



Τεχνική Περιβάλλοντος

Ενότητα 5: Αερισμός λυμάτων

Αντιγόνη Ζαφειράκου
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

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

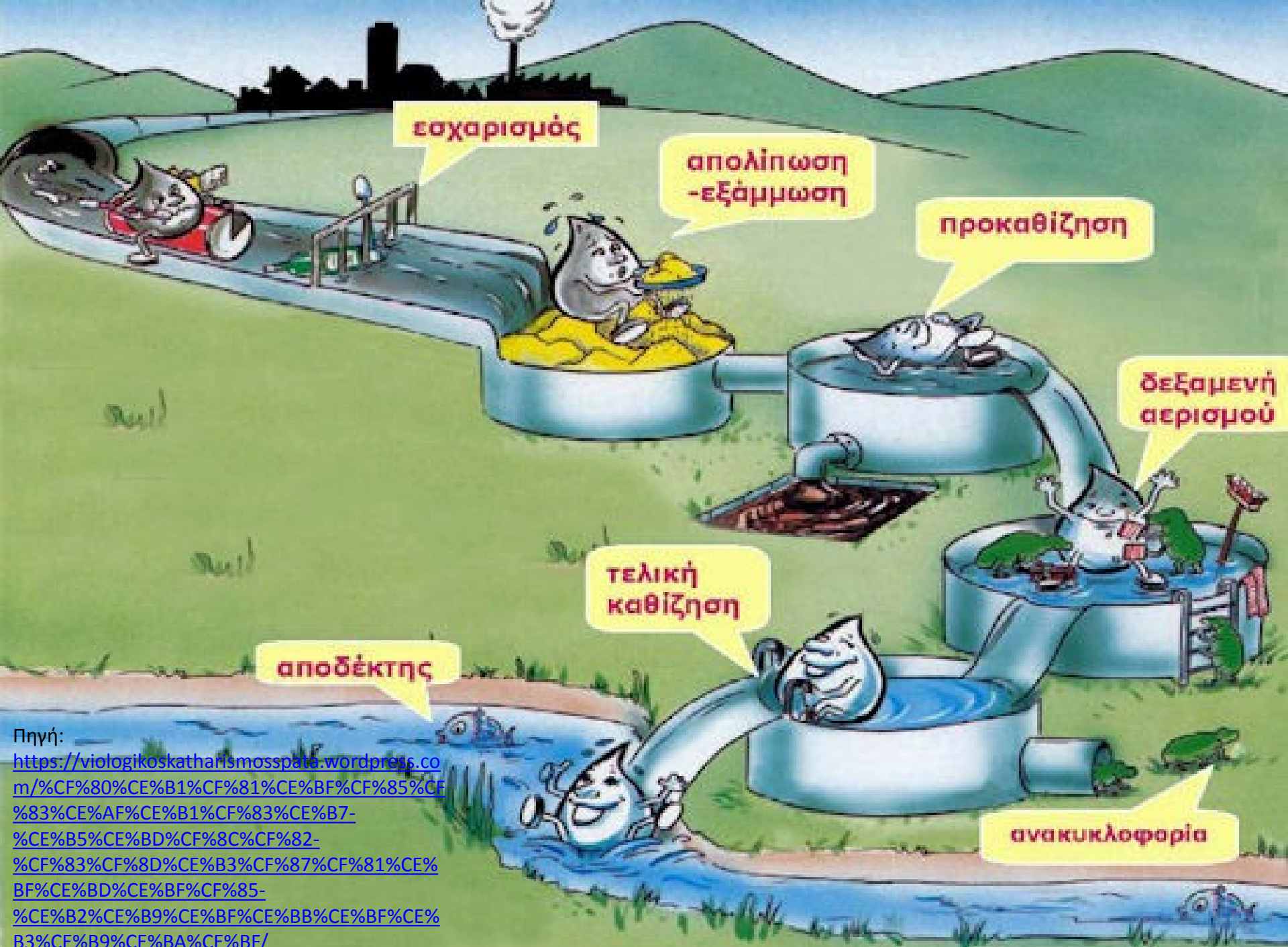
- **Α' ΜΕΡΟΣ** (Γενικά)

- 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
- Χημική επεξεργασία λυμάτων
- Απολύμανση λυμάτων
- Επεξεργασία βοθρολυμάτων





εσχαρισμός

απολίπωση
-εξάμμωση

προκαθίζηση

δεξαμενή
αερισμού

τελική
καθίζηση

αποδέκτης

ανακυκλοφορία

Πηγή:
<https://viologikoskatharismospato.wordpress.com/%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%AF%CE%B1%CF%83%CE%B7-%CE%B5%CE%BD%CF%8C%CF%82-%CF%83%CF%8D%CE%B3%CF%87%CF%81%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CF%85-%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%BF/>

Δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία

- Στο δεύτερο στάδιο καθαρισμού **αφαιρούνται βιολογικά απόβλητα**, όπως τα ανθρώπινα απόβλητα, τα σαπούνια και τα απορρυπαντικά.
- Κατά τη βιολογική επεξεργασία γίνονται διεργασίες ανάλογες με αυτές της **αυτοκάθαρσης των φυσικών νερών** με τη βοήθεια βακτηρίων (μικροοργανισμών).
- Η αντίδραση αποικοδόμησης των οργανικών ουσιών γίνεται με την προσθήκη ενέργειας σε πολύ **μικρότερο χρόνο και χώρο απ' ό τι στη φύση**.

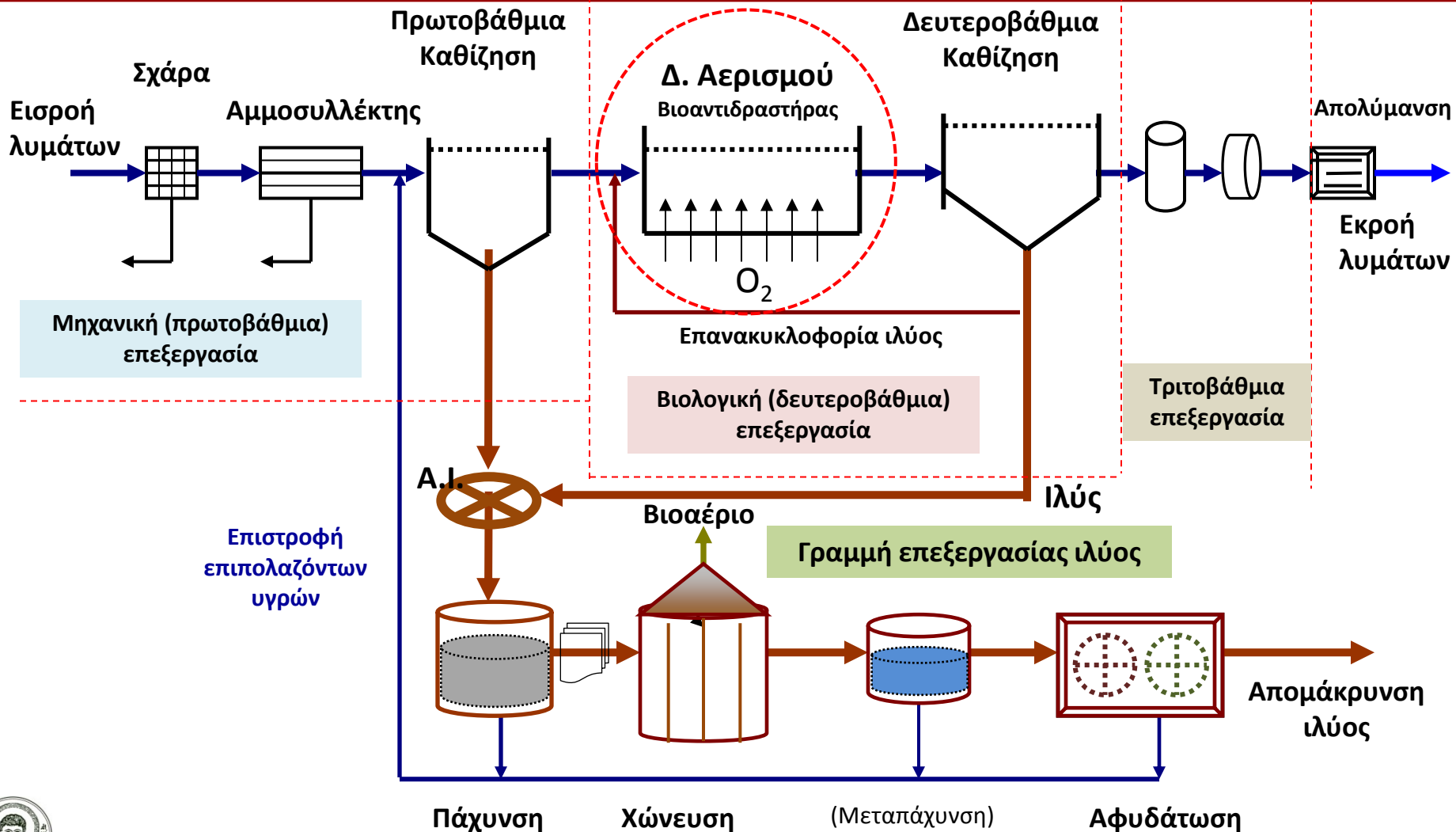


Δευτεροβάθμια (βιολογική) επεξεργασία

- Γίνεται για την απομάκρυνση του διαλυμένου οργανικού φορτίου (BOD).
- Η πλειονότητα των βιολογικών εγκαταστάσεων χρησιμοποιεί **αερόβια αποικοδόμηση**. Για να είναι αποτελεσματική η μέθοδος, οι οργανισμοί που θα εκτελέσουν την αποικοδόμηση απαιτούν οξυγόνο και ένα υπόστρωμα για να ζήσουν.



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



Αερόβια βιολογική επεξεργασία λυμάτων

Αιωρούμενη βιομάζα

- **Ενεργός ιλύς** (Activated sludge).
- Ανάπτυξη αερόβιων (και ανεκτικά αναερόβιων) μικροοργανισμών.
- Οι μικροοργανισμοί βρίσκονται σε **αιώρηση** μέσα στις δεξαμενές αερισμού (ενεργού ιλύος).

Προσκολλημένη βιομάζα

- **Χαλικοδυλιστήρια** (Trickling Filters).
- **Δισκοδυλιστήρια** (Rotating Contactor Beds).
- Οι μικροοργανισμοί σχηματίζουν **βιολογικούς υμένες** επί στερεών επιφανειών οι οποίες δημιουργούνται μέσα στις δεξαμενές.



Δεξαμενή ενεργού ιλύος



Η ενεργός ιλύς αποτελείται από βιολογικούς θρόμβους οι οποίοι με την βοήθεια αναδευτήρων ή με εμφύσηση αέρα διατηρούνται σε αιώρηση στο εσωτερικό των δεξαμενών αερισμού.



Χαλικοδιυλιστήρια



Πηγή:

http://www.umwelting.ethz.ch/about/gallery/sww_gallery/index_EN



Δισκοδυλιστήρια



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010



Βιολογική επεξεργασία

- Η μέθοδος της προσκολλημένης βιομάζας προτιμάται σε μικρές ΕΕΛ
- Σε μικρές ΕΕΛ οι δεξαμενές αερισμού είναι δυνατόν να λειτουργήσουν και χωρίς να υποστούν τα λύματα αρχική καθίζηση (βλ. ΕΕΛ Καβάλας, όπου η ΔΑΚ κατασκευάστηκε αργότερα)



Επεξεργασία αστικών λυμάτων 80000 κατοίκων (ΙΜΚ 1990) ΚΑΒΑΛΑΣ



Τα βασικά τμήματα της εγκατάστασης
είναι:

1. Είσοδος λυμάτων - Εσχάρωση
2. Αμμοσυλλέκτης - Λιποσυλλέκτης
3. Επιλογέας μικροοργανισμών
4. Δεξαμενές αερισμού
5. Δεξαμενές καθίζησης
6. Δεξαμενή αναρύθμισης - φόρτιση υποθαλάσσιου αγωγού
7. Παχυντής βαρύτητας
8. Δεξαμενή ομογενοποίησης λάσπης
9. Αφυδάτωση λάσπης
10. Υποσταθμός - Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος
11. Κτίριο διοίκησης – Εργαστήριο

Αερόβια βιολογική επεξεργασία υγρών αποβλήτων

- Οι βιοαντιδραστήρες σχεδιάζονται κατάλληλα, ώστε να παρέχουν ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης των μικροοργανισμών (θερμοκρασία, pH, συγκέντρωση οξυγόνου, αλκαλικότητα, ανάδευση, κ.α.).
- Διαστασιολογούνται ανάλογα με την ένταση και το είδος των διεργασιών (αερόβιοι, αναερόβιοι).
- Οι δεξαμενές καθίζησης είναι κοινές σε όλες τις περιπτώσεις.



Δεξαμενές Αερισμού ή Ενεργού Ιλύος ή Βιοαντιδραστήρες

- Η **θεωρία λειτουργίας** των βιοαντιδραστήρων και η εφαρμογή τους στην επεξεργασία λυμάτων έχουν περιγραφεί (Στοιχεία Βιοχημείας-Βιοτεχνολογίας Περιβάλλοντος για Μηχανικούς)
- Απομένει να γνωρίσουμε
 - Την **τεχνολογία κατασκευής** των δεξαμενών
 - Τον **μηχανολογικό εξοπλισμό** τους
 - Την **πρακτική της διαστασιολόγησης** τους





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Τεχνολογία κατασκευής δεξαμενών αερισμού

Μηχανολογικός εξοπλισμός

Αεριστήρες – Στροφείς

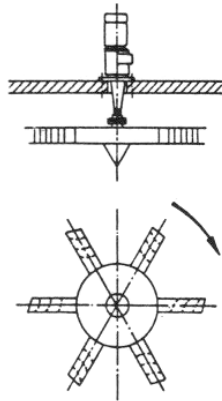
Λειτουργία δεξαμενών αερισμού

Αεριστήρες

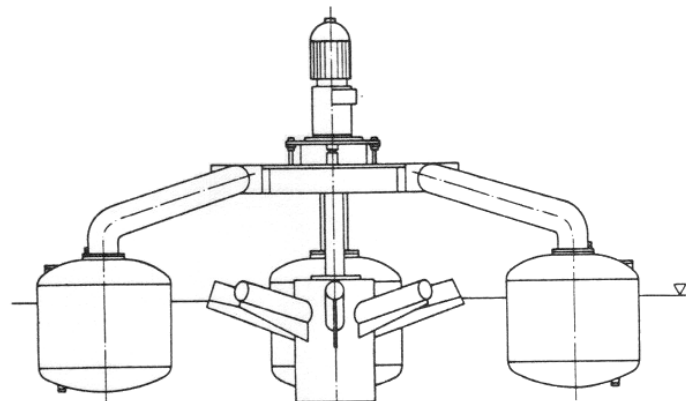
- Το σχήμα των δεξαμενών εξαρτάται από τους αεριστήρες που προεπιλέγονται
 - ❑ Επιφανειακοί αεριστήρες
 - ❑ Αεριστήρες εμφύσησης φυσαλίδων αέρα
- Αυτοί είναι οι **δυο βασικοί τύποι** αεριστήρων που χρησιμοποιούνται στις σύγχρονες κατασκευές ΕΕΛ
- Διαρκώς παρουσιάζονται **νέα συστήματα αερισμού**, τα οποία μπορεί να έχουν πλεονεκτήματα σε σχέση με τις κλασικές μεθόδους αερισμού



1. Επιφανειακοί αεριστήρες ΣΤΡΟΦΕΙΣ



α. με γέφυρα



β. με πλωτήρες

Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002

Σχήμα 1. Τοποθέτηση στροφών αερισμού σε δεξαμενές και λίμνες

- Οι στροφείς εκσφενδονίζουν τα λύματα στον αέρα και θέτουν σε κίνηση το περιεχόμενο των δεξαμενών.
- Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται ο **εμπλουτισμός των λυμάτων με οξυγόνο** και ταυτόχρονα η **ανάδευση** τους ώστε να μην γίνεται κατακάθιση των βιολογικών θρόμβων στον πυθμένα.

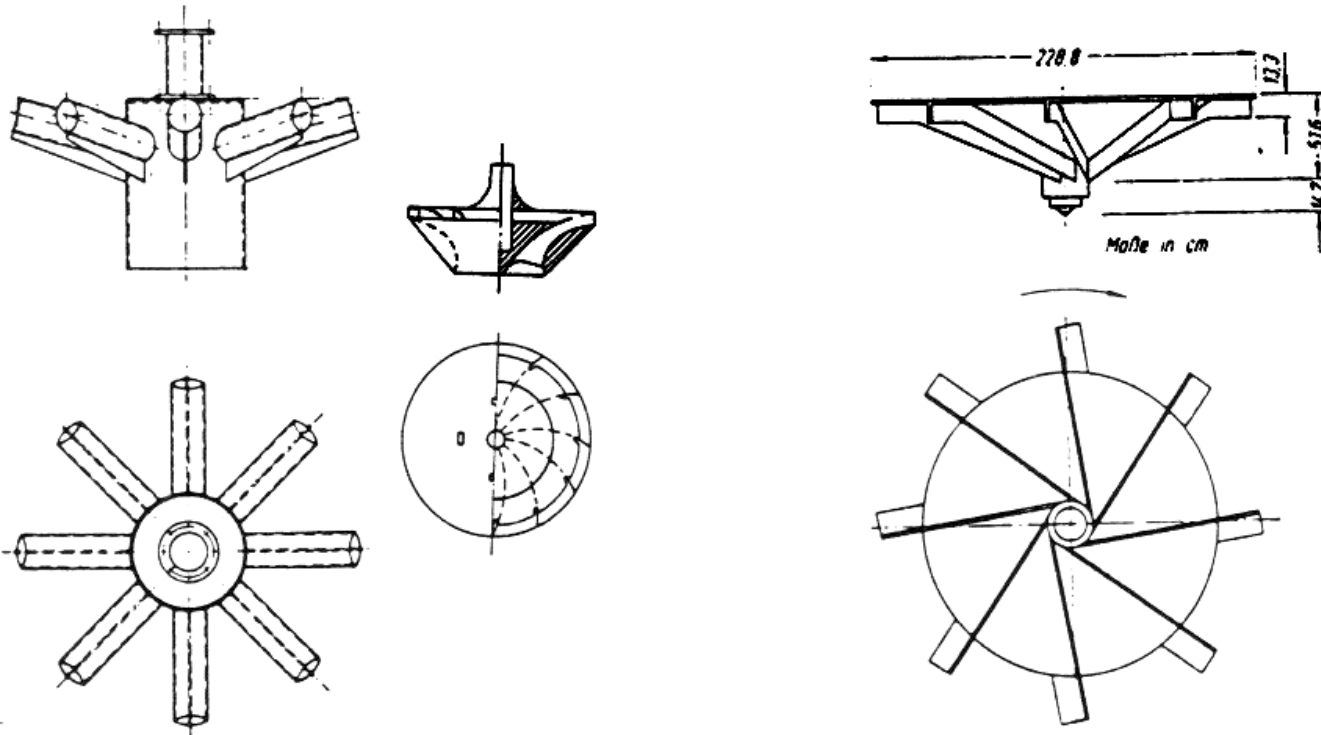


Στροφείς

- **Κατακόρυφου άξονα (Σχ.1)**
- **Πτερωτές κλειστού τύπου των φυγοκεντρικών αντλιών (Σχ.2α)**
 - τα λύματα αναρροφώνται στο εσωτερικό του στροφέα από μια οπή και δια μέσου των εσωτερικών καναλιών εκσφενδονίζονται στον αέρα
- **Πτερωτές ημίκλειστου τύπου των αντλιών (Σχ.2β)**
 - τα πτερύγια αυτών των στροφέων είναι τοποθετημένα στο κάτω μέρος του δίσκου
- **Στροφείς ανοιχτού τύπου (προπέλες)**



Στροφείς



α. Κλειστού τύπου

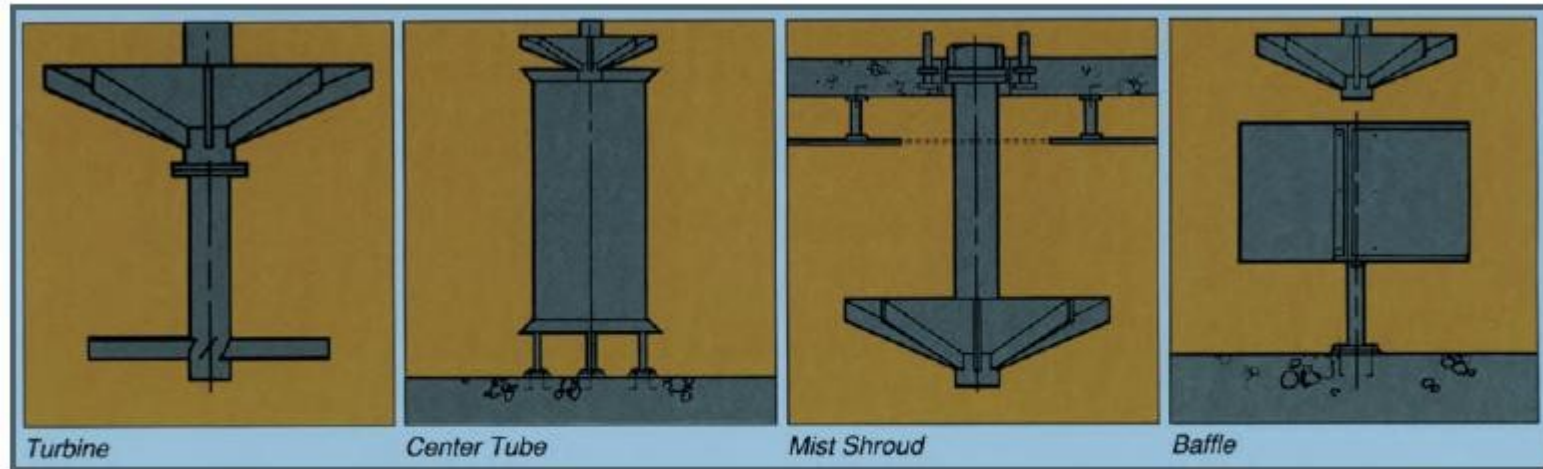
β. Ημίκλειστου τύπου

Σχήμα 2. Τύποι στροφέων αερισμού

Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002



Αεριστήρες κατακόρυφου άξονα



Πηγή:

<http://www.thewatertreatments.com/wastewater-sewage-treatment/mechanical-aerator-waste-water-treatment/>

Σχήμα 3. Τύποι στροφέων αερισμού



Πλωτοί αεριστήρες



Πηγή:

<http://trade.indiamart.com/details.mp?offer=7046490497>

Επιφανειακοί πλωτοί αεριστήρες σε λειτουργία



Επιφανειακός αερισμός

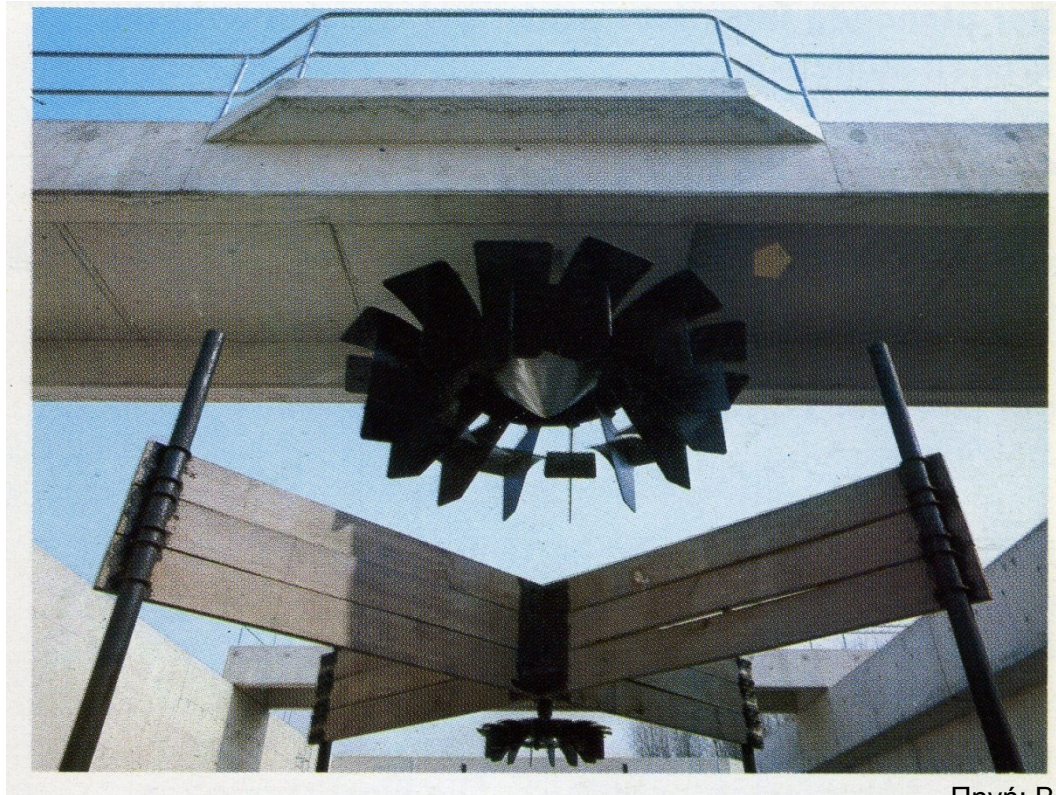


Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010

Επιφανειακός αερισμός με Ρότορα σε γέφυρα



Επιφανειακός αεριστήρας



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010

Επιφανειακός αεριστήρας κατακόρυφου άξονα



2. Κυλινδρικοί αεριστήρες

- Τοποθετούνται **οριζόντια** στην επιφάνεια των δεξαμενών αερισμού.
- Αποτελούνται από έναν **άξονα** και **ράβδους** διαφόρων σχημάτων.
- Ο άξονας βρίσκεται **πάνω** από την επιφάνεια των λυμάτων.



2. Κυλινδρικοί αεριστήρες

- Οι ράβδοι στερεώνονται στον άξονα
 - Ακτινωτά (κλωβοκύλινδροι)
 - Παράλληλα (ραβδοκύλινδροι ή βούρτσες)
 - Επιμήκεις δεξαμενές
 - Ατέρμονες ή δεξαμενές κυκλοφορίας



Επιφανειακός αερισμός



Πηγή:

http://www.michos.gr/en/index.php?lang=gr§ion=&option=contents&task=view_content&category=215&id=61

Επιφανειακός αερισμός βούρτσας (Mammutrotor)



Αεριστήρας τύπου βούρτσας



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010

Αεριστήρας τύπου βούρτσας (Mammutrotor)



Αεριστήρας τύπου βούρτσας



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010

Σειρά Mammutrotor σε λειτουργία



**ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΟΙ ΑΕΡΙΣΤΗΡΕΣ
(ΡΑΒΔΟΚΥΛΙΝΔΡΟΙ Η ΒΟΥΡΤΣΕΣ)
ΕΕΛ ΚΑΒΑΛΑΣ**



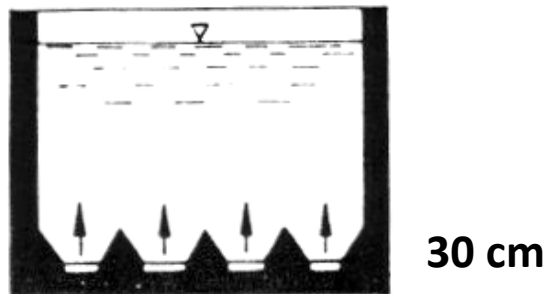
3. Αεριστήρες εμφύσησης αέρα

- Τοποθετούνται σε καθορισμένο βάθος **ορθογώνιων δεξαμενών**
 - Δεξαμενές με **αυλακωτούς πυθμένες** (Σχ.4α)
 - Δεξαμενές με αεριστήρες **κοντά στον πυθμένα** (Σχ.4β)
 - Δεξαμενές με αεριστήρες **κοντά στην ελεύθερη επιφάνεια – Σύστημα INKA** (Σχ.4γ)
- Ο αέρας διοχετεύεται στις δεξαμενές με τη μορφή **φουσαλίδων** μέσω ενός δικτύου σωληνώσεων
- Έτσι επιτυγχάνεται η **ανάδευση** των λυμάτων και ο εμπλουτισμός τους με **οξυγόνο**



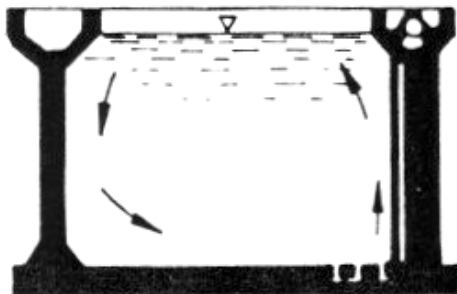
Τύποι δεξαμενών αερισμού

Σχήμα 4. Τύποι δεξαμενών αερισμού



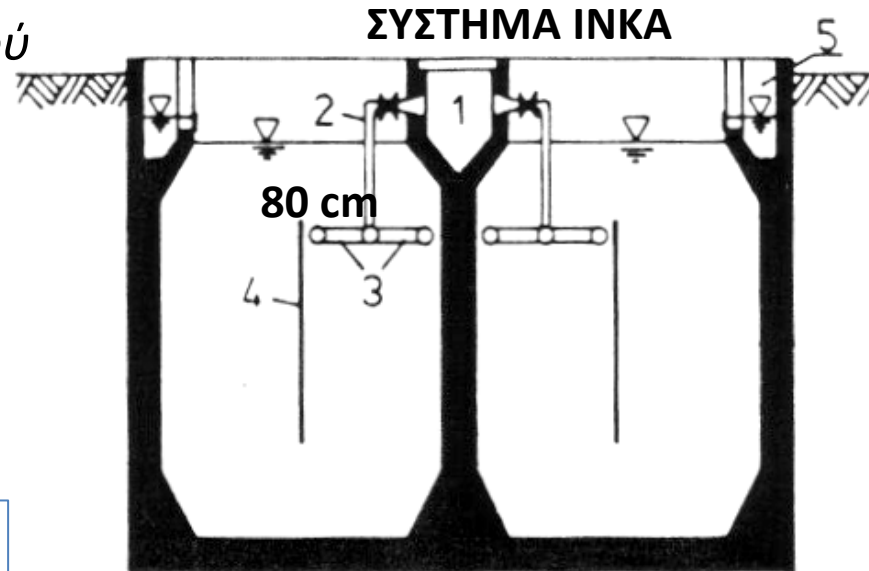
α) με αύλακες

Τυπικό βάθος δεξαμενής 2,5 – 5 m



β) με αεριστήρες στον πυθμένα

Πηγή: Η. Χατζηαγγέλου, 2002



γ) με αεριστήρες στην επιφάνεια

1. Αύλαξ αερισμού
2. Σωλήνες αέρα
3. Αεριστήρες (διάτρητοι σωλήνες)
4. Διαχωριστικό τοίχιο (ξύλινο)
5. Αύλαξ εισροής

Τυπικό βάθος δεξαμενής 3,5 m
Τυπικό πλάτος δεξαμενής 3 m

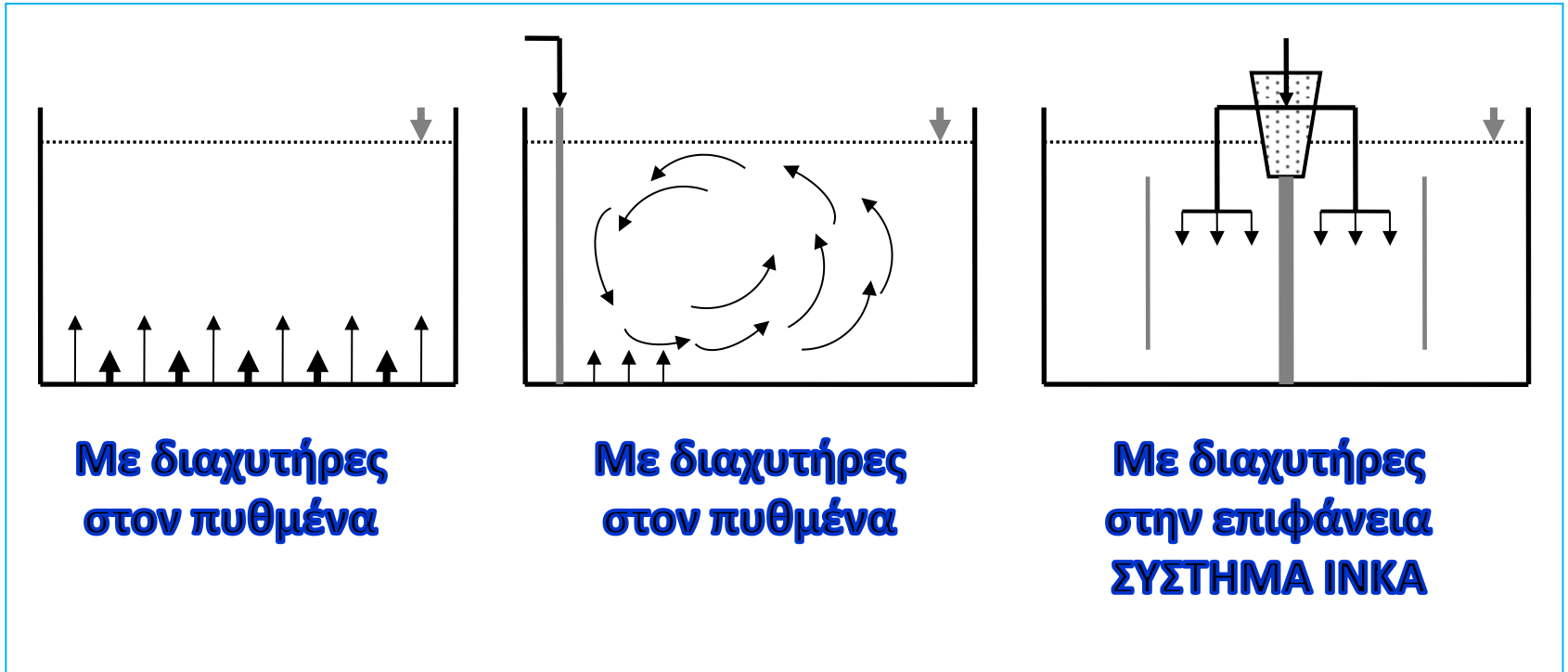


Δεξαμενές με αεριστήρες στον πυθμένα

- Είναι ορθογώνιες
- Οι αεριστήρες τοποθετούνται στην **μια πλευρά**, σε όλο το μήκος (βλ. **Σχ. 4β**). Τα λύματα:
 - Συμπαράσφρονται από τις φουσαλίδες του αέρα
 - Τίθενται σε κυκλική κίνηση στην εγκάρσια διεύθυνση
 - Εμποδίζεται η κατακάθιση των βιολογικών θρόμβων στον πυθμένα
- Μπορούν να τοποθετηθούν αεριστήρες κατά μήκος και των **2 πλευρών** του πυθμένα, αν αυξηθεί το πλάτος
- Μπορεί να τοποθετηθεί και **τρίτη σειρά** αεριστήρων κατά μήκος του **άξονα** της δεξαμενής

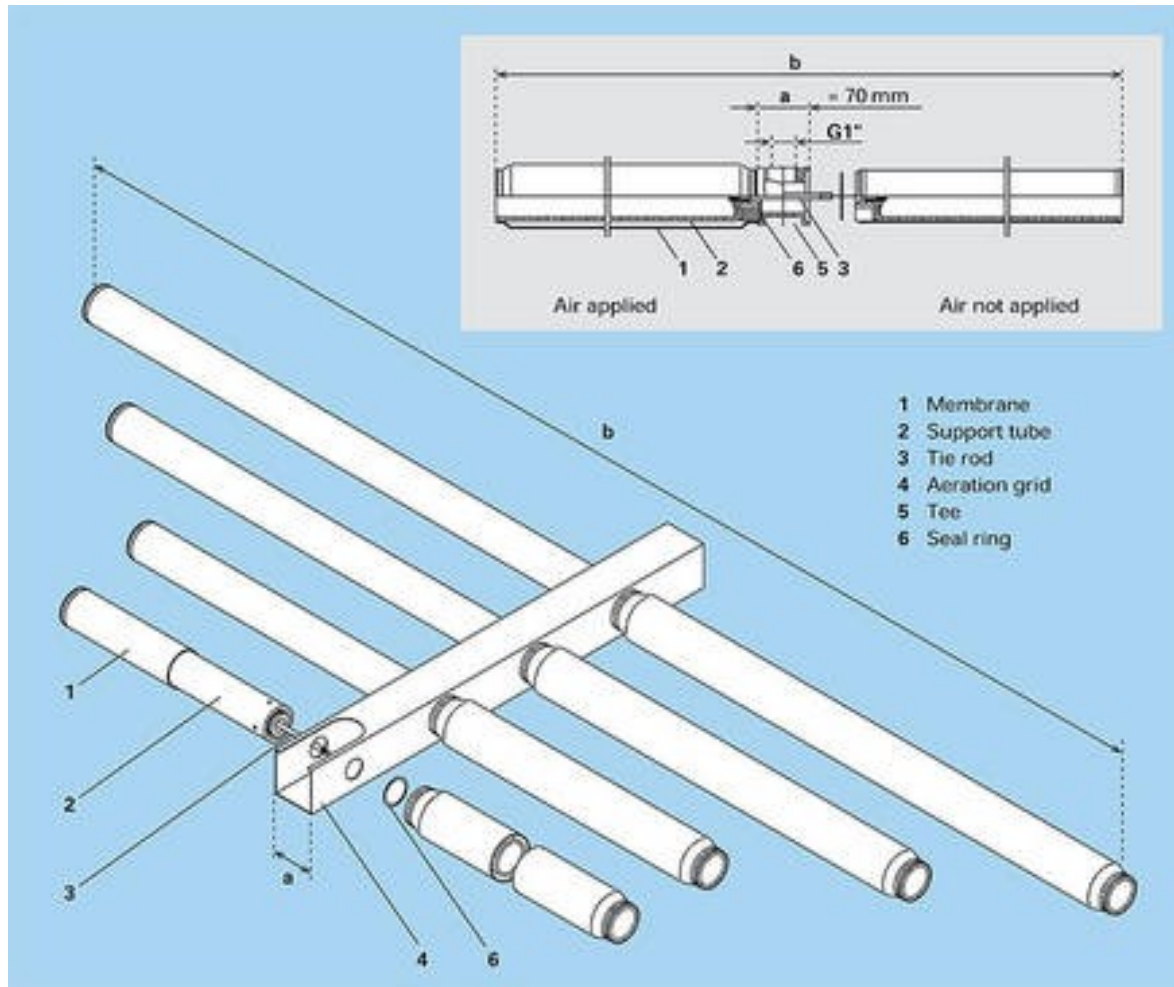


Τύποι δεξαμενών αερισμού



Σχήμα 5. Τύποι δεξαμενών αερισμού

Σωληνωτοί ελαστικοί διαχυτές οξυγόνου



Πηγή:
<http://www.gva-net.de/rohrbeluefter.htm>
/?&L=3



Σύστημα διάχυσης αέρα



Σύστημα διάχυσης αέρα σε δεξαμενή αερισμού
(με σωληνωτούς διαχυτές)

Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010



Σύστημα αερισμού



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010

Σωληνωτοί διαχυτές λεπτής φυσαλίδας



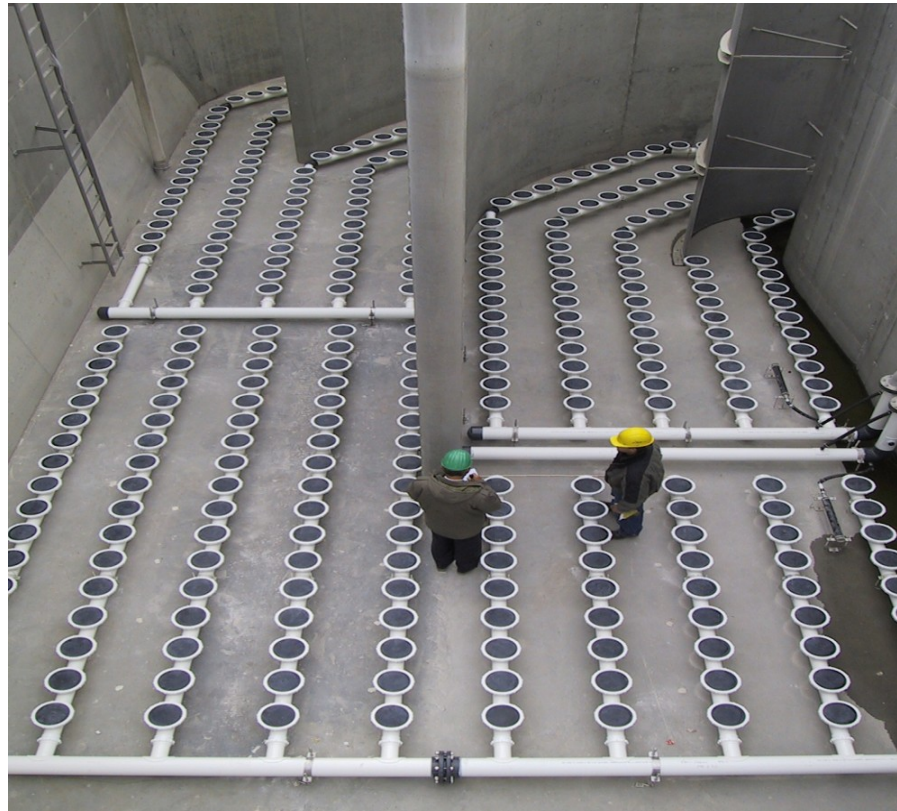
Πηγή:

<http://www.ukr-prom.com/cat-teploenergeticheskoe-oborydovanie/kotli-promishlennie/5875/>

Λεπτομέρεια τοποθέτησης σωληνωτών διαχυτών
λεπτής φυσαλίδας σε δεξαμενή αερισμού



Σύστημα διάχυσης αέρα



Πηγή:

http://www.hidrologia.hu/vandorgyules/31/dolgozatok/090_patziger_miklos.html

Σύστημα διάχυσης αέρα σε δεξαμενή αερισμού



Σύστημα διάχυσης αέρα



Πηγή:
<http://www.mecanicaindustrial.com.br/conteudo/645-o-que-e-um-difusor-de-bolha>

Σύστημα διάχυσης αέρα σε δεξαμενή αερισμού
(σύστημα λεπτής φυσαλίδας με κυκλικούς διαχύτες)



Σύστημα διάχυσης αέρα



Πηγή:
<http://trade.indiamart.com/search.mp?search=diffused+aeration+system>

Σύστημα διάχυσης αέρα σε δεξαμενή αερισμού (σύστημα λεπτής φυσαλίδας με κυκλικούς διαχυτές)



Διαχυτήρας λεπτής φυσαλίδας



Πηγή:
<http://www.mecanicaindustrial.com.br/conteudo/645-o-que-e-um-difusor-de-bolha>

Διαχυτήρας λεπτής φυσαλίδας σε λειτουργία



Μέγεθος φυσαλίδων

Πίνακας 1.

Φυσαλίδες		Αεριστήρες
Μικρής διαμέτρου	$d < 1,5 \text{ mm}$	Πυθμένα
Μέσης διαμέτρου	$1,5 < d < 18 \text{ mm}$	Πυθμένα Επιφάνεια
Μεγάλης διαμέτρου	$d > 120 \text{ mm}$	Επιφάνεια

- Η εκλογή τους εξαρτάται από
 - Την ποιότητα των λυμάτων
 - Το μέγεθος των εγκαταστάσεων
 - Τις δυνατότητες συντήρησης των εγκαταστάσεων



4. Άλλα συστήματα αερισμού των λυμάτων

- **Αεριστήρες με ακροφύσια, εκχυτήρες (Injector, Strahldüse κτλ)**
 - Μια δέσμη λυμάτων διέρχεται από μια στένωση στην οποία υπάρχει ακροφύσιο αέρος
 - Γίνεται αναρρόφηση αέρος στα λύματα και ανάμιξη των 2 ρευστών
- **Συνδυασμός ξεχωριστών συστημάτων αερισμού και ανάμιξης**



4. Άλλα συστήματα αερισμού των λυμάτων

- **Εμφύσηση οξυγόνου**

- Ευκολότερος εμπλουτισμός λυμάτων
- Μικρότερη κατανάλωση ενέργειας
- Πρόσθετες δαπάνες για την προμήθεια του ή για την παρασκευή του στην ΕΕΛ

Σε σχέση με τον αέρα



Λίμνες αερισμού (Aerated ponds)



Λίμνες αερισμού

- Η βιολογική επεξεργασία διαφέρει από τις δεξαμενές αερισμού
 - Η επιτρεπόμενη οργανική φόρτιση είναι πολύ μικρότερη
 - Η συγκέντρωση της βιομάζας είναι πολύ μικρότερη (για αυτό και επανακυκλοφορία ιλύος δεν απαιτείται)
- Υπάρχει μια πολύ μεγαλύτερη αλυσίδα μικροοργανισμών που μετέχει στις βιολογικές διεργασίες (βακτηρίδια, μύκητες, μικροφύκια, πρωτόζωα) και ταυτόχρονα οργανισμοί (σκουλήκια, καρκίνοι, νύμφες κτλ)



Constructed wetlands (Τεχνητοί βιότοποι)





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

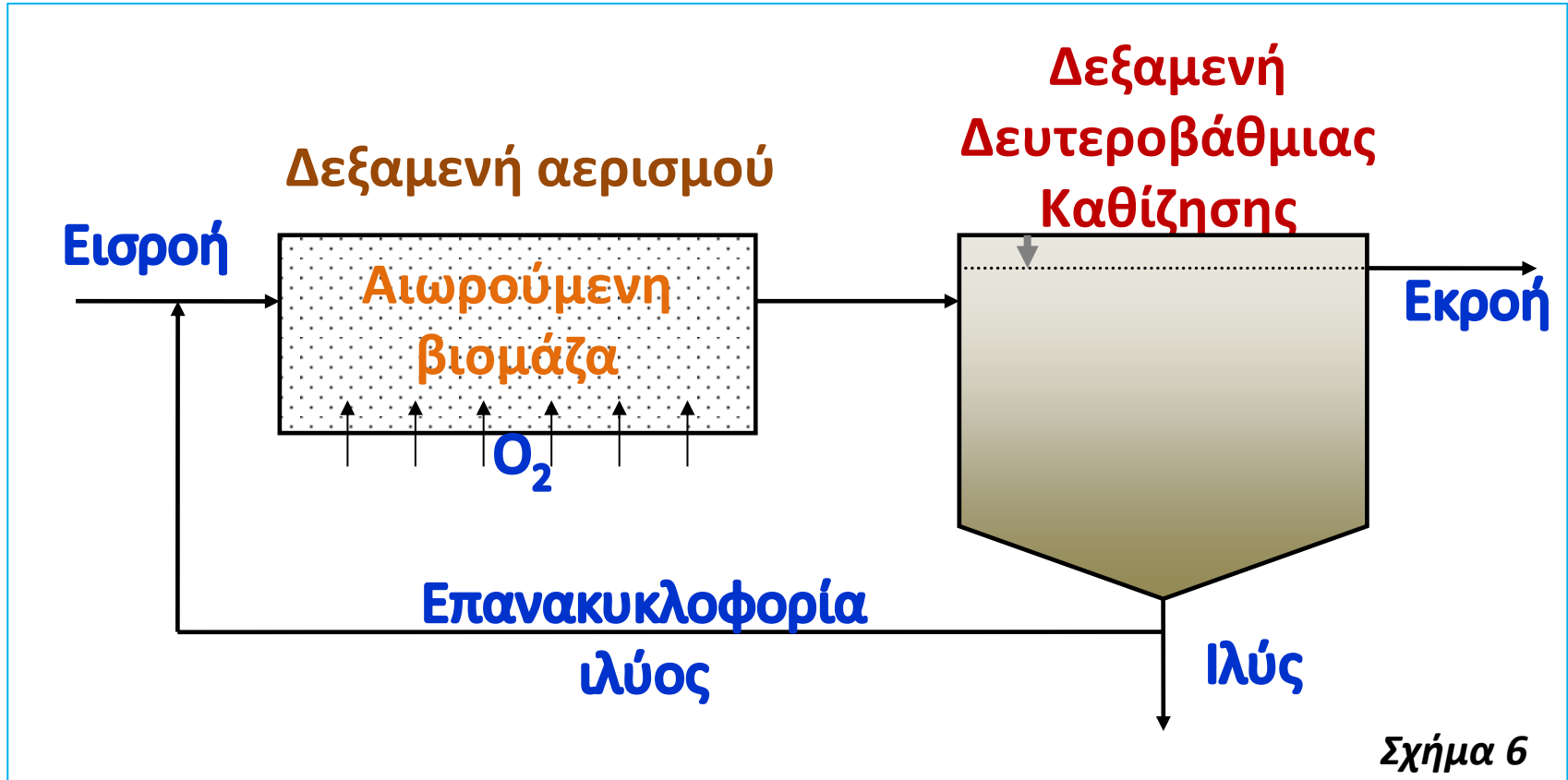
Βιολογική επεξεργασία χωρίς νιτροποίηση

Βιολογική επεξεργασία με νιτροποίηση

Βιολογική επεξεργασία με σταθεροποίηση ιλύος

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Δευτεροβάθμια επεξεργασία Βιολογικός καθαρισμός



Αποδόσεις διαφόρων σταδίων καθαρισμού

Πίνακας 2.

Παράμετρος	Ανεπεξέργαστα λύματα	Μηχανικός Καθαρισμός	Βιολογικός χωρίς νιτροποίηση	Βιολογικός με νιτροποίηση + Απονιτροποίηση	Βιολογικός με νιτροποίηση απονιτροποίηση + απομάκρ. P
Στερεά (σύνολο)	~400	180	40	20	10
BOD₅	400	250	20 – 40	15	15
Ολικός - P	15	10 – 15	8 – 10	8 – 10	2
N-NH₄	40	35	30 - 35	1	1

* Τιμές σε mg / l



Επιλογή μεθόδου βιολογικής επεξεργασίας

- **ΧΩΡΙΣ ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ:** όταν οι προδιαγραφές του αποδέκτη επιτρέπουν τη διάθεση λυμάτων με μέση τιμή οργανικού φορτίου

$$\phi_{\text{EK.}} \leq 20 \text{ mgBOD}_5 / \text{lt}$$

- **ΜΕ ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ:** όταν οι προδιαγραφές του αποδέκτη επιτρέπουν τη διάθεση λυμάτων με συγκέντρωση αμμωνιακών ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)

$$\phi_{\text{EK.}} \leq 3 \text{ mg}(\text{NH}_4^+ - \text{N}) / \text{lt}$$



Απαιτούμενος όγκος δεξαμενών

$$V = \frac{\varphi_{5}}{\Phi} \quad \text{ή} \quad V = \frac{C_o Q^{\eta\mu\cdot\mu\epsilon\gamma}}{\Phi_B B}$$

- $\varphi_{\epsilon\iota\sigma} = C_o Q^{\eta\mu\cdot\mu\epsilon\gamma}$ = ημερήσιο οργανικό φορτίο σε BOD₅ (kg/d)
- $\Phi = \Phi_B \cdot B$ = επιτρεπόμενη οργανική φόρτιση σε BOD₅ ανά μονάδα όγκου δεξαμενής και ημέρα (kgBOD/m³·d)
 - C_o = συγκέντρωση οργανικού φορτίου λυμάτων σε BOD₅ (kg/m³)
 - Φ_B = απαιτούμενη οργανική φόρτιση σε BOD₅ ανά μονάδα βάρους βιομάζας και ημέρα (kgBOD₅ /kg·d)
 - B = βιομάζα στη μονάδα όγκου των δεξαμενών αερισμού (kg/m³)



Βιολογική επεξεργασία

1. ΧΩΡΙΣ νιτροποίηση $\phi_{\text{ΕΚ.}} \leq 20 \text{ mgBOD}_5 / \text{lt}$

2. ΜΕ νιτροποίηση $\phi_{\text{ΕΚ.}} \leq 3 \text{ mg}(\text{NH}_4^+ - \text{N}) / \text{lt}$

3. Βιολογική επεξεργασία με

- (α) σταθεροποίηση ιλύος για $\text{IMK} > 10000$**
- (β) σταθεροποίηση ιλύος για $50 < \text{IMK} < 10000$**
- (γ) σταθεροποίηση ιλύος για $\text{IMK} < 50$**



ΧΩΡΙΣ νιτροποίηση

- Επιλέγεται όταν οι προδιαγραφές του **αποδέκτη** επιτρέπουν τη διάθεση λυμάτων με μέση τιμή οργανικού φορτίου **20 mgBOD₅ /lt**
- Εμπειρικές τιμές
 - $\Phi_B = 0,3 \text{ kgBOD/kg}\cdot\text{d}$
 - $B = 3,3 \text{ kg/m}^3$ (2,5 kg/m³ όταν ΔΟΙ >150 ml/g)
 - $\Phi = 1 \text{ kgBOD/m}^3\cdot\text{d}$
- **Χρόνος παραμονής** λυμάτων στις δεξαμενές αερισμού
 - $\geq 2\text{h}$ για παροχή Ξ.Π.
 - $\geq 1\text{h}$ για παροχή Π.Β.
- **Ποσότητα οξυγόνου** για τον εμπλουτισμό των λυμάτων:
1,5-2 kg O₂ /kg BOD₅



ΜΕ νιτροποίηση

- Επιλέγεται όταν οι προδιαγραφές του **αποδέκτη** επιτρέπουν τη διάθεση λυμάτων με συγκέντρωση **αμμωνιακών** ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$) $\leq 3 \text{ mg/l}$
- Βασικές παράμετροι για **$T \geq 15^\circ \text{ C}$**
 - $\Phi_B = 0,15 \text{ kg BOD/kg}\cdot\text{d}$ (για $T < 10^\circ \text{ C}$, $\Phi_B < 0,15 \text{ kg/kg}\cdot\text{d}$)
 - $B = 3,3 \text{ kg/m}^3$ ($2,5 \text{ kg/m}^3$ όταν $\Delta\text{O}_I > 150 \text{ ml/g}$)
 - $\Phi = 0,5 \text{ kgBOD/m}^3\cdot\text{d}$
- **Χρόνος παραμονής** λυμάτων στις δεξαμενές αερισμού σε παντοροϊκό δίκτυο **$> 1,5 \text{ h}$**
- **Ποσότητα οξυγόνου** για τον εμπλουτισμό των λυμάτων:
 $2,5 \text{ kg O}_2 / \text{kg BOD}_5$



Βιολογική επεξεργασία

Πίνακας 3.	ΧΩΡΙΣ ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ	ΜΕ ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ T≥15° C
Απαιτούμενη οργανική φόρτιση, Φ_B (kg BOD/kg·d)	0,3	0,15 <0,15 (T<10° C)
Βιομάζα, B (kg/m³) (ΔΟΙ < 150ml/g)	3,3 2,5 (ΔΟΙ >150 ml/g)	3,3 2,5 (ΔΟΙ > 150ml/g)
Επιτρεπόμενη οργανική φόρτιση, Φ (kg BOD/m³·d)	1	0,5
Οξυγόνο εμπλουτισμού (kg O₂ /kg BOD₅)	1,5-2	2,5
Χρόνος παραμονής (h)	≥ 2h για παροχή Ξ.Π. ≥ 1h για παροχή Π.Β.	> 1,5 h παντοροϊκό δίκτυο

Τυπικό βάθος δεξαμενής 2,5 – 5 m



3α. Βιολογική επεξεργασία με σταθεροποίηση ιλύος για $IMK > 10000$

- Επιλέγεται όταν η αναερόβια επεξεργασία της ιλύος σε **ξεχωριστή** εγκατάσταση είναι **αντιοικονομική** ή όταν υπάρχει έλλειψη εξειδικευμένου προσωπικού για τη λειτουργία και συντήρηση της.
- Τιμές παραμέτρων διαστασιολόγησης
 - $\Phi_B = 0,05 \text{ kgBOD/kg}\cdot\text{d}$
 - $B = 5 \text{ kg/m}^3$ (4 kg/m^3 όταν $\Delta OI > 150 \text{ ml/g}$)
 - $\Phi = 0,25 \text{ kgBOD/m}^3\cdot\text{d}$
- Ποσότητα οξυγόνου για τον εμπλουτισμό των λυμάτων:
 $2,5 \text{ kg O}_2 / \text{kg BOD}_5$



3β. Βιολογική επεξεργασία με σταθ/ση ιλύος για $50 < IMK < 10000$

- Επιλέγεται σε ΕΕΛ μικρών οικισμών και μικρών πόλεων.
- Τιμές παραμέτρων διαστασιολόγησης
 - $\Phi_B \leq 0,05 \text{ kgBOD/kg}\cdot\text{d}$
 - $B \leq 4 \text{ kg/m}^3$
 - $\Phi = 0,2 \text{ kgBOD/m}^3\cdot\text{d}$
 - $\Delta OI = 60-100 \text{ ml/g}$
- Οξυγόνο εμπλουτισμού $\geq 2,5 \text{ kg O}_2/\text{kg BOD}_5$
- Συντελεστής εμπλουτισμού $\alpha=0,8-0,6$
- Απαιτούμενη συνολική ποσότητα οξυγόνου (κατανάλωση+απώλειες): $3 - 4 \text{ kg O}_2 / \text{kg BOD}_5$



3γ. Βιολογική επεξεργασία με σταθεροποίηση ιλύος για $IMK < 50$

- Επιλέγεται μετά από καθίζηση σε βόθρους καθίζησης
- Χρόνος παραμονής λυμάτων στις δεξαμενές αερισμού σε παντορροϊκό δίκτυο $> 3,5$ h
- Επιφανειακή φόρτιση $\leq 0,3$ m/h
- Ελάχιστη επιτρεπόμενη επιφάνεια δεξαμενής καθίζησης $\geq 0,7$ m³
- Για τη Δ.Τ.Κ. ισχύουν τα ίδια με $50 < IMK < 10000$
- Όγκος δεξαμενής συγκέντρωσης ιλύος $0,2$ m³/κατ.



Βιολογική επεξεργασία με σταθεροποίηση ιλύος

Πίνακας 4.

	IMK>10000	50<IMK<10000
Απαιτούμενη οργανική φόρτιση, Φ_B (kg BOD/kg·d)	0,05	0,05
Βιομάζα, B (kg /m ³)	5 ($\Delta OI < 150 \text{ ml/g}$) 4 ($\Delta OI > 150 \text{ ml/g}$)	4 ($60 < \Delta OI < 100 \text{ ml/g}$)
Επιτρεπόμενη οργανική φόρτιση, Φ (kgBOD/m ³ ·d)	0,25	0,2
Οξυγόνο εμπλουτισμού (kg O ₂ /kg BOD ₅)	2,5	2,5
Συντελεστής εμπλουτισμού, α	---	0,8 – 0,6





ΑΣΚΗΣΗ 4:

**Υπολογισμός κατανάλωσης ενέργειας
Σύγκριση μεθόδων αερισμού**

Εκφώνηση

Η παροχή των λυμάτων πόλεως **60000 κατοίκων** είναι **14000 m³/d**. Το οργανικό τους φορτίο είναι **70 gr BOD₅ / κατ. d**, εκ των οποίων το **30%** κατακρατείται στις δεξαμενές αρχικής καθίζησης. Η βιολογική επεξεργασία θα γίνει με τη **μέθοδο της ενεργού ιλύος χωρίς νιτροποίηση** (υψηλή φόρτιση).

Επιτρέπεται στον αποδέκτη **BOD₅ εκροής = 20 mg/l**



Εκφώνηση

Ζητούνται οι ετήσιες δαπάνες (δηλ. η κατανάλωση ενέργειας) για τον αερισμό των λυμάτων για την περίπτωση που θα χρησιμοποιηθούν :

(Α) Αεριστήρες εμφύσησης αέρα μικρής διαμέτρου φυσαλίδων

(Β) Επιφανειακοί αεριστήρες

(Γ) Σύστημα αερισμού ΙΝΚΑ



Βήματα υπολογισμού

1. Υπολογισμός ημερήσιου οργανικού φορτίου (kgBOD/d)
2. Υπολογισμός όγκου δεξαμενών αερισμού – Διαστασιολόγηση βάση τυπικών βαθών ανάλογα με τον τύπο
3. Υπολογισμός απαιτούμενης ημερήσιας ποσότητας οξυγόνου



Απαραίτητα στοιχεία

- Για τους αεριστήρες εμφύσησης αέρα και το σύστημα αερισμού INKA
 - Η μέση τιμή εμπλουτισμού των λυμάτων με οξυγόνο ανά μέτρο βάθους ($\text{g/Nm}^3 \cdot \text{m}$)
 - Η μέση τιμή κατανάλωσης ενέργειας ανά μέτρο βάθους δεξαμενής ($\text{Wh/Nm}^3 \cdot \text{m}$)
 - Η ποσότητα οξυγόνου με την οποία εμπλουτίζονται τα λύματα για κάθε kWh που καταναλίσκεται (O_2 -συγκομιδή)



Απαραίτητα στοιχεία

- Για τους επιφανειακούς αεριστήρες (στροφείς)
 - Η απαιτούμενη πυκνότητα ισχύος (W/m^3) για την ανάδευση των δεξαμενών αερισμού
 - O_2 -συγκομιδή



1. Ημερήσιο Οργανικό Φορτίο Δ.Α.

- Δίνεται
 - Ο πληθυσμός της πόλης 60000 κατ.
 - Το οργανικό φορτίο των λυμάτων της πόλης 70 g BOD /d κατ. = 0,070kg/d.κατ.
 - Το ποσοστό του οργανικού φορτίου που περνάει στη βιολογική επεξεργασία 70% (=100-30%)
- Άρα το ημερήσιο οργανικό φορτίο των δεξαμενών αερισμού για αυτή την πόλη είναι:
$$\varphi_{\text{εισ}} = 0,70 \cdot 0,070 \cdot 60000 = \mathbf{2940 \text{ kgBOD}_5 / d}$$



2. Όγκος Δ.Α.

- Δεδομένα

- $\varphi_{\text{εισ}} = 2940 \text{ kg/d}$

- $\Phi_{\text{B}} = 0,3 \text{ kg/kg}\cdot\text{d}$

- $\mathbf{B} = 3,3 \text{ kg/m}^3$

- $\Phi = 1 \text{ kg/m}^3\cdot\text{d}$

*Μέσες αποδεκτές τιμές,
ελλείψει άλλων δεδομένων*



2. Όγκος Δ.Α.

- Απαιτούμενος όγκος δεξαμενών αερισμού

$$V = \frac{\varphi_{\text{αε}}}{\Phi_B \cdot B} = \frac{2940}{0,3 \cdot 3,3} = 2969,7 \text{m}^3 \approx 3000 \text{m}^3$$

$$V = \frac{\varphi_{\text{αε}}}{\Phi} = \frac{2940}{1,0} = 2940 \text{m}^3 \approx 3000 \text{m}^3$$

- Εκλέγουμε την κατασκευή **2 δεξαμενών όγκου 1500m³, βάθους 4,5 m** (τυπικό βάθος Δ.Α. 2,5 – 5 m)



3. Ανάγκες Οξυγόνου

- Ποσότητα οξυγόνου για τον εμπλουτισμό των λυμάτων: **1,5-2 kg O₂ /kg BOD₅** που αποικοδομείται
- Ημερήσιο οργανικό φορτίο σε BOD₅ (kg/d)

$$\varphi_{\text{εισ}} = 2940 \text{ kgBOD}_5 / \text{d}$$

- BOD₅ εκροής $\varphi_{\text{εκ}} = 20\text{mg/l} = 0,020 \text{ kgBOD}_5 / \text{m}^3$
- Παροχή λυμάτων πόλης $Q_{\text{ημ.μεγ.}} = 14000 \text{ m}^3 / \text{d}$
- Απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου/ημέρα:

$$1,5 (2940 - 0,020 \cdot 14000) = 3990 \text{ kg O}_2 / \text{d}$$





Υπολογισμός Κατανάλωσης Ενέργειας Δ.Α

(Α) Αεριστήρες Εμφύσησης Αέρα μικρής διαμέτρου φυσαλίδων

- Μέση τιμή εμπλουτισμού των λυμάτων με οξυγόνο ανά μέτρο βάθους είναι $8 \text{ gO}_2/\text{Nm}^3 \cdot \text{m} = 0,008 \text{ kgO}_2/\text{Nm}^3 \cdot \text{m}^*$
- Μέση τιμή κατανάλωσης ενέργειας (ανά μέτρο βάθους) $5,5 \text{ Wh}/\text{Nm}^3 \cdot \text{m} = 5,5/1000 \text{ kWh}/\text{Nm}^3 \cdot \text{m}^*$
- * Από 1 m^3 αέρα σε Κ.Σ. (1 Nm^3 έχει πυκνότητα $1,2293 \text{ kg}/\text{m}^3$) που εμφυσιέται στα λύματα, αυτά εμπλουτίζονται με 8 g O_2 ανά μέτρο βάθους τοποθέτησης των αεριστήρων

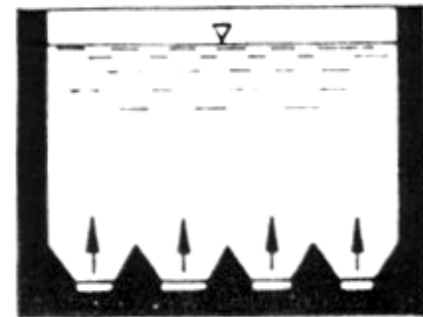


(Α) Αεριστήρες Εμφύσησης Αέρα μικρής διαμέτρου φυσαλίδων

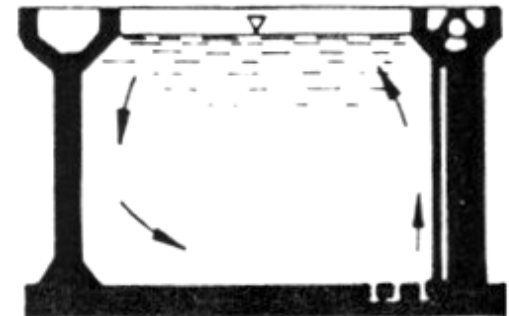


Πηγή:
<http://www.mecanicaindustrial.com.br/conteudo/645-o-que-e-um-difusor-de-bolha>

- Η ποσότητα οξυγόνου με την οποία εμπλουτίζονται τα λύματα για κάθε kWh που καταναλίσκεται, δίνεται από την O_2 -συγκομιδή = **1,3 kgO₂/kWh**



α) με άυλακες



β) με αεριστήρες στον πυθμένα

Σχήμα 7



(Α) Αεριστήρες Εμφύσησης Αέρα μικρής διαμέτρου φυσαλίδων

- Εάν οι αεριστήρες τοποθετηθούν **0,5 m** επάνω από τον πυθμένα των δεξαμενών βάθους 4,5 m, τότε το οξυγόνο θα διοχετεύεται από βάθος 4 m
- Μέση τιμή εμπλουτισμού των λυμάτων με οξυγόνο ανά μέτρο βάθους είναι **8 g/Nm³·m = 0,008 kgO₂/ Nm³·m***



(Α) Αεριστήρες Εμφύσησης Αέρα μικρής διαμέτρου φυσαλίδων

- Η απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου ανά ημέρα είναι **3990 kgO₂/d**
- Η ποσότητα αέρα που θα διοχετευτεί στις δεξαμενές δίνεται από το λόγο

$$\frac{3990}{4,0 \cdot 0,008} \approx 24700 Nm^3 / d$$



(Α) Αεριστήρες Εμφύσησης Αέρα μικρής διαμέτρου φυσαλίδων

Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας εμφύσησης αέρα

- Μέση τιμή κατανάλωσης ενέργειας (ανά μέτρο
βάθους) $5,5 \text{ Wh/Nm}^3 \cdot \text{m} = 5,5/1000$
 $\text{kWh/Nm}^3 \cdot \text{m}^*$
- Για να διοχετευτεί ο αέρας στις δεξαμενές
αερισμού (**4m** πάνω από τους αεριστήρες) θα
καταναλωθεί ενέργεια ημερησίως

$$4 \cdot 124700 \cdot 5,5/1000 = \mathbf{2743 \text{ kWh/d}}$$



(Α) Αεριστήρες Εμφύσησης Αέρα μικρής διαμέτρου φυσαλίδων

Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας εμφύσησης αέρα

- Η απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου ανά ημέρα είναι **3990 kgO₂/d**
- Η ποσότητα οξυγόνου με την οποία εμπλουτίζονται τα λύματα για κάθε kWh που καταναλίσκεται, δίνεται από την O₂-συγκομιδή = **1,3 kgO₂/kWh**



(Α) Αεριστήρες Εμφύσησης Αέρα μικρής διαμέτρου φυσαλίδων

Κατανάλωση ενέργειας εμπλουτισμού

- Η κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται για κάθε kgO_2 με το οποίο εμπλουτίζονται τα λύματα

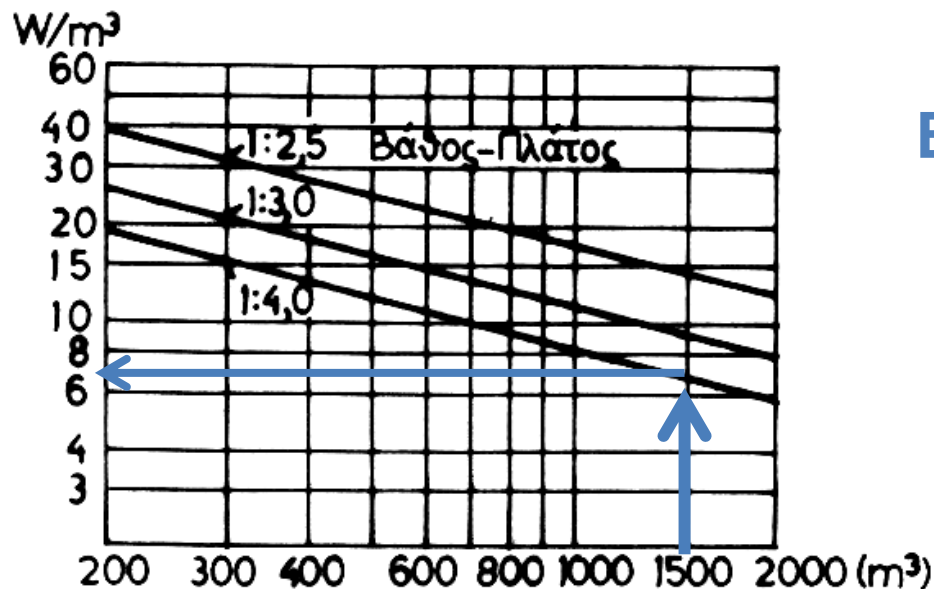
$$\frac{3990}{1,3} = 3069 \text{ kWh} / d$$



(B) Επιφανειακοί αεριστήρες

ΣΤΡΟΦΕΙΣ

- Το Σχ. 8 μας δίνει την απαιτούμενη πυκνότητα ισχύος (W/m^3) για την ανάδευση των δεξαμενών αερισμού με στροφείς (επιφανειακούς αεριστήρες) για διαφορετικούς λόγους βάθους/πλάτους (**1:2,5 – 1:4**)



B=4,5m

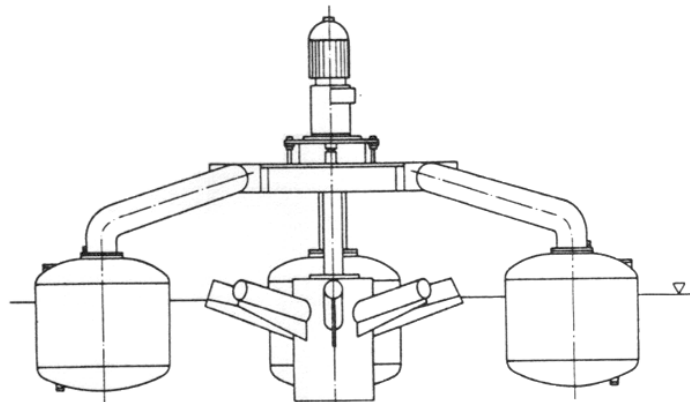
Σχήμα 8



(B) Επιφανειακοί αεριστήρες

ΣΤΡΟΦΕΙΣ

- Για κάθε kWh ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται στους επιφανειακούς αεριστήρες, τα λύματα εμπλουτίζονται με 1,3 – 1,8 kg O₂ κατά μέσο όρο
- Άρα O₂-συγκομιδή = $(1,3+1,8)/2 = 1,55 \text{ kg O}_2 / \text{kWh}$



Σχήμα 9

(B) Επιφανειακοί αεριστήρες

ΣΤΡΟΦΕΙΣ

- Για 2 δεξαμενές όγκου 1500 m^3 και για λόγο βάρους/πλάτους= $1:4$ (Σχ.8), η απαιτούμενη πυκνότητα ισχύος είναι περίπου $6,6 \text{ W/m}^3 = 6,6/1000 \text{ kW/m}^3$
- Για τον συνολικό όγκο των 2 δεξαμενών η ημερήσια κατανάλωση ενέργειας για ανάδευση είναι

$$\frac{6,6}{1000} \text{ kW} / \text{m}^3 \cdot 3000 \text{m}^3 \cdot 24 \text{h} / \text{d} = 475 \text{ kWh} / \text{d}$$



(B) Επιφανειακοί αεριστήρες

ΣΤΡΟΦΕΙΣ

Κατανάλωση ενέργειας για εμπλουτισμό αέρα

- Η απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου ανά ημέρα είναι **3990 kgO₂/d**
- Για κάθε kWh ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται στους επιφανειακούς αεριστήρες, τα λύματα εμπλουτίζονται με 1,3 – 1,8 kg O₂ κατά μέσο όρο, άρα O₂-συγκομιδή = $(1,3+1,8)/2 = \mathbf{1,55 \text{ kg O}_2 / \text{kWh}}$



(B) Επιφανειακοί αεριστήρες

ΣΤΡΟΦΕΙΣ

Κατανάλωση ενέργειας για εμπλουτισμό αέρα

- Η κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται για κάθε kgO_2 με το οποίο εμπλουτίζονται τα λύματα είναι

$$\frac{3990\text{kgO}_2 / d}{1,55\text{kgO}_2 / \text{kWh}} = 2574\text{kWh} / d$$



(Γ) Σύστημα Αερισμού INKA

- Οι αεριστήρες τοποθετούνται **80cm=0,8m** κάτω από την επιφάνεια των λυμάτων.
- Για αυτό το βάθος τοποθέτησης των αεριστήρων, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν αεραντλίες χαμηλής πίεσης (Ventilator, μέγιστη πίεση 0,1 bar) οι οποίες παρουσιάζουν οικονομικά πλεονεκτήματα.

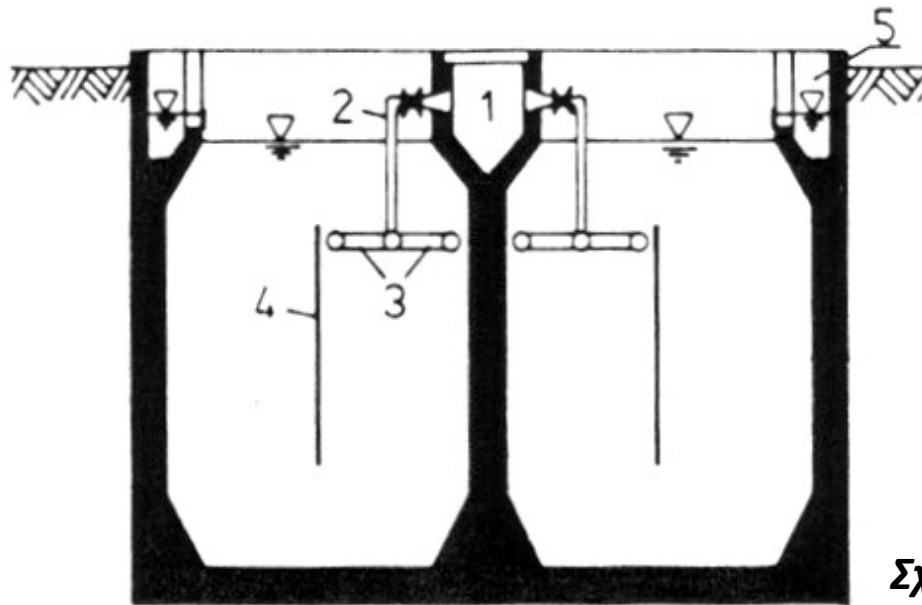


(Γ) Σύστημα Αερισμού ΙΝΚΑ

- Μέση τιμή εμπλουτισμού των λυμάτων με οξυγόνο ανά μέτρο βάθους είναι $4\text{gO}_2/\text{Nm}^3\cdot\text{m} = 0,004 \text{ kgO}_2/ \text{Nm}^3\cdot\text{m}$
- Μέση τιμή κατανάλωσης ενέργειας $5\text{Wh}/\text{Nm}^3\cdot\text{m} = 5/1000 \text{ kWh}/\text{Nm}^3\cdot\text{m}$
- Για κάθε kWh ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται με το σύστημα αερισμού ΙΝΚΑ, τα λύματα εμπλουτίζονται με $0,7 \text{ kg O}_2$



(Γ) Σύστημα Αερισμού ΙΝΚΑ



Σχήμα 10

γ) με αεριστήρες στην επιφάνεια

- Η απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου ανά ημέρα είναι **3990 kgO₂/d**



(Γ) Σύστημα Αερισμού ΙΝΚΑ

Κατανάλωση ενέργειας διοχέτευσης αέρα

- Η ποσότητα αέρα που θα διοχετευτεί στις δεξαμενές δίνεται από τον λόγο

$$\frac{3990 \text{kgO}_2 / d}{0,8 \text{m} \cdot 0,004 \text{kgO}_2 / \text{Nm}^3 \text{m}} \approx .246.875 \text{Nm}^3 / d$$

- Για να διοχετευτεί ο αέρας στις δεξαμενές αερισμού θα καταναλωθεί ενέργεια ημερησίως

$$(5/1000) \cdot 1.246.875 \cdot 0,8 = \mathbf{4987 \text{ kWh/d}}$$



(Γ) Σύστημα Αερισμού ΙΝΚΑ

Κατανάλωση ενέργειας εμπλουτισμού

- Η κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται για κάθε kgO_2 με το οποίο εμπλουτίζονται τα λύματα

$$\frac{3990\text{kgO}_2 / d}{0,7\text{kgO}_2 / \text{kWh}} = 5700\text{kWh} / d$$



Συγκριτικός πίνακας μεθόδων αερισμού

Πίνακας 5.

	Εμφύσηση φυσαλίδων αέρα	Επιφανειακοί αεριστήρες	Σύστημα αερισμού INKA
Απαιτούμενη ποσότητα O ₂ ανά ημέρα (kg/d)	3900	3900	3900
Ποσότητα αέρα (Nm ³ /d)	124.700	-----	1.246.875
Μέση τιμή κατανάλωσης ενέργειας (Wh/Nm ³ ·m)	5,5	-----	5,0
O ₂ -συγκομιδή (kg O ₂ /kWh)	1,3	1,3 – 1,8 (1,55)	0,7
Πυκνότητα ισχύος (W/m ³)	-----	6,6	-----
Κατανάλωση ενέργειας (kWh/d)	(2743) 3069	3023 475 (ανάδευση) 2548 (O ₂)	(4987) 5700



Σύγκριση μεθόδων

- Στο σύστημα **INKA** η κατανάλωση ενέργειας για τον αερισμό των λυμάτων είναι σχεδόν **διπλάσια** από ότι στα άλλα δυο συστήματα.
- Η **συντήρηση** όμως των δεξαμενών είναι απλούστερη και η **προμήθεια των μηχανημάτων** αερισμού (Ventilator) είναι όπως αναφέρθηκε πολύ οικονομικότερη από αυτή των επιφανειακών αεριστήρων και των αεραντλιών των άλλων δυο συστημάτων.



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.

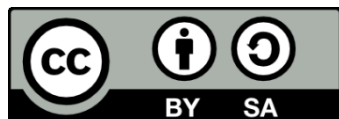
[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





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



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.

