



Πανεπιστήμιο
Αιγαίου

Ανοικτά
Ακαδημαϊκά
Μαθήματα



ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Ι

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Διδάσκων: Επίκουρος Καθηγητής Αθ. Στασινάκης



Άδειες Χρήσης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, διαγράμματα, κείμενα, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα. Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.



Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Χρήσεις

- Γεωργική
- Αστική
- Βιομηχανική
- Εμπλουτισμός Υπόγειου Υδροφορέα
- Άλλες

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Γεωργική Χρήση

- Περιορισμένη (δάση, καλλιέργειες ζωοτροφών, βιομηχανικά φυτά, λιβάδια, δενδρώδεις καλλιέργειες, συγκομιδές σπόρου, καλλιέργειες που παράγουν προϊόντα που υποβάλλονται σε επεξεργασία πριν από την κατανάλωση)
- Απεριόριστη (λαχανικά, αμπελώνες, φρούτα που καταναλώνονται ωμά).

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Γεωργική Χρήση – Μέθοδοι Άρδευσης

- **Επιφανειακές** (διοχέτευση νερού με μεγάλη παροχή)
- **Καταιονισμό** (τεχνητή απομίμηση της βροχής)
- **Τοπική άρδευση** (εφαρμογή με σταλακτήρες ή μικροεκτοξευτήρες σε κάθε φυτό ή ομάδα φυτών)
- **Υπάρδευση** (εφαρμογή νερού κάτω από τη ζώνη του ριζοστρώματος και άνοδος στο ριζόστρωμα με τριχοειδή ανύψωση)



ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Αστική Χρήση

- Πάρκα
- Εθνικοί Δρόμοι
- Περιφερειακές Ζώνες Πρασίνου
- Ιπποδρόμια – Νεκροταφεία
- Πυροπροστασία
- Καθαρισμός WC



ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Βιομηχανική Χρήση

- Ψύξη (πύργοι ψύξης σε σταθμούς παραγωγής ενέργειας, διωλιστήρια πετρελαίου; πρόσθετη επεξεργασία για αποφυγή διαβρώσεων με ασβέστη, ανθρακικό νάτριο για αποσκλήρυνση)
- Πλύση μηχανημάτων

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Εμπλουτισμός Υδροφόρων

- Ελάττωση πτώσης υδροφόρου ορίζοντα λόγω υπεράντλησης
- Προστασία υπόγειου νερού σε παράκτιους υδροφορείς από τη διείσδυση και ανάμειξή του με θαλάσσιο νερό
- Αποθήκευση νερού για μελλοντική του χρήση

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Εμπλουτισμός Υδροφόρων – Μέθοδοι Εμπλουτισμού

- Επιφανειακή κατάκλυση σε λεκάνες διήθησης
- Γεωτρήσεις εμπλουτισμού κατ' ευθείαν στον υδροφορέα



ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Ανάγκη Αποθήκευσης

- Κλειστές – Ανοικτές Δεξαμενές
- Βραχυχρόνια – Μακροχρόνια

Δεξαμενή αποθήκευσης επεξεργασμένων αποβλήτων



ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Προβλήματα Δεξαμενών Αποθήκευσης

- **Αισθητικά**
- Χρώμα (απορροή αργίλου, χουμικά σε εισερχόμενα λύματα)
- Οσμές (θειικά σε H_2S λόγω στρωματοποίησης δεξαμενής)
- Θολότητα (άλγη, άργιλος)
- **Χημικά**
- N, P (ευνοούν ανάπτυξη αλγών)
- Κατανάλωση υπολειμματικού χλωρίου
- **Βιολογικά**
- Ανάπτυξη αλγών, φυτοπλακτονικών οργανισμών
- Ανάπτυξη βακτηρίων, πρωτόζωων, ιών, κουνουπιών



ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Αντιμετώπιση Προβλημάτων Αποθήκευσης

- Αερισμός (καταπολέμηση οσμών, στρωματοποίησης)
- Άλατα αργιλίου (για κατακρήμνιση αιωρούμενων στερεών και P)
- Θεικός Χαλκός (για θανάτωση αλγών)
- Αραίωση με νερό προερχόμενο από άλλες πηγές
- Περιοδική απομάκρυνση ιζήματος (περιορισμός H_2S)
- Πρότερη απομάκρυνση θρεπτικών (για παρεμπόδιση ανάπτυξης αλγών)
- Διήθηση (για απομάκρυνση αλγών)
- Χλωρίωση (σε κλειστές δεξαμενές)

Υφιστάμενη Ελληνική Νομοθεσία

Απεριόριστη Άρδευση / Βιομηχανική χρήση πλην νερού ψύξης

- Escherichia Coli < 5/100 ml (5% δειγμάτων) και < 50/100 ml (50% δειγμάτων)
- BOD < 10 mg/l (80% δειγμάτων)
- SS < 10 mg/l (80% δειγμάτων)
- Θολότητα < 2 NTU
- N < 15 mg/l και NH₄/N < 2 (σε συγκεκριμένες περιπτώσεις)
- Ελάχιστη απαιτούμενη επεξεργασία: Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία + Τριτοβάθμια επεξεργασία (ενδεικτικά μεμβράνες, βιοαντιδραστήρες μεμβρανών) + Απολύμανση (συγκέντρωση υπολειμματικού χλωρίου > 2 mg/l, χρόνος επαφής = 60 min)

Υφιστάμενη Ελληνική Νομοθεσία

Αστική Χρήση / Εμπλουτισμός υδροφόρων με γεωτρήσεις

- Escherichia Coli < 2/100 ml (80% δειγμάτων) και < 20/100 ml (95% δειγμάτων)
- BOD < 10 mg/l (80% δειγμάτων)
- SS < 2 mg/l (80% δειγμάτων)
- Θολότητα < 2 NTU
- N < 15 mg/l και NH₄/N < 2
- Ελάχιστη απαιτούμενη επεξεργασία: Δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία + Προχωρημένη επεξεργασία (ενδεικτικά κροκίδωση / διήθηση) + Απολύμανση (συγκέντρωση υπολειμματικού χλωρίου > 2 mg/l, χρόνος επαφής = 60 min)

Υφιστάμενη Ελληνική Νομοθεσία

Πίνακας 4. Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις μετάλλων και στοιχείων

Μέταλλο	Μέγιστη συγκέντρωση (mg/l)
Al (αργίλιο)	5
As (αρσενικό)	0.1
Be (βηρύλλιο)	0.1
Cd (κάδμιο)	0.01
Co (κοβάλτιο)	0.05
Cr (χρώμιο)	0.1
Cu (χαλκός)	0.2
F (φθόριο)	1.0
Fe (σίδηρος)	3.0
Li (λίθιο)	2.5
Mn (μαγγάνιο)	0.2
Mo (μολυβδαίνιο)	0.01
Ni (νικέλιο)	0.2
Pb (μόλυβδος)	0.1
Se (σελήνιο)	0.02
V (βανάδιο)	0.1
Zn (ψευδάργυρος)	2.0
Hg (υδράργυρος)	0.002
B (Βόριο)	2

Για πληθυσμό < 2000 ι.κ. δεν απαιτείται έλεγχος

Υφιστάμενη Ελληνική Νομοθεσία

Πίνακας 5 Επιθυμητά αγρονομικά χαρακτηριστικά των προς άρδευση επαναχρησιμοποιούμενων επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων

Πιθανό πρόβλημα κατά την άρδευση	Μον. ά-δεξ	Βαθμός περιορισμών κατά την εφαρμογή		
		Μηδαμινός	Μικρός-Μέτριος	Μεγάλος
Αλατότητα (Επηρεάζει την διαθεσιμότητα του νερού στο έδαφος)				
ECw ⁽¹⁾	dS/m	< 0.7	0.7 -3.0	> 3.0
Ή				
TDS (ολικά διαλυμένα	mg/l	< 450	450 -2000	> 2000
Διαπερατότητα				
SAR ⁽²⁾ = 0 - 3 και ECw =		> 0.7	0.7 -0.2	< 0.2
3 - 6		> 1.2	1.2 -0.3	< 0.3
6 -12		> 1.9	1.9 -0.5	< 0.5
12-20		> 2.9	2.9 -1.3	< 1.3
20-40		> 5.0	5.0 -2.9	< 2.9
Ειδική τοξικότητα ιόντων				
Νάτριο (Na)				
Επιφανειακή άρδευση (προσρόφηση δια των ριζών)	SAR	< 3	3 -9	> 9
Καταιονισμός (προσρόφηση δια των φύλλων)	mg/l	≤70	> 70	
Χλωριόντα (Cl)				
Επιφανειακή άρδευση (προσρόφηση δια των ριζών)	mg/l	< 140	140 -350	> 350
Καταιονισμός (προσρόφηση δια των φύλλων)	mg/l	≤ 100	> 100	
Άλλες επιπτώσεις				
Άζωτο (NO ₃ -N) ⁽³⁾	mg/l	< 5	5 -30	> 30
HCO ₃ (μόνο για άρδευση για καταιονισμό)	mg/l	< 90	90-500	> 500
Ph	Τυπικό διάστημα 6.5-8.5			

Υφιστάμενη Ελληνική Νομοθεσία

Πίνακας 6: Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις ουσιών προτεραιότητας και τοξικότητας σε ανακτημένα υγρά απόβλητα

Παράμετρος	CAS	Μέγιστη συγκέντρωση (µg/l)
Alachlor	15972-60-8	0,7
Ανθρακένιο	120-12-7	1
Ατραζίνη	1912-24-9	2
Βενζόλιο	71-43-2	5
Βρωμιούχος διφαινυλαιθέρας	32534-81-9	0,025
Ανθρακο-τετραχλωρίδιο	56-23-5	MA
C10-13 Χλωροαλκάνια	85535-84-8	1,4
Chlorfenvinphos	470-90-6	0,3
Chlorpyrifos (Chlorpyrifos-ethyl)	2921-88-2	0,1
Aldrin	309-00-2	MA
Dieldrin	60-57-1	MA
Endrin ¹	72-20-8	MA
Isodrin	465-73-6	0,01
DDT ολικό	Δεν	MA
para-para-DDT	50-29-3	MA
1,2 Διχλωροαιθάνιο	107-06-2	20
Διχλωρομεθάνιο	75-09-2	50
Φθαλικό δι(2-αιθυλεξίλιο) – (ΦΔΕΕ-DEHP)	117-81-7	10
Diuron	330-54-1	1,0
Ενδοσουλφάνιο	115-29-7	0,01
Φλουορανθένιο	206-44-0	1
Εξαχλωροβενζόλιο	118-74-1	MA
Εξαχλωροβουταδιένιο	87-68-3	0,6
Εξαχλωροκυκλοεξάνιο	608-73-1	MA
Isoproturon	34123-59-6	1
Ναφθαλένιο	91-20-3	2,4
Εννεύλοφαινόλη [4-εννεύλοφαινόλη]	104-40-5	2

Για πληθυσμό > 100000 ι.κ

Υφιστάμενη Ελληνική Νομοθεσία

Παράμετρος	CAS	Μέγιστη συγκέντρωση (μg/l)
Οκτυλοφαινόλη [(4-(1,1', 3,3'-τετραμεθυλβουτυλική)-φαινόλη)]	140-66-9	1
Πενταχλωροβενζόλιο	608-93-5	0,1
Πενταχλωροφαινόλη	87-86-5	1
Βενζο(α)πυρένιο	50-32-8	0,1
Βενζο(β)φλουορανθένιο	205-99-2	Αθροιστικά=0,03
Βενζο(κ)φλουορανθένιο	207-08-9	
Βενζο(ζ,η,θ)-περιλένιο	191-24-2	Αθροιστικά=0,02
ΙνδENO(1,2,3-γδ)πυρένιο	193-39-5	
Σιμαζίνη	122-34-9	1
Τετραχλωροαιθυλένιο	127-18-4	10
Τριχλωροαιθυλένιο	79-01-6	10
Ενώσεις τριβουτυλτίνης (κατιόν)	36643-28-4	0,003
Τριχλωροβενζόλια (όλα ισομερή)	12002-48-1	0,4
Τριχλωρομεθάνιο	67-66-3	2,5
Τριφθοραλίνη	1582-09-8	0,03
Οξεία τοξικότητα στον οργανισμό δείκτη <i>Daphnia Magna</i> (πριν από την απολύμανση)		1 Μονάδα Τοξικότητας (TU 50 ≤1

Για πληθυσμό > 100000 ι.κ

Προτεινόμενη Βιβλιογραφία

- ✓ Metcalf and Eddy (2003) *Μηχανική Υγρών Αποβλήτων – Επεξεργασία & Επαναχρησιμοποίηση*, 4^η έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, σελ. 1522-1608, 1680-1795, 1820-1826, 2012-2028.
- ✓ Αγγελάκης και Tchobanoglous (1997) *Υγρά Απόβλητα, Φυσικά Συστήματα Επεξεργασίας και Ανάκτηση, Επαναχρησιμοποίηση και Διάθεση Εκροών*, Παν. Εκδόσεις Κρήτης, p. 157-278.
- ✓ Angelakis A.N. and Bontoux (2001) Wastewater reclamation and reuse in Eureau countries. *Water Policy*, 3, 47-59.