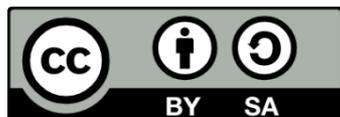




# Τεχνική Περιβάλλοντος

## Ενότητα 9: Επεξεργασία Βοθρολυμάτων

Αντιγόνη Ζαφειράκου  
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών



# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» 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.



# Τεχνολογία Επεξεργασίας Λυμάτων

- Α' ΜΕΡΟΣ (Γενικά)

- Συστήματα επεξεργασίας λυμάτων
- Διαγράμματα ροής εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων
- Τεχνικά έργα επεξεργασίας λυμάτων και πόσιμου νερού

- Β' ΜΕΡΟΣ (Ειδικά)

- Εσχάρωση λυμάτων
- Αμμοσυλλογή λυμάτων
- Καθίζηση λυμάτων
- Αερισμός λυμάτων
- Διυλιστήρια λυμάτων
- Απονιτροποίηση
- Αποφωσφάτωση
- Απολύμανση
- **Επεξεργασία βοθρολυμάτων**





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

---

Υπότιτλος

# Επεξεργασία βοθρολυμάτων

# Από την αρχαιότητα

- Η απομάκρυνση των λυμάτων από τα σπίτια είχε απασχολήσει τους ανθρώπους από την αρχαιότητα.
- Είναι γνωστό ότι στην **Κρήτη** χρησιμοποιούσαν **υπονόμους**, όπως και στην αρχαία **Ρώμη**.
- Κατά τον **Μεσαίωνα** άρχισαν να χτίζονται οι **πρώτοι βόθροι**.
- Ο ιδιοκτήτης ήταν υποχρεωμένος να πληρώσει εργάτες ώστε να καθαρίζει τον βόθρο του και να πετά τα λύματα σε θαλάσσιες περιοχές, λίμνες και ποτάμια.



# Τα αστικά λύματα



Πηγή:  
<http://www.conserve-energy-future.com/WaterHarvesting.php>



Πηγή:  
[http://www.anasta.de/TOPOS/index.php?option=com\\_content&task=view&id=493&Itemid=102](http://www.anasta.de/TOPOS/index.php?option=com_content&task=view&id=493&Itemid=102)



**Αποχετευτικό δίκτυο / Βοθρολύματα**



# Βόθροι

- Είναι δεξαμενές όπου συγκεντρώνονται λύματα, σε περιοχές που δεν υπάρχουν οργανωμένα αποχετευτικά δίκτυα.

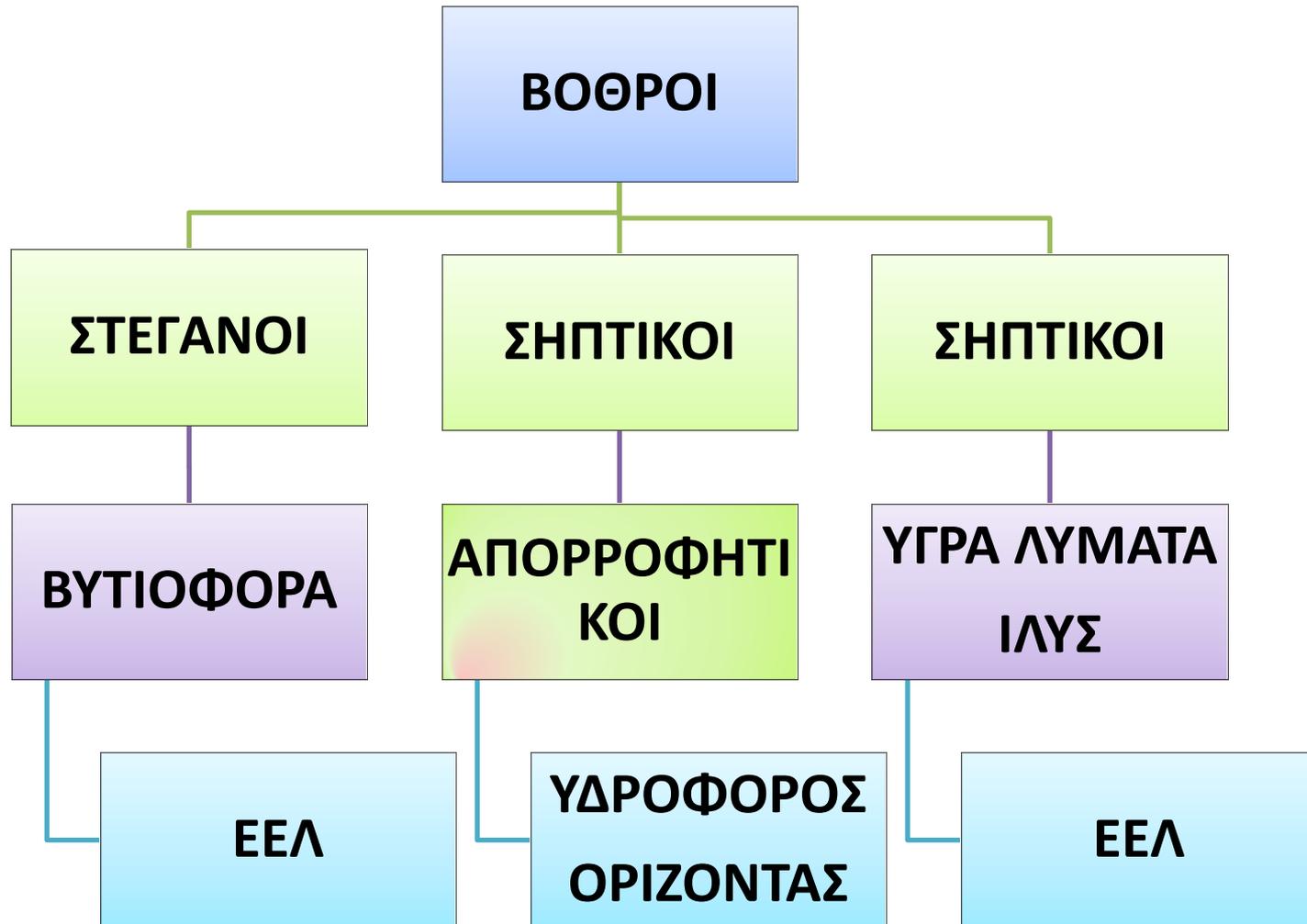


Πηγή:  
<http://apofraxeis-agrinio.gr/img>

- Οι βόθροι είναι υπόγειοι και διακρίνονται σε **στεγανούς, απορροφητικούς και σηπτικούς**.



# Βόθροι



# Στεγανοί – Απορροφητικοί βόθροι

- Οι βόθροι που χρησιμοποιούνταν μέχρι πριν μερικά χρόνια παρουσίαζαν κάποια προβλήματα.
- **Οι μεν στεγανοί** απαιτούν **πολύ συχνό άδειασμα**, άρα οικονομική επιβάρυνση ενώ η κατάσταση που δημιουργείται με την απεργία των οδηγών βυτιοφόρων είναι δυσάρεστη.
- **Οι δε απορροφητικοί**, πέρα από τους πάρα πολλούς νομικούς περιορισμούς που τους συνοδεύουν, οδηγούν τα λύματα χωρίς καμία επεξεργασία **στον υδροφόρο ορίζοντα**, μεταφέροντας παράλληλα και όλες τις επιβαρυντικές για το περιβάλλον και για την υγεία μας ουσίες.



# Στεγανοί βόθροι

- Οι στεγανοί βόθροι λειτουργούν σαν **αποθήκες** λυμάτων και σκοπό έχουν να συγκεντρώνουν τα ακάθαρτα νερά μέχρι την απομάκρυνσή τους με ειδικά **φορηγά εκκενώσεων**.
- Ο **εξαερισμός** και η **στεγανότητά** τους είναι απαραίτητα στοιχεία καλής κατασκευής.
- Για τον **όγκο** τους, υπολογίζουμε γύρω στα **100 lt/κατ.ημ.**



# Απορροφητικοί βόθροι

- Οι απορροφητικοί δέχονται λύματα με σκοπό την **απορρόφησή τους από το υπέδαφος**. Πριν από τον απορροφητικό βόθρο **προηγείται σηπτικός βόθρος** και τα απόνερα του πέφτουν στον απορροφητικό.
- Η καλή λειτουργία του απορροφητικού βόθρου εξαρτάται από τη **σύσταση του υπεδάφους**.
- Τα **τοιχώματα** του βόθρου χτίζονται με ξερολιθιά και ο **πυθμένας** μένει **ακάλυπτος** από μπετόν ή οποιοδήποτε άλλο υλικό που θα σταματούσε την απορροφητικότητά του.



# Απορροφητικοί βόθροι

- Κυκλοφορούν στο εμπόριο ειδικοί τσιμεντοσωλήνες με μεγάλη διάμετρο και οπές στα τοιχώματα, ειδικοί για απορροφητικούς βόθρους. Η οπή ανοίγεται με ειδικό διατρητικό μηχάνημα εύκολα και γρήγορα.
- Απαγορεύεται η χρήση παλαιών πηγαδιών για απορροφητικούς βόθρους. Κατασκευάζονται **30 m** τουλάχιστον **μακριά από πηγές και πηγάδια** για αποφυγή μολύνσεων των υδάτινων υποστρωμάτων.



# Σηπτικοί βόθροι

- Στους σηπτικούς βόθρους, οι οργανικές ενώσεις των λυμάτων υφίστανται **αποσύνθεση** με σύγχρονη έκλυση αερίων και μετατρέπονται σε ένα μεγάλο ποσοστό σε **ιλύ** (λάσπη).
- Τα εξερχόμενα **υγρά** είναι απαλλαγμένα από οργανικές ουσίες αλλά περιέχουν παθογόνα μικρόβια.
- Σε αυτούς τους βόθρους **δεν** ρίχνονται **όμβρια** ύδατα.
- Κατασκευάζονται με τη λογική του διπλάσιου ή τριπλάσιου μήκους από το πλάτος. Επίσης κατασκευάζονται σε σημεία ώστε να είναι δυνατή η **αφαίρεση της ιλύος** (λάσπης) και η **επιθεώρησή** τους χωρίς ιδιαίτερες ενοχλήσεις των κατοίκων.



# Σηπτικοί βόθροι



Πηγή:

[http://www.econik.gr/spiti\\_kipos.php](http://www.econik.gr/spiti_kipos.php)



# Κατασκευή δεξαμενών βόθρων

- **Αποστάσεις** που πρέπει να τηρούνται, σύμφωνα με την Υγ.Διατ. ΕΙΒ/221/65- ΦΕΚ-138/Β/24-2-65 και τον Κτιριοδομικό Κανονισμό είναι:
- **Απορροφητικός Βόθρος από...**  
Υδραγωγεία: 30 μ.  
Φρεάτια, Πηγές Νερού, Θάλασσα: 15 μ.  
Θεμέλια κτιρίων: 2 μ.  
Όρια γηπέδου: 2 μ. ( Εγγρ-29544/8-7-91 (ΔΟΚΚ))



# Κατασκευή δεξαμενών βόθρων

- Σηπτική δεξαμενή από...  
Πηγή νερού: 15 μ.  
Θεμέλια κτιρίων: 1 μ.  
Όρια γηπέδου: 1 μ.  
Απόσταση από δρόμο: 3 μ.



# Βιολογικοί βόθροι

- Οι βιολογικοί βόθροι είναι στην πραγματικότητα **μικρές μονάδες βιολογικού καθαρισμού**.
  - Συγκεντρώνουν τα λύματα από το **σπίτι** σε μία **δεξαμενή**
  - Κατακάθεται η **λυματολάσπη**, η οποία διασπάται με τη βοήθεια μικροοργανισμών.
  - Κατόπιν το **νερό**, καθαρισμένο μεταφέρεται σε μία άλλη **δεξαμενή**
  - Από εκεί εξέρχεται έτοιμο να το χρησιμοποιήσουμε για **πότισμα** του κήπου μας.



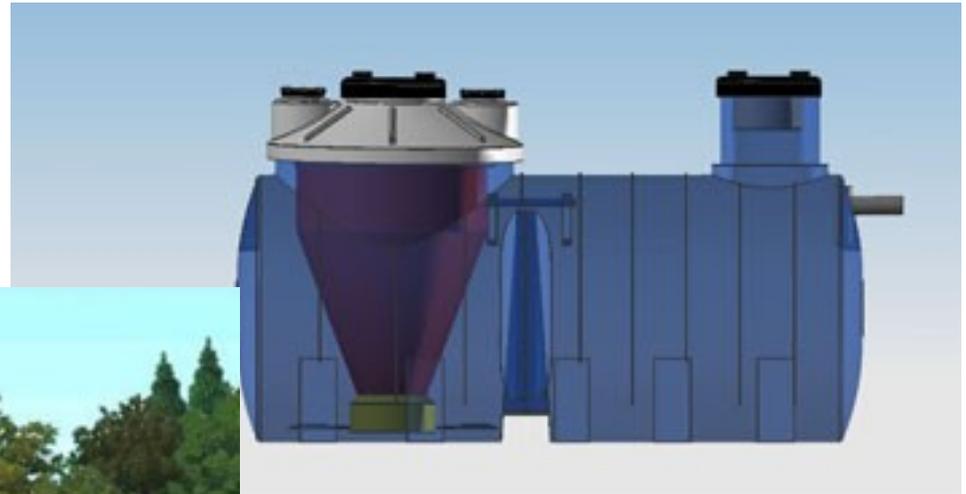
# Βιολογικοί βόθροι



Πηγή:

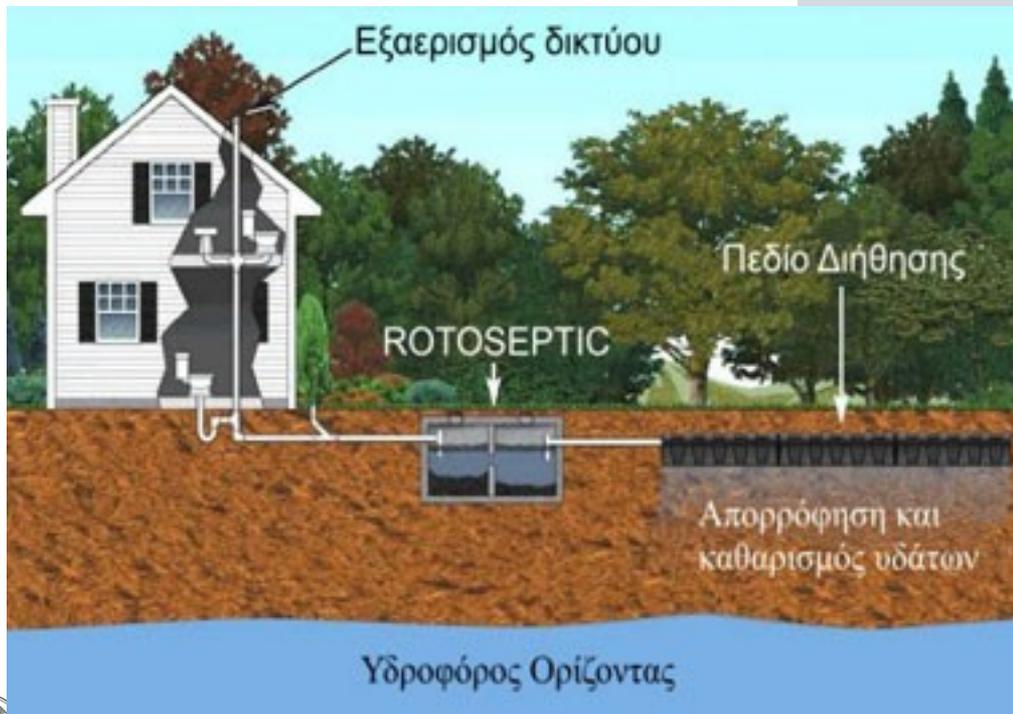
<http://www.polydomiki.gr/product/>

# Ατομική μονάδα ROTOSEPTIC



Πηγή:

<http://www.dakshop.gr>



Πηγή:

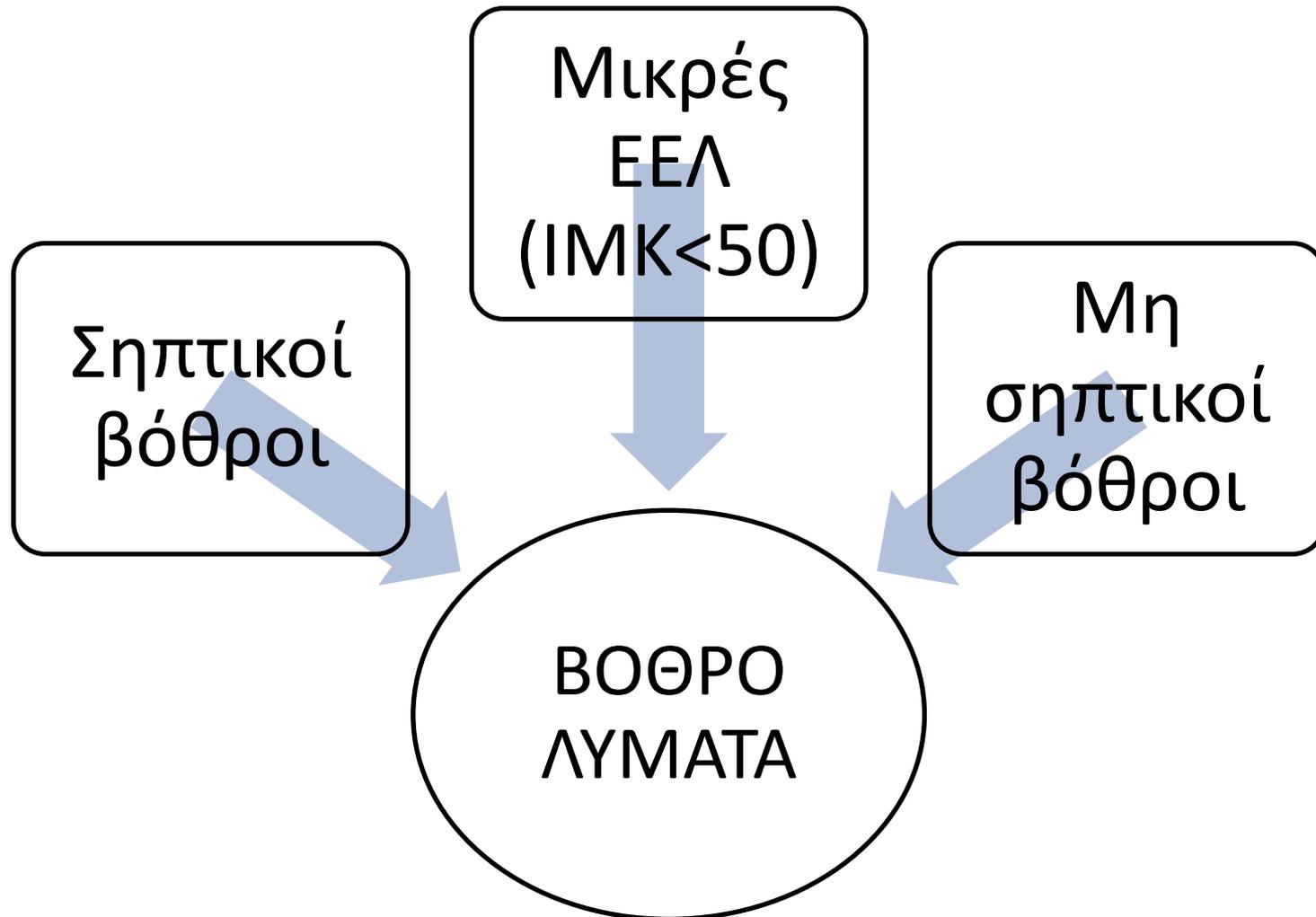
[http://www.mauenvios.com/trujillo2001/DIYH/DIY\\_my-own-house-disposal-sewage-system.htm](http://www.mauenvios.com/trujillo2001/DIYH/DIY_my-own-house-disposal-sewage-system.htm)



# Κήπος πάνω σε βόθρο!



# Βόθροι



# Επεξεργασία βοθρολυμάτων

- Σε ΕΕΛ
  - Αναμιγνύονται με τα λύματα στην **είσοδο** της ΕΕΛ, πριν τις σχάρες → προβλήματα στη λειτουργία της ΕΕΛ
  - Εναλλακτικά, υφίστανται αναερόβια επεξεργασία μαζί με την ιλύ (των δεξαμενών καθίζησης) → πρόβλημα με την απομάκρυνση των ευμεγεθών υλικών στους **χωνευτές ιλύος**



# Επεξεργασία βοθρολυμάτων

- Σε λίμνες βοθρολυμάτων
  - Πρόβλημα δυσσομίας
  - Πρόβλημα υπερχείλισης (λόγω βροχοπτώσεων)
- Θερμόφιλη αερόβια επεξεργασία
  - Ακόμη υπό έρευνα



# Ποιότητα και ποσότητα βοθρολυμάτων

**Πίνακας 1.**

	<b>Μέση τιμή</b>
Ποσότητα	1 m <sup>3</sup> /κατ. έτος
Περιεκτικότητα νερού	98,5%
Περιεκτικότητα σε οργανικές ουσίες	70%
Καθιζάνουσες ουσίες	25 ml/l
BOD <sub>5</sub>	5000 mg/l
BOD <sub>5</sub> μετά από καθίζηση	2500 mg/l
COD	15000 mg/l
COD μετά από καθίζηση	6000 mg/l
Ολικό άζωτο	550 mg/l
Άζωτο αμμωνιακών (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N)	300 mg/l
Ολικός φώσφορος	150 mg/l
Οργανικά οξέα	750 mg/l
pH	7



# Δεξαμενές εξίσωσης παροχών

- Τα βυτιοφόρα πρέπει να αδειάζουν το περιεχόμενό τους σε μια **δεξαμενή εξίσωσης των παροχών**
  - Όστε η φόρτιση να είναι σταθερή
  - Δεξαμενές με όγκο  $> 6\text{m}^3$  κατασκευάζονται με 2 θαλάμους.



# Δεξαμενές εξίσωσης παροχών

Πίνακας 2. Όγκος δεξαμενών εξίσωσης παροχών

IMK (κάτοικοι)	V (m <sup>3</sup> )
10000 – 20000	1.5 x (ημερήσια ποσότητα βοθρολυμάτων)
20000 – 100000	1.0 x (ημερήσια ποσότητα βοθρολυμάτων)
> 100000	200



# Επεξεργασία Βοθρολυμάτων σε ΕΕΛ

- Η επιτρεπόμενη φόρτιση των εγκαταστάσεων με βοθρολύματα είναι:
  - Χαλικοδιυλιστήρια: για κάθε 10000 ΙΜΚ → 20 m<sup>3</sup>/d
  - Δεξαμενές ενεργού ιλύος: για κάθε 10000 ΙΜΚ → 30 m<sup>3</sup>/d
- Η διοχέτευση 10 m<sup>3</sup> βοθρολυμάτων επιβαρύνει τη βιολογική επεξεργασία σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα



# Επεξεργασία Βοθρολυμάτων σε ΕΕΛ

*Πίνακας 3.*

<b>Εγκαταστάσεις επεξεργασίας ιλύος</b>	<b>Επιβάρυνση βιολογικής επεξεργασίας</b>
Αερόβια αδρανοποίηση	50 kgBOD/d
Αναερόβια αδρανοποίηση	25 kgBOD/d
Αναερόβια επεξεργασία	15-20 kgBOD/d



# Δεξαμενές καθίζησης για $IMK \leq 50$

- ΒΟΘΡΟΙ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ
  - Δεξαμενές ενός ή περισσότερων θαλάμων
  - Επιτυγχάνεται
    - Αποχωρισμός των ουσιών που καθιζάνουν
    - Μερική αναερόβια αποικοδόμηση (σήψη) της ιλύος



# Δεξαμενές καθίζησης για $IMK \leq 50$

- **ΒΟΘΡΟΙ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ**
  - **Ελάχιστος όγκος 300 It** (πολλαπλάσιος των τοπικών βυτιοφόρων οχημάτων)
  - **Χρόνος παραμονής  $\geq 24$  hr**
  - Εκκένωση με βυτιοφόρα οχήματα
  - Τα εξερχόμενα λύματα δεν μπορούν να διοχετευτούν στο υπέδαφος



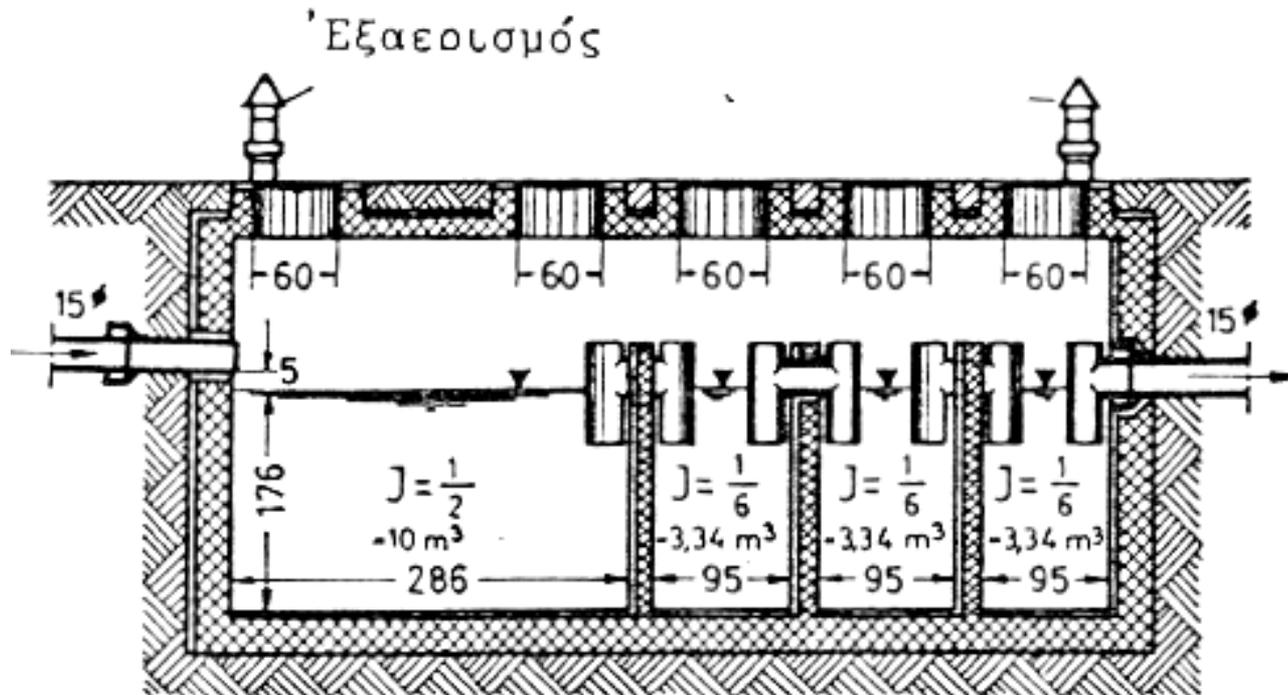
# Δεξαμενές καθίζησης για $IMK \leq 50$

- ΣΗΠΤΙΚΟΙ ΒΟΘΡΟΙ

- Δεξαμενές τριών ή περισσότερων θαλάμων
- Επιτυγχάνεται η αδρανοποίηση των οργανικών ουσιών των λυμάτων
- **Ελάχιστος όγκος  $6 \text{ m}^3$  ( $1,5 \text{ m}^3$  /κάτοικο)**
- Τα εξερχόμενα λύματα μπορούν να διοχετευτούν στο υπέδαφος με απορροφητικούς βόθρους ή άλλα έργα



# Δεξαμενές καθίζησης για $IMK \leq 50$

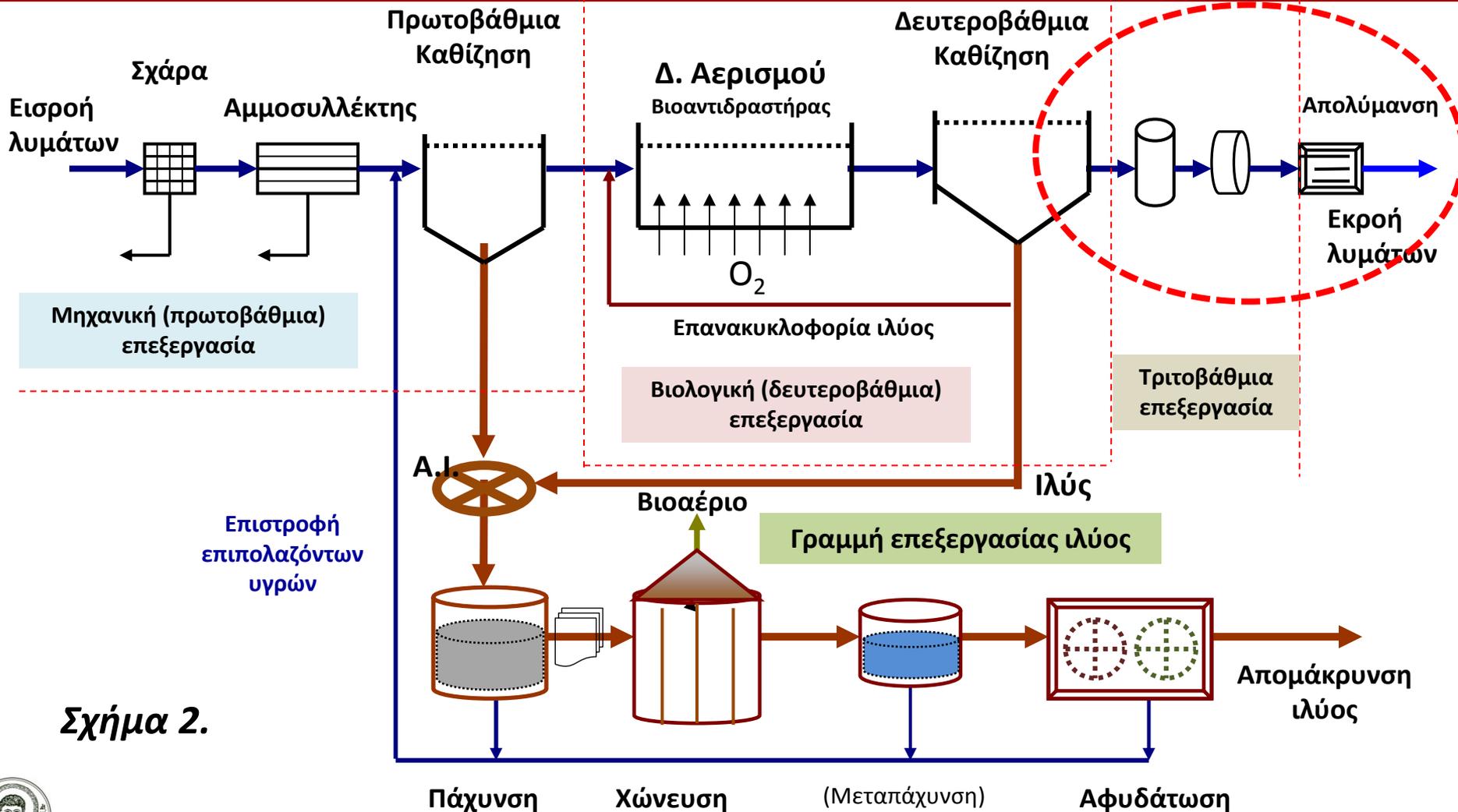


Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002

**Σχήμα 1.** Τομή σηπτικού βόθρου τεσσάρων θαλάμων.



# Τυπικό διάγραμμα ροής Ε.Ε.Λ. με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος



Σχήμα 2.



# Χημική επεξεργασία λυμάτων

- Η χημική επεξεργασία των λυμάτων μας δίνει τη δυνατότητα να **διαχωρίσουμε από τα λύματα οποιαδήποτε ουσία**, κι όχι μόνο αυτές που αποικοδομούνται ή δεσμεύονται βιολογικά.
- Χημικές μέθοδοι
  - **Απολύμανση** (π.χ. χλωρίωση)
  - **Διαδικασίες προχωρημένου καθαρισμού** (π.χ. αποφωσφάτωση, αποχρωματισμός, απόσμηση)
  - **Χημική – βιολογική επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων**



# Τριτοβάθμια (Χημική) Επεξεργασία Αποφωσφάτωση

- Η τριτοβάθμια επεξεργασία λυμάτων αφαιρεί σχεδόν όλο το ποσοστό των παθογόνων ουσιών κυρίως με **χημικές διαδικασίες**. Δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα εργοστάσια επεξεργασίας λυμάτων εξαιτίας του **υψηλού κόστους του εξοπλισμού**.
- Κύριος σκοπός είναι η **αφαίρεση του φωσφόρου**. Οι ενώσεις του φωσφόρου (άλατα) μπορούν να προκαλέσουν **ευτροφισμό** στις λίμνες ή στη θάλασσα.



# Τριτοβάθμια (Χημική) Επεξεργασία Απολύμανση

- Το στάδιο αυτό είναι επιθυμητό όταν η παρουσία **βιομηχανικών αποβλήτων** στα λύματα είναι σημαντική και ο στόχος είναι η **επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων** (π.χ στην βιομηχανία, για άρδευση ή για χώρους αναψυχής).
- Στο στάδιο αυτό περιλαμβάνονται επεξεργασίες όπως η **κροκίδωση - ιζηματοποίηση**, η **διύλιση**, η **προσρόφηση από ενεργό άνθρακα** και **διεργασίες με μεμβράνες** (π.χ. αντίστροφης όσμωσης).



# Χημική επεξεργασία λυμάτων

- Στην επεξεργασία **βιομηχανικών** αποβλήτων η χημική επεξεργασία κατέχει εξέχουσα θέση.
- Αντίθετα, για την επεξεργασία λυμάτων **οικιακής** μόνο προέλευσης είναι **οικονομικά ασύμφορη**.



# Σύνθετες μέθοδοι επεξεργασίας για > 10.000 κατοίκους

- Μέθοδοι προχωρημένου καθαρισμού

- ✓ Μέθοδοι νιτροποίησης – απονιτροποίησης

- Απομάκρυνση φωσφόρου

- Αντιδραστήρες ενεργού άνθρακα

- Εναλλάκτες ιόντων

- Αντίστροφη ώσμωση

Φυσικοχημικές  
μέθοδοι



# Χημική επεξεργασία λυμάτων

Διακρίνεται σε 2 κατηγορίες:

1. Χημικές μέθοδοι

- Με παραγωγή νέων προϊόντων αντίδρασης

2. Φυσικοχημικές μέθοδοι

- Χωρίς παραγωγή νέων προϊόντων αντίδρασης



# 1. Χημικές μέθοδοι

## Διαχωρισμός προϊόντων αντίδρασης από λύματα

- Καθίζηση
- Επίπλευση
- Αερισμός
- Εκχύλιση

## Χημικές μέθοδοι

- Εξουδετέρωση
- Κατακρήμνιση (ιζηματοποίηση)
- Οξείδωση - Αναγωγή

Λύματα + Αντιδραστήρια → Προϊόντα αντίδρασης + Νερό

Διαλυτά στο νερό ή αδιάλυτα

Αέρια, υγρά ή στερεά



## 2. Φυσικοχημικές μέθοδοι

- Εναλλάκτες ιόντων
- Αντιδραστήρες ενεργού άνθρακα
- Χημική θρόμβωση
- Διάφορες άλλες τεχνικές

[Νερό + Ρυπαντικές ουσίες] + Αντιδραστήρια →

Νερό + [Αντιδραστήρια + Ρυπαντικές ουσίες]



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Αντιγόνη Ζαφειράκου.  
«Τεχνική Περιβάλλοντος». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:  
<http://eclass.auth.gr/courses/OCRS460/>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





# Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Ολυμπία Τασκάρη  
Θεσσαλονίκη, 1/9/2014



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

---

# Σημειώματα

# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

