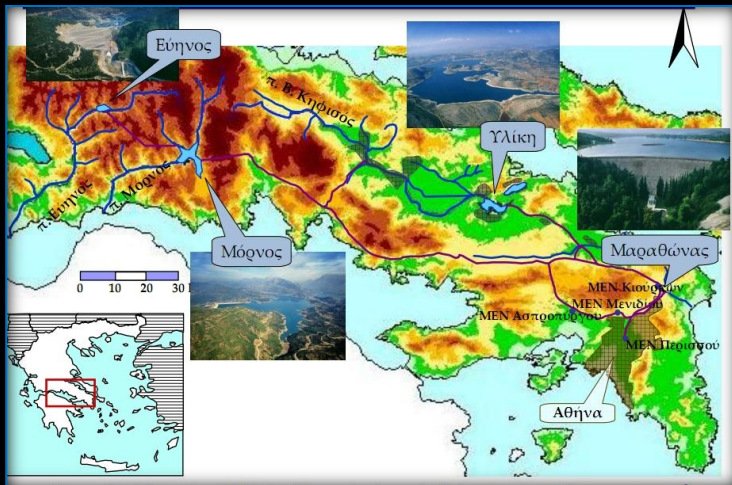




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑΣ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ



Αντώνιος Ν. Φραντζής

Επιβλέπων: Δ. Κουτσογιάννης,
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2010

1. Ενέργεια και υδροσυστήματα
2. Περιγραφή υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας
3. Διαχείριση του υδροσυστήματος
4. Οικονομικές και ενεργειακές παράμετροι της διαχείρισης
5. Μεθοδολογία
6. Αποτελέσματα
7. Συμπεράσματα

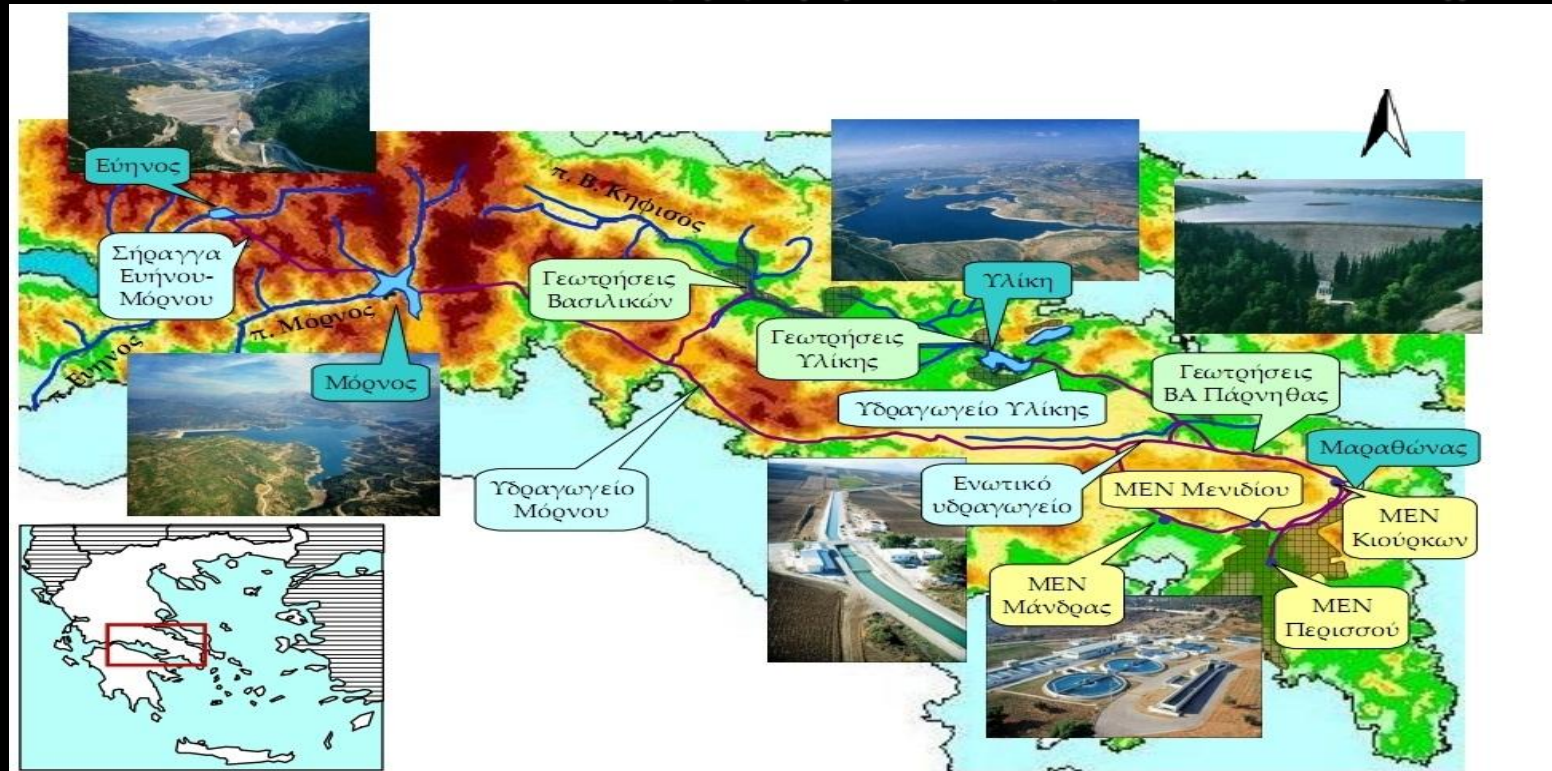
- Τα συστήματα παροχής νερού καταναλώνουν το 2%-3% της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται (ENERGAIA, 2004).
- Το 90%-95% της ενέργειας αυτής καταναλώνεται για άντληση (γεωτρήσεις, αντλιοστάσια, επεξεργασία νερού) (Bunn, 2009).

Εισάγεται η έννοια της *ενεργειακής αποδοτικότητας (energy efficiency)*

Αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας πετυχαίνω όταν (EIA, 1995):

- μειώνω την απαιτούμενη ενέργεια για δεδομένο επίπεδο εξυπηρέτησης ή
- αυξάνω το επίπεδο εξυπηρέτησης για την ίδια κατανάλωση ενέργειας

Περιγραφή του υδροδοτικού συστήματος (1)



4000 km²

4 ταμιευτήρες

350 km κύριων αγωγών

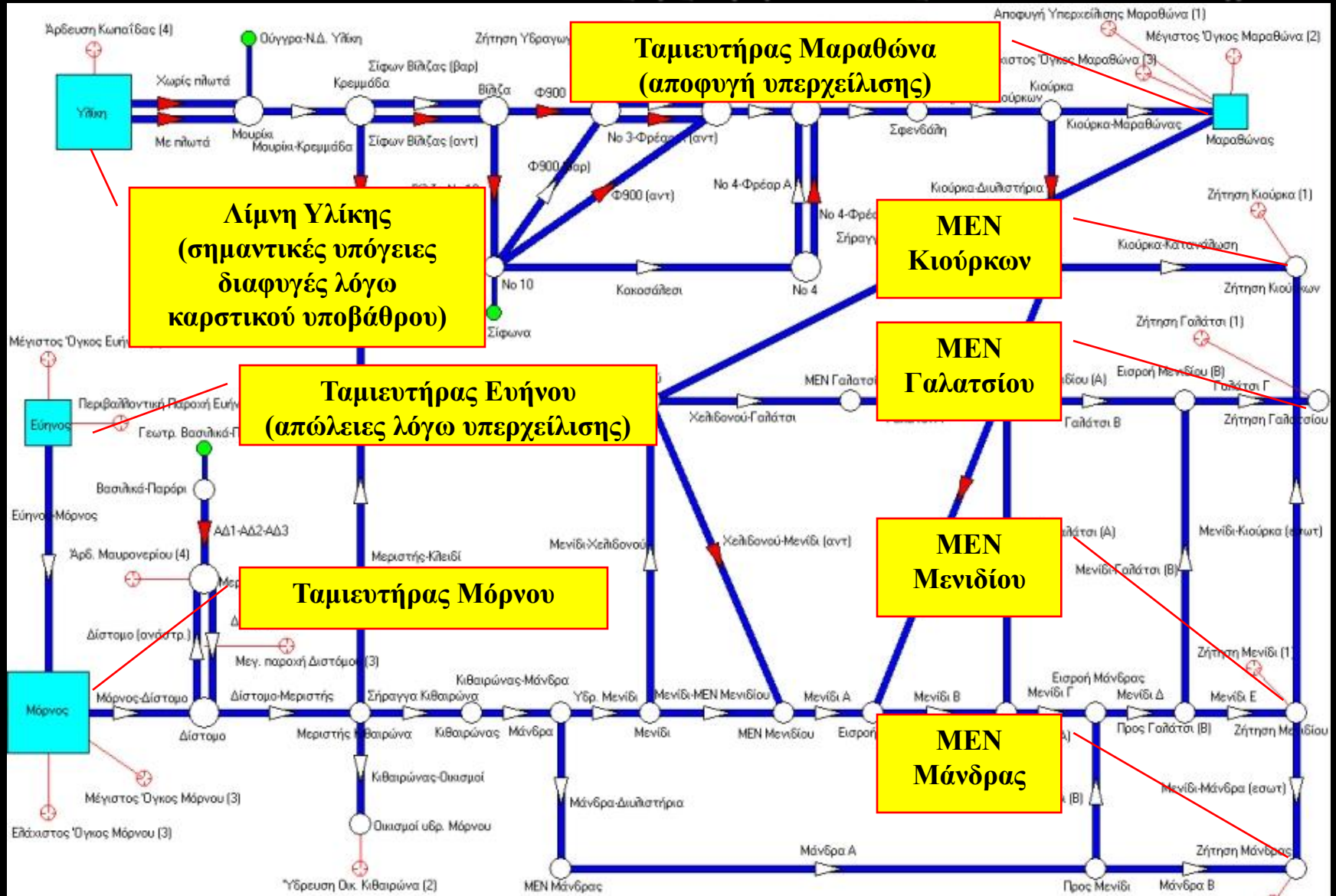
15 αντλιοστάσια

100 γεωτρήσεις

4 Μονάδες Επεξεργασίας Νερού

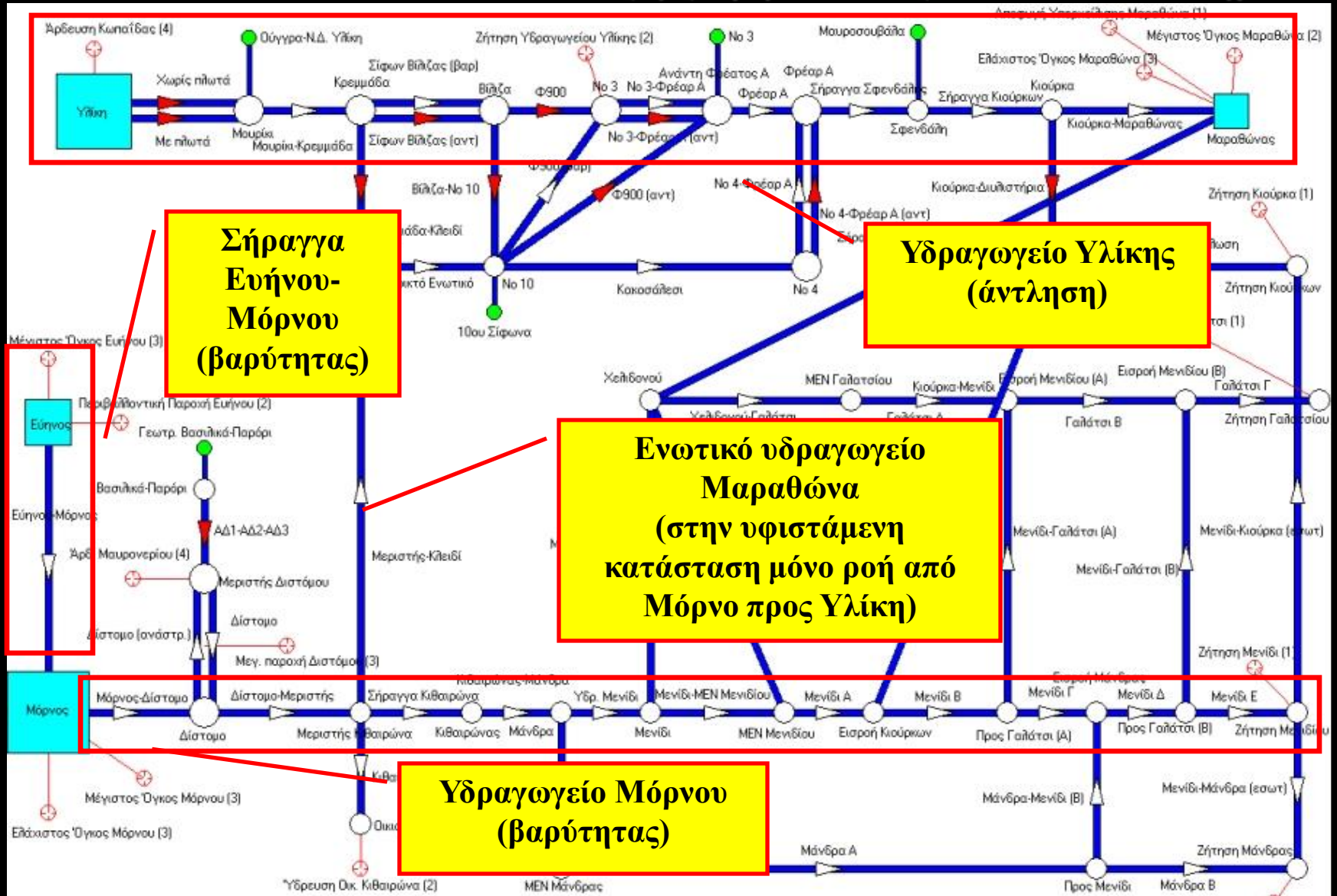
- Χρήση επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, διαφορετικοί χώροι ταμίευσης, εναλλακτικές διαδρομές μεταφοράς νερού από πηγές προς ΜΕΝ
- Εγκατεστημένη ισχύς αντλιοστασίων ~120000 Hp
- 6,68x10⁶ € για άντληση νερού (υδραγωγείο Υλίκης, γεωτρήσεις) την περίοδο 2001-02 (Νασίκας, 2003)

Περιγραφή του υδροδοτικού συστήματος (2)

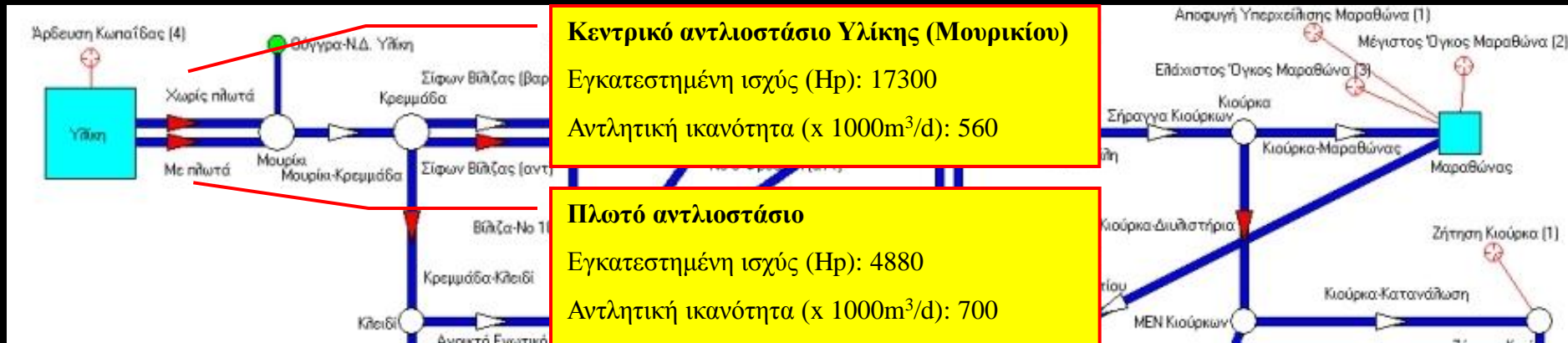


Σχηματική απεικόνιση του υδροσυστήματος στο γραφικό περιβάλλον του Υδρονομέα

Περιγραφή του υδροδοτικού συστήματος (3)



Σχηματική απεικόνιση του υδροσυστήματος στο γραφικό περιβάλλον του Υδρονομέα

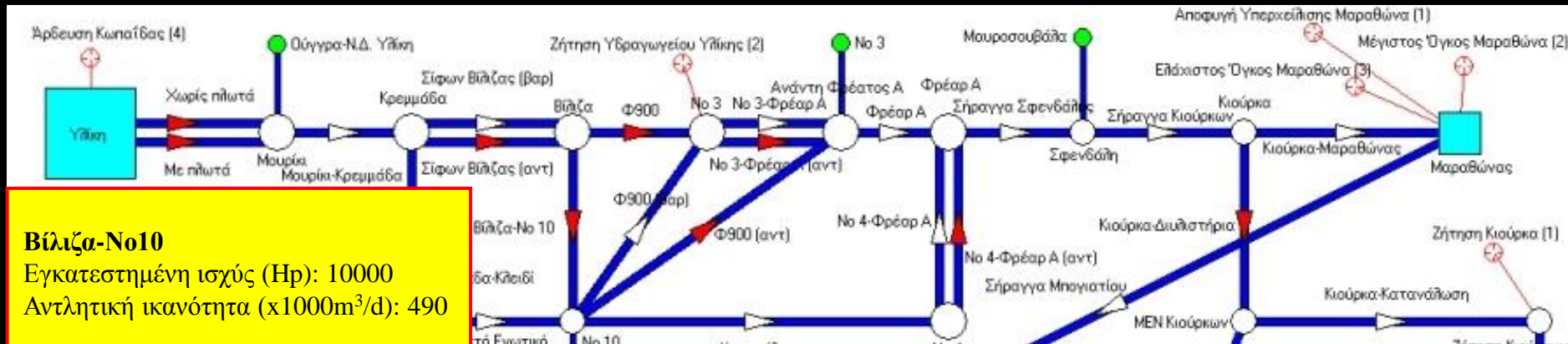


Κεντρικό αντλιοστάσιο Μουρικίου

- Λειτουργεί για στάθμες της λίμνης 71.0-78.5 m
- Το αντλιοστάσιο της Υλίκης χρησιμοποιείται και για τη μεταφορά του νερού των γεωτρήσεων Ούγγρων & Ν.Δ. Υλίκης προς το υδραγωγείο Υλίκης.

Πλωτό αντλιοστάσιο

- Λειτουργεί για στάθμες 44.0-71.0 m σε τέσσερις θέσεις οι οποίες συνδέονται με μικρή λίμνη στην υδροληψία του κεντρικού αντλιοστασίου και διατηρούν τη στάθμη της πάνω από τα 71.0 m, ώστε να λειτουργεί το κεντρικό αντλιοστάσιο.



Βίλιζα-No10

Εγκατεστημένη ισχύς (Hp): 10000

Αντλητική ικανότητα (x1000m³/d): 490

Ωθητικά αντλιοστάσια (booster) στο υδραγωγείο Υλίκης

Σίφων Βίλιζας (αντ)

No3-Φρέαρ Α (αντ)

No4-Φρέαρ Α (αντ)

Φ900 (αντ)

- Αύξηση της παροχετευτικότητας ενός τμήματος του δικτύου με τη χρήση αντλιοστασίων
- Υψηλή ενεργειακή κατανάλωση

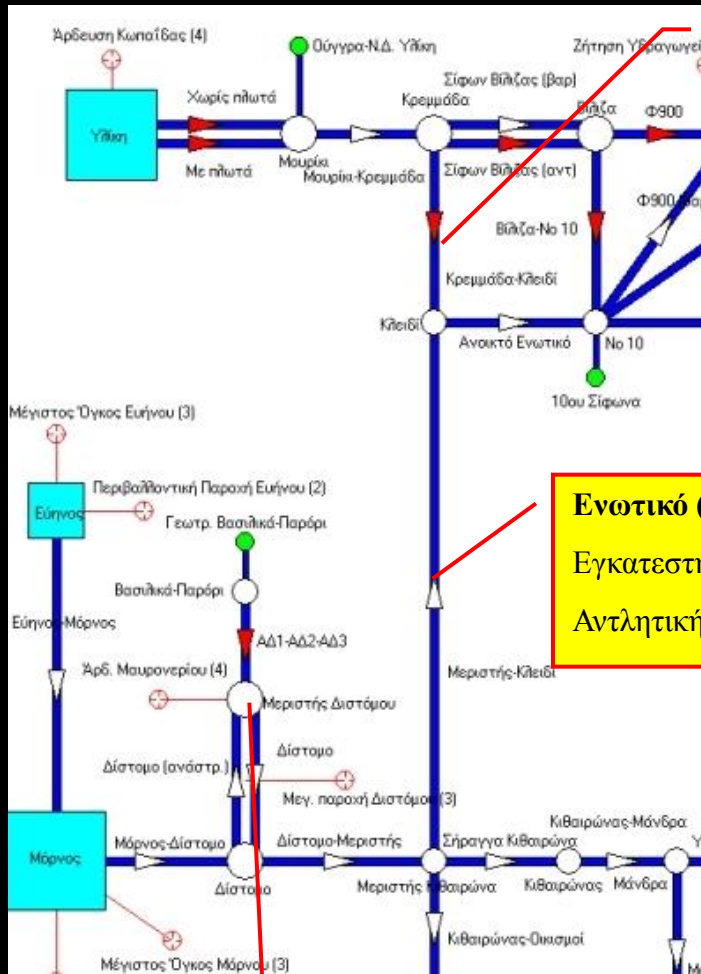
Αντλιοστάσιο Βίλιζας

Αντλιοστάσιο Κιούρκων (αδιύλιστο)

άντληση νερού Υλίκης προς Μαραθώνα

άντληση (αδιύλιστου) νερού Υλίκης προς ΜΕΝ Κιούρκων

Αντλιοστάσια (3)



Κρεμμάδα-Κλειδί

Εγκατεστημένη ισχύς (Hp): 9840

Αντλητική ικανότητα ($\times 1000\text{m}^3/\text{d}$): 310

μεταφορά του νερού από την Υλίκη προς το υδραγωγείο Μόρνου

Ενωτικό (ανάστροφη λειτουργία)

Εγκατεστημένη ισχύς (Hp):

Αντλητική ικανότητα ($\times 1000\text{m}^3/\text{d}$):

τροφοδοσία του υδραγωγείου Μόρνου από το αντίστοιχο της Υλίκης ($4.2 \text{ m}^3/\text{s}$)

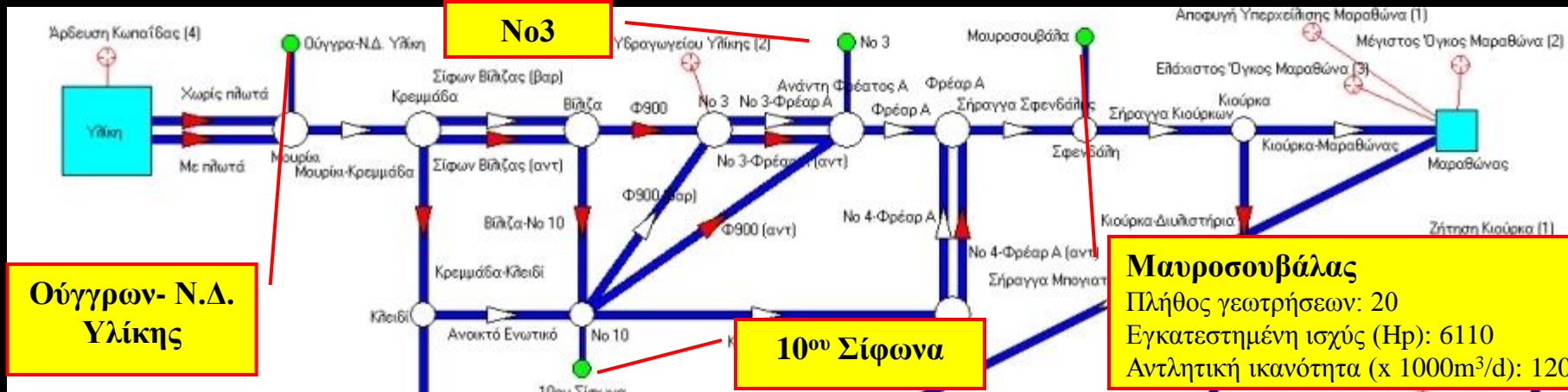
Αντλιοστάσια Διστόμου

Εγκατεστημένη ισχύς (Hp): 7700

Αντλητική ικανότητα ($\times 1000\text{m}^3/\text{d}$): 210

μέσω τριπλής άντλησης μεταφέρουν το νερό από τις γεωτρήσεις Βασιλικών–Παρορίου προς το υδραγωγείο του Μόρνου

Γεωτρήσεις (1)



**Ούγγρων- Ν.Δ.
Υλίκης**

10^{ου} Σίφωνα

Μαυροσουβάλας
Πλήθος γεωτρήσεων: 20
Εγκατεστημένη ισχύς (Hp): 6110
Αντλητική ικανότητα (x 1000m³/d): 120

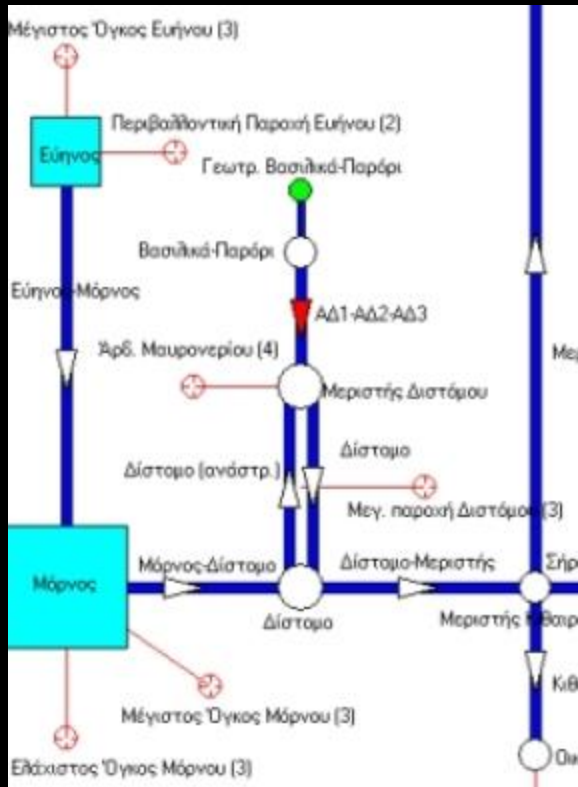
Γεωτρήσεις Υλίκης

Οι γεωτρήσεις Ούγγρων, Ν.Δ. Υλίκης χρησιμοποιούνται για την τροφοδοσία της τεχνητής λίμνης της Υλίκης.

Γεωτρήσεις Β.Α. Πάρνηθας

Στην περιοχή της Β.Α. Πάρνηθας ανήκουν οι γεωτρήσεις

- No3, 10^{ου} Σίφωνα, και Μαυροσουβάλας
- Οι γεωτρήσεις Μαυροσουβάλας είναι οι μόνες γεωτρήσεις σημαντικής παροχετευτικότητας (σημαντική εγκατεστημένη ισχύς και αντλητική ικανότητα) κοντά στα διυλιστήρια



Οι γεωτρήσεις Βασιλικών-Παρορίου (μέσου ρου Β.Κηφισού):

- έχουν τη δυνατότητα να τροφοδοτήσουν το κανάλι του Μόρνου μέσω του υδραγωγείου Διστόμου με σημαντικές ποσότητες νερού καλής ποιότητας από καρστικό υδροφόρα
- η χρήση τους είναι οικονομικά ασύμφορη λόγω υψηλού ενεργειακού κόστους γιατί διοχετεύονται στο δίκτυο μέσω τριπλής άντλησης
- η χρήση τους είναι αμφίβολη λόγω αντιδράσεων καλλιεργητών και τοπικών παραγόντων για περιορισμό της λειτουργίας τους
- σύμφωνα με τις διαχειριστικές μελέτες η χρήση τους είναι καθοριστική για την αξιοπιστία του συστήματος

Βασιλικά-Παρόρι

Πλήθος γεωτρήσεων: 16

Εγκατεστημένη ισχύς (Hp): 4500

Αντλητική ικανότητα ($\times 1000\text{m}^3/\text{d}$): 100

Διαχείριση υδροσυστήματος

- Κύριος στόχος του συστήματος η κάλυψη της ζήτησης στη μείζονα περιοχή της Αθήνας με πολύ υψηλό επίπεδο αξιοπιστίας (99%) και με το ελάχιστο δυνατό κόστος.
- Οι γεωτρήσεις χρησιμοποιούνται ως εφεδρικοί πόροι.
- Φορέας διαχείρισης είναι η ΕΥΔΑΠ Α.Ε., που λειτουργεί με ιδιωτικοοικονομικά κριτήρια από το 2000 (Νόμος 2744/1999) οπότε και εισήχθη στο ΧΑΑ.
- Για τη διαχείριση, λειτουργία και συντήρηση των παγίων της εταιρείας ιδρύθηκε η Εταιρεία Παγίων ΕΥΔΑΠ (ΝΠΔΔ).
- Η ΕΥΔΑΠ από το 2000 έχει υιοθετήσει ένα ολοκληρωμένο ΣΥΑ για τη βέλτιστη διαχείριση του υδροσυστήματος της Αθήνας
- Πυρήνας του ΣΥΑ είναι το λογισμικό Υδρονομέας, ένα σύστημα υποστήριξης της διαχείρισης των υδατικών πόρων που περιλαμβάνει το μοντέλο προσομοίωσης και βελτιστοποίησης του υδροσυστήματος και ενσωματώνει οικονομικά και ενεργειακά κριτήρια ανάλυσης.
- Η βελτιστοποίηση της διαχείρισης του εξωτερικού υδραγωγείου αποσκοπεί στην εξοικονόμηση ενέργειας από τη μείωση των απαιτούμενων αντλήσεων (αντλιοστάσια, γεωτρήσεις).
- Το συνολικό λειτουργικό κόστος του συστήματος αποτιμάται σε όρους μέσης ενεργειακής κατανάλωσης σε ετήσια βάση.

Οικονομικές & ενεργειακές παράμετροι της διαχείρισης (1)

Το κόστος άντλησης

- ενσωματώνεται μέσω της ειδικής ενέργειας (specific energy), η οποία εκφράζεται σε kWh/m³ για τις γεωτρήσεις και σε GWh/hm⁴ για τα αντλιοστάσια.
- έχει υπολογιστεί με βάση τα ιστορικά μηνιαία δεδομένα κατανάλωσης ενέργειας (σε kWh) της ΕΥΔΑΠ και τις αντίστοιχες ποσότητες νερού που αντλήθηκαν (σε hm³).

Pump

Main Energy

Head [m]	Psi [GWh/hm ⁴]
100.00	0.3100

Initial

OK

Borehole

Main

Name Γεωτρ. Τοξιάρχες

Node Τοξιάρχες

Max. discharge 0.537 m³/s

Usage thresholds

Upper threshold 0.2

Lower threshold 0.1

Specific energy 0.85 kWh/m³

OK Cancel

Για τα υδραγωγεία

- το **κόστος ενεργοποίησης** θεωρείται μηδενικό
- το **κόστος μεταφοράς** εκφράζεται σε χρηματικές μονάδες ανά m³ και θεωρείται μηδενικό για αγωγούς βαρύτητας
- στην περίπτωση που η παροχетеυτικότητα αυξάνεται με τη χρήση αντλιοστασίου, τότε για τον κλάδο του αντλιοστασίου το κόστος (σε μονάδες ειδικής ενέργειας) προσαυξάνεται τεχνητά, έτσι ώστε να αναφέρεται στο σύνολο της παροχής που διέρχεται από το υδραγωγείο

Aqueduct

Main Economy

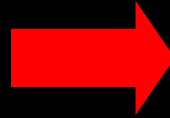
Activation cost 0 per simulation step

Transportation cost 0 per m³

OK Cancel

Οικονομικές & ενεργειακές παράμετροι της διαχείρισης (2)

Πολιτική λειτουργίας των γεωτρήσεων



Χρησιμοποιούν δύο παραμέτρους κατωφλίου οι οποίες εκφράζουν κρίσιμα όρια του ποσοστού πλήρωσης των ταμιευτήρων.

Η λειτουργία κάθε γεώτρησης βασίζεται στον εξής κανόνα (Ευστρατιάδης, 2009):

- Αν το ποσοστό υπερβαίνει το άνω όριο (*upper threshold*), τότε απαγορεύεται η χρήση της συγκεκριμένης ομάδας
- Αν το ποσοστό είναι μικρότερο από το κάτω όριο (*lower threshold*), τότε επιβάλλεται η χρήση της συγκεκριμένης ομάδας γεωτρήσεων ανεξαρτήτως κόστους
- Σε ενδιάμεσες τιμές η ομάδα γεωτρήσεων ενεργοποιείται ή όχι με βάση οικονομικά κριτήρια

The screenshot shows a 'Borehole' dialog box with the following fields and values:

- Name: Μαυροσουβάλα
- Node: Σφενδάλη
- Max. discharge: 1.41 m³/s
- Usage thresholds (highlighted in red):
 - Upper threshold: 0.4
 - Lower threshold: 0.25
- Specific energy: 1.53 kWh/m³

Buttons: OK, Cancel


ΣΕΝΑΡΙΟ B1

Υφιστάμενη κατάσταση του δικτύου, χωρίς αμφίδρομη λειτουργία του ενωτικού υδραγωγείου και συνολικό ποσοστό διαρροών της τάξης του 13%. 

ΣΕΝΑΡΙΟ B2

Ρεαλιστική μεσοπρόθεσμη κατάσταση με μείωση των διαρροών κατά 50% στους αντίστοιχους κλάδους αλλά χωρίς λειτουργία ενωτικού υδραγωγείου. 

ΣΕΝΑΡΙΟ B3

Υποθετική μελλοντική κατάσταση με αμφίδρομη λειτουργία του ενωτικού, περιορισμό διαρροών κατά 50% στους αντίστοιχους κλάδους και ολοκλήρωση έργων αναβάθμισης του δικτύου (έργα συγχρηματοδοτούμενα από το Ταμείο Συνοχής). 

☞ Τα σενάρια αυτά αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο του σχεδίου διαχείρισης (Ευστρατιάδης κ.ά., 2009) για τη θεωρητική διερεύνηση του ασφαλούς υδατικού δυναμικού και της μακροχρόνιας διαχειριστικής πολιτικής του συστήματος.

☞ Στα σενάρια ισχύουν όλοι οι φυσικοί περιορισμοί του υδροσυστήματος (παροχτευτικότητες υδραγωγείων και δυναμικότητες αντλιοστασίων)


Διαμόρφωση σεναρίων-Ανάλυση ευαισθησίας

- Αύξηση της αποδοτικότητας του συστήματος κατά 25%, 50%, 75% και 100%
- Μείωση της αποδοτικότητας του συστήματος κατά 25%, 50%, 75%

Δημιουργήθηκαν τελικά 21 σενάρια



Παρατηρήσεις:

- ✓ Η αποδοτικότητα εκφράζεται μέσω της ειδικής ενέργειας των συνιστωσών
- ✓ Μεταβολή της αποδοτικότητας  Μεταβολή της ειδικής ενέργειας κατά το ίδιο ποσοστό για όλες τις συνιστώσες

**Αύξηση
αποδοτικότητας**

Αντικατάσταση μη αποδοτικών κινητήρων, βελτιστοποίηση συστήματος άντλησης

**Μείωση
αποδοτικότητας**

Μη αποδοτική λειτουργία κινητήρων, ελλιπής συντήρηση, φθορά

- **Προσομοίωση μόνιμης κατάστασης (steady-state)**

Τα δεδομένα (παροχτετευτικότητα, έργα) του συστήματος θεωρούνται σταθερά και ανεξάρτητα του χρόνου.

Η λειτουργία του συστήματος δεν επηρεάζεται από το αρχικό καθεστώς υδροφορίας των αποθεμάτων.

- **Υδρολογικά σενάρια**

Χρήση συνθετικών χρονοσειρών 2000 ετών που αναπαράγουν το κρίσιμο φαινόμενο της εμμονής.

- **Πολιτική λειτουργίας των γεωτρήσεων**

Μετριοπαθής, οικονομική και βιώσιμη πολιτική διαχείρισης των γεωτρήσεων (άνω όριο: 40%-όριο διακοπής λειτουργίας και κάτω όριο: 25%-ενεργοποίηση κατά προτεραιότητα)

- **Κριτήρια προς βελτιστοποίηση**

Ετήσια πιθανότητα αστοχίας του στόχου ζήτησης (αξιοπιστία 99%)

Μέση κατανάλωση ενέργειας από καταθλιπτικούς αγωγούς και γεωτρήσεις

Μέση πιθανότητα ενεργοποίησης

Θεωρούμε:

- ότι ένα αντλιοστάσιο ενεργοποιείται εφόσον η κατανάλωση ενέργειας στο μηνιαίο χρονικό βήμα προσομοίωσης είναι μη μηδενική.
- ότι η ενεργοποίηση μιας συνιστώσας περιγράφεται από τη μέση πιθανότητα ενεργοποίησης, η οποία ορίζεται ως ο λόγος των μηνών όπου η ενεργειακή κατανάλωση είναι μη μηδενική προς τον αριθμό των μηνών της προσομοίωσης

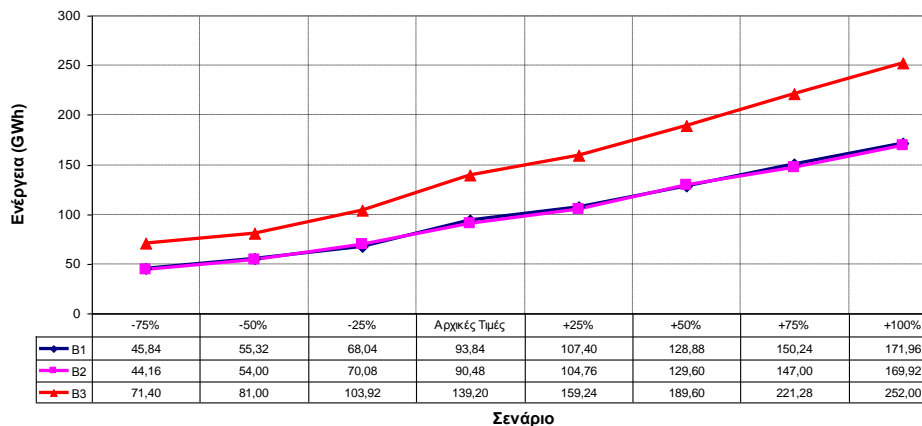
Reservoirs	Nodes	Conduits	Energy	
	Specific energy	Discharge	Energy consumption	Energy production
TURBINES				
SUB TOTAL		0.00		0.00
PUMPING STATIONS				
Κρεμμάδα-Κλειδί	0.55 (0.00)	3.85 (4.59)	2.12 (2.53)	
Βιλιζα-Νο 10	0.39 (0.00)	3.70 (3.52)	1.44 (1.37)	
Κιούρκα-Διυλιστήριο	1.88 (0.00)	5.78 (1.69)	0.43 (0.13)	
Κιούρκα-Μενίδι	0.34 (0.00)	1.58 (1.27)	0.54 (0.43)	
Νο 3-Φρέαρ Α (αντ)	2.60 (0.00)	0.02 (0.19)	0.06 (0.50)	
Νο 4-Φρέαρ Α (αντ)	0.71 (0.00)	0.10 (0.38)	0.07 (0.27)	
Σίφων Βιλιζας (αντ)	0.60 (0.00)			
Φ900	0.39 (0.00)	0.23 (0.70)	0.09 (0.27)	
Φ900 (αντ)	2.63 (0.00)	0.01 (0.02)	0.01 (0.06)	
Χελιδονού-Μενίδι (αντ)	0.44 (0.00)	0.02 (0.35)	0.01 (0.15)	
Χωρίς πιλωτά	0.60 (0.00)	1.60 (4.27)	0.73 (1.93)	
Με πιλωτά	0.73 (0.00)	5.80 (7.77)	2.41 (3.29)	
ΑΔ1-ΑΔ2-ΑΔ3	1.63 (0.00)	0.62 (1.56)	1.01 (2.53)	
Ενωτικό (ανόστρ.)	0.63 (0.00)	3.79 (4.55)	2.37 (2.84)	
SUB TOTAL		27.10	11.28	
BOREHOLE GROUPS				
Ούγγρα-Ν.Δ. Υψηλή	0.65 (0.00)	1.51 (1.51)	0.38 (0.98)	
			0.18 (0.45)	
			0.21 (0.51)	
			1.03 (2.50)	
			0.16 (0.38)	
			0.04 (0.21)	
SUB TOTAL		2.04	2.00	
TOTAL		29.14	13.27	0.00

Μέσες μηνιαίες καταναλώσεις για αντλιοστάσια και γεωτρήσεις

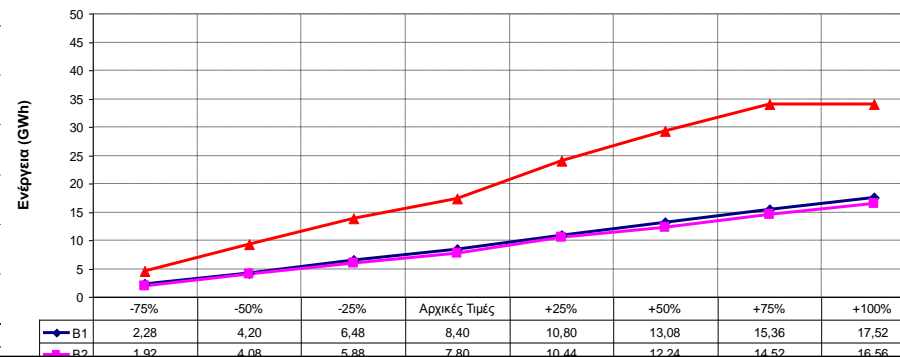
Υδρονομέας-Καρτέλα ενεργειακού ισοζυγίου

Αποτελέσματα-Μέση κατανάλωση ενέργειας

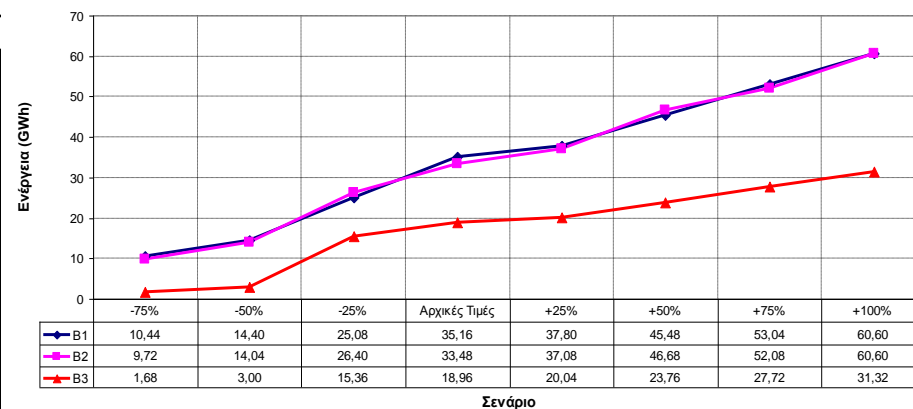
Μέση κατανάλωση ενέργειας



Μέση κατανάλωση ενέργειας από γεωτρήσεις



Μέση κατανάλωση ενέργειας για τα αντλιοστάσια του υδραγωγείου Υλίκης



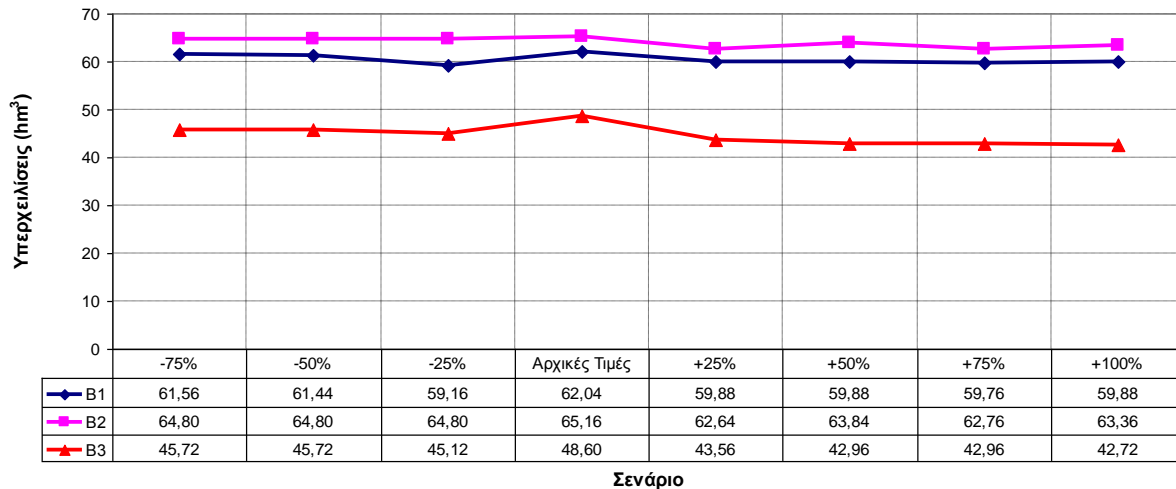
B3: Λειτουργία συστήματος με υψηλά επίπεδα αξιοπιστίας (99%)

Στο σενάριο B3:

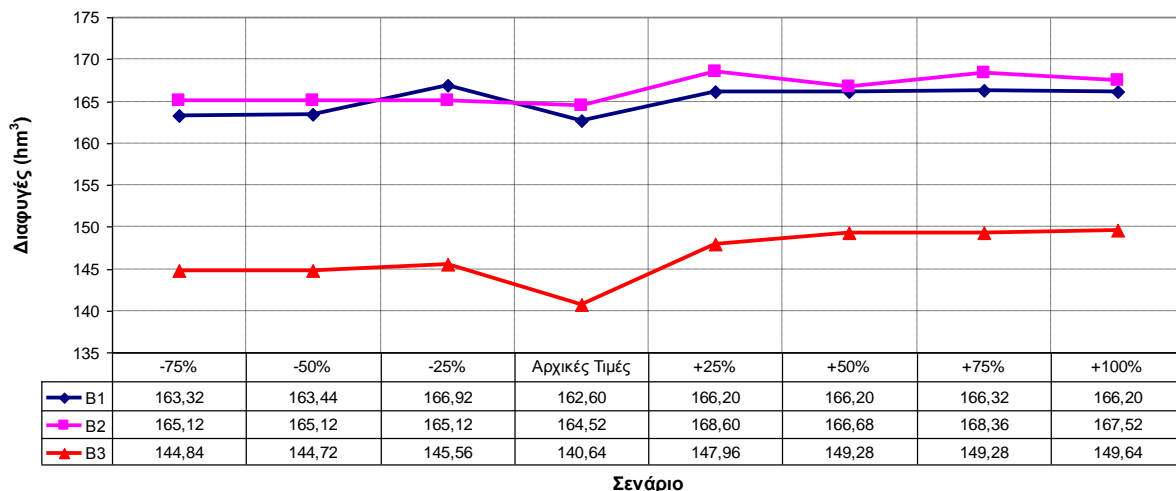
- ενεργοποιείται το αντλιοστάσιο του ενωτικού υδραγωγείου
- αυξάνεται η ενεργειακή κατανάλωση των γεωτρήσεων
- μειώνεται η ενεργειακή κατανάλωση στα αντλιοστάσια του υδραγωγείου Υλίκης
- αυξάνεται η μέση ενεργειακή κατανάλωση (με αύξηση της αξιοπιστίας του συστήματος)

Αποτελέσματα-Απώλειες Συστήματος

Μέσες απώλειες λόγω υπερχειλίσης

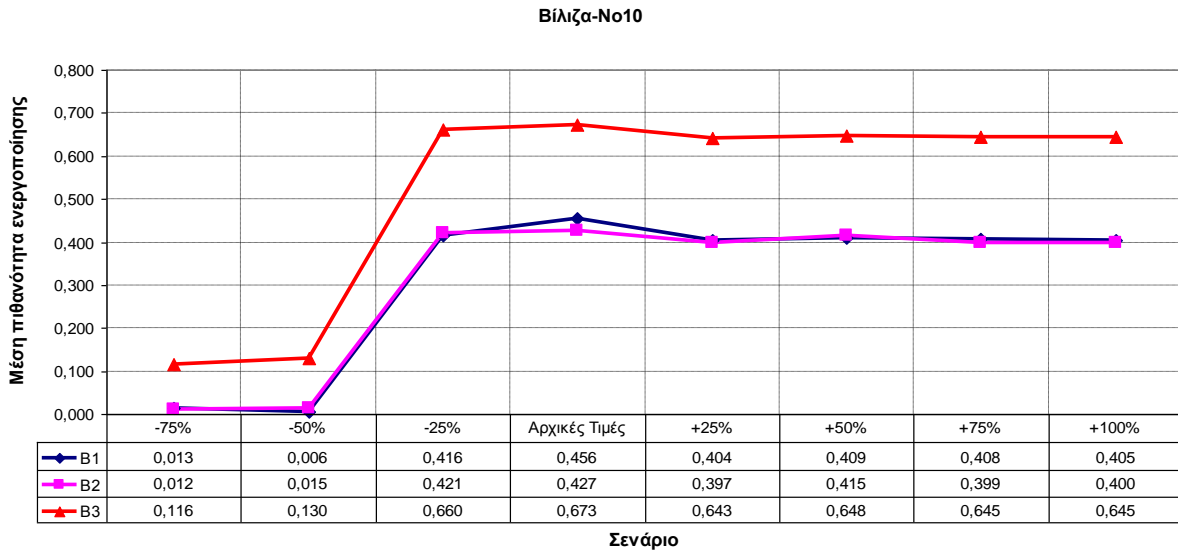


Μέσες απώλειες λόγω διαφυγών ταμιευτήρων



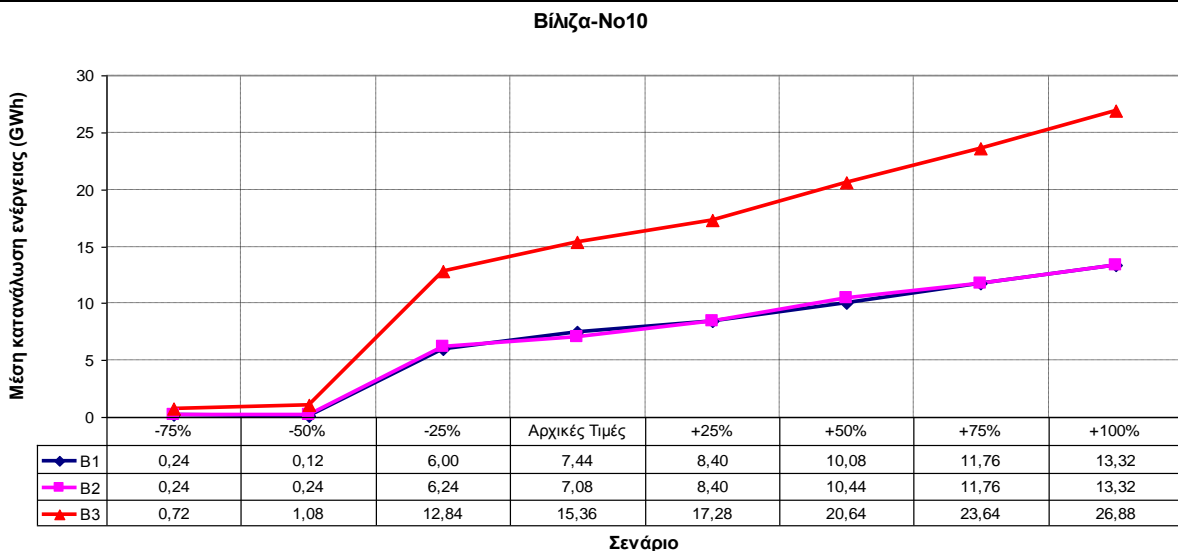
Μείωση απωλειών
συστήματος λόγω
υπερχειλίσεων και διαφυγών
από τους ταμιευτήρες

Αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας (1)



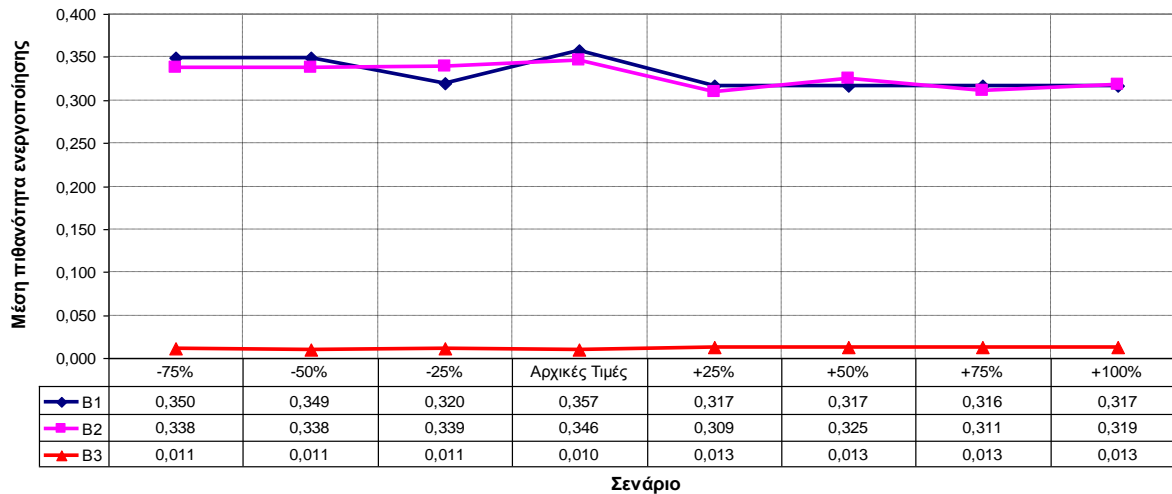
Αντλιοστάσιο Βίλιζας - Νο10

Στα σενάρια μείωσης της ειδικής ενέργειας σε ποσοστό >25%, σημαντική μείωση της πιθανότητας ενεργοποίησης με αντίστοιχη μείωση στην ενεργειακή κατανάλωση.



Αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας (2)

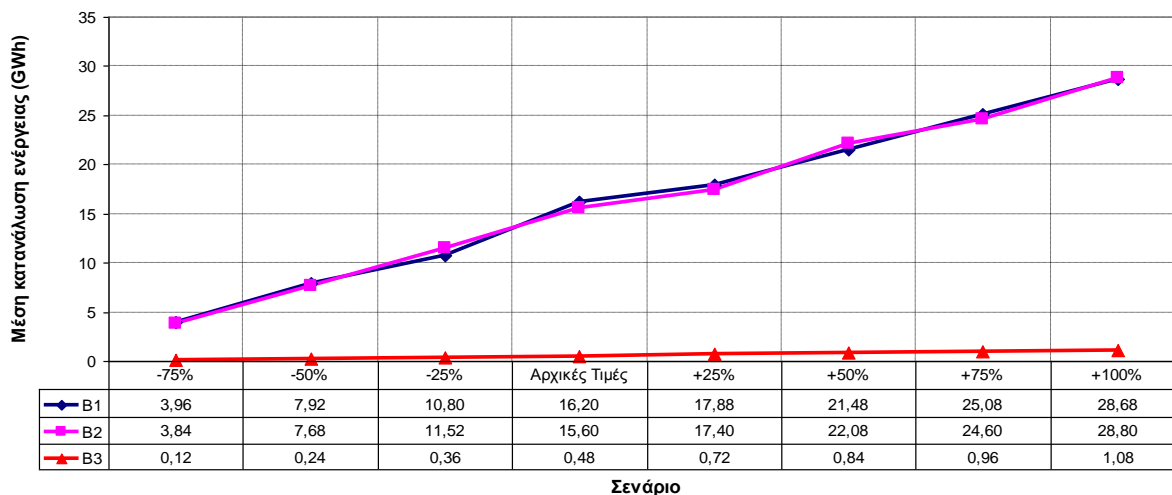
Νο3-Φρέαρ Α (αντ)



Νο3-Φρέαρ Α (αντ)

Μικρή ευαισθησία στις μεταβολές της ειδικής ενέργειας

Νο3-Φρέαρ Α (αντ)



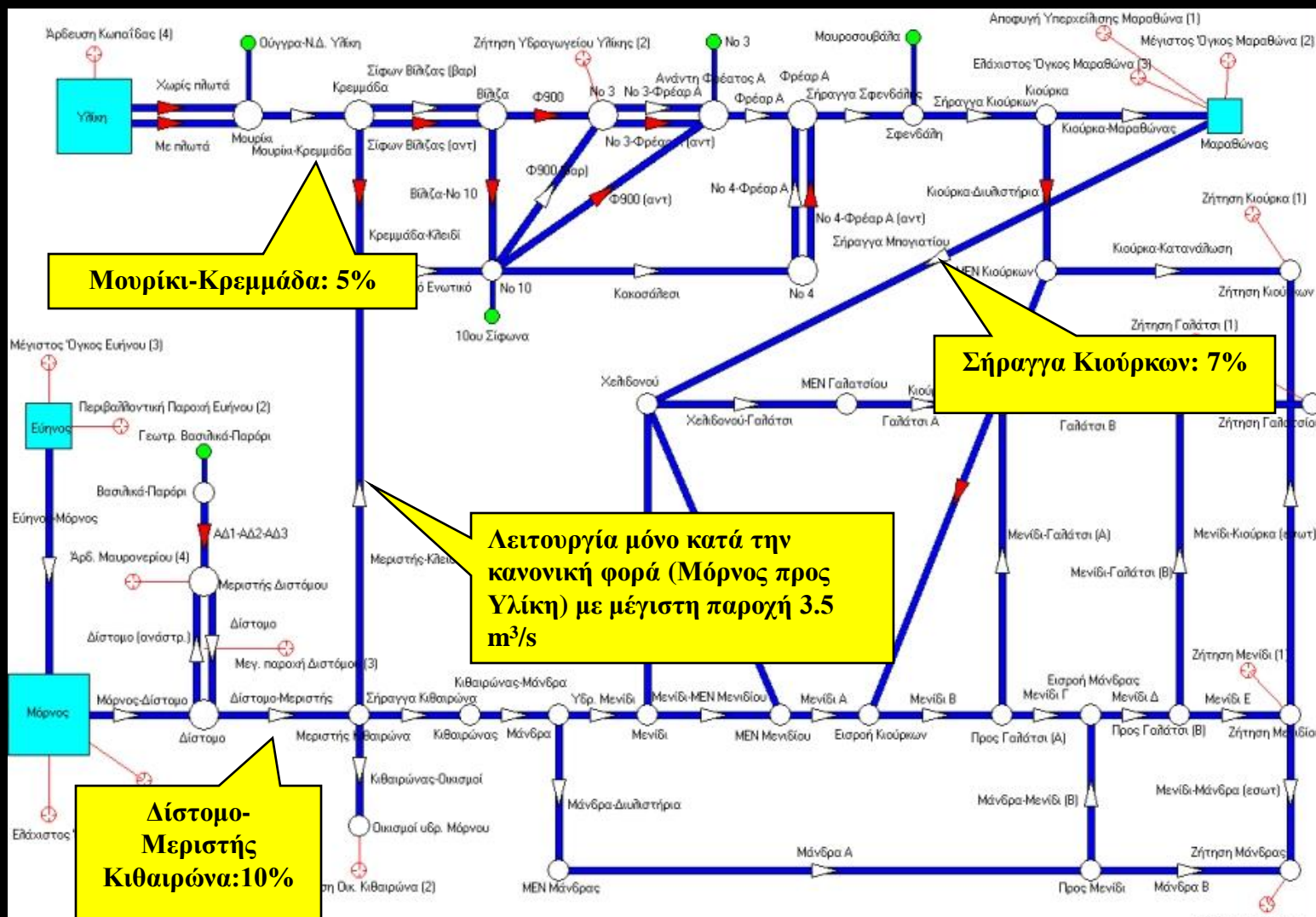
- ✓ Το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας χαρακτηρίζεται από υψηλή ενεργειακή κατανάλωση και αποτελεί ιδανικό πεδίο εφαρμογής μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας.
- ✓ Μεγαλύτερα ευαισθησία στη μείωση της ειδικής ενέργειας παρουσιάζουν τα αντλιοστάσια *Κρεμμάδα-Κλειδί, Βίλιζα-Νο 10, Κιούρκα-Μενίδι, Νο4-Φρέαρ Α (αντ)* που αποτελούν και σημαντικούς ενεργειακούς καταναλωτές του συστήματος.
- ✓ Στα σενάρια αύξησης της ειδικής ενέργειας, στα αντλιοστάσια παρατηρείται αρχικά μείωση της πιθανότητας ενεργοποίησης ως αντιστάθμισμα στην αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης.
- ✓ Για μεγαλύτερες αυξήσεις της ειδικής ενέργειας η πιθανότητα ενεργοποίησης παρουσιάζει ένα ελάχιστο όριο λειτουργίας απαραίτητο για την κάλυψη των στόχων.
- ✓ Για τις γεωτρήσεις προκύπτει μικρή ευαισθησία στις μεταβολές της ειδικής ενέργειας.
- ✓ Η ενεργειακή κατανάλωση στις περισσότερες περιπτώσεις ακολουθεί τις μεταβολές της ειδικής ενέργειας.
- ✓ Στο σενάριο B3 η ενεργειακή κατανάλωση μεταβάλλεται με μεγαλύτερο ρυθμό σε σχέση με τα σενάρια B1 και B2.

- ✓ Η μείωση των διαρροών που προβλέπεται στο σενάριο B2 θα συμβάλλει στην εξοικονόμηση μικρών μόνο ποσοτήτων ενέργειας.
- ✓ Η σημαντικότερη παρέμβαση στο σύστημα είναι η υλοποίηση των έργων που προβλέπονται στο σενάριο B3 και κυρίως η αποκατάσταση της αμφίδρομης λειτουργίας του ενωτικού υδραγωγείου.
- ✓ Στο σενάριο B3 εξοικονομούνται ~35.0 GWh σε ετήσια βάση από την περιορισμένη χρήση του υδραγωγείου της Υλίκης.
- ✓ Στο σενάριο B3 περιορίζονται οι απώλειες λόγω υπερχειλίσης και διαφυγών.
- ✓ Η αύξηση της συνολικής κατανάλωσης στο σενάριο B3 προκύπτει από την αυξημένη λειτουργία των γεωτρήσεων και των αντλιοστασίων στο τμήμα Κρεμμάδα-Μεριστής Κιθαιρώνα.
- ✓ Η αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης συνδυάζεται με αύξηση της αξιοπιστίας στα αποδεκτά επίπεδα του 99%.
- ✓ Αξιοποίηση των αποτελεσμάτων σε αναλύσεις κόστους-οφέλους για συγκριτική αξιολόγηση σεναρίων ενεργειακών επεμβάσεων στο σύστημα.

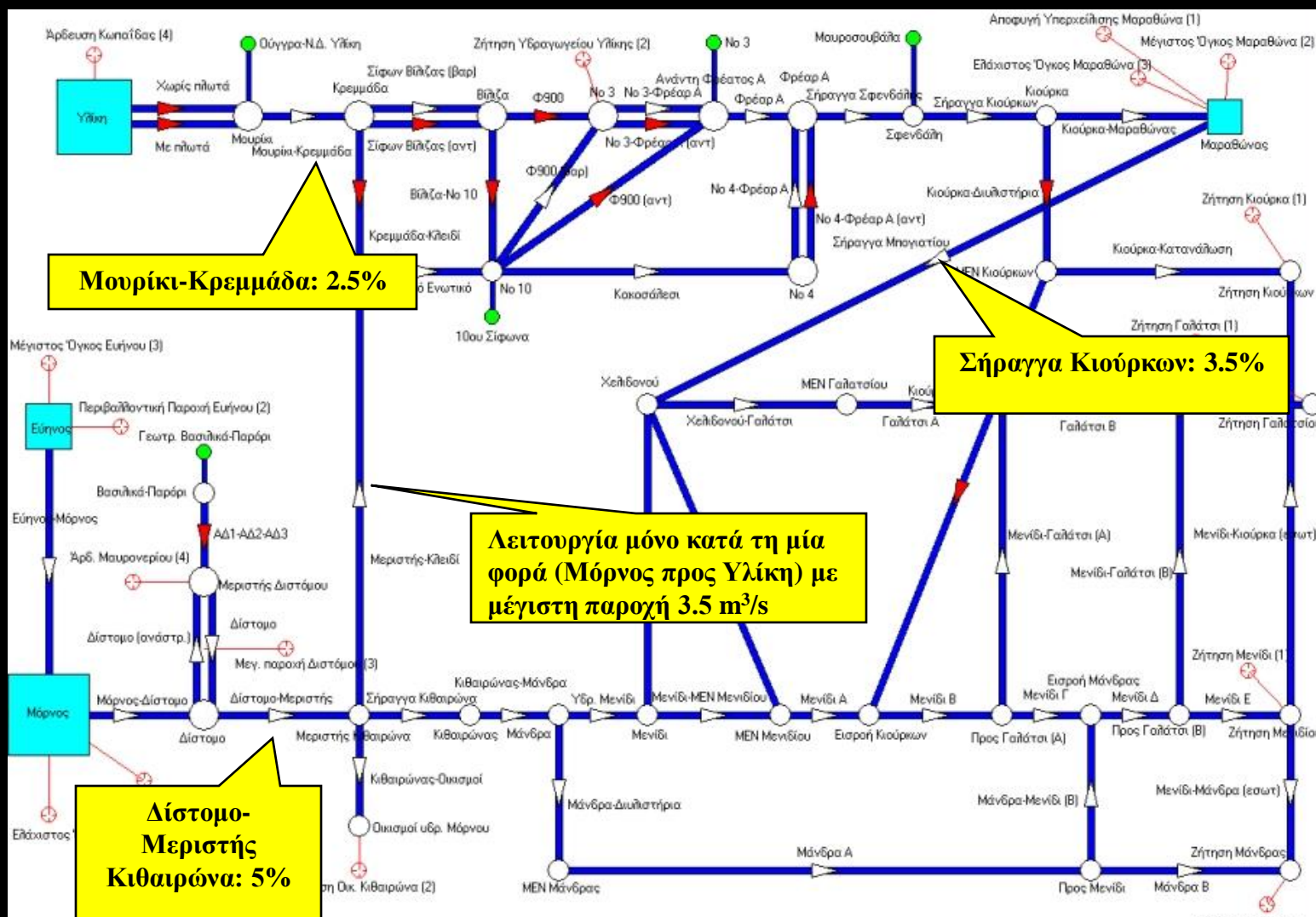
Βιβλιογραφικές αναφορές

- Ευστρατιάδης, Α., *Προσομοίωση και βελτιστοποίηση διαχείρισης υδροδοτικού συστήματος Αθήνας*, 26 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Νοέμβριος 2009 (Διαθέσιμο στο Διαδίκτυο στη διεύθυνση: <http://www.itia.ntua.gr/el/docinfo/885/>)
- Ευστρατιάδης, Α., Γ. Καραβοκυρός, και Ν. Μαμάσης, *Σχέδιο διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας - Έτος 2009, Συντήρηση, αναβάθμιση και επέκταση του Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων για την διαχείριση του υδροδοτικού συστήματος της ΕΥΔΑΠ*, Τεύχος 1, 116 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Απρίλιος 2009.
- Νασίκας Α., *Διαχείριση Εξωτερικού Υδροδοτικού Συστήματος της Αθήνας*, Λάρινακα, Μάρτιος 2003
- Bunn, S.M., *Operating pumps to maximize efficiency*, *Water-Journal of the Australian Water Association*, 36 (4), p 44-51, June, 2009 (Διαθέσιμο στο Διαδίκτυο στη διεύθυνση: <http://www.derceto.com/cms/lib/330.pdf>)
- Energy Information Administration, *Energy Consumption Series-Measuring Energy Efficiency in The United States Economy: A Beginning*, USA, October 1995 (Διαθέσιμο στο Διαδίκτυο στη διεύθυνση: <http://tonto.eia.doe.gov/ftproot/consumption/0555952.pdf>)
- Energy Management Agency of Gaia (ENERGAIA), *A new approach to Energy Management in Industry: The case for multi-municipal water supply systems*, Portugal, 2004 (Διαθέσιμο στο Διαδίκτυο στη διεύθυνση: <http://www.managenergy.net/products/R681.htm>)

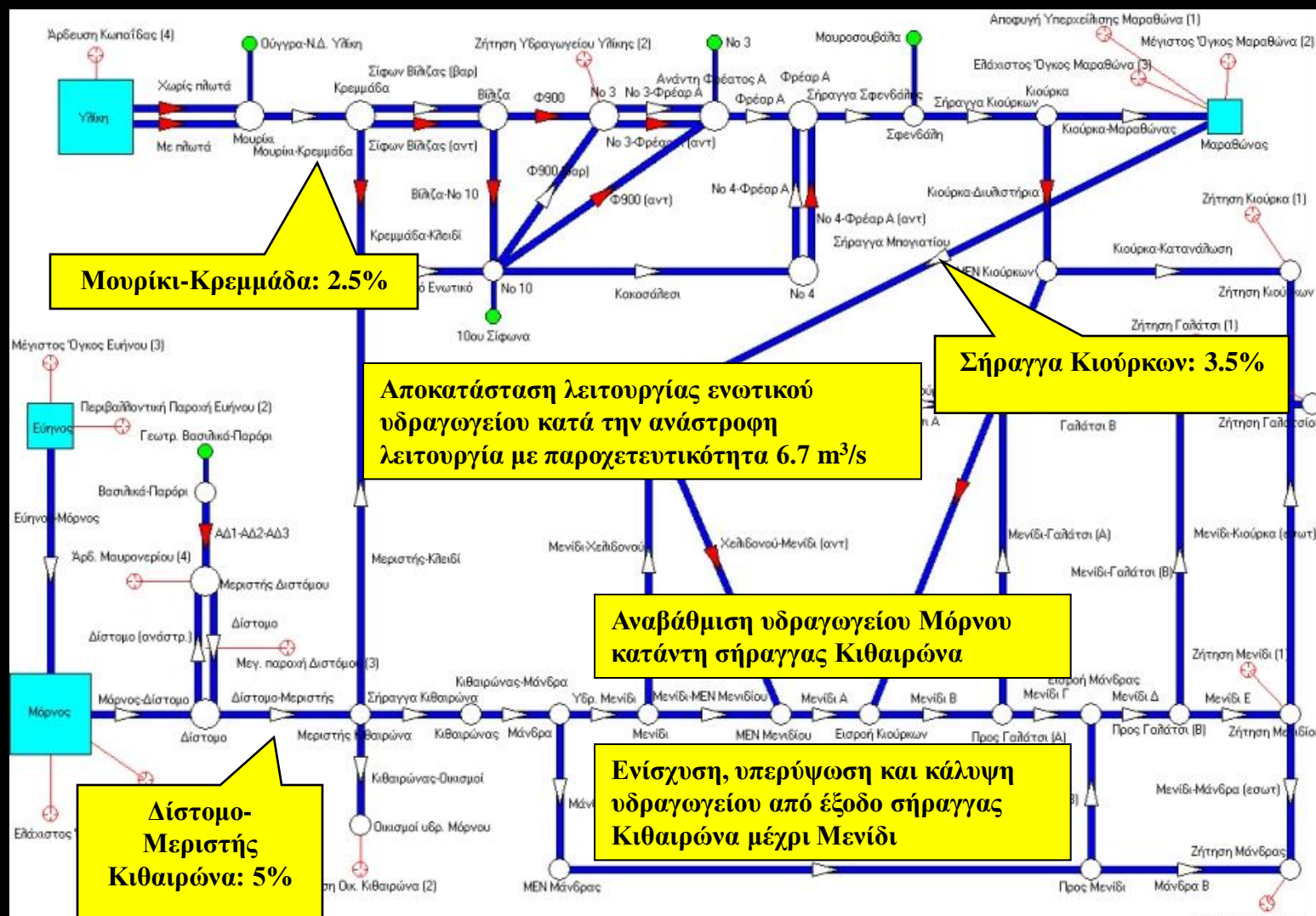
Ευχαριστώ για την προσοχή σας



Σχηματική απεικόνιση του υδросυστήματος στο γραφικό περιβάλλον του Υδρονομέα



Σχηματική απεικόνιση του υδросυστήματος στο γραφικό περιβάλλον του Υδρονομέα



Σχηματική απεικόνιση του υδροσυστήματος στο γραφικό περιβάλλον του Υδρονομέα

Ειδική ενέργεια των γεωτρήσεων (kWh/m³)

α/α	Γεωτρήσεις	Αρχικές τιμές	Μείωση 25%	Μείωση 50%	Μείωση 75%
1	Ούγγρα-Ν.Δ. Υλίκη	0,5200	0,3900	0,2600	0,1300
2	Βασιλικά-Παρόρι	0,2300	0,1725	0,1150	0,0575
3	No3	1,3000	0,9750	0,6500	0,3250
4	<u>Μαυροσουβάλα</u>	1,5300	1,1475	0,7650	0,3825
5	10 ^{ου} Σίφωνα	1,0500	0,7875	0,5250	0,2625
6	Ταξιάρχες	0,6800	0,5100	0,3400	0,1700

α/α	Γεωτρήσεις	Αρχικές τιμές	Αύξηση 25%	Αύξηση 50%	Αύξηση 75%	Αύξηση 100%
1	Ούγγρα-Ν.Δ. Υλίκη	0,5200	0,6500	0,7800	0,9100	1,0400
2	Βασιλικά-Παρόρι	0,2300	0,2875	0,3450	0,4025	0,4600
3	No3	1,3000	1,6250	1,9500	2,2725	2,6000
4	<u>Μαυροσουβάλα</u>	1,5300	1,9125	2,2950	2,6775	3,0600
5	10 ^{ου} Σίφωνα	1,0500	1,3125	1,5750	1,8375	2,1000
6	Ταξιάρχες	0,6800	0,8500	1,0200	1,1900	1,3600



Ειδική ενέργεια των αντλιοστασίων (GWh/hm⁴)

α/α	Αντλιοστάσιο	Αρχικές τιμές	Μείωση 25%	Μείωση 50%	Μείωση 75%
1	Κρεμμάδα-Κλειδί	0,4400	0,3300	0,2725	0,2725
2	Βύλιζα-Νο10	0,3100	0,2725	0,2725	0,2725
3	Κιούρκα-Διυλιστήριο	1,5000	1,1250	0,7500	0,3750
4	Κιούρκα-Μενίδι	0,2725	0,2725	0,2725	0,2725
5	Νο3-Φρέαρ Α (αντ)	2,0800	1,5600	1,0400	0,5200
6	Νο4-Φρέαρ Α (αντ)	0,5700	0,4275	0,2850	0,2725
7	Σίφων Βύλιζας (αντ)	0,4800	0,3600	0,2725	0,2725
8	Φ 900	0,3100	0,2725	0,2725	0,2725
9	Φ 900(αντ)	2,1000	1,5750	1,0500	0,5250
10	Χελιδονού-Μενίδι (αντ)	0,3500	0,2725	0,2725	0,2725
11	Υλίκη (Χωρίς Πλωτά)	0,4800	0,3600	0,2725	0,2725
12	Υλίκη (Με Πλωτά)	0,5800	0,4350	0,2900	0,2725
13	ΑΔ1-ΑΔ2-ΑΔ3	1,3000	0,9750	0,6500	0,3250
14	Ενωτικό (ανάστρ.)	0,5000	0,3750	0,2725	0,2725

Η τιμή του συντελεστή ειδικής ενέργειας είναι εξ' ορισμού μεγαλύτερη από τη θεωρητική ποσότητα 0.2725 GWh/hm⁴

↓

αντιστοιχεί σε μηδενικές ενεργειακές απώλειες και μοναδιαίο συντελεστή απόδοσης του αντλιοστασίου.

α/α	Αντλιοστάσιο	Αρχικές τιμές	Αύξηση 25%	Αύξηση 50%	Αύξηση 75%	Αύξηση 100%
1	Κρεμμάδα-Κλειδί	0,4400	0,5500	0,6600	0,7700	0,8800
2	Βύλιζα-Νο10	0,3100	0,3875	0,4650	0,5425	0,6200
3	Κιούρκα-Διυλιστήριο	1,5000	1,8750	2,2500	2,6250	3,0000
4	Κιούρκα-Μενίδι	0,2725	0,3406	0,4088	0,4769	0,5450
5	Νο3-Φρέαρ Α (αντ)	2,0800	2,6000	3,1200	3,6400	4,1600
6	Νο4-Φρέαρ Α (αντ)	0,5700	0,7125	0,8550	0,9975	1,1400
7	Σίφων Βύλιζας (αντ)	0,4800	0,6000	0,7200	0,8400	0,9600
8	Φ 900	0,3100	0,3875	0,4650	0,5425	0,6200
9	Φ 900(αντ)	2,1000	2,6250	3,1500	3,6750	4,2000
10	Χελιδονού-Μενίδι (αντ)	0,3500	0,4375	0,5250	0,6125	0,7000
11	Υλίκη (Χωρίς Πλωτά)	0,4800	0,6000	0,7200	0,8400	0,9600
12	Υλίκη (Με Πλωτά)	0,5800	0,7250	0,8700	1,0150	1,1600
13	ΑΔ1-ΑΔ2-ΑΔ3	1,3000	1,6250	1,9500	2,2750	2,6000
14	Ενωτικό (ανάστρ.)	0,5000	0,6250	0,7500	0,8750	1,0000