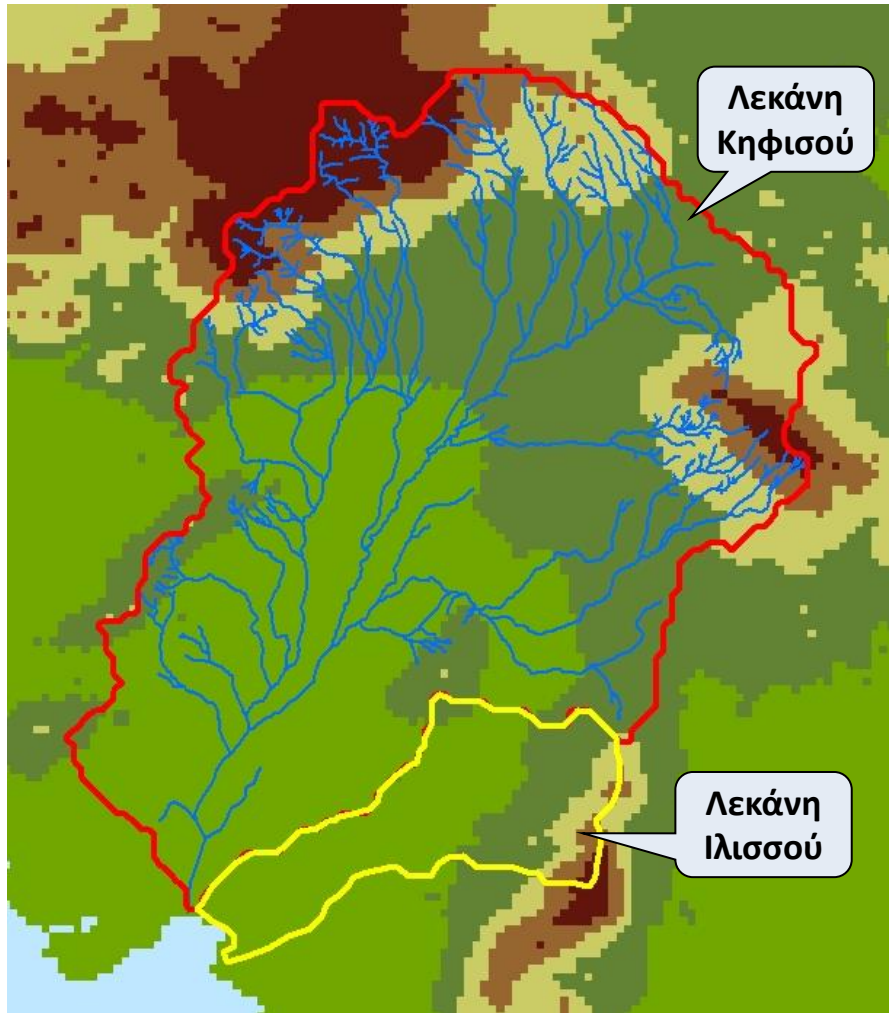
---

**Ανδρέας Ευστρατιάδης & Δημήτρης Κουτσογιάννης**

**Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο**

**Αθήνα, 2018**

# Αποστράγγιση λεκάνης απορροής σε φυσικές συνθήκες και μετά την αστικοποίηση



Υδρογραφικό δίκτυο λεκάνης απορροής Κηφισού  
(Πηγή: Κουτσογιάννης κ.ά., 2010)

- **Αποστράγγιση λεκάνης απορροής σε φυσικές συνθήκες:** υδρογραφικό δίκτυο, που περιλαμβάνει το κύριο υδατόρευμα (με μόνιμη ή διαλείπουσα ροή) και πληθώρα από συμβάλλοντα ρέματα και μισγάγκειες, πλημμυρικής αποκλειστικής ροής
- **Αποχέτευση αστικής λεκάνης (τυπική διάταξη):** διατήρηση του κύριου υδατορεύματος ως φυσικού αποδέκτη, αντικατάσταση λοιπού υδρογραφικού δικτύου από αγωγούς ομβρίων

**Παρατήρηση:** Η κατασκευή δικτύου ομβρίων σε μια αστική περιοχή οδηγεί στη μείωση του χρόνου απορροής των ομβρίων και κατά συνέπεια στην αύξηση της παροχής στον τελικό αποδέκτη.

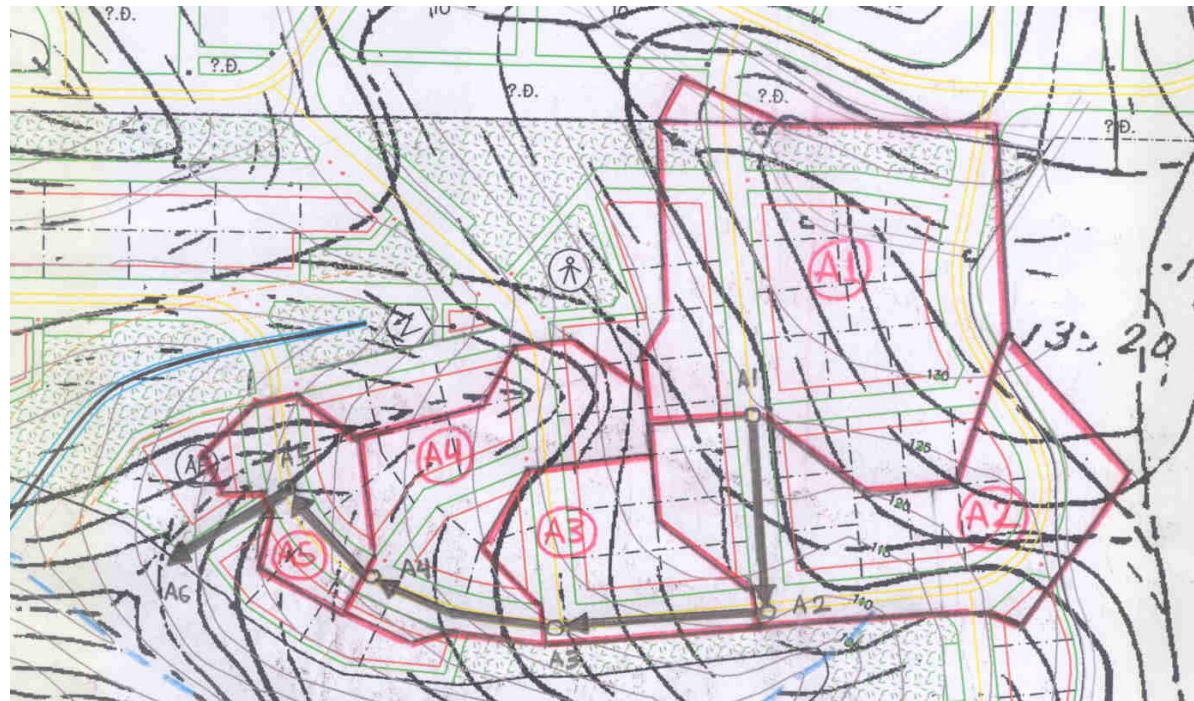
# Περίοδοι επαναφοράς έργων αστικών αποχετεύσεων

- Η περίοδος επαναφοράς αποτελεί βασικό μέγεθος του **υδρολογικού σχεδιασμού**, η επιλογή του οποίου εξαρτάται από τη **σημασία** του έργου. Τυπικές τιμές εφαρμογής:
  - για αγωγούς σε οικιστικές περιοχές  $T = 2-15$  έτη (τυπικές τιμές  $T = 5$  ή  $10$  έτη)
  - για αγωγούς σε εμπορικές περιοχές και κεντρικούς συλλεκτήρες  $T = 10-50$  έτη
  - για διευθετήσεις υδατορευμάτων  $T \geq 50$  έτη (πλέον συστήνεται  $T \geq 100$  έτη)
- Παρατηρήσεις σχετικά με την επιλογή της περιόδου επαναφοράς:
  - Ο έλεγχος επάρκειας **υφιστάμενων αγωγών** γίνεται για μικρότερη περίοδο επαναφοράς σε σχέση με τον σχεδιασμό, σε αντίθεση με τους **αποδέκτες** που ελέγχονται για πολύ μεγαλύτερη  $T$ .
  - **Κεντρικοί συλλεκτήρες**, καθώς και αγωγοί που τοποθετούνται κάτω από **κύριες οδικές αρτηρίες και κόμβους** (ιδιαίτερα αν αυτά τοποθετούνται σε **όρυγμα**) σχεδιάζονται με μεγαλύτερη  $T$  σε σχέση με δευτερεύοντες αγωγούς.
  - Σε **παντοροϊκά δίκτυα** επιλέγονται μεγαλύτερες  $T$  σε σχέση με χωριστικά.
  - **Μεγάλα αντιπλημμυρικά έργα** σε αστικές περιοχές (π.χ. διευθετήσεις ποταμών), των οποίων η αστοχία μπορεί να προκαλέσει θύματα και εκτενείς υλικές ζημιές, σχεδιάζονται με  $T \geq 1000$  έτη.

**Παρατήρηση:** Υδρολογική αστοχία του δικτύου ομβρίων έχει ως συνέπεια την ανεπαρκή παροχέτευση του συνόλου της πλημμυρικής απορροής, όχι την καταστροφή του έργου.

# Χάραξη λεκανών απορροής σε αστικό περιβάλλον

- Είσοδος υδάτων στο δίκτυο:
  - Απαγωγή επιφανειακής απορροής σε φρεάτια υδροσυλλογής.
  - Υποχρεωτική σύνδεση οικιακών συστημάτων αποχέτευσης στο δίκτυο, εφόσον υπάρχει αγωγός ομβρίων στον δρόμο έμπροσθεν της οικοδομής.
- Για τον καθορισμό των λεκανών απορροής στο εσωτερικό των οικοδομικών τετραγώνων (Ο.Τ.) ακολουθείται ο κανόνας των **διχοτόμων**, εφόσον τα όμβρια που προέρχονται από κάθε εσωτερικό σημείο ενός Ο.Τ. αποχετεύονται από κάθε εσωτερικό του σημείο προς το πλησιέστερο ρείθρο ή αγωγό ομβρίων της οδού.
- Στην τελική χάραξη των αστικών λεκανών λαμβάνονται επίσης υπόψη οι **κλίσεις των οδών** και οι **θέσεις των φρεατίων υδροσυλλογής**.
- Σε μη αστικοποιημένα τμήματα, η χάραξη των λεκανών απορροής γίνεται αποκλειστικά με βάση το **ανάγλυφο** (ισοϋψείς).





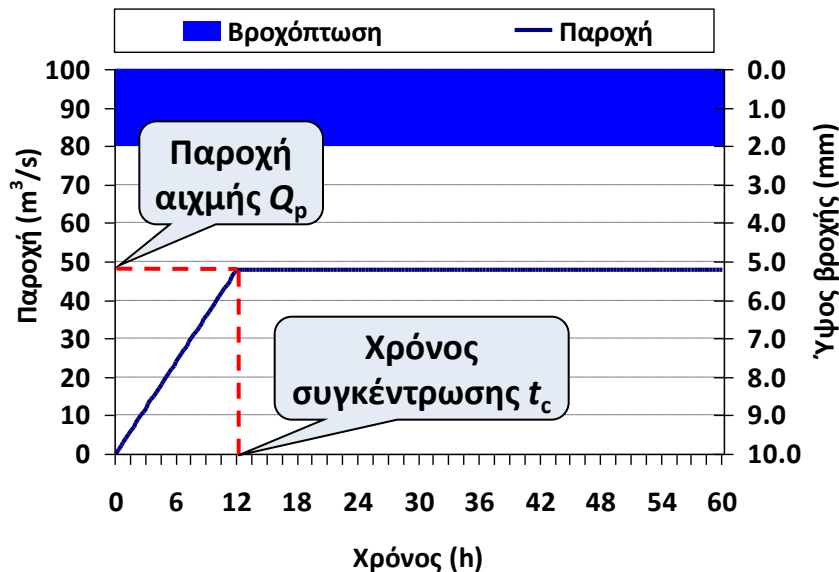
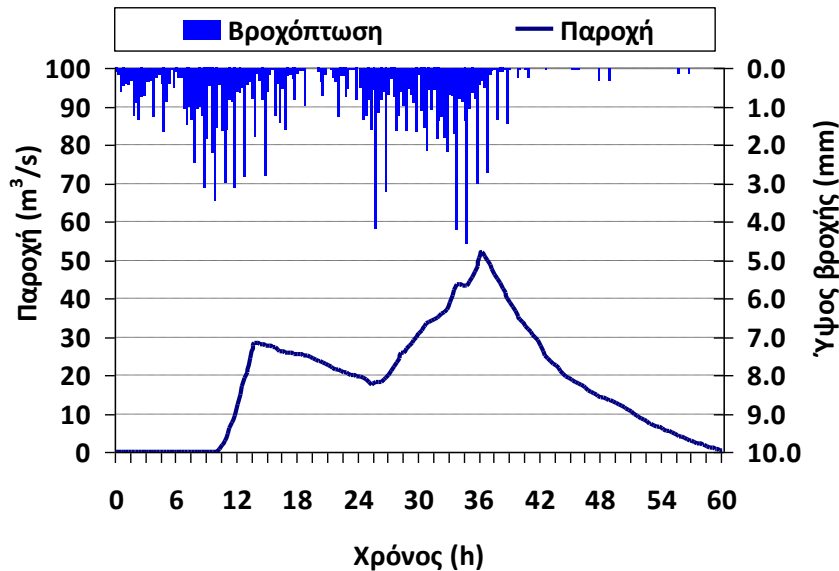
# Εκτίμηση παροχής σχεδιασμού: ορθολογική μέθοδος

- Στις αστικές περιοχές και για μικρές περιόδους επαναφοράς, εφαρμόζεται, γενικά, η **ορθολογική μέθοδος**, που εκτιμά την **παροχή αιχμής** μέσω της σχέσης:

$$Q_p = c i A$$

- Δεδομένα εισόδου της μεθόδου είναι:
  - η **περίοδος επαναφοράς**  $T$ , που επιλέγεται με κριτήριο τη σημασία του έργου
  - η αποχετευόμενη **επιφάνεια**  $A$ .
  - ο **συντελεστής απορροής**  $c$ , που εξαρτάται από τα τοπογραφικά, φυσιογραφικά και πολεοδομικά χαρακτηριστικά της αποχετευόμενης έκτασης
  - ο **χρόνος συγκέντρωσης**  $t_c$ , που εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της αποχετευόμενης έκτασης και του ανάντη δικτύου ομβρίων
  - η **κρίσιμη ένταση** της βροχόπτωσης  $i$ , που είναι στατιστικό μέγεθος εξαρτώμενο από την περίοδο επαναφοράς  $T$ , τη διάρκεια της βροχής  $d$ , και την επιφάνεια  $A$
- Βασικές παραδοχές για την εφαρμογή της μεθόδου:
  - Η **περίοδος επαναφοράς** της παροχής αιχμής είναι **ίση** με την αυτήν της βροχής.
  - Η **διάρκεια** της βροχής είναι ίση με τον **χρόνο συγκέντρωσης** της λεκάνης.
  - Η **ένταση** της βροχής είναι **χρονικά και χωρικά σταθερή**.
  - Η **μέγιστη παροχή** εμφανίζεται όταν στην έξοδό της καταφθάσει η επιφανειακή απορροή από όλα τα σημεία της.

# Ερμηνεία και παραδοχές ορθολογικής μεθόδου



- Πραγματικό επεισόδιο πλημμύρας:
  - Χρονικά και χωρικά μεταβαλλόμενη ένταση βροχής
  - Ενεργός βροχόπτωση ακανόνιστου σχήματος
  - Υδρογράφημα ακανόνιστου σχήματος
  
- Υποθετικό επεισόδιο πλημμύρας, που παράγεται με την ορθολογική μέθοδο:
  - Χρονικά και χωρικά σταθερή ένταση βροχής  $i$ , διάρκειας τουλάχιστον ίσης με τον **χρόνο συγκέντρωσης**  $t_c$
  - Ενεργός βροχόπτωση  $i_e = c i$
  - Εξίσωση υδρογραφήματος, για παροχή αιχμής  $Q_p$ :

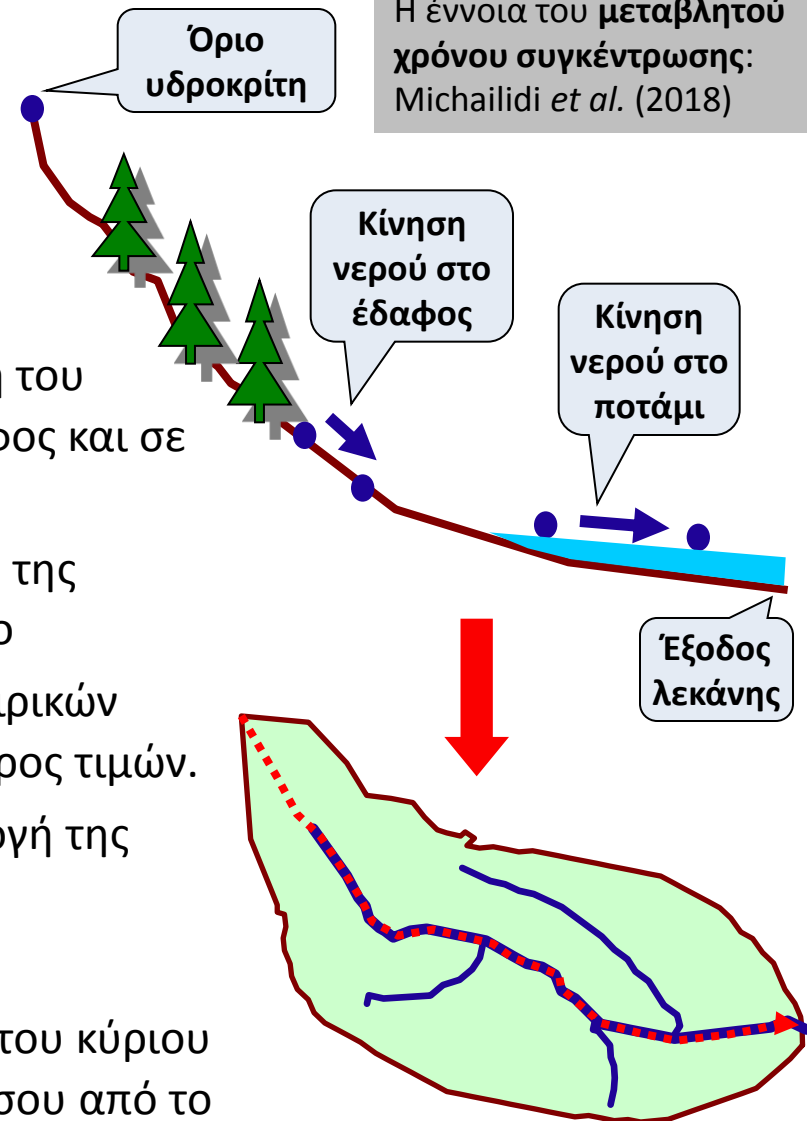
$$Q(t) = \begin{cases} Q_p t / t_c & t \leq t_c \\ Q_p & t > t_c \end{cases}$$

# Χρόνος συγκέντρωσης: μη αστικές λεκάνες

- Ο χρόνος συγκέντρωσης (ή χρόνος συρροής) ορίζεται ως ο χρόνος που απαιτείται για να φθάσει το νερό που απορρέει επιφανειακά από το υδραυλικά **πιο απομακρυσμένο σημείο** της λεκάνης μέχρι τη **διατομή εξόδου**.
- Περιλαμβάνει δύο συνιστώσες:
  - τον χρόνο που απαιτείται για την διαδρομή του νερού, ως επιφανειακή απορροή, στο έδαφος και σε μη διαμορφωμένες μισγάγκειες
  - τον χρόνο που απαιτείται για την διόδευση της πλημμυρικής ροής στο υδρογραφικό δίκτυο
- Για την εκτίμησή του διατίθεται πληθώρα εμπειρικών σχέσεων στη βιβλιογραφία, με πολύ μεγάλο εύρος τιμών.
- Για τις Ελληνικές λεκάνες, συστήνεται η εφαρμογή της **σχέσης Giandotti**, που εκτιμά το χρόνο  $t_c$  σε h:

$$t_c = (4 A^{0.5} + 1.5 L) / (0.8 \Delta H^{0.5})$$

όπου  $A$  η έκταση της λεκάνης ( $\text{km}^2$ ),  $L$  το μήκος του κύριου υδατορεύματος ( $\text{km}$ ), και  $\Delta H$  η διαφορά του μέσου από το υψόμετρο εξόδου της λεκάνης ( $\text{m}$ ).



# Χρόνος συγκέντρωσης: αστικές λεκάνες

- Στις αστικές λεκάνες ο χρόνος συγκέντρωσης  $t_c$  αναλύεται:
  - στον **χρόνο εισόδου**  $t_\epsilon$ , δηλαδή τον χρόνο που απαιτείται ώστε να οδηγηθεί η απορροή στο δίκτυο ομβρίων, μέσω των φρεατίων υδροσυλλογής
  - στον **χρόνο ροής**  $t_p$  κατά μήκος του δικτύου ομβρίων μέχρι την διατομή ελέγχου
- Ο χρόνος εισόδου εξαρτάται από την κλίση του εδάφους, την πυκνότητα των φρεατίων, τις πολεοδομικές συνθήκες, την ένταση της βροχόπτωσης, κτλ. Τυπικές τιμές:
  - Ελληνικές προδιαγραφές, γενικά:  $t_\epsilon = 10$  min
  - Πυκνοδομημένες περιοχές, με άμεσες ιδιωτικές συνδέσεις:  $t_\epsilon = 5$  min
  - Ανεπτυγμένες περιοχές με ήπιες κλίσεις:  $t_\epsilon = 10-15$  min
  - Περιοχές με ήπιες κλίσεις και διεσπαρμένα φρεάτια υδροσυλλογής:  $t_\epsilon = 20-30$  min
  - Εξωαστικές λεκάνες: εκτίμηση  $t_\epsilon$  με τη σχέση Giandotti
- Ο χρόνος ροής εκτιμάται κατά τον **υδραυλικό υπολογισμό** των αγωγών, ήτοι:

$$t_p = \sum L_i / V_i$$

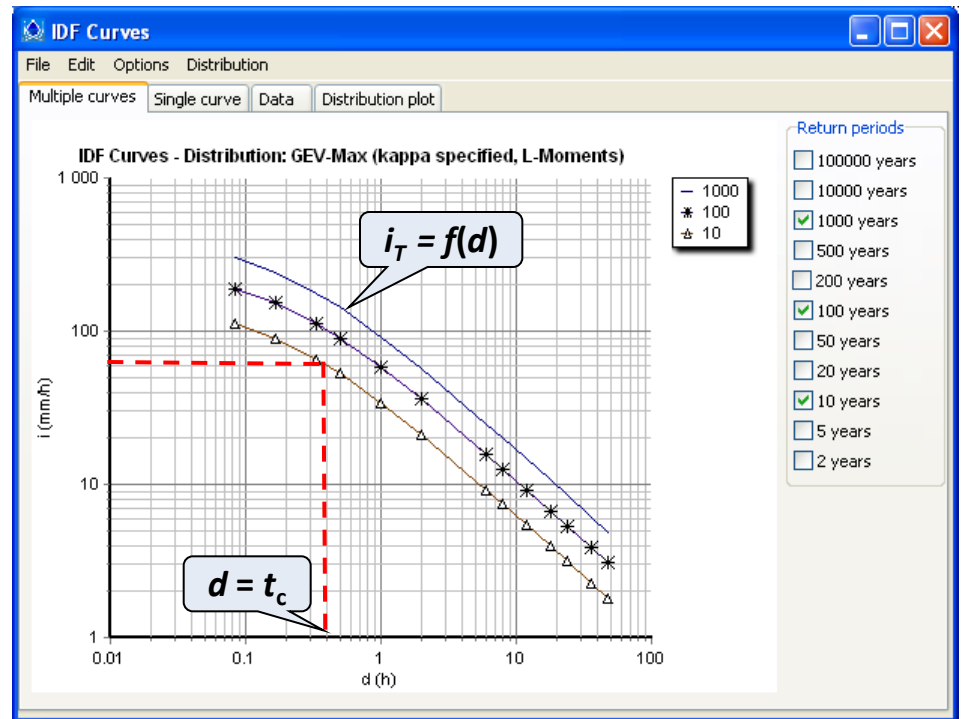
όπου  $L_i$  τα μήκη των διαδοχικών τμημάτων κατά μήκος μιας διαδρομής του δίκτυο ομβρίων, μέχρι τη διατομή ελέγχου, και  $V_i$  οι αντίστοιχες ταχύτητες ροής (όπως υπολογίζονται κατά τον υδραυλικό σχεδιασμό κάθε αγωγού).

- Αν μέχρι τη διατομή ελέγχου υπάρχουν **εναλλακτικές διαδρομές**, επιλέγεται αυτή που μεγιστοποιεί τον χρόνο συγκέντρωσης.



# Εκτίμηση κρίσιμης έντασης βροχής – Όμβριες καμπύλες

- Η κρίσιμη ένταση βροχής είναι πιθανοτικό μέγεθος, που εκτιμάται μέσω της σχέσης έντασης-διάρκειας-περιόδου επαναφοράς (**όμβρια καμπύλη**) της περιοχής μελέτης.
- Η όμβρια καμπύλη διατυπώνεται με δύο τρόπους:
  - ως σύνολο εξισώσεων  $i_T = f(d)$  της διάρκειας  $d$  (ακριβέστερα, χρονικής κλίμακας) της βροχόπτωσης σχεδιασμού, κάθε μία από τις οποίες αναφέρεται σε δεδομένη περίοδο επαναφοράς,  $T$
  - ως ενιαία έκφραση  $i = f(d, T)$ , που περιέχει και την περίοδο επαναφοράς ως μεταβλητή
- Γενική συναρτησιακή σχέση:
$$i(d, T) = \lambda (T - \beta)^\kappa / (d + \vartheta)^\eta$$
όπου  $\lambda, \kappa, \beta, \vartheta, \eta$  παράμετροι που εκτιμώνται μέσω στατιστικής ανάλυσης των δειγμάτων μέγιστων εντάσεων βροχής της περιοχής.
- Στα πλαίσια της **ορθολογικής μεθόδου**, λαμβάνεται διάρκεια  $d$  ίση με τον χρόνο συγκέντρωσης  $t_c$ .

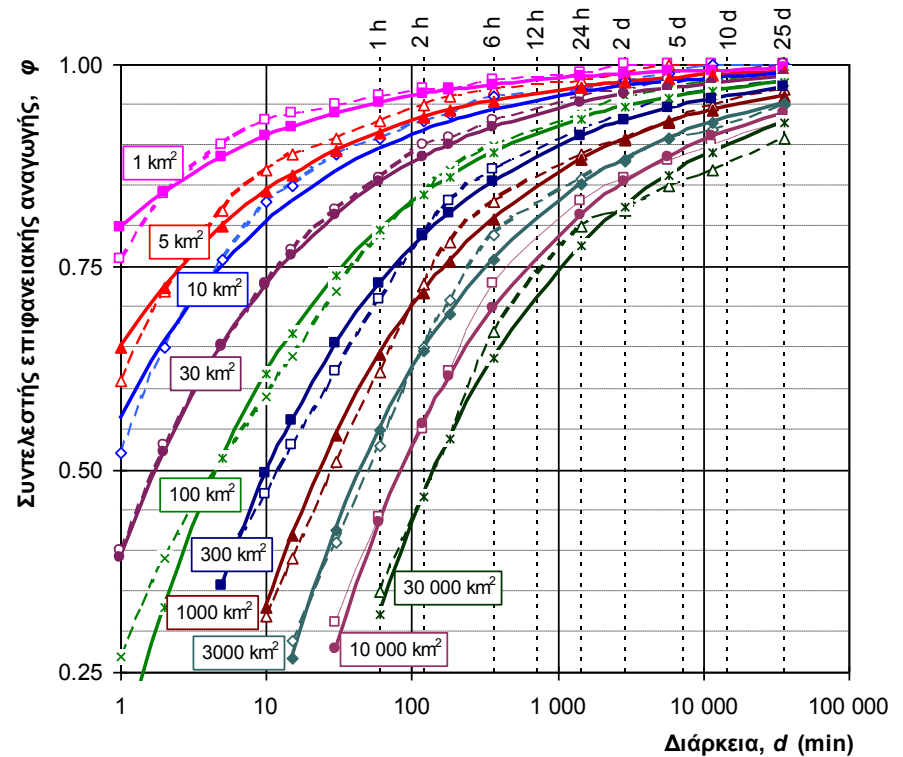


Απεικόνιση όμβριων καμπυλών στο γραφικό περιβάλλον του λογισμικού Υδρογνώμων (<http://hydrognomon.org/>)

# Επιφανειακή αναγωγή βροχόπτωσης σχεδιασμού

- ❑ Οι βροχοπτώσεις χαρακτηρίζονται από έντονη **μεταβλητότητα**, που είναι συνάρτηση τόσο της **χωρικής** όσο και της **χρονικής κλίμακας**, ήτοι της έκτασης της επιφάνειας αναφοράς (λεκάνη απορροής) και της διάρκειας του επεισοδίου.
- ❑ Κατά κανόνα, οι όμβριες καμπύλες αναφέρονται σε σημείο (π.χ. στη θέση του βροχομετρικού σταθμού, απ' όπου έχει ληφθεί το αντίστοιχο δείγμα).
- ❑ Προκειμένου να γίνει **αναγωγή της σημειακής εκτίμησης** της έντασης βροχής στην επιφάνεια της λεκάνης, η ένταση που εκτιμάται από την όμβρια καμπύλη πολλαπλασιάζεται με κατάλληλο **συντελεστή επιφανειακής απομείωσης**, που είναι φθίνουσα συνάρτηση της έκτασης και αύξουσα συνάρτηση της διάρκειας.
- ❑ Προτείνεται η ακόλουθη σχέση, που βασίζεται σε πινακοποιημένα αποτελέσματα του UK-NERC (1975):

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



**Μεταβολή συντελεστή επιφανειακής αναγωγής συναρτήσει της έκτασης και της διάρκειας βροχής**

# Συντελεστής απορροής: Ορισμός και φυσική ερμηνεία

- **Γενικός ορισμός:** Λόγος απορροής προς βροχόπτωση (εξαρτάται από τη χωρική και χρονική κλίμακα).
- Στα πλαίσια της **ορθολογικής μεθόδου** η ποσότητα  $\varphi = 1 - c$  εκφράζει, ως σταθερό ποσοστό, το σύνολο των υδρολογικών ελλειμμάτων στη διάρκεια του πλημμυρικού επεισοδίου, στα οποία περιλαμβάνονται:
  - οι απώλειες κατακράτησης από τη χλωρίδα
  - οι απώλειες επιφανειακής παγίδευσης στις κοιλότητες του εδάφους
  - οι απώλειες διήθησης στο έδαφος
  - οι απώλειες εξατμοδιαπνοής (αμελητέες στην χρονική κλίμακα των πλημμυρικών επεισοδίων).
- Αν και γενικά αντιμετωπίζεται ως σταθερά (παράμετρος), στην πραγματικότητα πρόκειται για **μεταβλητή**, η οποία επίσης εξαρτάται από:
  - την ένταση της βροχής (συνακόλουθα, την περίοδο επαναφοράς)
  - τη χρονική κατανομή της βροχής
  - την απόσταση από το προηγούμενο επεισόδιο
  - τις συνθήκες υγρασίας του εδάφους κατά την έναρξη της βροχής.

# Συντελεστές απορροής μη αστικών λεκανών

- **Ελληνικές προδιαγραφές αποχετεύσεων (ΠΔ 696/74):**
  - Ορεινό ανάγλυφο:  $c = 0.60$
  - Λοφώδες ανάγλυφο:  $c = 0.50$
  - Πεδινό ανάγλυφο:  $c = 0.30$
- **Προδιαγραφές μελετών οδικών έργων (ΟΜΟΕ-ΑΣΥΕΟ, 2002):**
  - Για  $T = 5-10$  έτη, ο συντελεστής απορροής εκτιμάται ως άθροισμα τεσσάρων επιμέρους συντελεστών, που εξαρτώνται από:
    - το ανάγλυφο της επιφάνειας της λεκάνης ( $c_1$ )
    - τη διηθητικότητα του εδάφους ( $c_2$ )
    - την έκταση και την πυκνότητα της φυτοκάλυψης ( $c_3$ )
    - την αποθηκευτικότητα και αποστραγγιστική ικανότητα της λεκάνης ( $c_4$ )
  - Ο τελικός συντελεστής απορροής προσαυξάνεται κατά 10% για  $T = 25$  έτη, κατά 20% για  $T = 50$  έτη και κατά 25% για  $T = 100$  έτη.
- Για λεκάνες με σημαντική ετερογένεια ως προς τα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά, λαμβάνεται ένας **σταθμισμένος συντελεστής απορροής**, σύμφωνα με τη σχέση:

$$c = \sum c_i A_i / \sum A_i$$

# Εκτίμηση επιμέρους συντελεστών απορροής κατά ΟΜΟΕ-ΑΣΥΕΟ (2002)

<b>C<sub>1</sub></b>	<b>0.28–0.35</b> Επικλινές ανάγλυφο, ανώμαλες επιφάνειες μέσες κλίσεις >30%	<b>0.20–0.28</b> Λοφώδες ανάγλυφο, μέσες κλίσεις 10-30%	<b>0.14–0.20</b> Κυματώδες ανάγλυφο, μέσες κλίσεις 5-10%	<b>0.08–0.14</b> Σχετικά επίπεδο ανάγλυφο, μέσες κλίσεις 0-5%
<b>C<sub>2</sub></b>	<b>0.12–0.16</b> Μη επηρεαζόμενο κάλυμμα εδάφους, είτε βραχώδες είτε μανδύας λεπτόκκοκου εδάφους αμελητέας διηθητικότητας	<b>0.08–0.12</b> Βραδεία διηθητικότητα, άργιλοι ή αβαθή παχιά εδάφη χαμηλής διηθητικότητας, ατελώς ή πολύ μικρής αποστραγγιστικότητας	<b>0.06–0.08</b> Κανονική διηθητικότητα, καλά απόστραγγιζόμενα μικρής ή μεσαίας μακρο-ϋφής εδάφη, αμμώδη παχιά εδάφη, ίλυες και ιλυώδη εδάφη	<b>0.04–0.06</b> Υψηλή διηθητικότητα, βαθιά άμμος ή άλλο έδαφος που απορροφά νερό, πολύ ελαφριά και καλά αποστραγγιζόμενα εδάφη
<b>C<sub>3</sub></b>	<b>0.12–0.16</b> Βλάστηση που δεν επηρεάζει την απορροή, γυμνό έδαφος ή πολύ αραιά κάλυψη	<b>0.08–0.12</b> Πτωχή ως μέτρια βλάστηση, καθαρές καλλιέργειες ή πτωχής φυσικής κάλυψης, <20% επιφάνειας με καλή κάλυψη	<b>0.06–0.08</b> Μέτρια ως καλή βλάστηση, ~50% επιφάνειας είναι καλή φυτική γη ή δασώδες, <50% είναι καλλιέργειες	<b>0.04–0.06</b> Καλή ως άριστη βλάστηση, ~90% της επιφάνειας είναι καλή φυτική γη, δασώδες ή ισοδύναμης κάλυψης
<b>C<sub>4</sub></b>	<b>0.10–0.12</b> Αμελητέες ταπεινώσεις εδάφους και αβαθείς, μικροί διάδρομοι αποστράγγισης, καθόλου τέλματα	<b>0.08–0.10</b> Χαμηλή αποθηκευτικότητα, καλά οριζόμενο σύστημα διαδρόμων απόστράγγισης, όχι λιμνάζοντα νερά ή τέλματα	<b>0.06–0.08</b> Κανονική αποθηκευτικότητα, σημαντικές επιφανειακές ταπεινώσεις, λιμνάζοντα νερά και τέλματα	<b>0.04–0.06</b> Υψηλή αποθηκευτικότητα, όχι καλά οριζόμενο σύστημα αποστράγγισης, μεγάλος αριθμός πλημμυριζόμενων επιφανειών ή τελμάτων



# Εκτίμηση συντελεστή απορροής σε αστικές λεκάνες

Μέσοι συντελεστές απορροής για αστικές περιοχές με βάση τα χαρακτηριστικά τους, σύμφωνα με τις Αμερικανικές ενώσεις WPCF & ASCE (1976)

Περιγραφή περιοχής	Συντελεστής απορροής
Εμπορική, κέντρο	0.70-0.95
Εμπορική, περιφέρεια	0.50-0.70
Μονοκατοικίες	0.30-0.50
Πολυκατοικίες, σε πανταχόθεν ελεύθερο σύστημα	0.40-0.60
Πολυκατοικίες, σε συνεχές σύστημα	0.60-0.75
Οικιστική, υποαστική	0.25-0.40
Βιομηχανική (ελαφρά)	0.50-0.80
Βιομηχανική (βαριά)	0.60-0.90
Μη ανεπτυγμένη περιοχή	0.10-0.30
Πάρκα, νεκροταφεία	0.10-0.25
Γήπεδα	0.20-0.35

Συντελεστές απορροής για συγκεκριμένους τύπους επιφανειών, κατά WPCF & ASCE (1976)

Περιγραφή περιοχής	Συντελεστής απορροής
Πεζοδρόμια δρόμοι	
Σκυρόδεμα, ασφαλτοσκυρόδεμα	0.70-0.95
Πλίνθοι	0.70-0.85
Στέγες	0.75-0.95
Αγροί, αμμώδη εδάφη	
Ήπια κλίση, 2%	0.05-0.10
Μέση κλίση, 2% μέχρι 7%	0.10-0.15
Απότομη κλίση, 7%	0.15-0.20
Αγροί, βαριά εδάφη	
Ήπια κλίση, 2%	0.13-0.17
Μέση κλίση, 2% μέχρι 7%	0.18-0.22
Απότομη κλίση, 7%	0.25-0.35

# Παροχές σχεδιασμού αγωγών ομβρίων σε σειρά

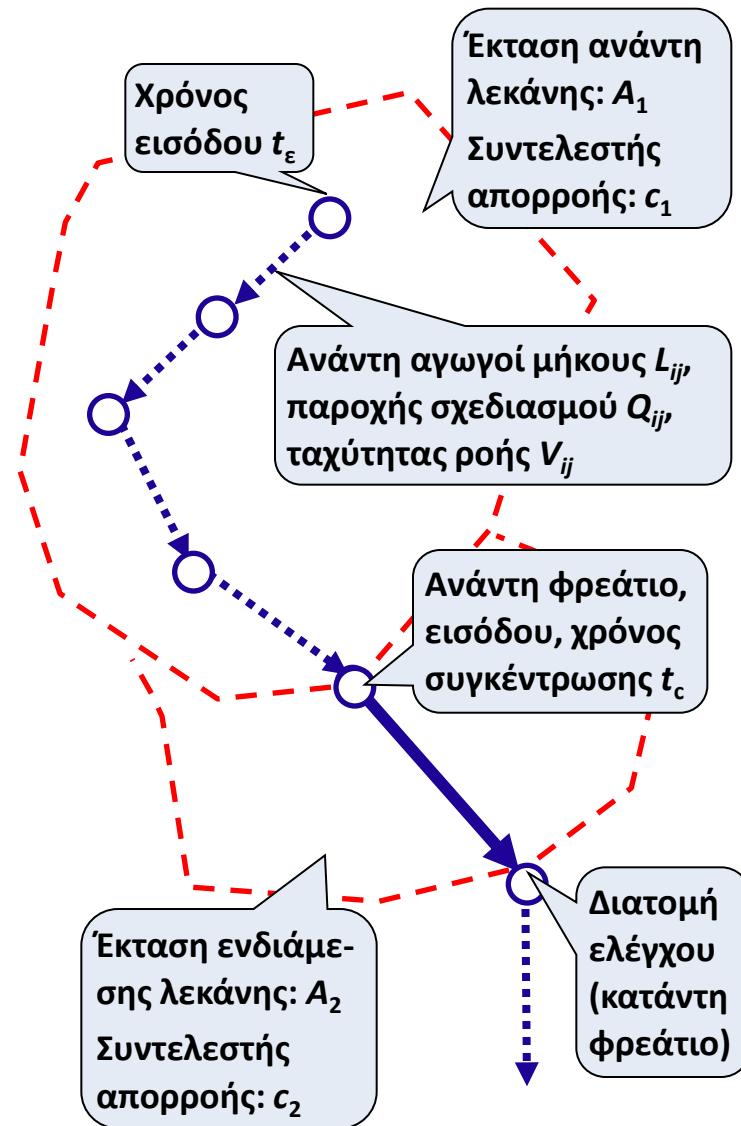
- Ως **αγωγός** νοείται κάθε τμήμα ενιαίας διαμέτρου και κλίσης, που ορίζεται μεταξύ δύο φρεατίων.
- Οι υπολογισμοί των παροχών σχεδιασμού γίνονται από ανάντη προς κατόντη, θεωρώντας ως **διατομή ελέγχου** το **κατόντη** φρεάτιο (δεν ισχύουν οι εξισώσεις συνέχειας στους κόμβους).
- Για την εφαρμογή της ορθολογικής μεθόδου, θεωρείται η **συνολική επιφάνεια** ανάντη του φρεατίου ελέγχου, ήτοι  $A = A_1 + A_2$ , και ο **σταθμισμένος συντελεστής απορροής**, ήτοι:

$$c = (c_1 A_1 + c_2 A_2) / A$$

- Αντίθετα, για την εκτίμηση του **χρόνου συγκέντρωσης** (και, συνακόλουθα, της κρίσιμης έντασης βροχής) θεωρείται ο χρόνος διαδρομής της ροής μέχρι το **ανάντη** φρεάτιο, ήτοι:

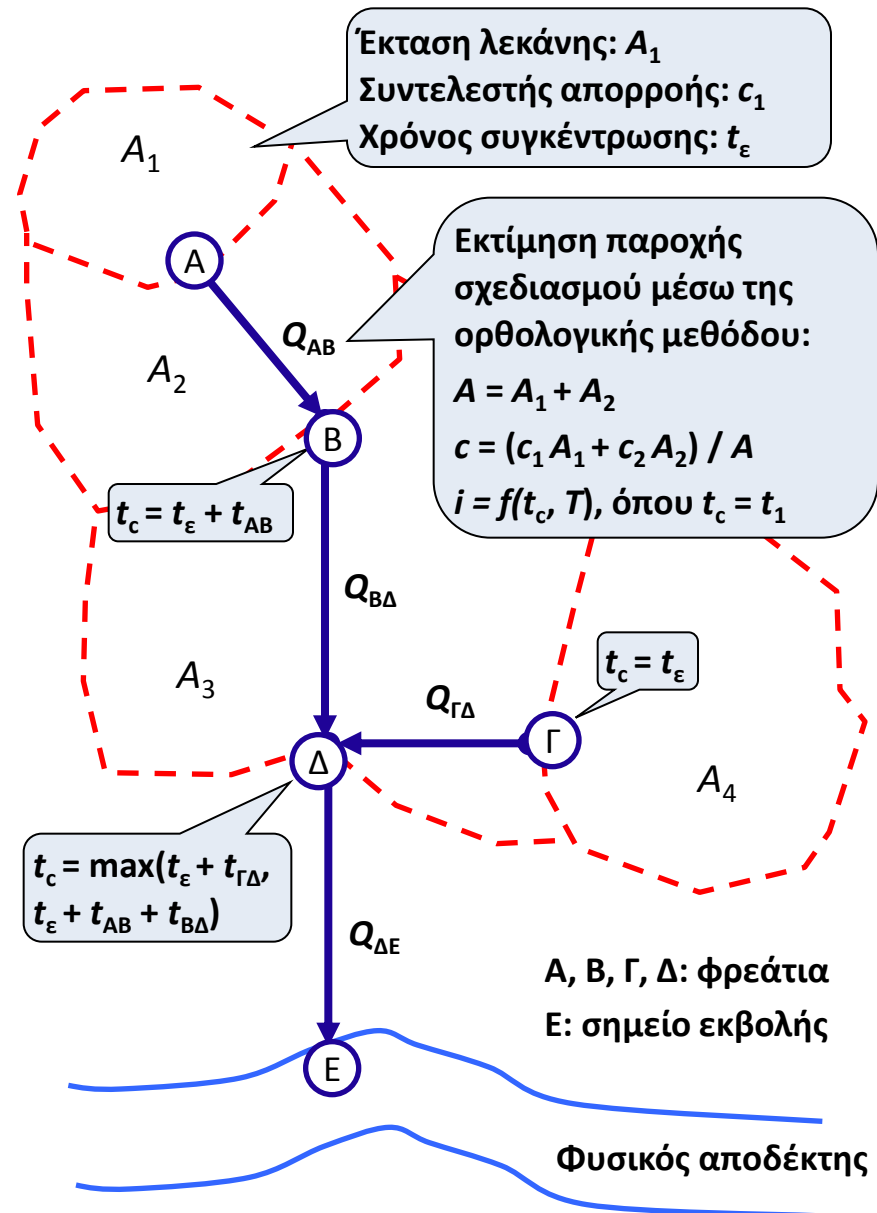
$$t_c = t_e + \sum L_{ij} / V_{ij}$$

- Για απλούστευση, οι **ταχύτητες ροής κατά μήκος του ανάντη δικτύου** εκτιμώνται με βάση τις παροχές σχεδιασμού των αντίστοιχων αγωγών.



# Παροχές σχεδιασμού δικτύων τυχαίας τοπολογίας

- Χαράσσονται και εμβαδομετρούνται οι λεκάνες ανάντη των **διατομών ελέγχου**.
- Εκτιμάται ο **συντελεστής απορροής** κάθε υπολεκάνης (ενιαίος ή σταθμισμένος).
- Εκτιμάται ο **χρόνος εισόδου** των ανάντη λεκανών.
- Εντοπίζεται η **κρίσιμη διαδρομή** ανάντη κάθε διατομής ελέγχου, και εκτιμάται ο αντίστοιχος (μεγιστοποιημένος) χρόνος συγκέντρωσης  $t_c$ , ως άθροισμα του **χρόνου εισόδου** και του συνολικού **χρόνου ροής** κατά μήκος των εναλλακτικών διαδρομών.
- Εκτιμάται, μέσω της όμβριας καμπύλης, η **κρίσιμη ένταση βροχής**, για διάρκεια ίση με  $t_c$ , και περίοδο επαναφοράς  $T$ .
- Εκτιμάται, μέσω της ορθολογικής μεθόδου, η **παροχή αιχμής** της συνολικής λεκάνης ανάντη κάθε φρεατίου ελέγχου.



# Αναφορές – Βιβλιογραφία

- Ευστρατιάδης, Α., Δ. Κουτσογιάννης, Ν. Μαμάσης, Π. Δημητριάδης, και Α. Μαχαίρας, Βιβλιογραφική επισκόπηση υδρολογίας πλημμυρών και συναφών εργαλείων, *ΔΕΥΚΑΛΙΩΝ – Εκτίμηση πλημμυρικών ροών στην Ελλάδα σε συνθήκες υδροκλιματικής μεταβλητότητας: Ανάπτυξη φυσικά εδραιωμένου εννοιολογικού-πιθανοτικού πλαισίου και υπολογιστικών εργαλείων*, 115 σ., ΕΜΠ-ΤΥΠΠΕΡ, Οκτώβριος 2012.
- Κουτσογιάννης, Δ., *Σχεδιασμός Αστικών Δικτύων Αποχέτευσης*, Έκδοση 4, 180 σ., ΕΜΠ, Αθήνα, 2011.
- Κουτσογιάννης, Δ., Ι. Μαρκόνης, Α. Κουκουβίνος, Σ.Μ. Παπαλεξίου, Ν. Μαμάσης, και Π. Δημητριάδης, Υδρολογική μελέτη ισχυρών βροχοπτώσεων στη λεκάνη του Κηφισού, *Μελέτη διαχείρισης Κηφισού*, Εργοδότης: Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων – ΥΠΕΧΩΔΕ, Ανάδοχοι: Εξάρχου Νικολόπουλος Μπενσασσών, Denco, Γ. Καραβοκύρης, κ.ά., 154 σ., Αθήνα, 2010.
- Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων, *Τεύχος 8: Αποχέτευση-Στράγγιση-Υδραυλικά Έργα Οδών*, ΥΠΕΧΩΔΕ, 2002.
- Π.Δ. 696/1974, *Περί αμοιβών μηχανικών δια σύνταξιν μελετών επίβλεψιν, παραλαβή κλπ. συγκοινωνιακών, υδραυλικών και κτιριακών έργων, ως και τοπογραφικών, κτηματογραφικών και χαρτογραφικών εργασιών, και των σχετικών τεχνικών προδιαγραφών μελετών.*
- Efstratiadis, A., A. D. Koussis, D. Koutsoyiannis, and N. Mamassis, Flood design recipes vs. reality: can predictions for ungauged basins be trusted?, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14, 1417-1428, doi:10.5194/nhess-14-1417-2014, 2014.
- 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.
- Michailidi, E., S. Antoniadis, A. Koukouvinos, B. Bacchi, and A. Efstratiadis, Timing the time of concentration: shedding light on a paradox, *Hydrological Sciences Journal*, 63(5), 721-740, doi:10.1080/02626667.2018.1450985, 2018.
- Papaioannou, G., A. Efstratiadis, L. Vasiliades, A. Loukas, S.M. Papalexou, A. Koukouvinos, I. Tsoukalas, and P. Kossieris, An operational method for Floods Directive implementation in ungauged urban areas, *Hydrology*, 5(2), 24, doi:10.3390/hydrology5020024, 2018.
- U.K. National Environmental Research Council, *Flood Studies Report*, Institute of Hydrology, Wallingford, 1975.
- Water Pollution Control Federation & American Society of Civil Engineers, *Design and Construction of Sanitary and Storm Sewers*, WPCF Manual of Practice No 9, ASCE Manual of Engineering Practice No 37, 1976.