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

Χειμερινό εξάμηνο 2023-2024

Θέμα 1 [25/100]

Σε έξοδο λεκάνης με εμβαδό A=6.1 km^2 και με συντελεστή απορροής C=0.55 κατασκευάζεται τεχνικό έργο με περίοδο επαναφοράς T=50 έτη. Το μήκος του κύριου υδατορέματος της λεκάνης είναι L=3.7 km, ενώ η υψομετρική διαφορά του μέσου υψομέτρου της λεκάνης με την έξοδο της λεκάνης είναι +54 m.

Να υπολογιστεί:

α) Ο χρόνος συγκέντρωσης με τη σχέση Giandotti **[10/100]**:

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

όπου t_c ο χρόνος συγκέντρωσης (σε h), *A* το εμβαδόν της λεκάνης (σε km^2), *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).

β) Να βρεθεί η παροχή αιχμής με την ορθολογική μέθοδο αν η όμβρια καμπύλη της περιοχής έχει την παρακάτω μορφή **[15/100]**:

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

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 ΑΜ του κάθε φοιτητή. Συγκεκριμένα, με βάση το τελευταίο ψηφίο του ΑΜ οι παράμετροι έχουν ως εξής:

Τελευταίο ψηφίο ΑΜ	κ	λ΄	ψ΄	θ	η	Τελευταίο ψηφίο ΑΜ	κ	λ΄	ψ΄	θ	η
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

Θέμα 2 [25/100]

Να βρεθεί το Μοναδιαίο Υδρογράφημα της 1 h για λεκάνη απορροής με εμβαδόν 50+N km^2 (όπου N το τελευταίο ψηφίο του ΑΜ του κάθε φοιτητή) αν αυτό είναι τραπέζιο, η χρονική βάση του είναι 10 h, η πλημμυρική αιχμή εμφανίζεται στις 3 h ενώ η μικρή βάση στην αιχμή έχει διάρκεια 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.

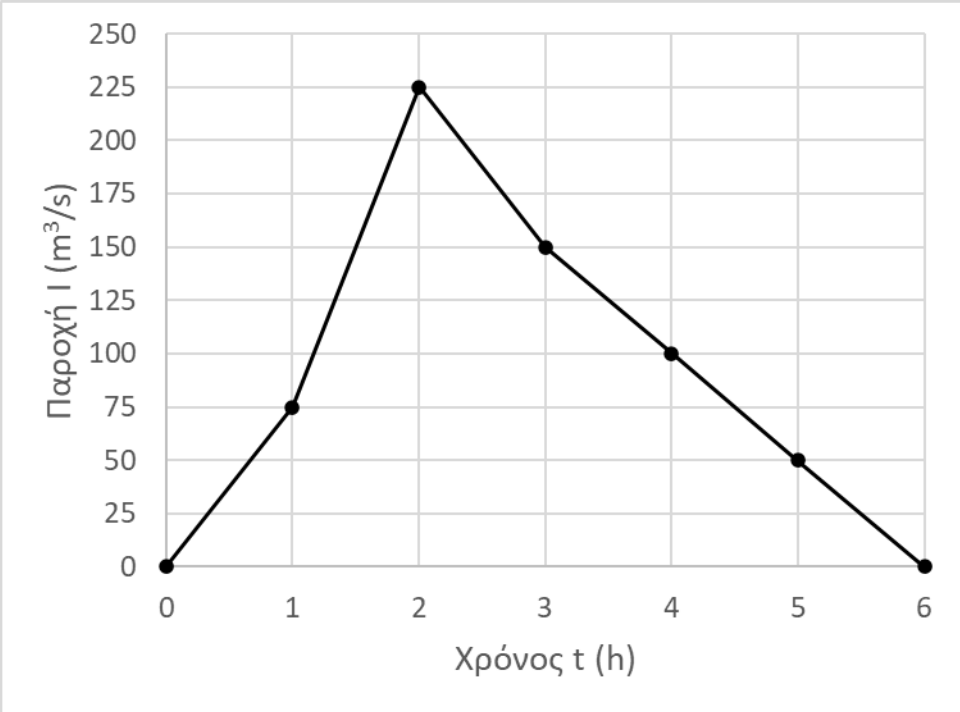
Θέμα 3 [20/100]

Η στάθμη ενός ταμιευτήρα στην αρχή μίας περιόδου είναι +517 m και στο τέλος αυτής +519 m. Οι εισροές στον ταμιευτήρα αυτό το χρονικό διάστημα είναι λόγω της βροχής που πέφτει στον ταμιευτήρα η οποία είναι ίση με 800+10N mm (όπου N το τελευταίο ψηφίο του ΑΜ του κάθε φοιτητή) και λόγω του ποταμού που εισρέει στον ταμιευτήρα, του οποίου η μέση παροχή είναι 0.05 m^3/s. Οι εκροές από τον ταμιευτήρα αυτό το χρονικό διάστημα είναι λόγω αρδευτικών αναγκών, οι οποίες είναι ίσες με 800000 m^3 και λόγω της εξατμισοδιαπνοής. Να βρεθεί η εξατμισοδιαπνοή που αφορά αυτή τη χρονική περίοδο (σε mm). Να θεωρηθεί ότι ο ταμιευτήρας έχει εμβαδόν 500 στρέμματα και τα τοιχώματά του είναι κατακόρυφα. Η χρονική περίοδος είναι ένα έτος.

Θέμα 4 [30/100]

Ταμιευτήρας με εμβαδόν 1600 στρέμματα (και κατακόρυφα τοιχώματα) και στέψη στα z_0=+90 m δέχεται το παρακάτω υδρογράφημα όταν η στάθμη του είναι επίσης H=+90 m (είναι πληρωμένος). Να γίνει η διόδευση του υδρογραφήματος εισροής και να βρεθεί το υδρογράφημα εκροής, αν η βοηθητική καμπύλη N=S/Δt+Q/2 μπορεί να προσεγγιστεί με την εξίσωση N=(Q+2)/0.9, όπου Q η παροχή εκροής.

Υπόδειξη: το χρονικό βήμα για την εφαρμογή της μεθόδου να είναι Δt=1 h και η διόδευση να υπολογιστεί για τις πρώτες 8 ώρες.



ΛΥΣΕΙΣ

1α) Για το χρόνο συγκέντρωσης χρησιμοποιούμε τον τύπο του Giandotti:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{\Delta H}} = \frac{4\sqrt{6.1} + 1.5 \cdot 3.7}{0.8\sqrt{54}} = 2.62\ h$$

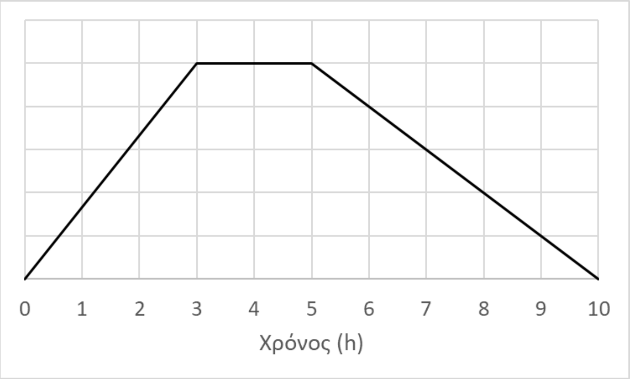
1β) Για Ν=0 και θεωρώντας ότι η διάρκεια της βροχής είναι ίση με το χρόνο συγκέντρωσης και ότι η περίοδος επαναφοράς είναι Τ=50 έτη, η ένταση βροχής προκύπτει:

$$i(t,T) = \frac{436.7(50^{0.113} - 0.682)}{\left(1 + \frac{2.62}{0.089}\right)^{0.724}} = 32.15\ mm/h$$

Με βάση την ορθολογική μέθοδο και για συντελεστή απορροής C=0.55 η παροχή αιχμής προκύπτει:

$$Q_{max} = 0.278CiA = 0.278 \cdot 0.55 \cdot 32.15 \cdot 6.1 = 29.98\ m^3/s$$

2) Το ΜΥΓ 1 h έχει την παρακάτω μορφή:



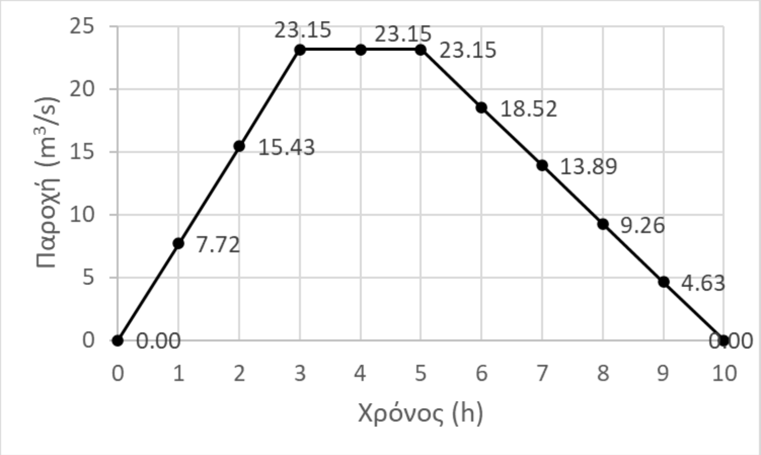
Συνεπώς ο όγκος του τραπεζίου (όγκος απορροής) θα πρέπει να είναι ίσος με τον όγκο περισσεύματος βροχής ίσου με 10 mm. Για Ν=0 και λεκάνη απορροή ίση με A=50 km^2 ο όγκος που αντιστοιχεί στο περίσσευμα βροχής είναι

$$V_{rainfall} = (50 \times 10^6) \times \left(\frac{10}{1000}\right) = 500000\ m^3$$

Άρα αν ορίσουμε ως Q_{max} την παροχή αιχμής (που αντιστοιχεί στη μικρή βάση του τραπεζίου) ισχύει:

$$V_{rainfall} = \frac{(10+2)3600}{2} Q_{max} \Rightarrow Q_{max} = 23.15\ m^3/s$$

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.

3) Μετατρέπουμε όλα τα μεγέθη σε ισοδύναμες στήλες νερού (διαιρώντας δηλαδή όπου χρειάζεται με το εμβαδό του ταμιευτήρα).

Βροχή στον ταμιευτήρα (δε χρειάζεται να διαιρεθεί με το εμβαδόν του ταμιευτήρα καθότι είναι ήδη σε μορφή μήκους, παρά μόνο για τη μετατροπή των μονάδων):

R=813/1000=0.81 m

Εισροή από το ποτάμι:

Q=(0.05×365×24×3600)/(500×1000)=3.15 m

Αρδευτικές ανάγκες:

O=800000/(500×1000)=1.60 m

Αν η στάθμη του ταμιευτήρα είναι Η και η εξατμισοδιαπνοή Ε ισχύει (υδατικό ισοζύγιο):

$H_1 + R + Q - O - E = H_2$

Οπότε:

$E = 517 + 0.81 + 3.15 - 1.60 - 519 = 0.36\, m = 360\, mm$

4) Κατασκευάζεται ο παρακάτω πίνακας

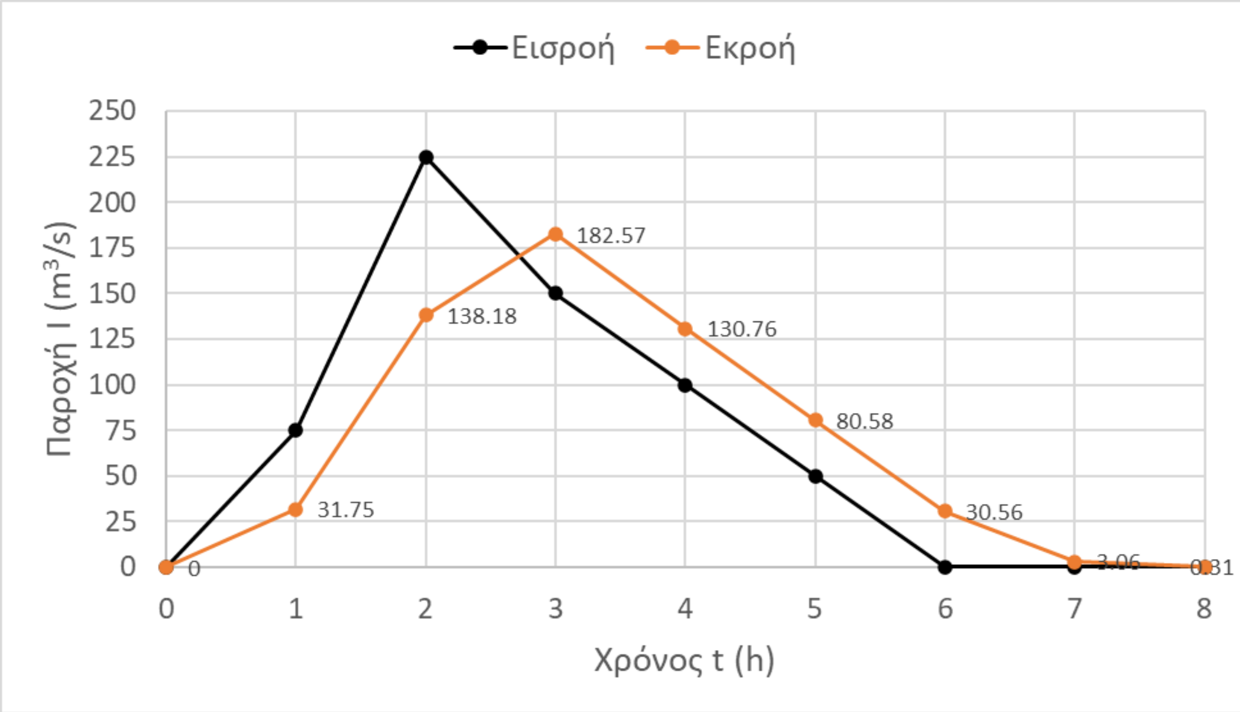
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
t (h)	**I (m³/s)**	**$\bar{I}$ (m³/s)**	**Q (m³/s)**	**ΔN= $\bar{I}$-Q (m³/s)**	**N (m³/s)**
0	0		0		0
		37.5		37.5	
1	75		**31.75**	$\boldsymbol{Q = 0.9N - 2}$	37.5
		150		118.25	
2	225		**138.18**		155.75
		187.5		49.33	
3	150		**182.57**		205.08
		125		-57.57	
4	100		**130.76**		147.51
		75		-55.76	
5	50		**80.58**		91.75
		25		-55.58	
6	0		**30.56**		36.18
		0		-30.56	
7	0		**3.06**		5.62
		0		-3.06	
8	0		**0.31**		2.56

Οι πρώτες τιμές της στήλης (4) και (5) ορίζονται αυθαίρετα μηδενικές (με κόκκινο χρώμα) ούτως ώστε να λειτουργήσει η μέθοδος (αρχικές συνθήκες). Η στήλη (3) είναι ο μέσος όρος της στήλης (2). Η στήλη (5) είναι η διαφορά της στήλης (3) μείον τη στήλη (4). Το επόμενο στοιχείο στη στήλη (6) προκύπτει με βάση τη σχέση

$N_{i+1} = N_i + \Delta N$

Η στήλη (4) προκύπτει έχοντας γνωστό το μέγεθος Ν σε κάθε χρονική στιγμή και με βάση τη σχέση N=(Q+2)/0.9, δηλαδή Q=0.9N-2.

Το διοδευμένο υδρογράφημα παρουσιάζεται παρακάτω:



Σημειώνεται ότι δεν απαιτείται στην εξέταση να παρουσιαστεί το εν λόγω γράφημα, παρά μόνο οι τιμές του παραπάνω πίνακα που αφορούν την τιμή της παροχής του διοδευμένου υδρογραφήματος για χρονικό βήμα μίας ώρας. Το γράφημα δίνεται για την καλύτερη κατανόηση της επίλυσης.