



**Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο**

**Σχολή Πολιτικών Μηχανικών**

**Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος**

**Επικαιροποιημένο πλαίσιο υδροενεργειακής ανάπτυξης  
του συστήματος Άνω Αχελώου – Δυτικής Θεσσαλίας**

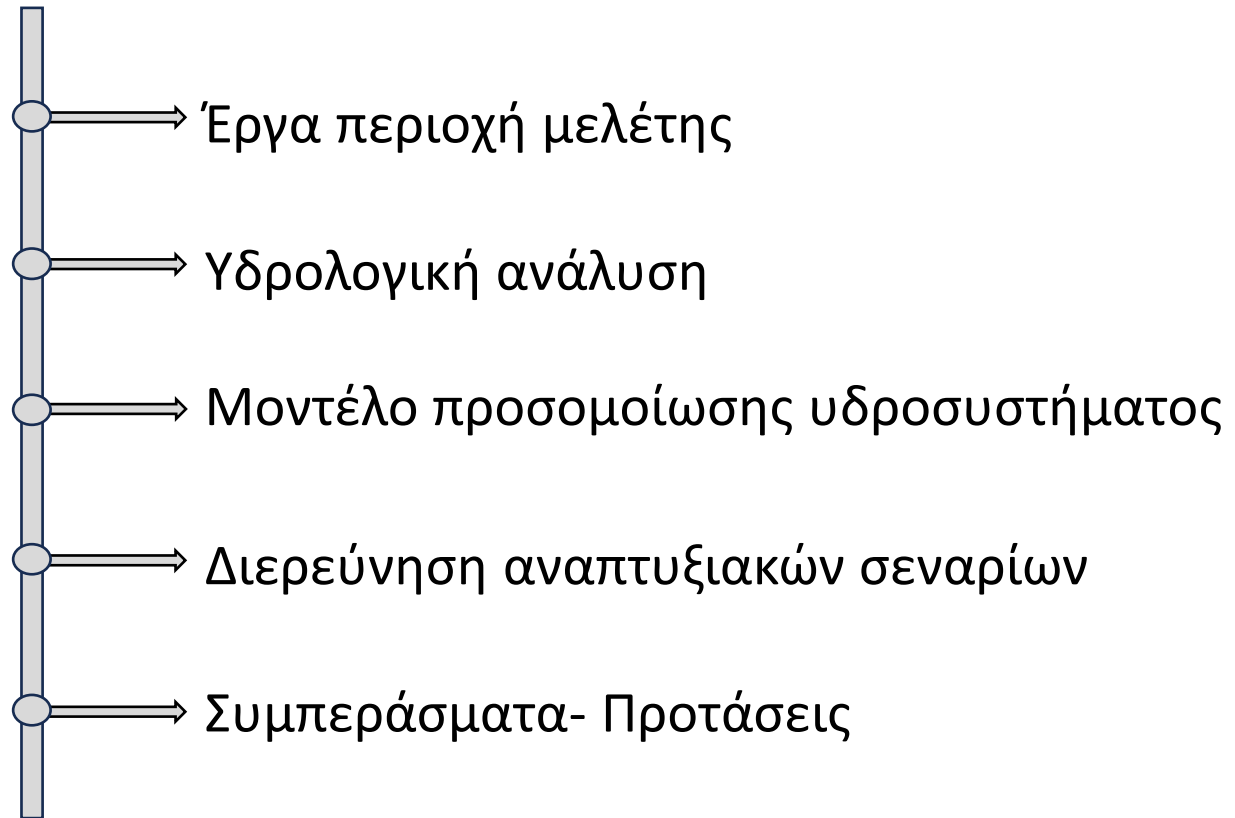
**Διπλωματική Εργασία**

**Ηλίας-Άγγελος Γαβανόζης-Βλάσσης**

**Επιβλέπων: Ανδρέας Ευστρατιάδης, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ**

**Αθήνα, Νοέμβριος 2023**

# Περιεχόμενα

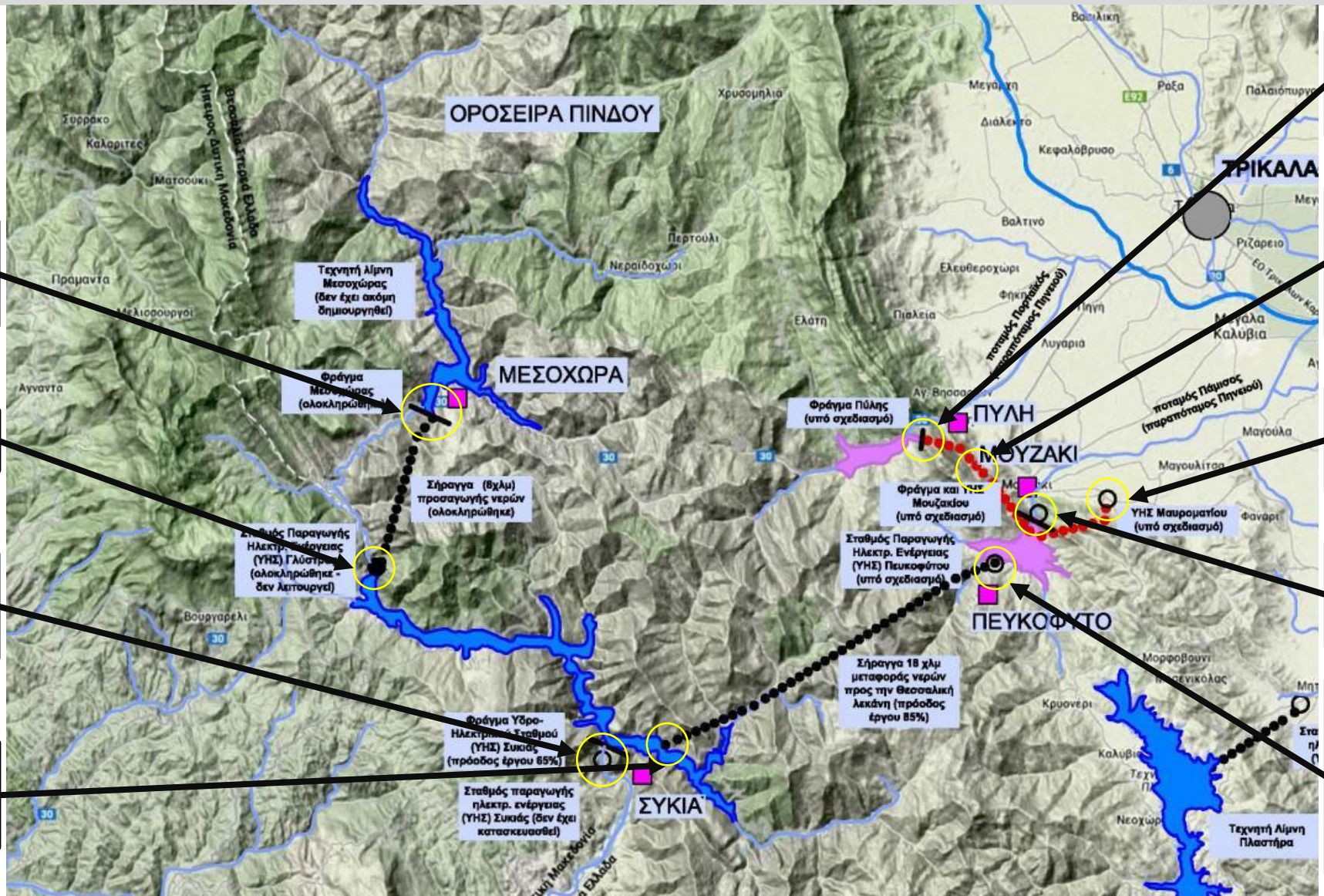


# Στόχοι της εργασίας

- Επικαιροποίηση των σχεδίων υδροενεργειακής ανάπτυξης των περιοχών Άνω Αχελώου – Δυτικής Θεσσαλίας.
- Πρόταση βέλτιστου σχήματος έργων και διαχειριστικής πολιτικής τους.
- Αξιοποίηση τοπικού αιολικού δυναμικού για βελτιστοποίηση της οικονομικής και ενεργειακής απόδοσης του συστήματος.

# Έργα περιοχή μελέτης

- Φράγμα Μεσοχώρας
- ΥΗΣ Γλύστρας
- Φράγμα Συκιάς – ΥΗΣ Συκιάς
- Είσοδος σήραγγας εκτροπής Αχελώου

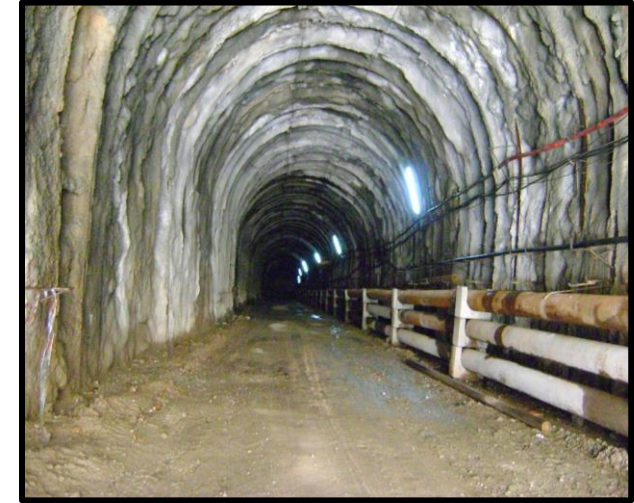
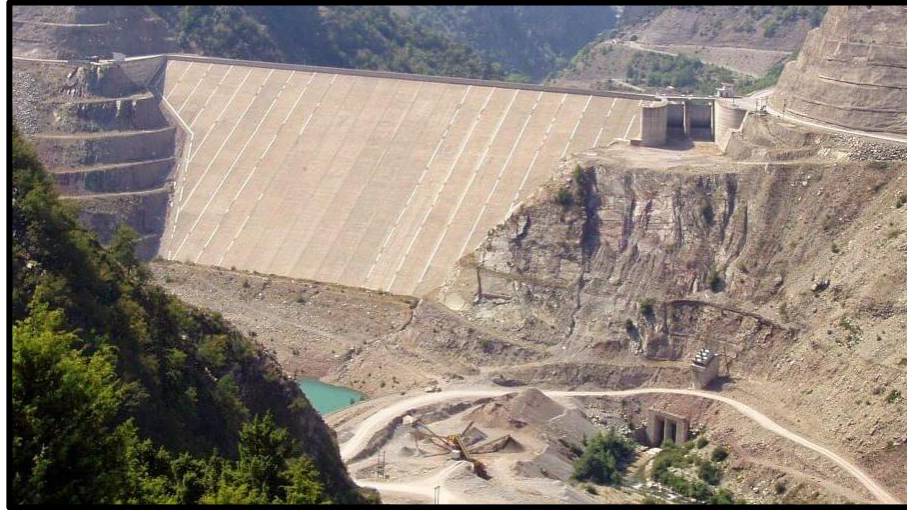


- Θέση φράγματος Πύλης
- Θέση συνδετήριας σήραγγας Πύλης - Μουζακίου
- Θέση ΥΗΣ Μαυροματιού
- Θέση φράγματος Μουζακίου
- Έξοδος σήραγγας εκτροπής Αχελώου – Θέση ΥΗΣ Πευκοφύτου

# Ιστορικό ακυρωτικών αποφάσεων εκτροπής Αχελώου

## Αποφάσεις Σ.τ.Ε.

- 2759/1994
- 2760/1994
- 3478/2000
- 1688/2005
- 3053/ 2009
- 141/2010
- 26/2014
- 2230/2020



# Δεδομένα εισόδου για προσομοίωση

■ Επιφανειακή Βροχόπτωση

■ Έλεγχος και συμπλήρωση τιμών

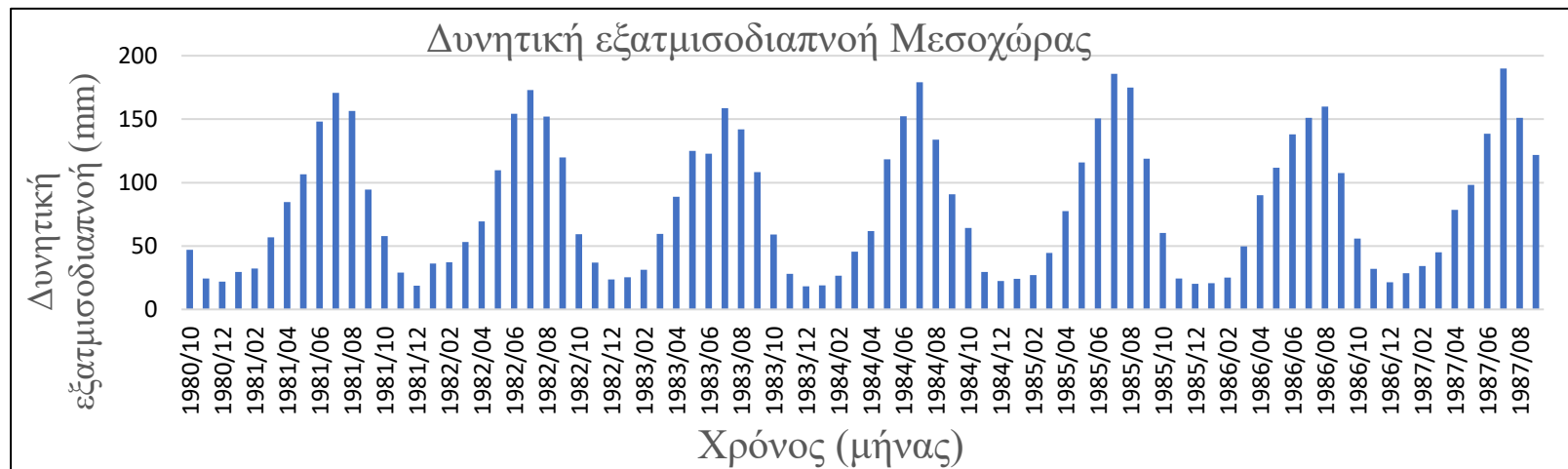
■ Υψομετρική αναγωγή

■ Ημερήσια επιφανειακή βροχόπτωση

■ Εξατμισοδιαπνοή

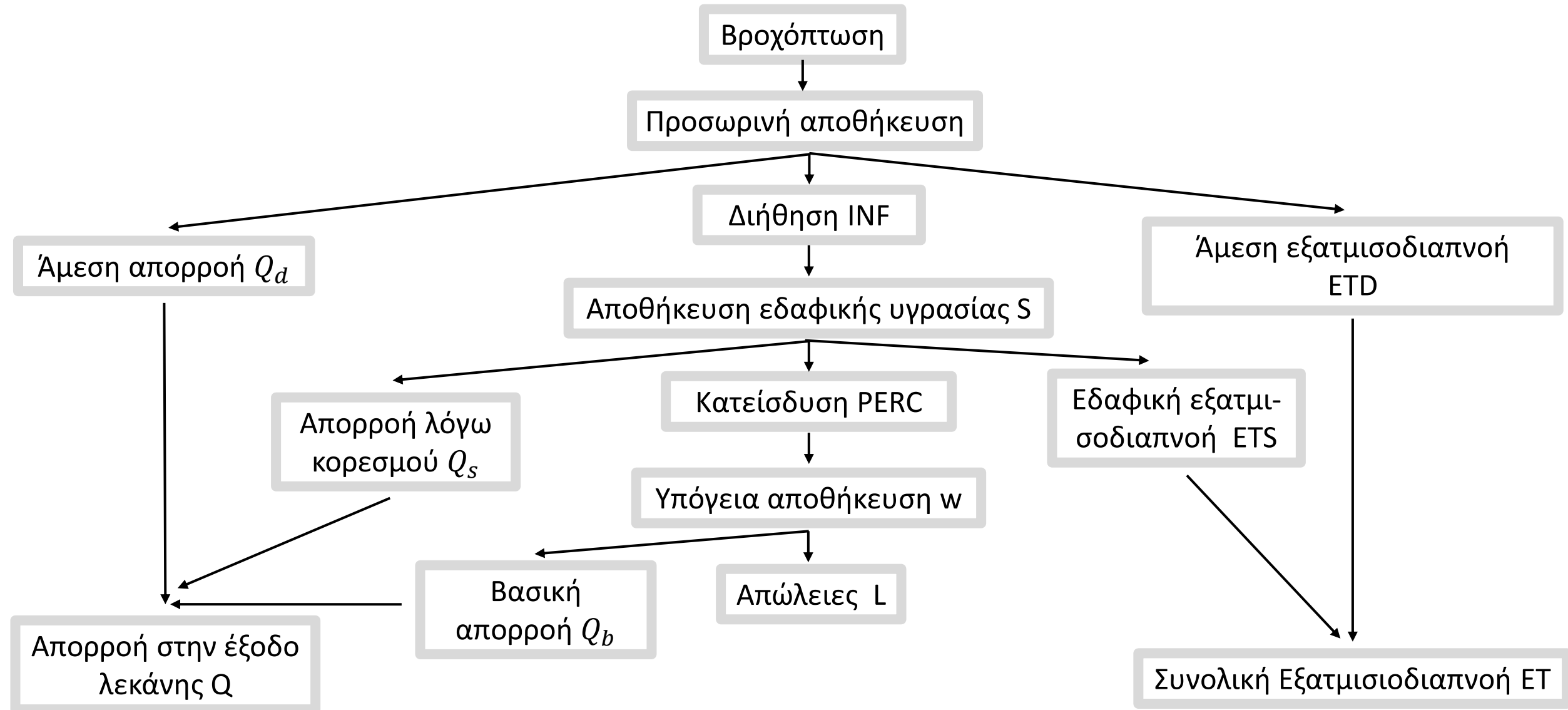
■ Μέθοδος Penman - Monteith

■ Απορροή

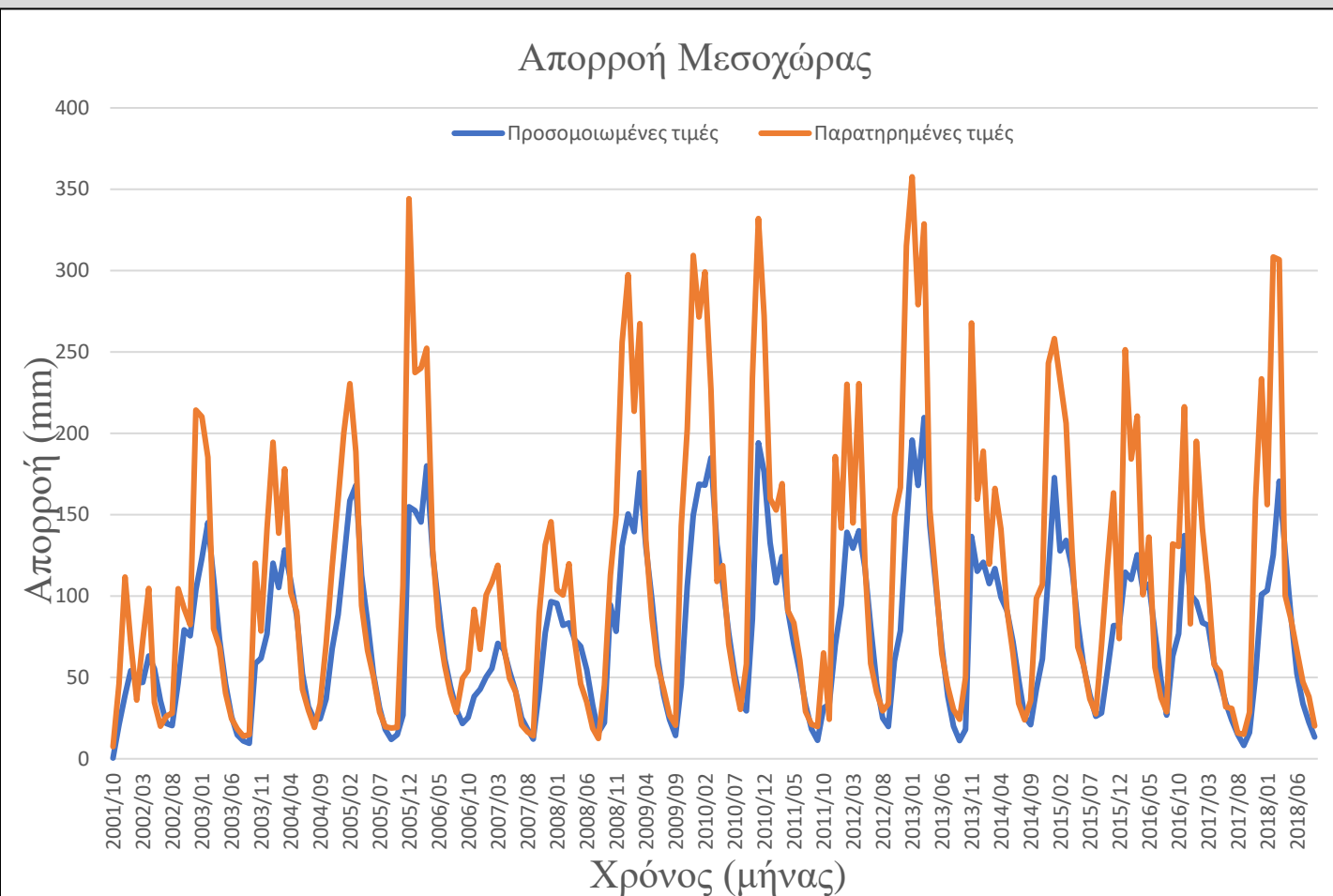


# ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ

- **Δεδομένα εισόδου** : Βροχόπτωση  $P$  – Δυνητική Εξατμισιοδιαπνοή  $PET$



# Βαθμονόμηση υδρολογικού μοντέλου



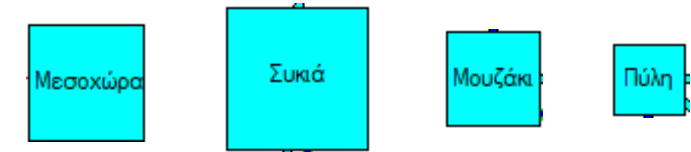
Λεκάνη απορροής	Απορροή περιόδου 1980-2021 (hm <sup>3</sup> )	Απορροή περιόδου 1960-1994 (hm <sup>3</sup> )
Μεσοχώρα	788.6	739.7
Μεσοχώρα-Συκιά	721.9	730.8
Μουζάκι	96.1	113.9
Πύλη	127.2	162.4

Δείκτης NSE = 0.51

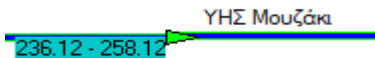


# Κύρια στοιχεία μοντέλου υδροσυστήματος

- Τέσσερις ταμιευτήρες



- Τέσσερις σταθμοί παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας



YHS	Εγκατεστημένη Ισχύς (MW)
Γλύστρα (Μεσοχώρα)	160
Συκιά	123
Πευκόφυτο	260
Μουζάκι	270
Σύνολο	813

- Συνδετήρια σήραγγα

Συνδετήρια σήραγγα Πύλης - Μουζακίου

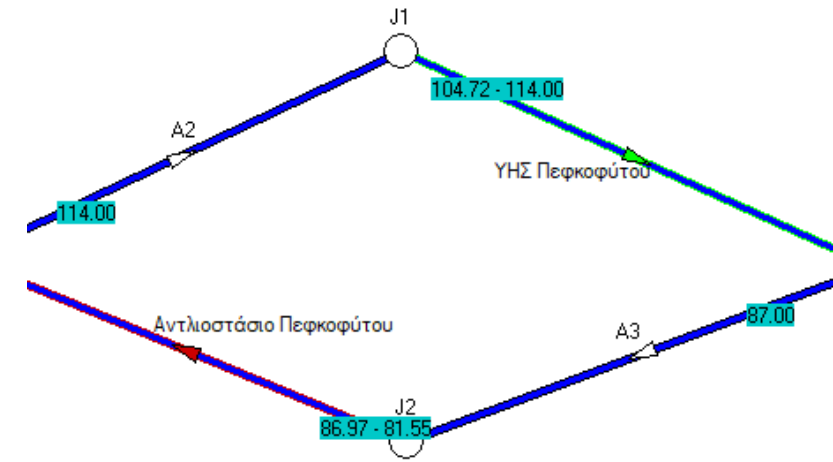


- Υδατορεύματα

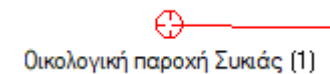
Κατάντη Μουζακίου



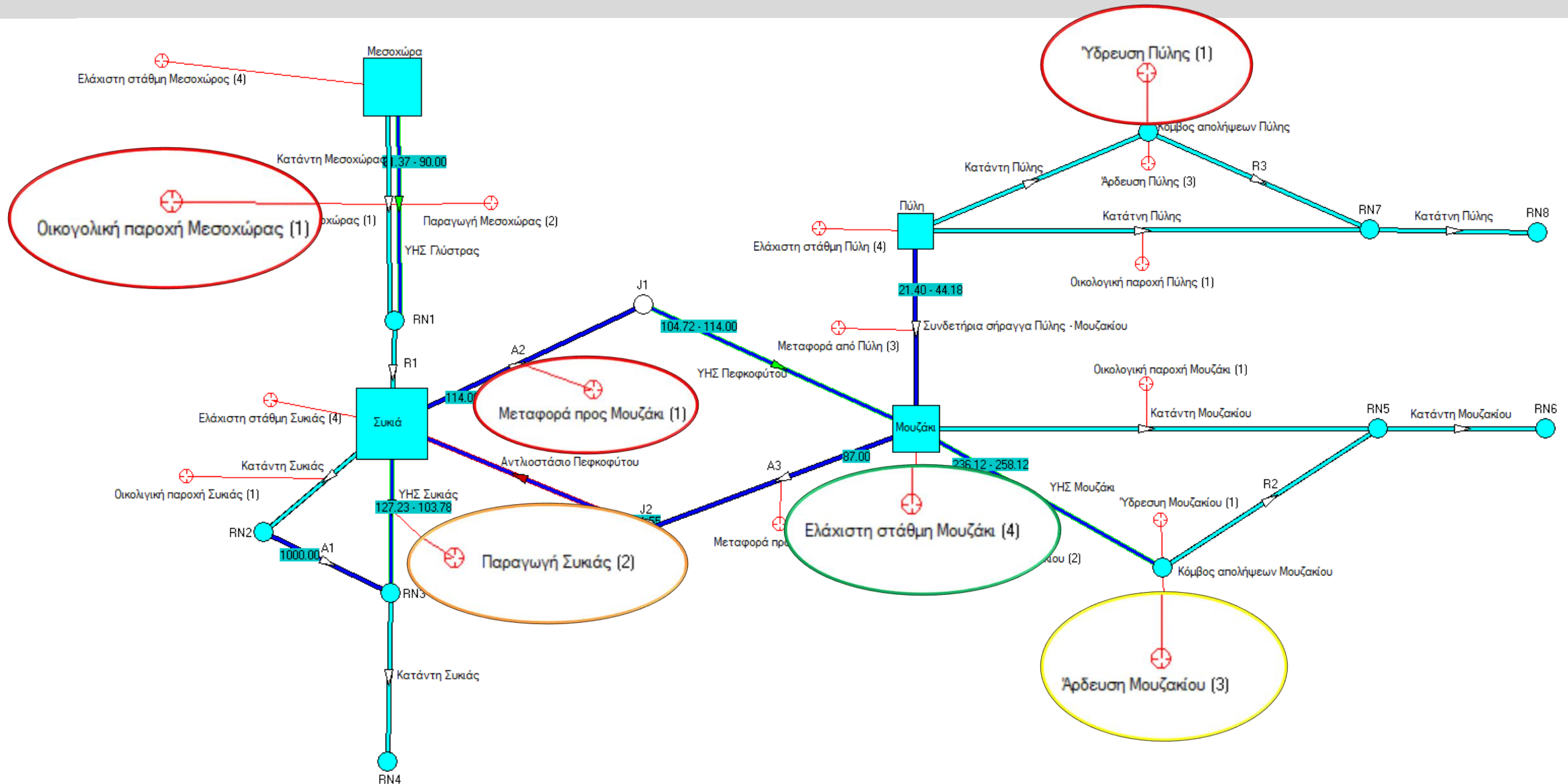
- Διάταξη αντλιοσταμίου



- Στόχοι



# Στόχοι συστήματος



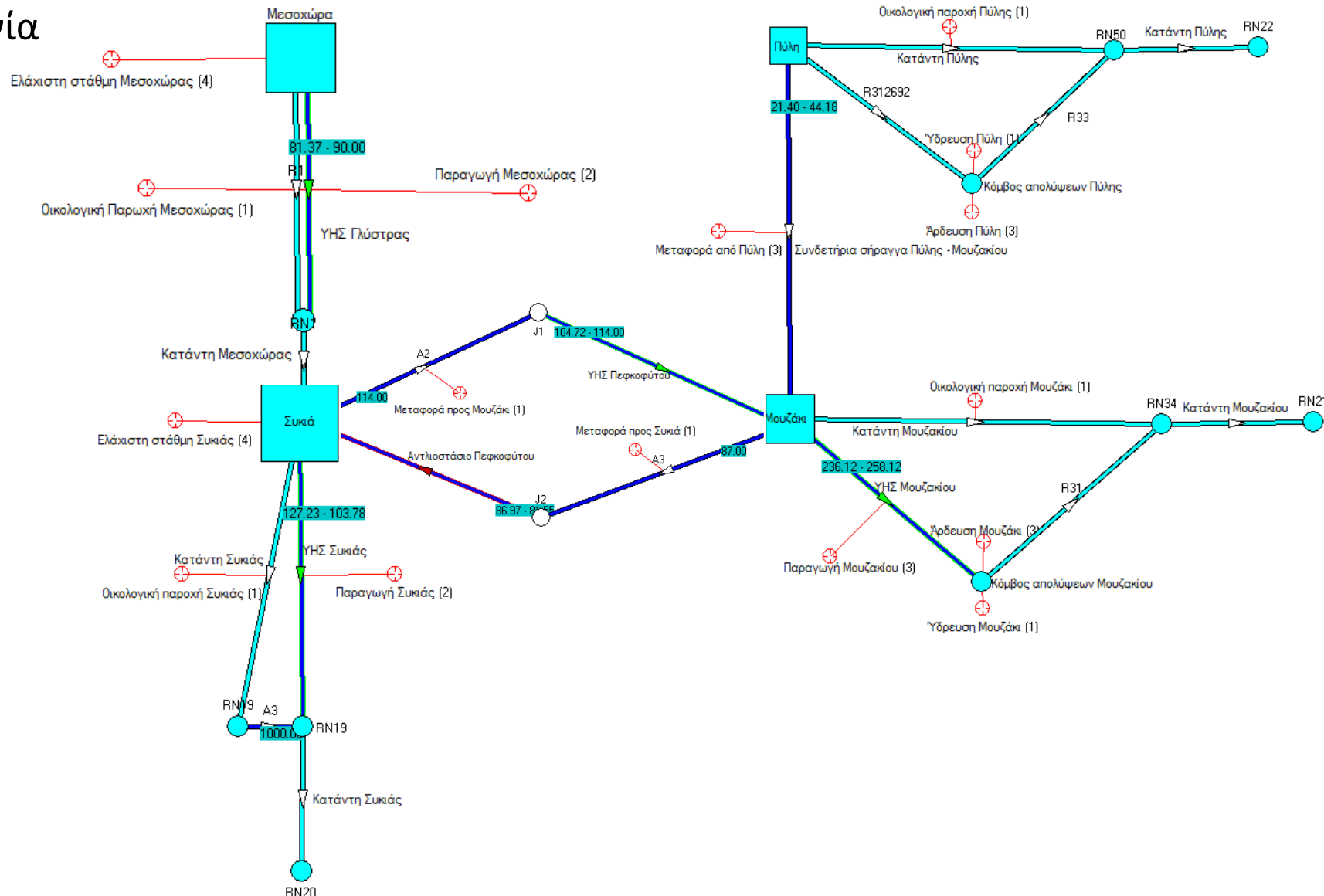
# Σενάρια μελέτης (1)

Σενάρια χωρίς λειτουργία αντλησιοταμίευσης:

- Σενάριο X1
- Σενάριο X2
- Σενάριο X3

Σενάρια με λειτουργία αντλησιοταμίευσης και μηδενικής εκτροπής:

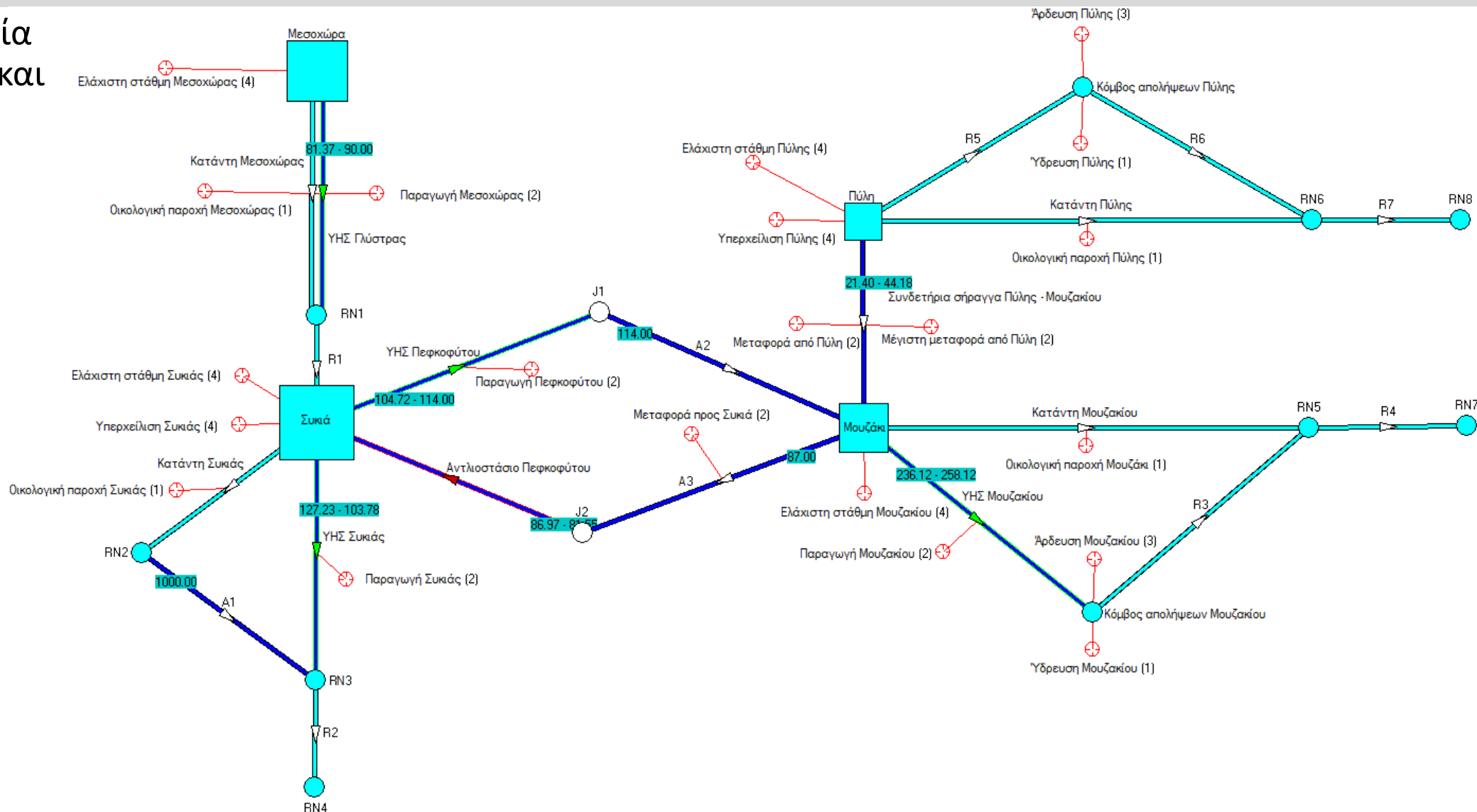
- Σενάριο A1.1 (200 hm<sup>3</sup>/έτος)
- Σενάριο A1.2 (240 hm<sup>3</sup>/έτος)
- Σενάριο A1.3 (400 hm<sup>3</sup>/έτος)
- Σενάριο A1.4 (800 hm<sup>3</sup>/έτος)



# Σενάρια μελέτης (2)

Σενάρια με λειτουργία αντλησιοταμίευσης και μικρής εκτροπής Αχελώου:

- Σενάριο A2.1
- Σενάριο A2.2
- Σενάριο A2.3



# Ζητήσεις- Παραδοχές- Περιορισμοί λειτουργίας συστήματος

Σταθερές ζητήσεις ύδρευσης:

- Ύδρευση Πύλης:  $1.019 \text{ hm}^3/\text{έτος}$
- Ύδρευση Μουζακίου:  $0.825 \text{ hm}^3/\text{έτος}$

Ζητήσεις άρδευσης:

- Άρδευση Πύλης:  $4 \text{ hm}^3/\text{έτος}$
- Άρδευση Μουζακίου: Μέγιστη δυνατή ζήτηση  $\longrightarrow 105 \text{ hm}^3/\text{έτος}$  (X3, A1.i)
- $\longrightarrow 150 \text{ hm}^3/\text{έτος}$  (A2.1)
- $\longrightarrow 210 \text{ hm}^3/\text{έτος}$  (A2.3)
- $\longrightarrow 240 \text{ hm}^3/\text{έτος}$  (A2.2)

Λειτουργία αντλητικής διάταξης:

- Εξάωρη λειτουργία

Περιβαλλοντικοί περιορισμοί:

- Οικολογική παροχή:  $3.5 \text{ m}^3/\text{s}$  κατάντη Μεσοχώρας ( ΜΠΕ :  $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$  ) ,  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  κατάντη Συκιάς ,  $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$  κατάντη Μουζακίου και Πύλης

# Κριτήρια βελτιστοποίησης

## Ενεργειακή συνάρτηση:

- Μεγιστοποίηση πρωτεύουσας ενέργειας συστήματος (Total Generated Firm Power)

## Οικονομική συνάρτηση:

- Λόγος κόστους/οφέλους (Total Cost/Benefit of the System)
- Κέρδος από επίτευξη στόχων (Total Benefit for Fulfilling Targets)

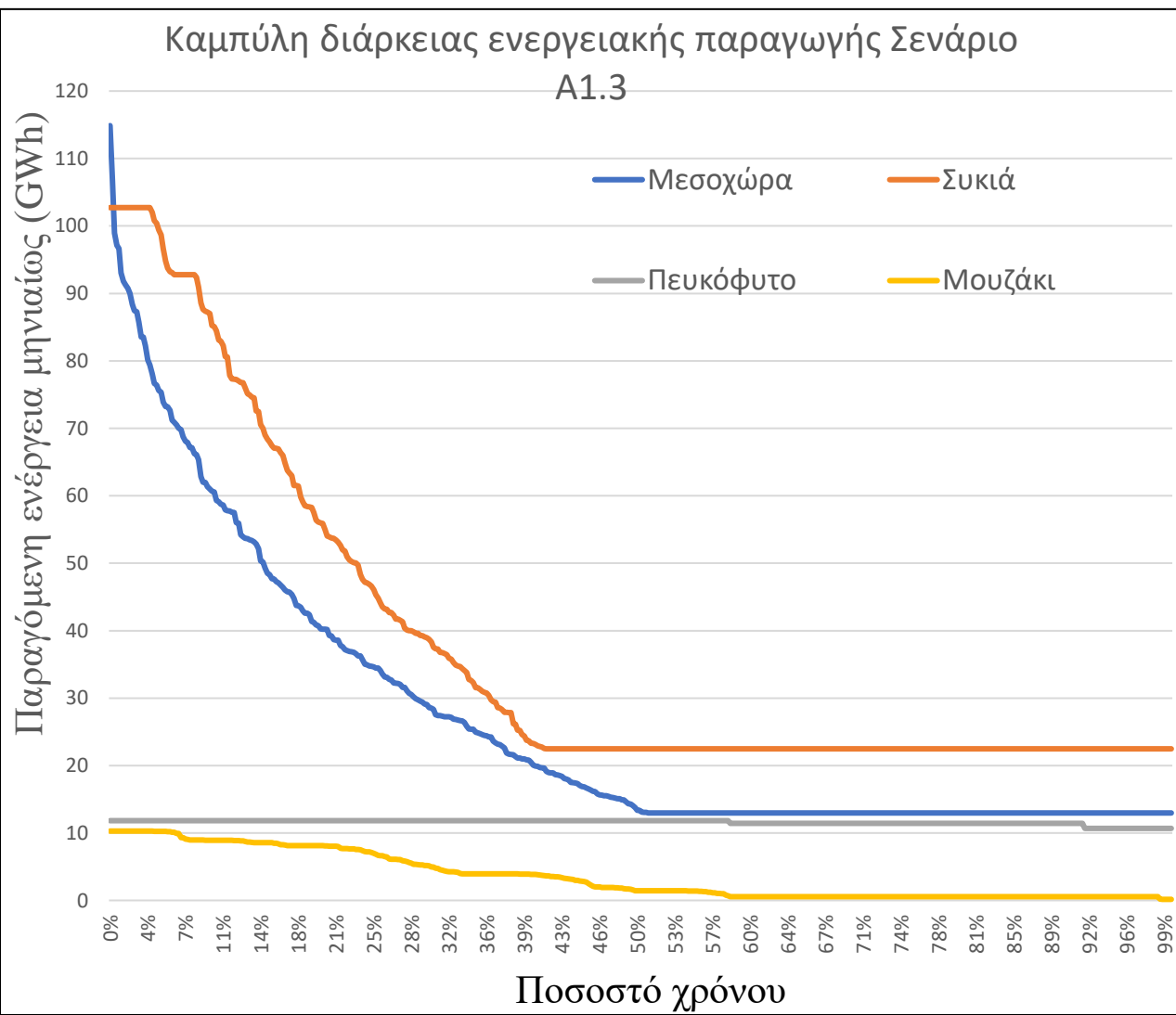
## Συμπληρωματικό κριτήριο:

- Μέγιστη ετήσια πιθανότητα αστοχίας (Maximum annual failure probability)

	Τιμή
Πρωτεύουσα ενέργεια (€/kWh)	0.1502
Δευτερεύουσα ενέργεια (€/kWh)	0.04554
Αρδευτικό νερό (€/m <sup>3</sup> )	0.06
Κόστος άντλησης (€/kWh)	0.04554
Ρήτρα αστοχίας (€/kWh)	0.25
Ρήτρα αστοχίας ύδρευσης (€/m <sup>3</sup> )	1
Ρήτρα αστοχίας άρδευσης (€/m <sup>3</sup> )	0.1

# Αποτύπωση αποτελεσμάτων

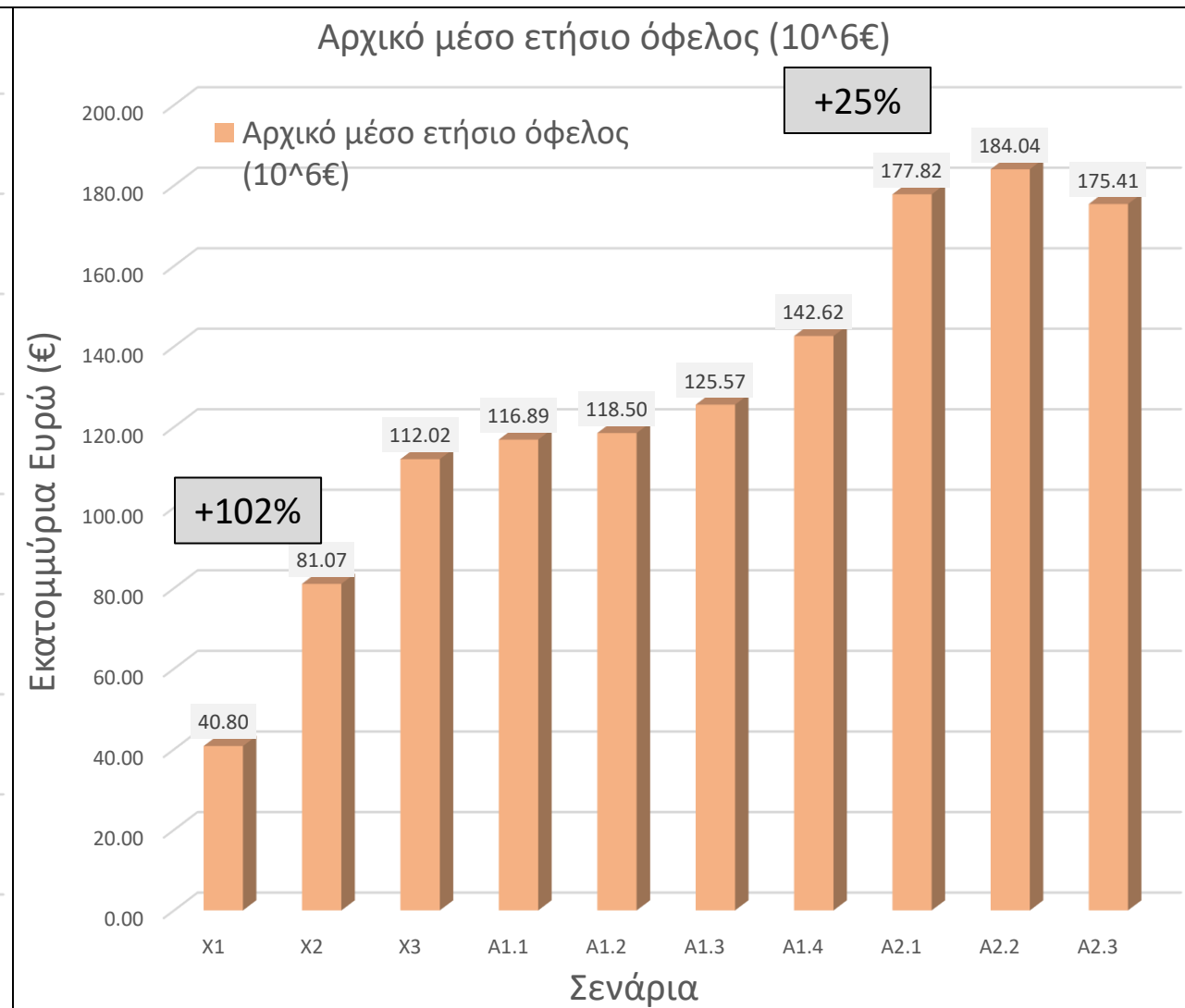
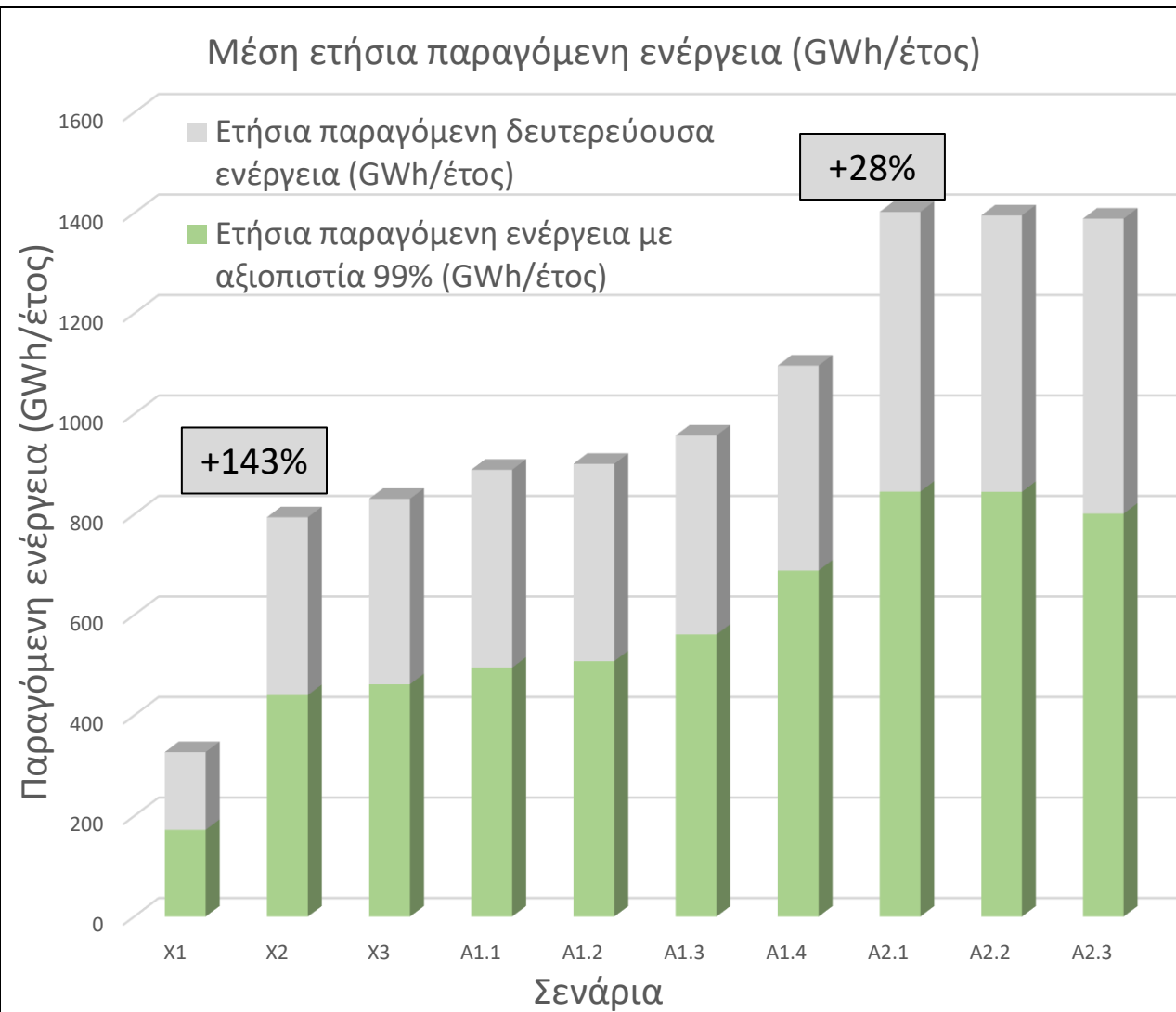
Ενεργειακή παραγωγή:



Οικονομικά αποτελέσματα:

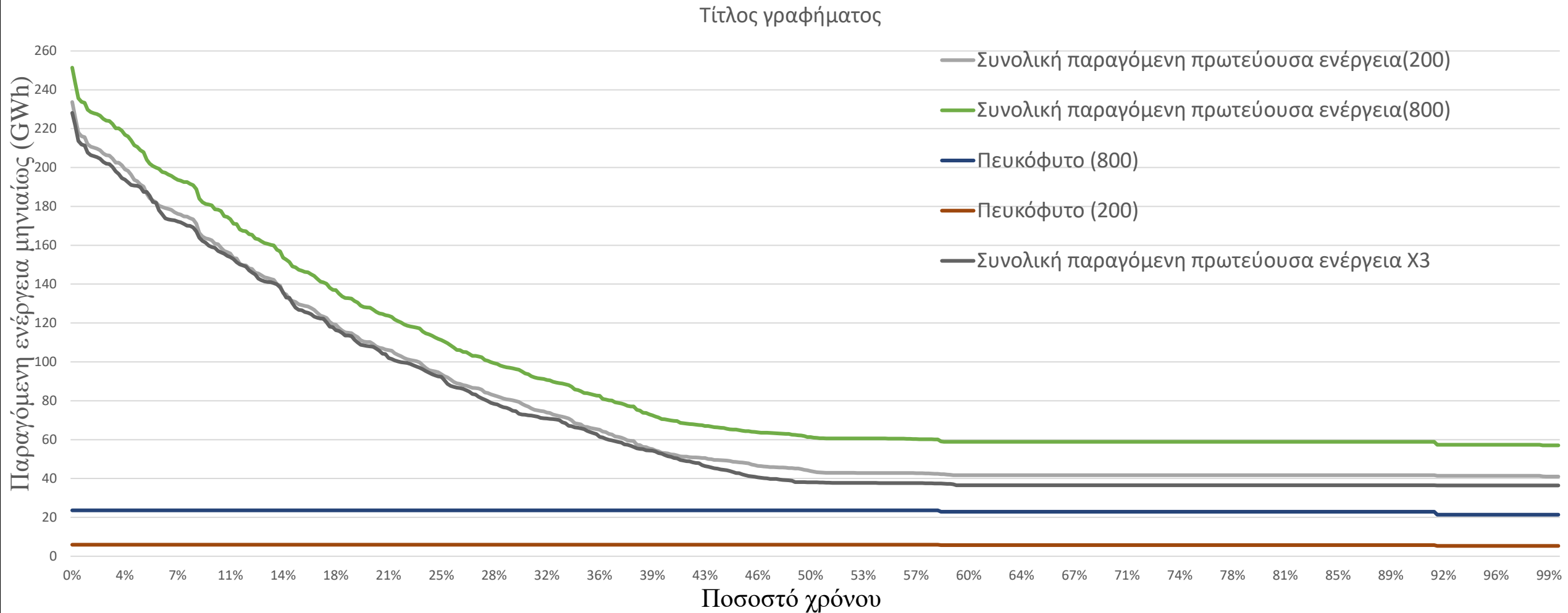
Κριτήριο βελτιστοποίησης	Συνολική παραγόμενη πρωτεύουσα ενέργεια
Μέσο ετήσιο κέρδος ενέργειας (Εκατομμύρια €)	128
Μέσο ετήσιο κόστος άντλησης (Εκατομμύρια €)	8
Συνολικό μέσο ετήσιο όφελος (Εκατομμύρια €)	126

# Συγκεντρωτικά ενεργειακά και οικονομικά αποτελέσματα





# Σύγκριση Αποτελέσματα σεναρίων (A1.i)

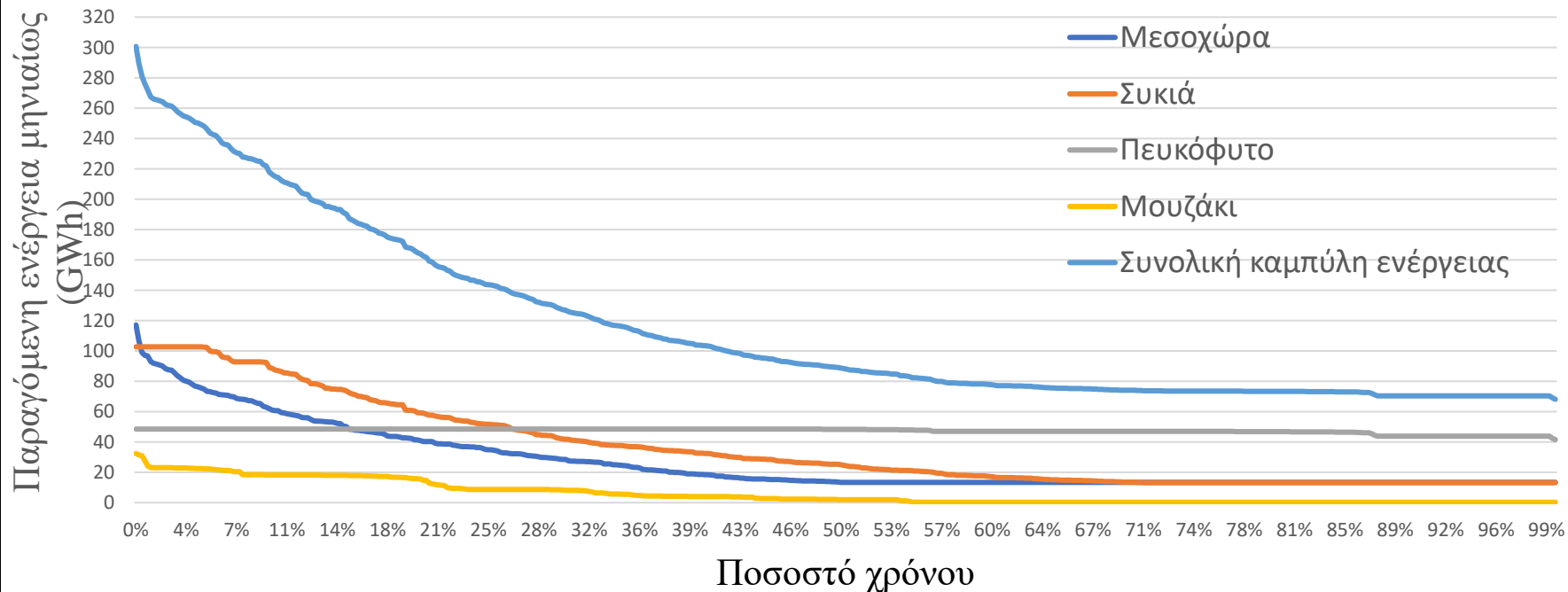


Συμπέρασμα: Σαφές πλεονέκτημα η εγγυημένη ενέργεια από τον ΥΗΣ Πευκοφύτου.

# Αποτελέσματα σεναρίων (A2.i)

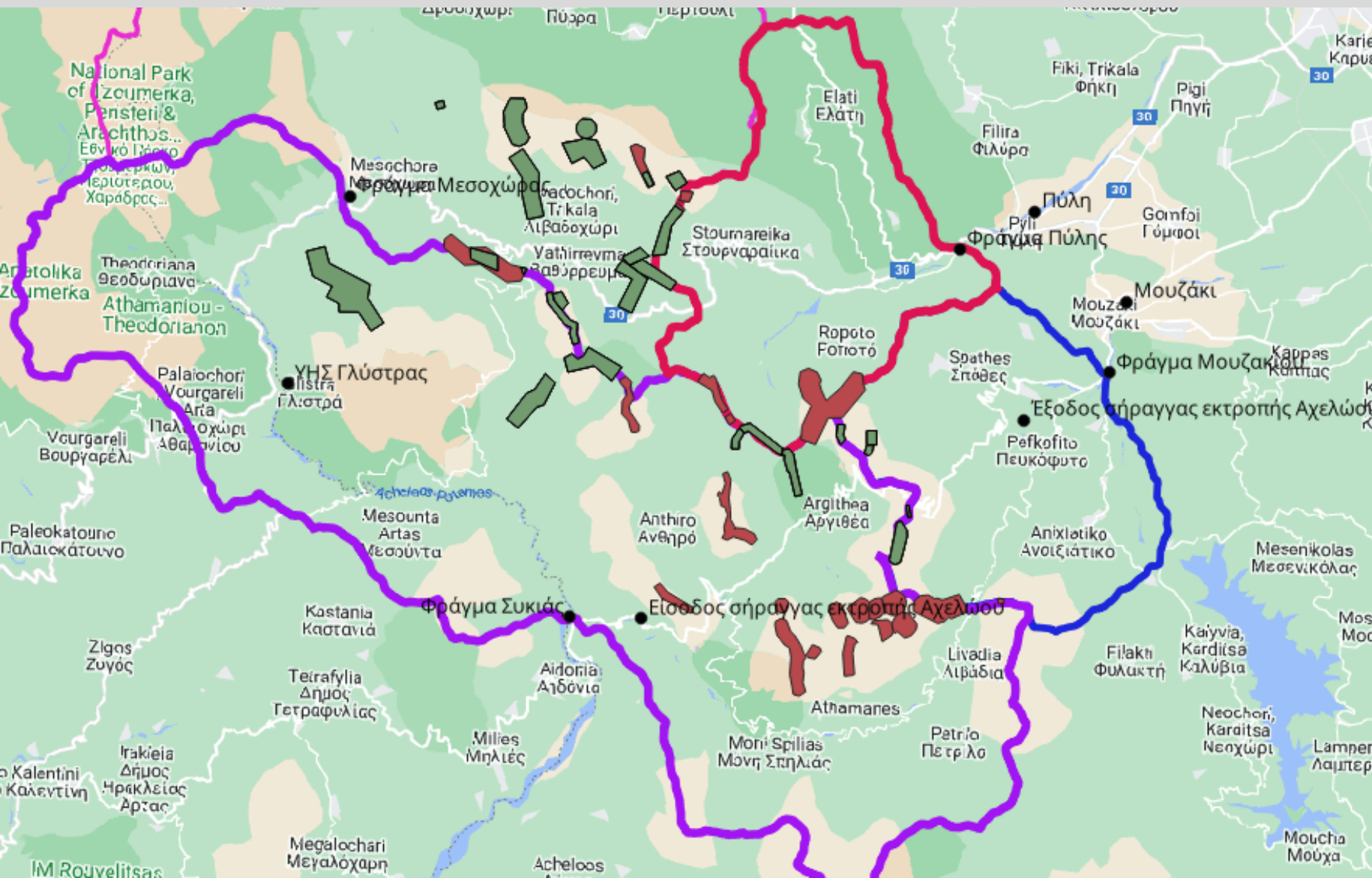
A/A	Μέση ετήσια παραγόμενη ενέργεια (GWh)	Ετήσια παραγόμενη ενέργεια με αξιοπιστία 99% (GWh/έτος)	Ετήσια αρδευτική ζήτηση (hm <sup>3</sup> )	Μέσο ετήσιο όφελος (Εκατομμύρια €)	Μέσος ετήσιος εκτρεπόμενος όγκος (hm <sup>3</sup> )	Ποσοστό απορροής Αχελώου που εκτρέπεται (%)
A2.1	1402	845	150	177	20.92	1.4%
A2.2	1395	845	240	184	109.06	7.2%
A2.3	1389	801	210	175	76.30	5.1%

Καμπύλη διάρκειας ενεργειακής παραγωγής Σενάριο A2.2



Συμπέρασμα: Μικρή εκτροπή οδηγεί σε αύξηση 20% της πρωτεύουσας ενέργειας και έως και 160% της αρδευτικής απόληψης.

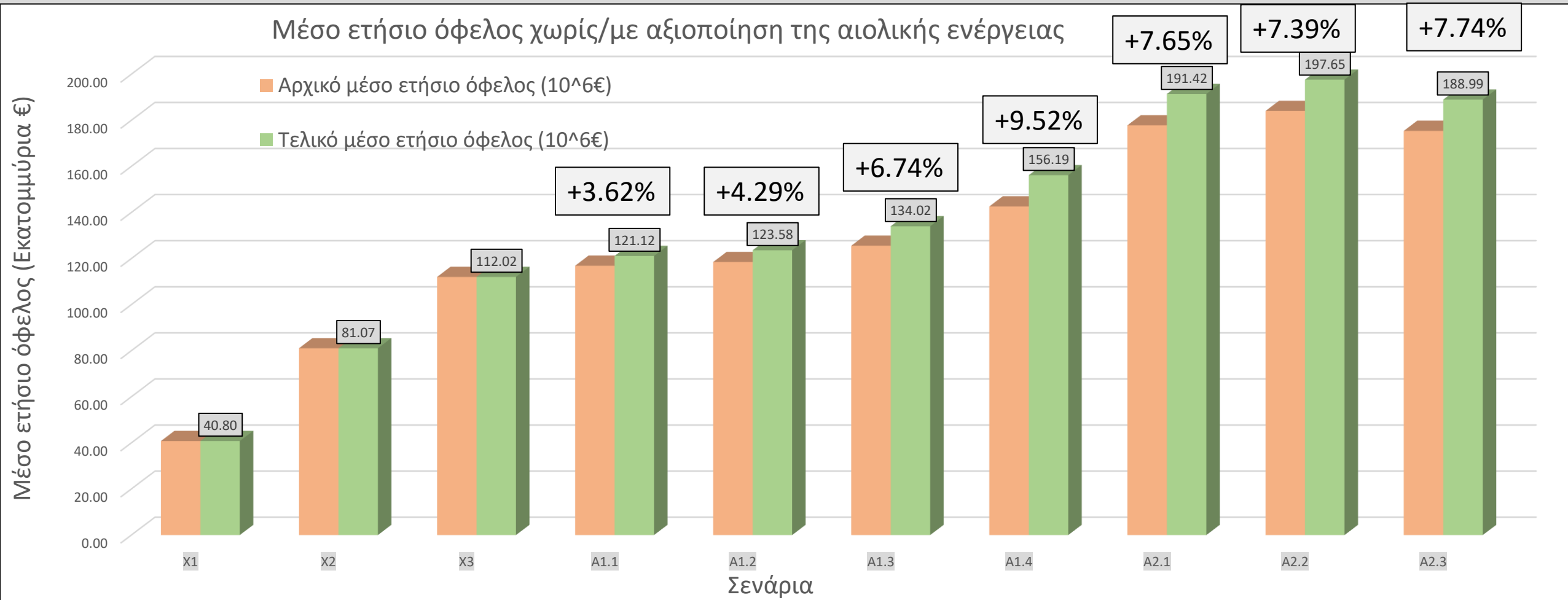
# Αιολικά έργα περιοχής (με άδεια παραγωγής)



Εγκατεστημένη Ισχύς: 387 MW
Εκτιμώμενος συντελεστής δυναμικότητας 0.35
Μέγιστη ενέργεια για άντλησης (στο 25% του χρόνου): 297 GWh/έτος

Σενάριο	Ενέργεια (GWh)
A1.1	92.9
A1.2	111.6
A1.3	185.8
A1.4	371.5
A2.1	404.7
A2.2	364.4
A2.3	377.1

# Σύγκριση νέων αποτελέσματα σεναρίων



Συμπέρασμα: Η αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας καθιστά το σύστημα πιο προσοδοφόρο.

# Συμπεράσματα

- Η αξιοποίηση του ταμιευτήρα Μεσοχώρας επιφέρει σημαντικά ενεργειακά και οικονομικά οφέλη.
- Η ολοκλήρωση του έργου της Συκιάς υπερδιπλασιάζει την πρωτεύουσα ενέργεια και τα κέρδη του συστήματος.
- Η λειτουργία του συστήματος Μεσοχώρα- Συκιά- Πευκόφυτο είναι επωφελής.
- Η λειτουργία του πλήρους συστήματος συνίσταται έναντι της μη λειτουργίας της σήραγγας εκτροπής.
- Δυνατότητα αξιοποίησης αιολικής ενέργειας.
- Αποτελέσματα πλήρως σύμφωνα με την πρόταση του Υπουργείου Υποδομών και Μεταφορών.
- Μηδαμινός αντίκτυπος στο υδατικό ισοζύγιο των έργων του Κάτω Αχελώου.

# Προτάσεις επέκτασης μελέτης

- Περαιτέρω διερεύνηση της δυνατότητας εποχιακά μεταβαλλόμενης μεταφοράς νερού μεταξύ των ταμιευτήρων Συκιάς και Μουζακίου και αντίστροφα (βλ. Σενάριο A2.3) μέσω βελτιστοποίησης.
- Επέκταση της παρούσας μελέτης ως προς το σκέλος της αντιπλημμυρικής προστασίας.
- Αναλυτική μελέτη περιβαλλοντικών και λοιπών επιπτώσεων από την υλοποίηση των προτεινόμενων έργων.
- Εξέταση πιθανής λειτουργίας υδροηλεκτρικού σταθμού στην συνδετήρια σήραγγα Πύλης Μουζακίου.

**Ευχαριστώ πολύ για την προσοχή σας**

