



Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

Ενότητα 8: Υδρογραφήματα - Μοναδιαίο Υδρογράφημα
- Συνθετικό Μοναδιαίο Υδρογράφημα: Ασκήσεις

Καθ. Αθανάσιος Λουκάς

Εργαστήριο Υδρολογίας και Ανάλυσης Υδατικών Συστημάτων

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Πολυτεχνική Σχολή

Προσδιορισμός ΜΥΓ

Σύνοψη - Επανάληψη

- Στο συνολικό υδρογράφημα που έδωσε η βροχή χωρίζεται σε άμεση και βασική απορροή.
- Σχεδιάζεται το υδρογράφημα της άμεσης απορροής.
- Υπολογίζεται ο συνολικός όγκος της άμεσης απορροής και στη συνέχεια εκφράζεται σε μονάδες πάχους υδάτινου στρώματος διαιρώντας με την έκταση της υδρολογικής λεκάνης. Ως μονάδα πάχους λαμβάνεται το ένα cm.
- Διαιρούνται οι τεταγμένες του υδρογραφήματος της άμεσης απορροής με το αντίστοιχο ισοδύναμο πάχος της. Τα μεγέθη που θα προκύψουν αποτελούν τις τεταγμένες του μοναδιαίου υδρογράφημος το οποίο και σχεδιάζεται.
- Προσδιορίζεται η διάρκεια της ενεργού βροχής που σε μέγεθος είναι κατά τα γνωστά ίση με την άμεση απορροή



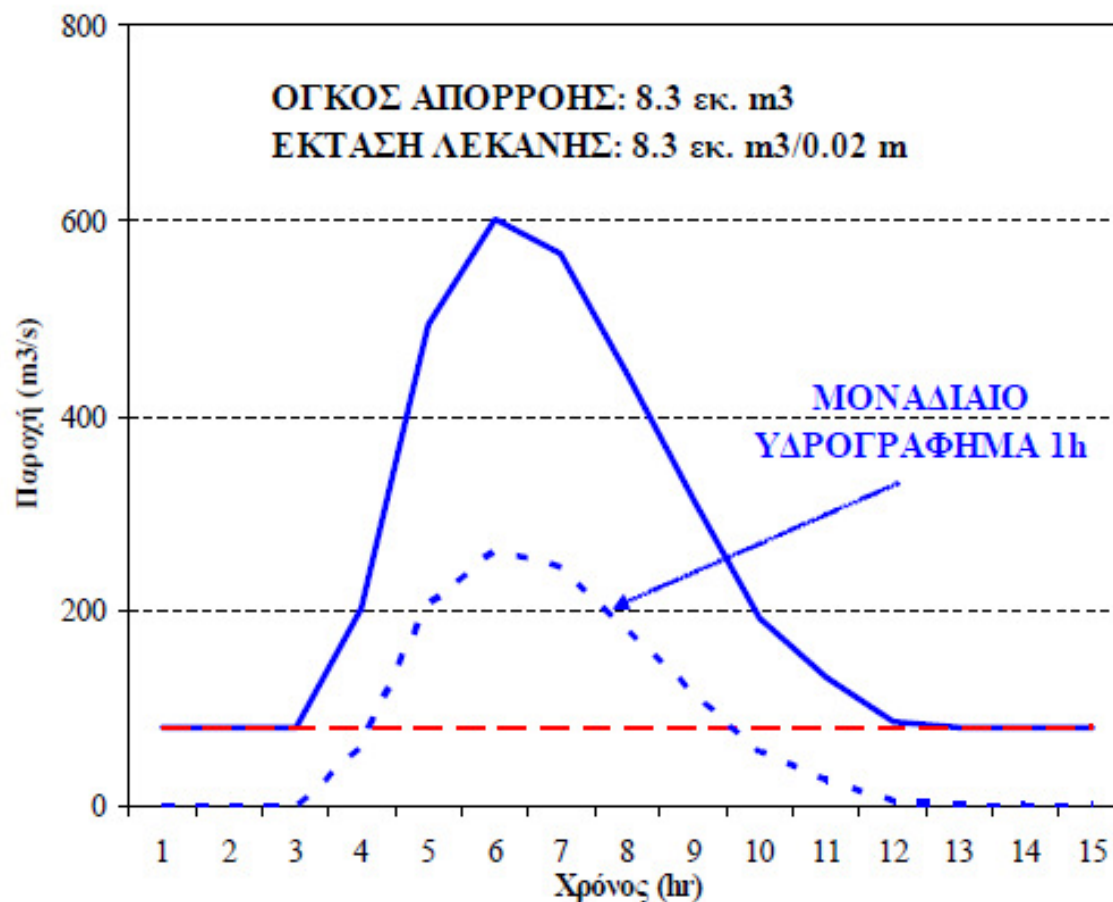
ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

Αριθμητικά παραδείγματα

T (h)	Q (m ³ /s)	ΚΑΘΑΡΟ	QΜΥΤ
0	80	0	0,0
1	80	0	0,0
2	80	0	0,0
3	202	122	61,0
4	494	414	207,0
5	602	522	261,0
6	567	487	243,5
7	442	362	181,0
8	312	232	116,0
9	192	112	56,0
10	132	52	26,0
11	87	7	3,5
12	80	0	0,0
13	80	0	0,0
14	80	0	0,0

ΟΓΚΟΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ 8316000 4158000

ΕΚΤΑΣΗ ΛΕΚΑΝΗΣ 415800000 m²



ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ

Παράδειγμα 1: Ενεργός βροχόπτωση ύψους 15 mm και διάρκειας μίας ώρας προκάλεσε στην έξοδο λεκάνης απορροής Α, το παρακάτω πλημμυρογράφημα.

T (hr)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Q (m³/s)	98	98	98	220	512	620	585	460	330	210	150	105	98	98	98

- Α) Να βρεθεί το μοναδιαίο υδρογράφημα της λεκάνης διάρκειας μιας ώρας
- Β) Να βρεθεί το συνολικό πλημμυρογράφημα που προκλήθηκε από την παρακάτω ενεργό βροχή με βάση το ΜΥΓ 1 hr

T (hr)	1	2	3	4
I (mm/h)	0.4	1.1	2.0	1.5

Λύση: Υπολογίζουμε το καθαρό πλημμυρογράφημα με αφαίρεση της βασικής απορροής = 98 m³/s. Από τη στιγμή που το πλημμυρογράφημα και το ΜΥΓ έχουν την ίδια διάρκεια, το ΜΥΓ προκύπτει με απλή εφαρμογή της πολλαπλασιαστικής ιδιότητας:

$$Q_{MY} / Q_{ΠΛ} = i_{MY} / i_{ΠΛ}$$

$$\rightarrow Q_{MY} = Q_{ΠΛ} * (10 / 15)$$

T (hr)	ΥΑΑ	ΜΥΓ- 1h	1η ώρα	2η ώρα	3η ώρα	4η ώρα	Καθ. Πλημ	Ολικό Πλημμυρ
0	0	0.00	0.00				0.00	98.00
1	122	81.33	3.25	0.00			3.25	101.25
2	414	276.00	11.04	8.95	0.00		19.99	117.99
3	522	348.00	13.92	30.36	16.27	0.00	60.55	158.55
4	487	324.67	12.99	38.28	55.20	12.20	118.67	216.67
5	362	241.33	9.65	35.71	69.60	41.40	156.37	254.37
6	232	154.67	6.19	26.55	64.93	52.20	149.87	247.87
7	112	74.67	2.99	17.01	48.27	48.70	116.97	214.97
8	52	34.67	1.39	8.21	30.93	36.20	76.73	174.73
9	7	4.67	0.19	3.81	14.93	23.20	42.13	140.13
10	0	0.00	0.00	0.51	6.93	11.20	18.65	116.65
11				0.00	0.93	5.20	6.13	104.13
12					0.00	0.70	0.70	98.70
13						0.00	0.00	98.00



ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ

Παράδειγμα 2: Ενεργός βροχόπτωση διάρκειας δύο ωρών προκάλεσε στην έξοδο λεκάνης απορροής Α, το παρακάτω πλημμυρογράφημα. Να βρεθεί το μοναδιαίο υδρογράφημα της λεκάνης διάρκειας μιας ώρας

Υετογράφημα:

T (hr)	1	2
I (mm/h)	30.0	7.5

Πλημμυρογράφημα:

T (hr)	0	1	2	3	4	5	6
Q (m³/s)	102.00	365.48	326.48	252.75	171.90	112.62	102.00

Λύση: Υπολογίζουμε το καθαρό πλημμυρογράφημα με αφαίρεση της βασικής απορροής = 102 m³/s. Το καθαρό πλημμυρογράφημα, προκύπτει ως επαλληλία των δύο βροχοπτώσεων. Υποθέτουμε ότι οι ζητούμενες τεταγμένες του ΜΥΓ είναι U₀ (για t=0) έως U₆ (για t=6 hr). Εφαρμόζοντας την πολλαπλασιαστική ιδιότητα και την ιδιότητα της επαλληλίας, προκύπτει το ακόλουθο σύστημα εξισώσεων:

T (hr)	Πλημμυρογ.	Καθαρό Πλημμυρογ.	T (hr)	ΜΥΓ	Μετατόπιση	Πλημμυρογράφημα	ΜΥΓ Τεταγμένες
0	102.00	0.00	0	U ₀		3*U ₀ = 0	0.00
1	365.48	263.48	1	U ₁	U ₀	3*U ₁ + 0.75*U ₀ = 263.48	87.83
2	326.48	224.48	2	U ₂	U ₁	3*U ₂ + 0.75*U ₁ = 224.48	52.87
3	252.75	150.75	3	U ₃	U ₂	3*U ₃ + 0.75*U ₂ = 150.75	37.03
4	171.90	69.90	4	U ₄	U ₃	3*U ₄ + 0.75*U ₃ = 69.90	14.04
5	112.65	10.65	5	U ₅	U ₄	3*U ₅ + 0.75*U ₄ = 10.65	0.00
6	102.00	0.00	6	U ₆	U ₅	3*U ₆ + 0.75*U ₅ = 0	0.00



ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ

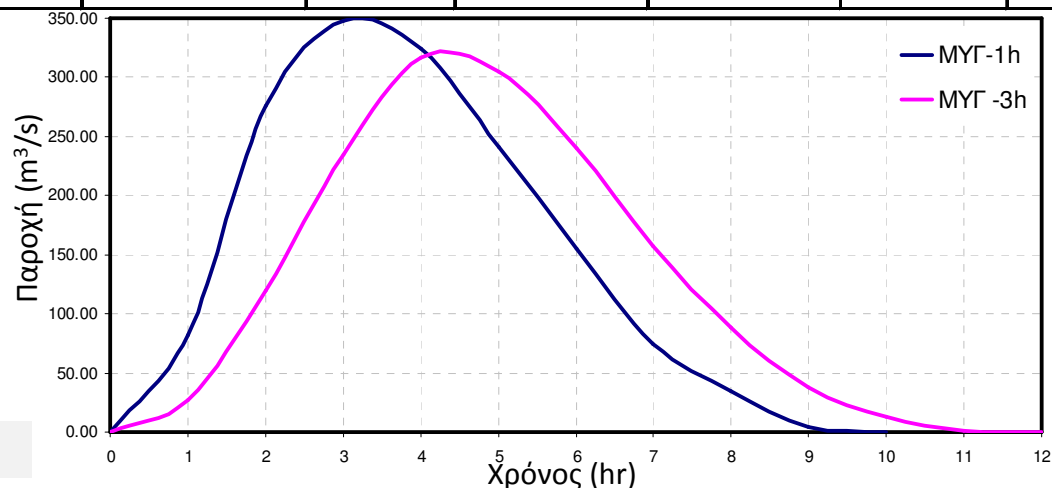
Παράδειγμα 3: Να βρεθεί το μοναδιαίο υδρογράφημα τριών ωρών με βάση το ΜΥΓ μίας ώρας που δίνεται παρακάτω

Δεδομένα

1^{ος} Τρόπος Υπολογισμού

2^{ος} Τρόπος Υπολογισμού

T (hr)	ΜΥΓ-1h	Ακέραιο Πολλαπλάσιο				Καμπύλη S			
		1η μετατόπιση	2η μετατόπιση	Αθροισμα ΜΥΓ	ΜΥΓ -3h	S Καμπύλη	S'	S - S'	ΜΥΓ -3h
0	0.00			0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
1	81.33	0.00		81.33	27.11	81.33		81.33	27.11
2	276.00	81.33	0.00	357.33	119.11	357.33		357.33	119.11
3	348.00	276.00	81.33	705.33	235.11	705.33	0	705.33	235.11
4	324.67	348.00	276.00	948.67	316.22	1030.00	81.33	948.67	316.22
5	241.33	324.67	348.00	914.00	304.67	1271.33	357.33	914.00	304.67
6	154.67	241.33	324.67	720.67	240.22	1426.00	705.33	720.67	240.22
7	74.67	154.67	241.33	470.67	156.89	1500.67	1030	470.67	156.89
8	34.67	74.67	154.67	264.01	88.00	1535.34	1271.33	264.01	88.00
9	4.67	34.67	74.67	114.01	38.00	1540.01	1426	114.01	38.00
10	0.00	4.67	34.67	39.34	13.11	1540.01	1500.67	39.34	13.11
		0.00	4.67	4.67	1.56	1540.01	1535.34	4.67	1.56
		0.00	0.00	0.00	0.00	1540.01	1540.01	0.00	0.00



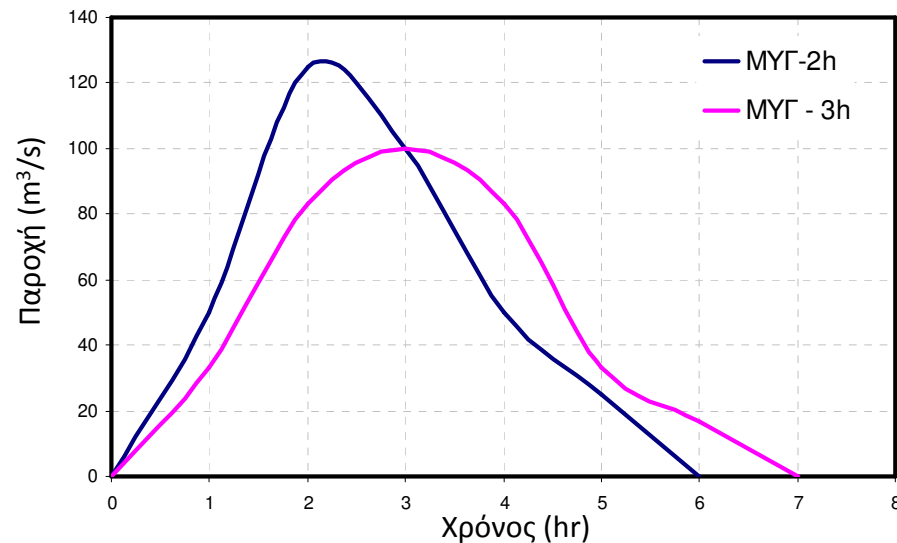
ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ

Παράδειγμα 4: Να βρεθεί το μοναδιαίο υδρογράφημα τριών ωρών με βάση το ΜΥΓ δύο ωρών που δίνεται παρακάτω

Μοναδιαίο Υδρογράφημα 2 hr

t (hr)	0	1	2	3	4	5	6
Q (m³/s)	0	50	125	100	50	25	0

T (hr)	ΜΥΓ-2h	1η μετατόπιση	2η μετατόπιση	3η μετατόπιση	Καμπύλη S	Καμπύλη S'	S-S'	ΜΥΓ - 3h
0	0				0		0	0.00
1	50				50		50	33.33
2	125	0			125		125	83.33
3	100	50			150	0	150	100.00
4	50	125	0		175	50	125	83.33
5	25	100	50		175	125	50	33.33
6	0	50	125	0	175	150	25	16.67
7		25	100	50	175	175	0	0.00



ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ

Παράδειγμα 5:

Δίνεται το υδρογράφημα συνολικής απορροής μιας λεκάνης έκτασης 200 Km², το οποίο έχει προκληθεί από περίσσειμα βροχής διάρκειας 1 ώρας.

⊕

Χρόνος (hrs)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Απορροή (m ³ /s)	84	69	95	117	140	150	133	110	90	83	78	74

Ζητούνται να βρεθούν:

- Το Μοναδιαίο Υδρογράφημα διάρκειας 1 ώρας.
- Το Μοναδιαίο Υδρογράφημα διάρκειας 3 ωρών.
- Το Μοναδιαίο Υδρογράφημα διάρκειας 2 ωρών από το ΜΥΓ διάρκειας 3 ωρών.
- Να υπολογισθεί το Υδρογράφημα Άμεσης Απορροής για μια καταιγίδα σχεδιασμού που δίνει το παρακάτω περίσσειμα βροχόπτωσης:

Χρόνος (hrs)	0-2	2-4
Βροχή (mm)	10	30

Δίνονται οι τύποι:

$$h_R = 0.36 \frac{\Delta t}{A} \sum_{i=1}^n R_i$$

$$B(t) = Q_0 + \frac{Q_T - Q_0}{T} t, \text{ Βασική Απορροή}$$



ΣΥΝΘΕΤΙΚΟ ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ (SNYDER)

Στην έξοδο μιας λεκάνης απορροής έκτασης $A=115 \text{ km}^2$, διέρχεται αυτοκινητόδρομος σύμφωνα με τη μελέτη χάραξης. Στην έξοδο της λεκάνης απορροής πρέπει να διαστασιολογηθεί ένας οχετός για πλημμυρική παροχή με περίοδο επαναφοράς 50 ετών. Στη λεκάνη απορροής δεν υπάρχουν μετρήσεις βροχόπτωσης και απορροής. Από γειτονικούς σταθμούς έχουν προσδιορισθεί η σημειακή σχέση Έντασης-Διάρκειας-Συχνότητας που θεωρείται αντιπροσωπευτική της λεκάνης απορροής και περιγράφεται μαθηματικά από τη σχέση:

$$i = 28.50 \cdot T^{0.15} \cdot D^{-0.514}$$

όπου: i η καθαρή ένταση βροχόπτωσης (mm/h), T η περίοδος επαναφοράς (έτη) και D η διάρκεια της καταιγίδας (ώρες). Η λεκάνη απορροής έχει τα παρακάτω γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά: α) μέγιστο μήκος διαδρομής της λεκάνης (L) 12,6 km, και β) διαφορά υψομέτρου εξόδου λεκάνης απορροής από το μέσο υψόμετρο λεκάνης (ΔH) 340 m. Η λεκάνη χαρακτηρίζεται ως ορεινή λεκάνη γρήγορης και έντονης υδρολογικής απόκρισης. Χρησιμοποιώντας την παραπάνω όμβρια καμπύλη και το συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα του Snyder, να υπολογισθούν:

A) Το υετογράφημα της μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης της καταιγίδας σχεδιασμού για την κρίσιμη διάρκεια και την κατάλληλη περίοδο επαναφοράς,

B) Το συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα, και

Γ) Το υδρογράφημα της άμεσης απορροής της καταιγίδας σχεδιασμού καθώς και η παροχή σχεδιασμού του οχετού.



ΣΥΝΘΕΤΙΚΟ ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ (SNYDER)

Βήματα Υπολογισμού

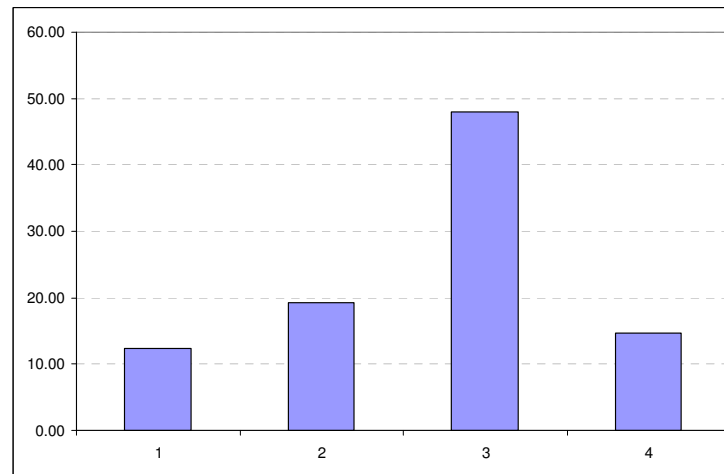
$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_{\min}}} = 4.19 \text{ hrs}$$

$$i = 28.50 \cdot T^{0.15} \cdot D^{-0.514} = 27.02 \text{ mm/hr} \rightarrow P_{81} = i_{81} * 4 = 108.07 \text{ mm}$$

$$\phi = 1 - \frac{0.048A^{0.36-0.01\ln A}}{D^{0.35}} \geq 0.25 = 0.87 \text{ άρα Τελική Επιφανειακή Βροχόπτωση} = 94 \text{ mm}$$

Εφαρμόζω Μέθοδος Alternating Block Method

t(hrs)	i	P	Διαφορά	Αναδιάταξη	Χρόνος (hr)	Βροχόπτωση (mm)	Βροχόπτωση (cm)
1	55.10	55.10	55.10	14.10	0-1	12.27	1.23
2	38.58	77.16	22.07	22.07	1-2	19.20	1.92
3	31.32	93.97	16.81	55.10	2-3	47.92	4.79
4	27.02	108.07	14.10	16.81	3-4	14.62	1.46



ΣΥΝΘΕΤΙΚΟ ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ (SNYDER)

Βήματα Υπολογισμού για Snyder

$$t_p = 0.756 c_t (L L_c)^{0.3} = 0.756 * 1.8 * (12.6 * 12.6 / 2)^{0.3} = 5.05 \text{ hrs}$$

$$Q_p = 7.08 C_p A / t_p = 7.08 * 0.69 * 115 / 5.05 = 111.14 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Χρονική βάση υδρογραφήματος} = t_b = 24 + 3 * t_p = 39.16 \text{ hrs}$$

$$\text{Διάρκεια μοναδιαίου υδρογραφήματος} = t_o = t_p / 5.5 = 0.92 \text{ hrs}$$

$$\text{Υπολογίζω } t_p' = t_p + (t_1 - t_o) / 4 = 5.08 \text{ hrs}$$

$$Q_p' = 7.08 C_p A / t_p' = 7.08 * 0.69 * 115 / 5.08 = 110.70 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Χρονική βάση υδρογραφήματος} = t_b' = 24 + 3 * t_p' = 39.23 \text{ hrs}$$

t (hrs)	q (m3/s)	t (hrs)	q (m3/s)
0	0.00	21	60.09
1	22.14	22	56.93
2	44.28	23	53.77
3	66.42	24	50.61
4	88.56	25	47.44
5	110.70	26	44.28
6	107.54	27	41.12
7	104.37	28	37.95
8	101.21	29	34.79
9	98.05	30	31.63
10	94.89	31	28.47
11	91.72	32	25.30
12	88.56	33	22.14
13	85.40	34	18.98
14	82.23	35	15.81
15	79.07	36	12.65
16	75.91	37	9.49
17	72.75	38	6.33
18	69.58	39	3.16
19	66.42	40	0.00
20	63.26		

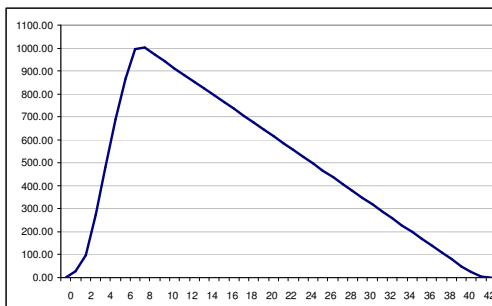
ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΑΜΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

1	1.23
2	1.92
3	4.79
4	1.46



ΣΥΝΘΕΤΙΚΟ ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ (SNYDER)

ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΑΜΕΣΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ



t (hrs)	q (m3/s)					
0	0.00	0.00				0.00
1	22.14	27.16	0.00			27.16
2	44.28	54.31	42.50	0.00		96.81
3	66.42	81.47	85.00	106.10	0.00	272.57
4	88.56	108.62	127.50	212.20	32.37	480.69
5	110.70	135.78	170.00	318.30	64.73	688.81
6	107.54	131.90	212.50	424.40	97.10	865.90
7	104.37	128.02	206.42	530.50	129.47	994.41
8	101.21	124.14	200.35	515.35	161.83	1001.67
9	98.05	120.26	194.28	500.19	157.21	971.94
10	94.89	116.38	188.21	485.03	152.59	942.21
11	91.72	112.50	182.14	469.87	147.96	912.48
12	88.56	108.62	176.07	454.72	143.34	882.75
13	85.40	104.74	170.00	439.56	138.72	853.01
14	82.23	100.86	163.93	424.40	134.09	823.28
15	79.07	96.98	157.85	409.24	129.47	793.55
16	75.91	93.11	151.78	394.09	124.84	763.82
17	72.75	89.23	145.71	378.93	120.22	734.09
18	69.58	85.35	139.64	363.77	115.60	704.36
19	66.42	81.47	133.57	348.62	110.97	674.62
20	63.26	77.59	127.50	333.46	106.35	644.89
21	60.09	73.71	121.43	318.30	101.72	615.16
22	56.93	69.83	115.36	303.14	97.10	585.43
23	53.77	65.95	109.28	287.99	92.48	555.70
24	50.61	62.07	103.21	272.83	87.85	525.97
25	47.44	58.19	97.14	257.67	83.23	496.23
26	44.28	54.31	91.07	242.52	78.61	466.50
27	41.12	50.43	85.00	227.36	73.98	436.77
28	37.95	46.55	78.93	212.20	69.36	407.04
29	34.79	42.67	72.86	197.04	64.73	377.31
30	31.63	38.79	66.78	181.89	60.11	347.57
31	28.47	34.91	60.71	166.73	55.49	317.84
32	25.30	31.04	54.64	151.57	50.86	288.11
33	22.14	27.16	48.57	136.41	46.24	258.38
34	18.98	23.28	42.50	121.26	41.61	228.65
35	15.81	19.40	36.43	106.10	36.99	198.92
36	12.65	15.52	30.36	90.94	32.37	169.18
37	9.49	11.64	24.29	75.79	27.74	139.45
38	6.33	7.76	18.21	60.63	23.12	109.72
39	3.16	3.88	12.14	45.47	18.50	79.99
40	0.00	0.00	6.07	30.31	13.87	50.26
41			0.00	15.16	9.25	24.40
42				0.00	4.62	4.62
43					0.00	0.00

ΠΑΡΟΧΗ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ



ΑΔΙΑΣΤΑΤΟ ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΤΗΣ SCS

Εφαρμογή 6.5.1.

Έστω η υδρολογική λεκάνη της Εφαρμογής 6.2.1., που έχει έκταση 582 km^2 . Το μήκος του κυρίου ρεύματός της (L) υπολογίστηκε ίσο με 26 km και η απόσταση από την έξοδο της λεκάνης μέχρι ένα σημείο πάνω στο κύριο ρεύμα που βρίσκεται πλησιέστερα στο γεωμετρικό της κέντρο (\bar{L}) βρέθηκε ίση με 12 km . Με τη βοήθεια του αδιάστατου μοναδιαίου υδρογραφήματος της SCS να διερευνηθεί το διάστημα 6 ωρών μοναδιαίο υδρογράφημα της λεκάνης.

Διερεύνηση:

Ο χρόνος καθυστέρησης της λεκάνης υπολογίζεται με τη σχέση (6.22) και (για $c_1=1,8$) είναι:

$$t_L = 0,756c_1(L - \bar{L})^{0,3} = (0,756)(1,8)(26 - 12)^{0,3} = 7,62 \text{ ώρες}$$

Ο χρόνος αιχμής βρίσκεται με τη σχέση (6.21):

$$t_p = t_L + t_s/2 = 7,62 + 6/2 = 10,62 \text{ ώρες}$$

Το μέγεθος της αιχμής της απορροής για απορροϊκή βροχή ύψους $1 \text{ cm} = 10 \text{ mm}$ και διάρκειας 6 ωρών βρίσκεται με τη σχέση (6.20):

$$Q_p = 0,75AP_s/3600t_p = (0,75)(582.000)(10)/(3600)(10,62) = 114,17 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

Παπαμιχαήλ, Δ.Μ. «Τεχνική Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων», Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούδη, 2001.



ΑΔΙΑΣΤΑΤΟ ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΤΗΣ SCS

Διερεύνηση συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος με τη βοήθεια του
αδιάστατου υδρογραφήματος της SCS

Αδιάστατο μοναδιαίο υδρογράφημα		Χρόνος	Μοναδιαίο υδρογράφημα
t_d	Q_d	$t=t_d*t_p$ (ώρες)	$Q=Q_d*Q_p$ (m ³ /sec)
(1)	(2)	(3)	(4)
0,0	0,0	0	0
0,1	0,015	1,062	1,713
0,2	0,075	2,124	8,565
0,3	0,16	3,186	18,272
0,4	0,28	4,248	31,976
0,5	0,43	5,310	49,106

(συνεχίζεται)

Παπαμιχαήλ, Δ.Μ. «Τεχνική Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων», Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούδη, 2001.



ΑΔΙΑΣΤΑΤΟ ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΤΗΣ SCS

0,6	0,60	6,372	68,520
0,7	0,77	7,434	87,934
0,8	0,89	8,496	101,638
0,9	0,97	9,558	110,745
1,0	1,00	10,620	114,200
1,1	0,98	11,682	111,890
1,2	0,92	12,744	105,040
1,3	0,84	13,806	95,906
1,4	0,75	14,868	85,630
1,5	0,66	15,930	75,354
1,6	0,56	16,992	63,937
1,8	0,42	19,116	47,953
2,0	0,32	21,240	36,535
2,2	0,24	23,364	27,402
2,4	0,18	25,488	20,551
2,6	0,13	27,612	14,843
2,8	0,098	29,736	11,189
3,0	0,075	31,860	8,565
3,5	0,036	37,170	4,110
4,0	0,018	42,480	2,055
4,5	0,009	47,490	1,028
5,0	0,004	53,100	0,457
∞	0	∞	0



ΑΔΙΑΣΤΑΤΟ ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΤΗΣ SCS

Διερεύνηση συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος με τη βοήθεια του
αδιάστατου υδρογραφήματος της SCS

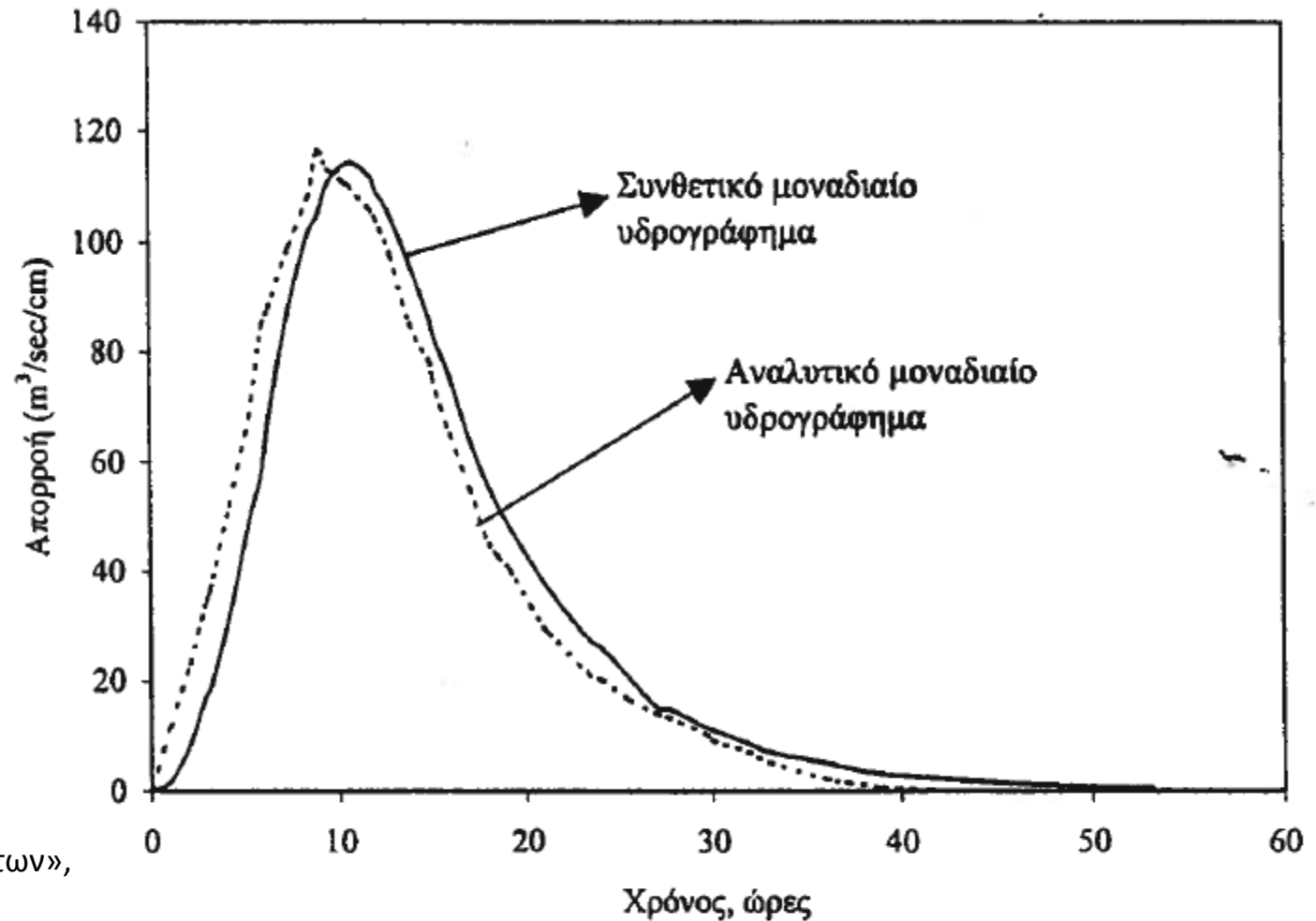
Αδιάστατο μοναδιαίο υδρογράφημα		Χρόνος	Μοναδιαίο υδρογράφημα
t_d	Q_d	$t=t_d+t_p$ (ώρες)	$Q=Q_d*Q_p$ (m ³ /sec)
(1)	(2)	(3)	(4)
0,0	0,0	0	0
0,1	0,015	1,062	1,713
0,2	0,075	2,124	8,565
0,3	0,16	3,186	18,272
0,4	0,28	4,248	31,976
0,5	0,43	5,310	49,106
0,6	0,60	6,372	68,520
0,7	0,77	7,434	87,934
0,8	0,89	8,496	101,638
0,9	0,97	9,558	110,745
1,0	1,00	10,620	114,200
1,1	0,98	11,682	111,890
1,2	0,92	12,744	105,040
1,3	0,84	13,806	95,906
1,4	0,75	14,868	85,630
1,5	0,66	15,930	75,354
1,6	0,56	16,992	63,937
1,8	0,42	19,116	47,953
2,0	0,32	21,240	36,535
2,2	0,24	23,364	27,402
2,4	0,18	25,488	20,551
2,6	0,13	27,612	14,843
2,8	0,098	29,736	11,189
3,0	0,075	31,860	8,565
3,5	0,036	37,170	4,110
4,0	0,018	42,480	2,055
4,5	0,009	47,490	1,028
5,0	0,004	53,100	0,457
∞	0	∞	0

Παπαμιχαήλ, Δ.Μ. «Τεχνική Υδρολογία
Επιφανειακών Υδάτων», Εκδόσεις
Γιαχούδη-Γιαπούδη, 2001.



ΑΔΙΑΣΤΑΤΟ ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΤΗΣ SCS

Παπαμιχαήλ, Δ.Μ. «Τεχνική
Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων»,
Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούδη,
2001.



Σχήμα 6.10. Συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα διάρκειας 6 ωρών, που διερευνήθηκε με τη βοήθεια του αδιάστατου υδρογραφήματος της SCS και μοναδιαίο υδρογράφημα διάρκειας 6 ωρών της ίδιας λεκάνης, που διερευνήθηκε με την αναλυτική μέθοδο.



ΑΔΙΑΣΤΑΤΟ ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΤΗΣ Sierra Nevada

Εφαρμογή 6.5.2.

Η υδρολογική λεκάνη του Βατόνια (Ολυνθίου) Χαλκιδικής [Καραμούζης κ. ά. (2000β)] έχει έκταση 131,5 km², το μέγιστο μήκος διαδρομής του κυρίου ρεύματος της λεκάνης (L) είναι ίσο με 21 km, το μήκος του κυρίου ρεύματος από την έξοδο της λεκάνης μέχρι την προβολή του κέντρου βάρους της λεκάνης πάνω στο κύριο ρεύμα (\bar{L}) είναι ίσο με 6,45 km και η κλίση του είναι 0,032m/m. Ζητείται να διερευνηθεί το μοναδιαίο υδρογράφημα της λεκάνης του Βατόνια, διάρκειας D ωρών, με τη βοήθεια της μεθόδου της Sierra Nevada.

Παπαμιχαήλ, Δ.Μ. «Τεχνική Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων», Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούδη, 2001.

Διερεύνηση:

Ο χρόνος υστέρησης υπολογίζεται με τη σχέση (6.28) και για την περίπτωση της λεκάνης του Βατόνια, είναι:

$$L_g = 0,5541 \left[\frac{21 * 6,45}{\sqrt{0,032}} \right]^{0,33} = 4,94 \text{ ώρες}$$

Η διάρκεια της μοναδιαίας βροχής, D από την οποία προέρχεται το συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα δίνεται από τη σχέση:

$$D = \frac{L_g}{5,5} = \frac{4,94}{5,5} = 0,9 \text{ ώρες}$$

Για τον υπολογισμό του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος (δηλ. του υδρογραφήματος το οποίο προκαλείται από απορροϊκή βροχή 1 mm) ακολουθείται η εξής διαδικασία:

Η τετμημένη του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος (χρόνος) για την περίπτωση της λεκάνης του Βατόνια υπολογίζεται με τη σχέση (6.30) και είναι:

$$t_m = \frac{T}{100} * \left(L_g + \frac{D}{2} \right) = \frac{T}{100} * \left(4,94 + \frac{0,9}{2} \right) = 0,0539 * T$$

όπου το T παίρνεται από τον Πίνακα 6.11.



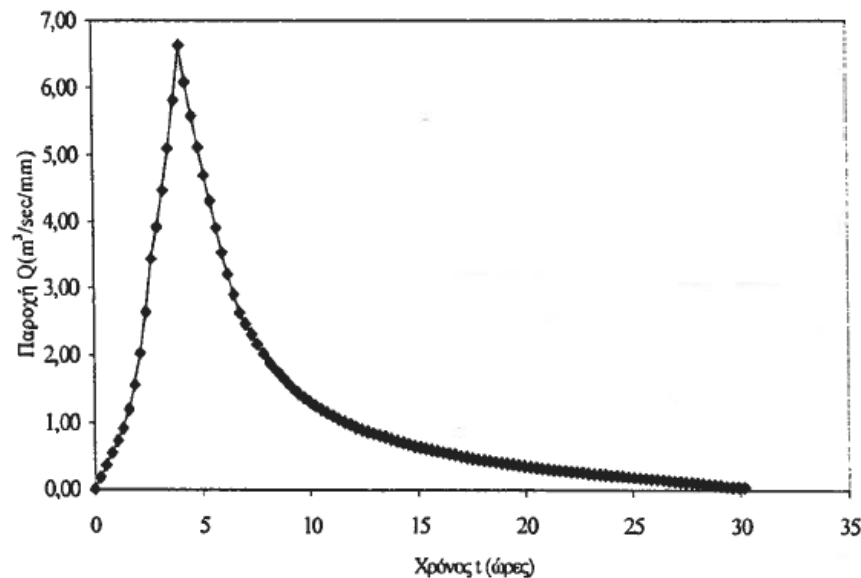
ΑΔΙΑΣΤΑΤΟ ΜΟΝΑΔΙΑΙΟ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ ΤΗΣ Sierra Nevada

Η τεταγμένη του συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος (παροχή), που προέρχεται από απορροϊκή βροχή 1 mm υπολογίζεται με τη σχέση (6.31) και για την περίπτωση της λεκάνης του Βατόνια είναι:

$$Q = 0,01157 * \left[\frac{A * q}{L_s + \frac{D}{2}} \right] = 0,01157 * \frac{131,5}{4,94 + \frac{0,9}{2}} * q = 0,28227 * q$$

όπου το q παίρνεται από τον Πίνακα 6.11.

Με βάση τα παραπάνω υπολογίζεται το Συνθετικό Μοναδιαίο υδρογράφημα διάρκειας $D=0,9$ ωρών, της υδρολογικής λεκάνης του Βατόνια, που φαίνεται στο Σχήμα 6.11. Με τη βοήθεια του παραπάνω συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος και τη βοήθεια της διαδικασίας της S-καμπύλης, μπορούν να διερευνηθούν μοναδιαία υδρογραφήματα της λεκάνης του Βατόνια για οποιαδήποτε διάρκεια.



Σχήμα 6.11. Συνθετικό Μοναδιαίο Υδρογράφημα διάρκειας $D=0,9$ ωρών της λεκάνης του Βατόνια Χαλκιδικής.

Παπαμιχαήλ, Δ.Μ. «Τεχνική
Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων»,
Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούδη, 2001.



ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΙΓΜΙΑΙΟΥ ΜΟΝΑΔΙΑΙΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΔΙΟΔΕΥΣΗΣ (Παράδειγμα 1)

Μια λεκάνη απορροής έχει χωριστεί σε δέκα ζώνες με την βοήθεια των ισοχρόνων καμπυλών. Στον παρακάτω πίνακα δίνεται το ιστόγραμμα χρόνου-εμβαδού. Επίσης δίνεται ότι ο γραμμικός συντελεστής αποθήκευσης της λεκάνης απορροής είναι $K=6$ ώρες και το χρονικό βήμα $\Delta t=1$ ώρα.

ΧΡΟΝΟΣ (ώρα)	Ιστόγραμμα χρόνου-εμβαδού (Εμβαδά μεταξύ ισόχρονων καμπυλών) (km^2)
0	0
1	18
2	20
3	31
4	32
5	33
6	31
7	22
8	17
9	13
10	9
Σύνολο	226

Σημείωση: Για την μετατροπή των μονάδων του ιστογράμματος χρόνου-εμβαδού σε παροχή, $1\text{cm km}^2/\text{h}=2,78\text{ m}^3/\text{s}$.

Να υπολογισθούν:

- Το Στιγμαίο Μοναδιαίο Υδρογράφημα της λεκάνης.
- Το Μοναδιαίο Υδρογράφημα διάρκειας 1 ώρας.
- Από το Μοναδιαίο Υδρογράφημα διάρκειας 1 ώρας να υπολογισθεί το Μοναδιαίο Υδρογράφημα διάρκειας 3 ωρών.



ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΙΓΜΙΑΙΟΥ ΜΟΝΑΔΙΑΙΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΔΙΟΔΕΥΣΗΣ (Παράδειγμα 1 – Λύση)

$$\Sigma\text{ΜΥ} = Q_i = m_1 \cdot I_i + m_2 \cdot Q_{i-1}$$

$$m_1 = \frac{\Delta t}{K + 0.5\Delta t} = 0.154$$

$$m_2 = \frac{K - 0.5\Delta t}{K + 0.5\Delta t} = 0.846$$

$$U_i = \frac{Q_{i-1} + Q_i}{2} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta \tau}$$

Χρόνος (ώρες)	Km2	I	ΣΜΥ
0	0	0	0.00
1	18	50.04	7.70
2	20	55.6	15.07
3	31	86.18	26.01
4	32	88.96	35.69
5	33	91.74	44.32
6	31	86.18	50.76
7	22	61.16	52.36
8	17	47.26	51.57
9	13	36.14	49.20
10	9	25.02	45.48
11			38.48
12			32.56
13			27.55
14			23.31
15			19.73
16			16.69
17			14.12
18			11.95
19			10.11
20			8.56
21			7.24
22			6.13
23			5.18
24			4.39



ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΙΓΜΙΑΙΟΥ ΜΟΝΑΔΙΑΙΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΔΙΟΔΕΥΣΗΣ (Παράδειγμα 1 - Λύση)

$$\Sigma\text{ΜΥ} = Q_i = m_1 \cdot I_i + m_2 \cdot Q_{i-1}$$

$$m_1 = \frac{\Delta t}{K + 0.5\Delta t} = 0.154$$

$$m_2 = \frac{K - 0.5\Delta t}{K + 0.5\Delta t} = 0.846$$

$$U_i = \frac{Q_{i-1} + Q_i}{2} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta \tau}$$

Χρόνος (ώρες)	ΣΜΥ	ΜΥΓ-1h	1η μετατ.	2η μετατ.	ΜΥΓ-3h
0	0.00	0.00			0.00
1	7.70	3.85	0.00		1.28
2	15.07	11.38	3.85	0.00	5.08
3	26.01	20.54	11.38	3.85	11.92
4	35.69	30.85	20.54	11.38	20.92
5	44.32	40.00	30.85	20.54	30.46
6	50.76	47.54	40.00	30.85	39.46
7	52.36	51.56	47.54	40.00	46.37
8	51.57	51.96	51.56	47.54	50.35
9	49.20	50.39	51.96	51.56	51.30
10	45.48	47.34	50.39	51.96	49.90
11	38.48	41.98	47.34	50.39	46.57
12	32.56	35.52	41.98	47.34	41.61
13	27.55	30.06	35.52	41.98	35.85
14	23.31	25.43	30.06	35.52	30.34
15	19.73	21.52	25.43	30.06	25.67
16	16.69	18.21	21.52	25.43	21.72
17	14.12	15.41	18.21	21.52	18.38
18	11.95	13.04	15.41	18.21	15.55
19	10.11	11.03	13.04	15.41	13.16
20	8.56	9.33	11.03	13.04	11.13
21	7.24	7.90	9.33	11.03	9.42
22	6.13	6.68	7.90	9.33	7.97
23	5.18	5.66	6.68	7.90	6.75
24	4.39	4.79	5.66	6.68	5.71
			4.79	5.66	3.48
				4.79	1.60



ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΙΓΜΙΑΙΟΥ ΜΟΝΑΔΙΑΙΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΔΙΟΔΕΥΣΗΣ (Παράδειγμα 2)

Σε μία λεκάνη απορροής έχουν χαραχθεί οι ισόχρονες καμπύλες που την χωρίζουν για $\Delta t=1$ ώρα σε 10 ζώνες και έχει υπολογισθεί το διάγραμμα χρόνου εμβαδών. Επίσης έχει εκτιμηθεί το $K=4.5$ ώρες. Ζητείται το Σ.Μ.Υ. και το μοναδιαίο υδρογράφημα διάρκειας μιας ώρας.

Σημείωση: Για την μετατροπή των μονάδων του ιστογράμματος χρόνου-εμβαδού σε παροχή, $1\text{cm km}^2/\text{h}=2,78\text{ m}^3/\text{s}$.

Χρόνος (hr)	Εμβαδά μεταξύ ισόχρονων καμπυλών(km ²)
0	0
1	8
2	10
3	19
4	29
5	40
6	55
7	44
8	32
9	24
10	12

Λύση:

Πρώτα υπολογίζονται οι συντελεστές m_1 και m_2 , εφόσον τα K και Δt είναι γνωστά.

$$m_1 = \frac{\Delta t}{K + 0.5\Delta t} = 0.2$$

$$m_2 = \frac{K - 0.5\Delta t}{K + 0.5\Delta t} = 0.8$$

Στην συνέχεια υπολογίζεται βήμα-βήμα το Σ.Μ.Υ. με την ακόλουθη διαδικασία:



ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΙΓΜΙΑΙΟΥ ΜΟΝΑΔΙΑΙΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΔΙΟΔΕΥΣΗΣ (Παράδειγμα 2 - Λύση)

Λύση:

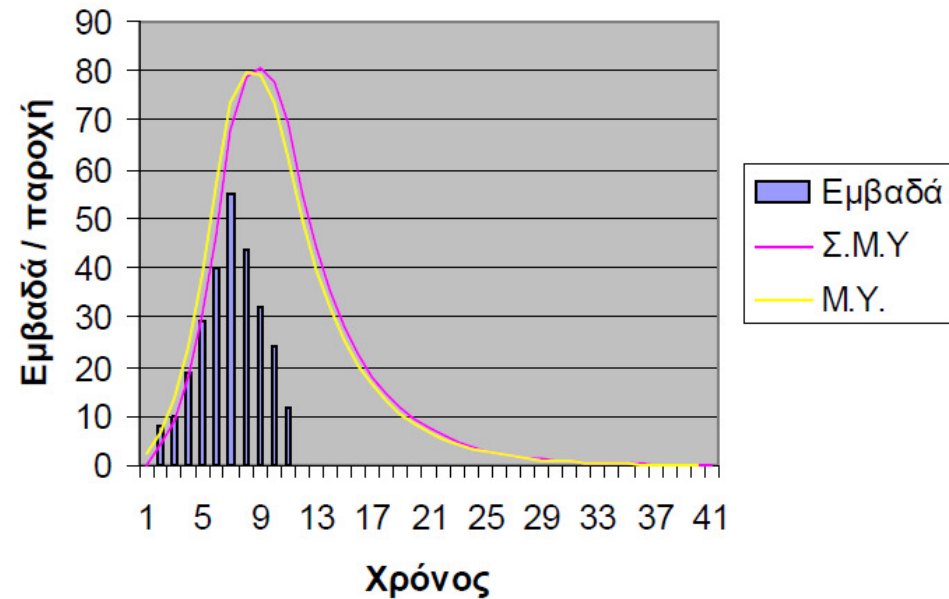
Χρόνοι	Εμβαδά	$m_1 \times l_i \times 2.78$	$m_2 \times Q_1$	\downarrow $\Sigma.M.Y = Q_2 = m_1 * l + m_2 \times Q_1$		
0	0	0.00	0	0.0		ΜΥΓ-1h
1	8	4.45	0	4.4		2.2
2	10	5.56	$4.4 \times 0.8 = 3.6$	9.1		6.8
3	19	10.56	$9.1 \times 0.8 = 7.28$	17.9		13.5
4	29	16.12	.	30.4		24.1
5	40	22.24	.	46.6		38.5

Ο υπολογισμός του Σ.Μ.Υ. και του Μ.Υ. διάρκειας μιας ώρας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα, και στο αντίστοιχο διάγραμμα:



ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΙΓΜΙΑΙΟΥ ΜΟΝΑΔΙΑΙΟΥ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΔΙΟΔΕΥΣΗΣ (Παράδειγμα 2 - Λύση)

Χρόνος	Εμβαδά	Εισροή	Q_{i-1}	Σ.Μ.Υ.	ΜΥΓ-1h
0	0	0.00	0	0.0	
1	8	4.45	0.00	4.4	2.2
2	10	5.56	3.56	9.1	6.8
3	19	10.56	7.29	17.9	13.5
4	29	16.12	14.29	30.4	24.1
5	40	22.24	24.33	46.6	38.5
6	55	30.58	37.26	67.8	57.2
7	44	24.46	54.27	78.7	73.3
8	32	17.79	62.99	80.8	79.8
9	24	13.34	64.62	78.0	79.4
10	12	6.67	62.37	69.0	73.5
11	0	0.00	55.24	55.2	62.1
12	0	0.00	44.19	44.2	49.7
13	0	0.00	35.35	35.4	39.8
14	0	0.00	28.28	28.3	31.8
15	0	0.00	22.62	22.6	25.5
16	0	0.00	18.10	18.1	20.4
17	0	0.00	14.48	14.5	16.3
18	0	0.00	11.58	11.6	13.0
19	0	0.00	9.27	9.3	10.4
20	0	0.00	7.41	7.4	8.3
21	0	0.00	5.93	5.9	6.7
22	0	0.00	4.74	4.7	5.3
23	0	0.00	3.80	3.8	4.3
24	0	0.00	3.04	3.0	3.4
25	0	0.00	2.43	2.4	2.7
26	0	0.00	1.94	1.9	2.2
27	0	0.00	1.55	1.6	1.7
28	0	0.00	1.24	1.2	1.4
29	0	0.00	1.00	1.0	1.1
30	0	0.00	0.80	0.8	0.9
31	0	0.00	0.64	0.6	0.7
32	0	0.00	0.51	0.5	0.6
33	0	0.00	0.41	0.4	0.5
34	0	0.00	0.33	0.3	0.4
35	0	0.00	0.26	0.3	0.3
36	0	0.00	0.21	0.2	0.2
37	0	0.00	0.17	0.2	0.2
38	0	0.00	0.13	0.1	0.2
39	0	0.00	0.11	0.1	0.1
40	0	0.00	0.09	0.1	0.1



Βιβλιογραφία

Κουτσογιάννης, Δ., και Θ. Ξανθόπουλος. «Τεχνική Υδρολογία», Έκδοση 3, 418 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999.

Μιμίκου, Μ.Α. και Ε.Α. Μπαλτάς. «Τεχνική Υδρολογία», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 5^η Έκδοση, 2012.

Παπαμιχαήλ, Δ.Μ. «Τεχνική Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων», Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούδη, 2001.

Τσακίρης, Γ. «Υδατικοί Πόροι Ι. Τεχνική Υδρολογία», Εκδόσεις Συμμετρία, 1995.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

