

# ΑΝΤΙΠΛΗΜΜΥΡΙΚΑ ΕΡΓΑ ΝΟΜΟΥ ΑΡΓΟΛΙΔΑΣ



## ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Γκουρνέλος Νικόλαος - Αρτέμιος  
Διακάκης Ιωάννης  
Διακομόπουλος Φαίδων  
Ραΐσης Φίλιππος

## ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ

Κουτσογιάννης Δημήτριος  
Μαμάσης Νικόλαος  
Νάνου - Γιάνναρου Αικατερίνη  
Δημητριάδης Παναγιώτης

# ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ



# ΝΑΥΠΛΙΟ



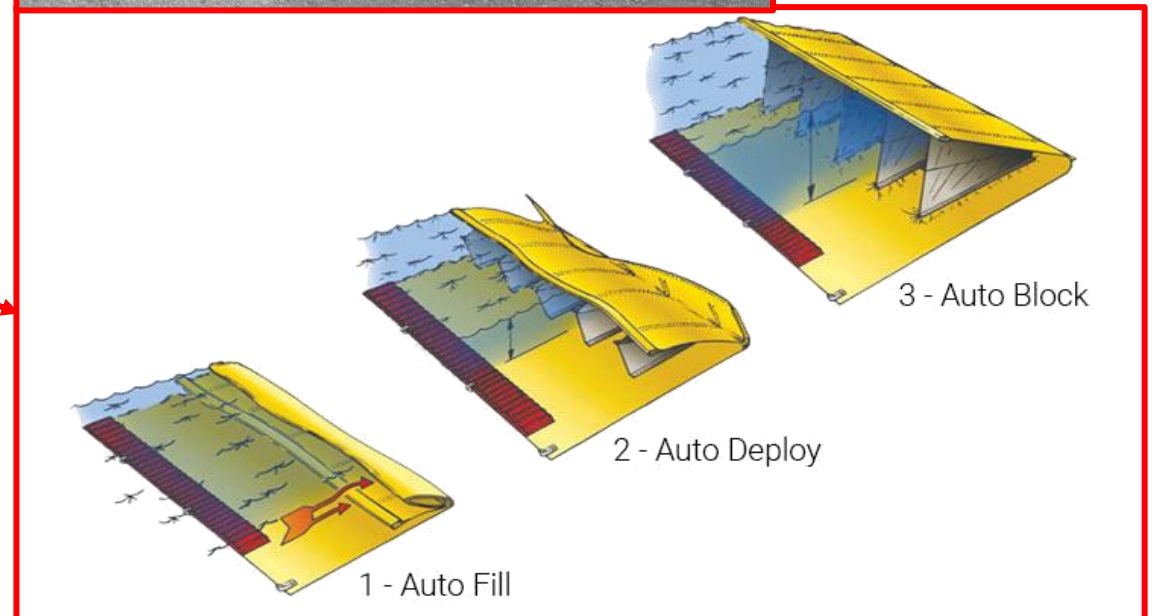
Τα πλημμυρικά προβλήματα του Ναυπλίου προέρχονται από βροχοπτώσεις εντός της ίδιας της πόλης και όχι από υπερχείλιση κάποιας κοίτης ποταμού.



# ΝΑΥΠΛΙΟ

Τρόποι αντιμετώπισης:

1. Ενίσχυση του δικτύου ομβρίων και κατασκευή επιπλέον φρεατίων εντός της πόλης.
2. Έκτακτο μέτρο είναι ο εξοπλισμός της πόλης με κινητά φράγματα τύπου Water-Gate™



A large indoor testing facility, likely a wind tunnel or wave tank, with a yellow wave-resistant barrier in the foreground. The facility has a high ceiling with a complex steel truss structure and several circular lights. In the background, there are various pieces of equipment and structural elements.

**Wave resistance testing**  
US Army Corps of Engineers





Αγ. Αικατερινη

Τρίστρατον

# ΑΡΓΟΣ

Ίναχος

Ίναχος

Ξηριάς

Ηρα

Αργος

Κουρτάκι

Πυργέλλα

1936 μ

© 2020 Google

Google Earth



# ΑΡΓΟΣ

## Ιστορικό πλημμυρών

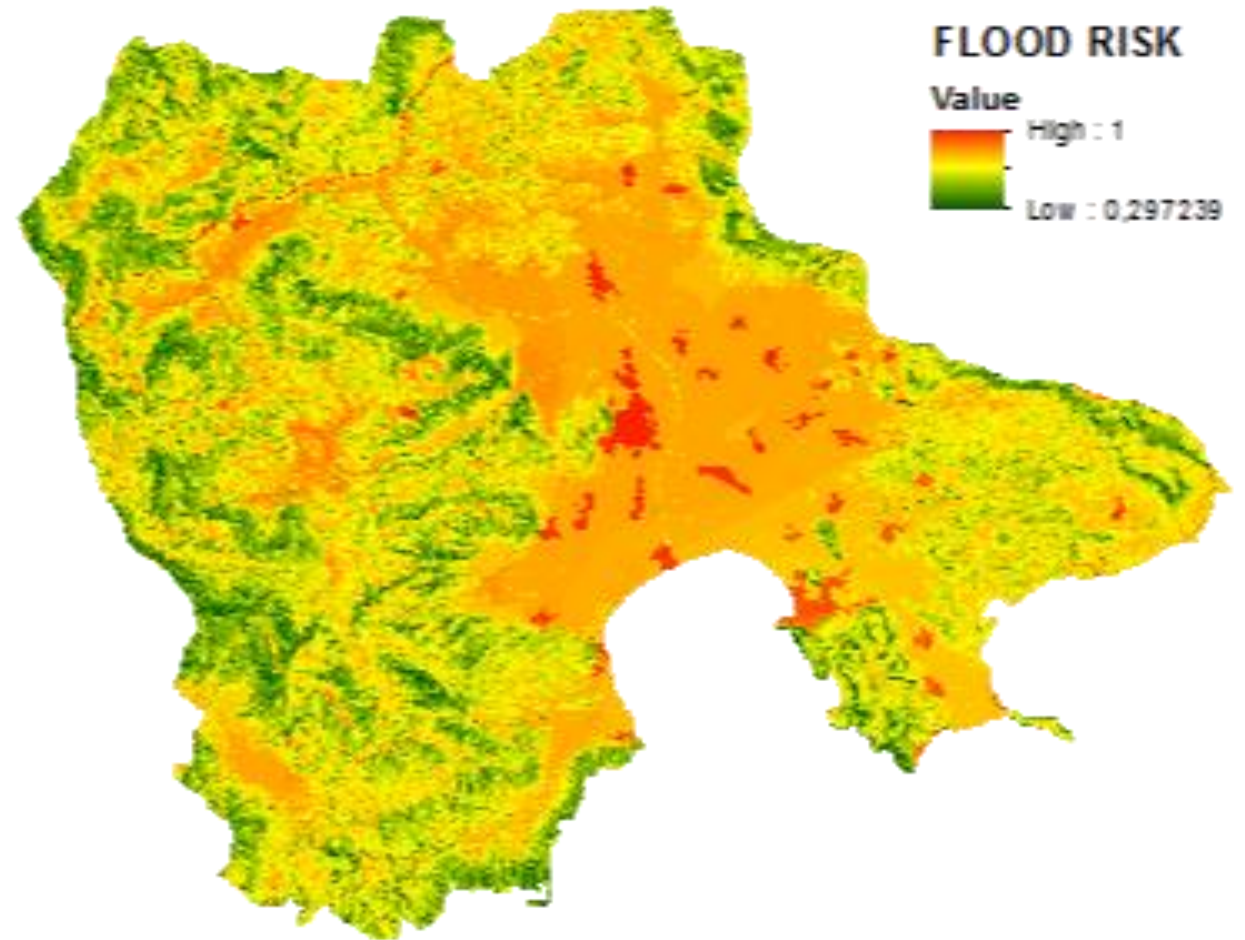
Ο Ξηριάς πλημμυρίζει σε τακτά χρονικά διαστήματα, όπως φαίνεται και από τον χάρτη. Η τελευταία σημαντική πλημμύρα του Άργους έλαβε χώρα το 2013, όπου υπήρξε και ένας νεκρός.



# ΧΑΡΤΗΣ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ

Για την εξαγωγή χάρτη πλημμυρικού κινδύνου, επιλέξαμε να εφαρμόσουμε “πολυκριτηριακή ανάλυση” χρησιμοποιώντας ως κριτήρια:

1. Κλίση εδάφους
2. Απόσταση από κοίτη ποταμού
3. Χρήσεις γης
4. Διαπερατότητα
5. Βροχόπτωση





# ΤΡΙΓΩΝΙΚΟ ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ

			Ξηριάς	Ίναχος
ArcGIS	μήκος κύριου ποταμού	[km]	26.9	38.1
	μέση κλίση εδάφους	[%]	19.11	16
	επιφάνεια ΛΑΠ	[km <sup>2</sup> ]	136.99	509.14
	μέσο υψόμετος ΛΑΠ	[m]	494.8	452.8
	υψόμετρο συμβολής	[m]	7.4	
	ΔΗ	[m]	487.4	445.4

**Giandotti**

$$t_c = (4 * A^{1/2} + 1.5 * L) / (0.8 * \Delta H^{0.5})$$

$t_c$  (h) χρόνος συγκέντρωσης  
 $A$  (km<sup>2</sup>) έκταση της λεκάνης  
 $L$  (km) το μήκος του κυρίου υδατορεύματος  
 $\Delta H$  (m) η διαφορά του μέσου υψόμετρου λεκάνης από το υψόμετρο στην έξοδο

**Soil Conservation Service (SCS)**

$$t_c = L^{1.15} / (7700 * H^{0.38})$$

$t_c$  (h) χρόνος συγκέντρωσης  
 $L$  (ft) το μήκος του κυρίου υδατορεύματος  
 $H$  (ft) η υψομετρική διαφορά μεταξύ του πλέον απομακρυσμένου σημείου της λεκάνης και της εξόδου

Υπολογισμοί	χρόνος συρροής, $t_c$ (Giandotti)	[h]	5	9
	CN		75	70
	χρόνος συρροής, $t_c$ (SCS)	[h]	5.1	8.4
	χρόνος υστέρησης, $t_l$ (SCS)	[h]	3.0	5.0
	διάρκεια βροχής, $d$	[h]	0.5	1
	χρόνος ανόδου, $t_p$ (Κουτσογιάννης)	[h]	3.3	5.5
	χρόνος βάσης, $t_b$ (SCS)	[h]	8.8	14.8
	Συντελεστής X		1.67	
	Συντελεστής K'		0.75	
	Παροχή αιχμής, $Q_p$ (SCS)	[m <sup>3</sup> /s]	86.633	191.375

$$t_L = 0.6 t_c$$

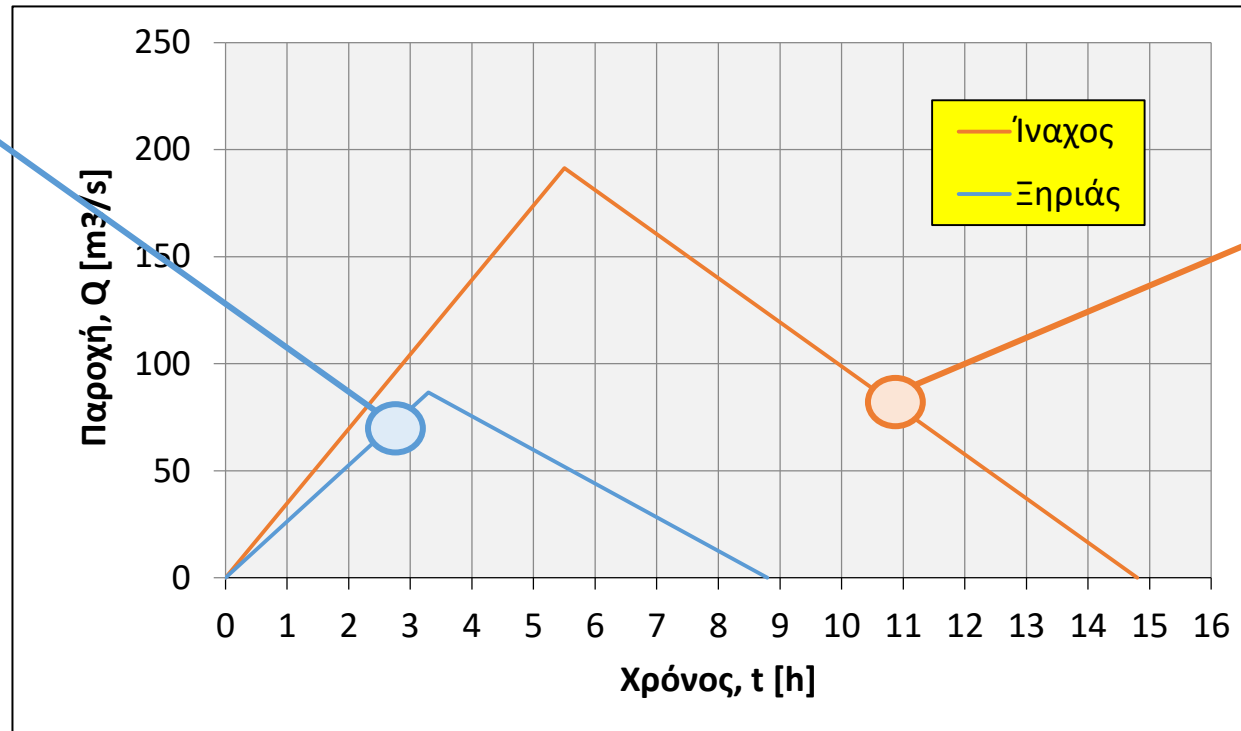
$$t_p = 0.6 t_c + \frac{d}{2}$$

$$t_b = 2.67 t_p$$

$$Q = \frac{0.75 * A * h}{3.600 * t_p} \text{ (m}^3\text{/s)}$$

# ΤΡΙΓΩΝΙΚΟ ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ

t	Q
0	0
0.5	13.15
1	26.30
1.5	39.45
2	52.60
2.5	65.75
3	78.89
3.5	83.39
4	75.52
4.5	67.65
5	59.77
5.5	51.90
6	44.02
6.5	36.15
7	28.28
7.5	20.40
8	12.53
8.5	4.66
9	0.00



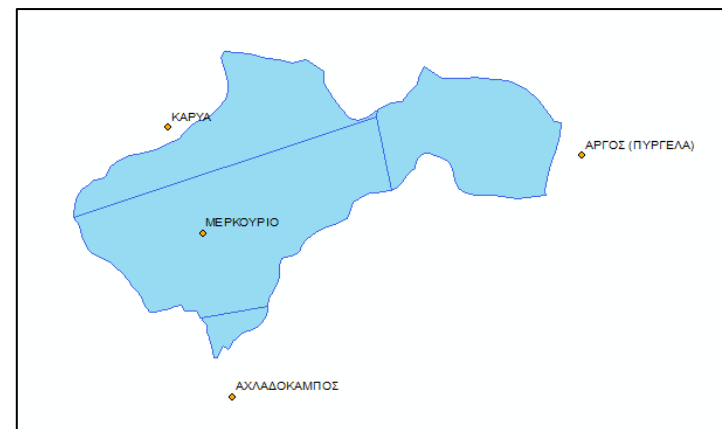
t	Q
0	0
1	34.53
2	69.06
3	103.58
4	138.11
5	172.64
6	181.92
7	161.24
8	140.57
9	119.89
10	99.21
11	78.54
12	57.86
13	37.19
14	16.51
15	0.00



# ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ

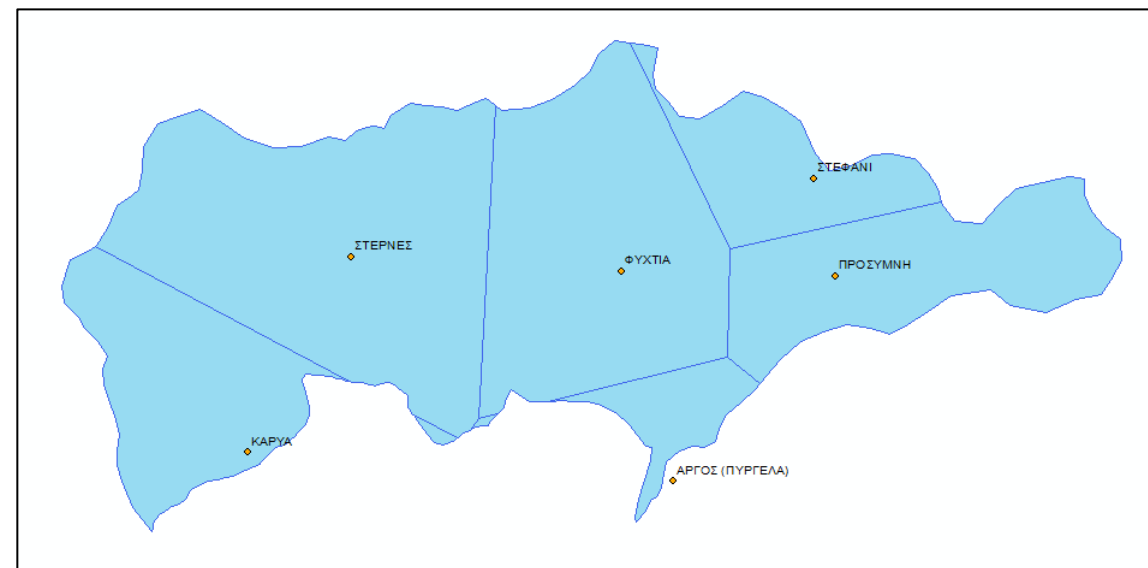
## • Ποταμός Ξηριάς

Όνομα	X	Y	Z	Έκταση [km <sup>2</sup> ]	Thiessen [%]
ΑΧΛΑΔΟΚΑΜΠΟΣ	374629	4154576	480	3.250	2.37
ΑΡΓΟΣ (ΠΥΡΓΕΛΑ)	390418	4165508	0	34.053	24.86
ΜΕΡΚΟΥΡΙΟ	373269	4161995	395	66.053	48.22
ΚΑΡΥΑ	371682.6	4166776	649.5	33.625	24.55
			sum	136.981	100.00



## • Ποταμός Ίναχος

Όνομα	X	Y	Z	Έκταση [km <sup>2</sup> ]	Thiessen [%]
ΑΡΓΟΣ (ΠΥΡΓΕΛΑ)	390418	4165508	0	20.827	4.09
ΣΤΕΡΝΕΣ	376254.6	4175385	177.1	160.578	31.54
ΚΑΡΥΑ	371682.6	4166776	649.5	73.902	14.51
ΣΤΕΦΑΝΙ	396621.8	4178812	0	44.789	8.80
ΦΥΧΤΙΑ	388158	4174728	0	128.783	25.29
ΠΡΟΣΥΜΝΗ	397592.9	4174511	251.1	80.290	15.77
			sum	509.168	100



# ΟΜΒΡΙΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ

- Ποταμός Ξηριάς

Όνομα	Z	λ'	ψ'	θ	η	κ
ΑΧΛΑΔΟΚΑΜΠΟΣ	480	339.1	0.599	0.089	0.724	0.113
ΑΡΓΟΣ (ΠΥΡΓΕΛΑ)	0	226.7	0.53	0.089	0.724	0.193
ΜΕΡΚΟΥΡΙΟ	395	278.4	0.43	0.089	0.724	0.193
ΚΑΡΥΑ	649.5	523.9	0.67	0.089	0.724	0.193

d [h]	T [years]							
	50		100		500		1000	
3.5	i (d,T)							
Δ [years]	[mm/h]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[mm/h]	[mm]
1	22.32	78.13	25.28	88.48	33.11	115.88	36.95	129.31
	24.92	87.21	29.67	103.83	43.48	152.19	50.89	178.12
	32.51	113.80	38.35	134.22	55.32	193.61	64.41	225.45
	52.54	183.88	63.51	222.30	95.45	334.06	112.56	393.97
sum	35.30		42.06		61.70		72.22	

$$i(d, T) = \frac{\lambda[(T/\Delta)^{\kappa} - \psi]}{(1 + d/\theta)^{\eta}}$$

- Ποταμός Ίναχος

Όνομα	Z	λ'	ψ'	θ	η	κ
ΑΡΓΟΣ (ΠΥΡΓΕΛΑ)	0	226.7	0.53	0.089	0.724	0.193
ΣΤΕΡΝΕΣ	177.1	218.6	0.408	0.089	0.724	0.193
ΚΑΡΥΑ	649.5	523.9	0.67	0.089	0.724	0.193
ΣΤΕΦΑΝΙ	0	273.3	0.542	0.089	0.724	0.113
ΦΥΧΤΙΑ	0	202	0.439	0.089	0.724	0.193
ΠΡΟΣΥΜΝΗ	251.1	259.5	0.529	0.089	0.724	0.113

d [h]	T [years]							
	50		100		500		1000	
5.0	i (d,T)							
Δ [years]	[mm/h]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[mm/h]	[mm]
1	19.35	96.75	23.04	115.20	33.77	168.85	39.52	197.61
	20.08	100.42	23.64	118.20	33.99	169.94	39.54	197.68
	40.80	204.00	49.32	246.62	74.12	370.62	87.42	437.09
	14.80	74.02	16.66	83.28	21.56	107.78	23.96	119.79
	18.22	91.12	21.51	107.55	31.07	155.36	36.20	180.99
	14.24	71.19	15.99	79.97	20.65	103.24	22.93	114.64
sum	14.35		17.02		24.75		28.88	



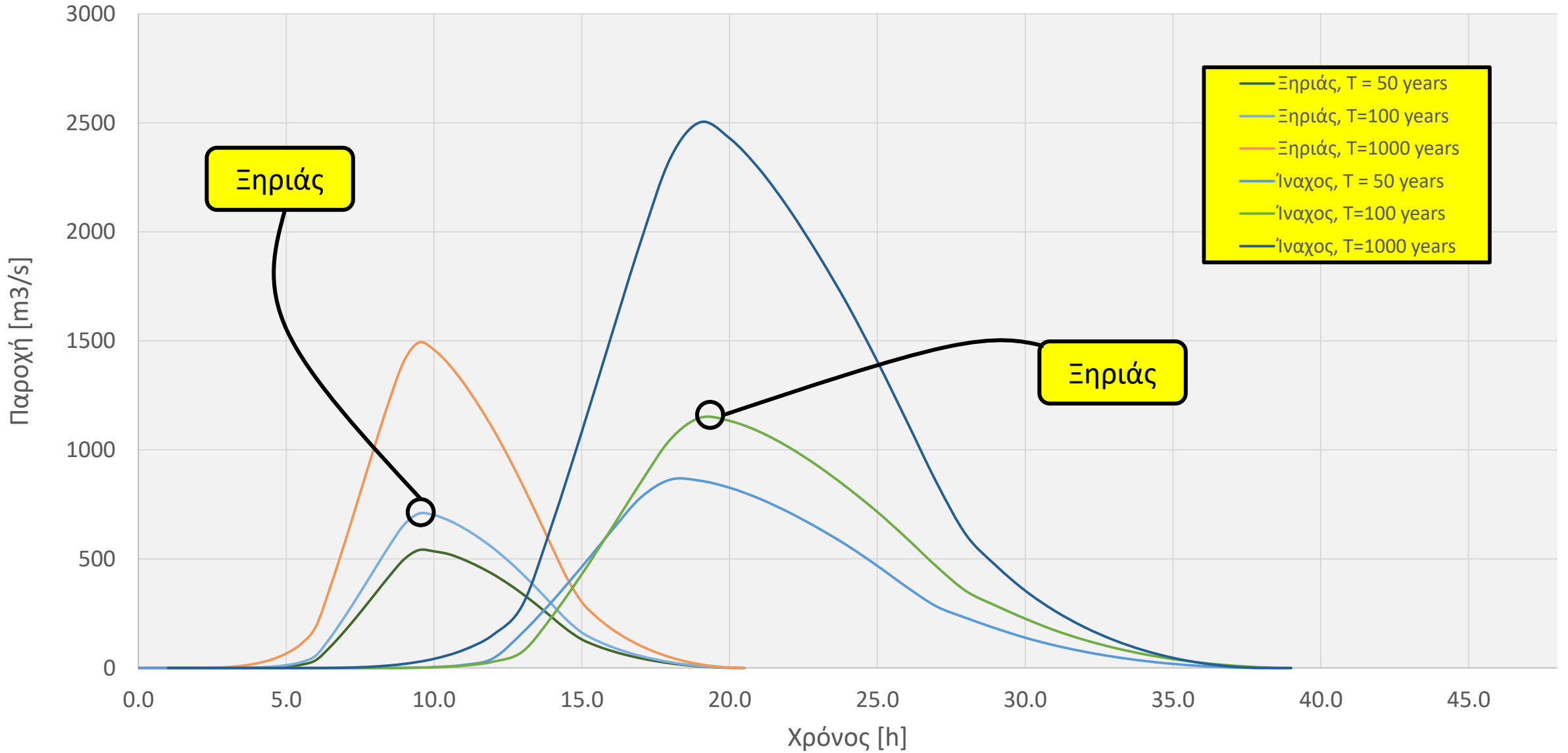
# ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΩΝ BLOCK

#	t [h]	i [mm/h]	$h_j = t_j * i_j$ [mm]	$\phi$	$h_j * \phi_j$ [mm]	$\rho_j = h_j * \phi_j / (h_j * \phi_j)_{max}$	$\Delta \rho_j$	Θέση αναδιάταξης	$\Delta \rho_j'$	$h_j' = \Delta \rho_j' * (h_j * \phi_j)_{max}$ [mm]	Αθροιστικό [mm]	Ενεργό αθροιστικό [mm]	Ενεργό τμηματικό [mm]	Απώλειες [mm]
1	0.5	155.62	77.81	0.72	55.85	0.29	0.29	24	0.01	2.55	2.55	0.00	0.00	2.55
2	1.0	99.73	99.73	0.78	77.64	0.41	0.11	22	0.01	2.73	5.28	0.00	0.00	2.73
3	1.5	75.86	113.79	0.81	91.93	0.48	0.08	20	0.02	2.93	8.21	0.00	0.00	2.93
4	2.0	62.23	124.46	0.83	102.83	0.54	0.06	18	0.02	3.18	11.39	0.00	0.00	3.18
5	2.5	53.28	133.19	0.84	111.78	0.59	0.05	16	0.02	3.48	14.87	0.00	0.00	3.48
6	3.0	46.88	140.65	0.85	119.44	0.63	0.04	14	0.02	3.86	18.73	0.03	0.03	3.84
7	3.5	42.06	147.20	0.86	126.17	0.66	0.04	12	0.02	4.36	23.09	0.37	0.35	4.01
8	4.0	38.27	153.07	0.86	132.20	0.70	0.03	10	0.03	5.04	28.12	1.22	0.85	4.19
9	4.5	35.20	158.40	0.87	137.68	0.72	0.03	8	0.03	6.03	34.15	2.78	1.56	4.47
10	5.0	32.66	163.31	0.87	142.72	0.75	0.03	6	0.04	7.66	41.81	5.45	2.68	4.98
11	5.5	30.52	167.85	0.88	147.38	0.78	0.02	4	0.06	10.91	52.72	10.35	4.90	6.01
12	6.0	28.68	172.10	0.88	151.74	0.80	0.02	2	0.11	21.80	74.51	22.87	12.52	9.27
13	6.5	27.09	176.09	0.88	155.83	0.82	0.02	1	0.29	55.85	130.36	64.22	41.34	14.50
14	7.0	25.69	179.85	0.89	159.69	0.84	0.02	3	0.08	14.28	144.64	76.01	11.79	2.49
15	7.5	24.46	183.42	0.89	163.35	0.86	0.02	5	0.05	8.95	153.59	83.56	7.55	1.40
16	8.0	23.35	186.81	0.89	166.83	0.88	0.02	7	0.04	6.73	160.32	89.31	5.75	0.98
17	8.5	22.36	190.06	0.90	170.15	0.90	0.02	9	0.03	5.48	165.80	94.03	4.72	0.76
18	9.0	21.46	193.16	0.90	173.33	0.91	0.02	11	0.02	4.67	170.47	98.08	4.05	0.62
19	9.5	20.65	196.14	0.90	176.38	0.93	0.02	13	0.02	4.09	174.56	101.65	3.57	0.52
20	10.0	19.90	199.00	0.90	179.31	0.94	0.02	15	0.02	3.66	178.22	104.86	3.21	0.45
21	10.5	19.22	201.76	0.90	182.14	0.96	0.01	17	0.02	3.32	181.54	107.78	2.92	0.40
22	11.0	18.58	204.42	0.90	184.86	0.97	0.01	19	0.02	3.05	184.59	110.48	2.69	0.36
23	11.5	18.00	207.00	0.91	187.50	0.99	0.01	21	0.01	2.82	187.41	112.98	2.50	0.32
24	12.0	17.46	209.49	0.91	190.05	1.00	0.01	23	0.01	2.64	190.05	115.32	2.34	0.29





# ΠΛΗΜΜΥΡΟΓΡΑΦΗΜΑ



# ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Το μοντέλο Lisflood :

- Είναι ένα μοντέλο διόδευσης πλημμύρας
- Χρησιμοποιεί τις εξισώσεις St. Venant για την ποτάμια ροή
- Χρησιμοποιεί την εξίσωση Manning για την δισδιάστατη εξάπλωση του νερού στην πεδιάδα

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = r$$

$$\frac{1}{g} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{g} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial x} = S_0 - S_f$$

$$V = (1/N) R^{(1+\theta)/2} J^{(1+\gamma)/2}$$

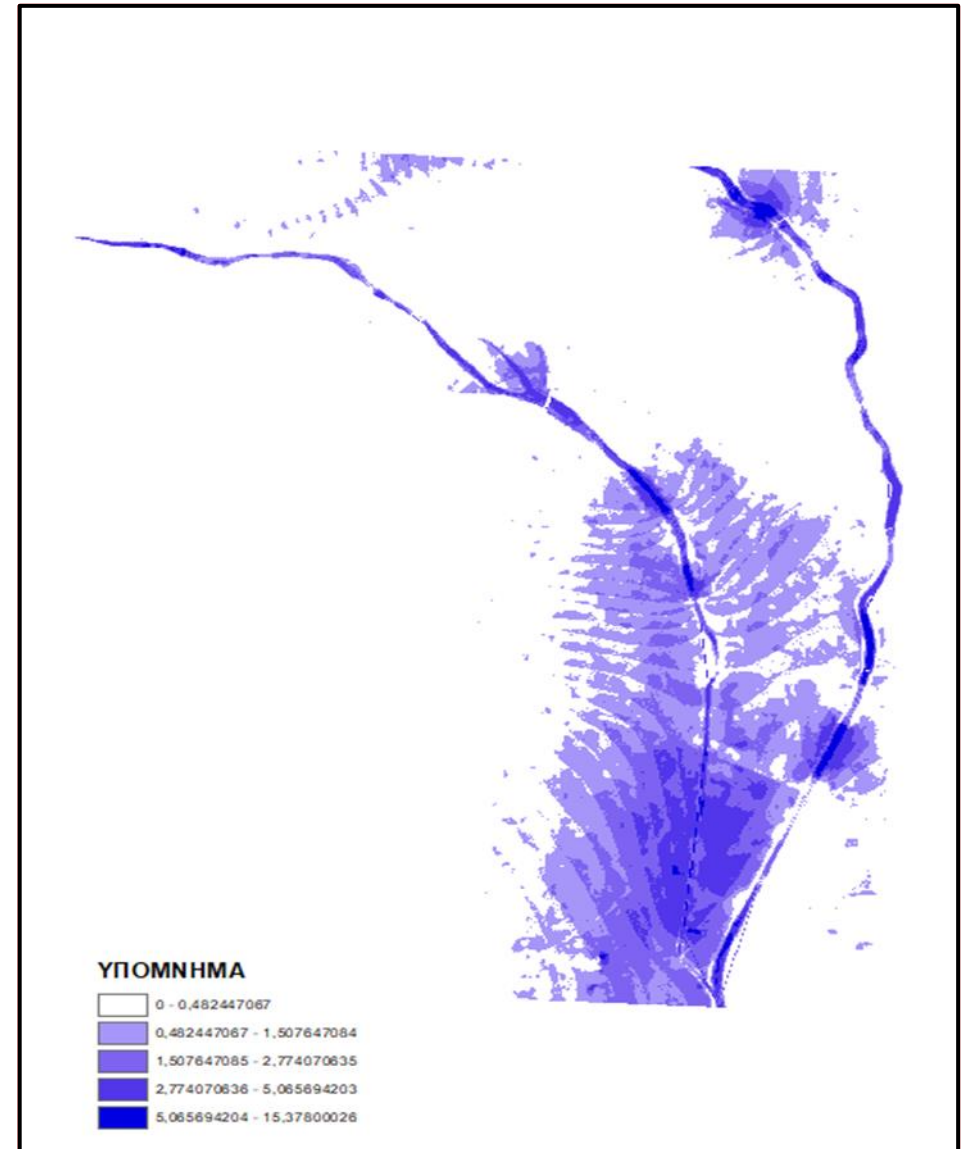


# ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ

1. Οριακές συνθήκες
2. Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους σε μορφή Raster (Digital Elevation Model)
3. Συντελεστές τριβής της πεδιάδας και του ποταμού
4. Πλάτος και κλίση του ποταμού
5. Πλημμυρογράφημα ποταμού
6. Χρονικό βήμα προσομοίωσης

# ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Για πλημμύρα με περίοδο επαναφοράς 100 ετών, η υφιστάμενη κατάσταση, μέσω του Lisflood, προσομοιάζεται ως εξής:



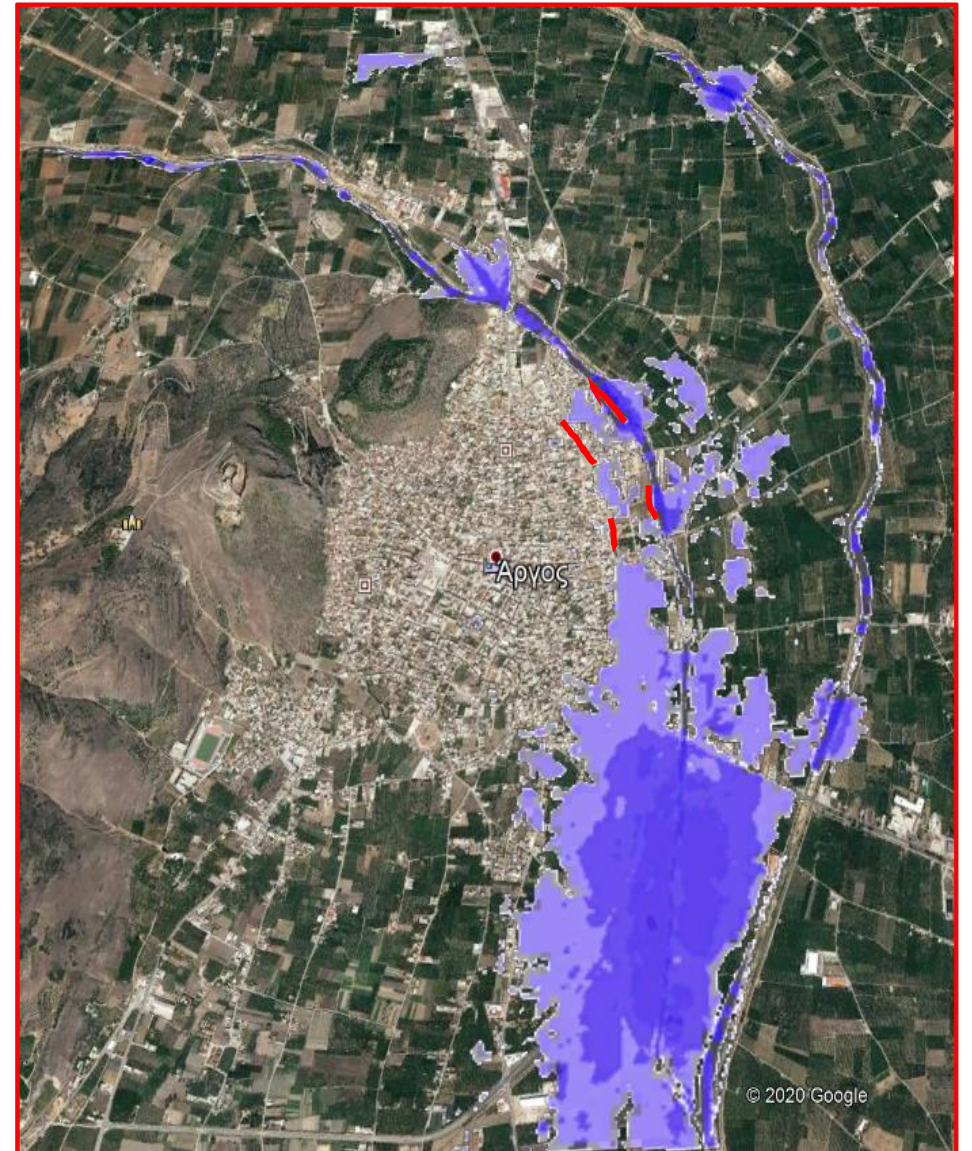
# ΣΕΝΑΡΙΟ 1<sup>ο</sup>

Τμηματικά σεραζανέτια

Μήκος: 322.0m + 215.0m

Ύψος από όχθες: 5.0m

Πλάτος ποταμού: 30m





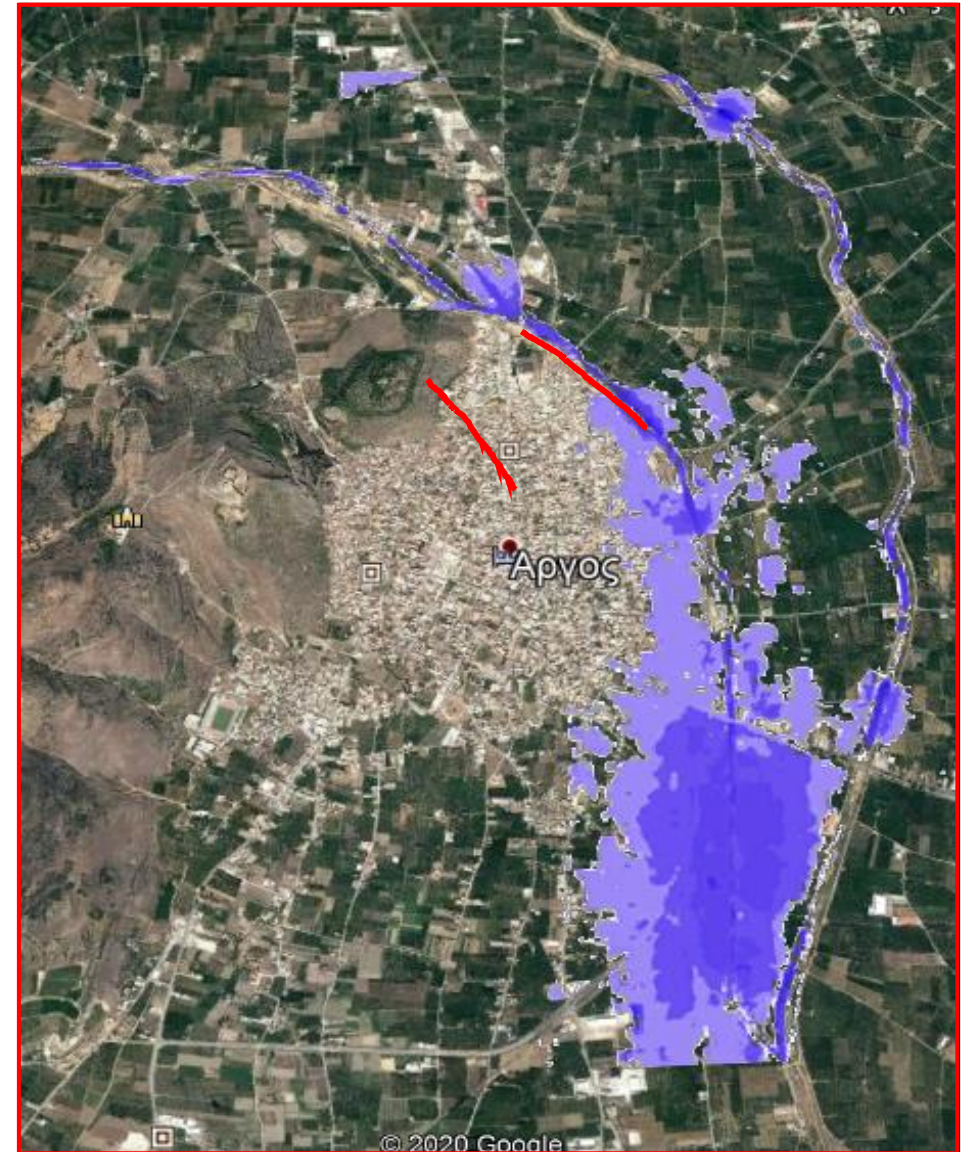
# ΣΕΝΑΡΙΟ 2<sup>ο</sup>

Συνεχές σεραζανέτι

Μήκος: 891.5m

Ύψος από όχθες: 4.0m

Πλάτος ποταμού: 30m



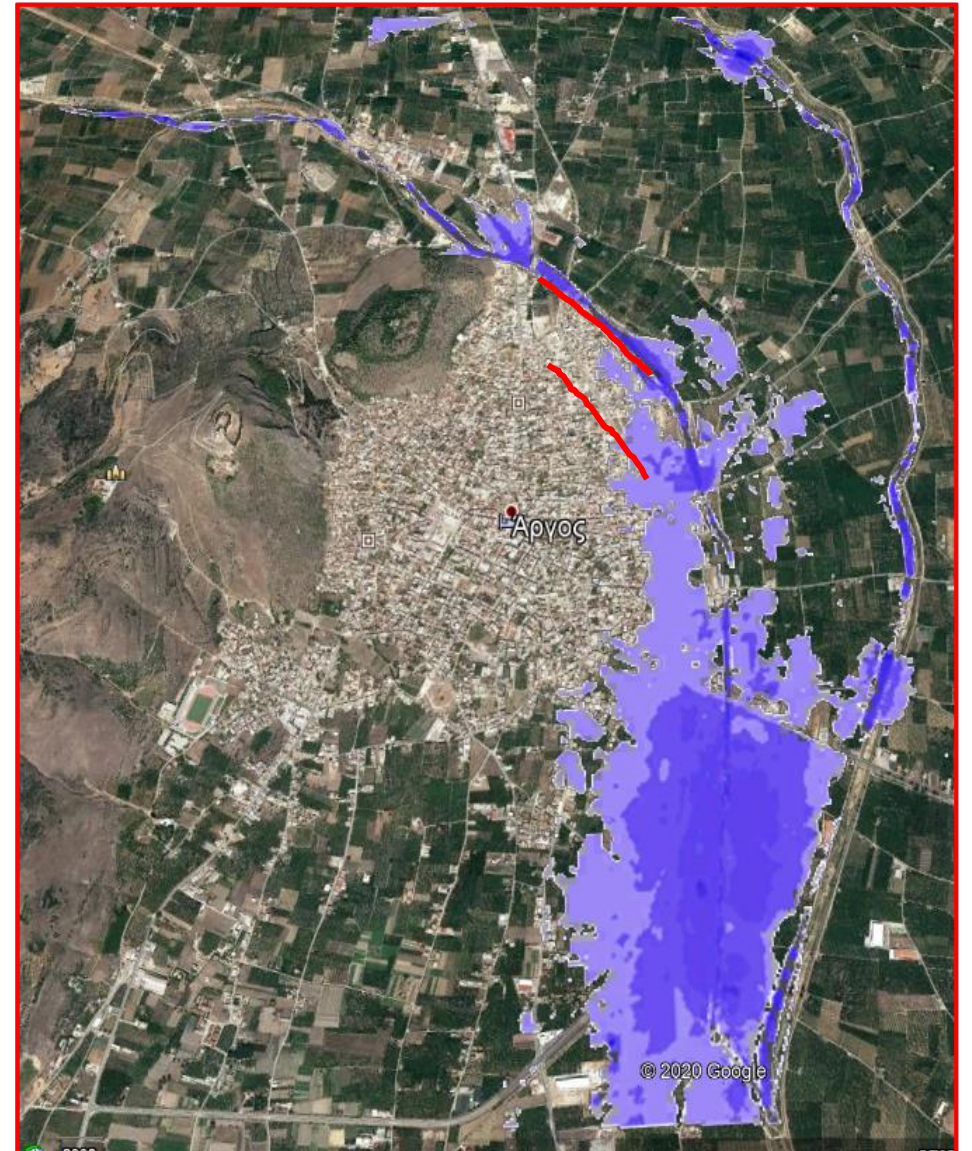
# ΣΕΝΑΡΙΟ 3<sup>ο</sup>

Συνεχές σεραζανέτι

Μήκος: 891.5m

Ύψος από όχθες: 5.0m

Πλάτος ποταμού: 30m





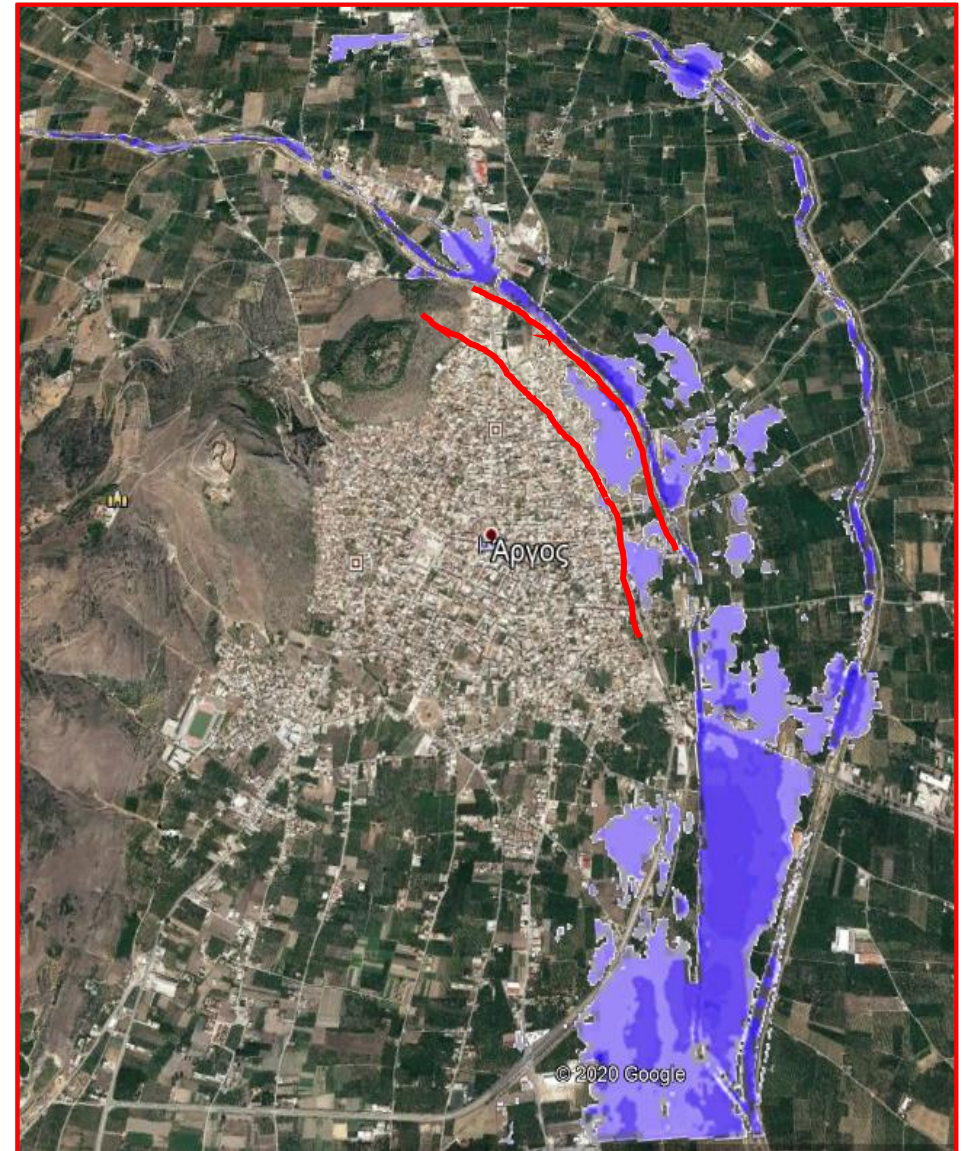
# ΣΕΝΑΡΙΟ 4<sup>ο</sup>

Συνεχές σεραζανέτι

Μήκος: 2579.0m

Ύψος από όχθες: 4.0m

Πλάτος ποταμού: 30m





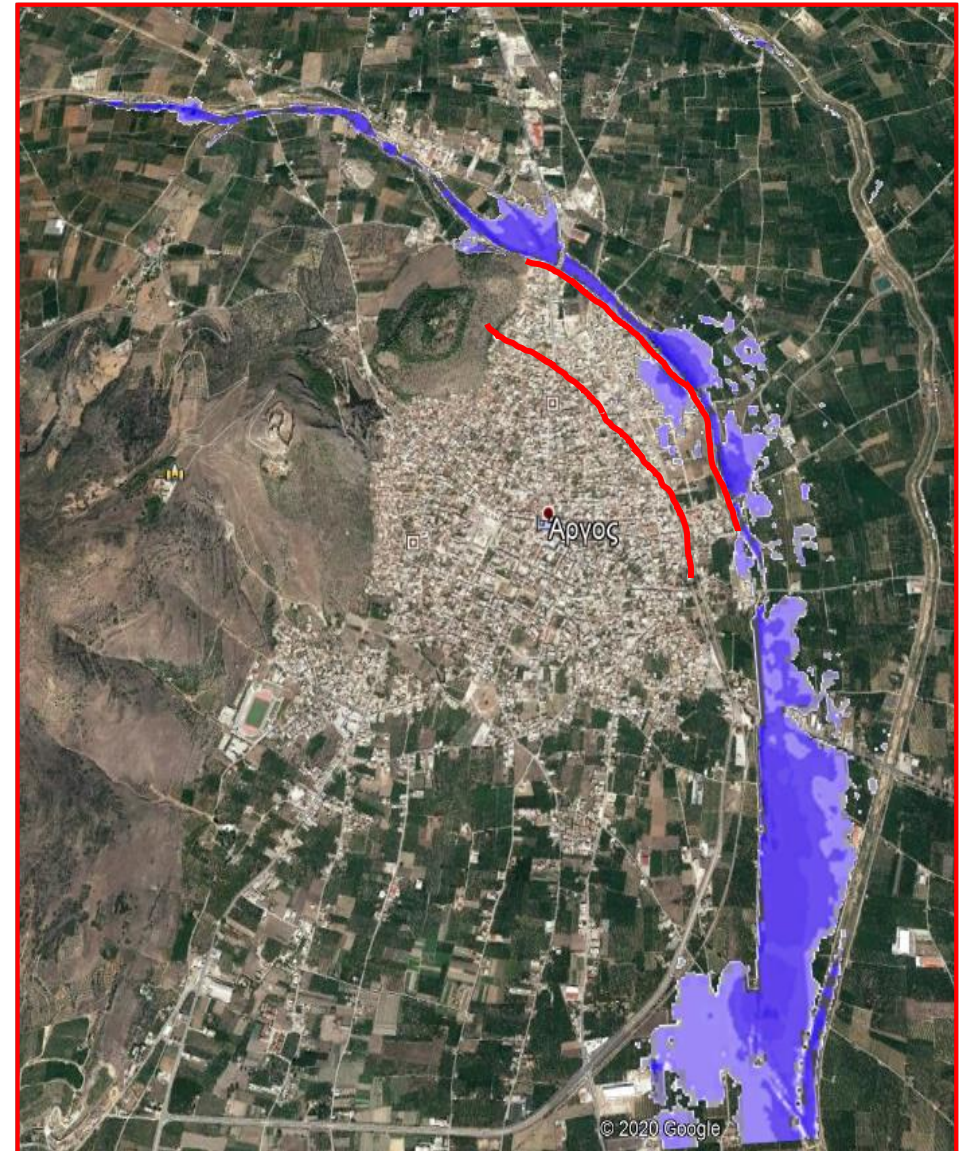
# ΣΕΝΑΡΙΟ 5<sup>ο</sup>

Συνεχές σεραζανέτι

Μήκος: 2579.0m

Ύψος από όχθες: 5.0m

Πλάτος ποταμού: 30m



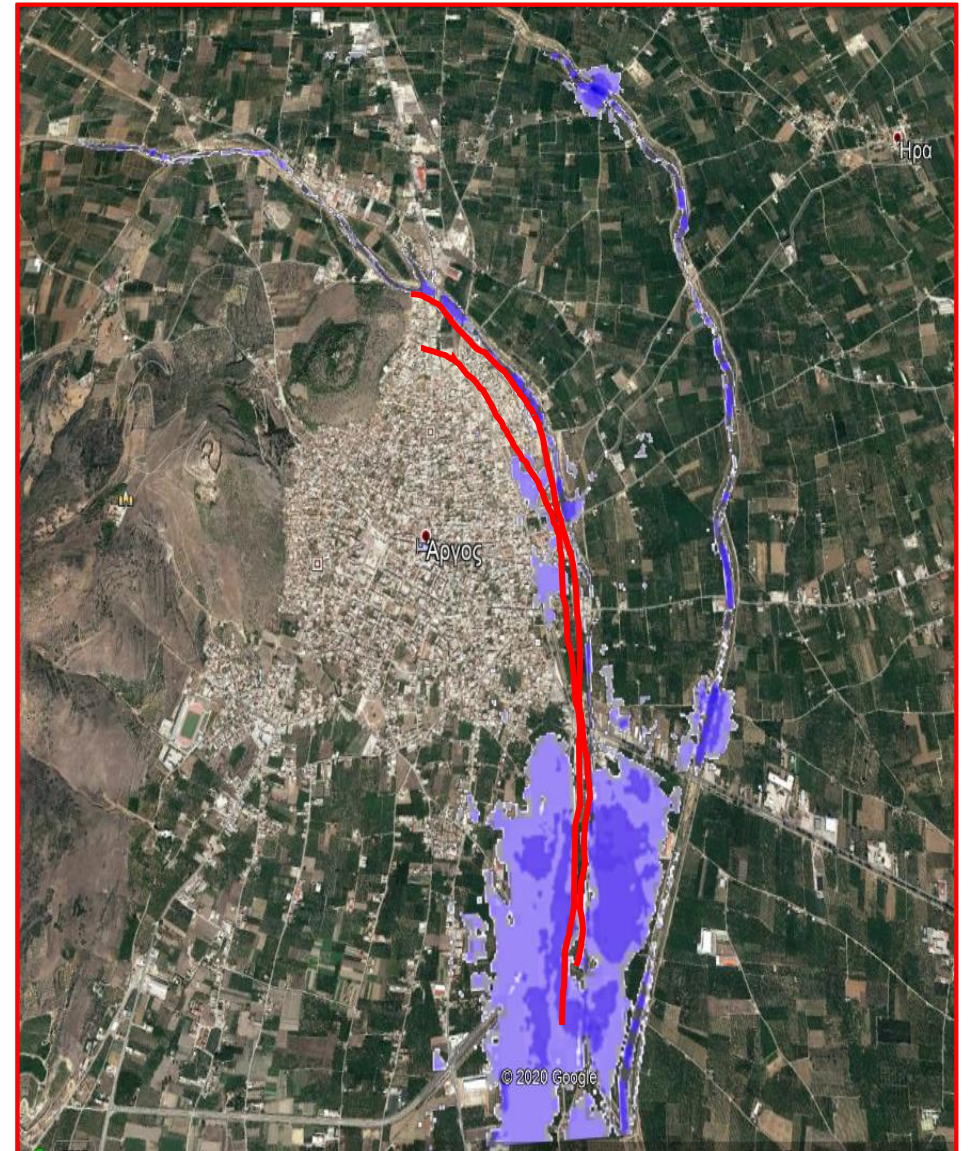
# ΣΕΝΑΡΙΟ 6<sup>ο</sup>

Συνεχές σεραζανέτι

Μήκος: 3652.0m

Ύψος από όχθες: 1.5m

Πλάτος ποταμού: 35m





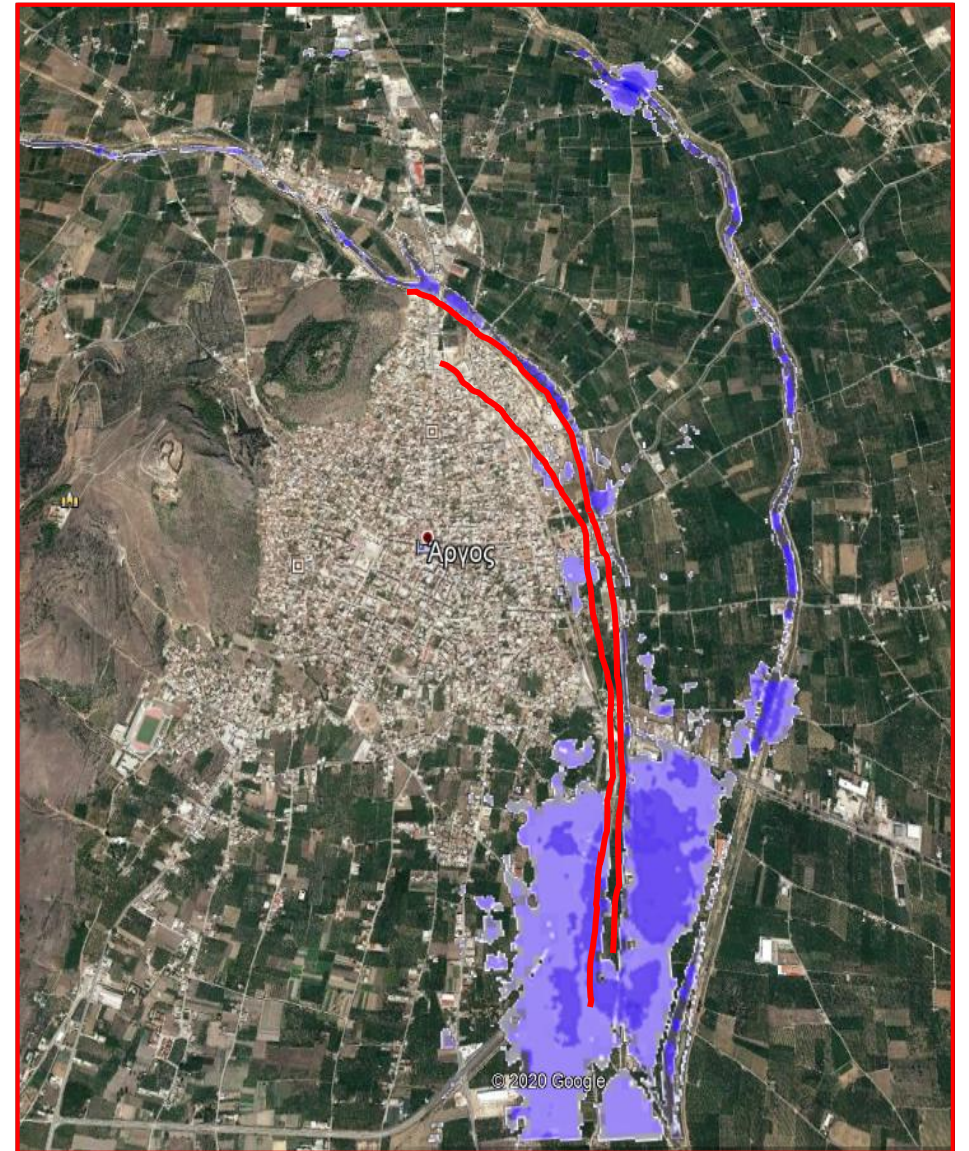
# ΣΕΝΑΡΙΟ 7<sup>ο</sup>

Συνεχές σεραζανέτι

Μήκος: 3652.0m

Ύψος από όχθες: 2.0m

Πλάτος ποταμού: 35m





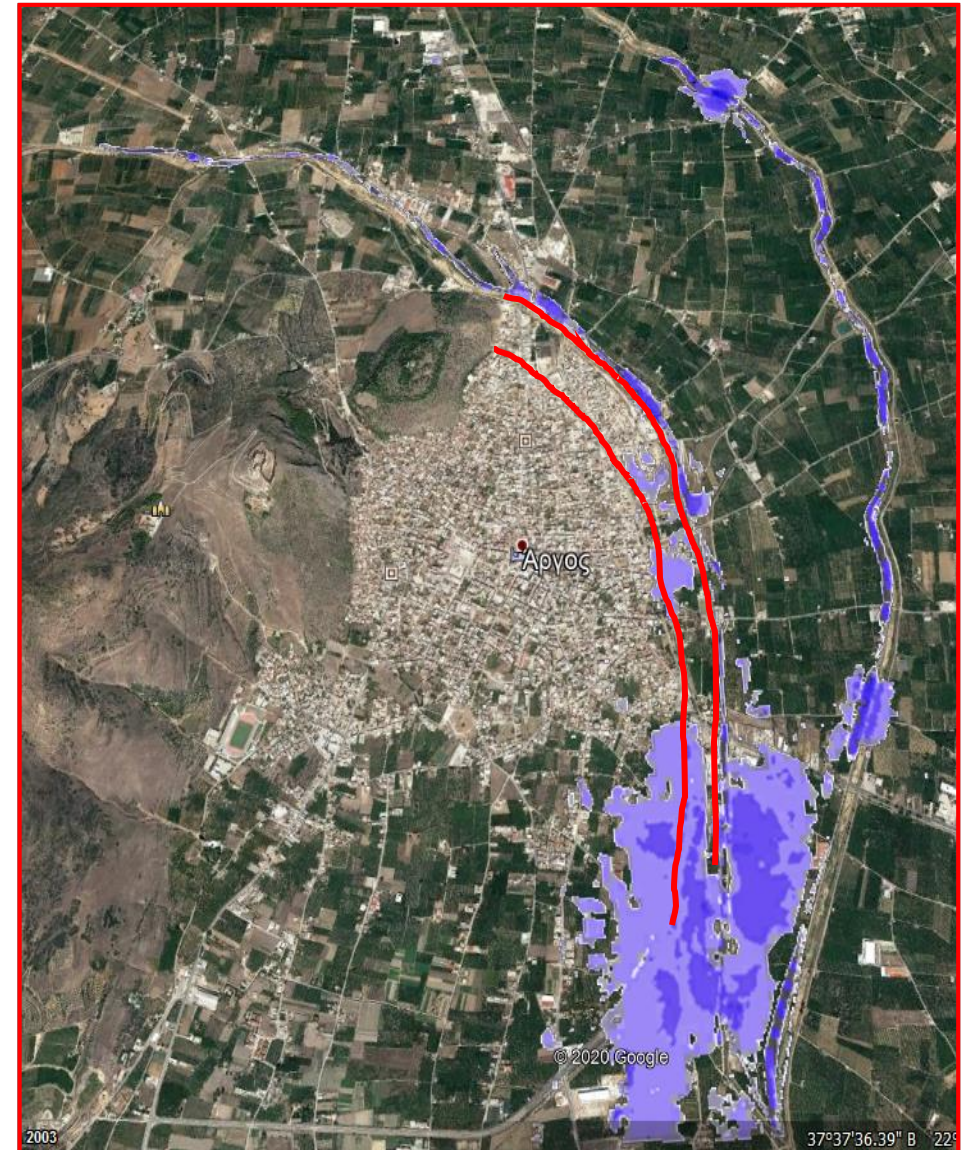
# ΣΕΝΑΡΙΟ 8<sup>ο</sup>

Συνεχές σεραζανέτι

Μήκος: 3652.0m

Ύψος από όχθες: 1.0m

Πλάτος ποταμού: 40m



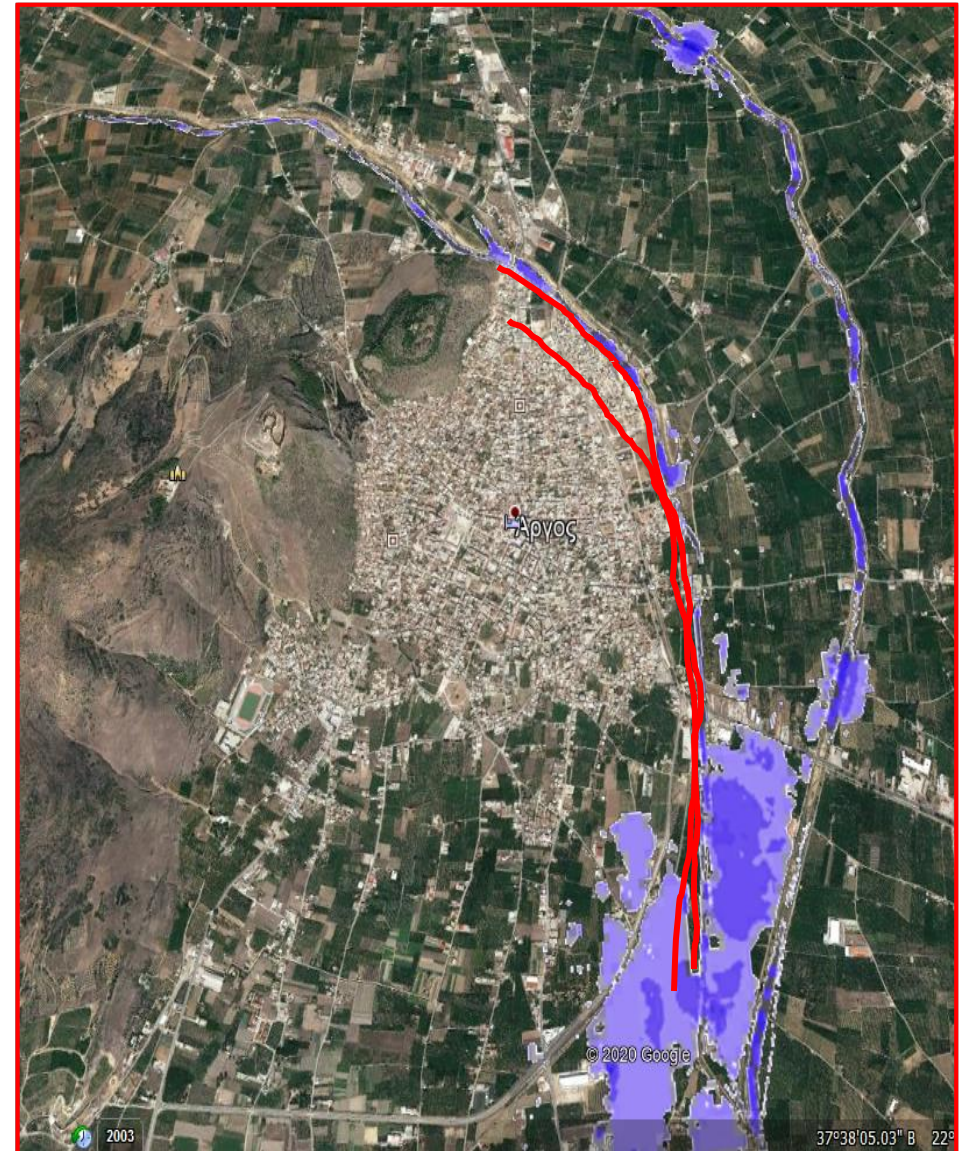
# ΣΕΝΑΡΙΟ 9<sup>ο</sup> (ΛΥΣΗ)

Συνεχές σεραζανέτι

Μήκος: 3689.0m

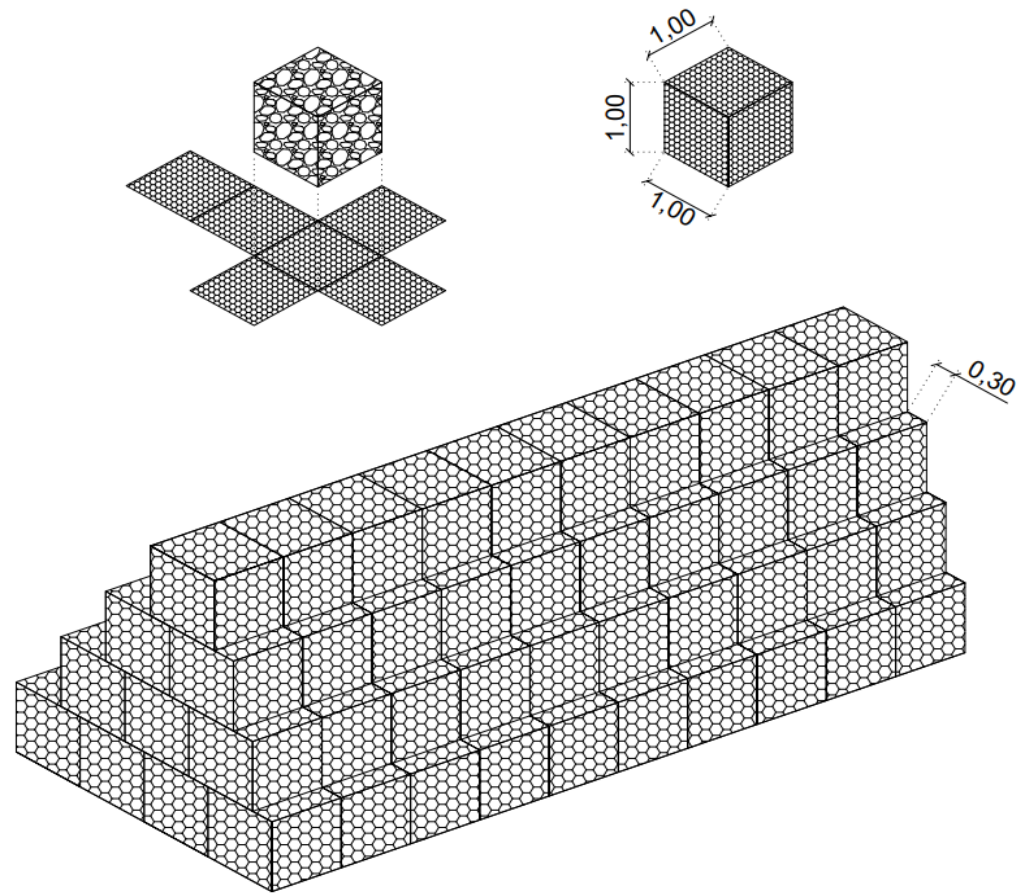
Ύψος από όχθες: 2.0m

Πλάτος ποταμού: 40m

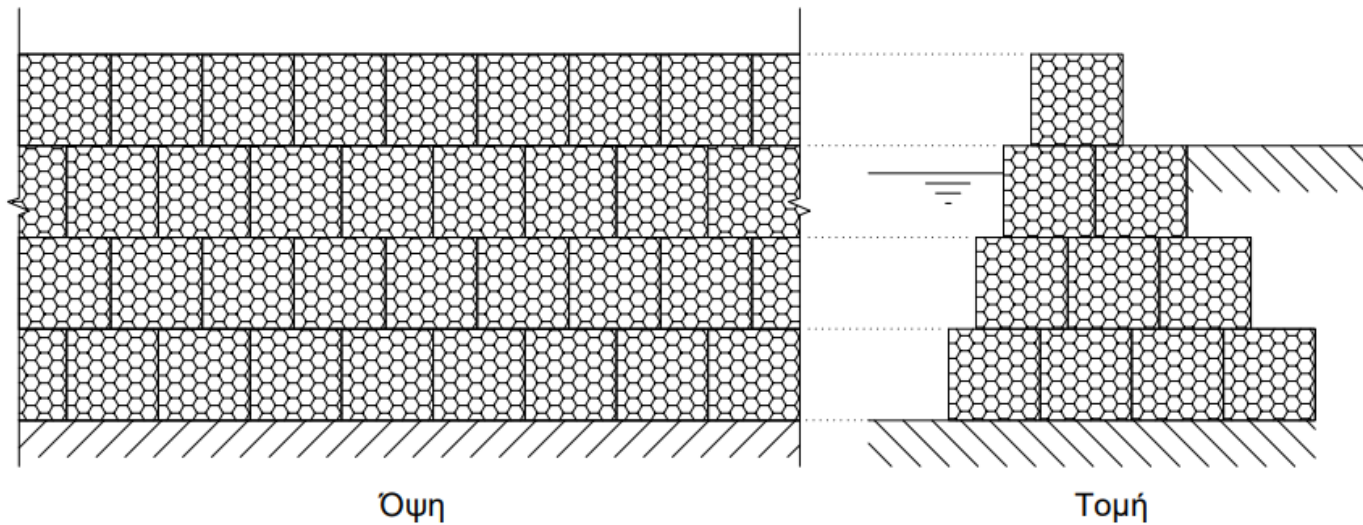
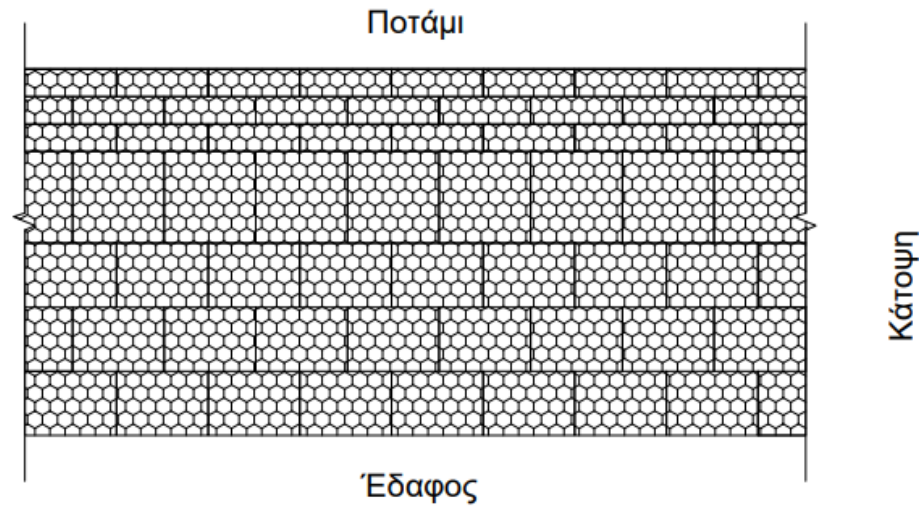




# ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ (3D) ΣΧΕΔΙΟ

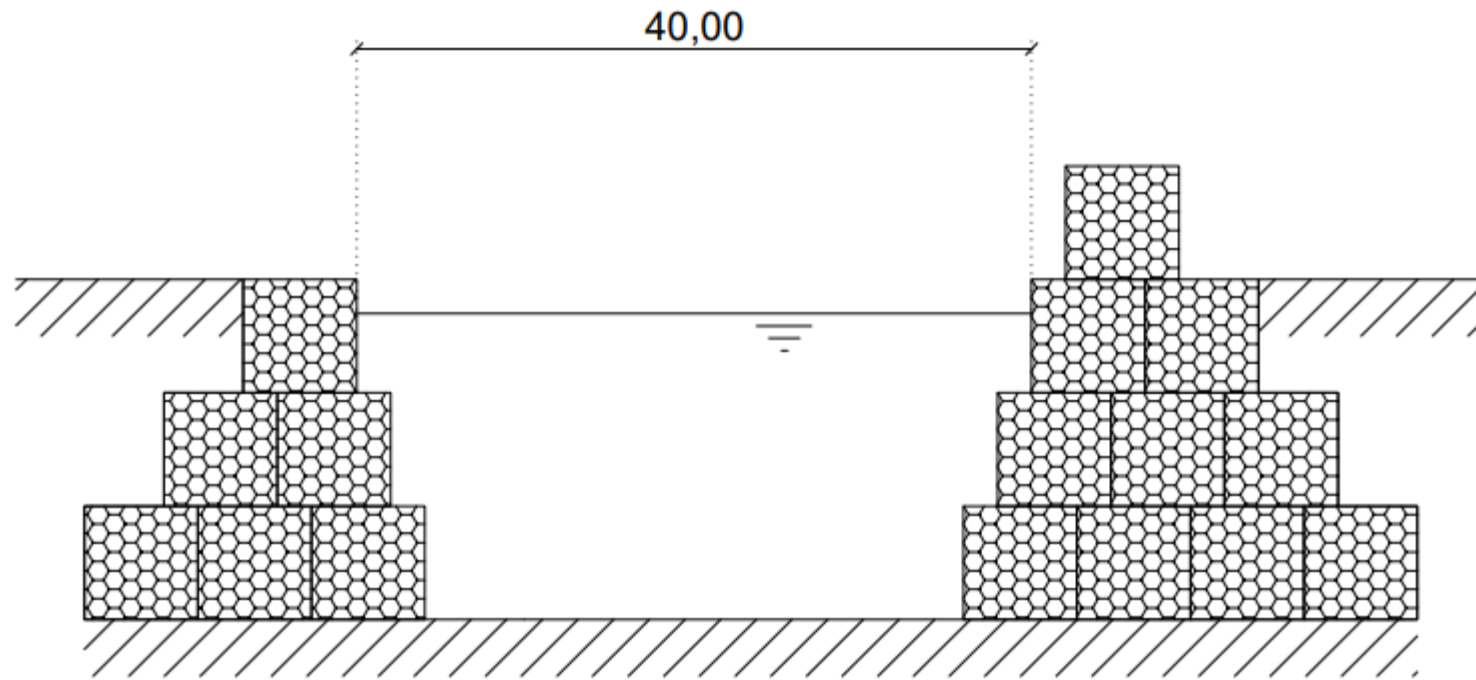


# ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟ (2D) ΣΧΕΔΙΟ





# TOMH A-A

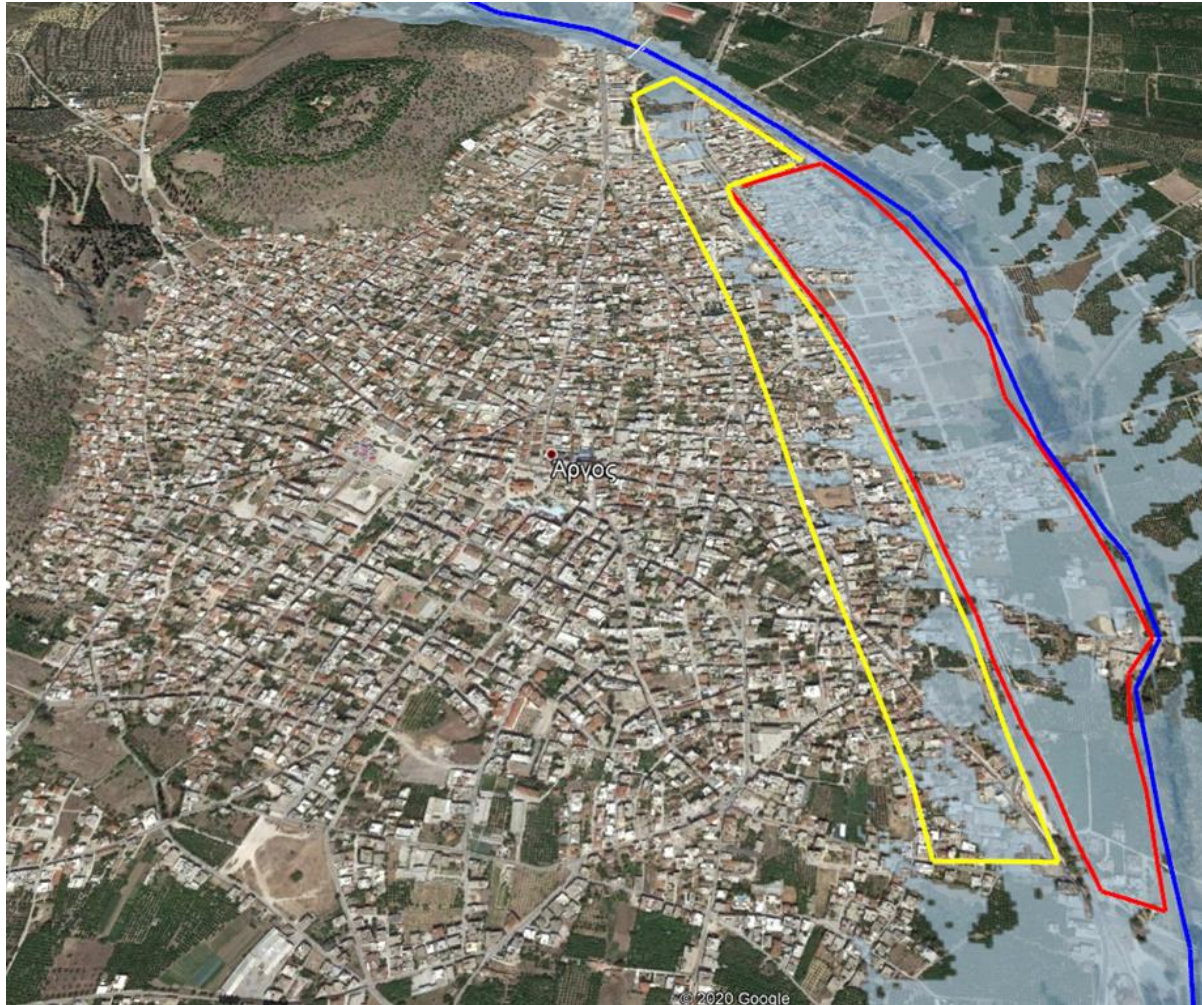


# ΚΟΣΤΟΣ ΛΥΣΗΣ

ΔΥΤΙΚΗ ΠΛΕΥΡΑ					
ύψος παρούσας κοίτης	3	m			
ύψος κατασκευής	5	m			
πλάτος κατασκευής	5	m			
συνολικά σαραζανέτια/m μήκους	14				
πλάτος διάνοιξης	15	m		κόστος λιθοριπών	14.5
μηκος σαραζανετίων	3823.51	m		κόστος συρματοπλέγματος (ευρώ/kg)	2.5
κιλα συρματοπλεγματος ανά σαραζανέτι	13	kg		κόστος κατασκευής συρματοκιβωτίων	2.7
κυβικά μέτρα εσκαφών / m μήκους	59	m <sup>3</sup> /m		κόστος εκσκαφής/m <sup>3</sup>	0.5
συνολικά κυβικά λιθοριπής/m μήκους	14	m <sup>3</sup> /m			
κόστος σαραζανετίων/m μήκους	695.8	€/m			
Συνολικό κόστος	2,773,191.80				

ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΠΛΕΥΡΑ					
ύψος παρούσας κοίτης	3	m			
ύψος κατασκευής	3	m			
πλάτος κατασκευής	3	m			
συνολικά σαραζανέτια/m μήκους	7				
πλάτος διάνοιξης	15	m		κόστος λιθοριπών	14.5
μηκος σαραζανετίων	3823.51	m		κόστος συρματοπλέγματος (ευρώ/kg)	2.5
κιλα συρματοπλεγματος ανά σαραζανέτι	13	kg		κόστος κατασκευής συρματοκιβωτίων	2.7
κυβικά μέτρα εσκαφών / m μήκους	52	m <sup>3</sup> /m		κόστος εκσκαφής/m <sup>3</sup>	0.5
συνολικά κυβικά λιθοριπής/m μήκους	7	m <sup>3</sup> /m			
κόστος σαραζανετίων/m μήκους	347.9	€/m			
Συνολικό κόστος	1,429,610.39				

# ΑΠΟΖΗΜΙΩΣΕΙΣ



	υψηλή	μεσαία
σπίτια	150	250
μέσα τετραγωνικά	100	100
κόστος επιδιόρθωσης	60	60
κόστος ανακατασκευής	500	0
Συνολικό κόστος	1,098,000.00	1,050,000.00
Άθροισμα για 100 έτη	2,148,000.00	
Μονιμοποίηση για 1 έτος	21480	

*Ειδικές ευχαριστίες...*

*Γκόνης Κωνσταντίνος*

*Παπακώστα Μάρθα*

*Κατίκας Λουκάς*

*Σαργέντης Φοίβος*