

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ, ΔΙΑΘΕΣΗ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΙΛΥΟΣ

Καθηγητής Π. Μελίδης

Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος
Εργαστήριο Διαχείρισης και Τεχνολογίας Υγρών
Αποβλήτων

Παραπροϊόντα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων

Κατά την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων παραπροϊόντα, όπως

- τα εσχαρίσματα,
- η άμμος,
- τα επιπλέοντα,
- τα στερεά και τα βιοστερεά.

Τα στερεά και τα βιοστερεά που προκύπτουν (που συνήθως ονομάζονται ιλύς ή λάσπη) έχουν την μορφή υγρού η ημιστερεού υγρού που συνήθως περιέχει από 0,25 έως 12% στερεά κατά βάρος ανάλογα με την επεξεργασία.

Προέλευση, χαρακτηριστικά και ποσότητες των στερεών

Για το σχεδιασμό μιας εγκατάστασης επεξεργασίας και διάθεσης των στερεών απαιτείται γνώση της προέλευσης, :

- των χαρακτηριστικών και
- της ποσότητας των στερεών.

Τα χαρακτηριστικά καθορίζονται κυρίως από:

- το σημείο και
- τη διαδικασία δημιουργίας των στερεών.

Η ποσότητα καθορίζεται τόσο από

- την ποσότητα των υγρών αποβλήτων και
- το ρυπαντικό φορτίο τους, όσο και
- από τις λειτουργικές συνθήκες που χρησιμοποιούνται στη ΜΕΥΑ.

Προέλευση στερεών.

Εσχάρωση	Ογκώδη στερεά
Εξάμμωση-απολίπανση	Χονδρόκοκκος άμμος και επιπλέοντα λίπη και αφροί
Πρωτοβάθμια καθίζηση	Λεπτόκοκκα στερεά. Οι ποσότητες ιλύος και επιπλεόντων εξαρτώνται από την ποιότητα των υγρών αποβλήτων (βιομηχανικά απόβλητα.)
Βιολογική επεξεργασία	Αιωρούμενα στερεά παράγονται από τη μετατροπή των διαλυμένων οργανικών ενώσεων σε βακτηριακή μάζα
Δευτεροβάθμια καθίζηση	Στερεά από συμπύκνωση της ενεργού ιλύος. καθώς ένα ποσοστό της απομακρύνεται από το σύστημα. ενώ ένα άλλο επιστρέφει στη δεξαμενή αερισμού.
Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας στερεών	Παραγωγή βιοστερεών ως τελικό προϊόν. Το τελευταίο έχει μικρότερο όγκο από την αρχική ιλύ και είναι σταθεροποιημένο. Ευκολότερη και ασφαλέστερη διάθεση στο περιβάλλον ευκολότερα

Χαρακτηριστικά των στερών και ιλύος που παράγονται κατά την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων.

Στερεά ή ιλύς	Περιγραφή
Ιλύς εσχαρίσματος	Περιλαμβάνουν όλους τους τύπους των οργανικών και ανόργανων υλικών. ικανού μεγέθους ώστε να είναι δυνατή η απομάκρυνση τους από τις εσχάρες. Το οργανικό ποσοστό κυμαίνεται σε εξάρτηση από την φύση του συστήματος και την εποχή του χρόνου
Ιλύς αμμοσυλλογής	Αποτελείται από τα βαρύτερα ανόργανα στερεά που καθιζάνουν με σχετικά μεγάλες ταχύτητες. Σε εξάρτηση από τις συνθήκες λειτουργίας μπορεί να περιλαμβάνουν και μεγάλες ποσότητες οργανικών υλικών και ειδικότερα λιπών και ελαίων.
Ιλύς από δεξαμενή απομάκρυνσης αφρών και λιπών	Ο αφρός αποτελείται από τα επιπλέοντα υλικά. που απομακρύνονται από την επιφάνεια των δεξαμενών πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας καθίζησης. εξάμμωσης και δεξαμενής χλωρίωσης. Οι αφροί μπορεί να περιέχουν λίπη. φυτικά έλαια και ορυκτέλαια. σάπωνες. ζωικά λίπη. κεριά. υπολείμματα τροφών. φλούδες λαχανικών και φρούτων. τρίχες. χαρτιά. υπολείμματα τσιγάρων. πλαστικά. και άλλα επιπλέοντα υλικά. Το ειδικό βάρος του αφρού είναι μικρότερο από 1.0 και συνήθως γύρο στα 0.95.

Χαρακτηριστικά των στερών και ιλύος που παράγονται κατά την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων.

Στερεά ή ιλύς	Περιγραφή
Πρωτοβάθμια ιλύς	Η ιλύς της πρωτοβάθμιας καθίζησης είναι συνήθως φαιόχρωμη, παχύρρευστη και κατά κανόνα με έντονη άσχημη οσμή. Η πρωτοβάθμια ιλύς μπορεί εύκολα να υποστεί χώνευση υπό κατάλληλες συνθήκες λειτουργίας.
Χημική ιλύς	Η ιλύς που προκύπτει από την χημική ιζηματοποίηση με άλατα μετάλλων είναι συνήθως σκούρη στο χρώμα, ακόμη και εάν στην επιφάνεια της είναι κόκκινη από την μεγάλη συγκέντρωση σιδήρου. Ιλύς από την χρήση υδρασβέστου είναι γκρί-καφέ. Η οσμή της χημικής ιλύος μπορεί να είναι δυσάρεστη αλλά όχι τόσο όσο αυτή της πρωτοβάθμιας καθίζησης. Και ενώ η χημική ιλύς είναι συνήθως λίγο παχύρρευστη, τα υδροξείδια του σιδήρου και αργιλίου την κάνουν ζελατινώδη. Αφήνοντας την ιλύ στην δεξαμενή για μεγάλα χρονικά διαστήματα υφίσταται μεταβολή, διάσπαση με πολύ αργούς ρυθμούς, εκλύονται μεγάλες ποσότητες αερίων και η πυκνότητα της γίνεται μεγαλύτερη.

Χαρακτηριστικά των στερεών και ιλύος που παράγονται κατά την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων.

Στερεά ή ιλύς	Περιγραφή
Ενεργός ιλύς	Η ενεργός ιλύς γενικώς έχει σκούρο-καφέ χρώμα με μορφή νιφάδων. Όταν το χρώμα της γίνεται σκούρο, υποθέτουμε ότι ξεκίνησαν σηπτικές συνθήκες. Εάν το χρώμα της είναι ανοικτότερο από ότι συνήθως, τότε έχει υποστεί μειωμένο αερισμό και τα στερεά που περιέχονται καθιζάνουν πολύ πιο αργά. Η ιλύς σε καλή κατάσταση έχει μια μη αντικρουστική γήινη μυρωδιά. Έχει την τάση να γίνεται γρήγορα σηπτική και τότε αποκτά δύσοσμο και αποκρουστικό χαρακτήρα.. Χωνεύεται εύκολα μόνη της ή και σε ανάμιξη με πρωτοβάθμια ιλύ.
Ιλύς από χαλικοδιωλιστήριο	Σταθεροποιημένη ιλύς από χαλικοδιωλιστήριο είναι καφέ, με μορφή νιφάδων, και σχετικά μη αντικρουστική όταν είναι φρέσκια. Γενικώς βιοδιασπάται πολύ αργότερα από άλλες αχώνευτες ιλύς, αλλά επίσης εύκολα. Όταν περιέχει πολλούς σκώλικες θα γίνει σύντομα αποκρουστική.

Χαρακτηριστικά των στερεών και ιλύος που παράγονται κατά την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων.

Στερεά ή ιλύς	Περιγραφή
Ιλύς από αερόβια χώνευση	Είναι χρώματος καφέ έως σκούρου καφέ. με μορφή νιφάδων. Η οσμή τους δεν είναι ενοχλητική αλλά συχνά λαμβάνει οσμή μούχλας. Καλά χωνεμένη αερόβια ιλύς αφυδατώνεται εύκολα σε κλίνες ξήρανσης
Ιλύς από αναερόβια χώνευση	Είναι πυκνόρρευστα. σκούρου χρώματος καφέ μέχρι μαύρο και περιέχουν πολλά αέρια. κυρίως CO_2 και H_2 . Όταν χωνέψει ορθά. δεν αναδίδει ενοχλητική οσμή. αλλά οσμή που προσομοιάζει με αυτή ζεστής πίτσας. καμένου λάστιχου ή βουλοκεριού. Η πρωτοβάθμια ιλύς όταν χωνεύει αναερόβια παράγει περίπου διπλάσιο μεθάνιο. όπως και η ενεργός ιλύς. Αυτή αφυδατώνεται εύκολα σε κλίνη ξήρανσης. που σχηματίζει ρηγματώδη επιφάνεια και εκλύει οσμή εδάφους κήπου. Το ξερό υπόλειμμα είναι από 30 έως 60% πτητικό.
Λιπασματοποιημένη ιλύς	Τα στερεά αυτά είναι συνήθως σκουρόχρωμα καφέ προς μαύρο. αλλά το χρώμα μπορεί να ποικίλλει αν διογκωτικά υλικά. όπως ανακυκλωμένο κομπόστ ή κομματάκια ξύλου έχουν χρησιμοποιηθεί κατά την κομποστοποίηση. Η οσμή των στερεών δεν είναι άσχημη και προσομοιάζει με αυτή των εδαφοβελτιωτικών. που χρησιμοποιούνται για βελτίωση εδαφών

Ειδικά συστατικά

Χαρακτηριστικά των βιοστερεών τα οποία επηρεάζουν την ικανότητα τους για γεωργική εφαρμογή και προνομιούχα εφαρμογή περιλαμβάνει

- το οργανικό φορτίο (συνήθως μετρούμενο ως πτητικά στερεά),
- θρεπτικά συστατικά.
- παθογόνα μικρόβια.
- μέταλλα και τοξικές οργανικές ενώσεις.

Ειδικά συστατικά

Η λιπασμοτογόνος αξία των βιοστερεών βασίζεται στις συγκεντρώσεις του αζώτου, φωσφόρου και καλίου.

Στις περισσότερες γεωργικές εφαρμογές η χρήση τους είναι ικανοποιητική για την καλή ανάπτυξη των φυτών.

Σε μερικές περιπτώσεις που ο φώσφορος και το κάλιο είναι χαμηλά θα πρέπει να συμπληρωθούν.

Ειδικά συστατικά

Ιχνοστοιχεία είναι οι ανόργανες χημικές ουσίες που σε πολύ μικρές ποσότητες είναι αναγκαία για την ανάπτυξη η καταστροφή των φυτών και των ζώων.

Η συγκέντρωση βαρέων μετάλλων κυμαίνεται σε μεγάλο βαθμό και επηρεάζει ουσιαστικά την εφαρμογή των βιοστερεών στην γεωργία.

Τυπικές συνθέσεις της ανεπεξέργαστης ιλύος και των χωνευμένων βιοστερεών

Στοιχεία σύνθεσης	Ανεπεξέργαστη πρωτοβάθμια ιλύς		Χωνευμένη πρωτοβάθμια ιλύς		Ανεπεξέργαστη ενεργός ιλύς
	Εύρος τιμών	Τυπική τιμή	Εύρος τιμών	Τυπική τιμή	Εύρος τιμών
Ολικά στερεά (TS). %	5-9	6	2-5	4	0.8-1.2
Πτητικά στερεά (% των	60-80	65	30-60	40	59-88
Λίπη (% TS)					
Διαλυτά σε αιθέρα	6-30	-	5-20	18	-
Απόσταγμα αιθέρα	7-35	-	-	-	5-12
Πρωτεΐνες (% των TS)	20-30	25	15-20	18	32-41
Άζωτο. (N. % των TS)	1.5-4	2.5	1.6-3	3	2.4-5
Φωσφόρος (P ₂ O ₅ . % των TS)	0.8-2.8	1.6	1.5-4	2.5	2.8-11

Τυπικές συνθέσεις της ανεπεξέργαστης ιλύος και των χωνευμένων βιοστερεών

Στοιχεία σύνθεσης	Ανεπεξέργαστη πρωτοβάθμια ιλύς		Χωνευμένη πρωτοβάθμια ιλύς		Ανεπεξέργαστη ενεργός ιλύς
Κάλιο (K_2O . % των TS)	0-1	0.4	0-3	1	0.5-0.7
Κυτταρίνη (%TS)	8-15	10	8-15	10	-
Σίδηρος (όχι ως θειούχος)	2-4	2.5	3-8	4	-
Πυρίτιο (SiO_2 . % TS)	15-20	-	10-20	-	-
pH	5-8	6	6.5-7.5	7	6.5-8
Αλκαλικότητα. (mg/L ως $CaCO_3$)	500-1500	600	2500-3500	3000	580-1100
Οργανικά οξέα (mg/L ως HAc)	200-2000	500	100-600	200	1100-1700
Θερμογόνος δύναμη. (kJ/kg TSS)	23-29	25	9-14	12	19-23

Διακύμανση ποσοτήτων

Η ποσότητα των βιοστερεών που εισέρχονται στην ΜΕΥΑ καθημερινά αναμένεται να διακυμαίνεται σε μεγάλο πεδίο τιμών. Για την εξασφάλιση της ικανότητας επεξεργασίας αυτών των διακυμάνσεων ο σχεδιαστής ΜΕΥΑ θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη του

1. τον μέσο όρο και τους μέγιστους ρυθμούς παραγωγής βιοστερεών και
2. την απαιτούμενη ποσότητα αποθήκευσης αυτών μέσα στην μονάδα.

Χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων και ποσότητες παραγόμενης ιλύος στις διάφορες φάσεις επεξεργασίας

Φάσεις επεξεργασίας	Ειδικό βάρος στερεών	Ειδικό βάρος της ιλύος	Στερεά [$\text{kg}/10^3 \text{ m}^3$]	
			Πεδίο τιμών	Μέση τιμή
Πρωτοβάθμια καθίζηση	1.40	1.020	110-170	150
Ενεργός ιλύς	1.25	1.005	70-100	80
Βιολογικά φίλτρα	1.45	1.025	60-100	70
Παρατεταμένος αερισμός	1.30	1.015	80-120	100
Αεριζόμενες δεξαμενές	1.30	1.010	80-120	100
Διήθηση	1.20	1.005	12-24	20
Φυσικοχημική επεξεργασία και απομάκρυνση P				
Χαμηλή συγκέντρωση υδρασβέστου	1.9	1.04	240-400	300
Υψηλή συγκέντρωση υδρασβέστου	2.2	1.05	600-1300	800
Νιτροποίηση αιωρούμενης ανάπτυξης	-	-	-	-
Απονιτροποίηση αιωρούμενης ανάπτυξης	1.2	1.005	12-30	18

Αναμενόμενες τιμές συγκέντρωσης των στερεών από τις διάφορες λειτουργίες επεξεργασίας και διαδικασιών

Λειτουργία ή εφαρμογή διαδικασίας	Συγκέντρωση στερεών % Ξηρών στερεών	
	Εύρος τιμών	Μέση τιμή
Δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης:	5-9	6
Πρωτοβάθμια ιλύς	0,5-3	1,5
Πρωτοβάθμια ιλύς και περίσσεια ενεργός ιλύς	3-8	4
Πρωτοβάθμια ιλύς και ιλύς βιολογικού φίλτρου	4-10	5
Πρωτοβάθμια ιλύς με πρόσθεση σιδήρου για κατακρήμνιση φωσφόρου	0,5-3	2
Πρωτοβάθμια ιλύς με χαμηλή δόση υδρασβέστου για κατακρήμνιση φωσφόρου	2-8	4
Πρωτοβάθμια ιλύς με υψηλή δόση υδρασβέστου για κατακρήμνιση φωσφόρου	4-16	10
Αφροί	3-10	5

Αναμενόμενες τιμές συγκέντρωσης των στερεών από τις διάφορες λειτουργίες επεξεργασίας και διαδικασιών

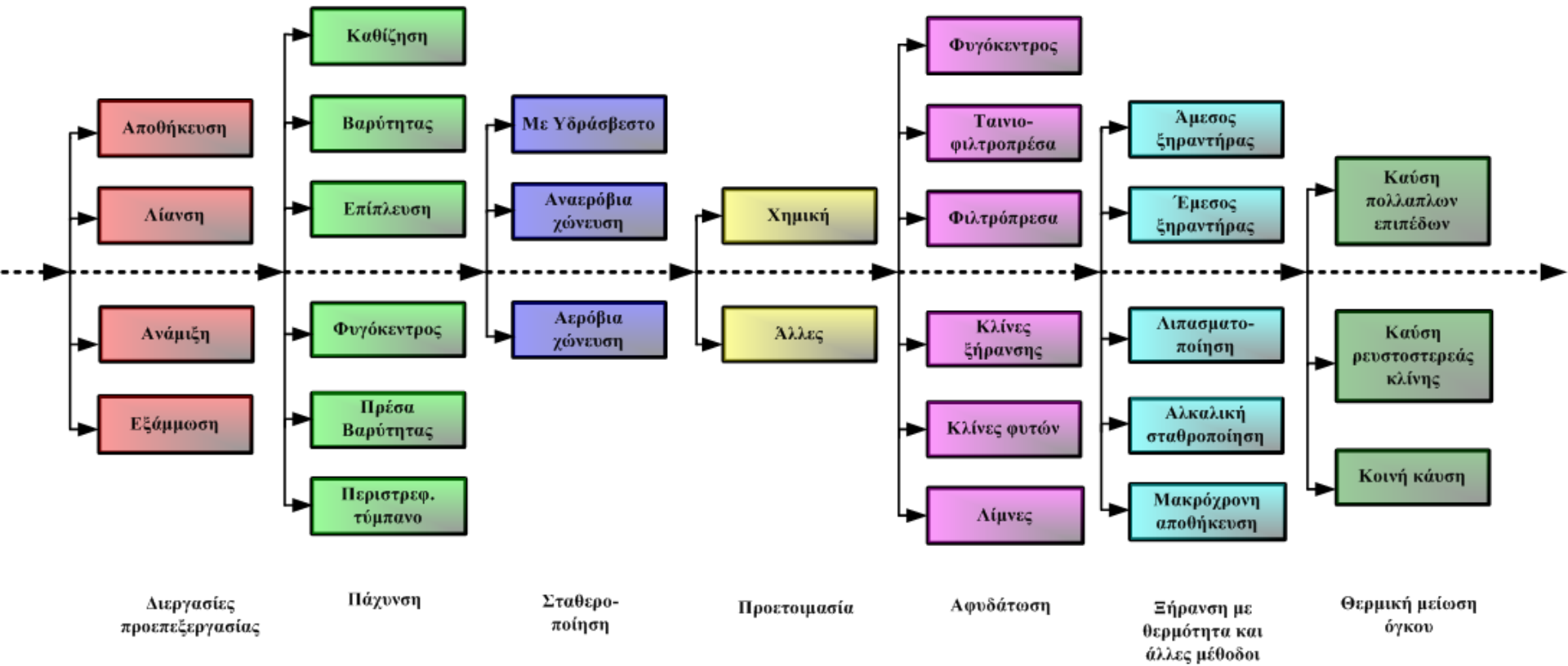
Λειτουργία ή εφαρμογή διαδικασίας	Συγκέντρωση στερεών % Ξηρών στερεών	
	Εύρος τιμών	Μέση τιμή
Δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζηση:		
Περίσσεια ενεργός ιλύς με πρωτοβάθμια καθίζηση	0,5-1,5	0,8
Περίσσεια ενεργός ιλύς χωρίς πρωτοβάθμια καθίζηση	0,8-2,5	1,3
Υψηλής καθαρότητας οξυγόνο με πρωτοβάθμια καθίζηση	1,3-3	2
Υψηλής καθαρότητας οξυγόνο χωρίς πρωτοβάθμια καθίζηση	1,4-4	2,5
Ιλύς βιολογικού φίλτρου	1-3	1,5
Ιλύς από βιοδίσκους	1-3	1,5
Παχυντής βαρύτητας:		
Πρωτοβάθμια ιλύς	5-10	8
Πρωτοβάθμια ιλύς και περίσσεια ενεργός ιλύς	2-8	4
Πρωτοβάθμια ιλύς και ιλύς βιολογικού φίλτρου	4-9	5

Αναμενόμενες τιμές συγκέντρωσης των στερεών από τις διάφορες λειτουργίες επεξεργασίας και διαδικασιών

Λειτουργία ή εφαρμογή διαδικασίας	Συγκέντρωση στερεών % Ξηρών στερεών	
	Εύρος τιμών	Μέση τιμή
Παχυντής επίπλευσης (DAF):		
περίσσεια ενεργός ιλύς με προσθήκη πολυμερούς	4-6	5
περίσσεια ενεργός ιλύς χωρίς προσθήκη πολυμερούς	3-5	4
Πάχυνση με φυγόκεντρο (μόνο περίσσεια ενεργού ιλύος)	4-8	5
Πάχυνση με ταινιοφιλτρόπρεσα (περίσσεια ενεργού ιλύος με προσθήκη πολυμερούς)	4-8	5
Αναερόβιος χωνευτής:		
Πρωτοβάθμια ιλύς	2-5	4
Πρωτοβάθμια ιλύς και περίσσεια ενεργός ιλύς	1,5-4	2,5
Πρωτοβάθμια ιλύς και ιλύς βιολογικού φίλτρου	2-4	3
Αερόβιος χωνευτής:		
Πρωτοβάθμια ιλύς	2,5-7	3,5
Πρωτοβάθμια ιλύς και περίσσεια ενεργός ιλύς	1,5-4	2,5
Πρωτοβάθμια ιλύς και ιλύς βιολογικού φίλτρου	0,8-2,5	1,3

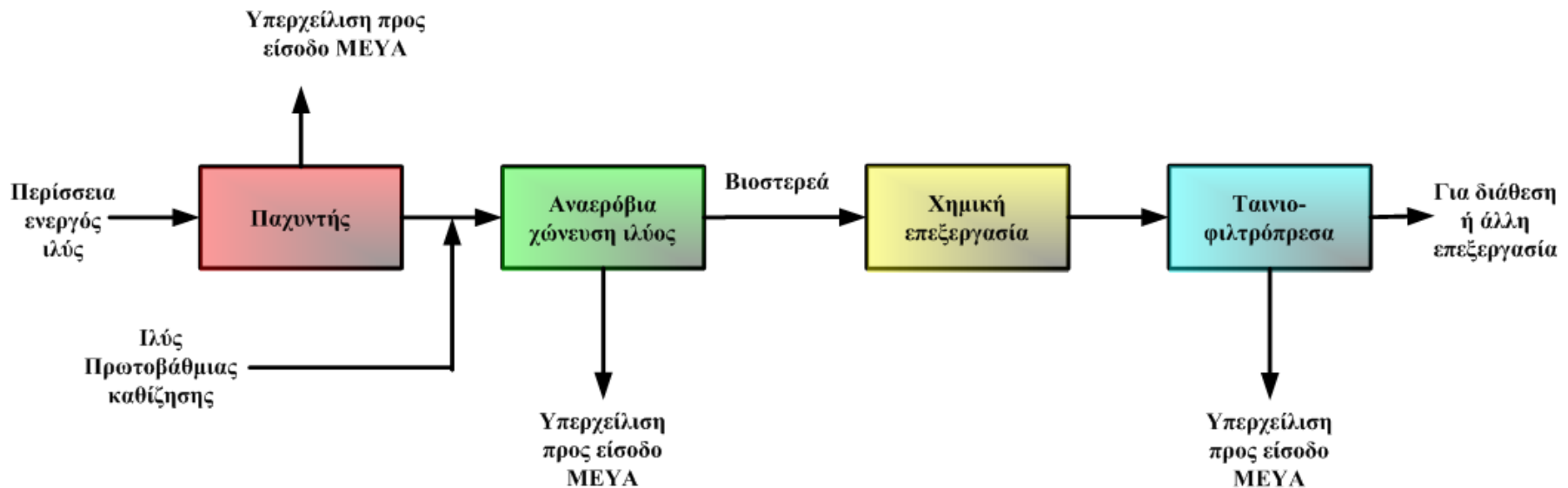
2. Διαγράμματα ροής επεξεργασίας στερεών

Γενικευμένο διάγραμμα ροής επεξεργασίας στερεών



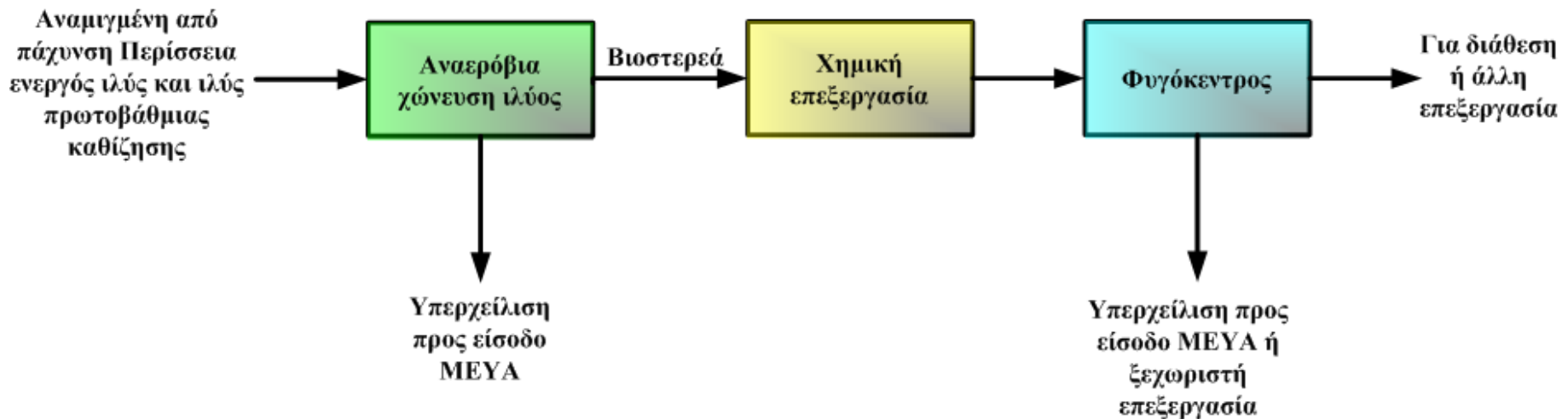
2. Διαγράμματα ροής επεξεργασίας στερεών

Τυπικό διάγραμμα ροής που περιλαμβάνει βιολογική μέθοδο με ταινιοφιλτρώπρεσα



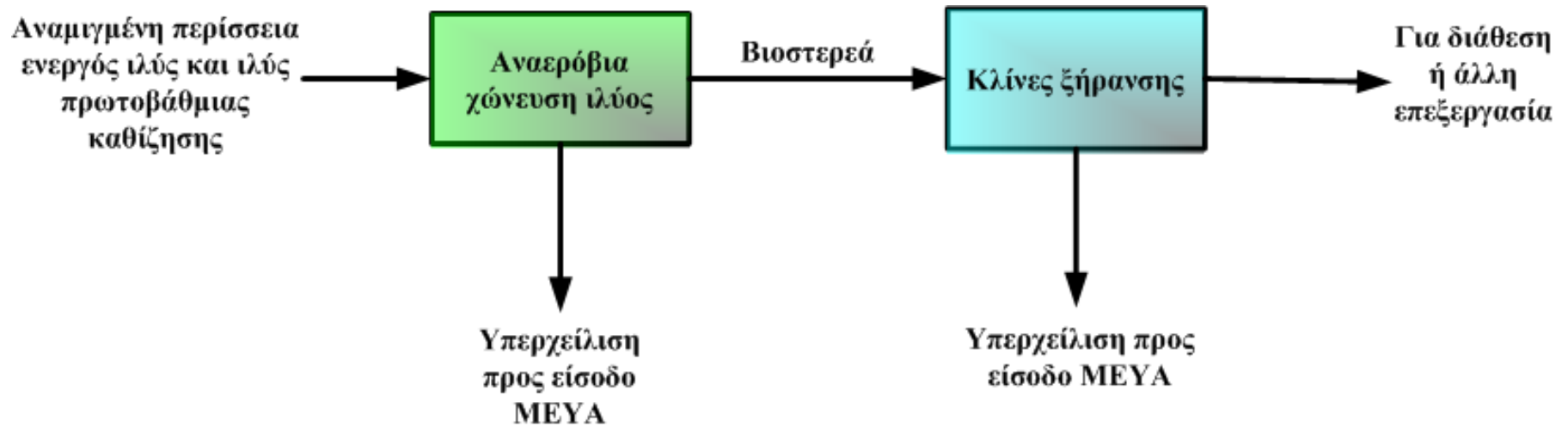
2. Διαγράμματα ροής επεξεργασίας στερεών

Τυπικό διάγραμμα ροής που περιλαμβάνει βιολογική μέθοδο με φυγόκεντρο



2. Διαγράμματα ροής επεξεργασίας στερεών

Τυπικό διάγραμμα ροής που περιλαμβάνει βιολογική μέθοδο με κλίνες ξήρανσης



Προεπεξεργασία (Εσχάρωση, κοσκκίνηση, εξάμμωση, Ανάμιξη, αποθήκευση)

Είναι αναγκαίες διεργασίες για την

1. Διατήρηση σχετικά σταθερής και
2. Ομογενοποιημένης τροφοδοσίας

12 10 2006

Προεπεξεργασία (Εσχάρωση, κοσκκίνηση, εξάμμωση, Ανάμιξη, αποθήκευση)

Άλεση

Τυπικά συστήματα άλεσης

Μικρής ταχύτητας,
αντίστροφης ροής κίνηση,
κάθετη τοποθέτηση

Μικρές αποστάσεις μαχαιριών

Προστασία των ακόλουθων εγκαταστάσεων



Προεπεξεργασία (Εσχάρωση, κοσκκίνηση, εξάμμωση, Ανάμιξη, αποθήκευση)

Άλεση

Τυπικά συστήματα

Άλεσης σε

ΜΕΥΑ



Προεπεξεργασία (Εσχάρωση, κοσκκίνηση, εξάμμωση, Ανάμιξη, αποθήκευση)

Λειτουργίες και διεργασίες οι οποίες απαιτούν την άλεση της ιλύος

Λειτουργία ή διεργασία	Λόγος για την άλεση
Άντληση με κοίλες αντλίες	Προστασία από την συσσώρευση και μείωση της φθοράς
Φυγόκεντροι στερεών	Προστασία από την συσσώρευση
Ταινιο - φιλτρόπρεςες	Προστασία από την συσσώρευση υλικών στα σημεία διανομής της ιλύος, Περιτύλιξης κουρελιών στα κινούμενα μέρη, μείωση της παρουσίας πανιών στην ταινία και εξασφάλιση ομοιογενούς αφυδάτωσης

Προεπεξεργασία (Εσχάρωση, κοσκκίνηση, εξάμμωση, Ανάμιξη, αποθήκευση)

Διαχωρισμός
Φυγόκεντρος σε
ΜΕΥΑ



Προεπεξεργασία (Εσχάρωση, κοσκκίνηση, εξάμμωση, Ανάμιξη, αποθήκευση)

Εσχάρωση



Προεπεξεργασία (Εσχάρωση, κοσκίνηση, εξάμμωση, ανάμιξη, αποθήκευση)

Κοσκίνιση



Προεπεξεργασία (Εσχάρωση, κοσκίνηση, εξάμμωση, ανάμιξη, αποθήκευση)

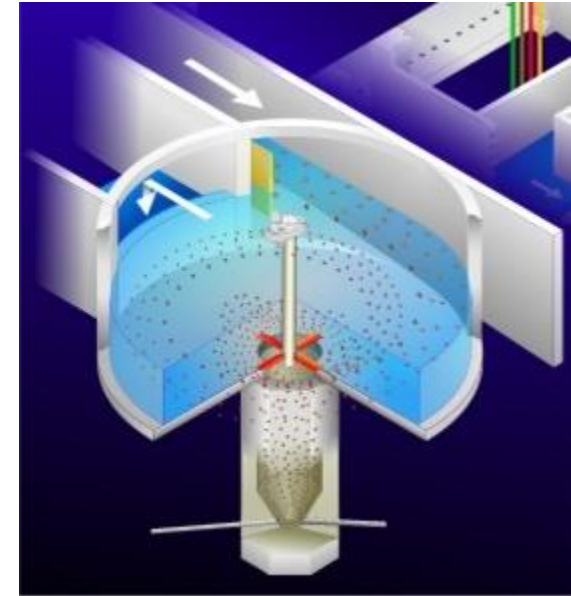
Εξάμμωση

Η πλέον ενδεδειγμένη μέθοδος είναι η απομάκρυνση της άμμου με την χρήση φυγόκεντρων δυνάμεων από ένα ρεύμα ιλύς

Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση κυκλώνων, οι οποίοι δεν διαθέτουν κινητά μέρη.

Η ιλύς εφαρμόζεται εφαπτόμενα σε ένα κυλινδρικό σύστημα, δημιουργώντας έτσι την φυγόκεντρο δύναμη.

Τα βαρύτερα σωματίδια κινούνται προς τον κώνικο πυθμένα (έξοδο), ενώ το οργανικό μέρος (ιλύς) εξέρχεται από ξεχωριστή έξοδο στο πλάι.



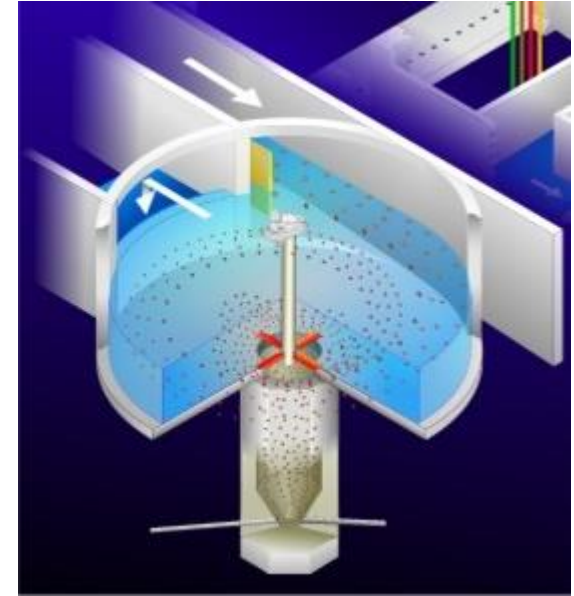
Προεπεξεργασία (Εσχάρωση, κοσκίνηση, εξάμμωση, ανάμιξη, αποθήκευση)

Εξάμμωση

Η **απόδοση** του κυκλώνα εξάμμωσης επηρεάζεται **από την πυκνότητα** των οργανικών στην ιλύ και **από την πίεση**.

Για να επιτύχουμε **ουσιαστική απομάκρυνση** της άμμου, η ιλύς θα πρέπει να περιέχει **στερεά (TS) από 1-2%**.

Με **αυξανόμενη την συγκέντρωση** των στερεών **μειώνεται το μέγεθος των στερεών** που δύνανται να απομακρυνθούν



Πάχυνση

Η πάχυνση είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιείται για την αύξηση της περιεκτικότητας των στερεών στην ιλύ με την απομάκρυνση κάποιας ποσότητας υγρού κλάσματος.

Η μείωση του όγκου της ιλύος με την πάχυνση είναι ωφέλιμη για διεργασίες που ακολουθούν όπως η χώνευση, η αφυδάτωση, η ξήρανση και η καύση

12 10 2006

Πλεονεκτήματα Πάχυνσης

- (1) χωρητικότητα των δεξαμενών και του απαραίτητου εξοπλισμού
- (2) ποσότητα των χημικών που χρειάζονται για τη βελτίωση της ιλύος και
- (3) ποσότητα της θερμότητας που χρειάζεται από τους χωνευτές και την ποσότητα των βοηθητικών καυσίμων που χρειάζονται για την θερμική ξήρανση ή την αποτέφρωση ή και για τα δύο.

Πλεονεκτήματα Πάχυνσης

- (4) Η μείωση του όγκου έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του μεγέθους των σωλήνων και του κόστους άντλησης κατά την μεταφορά της
- (5) Μείωση κόστους μεταφοράς φορτηγά για απευθείας διάθεση στο έδαφος ως εδαφοβελτιωτικό

Πάχυνση

Μέθοδος	Είδος στερεών	Συχνότητα χρήσης και ανάλογη επιτυχία
Βαρύτητα, συνδυασμένη καθίζηση σε δεξαμενή καθίζησης	Πρωτοβάθμια και απομακρυνόμενη ιλύς	Περιστασιακή χρήση, μπορεί να έχει επιπτώσεις στην αποτελεσματικότητα της δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθίζησης
Βαρύτητα, πάχυνση σε ξεχωριστή δεξαμενή	Μη επεξεργασμένη πρωτοβάθμια ιλύς	Χρησιμοποιείται ευρέως με εξαιρετικά αποτελέσματα κάποιες φορές χρησιμοποιείται με εξαμμωτή ιλύος με υδοκυκλώνα. Μπορεί να έχει δυσάρεστη οσμή.
	Μη επεξεργασμένη πρωτοβάθμια και περίσσεια ιλύς	Χρησιμοποιείται συχνά. Σε μικρές μονάδες έχει γενικά ικανοποιητικά αποτελέσματα με συγκέντρωση στερεών της τάξης του 4-6%. Σε μεγάλες μονάδες τα αποτελέσματα είναι οριακά. Μπορεί να έχει δυσάρεστη οσμή όταν ο καιρός είναι ζεστός
	Περίσσεια ιλύς	Χρησιμοποιείται σπάνια χαμηλή συγκέντρωση στερεών (2-3%)

Πάχυνση

Μέθοδος	Είδος στερεών	Συχνότητα χρήσης και ανάλογη επιτυχία
Επίπλευση διαλυμένου αέρα	Μη επεξεργασμένη πρωτοβάθμια και περίσσεια ιλύς	Περιορισμένη χρήση παρόμοια αποτελέσματα με τους παχυντές βαρύτητας
	Περίσσεια ιλύς	Χρησιμοποιείται ευρέως, τελευταίως περιορίζεται η χρήση της λόγω του υψηλού λειτουργικού κόστους. Καλά αποτελέσματα (3,5 με 5% στερεά)
Φυγοκέντρηση με περιστρεφόμενο κύλινδρο	Περίσσεια ιλύς	Χρησιμοποιείται συχνά σε μεσαίες και μεγάλες μονάδες, καλά αποτελέσματα (4-6% στερεά)
Παχυντής με ταινία βαρύτητας	Περίσσεια ιλύς	Χρησιμοποιείται συχνά, καλά αποτελέσματα (3-6% στερεά)
Παχυντής με περιστρεφόμενο φίλτρο	Περίσσεια ιλύς	Περιορισμένη χρήση καλά αποτελέσματα (3-6% στερεά)

Περιγραφή και σχεδιασμός παχυντών

Κατά το σχεδιασμό των εγκαταστάσεων πάχυνσης είναι σημαντικό

(1) να παρέχεται η κατάλληλη χωρητικότητα ώστε να αντιμετωπίζονται οι απαιτήσεις αιχμής και

(2) να αποφεύγεται η σηπτικότητα και τα προβλήματα δυσάρεστης οσμής κατά την διεργασία πάχυνσης

Περιγραφή και σχεδιασμός παχυντών

Οι συνηθέστερες μέθοδοι πάχυνσης είναι:

- 1) πάχυνση με συνδυασμένη καθίζηση,
- 2) πάχυνση με βαρύτητα
- 3) πάχυνση με επίπλευση διαλυμένου αέρα,
- 4) πάχυνση με φυγόκεντρο,
- 5) πάχυνση με ταινία βαρύτητας και
- 6) με περιστρεφόμενο τύμπανο.

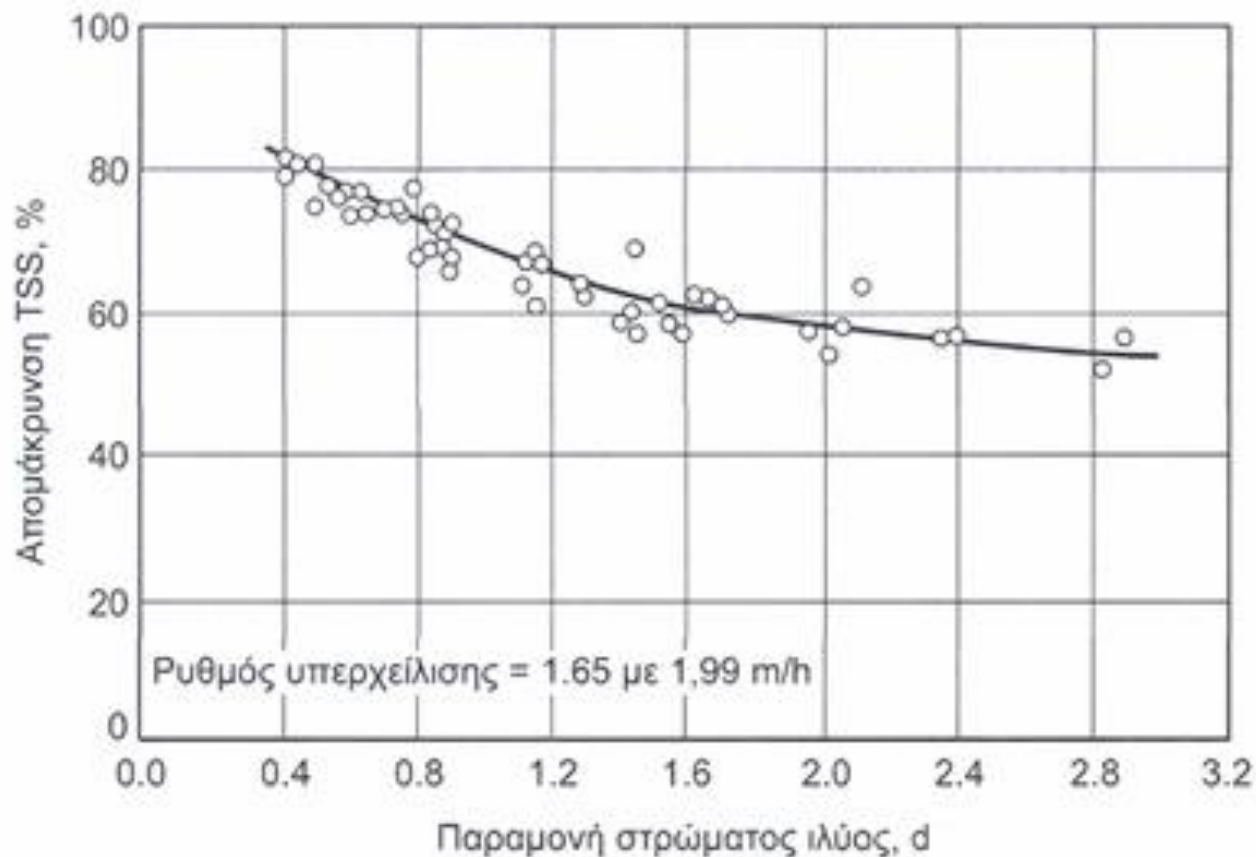
Πάχυνση με συνδυασμένη καθίζηση

Για την πάχυνση των στερεών πρέπει να δημιουργηθεί ένα **στρώμα ιλύος**

Πολλές φορές απαιτούνται χρόνοι παραμονής των στερεών από **12 μέχρι 24 ώρες** ή περισσότερο στις δεξαμενές καθίζησης

Εκτεταμένη παραμονή των στερεών στις δεξαμενές καθίζησης **μπορεί να προκαλέσει σηπτικές συνθήκες και εξαέρωση**, μείωση των επιπέδων των TSS και της απομάκρυνσης BOD.

Πάχυνση με συνδυασμένη καθίζηση



Η τυπική επίδραση της παραμονής στρώματος ιλύος στην απομάκρυνση TSS

Πάχυνση με συνδυασμένη καθίζηση

Η πάχυνση στερεών **επιτυγχάνεται** συνδυάζοντας:

- (1) μια δεξαμενή πάχυνσης για συνδυασμένη καθίζηση και πάχυνση σε μια σειρά από δεξαμενές καθίζησης, η ανακυκλοφορία αραιωμένων στερεών (λιγότερο από 1 % στερεών) από τις άλλες δεξαμενές καθίζησης διοχετεύεται στη δεξαμενή πάχυνσης,
- (2) διατήρηση του αποθέματος στερεών για περίπου 6 με 12 ώρες και
- (3) πρόβλεψη για χημικά πρόσθετα κροκίδωσης όπως πολυμερή και χλωριούχος σίδηρο για τη βελτίωση των στερεών και την προαγωγή της καθίζησης.

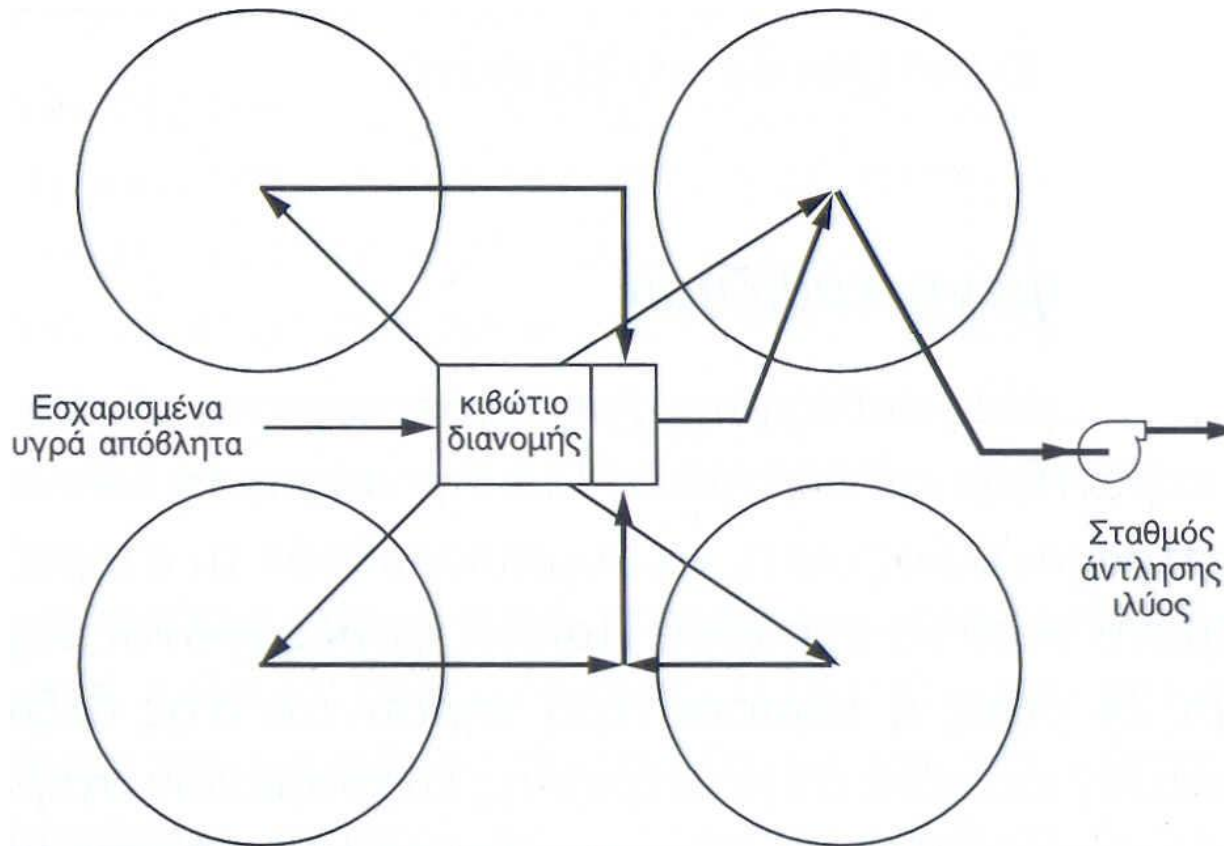
Πάχυνση με συνδυασμένη καθίζηση

Η ανάγκη για χημικά πρόσθετα εξαρτάται από το **ρυθμό υπερχείλισης** της δεξαμενής καθίζησης.

Κατάλληλες **συγκεντρώσεις ανακυκλοφορίας** στερεών είναι της τάξεως από 3 μέχρι πάνω από 5%

Με τον έλεγχο του **στρώματος ιλύος** στα πλαίσια των παραπάνω παραμέτρων παραμονής στερεών, ο ρυθμός απομάκρυνσης στις δεξαμενές καθίζησης αυξάνεται και επιτυγχάνεται πάχυνση των στερεών.

Πάχυνση με συνδυασμένη καθίζηση



Σχηματικό διάγραμμα του συστήματος πάχυνσης ιλύος με συνδυασμένη καθίζηση

Πάχυνση με Βαρύτητα

Η πάχυνση με βαρύτητα είναι μια από τις πιο κοινές μεθόδους και γίνεται σε δεξαμενή παρόμοια σε σχέδιο με μια συμβατική δεξαμενή καθίζησης



Πάχυνση με Βαρύτητα

Οι παχυντές με βαρύτητα είναι σχεδιασμένοι σύμφωνα με το φορτίο των στερεών και το ρυθμό υπερχείλισης.

Ο προτεινόμενος μέγιστος ρυθμός υδραυλικής υπερχείλισης κυμαίνεται

- 15.5 σε 31 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ για την πρωτοβάθμια ιλύ,
- 4 με 8 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ για περίσσεια ιλύ και
- 6 με 12 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ για συνδυασμό πρωτοβάθμιας και απομακρυνόμενης ιλύος.

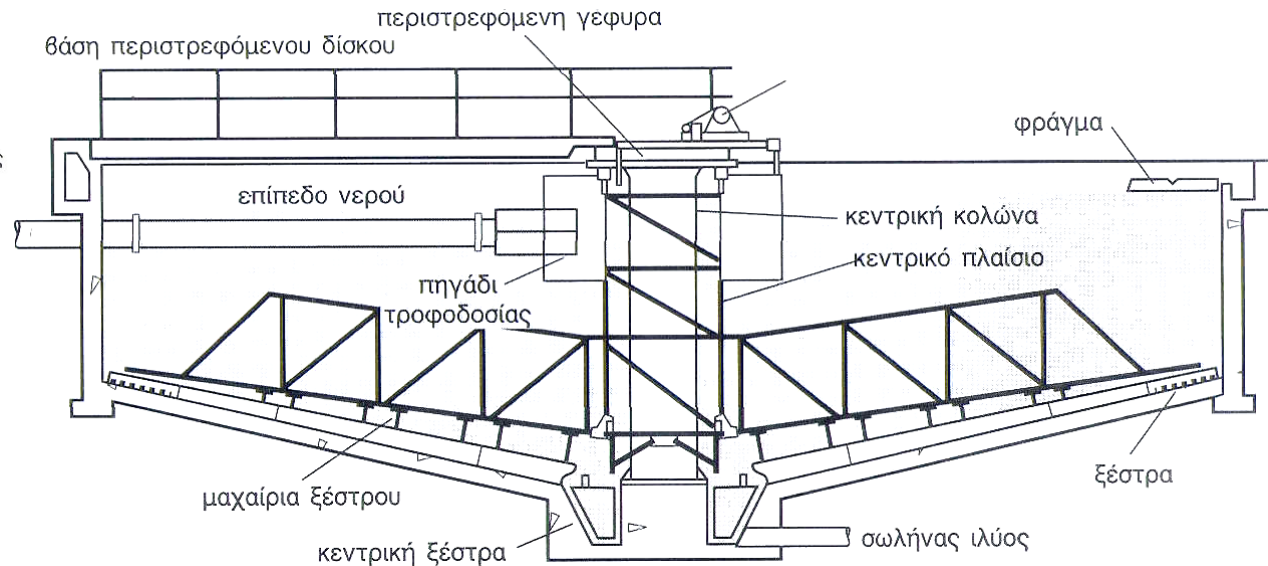
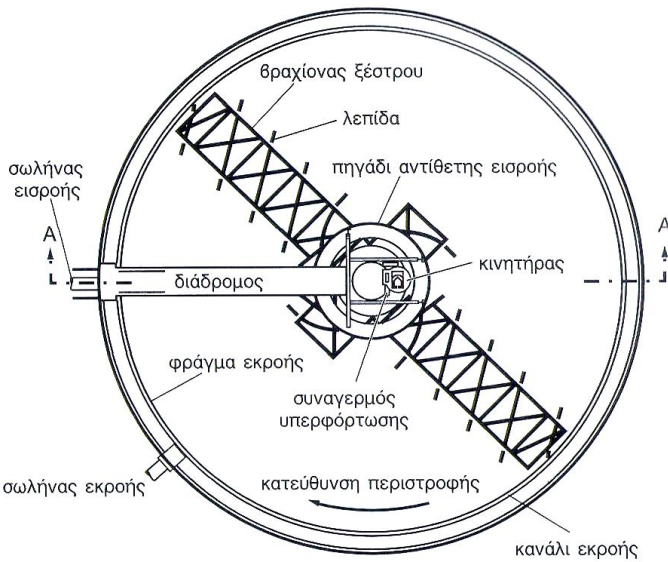
Πάχυνση με Βαρύτητα

Η πάχυνση με βαρύτητα είναι πιο αποτελεσματική στην πρωτοβάθμια ιλύ.

Υψηλά υδραυλικά φορτία μπορούν να προκαλέσουν υπερβολική μεταφορά στερεών.

Αντίθετα, χαμηλά υδραυλικά φορτία μπορεί να προκαλέσουν σηπτικές συνθήκες και οσμές και μπορεί να προκύψει αιωρούμενη ιλύς.

Πάχυνση με Βαρύτητα



Σχηματικό διάγραμμα παχυντή με βαρύτητα

Πάχυνση με Βαρύτητα

Είδος ιλύος ή βιοστερεών	Συγκέντρωση στερεών%		Φορτία στερεών
	Μη παχυσμένα	Παχυσμένα	
Ξεχωριστά:			
Πρωτοβάθμια ιλύς	2-6	5-10	100-150
Χουμική ιλύς από βιολογική κλίνη	1-4	3-6	40-50
Ιλύς από σύστημα με περιστρεφόμενους βιολογικούς δίσκους	1-3.5	2-5	35-50
Ενεργός ιλύς με αέρα	0.5-1.5	2-3	20-40
Ενεργός ιλύς με μεγάλης καθαρότητας οξυγόνο	0.5-1.5	2-3	20-40
Ενεργός ιλύς παρατεταμένου αερισμού	0.2-1.0	2-3	25-40
Αναερόβια χωνεμένη πρωτοβάθμια ιλύς από πρωτοβάθμιο χωνευτή	8	12	120

Πάχυνση με Βαρύτητα

Είδος ιλύος ή βιοστερεών	Συγκέντρωση στερεών%		Φορτία στερεών
	Μη παχυσμένα	Παχυσμένα	
Σε συνδυασμό:			
Πρωτοβάθμια Ιλύς και χουμική ιλύς από βιολογικά φίλτρα	2-6	5-9	60-100
Πρωτοβάθμια ιλύς και ιλύς από σύστημα με περιστρεψόμενους βιολογικούς δίσκους	2-6	5-8	50-90
Πρωτοβάθμια ιλύς και Περίσσεια ιλύς	0.5-1.5	4-6	25- 70
Περίσσεια Ιλύς και χουμική ιλύς από βιολογικά φίλτρα	2.5-4.0	4-7	40-80

Πάχυνση με Βαρύτητα

Είδος ιλύος ή βιοστερεών	Συγκέντρωση στερεών%		Φορτία στερεών
	Μη παχυσμένα	Παχυσμένα	
Χημική (τριτοβάθμια) ιλύς:			
Με υψηλή συγκέντρωση ασβέστου	3-4.5	12-15	120-300
Με χαμηλή συγκέντρωση ασβέστου	3-4.5	10-12	50-150
Με σίδηρο	0.5-1.5	3-4	10-50

Πάχυνση με Βαρύτητα

Κατά τη λειτουργία το στρώμα ιλύος διατηρείται στον πυθμένα του παχυντή, ώστε να βοηθήσει στη συμπύκνωση της ιλύος.

Μια λειτουργική παράμετρος είναι η αναλογία όγκου ιλύος, που είναι ο όγκος του στρώματος ιλύος που κατακρατείται στον παχυντή προς τον όγκο της παχυσμένης ιλύος που απομακρύνεται καθημερινά.

Πάχυνση με Βαρύτητα

Οι τιμές της αναλογίας όγκου ιλύος κυμαίνονται συνήθως από 0.5 μέχρι 20d, οι χαμηλότερες τιμές αντιστοιχούν σε θερμό καιρό.

Εναλλακτικά θα πρέπει να μετρηθεί το βάθος στρώματος ιλύος.

Το βάθος τους στρώματος ιλύος μπορεί να κυμαίνεται από 0.5 μέχρι 2.5m, μικρότερο βάθος παρατηρείται κατά τους θερμούς μήνες.

Πάχυνση με Επίπλευση

Ο αέρας εισάγεται σε διάλυμα που διατηρείται σε υψηλή πίεση.

Όταν το διάλυμα αποσυμπιέζεται ο διαλυμένος αέρας απελευθερώνεται με μορφή φυσαλίδων μικρού μεγέθους που μεταφέρουν την ιλύ στην επιφάνεια, από όπου και απομακρύνεται.

Χρησιμοποιείται αποτελεσματικά για απομακρυνόμενη ιλύ από συστήματα επεξεργασίας αιωρούμενης βιομάζας π.χ. ενεργού ιλύος

Πάχυνση με Επίπλευση

Έχει επίσης χρησιμοποιηθεί και

- για πρωτοβάθμια ιλύ,
- χούμο από βιολογική κλίνη,
- αερόβια χωνευμένη ιλύ και
- ιλύ που περιέχει μεταλλικά άλατα μετά από χημική επεξεργασία

Πάχυνση με Επίπλευση

Η τελική συγκέντρωση που επιτυγχάνεται εξαρτάται από

- την αναλογία αέρα – στερεών,
- τα χαρακτηριστικά της ιλύος (και ειδικότερα από τον δείκτη όγκου ιλύος, SVI),
- το ρυθμό του φορτίου στερεών και από την εφαρμογή πολυμερών

Πάχυνση με Επίπλευση

Η αναλογία αέρα στερεών είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας

Ορίζεται ως ο λόγος βάρους του αέρα που προορίζεται για την πάχυνση προς

Τα αιωρούμενα στερεά που θα καταλήξουν στο ρεύμα τροφοδοσίας

Η βέλτιστη αναλογία αέρα-στερεών είναι 2-4% και ο δείκτης όγκου ιλύος, SVI, να βρίσκεται κάτω από 200.

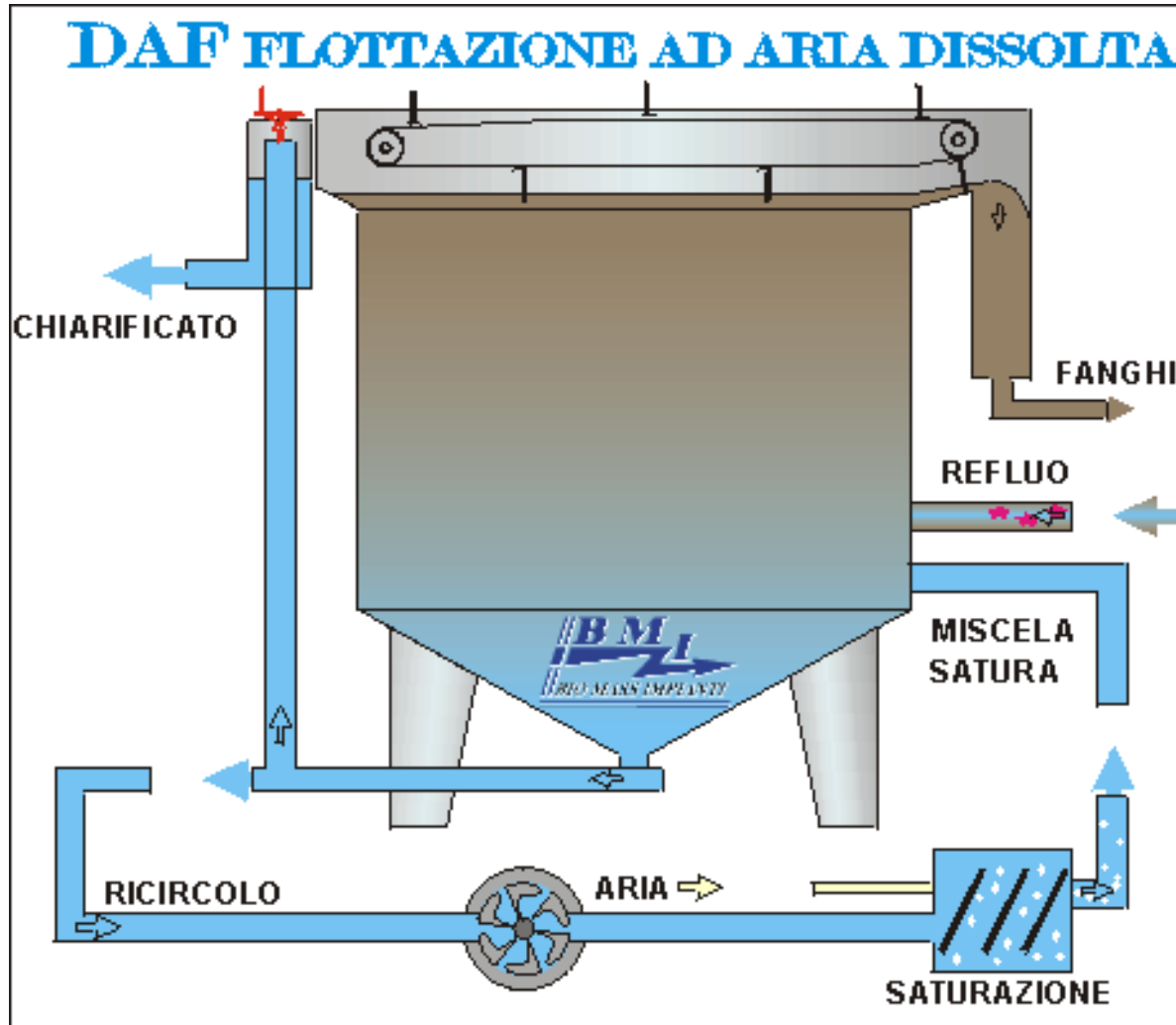
Για μεγαλύτερες τιμές SVI αυξάνεται η δόση του πολυηλεκτρολύτη

Πάχυνση με Επίπλευση

Τυπικά φορτία στερεών για μονάδες επίπλευσης διαλυμένου αέρα

Είδος ιλύος ή βιοστερεών	Φορτίο, $\text{kg/m}^2 \cdot \text{h}$	
	Χωρίς χημικά πρόσθετα	Με χημικά
Ενεργός ιλύς με αέρα ανάμικτο υγρό που έχει καθιζάνει	1.2 – 3.0	Έως 10
	2.4 – 4.0	Έως 10
Ενεργός ιλύς με μεγάλης καθαρότητας οξυγόνο	3.0 – 4.0	Έως 10
Χουμική ιλύς από βιολογική κλίνη	0.0 – 4.0	Έως 10
Πρωτοβάθμια + Ενεργός ιλύς με αέρα	3.0 – 6.0	Έως 10
Πρωτοβάθμια + χουμική ιλύς από βιολογική κλίνη	4.0 – 6.0	Έως 10
Μόνο πρωτοβάθμια ιλύς	4.0 – 6.0	Έως 10

Επίπλευση



Πάχυνση με περιστρεφόμενο τύμπανο

Αποτελείται από ένα σύστημα βελτίωσης (που περιλαμβάνει σύστημα τροφοδοσίας πολυμερών) και κυλινδρικά περιστρεφόμενα κόσκινα.

Το πολυμερές αναμιγνύεται με την αραιωμένη ιλύ στο τύμπανο ανάμιξης και βελτίωσης και τα στερεά διαχωρίζονται από το νερό στο περιστρεφόμενο κόσκινο.



Πάχυνση με περιστρεφόμενο τύμπανο

Η παραγόμενη ιλύς κυλάει έξω από την άκρη του τύμπανου ενώ το νερό καθιζάνει μέσα από τα κόσκινα.

Μπορεί να συνδεθεί εν σειρά και με ταινιοφιλτρόπρεσσα, συνδυάζοντας πάχυνση και αφυδάτωση.



Πάχυνση με περιστρεφόμενο τύμπανο

Είδος στερεών ή βιοστερεών	Τροφοδοσία %TS	Νερό που απομακ., %	Παχυσμένα στερεά, %	Ανάκτηση στερεών, %
Πρωτοβάθμια	3.0 – 6.0	40 – 75	7 – 9	93 – 98
Περίσσεια ενεργού ιλύος	0.5 – 1.0	70 – 90	4 – 9	93 – 99
Πρωτοβάθμια + Περίσσεια	2.0 – 4.0	50	5 – 9	93 – 98
Αερόβια χωνευμένα	0.8 – 2.0	70 – 80	4 – 6	90 – 98
Αναερόβια χωνευμένα	2.5 – 5.0	50	5 - 9	90 - 98

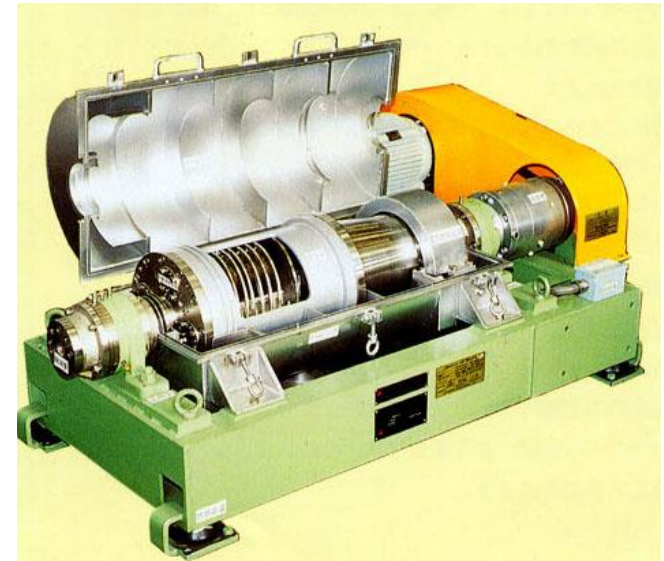
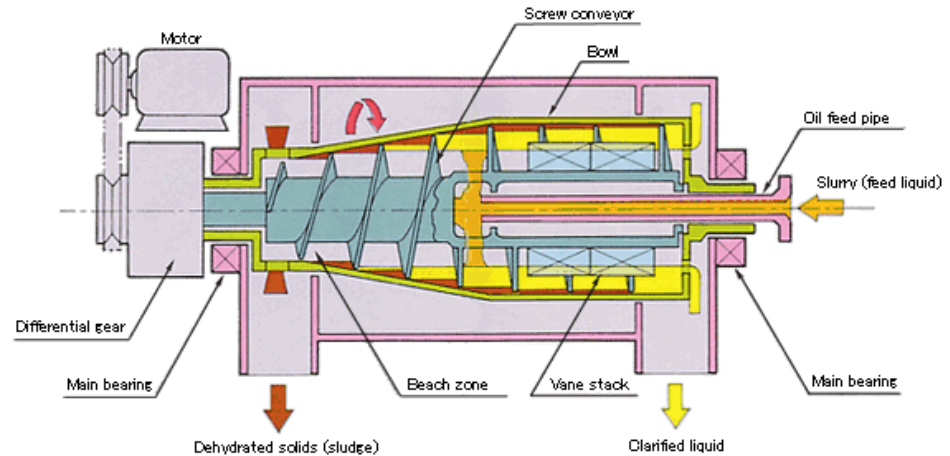
Πάχυνση με φυγόκεντρο

Χρησιμοποιείται τόσο για την πάχυνση όσο και για την αφυδάτωση της ιλύος

Τα σωματίδια καθιζάνουν υπό την επίδραση των φυγόκεντρων δυνάμεων

Η ιλύς εισρέει συνεχώς στην μονάδα και τα στερεά συγκεντρώνονται στην περιφέρεια.

Ο ελικοειδής μεταφορέας στο εσωτερικό μεταφέρει τα στερεά στην λεπτυσμένη άκρη, εκεί λαμβάνει χώρα η συγκέντρωση και η απομάκρυνση τους.



Πάχυνση με φυγόκεντρο

Συνήθως απαιτεί πρόσθετα πολυμερή
0-4 kg/tn ξηρών στερεών

Κόστος συντήρησης και λειτουργίας
υψηλό

↳ ελκυστική λύση για μονάδες

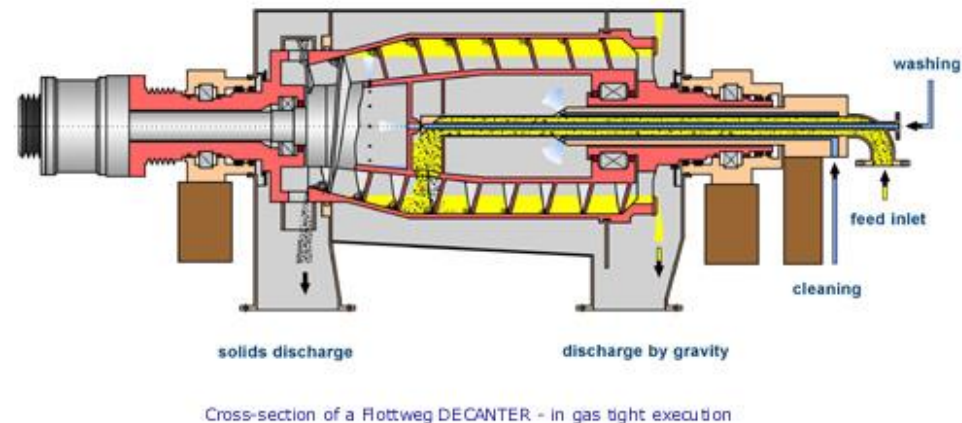
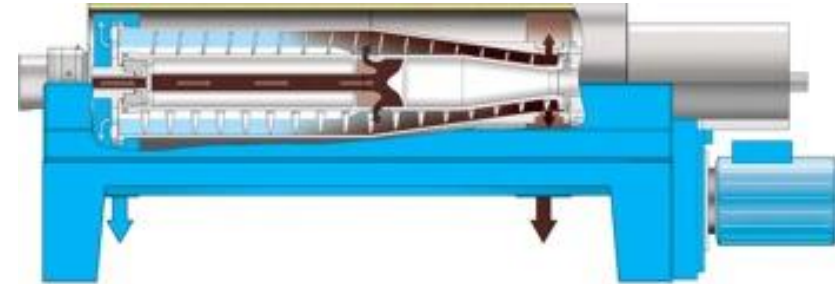
>15.000 m³/d

Η απόδοση ποσοτικοποιείται από τη
συγκέντρωση που επιτυγχάνεται στα
παραγόμενα στερεά και

Από την ανάκτηση των TSS.

Ανάκτηση ονομάζουμε το ποσοστό
των παχυσμένων ξηρών στερεών
προς τα στερεά τροφοδοσίας

$$R = \frac{TSS_P (TSS_F - TSS_C)}{TSS_F (TSS_P - TSS_C)} \times 100$$



Πάχυνση με φυγόκεντρο

Ανάκτηση ονομάζουμε το ποσοστό των παχυσμένων ξηρών στερεών προς τα στερεά τροφοδοσίας

$$R = \frac{TSS_P (TSS_F - TSS_C)}{TSS_F (TSS_P - TSS_C)} \times 100$$

TSS_P = Στερεά στο προϊόν πάχυνσης, w/w

TSS_F = Στερεά στην τροφοδοσία, w/w

TSS_C = Στερεά στο προϊόν φυγοκέντρωσης, w/w



Πάχυνση με φυγόκεντρο

Για σταθερή συγκέντρωση τροφοδοσίας το R αυξάνεται καθώς μειώνεται η συγκέντρωση των στερεών στο προϊόν φυγοκέντρωσης.

Υψηλό R σημαίνει ότι μικρότερη ποσότητα στερεών ανακυκλοφορούνται



Πάχυνση με φυγόκεντρο

Λειτουργικές μεταβλητές

1. Χαρακτηριστικά της ιλύος
2. Ταχύτητα περιστροφής
3. Ρυθμός υδραυλικού φορτίου
4. Βάθος στρώματος υγρού στον κύλινδρο
5. Διαφορική ταχύτητα του κοχλία
6. Χρήση πολυμερών

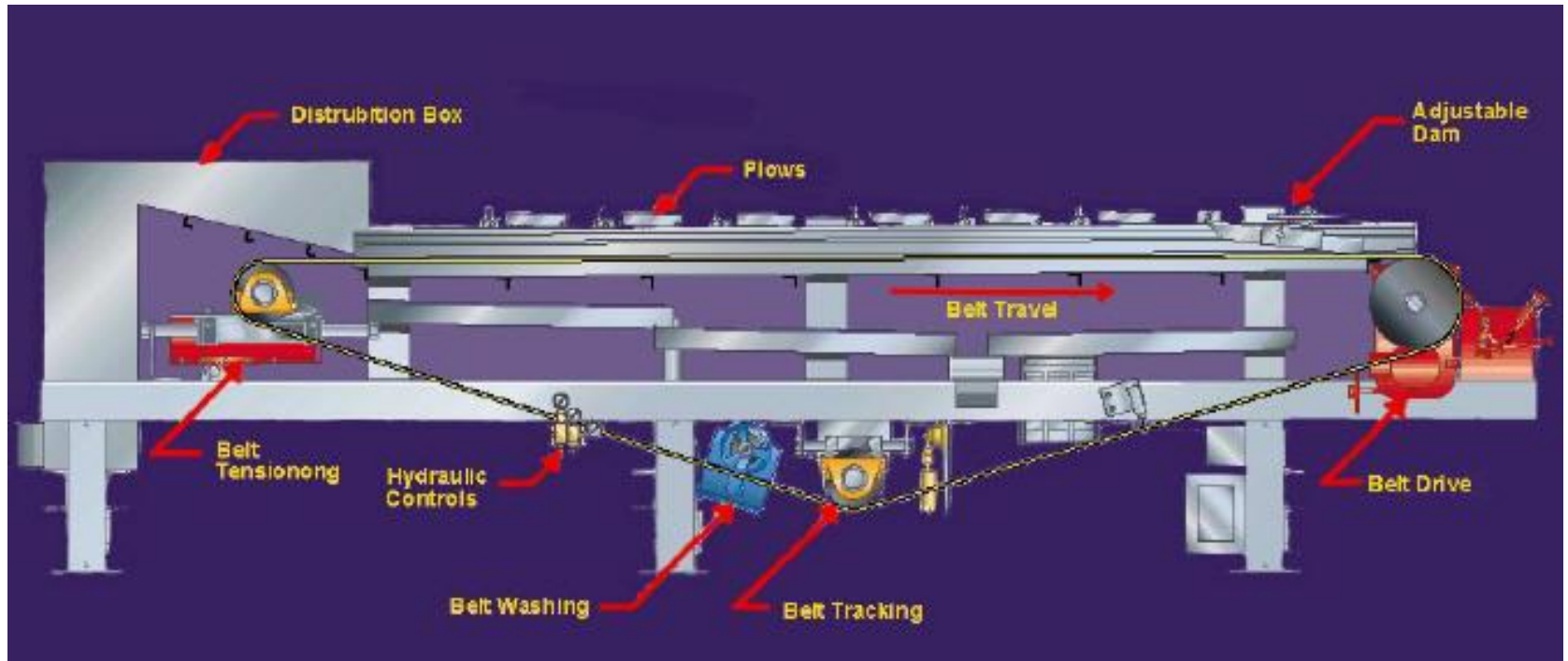
Συνίσταται να γίνονται
εργαστηριακές δοκιμές



Ταινιοφιλτρόπρεσσα



Ταινιοφιλτρόπρεσσα













Εργαστήριο Διαχείρισης &
Τεχνολογίας Υγρών Αποβλήτων

Βιβλιογραφία

1. Wastewater Engineering-Treatment and Reuse
G. Tchobanoglous, F. Burton, H. Stensel, Metcalf & Eddy, Inc,
2. Biological wastewater treatment
L. Grady, G. Daigger, H. Lim, Marcel Dekker, Inc., New York