

**« ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ  
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ -ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ»**

**Dr Ιωάννης Κ. Καλαβρουζιώτης  
Αναπληρωτής Καθηγητής  
Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου**

# ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

- Από την αρχή της δεκαετίας του 90, το ενδιαφέρον των Ευρωπαϊκών πρωτοβουλιών άρχισε να διευρύνεται και δεν περιορίστηκε μόνο στην εξασφάλιση καλής ποιότητας επεξεργασμένων νερών από τις Μονάδες Επεξεργασίας Υγρών Αστικών Αποβλήτων (WWTP), αλλά επί πλέον συμπεριέλαβε και τα εξής:
  - α) Εναλλακτικούς τρόπους ανάκτησης νερού
  - β) Ενεργειακή και οικονομική επάρκεια
  - γ) Επιπτώσεις στις κλιματικές αλλαγές λόγω της εκπομπής αερίων θερμοκηπίου από τις WWTPs.
  - δ) Περιβαλλοντική ρύπανση με εκπομπές δύσοσμων αερίων

# Σύγχρονες Τάσεις

Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία , λόγω της αύξησης του βαθμού μείωσης των υδατικών αποθεμάτων συνεπεία της συχνής εμφάνισης της ξηρασίας, φαινόμενο το οποίο τα τελευταία χρόνια λαμβάνει χώρα όλο και πιο συχνά

α)Τουλάχιστο 17% των Ευρωπαϊκών περιοχών επηρεάστηκε από την έλλειψη νερού και το κόστος της ξηρασίας ανήλθε στο ποσό των 100 δισεκατομ.€.

β)Η Επιτροπή αναμένει περαιτέρω εξάντληση των υδατικών πόρων στην Ευρώπη εφόσον συνεχιστεί το φαινόμενο της ξηρασίας συνεπεία των κλιματικών μεταβολών.

γ)Εντατικοποίηση της επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αστικών αποβλήτων

δ)Ανάκτηση θρεπτικών, και άλλων υποπροϊόντων, γεγονός που θα αυξήσει τη βιωσιμότητα των WWTPs

# Βελτιστοποίηση συστημάτων

Ενόψει των ανωτέρω επιβάλλεται:

- α) Βελτιστοποίηση της ενεργειακής κατανάλωσης από τις Μονάδες, η οποία σημειωτέον υπολογίζεται σε 1% της μέσης ημερήσιας ηλεκτρικής κατανάλωσης στη Δ.Ευρώπη.

Επι του παρόντος οι WWTPs είναι καταναλωτές της ενέργειας.



# Επεξεργασία Κλιματικές Αλλαγές και Περιβάλλον

## Επιπτώσεις της επεξεργασίας στις κλιματικές αλλαγές

Τα τελευταία χρόνια η επεξεργασία των αστικών αποβλήτων έχει διαπιστωθεί ότι συμβάλλει στις κλιματικές μεταβολές, γεγονός που προσδίδει ιδιαίτερη σπουδαιότητα στην επεξεργασία των αποβλήτων.

(έχουμε ήδη ερευνητικά ασχοληθεί με τις επιπτώσεις για την Αιτωλοακαρνανία και έχουμε δημοσιεύσει εργασία για το Εθνικό πάρκο Λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου)

# Σύσταση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων

Τα τελευταία χρόνια υπήρξε μεγάλο ενδιαφέρον από πλευράς των ερευνητών για την ανακάλυψη νέων ρυπαντών εκτός των γνωστών βαρέων μετάλλων κλπ.

Έτσι, ανακαλύφθηκαν πολυάριθμες ουσίες πρώτης προτεραιότητας, οι οποίες συμπεριλαμβάνουν βιοκτόνα, γεωργικά φάρμακα, μέταλλα, πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAH) και πολυβρωμιούχους βιοεθυλεστέρες (PBDE), για τις οποίες έχουν ήδη καθοριστεί πρότυπα (standards) περιβαλλοντικής ποιότητας.

Η παρουσία αερίων στο περιβάλλον των WWTP δημιουργεί σοβαρά προβλήματα υγείας.

Τελευταία έχουν εντοπιστεί 15 επιπλέον ουσίες που περιλαμβάνουν φαρμακευτικά προϊόντα, και διασπαστές ενδοκρινών ουσιών.

**(έχουμε δημοσιεύσει σχετική εργασία σε συνεργασία με εργαστήριο του εξωτερικού).**

# Η επαναχρησιμοποίηση υγρών αστικών λυμάτων για άρδευση εκτάσεων αποτελεί σήμερα μια πρακτική διάθεσης



Θα συμβάλλει στο άμεσο μέλλον

στην **αντιμετώπιση** και στην **ελαχιστοποίηση**  
των **περιβαλλοντικών προβλημάτων**  
που προκύπτουν από την διάθεση εκροών λυμάτων  
σε χερσαίους και υδάτινους αποδέκτες.



# *Επαναχρησιμοποίηση Εκροές Υγρών Αποβλήτων σ' άλλες Χώρες*

## **Στις ΗΠΑ (πρόσφατα στοιχεία)**

- α) WWTPs: 16,400 δυναμικότητας  $155 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$
- β) Έργα επαναχρησιμοποίησης: 1500 που επαναχρησιμοποιούν 6,5% των εκροών ( $10 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{d}$ ) με αύξηση 5%/έτος, κυρίως στην Καλιφόρνια, Αριζόνα, Φλόριδα και Τέξας.
- γ) Καλιφόρνια : Επαναχρησιμοποιούνται  $860 \text{ Mm}^3/\text{yr}$  ή 20% των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων ( $4300 \text{ Mm}^3/\text{yr}$ ) και προβλέπεται να διπλασιασθεί το 2025.

## **Ισραήλ**

$450 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$  (75% των εκροών αποβλήτων).

## **Ισπανία**

$400 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$  (αύξηση 3-4%/yr).

## **Αυστραλία**

Αύξηση 5%/έτος.



***Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης  
εκροών υγρών αποβλήτων στην ΕΕ  
(550εκατ. κατ.)***

**Συνολική χρήση νερού: 250.000Mm<sup>3</sup>/yr**  
**Άρδευση: (α) γεωργική: 150.000Mm<sup>3</sup>/yr**  
**(β) άλλες: 100.000Mm<sup>3</sup>/yr**

***Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης εκροών υγρών αποβλήτων  
στην ΕΕ (550εκατ. κατ.)***

**Άρδευτικό νερό (%): 60**

**Επαναχρησιμοποίηση το 2005: 750Mm<sup>3</sup>/yr**

**Προβλεπόμενη το 2025:  
2.500Mm<sup>3</sup>/yr.**

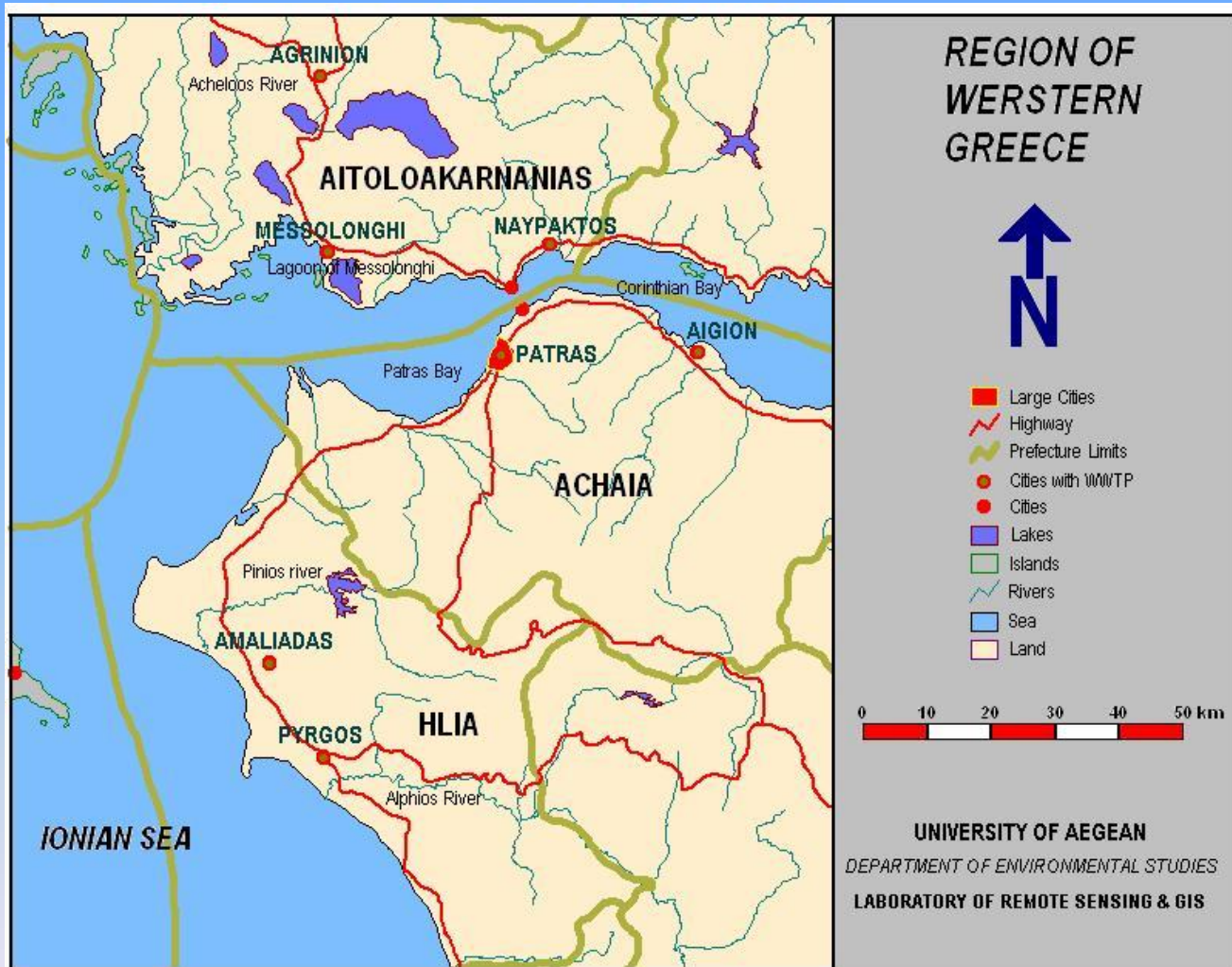
**Στις ΗΠΑ (300 εκατ. κατ.)**

**Επαναχρησιμοποίηση: 3.550Mm<sup>3</sup>/yr.**

# **Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης εκροών υγρών αποβλήτων στην Ελλάδα**

Ατμοσφ. κατακρημνίσεις:	115.375Mm <sup>3</sup> /yr
Συνολικό υδατικό δυναμικό:	69.000Mm <sup>3</sup> /yr
Συνολική χρήση νερού:	8.150Mm <sup>3</sup> /yr
Άρδευση: (α) γεωργική:	6.900Mm <sup>3</sup> /yr
(β) άλλες:	1.250Mm <sup>3</sup> /yr
Αρδευτικό νερό (%):	84,7
Εκροές αποβλήτων:	700 Mm <sup>3</sup> /yr
Επαναχρησιμοποίηση(2005):	6,00Mm <sup>3</sup> /yr (0,07%-0,9%)
Προβλεπόμενη (2025):	60,00Mm <sup>3</sup> /yr (0,75%)

# Βιολογικοί Καθαρισμοί στην Δυτική Ελλάδα





# Βιολογικός Καθαρισμός Ιεράς Πόλης Μεσολογγίου

Αερολσχη Πατρίων - Patra's Air Club  
©-172 K1:P. Vironis  
Βιολογικός Μεσολογγίου







ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ (ΑΓΡΙΝΙΟ)

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ: ΔΡ. ΙΩΑΝΝΗΣ ΚΑΛΑΒΡΟΥΖΙΩΤΗΣ, Επίκουρος Καθηγητής

Α/Α	ΖΗΤΟΥΜΕΝΑ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ
1	ΑΚΡΙΒΗΣ ΘΕΣΗ ΤΟΥ Β.Σ. - ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	Θέση Μπούτος, εκβολές Μόρνου, Αρ. Χαρτη 6216/1 (1:5000)
2	ΕΤΟΣ ΔΗΜΟΠΡΑΤΗΣΗΣ	
3	ΕΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	2001
4	ΑΠΟΔΕΚΤΗΣ ΕΚΡΟΗΣ (ΑΚΡΙΒΗΣ ΘΕΣΗ - ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ)	θαλάσσιος χώρος στις εκβολές του Μόρνου ποταμού
5	ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΣ ΑΠΟΔΕΚΤΗΣ	παρακείμενη τάφρος αποστράγγισης
6	ΠΟΣΑ ΜΕΤΡΑ ΜΕΣΑ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ ΕΚΤΕΙΝΕΤΑΙ Ο ΑΓΩΓΟΣ	200
7	ΠΟΣΟ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΑΠΟ ΤΟ Β.Σ. ΕΩΣ ΤΗΝ ΘΑΛΑΣΣΑ	450
8	ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ	όχι
9	ΠΑΡΟΧΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	25000
10	ΕΙΔΟΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	Β' βαθμια
11	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΙΛΥΟΣ	αφυδάτωση
12	ΑΠΟΔΕΚΤΗΣ ΙΛΥΟΣ	Χωματερή
13	ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΑΝΑ ΗΜΕΡΑ (BOD/COD)	200-210 mgr/ltr
14	ΓΙΝΕΤΑΙ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ή ΆΛΛΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ;	όχι
17	ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ΛΑΣΠΗΣ ΑΝΑ ΕΤΟΣ	10000 ευρώ

Α / Α	ΖΗΤΟΥΜΕΝΑ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ
1	ΥΠΑΡΧΕΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ	ΝΑΙ
2	ΥΠΑΡΧΕΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΤΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ (ΠΕΡΙΓΡΑΨΤΕ ΤΟ)	Εξέταση BOD εισόδου , ανάλυση νερού εισόδου
3	ΥΠΑΡΧΕΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΗΣ ΛΑΣΠΗΣ (ΠΕΡΙΓΡΑΨΤΕ ΤΟ)	ΌΧΙ
4	ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΝΑΙ (Faecal coliforms, Coliforms, streptococcus
5	ΜΕΤΡΟΥΝΤΑΙ ΟΙ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ: 	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6	ΜΕΤΡΟΥΝΤΑΙ ΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ: pH, SAR, Ηλεκτρική  P) Ιχνοστοιχεία (Cu, Zn, Al, Ni, Cr)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

ολικός φωσφόρος, ολικό άζωτο,  
οξείδια P και N

+

## Ο λεπτομερής προσδιορισμός των:

- ◆ *γεωλογικών,*
- ◆ *μετεωρολογικών &*
- ◆ *εδαφολογικών παραμέτρων*



Επιτρέπει

την **ασφαλή επαναχρησιμοποίηση**  
**υγρών αστικών λυμάτων**

- ✓ σε εκτάσεις στα αστικά κέντρα,
- ✓ σε προβληματικά εδάφη αλλά και
- ✓ σε καλλιέργειες.

# *Κατηγορίες επαναχρησιμοποίησης:*

Τα υγρά αστικά λύματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- 1. για την άρδευση γεωργικών εκτάσεων**
- 2. για την άρδευση τοπίων και χώρων αναψυχής**
- 3. για τον εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα**
- 4. για βιομηχανικές δραστηριότητες**
- 5. για την προστασία, ανάπλαση συγκεκριμένων προβληματικών περιοχών**
- 6. για πυροπροστασία στα αστικά κέντρα &**
- 7. για εφαρμογές εντός των αστικών συγκροτημάτων**

*(Asano, 2003), (Maeda et al., 1985), (Kalavrouziotis et al, 2007).*



Μια άριστη επιλογή των κατάλληλων εκτάσεων, όπου τα υγρά επεξεργασμένα αστικά λύματα τελικά θα χρησιμοποιηθούν προϋποθέτει την αξιοποίησή τους με εξασφάλιση κατάλληλων **γεωτεχνικών κριτηρίων**. Στα κριτήρια συμπεριλαμβάνονται κλιματικά και μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής όπως :

1. το ύψος των κατακρηνισμάτων,
2. η θερμοκρασία,
3. ο αριθμός , η διάρκεια και η ένταση των βροχοπτώσεων,
4. οι τιμές της εξάτμισης και διαπνοής.
5. γεωλογικά και υδρολογικά δεδομένα όπως υψόμετρο, ανάγλυφο, κλίση, πέτρωμα, διαπερατότητα, θέσεις συγκέντρωσης επιφανειακού νερού

Δεδομένα για τις ιδιότητες του εδάφους όπως:

- η μηχανική σύσταση
- η αγωγιμότητα, στοιχεία δομής, υγρασίας και πορώδους του εδάφους
- η εναλλακτική ικανότητα των κατιόντων, η περιεχόμενη σε αυτό οργανική ουσία, το pH και οι συνολικές ποσότητες N και P

*(Kalavrouziotis et al., 2004)*

**Πειραματικά** στις θερμοκηπιακές εγκαταστάσεις του **Πανεπιστημίου Ιωαννίνων στο Αγρίνιο**, καλλιεργήθηκαν τα:

*Allium cepa*, *Lactuca sativa*, *Brassica oleracea* var. *gemifera*, *Brassica oleracea* var. *italica*, *Brassica oleracea* var. *capitata* σε πλήρες σχέδιο, όπου:

✓ φυτά αρδεύτηκαν με υγρά επεξεργασμένα λύματα από τον Βιολογικό Καθαρισμό Αγρινίου και Μεσολογίου

✓ φυτά που αρδεύτηκαν με κανονικό νερό άρδευσης  
(Kalavrouziotis et al, 2005, 2008, 2009, 2010)

**Μετρήθηκαν** όλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά αναφορικά με:  
Electrical conductivity,  
SAR, pH, Ca, Mg, Na, Mn, Cu, Zn, Cr, B, Fe, As.

Τρεις εβδομάδες μετά την φύτευση και καλλιέργεια των λαχανικών ελήφθησαν δείγματα εδάφους εκ των πειραματικών τεμαχίων και φυτικών ειδών (φύλλων και ριζών), καθώς επίσης και στο τέλος της καλλιέργειας. Όλα τα ανωτέρω δείγματα αναλύθηκαν αναφορικά με τις συγκεντρώσεις τους σε βαρέα μέταλλα.

Element		Recommended maximum concentration <sup>a</sup> (mg/l)	Remarks
Li	Lithium	2.5	Tolerated by most crops up to 5 mg/l; mobile in soil. Toxic to citrus at low concentrations (<0.075 mg/l). Acts similarly to boron.
Mn <sup>b</sup>	Manganese	0.20	Toxic to a number of crops at a few-tenths to a few mg/l, but usually only in acid soils.
Mo	Molybdenum	0.01	Not toxic to plants at normal concentrations in soil and water. Can be toxic to livestock if forage is grown in soils with high concentrations of available molybdenum.
Ni	Nickel	0.20	Toxic to a number of plants at 0.5–1.0 mg/l; reduced toxicity at neutral or alkaline pH.
Pb	Lead	5.0	Can inhibit plant cell growth at very high concentrations.
Se	Selenium	0.02	Toxic to plants at concentrations as low as 0.025 mg/l, and toxic to livestock if forage is grown in soils with relatively high levels of added selenium. Essential element to animals, but in very low concentrations.
V	Vanadium	0.10	Toxic to many plants at relatively low concentrations.
Zn <sup>b</sup>	Zinc	2.0	Toxic to many plants at widely varying concentrations; reduced toxicity at pH >6.0 and in fine textured or organic soils.

Source: Adapted from Ayers & Westcot (1985); Pescod (1992).

<sup>a</sup> The maximum concentration is based on a water application rate that is consistent with good irrigation practices (5000–10 000 m<sup>3</sup>/ha per year). If the water application rate greatly exceeds this, the maximum concentrations should be adjusted downward accordingly. No adjustment should be made for application rates less than 10 000 m<sup>3</sup>/ha per year. The values given are for water used on a continuous basis at one site.

<sup>b</sup> Synergistic action of Cu and Zn and antagonistic action of Fe and Mn have been reported in certain plants species' absorption and tolerance of metals after wastewater irrigation. If the irrigation water contains high concentrations of Cu and Zn, Cu concentrations in the tissue may increase greatly. In plants irrigated with water containing a high concentration of Mn, Mn uptake in the plants may increase, and, consequently, the concentration of Fe in the plant tissue may be reduced considerably. Generally, metal concentrations in plant tissue increase with concentrations in the irrigation water. Concentrations in the roots are usually higher than in the leaves (Drakatos, Kalavrouziotis & Drakatos, 2000; Drakatos et al., 2002; Kalavrouziotis & Drakatos, 2002).



# Λαχανικά

- **Συσώρευση θρεπτικών και βαρέων μετάλλων**
- Σε έδαφος, που καλλιεργήθηκε με Μπρόκολα, βρέθηκε ότι η συσώρευση των θρεπτικών στοιχείων P, και Zn και βαρέων μετάλλων (Cd, Pb) με την εφαρμογή των ΕΥΑΑ, για την άρδευση του υπόψη λαχανικού, ήταν μέσα στα όρια των επιτρεπόμενων επιπέδων.
- **Η συσώρευση των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος εξασφάλισε μία σταθερή ροή θρεπτικών για την ανάπτυξη των φυτών**



# Αλληλεπιδράσεις στοιχείων στα λαχανικά

Μεγάλος αριθμός αλληλεπιδράσεων ανερχόμενος σε εκατοντάδες, μεταξύ των βαρέων μετάλλων και των θρεπτικών στοιχείων, λαμβάνει χώρα στο έδαφος και στα φυτά.

Η εφαρμογή της επαναχρησιμοποίησης των ΕΥΑΑ αυξάνει κατά κανόνα τον αριθμό των στατιστικά σημαντικών αλληλεπιδράσεων.

Στις ρίζες των Λαχανικών Βρυξελών οι συνεργιστικές αλληλεπιδράσεις ήταν περισσότερες από τις αντίστοιχες των ριζών των Μπρόκολων.

**Στα λαχανάκια Βρυξελών, ο αριθμός των ανταγωνιστικών αλληλεπιδράσεων στις ρίζες, κάτω από την επίδραση των ΕΥΑΑ, βρέθηκε ίσος με τον αντίστοιχο των φύλλων,**

Ο συνολικός αριθμός των αλληλεπιδράσεων, που έλαβε χώρα στα λαχανάκια Βρυξελών, ανεξαρτήτως από τον τύπο της αλληλεπίδρασης, δηλ. ανταγωνιστική ή συνεργιστική, ήταν μεγαλύτερος στις ρίζες από ότι στα φύλλα.

**Ο συνολικός αριθμός των αλληλεπιδράσεων κάτω από την επίδραση των ΕΥΑΑ και ανεξαρτήτως του τύπου αυτών, ήταν μεγαλύτερος στα φυτά των λαχανικών Βρυξελών από τον αντίστοιχο αριθμό στα Μπρόκολα.**

# Αλληλεπιδράσεις στοιχείων στα λαχανικά

Οι συνεργιστικές αλληλεπιδράσεις συνέβαλλαν στο εφάδιασμό των φυτών με θρεπτικά στοιχεία αλλά και με βαρέα μέταλλα και οι ανταγωνιστικές έδρασαν αρνητικά στη συσσώρευση των βαρέων μετάλλων και θρεπτικών στοιχείων.

Η συνολική συμβολή των αλληλεπιδράσεων σε θρεπτικά στοιχεία και βαρέα μέταλλα ήταν συνάρτηση του αριθμού των διαφόρων τύπων αλληλεπιδράσεων (ανταγωνιστική ή συνεργιστική), και του ποσοτικού μεγέθους της συμβολής κάθε αλληλεπίδρασης

**Ορισμένες ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις, ιδιαίτερα εκείνες που συμπεριλαμβάνουν βαρέα μέταλλα, έδρασαν ευεργετικά στην ανάπτυξη των φυτών διότι μείωσαν τη συγκέντρωση των τοξικών μετάλλων στα φυτά. Π.Χ, οι ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις CaxCd, MnxCd, KxCd PxBb κλπ. Οι αλληλεπιδράσεις αυτές μπορούν να αξιοποιηθούν στην πράξη μετά από περαιτέρω πειραματική επιβεβαίωση τους, στη αντιμετώπιση προβλημάτων ρύπανσης του περιβάλλοντος. Ωστόσο, αλλες ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις που περιλάμβαναν βαρύ μέταλλο και θρεπτικό στοιχείο μπορεί να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στα φυτά δημιουργώντας τροφопενία**

Επίσης ορισμένες συνεργιστικές αλληλεπιδράσεις συνέβαλλαν στη συσσώρευση των βαρέων μετάλλων στα φυτά. Π.Χ. οι συνεργιστικές αλληλεπιδράσεις PxCd, KxBb ZnxBb, και ιδιαιτέρως η ClxBb, η οποία αυξάνει σημαντικά την περιεκτικότητα του τοξικού Cd στα φύλλα των λαχάνων, όπως βρέθηκε πρόσφατα στο πειραματικό άρδευσης λαχάνων με ΕΥΑΑ.



# Ποσοτικοποίηση (Quantification) της συμβολής των αλληλεπιδράσεων σε βαρέα μέταλλα και θρεπτικά στοιχεία

Η ανάλυση συμμεταβολής μεταξύ των αναλυτικών δεδομένων των βερέων μετάλλων και των θρεπτικών στοιχείων των φυτών και του εδάφους, (Regression analysis) έδωσε τη δυνατότητα της ποσοτικής έκφρασης της συμβολής των αλληλεπιδράσεων σε θρεπτικά στοιχεία και βαρέα μέταλλα.

Π.Χ. βρέθηκε ότι η συνεργιστική αλληλεπίδραση  $Mn \times P$  συνέβαλε στην αύξηση της περιεκτικότητας του P των κεφαλών του μπρόκολου (εδώδιμο μέρος φυτού) κατά **19,43%**, ενώ η ανταγωνιστική αλληλεπίδραση  $Zn \times P$  μείωσε την περιεκτικό του P κατά **17.63%**.

**Βρέθηκε ότι η τελική περιεκτικότητα δοθέντος θρεπτικού στοιχείου ή βαρέος μετάλλου, εξαρτάται από τον αριθμό των αντίστοιχων συνεργιστικών και ανταγωνιστικών αλληλεπιδράσεων, καθώς και από το μέγεθος της συμβολής κάθε επιμέρους αλληλεπίδρασης στο υπόψη στοιχείο ή μέταλλο.**

Στατιστικώς σημαντικές ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις βρέθηκαν μεταξύ του pH του εδάφους και των βαρέων μετάλλων Pb, Ni, γεγονός που τονίζει και υπογραμμίζει την μεγάλη περιβαλλοντική σημασία αυτών των αλληλεπιδράσεων, οι οποίες μπορεί να εφαρμοστούν στη πράξη για την αντιμετώπιση των προβλημάτων ρύπανσης του εδάφους με τα υπόψη βαρέα μέταλλα με απλή αύξηση του pH με ασβέστωση. Αντίθετα, η αλληλεπίδραση της οργανικής ουσίας με το Ni και το Mn υπήρξε συνεργιστική, αποτέλεσμα που τονίζει το ρόλο της οργανικής ουσίας στη αύξηση τη βιοδιαθεσιμότητας των μετάλλων αυτών στα φυτά.

## ***Τα αποτελέσματα συνοψίζονται:***

- ✓ **Σημαντικά ποσά διαθέσιμου P συσσωρεύονται στο έδαφος σαν αποτέλεσμα της επαναχρησιμοποίησης των υγρών αστικών λυμάτων που κυμαίνεται από 46.6 έως 82.0 Kg PO/ ha.**
- ✓ **Παρά την χαμηλή συγκέντρωση Mn τόσο στα πειραματικά που αρδεύονταν με υγρά αστικά λύματα αλλά και με κανονικό νερό άρδευσης, το υψηλό επίπεδο Mn στο έδαφος (40.9- 43.3 Kg Mn/ha) πιθανόν να οφείλεται στον κακό αερισμό στην περιοχή των ριζών, που προκαλεί αύξηση της διαθεσιμότητας Mn.**
- ✓ **Οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων στα φυτά μπορεί να συσχετισθεί με την συσσωρεύσή τους στο έδαφος. Η συσχέτιση αυτή τροποποιείται από το μέγεθος της συσσώρευσης των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος, τα γενοτυπικά χαρακτηριστικά του φυτού, τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους και τις ανταγωνιστικές επιδράσεις μεταξύ των διαφόρων στοιχείων**



# Δασικά Είδη

Βρέθηκε γενικά ότι η συγκέντρωση των μικροθρεπτικών Cu, Fe, Mn, Zn και του βαρέος μετάλλου Pb στα φύλλα, στελέχη, και στις ρίζες των δασικών ειδών που μελετήθηκαν (*Geranium sp.* και *Nerium oleander*) επηρεάστηκε αρνητικά από τις ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των βαρέων μετάλλων και των θρεπτικών στοιχείων, που έλαβαν χώρα στα φυτά αυτά, ενώ τα βαρέα μέταλλα Cd, Cr και Co επηρεάστηκαν θετικά, δηλ. αύξηθηκε η συσσώρευσή τους λόγω της επίδρασης των συνεργιστικών αλληλεπιδράσεων.. Οι ανταγωνιστικές αλληλεπιδράσεις έδρασαν ευεργετικά διότι μείωσαν τη συσσώρευση των βαρέων μετάλλων στα μελετηθέντα δασικά είδη. **Αντίθετα η συσσώρευση των βαρέων μετάλλων Ni, Cr Co και Cd στα διάφορα φυτικά μέρη, ευνοήθηκε σημαντικά από τις συνεργιστικές αλληλεπιδράσεις, τα μέταλλα δε αυτά συσσωρεύτηκαν κυρίως στο *Cupressus arizonica*, Green, και σε μικρότερο βαθμό στο *Cottoneaster integerrimus* Med.**

Ο ποσοτικός προσδιορισμό της συμβολής των αλληλεπιδράσεων (ποσοτικοποίηση) σε βαρέα μέταλλα και θρεπτικά στοιχεία, υπήρξε και στη περίπτωση των δασικών ειδών, σημαντικός.



## ***Απαραίτητα μέτρα για άρδευση:***

- Συνεχής έλεγχος των συσσωρευμένων στοιχείων ιδιαίτερα των P, Mn και Zn.
- Τακτική ανάλυση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των υγρών επεξεργασμένων λυμάτων.
- Εφαρμογή όλων των οδηγιών υγείας όπως αυτές προβλέπονται σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο.
- Η ύπαρξη ενός ολοκληρωμένου σχεδίου που θα ελέγχει τα φυτικά είδη, το έδαφος εφαρμογής των λυμάτων, τις υπάρχουσες κλιματικές συνθήκες και την γενικότερη υποδομή της περιοχής, μια και αναφερόμαστε σε πρωτογενή περιοχή.
- Έλεγχος των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του εδάφους (στράγγιση, αερισμός, οργανική ουσία) εφαρμόζοντας ένα πρόγραμμα ορθολογικής διαχείρισης των καλλιεργειών και του εδάφους.



# Σχεδιασμός προγράμματος άρδευσης

Για το σχεδιασμό ενός πλήρους προγράμματος άρδευσης θα πρέπει απαραίτητα να ληφθούν υπόψη:

- ❖ Ύπαρξη πλήρους προγράμματος λειτουργίας της άρδευσης που θα λαμβάνει υπ' όψιν τη **μορφολογία της περιοχής** και τους **οικολογικούς παράγοντες**.
- ❖ Πριν την έναρξη του προγράμματος θα πρέπει **να γνωστοποιηθούν επακριβώς** τα αγροτεμάχια που θα αρδευτούν (αρ. αγροτεμαχίων, καλλιέργειες, χρόνος άρδευσης κλπ.).
- ❖ Να γίνει **οριοθέτηση** των αρδευομένων περιοχών με ενημερωτικές πινακίδες, η δε άρδευση να γίνεται με τρόπο, ώστε να αποφεύγεται κατά το δυνατόν η ανθρώπινη επαφή με τα επεξεργασμένα λύματα. **Ιδιαίτερη προσοχή** να δοθεί στη σήμανση των ανοιχτών διωρύγων και στα τυχόν άλλα μέτρα προστασίας του κοινού.

# Σχεδιασμός προγράμματος άρδευσης

*συνέχεια...*

- ❖ **Να αποκλειστούν περιοχές** προς άρδευση που μπορεί να υπάρχουν υδρευτικές και πηγές ή αρδευτικές γεωτρήσεις (που αρδεύουν καλλιέργειες οι οποίες δεν επιδέχονται άρδευση με επεξεργασμένα λύματα) σε απόσταση 100 και 50 m αντίστοιχα καθώς και 30 m από φρέατα και 15 m από σωλήνες υδραγωγείου.
- ❖ Θα πρέπει πριν την έναρξη λειτουργίας της δραστηριότητας να έχει εξασφαλισθεί από τον υπεύθυνο της δραστηριότητας η **αποδοχή του από τους χρήστες.**
- ❖ Θα πρέπει πριν την υλοποίηση της δραστηριότητας να έχει εξασφαλισθεί από την αρμόδια Υπηρεσία διαχείρισης του αρδευτικού δικτύου, ότι **δεν θα επιτρέπεται η άρδευση εκτάσεων με καλλιέργειες που καταναλώνονται νωπές ή εφόσον δεν επιθυμούν οι καλλιεργητές την άρδευση των καλλιεργειών τους με τις επεξεργασμένες εκροές του υπ' όψιν βιολογικού καθαρισμού.**



# ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΥΡΕΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ

Για τον προσδιορισμό των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών της πεδιάδας **Αγρινίου**, αρχικά υπολογίστηκε η μέση ημερήσια βασική εξατμισοδιαπνοή κάθε μήνα με την εξίσωση *Penman-Monteith κατά FAO*:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}$$

*όπου:*  $ET_o$  η βασική εξατμισοδιαπνοή ( $\text{mm day}^{-1}$ ),  
 $R_n$ : η ροή της καθαρής ακτινοβολίας στην επιφάνεια των φυτών ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ),  
 $G$ : η ροή της αισθητής θερμότητας προς το έδαφος ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ ),  
 $\gamma$ : η ψυχρομετρική σταθερά ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ ),  
 $T$ : η μέση ημερήσια θερμοκρασία του αέρα σε ύψος 2 m ( $^\circ\text{C}$ ),  
 $u_2$ : η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 2 m ( $\text{m s}^{-1}$ ),  
 $(e_s - e_a)$ : το έλλειμμα κορεσμού του αέρα ( $\text{kPa}$ ),  
 $e_s$ : η μέση πίεση των ατμών στον κορεσμό ( $\text{kPa}$ )  
 $e_a$ : η πραγματική πίεση ατμών ( $\text{kPa}$ ) και  
 $\Delta$ : η κλίση της καμπύλης της σχέσεως μεταξύ της πίεσης ατμών κορεσμού και της θερμοκρασίας ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ )



## Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή $ET_c$ για ολόκληρη την αρδευτική περίοδο των παραπάνω εκτάσεων, δίνεται από την εξίσωση:

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

όπου  $K_c$ : οι μέσοι φυτικοί συντελεστές των καλλιεργειών κατά στάδιο ανάπτυξης

**Οι καθαρές ανάγκες σε νερό άρδευσης των καλλιεργειών υπολογίστηκαν από την εξίσωση:**

$$I_n = ET_c - (P_e + G_w + SM)$$

όπου  $P_e$ : είναι το μέρος εκείνο της βροχής που μπορεί να αξιοποιηθεί από τις καλλιέργειες και λέγεται ωφέλιμη βροχή,

$G_w$ : είναι η συμβολή του υπόγειου νερού και

$SM$ : είναι το νερό που είναι αποθηκευμένο στη ζώνη του ριζοστρώματος στην αρχή της βλαστικής περιόδου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις καλλιέργειες.

Στην παρούσα εργασία ο όρος  $G_w$  θεωρήθηκε ίσος με μηδέν, διότι η υπόγεια στάθμη στην πεδιάδα Αγρινίου είναι πολύ χαμηλή λόγω της υπεράντλησης. Επίσης έγινε η παραδοχή ότι η εδαφική υγρασία κατά τη σπορά και τη συγκομιδή ήταν στο ίδιο επίπεδο, οπότε ο όρος  $SM$  ελήφθη ίσος με μηδέν.

# Γενικά συμπεράσματα σε σχέση με τη συνέχιση των ερευνών

Από τα μέχρι σήμερα ληφθέντα αποτελέσματα των ερευνών του εργαστηρίου μας, τα γενικά συμπεράσματα που προκύπτουν σχετικά με την ανάγκη περαιτέρω έρευνας των επιπτώσεων των ΕΥΑΑ και της ιλύος στο έδαφος, τα φυτά και στο περιβάλλον, συνοψίζονται κατωτέρω:

**Η συσσώρευση των βαρέων μετάλλων λόγω εφαρμογής της επαναχρησιμοποίησης των ΕΥΑΑ και της ιλύος στα πλαίσια ενός Εθνικού σχεδιασμού αξιοποίησης των εκροών (υγρών ή στερεών) των Μονάδων Βιολογικού καθαρισμού, θα πρέπει να μελετηθεί σε πολυετή πειράματα, ειδικώς σχεδιασμένα για τη μελέτη και της υπολειμματικής δράσης των στοιχείων, αλλά και των αλληλεπιδράσεων τους στο έδαφος και στα φυτά.**

Η λεπτομερής μελέτη για την επιβεβαίωση ορισμένων αλληλεπιδράσεων με περιβαλλοντική σημασία, θα πρέπει να γίνει με εγκατάσταση ειδικών πειραματικών, όπως π.χ. εκείνου της μελέτης της αλληλεπίδρασης  $C1x Cd$ , λόγω της άμεσης σχέσης τους με την τροφική αλυσίδα και την προστασία της υγείας των καταναλωτών και του περιβάλλοντος.

# Γενικά συμπεράσματα σε σχέση με τη συνέχιση των ερευνών

Η συνέχιση της μελέτης των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των βαρέων μετάλλων και των θρεπτικών στοιχείων, στο έδαφος και στα φυτά, θα πρέπει να γίνει και σε άλλες καλλιέργειες πλην των λαχανικών (σιτάρι, καλαμπόκι κλπ) για την επιβεβαίωση της πιθανής παρουσίας τους σε όλες τις καλλιέργειες. .

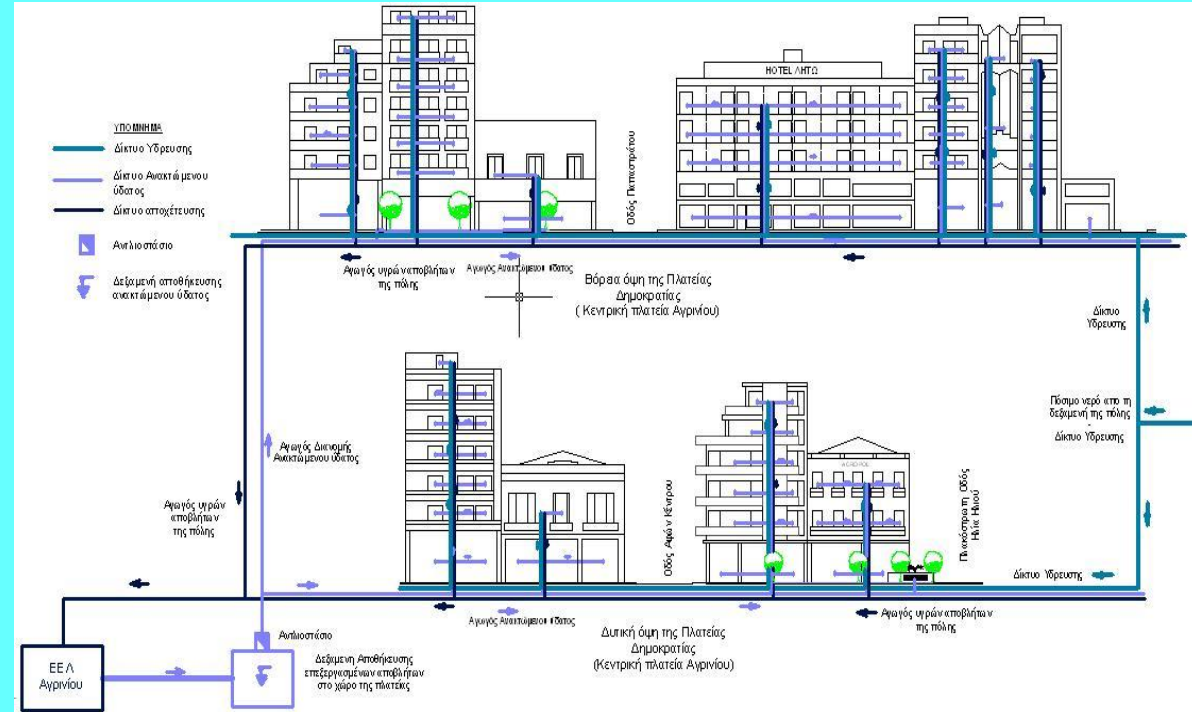
**Θα πρέπει να ελεγχτεί η σταθερότητα των αλληλεπιδράσεων κατά την κίνησή τους μέσα στο φυτό από τις ρίζες στα φύλλα, από τα φύλλα στα εδώδιμα τμήματα ή από τις ρίζες στα φύλλα και στους καρπούς. Η έρευνα αυτή είναι αναγκαία για την επιβεβαίωση της σταθερότητας και της συνέπειας των αλληλεπιδράσεων, γεγονός που έχει σχέση με της άριστη θρέψη κα ανάπτυξη των φυτών κάτω από την επίδραση των ΕΥΑΑ.**

Είναι αναγκαίο όπως μελετηθεί η τύχη των περιεχόμενων στα ΕΥΑΑ τοξικών οργανικών ουσιών, γεωργικών φαρμάκων και φαρμακευτικών ουσιών και η συσσώρευση τους στο έδαφος και η προσληψή τους από τα φυτά, καθώς και η ενδεχόμενη συσσώρευσή τους στα εδώδιμα μέρη του φυτού.





# Σχεδιασμός για την επαναχρησιμοποίηση υγρών αστικών λυμάτων στην κεντρική πλατεία Δημοκρατίας στο Αγρίνιο



# ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

- Η οποιαδήποτε εφαρμογή επεξεργασμένων υγρών αστικών λυμάτων προϋποθέτει την απόλυτη σύμφωνη γνώμη των παραγωγών.
- Αυτό για να υπάρξει στην Χώρα μας θα πρέπει απαραίτητα να επιδιωχθεί η όσον το δυνατόν ταχύτερη προσπάθεια στα πλαίσια της ευαισθητοποίησης, ενημέρωσης του αγροτικού πληθυσμού.
- Διαχειριστικά σχέδια είναι ανάγκη να υπάρξουν πιλοτικά όπου σήμερα παρατηρούνται σημαντικά προβλήματα στο αρδευτικό νερό.
- Είναι ανάγκη στην σύγχρονη εποχή να περάσουμε ταχύτατα από την φιλοσοφία των εκτροπών και των όποιων προβλημάτων αυτές παρουσιάζουν, στην εποχή σχεδιασμού πιλοτικής εφαρμογής σχεδίων επαναχρησιμοποίησης υγρών αστικών λυμάτων για άρδευση καλλιεργειών με την αξιοποίηση της λάσπης που προέρχεται από την λειτουργία των Βιολογικών Καθαρισμών.

# ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η έρευνα και τεχνολογία αντικειμένων υδατικών πόρων και φυσικά η διαχείριση τους, θα εξακολουθούν να αναπτύσσονται τα προσεχή έτη με πιο γρήγορους ρυθμούς.
- Θα αναπτύσσονται κυρίως τεχνολογίες διαχείρισης υδατικών πόρων, που θα είναι χαμηλού κόστους, φιλικές στο περιβάλλον, υψηλής απόδοσης και φυσικά η χρήση μη συμβατικών υδατικών πόρων.
- Όλο και περισσότερο θα δίδεται έμφαση σε συστήματα διαχείρισης υδατικών πόρων, που θα βασίζονται σε τεχνολογίες ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης.
- Ειδικότερα η ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση σε παγκόσμιο, ΕΕ και εθνικό επίπεδο στο άμεσο μέλλον θα αυξάνεται με ποιο γρήγορους ρυθμούς και γι' αυτό επιβάλλεται η λήψη άμεσων μέτρων τόσο σε επίπεδο ΕΕ, όσο και Εθνικό.



# Βασικές Προυποθέσεις:

- Η βούληση της πολιτείας
- Η απαραίτητη συνεισφορά επιστημόνων όλων των σχετικών με τα περιβαλλοντικά ζητήματα.

Σας ευχαριστώ πολύ για την προσοχή σας