

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΜΑΘΗΜΑ: ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ
ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΑΣ: ΕΠ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Β. ΜΠΕΛΛΟΣ

Εξεταστική Σεπτεμβρίου 2021-2022

Θέμα 1 [65/100]

Υδατόρεμα μήκους $L=2.3$ km απορρέει από λεκάνη απορροής η οποία έχει εμβαδόν $A=4.8$ km². Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης είναι +523 m, ενώ η έξοδος της λεκάνης είναι στα +87 m.

Η όμβρια καμπύλη της περιοχής είναι αυτής της μορφής:

$$i(t, T) = \frac{\lambda'(T^\kappa - \psi')}{\left(1 + \frac{t}{\theta}\right)^\eta}$$

όπου i η ένταση της βροχής (mm/h), t η διάρκεια της βροχής (h) και T η περίοδος επαναφοράς (έτη). Οι παράμετροι κ , λ' , ψ' , θ , η προκύπτουν με βάση το AM του κάθε φοιτητή. Συγκεκριμένα, με βάση το τελευταίο ψηφίο του AM οι παράμετροι έχουν ως εξής:

Τελευταίο ψηφίο AM	κ	λ'	ψ'	θ	η	Τελευταίο ψηφίο AM	κ	λ'	ψ'	θ	η
0	0.113	337.1	0.468	0.089	0.724	5	0.057	1029.5	0.843	0.089	0.724
1	0.057	721.7	0.757	0.089	0.724	6	0.057	713.1	0.855	0.089	0.724
2	0.113	447.0	0.747	0.089	0.724	7	0.113	431.7	0.617	0.089	0.724
3	0.113	473.2	0.687	0.089	0.724	8	0.113	292.9	0.602	0.089	0.724
4	0.057	978.4	0.877	0.089	0.724	9	0.113	356.7	0.570	0.089	0.724

Η μισή λεκάνη είναι αστική και η μισή περιαστική. Αν οι αντίστοιχοι συντελεστές απορροής για αστική λεκάνη είναι 0.7 και για περιαστική λεκάνη 0.5, να βρεθεί:

- Ο συντελεστής απορροής της εν λόγω λεκάνης **[5%]**.
- Ο χρόνος συγκέντρωσης με βάση τη σχέση Giandotti **[10%]**.
- Η μέγιστη ένταση βροχής με βάση την ορθολογική μέθοδο για περίοδο επαναφοράς 50 έτη **[10%]**.
- Το πλημμυρικό υδρογράφημα που αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς 50 έτη, στην έξοδο της λεκάνης, με βάση την ορθολογική μέθοδο και για διάρκεια βροχής ίση με το χρόνο συγκέντρωσης **[25%]**.

Δίνεται η σχέση Giandotti:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{\Delta H}}$$

όπου t_c ο χρόνος συγκέντρωσης (σε h), A το εμβαδόν της λεκάνης (σε km²), L το μήκος του υδατορέματος (σε km), ΔH η υψομετρική διαφορά μεταξύ μέσου υψομέτρου λεκάνης και της κοίτης του ρέματος στην έξοδο της λεκάνης (σε m).

Κατάντη της εξόδου της λεκάνης συνεχίζει υδατόρεμα με κλίση ίση με 1‰, το οποίο και διευθετείται με ορθογωνική διατομή πλάτους 20 m. Ο σχεδιασμός γίνεται με την πλημμυρική αιχμή που προέκυψε με την ορθολογική μέθοδο, θεωρώντας ότι η ροή είναι μόνιμη και ομοιόμορφη και χρησιμοποιώντας την εξίσωση Manning:

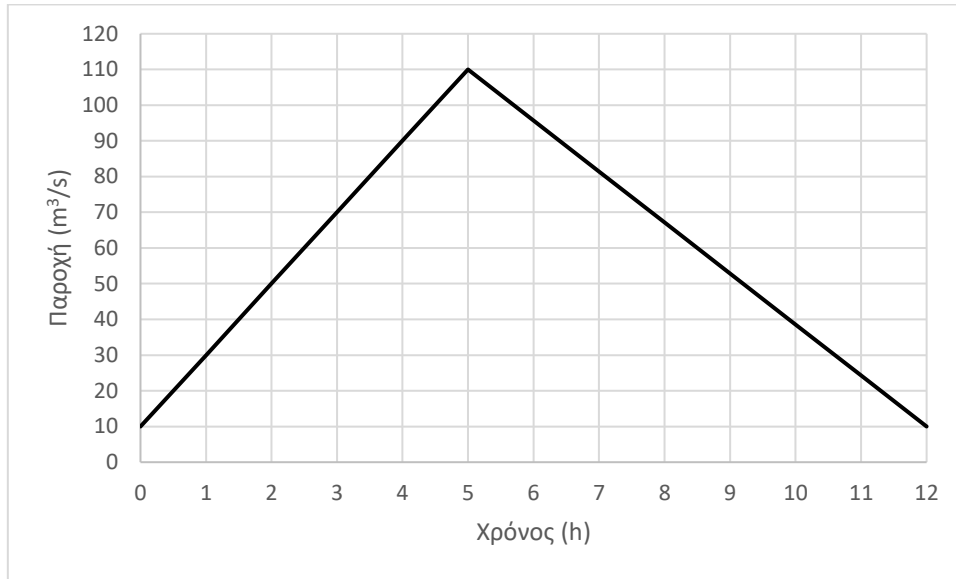
$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

όπου Q η παροχή, n ο συντελεστής τραχύτητας, A το εμβαδόν της υγρής διατομής, R η υδραυλική ακτίνα ($R=A/P$) και S η κατά μήκος κλίση. Το υλικό διευθέτησης είναι οπλισμένο σκυρόδεμα.

- Να βρεθεί πόσο πρέπει να είναι τουλάχιστον τα κατακόρυφα τοιχώματα της διατομής **[15%]**.

Θέμα 2 [35/100]

Λεκάνη απορροής έκτασης 53 km^2 δέχεται επεισόδιο εξάωρης βροχής με μέση ένταση βροχόπτωσης $\bar{i}=15 \text{ mm/h}$. Το υδρογράφημα απορροής έχει την παρακάτω μορφή:



Η βασική απορροή είναι ίση με $10 \text{ m}^3/\text{s}$, ενώ οι όμβριες καμπύλες της περιοχής εκφράζονται με την παρακάτω σχέση:

$$i(t, T) = \frac{930.4(T^{0.057} - 0.837)}{\left(1 + \frac{t}{0.089}\right)^{0.724}}$$

όπου i η ένταση της βροχής (mm/h), t η διάρκεια της βροχής (h) και T η περίοδος επαναφοράς (έτη).

- Να βρεθεί το συνολικό ύψος βροχής που έπεσε στο εν λόγω επεισόδιο **[5%]**.
- Να βρεθεί η περίοδος επαναφοράς που αντιστοιχεί στο εν λόγω επεισόδιο. **[10%]**.
- Να βρεθεί ο συνολικός όγκος νερού που απορρέει από τη λεκάνη αφαιρώντας τη βασική απορροή **[10%]**.
- Να υπολογιστεί ο συντελεστής απορροής της λεκάνης **[10%]**.

ΛΥΣΕΙΣ

1α) Ο συντελεστής απορροής προκύπτει ως ο σταθμισμένος μέσος όρος των δύο χρήσεων γης της λεκάνης (αστικής και περιαστικής). $C'=0.5 \cdot 0.7 + 0.5 \cdot 0.5 = 0.6$.

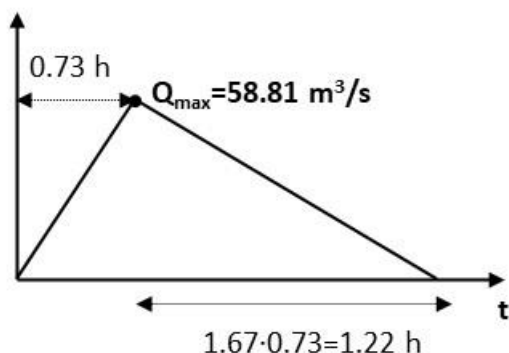
1β) Κάνοντας τις πράξεις με τον παρακάτω τύπο:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{\Delta H}} = \frac{4\sqrt{4.8} + 1.5 \cdot 2.3}{0.8\sqrt{523 - 87}} = 0.73 \text{ h}$$

1γ) Για $N=0$, και όπου T η περίοδος επαναφοράς (50 έτη) και t ο χρόνος συγκέντρωσης (ορθολογική μέθοδος για μικρή λεκάνη)

$$i(t, T) = \frac{337.1(50^{0.113} - 0.468)}{\left(1 + \frac{0.73}{0.089}\right)^{0.724}} = 73.46 \text{ mm/h}$$

1δ) Για $N=0$, η παροχή αιχμής σύμφωνα με την ορθολογική μέθοδο είναι $Q=0.278 \cdot C \cdot i \cdot A = 0.278 \cdot 0.6 \cdot 73.46 \cdot 4.8 = 58.81 \text{ m}^3/\text{s}$. Το πλημμυρικό υδρογράφημα έχει αυτή τη μορφή (η χρονική διάρκεια της βροχής είναι ίση με το χρόνο συγκέντρωσης):



1ε) Τα κατακόρυφα τοιχώματα της διατομής υπολογίζονται χρησιμοποιώντας την εξίσωση Manning για την παροχή αιχμής, (Για $N=0$, $58.81 \text{ m}^3/\text{s}$), για πλάτος διατομής $B=20 \text{ m}$ και κλίση πυθμένα $S=0.001$. Αν το υλικό διευθέτησης είναι το οπλισμένο σκυρόδεμα (επιλέγεται $n=0.015 \text{ s/m}^{1/3}$) και άγνωστη μεταβλητή θεωρείται το βάθος ροής h (που αντιστοιχεί στην παροχή αιχμής) προκύπτει η παρακάτω πεπλεγμένη σχέση:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2} \Rightarrow 58.81 = \frac{1}{0.016} (20h) \left(\frac{20h}{20+2h}\right)^{2/3} 0.001^{1/2}$$

Με δοκιμές μπορεί να υπολογιστεί ότι $h=0.66 \text{ m}$. Αυτό είναι και το ελάχιστο ύψος των κατακόρυφων τοιχωμάτων.

2α) Το συνολικό ύψος βροχής είναι γινόμενο της μέσης έντασης βροχής επί τη διάρκεια βροχής, δηλαδή:

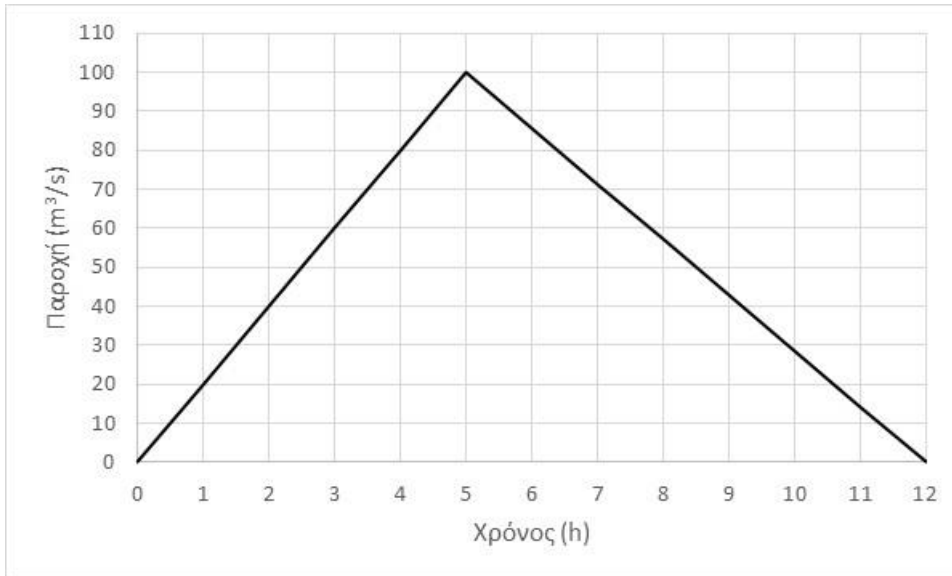
$$d = it = 15 \text{ mm/h} \cdot 6 \text{ h} = 90 \text{ mm}$$

2β) Αν η όμβρια καμπύλη της περιοχής έχει αυτή τη μορφή:

$$i(t, T) = \frac{930.4(T^{0.057} - 0.837)}{\left(1 + \frac{t}{0.089}\right)^{0.724}}$$

τότε αντικαθιστούμε την ένταση βροχής (15 mm/h) και το χρόνο διάρκειας βροχής (6 h) και λύνουμε ως προς την περίοδο επαναφοράς T. Το εν λόγω μέγεθος προκύπτει ίσο με περίπου 18 χρόνια (18.41 έτη).

2γ) Αν η βασική απορροή είναι 10 m³/s, τότε το υδρογράφημα πλημμυρικής απορροής έχει την παρακάτω μορφή (παραμένει τριγωνικό, αλλά έχει αφαιρεθεί η βάση των 10 m³/s σε όλη τη 12ωρη διάρκεια της πλημμυρικής απορροής):



Ο όγκος απορροής είναι ίσος με το εμβαδό του τριγώνου, δηλαδή:

$$\frac{12 \text{ h} \cdot 3600 \text{ s} \cdot 100 \text{ m}^3/\text{s}}{2} = 2160000 \text{ m}^3$$

2δ) Ο συντελεστής απορροής είναι ο όγκος βροχής που απορρέει από τη λεκάνη (V_{runoff}) προς τον όγκο βροχής που πέφτει στη λεκάνη (V_{rainfall}) και είναι με βάση τον ορισμό πάντα μικρότερος από τη μονάδα. Ο όγκος βροχής είναι το γινόμενο ύψος βροχής επί εμβαδόν λεκάνης. Συγκεκριμένα: $V_{\text{rainfall}} = (90/1000) \cdot (53 \cdot 1000000) = 4770000 \text{ m}^3$. Ο όγκος απορροής υπολογίστηκε στο προηγούμενο ερώτημα και είναι ίσος με 2160000 m³. Άρα ο συντελεστής απορροής είναι $C = V_{\text{rainfall}}/V_{\text{runoff}} = 2160000/4770000 = 0.45$.