

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

**Εξεταστική Σεπτεμβρίου 2022-2023**

**Θέμα 1 [20/100]**

Να βρεθεί το Μοναδιαίο Υδρογράφημα των 2 h λεκάνης απορροής με εμβαδόν  $20+N \text{ km}^2$  (όπου  $N$  το τελευταίο ψηφίο του ΑΜ του κάθε φοιτητή) αν αυτό έχει τριγωνική μορφή, η χρονική βάση του είναι 6 h και η πλημμυρική αιχμή εμφανίζεται στις 2 h. Οι παροχές του ΜΥΓ να δοθούν με χρονικό βήμα μίας ώρας.

*Υπόδειξη: ο όγκος βροχής πρέπει να είναι ίσος με τον όγκο απορροής.*

**Θέμα 2 [30/100]**

Να βρεθεί το συνολικό ύψος βροχής το οποίο θα πέσει σε λεκάνη απορροής, για διάρκεια βροχής 12 h και περίοδο επαναφοράς 100 έτη, αν η όμβρια καμπύλη της περιοχής έχει την παρακάτω μορφή:

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

όπου  $i$  η ένταση της βροχής (mm/h),  $t$  η διάρκεια της βροχής (h) και  $T$  η περίοδος επαναφοράς (έτη). Οι παράμετροι  $\kappa$ ,  $\lambda'$ ,  $\psi'$ ,  $\theta$ ,  $\eta$  προκύπτουν με βάση το ΑΜ του κάθε φοιτητή. Συγκεκριμένα, με βάση το τελευταίο ψηφίο του ΑΜ οι παράμετροι έχουν ως εξής:

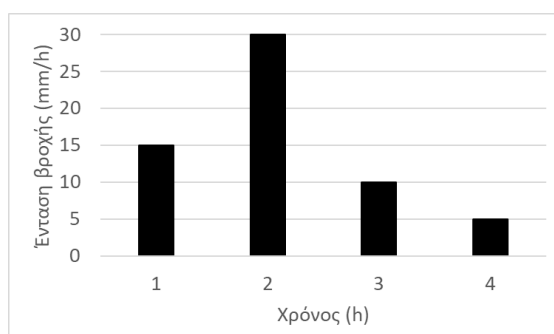
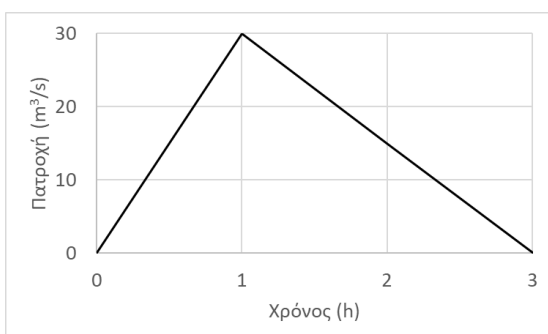
Τελευταίο ψηφίο ΑΜ	$\kappa$	$\lambda'$	$\psi'$	$\theta$	$H$	Τελευταίο ψηφίο ΑΜ	$\kappa$	$\lambda'$	$\psi'$	$\theta$	$\eta$
0	0.113	436.7	0.682	0.089	0.724	5	0.113	341.1	0.547	0.089	0.724
1	0.113	333.2	0.541	0.089	0.724	6	0.113	353.1	0.453	0.089	0.724
2	0.057	1123.2	0.895	0.089	0.724	7	0.113	404.7	0.61	0.089	0.724
3	0.113	279.5	0.405	0.089	0.724	8	0.057	641.1	0.855	0.089	0.724
4	0.057	868.9	0.801	0.089	0.724	9	0.057	1017.9	0.89	0.089	0.724

Στη συνέχεια να γίνει γράφημα με την κατανομή της 12ωρης αυτής βροχής, αν το πρώτο τρίωρο πέφτει το 10% του συνολικού ύψους βροχής, το δεύτερο τρίωρο το 50% του συνολικού ύψους βροχής, το τρίτο τρίωρο το 20% του συνολικού ύψους βροχής και το τέταρτο τρίωρο το υπόλοιπο ποσοστό.

**Θέμα 3 [25/100]**

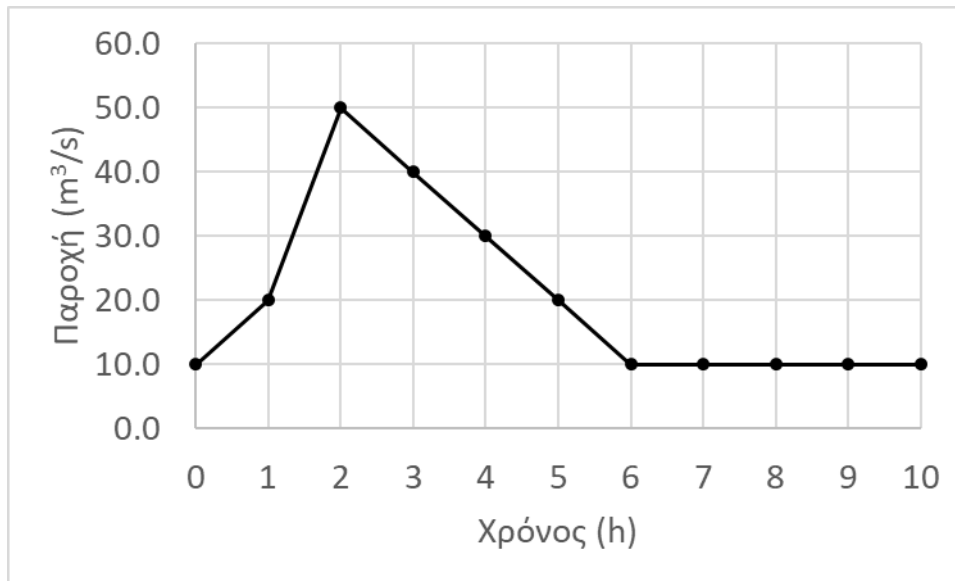
Σε λεκάνη απορροής, το Μοναδιαίο Υδρογράφημα της 1 h έχει την παρακάτω μορφή (αριστερά). Αν πέσει το επεισόδιο βροχής που απεικονίζεται δεξιά να βρεθεί το υδρογράφημα που απορρέει στην έξοδο της λεκάνης, με δεδομένο ότι ο δείκτης απωλειών  $\phi$  είναι ίσος με  $\phi=2+0.1N$  mm/h (όπου  $N$  το τελευταίο ψηφίο του ΑΜ του κάθε φοιτητή).

*Υπόδειξη: το χρονικό βήμα για την εφαρμογή της μεθόδου (και για τη βροχή και για το ΜΥΓ) να είναι  $\Delta t=1 \text{ h}$ .*



#### Θέμα 4 [25/100]

Να γίνει διόδευση του παρακάτω υδρογραφήματος με τη μέθοδο Muskingum, με χρονικό βήμα  $\Delta t=1$  h, και παραμέτρους  $X=0.2$  και  $K=2+0.2N$  h (όπου N το τελευταίο ψηφίο του ΑΜ του κάθε φοιτητή).



Υπόδειξη: σύμφωνα με τη μέθοδο Muskingum, με δεδομένη την εισροή  $I$  η εκροή  $O$  υπολογίζεται για κάθε χρονικό βήμα με την παρακάτω εξίσωση ( $I$  σε  $m^3/s$ ,  $O$  σε  $m^3/s$ ,  $\Delta t$  σε h,  $K$  σε h):

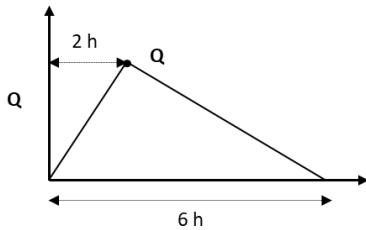
$$O_{i+1} = \frac{-KX + 0.5\Delta t}{K(1-X) + 0.5\Delta t} I_{i+1} + \frac{KX + 0.5\Delta t}{K(1-X) + 0.5\Delta t} I_i + \frac{K(1-X) - 0.5\Delta t}{K(1-X) + 0.5\Delta t} O_i$$

## ΛΥΣΕΙΣ

1) Το τριγωνικό ΜΥΓ 2 h αντιστοιχεί στον όγκο απορροής μετά από περίσσειμα βροχής 10 mm το οποίο έπεσε σε χρονικό διάστημα 2 h. Αν  $N=0$ , το εμβαδόν της λεκάνης είναι  $20 \text{ km}^2$ , οπότε ο όγκος βροχής που αντιστοιχεί στη λεκάνη απορροής είναι

$$V_{rainfall} = (20 \times 10^6) \times \left(\frac{10}{1000}\right) = 200000 \text{ m}^3$$

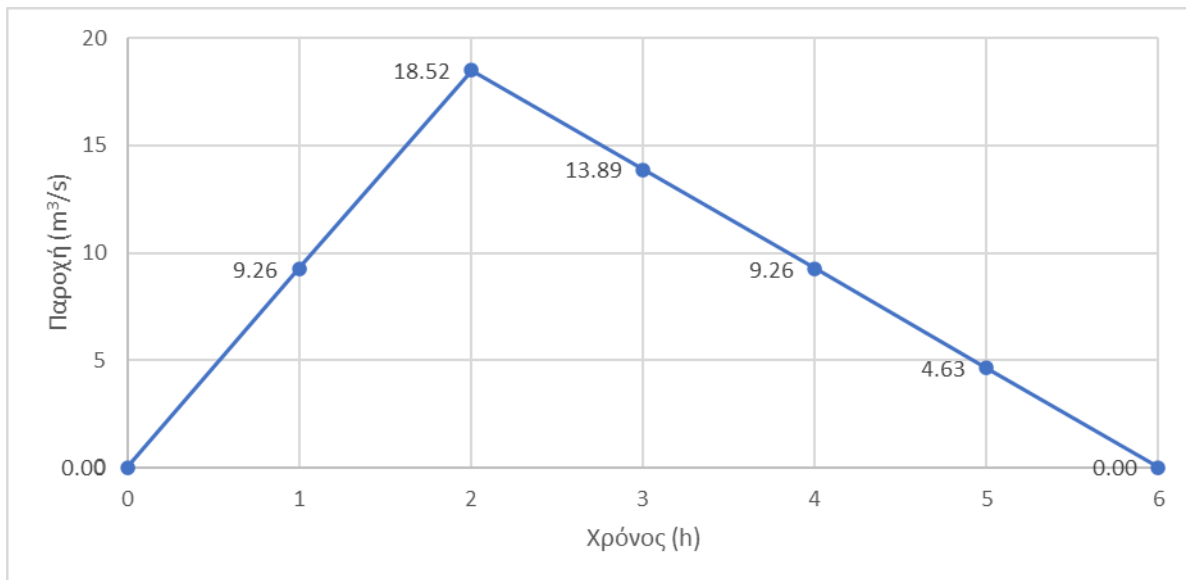
Εφόσον ο όγκος απορροής πρέπει να είναι ίδιος με τον όγκο βροχής θα πρέπει το εμβαδόν του τριγωνικού ΜΥΓ να είναι ίσο με τον όγκο απορροής.



Δηλαδή:

$$V_{rainfall} = 200000 = \frac{1}{2}(6 \cdot 3600) \cdot Q \Rightarrow Q = \frac{2 \cdot 200000}{6 \cdot 3600} = 18.52 \text{ m}^3/\text{s}$$

Συνεπώς το τριγωνικό ΜΥΓ θα έχει την παρακάτω μορφή:



Σημειώνεται ότι δεν απαιτείται στην εξέταση να παρουσιαστεί το εν λόγω γράφημα, παρά μόνο οι τιμές του ΜΥΓ με ωριαίο βήμα. Το γράφημα δίνεται για την καλύτερη κατανόηση της επίλυσης.

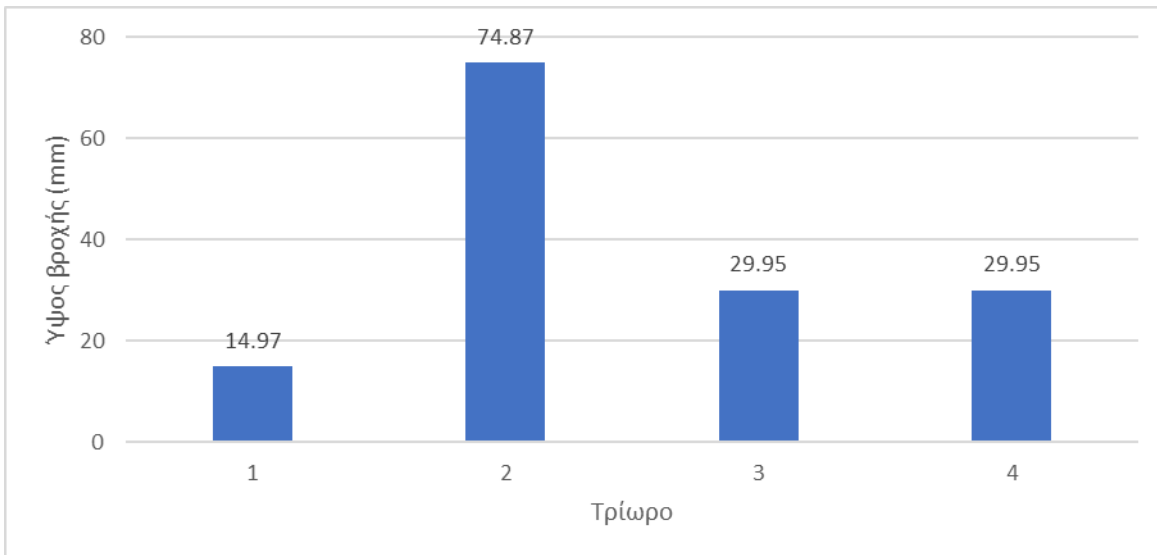
2) Αν η όμβρια καμπύλη της περιοχής έχει αυτή τη μορφή ( $N=0$ ):

$$i(t, T) = \frac{436.7(T^{0.113} - 0.682)}{\left(1 + \frac{t}{0.089}\right)^{0.724}}$$

τότε υπολογίζουμε την ένταση της βροχής με χρόνο διάρκειας βροχής  $t=12 \text{ h}$  και περίοδο επαναφοράς  $T=100$  έτη. Το εν λόγω μέγεθος προκύπτει ίσο με  $i=12.48 \text{ mm/h}$ . Το συνολικό ύψος βροχής  $d$  προκύπτει αν πολλαπλασιάσουμε την ένταση με τη διάρκεια βροχής:

$$d = i \cdot t = 12.48 \cdot 12 = 149.75 \text{ mm}$$

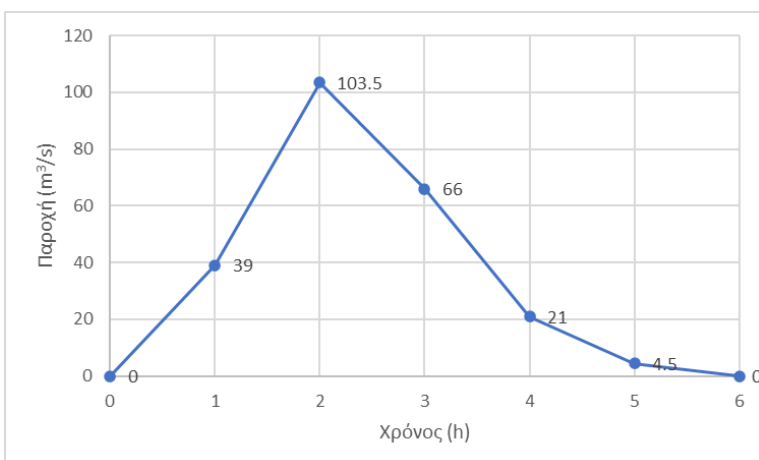
Στη συνέχεια κατανέουμε το ύψος αυτό βροχής (που αντιστοιχεί σε περίοδο 12 ωρών) σε τρία



Σημειώνεται ότι δεν απαιτείται στην εξέταση να παρουσιαστεί το εν λόγω γράφημα, παρά μόνο οι τιμές για κάθε τρίωρο. Το γράφημα δίνεται για την καλύτερη κατανόηση της επίλυσης.

3) Για τον υπολογισμό του υδρογραφήματος που θα απορρέει στην έξοδο της λεκάνης κατασκευάζεται ο παρακάτω πίνακας όπου και εφαρμόζονται οι αρχές της αναλογίας και της επαλληλίας ( $\phi=2 \text{ mm/h}$  για  $N=0$ ).

t (h)		1	2	3	4	
d (mm)		15	30	10	5	
d' (mm)		$15-2 \times 1=13$	$30-2 \times 1=28$	8	3	
t (h)	ΜΥΓ 1 h					Q (m <sup>3</sup> /s)
0	0	0				0
1	30	$(13/10) \times 30=39$	0			39.0
2	15	$(13/10) \times 15=19.5$	$(28/10) \times 30=84$	0		103.5
3	0	0	$(28/10) \times 15=42$	24	0	66
4			0	12	9	21
5				0	4.5	4.5
8					0	0



Σημειώνεται ότι δεν απαιτείται στην εξέταση να παρουσιαστεί το εν λόγω γράφημα, παρά μόνο οι τιμές του υδρογραφήματος.

4) Για N=0 υπολογίζεται:

$$\frac{-KX + 0.5\Delta t}{K(1 - X) + 0.5\Delta t} = 0.0476$$

$$\frac{KX + 0.5\Delta t}{K(1 - X) + 0.5\Delta t} = 0.4286$$

$$\frac{K(1 - X) - 0.5\Delta t}{K(1 - X) + 0.5\Delta t} = 0.5238$$

οπότε:

$$O_{i+1} = 0.0476I_{i+1} + 0.4286I_i + 0.5238O_i$$

Άρα το διοδευμένο υδρογράφημα έχει ως εξής:

Ωρα	I (m <sup>3</sup> /s)	O (m <sup>3</sup> /s)
0	10.0	10
1	20.0	0.0476 x 20 + 0.4286 x 10 + 0.5238 x 10 = 10.5
2	50.0	0.0476 x 50 + 0.4286 x 20 + 0.5238 x 10.5 = 16.4
3	40.0	0.0476 x 40 + 0.4286 x 50 + 0.5238 x 16.4 = 31.9
4	30.0	35.3
5	20.0	32.3
6	10.0	26.0
7	10.0	18.4
8	10.0	14.4
9	10.0	12.3
10	10.0	11.2

Η αρχική τιμή εκροής O<sub>0</sub> θεωρείται ίση με την αντίστοιχη εισροή (10 m<sup>3</sup>/s) και σημειώνεται με κόκκινα γράμματα. Συνεπώς, το υδρογράφημα που απεικονίζεται με την μπλε γραμμή είναι η είσοδος I και το διοδευμένο υδρογράφημα με την πορτοκαλί γραμμή είναι η έξοδος O. Σημειώνεται ότι δεν απαιτείται στην εξέταση να παρουσιαστεί το εν λόγω γράφημα, το οποίο δίνεται για την καλύτερη κατανόηση της επίλυσης.

