



**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**



**ΤΙΤΛΟΣ**

Τοπική διαχείριση της παραγόμενης ενεργού ιλύος από τις Εγκαταστάσεις  
Επεξεργασίας Λυμάτων στη Θήρα.

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ**

ΡΟΥΣΣΟΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ Α.Μ. 4760

**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

Κ. ΚΑΤΣΑΡΑΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μέχρι σήμερα, η ιλύς από Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων σχεδόν σε ολόκληρη τη χώρα διατίθεται χωρίς προηγούμενη επεξεργασία σε χώρους διάθεσης αστικών στερεών αποβλήτων, όπως συμβαίνει και στη Σαντορίνη, ενώ ένα πολύ μικρό ποσοστό χρησιμοποιείται στη γεωργία, χωρίς όμως έλεγχο και σχεδιασμό. Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει σκοπό να αναδείξει ένα κρίσιμο περιβαλλοντικό ζήτημα που προκύπτει από την ανεξέλεγκτη διάθεση αυτής της ιλύος. Τα τελευταία χρόνια το ζήτημα αυτό φαίνεται να απασχολεί έντονα την παγκόσμια κοινότητα λόγω τόσο της αυξανόμενης ποσότητας της παραγόμενης ιλύος όσο και των αυστηρότερων κριτηρίων διάθεσής της που επιβάλλονται από τη νομοθεσία. Θα προσπαθήσουμε λοιπόν να αναλύσουμε πως είναι δυνατή η διαχείριση της σε ένα τοπικό μικρό περιβάλλον όπως αυτό της Θήρας προκειμένου να επιτύχουμε προστασία της δημόσιας υγείας, προστασία και αποτροπή δυσμενών επιπτώσεων στο περιβάλλον καθώς και εάν είναι δυνατόν εξοικονόμηση φυσικών πόρων.

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

### **1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο** : Εισαγωγή

#### 1.1 Εισαγωγή

1.1.1 Στοιχεία για τη Σαντορίνη

1.1.2 Εισαγωγή στη λειτουργία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων

#### 1.2 Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων στη Θήρα

1.2.1 Ε.Ε.Λ. Οίας

1.2.2 Ε.Ε.Λ. Φηρών

1.2.3 Ε.Ε.Λ. Καρτεράδου

1.2.4 Ε.Ε.Λ. Καμαρίου

1.2.5 Ε.Ε.Λ. Περίσσας

#### 1.3 Εισαγωγή στο πρόβλημα της διαχείρισης της ενεργού ιλύος

### **2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο** : Μέθοδοι επεξεργασίας και χαρακτηριστικά ιλύων από ΕΕΛ

#### 2.1 Εισαγωγή

#### 2.2 Επεξεργασία λυμάτων

2.2.1 Προκαταρκτική επεξεργασία

2.2.2 Πρωτοβάθμια ιλύς

2.2.3 Δευτεροβάθμια ιλύς

2.2.4 Μεικτή ιλύς

2.2.5 Τριτοβάθμια ιλύς

#### 2.3 Επεξεργασία ιλύος

2.3.1 Προετοιμασία

2.3.2 Πάχυνση

2.3.2.1 Πάχυνση με βαρύτητα

2.3.2.2 Πάχυνση με μηχανικά μέσα

2.3.2.3 Πάχυνση με επίπλευση

2.3.3 Σταθεροποίηση και απολύμανση

2.3.3.1 Αναερόβια Χώνευση

2.3.3.2 Αερόβια Χώνευση

2.3.3.3 Κομποστοποίηση

2.3.3.4 Χημική επεξεργασία

#### 2.3.4 Αφυδάτωση

##### 2.3.4.1 Κλίνες ξήρασης

##### 2.3.4.2 Φυγοκέντριση

##### 2.3.4.3 Ταινιοφιλτρόπρεσα-Φιλτρόπρεσα

#### 2.4 Παραγόμενες ποσότητες βιοστερεών

#### 2.5 Σύσταση Βιοστερεών

##### 2.5.1 Οργανικό περιεχόμενο

##### 2.5.2 Άζωτο και φώσφορος

##### 2.5.3 Άλλα συστατικά με γεωργική αξία

##### 2.5.4 Βαρέα μέταλλα

##### 2.5.5 Οργανικοί ρυπαντές

##### 2.5.6 Παθογόνοι μικροοργανισμοί

### **3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο:** Μέθοδοι Διάθεσης ιλύος

#### 3.1 Εισαγωγή

#### 3.2 Χρησιμοποίηση της ιλύος για γεωργικούς σκοπούς

#### 3.3 Υγειονομική Ταφή

#### 3.4 Καύση

##### 3.4.1 Χρήση στη βιομηχανία

#### 3.5 Άλλες θερμικές διεργασίες

##### 3.5.1 Υγρή οξείδωση

##### 3.5.2 Πυρόλυση

##### 3.5.3 Αεριοποίηση

#### 3.6 Χρήση στη δασοκομία και τη δασοπονία

#### 3.7 Αποκατάσταση Εδαφών

#### 3.8 Εδαφοποίηση

#### 3.9 Κομποστοποίηση

### **4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο:** Επισκόπηση της υπάρχουσας ευρωπαϊκής νομοθεσίας

#### 4.1 Εισαγωγή

#### 4.2 Ενσωμάτωση των κοινοτικών οδηγιών από τα κράτη μέλη της ΕΕ

#### 4.3 Προϋποθέσεις για την γεωργική χρήση της ιλύος

- 4.3.1 Οριακές τιμές ρυπαντών στην ιλύ και στο έδαφος
- 4.4 Προϋποθέσεις για τη χρήση της ιλύος σε δασικές εκτάσεις και για την αποκατάσταση εδαφών
- 4.5 Προϋποθέσεις για τη διάθεση σε Χ.Υ.Τ.Α.
- 4.6 Προϋποθέσεις για τη καύση της ιλύος

## **5<sup>ο</sup> Κεφάλαιο:** Παρουσίαση αποτελεσμάτων για τη παραγόμενη ιλύς του νησιού

- 5.1 Ε.Ε.Λ. Οίας
- 5.2 Ε.Ε.Λ. Φηρών
- 5.3 Ε.Ε.Λ. Καρτεράδου
- 5.4 Ε.Ε.Λ. Καμαρίου
- 5.5 Ε.Ε.Λ. Εμπορείου

## **6<sup>ο</sup> Κεφάλαιο:** Παρουσίαση αποτελεσμάτων για τη παραγόμενη ιλύς του νησιού

# 1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο

## Εισαγωγή

### 1.1 Εισαγωγή

#### 1.1.1 Στοιχεία για τη Σαντορίνη

Η Σαντορίνη βρίσκεται μεταξύ της Ίου και της Ανάφης. Αποτελεί σύμπλεγμα των νησιών Θήρα, Θηρασιά, Ασπρονήσι, ηφαίστεια (Παλιά Καμένη και Νέα Καμένη, στην οποία βρίσκεται ο κρατήρας του ηφαιστείου). Συγκαταλέγεται μαζί με τα Μέθανα, τη Νίσυρο και τη Μήλο στα ενεργά ηφαίστεια της Ελλάδας. Η έκτασή της είναι 76 τ.χλμ. και το μήκος των ακτών της 69 χλμ. Η περίμετρος είναι περίπου 36 ν. μίλια. Απέχει 128 ναυτικά μίλια από το λιμάνι του Πειραιά και 63 ν. μίλια από την Κρήτη. Το όνομα Θήρα το πήρε από τον μυθικό οικιστή Θήρα της Σπάρτης, που εγκαταστάθηκε στο νησί γύρω στον 10ο αιώνα π.Χ. και ίδρυσε την ομώνυμη πόλη στο Μέσα Βουνό.

Το όνομα Σαντορίνη το έδωσαν στο σύμπλεγμα των νησιών οι Ενετοί και αναφέρεται από τον Αραβία γεωγράφο Εδρισή, το 1153. Είναι συνεκφορά των λέξεων Santa Irene (Αγία Ειρήνη), που το πήρε ή από την ομώνυμη εκκλησία στον κάμπο της Θηρασιάς, ή από την ομώνυμη παλαιοχριστιανική βασιλική στην Περίσσα, η οποία δεν σώζεται. Η Θήρα, η Θηρασιά και το Ασπρονήσι, είναι υπολείμματα του προϊστορικού στρογγυλού νησιού. Περιβάλλουν μια βαθιά λεβητοειδή θαλασσινή λεκάνη, στο κέντρο της οποίας αναδύθηκαν η Παλιά και η Νέα Καμένη. Αυτή η λεκάνη είναι που ονομάζεται Καλδέρα ή Καλντέρα, σύμφωνα με τη διεθνή γεωλογική ορολογία. έχει διαστάσεις 8Χ5 χλμ. και βάθος που φτάνει τα 370 μ.

Η Σαντορίνη είναι το μόνο σύμπλεγμα νησιών στο οποίο οι οικισμοί δεν έχουν κτιστεί στο επίπεδο της θάλασσας, αλλά στις άκρες των εσωτερικών τοιχωμάτων της Καλντέρας. Είναι, επίσης, ένα από τα ελάχιστα σημεία στον κόσμο όπου διατηρούνται αρχιτεκτονικά σύνολα υπόσκαφων σπιτιών στο ηφαιστειογενές έδαφος. Η Καλντέρα και ολόκληρο το σύμπλεγμα των νησιών της Σαντορίνης, έχουν χαρακτηριστεί ως ιδιαίτερου φυσικού κάλλους. Το κυρίως νησί, η Θήρα, έχει σχήμα ημισελήνου και βρίσκεται στην ανατολικότερη θέση του συμπλέγματος. Η δυτική πλευρά της

33332323αποτελείται από τα τοιχώματα της Καλντέρας που διατηρούν ολοζώντανη την εικόνα της γεωλογικής ιστορίας της και αποτυπώνουν τις διαφορετικές φάσεις της ηφαιστειακής δραστηριότητας. Στη Θήρα υπάρχουν πολλά αξιόλογα ιστορικά και προϊστορικά ευρήματα τα οποία σώζονται ακόμα και σήμερα και από τα οποία τα περισσότερα είναι διαθέσιμα στο τουριστικό κοινό. Η ιστορία του νησιού ξεκινάει από τη προϊστορική πόλη του Ακρωτηρίου οι οποία υπήρξε εμπορικό κέντρο της Ανατολικής μεσογείου σε πλήρη ακμή μέχρι τη στιγμή γύρω στο 1700 -1600 π.χ., που μια μεγάλη έκρηξη του ηφαιστείου της Σαντορίνης ανάγκασε τους κατοίκους του να μεταναστεύσουν.

Ο Αθηνιός, το μεγαλύτερο λιμάνι του νησιού, έχει δημιουργηθεί στον ομώνυμο όρμο. Σήμερα η **Σαντορίνη** είναι ένα από τα διασημότερα τουριστικά κέντρα του κόσμου. Ο πληθυσμός του νησιού ήταν 13.670 κάτοικοι σύμφωνα με την απογραφή του 2001 ενώ η απογραφή 2011 έδειξε ότι ο Δήμος Θήρας απαριθμεί 15.250 κατοίκους. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείτε συνεχώς αύξηση του πληθυσμού του νησιού κυρίως λόγω της μεγάλης τουριστικής δραστηριότητας που έχει αναπτυχθεί στο νησί.

Η Σαντορίνη σύμφωνα με την αναθεώρηση της Κλιματικής κατάταξης Korpen έχει εύκρατο ερημικό κλίμα (BWh) και μαζί με την Ανάφη αποτελούν τις μοναδικές περιοχές στην Ευρώπη με αυτού του είδους το κλίμα.. Έτσι, το κλίμα της Σαντορίνης είναι ιδιόμορφο και παρόλο που είναι το νοτιότερο νησί των Κυκλάδων είναι και το ψυχρότερο. Αυτό οφείλεται κυρίως στους βορειοανατολικούς ανέμους, ωστόσο ο χειμώνας είναι ήπιος με μέση θερμοκρασία περίπου 10ο C. Το χειμώνα παρουσιάζονται συχνές βροχοπτώσεις, ενώ το καλοκαίρι δεν βρέχει σχεδόν ποτέ με αποτέλεσμα η Σαντορίνη να αποτελεί πόλο έλξης πολλών τουριστών απ' όλο τον κόσμο. Σήμερα η αμπελοκαλλιέργεια αποτελεί τον σημαντικότερο τομέα αγροτικής παραγωγής στη Σαντορίνη. Η ιστορία της χάνεται στους προϊστορικούς χρόνους, όταν οι Φοίνικες την εισήγαγαν στην ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου πελάγους. Σήμερα ο αμπελώνας της Σαντορίνης αποτελεί τον πλέον παραδοσιακό σε ολόκληρο τον Ελλαδικό χώρο. Χωρίς όμως ο αμπελώνας της να είναι και το μοναδικό προϊόν τοπικής αγροτικής παραγωγής. Το κλίμα της Σαντορίνης καθώς και η μορφολογία του εδάφους παρέχουν και άλλα τοπικά προϊόντα όπως η παραδοσιακή φάβα Σαντορίνης και το τοματάκι Σαντορίνης τα οποία είναι γνωστά για την υπέροχη γεύση τους.

Ο Δήμος Θήρας είναι δήμος της περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου που περιλαμβάνει τα νησιά Θήρα και Θηρασία καθώς και τις γειτονικές τους νησίδες. Δημιουργήθηκε με το Πρόγραμμα Καλλικράτης από τη συνένωση του προϋπάρχοντος δήμου Θήρας και της Κοινότητας Οίας. Τώρα πια ο Δήμος Θήρας απαρτίζεται από 13 δημοτικά διαμερίσματα τα οποία είναι τα εξής: Θηρασίας, Οίας, Βουρβούλου, Ημεροβιγλίου, Φηρών, Καρτεράδου, Μεσαριάς, Βόθωνα, Καμαρίου, Πύργου, Μεγαλοχωρίου, Ακρωτηρίου, Εμπορείου. Πρωτεύουσα του νησιού είναι τα Φηρά, όνομα που προήλθε από παραφθορά της λέξης Θήρα και έχει επικρατήσει.

#### 1.1.2 Εισαγωγή στη λειτουργία των εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων

Η επεξεργασία των λυμάτων αποτελεί ένα σημαντικό μέτρο για τον περιορισμό των επιπτώσεων από τη διάθεση τους σε διάφορους αποδέκτες . Με τον ορό λύματα αναφερόμαστε είτε στα υγρά απόβλητα από τις κατοικίες ( οικιακά λύματα ) είτε στα υγρά απόβλητα από τις συνήθειες δραστηριότητες μιας πόλης ( αστικά λύματα). Όταν τα υγρά απόβλητα μιας πόλης περιέχουν σημαντικά ποσοστά υγρών βιομηχανικών αποβλήτων τότε δε τα ονομάζουμε αστικά λύματα αλλά υγρά αστικά απόβλητα. Τα οικιακά λύματα και τα αστικά λύματα παρουσιάζουν συνήθως μικρές μόνο διαφοροποιήσεις στα χαρακτηριστικά τους και αντιμετωπίζονται ως μια κοινή κατηγορία υγρών αποβλήτων όσον αφορά την επεξεργασία τους . Το αποχετευτικό δίκτυο οδηγεί τα αστικά λύματα στην εγκατάσταση επεξεργασίας τους . Η επεξεργασία που είναι απαραίτητη εξαρτάται τόσο από την παροχή των λυμάτων όσο και από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που πρέπει να διασφαλίζονται για τον αποδέκτη διάθεσης τους . Όταν η παροχή των διατιθέμενων λυμάτων είναι μικρή , είναι δυνατόν να επαρκεί για τον δυναμικό φυσικό αυτοκαθαρισμό του αποδέκτη και να μην απαιτείται επεξεργασία προκειμένου να μην παρατηρείται υποβάθμιση της ποιότητας του αποδέκτη. Η επεξεργασία των λυμάτων έχει ως στόχο την επιτάχυνση των διεργασιών με τις οποίες επιτυγχάνεται ο καθαρισμός τους στη φύση. Διακρίνουμε δυο κύρια στάδια επεξεργασίας που η πρωτοβάθμια και η δευτεροβάθμια επεξεργασία. Η πρωτοβάθμια στοχεύει στην αφαίρεση αιωρούμενου υλικού και η δευτεροβάθμια αποβλέπει στην αφαίρεση και του διαλυτού υλικού. Σε μερικές περιπτώσεις ειδικών απαιτήσεων είναι απαραίτητη και περαιτέρω επεξεργασία (π .χ. τριτοβάθμια επεξεργασία ).

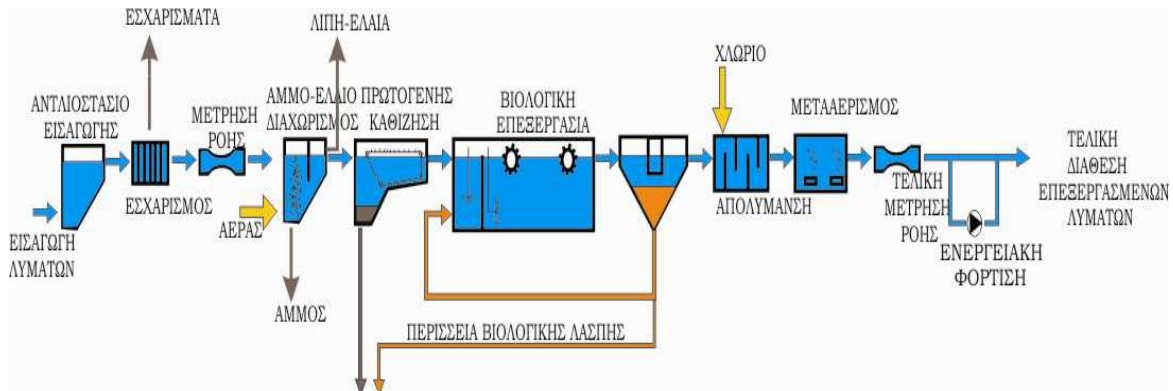


Τα τροφοδοτούμενα λύματα διέρχονται από εσχάρες όπου κατακρατώντας διάφορα ευμεγέθη στερεά και στη συνέχεια ακολουθεί ο αμμοσυλλέκτης όπου αφαιρείται η άμμος. Η πρωτοβάθμια καθίζηση αφαιρεί τα καθιζάνοντα 3 στερεά υπό μορφή πρωτοβάθμιας ίλύος και το υπερκείμενο υγρό αποτελεί την πρωτοβάθμια επεξεργασμένη εκροή. Η εκροή αυτή συνήθως δεν είναι κατάλληλης ποιότητας για διάθεση και έτσι ακολουθεί η δευτεροβάθμια επεξεργασία. Στα δευτεροβάθμια επεξεργασία έχει επιτευχθεί σημαντική αφαίρεση οργανικού υλικού (80-85%). Η αφαίρεση αυτή επιτυγχάνεται με τη βοήθεια μικροοργανισμών σε διεργασίες αιρούμενης βιομάζας ( ενεργός ίλύς ) ή προσκολλημένης βιομάζας ( αντιδραστήρες με πληρωτικό υλικό ή μέσα επαφής ). Κατά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία προκύπτει βιολογική λάσπη για την οποία απαιτείται ( όπως συμβαίνει και στην περίπτωση της πρωτοβάθμιας λάσπης ) κατάλληλη επεξεργασία και διάθεση. Η δευτεροβάθμια επεξεργασία συμπληρώνεται με την απολύμανση. Όταν το υπολειπόμενο χλώριο δημιουργεί προβλήματα ( ψάρια, υδρόβια ζωή, βλάστηση ) ακολουθεί αποχλωρίωση πριν από την τελική διάθεση. Σε μερικές περιπτώσεις πάντως η απολύμανση γίνεται χωρίς τη χρησιμοποίηση χλωρίου (π.χ .με όζον ή υπεριώδη ακτινοβολία ). Η αφαίρεση θρεπτικών συστατικών ( αζώτου και φωσφόρου ) απαιτεί εμπλοκή επιπλέον διεργασιών ή σταδίων στη δευτεροβάθμια επεξεργασία ή μπορεί να γίνεται σε περαιτέρω στάδια επεξεργασίας. Για καλύτερη αφαίρεση αιωρούμενων στερεών γίνεται , σε ορισμένες περιπτώσεις, διύλιση των δευτεροβάθμια επεξεργασμένων λυμάτων. Η τριτοβάθμια επεξεργασία για την αφαίρεση βαρέων μετάλλων και τοξικών ή άλλων συστατικών είναι επιθυμητή συνήθως όταν η συνιστώσα των υγρών βιομηχανικών αποβλήτων που περιέχουν τα αστικά λύματα είναι αισθητή και στόχος είναι η επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων ( π.χ στη βιομηχανία, για άρδευση, για αναψυχή). Στη τριτοβάθμια επεξεργασία μπορεί να εμπλακούν διεργασίες κροκίδωσης - ιζηματοποίησης και διύλισης ή διεργασίες προσρόφησης σε ενεργό άνθρακα ή ακόμη και διεργασίες με μεμβράνες. Λόγο της μη περιεκτικότητας βαρέων μετάλλων ή τοξικών συστατικών στα λύματα της Σαντορίνης δε παρουσιάζεται πουθενά τριτοβάθμια προεπεξεργασία.

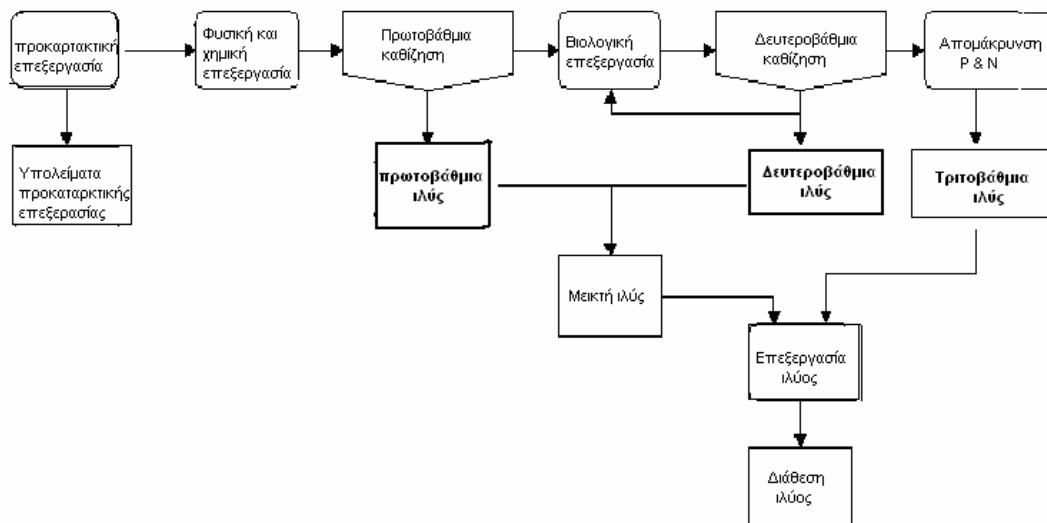
Στα συστήματα μικρής κλίμακας είναι δυνατό να εφαρμοσθούν όλες οι μέθοδοι διάθεσης που ισχύουν εν γένει για ΕΕΛ. Η υπεδάφια διάθεση ωστόσο λόγω των χαμηλότερων απαιτήσεων επεξεργασίας, είναι πλεονεκτικότερη εξασφαλίζοντας τη συνεχή και αδιάλειπτη διάθεση των λυμάτων στο έδαφος, η οποία δεν επηρεάζεται

από μικρές διακυμάνσεις της ποιότητας της εκροής. Σε πολλές περιπτώσεις είναι αναγκαίος ο περιορισμός της απαιτούμενης εδαφικής έκτασης, που μπορεί να εξασφαλισθεί από συστήματα υψηλής υδραυλικής φόρτισης. Ειδικότερα για τα συστήματα μικρής κλίμακας θα πρέπει πάντα να εξετάζεται η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων εκροών, κατά κανόνα για άρδευση. Η επαναχρησιμοποίηση προϋποθέτει την υιοθέτηση των απαιτούμενων από την σχετική νομοθεσία ποιοτικών χαρακτηριστικών ώστε να επιτυγχάνεται: Προστασία της δημόσιας υγείας. Το επαναχρησιμοποιούμενο νερό θα πρέπει να είναι ασφαλές και η χρήση του να μην εγκυμονεί κινδύνους, οι οποίοι σχετίζονται κυρίως με τους παθογόνους μικροοργανισμούς που περιέχονται στα λύματα. Προστασία του περιβάλλοντος. Θα πρέπει να εξασφαλίζεται η αποφυγή ρύπανσης των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, καθώς και η προστασία της φυσικής πανίδας και χλωρίδας στην και περί την, αρδευόμενη περιοχή. Προστασία των αρδευόμενων φυτών. Θα πρέπει να εξετάζονται ενδεχόμενες δυσμενείς επιπτώσεις στα φυτά που αρδεύονται και στο έδαφος από την παρουσία χημικών ενώσεων και στοιχείων στα λύματα (π.χ. βαρέα μέταλλα, νάτριο κλπ.

Παρακάτω παρουσιάζονται δύο τυπικά διαγράμματα για τη λειτουργία μίας Ε.Ε.Λ. στα σχήματα (1.1) και (1.2)

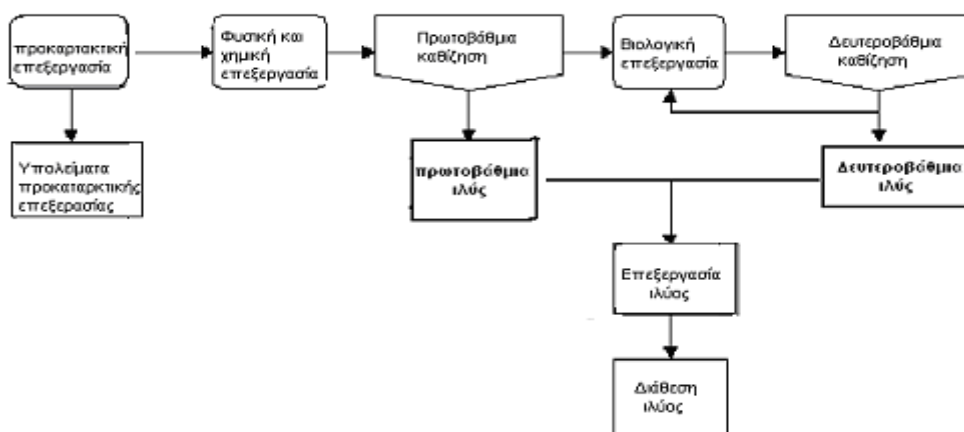


Σχήμα 1.1



Σχήμα 1.2

Το παραπάνω σχήμα είναι ένα τυπικό διάγραμμα με τα στάδια επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων εμείς όμως θα ασχοληθούμε μόνο με οικιακά απόβλητα οπότε το διάγραμμα μας θα είναι απλοποιημένο ως προς την αποφυγή της τριτοβάθμιας επεξεργασίας δηλαδή θα είναι κάτι αντίστοιχο με το παρακάτω σχήμα (1.3) :

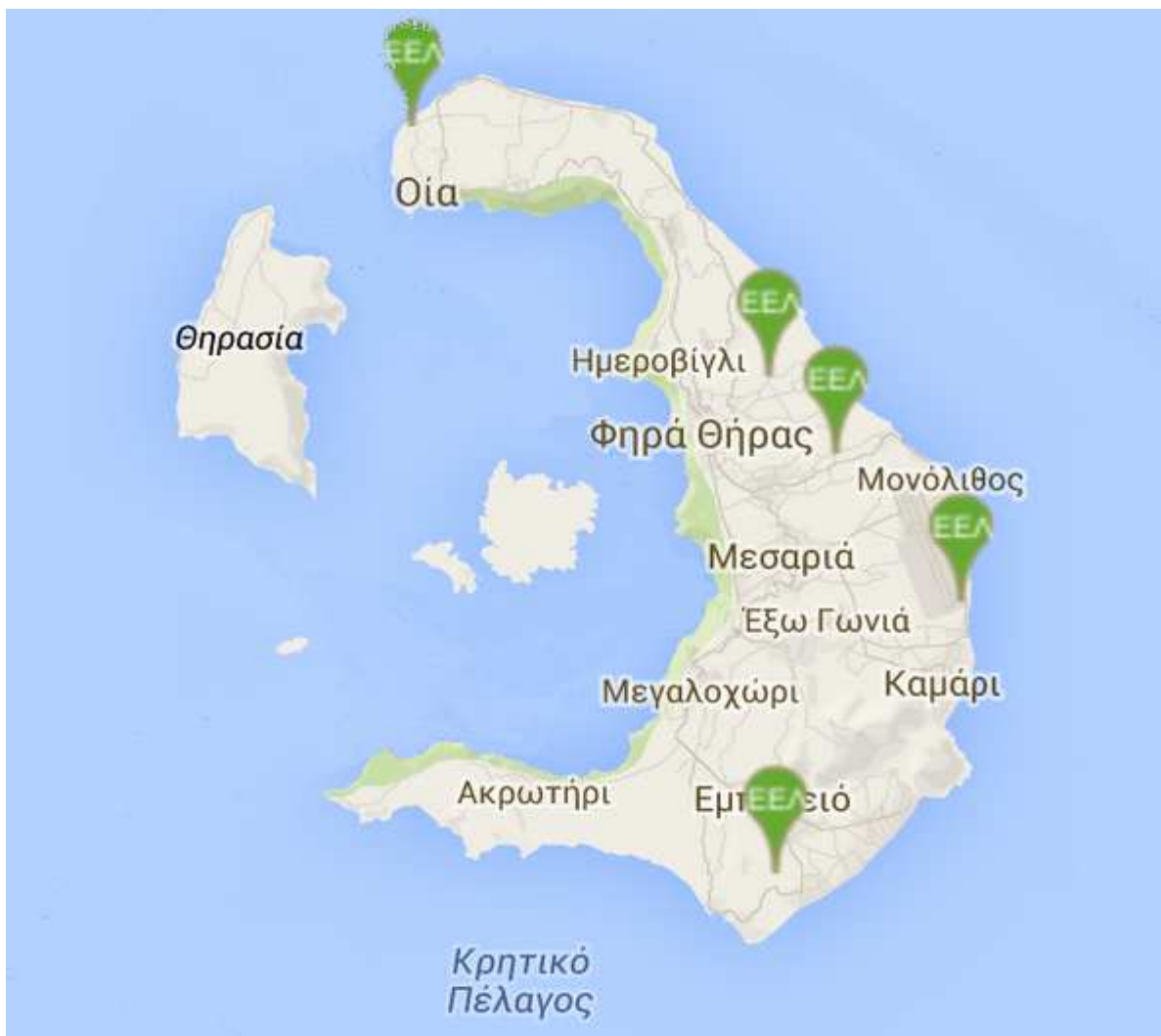


Σχήμα 1.3

Εμάς το κομμάτι που θα μας απασχολήσει στη παρούσα πτυχιακή θα είναι η επεξεργασία του ιλύος και κυρίως η διάθεση του έτσι ώστε να μην είναι απλή διάθεση.

## 1.2 Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων στη Θήρα

Στο νησί της Θήρας υπάρχουν συνολικά πέντε εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων και αυτό συμβαίνει λόγω της εδαφικής ιδιομορφίας του νησιού καθώς και επίσης την ανάγκη εκμετάλλευσης της βαρυτικής δύναμης για τη μεταφορά των λυμάτων στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων. Οι πέντε αυτές εγκαταστάσεις βρίσκονται όλες τοποθετημένες στην ανατολική ακτογραμμή του νησιού όπου και εκεί εκβάλουν την εκροή τους με μοναδική εξαίρεση την Ε.Ε.Λ. Καρτεράδου. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η θέση και των πέντε Ε.Ε.Λ. (σχήμα 1.4).



Σχήμα1.4

### 1.2.1 Ε.Ε.Λ. Οίας

Ξεκινώντας από το βόρειο κομμάτι του νησιού η πρώτη μονάδα που συναντάμε είναι η Ε.Ε.Λ Οίας οι οποία βρίσκεται στη τοποθεσία Βαθεία πηγάδια. Η Ε.Ε.Λ. οίας ξεκίνησε τη λειτουργία της στις 15/4/2003 και σύμφωνα με τον σχεδιασμό της έχει δυναμικότητα οργανικού φορτίου 6500 μονάδες ισοδύναμου πληθυσμού. Ενώ έχει εξυπηρετούμενο πληθυσμό συνδεδεμένο 650 και πληθυσμό αιχμής 6000. Η μέση ημερήσια παροχή της ανέρχεται στα 720 κυβικά μέτρα ενώ η μέγιστη τιμή της είναι 840 κυβικά μέτρα το είδος των λυμάτων αυτών είναι 100% αστικά λύματα.

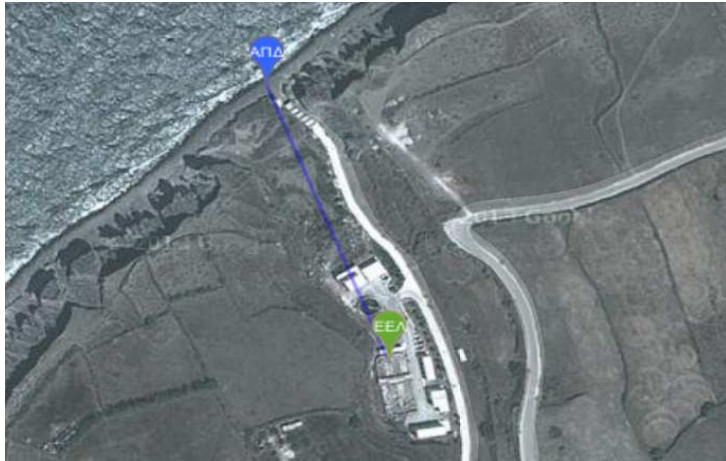


Εικόνα 1.1.α

Η διαδικασία της επεξεργασίας των λυμάτων που ακολουθείτε στη συγκεκριμένη μονάδα είναι πρωτοβάθμια επεξεργασία, δευτεροβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση αζώτου ενώ δεν πραγματοποιείται τριτοβάθμια επεξεργασία. Ενώ πριν τη τελική εναπόθεση των επεξεργασμένων λυμάτων στον υδάτινο αποδέκτη πραγματοποιείται και απολύμανση με τη χρήση χλωρίωσης.

Τα τρία στάδια της επεξεργασίας που λαμβάνουν χώρα στη μονάδα αυτή είναι μηχανική πάχυνση της λάσπης, σταθεροποίηση της λάσπης με τη χρήση πολυηλεκτρολύτη και αφυδάτωση της λάσπης με ταινιοφιλτρόπρεσα.

Στη παρακάτω εικόνα 1.1.β διακρίνεται η Ε.Ε.Λ. Οίας καθώς και ο υδάτινος αποδέκτης της εγκατάστασης:



Εικόνα 1.1.β

### 1.2.2 Ε.Ε.Λ. Φηρών

Συνεχίζοντας από το βορρά προς το νότο η μονάδα που συναντάμε είναι η Ε.Ε.Λ Φηρών οι οποία βρίσκεται στη τοποθεσία Κατοικίες – Άσπρα χώματα. Η Ε.Ε.Λ. Φηρών ξεκίνησε τη λειτουργία της στις 3/3/1996 και σύμφωνα με τον σχεδιασμό της έχει δυναμικότητα οργανικού φορτίου 10000 μονάδες ισοδύναμου πληθυσμού. Ενώ έχει εξυπηρετούμενο πληθυσμό συνδεδεμένο 4100 και πληθυσμό αιχμής 10500. Η μέση ημερήσια παροχή της ανέρχεται στα 1200 κυβικά μέτρα ενώ η μέγιστη τιμή της είναι 2400 κυβικά μέτρα το είδος των λυμάτων αυτών είναι 95% αστικά λύματα και 5 % βοθρολύματα.



Εικόνα 1.2.α

Η διαδικασία της επεξεργασίας των λυμάτων που ακολουθείτε στη συγκεκριμένη μονάδα είναι πρωτοβάθμια επεξεργασία, δευτεροβάθμια επεξεργασία με

απομάκρυνση αζώτου και απομάκρυνση φωσφόρου ενώ δεν πραγματοποιείται τριτοβάθμια επεξεργασία. Ενώ πριν τη τελική εναπόθεση των επεξεργασμένων λυμάτων στον υδάτινο αποδέκτη πραγματοποιείται και απολύμανση με τη χρήση χλωρίωσης.

Τα τρία στάδια της επεξεργασίας της λάσπης που λαμβάνουν χώρα στη μονάδα αυτή είναι μηχανική πάχυνση της λάσπης, σταθεροποίηση της λάσπης με τη χρήση πολυηλεκτρολύτη και αφυδάτωση της λάσπης με ταινιοφιλτράρες.

Στη παρακάτω εικόνα 1.2.β διακρίνεται η Ε.Ε.Λ. Φηρών καθώς και ο υδάτινος αποδέκτης της εγκατάστασης:



Εικόνα 1.2.β

### 1.2.3 Ε.Ε.Λ. Καρτεράδου

Η επόμενη μονάδα του νησιού που συναντάμε είναι η Ε.Ε.Λ Καρτεράδου οι οποία βρίσκεται στη τοποθεσία Ποταμός Εκκλησίας Χριστός. Η Ε.Ε.Λ. Καρτεράδου ξεκίνησε τη λειτουργία της στις 1/6/1995 και σύμφωνα με τον σχεδιασμό της έχει δυναμικότητα οργανικού φορτίου 5000 μονάδες ισοδύναμου πληθυσμού. Ενώ έχει εξυπηρετούμενο πληθυσμό συνδεδεμένο 1300 και πληθυσμό αιχμής 3150. Η μέση

ημερήσια παροχή της ανέρχεται στα 400 κυβικά μέτρα ενώ η μέγιστη τιμή της είναι 800 κυβικά μέτρα το είδος των λυμάτων αυτών είναι 100% αστικά λύματα.



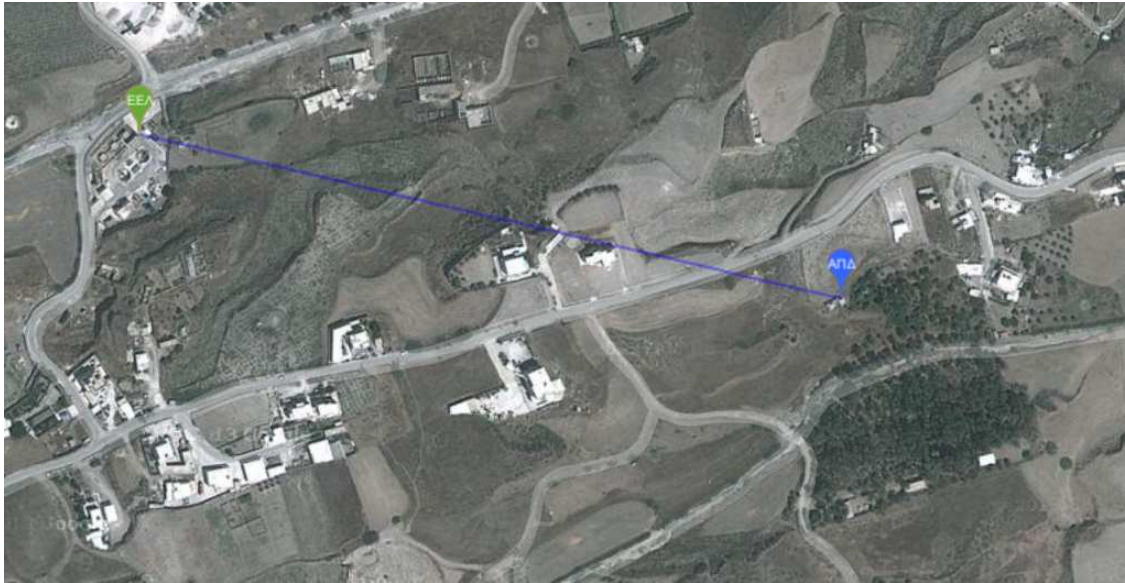
Εικόνα 1.3.α

Η διαδικασία της επεξεργασίας των λυμάτων που ακολουθείτε στη συγκεκριμένη μονάδα είναι πρωτοβάθμια επεξεργασία, δευτεροβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση αζώτου ενώ δεν πραγματοποιείται τριτοβάθμια επεξεργασία. Ενώ πριν τη τελική εναπόθεση των επεξεργασμένων λυμάτων στον υδάτινο αποδέκτη πραγματοποιείται και απολύμανση με τη χρήση χλωρίωσης.

Τα τρία στάδια της επεξεργασίας που λαμβάνουν χώρα στη μονάδα αυτή είναι μηχανική πάχυνση της λάσπης, σταθεροποίηση της λάσπης με τη χρήση πολυηλεκτρολύτη και αφυδάτωση της λάσπης με τη χρήση φυγοκεντρικού διαχωριστήρα.

Στη παρακάτω εικόνα 1.3.β διακρίνεται η Ε.Ε.Λ. Καρτεράδου καθώς και ο αποδέκτης της εγκατάστασης ο οποίος είναι ένα τεχνητό δασάκι:





Εικόνα 1.3.β

#### 1.2.4 Ε.Ε.Λ. Καμαρίου

Η επόμενη μονάδα που συναντάμε στην ανατολική ακτογραμμή του νησιού είναι η Ε.Ε.Λ Καμαρίου οι οποία βρίσκεται στη τοποθεσία Αεροδρόμιο Έξω Γωνιά. Η Ε.Ε.Λ. Καμαρίου ξεκίνησε τη λειτουργία της στις 15/11/1998 και σύμφωνα με τον σχεδιασμό της έχει δυναμικότητα οργανικού φορτίου 21100 μονάδες ισοδύναμου πληθυσμού. Ενώ έχει εξυπηρετούμενο πληθυσμό συνδεδεμένο 3900 και πληθυσμό αιχμής 15500. Η μέση ημερήσια παροχή της ανέρχεται στα 950 κυβικά μέτρα ενώ η μέγιστη τιμή της είναι 2200 κυβικά μέτρα το είδος των λυμάτων αυτών είναι 100% αστικά λύματα.



Εικόνα 1.4.α

Η διαδικασία της επεξεργασίας των λυμάτων που ακολουθείτε στη συγκεκριμένη μονάδα είναι πρωτοβάθμια επεξεργασία, δευτεροβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση αζώτου καθώς και απομάκρυνση φωσφόρου ενώ δεν πραγματοποιείται τριτοβάθμια επεξεργασία. Ενώ πριν τη τελική εναπόθεση των επεξεργασμένων λυμάτων στον υδάτινο αποδέκτη πραγματοποιείται και απολύμανση με τη χρήση χλωρίωσης.

Τα τρία στάδια της επεξεργασίας που λαμβάνουν χώρα στη μονάδα αυτή είναι μηχανική πάχυνση της λάσπης, σταθεροποίηση της λάσπης με τη χρήση πολυηλεκτρολύτη και αφυδάτωση της λάσπης με ταινιοφιλτρόπρεσα.

Στη παρακάτω εικόνα 1.4.β διακρίνεται η Ε.Ε.Λ. Καμαρίου καθώς και ο υδάτινος αποδέκτης της εγκατάστασης:



Εικόνα 1.4.β

### 1.2.5 Ε.Ε.Λ. Εμπορείου

Η τελευταία μονάδα του νησιού που συναντάμε είναι η Ε.Ε.Λ Εμπορείου οι οποία βρίσκεται στη τοποθεσία Άγιος Γεώργιος. Η Ε.Ε.Λ. Εμπορείου ξεκίνησε τη λειτουργία της στις 1/12/2001 και σύμφωνα με τον σχεδιασμό της έχει δυναμικότητα οργανικού φορτίου 9000 μονάδες ισοδύναμου πληθυσμού. Ενώ έχει εξυπηρετούμενο πληθυσμό συνδεδεμένο 1200 και πληθυσμό αιχμής 3000. Η μέση ημερήσια παροχή της ανέρχεται στα 200 κυβικά μέτρα ενώ η μέγιστη τιμή της είναι 400 κυβικά μέτρα το είδος των λυμάτων αυτών είναι 100% αστικά λύματα.



Εικόνα 1.5.α

Η διαδικασία της επεξεργασίας των λυμάτων που ακολουθείτε στη συγκεκριμένη μονάδα είναι πρωτοβάθμια επεξεργασία, δευτεροβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση αζώτου ενώ δεν πραγματοποιείται τριτοβάθμια επεξεργασία. Ενώ πριν τη τελική εναπόθεση των επεξεργασμένων λυμάτων στον υδάτινο αποδέκτη πραγματοποιείται και απολύμανση με τη χρήση χλωρίωσης.

Τα τρία στάδια της επεξεργασίας που λαμβάνουν χώρα στη μονάδα αυτή είναι μηχανική πάχυνση της λάσπης, σταθεροποίηση της λάσπης με τη χρήση πολυηλεκτρολύτη και αφυδάτωση της λάσπης με ταινιοφιλτρόπρεσα.

Στη παρακάτω εικόνα 1.5.β διακρίνεται η Ε.Ε.Λ. Εμπορείου καθώς και ο υδάτινος αποδέκτης της εγκατάστασης:



Εικόνα 1.5.β

### 1.3 Εισαγωγή στο πρόβλημα της διαχείρισης της ενεργού ιλύος

Η ιλύς που παράγεται ως παραπροϊόν από εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων (ΕΕΛ) είναι μια σημαντική κατηγορία στερεών αποβλήτων, της οποίας οι μεθοδολογίες διαχείρισης αποτελούν ένα σύνθετο αντικείμενο και απασχολούν ένα μεγάλο αριθμό φορέων.

Σήμερα παράγονται στην Ελλάδα σημαντικές ποσότητες ενεργού ιλύος και στα επόμενα χρόνια αναμένεται μεγάλη αύξηση των παραγόμενων ποσοτήτων, αφού σύμφωνα με την οδηγία 91/271 της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με τη διαχείριση των αστικών λυμάτων, όλοι οι οικισμοί με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο από 2000 κατοίκους θα πρέπει να διαθέτουν μέχρι το τέλος του 2005 ανάλογες μονάδες επεξεργασίας.

Από τη συνολική ποσότητα αυτού του στερεού αποβλήτου που παράγεται σήμερα ένα αρκετά μικρό ποσοστό αξιοποιείται σε διάφορες εφαρμογές. Συγκεκριμένα, η ιλύς

μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα ή εδαφοβελτιωτικό για γεωργικούς σκοπούς, αλλά μπορεί και να οδηγηθεί προς καύση για την αξιοποίηση του ενεργειακού της περιεχομένου.

Η απευθείας εφαρμογή της ιλύος σε αγροτικές εκτάσεις πραγματοποιείται σήμερα σε αρκετές περιοχές στην Ευρώπη καθώς η ενεργός ιλύς αποτελεί μια πηγή θρεπτικών συστατικών που υποβοηθούν την ανάπτυξη των φυτών, ενώ παράλληλα βελτιώνονται οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους. Ωστόσο, η εφαρμογή της ιλύος στο έδαφος μπορεί να περιοριστεί σε αρκετές περιπτώσεις, εξαιτίας της παρουσίας ρυπαντών όπως τα βαρέα μέταλλα, τα συνθετικά οργανικά και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, ο τρόπος τελικής διάθεσης της ιλύος μπορεί να έχει σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, με αποτέλεσμα να απαιτείται κατάλληλη επεξεργασία της και γενικά προσεκτική διαχείριση. Κατά τις τελευταίες δεκαετίες έχουν υπάρξει σημαντικές αλλαγές στους τρόπους διάθεσης της ιλύος. Πριν το 1998, η ιλύς που παράγονταν από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων εναποτίθονταν σε ορισμένες περιπτώσεις ακόμη και στη θάλασσα. Από το 1998 όμως και μετά, η ευρωπαϊκή νομοθεσία απαγορεύει ρητά τη διάθεση της ιλύος στη θάλασσα με σκοπό τη προστασία θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Συνεπώς το πρόβλημα της διαχείρισης της ενεργού ιλύος είναι ένα σύνθετο πρόβλημα το οποίο χρήζει άμεσης λύσης. Θα μας απασχολήσει ιδιαίτερα τα επόμενα χρόνια καθώς η ποσότητα της παραγόμενης λάσπης συνέχεια αυξάνεται. Και παράλληλα με το όλο και αυξανόμενο αίσθημα οικολογικής συνείδησης που αναπτύσσεται στη κοινωνία μας το πρόβλημα αυτό θα πρωταγωνιστήσει το επόμενο διάστημα τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο.

Ερχόμενος τώρα σε τοπικό επίπεδο το πρόβλημα στο νησί μας είναι αρκετά σημαντικό. Γιατί, η μέχρι τώρα η παραγόμενη λάσπη από τις κατά τόπους Ε.Ε.Λ. του νησιού εναποτίθεται στον ένα και μοναδικό Χ.Υ.Τ.Α. του νησιού ο οποίος δε πληρεί μάλιστα τις ευρωπαϊκές οδηγίες για τις εγκαταστάσεις Χ.Υ.Τ.Α.. Συνεπώς θα δοθεί μία λύση στο πρόβλημα που δημιουργείτε από την ανάγκη διαχείριση και αν είναι δυνατόν αξιοποίηση της ενεργού ιλύος.

## 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο

### Μέθοδοι επεξεργασίας και χαρακτηριστικά ίλυων από ΕΕΛ

#### 2.1 Εισαγωγή

Η ίλύς είναι ένα παραπροϊόν των διεργασιών καθαρισμού του νερού και της επεξεργασίας των αστικών λυμάτων. Υπάρχουν τρεις κύριες κατηγορίες ίλυων:

- Ίλύς που δημιουργείται από την επεξεργασία των αστικών λυμάτων τα οποία είναι κυρίως τα οικιακά λύματα αλλά πολλές φορές είναι μια μίξη οικιακών και βιομηχανικών λυμάτων καθώς και των όμβριων υδάτων.
- Ίλύς που δημιουργείται από την επεξεργασία υγρών βιομηχανικών αποβλήτων π. χ. το νερό που χρησιμοποιείται σε βιομηχανικές διεργασίες.
- Ίλύς που δημιουργείται από την επεξεργασία του πόσιμου νερού. Το πόσιμο νερό επεξεργάζεται πριν καταναλωθεί όμως η ποσότητα της ίλυος που παράγεται από αυτή την επεξεργασία είναι σημαντικά μικρότερη από αυτή που παράγεται από την επεξεργασία των αστικών λυμάτων .

Στην παραγόμενη ίλύ και στα λοιπά παραπροϊόντα (εσχαρίσματα και άμμος) «μεταφέρεται» κατά την επεξεργασία των λυμάτων μεγάλη ποικιλία ουσιών και μικροοργανισμών, σε αιωρούμενη ή διαλυμένη μορφή, τα οποία βρίσκονται αρχικά στην υγρή φάση των λυμάτων. Έτσι, τα χαρακτηριστικά της ίλυος εξαρτώνται από:

- Τα χαρακτηριστικά (π.χ. ρυπαντικό φορτίο) των επεξεργασμένων λυμάτων

και

- Τα χαρακτηριστικά (π.χ. είδος) της επεξεργασίας.

Ορισμένα συστατικά που περιέχονται στην ίλύ, όπως οργανικό φορτίο, άζωτο, φώσφορος, κάλιο και ασβέστιο, μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, ενώ άλλα, όπως τα βαρέα μέταλλα και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι ρυπαντές, που απαιτούν

προσεκτική διαχείριση για να εξασφαλίζεται η ασφαλής και περιβαλλοντικά αποδεκτή διάθεση στο περιβάλλον. Ο σκοπός της επεξεργασίας των αστικών λυμάτων είναι ο διαχωρισμός του νερού από τους ρυπαντές οι οποίοι περιλαμβάνουν τη διαλυμένη οργανική ύλη, τα στερεά σωματίδια και τα διάφορα θρεπτικά συστατικά για μικροοργανισμούς, στο βαθμό που το νερό είναι πάλι κατάλληλο να αποθεθεί στο περιβάλλον ή να επαναχρησιμοποιηθεί. Οι περισσότερες από τις διεργασίες επεξεργασίας των λυμάτων χρησιμοποιούν βιολογικά συστήματα για τη μετατροπή της οργανικής ύλης σε καθιζάμενη βιομάζα και CO<sub>2</sub>, την αμμωνία σε αέριο άζωτο και τα φωσφορικά άλατα σε οργανική βιομάζα και ανόργανα στερεά. Η περίσσεια της βιομάζας που αναπτύσσεται μέσα από τα στάδια της βιολογικής επεξεργασίας, μαζί με τα στερεά μικροσωματίδια τα οποία έχουν διαχωριστεί από τα λύματα από τη πρωτοβάθμια καθίζηση είναι η επονομαζόμενη «ιλύς». Επειδή όμως το 25-80% του στερεού περιεχομένου της ιλύος είναι βιομάζα, ο όρος «βιοστερεά» είναι αυτός που χρησιμοποιείται περισσότερο από τη τελευταία δεκαετία του 20ου αιώνα.

Η παραγωγή υπολειμματικών βιοστερεών, η οποία απαιτεί ξεχωριστή διαχείριση από το κύριο υγρό ρεύμα, είναι αναπόφευκτη συνέπεια όλων των σύγχρονων μεθόδων επεξεργασίας των λυμάτων. Επομένως, η παραγωγή βιοστερεών θα συνεχίσει να αποτελεί ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της τεχνολογίας ελέγχου ρύπανσης του νερού και όσο περισσότερα λύματα υποβάλλονται σε επεξεργασία τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η ποσότητα των βιοστερεών που θα παράγονται.

Σχετικά με τη διαχείριση των βιοστερεών ένα θετικό σημείο είναι ότι μερικά από τα συστατικά τους που έχουν κάποια αξία μπορούν να ανακτηθούν και να χρησιμοποιηθούν. Παράδειγμα είναι η ανακύκλωση τους στη γεωργία ως οργανικά λιπάσματα ή χρήση τους για την αποκατάσταση εδαφών (π.χ. λατομεία). Σε επεξεργασμένη μορφή μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης σε πράσινες περιοχές ή σε κήπους. Στη Μεγάλη Βρετανία μάλιστα, προϊόντα βιοστερεών πουλιόντουσαν ή ήταν διαθέσιμα δωρεάν σε κηπουρούς από το 1940. Η ανεπεξέργαστη ιλύς αποτελείται από ένα μείγμα οργανικών και ανόργανων υλών που αιωρείται ή βρίσκεται σε νερό και μπορεί ενδεχομένως να ρυπάνει υδάτινους αποδεκτές εξαιτίας της διάσπασης της οργανικής ύλης και της επακόλουθης αφαίρεσης οξυγόνου από το νερό. Τα ανόργανα συστατικά μπορεί να προκαλέσουν ανάπτυξη των άλγεων και να δημιουργηθούν έτσι φαινόμενα ευτροφισμού στους υδάτινους αποδέκτες.

Πριν μερικές δεκαετίες δεν υπήρχαν σαφής κανονισμοί και οδηγίες για τη διαχείριση των βιοστερεών με αποτέλεσμα οι μέθοδοι και οι πρακτικές διαχείρισης να διαφέρουν σημαντικά από τόπο σε τόπο. Μερικές πρακτικές είχαν ως αποτέλεσμα τη ρύπανση γεωργικών εδαφών ή τη δημιουργία μόνιμων σωρών από βιοστερεά κοντά στα εργοστάσια επεξεργασίας των λυμάτων ή και του νερού. Όμως, τα τελευταία 25 χρόνια περίπου η διαχείριση των βιοστερεών έχει εξελιχθεί σε μια επιστημονική και ελεγχόμενη εργασία και ένας ολοένα αυξανόμενος αριθμός περιοριστικών όρων έχει δημιουργηθεί για τη προστασία του περιβάλλοντος της υγείας ανθρώπων και των ζώων αλλά και των καλλιεργειών.

Όπως θα δούμε και σε επόμενα κεφάλαια, τα οφέλη αλλά και η ενδεχόμενη περιβαλλοντική επίδραση χρησιμοποίησης των βιοστερεών στη γη έχει ερευνηθεί εκτεταμένα. Οι περισσότερες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν θεσπίσει νομοθετικό πλαίσιο για την ασφαλή χρήση και ανακύκλωση των βιοστερεών.

## 2.2 Επεξεργασία λυμάτων

Η επεξεργασία των λυμάτων για την αφαίρεση του ρυπαντικού φορτίου του νερού μπορεί να περιλαμβάνει διάφορα στάδια επεξεργασίας όπως το αρχικό κοσκίνισμα για την αφαίρεση χοντροκομμένων στερεών. Όλα τα διαδοχικά στάδια επεξεργασίας (πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια ή και τριτοβάθμια επεξεργασία) περιλαμβάνουν μετατροπή ή διαχωρισμό των αιωρούμενων στερεών από το υγρό ρεύμα και το σχηματισμό μιας υδαρούς ιλύος. Τις περισσότερες φορές η ιλύς αυτή έχει μια συγκέντρωση της τάξης μερικών γραμμαρίων το λίτρο και είναι αρκετά βιοδιασπώμενη. Όλη η ποσότητα των βιοστερεών που παράγονται πρέπει αρχικά να διατηρηθεί στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας για ξεχωριστή επεξεργασία και ύστερα να αποτεθεί ή να χρησιμοποιηθεί εξωτερικά των εγκαταστάσεων αυτών.

Μέσω των συμβατικών μεθόδων επεξεργασίας των λυμάτων, σχεδόν όλο από το οργανικό και το ανόργανο ρυπαντικό φορτίο που εισέρχεται αρχικά με τα λύματα, καταλήγει στην ιλύ που αποτελούν τα βιοστερεά. Ένα μόνο σχετικά μικρό κλάσμα του άνθρακα της οργανικής ύλης των αρχικών λυμάτων, μετατρέπεται σε διοξείδιο του άνθρακα μέσω της βιολογικής οξειδωσης κατά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία. Ένα



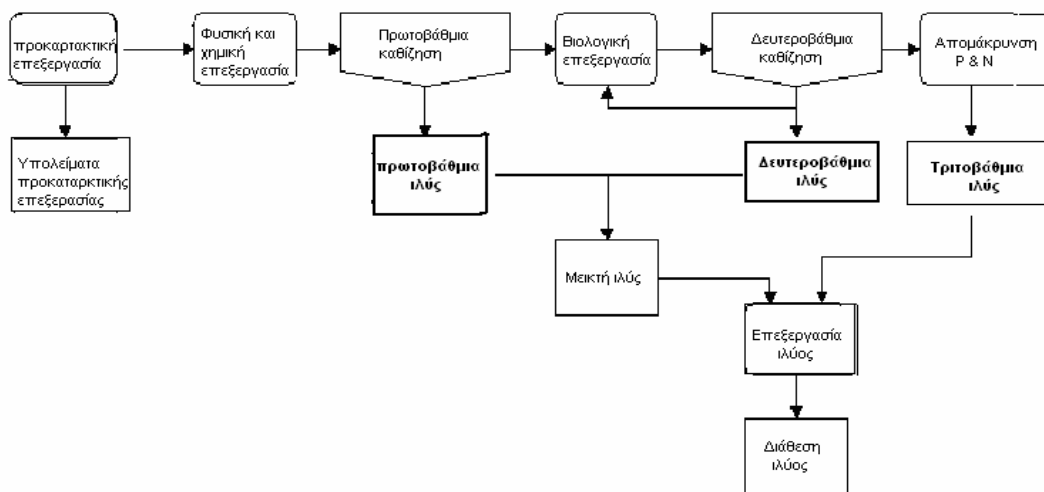
επίσης μικρό κλάσμα υπολειμματικού αιωρούμενου και διαλελυμένου οργανικού άνθρακα εξέρχεται με τη τελική απορροή.

Τα βασικά στάδια επεξεργασίας των λυμάτων έχουν σχεδιαστεί για την αφαίρεση των αιωρούμενων στερεών αλλά και του βιολογικού απαιτούμενου οξυγόνου (BOD). Ωστόσο, για την αποφυγή του φαινομένου του ευτροφισμού σε υδάτινους αποδέκτες χρειάζεται πρόσθετη (τρίτου βαθμού) επεξεργασία σε πολλές εγκαταστάσεις επεξεργασίας, για την απομάκρυνση του αζώτου και του φωσφόρου.

Αυτή η τριτοβάθμια επεξεργασία αυξάνει λίγο τη ποσότητα των συνολικών παραγόμενων βιοστερεών. Κατά καιρούς, γίνεται λόγος για μεθόδους επεξεργασίας όπου μπορεί να παραχθούν πολύ μικρότερες ποσότητες βιοστερεών. Οι μέθοδοι αυτές μπορεί να βασίζονται σε μια χημική οξειδωση ή σε μια βιολογική επεξεργασία με εκτεταμένο αερισμό των βιοστερεών. Αν και αυτοί οι μέθοδοι μπορούν εντέλει να μειώσουν τη συνολική μάζα των βιοστερεών (ξηρό βάρος) κάποιο ποσοστό οργανικής ύλης θα παραμείνει. Αυτή η οργανική ύλη η οποία μαζί με τα ανόργανα στερεά αποτελεί περίπου το 25 % του ξηρού βάρους των τυπικών βιοστερεών, ουσιαστικά σημαίνει ότι κάποια υπολειμματική ύλη είναι αναπόφευκτη.

Για την ακρίβεια, κάθε στάδιο επεξεργασίας επιδρά διαφορετικά στο ρυπαντικό φορτίο των λυμάτων. Τα στάδια αυτά παρουσιάζονται στο επόμενο σχήμα 2.1:

### Τυπική διάταξη επεξεργασίας λυμάτων



Σχήμα 2.1

### 2.2.1 Προκαταρκτική επεξεργασία

Η προκαταρκτική επεξεργασία περιλαμβάνει διάφορες φυσικές και μηχανικές διεργασίες όπως την εσχάρωση και την εξάμμωση, διαχωρισμό των ελαίων και των λιπών. Οι εσχάρες δεν επιτρέπουν συνήθως τη διέλευση στερεών μεγαλύτερων από περίπου 2 cm και είναι κατά κανόνα μηχανικά αυτοκαθαριζόμενες. Η εξάμμωση θεωρείται κατά κανόνα αναγκαία προκειμένου να προστατευθούν οι αγωγοί μεταφοράς και οι χωνευτές ιλύος από αποθέσεις άμμου και οι αντλίες από μηχανική διάβρωση.

Τα κατάλοιπα της προκαταρκτικής επεξεργασίας δεν θεωρούνται ιλύς και αποτίθενται σε Χ.Υ.Τ.Α..

### 2.2.2 Πρωτοβάθμια ιλύς

Η πρωτοβάθμια ιλύς παράγεται κατά τη πρωτοβάθμια επεξεργασία των λυμάτων. Αυτή περιλαμβάνει φυσικές η και χημικές μεθόδους επεξεργασίας για την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών. Η συχνότερη φυσική μέθοδος που εφαρμόζεται είναι η βαρυτική καθίζηση καθώς είναι σχετικά απλή μέθοδος και με χαμηλό κόστος. Μια άλλη φυσική μέθοδος είναι η επίπλευση. Σε αυτήν, εισάγεται αέρας στα λύματα με τη μορφή φυσαλίδων στις οποίες προσκολλώνται τα στερεά σωματίδια που βρίσκονται σε αιώρηση με αποτέλεσμα να ανέβουν στην επιφάνεια όπου και απομακρύνονται .

Με το στάδιο του μηχανικού διαχωρισμού απομακρύνεται το 50 με 70 % των αιωρούμενων στερεών και το 25 με 40% του BOD<sub>5</sub>. Πολλές φορές κυρίως στα μικρότερα έργα η πρωτοβάθμια καθίζηση δεν εφαρμόζεται και τα λύματα οδηγούνται μετά τη προκαταρκτική απευθείας στη δευτεροβάθμια επεξεργασία, πράγμα που την επιβαρύνει με πρόσθετο έργο αλλά από την άλλη πλευρά κάνει τη λειτουργία της όλης ΕΕΛ απλούστερη.

Οι χημικές επεξεργασίες που εφαρμόζονται είναι η συσσωμάτωση και η κροκίδωση με τη προσθήκη χημικών αντιδραστηρίων. Αυτές οι μέθοδοι χρησιμοποιούνται για να διαχωρίσουν τα αιωρούμενα στερεά όταν οι ρυθμοί

καθίζησης τους είναι πολύ μικροί. Η κροκίδωση είναι η προσθήκη και η ταχεία ανάμιξη ενός κροκιδωτικού για την εξουδετέρωση του φορτίου και τη κατάπτωση των κολλοειδών σωματιδίων έτσι ώστε να συσσωματωθούν και να καταβυθιστούν.

### 2.2.3 Δευτεροβάθμια ιλύς

Η δευτεροβάθμια ιλύς παράγεται από τη χρήση ειδικών αποσυνθετικών μικροοργανισμών οι οποίοι διασπών το παραμένον οργανικό υλικό των λυμάτων μετά τη πρωτοβάθμια επεξεργασία. Οι μικροοργανισμοί αυτοί είναι κυρίως βακτήρια τα οποία χρησιμοποιούν το οργανικό υλικό μέσω του μεταβολισμού τους για να αναπτυχθούν. Έτσι η δευτεροβάθμια επεξεργασία περιλαμβάνει το βιολογικό αντιδραστήρα (BA) και τη δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης (ΔΔΚ). Σε μερικές περιπτώσεις, οι δύο αυτές λειτουργίες πραγματοποιούνται στην ίδια δεξαμενή που εργάζεται περιοδικά ως BA και ΔΔΚ.

Ο πρώτος και κύριος ρόλος της βιολογικής επεξεργασίας είναι η απομάκρυνση του οργανικού φορτίου που σε όρους BOD5 μπορεί να φτάσει και να ξεπεράσει το 95%. Παράλληλα απομακρύνονται κατά παρόμοια σχεδόν ποσοστά αιωρούμενα στερεά (SS) και μικροοργανισμοί. Μεγάλο μέρος της οργανικής ύλης βρίσκεται στα λύματα με διαλυμένη και κολλοειδή μορφή που δεν μπορεί να καθιζήσει ακόμη και με τη χρήση κροκιδωτικών. Τη λύση στο πρόβλημα δίνει η βιολογική επεξεργασία ως εξής:

Ο Βιολογικός αντιδραστήρας είναι μια δεξαμενή από τη οποία διέρχονται τα λύματα. Το βάθος των λυμάτων είναι σχεδόν σταθερό, μερικά μέτρα, πράγμα που εξασφαλίζει υπερχειλιστής εξόδου μεγάλου μήκους τοποθετημένος στο κατάλληλο ύψος από τον πυθμένα του βιολογικού αντιδραστήρα. Στα λύματα του βιολογικού αντιδραστήρα παρέχεται συνεχώς οξυγόνο με τη μορφή εμφυσήμενου αέρα είτε με έντονη ανάδευση που επιτυγχάνουν επιφανειακοί αεριστές έτσι ώστε να υπάρχει πάντα διαλυμένο οξυγόνο 1-2 mg/l .

Τα λύματα του βιολογικού αντιδραστήρα περιέχουν μεγάλες συγκεντρώσεις οργανικής ύλης και αρκετό οξυγόνο, δηλαδή υπάρχουν όλες οι τροφικές και περιβαλλοντικές προϋποθέσεις για μια πλούσια ανάπτυξη αερόβιων ετεροτροφικών,

χημικοσυνθετικών μικροοργανισμών, κυρίως βακτηριδίων. Οι μικροοργανισμοί οξειδώνουν ένα τμήμα της οργανικής ύλης για απόληψη ενέργειας με κύρια προϊόντα τα CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O. Το υπόλοιπο τμήμα της οργανικής ύλης, συχνά το μεγαλύτερο, το μετατρέπουν σε κυτταρική μάζα νέων μικροοργανισμών, δηλαδή στην ουσία το μεγάλο μέρος της αρχικής οργανικής ύλης μετατρέπεται πάλι σε ζωντανή οργανική ύλη. Η μεγάλη διαφορά βρίσκεται στο ότι η νέα οργανική ύλη είναι εύκολα συσσωματώσιμη και καθιζήσιμη σε αντίθεση με την αρχική που δεν ήταν καθιζήσιμη

Η καθίζηση επιτυγχάνεται στη δευτεροβάθμια δεξαμενή καθίζησης όπου οδηγείται συνεχώς το λεγόμενο «ανάμικτο υγρό» δηλαδή το μείγμα λυμάτων και μικροοργανισμών του βιολογικού αντιδραστήρα. Σκοπός της καθίζησης είναι ο διαχωρισμός των στερεών. Το μεγαλύτερο μέρος της ιλύος ανακυκλώνεται στην δεξαμενή αερισμού ώστε να διατηρείται σταθερή η συγκέντρωση των μικροοργανισμών στον αντιδραστήρα. Ενώ ένα τμήμα της ιλύος ίσο με την καθαρή παραγωγή της, οδηγείται προς κατεργασία. Οι μικροοργανισμοί μαζί με ανόργανα στερεά αλλά και μη διασπασθέντα οργανικά στερεά συσσωματώνονται και καθιζάνουν στον πυθμένα της ΔΔΚ δημιουργώντας αυτό που ονομάζεται «ενεργός ιλύς» λόγω ακριβώς της υψηλής περιεκτικότητας της σε ζωντανούς μικροοργανισμούς. Τμήμα της ενεργού ιλύος επιστρέφει με άντληση (επανακυκλοφορείτε) στον βιολογικό αντιδραστήρα ώστε να μεταφερθεί εκεί η επιθυμητή συγκέντρωση μικροοργανισμών, ενώ άλλο μέρος της (περισσεύουσα ιλύς) απομακρύνεται προς τα έργα επεξεργασίας της ιλύος. Χωρίς την απομάκρυνση αυτή η συγκέντρωση των μικροοργανισμών στον βιολογικό αντιδραστήρα θα αυξάνονταν απεριόριστα.

#### 2.2.4 Μεικτή ιλύς

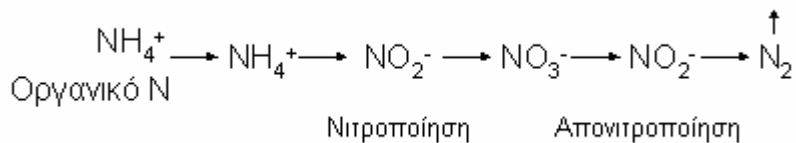
Η πρωτοβάθμια και η δευτεροβάθμια ιλύς που περιγράφηκαν προηγουμένως μπορεί να αναμειχτούν δημιουργώντας έτσι ένα καινούργιο τύπο ιλύος η οποία αναφέρεται ως «μεικτή ιλύς».

### 2.2.5 Τριτοβάθμια ιλύς

Η τριτοβάθμια ιλύς παράγεται όταν εφαρμόζεται η τριτοβάθμια επεξεργασία. Η τελευταία είναι μια πρόσθετη επεξεργασία που ακολουθεί τη δευτεροβάθμια και έχει σχεδιαστεί για την αφαίρεση υπολειπόμενων ανεπιθύμητων χημικών στοιχείων, όπως το αμμωνιακό άζωτο και ο φώσφορος, μέσα από υψηλής απόδοσης βιολογικές ή χημικές διεργασίες.

Αυτή η επεξεργασία είναι απαραίτητη όταν απαιτείται ένα υψηλό επίπεδο απορρύπανσης, ειδικά όταν τα λύματα διατίθενται σε ευαίσθητους αποδέκτες όπως αυτοί αναγνωρίζονται από τα κράτη μέλη.

Το άζωτο καταναλώνει οξυγόνο όταν η αντίδραση της νιτροποίησης λαμβάνει χώρα στο φυσικό περιβάλλον. Είναι όμως και τοξικό στην αμμωνιακή ή νιτρική μορφή του κι είναι υπεύθυνο για τα φαινόμενα του ευτροφισμού. Η απομάκρυνση του αζώτου είναι μια βιολογική διεργασία η οποία φαίνεται παρακάτω:



Κάθε βήμα πραγματοποιείται από συγκεκριμένα βακτήρια, τα οποία χρειάζονται και διαφορετικές συνθήκες για να αναπτυχθούν.

Η αφαίρεση του φώσφορου μπορεί να γίνει μέσω χημικών διεργασιών ή βιολογικής επεξεργασίας. Οι χημικές διεργασίες περιλαμβάνουν κυρίως τη χημική καταβύθιση με τα πρόσθεση κατάλληλων χημικών αντιδραστηρίων. Αυτή η διεργασία όμως αυξάνει τη ποσότητα της ιλύος η οποία παράγεται από μια εγκατάσταση ενεργού ιλύος, κατά περίπου 30%. Η βιολογική επεξεργασία που μπορεί να εφαρμοσθεί για την αφαίρεση του φωσφόρου περιλαμβάνει ειδικούς μικροοργανισμούς οι οποίοι μπορούν και αποθηκεύουν το φώσφορο. Με αυτόν τον τρόπο ο τελευταίος συσσωρεύεται εντός των βακτηρίων και απομακρύνεται μαζί με την υπόλοιπη ιλύς.

### 2.3 Επεξεργασία ιλύος

Μετά από την επεξεργασία των λυμάτων, επιπλέον επεξεργασία χρειάζεται να πραγματοποιηθεί στη παραγόμενη ιλύ με στόχο να:

1. Να μειωθεί η περιεχόμενη της υγρασία
2. Να σταθεροποιηθεί η οργανική της ύλη
3. Να μειωθεί ο όγκος και η συνολική της μάζα
4. Να μειωθεί η συγκέντρωση των παθογόνων μικροοργανισμών (υγειονομοποίηση)

Διάφορα στάδια επεξεργασίας μπορούν να εφαρμοστούν για να επιτύχουν αυτά τα αποτελέσματα. Ένα από αυτά πετυχαίνει τη μετατροπή της ιλύος σε ένα καινούργιο τύπο η οποία συνήθως αναφέρεται ως «χωνεμένη ιλύς». Αυτή η διεργασία της χώνευσης αλλά και οι μέθοδοι επεξεργασίας της ιλύος περιγράφονται αναλυτικότερα στις επόμενες παραγράφους και φαίνονται συνοπτικά στο πίνακα (2.1) τής επόμενης σελίδας.

## Μέθοδοι επεξεργασίας της ιλύος

Διεργασία	Τρόπος επεξεργασίας	Στόχος
Προετοιμασία ιλύος (conditioning)	Χημική προετοιμασία Θερμική προετοιμασία	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Βελτίωση της δομής της ιλύος, για διευκόλυνση των διεργασιών που θα ακολουθήσουν</li> </ul>
Πάχυνση	Πάχυνση με βαρύτητα Μηχανική πάχυνση Επίπλευση με αέρα	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Εξασφάλιση ικανοποιητικής πυκνότητας, στερεότητας και στερεού περιεχομένου της ιλύος έτσι ώστε να είναι δυνατή η μεταφορά της κατά την απόθεση</li> <li>▪ Μείωση περιεκτικότητας της ιλύος σε νερό</li> </ul>
Σταθεροποίηση και/ή απολύμανση	<i>Βιολογική επεξεργασία:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Αναερόβια χώνευση</li> <li>✓ Αερόβια χώνευση</li> <li>✓ Μακράς διάρκειας αποθήκευση</li> <li>✓ Κομποστοποίηση</li> </ul> <i>Χημική επεξεργασία:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Επεξεργασία με ασβέστη</li> </ul> <i>Φυσική επεξεργασία:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Θερμική ξήρανση</li> <li>✓ Παστερίωση</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μείωση της παραγωγής οσμών</li> <li>• Μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών</li> </ul>
Αφυδάτωση	Κλίνες ξήρανσης Ταινιοφιλτρόπρεσα Φυγοκέντριση Φιλτρόπρεσα	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μείωση περιεκτικότητας της ιλύος σε νερό</li> </ul>
Ξήρανση	Ξηραντής	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μεγάλη μείωση περιεκτικότητας της ιλύος σε νερό</li> </ul>

Πίνακας 2.1

### 2.3.1 Προετοιμασία

Μια προκαταρκτική φάση χημικής ή θερμικής προετοιμασίας πραγματοποιείται για τη περαιτέρω βελτίωση της διεργασίας της πάχυνσης ή της αφυδάτωσης της ιλύος.

Η χημική προετοιμασία πραγματοποιείται με τη προσθήκη αντιδραστηρίων όπως ανόργανα άλατα, ασβέστη ή και κάποια οργανικά πολυμερή. Με την προσθήκη χημικών στην ιλύ, πριν από την πάχυνση και την αφυδάτωσή της, προκαλείται συσσωμάτωση των στερεών της ιλύος, με αποτέλεσμα την διευκόλυνση του διαχωρισμού του νερού.

Η θερμική προετοιμασία περιλαμβάνει την θέρμανση της ιλύος στους 150-200 0C για 30 με 60 λεπτά. Η θερμότητα μπορεί να μεταβάλλει τη φυσική δομή της ιλύος και να βοηθήσει το επόμενο στάδιο της αφυδάτωσης. Ωστόσο, καθώς ένα μέρος της οργανικής ύλης μπορεί να υποστεί υδρόλυση κατά τη διεργασία, είναι πιθανόν να προκληθούν οσμές αλλά και να αυξηθούν τα ρυπαντικά φορτία των στραγγισμάτων κατά τη φάση της αφυδάτωσης. Είναι επίσης πιθανόν να πραγματοποιηθεί μερική θέρμανση σε θερμοκρασία 40- 50 0C. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται το ρυπαντικό φορτίο των στραγγισμάτων από το στάδιο της αφυδάτωσης. Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των δυο μεθόδων προετοιμασίας συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα (2.2) :

Σύγκριση των διαφορετικών μεθόδων προετοιμασίας

Μέθοδος Βελτίωσης	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Χημική (ανόργανα αντιδραστήρια)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Βελτίωση συνεκτικότητας και της πυκνότητας της ιλύος</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αύξηση της μάζας της ιλύος</li> <li>• Μείωση περιεκτικότητας σε οργανική ύλη</li> <li>• Αργή αντίδραση</li> </ul>
Χημική (οργανικά αντιδραστήρια)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μείωση της μάζας της ιλύος</li> <li>• Καμία μεταβολή στη λιπασματική αξία της ιλύος</li> <li>• Εύκολη διαχείριση και μεταφορά</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Κόστος των υλικών</li> </ul>
Θερμική	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αποδοτική και σταθερή διεργασία</li> <li>• Απολύμανση</li> <li>• Μικρές ποσότητες τελικού προϊόντος</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Κατανάλωση ενέργειας</li> <li>• Οσμές</li> <li>• Αύξηση των ρυπαντικών φορτίων στα στραγγίδια</li> </ul>

Πίνακας 2.2

2.3.2 Πάχυνση

Η πάχυνση είναι το πρώτο στάδιο για την μείωση της περιεκτικότητας σε νερό της ιλύος και λαμβάνει χώρα πριν την σταθεροποίηση και αφυδάτωση της ιλύος, με σκοπό την αύξηση της απόδοσης των αντίστοιχων διεργασιών. Η παχυμένη ιλύς συνήθως έχει συγκέντρωση μέχρι και 6% (60 kg/m<sup>3</sup>), ώστε να είναι εφικτή η άντλησή της .



### 2.3.2.1 Πάχυνση με βαρύτητα

Η πάχυνση με βαρύτητα είναι μια διαδεδομένη τεχνική και πραγματοποιείται σε δεξαμενές (παρόμοιες με τις δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης), οι οποίες είναι συνήθως εξοπλισμένες με μηχανικούς αναμοχλευτήρες. Οι βαρυτικές δυνάμεις φέρνουν την παχυμένη ιλύ στη βάση της δεξαμενής όπου και αυτή εξάγεται. Το νερό (στραγγίσματα) συλλέγεται από τη κορυφή και οδηγείται στο δίκτυο στραγγισμάτων της εγκατάστασης. Η διεργασία αυτή μπορεί να επιτύχει πάχυνση της ιλύος 2 με 8 φορές, αυξάνοντας τη συγκέντρωσή της από μερικά γραμμάρια το λίτρο σε μερικές δεκάδες γραμμάρια το λίτρο. Το κόστος λειτουργίας της διεργασίας είναι σχετικά χαμηλό, καθώς μόνο η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας είναι απαραίτητη για τη λειτουργία του αναμοχλευτήρα και των αντλιών. Η καταναλισκόμενη ενέργεια είναι περίπου 5 kWh ανά τόνο ξηράς ουσίας (DM).

### 2.3.2.2 Πάχυνση με μηχανικά μέσα

Η μηχανική πάχυνση γίνεται είτε με φυγοκεντρικές είτε με διατάξεις φίλτρανσης της ιλύος (περιστρεφόμενα τύμπανα και τράπεζες πάχυνσης). Στα περιστρεφόμενα τύμπανα ή τις τράπεζες πάχυνσης η ιλύς μετά από κροκίδωση στραγγίζει με βαρύτητα διαμέσου ταινιών κατασκευασμένες από πορώδες υλικό. Τα στραγγίσματα από το συγκρότημα πάχυνσης – αφυδάτωσης συλλέγονται και οδηγούνται στην είσοδο της εγκατάστασης. Κατά την διάρκεια λειτουργίας του συγκροτήματος γίνεται συνεχής έκπλυση των ταινιών. Η λειτουργία των συγκροτημάτων αυτών απαιτεί συνεχή παρακολούθηση και η καταναλισκόμενη ενέργεια είναι της τάξης των 40 kWh/t DS . Στους φυγοκεντρικές η κροκιδωμένη ιλύς φυγοκεντρίζεται και έτσι εξασφαλίζεται ικανοποιητικός διαχωρισμός της παχυμένης ιλύος από τα στραγγίσματα. Η λειτουργία των φυγοκεντρικών δεν απαιτεί συνεχή παρακολούθηση και για τον λόγο αυτό μπορούν να λειτουργούν συνεχώς και η καταναλισκόμενη ενέργεια είναι της τάξης των 60 kWh/t DS.

Η διεργασία της πάχυνσης στα περιστρεφόμενα τύμπανα ή στις τράπεζες είναι δυνατή και με τη προσθήκη πολυηλεκτρολύτη στην ιλύ. Αυτές οι μηχανικές διατάξεις χρησιμοποιούνται για όλων των ειδών των ιλύων, αν και η λειτουργία τους είναι πιο οικονομική όταν επεξεργάζονται ιλύ με περιεκτικότητα μικρότερη του 1% σε ξηρά

στερεά (DS) και στην οποία μπορούν να επιτύχουν πάχυνση περίπου στο 6% DS. Η πρωτοβάθμια ιλύς μπορεί να παχυνθεί μέχρι και 10% DS καθώς μετά από αυτό το σημείο είναι δύσκολο να συνεχιστεί η διεργασία χωρίς τη χρησιμοποίηση κοστοβόρων αντλητικών συστημάτων. Η πάχυνση της ενεργού ιλύος φτάνει συνήθως το 5% DS.

### 2.3.2.3 Πάχυνση με επίπλευση

Αυτή η τεχνική της πάχυνσης με επίπλευση μπορεί να εφαρμοστεί όταν τα στερεά σωματίδια της ιλύος παρουσιάζουν χαμηλούς ρυθμούς καθίζησης, αλλά και επίσης μπορεί να εφαρμοστεί και στο στάδιο της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας των λυμάτων για τη περαιτέρω πάχυνση της ενεργού ιλύος.

Η βαρυτική δύναμη των λεπτόκοκκων αιωρούμενων σωματιδίων ελαττώνεται με τη προσκόλληση μικρό-φουσαλίδων σ' αυτά και έτσι λόγω της αυξημένης άνωσης πετυχαίνεται η άνοδος τους στην επιφάνεια από όπου απομακρύνονται με τη βοήθεια ενός ξέστρου. Η εφαρμογή της τεχνικής αυτής στα στάδια επεξεργασίας της ιλύος περιλαμβάνει της εισαγωγή πεπιεσμένου αέρα και τη διαδοχική αποσυμπίεση στη δεξαμενή επίπλευσης. Η προσθήκη ενός πολυμερούς είναι χρήσιμη μερικές φορές όταν είναι απαραίτητη η ελάττωση της ύλης που βρίσκεται σε αιώρηση.

Η απόδοση της διεργασίας αυτής είναι υψηλότερη από τη πάχυνση με μηχανικά μέσα, αλλά και το κόστος της ενέργειας που απαιτείται (100 με 130 KWh/t DS) είναι επίσης υψηλότερο. Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των διαφορετικών διεργασιών της πάχυνσης της ιλύος παρουσιάζονται στο πίνακα (2.3) της επόμενης σελίδας :

## Σύγκριση των διαφορετικών διεργασιών πάχυνσης

Διεργασία - Σύστημα	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<b>Πάχυνση με βαρύτητα</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Απλή λειτουργία</li> <li>• Δεν απαιτείται η χρήση κροκιδωτικών</li> <li>• Μικρό κόστος επένδυσης και λειτουργίας</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μεγάλη απαίτηση χώρου</li> <li>• Χαμηλή απόδοση σε βιολογική ιλύ</li> </ul>
<b>Πάχυνση με μηχανικά μέσα (Τράπεζες πάχυνσης)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Συμπαγής μονάδα</li> <li>• Δυνατή η αυτοματοποίηση</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Απαραίτητη η συνεχής παρακολούθηση</li> <li>• Κατανάλωση νερού για πλύση</li> <li>• Αναγκαία η χρήση κροκιδωτικών (πολυμερών)</li> </ul>
<b>Πάχυνση με μηχανικά μέσα: (Φυγοκεντρητές)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Συνεχής λειτουργία</li> <li>• Συμπαγής μονάδα</li> <li>• Δυνατή η αυτοματοποίηση</li> <li>• Μικρή απαίτηση χώρου</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Συντήρηση από εξειδικευμένο προσωπικό</li> <li>• Θόρυβος</li> <li>• Μεγάλη κατανάλωση ενέργειας</li> <li>• Μεγάλο κόστος επένδυσης</li> </ul>
<b>Επίπλευση</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μικρή απαίτηση χώρου</li> <li>• Απλή λειτουργία</li> <li>• Χαμηλές εκπομπές H<sub>2</sub>S</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μεγάλη κατανάλωση ενέργειας</li> <li>• Πιθανά προβλήματα οσμών</li> <li>• Μεγάλο κόστος επένδυσης</li> </ul>

Πίνακας 2.3

### 2.3.3 Σταθεροποίηση και απολύμανση

Είναι μια βιολογική διεργασία, η οποία αποσκοπεί στην σταθεροποίηση της οργανικής ύλης, στην μείωση των οσμών αλλά και στην καταστροφή μεγάλου μέρους των παθογόνων μικροοργανισμών που περιέχονται στην ιλύ, κυρίως λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια του εν λόγω σταδίου.

#### 2.3.3.1 Αναερόβια Χώνευση

Είναι μια διεργασία που πραγματοποιείται σε κλειστές δεξαμενές, οι οποίες συνήθως βρίσκονται πλησίον της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων, και χαρακτηρίζεται από πλήρη έλλειψη οξυγόνου, με συνεχή ανάμιξη που επιτελείται με ανακυκλοφορία (εμφύσηση βιοαερίου ή μηχανική ανάμιξη) και με συνεχή έλεγχο της θερμοκρασίας του pH και των αιωρούμενων στερεών. Η βέλτιστη θερμοκρασία

ανάπτυξης των αναερόβιων βακτηριδίων είναι η μεσοφιλική περιοχή (30OC έως 35 OC) ή η θερμοφιλική περιοχή (55OC έως 60OC).

Αυτή επεξεργασία είναι αρκετά πιο αργή σε σχέση με την αερόβια επεξεργασία και ενδείκνυται για λύματα με υψηλό BOD. Με την αναερόβια χώνευση επιτυγχάνεται μείωση των οργανικών στερεών της ιλύος κατά 40 έως 60%. Η διάρκεια της επεξεργασίας κυμαίνεται μεταξύ δύο και τριών εβδομάδων ενώ εμφανίζει και ένα ιδιαίτερα σημαντικό πλεονέκτημα, τη παραγωγή μεθανίου. Πιο συγκεκριμένα κατά την αναερόβια επεξεργασία οι οργανικές ουσίες μειώνονται με μετατροπή του 30-40% των στερεών σε αέρια, κυρίως μεθάνιο. Το μεθάνιο που παράγεται χρησιμοποιείται πολλές φορές και από την ίδια την εγκατάσταση επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ως καύσιμο, προκειμένου να καλύψει μέρος των ενεργειακών της αναγκών .

Η αποτελεσματικότητα της διεργασίας εξαρτάται από ένα σύνολο παραγόντων όπως η θερμοκρασία, το pH, ο χρόνος παραμονής, η χημική σύσταση των λυμάτων και η παρουσία τοξικών ουσιών. Πολλές φορές κατά τη διάρκεια αυτής της διεργασίας εφαρμόζεται θέρμανση προκειμένου να επιταχυνθούν οι βιοχημικές αντιδράσεις σε μεσόφιλες θερμοκρασίες (25-40 OC). Ο βαθμός ελάττωσης της συγκέντρωσης των παθογόνων μικροοργανισμών κατά τη διαδικασία της αναερόβιας χώνευσης είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας και του χρόνου επεξεργασίας. Υψηλές θερμοκρασίες (50- 60 OC) και μεγάλοι χρόνοι παραμονής ευνοούν την καταστροφή των παθογόνων. Μειονέκτημα της αναερόβιας χώνευσης είναι το υψηλό κόστος επένδυσης, με αποτέλεσμα η παραπάνω επιλογή να εφαρμόζεται σε σχετικά μεγάλες εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.

#### 2.3.3.2 Αερόβια Χώνευση

Η αερόβια χώνευση επιφέρει τα ίδια αποτελέσματα όσον αφορά στην σταθεροποίηση της ιλύος. Πραγματοποιείται με έντονη οξυγόνωση- ανάδευση της ιλύος, σε ανοιχτές δεξαμενές βάθους 3- 6 μέτρων, οπότε αποικοδομείτε το 40-60% των πτητικών στερεών και παράγεται σχετικά σταθεροποιημένη ιλύς. Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου ελέγχεται στα επίπεδα πάνω από 1mg/L προκειμένου να αποφευχθεί η δημιουργία οσμών. Η διάρκεια αυτής της διαδικασίας κυμαίνεται μεταξύ 15-30 ημερών, ανάλογα με τη θερμοκρασία. Οι θερμοκρασίες που επικρατούν

κατά την αερόβια χώνευση ανήκουν συνήθως στη μουσόφιλη περιοχή (37 0C). Ωστόσο, με την αποσύνθεση της οργανικής ύλης εκλύεται θερμότητα, που κάτω από κατάλληλες συνθήκες, μπορεί να αυξήσει την θερμοκρασία πάνω από 50°C (θερμοφιλική χώνευση). Η θανάτωση των παθογόνων μικροοργανισμών προκαλείται εξαιτίας της έλλειψης θρεπτικών συστατικών, αφού η οργανική ύλη αποικοδομείτε με αποτέλεσμα να μειώνονται συνεχώς οι διαθέσιμες πηγές του άνθρακα.

Αξίζει να τονιστεί ότι η διεργασία της αερόβιας χώνευσης παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα όπως χαμηλό κόστος εγκατάστασης, ευκολία στους χειρισμούς και παραγωγή σταθεροποιημένης και άοσμης ιλύος. Ωστόσο, παράγονται περαιτέρω ποσότητες μικροβιακής ιλύος, με αποτέλεσμα να απαιτείται επιπλέον επεξεργασία αυτής πριν από την τελική απόθεση, ενώ και απαιτήσεις σε ενέργεια λόγω του αερισμού είναι 5 με 10 φορές μεγαλύτερες από την αναερόβια χώνευση.

### 2.3.3.3 Κομποστοποίηση

Η κομποστοποίηση είναι μια αεροβική διεργασία που περιλαμβάνει τη μίξη της ιλύος με διάφορα άλλα παραπροϊόντα όπως πριονίδια ή ζωική κοπριά. Είναι, συγκεκριμένα η ελεγχόμενη βίο-οξειδωση ετερογενών οργανικών υλικών, από ετερογενείς και κυρίως ετερότροφους οργανισμούς (βακτήρια, μύκητες κτλ.). Με τη κομποστοποίηση παράγεται πλεονάζουσα θερμότητα η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αύξηση της θερμοκρασίας της μάζας που κομποστοποιείτε και σε συνδυασμό με τον χρόνο έκθεσης (μερικές εβδομάδες), επιτυγχάνεται ικανοποιητική απολύμανση της λάσπης.

Η διεργασία της κομποστοποίησης επιτελείται για διάφορους σκοπούς. Το προϊόν της διεργασίας (compost) έχει μεγάλη γεωργική αξία, βρίσκεται σε ένα ικανοποιητικό επίπεδο απολύμανσης και είναι σταθεροποιημένο, μειώνοντας έτσι σημαντικά τις οσμές γεγονός που μπορεί να κάνει την αποδοχή του ευκολότερη. Τέλος, η κομποστοποίηση για τη μείωση της περιεχόμενης υγρασίας καθώς το προϊόν μπορεί και να ξεπεράσει και το 60% DS, κάνοντας έτσι ευκολότερη τη διαχείριση του.

#### 2.3.3.4 Χημική επεξεργασία

Η χημική επεξεργασία είναι κυρίως η επεξεργασία με ασβέστη που περιλαμβάνει τη προσθήκη ασβέστη (CaO) στην ιλύ με στόχο την αύξηση του pH στο 12 και καταστρέφοντας ή αναστέλλοντας με αυτόν τον τρόπο τη δράση της βιομάζας που είναι υπεύθυνη για τη διάσπαση των οργανικών συστατικών της ιλύος. Με την επεξεργασία αυτή επίσης, επιτυγχάνεται και η απολύμανση της ιλύος και η αύξηση του ξηρού-στερεού περιεχομένου κάνοντας έτσι τη διαχείριση της ευκολότερη.

Η αύξηση των στερεών εξαρτάται από την αρχική συγκέντρωση τους αλλά κυρίως από τη ποσότητα του ασβέστη που προστίθεται. Η συνήθεις προστιθέμενη ποσότητα του ασβέστη φτάνει το 30% της ξηρής μάζας της ιλύος έτσι ώστε να επιτευχθεί ικανοποιητική σταθεροποίηση της ιλύος.

Η χημική επεξεργασία συνίσταται και στην βελτίωση των ιδιοτήτων της ιλύος που ακολουθεί το στάδιο της χώνευσης και στοχεύει στην ελάττωση της συνάφειας μεταξύ στερεών και νερού και την συσσωμάτωση των σωματιδίων, ώστε να διευκολυνθεί η μετέπειτα αφυδάτωση. Αυτή επιτυγχάνεται με τη προσθήκη κροκιδωτικών, κυρίως πολύ-ηλεκτρολυτών, τα οποία βοηθούν στη συσσωμάτωση των στερεών σωματιδίων της ιλύος η με ολιγόχρονη θέρμανση στους 160-210 0C, σε αυτόκλειστα με υψηλή πίεση (θερμική βελτίωση). Η τελευταία επιτυγχάνει και σοβαρή μείωση του μικροβιολογικού φορτίου. Η συσσωμάτωση που λαμβάνει χώρα σ' αυτό το στάδιο είναι ιδιαίτερα αποδοτική στην απομάκρυνση ιών.

#### 2.3.4 Αφυδάτωση

Επιτυγχάνει την περαιτέρω ελάττωση του όγκου της ιλύος με επιπλέον μείωση της περιεκτικότητας της σε νερό, με αποτέλεσμα να είναι πιο εύκολη η διακίνηση, μεταφορά και τελική διάθεση της σταθεροποιημένης ιλύος. Χρησιμοποιούνται μηχανικές και θερμικές μέθοδοι, συνήθως ταινιοφιλτρόπρεσες ή φυγοκεντρικοί συμπυκνωτές και κλίνες ξήρανσης ή συνδυασμός αυτών. Στην αφυδατωμένη ιλύ το στερεό περιεχόμενο μπορεί να κυμανθεί από 30 μέχρι και 90%.

#### 2.3.4.1 Κλίνες ξήρανσης

Μία από τις απλούστερες τεχνικές αφυδάτωσης της ιλύος είναι οι ανοιχτές κλίνες ξήρανσης, που χρησιμοποιούνται κυρίως σε μικρές εγκαταστάσεις επεξεργασίας ιλύος, εφόσον οι τοπικές κλιματολογικές συνθήκες επιτρέπουν την λειτουργία τους όλο το έτος. Οι κλίνες αποτελούνται από στρώμα άμμου πάχους περίπου 20 cm, με συντελεστή ομοιομορφίας 4, που διαμορφώνεται πάνω σε στρώμα χαλικιών. Η ιλύς κατανέμεται ομοιόμορφα πάνω στο στρώμα της άμμου. Η αφυδάτωση της ιλύος επιτυγχάνεται με την διήθηση του νερού μέσω του στραγγιστηρίου και με την εξάτμιση από την εκτεθειμένη στον αέρα επιφάνεια.

Οι βασικοί μηχανισμοί αφυδάτωσης στις κλίνες ξήρανσης είναι δύο:

- 1) Διήθηση του νερού της ιλύος μέσα στις κλίνες που διαρκεί περίπου 1-3 ημέρες και έχει ως αποτέλεσμα συγκεντρώσεις στερεών 15-25%. Το ποσοστό του νερού που απομακρύνεται με διήθηση είναι 20-55% του συνολικού και εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της ιλύος και κυρίως τη συγκέντρωση της.
- 2) Εξάτμιση του νερού, που εξαρτάται από τη θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία και την ταχύτητα των ανέμων της περιοχής και αποτελεί μια διαδικασία με ρυθμό μικρότερο από αυτόν της διήθησης.

Με τις κλίνες ξήρανσης μπορεί να επιτευχθεί συγκέντρωση ξηρών στερεών μέχρι και 40% (400 kg/m<sup>3</sup>), ανάλογα με την διάρκεια της ξήρανσης και τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες. Γενικά η αφυδάτωση με κλίνες ξήρανσης έχει μικρό λειτουργικό κόστος, ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης. Ωστόσο απαιτούνται μεγάλες εκτάσεις, ενώ αναμένονται οχλήσεις από πιθανές οσμές.

#### 2.3.4.2 Φυγοκέντριση

Η φυγοκέντριση είναι μία μηχανική διεργασία, κατά την οποία με την βοήθεια της φυγοκεντρικής δύναμης διαχωρίζεται η παχυμένη ιλύς από τα στραγγίσματα. Οι φυγοκεντρικές χρησιμοποιούνται στις διεργασίες αφυδάτωσης καθώς είναι συμπαγής έχουν μεγάλη παραγωγική δυνατότητα και είναι απλοί στη λειτουργία.

Η φυγοκέντριση μπορεί να εφαρμοστεί και στο στάδιο της πάχυνσης. Με την φυγοκέντριση επιτυγχάνεται τελικό προϊόν με συγκέντρωση στερεών μέχρι και 30% (300 kg/m<sup>3</sup>), ωστόσο οι απαιτήσεις σε ενέργεια είναι σημαντικές: από 30 έως 80 kWh/t DS, ενώ είναι απαραίτητη και η προσθήκη κροκιδωτικών.

#### 2.3.4.3 Ταινιοφιλτρόπρεσα-Φιλτρόπρεσα

Με την ταινιοφιλτρόπρεσα η ιλύς αναμεμειγμένη με πολυμερές κροκιδωτικό, αφυδατώνεται συμπιεζόμενη μεταξύ δύο ταινιών. Η βασική αρχή είναι ίδια με αυτήν της πάχυνσης με βαρύτητα. Υπάρχουν διαφόρων ειδών μηχανές, ανάλογα με τον βαθμό πίεσης που ασκείται στην ιλύ (χαμηλής, μέσης και υψηλής συμπίεσης περίπου 4, 5 και 7 bars).

Με την ταινιοφιλτρόπρεσα είναι δυνατόν να αυξηθεί η συγκέντρωση των στερεών στην ιλύ από 10 μέχρι και 20%, ανάλογα με το τύπο της ιλύος και της πίεσης που εφαρμόζεται. Η κατανάλωση ενέργειας ανέρχεται σε περίπου 35 kWh/t DS.

Οι φιλτρόπρεσες αποτελούνται από επάλληλες κατακόρυφες πλάκες, που σχηματίζουν εσωτερικές κοιλότητες και καλύπτονται από πορώδες ύφασμα, το οποίο αποτελεί το διηθητικό μέσο. Η ιλύς τροφοδοτείται στη κοιλότητα κάθε πλάκας και με την ασκούμενη πίεση επιτυγχάνεται η απομάκρυνση του νερού μέσω του πορώδους υλικού. Με την χρήση αυτής της τεχνικής μπορεί να επιτευχθεί μεγάλος βαθμός αφυδάτωσης (μέχρι 45%).

Για την ικανοποιητική αφυδάτωση, συνήθως απαιτείται χημική προετοιμασία. Η κατανάλωση ενέργειας κυμαίνονται μεταξύ 30 και 40 kWh/t DS. Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μεθόδων αφυδάτωσης παρουσιάζονται συνοπτικά στο πίνακα της παρακάτω σελίδας



Μέθοδος - Σύστημα	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<b>Κλίβες ξήρανσης</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Εύκολη και απλή λειτουργία</li> <li>Χαμηλό λειτουργικό κόστος</li> <li>Προσαρμόζονται εύκολα σε μικρές εγκαταστάσεις</li> <li>Το τελικό προϊόν μπορεί να έχει μεγάλη περιεκτικότητα ξηρών στερεών</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Μεγάλη απαίτηση χώρου</li> <li>Η απόδοση εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες</li> <li>Πιθανότητα οσμών</li> <li>Απαίτηση εργατικού δυναμικού</li> </ul>
<b>Αφυδάτωση με φυγοκέντριση</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Συνεχής λειτουργία</li> <li>Συμπαγής μονάδα</li> <li>Δυνατή η αυτοματοποίηση</li> <li>Μικρή απαίτηση χώρου</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Συντήρηση από εξειδικευμένο προσωπικό</li> <li>Θόρυβος</li> <li>Μεγάλη κατανάλωση ενέργειας</li> <li>Μεγάλο κόστος επένδυσης</li> </ul>
<b>Αφυδάτωση με ταινιοφιλτρόπρεσα</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Συνεχής και απλή λειτουργία</li> <li>Μέτριο κόστος επένδυσης</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Απαραίτητη η συνεχής παρακολούθηση</li> <li>Κατανάλωση νερού για πλύση</li> <li>Αναγκαία η χρήση κροκιδωτικών</li> </ul>
<b>Αφυδάτωση με Φιλτρόπρεσα</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Μεγάλη μείωση της περιεκτικότητας σε νερό</li> <li>Δυνατή η αυτοματοποίηση</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ασυνεχής λειτουργία</li> <li>Απαραίτητη η συνεχής παρακολούθηση</li> <li>Κατανάλωση ανόργανων χημικών</li> <li>Υψηλό κόστος επένδυσης</li> </ul>

Πίνακας 2.4

#### 2.4 Παραγόμενες ποσότητες βιοστερεών

Η ποσότητα βιοστερεών που παράγονται από μια συγκεκριμένη εγκατάσταση επεξεργασίας, είναι συνήθως δύσκολο να μετρηθεί με μεγάλη ακρίβεια όμως, το τελευταίο καιρό, μελέτες έχουν δείξει ότι ο βαθμός παραγωγής βιοστερεών ανά μονάδα πληθυσμού για τα διαφορετικά στάδια επεξεργασίας είναι δυνατόν να προβλεφθεί. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις τυπικές τιμές (και τις τυπικές διακυμάνσεις) της παραγωγής των διαφορετικών τύπων των ιλύων. Η πραγματική κατά κεφαλή παραγωγή εξαρτάται από το βαθμό επεξεργασίας (πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια ή τριτοβάθμια), την αναλογία και το περιεχόμενο ενδεχόμενων βιομηχανικών αποβλήτων και τη μέθοδο κατά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία. Κατά τη μέθοδο της ενεργού ιλύος παράγονται κατά κανόνα έως και 50% περισσότερα βιοστερεά στη δευτεροβάθμια επεξεργασία απ' ό,τι στα βιολογικά φίλτρα. Η ενεργός ιλύς επεξεργάζεται πιο δύσκολα καθώς «αντιστέκεται» στη χώνευση και είναι πιο δύσκολη η αφυδάτωση της.

Τυπικές ετήσιες παραγόμενες ποσότητες (και τυπικές διακυμάνσεις) ανεπεξέργαστης  
ιλύος ανά άτομο

<b>Στάδιο Επεξεργασίας</b>	<b>Ετήσια ποσότητα Ξηρών στερεών (Kg/άτομο/έτος) Μέση τιμή και διακύμανση</b>
Πρωτοβάθμια	19 (16-21)
Δευτεροβάθμια	11 (8-13)*
Τριτοβάθμια	2** (1-3)
<b>Σύνολο</b>	<b>32 (25-37)</b>

Πίνακας 2.5

\* Η ποσότητα των δευτεροβάθμιων στερεών διαφέρει ανάλογα με το τύπο επεξεργασίας

\*\* Η ποσότητα μπορεί να είναι αρκετά μεγαλύτερη όπου πραγματοποιείται απομάκρυνση του φωσφόρου με χημική επεξεργασία

## 2.5 Σύσταση Βιοστερεών

Η ιλύς, όπως σχηματίζεται αρχικά, είναι ένα σύνθετο και πολύ ασταθές μίγμα οργανικών και ανόργανων ουσιών με μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό. Η πρωτοβάθμια ιλύς περιέχει ένα υψηλό ποσοστό ανθρώπινου περιττωματικού υλικού και κατά συνέπεια η ανεπεξέργαστη πρωτοβάθμια ιλύς θα περιλαμβάνει διάφορους παθογόνους μικροοργανισμούς του συμβαλλόμενου πληθυσμού. Ανάλογα με τη προέλευση των αρχικών λυμάτων, η πρωτοβάθμια ιλύς μπορεί ακόμα να περιέχει παράσιτα και παθογόνους μικροοργανισμούς ζώων και φυτών. Η ιλύς του δεύτερου σταδίου βιολογικού καθαρισμού είναι λιγότερο πιθανό να έχει την ίδια περιεκτικότητα σε παθογόνα με τη πρωτοβάθμια ιλύ όμως δε μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι και εντελώς απαλλαγμένη από τους παθογόνους μικροοργανισμούς.

Στην ακατέργαστη μορφή τους τα βιοστερεά γίνονται γρήγορα αρκετά δύσσομα και επομένως αποτελούν ένα υλικό έντονης αποστροφής για τους περισσότερους

ανθρώπους. Μέχρι πρόσφατα σε πολλές χώρες, σημαντικές ποσότητες βιοστερεών χρησιμοποιούνταν σε καλλιεργήσιμο έδαφος σε αυτή την (ανεπεξεργαστη) μορφή, όμως για την αποτροπή των ενοχλητικών οσμών, εγγέονταν κάτω από τη επιφάνεια του εδάφους ή θαβόντουσαν. Αυτή η πρακτική έχει σταματήσει στις περισσότερες χώρες της ΕΕ και η επεξεργασία των βιοστερεών είναι πλέον απαραίτητη αν αυτά πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στη γεωργία. Με αυτή την επεξεργασία για το περιορισμό των οσμών και των παθογόνων μικροοργανισμών (π.χ. με αναερόβια χώνευση ή άλλες μορφές σταθεροποίησης), παράγονται υλικά που είναι περισσότερο αποδεκτά για χρήση στο έδαφος. Το τελευταίο καιρό αρχίζει και γίνεται συνήθεια να αποκαλούνται τα υλικά αυτά ως «βιοστερεά» με τη πρόθεση ο όρος αυτός να παρουσιάσει μια βελτιωμένη «εικόνα» και να βοηθήσει στην αποδοχή του κοινού για τη χρήση τους στη γεωργία αλλά και για να τη διαφοροποιήσει στο μυαλό των αγροτών και εκείνων που δουλεύουν μ' αυτά.

Τα βιοστερεά μπορεί να περιέχουν επικίνδυνα χημικά συστατικά προερχόμενα και από οικιακές αλλά και από βιομηχανικές πηγές. Οι περιβαλλοντικοί και για την ανθρώπινη υγεία κίνδυνοι, που εμφανίζονται με τη παρουσία τους στα βιοστερεά έχουν ερευνηθεί εκτεταμένα. Η συνεισφορά των οικιακών λυμάτων σε μερικά χημικά στοιχεία είναι σημαντική ειδικότερα του χαλκού από τις σωληνώσεις και του ψευδαργύρου από τα καλλυντικά αν και τα στοιχεία σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις αποτελούν και απαραίτητα συστατικά για την ανάπτυξη των καλλιεργειών.

Κατά τα τελευταία έτη, υπάρχει μια αυξανόμενη προσοχή σε δυνητικά επιβλαβή ίχνη οργανικών ενώσεων (π.χ. PCBs, διοξίνες και PAHs). Μερικές από τις χώρες της Ευρώπης έχουν υιοθετήσει κάποια πρότυπα για τους οργανικούς ρύπους που περιέχονται στα βιοστερεά και προορίζονται για γεωργική χρήση αλλά δεν υπάρχει κάποια σταθερή προσέγγιση και σαφής διαχωρισμός των ρύπων με αριθμητικά όρια.

Κάποια όμως από τα συστατικά των βιοστερεών είναι δυνητικά ωφέλιμα. Το άζωτο και ο φώσφορος αποτελούν βασικά θρεπτικά συστατικά για τα φυτά και βρίσκονται και τα δύο σε ικανές συγκεντρώσεις στα βιοστερεά όπου τα καθιστούν χρήσιμα για γεωργικούς σκοπούς και αντίστοιχης αξίας με τα ζωικά λιπάσματα και τις λάσπες. Τα βιοστερεά περιέχουν επίσης ποσότητες δευτερευόντων θρεπτικών συστατικών για την ανάπτυξη των φυτών, όπως το ασβέστιο, το μαγνήσιο και το θείο, όπως και ένα ευρύ φάσμα απαραίτητων ιχνοστοιχείων.

Η οργανική ύλη στα βιοστερεά κυμαίνεται συνήθως κοντά στο 60% του ξηρού περιεχομένου τους και η προσθήκη της σε καλλιεργήσιμα εδάφη αυξάνει την ικανότητα του χώματος διατήρησης του νερού, βελτιώνει τη δομή του εδάφους και θρέφει τη μικροβιακή βιομάζα. Αυτά τα σημαντικά οφέλη της οργανικής ύλης καθιστούν τα εδάφη λιγότερο ευάλωτα στη διάβρωση και αυξάνουν την διηθητική τους ικανότητα, χαρακτηριστικά πολύ σημαντικά για τη προστασία τους από τα ακραία καιρικά φαινόμενα. Η στρατηγική της ΕΕ για τη προστασία των εδαφών επισημαίνει τη σημασία διαφύλαξης του οργανικού περιεχομένου των εδαφών.

Το κύριο συστατικό όλων των βιοστερεών και των ιλύων γενικότερα, όπως αυτές σχηματίζονται αρχικά, είναι το νερό (95-99% κατά βάρος). Η μείωση του όγκου τους με αφυδάτωση είναι ένας σημαντικός λειτουργικός στόχος στις περισσότερες περιπτώσεις, για τη μείωση του κόστους μεταφοράς και διαχείρισης. Τα στερεά είναι εκ φύσεως έντονα υδρόφιλα γεγονός που σημαίνει ότι πολλές φορές απαιτούνται χημικά πρόσθετα ή η χρήση ειδικού εξοπλισμού αφυδάτωσης.

### 2.5.1 Οργανικό περιεχόμενο

Η οργανική ύλη χρησιμοποιείται κυρίως για τη βελτίωση των εδαφών. Γνωστά οφέλη της εφαρμογής οργανικής ύλης στο έδαφος είναι η βελτίωση των φυσικών χαρακτηριστικών του εδάφους, όπως η δομή ή αύξηση της συνοχής και της κατακράτησης ανόργανων συστατικών και νερού.

Η διάσπαση της οργανικής ύλης μπορεί επίσης να αυξήσει τη περιεκτικότητα του εδάφους σε συστατικά γεωργικής αξίας (όπως άζωτο, θείο, Μαγνήσιο κ.α.) τα οποία απελευθερώνονται πιο αργά απ' ό,τι με τα οργανικά λιπάσματα και άρα είναι διαθέσιμα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα κατά τη καλλιέργεια (ADAS, 1999). Τέλος, η οργανική ύλη αποτελεί ενεργειακή πηγή για τους μικροοργανισμούς που ζουν στο έδαφος και άρα η διασπορά της ιλύος μπορεί να προκαλέσει μια αύξηση στο πληθυσμό και στη δραστηριότητα τους.

Η οργανική ύλη της ιλύος κυρίως αποτελείται από διαλυτά συστατικά όπως, όπως υδρογονάνθρακες, αμινοξέα και μικρές πρωτεΐνες ή λιπίδια. Η περιεκτικότητα της στην ιλύ των αστικών λυμάτων είναι αρκετά υψηλή (συνήθως πάνω από 50% του

στερεού περιεχομένου) αλλά διαφέρει ανάλογα με το είδος της επεξεργασίας που πραγματοποιείται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας των λυμάτων. Η συγκέντρωση του οργανικού υλικού μπορεί για παράδειγμα να μειωθεί κατά την επεξεργασία με άσβεστο ή διάφορα άλλα άλατα. Ο παρακάτω πίνακας συγκρίνει το περιεχόμενο της οργανικής ύλης των αστικών λυμάτων με άλλα αστικά απόβλητα και με τη ζωική κοπριά.

Περιεκτικότητα οργανικής ύλης στην ιλύ των αστικών λυμάτων ανάλογα με το τύπο επεξεργασίας και σύγκριση με άλλα οργανικά απόβλητα και τη ζωική κοπριά

	Περιεκτικότητα οργανικής ύλης (% DM)
<b>Ιλύς από αστικά λύματα</b>	
Αερόβια χώνευση	60 - 70
Αναερόβια χώνευση	40 - 50
Θερμική επεξεργασία	< 40
Επεξεργασία με ασβέστη	< 40
Κομποστοποίηση	50 - 85
<b>Προϊόν κομποστοποίησης ιλύος</b>	40 - 60
<b>Προϊόν κομποστοποίησης άλλων οργανικών αποβλήτων</b>	30 - 60
<b>Ζωϊκή κοπριά</b>	45 - 85

Πίνακας 2.6

Εδώ θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι στη περίπτωση της κομποστοποίησης επηρεάζεται η προσθήκη σταθερής οργανικής ύλης στο τελικό προϊόν. Σε αυτό το προϊόν της κομποστοποίησης τα συστατικά της οργανικής ύλης απελευθερώνονται πιο αργά στο έδαφος μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο το περιεχόμενο άζωτο να περάσει στον υπόγειο υδροφόρο. Επίσης πιστεύεται ότι η κομποστοποιημένη ιλύς μπορεί να έχει σημαντικότερη επίδραση στα δομικά χαρακτηριστικά του εδάφους απ' ότι η μη κομποστοποιημένη.

### 2.5.2 Άζωτο και φώσφορος

Η περιεκτικότητα της ιλύος σε άζωτο και φώσφορο παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Περιεκτικότητα του αζώτου και του φωσφόρου στην ιλύ ύστερα από επεξεργασία αλλά και σε άλλα αστικά απορρίμματα και ζωική κοπριά

Μέθοδος επεξεργασίας	Ολικό Άζωτο	NH <sub>4</sub> -N	P
	[% DS]	[% DS]	[% DS]
Υγρή ιλύς <sup>(1)</sup>	1 ÷ 7	2 ÷ 70	0,9 ÷ 5,2
Ημι-στερεά ιλύς <sup>(2)</sup>	2 ÷ 5	<10	0,9 ÷ 5,2
Στερεά ιλύς <sup>(3)</sup>	1 ÷ 3,5	<10	0,9 ÷ 5,2
Κομποστοποιημένη ιλύς	1,5 ÷ 3	10 ÷ 20	0,2 ÷ 1,5
Κομπόστα απορριμμάτων	0,96		0,39
Φυτική κομπόστα	1 ÷ 2,4		0,04 ÷ 0,44
Κοπριά	4 ÷ 7	50 ÷ 70	0,9 ÷ 3,3

<sup>(1)</sup>: συγκέντρωση < 100 kg/m<sup>3</sup>

<sup>(2)</sup>: συγκέντρωση < 300 kg/m<sup>3</sup>

<sup>(3)</sup>: συγκέντρωση > 300 kg/m<sup>3</sup>

Πίνακας 2.7

Στην ιλύ το άζωτο βρίσκεται κυρίως σε οργανική μορφή και λιγότερο σε αμμωνιακή. Η επεξεργασία στην οποία υπόκειται η ιλύς μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τη περιεκτικότητα της σε άζωτο και φώσφορο. Συγκεκριμένα, καθώς το περισσότερο αμμωνιακό άζωτο βρίσκεται στην υγρή φάση της ιλύος, ένα σημαντικό μέρος του θα απομακρυνθεί κατά τα στάδια της πάχυνσης και της αφυδάτωσης. Η συγκέντρωση του περιεχομένου αζώτου στην ιλύ επηρεάζεται και από το στάδια επεξεργασίας των λυμάτων.

Δεδομένου ότι τα φυτά μπορούν να αφομοιώσουν μόνο το ανόργανο άζωτο, η γεωργική αξία της ιλύος προσδιορίζεται επιπλέον και από την τάση του οργανικού αζώτου να γίνεται ανόργανο. Η διαθεσιμότητα του αζώτου εξαρτάται από το είδος της ιλύος και κυμαίνεται μεταξύ 4% και 60 %. Γενικά η διαθεσιμότητα του αζώτου κατηγοριοποιείται ως εξής:

Κομποστοποιημένη ιλύς < Αναερόβια χωνεμένη ιλύς < Αερόβια χωνεμένη ιλύς

Οι διάφορες επεξεργασίες της ιλύος μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά τη διαθεσιμότητα του αζώτου, χωρίς όμως να ξέρουμε ακριβώς πόσο επηρεάζεται από τη κάθε μία από αυτές . Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την διαθεσιμότητα του αζώτου είναι: η θερμοκρασία, η υγρασία, το pH και η υφή του εδάφους, καθώς και συνθήκες διασποράς. Απώλεια αζώτου μπορεί να παρατηρηθεί με εξάτμιση της αμμωνίας ή με εκχύλιση των νιτρικών.

Ο φώσφορος γενικά βοηθά στην ανάπτυξη των φυτών , στη στερεότητα των κυτταρικών τοιχωμάτων και την ανάπτυξη του ριζικού τους συστήματος. Ο φώσφορος στην ιλύ βρίσκεται κυρίως σε ανόργανη μορφή. Ο ανόργανος φώσφορος αντιπροσωπεύει το 30 με 98% του συνολικού φωσφόρου ανάλογα με το τύπο της ιλύος. Όπως και στη περίπτωση του αζώτου η περιεκτικότητα του φωσφόρου στην ιλύ εξαρτάται από το είδος της επεξεργασίας της ιλύος και δεν είναι ανάλογη της ποσότητας του συνολικού φωσφόρου. Βέβαια, το ποσοστό του φωσφόρου στην ιλύ είναι πολύ υψηλότερο όταν έχει εφαρμοστεί συγκεκριμένη τριτοβάθμια επεξεργασία στην εγκατάσταση επεξεργασίας των λυμάτων. Τέλος, αντίθετα με το άζωτο η περιεκτικότητα του φωσφόρου στην ιλύ δεν μειώνεται ιδιαίτερα μετά από μακράς διάρκειας αποθήκευσης της ιλύος.

### 2.5.3 Άλλα συστατικά με γεωργική αξία

Πολύ χρήσιμα για την γεωργική παραγωγή και την ανάπτυξη των φυτών είναι και κάποια άλλα συστατικά που περιέχονται στην ιλύ όπως κάλιο, θείο, μαγνήσιο, νάτριο και ιχνοστοιχεία (π.χ. βόριο, κοβάλτιο, σελήνιο, ιώδιο), τα οποία ενδεχομένως εμφανίζονται στην ιλύ σε διαφορετικές μορφές (για παράδειγμα θειικό μαγνήσιο ή οξείδιο του μαγνησίου), και η επάρκειά τους στηρίζεται στην διαθεσιμότητα. Ωστόσο, η γεωργική αξία αυτών των συστατικών σε σχέση με την συγκέντρωσή τους στην ιλύ δεν είναι ικανοποιητικά τεκμηριωμένη στην βιβλιογραφία.

#### 2.5.4 Βαρέα μέταλλα

Τα βαρέα μέταλλα αποτελούν νομοθετικά ρυθμιζόμενη παράμετρο ποιότητας εκροών, τόσο στα επεξεργασμένα λύματα όσο και στην διαχωριζόμενη ιλύ. Δεν καταστρέφονται στις ΕΕΛ, αν και απομακρύνονται σε ποσοστό μέχρι και 90% από το υδατικό ρεύμα. Συγκεντρώνονται ως επί το πλείστον στην διαχωριζόμενη ιλύ.

Η μέση περιεκτικότητα των 7 πιο κοινών βαρέων μετάλλων στην ιλύ των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης παρουσιάζεται στο παρακάτω πίνακα (2.8):

#### Μέση περιεκτικότητα 7 βαρέων μετάλλων στην ιλύ των κρατών μελών της ΕΕ

	Οδηγία 86/278/EEC mg/kg DS	Εύρος τιμών στα κράτη μέλη mg/kg DS
<b>Cd</b>	20 – 40	0.4 – 3.8
<b>Cr</b>	1000 – 1750	16 - 275
<b>Cu</b>	1000 – 1750	39 - 641
<b>Hg</b>	16 – 25	0.3 - 3
<b>Ni</b>	300 – 400	9 - 80
<b>Pb</b>	750 – 1200	13 - 221
<b>Zn</b>	2500 – 4000	142 - 2000

Πίνακας 2.8

Σε όλες τις χώρες, οι μέσες περιεκτικότητες είναι καθαρά χαμηλότερες από τα όρια της οδηγίας 86/278/EEC. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι τιμές αυτές του πίνακα είναι και χαμηλότερες από τις οριακές τιμές που καθορίζουν οι εθνικές νομοθεσίες των κρατών.

Τα μέταλλα βρίσκονται στην ιλύ κυρίως σε μορφή αδιάλυτων θειούχων και ανθρακικών αλάτων ή συμπλοκών ιόντων, ή είναι ενσωματωμένα σε μικροοργανισμούς. Η υψηλή περιεκτικότητά τους στην ιλύ αποτελεί αποφασιστικό περιοριστικό παράγοντα στην χρήση της στην γεωργία (ή ως εδαφοβελτιωτικού γενικότερα), δεδομένου ότι μπορούν να προκαλέσουν βλάβη στα φυτά, και, μέσω της τροφικής αλυσίδας, σε ζώα και τον άνθρωπο. Ωστόσο, σε ορισμένα εδάφη, για



παράδειγμα σε εδάφη με έλλειψη χαλκού, η περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα της ιλύος μπορεί να διορθώσει την έλλειψη κάποιων στοιχείων.

Η βιοσυσσώρευση επηρεάζεται κατά πολύ από το pH των εδαφών, δεδομένου ότι τα μέταλλα επαναδιαλυτοποιούνται, σε όξινες συνθήκες. Αν το pH του εδάφους διατηρείται σε επίπεδα άνω του 6,5 η διαλυτοποίηση και απορρόφηση των μετάλλων από τα φυτά είναι μηδαμινή. Επισημαίνεται ότι η οξύτητα των εδαφών αυξάνει με την χρήση αζωτούχων λιπασμάτων, ενώ η προσθήκη ιλύος βοηθά στην διατήρηση του pH τους σε υψηλά επίπεδα. Δευτερεύουσα πηγή βαρέων μετάλλων στο ρεύμα της ιλύος αποτελεί η χημική κατεργασία της με μεταλλικά άλατα ή πολυηλεκτρολύτες κατά την προετοιμασία της για μηχανική αφυδάτωση.

Για μερικά στοιχεία όπως το κάδμιο και ο υδράργυρος οι τιμές των συγκεντρώσεων τους στην ιλύ είναι αρκετά ομοιογενής, μεταξύ 0.5 και 3.8 mg/Kg DS. Ωστόσο, για κάποια άλλα στοιχεία υπάρχουν μεγάλες διαφορές ανάμεσα στις Ευρωπαϊκές χώρες. Το γεγονός αυτό ίσως να οφείλεται στο διαφορετικό περιεχόμενο και επίπεδο της βιομηχανίας σε κάθε χώρα.

#### 2.5.5 Οργανικοί ρυπαντές

Μία μεγάλη ποικιλία οργανικών ενώσεων με διαφορετικές φυσικές και χημικές ιδιότητες μπορεί να παρουσιαστούν στην ιλύ. Οι ενώσεις αυτές μπορούν να επηρεάσουν το έδαφος, τα φυτά, την ανθρώπινη υγεία καθώς επίσης και το περιβάλλον.

Οι σημαντικότεροι οργανικοί ρυπαντές είναι οι εξής:

- PAHs -Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες
- PCBs- Πολυχλωριωμένα διφαινύλια
- PCDD/PCDF -Πολυχλωριωμένες δι-βενζοδιοξίνες και δι-βενζοφουράνια
- AOX – Σύνολο όργανο-αλογόνων συστατικών
- LAS -Άλατα των Αλκυλο-βενζο-σουλφονικών Οξέων με Γραμμική Αλυσίδα

- NP/NPE -Εννευλική Φαινόλη και Εννευλικές Φαινολικές Αιθοξυλομάδες
- DEHP- Εστέρες Φθαλικού Οξέος

Μέχρι σήμερα δεν υπάρχουν ικανοποιητικά δεδομένα από τα κράτη-μέλη που να αφορούν αυτούς τους ρυπαντές. Δεδομένου ότι στις περισσότερες περιπτώσεις δεν αναφέρονται στις εθνικές νομοθεσίες, καμία έρευνα που να περιγράφει το περιεχόμενο των οργανικών ρυπαντών στην ιλύ δεν εκτελείται τακτικά .

#### 2.5.6 Παθογόνοι μικροοργανισμοί

Οι διάφοροι τύποι της ιλύος που παράγονται σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων ποικίλουν μεταξύ τους τόσο στη ποιότητα όσο και στην ποσότητα του οργανικού και ανόργανου περιεχομένου τους, συμπεριλαμβανομένου των τύπων και των αριθμών των παθογόνων μικροοργανισμών που περιέχονται στην ιλύ. Η φύση των λυμάτων και ως εκ τούτου η λάσπη που παράγεται από αυτά, είναι λογικό να περιέχει εντερικά παθογόνα, τα οποία είναι κυρίως ανθρώπινης προέλευσης. Επίσης, η ιλύς των αστικών λυμάτων περιέχει διάφορους μικροοργανισμούς, κυρίως όταν πραγματοποιούνται οι βιολογικές επεξεργασίες. Η παρουσία των παθογόνων στην ιλύ σχετίζεται με το υγειονομικό επίπεδο του πληθυσμού και το είδος της βιομηχανίας της κάθε περιοχής. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί μπορεί να είναι ιοί, βακτήρια, πρωτόζωα ή διάφορα παράσιτα.

Τα βακτήρια μπορούν να πολλαπλασιαστούν οπουδήποτε, αρκεί να υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες γι' αυτά. Τα περισσότερα βακτήρια αδρανοποιούνται σε θερμοκρασίες πάνω από τους 70 0C, σε σύντομη χρονική περίοδο. Ωστόσο και χαμηλότερες θερμοκρασίες είναι εξίσου αποτελεσματικές όταν εφαρμόζονται για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα. Εντούτοις, ορισμένα βακτήρια έχουν την ιδιότητα να παράγουν ενδοσπόρια, όπως τα κλωστρίδια, οπότε απαιτούνται υψηλότερες θερμοκρασίες προκειμένου να επιτευχθεί η πλήρης θανάτωση αυτών. Τα παθογόνα βακτήρια των θηλαστικών αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες μεταξύ 35-40 0C, ενώ είναι δύσκολο να πολλαπλασιαστούν γρήγορα σε θερμοκρασίες μικρότερες των 25 0C. Για τον πολλαπλασιασμό τους χρειάζονται επίσης τις κατάλληλες θρεπτικές

ουσίες και νερό. Επειδή λοιπόν ο φυσικός βιότοπος αυτών των οργανισμών είναι το έντερο, οι θρεπτικές ουσίες δεν λείπουν από τα λύματα και την ιλύ.

Οι ιοί είναι ανίκανοι να πολλαπλασιαστούν έξω από τα ζωντανά κύτταρα ενός οργανισμού, αλλά μπορούν να επιβιώσουν κάτω από δυσμενείς συνθήκες. Τα παράσιτα από την άλλη πλευρά, έχουν την ιδιότητα να επιβιώνουν για μεγάλο χρονικό διάστημα. Κάποιοι σκώληκες όπως οι *Taenia* spp και *Ascaris* spp, έχουν εξελίξει τα αυγά τους ώστε να επιτύχουν τη μεταφορά τους από τον ένα οργανισμό στον άλλο. Συγκεκριμένα, τα αυγά του γένους *Ascaris* spp, μπορούν να επιβιώσουν μέχρι και τρία χρόνια κατά την αποθήκευση της ιλύος έως και εκατό μέρες στο έδαφος. Επίσης παθογόνα πρωτόζωα όπως τα γένη *Cryptosporidium* και *Giardia* έχουν εξελίξει ένα μηχανισμό κύστεων για τον ίδιο σκοπό. Αυτές οι δομές είναι εξαιρετικά ανθεκτικές στις πιέσεις το περιβάλλοντος. Εντούτοις, αυτοί οι οργανισμοί δεν μπορούν να αναπαραχθούν έξω από έναν κατάλληλο οργανισμό και αυτό σημαίνει ότι οι συγκεντρώσεις τους στην ιλύ είναι σχετικά χαμηλές.

### **3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο**

#### **Μέθοδοι Διάθεσης ιλύος**

##### 3.1 Εισαγωγή

Η ιλύς που παράγεται από τις μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων έχει μεγάλη υγρασία (75-85%), μικρή συνοχή (δεν επιτρέπει την απόθεση σε μεγάλους σωρούς) και χαρακτηρίζεται από δυσάρεστη οσμή. Περιέχει οργανικές ουσίες, θρεπτικά συστατικά βαρέα μέταλλα (κατά περιοχές) και παθογόνους μικροοργανισμούς. Η διαχείριση της ιλύος περιλαμβάνει τη συλλογή, μεταφορά, επεξεργασία και διάθεση αυτής με στόχο την ελάττωση του όγκου, την αποδόμηση των οργανικών ουσιών, τη μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών και την προστασία του γεωπεριβάλλοντος.

Επειδή οποιαδήποτε από τις υπάρχουσες μεθόδους διαχείρισης της ιλύος υπάρχει κίνδυνος και να συνοδευτεί από σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις όπως αέριες εκπομπές, ρύπανση του εδάφους και των υδάτων (υπόγειων και επιφανειακών), απαιτείται προσεκτική και ολοκληρωμένη διαχείριση, μετά από την κατάλληλη

επεξεργασία που περιγραφικέ στο προηγούμενο κεφάλαιο. Ορισμένα συστατικά που περιέχονται στην ιλύ, όπως π.χ. οργανικά, άζωτο, φώσφορος, κάλιο και ασβέστιο μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν, ενώ άλλα συστατικά, όπως π.χ. τα βαρέα μέταλλα και παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι «ρυπαντές» και η παρουσία τους κάνει επιτακτική την ανάγκη για ασφαλή και περιβαλλοντικά αποδεκτή διάθεση στο περιβάλλον.

Οι κυριότερες μέθοδοι διάθεσης της ιλύος στις διάφορες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι σήμερα η γεωργική αξιοποίηση, η καύση και η υγειονομική ταφή. Σε μικρότερο ποσοστό η επεξεργασμένη ιλύς μπορεί να διατεθεί σε δάση, σε κήπους αλλά και για την αποκατάσταση εδαφών.

### 3.2 Χρησιμοποίηση της ιλύος για γεωργικούς σκοπούς

Η διάθεση της ιλύος στο έδαφος είναι μια μέθοδος ανακύκλωσης των συστατικών της με γεωργική αξία. Από την κεντρική συλλογή και επεξεργασία των λυμάτων παράγεται μια υπολειμματική ιλύς η οποία χρειάζεται να διαχειριστεί με ασφάλεια και να διατεθεί με έναν όσο το δυνατόν οικονομικό τρόπο. Η εφαρμογή της ιλύος σε γεωργική γη είναι η κύρια μέθοδος άντλησης μιας ευεργετικής χρήσης της ιλύος με την ανακύκλωση των φυτικών συστατικών και της οργανικής ύλης στο έδαφος για την ανάπτυξη των καλλιεργειών. Η γεωργική αξιοποίηση αποτελεί επίσης και μια μέθοδο χαμηλού κόστους για την απόθεση της ιλύος, αλλά είναι απαραίτητο η ανακύκλωση της ιλύος στην γεωργία να ελέγχεται έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται τα πιθανά περιβαλλοντικά προβλήματα.

Από τη βιολογική επεξεργασία των αστικών λυμάτων παράγεται ιλύς με ξηρά ουσία περίπου 25-30%, πλούσια σε χουμικά συστατικά και με περιεκτικότητα σε άζωτο και φώσφορο που φθάνει το 1,5-7,5% και 0,75-6,0% αντίστοιχα. Η περιεκτικότητα της ιλύος σε άζωτο και φώσφορο είναι κυρίως αποτέλεσμα των φάσεων νιτροποίησης - απονιτροποίησης κατά τα στάδια επεξεργασίας των λυμάτων. Το γεγονός αυτό προσδίδει στην ιλύ σημαντικά πλεονεκτήματα για τη χρήση της στη γεωργία ως λίπασμα, καθώς αυτά τα στοιχεία που περιέχει η ιλύς είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών. Όλα τα είδη της ιλύος (υγρή, ημι-στερεή, στερεή και ξηραμένη ιλύς) μπορούν να εφαρμοστούν στο έδαφος. Ωστόσο, η χρήση κάθε είδους

εμπεριέχει πρακτικούς περιορισμούς στην αποθήκευση, μεταφορά και στη μέθοδο εφαρμογής.

Κρίσιμη όμως παράμετρο για τη χρήση της ιλύος στην γεωργία αποτελεί η περιεκτικότητα της σε βαρέα μέταλλα. Τα τελευταία δεν καταστρέφονται στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων και συγκεντρώνονται ως επί το πλείστον στην ιλύ. Τα μέταλλα βρίσκονται στην ιλύ κυρίως σε μορφή αδιάλυτων θειούχων και ανθρακικών αλάτων ή συμπλοκών ιόντων, ή είναι ενσωματωμένα σε μικροοργανισμούς.

Στην οδηγία 86/278/EEC καθορίζονται οι οριακές τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στην επεξεργασμένη ιλύ που προορίζεται να διατεθεί στο έδαφος. Οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων δε πρέπει να ξεπερνούν τις προβλεπόμενες, εξαιτίας της τοξικότητας τους τόσο για τον άνθρωπο όσο και για τα φυτά. Επισημαίνεται επίσης ότι, σύμφωνα με το τρίτο σχέδιο Αναθεώρησης της Οδηγίας οι οριακές τιμές που καθορίζονται για τις συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στην ιλύ και στο έδαφος είναι σημαντικά μικρότερες από τις υφιστάμενες.

Ορισμένα βαρέα μέταλλα, όπως ο χαλκός, ο ψευδάργυρος και το νικέλιο προκαλούν φυτοτοξικότητα. Εξάλλου, το κάδμιο μπορεί να δημιουργήσει σημαντικούς κινδύνους στην δημόσια υγεία, αφού λόγω της μικρής προσροφητικότητας του στο έδαφος είναι δυνατή η συσσώρευσή του στην φυτική μάζα, με αποτέλεσμα την είσοδό του στην τροφική αλυσίδα. Η βιοσυσσώρευση επηρεάζεται κατά πολύ από το pH των εδαφών, δεδομένου ότι τα μέταλλα επαναδιαλυτοποιούνται, σε όξινες συνθήκες. Αν το pH του εδάφους διατηρείται σε επίπεδα άνω του 6,5 η διαλυτοποίηση και απορρόφηση των μετάλλων από τα φυτά είναι μηδαμινή.

Επισημαίνεται ότι η οξύτητα των εδαφών αυξάνει με την χρήση αζωτούχων λιπασμάτων, ενώ η προσθήκη ιλύος βοηθά στην διατήρηση του pH τους σε υψηλά επίπεδα.

Σε ότι αφορά τους παθογόνους μικροοργανισμούς, στην αναθεώρηση της οδηγίας 86/278/EE τίθενται περιορισμοί ως προς το μικροβιακό φορτίο της ιλύος που προορίζεται για γεωργική αξιοποίηση και ειδικότερα καθορίζονται δύο κατηγορίες ιλύος:

1. Ιλύς που έχει υποστεί προηγμένη επεξεργασία:

- Σαλμονέλα: 0/50 gr DS
- Ελάχιστη μείωση *Escherichia coli* 6log10

2. Ιλύς που έχει υποστεί συμβατική επεξεργασία:

- Ελάχιστη μείωση *Escherichia coli* 2log10

Κατά γενικό κανόνα μια είναι η διαφορά που υπάρχει ανάμεσα στη συμβατική και προηγμένη επεξεργασία της ιλύος. Η συμβατική επεξεργασία περιλαμβάνει σταθεροποίηση (με σκοπό την μείωση της βιοδιασπασιμότητας) και απομάκρυνση μέρους της υγρασίας (με σκοπό και τη μείωση του μεταφορικού κόστους) ενώ η προηγμένη επεξεργασία περιλαμβάνει επιπλέον και την απολύμανση της ιλύος (με σκοπό την αποφυγή κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία).

Οι περιορισμοί για το μικροβιακό φορτίο της λάσπης πρέπει να είναι ιδιαίτερα αυστηροί όταν εγκυμονεί σοβαρός κίνδυνος για την υγεία του καταναλωτή. Η επιβίωση των παθογόνων μικροοργανισμών που αποτίθεται στο έδαφος μέσω της επεξεργασμένης ιλύος, είναι μικρότερη το καλοκαίρι από το χειμώνα, σε εδάφη με όξινο pH από τα αλκαλικά εδάφη, σε περιόδους με ξηρασία από τις υγρές εποχές, στην επιφάνεια του εδάφους από τα βαθύτερα στρώματα, σε εδάφη με έντονο ανταγωνισμό από στείρα εδάφη, σε εδάφη με λίγες οργανικές ουσίες από πλούσια εδάφη σε θρεπτικά συστατικά. Ο μηχανισμός απομάκρυνσης των ιών φαίνεται να είναι κυρίως η προσρόφηση τους από στοιχεία του εδάφους. Ορισμένοι τύποι εδάφους όπως τα πηλώδη εδάφη έχουν μεγαλύτερη προσροφητική ικανότητα από άλλα, όπως τα αμμώδη.

Μια ακόμη προϋπόθεση που θα πρέπει να εξασφαλίζεται πριν τη γεωργική εφαρμογή της ιλύος είναι η προστασία επιφανειακών και υπόγειων νερών. Αξιοσημείωτο είναι ότι η ελεγχόμενη χρήση της ιλύος στη γεωργία στη πραγματικότητα συμβάλλει στη προστασία των επιφανειακών νερών διότι η οργανική ύλη που περιέχεται στην ιλύ ενισχύει τη δημιουργία δεσμών μεταξύ των κόκκων του

εδάφους και βελτιώνει τη δομή του. Έτσι όσο καλύτερη είναι η δομή του εδάφους τόσο μεγαλύτερη είναι η αντοχή του απέναντι στην ανεπιθύμητη διάβρωση. Επιπλέον, η προσθήκη ιλύος αυξάνει την ικανότητα του εδάφους να κατακρατεί το νερό. Σε ότι αφορά τη προστασία των υπόγειων υδάτων, αξίζει να αναφερθεί ότι η χρήση ιλύος στη γεωργική γη εγκυμονεί κινδύνους ρύπανσης αυτών από νιτρικά.

Τέλος μια βασική ενόχληση που μπορεί να προκληθεί κατά την εφαρμογή ιλύος στη γεωργική γη, αφορά τις δυσοσμίες. Αιτία των δυσοσμιών είναι η βιολογική δράση στη μάζα της ιλύος. Ωστόσο, επισημαίνεται ότι με την απαιτούμενη επεξεργασία για τη μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών, αδρανοποιείται το μεγαλύτερο ποσοστό των οργανικών, με αποτέλεσμα στη περίπτωση της προηγμένης επεξεργασίας να είναι σχεδόν απίθανο να εμφανιστεί ανάπτυξη δυσοσμιών.

Συνοπτικά, για τη διάθεση της ιλύος στη γεωργία θα πρέπει να εξασφαλίζονται τα παρακάτω:

- Περιορισμένη εισαγωγή βαρέων μετάλλων στην αγροτική γη,
- Χαμηλή συγκέντρωση συνθετικών οργανικών ενώσεων στην ιλύ,
- Ελάχιστη έως μηδενική έκθεση σε παθογόνους μικροοργανισμούς,
- Προστασία των υπογείων και επιφανειακών υδάτων από την διασπορά της ιλύος στην επιφάνεια
- Η μη δημιουργία ενοχλητικών συνθηκών (π.χ. από δυσοσμίες).

Για την γεωργική αξιοποίηση της ιλύος έχει γίνει εκτενής αναφορά στην οδηγία 86/278/EEC της οποίας βασική αρχή είναι η προστασία του εδάφους από τη παρουσία «ανεπιθύμητων» στοιχείων. Η οδηγία αυτή επί του παρόντος βρίσκεται υπό αναθεώρηση με σκοπό να θεσπίσει πιο αυστηρά όρια (Fytily and Zabaniotou, 2006). Οι αλλαγές που μπορεί να γίνουν αφορούν κυρίως την υποχρεωτική επεξεργασία της ιλύος πριν τη χρησιμοποίησή της και τη καθιέρωση χαμηλότερων ορίων στο περιεχόμενο των βαρέων μετάλλων, αλλά και την εισαγωγή κάποιων νέων κριτηρίων (περιεχόμενα PAHs). Αυτή όμως η προληπτική προσέγγιση μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα να τεθούν πολύ αυστηρά όρια για τα πιθανόν τοξικά στοιχεία και τα ίχνη των οργανικών ρυπαντών για τη γεωργική χρήση της ιλύος και να δημιουργήσουν έτσι ένα είδος συναγερμού ανάμεσα στους αγρότες.

Το νομοθετικό σύστημα στην Ευρώπη για τη γεωργική χρήση της ιλύος έχει βασιστεί πάνω σε έρευνες που έχουν καθορίσει τα όρια συγκεντρώσεως πιθανόν τοξικών στοιχείων στα εδάφη για τη προστασία της ανθρώπινης υγείας και την ανάπτυξη των καλλιεργειών αλλά και σε έρευνες για πρακτικές διαχείρισης και επεξεργασίας της ιλύος έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι κίνδυνοι μόλυνσης από τους παθογόνους μικροοργανισμούς που βρίσκονται στην ιλύ.

Παρόλα όμως τα νομοθετήματα κάποιες ανησυχίες παραμένουν για τη πρακτική της εφαρμογής της ιλύος σε γεωργική γη. Συγκεκριμένα, τα όρια για τα πιθανώς τοξικά στοιχεία έχουν δεχθεί κριτική επειδή δε φαίνεται να υπολογίζουν πιθανές επιδράσεις για τη μακροπρόθεσμη ευφορία των εδαφών. Επιπλέον, οι επιπτώσεις για την ανθρώπινη υγεία από τη ρύπανση της ιλύος με οργανικούς ρυπαντές καθιστούν την αποδοχή της γεωργικής ανακύκλωσης από το κοινό εξαιρετικά δύσκολη.

Έτσι θα μπορούσαμε να πούμε ότι η αξιοποίηση της ιλύος στη γεωργία αντιμετωπίζει διάφορα κοινωνικά και τεχνικά εμπόδια. Τα τελευταία υφίστανται λόγω του γεγονότος ότι η ιλύς παράγεται καθ' όλη την διάρκεια της χρονιάς ενώ η εφαρμογή της σε γεωργική γη πραγματοποιείται μία ή δύο φορές το χρόνο και ως αποτέλεσμα η ιλύς θα πρέπει να αποθηκεύεται. Επιπλέον, για το περιεχόμενο της ιλύος σε συγκεκριμένα στοιχεία πρέπει να εφαρμόζονται ρητά οι κανονισμοί οι οποίοι όμως είναι πολλές φορές αρκετά περίπλοκοι.

Επί προσθέτως, η κοινωνική αποδοχή παραμένει η «μαύρη τρύπα» στην υπόθεση της ιλύος και την αξιοποίηση της στη γεωργία. Η ανάπτυξη της ανακύκλωσης της ιλύος στη γεωργία σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την ενδεχόμενη βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των ιλύων έτσι ώστε να γίνει πιο σίγουρη η αποδοχή από το κοινό. Το γεγονός ότι η συζήτηση για τη διάθεση και ανακύκλωση της ιλύος μεγαλώνει συνεχώς στην Ευρώπη, δείχνει ότι η αποδοχή της ιλύος στη γεωργία είναι παράμετρος ζωτικής σημασίας για τη σχέση των αγροτών με τις βιομηχανίες τροφίμων και τους καταναλωτές.



### 3.3 Υγειονομική Ταφή

Μέχρι σήμερα η υγειονομική ταφή αποτελεί την πιο διαδεδομένη μέθοδο διάθεση της ιλύος που παράγεται από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων στον ελλαδικό χώρο. Στο άμεσο μέλλον όμως, επιβάλλεται να υπάρξει περιορισμός αυτής της μεθόδου, όπως άλλωστε προβλέπεται από την εφαρμογή της Ευρωπαϊκής οδηγίας σχετικά με την υγειονομική ταφή αποβλήτων (Οδηγία 1999/31/ΕΕ), που έχει ενσωματωθεί στο εθνικό δίκαιο. Σύμφωνα με τη παραπάνω οδηγία, θα πρέπει τα βιοαποικοδομήσιμα αστικά απόβλητα που προορίζονται για διάθεση σε Χ.Υ.Τ.Α. να μειωθούν:

1. μέχρι την 16η Ιουλίου 2010 στο 75% της συνολικής ποσότητας αυτών που είχαν παραχθεί το 1995,
2. μέχρι την 16η Ιουλίου 2013 στο 50% της συνολικής ποσότητας αυτών που είχαν παραχθεί το 1995 και
3. μέχρι την 16η Ιουλίου 2020 στο 35% της συνολικής ποσότητας αυτών που είχαν παραχθεί το 1995.

Λαμβάνοντας υπόψη τα ανωτέρω, γίνεται εμφανές ότι στο άμεσο μέλλον η λύση της υγειονομικής ταφής μπορεί να επιλέγεται μόνο όταν δεν υπάρχει άλλος εναλλακτικός τρόπος διάθεσης, με τη προϋπόθεση του σωστού σχεδιασμού του Χ.Υ.Τ.Α. (στεγανότητα, ανακυκλοφορία στραγγιδίων, έντεχνο χειρισμό βιοαερίου κτλ.). Η διάθεση ιλύος σε Χ.Υ.Τ.Α. δεν βλάπτει τη λειτουργία των Χ.Υ.Τ.Α., αντίθετα είναι πολύ πιθανόν ότι την ωφελεί, αφού επιταχύνει τις βιολογικές διεργασίες σταθεροποίησης της.

Οι εισροές σε έναν Χ.Υ.Τ.Α. περιλαμβάνουν τα απορρίμματα και την ιλύ επεξεργασμένων λυμάτων ενώ επιπροσθέτως απαιτείται η χρήση καυσίμων, οχημάτων, ηλεκτρικής ενέργειας και πρόσθετα μέτρα και υλικά για την επεξεργασία των στραγγισμάτων, καθώς επίσης για την συλλογή και ενδεχόμενη αξιοποίηση του βιοαερίου. Οι εκροές από έναν Χ.Υ.Τ.Α. περιλαμβάνουν στραγγίσματα, βιοαέριο και παραγωγή ενέργειας, όταν πραγματοποιείται ανάκτηση του βιοαερίου. Αποτέλεσμα

της υγειονομικής ταφής απορριμμάτων και ιλύος είναι οι εκπομπές στον αέρα, στο έδαφος και στα νερά.

Πέρα από τον περιορισμό σχετικά με τη διάθεση βιοαποικοδομήσιμων αποβλήτων σε Χ.Υ.Τ.Α., η ιλύς που πρόκειται να διατεθεί σε Χ.Υ.Τ.Α. θα πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις της νομοθεσίας για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων (Κ.Υ.Α. 29407/3508/2002, Κ.Υ.Α. 50910/2727/2003, οδηγία 1999/31/ΕΕ και οδηγία 2003/33/ΕΕ).

Στην ελληνική νομοθεσία δεν τίθενται περιορισμοί ως προς τα μηχανικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων, που διατίθενται σε Χ.Υ.Τ.Α.. Ανεξάρτητα λοιπόν από το ισχύον νομικό πλαίσιο, η διάθεση ιλύος σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων είναι εφικτή υπό την προϋπόθεση ότι θα έχει επαρκή μηχανικά χαρακτηριστικά για την ασφαλή διάθεση της.

Εδώ θα πρέπει να πούμε ότι υπάρχουν δύο τρόποι υγειονομικής ταφής της ιλύος: η μονό-διάθεση όταν ο Χ.Υ.Τ.Α. χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την διάθεση ιλύος από την επεξεργασία λυμάτων και συν-διάθεση όταν ο Χ.Υ.Τ.Α. χρησιμοποιείται και για την διάθεση απορριμμάτων.

Στη μονό-διάθεση περιοριστικός παράγοντας είναι η περιεκτικότητα της ιλύος σε νερό, δεδομένου ότι δημιουργούνται προβλήματα στην ευστάθεια των πρανών, τόσο κατά την απόθεση όσο και κατά την συμπύκνωση της ιλύος. Συνήθως η συγκέντρωση της ιλύος πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 35%.

Με την συν-διάθεση της ιλύος με στερεά απόβλητα, η ιλύς αντιπροσωπεύει το 20% έως 25% του συνολικού όγκου του προς διάθεση υλικού. Στη περίπτωση αυτή δεν υπάρχουν οι ίδιοι περιορισμοί ως προς την περιεκτικότητα της ιλύος σε υγρασία, ωστόσο ο χειρισμός της παραμένει δύσκολος στη περίπτωση που η συγκέντρωση της αφυδατωμένης ιλύος είναι μικρότερη του 35% σε στερεά.

Για τη βελτίωση των μηχανικών χαρακτηριστικών της αφυδατωμένης ιλύος δύναται να εφαρμοστούν οι παρακάτω μέθοδοι βελτίωσης:

- ανάμιξη με εδαφικά υλικά και
- ανάμιξη με άνυδρο ή σβησμένο ασβέστη.

Η ιλύς μετά από κομποστοποίηση ή ξήρανση έχει ικανοποιητικά μηχανικά χαρακτηριστικά για διάθεση σε Χ.Υ.Τ.Α., ωστόσο είναι πλούσια σε βιοδιασπώμενες ύλες και σύμφωνα με την νομοθεσία θα πρέπει να αποφεύγεται η διάθεση της. Στην υποενότητα που ακολουθεί γίνεται αναλυτική περιγραφή της μεθόδου της κομποστοποίησης της ιλύος που παράγεται από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων.

Τέλος, η επιλογή της κατάλληλης θέσης για τη διάθεση της ιλύος στο έδαφος πρέπει να συνεκτιμά τη συγκέντρωση αυτής σε ρυπαντές, σε βαρέα μέταλλα, σε θρεπτικά συστατικά, καθώς και τη χρήση γης (δασική, γεωργική κ.λπ.). Κατάλληλες περιοχές είναι αυτές με μεγάλο βάθος της στάθμης του υπόγειου νερού και αλκαλικά εδάφη ( $pH > 6,5$ ) με ικανοποιητική στράγγιση. Η παρουσία καρστικών μορφών επιβάλλει λεπτομερέστερο έλεγχο για την απόρριψη της ιλύος. Τέλος, οι περιοχές απόθεσης πρέπει να ικανοποιούν τα μέτρα προστασίας των υδροληπτικών έργων και πηγών και να είναι μακριά από οικιστικές περιοχές για τη μη όχληση των κατοίκων.

### 3.4 Καύση

Σκοπός της καύσης και γενικά των θερμικών διεργασιών είναι η ελάττωση του όγκου της ιλύος, η μετατροπή της σε υλικά μη επιβλαβή για την υγεία του ανθρώπου και η κατά το δυνατόν εκμετάλλευση της ευρισκόμενης στην ιλύ ενέργεια ως θέρμανση, ατμό, ηλεκτρικό ρεύμα ή καύσιμο υλικό.

Η καύση καθίσταται ως η πιο «ελκυστική» μέθοδος διάθεσης σήμερα στην Ευρώπη. Το γεγονός αυτό δικαιολογείται αν λάβει κανείς υπόψη τους νομικούς περιορισμούς για την υγειονομική ταφή αλλά και για τη γεωργική χρησιμοποίηση καθώς κι ότι η απόθεση στην θάλασσα δεν αποτελεί πλέον επιλογή. Έτσι σχεδόν σίγουρα μπορούμε να περιμένουμε ότι μακροπρόθεσμα θα υπάρξει αύξηση στη καύση της ιλύος. Η τεχνολογία της καύσης ως μηχανική διεργασία αλλά και από την άποψη των ενεργειακών απαιτήσεων έχει παρουσιάσει αρκετά μεγάλη βελτίωση τελευταία. Σύγχρονοι καυστήρες ρευστοποιημένης κλίνης γίνονται ολοένα και πιο ελκυστικοί σε

όρους κόστους κεφαλαίου αλλά και λειτουργικού κόστους, σε σύγκριση με τους συμβατικούς πολλαπλών εστιών.

Νομικοί περιορισμοί υπάρχουν όμως και στη περίπτωση της καύσης της ιλύος. Η Οδηγία 2000/76 θέτει τα όρια εκπομπών για τις μονάδες αποτέφρωσης. Πιο αναλυτικά διακρίνονται οι παρακάτω κατηγορίες σχετικά με την αποτέφρωση της ιλύος:

- Χωριστή αποτέφρωση όπου η ιλύς αποτεφρώνεται σε ειδικές εγκαταστάσεις αποτέφρωσης
- Αποτέφρωση της ιλύος μαζί με στερεά απόβλητα, κυρίως οικιακά απορρίμματα
- Αποτέφρωση της ιλύος σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Η ιλύς μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως καύσιμο σε εγκαταστάσεις των οποίων σκοπός είναι η παραγωγή ενέργειας ή άλλων προϊόντων όπως οι μονάδες παραγωγής τσιμέντου.

Παρόλα ταύτα, η καύση δεν αποτελεί μια ολοκληρωμένη μέθοδο διάθεσης καθώς το 30% των στερεών παραμένει ως τέφρα. Η τελευταία οδηγείται γενικώς σε Χ.Υ.Τ.Α. αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις θεωρείται και ως υψηλής τοξικότητας απόβλητο εξαιτίας του περιεχόμενου της σε βαρέα μέταλλα και έτσι εγκυμονεί κινδύνους για τη ρύπανση του περιβάλλοντος. Επίσης, ένα από τα σημαντικότερα εμπόδια για την ευρεία χρήση της καύσης της ιλύος, είναι οι ολοένα αυξανόμενες ανησυχίες για τις ενδεχόμενες βλαβερές αέριες εκπομπές. Συγκεκριμένα, κατά την καύση της ιλύος εκπέμπονται διοξίνες και φουράνια (PCDD/PCDF), που είναι επικίνδυνα για τη δημόσια υγεία. Ωστόσο, οι νέες τεχνολογίες που παρουσιάζονται για τον έλεγχο των απαερίων και των εκπομπών μπορούν να ελαχιστοποιήσουν τις ανησυχίες που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Το ποσοστό της ιλύος που οδηγείται σε καύση στη Δανία έχει ήδη φτάσει το 24% της συνολικά παραγόμενης ιλύος, το 20% στη Γαλλία, 15% στο Βέλγιο, 14% στη Γερμανία ενώ στις ΗΠΑ και την Ιαπωνία το ποσοστό αυτό έχει φτάσει το 25% και το 55% αντίστοιχα.

Κατά την αποτέφρωση παράγεται σημαντική ποσότητα θερμότητας από την οξείδωση των οργανικών ουσιών, που μπορεί να συντηρήσει την καύση (αυτοσυντήρητη διαδικασία), αν η υγρασία της ιλύος δεν υπερβαίνει 60 - 70% του βάρους της, και τα πτητικά είναι 65-70% των στερεών (αυτόκαυστη ιλύς). Βέβαια, απαιτείται εξωτερική πηγή θερμότητας για την έναρξη και τον έλεγχο της λειτουργίας

του αποτεφρωτήρα. Με βάση τα οργανικά στερεά μόνο της ιλύος η καθαρή θερμιδική αξία της είναι από 10 έως 15% μικρότερη από την ανεπεξέργαστη. Η ιλύς των αστικών υγρών αποβλήτων έχει καθαρή θερμιδική αξία περίπου 5000 kcal/kg VS (VS = πτητικά στερεά), ενώ το παραγόμενο αέριο κατά τη χώνευση έχει κατά μέσον όρο 5400 kcal/m<sup>3</sup> ή και περισσότερο ανάλογα με το περιεχόμενο μεθάνιο. Για σύγκριση σημειώνεται, ότι το πετρέλαιο, που χρησιμοποιείται για οικιακό καύσιμο έχει από 9800 έως 10100 kcal/kg.

Η ιλύς με συγκέντρωση στερεών μέχρι 30% δεν καίγεται παρά μόνο με τη βοήθεια πρόσθετων καυσίμων. Αντίθετα, για ποσοστό ξηρών στερεών μεγαλύτερο από 30-35%, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της ιλύος και την περίσσεια αέρα, η καύση μπορεί να είναι αυτογενής.

Οι κυριότεροι μέθοδοι καύσης της ιλύος είναι

- καυστήρες πολλαπλών εστιών και
- καυστήρες ρευστοποιημένης κλίνης.

Τα τελευταία χρόνια εφαρμόζεται και μία παραλλαγή της καύσης ιλύος, η αεριοποίηση της ιλύος.

Οι εισροές σε μια μονάδα καύσης περιλαμβάνουν την ιλύ, ενδεχομένως και απορρίμματα, νερό, καύσιμα που χρησιμοποιούνται για την εκκίνηση και τέλος βοηθητική ύλη όπως το ανθρακικό ασβέστιο, ιδιαίτερα για την επεξεργασία των αερίων που παράγονται. Οι εκροές είναι η πιθανή ανάκτηση ενέργειας, τα αέρια που παράγονται, η τέφρα αλλά και υγρά απόβλητα. Συνεπώς η αποτέφρωση δημιουργεί εκπομπές στον αέρα, στο έδαφος και στο νερό. Οι αποτεφρωτές εκπέμπουν σημαντικές ποσότητες αερίων ρύπων, οι κυριότεροι εκ των οποίων είναι τα αιωρούμενα σωματίδια, μέταλλα, μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οξειδία του αζώτου (NO<sub>x</sub>), διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>) και άκαυστοι υδρογονάνθρακες.

Οι εκπομπές εξαρτώνται από παράγοντες όπως:

- Ο τύπος αποτεφρωτή
- Οι συνθήκες καύσης
- Οι τεχνικές ελέγχου των εκπομπών και
- Η ποιότητα και τα χαρακτηριστικά της ιλύος.

Γενικά οι εκπομπές εξαρτώνται από την διεργασία, αλλά επιπλέον και από το είδος της ιλύος. Για να μειωθούν οι εκπομπές, θα πρέπει να προβλεφθεί επεξεργασία καυσαερίων, καθώς επίσης και υγρών αποβλήτων.

Συγκεκριμένα, οι ειδικότερες τεχνικές για τον περιορισμό της ρύπανσης κατά την αποτέφρωση τη ιλύος , μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

Για τον περιορισμό των εκπομπών στην ατμόσφαιρα :

1. Συλλογή και καύση του παραγόμενου βιοαερίου με αξιοποίηση της παραγόμενης ενέργειας (Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, αξιοποίηση θερμικής συνιστώσας των καυσαερίων, εγκαταστάσεις χαμηλής εκπομπής NOx)
2. Αποκονίωση και θερμική καταστροφή VOC στις θερμικές ξηράνσεις, ιδίως στα άμεσα συστήματα με σακόφιλτρα και μετάκαυση των απαερίων
3. Πλήρης επεξεργασία απαερίων κατά την αποτέφρωση (TPM, οξέα, CO, VOC, PCDD/PCDF, βαρέα μέταλλα, τελική ποιότητα της Κ.Υ.Α. 82505/2224/93)
4. Συλλογή - επεξεργασία οσμηρών ρευμάτων (οξειδωτικές πλυντρίδες, βιόφιλτρα, μετάκαυση)

Για τον περιορισμό των εκπομπών στο έδαφος :

- Έλεγχος της επαναδιάλυσης βαρέων μετάλλων σε τέφρες ή άλλα υλικά υψηλής περιεκτικότητας σε βαρέα μέταλλα, με τεχνικές σταθεροποίησης (ανάμιξη με τσιμέντο, ποζολανικά υλικά, εγκιβωτισμός προ της ταφής κ.λπ.)

### Αποτέφρωση ιλύος, αέρια απόβλητα και ρύποι προτεραιότητας

Ρύπος	Εκπομπές/παρατηρήσεις
Αιωρούμενα σωματίδια	Εξαρτώνται από το τύπο του αποτεφρωτή. Αυξάνουν με την υγρασία και το ποσοστό των πτητικών στην ιλύ.
Μέταλλα και ενώσεις τους	Εξαρτώνται από τη περιεκτικότητα στην ιλύ, τη θερμοκρασία του θαλάμου καύσης και τις εκπομπές των αιωρούμενων σωματιδίων. Καθώς τα περισσότερα μέταλλα (εκτός του πτητικού υδράργυρου) επικάθονται στα αιωρούμενα σωματίδια, η απομάκρυνση τους εξαρτάται από τη καλή αποκονίωση.
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	Σχηματίζεται στις περιπτώσεις που ο αέρας καύσης είναι χαμηλότερος του στοιχειομετρικά απαιτούμενου, ή όταν υπάρχει πολύ υψηλή περίσσεια, με αποτέλεσμα τη ταπείνωση της θερμοκρασίας καύσης.
Nox, SO <sub>2</sub>	Εξαρτώνται από την εκάστοτε ποιότητα της ιλύος, καθώς και από τις εποχιακές της μεταβολές.
TOC (VOC)	Εξαρτάται κυρίως από το τύπο του αποτεφρωτήρα και τις θερμοκρασιακές συνθήκες της αποτέφρωσης.
HCl, HF οργανοχλωριωμένες ενώσεις	Εξαρτώνται από την αρχική περιεκτικότητα στην ιλύ, τις συνθήκες καύσης και την αποτελεσματικότητα της αέριας αντιρύπανσης.

Πίνακας 3.1

Συμπερασματικά τα πλεονεκτήματα της καύσης μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Μεγάλη μείωση του όγκου της ιλύος. Οι ερευνητές έχουν καταλήξει ότι ο τελικός όγκος της ιλύος μετά τη καύση είναι περίπου το 10% του όγκου μετά τη μηχανική αφυδάτωση
- Καταστροφή των μικροοργανισμών και των τοξικών οργανικών ρυπαντών εξαιτίας της θερμικής κατεργασίας
- Η θερμιδική αξία της ιλύος είναι σχεδόν ισάξια με αυτή του λιγνίτη, επομένως, με τη καύση δίδεται η δυνατότητα ανάκτησης αυτού του ενεργειακού περιεχομένου.
- Ελαχιστοποίηση της δημιουργίας οσμών

Όσο αναφορά τα μειονεκτήματα αυτά μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- Υψηλό κόστος επένδυσης και λειτουργίας
- Υψηλές ανάγκες συντήρησης και απαιτήσεις σε εξειδικευμένο προσωπικό
- Αέρια ρύπανση που απαιτεί εξειδικευμένη και υψηλής τεχνολογίας και κόστους επεξεργασία καυσαερίων

Από τα παραπάνω μπορούμε να βγάλουμε το συμπέρασμα ότι η διεργασία της καύσης της ιλύος είναι περισσότερο μια μέθοδος μείωσης του όγκου του συγκεκριμένου αποβλήτου παρά μια μέθοδος παραγωγής ενέργειας. Η τέφρα που παραμένει απαιτεί ειδική απόθεση στο έδαφος αλλά μπορεί και να χρησιμοποιηθεί και ως πρώτη ύλη στη βιομηχανία.

#### 3.4.1 Χρήση στη βιομηχανία

Όσον αφορά στην αξιοποίηση της ιλύος στη βιομηχανία, μπορεί να πραγματοποιηθεί με καύση της σε θερμικά εργοστάσια παραγωγής ενέργειας μαζί με ορυκτά καύσιμα, ή σε εργοστάσια παραγωγής τσιμέντου υποκαθιστώντας τον ορυκτό άνθρακα. Για τη χρήση της ιλύος ως καύσιμο δεν είναι απαραίτητη η σταθεροποίηση της, αφού η μη σταθεροποιημένη ιλύς έχει μεγαλύτερη θερμική αξία. Παρότι είναι εφικτό η ιλύς να έχει υποστεί μόνο αφυδάτωση στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων, πολλές φορές δεν γίνεται αποδεκτή από τη βιομηχανία. Επειδή ο όγκος της ιλύος είναι πολύ μεγάλος, επιβαρύνονται σημαντικά οι μεταφορές, ενώ η υψηλή υγρασία επιδρά αρνητικά κατά τη διαδικασία της καύσης. Επίσης, δεν μπορεί να αποκλειστεί το ενδεχόμενο μόλυνσης κατά το χειρισμό του υλικού. Για το λόγο αυτό η βέλτιστη επεξεργασία της ιλύος για επαναχρησιμοποίηση στη βιομηχανία είναι η θερμική ξήρανση μη σταθεροποιημένης λάσπης, αφού έτσι εξασφαλίζεται μικρός όγκος μεταφερόμενου υλικού και υψηλή καθαρή θερμική αξία της ιλύος.

Θα μπορούσαμε να πούμε ότι η χρήση της ιλύος στη βιομηχανία έχει σημαντικά πλεονεκτήματα όπως ότι υποκαθιστά τα φυσικά διαθέσιμα ορυκτά καύσιμα και ότι περιορίζει τις συνολικές εκπομπές CO<sub>2</sub> και CH<sub>4</sub> συμβάλλοντας στην αντιμετώπιση του φαινομένου του θερμοκηπίου.



Στη περίπτωση χρήσης της ιλύος σε τσιμεντοβιομηχανία παρέχονται επιπλέον τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Δεν αφήνει στάχτες και υπολείμματα, αφού το μη πτητικό μέρος της ιλύος ενσωματώνεται με μορφή αδιάλυτων ενώσεων στο παραγόμενο τσιμέντο, με αποτέλεσμα την μη επιβάρυνση των Χ.Υ.Τ.Α. από την τέφρα.
- Μαζί με τα ανόργανα υπολείμματα ενσωματώνονται και όλα τα περιεχόμενα στην ιλύ βαρέα μέταλλα σε ποσοστό μεγαλύτερο από 99% τα οποία αφού οξειδωθούν στις υψηλές θερμοκρασίες της καύσης, γίνονται αδιάλυτα συστατικά του τσιμέντου. Εξαιρέση αποτελεί ο πτητικός υδράργυρος, ο οποίος μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα ρύπανσης της ατμόσφαιρας. Τέλος, για τη χρήση της ιλύος στη βιομηχανία θα πρέπει να ικανοποιούνται όλα τα κριτήρια που ορίζει η οδηγία 2000/76/ΕΕ για την συναποτέφρωση (αέρια ρύπανση, στάχτες, υγρά απόβλητα κτλ.).
- Περιορισμός των εκπομπών CO<sub>2</sub> και CH<sub>4</sub> Για την καύση της ιλύος στην τσιμεντοβιομηχανία απαιτείται αφυδάτωση πριν την καύση της, αποστείρωση και έλεγχος των παραγόμενων αερίων και ιδιαίτερα του υδραργύρου. Εναλλακτική λύση αποτελεί η καύση της ιλύος στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς. Πειράματα έχουν δείξει ότι ανάμειξη τσιμέντου και βιομηχανικής στάχτης (fly ash) στερεοποιεί την ιλύ.

### 3.5 Άλλες θερμικές διεργασίες

Τον τελευταίο καιρό, διάφορες μοντέρνες τεχνολογίες έχουν εμφανιστεί, δίδοντας έτσι μια εναλλακτική λύση στο πρόβλημα της διάθεσης της ιλύος. Αυτές οι τεχνολογίες μπορούν να ομαδοποιηθούν στη κατηγορία της θερμικής αξιοποίησης της ιλύος. Η πυρόλυση, η αεριοποίηση και η υγρή οξείδωση είναι οι κύριες αντιπρόσωποι της παραπάνω κατηγορίας. Οι θερμικές διεργασίες περιλαμβάνουν την απομάκρυνση του οργανικού μέρους της ιλύος, αφήνοντας μόνο συστατικό τη τέφρα για τη τελική διάθεση.

Η ιλύς που προέρχεται από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, είναι ένα είδος βιοκαυσίμου και όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η θερμιδική της αξία είναι παρόμοια με αυτήν του λιγνίτη. Ο κυριότερος στόχος των θερμικών διεργασιών της

ιλύος είναι η αξιοποίηση της αποθηκευμένης ενέργειας στην ιλύ και ταυτόχρονα η ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιδράσεων έτσι ώστε να είναι δυνατή η συμμόρφωση με τα όλο και πιο αυστηρά περιβαλλοντικά όρια. Η ιλύς είναι γνωστό ότι περιέχει και υψηλά επίπεδα υγρασίας, επομένως το μεγαλύτερο ποσό της ενέργειας που καταναλώνεται κατά τις θερμικές διεργασίες είναι για τη μείωση του ποσοστού της υγρασίας. Ωστόσο, αυτές οι μέθοδοι επεξεργασίας θεωρούνται γενικά «αυτάρκης» σε ότι αφορά τα ποσά ενέργειας που καταναλώνουν σε σχέση με τα ποσά ενέργειας που παράγουν.

Τα κύρια όμως, προβλήματα που αφορούν τις θερμικές διεργασίες έχουν να κάνουν με:

- Κατανάλωση μεγάλων ποσών ενέργειας για την επίτευξη υψηλών θερμοκρασιών
- Υψηλό κόστος κεφαλαίου
- Ανάγκη για εκτεταμένο εξοπλισμό για την αντιμετώπιση της αέριας ρύπανσης

Στις παρακάτω παραγράφους γίνεται μια σύντομη αναφορά στις τρεις κύριες θερμικές διεργασίες, την υγρή οξείδωση, τη πυρόλυση και την αεριοποίηση.

### 3.5.1 Υγρή οξείδωση

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην αρχή ότι οποιαδήποτε ουσία που μπορεί να καεί, οξειδώνεται παρουσία νερού σε θερμοκρασίες από 120 έως 370°C. Η οξείδωση υγρού αέρα δεν απαιτεί αφυδάτωση ή ξήρανση, όπως απαιτείται στην συμβατική καύση. Το νερό στην ιλύ μπορεί να είναι μέχρι 99% ενώ στην συμβατική καύση πρέπει να μειωθεί σημαντικά ώστε να είναι πρακτικά δυνατή η καύση της ιλύος. Μία άλλη σημαντική διαφορά είναι η άφλογος οξείδωση των οργανικών, που γίνεται σε χαμηλές θερμοκρασίες σε σύγκριση με τις θερμοκρασίες της καύσης. Έτσι, αποφεύγεται, επομένως, η ρύπανση του αέρα καθώς η οξείδωση γίνεται μέσα στο νερό σε χαμηλές θερμοκρασίες και δε δημιουργούνται ιπτάμενη τέφρα, διοξείδιο του θείου και οξείδια του αζώτου.

Η υγρή οξείδωση της ιλύος διενεργείται με τη μέθοδο Zimmermann. Σε αυτήν εφαρμόζονται μεγαλύτερες πιέσεις και θερμοκρασίες σε σχέση με τη θερμική επεξεργασία, για την πληρέστερη οξείδωση των οργανικών. Η αφυδατωμένη ιλύς αλέθεται και αναμειγνύεται με καθορισμένο όγκο πιεσμένου αέρα. Το μείγμα, εισέρχεται σε σειρά εναλλακτών θερμότητας και στη συνέχεια οδηγείται στο θερμικό αντιδραστήρα, που πιέζεται, για να διατηρείται το νερό σε υγρή κατάσταση στη θερμοκρασία λειτουργίας των από 175 έως 315°C. Μονάδες υψηλής πίεσης μπορεί να σχεδιασθούν για πιέσεις λειτουργίας μέχρι 200 atm. Τα υγρά και τα οξειδωμένα στερεά, όταν εξέλθουν από τον αντιδραστήρα, ψύχονται στους εναλλάκτες θερμότητας και τελικά οδηγούνται για διαχωρισμό σε δεξαμενή καθίζησης ή κλίνη ξήρανσης. Η μονάδα μπορεί να είναι θερμικά αυτοσυντήρητη, αν χρησιμοποιεί ανεπεξέργαστη ιλύ (με όλα τα οργανικά), διαφορετικά τροφοδοτείται με θερμότητα από λέβητα ατμού. Στις μεγάλες μονάδες η εκτόνωση των απαερίων γίνεται σε αεροστρόβιλο, που ανακτά τη σχετική ενέργεια.

### 3.5.2 Πυρόλυση

Η πυρόλυση είναι μια θερμική επεξεργασία σε απουσία οξυγόνου. Η ιλύς δεν καίγεται, αλλά εισερχόμενη σε θερμοκρασία 300 0C έως 900 0C, παράγονται δύο είδη παραπροϊόντων: στερεά που περιέχουν αδρανή υλικά και άνθρακα, και απαέρια. Δεδομένου ότι τα προϊόντα της πυρόλυσης έχουν θερμαντική αξία, η πυρόλυση θεωρείται ως επεξεργασία, που απαιτεί την περαιτέρω αξιοποίηση των στερεών καταλοίπων και των απαερίων.

Η πυρόλυση παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- μια μειωμένη εκπομπή αερίου σε σύγκριση με την αποτέφρωση (περίπου 30%),
- μειωμένες εκπομπές PCDD/F, λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας της διαδικασίας,
- ενδεχόμενη αξιοποίηση των παραπροϊόντων μειωμένο κόστος επένδυσης σε σχέση με την καύση.

Λόγω των παραπάνω πλεονεκτημάτων, σε εγκαταστάσεις μέχρι 200.000 t/έτος η πυρόλυση απορριμμάτων έχει σημαντική εφαρμογή σε σχέση με την καύση, ωστόσο

δεν έχει επιβεβαιωθεί εάν ένα παρόμοιο συμπέρασμα θα μπορούσε να εφαρμοστεί και στην ιλύ.

### 3.5.3 Αεριοποίηση

Η αεριοποίηση είναι μια θερμική διαδικασία κατά τη διάρκεια της οποίας ένα καύσιμο υλικό (χωνεμένη ή μη χωνεμένη ιλύς) μετατρέπεται με τον αέρα ή το οξυγόνο σε εύφλεκτο αέριο και αδρανές υπόλειμμα. Αυτός ο τρόπος επεξεργασίας πραγματοποιείται σε υψηλή θερμοκρασία: μεταξύ 900°C και 1.100°C (με αέρα), ή μεταξύ 1.000°C και 1.400°C (με οξυγόνο). Η πυρόλυση μπορεί να θεωρηθεί ως μία παραλλαγή της αεριοποίησης πραγματοποιούμενη με απουσία οξυγόνου. Ωστόσο, μπορεί να συνδυαστούν οι δύο μέθοδοι επεξεργασίας: η αεριοποίηση μπορεί να εφαρμοστεί στο στερεό υπόλειμμα της πυρόλυσης. Η αεριοποίηση της ιλύος είναι μια νέα μέθοδος και συνεπώς όχι πολύ καλά τεκμηριωμένη.

### 3.6 Χρήση στη δασοκομία και τη δασοπονία

Η χρήση της ιλύος από την επεξεργασία λυμάτων στην δασοκομία και δασοπονία είναι μια εναλλακτική της επαναχρησιμοποίησης στη γεωργία, ωστόσο υπάρχουν σημαντικές διαφορές, οι οποίες οφείλονται μεταξύ άλλων παραγόντων και στην ιδιαιτερότητα των ειδών που αναπτύσσονται σε κάθε περίπτωση.

Σχετικά μικρές περιοχές μπορούν να επιτρέψουν την εφαρμογή σημαντικού μέρους της παραγόμενης ιλύος στην Ευρώπη. Για παράδειγμα, το 50% της παραγωγή ιλύος στη Γαλλία μπορεί να εφαρμοστεί μόλις στο 1% της συνολικής δασικής περιοχής με έναν ρυθμό εφαρμογής στους 3 tDM/ha/year. Από οικονομικής άποψης, αυτός ο τρόπος διάθεσης παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον όταν τέτοιες δασικές περιοχές είναι διαθέσιμες για εφαρμογή της ιλύος κοντά στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων, για το λόγο ότι έτσι μειώνονται σημαντικά τα κόστη μεταφοράς και η σχετική ρύπανση.

Η επαναχρησιμοποίηση της ιλύος στη δασοκομία και δασοπονία δεν έχει διερευνηθεί στον ίδιο βαθμό με την επαναχρησιμοποίηση στη γεωργία και για το λόγο

αυτό, λίγες βιβλιογραφικές πληροφορίες είναι διαθέσιμες. Πάντως, η εφαρμογή ιλύος από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων σε δασικές εκτάσεις στη Ρωσία είχε θετικά αποτελέσματα δεδομένου ότι ευνοήθηκε η ανάπτυξη των φυτών ενώ δεν παρατηρήθηκαν αξιόλογες μεταβολές στις συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων και μικροβιακών πληθυσμών στο έδαφος.

Η εφαρμογή της ιλύος μπορεί να γίνει σε διαφορετικές περιόδους κατά την διάρκεια της ανάπτυξης ενός δένδρου. Η εφαρμογή στο έδαφος μπορεί να γίνει πριν την εμφύτευση, όταν πρόκειται για αναδάσωση ή μεταφύτευση μίας πυκνής καλλιέργειας, αμέσως μετά την σπορά ή μετά από κάθε κοπή. Σε δάση η εφαρμογή της ιλύος μπορεί να πραγματοποιηθεί πρακτικά όλη τη διάρκεια του χρόνου σύμφωνα πάντοτε με τους κανονισμούς αλλά και τις συνθήκες κάθε τόπου. Στην βιβλιογραφία έχει αναφερθεί μια βελτίωση της απόδοσης στα εδάφη των δασών η οποία προέρχεται από τη εφαρμογή της ιλύος σε δασικές εκτάσεις. Σε γενικές γραμμές, έχει παρατηρηθεί, μια αύξηση στο ύψος, διάμετρο και επιφάνεια επικάλυψης των δένδρων. Ωστόσο, τα αποτελέσματα εξαρτώνται από τα είδη και από τα χαρακτηριστικά της κάθε περίπτωσης αλλά και από τις εκάστοτε τοπικές συνθήκες. Η απόδοση βελτιώνεται και επιπλέον όταν πραγματοποιούνται και νέες φυτεύσεις. Πρέπει βέβαια να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα αναφέρονται σε δοκιμές οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σε μια χωριστή εφαρμογή ιλύος, και με πολύ υψηλό ρυθμό εφαρμογής.

Η εφαρμογή της ιλύος σε δασικές εκτάσεις αποτελεί μια ιδιαίτερα ελκυστική επιλογή διότι τα προβλήματα υγιεινής και οσμών δεν είναι τόσο περιοριστικά συγκριτικά με την εφαρμογή της ιλύος σε γεωργικές καλλιέργειες. Παρόλα αυτά σε γενικές γραμμές, οι εκπομπές στο έδαφος τον αέρα και το νερό καθώς και άλλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις είναι παρόμοιες με αυτές που αφορούν την εφαρμογή της ιλύος στη γεωργία. Όπως και για τη χρήση της ιλύος στη γεωργία, παρατηρείται συσσώρευση των βαρέων μετάλλων στο ανώτερο στρώμα του εδάφους. Επειδή όμως οι δασικές εκτάσεις είναι πολλές φορές όξινες, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της κινητικότητας των μετάλλων. Επίσης, έχουν αναφερθεί και κάποιες έμμεσες επιπτώσεις στην οικολογία της άγριας ζωής, αφού η εφαρμογή της ιλύος αυξάνει τη διαθεσιμότητα τροφής για έναν αριθμό ειδών ζώων όπως ελάφια, μικρά θηλαστικά και πουλιά, με αποτέλεσμα την καταστροφή των αναπτυσσόμενων φυτών και τον

τραυματισμό ήδη ανεπτυγμένων. Εξάλλου, με τη διάθεση της ιλύος στα δάση παρατηρείται αύξηση παρασίτων και παθογόνων μανιταριών.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, διαπιστώνουμε ότι σε περίπτωση που η ιλύς εφαρμοσθεί στη δασοκομία ή στην δασονομία οι περιορισμοί είναι πολλοί. Γι' αυτό θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα :

1. Θα πρέπει να αποφεύγεται η χρήση σε δάση στα οποία το κοινό μπορεί να έχει πρόσβαση, ώστε να αποφευχθεί κάθε δυνατή επαφή με την ιλύ. Επίσης θα πρέπει να αποφεύγεται η εφαρμογή σε περιοχές που χρησιμοποιούνται για τη καλλιέργεια και συγκομιδή μανιταριών.

2. Εάν πρόκειται να γίνει εφαρμογή της ιλύος σε δάσος στο οποίο το κοινό έχει πρόσβαση θα πρέπει:

- Η ιλύς να έχει απολυμανθεί επαρκώς, ή να απαγορεύεται η πρόσβαση του κοινού για 3 έως 12 μήνες,
- Η ιλύς να είναι καλά σταθεροποιημένη για να αποφευχθούν προβλήματα δυσοσμίας,
- Να έχει ενημερωθεί το κοινό.

3. Μπορεί να γίνει χρήση ιλύος στη δασοπονία για την εντατική παραγωγή δένδρων. Ωστόσο, θα πρέπει να αποφεύγεται η εφαρμογή ιλύος χωρίς ικανοποιητική απολύμανση σε υγρές περιοχές, αφού μπορεί να προκύψει μόλυνση των υδάτων.

4. Η εφαρμογή της ιλύος πρέπει να αποφεύγεται σε εκτάσεις με μεγάλη κλίση, περιοχές που βρίσκονται κοντά σε δεξαμενές πόσιμου νερού, σε αμμώδεις περιοχές και σε υγρές περιοχές.

5. Οι ρυθμοί εφαρμογής είναι συνάρτηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών και του ανάγλυφου των εδαφών.

### 3.7 Αποκατάσταση Εδαφών

Μια ακόμη εναλλακτική λύση σχετικά με την αξιοποίηση της ιλύος είναι αυτή της ανάπλασης εκτάσεων . Η εφαρμογή της ιλύος σε εκτάσεις αποσκοπεί στην προστασία αυτών από την διάβρωση και στον εμπλουτισμό τους με θρεπτικά συστατικά και οργανική ύλη. Η ποσότητα της ιλύος που συνήθως εφαρμόζεται στις περιπτώσεις αυτές είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτήν στην περίπτωση της γεωργικής χρήσης. Για παράδειγμα, στη Γαλλία για να επιτευχθεί εδαφική στρώση πάχους 5 cm, χρησιμοποιήθηκαν περί τους 100 t/ha έως 150 t/ha.

Ενδιαφέρουσα εναλλακτική λύση μπορεί να είναι σε μερικές περιπτώσεις η χρήση της ιλύος για αποκατάσταση λατομείων. Η ιλύς μπορεί να χρησιμοποιηθεί με δύο τρόπους για την αποκατάσταση λατομείων:

1. Ως υλικό πλήρωσης, σε διαδοχικές στρώσεις, εναλλασσόμενες με προϊόντα εκσκαφής ή μπάζα και
2. Στη διαμόρφωση εδαφικής τρώσης (top soil) για την αποκατάσταση της βλάστησης στις αποκαθιστάμενες περιοχές.

Γενικά, οι κίνδυνοι από τη διάθεση της ιλύος για την ανάκτηση εδαφών είναι μικρότεροι από αυτούς που αναμένονται στη περίπτωση της χρήσης της ιλύος στη γεωργία, αφού η εφαρμογή στο έδαφος δεν είναι συνδεδεμένη άμεσα με τη τροφική αλυσίδα. Επειδή όμως η ποσότητα της ιλύος που εφαρμόζεται είναι μεγαλύτερη από αυτή για γεωργική χρήση, μπορεί να προκύψουν πρόσθετοι κίνδυνοι λόγω της μεγαλύτερης ποσότητας διαφόρων ρυπαντών ή αζώτου που διατίθενται. Σε κάθε περίπτωση, η ιλύς που χρησιμοποιείται για την ανάπλαση εδαφών πρέπει να είναι επαρκώς επεξεργασμένη, ώστε να διασφαλιστεί η επαρκής απολύμανση και ο περιορισμός των οσμών.

### 3.8 Εδαφοποίηση

Η εδαφοποίηση της ιλύος είναι μια μέθοδος όπου επιτυγχάνεται η μετατροπή της σε υλικό κατάλληλο για περαιτέρω χρήσεις. Αυτή η διεργασία διαρκεί 5-10 έτη και γίνεται ως εξής: Τοποθετείται στον πυθμένα μιας διαμορφωμένης εκσκαφής ένα στρώμα χαλίκια και από πάνω στρώμα άμμου, στο οποίο φυτεύονται καλαμοειδή φυτά και στη συνέχεια απλώνεται η λάσπη. Ένα μέρος της υγρασίας της ιλύος κινείται κατακόρυφα και απάγεται με αγωγούς για επεξεργασία σε βιολογικούς καθαρισμούς και ένα άλλο μέρος εξατμίζεται με τη βοήθεια των φυτών. Μέσω του ριζικού συστήματος των φυτών διοχετεύεται οξυγόνο στην ιλύ και δημιουργούνται ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη μικροοργανισμών που θα εδαφοποιήσουν την ιλύ. Να σημειωθεί ότι, η εδαφοποίηση δεν οδηγεί σε αποδόμηση των επικίνδυνων συστατικών, τα οποία περιέχονται στην ιλύ.

### 3.9 Κομποστοποίηση

Πολλές φορές η ιλύς που παράγεται από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων δεν είναι κατάλληλη για απευθείας αξιοποίηση και απαιτείται περαιτέρω επεξεργασία της. Μία από τις πλέον ενδεδειγμένες μεθόδους επεξεργασίας της είναι η κομποστοποίηση.

Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία κομποστοποίηση είναι η ελεγχόμενη βιοξείδωση ετερογενών οργανικών υλικών, από ετερογενείς και κυρίως ετερότροφους μικροοργανισμούς. Προϊόν της κομποστοποίησης είναι το κομπόστ, το οποίο είναι πλούσιο σε οργανική ουσία με υψηλό χουμικό περιεχόμενο και χρησιμοποιείται κυρίως ως εδαφοβελτιωτικό υλικό αλλά και ως υπόστρωμα. Στους ορισμούς αυτούς, αν και δεν αναφέρεται ρητά, ο όρος βιοξείδωση υποδηλώνει αερόβιες διεργασίες, και συνεπώς το στερεό υπόλειμμα της αναερόβιας χώνευσης δεν μπορεί να ονομαστεί κομπόστ, εκτός και αν υποστεί ένα δεύτερο στάδιο αερόβιας σταθεροποίησης.

Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για μια αερόβια διαδικασία, η οποία πραγματοποιείται από διαδοχικούς μικροβιακούς πληθυσμούς, συνδυάζοντας θερμοφίλες και μεσόφιλες δραστηριότητες, από τις οποίες παράγεται διοξείδιο του άνθρακα, νερό, μέταλλα και σταθεροποιημένη οργανική ύλη. Επειδή η



κομποστοποίηση γίνεται σε θερμοκρασίες 55-70 °C, έχει σαν αποτέλεσμα την αδρανοποίηση πολλών παθογόνων μικροοργανισμών.

Η διαδικασία της κομποστοποίησης πραγματοποιείται κάτω από αερόβιες ή αναερόβιες συνθήκες. Στην πρώτη περίπτωση, παράγονται διοξείδιο του άνθρακα, νερό και θερμότητα, ενώ στη δεύτερη μεθάνιο, διοξείδιο του άνθρακα και άλλα συστατικά όπως οργανικά οξέα και αλκοόλες. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην αναερόβια κομποστοποίηση παράγονται περισσότερες οσμές και απελευθερώνεται λιγότερη ενέργεια ανά βάρος αποσυντιθέμενης οργανικής ύλης σε σχέση με την αερόβια κομποστοποίηση.

Μέσω της κομποστοποίησης μειώνονται στο ελάχιστο οι οργανικές ενώσεις που θα μπορούσαν να είναι τοξικές για τα φυτά, καταστρέφονται οι παθογόνοι μικροοργανισμοί, ελαχιστοποιούνται οι ανεπιθύμητοι σπόροι, σταθεροποιείται το οργανικό υλικό, μειώνονται σημαντικά οι δυσάρεστες οσμές και αυξάνονται οι δυνατότητες αξιοποίησης του τελικού προϊόντος.

Τα συστήματα κομποστοποίησης, ανάλογα με τον τρόπο αερισμού, διακρίνονται σε ανοικτά και κλειστά. Στα ανοιχτά συστήματα κομποστοποίησης ανήκει το σύστημα των αναστρεφόμενων δίσκων και το σύστημα των αεριζόμενων στατικών σωρών. Και στα δύο παραπάνω συστήματα η κομποστοποίηση γίνεται σε ανοιχτούς χώρους, ενώ το κόστος του μηχανολογικού εξοπλισμού είναι χαμηλό.

Τα προϊόντα της κομποστοποίησης χρησιμοποιούνται κυρίως στη γεωργία, ως υποστρώματα για την ανάπτυξη φυτών και μανιταριών. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπλαση τοπίων και για τη προστασία εδαφών από τη διάβρωση και την ερημοποίηση.

Βασικό στοιχείο της διαδικασίας της κομποστοποίησης είναι η ικανοποιητική ωρίμανση του προϊόντος. Η ωριμότητα αναφέρεται στο βαθμό βιολογικής, χημικής και φυσικής σταθερότητας του κόμποστ. Η κομποστοποίηση είναι αποτελεσματική έναντι των κύστεων, των πρωτόζωων, των αυγών των σκωλήκων, των παθογόνων βακτηρίων και των ιών, αν η επεξεργασία διαρκέσει τουλάχιστον 50 ημέρες.

Η ωρίμανση του κόμποστ παίζει σημαντικό ρόλο, καθώς η εφαρμογή ενός μη ώριμου κόμποστ στο έδαφος μπορεί να προκαλέσει διάφορα προβλήματα.

Συγκεκριμένα, η γεωργική αξιοποίηση ενός μη ώριμου κόμποστ μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα τοξικότητας στα φυτά, διότι η αποικοδόμηση των υλικών συνεχίζεται στο έδαφος με αποτέλεσμα να εμφανίζονται πολλά ενδιάμεσα τοξικά προϊόντα όπως φαινόλες, αμμωνία κ.α. Ένα ακόμη πρόβλημα που μπορεί να προκύψει, λόγω της γεωργικής εφαρμογής μη ώριμου κόμποστ, είναι η έκλυση δυσάρεστων οσμών εξαιτίας της αποικοδόμησης του κόμποστ στο έδαφος κάτω από αναερόβιες συνθήκες. Τέλος, επηρεάζεται και η βιοδιαθεσιμότητα των βαρέων μετάλλων όταν εφαρμοστεί στο έδαφος ανώριμο κόμποστ, επειδή δεν έχουν αναπτυχθεί τα χουμικά υλικά που τα δεσμεύουν. Μάλιστα, μελέτες έδειξαν ότι όσο αυξάνει η ωριμότητα του κόμποστ τόσο μειώνεται η βιοδιαθεσιμότητα των βαρέων μετάλλων, γεγονός που περιορίζει την πιθανότητα εξάπλωσή τους στην τροφική αλυσίδα γενικότερα στο περιβάλλον.

Η κομποστοποίηση της ύλης πραγματοποιείται και μαζί με το οργανικό μέρος των οικιακών απορριμμάτων. Επίσης μπορεί να αναμειχθεί με αδρανή υλικά, φύλλα και κλαδιά δένδρων, πριονίδια κ.ά. και το μίγμα αυτό μπορεί να διατεθεί ως υλικό αποκατάστασης χωματερών, λατομείων ή ορυχείων, σε πρανή δρόμων ή κι ως εδαφοβελτιωτικό για κήπους, πάρκα κ.λπ.

## 4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο

### Επισκόπηση της υπάρχουσας ευρωπαϊκής νομοθεσίας

#### 4.1 Εισαγωγή

Σύμφωνα με την ανάλυση της υπάρχουσας ευρωπαϊκής νομοθεσίας που σχετίζεται με τη διαχείριση της ιλύος και αφορά την επεξεργασία και ανακύκλωση της, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι για την πλειοψηφία των κρατών μελών, αυτή εστιάζεται κυρίως στη χρήση της ιλύος στη γεωργία. Η διάθεση της ιλύος σε χώρους υγειονομικής ταφής ή η καύση της σε εγκαταστάσεις αποτέφρωσης αποβλήτων υπόκειται σε μια πιο γενική νομοθεσία για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων. Οι ευρωπαϊκοί κανονισμοί εστιάζουν κυρίως στην ιλύ που προέρχεται από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας των αστικών λυμάτων, καθώς η κάλυψη του εδάφους από ιλύ βιομηχανικής προέλευσης υπεισέρχεται σε κανονισμούς που αφορούν την ταφή αποβλήτων και γενικά το στρατηγικό σχέδιο διαχείρισης των στερεών αποβλήτων κάθε χώρας.

Το νομικό πλαίσιο που έχει καταρτιστεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και ορίζει τις διάφορες κατευθύνσεις για τη διάθεση της ιλύος, αποτελείται κυρίως από οδηγίες οι οποίες πρέπει να ενσωματωθούν στις εθνικές νομοθεσίες των κρατών – μελών. Αυτές που είναι οι πιο σχετικές σ' ότι αναφορά στη διαχείριση της ιλύος παρουσιάζονται παρακάτω:

- Η οδηγία 86/278/EEC για τη προστασία του περιβάλλοντος και ειδικότερα για τη προστασία του εδάφους όταν η ιλύς από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας των λυμάτων χρησιμοποιείται στη γεωργία. Αυτή η οδηγία καθορίζει ελάχιστα ποιοτικά κριτήρια για το έδαφος και για την ιλύ και οροθετεί προϋποθέσεις παρακολούθησης του εδάφους όταν η ιλύς επιστρώνεται σε γεωργική γη. Σ' αυτή την οδηγία καθορίζονται οι οριακές τιμές συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων για την ιλύ αλλά και για το έδαφος καθώς και οι μέγιστες επιτρεπόμενες ετήσιες φορτίσεις από βαρέα μέταλλα στα εδάφη που καλύπτονται από την ιλύ.
- Η οδηγία πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων (91/156/EEC με αναθεώρηση την 75/442/EEC) επισημοποιεί την ήδη υπάρχουσα ιεράρχηση που

περιγράφεται στην κοινοτική στρατηγική για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων. Σύμφωνα μ' αυτή την ιεράρχηση προτεραιότητα πρέπει να δοθεί στη πρόληψη δημιουργίας αποβλήτων και μετά στη μείωση τους, στην επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση και στην ανάκτηση ενέργειας απ' αυτά. Αυτή η οδηγία εγκαθιδρύει τις αρχές για τη χρήση και τη διάθεση των αποβλήτων, για τα πλάνα διαχείρισης τους και τις εγκρινόμενες διαδικασίες δράσης και παρακολούθησης. Επιπροσθέτως, σ' αυτή την οδηγία ορίζεται επακριβώς ο όρος «απόβλητο». Σαφής οδηγίες για συγκεκριμένου τύπου απόβλητα (π.χ. βιολογική ιλύς) έχουν ενσωματωθεί στη γενική οδηγία πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων.

- Η οδηγία 91/271/EC που αφορά την επεξεργασία των αστικών λυμάτων έχει ως στόχο την προστασία του περιβάλλοντος από τις αρνητικές συνέπειες της απόθεσης των λυμάτων. Αυτή η οδηγία θέτει ελάχιστα κριτήρια εκροής για την επεξεργασία των λυμάτων η οποία πετυχαίνεται σε στάδια, μέχρι το τέλος του 2005 και ορίζει προχωρημένη επεξεργασία για την απομάκρυνση του αζώτου και του φώσφορου από την ιλύ που προορίζεται προς «ευαίσθητες» περιοχές. Οι «ευαίσθητες» περιοχές ορίζονται ως: περιοχές ιδιαίτερα ευάλωτες σε ευτροφισμό και επιφανειακά ύδατα τα οποία προορίζονται για άντληση πόσιμου νερού. Αυτή η οδηγία υποστηρίζει τη χρησιμοποίηση της ιλύος και συγκεκριμένα στο άρθρο 14 αναφέρει ότι: « Η ιλύς που προέρχεται από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας των λυμάτων μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί και οι διάφοροι τρόποι διάθεσης της μπορούν να ελαχιστοποιήσουν τις αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον». Το ίδιο άρθρο επίσης, απαγορεύει τη διάθεση της ιλύος σε επιφανειακά ύδατα από την 31/12/1998 και καθορίζει ότι από αυτή την ημερομηνία και έπειτα η διάθεση της ιλύος που προέρχεται από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων υπόκειται σε γενικούς κανόνες που περιλαμβάνουν τη καταγραφή και τη πιστοποίηση της. Επί προσθέτως, στην οδηγία αυτή εισάγονται αναλυτικές προϋποθέσεις παρακολούθησης της διάθεσης και διαχείρισης της ιλύος και αναφέρεται ότι η βουλή κάθε κράτους μέλους υποχρεούται να υποβάλλει έκθεση κάθε δύο χρόνια με τις δράσεις της σχετικά με τη διάθεση της ιλύος.

- Η οδηγία 91/676/EEC που αφορά τη προστασία των υδάτων ενάντια στη ρύπανση που προκαλείται από νιτρικά λιπάσματα που προέρχονται από τη γεωργία, γνωστή ως και η οδηγία των νιτρικών, απαιτεί την αναγνώριση από τα κράτη μέλη

ευπαθών ζωνών από τα νιτρικά λιπάσματα. Αυτές οι ζώνες ορίζονται ως περιοχές όπου η ποιότητα των νερών έχει ή είναι στο όριο να ξεπεράσει τα όρια του πόσιμου νερού σε σχέση με τις συγκεντρώσεις των νιτρικών (όπως αυτές έχουν καθοριστεί στην οδηγία 75/440/EEC που αφορά τη ποιότητα των επιφανειακών νερών που απαιτείται για την άντληση πόσιμου νερού).

- Η οδηγία περί υγειονομικής ταφής των απορριμμάτων 1999/31/EC κάνει πλέον τη διάθεση της ιλύος σε Χ.Υ.Τ.Α. πιο δύσκολη καθώς, αυτή η οδηγία στοχεύει στη μείωση της ποσότητας των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων που οδηγούνται στους Χ.Υ.Τ.Α. και απαγορεύει τη ταφή υγρών αλλά και μη επεξεργασμένων αποβλήτων. Σύμφωνα με το άρθρο 5 της οδηγίας τα κράτη μέλη οφείλουν να καθορίσουν εθνική στρατηγική για την εφαρμογή της μείωσης των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων που προορίζονται για χώρους υγειονομικής ταφής (συμπεριλαμβανομένου και της ιλύος που μπορεί να διατίθεται όπως τα αστικά απόβλητα). Η στρατηγική αυτή θα πρέπει να περιλαμβάνει μέτρα για την επίτευξη συγκεκριμένων στόχων μείωσης των βιοαποδομήσιμων αποβλήτων, κυρίως μέσω ανακύκλωσης, λιπασματοποίησης, παραγωγής βιομεθανίου ή ανάκτηση υλικών/ενέργειας. Επίσης, η ιλύς που παράγεται κατά την επεξεργασία αστικών λυμάτων χαρακτηρίζεται ως μη επικίνδυνο απόβλητο το οποίο όμως πρέπει να υποβάλλεται σε έλεγχο πριν από τη διάθεση του (βλέπε και παράγραφο 3.3)

Τέλος, κάποιες άλλες οδηγίες που σχετίζονται με τη διαχείριση των αποβλήτων έχουν επίσης σημασία για τη διαχείριση της ιλύος όπως η οδηγία περί της καύσης των αποβλήτων 2000/76/EC καθορίζει οριακές τιμές εκπομπών στοιχείων που ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα, τα οποία προέρχονται από την αποτέφρωση των απορριμμάτων.

#### 4.2 Ενσωμάτωση των κοινοτικών οδηγιών από τα κράτη μέλη της ΕΕ

Στις περισσότερες χώρες οι περιφερειακές ή τοπικές αρχές αναλαμβάνουν τις ελεγκτικές ή διευθυντικές δράσεις για τη διαχείριση της ιλύος, ενώ οι κεντρικές κυβερνήσεις είναι συνήθως αυτές που είναι υπεύθυνες για την ανάπτυξη της πολιτικής και των νομικών κανονισμών. Εντούτοις, σε μερικές περιπτώσεις, που γενικά αντιστοιχούν σε χώρες με ομοσπονδιακή δομή, οι περιφέρειες έχουν συμμετοχή στην πολιτική διαχείρισης της ιλύος. Παράδειγμα αυτού είναι η Ισπανία όπου οι περιφέρειες έχουν πλήρεις νομικές αρμοδιότητες και είναι επίσης υπεύθυνες για τον έλεγχο των ποιοτικών χαρακτηριστικών των ιλύων. Σε αυτές τις χώρες οι περιφερειακοί κανονισμοί είναι συνήθως πιο αυστηροί και πιο αναλυτικοί από αυτούς του κεντρικού σχεδιασμού διαχείρισης της ιλύος .

Η πλειοψηφία των χωρών της ΕΕ έχει αναπτύξει συγκεκριμένα νομοθετικά πλαίσια για τη χρήση της ιλύος στη γεωργία. Στην Ελλάδα όμως η διάθεση της ιλύος εμπίπτει σε γενικότερους κανονισμούς που αφορούν τη διαχείριση των αποβλήτων και τη προστασία του περιβάλλοντος.

Σχετικά με την ενσωμάτωση των κοινοτικών οδηγιών 86/278/EEC και 91/271/EEC, οι οποίες αναφέρονται πιο συγκεκριμένα σε θέματα διαχείρισης της ιλύος, πρέπει να σημειωθούν τα εξής:

Στις περισσότερες περιπτώσεις, η οδηγία 86/278/EEC υιοθετήθηκε από τα κράτη μέλη ανάμεσα στο 1988 με 1993. Η μεταφορά της οδηγίας στις εθνικές νομοθεσίες πραγματοποιήθηκε χωρίς ιδιαίτερες δυσκολίες. Πρέπει να σημειωθεί ότι στη περίπτωση της Γαλλίας η αρχική μεταφορά της οδηγίας 86/278/EEC θεωρήθηκε ανεπαρκής από την επιτροπή το 1995. Συνεπώς, η Γαλλία υιοθέτησε την απόφαση το Δεκέμβρη του 1997 και την εντολή τον Ιανουάριο του 1998, οι οποίες συμπλήρωσαν τη μεταφορά της οδηγίας 86/278/EEC.

Όσον αφορά την οδηγία 91/271/EEC για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, τα κράτη μέλη έπρεπε να θέσουν σε ισχύ τους απαραίτητους κανονισμούς για να συμμορφωθούν με την οδηγία, μέχρι το τέλος του Ιουνίου το 1993. Παρ' όλα αυτά, την περίοδο της έκδοσης της αναφοράς από την Επιτροπή για την υλοποίηση της οδηγίας 91/271/EEC το 1999, η Ιταλία δεν είχε ακόμη μεταφέρει την οδηγία στην εθνική της νομοθεσία, ενώ η μεταφορά στην Ελλάδα και την Αυστρία δεν πληρούσε

τα απαιτούμενα Ευρωπαϊκά κριτήρια. Στην Ιταλία, ωστόσο, με το ψήφισμα 152/99 στις 11 Μαΐου του 1999, πραγματοποιήθηκε η πλήρης αφομοίωση της οδηγίας 91/271/EEC.

#### 4.3 Προϋποθέσεις για την γεωργική χρήση της ιλύος

Η Οδηγία 86/278/EC προβλέπει οριακές τιμές συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων στο έδαφος και στην ιλύ καθώς και οριακές τιμές για τις ποσότητες βαρέων μετάλλων που μπορούν να εισάγονται στο έδαφος σε ετήσια βάση. Γι' αυτό, η χρησιμοποίηση ιλύος απαγορεύεται όταν η συγκέντρωση ενός ή περισσότερων βαρέων μετάλλων στο έδαφος υπερβαίνει τις οριακές τιμές του Παρατήματος ΙΑ της Οδηγίας. Τα κράτη μέλη οφείλουν σε μία τέτοια περίπτωση να λαμβάνουν κατάλληλα μέτρα ώστε να μη σημειώνεται υπέρβαση των εν λόγω οριακών τιμών εξαιτίας της χρησιμοποίησης ιλύος.

Η ίδια οδηγία διευκρινίζει ότι η ιλύς πρέπει να επεξεργάζεται πριν χρησιμοποιηθεί για γεωργική χρήση. Ο ορισμός της επεξεργασμένης ιλύος δίδεται στο άρθρο 2 της οδηγίας και έχει ως εξής: «ιλύ . που έχει υποστεί βιολογική , χημική ή θερμική επεξεργασία, μακράς διάρκειας αποθήκευση ή οποιαδήποτε άλλη κατάλληλη διεργασία έτσι ώστε να μειωθούν σημαντικά οι κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία που πηγάζουν απ' τη χρήση της. Ωστόσο, σύμφωνα με τη ίδια οδηγία είναι δυνατή η χρήση μη επεξεργασμένης ιλύος «εάν εγχυθεί ή επεξεργαστεί μέσα στο έδαφος».

Στη πραγματικότητα, οι περισσότερες χώρες έχουν μεταφέρει χωρίς αλλαγές αυτούς τους ορισμούς στην εθνική τους νομοθεσία. Το Φλαμανδικό Βέλγιο, η Δανία, η Φιλανδία, η Γερμανία, Ιταλία , η Ολλανδία, η Πορτογαλία, η Ισπανία και η Ελλάδα απαγορεύουν τη χρήση μη επεξεργασμένης ιλύος στη γεωργία, ενώ άλλες χώρες δεν έχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις σχετικά με τη επεξεργασία της ιλύος.

Οι νομοθεσίες στη Γαλλία, Ιρλανδία, Λουξεμβούργο και Σουηδία επιτρέπουν τη χρήση μη επεξεργασμένης ιλύος σύμφωνα και με την οδηγία. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, η νομοθεσία επέτρεπε μη επεξεργασμένη ιλύ να χρησιμοποιηθεί κάτω από τις ακόλουθες συνθήκες: «Όταν μη επεξεργασμένη ιλύς έχει χρησιμοποιηθεί σε γεωργική γη χωρίς να έχει εγχυθεί μέσα στο έδαφος, ο κάτοχος που καλλιεργεί τη γη οφείλει να

προκαλέσει την επεξεργασία της ιλύος μαζί με το χώμα στο οποίο έχει εφαρμοσθεί η ιλύς ». Παρ' όλα αυτά μετά από πρόσφατη συμφωνία ανάμεσα στους παραγωγούς της ιλύος και τους έμπορους λιανικής των τροφίμων (BRC), απαγορεύθηκε η χρήση μη επεξεργασμένης ιλύος για γεωργικούς σκοπούς.

Το άρθρο 7 της οδηγίας 86/278/EEC προβλέπει κάποιους περιορισμούς σχετικά με τη διασπορά της ιλύος σε εκτάσεις που χρησιμοποιούνται ως βοσκότοποι και σε καλλιέργειες οπωροκηπευτικών. Πιο συγκεκριμένα απαγορεύεται η χρήση της ιλύος σε:

- Χορτολιβαδικές εκτάσεις που χρησιμοποιούνται ως βοσκότοποι ή σε καλλιέργειες ζωοτροφών προτού παρέλθει ορισμένη προθεσμία που καθορίζουν τα κράτη μέλη και που δεν μπορεί να είναι μικρότερη από 3 εβδομάδες.
- Καλλιέργειες οπωροκηπευτικών κατά την περίοδο της βλάστησης (εξαιρούνται οι καλλιέργειες οπωροφόρων δέντρων).
- Εδάφη προοριζόμενα για καλλιέργειες οπωροκηπευτικών που βρίσκονται σε άμεση επαφή με το έδαφος και που συνήθως καταναλώνονται ωμά, επί δέκα μήνες πριν αρχίσει η συγκομιδή και κατά τη συγκομιδή.

Η ιλύς και τα εδάφη επί των οποίων χρησιμοποιείται, υποβάλλονται σε δειγματοληψία και ανάλυση. Τα κράτη μέλη οφείλουν να τηρούν μητρώα στα οποία παρουσιάζονται:

- Οι παραγόμενες ποσότητες ιλύος και οι ποσότητες που χρησιμοποιούνται στη γεωργία.
- Η σύνθεση και τα χαρακτηριστικά της ιλύος.
- Η επεξεργασία που εφαρμόζεται.
- Τα ονόματα και οι διευθύνσεις των παραληπτών της ιλύος καθώς και τόποι χρησιμοποίησης αυτής.



Αυτές οι διατάξεις έχουν μεταφερθεί στις νομοθεσίες των κρατών-μελών αλλά με διαφορετικούς τρόπους ανάλογα με τη χώρα. Η Ιρλανδία, η Πορτογαλία και το Ηνωμένο Βασίλειο έχουν για παράδειγμα μεταφέρει επακριβώς στις εθνικές τους νομοθεσίες τους περιορισμούς της οδηγίας. Κάποιες άλλες χώρες, όπως το Βέλγιο, η Ιταλία και η Αυστρία επιτρέπουν τη καλλιέργεια μόνο εφόσον έχει περάσει κάποιο χρονικό διάστημα μετά τη εφαρμογή της ιλύος στα εδάφη. Τέλος, μερικές χώρες έχουν εισάγει στις εθνικές τους νομοθεσίες περιορισμούς για συγκεκριμένες καλλιέργειες, όπως η Αυστρία, ή κάποιες γεωργικές πρακτικές με σκοπό να προωθήσουν το «όργωμα» της ιλύος ή τη χρήση επεξεργασμένης ιλύος.

Κάθε τέσσερα χρόνια, τα κράτη μέλη οφείλουν να συντάσσουν μια συγκεντρωτική έκθεση σχετικά με τη χρησιμοποίηση ιλύος στη γεωργία, όπου αναφέρονται οι ποσότητες που χρησιμοποιήθηκαν, τα κριτήρια που εφαρμόστηκαν και τα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν. Η έκθεση αποστέλλεται στην Επιτροπή, η οποία και δημοσιεύει το περιεχόμενο της. Η Επιτροπή σε πρόσφατη Έκθεσή της (2003) κρίνει ότι είναι δύσκολο, υπό τις σημερινές συνθήκες, να συναχθούν οριστικά συμπεράσματα, αφού όχι μόνο δεν έχουν υποβληθεί εκθέσεις από αρκετά κράτη μέλη, αλλά και μερικές από όσες έχουν υποβληθεί δεν είναι πλήρεις. Πιστεύεται ωστόσο, ότι η Οδηγία καλώς ενεργοποιήθηκε σε ότι αφορά τις ανεκτές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων σε ιλύ αξιοποιούμενη στη γεωργία, αφού η στάθμη είναι κατά κανόνα χαμηλότερη από τις οριακές τιμές που καθορίζονται στο παράρτημα Β της Οδηγίας.

Εκτός από τους παραπάνω περιορισμούς του άρθρου 7 της οδηγίας, οι περισσότερες χώρες έχουν εισάγει πρόσθετους κανονισμούς σχετικά με τη χρήση της ιλύος για γεωργικούς σκοπούς κοντά σε επιφανειακά ύδατα, σε υγρά τοπους, σε εδάφη δασών, σε παγωμένη ή καλυμμένη με χιόνι γη και σε εδάφη με μεγάλη κλίση, με σκοπό τη μείωση της επίδραση της διάβρωσης και την αποφυγή κατολίσθησης.

Σχετικά με το είδος της ιλύος που χρησιμοποιείται στη γεωργία οι περισσότερες χώρες της ΕΕ απαγορεύουν τη χρήση ιλύος που προέρχεται από βιομηχανικά απόβλητα. Ωστόσο, κανονιστικές διατάξεις στο Βέλγιο, Δανία, Ιταλία και Ολλανδία επιτρέπουν και τη χρήση βιομηχανικής ιλύος. Συγκεκριμένα, στη Γαλλία ισχύουν συγκεκριμένοι κανονισμοί για τη κάλυψη εδάφους με επεξεργασμένα βιομηχανικά απόβλητα ή ιλύ αν και τα όρια είναι παρόμοια μ' αυτά που ισχύουν για την ιλύ που προέρχεται από τα αστικά λύματα.

Σε σχέση με τις υποχρεώσεις για επεξεργασία της ιλύος που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε γη, οι περισσότερες χώρες έχουν γενικά είτε υιοθετήσει τους όρους της οδηγίας ή έχουν απαγορεύσει τη χρήση μη επεξεργασμένης ιλύος. Μόνο στη νομοθεσία της Δανίας υπάρχουν κανονιστικές διατάξεις για τις πιθανές χρήσεις της ιλύος ανάλογα με τη επεξεργασία που έχει υποστεί. Επίσης με βάση την ίδια νομοθεσία απαιτείται ανάλυση των οργανικών συστατικών που περιέχονται στην ιλύ τουλάχιστον μια φορά το χρόνο.

#### 4.3.1 Οριακές τιμές ρυπαντών στην ιλύ και στο έδαφος

Οι διαφορές ανάμεσα στις εθνικές νομοθεσίες και τις διατάξεις της ΕΕ είναι ιδιαίτερα σημαντικές για τις οριακές τιμές των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων στην ιλύ, υπάρχει και αντίστοιχος πίνακας παρακάτω.

Συγκρίνοντας τις οριακές τιμές που καθορίζονται στην οδηγία με τους εθνικούς όρους των κρατών-μελών, διαπιστώνουμε ότι μόνο 6 χώρες (η Ελλάδα, η Ιρλανδία, η Ιταλία, το Λουξεμβούργο, η Πορτογαλία και η Ισπανία) έχουν εφαρμόσει στις νομοθεσίες τους οριακές τιμές που είναι πανομοιότυπες με αυτές που ορίζονται στο παράρτημα ΙΒ της οδηγίας 86/278/EEC, ενώ για το Ηνωμένο Βασίλειο δεν καθορίζονται καθόλου οριακές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στην ιλύ.

Το συμπέρασμα που βγάζουμε είναι ότι η πλειοψηφία των κρατών μελών της ΕΕ έχουν επιλέξει να εφαρμόσουν αυστηρότερες προδιαγραφές για τις οριακές συγκεντρώσεις των ρυπαντών. Συγκεκριμένα, σε χώρες όπως η Δανία, η Φιλανδία Ολλανδία και η Σουηδία, οι οριακές συγκεντρώσεις οι οποίες έχουν οριστεί στις εθνικές νομοθεσίες είναι εξαιρετικά αυστηρές αν και η χρήση της ιλύος για γεωργικούς σκοπούς σ' αυτές τις χώρες (με εξαίρεση την Ολλανδία) παραμένει μια σημαντική διέξοδος διάθεσης. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι οι απαιτήσεις στα όρια που έχουν οριστεί από διατάξεις σε χώρες που πρόσφατα εντάχθηκαν όπως η Εσθονία, η Λετονία και η Πολωνία είναι συμβατές ή ακόμα και πιο αυστηρές σε σχέση με αυτές της οδηγίας 86/278/EEC.

Όσο αναφορά τις οριακές τιμές για τα βαρέα μέταλλα στα εδάφη στα οποία εφαρμόζεται η ιλύς, οι κανονισμοί που έχουν καθοριστεί στις περισσότερες εθνικές

νομοθεσίες είναι παρόμοιες μ' αυτές του παραρτήματος ΙΑ της οδηγίας 86/278/EEC, αν και η Δανία η Φιλανδία και η Ολλανδία κι εδώ έχουν εφαρμόσει χαμηλότερες οριακές τιμές. Επιπροσθέτως, οι διατάξεις για τη χρήση της ιλύος στη Γαλλία, Ιταλία, Λουξεμβούργο και Πολωνία περιλαμβάνουν οριακές τιμές για παθογόνους μικροοργανισμούς και σε μεγαλύτερο αριθμό περιπτώσεων για οργανικά συστατικά (Αυστρία, Βέλγιο, Δανία, Γαλλία, Γερμανία και Σουηδία).

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι η οδηγία 86/78 είναι σε διαδικασία αναθεώρησης αφού όπως αναφέραμε και προηγουμένως αρκετά κράτη-μέλη έχουν θεσπίσει και εφαρμόσει αυστηρότερες οριακές τιμές για τα βαρέα μέταλλα καθώς και περιορισμούς για άλλους ρυπαντές. Επίσης συζητείται η θεσμοθέτηση και άλλων παραμέτρων ποιότητας της ιλύος που ενδιαφέρουν, όπως το μικροβιακό και το θρεπτικό φορτίο (N, P). Με στόχο την αποτίμηση της οδηγίας η ευρωπαϊκή επιτροπή έχει ξεκινήσει μια μελέτη συλλέγοντας πληροφορίες σχετικά με τις περιβαλλοντικές, οικονομικές, και κοινωνικές επιδράσεις των παρουσών πρακτικών σχετικά με την χρήση της ιλύος στο έδαφος με σκοπό να εκτιμήσει τους κινδύνους αλλά και τις δυνατότητες αυτής της χρήσης της ιλύος στα χρόνια που θα έρθουν. Η μελέτη αυτή θα προσδιορίζει όλες τις πιθανές εναλλακτικές πολιτικές διαχείρισης της ιλύος εκτιμώντας τα κόστη αλλά και τα οφέλη της καθεμίας.

Οριακές τιμές βαρέων μετάλλων στην γλύ mg/kg DS

(τα σκιασμένα κελιά ανταπροσωπεύουν οριακές τιμές κάτω από εκείνες της οδηγίας 86/278/EEC)

	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	As	Mo	Co
<b>Οδηγία 86/278/EEC</b>	20-40	-	1000-1750	16-25	300-400	750-1200	2500-4000	-	-	-
<b>Ελλάδα</b>	20-40	500	1000-1750	16-25	300-400	750-1200	2500-4000	-	-	-
<b>Αυστρία</b>	2-10	50-500	70-500	0.4-10	25-100	45-500	200-2000	20	20	100
<b>Βέλγιο</b>	6-10	250-500	375-600	5-10	100	300-500	900-2000	150	-	-
<b>Γαλλία</b>	20	1000	1000	10	200	800	3000	-	-	-
<b>Γερμανία</b>	10	900	800	8	200	900	2500	-	-	-
<b>Δανία</b>	0.8	100	1000	0.8	30	120	4000	25	-	-
<b>Ηνωμένο Βασίλειο</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Ιρλανδία</b>	20	-	1000	16	300	750	2500	-	-	-
<b>Ισπανία</b>										
-pH εδάφους <7	20	1000	1000	16	300	750	2500			
-pH εδάφους >7	40	1750	1750	25	400	1200	4000			
<b>Ιταλία</b>	20	-	1000	10	300	750	2500	-	-	-
<b>Λουξεμβούργο</b>	20-40	1000-1750	1000-1750	16-25	300-400	750-1200	2500-4000	-	-	-
<b>Ολλανδία</b>	1.25	75	75	0.75	30	100	300	-	-	-
<b>Πορτογαλία</b>	20	1000	1000	16	300	750	2500	-	-	-
<b>Σουηδία</b>	2	100	600	2.5	50	100	800	-	-	-
<b>Φιλανδία</b>	3	300	600	2	100	150	1500	-	-	-
<i>Πρόσφατα εντάξιμες χώρες</i>										
<b>Εσθονία</b>	15	1200	800	16	400	900	2900	-	-	-
<b>Λετονία</b>	20	2000	1000	16	300	750	2500	-	-	-
<b>Πολωνία</b>	10	500	800	5	100	500	2500	-	-	-

Πίνακας 4.1

Οριακές τιμές βαρέων μετάλλων στο έδαφος mg/kg DS

(τα σκιασμένα κελιά αναπροσαποτούν οριακές τιμές κάτω από εκείνες της οδηγίας 86/278/EEC)

	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	As	Mo	Co
<b>Οδηγία 86/278/EEC (6&lt;pH&lt;7)</b>	1-3	-	50-140	1-1.5	30-75	50-300	150-300	-	-	-
Ελλάδα	1-3	-	50-140	1-1.5	30-75	50-300	150-300	-	-	-
Αυστρία	0.5-2	50-100	40-100	0.2-1.5	30-70	50-100	100-300	-	10	50
Βέλγιο	0.9-2	46-100	50	1-1.3	18-50	56-100	170-200	22	-	-
Γαλλία	2	150	100	1	50	100	300	-	-	-
Γερμανία	1.5	100	60	1	50	100	200	-	-	-
Δανία	0.5	30	40	0.5	15	40	100	-	-	-
Ηνωμένο Βασίλειο	2	-	135	1	75	300	300	-	-	-
Ιρλανδία	1	-	50	1	30	50	150	-	-	-
Ισπανία										
-pH εδάφους <7	1	100	50	1	30	50	150	-	-	-
-pH εδάφους >7	3	150	210	1.5	112	300	450	-	-	-
Ιταλία	1.5	-	100	1	75	100	300	-	-	-
Λουξεμβούργο	1-3	100-200	50-140	1-1.5	30-75	50-300	150-300	-	-	-
Ολλανδία	0.8	100	36	0.3	35	85	140	-	-	-
Πορτογαλία	3	200	100	1.5	75	300	300	-	-	-
Σουηδία	0.4	60	40	0.3	30	40	100-150	-	-	-
Φιλανδία	0.5	200	100	0.2	60	60	150	-	-	-
Πρόσφατα εντάγμένες Χώρες										
Εσθονία	3	100	50	1.5	50	100	300	-	-	-
Λετονία	0.3-1	15-30	10-25	0.1-0.15	8-30	15-30	35-100	-	-	-
Πολωνία	1-3	50-100	25-75	0.8-1.5	20-50	40-80	80-180	-	-	-

Πίνακας 4.2

#### 4.4 Προϋποθέσεις για τη χρήση της ιλύος σε δασικές εκτάσεις και για την αποκατάσταση εδαφών

Συγκεκριμένοι κανονισμοί για τη χρήση της ιλύος σε δασικές εκτάσεις υπάρχουν σε πολύ λίγες εθνικές νομοθεσίες. Ακόμα, δεν καθίσταται πάντοτε σαφές αν ο όρος «δάσος» ή «δασική έκταση» αναφέρεται σε απλά δάση, εθνικούς δρυμούς ή αναδασωτέες περιοχές.

Οι χώρες κράτη-μέλη που απαγορεύουν ρητά τη χρήση της ιλύος σε δασικές εκτάσεις είναι η Αυστρία, το Βέλγιο και η Γερμανία. Αντίθετα στις περιπτώσεις που ακολουθούν επιτρέπεται η χρήση υπό ορισμένες προϋποθέσεις.

- Στη Γαλλία, η κυβερνητική απόφαση το Δεκέμβρη του 1997 καθορίζει ότι οι κανονισμοί που ορίζονται για τη χρήση της ιλύος στη γεωργία ισχύουν και σε περιοχές εθνικών δρυμών, με την προϋπόθεση ότι οι κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία αλλά και για τη πανίδα, περιορίζονται στο ελάχιστο.
- Στο Λουξεμβούργο, με διάταξη που ψηφίστηκε τον Απρίλιο του 1990, είναι απαραίτητη έγκριση για τη χρήση της ιλύος σε δασική έκταση. Το ίδιο συμβαίνει και για την κάλυψη γεωργικής γης σε απόσταση μικρότερη των 30 μέτρων από τα όρια δασικών περιοχών.
- Στο Ηνωμένο Βασίλειο, η χρήση της ιλύος σε εθνικούς δρυμούς και αναδασωτέες περιοχές δεν υπαγορεύεται από κάποια διάταξη ή κανονισμό, αλλά από την δασική αρχή η οποία έχει εκδώσει σχετικό εγχειρίδιο.

Όσο αναφορά τη χρήση της ιλύος για την αποκατάσταση εδαφών, και εδώ στις περισσότερες χώρες δεν υπάρχουν συγκεκριμένοι κανονισμοί ή αξιώσεις από τις εθνικές νομοθεσίες. Οι μόνες εξαιρέσεις είναι η Αυστρία, το Βέλγιο, η Γαλλία και η Πολωνία όπου προβλέπεται η χρήση της ιλύος για την αποκατάσταση εδαφών με την προϋπόθεση ότι τηρούνται τα εκάστοτε όρια για τα βαρέα μέταλλα.

#### 4.5 Προϋποθέσεις για τη διάθεση σε Χ.Υ.Τ.Α.

Η διάθεση της ιλύος σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων στα κράτη-μέλη της ΕΕ καλύπτεται από την νομοθεσία για τους Χ.Υ.Τ.Α.. Η νομοθεσία αυτή εμπεριέχει συχνά διασαφηνίσεις και προσδιορισμούς για την ιλύ που προέρχεται από ΕΕΛ. Μερικά παραδείγματα είναι τα εξής:

- Στην Αυστρία, σύμφωνα με τον κανονισμό για τη ταφή των απορριμμάτων από το 2004 και μετά, απαιτείται η επεξεργασία της ιλύος πριν τη διάθεση της σε Χ.Υ.Τ.Α. ώσπου να μειωθεί η βιολογική της αντιδραστικότητα.
- Στην Ολλανδία επιτρέπεται η διάθεση της ιλύος σε Χ.Υ.Τ.Α., ωστόσο, τα τελευταία χρόνια η επιλογή αυτή όλο και περισσότερο περιορίζεται.
- Στη Γαλλία, η απόφαση το Σεπτέμβρη του 1997 για τους Χ.Υ.Τ.Α., ανέφερε ότι η ιλύς που προέρχεται από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων μπορεί να οδηγηθεί στη ταφή μόνο εφόσον το στερεό περιεχόμενο της ιλύος είναι πάνω από 30%. Επίσης σύμφωνα με την ίδια απόφαση η διάθεση της ιλύος σε Χ.Υ.Τ.Α. θα πρέπει να αρχίσει να μειώνεται από το 2002 και έπειτα.
- Στη Σουηδία από το 2005 και μετά, κανένα οργανικό απόβλητο (συμπεριλαμβανομένης και της ιλύος) δεν γίνεται δεκτό σε Χ.Υ.Τ.Α., σύμφωνα με εφαρμογή του εθνικού σχεδίου διαχείρισης των αποβλήτων.

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι στις περισσότερες χώρες, η διάθεση της ιλύος σε Χ.Υ.Τ.Α. θα πρέπει να μειώνεται προοδευτικά, με εφαρμογή της οδηγίας για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων (1999/31/EEC) η οποία συστήνει τη μείωση των ποσοτήτων διασπάσιμων αποβλήτων που οδηγούνται σε Χ.Υ.Τ.Α. και απαγορεύει τη ταφή υγρών και μη επεξεργασμένων αποβλήτων.

Ωστόσο, η απόφαση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής της 19ης Δεκεμβρίου 2002 για τον καθορισμό κριτηρίων και διαδικασιών αποδοχής των αποβλήτων στους χώρους υγειονομικής ταφής σύμφωνα με το άρθρο 16 και το παράρτημα II της οδηγίας 1999/31/ΕΚ, ξεκαθαρίζει κάπως τις προϋποθέσεις και τους όρους για τη διάθεση της ιλύος, αλλά και όλων των τύπων αποβλήτων στους Χ.Υ.Τ.Α.

Σύμφωνα με το άρθρο 16 της οδηγίας 1999/31/EK η Επιτροπή καθορίζει ειδικά κριτήρια ή/και μεθόδους δοκιμής, καθώς και τις αντίστοιχες οριακές τιμές, για κάποιες κατηγορίες χώρων υγειονομικής ταφής. Τα απόβλητα γίνονται δεκτά στους χώρους υγειονομικής ταφής μόνον εφόσον ανταποκρίνονται στα κριτήρια αποδοχής της αντίστοιχης κατηγορίας χώρου υγειονομικής ταφής, όπως αυτά ορίζονται από την οδηγία. Επίσης, ορίζεται η διαδικασία για να προσδιορίζεται κατά πόσο είναι αποδεκτά τα απόβλητα στους χώρους υγειονομικής ταφής. Ο βασικός χαρακτηρισμός είναι το πρώτο βήμα της διαδικασίας αποδοχής και αποτελεί πλήρη χαρακτηρισμό των αποβλήτων, συγκεντρώνοντας όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για την ασφαλή εναπόθεσή τους μακροπρόθεσμα.

Συγκεκριμένα, η ιλύς που παράγεται κατά την επεξεργασία αστικών λυμάτων, σύμφωνα με την Ελληνική Νομοθεσία χαρακτηρίζεται ως μη επικίνδυνο απόβλητο το οποίο εντάσσεται στο Κεφάλαιο 19 του Ευρωπαϊκού Καταλόγου Αποβλήτων (Απόφαση 2000/Γ32/EK) και στην αντίστοιχη κατηγορία 19 (ιδιαίτερα 19.08.05) του παραρτήματος IB της Κ.Υ.Α. 50910/2727/2003 περί των μέτρων και των όρων για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων - Εθνικός και Περιφερειακός Σχεδιασμός Διαχείρισης .

Για το βασικό χαρακτηρισμό όμως της ιλύος και όλων των ειδών των αποβλήτων αυτά πρέπει να υποβληθούν σε δοκιμές (όπως για παράδειγμα είναι το τεστ εκχυλισιμότητας). Ύστερα, εφόσον τα απόβλητα έχουν θεωρηθεί αποδεκτά για συγκεκριμένη κατηγορία χώρων υγειονομικής ταφής, με γνώμονα το βασικό τους χαρακτηρισμό, υπόκεινται ακολούθως σε ελέγχους συμμόρφωσης ώστε να εξακριβώνεται κατά πόσον τα απόβλητα ανταποκρίνονται στα αποτελέσματα του βασικού χαρακτηρισμού και τα αντίστοιχα κριτήρια αποδοχής. Ο έλεγχος συμμόρφωσης εκτελείται τουλάχιστον άπαξ ετησίως και ο φορέας εκμετάλλευσης οφείλει να εξασφαλίζει ότι ο έλεγχος συμμόρφωσης εκτελείται στην κλίμακα και υπό τη συχνότητα που έχουν καθορισθεί στο βασικό χαρακτηρισμό.

Εάν τα απόβλητα δεν είναι ούτε επικίνδυνα ούτε αδρανή, λογικά θα πρέπει να είναι μη επικίνδυνα και θα πρέπει να καταλήγουν σε χώρο υγειονομικής ταφής μη επικίνδυνων αποβλήτων. Τα κράτη μέλη δύνανται να καθορίζουν υποκατηγορίες χώρων υγειονομικής ταφής για τα μη επικίνδυνα απόβλητα, σύμφωνα με τις εθνικές στρατηγικές τους για τη διαχείριση των αποβλήτων, υπό την προϋπόθεση ότι



πληρούνται και οι απαιτήσεις της οδηγίας για την υγειονομική ταφή των αποβλήτων. Οι τρεις μείζονες υποκατηγορίες χώρων υγειονομικής ταφής μη επικινδύνων αποβλήτων είναι:

- χώροι υγειονομικής ταφής για ανόργανα απόβλητα με περιορισμένο οργανικό/βιοαποδομήσιμο περιεχόμενο (B1)
- χώροι υγειονομικής ταφής για οργανικά απόβλητα (B2)
- και χώροι υγειονομικής ταφής για ανάμικτα μη επικίνδυνα απόβλητα με υψηλή περιεκτικότητα τόσο οργανικών και βιοαποδομήσιμων, όσο και ανόργανων υλικών (B3).

Σύμφωνα με την απόφαση του 2002 τα κράτη μέλη δύνανται να εκπονούν κριτήρια αποδοχής ώστε να εξασφαλίζεται η ορθή κατανομή των μη επικινδύνων αποβλήτων στις επιμέρους υποκατηγορίες χώρων υγειονομικής ταφής μη επικινδύνων αποβλήτων. Εάν κρίνεται ανεπιθύμητη η περαιτέρω ταξινομική υποδιαίρεση των χώρων υγειονομικής ταφής για τα μη επικίνδυνα απόβλητα, όλα τα μη επικίνδυνα απόβλητα μπορούν να καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής για ανάμικτα μη επικίνδυνα απόβλητα (κατηγορία B3). Σημειώνεται όμως, ότι για αυτή τη κατηγορία Χ.Υ.Τ.Α. (B3) δεν έχουν θεσπισθεί οι όροι αποδοχής των στερεών αποβλήτων και των ιλύων, σε επίπεδο Ε.Ε. και εναπόκειται στα κράτη μέλη να θεσπίσουν αυτά τα όρια.

#### 4.6 Προϋποθέσεις για τη καύση της ιλύος

Οι εθνικές κανονιστικές διατάξεις σχετικά με τη διαχείριση της ιλύος από ΕΕΛ, γενικώς δεν περιλαμβάνουν συγκεκριμένους κανονισμούς για τη καύση της ιλύος. Αυτή η μέθοδος επεξεργασίας κατά κανόνα καλύπτεται από γενικές διατάξεις για τη καύση των αποβλήτων όπως οι αποφάσεις του 1993 στην Ολλανδία και στη Σουηδία για την εκπομπή αερίων από τη καύση των αποβλήτων και τη μείωση της αέριας ρύπανσης από τις υπάρχοντες δημοτικές εγκαταστάσεις καύσης των αποβλήτων αλλά και το νομοσχέδιο του 1995 στη Βρετανία σχετικά με τη περιβαλλοντική ρύπανση.

Σύνοψη της συγκριτικής ανάλυσης των εθνικών νομοθεσιών με τους όρους της ΕΕ για  
διάθεση στο έδαφος και σε Χ.Υ.Τ.Α.

Χώρα	Διάθεση στο έδαφος							Διάθεση σε Χ.Υ.Τ.Α.
	Οριακές τιμές Βαρέων Μετάλλων στην ΐλύ	Οριακές τιμές Βαρέων Μετάλλων στο έδαφος	Οριακές τιμές για παθογόνα	Οριακές τιμές για οργανικά	Υποχρεωτική επεξεργασία	Κανονισμός Εφαρμογής	Ειδικές Απαιτήσεις	
Ελλάδα	=	=			A			
Αυστρία	+	=		Έχουν καθοριστεί	Βιολογική σταθεροποίηση	Τοπικός κανονισμός	Απαγόρευση χρήσης στη Δασοκομία	Μετά το 2004 επιτρέπεται, εφόσον η οργανική ύλη είναι <5%
Βέλγιο	+	=		Έχουν καθοριστεί	A		Απαγόρευση χρήσης στη Δασοκομία	
Γαλλία	+	=	Έχουν καθοριστεί	Έχουν καθοριστεί	=	Τοπικός κανονισμός	Υπό όρους στη δασοκομία, Απαγόρευση χρήσης σε ορυχεία και λατομεία	Ελάχιστη συγκέντρωση στερεών 30%
Γερμανία	+	=		Έχουν καθοριστεί	A	Τοπικός κανονισμός	Απαγόρευση χρήσης σε όλων των ειδών των δασικών εκτάσεων και σε χώρους πρασίνου	Μετά το 2005 επιτρέπεται, εφόσον η οργανική ύλη είναι <5%
Δανία	++	++		Έχουν καθοριστεί	Σταθεροποίηση, κομποστοποίηση ή παστερίωση		Μόνο παστεριωμένη ιλύς σε περιοχές πρασίνου	
Ηνωμένο Βασίλειο	Δεν υπάρχουν οριακές τιμές	=			=	Έχει καθοριστεί		
Ιρλανδία	=	=			=	Τοπικός κανονισμός		
Ισπανία	=	=			A	Τοπικός κανονισμός		
Ιταλία	=	=	Έχουν καθοριστεί		A			Μετά το 2001, επιτρέπεται μόνο μετά από ανακύκλωση ή ανάκτηση
Λουξεμβούργο	=	=	Έχουν καθοριστεί		=		Πρόσθετοι κανονισμοί μόνο για τη δασοκομία	
Ολλανδία	++	+			A		Απαγόρευση χρήσης στη δασοκομία(μερική) και σε περιοχές πρασίνου	
Πορτογαλία	=	=			A			

Χώρα	Οριακές τιμές Βαρέων Μετάλλων στην Ιλύ	Οριακές τιμές Βαρέων Μετάλλων στο έδαφος	Οριακές τιμές για παθογόνα	Οριακές τιμές για οργανικά	Υποχρεωτική επεξεργασία	Κανονισμός Εφαρμογής	Ειδικές Απαιτήσεις	Διάθεση σε Χ.Υ.Τ.Α.
Σουηδία	++	++		Έχουν καθοριστεί	=	Έχει καθοριστεί		Μετά το 2005 δεν γίνονται δεκτά τα οργανικά απόβλητα
Φιλανδία	++	+			Χώνευση ή σταθεροποίηση με ασβέστη			
Εσθονία	=	=					Η χρήση για την αποκατάσταση εδαφών και πράσινων περιοχών ακολουθεί την ίδια νομοθεσία με τη χρήση στη γεωργία	
Λετονία	=	++						
Πολωνία	+	+	Έχουν καθοριστεί		Χημική ή θερμική επεξεργασία		Οριακές τιμές για τη χρήση στην αποκατάσταση εδαφών και πράσινων περιοχών	

= οι εθνικές απαιτήσεις είναι παρόμοιες με αυτές που προβλέπονται από την Οδηγία 86/278/ΕΕ

+ οι εθνικές απαιτήσεις είναι πιο αυστηρές από αυτές που προβλέπονται από την Οδηγία 86/278/ΕΕ

++ οι εθνικές απαιτήσεις είναι πολύ πιο αυστηρές από αυτές που προβλέπονται από την Οδηγία 86/278/ΕΕ\_\_

Α Απαγόρευση χρήσης ανεπεξέργαστης ιλύος

## 5<sup>ο</sup> Κεφάλαιο

### Παρουσίαση αποτελεσμάτων για τη παραγόμενη ιλύς του νησιού

#### 5.1 Ε.Ε.Λ Οίας

Στη μονάδα αυτή πραγματοποιείται μηχανική πάχυνση της λάσπης, χρησιμοποιείται πολυηλεκτρολύτης για τη σταθεροποίηση της και η αφυδάτωση της γίνεται μέσω μίας ταινιοφιλτρόπρεσας. Με τις μεθόδους αυτές έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

Ποσότητα παραγόμενης λάσπης : 234 τόνους/έτος

Περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία: 14 % → 32.8 τόνους/έτος

Λοιπά απόβλητα προς διάθεση: Εσχαρίσματα: 9 τόνους/έτος

Αμμοσυλλέκτης: 10 τόνους/έτος

Το σύνολο των παραπροϊόντων αυτών καταλήγει σε ανεξέλεγκτη διάθεση σε Χ.Α.Δ.Α

Στο παρακάτω πίνακα (1.1) παρουσιάζονται οι αναλύσεις, για τη συγκεκριμένη μονάδα, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο τμήμα χημείας του πανεπιστημίου Αθηνών για λογαριασμό της Δ.Ε.Υ.Α.Θ. και με έμφαση στα βαρέα μέταλλα.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΙΛΥΟΣ ΑΠΟ Ε.Ε.Λ. ΟΙΑΣ		
Αιτούμενη ανάλυση	Αποτέλεσμα ανάλυσης	Περιγραφή Μεθόδου
Αρσενικό, As	4,56 mg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη
Υδράργυρος, Hg	124 µg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη
Κάδμιο, Cd	853 µg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη
Χαλκός, Cu	251 mg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη
Ψευδάργυρος, Zn	449 mg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη

Μόλυβδος, Pb	23,1 mg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη
--------------	------------	--

Πίνακα 1.1

## 5.2 Ε.Ε.Λ Φηρών

Στη μονάδα αυτή πραγματοποιείται μηχανική πάχυνση της λάσπης, χρησιμοποιείται πολυηλεκτρολύτης για τη σταθεροποίηση της και η αφυδάτωση της γίνεται μέσω μίας ταινιοφιλτρόπρεσας. Με τις μεθόδους αυτές έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

Ποσότητα παραγόμενης λάσπης : 792 τόνους/έτος

Περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία: 13 % → 103 τόνους/έτος

Λοιπά απόβλητα προς διάθεση: Εσχαρίσματα: 10 τόνους/έτος

Αμμοσυλλέκτης: 50 τόνους/έτος

Το σύνολο των παραπροϊόντων αυτών καταλήγει σε ανεξέλεγκτη διάθεση σε Χ.Α.Δ.Α

Στο παρακάτω πίνακα (1.2) παρουσιάζονται οι αναλύσεις, για τη συγκεκριμένη μονάδα, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο τμήμα χημείας του πανεπιστημίου Αθηνών για λογαριασμό της Δ.Ε.Υ.Α.Θ. και με έμφαση στα βαρέα μέταλλα.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΙΛΥΟΣ ΑΠΟ Ε.Ε.Λ. ΦΗΡΩΝ		
Αιτούμενη ανάλυση	Αποτέλεσμα ανάλυσης	Περιγραφή Μεθόδου
Αρσενικό, As	15,1 mg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη
Υδράργυρος, Hg	188 µg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη
Κάδμιο, Cd	412 µg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη
Χαλκός, Cu	228 mg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη

Ψευδάργυρος, Zn	374 mg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη
Μόλυβδος, Pb	21,6 mg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη

Πίνακας 1.2

### 5.3 Ε.Ε.Λ Καρτεράδου

Στη μονάδα αυτή πραγματοποιείται μηχανική πάχυνση της λάσπης, χρησιμοποιείται πολυηλεκτρολύτης για τη σταθεροποίηση της και η αφυδάτωση της γίνεται μέσω ενός φυγοκεντρικού διαχωριστήρα. Με τις μεθόδους αυτές έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

Ποσότητα παραγόμενης λάσπης : 150 τόνους/έτος

Περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία: 19 % → 28.5 τόνους/έτος

Λοιπά απόβλητα προς διάθεση: Εσχαρίσματα: 5 τόνους/έτος

Αμμοσυλλέκτης: 5 τόνους/έτος

Το σύνολο των παραπροϊόντων αυτών καταλήγει σε ανεξέλεγκτη διάθεση σε Χ.Α.Δ.Α

Στο παρακάτω πίνακα (1.3) παρουσιάζονται οι αναλύσεις, για τη συγκεκριμένη μονάδα, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο τμήμα χημείας του πανεπιστημίου Αθηνών για λογαριασμό της Δ.Ε.Υ.Α.Θ. και με έμφαση στα βαρέα μέταλλα.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΙΛΥΟΣ ΑΠΟ Ε.Ε.Λ. ΚΑΡΤΕΡΑΔΟΥ		
Αιτούμενη ανάλυση	Αποτέλεσμα ανάλυσης	Περιγραφή Μεθόδου
Αρσενικό, As	13,6 mg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη
Υδράργυρος, Hg	542 µg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη
Κάδμιο, Cd	573 µg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη

Χαλκός, Cu	169 mg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη
Ψευδάργυρος, Zn	575 mg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη
Μόλυβδος, Pb	21,5 mg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη

Πίνακας 5.3

#### 5.4 Ε.Ε.Λ Φηρών

Στη μονάδα αυτή πραγματοποιείται μηχανική πάχυνση της λάσπης, χρησιμοποιείται πολυηλεκτρολύτης για τη σταθεροποίηση της και η αφυδάτωση της γίνεται μέσω μίας ταινιοφιλτρόπρεσας. Με τις μεθόδους αυτές έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

Ποσότητα παραγόμενης λάσπης : 678 τόνους/έτος

Περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία: 14 % → 94.9 τόνους/έτος

Λοιπά απόβλητα προς διάθεση: Εσχαρίσματα: 8 τόνους/έτος

Αμμοσυλλέκτης: 30 τόνους/έτος

Το σύνολο των παραπροϊόντων αυτών καταλήγει σε ανεξέλεγκτη διάθεση σε Χ.Α.Δ.Α

Στο παρακάτω πίνακα (1.4) παρουσιάζονται οι αναλύσεις, για τη συγκεκριμένη μονάδα, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο τμήμα χημείας του πανεπιστημίου Αθηνών για λογαριασμό της Δ.Ε.Υ.Α.Θ. και με έμφαση στα βαρέα μέταλλα.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΝΕΡΓΟΥ ΙΛΥΟΣ ΑΠΟ Ε.Ε.Λ. ΚΑΜΑΡΙΟΥ		
Αιτούμενη ανάλυση	Αποτέλεσμα ανάλυσης	Περιγραφή Μεθόδου
Αρσενικό, As	10,6 mg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη
Υδράργυρος, Hg	402 µg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη
Κάδμιο, Cd	395 µg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη

Χαλκός, Cu	215 mg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη
Ψευδάργυρος, Zn	191 mg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη
Μόλυβδος, Pb	22,1 mg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη

Πίνακας 5.4

### 5.5 Ε.Ε.Λ Εμπορείου

Στη μονάδα αυτή πραγματοποιείται μηχανική πάχυνση της λάσπης, χρησιμοποιείται πολυηλεκτρολύτης για τη σταθεροποίηση της και η αφυδάτωση της γίνεται μέσω μίας ταινιοφιλτρόπρεσας. Με τις μεθόδους αυτές έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

Ποσότητα παραγόμενης λάσπης : 150 τόνους/έτος

Περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία: 14 % → 21 τόνους/έτος

Λοιπά απόβλητα προς διάθεση: Εσχαρίσματα: 3 τόνους/έτος

Αμμοσυλλέκτης: 3 τόνους/έτος

Το σύνολο των παραπροϊόντων αυτών καταλήγει σε ανεξέλεγκτη διάθεση σε Χ.Α.Δ.Α

Στο παρακάτω πίνακα (1.5) παρουσιάζονται οι αναλύσεις, για τη συγκεκριμένη μονάδα, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο τμήμα χημείας του πανεπιστημίου Αθηνών για λογαριασμό της Δ.Ε.Υ.Α.Θ. και με έμφαση στα βαρέα μέταλλα.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΗΣ ΙΛΥΟΣ ΑΠΟ Ε.Ε.Λ. ΕΜΠΟΡΕΙΟΥ		
Αιτούμενη ανάλυση	Αποτέλεσμα ανάλυσης	Περιγραφή Μεθόδου
Αρσενικό, As	8,79 mg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη
Υδράργυρος, Hg	338 µg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη
Κάδμιο, Cd	816 µg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη



Χαλκός, Cu	260 mg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη
Ψευδάργυρος, Zn	767 mg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη
Μόλυβδος, Pb	56,4 mg/kg	Εσωμετρική μέθοδος Φασματομετρίας ατομικής Απορρόφησης σε φούρνο γραφίτη

## 6<sup>ο</sup> Κεφάλαιο

### Συμπεράσματα

Η παραγωγή υπολειμματικής ιλύος είναι αναπόφευκτη συνέπεια όλων των σύγχρονων μεθόδων επεξεργασίας των λυμάτων. Η ιλύς από τις ΕΕΛ είναι επίσης ένας σοβαρά υποτιμημένος πόρος, καθόσον διαθέτει μεγάλο αριθμό πολύτιμων θρεπτικών συστατικών και οργανικών υλών καθώς και υψηλή θερμική αξία. Παράλληλα, η ιλύς μπορεί να είναι φορέας ανεπιθύμητων ρυπαντών όπως τα βαρέα μέταλλα, τα συνθετικά οργανικά και οι παθογόνοι μικροοργανισμοί, που απαιτούν προσεκτική διαχείριση και όχι ανεξέλεγκτη διάθεση. Για τον λόγο αυτό η διαχείριση της ιλύος τίθεται όλο και περισσότερο σε στενό νομοθετικό έλεγχο. Για την γεωργική αξιοποίηση της ιλύος έχει γίνει εκτενής αναφορά στην οδηγία 86/278/EEC. Άλλωστε, η νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τόσο σε εθνικό όσο και σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, εστιάζει κυρίως στη γεωργική χρήση της ιλύος, ενώ οι άλλοι τρόποι διάθεσης ή επεξεργασίας, εμπίπτουν σε ένα πιο γενικό νομοθετικό πλαίσιο για τη διαχείριση των απορριμμάτων. Η οδηγία αυτή επί του παρόντος βρίσκεται υπό αναθεώρηση και αναμένεται η θέσπιση πιο αυστηρών ορίων. Οι αλλαγές που μπορεί να γίνουν αφορούν κυρίως την υποχρεωτική επεξεργασία της ιλύος πριν τη χρησιμοποίησή της και την καθιέρωση χαμηλότερων ορίων στο περιεχόμενο των βαρέων μετάλλων, αλλά και την εισαγωγή κάποιων νέων κριτηρίων (περιεχόμενα PAHs).

Παρ' όλη τη προσπάθεια για όσο το δυνατόν καλύτερη νομοθέτηση, τα όρια για τα πιθανώς τοξικά στοιχεία έχουν δεχθεί κριτική καθώς δε φαίνεται να υπολογίζουν πιθανές επιδράσεις στη μακροπρόθεσμη ευφορία των εδαφών. Επιπλέον, οι επιπτώσεις για την ανθρώπινη υγεία από τη ρύπανση της ιλύος με οργανικούς ρυπαντές καθιστούν την αποδοχή της γεωργικής ανακύκλωσης από το κοινό αρκετά δύσκολη.

Έτσι θα μπορούσαμε να πούμε ότι η αξιοποίηση της ιλύος στη γεωργία σήμερα αντιμετωπίζει διάφορα εμπόδια. Η ανάπτυξη της ανακύκλωσης της ιλύος στη γεωργία σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την ενδεχόμενη βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των ιλύων έτσι ώστε να γίνει πιο σίγουρη η αποδοχή από το κοινό.

Στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων του νησιού μας οι οποίες και μας ενδιαφέρουν, η εισροή βιομηχανικών αποβλήτων είναι μηδενική και η διάθεση της ιλύος στο έδαφος για γεωργικούς σκοπούς αποδείχθηκε ότι είναι κατάλληλη όπως προέκυψε από τις μετρήσεις της περιεκτικότητας της ιλύος σε βαρέα μέταλλα στις διάφορες εγκαταστάσεις του νησιού. Η παραγόμενη ιλύς μάλιστα, έχει πολύ ικανοποιητικά ποιοτικά χαρακτηριστικά και με βάση τις συγκεντρώσεις σε βαρέα μέταλλα είναι κατάλληλη για επαναχρησιμοποίηση στη γεωργία ακόμη και σύμφωνα με τα αυστηρά όρια που θέτει η υπό αναθεώρηση οδηγία περί επαναχρησιμοποίησης της ιλύος στη γεωργία. Το παραπάνω είναι εμφανές στο πίνακα (6.1 και 6.2) καθώς οι τιμές περιεκτικότητας των βαρέων μετάλλων στη παραγόμενη ιλύ είναι κατά πολύ μικρότερες από τα επιτρεπόμενα όρια.

ΤΙΜΕΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΗΝ ΙΛΥ			
	Ε.Ε.Α. Οίας	Ε.Ε.Α. Φηρών	Οριακές Τιμές
Αρσενικό, As	4,56 mg/kg	15,1 mg/kg	{20} mg/kg
Υδράργυρος, Hg	124 µg/kg	188 µg/kg	0,016-0,025 µg/kg
Κάδμιο, Cd	853 µg/kg	412 µg/kg	0,020-0,040 µg/kg
Χαλκός, Cu	251 mg/kg	228 mg/kg	1000-1750 mg/kg
Ψευδάργυρος, Zn	449 mg/kg	374 mg/kg	2500-4000 mg/kg
Μόλυβδος, Pb	23,1 mg/kg	21,6 mg/kg	750-1200 mg/kg

Πίνακας 6.1

ΤΙΜΕΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΒΑΡΕΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΣΤΗΝ ΙΛΥ				
	Ε.Ε.Α. Καρτεράδου	Ε.Ε.Α. Καμαρίου	Ε.Ε.Α. Εμπορείου	Οριακές Τιμές
Αρσενικό, As	13,6 mg/kg	10,6 mg/kg	8,79 mg/kg	{20} mg/kg
Υδράργυρος, Hg	542 µg/kg	402 µg/kg	338 µg/kg	0,016-0,025 µg/kg
Κάδμιο, Cd	573 µg/kg	395 µg/kg	816 µg/kg	0,020-0,040 µg/kg
Χαλκός, Cu	169 mg/kg	215 mg/kg	260 mg/kg	1000-1750 mg/kg
Ψευδάργυρος, Zn	575 mg/kg	191 mg/kg	767 mg/kg	2500-4000 mg/kg
Μόλυβδος, Pb	21,5 mg/kg	22,1 mg/kg	56,4 mg/kg	750-1200 mg/kg

Πίνακας 6.2

Ενώ, όμως, η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με τη διαχείριση της ιλύος θέτει ως βασική προτεραιότητα την επαναχρησιμοποίηση της, στην Ελλάδα μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό της παραγόμενης ιλύος αξιοποιείται γεωργικά σχεδόν μηδενικό θα μπορούσαμε να πούμε. Η επαναχρησιμοποίηση της ιλύος στη χώρα μας υπολείπεται σημαντικά από τις τεράστιες ποσότητες που παράγονται σήμερα, με αποτέλεσμα η ιλύς

να οδηγείται σε χώρους υγειονομικής ταφής ή να αποτίθεται ανεξέλεγκτα σε χωματερές. Όπως συμβαίνει και στη δική μας περίπτωση με την ανεξέλεγκτη διάθεση της ιλύς στον ένα και μοναδικό Χ.Α.Δ.Α. του νησιού ο οποίος τείνει να φτάσει σε κορεσμό. Κι ενώ στις άλλες χώρες της Ε.Ε. σήμερα γίνεται προσπάθεια να εκτρέψουν ένα μεγάλο ποσοστό των βιοαποδομήσιμων αστικών αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένου και της ιλύος, από τους χώρους υγειονομικής ταφής, στην Ελλάδα αυτό φαντάζει εξαιρετικά δύσκολο καθώς το 98% περίπου της παραγόμενης ιλύος καταλήγει κυρίως σε ανεξέλεγκτες χωματερές και κατά δεύτερο λόγο σε Χ.Υ.Τ.Α. Το ποσοστό αυτό είναι από τα μεγαλύτερα στην Ε.Ε., όπου ο αντίστοιχος ευρωπαϊκός μέσος όρος δεν υπερβαίνει το 25%. Έτσι, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το κύριο πρόβλημα στη χώρα μας είναι ότι δεν υπάρχουν εναλλακτικοί τρόποι επαναχρησιμοποίησης ή/και διάθεσης της ιλύος. Πάνω σ' αυτό έρχεται να προστεθεί και η απόφαση 2003/33/ΕΚ που καθορίζει τα κριτήρια αποδοχής μη επικινδύνων αποβλήτων μόνο για τους χώρους υγειονομικής ταφής υπολειμμάτων, δηλαδή τους χώρους υγειονομικής ταφής για ανόργανα μη επικίνδυνα απόβλητα με χαμηλό οργανικό/βιοαποδομήσιμο περιεχόμενο. Για την κατηγορία όμως, των τυπικών Χ.Υ.Τ.Α. που λειτουργούν στην Ελλάδα οι οποίοι δέχονται μη επικίνδυνα στερεά απόβλητα, που αποτελούν μίγμα στερεών με υψηλό ποσοστό οργανικών και στερεών με χαμηλό ποσοστό οργανικών, δεν μπορούν να έχουν εφαρμογή τα όρια της απόφασης 2003/33/ΕΚ. Το γεγονός αυτό, προκαλεί συχνά αντιπαραθέσεις και αυθαίρετες στην ουσία τους αποφάσεις για την αποδοχή ή μη αποδοχή ιλύων σε Χ.Υ.Τ.Α. στην Ελλάδα.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, σήμερα στην Ελλάδα κρίνεται αναγκαίο να διερευνηθεί η δυνατότητα αξιοποίησης της ιλύος με επαναχρησιμοποίηση στη γεωργία ή με ανάκτηση ενέργειας μέσω της διεργασίας της καύσης. Άλλωστε, οι θερμικές διεργασίες φαίνεται ότι είναι η μόνη διέξοδος για τη διαχείριση των ολοένα αυξανόμενων παραγόμενων ποσοτήτων ιλύος και αναμένεται να αναπτυχθούν σημαντικά στο άμεσο μέλλον.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- Bruce and Evans, 2002
- Smith, 2000
- Smith, 1996
- Lineres, 2000
- Commission of European Communities, 2002
- Council of the European Communities, 2002
- Ανδρεαδάκης, 2000
- Αγγελάκης, 2005
- Σαββάκης, 2002
- Μαυρίδου και Παπαπετροπούλου, 1995
- Davis, 1996