



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ



ΛΥΣΕΙΣ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ
ΑΚΑΔ. ΕΤΟΥΣ 2017-18



THINK BEFORE YOU PRINT

ΑΣΚΗΣΗ 1

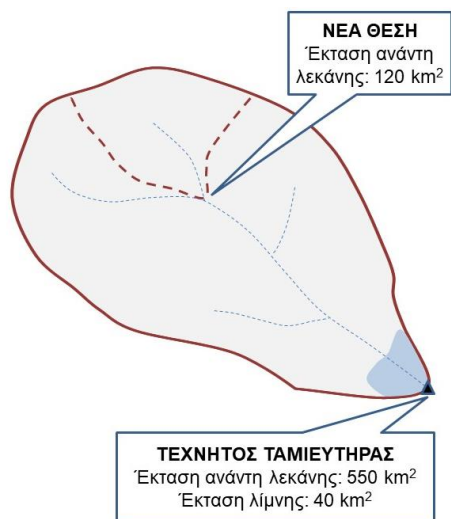
Σε θέση ποταμού έχει κατασκευαστεί φράγμα για τη δημιουργία τεχνητού ταμιευτήρα που θα εξυπηρετεί τις υδρευτικές ανάγκες μεγάλης πόλης, καθώς και τις αρδευτικές ανάγκες των κοντινών καλλιεργούμενων περιοχών. Η έκταση της λεκάνης απορροής ανάντη της θέσης του φράγματος είναι 550 km², ενώ η μέση επιφάνεια που καταλαμβάνει η λίμνη του ταμιευτήρα είναι 40 km² (Σχήμα 1).

Με βάση τα δεδομένα βροχομετρικών και μετεωρολογικών σταθμών υπολογίστηκαν, για 10 υδρολογικά έτη, η επιφανειακή βροχόπτωση στη λεκάνη απορροής, καθώς και η βροχόπτωση και η εξάτμιση στην επιφάνεια του ταμιευτήρα, που δίνονται στον Πίνακα 1. Ακόμη, στον Πίνακα 1 δίνονται το απόλυτο υψόμετρο της στάθμης του ταμιευτήρα στην αρχή κάθε υδρολογικού έτους καθώς και οι ποσότητες νερού που διατέθηκαν για άρδευση και ύδρευση. Τέλος, με βάση μετρήσεις έχει εκτιμηθεί ότι ο ταμιευτήρας παρουσιάζει υπόγειες διαφυγές της τάξης των 0.1 m³/s.

Ζητούνται:

- Να εκτιμηθούν οι εισροές στον ταμιευτήρα από την ανάντη λεκάνη και ο συντελεστής απορροής της ανάντη λεκάνης για κάθε υδρολογικό έτος.
- Να εκτιμηθεί η στάθμη του ταμιευτήρα την 1η Οκτωβρίου 2011, αν θεωρηθεί ότι κατά το υδρολογικό έτος 2010-11 η εισροή, η βροχή και η εξάτμιση στη λίμνη καθώς και το σύνολο των απολήψεων ήταν ίσες με τις μέσες ετήσιες τιμές των παραπάνω μεταβλητών για την περίοδο των 10 υδρολογικών ετών.
- Σχεδιάζεται η κατασκευή νέου ταμιευτήρα ανάντη του υπάρχοντος. Να εκτιμηθεί η μέση ετήσια απορροή του ποταμού στη νέα θέση, η οποία έχει λεκάνη απορροής έκτασης 120 km². Να θεωρηθεί ότι η επιφανειακή βροχόπτωση ανάντη της θέσης είναι κατά 20% αυξημένη σε σχέση με τη συνολική λεκάνη, ενώ τα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά των δύο λεκανών είναι παρόμοια.

Πίνακας 1: Δεδομένα ισοζυγίου ταμιευτήρα.



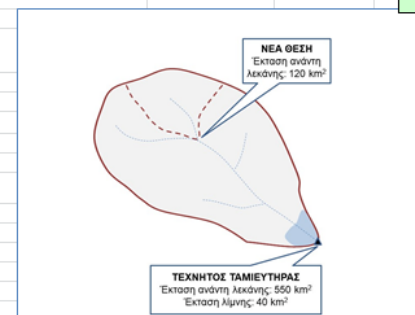
Σχήμα 1: Σκαρίφημα λεκάνης.

Υδρολογικό έτος	Στάθμη την 1 ^η Οκτωβρίου (m)	Βροχή στη λεκάνη (mm)	Βροχή στη λίμνη (mm)	Εξάτμιση από υδάτινη επιφάνεια (mm)	Υδρευση (m ³ × 10 ⁶)	Άρδευση (m ³ × 10 ⁶)
2000-01	52.70	744.3	637.9	1376.5	15.0	147.0
2001-02	52.40	912.0	781.6	1437.0	18.0	154.5
2002-03	54.30	872.9	748.1	1385.0	18.0	148.8
2003-04	55.20	704.3	603.6	1393.5	19.0	189.0
2004-05	53.50	725.8	622.0	1412.5	20.0	196.9
2005-06	52.60	843.3	722.7	1453.0	19.0	146.3
2006-07	54.90	813.4	697.1	1399.5	21.0	149.4
2007-08	55.50	783.7	671.6	1334.0	21.0	170.6
2008-09	55.30	882.4	756.2	1493.5	22.0	172.8
2009-10	55.90	854.3	732.1	1539.0	23.0	161.6
2010-11	56.20					

ΑΣΚΗΣΗ 1

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
ΑΣΚΗΣΗ 1 - Δεδομένα Εκφώνησης				Υδρολογικό Έτος [Οκτ-Σεπ]	Στάθμη την 1η Οκτωβρίου [m]	Βροχή στη λεκάνη [mm]	Βροχή στη λίμνη [mm]	Εξάτμιση από υδάτινη επιφάνεια [mm]	Υδρευση [10 ⁶ m ³]	Άρδευση [10 ⁶ m ³]			
Έκταση Λεκάνης	550	km ²		2000-01	52.70	744.3	637.9	1376.5	15.0	147.0			
Έκταση Λίμνης (ταμ.)	40	km ²		2001-02	52.40	912.0	781.6	1437.0	18.0	154.5			
Έκταση Ανάντη Νέας Θέσης	120	km ²		2002-03	54.30	872.9	748.1	1385.0	18.0	148.8			
Υπόγειες διαφυγές	0.1	m ³ /s		2003-04	55.20	704.3	603.6	1393.5	19.0	189.0			
				2004-05	53.50	725.8	622.0	1412.5	20.0	196.9			
				2005-06	52.60	843.3	722.7	1453.0	19.0	146.3			
				2006-07	54.90	813.4	697.1	1399.5	21.0	149.4			
				2007-08	55.50	783.7	671.6	1334.0	21.0	170.6			
				2008-09	55.30	882.4	756.2	1493.5	22.0	172.8			
				2009-10	55.90	854.3	732.1	1539.0	23.0	161.6			
				2010-11	56.20	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)			
									19.6	163.7			
Ερώτημα 1													
ΙΣΟΖΥΓΙΟ:	Νειορ.+Ρταμ.-Νεκρ.-Απώλ.=ΔV		→	Νειορ.=ΔV+Απώλ.+Νεκρ.-Ρταμ.									
όπου	Νεκρ.=E+Y+A												
και	Ετήσιες Απώλειες		3.15	10 ⁶ m ³ /y									
Υδρολογικό Έτος	Διαφορά Στάθμης ΔΗ [m]	Μεταβολή Όγκου [10 ⁶ m ³]	Βροχόπτωση ταμ. [10 ⁶ m ³]	Εξάτμιση από υδάτινη επιφάνεια ταμ. [10 ⁶ m ³]	Νειορ. [10 ⁶ m ³]	Ρλεκ. [10 ⁶ m ³]	Σ.Α.						
1	-0.30	-12	25.51	55.1	182.70	379.59	0.48						
2	1.90	76	31.26	57.5	277.87	465.12	0.60						
3	0.90	36	29.92	55.4	231.43	445.18	0.52						
4	-1.70	-68	24.14	55.7	174.75	359.19	0.49						
5	-0.90	-36	24.88	56.5	215.67	370.16	0.58						
6	2.30	92	28.91	58.1	289.67	430.08	0.67						
7	0.60	24	27.88	56.0	225.65	414.83	0.54						
8	-0.20	-8	26.87	53.4	213.25	399.69	0.53						
9	0.60	24	30.25	59.7	251.44	450.02	0.56						
10	0.30	12	29.29	61.6	232.03	435.69	0.53						
			27.89	56.89	229.45								
Ερώτημα 2													
Υδρολογικό έτος 2010-11:													
Θεωρούμε ότι Εισοδή, Βροχή και Εξάτμιση στη λίμνη καθώς και Συνολικές Απολήψεις ήταν ίσες με τις μέσες ετήσιες τιμές των παραπάνω μεταβλητών για την περίοδο των 10 υδρολογικών ετών.													
	ΔV	ΔΗ	Στάθμη Η [m] [Οκτ. 2011]:										
	14.00	0.35	56.55										
Ερώτημα 3													
Σ.Α. _{Λ1} =Σ.Α. _{ΛΛ}		→	V _{εκρ,Λ1} /(1.2*H _{βδ,Λ1} *A _{Λ1})=V _{εκρ,ΛΛ} /(H _{βδ,ΛΛ} *A _{ΛΛ})										
	V _{εκρ,Λ1}	64.78	10 ⁶ m ³ /έτος										

Υπολογισμός μέσης
Υδρευσης και Άρδευσης
για το Ερώτημα 2



Εύρος Συντ. Απορροής: 0.19

Υπολογισμός μέσων τιμών για το
Ερώτημα 2

ΑΣΚΗΣΗ 2

Η υδρολογική λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού (Α1), έκτασης 1700 km² και μέσου υψομέτρου 430 m, αποχετεύεται, μέσω σήραγγας, στη λίμνη Υλίκη (Σχήμα 1). Την αρδευτική περίοδο, κατά μήκος του ποταμού πραγματοποιούνται απολήψεις νερού, ενώ εξαιτίας του διαπερατού της υποβάθρου η λεκάνη έχει σημαντικές υπόγειες διαφυγές. Στην περιοχή είναι εγκατεστημένοι οκτώ βροχομετρικοί σταθμοί, οι συντεταγμένες των οποίων δίνονται στον Πίνακα 1. Εφαρμόζοντας τη μέθοδο των πολυγώνων Thiessen υπολογίστηκαν οι συντελεστές επιρροής των σταθμών στη λεκάνη, που επίσης δίνονται στον Πίνακα 1. Στον Πίνακα 2 δίνονται, για 20 υδρολογικά έτη, τα ετήσια ύψη βροχής των βροχομετρικών σταθμών και οι ετήσιες παροχές στην έξοδο της λεκάνης Α1, που προέκυψαν από τα δεδομένα του υδρομετρικού σταθμού Υ, ο οποίος βρίσκεται λίγο ανάντη της σήραγγας.

Ζητούνται:

Να συμπληρωθούν τα ελλιπή στοιχεία του σταθμού Β επιλέγοντας τον καταλληλότερο σταθμό με τη μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης.

Να συμπληρωθούν τα ελλιπή στοιχεία του σταθμού Β με τη μέθοδο των αντιστρόφων αποστάσεων.

Να χαραχθούν τα πολύγωνα Thiessen για τις μέσες ετήσιες τιμές βροχής.

Να υπολογιστεί η μέση ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση στο μέσο τοπογραφικό υψόμετρο στη λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού (Α1).

Να εκτιμηθεί η εισροή στη λίμνη από τη λεκάνη απορροής Α2 για κάθε έτος. Η επιφανειακή βροχόπτωση στη λεκάνη Α2 να εκτιμηθεί με βάση το σταθμό Θ. Η λίμνη έχει έκταση 32 km² και η λεκάνη Α2 έχει τον ίδιο συντελεστή απορροής με τη λεκάνη Α1.



Σχήμα 1: Χάρτης περιοχής.

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά βροχομετρικών σταθμών.

Σταθμός	Α	Β	Γ	Δ	Ε	Ζ	Η	Θ
Χ (m)	2920	27356	28733	42328	45081	44909	60937	61946
Υ (m)	3689 6	29324	18482	26054	14008	585	20031	2650
Υψόμετρο (m)	475	382	589	457	235	609	370	185
Ποσοστό επιρροής (%)	16.9	15.2	12.4	9.8	11.1	9.2	15.0	10.4

Πίνακας 2: Ετήσια βροχομετρικά και υδρομετρικά δεδομένα.

Υδρολ. έτος	Α (mm)	Β (mm)	Γ (mm)	Δ (mm)	Ε (mm)	Ζ (mm)	Η (mm)	Θ (mm)	Υ (m ³ /s)
1990-91	970	910	1045	961	800	1061	893	466	32.9
1991-92	1033	903	1015	971	792	1114	886	473	31.7
1992-93	902	854	935	876	738	960	838	429	29.7
1993-94	842	802	888	865	725	931	788	413	24.6
1994-95	838	777	835	839	691	891	760	395	27.0
1995-96	931	858	933	899	753	971	843	734	30.9
1996-97	628	536	634	575	474	629	526	453	20.5
1997-98	885	844	902	912	742	946	828	877	27.4
1998-99	803	721	825	782	656	841	708	656	28.8
1999-00	1075	1006	1086	1047	866	1156	988	822	38.7
2000-01	1140	1056	1156	1082	920	1221	1036	823	32.9
2001-02	1047	1003	1034	1004	841	1135	984	782	28.8
2002-03	805	645	828	690	585	838	632	673	23.6
2003-04	1145	1097	1159	1202	933	1271	1078	1091	43.4
2004-05	813	751	828	815	645	852	736	604	20.4
2005-06	828	728	818	751	633	882	714	614	25.9
2006-07	949	897	929	928	771	1043	880	824	26.9
2007-08	865	791	887	841	655	919	776	809	24.6
2008-09	620	-	639	616	467	656	558	447	22.2
2009-10	725	-	751	690	530	778	582	529	20.0

ΑΣΚΗΣΗ 2

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Δ3ΚΗ2Η 2 - Δεδομένα Επιδράσεων									
Εκταση Λεκάνης Δ1	1700	km2							
Μ.Υ. Λεκάνης Δ1	430	m							
Εκταση Λεκάνης Δλιμνης	420	km2							
Εκταση Δλιμης	32	km2							
Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά βροχομετρικών σταθμών.									
Σταθμός	A	B	Γ	Δ	Ε	Ζ	Η	Θ	
X (m)	2920	27356	28733	42328	45081	44909	60937	61946	
Y (m)	36896	29324	18482	26054	14008	585	20031	2650	
Υψόμετρο (m)	475	382	589	457	235	609	370	185	
Ποσοστό επιρροής στη λεκάνη (%)	16.9	15.2	12.4	9.8	11.1	9.2	15	10.4	
Πίνακας 2: Έτησια βροχομετρικά και υδρομετρικά δεδομένα									
Υδρολ. έτος	Δ (mm)	B (mm)	Γ (mm)	Δ (mm)	Ε (mm)	Ζ (mm)	Η (mm)	Θ (mm)	Υ (m3/s)
1990-91	970	910	1045	961	800	1061	893	466	32.9
1991-92	1033	903	1015	971	792	1114	886	473	31.7
1992-93	902	854	935	876	738	960	838	429	29.7
1993-94	842	802	888	865	725	931	788	413	24.6
1994-95	838	777	835	839	691	891	760	395	27
1995-96	931	858	933	899	753	971	843	734	30.9
1996-97	628	536	634	575	474	629	526	453	20.5
1997-98	885	844	902	912	742	946	828	877	27.4
1998-99	803	721	825	782	656	841	708	656	28.8
1999-00	1075	1006	1086	1047	866	1156	988	822	38.7
2000-01	1140	1056	1156	1082	920	1221	1036	828	32.9
2001-02	1047	1003	1034	1004	841	1135	984	782	28.8
2002-03	805	645	828	690	585	838	632	673	23.6
2003-04	1145	1097	1159	1202	933	1271	1078	1091	43.4
2004-05	813	751	828	815	645	852	736	604	20.4
2005-06	828	728	818	751	633	882	714	614	25.9
2006-07	949	897	929	928	771	1043	880	824	26.9
2007-08	865	791	887	841	655	919	776	809	24.6
2008-09	620	-	639	616	467	656	558	447	22.2
2009-10	725	-	751	690	530	778	582	529	20

[illegible]

ΑΣΚΗΣΗ 2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
38	Ερώτημα 3									
39	Ποσοστά επιρροής από Thiesen									
40	A	0.17								
41	B	0.15								
42	Γ	0.13								
43	Δ	0.10								
44	Ε	0.11								
45	Ζ	0.09								
46	Η	0.15								
47	Θ	0.10								
48										
49										
50										
51										

[illegible]

ΑΣΚΗΣΗ 2

	A	B	C	D	E	F
86	Ερώτημα 5					
87	Ετήσιος Όγκος Βροχόπτωσης (hm ³)	Ετήσιος Όγκος Απορροής A1 (hm ³)	Σ.Α.	Ετήσιος Όγκος Βροχόπτωσης A2 (hm ³)	Ετήσιες Εισροές στη λίμνη από A2 (hm ³)	
88						
89	1540.41	1037.53	0.67	180.81	121.78	
90	1558.27	999.69	0.64	183.52	117.74	
91	1420.99	936.62	0.66	166.45	109.71	
92	1356.01	775.79	0.57	160.24	91.68	
93	1309.90	851.47	0.65	153.26	99.62	
94	1493.51	974.46	0.65	284.79	185.82	
95	969.60	646.49	0.67	175.76	117.19	
96	1487.78	864.09	0.58	340.28	197.63	
97	1292.23	908.24	0.70	254.53	178.89	
98	1732.83	1220.44	0.70	318.94	224.63	
99	1817.78	1037.53	0.57	319.32	182.26	
100	1689.79	908.24	0.54	303.42	163.08	
101	1228.23	744.25	0.61	261.12	158.23	
102	1918.80	1368.66	0.71	423.31	301.94	
103	1306.57	643.33	0.49	234.35	115.39	
104	1290.76	816.78	0.63	238.23	150.75	
105	1552.75	848.32	0.55	319.71	174.67	
106	1407.43	775.79	0.55	313.89	173.02	
107	1003.39	700.10	0.70	173.44	121.01	
108	1145.18	630.72	0.55	205.25	113.04	
109						
110	Εισροές στη Λίμνη		(Ναπορ.ποταμού)+(Επιφ.βροχόπτ.στη λίμνη) + (Ναπορ.λίμνης)			
111	όπου	Ναπορ.ποταμού	(Παροχές στην έξοδο Υ)*3600*24*365/1000			
112		Επιφ.βροχ.στη λίμνη	(Βροχόπτ.στον Θ)*(Εκταση λίμνης)/1000			
113		Ναπορ.λίμνης	(Βροχόπτ.στον Θ)*(Εκταση λεκάνης λίμνης - Έκταση λίμνης)*Σ.Α.λεκάνης λίμνης			
114						
115						
116						
117						

ΑΣΚΗΣΗ 3Α

Σε κοντινή απόσταση από φυσική λίμνη έχει εγκατασταθεί μετεωρολογικός σταθμός (γεωγραφικό πλάτος 38° βόρειο). Με βάση τις μετρήσεις ενός έτους υπολογίστηκαν οι μηνιαίες τιμές τεσσάρων μετεωρολογικών μεταβλητών, που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Ακόμη δίνεται έτοιμο αρχείο excel στο οποίο υπολογίζεται η εξάτμιση από λίμνη με τη μέθοδο Penman και η δυνητική εξατμισοδιαπνοή στο έδαφος με τη μέθοδο Penman-Monteith

Ζητείται:

Ανάλυση ευαισθησίας στον υπολογισμό της εξάτμισης από λίμνη, με μεταβολή κάθε φορά μίας από τις τέσσερις παραπάνω παραμέτρους κατά (i) +10%, (ii) +5%, (iii) -5%, (iv) -10%. Ακολουθώς, σχολιασμός των αποτελεσμάτων με την επί τοις εκατό μεταβολή της μηνιαίας εξάτμισης. Η λευκαύγεια (albedo) της υδάτινης επιφάνειας εκτιμάται σε 0.05.

Πίνακας 1: Μετεωρολογικά δεδομένα.

ΜΗΝΑΣ	Θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	Ταχύτητα ανέμου στα 2 m (m/s)	Ηλιοφάνεια (hr)
ΟΚΤ	17.6	60.4	1.9	169.1
ΝΟΕ	11.7	66.4	1.9	125.2
ΔΕΚ	8.4	67.9	2.3	117.7
ΙΑΝ	6.3	66.6	2.5	119.8
ΦΕΒ	7.6	64.4	2.6	111.2
ΜΑΡ	11.4	62.2	2.6	153.1
ΑΠΡ	15.3	57.9	2.8	208.4
ΜΑΙ	20.9	54.2	2.4	262.3
ΙΟΥΝ	26.1	48.3	2.7	315.2
ΙΟΥΛ	28.9	44.8	2.5	338.2
ΑΥΓ	27.9	47.2	2.6	305.2
ΣΕΠ	23.5	51.4	2.4	240.2

ΑΣΚΗΣΗ 3Α

Δεδομένα Εκφώνησης & Σταθερές	
γεωγραφικό πλάτος	38 °
Λευκαύγεια της υδάτινης επιφάνειας	0.05
Λευκαύγεια του εδάφους	0.25
Σταθερά νόμου θερμικής εκπομπής (σ) (kJ/m ² K ⁴ ημ)	4.90E-06

Πίνακας 1: Μετεωρολογικά δεδομένα.

Μήνας	Θερμοκρασία [°C]	Σχετική Υγρασία [%]	Ταχύτητα ανέμου στα 2 m [m/s]	Ηλιοφάνεια[h t/m]
ΟΚΤ	17.60	60.40	1.90	169.10
ΝΟΕ	11.70	66.40	1.90	125.20
ΔΕΚ	8.40	67.90	2.30	117.70
ΙΑΝ	6.30	66.60	2.50	119.80
ΦΕΒ	7.60	64.40	2.60	111.20
ΜΑΡ	11.40	62.20	2.60	153.10
ΑΠΡ	15.30	57.90	2.80	208.40
ΜΑΙ	20.90	54.20	2.40	262.30
ΙΟΥΝ	26.10	48.30	2.70	315.20
ΙΟΥΛ	28.90	44.80	2.50	338.20
ΑΥΓ	27.90	47.20	2.60	305.20
ΣΕΠ	23.50	51.40	2.40	240.20

So: Ακτινοβολία βραχέων κυμάτων στο εξωτερικό όριο της ατμόσφαιρας

N: Δυνατές ώρες ηλιοφάνειας. Λαμβάνονται από Πίνακα για το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής

n: Πραγματικές ώρες ηλιοφάνειας στο 24ωρο

Πίνακας 2: Συμπληρωματικά στοιχεία

Αριθμός Ημερών	S ₀ [kJ/m ² ημ]	N	n
31	23624.00	11.00	5.45
30	17689.00	9.90	4.17
31	14993.00	9.40	3.80
31	16383.00	9.70	3.86
28	21230.00	10.50	3.97
31	28100.00	11.70	4.94
30	34964.00	13.00	6.95
31	39711.00	14.00	8.46
30	41658.00	14.60	10.51
31	40731.00	14.40	10.91
31	36942.00	13.50	9.85
30	30800.00	12.20	8.01

Ερώτημα 1 (Penman)

Μήνας	e _s [hPa]	Δ [hPa/°C]	γ [hPa/°C]	R _a [kJ/m ² ημ]	F(u) [kJ/hPa m ² ημ]	D [hPa]	λ [kJ/kg]	Sn [kJ/m ² ημ]	e [hPa]	ε _n	f _L	L _n [kJ/m ² ημ]	E [kg/m ² ημ] ή [mm/ημ]	E' [m/ημ]	E [mm/μήνα]
	Πίεση κορεσμού υδρατμών	Κλίση καμπύλης κορεσμού υδρατμών	Ψυχομετρικός συντελεστής	Ολική καθαρή ενέργεια ακτινοβολίας	Συνάρτηση ταχύτητας ανέμου	Ελλειμμα κορεσμού υδρατμών	Λανθάνουσα θερμότητα εξαίτησης	Αλγ. Άθροισμα Εισ.-Ανακλ. Μικροκυμ. Ακτινοβ.	Μερική πίεση υδρατμών	Αδιαστατος συντ. Penman	Συντελεστής επίδρασης νέφωσης	Καθαρή μακροκυματική ακτινοβολία	Εξάτμιση		
ΟΚΤ	20.13	1.27	0.67	6972.22	0.53	7.97	2459.45	12337.11	12.16	0.28	0.55	5364.89	3.306	0.003	102.5
ΝΟΕ	13.76	0.91	0.67	3639.46	0.53	4.62	2473.38	8550.55	9.13	0.32	0.48	4911.08	1.880	0.002	56.4
ΔΕΚ	11.03	0.75	0.67	2251.41	0.58	3.54	2481.17	7109.18	7.49	0.34	0.46	4857.78	1.453	0.001	45.1
ΙΑΝ	9.55	0.66	0.67	2822.73	0.61	3.19	2486.13	7721.12	6.36	0.36	0.46	4898.40	1.545	0.002	47.9
ΦΕΒ	10.44	0.71	0.67	5065.28	0.63	3.72	2483.06	9781.69	6.72	0.35	0.44	4716.42	2.177	0.002	61.0
ΜΑΡ	13.48	0.89	0.67	8540.61	0.63	5.10	2474.08	13591.30	8.39	0.33	0.48	5050.69	3.338	0.003	103.5
ΑΠΡ	17.39	1.12	0.67	12941.65	0.65	7.32	2464.88	18961.86	10.07	0.31	0.58	6020.22	5.075	0.005	152.2
ΜΑΙ	24.73	1.52	0.67	16700.22	0.60	11.32	2451.66	22989.10	13.40	0.27	0.64	6288.89	6.796	0.007	210.7
ΙΟΥΝ	33.82	2.00	0.67	19686.41	0.64	17.49	2439.38	26624.96	16.34	0.24	0.75	6938.55	8.850	0.009	265.5
ΙΟΥΛ	39.84	2.30	0.67	19774.72	0.61	21.99	2432.77	26840.81	17.85	0.22	0.78	7066.09	9.324	0.009	289.1
ΑΥΓ	37.59	2.19	0.67	17021.33	0.63	19.85	2435.13	23796.82	17.74	0.22	0.76	6775.49	8.259	0.008	256.0
ΣΕΠ	28.96	1.75	0.67	12092.43	0.60	14.08	2445.52	18665.76	14.89	0.25	0.69	6573.33	5.904	0.006	177.1

1766.9

ΑΣΚΗΣΗ 3Α

Ταχύτητα ανέμου

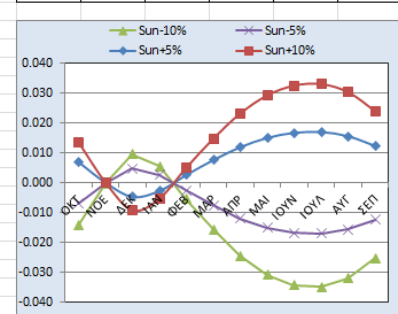
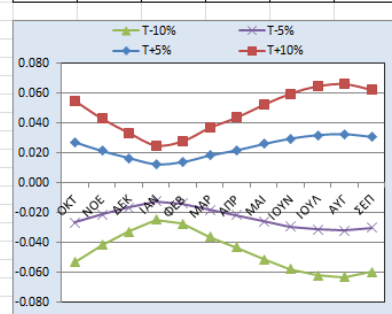
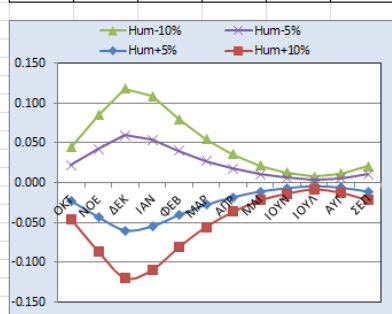
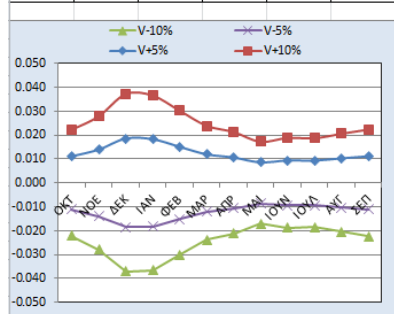
Σχετική Υγρασία

Θερμοκρασία αέρα

Ηλιοφάνεια

ΑΣΚΗΣΗ 3Α																								
Πίνακες Μηνιαίας εξατμισοδιαπονοής																								
	V-10%	V-5%	V	V+5%	V+10%		Hum-10%	Hum-5%	Hum	Hum+5%	Hum+10%		T-10%	T-5%	T	T+5%	T+10%			Sun-10%	Sun-5%	Sun	Sun+5%	Sun+10%
ΟΚΤ	100.2	101.4	102.5	103.6	104.8	ΟΚΤ	107.1	104.8	102.5	100.2	97.8	ΟΚΤ	97.1	99.8	102.5	105.3	108.1	ΟΚΤ		101.0	101.8	102.5	103.2	103.9
ΝΟΕ	54.8	55.6	56.4	57.2	58.0	ΝΟΕ	61.2	58.8	56.4	54.0	51.6	ΝΟΕ	54.0	55.2	56.4	57.6	58.8	ΝΟΕ		56.4	56.4	56.4	56.4	56.4
ΔΕΚ	43.4	44.2	45.1	45.9	46.7	ΔΕΚ	50.4	47.7	45.1	42.4	39.7	ΔΕΚ	43.6	44.3	45.1	45.8	46.6	ΔΕΚ		45.5	45.3	45.1	44.8	44.6
ΙΑΝ	46.2	47.0	47.9	48.8	49.7	ΙΑΝ	53.1	50.5	47.9	45.3	42.7	ΙΑΝ	46.7	47.3	47.9	48.5	49.1	ΙΑΝ		48.2	48.0	47.9	47.8	47.7
ΦΕΒ	59.1	60.0	61.0	61.9	62.8	ΦΕΒ	65.8	63.4	61.0	58.5	56.1	ΦΕΒ	59.3	60.1	61.0	61.8	62.7	ΦΕΒ		60.6	60.8	61.0	61.1	61.3
ΜΑΡ	101.0	102.2	103.5	104.7	106.0	ΜΑΡ	109.1	106.3	103.5	100.6	97.8	ΜΑΡ	99.7	101.6	103.5	105.4	107.3	ΜΑΡ		101.9	102.7	103.5	104.3	105.0
ΑΠΡ	149.0	150.6	152.2	153.9	155.5	ΑΠΡ	157.7	155.0	152.2	149.5	146.7	ΑΠΡ	145.7	148.9	152.2	155.6	158.9	ΑΠΡ		148.5	150.4	152.2	154.1	155.8
ΜΑΙ	207.1	208.9	210.7	212.5	214.3	ΜΑΙ	215.2	212.9	210.7	208.4	206.0	ΜΑΙ	199.9	205.3	210.7	216.1	221.7	ΜΑΙ		204.2	207.5	210.7	213.8	216.8
ΙΟΥΝ	260.5	263.0	265.5	268.0	270.5	ΙΟΥΝ	268.9	267.2	265.5	263.7	261.9	ΙΟΥΝ	250.1	257.8	265.5	273.4	281.4	ΙΟΥΝ		256.4	261.1	265.5	270.0	274.2
ΙΟΥΛ	283.7	286.4	289.1	291.8	294.4	ΙΟΥΛ	291.2	290.2	289.1	287.9	286.6	ΙΟΥΛ	271.2	280.0	289.1	298.3	307.8	ΙΟΥΛ		279.0	284.1	289.1	294.0	298.6
ΑΥΓ	250.8	253.4	256.0	258.6	261.3	ΑΥΓ	258.9	257.5	256.0	254.5	252.8	ΑΥΓ	239.9	247.9	256.0	264.4	272.9	ΑΥΓ		247.8	252.0	256.0	260.0	263.8
ΣΕΠ	173.2	175.2	177.1	179.1	181.1	ΣΕΠ	180.9	179.0	177.1	175.2	173.2	ΣΕΠ	166.5	171.8	177.1	182.6	188.2	ΣΕΠ		172.6	174.9	177.1	179.3	181.4

Πίνακες μεταβολών [(Τελ-Αρχ)/Α(Αρχ)]																								
	V-10%	V-5%	V	V+5%	V+10%		Hum-10%	Hum-5%	Hum	Hum+5%	Hum+10%		T-10%	T-5%	T	T+5%	T+10%		Sun-10%	Sun-5%	Sun	Sun+5%	Sun+10%	
ΟΚΤ	-0.022	-0.011	0	0.011	0.022	ΟΚΤ	0.045	0.023	0	-0.023	-0.046	ΟΚΤ	-0.053	-0.027	0	0.027	0.055	ΟΚΤ	-0.014	-0.007	0	0.007	0.014	
ΝΟΕ	-0.028	-0.014	0	0.014	0.028	ΝΟΕ	0.085	0.043	0	-0.043	-0.086	ΝΟΕ	-0.042	-0.021	0	0.021	0.043	ΝΟΕ	0.000	0.000	0	0.000	0.000	
ΔΕΚ	-0.037	-0.019	0	0.019	0.037	ΔΕΚ	0.118	0.059	0	-0.060	-0.120	ΔΕΚ	-0.033	-0.016	0	0.017	0.033	ΔΕΚ	0.010	0.005	0	-0.005	-0.009	
ΙΑΝ	-0.037	-0.018	0	0.018	0.037	ΙΑΝ	0.108	0.054	0	-0.055	-0.109	ΙΑΝ	-0.025	-0.012	0	0.012	0.025	ΙΑΝ	0.006	0.003	0	-0.003	-0.005	
ΦΕΒ	-0.030	-0.015	0	0.015	0.030	ΦΕΒ	0.080	0.040	0	-0.040	-0.081	ΦΕΒ	-0.028	-0.014	0	0.014	0.028	ΦΕΒ	-0.005	-0.003	0	0.003	0.005	
ΜΑΡ	-0.024	-0.012	0	0.012	0.024	ΜΑΡ	0.055	0.027	0	-0.028	-0.055	ΜΑΡ	-0.036	-0.018	0	0.018	0.037	ΜΑΡ	-0.016	-0.008	0	0.008	0.015	
ΑΠΡ	-0.021	-0.011	0	0.011	0.021	ΑΠΡ	0.036	0.018	0	-0.018	-0.036	ΑΠΡ	-0.043	-0.022	0	0.022	0.044	ΑΠΡ	-0.024	-0.012	0	0.012	0.023	
ΜΑΙ	-0.017	-0.009	0	0.009	0.017	ΜΑΙ	0.021	0.011	0	-0.011	-0.022	ΜΑΙ	-0.051	-0.026	0	0.026	0.052	ΜΑΙ	-0.031	-0.015	0	0.015	0.029	
ΙΟΥΝ	-0.019	-0.009	0	0.009	0.019	ΙΟΥΝ	0.013	0.006	0	-0.007	-0.014	ΙΟΥΝ	-0.058	-0.029	0	0.030	0.060	ΙΟΥΝ	-0.034	-0.017	0	0.017	0.033	
ΙΟΥΛ	-0.019	-0.009	0	0.009	0.019	ΙΟΥΛ	0.007	0.004	0	-0.004	-0.008	ΙΟΥΛ	-0.062	-0.031	0	0.032	0.065	ΙΟΥΛ	-0.035	-0.017	0	0.017	0.033	
ΑΥΓ	-0.021	-0.010	0	0.010	0.021	ΑΥΓ	0.011	0.006	0	-0.006	-0.012	ΑΥΓ	-0.063	-0.032	0	0.033	0.066	ΑΥΓ	-0.032	-0.016	0	0.016	0.030	
ΣΕΠ	-0.022	-0.011	0	0.011	0.022	ΣΕΠ	0.021	0.011	0	-0.011	-0.022	ΣΕΠ	-0.060	-0.030	0	0.031	0.062	ΣΕΠ	-0.025	-0.012	0	0.012	0.024	



ΑΣΚΗΣΗ 3Β

Σε μια λεκάνη απορροής εμβαδού 170 km^2 η μέση επιφανειακή απορροή για ένα υδρολογικό έτος μετρήθηκε σε $1.1 \text{ m}^3/\text{s}$, ενώ οι μηνιαίες βροχοπτώσεις (B) και δυνητικές εξατμοδιαπνοές (ΔΕ) δίνονται στον παρακάτω Πίνακα.

Μήνας	B (mm)	ΔΕ (mm)	Μήνας	B (mm)	ΔΕ (mm)
ΟΚΤ	92	60	ΑΠΡ	40	110
ΝΟΕ	137	30	ΜΑΙΟΣ	25	130
ΔΕΚ	89	24	ΙΟΥΝ	22	160
ΙΑΝ	110	34	ΙΟΥΛ	15	165
ΦΕΒ	127	40	ΑΥΓ	3	155
ΜΑΡ	68	65	ΣΕΠ	12	105

Ζητούνται:

Η υπολογισμένη από το μοντέλο παροχή για $K=180 \text{ mm}$

Η ρύθμιση του μοντέλου ισοζυγίου (εκτίμηση της παραμέτρου K), ώστε η εκτιμημένη απορροή να συμπίπτει με τη μετρομένη.

Ο υπολογισμός της πραγματικής εξατμοδιαπνοής για κάθε μήνα.

ΑΣΚΗΣΗ 3Β

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	ΑΣΚΗΣΗ 3Β - Δεδομένα Εκφώνησης									
2	Έκταση Λεκάνης απορροής		170	km ²						
3			1.1	m ³ /sec						
4	Μέση επιφανειακή Απορροή		34.6896	10 ⁶ m ³ /έτος	=C3*3600*24*365/10*6					
5			204.056	mm	=C4/C2*1000					
6										
7										
8										
9										
10	Μήνας	B	ΔΕ	ΠΕ*	A	Q				
11					0					
12	Οκτώβριος	92	60.0	60.00	32.0	0				
13	Νοέμβριος	137	30.0	30.00	139.0	0				
14	Δεκέμβριος	89	24.0	24.00	180.0	24				
15	Ιανουάριος	110	34.0	34.00	180.0	76				
16	Φεβρουάριος	127	40.0	40.00	180.0	87				
17	Μάρπος	68	65.0	65.00	180.0	3				
18	Απρίλιος	40	110.0	97.99	122.0	0				
19	Μάιος	25	130.0	78.92	68.1	0				
20	Ιούνιος	22	160.0	58.45	31.6	0				
21	Ιούλιος	15	165.0	32.88	13.7	0				
22	Αύγουστος	3	155.0	10.84	5.9	0				
23	Σεπτέμβριος	12	105.0	14.38	3.5	0				
24										
25										
26										
27										
28										
29										

Ετήσια απορροή
(μετρημένη)

ΠΕ*
=IF(B12>=C12,C12,B12+E11*(1-EXP((B12-C12)/\$J\$22)))

K [mm] 180

Υπολογισμένη
απορροή με βάση το
απλό μοντέλο
υδατικού ισοζυγίου
για K=180

	A	B	C	D
1	Δεδομένα Εκφώνησης			
2	Έκταση Λεκάνης απορροής		170	km ²
3			1.1	m ³ /sec
4	Μέση επιφανειακή Απορροή		34.6896	10 ⁶ m ³ /έτος
5			204.056	mm
6				
7				
8				
9				
10	Μήνας	B	ΔΕ	ΠΕ
11				0
12	Οκτώβριος	92	60.0	60.00
13	Νοέμβριος	137	30.0	30.00
14	Δεκέμβριος	89	24.0	24.00
15	Ιανουάριος	110	34.0	34.00
16	Φεβρουάριος	127	40.0	40.00
17	Μάρπος	68	65.0	65.00
18	Απρίλιος	40	110.0	97.11
19	Μάιος	25	130.0	76.03
20	Ιούνιος	22	160.0	54.64
21	Ιούλιος	15	165.0	29.97
22	Αύγουστος	3	155.0	9.11
23	Σεπτέμβριος	12	105.0	13.75
24				204.056
25				
26				
27				
28				
29				

Ρύθμιση μοντέλου

K [mm] 165.944

Μέσω της "αναζήτησης στόχου" υπολογίζουμε εκείνη την τιμή του K, ώστε η παροχή του μοντέλου (ροζ κελί) να "εξισωθεί" με τη μετρημένη (πράσινο κελί)

Goal Seek

Set cell:

To value:

By changing cell:

OK
 Cancel

ΑΣΚΗΣΗ 4

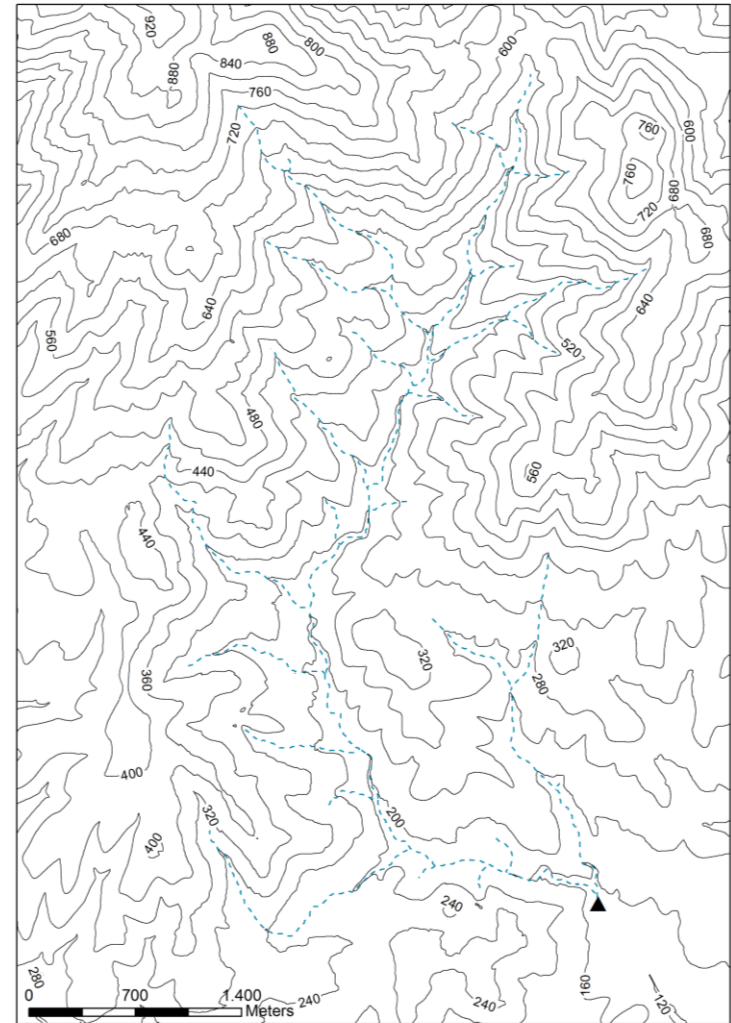
Στο χάρτη του Σχήματος που παρατίθεται απεικονίζεται η θέση υδρομετρικού σταθμού (μαύρο τρίγωνο), όπου πρόκειται να κατασκευαστεί αντιπλημμυρικό έργο. Για ένα επεισόδιο βροχής με ένταση βροχόπτωσης $i_1 = 5 \text{ mm/h}$ την πρώτη ώρα, $i_2 = 30 \text{ mm/h}$ τη δεύτερη ώρα και $i_3 = 15 \text{ mm/h}$ την τρίτη ώρα μετρήθηκαν στο σταθμό οι τιμές παροχών του Πίνακα 1.

Ζητούνται:

1. Να χαραχθεί ο υδροκρίτης της λεκάνης απορροής ανάντη του υδρομετρικού σταθμού.
2. Να σχεδιαστεί το βροχογράφημα και να υπολογιστεί ο αντίστοιχος όγκος βροχής. Δίνεται ότι το εμβαδό της λεκάνης είναι 18 km^2 .
3. Να σχεδιαστεί το πλημμυρογράφημα και να γίνει διαχωρισμός της βασικής από την πλημμυρική απορροή.
4. Να υπολογιστεί το ενεργό βροχογράφημα με τη μέθοδο του δείκτη ϕ (υπολογισμός ενεργούς ή καθαρής βροχόπτωσης).
5. Αν ο πλημμυρικός όγκος διπλασιαστεί ή υποδιπλασιαστεί αντίστοιχα, ποιος θα ήταν ο δείκτης ϕ του επεισοδίου;
6. Αν οι απώλειες του βροχογραφήματος δίνονται από τη σχέση $f=5.7/t^2$, να βρεθεί ο αναμενόμενος πλημμυρικός όγκος της λεκάνης.
7. Υποθέστε ωριαίο επεισόδιο βροχής με ένταση (mm/h) ίση με τη μέση ένταση του παραπάνω επεισοδίου. Υπολογίστε την παροχή αιχμής σύμφωνα με την Ορθολογική Μέθοδο για $c=0.5$. Αν η λεκάνη ήταν αστική, τι θα αναμέναμε ως τιμή απορροής;

Πίνακας 1: Υδρομετρικά δεδομένα.

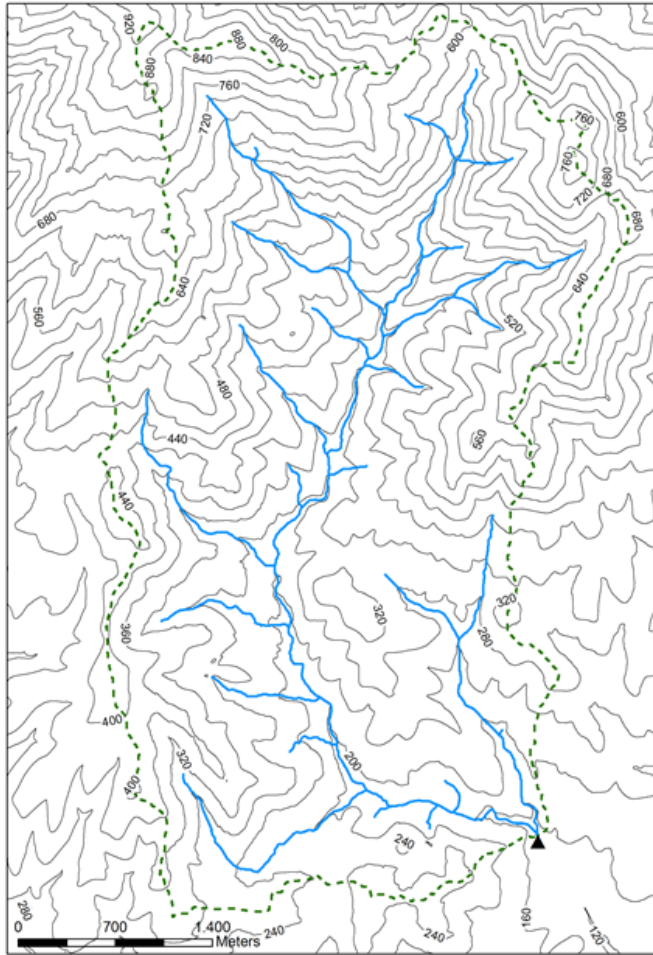
T (h)	Q (m ³ /sec)	T (h)	Q (m ³ /sec)
0	3.2	7	5.1
1	13.2	8	4.3
2	43.0	9	4.0
3	33.1	10	3.7
4	20.7	11	3.5
5	12.0	12	3.3
6	7.7	13	3.2



Σχήμα 1: Χάρτης περιοχής.

ΑΣΚΗΣΗ 4

Ερώτημα 1

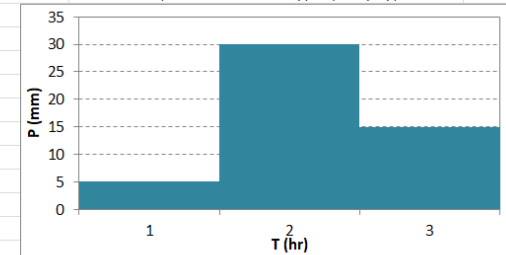
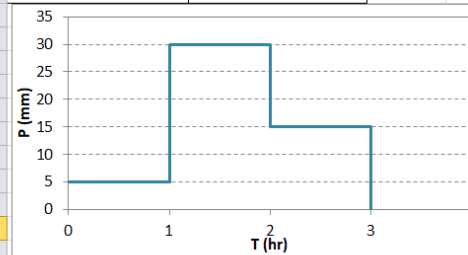


Ερώτημα 2

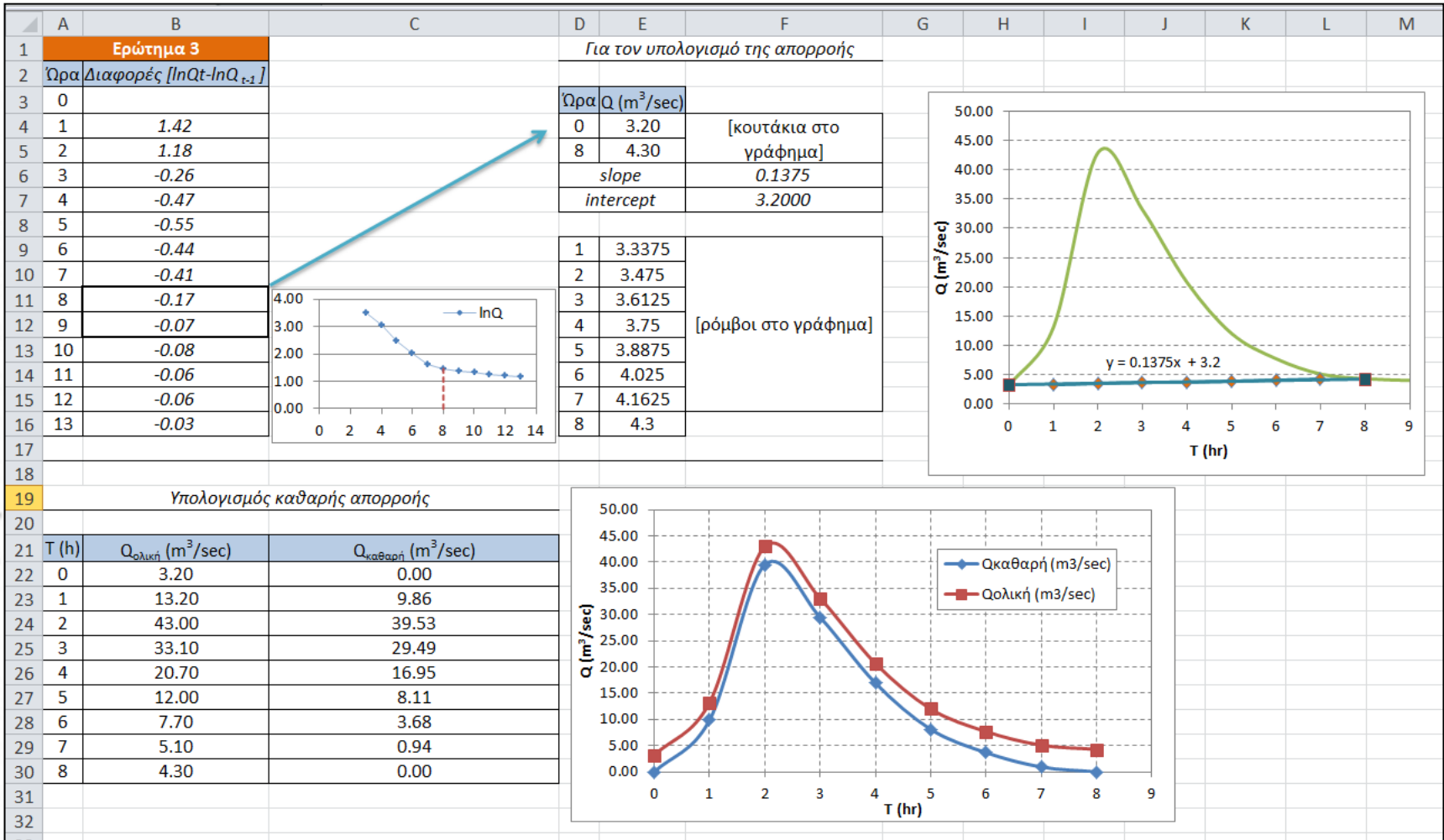
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Ερώτημα 2		Για να σχεδιαστεί το βροχογράφημα							
2	T (h)	P (mm/hr)								
3	0	5								
4	1	5								
5	1	30								
6	2	30								
7	2	15								
8	3	15								
9	3	0								
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										

Όγκος βροχής 1ης ώρας	90000	m ³
Όγκος βροχής 2ης ώρας	540000	m ³
Όγκος βροχής 3ης ώρας	270000	m ³
Συνολικός όγκος βροχής	900000	m ³

Η απευθείας από τον πίνακα της εκφώνησης:

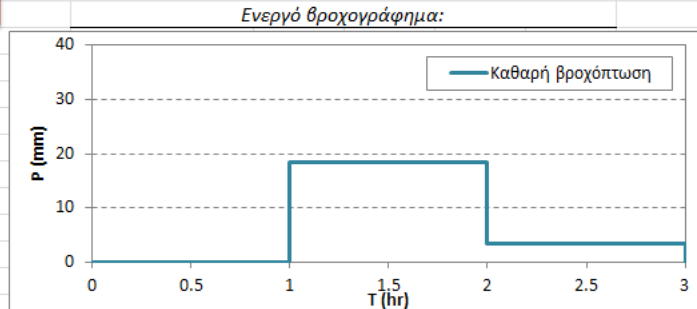
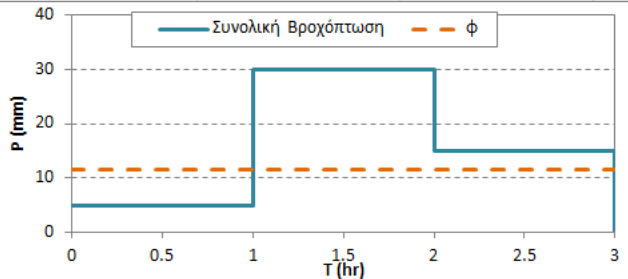


ΑΣΚΗΣΗ 4



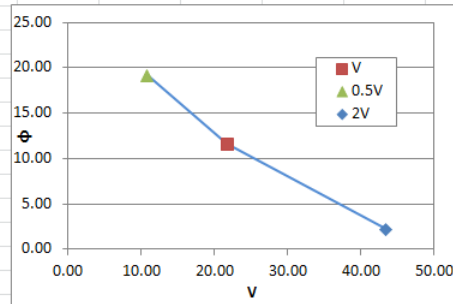
ΑΣΚΗΣΗ 4

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Ερώτημα 4										
2	T (h)	Q _{καθαρή} (m ³ /sec)	Q _{καθαρή} (m ³ /h)								
3	0	0.00	0								
4	1	9.86	35505								
5	2	39.53	142290								
6	3	29.49	106155								
7	4	16.95	61020								
8	5	8.11	29205								
9	6	3.68	13230								
10	7	0.94	3375								
11	8	0.00	0								
12											
13		Q _{καθαρή} (m ³ /event)	390780								
14											
15		Q _{καθαρή} (mm/event)	21.71								
16											
17		Θέλω:									
18	Καθαρή κατακρήμνιση	[=]	Καθαρή απορροή	Μέσω της αναζήτησης στόχου, βρίσκω το κατάλληλο "φ" σε mm/h τέτοιο ώστε η καθαρή βροχή να ισούται με την καθαρή απορροή.							
19		Όμως:									
20	50	[≠]	21.71								
21											
22	Οπότε:	φ	11.645	Θέλω κελί [C28]=[C20] αλλάζοντας το φ! (κελί[C22])							
23	Ωρα	Συνολική Βροχόπτωση	Καθαρή βροχόπτωση								
24	1	5	0								
25	2	30	18.355								
26	3	15	3.355								
27											
28		Αθρ.	21.71								
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											
38											
39											
40											
41											

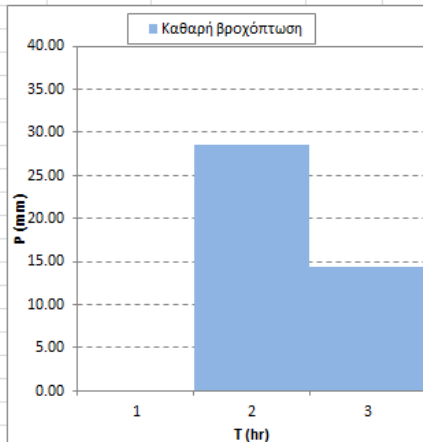
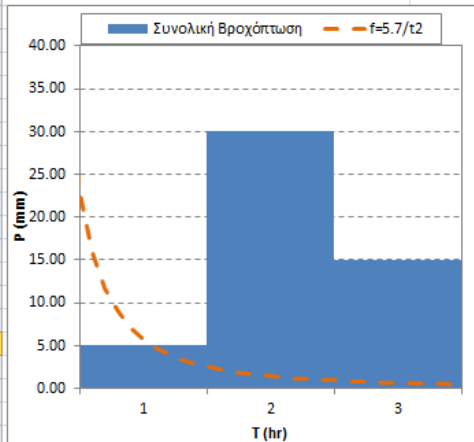


ΑΣΚΗΣΗ 4

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Ερώτημα 5									
2	Για $V'=2V$									
3	43.420	ϕ	2.193333333							
4	Ώρα	Συνολική Βροχόπτωση	Καθαρή βροχόπτωση							
5	1	5	2.806666667							
6	2	30	27.80666667							
7	3	15	12.80666667							
8		Αθρ.	43.42							
9										
10	Για $V'=0.5V$									
11	10.855	ϕ	19.145							
12	Ώρα	Συνολική Βροχόπτωση	Καθαρή βροχόπτωση							
13	1	5	0							
14	2	30	10.855							
15	3	15	0							
16		Αθρ.	10.855							
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										
50										
51										
52										
53										
54										
55										
56										
57										
58										
59										
60										
61										
62										
63										
64										
65										
66										
67										
68										
69										
70										
71										
72										
73										
74										
75										
76										
77										
78										
79										
80										
81										
82										
83										
84										
85										
86										
87										
88										
89										
90										
91										
92										
93										
94										
95										
96										
97										
98										
99										
100										



	A	B	C	D	E	F
1	Ερώτημα 6					
2	Σχέση απωλειών βροχογραφήματος	Συνολική βροχή	$f=5.7/t^2$	Καθαρή βροχή (mm)		
3	1	5	5.7	0		
4	2	30	1.425	28.575		
5	3	15	0.633333333	14.36666667		
6						
7	Συνολικός όγκος καθαρής βροχόπτωσης (πλημμυρικός)		mm	42.9417		
8			hm ³	0.7730		
9			m ³ /sec	71.5694		
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63						
64						
65						
66						
67						
68						
69						
70						
71						
72						
73						
74						
75						
76						
77						
78						
79						
80						
81						
82						
83						
84						
85						
86						
87						
88						
89						
90						
91						
92						
93						
94						
95						
96						
97						
98						
99						
100						



ΑΣΚΗΣΗ 4

Ερώτημα 7		
Προηγούμενο επεισόδιο βροχής		
ΑΑ ώρας	Συνολική βροχόπτωση (mm)	
1	5	
2	30	
3	15	
Μέση ένταση σε mm/h		16.67
Εφαρμογή ορθολογικής μεθόδου		
c	0.5	
i	16.67	mm/h
A	18	km ²
Q	41.7	m ³ /s
Περίπτωση αστικής λεκάνης		
c	0.9	
i	16.67	mm/h
A	18	km ²
Q	75.06	m ³ /s

ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Η ορθολογική μέθοδος εφαρμόζεται συχνά στις υδρολογικές μελέτες για την εκτίμηση της πλημμυρικής αιχμής. Χρησιμοποιείται σε μικρές σχετικά υδρολογικές λεκάνες και βασίζεται στην αρχή ότι σε βροχές που παρουσιάζουν ομοιόμορφη ένταση και κατανομή στη λεκάνη, η μέγιστη απορροή εμφανίζεται όταν στην έξοδο της λεκάνης καταφθάσει το νερό από όλα τα σημεία της.

Η ορθολογική μέθοδος εκφράζεται από την σχέση:

$$Q = 0.278 * C * i * A \quad \text{όπου:}$$

Q (m³/sec): η αιχμή της απορροής
 C : ο συντελεστής απορροής
 i (mm/hr): η ένταση της βροχόπτωσης για το χρόνο συγκέντρωσης
 A (km²) : η επιφάνεια της υδρολογικής λεκάνης

Για να φτάσει η πλημμυρική παροχή την μέγιστη αιχμή, πρέπει ο χρόνος βροχόπτωσης πρέπει να είναι ίσος με τον χρόνο συγκέντρωσης της λεκάνης ώστε όλα τα σημεία της λεκάνης να συνεισφέρουν στην απορροή ταυτόχρονα.

ΑΣΚΗΣΗ 5

Σε υδρομετρικό σταθμό έχουν γίνει ταυτόχρονες μετρήσεις στάθμης και παροχής (υδρομετρήσεις) ποταμού που φαίνονται στον Πίνακα 1, για μια χρονική περίοδο κατά την οποία δεν υπήρχαν ουσιαστικές μεταβολές στη γεωμετρία και τα χαρακτηριστικά της διατομής.

Πίνακας 1: Μετρήσεις στάθμης (από σταθμήμετρο) και παροχής.

Ημερομηνία	Στάθμη [m]	Παροχή [m^3/s]
20/03/2002	1,87	60.5
29/04/2002	1,43	35.0
27/05/2002	0,70	10.0
23/06/2002	0,53	6.0
20/07/2002	0,66	8.2
25/08/2002	0,26	1.4
20/09/2002	1,60	34.0
15/10/2002	2,05	84.0
13/11/2002	1,23	24.1
29/11/2002	1,56	52.0
23/12/2002	0,77	10.7
12/01/2003	2,95	155.0
30/01/2003	2,46	100.0
27/02/2003	2,31	92.0
04/03/2003	1,53	50.2
10/03/2003	1,12	23.7
28/04/2003	0,97	16.0
17/05/2003	0,85	14.0
18/06/2003	0,52	5.4
20/7/2003	0,62	7.7
21/8/2003	0,37	2.0
22/9/2003	1,59	43.0
24/10/2003	1,77	54.7
25/11/2003	2,51	110.0
27/12/2003	2,65	125.0
1/1/2004	3,21	162.0
7/1/2004	2,85	142.0
1/4/2004	2,30	70.0

1. Με βάση το δείγμα υδρομετρήσεων, να καταρτιστεί η καμπύλη στάθμης-παροχής του ποταμού για την υπόψη περίοδο.
2. Χρησιμοποιώντας την καμπύλη στάθμης-παροχής και τις ημερήσιες στάθμες από σταθμηγράφο που δίνονται στον Πίνακα 2, να εκτιμηθεί η χρονοσειρά των ημερήσιων παροχών για τη συγκεκριμένη πλημμύρα.
3. Να υπολογιστεί ο συντελεστής τραχύτητας κατά Manning, με βάση το ζεύγος στάθμης και παροχής που καταγράφηκε την 30/01/2003. Να θεωρηθεί ότι η διατομή είναι ορθογωνική, με πλάτος πυθμένα 15 m και μέγιστο ύψος 7 m, καθώς και ότι η κλίση του υδατορεύματος ανάντη του υδρομετρικού σταθμού είναι σταθερή και ίση με 0.005.
4. Να γίνει η επέκταση της καμπύλης στάθμης-παροχής μέχρι την παροχευτικότητα της διατομής.

Πίνακας 1: Μετρήσεις στάθμης (από σταθμηγράφο) για ένα πλημμυρικό επεισόδιο

A/A	Ημερομηνία	Στάθμη [m]
1	27/12/2003	2,61
2	28/12/2003	2,64
3	29/12/2003	2,69
4	30/12/2003	2,81
5	31/12/2003	2,93
6	01/01/2004	3,09
7	02/01/2004	2,95
8	03/01/2004	2,89
9	04/01/2004	2,87
10	05/01/2004	2,86
11	06/01/2004	2,84
12	07/01/2004	2,83

ΑΣΚΗΣΗ 5

Ερώτημα 1		
Ημερομηνία	LN(H)	LN(Q)
3/20/2002	0.63	4.10
4/29/2002	0.36	3.56
5/27/2002	-0.36	2.30
6/23/2002	-0.63	1.79
7/20/2002	-0.42	2.10
8/25/2002	-1.35	0.34
9/20/2002	0.47	3.53
10/15/2002	0.72	4.43
11/13/2002	0.21	3.18
11/29/2002	0.44	3.95
12/23/2002	-0.26	2.37
1/12/2003	1.08	5.04
1/30/2003	0.90	4.61
2/27/2003	0.84	4.52
3/4/2003	0.43	3.92
3/10/2003	0.11	3.17
4/28/2003	-0.03	2.77
5/17/2003	-0.16	2.64
6/18/2003	-0.65	1.69
7/20/2003	-0.48	2.04
8/21/2003	-0.99	0.69
9/22/2003	0.46	3.76
10/24/2003	0.57	4.00
11/25/2003	0.92	4.70
12/27/2003	0.97	4.83
1/1/2004	1.17	5.09
1/7/2004	1.05	4.96
4/1/2004	0.83	4.25

$$Q=a \cdot H^b$$

→

$$H=EXP((\ln Q-\ln a)/b)$$

όπου:

b=slope

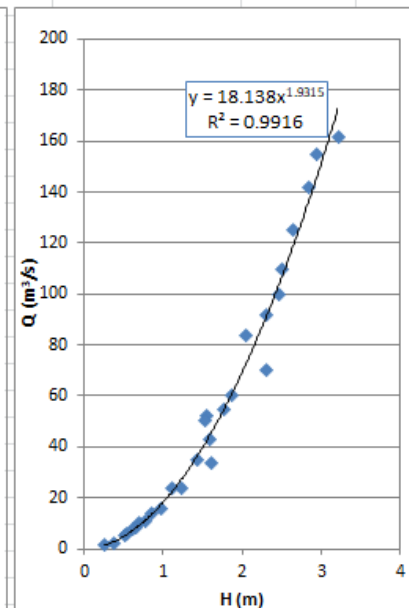
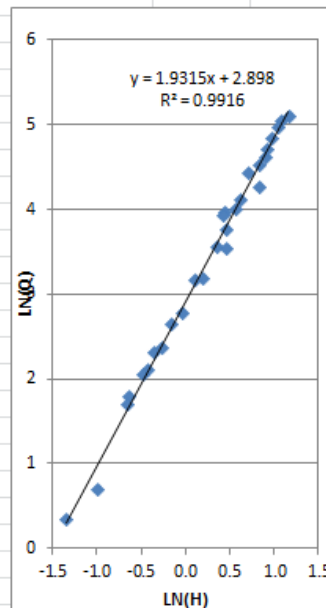
LN(a)=intercept

a=EXP(ln a)

1.932

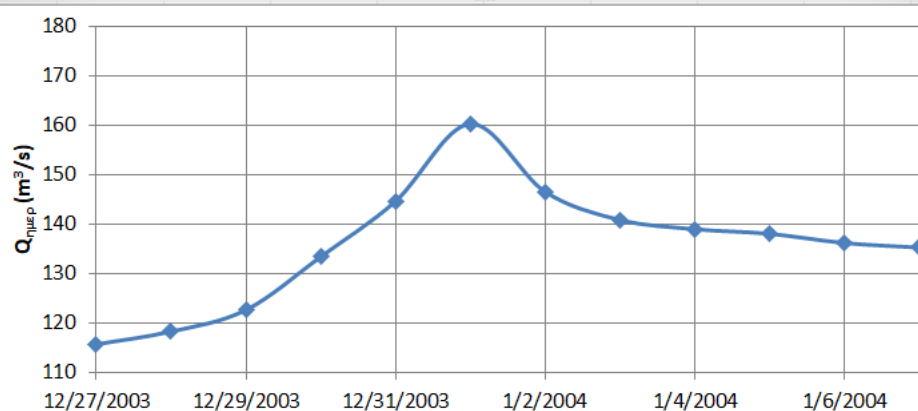
2.898

18.14



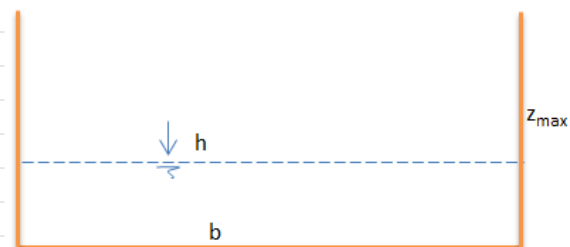
Παροχή [m^3/s]	$Q_{equation}$	ΔQ
60.50	60.77	-0.27
35.00	36.19	-1.19
10.00	9.11	0.89
6.00	5.32	0.68
8.20	8.13	0.07
1.40	1.34	0.06
34.00	44.96	-10.96
84.00	72.57	11.43
24.10	27.05	-2.95
52.00	42.82	9.18
10.70	10.95	-0.25
155.00	146.58	8.42
100.00	103.20	-3.20
92.00	91.39	0.61
50.20	41.24	8.96
23.70	22.58	1.12
16.00	17.10	-1.10
14.00	13.25	0.75
5.40	5.13	0.27
7.70	7.20	0.50
2.00	2.66	-0.66
43.00	44.42	-1.42
54.70	54.65	0.05
110.00	107.29	2.71
125.00	119.15	5.85
162.00	172.55	-10.55
142.00	137.13	4.87
70.00	90.63	-20.63

Ερώτημα 2		
Ημερομηνία	Στάθμη (m)	Παροχή [m^3/s]
12/27/2003	2.61	115.702
12/28/2003	2.64	118.284
12/29/2003	2.69	122.650
12/30/2003	2.81	133.437
12/31/2003	2.93	144.662
1/1/2004	3.09	160.308
1/2/2004	2.95	146.576
1/3/2004	2.89	140.872
1/4/2004	2.87	138.995
1/5/2004	2.86	138.061
1/6/2004	2.84	136.202
1/7/2004	2.83	135.277

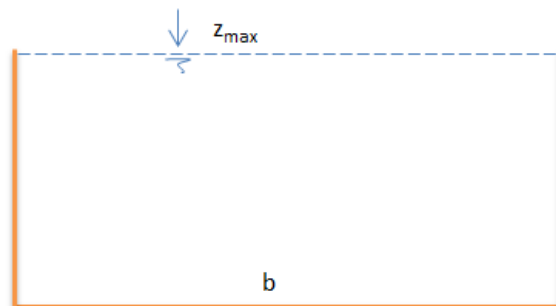


ΑΣΚΗΣΗ 5

Ερώτημα 3		
Ημερομηνία	Στάθμη [m]	Παροχή [m ³ /s]
1/30/2003	2.46	100.00
Manning	$Q = \frac{1}{n} A \sqrt{S} R^{2/3}$	
Στάθμη (h)	2.460	[m]
Παροχή (Q)	100.000	[m ³ /s]
Πλάτος (b)	15.000	m
Μέγιστο Ύψος (z _{max})	7.000	m
Ανάντη κλίση (S)	0.005	%
Εμβαδόν (A)	36.900	m ²
Βρεχόμενη Περίμετρος (Π)	19.920	m
Υδραυλική Ακτίνα (R)	1.852	m
A' goal seek:		Μέσω της αναζήτησης στόχου, θέλω Q=100 αλλάζοντας το n
n	0.03936	
Q	100.00	
B' λύνοντας ως προς n:		0.03936
$n = \frac{1}{Q} A \sqrt{S} R^{2/3}$		



Ερώτημα 4		
n	0.03936	
Στάθμη (h)	7.000	[m]
Πλάτος (b)	15.000	m
Μέγιστο Ύψος (z _{max})	7.000	m
Ανάντη κλίση (S)	0.005	%
Εμβαδόν (A)	105.000	m ²
Βρεχόμενη Περίμετρος (Π)	29.000	m
Υδραυλική Ακτίνα (R)	3.621	m
Q	444.835	[m ³ /s]
Προσοχή! [≠]	777.881	(δηλ. Μέσω καμπύλης H-Q)



ΑΣΚΗΣΗ 6

I. Ενεργός βροχόπτωση, ύψους 30 mm και διάρκειας 1 ώρας, προκάλεσε στην έξοδο μιας λεκάνης απορροής το καθαρό πλημμυρογράφημα του Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Καθαρό πλημμυρογράφημα.

T (h)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q (m ³ /s)	0	155	522	707	607	455	287	135	67	0

Να υπολογιστούν:

(α) το Μοναδιαίο Υδρογράφημα (ΜΥ) διάρκειας 1 ώρας

(β) η έκταση της λεκάνης απορροής

(γ) το συνολικό πλημμυρογράφημα που προκλήθηκε από την καταιγίδα σχεδιασμού του Πίνακα 2. Δίνεται ότι η βασική απορροή είναι σταθερή και ίση με 5 m³/sec.

Πίνακας 2: Καταιγίδα σχεδιασμού.

T (h)	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
I (mm/h)	5	17	23	19	11

(δ) το ΜΥ διάρκειας 2 ωρών

(ε) το ΜΥ διάρκειας 3 ωρών με τη μέθοδο της καμπύλης S και τη χρήση του ΜΥ 2 ωρών που υπολογίστηκε στο προηγούμενο ερώτημα

II. Ενεργός βροχόπτωση διάρκειας 3 ωρών, με ωριαία ύψη 9, 12 και 28 mm, προκάλεσε σε λεκάνη απορροής το συνολικό πλημμυρογράφημα που φαίνεται στον Πίνακα 3. Να υπολογιστεί το ΜΥ της εν λόγω λεκάνης διάρκειας 1 ώρας. Να θεωρηθεί ότι η βασική απορροή είναι σταθερή.

Πίνακας 3: Συνολικό πλημμυρογράφημα.

T (h)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Q (m ³ /s)	6	55.5	220.5	583	957	1088.5	853.5	557.5	323	116	34	6

III. Στην έξοδο λεκάνης απορροής βρίσκεται διώρυγα, μέσω της οποίας εκτρέπονται τα νερά της λεκάνης, και μελετάται η κατασκευή αντιπλημμυρικών αναχωμάτων. Δίνεται ότι η διώρυγα είναι ορθογωνική, πλάτους 32 m, ύψους 8 m και μήκους 7 km, επενδεδυμένη με σκυρόδεμα ($n = 0.020$), και με κλίση πυθμένα 0.08%.

(α) Αν η πλημμύρα σχεδιασμού στην είσοδο της διώρυγας είναι το συνολικό πλημμυρογράφημα του Πίνακα 3, να υπολογίσετε το πλημμυρογράφημα στην κατάντη θέση με εφαρμογή της μεθόδου Muskingum.

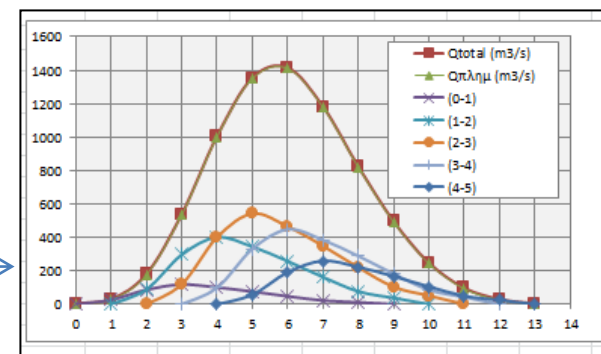
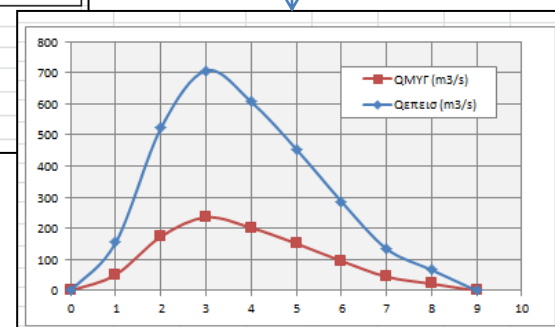
Θεωρήστε ότι η παράμετρος x είναι ίση με 0.2 και η παράμετρος K (που αντιπροσωπεύει το μέσο χρόνο διαδρομής) είναι ίση με 0.673 hr.

(β) Ποιο είναι το απαιτούμενο ύψος των αναχωμάτων για την παροχέτευση της πλημμύρας σχεδιασμού, θεωρώντας ένα περιθώριο ασφαλείας (ελεύθερο ύψος) 1 m πάνω από την πλημμυρική στάθμη;

ΑΣΚΗΣΗ 6 (I)

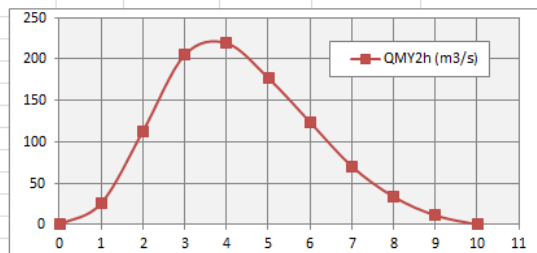
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Δεδομένα Εκφώνησης										
2	Πίνακας 1: Συνολικό πλημμυρογράφημα										
3	T (h)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	Q (m ³ /s)	0.00	155.00	522	707	607	455	287	135	67	0
5	Διάρκεια επεισοδίου βροχής	1	ώρα								
6	Υψος βροχής επεισοδίου	30	mm								
7	Υψος βροχής ΜΥΓ	10	mm								
8											
9	Πίνακας 2: Καταγίδια σκεδίασμού										
10	T (h)	(0-1)	(1-2)	(2-3)	(3-4)	(4-5)					
11	I (mm/h)	5	17	23	19	11					
12											
13	Βασική απορροή	5	m ³ /sec								
14											
15											
16											
17	Ερώτημα 1										
18	α)										
19	Αρχή αναλογίας	$\frac{P_{επ}}{P_{ΜΥΓ}} = \frac{Q_{επ}}{Q_{ΜΥΓ}}$									
20											
21	T (h)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	Q _{επ} (m ³ /s)	0.00	155.00	522	707	607	455	287	135	67	0
23	Q _{ΜΥΓ} (m ³ /s)	0.00	51.67	174.00	235.67	202.33	151.67	95.67	45	22.33333333	0
24											
25	β)										
26											
27	Υπλημμ	10566000.00	m ³								
28	Εκταση Α	352200000	m ²								
29		352.2	km ²								
30											

31	γ)										
32	Αρχές αναλογίας & επαλληλίας										
33											
34	T (h)	Q _{ΜΥΓ} (m ³ /s)	(0-1)	(1-2)	(2-3)	(3-4)	(4-5)	Q _{επ,ΜΥΓ} (m ³ /s)	Q _{επ,επ} (m ³ /s)		
35	0	0.00	0.00					0.00	5.00		
36	1	51.67	25.83	0.00				25.83	30.83		
37	2	174.00	87.00	87.83	0.00			174.83	179.83		
38	3	235.67	117.83	295.80	118.83	0.00		532.47	537.47		
39	4	202.33	101.17	400.63	400.20	98.17	0.00	1000.17	1005.17		
40	5	151.67	75.83	343.97	542.03	330.60	56.83	1349.27	1354.27		
41	6	95.67	47.83	257.83	465.37	447.77	191.40	1410.20	1415.20		
42	7	45.00	22.50	162.63	348.83	384.43	259.23	1177.63	1182.63		
43	8	22.33	11.17	76.50	220.03	288.17	222.57	818.43	823.43		
44	9	0.00	0.00	37.97	103.50	181.77	166.83	490.07	495.07		
45	10			0.00	51.37	85.50	105.23	242.10	247.10		
46	11				0.00	42.43	49.50	91.93	96.93		
47	12					0.00	24.57	24.57	29.57		
48	13						0.00	0.00	5.00		
49											



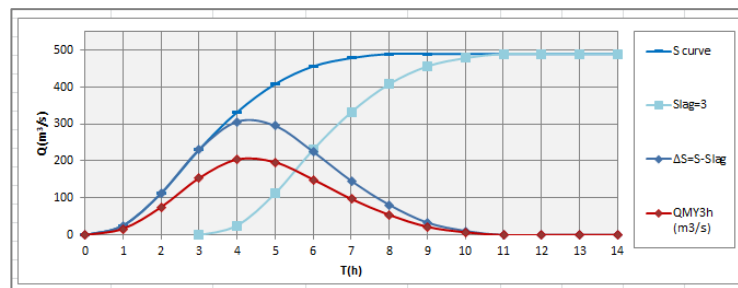
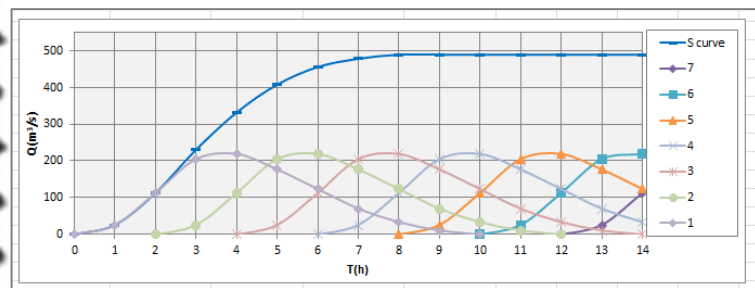
ΑΣΚΗΣΗ 6 (I)

δ)				
T (h)	Q _{MY1} (m3/s)	Q _{MY1} (m3/s)	Q _{sum} (m3/s)	Q _{MY2h} (m3/s)
0	0.00		0.00	0.00
1	51.67	0.00	51.67	25.83
2	174.00	51.67	225.67	112.83
3	235.67	174.00	409.67	204.83
4	202.33	235.67	438.00	219.00
5	151.67	202.33	354.00	177.00
6	95.67	151.67	247.33	123.67
7	45.00	95.67	140.67	70.33
8	22.33	45.00	67.33	33.67
9	0.00	22.33	22.33	11.17
10		0.00	0.00	0.00



*8 τρόπος:			
Q _{MY1} (m3/s)	Q _{P-5mm/h} (m3/s)	Q _{P-5mm/h} (m3/s)	Q _{MY2h} (m3/s)
0.00	0.00		0.00
51.67	25.83	0.00	25.83
174.00	87.00	25.83	112.83
235.67	117.83	87.00	204.83
202.33	101.17	117.83	219.00
151.67	75.83	101.17	177.00
95.67	47.83	75.83	123.67
45.00	22.50	47.83	70.33
22.33	11.17	22.50	33.67
0.00	0.00	11.17	11.17
		0.00	0.00

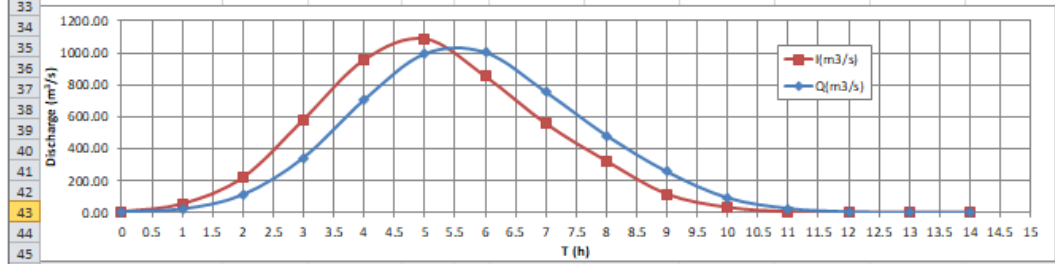
ε)												
Καμπύλη S		QMY2h (m3/s)										
T (h)	1	2	3	4	5	6	7	S curve	S _{slag=3}	ΔS=S-S _{slag}	QMY3h (m3/s)	
0	0.00							0.00		0.00	0.00	
1	25.83							25.83		25.83	17.22	
2	112.83	0.00						112.83		112.83	75.22	
3	204.83	25.83						230.67	0.00	230.67	153.78	
4	219.00	112.83						331.83	25.83	306.00	204.00	
5	177.00	204.83	25.83					407.67	112.83	294.83	196.56	
6	123.67	219.00	112.83	0.00				455.50	230.67	224.83	149.89	
7	70.33	177.00	204.83	25.83				478.00	331.83	146.17	97.44	
8	33.67	123.67	219.00	112.83	0.00			489.17	407.67	81.50	54.33	
9	11.17	70.33	177.00	204.83	25.83			489.17	455.50	33.67	22.44	
10	0.00	33.67	123.67	219.00	112.83	0.00		489.17	478.00	11.17	7.44	
11		11.17	70.33	177.00	204.83	25.83		489.17	489.17	0.00	0.00	
12		0.00	33.67	123.67	219.00	112.83	0.00	489.17	489.17	0.00	0.00	
13			11.17	70.33	177.00	204.83	25.83	489.17	489.17	0.00	0.00	
14			0.00	33.67	123.67	219.00	112.83	489.17	489.17	0.00	0.00	



ΑΣΚΗΣΗ 6 (II)

[illegible]

ΑΣΚΗΣΗ 6 (III)

[illegible][illegible]

$$Q(j+1) = C_0 I(j+1) + C_1 I_j + C_2 Q_j$$

$$C_0 = \frac{-KX + 0,5\Delta t}{K - KX + 0,5\Delta t}$$

$$C_1 = \frac{KX + 0,5\Delta t}{K - KX + 0,5\Delta t}$$

$$C_2 = \frac{K - KX - 0,5\Delta t}{K - KX + 0,5\Delta t}$$

46		
47	$\beta)$	
48	Muskingum: Εύρεση h	
49		
50	Ορθογωνική διώρυγα	
51	πλάτος b	32
52	ύψος h	7.48
53	μήκος L	7
54	παιρρόβιου	0.02
55	κλίση πυθμένα S	0.08%
56		
57	Εμβαδόν	239.317
58	Περίμετρος	46.95731
59	R	5.09648
60	Q	1002.31
61	V	4.188211
62		
63	free border	1
64	h_{may}	8.48
65		
66	Εξίσωση Manning	
67		
68	$Q = \frac{1}{n} A \sqrt{R}^{2/3}$	
69		
70		

ΑΣΚΗΣΗ 7

Στον Πίνακα 1 δίνονται τα μέγιστα ετήσια ύψη βροχής για διάρκειες 1, 2, 6, 12, 24 και 48 h τα οποία έχουν καταγραφεί από βροχογράφο στην περιοχή της Αττικής.

Πίνακας 1: Μέγιστα ύψη βροχής.

Υδρολ. έτος	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h
1979-80	2.6	4.9	7.1	7.5	10.5	10.9
1980-81	13.9	23.5	35.6	42.1	42.3	42.8
1981-82	1.7	2.2	4.6	4.8	4.8	4.8
1982-83	8.9	12.6	20.6	30.0	30.0	30.0
1983-84	1.8	2.7	3.0	3.0	5.2	7.2
1984-85	25.0	25.3	39.2	40.2	58.8	59.0
1985-86	9.9	12.0	12.5	12.5	12.5	12.8
1986-87	8.6	10.5	12.6	13.2	13.5	13.7
1987-88	11.1	12.8	19.0	24.3	34.1	35.0
1988-89	8.6	12.7	30.8	36.9	36.9	36.9
1989-90	28.2	31.1	37.0	37.0	43.1	47.6
1990-91	8.9	10.3	19.9	20.1	38.0	38.0
1991-92	9.1	13.8	22.4	37.7	38.5	45.4
1992-93	15.1	17.1	21.0	35.4	50.8	71.9
1993-94	23.4	36.2	43.1	44.8	46.0	46.0
1994-95	13.2	18.7	40.3	62.7	68.2	70.4
1995-96	6.1	10.5	25.2	42.1	50.9	50.9
1996-97	16.9	24.9	32.6	38.1	38.2	38.2
1997-98	11.2	18.8	41.9	56.3	77.0	77.0
1998-99	5.5	7.2	11.1	12.4	12.4	12.4
1999-00	30.2	38.4	50.5	73.5	79.7	80.0
2000-01	12.8	14.2	14.8	20.2	23.5	23.5
2001-02	18.6	21.5	23.3	39.7	46.5	51.4
2002-03	5.0	8.9	15.6	20.8	39.3	47.1
2003-04	5.7	9.0	20.9	34.7	42.4	43.5
2004-05	12.9	22.2	50.6	82.4	92.2	92.2
2005-06	8.5	16.2	30.9	33.3	34.6	34.6
2006-07	11.7	16.7	29.1	36.2	47.5	49.0
2007-08	7.3	11.2	18.7	21.7	25.4	25.4
2008-09	14.9	25.9	66.0	78.9	79.9	79.9
2009-10	13.8	22.6	35.2	36.0	38.2	38.2
2010-11	30.7	38.5	64.9	69.1	105.3	116.3
2011-12	20.2	24.2	29.8	47.9	54.3	59.8

Ζητούνται:

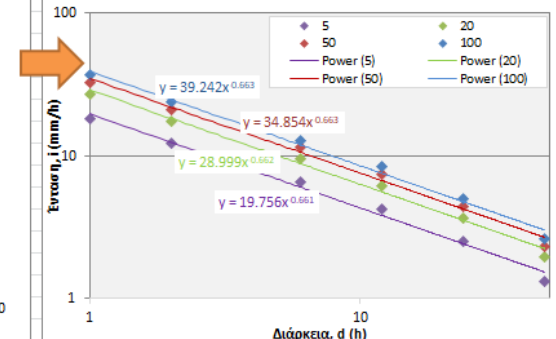
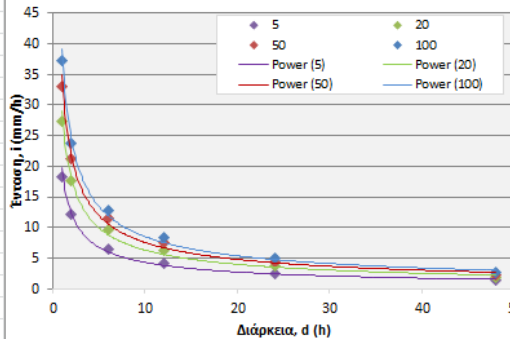
1. Αν θεωρηθεί ότι τα μέγιστα ύψη βροχής όλων των διαρκειών ακολουθούν κατανομή Gumbel, να υπολογιστούν οι όμβριες καμπύλες για περιόδους επαναφοράς $T = 5, 20, 50$ και 100 έτη.
2. Μελετάται η κατασκευή αντιπλημμυρικού έργου σε θέση γειτονικού (προς το βροχογράφο) χειμάρρου. Η ανάντη λεκάνη απορροής, έκτασης 35 km^2 και μέσου υψομέτρου 350 m , είναι λοφώδης, με μέτρια βλάστηση και μικρό ποσοστό αδιαπέρατων επιφανειών. Το μήκος της κύριας μισγάγγειας είναι 9.8 km , ενώ το υψόμετρο στη θέση του έργου είναι 120 m . Να εκτιμηθούν ο χρόνος συρροής της λεκάνης και ο συντελεστής απορροής για περιόδους επαναφοράς 5 και 100 ετών.
3. Να εκτιμηθεί η παροχή αιχμής του χειμάρρου για περιόδους επαναφοράς 5 και 100 ετών, με εφαρμογή της ορθολογικής μεθόδου.
4. Να εκτιμηθεί η παροχή αιχμής του χειμάρρου για περιόδους επαναφοράς 5 και 100 ετών εφόσον ο χρόνος συρροής μειωθεί κατά 40% λόγω αστικοποίησης
5. Να υπολογιστεί η διακινδύνευση του έργου για τις παραπάνω περιόδους επαναφοράς, με δεδομένο ότι ο ωφέλιμος χρόνος ζωής του είναι 50 έτη.

ΑΣΚΗΣΗ 7

A	B	C	D	E	F	G
Δεδομένα Εκκίνησης						
Πίνακας 1: Μέγιστα ύψη βροχής (mm)						
Υδρολ. έτος	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h
1979-80	2.60	4.90	7.10	7.50	10.50	10.90
1980-81	13.90	23.50	35.60	42.10	42.30	42.80
1981-82	1.70	2.20	4.60	4.80	4.80	4.80
1982-83	8.90	12.60	20.60	30.00	30.00	30.00
1983-84	1.80	2.70	3.00	3.00	5.20	7.20
1984-85	25.00	25.30	39.20	40.20	58.80	59.00
1985-86	9.90	12.00	12.50	12.50	12.50	12.80
1986-87	8.60	10.50	12.60	13.20	13.50	13.70
1987-88	11.10	12.80	19.00	24.30	34.10	35.00
1988-89	8.60	12.70	30.80	36.90	36.90	36.90
1989-90	28.20	31.10	37.00	37.00	43.10	47.60
1990-91	8.90	10.30	19.90	20.10	38.00	38.00
1991-92	9.10	13.80	22.40	37.70	38.50	45.40
1992-93	15.10	17.10	21.00	35.40	50.80	71.90
1993-94	23.40	36.20	43.10	44.80	46.00	46.00
1994-95	13.20	18.70	40.30	62.70	68.20	70.40

Υδρολ. έτος	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h
1995-96	6.10	10.50	25.20	42.10	50.90	50.90
1996-97	16.90	24.90	32.60	38.10	38.20	38.20
1997-98	11.20	18.80	41.90	56.30	77.00	77.00
1998-99	5.50	7.20	11.10	12.40	12.40	12.40
1999-00	30.20	38.40	50.50	73.50	79.70	80.00
2000-01	12.80	14.20	14.80	20.20	23.50	23.50
2001-02	18.60	21.50	23.30	39.70	46.50	51.40
2002-03	5.00	8.90	15.60	20.80	39.30	47.10
2003-04	5.70	9.00	20.90	34.70	42.40	43.50
2004-05	12.90	22.20	50.60	82.40	92.20	92.20
2005-06	8.50	16.20	30.90	33.30	34.60	34.60
2006-07	11.70	16.70	29.10	36.20	47.50	49.00
2007-08	7.30	11.20	18.70	21.70	25.40	25.40
2008-09	14.90	25.90	66.00	78.90	79.90	79.90
2009-10	13.80	22.60	35.20	36.00	38.20	38.20
2010-11	30.70	38.50	64.90	69.10	105.30	116.30
2011-12	20.20	24.20	29.80	47.90	54.30	59.80

I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD					
Ερώτημα 1							Παράμετροι Gumbel																			
Στατιστικά	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h	a	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h													
μέση τιμή	12.79	8.75	4.70	3.02	1.79	0.94	c	0.16	0.27	0.49	0.75	1.26	2.38													
τυπική απόκλιση	7.79	4.78	2.62	1.72	1.02	0.54		9.28	6.60	3.52	2.25	1.33	0.70													
Πίνακας 2: Ένταση βροχής d (mm/hr)							T ↓ d →						slope	intercept	a=exp(intercept)											
Υδρολ. έτος	1	2	6	12	24	48	T	F=(1-1/T)	ln(-ln(1-1/T))	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h											
1979-80	2.60	2.45	1.18	0.63	0.44	0.23	5	0.8	-1.50	18.39	12.19	6.58	4.25	2.53	1.33											
1980-81	13.90	11.75	5.93	3.51	1.76	0.89	20	0.95	-2.97	27.32	17.67	9.58	6.22	3.70	1.95											
1981-82	1.70	1.10	0.77	0.40	0.20	0.10	50	0.98	-3.90	32.98	21.15	11.49	7.47	4.44	2.34											
1982-83	8.90	6.30	3.43	2.50	1.25	0.63	100	0.99	-4.60	37.22	23.75	12.91	8.41	4.99	2.63											
1983-84	1.80	1.35	0.50	0.25	0.22	0.15																				
1984-85	25.00	12.65	6.53	3.35	2.45	1.23																				
1985-86	9.90	6.00	2.08	1.04	0.52	0.27	5	2.91	2.50	1.88	1.45	0.93	0.29	-0.66	2.98	19.76										
1986-87	8.60	5.25	2.10	1.10	0.56	0.29	20	3.31	2.87	2.26	1.83	1.31	0.67	-0.66	3.37	29.00										
1987-88	11.10	6.40	3.17	2.03	1.42	0.73	50	3.50	3.05	2.44	2.01	1.49	0.85	-0.66	3.55	34.85										
1988-89	8.60	6.35	5.13	3.08	1.54	0.77	100	3.62	3.17	2.56	2.13	1.61	0.97	-0.66	3.67	39.24										
1989-90	28.20	15.55	6.17	3.08	1.80	0.99																				
1990-91	8.90	5.15	3.32	1.68	1.58	0.79																				
1991-92	9.10	6.90	3.73	3.14	1.60	0.95																				
1992-93	15.10	8.55	3.50	2.95	2.12	1.50																				
1993-94	23.40	18.10	7.18	3.73	1.92	0.96																				
1994-95	13.20	9.35	6.72	5.23	2.84	1.47																				
1995-96	6.10	5.25	4.20	3.51	2.12	1.06																				
1996-97	16.90	12.45	5.43	3.18	1.59	0.80																				
1997-98	11.20	9.40	6.98	4.69	3.21	1.60																				
1998-99	5.50	3.60	1.85	1.03	0.52	0.26																				
1999-00	30.20	19.20	8.42	6.13	3.32	1.67																				
2000-01	12.80	7.10	2.47	1.68	0.98	0.49																				
2001-02	18.60	10.75	3.88	3.31	1.94	1.07																				
2002-03	5.00	4.45	2.60	1.73	1.64	0.98																				
2003-04	5.70	4.50	3.48	2.89	1.77	0.91																				
2004-05	12.90	11.10	8.43	6.87	3.84	1.92																				
2005-06	8.50	8.10	5.15	2.78	1.44	0.72																				
2006-07	11.70	8.35	4.85	3.02	1.98	1.02																				
2007-08	7.30	5.60	3.12	1.81	1.06	0.53																				
2008-09	14.90	12.95	11.00	6.58	3.33	1.66																				
2009-10	13.80	11.30	5.87	3.00	1.59	0.80																				
2010-11	30.70	19.25	10.82	5.76	4.39	2.42																				
2011-12	20.20	12.10	4.97	3.99	2.26	1.25																				



ΑΣΚΗΣΗ 7

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Ερώτημα 2										
Έκταση	35	km ²								
Μήκος	9.8	km								
Μέσο υψόμετρο	350	m								
Υψόμετρο θέσης	120	m								
t _c (Giandotti)	3.16	h								
Λοφώδης έκταση	0.24	C1								
Μικρό % αδιαπεράτων	0.05	C2								
Μέτρια βλάστηση	0.07	C3								
Υδρογρ. Δίκτυο	0.08	C4								
Συντελεστής απορροής	0.44	C1+C2+C3+C4								
Συντελεστής απορροής, T=100	0.55	για T=100, +25%								

Εκτίμηση του συντελεστή απορροής				
C	Ακραίες	Υψηλές	Συνήθειες	Χαμηλές
1	0.28 - 0.35 επιχύνες, ανάμικτες επιφανείες με μέσες κλίσεις >30%	0.14 - 0.20 λοφώδεις με μέσες κλίσεις 10 - 30 %	0.14 - 0.20 κουματόδες με μέσες κλίσεις 5 - 10 %	0.08 - 0.14 σχετικά επίπεδο με μέσες κλίσεις 0 - 5 %
2	0.12 - 0.16 με επηρεαζόμενο κάλυμμα εδάφους είτε βραχώδες είτε μενίδας λεπτοκοκκινού εδάφους αμειλιγιάς δημητριακότητας	0.08 - 0.12 βραχώδης δημητριακότητας, άρησις ή αβύθις παρά εδάφη χαμηλής δημητριακότητας, ατελής ή πολύ μικρής αποστραγγιστικότητας	0.06 - 0.08 κακοσύντης δημητριακότητας καλά αποστραγγιζόμενο μικρής ή μεσαίας μακροφύτης εδάφη, αμμόδη παρά εδάφη ύλης και υλοόδη εδάφη	0.04 - 0.06 υψηλής δημητριακότητας βαθιά όμως ή όλα εδάφη που απορρορά το νερό, πολύ ελαφριά καλά αποστραγγιζόμενα εδάφη
3	0.12 - 0.16 βλάστηση που δεν επηρεάζει, γυμνά ή πολύ αραιά κάλυψη	0.08 - 0.12 παχιά έως μέτρια, καθαρές καλλιέργειες ή παχιάς φύσης κάλυψης, λιγότερο από 20% της απογετευόμενης επιφάνειας με καλή κάλυψη	0.06 - 0.08 μέτρια ως καλή περίπου 50% της επιφάνειας είναι καλή φυτική γη ή δασώδεις, λιγότερο από 50% της επιφάνειας είναι καλλιέργειες	0.04 - 0.06 καλή έως άριστη περίπου 90% της απογετευόμενης επιφάνειας είναι καλή φυτική γη, δασώδεις ή ισοδύναμες κάλυψης
4	0.10 - 0.12 αμειλιγιάς κατενόμενες εδαφούς και αβείες, μικροί διάδρομοι αποστράγγισης, καθόλου τέλματα	0.08 - 0.10 χαμηλή, καλά οριζόμενο σύστημα διαδρόμων αποστράγγισης, δηλ λιμνάζοντα νερά και τέλματα	0.06 - 0.08 κακοσύντης, σημαντικές επιφανειακές ταπενώσεις, λιμνάζοντα νερά και τέλματα	0.04 - 0.06 υψηλή, αποθηκευτικότητα, σύστημα αποστράγγισης όχι καλά οριζόμενο, μετρίως αριθμός πλημμυριζόμενων επιφανείων ή τέλματων

Εκτίμηση του συντελεστή απορροής	
Ο συντελεστής απορροής εκτιμάται (σύμφωνα με την ΟΜΟΕ-ΑΣΥΕΟ, 2002) από το άθροισμα των επιμέρους συντελεστών C1, C2, C3, C4 οι οποίοι εξαρτώνται αντίστοιχα από:	
1. το ανάγλυφο της επιφάνειας της λεκάνης	
2. τη διηθητικότητα του εδάφους	
3. την έκταση και την πυκνότητα της φυτοκάλυψης	
4. την κλίση των πρανών και την αποθηκευτική ικανότητα σε χαμηλά σημεία της επιφάνειας της λεκάνης απορροής	
Οι τιμές των επιμέρους συντελεστών παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα (Πηγή: ΟΜΟΕ-ΑΣΥΕΟ, 2002). Δεδομένου ότι οι τιμές του πίνακα ισχύουν για περιόδους επαναφοράς 5-10 έτη ο τελικός συντελεστής απορροής θα πρέπει να προσαρμόζεται κατά 10% για T=25 έτη, κατά 20% για T=50 έτη και <u>κατά 25%</u> για T=100 έτη παραμένοντας πάντως μικρότερος της μονάδας	
Δεδομένου ο συντελεστής απορροής εξαρτάται (εκτός από τους προηγούμενους παράγοντες) από την εδαφική υγρασία κατά την έναρξη της βροχής και την ένταση της βροχόπτωσης συμπεραίνεται ότι δεν παραμένει σταθερός για την ίδια λεκάνη	

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Ερώτημα 3									
2	Έκταση	35.00	km ²						
3	t _c (Giandotti)	3.16	h						
4	Συντελεστής απορροής, T=5	0.44	C1+C2+C3+C4 (για T=5)						
5	Συντελεστής απορροής, T=100	0.55	για T=100, C+25%						
6									
7	a. Για T=5								
8	a=exp(intercept)	19.76							
9	b=slope	-0.66							
10	Ένταση βροχόπτωσης, i	9.23	mm/hr						
11	Qmax	39.52	m ³ /s						
12									
13									
14									
15									
16	b. Για T=100								
17	a=exp(intercept)	39.24							
18	b=slope	-0.66							
19	Ένταση βροχόπτωσης, i (mm/hr)	18.29	mm/hr						
20	Qmax	97.88	m ³ /s						
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									

ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Η ορθολογική μέθοδος εφαρμόζεται συχνά στις υδρολογικές μελέτες για την εκτίμηση της πλημμυρικής αιχμής. Χρησιμοποιείται σε μικρές σχετικά υδρολογικές λεκάνες και βασίζεται στην αρχή ότι σε βροχές που παρουσιάζουν ομοιόμορφη ένταση και κατανομή στη λεκάνη, η μέγιστη απορροή εμφανίζεται όταν στην έξοδο της λεκάνης καταφθάσει το νερό από όλα τα σημεία της.

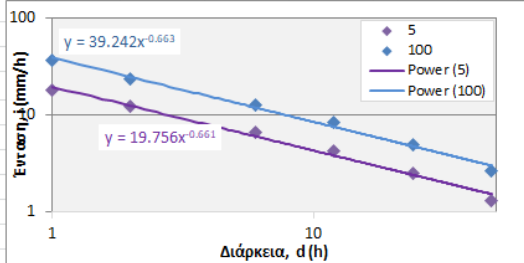
Η ορθολογική μέθοδος εκφράζεται από την σχέση:

$$Q = 0.278 * C * i * A$$

όπου:

Q (m³/sec): η αιχμή της απορροής
C : ο συντελεστής απορροής
i (mm/hr): η ένταση της βροχόπτωσης για το χρόνο συγκέντρωσης
A (km²): η επιφάνεια της υδρολογικής λεκάνης

Για να φτάσει η πλημμυρική παροχή την μέγιστη αιχμή, πρέπει ο χρόνος βροχόπτωσης πρέπει να είναι ίσος με τον χρόνο συγκέντρωσης της λεκάνης ώστε όλα τα σημεία της λεκάνης να συνεισφέρουν στην απορροή ταυτόχρονα.



ΑΣΚΗΣΗ 7

	A	B	C
1	Ερώτημα 4		
2	Έκταση	35.00	km^2
3	t_c (Giandotti)	3.16	h
4	t_c' (Giandotti)	1.90	h
5	Συντελεστής απορροής, $T=5$	0.44	$C1+C2+C3+C4$ (Για $T=5$)
6	Συντελεστής απορροής, $T=100$	0.55	Για $T=100$, $C+25\%$
7			
8	<u>a. Για $T=5$</u>		
9	$a=\exp(\text{intercept})$	19.76	
10	$b=\text{slope}$	-0.66	
11	Ένταση βροχόπτωσης, i	12.94	mm/hr
12	Q_{max}	55.39	m^3/s
13	Αύξηση	40.16%	
14			
15			
16			
17	<u>b. Για $T=100$</u>		
18	$a=\exp(\text{intercept})$	39.24	
19	$b=\text{slope}$	-0.66	
20	Ένταση βροχόπτωσης, i (mm/hr)	25.66	mm/hr
21	Q_{max}	137.34	m^3/s
22	Αύξηση	40.32%	

	A	B	C	D	E	F	G
1	Ερώτημα 5						
2							
3	a. Για $T=$	5					
4	n	50					
5	Διακινδύνευση, R	99.999%					
6							
7							
8	b. Για $T=$	100					
9	n	50					
10	Διακινδύνευση, R	39.499%					
11							
12							
13							
14							
15							

Διακινδύνευση

Η πιθανότητα R να πραγματοποιηθεί μέσα σε n έτη τιμή που αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς T

Πιθανότητα μη υπέρβασης σε ένα έτος: $F=1-F_1=(1-1/T)$

Πιθανότητα μη υπέρβασης σε n έτη: $(1-1/T)^n$

Πιθανότητα υπέρβασης σε n έτη (Διακινδύνευση): $R=1-(1-1/T)^n$

Παραδείγματα

$T=10$ έτη	$n=10$ έτη	$R=1-(1-1/10)^{10}=0.65=65\%$
$T=1000$ έτη	$n=100$ έτη	$R=1-(1-1/1000)^{100}=0.095=9.5\%$
$T=5000$ έτη	$n=100$ έτη	$R=1-(1-1/5000)^{100}=0.02=2\%$

ΑΣΚΗΣΗ 8

Στον Πίνακα 1 δίνονται οι μέσες ετήσιες και οι μέγιστες ημερήσιες παροχές που εκτιμήθηκαν σε διατομή ποταμού για μια περίοδο 30 ετών.

Πίνακας 1: Μέσες ετήσιες και μέγιστες ημερήσιες παροχές.

Έτος	Παροχή (m ³ /s)	
	Μέση ετήσια	Μέγιστη ημερήσια
1	29.3	762
2	26.7	330
3	28.1	219
4	26.8	361
5	18.9	154
6	19.5	411
7	26.8	616
8	24.2	356
9	31.5	512
10	33.7	375
11	35.2	375
12	36.4	531
13	22.7	426
14	32.5	441
15	21.7	323
16	32.3	392
17	17.8	191
18	16.5	185
19	17.9	453
20	11.2	87
21	26.2	712
22	24.6	659
23	20.6	276
24	25.7	194
25	21.9	159
26	16.2	134
27	19.8	156
28	24.4	362
29	21.5	432
30	32.1	890

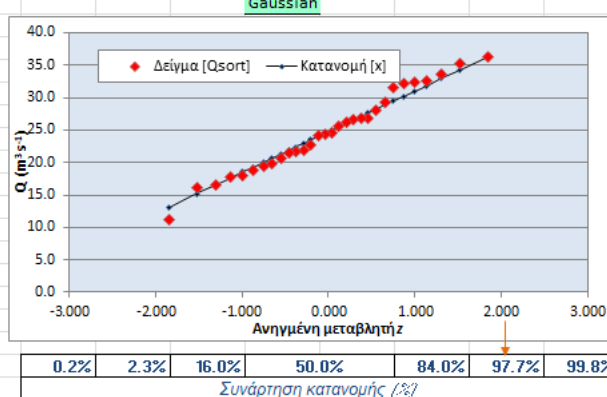
Ζητούνται:

1. Να υπολογιστούν τα στατιστικά χαρακτηριστικά και των δύο δειγμάτων (μέση τιμή, τυπική απόκλιση, συντελεστές διασποράς, ασυμμετρίας και κύρτωσης, μέγιστη και ελάχιστη τιμή).
2. Να προσαρμοστεί η κατανομή Gauss (κανονική) στο δείγμα των μέσων ετήσιων παροχών και να σχεδιαστεί το δείγμα των μέσων ετήσιων παροχών (με βάση την εμπειρική κατανομή) και η θεωρητική κατανομή Gauss.
3. Να προσαρμοστούν οι κατανομές Gumbel και Log-Normal (λογαριθμοκανονική) στο δείγμα των μέγιστων ημερήσιων παροχών και να σχεδιαστεί το δείγμα των μέγιστων ημερήσιων παροχών (με βάση την εμπειρική κατανομή) και οι θεωρητικές κατανομές Gumbel και Log-Normal.
4. Με βάση την κανονική κατανομή να εκτιμηθούν οι τιμές της μέσης ετήσιας απορροής που αντιστοιχούν σε περιόδους επαναφοράς 10, 50 και 200 έτη. Εάν το 70% της μέσης ετήσιας παροχής αρκεί για την κάλυψη των αναγκών υδροδότησης παρακείμενης πόλης, να βρεθεί η πιθανότητα αδυναμίας πλήρους κάλυψης της πόλης κατά τη διάρκεια κάποιου έτους.
5. Να εκτιμηθούν οι μέγιστες ημερήσιες τιμές απορροής που αντιστοιχούν σε περιόδους επαναφοράς 10, 20 και 1000 έτη και με τις κατανομές Gumbel και Log-Normal. Να εκτιμηθεί η πιθανότητα εμφάνισης μέγιστης ημερήσιας παροχής πάνω από 1000 m³/s με βάση τις δύο κατανομές.
6. Να ελεγχθεί η καταλληλότητα της κατανομής Gauss για το δείγμα των μέσων ετήσιων παροχών και της κατανομής Gumbel για το δείγμα των μέγιστων ημερήσιων παροχών με τη δοκιμή χ^2 .
7. Τα υπολογιστούν τα όρια εμπιστοσύνης σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% της κατανομής Gauss για τις τιμές του ερωτήματος 4 και της κατανομής Gumbel για τις τιμές του ερωτήματος 5.

ΑΣΚΗΣΗ 8

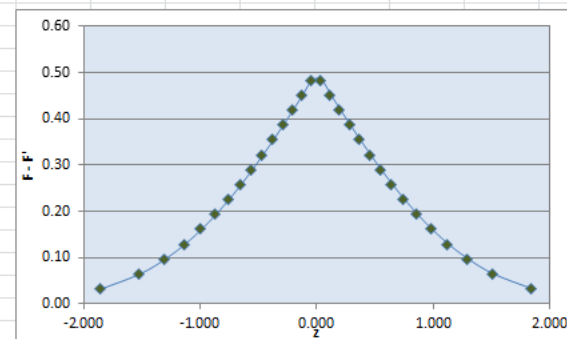
[illegible]

ΑΣΚΗΣΗ 8

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Ερώτημα 2Α											Ερώτημα 2Β							
2	Έτος	Παροχή (m ³ /s)										Gaussian							
3		Μέση ετήσια		Φθίνουσα Ταξινόμηση	P εμπειρική	T _{Weibull}	F	Z	x	F - F'									
4	1	29.3		36.4	0.032	31.000	0.968	1.849	36.372	0.032									
5	2	26.7		35.2	0.065	15.500	0.935	1.518	34.294	0.065									
6	3	28.1		33.7	0.097	10.333	0.903	1.300	32.926	0.097									
7	4	26.8		32.5	0.129	7.750	0.871	1.131	31.863	0.129									
8	5	18.9		32.3	0.161	6.200	0.839	0.989	30.972	0.161									
9	6	19.5		32.1	0.194	5.167	0.806	0.865	30.191	0.194									
10	7	26.8		31.5	0.226	4.429	0.774	0.753	29.486	0.226									
11	8	24.2		29.3	0.258	3.875	0.742	0.649	28.837	0.258									
12	9	31.5		28.1	0.290	3.444	0.710	0.552	28.228	0.290									
13	10	33.7		26.8	0.323	3.100	0.677	0.460	27.650	0.323									
14	11	35.2		26.8	0.355	2.818	0.645	0.372	27.096	0.355									
15	12	36.4		26.7	0.387	2.583	0.613	0.287	26.559	0.387									
16	13	22.7		26.2	0.419	2.385	0.581	0.204	26.036	0.419									
17	14	32.5		25.7	0.452	2.214	0.548	0.122	25.521	0.452									
18	15	21.7		24.6	0.484	2.067	0.516	0.040	25.011	0.484									
19	16	32.3		24.4	0.516	1.938	0.484	-0.040	24.503	0.484									
20	17	17.8		24.2	0.548	1.824	0.452	-0.122	23.993	0.452									
21	18	16.5		22.7	0.581	1.722	0.419	-0.204	23.478	0.419									
22	19	17.9		21.9	0.613	1.632	0.387	-0.287	22.954	0.387									
23	20	11.2		21.7	0.645	1.550	0.355	-0.372	22.417	0.355									
24	21	26.2		21.5	0.677	1.476	0.323	-0.460	21.863	0.323									
25	22	24.6		20.6	0.710	1.409	0.290	-0.552	21.285	0.290									
26	23	20.6		19.8	0.742	1.348	0.258	-0.649	20.677	0.258									
27	24	25.7		19.5	0.774	1.292	0.226	-0.753	20.027	0.226									
28	25	21.9		18.9	0.806	1.240	0.194	-0.865	19.322	0.194									
29	26	16.2		17.9	0.839	1.192	0.161	-0.989	18.541	0.161									
30	27	19.8		17.8	0.871	1.148	0.129	-1.131	17.650	0.129									
31	28	24.4		16.5	0.903	1.107	0.097	-1.300	16.587	0.097									
32	29	21.5		16.2	0.935	1.069	0.065	-1.518	15.219	0.065									
33	30	32.1		11.2	0.968	1.033	0.032	-1.849	13.141	0.032									
34																			
35	Μέση Τιμή	24.7567																	
36	Τυπική Απόκλιση	6.2834																	
37																			
38																			

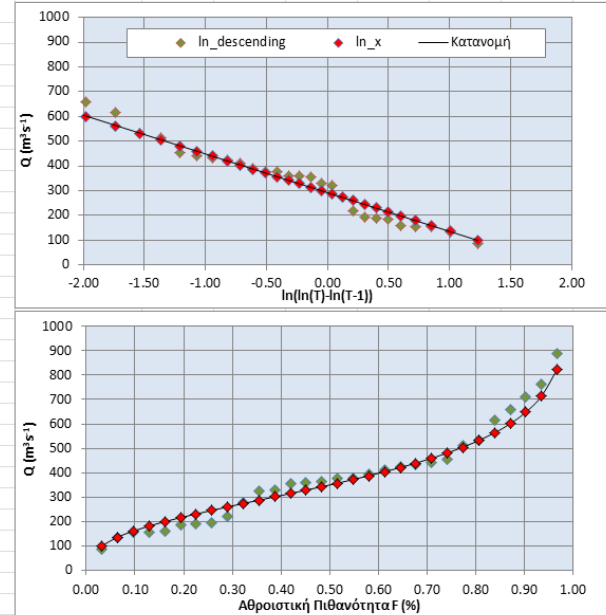
0.2%	2.3%	16.0%	50.0%	84.0%	97.7%	99.8%
Συνάρτηση κατανομής (%)						

0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60
-2.000	-1.000	0.000	1.000	2.000		



ΑΣΚΗΣΗ 8

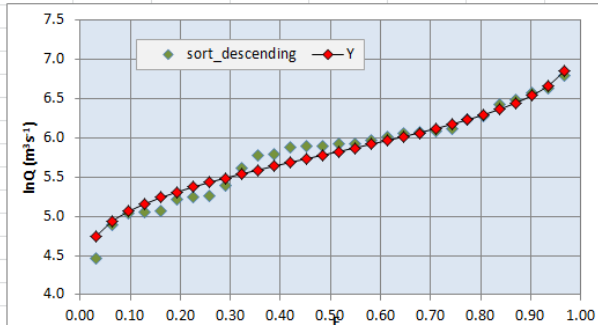
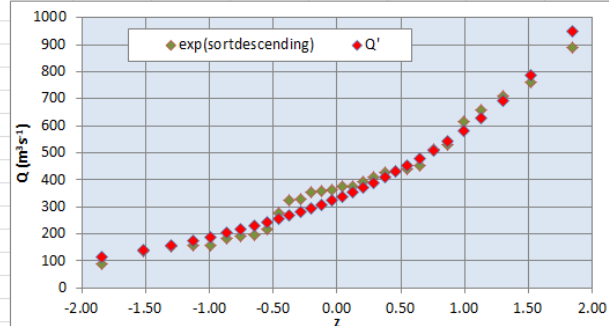
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Ερώτημα 3Α											Ερώτημα 3Β						
2				Προσαρμογή Θεωρητικής Κατανομής Gumbel														
3	Έτος	Μέγιστη ημερήσια Παροχή (m ³ /s)		Φθίνουσα Ταξινόμηση	P _{εμπειρική}	T _{Weibull}	F	ln(ln(T)-ln(T-1))	x									
4	1	762		890	0.03226	31.000	0.968	-3.418	824.151									
5	2	330		762	0.06452	15.500	0.935	-2.708	713.756									
6	3	219		712	0.09677	10.333	0.903	-2.285	648.018									
7	4	361		659	0.12903	7.750	0.871	-1.979	600.513									
8	5	154		616	0.16129	6.200	0.839	-1.738	562.958									
9	6	411		531	0.19355	5.167	0.806	-1.537	531.658									
10	7	616		512	0.22581	4.429	0.774	-1.363	504.639									
11	8	356		453	0.25806	3.875	0.742	-1.209	480.719									
12	9	512		441	0.29032	3.444	0.710	-1.070	459.132									
13	10	375		432	0.32258	3.100	0.677	-0.943	439.353									
14	11	375		426	0.35484	2.818	0.645	-0.825	421.000									
15	12	531		411	0.3871	2.583	0.613	-0.714	403.789									
16	13	426		392	0.41935	2.385	0.581	-0.610	387.500									
17	14	441		375	0.45161	2.214	0.548	-0.510	371.954									
18	15	323		375	0.48387	2.067	0.516	-0.413	357.005									
19	16	392		362	0.51613	1.938	0.484	-0.320	342.527									
20	17	191		361	0.54839	1.824	0.452	-0.230	328.410									
21	18	185		356	0.58065	1.722	0.419	-0.140	314.550									
22	19	453		330	0.6129	1.632	0.387	-0.052	300.850									
23	20	87		323	0.64516	1.550	0.355	0.035	287.210									
24	21	712		276	0.67742	1.476	0.323	0.123	273.526									
25	22	659		219	0.70968	1.409	0.290	0.212	259.681									
26	23	276		194	0.74194	1.348	0.258	0.303	245.535									
27	24	194		191	0.77419	1.292	0.226	0.397	230.916									
28	25	159		185	0.80645	1.240	0.194	0.496	215.589									
29	26	134		159	0.83871	1.192	0.161	0.601	199.218									
30	27	156		156	0.87097	1.148	0.129	0.717	181.277									
31	28	362		154	0.90323	1.107	0.097	0.848	160.836									
32	29	432		134	0.93548	1.069	0.065	1.008	135.942									
33	30	890		87	0.96774	1.033	0.032	1.234	100.885									
34																		
35	Μέση Τιμή	382.4667																
36	Τυπική Απόκλιση	199.4302																



Μέση Τιμή	5.8032
Τυπική Απόκλιση	0.5693

ΑΣΚΗΣΗ 8

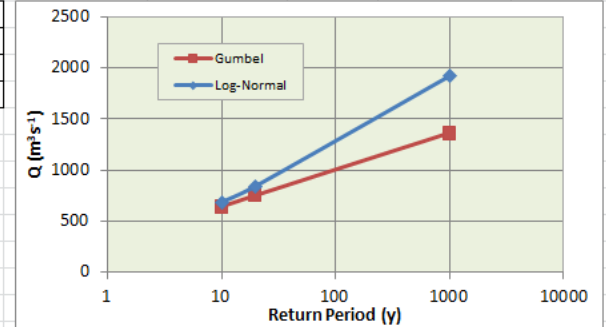
Προσαρμογή Θεωρητικής Κατανομής Log-Normal								
LN(Q)	Φθίνουσα Ταξινόμηση	P_εμπειρική	T_Weibull	F	z	Y	Q'	exp(sort_descending)
6.636	6.791	0.03226	31.000	0.968	1.849	6.856	949.189	890
5.799	6.636	0.06452	15.500	0.935	1.518	6.667	786.313	762
5.389	6.568	0.09677	10.333	0.903	1.300	6.543	694.626	712
5.889	6.491	0.12903	7.750	0.871	1.131	6.447	630.844	659
5.037	6.423	0.16129	6.200	0.839	0.989	6.366	581.916	616
6.019	6.275	0.19355	5.167	0.806	0.865	6.296	542.168	531
6.423	6.238	0.22581	4.429	0.774	0.753	6.232	508.629	512
5.875	6.116	0.25806	3.875	0.742	0.649	6.173	479.550	453
6.238	6.089	0.29032	3.444	0.710	0.552	6.118	453.816	441
5.927	6.068	0.32258	3.100	0.677	0.460	6.065	430.672	432
5.927	6.054	0.35484	2.818	0.645	0.372	6.015	409.579	426
6.275	6.019	0.3871	2.583	0.613	0.287	5.967	390.143	411
6.054	5.971	0.41935	2.385	0.581	0.204	5.919	372.062	392
6.089	5.927	0.45161	2.214	0.548	0.122	5.872	355.101	375
5.778	5.927	0.48387	2.067	0.516	0.040	5.826	339.069	375
5.971	5.892	0.51613	1.938	0.484	-0.040	5.780	323.810	362
5.252	5.889	0.54839	1.824	0.452	-0.122	5.734	309.191	361
5.220	5.875	0.58065	1.722	0.419	-0.204	5.687	295.096	356
6.116	5.799	0.6129	1.632	0.387	-0.287	5.640	281.420	330
4.466	5.778	0.64516	1.550	0.355	-0.372	5.591	268.066	323
6.568	5.620	0.67742	1.476	0.323	-0.460	5.541	254.937	276
6.491	5.389	0.70968	1.409	0.290	-0.552	5.489	241.935	219
5.620	5.268	0.74194	1.348	0.258	-0.649	5.434	228.952	194
5.268	5.252	0.77419	1.292	0.226	-0.753	5.375	215.863	191
5.069	5.220	0.80645	1.240	0.194	-0.865	5.311	202.510	185
4.898	5.069	0.83871	1.192	0.161	-0.989	5.240	188.677	159
5.050	5.050	0.87097	1.148	0.129	-1.131	5.159	174.043	156
5.892	5.037	0.90323	1.107	0.097	-1.300	5.063	158.062	154
6.068	4.898	0.93548	1.069	0.065	-1.518	4.939	139.632	134
6.791	4.466	0.96774	1.033	0.032	-1.849	4.751	115.672	87



A	B	C	D	E	F
1	Ερώτημα 4Α				
2					
3	Περίοδοι Επαναφοράς T (έτη)	Πιθανότητα μη υπέρβασης F	z	Παροχή (m³/s)	
4	10	0.9	1.2816	32.80917	
5	50	0.98	2.0537	37.66120	
6	200	0.995	2.5758	40.94164	
7					
8					
9	Ερώτημα 4Β				
10	Ζήτηση πόλης (m³/s)	17.329667		Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
11	Τυποποιημένη μεταβλητή	-1.182003		24.75667	6.283404
12	Πιθανότητα μη υπέρβασης	0.118602	11.86%		
13	Πιθανότητα υπέρβασης	0.881398	88.14%		
14					
15	Όπου Πιθανότητα μη υπέρβασης:				
16	Συνάρτηση κατανομής $F_X = P(X \leq x)$:				
17	Η πιθανότητα η τυχαία μεταβλητή να είναι μικρότερη ή ίση της δεδομένης τιμής x				
18					
19					
20	Όπου Πιθανότητα υπέρβασης $F_{1x} = P(X > x)$:				
21	Η πιθανότητα η τυχαία μεταβλητή να είναι μεγαλύτερη της δεδομένης τιμής x.				
22					

ΑΣΚΗΣΗ 8

	A	B	C	D	E	F	G
1	Ερώτημα 5A						
2			Gumbel		Log-Normal		
3	Περίοδοι Επαναφοράς T (έτη)	Πιθανότητα μη υπέρβασης F	$\ln(\ln(T)-\ln(T-1))$	$x=Q$	Z	$x=\ln Q$	Q
4	10	0.9	-2.250	642.646	1.282	6.533	687.308
5	20	0.95	-2.970	754.576	1.645	6.740	845.235
6	1000	0.999	-6.907	1366.772	3.090	7.562	1924.62
7							
8	Μέση Τιμή (lnQ)		5.8032				
9	Τυπική Απόκλιση (lnQ)		0.5693				
10	Μέση Τιμή		382.4667				
11	Τυπική Απόκλιση		199.4302				
12							



21	Ερώτημα 5B						
22	A' Τρόπος (Goal Seek) [Θέλω Q=1000, αλλάζοντας το T]						
23	Gumbel						
24	Περίοδοι Επαναφοράς T (έτη)	Πιθανότητα μη υπέρβασης F	Πιθανότητα υπέρβασης 1-F	$\ln(\ln(T)-\ln(T-1))$ [Gumbel]	$x=Q$ [Gumbel]		
25	94.99377791	0.989472995	1.05%	-4.549	1000.00	$m^3 s^{-1}$	
26							
27	Log-Normal						
28	Περίοδοι Επαναφοράς T (έτη)	Πιθανότητα μη υπέρβασης F	Πιθανότητα υπέρβασης 1-F	Z [Log-Normal]	$x=\ln Q$ [Log-Normal]	Q [Log-Normal]	
29	38.19995007	0.973821955	2.62%	1.940	6.908	1000.00	$m^3 s^{-1}$
30							
31							
32							
33	B' Τρόπος (αναλυτικά)						
34	Gumbel						
35	$F_X(x) = e^{-e^{-a(x-c)}}$		0.989452809				
36							
37	$1-F_X$		1.05%				
38							
39							
40	Log-Normal						
41	$F_X(x) = \int_0^x \frac{1}{s\sqrt{2\pi}\sigma_T} * e^{-\frac{1}{2}(\frac{\ln z - \mu_T}{\sigma_T})^2}$						
42							
43							
44	$z = \frac{\ln x - \bar{x}_{\ln x}}{S_{\ln x}}$						
45	$\ln x = zS_{\ln x} + \bar{x}_{\ln x}$						
46	$x = e^{zS_{\ln x} + \bar{x}_{\ln x}}$						
47							
48	z		1.940194303				
49	F		0.9738220				
50	Πιθ.υπέρβασης [1-Fx]		2.62%				
51							

Πιθανότητα εμφάνισης μέγιστης ημερήσιας παροχής πάνω από 1000 m³/s με βάση τις δύο κατανομές.

ΑΣΚΗΣΗ 8

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Ερώτημα 6														
2															
3	Δοκιμή χ^2														
4	Α. Για την προσαρμογή των μεσών ετήσιων παροχών στην κανονική (Gaussian) κατανομή														
5															
6	Παράμετροι κατανομής														Μέση Ετήσια Παροχή (m ³ /s)
7	Μέση Τιμή	24.7566667													29.3
8	Τυπική Απόκλιση	6.28340361													26.7
9	Μέγεθος δείγματος N	30													28.1
10	Αριθμός ισοπίθανων κλάσεων k: θέλω τουλάχιστον 5 τιμές σε κάθε κλάση														26.8
11	k	Fz	z	x		Κάτω όριο	Άνω όριο	Πιθανότητα κλάσης	Θεωρητικός αριθμός σημείων Ei	Πραγματικός αριθμός σημείων Ni	(Ni-Ei) ² /Ei				18.9
12	1	0.2	-0.84162	19.46842		0	19.4684	0.2	6	6	0				19.5
13	2	0.4	-0.25335	23.16478		19.46842	23.1648	0.2	6	7	0.166667				26.8
14	3	0.6	0.253347	26.34855		23.16478	26.3485	0.2	6	5	0.166667				24.2
15	4	0.8	0.841621	30.04491		26.34855	30.0449	0.2	6	5	0.166667				31.5
16	5	1				30.04491	36.4	0.2	6	7	0.166667				33.7
17										30	0.666667				35.2
18	Βαθμοί ελευθερίας κατανομής:	2													36.4
19	Level of Significance	χ^2													22.7
20	1%	9.21													32.5
21	5%	5.99													21.7
22	10%	4.61													32.3
23															17.8
24															16.5
25	Έλεγχος D														17.9
26	1%	OK													11.2
27	5%	OK													26.2
28	10%	OK													24.6
29															20.6
30															25.7
31															21.9
32															16.2
33															19.8
34															24.4
35															21.5
36															32.1
37															

Παράμετροι κατανομής (r=2)

Δημιουργούμε k ισοπίθανες κλάσεις (τουλ. 5 στοιχεία ανά κλάση)

Υπολογίζουμε τον Ni και Ελέγχουμε το κριτήριο Ni>=5

Υπολογίζουμε το ν=k-r-1 (βαθμοί ελευθερίας κατανομής)

Υπολογίζουμε το χ^2 για διάφορα α%

Για διάφορα α%, ελέγχουμε αν D<< χ^2 . Τότε η μηδενική υπόθεση (ότι το δείγμα ~N(μ,σ)) ισχύει

Υπολογίζουμε το D=Σ[(Ni-Ei)²/Ei]

ΑΣΚΗΣΗ 8

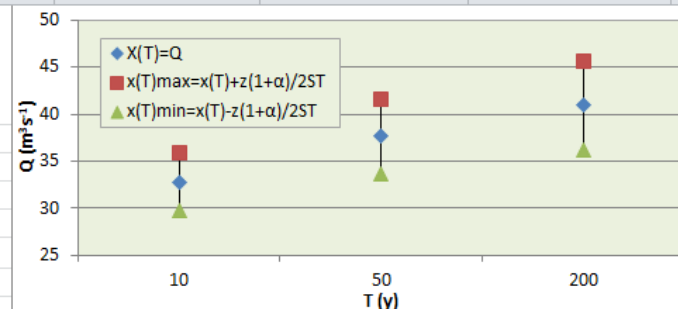
B. Για την προσαρμογή των μέγιστων ημερήσιων παροχών στην κατανομή Gumbel

[illegible]

ΑΣΚΗΣΗ 8

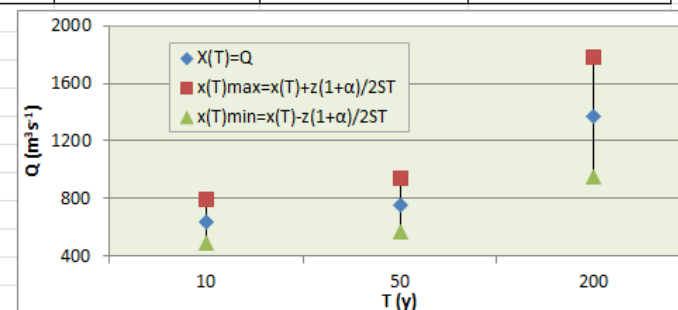
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	Ερώτημα 7								
3	Όρια Εμπιστοσύνης 95%								
4	α	95%							
5	$(1+\alpha)/2$	0.975							
6	$Z_{(1+\alpha)/2}$	1.959963985							
7									
8	Gauss								
9	Περίοδοι Επαναφοράς T (έτη)	Πιθανότητα μη υπέρβασης F	$Z=k(T)=Z(1-1/T)$	$X(T)=Q$	δ	$S_T=\delta \cdot (\sigma_{\text{σεισμ}}/\sqrt{\text{N}})$	$x(T)_{\text{max}}=x(T)+z_{(1+\alpha)/2}S_T$	$x(T)_{\text{min}}=x(T)-z_{(1+\alpha)/2}S_T$	
10	10	0.9	1.281551566	32.8091724	1.349513693	1.548144967	35.84348078	29.77486402	
11	50	0.98	2.053748911	37.66119998	1.763219298	2.022742783	41.62570299	33.69669698	
12	200	0.995	2.575829304	40.94164181	2.077847035	2.383679726	45.61356822	36.2697154	
13									
14	Μέση Τιμή	24.7567							
15	Τυπική Απόκλιση	6.2834							
16	N	30							
17									
18									
19	Gumbel								
20	Περίοδοι Επαναφοράς T (έτη)	Πιθανότητα μη υπέρβασης F	k(T)	X(T)=Q	δ	$S_T=\delta \cdot (\sigma_{\text{σεισμ}}/\sqrt{\text{N}})$	$x(T)_{\text{max}}=x(T)+z_{(1+\alpha)/2}S_T$	$x(T)_{\text{min}}=x(T)-z_{(1+\alpha)/2}S_T$	
21	10	0.9	1.305	642.646	2.087768041	76.01730907	791.6367378	493.6543618	
22	20	0.95	1.866	754.576	2.637364737	96.02856566	942.7882329	566.3631725	
23	1000	0.999	4.936	1366.772	5.781011956	210.4912826	1779.326943	954.2162774	
24									
25	Μέση Τιμή	382.4667							
26	Τυπική Απόκλιση	199.4302							
27	N	30							
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									

$$\delta = \left(1 + \frac{k^2}{2}\right)^{1/2}$$



$$k_T = -0,7797 \left[0,5772 + \ln \left(\ln \left[\frac{T}{T-1} \right] \right) \right]$$

$$\delta = \sqrt{1 + 1,1396k_T + 1,1k_T^2}$$



ΑΣΚΗΣΗ 9

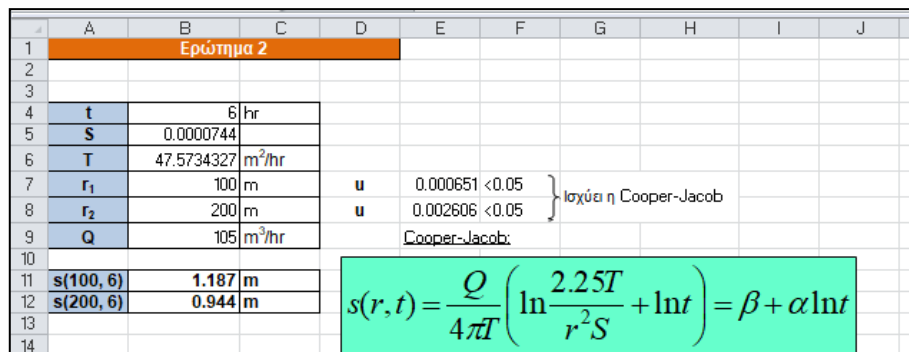
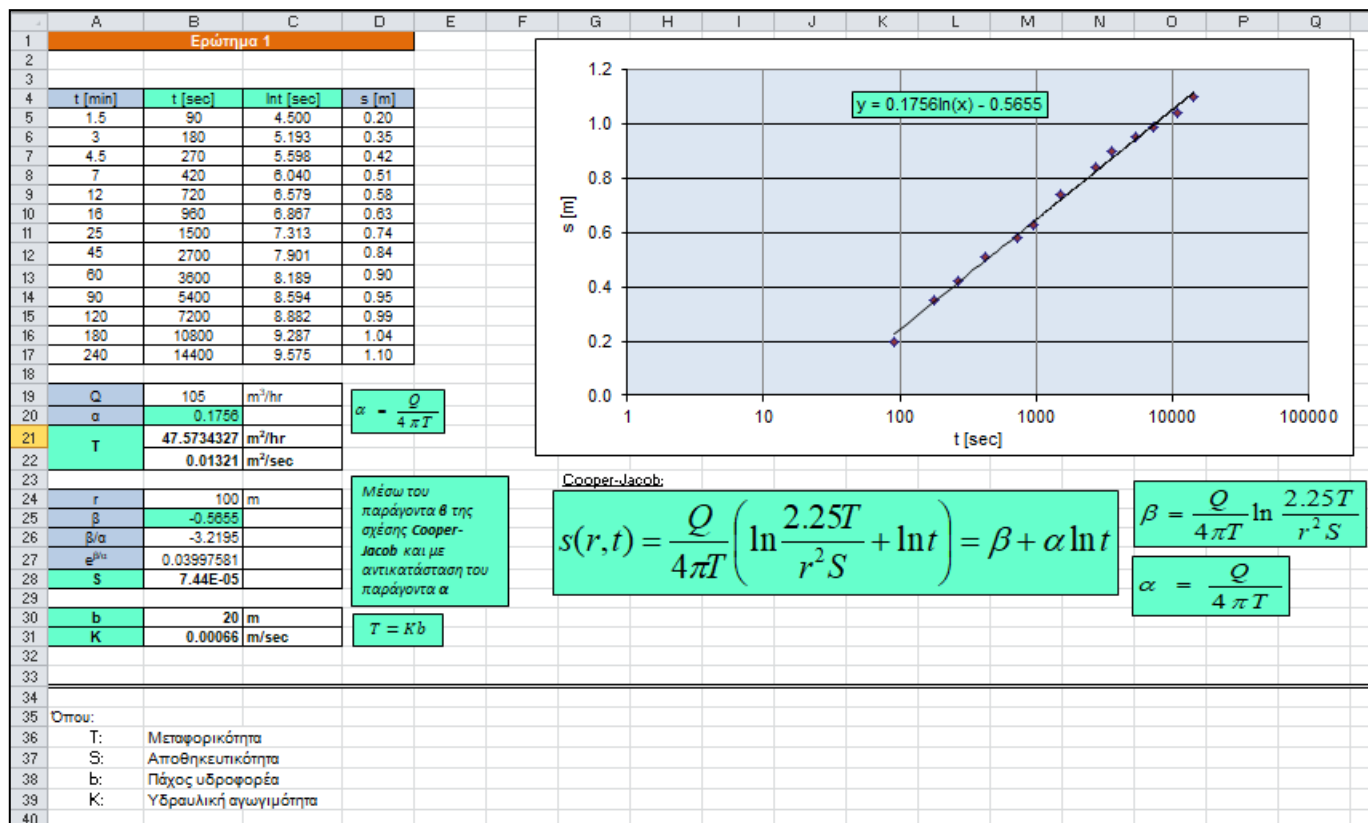
Γεώτρηση διαμέτρου 0.5 m αντλεί νερό με σταθερό ρυθμό $105 \text{ m}^3/\text{h}$ από όλο το βάθος των 20 m ενός υπό πίεση υδροφορέα. Μία από τις γεωτρήσεις παρατήρησης βρίσκεται σε απόσταση 100 m. Η μείωση της στάθμης στη συγκεκριμένη γεώτρηση παρατήρησης κατά την περίοδο άντλησης σε σχέση με το χρόνο (t) δίνεται στον Πίνακα 1.

1. Να υπολογιστούν οι τιμές της αποθηκευτικότητας S , της παροχευτικότητας T και της υδραυλικής αγωγιμότητας K του υπό πίεση υδροφορέα με χρήση της μεθόδου Cooper – Jacob.
2. Μετά από 6 ώρες συνεχούς άντλησης να υπολογιστεί η πτώση του πιεζομετρικού φορτίου (α) στη γεώτρηση παρατήρησης και (β) σε άλλη γεώτρηση που απέχει 200 m από τη γεώτρηση άντλησης.
3. Κάποια χρονική στιγμή μετά από τις 6 ώρες και μέχρι τις 16 ώρες (όπου και διακόπτεται η ημερήσια λειτουργία της γεώτρησης) το σύστημα έρχεται σε ισορροπία και παρατηρείται σταθεροποίηση του κώνου ταπείνωσης, δίχως περαιτέρω πτώση πιεζομετρικού φορτίου (μόνιμη ροή). Να βρεθεί (α) η πτώση του πιεζομετρικού φορτίου στις γεωτρήσεις παρατήρησης των 100 και 200 m, αν η πτώση φορτίου στη γεώτρηση άντλησης είναι 3.35 m, και (β) η χρονική στιγμή μετάπτωσης της ροής σε μόνιμη;

Πίνακας 1: Μείωση της στάθμης στη γεώτρηση παρατήρησης ($r=100 \text{ m}$)


Ώρα έναρξης άντλησης, t (min)	Παρατηρημένη πτώση στάθμης, s (m)	Ώρα έναρξης άντλησης, t (min)	Παρατηρημένη πτώση στάθμης, s (m)
1.5	0.20	45	0.84
3.0	0.35	60	0.90
4.5	0.42	90	0.95
7	0.51	120	0.99
12	0.58	180	1.04
16	0.63	240	1.10
25	0.74	-	-

ΑΣΚΗΣΗ 9



ΑΣΚΗΣΗ 9

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Ερώτημα 3α												
2					Thiem:								
3													
4	Q	105	m ³ /hr		$h_2 - h_1 = s_2(r_2, t) - s_1(r_1, t) = \frac{Q}{4\pi T} \ln \frac{2.25Tt}{r_2^2 S} - \frac{Q}{4\pi T} \ln \frac{2.25Tt}{r_1^2 S} = \frac{Q}{4\pi T} \ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2 = \frac{Q}{2\pi T} \ln \left(\frac{r_2}{r_1} \right)$								
5	T	47.5734	m ² /hr										
6	r₁	100	m										
7	r₂	200	m										
8	d_w	0.5	m										
9	r_w	0.25	m										
10	s_w	3.35	m		πτώση φορτίου στη γεώτρηση άντλησης								
11													
12	h₂-h_w	2.348	m		s_w-s₁								
13	s₂	1.002	m										
14													
15	Ομοίως												
16	h₁-h_w	2.105	m		s_w-s₂								
17	s₁	1.245	m										
18													
19													

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Ερώτημα 3β									
2										
3										
4	Q	105	m ³ /hr		$s(r,t) = \frac{Q}{4\pi T} \ln \frac{2.25Tt}{r^2 S}$					
5	T	47.57343271	m ² /hr							
6	r ₁	100	m							
7	r ₂	200	m							
8	S	0.0000744			$t_i = \frac{r^2 S}{2.25T} e^{\frac{4\pi T s_i}{Q}}$					
9	s ₁	1.245	m							
10	s ₂	1.002	m							
11										
12	t ₁	8.342	hr							
13	t ₂	8.342	hr							
14										
15										
16	Έλεγχος									
17	για r ₁ =100m	u	0.00047	<0.05	ισχύει η Cooper-Jacob		$W(u) = [\ln(2.25 \cdot T \cdot t)] / (r^2 \cdot S)$ $S(r,t) = (Q / (4 \cdot \pi \cdot T)) \cdot (\ln(2.25 \cdot T \cdot t) / (r^2 \cdot S))$			
18	για r ₂ =100m	u	0.00187	<0.05						
19										