


# ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΘΕΜΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ


## ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ

- Καλούμαστε να προσομοιώσουμε την λειτουργία ενός ταμιευτήρα για 100 χρόνια προκειμένου να αποφασίσουμε αν αξίζει να τον κατασκευάσουμε και εάν ναι, ποιες θα είναι οι καλύτερες διαστάσεις (ύψος φράγματος).
- Αυτό θα το κάνουμε με ένα υδρολογικό μοντέλο μηνιαίου βήματος που μετασχηματίζει την βροχή σε απορροή για την λεκάνη του ταμιευτήρα.
- Για τη βροχή (και τη θερμοκρασία) θα κατασκευάσουμε συνθετικές σειρές με το Excell
- Κατόπιν θα τρέξουμε το μοντέλο και θα πάρουμε την μηνιαία απορροή στη θέση του φράγματος.
- Τέλος, θα προσομοιώσουμε τη λειτουργία του ταμιευτήρα για 100 χρόνια πάλι με το Excell (και στο ίδιο αρχείο) με μια απλή εξίσωση ισοζυγίου.

έτος	μήνας	βροχή	θερμ.	στάθμ
1	1	10	11	
1	2	48	14	1
1	3	70	13	1
1	4	30	18	1
1	5	1	19	1
1	6	8	22	
1	7	0	26	
1	8	2	25	
1	9	22	23	
1	10	63	19	
1	11	15	16	1
1	12	40	13	1
2	1	0	13	1
2	2	80	11	1
2	3	2	13	1
2	4	5	15	1
2	5	16	22	1
2	6	5	25	
2	7	2	25	8.1
2	8	0	25	5.2
2	9	10	21	0.1
2	10	43	20	8.9
2	11	30	14	10.0



### Thorntthwaite Monthly Water Balance



---

**Input Parameters**

Runoff Factor: 50 %

Direct Runoff Factor: 5 %

Soil-Moisture-Storage Capacity: 200 Millimeters

Latitude of Location: 35 Degrees of Latitude

Rain Temperature Threshold: 0.0 Degrees Celsius

Snow Temperature Threshold: 0.0 Degrees Celsius

Maximum Melt Rate: 50 %

**Input File**  
E:\ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΟ\ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ\thornUSGS\input.file

**Output Plots**

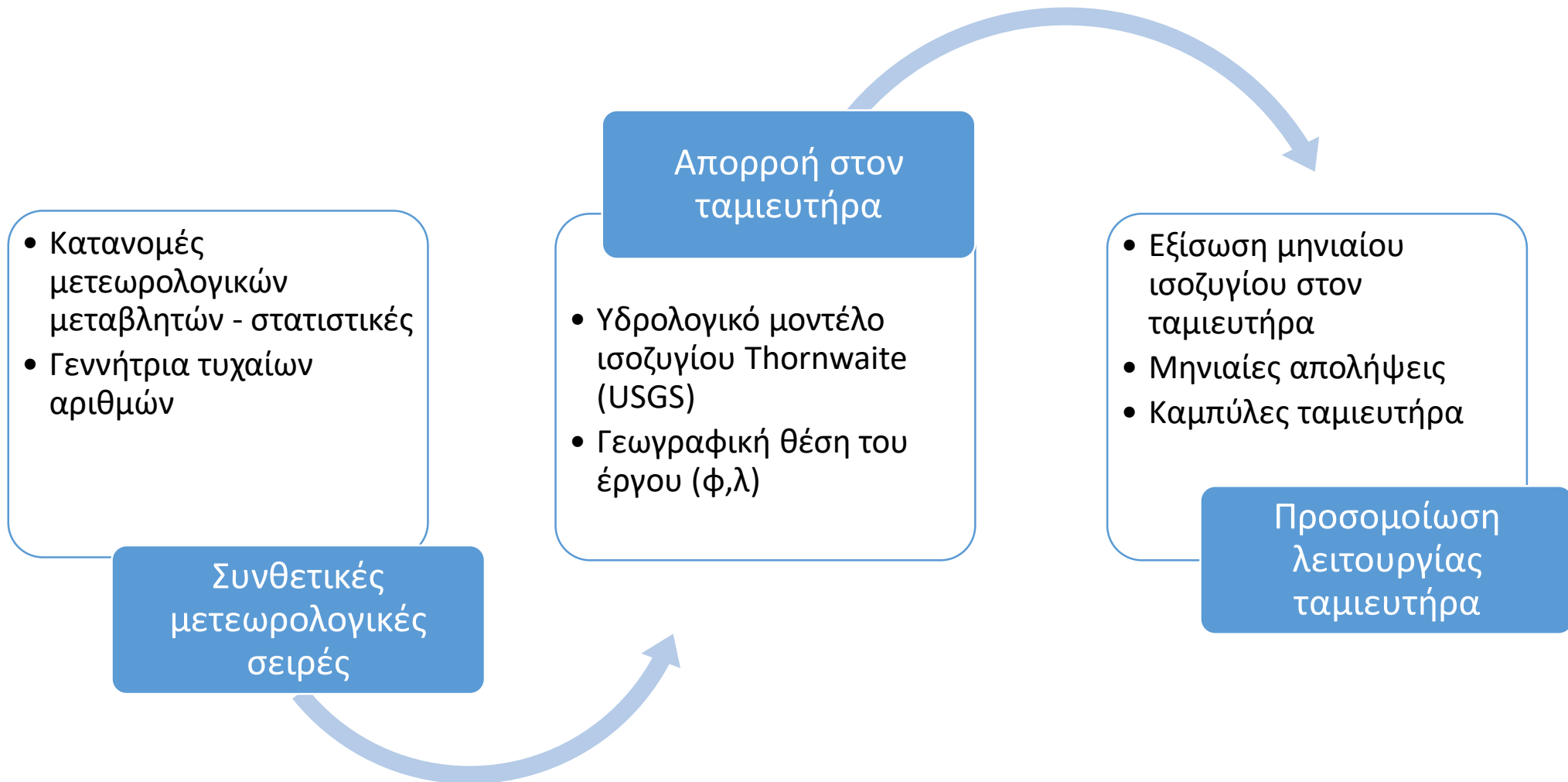
- Actual ET
- Potential ET
- Direct Runoff
- Precip - Pot ET
- Potential ET - Actual ET
- Precipitation
- Runoff
- Snow Storage
- Snow Melt
- Soil Moisture Storage
- Surplus
- Temperature

**Run**

# Προγράμματα που θα χρησιμοποιήσουμε

ισοζύγιο balance m3 (exist+in-out)	τελικό ισοζύγιο balance after	στάθμη	υπερχείλιση	στάθμη	αστοχία
28,824	19,224	10.4	1	10.0	0
50,623	44,983	14.2	1	10.0	0
231,599	225,719	15.0	1	10.0	0
112,411	106,531	15.0	1	10.0	0
17,072	11,672	8.6	0	8.6	0
16,295	10,415	8.2	0	8.2	0
10,181	3,821	5.4	0	5.4	0
3,720	-7,440	0.1	0	0.1	1
23,867	8,867	7.7	0	7.7	0
199,285	181,765	15.0	1	10.0	0
74,279	56,399	15.0	1	10.0	0
112,474	98,674	15.0	1	10.0	0
45,653	36,053	13.1	1	10.0	0
50,773	45,133	14.2	1	10.0	0
231,297	225,417	15.0	1	10.0	0
112,302	106,422	15.0	1	10.0	0
17,141	11,261	8.5	0	8.5	0
15,942	10,062	8.1	0	8.1	0
9,873	3,513	5.2	0	5.2	0
3,414	-7,746	0.1	0	0.1	1
23,867	12,707	8.9	0	8.9	0
203,155	185,635	15.0	1	10.0	0
74,350	56,470	15.0	1	10.0	0

# Σειρά εργασιών

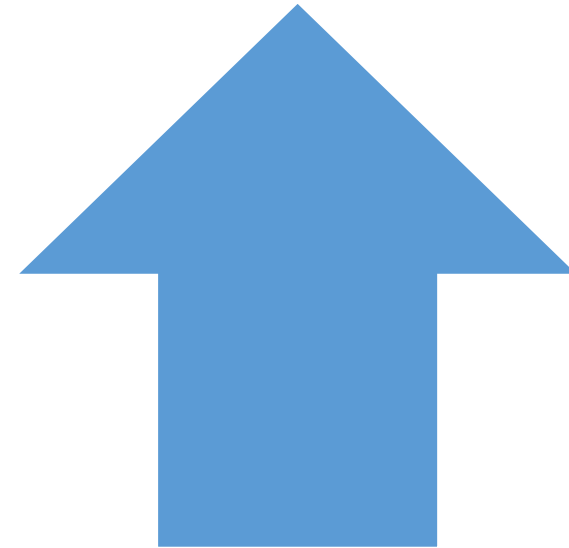


# Αστοχία ταμιευτήρα

- Αν έστω και έναν μήνα μέσα στον χρόνο δεν μπόρεσε να καλύψει την ζήτηση σε νερό
- Η υπερχείλιση δεν θεωρείται αστοχία

- Συνθετικές σειρές βροχόπτωσης και θερμοκρασίας
- Υδρολογικό μοντέλο βροχής - απορροής
- Προσομοίωση λειτουργίας ταμιευτήρα

Επιτυχία



Αστοχία

ΑΝ ΣΤΑ 100 ΧΡΟΝΙΑ Ο ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ ΑΣΤΟΧΗΣΕΙ π.χ 40 ΦΟΡΕΣ  
ΤΟΤΕ Η ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΤΟΥ ΕΙΝΑΙ 60%

# Ερωτήματα που καλείσθε να απαντήσετε στο θέμα σας

1. Ποια είναι η μέση ετήσια κατανάλωση νερού στη χώρα της Άνδρου; (η πληροφορία υπάρχει μέσα στα προτεινόμενα προς ανάγνωση)
2. Ποια είναι η μέση ετήσια βροχόπτωση στη λεκάνη σε χιλιοστά;
3. Ποια είναι η μέση ετήσια σχέση απορροή/βροχή (συντελεστής απορροής);
4. Υπάρχει κάποια φυσική διεργασία που δεν περιλάβαμε στα μοντέλα μας και μπορεί να έχει στο μέλλον δυσμενείς επιπτώσεις στην λειτουργία του έργου;
5. Υπολογίστε τις μέσες ετήσιες ποσότητες των υπερχειλίσεων σε  $m^3$  (δες παρακάτω). Τι θα μπορούσαμε να κάνουμε με τις υπερχειλίσεις;
6. Θέση του έργου: Για να έχουμε έργο ύψους φράγματος 11μ. που να αποδίδει 75 χιλιάδες κυβικά/έτος με αξιοπιστία >75%, πόσο μεγάλη λεκάνη απορροής χρειαζόμαστε (υπόδειξη: αλλάξτε το εμβαδόν της λ.α. - κελί D1). Τι παραδοχή κάνουμε για να χρησιμοποιήσουμε αυτή τη μέθοδο;
7. Ποιες είναι κατά τη γνώμη σας οι κυριότερες πηγές αβεβαιότητας στα μοντέλα μας; Τι παραδοχές έχουμε κάνει στην μέθοδό μας;
8. Πως θα αλλάζατε τον κώδικα αν δεχόμασταν ότι αποτυχία ενός μόνο μήνα μέσα στο χρόνο δεν λογαριάζεται για αστοχία έτους;

9. Τέλος, θα κάνετε έναν πρόχειρο οικονομοτεχνικό υπολογισμό.

Θεωρούμε το κόστος του έργου συνάρτηση του ύψους του (δες κελί J4). Θέτουμε στόχο τις 75 χιλ. m<sup>3</sup> τον χρόνο με αξιοπιστία >75%.

Το κόστος καταβάλλεται στην αρχή και απαιτεί ποσόν 1% ετησίως του κόστους του για συντήρηση και λειτουργία και για 50 χρόνια (χρόνος ζωής του έργου). Το όφελος προκύπτει από το νερό και συγκεκριμένα από τις ετήσιες απολήψεις και είναι, έστω, 1€/m<sup>3</sup> (τα νούμερα είναι ενδεικτικά). Είναι φανερό ότι τα οφέλη θα αποδίδονται ετησίως και για 50 χρόνια (εκτός από τα πρώτα χρόνια της κατασκευής). Οι απολήψεις δεν είναι ίσες με αυτές που ζητάμε, δηλαδή τις ονομαστικές (πχ 75 χιλ.), γιατί είχαμε και μήνες αστοχίας όπου πήραμε νερό λιγότερο από αυτό που θέλαμε (πχ δες κελί M128: η μέση τιμή των ετήσιων απολήψεων είναι  $71,325 = 713,250/10$  -γιατί εγώ το έχω τρέξει για 10 χρόνια- και όχι 75,000).

Βρείτε τα έργα που ικανοποιούν το παραπάνω κριτήριο (75 χιλ. m<sup>3</sup> τον χρόνο με αξιοπιστία >75%) και σχηματίστε το λόγο B/C για το καθένα με επιτόκιο 6%. [κάνετε αναγωγές σε παρούσα αξία – δείτε υπόδειγμα στο τέλος]. Τι παρατηρείτε αν αυξηθεί το επιτόκιο πχ στο 10%;

Για να απαντήσετε στα ερωτήματα θα πρέπει να κάνετε μια διερεύνηση στα αποτελέσματα.

1. Κάντε copy το φύλλο [προσομοίωση ταμειυτήρα] στο ίδιο αρχείο
2. Κατόπιν δείτε τι πρέπει να κάνετε στις εικόνες που ακολουθούν





D4 X ✓ fx 14

1	5	Εμβαδόν λεκάνης	km <sup>2</sup>																
2	434	Στέψη φράγματος	m																
3	420	Πυθμένας φράγματος	m																
4	14	Υψος φράγματος	m																
5	75000	Απολήψεις	m <sup>3</sup>																

Sotiris:  
=400000+100\*D4^3

674,400 κόστος έργου(Ευρώ)

Σε αυτή τη στήλη που πρόσθεσα υπολογίζω τα κυβικά της υπερχειλίσης. Αφαιρώ από το τελικό ισοζύγιο, στήλη O, τον μέγιστο όγκο που αντιστοιχεί στο ύψος σχεδιασμού (\$D\$4) μέσω του VLOOKUP στον πίνακα table (3<sup>η</sup> στήλη). Για να μην έχω αρνητικές τιμές βάζω το MAX με το μηδέν. (δες φόρμουλα).

**10 ΧΡΟΝΙΑ** νεα στήλη

7	θερμ.	στάθμη t	επιφάνεια	όγκος existing m3	εισορή inflow (mm)	εισορή inflow (m3)	βροχή rain in (m3)	εξάτμιση evaporation out mm	εξάτμιση evaporation out (m3)	απολήψεις withdrawal (m3)	ισοζύγιο balance m3 (exist+in-out)	τελικό ισοζύγιο - balance after withdrawals	στάθμη	υπερχείλιση	στάθμη t+1	υπερχείλιση (m3)	αστοχία μήνα
118	14	14.0	8324	42591	6	27,500	444.3	49	407.9	3750	70,127	66,377	15.0	1	14.0	23,786	0
119	20	14.0	8324	42591	3	17,000	321.4	84.4	702.6	7500	59,209	51,709	15.0	1	14.0	9,119	0
120	19	14.0	8324	42591	1	3,500	0.0	95.6	795.8	9000	45,295	36,295	13.2	0	13.2	0	0
121	23	13.2	7463	36203	1	5,000	89.7	127.8	953.8	9000				0	12.5	0	0
122	27	12.5	6748	31176	0	1,000	1.0	163.4	1102.7	9000				0	11.0	0	0
123	25	11.0	5336	22045	0	500	2.6	126.3	674.0	10500	21,874	11,374	8.5	0	8.5	0	0
124	21	8.5	3348	11195	2	9,000	119.3	78.7	263.5	7500	20,050	12,550	8.8	0	8.8	0	0
125	22	8.8	3562	12240	3	17,000	242.6	69.9	249.0	3750	29,234	25,484	11.6	0	11.6	0	0
126	15	11.6	5882	25440	3	16,500	386.1	35.8	210.6	3750	42,116	38,366	13.4	0	13.4	0	0
127	13	13.4	7674	37734	5	26,000	798.5	29.4	225.6	3750	64,307	60,557	15.0	1	14.0	17,966	0

Sotiris:  
=SUMIF(T8:T127,0,M8:M127)

Sotiris:  
=MAX((O127-VLOOKUP(\$D\$4,table,3)),0)

128						3,486,814	26,970			57,729	713,250					2,664,077	5	3
-----	--	--	--	--	--	-----------	--------	--	--	--------	---------	--	--	--	--	-----------	---	---

131						ύψος φράγματος					κόστος έργου						αξιοπιστία		
132						13	3,486,814	23,182		48,269	678,000	619,700				2,702,760	9	4	6
133						14	3,486,814	26,970		57,729	713,250	674,400				2,664,077	5	3	7
134						15	3,486,814	31,357		68,207	742,500	737,500				2,629,960	1	1	9

D4 X ✓ fx 14

1	5	Εμβαδόν λεκάνης	km <sup>2</sup>
2	434	Στέψη φράγματος	m
3	420	Πυθμένας φράγματος	m
4	14	Υψος φράγματος	m
5	75000	Απολήψεις	m <sup>3</sup>

Sotiris:  
=400000+100\*D4^3

Φόρμουλα κόστους έργου (χιλιάδες Ευρώ)

674,400 κόστος έργου(Ευρώ)

10 ΧΡΟΝΙΑ νεα στήλη

7	θερμ.	στάθμη t	επιφάνεια	όγκος existing m3	εισροή inflow (mm)	εισροή inflow (m3)	βροχή rain in (m3)	εξάτμιση evaporation out mm	εξάτμιση evaporation out (m3)	απολήψεις withdrawal (m3)	ισοζύγιο balance m3 (exist+in-out)	τελικό ισοζύγιο - balance after withdrawals	στάθμη	υπερχείλιση	στάθμη t+1	υπερχείλιση (m3)	αστοχία μήνα	αστοχία έτους	
118	14	14.0	8324	42591	6	27,500	444.3	49	407.9	3750	70,127	66,377	15.0	1	14.0	23,786	0		
119	20	14.0	8324	42591	3	17,000	321.4	84.4	702.6	7500	59,209	51,709	15.0	1	14.0	9,119	0		
120	19	14.0	8324	42591						9000	45,295	36,295	13.2	0	13.2	0	0		
121	23	13.2	7463	36203						9000	9000			0	12.5	0	0		
122	27	12.5	6748	31176						9000	9000			0	11.0	0	0		
123	35	11.0	5325	22845						10500	21,874	11,374	8.5	0	8.5	0	0		
124	5	8.5	1930	10930	2	19,300	193.0	78.7	263.5	7500	20,050	12,550	8.8	0	8.8	0	0		
125	0	8.8	0	0	3	17,000	170.0	69.9	249.0	3750	29,234	25,484	11.6	0	11.6	0	0		
126	0	11.6	0	0	3	16,500	165.0	36.1	35.8	3750	42,116	38,366	13.4	0	13.4	0	0		
127	4	13.4	4000	20000	5	26,000	260.0	29.4	225.6	3750	64,307	60,557	15.0	1	14.0	17,966	0	0	
128						3,486,814	26,970		57,729	713,250						2,664,077	5	3	
129																			
130																			
131						ύψος φράγματος						κόστος έργου						αξιοπιστία	
132						13	3,486,814	23,182		48,269	678,000	619,700				2,702,760	9	4	6
133						14	3,486,814	26,970		57,729	713,250	674,400				2,664,077	5	3	7
134						15	3,486,814	31,357		68,207	742,500	737,500				2,629,960	1	1	9

Όλα τα άλλα είναι σκέτες σούμες (Σ). Μην ξεχάσετε να τα διαιρέσετε με 100 για τη μέση ετήσια τιμή

Εδώ θέλω να προσθέσω μόνο τις απολήψεις όταν δεν υπήρξε αστοχία, δηλ όταν μπορέσαμε να δώσουμε αυτό που ήθελε ο μήνας. Αυτό το κάνω με την εντολή sumif. Η sumif ψάχνει στην περιοχή κριτηρίου (στήλη T), και όπου βρίσκει 0 (κριτήριο) προσθέτει τα περιεχόμενα της στήλης M (περιοχή αθροίσματος)

Sotiris:  
=SUMIF(T8:T127,0,M8:M127)

Sotiris:  
=MAX((O127-VLOOKUP(\$D\$4,table,3)),0)

D4 X ✓ fx 14

1	5	Εμβαδόν λεκάνης	km <sup>2</sup>
2	434	Στέψη φράγματος	m
3	420	Πυθμένας φράγματος	m
4	14	Υψος φράγματος	m
5	75000	Απολήψεις	m <sup>3</sup>

Sotiris:  
=400000+100\*D4^3

674,400 κόστος έργου(Ευρώ)

**10 ΧΡΟΝΙΑ** νεα στήλη

θερμ.	στάθμη t	επιφάνεια	όγκος existing m3	εισροή inflow (mm)	εισροή inflow (m3)	βροχή rain in (m3)	εξάτμιση evaporation out mm	εξάτμιση evaporation out (m3)	απολήψεις withdrawal (m3)	ισοζύγιο balance m3 (exist+in-out)	τελικό ισοζύγιο - balance after withdrawals	στάθμη	υπερχείλιση	στάθμη t+1	υπερχείλιση (m3)	αστοχία μήνα	αστοχία έτους
118	6	27,500	444.3	49	407.9	3750	70,127	66,377	15.0	1	14.0	23,786	0	0			
119	3	17,000	321.4	84.4	702.6	7500	59,209	51,709	15.0	1	14.0	9,119	0	0			
120	1	3,500	0.0	95.6	795.8	9000	45,295	36,295	13.2	0	13.2	0	0	0			
121	8	5,000	89.7	127.8	953.8	9000	45,295	36,295	13.2	0	12.5	0	0	0			
122	5	1,000	1.0	163.4	1102.7	9000	21,874	11,374	8.5	0	11.0	0	0	0			
123	5	500	2.6	126.3	674.0	10500	21,874	11,374	8.5	0	8.5	0	0	0			
124	5	9,000	119.3	78.7	263.5	7500	20,050	12,550	8.8	0	8.8	0	0	0			
125	0	3	17,000	242.6	69.9	249.0	3750	29,234	25,484	11.6	0	11.6	0	0			
126	0	3	16,500	386.1	35.8	210.6	3750	42,116	38,366	13.4	0	13.4	0	0			
127	4	5	26,000	798.5	29.4	225.6	3750	64,307	60,557	15.0	1	14.0	17,966	0	0		
128			3,486,814	26,970	57,729	713,250						2,664,077	5	3			

Sotiris:  
=SUMIF(T8:T127,0,M8:M127)

Sotiris:  
=MAX((O127-VLOOKUP(\$D\$4,table,3)),0)

Το πινακάκι το έκανα με τον γνωστό τρόπο κάνοντας copy-paste values σε κάθε περίπτωση ύψους φράγματος που μου δίνει αξιοπιστία >60%. Αυτά είναι τα 3 έργα που θα συγκρίνω οικονομοτεχνικά (λόγος B/C) και αυτά τα δεδομένα που χρειάζομαι για τους υπολογισμούς (βασικά μόνο τα κόστη και τις ετήσιες απολήψεις). Για μέσες ετήσιες τιμές μην ξεχνάτε να διαιρείτε με 100. Εγώ εδώ έχω 10 χρόνια.

ύψος φράγματος	κόστος έργου	αξιοπιστία							
13	3,486,814	23,182	48,269	678,000	619,700	2,702,760	9	4	6
14	3,486,814	26,970	57,729	713,250	674,400	2,664,077	5	3	7
15	3,486,814	31,357	68,207	742,500	737,500	2,629,960	1	1	9

## Σύντομες οδηγίες για το θέμα σας (pdf μόνο)

1. Θα πρέπει να έχει εξώφυλλο, περιεχόμενα και βιβλιογραφία-αναφορές. Σκεφτείτε το σαν μια επιστημονική εργασία και λιγότερο σαν φοιτητικό θέμα. ΘΑ ΣΤΕΙΛΕΤΕ ΕΝΑ PDF.
2. Για τη δομή του ακολουθείστε το πρότυπο ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΕΥΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΔΡΟ. Γενικά έχουμε μια **εισαγωγή** όπου εκθέτουμε τους στόχους της μελέτης, μια περιγραφή της **περιοχής μελέτης**, μια περιγραφή **μεθόδων και εργαλείων** (προγράμματα και δεδομένα που χρησιμοποιήσατε), τα **αποτελέσματα** σας, και τέλος –και πιο σημαντικό- **συμπεράσματα** καθώς και **σχόλια** και συζήτηση επί αυτών. Χάρτες κλπ μπορείτε να πάρετε από το Meleti thesewn.ppt.
3. Για το υδρολογικό πρόγραμμα δείτε λίγο το USGS Monthly Water-Balance Model.doc και δώστε μια πολύ γενική περιγραφή. Μπορείτε να βάλετε το σχήμα που αποδίδει τον αλγόριθμο υπολογισμού στο θέμα σας. Περιγράψτε απλά και το excell (όπως το καταλαβαίνετε).
4. Μην γράφετε λεπτομέρειες τεχνικού χαρακτήρα πχ πήρα το αρχείο τάδε το έκανα εισαγωγή στο τάδε και πήρα τις στήλες τάδε και τις έκανα copy-paste και τέτοια. Μείνετε στα ουσιώδη, χωρίς όμως να είστε υπερβολικά λακωνικοί ή να παραλείπετε κάτι. Π.χ *οι συνθετικές χρονοσειρές θερμοκρασίας και βροχόπτωσης που δημιουργήσαμε με αυτό τον τρόπο χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα εισόδου στο υδρολογικό πρόγραμμα....*
5. Μη το παρακάνετε στο copy-paste. Δοκιμάστε να τα πείτε με δικά σας λόγια, και ΠΟΤΕ μη γράφετε πράγματα που δεν καταλαβαίνετε.
6. Όπως καταλαβαίνετε, για τη βαθμολογία του θέματός σας σημαντική θα είναι η ανταπόκρισή σας στα ερωτήματα που τέθηκαν παραπάνω καθώς και η γενική του εμφάνιση, το layout.

# ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

επιτόκιο δανεισμού	6.00%	
ωφέλιμη ζωή έργων	50	έτη
Συντελεστής μετατροπής	15.762	Present worth of an annuity factor (A->P) - συντελεστής προεξόφλησης
Συντελεστής μετατροπής	0.063	Uniform series capital recovery factor (P->A) - συντελεστής εξόφλησης κεφαλαίου
όφελος Νερού	1	€/m <sup>3</sup>
Κόστος συντήρησης - λειτουργίας:	1% του κατασκευαστικού ετησίως	

## ΟΦΕΛΟΣ

## ΚΟΣΤΟΣ

## ωφελιμότητα

Ύψος φράγματος (αξιοπιστία >75% για απόληψη 75 χιλ.κυβικών/έτος)	ΟΦΕΛΟΣ			ΚΟΣΤΟΣ			ωφελιμότητα		
	Ωφέλιμη Απόληψη	Οφελος νερού	Παρούσα Αξία	Κατασκευα- στικό	Συντήρησης - Λειτουργίας	Συνολική Παρούσα αξία	Κόστος νερού	B/C	B-C
	m <sup>3</sup> /έτος	χιλ.€/έτος	χιλ.€	χιλ.€	χιλ.€/έτος	χιλ.€	€/m <sup>3</sup>		χιλ.€
<b>15μ</b>	74,250	74,250	1,170,318	737,500	7,375	853,744	0.729	1.37	316,574
<b>14μ</b>	71,325	71,325	1,124,215	674,400	6,744	780,698	0.69	1.44	343,517
<b>13μ</b>	67,800	67,800	1,068,654	619,700	6,197	717,376	0.67	1.49	351,278