

# Επαναχρησιμοποίηση Νερού: Δυνατότητες και προκλήσεις

**Δρ. Πέτρος Γκίκας**

**Καθηγητής**

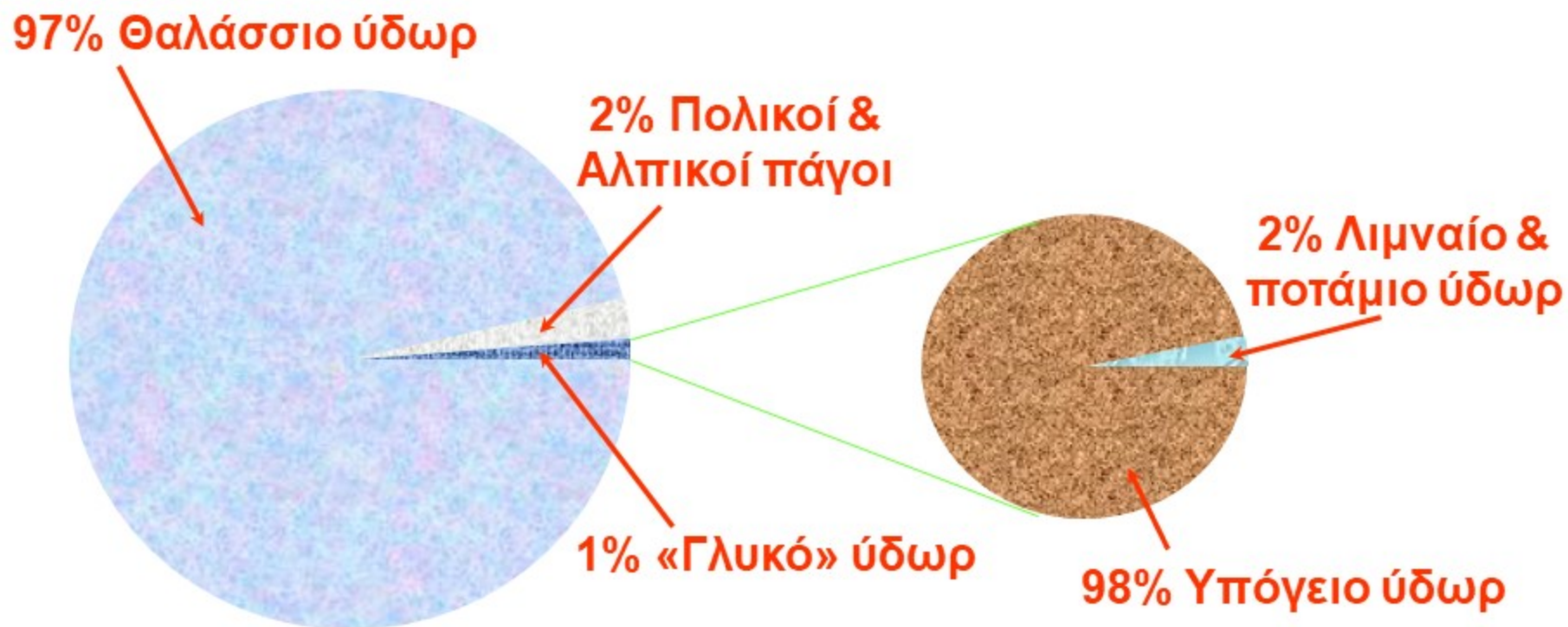
**Δ/τής Εργαστ. Σχεδιασμού Περιβαλλοντικών Διεργασιών**

**Σχολή Χημικών Μηχανικών & Μηχανικών Περιβάλλοντος**

**Πολυτεχνείο Κρήτης**



# Οι μορφές του νερού στη Γη



## Διαχείριση όμβριων υδάτων (Κυκλάδες)



Συλλογή υδατικών απορροών σε δεξαμενή

Δρ. Πέτρος Γκίκας

# Διαχείριση όμβριων υδάτων (Κνωσός)



Διάσπαση υδάτων με χρήση δεξαμενής καθίζησης

Δρ. Πέτρος Γκίκας



ΑΧΕΛΩΟΣ; ΕΥΗΝΟΣ ΜΟΡΝΟΣ

ΛΙΜΝΗ ΥΛΙΚΗ ΛΙΜΝΗ ΜΑΡΑΘΩΝΑ

ΠΗΓΑΔΙΑ  
ΨΥΤΤΑΛΕΙΑ  
800.000 m<sup>3</sup>/d

# De facto επαναχρησιμοποίηση νερού στον Αξιό Ποταμό

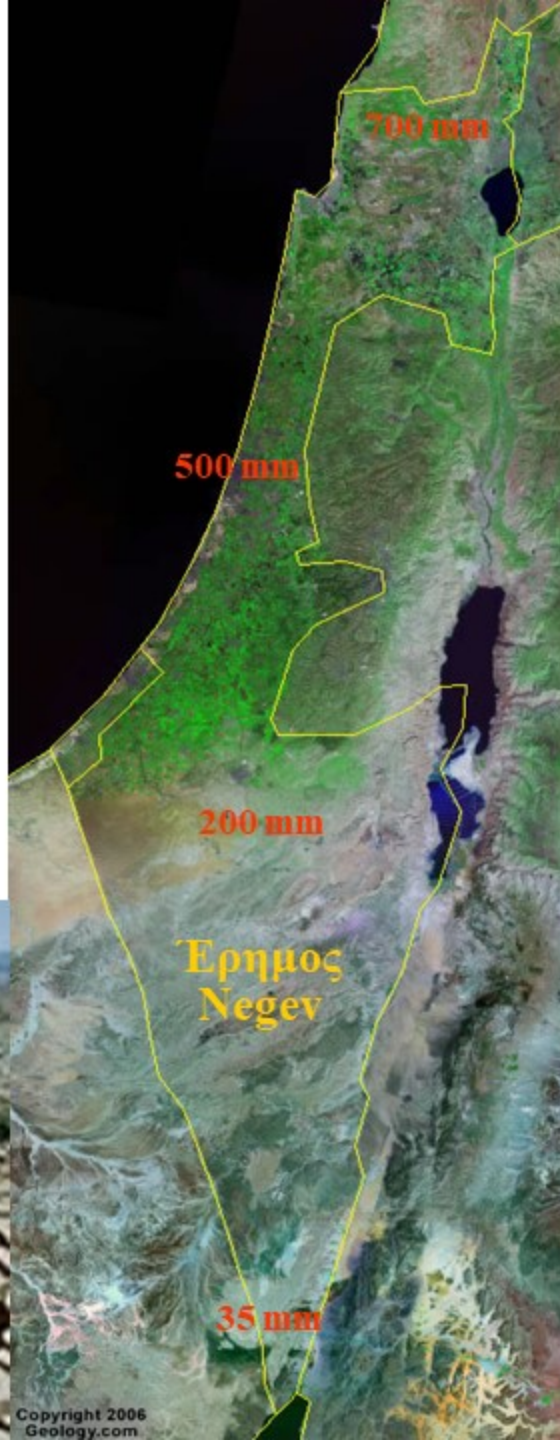


Αξιός Ποταμός



# Υδατικοί πόροι του Ισραήλ

- Ελλειμματικό υδατικό ισοζύγιο
- Κύριες πηγές ύδατος στα βόρεια της χώρας
- Σημαντικές εκτάσεις που προσφέρονται για καλλιέργεια (εάν εξασφαλιστεί αρδευτικό νερό) βρίσκονται στα νότια της χώρας.



Αγωγός ανακτημένου νερού  
για άρδευση  
(κόκκινη γραμμή)



## Mawson Lakes, Adelaide, Australia

Σύγχρονη οικιστική περιοχή για τη στέγαση 10.000 ατόμων.

Το νερό για τις τουαλέτες και για κάθε εξωτερική χρήση (πλην της πλήρωσης των πισινών κολύμβησης) προέρχεται από το μείγμα επεξεργασμένων αστικών λυμάτων όμβριων νερών.





# Serrano Hills Housing Development, California

(Χρήση ανακτημένου νερού για άρδευση χώρων πρασίνου)



## Ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση νερού στο Solaire Building



Solaire Building  
Νέα Υόρκη

- Το πρώτο κτήριο αμιγούς κατοικίας στις Η.Π.Α. που χρησιμοποιεί ανακτημένο νερό σε διπλό δίκτυο διανομής νερού
- 27 όροφοι, 293 διαμερίσματα
- Ανακτημένο νερό χρησιμοποιείται για τα καζανάκια των τουαλετών, για άρδευση των χώρων πρασίνου και στους πύργους ψύξης.
- Το σύστημα επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων και ανάκτησης νερού καταλαμβάνει έκταση μόλις 197 m<sup>2</sup>

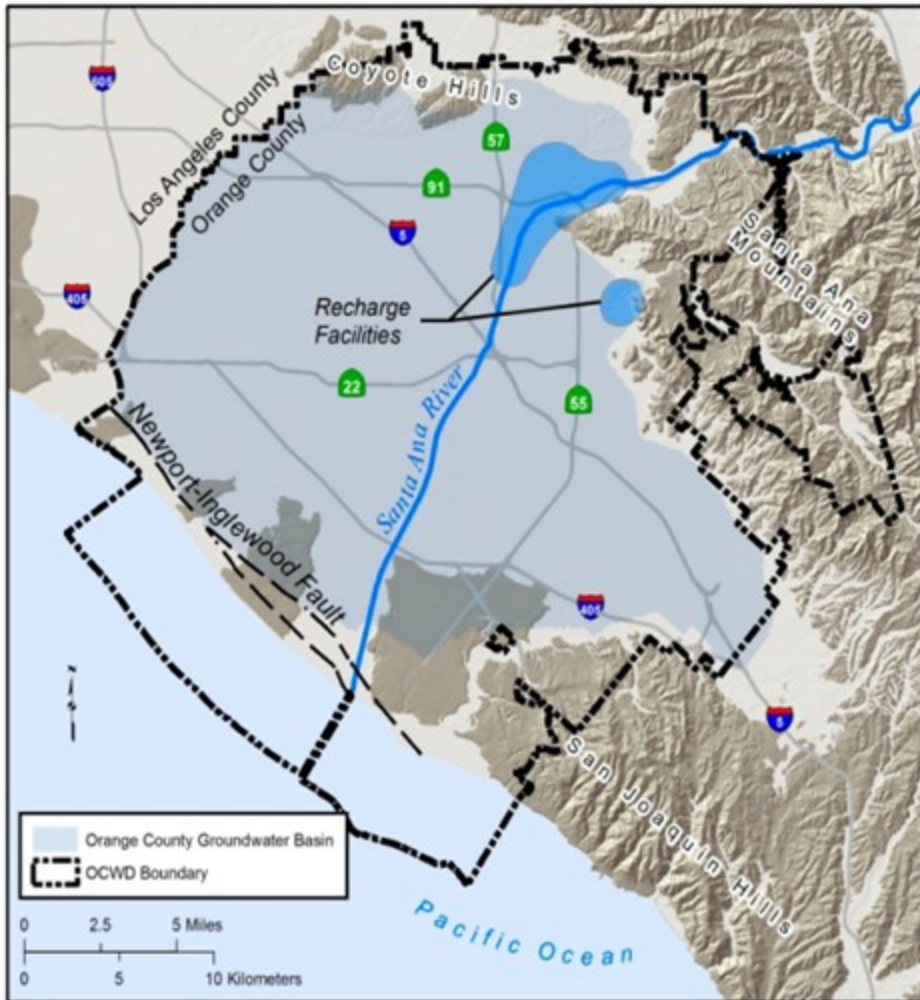
# City of Upland, San Bernardino County, California



Η μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να μην διαφοροποιείται οπτικά από τις παρακείμενες κατοικίες

- Το ανακτημένο νερό διατίθεται για την άρδευση των χώρων πρασίνου, συμπεριλαμβανομένου του γηπέδου γκολφ
- Τα βιοστερεά προωθούνται στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας μέσω του δικτύου αποχέτευσης

# Φόρτιση υφαλμυρωμένου υπόγειου υδροφορέα με ανακτημένο νερό, Orange county, California



Περιοχή εφαρμογής



“Factory 21” Orange County, California

# Ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση νερού στο Τόκιο



Tokyo Metropolitan Government (TMG)  
building, Japan

- Όλα τα κτήρια που κατασκευάστηκαν μετά το 1984, με εμβαδόν μεγαλύτερο των 3000 m<sup>2</sup> πρέπει να έχουν διπλό δίκτυο σωλήνων ύδρευσης για πλύση των τουαλετών με ανακτημένο νερό.
- Η επεξεργασία περιλαμβάνει εξάλειψη του υπολειπόμενου χρώματος του νερού με οζονισμό, και επεξεργασία με μεμβράνες ανθεκτικές στο όζον.
- Το κτήριο TMG χρησιμοποιεί περίπου 8.000 m<sup>3</sup>/d ανακτημένου νερού από το Shinjuku Water Recycling Center

# Σιγκαπούρη: Χαμηλό υδατικό δυναμικό



Έκταση: 699 km<sup>2</sup>  
Πληθ. Πυκνότητα: 6200 κατ/μ<sup>2</sup>

# NEWater Plant, Σιγκαπούρη

ΦΑΣΗ I (2000): 1000 m<sup>3</sup>/d

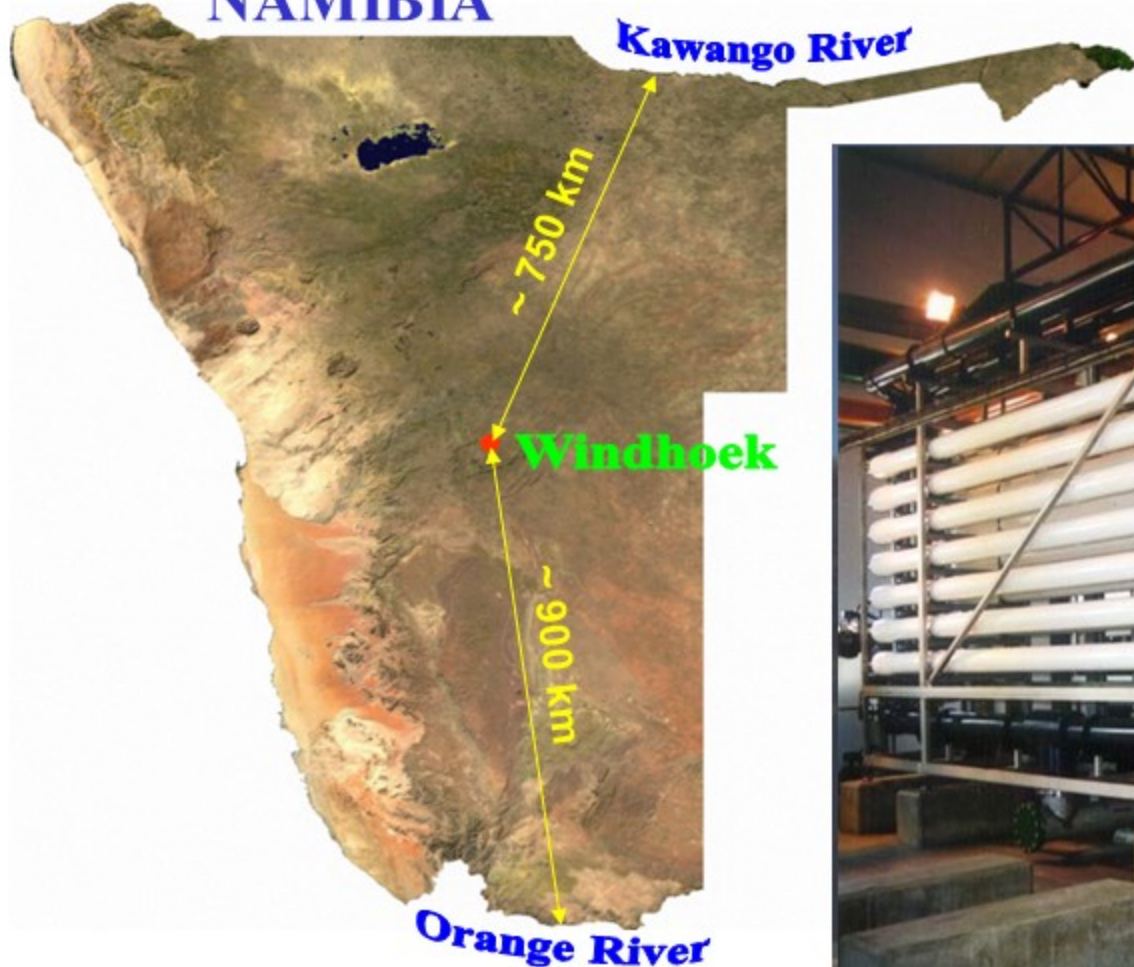
ΦΑΣΗ II (υπό κατασκευή): 168.000 m<sup>3</sup>/d

Σήμερα το NEWater αποτελεί το 1% του νερού ύδρευσης, με στόχο να ανέλθει στο άμεσο μέλλον στο 15%



# Άμεση πόσιμη χρήση ανακτημένου νερού στο Windhoek, Namibia (Από το 1968)

**NAMIBIA**



**Δρ. Πέτρος Γκίκας**



# Βρύσες εξοικονόμησης νερού



Σαουδική Αραβία

Δρ. Πέτρος Γκίκας

# Τεχνολογία Τουαλετών

- α. Τα απόνερα του νιπτήρα συγκεντρώνονται απευθείας στο καζανάκι για χρήση στην λεκάνη
- β. Σύστημα χρήσης πεπιεσμένου ύδατος για εξοικονόμηση νερού



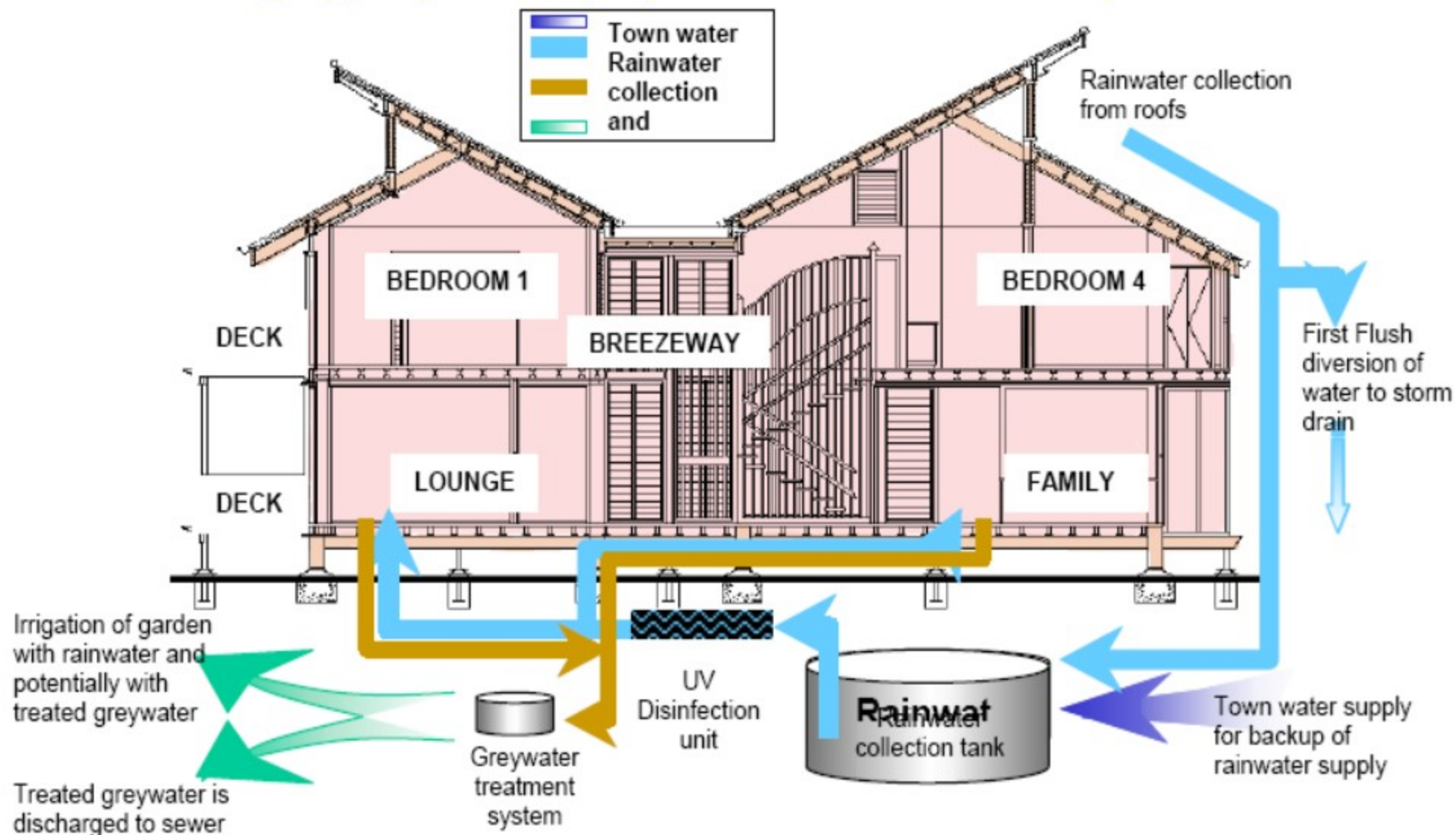
## Ανακύκλωση «γκρι» νερού



Healthy Home<sup>®</sup>, Gold Coast, Αυστραλία:  
Κατασκευάστηκε με εφαρμογή των κανόνων της αειφορίας



# Healthy Home<sup>®</sup>, Gold Coast, Αυστραλία: Πλήρης αξιοποίηση των υδατικών πόρων



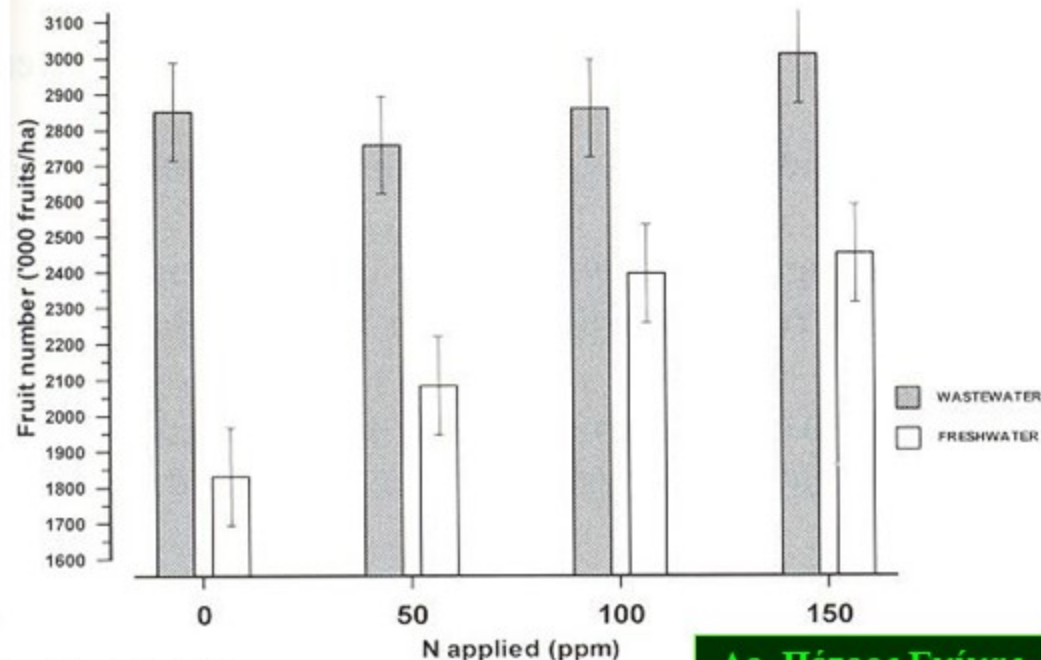
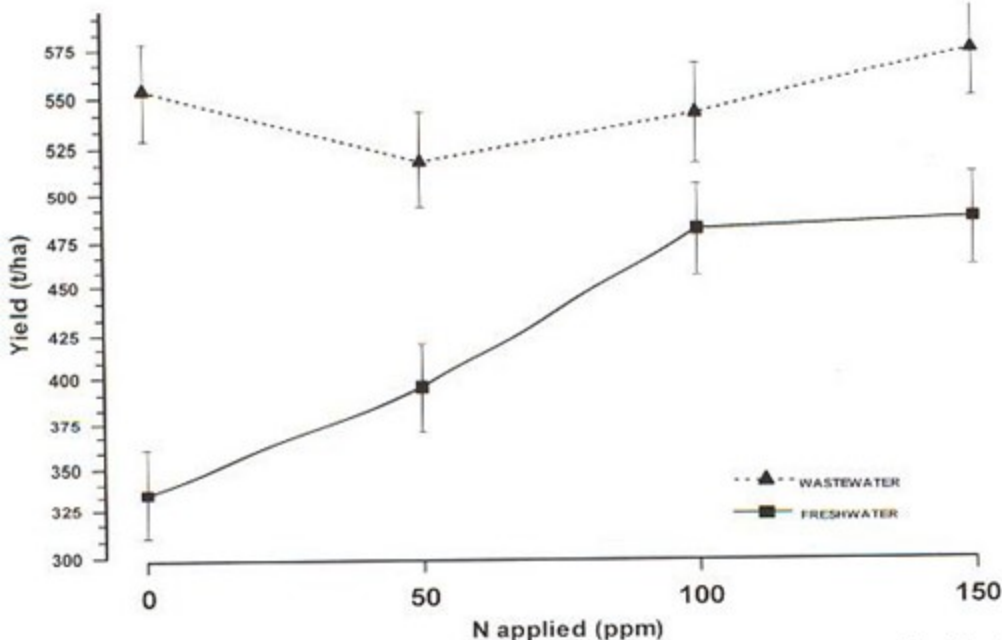
Μειωμένη κατανάλωση νερού κατά τουλάχιστον 50% σε σχέση με συμβατικές οικίες

Δρ. Πέτρος Γκίκας



## Πειραματική καλλιέργεια μελιτζάνας στην Κύπρο

Η χρήση ανακτημένου νερού μεγιστοποιεί την απόδοση, ανεξάρτητα από την προσθήκη αζώτου.



(Papadopoulos & Savvidis 2003)

Δρ. Πέτρος Γκίκας

# Τεχνολογία Τουαλετών

## Τουαλέτες διαχωρισμού



# Λίπανση καλλιεργειών με ούρα

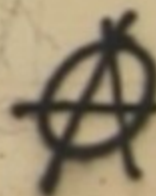


Σουηδία



# Επαναχρησιμοποίηση νερού στην Ελλάδα

ΣΚΑΤΑΣΤΑ ΓΚΟΛΦ ΤΟ ΝΕΡΟ ΣΤΑ ΧΩΡΙΑ



# Ποιοτικά κριτήρια επαναχρησιμοποίησης νερού στην Ελλάδα, για άρδευση χώρων πρασίνου (Από τον Νοέμβριο του 2008)

Ολικά κολοβακτηρίδια (TC)	Άλλες παράμετροι	Απαιτούμενη κατ' ελάχιστο επεξεργασία
<p>≤ 2/100mL για το 90% των δειγμάτων. Επιπροσθέτως ο αριθμός των ολικών κολοβακτηριδίων δεν πρέπει να ξεπερνά τα 20/100mL σε περισσότερα του ενός δείγματα για οποιοδήποτε συνεχές χρονικό διάστημα 2 μηνών.</p>	<p><math>BOD_5 &lt; 10 \text{ mg/L}</math>  Αιρούμενα στερεά (SS) &lt; 10 mg/L</p>	<p>Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία και κροκίδωση και διήθηση και απολύμανση. Οι ως άνω επεξεργασίες πρέπει να λαμβάνουν χώρα με την σειρά που αναγράφονται. Η ταχύτητα διήθησης να μην υπερβαίνει τα 8 μέτρα ανά ώρα κατά τη διάρκεια κανονικής λειτουργίας.</p>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Η άρδευση μπορεί να γίνει με οποιοδήποτε τρόπο, συμπεριλαμβανομένου του καταιονισμού.</li><li>• Για Ολικά Κολοβακτηρίδια και Αιρούμενα στερεά: Τουλάχιστο ένα δείγμα ανά 3 ημέρες.</li><li>• Για <math>BOD_5</math>: Τουλάχιστο ένα δείγμα ανά 7 ημέρες.</li><li>• Όλες οι σωληνώσεις τα εξαρτήματα και οι κρουνοί πρέπει να έχουν ιώδες χρώμα.</li><li>• Εξαίρεση: Σε μικρά νησιά που δεν διαθέτουν τις απαραίτητες εργαστηριακές υποδομές, οι πιο πάνω αναλύσεις μπορούν να γίνονται μία φορά ανά 7 ημέρες.</li></ul>		

# Ποιοτικά κριτήρια επαναχρησιμοποίησης νερού με βάση την ΚΥΑ 145116, ΦΕΚ 354/Β/2011

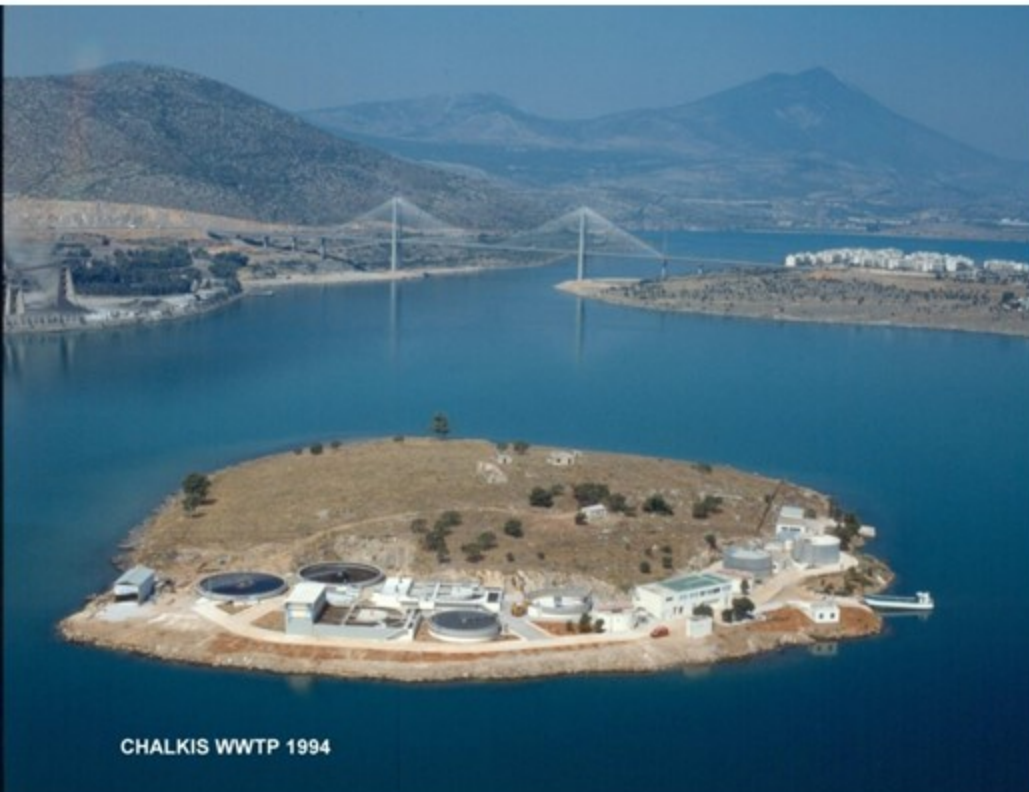
Χρήση	E.Coli (EC/100ml)	BOD <sub>5</sub> (mg / 100ml)	SS (mg / 100ml)	Θολότητα (NTU)	Ελάχιστη απαιτούμενη επεξεργασία
Περιορισμένη άρδευση	Μέση τιμή ≤ 200	≤ 25 για το 80% των δειγμάτων	≤ 35 για το 80% των δειγμάτων	-	Δευτεροβάθμια Βιολογική Επεξεργασία
Βιομηχανική χρήση					
Τροφοδότηση υπόγειου υδροφορέα					
Απεριόριστη άρδευση	≤ 5 για το 80% των δειγμάτων	≤ 10 για το 80% των δειγμάτων	≤ 10 για το 80% των δειγμάτων	Μέση τιμή ≤ 2	Δευτεροβάθμια Βιολογική Επεξεργασία ακολουθούμενη από Τριτοβάθμια Επεξεργασία και Απολύμανση
Βιομηχανική χρήση πλην νερού ψύξης μιας χρήσης	≤ 50 για το 95% των δειγμάτων				
Αστική χρήση	≤ 2 για το 80% των δειγμάτων	≤ 10 για το 80% των δειγμάτων	≤ 2 για το 80% των δειγμάτων	Μέση τιμή ≤ 2	Δευτεροβάθμια Βιολογική Επεξεργασία ακολουθούμενη από Προχωρημένη Επεξεργασία και Απολύμανση
Εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα	≤ 20 για το 95% των δειγμάτων				
Περισστικό πράσινο					

# Ποιοτικά κριτήρια επαναχρησιμοποίησης νερού με βάση τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό 2020/741-25.5.2020

Κατηγορία ποιότητας ανακτημένου νερού	Ενδεικτικός τεχνολογικός στόχος	Απαιτήσεις ποιότητας				
		<i>E. coli</i> (αριθμός/100 ml)	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	TSS (mg/l)	Θολότητα (NTU)	Άλλα
A	Δευτεροβάθμια επεξεργασία, διήθηση και απολύμανση	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 5	<i>Legionella</i> spp.: < 1.000 cfu/l, όταν υπάρχει κίνδυνος αερόλυσης Εντερικά νηματώδη (αβγά ελμινθών): ≤ 1 αβγό/l για άρδευση βοσκοτόπων ή χορτονομής
B	Δευτεροβάθμια επεξεργασία και απολύμανση	≤ 100	Σύμφωνα με την οδηγία 91/271/ΕΟΚ (Παράρτημα Ι πίνακας 1)	Σύμφωνα με την οδηγία 91/271/ΕΟΚ (Παράρτημα Ι πίνακας 1)	-	
Γ	Δευτεροβάθμια επεξεργασία και απολύμανση	≤ 1 000			-	
Δ	Δευτεροβάθμια επεξεργασία και απολύμανση	≤ 10 000				

*Legionella* spp.

# Εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων στην Χαλκίδα (Νήσος Πασάς)



Πριν την ανάκτηση της εκροής



Μετά την ανάκτηση της εκροής

# Εγκαταστάσεις επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων του Λεκανοπεδίου Αττικής στην Ψυττάλεια

Μέση ημερήσια παροχή: 800,000 m<sup>3</sup>

Ηθμοί



Απολύμανση με ακτινοβολία UV



Δρ. Πέτρος Γκίκας

# Ανάκτηση νερού στην ΕΕΛ Ηρακλείου



- Εγκατάσταση συστήματος MBR δυναμικότητας  $6000\text{m}^3/\text{d}$
- Άρδευση αγροτικών καλλιεργειών στον Προφήτη Ηλία, παροχής  $3600\text{m}^3/\text{d}$
- Σχεδιάζεται η άρδευση αστικού πρασίνου στην πόλη του Ηρακλείου



## Ανάκτηση νερού στην ΕΕΛ της Κω



- Σύστημα διύλισης σε φίλτρο άμμου και απολύμανσης με UV
- Αρδευτικό δίκτυο ανακτημένου νερού μήκους 4,5 km
- Εφαρμογή ανακτημένου νερού για άρδευση κήπων, ξενοδοχειακών μονάδων, διαχωριστικών, δημοτικών χώρων πρασίνου και καλλωπιστικών φυτών και δενδρώνων, κυρίως ελαιώνων

## Ανάκτηση νερού στην ΕΕΛ Πάρου



- Εγκατάσταση συστήματος UF δυναμικότητας  $400\text{m}^3/\text{d}$ , με δυνατότητα επέκτασης
- Το δίκτυο διανομής ανακτημένου νερού είναι υπό σχεδιασμό
- Αρχικά, το ανακτημένο νερό θα μεταφέρεται στους χρήστες με βυτιοφόρα οχήματα που θα μεταφέρουν αποκλειστικά αυτή την ποιότητα νερού

# Επιναχρησιμοποίηση νερού στην Αττική από την ΕΥΔΑΠ Α.Ε.



Αρ. Σύμβασης: 21192849-3

ΣΥΜΒΑΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ  
ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΕΠΙΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΥΓΡΩΝ  
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΑΡΜΟΔΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ Ε.Υ.Δ.Α.Π. Α.Ε.  
(CPV: 71800000-6)  
(ΔΔ6893Ε)

Στην Αθήνα σήμερα την \_\_\_\_\_ του έτους 2021 μεταξύ:

- Της εταιρείας με την επωνυμία «ΕΤΑΙΡΙΑ ΥΔΡΕΥΣΕΩΣ ΚΑΙ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΕΩΣ ΠΡΩΤΕΥΟΥΣΗΣ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΑΙΡΙΑ» (Ε.Υ.Δ.Α.Π. Α.Ε.), με ΑΦΜ 094079101, της Δ.Ο.Υ. ΦΑΕ ΑΘΗΝΩΝ, με αριθμό Γ.Ε.ΜΗ: 121578960000 (καλούμενη στο εξής ο «ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ» ή η «ΕΥΔΑΠ Α.Ε.»), που εδρεύει στο Γαλάτσι Αττικής (Ωρωπού 156, Τ.Κ. 11146) και εκπροσωπείται νόμιμα σύμφωνα με τις υπ' αρ. 20369/07-08-2019 και 20383/04-09-2019 Αποφάσεις του Διοικητικού Συμβουλίου και
- Του Νομικού Προσώπου Δημοσίου Δικαίου με την επωνυμία «ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ-ΕΙΔΙΚΟΣ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΣ ΚΟΝΔΥΛΙΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ» ή για συντομία «ΠΚ-ΕΛΚΕ», με ΑΦΜ 090087411, της Δ.Ο.Υ. ΧΑΝΙΩΝ, (καλούμενο στο εξής, «ΠΑΡΕΧΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ»), με Κωδικό παρέχοντος υπηρεσιών: 10001334, που εδρεύει στο Δήμο Χανίων, Πολυτεχνειούπολη, κτήριο Ε4 Κουνουπιδιανά Τ.Κ.:73100, Χανιά, (τηλ.: 2821037836, email: [petros.gikas@enveng.tuc.gr](mailto:petros.gikas@enveng.tuc.gr), [elke@isc.tuc.gr](mailto:elke@isc.tuc.gr)) και εκπροσωπείται νόμιμα για την υπογραφή της παρούσας σύμβασης από τον Αντιπρότανη Έρευνας και Δια Βίου Εκπαίδευσης και Πρόεδρο της Επιτροπής Ερευνών και Διαχείρισης ΕΛΚΕ Πολυτεχνείου Κρήτης, καθηγητή κ. Μιχαήλ Ζερβάκη σύμφωνα με το ΦΕΚ Β' 4472/19.12.2017, συνομολογήθηκαν και έγιναν αμοιβαία αποδεκτά τα ακόλουθα:

Συνεργασία Πολυτεχνείου Κρήτης-ΕΥΔΑΠ, για τη διαμόρφωση  
κανονιστικού πλαισίου για την επιναχρησιμοποίηση νερού

# Διαχείριση υδατικών πόρων σε τουριστικές περιοχές: Προβληματισμοί και Προκλήσεις

- Εποχιακή και μόνιμη αύξηση των κατοίκων
- Έκρηξη της βιομηχανίας τουρισμού
- Αύξηση της κατά κεφαλήν κατανάλωσης νερού
- Απαίτηση των κατοίκων για παροχή νερού από την πολιτεία σε τιμές κάτω του κόστους
- Εγκατάλειψη των παραδοσιακών μεθόδων διαχείρισης του νερού (π.χ.: συλλογή όμβριων υδάτων)
- Εγκατάλειψη των αναβαθμίδων (πεζούλες)
- Ανύπαρκτες υποδομές εξοικονόμησης και επαναχρησιμοποίησης

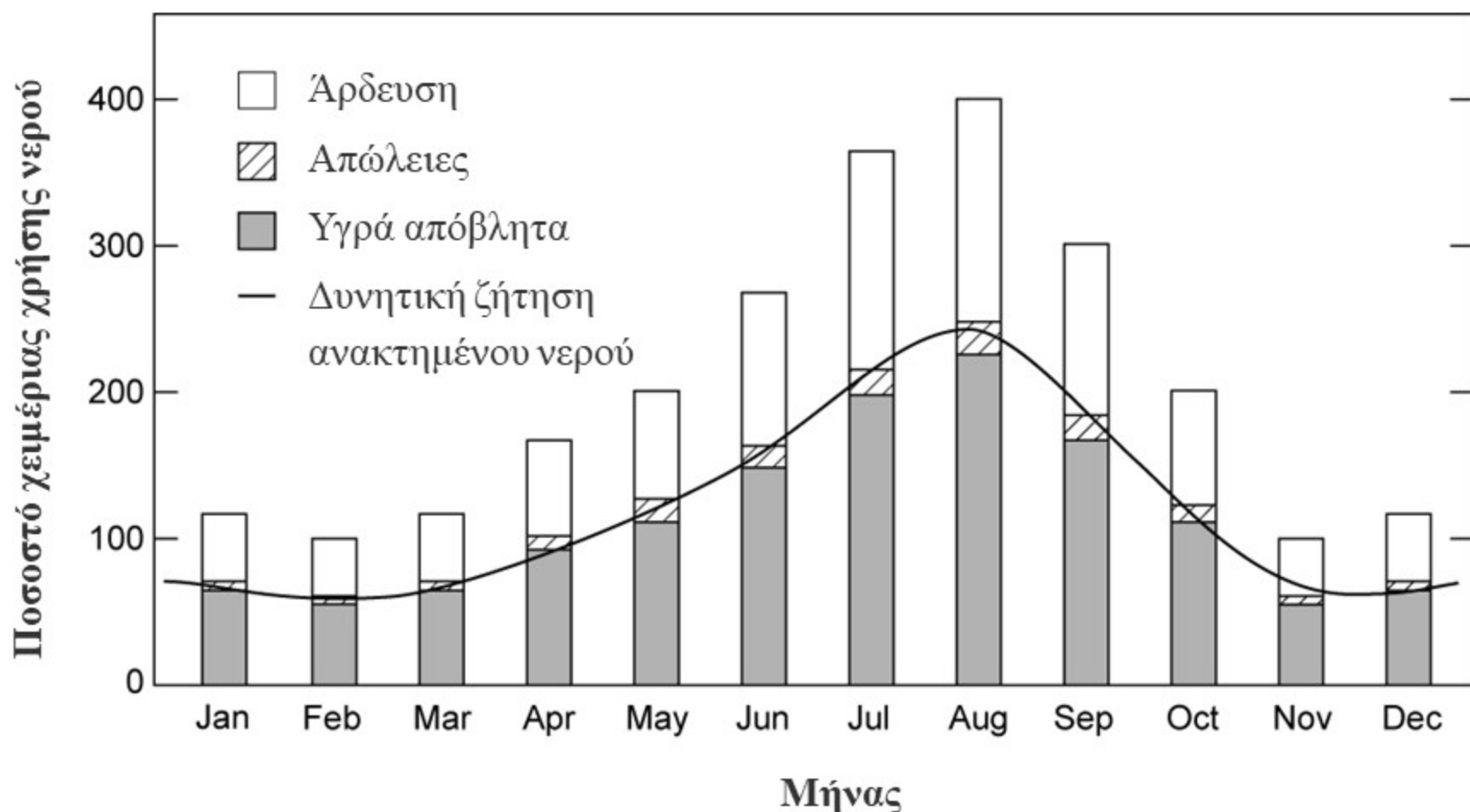
# Κόστος νερού στα νησιά του Αιγαίου

(περιλαμβάνονται κόστη: κατασκευής, ενέργειας, λειτουργίας και συντήρησης)

Παροχή (m <sup>3</sup> /d)	Κόστος ανά κυβικό μέτρο νερού (€/m <sup>3</sup> )			
	Αφαλάτωση	Εισαγωγή	Ανάκτηση (μετά την μονάδα επεξεργασίας λυμάτων) <sup>1</sup>	
			Άρδευση	Καζανάκια τουαλέτας
100 - 1,000	1.50-3.50	5.00-7.00	0.25-0.35/ 0.75-1.35	0.35-0.52/ 0.80-1.50
1,000 - 2,500	1.00-2.00	5.00-6.00	0.15-0.20/ 0.60-0.75	0.22-0.30/ 0.70-0.85
2,500 - 5,000	0.75-1.25	4.00-6.00	0.15-0.18/ 0.65-0.75	0.22-0.27/ 0.75-0.85

<sup>1</sup> Για ανάκτηση νερού, η επάνω σειρά περιλαμβάνει το κόστος επεξεργασίας, ενώ η δεύτερη σειρά περιλαμβάνει τα κόστη επεξεργασίας, άντλησης, διανομής και αποθήκευσης

# Εποχιακή ζήτηση νερού σε νησιά του Αιγαίου



Η ζήτηση ανακτημένου νερού ακολουθεί την παραγωγή υγρών αποβλήτων



Ελαχιστοποίηση των εγκαταστάσεων αποθήκευσης

# 3<sup>rd</sup> International Conference on Sustainable Chemical & Environmental Engineering



**SUST  
ENG  
2024**

**4<sup>th</sup> - 8<sup>th</sup> September 2024**

Rethymno, Crete  
hybrid event

[secretariat.susteng@tuc.gr](mailto:secretariat.susteng@tuc.gr)



organizers



Technical University of Crete  
School of Chemical and  
Environmental Engineering



Cyprus  
University of  
Technology

[pgikas@tuc.gr](mailto:pgikas@tuc.gr)  
[www.deplab.tuc.gr](http://www.deplab.tuc.gr)

[secretariat.susteng@tuc.gr](mailto:secretariat.susteng@tuc.gr)  
[www.susteng.tuc.gr](http://www.susteng.tuc.gr)

Δρ. Πέτρος Γκίκας