

**ΤΕΙ ΠΑΤΡΩΝ**

**ΣΧΟΛΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ: ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ: Αλίκη Μουζακίτη**  
**Καθηγήτρια εφαρμογών**  
**ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: Ανθούλα Κρυστάλλη**

**ΠΑΤΡΑ**

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	4
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α'</b>	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	8
ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	9
ΟΡΙΣΜΟΙ	10
ΑΠΛΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΤΟΝΟ	12
ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΛΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΤΟΝΟ	13
ΆΛΙΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΚΦΡΑΣΕΩΣ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ	14
ΣΤΕΡΕΕΣ ΟΥΣΙΕΣ	15
ΤΟΞΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ	16
ΒΑΘΜΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ	
ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	16
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΛΥΜΑΤΩΝ	17
ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	17
ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ	18
ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ	19
ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ	19
ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ	20
ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	
ΛΥΜΑΤΩΝ	21
ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ	
ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	22
ΑΜΜΟΣΥΛΛΕΚΤΗΣ ( <b>grit chamber</b> )	23
ΔΙΠΟΣΥΛΛΕΚΤΗΣ - ΕΞΑΦΡΙΣΤΗΡΑΣ	24
ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ	25
ΣΗΠΤΙΚΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ( <b>Septic Tank</b> )	29
ΕΠΙΠΛΕΥΣΗ ( <b>flotation</b> )	32
ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΟΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ	34
ΕΛΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΩΝ	35
ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΑΕΡΟΒΙΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	37
ΜΟΝΑΔΕΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ	39
ΔΡΑΣΤΙΚΗ ΛΑΣΠΗ	40
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	51
ΚΑΘΙΖΗΣΗ	
ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΣ	58
ΜΟΡΦΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	59
ΧΡΟΝΟΣ ΣΥΤΚΡΑΤΗΣΕΩΣ ΚΑΙ Η ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ	60
ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΕΩΣ	62
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ	63
ΧΗΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ	67
ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗ	68
ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ	72
ΧΛΩΡΙΩΣΗ	75
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΑΣΠΗΣ	76
ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΑΣΠΗΣ	
ΣΥΤΚΕΝΤΡΩΣΗ (ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ) ΛΑΣΠΗΣ	79

<u>ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΛΑΣΠΗΣ</u>	<b>81</b>
<u>ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ</u>	<b>89</b>
<b><u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β'</u></b>	
<u>ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ</u>	<b>93</b>
<u>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΜΟΝΑΔΩΝ</u>	
<u>ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΑΡΧΙΚΗΣ ΑΝΨΩΣΗΣ</u>	<b>100</b>
<u>ΜΟΝΑΔΙΑ ΥΠΟΔΟΧΗΣ &amp;</u>	
<u>ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΒΟΘΡΟΛΥΜΑΤΩΝ</u>	<b>101</b>
<u>ΕΣΧΑΡΩΣΗ - ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ</u>	
<u>ΑΠΟΣΜΗΣΗ</u>	<b>103</b>
<u>ΜΟΝΑΔΙΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ</u>	
<u>ΦΩΣΦΟΡΟΥ</u>	<b>106</b>
<u>ΜΟΝΑΔΙΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ</u>	
<u>ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ &amp; ΑΖΩΤΟΥ</u>	<b>108</b>
<u>ΜΟΝΑΔΙΑ ΑΠΟΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗΣ</u>	<b>113</b>
<u>ΜΟΝΑΔΙΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ</u>	<b>113</b>
<u>ΜΟΝΑΔΙΑ ΤΕΛΙΚΗΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ</u>	<b>115</b>
<u>ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ</u>	
<u>ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΛΑΣΠΗΣ</u>	<b>117</b>
<u>ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΧΛΩΡΙΩΣΗΣ</u>	<b>118</b>
<u>ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΤΕΛΙΚΗΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ</u>	<b>119</b>
<u>ΜΟΝΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΟΣ</u>	<b>120</b>
<u>ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΣΥΤΚΕΝΤΡΩΣΗΣ</u>	
<u>ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΛΥΟΣ</u>	<b>121</b>
<u>ΜΟΝΑΔΙΑ ΠΛΑΧΥΝΣΗΣ ΛΥΟΣ</u>	<b>122</b>
<u>ΜΟΝΑΔΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΦΥΔΑΤΩΣΗΣ</u>	<b>123</b>
<u>ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΓΟΥ</u>	<b>126</b>
<b><u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ' (Φωτογραφικό Υλικό)</u></b>	
<u>ΒΙΟΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>	<b>134</b>

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Τα τελευταία χρόνια η έντονη αστικοποίηση του πληθυσμού και η ραγδαία βιομηχανική ανάπτυξη κυρίως γύρω από τις μεγαλούπολεις, δημιούργησαν σοβαρά περιβαντολλογικά προβλήματα με τους μεγάλους όγκους αστικών λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων. Η έλλειψη έργων υποδομής και η λανθασμένη εκτίμηση της ικανότητας αυτοκαθαρισμού των αποδεκτών, προκάλεσαν τρομακτικές μεταβολές σε οικοσυστήματα λιμνών και θαλασσών. Φαινόμενα άγνωστα μέχρι προτίνος στην Ελλάδα, όπως η κόκκινη παλίρροια, ευτροφισμός, κλπ αποτελούν στις μέρες μας τακτικά εμφανιζόμενα φαινόμενα, που υποβαθμίζουν το περιβάλλον και κατ'επέκταση την ποιότητα ζωής.

Έτσι το αντικείμενο των αποχετευτικών έργων απέκτησε ιδιαίτερη βαρύτητα για τους Μηχανικούς, ενώ η εξάπλωση του σε τομείς που συνδέονται άμεσα με τις αποχετεύσεις και τους βιολογικούς καθαρισμούς, όπως η ποιότητα του νερού, η ρύπανση και απορύπανσή του, κλπ, δημιούργησε ένα νέο πεδίο με ασαφή όρια ανάμεσα στους Μηχανολόγους Μηχανικούς, Χημικούς Μηχανικούς, τους Μηχανικούς Περιβάλλοντος και πλήθος άλλων ειδικοτήτων που ασχολούνται σήμερα με το νερό.

Με την Πτυχιακή αυτή Εργασία, γίνεται η προσπάθεια να καλυφθεί το γνωστικό αντικείμενο που ενδιαφέρει τους Τεχνολόγους Μηχανικούς, για τον Βιολογικό Καθαρισμό Αστικών Λυμάτων, σε όλο του το εύρος, χωρίς να μπαίνει σε λεπτομέρειες θεμάτων που ανήκουν σε άλλους κλάδους.

Η Πτυχιακή Εργασία αναφέρεται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και χωρίζεται σε τέσσερα παραρτήματα.

Στο **Α' Παράρτημα** γίνεται μία ολοκληρωμένη ανάπτυξη, γύρω από την μελέτη των Βιολογικών Καθαρισμών Αστικών Λυμάτων, στις μέρες μας.

Στο **Β' Παράρτημα** υπάρχει μία εικονική μελέτη Βιολογικού Καθαρισμού. Παρουσιάζεται η γενική περιγραφή της εγκατάστασης, το σύστημα και οι διάφορες βαθμίδες επεξεργασίας των λυμάτων. Επίσης γίνεται αναλυτική περιγραφή των επιμέρους μονάδων της εγκατάστασης, ο τρόπος και το θεωρητικό υπόβαθρο σχεδιασμού και λειτουργίας στις

διάφορους περιόδους. Τέλος παρουσιάζεται ο προϋπολογισμός του έργου.

Στο **Γ' Παράρτημα** εκθέτονται διάφορες φωτογραφίες, με σκοπό την καλύτερη και πιο ολοκληρωμένη άποψη του αναγνώστη. Υπάρχει φωτογραφικό υλικό των περισσότερων μονάδων που προαναφέρονται στην Πτυχιακή Εργασία και αρκετές φωτογραφίες από διάφορους Βιολογικούς Καθαρισμούς που έχουν γίνει.

Τέλος στο **Δ' Παράρτημα** υπάρχουν ορισμένα σχέδια του Βιολογικού Καθαρισμού, καθώς και μία Ολοκληρωμένη Βιολογική Μονάδα Καθαρισμού Οικίας.

Τέλος παρατίθεται η βιβλιογραφία και οι πηγές των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση αυτής της Πτυχιακής Εργασίας.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η Πτυχιακή Εργασία γράφτηκε με την επιθυμία να συμβάλει στην διερεύνηση των επιστημονικών γνώσεων των σπουδαστών. Ελπίζεται ότι θα αγαπηθεί, θα χρησιμοποιηθεί και θα βοηθήσει στην αναζήτηση του αναγνώστη για την βαθύτερη μελέτη του θέματος σε περισσότερα συγγράμματα.

Η Σπουδάστρια Μηχανολογίας  
του Τ.Ε.Ι. Πάτρας  
**Ανθούλα Κρουστάλλη**

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας, παρά το γεγονός ότι έχει προσφέρει πολλές λύσεις σε πολλά προβλήματα που σχετίζονται με τη βελτίωση του επιπέδου ζωής των ανθρώπων, δημιούργησε παράλληλα, προβλήματα ρύπανσης του περιβάλλοντος, με πολλές έντονες αρνητικές επιπτώσεις σε ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς. Γιατί έχει αποδειχθεί ότι περιβάλλον και ζωή είναι δύο έννοιες απόλυτα συνυφασμένες.

Σαν **Ρύπανση Του Περιβάλλοντος** νοείται η άμεση ή έμμεση εκπομπή σε αυτό ουσιών, θορύβου, ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια τέτοια που να προκαλεί βλάβες στην υγεία, υλικές ζημιές, δυσμενείς επιπτώσεις στους ζωντανούς οργανισμούς ή στα οικοσυστήματα, ή να καταστήσει το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του.

Η ρύπανση του περιβάλλοντος οφείλεται τόσο σε φυσικές διεργασίες (έδαφος, ηφαιστεια, πυρκαγιές, βιολογικές δραστηριότητες κ.α.) όσο και σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες (βιομηχανία, θέρμανση, αυτοκίνητα, παραγωγή ενέργειας κ.α.).

Τα νέα στοιχεία που βίαια εισάγονται στα διάφορα οικοσυστήματα θεωρούμε ότι αναφέρονται στη ρύπανση του περιβάλλοντος από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Οι δραστηριότητες αυτές αυξάνονται και σε πολλές περιπτώσεις έχουν προκαλέσει σημαντικές αλλοιώσεις στο περιβάλλον. Σ' αυτό συντελεί και το γεγονός ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες είναι άνισα κατανομημένες και κατά κανόνα συγκεντρώνονται σε μικρές επιφάνειες, σε σχέση με την συνολική επιφάνεια της γης.

Παραξενεύει όμως το γεγονός ότι, ενώ οι ανθρώπινες δραστηριότητες στοχεύουν σε μια καλύτερη ποιότητα ζωής, πολλές φορές το συνολικό αποτέλεσμά τους είναι αντίθετο. Αυτό γίνεται φανερό αν αναλογισθούμε ότι η υποβάθμιση του περιβάλλοντος είναι πιο έντονη στις ανεπτυγμένες χώρες, σε σχέση με τις υπό ανάπτυξη χώρες. Βέβαια δεν θα πρέπει να ταυτίσουμε την βιομηχανική ανάπτυξη με την υποβάθμιση του περιβάλλοντος, γιατί τα αγαθά που απολαμβάνουν οι άνθρωποι στις βιομηχανικές χώρες είναι πολύ περισσότερα από τις υπό ανάπτυξη. Παράλληλα η ρύπανση του περιβάλλοντος είναι αμελητέα όταν γίνεται

σωστή εκμετάλλευση των γνώσεων και λαμβάνεται υπόψη η ποιότητα ζωής στο σχεδιασμό της βιομηχανικής ανάπτυξης.

Οι βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες, που παράγουν το μεγαλύτερο μέρος των αποβλήτων, αναγκάστηκαν να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα ύστερα από ατυχήματα που συνέβησαν σε διάφορα μέρη του κόσμου, ενώ παράλληλα, διαπιστώθηκε κίνδυνος για την υγεία των πολιτών.

Τα τοξικά και επικίνδυνα απόβλητα αυξάνονται και ο τρόπος διάθεσής τους δεν είναι πάντοτε ο καλύτερος.

Η διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων, στην χώρα μας ειδικότερα, παρουσιάζει σοβαρά προβλήματα, λόγω της ανυπαξίας θεσμικού πλαισίου μονάδων επεξεργασίας και ελέγχου, γεγονός που οδηγεί στην ανεξέλεγκτη διάθεσή τους με τις γνωστές, αλλά και άγνωστες, επιπτώσεις στο περιβάλλον και στην δημόσια υγεία.

Σήμερα στην χώρα μας υπάρχουν περίπου **20** μεγάλες βιομηχανίες, που παράγουν γύρω στο **85 % – 90 %** τοξικά και επικίνδυνα απόβλητα, από τις οποίες μερικές υπολειπουργούν.

Επίσης, υπάρχουν **1.000** μικρές βιομηχανίες, μεσαίας και μικρής δυναμικότητας, στα απόβλητα των οποίων υπάρχουν τοξικές ουσίες.

Αν συμπεριληφθούν στα επικίνδυνα απόβλητα και εκείνα που μπορούν να παραχθούν από την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, η με μια έννοια, παραγωγή θα ξεπεράσει τους **600.000** τόνους σε ετήσια βάση.

Επομένως το πρόβλημα είναι υρπακτό και σε ένταση όπου θα μπορούσε κανείς να πει ότι τα χαρακτηριστικά της υπάρχουσας κατάστασης σήμερα, είναι συνοπτικά **4** ενότητες χαρακτηριστικών:

1. Η απουσία ρεαλιστικής νομοθετικής ρύθμισης
2. Η έλλειψη κινήτρων εφαρμογής των οποίων ρυθμίσεων
3. Η απουσία ελέγχου των παραγωγών τοξικών και επικίνδυνων αποβλήτων ( απουσία αξιόπιστου συστήματος ελέγχου )
4. Και η απουσία, μέχρι σήμερα, μονάδας επεξεργασίας και διάθεσης επικίνδυνων αποβλήτων.

## **ΠΗΓΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

Οι πηγές ρύπανσης του περιβάλλοντος που οφείλονται στις ανθρώπινες δραστηριότητες είναι παρα πολλές. Παρακάτω αναφέρονται οι κυριότερες κατηγορίες αυθροπογενών πηγών ρύπανσης.

**ΎΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ.** Συμμετέχουν σε μεγάλο ποσοστό στη ρύπανση του περιβάλλοντος. Τα βιομηχανικά απόβλητα (αέρια, στερεά και υγρά) έχουν σε πολλές περιπτώσεις δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα στην υγιεινή διαβίωση των ανθρώπων και έχουν προκαλέσει καταστροφές σε μικρά ή μεγάλα οικοσυστήματα.

**ΎΑΣΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ.** Τα αστικά λύματα και τα στερεά απορρίματα δημιουργούν σοβαρά προβλήματα ρύπανσης, που αυξάνονται όσο μεγαλύτερο είναι το αστικό κέντρο. Μαζί με τα λύματα, διοχετεύονται στο περιβάλλον και μη οικοδομήσιμα προϊόντα, όπως πχ απορρυπαντικά, ορυκτέλαια, φάρμακα κα.

**ΎΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑ - ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ.** Οι πηγές αυτές προκαλούν κυρίως ρύπανση της ατμόσφαιρας και επειδή είναι συγκεντρωμένες σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, προσβάλλουν άμεσα την υγεία των κατοίκων.

**ΎΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ.** Λιπάσματα, βελτιωτικά εδάφους, παρασιτοκτόνα, εντομοκτόνα κα προκαλούν έντονα προβλήματα ρύπανσης στους υδάτινους αποδέκτες.

**ΎΤΥΧΑΙΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ.** Είναι η ρύπανση του περιβάλλοντος από πχ εκρήξεις ή ναυάγια δεξαμενοπολοίων που μεταφέρουν πετρέλαιο, ατυχήματα σε βιομηχανίες ή εργοστάσια.



## ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Με τον όρο προστασία του περιβάλλοντος εννοούμε το σύνολο των μέτρων και των δραστηριοτήτων που αποσκοπούν στη πρόληψη και καταστολή της ρύπανσης, έτσι ώστε να βελτιώνεται η ποιότητα ζωής και να διατηρείται η ισορροπία στα μικρά και μεγάλα οικοσυστήματα.

Από τον όρο αυτό προκύπτει ότι η προστασία του περιβάλλοντος είναι υπόθεση όλων των ανθρώπων, είτε στο πλαίσιο της συλλογικής είτε στο πλαίσιο της ατομικής τους δράσης. Παράλληλα η συμμετοχή του Κράτους με το συντονισμό των μέτρων και δραστηριοτήτων (κρατικά όργανα – οργανισμοί τοπικής αυτοδιοίκησης, κοινωνικές, επαγγελματικές και επιστημονικές οργανώσεις) πρέπει να είναι αποφασιστική.

Η προστασία του περιβάλλοντος περιλαμβάνει πολλούς επιστημονικούς κλάδους, που ο καθένας αντιμετωπίζει και επιλύει διάφορα προβλήματα όπως πχ

- διατήρηση της καθαριότητας του νερού, του αέρα και του εδάφους
- καθαρισμός βιομηχανικών αποβλήτων και λυμάτων
- απομάκρυνση και αξιοποίηση απορριμάτων
- διατήρηση του τοπίου και προστασία φύσης
- προστασία από το θόρυβο
- προστασία από τις ακτινοβολίες
- προστασία από τις λυμάνσεις κλπ

Οι ελλείψεις όμως, σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος, είναι ακόμα μεγάλες και δυστυχώς για τους περισσότερους, το περιβάλλον είναι μια έννοια ασαφής και οι εκλήσεις που γίνονται για την διατήρηση των οικολογικών ισορροπιών πολλές φορές δεν βρίσκουν κατανόηση.

Πάντως από την στιγμή που έγινε αντιληπτός ο κίνδυνος από την ρύπανση του περιβάλλοντος, ο άνθρωπος άρχισε να παίρνει και τα πρώτα μέτρα για την προστασία του. Έτσι αναπτύχθηκαν και διάφοροι εξειδικευμένοι επιστημονικοί κλάδοι με αντικείμενο τον έλεγχο της ρύπανσης του περιβάλλοντος και την ανάπτυξη μεθόδων αντιρύπανσης. Ένας από τους κυριότερους κλάδους είναι και ο Βιολογικός Καθαρισμός

*Αστικών Λυμάτων.* Είναι ο κλάδος που εξετάζει, μελετάει και αναπτύσσει μεθόδους και τεχνικές για την προστασία του περιβάλλοντος από τα υγρά αστικά απόβλητα.

## **ΟΡΙΣΜΟΙ**

Κρίνεται σκόπιμο να αποσαφηνισθούν οι κυριότεροι όροι που χρησιμοποιούνται, σύμφωνα με ό,τι έχει επικρατήσει ή αναφέρονται σε διάφορες διατάξεις, για να γίνει πιο κατανοητή η Πτυχιακή Εργασία.

- **Υγρά απόβλητα,** ονομάζονται γενικά τα υγρά και οι λάσπες, που ρέουν εύκολα και αποβάλλονται ύστερα από χρησιμοποίηση από κατοικίες, ιδρύματα, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, μεταφορικά μέσα ή μονάδες επεξεργασίας και γενικά από οποιοσδήποτε εγκαταστάσεις μιας περιοχής.
- **Λύματα,** ονομάζονται ειδικότερα τα υγρά απόβλητα που προέρχονται από χώρους υγιεινής, μαγειρεία, πλυντήρια και γενικά από την καθαριότητα κατοικιών, γραφείων, καταστημάτων, ιδρυμάτων, βιομηχανιών, τουριστικών εγκαταστάσεων, μέσων μεταφοράς κλπ.
- **Βιομηχανικά ή Γεωργικά απόβλητα,** ονομάζονται τα υγρά απόβλητα των βιομηχανικών ή βιοτεχνικών εγκαταστάσεων, που δημιουργούνται κατά την παραγωγική διαδικασία και μπορεί να περιέχουν υπολείμματα που χρησιμοποιούνται, καθώς και των πτηνοκτηνοτροφικών, ιχθυοτροφικών ή γεωργικών εγκαταστάσεων, εκτός από τα λύματα του προσωπικού .
- **Επεξεργασία καθαρισμού, ή επεξεργασία των υγρών αποβλήτων** ονομάζεται κάθε τεχνική χειρισμού, που απομακρύνει ή τροποποιεί κατάλληλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους, ώστε να εξαλείφονται ή ελαττώνονται οι δυσμενείς συνέπειες από την διάθεσή τους στο περιβάλλον.
- **Αποδέκτες υγρών αποβλήτων,** ονομάζονται οι φυσικοί υποδοχείς, όπου καταλήγουν τα απόβλητα μετά από επεξεργασία ή όχι τελική διάθεση, όπως επιφανειακά ή υπόγεια νερά, έδαφος ή υπερέδαφος.

- **Ρύπανση.** ονομάζεται η ανεπιθύμητη μεταβολή των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού (φυσικών, χημικών, ραδιολογικών, βιολογικών, μικροβιολογικών) εξαιτίας κυρίως των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, σε βαθμό που μπορεί να δημιουργήσει κίνδυνο για την υγεία και να υποβαθμίσει την ποιότητα ζωής του ανθρώπου, να προκαλέσει βλάβη στα φυσικά οικοσυστήματα ή να παρεμποδίσει τις ανεπιθύμητες χρήσεις των υδάτινων πόρων.
- **Μόλυνση.** ονομάζεται η παρουσία στο νερό παθογόνων μικροοργανισμών, εξαιτίας κυρίως των ανθρώπινων δραστηριοτήτων ή και των δεικτών, που υποδηλώνουν τη δυνατότητα παρουσίας τους.
- **Υγεία** με την ευρύτερη έννοια θεωρείται η κατάσταση πλήρους φυσικής, πνευματικής και κοινωνικής ευεξίας και όχι μόνο η έλλειψη αρρώστιας ή αναπηρίας.

Ένας από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους αντιμετώπισης της ρύπανσης των υδάτινων πόρων από τα απόβλητα είναι οι **Βιολογικοί Καθαρισμοί Αστικών Αποβλήτων** ή αλλιώς **Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Αστικών Αποβλήτων (ΕΕΑΑ)**. Οι ΕΕΑΑ έχουν ως σκοπό τον καθαρισμό (διαχωρισμό) των αστικών αποβλήτων από τα βλαβερά συστατικά που περιέχουν, ώστε αυτά να διατεθούν ακίνδυνα στο περιβάλλον.

Ως βλαβερά συστατικά των αποβλήτων θεωρούνται τα ογκώδη αντικείμενα, η άμμος, τα μικρού μεγέθους στερεά που αιωρούνται στην μάζα των αποβλήτων (αιωρούμενα στερεά), τα οργανικά – φυσικά συστατικά (π.χ. υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπη) οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και τα θρεπτικά στοιχεία (άζωτο και φώσφορος).

Τα περισσότερα υπεύθυνα συστατικά για δυσάρεστες καταστάσεις ρύπανσης, είναι τα οργανικά, το άζωτο και ο φώσφορος. Αυτό εξηγείται ως εξής:

Κάθε υδάτινος φορέας, αλλά και τα ίδια τα απόβλητα, περιέχουν μικροοργανισμούς που καταναλώνουν τα οργανικά συστατικά των αποβλήτων, καθώς και το άζωτο και το φώσφορο, για να τραφούν και πολλαπλασιαστούν. Αυτό όμως το κάνουν καταναλώνοντας παράλληλα το οξυγόνο που βρίσκεται στο νερό του φορέα μέχρι να το εξαφανίσουν τελείως. Το άζωτο και ο φώσφορος μπορεί να δημιουργήσουν το

λεγόμενο φαινόμενο του ευτροφισμού, που εκδηλώνεται με την υπερβολική ανάπτυξη των φυκιών στον υδάτινο φορέα.

## ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ

### -Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο

Το στοιχειακό οξυγόνο, που χρησιμοποιείται για την βιομηχανική αποδόμηση των οργανικών ουσιών των λυμάτων από αερόβιους μικροοργανισμούς, ονομάζεται **Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOA ή αγγλικά BOD)** και αποτελεί μέτρο για την εκτίμηση της "πυκνότητας" των λυμάτων από την πλευρά των ενοχλήσεων, που μπορεί να προκαλέσει το οργανικό φορτίο τους στο περιβάλλον.

Πρώτος ο **Frakland** το **1868** χρησιμοποίησε ένα είδος **BOD** στηνελέγχου προσπάθειά του να εκτιμήσει το ρυπεντικό φορτίο του ποταμού Τάμεση, αλλά η κατανάλωση διαλυμένου οξυγόνου από τους μικροοργανισμούς επροτάθηκε αργότερα, το **1884**, ενώ η συστηματική χρήση του **BOD** έγινε το **1912-3** από ειδική Βρετανική Επιτροπή (**British Royal Commission On Disposal**).

Ο ρυθμός της βιομηχανικής αποδομήσεως εξαρτάται μεταξύ άλλων και από τη θερμοκρασία. Για συνήθη αστικά λύματα σε **20 °C** χρειάζεται χρονικό διάστημα αρκετών ημερών (ίσως **70-90**) για τη πλήρη αποδόμηση. Η οξείδωση αυτή των οργανικών ουσιών γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο αποδομούνται κυρίως οι ενώσεις του άνθρακα, ενώ στο δεύτερο που αρχίζει γύρω στην **10<sup>η</sup>** μέρα σε (**20°C**), όταν έχουν πια αναπτυχθεί αρκετά τα νιτροβακτήρια, οξειδώνονται οι αζωτούχες ενώσεις (νιτροποίηση), που έχουν κυρίως απομείνει παράλληλα με τα υπολείμματα του άνθρακα.

Σαν μέτρο χρησιμοποιείται το απαιτούμενο οξυγόνο πρώτων **5** ημερών σε **20°C BOD<sub>5</sub>** που αντιπροσωπεύει τα **2/3** περίπου (**68%**) του απαιτούμενου συνολικά (τελικό) για τη **1<sup>η</sup>** φάση (ενώσεις του άνθρακα) και εκφράζεται, είτε σαν συγκέντρωση (πχ σε **mg/l=g/m<sup>3</sup>**), είτε σαν φορτίο (πχ σε **g ή kg ή t/ημ**).

## ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Για ένα ορισμένο δείγμα λυμάτων η μεταβολή θερμοκρασίας επηρεάζει τόσο την τιμή του ολικού **BOD (L)** (οξειδωσιμότητα των οργανικών ουσιών) όσο και το ρυθμό της αντιδράσεως **k**.

## ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ

Η μέση τιμή του **BOD<sub>5</sub>** για κάθε άτομο εκτιμάται περίπου σε **BOD<sub>5</sub>=54gr/άτ.ημ.**(Ευρώπη)

Σε άλλες περιοχές (πόλεις ΗΠΑ) υπολογίζεται σε:

**BOD<sub>5</sub>=60gr/άτ.ημ.**(χωριστικό σύστημα αποχετεύσεως)

**BOD<sub>5</sub>=80gr/άτ.ημ.**(κύμανση **75-90**, παντοροϊκό σύστημα χωρίς διάθεση αλεσμένων απορρυμάτων).

Αν διαρεθεί το ολικό **BOD<sub>5</sub>/ημ.** μιας πηγής ρυπάνσεως (βιομηχανία, κτηνοτροφική μονάδα κλπ) με το ποσό, που αντιστοιχεί σε κάθε άτομο (**54gr/άτ.ημ.**), λαμβάνεται το πληθυσμιακό ισοδύναμο της πηγής (**population equivalent, P.E**), από άποψη οργανικού φορτίου.

## ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ

Αν στα απόβλητα υπάρχουν ουσίες, που αποδομούνται δύσκολα βιολογικά (πχ κυταρίνη) ή είναι απαγορευτικές για τη ανάπτυξη των σαπροφυτικών οργανισμών ή ακόμη τοξικές, το **BOD<sub>5</sub>** παρουσιάζεται μειωμένο, παρότι υπάρχουν οργανικές ουσίες, όπως μπορεί να συμβεί με τα βιομηχανικά απόβλητα.

Για την εκτίμηση του απαιτούμενου οξυγόνου, ανεξάρτητα από την βιοαποδομησιμότητα των αποβλήτων, γίνεται χημική οξείδωση των οργανικών ουσιών.

Η ποσότητα του οξειδωτικού παράγοντα, που χρειάζεται για την οξείδωση των οργανικών ουσιών των αποβλήτων με εργαστηριακά μέσα, ονομάζεται χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (ΧΑΟ ή αγγλικά **COD**).

Συνήθως χρησιμοποιείται σαν οξειδωτικό μέσο το διχρωμικό κάλιο σε θερμοκρασία βρασμού για **2** ώρες με παρουσία καταλύτη (θειούχος άργυρος).

Ο έλεγχος του **COD** αναπτύχθηκε πρώτα από τον **Forchamer** το **1849** με χρησιμοποίηση υπερμαγγανικού καλίου σαν οξειδωτικό παράγοντα.

Η σχέση **BOD<sub>5</sub>/COD** για οικιακά λύματα κυμαίνεται από **1:1,25** έως **1:2,5** (Αθήνα **1:1,25**), αλλά για τα βιομηχανικά απόβλητα μπορεί να φτάσει **1:10** ή και περισσότερο.

### **ΑΛΛΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΚΦΡΑΣΕΩΣ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ**

Εκτός από το **BOD<sub>5</sub>** και **COD**, το οργανικό φορτίο των αποβλήτων μπορεί να εκφραστεί και με άλλες παραμέτρους όπως:

- Θεωρητικά απαιτούμενο οξυγόνο (**Th.OD**)
- Συνολικά απαιτούμενο οξυγόνο (**TOD**)
- Θεωρητικός οργανικός άνθρακας (**Th.OC**)
- Συνολικός οργανικός άνθρακας (**TOC**)

Για οικιακά λύματα η σχέση **BOD/TOC** κυμαίνεται συνήθως από **1:1** έως **1:1,25**.

## ΣΤΕΡΕΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

Η φυσική εμφραση των λυμάτων (θολότητα, χρώμα) εξαρτάται από τις περιεχόμενες ουσίες, αιωρούμενες και διαλυμένες.

Ειδικότερα:

- F** Το σύνολο των περιεχομένων στερεών ουσιών (συνολικά στερεά, **total solids, TTS**) προσδιορίζεται με εξάτμιση (σε **103°C**) και ζύγισμα (ορισμένες πτητικές ουσίες φεύγουν με την εξάτμιση).
- F** Με καύση (πύρωση) του στερεού υπολείμματος (σε **550°C**) προσδιορίζονται τα σταθερά και τα πτητικά συνολικά στερεά (**fixed and volatile solids**). Κατά την πύρωση οξειδώνονται πρακτικά όλες οι οργανικές ουσίες, επομένως η απώλεια σε καύση, που προσδιορίζει τα πτητικά στερεά, αποτελεί μέτρο των οργανικών ουσιών. Πάντως με την καύση φεύγουν σαν πτητικά και ορισμένα ανόργανα συστατικά.
- F** Τα περιεχόμενα στα λύματα στερεά (ανόργανα και οργανικά) διακρίνονται σε αιωρούμενα και διαλυμένα (**suspended and dissolved solids, SS, DS**). Σαν αιωρούμενα στερεά ορίζονται όσα συγκρατούνται με διύλιση από ορισμένο ηθμό. Η διαφορά μεταξύ συνολικών και αιωρούμενων δίνει τα διαλυμένα (**TTS-SS=DS**).
- F** Τα αιωρούμενα στερεά διακρίνονται σε καθιζάνοντα και μη καθιζάνοντα (**settleable and non settleable solids**). Σαν καθιζάνοντα ορίζονται τα αιωρούμενα, που καθιζάνουν σε ορισμένο χρόνο (πχ **60'**). Η διαφορά των καθιζανόντων από τα αιωρούμενα δίνει τα μη καθιζάνοντα.

Τα αιωρούμενα στερεά είναι το κύριο αίτιο της θολότητας (αντιαισθητική εμφάνιση) ενώ τα καθιζάνοντα αντιπροσωπεύουν το τμήμα των αιωρούμενων, που απομακρύνεται εύκολα με απλή καθίζηση και επομένως δίνουν μια ένδειξη της δυνατότητας καθαρισμού.

Τα διαλυμένα στερεά αποτελούνται από τα κολλοειδή και τα πραγματικά διαλύματα.

Τα ενδεικτικά μεγέθη των διαφόρων κατηγοριών κατηγοριών στερεών είναι:

Θ Αιωρούμενα διαμ.  $D \geq 0,1-1,0$  (μικρό)

Θ Κολλοειδή διαμ.  $D \geq 1\mu - (0,1-1,00)\mu$

Θ Διαλυμένα διαμ.  $D \geq (0,2-0,3)\mu - 1\mu$   
 $(1\mu = 1/1000\mu \text{ ή } 10^{-7}\text{cm} = 10)$

## ΤΟΞΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

Οι τοξικές ουσίες των λυμάτων προέρχονται κυρίως από τις διάφορες βιομηχανίες, που αποχετεύονται στο δίκτυο υπονόμων (χαλκός, μόλυβδος, άργυρος, χρώμιο, αρσενικό, βόριο, νικέλιο, κάδμιο, υδράργυρος, κวานιούχα, φαινόλες, πετροχημικά, **DDT, PCB's** κλπ). Επηρεάζουν δυσμενώς τη ζωή στους αποδέκτες (επιφανειακά νερά, έδαφος) και με την τροφική αλυσίδα μπορεί να φθάσουν μέχρι τα ανώτερα ζώα και τον άνθρωπο με επιβλαβείς για τη δημόσια υγεία (νόσος **Minamata** από υδράργυρο). Η εξουδετέρωση των τοξικών ουσιών πρέπει κατά κανόνα να γίνει στην πηγή τους (βιομηχανία).

## ΒΑΘΜΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Μια ΕΕΑΑ χαρακτηρίζεται από τον βαθμό καθαρισμού, ο οποίος καθορίζεται από το ποια από τα βλαβερά συστατικά που αναφέρθηκαν προηγουμένως απομακρύνει. Τα ογκώδη στερεά και η άμμος απομακρύνονται σχεδόν πάντα σε μια ΕΕΑΑ, οπότε ο καθαρισμός χαρακτηρίζεται ως Πρωτοβάθμιος. Ο Δευτεροβάθμιος ή και ο αποκαλούμενος Βιολογικός Καθαρισμός αποσκοπεί στην απομάκρυνση και των οργανικών συστατικών και συχνά των παθογόνων μικροοργανισμών. Ο Τριτοβάθμιος απομακρύνει και τα θρεπτικά στοιχεία (φώσφορο και άζωτο).



## **ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΛΥΜΑΤΩΝ**

Η επεξεργασία καθαρισμού λυμάτων αποβλέπει στην απομάκρυνση, εξουδετέρωση ή κατάλληλη τροποποίηση των επιβλαβών χαρακτηριστικών τους, ώστε να εξαλειφθούν ή να ελαττωθούν σε αποδεκτό επίπεδο οι δυσμενείς για τον τελικό αποδέκτη (έδαφος, επιφανειακά νερά κλπ).

Τα αστικά λύματα, αν δεν περιέχουν με γάλο ποσοστό βιομηχανικών αποβλήτων, είναι σχετικά σταθερής ποιότητας και μπορούν να υποβληθούν σε τυποποιημένες μεθόδους επεξεργασίας καθαρισμού με δοκιμασμένα ικανοποιητικά αποτελέσματα.

Αντίθετα τα βιομηχανικά απόβλητα παρουσιάζουν ιδιαίζοντα χαρακτήρα και ποικίλα ποιοτήτων. Περιέχουν πολλές φορές δύσκολα βιοαποδομήσιμες ή τοξικές ουσίες, που παρεμποδίζουν την κανονική ανάπτυξη του βιολογικού παράγοντα. Γι'αυτό είναι πολλές φορές απαραίτητο τα βιομηχανικά απόβλητα, προτού οδηγηθούν στο γενικό συλλογής, να υποστούν μέσα στο εργοστάσιο ειδική προεπεξεργασία για την απομάκρυνση ή εξουδετέρωση των ανεπιθύμητων ειδικών χαρακτηριστικών.

## **ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Οι διάφορες μέθοδοι καθαρισμού των λυμάτων (εκτός από τις καθαρά χημικές) αποτελούν απομίνηση με ελεγχόμενες ευνοϊκές συνθήκες των διαφόρων διεργασιών, που γίνονται στη φύση, όταν διαθέτουν υγρά απόβλητα.

Οι πιο συνηθισμένες διαδικασίες καθαρισμού, που εμφανίζονται είναι:

**@Σχάρισμα ή άλεση:** για τα χονδρά υλικά.

**@ Αμμοσυλλογή:** για τα βαριά, κυρίως αδρανή, υλικά (άμμος, χαλίκια, σπόροι).

**@ Εάφρισμα – λιποσυλλογή:** για τα επιπλέοντα υλικά (λάδια, λίπη, λεπτά υλικά κλπ).

- @ Καθίζηση:** για την απομάκρυνση μέρους των αιωρούμενων λεπτών στερεών. Η καθίζηση διακρίνεται συνήθως σε απλή (πρωτοβάθμια), με χημική υποστήριξη (κροκίδωση), μετά από βιολογική επεξεργασία (δευτεροβάθμια).
- @ Διύλιση:** είναι η μηχανική καταρχήν επεξεργασία, που εφαρμόζεται σε ορισμένες περιπτώσεις (άρδευση, αμμοδιωλιστήριο) για τα πολύ λεπτά υλικά, αλλά συνδυάζεται ταυτόχρονα με βιολογική αποδόμηση των οργανικών με την βοήθεια του εδαφικού οξυγόνου.
- @ Κροκίδωση (χημική):** για τακολλοειδή υλικά (οργανικά και ανόργανα).
- @ Βιολογική επεξεργασία:** για τα πολύ λεπτά ή διαλυμένα οργανικά υλικά.
- @ Χημική επεξεργασία:** για τα διαλυμένα ανόργανα συστατικά (οξέα, άλατα).
- @ Απολύμανση:** για τους παθογόνους παράγοντες.

Διευκρινίζεται σε κάθε περίπτωση καθαρισμού αποβλήτων δεν εφαρμόζονται ταυτόχρονα όλες οι πιο πάνω επεξεργασίες, αλλά ο πιο κατάλληλος για την άποψη περίπτωση συνδιασμός, που η εκλογή του γίνεται από τον ειδικό μελετητή με βάση την εκτίμηση και ανάλογα με την ποιότητα και ποσότητα των αποβλήτων, την αφομοιωτική ικανότητα και τις επιθυμητές χρήσεις του αποδέκτη της τελικής απορροής, την οικονομικότητα, τις τοπικές συνθήκες και την ακολουθούμενη γενικά τοπική πολιτική για το περιβάλλον κλπ και πάντα μέσα στα πλαίσια διασφάλισης της δημόσιας υγείας και γενικότερα της προστασίας του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής.

## **ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ**

Από την πρακτική εφαρμογή των διαφόρων συνδιασμών των διαδικασιών επεξεργασίας των αστικών λυμάτων έχουν διαμορφωθεί τρία κυρίως βασικά στάδια καθαρισμού, που εκφράζουν φραστικά το βαθμό της καθαρότητας της τελικής απορροής:

## **ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ**

Οι βασικές μονάδες σε μια ΕΕΑΑ με πρωτοβάθμιο καθαρισμό είναι εσχάρες (μια σειρά από μεταλλικές ράβδους στις οποίες συγκρατούνται τα ογκώδη στερεά) και οι εξαμμωτές (ειδικά σχεδιασμένες δεξαμενές στις οποίες δημιουργούνται κατάλληλες συνθήκες ροής που προκαλούν την καθίζηση της άμμου σε αυτές). Συχνά οι εξαμμωτές περιέχουν και διατάξεις για την απομάκρυνση ελαίων και λιπών που περιέχονται σε απόβλητα

## **ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ**

Μια ΕΕΑΑ με βιολογικό ή δευτεροβάθμιο καθαρισμό επιτυγχάνει όχι μόνο πρωτοβάθμιο αλλά και δευτεροβάθμιο καθαρισμό, δηλαδή σχεδόν πλήρη απομάκρυνση (μεγαλύτερη από **95%**) των οργανικών συστατικών. Αυτό πετυχαίνεται με την πραγματοποίηση βιοχημικών διεργασιών με ελεγχόμενο τρόπο σε ειδικές γι' αυτό το σκοπό δεξαμενές.

Στις δεξαμενές αυτές δίνονται οι ιδανικές συνθήκες – οργανικά συστατικά αποβλήτων και οξυγόνο – έτσι ώστε οι ήδη υπάρχοντες μικροοργανισμοί, χρησιμοποιώντας ως τροφή τα οργανικά συστατικά και με βοήθεια από το οξυγόνο, να αναπτυχθούν περισσότερο και να πάρουν την θέση των βλαβερών οργανικών συστατικών. Οι μικροοργανισμοί αυτοί (κυρίως βακτηρίδια), όχι μόνο δεν είναι βλαβεροί αλλά αποτελούν και το εργαλείο καθαρισμού σε μια ΕΕΑΑ.

Το οξυγόνο παρέχεται στους μικροοργανισμούς τεχνητά με διατάξεις αερισμού, που καλούνται αεριστήρες, οπότε και οι δεξαμενές ονομάζονται δεξαμενές αερισμού. Το μίγμα των μικροοργανισμών και της τροφής αποτελούν την καλούμενη ενεργό ίλυ, οπότε και η μέθοδος αυτή του βιολογικού καθαρισμού καλείται μέθοδος ενεργού ιλύος.

Η ίλυ αυτή απομακρύνεται από την μάζα των απόβλητων, αφήνοντας τα απόβλητα να περάσουν σε δεξαμενές καθίζησης, όπου η ίλυς καθιζάνει και συλλέγεται στον πυθμένα των δεξαμενών, ενώ τα καθαρισμένα απόβλητα υπερχειλίζουν από την περιφέρεια των δεξαμενών. Μετά την δευτεροβάθμια επεξεργασία τα καθαρισμένα απόβλητα μπορεί να διατεθούν ακίνδυνα στον υδάτινο αποδέκτη εφόσον ο αποδέκτης δεν

κριθεί ότι είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος, ώστε να απαιτείται τριτοβάθμια επεξεργασία. Τα καθαρισμένα πλέον απόβλητα υφίστανται μόνο τη διεργασία της απολύμανσης, συνήθως με χλωρίωση (με την προσθήκη απολυμαντικού χλωρίου), για την εξόντωση των παθογόνων μικροοργανισμών, σε επιμήκεις δεξαμενές και διοχετεύονται πλέον κανένα φόβο στον αποδέκτη.

### **ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ**

Τριτοβάθμια επεξεργασία πραγματοποιείται σε μια ΕΕΑΑ όταν τα επεξεργασμένα απόβλητα διοχετεύονται σε αποδέκτη, όπου είναι πιθανή η δημιουργία συνθηκών ευτροφισμού ή όταν αναμένονται λειτουργικά προβλήματα στην ΕΕΑΑ, όπως π.χ. η ανύψωση του φωσφόρου ή και του αζώτου με βιολογικές μεθόδους ή/και με την χρήση χημικών.

Αυτός ακολουθεί τα προηγούμενα στάδια και συμπυκνώνεται με την απομάκρυνση κυρίως του αζώτου (με την μορφή της αμμωνίας,  $\text{NH}_3$  ή των νιτρικών,  $\text{NO}_3$ ) και του φωσφόρου ( $\text{PO}_4$ ), είτε για την αντιμετώπιση των κινδύνων ευτροφισμού του τελικού αποδέκτη (λίμνη, θάλασσα), είτε και για επεναχρησιμοποίηση της τελικής απορροής για δευτερεύουσες χρήσεις ή ακόμη και για ύδρευση, ύστερα από πιο πέρα επεξεργασία (ενεργό άνθρακα, απολύμανση).

Οι εφαρμοζόμενες διαδικασίες είναι φυσικές (πχ αερισμός για  $\text{NH}_3$  ή αντίστροφη ώσμωση για  $\text{NO}_3$  και  $\text{PO}_4$ ) ή χημικές (ιζηματοποίηση για  $\text{PO}_4$ ) ή βιολογικές (ανάπτυξη μικροφυκών, απονιτροποίηση).

Και στα τρία στάδια καθαρισμού μπορεί να εφαρμοστεί μόνιμα ή περιοδικά απολύμανση της τελικής απορροής, συνήθως με χλωρίωση, αν κριθεί απαραίτητη, λόγω της φύσεως των αποβλήτων (νοσοκομειακά) ή των ειδικών χρήσεων του αποδέκτη (ύδρευση, αλιεία οστρακοδερμών κολύμβηση, άρδευση κλπ).

Η χλωρίωση ελαττώνει μερικά τις οργανικές ουσίες (**BOD**) και κυρίως το μικροβιακό φορτίο (μέχρι **99%**).

## ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ

Οι συμβατικές εγκαταστάσεις καθαρισμού των λυμάτων, εφόσον μελετηθούν και κατασκευασθούν σωστά γίνεται κανονική παρακολούθηση της λειτουργίας από υπεύθυνο και έμπειρο προσωπικό με τακτικό εργαστηριακό έλεγχο των διαφόρων σταδίων επεξεργασίας, έχουν ικανοποιητική απόδοση στην ελάττωση του ρυπαντικού φορτίου, χωρίς πάντως αυτό να παρερμηνεύεται και να σημαίνει, ότι έχουν εξουδετερωθεί τελείως όλοι οι κίνδυνοι για την δημόσια υγεία και το περιβάλλον γενικότερα.

Σαν παράμετροι αναφοράς για τον έλεγχο της αποδόσεως, λαμβάνονται συνήθως οι οργανικές ουσίες (**BOD<sub>5</sub>**), που σχετίζονται κυρίως με την ενόχληση λόγω δυσομίας – αν αποδομηθούν αναερόβια – τα αιωρούμενα στερεά (**SS**), που επηρεάζουν τη θολότητα και την αισθητική εμφάνιση και τα κολοβακτηριδοειδή, που αποτελούν δείκτες μόλυνσεως και σχετίζονται άμεσα με την δημόσια υγεία.

## ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ

### ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Σκοπός της σχάρας είναι να συγκρατήσει τα παρασυρόμενα σχετικά μεγάλα υλικά, για να προφυλάξει τις επόμενες εγκαταστάσεις από μηχανικές εμφράξεις και φθορές.

Οι σχάρες αποτελούνται συνήθως από παράλληλες σιδερένιες ράβδους με διάκενα και διακρίνονται σε:

- Χονδρές με καθαρά ανοίγματα **40-150mm**.
- Μέσες με καθαρά ανοίγματα **20-40mm**.
- Λεπτές με καθαρά ανοίγματα **5-20mm**.

Η ταχύτητα προσεγγίσεως των λυμάτων στις σχάρες πρέπει να μην είναι μικρότερη των **0,3-0,5m/sec**, ενώ η ταχύτητα διελεύσεως μέσα από τα κενά μεγαλύτερη από **0,7-1,0m/sec**.

Οι σχάρες είτε καθαρίζονται με τσουγκράνα, οπότε η κλίση τους είναι περίπου **30** με το έδαφος, είτε αυτόματα (μηχανικά), οπότε είναι σχεδόν κατακόρυφες.

Η διάθεση των σχαρισμάτων γίνεται με ταφή, χώνευση, καύση, διάθεση με τα απορρίματα ή με άλεση.

### Πολτοποίηση

Σαν συμπλήρωμα του απλού σχαρισμού χρησιμοποιείται πολλές φορές η άλεση, που τεμαχίζει μηχανικά τα σχαρίσματα και ακολουθούν την πορεία λυμάτων και έτσι δεν υπάρχει πρόβλημα διαθέσεως.

### Λεπτό Κοσκίνισμα

Στην θέση της σχάρας έχει χρησιμοποιηθεί παλιότερα (**1920**) για πρωτοβάθμια επεξεργασία είδος κοσκίνου με μορφή κεκλιμένου δίσκου ή τυμπάνου από χάλκινο ή ορειχάλκινο φύλλο με σχισμές **0,8-3mm** περίπου.

Τα νεώτερα κόσκινα με μορφή δίσκου ή τυμπάνου αποτελούνται από πλέγμα ανοξείδωτο σύρμα ή νήμα με ανοίγματα **0,23-3,3mm**.

Τοποθετούνται μισοβυθισμένα στα σπόβλητα και περιστρέφονται αργά (**4στρ./1'**) γύρω από οριζόντιο άξονα. Τα σχαρίσματα, προσκολλώνται στην επιφάνεια, απομακρύνονται με εξακόντιση νερού ή επεξεργασμένων αποβλήτων. Έχουν χρησιμοποιηθεί πολύ για βιομηχανικά απόβλητα. Οι σχάρεις, όπως και κάθε άλλη μονάδα, συμπληρώνονται με παρακαμπτήρια γραμμή για περίπτωση εμφράξεως ή συντηρήσεως.

### **ΑΜΜΟΣΥΛΛΕΚΤΗΣ (grit chamber)**

Σκοπός του αμμοσυλλέκτη είναι να συγκρατήσει τα παρασυρόμενα υλικά με μεγάλο ειδικό βάρος διαμετρήματος συνήθως πάνω από **0,15-0,2mm**, κυρίως ανόργανα (άμμος, σπόροι κλπ) για την προστασία των εγκαταστάσεων, που ακολουθούν από μηχανικές φθορές (αντλίες) ή εμφράξεις (σωληνώσεις) και κυρίως την αποφυγή του συχνού καθαρισμού της δεξαμενής χωνεύσεως από τα αδρανή ιζήματα.

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι αμμοσυλλεκτών, οι οριζόντιοι και οι αεριζόμενοι.

Οι οριζόντιοι αποτελούνται από ευθύγραμμο αυλάκι με οριζόντια ροή, όπου αντίστοιχη ταχύτητα διατηρείται σταθερή, ανεξάρτητα από την παροχή και την στάθμη πληρώσεως, με κατάλληλη μορφή της διατομής και τοποθέτηση στην έξοδο ειδικού εκχειλιστού. Για το σκοπό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί μεταξύ άλλων είτε ορθογωνικό αυλάκι με αναλογικό εκχειλιστή, είτε παραβολικό αυλάκι με ορθογωνικό εκχειλιστή. Στη δεύτερη περίπτωση για διευκόλυνση της κατασκευής το αυλάκι μπορεί να διαμορφωθεί με παραπλήσια τραπεζοειδή διατομή. Για την αποτελεσματική λειτουργία του αμμοσυλλέκτη παίζει σημαντικό ρόλο η προβλεπόμενη (σταθερή) οριζόντια και κατακόρυφη ταχύτητα μορίων. Οι αεριζόμενοι αμμοσυλλέκτες δημιουργούν με την κατάλληλη διάταξη του αερισμού ελικοειδή ροή των λυμάτων και μπορούν να εξασφαλίζουν με την ρύθμιση του αέρα σχεδόν πλήρη απομάκρυνση της άμμου, που ταυτόχρονα πλένεται καλά και απαλλάσσεται από τις οργανικές προσμίξεις.

Ο χρόνος παραμονής είναι συνήθως **3** λεπτά για την μέγιστη παροχή. Η ποσότητα της άμμου στους αμμοσυλλέκτες μπορεί να κυμαίνεται από **7,5-90 lit/1000m<sup>3</sup>** (μέση **30 lit/1000m<sup>3</sup>**) ή **5-15lit/ατ.χρ.**

Η άμμος που συλλέγεται στους οριζόντιους αμμοσυλλέκτες περιέχει πολλά οργανικά υλικά (**50%** και περισσότερο), γι' αυτό πρέπει να πλένεται προτού διατεθεί, εκτός αν ενταριασθεί και σκεπασθεί αμέσως.

### **ΛΙΠΟΣΥΛΛΕΚΤΗΣ - ΕΞΑΦΡΙΣΤΗΡΑΣ** **(skimming tank)**

Ο λιποσυλλέκτης διαμορφώνεται σαν παγίδα για την συγκράτηση των επιπλεόντων γενικά υλικών και ουσιών, μεταξύ των οποίων λίπη και λάδια. Δεν είναι πάντα απαραίτητος, αν δεν υπάρχει ιδιαίτερο πρόβλημα επιπλεόντων και η δεξαμενή καθιζήσεως έχει κατάλληλο μηχανισμό για τον εξαφρισμό. Πάντως σε μονάδες με σχετικά μεγάλες ποσότητες λίπους (εστιατόρια, σφαγεία βιομηχανίες λιπαρών τροφίμων κλπ) τοποθετούνται συνήθως λιποσυλλέκτες αμέσως μετά την εγκατάσταση. Η χωρητικότητά τους υπολογίζεται με χρόνο παραμονής **3-5** λεπτά και με δυναμικότητα αποθηκείσεως **40lit** λίπους ανα **lit/sec** παροχής. Η θερμοκρασία στην έξοδο πρέπει να είναι μικρότερη από **35°C**. Η απόδοση φθάνει τα **80-90%** στη συγκράτηση του λίπους που πρέπει να απομακρύνεται τακτικά.

Σε εγκαταστάσεις με λάδια ή εύφλεκτα υγρά (σταθμοί αυτοκινήτων, καθαριστήρια, διύλιστήρια πετρελαίου κλπ) χρησιμοποιούνται ειδικοί ελαιοδιαχωριστήρες.

Τέλος σε μεγάλες μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο αεριζόμενος εξαφριστήρας, που εξασφαλίζει μαζί με την καλύτερη απομάκρυνση των επιπλεόντων και είδος προαερισμού των αποβλήτων.

Παλαιότερα ο χρόνος προαερισμού ήταν **3-5** λεπτά με κατανάλωση αέρα **220lit/m<sup>3</sup>** λυμάτων, τώρα όμως κυμαίνεται από **10'-45'** με κατανάλωση αέρα **0,75-3,0 lit/m<sup>3</sup>** λυμάτων.

Ο όγκος των εξαφρισμάτων των αστικών λυμάτων κυμαίνεται από **0,1-5 lit/ατ.χρ.**



## ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ

### **Δεξαμενή Πρωτοβάθμιας Καθιζήσεως (Primary sedimentation tank)**

#### **A. Αρχή Λειτουργίας.**

Η δεξαμενή καθιζήσεως αποτελεί την πρώτη βασική μονάδα καθαρισμού ύστερα από την προκαταρκτική επεξεργασία στις προηγούμενες εγκαταστάσεις. Η αρχή λειτουργίας της στηρίζεται στη σημαντική ελάττωση της τζχύτητας ροής των λυμάτων, οπότε ελαττώνεται και η συρτική ικανότητα, με αποτέλεσμα τα μεγαλύτερα και βαρύτερα αιωρούμενα (όχι διαλυμένα) υλικά να καθιζάνουν στον πυθμένα.

#### **B. Μορφή και Διαστάσεις**

Οι δεξαμενές ξαθιζήσεως έχουν συνήθως μορφή, είτε ορθογωνική με ροή των υγρών κατά μήκος της μεγάλης πλευράς, είτε κυκλική με ακτινωτή ροή από το κέντρο στην περιφέρεια, είτε τέλος ανεστραμμένη κωνική με λοξή ροή από την κορυφή προς τα πάνω και έξω.

Οι ορθογωνικές δεξαμενές κατασκευάζονται με μήκη μέχρι **90m** (συνήθως **30m**) και πλάτος μέχρι **25m**, ενώ οι κυκλικές με διάμετρο μέχρι **60m** (συνήθως **12-30m**).

Τα βάθη εκλέγονται συνήθως **2-4(5)m**.

Στις ορθογωνικές δεξαμενές ισχύουν οι σχέσεις:

$$\text{Μήκος/πλάτος} = l/d = 4/1 - 8/1 \quad \text{και} \quad \text{μήκος/βάθος} = l/d = 11,5/1$$

Ο πυθμένας κατασκευάζεται με κλίση περίπου **1%** για τις ορθογωνικές και **8-12%** για τις κυκλικές.

Ο χώρος συγκεντρώσεως της λάσπης έχει κλίση πλευρών κατ.:οριζ= **1,2:1-2:1**.

#### **Γ. Απόδοση, Χρόνος Συγκρατήσεως**

Εφόσον η δεξαμενή μελετηθεί καλά και λειτουργεί κανονικά, απομακρύνει σημαντικό ποσοστό από τα αιωρούμενα στερεά (**40-70%**) και ελαττώνει αρκετά το **BOD<sub>5</sub>** (**25-40%**, με συνηθισμένο ποσοστό **35%**) ανάλογα με το χρόνο συγκρατήσεως.

Ο χρόνος αυτός εκλέγεται συνήθως **t=V/Q=1,5-3(h)**, όπου **Q** η μέγιστη παροχή. Αν ακολουθεί βιολογική επεξεργασία, μπορεί να

ελαττωθεί (πχ **1h**), αλλά η δευτεροβάθμια δεξαμενή πρέπει να έχει τουλάχιστον **t=1,5h**

#### Δ.Απομάκρυνση της λάσπης

Η λάσπη, που καθιζάνει στον πυθμένα, έχει σημαντικό οργανικό φορτίο, γι' αυτό πρέπει να απομακρύνεται συνεχώς με μηχανικό σαρωθρο (αλυσίδα με ζεστα) ή με άλλον αποτελεσματικό τρόπο, γιατί αν παραμένει, μετά από λίγες ώρες (**3-4** το καλοκαίρι) θα αρχίσει η αναερόβια αποδόμηση και η δημιουργία σοβαρών δυσοσμίων. Το σάρωμα της λάσπης γίνεται αντίθετα στη ροή των υγρών και συνήθως με ταχύτητα **1-2cm/sec**, αν και έχει χρησιμοποιηθεί ταχύτητα **0,5cm/sec** σε εγκαταστάσεις δραστικής λάσπης. Ταυτόχρονα με τη λάσπη ο ίδιος μηχανισμός αφαιρεί συνήθως και τα επιπλέοντα υλικά από την δεξαμενή (ξάφρισμα). Η είσοδος και έξοδος των υγρών στη δεξαμενή πρέπει να γίνεται ομοιόμορφα με εγκάρσιο αυλάκι αρκετού μήκους, ώστε να εξασφαλίζεται μικρή ταχύτητα υπερχειλίσεως.

#### Ε.Επιφανειακή Φόρτιση

Ιδεατή Δεξαμενή.

Σε μια δεξαμενή καθιζήσεως διακρίνονται οι ζώνες εισόδου, καθιζήσεως, λάσπης (ιζήματος) και εξόδου. Το επιφανειακό μόριο  $M$ , που κατά τη διάρκεια του χρόνου συγκρατήσεως  $t$  καθιζάνει στο τέρμα της διαδρομής, έχει ταχύτητα καθιζήσεως:  **$U_k = Q/F$** .

Η ταχύτητα αυτή εκφράζει την επιφανειακή φόρτιση ή την ταχύτητα υπερχειλίσεως της δεξαμενής.

Θεωρητικά όλα τα μόρια της ζώνης καθιζήσεως, που έχουν ταχύτητα  **$U > U_k$** , ανεξάρτητα από το ύψος εισόδου, καθιζάνουν τελικά στον πυθμένα. Τα μόρια όμως  $\mu$ , με ταχύτητα καθιζήσεως  **$U_\mu < U_k$** , μπορούν να απομακρυνθούν μόνο αν βρίσκονται σε αρχικό ύψος  **$h < U_\mu t$** .

Για κάθε μέγεθος μορίων (και για ανεμπόδιστη καθίζηση) η αποδοτικότητα της ιδεατής (ποσοστό καθιζήσεως) είναι ανεξάρτητη μόνο της ταχύτητας καθιζήσεως των μορίων και της επιφανειακής φορτίσεως ( **$Q/F$** ) και δεν επηρεάζεται από το βάθος της δεξαμενής και την οριζόντια ταχύτητα (χρόνος συγκρατήσεως). Οποσδήποτε όμως η οριζόντια ταχύτητα δε πρέπει να φθάσει την κρίσιμη τιμή της συρτικής ταχύτητας  **$U_s$** .

Συμπληρωματικά προκύπτει, ότι όλα τα μόρια με ταχύτητα  $U_m < U_k$  μπορεί να συκρατηθούν αν παρεμβληθούν ψευδοπυθμένες ή δίσκοι στη δεξαμενή. Όσο μεγαλώνει ο αριθμός των δίσκων, τόσο μπορεί να μικραίνει η ταχύτητα καιζήσεως. Πάντως κατασκευαστικοί περιορισμοί δεν επιτρέπουν πύκνωση των δίσκων.

Σημειώνεται ότι τα διύλιστήρια αποτελούν κατά κάποιο τρόπο δεξαμενή καθιζήσεως με μεγάλο αριθμό στοιχειωδών δίσκων. Επομένως δεν λειτουργούν μόνο σαν ηθμοί, αλλά και σαν μονάδες καθιζήσεως στους κόκκους του υλικού πληρώσεως (άμμου κλπ).

Στην ιδεατή δεξαμενή τα μόρια θεωρούνται μεμονωμένα χωρίς αλληλεπιδράσεις κατά την καθίζηση (πχ συνένωση λόγω κροκιδώσεως), με αποτέλεσμα να κινούνται με σταθερή τελική ταχύτητα καθιζήσεως μέχρι τον πυθμένα. Η ταχύτητα αυτή για μικρές τιμές του αριθμού **Reynolds ( $Re < 0,3-0,5$ )** υπολογίζεται, σύμφωνα με το νόμο του **Stokes**.

### **Z. Τύποι Καθιζήσεως.**

Στην πράξη ο τρόπος καθιζήσεως της ιδεατής δεξαμενής ισχύει μόνο στην περίπτωση αιωρημάτων με ξεχωριστά μεταξύ τους μόρια χωρίς φαινόμενα συνεννώσεως και αλληλεπιδράσεως. Με βάση τη συγκέντρωση και την τάση των μορίων να αντιδρούν μεταξύ τους διακρίνονται γενικά τέσσερις τύποι καθιζήσεως που απαντούν χωριστά ή όλοι μαζί.

**ΤΥΠΟΣ 1.** Απαντά σε αιωρήματα με μικρή συγκέντρωση στερεών, που καθιζάνουν σαν ξεχωριστά μόρια χωρίς αξιόλογη αλληλεπίδραση, όπως στην περίπτωση αραιού αδρανούς αιωρήματος σε ιδεατή δεξαμενή.

**ΤΥΠΟΣ 2.** Ανταποκρίνεται σε κολλοειδή διαλύματα, που συναυξάνονται και κροκιδώνονται, με αποτέλεσμα να αυξάνει προοδευτικά η ταχύτητα καθιζήσεως με το βάθος.

**ΤΥΠΟΣ 3.** Παρατηρείται σε κολλοειδή διαλύματα ενδιάμεσης συγκεντρώσεως, όπου τα μόρια διατηρούν λόγω αλληλεπιδράσεων σταθερές θέσεις μεταξύ τους (καθολική συσσωμάτωση) και το αιώρημα καθιζάνει σαν ενιαία μάζα με σχετικά σταθερή ταχύτητα.

**ΤΥΠΟΣ 4.** Η μορφή αυτή παρατηρείται, όταν τα μόρια λόγω μεγάλης συγκεντρώσεως διαμορφώνεται σε σχηματισμό, που για να καθιζήσει περισσότερο πρέπει να συμπιεσθεί.

### Υπολογισμός Της Συνολικής Καθιζήσεως.

Σε μια ιδεατή δεξαμενή το τυπικό αιώρημα των μορίων περιλαμβάνει μεγάλη ποικιλία μεγεθών, που καθιζάνουν με διαφορετικές ταχύτητες. Επομένως για τον προσδιορισμό της αποδόσεως της δεξαμενής και τον υπολογισμό της συνολικής καθιζήσεως που παρατηρούνται στο σύστημα. Ο υπολογισμός των ταχυτήτων μπορεί να γίνει με δύο τρόπους. Είτε με κοκκομετρική ανάλυση για τον προσδιορισμό του ποσοστού (σε βάρος) των μορίων διαφόρων διαμέτρων και με υπολογισμό της οριακής ταχύτητας για κάθε διάμετρο, είτε με χρησιμοποίηση στήλης καθιζήσεως (**setting column**). Με τον τρόπο αυτό υπολογίζεται και σχεδιάζεται η καμπύλη των διαφόρων ταχυτήτων καθιζήσεως, σε αντιστοιχία με το κλάσμα (ποσοστό) των μορίων, που έχουν μικρότερη ταχύτητα από τη σημειωμένη στον οριζόντιο άξονα.

### ΣΤ.Επεξεργασία Λάσπης.

Η λάσπη που συλλέγεται στη δεξαμενή καθιζήσεως (πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια), περιέχει σημαντικό οργανικό φορτίο και γι' αυτό πρέπει έγκαιρα να απομακρύνεται για την αποφυγή δημιουργίας αναερόβιων ζυμώσεων με αποτέλεσμα δυσοσμίες και χεοροτέρευση της ποιότητας της τελικής απορροής.

Η απομάκρυνση της λάσπης από τον ειδικό χώρο συγκεντρώσεως της δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθιζήσεως πρέπει να γίνεται τουλάχιστον μια φορά σε κάθε βάρδια (**3 φορές το 24ωρο**) και οπωσδήποτε συχνότερα τις θερμές εποχές. Η λάσπη υποβάλλεται συνήθως σε κατάλληλη επεξεργασία ανοργανοποίησης και αφυδατώσεως πριν από την τελική της διάθεση.

## ΣΗΠΤΙΚΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ (Septic Tank)

### -Χρήση και Μορφή

Η σηπτική δεξαμενή (ή σηπτικός βόθρος) χρησιμοποιείται κυρίως στα μικρά (ιδιωτικά) συστήματα αποχετεύσεως (κατοικίες, ιδρύματα κλπ) για την επεξεργασία των λυμάτων πριν από την τελική διάθεσή τους στο υπέδαφος (απορροφητικό βόθρο, υπεδάφιο απορροφητικό πεδίο κλπ) ή στο τυχόν ελαττωματικό δίκτυο αποχετεύσεως για τη μείωση του ρυπαντικού φορτίου.

Αποτελείται από μονοθάλαμη ή συνήθως διθάλαμη ορθογωνική δεξαμενή στην οποία γίνεται καθίζηση μέρους των αιωρούμενων στερεών και ταυτόχρονα αναερόβια χώνευση της λάσπης στον πυθμένα, όπου προβλέπεται ο απαραίτητος όγκος.

Τα διερχόμενα από πάνω λύματα, ενώ απαλλάσσονται από μέρος των αιωρούμενων στερεών και ταυτόχρονα αναερόβια χώνευση της λάσπης στον πυθμένα, όπου προβλέπεται ο απαραίτητος όγκος.

Τα διερχόμενα από πάνω λύματα, ενώ απαλλάσσονται από μέρος των αιωρούμενων στερεών, εμπλουτίζονται ταυτόχρονα με τεμάχια σηπόμενης λάσπης –που παρασύρονται στην επιφάνεια με τις φουσαλίδες- και με τα δύσομα αέρια της αποσυνθέσεως (**H<sub>2</sub>S**, **NH<sub>3</sub>**, **CH<sub>4</sub>**). Έτσι, ενώ η απορροή της σηπτικής δεξαμενής είναι βελτιωμένη από την καθίζηση, έχει επιβαρυνθεί με σηπτική χλωρίδα και αναδίδει δυσοσμία και γι' αυτό δεν μπορεί να διατεθεί επιφανειακά.

### -Χωρητικότητα και Διαστάσεις

Για τον υπολογισμό της χωρητικότητας της σηπτικής δεξαμενής λαμβάνονται υπόψη:

- Η μέση ημερήσια παροχή λυμάτων
- Ο χρόνος συγκρατήσεως, που λαμβάνεται συνήθως **24** ώρες για κατοικίες και μικρές εγκαταστάσεις, ενώ για μεγάλες μονάδες μπορεί να περιορισθεί σε **12** ή και **8** ώρες.
- Ο όγκος για την συγκέντρωση και χώνευση της λάσπης, που λαμβάνεται ίσος με **100** λίτρα το άτομο το χρόνο.

Σαν ελάχιστη χωρητικότητα της μονοθάλαμης δεξαμενής ορίζονται τα **2,0m<sup>3</sup>**, ενώ σε περίπτωση δεξαμενής με περισσότερα διαμερίσματα η χωρητικότητα του πρώτου δε πρέπει να είναι μικρότερη από τα **2/3** της ολικής χωρητικότητας ή των **2,0m<sup>3</sup>**.

Από απόψεως διαστάσεων το μήκος της δεξαμενής πρέπει να είναι **2-3** φορές το πλάτος και το βάθος τουλάχιστον **1,2m** με ελεύθερο από πάνω χώρο **0,3m**.

Η σηπτική δεξαμενή πρέπει να αερίζεται καλά για την ανεμπόδιστη απομάκρυνση των δύσοσμων και εύλεκτων αερίων της αποσυνθέσεως και να έχει κατάλληλα φρεάτια επιθεωρήσεως στην είσοδο και έξοδο των υγρών.

### -Θέση

Η σηπτική δεξαμενή συνιστάται να τοποθετείται κατά το δυνατό μακριά και προς τα κάτω από οποιαδήποτε πηγή υδρεύσεως. Ελάχιστη απόσταση ασφαλείας τουλάχιστον **15m** από πηγή ή πηγάδι υδρεύσεως και **1,0m** από τα όρια οικοπέδου ή θεμέλια κτιρίου.

Κατά την αφαίρεση της λάσπης συνιστάται να αφήνεται μικρή ποσότητα σαν ζύμη.

## Δεξαμενή Καθιζήσεως Imhoff

### A.Χρήση και Μορφή

Η δεξαμενή αυτή χρησιμοποιείται για μεγαλύτερες ιδιωτικές εγκαταστάσεις και η τελική απορροή μπορεί να διαθετεί τόσο στο υπέδαφος, όσο και σε επιφανειακές εγκαταστάσεις, γιατί διατηρείται νωπή και άσηπτη.

Μορφολογικά αποτελείται από επάλληλα διαμερίσματα: το θάλαμο καθιζήσεως και το θάλαμο χωνεύσεως, που επικοινωνούν με στενή σχισμή διαμορφωμένη ώστε να περνούν κάτω τα ιζήματα, χωρίς όμως να επηρεάζονται τα διερχόμενα λύματα από τις ανερχόμενες φυσαλλίδες με μικρά τεμάχια της σηπόμενης λάσπης, που οδηγούνται στους αεριοαγωγούς. Έτσι τα λύματα βγαίνουν από την δεξαμενή μετά από **2-6** ώρες καθίζηση χωρίς σηπτική επιβάρυνση (όπως συμβαίνει στη σηπτική δεξαμενή) και σχετικά διαυγή και άοσμα.

Η δεξαμενή **Imhoff** κατασκευάζεται συνήθως ορθογωνική ή και κυκλική σε κάτοψη. Το άνοιγμα της σχισμής πρέπει να είναι τουλάχιστον **12,5-15 εκ.** και η οριζόντια επικάλυψη των άκρων τουλάχιστον **10** ή προτιμότερο **15εκ.** Η οριζόντια επιφάνεια των αεριοαγωγών πρέπει να είναι τουλάχιστον **20%** ή κατά προτίμηση **25%** της ολικής επιφάνειας της δεξαμενής.

### **Β.Χωρητικότητα**

Για τον υπολογισμό του θαλάμου καθιζήσεως λαμβάνεται υπόψη η μέση ημερήσια παροχή λυμάτων και ο χρόνος καθιζήσεως **t=2-3** ώρες για μεγάλες δεξαμενές (εξυπηρέτηση πάνω από **500** άτομα) ή **t=5-6** ώρες για μικρές με επιφανειακή φόρτιση συνήθως **1m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h** για την μέση παροχή.

Η χωρητικότητα του θαλάμου χωνεύσεως μετριέται **0,4m**, κάτω από τη σχισμή και υπολογίζεται τουλάχιστον για **100λιτ./άτ.**

Για τη θέση ισχύουν τα ίδια με τη σηπτική δεξαμενή.

### **Γ.Συντήρηση**

Οι ακαθαρσίες και τα λίπη, που συγκεντρώνονται στην επιφάνεια του θαλάμου καθιζήσεως, πρέπει να αφαιρούνται τακτικά. Κάθε βδομάδα πρέπει να ελέγχεται η σχισμή και να καταστρέφεται ή απομακρύνεται ο επίπαγος, που σχηματίζεται στους αεριοαγωγούς, για να μην παρεμποδίζεται η έξοδος των αερίων.

Η λάσπη θα αφαιρείται από το θάλαμο χωνεύσεως, όταν φθάσει **0,45m** κάτω από τη σχισμή. Κάθε φορά συνίσταται να αφαιρείται η μισή περίπου ποσότητα λάσπης, έτσι ώστε να παραμένει αρκετή ποσότητα για εμολιασμό.

## **ΕΠΙΠΛΕΥΣΗ (flotation)**

### **Εφαρμογή**

Η επίπλευση χρησιμοποιείται πρωτίστως για την επεξεργασία ακάθαρτων υγρών με μεγάλη ποσότητα βιομηχανικών αποβλήτων, που μεταφέρουν σημαντικό φορτίο από λεπτά αιωρούμενα υλικά και λίπη (βυρσοδεφεία, διύλιστήρια πετρελαίου, κονσερβοποιεία τροφίμων, σφαγεία, πλυντήρια κλπ). Επίσης είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για απόβλητα, που δημιουργούν αφρό.

Γενικά τα αιωρούμενα στερεά με ειδικό βάρος λίγο μεγαλύτερο από **1,0**, που θα απαιτούσαν ιδιαίτερα μακροχρόνια καθίζηση, μπορεί να απομακρυνθούν σε πολύ συντομότερο χρόνο με την επίπλευση.

Η επίπλευση συνίσταται στην εισαγωγή λεπτών φυσαλλίδων –συνήθως ατμοσφαιρικού- αέρα στα απόβλητα, που προσκολλώνται στα αιωρούμενα σωματίδια και δημιουργούν, σαν πλωτήρες, αρκετή άνωση, ώστε να τα ανεβάσουν στην επιφάνεια. Έτσι μπορεί να ανέβουν μόρια με ειδικό βάρος μεγαλύτερο από το υγρό, αλλά επίσης να επιταχυνθεί η άνοδος μορίων με μικρότερο ειδικό βάρος (πχ λίπη).

### **Είδη**

Η επίπλευση, που εφαρμόζεται στην επεξεργασία των αποβλήτων, εισάγει τις φυσαλλίδες του αέρα με τρεις μεθόδους:

**ΰ** Αερισμός με ατμοσφαιρική πίεση (επίπλευση αέρα)

**ΰ** Εισαγωγή αέρα στο υγρό, που βρίσκεται υπό πίεση και έχει αυξημένη δυνατότητα διαλύσεως και στη συνέχεια διακοπή της πίεσεως και διαφυγή του υπερχορεσμένου διαλυμένου αέρα (επίπλευση διαλυμένου αέρα).

**ΰ** Κορεσμός με αέρα σε ατμοσφαιρική πίεση και στη συνέχεια εφαρμογή κενού στο υγρό (επίπλευση κενού).

Σε όλα τα συστήματα επιπλέυσεως η απομάκρυνση των αιωρούμενων μπορεί να βελτιωθεί με τη χρησιμοποίηση διαφόρων χημικών προσθετικών, που αυξάνουν την επιφάνεια ή αλλάζουν τη δομή, ώστε να απορροφούνται ή παγιδεύονται εύκολα οι φυσαλλίδες αέρα (πχ άλατα αργιλίου ή σιδήρου).



### **A.Επίπλευση Αέρα (Air flotation)**

Στο σύστημα αυτό δημιουργούνται φυσαλλίδες με την εισαγωγή αέρα στα υγρά απόβλητα μέσω περιστρεφόμενης έλικας ή με σύστημα διαχύσεως. Ο αερισμός αυτός για σύντομο διάστημα δεν είναι αποτελεσματικός για την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών, εκτός για απόβλητα που δημιουργούν αφρό.

### **B.Επίπλευση Διαλυμένου Αέρα (Dissolved-Air Flotation)**

Στο σύστημα αυτό διαλύεται ο ατμοσφαιρικός αέρας στα υγρά απόβλητα, που βρίσκεται υπό πίεση αρκετών ατμοσφαιρικών και στην συνέχεια η πίεση διακόπτεται απότομα, οπότε ο πρόσθετος διαλυμένος αέρας (υπερκορεσμένος) ελευθερώνεται με μορφή μικροσκοπικών φυσαλλίδων. Σε μικρές μονάδες ολόκληρη ποσότητα των αποβλήτων συμπιέζεται σε **3,7-4,5kg/cm<sup>2</sup>** σε κλειστό δοχείο με αέρα, που εισάγεται από την αναρρόφηση της αντλίας για λίγα λεπτά, ώστε να διαλυθεί ο αέρας. Μετά ανοίγεται η δικλείδα ελαττώσεως της πίεσεως, που οδηγεί στη δεξαμενή επιπλεύσεως, όπου δημιουργούνται μικροσκοπικές φυσαλλίδες σ' ολόκληρη τη μάζα του υγρού.

Σε μεγαλύτερες μονάδες συμπιέζεται σε **8-3 kg/cm<sup>2</sup>**, με αέρα μέρος συνήθως των υγρών (**10-31%**), που λαμβάνεται από την τελική απορροή και οδηγούνται με ανακυκλοφορία μετά τη διακοπή της πίεσεως στην είσοδο της δεξαμενής. Η κατανάλωση αέρα κυμαίνεται από **15-50 κανονικά (normal) λίτρα ανα m<sup>3</sup> επεξεργαζομένων αποβλήτων.**

Η λειτουργία του συστήματος εξαρτάται από το λόγο του βάρους του αέρα και των στερεών, για να επιτευχθεί ορισμένος βαθμός καθαρισμού, που συνήθως προσδιορίζεται πειραματικά.

### **Γ.Επίπλευση Κενού (Vacuum Flotation)**

Η επίπλευση κενού γίνεται σε δεξαμενές με βάθος υγρών συνήθως **3,0m** και κενό **0,3 kg/cm<sup>2</sup>**. για κατάλληλη επίπλευση απαιτείται συνήθως ποσότητα αέρα **0,185-0,375 m<sup>3</sup> /m<sup>2</sup> λυμάτων.**

Η επιφανειακή φόρτιση κυμαίνεται από **8,5-17,0 m<sup>3</sup> /m<sup>2</sup> ημέρα.**

## ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΟΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Οι οργανικές ουσίες, που παραμένουν μετά την πρωτοβάθμια καθίζηση στα λύματα, βρίσκονται σε λεπτό καταμερισμό ή είναι διαλυμένες. Για να διευκολυνθεί η αποδόμηση και απομάκρυνση τους, δημιουργούνται κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξη σαπροφυτικών οργανισμών, που χρησιμοποιούνται μεταξύ άλλων το οργανικό υπόστρωμα των λυμάτων για σύνθεση νέων κυττάρων και παραγωγή της απαραίτητης ενέργειας. Οι σχετικές χημικές διεργασίες διευκολύνονται και επιταχύνονται με την έκκριση από τους οργανισμούς διαφόρων ενζύμων μέσα ή έξω από το κύτταρο (ενδο- ή εξω-ένζυμα), που δρουν καταλυτικά και εξασφαλίζουν τη διάσπαση και μεταβολισμό των ουσιών.

Στην πράξη εφαρμόζεται κατά κανόνα η αερόβια βιοαποδόμηση, αλλά σε ειδικές περιπτώσεις χρησιμοποιείται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες και η αναερόβια διαδικασία.

### **ΡΥΘΜΟΣ ΒΙΟΑΠΟΔΗΜΗΣΕΩΣ**

Στην αερόβια βιοαποδόμηση ελευθερώνεται σημαντική ποσότητα ενέργειας ανά μονάδα υποστρώματος από τη μετατροπή του οργανικού άνθρακα, με αποτέλεσμα να προωθείται η σύνθεση κυτταρικού υλικού και η ανάπτυξη πολυάριθμων μικροοργανισμών, που επιταχύνουν το ρυθμό της βιοαποδημήσεως.

Αντίθετα στην αναερόβια αποδημήση ελευθερώνεται λίγη ενέργεια ανά μονάδα υποστρώματος εξαιτίας της μερικής μόνο αποδημήσεως των οργανικών ουσιών, λόγω ελλείψεως δεκτών υδρογόνου. Σημαντική ποσότητα ενέργειας παραμένει στα τελικά (π.χ. μεθάνιο  $\text{CH}_4$ ), με αποτέλεσμα ο ρυθμός της βιοαναπηδήσεως να επιβραδύνεται.

Τέλος στην αυτότροφη ανάπτυξη σημαντική ποσότητα ενέργειας καταναλίσκεται για την διάσπαση του  $\text{CO}_2$  και χρησιμοποίηση του άνθρακα (C) στη σύνθεση του κυτταρικού υλικού, με αποτέλεσμα την ελαττωμένη ανάπτυξη οργανισμών.

## **ΕΙΔΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΩΝ**

Οι βιολογικές επεξεργασίες, που αποτελούν τη συνηθέστερη μορφή του δευτεροβάθμιου καθαρισμού για τα αστικά και παρόμοια λύμαα, στηρίζονται στη βιομηχανική αποδόμηση και μετατροπή των πολύ λεπτών και διαλυμένων οργανικών ουσιών σε συσσωματώματα, που αφαιρούνται στη σαυνέχεια με καθίζηση (δευτεροβάθμια). Οι επεξεργασίες αυτές εφαρμόζονται συνήθως στις συμβατικές εγκαταστάσεις ύστερα από πρωτοβάθμιο καθαρισμό, που απομακρύνει τα σχετικά χοντρά υλικά, ενώ η βιολογική επεξεργασία αφαιρεί τις οργανικές ουσίες, που είναι διαλυμένες, κολλοειδείς ή σε πολύ λεπτή μορφή.

Οι βιολογικές επεξεργασίες διακρίνονται ανάλογα με τους μικροοργανισμούς, που είναι υπεύθυνοι για τη διάσπαση και σταθεροποίηση των οργανικών ουσιών, σε αερόβιες, αναερόβιες και αερόβιες-αναερόβιες. Στην αερόβια επεξεργασία η σταθεροποίηση γίνεται από αερόβιους και επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς, στην αναερόβια από αναερόβιους και επαμφοτερίζοντες, ενώ στην αερόβια-αναερόβια λαμβάνουν μέρος και τα τρία είδη οργανισμών.

### **A. Αερόβια επεξεργασία**

Η αερόβια επεξεργασία, που γίνεται με παρουσία στοιχειακού οξυγόνου, είναι πολύ ταχύτερη από την αναερόβια με κύρια τελικά προϊόντα **CO<sub>2</sub>**, **H<sub>2</sub>O** και **NO<sub>3</sub>** και με ορισμένα μη διασπάσιμα οργανικά υλικά, καθώς και με υπολειμματικό (οργανικό) κυτταρικό υλικο.

Η επεξεργασία αυτή εφαρμόζεται κυρίως στο σύστημα του χαλικοδυλιστηρίου, τη μέθοδο της δραστηκής λάσπης, τις αερόβιες ή αεριζόμενες δεξαμενές σταθεροποίησης, καθώς και σε πολλές άλλες παρεμφερείς μονάδες.

Η συμβατική μέθοδος της δραστηκής λάσπης χρησιμοποιείται κατά κανόνα στις μεγάλες πόλεις, το χαλικοδυλιστήριο σε μικρότερες πόλεις και συχνά για πολύ πυκνά βιομηχανικά απόβλητα, ενώ οι αερόβιες δεξαμενές σταθεροποίησης χρησιμοποιούνται σε μικρές εγκαταστάσεις, εφόσον υπάρχει διαθέσιμη αρκετή εδαφική έκταση.

## **B. Αναερόβια επεξεργασία**

Κάτα την αναερόβια επεξεργασία η αποδόμηση των οργανικών ουσιών γίνεται με απουσία στοιχειακού οξυγόνου.

Η κυριώτερη εφαρμογή της επεξεργασίας αυτής γλινεται για τη χώννευση της λάσπης από τα συστήματα καθιζήσεως και για την επεξεργασία ορισμένων πυκνών βιομηχανικών ή αποβλήτων σε αναερόβιες δεξαμενές.

Η διαδικασία είναι βραδύρρυθμη και ο χρόνος συγκρατήσεως είναι συνήθως **10-30** μέρες ή και περισσότερο.

Η διαδικασία της αποδομήσεως των οργανικών ουσιών γίνεται κυρίως σε δύο στάδια από ξεχωριστές ομάδες μικροοργανισμών. Στο πρώτο στάδιο γίνεται υδρόλυση και ζύμωση των σύνθετων οργανικών ενώσεων με παραγωγή απλών οργανικών οξέων από επαμφοτερίζοντα και αναερόβια βακτήρια (“οξεοπαράγωγα”). Στο δεύτερο στάδιο μετατρέπονται τα οργανικά οξέα σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα από αναερόβια βακτήρια (“μεθανοπαράγωγα”).

Παράλληλα πολλές άλλες ομάδες αναερόβιων βακτηρίων παράγουν άλλες αναγωγικές ενώσεις ( $H_2S$ ,  $NH_3$ , κλπ.).

Για να εξασφαλισθεί η αποδοτική λειτουργία του συστήματος, πρέπει και οι δύο βασικές ομάδες βακτηρίων να βρίσκονται σε κατάσταση δυναμικής ισορροπίας.

*Αυτό προϋποθέτει στον αντιδραστήρα:*

-Απουσία διαλυμένου οξυγόνου.

-Έλλειψη απαγορευτικών συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων ή άλλων ουσιών.

-**pH** από **6,6-7,6**, με αρκετή αλκαλικότητα, ώστε το συστημα να μην πέσει κάτω από **6,2** (όριο δράσεως των μεθανοβακτηρίων).

-Επάρκεια θρεπτικών υλικών (**N,P**, κλπ)

-Κατάλληλη θερμοκρασία.

## Γ. Αερόβια- Αναερόβια Επεξεργασία

Η μικτή αυτή επεξεργασία γίνεται συνήθως σε δεξαμενές σταθεροποιήσεως με αρκετό βάθος, όπου στο ανώτερο στρώμα διατηρούνται αερόβιες συνθήκες με οξυγόνο από την ατμόσφαιρα ή με παραγόμενο από τα φύκη με το μηχανισμό της φωτοσυνθέσεως, ενώ στο κατώτερο στρώμα, που δεν διεισδύει αρκετό φώς, επικρατούν αναερόβιες συνθήκες.

### **ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΑΕΡΟΒΙΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Η αερόβια βιολογική επεξεργασία συνίσταται βασικά στη σταθεροποίηση των οργανικών ουσιών με τη μεταβολική δράση των διαφόρων οργανισμών σύμφωνα με το ακόλουθο απλουστευμένο σχήμα:

Οργανικές ουσίες + μικρόβια +  $O_2$  (+ θρεπτικά άλατα) σύνθεση ωέων κυττάρων +  $H_2O$  +  $CO_2$  +  $NO_3$  + ενέργεια.

Το σχήμα αυτό μεταφράζεται σε τεχνικούς όρους: (βιολογική)

Λύματα + λάσπη + αέρας => περισσεύουσα λάσπη + τελικά προϊόντα.

Στην αρχή παράγονται νέα κύτταρα, αλλά όσο συνεχίζεται ο αερισμός, ένα μέρος αυτών των κυττάρων καταστρέφονται κατά την ενδογενή αναπνοή, δηλαδή μέρος από τη βιολογική μάζα υφίσταται αυτο-οξείδωση για την παραγωγή απαιτούμενης ενέργειας.

Χαρακτηριστική παράμετρος υπολογισμού για τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας είναι ο λόγος **U** της τροφής (**F**), δηλαδή των οργανικών ουσιών και των “μικροοργανισμών” (**M**), δηλαδή **U=F/M**.

Στην πράξη η σχέση αυτή παριστάνεται αριθμητικά με το λόγο **BOD** των εισερχομένων λυμάτων, που εκφράζει τις οργανικές ουσίες, (τροφή) με τα αιωρούμενα ή τα πτητικά στερεά του μικτού υγρού των δεξαμενών αερισμού (**MLSS** ή **MLVSS**) στη μονάδα του χρόνου (ημέρα), που σχετίζονται έμμεσα με τα μικρόβια.

Σημειώνεται ότι δεν είναι δυνατή η ακριβής εκτίμηση του αριθμού ή της μάζας των δραστικών μικροοργανισμών στις δεξαμενές αερισμού. Γι' αυτό απλουστευτικά λαμβάνεται σαν έμμεση τιμή της μάζας των

μικροοργανισμών η ποσότητα των αιωρούμενων στερεών (**MLSS**) ή των πτητικών στερεών (**MLVSS**) του μικτού υγρού της μονάδας αερισμού.

Τα πτητικά στερεά του μικτού υγρού (**MLVSS**) παριστάνουν κατά βάση τα οργανικά στερεά και επομένως εκφράζουν καλύτερα τη μάζα των μικροοργανισμών, γιατί τα αιωρούμενα περιλαμβάνουν ανόργανα και οργανικά στερεά.

Οι μονάδες αερισμού λειτουργούν αποδοτικά μέσα σε ορισμένα όρια τιμών του λόγου **F/M**, που ρυθμίζονται με την παροχή της τροφής (**BOD**).

Σε ψηλούς ρυθμούς φορτίσεως (τροφοδοτήσεως) η λάσπη, που περιέχει πολλά οργανικά, δεν έχει καλά χαρακτηριστικά καθιζήσεως και γι' αυτό στην πράξη δεν εφαρμόζονται πολύ ψήλες τιμές **F/M**.

#### Επίδραση της Θερμοκρασίας

Η θερμοκρασία ασκεί αποφασιστική επίδραση στο ρυθμό της βιοχημικής δράσεως, που διπλασιάζεται γενικά για κάθε αύξηση κατά **10C**. Αυτό σημαίνει ότι για ορισμένη ποσότητα αιωρούμενων στερεών στο μικτό υγρό (**MLSS**) η αύξηση της θερμοκρασίας επιτρέπει μεγαλύτερο οργανικό φορτίο, χωρίς να αλλάξει η ποιότητα της λάσπης. Πάντως μέχρι τη συνηθισμένη τιμή του λόγου **F/M** περίπου ίση με **0,7** δεν υπάρχει ουσιαστική επίδραση στην απόδοση, γιατί η έλλειψη τροφής (**F**) αποτελεί τον ανασταλτικό παράγοντα, παρά η θερμοκρασία.

#### Παραγωγή Λάσπης

Το καθαρό υπόλοιπο των παραγομένων πτητικών αιωρούμενων στερεών (**VSS**) στον αντιδραστήρα ισούται με τα στερεά, που συντίθεται μείον τα στερεά που καταναλίσκονται:

Καθαρή παραγωγή πτητικών στερεών = στερεά που συντίθεται, στερεά που καταστρέφονται με την ενδογενή αναπνοή ή **VSS = a(BOD που απομακρύνεται) - β(MLVSS στο σύστημα) όπου**

- **a** : συντελεστής παραγωγής λάσπης (πτητικά στερεά, που συντίθενται, ανά μονάδα **BOD**, που απομακρύνεται)

- $\beta$  : σταθερά του ρυθμού ενδογενούς αναπνοής (βιοαποδομήσιμα στερεά, που καταστρέφονται κάθε μέρα, ανά μονάδα **MLVSS**). Περιλαμβάνει και τις απώλειες λόγω των αρπακτικών.

Οι τιμές των παραμέτρων  $\alpha$  και  $\beta$  εξαρτώνται από το είδος των αποβλήτων και επηρεάζονται από τη θερμοκρασία. Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί μεγαλύτερη αύξηση της ταχύτητας των οξειδωτικών αντιδράσεων από την ταχύτητα της συνθέσεως με αποτέλεσμα να ελαττώνονται τα παραγόμενα καθαρά στερεα. Επίσης ο πυθμός της ενδογενούς αναπνοής είναι πιθανό να διπλασιάζεται για κάθε **10 °C** αύξηση της θερμοκρασίας (μέσα σε ορισμένα όρια).

## ΜΟΝΑΔΕΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ

### ΓΕΝΙΚΑ

Οι βιολογικές διεργασίες αποδημήσεως των οργανικών ουσιών και γενικότερα η μεταβολική δράση των κυττάρων γίνεται συνήθως σε κατάλληλο τεχνητό περιβάλλον με ευνοϊκές συνθήκες (τροφή, θερμοκρασία κλπ.) για τη μεγιστοποίηση της αποδόσεως, με ελάττωση του χρόνου και μείωση της απαιτούμενης εκτάσεως, σε συνδυασμό με τη θεώρηση της συνολικής οικονομικότητας της επεξεργασίας.

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται κατάλληλες τεχνικές διατάξεις, οι μονάδες λειτουργίας (**unit operations**), που αποτελούν κατά βάση τεχνικά έργα κατάλληλα μελετημένα και προσαρμοσμένα στις αρχές και κανόνες της υγειονομικής μηχανής.

Οι πιο συνηθισμένες μονάδες επεξεργασίας είναι το χαλικοδυλιστήριο, η μέθοδος της δραστηκής λάσπης με πολλές παραλλαγές, οι δεξαμενές σταθεροποίησης, η μέθοδος της αρδύσεως (με μερική ή ολική τελική διάθεση), η επεξεργασία της λάσπης και πολλές ειδικές μονάδες, που στηρίζονται σε κατάλληλο συνδυασμό των βασικών μεθόδων.

## ΔΡΑΣΤΙΚΗ ΛΑΣΠΗ

### Περιγραφή

Η μέθοδος της δραστηκής λάσπης (**activated sludge**) αναπτύχθηκε στην Αγγλία το **1914** από τους **Arden & Lockett** και ονομάστηκε έτσι, λόγω της παραγωγής δραστηκής μάζας (λάσπης) από μικροοργανισμούς, που έχει την ικανότητα της αερόβιας σταθεροποίησης των αποβλήτων.

Κατά τη μέθοδο αυτή τα απόβλητα οδηγούνται, μετά την πρωτοβάθμια συνήθως καθίζηση, σε αντιδραστήρα (δεξαμενή), όπου υποβάλλονται σε αερόβια σταθεροποίηση με τη συνεχή παροχή αέρα (οξυγόνου), είτε από αεραντλίες (διάχυση), είτε με μηχανική επιφανειακή ανάδευση.

Το περιεχόμενο του αντιδραστήρα, που ονομάζεται μικτό υγρό (**mixed liquor**), εμπλουτίζεται με τη δράση κυρίως των βακτητίων με βιολογικές κροκώδες, που αποτελούν τους δραστηκούς πυρήνες προσροφήσεως, αφομοιώσεως και αποδομήσεως των οργανικών ουσιών. Οι κροκώδες αυτές, που πρέπει να διατηρούνται πάντα σε αιώρηση μέσα στον αντιδραστήρα, με τη βοήθεια των φυσαλλίδων αέρα ή ανάμιξη διαχωρίζονται και απομακρύνονται από το μικτό υγρό στη δεξαμενή καθιζήσεως, που ακολουθεί τη βιολογική επεξεργασία, προτού η τελική απορροή διατεθεί στον αποδέκτη.

Για την αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος παίζει αποφασιστικό ρόλο η ελεγχόμενη παρουσία των σαπροφυτικών μικροοργανισμών κατά την επεξεργασία.

Με την απομάκρυνση της δραστηκής λάσπης ελαττώνεται ο μικροβιακός πληθυσμός στον αντιδραστήρα, ενώ τα νεοεισερχόμενα σ' αυτόν λύματα δεν έχουν ακόμη εμπλουτισθεί και ενεργοποιηθεί.

Για τον άμεσο εμβολιασμό των εισερχόμενων λυμάτων και την εξασφάλιση του επιθυμητού μικροβιακού πληθυσμού στο μικτό υγρό γίνεται πάντοτε ανακυκλοφορία δραστηκής λάσπης, είτε από τη (2<sup>η</sup>) καθίζηση, είτε από τη γραμμή αποροής της δεξαμενής αερισμού, με ρυθμό συνήθως **25-50%** της παροχής ή και περισσότερο (μέχρι **100-150 %**), ανάλογα με τις συνθήκες που επιδιώκεται να εξασφαλιστούν στη σχέση τροφής (**F**) και μικροβίων (**M**) ( $U=F/M$ ). Η περίσσια λάσπη είτε αφαιρείται μαζί με την 1<sup>η</sup> βάρθμια, είτε επαναφέρεται στην 1<sup>η</sup> καθίζηση.



Η ανακυκλοφορία αυξάνει το μέσο χρόνο συγκρατήσεως της δραστηκής λάσπης και την αντίστοιχη συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών του μικτού υγρού (**MLSS**) στον αντιδραστήρα.

Αυτό ισοδυναμεί με αύξηση του μέσου χρόνου παραμονής των μικροβίων ή της ηλικίας της λάσπης, που σχετίζεται άμεσα με τη δημιουργία εξωτερικά του κυττάρου ζελατινώδους υμένα και το σχηματισμό βιολογικών κροκιδων. Για τα οικιακά λύματα ο απαιτούμενος χρόνος είναι **3-4** μέρες.

Εκτός από την αποδόμηση των οργανικών ουσιών, που είναι η κύρια επιδίωξη της βιολογικής επεξεργασίας, συχνά είναι επίσης επιθυμητό να σταθεροποιηθούν ορισμένες ανόργανες ενώσεις, όπως π.χ. η αμμωνία και τα νιτρώδη (**NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>**), που μπορεί να δεσμεύσουν το διαλυμένο οξυγόνο στον υδάτινο αποδέκτη με τη διαδικασία της νιτροποίησης (παραγωγή **NO<sub>3</sub>**).

Για τη διαδικασία αυτή χρειάζεται πρόσθετο οξυγόνο και επιμήκυνση του χρόνου συγκρατήσεως, γιατί τα νιτροβακτήρια, που είναι υπεύθυνα γι' αυτή την οξείδωση, είναι αυτότροφα και έχουν πού βραδύτερο χρόνο αναπτύξεως από τα ετερότροφα, που ζουν σε βάρος οργανικών ουσιών. Για οικιακά λύματα, που υποβάλλονται σε επεξεργασία δραστηκής λάσπης σε θερμοκρασία **21-22 °C**, βρέθηκε ότι απαιτείται μέσος χρόνος παραμονής των μικροβίων τουλάχιστο **10** μέρες.

### Τύποι διεργασιών και τροποποιήσεις

Η μέθοδος αυτή της δραστηκής λάσπης παρουσιάζει μεγάλη ευλυγισία και δυνατότητα προσαρμογής, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη πολλών τύπων διεργασιών και τροποποιήσεων, για την αντιμετώπιση των ποικίλων προβλημάτων της βιολογικής επεξεργασίας των αποβλήτων.

#### **A. Συμβατική μέθοδος (Conventional)**

Αποτελείται από τη δεξαμενή λάσπης, από την οποία ένα μέρος επανακυκλοφορεί συνεχώς στο σύστημα (**25-50%** της παροχής), ενώ η περίσσια οδηγείται συνήθως στη δεξαμενή χωνεύσεως, γιατί περιέχει ακόμη σημαντική ποσότητα οργανικών ( και ανόργανων ασταθών) ουσιών.

Η ροή στην δεξαμενή ( αντιδραστήρα) είναι περίπου μορφή βύσματος. Τα λύματα (μετα την 1<sup>η</sup> καθίζηση) και η λάσπη από την ανακυκλοφορία εισάγονται στην αρχή της δεξαμενής, όπου αναμιγνύονται και αερίζονται σταθερά και ομοιόμορφα για **4-8** ώρες, με φουσαλίδες αέρα ή με αναμικτήρα σ' όλη τη διαδρομή. Κατά την περιόδο αυτή λαμβάνει χώρα βιολογική εκκρόδωση, προσφόρηση, αφομοίωση και οξείδωση (αποδόμηση) των οργανικών ουσιών, που απομακρύνονται τελικά με τη μορφή δραστηκής λάσπης στη 2<sup>η</sup> καθίζηση.

Μειονέκτημα της συμβατικής μεθόδου, από άποψη αερισμού, είναι ότι η παροχή αέρα ( $O_2$ ) είναι σταθερή σ' όλο το μήκος της δεξαμενής, ενώ η ζήτηση από τους οργανισμούς ελαττώνεται, καθώς λιγοστεύει η τροφή.

### **B. Μειούμενος αερισμός (Tapered-aeration)**

Η μέθοδος αυτή είναι τροποποίηση της συμβατικής, με σκοπό να προσαρμόσει τον αερισμό (παροχή  $O_2$ ) στις ανάγκες της ζήτησεως κατά μήκος της δεξαμενής.

Κατασκευαστικά συνίσταται στην προοδευτική αραιώση του συστήματος αερισμού από την αρχή προς το τέλος της δεξαμενής.

### **Γ. Καθολική ανάμιξη (complete-mix)**

Κατά τη μέθοδο αυτή επιδιώκεται η ομοιόμορφη εισαγωγή του μίγματος των λυμάτων και της λάσπης σ' όλο το μήκος της δεξαμενής και η αντίστοιχη εκροή τους, αφού υποβληθούν σε σταθερό αερισμό. Με τον τρόπο αυτό το οργανικό φορτίο και η ζήτηση οξυγόνου είναι σταθερά σ' όλο το μήκος της δεξαμενής αντίστοιχα με την παροχή αέρα ( $O_2$ ), πράγμα που επιτρέπει το διπλασιασμό σχεδόν του φορτίου έναντι της συμβατικής μεθόδου.

Το μικτό υγρό υφίσταται ομοιόμορφη καθολική ανάμιξη, καθώς κινείται από το κεντρικό αυλάκι εισαγωγής στα αυλάκια ακροής στις δύο πλευρές της δεξαμενής, από το διάχυτο αερισμό ή τους αναμικτήρες.

### **Δ. Τμηματικός αερισμός (Step-aeration)**

Η εισαγωγή των λυμάτων, αντί να γίνει στην αρχή της δεξαμενής, διαμοιράζεται σε περισσότερα σημεία και έτσι κατανέμεται πιο ομοιόμορφα η ζήτηση οξυγόνου, με αποτέλεσμα να αξιοποιείται καλύτερα σταθερή προσφορά του από το σύστημα αερισμού.

### **E. Επαφή – σταθεροποίηση (Contact – stabilization)**

Η μέθοδος αυτή αποβλέπει στην εκμετάλλευση της προσροφητικής ικανότητας της δραστικής λάσπης.

Όπως είναι παραδεκτό, η απομάκρυνση του **BOD** κατά τη μέθοδο της δραστικής λάσπης γίνεται σε δύο στάδια. Κατά το πρώτο, που διαρκεί **20-40** λεπτά, τα περισσότερα από τα λεπτά αιωρούμενα, τα κολλοειδή και τα διαλυμένα οργανικά προσροφώνται από τη δραστική λάσπη, ενώ κατά το δεύτερο στάδιο αεροποιούνται και οξειδώνονται.

Στην συμβατική μέθοδο τα δύο αυτά στάδια γίνονται στην ίδια δεξαμενή, ενώ στην επαφή – σταθεροποίηση οι δύο φάσεις ξεχωρίζονται και γίνεται σε διαφορετικές δεξαμενές.

Τα λύματα, μετά από ενδεχόμενη πρώτη καθίζηση, αναμιγνύονται με την επιστρέφουσα λάσπη και αερίζονται σε δεξαμενή επαφής για **30-90** λεπτά. Κατά την περίοδο αυτή τα οργανικά προσροφώνται από τις κροκίδες λάσπης. Στη συνέχεια η εμπλουτισμένη με οργανικά λάσπη διαχωρίζεται με καθίζηση από τα λύματα και αερίζεται για **3-6** ώρες σε ειδική δεξαμενή σταθεροποίησης. Κατά την περίοδο αυτή τα οργανικά χρησιμοποιούνται από τους οργανισμούς για ενέργεια και παραγωγή νέων κυττάρων. Μέρος της λάσπης (περίσσια) απομακρύνεται για τη διατήρηση σταθερής συγκεντρώσεως πηκτικών αιωρούμενων στερεών του μικτού υγρού στις δύο δεξαμενές.

Με τη μέθοδο αυτή ο απαιτούμενος όγκος αερισμού είναι περίπου **50%** της συμβατικής και είναι δυνατός ο διπλασιασμός της ικανότητας υφιστάμενης μονάδας, εάν μετασκευασθεί σε εγκατάσταση επαφής – σταθεροποίησης με μικρές σχετικά τροποποιήσεις κυρίως στο σύστημα σωληνώσεων.

Η μέθοδος αυτή έχει αποδειχθεί πολύ ικανοποιητική για αστικά λύματα, προκειμένου όμως για βιομηχανικά απόβλητα πρέπει να προηγηθεί εργαστηριακός έλεγχος. Γενικά η απόδοση της είναι πολύ περιορισμένη για απόβλητα με διαλυτά κυρίως οργανικά.

### **Στ. Ψηλός ρυθμός (high - rate)**

Η παραλλαγή αυτή της συμβατικής μεθόδου αποτελεί συνδυασμό μεγάλου υδραυλικού (και οργανικού) φορτίου ( περίπου τριπλάσιο του

συμβατικού) και ψηλής συγκεντρώσεως αιωρούμενων στερεών στο μικτό υγρό (**MLSS**). Ο συνδυασμός αυτός επιτρέπει τελικά ψηλές τιμές της σχέσης  **$U=F/M$  (0,4-1,5)** με μεγάλο διάστημα παραμονής των μικροβίων (ηλικία λάσπης) και περιορισμένο χρόνο συγκρατήσεως των υγρών (**0,5-2 ώρες**), ώστε να μην αυξάνει πολύ ο όγκος της δεξαμενής αερισμού.

Η μέθοδος απαιτεί έντονη ανάμιξη στον αντιδραστήρα για τη μεταφορά του οξυγόνου και τον έλεγχο του μεγέθους των κροκιδών. Πάντως το μικτό υγρό βρίσκεται σε φάση αυξήσεως των μικροβίων και ο ρυθμός καθίζησεως είναι περιορισμένος.

### **Z. Παρατεταμένος αερισμός (Extended aeration)**

Κατά τη μέθοδο αυτή γίνεται πούωρος αερισμός (**24 ώρες και περισσότερο**), με αποτέλεσμα η διαδικασία αναπτύξεως να βρίσκεται στην ενδογενή φάση και η τελική λάσπη να είναι σε σημαντικό βαθμό οξειδωμένη, ώστε να μην χρειάζεται άλλη επεξεργασία σταθεροποιήσεως. Για το λόγο αυτό παραλείπεται η πρωτοβάθμια καθίζηση, ώστε να μην υπάρχει ανάγκη και για δεξαμενή χωνεύσεως. Η σταθεροποιημένη λάσπη μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να διαθέτει μαζί με την τελική απορροή, αν τα περίσσια στερεά δεν δημιουργούν προβλήματα στον αποδέκτη. Επίσης μπορεί η πλεονάζουσα λάσπη να μην αφαιρείται συνεχώς από το σύστημα αερισμού, αλλά να συγκεντρώνεται εκεί σε σημαντική ποσότητα και να αφαιρείται περιοδικά. Με κανονικές συνθήκες τα αιωρούμενα στερεά του μικτού υγρού (**MLSS**) αυξάνουν με ρυθμό **40-60 mg/L.ημ.** για αστικά λύματα.

Το σύστημα του παρατεταμένου αερισμού μπορεί να δέχεται περιοδικά (κατά διαστήματα) τα φορτία χωρίς να αστοχεί. Προσφέρεται ιδιαίτερα για μικρές μονάδες (μέχρι **4000 m<sup>3</sup>/ημ.**) και κυκλοφορεί ευρύτατα σε τυποποιημένους συμπαγείς εμπορικούς τύπους.(ευρεσιτεχνίες).

Η οξειδωτική τάφρος (**oxidation ditch**) αποτελεί εφαρμογή του παρατεταμένου αερισμού για μικρούς οικισμούς και ιδρύματα και έχει σημαντική εφαρμογή στην Ευρώπη και στις Η.Π.Α..

Στην απλούστερη μορφή της αποτελείται από ελλειψοειδή σε κάτοψη τάφρο με τραπεζοειδή διατομή, στην οποία γίνεται ανάμιξη και συνεχής περιφορά των λυμάτων, με τη βοήθεια ψήκτρας, που περιστρέφεται γύρω σε εγκάρσιο οριζόντιο άξονα.

Η λειτουργία της οξειδωτικής τάφρου είναι διαλείπουσα, μπορεί όμως με ορισμένες τροποποιήσεις να γίνει συνεχής. Στη διαλείπουσα λειτουργία ο κύκλος περιλαμβάνει:

A) Κλείσιμο της δικλείδας εισαγωγής και αερισμός των λυμάτων, πράγμα που προϋποθέτει ορισμένη ικανότητα αποθηκεύσεως των νέων αποβλήτων μέσα στο δίκτυο ή σε δεξαμενή αντλήσεως.

B) Σταμάτημα της ψήκτρας και καθίζηση της λάσπης.

Γ) Άνοιγμα των δικλείδων εισαγωγής και εξαγωγής, οπότε τα εισερχόμενα απόβλητα εκτοπίζουν ίσο ποσό επεξεργασμένων λυμάτων.

Η λάσπη, που είναι σταθεροποιημένη, αφαιρείται περιοδικά και αποθηκεύεται για επιτόπια αποξήρανση ή αποκομιδή με βυτιοφόρο σε εγκεκριμένη θέση.

### **H. Συστήματα καθαρού οξυγόνου (Pure - oxygen systems)**

Βασικό αυτής της διαδικασίας είναι η χρησιμοποίηση σχεδόν καθαρού οξυγόνου (**high purity oxygen**) αντί ατμοσφαιρικού αέρα (περίπου **21% O<sub>2</sub>**), που πρέπει να παράγεται επί τόπου για οικονομικούς λόγους, είτε με τη μέθοδο της υγροποίησης και κλασματικής αποστάξεως του αέρα, είτε με χρήση ειδικών ουσιών προσροφήσεως (για μικρές μονάδες).

Η δεξαμενή αερισμού είναι χωρισμένη σε διαμερίσματα και καλυμμένη στεγανά.

Το οξυγόνο εισάγεται στον ελεύθερο χώρο πάνω από τα λύματα και είτε οδηγείται με ανακυκλοφορία μέσα στο μικτό υγρό, που αναμιγνύεται μηχανικά, είτε απορροφάται με έντονη ανατάραξη, που δημιουργούν επιφανειακοί αναμικτήρες.

Επειδή το O<sub>2</sub> καταναλίσκεται από τους μικροοργανισμούς και ελευθερώνεται CO<sub>2</sub>, πρέπει να προστίθεται συνεχώς οξυγόνο στην αρχή και να γίνεται εξαερισμός στο τέλος (με **10-20%**).

Σύμφωνα με το νόμο του **Henry**, αν η μέση μερική πίεση του οξυγόνου πάνω από το υγρό είναι περίπου **0,8** της ατμοσφαιρικής (δηλαδή **80% O<sub>2</sub>**, έναντι **21%** στον αέρα), τότε το ποσό του O<sub>2</sub>, που μπορεί να διαλυθεί στο υγρό, είναι περίπου **4**πλάσιο σε σύγκριση με τις κανονικές συνθήκες.

Η χρήση καθαρού οξυγόνου έχει πολλά πλεονεκτήματα. Αυξάνει την απόδοση του συστήματος με την ψηλή συγκέντρωση των αιωρούμενων

στερεών στο μικτό υγρό, που επιτρέπει ( $MLSS = 4000 - 8000 \text{ mg/l}$ ). Το διαλυμένο οξυγόνο στο μικτό υγρό ανέρχεται σε  $3-9 \text{ mg/l}$  με αποτέλεσμα την αξιοποίηση του οξυγόνου κατά **90%** περίπου. Οι οσμές πρακτικά εξαλείφονται, λόγω του έντονου αερόβιου περιβάλλοντος που επικρατεί. Ο χρόνος αερισμού συντομύεται σημαντικά (**1-3 ώρες**) και η απόδοση είναι ψηλή (ελάττωση **BOD** κατά **85-95%**).

### Στοιχεία υπολογισμού

Βασικά στοιχεία για τη σχεδίαση μιας μονάδας δραστηκής λάσπης είναι ο υπολογισμός του όγκου της δεξαμενής αερισμού και της απαιτήσεως του συστήματος σε οξυγόνο. Τα στοιχεία αυτά εκτιμώνται με βάση την ποιότητα και ποσότητα των αποβλήτων, την επιτρεπτή φόρτιση του συστήματος και τον επιθυμητό βαθμό καθαρισμού ανάλογα με τις συνθήκες του τελικού αποδέκτη.

Συμπληρωματικά εξετάζονται τα απαιτούμενα θρεπτικά υλικά και η επιστρέφουσα λάσπη.

### Υπολογισμός όγκου δεξαμενής

Για τον υπολογισμό του όγκου έχουν χρησιμοποιηθεί, τόσο εμπειρικές παράμετροι, όσο και ορθολογικές σχέσεις μεταξύ των διαφόρων μεταβλητών. Εμείς θα ασχοληθούμε με τις εμπειρικές παραμέτρους.

### Εμπειρικές παράμετροι

Χρησιμοποιούνται συνήθως δύο παράμετροι υπολογισμού, ο χρόνος συγκρατήσεως των αποβλήτων με βάση την παροχή χωρίς την ανακυκλοφορία και το οργανικό φορτίο.

- Ο χρόνος συγκρατήσεως των αποβλήτων στις δεξαμενές αερισμού λαμβάνεται συνήθως ίσος με :  $t=Q/V=4-8$  ώρες.

**t:** χρόνος συγκρατήσεως (αερισμού)

**Q:** παροχή αποβλήτων

**V:** όγκος δεξαμενής αερισμού

Τα Πρότυπα των Δέκα Πολιτειών (\* **Ten States Standards\***) των Η.Π.Α. καθορίζουν  $t=6$  ώρες για  $Q > 3875 \text{ m}^3/\eta\mu$  και  $t=7,5$  ώρες για παροχές  $Q=750-3000 \text{ m}^3/\eta\mu$ .

- Το οργανικό φορτίο, σαν **BOD<sub>5</sub>**, λαμβάνεται συνήθως ίσο με **0,32-0,64 kg BOD<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>** δεξαμενής αερισμού.

Τα Πρότυπα των Δέκα Πολιτειών ορίζουν σαν μέγιστο οργανικό φορτίο την τιμή **0,56 kg BOD<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>**.

Τα πρότυπα και οι παράμετροι δεν λαμβάνουν υπόψη τη συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών στο μικτό υγρό (**MLSS**), που αντιπροσωπεύει το δραστικό σαπροφυτικό πληθυσμό, ούτε τη σχέση τροφής/οργανισμών (**U=F/M**) και το μέσο χρόνο παραμονής των μικροβίων (ηλικία λάσπης, θερμοκρασία). Οι παράγοντες αυτοί αποτελούν ουσιαστικές μεταβλητές για τον έλεγχο της λειτουργίας και τον υπολόγισμο των εγκαταστάσεων.

### Απαιτούμενο οξυγόνο και αέρας

Το απαιτούμενο οξυγόνο για τη βιολογική επεξεργασία είναι απαραίτητο στοιχείο για τον υπολογισμό της ισχύος της μονάδας αερισμού, που αποτελεί τον κυριώτερο παράγοντα των δαπανών λειτουργίας.

Η παροχή του αέρα (οξυγόνου) πρέπει να είναι αρκετή για :

- Οξείδωση των οργανικών ουσιών, που θα δώσει την απαιτούμενη ενέργεια για σύνθεση νέων κυττάρων.
- Ενδογενή αναπνοή των μικροοργανισμών.
- Νιτροποίηση (αν είναι επιθυμητή).
- Διατήρηση της δραστικής λάσπης σε αιώρηση.

### A. Οξείδωση ανθρακούχων ενώσεων

Το απαιτούμενο οξυγόνο (**O<sub>r</sub>**) για την απομάκρυνση του **BOD** των ανθρακούχων ενώσεων (χωρίς οξείδωση των αζωτούχων νιτροποίηση) ισούται με το οξυγόνο, που χρειάζεται για το τμήμα των οργανικών ουσιών, που οξειδώθηκε συν το οξυγόνο, που απαιτείται για το υλικό που συντέθηκε, δηλαδή για την ενδογενή αναπνοή των παραχθέντων νέων κυττάρων. Επομένως :

$$O_r = Q (S_0 - S) = (O_2 \text{ για την οξείδωση}) + C_a [a (S_0 - S) Q]$$

$O_r$  : απαιτούμενο οξυγόνο

$Q$  : παροχή αποβλήτων

$S$  : συγκέντρωση υποστρώματος (**substrate BOD**) στην εισροή

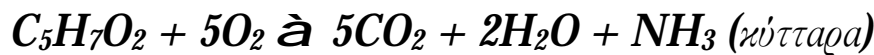
$S$  : συγκέντρωση υποστρώματος (**substrate BOD**) στην απορροή

$A(S_0 - S)Q$ : το νέο υλικό που συντίθεται

$C$  : το απαιτούμενο οξυγόνο για ενδογενή αναπνοήτων νεοπαραχθέντων υλικών.

( $g O_2/g$  νέο υλικό : κύτταρα)

Με βάση τη μέση σύνθεση του οργανικού υλικού των κυττάρων η αντίδραση της οξειδώσεως είναι :



Από την προηγούμενη σχέση προκύπτει ότι:

$$(O_2 \text{ για οξείδωση}) = Q (S_0 - S) - C[a (S_0 - S)Q] = (1 - aC) (S_0 - S)Q$$

Σε κατάσταση σταθερότητας τα υλικά, που παράγονται κάθε μέρα, είναι ίσα με τα υλικά, που καταστρέφονται:

$$C [a (S_0 - S) Q] = C \beta V X$$

Όπου  $X$  : συγκέντρωση των (πτητικών) στερεών

$V$  : όγκος δεξαμενής αερισμού

$\beta$  : βλέπε παρ. Παραγωγής Λάσσης

### B. Οξείδωση αζωτούχων ενώσεων (νιτροποίηση)

Η οξείδωση των αζωτούχων ενώσεων είναι βαδύτερη και εκδηλώνεται μετά το **BOD5** σε δύο στάδια:

- Οξείδωση της αμμωνίας σε νιτρώδη (**nitrosomonas**)
- Οξείδωση των νιτρωδών (γρήγορα) σε νιτρικά (**nitobacter**)



### Γ. Ικανότητα οξειδώσεως

Οι συσκευές αερισμού αποτελούνται συνήθως, είτε από συστήματα διαχύσεως του αέρα (διάχυτες) με διάφορα μεγέθη φυσαλλίδων, είτε από μηχανικούς αεριστήρες (επιφανειακοί αναμικτήρες, στρόβιλοι).

Τα μέσα αυτά αερισμού κυκλοφορούν στο εμπόριο με ορισμένη ένδειξη ικανότητας οξειδώσεως, που έχει μελετηθεί σε καθαρό νερό, με σταθερή θερμοκρασία (**20 °C**) και με αφετηρία μηδενική συγκέντωση οξυγόνου.

Τα στοιχεία αυτά δίνουν ικανότητα οξειδώσεως μεγαλύτερη από εκείνη, που εξασφαλίζεται με πραγματικές συνθήκες πεδίου. Επομένως πρέπει να εκλεγεί το μέσο αερισμού με μεγαλύτερη ικανότητα οξειδώσεως από το απαιτούμενο οξυγόνο.

#### - Διαχύτες αέρα

Η ικανότητα μεταφοράς το οξυγόνου του αέρα στα λύματα εξαρτάται από τον τύπο και το πορώδες του διαχύτη, το μέγεθος των φυσαλλίδων, το βάθος εμβαπτίσεως, το υπάρχον έλλειμμα διαλυμένου  $O_2$  και άλλους παράγοντες. Γενικά κυμαίνεται από **5-10%** (σε μέγιστο **15 %**) και είναι περίπου **8%** για πορώδεις σωλήνες διαχύσεως και **6%** για μεγάλες φυσαλλίδες.

#### - Μηχανικοί αεριστήρες

Οι επιφανειακοί αεριστήρες χαρακτηρίζονται από την ικανότητα οξυγονώσεως σε **kg  $O_2$  ανά KWH** ή ωριαίο ίππο (**HP-h**). Η δοκιμή γίνεται κάτω από πρότυπες συνθήκες, δηλαδή καθαρό νερό, θερμοκρασία **20 °C**, πίεση **60 mm Hg** και διαλυμένο οξυγόνο στο νερό **0,0 mg/l**.

Στο εμπόριο κυκλοφορούν μηχανικοί αεριστήρες με πρότυπη απόδοση **1,25-2,5 kg  $O_2$ /KWH** (περίπου **1-2 kg  $O_2$  /HP-h**) και μέχρι **4,5 kg  $O_2$  /KWH** ή και περισσότερο, κατά τους ισχυρισμούς των ενδιαφερομένων.

Πάντως ο μελετητής μηχανικός πρέπει να δέχεται τις υψηλές αποδόσεις, μόνο αν στηρίζονται σε στοιχεία πραγματικών δοκιμών.

Στην πράξη πρέπει να γίνει η απαραίτητη προσαρμογή της πρότυπης αποδόσεως, που δίνεται από τον κατασκευαστή, για να εκφράζει τις συνθήκες εφαρμογής.

#### Δ. Απαιτούμενος αέρας

Για τα συστήματα διαχύσεως ο απαιτούμενος αέρας μπορεί να υπολογισθεί με βάση εταφοράς του οξυγόνου στα λύματα, που κυμαίνεται γενικά από **5-15%** με περίπου **8%** για πορώδεις σωλήνες και **6%** για μεγάλες φουσαλλίδες.

Ένα **m<sup>3</sup>** ξερού αέρα σε **60 mm Hg** και **0 °C** ζυγίζει **1294 gr** και περιέχει **209,4 lit** οξυγόνου με βάρος **300 gr**. Κάτω από μέσες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσεως **1 m<sup>3</sup>** αέρα ζυγίζει **1250 gr** και περιέχει **280 gr O<sub>2</sub>** περίπου.

Επομένως για μέση ικανότητα μεταφοράς σε σύστημα διαχύσεως, π.χ. **7%** απαιτούνται περίπου **50 m<sup>3</sup>** αέρα για απορρόφηση **1 kg O<sub>2</sub>** από τα απόβλητα.

Με βάση τα πιο πάνω μπορεί να γίνει υπολογισμός του απαιτούμενου όγκου αέρα στα συστήματα διαχύσεως.

#### Απαιτούμενα Θρεπτικά Υλικά

Για την κανονική λειτουργία των βιολογικών συστημάτων πρέπει να υπάρχουν οι απαραίτητες ποσότητες των βασικών θρεπτικών υλικών (**C,N,P**).

Στην πράξη λαμβάνονται οι ακόλουθες αναλογίες:

- Συμβατική μέθοδος : **BOD5** απομακρ. / **N** / **P** = **100** / **5** / **1**
- Παρατεταμένος αερισμός : **BOD5** απομακρ. / **N** / **P** = **600** / **5** / **1**
- Φιάλη ελέγχου του **BOD5** : **BOD5** απομακρ. / **N** / **P** = **60** / **3** / **1**

Το τυχόν έλλειμα **N** συμπληρώνεται με προσθήκη διαλύματος ουρίας, που κυκλοφορεί στο εμπόριο σε κοκκώδη μορφή με ορισμένη περιεκτικότητα (π.χ. **46 % N**). Ο φώσφορος συμπληρώνεται με προσθήκη υγρού φωσφορικού οξέος (περιεκτικότητα **85%** σε **P**).

Επιστρέφουσα λάσπη (Ανακυκλοφορία)

Σκοπός της επιστροφής της λάσπης (από τη δεξαμενή καθιζήσεως) είναι να εξασφαλίσει την απαιτούμενη συγκέντρωση δραστικής λάσπης στη δεξαμενή αερισμού για τον επιθυμητό βαθμό επεξεργασίας.

Γενικά ο ρυθμός ανακυκλοφορίας για την επιστροφή της λάσπης λαμβάνεται κατά προσέγγιση ίσος με το λόγο του όγκου των καθιζανόντων στερεών, ύστερα από **30** λεπτά καθίζησης της απορροής της δεξαμενής αερισμού σε βαθμολογημένο κύλινδρο **1000 ml**, προς τον όγκο του υπερκείμενου υγρού και τουλάχιστο **15%**.

Δείκτης Όγκου Λάσπης

Ένας άλλος τρόπος καθορισμού του ρυθμού της επιστρέφουσας λάσπης και παράλληλα της καλής λειτουργίας του συστήματος στηρίζεται στον εμπειρικό δείκτη όγκου λάσπης, που αποτελεί στην πράξη μέτρο της δυνατότητας καθιζήσεως της λάσπης στην **2**βάθμια δεξαμενή.

**ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ****A. Δεξαμενή αερισμού**

Η μορφή της δεξαμενής αερισμού ιδιαίτερα από το σύστημα αερισμού, που εφαρμόζεται. Για χρησιμοποίηση φυσαλλίδων αέρα η δεξαμενή είναι συνήθως ορθογωνική σε κάτοψη με τυπική εγκάρσια τομή. Η μορφή αυτή επιτρέπει την κατασκευή πολλαπλών δεξαμενών με κοινό ενδιάμεσο χώρισμα.

Ο συνολικός απαιτούμενος όγκος αερισμού πρέπει να διαμοιράζεται σε δύο ή περισσότερα διαμερίσματα, που θα είναι ικανά να λειτουργήσουν ανεξάρτητα, αν το μέγεθος υπερβαίνει συνήθως τα **150 m<sup>3</sup>**.

Σε μεγάλες εγκαταστάσεις πρέπει να κατασκευάζονται τουλάχιστον **4-6** δεξαμενές ή και περισσότερες.

Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται για κατάλληλη εκλογή των διαστάσεων και των σχετικών αναλογιών των δεξαμενών σε συνδυασμό με το είδος και την κατανομή των μονάδων αερισμού.

Το υγρό βάθος των συνηθισμένων δεξαμενών με διάχυση αέρα κυμαίνεται από **3-4,5 m**, με ελεύθερο ύψος πάνω από τα υγρά **0,3-0,6 m**. Το πλάτος για δεξαμενές με σπειροειδή ανάπτυξη είναι συνήθως **(1-2)** βάθος.

Βασική επιδίωξη πρέπει να είναι η ομοιόμορφη ανάμιξη των υγρών και η αποφυγή “νεκρών” γωνιών με την κατάλληλη διαμόρφωση της διατομής ή και την τοποθέτηση βοηθητικών διαφραγμάτων.

Το βάθος των δεξαμενών με επιφανιακούς αεριστήρες κυμαίνεται συνήθως από **1,2 – 3,6 m**. Μεγαλύτερα βάθη (μέχρι **5 m**) έχουν εφαρμοσθεί σε περιπτώσεις αναμικτήρων με σωλήνωση ρεύματος (**draft-tube mixer**).

### B. Συστήματα αερισμού

Οι δύο βασικές μέθοδοι αερισμού των λυμάτων είναι :

- Εισαγωγή αέρα ή καθαρού οξυγόνου στα λύματα, με βυθισμένους πορώδεις διαχύτες ή ακροφύσια.
- - Μηχανική ανατάραξη των λυμάτων, για να διευκολυνθεί η πρόσληψη οξυγόνου απ’ ευθείας από την ατμοσφαιρική ή από εισαγόμενο αέρα ή καθαρό οξυγόνο.

### Διαχύτες αέρα

Οι διαχύτες αποτελούνται από δίσκους (πλάκες) ή σωλήνες, που κατασκευάζονται, είτε από πορώδες υλικό με διαμέτρους πόρων **0,1 – 0,3 mm** και παράγουν μικρές φυσαλλίδες (**1-2 mm**), είτε από υλικά με οπές, που παράγουν μεγάλες φυσαλλίδες (**4-5 mm**).

Οι πορώδεις διαχύτες έχουν μεγαλύτερη απόδοση, αλλά η απαίτηση πολύ καθαρού αέρα και το μειονέκτημα της εμφράξεως των πόρων τους εξισώνει πρακτικά με τους διλατηρητους. Η πίεση του αέρα κυμαίνεται από **0,5 – 0,65 kg/cm<sup>2</sup>**.

Οι πλάκες διαχύσεως τοποθετούνται στον πυθμένα κατά ομάδες και κάθε ομάδα τροφοδοτείται με αέρα μέσω σωληνώσεων με δικλείδα ελέγχου.

Οι σωλήνες διαχύσεως, είτε βιδώνονται σε πολλαπλή σωλήνωση, που διατρέχει το μήκος της δεξαμενής κοντά στον πυθμένα, είτε βυθίζονται σε ορισμένο βάθος με μικρού μήκους σωλήνωση, που μπορεί να έχει άρθρωση για την ανύψωση, καθαρισμό, συντήρηση, ή αντικατάσταση της μονάδας διαχύσεως.

Χαρακτηριστικός τύπος συσκευής αερισμού με μικρό βύθισμα είναι το σύστημα INKA, που χρησιμοποιεί μεγάλο όγκο αέρα χαμηλής πίεσεως από φυγοκεντρικό ανεμιστήρα, ενώ τα συνηθισμένα συστήματα διαχύσεως χρησιμοποιούν μικρότερη ποσότητα αέρα υψηλής πίεσεως από αεροσυμπιεστές.

Στα συστήματα αερισμού με διάχυση πρέπει να γίνει με βάση την απαιτούμενη ποσότητα αέρα, αναλυτικός υπολογισμός της ισχύος της αεραντλίας και του δικτύου των σωληνώσεων διανομής του αέρα (παροχές, διατομές, τριβές).

### Μηχανικοί αεριστήρες

Συνήθως χρησιμοποιούνται δύο τύποι αεριστήρων, οι επιφανειακοί και οι στροβιλώδεις.

Στους επιφανειακούς το οξυγόνο διαλύεται απ' ευθείας από την ατμόσφαιρα, ενώ στους στροβιλώδεις προέρχεται από εισαγόμενο αέρα ή καθαρό οξυγόνο κάτω από έλικες αναμίξεως.

Οι επιφανειακοί αεριστήρες αποτελούν τα απλούστερα συστήματα αερισμού και είτε εδράζονται στον πυθμένα της δεξαμενής, είτε επιπλέουν στις περιπτώσεις των οξειδωτικών δεξαμενών, που η στάθμη μεταβάλλεται ή η στήριξη στο χωμάτινο πυθμένα είναι πραγματικά δύσκολη.

### Απαιτούμενη ενέργεια για την ανάμιξη

Για την εξασφάλιση κανονικής αναμίξεως και τη διατήρηση των κροκώδων σε αιώρηση απαιτείται στα συστήματα διαχύσεως παροχή αέρα **1,2 – 1,8 m<sup>3</sup>/h** ανά **m<sup>3</sup>** δεξαμενής και για μηχανικούς αεριστήρες ισχύς περίπου **5 – 20w/m<sup>3</sup>** δεξαμενής.

### Αφαίρεση περίσσιας λάσπης

Η περίσσια λάσπη πρέπει να αφαιρεί με τον απαιτούμενο ρυθμό, ώστε να εξασφαλίζεται η επιθυμητή σταθερή τιμή των αιωρούμενων στερεών στο μικτό υγρό (**MLSS**) και σταθερός χρόνος παραμονής των μικροβίων στη δεξαμενή ανάλογα τον τύπο της επεξεργασίας. Υτό μπορεί να γίνει με ακρίβεια αν αφαιρεθεί μικτό υγρό από τη δεξαμενή αερισμού ή από τη γραμμή εκροής, όπου ηυγκέντρωση των στερεών είναι ομοιόμορφη. Το υγρό αυτό μπορεί να οδηγηθεί σε δεξαμενή σε δεξαμενή

συμπυκνώσεως (παχύνσεως) ή στη δεξαμενή της 1<sup>ης</sup> καθιζήσεως, ώστε να απομακρυνθεί μαζί με την πρωτοβάθμια λάσπη.

Στο παρελθόν ήταν πιο συνηθισμένη η αφαίρεση της συμπυκνωμένης λάσπης από τη δεξαμενή 2<sup>ης</sup> καθιζήσεως και η επιστροφή στην 1<sup>η</sup>βάθμια δεξαμενή ή σε εγκατάσταση επεξεργασίας και διαθέσεως.

### Λειτουργικές ανωμαλίες

Η μέθοδος της δραστηκής λάσπης, παρόλη τη δυνατότητα προσαρμογής που έχει, μπορεί να παρουσιάσει ορισμένες λειτουργικές ανωμαλίες, που επηρεάζουν τη δυνατότητα της διεργασίας, την απόδοση της δεξαμενής καθιζήσεως ή την υγιεινή του περιβάλλοντος.

### Α. Αστάθεια διεργασίας

Τα συστήματα δραστηκής λάσπης με επιμήκη ορθογωνική δεξαμενή, όπως είναι η συμβατική μέθοδος με ροή βύσματος, παρουσιάζουν εμφανή έλλειψη σταθερότητας της διεργασίας κατά μήκος της δεξαμενής εξαιτίας του κυμαινόμενου ρυθμού αναπτύξεως του μικροβιακού πληθυσμού. Η σχετικά ψηλή σχέση τροφής προς μικροοργανισμούς (**F/M**) στην είσοδο της δεξαμενής επιτρέπει την επιτάχυνση του ρυθμού αναπτύξεως, που ελαττώνεται δραστηκά κατά τη διαδρομή μέσα στη δεξαμενή στη διάρκεια των **6 – 8** ωρών αερισμού. Η ελάττωση αυτή συνοδεύεται και από αλλαγή της συνθέσεως του μικροβιακού πληθυσμού. Ενώ στην αρχή της δεξαμενής με την πλούσια τροφή επικρατούν τα δραστηκά βακτήρια, προοδευτικά με την αλλαγή επικρατούν ασθενέστερες μορφές.

Τα προβλήματα αυτά πολλαπλασιάζονται από την ημερήσια μεταβολή της παροχής των λυμάτων και του οργανικού φορτίου (τροφής), που μπορεί να μεταβάλλεται σημαντικά ιδίως στις μικρές εγκαταστάσεις. Για το λόγο αυτό η συμβατική μέθοδος της δραστηκής λάσπης δεν συνίσταται για μονάδες κάτω από **1000 – 2000 m<sup>3</sup>/ημ.**

Η έλλειψη σταθερότητας στη διεργασία αντιμετωπίζεται ικανοποιητικά με την εφαρμογή καθολικής αναμίξεως, όπως γίνεται στις περιπτώσεις του ψηλού ρυθμού και παρατεταμένου αερισμού. Ιδιαίτερα ο παρατεταμένος αερισμός με την πλήρη ανάμιξη και τη μακρά περίοδο συγκρήσεως, εξασφαλίζει την απαραίτητη αφομοιωτική ικανότητα και μπορεί να δεχθεί περιοδικά φορτία χωρίς ελάττωση της αποδόσεως.

Έτσι π.χ. λειτουργούν ικανοποιητικά τέτοιες μονάδες σε σχολεία, όπου φορτίζονται επί **10 – 12** ώρες την ημέρα για **5** μόνο μέρες την εβδομάδα.

### **B. Ανερχόμενη λάσπη**

Σε ορισμένες περιπτώσεις η λάσπη, ενώ καθιζάνει κανονικά στη **2**βάθμια δεξαμενή, αρχίζει να ανεβαίνει (**rising sludge**) και να επιπλέει στην επιφάνεια ύστερα από σύντομη περίοδο καθιζήσεως. Αιτία αυτού του φαινομένου είναι η απονιτροποίηση, κατά την οποία τα νιτρώδη και νιτρικά της λάσπης μετατρέπονται σε αέριο άζωτο. Το άζωτο παγιδεύεται στην μάζα της λάσπης και της αυξάνει την άνωση, με αποτέλεσμα να ανεβαίνει και να επιπλέει. Η ανερχόμενη λάσπη ξεχωρίζει από τη συσσωματωμένη (**blinking sludge**), που αιωρείται επίσης στη μάζα των αποβλήτων από τις μικρές φυσαλλίδες, που έχει :

- Αύξηση του ρυθμού επιστροφής της λάσπης από τη δεξαμενή καθιζήσεως (**ανακυκλοφορία**).
- Ελάττωση του ρυθμού τροφοδοτήσεως με μικτό υγρό της δεξαμενής καθιζήσεως.
- Ελάττωση του μέσου χρόνου παραμονής των μικροβίων στη δεξαμενή αερισμού, αυξάνοντας το ρυθμό απορρίψεως της περίσσιας λάσπης.

### **Γ. Συσσωμάτωση λάσπης (sludge bulking)**

Η συσσωμάτωση της λάσπης ελαττώνει τη δυνατότητα καθιζήσεως και συμπυκνώσεως. Δύο κύρια αίτια έχουν επισημανθεί :

- 1.** Ανάπτυξη ωηματοδών μικροοργανισμών ή οργανισμών που μπορεί να αναπτυχθούν σε νηματώδη μορφή και
- 2.** Διόγκωση των κυττάρων, ώστε να ελαττώνεται η πυκνότητά τους και να μην καθιζάνουν.

Για την αντιμετώπιση της συσσωματώσεως της λάσπης συνίσταται έλεγχος του διαλυμένου οξυγόνου στα απόβλητα, της φορτίσεως, του ρυθμού επιστροφής της λάσπης, της φορτίσεως από εσωτερικές απορροές, των χαρακτηριστικών των αποβλήτων και της λειτουργίας της δεξαμενής καθιζήσεως.

Η ανεπάρκεια διαλυμένου οξυγόνου στη δεξαμενή αερισμού θεωρείται ένας από τους κυριώτερους λόγους συσσωματώσεως. Σ' αυτή την περίπτωση πρέπει να εξασφαλίζεται συγκέντρωση τουλάχιστο **2 mg / lit**. Η σχέση τροφής μικροοργανισμών (**F/M**) πρέπει για τις συνηθισμένες περιπτώσεις, να βρίσκεται στα γενικά αποδεκτά όρια ή η ηλικία της λάσπης στα αντίστοιχα επίπεδα. Οι σχετικές προσαρμογές γίνονται με την ρύθμιση της ανακυκλοφορίας και απορρίψεως της λάσπης. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων μπορεί να ευνοήσουν τη συσσωμάτωση. Σε περίπτωση προσθήκης βιομηχανικών αποβλήτων πρέπει να ελεγχθεί η ποσότητα του αζώτου και φωσφόρου, γιατί τυχόν ανεπάρκεια οδηγεί στη συσσωμάτωση της λάσπης, όπως και η μεγάλη διακύμανση του ΡΗ ή του οργανικού φορτίου.

Τέλος πρέπει να ελεγχθεί η κανονική λειτουργία της καθιζήσεως και ιδιαίτερα, αν απομακρύνεται έγκαιρα η λάσπη.

Σαν μέτρο προσωπικής ανακουφίσεως σε περίπτωση σοβαρής ανάγκης έχει εφαρμοσθεί σε αρκετή έκταση η χλωρίωση των αποβλήτων ή επιστρέφουσας λάσπης.

Το μέτρο είναι αποτελεσματικό, αν η συσσωμάτωση οφείλεται σε νηματώδεις οργανισμούς. Η απαιτούμενη ποσότητα του χλωρίου υπολογίζεται σε **0,1-0,2%** του ξερού βάρους των περιεχομένων στερεών.

#### Δ.Αφρισμός

Τα λύματα περιέχουν κανονικά σαπούνια, απορρυπαντικά και άλλα τασιενεργά συστατικά, που προκαλούν αφρισμό κατά τον αερισμό. Σε ψηλές τιμές του **MLSS** υπάρχει τάση ελαττώσεως του αφρισμού.

Ο αφρός, που περιέχει λάσπη, λίπη και μεγάλο αριθμό μικροβίων, παρασύρεται από τον άνεμο, ρυπαίνοντας οτιδήποτε συναντήσει. Εκτός από την αντιαισθητική εικόνα δημιουργεί κινδύνους για τους εργαζόμενους, γιατί είναι πολύ ολισθηρός και καθαρίζεται πολύ δύσκολα, όταν ξεραθεί.

Ο έλεγχος αφρού γίνεται συνήθως με ράντισμα. Χρησιμοποιείται είτε καθαρό νερό, είτε απορροή, που εξακοντίζεται από ειδικά απιστόμια, τοποθετημένα σε σειρά απέναντι από το σύστημα αερισμού.



*Επίσης μπορεί να προστεθεί μικρή ποσότητα χημικής ουσίας κατά του αφρισμού στην εισαγωγή της δεξαμενής αερισμού ή στο νερό ραντίσματος.*

## **ΚΑΘΙΖΗΣΗ**

### **ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΘΙΖΗΣΕΩΣ**

#### **ΓΕΝΙΚΑ**

Η δεξαμενή δευτεροβάθμιας ή τελικής καθιζήσεως τοποθετείται μετά των αιωρούμενων στερεών, που δημιουργούνται από τη βιολογική δράση.

Παρότι ισχύουν οι γενικές αρχές λειτουργίας της πρωτοβάθμιας δεξαμενής, η παρουσία μεγάλου όγκου στερεών που κροκιδώνονται στο μικτό υγρό επιβάλλει ειδική μελέτη για τη δεξαμενή καθιζήσεως της δραστηκής λάσπης. Τα στερεά αυτά, ενώ στις μικρές συγκεντρώσεις καθιζάνουν σαν μεμονωμένα μόρια με σταθερή ταχύτητα πέρα από ορισμένο όριο πυκνότητας συνενώνονται λόγω κρικιδώσεως και καθιζάνουν με προοδευτικά αυξανόμενη ταχύτητα. Τελικά σχηματίζουν στον πυθμένα ενιαίο στρώμα λάσπης, που ποικίλει σε πάχος. Το στρώμα μπορεί να γεμίσει το σύνολο του πυθμένα και να υπερχειλίσει μαζί με την απορροή, αν δεν αφαιρεθεί έγκαιρα ή δεν έχει η δεξαμενή κατάλληλη χωρητικότητα. Εξάλλου το μικτό υγρό, όταν μπαίνει στην δεξαμενή καθιζήσεως, έχει την τάση να κινείται σαν ρεύμα ειδικής πυκνότητας, εμποδίζοντας το διαχωρισμό των στερεών και την πύκνωση της λάσπης. Για να αντιμετωπισθούν με επιτυχία αυτά τα προβλήματα, πρέπει κατά την σχεδίαση της δεξαμενής να μελετηθούν η μορφή, ο χρόνος συγκρατήσεως και η επιφανειακή φόρτιση λάσπης (από το μικτό υγρό), η ταχύτητα διελεύσεως και ο ρυθμός υπερχειλίσεως. Συμπληρωματικά πρέπει να επιδιωχθεί ο οικονομικότερος συνδιασμός του συστήματος αερισμού-καθιζήσεως.

## ΜΟΡΦΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

Οι δεξαμενές τελικής καθιζήσεως είναι συνήθως ορθογωνικές ή κυκλικές και πολύ σπανιότερα τετραγωνικές. Για μικρές μονάδες οι κυκλικές μπορεί να καταλήγουν σε βαθειά κωνική δεξαμενή, που διευκολύνει τη συγκέντρωση της λάσπης χωρίς μηχανική σάρωση. Οι κυκλικές δεξαμενές κατασκευάζονται με διαμέτρους **3,5-60m**, με πιο συνηθισμένες **10-30m** η ακτίνα της δεξαμενής πρέπει κατά ρπτύμηση να μην υπερβαίνει το **5πλάσιο** του υγρού βάθους στην περιφέρεια.

Από πλευρά τροφοδοτήσεως υπάρχουν δύο τύποι κυκλικών δεξαμενών με κεντρική και περιφερειακή τροφοδότηση. Στην πιο συνηθισμένη κεντρική τροφοδότηση ο εσωτερικός κύλινδρος διανομής πρέπει να έχει διάμετρο **15-20%** της διαμέτρου της δεξαμενής και να μην βυθίζεται περισσότερο από **1,0m** κάτω από την επιφάνεια για την αποφυγή αναταράξεως της λάσπης στον πυθμένα ή βραχυκυκλώσεως της ροής.

Η συλλογή της λάσπης γίνεται με περιστρεφόμενο μηχανισμό, που είτε συγκεντρώνει τη λάσπη σε κεντρικό αποδοχέα, είτε αναρροφά τη λάσπη απ'ευθείας από τον πυθμένα με ακροφύσια.

Οι ορθογωνικές δεξαμενές κατασκευάζονται σε μήκος μέχρι **90m** και πλάτος ως **24m**. Το μήκος συνιστάται να μην υπερβαίνει το δεκαπλάσιο του βάθους. Για δεξαμενές μεγάλου μήκους είναι επιθυμητό να υπάρχουν δύο συστήματα συλλογής της λάσπης, που τροφοδοτούν εναλλακτικά κεντρικό υποδοχέα. Η συλλογή της λάσπης κατά την κατεύθυνση της ροής των υγρών παρουσιάζει μεγαλύτερη απόδοση σε ορισμένες περιπτώσεις. Το βάθος των δεξαμενών με μηχανισμό συνιστάται να είναι περιορισμένο, αλλά όχι μικρότερο από **2,0m** και για δραστική λάσπη τουλάχιστον **2,5m**.

Γενικά οι δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθιζήσεως προσομοιάζουν με τις πρωτοβάθμιες με κύριες διαφορές το μέγεθος του χώρου συγκεντρώσεως λάσπης, που είναι μικρότερος στις δευτεροβάθμιες και το ρυθμό αντλήσεως της δραστικής λάσπης, που είναι συνεχείς στις δευτεροβάθμιες.

## ΧΡΟΝΟΣ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΕΩΣ ΚΑΙ Η ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ

Ο χρόνος συγκρατήσεως και η επιφανειακή φορτίση εξαρτώνται από τις ιδιότητες καθίζσεως της απορροής της μονάδας βιολογικής επεξεργασίας. Συνήθως χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή για το μικτό υγρό της δεξαμενής αερισμού.

Σαν γενικός κανόνας μπορεί να ληφθεί με βάση την παροχή σχεδιασμού (**Qd**) και την επιφάνεια της δεξαμενής (**Fk**):

-Χρόνος συγκρατήσεως :  $t = V/Qd = 2,5-4,0h$

-Επιφανειακή φόρτιση :  $L_h = Qd/Fk = 32-40m^3/m^2$   
 $\eta\mu = 1,33-1,66m^3/m^2h$

## ΦΟΡΤΙΣΗ ΛΑΣΠΗΣ

Κατά την καθίζηση του μικτού υγρού της δεξαμενής αερισμού, εάν η συγκέντρωση των στερεών υπερβεί ένα ορισμένο όριο η απαιτούμενη επιφάνεια της δεξαμενής τελικής καθίζσεως δεν εξαρτάται μόνο από την υδραυλική παροχή (επιφανειακή φόρτιση), αλλά και από τα χαρακτηριστικά καθίζσεως της κολλοειδούς λάσπης και το φορτίο των αιωρούμενων στερεών.

## ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΙΕΛΕΥΣΕΩΣ

Η οριζόντια ταχύτητα κινήσεως των υγρών στη δεξαμενή καθίζσεως πρέπει να είναι περιορισμένη, για να μην δημιουργηθούν ρεύματα πυκνότητας ή να μην παρασυρθεί η λάσπη από τον πυθμένα. Στις ορθογωνικές δεξαμενές η οριζόντια ταχύτητα διελεύσεως με βάση τη μέγιστη παροχή του μικτού υγρού πρέπει να είναι **max V ≤ 8,5cm/sec**.

## **ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΦΟΡΤΙΣΗ ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΤΩΝ**

Το μικτό υγρό κινείται στον πυθμένα δεξαμενής καθιζήσεως σαν ρεύμα πυκνότητας και μπορεί να διαφύγει από την υπερχείλιση, αν δεν έχει καλά τοποθετηθεί. Από πειραματική εργασία βρέθηκε, ότι για μεγάλη κυκλική δεξαμενή η αποδοτικότερη θέση της υπερχείλισεως ήταν σε απόσταση  $+2/3-3/4$  της ακτίνας από το κέντρο. Πάντως για τις μικρές δεξαμενές με χαμηλ'ο επιφανειακό φορτίο και ρυθμό υπερχείλισεως η θέση του υπερχείλιστή δεν επηρεάζει σημαντικά τη λειτουργία της δεξαμενής. Εφόσον η υπερχείλιση τοποθετείται στο άκρο της ορθογωνικής δεξαμενής ή στην περιφέρεια της κυκλικής, το υγρό βάθος εκεί πρέπει να είναι τουλάχιστον **3,5m**.

## **ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ**

Η αύξηση της συγκεντρώσεως των στερεών στο μικτό υγρό της δεξαμενής αερισμού επιτρέπει την επεξεργασία μεγαλύτερου οργανικού φορτίου, αλλά η αύξηση αυτή υπόκειται σε οικονομικούς περιορισμούς, γιατί μεγαλώνει το φορτίο λάσπη της δεξαμενής αερισμού και επομένως το μέγεθος και η δαπάνη κατασκευής της.

Η εκτίμηση της κατάλληλης συγκεντρώσεως των αιωρούμενων στερεών του μικτού υγρού, που δίνει το βέλτιστο συνδιασμό δεξαμενής αερισμού και τελικής καθιζήσεως, μπορεί να γίνει με οικονομικά κριτήρια, γραφικά ή αναλυτικά.

## **ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΕΩΣ**

Οι δεξαμενές σταθεροποίησης αποτελούν συνήθως από σχετικά μικρού βάθους λεκάνη με επίπεδο πυθμένα και κατασκευάζονται με χωμάτινο ανάχωμα σε μορφή κυκλική, τετραγωνική ή συνήθως ορθογωνική.

Είναι μονάδες βιολογικής επεξεργασίας, που λειτουργούν κάτω από φυσικές ή τεχνητές συνθήκες αερισμού ή και αναερόβια.

Ο φυσικός αερισμός στηρίζεται στη διάλυση και διάχυση του ατμοσφαιρικού οξυγόνου από την ανεπτυγμένη επιφάνεια και στην παραγωγή οξυγόνου με τη διαδικασία της φωτοσυνθέσεως από τα φύκη, μέχρι το βάθος που φθάνει αρκετό φως. Ο τεχνητός αερισμός γίνεται με σύστημα διαχύσεως αέρα και συνηθέστερα με επιφανειακούς αναμικτήρες.

Οι δεξαμενές με μεγαλύτερο βάθος, εφόσον δεν αερίζονται μηχανικά, παρουσιάζουν είτε μικτή βιολογική δράση, είτε λειτουργούν πρακτικά σαν αναερόβιοι αντιδραστήρες, λόγω κυρίως της φύσεως και του υψηλού οργανικού φορτίου.

Βασική προϋπόθεση για την επιτυχή εφαρμογή του συστήματος των δεξαμενών σταθεροποίησης είναι η διάθεση σχετικά φθηνής γης και η εξασφάλιση των υπογείων νερών από κινδύνους ρυπάνσεως και μόλυνσεως.

Οι πιο πάνω τύποι κατατάσσονται με διάφορους τρόπους, αλλά συνήθως διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, με υποδιαιρέσεις:

**A. Δεξαμενές σταθεροποίησης ή οξειδώσεως**, με υποδιαιρέσεις σε αερόβιες, αερόβιες-αναερόβιες ή επαμφοτερίζουσες και αναερόβιες. Αναφέρεται επίσης και η δεξαμενή ωριμάνσεως.

**B. Αεριζόμενες δεξαμενές με υποδιαιρέσεις αερόβιες**, αερόβιες-αναερόβιες (μικτές) και τύπου παρατεταμένου αερισμού.

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ

### A. ΑΕΡΟΒΙΕΣ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ

Οι αερόβιες δεξαμενές περιέχουν βακτήρια και μικροφύκη σε αιώρηση και λειτουργούν κάτω από αερόβιες συνθήκες σ' ολόκληρο το βάθος. Τα βακτήρια και τα φύκη βρίσκονται σε αρμονική σχέση συμβιώσεως: τα βακτήρια αποδομούν τις οργανικές ουσίες και καταναλίσκουν το διαλυμένο οξυγόνο με παραγωγή **CO<sub>2</sub>**, ενώ τα μικροφύκη χρησιμοποιούν το **CO<sub>2</sub>** σαν πηγή άνθρακα και με την βοήθεια της φωτεινής ενέργειας συνθέτουν οργανικές ουσίες ελευθερώνοντας οξυγόνο για τα βακτήρια.

Υπάρχουν δύο βασικού τύπου δεξαμενών. Στον έναν τύπο κύριος στόχος είναι η μεγιστοποίηση της παραγωγής και συγκομιδής φυκών και το βάθος είναι περιορισμένο. Στον άλλον τύπο επιδιώκεται η μεγιστοποίηση της παραγωγής οξυγόνου και το βάθος φθάνει μέχρι **1,2-1,5m** και στους δύο τύπου διαλύεται πρόσθετο το οξυγόνο από την ατμόσφαιρα.

Η οργανική φόρτιση των δεξαμενών πρέπει να ανταποκρίνεται στο διαθέσιμο οξυγόνο από την ατμόσφαιρα και την φωτοσύνθεση. Η απόδοση σε ελάττωση του **BOD<sub>5</sub>**, αερόβιων δεξαμενών είναι υψηλή και φθάνει μέχρι **95%**. Πρέπει όμως να τονισθεί ότι, αν έχει αφαιρεθεί το διαλυμένο **BOD<sub>5</sub>** από τα εισερχόμενα απόβλητα, η τελική απορροή της δεξαμενής περιέχει ισοδύναμη ή και μεγαλύτερη συγκέντρωση φυκών, που μπορεί στο τέλος να παρουσιάζει μεγαλύτερο **BOD<sub>5</sub>**, πρέπει να απομακρυνθούν τα περιεχόμενα σε αιώρηση φύκη και μικροοργανισμοί από την απορροή.

### B. ΕΠΙΛΑΜΦΟΤΕΡΙΖΟΥΣΕΣ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ

Στις δεξαμενές αυτές που χαρακτηρίζονται και σαν αερόβιες-αναερόβιες, υπάρχουν τρεις ζώνες βιολογικής δράσεως:

- Η επιφανειακή αερόβια ζώνη με αερόβια βακτήρια και φύκη σε συμβίωση, όπως στην προηγούμενη περίπτωση.
- Η αναερόβια ζώνη του πυθμένα, στην οποία συγκεντρώνονται τα ιζήματα και αποσυντίθεται από αναερόβια βακτήρια.

- Η ενδιάμεση ζώνη, που είναι αερόβια και αναερόβια, όπου οι οργανικές ουσίες αποδομούνται από επαμφοτερίζοντες μικροοργανισμούς.

Η ύπαρξη της αερόβιας επιφανειακής ζώνης ελαττώνει σημαντικά το πρόβλημα των δυσοσμίων, που οφείλονται στην αερόβια αποδόμηση του πυθμένα, γιατί πολλά από τα προϊόντα της αποσυνθέσεως χρησιμοποιούνται από τους αερόβιους μικροοργανισμούς.

Σε περίπτωση ανάγκης αυξήσεως του οργανικού φορτίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιφανειακός αναμικτήρας, οπότε η δεξαμενή γίνεται αεριζόμενη (αερόβια-αναερόβια). Για να διατηρηθεί όμως το κέρδος της αναερόβιας αποδόμησης, πρέπει ο ρυθμός αναδύσεως να μη φθάσει την πλήρη ανάμιξη.

Εκτός από τις ακραίες περιπτώσεις (πολύ ρηχές ή βαθιές ή καθολικές αεριζόμενες δεξαμενές) οι συνηθισμένες μονάδες σταθεροποιήσεως είναι πρακτικά μικτής βιολογικής δράσεως (επαμφοτερίζουσες).

### Γ. ΑΝΑΕΡΟΒΙΕΣ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ

Οι δεξαμενές αυτές είναι αναερόβιες σ'ολόκληρο το βάθος εκτός από ένα λεπτό επιφανειακό στρώμα. Κατασκευάζονται ανοικτές με βάθη από **2,5m** μέχρι **4-6m** (μεγάλη τιμή του λόγου : όγκος/επιφάνεια), για να εξασφαλίζεατι αναερόβια δράση και διατήρηση της θερμικής ανέργειας. Ο κλειστός τύπος αποτελεί τη δεξαμενή χωνεύσεως της λάσπης, που συλλέγεται στις δεξαμενές καθιζήσεως.

Για να λειτουργήσει αποδοτικά η αναερόβια δεξαμενή, πρέπει να υπάρχει:

- Μεγάλη συγκέντρωση οργανικών ουσιών και κατά προτίμηση πρωτεΐνες και λίπη παρά ζάχαρες.
- Αρκετά ανόργανα βιολογικά θρεπτικά υλικά και αλκαλικότητα.
- Απουσία τοξικών ουσιών.
- Σχετικά χαμηλά θερμοκρασία.



Τα χαρακτηριστικά αυτά απαντούν σε ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα (σφαγεία, επεξεργασία κρέατος).

Η σταθεροποίηση των αποβλήτων γίνεται με συνδιασμό καθίζησης και αναερόβιας μετατροπής των οργανικών ουσιών σε **CO<sub>2</sub>**, **CH<sub>4</sub>**, καθώς και άλλα αέρια, οργανικά οξέα και κυταρρικό ιστό. Η απόδοση των δεξαμενών είναι συνήθως **75%** ελάττωση του **BOD<sub>5</sub>** και μπορεί να φθάσει κάτω από ευνοϊκές συνθήκες μέχρι **85%**.

Βασικό πλεονέκτημα των αναερόβιων δεξαμενών είναι η μικρή δαπάνη αρχικής εγκατάστασης και λειτουργίας και η ικανότητα να δεχθούν απότομα ή περιοδικά ψηλά φορτία.

Συνήθως συνδιάζονται με αερόβιες ή μικτές δεξαμενές, σαν προκαταρκτικό στάδιο ελαττώσεως του ψηλού οργανικού φορτίου και επιτυγχάνουν μείωση του **BOD<sub>5</sub>** κατά **30-80%**.

Βασικό μειονέκτημα των αναερόβιων δεξαμενών είναι η δυσοσμία και γι' αυτό συνίσταται απόσταση από κατοικημένες και γενικά ευαίσθητες περιοχές τουλάχιστον **0,5-1,0km**. Επίσης η λειτουργία τους επηρεάζεται πολύ από τη θερμοκρασία των υγρών.

## ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΕΣ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ

Οι αεριζόμενες δεξαμενές με συστήματα διαχύσεως αέρα ή με επιφανειακούς αναμικτήρες διακρίνονται συνήθως ανάλογα με το ρυθμό αναμίξεως σε καθολικά αερόβιες, αερόβιες-αναερόβιες ή μικτές (επαμφοτερίζουσες) και σε τύπου παρατεταμένου αερισμού.

-Καθολικά αερόβιες δεξαμενές.

Καθολικά αερόβιες χαρακτηρίζονται οι δεξαμενές, όπου το σύστημα αερισμού είναι αρκετό ισχυρό, ώστε να διατηρεί σε αιώρηση όλα τα στερεά. Οι συνθήκες που επικρατούν είναι καθολικής αναμίξεως, αλλά η απόδοση σε ελάττωση του **BOD** δεν είναι ψηλή, γιατί η απορροή παρασύρει κανονικά και τα στερεά που εισέρχονται ή δημιουργούνται από την βιολογική δράση, εκτός αν γίνει συμπληρωματική επεξεργασία συγκρατήσεως των αιωρημάτων (πχ με καθίζηση).

Ανάλογα με το χρόνο συγκρατήσεως (αερισμού), η απορροή περιέχει το **1/3** μέχρι **1/2** του εισερχόμενου **BOD** με μορφή κυτταρικού ιστού (οργανικό φορτίο).

*-Αερόβιες-αναερόβιες δεξαμενές (μικτές)*

Οι δεξαμενές αυτές μοιάζουν λειτουργικά με τις επαμφοτερίζουσες, με τη διαφορά ότι το οξυγόνο παρέχεται κυρίως μηχανικά, αλλά η ισχύς της αναμίξεως δεν είναι αρκετή για να κρατήσει σε αιώρηση όλα τα στερεά που αποδομούνται αναερόβια στις νεκρές γωνίες του πυθμένα.

*-Δεξαμενές τύπου παρατεταμένου αερισμού*

Οι δεξαμενές αυτού του τύπου έχουν καθολική ανάμιξη και πλήρη αιώρηση των στερεών, αλλά τελικά τα στερεά αυτά δεν αφήνονται να διαφύγουν με την απορροή αλλά συγκρατούνται και συγκεντρώνονται στο σύστημα, είτε με χωριστή δεξαμενή καθίζσεως και επανακυκλοφορίας της λάσπης, είτε με ενσωμάτωση στην έξοδο της δεξαμενής κατάλληλου θαλάμου συγκρατήσεως των στερεών (για μικρές δεξαμενές), είτε τέλος με περιοδική διακοπή του συστήματος αερισμού (**45'-60'** κάθε μερικές ώρες) και λειτουργία της απορροής ύστερα από την καθίζηση των αιωρημάτων.

Η ελάττωση του **BOD5** σ' αυτές τις δεξαμενές είναι πολύ ψηλή (**95-98**) με πρόσθετη δυνατότητα νιτροποίησης.

## **ΧΗΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ**

### **ΓΕΝΙΚΑ**

Η χημική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων περιλαμβάνει διάφορες διεργασίες, που εφαρμόζονται μεμονωμένα ή κατά κανόνα σε συνδιασμό με διάφορες φυσικές ή βιολογικές διαδικασίες καθαρισμού.

Οι πιο συνηθισμένες διεργασίες είναι, μεταξύ άλλων:

- Χημική κατακρήμνιση (ιζηματοποίηση)
- Προσρόφηση
- Μεταφορά αερίων
- Απολύμανση
- Καύση
- Εναλλαγή ιόντων
- Ηλεκτροδιάλυση κλπ

Οι διεργασίες αυτές δεν έχουν όλες καθαρά χημικό χαρακτήρα, αλλά σχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με χημικές ή φυσικοχημικές δράσεις και για πρακτικούς λόγους κατατάσσονται στην ευρύτερη ομάδα της χημικής επεξεργασίας.

Ειδικότερα η χημική κατακρήμνιση, σε συνδιασμό με καθίζηση, αποτελεί βασική δευτεροβάθμια επεξεργασία καθαρισμού. Έχει εφαρμοσθεί σε σημαντική έκταση στο παρελθόν και λιγότερο σήμερα κυρίως σε ειδικές περιπτώσεις.

Η προσρόφηση, που εξασφαλίζει την απομάκρυνση των ανεπιθύμητων διαλυμένων ουσιών, δεν έχει εφαρμοσθεί σε μεγάλη έκταση στο καθαρισμό των υγρών αποβλήτων, αλλά κυρίως στο πόσιμο νερό.

Η μεταφορά αερίων αποτελεί ζωτικό τμήμα πολλών διεργασιών καθαρισμού, όπως η εξασφάλιση οξυγόνου στα αερόβια συστήματα βιολογικής επεξεργασίας, η διάλυση του χλωρίου για απολύμανση, η απομάκρυνση της αμμωνίας, του υδρόθειου, κλπ.

Η απολύμανση αποτελεί πρακτική, που εφαρμόζεται συχνά στην επεξεργασία των αποβλήτων, όταν επιδιώκεται κυρίως η ελάττωση του μικροβιακού φορτίου, αλλά και σε άλλες περιπτώσεις (έλεγχος οσμών).

Η καύση βρίσκει κυρίως εφαρμογή στην επεξεργασία λάσπης, που περιέχει πολλά οργανικά.

Η εναλλαγή ιόντων, η ηλεκτροδιάλυση κλπ εφαρμόζονται σε ειδικές περιπτώσεις για απομάκρυνση συνήθως παραγόντων ευτροφισμού ή άλλων ανεπιθύμητων συστατικών.

## ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΗ

### A. Σκοπός

Η απλή καθίζηση απομακρύνει τα σχετικά μεγάλα τεμάχια ύλης, που αιωρούνται στα υγρά απόβλητα, με βασική κινητήρια δύναμη το βάρος τους. Όσο όμως στα μικραίνει το μέγεθος των τεμαχίων, τόσο ελαττώνεται πολλαπλάσια ο ρυθμός της καθιζήσεως, γιατί η σχετική ταχύτητα είναι ανάλογη του τετραγώνου της διαμέτρου των μορίων.

Για να βελτιωθεί επομένως η καθίζηση των λεπτών τεμαχίων, πρέπει να εξασφαλισθεί η συνενωσή τους και ο σχηματισμός μεγαλύτερων μορίων. Η προσπάθεια αυτή δυσχεραίνεται ή εξουδετερώνεται κυρίως από τις ηλεκτρικές αποστικές δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ των τεμαχίων της ύλης και εκδηλώνονται πολύ πιο έντονα στα μικρά τεμάχια (συνήθως διαμέτρου κάτω από ένα μικρό), λόγω της μεγάλης ειδικής επιφάνειας και των κολλοειδών ιδιοτήτων που παρουσιάζουν.

Η σταθεροποίηση των κολλοειδών διαλυμάτων και η συνένωση των λεπτών τεμαχίων με τελικό σκοπό την καλύτερη καθίζηση είναι ο βασικός σκοπός της χημικής κατακρημνίσεως.

### B. Ιστορικό

Η χημική κατακρημνιση, που ανακαλύφθηκε το **1762** στην Αγγλία, εφαρμόστηκε σαν κανονική μέθοδος, για την επεξεργασία των αποβλήτων από αρκετά νωρίς με χρησιμοποίηση κυρίως ασβέστη, είτε μόνο, είτε συνηθέστερα μαζί με άλλες χημικές ουσίες. Με την ανάπτυξη όμως των βιολογικών μεθόδων άρχισε να εγκαταλείπεται η χημική

επεξεργασία λόγω δαπάνης των χημικών ουσιών. Στην περίοδο **1930-1936** έγιναν ορισμένες προσπάθειες για την ανάπτυξη και εξάπλωση νέων χημικών μεθόδων και σήμερα παρά την μεγάλη ανάπτυξη εξάπλωση των βιολογικών μεθόδων, υπάρχει ανανεωμένο ενδιαφέρον, για την χημική επεξεργασία σε ειδικές περιπτώσεις και για την απομάκρυνση των παραγόντων ευτροφισμού (Αζώτου και Φωσφόρου).

### Γ. Θεωρία των κολλοειδών διαλυμάτων

Σαν κολλοειδή διαλύματα χαρακτηρίζονται τα υλικά που έχουν διαχυθεί σε πολύ λεπτό καταμερισμό μέσα σε ένα μέσο πχ νερό.

Τα υλικά αυτά μπορεί να είναι συσσωματώματα ατόμων ή μορίων ή ανάμικτα τεμάχια, που είναι μεγαλύτερα από τα μεμονωμένα άτομα ή μόρια, αλλά πάντως πολύ μικρά, ώστε να παρουσιάζουν μεγάλη ειδική επιφάνεια και τις χαρακτηριστικές ιδιότητες που σχετίζονται μ' αυτήν.

Η κολλοειδής μορφή της ύλης χαρακτηρίζεται από το μεγάλο ανάπτυγμα της επιφάνειας ανά μονάδα μάζας.

Τα κολλοειδή, όπως και τα άλλα αιρούμενα υλικά προσελκύουν στην επιφάνεια τους (προσρόφηση) διάφορα ιόντα, κατά τρόπο εκλεκτικό, με αποτέλεσμα να παρουσιάζονται στην πράξη ομόσημα ηλεκτρισμένα μ' ένα δυναμικό πεδίο γύρω τους.

Οι ηλεκτρικές απωστικές δυνάμεις, που ασκούνται μεταξύ των κολλοειδών τεμαχίων, εξουδετερώνουν τις ελκτικές δυνάμεις και συμβάλουν στη σταθερότητα (έλλειψη τάσεως για συσσωμάτωση) των κολλοειδών διαλυμάτων. Σε σχέση με το νερό υπάρχουν δύο τύποι κολλοειδών:

- Τα υδρόφυλλα, που διασκορπίζονται εύκολα στην μάζα του νερού και η σταθερότητά τους εξαρτάται από τη συγγένειά τους με αυτό και λιγότερο από τα μικρά ηλεκτρικά φορτία –συνήθως αρνητικά- που έχουν.
- Τα υδρόφοβα, που δεν έχουν συγγένεια με το νερό και η σταθερότητά τους οφείλεται στις απωστικές ηλεκτρικές δυνάμεις.

- Όταν ένα τεμάχιο κολλοειδών φορτισθεί με ηλεκτρικά φορτία τότε προσελκύνονται και προσκολλώνται στην επιφάνεια του ιόντα με αντίθετο φορτίο, που σχηματίζουν ένα συμπαγές στρώμα. Γύρω από το σταθερό αυτό στρώμα σχηματίζεται ένα πιο χαλαρό, που αποτελείται από το σταθερό και το διάχυτο και εκτείνεται μέχρι τα όρια επιδράσεως του δυναμικού πεδίου.

#### Δ. Συνένωση των κολλοειδών

Εφόσον το δυναμικό είναι αρκετό ισχυρό, οι ηλεκτρικές απωστικές δυνάμεις που παράγονται, κρατούν σε αρκετή απόσταση τα κολλοειδή, οπότε δεν είναι αποτελεσματικές οι ελκτικές δυνάμεις της ύλης και το διάλυμα παραμένει σταθερό.

Για να γίνει επομένως συνένωση των κολλοειδών και γενικά των υλικών σε λεπτό καταμερισμό, πρέπει να αποσταθεροποιηθεί το διάλυμα με ελάττωση του δυναμικού ή να παρακαμφθούν τα αποτελέσματα της δράσεως του.

Επειδή στην διαδικασία αποσταθεροποίησης των διαλυμάτων και συνενώσεως των λεπτών υλικών χρησιμοποιούνται γενικά δύο όροι με αρκετές παραλλαγές στη σημασία με την οποία χρησιμοποιούνται:

- Συσσωμάτωση ονομάζεται η διεργασία κατά την οποία τα κολλοειδή και λεπτομερή γενικά αιωρούμενα υλικά ενός υγρού διαλύματος προετοιμάζονται με κατάλληλα μέσα για συνένωση. Πρακτικά η συσσωμάτωση είναι διεργασία αποσταθεροποίησης του σταθερού κολλοειδούς διαλύματος.
- Κροκίδωση ονομάζεται η συνένωση των αιωρούμενων υλικών και η δημιουργία μεγάλων σχηματισμών. Η κροκίδωση ακολουθεί την συσσωμάτωση.

Τόσο η θεωρία των κολλοειδών διαλυμάτων, όσο και η ερμηνεία των μηχανισμών της συνενώσεως των κολλοειδών και της δημιουργίας μεγάλων κροκίδων δεν παρουσιάζονται με ενιαία μορφή στη σχετική βιβλιογραφία, πράγμα που αντανακλά τη συνεχιζόμενη ακόμη διερεύνηση

αυτών των θεμάτων. Πάντως η ελάττωση του δυναμικού ή η παράκαμψη των αποτελεσμάτων της δράσεως του θεωρείται γενικά, ότι μπορεί να γίνει:

- Είτε με προσθήκη χημικών ουσιών, που ελευθερώνουν ιόντα αντίθετου σημείου και εξουδετερώνουν τα φορτία των κολλοειδών.
- Είτε με την προσθήκη ηλεκτρολύτων, που προκαλούν ελάττωση του πάχους του διάχυτου στρώματος.
- Είτε με την προσθήκη οργανικών πολυηλεκτρολύτων, που προσροφούν ή συνενώνουν τα τεμάχια με γεφύρωση.
- Είτε με προσθήκη ιόντων, που ελεττώνουν το επιφανειακό φορτίο.
- Είτε με μηχανισμό σαρώσεως.

#### Ε. Υλικά συσσωματώσεως

Για να γίνει η συσσωμάτωση και κροκύδωση των κολλοειδών διαλυμάτων χρησιμοποιούνται συνήθως ενώσεις του αργιλίου και σιδήρου καθώς και ορισμένες άλλες ουσίες.

## **ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ**

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

*Σαν απολύμανση χαρακτηρίζεται η εκλεκτική ελάττωση σε ανεκτά επίπεδα των παθογόνων μικροβίων, σ' αντίθεση με την αποστήρωση, που σημαίνει καταστροφή κάθε μορφής ζωής.*

*Τα μέσα που χρησιμοποιούνται για απολύμανση, είναι χημικά, φυσικά, μηχανικά και ραδιολογικά.*

## **ΜΕΣΑ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΕΩΣ**

### **A. Χημικά Μέσα**

*Έχει χρησιμοποιηθεί ποικιλία χημικών παραγόντων για απολύμανση, όπως φαινόλες, οινόπνευμα, χλώριο, σαπούνια – απορρυπαντικά και διάφορα οξέα ή αλκάλεια.*

*Από τις παραπάνω ουσίες τη μεγαλύτερη χρήση και παγκόσμια διάδοση έχει το χλώριο – αέριο ή ενώσεις – και σε μικρότερη κλίμακα το όζον. Πολύ όξινα ή αλκαλικά υγρά μπορεί να χρησιμοποιηθούν για καταστροφή παθογόνων μικροβίων.*

### **B. Φυσικά Αέρια**

*Φυσικά μέσα απολύμανσης είναι η θερμότητα και το φως. Θέμανση του νερού μέχρι το σημείο βρασμού καταστρέφει τα περισσότερα μη σπορογόνα μικρόβια. Η μέθοδος αυτή δεν προσφέρεται για τις μεγάλες ποσότητες των υγρών αποβλήτων λόγω της μεγάλης δαπάνης.*

*Η ηλιακή ακτινοβολία έχει μικροβιοκτόνο δράση στην περιοχή της υπεριώδους ακτινοβολίας. Ενώ η μέθοδος αυτή έχει χρησιμοποιηθεί με ικανοποιητικά αποτελέσματα για απολύμανση μικρών ποσοτήτων πόσιμου νερού είναι προβληματική η εφαρμογή της σε ακάθαρτα νερά γιατί η*



ακτινοβολία απορροφάται εύκολα από τα αιωρούμενα στερεά και έτσι εξουδετερώνονται η απολυμαντική της ικανότητα.

### **Γ. Μηχανικά Μέσα**

Τα μικρόβια απομακρύνονται σε ορισμένο ποσοστό μηχανικά από τα απόβλητα μαζί με τα αιωρούμενα κυρίως υλικά που αφαιρούνται κατά τις διάφορες επεξεργασίες.

#### **Μηχανική Επεξεργασία**

<b>1. Χονδρή Σχάρα</b>	<b>0,5%</b>
<b>2. Λεπτή Σχάρα</b>	<b>10-20%</b>
<b>3. Αμμοσυλλέκτης</b>	<b>10-25%</b>
<b>4. Απλή Καθίζηση</b>	<b>25-75%</b>

#### **Σύνθετη Επεξεργασία**

<b>5. Χημική Καθίζηση</b>	<b>49-80%</b>
<b>6. Χαλικοδιωλιστήριο</b>	<b>90-95%</b>
<b>7. Δραστική Λάσπη</b>	<b>90-98%</b>
<b>8. Χλωρίωση επεξεργασμένων λυμάτων</b>	<b>98-99%</b>

### **Δ. Ραδιολογικά Μέσα**

Η ραδιενέργεια που εκπέμπεται με μορφή σωματιδίων ή σαν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχει ανάλογα με την ένταση και το χρόνο εκθέσεως μικροβιοκτόνες ιδιότητες. Ιδιαίτερα η ακτινοβολία γ-ακτίνων, που έχει μεγάλη διεισδυτικότητα, έχει χρησιμοποιηθεί για την απολύμανση (ουσιαστικά αποστείρωση) νερού και αποβλήτων.

## **ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΕΩΣ**

Η μικροβιοκτόνος δράση των μέσων απολυμάνσεως εξηγείται με διάφορους μηχανισμούς βλαπτικής επιδράσεως στο κύτταρο όπως:

- Αλλαγή της εκλεκτικής διαπερατότητας της κυτταροπλαστικής μεμβράνης με αποτέλεσμα την διαφυγή ζωτικών θρεπτικών συστατικών, όπως είναι το άζωτο και ο φώσφορος.
- Αλλαγή της κολλοειδούς φύσης του πρωτοπλάσματος με τελικό αποτέλεσμα το θάνατο.
- Παρεμπόδιση της ενζυματικής δραστηριότητας και της ικανότητας του κυττάρου να συνθέσει νέο υλικό. Τα οξειδωτικά μέσα όπως το χλώριο, μεταβάλλουν την χημική σύνθεση των ενζύμων και τα αδρανοποιούν, μ'αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται ο κανονικός ρυθμός μεταβολισμού και επιβιώσεως. Τα ένζυμα, που είναι τόσο ζωτικά για τον μεταβολισμό, βρίσκονται σε πολύ μικρές ποσότητες και έτσι εξηγείται η σημαντική μικροβιοκτόνος δράση του χλωρίου ακόμη και σε πολύ μικρή συγκέντρωση.

## ΧΛΩΡΙΩΣΗ

### ΓΕΝΙΚΑ

Η χρησιμοποίηση ενώσεων του χλωρίου για απολύμανση του πόσιμου νερού σε περιπτώσεις ανάγκης έχει γίνει από παλιά (**1850** περίπου). Σήμερα η χρήση του χλωρίου, ιδιαίτερα στις υδρεύσεις είναι παγκόσμια, αλλά έχει σημαντικές εφαρμογές και στις αποχετεύσεις, τόσο για απολύμανση, όσο και για πολλές άλλες χρήσεις.

### ΧΗΜΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ

Το χλώριο είναι αέριο κιτρινοπράσινο με έντονα ερεθιστική οσμή και αποπνικτική δράση. Αποτελεί ισχυρό οξειδωτικό παράγοντα, που καθορίζει τη χημική δράση. Διαλύεται αρκετά στο νερό (**1%** κατά βάρος στους **10°C**) και αντιδρά οξειδωτικά, τόσο με ανόργανες, όσο και με οργανικές ουσίες, που δεσμεύουν το λεγόμενο "απαιτούμενο" χλώριο. Μετά την "ικανοποίηση" του νερού σε χλώριο παραμένει "υπολειμματικό" δραστικό χλώριο, που ολοκληρώνει την απολύμανση. Διακρίνονται δύο μορφές χλωρίου στο νερό, το "ελεύθερο" και το "συνδισμένο", που οδηγεί στη χλωρίωση του "σημείου".

## ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΑΣΠΗΣ

### ΓΕΝΙΚΑ

Κατά την επεξεργασία καθαρισμού των αποβλήτων, μαζί με την τελική απορροή που πρέπει να διατεθεί κατάλληλα, παράγονται ταυτόχρονα και ορισμένα παραπροϊόντα, όπως τα σχαρίσματα, η άμμος, τα ξαφρίσματα και η λάσπη από τις δεξαμενές καθιζήσεως (πρωτοβάθμια ή και δευτεροβάθμια). Από τα παραπροϊόντα αυτά το σημαντικότερο σε όγκο και δυσκολότερο σε χειρισμό και διάθεση είναι η λάσπη (**sludge**).

Θα πρέπει να διευκρινισθεί ότι η λάσπη, σ' αντίθεση με την συνηθισμένη έννοια του όρου, δεν είναι πυκνό ή με στερεή μορφή αιώρημα, αλλά εντελώς υδαρές υγρό, που παρότι περιέχει, σαν νωπή **40** περίπου φορές περισσότερες στερεές ουσίες από τα αστικά λύματα (**5%** έναντι **1,25**), εξακολουθεί να έχει μορφή υγρού. Μόνο μετά την επεξεργασία συμπυκνώσεως, χωνεύσεως, αφυδατώσεως κ.λ.π., η λάσπη παίρνει στερεή μορφή με αρκετή ακόμη υγρασία (**60%**), που μπορεί να ελαττωθεί πολύ (**<10%**) με θερμική ξήρανση, προκειμένου να αποτεφρωθεί ή να γίνει λίπασμα.

## ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΕΩΣ

Κύριοι στόχοι της επεξεργασίας της λάσπης είναι:

- Η ελάττωση του όγκου με την απομάκρυνση μέρους του νερού (ελάττωση υγρασίας από **95%** σε **70-60%**)
- Η αποδόμηση των οργανικών ουσιών, που αποτελούν τον ασταθή και ενοχλητικό παράγοντα της λάσπης(δυσσομία).

Η επεξεργασία αυτή περιλαμβάνει :

### Α. ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ

Η λάσπη που συλλέγεται στον πυθμένα της δεξαμενής καθιζήσεως αποθηκεύεται προσωρινά, μέχρις ότου υποβληθεί σε πιο πέρα επεξεργασία και διάθεση.

Συνήθως η λάσπη αποθηκεύεται σε ειδικό υποδοχέα (**hopper**) στην αρχή της πρωτοβάθμιας δεξαμενής, από τον οποίο απομακρίνεται συνεχώς ή

περιοδικά. Επίσης μπορεί να αναμιχθεί και αποθηκευτεί η πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια λάσπη σε ιδιαίτερη δεξαμενή.

### Β.ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ-ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ

Σκοπός της συγκέντρωσης είναι να γίνει συμπύκνωση και πάχυνση της δραστηκής κυρίως λάσπης, που είναι πολύ υδαρής. Η συμπύκνωση μπορεί να γίνει με σχετική παράταση της παραμονής της λάσπης στη δεξαμενή καθιζήσεως, αλλά τότε επηρεάζεται η απόδοση της καθιζήσεως.

Πλεονεκτικότερη είναι η συμπύκνωση σε χωριστή εγκατάσταση με χρησιμοποίηση, είτε πυκνωτού με μηχανική καθίζηση, είτε πυκνωτού με επίπλευση, είτε φυγοκέντρωση προκειμένου να διευκολυνθεί η τελική διάθεση. Με την πυκνωση αυξάνει το ποσοστό των περιεχόμενων στερεών κατά **2-3** φορές.

### Γ.ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΧΩΝΕΥΣΗ

Η χώνευση αποσκοπεί στην αποδόμηση των οργανικών και γίνεται, είτε αναερόβια κάτω από ελαγχόμενες συνθήκες σε ειδικές κλειστές δεξαμενές, είτε αερόβια με αερισμό, είτε σε ειδικές περιπτώσεις με δεξαμενισμό (αναερόβιες δεξαμενές σταθεροποιήσεως) ή ακόμη στη δεξαμενή **IMHOFF** και τη σηπτική (αναερόβια).

Η χώνευση αποτελεί καθοριστικό στάδιο επεξεργασίας, γιατί συμβάλλει στην καταστροφή παθογόνων παραγόντων και εξουδετέρωση των ενοχλήσεων (δυσοσμίες), εκτός από την ελάττωση του όγκου (**90-94%** υγρασία).

### Δ. ΒΕΛΤΙΩΣΗ

Η βελτίωση της λάσπης αποσκοπεί κυρίως στην ευκολότερη αφυδάτωση και συνήθως γίνεται με προσθήκη χημικών ή με Θερμική επεξεργασία.

## Ε.ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΞΗΡΑΝΣΗ

Η αφυδάτωση και η ξήρανση είναι φυσικές διαδικασίες για την ελάττωση της υγρασίας, ώστε η λάσπη να πάρει μισοστερεή μορφή και να διευκολυνθούν οι πιο πέρα χειρισμοί. Σε μικρές μονάδες η αφυδάτωση γίνεται σε κλίνες ξηράνσεως ακάλυπτες ή καλυμμένες ή και σε αβαθείς δεξαμενές εξατμίσεως. Επίσης χρησιμοποιούνται τα φίλτρα, η φυγοκέντρωση και η θερμική ξήρανση.

Γενικά η αφυδάτωση δίνει συμπαγές προϊόν με υγρασία **55-70%** εκτός από την θερμική ξήρανση που ελαττώνει την υγρασία κάτω του **10%**.

## ΣΤ.ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ

Σ' αντίθεση με την βιολογική χώνευση, η σταθεροποίηση σ' αυτή τη περίπτωση γίνεται με καύση ή υγρή οξείδωση, που αποδομούν τις οργανικές ουσίες και ελαττώνουν τον όγκο της λάσπης. Και στις δυο περιπτώσεις παράγονται ανόργανα προϊόντα (τέφρα ή λάσπη), που έχουν ανάγκη τελικής διαθέσεως.

## Η.ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ

Η λάσπη μετά την κατάλληλη επεξεργασία για σταθεροποίηση και ελάττωση του όγκου διατίθεται στον τελικό αποδέκτη, που είναι καθοριστικός για τον τρόπο των προηγούμενων χειρισμών. Οι τελικοί αποδέκτες είναι συνήθως η ξηρά ή η θάλασσα.

Η διάθεση στην ξηρά γίνεται με ταφή ή με διασπορά στο έδαφος, με χρησιμοποίηση σαν λίπασμα ή με απλή απόρριψη σε παλιά μεταλλεία κλπ.

Η διάθεση στην θάλασσα έχει εφαρμοσθεί μέχρι σήμερα από μεγάλα παραθαλάσσια αστικά κέντρα. Πάντως η παγκόσμια σταυροφορία, που έχει αναληφθεί για την προστασία των θαλασσών από την ρύπανση, δεν ευνοεί αυτή τη μέθοδο διάθεσης της λάσπης.

## ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΑΣΠΗΣ

### ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ (ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗ) ΛΑΣΠΗΣ

Η συμπύκνωση της λάσπης μπορεί να γίνει μέχρι ορισμένο βαθμό με σχετική παράταση της παραμονής της στη δεξαμενή καθιζήσεως. Εντούτοις είναι αποδοτικότερη η συμπύκνωση σε χωριστή εγκατάσταση με χρησιμοποίηση κατάλληλων πυκνωτών (**thickeners**).

#### Μηχανικοί πυκνωτές βαρύτητας

Οι πυκνωτές βαρύτητας έχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά με τις δεξαμενές καθιζήσεως, εκτός από το λόγο βάθος/διάμετρο, και είναι μεγαλύτερος. Η λάσπη τροφοδοτείται συνεχώς και καθώς αναμιγνύεται ελαφρά, γίνεται διάσπαση της μάζας από το δυκτυωτό του σαρώθρου ή από ειδικές κατακόρυφες ράβδους και διανοίγονται έτσι κενά που διευκολύνουν την άνοδο των υγρών, ενώ η συμπυκνωμένη λάσπη καθιζάνει με την βαρύτητα.

Παράλληλα σχηματίζεται ένα στρώμα λάσπης κοντά στον πυθμένα (**sludge blanket**), όπου γίνεται συμπίεση και συμπύκνωση της λάσπης, ενώ στο πάνω μέρος συγκεντρώνεται σχετικά καθαρό υγρό και ενδιάμεσα -περιοχή τροφοδοτήσεως- επικρατούν συνθήκες εμποδιζόμενης καθιζήσεως.

Σχετική παράμετρος υπολογισμού είναι ο λόγος του όγκου λάσπης, **SVR:  $SVR = S\beta / S_r = 0,5-2,0$**  ημ.

όπου  **$S\beta$**  : όγκος στρώματος λάσπης πυκνωτού

**$S_r$** : όγκος πυκνής λάσπης που αφαιρείται καθε ημέρα

Οι χαμηλές τιμές αντιστοιχούν σε θερμό καιρό.

Τα υπερχειλιζόμενα υγρά επιστρέφουν στην πρωτοβάθμια καθίζηση, ενώ η συμπυκνωμένη λάσπη οδειγείται από τον πυθμένα στην δεξαμενή χωνεύσεως ή σε άλλη μονάδα επεξεργασίας.

Οι πυκνωτές βαρύτητας σχεδιάζονται και υπολογίζονται με βάση το υδραυλικό επιφανειακό φορτίο και το φορτίο στερεών, όπως και η δεξαμενές καθιζήσεως.

Οι πυκνωτές με κανονικές συνθήκες λειτουργίας, μπορεί να απομακρύνουν μέχρι τα **95%** των στερεών με εξαίρεση ίσως το μίγμα πρωτοβάθμιας και δραστικής λάσπης, για το οποίο είναι δύσκολο να εξασφαλισθεί αυτή η απόδοση.

## ΠΥΚΝΩΤΕΣ ΕΠΙΠΛΕΥΣΕΩΣ

Η πύκνωση με επίπλευση έχει δύο βασικά πλεονεκτήματα. Απαιτεί μικρότερη επιφάνεια και όγκο σε σχέση με τη μηχανική πύκνωση και είναι αποδοτικότερη για λάσπες με κολλοειδή χαρακτήρα, όπως είναι η δραστική. Μειονεκτεί μόνο από οικονομική πλευρά.

Η πύκνωση με επίπλευση εφαρμόζεται κατά κύριο λόγο στη δραστική λάσπη και δίνει πυκνή λάσπη με **4%** περίπου στερεά και απομάκρυνση **85%** των στερεών χωρίς χρήση βοηθητικών χημικών. Η χρησιμοποίηση χημικών ουσιών, δεν αυξάνει πάντα την πυκνότητα των στερεών, αλλά κυρίως το ποσοστό που απομακρύνεται με την επιπλέουσα λάσπη (**98-99%**).

Η απόδοση του συστήματος επιπλεύσεως είναι πιο ομοιόμορφη και μεγαλύτερη, όσο οι φυσαλίδες είναι μικρότερες, γιατί λόγω της μικρής ανοδικής ταχύτητας διασκορπίζονται με την οριζόντια κίνηση σ' όλη την έκταση της δεξαμενής.

## ΦΥΤΟΚΕΝΤΡΙΚΟΙ ΠΥΚΝΩΤΕΣ

Η φυγοκέντριση χρησιμοποιείται τόσο για την πύκνωση της λάσπης, όσο και για την αφυδάτωση μετά από άλλες επεξεργασίες. Για πύκνωση χρησιμοποιείται κυρίως στις περιπτώσεις, που η λάσπη δεν αποβάλλει εύκολα την υγρασία με μηχανική καθίζηση, όπως είναι η δραστική ή η λάσπη από χημική κατακρήμνιση.

Με την φυγοκέντρωση αυξάνει πολλαπλάσια (**100-600-1000** φορές) η δύναμη της βαρύτητας και εξασφαλίζεται ικανοποιητική συμπύκνωση των στερεών (**20-25%**), με απομάκρυνση **50-80%** των εισερχόμενων στερεών, που μπορεί να αυξηθούν σε **80-95%** με χρησιμοποίηση κροκιδωτικών υλικών.

Η διαδικασία της φυγοκεντρήσεως είναι απλή, καθαρή και σχετικά οικονομική. Απαιτεί μικρότερη έκταση από φίλτρο κενού της ίδιας δυναμικότητας και έχει ευχέρεια προσαρμογής της λειτουργίας με την ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής και του όγκου του κυλίνδρου.

Σχετικό μειονέκτημα της φυγοκεντρήσεως είναι, ότι το διαχωριζόμενο υγρό περιέχει πολλά λεπτά μη καθιζάνοντα στερεά, που με την επαναφορά τους στην εισαγωγή επιβαρύνουν την τελική απορροφή. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος επιμηκώνεται ο χρόνος φυγοκεντρήσεως, είτε χρησιμοποιούνται κροκιδωτικά υλικά.



Γενικά η φυγοκέντριση χρησιμοποιείται περισσότερο για αφυδάτωση παρά για απλή πύκνωση, αν και δεν είναι τόσο σε χρήση όσο τα φίλτρα κενού.

## **ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΛΑΣΠΗΣ**

Η βιολογική σταθεροποίηση της λάσπης, εφαρμόζεται σε μεγάλη έκταση σε συνδυασμό με προηγούμενη πύκνωση και στην συνέχεια μηχανική αφυδάτωση:

Η σταθεροποίηση γίνεται είτε με αναερόβια χώνευση, συνήθως σε συμβατικές μονάδες με πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια καθίζηση, είτε με αερόβια αποδόμηση σε εγκαταστάσεις, που δεν έχουν συνήθως πρωτοβάθμια λάσπη και ολοκληρώνεται η σταθεροποίηση με αερισμό.

Η αερόβια διαδικασία είναι ταχύτερη και τα κύρια τελικά προϊόντα είναι  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  και  $\text{N}_2$  μαζί με ορισμένα μη διασπάσιμα οργανικά και με υπολειμματικό κυπαρικό υλικό.

Η αναερόβια χώνευση είναι βραδύτερη και περνά από δυο στάδια (οργανικά οξέα - μεθάνιο) με τελικά προϊόντα, κυρίως μεθάνιο, αχρησιμοποίητα οργανικά και κυτταρικό πρωτόπλασμα μαζί με ορισμένα δύσοσμα αέρια.

## **ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΧΩΝΕΥΣΗ ΛΑΣΠΗΣ**

### Διαδικασία & Ρυθμός Χωνεύσεως

Η αναερόβια χώνευση αποτελείται από δυο ξεχωριστά στάδια που λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα στην δεξαμενή χωνεύσεως.

Στο πρώτο στάδιο γίνεται υδρόλυση των μεγαλομοριακών οργανικών ενώσεων και μετατροπή σε οργανικά οξέα από ειδικά βακτήρια. Στο δεύτερο στάδιο διασπώνται τα οργανικά οξέα από μεθανοβακτήρια και παράγεται μεθάνιο και οξείδιο του άνθρακα. Τα μεθανοβακτήρια είναι αυστηρά αναερόβια και ιδιαίτερα ευαίσθητα στις συνθήκες περιβάλλοντος με πολύ περιορισμένα περιθώρια μεταβολής Θερμοκρασίας και ΡΗ για άριστη ανάπτυξη. Επικείμενη αστοχία της αναερόβιας χωνεύσεως γίνεται αντιληπτή από την ελάττωση γενικά των παραγόμενων αερίων, την μείωση του ποσοστού του μεθανίου, την αύξηση της συγκεντρώσεως των οργανικών οξέων και τελικά την

πτώση του ΡΗ όταν υπερνικηθεί η αντισταθμιστική ικανότητα, που αναπτύσσεται από το διττανθρακικό αμμώνιο σε διάλυση.

Η αστοχία της χώνευσης μπορεί να οφείλεται:

- (α) Σε ουσιώδη αύξηση του οργανικού φορτίου
- (β) Πολύ μεγάλη ελάττωση του όγκου της λάσπης που χωνεύει.
- (γ) Απότομη αύξηση της Θερμοκρασίας
- (δ) Σε συσσώρευση τοξικής ή ανασταλτικής ουσίας.

### ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΧΩΝΕΥΣΕΩΣ

Για τον θεωρητικό υπολογισμό των δεξαμενών χωνεύσεως, που αποτελούν βιολογικούς αντιδραστήρες είναι απαραίτητη η γνώση των βασικών αρχών της βιοχημικής αποδόμησης των οργανικών ουσιών.

Επειδή οι αρχές αυτές δεν είχαν αρκετά διευρευνηθεί στο παρελθόν, αναπτύχθηκαν διάφορες εμπειρικές μέθοδοι υπολογισμού που στηρίζονται:

- (α) Στο μέσο χρόνο παραμονής των μικροοργανισμών στο σύστημα (ηλικία λάσπης)
- (β) Στην φόρτιση στερεών και το χρόνο συγκρατήσεως
- (γ) Στην ελάττωση του όγκου
- (ε) Στο φορτίο πληθυσμού.

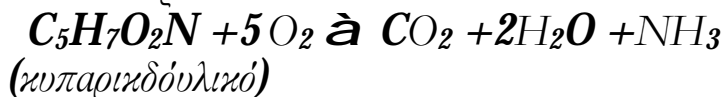
Οι δεξαμενές αναερόβιας χώνευσης παρουσιάζουν δυσκολίες στο ξεκίνημα της λειτουργίας τους, λόγω του αργού ρυθμού ανάπτυξης και της μεγάλης ευαισθησίας των μεθανοβακτηρίων. Αν εμβολιασθεί με αρκετή ποσότητα λάσπης, που βρίσκεται σε φάση χώνευσης, από άλλη δεξαμενή και τηρηθούν ορισμένοι απλά κανονες, μπορεί η δεξαμενή να αρχίσει κανονική λειτουργία σε **2-3** εβδομάδες, διαφορετικά απαιτούνται μήνες.

## ΑΕΡΟΒΙΑ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΛΑΣΠΗΣ

Η αερόβια σταθεροποίηση της λάσπης είναι παραπλήσια βιολογική διαδικασία με τον παρατεταμένο αερισμό στη μέθοδο της δραστηκής λάσπης. Κατ' αυτή επιδιώκεται με μακροχρόνιο αερισμό της λάσπης να αρχίσει (στην περίπτωση της πρωτοβάθμιας λάσπης) ή να συνεχισθεί (στην περίπτωση της δραστηκής) η βιολογική δράση των αερόβιων μικροοργανισμών πιο πέρα από τη φάση της συνθέσεως νέου κυτταρικού υλικού, μέχρις ότου φτύσει στο στάδιο της αυτοοξειδώσεως. Καθώς δηλ. ελαττώνεται το διαθέσιμο θρεπτικό υπόστρωμα, οι μικροοργανισμοί αρχίζουν να καταναλίσκουν το δικό τους πρωτόπλασμα για την απαραίτητη ενέργεια

επιβιώσεως και φθάνουν στην καθαρά ενδογενή φάση.

Η φάση της ενδογενούς αναπνοής παριστάνεται σε πρώτο στάδιο με την κατανάλωση του κυτταρικού υλικού:



Η παραγόμενη αμμωνία οξειδώνεται σταδιακά με βιολογική δράση σε  $\text{NO}_3$ . Πρέπει να σημειωθεί ότι ορισμένο μόνο ποσοστό από το κυτταρικό υλικό μπορεί τελικά να οξειδωθεί (**75-80%**). Το υπόλοιπο αποτελείται από οργανικές ουσίες που δεν είναι βιοδιασπάσιμες και αδρανή υλικά.

Γενικά η αερόβια σταθεροποίηση είναι πιο ελαστική διαδικασία και αντέχει σε μεταβολές φορτίου ΡΗ και σε ορισμένο βαθμό της θερμοκρασίας. Γι' αυτό είναι καταλληλότερη για την επεξεργασία λάσπης από βιομηχανικά απόβλητα σε σύγκριση με την αναερόβια χώνευση, όπου η υπερευαισθησία των μεθανοβακτηρίων δυσχεραίνει την κανονική σταθεροποίηση.

Η αερόβια σταθεροποίηση είναι λιγότερο αποτελεσματική από την χώνευση για την καταστροφή των παθογόνων παραγόντων (περίπου **85%**). Η καταστροφή των αυγών παρασίτων είναι ακόμη πιο δύσκολη. Γενικά απαιτεί μεγαλύτερα έξοδα για ενέργεια αλλά η αναερόβια χώνευση έχει μεγαλύτερη δαπάνη αρχικής εγκατάστασης.

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΕΡΟΒΙΑΣ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΕΩΣ

Παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη κατά τον υπολογισμό των αερόβιων συστημάτων σταθεροποίησης είναι συνήθως:

- (α) Ο υδραυλικός χρόνος συγκρατήσεως.
- (β) Οι συντελεστές φορτίσεως.
- (γ) Το απαιτούμενο οξυγόνο.
- (δ) Η ενέργεια αναμίξεως.
- (ε) Οι συνθήκες περιβάλλοντος.

## ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΛΑΣΠΗΣ

Η λάσπη ακόμη και μετά την συμπύκνωση εξακολουθεί να περιέχει μεγάλο ποσοστό υγρασίας, και ανέρχεται σε **97-98%**, αν τα στερεά είναι οργανικά και ειδικότερα πρωτεΐνες και σε **70-80%**, αν είναι ανόργανα, βαριά και κοκκώδη.

Το νερό που περιέχεται στην λάσπη είναι είτε "ελεύθερο" είτε "συνδεδεμένο" στα οργανικά μικύλλια. Αν ένα δείγμα συμπυκνωμένης λάσπης υποβληθεί σε εξάτμιση, ο ρυθμός αφυδατώσεως σε συνάρτηση με το χρόνο παρουσιάζει δυο στάδια, ταχύς στην αρχή όταν απομακρίνεται το ελεύθερο νερό και προοδευτικά βραδύτερος, όταν εξατμίζεται το ενωμένο νερό.

Σε πολλές περιπτώσεις χειρισμού της λάσπης παρίσταται ανάγκη, εκτός από το "ελεύθερο" νερό, να αφαιρεθεί και σημαντικό μέρος από το "συνδεδεμένο", προκειμένου να είναι δυνατό το φτυάρισμα ή η μεταφορά με φορτηγό όχημα.

Αυτός ακριβώς είναι ο σκοπός της βελτιώσεως της λάσπης, που αποβλέπει στην καλύτερευση των χαρακτηριστικών για την αφυδάτωση. Οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι, που χρησιμοποιούνται, είναι η προσθήκη χημικών ουσιών και η θερμική επεξεργασία. Συμπληρωματικά πριν από την χημική επεξεργασία, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η φυσική έκπλυση της λάσπης, που αποβλέπει κυρίως στην ελαπωση των απαιτούμενων χημικών ουσιών.

## ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ ΚΑΙ ΞΗΡΑΝΣΗ ΤΗΣ ΛΑΣΠΗΣ

Η αφυδάτωση και η ξήρανση της λάσπης γίνεται με φυσικά μέσα και αποβλέπει στην απομάκρυνση μέρους του νερού, ώστε η λάσπη να αποβάλλει το ρευστό χαρακτήρα και να διευκολυνθούν οι χειρισμοί και χρησιμοποίησή της.

Συνηθισμένα μέσα αφυδατώσεως και ξηράνσεως είναι οι αμμοκλίνες, τα δυλιστήρια (φίλτρα κενού) και πιέσεως, η φυγοκέντρωση, η δόνηση και η θερμική ξήρανση

## ΑΜΜΟΚΛΙΝΕΣ ΞΗΡΑΝΣΕΩΣ

Κατασκευαστικά α αμμοκλίνες διαμορφώνονται με ορθογωνική κάτοψη και διαχωρίζονται σε τμήματα πλάτους μέχρι **8 μ.** και μήκους μέχρι **20 μ.**, για να είναι δυνατή η ομοιόμορφη κατανομή της λάσπης. Συνήθως είναι ακάλυπτες, αλλά μπορεί σε περιοχές με πολλές βροχοπτώσεις να είναι καλυμμένες όπως τα θερμοκήπια.

Η αμμοκλίνη φορτίζεται κάθε φορά με στρώμα λάσπης πάχους **30cm** περίπου. Με τη μηχανική στράγγιση ελαττώνεται το περιεχόμενο νερό μέχρι **80%**. Στη συνέχεια γίνεται κυρίως ξήρανση με εξατμωση και σε **10-15** ημέρες μπορεί με ευνοϊκές συνθήκες νς περιορισθεί η υγρασία σε **60%** ή και λιγότερο. Η αποξηραμένη λάσπη έχει τραχεία ρηγματωμένη επιφάνεια και είναι μαύρη ή σκούρα καφέ. Αφαιρείται συνήθως χειρονακτικά με κατάλληλη τσουγκράνα. Στις μεγαλύτερες μονάδες εφαρμόζεται μηχανική συλλογή με ειδικό ξέστρο, που κινείται πάνω σε κατάλληλα διαχωριστικά τοιχώματα.

Η καλά χωνευμένη λάσπη δεν δημιουργεί προβλήματα δυσοσμίας, όταν διασκορπισθεί στην αμμοκλίνη. Για λόγους όμως ασφαλείας πρέπει οι αμμοκλίνες να βρίσκονται σε απόσταση τουλάχιστον **100 m** από κατοικίες.

## ΔΙΪΛΙΣΗ ΚΕΝΟΥ

Σκοπός του φίλτρου κενού είναι να ελαττώσει το νερό της λάσπης, ανεξάρτητα αν είναι ανεπεξέργαστη, χωνευμένη ή ξεπλυμένη, ώστε τα στερεα από **5-10%** να αυξηθούν σε **30%** περίπου προκειμένου η λάσπη να περιορισθεί σε όγκο και να είναι ευκολότερη στους χειρισμούς.

Η ελαττωση του όγκου για αύξηση πχ. των στερεών από **5%** σε **30%** είναι αξιοσημείωτη, γιατί περιορίζεται μόλις στο **1/6** σύμφωνα με το τύπο:  $V_2 / V_1 = P_1 / P_2 = 5 / 30 = 1 / 6$ .

Το διΰλιστήριο κενού αποτελείται από κυλινδρικό τύμπανο που καλύπτεται με είδος ηθμού από βαμβακερό ή μάλλινο ύφασμα ή ακόμα από συρμάτινο πλέγμα κα. Το τύμπανο που περιστρέφεται αργά γύρω από οριζόντιο άξονα, είναι χωρισμένο σε στεγανούς τομείς και βυθισμένο μερικά σε λεκάνη γεμάτη με τη λάσπη, που προορίζεται για αφυδάτωση. Κατά την περιστροφή οι τομείς που είναι βυθισμένοι στην λάσπη και ακόμη ένα τμήμα της διαδρομής μετά την ανάδυση, βρίσκονται κάτω από υποπίεση με αποτέλεσμα να αναρροφάται η λάσπη και να προσκολλώνται τα στερεά στον ηθμό, που εξακολουθητικά αφυδατώνονται, μέχρις ότου κατά την περιστροφή διακοπεί η υποπίεση και στη συνέχεια αποκολληθούν με ξέστρο ή άλλο κατάλληλα μηχανισμό.

## ΔΙΪΛΙΣΗ ΜΕ ΠΙΕΣΗ

Το διΰλιστήριο με πίεση (φιλτρόπρεσσα) αποτελείται συνήθως από πλάκες με εσοχή στις δύο όψεις, που τοποθετούνται κατακόρυφες σε οριζόντια σειρά και συμπιέζονται ισχυρα (**5-15** ατμ.), οπότε στεγανοποιείται η επαφή με τον ηθμό, που καλύπτει τις πλάκες και το περιφερειακό στεγανοτικό περίβλημα.

## ΘΕΡΜΙΚΗ ΞΗΡΑΝΣΗ

Σκοπός της θερμικής ξηράνσεως είναι να απομακρύνει την υγρασία της λάσπης με εξάτμιση σε βαθμό, που να γίνει κατάλληλη για καύση ή για λίπασμα. Συνήθως η υγρασία της ξερής λάσπης είναι από **10%**.

Τα πιο σοβαρά προβλήματα από πλευρά περιβάλλοντος που πρέπει να αντιμετωπισθούν κατά την θερμική ξήρανση είναι η ρύπανση της ατμόσφαιρας με αιωρούμενα σωματίδια και η δυσοσμία.

Για τα αιωρούμενα σωματίδια χρησιμοποιούνται συνήθως κυκλώνες, που έχουν απόδοση **75-80%**. Η Θερμική αποξήρανση γίνεται συνήθως σε **370 °C** περίπου, ενώ για την οξείδωση των δυσσομών ουσιών απαιτείται θερμοκρασία τουλάχιστον **730-750°C**. Επομένως αν η αποξήρανση δεν συνοδεύεται με αποτέφρωση θα πρέπει τα απαέρια της να ξαναθερμανθούν σε κλίβανο μέχρι **750 °C** για απόσπηση.

## **ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΛΑΣΠΗΣ**

Εκτός από την βιολογική αποδόμηση των οργανικών ουσιών η οξείδωση και η σταθεροποίηση της λάσπης μπορεί να γίνει επίσης με καύση ή υγρή οξείδωση με τελικά προϊόντα σταχτη ή σημαντικά ανοργανοποιημένη λάσπη, που πρέπει τελικά να διατεθούν.

## **ΤΕΛΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ ΤΗΣ ΛΑΣΠΗΣ** **ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ**

### Υγειονομική ταφή

Αν υπάρχει κατάλληλος χώρος σε εύλογη απόσταση μπορεί να γίνει διάθεση της λάσπης των εσχαρισμάτων, της άμμου και των ξαφρισμάτων, ύστερα από σταθεροποίηση ή όχι με την μέθοδο της υγειονομικής ταφής σε συνδιασμό ή ανεξάρτητα από τα στερεά απορρίματα (σκουπίδια) της περιοχής.

Από πλευρά περιβάλλοντος ο χώρος ταφής πρέπει να είναι απομονωμένος και μακριά από κατακημένες περιοχές και να ληφθεί πρόνοια για την προστασία των υπογείων νερών από τις διηθήσεις καθώς και των επιφανειακών και του εδάφους από τα στραγγίσματα που είναι σημαντικά επιβαρυνμένα.

## **ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΣΕ ΑΓΡΟΥΣ**

Η υγρή χωνευμένη λάσπη μπορεί να διατείνεται σε ειδικά επιλεγμένους αγρούς και μετά την αποξήρανση να ενσωματώνεται στο έδαφος με το

όργανο. Επίσης η καλά χωνευμένη λάσπη μπορεί να αποξηρανθεί με θέρμανση, να αλαστεί και αφού ενισχυθεί με άζωτο, να κυκλοφορήσει στο εμπόριο σαν είδος λιπάσματος.

Το ίδιο προσφέρεται και η στεγνή λάσπη από αμμοκλίνες ξηράνσεως

### Απόρριψη

Απλή απόρριψη μπορεί να γίνει μόνο εντελώς σταθεροποιημένης λάσπης σε παλιά λατομεία, μεταλλεία ή εδαφικές καλότητες, εφόσον δεν υπάρχει κίνδυνος δημιουργίας ενοχλήσεων.

### **ΔΙΑΘΕΣΗ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ**

Η διάθεση της χωνευμένης λάσπης στην ανακτή θάλασσα γίνεται, είτε με υποβρύχιο αγωγό, είτε με ειδικές φορτιγίδες είτε μαζί με την τελική απορροή. Οι τρόποι αυτοί εφαρμόζονται από αρκετές μεγάλες παραθαλάσσιες πόλεις.

Όπου τελικά προκριθεί να γίνει διάθεση της λάσπης στη θάλασσα, πρέπει να προσδιορισθούν προηγούμενα και να μελετηθούν τα απαραίτητα ωκαιανογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής.



## ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

### ΓΕΝΙΚΑ

Τα υγρά βιομηχανικά απόβλητα μεταφέρουν κατά κανόνα σημαντικό ρυπαντικό φορτίο, που σε αντίθεση με τα αστικά λύματα, παρουσιάζει ατέλειωτη ποικιλία, τόσο από κλάδο σε κλάδο βιομηχανίας όσο και μεταξύ παρόμοιων ακόμη βιομηχανιών ανάλογα με τις πρώτες ύλες και την παραγωγική διαδικασία, που εφαρμόζεται.

Παρόλη την πρόοδο, που έχει σημειωθεί στην τεχνολογία της επεξεργασίας των βιομηχανικών αποβλήτων τις τελευταίες δεκαετίες, η λύση του προβλήματος παρουσιάζει πάντα δυσκολίες και πρέπει κατά κανόνα να μελετηθεί ιδιαίτερα η κάθε μονάδα καθαρισμού με βάση τα ειδικά χαρακτηριστικά και τις τοπικές συνθήκες. Σε πολύ λίγες μόνο περιπτώσεις μπορεί να εφαρμοσθούν τυποποιημένες λύσεις, ενώ σε άλλες είναι απαραίτητη η μελέτη σε πειραματική μονάδα (**pilot plant**).

Προκειμένου να εξασφαλισθεί η καλύτερη δυνατή λύση για την επεξεργασία των βιομηχανικών αποβλήτων, είναι απαραίτητη η στενή συνεργασία του υπεύθυνου μηχανικού της βιομηχανίας με τον ειδικό μελετητή μηχανικό, που θα εφαρμόσει κατάλληλα τις αρχές και τους κανόνες της υγειονομικής μηχανικής σε κάθε συγκεκριμένη περίπτωση.

Η συνεχής αύξηση των πηγών ρύπανσης και η προοδευτική εξάντληση της φυσικής αφομοιωτικής ικανότητας του περιβάλλοντος σε συνδιασμό με την ευαισθητοποίηση και την αυξημένη αντίδραση της κοινής γνώμης οδηγεί στην ανάγκη εφαρμογής από την βιομηχανία όλο και πιο αποδοτικών μεθόδων καθαρισμού. Ο χειρισμός των αποβλήτων δεν περιορίζεται μόνο στον καθαρισμό και την απομάκρυνση ή εξουδετέρωση των ανεπιθύμητων συστατικών, αλλά περιλαμβάνει και γενικότερα μέτρα αντιμετώπισης του προβλήματος, όπως ελάττωση της καταναλώσεως νερού και της παραγωγής αποβλήτων, ανακύκλωση, ανάκτηση υλικών, αλλαγή της παραγωγικής διαδικασίας, κατάλληλη εκλογή του βιομηχανικού γηπέδου κλπ.

Το θέμα των βιομηχανικών αποβλήτων είναι ιδιαίτερα εκτεταμένο και πολύμορφο και αποτελεί κανονικά αντικείμενο ειδικής εξετάσεως ακόμη και για ορισμένους κλάδους της βιομηχανίας.

## ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Τα βιομηχανικά απόβλητα περιέχουν μεγάλη ποικιλία ουσιών, που προκαλούν ρύπανση του περιβάλλοντος. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνονται:

Ανόργανα αλατα (χλωριούχα, ενώσεις σιδήρου, αζώτου και Φωσφόρου, σκληρότητα κλπ.

Οργανικές ενώσεις που δεσμεύουν το οξυγόνο και δημιουργούν ανεπιθύμητες αναερόβιες συνθήκες.

Οξέα ή αλκάλια (θειικό οξύ, υδροξείδιο του νατρίου κλπ.) Αιωρούμενα στερεά που δημιουργούν ιζήματα.

Επιπλέοντα υλικά (λίπη, έλαια κλπ.) Τοξικές ουσίες ανόργανες ή οργανικές. Πολλές από τις ουσίες αυτές είναι τοξικές για την υδρόβια ζωή σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις και συνήθως δεν απομακρύνονται με τις συμβατικές μεθόδους επεξεργασίας των αστικών λυμάτων. Πολλές σύνθετες οργανικές ενώσεις, που παράγονται από τη χημική βιομηχανία για την παραγωγική διαδικασία άλλων κλάδων, έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα τοξικές για την υδρόβια ζωή.

Μικροοργανισμοί, είτε παθογόνα (βακίλλα άνθρακα από βυρσοδεψεία, μικρόβια εντερολαμώξεων από σφαγεία), είτε συντελεστές της βιοαποδομήσεως.

Χρώμα από τα βαφεία, βυρσοδεψεία, χαρτοβιομηχανίες και χημικές βιομηχανίες.

Θερμά υγρά από συμπυκνωτές και εγκαταστάσεις ψύξεως.

Αφριστικές, ουσίες από υφαντουργία, χαρτοβιομηχανίες και χημικές βιομηχανίες.

Ραδιενεργά υλικά από πυρηνικούς αντιδραστήρες, επεξεργασία μεταλλευμάτων ουρανίου, εργαστήρια ή θεραπευτικά κέντρα που χρησιμοποιούν ραδιενεργά υλικά, πλύσιμο προστατευτικοί ρουχισμού των εργαζομένων σε σχετικές εργασίες.

Γενικά τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των βιομηχανικών αποβλήτων είναι πολύ μεταβλητά ανάλογα με το είδος της βιομηχανίας τις πρώτες ύλες και τα τελικά προϊόντα, την παραγωγική διαδικασία, την ανακτική υλικών, την ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων και τέλος την κατάλληλη οργάνωση για τον περιορισμό των

διαρροών και απωλειών και την εξοικονόμηση των υδατικών πόρων.

## ΜΕΤΡΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Πρώτιστη ενέργεια ται υπεύθυνου μελετητή για την επεξεργασία των βιομηχανικών αποβλήτων είναι η αναζήτηση και εφαρμογή σε συνεργασία με τους αρμόδιους τεχνικούς της βιομηχανίας, μέτρων περιορισμού του φορτίου ρυπανσεως και επαναχρησιμοποίησης των αποβλήτων ή ανακτήσεως των χρήσιμων υλικών.

Το φορτίο που εφαρμόζεται στις εγκαταστάσεις καθαρισμού, μπορεί να ελαττωθεί και διατηρηθεί μέσα σε αποδεκτά όρια με την κατάλληλη προσαρμογή της λειτουργίας της βιομηχανικής μονάδας και του χειρισμού των αποβλήτων εκτός από την δυνατότητα αλλαγής της παραγωγικής διαδικασίας ή των πρώτων υλών.

Συνηθισμένα μέτρα ελέγχου του όγκου των αποβλήτων και του φορτίου ρυπάνσεως είναι τα ακόλουθα:

I. Ποιοτική εξίσωση (ομογενοποίηση) ή ρύθμιση της ροής των αποβλήτων. Με την χρησιμοποίηση δεξαμενών συγκρατήσεως ή με την ρύθμιση της απορροής μπορεί να εξασφαλιστεί η ομοιόμορφη ή η αποδεκτή φόρτιση των έργων επεξεργασίας κατά την διάρκεια της ημέρας ή της εβδομάδας.

II. Διαχωρισμός των σχετικά καθαρών νερών από τα απόβλητα. Συνήθως τα νερά ψύξεως ή της συμπυκνώσεως των ατμών έχουν μικρό βαθμό ρυπάνσεως και είναι προτιμότερο να διατεθούν χωριστά, χωρίς να ανιμιχθούν με τα πυκνά απόβλητα. Η τελική ελάττωση του ρυπαντικού φορτίου με την επεξεργασία των πυκνών αποβλήτων είναι μεγαλύτερη και οικονομικότερη αν συγκριθεί με το καθαρισμό μεικτών αποβλήτων μεγάλου όγκου.

III. Ανάκτηση των χρήσιμων και εμπορεύσιμων υλικών και παραπροϊόντων από τα απόβλητα (πχ. ίνες και χημικά από την επεξεργασία του χαρτιού και του χαρτοπολτού). Με τον τρόπο αυτό μειώνεται σημαντικά και σε ορισμένες περιπτώσεις ουσιαστικά ο βαθμός ρυπάνσεως, γίνεται

οικονομία σε φυσικούς πόρους και δημιουργείται μια πηγή εσόδων που αντισταθμίζει κάποια από τα έξοδα καθαρισμού.

**IV.** Περιορισμός των απωλειών ή διαρροών των επεξεργαζομένων προϊόντων. Χαρακτηριστικό παραδείγμα είναι η συστηματική στράγγιση των δοχείων μεταφοράς του γάλακτος και η αποφυγή διαρροών (τυρόγαλα), που μπορεί να μειώσουν μέχρι **50%** την παρουσία υπολειμμάτων γάλακτος στα απόβλητα. Επίσης η καλή στράγγιση των μεταλλικών τεμαχίων ύστερα από το λουτρό της επιμεταλλώσεως και η αποφυγή διαρροών κατά την παραγωγική διαδικασία (βαφή, επεξεργασία τροφίμων κλπ.) .

**V.** Οικονομία στη χρήση νερού, επεξεργασία και ανακύκλωση των βιομηχανικών αποβλήτων. Οικονομία νερού μπορεί να γίνει με εφαρμογή κατάλληλης τεχνικής πχ. με πλύση κατά αντιροή των μαλλιών (το νερο και τα μαλλιά κινούνται αντίστροφα στην δεξαμενή πλυσίματος ) μπορεί να ελαττωθεί το **1/5** η κατανάλωση νερού.

**VI.** Σοβαρότερη οικονομία νερού και περιορισμός της τελικής απορροής γίνεται με την ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση του νερού παραγωγής ύστερα απο την απαραίτητη επεξεργασία. Παραδειγμα είναι η επαναχρησιμοποίηση του νερού ψύξεως στην επεξεργασία ελαττώσεως του σιδήρου ύστερα από καταπόνηση σε πύργους ψύξεως και ελάττωση των αιωρούμενων στερεών και των λαδιών λίπανσης που μπορεί να μειώσει την κατανάλωση απδ το **1/2** μέχρι το **1/7**.

Πάντως σημειώνεται ότι, με την επανειλημμένη ανακύκλωση, υποβιβάζεται η ποιότητα του νερού παραγωγής με πιθανή δυσμενή επίδραση στην ποιότητα των προϊόντων, όπως πχ. στην παραγωγή αρίστης ποιότητας χαρτιού. Για παραγωγή κατώτερης ποιότητας χαρτιού εκτιμάται ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί νερό ανακύκλωσης μέχρι **75%**.

Για την επεξεργασία των βιομηχανικών αποβλήτων χρησιμοποιούνται κατ' αρχήν όλες οι συνηθισμένες μέθοδοι, που εφαρμόζονται για τα αστικά λύματα, όπως το σχάρισμα , η απομάκρυνση της άμμου, η αφαίρεση των επιπλεόντων υλικών, η καθίζηση, απλή ή σε συνδιασμό με χημική κατακρύμνιση και η βιολογική επεξεργασία για τα οργανικά απόβλητα, που δεν περιέχουν βιοστατικές ή τοξικές ουσίες σε συνδιασμό με την επεξεργασία λάσπης.

## ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Η εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων ΕΕΛ του Δήμου θα κατασκευαστεί σε χώρο συνολικής επιφάνειας **19** στρεμμάτων, παράπλευρα ποταμού.

Η ΕΕΛ σχεδιάζεται με δυναμικότητα ισοδύναμου πληθυσμού **12.400** κατοίκων στην δεύτερη φάση (**40**ετία).

Η μέθοδος επεξεργασίας που εφαρμόζεται είναι ο παρατεταμένος αερισμός με πλήρη σταθεροποίηση της λάσπης και βιολογική απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου. Η μονάδα είναι σχεδιασμένη ώστε να καλύπτει άριστα τις σύγχρονες απαιτήσεις εκροής και ταυτόχρονα να εξασφαλίζεται πλήρης ευελιξία στις διακυμάνσεις παροχών και φορτίων σε όλες τις φάσεις σχεδιασμού.

Η μέθοδος αερισμού που χρησιμοποιείται είναι η υποβρύχια διάχυση, με διαχυτήρες ελαστικής μεμβράνης, λεπτής φουσαλλίδας. Η εφαρμογή της μεθόδου αυτή προτιμήθηκε αντί του επιφανειακού αερισμού για τους παρακάτω λόγους:

- Ο επιφανειακός αερισμός παρουσιάζει το μειονέκτημα της έντονης όχλησης λόγω θορύβου και εκπομπής παθογόνων σταγονιδίων, που στην περίπτωση δυνατών ανέμων είναι δυνατόν να μεταφερθούν σε πολύ μεγάλες αποστάσεις και να αποτελέσουν κίνδυνο για την δημόσια υγεία. Τα συστήματα προστάσιας από εκπομπή σταγονιδίων, με την μορφή καλυμμάτων δεν μπορεί να προσφέρει απολύτη προστασία και επιπλέον μειώνει την απόδοση μεταφοράς οξυγόνου.
- Η υποβρύχια διάχυση θεωρείται πιο εξελιγμένη τεχνολογικά λύση, γιατί εξασφαλίζει ομοιογένεια στις συνθήκες αερισμού και ανάδευσης σε όλα τα σημεία της δεξαμενής, μεγαλύτερες αποδόσεις και συνεπώς μειωμένη κατανάλωση ενέργειας. Επίσης παρέχει την δυνατότητα πλήρους εφεδρείας, με την εγκατάσταση εφεδρικού φουσητήρα κάτω που είναι τεχνικά αδύνατο να γίνει με τους επιφανειακούς αεριστήρες.
- Τα σύγχρονα συστήματα διάχυσης (ελαστικής μεμβράνης αντί των παλαιών κεραμικών) αμβλύνουν τα προβλήματα εμφράξεων των διαχυτήρων, που ήταν το σημαντικότερο πρόβλημα στην λειτουργία της υποβρύχιας διάχυσης. Επιπλέον σε εγκαταστάσεις

με σημαντικές εποχιακές διακυμάνσεις παροχών και φορτίων, όπως η συγκεκριμένη, λειτουργούν λιγότερες γραμμές επεξεργασίας κατά τους χειμερινούς μήνες, οπότε είναι εύκολος ο καθαρισμός των διαχυτήρων χωρίς διακοπή της λειτουργίας ολόκληρης ή μέρους της εγκατάστασης.

Στον σχεδιασμό δίνεται έμφαση στην ένταξη της εγκατάστασης στο φυσικό περιβάλλον και στον μέγιστο δυνατό περιορισμό των περιβαντολογικών επιπτώσεων από την λειτουργία της:

- Όλες οι πηγές όχλησης από θόρυβο (φουσητήρες) βρίσκονται εντός κατάλληλα ηχομονωμένων κτιρίων.
- Προβλέπεται σύστημα απόσπησης ενεργού άνθρακα για τις μονάδες προεπεξεργασίας και βοθρολυμάτων που βρίσκονται σε κλειστούς χώρους και που ουσιαστικά είναι η κύρια πηγή εκπομπής οσμών της εγκατάστασης.
- Εκμηδενίζονται οι εκπομπές οσμών στο σύστημα πάχυνσης – αφυδάτωσης της λάσπης αφού επιλέγεται σύστημα πάχυνσης μικρού χρόνου παραμονής και η ήδη σταθεροποιημένη λάσπη από την βιολογική βαθμίδα υφίσταται περαιτέρω σταθεροποίηση στη δεξαμενή συγκέντρωσης της περίσσειας λάσπης.

Η μονάδα είναι πλήρως αυτοματοποιημένη (**PLC**) ώστε να εξασφαλίζεται η βελτιστοποίηση και ο συνεχής έλεγχος λειτουργίας της με το ελάχιστο δυνατόν προσωπικό.

Τα λύματα από το φρεάτιο Σ<sub>1</sub> του κεντρικού αποχετευτικού αγωγού οδηγούνται με βαρύτητα στο αντλιοστάσιο αρχικής ανύψωσης όπου ανυψώνονται στην μονάδα προεπεξεργασίας η οποία αποτελείται από:

- Την μονάδα εσχάρωσης.
- Το κανάλι μέτρησης παροχής τύπου **Parshall**.
- Την επιμήκη αεριζόμενη δεξαμενή ελαιο-αμμοδιαχωρισμού.

Η μονάδα επεξεργασίας θα βρίσκεται εντός κλειστού κτιρίου το οποίο θα στεγάζει τις εσχάρες, τον μετρητή παροχής και την δεξαμενή απομάκρυνσης ελαίου και λιπών. Σε ιδιαίτερο χώρο θα βρίσκονται

εγκατεστημένοι οι φυσητήρες του ελαιοδιαχωρισμού και οι κάδοι συλλογής των εσχαρισμάτων. Η μονάδα θα καλύπτεται από σύστημα απόσμησης.

Τα λύματα από το Α/Σ αρχικής ανύψωσης οδηγούνται, μέσω καταθλιπτικών αγωγών, στο φρεάτιο υποδοχής ανάντη των εσχάρων. Από εκεί τα λύματα οδηγούνται στο διάυλο της αυτοκαθαριζόμενης εσχάρας που είναι μια επίπεδη αυτόματη εσχάρα, πλάτους **0,50m** με διάκενα **15mm**. Παράπλευρα αυτής υπάρχει το κανάλι της εσχάρας παράκαμψης πλάτους **0,60m** με διάκενα **20mm**. Ανάντη και κατάντη της αυτορυθμιζόμενης εσχάρας υπάρχουν θυροφράγματα για την απομόνωση των καναλιών. Σε περίπτωση έμφραξης της αυτοκαθαριζόμενης εσχάρας, τα λύματα υπερχειλίζουν μέσω μεταφορικής ταινίας πλάτους **0,50m** σε ειδικούς κάδους συλλογής.

Από τη μονάδα εσχάρωσης τα λύματα οδηγούνται στο κανάλι μέτρησης παροχής, τύπου **Parshall** με σύστημα υπερήχων.

Κατάντη του μετρητή παροχής βρίσκεται η αεριζόμενη δεξαμενή ελαιο-αμμοδιαχωρισμού εξοπλισμένη με παλινδρομική γέφυρα-ξέστρο για την συλλογή άμμου και λίπων. Εναλλακτικά και με κατάλληλο χειρισμό θυροφραγμάτων τα λύματα οδηγούνται στον αγωγό παράκαμψης της μονάδας. Η άμμος συγκεντρώνεται σε κώνο, στον πυθμένα της δεξαμενής και απομακρύνεται με αεραντλία προς την διάταξη διαχωρισμού άμμου, εκτός του κτιρίου. Στην δεξαμενή είναι εγκατεστημένα **10** ζεύγη κυλινδρικών διαχυτήρων μεσαίας φυσαλλίδας για τον προαερισμό των λυμάτων και την απομάκρυνση των λιπών. Τα λίπη συλλέγονται σε πλευρικό της δεξαμενής κανάλι και συγκεντρώνονται σε φρεάτιο εκτός του κτιρίου, απ' όπου απομακρύνονται με βυτιοφόρο όχημα.

Για την τροφοδοσία των διαχυτήρων και των αεραντλιών υπάρχουν δύο φυσητήρες (εκ των οποίων ο ένας εφεδρικός) που βρίσκονται σε ιδιαίτερο ανεξάρτητο χώρο του κτιρίου προεπεξεργασίας.

Η εγκατάσταση θα δέχεται βοθρολύματα τα οποία θα οδηγούνται, μέσω βυτιοφόρων οχημάτων, στην μονάδα υποδοχής βοθρολυμάτων. Προβλέπονται δύο θέσεις εκκένωσης των βυτιοφόρων. Τα βοθρολύματα εσχαρίζονται μέσω χονδροεσχάρας και οδηγούνται στην δεξαμενή υποδοχής βοθρολυμάτων η οποία θα είναι κλειστή, ενώ θα αναδεύεται και θα αερίζεται επαρκώς με την βοήθεια δύο φυσητήρων (ο ένας

εφεδρικός) και υποβρύχιων διαχυτήρων μέσω φουσαλλίδας. Τα βοθρολύματα στη συνέχεια ανυψώνονται μέσω δύο υποβρυχίων αντλιών (η μία εφεδρική) και οδηγούνται στο φρεάτιο υποδοχής ανάντη των εσχάρων. Οι αντλίες των βοθρολυμάτων θα λειτουργούν ταυτόχρονα με τις αντλίες αρχικής ανύψωσης έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή αραιώση των βοθρολυμάτων για την εξισορρόπηση του ρυπαντικού φορτίου εισόδου στην βιολογική βαθμίδα.

Τα έργα Π/Μ του αντλιοστασίου αρχικής ανύψωσης, η μονάδα της προεπεξεργασίας και η μονάδα υποδοχής βοθρολυμάτων διατσοιολογούνται για την Β'φάση σχεδιασμού.

Τα λύματα μετά την μονάδα προεπεξεργασίας οδηγούνται στη μονάδα βιολογικής απομάκρυνσης φωσφόρου. Αυτή αποτελείται από μια δεξαμενή για την Α'φάση ενώ προβλέπεται η κατασκευή άλλης μιας όμοιας για την Β'φάση. Οι δεξαμενές θα είναι εμβοοειδούς ροής, εξοπλισμένες με δύο αργόστροφους πτερυγιακούς αναδευτήρες έκαστη, οι οποίοι θα εξασφαλίζουν τον επιθυμητό βαθμό ανάμιξης και θα είναι εγκατεστημένοι με σταθερή γέφυρα. Στην δεξαμενή βιολογικής απομάκρυνσης φωσφόρου καταλήγει και η ανακυκλοφορία της λάσπης. Η δεύτερη δεξαμενή, που προβλέπεται για την Β'φάση, θα τοποθετηθεί σε σειρά με την αρχική. Η μονάδα της βιολογικής αποφωσφόρωσης μπορεί να παρακαμφθεί οπότε τα λύματα οδηγούνται απ'ευθείας στο φρεάτιο μερισμού ανάντη της κύριας βιολογικής επεξεργασίας. Στη μονάδα βιολογικής απομάκρυνσης φωσφόρου, μέσω αναεροβίων μικροοργανισμών πραγματοποιείται διαλυτοποίηση του εισερχόμενου φωσφόρου σε ορθοφωσφορικά τα οποία καταναλώνονται στη συνέχεια για την σύνθεση των αεροβίων μικροοργανισμών στην μονάδα αερισμού. Από την μονάδα βιολογικής απομάκρυνσης φωσφόρου τα λύματα υπερχειλίζουν στο φρεάτιο μερισμού που κατανέμει την παροχή τις τρεις γραμμές βιολογικής επεξεργασίας (Β'φάση). Από το φρεάτιο μερισμού ξεκινά και ο αγωγός παράκαμψης της εγκατάστασης προς την μονάδα χλωρίωσης.



Η κύρια βιολογική επεξεργασία αποτελείται από:

- Την μονάδα απονιτροποίησης (**2** δεξαμενές στην Α'φάση, **3** δεξαμενές στην Β'φάση).
- Την μονάδα αερισμού (**2** δεξαμενές στην Α'φάση, **3** δεξαμενές στην Β'φάση).
- Την δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης (**2** δεξαμενές στην Α'φάση, **3** δεξαμενές στην Β'φάση).

Η μία γραμμή επεξεργασίας (απονιτροποίηση-αερισμός) διαθέτει ενδιάμεσο τοιχείο, που την χωρίζει στα δύο έτσι ώστε να υπάρχουν ισοδύναμες "υπογραμμές" για τον αερισμό και την απονιτροποίηση. Έτσι εξασφαλίζεται πλήρης ευελιξία στην λειτουργία της εγκατάστασης για όλες τις φάσεις σχεδιασμού.

Η μονάδα απονιτροποίησης αποτελείται από δύο ορθογωνικές δεξαμενές ενεργού όγκου **300m<sup>3</sup>** η κάθε μία, στην Α'φάση (**20**ετία) ενώ στην Β'φάση (**40**ετία) θα προστεθεί μια όμοια δεξαμενή. Στις δεξαμενές απονιτροποίησης επικρατούν ανοξικές συνθήκες και πραγματοποιείται η αναγωγή των νιτρικών και νιτρώδων προς ελεύθερο άζωτο με ταυτόχρονη μείωση του οργανικού φορτίου.

Κάθε δεξαμενή είναι εξοπλισμένη με δύο υποβρύχιους αναδευτήρες ενώ στην είσοδο της δεξαμενής ανακυκλοφορεί, μέσω αντλιοστασίου εγκατεστημένου στην έξοδο του αερισμού, το ανάμικτο υγρό (νιτρικά και νιτρώδη προς απονιτροποίηση). Η μια δεξαμενή θα είναι χωρισμένη σε δύο ισοδύναμα τμήματα, με έναν αναδευτήρα σε κάθε τμήμα, ώστε με κατάλληλη διάταξη θυροφραγμάτων καθίσταται εφικτή η εναλλακτική ή ταυτόχρονη λειτουργία τους (περίοδος χειμώνα).

Από την μονάδα απονιτροποίησης τα λύματα οδηγούνται στην μονάδα αερισμού που στην Α'φάση αποτελείται από δύο ορθογωνικές δεξαμενές ενεργού όγκου **1600m<sup>3</sup>** έκαστη, ενώ στην Β'φάση θα προστεθεί μία όμοια. Στην μονάδα αερισμού βιοδιασπάται το οργανικό φορτίο των λυμάτων ενώ ταυτόχρονα επιτυγχάνεται πλήρης νιτροποίηση καθώς και σταθεροποίηση λάσπης. Ο αερισμός στην Α'φάση γίνεται με τρεις λοβοειδής φυσητήρες (ο ένας εφεδρικός) και με διαχυτήρες μεμβράνης, λεπτής φουσαλίδας που τοποθετούνται σε όλη την επιφάνεια του πυθμένα των δεξαμενών. Στην Β'φάση θα προστεθεί ένας όμοιος

φυσητήρας. Ο αερισμός θα πραγματοποιείται αναλογικά των απαιτήσεων σε οξυγόνο, με την τοποθέτηση ενός ρυθμιστή συχνότητας (**inverter**) στον έναν από τους φυσητήρες.

Στην έξοδο κάθε δεξαμενής αερισμού βρίσκεται το αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας ανάμικτου υγρού. Κάθε αντλιοστάσιο αποτελείται από δύο υποβρύχιες αντλίες, μια κύρια και μια εφεδρική, ενώ στην δεξαμενή που χωρίζεται σε δύο ισοδύναμα τμήματα υπάρχει από μια αντλία σε κάθε τμήμα.

Από την μονάδα αερισμού τα λύματα οδηγούνται στην μονάδα δευτεροβάθμιας καθίζησης η οποία αποτελείται από δύο κυλινδρικές δεξαμενές, διαμέτρου **12,50m** έκαστη, εξοπλισμένες με περιστρεφόμενη γέφυρα-ξέστρο πυθμένα για την συλλογή λάσπης και ξέστρο επιφάνειας για την συλλογή των αφρών. Στις δεξαμενές καθιζάνει η ενεργός λάσπη (**βιομάζα**), μέρος της οποίας ανακυκλοφορείται στην αποφωσφόρωση ή εναλλακτικά στη βιολογική επεξεργασία. Η πλεονάζουσα λάσπη απομακρύνεται προς την δεξαμενή συγκέντρωσης της περίσσειας λάσπης. Οι αφροί συγκεντρώνονται με κατάλληλη διάταξη σε παράπλευρα των δεξαμενών φρεάτια και απομακρύνονται με βυτιοφόρο όχημα.

Για την ανακυκλοφορία και εξαγωγή της πλεονάζουσας λάσπης υπάρχει το αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας και εξαγωγής περίσσειας λάσπης, που βρίσκεται ανάντη των δεξαμενών καθίζησης. Στο αντλιοστάσιο υπάρχουν εγκατεστημένες τρεις υποβρύχιες αντλίες ανακυκλοφορίας (η μια εφεδρική) στην Α' φάση, ενώ στην Β' φάση θα προστεθεί μια όμοια αντλία. Στον ίδιο χώρο βρίσκονται και δύο υποβρύχιες αντλίες απομάκρυνσης περίσσειας λάσπης, εκ των οποίων η μία εφεδρική, που καλύπτουν την Β' φάση.

Τα λύματα από τις δεξαμενές καθίζησης οδηγούνται στην μονάδα απολύμανσης. Η μέθοδος απολύμανσης που χρησιμοποιείται είναι η χλωρίωση με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου (**NaOCl**). Η μον'δα αποτελείται από την μαιανδρική δεξαμενή επαφής και τον χλωριωτή. Η δεξαμενή έχει ενεργό όγκο **90m<sup>3</sup>**. Ο χλωριωτής βρίσκεται σε οικίσκο και περιλαμβάνει το δοχείο αποθήκευσης του διαλύματος και δύο δοσομετρικές αντλίες χλωρίου εκ των οποίων η μία εφεδρική.

Από την μονάδα απολύμανσης τα επεξεργαζόμενα λύματα υπερχειλίζουν προς το αντλιοστάσιο τελικής διάθεσης εκρέουν στο μέσο της κοίτης

ποταμού. Στο Α/Σ τελικής διάθεσης υπάρχουν τρεις αντλίες εκ των οποίων η μία εφεδρική στην Α' φάση ενώ θα εγκατασταθεί μια ακόμη όμοια στην Β' φάση (ισοδύναμα προς το αντλιοστάσιο αρχικής ανύψωσης).

Η πλεονάζουσα λάσπη οδηγείται από το αντίστοιχο αντλιοστάσιο στην δεξαμενή συγκέντρωσης περίσσειας λάσπης όγκου **150m<sup>3</sup>**. Η δεξαμενή είναι αεριζόμενη και οι ανάγκες του αερισμού καλύπτονται από δύο φυσητήρες και σύστημα διαχυτήρων μέσης φυσσαλίδας. Οι φυσητήρες, εκ των οποίων ο ένας είναι εφεδρικός, είναι εγκατεστημένοι στο κτίριο της μηχανικής αφυδάτωσης. Η λάσπη εισέρχεται στην δεξαμενή με συγκέντρωση στερεών **0,8%** και απομακρύνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα μέσω αντλιοστασίου λάσπης με συγκέντρωση στερεών **1,5%**. Πριν την απομάκρυνση της λάσπης διακόπτεται ο αερισμός της δεξαμενής για επαρκές διάστημα ώστε να εξασφαλίζεται η καθίζηση της λάσπης. Το αντλιοστάσιο εξαγωγής της λάσπης αποτελείται από δύο αντλίες θετικής εκτόπισης (η μία εφεδρική) οι οποίες είναι εγκατεστημένες στο κτίριο μηχανικής αφυδάτωσης. Το διαυγασμένο υγρό απομακρύνεται μέσω συστήματος ηλεκτροβαννών με φυσική ροή στο δίκτυο στραγγισμάτων.

Από τον πυθμένα της δεξαμενής μέσω του αντλιοστασίου λάσπης η λάσπη οδηγείται σε σύστημα πάχυνσης μικρού χρόνου παραμονής που αποτελείται από περιστρεφόμενο τύμπανο κροκίδωσης-προαφυδάτωσης της λάσπης. Για την αύξηση της συγκέντρωσης της λάσπης προστίθεται διάλυμα πολυηλεκτρολύτη, οπότε η λάσπη οδηγείται στην μονάδα μηχανικής αφυδάτωσης με μια συγκέντρωση στερεών **5%**.

Η μονάδα μηχανικής αφυδάτωσης αποτελείται από μια ταινιοφιλτρόπρεσσα με πλάτος ταινίας **1,5m**, τον βοηθητικό εξοπλισμό της και από το σύστημα αυτόματης παρασκευής δοσομέτρησης πολυηλεκτρολύτη. Η μονάδα σχεδιάζεται ώστε να καλύπτει την Β' φάση των έργων.

Η αφυδατωμένη λάσπη φορτώνεται απ'ευθείας σε φορητό αυτοκίνητο μέσω κεκλιμένου κοχλία, παραπλεύρως του κτιρίου σε κατάλληλα στεγασμένο χώρο, οπότε οδηγείται προς απόρριψη. Επιπλέον προβλέπεται χώρος προσωρινής αποθήκευσης της λάσπης ώστε σε περίπτωση λειτουργικών προβλημάτων της μονάδας μηχανικής αφυδάτωσης η λάσπη να αποθηκεύεται σ'αυτόν. Τα στραγγίσματα από

το χώρο προσωρινής αποθήκευσης, απομακρύνονται μέσω κατάλληλου φρεατίου στο δίκτυο στραγγισμάτων, όπου τελικά καταλήγουν και όλα τα στραγγίσματα από την μονάδα μηχανικής αφυδάτωσης.

Στην εγκατάσταση τέλος θα κατασκευαστεί Κτίριο Διοίκησης, εντός του οποίου θα βρίσκεται το Κέντρο ελέγχου και ρυθμίσεων (με **PLC**). Επίσης σε ανεξάρτητο κτίριο θα εγκατασταθεί υποσταθμός τάσης με μετασχηματιστή και ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (H/Z) που θα καλύπτει βασικές λειτουργίες της εγκατάστασης σε περίπτωση διακοπής της ηλεκτροδότησης.

## ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΜΟΝΑΔΩΝ

### ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΑΡΧΙΚΗΣ ΑΝΥΨΩΣΗΣ

Το αντλιοστάσιο αρχικής ανύψωσης είναι εξοπλισμένο με τρεις υποβρύχιες αντλίες, παροχής **130m<sup>3</sup>/h** και μανομετρικού **7,5m**, έκαστη, εκ των οποίων η μία εφεδρική. Στην Β' φάση των έργων θα εγκατασταθεί άλλη μια όμοια για την οποία προβλέπεται από την πρώτη φάση χώρος. Στην είσοδο του αγωγού εισόδου υπάρχει χονδροεσχάρα (με διάταξη ανύψωσης), με διάκενα **500mm**, που συγκρατεί τα ευμεγέθη στερεά. Κάθε αντλία θα έχει δικό της καταθλιπτικό αγωγό ο οποίος θα καταλήγει στο φρεάτιο υποδοχής ανάντη της εσχάρωσης.

Το αντλιοστάσιο αρχικής ανύψωσης θα είναι ακριβώς δίπλα στο κτίριο προεπεξεργασίας και θα είαι εξοπλισμένο με σκάλα επίσκεψης.

Ο ενεργός όγκος του αντλιοστασίου είναι **12m<sup>3</sup>**.

Η λειτουργία των αντλίων θα ρυθμίζεται με αυτοματισμό σταθμής μέσω αισθητηρίου υπερήχων (**ultrasonic level control**) από το **PLC**, θα υπάρχει όμως και η δυνατότητα τοπικής ρύθμισης από το όργανο. Η στάθμη των λυμάτων θα καταγράφεται συνεχώς και θα αποθηκεύεται στον σκληρό δίσκο του κεντρικού Η/Υ ελέγχου της μονάδας. Για ασφάλεια θα υπάρχει και σύστημα πλωτηροδιακοπών στάθμης (**flotter**) για τον εναλλακτικό έλεγχο λειτουργίας των αντλίων (σε περίπτωση πχ συσκευής ή καθαρισμού του οργάνου).

Η λειτουργία των αντλίων θα εναλλάσσεται κυκλικά για την ομοιόμορφη φθορά τους μέσω του **PLC**. Το αντλιοστάσιο τέλος, θα εξοπλιστεί με

κατάλληλο ανυψωτικό μηχανισμό για την απομάκρυνση, συντήρηση και επισκευή των αντλητικών συγκροτημάτων.

## **ΜΟΝΑΔΑ ΥΠΟΔΟΧΗΣ & ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΒΟΘΡΟΛΥΜΑΤΩΝ**

Η μονάδα υποδοχής-προεπεξεργασίας βοθρολυμάτων θα τοποθετηθεί κοντά στην μονάδα προεπεξεργασίας. Όλη η μονάδα κατασκευάζεται για να καλύπτει τις ανάγκες της Β' φάσης. Θα εξυπηρετείται από δικό της ανεξάρτητο κλάδο οδοποιίας έτσι ώστε η είσοδος και η προέλευση των βυτιοφόρων να είναι εύκολη και ταυτόχρονα να μην δημιουργούνται οχλήσεις στην υπόλοιπη εγκατάσταση.

Η μονάδα από το χώρο και το φρεάτιο εκκένωσης των βυτιοφόρων, την δεξαμενή βοθρολυμάτων και τον οικισμό που θα σταγάζονται οι φουσητήρες του προαερισμού.

Υπάρχουν δύο θέσεις εκκένωσης βυτιοφόρων με κατάλληλα στόμια υποδοχής και κλαπέ για την αποφυγή της εκπομπής οσμών στον περιβάλλοντα χώρο. Στο σημείο εκκένωσης θα προβλέπεται κατάλληλο άνοιγμα του δρόμου ώστε να μπορούν να εξυπηρετηθούν ταυτόχρονα δύο βυτιοφόρα.

Τα βοθρολύματα, περνώντας από το κανάλι υποδοχής, εσχαρίζονται μέσω χειροκίνητα αφαιρούμενης και καθοριζόμενης χονδροεσχάρας και καταλήγουν στην δεξαμενή βοθρολυμάτων. Το κανάλι υποδοχής καθώς και η δεξαμενή είναι εγκατεστημένες κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Στο κανάλι θα υπάρχουν αφαιρούμενα καλύμματα πό σκυρόδεμα τόσο για την αφαίρεση και τον καθαρισμό της χονδροεσχάρας όσο και για την επίσκεψη και τον καθαρισμό όλου του καναλιού.

Η χονδροεσχάρα θα είναι μια απλή εσχάρα κατασκευασμένη από ανοξείδωτο χάλυβα με άνοιγμα μεταξύ των ράβδων **50mm**. Ανάντη της εσχάρας θα υπάρχει σε κατάλληλο ύψος διακόπτης στάθμης ο οποίος θα ειδοποιεί για την ανάγκη καθαρισμού της εσχάρας τόσο στο κεντρικό σύστημα ελέγχου όσο και τοπικά με κατάλληλη φωτεινή ένδειξη.

Στη συνέχεια τα βοθρολύματα, απαλλαγμένα από ευμεγέθη στερεά καταλήγουν στην δεξαμενή των βοθρολυμάτων. Αυτή θα έχει ενεργό

όγκο **54m<sup>3</sup>** (διαστάσεις **3x6m<sup>2</sup>** και ύψος **3m**) και πυθμένα με κατάλληλη κλίση ώστε να μπορεί να εκκενωθεί πλήρως από τις αντλίες εξαγωγής. Στην δεξαμενή θα γίνεται προαερισμός των βοθρολυμάτων ώστε να αποφεύγονται αναερόβιες συνθήκες και να μειώνεται η εκπομπή οσμών. Αυτό θα γίνεται με την βοήθεια υποβρύχιων διαχυτήρων ελεστικής μεμβράνης μέσης φυσαλλίδας. Η τροφοδότηση με αέρα θα επιτυγχάνεται μέσω δύο φουσητήρων (ο ένας εφεδρικός) παροχής **110m<sup>3</sup>/h** έκαστος, οι οποίοι θα είναι εγκατεστημένοι σε οικίσκο παραπλεύρως της δεξαμενής. Κριτήριο σχεδιασμού του συστήματος προαερισμού είναι η παροχή **2m<sup>3</sup>** αέρα ανά **m<sup>3</sup>** δεξαμενής.

Τα βοθρολύματα απομακρύνονται από την δεξαμενή μέσω δύο υποβρύχιων αντλιών (η μια εφεδρική), παροχής **m<sup>3</sup>/h** έκαστη και οδηγούνται στην λεκάνη υποδοχής ανάντη της εσχάρωσης στο κτίριο προεπεξεργασίας. Οι αντλίες εξαγωγής των βοθρολυμάτων είναι μανδαλωμένες με το αντλιοστάσιο αρχικής ανύψωσης των λυμάτων έτσι ώστε να λειτουργούν μόνο όταν λειτουργεί τουλάχιστον μια αντλία ανύψωσης των λυμάτων. Έτσι θα επιτυγχάνεται η επιθυμητή αραιώση των βοθρολυμάτων για την εξισορρόπηση του ρυπαντικού φορτίου εισόδου στην βιολογική βαθμίδα. Η λειτουργία των αντλιών θα ρυθμίζεται μέσω του **PLC** με κατάλληλο χρονοδιάγραμμα, ενώ θα υπάρχει και σύστημα ελέγχου από διακόπτες στάθμης. Επίσης θα τοποθετηθεί κατάλληλος διακόπτης υψηλής στάθμης που θα ειδοποιεί με φωτεινό σήμα τα εισερχόμενα στην εγκατάσταση βυτιοφόρα για την απαγόρευση εκκένωσης και αναμονή.

Ο αέρας από τον ενεργό όγκο της δεξαμενής βοθρολυμάτων οδηγείται μέσω αεραγωγού στην μονάδα απόσπησης που είναι εγκατεστημένη στην μονάδα προεπεξεργασίας.

Στη δεξαμενή τοποθετείται μετρητής **PH** έτσι ώστε να υπάρχει μια τυπική ένδειξη για την προέλευση των βοθρολυμάτων. Η μέτρηση θα μεταφέρεται στο σύστημα του κεντρικού ελέγχου μέσω του οποίου θα ενεργοποιείται τοπική φωτεινή ένδειξη για τιμές πέρα από τα προκαθορισμένα όρια. Σε περίπτωση που παρατηρηθεί εισαγωγή βοθρολυμάτων με τιμές **PH** εκτός ορίων ( $pH < 6.0$ ) δεν θα επιτρέπεται στην εγκατάσταση η εκκένωση βυτιοφόρων για κάποιο διάστημα (φωτεινή ένδειξη), ενώ η εισαγωγή των βοθρολυμάτων στην εγκατάσταση από τις αντλίες βοθρολυμάτων θα γίνεται σε πολύ πιο αργό

ρυθμό έτσι ώστε να έχουμε ακόμη μεγαλύτερη αραιώση από την κανονική, προστατεύοντας έτσι την βιολογική επεξεργασία από ουσίες που μπορεί να επιφέρουν δυσάρεστες συνέπειες (ανάσχεση των βιολογικών διαδικασιών).

Τέλος στην δεξαμενή βοθρολυμάτων υπάρχει υπερχείλιση ανάγκης ώστε σε περίπτωση ανάγκης τα βοθρολύματα να οδηγούνται μέσω αγωγού στο αντλιοστάσιο αρχικής ανύψωσης.

## ΕΣΧΑΡΩΣΗ – ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΠΟΣΜΗΣΗ

### **ΕΣΧΑΡΩΣΗ**

Η μονάδα εσχάρωσης βρίσκεται εντός του κτιρίου προεπεξεργασίας και αποτελείται από τα κανάλια των εσχάρων.

Οι καταθλιπτικοί αγωγοί των αντλίων αρχικής ανύψωσης των λυμάτων, καταλήγουν στην λεκάνη τροφοδοσίας των εσχάρων και οδηγούνται στο κανάλι της αυτορυθμιζόμενης εσχάρας ή εναλλακτικά στο κανάλι της παρακαμπτηρίου εσχάρας.

Η αυτορυθμιζόμενη εσχάρα είναι επίπεδη κεκλιμένη, με διάκενο ράβδων.

Ανάντη και κατάντη της αυτόματης εσχάρας, υπάρχουν θυροφράγματα. Σε περίπτωση έμφραξης της αυτορυθμιζόμενης εσχάρας τα λύματα υπερχειλίζουν αυτόματα στο κανάλι της παρακαμπτηρίου εσχάρας.

Το πλάτος ανάντι της εσχάρας διαστασιοлогείται έτσι ώστε αφενός η ταχύτητα στο κανάλι να μην είναι κατώτερη από **0,40m/sec** για την αποφυγή αποθέσεως στερεών, αφετέρου η ταχύτητα διελεύσεως των ράβδων να μην υπερβαίνει τα **1.2m/sec** για την αποφυγή παράσυρσης των εσχαρισμάτων. Για την πιστή τήρηση των παραπάνω περιορισμών γίνεται ρύθμιση της ροής κατάντη με στένωση τύπου **Parshall**.

Η αυτόματη εσχάρα θα ξεκινά αυτόματα με την έναρξη της λειτουργίας της πρώτης αντλίας ανύψωσης και θα λειτουργεί με χρονοπρόγραμμα που θα υλοποιείται μέσω **PLC**. Η παύση της τελευταίας αντλίας ανύψωσης. Τα βρεχόμενα (άμεσα ή έμμεσα) μέρη της εσχάρας και το

πλαίσιο της θα είναι από ανοξείδωτο χάλυβα. Η παρακαμπτήριος απλή εσχάρα θα είναι ανοξείδωτη και θα καθορίζεται με δίκρανο.

Τα εσχαρίσματα και από τις δύο εσχάρες θα συλλέγονται με μεταφορική ταινία η οποία θα εκκινεί ταυτόχρονα με την αυτοκ/νη εσχάρα ενώ θα σταματά μετά την παύση της. Αυτή θα έχει πλάτος **0,50m** και θα οδηγεί τα εσχαρίσματα σε δύο κάδους όγκου **1,1m<sup>3</sup>** που βρίσκονται στο ισόγειο του κτιρίου προεπεξεργασίας.

## ΜΕΤΡΗΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

Για την μέτρηση της παροχής χρησιμοποιείται στένωση τύπου **Parshall** με όργανο μέτρησης στάθμης υπερήχων (**ultrasonic**).

Το κανάλι μέτρησης παροχής, πλάτους **0,50m**, με πλάτος στένωσης **0,15m**, βρίσκεται κατάντη των εσχάρων έτσι ώστε να ρυθμίζει τις ανάντη στάθμες και ταχύτητες ροής στα κανάλια.

Η δυναμικότητα του μετρητή είναι **600m<sup>3</sup>/h (167l/s)** που υπερκαλύπτει τη μέγιστη παροχή που διέρχεται από το κανάλι (αιχμής, **110l/s**) και αντιστοιχεί στο **66%** της δυναμικότητας του οργάνου.

Ανάντη του οργάνου μέτρησης υπάρχει ανεμπόδιστο ελεύθερο μήκος ροής ίσο με **5,5m (>10 x πλάτος καναλιού)** έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ομοιόμορφη ροή στο σημείο μέτρησης.

Το όργανο μέτρησης **ultrasonic** τοποθετείται ανάντη της στένωσης.

## ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΣΜΗΣΗΣ

Το κτίριο εσχάρωσης εξυπηρετείται με σύστημα απόσμησης ενεργού άνθρακα για την εξουδετέρωση των οσμών. Η δυναμικότητα του φίλτρου είναι **2,500m<sup>3</sup>/h** έτσι ώστε να καλύπτει και τις ανάγκες της δεξαμενής βοθρολυμάτων, όπως προαναφέρθηκε.



## ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΑΙΟ-ΑΜΜΟΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ

Η μονάδα ελαιο-διαχωρισμού εγκαθίσταται στο κτίριο επεξεργασίας και αποτελείται από την δεξαμενή απομάκρυνσης άμμου και λιπών και τον Η/Μ εξοπλισμό της. Σχεδιάζεται για την κάλυψη των αναγκών της Β' φάσης των έργων, για χρόνο παραμονής μεγαλύτερο από **10min** στην **Q<sub>max</sub>** και **3min** στην **Q** αιχμής του θέρους της **40**ετίας.

Τα λύματα μετά το κανάλι μέτρησης παροχής, οδηγούνται στην δεξαμενή ελαιο-αμμοδιαχωρισμού. Η δεξαμενή έχει πλάτος **2,0m**, μήκος **6,5 m**, βάθος αεριζόμενου τμήματος **2,80 m** και ενεργό όγκο **36,4 m<sup>3</sup>**. εναλλακτικά και με κατάλληλο χειρισμό θυροφραγμάτων τα λύματα οδηγούνται στο κανάλι παράκαμψης της μονάδας πλάτους **0,50 m**.

Η άμμος συγκεντρώνεται σε κώνο, στον πυθμένα της δεξαμενής με την βοήθεια ξέστρου πυθμένα που είναι ενσωματωμένο με παλινδρομική γέφυρα. Στην συνέχεια μέσω αεροαντλίας, απομακρύνεται προς την διάταξη διαχωρισμού άμμου, εκτός του κτιρίου. Οι σωληνώσεις της αεραντλίας είναι από ανοξείδωτο χάλυβα. Για την αντιμετώπιση πιθανών περιπτώσεων έμφραξης της αεραντλίας, προβλέπεται δυνατότητα παροχής νερού.

Η παλινδρομική γέφυρα θα είναι κατασκευασμένη από μορφοσίδηρο και θα φέρει τροχούς κίνησης, οδηγούς κίνησης, ηλεκτροκινητήρα με σύστημα μετάδοσης της κίνησης στους τροχούς, διακόπτες πέρατος με κατάλληλο μηχανισμό ενεργοποίησης, ηλεκτρικό πίνακα με όλα τα απαραίτητα στοιχεία λειτουργίας και γαλβανισμένο τύμπανο περιαλιξέως του τροφοδότη καλωδίου.

Στην δεξαμενή είναι εγκατεστημένα **10** ζεύγη κυλινδρικών διαχυτήρων μεσαίας φυσσαλίδας για τον προαερισμό λυμάτων και την απομάκρυνση των λιπών. Τα λίπη συλλέγονται σε πλευρικό της δεξαμενής κανάλι, πλάτους **0.60 m** και συγκεντρώνονται σε φρεάτιο εκτός κτιρίου, απ' όπου απομακρύνονται με βυτιοφόρο όχημα. Για την τροφοδοσία των διαχυτήρων τοποθετούνται δύο φυσητήρες (ο ένας εφεδρικός), στο ισόγειο του κτιρίου προεπεξεργασίας και σε ανεξάρτητο χώρο. Κάθε φυσητήρας έχει παροχή **115Nm<sup>3</sup>/h** στα **0,70bar**. Οι φυσητήρες θα τροφοδοτούν εναλλακτικά την αεραντλία απομάκρυνσης άμμου, με την βοήθεια χρονοπρογράμματος που θα υλοποιείται από το **PLC**, μέσω δύο ηλεκτροβαννών.

Το μίγμα λυμάτων-άμμου οδηγείται, μέσω της αεραντλίας, σε ειδική διάταξη διαχωρισμού και αφυδάτωσης άμμου, με κοχλιωτό διαχωριστή ο οποίος είναι εγκατεστημένος έξω από το κτίριο. Το υπερκείμενο υγρό οδηγείται ξανά στην είσοδο της εγκατάστασης μέσω του δικτύου στραγγιδίων, ενώ ηδιαχωρισθείσα άμμος συγκεντρώνεται σε κάδους όμοιους με αυτούς των εσχαρισμάτων.

Από την μονάδα ελαιο-αμμοδιαχωρισμού τα λύματα υπερχειλίζουν και οδηγούνται στη μονάδα της βιολογικής απομάκρυνσης φωσφόρου ή εναλλακτικά στο φρεάτιο μερισμού προς τις δεξαμενές απονιτροποίησης. Όλοι οι μηχανισμοί θα φέρουν χειροκίνητο **ON-OFF** αλλά και χρονοδιακόπτη λειτουργίας (που θα υλοποιείται από το **PLC**). Οι φυσητήλες θα εγκατασταθούν σε χώρο του κτιρίου με επαρκή αερισμό και κατάλληλη ηχομόνωση ώστε ο θόρυβος σε απόσταση **1.0m** από τον εξωτερικό τοίχο να μην υπερβαίνει τα **60db**.

### **ΜΟΝΑΔΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΦΩΣΦΟΡΟΥ**

Η μέθοδος της βιολογικής απομάκρυνσης φωσφόρου, που επιλέγεται στη παρούσα μελέτη, είναι μία σχετικά νέα μέθοδος που εφαρμόζεται τα τελευταία χρόνια σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Σε σχέση με την μέχρι σήμερα, ευρύτατα χρησιμοποιούμενη χημική μέθοδο απομάκρυνσης, παρουσιάζεται μάλλον ελκυστικότερη, κυρίως για τους παρακάτω λόγους:

1. Παρουσιάζει σημαντικά μικρότερο λειτουργικό κόστος έναντι του κόστους των χημικών που απαιτούνται για την χημική διεργασία.
2. Απλουστεύει την όλη διεργασία αφού αποφεύγονται διαδικασίες όπως η Παρασκευή και δοσομέτρηση των χημικών.
3. Πραγματοποιείται απομάκρυνση μέρους του οργανικού φορτίου.
4. Διατηρεί την επιθυμητή για την μετέπειτα διεργασία αλκαλικότητα.
5. Τα επεξεργασμένα λύματα δεν έχουνυποκίτρινη χροιά η οποία παρατηρείται μετά την χημική επεξεργασία κυρίως λόγω των διαλυμένων ιόντων και του χαμηλού **PH**.

Ο ακριβής μηχανισμός της βιολογικής επεξεργασίας δεν έχει μέχρι σήμερα, διευκρινηθεί σε βαθμό που να είναι εφικτή η κατάστρωση κάποιων μαθηματικών σχέσεων περιγραφής του φαινομένου. Η βασικά αρχή του πάντως, στηρίζεται στο ότι προσφέρουν και αποθηκεύουν φώσφορο σε υγρή φάση (ορθοφωσφορικά) όταν βρεθούν σε αερόβιο περιβάλλον.

Οι μικροοργανισμοί αυτοί στο αναερόβιο αντιδραστήρα της βιολογικής αποφωσφόρησης ελευθερώνουν φώσφορο σπάζοντας τις πολυφωσφορικές τους αλυσίδες για την εξοικονόμηση ενέργειας. Αυτό φαίνεται να διαταράσσει την ισορροπία τους με αποτέλεσμα όταν οι συνθήκες γίνουν ευνοϊκές (αερόβιο περιβάλλον) να υπεραποθηκεύουν φώσφορο.

Η παρουσία οξυγόνου χωρίς την ύπαρξη αναερόβιων ζωνών λειτουργεί ανασταλτικά για την ανάπτυξη των πολυφωσφορικών μικροοργανισμών διότι αυτοί έχουν χαμηλό ρυθμό ανάπτυξης σε σχέση με τους υπόλοιπους ανταγωνιστικούς οργανισμούς, οι οποίοι καταναλώνουν με μεγαλύτερη ταχύτητα διαθέσιμο υπόστρωμα και ενέργεια.

Τέλος, μέρος του οργανικού υποστρώματος αφορμειώνεται στον αναερόβιο αντιδραστήρα από τους μη πολυφωσφορικούς οργανισμούς για την συντήρηση των κυττάρων τους, αφού δεν έχουν άλλους δέκτες ηλεκτρονίων. Το γεγονός αυτό, θεωρητικά επιτρέπει την μείωση του απαραίτητου όγκου του αερισμού. Για λόγους ασφαλείας πάντως, στην παρούσα μελέτη, δεν λαμβάνεται υπόψιν μείωση του οργανικού φορτίου στην αναερόβια δεξαμενή, στους περαιτέρω υπολογισμούς για την διαστασιολόγηση της βιολογικής επεξεργασίας (Απονιτροποίηση – Νιτροποίηση – Αερισμός).

Η μονάδα διαστασιολογείται για χρόνο **1** ώρα παραμονής στο σύνολο της παροχής (Παροχής αιχμής + Μέγιστη παροχή ανακυκλοφορίας). Όπως φαίνεται, σχεδιάζεται μια δεξαμενή όγκου **300m<sup>3</sup>** για την Α' φάση και άλλη μια όμοια για την Β' φάση.

Οι δύο όμοιες δεξαμενές είναι τετραγωνικές διαστάσεων **8,2x8,2 m** με ύψος υγρού **4.5 m**. Κάθε δεξαμενή θα φέρει ενδιάμεσο τοίχειο το οποίο θα εξαναγκάζει τα λύματα σε εμβολοειδή ροή.

Κάθε δεξαμενή είναι εφοδιασμένη με δύο κάθετους πτερυγιωτούς αναδαιωτήρες, έναν σε κάθε τμήμα που δημιουργείται από το ενδιάμεσο τοίχειο. Οι αναδευτήρες στηρίζονται σε γέφυρα, η οποία διατρέχει κατά

μήκος την δεξαμενή. Ο κάθε αναδευτήρας θα είναι ισχύος **1,5KW** (προσδιόμενη ενέργεια ανάδευσης **10W/m<sup>3</sup>** δεξαμενής).

Η δεύτερη δεξαμενή που θα κατασκευαστεί στην Β'φάση θα τοποθετηθεί εν σειρά με την πρώτη, οπότε γίνεται πρόβλεψη ανοίγματος-αναμονής στην πρώτη δεξαμενή, στο οποίο θα τοποθετηθεί θυρόφραγμα επικοινωνίας των δύο δεξαμενών στην Β'φάση.

Στην αναερόβια δεξαμενή απομάκρυνσης φωσφόρου, εισέρχεται τα λύματα από την προεπεξεργασία (με φυσική ροή) καθώς και η απανακυκλοφορία της λάσπης από το αντλιοστάσιο λάσπης.

Τέλος υπάρχει και δυνατότητα παράκμψης της μονάδας, τόσο για συντήρηση ή επισκευή, όσο και για διακοπή της λειτουργίας της, σε περιόδους που κριθεί μη αναγκαία.

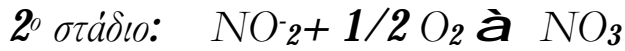
## **ΜΟΝΑΔΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ & ΑΖΩΤΟΥ**

### **ΓΕΝΙΚΑ**

Τα λύματα από την δεξαμενή Βιολογικής Αποφωσφόρησης οδηγούνται με φυσική ροή στην κύρια βιολογική επεξεργασία. Η μέθοδος που εφαρμόζεται είναι αυτή της ενεργού ιλύος και πιο συγκεκριμένα ο παρατεταμένος αερισμός με ταυτόχρονη σταθεροποίηση της λάσπης και πλήρη νιτροποίηση-απονιτροποίηση. Οι βασικές βιολογικές διεργασίες του συστήματος είναι:

- η νιτροποίηση
- η απονιτροποίηση
- η μικροβιακή του οργανικού φορτίου

**Νιτροποίηση** καλείται η βιολογική οξείδωση των αμμωνιακών σε νιτρικά με ενδιάμεσο προϊόν τα νιτρώδη. Η νιτροποίηση λαμβάνει χώρα στις δεξαμενές αερισμού όπου υπάρχει ικανοποιητική συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου, μέσω των αυτοτροφικών βακτηριδίων: νιτροσομονάδα και νιτροβακτηρίδιο. Οι αντιδράσεις που περιγράφουν την διεργασία είναι:



Η σύνθεση της νέας βιομάζας που συντελείται παράλληλα με την νιτροποίηση περιγράφεται από την αντίδραση:



Το κρίσιμο σημείο της διεργασίας είναι η αναπτυξη των νιτροποιητικών βακτηριδίων. Αυτή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η συγκέντρωση του αμμωνιακού αζώτου, η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου, η θερμοκρασία, η παρουσία τοξικών ουσιών καθώς και η τιμή του ΡΗ. Η βέλτιστη περιοχή τιμών είναι από **7,2** μέχρι **8,8**. Στα αστικά λύματα το ΡΗ κυμαίνεται σε τιμές **7-8**.

Στον σχεδιασμό της μονάδας ο όγκος της δεξαμενής αερισμού πρέπει να εξασφαλίζει τον απαραίτητο χρόνο παραμονής για την επιθυμητή νιτροποίηση και αυτός εξαρτάται από την ταχύτητα ανάπτυξης των νιτροποιητικών βακτηριδίων.

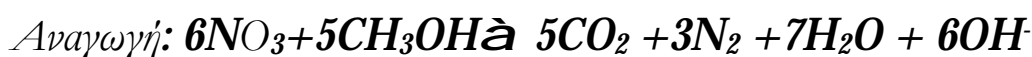
Απονιτροποίηση καλείται η βιολογική αναγωγή, σε συνθήκες άλλειψης οξυγόνου, του νιτρικού αζώτου ή μονοξειδίου του αζώτου. Η διεργασία μπορεί να πραγματοποιηθεί από μεγάλο αριθμό ετεροτροφικών βακτηριδίων που είναι σε θέση να οξειδώνουν την οργανική μορφή χρησιμοποιώντας το οξυγόνο που περιέχεται στα νιτρικά. Η διάσπαση των οργανικών ενώσεων εδώ ακολουθεί τις ίδιες βιοχημικές αντιδράσεις με την αερόβια αναπνοή με την διαφορά ότι ο τελικός αποδέκτης ηλεκτρονίων είναι το νιτρικό άζωτο. Η παρουσία οργανικής τροφής στην απονιτροποίηση είναι απαραίτητη όπως φαίνεται και παρακάτω από τις στοιχειωμετρικές αντιδράσεις που την περιγράφουν. Η διεργασία λαμβάνει χώρα σε δεξαμενές που επικρατούν ανοξικές συνθήκες. Για τον σχεδιασμό ενός συστήματος απονιτροποίησης, εφαρμόζονται κυρίως δύο μεθοδολογίες.

Σύμφωνα με την πρώτη η διεργασία συντελείται μετά τον αερισμό όταν έχει εξαντληθεί το προσφερόμενο οξυγόνο και αφού έχει ολοκληρωθεί η νιτροποίηση του αμμωνιακού αζώτου. Στην περίπτωση αυτή, λόγω της

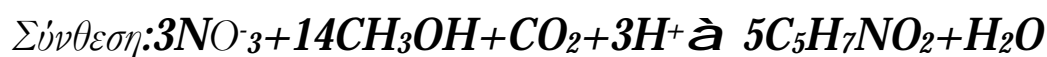
απομάκρυνσης του οργανικού φορτίου στον αερισμό, είναι αναγκαία η προσθήκη οργανικών ενώσεων (συνήθως μεθανόλη).

Στην δεύτερη φάση μεθοδολογία σχεδιασμού (σύστημα προ-απονιτροποίησης) η διαδικασία συντελείται πριν από τον αερισμό, οπότε χρησιμοποιείται σαν τροφή το νωπό οργανικό φορτίο, ενώ τα νιτρικά οδηγούνται στην δεξαμενή μέσω της ανακυκλοφορίας από τις δεξαμενές αερισμού. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται ευρέως, τόσο γιατί δεν απαιτείται προσθήκη οργανικών ενώσεων, όσο γιατί πραγματοποιείται απομάκρυνση μέρους του οργανικού φορτίου των λυμάτων, πριν την εισαγωγή τους στον αερισμό.

Η στοιχειομετρική αντίδραση (για την περίπτωση που η οργανική τροφή είναι η μεθανόλη) είναι:



Η σύνθεση της βιομάζας δίνεται από την αντίδραση:



Όπως και στην νιτροποίηση κύρια παράμετρος για την διαστασιολόγηση της μονάδας είναι η ταχύτητα ανάπτυξης των απαραίτητων μικροοργανισμών, δηλαδή των απονιτροποιημένων βακτηριδίων. Αυτή εξαρτάται από την θερμοκρασία, την συγκέντρωση νιτρικού αζώτου αλλά και από το ΡΗ.

Η μικροβιακή οξείδωση του οργανικού φορτίου η οποία συντελείται στις δεξαμενές του αερισμού περιγράφεται από ένα πλήθος βιοχημικών αντιδράσεων. Στην διεργασία αυτή συμμετέχουν πολλές κατηγορίες κυρίως ετεροτροφικών μικροοργανισμών. Οι αιωρούμενες και κολλοειδείς οργανικές ενώσεις έρχονται σε επαφή με τους μικροοργανισμούς και προσροφώνται από αυτούς. Στη συνέχεια με την βοήθεια εξωκυτταρικών υδρολυτικών ενζύμων διασπώνται σε απλές οργανικές ενώσεις οι οποίες μαζί με τις ήδη υπάρχοντες διαλυμένες οργανικές ουσίες των λυμάτων διαπερνούν την περικυτταρική μεμβράνη των μικροοργανισμών και είναι διαθέσιμες για τις περαιτέρω διεργασίες.

Αυτές χωρίζονται σε τρεις βασικές μεταβολικές λειτουργίες: την οξείδωση, την σύνθεση και την αυτοοξείδωση (ενδογενής αναπνοή).

Αναλυτικότερα:

- Οξείδωση καλείται η μετατροπή της οργανικής ύλης σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό και σκοπό έχει την παραγωγή ενέργειας.
- Σύνθεση καλείται η μετατροπή τμήματος της οργανικής ύλης σε νέα βιομάζα με την παράλληλη κατανάλωση ενέργειας.
- Αυτοοξείδωση καλείται η μετατροπή τμήματος της βιομάζας σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό με σκοπό την παραγωγή ενέργειας για συντήρηση των κυττάρων όταν υπάρχει έλλειψη τροφής.

Οι παραπάνω βιολογικές διεργασίες περιγράφονται στοιχειωμετρικά από τις παρακάτω αντιδράσεις:

Οξείδωση & Σύνθεση:



Αυτοοξείδωση:



Το μίγμα μικροοργανισμών και λυμάτων που καλείται ανάμικτο (**MLSS: Mixed Liquor Suspended Solids**) διαχωρίζεται στην μονάδα της δευτεροβάθμιας καθίζησης. Εκεί με βαρύτητα οι μικροοργανισμοί καθιζάνουν και στη συνέχεια από τον πυθμένα των δεξαμενών καθίζησης επανακυκλοφορούνται στην κύρια βιολογική επεξεργασία ώστε να έρθουν σε επαφή με τα καινούργια λύματα. Μέρος της βιομάζας απομακρύνεται ως περίσσεια ώστε να επιτυγχάνεται σταθερή συγκέντρωση **MLSS** στις ζώνες αερισμού και απονιτροποίησης. Τα τελευταία χρόνια πραγματοποιούνται συνεχείς έρευνες για την πλήρη διερεύνηση και κατανόηση των βιολογικών διεργασιών, ώστε να αποκτηθεί η ειδική γνώση και εμπειρία για την βελτισποίηση του σχεδιασμού, της λειτουργίας και τον έλεγχο των εγκαταστάσεων βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων.

Οι περισσότερες εγκαταστάσεις βιολογικής επεξεργασίας αστικών λυμάτων (συστήματα ενεργούς ιλύος), σχεδιάζονται βάσει απλών μαθηματικών μοντέλων που χαρακτηρίζονται από απλουστευμένες προσεγγίσεις των βιολογικών διαδικασιών, περιορισμένο αριθμό σταθερών και χρήση καθολικών παραμέτρων.

Οι κύριες απλουστευτικές παραδοχές που αποτελούν το υπόβαθρο των συνήθως χρησιμοποιούμενων απλών εμπειρικών μεθόδων σχεδιασμού, είναι οι ακόλουθες:

- Η μέτρηση των οργανικών υλών γίνεται με καθολικές παραμέτρους, όπως το **BOD<sub>5</sub>**, το **COD** και τα αιωρούμενα στερεά.
- Δεν γίνεται επιμερισμός ή διαχωρισμός της βιομάζας σε διάφορες κατηγορίες μικροοργανισμών, βάση των επιμέρους διεργασιών (διάσπαση **C**, νιτροποίηση, απονιτροποίηση, αποφωσφόρωση).
- Η ταχύτητα χρησιμοποίησης της τροφής θεωρείται ανάλογη της ολικής μάζας των μικροοργανισμών καθώς και η ενδογενείς αναπνοή δεν λαμβάνονται υπόψιν, αλλά συμπεριλαμβάνονται στον ενιαίο όρο της φθοράς της βιομάζας.
- Οι διαδικασίες παραγωγής και φθοράς της βιομάζας θεωρούνται ανεξάρτητες της σύνθεσης των λυμάτων και της ιλύος.
- Πρέπει να σημειωθεί βέβαια, ότι στις περισσότερες μονάδες που έχουν σχεδιαστεί με τις παραπάνω παραδοχές δεν έχουν παρατηρηθεί φαινόμενα σχεδιαστικής αστοχίας τουλάχιστον σε ότι αφορά τους υγιεινολογικούς υπολογισμούς.

Για τον σχεδιασμό της παρούσης εγκατάστασης, χρησιμοποιήθηκε ένα απλοποιημένο μοντέλο ενεργού ιλύος, βασισμένο κυρίως στην εργασία των **Christoulas & Tebbult (1982)**, το οποίο εφαρμόζεται επιτυχώς, συχνά στον Ελληνικό χώρο για τον σχεδιασμό εγκαταστάσεων ενεργού ιλύος.



## ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΟΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗΣ

Τα λύματα με φυσική ροή από την μονάδα της βιολογικής αποφωσφόρησης καταλήγουν στο φρεάτιο μερισμού της κύριας βιολογικής επεξεργασίας. Από εκεί μέσω τριών υπερχειλιστών μήκους **1m** η παροχή μερίζεται σε τρεις (για την Β'φάση) δεξαμενές απονιτροποίησης, ενώ για την μία από τις τρεις δεξαμενές η παροχή μερίζεται επιπλέον στη μέση. Σε όλες τις υπερχειλίσεις θα υπάρχουν χειροκίνητα θυροφράγματα για την απομόνωση των δεξαμενών. Στο φρεάτιο μερισμού καταλήγει η ανακυκλοφορία της ιλύος από το αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας και ο αγωγός παράκαμψης της αποφωσφόρησης. Τέλος από το φρεάτιο μερισμού ξεκινά ο αγωγός παράκαμψης όλης της κύριας βιολογικής επεξεργασίας.

Η μονάδα απονιτροποίησης αποτελείται από τρεις όμοιες ορθογωνικές δεξαμενές από τις οποίες η μια θα κατασκευαστεί στην Β'φάση.

Η κάθε δεξαμενή έχει διαστάσεις **5,0x13,2x4,6m** βάθος και ενεργό όγκο **300m<sup>3</sup>**. στις δεξαμενές απικρατούν ανοξικές συνθήκες και συντελείται η αναγωγή των νιτρικών προς ελεύθερο άζωτο. Τα νιτρικά ανακυκλοφορούν στην είσοδο της δεξαμενής, μέσω αντλιοστασίου εγκατεστημένου στην έξοδο του αερισμού.

Κάθε δεξαμενή είναι οπλισμένη με δύο υποβρύχιους αναδευτήρες (εκ των οποίων ο ένας εφεδρικός) ισχύος **3,5KW** έκαστος.

Η μια από τις τρεις δεξαμενές (μεσαία) είναι χωρισμένη σε δύο όμοιες μικρότερες δεξαμενές για την επίτευξη πλήρους ευελιξίας του συστήματος σε περιόδους μειωμένων παροχών και φορτίων.

## ΜΟΝΑΔΑ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Από την μονάδα απονιτροποίησης τα λύματα υπερχειλίζουν στην μονάδα αερισμού, η οποία αποτελείται από τρεις ορθογωνικές δεξαμενές (η μια θα κατασκευαστεί στην Β'φάση) και τον Η/Μ εξοπλισμό τους.

Κάθε δεξαμενή έχει διαστάσεις **13,2x26,4x4,6m**(βάθος) και όγκο **1600m<sup>3</sup>** (συνολικός όγκος **4800m<sup>3</sup>** στην Β'φάση). Στην μονάδα αερισμού πραγματοποιούνται οι βιολογικές διαδικασίες της μικροβιακής

οξειδωσης οργανικού φορτίου των λυμάτων, της νιτροποίησης και της σταθεροποίησης της λάσπης.

Η μια δεξαμενή, σε πλήρη αντιστοιχία με την απονιτροποίηση, χωρίζεται σε δύο όμοιες μικρότερες για την δυνατότητα πλήρους ευελιξίας στη λειτουργία της εγκατάστασης.

Ο αερισμός πραγματοποιείται με τρεις λοβοειδείς φουσητήρες (ο ένας εφεδρικός) για την Α'φάση, ενώ θα προστεθεί ένας όμοιος στην Β'φάση. Οι φουσητήρες, παροχής **1300m<sup>3</sup>/h** στα **0,50bar** έκαστος βρίσκονται εκτός κτιρίου παράπλευρα των δεξαμενών αερισμού. Σε κάθε δεξαμενή αερισμού υπάρχουν **390** διαχυτήρες ελαστικής μεμβράνης. Λεπτής φρασσαλίδας, που καλύπτουν όλη την επιφάνεια του πυθμένα, ώστε να μην δημιουργούνται νεκρές ζώνες. Οι διαχυτήρες είναι τύπου επίπεδου κυκλικού δίσκου, από ελαστικό υλικό που διαστέλλονται κατά την διεύλευση του αέρα και συστέλλονται κατά την παύση ροής.

Για την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης της ενέργειας, όλοι οι φουσητήρες θα μπορούν να τροφοδοτηθούν με αέρα όλες τις δεξαμενές, ο ένας δε, θα είναι συνδεδεμένος με κατάλληλο ρυθμιστή στροφών (**inverter**) ώστε να βελτιστοποιεί η λειτουργία προσφέροντας την ακριβή απαιτούμενη παροχή αέρα των εκάστοτε αναγκών. Με την παραπάνω μεθοδολογία και με κατάλληλη διάταξη των αγωγών παροχής αέρα, παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης του συστήματος σε οποιαδήποτε τιμή του διαστήματος **0-3900Nm<sup>3</sup>/h**. Οι απαιτήσεις παροχής αέρα ρυθμίζονται από το **PLC** με κατάλληλο πρόγραμμα, παραμέτροι του οποίου θα είναι η τιμή του διαλυμένου O<sub>2</sub> στις δεξαμενές αερισμού και η παροχή των εισερχόμενων στην εγκατάσταση λυμάτων.

Σε κάθε δεξαμενή γίνεται μέτρηση διαλυμένου O<sub>2</sub> και θερμοκρασίας μέσω ειδικών οργάνων που θα τοποθετηθούν σε κατάλληλες θέσεις.

Σε κάθε δεξαμενή είναι εγκατεστημένες δύο αντλίες ανακυκλοφορίας ανάμικτου υγρού (η μία εφεδρική), παροχής **165m<sup>3</sup>/h** στα **5,5m**, για την ανακυκλοφορία των προς αναγωγή νιτρικών.

Τα λύματα εξέρχονται από κάθε δεξαμενή αερισμού μέσω υπερχείλησης μήκους **1,6m** και καταλήγουν στο φρεάτιο μερισμού της παροχής ανάντη των δεξαμενών τελικής καθίζησης. Στο φρεάτιο μερισμού είναι εγκατεστημένο ένα αυτοκαθαριζόμενο όργανο μέτρησης της συγκέντρωσης των αιωρούμενων στερεών.

## ΜΟΝΑΔΑ ΤΕΛΙΚΗΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ

Μετά την μονάδα αερισμού το ανάμικτο υγρό εισέρχεται στις δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης, όπου πραγματοποιείται ο διαχωρισμός των μικροοργανισμών (με βαρύτητα) και των τυχόν προσροφημένων σωματιδίων, από τη μη χρησιμοποιηθείσα τροφή. Έτσι τα επεξεργασμένα πλέον λύματα οδηγούνται διαυγασμένα προς τη μονάδα απολύμανσης για περαιτέρω επεξεργασία και οι μικροοργανισμοί επανακυκλοφορούνται στη μονάδα αερισμού μέσω αντλιοστάσιου επανακυκλοφορίας ιλύος.

Για τις ανάγκες της Α' φάσης θα κατασκευαστούν δύο δεξαμενές ενώ για την Β' φάση θα κατασκευαστεί άλλη μια όμοια.

Τα λύματα από τις δεξαμενές αερισμού εισέρχονται κεντρικά στις δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης. Οι δεξαμενές είναι κυκλικές, με περιστρεφόμενη γέφυρα εξοπλισμένη με ξέστρο πυθμένα για την συλλογή της λάσπης και ξέστρο επιφάνειας για την συλλογή των επιπλεόντων. Το διαυγασμένο υγρό συλλέγεται σε περιμετρικό κανάλι, στο εξωτερικό της δεξαμενής, και καταλήγει στο φρεάτιο εξόδου της δεξαμενής.

### *Ο εξοπλισμός των δεξαμενών καθίζησης περιλαμβάνει:*

- Το συγκρότημα της γέφυρας το οποίο είναι κατασκευασμένο από χαλύβδινες δοκούς με εγκάρσια στηρίγματα, φέρει δε τη βάση και τον κλώβο του κινητήριου συστήματος, διάδρομο από μπακλαβαδωτή λαμαρίνα και χαλύβδινο κιγκλίδωμα και στις δύο πλευρές.
- Το μηχανισμό κινήσεως της γέφυρας ο οποίος είναι τοποθετημένος κάτω απ' αυτή, στο εξωτερικό άκρο της. Ο μηχανισμός είναι κατάλληλος για εγκατάσταση στο ύπαιθρο κάτω από δυσμενείς συνθήκες περιβάλλοντος και στηρίζεται σε χαλύβδινο πλαίσιο βαρέος τύπου. Ο μηχανισμός είναι τύπου διαφορικού μειωτήρα και παίρνει κίνηση από ηλεκτροκινητήρα. Η ταχύτητα του ξέστρου στην περιφέρεια της δεξαμενής είναι **1,2m/min**.
- Το ξέστρο του πυθμένα το οποίο στηρίζεται στη γέφυρα με εύκαμπτες χαλύβδινες ράβδους που στο κάτω μέρος φέρουν

λεπίδες απόξεσης του πυθμένα. Οι λεπίδες θα είναι κατασκευασμένες από μεταλλικό έλασμα και έχουν τέτοιο σχήμα ώστε να μεταφέρουν την καθιζάνουσα λάσπη στο κεντρικό φρεάτιο απαγωγής. Οι λεπίδες καλύπτουν όλο τον πυθμένα κατά μήκος του ξέστρου και δεν θα αφήνουν νεκρά σημεία.

- Τον κεντρικό δακτύλιο ο οποίος αποτελεί και φράγμα ηρεμίας της δεξαμενής εφόσον η ταχύτητα ροής των εξερχόμενων από αυτόν λυμάτων είναι μικρότερη από **0,8m/sec**. Το κάτω μέρος του φράγματος, απ'όπου θα εξέρχονται τα υγρά, είναι σε τέτοιο ύψος από τον πυθμένα της δεξαμενής ώστε να μην διαταράσσεται και ανυψώνεται η καθιζάνουσα λάσπη.
- Τον οδοντωτό υπερχειλιστή ο οποίος είναι τοποθετημένος περιφερειακά, εσωτερικά του τοιχώματος της δεξαμενής καθίζησης. Εσωτερικά του υπερχειλιστή τοποθετείται περιφερειακό φράγμα, που εμποδίζει τη διέλευση επιπλεόντων υλικών, πάνω από τον υπερχειλιστή.
- Το σύστημα αφαίρεσης επιπλεόντων. Τα επιπλέοντα των δεξαμενών καθίζησης συλλέγονται με επιφανειακό αποξεστήρα ο οποίος ωθεί τα επιπλέοντα σε χοάνη συλλογής απ'όπου οδηγούνται σε παράπλευρο των δεξαμενών, φρεάτιο συλλογής. Το φρεάτιο διαθέτει κατάλληλη διάταξη συγκράτησης των επιπλεόντων και συνδέεται με το δίκτυοστραγγιδίων για την απομάκρυνση των υγρών. Από κει τα επιπλέοντα απομακρύνονται περιοδικά για διάθεση, μαζί με τα άλλα παραπροϊόντα της εγκατάστασης.
- Σωληνώσεις σύνδεσης με το αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας και περίσσειας λάσπης.

## ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΛΑΣΠΗΣ

### ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΑΝΑΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΙΛΥΟΣ

Πλησίον των δεξαμενών καθίζησης βρίσκεται το αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας και εξαγωγής περίσσειας λάσπης. Η λάσπη από τον κωνικό πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης εισρέει στο αντλιοστάσιο. Στην έξοδο του αγωγού υπάρχει δικλείδα απομόνωσης. Το αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας κάθε δεξαμενής, είναι εξοπλισμένο με τρεις υποβρύχιες αντλίες (η μία εφεδρική), ενώ στην Β'φάση θα εγκατασταθεί άλλη μια όμοια για την Α'φάση θα προβλέπεται ανάλογος χώρος. Η ταχύτητα περιστροφής των αντλιών είναι **960rpm**, έτσι ώστε να μην καταστρέφονται τα συσσωματώματα της λάσπης.

Κάθε αντλία φέρει στον αγωγό εξόδου συρτασοδικλείδα και δικλείδα αντεπιστροφής προ της συμβολής με τον κοινό καταθλιπτικό αγωγό.

Η λάσπη επανακυκλοφερείται στην δεξαμενή βιολογικής αποφωσφόρωσης αλλά και εναλλακτικά στο φρεάτιο μερισμού ανάντη των δεξαμενών απονιτροποίησης για την περίπτωση που είναι επιθυμητή η παράκμψη της διεργασίας αποφωσφόρωσης. Για τον λόγο αυτόν η μέτρηση παροχής επανακυκλοφορίας λάσπης γίνεται με δύο ηλεκτρομαγνητικούς μετρητές, έναν στον κοινό καταθλιπτικό αγωγό επιστροφής στην αποφωσφόρωση και έναν στον αγωγό στο φρεάτιο μερισμού.

### ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΛΑΣΠΗΣ

Στον ίδιο χώρο με τις αντλίες επανακυκλοφορίας λάσπης θα βρίσκεται εγκατεστημένο το αντλιοστάσιο απομάκρυνσης πλεονάζουσας λάσπης προς την αντίστοιχη μονάδα πάχυνσης.

Το αντλιοστάσιο αποτελείται από δυο υποβρύχιες αντλίες (η μία εφεδρική), οι οποίες θα καλύπτουν και τις ανάγκες της Β'φάσης.

Στο αγωγό εισόδου κάθε αντλίας υπάρχει συρταροδικλείδα. Ομοίως συρταροδικλείδα καθώς και κλαπέ αντεπιστροφής υπάρχει προ της συμβολής των αντλιών με τον κοινό καταθλιπτικό αγωγό.

## ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ

Απολύμανση είναι η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών που περιέχουν τα λύματα, οποίοι δεν απομακρύνονται ολικά στο στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας. Οι κυριότερες μέθοδοι απολύμανσης των λυμάτων είναι:

- Χλωρίωση (**Cl<sub>2</sub>, ClO<sub>2</sub>, NaOCl**)
- Οζόνωση
- **UV** ακτινοβολία

Από τις οποίες η χλωρίωση αποτελεί την συνηθέστερη και ευρύτετα εφαρμοζόμενη μέθοδο σε παγκόσμιο επίπεδο. Η κύρια αιτία προτίμησης της χλωρίωσης είναι η εμμένουσα απολυμαντική δράση που έχει (υπολειμματικό χλώριο) έναντι των άλλων μεθόδων καθώς και το σημαντικά χαμηλότερο κόστος του.

Η μέθοδος που εφαρμόζεται στην παρούσα μελέτη είναι η χλωρίωση με διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου **NaOCl**, περιεκτικότητας **14%** σε ενεργό χλώριο. Η μονάδα αποτελείται από την δεξαμενή χλωρίωσης, όπου επιτυγχάνεται η επαφή του χλωρίου με τα λύματα και από τον οικίσκο χλωρίωσης που στεγάζει το συγκρότημα του χλωριωτή και το δοχείο αποθήκευσης του διαλύματος **NaOCl**.

## ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΧΛΩΡΙΩΣΗΣ

Η δεξαμενή έχει διασταλιγθεί για χρόνο επαφής λυμάτων με το χλώριο μεγαλύτερο από **30min** στην μέγιστη παροχή του καλοκαιριού της Β' φάσης.

Τα λύματα από τις δεξαμενές καθίζησης, εισέρχονται στο φρεάτιο εις 'δου ανάμιξης. Εκεί γίνεται η προσθήκη του διαλύματος **NaOCl**, οπότε μέσω της υπερχείλισης των λυμάτων προς την δεξαμενή επαφής, εξασφαλίζεται η πλήρης ανάμιξη τους με το απολυμαντικό μέσο. Από το φρεάτιο ανάμιξης ξεκινά και ο αγωγός παράκαμψης της μονάδας που απομονώνεται με θυρόφραγμα.

Η δεξαμενή απολύμανσης είναι μαιανδρική, ώστε να εξασφαλίζεται το απαιτούμενο μήκος διαδρομής, για τον απαραίτητο χρόνο επαφής των

λυμάτων με το διάλυμα του χλωρίου. Από την δεξαμενή τα λύματα μέσω υπερχειλισής οδηγούνται στο αντλιοστάσιο διάθεσης.

### **ΧΛΩΡΙΩΤΗΣ**

Το συγκρότημα σχεδιάζεται για την κάλυψη των αναγκών της Β' φάσης . αποτελείται από δύο δοσομετρικές διαφραγματικές αντλίες (η μία εφεδρική), με αυτόματη ρύθμιση συχνότητας, μέγιστης παροχής **12l/h**. Η ρύθμιση της παροχής γίνεται βάσει της μέτρησης από τον μετρητή παροχής που βρίσκεται στην υπερχειλίση εξόδου και γίνεται με αισθητήριο υπερήχων και από τον μετρητή υπολειμματικού χλωρίου στην έξοδο δεξαμενής. Οι αντλίες τροφοδοτούνται από δοχείο αποθήκευσης, όγκου **2000lt**, που επαρκεί για τις ανάγκες σε διάλυμα **NaOCl 15** ημερών. Το δοχείο είναι εξοπλισμένο με θυρίδα εποπτείας, εξοπλισμό εκκένωσης καθώς και διάταξη αυτόματης πλήρωσης από βυτιοφόρο. Επιπλέον, υπάρχει διακόπτης στάθμης συνδεδεμένος με το κέντρο ελέγχου, όπου θα υπάρχει ένδειξη ασφαλείας (**alarm**) για την επαναπλήρωση του δοχείου και διακόπτης χαμηλής στάθμης για προστασία από εν ξερών λειτουργία δοσομετρικών αντλίων.

Το συγκρότημα του χλωριωτή βρίσκεται εντός οικίσκου, όπου εγκαθίσταται το σύστημα μέτρησης υπολειμματικού χλωρίου (**transmitter**) και ο ηλεκτρικός πίνακας της μονάδας.

### **ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΤΕΛΙΚΗΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ**

Το αντλιοστάσιο τελικής διάθεσης είναι εξοπλισμένο με τρεις υποβρύχιες αντλίες παροχής, εκ των οποίων η μια εφεδρική. Στην Β' φάση θα προστεθεί άλλη μια όμοια αντλία, για την οποία προβλέπεται χώρος στα έργα της Α' φάσης. Οι αντλίες, με ξεχωριστούς καταθλιπτικούς αγωγούς ανυψώνουν τα λύματα προς το φρεάτιο φόρτισης του αγωγού διάθεσης, που βρίσκεται παράπλευρα. Στο αντλιοστάσιο τελικής διάθεσης καταλήγει και ο αγωγός παράκαμψης της μονάδας χλωρίωσης.

## ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΙΛΥΟΣ

Η γραμμή επεξεργασίας της περίσσειας ιλύος κατασκευάζεται, στο σύνολο της, για την κάλυψη των αναγκών της Β' φάσης (**40ετία**).

Η περίσσεια της ιλύος που εξάγεται από την βιολογική βαθμίδα είναι πλήρως σταθεροποιημένη (ηλικία λάσπης >**20**ημερών), με συγκέντρωση στερεών **0,8%**. Η λάσπη μέσω του αντλιοστάσιου ιλύος οδηγείται στην γραμμή επεξεργασίας λάσπης, η οποία αποτελείται από τις εξής επιμέρους μονάδες:

- Δεξαμενή συγκέντρωσης περίσσειας ιλύος
- Πάχυνση ιλύος
- Αφυδάτωση ιλύος

Αρχικά η λάσπη οδηγείται στην δεξαμενή συγκέντρωσης όπου συμπυκνώνεται (**1,5%** συγκέντρωση στερεών), ενώ ταυτόχρονα αερίζεται για την αποφυγή δημιουργίας αναερόβιων συνθηκών (επαναδιαλυτοποίηση φωσφόρου-δυσάρεστες οσμές). Η δεξαμενή έχει επαρκή όγκο, ώστε να είναι δυνατή η αποθήκευση περίσσειας λάσπης δύο ημερών, για την εξυπηρέτηση της εγκατάστασης τα Σαββατοκύριακα, δεδομένου ότι οι μονάδες πάχυνσης και αφυδάτωσης λειτουργούν σε πενθήμερη βάση.

Από την δεξαμενή συγκέντρωσης η λάσπη οδηγείται σε σύστημα δυναμικής πάχυνσης, μικρού χρόνου παραμονής όπου συμπυκνώνεται μέχρι τελικής συγκέντρωσης **5%**. Στη συνέχεια οδηγείται στην ταινιοφιλτρόπρεσσα όπου συμπυκνώνεται μέχρι τελικής συγκέντρωσης στερεών **20%** και απομακρύνεται προς απόρριψη.

Οι μονάδες πάχυνσης, αφυδάτωσης καθώς και όλος ο απαραίτητος Η/Μ εξοπλισμός για την επεξεργασία της λάσπης στεγάζονται στο κτίριο της μηχανικής αφυδάτωσης, το οποίο είναι κατάλληλα διαμορφωμένο ώστε να υπάρχει χώρος για την φόρτωση της λάσπης σε φορτηγό. Τα στραγγίσματα οδηγούνται μέσω του δικτύου στραγγισμάτων στο αντλιοστάσιο αρχικής ανύψωσης.



## ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΠΕΡΙΣΣΕΙΑΣ ΙΛΥΟΣ

Η δεξαμενή συγκέντρωσης περίσσειας της λάσπης εξυπηρετεί δύο σκοπούς:

- Την συμπύκνωση της λάσπης
- Την αποθήκευση της λάσπης στις ημέρες μη λειτουργίας της μονάδας μηχανικής αφυδάτωσης

Ταυτόχρονα, με τον επαρκή αερισμό της δεξαμενής, δίνεται η δυνατότητα περαιτέρω σταθεροποίησης της λάσπης, ενώ αποφεύγεται η δημιουργία αναερόβιων συνθηκών με δυσάρεστες επιπτώσεις όπως εκπομπή οσμών και πιθανή επαναδιαλυτοποίηση των ορθοφωσφορικών.

Η δεξαμενή σχεδιάζεται να έχει χωρητικότητα αποθήκευσης περίσσειας λάσπης δύο ημερών, για το Θέρος της **40**ετίας.

Ο απαιτούμενος αέρας παρέχεται από δύο λοβοειδείς φυσητήρες (ο ένας εφεδρικός), οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι στο κτίριο αφυδάτωσης, δίπλα από την δεξαμενή. Η λειτουργία των φυσητήρων ρυθμίζεται μέσω του κεντρικού συστήματος ελέγχου με την βοήθεια χρονοπρογράμματος.

Στην δεξαμενή θα τοποθετηθούν **24** διαχυτήρες ελαστικής μεμβράνης χονδρής φουσαλίδας.

Το πρόγραμμα λειτουργίας της δεξαμενής θα περιλαμβάνει τις εξής φάσεις:

- Αερισμός
- Παύση --- Ηρεμία --- Καθίζηση
- Απομάκρυνση υπερκείμενου υγρού
- Απομάκρυνση ιλύος
- Τροφοδότηση δεξαμενής με περίσσεια ιλύος --- έναρξη αερισμού κ.ο.κ.

Η δεξαμενή όταν δεν πραγματοποιείται η διαδικασία αφαίρεσης λάσπης αερίζεται συνεχώς. Με την ύπαρξη του παραπάνω προγράμματος, η παροχή αέρα από τους φυσητήρες διακόπτεται και το περιεχόμενο

αφήνεται σε ηρεμία. Στη φάση αυτή, η δεξαμενή λειτουργεί σαν παχυντής βαρύτητας και η λάσπη καθιζάνει και συμπυκνώνεται με συγκέντρωση **1,5%** σε στερεά. Η φάση αυτή σεν θα πρέπει να ξεπερνά χρονικά τα **30 min** περίπου, για την αποφυγή δημιουργίας αναερόβιων συνθηκών.

Η απομάκρυνση του υπερκείμενου υγρού γίνεται με την βοήθεια αυτοματισμού στάθμης διεπιφάνειας, ο οποίος επιλεκτικά ενεργοποιεί μια από τις τρεις ηλεκτροβάννες εξόδου, που τοποθετούνται σε διαφορετικά ύψη ώστε να αποφεύγεται η επιστροφή της ιλύος στην εγκατάσταση. Το υπερκείμενο υγρό οδηγείται, μέσω της γραμμής συλλογής στραγγιδίων, με βαρύτητα στο αντλιοστάσιο αρχικής ανύψωσης.

Στη συνέχεια μέσω κατάλληλου πλωτηροδιακόπτη στάθμης, διακόπτεται η απομάκρυνση υπερκείμενου υγρού και ξεκινά η εξαγωγή της λάσπης από τον πυθμένα της δεξαμενής. Μετά την εξαγωγή της λάσπης επαναξεκινά ο αερισμός και επαναλαμβάνεται η διαδικασία.

Η λάσπη από την δεξαμενή συγκέντρωσης οδηγείται στην μονάδα της πάχυνσης μέσω του αντλιοστασίου λάσπης. Αυτό αποτελείται από δύο κοχλιωτές αντλίες (η μία εφεδρική). Οι αντλίες θα είναι ρυθμιζόμενης παροχής και η λειτουργία τους θα ρυθμίζεται μέσω του **PLC** βάσει του χρονοδιαγράμματος που αναπτύχθηκε.

Τέλος, η δεξαμενή είναι εξοπλισμένη με διακόπτη χαμηλής στάθμης για την παύση της λειτουργίας των αντλιών λάσπης (αποφυγή εν ξερλώ λειτουργίας) και διακόπτη υψηλής στάθμης για την διακοπή της λειτουργίας των αντλιών τροφοδοσίας και ένδειξη ασφαλείας (**alarm**) στο κέντρο ελέγχου.

## **ΜΟΝΑΔΑ ΠΑΧΥΝΣΗΣ ΙΛΥΟΣ**

Η πάχυνση της λάσπης γίνεται με σύστημα μικρού χρόνου παραμονής και ειδικότερα με σύστημα κροκίδωσης – προαφρυδάτωσης που αποτελείται από τύμπανο επαρκών διαστάσεων για την παραμονή της λάσπης τουλάχιστον **5min**. Η κροκίδωση επιτυγχάνεται με την ανάμειξη της λάσπης με διάλυμα πολυηλεκτρολύτη ενώ η προαφρυδάτωση πραγματοποιείται με την βοήθεια ειδικού φίλτρου. Η ανάδευση επιτυγχάνεται με την περιστροφή ολόκληρου του τυμπάνου. Το όλο

σύστημα είναι κατασκευασμένο από ανοξείδωτο χάλυβα ενώ το φίλτρο από κατάλληλο πολυμερές υλικό.

Το τύμπανο είναι τοποθετημένο πάνω από την ταινιοφιλτροπρέσσα, στην οποία οδηγείται η λάσπη με συγκέντρωση στερεών **5%**.

## **ΜΟΝΑΔΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΦΥΔΑΤΩΣΗΣ**

Η αφυδάτωση της λάσπης γίνεται με την χρήση ταινιοφιλτροπρέσσας πολλαπλών βαθμίδων τελικής συμπίεσης. Η ταινιοφιλτροπρέσσα σχεδιάζεται για την κάλυψη των αναγκών της Β' φάσης.

Η διαδικασία αφυδάτωσης ακολουθεί τα παρακάτω στάδια:

- Προαφυδάτωση με στράγγιση (βαρύτητα)
- Συμπύεση
- Έξοδος αφυδατωμένης λάσπης με διατάξεις απόξεσης των ταινιών

Η ταινιοφιλτροπρέσσα αποτελείται από τα παρακάτω τμήματα:

- Το πλαίσιο επι του οποίου συναρμολογείται η πρέσσα. Το πλευρικό τμήμα του πλαισίου μπορεί να αποσυναμολογηθεί για να αντικατασταθούν οι ταινίες. Το πλαίσιο προστατεύεται με ειδική αντιδιαβρωτική προσπάθεια.
- Τις ταινίες αφυδάτωσης. Οι ταινίες που έχουν διάρκεια ζωής περισσότερες από **7000** ώρες, είναι συνεχούς ύφανσης ώστε να περιορίζονται οι φθορές στα σημεία απόξεσης από τις λεπίδες εξόδου.
- Διάταξη πλύσης. Σε κατάλληλα σημεία της ταινιοφιλτροπρέσσας τοποθετείται διάταξη πλύσης ανά ταινία η οποία χρησιμεύει για πομάκρυνση των στερεών που δεν απομακρύνθηκαν από τις λεπίδες. Στη διάταξη πλύσης περιλαμβάνεται και το δίκτυο μεταφοράς του βιομηχανικού νερού εως την ταινιοφιλτροπρέσσα με όλα τα μικροϋλικά.

- Διάταξη αυτόματης τάνυσης των ταινιών. Η ταινιοφιλτρόπρεσσα έχει ικανότητα συνεχούς αυτόματης τάνυσης των ταινιών. Η τάνυση επιτυγχάνεται με πνευματικά έμβολα που εφαρμόζουν συνήθως πίεση **5bar**.
- Διάταξη ευθυγράμμισης ταινιών. Για την επαναφορά των ταινιών σε ευθυγραμμία για κάθε ταινία υπάρχει κύλινδρος που λειτουργεί με την δυνατότητα μετατόπισης του ενός άκρου με την βοήθεια πνευματικού εμβόλου.
- Διάταξη κίνησης των ταινιών γίνεται μέσω των κυλίνδρων κίνησης, των οποίων η λειτουργία γίνεται με ηλεκτρομειωτήρα. Η αυξομείωση των στροφών του ηλεκτρομειωτήρα με χειροστρόφαλο όσο και αυτόματα με τειλεχειρισμό από τον ηλεκτρικό πίνακα διανομής και με την βοήθεια κατάλληλου σερβομηχανισμού. Η ταχύτητα θα ρυθμίζεται στην περιοχή **1-6m/min**.
- Σκάφη συλλογής υγρών αφυδάτωσης. Η σκάφη τοποθετείται στο κάτω τμήμα του πλαισίου και κοντά στο επίπεδο κίνησης των ταινιών, ώστε να οδηγεί τα υγρά πλύσεως και τα στραγγίδια στο κανάλι συλλογής. Η σκάφη είναι κατασκευασμένη από ανοξείδωτο χάλυβα.
- Κύλινδροι. Η πρέσα περιλαμβάνει κυλίνδρους για τις διάφορες εργασίες της, δηλαδή: κύλινδροι κίνησης, τάνυσης, ευθυγράμμισης, προσυμπίεσης και συμπίεσης. Οι κύλινδροι είναι από χάλυβα με επένδυση λάστιχου **7mm** και στηρίζονται σε εξωτερικά στεγανά έδρανα.
- Ηλεκτρικός πίνακας τύπου στεγανού ερμαρίου, που βρίσκεται στο κτίριο της αφυδάτωσης και περιλαμβάνει:
  - Διακόπτες χειρισμών
  - Αυτόματο έλεγχο εκκίνησης-διακόπτης κύκλων επανάληψης
  - Ρυθμιστή ταχύτητας ταινιών
  - Ενδεικτικές λυχνίες λειτουργίας
  - Εκκινητήρες
  - Θερμικά προστασίας κινητήρων
  - Ωρομετρητές
  - Σύστημα διακοπής έκτατου ανάγκης

- Σύστημα οπτιακουστικού συναργισμού για τις περιπτώσεις απώλειας πίττας, αποευθυγράμμισης ταινιών, χαμηλής στάθμης πολυηλεκτρολύτη, υπερφορτίσεις κλπ.

Η λειτουργία του συστήματος γίνεται είτε χειροκίνητα είτε πλήρως αυτοματοποιημένη, με τοπική ρύθμιση, ανεξάρτητη της ρύθμισης λειτουργίας της υπόλοιπης εγκατάστασης.

## ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΓΟΥ

### ΓΕΝΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

1.Οι τιμές του τιμολογίου αυτού αναφέρονται σε τελειωμένα επιμέρους μέρους έργα (μονάδες) της Εγκατάστασης Επεξεργασίας Λυμάτων και ισχύουν για όλα τα όμοια έργα που περιλαμβάνει η Εργολαβία αυτή. Στην κάθε τιμή επι μέρους έργου περιλαμβάνονται όλες οι δαπάνες που απαιτούνται για την πλήρη και έντεχνη εκτέλεση των εργασιών, για την σωστή λειτουργία επί **12** μήνες καθώς και οι δαπάνες για τα βοηθητικά έργα που είναι αλληλένδετα με την υπόψη μονάδα.

2.Η διαίρεση των εργασιών σε όλους τους Μηχανικούς γίνεται βάση του σχετικού διαχωρισμού που είναι γενικά αποδεικτός στα "οικοδομικά" έργα στην Ελλάδα. Στις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις περιλαμβάνονται, εκτός από τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό των εγκαταστάσεων (στον οποίο νοείται ο υπαγόμενος και ο "κινητός" εξοπλισμός συνεργείων), οι εγκαταστάσεις των κτιρίων (πχ εγκαταστάσεις υδρεύσεως-αποχετεύσεως με τα είδη υγιεινής, εγκαταστάσεις θερμάνσεως-ψύξεως-εξαερισμού-κλιματισμού, ανιχνεύσεως και κατασβέσεως πυρκαγιάς, ηλεκτρικές εγκαταστάσεις φωτισμού-κινήσεως, εγκαταστάσεις τηλεφώνου, μεγαφώνω, ρολογιών, ασφάλειας κλπ). Η διαίρεση αυτή δεν ισχύει στις κατ'αποκοπή τιμές των δικτύων αγωγών επεξεργασίας, υδρεύσεως και αποχετεύσεως που είναι εκτός των περιγραμμάτων των κτιρίων, όπου οι σωληνώσεις περιλαμβάνονται στις εργασίες Μηχανικού.

3.Στις κατ'αποκοπή τιμές δεν συμπεριλαμβάνεται το ποσοστό για όφελος εργολάβου και γενικά έξοδα, που καθορίζεται σε δέκα οκτώ τοις εκατό (**18%**), ούτε ΦΠΑ (που βαρύνει τον Φορέα του έργου).

4. Όλες οι τιμές μονάδας του Τιμολογίου αυτού, αναφέρονται σε πλήρως περατωμένες εργασίες κατασκευής, προμήθεια και εγκατάσταση υλικών και εξοπλισμού ώστε να είναι έτοιμες οι μονάδες για την επιτυχή δοκιμαστική λειτουργία.

5. Τα έργα τιμολογούνται για τις απαιτήσεις της Α' Φάσης εκτός από τις περιπτώσεις όπου στα σχετικά άρθρα αναφέρεται ρητά ότι θα ληφθεί υπόψη η Τελική Φάση.

## **ΤΙΜΕΣ ΚΑΤ' ΑΠΟΚΟΠΗ**

### **Μονάδα Επεξεργασίας**

Αφορά στο δομικό μέρος και τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό του έργου από την είσοδο του αντλιοστάσιου αρχικής ανύψωσης ως την έξοδο του φρεατίου διανομής προς την μονάδα βιολογικής επεξεργασίας, δηλαδή του αντλιοστάσιου αρχικής ανύψωσης, της εσχάρωσης, του εξαμμωτή, του μετρητή παροχής, των κτιριακών εγκαταστάσεων εσχάρωσης, του παρακαμπτηρίου αγωγού (**By Pass**) της εγκατάστασης, την μονάδα υποδοχής βοθρολυμάτων, καθώς και κάθε άλλου στοιχείου της μονάδας αυτής.

Η διαστασιολόγηση και κατασκευή του δομικού μέρους και του Η/Μ εξοπλισμού γίνεται για τις ανάγκες της τελικής φάσης του έργου.

Για την πλήρη κατασκευή της μονάδας:

Α. Έργα Μηχανικού

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>23.000.000</b>
---------	-------------------

## Β. Έργα Η/Μ

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>43.000.000</b>
---------	-------------------

## Γ. ΣΥΝΟΛΟ

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>66.000.000</b>
---------	-------------------

**Μονάδα Βιολογικής Επεξεργασίας**

Αφορά στο δομικό μέρος και τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό των γραμμών βιολογικής επεξεργασίας που η κάθε μία περιλαμβάνει την μονάδα βιολογικής αποφωσφόρησης, απονιτροποίησης, αερισμού-νιτροποίησης και καθίζησης. Ακόμη περιλαμβάνονται τα φρεάτια μερισμού και το αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας-περίσσειας λάσπης. Επίσης το αντλιοστάσιο ανακυκλοφορίας νιτρικών και το αντλιοστάσιο ενδιάμεσης ανύψωσης εάν απαιτείται.

Για την πλήρη κατασκευή της μονάδας:

## Α. Έργα Μηχανικού

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>135.000.000</b>
---------	--------------------

## Β. Έργα Η/Μ

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>107.000.000</b>
---------	--------------------

## Γ. ΣΥΝΟΛΟ

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>242.000.000</b>
---------	--------------------



**Μονάδας Απολύμανσης**

Αφορά στο δομικό μέρος και τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό του έργου από την έξοδο των λυμάτων από τις δεξαμενές καθίζησης ως την έξοδο των λυμάτων από το έργο, δηλαδή περιλαμβάνει την δεξαμενή απολύμανσης, τις συσκευές απολύμανσης, το **By Pass** της μονάδας, τον οικισμό απολύμανσης, το αντλιοστάσιο τελικής ανύψωσης καθώς και κάθε άλλο στοιχείο της μονάδας αυτής.

Η διαστασιολόγηση και κατασκευή του δομικού μέρους και του Η/Μ εξοπλισμού γίνεται για τις ανάγκες της τελικής φάσης του έργου πλην του Η/Μ του αντλιοστασίου τελικής ανύψωσης.

Για την πλήρη κατασκευή της μονάδας:

A. Έργα Μηχανικού

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>6.000.000</b>
---------	------------------

B. Έργα Η/Μ

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>9.000.000</b>
---------	------------------

Γ. ΣΥΝΟΛΟ

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>15.000.000</b>
---------	-------------------

**Μονάδα Επεξεργασίας Λάσπης**

Αφορά στο δομικό μέρος και τον Η/Μ εξοπλισμό του έργου μετά από το αντλιοστάσιο περίσσειας λάσπης ως τον χώρο αποθήκευσης της αφυδατωμένης λάσπης, δηλαδή περιλαμβάνει την δεξαμενή συγκέντρωσης περίσσειας λάσπης, το αντλιοστάσιο

παχυμένης λάσπης, τις αναγκαίες κτιριακές εγκαταστάσεις, το δίκτυο στραγγιδίων καθώς και κάθε άλλο της μονάδας αυτής.

Η διαστασιολόγηση και κατασκευή του δομικού μέρους και του Η/Μ εξοπλισμού γίνεται για τις ανάγκες της τελικής φάσης του έργου.

Για την πλήρη κατασκευή της μονάδας:

Α. Έργα Μηχανικού

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>18.000.000</b>
---------	-------------------

Β. Έργα Η/Μ

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>40.000.000</b>
---------	-------------------

Γ. ΣΥΝΟΛΟ

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>58.000.000</b>
---------	-------------------

### Κτίριο Διοίκησης

Αφορά στην κατασκευή του Κτιρίου Διοίκησης και τον μόνιμο και κινητό εξοπλισμό, για τις ανάγκες της τελικής φάσης.

Για την πλήρη κατασκευή της μονάδας:

Α. Έργα Μηχανικού

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>10.000.000</b>
---------	-------------------

Β. Έργα Η/Μ

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>10.000.000</b>
---------	-------------------

Γ. ΣΥΝΟΛΟ

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>20.000.000</b>
---------	-------------------

**Κτίριο Ηλεκτρικής Ενέργειας**

Αφορά στην κατασκευή του Κτιρίου Ηλεκτρικής Ενέργειας με τον εξοπλισμό του δηλαδή τον μετασχηματιστή και το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος της εγκατάστασης.

Η διαστασιολόγηση και κατασκευή του δομικού μέρους και του Η/Μ εξοπλισμού γίνεται για τις ανάγκες της τελικής φάσης.

Για την πλήρη κατασκευή της μονάδας:

A. Έργα Μηχανικού

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>7.000.000</b>
---------	------------------

B. Έργα Η/Μ

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>15.000.000</b>
---------	-------------------

Γ. ΣΥΝΟΛΟ

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>22.000.000</b>
---------	-------------------

**Λοιπά Έργα Εξυπηρέτησης & Διαμόρφωσης**

Αφορά στην διαμόρφωση του χώρου, την οδοποιία, τα έργα δενδροφύτευσης, την περίφραξη και τα έργα υποδομής μέσα στον χώρο της εγκατάστασης, δηλαδή τα έργα του δικτύου ύδρευσης και βιομηχανικού νερού, τα έργα δικτύου αποχέτευσης ακαθάρτων (πλην του δικτύου στραγγιδίων), τα έργα αντιπλημμυρικής προστασίας και του δικτύου ομβρίων. Επίσης περιλαμβάνει τον εξωτερικό φωτισμό της εγκατάστασης, το τηλεφωνικό δίκτυο και το ηλεκτρικό δίκτυο.

Για την πλήρη κατασκευή της μονάδας:

## Α. Έργα Μηχανικού

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>36.000.000</b>
---------	-------------------

## Β. Έργα Η/Μ

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>23.000.000</b>
---------	-------------------

## Γ. ΣΥΝΟΛΟ

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>59.000.000</b>
---------	-------------------

**Σύστημα Μετρήσεων & Ελέγχου-Αυτοματισμός**

Το άρθρο αυτό αφορά στην πλήρη εγκατάσταση του συστήματος αυτοματισμού, συμπεριλαμβανομένων των οργάνων μετρήσεων, επιτήρησης και ελέγχου, των καλωδίων σημάτων και κάθε άλλου στοιχείου του συστήματος.

Για την πλήρη κατασκευή της μονάδας:

## Έργα Η/Μ

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>20.000.000</b>
---------	-------------------

**Λειτουργία Των Εγκαταστάσεων Επί 12 Μήνες**

Το άρθρο αυτό αφορά στην δοκιμαστική λειτουργία των εγκαταστάσεων και εκπαίδευση του προσωπικού επί 12 μήνες. Η τιμή περιλαμβάνει όλες τις δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης.

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>12.000.000</b>
---------	-------------------

**ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤ' ΑΠΟΚΟΠΗ ΤΙΜΗ**

Για την πλήρη κατασκευή, εγκατάσταση και λειτουργία ολόκληρης της μονάδας, όπως προκύπτει από το άθροισμα των επι μέρους τιμών κατ' αποκοπήν του παραπάνω μέρους:

Α. Δαπάνη Έργων Μηχανικού

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>235.000.000</b>
---------	--------------------

Β. Δαπάνη Έργων Ηλεκτρολόγου Μηχανικού

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>267.000.000</b>
---------	--------------------

Γ. Δαπάνη Λειτουργίας Για 12 Μήνες

ΔΡΑΧΜΕΣ	<b>12.000.000</b>
---------	-------------------

**Συνολική Κατ' Αποκοπή Τιμή (Α+Β+Γ)**

**ΔΡΑΧΜΕΣ 514.000.000**

Α/Α	ΕΙΔΟΣ ΔΑΠΑΝΗΣ	ΔΡΑΧΜΕΣ
1	Πλήρης Μελέτη, Κατασκευή	235.000.000
2	Πλήρης Μελέτη, Προμήθεια και Εγκατάσταση Η/Μ Εξοπλισμού	267.000.000
3	Λειτουργία 12 μήνες εγκατάστασης	12.000.000
4	Προστίθεται ΓΕ & ΟΕ 18%	92.520.000
5	ΣΥΝΟΛΟ Ι	606.520.000
6	Απρόβλεπτες Δαπάνες/Αναθεώρηση	28.480.000
7	ΣΥΝΟΛΟ ΙΙ	635.000.000
8	Προστίθεται για αμοιβές ειδικών μελετών, αμοιβές τεχνικών συμβούλων για το έργο, δαπάνες μετακινήσεων ελέγχου εξοπλισμού, δαπάνες ειδικών προμηθειών.	15.000.000
9	ΣΥΝΟΛΟ ΙΙΙ	650.000.000
10	Προστίθεται ΦΠΑ 18%	117.000.000
11	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΑΠΑΝΗ	767.000.000

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- & "ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ  
&  
ΑΝΤΙΡΥΠΑΝΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ"**  
Δ.Γ.ΧΡΙΣΤΟΥΛΑΣ  
Εκδόσεις "ΣΥΜΕΩΝ"
- & "ΔΙΚΤΥΑ ΑΠΟΧΕΕΤΕΥΣΗΣ  
&  
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΛΥΜΑΤΩΝ"**  
Χ.Ε.ΤΣΟΓΚΑΣ  
Εκδόσεις "ΙΩΝ"
- & "ΑΡΧΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΝΤΙΡΥΠΑΝΣΗΣ"**  
Θ.ΚΟΥΙΜΤΖΗ - Κ.ΜΑΤΗ  
Εκδόσεις "ΖΗΤΗ"
- & "ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ-ΑΙΤΙΑ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ - ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΕΙΣ"**  
Ν.ΒΑΛΚΑΝΑ
- & "ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ"**  
"Η Διαχείριση Των Επικίνδυνων Αποβλήτων"  
(Ημερίδα)  
Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος
- @ "ΜΕΛΕΤΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ  
ΑΡΧΑΙΑΣ ΟΛΥΜΠΙΑΣ"**
- @ "ΜΕΛΕΤΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ  
ΝΟΜΟΥ ΚΕΦΑΛΗΝΙΑΣ"**
- @ "ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΑΣΤΙΚΩΝ  
ΛΥΜΑΤΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ ΠΑΤΡΩΝ"**

**Από Internet:**

ÿ . <http://www.in.gr>

Αναζήτηση στις Ιστοσελίδες Βιολογικού Καθαρισμού

ÿ . <http://artanet.compulink.gr/deyaa/Biolog.htm>

ÿ . <http://www.ibw.be/eaux/stations2.htm>

LES STATIONS D'EPURATION EN CONSTRUCTION

ÿ . <http://www.ballauf.ch/francais/Epuration.htm>

System d'epuration

ÿ . <http://www.ibw.be/eaux/stations.htm>

LES STATIONS D'EPURATION EN EXPLOITATION

**Από Ηλεκτρονική Εγκυκλοπαίδεια:**

: 'ΕΓΚΥΚΛΟΠΑΙΔΕΙΑ ΤΟΜΗ'

**Interactive Multimedia**

: 'ΕΓΚΥΚΛΟΠΑΙΔΕΙΑ BRITANICA '99'