



Τεχνική Περιβάλλοντος

Ενότητα 13: Επεξεργασία ιλύος

Ευθύμιος Νταρακάς
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.

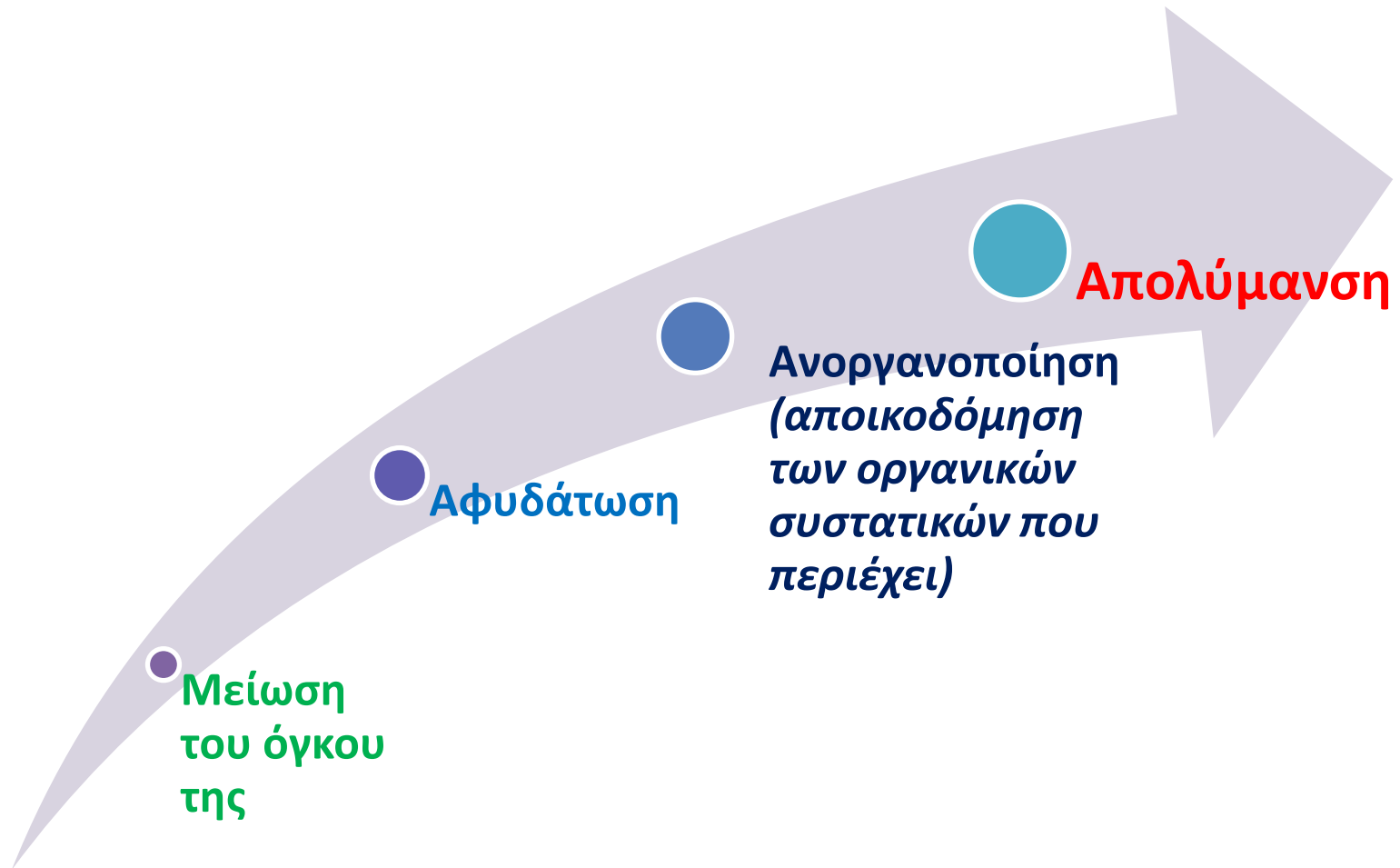


Ιλύς – Βιοστερεά – Λυματολόαση

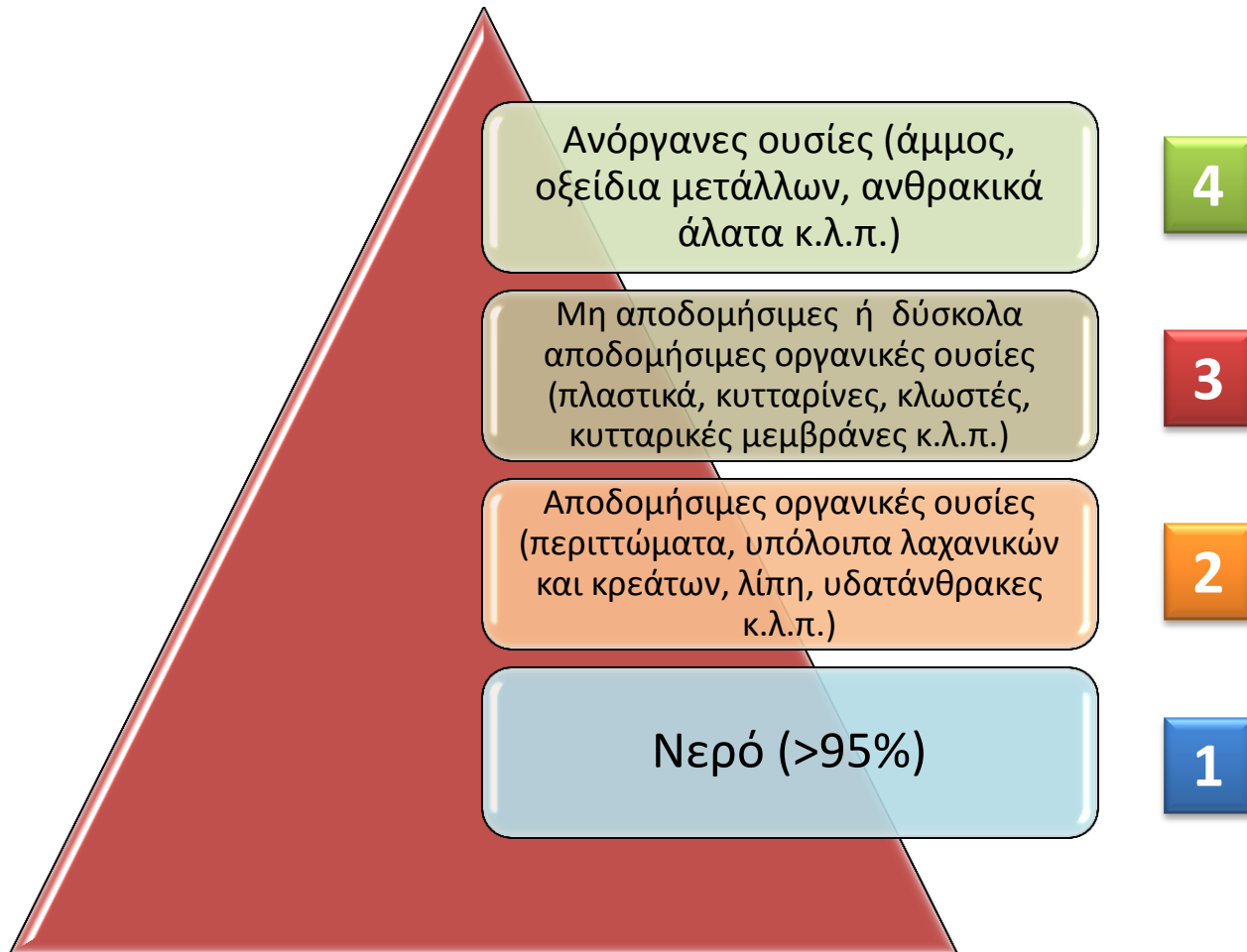
- Τι είναι η ιλύς;
- Που παράγεται; Σε ποια σημεία της ΕΕΛ;
- Ποια είναι η σύστασή της;
- Ποια είναι τα κύρια συστατικά της;
- Τι κινδύνους εγκυμονεί;
- Πως μπορεί να αξιοποιηθεί;
- Που μπορεί να διατεθεί;
- **ΠΑΧΥΝΣΗ – ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ – ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ**



Σκοπός της επεξεργασίας της ιλύος



Σύσταση ιλύος



Μορφές νερού στην ιλύ και τρόποι απομάκρυνσής του

Πάχυνση

- Νερό πλήρωσης κενών χώρων (~ 70%)
- Ο διαχωρισμός επιτυγχάνεται **εύκολα** με φυσικές μεθόδους (βαρύτητα, επίπλευση, φυγοκέντρωση)

Αφυδάτωση Σταθεροποίηση Θέρμανση

- Προσκολλημένο νερό και νερό τριχοειδών (~ 22%)
- Ο διαχωρισμός είναι πιο **δύσκολος** και επιτυγχάνεται με πίεση ή φυγοκέντρωση

Αφυδάτωση Σταθεροποίηση Θέρμανση

- Εσωτερικό ή προσροφημένο νερό (~ 8%)
- Ο διαχωρισμός είναι **πολύ δύσκολος** και επιτυγχάνεται κυρίως με θέρμανση

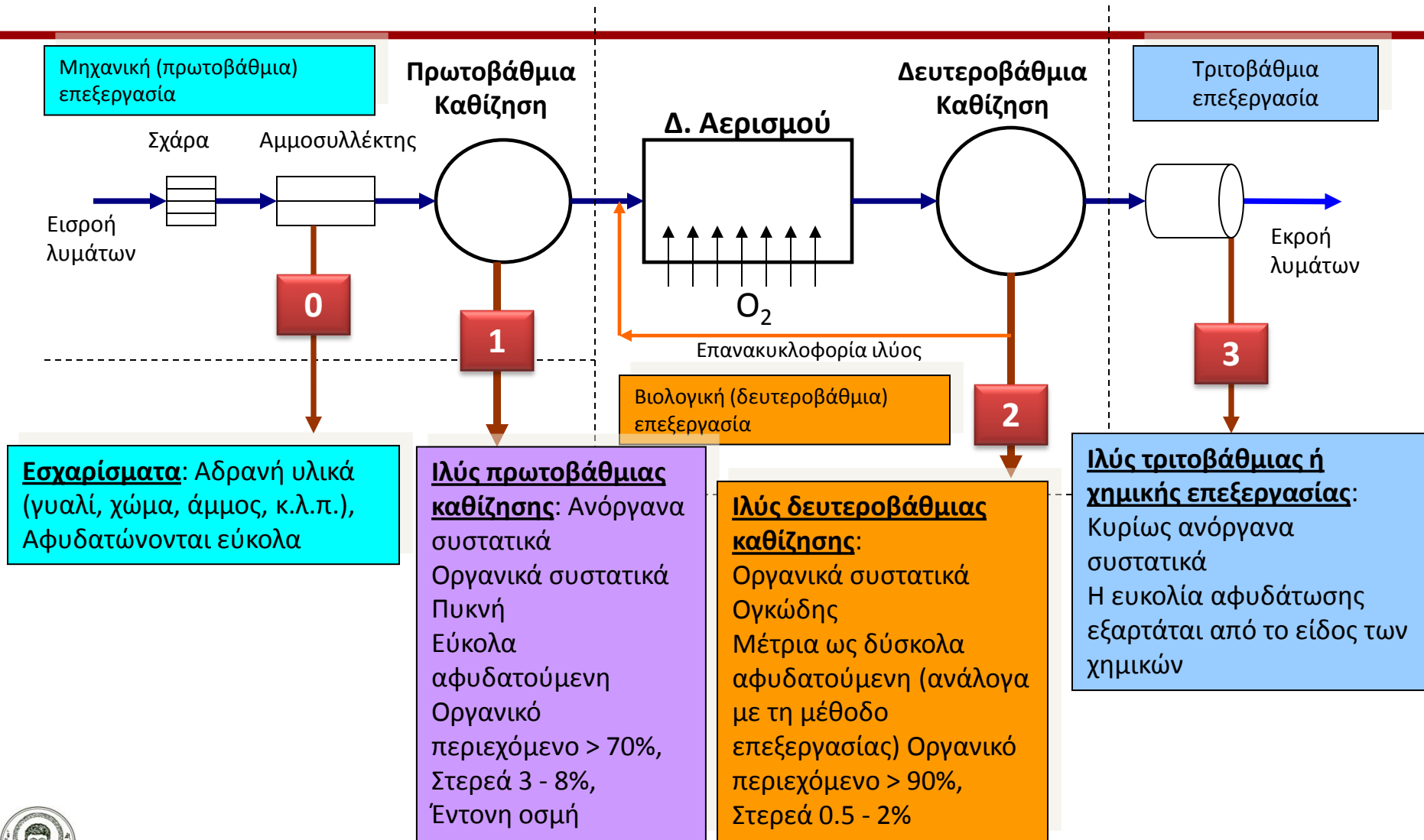


Χαρακτηριστικά ιλύος ανάλογα με το νερό που περιέχει

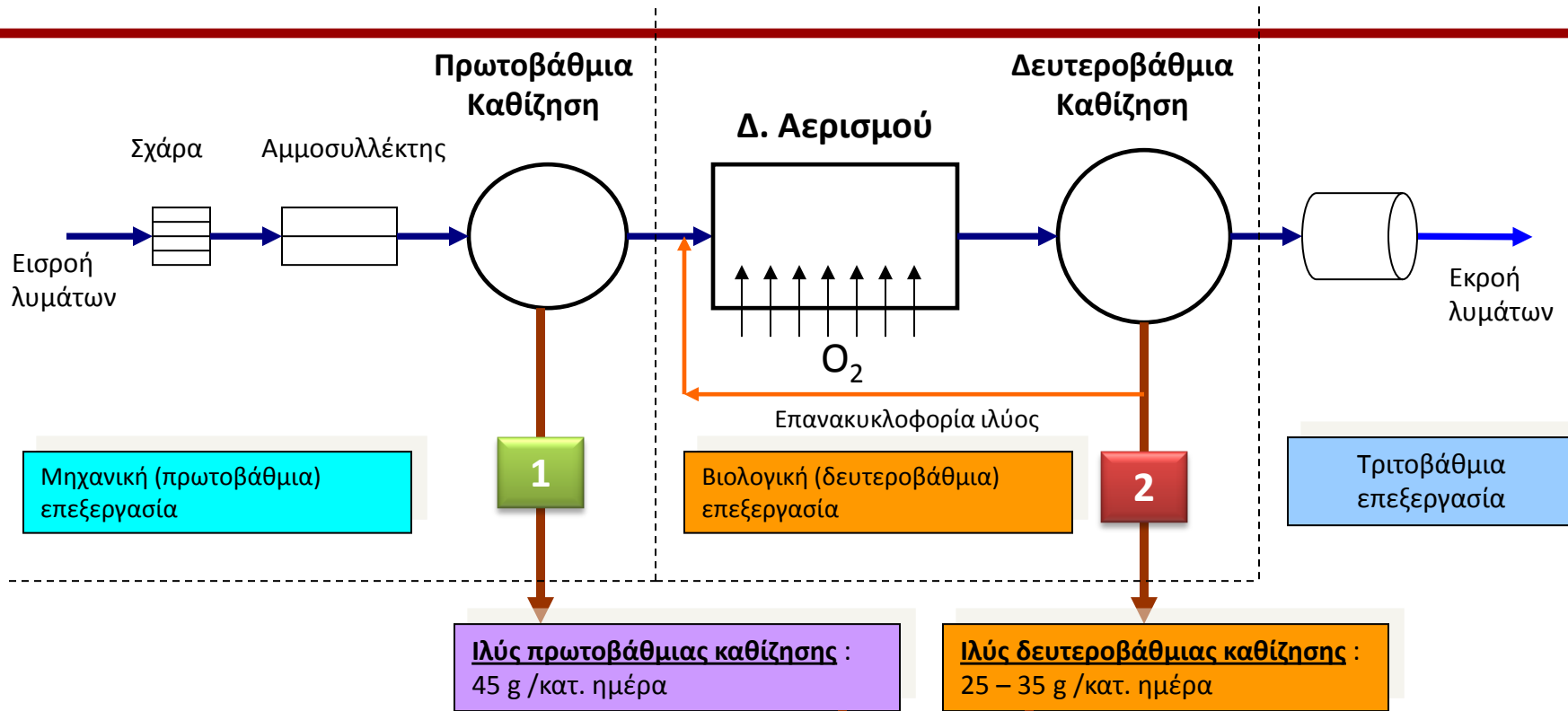
Νερό	Χαρακτηρισμός ιλύος
> 85 %	Πολύ ρευστή (μπορεί να αντληθεί)
75 – 65 %	Πλαστική, χυλώδης
< 65 – 60 %	Σχετικά στερεή
< 40 – 35 %	Κοκκώδης, ανθεκτικά στερεή
< 15 – 10 %	Τελείως ξηρή



Προέλευση – Σύσταση ιλύος



Ποσότητα παραγόμενης ιλύος



Η ποσότητα της ιλύος εξαρτάται από τα περιεχόμενα στερεά στα απόβλητα και από τον βαθμό απόδοσης των διαφόρων σταδίων κατά την επεξεργασία των αποβλήτων. Συνολικά από την πρωτοβάθμια καθίζηση και την βιολογική επεξεργασία (με απονιτροποίηση και αποφωσφόρωση) προκύπτουν **70 - 90 g /κατ. ημέρα**.



Φυσικά χαρακτηριστικά ιλύος

Είδος ιλύος	Χρώμα	Οσμή
Ακατέργαστη	Γκρίζο	Πολύ δύσοσμη
Αδρανοποιηθείσα (αναερόβια)	Μαύρο (λόγω παρουσίας θειικού σιδήρου)	Οσμή πίσσας
Αδρανοποιηθείσα (αερόβια)	Καφέ	Οσμή χώματος



Ποιοτικά χαρακτηριστικά ιλύος

- **Υγρασία** (περιεκτικότητα σε νερό)
 - Η μέτρηση γίνεται με ξήρανση της ιλύος στους 105 °C.
- **Υπόλειμμα καύσης** (παράμετρος με την οποία προσδιορίζεται το ποσοστό των ανόργανων συστατικών της ιλύος)
 - Η μέτρηση γίνεται με καύση της ιλύος στους 550 °C.
- **pH**
 - Είναι χαρακτηριστική παράμετρος για τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά τη ζύμωση
 - Διάσπαση λιπών και σακχάρων : Όξινη ζύμωση
 - Μετατροπή οργανικών οξέων σε CO₂ και CH₄ : Αλκαλική ζύμωση
 - **pH = 7.0 - 7.5 οι δύο φάσεις βρίσκονται σε ισορροπία**
 - **pH = 5.0 – 6.0 υπερिशύει η όξινη ζύμωση**



Ποιοτικά χαρακτηριστικά ιλύος

- Πτητικά οξέα
 - Μικρομοριακά οργανικά οξέα (με χαμηλό σημείο ζέσης).
 - Αποτελούν ενδεικτική παράμετρο εκτίμησης της ζύμωσης (όξινη ή αλκαλική).
 - Συγκέντρωση 1000 mg/L δείχνει καλή και ισορροπημένη ζύμωση.



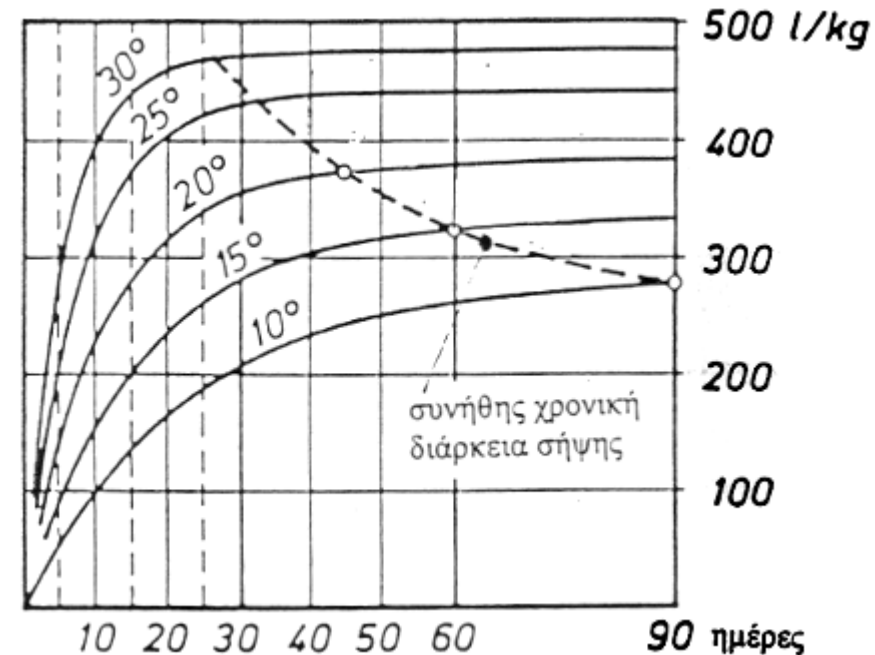
Ποιοτικά χαρακτηριστικά ιλύος

- **Οργανικός άνθρακας**
 - 1 γραμμάριο άνθρακα δίνει περίπου 1.86 λίτρα βιοαερίου.
 - Για κάθε γραμμάριο οργανικής ύλης που αποικοδομείται παράγεται 1 λίτρο βιοαερίου.
- **Θερμική ικανότητα**
 - Η καύση της ιλύος παράγει θερμότητα.
 - Η θερμική ενέργεια που παράγεται από την καύση 1 gr ιλύος είναι 26 KJ.
- **Αναλογία C:N:P** : Σωστές αναλογίες C:N = 1:17 N:P = 1:7
- **Ικανότητα αφυδάτωσης**
 - Δείχνει την ευχέρεια αφυδάτωσης της ιλύος (Η δοκιμή γίνεται με διήθηση).
- **Παθογόνοι και παρασιτικοί μικροοργανισμοί**
 - Η ακατέργαστη ιλύς περιέχει πλήθος παθογόνων και παρασιτικών μικροοργανισμών.



Ικανότητα βιοαποικοδόμησης ιλύος (Παραγωγή βιοαερίου)

- Παράμετρος με την οποία εξάγονται συμπεράσματα για την ευχέρεια – ταχύτητα αποικοδόμησης των οργανικών στην ιλύ (χαρακτηρισμός της ιλύος ως **καλώς, κακώς ή τυπικά βιοαποδομήσιμη**).
- Ενδεικτικό στοιχείο για την πρόοδο των βιολογικών διεργασιών είναι η ποσότητα του παραγόμενου βιοαερίου.



Παραγωγή βιοαερίου κατά την αδρανοποίηση 1Kg ξηράς ουσίας ιλύος.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά της ιλύος

A: Πρωτοβάθμια ιλύς,

B1: Βιολογική ιλύς χαμηλής φόρτισης >20 kg BOD₅/kg MLSS,

B2: Βιολογική ιλύς υψηλής φόρτισης <20 kg BOD₅/kg MLSS,

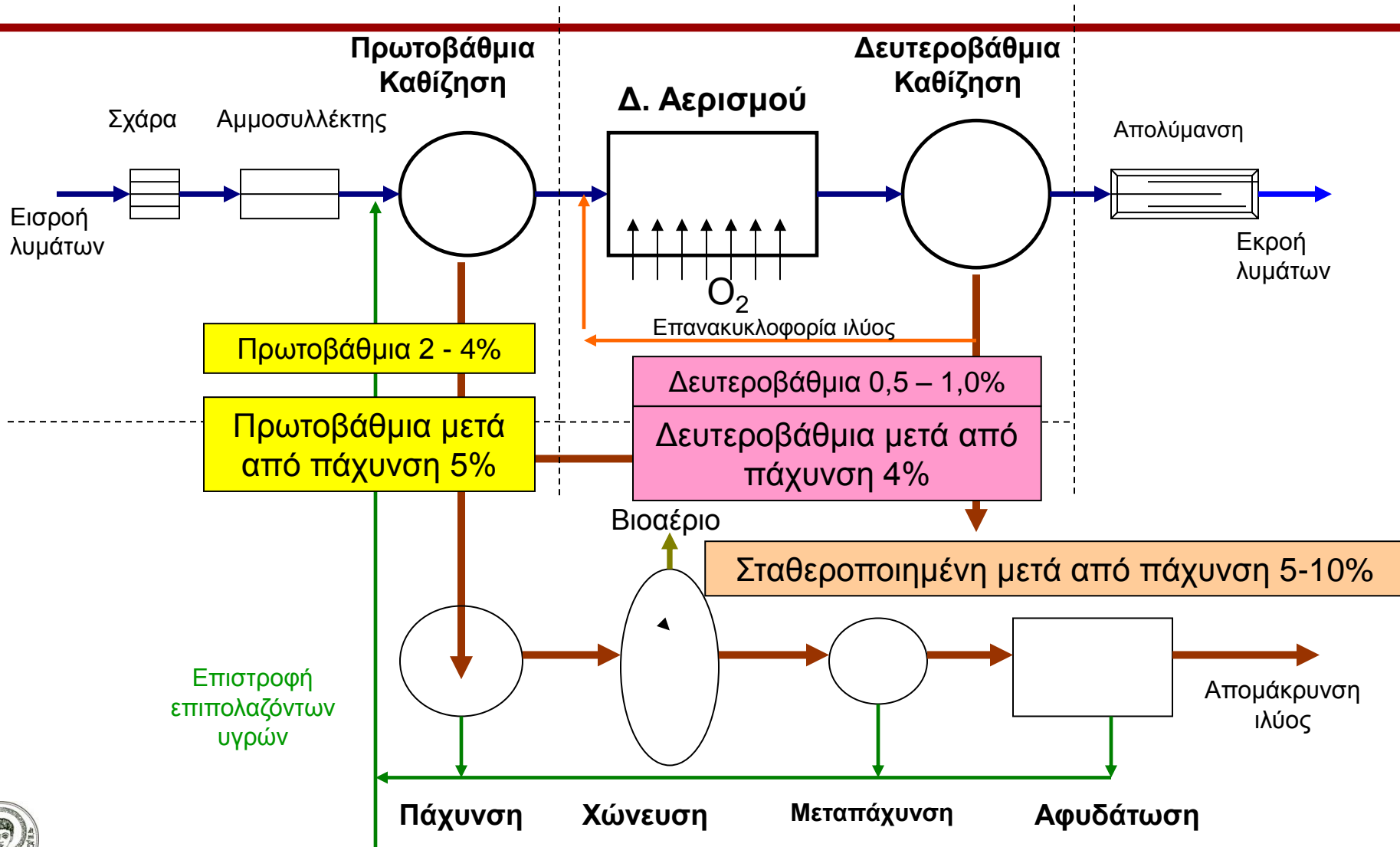
C: Μικτή ιλύς (πρωτοβάθμια και βιολογική),

D: Χωνεμένη (σταθεροποιημένη) ιλύς

Κατηγορία ιλύος	A	B1	B2	C	D
Ξηρά στερεά DS (Kg/m ³)	12	9	7	10	30
Οργανικά στερεά VS (%DS)	65	67	77	72	50
pH	6	7	7	6,5	7
C	51,5	52,5	53	51	49
N	4,5	7,5	6,3	7,1	6,2
C/N	11,4	7,0	8,7	7,2	7,9
P	2	2	2	2	2
Cl	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
K	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Al	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Ca	10	10	10	10	10
Fe	2	2	2	2	2
Λίπη	18	8	10	14	10
Πρωτεΐνες	24	36	34	30	18
Θερμική ισχύς	4.200	4.100	4.800	4.600	3.000



Περιεκτικότητα της ιλύος σε στερεά



Στάδια επεξεργασίας ιλύος

Πάχυνση ή πύκνωση (thickening) για αύξηση της συγκέντρωσης των στερεών (για ελάττωση του όγκου της)

Σταθεροποίηση (stabilization) ή αδρανοποίηση για μείωση του βιολογικού φορτίου, περιορισμό των οσμών,
Βιολογική για αποδόμηση (χώνευση / σήψη) του οργανικού φορτίου - Χημική με θρομβωτικά υλικά

Προετοιμασία για αφυδάτωση (conditioning) για εύκολη αφυδάτωση

Αφυδάτωση (dewatering) με ταινιοφιλτρόπρεσες, φυγοκεντρικούς διαχωριστές για μείωση του όγκου

Ξήρανση για περαιτέρω μείωση του όγκου της και διάθεση (disposal) της ιλύος



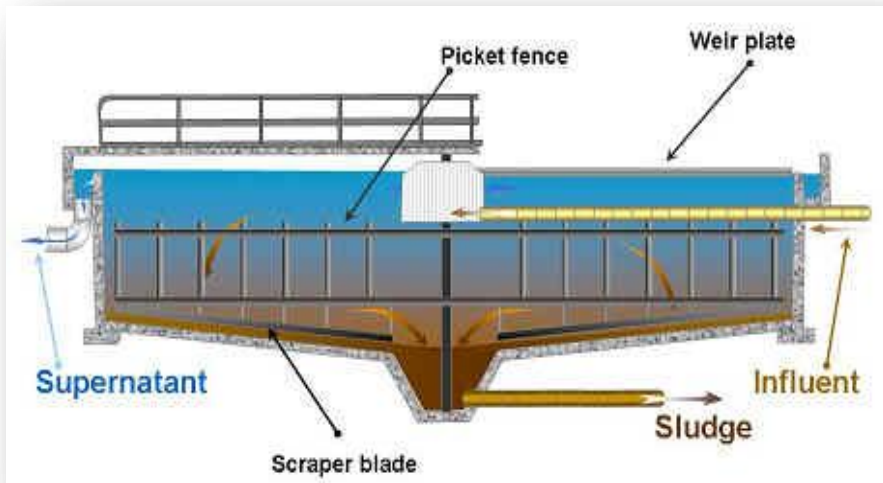


ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Πάχυνση ιλύος

Πάχυνση ιλύος

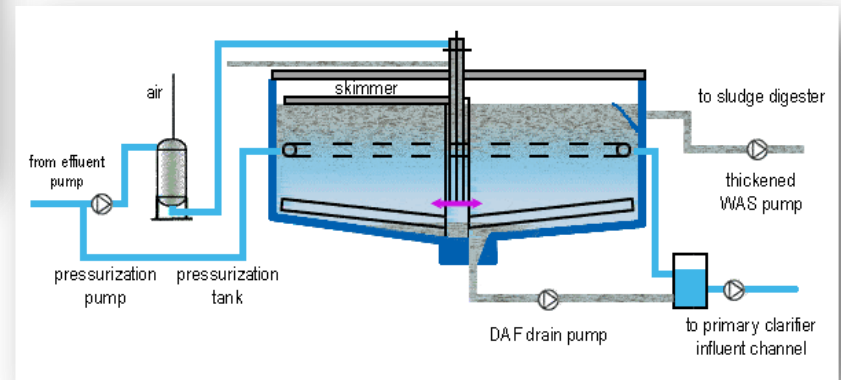
1. Με καθίζηση (Παχυντές βαρύτητας).



Πηγή:

<http://www.ewisa.co.za/misc/WasteWater/defaultsludge1.htm>

- ## 2. Με επίπλευση. Τεχνική περισσότερο κατάλληλη για δευτεροβάθμια (βιολογική) ιλύ.
- Με τη βοήθεια φυσαλίδων στον πυθμένα επιδιώκεται η κίνηση των στερεών προς την ελεύθερη επιφάνεια.
 - 1 ως 2% μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε στερεά.
 - Το κόστος (ενέργειας) είναι αρκετά υψηλό.
 - Ο χρόνος παραμονής αισθητά μικρότερος.
 - Η συντήρηση είναι δύσκολη λόγω έμφραξης των φυσητήρων.



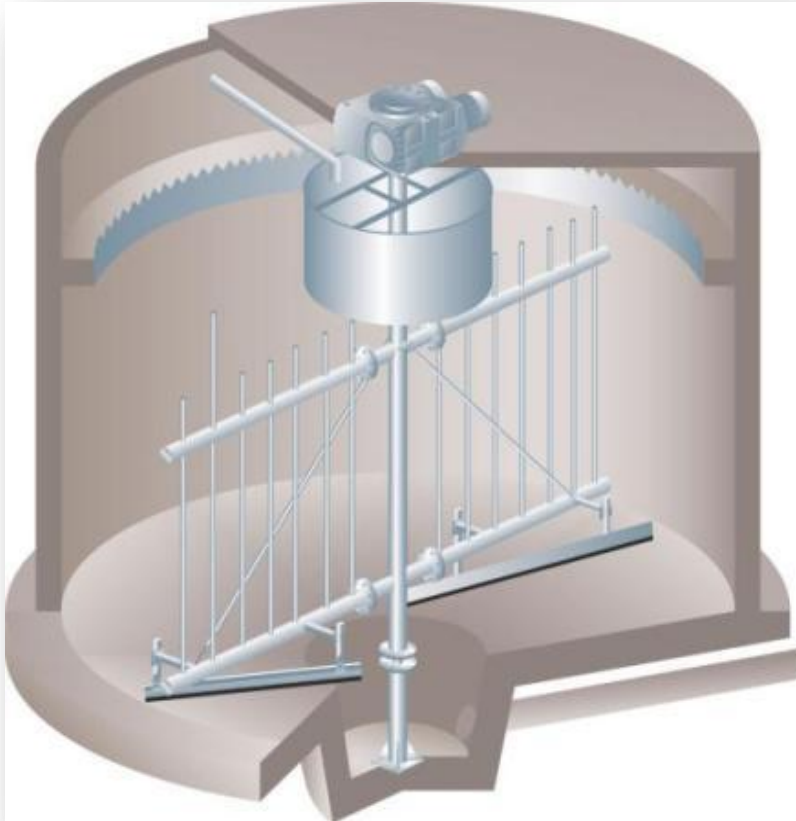
Πηγή:

<http://imgsoup.com/1/dissolved-air-flotation/>



Πάχυνση ιλύος

Σκαρίφημα παχυντή ιλύος



Παχυντής ιλύος (Ε.Ε.Λ. Κατερίνης)

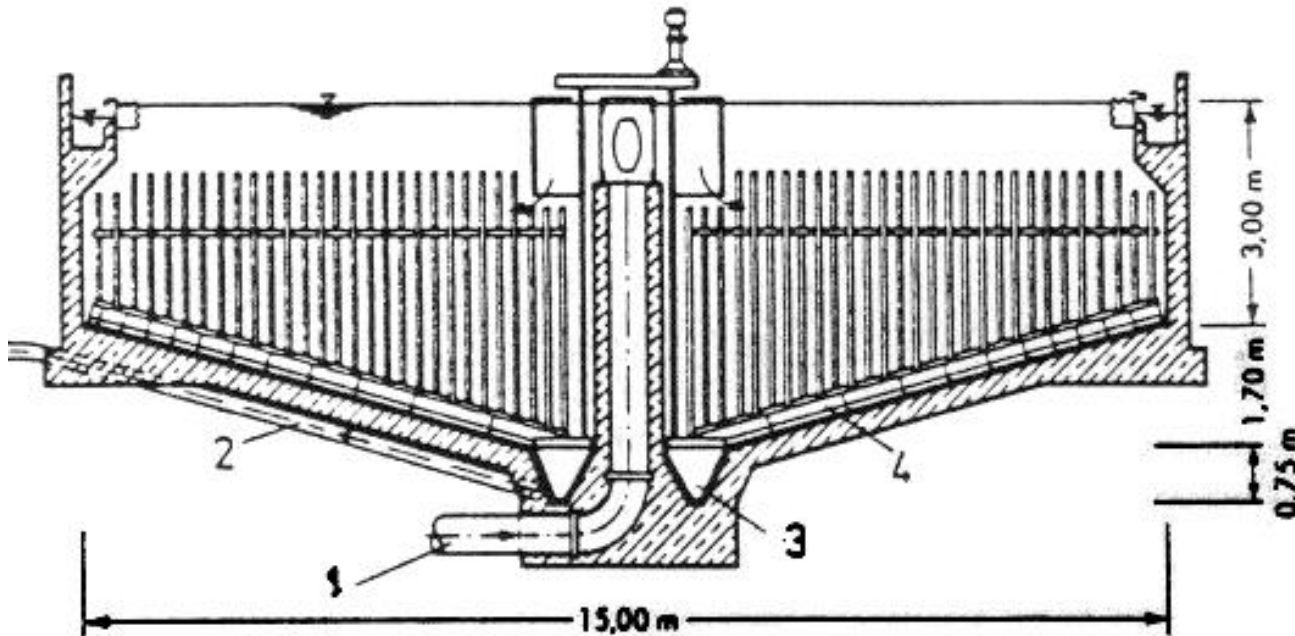


Πηγή:

http://www.europelec.com/raclage_de_boues.html



Παχυντής βαρύτητας (συνεχούς ροής)

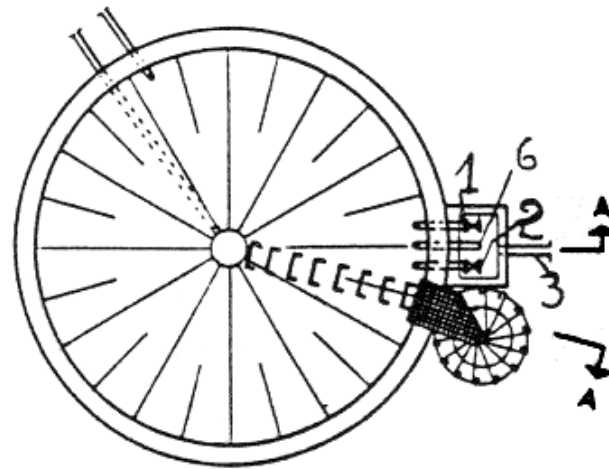
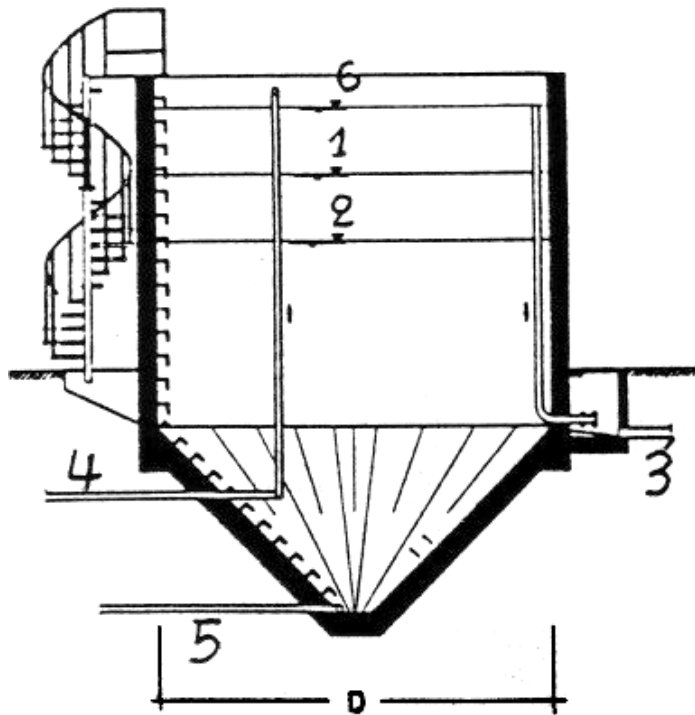


1. Εισροή,
2. Απαγωγή ιλύος,
3. Αύλαξ ιλύος,
4. Κινούμενα ξέστρα με ράβδους

Οι παχυντές συνεχούς ροής λειτουργούν όπως και οι δεξαμενές καθίζησης και συνεπώς είναι αναλόγου σχήματος. Επιπρόσθετα στοιχεία είναι μόνον οι κατακόρυφοι ράβδοι που είναι στερεωμένοι στους κινούμενους καθαριστές (κινούμενη γέφυρα με ξέστρα). Κατά την κίνηση των ράβδων δημιουργούνται αύλακες στην ιλύ, οι οποίες βοηθούν στην άνοδο των επιπολαζόντων υγρών προς την επιφάνεια των δεξαμενών.



Παχυντής βαρύτητας (περιοδικής πλήρωσης)



1. Στάθμη 1 με υπερχειλίση
2. Στάθμη 2 με υπερχειλίση
3. Απαγωγή επιπολαζόντων υγρών
4. Προσαγωγός
5. Εκκενωτής
6. Ανώτατη στάθμη με υπερχειλίση



Παχυντής ιλύος



Πηγή:

<http://www.directindustry.com/prod/sereco/product-91651-861141.html>



Παχυντής ιλύος



Παχυντές / Πάχυνση ιλύος

- Η διαστασιολόγηση των παχυντών γίνεται με βάση
 - την επιφανειακή φόρτιση ιλύος (σε υγρή κατάσταση),
 - τον χρόνο παραμονής,
 - την επιφανειακή φόρτιση με ξηρά ουσία.
- Οι τιμές των παραπάνω παραμέτρων που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι:
 - **1 ημέρα το καλοκαίρι και**
 - **2 ημέρες τον χειμώνα.**
- Οι χρόνοι παραμονής της ιλύος στους παχυντές είναι μεγάλοι (24 ώρες).
- Συχνά, αυτό έχει σαν συνέπεια την σήψη της ιλύος κατά την διάρκεια της πάχυνσης. Το βιοαέριο που παράγεται εμποδίζει την καθίζηση των σωματιδίων της ιλύος. Συνεπώς πρέπει εγκαίρως να λαμβάνονται αντίμετρα.
- Η χρησιμοποίηση χλωρίου ή ασβεστίου σε ποσότητες 0,2 έως 0,5 gr Cl₂/κατ.ημ. και 500 gr Ca(OH)₂/m³ ιλύος αντιστοίχως βοηθούν στην παρεμπόδιση της σήψης στις δεξαμενές πάχυνσης.



Κροκιδωτικά υλικά για χημική επεξεργασία ιλύος

- **Χλωριούχος σίδηρος** σε ποσότητα 2,5 % της ξηράς ουσίας της ιλύος των δεξαμενών αρχικής καθίζησης (αδρανοποιημένης ή μη).
- **Θειικός σίδηρος** ποσότητα 10 kg θειικού σιδήρου / kg ξηράς ιλύος.
- **Άσβεστος** ανάλογα με την εκάστοτε περίπτωση.
- **Πολυηλεκτρολύτες** απαιτούνται 100 έως 200 g αντιδραστηρίου / kg ξηράς ιλύος (Ο προσδιορισμός της απαιτούμενης ποσότητας γίνεται καλύτερα με εργαστηριακά πειράματα).
- **Τέφρα** 2,5 kg / kg ξηράς ιλύος. Η δράση της τέφρας είναι μηχανική γιατί χαλαρώνει τη δομή των συστατικών της ιλύος.
- Τα παραπάνω αντιδραστήρια που είναι γνωστά κροκιδωτικά (θρομβωτικά) υλικά αλλάζουν τη φυσικοχημική κατάσταση της ιλύος κατά κύριο λόγο προκαλώντας θρόμβωση των κολλοειδών υλικών. Με τον τρόπο αυτό διευκολύνεται η απομάκρυνση του νερού από τους κενούς χώρους που δημιουργούνται μεταξύ των στερεών σωματιδίων (θρόμβων).





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Βιολογική σταθεροποίηση ιλύος

Στόχοι της βιολογικής σταθεροποίησης της ιλύος



Αδρανοποίηση της ιλύος

Μείωση της ποσότητας των στερεών και συνεπώς της ποσότητας της ιλύος

Βελτίωση της ικανότητας αφυδάτωσής της

Παραγωγή βιοαερίου (κατά την αναερόβια επεξεργασία)

Μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών

Ελαχιστοποίηση των οσμών



Χαρακτηριστικά της ιλύος πριν και μετά τη σταθεροποίηση

Ιλύς πριν την επεξεργασία

- 70% Οργανικά
- 30% Ανόργανα

Ιλύς μετά τη σταθεροποίηση

- 45% Οργανικά
- 55% Ανόργανα



Απαιτούμενος βαθμός σταθεροποίησης

Χρήση στη γεωργία

- Πλήρης σταθεροποίηση

Ενδιάμεση αποθήκευση σε υγρή μορφή

- Μερική σταθεροποίηση

Απόθεση μετά από αφυδάτωση

- Μερική ως πλήρης σταθεροποίηση

Απόθεση μετά από μηχανική και βιολογική επεξεργασία

- Η σταθεροποίηση δεν είναι απαραίτητη

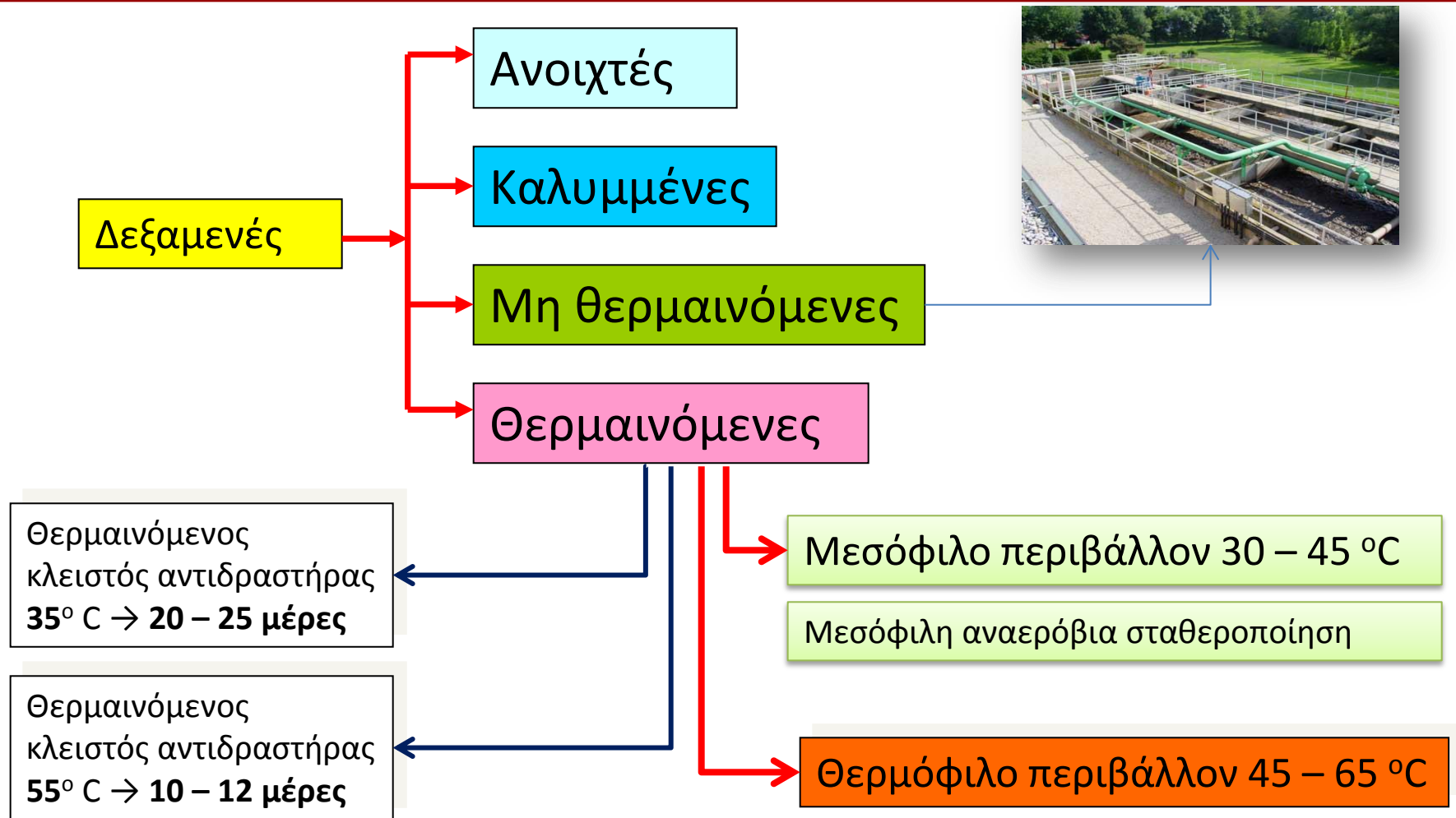


Μέθοδοι βιολογικής σταθεροποίησης

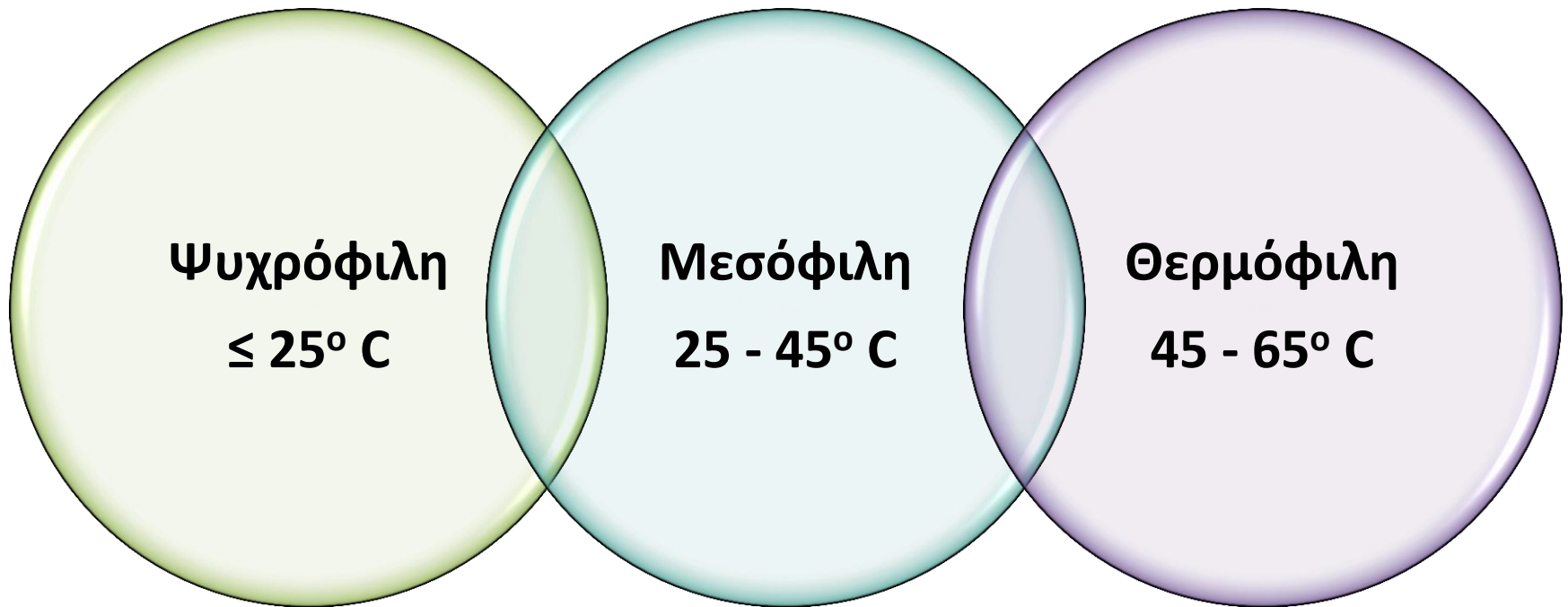
Μέθοδος	Είδος ιλύος	Παροχή θερμότητας	Διαδικασία	Πεδίο εφαρμογής σε εγκαταστάσεις
Αερόβια	Σε υγρή μορφή	Χωρίς θερμότητα	Παρατεταμένος αερισμός	Σε μικρές εγκαταστάσεις
		Με πρόσδοση θερμότητας	Αερόβια-θερμόφιλη σταθεροποίηση	Σε μικρές ως μεσαίου μεγέθους
	Σε αφυδατωμένη μορφή	Με πρόσδοση θερμότητας	Κομποστοποίηση	Σε μικρές ως μεσαίου μεγέθους
Αναερόβια	Σε υγρή μορφή	Χωρίς εξωτερική θερμότητα	Δεξαμενές Imhoff	Σε μικρές εγκαταστάσεις
		Με πρόσδοση θερμότητας	Ανεξάρτητη θερμαινόμενη δεξαμενή	Σε μέτριες ως μεγάλες εγκαταστάσεις
Αερόβια + Αναερόβια (συνδυασμός)	Σε υγρή μορφή	Με πρόσδοση θερμότητας	Συνδυασμός αντιδραστήρων αερόβιου θερμοφίλου & αναερόβιου μεσοφιλικού	Σε μέτριες εγκαταστάσεις



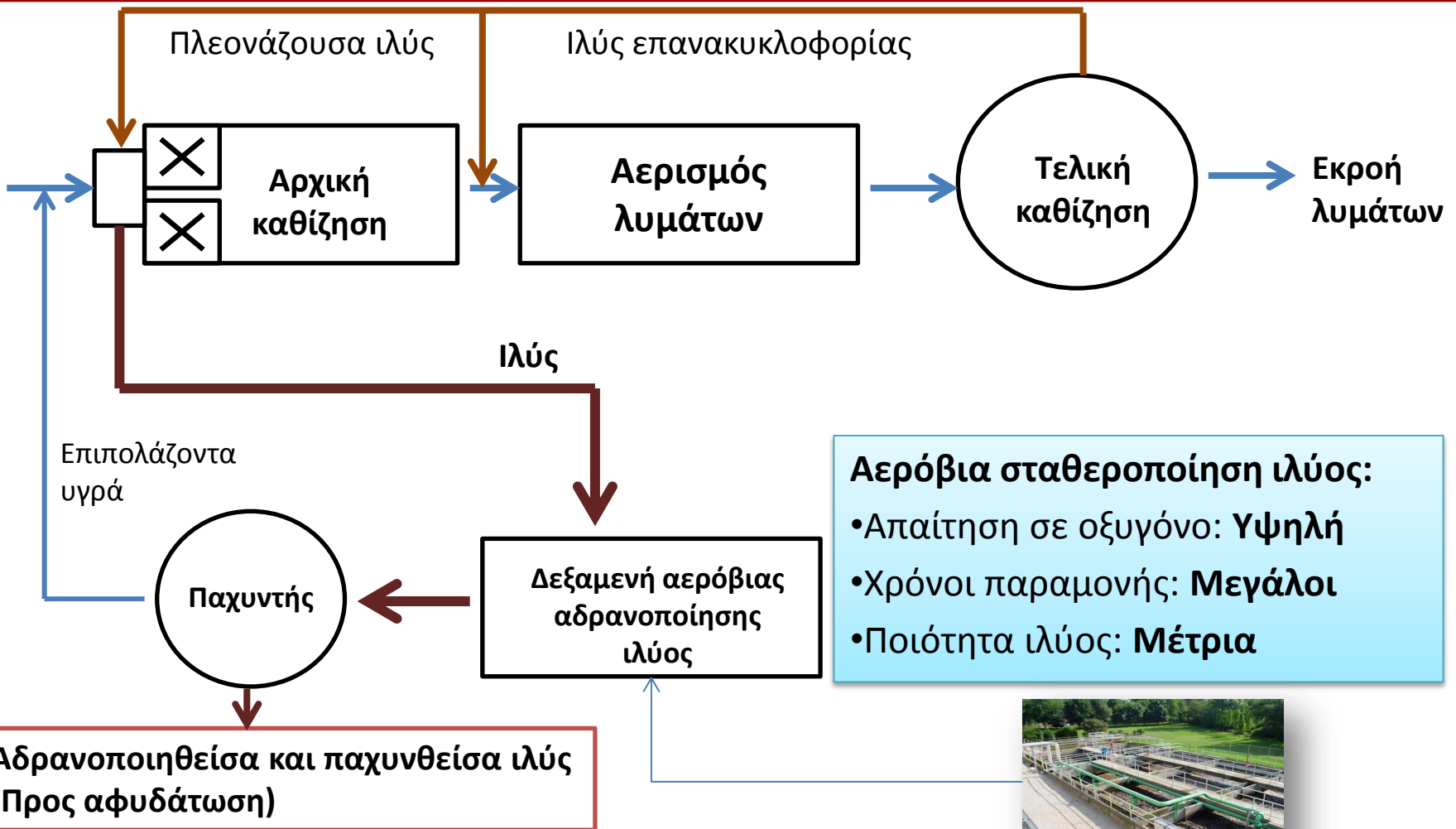
Δεξαμενές βιολογικής σταθεροποίησης ιλύος



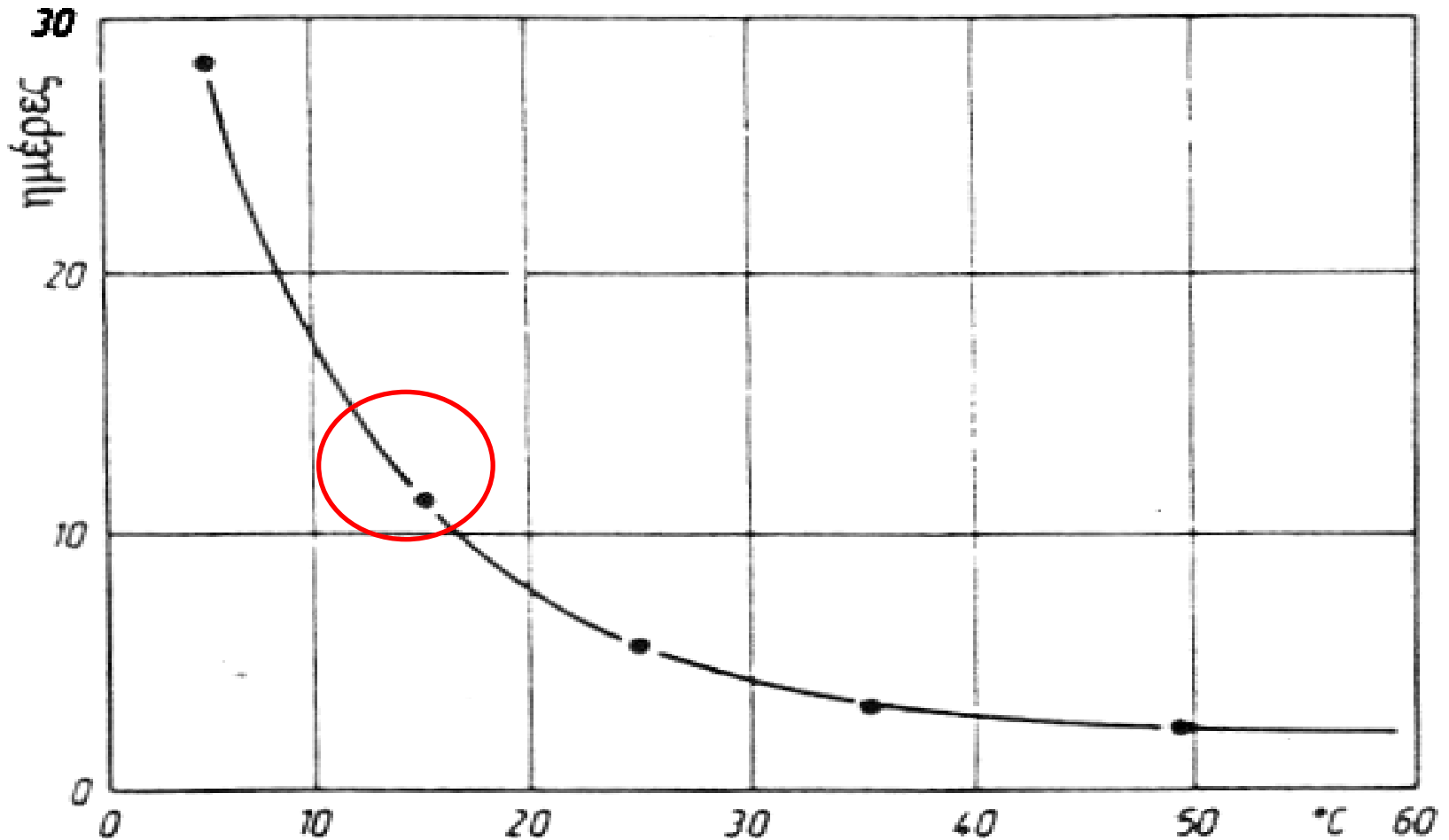
Βιολογική σταθεροποίηση ανάλογα με τη θερμοκρασία



Αερόβια σταθεροποίηση ιλύος



Απαιτούμενος χρόνος αερόβιας σταθεροποίησης της ιλύος συναρτήσει της θερμοκρασίας



Αναερόβια σταθεροποίηση ιλύος

- Είναι ένα περίπλοκο βιοχημικό-βιολογικό φαινόμενο το οποίο είναι ευαίσθητο στις διάφορες αλλαγές του περιβάλλοντος.
- Το pH πρέπει να είναι μεταξύ 7,0 και 7,5
- Η παρουσία μετάλλων και αλάτων είναι δυνατόν να έχει ευεργετικές συνέπειες στη ζύμωση της ιλύος όταν η συγκέντρωσή τους είναι μικρή. Στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή μεγάλων συγκεντρώσεων των μετάλλων ή αλάτων, οι βιολογικές διεργασίες στον αντιδραστήρα εμποδίζονται ή ακόμη και σταματούν.
- Το οργανικό φορτίο διασπάται σε οξέα και αυτά στη συνέχεια σε CO₂ και CH₄.
- Είναι αργή (ευαίσθητη) διαδικασία.
- Ανάγκη για θέρμανση στους 35 °C (μεσόφιλοι μικροοργανισμοί). Το μεθάνιο μπορεί να αξιοποιηθεί για το σκοπό αυτό.
- Είναι στεγανή και σχετικά ακριβή εγκατάσταση.



Μικροοργανισμοί αναερόβιας χώνευσης (ζύμωσης) της ιλύος

Διάκριση μικροοργανισμών
(ως προς την θερμοκρασία)

Ψυχρόφιλοι μικροοργανισμοί
θερμοκρασίες $\leq 25^{\circ}\text{C}$

Μεσόφιλοι μικροοργανισμοί
θερμοκρασίες 25 έως 45°C

Θερμόφιλοι μικροοργανισμοί
θερμοκρασίες 45 έως 65°C

Διάκριση μικροοργανισμών
(ως προς τη δράση)

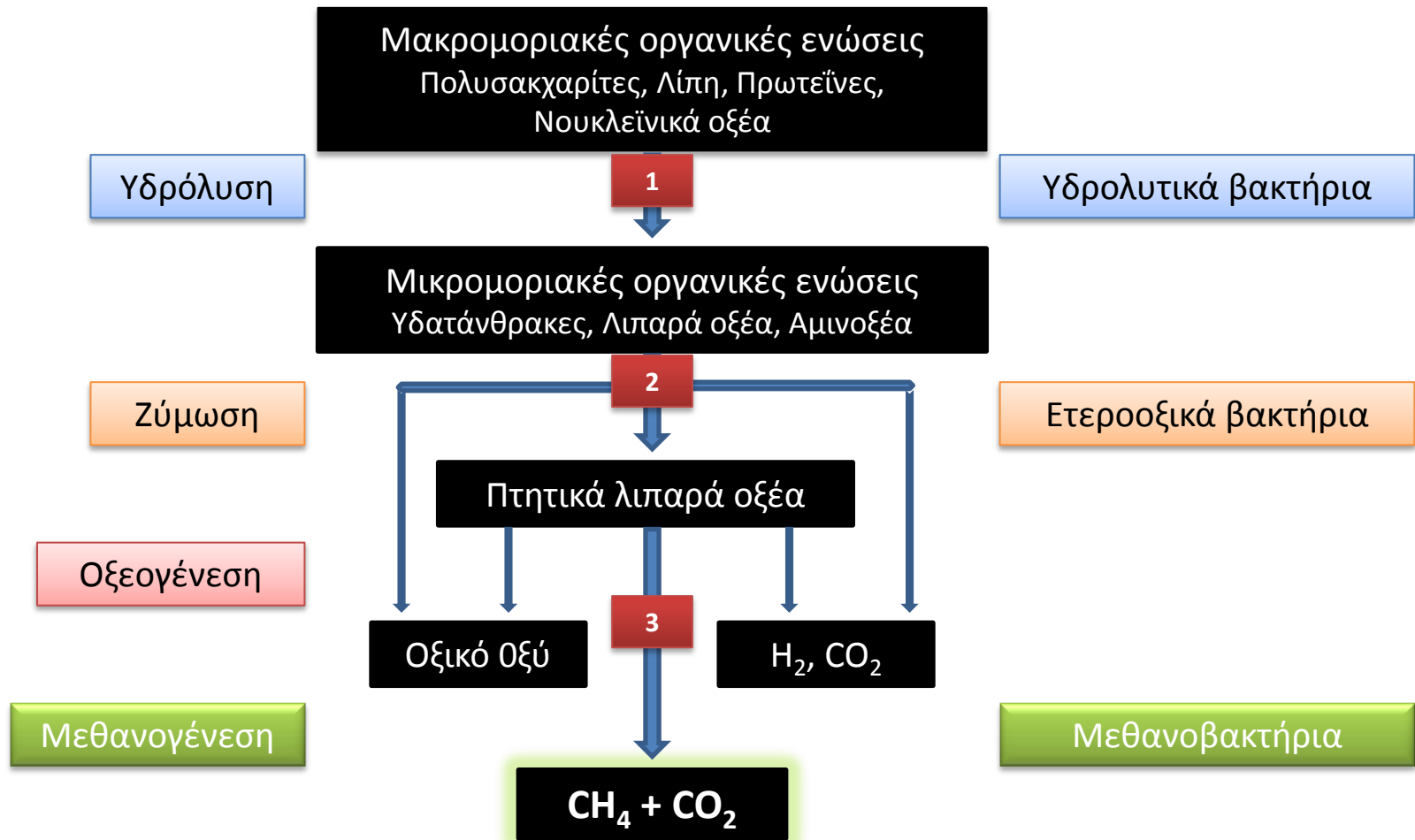
Υδρολυτικά βακτήρια

Ετεροοξικά βακτήρια

Μεθανοβακτήρια



Σχηματική απεικόνιση της αναερόβιας διεργασίας



Σχηματική απεικόνιση της αναερόβιας διεργασίας

Λίπη - Πολυσακχαρίτες - Πρωτεΐνες - Νουκλεϊνικά οξέα

Υδρόλυση

Λιπαρά οξέα - Μονοσακχαρίτες - Αμινοξέα - Πουρίνες & Πυριμιδίνες - [Αρωματικές ενώσεις]

Ζύμωση ή Οξυγένεση

Μικρομοριακές οργανικές ενώσεις: Οξικό οξύ (CH_3COOH), προπιονικό οξύ ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$), βουτυρικό οξύ ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$), γαλακτικό οξύ, αλκοόλες, κετόνες κ.λ.π.

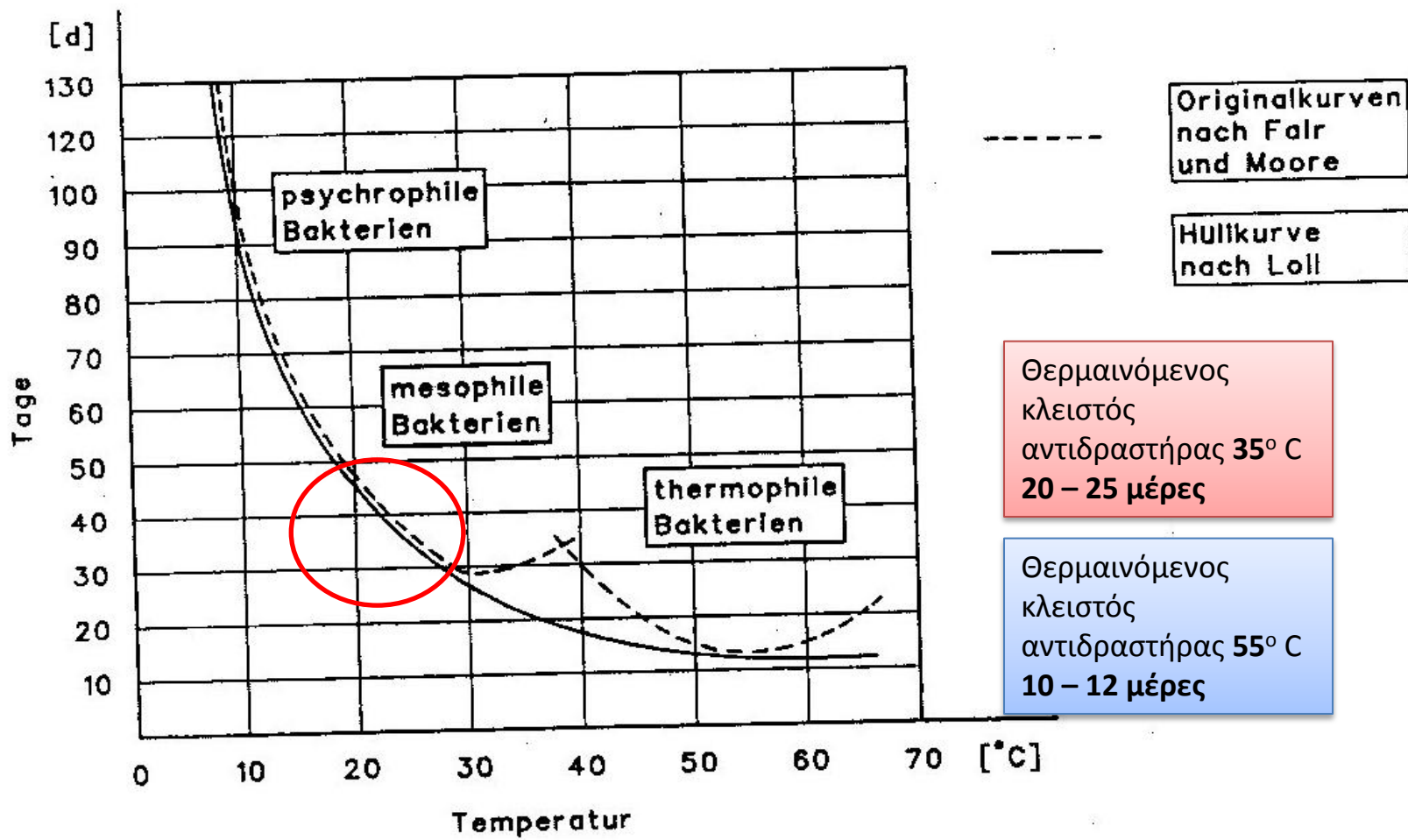
Μεθανογένεση

Μεθανογενικά υποστρώματα: Μυρμηκικό οξύ (HCOOH), μεθανόλη οξύ (CH_3OH), υδρογόνο (H_2), οξικό οξύ (CH_3COOH), διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), μεθυλαμίνες κ.λ.π.

CH_4 και CO_2



Απαιτούμενος χρόνος αναερόβιας σταθεροποίησης της ιλύος συναρτήσει της θερμοκρασίας



Θερμαινόμενος κλειστός αντιδραστήρας 35° C
20 – 25 μέρες

Θερμαινόμενος κλειστός αντιδραστήρας 55° C
10 – 12 μέρες



Αναερόβια σταθεροποίηση ιλύος

- Τα βακτήρια μπορούν να εγκλιματισθούν βαθμιαία στην παρουσία των ουσιών αυτών ή ακόμη και δηλητηρίων, αν όμως η συγκέντρωση των ουσιών αυτών αυξηθεί απότομα, π.χ. εάν κάποια βιομηχανία διοχετεύσει στο δίκτυο αποχέτευσης κάποια στιγμή μια δηλητηριώδη για τα βακτήρια ουσία σε μεγάλη ποσότητα, οι μικροοργανισμοί στις δεξαμενές σήψης καταστρέφονται αμέσως.
- Έχουν παρατηρηθεί φαινόμενα ανταγωνιστικά και συνεργατικά. Δηλαδή διάφορες επιβλαβείς ουσίες να αλληλοεξουδετερώνονται ή να αλληλοσυμπληρώνονται αυξάνοντας την καταστροφική τους δράση.
- Απαιτείται συστηματικός και συνεχής έλεγχος της ποιότητας της ιλύος που διοχετεύεται στις δεξαμενές σήψης προκειμένου να αποφεύγονται καταστροφές.
- Η θερμοκρασία ζύμωσης είναι βασικός παράγοντας στη ζύμωση της ιλύος.
- Η αύξηση της θερμοκρασίας ελαττώνει δραστικά την διάρκεια ζύμωσης και κατά συνέπεια τον απαιτούμενο όγκο των δεξαμενών.
- Η πτώση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του αντιδραστήρα αναερόβιας χώνευσης έχει σαν αποτέλεσμα να υπερισχύει η όξινη ζύμωση της αλκαλικής. Το pH κατέρχεται στο 6, ακόμα και στο 5. Στην περίπτωση αυτή η αλκαλική ζύμωση εμποδίζεται με αποτέλεσμα την περιορισμένη παραγωγή CH_4 , την αυξημένη παραγωγή CO_2 , και την πτώση της ποιότητας του εξερχόμενου από τον αντιδραστήρα προϊόντος, το οποίο είναι δύσσομο και δεν αφυδατώνεται εύκολα.



Αναερόβια σταθεροποίηση ιλύος

Υδρόλυση ή όξινη ζύμωση

Μετατροπή των μακρομοριακών οργανικών ενώσεων και κυρίως των σακχάρων και των λιπών σε οργανικά οξέα από τα υδρολυτικά βακτήρια και μετατροπή των οργανικών οξέων σε οξικό οξύ από τα ετεροοξικά βακτήρια.

Μεθανογένεση ή αλκαλική ζύμωση

Μετατροπή των οργανικών οξέων και κυρίως του οξικού οξέος σε μεθάνιο από τα μεθανοβακτήρια). Απαιτείται ισορροπία μεταξύ όξινης και αλκαλικής ζύμωσης. Αυτό επιτυγχάνεται όταν το pH στον αντιδραστήρα είναι 7,0 – 7,5.



Λειτουργία δεξαμενών αναερόβιας χώνευσης

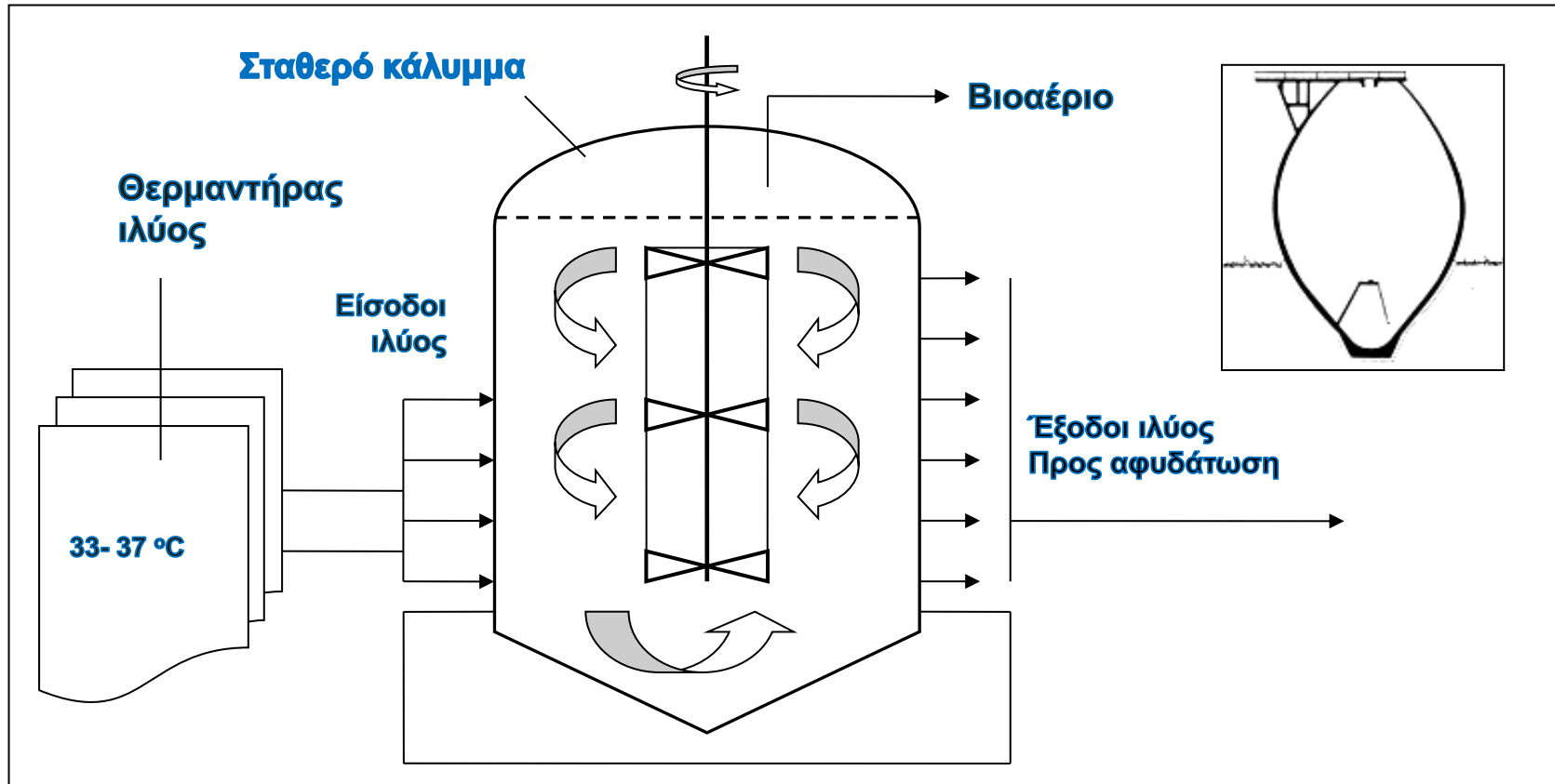
- Κατά την διάρκεια του 24-ωρου το περιεχόμενο των δεξαμενών αναδύεται για να συντελεστεί η ζύμωση.
- Μια ή δύο φορές την ημέρα η ανάδευση διακόπτεται προκειμένου να καθιζάνει η αδρανοποιημένη ιλύς και να γίνει ο διαχωρισμός της από τα επιπολάζοντα υγρά που καταλαμβάνουν το πάνω μέρος των δεξαμενών.
- Στη συνέχεια απομακρύνονται η αδρανοποιημένη ιλύς και τα επιπολάζοντα υγρά.
- Μετά γίνεται η πλήρωση της δεξαμενής με φρέσκια ιλύ και η διαδικασία επαναλαμβάνεται.
- Η ποσότητα της ιλύος που αφαιρείται κάθε φορά είναι ένα μικρό ποσοστό του όγκου των δεξαμενών ζύμωσης.
- Μ' αυτόν τον τρόπο ο μέσος χρόνος παραμονής της ιλύος στις δεξαμενές είναι πολλαπλάσιος των 24 ωρών.
- Τα επιπολάζοντα υγρά διοχετεύονται στην ΕΕΛ προκειμένου να καθαριστούν μαζί με τα εισρέοντα στην εγκατάσταση ακατέργαστα λύματα.

Για νέες δεξαμενές

- Θέρμανση των δεξαμενών με ζεστό νερό.
- Διοχέτευση ακατέργαστης ιλύος στις δεξαμενές σε μικρές ποσότητες.
- Εφόσον είναι δυνατόν να μεταφερθεί ιλύς από δεξαμενές γειτονικών εγκαταστάσεων που βρίσκονται σε λειτουργία, συνιστάται ο εμβολιασμός του περιεχομένου των δεξαμενών με ιλύ προερχόμενη από τις γειτονικές εγκαταστάσεις.
- Προοδευτική αύξηση της οργανικής φόρτισης των δεξαμενών.
- Η διαδικασία αυτή διαρκεί μερικές εβδομάδες.



Σχηματική διάταξη δεξαμενής χώνευσης ιλύος



Κρίσιμοι παράγοντες για ομαλή λειτουργία

1. Διατήρηση σταθερής **θερμοκρασίας** στο εσωτερικό της δεξαμενής (33 – 37 °C)
2. Ισορροπία μεταξύ όξινης και αλκαλικής ζύμωσης, το **pH** πρέπει να είναι 7,0 - 7,5
3. Συνεχής **ανάδευση** του περιεχομένου της δεξαμενής



Αναερόβιοι χωνευτές ιλύος (Ε.Ε.Λ. Θεσσαλονίκης, 20/5/15)



Ωοειδείς χωνευτές ιλύος



Πηγή:

<http://www.wabag.com/tr/wabagmedia/wabag-finalises-the-xiaohongmen-sludge-treatment-plant-in-beijing/>



Εσωτερικό δεξαμενής αναερόβιας σταθεροποίησης ιλύος (αναμείκτες)



Πηγή:

<http://www.degremont-technologies.com/dgtech.php?article796>



Έργα σταθεροποίησης ιλύος



Θερμαινόμενες δεξαμενές αναερόβιας χώνευσης ιλύος (Λάρισα 12/5/2008)



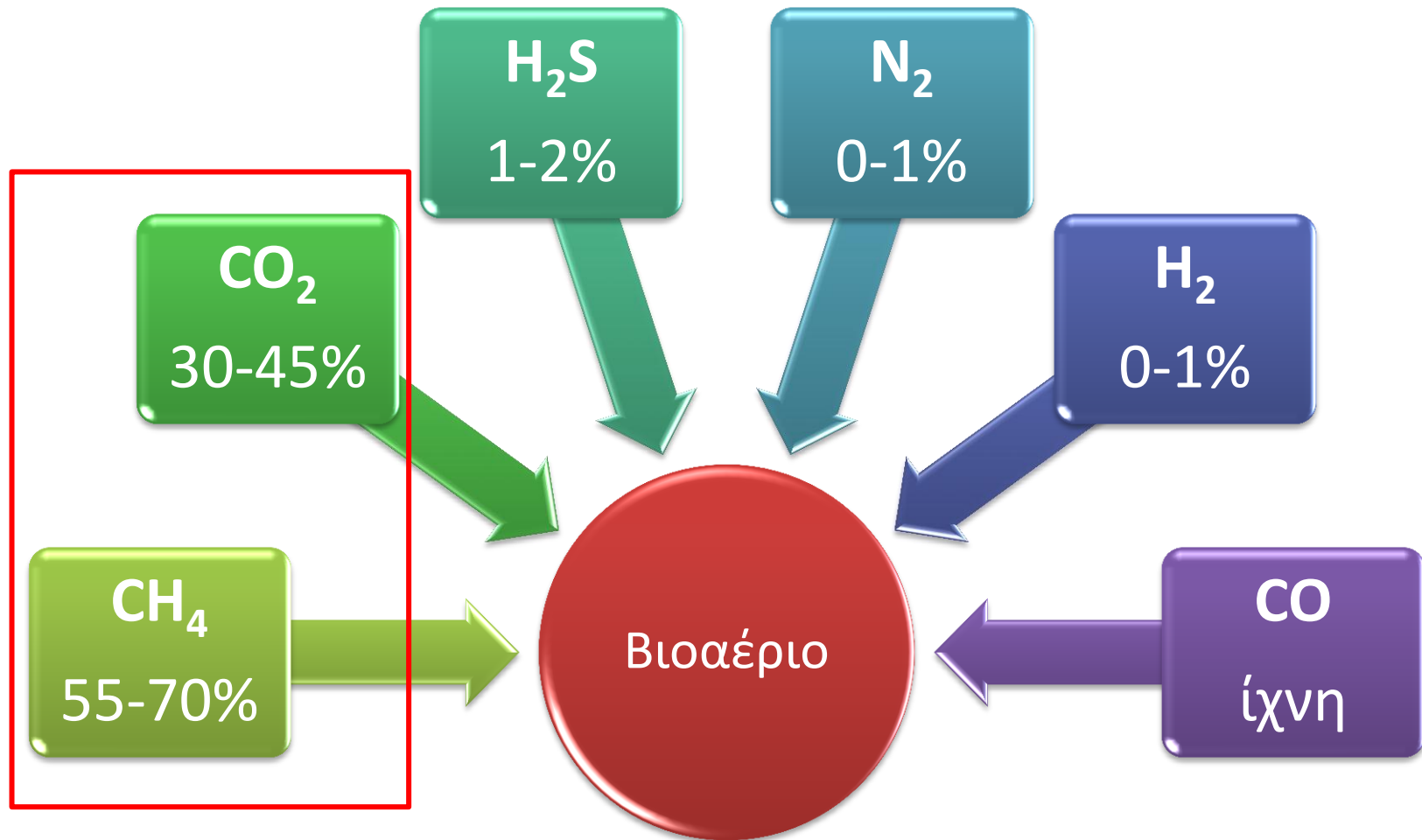
Αναερόβια χώνευση = Βιοαέριο

- Το βασικό πλεονέκτημα της αναερόβιας χώνευσης έναντι της αερόβιας, είναι το **βιοαέριο** το οποίο είναι προϊόν της εναλλαγής της ύλης της αναερόβιας χώνευσης και το οποίο χρησιμοποιείται ως **καύσιμη ύλη** για την **παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας**.
- Στην περίπτωση αυτή οι ΕΕΛ είναι ενεργειακά αυτόνοκες.
- Εν τούτοις πριν αποφασισθεί ο εξοπλισμός των ΕΕΛ με μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να γίνει λεπτομερής τεχνικοοικονομική μελέτη διότι η κατασκευή των εν λόγω μονάδων δεν είναι σε κάθε περίπτωση οικονομικά συμφέρουσα.

1 kg οργανικής ουσίας → 450 Lt βιοαερίου



Σύσταση βιοαερίου



Συνήθη λειτουργικά προβλήματα της αναερόβιας χώνευσης

Ο έλεγχος λειτουργίας συνίσταται:

- στον υπολογισμό του ποσοστού (%) καταστροφής των οργανικών στερεών του αντιδραστήρα (σε όρους μάζας),
- στο pH,
- στη θερμοκρασία,
- στα πτητικά λιπαρά οξέα (VFA),
- στην παραγωγή βιοαερίου (m^3 βιοαερίου / Kg VSS).



Συνήθη λειτουργικά προβλήματα της αναερόβιας χώνευσης

1. Πτώση της θερμοκρασίας του αντιδραστήρα
2. Βλάβη του συστήματος ανάμιξης του περιεχομένου

Αποτέλεσμα

Χαμηλή απόδοση του συστήματος

Ενέργειες

Έλεγχος του pH, ύπαρξης αφρού, στρωμάτωσης

Εάν το pH είναι χαμηλό (όξινο περιβάλλον), διερευνάται η εισροή τοξικών ουσιών (βιομηχανικών αποβλήτων)

Η παρουσία αφρού επιτάσσει μείωση του χρόνου παραμονής. Η στρωμάτωση επιτάσσει καλύτερη ανάδευση





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Αφυδάτωση ιλύος

Αφυδάτωση ιλύος

Φυσικές μέθοδοι

Κλίνες ξήρανσης

Ηλιακή ξήρανση

Τεχνητές μέθοδοι

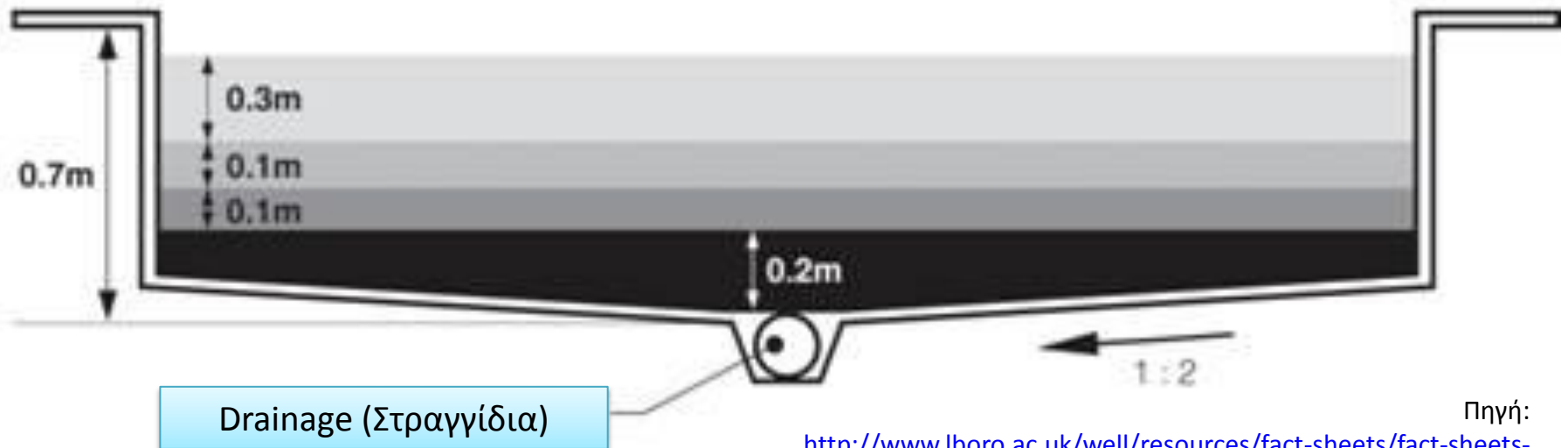
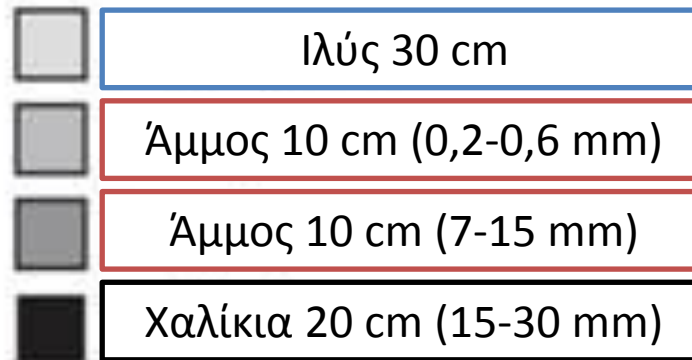
Ταινιόπρεσσοι

Φιλτρόπρεσσοι

Φυγοκεντρητές



Τομή κλίνης ξήρανσης ιλύος



Πηγή:
<http://www.lboro.ac.uk/well/resources/fact-sheets/fact-sheets-htm/Emptying%20pit%20latrines.htm>

Κλίνες ξήρανσης ιλύος



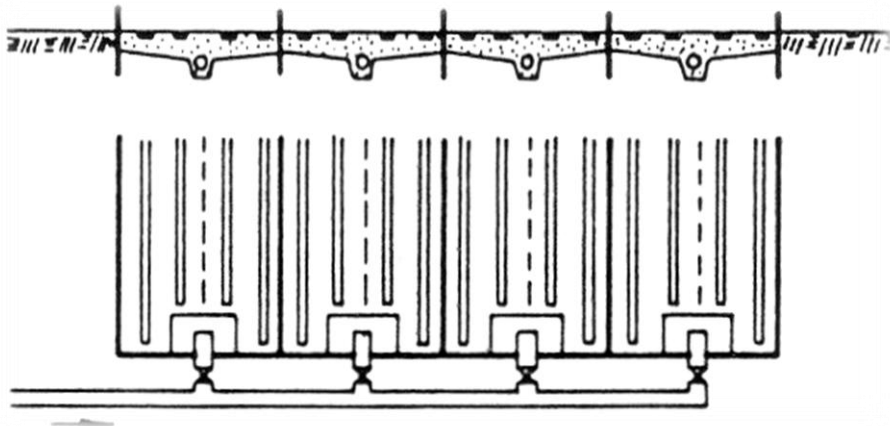
Πηγή:

<http://camix.com.vn/en/technologies/detail/sludge-drying-beds-water-wastewater-treatment-plants-camix-vietnam-398.html>



Κλίνες ξήρανσης ιλύος

Τομή και κάτοψη κλινών ξήρανσης



Σύστημα drainage σε κλίνες ξήρανσης



Πηγή:

<http://camix.com.vn/en/technologies/detail/sludge-drying-beds-water-wastewater-treatment-plants-camix-vietnam-398.html>



Ξήρανση και διάθεση ιλύος (Ε.Ε.Λ. Θεσσαλονίκης)



Ηλιακή ξήρανση ιλύος



Πηγή:

http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_kornyezettechnologia_en/ch05s03.html



Ηλιακή ξήρανση ιλύος (Ε.Ε.Λ. Καβάλας)



Ηλιακή ξήρανση ιλύος (ανάδευση)



Πηγή:

<http://www.recyclingportal.eu/artikel/23120.shtml>

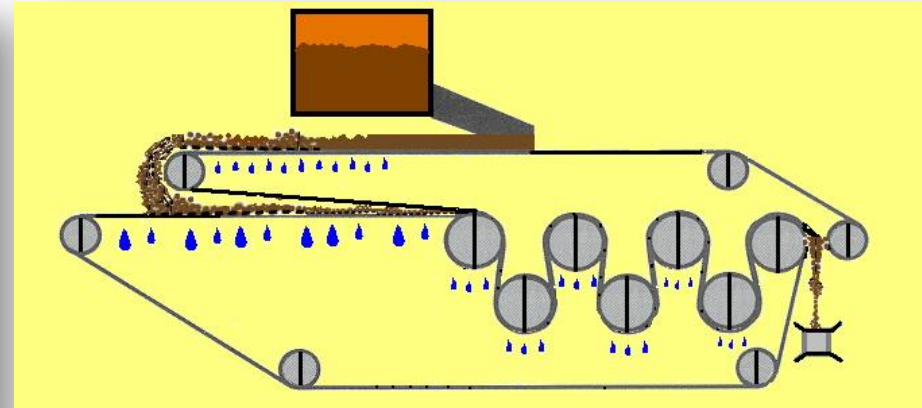


Πηγή:

<http://www.membrana.ru/particle/130>



Αφυδάτωση ιλύος (ταινιόπρεσα)



Πηγή:

http://intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/hihiena/classes_stud/en/med/lik/ptn/hygiene%20and%20ecology/3/10.%20Environment%20and%20health.htm

- Συμπίεση της παχυμένης ιλύος μεταξύ δύο ταινιών. (Μέγιστος χρόνος λειτουργίας της πρέσας συνήθως : 6h/day).
- Απαραίτητη η δοσομέτρηση πολυηλεκτρολύτη στην παχυμένη ιλύ.
- Η αφυδατωμένη ιλύς με τη βοήθεια ταινιόδρομου μεταφέρεται αυτόματα σε κάδο ή απ' ευθείας σε φορτηγό.
- Τα στραγγίδια επιστρέφουν στην αρχή της ΕΕΛ, για επεξεργασία.
- Η ταινιόπρεσα υποβάλλεται μετά σε διαδικασία πλύσης .



Φιλτρόπρεσα



Πίεση: **6 -18 bar**

Απόδοση: **40 L/m².h** ή **5 -15 kg/m².h**

Διάρκεια συμπίεσης: **1-2 h**

Περιεκτικότητα σε στερεά στην έξοδο περίπου: **35%**

Χειρωνακτική απομάκρυνση αφυδατωμένης ιλύος.

Διαστασιολόγηση

Απαιτούμενη επιφάνεια (m²): Προκύπτει από την παραγωγή ιλύος και τις ώρες λειτουργίας (εβδομαδιαία)

Δυνατότητα φόρτισης : (kg/m².h) (Στοιχεία από τον κατασκευαστή).

Πηγή:

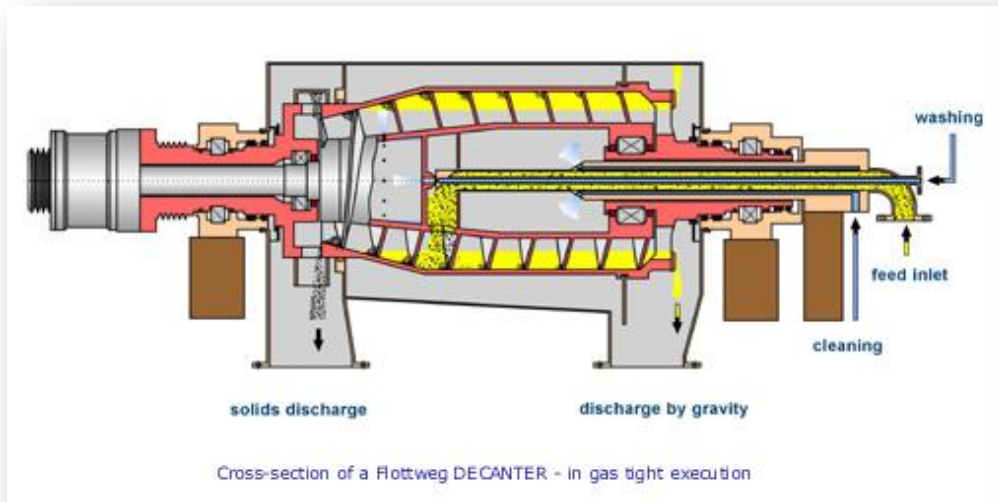
<http://xaydungcongdong.net/vi/san-pham/153-may-ep-bun-khung-ban.html>



Ταινιοφιλόπρεσα



Φυγοκεντρικοί διαχωριστές



Πηγή:

<http://westerntechnv.com.vn/>



Φυγοκεντρικοί διαχωριστές



Ε.Ε.Λ. Κατερίνης



Πηγή:

http://www.pollutionsolutions-online.com/news/soil-remediation/18/flottweg/sewage_sludge_dewatering_using_high_efficiency_decanter_centrifuges/4778/

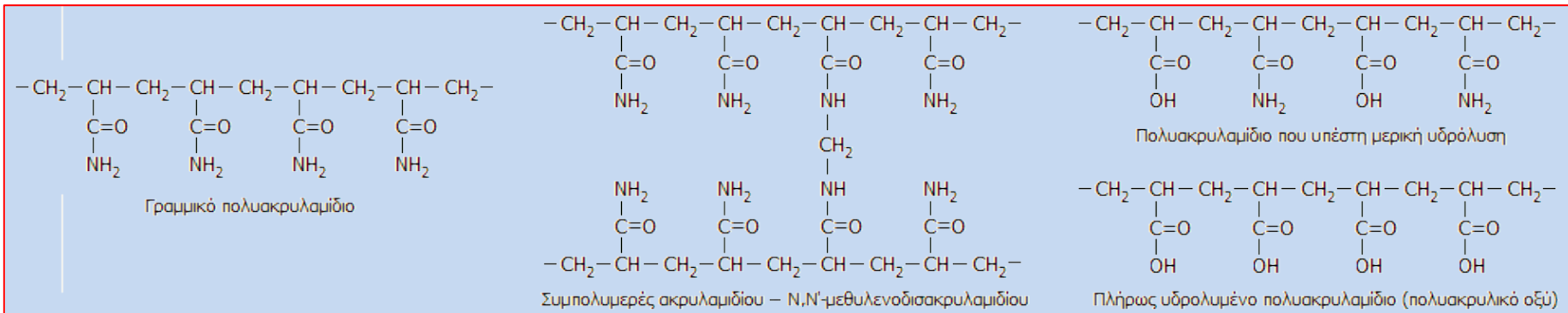
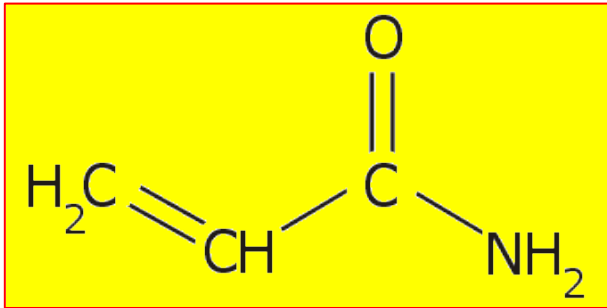
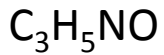


Πολυηλεκτρολύτες

- Πρόκειται για οργανικά προϊόντα με μεγάλο μοριακό βάρος με βάση το πολυακρυλαμίδιο, τα οποία είναι πλήρως διαλυτά στο νερό. Χρησιμοποιούνται σαν βοηθητικά κροκιδωτικά στις διεργασίες:
 - κροκίδωση κολλοειδών αιωρημάτων,
 - διαύγαση απόνερων και λυμάτων,
 - αφυδάτωση της ιλύος,
 - αποχρωματισμό απόνερων κ.α.
- Ανάλογα με το αν το ηλεκτρικό φορτίο των πολυηλεκτρολυτών, όταν αυτοί προστίθενται στο νερό, είναι αρνητικό, θετικό, ή ουδέτερο, οι πολυηλεκτρολύτες ταξινομούνται ως
 - **ανιονικοί,**
 - **κατιονικοί και**
 - **μη ιονικοί.**



Ακρυλαμίδιο - Πολυακρυλαμίδιο

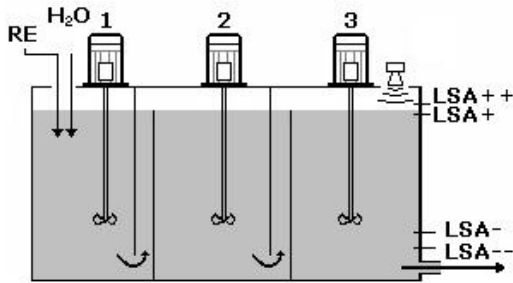


Πολυηλεκτρολύτες

- Οι πολυηλεκτρολύτες δρουν ως **κροκιδωτικά**, που εξουδετερώνουν ή μειώνουν το φορτίο των σωματιδίων του υγρού αποβλήτου. Επειδή τα σωματίδια στα υγρά απόβλητα είναι συνήθως φορτισμένα θετικά (μια και τα κύρια κροκιδωτικά που χρησιμοποιούνται είναι τα άλατα του σιδήρου ή του αργιλίου), χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό ανιονικοί πολυηλεκτρολύτες.
- Για να επιτευχθεί η εξουδετέρωση του φορτίου, οι πολυηλεκτρολύτες πρέπει να προσροφηθούν στην επιφάνεια των σωματιδίων (κροκίδωση φλόκων).
- Προϋπόθεση για τη σωστή προσρόφηση των πολυμερών στα κολλοειδή σωματίδια, είναι η επαρκής και έντονη ανάμιξη.
- Πολυμερή που είναι ανιονικά και μη-ιονικά προσκολλώνται σε έναν αριθμό θέσεων προσρόφησης στην επιφάνεια των σωματιδίων, που βρίσκονται στα υγρά απόβλητα. Όταν ένα ή περισσότερα σωματίδια προσκολλώνται κατά μήκος του ίδιου πολυμερούς σχηματίζεται μια γέφυρα. Τα γεφυρωμένα σωματίδια συνδέονται με άλλα γεφυρωμένα σωματίδια κατά τη διαδικασία της συσσωμάτωσης και έτσι απομακρύνονται εύκολα με καθίζηση.



Συσκευή προετοιμασίας διαλύματος πολυηλεκτρολύτη



Πηγή:

http://net.grundfos.com/doc/webnet/waterutility/products_watersupply_dosing-disinfection.html

Η έγχυση των διαλυμάτων του πολυηλεκτρολύτη σε νερό ή σε ιλύ γίνεται σε σημείο όπου είναι εγγυημένος ο έντονος στροβιλισμός ώστε η ανάμειξη να είναι η καλύτερη δυνατή. Αν η ανάμειξη είναι ανεπαρκής, το πολυμερές θα “αναδιπλωθεί” και το αποτέλεσμα δεν θα είναι ικανοποιητικό.



Απόδοση μεθόδων αφυδάτωσης ιλύος

Είδος ιλύος (Χαρακτηρισμός με βάση την περιεκτικότητα σε στερεά)	Περιεκτικότητα σε στερεά στην έξοδο [%]	
	Ταινιόπρεσες, φυγοκεντρητές	Φιλτρόπρεσες
Ιλύς με καλά χαρακτηριστικά >7%	> 25 – 30	>40
Ιλύς με μέτρια χαρακτηριστικά 4 – 7%	22 – 25	25 – 40
Ιλύς με άσχημα χαρακτηριστικά < 4%	< 22	---



Τυπική σύσταση της ιλύος πριν και μετά από επεξεργασία

Τύπος ιλύος	Στερεά (%)	Οργανικά στερεά (% DS)	Ολικό N (% N)	N-NH ₄ ⁺ (% N)	C/N
Ανεπεξέργαστη ιλύς πρωτοβάθμιας & δευτεροβάθμιας καθίζησης	1,5 - 2	60 - 80	3 - 5	<10	10 - 14
Αναερόβια χώνευση	5 - 10	40 - 80	2 - 7	20 - 40	5 - 10
Αερόβια σταθεροποίηση	4 - 8	50 - 70	3 - 8	5 - 10	5 - 8
Ιλύς από παρατεταμένο αερισμό	2 - 5	40 - 60	2 - 6	5 - 15	4 - 8
Αφυδάτωση σε κλίνες ξήρασης	35 - 50	35 - 50	2 - 4	<10	8 - 12
Μηχανική αφυδάτωση με προσθήκη χημικών	20 - 30	40 - 60	2 - 6	<5	5 - 10



Αφυδατωμένη ιλύς προς απομάκρυνση



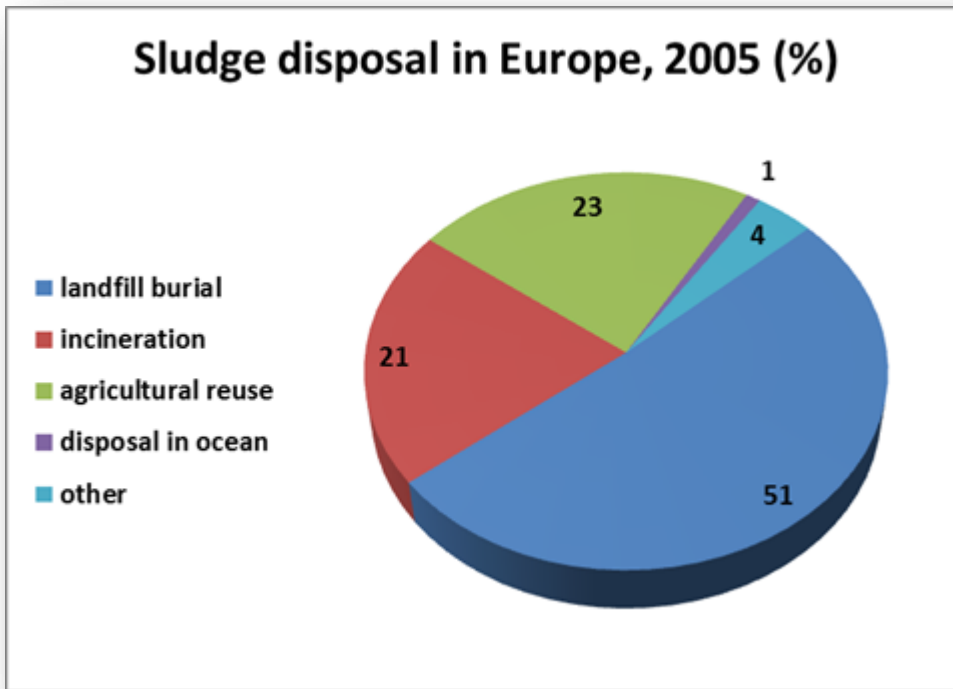
Διάθεση ιλύος

- Χρήσεις
 - Κάλυψη εδαφών (πάρκα, γήπεδα)
 - Λίπασμα
 - Καύση.
- Προβλήματα
 - Βαριά μέταλλα
 - Παθογόνοι μικροοργανισμοί
 - Αποδοχή από την κοινή γνώμη.



Διάθεση ιλύος στη γεωργία

Διάθεση ιλύος



Πηγή:

<http://www.appliedcleantech.com>



Χ.Υ.Τ.Α. Ταγαράδων



Κ.Υ.Α. για τη διαχείριση της ιλύος

- «Μέτρα, όροι και διαδικασίες για τη χρησιμοποίηση της ιλύος που προέρχεται από επεξεργασία οικιακών και αστικών λυμάτων καθώς και ορισμένων υγρών αποβλήτων, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της **οδηγίας 86/278/ΕΟΚ** του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων.
- Αντικατάσταση της ΚΥΑ **80568/4225/1991 (Β' 641)**»



Συμβατικές μέθοδοι επεξεργασίας ιλύος

- **Μεσοφιλική αναερόβια χώνευση** σε θερμοκρασία 35 °C με μέσο χρόνο παραμονής τουλάχιστον 15 ημερών
- **Θερμοφιλική αναερόβια χώνευση** σε θερμοκρασία τουλάχιστον 53 °C με μέσο χρόνο παραμονής 20 ημερών
- **Θερμοφιλική αερόβια σταθεροποίηση** σε θερμοκρασία τουλάχιστον 55 °C με μέσο χρόνο παραμονής 20 ημερών
- **Αερόβια σταθεροποίηση** της ιλύος σε θερμοκρασία περιβάλλοντος με χρόνο παραμονής τουλάχιστον 15 ημερών και επίτευξη τιμής ενδογενούς ζήτησης οξυγόνου (OUR) μικρότερης των 5 mg οξυγόνου/g ιλύος /hr
- **Ηλιακή ξήρανση** ή συνδυασμός ηλιακής και θερμικής ξήρανσης με μείωση του περιεχομένου νερού σε ποσοστά μικρότερα του 60%



Συμβατικές μέθοδοι επεξεργασίας ιλύος

- Σε όλες τις περιπτώσεις θα ακολουθεί όπου απαιτείται αφυδάτωση για επίτευξη ποσοστού στερεών τουλάχιστον 18%
- Αποτέλεσμα των ως άνω διεργασιών θα πρέπει να είναι η μείωση των *E. Coli* κατά τουλάχιστον 2 τάξεις μεγέθους.



Προχωρημένες μέθοδοι επεξεργασίας ιλύος

- **Θερμοφιλική αναερόβια χώνευση** σε θερμοκρασία τουλάχιστον 53°C για 20 ώρες, ως μη συνεχής διεργασία (batch) κατά τη διάρκεια της οποίας δεν γίνεται καμία προσθήκη ή αφαίρεση ιλύος.
- **Θερμοφιλική αερόβια σταθεροποίηση** σε θερμοκρασία τουλάχιστον 55°C για 20 ώρες ως μη συνεχής διεργασία (batch) κατά τη διάρκεια της οποίας δεν γίνεται καμία προσθήκη ή αφαίρεση ιλύος.
- **Επεξεργασία με ασβέστη** για ανύψωση του pH του μίγματος στην τιμή 12 ή μεγαλύτερη, διατηρώντας ταυτόχρονα τη θερμοκρασία του μίγματος τουλάχιστον 55°C για 2 ώρες.
- **Επεξεργασία με ασβέστη** για ανύψωση και διατήρηση του pH του μίγματος στην τιμή 12 ή μεγαλύτερη για διάστημα τουλάχιστον 3 μηνών
- **Θερμική ξήρανση** με θερμοκρασία της ιλύος μεγαλύτερη από 80°C και μείωση του περιεχόμενου νερού σε ποσοστά μικρότερα από 10%
- **Θερμική επεξεργασία** της ιλύος για τουλάχιστον 30 λεπτά σε 70°C, ακολουθούμενη από μεσοφιλική αναερόβια χώνευση σε θερμοκρασία 35°C με μέσο χρόνο παραμονής 12 ημερών.



Προχωρημένες μέθοδοι επεξεργασίας ιλύος

- Αποτέλεσμα των ως άνω διεργασιών θα πρέπει να είναι η αφ ενός η απουσία *Salmonella spp* σε δείγμα 50 g ιλύος (υγρό βάρος) και η μείωση των *E.Coli* κατά τουλάχιστον 6 τάξεις μεγέθους, με τελικές συγκεντρώσεις *E Coli* μικρότερες από 500 CFU/g.



Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις μετάλλων στην ιλύ για εδαφική εφαρμογή

Μέταλλο	Μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση (mg/kg ξηράς ουσίας)
Cd	5
Cr (ολικό)	500
Cu	800
Hg	5
Ni	200
Pb	500
Zn	2500



Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις οργανικών ουσιών στην ιλύ για εδαφική εφαρμογή

Οργανική ένωση	Μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση (mg/kg ξηράς ουσίας)
ΑΟΧ ¹	500
PCB ²	0,8
Διοξίνες	(ng TE⁴/kg ξηράς ουσίας)
PCDD/F ³	100

1. Άθροισμα αλογονομένων οργανικών ενώσεων
2. Άθροισμα των πολυχλωριωμένων διφαινυλίων υπ. αριθμ. 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180
3. Πολυχλωριωμένες διβενζοδιοξίνες/διβενζοφουράνια
4. Ισοδύναμη τοξικότητα



Μέθοδοι για την εξέταση της ιλύος

Παράμετρος	Τίτλος	Αναφορά *
Δειγματοληψία	Ποιότητα υδάτων: Δειγματοληψίες-Μέρος 13. Οδηγία για την δειγματοληψία ιλύος από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και υγρών αποβλήτων	EN/ISO 5667P13
Ξηρό υλικό	Χαρακτηρισμός ιλύος: Προσδιορισμός ξηρού υπολείμματος και περιεκτικότητας σε νερό.	prEN 12880
Οργανικό υλικό	Χαρακτηρισμός ιλύος: Προσδιορισμός απώλειας κατά την καύση της ξηράς μάζας	prEN 12879
pH	Χαρακτηρισμός ιλύος: Προσδιορισμός τιμής pH σε ιλύ	EN 12176
Άζωτο	Χαρακτηρισμός ιλύος: Προσδιορισμός αζώτου κατά Kjeldahl.	prEN 13342
Φώσφορος	Χαρακτηρισμός ιλύος: Προσδιορισμός φωσφορικών ενώσεων	prEN 13346
Βαρέα Μέταλλα	Χαρακτηρισμός ιλύος: Μέθοδοι εξαγωγής-Προσδιορισμός ιχνοστοιχείων και φωσφόρου	prEN 13346
Salmonella spp		
Escherichia Coli		
AOX		[ISO 15009]
PCP		[CD 10382]
PCDD/F		



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ευθύμιος Νταρακάς.
«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.

