

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΜΛ: ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ
(ΤΟΞΙΚΩΝ) ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ, ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗ ΤΩΝ
ΤΕΛΙΚΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΠΡΟΫΛΑΣΤΕΣ:

ΝΤΟΥΣΙΑΣ
ΒΑΣΙΛΗΣ

ΜΠΑΡΔΑΚΗ
ANNA

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:

ΠΙΚΙΟΣ
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2001

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	315f
----------------------	------

**Τ.Ε.Ι ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**<<ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ
(ΤΟΞΙΚΩΝ) ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ, ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗ ΤΩΝ
ΤΕΛΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ.>>**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΝΤΟΥΣΙΑΣ ΒΑΣΙΛΗΣ
ΜΠΑΡΔΑΚΗ ANNA**

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΠΙΚΙΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2001

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον συμφοιτητή
μας Χρήστο Κιτσώνα για την βοήθειά του στην
συγγραφή της εργασίας αυτής.

Η εργασία αυτή αφιερώνεται στους γονείς μας.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1. Τι είναι περιβάλλον	1
1.2. Η επίδραση των ανθρώπων στο περιβάλλον	2
1.3.Επικίνδυνα απόβλητα.....	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	5
ΦΥΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	5
2.1. Εισαγωγή στις επικίνδυνες ουσίες και απόβλητα.....	5
2.2. Γενική Κατάταξη Επικίνδυνων Ουσιών και Αποβλήτων	6
2.3. Χαρακτηριστικά και απαρίθμηση των επικίνδυνων αποβλήτων.....	7
2.3.1. Εύφλεκτες ουσίες και καύσιμα	8
2.3.1.α. Ανάφλεξη των λεπτόκοκκων σωματιδίων.....	9
2.3.1.β. Τοξικά προϊόντα της καύσης	10
2.3.2. Οξειδωτικές ουσίες	10
2.3.3. Αντιδραστικές Ουσίες	11
2.3.4. Διαβρωτικές Ουσίες.....	12
2.3.4.α. Θειικό Οξύ (H ₂ SO ₄)	12
2.3.5. Τοξικές Ουσίες – Τοξικολογία.....	13
2.3.5.α. Έκθεση στις τοξικές ουσίες	13
2.3.5.β. Επιδράσεις των τοξικών ουσιών στον άνθρωπο.....	14
2.4. Δύο Κοινά Επικίνδυνα Απόβλητα.....	15
2.4.1. PCB (Polychlorinated Biphenyl)	16
2.4.2. Polychlorinated Dibenzodioxins Dibenzofurans.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο	18
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	18
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	18
3.1. Ελάττωση αποβλήτων και ελαχιστοποίησή τους	19
3.2. Ανακύκλωση	20
3.3. Επεξεργασία και διάθεση επικινδύνων αποβλήτων.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο	23
ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	23
4.1 Μέθοδοι Φυσικής Επεξεργασίας.....	23

4.2 Διαχωρισμός Φάσεων	24
4.3 Μετάβαση των Φάσεων	26
4.4 Μεταφορά Φάσεων.....	29
4.5 Μοριακός Διαχωρισμός (Με χρήση Μεμβρανών).....	33
4.5.1 Υπερφιλτράρισμα (Hyperfiltration).....	34
4.5.2 Αντίστροφη Όσμωση.....	34
4.5.3 Εξοπλισμός	35
4.5.4 Διατάξεις Συστημάτων Διαχωρισμού με μεμβράνες (Membrane modules).....	36
4.5.4.α. Σωληνωτή διάταξη (Tubular).....	38
4.5.4.β. Διάταξη πλακών και πλαισίων(Plate and Frame).....	38
4.5.4.γ. Διάταξη σπειροειδούς περιέλιξης (Spiral Wound).....	38
4.5.4.δ. Διάταξη κοίλων ινών (Hollow Fiber).....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο	40
ΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	40
5.1 Εξουδετέρωση όξινων – αλκαλικών αποβλήτων	40
5.2 Χημική καθίζηση.....	41
5.3 Ιονταλλαγή	42
5.4 Χημική οξείδωση και αναγωγή.....	43
5.5 Φωτοκαταλυτική οξείδωση.....	44
5.6 Ηλεκτρόλυση – Υδρόλυση	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο	48
ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	48
6.1 Βιολογικές επεξεργασίες	48
6.2 Μονάδες Βιολογικής επεξεργασίας.....	49
6.2.1 Σύστημα ενεργού ιλύος	50
6.2.2 Βιολογικά φίλτρα.....	53
6.2.3 Βιολογικός δίσκος.....	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο	57
ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	57
7.1 Αποτέφρωση	57
7.2 Συστήματα αποτέφρωσης.....	58

7.3 Σύστημα Τροφοδοσίας	60
7.4 Εστία καύσης	60
7.5 Εσχάρες.....	65
7.6 Είδη εσχάρων	67
7.6.1 Ατέρμων εσχάρα	67
7.6.2 Εσχάρες πρόωσης	68
7.6.3 Εσχάρα αντώσεως	69
7.6.4 Κυλινδρική Εσχάρα	70
7.7 Περιστροφικός κλίβανος.....	71
7.8 Κλιμακωτός κλίβανος	74
7.9 Αποτέφρωση : θεωρία εναντίον πράξης.....	75
2 ^ο ΜΕΡΟΣ.....	77
7.9 Καθαρισμός αερίων.....	77
7.10 Απομάκρυνση των σωματιδίων	78
7.10.1 Κυκλώνες	79
7.10.2 Σακκόφιλτρα	80
7.10.3 Ηλεκτροφίλτρα	82
7.11 Μέθοδοι καθαρισμού αερίων.....	84
7.11.1 Υγρά μέθοδος καθαρισμού αερίων	85
7.11.1.α. Σύστημα Venturi.....	86
7.11.1.β. Ηλεκτροδυναμικό σύστημα Venturi	86
7.11.1.γ. Πύργος Καταιονισμού.....	87
7.11.2. Ημιξηρά μέθοδος καθαρισμού αερίων	91
7.11.3. Ξηρός καθαρισμός αερίων.....	92
7.12 Επεξεργασία υπολειμμάτων	93
7.13 Θερμική επεξεργασία υπολειμμάτων	93
Μέθοδος VON ROLL:.....	94
Μέθοδος REDMELT και FOSMELT:	95
7.14 Πυρόλυση.....	97
Μέθοδος KIENER:.....	99
Μέθοδος PUROX:	100
Μέθοδος TORRAX:	101
7.15 Στερεά Υπολείμματα Πυρόλυσης	101
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ^ο	103
ΔΙΑΘΕΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	103

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ.....	103
8.1 Παράγοντες επικινδυνότητας.....	103
8.2 Γεωτεχνικά στοιχεία.....	105
8.3 Αρχές σχεδιασμού χώρων απόθεσης.....	106
8.3.1 Μόνωση της βάσης.....	106
8.3.1.α Αργιλική στρώση.....	106
8.3.1.β. Γεωμεμβράνη.....	107
8.3.2. Μόνωση επιφάνειας.....	109
8.4 Σύστημα συλλογής στραγγισμάτων.....	110
8.5 Αέρια των χώρων διάθεσης.....	113
8.6 Υπόγεια έγχυση.....	114
8.7 Στερεοποίηση – Σταθεροποίηση.....	116
8.8 Μηχανισμοί στερεοποίησης – σταθεροποίησης.....	117
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο.....	119
Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ	
ΑΠΟΒΛΗΤΑ.....	119
9.1 Εισαγωγή.....	119
9.2 Γενική εικόνα των επικινδύνων αποβλήτων στην Ελλάδα.....	120
9.3 Άλλα επικίνδυνα απόβλητα.....	124
Νοσοκομειακά απόβλητα.....	124
Τοξικά ηλεκτρονικών υπολογιστών.....	126
9.4 Προγράμματα διαχείρισης επικινδύνων αποβλήτων σε εξέλιξη στην Ελλάδα.....	129
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο.....	131
ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ	
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	131
Βιβλιογραφία.....	135
Πίνακας σχημάτων.....	136
Περιεχόμενα πινάκων.....	137

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Τι είναι περιβάλλον

Το περιβάλλον θα μπορούσε να οριστεί απλά ως ο χώρος που βρίσκεται γύρω μας. Σίγουρα όμως η έννοια του περιβάλλοντος λαμβάνει τεράστιες διαστάσεις. Η βιόσφαιρα είναι ο χώρος όπου οι ζωντανοί οργανισμοί, συμπεριλαμβανομένων και των ανθρώπων ζουν. Όλα τα απαραίτητα συστατικά για την διατήρηση της ζωής (αέρια, υγρά ή στερεά) βρίσκονται στην βιόσφαιρα.

Ο αέρας, το φαγητό και το νερό προέρχονται από την βιόσφαιρα. Εκεί όμως καταλήγουν και όλα τα απόβλητα αέρια, υγρά ή στερεά. Από την αρχή η βιόσφαιρα δέχτηκε τα απόβλητα που παράγαγαν τα φυτά και τα ζώα. Όλα τα φυσικά συστήματα ήταν ενεργά, διαλύοντας τους καπνούς από τις φωτιές των δασών, καθαρίζοντας τα απόβλητα των ζώων, και μετατρέποντας τα κατάλοιπα από προηγούμενες γενιές φυτών και ζώων σε ένα έδαφος πλούσιο αρκετά για να υποστηρίξει μελλοντικούς πληθυσμούς.

Για κάθε φυσική μόλυνση, για κάθε μη επιθυμητή αλλοίωση των φυσικών, χημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος και για κάθε γεγονός που επέφερε αλλαγή στην ποιότητα του περιβάλλοντος, υπήρχαν φυσικά αντίμετρα που γρήγορα αποκατέστησαν την ισορροπία στην ποιότητα του περιβάλλοντος. Μόνο που τα τελευταία χρόνια φάνηκε ότι αυτή η τρομακτική χωρητικότητα και ικανότητα της βιόσφαιρας δεν είναι τελικά απεριόριστη. Αν και το σύστημα δουλεύει για εκατομμύρια χρόνια, έχει αρχίσει πλέον να δείχνει φανερά σημάδια κόπωσης κυρίως εξ' αιτίας της επίδρασης του ανθρώπου στο περιβάλλον.

1.2. Η επίδραση των ανθρώπων στο περιβάλλον

Είναι ανάγκη κάθε ζωντανός οργανισμός να ζει σε ισορροπία και αρμονία με το περιβάλλον του. Από νωρίς το ανθρώπινο γένος χρησιμοποίησε φυσικές πηγές για να ικανοποιήσει τις ανάγκες του για αέρα, νερό, φαγητό και καταφύγιο. Αυτές οι φυσικές πηγές υπήρχαν ήδη στη βιόσφαιρα και τα κατάλοιπα που παράγονταν ήταν συμβατά με το περιβάλλον. Μόνο όταν οι άνθρωποι άρχισαν να ζουν σε πιο οργανωμένες κοινωνίες άρχισε να φαίνεται ο αντίκτυπος των ενεργειών τους στο οικείο περιβάλλον τους. Όμως, αυτές οι πρώτες ενδείξεις μόλυνσης ήταν δυστυχώς το προμήνυμα άλλων σοβαρότερων δεινών που ήταν πλέον φανερό ότι θα ακολουθούσαν. Με την αυγή της βιομηχανικής επανάστασης, οι άνθρωποι έγιναν ικανότεροι από ποτέ στο να ικανοποιούν τις ανάγκες τους για αέρα, νερό, φαγητό και καταφύγιο. Με γρήγορους ρυθμούς άρχισαν να εστιάζουν το ενδιαφέρον τους από αυτές τις απαραίτητες προς επιβίωση ανάγκες, σε άλλες όχι τόσο απαραίτητες.

Σε αντίθεση με τις βασικές ανάγκες που αναφέρθησαν πριν, οι επίκτητες ανάγκες συνήθως αφορούν αντικείμενα που πρέπει να επεξεργαστούν ή να παραχθούν. Η παραγωγή, διανομή, και χρήση αυτών των αντικειμένων έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργηθούν σύνθετα υπολείμματα, πολλά από τα οποία δεν είναι συμβατά με το περιβάλλον. Καθώς οι κοινωνίες ανέρχονται την κοινωνικοοικονομική κλίμακα, η λίστα των επίκτητων αναγκών και αγαθών θα αυξάνει παράλληλα με την πολυπλοκότητα των αποβλήτων που παράγονται, οδηγώντας έτσι σε πιο σύνθετες μορφές μόλυνσης.

1.3.Επικίνδυνα απόβλητα

Αν και τα ύδατα, η ατμόσφαιρα και το έδαφος αρχίζουν να δείχνουν πλέον εμφανή σημάδια μόλυνσης, οι πληθυσμοί συνήθως καταφέρνουν

να τα αγνοούν, μέχρι να αρχίσουν να συνειδητοποιούν τα αρνητικά αποτελέσματα που μπορεί να δημιουργήσει η λανθασμένη αντιμετώπιση και η αδιαφορία για το πρόβλημα της διαχείρισης των παραγόμενων αποβλήτων στην υγεία, και γενικότερα στον τρόπο ζωής τους. Η λανθασμένη στρατηγική που ακολουθήθηκε μέχρι πριν από μερικές δεκαετίες τελικά ανέδειξε περισσότερο την επικινδυνότητα της κατάστασης.

Στοιχεία του αέρα, του νερού και του εδάφους, περιέχουν τώρα πλέον επικίνδυνες βιολογικές και χημικές ουσίες που επηρεάζουν σημαντικά την υγεία των ανθρώπων. Μεγάλης κλίμακας ασθένειες μπορούν να διαδοθούν στο περιβάλλον από τα απόβλητα που δημιουργεί ο άνθρωπος. Με διάφορα προγράμματα περιβαλλοντολογικού ελέγχου οι κύριες ασθένειες που διαδίδονται στο περιβάλλον έχουν εξαλειφθεί στις ανεπτυγμένες χώρες. Καμία όμως χώρα δεν είναι απόρθητη σε ξεσπάσματα από ασθένειες που διαδίδονται στο περιβάλλον. Οι άνθρωποι σε πολυπληθείς κοινωνίες έχουν υποφέρει από τις επιδράσεις της μόλυνσης του αέρα για αιώνες, αλλά μόνο σ' αυτό τον αιώνα η αυξανόμενη μόλυνση έχει προκαλέσει τόσο σημαντικά προβλήματα υγείας.

Η μέτρηση των επιπέδων SO₂, Pb και CO στην ατμόσφαιρα αποκάλυψε την τεράστια απειλή στην δημόσια υγεία. Η ευρέως διαδεδομένη χρήση χημικών στην γεωργία και βιομηχανία έχει εισάγει νέες απειλές στο περιβάλλον. Τέτοια χημικά μπορεί να διαδοθούν μέσω του αέρα, του νερού, και του εδάφους, καθώς επίσης και μέσω της τροφικής αλυσίδας, αποτελώντας έτσι μία σημαντικότερη απειλή για τον άνθρωπο.

Το D.D.T. χρησιμοποιείτο ευρέως μέχρι πριν μερικές δεκαετίες για να περιορίσει τις ζημιές που προκαλούσαν διάφορα έντομα. Αν και η θετική

του προσφορά είχε υπερτιμηθεί αρχικά, διάφορες έρευνες που έγιναν μετά απόδειξαν ότι το D.D.T. είναι μια τοξίνη που έχει επηρεάσει αρκετά είδη για τα οποία δεν προοριζόταν.

Ένα πιο πρόσφατο παράδειγμα χημικής τοξίνης που απείλησε την υγεία είναι η διοξίνη. Η διοξίνη είναι μία τρομακτικά τοξική ουσία που η παρουσία της στο περιβάλλον ακόμα και σε ποσοστό ενός μέρους στο εκατομμύριο αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα. Χημικά που περιέχουν κατάλοιπα διοξίνης έχουν δυστυχώς χρησιμοποιηθεί σε μεγάλη κλίμακα κατά την διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, και το επίπεδο αυτού του χημικού δεν είναι γνωστό ακόμα στο περιβάλλον. Η ανακάλυψη κατάλοιπων διοξίνης σε χώρους απόθεσης αποβλήτων έχει προκαλέσει έντονο ενδιαφέρον, και γίνονται σημαντικές προσπάθειες για ανάπτυξη μεθόδων επεξεργασίας και διάθεσης τέτοιων αποβλήτων. Η συνεχιζόμενη άνοδος της βιομηχανίας λοιπόν δεν έχει μόνο θετικά να δώσει. Ίσως η αύξηση του βιοτικού επιπέδου να συνεπάγεται πλέον σοβαρούς κινδύνους σε άλλους τομείς.

Έχει γίνει πλέον επιτακτική η ανάγκη να προστατέψουμε το περιβάλλον που στηρίζει την ίδια την ύπαρξη μας. Το πρόβλημα της διαχείρισης των επικινδύνων αποβλήτων έχει αρχίσει πλέον να μας απασχολεί για τα καλά. Στρατηγικές και σχέδια αντιμετώπισης των κινδύνων που προκαλούν τα απόβλητα μιας σύγχρονης βιομηχανικής κοινωνίας έχουν αρχίσει να καταστρώνονται. Η σωστή και ολοκληρωμένη γνώση σχετικά με τα παραγόμενα απόβλητα θα οδηγήσει στην ανάπτυξη των κατάλληλων τεχνολογιών διαχείρισης. Η υπευθυνότητα που θα δείξουμε θα καθορίσει την όλη εξέλιξη των πραγμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΦΥΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

2.1. Εισαγωγή στις επικίνδυνες ουσίες και απόβλητα

Μια ουσία χαρακτηρίζεται ως επικίνδυνη όταν μπορεί να προκαλέσει κίνδυνο υγείας στους ζωντανούς οργανισμούς, φθορές σε υλικά ή στο φυσικό περιβάλλον, διάβρωση με έκρηξη ή κινδύνους φωτιάς, τοξικότητα ή άλλα επιβλαβή αποτελέσματα. Τότε τι είναι ένα επικίνδυνο απόβλητο; Ένας απλός ορισμός είναι ότι πρόκειται για μια επικίνδυνη ουσία η οποία έχει απορριφθεί, εγκαταλειφθεί, αποδεσμευτεί, παραμεληθεί, ή χαρακτηριστεί σαν ένα απόβλητο υλικό, ή μία η οποία μπορεί να αλληλεπιδράσει με άλλες ουσίες για να γίνουν επικίνδυνες.

Υπάρχουν τρεις προσεγγίσεις που καθορίζουν τα επικίνδυνα απόβλητα:

- (1) Μία ποιοτική περιγραφή με βάση την προέλευση, τον τύπο και τα συστατικά τους.
- (2) Κατάταξη λόγω χαρακτηριστικών βασισμένη κατά μεγάλο μέρος πάνω σε δοκιμασμένες διαδικασίες.
- (3) Με βάση τη συγκέντρωση σε συγκεκριμένες επικίνδυνες ουσίες.

Πολλές χώρες έχουν διαφορετικούς ορισμούς για τα επικίνδυνα απόβλητα. Για παράδειγμα, στην Γερμανία ο Ομοσπονδιακός Νόμος για την Διάθεση Αποβλήτων αναφέρει για τα απόβλητα ότι μπορεί να είναι ιδιαίτερα επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία, τον αέρα ή το νερό, αλλά και τα οποία είναι εκρηκτικά, εύφλεκτα, ή ικανά να προκαλέσουν ασθένειες. Ο Νόμος του Ηνωμένου Βασιλείου για την Εναπόθεση των Τοξικών Αποβλήτων αναφέρει «... είναι απόβλητα τα οποία είναι δηλητηριώδη, επιβλαβή, προκαλούν μόλυνση και των οποίων η παρουσία

στη γη είναι υπεύθυνη στο να προκαλέσει περιβαλλοντικό κίνδυνο». Η Εταιρεία Διαχείρισης Αποβλήτων του Καναδά ορίζει ότι τα επικίνδυνα απόβλητα είναι ακατάλληλα για διάθεση σε δημοτικά συστήματα επεξεργασίας αποβλήτων νερού, κλίβανους ή ειδικούς χώρους ταφής αποβλήτων, και απαιτούν επιπλέον ειδική μεταχείριση.

2.2. Γενική Κατάταξη Επικίνδυνων Ουσιών και Αποβλήτων

Πολλά ειδικά χημικά με διαδεδομένη χρήση είναι επικίνδυνα λόγω της χημικής τους δραστηριότητας, κινδύνους φωτιάς, τοξικότητας και άλλων ιδιοτήτων. Υπάρχουν πολλά είδη τέτοιων επικίνδυνων ουσιών. Αυτά περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- Εκρηκτικά όπως δυναμίτης ή διάφορα άλλα πυρομαχικά.
- Συμπιεσμένα αέρια όπως υδρογόνο και διοξείδιο του θείου.
- Εύφλεκτα υγρά, όπως βενζίνη και αλκάλια του αργιλίου.
- Εύφλεκτα στερεά, όπως μέταλλα μαγνησίου, υδρίδια νατρίου και καρβίδια ασβεστίου τα οποία καίγονται εύκολα.
- Οξειδωτικά υλικά, όπως υπεροξείδιο του λιθίου το οποίο παρέχει οξυγόνο για την καύση μη εύφλεκτων υλικών.
- Διαβρωτικά υλικά, όπως το πυροθειϊκό οξύ, το θειϊκό οξύ και η καυστική σόδα, τα οποία μπορούν να πληγώσουν εκτεθειμένο μέρος του σώματος ή να προκαλέσουν διάλυση μεταλλικών δοχείων.
- Δηλητηριώδη υλικά, όπως υδροκυάνιο.
- Ραδιενεργά υλικά, όπως πλουτώνιο, κοβάλτιο – 60 και εξαφθοριούχο ουράνιο. Τα ραδιενεργά απόβλητα αποτελούν πρόβλημα για κάθε χώρα που έχει σημαντική πυρηνική ενέργεια ή βιομηχανία όπλων. Στις ΗΠΑ τέτοια απόβλητα ελέγχονται από το

Υπουργείο Ενέργειας, και από το Ρυθμιστικό Διάταγμα για τα Πυρηνικά. Ειδικά προβλήματα προκύπτουν από τα μικτά απόβλητα που περιέχουν τόσο ραδιενεργά όσο και χημικά απόβλητα.

2.3. Χαρακτηριστικά και απαρίθμηση των επικίνδυνων αποβλήτων

Η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (Υ.Π.Π.) καθορίζει για τις επικίνδυνες ουσίες τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

(α) Ευφλεκτότητα, χαρακτηριστικό των ουσιών οι οποίες είναι υγρά ή ατμοί και αναφλέγονται με την παρουσία των κατάλληλων πηγών ενέργειας, μη υγρά τα οποία μπορούν να πιάσουν φωτιά από την τριβή ή την επαφή με νερό και τα οποία καίγονται ζωηρά, καθώς επίσης και εύφλεκτα αέρια και οξειδωτικά.

(β) Διαβρωτικότητα, χαρακτηριστικό των ουσιών με υπερβολική οξύτητα ή βασικότητα.

(γ) Δραστικότητα, χαρακτηριστικό των ουσιών οι οποίες έχουν την τάση να υφίστανται σφοδρή χημική αλλαγή. Παραδείγματα είναι τα εκρηκτικά, τα αυτοαναφλέξιμα υλικά, ουσίες που αντιδρούν στο νερό, ή απόβλητα που περιέχουν υδροκυάνιο ή θειϊκό οξύ.

(δ) Τοξικότητα, καθορίζεται από μια συγκεκριμένη διαδικασία δειγματοληψίας που ακολουθείται από χημική ανάλυση για ειδικές ουσίες.

Χρησιμοποιώντας τα χαρακτηριστικά των επικίνδυνων ουσιών ως βάση για την κατάταξή τους, η Υ.Π.Π. αναφέρει περισσότερα από 450 απόβλητα τα οποία περιέχουν ειδικές ουσίες ή κατηγορίες ουσιών που είναι γνωστές ως επικίνδυνες. Κάθε μία από τις ουσίες αυτές έχει αναγνωριστεί σε έναν αριθμό επικίνδυνων αποβλήτων. Η Υ.Π.Π. κωδικοποιεί αυτά τα απόβλητα με ένα γράμμα του Αγγλικού αλφάβητου

ακολουθούμενου από 3 αριθμούς. Έτσι διακρίνονται οι παρακάτω 4 κατηγορίες αποβλήτων:

1. Απόβλητα τύπου F: για παράδειγμα, απόβλητα νερά της επεξεργασίας λάσπης προερχόμενης από τη θερμική κατεργασία μετάλλου όταν χρησιμοποιούνται κυανιούχα άλατα (FO12).
2. Απόβλητα τύπου K: για παράδειγμα, βαρέα υπολείμματα από την παραγωγή διχλωριούχου αιθυλενίου.
3. Απόβλητα τύπου P: απόβλητα τα οποία έχουν βρεθεί να είναι θανατηφόρα για τους ανθρώπους σε χαμηλές δόσεις ή ικανά να προκαλέσουν μη αντιστρεπτές βλάβες στην υγεία του ανθρώπου. Τα περισσότερα είναι συγκεκριμένα χημικά είδη όπως φθόριο (P056) ή 3χλωροπροπανικό νιτρίλιο (PO27).
4. Απόβλητα τύπου U: αυτά είναι τα επικρατέστερα είδη όπως χρωμικό ασβέστιο (U032).

2.3.1. Εύφλεκτες ουσίες και καύσιμα

Με μια ευρεία έννοια εύφλεκτο είναι ένα υλικό το οποίο καίγεται αμέσως, ενώ μια καύσιμη ουσία απαιτεί συγκριτικά περισσότερη προσπάθεια για να καεί. Πριν ξεκαθαρίσουμε αυτούς τους ορισμούς, είναι απαραίτητο να καθορίσουμε μερικά άλλα στοιχεία. Τα περισσότερα χημικά που καίγονται απροσδόκητα είναι υγρά. Υγρά με μορφή ατμών τα οποία συνήθως είναι πυκνότερα από τον αέρα και τείνουν να σταθεροποιηθούν. Η τάση ενός υγρού για ανάφλεξη μετριέται με πείραμα στο οποίο το υγρό θερμαίνεται και περιοδικά εκτίθεται σε φλόγα μέχρι το μίγμα ατμών – αέρα να αναφλεχθεί στην επιφάνεια του υγρού. Η θερμοκρασία στην οποία αυτό συμβαίνει ονομάζεται «θερμοκρασία δημιουργίας φλόγας». Με αυτούς τους ορισμούς υπόψη μας, είναι δυνατό τα αναφλέξιμα υλικά να χωριστούν σε 4 βασικές κατηγορίες:

- (1) Ένα εύφλεκτο στερεό: είναι αυτό το οποίο αναφλέγεται από τριβή ή από συσσωρευμένη θερμότητα και μπορεί να προκαλέσει πολλούς κινδύνους. Τα εκρηκτικά υλικά δεν περιλαμβάνονται σ' αυτή την κατάταξη.
- (2) Ένα εύφλεκτο υγρό: είναι αυτό που έχει θερμοκρασία δημιουργίας φλόγας κάτω από τους 60,5 °C.
- (3) Ένα καύσιμο υγρό: έχει θερμοκρασία δημιουργίας φλόγας μεγαλύτερη των 60,5° C και μικρότερη των 93,3 °C.
- (4) Ένα εύφλεκτο αέριο: βασίζεται σε τελείως διαφορετικά ειδικά κριτήρια επειδή τα αέρια για να υπάρχουν πλήρως σ' αυτή τη φάση πρέπει να βρίσκονται υπό συνθήκες θερμοκρασίας 0 °C και πίεσης 1 atm.

Ένα από τα πιο καταστροφικά προβλήματα το οποίο μπορεί να προκύψει με τα εύφλεκτα υγρά είναι το εξής: Όταν θερμαίνεται ένα εύφλεκτο υγρό σε κλειστό δοχείο από μία εξωτερική πηγή έχουμε ανάπτυξη τόσο μεγάλης πίεσης, ώστε να σπάσουν τα τοιχώματα του δοχείου και να ακολουθήσει έκρηξη.

2.3.1.α. Ανάφλεξη των λεπτόκοκκων σωματιδίων

Τα λεπτόκοκκα σωματίδια (Finely divided particles) των καυσίμων υλικών μοιάζουν με τους ατμούς ως προς την ευφλεξιμότητα. Οι εκρήξεις κόνεων μπορεί να συμβούν σε μία μεγάλη ποικιλία στερεών τα οποία έχουν «αλεθεί» για να φτάσουν σε μια λεπτή κατάσταση. Πολλές σκόνες μετάλλων ιδιαίτερα μαγνησίου και κραμάτων Ζιρκονίου, Τιτανίου και Αλουμινίου καίγονται με έκρηξη στον αέρα. Σκόνες άνθρακα έχουν προκαλέσει πολλές μοιραίες φωτιές και εκρήξεις σε ανθρακωρυχεία και σε ανυψωτές κόκκων. Σκόνες πολυμερών όπως

κυτταρίνης, πολυαιθυλενίου, και πολυστυρενίου μπορεί επίσης να εκραγούν.

Ουσίες οι οποίες πιάνουν φωτιά αυθόρμητα στον αέρα χωρίς καμία πηγή ανάφλεξης ονομάζονται αυτοαναφλέξιμες. Αυτές περιλαμβάνουν αρκετά στοιχεία όπως λευκό φώσφορο, αλκαλικά μέταλλα, σκόνη μαγνησίου, ασβεστίου, κοβαλτίου, μαγγανίου, σιδήρου, ζirkονίου και αλουμινίου, καθώς επίσης και μερικές οργανομεταλλικές ενώσεις.

2.3.1.β. Τοξικά προϊόντα της καύσης

Μερικοί από τους μεγαλύτερους κινδύνους μιας πυρκαγιάς είναι τα τοξικά προϊόντα και παραπροϊόντα της καύσης. Το πιο γνωστό από αυτά είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) που μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ασθένειες ή θάνατο επειδή εμποδίζει την αιμογλοβίνη του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο στους ιστούς του σώματος. Τοξικά SO_2 , P_4O_{10} και HCl σχηματίζονται από την καύση του θείου, φωσφόρου και οργανοχλωριούχων ενώσεων, αντίστοιχα. Ένας μεγάλος αριθμός από άλλες επιβλαβείς οργανικές ενώσεις (όπως οι ακεταλδεϋδες), δημιουργούνται σαν παραπροϊόντα της καύσης.

Πέραν της δημιουργίας μονοξειδίου του άνθρακα, η ατελής καύση παράγει και πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες. Μερικές από αυτές τις ενώσεις είναι καρκινογενείς.

2.3.2. Οξειδωτικές ουσίες

Οι καύσιμες ουσίες αντιδρούν με οξειδωτικά για να παράγουν θερμότητα. Το διατομικό οξυγόνο (O_2) είναι το πιο κοινό οξειδωτικό. Πολλά οξειδωτικά είναι χημικές ενώσεις που περιέχουν οξυγόνο στους τύπους τους. Επίσης οξειδωτικά είναι τα αλογόνα και οι ενώσεις τους. Ένα παράδειγμα αντίδρασης ενός οξειδωτικού είναι αυτό του πυκνού HNO_3 με μέταλλο χαλκού που δίνει τοξικό αέριο NO_2 σαν προϊόν:



Το κατά πόσο μια ουσία συμπεριφέρεται σαν οξειδωτικό ή όχι εξαρτάται από την αναγωγική δύναμη του υλικού που έρχεται σε επαφή. Για παράδειγμα το CO_2 είναι ένα κοινό υλικό για το σβήσιμο της φωτιάς το οποίο ψεκάζεται σε μία φλεγόμενη ουσία. Ωστόσο, το CO_2 σε επαφή με καιγόμενο αλουμίνιο αντιδρά σαν οξειδωτικό για να παράγει το τοξικό CO :



2.3.3. Αντιδραστικές Ουσίες

Αντιδραστικές ουσίες είναι αυτές που έχουν την τάση να συμμετέχουν σε γρήγορες αντιδράσεις κάτω από ορισμένες συνθήκες. Ένα παράδειγμα είναι το νάτριο όταν αντιδρά με το νερό:



Αυτή η αντίδραση παράγει αρκετή θερμότητα ώστε να αναφλεγεί το νάτριο και το υδρογόνο. Τα εκρηκτικά αποτελούν ένα άλλο είδος αντιδραστικών ουσιών. Αντιδραστικές είναι και αυτές οι οποίες με νερό, οξύ ή βάση παράγουν τοξικά καυσαέρια όπως υδρόθειο ή υδροκυάνιο.

Ο κύριος παράγοντας που συμβάλλει στην αντιδραστικότητα είναι η θερμοκρασία. Άλλοι παράγοντες είναι η μορφή των αντιδρώντων (για παράδειγμα, λεπτόκοκκη σκόνη μετάλλου αντιδρά εκρηκτικά με οξυγόνο, ενώ μία μάζα του ίδιου μετάλλου μόλις που αντιδρά), το ποσοστό και ο βαθμός αναμειξιμότητας, ο βαθμός διαλυτότητας, η παρουσία καταλύτη και η πίεση.

Μερικές χημικές ενώσεις είναι αυτο-αντιδραστικές, διότι περιέχουν οξειδωτικά και αναγωγικά στην ίδια ένωση. Η νιτρογλυκερίνη, ένα

δυνατό εκρηκτικό διαλύεται αυθόρμητα σε CO₂, H₂O, O₂ και N₂ με γρήγορη απελευθέρωση μιας πολύ υψηλής ποσότητας ενέργειας. Η καθαρή νιτρογλυκερίνη έχει τόσο υψηλή έμφυτη αστάθεια που μόνο ένα ελαφρύ φύσημα είναι επαρκές για να προκληθεί έκρηξη. Η τρινιτροτολουόλη (TNT) είναι επίσης ένα εκρηκτικό με υψηλό βαθμό αντιδραστικότητας. Ωστόσο, αυτή είναι σχετικά ευσταθής, και για να προκληθεί έκρηξη απαιτείται μηχανισμός πυροδότησης.

2.3.4. Διαβρωτικές Ουσίες

Κατά συνθήκη, διαβρωτικές ουσίες θεωρούνται αυτές οι οποίες λιώνουν τα μέταλλα, ή δημιουργούν οξείδωση με σκουριά που σχηματίζεται στην επιφάνεια των μετάλλων. Οι διαβρωτικές ουσίες προκαλούν φθορά όχι μόνο στα υλικά αλλά και στους ζώντες ιστούς όταν έρχονται σε επαφή. Οι περισσότερες διαβρωτικές ουσίες ανήκουν σε μία τουλάχιστον από τις 4 ακόλουθες χημικές ομάδες: (1) δυνατά οξέα, (2) δυνατές βάσεις (3) οξειδωτικά και (4) αφυδατικούς παράγοντες.

2.3.4.α. Θειϊκό Οξύ (H₂SO₄)

Το θειϊκό οξύ είναι ένα κύριο παράδειγμα διαβρωτικής ουσίας. Καθώς είναι ένα δυνατό οξύ, το πυκνό θειϊκό οξύ είναι επίσης ένας αφυδατικός και οξειδωτικός παράγοντας. Η μεγάλη προτίμηση του H₂SO₄ για το νερό εκδηλώνεται με την παραγωγή θερμότητας όταν νερό και συγκεντρωμένο H₂SO₄ αναμιχθούν. Αν αυτό γίνει κατά λάθος με την προσθήκη νερού στο οξύ, μπορεί να προκληθεί βρασμός και πιτσίλισμα με αποτέλεσμα προσωπικό τραυματισμό. Η σημαντικότερη καταστρεπτική επίδραση του H₂SO₄ σε ιστούς του δέρματος είναι η αφαίρεση νερού από το δέρμα με ταυτόχρονη απελευθέρωση θερμότητας, προκαλώντας έτσι εγκαύματα.

Κάποιες αφυδατικές αντιδράσεις του H₂SO₄ μπορεί να είναι πολύ βίαιες. Πυκνό θειϊκό οξύ παράγει επικίνδυνα ή τοξικά προϊόντα όταν

αντιδράσει με έναν αριθμό άλλων ουσιών: Όπως π.χ. το τοξικό μονοξείδιο του άνθρακα (CO) στην αντίδραση με οξαλικό οξύ ($H_2C_2O_4$), τοξικό βρώμιο (Br) στην αντίδραση με βρωμιούχο νάτριο (NaBr), και τοξικό ασταθές υπερχλωρικό οξύ (ClO_2) στην αντίδραση με χλωριούχο νάτριο ($NaClO_3$).

Εισπνοή ατμών H_2SO_4 καταστρέφει τους ιστούς στην άνω αναπνευστική οδό καθώς και τα μάτια. Μακροχρόνια έκθεση σε ατμούς H_2SO_4 έχει προκαλέσει διάβρωση των δοντιών.

2.3.5. Τοξικές Ουσίες – Τοξικολογία

Η τοξικότητα είναι υψίστου ενδιαφέροντος για τις επικίνδυνες ουσίες. Εκδηλώνεται με μακροχρόνιες επιδράσεις λόγω συνεχών ή περιοδικών εκθέσεων σε χαμηλά επίπεδα τοξικών, ή με ισχυρές επιδράσεις λόγω μιας μόνο έκθεσης υψηλής τοξικότητας. Δηλητήριο ή τοξικό είναι μια ουσία η οποία είναι επιβλαβής για τους ζώντες οργανισμούς εξαιτίας των καταστρεπτικών επιδράσεων της στους ιστούς, στα όργανα, ή στις βιολογικές διαδικασίες. Τοξικολογία είναι η επιστήμη των δηλητηρίων.

Το κατά πόσο μια ουσία είναι δηλητηριώδης εξαρτάται από την αντοχή του οργανισμού που εκτίθεται, την ποσότητα της ουσίας και την διάρκεια της έκθεσης. Στην περίπτωση ανθρώπινης έκθεσης ο βαθμός της βλάβης που γίνεται από το δηλητήριο εξαρτάται από το αν η προσβολή συμβαίνει στο δέρμα ή με την εισπνοή ή με την κατάποση.

2.3.5.α. Έκθεση στις τοξικές ουσίες

Υπάρχουν πολλές μεταβλητές σχετικά με τους τρόπους με τους οποίους οι οργανισμοί εκτίθενται στις τοξικές ουσίες. Μια από τις πιο κρίσιμες είναι η δόση. Βασικό παράδειγμα είναι τα εντομοκτόνα, για τα οποία είναι επιθυμητό να υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ της δόσης η οποία μπορεί να σκοτώσει συγκεκριμένα είδη και εκείνης που γενικά

προκαλεί κακό. Άλλοι σημαντικοί παράγοντες είναι: Η συγκέντρωση του τοξικού, η διάρκεια, η συχνότητα, το ποσοστό της έκθεσης καθώς επίσης και ο συνολικός χρόνος της περιόδου που εκτίθεται ο οργανισμός.

2.3.5.β. Επιδράσεις των τοξικών ουσιών στον άνθρωπο

Για διαφορετικά χημικά και οργανισμούς, οι τοξικές επιδράσεις μπορούν να κυμανθούν από τελείως αντιστρεπτές έως τελείως μη αντιστρεπτές. Μεταξύ των πιο άμεσων και εύκολα παρατηρούμενων συμπτωμάτων της δηλητηρίασης είναι οι αλλαγές στις ζωτικές ενδείξεις της θερμοκρασίας, παλμού, αναπνευστικού ρυθμού και πίεσης του αίματος.

Η δηλητηρίαση του κεντρικού νευρικού συστήματος μπορεί να εκδηλωθεί με παροξυσμό σπασμών, παραλυσία, παραισθήσεις και μυϊκή ασυνέργια (αταξία) καθώς επίσης και ασυνήθιστη συμπεριφορά που συμπεριλαμβάνει αναστάτωση, υπερενεργητικότητα, ψυχικό αποπροσανατολισμό και παραλήρημα. Σοβαρή δηλητηρίαση από μερικές ουσίες όπως τα οργανοφωσφορικά άλατα προκαλούν κώμα. Χαρακτηριστικά, μεταξύ των περισσότερο χρονίων αντιδράσεων στην τοξική έκθεση είναι οι μεταλλάξεις, ο καρκίνος και οι ατελείς γεννήσεις. Άλλες εμφανείς επιδράσεις, μερικές από τις οποίες εμφανίζονται μετά την έκθεση, είναι γαστροεντερικές ασθένειες, καρδιαγγειακές παθήσεις, ασθένειες του ήπατος, νεφρικές δυσλειτουργίες, νευρολογικά συμπτώματα και δερματικές ανωμαλίες.

(α) Τερατογένεση

Τα τερατογενή είναι χημικά είδη τα οποία προκαλούν ατελείς γεννήσεις.

(β) Μεταλλαξιογένεση

Τα μεταλλαξιγόνα αλλάζουν το DNA. Οι περισσότερες μεταλλάξεις είναι επιβλαβείς. Οι μηχανισμοί της μεταλλαξότητας είναι όμοιοι με εκείνους που δημιουργούν καρκίνο και μεταλλαξιγόνα συχνά προκαλούν ατελείς γεννήσεις. Επιπλέον, οι μεταλλαξιογενείς ουσίες είναι μέγιστου τοξικολογικού ενδιαφέροντος.

(γ) Καρκινογένεση

Καρκίνος είναι μια κατάσταση που χαρακτηρίζεται από όγκους στο σώμα. Οι καρκινογενείς παράγοντες μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής: (1) Χημικοί παράγοντες (2) Βιολογικοί παράγοντες (3) Ιονίζουσα ακτινοβολία και (4) Γενετικοί παράγοντες.

Σαφώς, σε μερικές περιπτώσεις ο καρκίνος είναι αποτέλεσμα της δράσης συνθετικών και φυσικών χημικών.

2.4. Δύο Κοινά Επικίνδυνα Απόβλητα

Περισσότερες από 10.000.000 χημικές ενώσεις έχουν αναγνωρισθεί. Περίπου 100.000 από αυτές παράγονται στο εμπόριο. Περίπου 200 –300 νέα χημικά εισάγονται στην αγορά κάθε χρόνο. Μερικά από αυτά τα χημικά καταλήγουν στο περιβάλλον άμεσα ή έμμεσα μετά τη χρήση τους. Τοξικές, μολυσματικές, ή επικίνδυνες προς το περιβάλλον ουσίες είναι επιβλαβείς ακόμα και σε χαμηλές συγκεντρώσεις με αποτέλεσμα να επηρεάζουν την οικολογική ισορροπία.

Μερικές μη αναφλέξιμες ή αργά αναφλέξιμες ουσίες μπορούν να παράγουν άλλες πιο τοξικές. Παραδείγματα τέτοιων παραγόμενων τοξικών ουσιών αποτελούν τα PCBs και οι διοξίνες που μπορεί να εμφανιστούν στην τροφική αλυσίδα με αποτέλεσμα την άνοδο των επιπέδων τοξικότητας στα διάφορα προϊόντα. Έτσι κρίνεται αναγκαία και η αναφορά μας στις δύο αυτές ουσίες.

2.4.1. PCB (Polychlorinated Biphenyl)

Polychlorinated Biphenyls (PCBs) είναι θερμικά σταθερά λάδια που χρησιμοποιούνται εκτενώς σε μετασχηματιστές αλλά και ως υδραυλικά ρευστά. Η παραγωγή των PCB_s ξεκίνησε στη Μονσάντο το 1929 ως απάντηση στην ανάγκη για ένα σταθερό μη εύφλεκτο ψυκτικό λάδι μετασχηματιστή. Άλλα λάδια είχαν χρησιμοποιηθεί προηγουμένως, αλλά το PCB ήταν περισσότερο σταθερό και λιγότερο εύφλεκτο για εφαρμογές μετασχηματιστών, στους οποίους μεγάλα κύματα ισχύος μπορούν να προκαλέσουν τόξα και ανάφλεξη στο λάδι. Πριν από το 1971, μίγματα από PCB_s που περιείχαν 68% χλώριο επίσης χρησιμοποιούνταν ως πλαστικοποιητές, ως ρευστά για μεταφορά θερμότητας, ως υδραυλικά ρευστά και ως λιπαντικά. Με το Νόμο Ελέγχου των Τοξικών Ουσιών, το Κογκρέσσο (ΗΠΑ) απαγόρευσε την παραγωγή και περιόρισε την διανομή των PCB_s μετά το 1979. Ωστόσο, αυτές οι σταθερές ενώσεις είναι ακόμα παρούσες σε χιλιάδες μετασχηματιστές, πυκνωτές και άλλες ηλεκτρικές συσκευές όπως οι μηχανές ψυγείων και καταψυκτών.

Στις ΗΠΑ, το PCB εμπορεύεται η Μονσάντο με το όνομα Aroclor. Διεθνή εμπορικά ονόματα περιλαμβάνουν Fenchlor (Ιταλία), Koneclor (Ιαπωνία), Pygalene (Γαλλία) και Clorphen (Δ. Γερμανία). Οι διαφορετικοί βαθμοί χλωρίωσης σημειώνονται από τέσσερα ψηφία μετά το εμπορικό όνομα Aroclor, όπως Aroclor 1232. Τα πρώτα δύο ψηφία αναφέρονται στους 12 άνθρακες του Biphenyl. Για όλα τα Aroclor εκτός ενός, τα τελευταία δύο ψηφία αντιπροσωπεύουν το ποσοστό επί τοις εκατό του χλωρίου στη μάζα του PCB (π.χ. Aroclor 1248 είναι ένα μίγμα που περιέχει 48% κατά βάρος του χλωρίου).

Το PCB που περιλαμβάνει πέντε ή περισσότερα άτομα χλωρίου θεωρείται υψηλότερο Chlorobiphenyl, μια διάκριση που σχετίζεται όχι

μόνο με το υψηλότερο ποσοστό χλωρίου αλλά επίσης με υψηλότερη τοξικότητα.

2.4.2. Polychlorinated Dibenzodioxins Dibenzofurans

Οι Πολυχλωριωμένες Διβενζοδιοξίνες και Διβενζοφουράνια (Polychlorinated Dibenzodioxins – Dibenzofurans) δεν παράγονται για βιομηχανική ή οικιακή χρήση. Είναι υποπροϊόντα του πετρελαίου ή προέρχονται από διαλυτικά υγρά, εντομοκτόνα και εκρηκτικά, ή σχηματίζονται κατά τη διαδικασία της χλωρίωσης ή ανάφλεξης. Ακόμα και ίχνη από αυτές τις ενώσεις είναι επικίνδυνες εξαιτίας της τεράστιας τοξικότητάς τους. Αυτά τα χημικά είναι αρωματικά και χαρακτηρίζονται από παρόμοια φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά. Ο σχηματισμός των χλωριωμένων διοξινών συμβαίνει στην αρχή των βιομηχανικών συνθέσεων και διαδικασιών ανάφλεξης. Πολυχλωριωμένες διβενζοδιοξίνες και διβενζοφουράνια (σε ίχνη) βρίσκονται σε πολλά εμπορικά προϊόντα. Σημαντική πηγή σχηματισμού του PCDD και PCDF είναι η καύση των μη χλωριωμένων ή χλωριωμένων οργανικών χημικών. Όπως οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες σχηματίζονται κατά τη διάρκεια της καύσης των υδρογονανθράκων, οι χλωριωμένες διοξίνες και τα φουράνια παράγονται σαν σταθερά προϊόντα κατά τη διάρκεια της καύσης σε χαμηλές θερμοκρασίες, ακόμα και για σχετικά αβλαβή υλικά όπως η καύση ξύλου. Η παρουσία των διοξινών φαίνεται να είναι πανταχού. Έχουν βρεθεί σε χλωριωμένο αποχρωματισμένο χαρτί και σε πολυάριθμα εμπορικά προϊόντα. Ένα απόβλητο λάδι (που ειρωνικά ονομάζεται «ευτυχία») αναμιγμένο με άλλα απόβλητα λάδια που επιστρώνουν δρόμους είναι διοξίνη. Γενικά, ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα των επικίνδυνων αποβλήτων αποτελούν οι διοξίνες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Εισαγωγή

Είναι γεγονός ότι σε σύγκριση με το τεράστιο μέγεθος του προβλήματος αλλά και των κεφαλαίων που έχουν δαπανηθεί μέχρι τώρα, η αντιμετώπιση του προβλήματος των επικίνδυνων αποβλήτων έχει γνωρίσει ελάχιστη ουσιαστική πρόοδο. Πολύς χρόνος έχει δαπανηθεί στην προσπάθεια για καθορισμό των νομοθεσιών που αφορούν τα επικίνδυνα απόβλητα, ενώ ειδικοί του τομέα έχουν περάσει ατελείωτες ώρες μπροστά σε ένα υπολογιστή προσπαθώντας να μοντελοποιήσουν τα συστήματα των επικίνδυνων αποβλήτων. Στο μέλλον ένα υψηλότερο ποσοστό της προσπάθειας και των πόρων που θα δαπανηθούν στα επικίνδυνα απόβλητα είναι αναγκαίο να αφιερωθούν τόσο στην «γιατρεία» των ήδη υπαρχόντων προβλημάτων όσο και στην αποτροπή άλλων πιθανών μελλοντικών .

Η διαχείριση των επικινδύνων και τοξικών αποβλήτων στηρίζεται κύρια σε τρεις παραμέτρους :

1. Τη μείωση της παραγωγής των αποβλήτων στις πηγές τους.
2. Την ανακύκλωση τους.
3. Την επεξεργασία και τελική διάθεσή τους με τις λιγότερες δυνατές συνέπειες στο περιβάλλον.

3.1. Ελάττωση αποβλήτων και ελαχιστοποίησή τους

Πολλά προβλήματα που αφορούν τα επικίνδυνα απόβλητα μπορεί να αποφευχθούν αν αντιμετωπιστούν σε αρχικά στάδια με την ελάττωση (αποκόπτοντας ποσότητες από τις πηγές τους) και την ελαχιστοποίησή τους (διαδικασία όπου μειώνονται οι ποσότητες των αποβλήτων που θα υποστούν απόθεση).

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι με τους οποίους οι ποσότητες των επικίνδυνων αποβλήτων μπορούν να μειωθούν, συμπεριλαμβάνοντας την μείωση των πηγών προέλευσης, τον διαχωρισμό, την συγκέντρωση των αποβλήτων και την ανακύκλωσή τους. Η πιο αποτελεσματική προσέγγιση για την ελαχιστοποίηση τους βρίσκεται στον προσεκτικό έλεγχο των διαδικασιών παραγωγής, λαμβάνοντας υπόψιν τις δυνατότητες για να επιτευχθεί αυτή η ελαχιστοποίηση σε κάθε στάδιο της παραγωγής. Σημαντικός παράγοντας είναι η αναγνώριση της πηγής προελεύσεως του απόβλητου, διότι από τη στιγμή που πετυχαίνουμε την αναγνώριση αυτή είναι πολύ πιο εύκολο να ληφθούν και τα κατάλληλα μέτρα για την εξάλειψη ή την ελάττωση του απόβλητου.

Τροποποιήσεις της παραγωγικής διαδικασίας μπορεί να οδηγήσουν σε ουσιαστική μείωση των αποβλήτων. Μερικές από αυτές τις τροποποιήσεις είναι κυρίως χημικής φύσης. Αλλαγές στις συνθήκες των χημικών αντιδράσεων ελαχιστοποιούν την παραγωγή επικίνδυνων ουσιών. Σε μερικές περιπτώσεις καταλύτες όπως αυτοί που κατασκευάζονται από τοξικές ουσίες, μπορεί να αντικατασταθούν από καταλύτες που δεν είναι επικίνδυνοι ή μπορεί να ανακυκλωθούν.

3.2. Ανακύκλωση

Όπου είναι δυνατό, η ανακύκλωση και η επαναχρησιμοποίηση πρέπει να επιδιώκεται και να επιτυγχάνεται. Οι τέσσερις κύριες περιοχές όπου κάτι σημαντικό μπορεί να αποκτηθεί από τα απόβλητα είναι οι ακόλουθες :

- Άμεση ανακύκλωση σαν ακατέργαστο υλικό στην πηγή παραγωγής.
- Μεταφορά ενός ακατέργαστου υλικού σε άλλη διαδικασία. Μία ουσία που είναι προϊόν μιας διαδικασίας μπορεί να παίζει ρόλο ακατέργαστου υλικού για μία άλλη που ίσως ανήκει σε τελείως διαφορετική βιομηχανία.
- Χρησιμοποίηση στην επεξεργασία αποβλήτων, όπως παράδειγμα η χρήση των αλκαλίων των αποβλήτων για την εξουδετέρωση των οξέων που περιέχουν τα απόβλητα.
- Εξοικονόμηση ενέργειας, για παράδειγμα από την αποτέφρωση των αναφλέξιμων επικίνδυνων αποβλήτων.

Παραδείγματα ανακύκλωσης

Η ανακύκλωση των υπολειμμάτων βιομηχανικών ακαθαρσιών και προϊόντων αφορά σε μεγάλη κλίμακα ένα αριθμό διαφορετικών υλικών. Τα περισσότερα από αυτά είναι «μη επικίνδυνα» αλλά ακόμα και στις μεγαλύτερες βιομηχανικές επιχειρήσεις, η ανακύκλωσή τους μπορεί να αφορά την χρήση ή παραγωγή επικίνδυνων ουσιών. Κάποια από τα βασικά παραδείγματα ανακύκλωσης είναι τα ακόλουθα:

- Σιδηρούχα Μέταλλα : τα οποία αποτελούνται κυρίως από σίδηρο και χρησιμοποιούνται ευρέως στην τροφοδοσία για την λειτουργία εστιών ηλεκτρικού τόξου.

- Μη σιδηρούχα Μέταλλα : συμπεριλαμβανομένου του αλουμινίου (το οποίο κατατάσσεται δίπλα στον σίδηρο όσον αφορά τις ποσότητες προς ανακύκλωση), του χαλκού, του ψευδαργύρου, του μολύβδου, του καδμίου, του κασσίτερου, του αργύρου και του υδραργύρου.
- Διάφορες άλλες μεταλλικές ενώσεις όπως τα μεταλλικά άλατα.
- Ανόργανες ουσίες : συμπεριλαμβανομένου αλκαλικών ενώσεων (όπως το υδροξείδιο του Νατρίου που χρησιμοποιείται για να διαχωρίσει τις ενώσεις του θείου από τα παράγωγα πετρελαίου), οξέα (υγρά για τον καθαρισμό του ατσαλιού, όταν οι ακαθαρσίες επιτρέπουν την επαναχρησιμοποίηση) και άλατα (για παράδειγμα αμμώνιο από την παραγωγή κωκ που χρησιμοποιείται σαν λίπασμα).
- Το γυαλί.
- Το χαρτί.
- Τα πλαστικά που αποτελούνται από ποικιλία πολυμερικών υλικών.
- Τα λάστιχα.
- Οργανικές ουσίες : ιδιαίτερα διάφορα διαλύματα και λάδια (όπως τα υδραυλικά και λιπαντικά λάδια).
- Καταλύτες : από την παραγωγή διαφόρων χημικών ή από την επεξεργασία πετρελαίου.
- Υλικά για αγροτική χρήση, όπως τα απόβλητα ασβεστίου ή φωσφορικού άλατος που περιέχουν λάσπη η οποία χρησιμοποιείται σαν λίπασμα για όξινο έδαφος.

3.3. Επεξεργασία και διάθεση επικινδύνων αποβλήτων

Διαδικασίες ελαχιστοποίησης και ανακύκλωσης, όπως αυτές που προαναφέρθηκαν, μπορεί τελικά να μην είναι επαρκείς δίχως τις διεργασίες επεξεργασίας των αποβλήτων. Είδαμε σε προηγούμενη ενότητα τις διάφορες κατηγορίες των επικινδύνων αποβλήτων καθώς και τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά τους που παίζουν σημαντικό ρόλο στις μεθόδους επεξεργασίας και διάθεσης. Η επεξεργασία των αποβλήτων δεν είναι μια απλή τεχνολογία που θα λύσει όλα τα προβλήματα της διαχείρισής τους. Η κατεργασία και η διάθεση των αποβλήτων απαιτεί ένα σύνολο από διακεκριμένες διεργασίες.

Ακολούθως περιγράφονται τυπικές μέθοδοι επεξεργασίας και διάθεσης καθώς και συγκεκριμένες διεργασίες που απαιτούνται ανάλογα με την ποιότητα των αποβλήτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Ως γνωστόν, για την επεξεργασία των αποβλήτων χρησιμοποιούνται τόσο φυσικές όσο και χημικές διεργασίες. Η επιλογή της κατάλληλης διεργασίας για την επεξεργασία των επικίνδυνων αποβλήτων εξαρτάται προφανώς από τη φύση αυτών των αποβλήτων. Καθόσον, τα επικίνδυνα απόβλητα μπορεί να ανήκουν σε μία από τις παρακάτω κατηγορίες :

- Πτητικά απόβλητα : (αέρια, πτητικά διαλύματα στο νερό, αέρια ή πτητικά υγρά προερχόμενα από στερεά όπως καταλύτες).
- Υγρά απόβλητα : Αδιάλυτα ή διαλυτά (π.χ υδροδιαλυτά ανόργανα ή οργανικά).
- Ημιστερεά : (λάσπη).
- Στερεά : Ξηρά στερεά αλλά και ενυδατωμένα κοκκώδη στερεά με σημαντικό ποσοστό ύδατος (π.χ η αφυδατωμένη λάσπη).

Οι φυσικές ιδιότητες (π.χ υδατοδιαλυτότητα, διαλυτότητα σε οργανικούς διαλύτες, πυκνότητα, σημείο βρασμού, πτητικότητα) των αποβλήτων καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τον τύπο της φυσικής διεργασίας που θα επιλέξουμε για την επεξεργασία τους.

4.1 Μέθοδοι Φυσικής Επεξεργασίας

Με βάση τη φυσική συμπεριφορά των αποβλήτων και τις διαθέσιμες φυσικές διεργασίες, αναπτύχθηκαν οι παρακάτω 4 λειτουργίες για την επεξεργασία των αποβλήτων :

1. Διαχωρισμός Φάσεων.

2. Μετάβαση Φάσεων .
3. Μεταφορά Φάσεων.
4. Μοριακός Διαχωρισμός (με χρήση μεμβρανών).

4.2 Διαχωρισμός Φάσεων

Συχνά, η φυσική επεξεργασία αφορά τον διαχωρισμό ενός μίγματος στα συστατικά του, τα οποία όμως ήδη ανήκουν σε δύο διαφορετικές φάσεις. Ο διαχωρισμός αυτός των φάσεων επιτυγχάνεται εύκολα με ιζηματοποίηση ακολουθούμενη από αποστράγγιση χρησιμοποιώντας απλό εξοπλισμό.

Πολλές από τις ανεπιθύμητες ουσίες των αποβλήτων υπάρχουν με τη μορφή αιωρούμενων στερεών ενώ πολλοί από τους διαλυμένους ρυπαντές μετατρέπονται σε αδιάλυτα στερεά για να απομακρυνθούν. Στην επεξεργασία των αποβλήτων εφαρμόζεται η τεχνική της *Επίπλευσης* διαλυμένου αέρα. Με τη χρήση ροής αέρα είναι δυνατόν να οδηγηθούν στην επιφάνεια του αιωρήματος πολύ μικρά σωματίδια καθώς και μικροποσότητες διαφόρων οργανικών ουσιών. Ο αέρας εισέρχεται στο αιώρημα υπό πίεση μέσω διανομέων και αφού κατανεμηθεί σε όλο τον όγκο του αιωρήματος ανέρχεται στην επιφάνεια παρασύροντας μαζί τα σωματίδια τα οποία επιπλέουν. Το συσσωμάτωμα στερεού- φυσαλίδας αέρα έχει ειδικό βάρος μικρότερο του νερού με αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας ανόδου. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση ελαιωδών προσμίξεων και γενικά αιωρούμενα στερεά με ειδικό βάρος μικρότερο του νερού.

Κατά τον αερισμό με διάχυση φυσαλίδων, τοποθετούνται διαχυτήρες κοντά στον πυθμένα της δεξαμενής αερισμού διοχετεύοντας έτσι φυσαλίδες αέρα που ανέρχονται προς την επιφάνεια μεταφέροντας οξυγόνο στη μάζα των αποβλήτων. Οι τύποι διαχυτήρων που

χρησιμοποιούνται είναι οι πορώδεις και οι μη πορώδεις. Οι πορώδεις έχουν σχήμα σωλήνα ή δίσκου, κατασκευάζονται από κεραμικό ή πλαστικό και παράγουν λεπτές φυσαλίδες με τη διαβίβαση αέρα μέσα από το πορώδες μέσο. Κύρια πλεονεκτήματά τους είναι η καλή ανάμιξη και η διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας των αποβλήτων. Ανάλογα δρουν και οι μη πορώδεις διαχυτήρες, οι οποίοι παράγουν χοντρές φυσαλίδες από στόμια.

Η αποσταθεροποίηση των αιωρημάτων είναι μια διεργασία που προηγείται της καθίζησης και της διήθησης κατά την επεξεργασία αποβλήτων. Είναι δε απαραίτητη για να επιτευχθεί η συσσωμάτωση και ο σχηματισμός μεγαλύτερων αιωρούμενων στερεών. Αυτά πολλές φορές προσροφούν και τα μόρια οργανικών ενώσεων και επομένως με την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών απομακρύνονται και οι ουσίες αυτές .

Η αποσταθεροποίηση ενός κολλοειδούς αιωρήματος ή **Κροκίδωση** ορίζεται ως η μείωση των ηλεκτροστατικών δυνάμεων απώθησης από το αιωρούμενο στερεό. Η σταθερότητα του κολλοειδούς προέρχεται από τις ηλεκτρικές δυνάμεις απώθησης οι οποίες υπερисχύουν των άλλων δυνάμεων, ενώ η αποσταθεροποίηση επιτυγχάνεται με την προσθήκη κατάλληλων ηλεκτρολυτών. Οι μηχανισμοί που οδηγούν τα αιωρούμενα στερεά να συγκρούονται και να συγκολλούνται προς μεγαλύτερα στερεά καλείται **Συσσωμάτωση**. Αυτή εξαρτάται από τις συγκρούσεις μεταξύ των στερεών που προκαλούνται από τη σχετική τους κίνηση. Η θεωρία της συσσωμάτωσης δέχεται ότι δεν υπάρχουν απωθητικές δυνάμεις μεταξύ των αιωρούμενων στερεών και κάθε σύγκρουση οδηγεί σε ένα συσσωμάτωμα.

4.3 Μετάβαση των Φάσεων

Αυτή η φυσική λειτουργία για την επεξεργασία των αποβλήτων αφορά την μετάβαση μιας ουσίας από μια φυσική φάση σε μια άλλη.

Ένας από τους τρόπους Μετάβασης από μια φάση σε άλλη είναι η **Απόσταξη**. Η Απόσταξη χρησιμοποιείται στα κάτωθι :

- Επεξεργασία και ανακύκλωση των διαλυτικών ουσιών.
- Επεξεργασία και ανακύκλωση των άχρηστων ελαίων.
- Επεξεργασία και ανακύκλωση των φαινολικών αποβλήτων.
- Επεξεργασία και ανακύκλωση των μιγμάτων αιθυλοβενζολίου και στυρολίου.
- Επεξεργασία ξυλολίου που έχει προσβληθεί με παραφίνη σε εξετάσεις ιστολογικών εργαστηρίων.

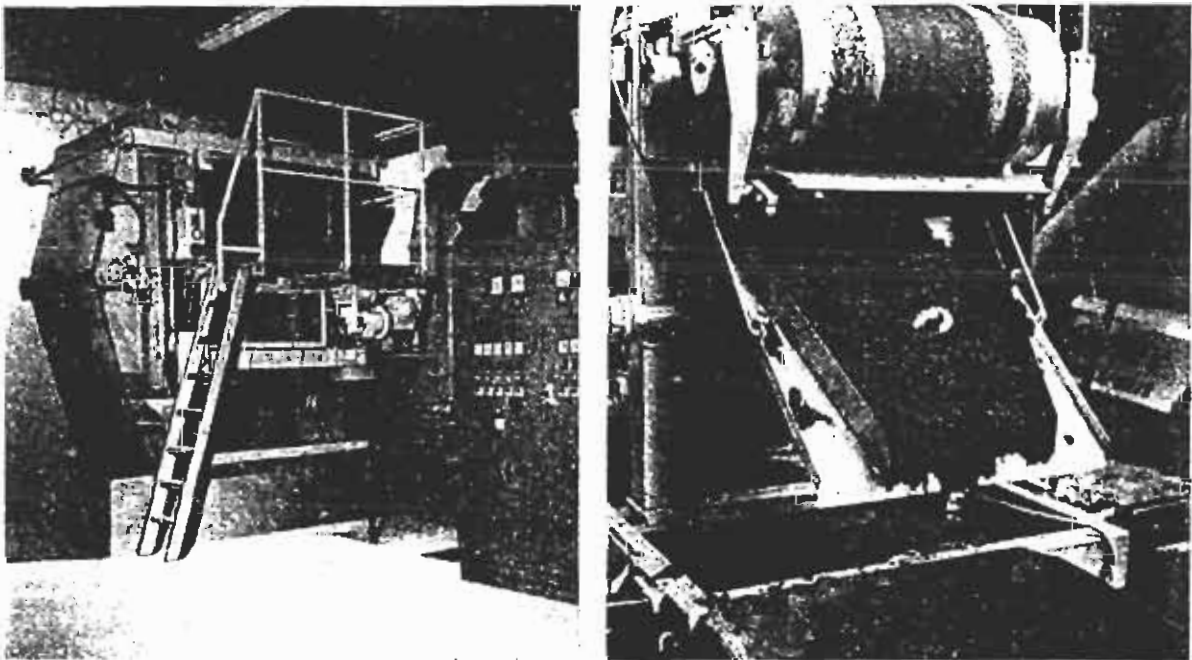
Όμως υπάρχουν και μειονεκτήματα σ' αυτή τη διεργασία, καθόσον η Απόσταξη δημιουργεί χημικά υπολείμματα τα οποία αποτελούνται συχνά από επικίνδυνες και συχνά μολυσματικές ουσίες. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι τα υπολείμματα που δημιουργούνται από Απόσταξη κατά την παρασκευή ακεταλδεύδης από αιθυλένιο.

Ένας άλλος τρόπος Μετάβασης των φάσεων είναι η **Εξάτμιση**, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως για την συμπύκνωση υδατωδών αποβλήτων. Βασική αρχή της είναι η αφαίρεση νερού, ενώ ειδική περίπτωση αυτής της τεχνικής είναι η λεγόμενη «Λεπτή Εξάτμιση» κατά την οποία υγρά ή λασπώδη απόβλητα ψεκάζονται επάνω σε θερμαινόμενη επιφάνεια με αποτέλεσμα να αφαιρούνται τα πτητικά υπόλοιπα.

Άλλος τρόπος είναι και η **Ξήρανση** όπου έχουμε απομάκρυνση του νερού ή του διαλυτικού από ένα στερεό ή ημιστερεό (λάσπη) ή ακόμα

απομάκρυνση ενός διαλυτικού από ένα υγρό ή ένα αιώρημα. Τα επικίνδυνα στερεά απόβλητα καθώς και οι λάσπες ξηραίνονται για να απομακρυνθούν τυχόν επικίνδυνα πτητικά συστατικά, και για να μειωθεί η ποσότητα των αποβλήτων μέσω απομάκρυνσης του νερού και διάφορων διαλυτικών.

Η ξήρανση των λασπών με χρήση μηχανικών διατάξεων προκειμένου να μειωθεί το ποσοστό υγρασίας, είναι αρκετά διαδεδομένη. Το πλέον χρησιμοποιούμενο μέσο για αυτό το σκοπό είναι η ταινιοφιλτροπρέσσα. Αποτελείται από ιμάντες μέσα από τους οποίους διέρχεται η λάσπη και συμπιέζεται. Ένα μέρος του υγρού στοιχείου διηθείται με βαρύτητα στην αρχή της συσκευής, και στη συνέχεια το υπόλοιπο με συμπίεση μεταξύ των ταινιών. Βασικά πλεονεκτήματα της είναι η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και οι υψηλές αποδόσεις σε υψηλές πιέσεις.



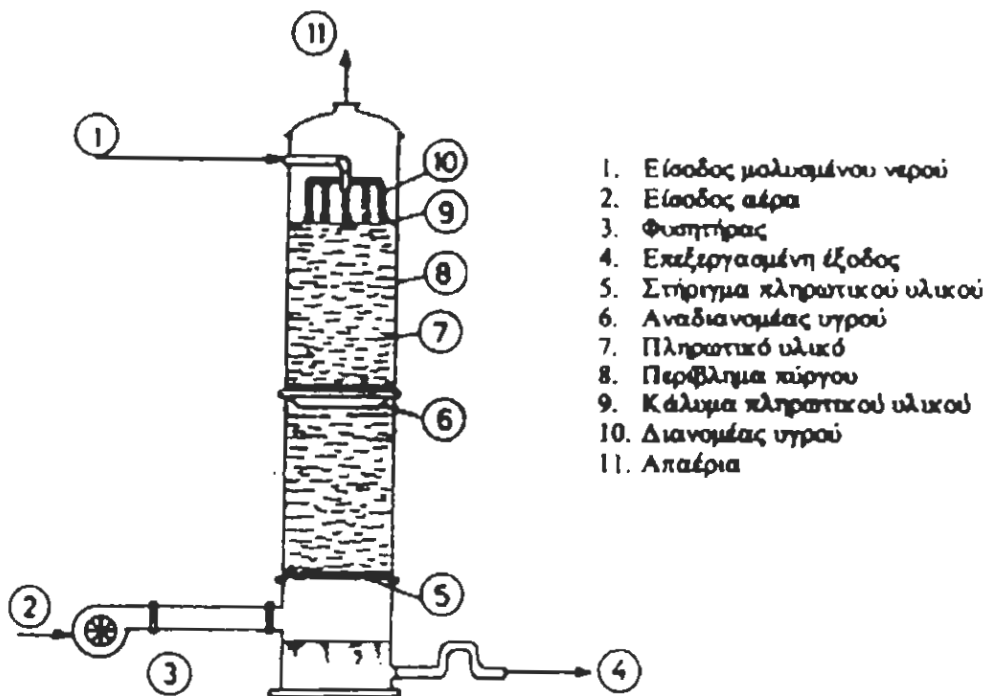
Σχ. 1: Ταινιοφιλτροπρέσσα



Σχ.2: Πύργος εκφύσησης

Η *εκφύσηση* (air stripping) είναι ένας τρόπος διαχωρισμού των περισσότερο πτητικών συστατικών ενός υγρού μίγματος και η μετάβαση τους στην αέρια φάση ή τον ατμό. Η όλη διαδικασία γίνεται μέσα σε ένα πύργο αερισμού με ταυτόχρονη ροή αέρα και νερού. Το απόβλητο αντλείται στην κορυφή του πύργου και κατανέμεται ομοιόμορφα στο στρώμα του πληρωτικού υλικού. Ρέει προς τα κάτω μέσα από το πληρωτικό υλικό σχηματίζοντας μία λεπτή

στοιβάδα. Αέρας εμφυσείται στη βάση του πύργου και ρέει ανοδικά συναντώντας το απόβλητο ενώ η λειτουργία του πύργου γίνεται έτσι



Σχ. 3: Πύργος αερισμού

ώστε να δημιουργείται μέγιστος στροβιλισμός. Τα πτητικά οργανικά μεταφέρονται από το απόβλητο στον αέρα και από εκεί στην κορυφή του πύργου και στις εξόδους του.

Παραδείγματα εφαρμογής είναι:

α) Η χρήση αέρα στην αφαίρεση των επικίνδυνων ουσιών βενζολίου και διχλωρομεθάνιο από υδατικά απόβλητα.

β) Η χρήση αέρα στη δέσμευση της Αμμωνίας που περιέχεται σε νερό επεξεργασίας.

Η **Καθίζηση** είναι και αυτή ένας τρόπος διαχωρισμού. Διακρίνεται σε Χημική Καθίζηση και Φυσική Καθίζηση. Χημική είναι εκείνη κατά την οποία μία χημική αντίδραση που συμβαίνει στο διάλυμα οδηγεί στο σχηματισμό ενός αδιάλυτου υλικού που τελικά καθιζάνει. Φυσική είναι εκείνη κατά την οποία σχηματίζεται ένα στερεό προερχόμενο από μια διαλυμένη ουσία που βρίσκεται σε διάλυμα σαν αποτέλεσμα κάποιας φυσικής αλλαγής που συμβαίνει στο διάλυμα αυτό. Παραδείγματα τέτοιων φυσικών αλλαγών είναι : Η ψύξη του διαλύματος, η εξάτμιση του διαλυτικού και η αλλοίωση της σύνθεσης του διαλυτικού.

Σκοπός της καθίζησης είναι η απομάκρυνση από τα απόβλητα διαφόρων αιωρούμενων στερεών κάτω από την επίδραση της βαρύτητας. Η καθίζηση χρησιμοποιείται ευρέως στην απομάκρυνση των οργανικών στερεών από βιολογική επεξεργασία όπως θα δούμε σε παρακάτω κεφάλαιο.

4.4 Μεταφορά Φάσεων

Αυτή η λειτουργία επεξεργασίας αποβλήτων βασίζεται στη χρήση κατάλληλου διαλύτη για τη μεταφορά επικίνδυνου συστατικού μίγματος από τη μια φάση σε μια άλλη.

Ένας σημαντικός τύπος αυτής της λειτουργίας είναι η *Εκχύλιση Διαλύτη* κατά την οποία ένα συστατικό υδατικού (συνήθως) διαλύματος μεταφέρεται σε άλλο διάλυμα χωρίς να συμβαίνει καμία χημική αλλαγή.

Εφαρμογές της Εκχύλισης Διαλύτη είναι :

α) Η απομάκρυνση της Φαινόλης από υδατικά υποπροϊόντα της ξηράς Απόσταξης λιθανθράκων.

β) Στο ραφινάρισμα του πετρελαίου.

γ) Στην παραγωγή χημικών ενώσεων που περιλαμβάνουν διάφορες φαινόλες.

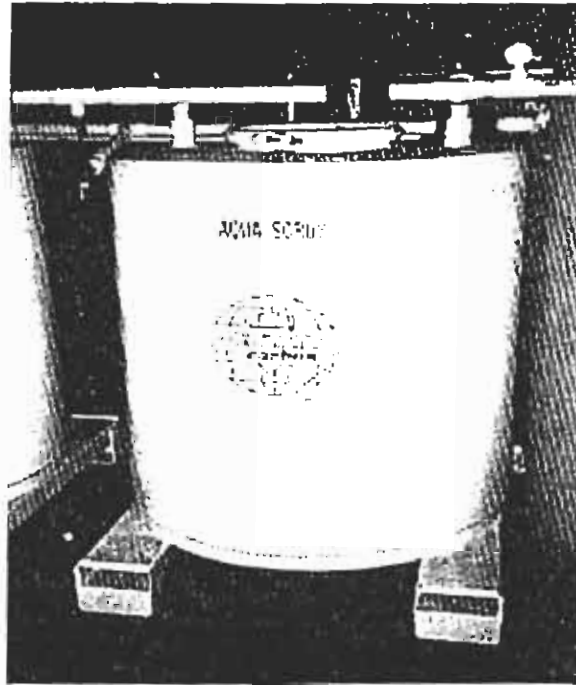
Μια εξειδικευμένη και αξιόπιστη προσέγγιση της Εκχύλισης Διαλύτη στην επεξεργασία επικίνδυνων αποβλήτων είναι η χρήση ρευστών (κυρίως CO₂) σε υπερκρίσιμη κατάσταση ως διαλυτών. Όταν ένα ρευστό βρίσκεται σ' αυτή την κατάσταση έχει χαρακτηριστικά τόσο υγρού όσο και αερίου. Μετά την επίτευξη της Μεταφοράς Φάσης της επικίνδυνης ουσίας η πίεση μπορεί να μειωθεί ώστε να επέλθει διαχωρισμός της ουσίας αυτής και στη συνέχεια ο διαλύτης (CO₂) επανασυμπυκνώνεται για να ξαναχρησιμοποιηθεί. Πιθανές εφαρμογές αυτής της μεθόδου (με χρήση υπερκρίσιμου CO₂) στην επεξεργασία αποβλήτων περιλαμβάνουν:

α) Την απομάκρυνση οργανικών μολυσματικών ουσιών από υδατικά απόβλητα , β) Την απομάκρυνση οργανικών αλάτων από το έδαφος .

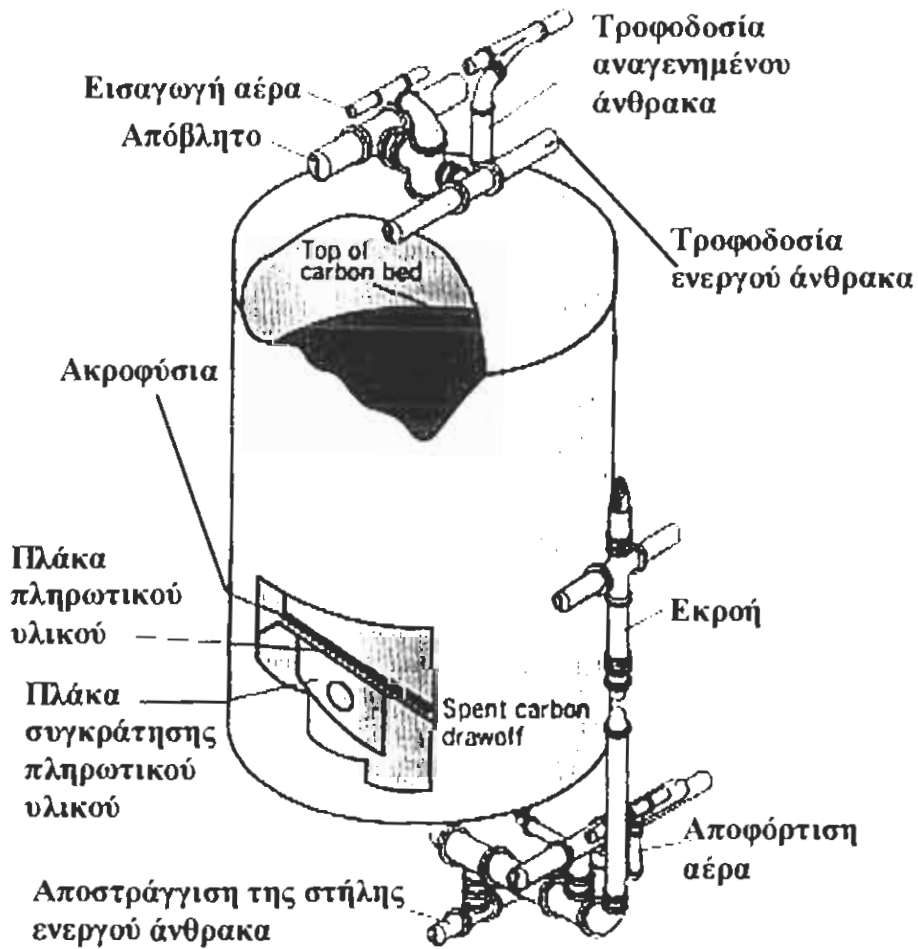
Όμως, αντί υπερκρίσιμου CO₂ μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπερκρίσιμο αιθάνιο όπως στην περίπτωση καθαρισμού ελαίων μολυσμένων με PCB'S αλλά και διαφόρων μετάλλων.

Η Μεταφορά Φάσεων όπου μια ουσία μεταφέρεται από τη φάση διαλύματος σε φάση στερεού ονομάζεται *Απορρόφηση*. Το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο απορροφητικό στην επεξεργασία αποβλήτων είναι ο ενεργός άνθρακας. Τα απορροφημένα μόρια συγκρατούνται στην

επιφάνεια του απορροφητικού υλικού με δυνάμεις όπως οι δεσμοί υδρογόνου και Van der Waals. Το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο απορροφητικό στην επεξεργασία αποβλήτων είναι ο ενεργός άνθρακας. Αρκετές φορές επαρκεί για μια πλήρη επεξεργασία, αλλά χρησιμοποιείται και στην προεπεξεργασία των αποβλήτων. Η αποτελεσματικότητα του στον καθαρισμό αποβλήτων που προέρχονται από τη βιολογική επεξεργασία οργανικών διαλυτών και στην απορρόφηση από το νερό αποβλήτων ουσιών που είναι επικίνδυνες, μη διαλυτές και έχουν υψηλό Μοριακό Βάρος (όπως το κυκλοεξάνιο και η φαινόλη), βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα. Όμως ο ενεργός άνθρακας δεν είναι αποτελεσματικός για οργανικές ενώσεις που είναι πολικές ή εκείνες που είναι διαλυτές στο νερό. Η επεξεργασία των αποβλήτων με χρήση ενεργού άνθρακα γίνεται μέσα σε κυλινδρικούς αγωγούς όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα. Το σύστημα απορρόφησης της συσκευής περιλαμβάνει τον επαφέα, τον διανομέα και την πλάκα πληρωτικού υλικού. Ο αγωγός κατασκευάζεται από ατσάλι, πολυαιθυλένιο ή fiberglass και είναι συνήθως κυλινδρικός. Το απόβλητο εισέρχεται στην κορυφή της συσκευής από όπου κατανέμεται μέσω διανομέων που βρίσκονται πάνω από στρώμα ενεργού άνθρακα. Ο άνθρακας μένει σταθερός πάνω στην πλάκα του πληρωτικού υλικού και στο κάτω μέρος της συσκευής βρίσκεται το σύστημα αποστράγγισης του.



Συσκευή ενεργού άνθρακα



Σχ. 4: Συσκευή ενεργού άνθρακα

4.5 Μοριακός Διαχωρισμός (Με χρήση Μεμβρανών)

Κατά τα τελευταία χρόνια υπάρχει μεγάλη ανάγκη στη βιομηχανία τόσο για εξοικονόμηση ενέργειας και πρώτων υλών, όσο και για τη μείωση της ρύπανσης. Η ανάγκη αυτή οδήγησε στην εφαρμογή νέων φυσικών διεργασιών όπως είναι οι διεργασίες διαχωρισμού με μεμβράνες (membrane processes).

Με το όρο μεμβράνες εννοούμε ορισμένα πλαστικά (πολυμερή) ή κεραμικά υλικά με καθορισμένη πορώδη δομή, τα οποία επιτρέπουν την διέλευση διαμέσου των μόνο σε ορισμένες ουσίες, ενώ συγχρόνως παρεμποδίζουν τη διέλευση άλλων ουσιών που αποτελούσαν με τις πρώτες ένα διάλυμα ή μίγμα. Ο διαχωρισμός των διαφόρων συστατικών ενός διαλύματος στηρίζεται τόσο στη διαφορά μεγέθους των μορίων, όσο και σε άλλα φαινόμενα (ηλεκτροστατικές δυνάμεις, αλληλεπίδραση κολλοειδών κ.α). Οι ουσίες οι οποίες μπορούν να διαχωριστούν με τις διεργασίες μεμβρανών περιλαμβάνουν διαλυτά ιόντα και μόρια, μόρια του διαλύτη, μακρομόρια και κολλοειδή.

Με μεμβράνες είναι εφικτός ο διαχωρισμός ουσιών (ή σωματιδίων) μεγέθους από 10^{-5} m έως $5 \cdot 10^{-10}$ m. Κύρια πλεονεκτήματα του διαχωρισμού με μεμβράνες είναι η μικρή κατανάλωση ενέργειας καθώς και η λειτουργία σε συνήθεις συνθήκες θερμοκρασίας. Μειονεκτήματα αποτελούν το υψηλό κόστος μεμβρανών, η ευπάθειά τους και η δυσκολία καθαρισμού των εγκαταστάσεων.

Στην περίπτωση μας οι χρήσεις των μεμβρανών θα μας βοηθήσουν στον καθαρισμό των υγρών αποβλήτων από τις επικίνδυνες μολυσματικές ουσίες και στην ανάκτηση χρησίμων ουσιών από υγρά απόβλητα.

4.5.1 Υπερφιλτράρισμα (Hyperfiltration)

Εδώ χρησιμοποιούνται μεμβράνες που θα δώσουν ένα απαιτητικότερο φιλτράρισμα. Πρόκειται για τη μέθοδο διαχωρισμού εξαιρετικά μικρών διαλυμένων μορίων από το ρευστό. Εδώ οι προεπιλεγμένες μεμβράνες με πόρους συγκεκριμένων διαστάσεων επιτρέπουν τη διόδο υπό πίεση ορισμένων ουσιών με Μ.Β κυμαινόμενο από 100 μέχρι 500, όπως είναι διάφοροι διαλύτες. Το υλικό που απέμεινε αφού δεν πέρασε μέσα από τις μεμβράνες θα υποστεί ένα τελικό φιλτράρισμα με σκοπό τον διαχωρισμό οργανικών διαλυτών με υψηλότερο Μ.Β κυμαινόμενο από 500 μέχρι 1.000.000. Η μέθοδος αυτή είναι χρήσιμη για την συμπύκνωση ελαίων καθώς και συμπλεγμάτων βαρέων μετάλλων.

4.5.2 Αντίστροφη Όσμωση

Μια άλλη τεχνική χρήσης μεμβρανών είναι η διεργασία της Αντίστροφης Όσμωσης. Για να κατανοήσουμε την Αντίστροφη Όσμωση ας εξετάσουμε πρώτα την Όσμωση. Όσμωση είναι το φαινόμενο της αυθόρμητης μεταφοράς ενός διαλύτη από ένα αραιό διάλυμα προς ένα πυκνό διάλυμα διαμέσου μιας ιδανικής ημιπερατής μεμβράνης, η οποία επιτρέπει τη διέλευση του διαλύτη, αλλά όχι της διαλυμένης ουσίας. Αποτέλεσμα της μεταφοράς αυτής είναι η αύξηση της πίεσης στο πυκνό διάλυμα. Σε μια συγκεκριμένη πίεση, την *οσμωτική πίεση*, επιτυγχάνεται ισορροπία και η συνολική ποσότητα του διαλύτη που περνά διαμέσου της μεμβράνης και προς της δύο κατευθύνσεις ισούται με μηδέν. Εάν ασκηθεί πίεση στο πυκνό διάλυμα μεγαλύτερη της οσμωτικής η ροή του διαλύτη λαμβάνει χώρα από το πυκνό προς το αραιό διάλυμα. Το φαινόμενο αυτό είναι η Αντίστροφη Όσμωση.

Η διεργασία της Αντίστροφης Όσμωσης αποτελεί την εναλλακτική λύση στην απομάκρυνση υψηλά τοξικών μολυσματικών ουσιών (μέταλλα) από τα απόβλητα. Όπως και στις άλλες διεργασίες έτσι και εδώ απαιτείται η σωστή προετοιμασία για την προστασία της συσκευής από στερεά φορτία, υψηλές τιμές PH , λάδια κ.α

4.5.3 Εξοπλισμός

Η ποιότητα της μεμβράνης είναι ένας καθοριστικός παράγοντας της διεργασίας καθόσον επηρεάζει την ποιότητα του προϊόντος αλλά και το κόστος της διεργασίας.

Μια μεμβράνη πρέπει:

- Να έχει υψηλή μηχανική αντοχή.
- Να μη διασπάται από χημικά μέσα ή μικροοργανισμούς.
- Να έχει στενή κατανομή μεγέθους των πόρων.
- Να παρουσιάζει υψηλή ροή του διαλύτη.

Συνθετικές μεμβράνες έχουν χρησιμοποιηθεί για πάνω από 100 χρόνια. Οι πρώτες ήταν πορώδη φιλμ σελοφάνης ή νιτρικής κυτταρίνης. Από το 1960 και μετά νέα είδη διαδίδονται στο εμπόριο. Πιο πρόσφατα μια ποικιλία προσθετικών πολυμερών χρησιμοποιείται για την κατασκευή μεμβρανών υπερδιήθησης. Τέτοια υλικά είναι οι πολυσουλφόνες πολυανθρακικά, P.V.C., πολυαμίδια, πολυαμμωνικά και άλλα.. Από τα υλικά αυτά πιο ευρεία εφαρμογή βρίσκουν οι πολυσουλφόνες, επειδή αντέχουν σε θερμοκρασίες μέχρι 93°C και PH από 0,5 έως 13 και μπορούν να καθαριστούν με μια ποικιλία χημικών μέσων. Τέλος ανόργανες μεμβράνες έχουν κατασκευαστεί από γυαλί, κεραμικά υλικά, γραφίτη, και άλλα. Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι

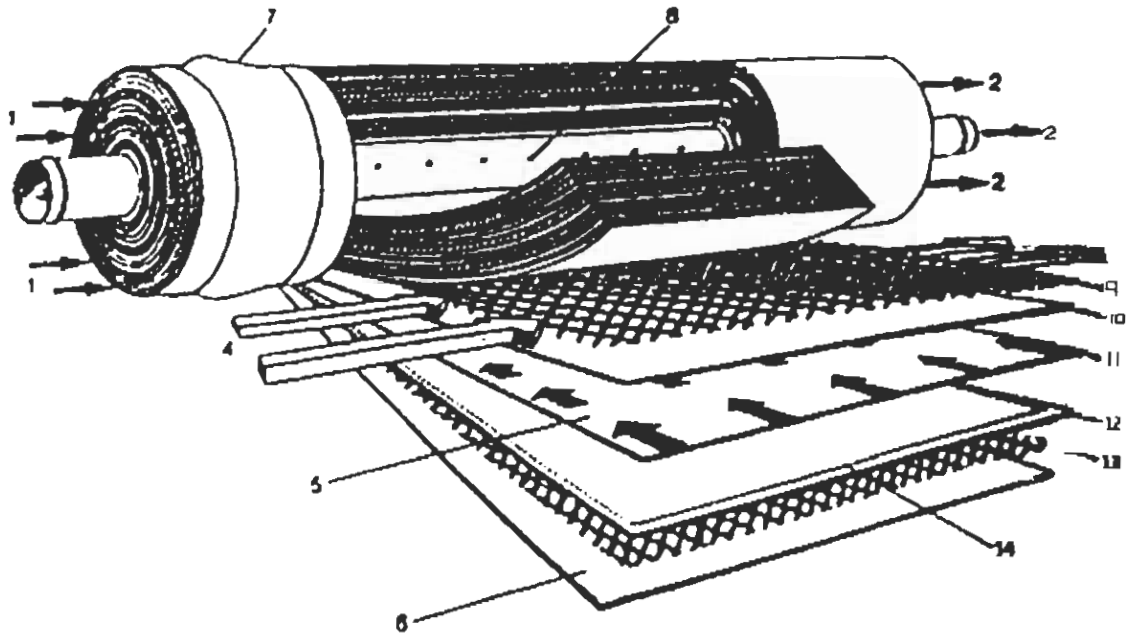
κυρίως ασυμμετρικές, δηλαδή αποτελούνται από μια λεπτή στοιβάδα πολυμερούς (0,1 – 2μm) που είναι η κυρίως μεμβράνη πάνω σε μία πορώδη στοιβάδα υποστήριξης πάχους 100 – 200μm.

4.5.4 Διατάξεις Συστημάτων Διαχωρισμού με μεμβράνες (Membrane modules)

Υπάρχουν διάφορες διατάξεις μεμβρανών σε μια μονάδα διαχωρισμού. Γενικά οι παράγοντες που καθορίζουν την υψηλή λειτουργικότητα μιας διάταξης είναι:

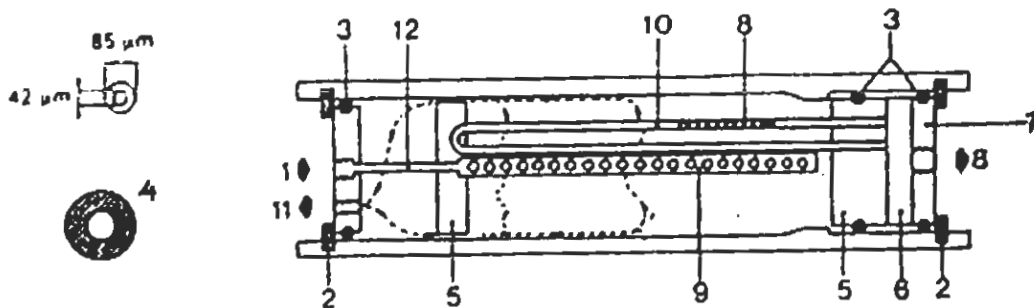
- Υψηλοί ρυθμοί διήθησης.
- Μικρή πτώση πίεσης.
- Μεγάλη επιφάνεια μεμβράνης σε σχέση με τον όγκο της διάταξης.
- Χαμηλό κόστος επένδυσης και λειτουργικό κόστος.
- Μεγάλη ευκολία στον καθορισμό και στην αντικατάσταση των μεμβρανών.
- Μικρή κατανάλωση ενέργειας.

Ακολουθεί μια περιγραφή των κυριοτέρων διατάξεων:



- | | | |
|----------------------|------------------------------|----------------------------------|
| 1. Ακάθαρτο νερό | 6. Προστατευτικό κάλυμα | 11. Συλλέκτης διερχόμενου |
| 2. Απόβλητα | 7. Στεγανοποίηση | 12. Μembrάνη |
| 3. Έξοδος καθαρισμού | 8. Διάτρητος αγωγός συλλογής | 13. Πλέγμα δημιουργίας χώρου |
| 4. Ροή νερού | 9. Πλέγμα δημιουργίας χώρου | 14. Ραφή συνένωσης δύο μεμβρανών |
| 5. Ροή διερχόμενου | 10. Μembrάνη | |

Ελικοειδής περιτύλιξη μεμβράνης
(Spirally-wound membrane)



- | | |
|---|------------------------|
| 1. Τροφοδοσία ακατέργαστου νερού | 7. Πλαίσιο |
| 2. Σπρίγματα | 8. Διήθημα (Πέρασμα) |
| 3. Πιεζοβρακίωμα στεγανοποίησης τύπου O | 9. Πορώδης διανομέας |
| 4. Πορώδες σωλήνας με ίνες | 10. B-9 ίνες |
| 5. Στεγανοποίηση ρητίνης εποξειδικής | 11. Απόρριμμα |
| 6. Πορώδης δίσκος | 12. Μη πορώδης σωλήνας |

Λεπτές ίνες-σωλήνες

Σχ. 5: Διατάξεις συστημάτων διαχωρισμού με μεμβράνες

4.5.4.α. Σωληνωτή διάταξη (Tubular)

Οι μεμβράνες αυτές είναι σχήματος σωλήνα, διαμέτρου 1 έως 25cm. Η μεμβράνη τοποθετείται μέσα σε ένα σωλήνα από πορώδη ανοξειδωτο χάλυβα ή fiberglass. Η τροφοδοσία είναι αξονική, ενώ το διήθημα ρέει διαμέσου του τοιχώματος του σωλήνα. Οι σωληνωτές αυτές μεμβράνες μπορούν να τοποθετηθούν με διάφορους τρόπους, σε σειρά ή παράλληλα. Το είδος της διάταξης αυτής έχει σαν πλεονέκτημα τον καλό έλεγχο της ροής, εύκολο καθαρισμό και αντοχή σε υλικές συγκεντρώσεις αιωρούμενων στερεών.

4.5.4.β. Διάταξη πλακών και πλαισίων (Plate and Frame)

Οι μεμβράνες μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα σύστημα πλακών και πλαισίων με στενά κανάλια ροής (0,3mm). Εμφανίζονται προβλήματα φραξίματος του καναλιού ροής, αλλά η διάταξη αυτή μπορεί να αποσυναρμολογηθεί και να καθαριστεί μηχανικά.

4.5.4.γ. Διάταξη σπειροειδούς περιέλιξης (Spiral Wound)

Στη διάταξη αυτή σχηματίζεται μια στοίβα από φύλλα μεμβράνης και φύλλα που διαχωρίζουν τις μεμβράνες μεταξύ τους και το σύστημα τυλίγεται κυλινδρικά γύρω από ένα πορώδη σωλήνα ή τοποθετείται μέσα σε έναν πορώδη σωλήνα. Το διάλυμα τροφοδοσίας κινείται αξονικά του συστήματος, ενώ το υπερδιήθημα βγαίνει από τα τοιχώματα του σωλήνα. Η διάταξη αυτή έχει τα πλεονεκτήματα των πολύ στενών καναλιών ανάμεσα σε παράλληλες μεμβράνες και σχετικά χαμηλό κόστος κατασκευής. Έχει όμως το μειονέκτημα του μικρού ελέγχου της ροής με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα απόφραξης.

4.5.4.δ. Διάταξη κοίλων ινών (Hollow Fiber)

Τριχοειδείς σωλήνες μεμβρανών εσωτερικής διαμέτρου 0,2 – 1,5 mm, συνδέονται παράλληλα και τοποθετούνται μέσα σε ένα κέλυφος για σχηματίσουν την διάταξη των κοίλων ινών. Η τροφοδοσία ρέει αξονικά των κοίλων ινών ενώ το διήθημα παραλαμβάνεται στο κέλυφος. Η διάταξη χαρακτηρίζεται από μεγάλη επιφάνεια μεμβράνης ανά μονάδα όγκου της διάταξης, χαμηλό κόστος και καλό έλεγχο ροής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΧΗΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι χημικές διεργασίες είναι αναπόσπαστο κομμάτι μιας εγκατάστασης διαχείρισης επικινδύνων αποβλήτων. Χρησιμοποιούνται κυρίως στην κατεργασία ανόργανων οξέων, παραπροϊόντων χημικών εγκαταστάσεων, προϊόντων από συστήματα καθαρισμού απαερίων κ.α.

Είναι ένα σύνολο διεργασιών όπου ένα απόβλητο ή κάποιο συστατικό του μετατρέπεται σε λιγότερο επικίνδυνο και χημικά σταθερότερο από το αρχικό υλικό. Σε αυτές τις διεργασίες ανήκουν οι εξής :

1. Εξουδετέρωση.
2. Χημική καθίζηση.
3. Ιονταλλαγή.
4. Χημική οξείδωση.
5. Φωτοκαταλυτική οξείδωση.
6. Ηλεκτρόλυση – Υδρόλυση.

5.1 Εξουδετέρωση όξινων – αλκαλικών αποβλήτων

Η εξουδετέρωση όξινων – αλκαλικών αποβλήτων αποτελεί ένα παράδειγμα χρησιμοποίησης της χημικής επεξεργασίας. Ουσιαστικά η εξουδετέρωση ενός αποβλήτου που είναι οξύ ή βάση, αφορά την προσθήκη μιας χημικής ουσίας προκειμένου να αλλάξουμε την τιμή του ΡΗ προς μια πιο ουδέτερη τιμή που θα κυμαίνεται μεταξύ 6 – 8.

Η εξουδετέρωση όξινου αποβλήτου γίνεται με μια βάση, ενώ η αντίστοιχη ενός αλκαλικού αποβλήτου γίνεται με ένα οξύ σύμφωνα με την αντίδραση : οξύ + βάση → άλας + νερό

Το $\text{Ca}(\text{OH})_2$ χρησιμοποιείται ευρέως σαν βάση για την επεξεργασία όξινων αποβλήτων. Εξαιτίας της περιορισμένης διαλυτότητας του, διαλύματα με υπερβολική ποσότητα $\text{Ca}(\text{OH})_2$ δεν φθάνουν υψηλές τιμές pH. Άλλες ουσίες που χρησιμοποιούνται είναι το NaOH και το Na_2CO_3 .

Τα αλκαλικά απόβλητα επεξεργάζονται με τη βοήθεια ενός ισχυρού οξέος όπως το H_2SO_4 ή το HCl . Υπάρχει περίπτωση όμως η υπερβολική πρόσθεση H_2SO_4 να δημιουργήσει σε μερικές εφαρμογές υπερβολικά όξινα προϊόντα. Γι' αυτό και χρησιμοποιούμε το οξικό οξύ που είναι ένα φυσικό προϊόν και μη δραστικό οξύ.

5.2 Χημική καθίζηση

Συχνά στις ποσότητες επικινδύνων αποβλήτων βρίσκονται και βαρέα μέταλλα και αν οι συγκεντρώσεις τους είναι τέτοιες ώστε να θεωρούνται τοξικά, πρέπει να απομακρυνθούν. Μια από τις μεθόδους που χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των βαρέων μετάλλων είναι και η χημική καθίζηση.

Η πιο συνηθισμένη αντίδραση κατά την καθίζηση των ιόντων των μετάλλων είναι ο σχηματισμός υδροξειδίων. Τα υδροξείδια των βαρέων μετάλλων είναι συνήθως αδιάλυτα και καθιζάνουν κατά την επεξεργασία με υδράσβεστο. Η διαλυτότητα αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην επεξεργασία, αφού η καθίζηση εξαρτάται από τη διαλυτότητα του μετάλλου που θέλουμε να απομακρύνουμε. Για μια τιμή όπου η διαλυτότητα ενός υδροξειδίου μετάλλου ελαχιστοποιείται, η διαλυτότητα ενός άλλου μπορεί να είναι σχετικά μεγάλη. Στις περισσότερες

περιπτώσεις όμως ΡΗ μεταξύ 9 – 11 θα μας δώσει μια καλή ποιότητα εκροής.

Εκτός όμως από τον σχηματισμό υδροξειδίων, πολλά μέταλλα μπορεί να καθιζάνουν δημιουργώντας θειούχες ενώσεις. Οι διαλυτότητες των μετάλλων αυτών των θειούχων ενώσεων είναι χαμηλότερες από τις αντίστοιχες των υδροξειδίων των μετάλλων. Έτσι η καθίζηση με ουσίες όπως Na_2S και FeS είναι μια αποδοτική μέθοδο επεξεργασίας. Σ' αυτή τη περίπτωση όμως υπάρχει και η πιθανότητα παραγωγής του τοξικού H_2S . Αυτό παράγεται όταν απόβλητα θειικών μετάλλων έρθουν σε επαφή με οξύ : $\text{MS} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{M}^{+2} + \text{H}_2\text{S}$

Υπάρχουν πολλές χημικές ενώσεις οι οποίες είναι σύνθετες και μπορούν να εμποδίσουν τους μηχανισμούς καθίζησης για την επεξεργασία αποβλήτων. Αυτές είναι η αμμωνία και διάφορα κυανιούχα άλατα που περιέχονται μέσα σε απόβλητα και σε τέτοιες περιπτώσεις η προεπεξεργασία αυτών είναι απαραίτητη.

5.3 Ιονταλλαγή

Η ιονταλλαγή είναι μια μέθοδος απομάκρυνσης κατιόντων και ανιόντων από διαλύματα με τη χρήση στρωμάτων συνθετικών υλικών. Αποτελεί μέθοδο που μπορεί να οδηγήσει στην ανάκτηση χρήσιμων υλικών και στην απομάκρυνση διαλυμένων ανεπιθύμητων ουσιών.

Στα ιονταλλακτικά στρώματα που είναι ρητίνες, ένα ιόν με το οποίο έχει προκορεστεί η ρητίνη εναλλάσσεται με το ανεπιθύμητο ιόν του αποβλήτου. Οι ρητίνες είναι ανόργανες ή οργανικές μεγαλομοριακές ενώσεις που έχουν στο μόριο τους ορισμένα ευκίνητα ιόντα που μπορεί εύκολα να αντικατασταθούν από άλλα. Οι εναλλάκτες όταν χρησιμοποιηθούν για ορισμένο διάστημα εξαντλούνται και έχουν ανάγκη

από αναγέννηση, που είναι διαδικασία αντίστροφης πορείας και γίνεται με διάλυμα NaCl, οξέος ή βάσης.

Για την επιτυχή ανταλλαγή των ιόντων πρέπει να εξασφαλισθεί καλή επαφή του εναλλάκτη με το απόβλητο. Η εφαρμογή της μεθόδου μπορεί να γίνει με δύο τρόπους :

- Προστίθεται ο εναλλάκτης στο ρεύμα αποβλήτων και αφήνεται να αντιδράσει σε δεξαμενή. Στην συνέχεια αφαιρείται ο εξαντλημένος εναλλάκτης με καθίζηση, αναγεννάται και επαναχρησιμοποιείται.
- Ο εναλλάκτης τοποθετείται σε μία στήλη και το απόβλητο διέρχεται συνεχώς μέσα από αυτή τη στήλη μέχρι να κορεστεί ο εναλλάκτης.

Τα υπολείμματα που παράγονται κατά την αναγέννηση απαιτούν επιπλέον επεξεργασία ή απόθεση.

Η εφαρμογή αυτής της μεθόδου είναι εμφανής στη βιομηχανία. Στην βιομηχανία επιμεταλλώσεων τα υγρά ξεπλύματος περνούν από κλίνες ρητινών όπου γίνεται ανάκτηση των μεταλλικών ιόντων ώστε τα απόβλητα να αποφορτιστούν. Η απομάκρυνση των βαφών από τα απόβλητα των βιομηχανικών χρωμάτων και υφαντουργείων είναι δυνατή με τη χρησιμοποίηση ειδικού εναλλάκτη κυτταρίνης.

5.4 Χημική οξείδωση και αναγωγή

Από χημική σκοπιά οξείδωση σημαίνει απώλεια ηλεκτρονίων από ένα ιόν, άτομο ή μόριο, ενώ αναγωγή είναι η πρόσληψη ηλεκτρονίων. Τόσο η οξείδωση όσο και η αναγωγή μπορεί να χρησιμοποιηθούν στην επεξεργασία επικινδύνων αποβλήτων για την μετατροπή τοξικών ουσιών σε ουσίες που ενοχλούν λιγότερο.

A) Οξείδωση

Σαν οξειδωτικά μέσα χρησιμοποιούνται το οξυγόνο για την οξείδωση του H_2S , Fe^{+2} , Mn^{+2} , ενώ το όζον οξειδώνει επιτυχώς φαινόλες και κυανιούχα, αν και το υψηλό κόστος που απαιτείται για τον οζονιστήρα καθιστά τη μέθοδο αυτή κάπως απαγορευτική. Ο ρόλος του χλωρίου και των παραγώγων του ως οξειδωτικά είναι ευρέως γνωστός. Αποτελούν φθηνά και αποτελεσματικά μέσα, που ατυχώς παρουσιάζουν σοβαρά μειονεκτήματα λόγω της δημιουργίας χλωριωμένων οργανικών παραγώγων, τα οποία σε αρκετές περιπτώσεις αποτελούν κίνδυνο για την υγεία.

B) Αναγωγή

Σαν αναγωγικά μέσα χρησιμοποιούνται συνήθως ο FeSO_4 και το SO_2 . Παράδειγμα της αναγωγικής τους δράσης αποτελεί η αναγωγή του εξασθενούς χρωμίου σε τρισθενές κατά την επεξεργασία των αποβλήτων επιμεταλλώσεως που έχουν χαμηλό PH και περιέχουν εξασθενές χρώμιο με τη μορφή CrO_3 .

5.5 Φωτοκαταλυτική οξείδωση

Στην αναζήτηση φιλικών προς το περιβάλλον μεθόδων καταστροφής των τοξικών ουσιών, που συναντώνται στα υγρά απόβλητα, εντάσσεται και η αξιοποίηση καταλυτικών διεργασιών παρουσία τεχνητού ή ηλιακού φωτός. Η ετερογενής φωτοκατάλυση στηρίζεται στη δημιουργία ριζών υδροξυλίου οι οποίες αποτελούν ισχυρό οξειδωτικό μέσο. Η ανάμιξη του προς κατεργασία αποβλήτου με έναν ημιαγώγιμο καταλύτη και η έκθεσή τους σε ηλιακό φως, οδηγούν σε πλήρη οξείδωση των οργανικών ενώσεων που υπάρχουν σ' αυτό. Η παρεμβολή του καταλύτη επιταχύνει την όλη διαδικασία σε μεγάλο βαθμό.

Η μέθοδος της φωτοκαταλυτικής οξειδωσης των οργανικών ρύπων βασίζεται στο φωτοηλεκτροχημικό φαινόμενο μετατροπής της φωτεινής ενέργειας σε ηλεκτρική ή χημική. Ο φωτισμός ενός ημιαγώγιμου ηλεκτροδίου, που είναι σε επαφή με κατάλληλο ηλεκτρολυτικό διάλυμα, δημιουργεί φορείς ηλεκτρικού ρεύματος οι οποίοι μέσω οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων, με τις κατάλληλες ουσίες του διαλύματος, μετατρέπουν το φως σε ηλεκτρική ή χημική ενέργεια.

Ομάδες οργανικών ουσιών που συναντώνται στα υγρά απόβλητα, όπως φαινόλες, διοξίνες, PCB, χρωστικές ουσίες, οργανοφωσφορικές ενώσεις, διαλύτες κ.α, αποικοδομούνται προς CO₂ και ανόργανα ιόντα. Η εφαρμογή της μεθόδου στην επεξεργασία συγκεκριμένων αποβλήτων είχε θετικά αποτελέσματα :

- *Απόβλητα εταιρείας επεξεργασίας ρητίνης:* μείωση του ολικού άνθρακα κατά 99%.
- *Απόβλητα εταιρείας φυτοφαρμάκων:* επεξεργασία 5 ωρών, μείωση ολικού οργανικού άνθρακα κατά 50%, μείωση δυσοσμίας.
- *Στραγγίσματα χωματερών:* επεξεργασία 5 ωρών, μείωση του ολικού οργανικού άνθρακα κατά 80%, μείωση δυσοσμίας.
- *Απόβλητα βαφείου:* αποχρωματισμός εντός 1 ώρας.

Ο ρόλος του ημιαγώγου σ' αυτή τη διαδικασία είναι μεγάλης σημασίας. Το TiO₂ παρουσιάζει μεγάλη φωτοκαταλυτική δραστηριότητα και αντοχή στη διάβρωση και φωτοδιάβρωση με αποτέλεσμα τη δυνατότητα ανακυκλώσής του.

Πιλοτικές εγκαταστάσεις φωτοκαταλυτικής επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με τη βοήθεια ηλιακού φωτός λειτουργούν σε μερικά ερευνητικά κέντρα των ΗΠΑ καθώς και στην Ισπανία.

5.6 Ηλεκτρόλυση – Υδρόλυση

Ηλεκτρόλυση

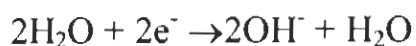
Η ηλεκτρόλυση χρησιμοποιείται κυρίως για την απομάκρυνση των μετάλλων από τα απόβλητα. Αυτή η τεχνική αρχικά είχε βρει εφαρμογή στη βιομηχανία μεταλλευμάτων αλλά πρόσφατα αρχίζει να χρησιμοποιείται και σε βιομηχανίες παραγωγής ηλεκτρονικών συστημάτων.

Εάν σε διάλυμα που περιέχει ιόντα μετάλλων εφαρμοσθεί ένα ηλεκτρικό πεδίο με συνεχές ρεύμα, εμβαπτίζοντας δύο ηλεκτρόδια στο διάλυμα, τα ιόντα θα προσελκύνονται στα ηλεκτρόδια αυτά. Τα θετικά ιόντα προσελκύνονται από το αρνητικό ηλεκτρόδιο (κάθοδος), ενώ τα αρνητικά προσελκύνονται από το θετικό ηλεκτρόδιο (άνοδος). Στην περίπτωση των επικινδύνων αποβλήτων η ηλεκτρόλυση χρησιμοποιείται για την ανάκτηση μετάλλων όπως το κάδμιο, ο χαλκός και ο μόλυβδος.

Οι κάθοδοι κατασκευάζονται από ατσάλι πάχους 150 mm, πάνω στις οποίες τελικά εναποθέτονται τα μέταλλα που έχουν ανακτηθεί. Μόλις η επίστρωση των μετάλλων πάνω στην κάθοδο φτάσει ένα ορισμένο πάχος (συνήθως 6 mm), η ποσότητα θα συγκεντρωθεί και θα επαναχρησιμοποιηθεί.

Ένα συγκεκριμένο παράδειγμα είναι η ηλεκτρολυτική απομάκρυνση του καδμίου από υγρά απόβλητα που παράγονται κατά την κατασκευή μπαταριών καδμίου. Στην κάθοδο το ιόν του καδμίου ανάγεται σε μέταλλο : $Cd^{+2} + 2e^{-} \rightarrow Cd$

Με την ηλεκτρολυτική αναγωγή του νερού παράγεται (OH^{-}) :



Έτσι το κάδμιο μπορεί να καθιζάνει και να απομακρυνθεί σαν $\text{Cd}(\text{OH})_2$.

Υδρόλυση

Είναι γνωστό ότι μια ποικιλία χημικών αντιδρά με το νερό. Η υδρόλυση στηρίζεται στη χρήση του νερού προκειμένου να καταστραφούν ή να αποσυντεθούν διάφορα χημικά είδη. Μπορεί να απομακρύνει την αντιδραστικότητα από οργανικές ή ανόργανες ουσίες στην υγρή, αέρια ή στερεά φάση.

Η λίστα που ακολουθεί μας δίνει μια ιδέα για την ποικιλία των ενώσεων που μπορεί να επεξεργαστούν με την υδρόλυση :

- Αλκοξείδια μετάλλων.
- Αμίδια μετάλλων.
- Καρβίδια.
- Αντιδραστικά μέταλλα.
- Θειούχες ενώσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

6.1 Βιολογικές επεξεργασίες

Οι βιολογικές επεξεργασίες στηρίζονται στην βιοχημική αποδόμηση και μετατροπή των διαλυμένων οργανικών ουσιών σε συσσωματώματα που στην συνέχεια αφαιρούνται με καθίζηση. Ως βοηθητικό μέσο των εργασιών στην βιολογική επεξεργασία χρησιμοποιούνται διάφοροι μικροοργανισμοί (μονοκύτταροι ή πολυκύτταροι) οι οποίοι μπορεί να ανήκουν στα ζώα ή τα φυτά και που το μέγεθός τους ποικίλει. Διακρίνονται σε αυτότροφους αν διασπών το CO₂, και σε ετερότροφους αν χρησιμοποιούν τις οργανικές ενώσεις σαν πηγή άνθρακα.

Ανάλογα με την ικανότητα των οργανισμών να χρησιμοποιήσουν το οξυγόνο αυτοί διακρίνονται σε:

- Αερόβιους: χρησιμοποιούν μόνο μοριακό οξυγόνο.
- Αναερόβιους: χρησιμοποιούν το οξυγόνο που περιέχουν οι οργανικές ενώσεις.
- Επαμφοτερίζοντες: αυτοί που ζουν και υπό τις δύο συνθήκες που μόλις αναφέρθηκαν.

Έτσι λοιπόν και οι βιολογικές επεξεργασίες ανάλογα με τους οργανισμούς που χρησιμοποιούνται στις διασπάσεις των οργανικών ουσιών διακρίνονται σε αερόβιες, αναερόβιες και αερόβιες/ αναερόβιες.

A) Αερόβια επεξεργασία

Η επεξεργασία αυτή συντελείται με την παρουσία στοιχειακού οξυγόνου με τελικά προϊόντα CO₂, H₂O, καθώς και ένα υπόλειμμα κυτταρινών. Βρίσκει εφαρμογή στο σύστημα χαλικοδιυλιστηρίου.

B) Αναερόβια επεξεργασία

Η επεξεργασία αυτή συντελείται υπό συνθήκες απουσίας στοιχειακού οξυγόνου. Βρίσκει εφαρμογή στην επεξεργασία πυκνών βιομηχανικών αποβλήτων σε αναερόβιες δεξαμενές. Η διαδικασία της αποδόμησης των οργανικών ουσιών γίνεται κυρίως σε δύο στάδια από διαφορετικές ομάδες μικροοργανισμών :

- 1^ο στάδιο : υδρόλυση των σύνθετων οργανικών ενώσεων με παραγωγή οργανικών οξέων (προσρόφηση αιωρούμενων ουσιών των αποβλήτων στη βιομάζα και χρήση αυτών ως τροφή).

- 2^ο στάδιο : μετατροπή των οργανικών οξέων σε μεθάνιο και CO₂.

Γ) Αερόβια – αναερόβια επεξεργασία

Μια μικτή διαδικασία που γίνεται σε δεξαμενές με αρκετό βάθος όπου στο ανώτερο στρώμα υπάρχουν αερόβιες συνθήκες με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας να είναι σε επαφή, και στο κατώτερο στρώμα όπου δεν υπάρχει οξυγόνο ή μεγάλη διείσδυση φωτός επικρατούν αναερόβιες συνθήκες.

6.2 Μονάδες Βιολογικής επεξεργασίας

Για να επιτευχθούν οι βιολογικές διεργασίες αποδόμησης των οργανικών ουσιών χρησιμοποιούνται κατάλληλες τεχνικές διατάξεις. Πάντως, σε κάθε περίπτωση τέτοιας επεξεργασίας πρέπει να ανιχνευτεί η ύπαρξη τοξικών ουσιών σε τέτοιες συγκεντρώσεις ώστε να μπορεί να θεωρηθούν υπεύθυνες για την αποτυχία της βιολογικής δράσης καθαρισμού. Το βιολογικό σύστημα έχει ικανότητα προσαρμογής μέχρι ενός ορισμένου επιπέδου συγκέντρωσης των τοξικών ουσιών. Τέτοιες μονάδες επεξεργασίας είναι το σύστημα ενεργού ιλύος, το βιολογικό

φίλτρο και οι διάφορες παραλλαγές του, καθώς και συνδυασμοί τέτοιων συστημάτων.

6.2.1 Σύστημα ενεργού ιλύος

Ένα τέτοιο σύστημα αποτελείται από :

- Τον βιολογικό αντιδραστήρα, που είναι η *δεξαμενή αερισμού* όπου οι μικροοργανισμοί καταναλώνουν ορισμένα συστατικά των αποβλήτων.
- Την *δεξαμενή καθίζησης*, όπου καθιζάνουν και διαχωρίζονται οι μικροοργανισμοί από τα απόβλητα.

Στον βιολογικό αντιδραστήρα γίνονται όλες οι βιολογικές επεξεργασίες που προαναφέρθηκαν. Σκοπός των *δεξαμενών αερισμού* είναι η βιολογική απομάκρυνση των διαλυμένων οργανικών ενώσεων άνθρακα από τα απόβλητα. Οι μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται σ' αυτές τις δεξαμενές δεσμεύουν στην κυτταρική τους μάζα ορισμένες ενώσεις, και στην συνέχεια τις απομακρύνουν στην δεξαμενή καθίζησης με τη μορφή στερεής βιομάζας. Οι δεξαμενές αυτές είναι ορθογωνικής, κυκλικής ή σύνθετης κάτοψης και κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Οι διατάξεις αερισμού στις δεξαμενές αερισμού πρέπει να παρέχουν την απαιτούμενη ποσότητα οξυγόνου στους μικροοργανισμούς προκειμένου να καταναλωθούν οι οργανικές ενώσεις. Παράλληλα πρέπει να διατηρούν μια ομοιόμορφη κατανομή των μικροοργανισμών, του οξυγόνου και των διαφόρων ενώσεων στο σύνολο της δεξαμενής αερισμού. Η βασική διάταξη αερισμού αποτελείται από τους επιφανειακούς αεριστήρες.

Κατά τον αερισμό με επιφανειακούς αεριστήρες η μεταφορά οξυγόνου γίνεται από την ατμόσφαιρα στα απόβλητα μέσω της επιφάνειας που

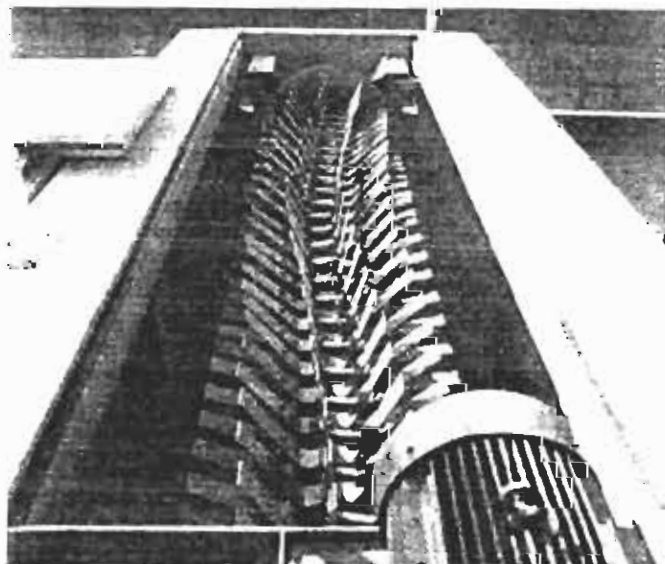
δημιουργείται από την ανάδευσή τους. Με την ανάδευση τα απόβλητα απομακρύνονται ακτινικά από τον αεριστήρα, ενώ η μεταφορά του οξυγόνου μειώνεται με την απομάκρυνση από αυτόν. Οι επιφανειακοί αεριστήρες που χρησιμοποιούνται μπορεί να είναι κατακόρυφου και οριζόντιου άξονα.

Οι αεριστήρες κατακόρυφου άξονα (με φτερωτές) αποτελούνται από:

- Τον κινητήρα (ασύγχρονος, τριφασικός, αερόψυκτος).
- Το σύστημα μετάδοσης κίνησης (μειωτήρας στροφών, άξονας).
- Την φτερωτή αερισμού (ανοξείδωτος χάλυβας).
- Το σύστημα στήριξης.

Οι αεριστήρες οριζόντιου άξονα (ρότορες) αποτελούνται από:

- Τον κινητήρα (ασύγχρονος, τριφασικός, αερόψυκτος).
- Το σύστημα μετάδοσης κίνησης – αερισμού (μειωτήρας στροφών και άξονας με τα πτερύγια αερισμού).



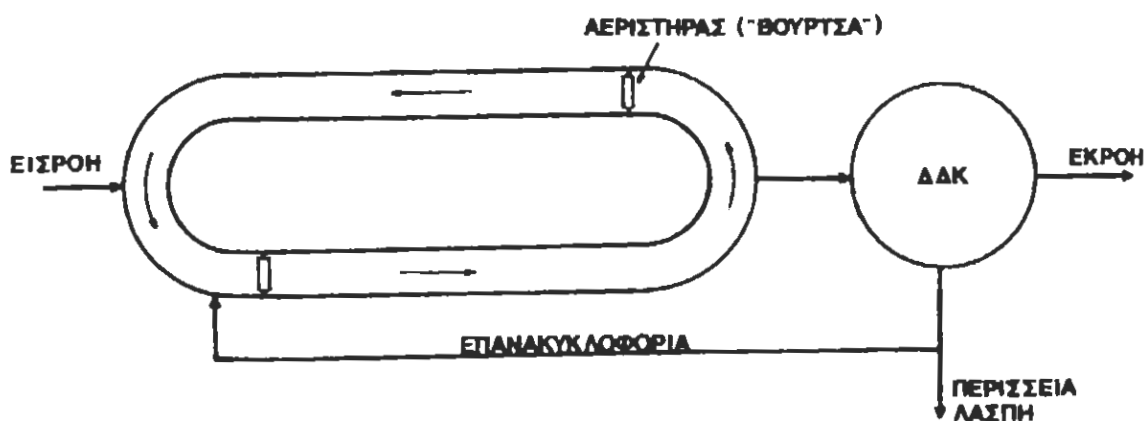
Σχ.6 : Αεριστήρας (ρότορας)

- Το σύστημα στήριξης (ένα άκρο συζευγμένο με τον άξονα κίνησης και το άλλο ελεύθερα περιστρεφόμενο σε έδρανο στήριξης).

Σκοπός της *δεξαμενή καθίζησης* είδαμε ότι είναι η απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών (βιομάζα και αδρανή στερεά) των δεξαμενών αερισμού. Είναι συνήθως κυκλικής κάτοψης με κεντρική διάταξη εισροής και περιφερειακή διάταξη εκροής και κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η διάταξη εισροής σχεδιάζεται κατά τρόπο που θα επιτυγχάνεται η ομοιόμορφη κατανομή των αποβλήτων με μικρές ταχύτητες ροής ώστε να αποφεύγονται οι διαταραχές στη ζώνη καθίζησης. Η λάσπη που καθιζάνει στον πυθμένα συλλέγεται σε χοάνη με τη βοήθεια ενός μηχανικού ξέστρου. Από εκεί οδηγείται με βαρύτητα στο αντλιοστάσιο λάσπης και το μεγαλύτερο μέρος της επιστρέφει με τις αντλίες ανακυκλοφορίας στη δεξαμενή αερισμού. Οι αντλίες ανακυκλοφορίας είναι συνήθως υποβρύχιες, φυγοκεντρικές, ανοικτής φτερωτής με ταχύτητα περιστροφής τέτοια που δεν θα καταστρέφει τις κροκίδες της βιομάζας.

Οξειδωτική τάφος

Μια περίπτωση εφαρμογής παρατεταμένου αερισμού είναι η οξειδωτική τάφος. Εδώ τα απόβλητα εισέρχονται σε ρηχή τάφο (βάθος έως 2 m) και κινούνται περιφερειακά αεριζόμενα από ένα οριζόντιο



Σχ.7 : Οξειδωτική τάφος

περιστρεφόμενο αεριστήρα. Η ταχύτητα ροής είναι τέτοια ώστε να αποφεύγεται η καθίζηση των μικροοργανισμών και των στερεών στον πυθμένα. Το μικτό υγρό μεταφέρεται στη δεξαμενή καθίζησης όπου καθιζάνει και το υπερκείμενο διαυγασμένο υγρό απομακρύνεται μέσω υπερχειλιστή. Η ικανότητα ασυνεχούς λειτουργίας του συστήματος μπορεί να το μετατρέψει προσωρινά σε δεξαμενή καθίζησης. Κύρια πλεονεκτήματα της οξειδωτικής τάφρου είναι η καλή ποιότητα της εκροής, η ευκολία σχεδιασμού, κατασκευής και λειτουργία της.

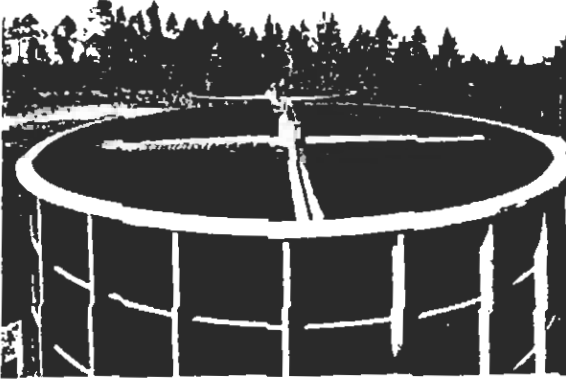
6.2.2 Βιολογικά φίλτρα

Σκοπός των βιολογικών φίλτρων είναι η απομάκρυνση των διαλυμένων και κολλοειδών οργανικών ουσιών των αποβλήτων καθώς αυτά περνούν μέσα από διηθητικό μέσο στην επιφάνεια του οποίου υπάρχει στρώμα από μικροοργανισμούς.

Το μικροβιακό στρώμα της επιφάνειας του διηθητικού μέσου αποτελείται από μικροοργανισμούς που έχουν την δυνατότητα να αποσυνθέτουν αρκετές τοξικές οργανικές ουσίες. Με τη διέλευση των αποβλήτων μέσα από το στρώμα αυτό, οι οργανικές ουσίες των αποβλήτων προσροφούνται σ' αυτό και στη συνέχεια διασπώνται και οξειδώνονται από τους μικροοργανισμούς. Το απαιτούμενο οξυγόνο για τη βιολογική διάσπαση και οξείδωση παρέχεται από τον αέρα που κυκλοφορεί στο διηθητικό μέσο.

Το γεωμετρικό σχήμα του βιολογικού φίλτρου είναι συνήθως κυλινδρικό και εξαρτάται από το διηθητικό μέσο και το σύστημα διανομής των αποβλήτων. Περιβάλλεται από τοίχωμα το οποίο το προστατεύει από χαμηλές θερμοκρασίες και επιτρέπει τον αερισμό του. Τα βιολογικά φίλτρα με ορυκτό μέσο έχουν τοιχώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα πάχους 0,2 – 0,3 m. Τα βιολογικά φίλτρα με πλαστικό μέσο

δεν χρειάζονται τοιχώματα καθώς το μέσο στηρίζεται μόνο του. Συνήθως όμως απαιτείται ένα εξωτερικό περίβλημα για τη γενική προστασία του βιολογικού φίλτρου.



Σχ.8: Βιολογικό φίλτρο

Το βάθος του, για τις περιπτώσεις ορυκτού μέσου, είναι 2 – 3 m., αφού τότε έχουμε και αρκετό χρόνο επαφής και καλή διασπορά των αποβλήτων στο μέσο. Το διηθητικό μέσο του βιολογικού φίλτρου είναι συνήθως ένα οποιοδήποτε ανθεκτικό και

χημικά αδρανές υλικό. Τα πιο συνηθισμένα είναι χαλίκια, σπασμένες πέτρες κλπ. Αρκετά συχνά χρησιμοποιούνται και πλαστικά διηθητικά μέσα με τη μορφή τυποποιημένων κύβων.

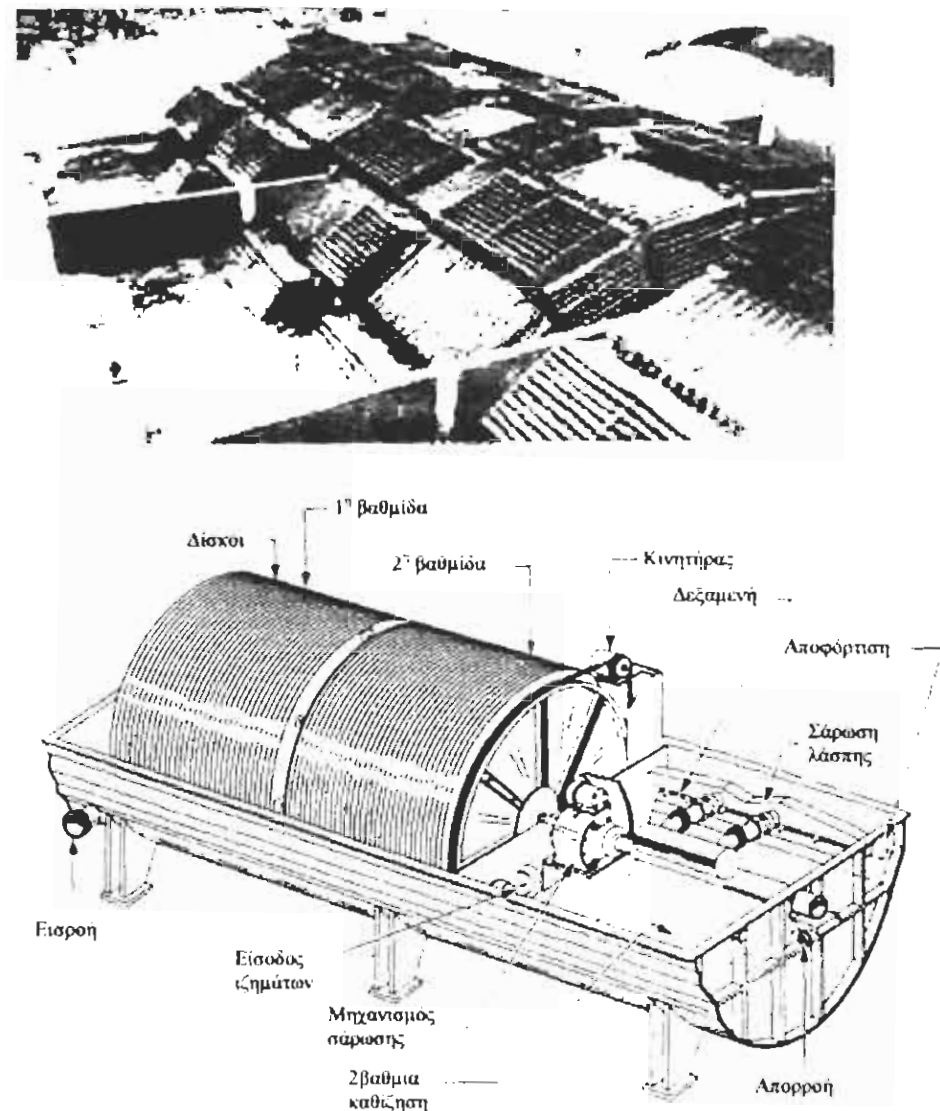
Το πάτωμα του βιολογικού φίλτρου κρατάει το σύστημα αποστράγγισης, το διηθητικό μέσο και το βάρος του νερού. Για βιολογικό φίλτρο με ορυκτό μέσο είναι μια πλάκα από οπλισμένο σκυρόδεμα υπό κλίση ως 5 % και πάχος 100 – 150 mm. Πάνω σε αυτή τη πλάκα θα τοποθετηθούν προκατασκευασμένοι κυβόλιθοι από σκυρόδεμα κάθετα στα κύρια κανάλια αποστράγγισης. Τα απόβλητα περνούν από το διηθητικό μέσο στις οπές των κυβόλιθων και οδηγούνται στα κύρια κανάλια αποστράγγισης.

Η διανομή των αποβλήτων πρέπει να γίνεται ομοιόμορφα και σε ολόκληρη την επιφάνεια του βιολογικού φίλτρου. Η διανομή αυτή γίνεται μέσω ενός συστήματος αγωγών, τους διανομείς, από ακροφύσια. Το πλέον χρησιμοποιούμενο είδος διανομέα είναι ο περιστρεφόμενος. Η διανομή αποβλήτων γίνεται από τα ακροφύσια τα οποία τοποθετούνται πάνω σε 2 – 4 βραχίονες οι οποίοι στηρίζονται σε στύλο υποστήριξης. Η

περιστροφή αυτή των διανομέων μπορεί να γίνει με την αντίδραση που δημιουργείται από την εκτόξευση των αποβλήτων μέσω των ακροφυσίων ή με τη χρήση ενός ηλεκτροκινητήρα όταν πρόκειται για βαρείς διανομείς οι οποίοι δεν είναι ικανοί για αυτοπεριστροφή.

6.2.3 Βιολογικός δίσκος

Ο βιολογικός δίσκος βασίζεται και αυτός στην ίδια αρχή με το βιολογικό φίλτρο, με την διαφορά ότι ο δημιουργούμενος βιολογικός υμένας που περιλαμβάνει βακτήρια, μύκητες, πρωτόζωα, έντομα κ.α, είναι ακίνητος και έρχεται περιοδικά σε επαφή με τα απόβλητα και το οξυγόνο.



Σχ. 9 : Βιολογικός δίσκος

Αποτελείται από κατακόρυφους κυκλικούς δίσκους επίπεδης επιφάνειας ως 4 m διάμετρο οι οποίοι περιστρέφονται με οριζόντιο άξονα μέσα σε ημικυλινδρική δεξαμενή. Οι δίσκοι βυθίζονται στα απόβλητα ως 40 % και ενώ περιστρέφονται η επιφάνειά τους βρίσκεται περιοδικά σε επαφή με το οργανικό φορτίο και το οξυγόνο.

Στην βιολογική επεξεργασία τα απόβλητα είναι πιθανό να επηρεάσουν τη βιολογική δράση στο βιολογικό φίλτρο λόγω των τοξικών ουσιών ή της υψηλής οξύτητας . Για μια αποδοτική βιολογική δράση πρέπει το ΡΗ να κυμαίνεται από 5,5 – 9, αφού οι περισσότεροι μικροοργανισμοί δεν επιζούν σε ΡΗ μικρότερο του 4 ή μεγαλύτερο του 11. Επίσης τα δισθενή κατιόντα και άλατα των βαρέων μετάλλων παρουσιάζουν μια βακτηριοκτόνο δράση αφού τα κατιόντα έλκονται στο πρωτεϊνικό υλικό του κυττάρου που αφού καθιζάνει πεθαίνει.

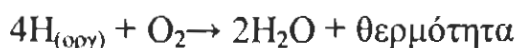
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

7.1 Αποτέφρωση

Η θερμική επεξεργασία των επικίνδυνων αποβλήτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί προκειμένου να επιτευχθούν οι περισσότεροι στόχοι μας στην επεξεργασία αποβλήτων – μείωση όγκου, απομάκρυνση πτητικών ουσιών, αναφλέξιμων και οργανική ύλη – και την καταστροφή τοξικών και παθογενών υλικών. Τα κυριότερα μέσα που χρησιμοποιούνται στην μέθοδο αυτή επεξεργασίας τοξικών αποβλήτων είναι οι αποτεφρωτές και η διαδικασία αποτέφρωσης γενικότερα. Αυτή χρησιμοποιεί υψηλές θερμοκρασίες σε οξειδωτική ατμόσφαιρα συχνά υπό συνθήκες στροβιλώδους ανάφλεξης για να εξουδετερώσει τα απόβλητα. Αποτέφρωση επικίνδυνων αποβλήτων ορίζεται η διαδικασία εκείνη που επιτρέπει την έκθεση των αποβλήτων υπό οξειδωτικές συνθήκες σε υψηλή θερμοκρασία, συνήθως άνω των 900°C. Συνεπώς η αποτέφρωση μπορεί να αποτελέσει μια αποτελεσματική κατεργασία επικινδύνων αποβλήτων η οποία μειώνει σημαντικά τον όγκο τους, καταστρέφει θερμικά τις τοξικές ουσίες που περιέχουν και μας δίνει τη δυνατότητα καθαρισμού των απαερίων.

Κανονικά η θερμότητα που απαιτείται για να επιτευχθεί η αποτέφρωση πηγάζει από την οξείδωση υδρογονανθράκων που περιέχονται στο απόβλητο υλικό ή και το συμπληρωματικό καύσιμο.



Αυτές οι αντιδράσεις καταστρέφουν την οργανική ύλη και παράγουν θερμότητα που απαιτείται για ενδόθερμες αντιδράσεις, όπως το σπάσιμο των δεσμών C – Cl σε συμπλέγματα αλογονανθράκων.

Απόβλητα κατάλληλα για αποτέφρωση

Απόβλητα κατάλληλα για αποτέφρωση είναι κυρίως οργανικά υλικά που θα καούν με μία θερμική αξία κατ' ελάχιστον της τάξης των 5000 BTU / Lb και κατά προτίμηση πάνω από 8000 BTU/Lb. Τέτοιες θερμικές αξίες έχουν παρατηρηθεί σε απόβλητα που έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε πολύ κοινές αποτεφρώσιμες οργανικές ουσίες όπως η μεθανόλη, τολουένιο, αιθανόλη. Σε μερικές περιπτώσεις ωστόσο, είναι επιθυμητό να αποτεφρωθούν απόβλητα που δεν μπορούν να καούν μόνα τους και απαιτούν συμπληρωματικό καύσιμο όπως μεθάνιο και υγρά πετρελαίου.

Παραδείγματα τέτοιων αποβλήτων είναι :

- Τα μη αναφλέξιμα οργανοχλωρικά απόβλητα.
- Μερικά υγρής μορφής απόβλητα.
- Στερεά απόβλητα.

Σε αυτά οποία η εξάλειψη ενός επικίνδυνου μολυσματικού αξίζει το κόστος και τη δυσκολία προκειμένου να αποτεφρωθεί.

Η ανόργανη ύλη, η περιεκτικότητα σε νερό και τα οργανικά στοιχεία των υγρών αποβλήτων παίζουν καθοριστικό ρόλο όσον αφορά την ικανότητά τους για αποτέφρωση.

7.2 Συστήματα αποτέφρωσης

Τα 4 κύρια μέρη για τα συστήματα αποτέφρωσης των επικίνδυνων αποβλήτων είναι:

- Η προετοιμασία του απόβλητου και η τροφοδοσία του.
- Ο θάλαμος ανάφλεξης.
- Το σύστημα απομάκρυνσης των μολυσματικών στοιχείων για τον αέρα.
- Η δημιουργία κατάλοιπων και στάχτης.

Για υγρά απόβλητα η προετοιμασία ίσως απαιτήσει φιλτράρισμα, ρυθμίσεις για την απομάκρυνση στέρεων υλικών και νερού, ανάμιξη για την απόκτηση του βέλτιστου αποτεφρωτικού μίγματος, ή θέρμανση για την μείωση του ιξώδους. Τα στέρεα απόβλητα από την άλλη μεριά ίσως χρειαστούν τεμαχισμό. Αρκετές μηχανολογικές συσκευές όπως έμβολα, τρυπάνια, κλπ χρησιμοποιούνται επίσης για να εισάγουν στέρεα στον αποτεφρωτή.

Στο πρώτο μέρος αυτού του κεφαλαίου θα ασχοληθούμε κυρίως με τα δρώμενα στους θαλάμους ανάφλεξης, καθώς και με τις διατάξεις μέσα στις οποίες πραγματοποιείται η αποτέφρωση, ενώ στο δεύτερο μέρος θα μας απασχολήσουν τα διάφορα συστήματα επεξεργασίας των εκπεμπόμενων αερίων καθώς και των παραγόμενων στερεών υπολειμμάτων.

1^ο ΜΕΡΟΣ

7.3 Σύστημα Τροφοδοσίας

Η μεταφορά των αποβλήτων από το χώρο υποδοχής στην εγκατάσταση γίνεται συνήθως με γερανό. Ο τελευταίος κινείται πάνω σε μία γερανογέφυρα και ο χειρισμός του γίνεται από μία καμπίνα μονωμένη από τον υπόλοιπο χώρο, ενώ για να υπάρχει πλήρης έλεγχος της τροφοδότησης κάθε γερανός είναι εφοδιασμένος με αυτόματο σύστημα ζύγισης.

Η πιο σημαντική προϋπόθεση της αυτοματοποίησης είναι η ισομερής τροφοδοσία. Απαραίτητη προϋπόθεση για το σύστημα τροφοδοσίας είναι η καλή κατασκευή και η αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες. Η ξήρανση των αποβλήτων μπορεί να επιτευχθεί από την ακτινοβολία της φλόγας στο τέλος του συστήματος τροφοδοσίας πριν καν πάνε στις σχάρες. Η ψύξη του συστήματος τροφοδοσίας επιτυγχάνεται με ανοικτό ή κλειστό σύστημα. Στο ανοικτό το νερό οδηγείται στο μπάνιο ψύξης των υπολειμμάτων. Αντίθετα στο κλειστό σύστημα, το οποίο λειτουργεί με ανώτατη πίεση 1 bar η ψύξη επιτυγχάνεται με αέρα ο οποίος ψύχεται σε εναλλάκτες.

7.4 Εστία καύσης

Θα ασχοληθούμε με τον χώρο στον οποίο γίνεται ουσιαστικά η καύση των αποβλήτων και καλείται εστία καύσης. Η διαδικασία της καύσης γίνεται σε δύο στάδια, την πρωτογενή και την δευτερογενή καύση. Η πρωτογενής καύση αφορά τις φυσικές και χημικές αλλαγές (ξήρανση, πτητικότητα, ανάφλεξη) ενώ η δευτερογενής αφορά την οξείδωση των αερίων και υλικών τα οποία προέρχονται από την πρωτογενή καύση.

Ένα άλλο σημείο που πρέπει να δούμε στην καύση των αποβλήτων είναι η μεγάλου ύψους φλόγα στην εστία καύσης. Η ξήρανση των αποβλήτων επιτυγχάνεται με την ακτινοβολία αυτής της φλόγας στο τέλος του συστήματος τροφοδοσίας.

Η εξέλιξη της γεωμετρίας του φλογοθαλάμου στα τελευταία 30 χρόνια ήταν σημαντική. Ιδιαίτερα με την υιοθέτηση της θεωρίας ότι οι διοξίνες και φουράνες ξαναδημιουργούνται σε θερμοκρασίες από 350 °C– 450 °C. Για την εξασφάλιση μιας καλής καύσης απαιτούνται α) καλή κατασκευή εσχαρών β) βελτίωση γεωμετρίας φλογοθαλάμου. Η καλή καύση και η αποφυγή δημιουργίας δεσμίδων επιτυγχάνεται με την παροχή δευτερογενούς αέρα και με αύξηση των θερμοκρασιών. Σε συνδυασμό με τις απαιτήσεις για χαμηλές τιμές μονοξειδίου του άνθρακα, τα παραπάνω μέτρα είναι απαραίτητα, διαφορετικά είναι αδύνατο να διατηρηθεί η θερμοκρασία στους 950 °C στο φλογοθάλαμο.

Η ψύξη των τοιχωμάτων για τους προαναφερθέντες λόγους γίνεται ως εξής:

α) Εμφύσηση αέρα ώστε η αναπτυσσόμενη θερμοκρασία στα τοιχώματα να είναι κάτω από το σημείο τήξης των σωματιδίων που θα εισέλθουν στο φλογοθάλαμο.

β) Απομάκρυνση της θερμότητας καύσης με ένα κλειστό σύστημα ψύξης (ακτινοβολούσες θερμαντικές επιφάνειες).

γ) Τοιχώματα με νερό.

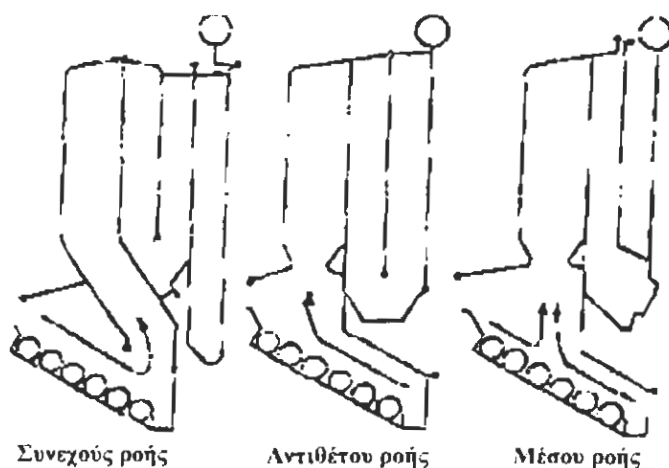
Γενικά ο σχεδιασμός του φλογοθαλάμου δεν είναι απλός γιατί οι απαιτήσεις εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις ιδιότητες των αποβλήτων. Επειδή δε η σύνθεση και το βάρος των αποβλήτων αλλάζει, απαιτείται ένα σύστημα ελέγχου το οποίο θα δίνει τα απαραίτητα

στοιχεία έτσι ώστε να ρυθμίζεται κατάλληλα όλο το σύστημα. Για τον έλεγχο των μονάδων θερμικής επεξεργασίας υπάρχουν δύο δυνατότητες:

α) Το διορθωτικό σύστημα κατά το οποίο η διόρθωση βασίζεται στις μετρήσεις (όργανα δείχνουν διάφορες ενδείξεις, συμπεριφορά της φλόγας, θέση εσχάρας, θέση του φλογοθαλάμου).

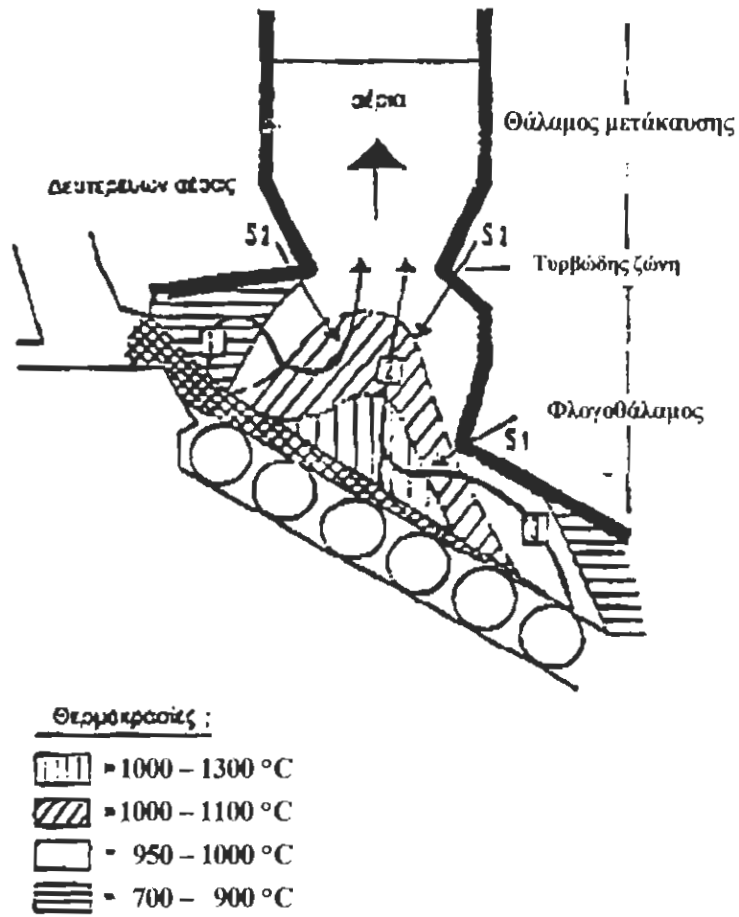
β) Το προχωρημένο σύστημα κατά το οποίο ο έλεγχος προσαρμόζεται στα προς παροχή απόβλητα. Έτσι εντοπίζονται τα λάθη όταν τα απορρίμματα φθάσουν στο σύστημα τροφοδότησης και οι όποιοι παράμετροι καύσης διορθώνονται πλέον με καθυστέρηση.

Η γεωμετρική μορφή του φλογοθαλάμου εξαρτάται από την επιλογή της διεύθυνσης του ρεύματος ροής των αερίων. Υπάρχουν τρία είδη καύσης α) συνεχούς β) αντιθέτου γ) μέσου ρεύματος ροής.



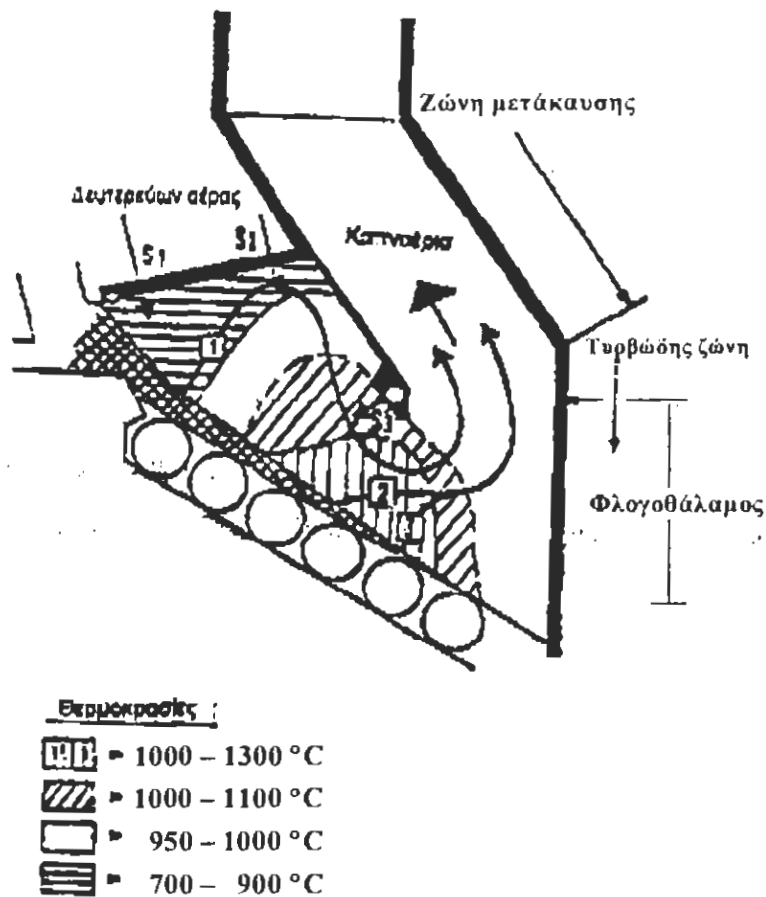
Σχ. 10: Εστίες καύσης

Κατά την καύση συνεχούς ροής ρεύματος τόσο η καύσιμη ύλη όσο και τα αέρια έχουν την ίδια κατεύθυνση. Η απαγωγή των αερίων γίνεται στο τέλος της εσχάρας. Κατά την καύση αντιθέτου ροής τα αέρια έχουν αντίθετη κατεύθυνση από αυτή των αποβλήτων. Η απαγωγή των αερίων γίνεται στην αρχή της εσχάρας.



Σχ. 11: Πορεία αερίων ρευμάτων και ανάπτυξη θερμοκρασιών σε εστίες συνεχούς ροής

Επειδή η ποιότητα των αποβλήτων έχει μεγάλες διακυμάνσεις υπάρχει η δυνατότητα συνδυασμού των προαναφερθέντων συστημάτων (καύση μέσης ροής). Σ' αυτή την περίπτωση μόνο ένα μέρος του απαιτούμενου για την καύση αέρα παρέχεται από τις εσχάρες στην κύρια εστία καύσης (πρωτογενής αέρας).



Σχ.12: Πορεία αερίων ρευμάτων και ανάπτυξη θερμοκρασιών σε εστίες μέσης ροής

Βασικός παράγοντας, εκτός της γεωμετρίας του φλογοθαλάμου, της θερμοκρασίας της καύσης και της αναλογίας πρωτογενούς και δευτερογενούς αέρα είναι ο χρόνος παραμονής των αερίων στην εστία καύσης. Αυτός πρέπει να είναι 2-3 sec σε θερμοκρασία 950° C – 1000° C, προϋπόθεση δύσκολη γιατί απαιτεί μη ψυχόμενο φλογοθάλαμο με αποτέλεσμα να δημιουργείται διάβρωση από την καθίζηση στάχτης επί των τοιχωμάτων καθώς επίσης και σχηματισμό οξειδίων του αζώτου. Το πρόβλημα αυτό δεν έχει λυθεί πλήρως ακόμα και με την χρήση καταλυτών για απονιτροποίηση. Η βέλτιστη λειτουργία στον

φλογοθάλαμο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την τεχνολογία των εσχαρών που θα καλύψουμε σε επόμενες ενότητες.

Ανεξάρτητα όμως από το είδος και το σύστημα των εσχαρών που θα χρησιμοποιηθούν απαιτούνται τα εξής:

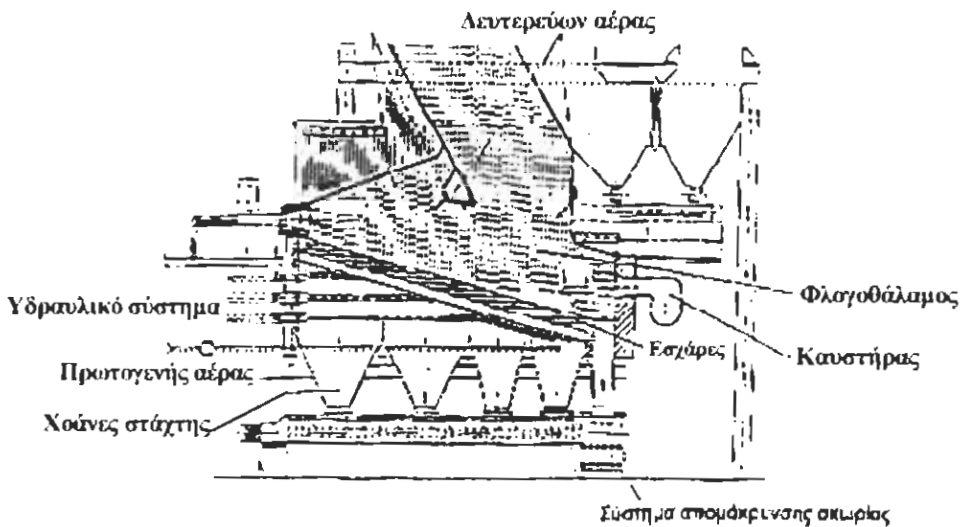
- Αύξηση του πρωτογενούς αέρα ακόμα και στο ποσοστό 70% του συνολικού αέρα.
- Αύξηση της προθέρμανσης του πρωτογενούς αέρα σε 120° C όταν τα απόβλητα έχουν υψηλή θερμογόνο τιμή (ποσό της θερμότητας που ελευθερώνει 1 Kg αποβλήτων καιόμενο) και 180° C όταν έχουν χαμηλή θερμογόνο τιμή.
- Επαναφορά των αερίων με στόχο τη μείωση του ποσοστού O₂.
- Προθέρμανση του δευτερογενή – πρωτογενή αέρα.

Για καλύτερο στροβιλισμό και ομογενοποίηση των αερίων χρησιμοποιούνται εγκοπές ώστε να επιτυγχάνεται η κίνηση των αερίων. Ο στροβιλισμός υποστηρίζεται και από ειδικά ακροφύσια του δευτερογενή αέρα. Βασικός στόχος της βελτιστοποίησης αποτελεί η μείωση των αποβλήτων. Δηλαδή πρέπει να γίνεται πλήρης διάσπαση όλων των οργανικών ουσιών και να αποτρέπεται ο επανασχηματισμός τους κατά την φάση ψύξης.

7.5 Εσχάρες

Το σύστημα των εσχαρών είναι από τα πλέον σημαντικά σε μία εγκατάσταση καύσης. Είναι στερεωμένες στα τοιχώματα της εστίας καύσης πάνω σε φέροντα μηχανισμό. Κύριες λειτουργίες τους είναι η μεταφορά των αποβλήτων, η ομοιογενής παροχή του πρωτογενούς αέρα και η αναμόχλευση της φωτιάς στη ζώνη καύσιμης ύλης.

Ο πρωτογενής αέρας ο οποίος εισέρχεται από τις εσχάρες αποτελεί το 40-60% του ολικού απαιτούμενου σε μία μονάδα αέρα. Παράλληλα αυτός ο αέρας θα ψύχει και τις εσχάρες. Η απόδοσή τους εξαρτάται από τις κατασκευαστικές τους ιδιότητες, τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων (μέγεθος), την θερμοκρασία και την ποσότητα του αέρα.



Σχ. 13: Εστία με εσχάρες

Μια σπουδαία παράμετρος που διαφέρει μεταξύ των συστημάτων είναι οι οπές για την παροχή του πρωτογενούς αέρα. Οι οπές αυτές αντιστοιχούν ανάλογα με το σύστημα, από 2 ως και άνω του 30 % της επιφάνειας της εσχάρας. Οι εσχάρες επικαλύπτονται με υλικό υψηλής αντοχής σε μηχανικές, θερμικές και χημικές επιδράσεις. Ιδιαίτερα πρέπει να είναι ανθεκτικές στα S και Cl τα οποία σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να οδηγήσουν σε δημιουργία ρωγμών. Η αντίσταση που συναντά ο πρωτογενής αέρας στα εσχάρια είναι μεγαλύτερη (3-10 φορές) εκείνης των αποβλήτων. Η επικάλυψη τους διαστέλλεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Οι παρειές και τα υποστυλώματα στο μέσο

των εσχαριδίων αντισταθμίζουν αυτό το φαινόμενο και αποφεύγεται η διαστολή της επικάλυψης. Η κίνηση των εσχάρων για μεν τις κυλινδρικές είναι απλή με ένα κλειστό κινητήρα για δε τα εσχαρίδια χρησιμοποιούνται ειδικοί δοκοί ή αμαξίδια με υδραυλικό σύστημα.

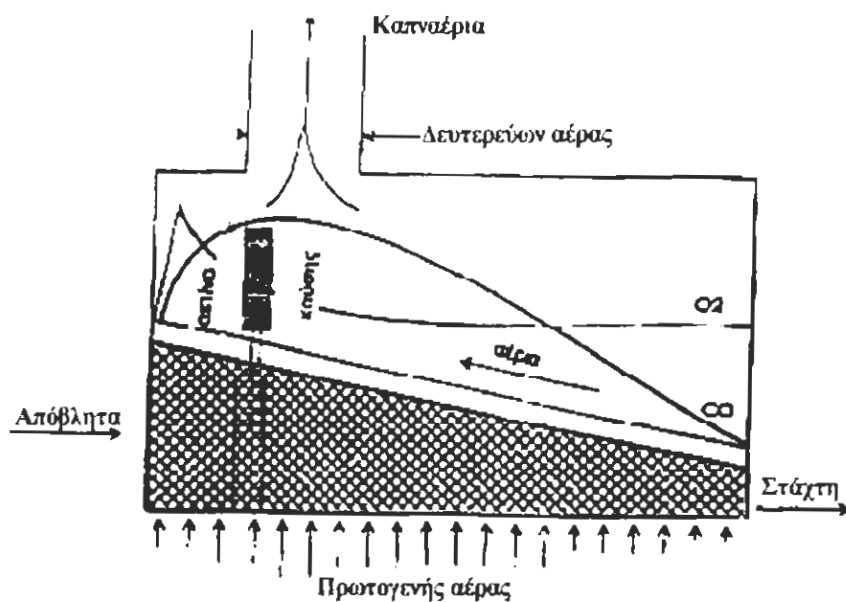
7.6 Είδη εσχάρων

Υπάρχουν διάφορα είδη εσχάρων τα οποία έχουν κατασκευαστεί τα τελευταία χρόνια, αλλά οι πλέον συνηθισμένες είναι η ατέρμων, οι εσχάρες πρόωσης, η αντώσεως καθώς και η κυλινδρική.

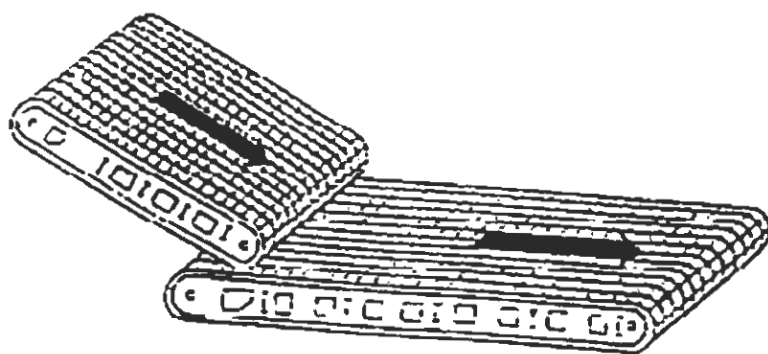
7.6.1 Ατέρμων εσχάρα

Τα απόβλητα στην ατέρμονα εσχάρα δεν αναδεύονται αλλά καίγονται στο ίδιο πάντα έσχάριο (όπως και στις μεταφορικές ταινίες). Οι εσχάρες κατασκευάζονται από πυρίμαχο χυτοσίδηρο που περιέχει συνήθως άνθρακα – μαγγάνιο – θείο – πυρίτιο – φώσφορο. Η επιφάνειά της χωρίζεται σε ζώνες οι οποίες τροφοδοτούνται με ιδιαίτερους σχετούς ώστε να μπορεί να ρυθμιστεί ο απαιτούμενος για κάθε ζώνη αέρας.

Η διάδοση της φωτιάς δεν είναι απλή και επιτυγχάνεται με την ακτινοβολία. Έτσι το καύσιμο με την ακτινοβολία ξηραίνεται και μετά αρχίζει η ελευθέρωση των πτητικών. Κατά την καύση του επάνω στρώματος των αποβλήτων το κάτω στρώμα απαεριώνεται. Η καύση συνεχίζεται σταδιακά κατά βάθος ως ότου αναφλεγεί όλο το στρώμα. Στο τελευταίο τμήμα της εσχάρας καίγονται τα υπόλοιπα της καύσιμης ύλης.



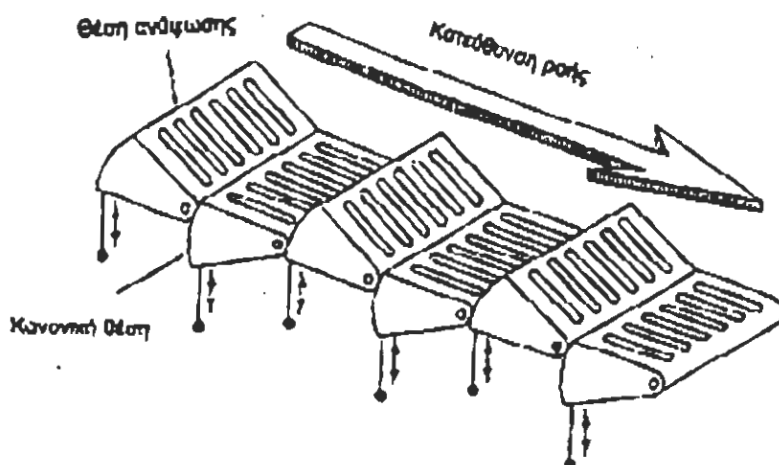
Σχηματική παράσταση της καύσης στις Εσχάρες



Σχ. 14 : Ατέρμονη εσχάρα

7.6.2 Εσχάρες πρόωσης

Οι εσχάρες πρόωσης αποτελούνται από τα εσχάρια τα οποία είναι τοποθετημένα το ένα πάνω στο άλλο όπως σε μία σκάλα. Οι πρώτες σειρές προωθούν τα απόβλητα στις επόμενες όπως το έμβολο.

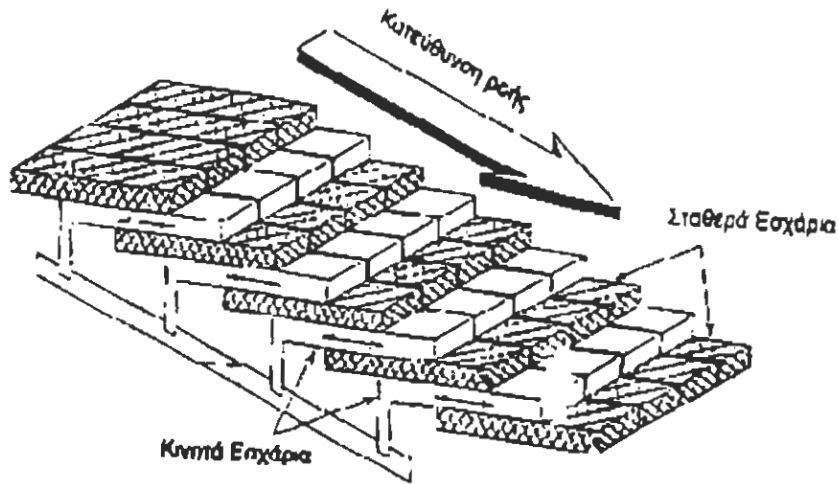


Σχ. 15 : Εσχάρα πρόωσης

Όπως και στις άλλες εσχάρες στην πρώτη φάση επιτυγχάνεται η ξήρανση των αποβλήτων και ακολουθεί η ελευθέρωση και η καύση των πτητικών στη δεύτερη φάση. Στην τρίτη φάση γίνεται καύση του απανθρακώματος ενώ στην τελευταία η καύση των υπολοίπων. Ο αέρας της καύσης έρχεται από το κάτω μέρος της εσχάρας με πίεση. Τα εσχάρια κατασκευάζονται συνήθως από χρωμιούχο σίδηρο. Σημαντικός συντελεστής επιτυχίας είναι η σωστή κλίση της εσχάρας.

7.6.3 Εσχάρα αντώσεως

Είναι από τις καλύτερες εσχάρες για καύσιμη ύλη με μεγάλη περιεκτικότητα σε τέφρα, και αυτό γιατί με την εσχάρα αντώσεως εξασφαλίζεται αφενός μεν η μεγάλη διαδρομή αφετέρου η ισχυρή ανάδευση. Η κίνηση των εσχάρων επιτυγχάνεται με ωστήριες ράβδους και με έμβολα λαδιού. Έχει μεγάλη κλίση και κατασκευάζεται κυρίως από χρωμιούχο χυτοσίδηρο με περιεκτικότητα σε χρώμιο 18%. Με το σύστημα αυτό δημιουργείται αφενός μεν μία χαλάρωση στα απόβλητα

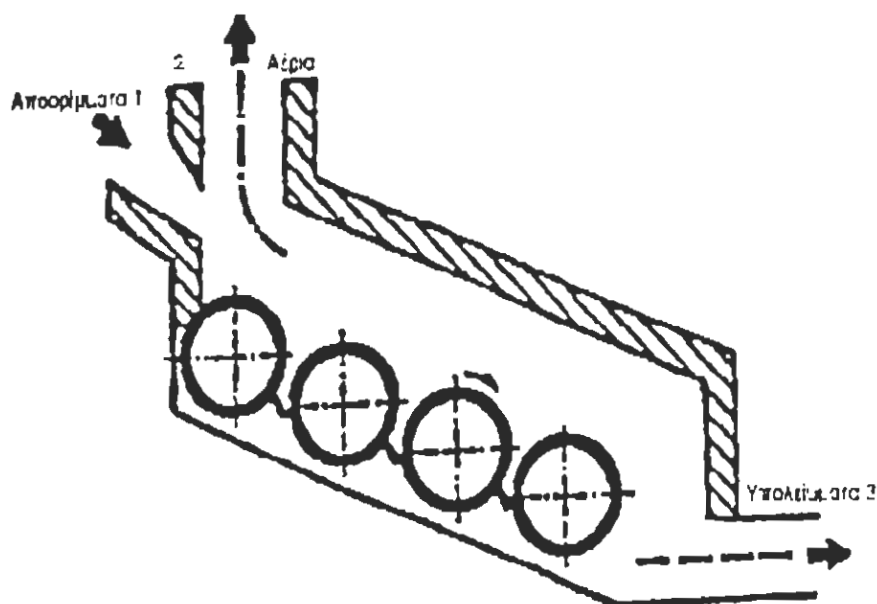


Σχ. 16 : Εσχάρα αντώσεως

άρα και σωστή και ομοιόμορφη κατανομή του αέρα, αφετέρου όταν παρουσιαστεί κενό καταλαμβάνεται αμέσως από τον όγκο των αποβλήτων που προηγούνται στην εσχάρα.

7.6.4 Κυλινδρική Εσχάρα

Αποτελείται από τους κύλινδρους και τα εξαρτήματά τους. Έχει μία κλίση 20-30°. Συνήθως ο κάθε κύλινδρος λειτουργεί ανεξάρτητα. Είναι κατασκευασμένη από χυτοσίδηρο. Κάτω από κάθε κύλινδρο υπάρχει χοάνη για τη συλλογή της στάχτης. Επειδή ο πρωτογενής αέρας εισέρχεται από την χοάνη κατά την περιστροφή του κυλίνδρου το μισό τμήμα ψύχεται. Οι απώλειες της πίεσης στην εσχάρα είναι μικρές. Οι κύλινδροι έχουν συνήθως διάμετρο 1,5 m μήκος ανάλογα με τις ποσότητες των αποβλήτων.



Σχ. 17 : Κυλινδρική εσχάρα

ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΟΣ – ΚΛΙΜΑΚΩΤΟΣ ΚΛΙΒΑΝΟΣ

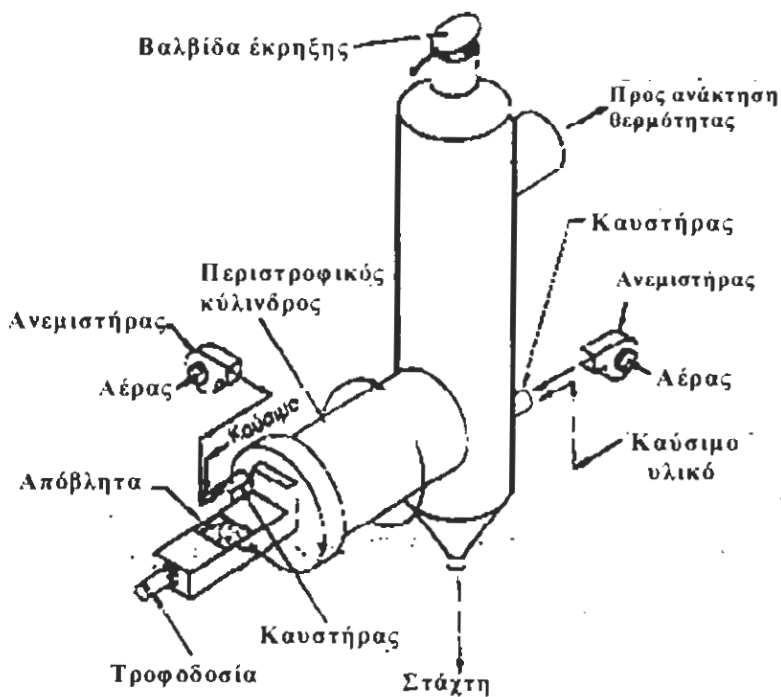
7.7 Περιστροφικός κλίβανος

Η επεξεργασία των αποβλήτων με το σύστημα του περιστροφικού κλιβάνου έχει μεγάλη εφαρμογή. Ο περιστροφικός κλίβανος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμη και για την καύση άκρως επικινδύνων βιομηχανικών αποβλήτων αφού οι δυνατότητες καύσης που έχει δεν περιορίζονται μόνο στα στερεά απόβλητα αλλά μπορεί να επεξεργαστεί ακόμα και υγρά απόβλητα.

Ένα σύστημα περιστροφικού κλιβάνου αποτελείται από το σύστημα υποδοχής, το δοσομετρικό σύστημα, τον περιστροφικό κύλινδρο, το σύστημα παροχής αέρα, τον επιπλέον καυστήρα, τον θάλαμο μετάκαυσης και το σύστημα απομάκρυνσης της σκόνης.

Σε πολλές περιπτώσεις μεταξύ του θαλάμου μετάκαυσης και του συστήματος καθαρισμού των αερίων υπάρχει μια μονάδα ανάκτησης ενέργειας.

Στους συμβατικούς περιστροφικούς κλιβάνους ο κύλινδρος είναι οριζόντιος και περιστρέφεται περί του άξονά του. Το υλικό το οποίο συνήθως δεν ξεπερνά το 20% του συνολικού όγκου του κλιβάνου, ανακατεύεται, καίγεται και με την κατάλληλη κλίση (2-4%) οδηγείται στο άλλο άκρο.



Σχ. 18 : Περιστροφικός κλιβανος με το σύστημα μετάκαυσης

Είναι επενδυμένος με πυρίμαχα υλικά και απαιτείται συνεχής και σταθερή παροχή των αποβλήτων. Έχουν συνήθως μήκος που κυμαίνεται από 8-20 m και διάμετρο 1-5 m. Η αναλογία μήκους προς διάμετρο για την καύση των αποβλήτων κυμαίνεται από 2:1 έως 5:1.

Η θερμοκρασία που αναπτύσσονται είναι 800 – 1400° C με χρόνο παραμονής των αποβλήτων 60 min. Η περίσσεια του αέρα στους κλιβάνους αυτούς είναι μεγαλύτερη κατά 2-3 φορές από ένα άλλο σύστημα καύσης όπως αυτό των εσχάρων. Και στον περιστροφικό κλίβανο ισχύουν τα συστήματα των αερίων, συνεχούς και αντιθέτου ροής. Η καταστροφή των οργανικών ουσιών επιτυγχάνεται με συνδυασμό των υψηλών θερμοκρασιών και του χρόνου παραμονής. Γενικά όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία τόσο μικρότερο χρόνο παραμονής απαιτείται και αντίστροφα. Ο αριθμός των στροφών του κλιβάνου κυμαίνεται από 0,5-2,5 στρ/min. Η εσωτερική επένδυση έχει συνήθως πάχος έως 250mm και αποτελείται από:

- Στρώμα Alumido 82% (Al₂O₃) πάχους 200mm.
- Πυρίμαχο Άργιλο πάχους 50 mm.

Η περιστροφή του κλιβάνου επιτυγχάνεται με οδοντωτούς τροχούς και τροχίσκους. Επειδή ο χρόνος παραμονής των αερίων στον κλίβανο είναι μικρός, για να έχουμε την πλήρη καύση τους τοποθετείται θάλαμος μετάκαυσης. Σε αυτόν τον θάλαμο υπάρχει παροχή δευτερογενούς αέρα.

Ο ελάχιστος χρόνος παραμονής των αερίων είναι 5 sec και η ελάχιστη θερμοκρασία 850° C. Τα υπολείμματα του κλιβάνου οδηγούνται μέσω μιας χοάνης στο σύστημα ψύξης. Είναι δε έτσι σχεδιασμένη ώστε να επιτυγχάνεται γρήγορη ανάμειξη των αποβλήτων. Τα απόβλητα αδειάζονται μέσω ενός γερανού στο δοσομετρικό σύστημα. Τα βαρέλια μέσω ενός ειδικού συστήματος, οι λάσπες μέσω αντλιών και τα υγρά με τα συστήματα έγχυσης. Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αυτού του κλιβάνου είναι τα εξής:

Πλεονεκτήματα:

- Μπορεί να καύσει μια μεγάλη ποικιλία αποβλήτων .

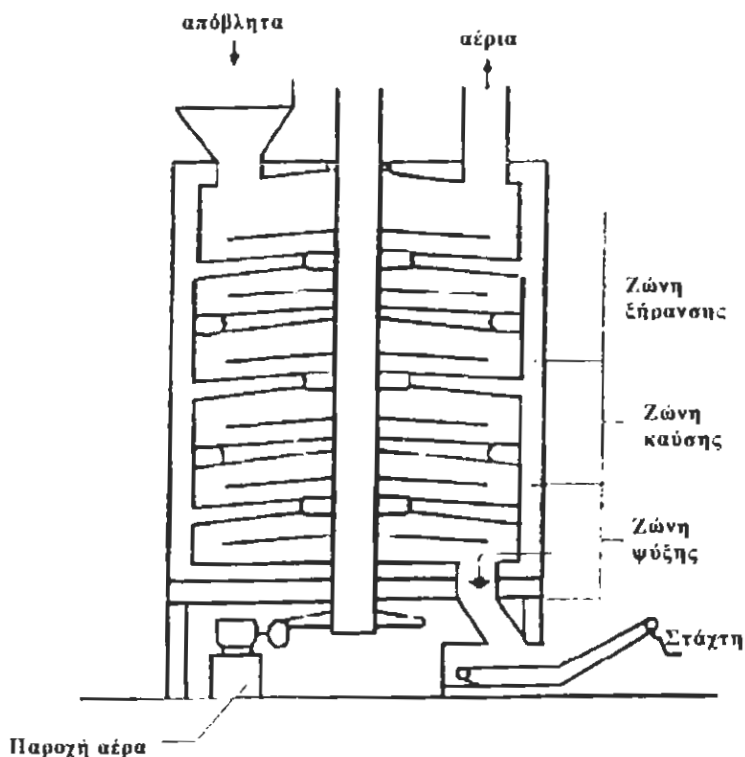
- Δεν απαιτείται ιδιαίτερη προεπεξεργασία των αποβλήτων.
- Ελέγχεται ο χρόνος παραμονής στον κλίβανο.
- Αποτελεσματική επαφή αέρα – αποβλήτων.

Μειονεκτήματα:

- Παραγωγή μεγάλης ποσότητας σωματιδίων λόγω της υψηλής δύνης και επαφής που δημιουργείται στον κλίβανο.
- Απαιτείται συνήθως και θάλαμος μετάκαυσης για τα πτητικά.
- Απαιτείται περίσσεια αέρα (100-150%).
- Ένα μεγάλο μέρος της θερμότητας χάνεται με την στάχτη.

7.8 Κλιμακωτός κλίβανος

Οι κλιμακωτοί κλίβανοι αποτελούνται από ένα κυλινδρικό περίβλημα και στο εξωτερικό τους περιέχουν κλιμακωτές πλάκες. Τα απόβλητα κινούνται μέσω της περιστροφής των ειδικών βραχιόνων του άξονα. Όπως και στα συστήματα των εσχάρων υπάρχει και στους κλιμακωτούς



Σχ. 19 : Κλιμακωτός κλίβανος

κλιβάνους συνεχούς ή αντιθέτου ρεύματος απομάκρυνση των αερίων.

Το προς καύση υλικό κινείται στον αντιδραστήρα από επάνω προς τα κάτω. Στο σύστημα αντιθέτου ρεύματος ο αέρας εισέρχεται στον αντιδραστήρα από το κάτω μέρος. Στην πάνω ζώνη του αντιδραστήρα επιτυγχάνεται η ξήρανση μέσω των απαερίων, ακολουθεί η ζώνη της κύριας καύσης στο μέσο του αντιδραστήρα και τέλος η ζώνη ψύξης όπου ψύχεται η στάχτη.

7.9 Αποτέφρωση : θεωρία εναντίον πράξης

Θεωρητικά, ένας κατάλληλα σχεδιασμένος αποτεφρωτής θα έπρεπε να μετατρέπει τους υδρογονάνθρακες σε τίποτα περισσότερο από διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Ωστόσο, η πρακτική εμπειρία έχει δείξει ότι ακόμα και το τελειότερο σύστημα καύσης θα οδηγήσει στην παραγωγή προϊόντων ατελούς καύσης, μερικά από τα οποία είναι άκρως τοξικά, καθώς επίσης και στον σχηματισμό εντελώς νέων χημικών μολυσματικών ουσιών.

Η καύση αρχικά θεωρήθηκε ως η πλέον αποτελεσματική μέθοδο επεξεργασίας αποβλήτων. Από τότε όμως η βιομηχανική επανάσταση άλλαξε σημαντικά την σύσταση των αποβλήτων. Η μαζική παραγωγή χημικών και πλαστικών άλλαξε τα δεδομένα και κατέστησε την αποτέφρωση ως μια περίπλοκη και όχι ιδιαίτερα φιλική τεχνική προς το περιβάλλον. Μπορεί η αποτέφρωση να μειώνει σημαντικά τον όγκο των αποβλήτων, δεν μπορεί όμως να εγγυηθεί την πλήρη εξάλειψη τοξικών ουσιών κάτι που αποτελεί απειλή για την δημόσια υγεία.

Τα στοιχεία που μέχρι σήμερα έχουμε στα χέρια μας δείχνουν ότι η αποτέφρωση επικινδύνων αποβλήτων θα οδηγήσει στην διαφυγή τριών τύπων μολυσματικών ρύπων στο περιβάλλον:

- Βαρέα μέταλλα.
- Προϊόντα ατελούς καύσης.
- Νέες μολυσματικές ουσίες.

A) Βαρέα μέταλλα

Η καύση σε υψηλές θερμοκρασίες ελευθερώνει τοξικά μέταλλα, όπως μόλυβδος και κάδμιο, από απόβλητα που ήδη περιέχουν αυτές τις ουσίες. Ο εξοπλισμός ελέγχου της ρύπανσης μπορεί να περιορίσει αρκετά τέτοιες ουσίες από τα αέρια της καπνοδόχου, όπως θα δούμε παρακάτω, αλλά ακόμα και τότε τα μέταλλα αυτά δεν εξαφανίζονται αλλά μεταφέρονται στις στάχτες που προκύπτουν. Υπολογίζεται ότι για κάθε 3 τόνους αποβλήτων που θα αποτεφρωθούν, παράγεται περίπου 1 τόνος στάχτης που θα περιέχει σημαντική ποσότητα βαρέων μετάλλων με τον κίνδυνο μόλις αποτεθούν να διαρρεύσουν στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα.

B) Προϊόντα ατελούς καύσης

Δύσκολα κάποιος αποτεφρωτής θα λειτουργήσει με 100% ικανότητα καύσης. Άκαυστα χημικά παράγονται στα αέρια των καπνοδόχων των αποτεφρωτών επικινδύνων αποβλήτων τα οποία θεωρούνται ως τοξικά.

Γ) Νέα μολυσματικά – διοξίνες

Ένα από τα πιο επικίνδυνα αποτελέσματα της αποτέφρωσης είναι οι νέες και υψηλά τοξικές χημικές ενώσεις που μπορεί να σχηματιστούν κατά την διαδικασία της καύσης. Σ' αυτές ανήκουν και οι διοξίνες οι οποίες παράγονται κατά την καύση υλικών που περιέχουν χλωρίδια και οι οποίες θεωρούνται άκρως τοξικές.

Οι επιπτώσεις της αποτέφρωσης στην ανθρώπινη υγεία είναι σοβαρές. Αυξημένα ποσοστά καρκίνου, αναπαραγωγικές ανωμαλίες και διάφορες

άλλες παθήσεις οι οποίες παρουσιάζονται ακόμα και με μικρή έκθεση σε πολλά από τα μέταλλα, οργανοχλωρίδια και γενικά στα μολυσματικά που παράγονται σε μια μονάδα αποτέφρωσης, καθώς και οι ζημίες και η καταστροφή της χλωρίδας σε τέτοιες περιοχές, φανερώνουν την επικινδυνότητα της κατάστασης.

Ελπίζουμε η αποτέφρωση να μην αποτελέσει ένα βολικό τρόπο υπεκφυγής των προβλημάτων που προκαλεί η αύξηση των ποσοτήτων των αποβλήτων της σύγχρονης βιομηχανίας, μεταφέροντάς τα έτσι σε επόμενες γενιές.

2=° ΜΕΡΟΣ

7.9 Καθαρισμός αερίων

Τα καπναέρια που παράγονται περιέχουν μέσα τους διάφορες τοξικές ουσίες οι οποίες και πρέπει να απομακρυνθούν προκειμένου να μην αποτελέσουν κίνδυνο τόσο για την δημόσια υγεία όσο και για το περιβάλλον. Αυτό επιτυγχάνεται είτε με μία σειρά ενεργειών οι οποίες έχουν στόχο να βελτιώσουν την λειτουργία των μονάδων είτε με την εφαρμογή τεχνολογιών για επεξεργασία αποβλήτων.

Η μείωση των εκπομπών των αερίων μπορεί να επιτευχθεί με τις εξής ενέργειες:

- Αλλαγή της αναλογίας πρωτογενούς προς δευτερογενή αέρα.
- Αλλαγή κατανομής του πρωτογενούς αέρα κατά μήκος των εσχάρων.
- Προσαρμογή των συνθηκών θερμοκρασίας κατά μήκος των εσχάρων σε σχέση με την σύνθεση των αποβλήτων.

- Αλλαγή του δευτερογενούς αέρα για βελτίωση της ανάμειξης των απαερίων.
- Αυτόματη αναπροσαρμογή της θερμοκρασίας στην περιοχή μετάκαυσης για πλήρη καύση των καπναερίων.
- Βελτίωση του συστήματος απομάκρυνσης στάχτης.
- Διαχωρισμό της διαδικασίας καύσης, με την κατασκευή δύο αντιδραστήρων όπου στον πρώτο θα επιτυγχάνεται η ξήρανση – διάσπαση των οργανικών ή ακόμη και απαερίωση ενώ στον δεύτερο η πλήρης καύση των καυσίμων αερίων.

7.10 Απομάκρυνση των σωματιδίων

Για την απομάκρυνση των σωματιδίων από τα αέρια καύσης υπάρχουν αρκετά συστήματα. Τα σωματίδια των οποίων η διάμετρος κυμαίνεται από 1 μm ως 1mm απομακρύνονται σε ειδικές εγκαταστάσεις αποκονίωσης. Για την επιλογή της μεθόδου αποκονίωσης είναι απαραίτητη η γνώση των παραμέτρων των σωματιδίων:

- Κατανομή του μεγέθους των σωματιδίων.
- Ειδικό βάρος.
- Πυκνότητα.
- Φυσικές – Χημικές ιδιότητες.

Η αποκονίωση επιτυγχάνεται με συστήματα που βασίζονται στην βαρύτητα, την φυγόκεντρη δύναμη και τα φίλτρα.

Στο πρώτο στάδιο της αποκονίωσης χρησιμοποιούνται κυκλώνες, ενώ για την απομάκρυνση των σωματιδίων στις μονάδες καύσης

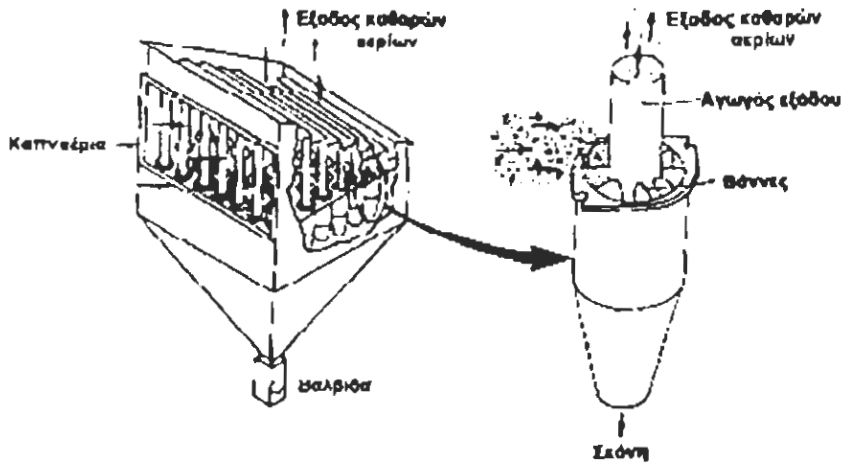
χρησιμοποιούνται ηλεκτρόφιльтра ή σακκόφιльтра. Ως επί το πλείστον τα σακκόφιльтра διαχωρίζουν σωματίδια μεγέθους από 0,01 μm – 70 μm , τα ηλεκτρόφιльтра από 0,01 μm – 50 μm και οι κυκλώνες από 0,6 – 1.000 μm .

7.10.1 Κυκλώνες

Οι κυκλώνες χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση των μεγαλύτερων τεμαχιδίων και τοποθετούνται πριν από τα ηλεκτρόφιльтра ή σακκόφιльтра.

Ένας κυκλώνας αποτελείται από ένα κυλινδρικό περίβλημα μία κωνική βάση, τον θάλαμο σκόνης και την είσοδο των προς επεξεργασία αερίων. Τα σωματίδια λόγω της φυγόκεντρου δύναμης και της περιστροφικής ροής τους οδηγούνται προς τα τοιχώματα και ακολούθως πέφτουν στον θάλαμο σκόνης. Η λειτουργία των κυκλώνων για τον διαχωρισμό των σωματιδίων από τα αέρια βασίζεται στην φυγόκεντρο δύναμη. Το πρακτικό όριο για τον διαχωρισμό των σωματιδίων με τη φυγόκεντρο δύναμη είναι 50 μm . Κάτω από αυτό το όριο απαιτείται τεράστιος θάλαμος στον κυκλώνα καθώς και μεγάλος χρόνος παραμονής. Η τελική ταχύτητα ροής στον θάλαμο του κυκλώνα πρέπει να είναι τουλάχιστον 0,3m/sec. Η απόδοση ενός κυκλώνα εξαρτάται από το μέγεθος της φυγόκεντρου δύναμης που ασκείται στα σωματίδια και συγκεκριμένα από την μάζα των σωματιδίων, και την ταχύτητα των καπναερίων. Η μικρή ακτίνα του κώνου δεν αυξάνει απλά την φυγόκεντρο δύναμη αλλά μειώνει και την απόσταση που πρέπει να διανύσουν τα σωματίδια στον θάλαμο συλλογής τους. Άρα όσο μικρότερη είναι η ακτίνα τόσο καλύτερη η απόδοση του κυκλώνα. Γι' αυτό και στην βιομηχανία χρησιμοποιείται ο πολυκυκλώνας. Οι μικροί

κυκλώνες περικλείονται από ένα μεταλλικό περίβλημα, ενώ το σύστημα εξόδου της σκόνης είναι κοινό.



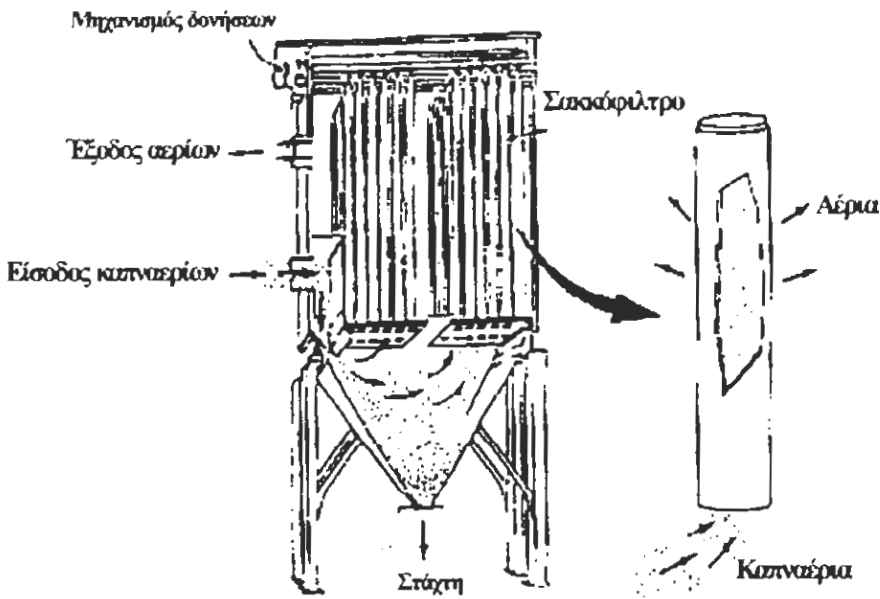
Σχ. 20 : Πολυκυκλώνας

Ένας κίνδυνος που μπορεί να δημιουργηθεί είναι η μη δυνατότητα πτώσης των σωματιδίων από τα τοιχώματα του κυκλώνα λόγω της μαγνητικής αντίστασης των σωματιδίων. Αυτό μπορεί να δημιουργηθεί όταν η σκόνη έχει ινώδη μορφή, είναι κολλώδης ή υγροσκοπική.

7.10.2 Σακκόφιλτρα

Στα σακκόφιλτρα τα αέρια περνούν από το πορώδες υλικό όπου κατακρατούνται τα σωματίδια. Ο διαχωρισμός της σκόνης για τα μεγαλύτερα σωματίδια επιτυγχάνεται με την παρεμπόδιση των σωματιδίων επί των ινών ενώ για τα μικρότερα με άμεση παρεμπόδιση, πρόσκρουση, διάχυση, ηλεκτροστατικές φορτίσεις και την βαρύτητα.

Όσο μεγαλύτερες είναι οι ταχύτητες των αερίων τόσο δυνατότερη είναι



Σχ. 21: Σακκόφιλτρα

η κρούση, ενώ παράλληλα μειώνεται η αποτελεσματικότητα της διάχυσης.

Το φιλτράρισμα επιτελείται σε 3 φάσεις: Την εναπόθεση της σκόνης στις ίνες, την δημιουργία υποεπιφανειακού στρώματος σκόνης και την δημιουργία του επιφανειακού στρώματος σκόνης. Ο σχηματισμός στρώματος σκόνης επί των σάκκων δρα ως κόσκινο για τα πολύ λεπτά σωματίδια. Οι σάκκοι έχουν σχήμα αυλών ή φακέλων και είναι τοποθετημένα σε ένα περίβλημα. Η σκόνη η οποία κατακρατείται στους ιστούς του φίλτρου καθαρίζεται ως εξής:

- Με δονήσεις (μηχανικά).
- Με ρεύμα αέρα αντιθέτου ροής.
- Με πεπιεσμένο αέρα.

Η σκόνη συγκεντρώνεται στον ειδικό χώρο συλλογής και απομακρύνεται.

Οι ίνες τους κατασκευάζονται από γυαλί, πλαστικό, ορυκτά και μέταλλα. Τελευταία αναπτύχθηκε μία μεμβράνη η οποία αποτελείται από πορώδες πολυτετραφθοροαιθυλένιο με την εμπειρική ονομασία GORE-TEX και η οποία δεν αντιδρά με τις περισσότερες χημικές ουσίες και είναι αποτελεσματική στους 260° C.

Σχεδιασμός Σακκόφιλτρων

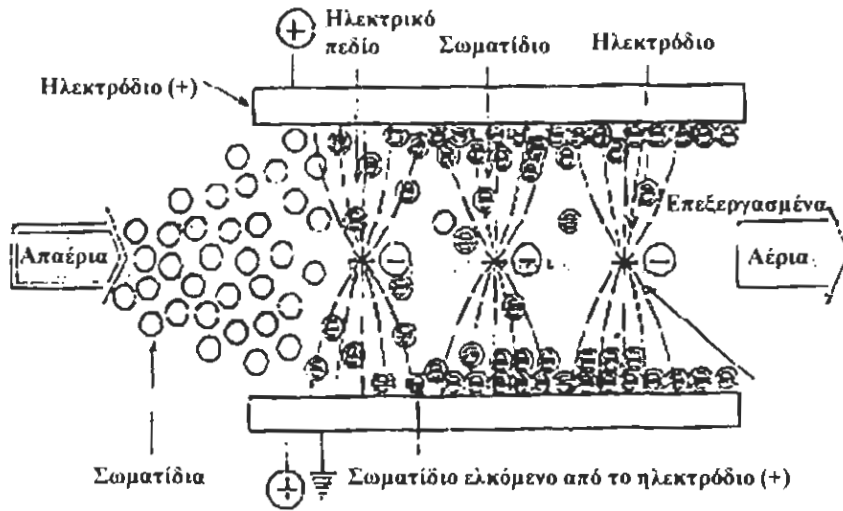
Ο σχεδιασμός των σακκόφιλτρων βασίζεται στην πλήρη γνώση των χαρακτηριστικών των αερίων συμπεριλαμβάνοντας την ροή, τις θερμοκρασίες, την υγρασία, την παρουσία κολλωδών ουσιών κ.ά. Το μέγεθος τους προσδιορίζεται από τον όγκο των αερίων τα οποία θα φιλτραρισθούν, την πίεση, τις ιδιότητες του στρώματος σκόνης.

Άλλο βασικό στοιχείο είναι η κατανομή των μεγεθών των σωματιδίων γιατί επηρεάζουν το πορώδες του στρώματος της σχηματιζόμενης σκόνης καθώς και τις φθορές στις ίνες.

7.10.3 Ηλεκτροφίλτρα

Οι βασικές αρχές των ηλεκτροστατικών φίλτρων είναι :

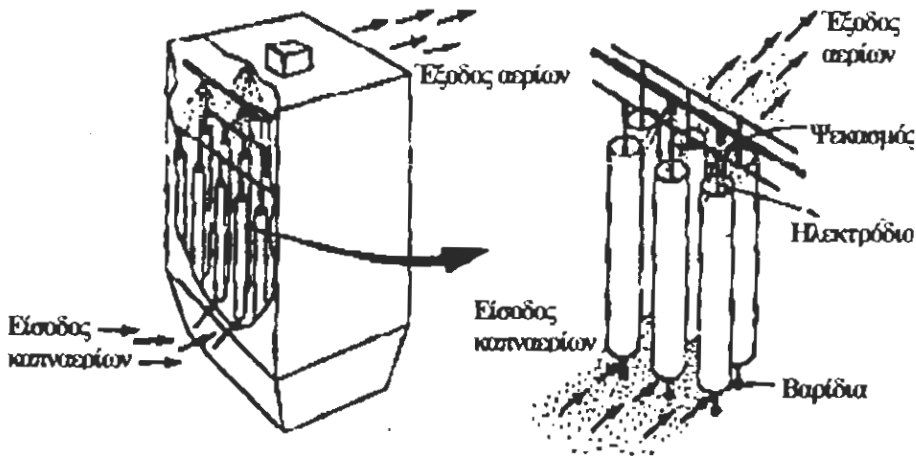
- Η δημιουργία ενός ρεύματος υψηλής τάσης, το οποίο χρησιμοποιείται για τη μεταφορά των σωματιδίων των αερίων.
- Η ανάπτυξη ενός ηλεκτρικού πεδίου μεταξύ των ηλεκτροδίων.
- Η μετακίνηση των συλλεγόμενων σωματιδίων. Δηλαδή παροχή ηλεκτροστατικού φορτίου στα σωματίδια και ακολούθως η συγκέντρωση και συλλογή τους λόγω του ηλεκτροστατικού πεδίου στα τοιχία του φίλτρου.



Σχ. 22 : Μηχανισμοί ηλεκτροστατικών φίλτρων

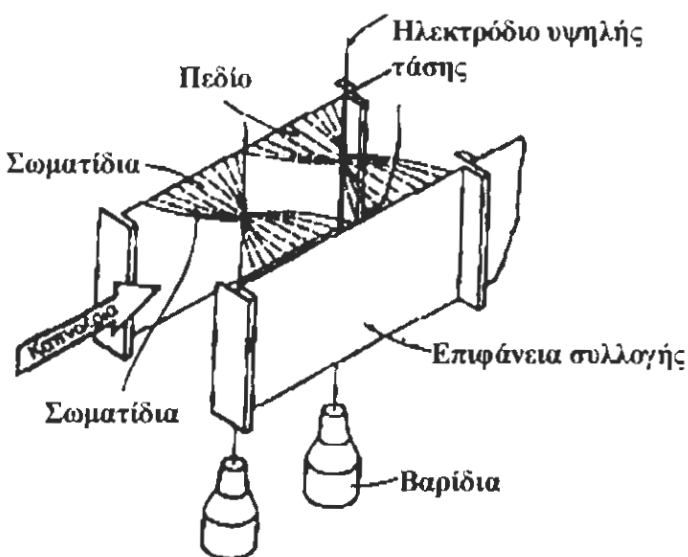
Κατασκευή ηλεκτροφίλτρου

Η εγκατάσταση των ηλεκτροφίλτρων αποτελείται από 2 μέρη :
 α) Το σύστημα κατακράτησης β) Το σύστημα υψηλής τάσης .



Σχ. 23: Ηλεκτόφιλτρο

Το σύστημα κατακράτησης αποτελείται από την κάθοδο, η οποία μπορεί να είναι ένα λεπτό σύρμα και την άνοδο δηλαδή το εσωτερικό περίβλημα του ηλεκτροφίλτρου. Μεταξύ ανόδου – καθόδου αναπτύσσεται τάση 30-80 KV. Όταν τα σωματίδια εισέλθουν στο πεδίο της καθόδου φορτίζονται και τα αρνητικά οδεύουν στον θετικό πόλο την άνοδο. Το περίβλημα αποτελείται από ένα στεγανό ατσάλινο λευκοσιδηρούχο πλαίσιο. Η ομοιόμορφη κατανομή του ρεύματος των



Σχ. 24 : Ηλεκτροστατικό φίλτρο με πλάκες

προς καθορισμό αερίων, επιτυγχάνεται με λευκοσιδηρούχες πλάκες οι οποίες φέρουν οπές και τοποθετούνται στην είσοδο των φίλτρων. Ο χώρος υποδοχής της σκόνης βρίσκεται στο κάτω μέρος του φίλτρου.

7.11 Μέθοδοι καθαρισμού αερίων

Ακολουθούν συγκεκριμένες μέθοδοι καθαρισμού οι οποίες στηρίζονται σε συνδυασμούς χρήσης όλων των συσκευών που αναφέραμε καθώς και συλλεκτών τύπου Venturi. Ο καθαρισμός των αερίων των μονάδων καύσης μπορεί να επιτευχθεί με τις εξής μεθόδους:

- α) Υγρός καθαρισμός.
- β) Ημίξηρος καθαρισμός.
- γ) Ξηρός καθαρισμός.

Κατά την υγρή μέθοδο χρησιμοποιείται διάλυμα έκπλυσης και τα προϊόντα των αντιδράσεων είναι σε υγρή μορφή.

Στον ημίξηρο καθαρισμό το υγρό έκπλυσης εξατμίζεται από την ροή των ίδιων των αερίων και τα προϊόντα της αντίδρασης είναι σε ξηρά μορφή. Στον ξηρό καθαρισμό το αντιδραστήριο (υλικό προσρόφησης) βρίσκεται σε στέρεα μορφή.

7.11.1 Υγρά μέθοδος καθαρισμού αερίων

Ο μηχανισμός μεταξύ καπναερίων και του υγρού σε ένα σύστημα υγρού καθαρισμού διακρίνεται σε τρεις φάσεις:

α) Την φάση της ψύξης και κορεσμού όπου τα αέρια ψύχονται ως ότου φθάσουν την αδιαβατική θερμοκρασία κορεσμού.

β) Την φάση της απορρόφησης. Οι βλαβερές ουσίες των καπναερίων πηγαίνουν στο υγρό.

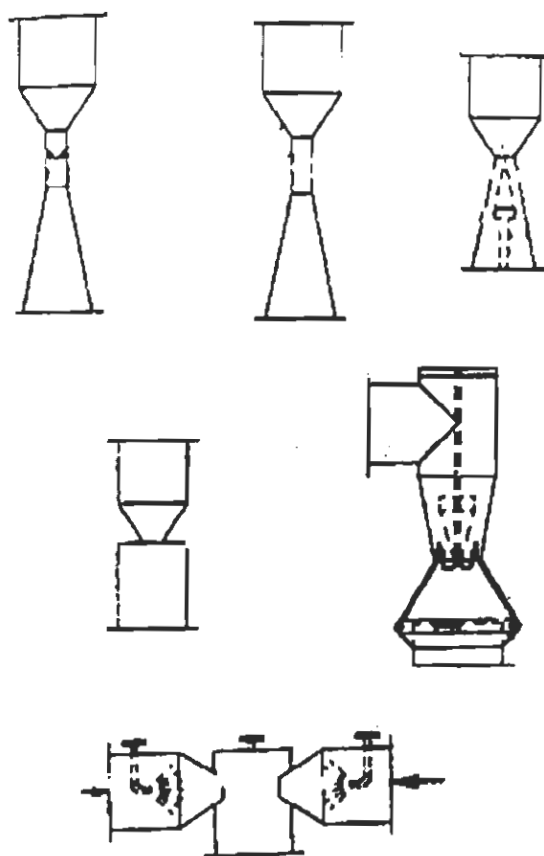
γ) Την φάση της απομάκρυνσης των υγρών σταγόνων με τα καπναέρια.

Το υγρό έκπλυσης έρχεται σε επαφή με το προς επεξεργασία αέριο ώστε να επιτευχθεί η μεταφορά υλικού από την αέρια φάση στην υγρή.

Στην υγρή φάση τα αέρια απορροφώνται χημικώς. Η διαδικασία της απορρόφησης εξαρτάται από την επιφάνεια μεταξύ των φάσεων, τον χρόνο παραμονής και το υλικό έκπλυσης. Όμως η δυνατότητα του αερίου διαφέρει από υγρό διάλυμα σε υγρό διάλυμα. Έτσι η διαλυτότητα του N, O₂, CO₂ είναι 2-10 φορές μεγαλύτερη στην αιθανόλη και την ακετόνη από ότι είναι στο νερό. Ένα μέρος των βαρέων μετάλλων κατά την πρώτη φάση μετατρέπονται σε διαλυτά χλωρίδια τα οποία απομακρύνονται συνήθως με ιονο-ανταλλαγή.

7.11.1.α. Σύστημα Venturi

Το απλούστερο σύστημα υγρού καθαρισμού των αερίων αποτελείται από ένα φίλτρο (ηλεκτρόφιλτρο – σακκόφιλτρο) και το σύστημα καθαρισμού Venturi. Το σύστημα αυτό βοηθά στην απομάκρυνση του HCl και HF. Σε δεύτερο στάδιο με προσθήκη ενός επιπλέον συστήματος Venturi μπορεί να απομακρυνθεί και το SO₂. Το πλέον βασικό χαρακτηριστικό του συστήματος Venturi είναι το στένεμα μέσω του οποίου διέρχονται τα αέρια με μεγάλες ταχύτητες και ακολούθως καταλήγουν στο τμήμα διαστολής. Από αυτό το τμήμα τα αέρια οδηγούνται στο θάλαμο διαχωρισμού των σωματιδίων ή στο σύστημα καθαρισμού των αερίων.



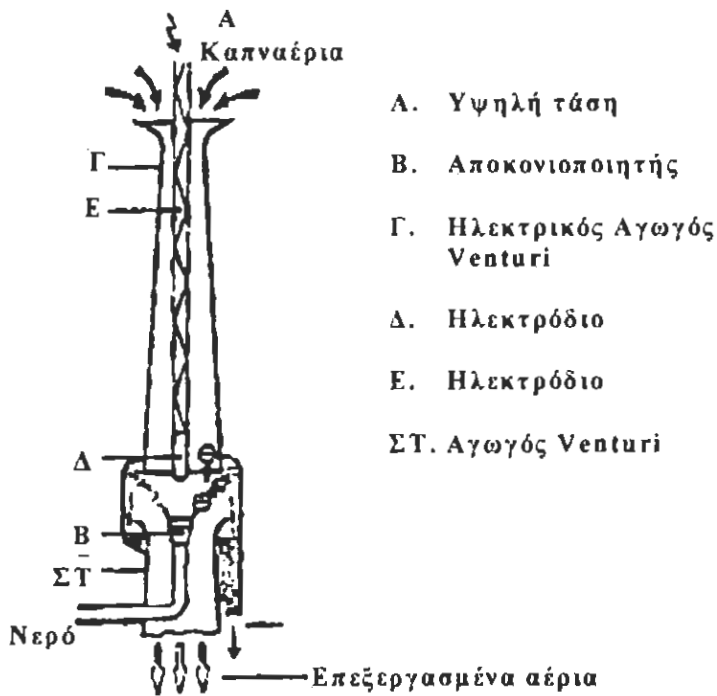
Σχ. 25 : Γεωμετρικά σχήματα Venturi

7.11.1.β. Ηλεκτροδυναμικό σύστημα Venturi

Τα κορεσμένα με νερό καπναέρια διασχίζουν τον αγωγό Venturi από πάνω προς τα κάτω. Η σκόνη διαβρέχεται, μεγαλώνουν τα σωματίδια με αποτέλεσμα την αύξηση της αγωγιμότητάς τους.

Μέσω ενός ηλεκτροδίου στον άξονα του αντιδραστήρα φορτίζονται τα σωματίδια αρνητικά. Στο τέλος του αγωγού τα σωματίδια έρχονται σε επαφή με ένα αποκονιοποιητή νερού ο οποίος είναι θετικά φορτισμένος από την επίδραση ενός ηλεκτροδίου. Τότε λόγω των ηλεκτροστατικών

έλξεων τα αρνητικά φορτισμένα σωματίδια ενώνονται με τα θετικά σταγονίδια H_2O και παγιδεύονται, οπότε διαχωρίζονται.



Σχ. 26 : Ηλεκτροδυναμικό σύστημα Venturi

7.11.1.γ. Πύργος Καταιονισμού

Μετά την απομάκρυνση ενός μέρους της σκόνης από τα φίλτρα, τα αέρια εισέρχονται στον πύργο όπου ψύχονται και περνούν στη φάση του κορεσμού από τον καταιονισμό του υγρού. Το πλέον χρησιμοποιούμενο διαλυτικό είναι το νερό που σε συνδυασμό με χημικές ενώσεις όπως το $KMnO_4$, $Ca(OH)_2$ και το $NaOH$ αυξάνουν την απορροφητική του ικανότητα. Η ποικιλία των ενώσεων που μας ενδιαφέρει να δεσμευτούν από τα αέρια απόβλητα απαιτεί διαφορετικές συνθήκες απορρόφησης, και για αυτό το λόγο μια διαδικασία για να μπορεί να δράσει αποτελεσματικά σε αυτό τον τομέα θα πρέπει να διαχωρίζεται σε στάδια,

όπου σε κάθε ένα από αυτά θα απορροφούνται συγκεκριμένα συστατικά των αερίων. Η κλασική υλοποίηση αυτής της μεθόδου είναι η μονάδα πλύσης τριών σταδίων όπως φαίνεται στο σχ . Τα τρία στάδια είναι η πλύση με αραιό οξύ για την απομάκρυνση αμμωνίας και βασικών οσμών, η πλύση με βασικό υποχλωριώδες νάτριο για την κύρια οξείδωση και η πλύση με αραιό υδροξείδιο του νατρίου για την απομάκρυνση χλωρίου που τυχόν εκλύεται κατά το δεύτερο στάδιο. Τα χημικά διαλύματα εισάγονται στους πύργους μέσω ακροφυσίων νεφελώδους ψεκασμού. Το μικρό μέγεθος των σταγονιδίων που παράγονται από τα ακροφύσια νεφελώδους ψεκασμού έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία μιας μεγάλης επιφάνειας για την απορρόφηση των ενώσεων καθώς τα αέρια περνούν μέσα από τον πύργο. Τα καθαρά πλέον αέρια οδηγούνται στον διαχωριστή των σταγονιδίων για την απομάκρυνσή τους.

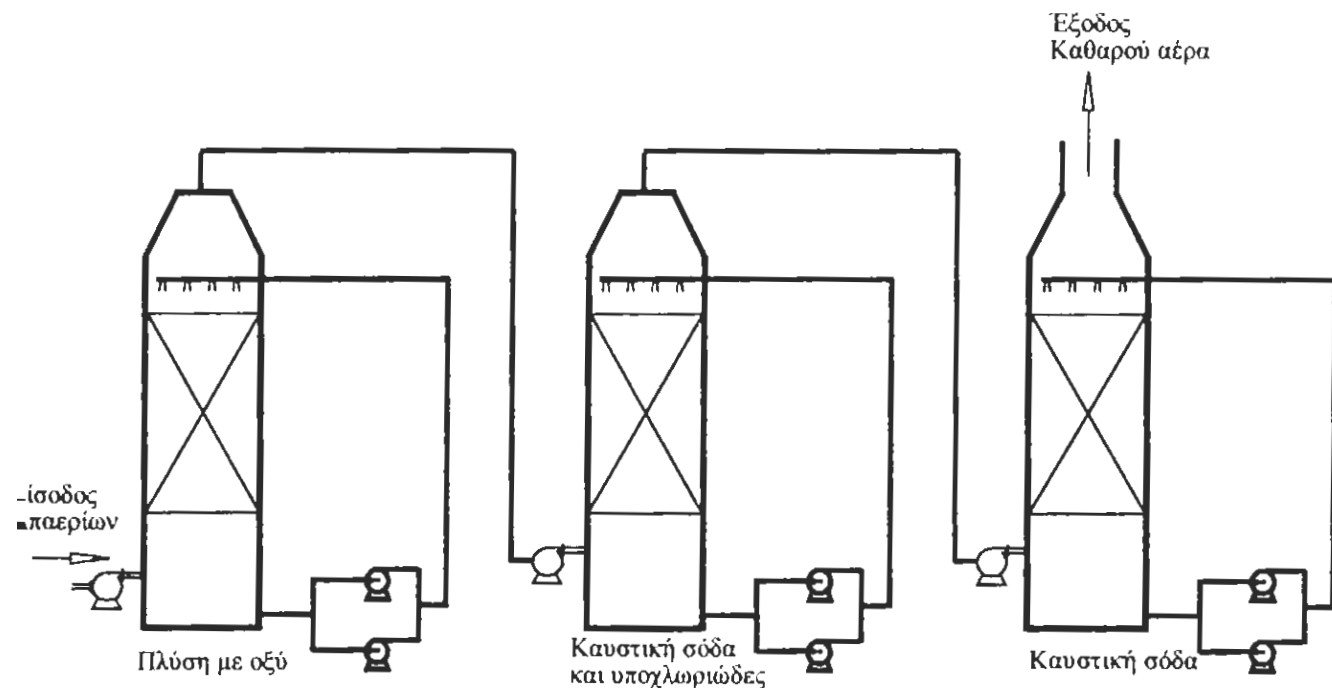
Η διαδικασία αυτή είναι μεν αποδοτική υστερεί όμως σε τομείς όπως το μεγάλο κόστος εγκατάστασης με τις αυξημένες απαιτήσεις χώρου, λειτουργίας και συντήρησης.

Στο πέρασμα του χρόνου έχουν γίνει διάφορες προσαρμογές επί του βασικού σχεδιασμού. Η μέθοδος Odorgard συνδυάζει την αποτελεσματική χημική πλύση με ένα ετερογενή καταλύτη, οδηγώντας σε αυξημένη απόδοση απορρόφησης μέσω της οξείδωσης των ρύπων στην υγρή φάση σε ένα μόνο στάδιο. Η μέθοδος αυτή μειώνει αισθητά το μέγεθος, το κόστος επένδυσης και την πολυπλοκότητα του συστήματος απορρόφησης, ενώ εξασφαλίζει μεγαλύτερη απόδοση απομάκρυνσης βλαβερών ουσιών. Το πλήθος των σωληνώσεων και του εξοπλισμού για τη δοσομέτρηση των χημικών, των αγωγών διασύνδεσης και του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού για τον αυτοματισμό μειώνεται αισθητά χωρίς να επηρεάζεται η απόδοση της διαδικασίας.

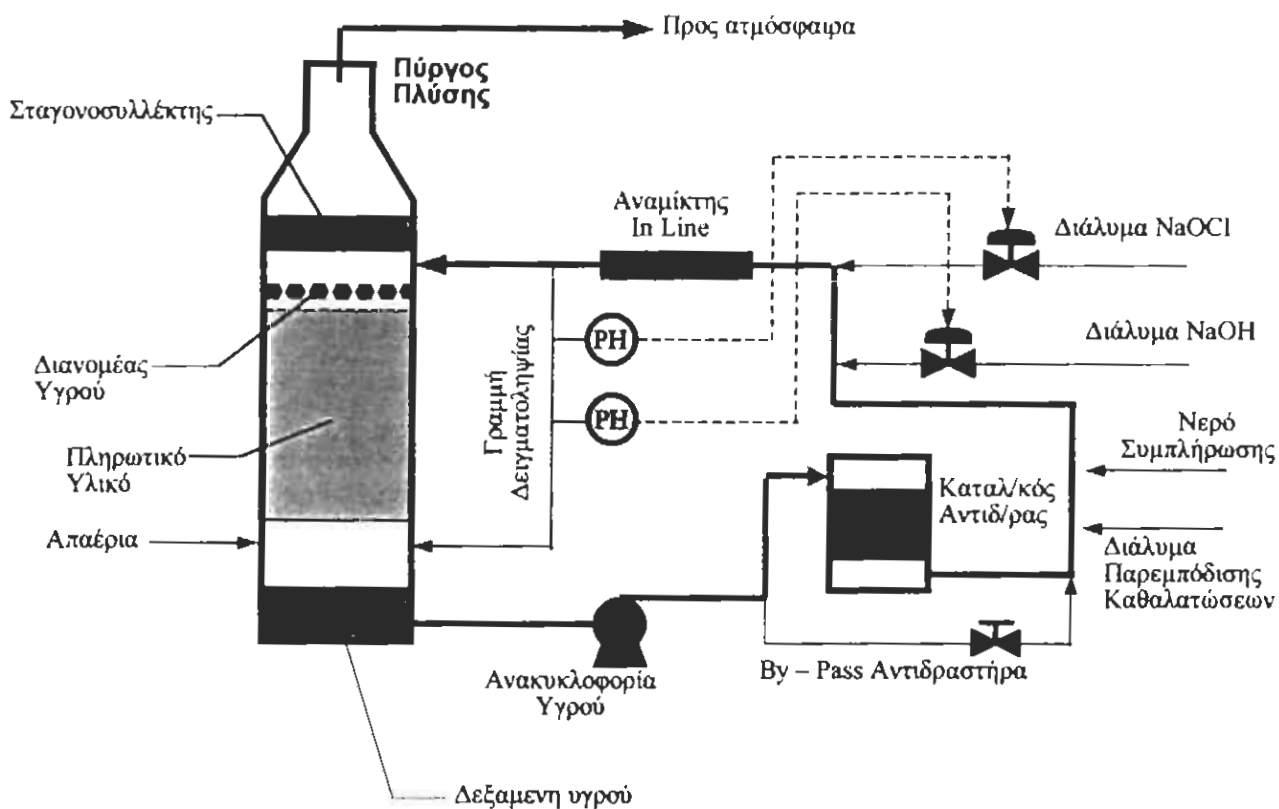
Η μέθοδος Odorgard

Στο σχήμα φαίνεται το διάγραμμα ροής της διεργασίας Odorgard. Τα απαέρια οδηγούνται σε ένα πύργο πλύσης με πληρωτικό υλικό σε αντιστροφή με ένα αραιό αλκαλικό διάλυμα υποχλωριώδους νατρίου. Ο πλυμένος καθαρός αέρας αποβάλλεται στην ατμόσφαιρα αφού περάσει μέσω ενός σταγονοσυλλέκτη, ενώ οι οσμές ροφούνται στην υγρά φάση όπου αντιδρούν σε μικρή έκταση.

Το υγρό ρεύμα εγκαταλείπει τον πυθμένα του πύργου και οδηγείται σε έναν καταλυτικό αντιδραστήρα σταθερής κλίνης. Η οξειδωση των ροφημένων ουσιών πάνω στον καταλύτη είναι ταχύτατη. Οι μικροί χρόνοι παραμονής στον πυθμένα του πύργου και οι χαμηλές συγκεντρώσεις υποχλωριώδους είναι συνηθισμένες παράμετροι σχεδιασμού για αυτό το σύστημα. Ένα τέτοιο σύστημα ρυθμίζεται για να αντεπεξέρχεται στο φορτίο αιχμής του δύσοσμου ρύπου. Όταν το σύστημα λειτουργεί υπό χαμηλή φόρτιση, τυχόν περίσσεια υποχλωριώδους θα παραμένει στο κύκλωμα ανακυκλοφορίας μέχρι να εμφανιστεί η αιχμή.



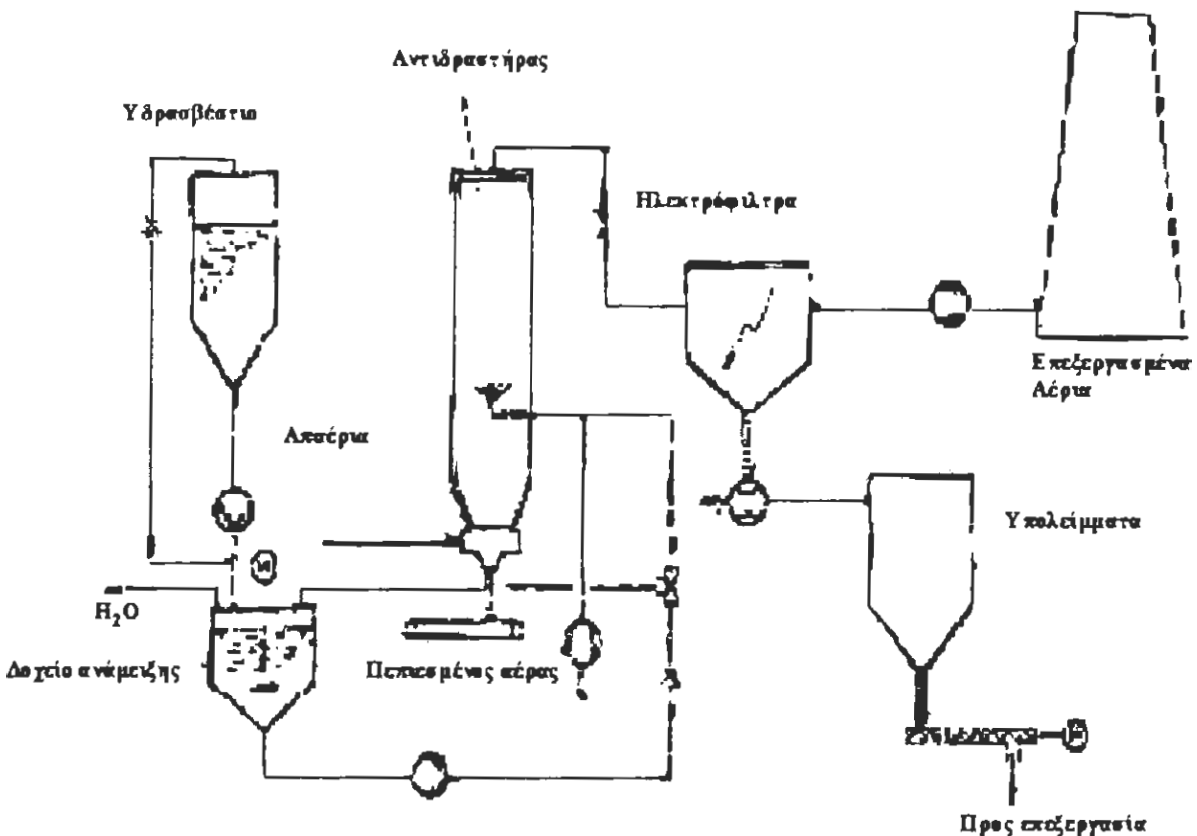
Σχ. 27 : Πλύση σε τρία στάδια



Σχ. 28 : Διεργασία Odorgard

7.11.2. Ημιξηρά μέθοδος καθαρισμού αερίων

Η μέθοδος της απορρόφησης μέσω ψεκασμού σε ημίξηρο περιβάλλον έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται τελευταία. Βασικές προϋποθέσεις είναι αφενός μεν ο ψεκασμός να γίνεται με κατάλληλο απορροφητικό μέσο, αφετέρου να δημιουργείται επαφή του απορροφητικού νέφους με τα προς επεξεργασία αέρια. Στην αρχή κατά τον ψεκασμό η σταγόνα περιέχει διαλυμένο υδροξείδιο του ασβεστίου και στέρεα σωματίδια. Η σταγόνα περιβάλλεται από καπναέρια και μόρια νερού. Ακολούθως εξατμίζεται



Σχ. 29: Ημιξηρά μέθοδος καθαρισμού αερίων

ένα μέρος του νερού και τα καπναέρια αντιδρούν με το πρόσθετο υλικό με διάχυση, διάλυση και χημική αντίδραση. Πριν την εφαρμογή αυτής της μεθόδου η σκόνη έχει απομακρυνθεί σε ένα κυκλώνα. Το μέσο εξουδετέρωσης ψεκάζεται στον αντιδραστήρα ως υδατικό διάλυμα και

αντιδρά με τα όξινα αέρια HF, HCl, SO_x, CO των καπναερίων. Τα παραχθέντα ξηρά άλατα, καθιζάνουν.

7.11.3. Ξηρός καθαρισμός αερίων

Ο καθαρισμός επιτυγχάνεται με προσρόφηση των καπναερίων από αλκαλικά αντιδραστήρια σε 5 φάσεις :

α) Επιτυγχάνεται η διάχυση των αερίων ρύπων στην αέρια φάση.

β) Ακολουθεί η διάχυση των αερίων ρύπων μέσω των πόρων του αντιδραστηρίου.

γ) Η χημική αντίδραση των αερίων ρύπων με τα στερεά.

δ) Η διάχυση των αερίων προϊόντων αντίδρασης.

ε) Η διάχυση των αερίων προϊόντων αντίδρασης από την επιφάνεια των σωματιδίων στην αέρια φάση.

Στην (γ) φάση παρουσιάζεται το τελικό προϊόν αντίδρασης. Ο βαθμός επιτυχίας εδώ εξαρτάται από το μέγεθος των σωματιδίων, από τα αλκαλικά, την θερμοκρασία και την υγρασία στα αέρια. Δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά από τον ημίξηρο καθαρισμό. Προηγείται απομάκρυνση της σκόνης, εφύγραση των αερίων, εισαγωγή των αντιδραστηρίων και δέσμευση των ρύπων, διαχωρισμός του προϊόντος αντίδρασης και ιπτάμενης τέφρας.

7.12 Επεξεργασία υπολειμμάτων

Εκτός από τις ανησυχίες για τις εκπομπές αερίων ρύπων στην ατμόσφαιρα, ένας άλλος τομέας της διαδικασίας αποτέφρωσης που απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή είναι και τα στερεά της υπολείμματα (slag) και η ιπτάμενη τέφρα (fly ash) τα οποία περιέχουν σημαντικές ποσότητες βαρέων μετάλλων και διοξινών.

Εδώ θα ασχοληθούμε με την μέθοδο της τήξης αυτών των υπολειμμάτων όπου δηλαδή τα στερεά υπολείμματα μέσω τήξης μετατρέπονται σε υλικά τα οποία θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατ' οιονδήποτε τρόπο.

7.13 Θερμική επεξεργασία υπολειμμάτων

Η αδρανοποίηση των υπολειμμάτων μπορεί να επιτευχθεί με την μέθοδο της τήξης. Τα υπολείμματα αποτελούνται ως επί το πλείστον από τα οξείδια του πυριτιδίου γι αυτό και λαμβάνεται υπόψιν η εμπειρία από την παραγωγή γυαλιού και την μεταλλουργία. Η τήξη επιτυγχάνεται συνήθως στους 1200°C. Τα μη καύσιμα μέρη είναι κυρίως το πυρίτιο, το αλουμίνιο, ο σίδηρος, το μαγνήσιο και τα αλκάλια. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της τήξης ανάλογα με την αύξηση της θερμοκρασίας συμβαίνουν διάφορα κατά τα οποία παράγονται αέρια.

Οι διαδικασίες ανά στάδιο θερμοκρασίας έχουν ως εξής :

- 1> Μέχρι τους 300°C : απομάκρυνση του νερού της επιφάνειας.
- 2> Πάνω από τους 300°C : διάσπαση των ανθρακικών μετάλλων.
- 3> Μέχρι 600°C : αφύγρανση των υδροξειδίων.
- 4> Πάνω από 600°C : διάσπαση θειϊκών μετάλλων.
- 5> Πάνω από 900°C : διάσπαση χλωριδίων.

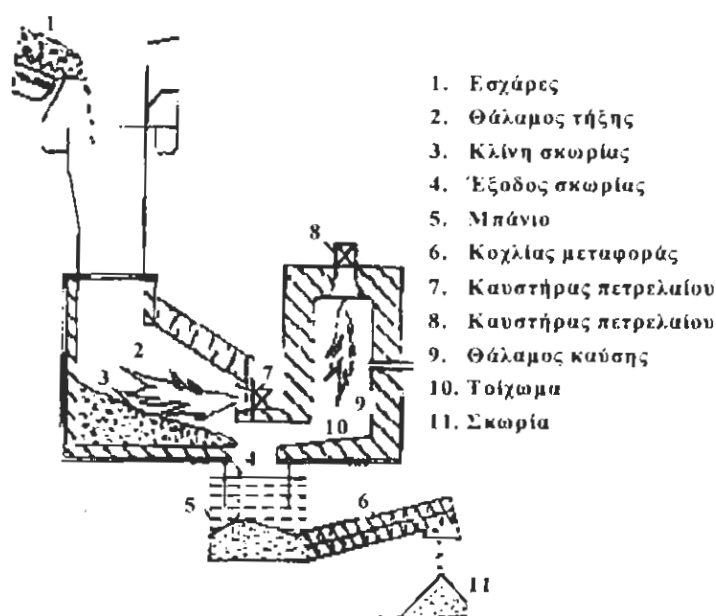
6> Σε 1150-1300°C : τα υπόλοιπα στοιχεία παρουσιάζονται σε ρευστή μορφή (Αργιλοπυριτικό Τήγμα).

Οι τοξικές ουσίες όπως χλώριο, φθόριο, θείο και τα βαρέα μέταλλα ψευδάργυρος, μόλυβδος, υδράργυρος οι οποίες μετά την μίξη των καπναερίων κατακάθονται στα υπολείμματα , εξατμίζονται εκ νέου κατά την διαδικασία της τήξης. Το πυριτικό γυαλί αποτελείται από SiO_4 . Το ιόν πυριτίου (Si^{4+}) το οποίο είναι σχετικά μικρό, περιβάλλεται από 4 μεγάλα ιόντα οξυγόνου (O_2^{2-}). Το πυρίτιο μπορεί να αντικατασταθεί από ιόντα αλουμινίου (Al^{3+}) ή από ιόντα φωσφόρου, αρσενικού, βαρίου και βαναδίου. Επίσης μία σειρά από στοιχεία όπως: Ασβέστιο, Κάλιο, Νάτριο και Ψευδάργυρος μπορούν να μπουν στα κενά του Al-Si τετραέδρου, χωρίς να αλλάξει η υαλώδης κατάσταση.

Η παραγωγή του γυαλιού αποδεικνύει ότι δεν υπάρχει κίνδυνος από την δέσμευση τοξικών ουσιών ή ενώσεων π.χ. τα κρύσταλλα ποτηριών με περιεκτικότητα οξειδίου του Μολύβδου 24%.

Μέθοδος VON ROLL:

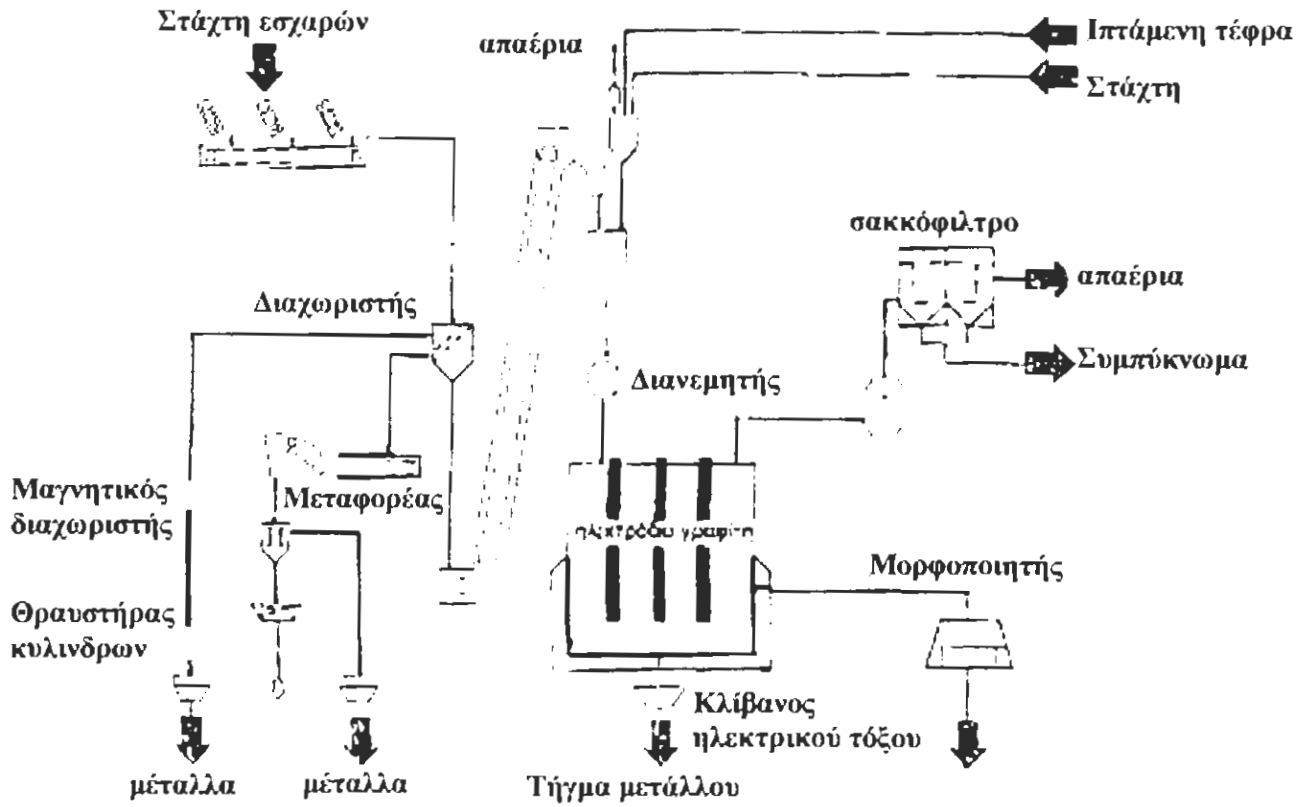
Η εταιρία Von Roll κατάφερε να δημιουργήσει ένα σύστημα τήξης των υπολειμμάτων καύσης. Αυτά θα οδηγούνται μέσα σε ένα θάλαμο τήξης, ο οποίος θα διατηρεί θερμοκρασία 1500°C. Τα υπολείμματα αφού υγροποιηθούν ρέουν σε ένα μάνιο ψύξης και ακολούθως απομακρύνονται. Αντίστοιχα και η σκόνη των φίλτρων θα υποστεί διαδικασία τήξης στους 1800°C σε ειδικό καυστήρα και θα καταλήξει στο μάνιο ψύξης.



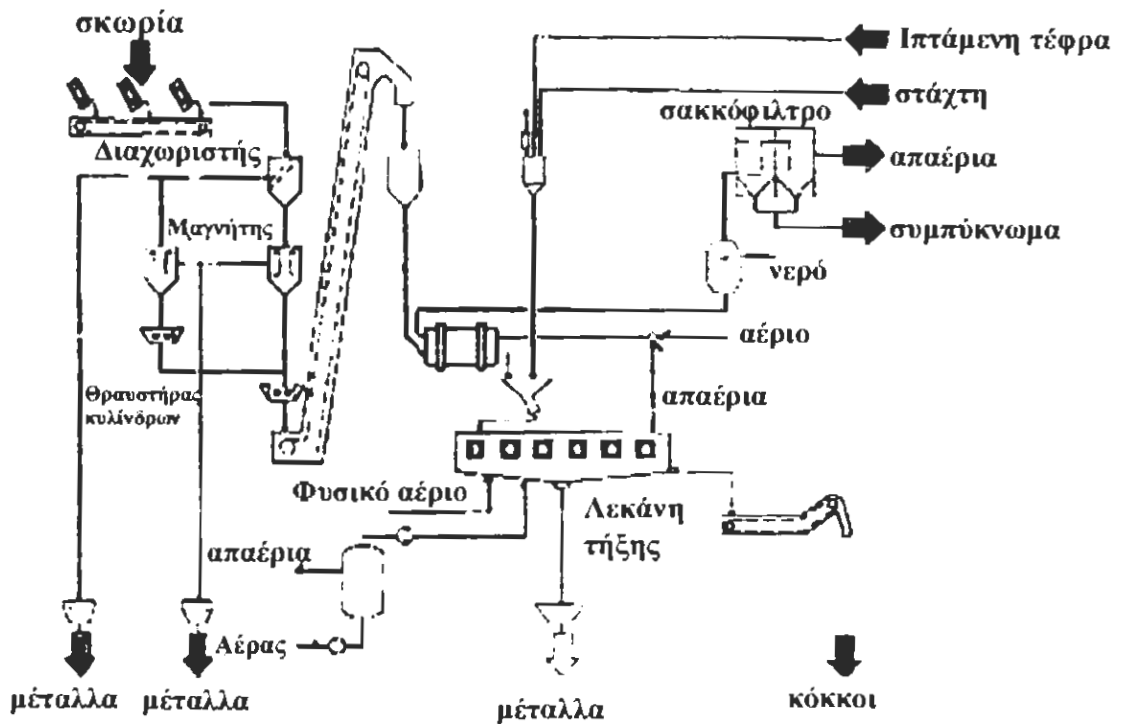
Σχ. 30 : Τήξη υπολειμμάτων (Von Roll)

Μέθοδος REDMELT και FOSMELT:

Η εταιρεία Steinmuller ανέπτυξε δύο μεθόδους για την θερμική αδρανοποίηση των υπολειμμάτων, τις μεθόδους Redmelt και Fosmelt. Η Redmelt (Redmelt Melting) αποτελεί μια μέθοδο αναγωγικής τήξης. Σε θερμοκρασίες από 1200°C – 1600°C, τα οξειδία των βαρέων μετάλλων ανάγονται μέσω του άνθρακα χωρίς να γίνει αντίδραση με τα οξειδία Πυριτίου και Μαγνησίου και εξατμίζονται, και μετέπειτα με ψύξη ανακτώνται σε μορφή μεταλλικών αλάτων. Η κατάλληλη θερμοκρασία τήξης καταστρέφει τις τοξικές οργανικές ουσίες όπως οι διοξίνες και οι φουράνες. Η προεπεξεργασία κατορθώνει τον διαχωρισμό του σιδήρου, το κοσκίνισμα και τον τεμαχισμό, ενώ η τήξη λαμβάνει μέρος σε φούρνους ηλεκτρικού τόξου. Αντίστοιχη είναι και η αρχή λειτουργίας της μεθόδου Fosmelt. Η τήξη γίνεται σε φούρνους γυαλιού που λειτουργούν με φυσικό αέριο και οξυγόνο.



Σχ.31 : Μέθοδος Redmelt

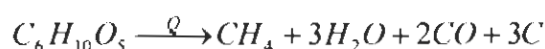


Σχ. 32: Μέθοδος Fosmelt

7.14 Πυρόλυση

Η πλέον συνηθισμένη μέθοδος θερμικής επεξεργασίας είναι η καύση. Παρότι σημειώθηκε πρόοδος στην τεχνολογία της καύσης υπάρχουν ορισμένα κενά στον τομέα της προστασίας του περιβάλλοντος όπως είδαμε. Με στόχο την βελτίωση της θερμικής επεξεργασίας, οδηγηθήκαμε στην θερμική διάσπαση των οργανικών ουσιών χωρίς ή με ελάχιστη παρουσία ελεύθερου οξυγόνου, δηλαδή στην Πυρόλυση.

Κατά την πυρόλυση των αποβλήτων κύριο λόγο έχουν τα οργανικά υλικά. Το μεγαλύτερο μέρος των υλικών που περιέχουν άνθρακα αποτελείται από κυτταρίνη. Σπουδαίο ρόλο παίζει επίσης και η υγρασία των αποβλήτων. Κατά την πυρόλυση λοιπόν παράγονται τα προϊόντα κωκ, καύσιμη ύλη, αέριο και νερό. Η πυρόλυση είναι μία ενδόθερμη αντίδραση. Ειδικά στις κυτταρίνες υπάρχει η αντίδραση



δηλαδή έχουμε την παραγωγή ενός μίγματος αερίου που περιέχει μεθάνιο, μονοξείδιο του άνθρακα και υγρασία. Τυπικά η πυρόλυση των οξυγονωμένων H/C σε στερεά μορφή είναι η ακόλουθη :

Στερεά \Rightarrow

$CO_2 + CO + H_2O + CH_4 + C_xH_y + NH_3 +$ μη υγροποιημένα πτητικά. Η πίσσα περιέχει πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες αλλά επίσης υδρογόνο και οξυγόνο.

Η αναλογία πυρόλυσης των περισσότερων οργανικών ουσιών είναι : 75-90% (πτητικά) και 10-25% (κωκ).

Τα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα κατά την πυρόλυση είναι :

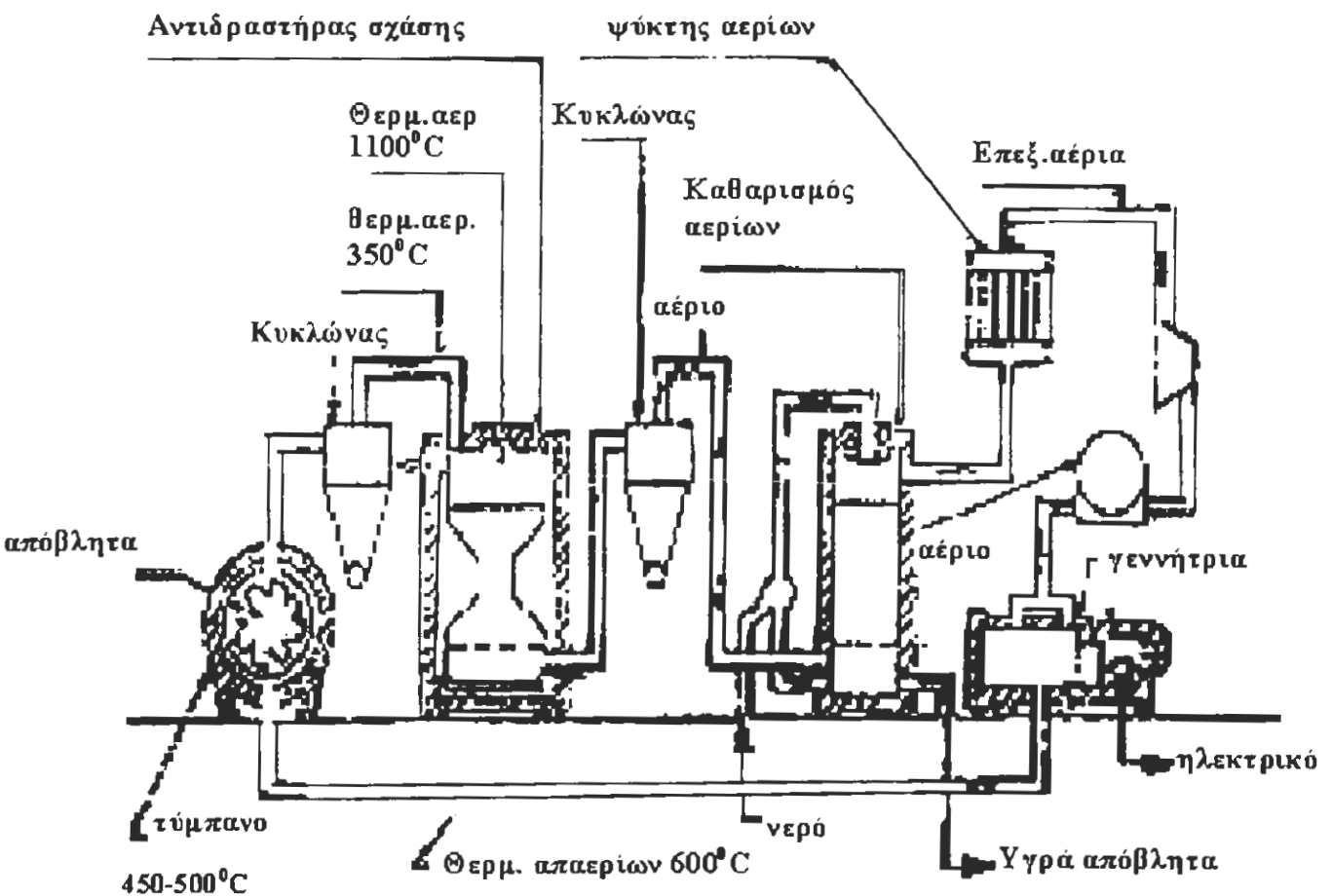
- Η ξήρανση (100-200°C).

Ως αντιδραστήρες για την πυρόλυση των αποβλήτων χρησιμοποιούνται κλασσικοί ή περιστροφικοί κλίβανοι, τύμπανα ή αντιδραστήρες ρευστοποιημένης κλίνης.

Ακολουθούν συγκεκριμένες μέθοδοι πυρόλυσης οι οποίες έχουν βρει εφαρμογή σε διάφορες χώρες:

Μέθοδος KIENER:

Τα απόβλητα εδώ μεταφέρονται σε ένα περιστρεφόμενο τύμπανο που θερμαίνεται εξωτερικά, μέσα στο οποίο θα επιτευχθεί η πυρόλυση. Τα αέρια της καύσης οδηγούνται στον θάλαμο καύσης. Για να πετύχουμε

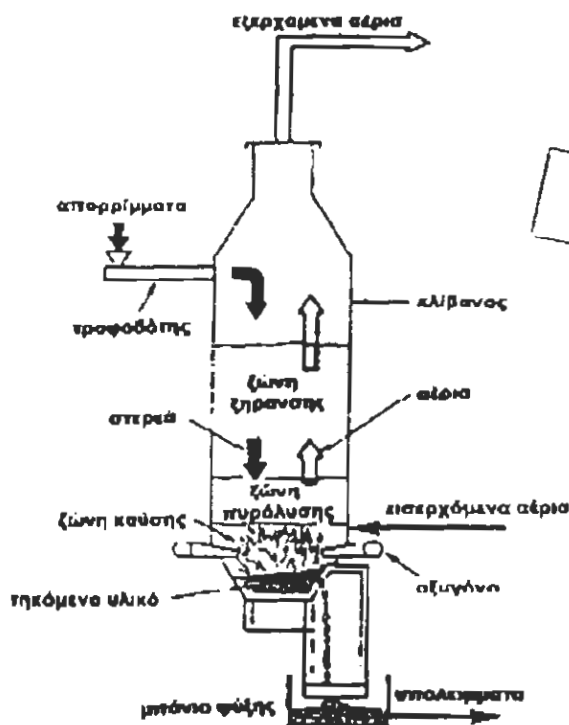


Σχ. 33: Μέθοδος Kiener

την σχάση των υδρογονανθράκων και των αρωματικών ενώσεων θα αυξήσουμε την θερμοκρασία στους 1200°C με μερική καύση των αερίων. Αυτή η θερμοκρασία στη συνέχεια πέφτει και τα αέρια ψύχονται και καθαρίζονται. Στο τέλος αυτού του συστήματος πυρόλυσης υπάρχουν κινητήρες αερίων που συνδέονται με ηλεκτρικές γεννήτριες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Μέθοδος PUROX:

Η εταιρεία Union Carbide Cop. Χρησιμοποιεί έναν πυρολυτικό αντιδραστήρα ο οποίος έχει μορφή κατακόρυφου θαλάμου. Η είσοδος του οξυγόνου γίνεται από το κάτω μέρος του αντιδραστήρα. Η καύση θα οδηγήσει σε παραγωγή θερμών αερίων τα οποία θα διαπεράσουν τα απόβλητα και θα τα πυρολύσουν κατά την ψύξη τους. Τα εξερχόμενα από τον αντιδραστήρα αέρια είναι σχεδόν καθαρά και έχουν καλή θερμογόνο τιμή γεγονός που οφείλεται στη χρήση οξυγόνου αντί αέρα.



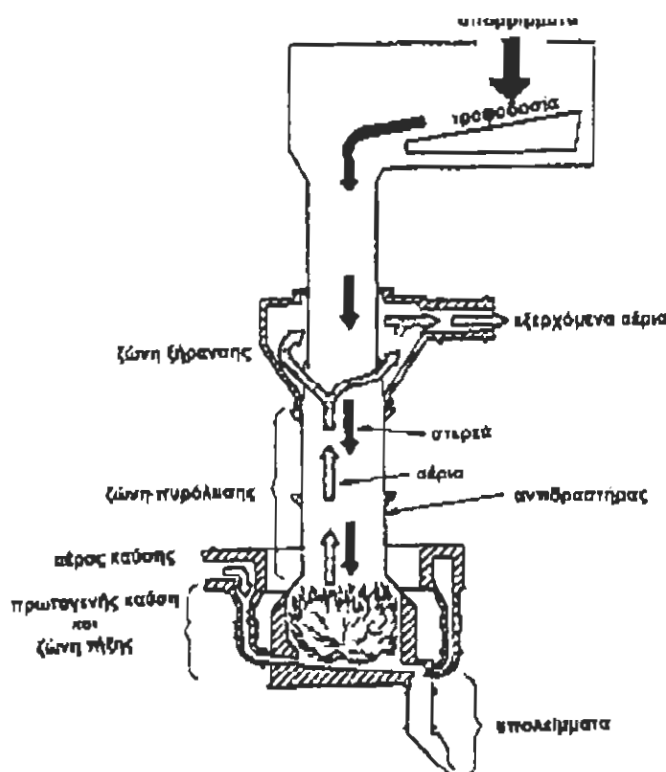
T.E.I. ΠΑΤΡΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Σχ. 34 : Αντιδραστήρας Purox

Τα κοκκώδη υπολείμματα ψύχονται σε μάνια και στερούνται μικροβιολογικής ύλης

Μέθοδος TORRAX:

Η εταιρεία Carborundum. Corp. έχει αναπτύξει την μέθοδο TORRAX. Τα απόβλητα εδώ εισέρχονται στον αντιδραστήρα από το επάνω μέρος και ο απαιτούμενος αέρας από το κάτω μέρος του. Τα αέρια κατά την ανοδική τους πορεία στον αντιδραστήρα πυρολύουν τα απόβλητα και



Σχ. 35 : Αντιδραστήρας Torrax

ξηραίνουν το νεοεισερχόμενο υλικό. Τα αέρια που παράγονται μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ατμού ή θερμού νερού.

7.15 Στερεά Υπολείμματα Πυρόλυσης

Τα στερεά υπολείμματα της πυρόλυσης υπολογίζονται στο 35% για την περίπτωση του περιστροφικού κυλίνδρου όπου το 4-5 % είναι

στάχτες κυκλώνα και φίλτρου. Το 20% αυτών των υπολειμμάτων είναι άνθρακας.

Μία δυνατότητα επεξεργασίας τους εκτός από την διάθεσή τους σε μονάδες τοξικών αποβλήτων, που θα αναφέρουμε μετέπειτα, είναι η τήξη ή η κεραμοποίησή τους.

Η εταιρεία SIEMENS εμπλουτίζει τα υπολείμματα με άνθρακα σε ποσοστό 30-40% και στην συνέχεια ξεκινά η διαδικασία της τήξης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

ΔΙΑΘΕΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Εισαγωγή

Η διάθεση των αποβλήτων αποτελεί μια σημαντική διαδικασία στην αλυσίδα των εργασιών επεξεργασίας των επικινδύνων και τοξικών αποβλήτων. Όλοι οι τρόποι διάθεσης των προεπεξεργασμένων αποβλήτων διέπονται από διαδικασίες οι οποίες χαρακτηρίζονται ως ασφαλείς από υγειονομική άποψη, από περιβαλλοντική σκοπιά, και είναι οικονομικά συμφέρουσες.

Οι παράμετροι που αφορούν το έργο διάθεσης επικινδύνων αποβλήτων και πρέπει να εξετασθούν είναι :

- Ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών των επεξεργασμένων αποβλήτων (παθογόνα, οργανικό φορτίο, βαρέα μέταλλα).
- Ο καθορισμός των παραμέτρων σχεδιασμού (εδαφικές απαιτήσεις).
- Η δομή και λειτουργία της κάτω αδιαπέρατης προστατευτικής στρώσης (lining system).
- Η δομή και λειτουργία της άνω αδιαπέρατης προστατευτικής στρώσης (capping system).

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΔΙΑΘΕΣΗΣ

8.1 Παράγοντες επικινδυνότητας

Τα απόβλητα μετά την επεξεργασία τους σε οποιαδήποτε μορφή (ιλύς, στάχτες), εξακολουθούν να περιέχουν οργανικά στερεά και παθογόνους μικροοργανισμούς κάνοντας δυσκολότερο το έργο της διάθεσής τους. Το

έδαφος το οποίο αποτελεί την βασική εναλλακτική λύση δεν μπορεί να είναι άκριτα δέκτης των αποβλήτων. Πρώτον, διότι το οργανικό φορτίο των αποβλήτων μπορεί να δημιουργήσει οσμές ελκύνοντας επιβλαβή έντομα. Επίσης, οι παθογόνοι μικροοργανισμοί (βακτήρια, ιοί) μεταδίδουν σοβαρές ασθένειες στον άνθρωπο. Συνήθως, λόγω της απορροφητικής και διηθητικής ικανότητας του εδάφους απομακρύνεται το 80-90 % της πλειοψηφίας των επιβλαβών μικροοργανισμών. Παράδειγμα αυτών είναι η απομάκρυνση μεγάλου μέρους των φωσφορικών ιόντων, φαινόμενο όμως που δεν παρατηρείται στα νιτρικά. Τα νιτρικά ιόντα έχουν την ικανότητα διείσδυσης στο έδαφος με αποτέλεσμα την μόλυνση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα.

Σημαντικό κριτήριο για τη διάθεση των αποβλήτων αποτελεί η περιεκτικότητά τους σε βαρέα μέταλλα και σε οργανοχλωρικές ενώσεις (όπως PCBs) οι οποίες διασπώνται αργά και μπορούν να εισέλθουν στην τροφική μας αλυσίδα. Τα βαρέα μέταλλα είναι στοιχεία που περιέχονται στο έδαφος σε μικρές ποσότητες. Σε όξινα εδάφη ($\text{pH} < 7$), η παρουσία ευδιάλυτων ιόντων των μετάλλων αυτών αυξάνεται, με αποτέλεσμα να μεγαλώνει ο κίνδυνος μόλυνσης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Μερικά από τα στοιχεία αυτά όπως ο χαλκός και το μαγνήσιο είναι χρήσιμα στην ανάπτυξη των φυτών σε μικρές ποσότητες, γίνονται όμως φυτοτοξικά και ζωοτοξικά με την αύξηση των συγκεντρώσεών τους στο έδαφος.

Τα δύο πιο επικίνδυνα βαρέα μέταλλα είναι το κάδμιο και ο μόλυβδος, λόγω της υψηλής τους τοξικότητας σε μεγάλες συγκεντρώσεις. Το κάδμιο το οποίο σπάνια υπάρχει στη φύση, χρησιμοποιείται στη χημική βιομηχανία για την παραγωγή χρωμάτων και μπαταριών, με αποτέλεσμα να έχει αρχίσει η αύξηση της παρουσίας του στο περιβάλλον. Ο μόλυβδος αποτελεί το δεύτερο πιο σημαντικό στοιχείο. Εισέρχεται στα

απόβλητα μέσω σωληνώσεων παλαιών εγκαταστάσεων, ενώ η αδιαλυτότητά του τον καθιστά «μόνιμο» σε αυτά. Η τοξικότητά του είναι γνωστή εδώ και πολλά χρόνια γι' αυτό και έχει περιοριστεί η χρήση του.

8.2 Γεωτεχνικά στοιχεία

Οι χώροι διάθεσης των αποβλήτων πρέπει να σχεδιάζονται με τρόπο όπου ο όγκος των αποβλήτων να απομονώνεται πλήρως από τον περιβάλλοντα χώρο χωρίς να υπάρχει διαφυγή ουσιών (στερεών, υγρών, αερίων) σε όρια τα οποία μπορεί να θεωρηθούν επικίνδυνα. Για αυτό το λόγο τα γεωτεχνικά στοιχεία του υπεδάφους πρέπει να εκτιμηθούν πλήρως, πριν καταλήξουμε στην επιλογή χώρου διάθεσης των αποβλήτων. Τα στοιχεία του που πρέπει να γνωρίζουμε είναι :

1. Η σύνθεση και η φυσικοχημική του συμπεριφορά.
2. Το πορώδες.
3. Η διαπερατότητα.
4. Η αντίσταση στη διάβρωση.

Οποιαδήποτε μορφή ρύπανσης του υπόγειου υδροφορέα μπορεί να καταστεί αμέσως άκρως επικίνδυνη τόσο για το περιβάλλον όσο και για τον ίδιο τον άνθρωπο. Για αυτό και λαμβάνονται υπ' όψιν στοιχεία όπως οι θέσεις εκροής υπόγειων πηγών, το βάθος των υπογείων υδροφόρων οριζόντων καθώς και η σύνθεση των υπογείων υδάτων.

Η τήρηση και η διερεύνηση όλων αυτών των παραγόντων ουσιαστικά αποτελεί υποχρέωση και αναγκαιότητα προκειμένου ολόκληρος ο σχεδιασμός ενός τέτοιου χώρου απόθεσης αποβλήτων να κριθεί επιτυχημένος.

8.3 Αρχές σχεδιασμού χώρων απόθεσης

Είδαμε τους κινδύνους που υπάρχουν γύρω από τις διαδικασίες διάθεσης των αποβλήτων στο έδαφος. Μπορεί αυτός ο τρόπος να είναι ο τελευταίος κύριος σταθμός σε ολόκληρη την διαδρομή της διαχείρισης των αποβλήτων, είναι όμως αναγκαίο να μην αποτελέσει ο ίδιος πηγή επιπλέον μόλυνσης. Ειδικά όμως τα τελευταία χρόνια αυτή η μέθοδος διάθεσης των αποβλήτων στο έδαφος έχει ανεβάσει τα στάνταρ ασφάλειας για την υγεία και το περιβάλλον. Παράμετροι που μπορεί να επηρεάσουν άμεσα ένα τέτοιο έργο πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπ' όψιν. Η δομή και η λειτουργία της άνω και κάτω αδιαπέρατης προστατευτικής στρώσης, η σωστή χρήση των γεωμεμβρανών καθώς και θέματα σχετικά με τη δέσμευση των παραγόμενων υγρών και αερίων στο χώρο διάθεσης αποτελούν αντικείμενο του σχεδιασμού των χώρων υγειονομικής ταφής.

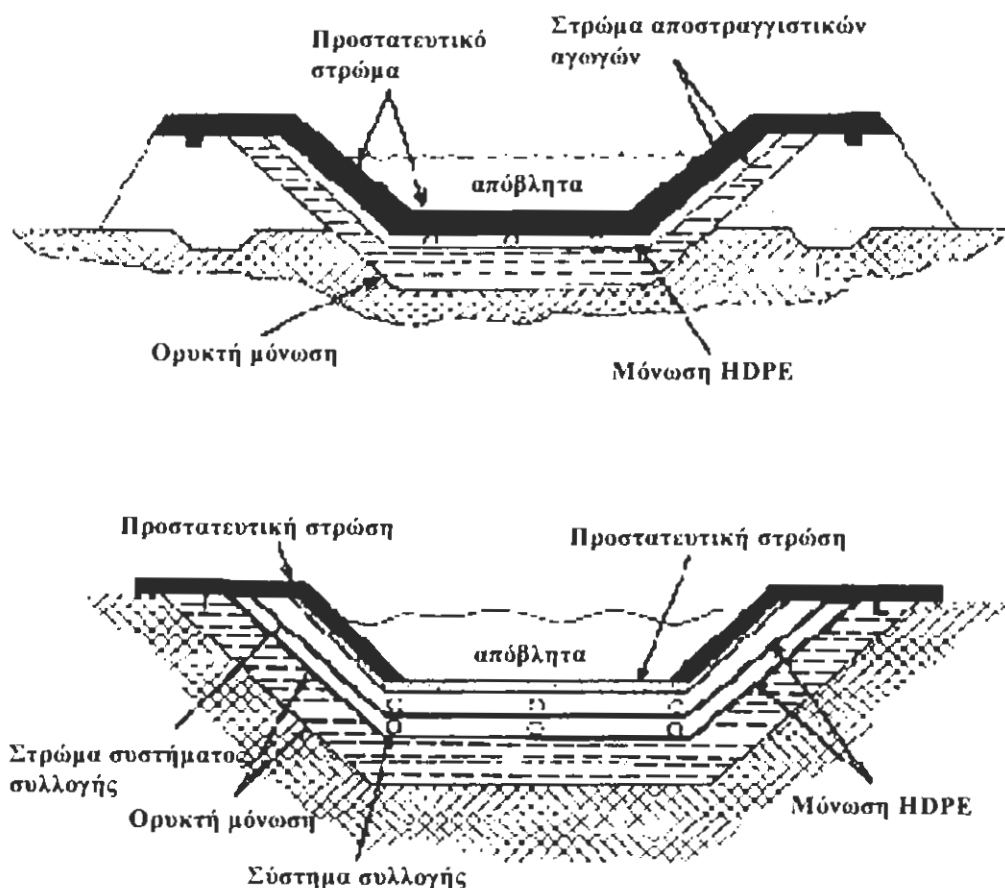
8.3.1 Μόνωση της βάσης

Οι κυριότεροι τρόποι μόνωσης βασίζονται είτε σε διάφορα ορυκτά υλικά ή γίνονται με τα κατάλληλα πλαστικά φύλλα. Αν και η μόνωση ελαχιστοποιεί τις διάφορες διαρροές, δεν μπορεί όμως να τις εξαλείψει τελείως. Γι' αυτό το λόγο γίνονται έρευνες πάνω σε συνθετικής μορφής μονώσεις ιδιαίτερα χαμηλής περατότητας που είναι γνωστές ως γεωμεμβράνες.

8.3.1.α Αργιλική στρώση

Το αργιλικό υλικό που θα χρησιμοποιήσουμε πρέπει να έχει ορισμένες ιδιότητες προκειμένου η χρήση του να κριθεί επιτυχημένη. Η αντίσταση στη διάβρωση, η ικανότητα εξάλειψης τυχόν διαρροών υγρών ρύπων μέσα από το αργιλικό σώμα καθώς και η ικανότητα απορρόφησης και συγκράτησης βαρέων μετάλλων, αποτελούν τα κυριότερα χαρακτηριστικά μιας αργιλικής στρώσης.

Η σωστή κατασκευή του εδαφικού φραγμού είναι απαραίτητη για τη διατήρηση του συντελεστή διαπερατότητας στα επιτρεπόμενα όρια. Για τα τοξικά απόβλητα η αδιαπέρατη εδαφική στρώση πρέπει να έχει πάχος



Σχ.36: Μόνωση της βάσης

τουλάχιστο 1 m και να αποτρέπει την μεταφορά υγρών ρύπων διαμέσου της μάζας της.

8.3.1.β. Γεωμεμβράνη

Οι γεωμεμβράνες είναι συνθετικής μορφής μονώσεις χαμηλής περατότητας. Η κατασκευή και η τοποθέτηση μιας γεωμεμβράνης πρέπει να ικανοποιεί προϋποθέσεις όπως :

- Αποφυγή διαρροών.

- Αποφυγή παραμορφώσεων στο στρώμα της.
- Αντίσταση σε χημικές επιδράσεις.

Η πλέον χρησιμοποιούμενη γεωμεμβράνη είναι το υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο HDPE και το PVC, τα οποία παρουσιάζουν μια αρκετά υψηλή αντίσταση στην επαφή τους με τα διάφορα χημικά. Πριν την τοποθέτηση αυτών των πλαστικών φύλλων συμπιέζεται καλά η βάση και επάνω της τοποθετείται στρώμα άμμου 5 – 20 cm. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί κατά την συναρμογή των γεωμεμβρανών προκειμένου να επιτύχουμε μια καλή μονωτική δράση. Οι χρησιμοποιούμενες γεωμεμβράνες έχουν πάχος τουλάχιστο 2 mm.

Μεγάλη προσοχή πρέπει να δίνεται στη σωστή λειτουργία της γεωμεμβράνης σε μακροχρόνια βάση, κυρίως όταν συμμετέχει κατασκευαστικά και λειτουργικά στην κάτω αδιαπέρατη προστατευτική ζώνη, όπου η πρόσβαση κάτω από το σώμα των αποβλήτων για την επιδιόρθωση κάποιου ελαττώματος της είναι πρακτικά αδύνατη. Ο κύριος σκοπός χρήσης των γεωμεμβρανών σε ένα χώρο διάθεσης τοξικών αποβλήτων είναι η δράση της σαν αδιαπέρατο όριο των παραγόμενων υγρών και αερίων στο χώρο διάθεσης, γι' αυτό και η σωστή λειτουργία τους εξαρτάται από την εκπλήρωση των απαιτήσεων και προδιαγραφών που έχουμε θέσει. Μια σειρά ελέγχων των ειδικών χαρακτηριστικών των γεωμεμβρανών απαιτείται πριν την τελική επιλογή τους. Αυτοί είναι οι ακόλουθοι :

Έλεγχος φυσικών χαρακτηριστικών :

- Πάχος γεωμεμβράνης.
- Πυκνότητα.

Έλεγχος μηχανικών χαρακτηριστικών :

- Διάτμηση.
- Τριβή.
- Εφελκυσμός.

Έλεγχος αντίστασης στη χημική διάβρωση :

- Χημική δράση υγρών.

Έλεγχος αντίστασης στη βιολογική δράση :

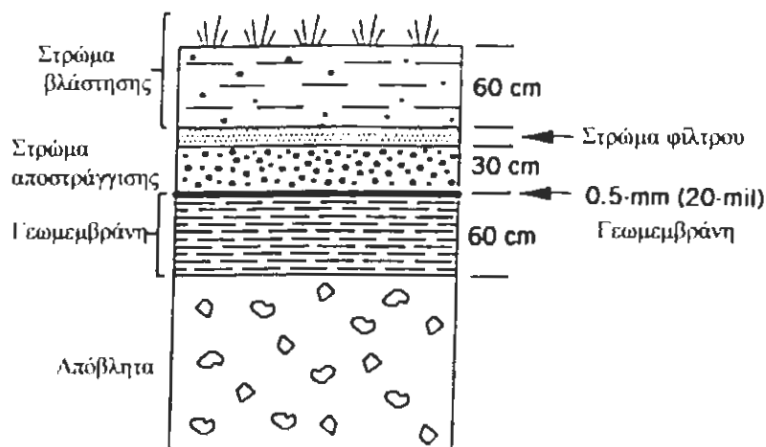
- Αντίσταση στα βακτήρια.

Έλεγχος αντίστασης στις θερμοκρασιακές μεταβολές :

- Συντελεστής θερμικής συστολής – διαστολής.

8.3.2. Μόνωση επιφάνειας

Ένα τέτοιο σύστημα μπορεί να μοιάζει με το σύστημα μόνωσης της βάσης, αλλά ως βασικό στόχο του έχει τον περιορισμό της επαφής των αποβλήτων με το νερό και όχι τόσο την εξάλειψη των διαρροών. Για αυτό ακριβώς το λόγο και η χημική αντίσταση αυτού του συστήματος είναι μικρότερη από την αντίστοιχη απαιτούμενη του συστήματος μόνωσης της επιφάνειας. Θέλουμε όμως να παρουσιάζει υψηλή ευκαμψία, αρκετή ώστε να μην καταστραφεί από πιθανές καθιζήσεις, για αυτό και χρησιμοποιούνται συνθετικά πλαστικά φύλλα. Αυτά αποτελούνται από αφυδατωμένο μπετονίτη που συνήθως προσαρμόζεται



Σχ 37 : Μόνωση επιφάνειας

πάνω σε μία γεωμεμβράνη.

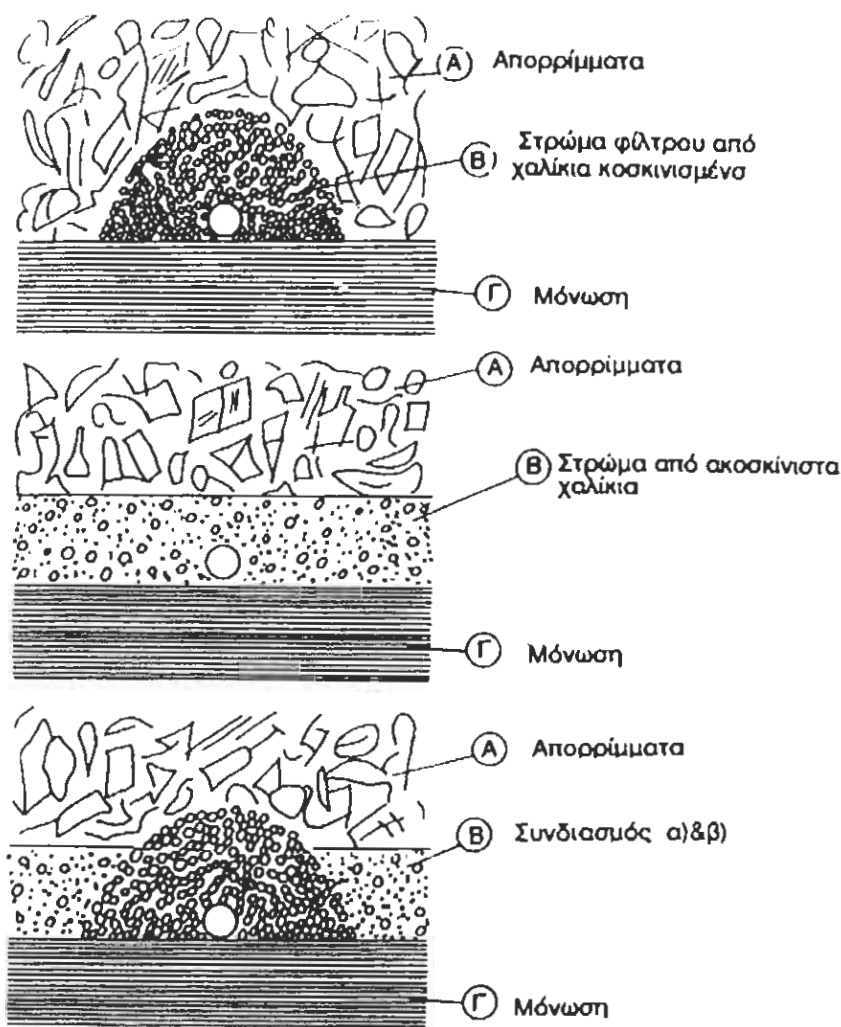
Οι γεωμεμβράνες που χρησιμοποιούνται για τη μόνωση της επιφάνειας πρέπει λοιπόν να είναι εύκαμπτες και να αντέχουν στις συνθήκες στις οποίες θα εκτεθούν. Το HDPE καθώς και το PVC είναι και εδώ τα πλέον χρησιμοποιούμενα υλικά. Συνήθως, για να προστατέψουμε αυτό το σύστημα μόνωσης της επιφάνειας τοποθετούμε στην επιφάνεια της ένα στρώμα χώματος με κάποια βλάστηση, η οποία το προστατεύει από το νερό και τις διαβρώσεις. Μπορούμε όμως αντί για βλάστηση να χρησιμοποιήσουμε και στρώμα από χαλίκια. Η προστατευτική στρώση που ακολουθεί απομονώνει την επιφάνεια από το υποκείμενο στρώμα των αποβλήτων ενώ ταυτόχρονα συγκρατεί το νερό που θα διαπεράσει την επιφανειακή στρώση. Το στρώμα αποστράγγισης εξυπηρετεί την σωστή και γρήγορη αποστράγγιση των υγρών διήθησης καθώς και τη μείωση των υδροστατικών πιέσεων που μπορεί να επηρεάσουν όλο το σύστημα. Τέλος η προστατευτική αδιαπέρατη στρώση που βρίσκεται κάτω από το στρώμα αποστράγγισης αποτελείται από συνδυασμό συμπυκνωμένης αργιλικής στρώσης και γεωμεμβράνης ή συνδυασμό αφυδατωμένου μπετονίτη και γεωμεμβράνης.

8.4 Σύστημα συλλογής στραγγισμάτων.

Ουσιαστικά, η μόνωση της βάσης χωρίς συλλογή και απομάκρυνση των στραγγισμάτων από αυτή είναι άχρηστη και τελικά πιο επικίνδυνη. Το σύστημα συλλογής και απομάκρυνσης αυτών των στραγγισμάτων πρέπει να απαγορεύει την ανάμιξή τους με βρόχινα νερά ή πόσιμο νερό καθώς και να μεταφέρει τα στραγγίσματα σε περιοχή όπου να μπορούν να επεξεργαστούν κατάλληλα.

Στους περισσότερους χώρους εναπόθεσης αποβλήτων το σύστημα συλλογής των στραγγισμάτων τοποθετείται αμέσως επάνω από την μόνωση της βάσης και κατά τρόπο που θα βοηθά την εκβολή τους στον

κύριο σωλήνα απορρόφησης. Ένα στρώμα φίλτρου τοποθετείται πάνω από το στρώμα του συστήματος αποστράγγισης, προκειμένου να προστατευτούν οι σωλήνες από πιθανές ζημιές που μπορεί να προκληθούν από αυχμηρά αντικείμενα που περιέχουν τα απόβλητα, καθώς και από τις φορτίσεις που αυτά προκαλούν. Ειδικά για τους

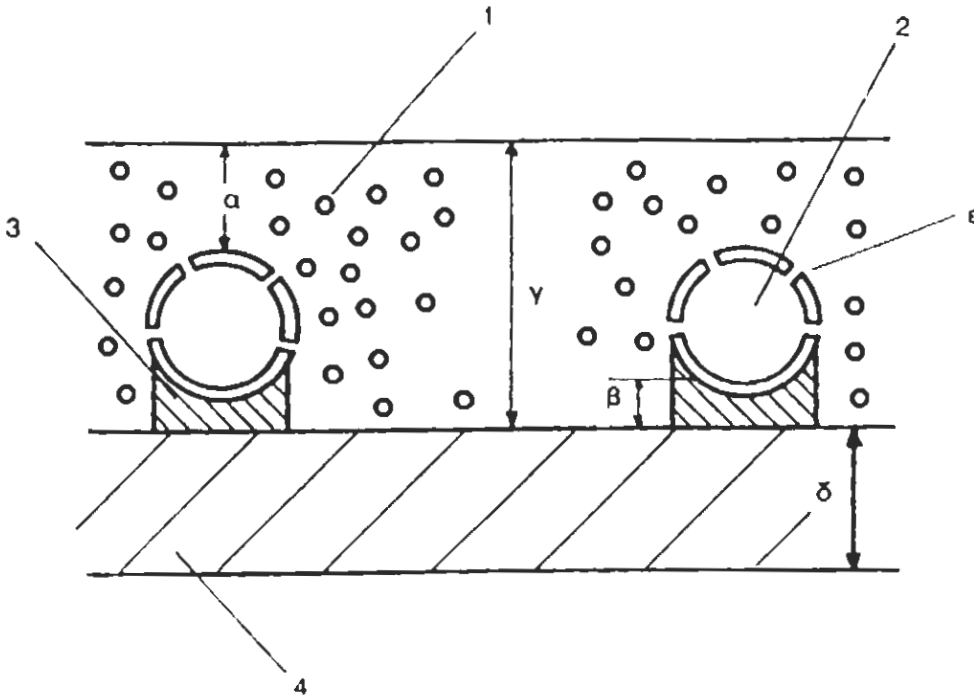


Σχ. 38 : Τοποθέτηση σωλήνων αποστράγγισης

αγωγούς από HDPE χρησιμοποιούμε ως επικάλυψή τους άμμο, ενώ το στρώμα φίλτρου είναι συνήθως από χαλίκια. Οι σωλήνες αυτοί καταλήγουν στα φρεάτια περισυλλογής, όπου τα στραγγίσματα θα αποθηκευτούν προσωρινά και μετέπειτα θα αντληθούν.

Τα κριτήρια επιλογής των σωληνώσεων που θα χρησιμοποιηθούν περιλαμβάνουν:

1. Το είδος της διαρροής (χημικά χαρακτηριστικά).



- 1. χαλίκια $\Phi = 16\text{mm}$
- 2. τσιμεντοσωλήνες αποστράγγισης $\Phi = 300\text{ mm}$
- 3. στήριξη από μπετόν
- 4. στρώμα πηλού
- $a = 30\text{cm}$
- $b = 10\text{cm}$
- $\gamma = 70\text{cm}$
- $\delta = 30\text{cm}$
- $\epsilon = \text{οπή (13 οπές/μέτρο μήκους)}$

Σχ.39 : Σωλήνες αποστράγγισης

2. Η διάρκεια ζωής (αντίσταση στη διάβρωση).
3. Το κόστος.

Συνήθως, λόγω της συμβατότητας με το είδος των στραγγισμάτων χρησιμοποιούνται εύκαμπτοι θερμοπλαστικοί σωλήνες κατασκευασμένοι

από HDPE ή PVC. Η διάμετρος τους κυμαίνεται από 100 – 300 mm, ενώ κριτήριο αποτελεί η ροή των στραγγισμάτων διαμέσου των και η αντοχή τους στη φόρτιση που υπόκεινται από τα απόβλητα.

Όπως προαναφέραμε, μέσω των σωλήνων τα στραγγίσματα μεταφέρονται στα φρεάτια περισυλλογής από όπου μετέπειτα θα αντληθούν για επεξεργασία. Τα φρεάτια μπορεί να τοποθετηθούν είτε σε μέρη γύρω από τον χώρο απόθεσης ή και μερικές φορές στο εσωτερικό του χώρου αυτού, ενώ το μέγεθός τους βασίζεται στην ποσότητα των στραγγισμάτων αλλά και στην συχνότητα άντλησης.

8.5 Αέρια των χώρων διάθεσης.

Τα αέρια των χώρων διάθεσης είναι ένας τομέας που πρέπει να προσεχθεί αφού με τις κατάλληλες ενέργειες μπορεί να μειωθεί και να ελεγχθεί ένα ποσοστό αρνητικών επιπτώσεων στον άνθρωπο. Κύρια αιτία δημιουργίας αερίων είναι η εισροή του αέρα στους πορώδεις χώρους των αποβλήτων. Κατά την αποδόμηση των οργανικών ουσιών παράγεται CO₂ και μεθάνιο, ενώ υπάρχουν σε ίχνη διοξίνες και φουράνες. Το ειδικό βάρος αυτών των αερίων τα καθιστά ικανά προς εξάπλωση. Παρ' όλα αυτά όμως, το μεθάνιο που προέρχεται από τα αέρια των χώρων διάθεσης μπορεί να αποτελέσει πηγή ενέργειας.

Είναι δηλαδή αναγκαία τόσο η συλλογή των αερίων όσο και η επεξεργασία τους. Ένα τέτοιο σύστημα περιλαμβάνει τους συλλέκτες, τους αγωγούς μεταφοράς και το σύστημα αφύγρανσης. Σπουδαίος είναι ο ρόλος των αγωγών μεταφοράς των αερίων. Σαν υλικό κατασκευής τους χρησιμοποιείται το HDPE λόγω της υψηλής αντοχής του ενώ μετά την τοποθέτηση των αγωγών γίνεται έλεγχος υπό πίεση. Η διάμετρος τους είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζει ταχύτητα αερίου όχι πάνω από 10m/sec. Οι αντλίες αερίου δεν πρέπει να αφήνουν αέρα να εισέλθει στο σύστημα συλλογής.

Σε ένα τέτοιο σύστημα υπάρχει ο κίνδυνος της έκρηξης:

- Στην έξοδο του αερίου.
- Από βλάβη αγωγών και διαφυγή του αερίου στην ατμόσφαιρα.
- Όταν δημιουργηθούν συνθήκες έκρηξης στην αναλογία αερίου και αέρα.

Πρέπει να γνωρίζουμε ότι η σωστή συλλογή του αερίου γίνεται όταν έχουμε πετύχει καλή μόνωση της επιφάνειας με την ατμόσφαιρα, αλλιώς η ποιότητα του αερίου είναι κακή. Έτσι χρησιμοποιούνται τα φρεάτια εξαερώσεως που κατασκευάζονται από HDPE και στο επάνω μέρος τους υπάρχουν βιοφίλτρα για τον καθαρισμό των αερίων. Τα επικίνδυνα συστατικά του βιοαερίου μπορεί να επεξεργαστούν παραπέρα με τη μέθοδο της προσρόφησης με ενεργό άνθρακα, όπως για παράδειγμα η προσρόφηση του υδροθείου. Τέλος πρέπει το νερό να απομακρυνθεί από τους αγωγούς μεταφοράς, και για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται οι διαχωριστές οι οποίοι έχουν δοχείο συλλογής, και αντλία για την απομάκρυνση υγρών.

8.6 Υπόγεια έγχυση.

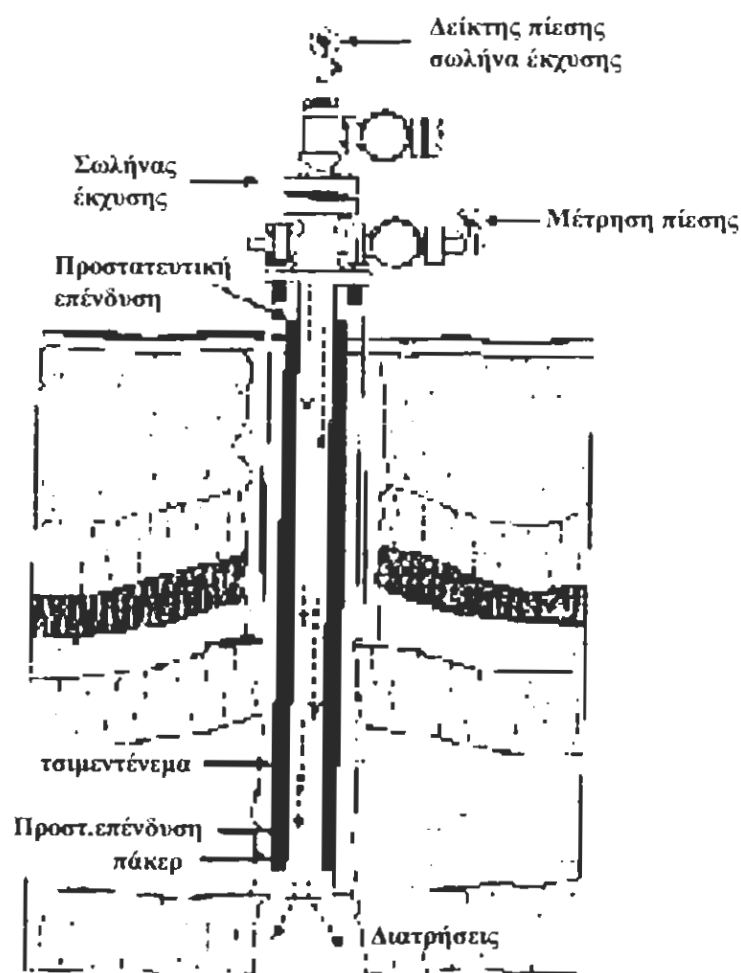
Η μέθοδος αυτή βασίστηκε στη διαπίστωση ότι στο υπέδαφος είναι συσσωρευμένα κοιτάσματα βλαβερών ή επικίνδυνων για το γεωλογικό περιβάλλον γεωχημικών ενώσεων χωρίς όμως να βλάπτονται γειτονικά υδάτινα οικοσυστήματα. Ένα βασικό πρόβλημα που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η πιθανότητα ότι η κατασκευή αποχετευτικού φρέατος μπορεί να επιφέρει μόλυνση του υπογείου υδάτινου περιβάλλοντος.

Η κατάλληλη επιλογή της θέσης του αποχετευτικού φρέατος αποτελεί σημαντική απόφαση. Το επίκεντρο της προσοχής κατά την επιλογή θέσης εστιάζεται:

- Στα χαρακτηριστικά του πετρώματος αποδέκτη των αποβλήτων.
- Στην επάρκεια επικάλυψης του πλευρικού μέρους του πετρώματος.
- Στις πιθανές διόδους κυκλοφορίας των υγρών αποβλήτων προς γειτονικά υδρογεωλογικά συστήματα.

Συνήθως πριν την επιλογή εκτελούνται οι υδρογεωλογικές μελέτες που θα μας δώσουν πληροφορίες για την κατάσταση του υπόγειου αποδέκτη.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που λαμβάνεται υπόψη κατά τη διαδικασία υπόγειας έγχυσης είναι η συμβατότητα των αποβλήτων με τα



Σχ. 40 : Διατομή αποχετευτικού φρέατος

στερεά και υγρά που θα συναντήσουν στη ζώνη εκφορτίσεως. Απόβλητα τα οποία μπορούν να εκφορτιστούν χωρίς να σχηματίζουν ιζήματα, να αποσφηνώνουν πόρους του αποδέκτη ή γενικά να δρουν αρνητικά στην όλη διαδικασία, καλούνται συμβατά. Οι όγκοι αυτών των αποβλήτων εννοείται ότι δεν πρέπει να υπερβαίνουν τον διαθέσιμο χώρο του αποδέκτη. Η διαβρωτική ικανότητα μιας ροής αποβλήτων για τη μηχανική διάταξη και τον αποδέκτη μπορεί να προκαλέσει προβλήματα αφού αποτελεί μια εκ των βασικών αιτιών βλαβών στα συστήματα εκφόρτισης.

Ο συνηθέστερος τρόπος κατασκευής αυτών των φρεατίων εκφόρτισης είναι η περιστροφική μέθοδος όμοια με αυτή που χρησιμοποιείται στα φρεάτια πετρελαίου. Ένα περιστρεφόμενο κοπτικό εργαλείο ανοίγει οπή στο πέτρωμα, ενώ υγρό διατρήσεως κυκλοφορεί μέσα σε στήλη για να ψύξει και να λιπάνει την κοπτική κεφαλή και να καθαρίζει όποια υπολείμματα από την οπή.

8.7 Στερεοποίηση – Σταθεροποίηση.

Η στερεοποίηση – σταθεροποίηση αποτελεί τεχνολογία διαχείρισης των τοξικών απόβλητων και στηρίζεται στην ανάμειξη του αποβλήτου με υλικά που συντελούν στη δημιουργία στερεάς δομής αλλά και στη δέσμευση των τοξικών ουσιών. Με τέτοιες μεθόδους μπορεί να επιτευχθεί :

- Βελτίωση των φυσικών χαρακτηριστικών των αποβλήτων.
- Μείωση της διαλυτότητας των εμπεριεχόμενων στο απόβλητο ρυπαντών από το σταθεροποιημένο προϊόν.
- Ελάττωση της εκτεθειμένης επιφάνειας του αποβλήτου, δια μέσου της οποίας επιτυγχάνεται μεταφορά η απώλεια ρυπαντών.

Ως *στερεοποίηση* θα ορίζαμε την διαδικασία όπου παράγεται ένα στερεό με συμπαγή μάζα σε τεμάχια κάποιας μορφής και μεγέθους .

Σταθεροποίηση είναι οι μέθοδοι που ακολουθούνται ώστε τα απόβλητα να μετατρέπονται σε μία περισσότερο σταθερή χημική μορφή.

Χημική σταθεροποίηση είναι η χημική μετατροπή των τοξικών ουσιών σε μια νέα μη τοξική μορφή.

Φυσική σταθεροποίηση είναι η συγχώνευση ενός ημίρρευστου αποβλήτου με ένα υλικό όπως η ιπτάμενη τέφρα, με σκοπό την δημιουργία ξηρού προϊόντος με αποδεκτές περιβαλλοντικά ιδιότητες.

Ως πρόσθετα αυτών των μεθόδων μπορεί να είναι ανόργανα υλικά όπως τσιμέντο, άσβεστος, ποζολάνες, γύψος και συνδυασμός ανόργανων και οργανικών συστημάτων όπως τσιμέντο – πολυστυρένιο.

8.8 Μηχανισμοί στερεοποίησης – σταθεροποίησης

Οι μηχανισμοί δέσμευσης των τοξικών ουσιών που έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση της κινητικότητάς τους περιλαμβάνουν τις ακόλουθες διαδικασίες :

A) Αντιδράσεις ασβέστου – ιπτάμενης τέφρας :

Διάφορα ποζολανικά υλικά όπως η ιπτάμενη τέφρα και η σκόνη από τσιμεντοκλιβάνους, είναι και τα πλέον χρησιμοποιούμενα σε μεθόδους χημικής σταθεροποίησης. Οι περισσότερες ποζολανικές αντιδράσεις αφορούν την δημιουργία ενυδατωμένων ενώσεων όπως κατά την ενυδάτωση του τσιμέντου, με αποτέλεσμα την έγκλιση των αποβλήτων σε μία gel μήτρα.

B) Δράσεις τσιμέντου Portland – αποβλήτου :

Τα βαρέα μέταλλα των αποβλήτων μετατρέπονται σε υδροξείδια και πυριτικά άλατα στο αλκαλικό περιβάλλον της πάστας του τσιμέντου και κατακρατούνται μέσα της.

Γ) *Μικροέγκλειση με θερμοπλαστικά :*

Στις θερμοπλαστικές διαδικασίες το απόβλητο θα αναμιχθεί με θερμοπλαστικά πολυμερή υλικά όπως το πολυαιθυλένιο και το πολυπροπυλένιο αλλά και με άσφαλτο. Το μείγμα αυτό σταθεροποιείται καθώς ψύχεται, και τοποθετείται σε ειδικούς κάδους πριν διατεθεί.

Δ) *Μακροέγκλειση :*

Τέλος, η μακροέγκλειση παγιδεύει το απόβλητο μέσα σε ένα αδρανές και αδιαπέραστο κάλυμμα. Συνήθως έχουμε και για ενίσχυση μια επικάλυψη από ίνες γυαλιού ενισχυμένες από πολυουρεθανικές ρητίνες.

Η αποτελεσματικότητα των μεθόδων στερεοποίησης– σταθεροποίησης κρίνεται από τα ακόλουθα :

- Χρόνος πήξης.
- Φυσικές ιδιότητες προϊόντος.
- Εκπλυσιμότητα των τοξικών συστατικών.

Τα επεξεργασμένα απόβλητα με τη μέθοδο της στερεοποίησης–σταθεροποίησης μπορούν να διατεθούν σε χώρους διάθεσης αφού πληρούν τις προϋποθέσεις, όπως αντοχές και σταθερότητα δομής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο

Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

9.1 Εισαγωγή

Τα επικίνδυνα απόβλητα αποτελούν σοβαρό πρόβλημα τόσο για ολόκληρη την ανθρωπότητα όσο και για την Ελλάδα. Οι βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες που παράγουν το μεγαλύτερο μέρος αυτών των αποβλήτων αναγκάστηκαν ύστερα από διάφορα ατυχήματα να αντιμετωπίσουν αυτό το πρόβλημα. Θεσμοθετούνται πλέον όλο και πιο αυστηρές διατάξεις σε ότι αφορά την παραγωγή και την χρήση των επικίνδυνων ουσιών, στους όρους και τους περιορισμούς των παραγωγικών διαδικασιών, αλλά και κυρίως στη διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων.

Η Ελλάδα ακολουθώντας τις χώρες της Δύσης αναπτύσσεται βιομηχανικά με αργούς ρυθμούς. Ιδρύονται βιομηχανικές μονάδες χωρίς όμως τα κατάλληλα μέτρα προφύλαξης, θυσιάζοντας έτσι την προστασία του περιβάλλοντος για χάρη της βιομηχανικής ανάπτυξης. Δυσκολίες και εμπόδια προβάλλουν μπροστά στο έργο της προσπάθειας εναρμόνισης στα στάνταρ των Ευρωπαϊκών χωρών. Η ανενεργός σε πολλά σημεία ακόμα νομοθεσία για την προστασία του περιβάλλοντος και την διαχείριση των στερεών αποβλήτων, η έλλειψη εθνικού σχεδιασμού για την διαχείριση των αποβλήτων και η απρογραμμάτιστη διόγκωση των αστικών κέντρων αποτελούν στοιχεία της ελληνικής πραγματικότητας. Σε αυτή τη ζοφερή πραγματικότητα μπορούν να προστεθούν δυστυχώς και άλλες παράμετροι. Η έλλειψη πληροφόρησης και συμμετοχής της τοπικής κοινωνίας σ' αυτά τα προβλήματα και η δυσπιστία απέναντι στις προθέσεις του κράτους να διασφαλίσει σύγχρονες τεχνολογικές λύσεις, διαιωνίζουν την υπάρχουσα κατάσταση. Μια κατάσταση ύπαρξης ανεξέλεγκτων χώρων απόθεσης, αυξανόμενης επικινδυνότητας και ποσοτικής διόγκωσης των

αποβλήτων. Οι συνέπειες μιας τέτοιας κατάστασης είναι σοβαρές. Το περιβάλλον δέχεται συνεχή πλήγματα (ρύπανση ατμόσφαιρας, υπογείων και επιφανειακών υδάτων, αισθητική υποβάθμιση τοπίων), ενώ η δημόσια υγεία απειλείται (επιδημιολογικές εξάρσεις, συσσώρευση τοξικών ουσιών στον οργανισμό).

Ευτυχώς όλα αυτά δεν βρίσκονται ευτυχώς σε μη αναστρέψιμη φάση. Οι τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα διαχείρισης των αποβλήτων μας δίνουν τα εφόδια για την βελτίωση της υπάρχουσας κατάστασης. Τα σχέδια δράσης των πλέον εξελιγμένων χωρών στον τομέα της περιβαλλοντικής προστασίας μπορούν και πρέπει να αποτελέσουν παράδειγμα αλλά και απαρχή για να προχωρήσουμε σε συγκεκριμένες πράξεις.

9.2 Γενική εικόνα των επικινδύνων αποβλήτων στην Ελλάδα

Σήμερα στην Ελλάδα υπάρχουν περίπου 20 μεγάλες βιομηχανίες που παράγουν τοξικά και επικίνδυνα απόβλητα. Υπάρχουν επίσης περίπου 1000 βιομηχανίες μεσαίας ως μικρής δυναμικότητας στα απόβλητα των οποίων υπάρχουν τοξικές ουσίες. Από τον πίνακα 1 που ακολουθεί μπορούμε να δούμε τους βιομηχανικούς κλάδους και τις ποσότητες των επικινδύνων αποβλήτων που παράγονται στην Ελλάδα. Η ποσότητα αυτών των αποβλήτων σε επίπεδο χώρας ανέρχεται περίπου σε 350.000 –600.000 τόνους το έτος. Οι διάφορες βιομηχανίες που συντελούν σ' αυτή την παραγωγή τέτοιων ποσοτήτων αποβλήτων είναι οι ακόλουθες :

9.2.1. ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Στα στάδια εκμετάλλευσης των διαφόρων μεταλλευμάτων συναντώνται

Υγρά και στερεά επικίνδυνα απόβλητα και ιλύες στην Ελλάδα		
Κατηγορία επικίνδυνων αποβλήτων	Ποσότητα στερεών αποβλήτων και ιλύων	Επεξεργασία στερεών αποβλήτων και ιλύων χώρος και τρόπος διάθεσης
Πετρελαιοειδής ιλύες στα διυλιστήρια αργού πετρελαίου.	33.000	Διάθεση σε ειδικά προετοιμασμένους χώρους – προσωρινή αποθήκευση.
Όξινες ιλύες από αναγέννηση χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων.	3.500	Ορισμένες εταιρίες τις εξουδετερώνουν. Διάθεση σε ειδικούς χώρους.
Ιλύες τετραθυλιούχου μολύβδου.	35	Προσωρινή αποθήκευση ή αποστολή στο εξωτερικό.
Πετροχημικά: ιλύες χλωρίου/καυστικής σόδας.	3.000	Προσωρινή αποθήκευση σε χώρο εταιρίας.
Ιλύες από βιομηχανία λιπασμάτων.	70.000	Σε χώρους εταιριών.
Χρησιμοποιημένοι καταλύτες.	630	Ανακύκλωση από τσιμεντοβιομηχανία ως πρόσθετο υλικό.
Χρησιμοποιημένοι καταλύτες V ₂ O ₅ .		Προσωρινή αποθήκευση ή ανάκτηση στο εξωτερικό.
Ιλύες Fe(OH) ₃ από χαλυβουργία.	10.000	Προσωρινή αποθήκευση σε χώρο εταιρίας.
Ιλύες επικασιτέρωσης.	300	
Σκόνη σακοφίλτρων από χαλυβουργία.	13.200	Ανακύκλωση ως πρόσθετο υλικό στην τσιμεντοβιομηχανία.
Ιλύες επιμεταλλωτηρίων.	2.600	Διάθεση σε ασφαλείς χώρους.
Ιλύες από βιομηχανίες παραγωγής συσσωρευτών μολύβδου και ηλεκτρ. σιγλών.	430	Το μεγαλύτερο μέρος της λάσπης ανακυκλώνεται.
Ιλύες βυρσοδεψίων.	3.420	Αποθήκευση ή διάθεση σε ασφαλείς χώρους.
Ιλύες βαφείων - φινιριστηρίων.	7.860	Διάθεση ή αποθήκευση σε ασφαλείς χώρους.
Απόβλητα αμιάντου.	1.420	Διάθεση σε ασφαλείς χώρους.
Σκωρία τήξης σε υψικάμινο.	1.500.000	Διάθεση στο Β.Ευβοϊκό.
Σκωρία από τον εμπλουτισμό του σιδηρονικελίου.	85.000	Ανακύκλωση ως άμμος αμμοβολής, αποστολή στο εξωτερικό.
Σκόνη σακοφίλτρων από FeN.	300	Ανακύκλωση στην τσιμεντοβιομηχανία.
Απόβλητα από βιομηχανίες ETBA Θεσ/νίκη.	10.000	Διάθεση σε χώρους ETBA
PCB's, PCT's, ΚΛΟΦΕΝ.	480	
Μετασχηματιστές . Πυκνωτές. Φυτοφάρμακα.	420 τεμάχια 15.400 τεμάχια 675	Αποστολή στο εξωτερικό για θερμοκαταστροφή.

επικίνδυνες ουσίες είτε σαν υπολείμματα εμπλουτισμού, είτε σαν απόβλητα της παραγωγής του τελικού προϊόντος όπως σκωρίες, σκόνη, λάσπες κλπ. Στην Ελλάδα οι μεταλλευτικές δραστηριότητες που συναντώνται αυτές οι ουσίες είναι :

A) Μεταλλεία Στρατονίου και Ολυμπιάδος Χαλκιδικής

Κατά την φάση του διαχωρισμού και εμπλουτισμού του μεταλλεύματος χρησιμοποιούνται χημικές ουσίες που θεωρούνται επικίνδυνες όπως το CuSO_4 , ZnSO_4 ενώ η παραγωγή ουσιών όπως ο PbS , ZnS και FeS_2 καθιστά την διαδικασία αυτή επικίνδυνη.

B) Μεταλλουργία σιδηρονικελίου

Η παραγωγή του κράματος FeNi βασίζεται στην πυρομεταλλουργική επεξεργασία FeNi μεταλλευμάτων με αναγωγή, τήξη σε ηλεκτρική κάμινο και εμπλουτισμό του κράματος στην επιθυμητή περιεκτικότητα. Η σκωρία στη φάση της επεξεργασίας ανέρχεται σε 1.500.000 τόνους/χρόνο ενώ κατά το στάδιο του εμπλουτισμού προκύπτουν σκόνες που κατακρατούνται από τα μέσα αντιρρύπανσης και είναι περίπου 300 τον/ετος.

9.2.2. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

Η κυριότερη κατηγορία είναι η χαλυβουργία. Η παραγωγή χάλυβα σε ηλεκτρική κάμινο, θερμή εξέλαση, επικασσιτέρωση και γαλβάνισμα δημιουργεί απόβλητα τα οποία θεωρούνται επικίνδυνα και είναι υγρά, αέρια ή στερεά.

Άλλος σημαντικός κλάδος είναι οι βιομηχανίες παραγωγής συσσωρευτών μολύβδου θειικού οξέος. Υπάρχουν 2 μεγάλες βιομηχανίες που παράγουν το 70 – 80 % των συσσωρευτών.

Τέλος ο κλάδος των ναυπηγοεπισκευαστικών βάσεων με τις δραστηριότητες τους δημιουργούν υγρά απόβλητα (υγρά κοπής μετάλλων) ή έρματα που προέρχονται από δεξαμενόπλοια μεταφοράς πετρελαίου.

9.2.3. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ

Τα διυλιστήρια αργού πετρελαίου διαθέτουν τις απαραίτητες εγκαταστάσεις επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, των ερμάτων από τα δεξαμενόπλοια και ελαιοδιαχωριστήρες των μιγμάτων νερού, λαδιού, λάσπης.

Τα διυλιστήρια αναγέννησης χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων είναι ο κλάδος στον οποίο με μεθόδους όπως η καταλυτική υδρογόνωση επιτυγχάνεται σημαντικό όφελος τόσο οικονομικό όσο και από τη σκοπιά του σεβασμού προς το περιβάλλον.

9.2.4. PCB_S - PCT_S

Στην Ελλάδα έχουν απογραφεί οι περισσότερες από τις συσκευές που χρησιμοποιούν ως μονωτικό ψυκτικό υγρό κλοφέν (ασκαρέλ) αλλά και αυτές που είναι εκτός λειτουργίας. Τα PCB_S ανήκουν στην κατηγορία των ιδιαίτερα επικίνδυνων αποβλήτων και επειδή η χώρα μας δεν διαθέτει εγκαταστάσεις καύσης, που είναι η πιο ενδεδειγμένη μέθοδος επεξεργασίας τους, είτε αποθηκεύονται σε ασφαλείς χώρους ή αποστέλλονται στο εξωτερικό για θερμοκαταστροφή.

9.2.5. ΧΗΜΙΚΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ

Η κυριότερη πηγή επικινδύνων αποβλήτων σε τέτοιου είδους βιομηχανίες είναι η παραγωγή λιπασμάτων. Από τις 4 μονάδες παραγωγής λιπασμάτων, οι τρεις χρησιμοποιούν CaSO₄ για την παραγωγή φωσφορικού οξέος ώστε να προκύπτει γύψος που αποτελεί ειδικό μη επικίνδυνο απόβλητο. Αντίθετα ο απενεργοποιημένος καταλύτης V₂O₅ που προκύπτει θεωρείται επικίνδυνος.

Το συγκρότημα χημικών της ΕΚΟ που παράγει αμμωνία, διαλύτες PVC κλπ αποτελεί και αυτό μια σημαντική πηγή παραγωγής επικινδύνων αποβλήτων.

9.3 Άλλα επικίνδυνα απόβλητα

Σ' αυτή την ενότητα θα αναφερθούμε σε δύο ειδικές κατηγορίες αποβλήτων τα οποία κατατάσσονται και αυτά στα επικίνδυνα.

Νοσοκομειακά απόβλητα

Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τα νοσοκομειακά απόβλητα, στην επεξεργασία και διάθεση των οποίων πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή. Τα απόβλητα των νοσοκομείων περιλαμβάνουν αρκετούς μολυσματικούς παράγοντες και ως μολυσματικά αποτελούν πρόβλημα για την δημόσια υγεία αλλά και για το περιβάλλον γενικότερα.

Σύμφωνα με τεχνική έκθεση του Υπουργείου Υγείας, τα νοσοκομειακά απόβλητα έχουν τη σύσταση αστικών λυμάτων (νερό, λιπαρά οξέα, υδατάνθρακες) αλλά περιέχουν και τα ακόλουθα συστατικά:

- Μικροοργανισμούς.
- Χημικές ενώσεις και χημικά στοιχεία (υπόλοιπα μικροβιολογικών εργαστηρίων) τα οποία δύσκολα βιοαποικοδομούνται, καθώς επίσης και τοξικά συστατικά (άργυρος, υδράργυρος, μόλυβδος και διαλύματα ανάπτυξης και προσδιορισμού ακτινογραφιών από τα αντίστοιχα εργαστήρια).
- Φαρμακευτικά υπολείμματα.
- Απόβλητα χειρουργικών μονάδων και τραπεζών αίματος (βελόνες, πλαστικά, χαρτιά).
- Απολυμαντικά, απορρυπαντικά.

- Ραδιενεργά απόβλητα (ραδιοϊσότοπα).

Στην Ελλάδα τα τελευταία 10 χρόνια έχει αυξηθεί κατά 10% ο αριθμός των κλινών στα νοσηλευτικά ιδρύματα, ενώ παράλληλα τα προϊόντα μιας χρήσεως έχουν αυξήσει κατακόρυφα και την ποσότητα αποβλήτων ανά ασθενή. Σύμφωνα με μελέτες για κάθε κλίνη νοσοκομείου παράγονται 3,5 κιλά απορρίμματα (σε αριθμό κλινών πανελλαδικά 60.000).

Οι σημερινοί τρόποι αποτέφρωσης των νοσοκομειακών αποβλήτων προκαλούν την διαφυγή στην ατμόσφαιρα μιας σημαντικής ποσότητας μολυσματικών στοιχείων. Τέτοιοι αποτεφρωτές μάλιστα έχουν χαρακτηριστεί ως η μεγαλύτερη γνωστή πηγή διαρροής διοξινών, μεγαλύτερη ακόμα και από τους αποτεφρωτές επικινδύνων αποβλήτων. Παράλληλα οι αποτεφρωτές νοσοκομειακών αποβλήτων παράγουν σημαντικές ποσότητες βαρέων μετάλλων (κάδμιο, μόλυβδος, υδράργυρος) τα οποία αποτελούν μια σημαντικότερη τοξική απειλή. Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα ένα μέρος τους αποτεφρώνεται στον πυρολυτικό κλίβανο των Α. Λιοσίων, ο οποίος έχει δυνατότητα αποτέφρωσης 0,5 τόνους την ημέρα, όταν όμως στην Αττική παράγονται καθημερινά 30 τόνοι τέτοιων μολυσματικών αποβλήτων. Πολλά από τα νοσηλευτικά ιδρύματα διαθέτουν συστήματα αποτέφρωσης (περίπου το 37%), τα οποία όμως δεν διαθέτουν και τις κατάλληλες αντιρρυπαντικές τεχνολογίες με αποτέλεσμα πολλοί παθογενείς οργανισμοί να διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα. Τα διεθνή στάνταρ ασφάλειας απαιτούν από τέτοιου είδους αποτεφρωτές την μείωση εκπομπών διοξινών και μόλυβδου κατά 99%, του καδμίου κατά 97% και του υδραργύρου κατά 94%. Η πυρολυτική καταστροφή των νοσοκομειακών αποβλήτων εμφανίζεται μέχρι στιγμής ως η περισσότερο κατάλληλη μέθοδο θερμοκαταστροφής, και αυτό γιατί στα προτεινόμενα αυτά στάνταρ ασφάλειας μπορούν να ανταποκριθούν εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν τεχνολογίες όπως η πυρόλυση.

Πάντως, η αποτέφρωση τέτοιου είδους αποβλήτων δεν αποτελεί την μοναδική λύση. Πολλές μονάδες στρέφονται πλέον σε άλλες εναλλακτικές αντιμετώπισης των νοσοκομειακών αποβλήτων. Σε μερικά νοσοκομεία εφαρμόζεται η διαδικασία του βιολογικού καθαρισμού σε συνδυασμό με χημικές κατεργασίες. Σε μικρές μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων, που αφορούν και τις περισσότερες νοσοκομειακές μονάδες της χώρας, χρησιμοποιούνται βιολογικά φίλτρα. Σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις ακολουθείται ο τρόπος επεξεργασίας των αστικών λυμάτων, με τις επιμέρους μονάδες υπολογισμένες με βάση τις τιμές των παραμέτρων των νοσοκομειακών αποβλήτων. Ένα σύστημα βιολογικού καθαρισμού που χρησιμοποιείται αρκετά είναι η οξειδωτική τάφρος.

Σε πολλές νοσοκομειακές μονάδες του εξωτερικού χρησιμοποιούνται πλέον τεχνολογίες φιλικές προς το περιβάλλον, όπως για παράδειγμα η χρήση πεπιεσμένου ρεύματος ατμού, για την επεξεργασία αυτού του είδους αποβλήτων, γεγονός που φανερώνει την βιωσιμότητα και αποτελεσματικότητα τέτοιων τεχνολογιών. Εδώ τα απόβλητα τοποθετούνται μέσα σε κοντέϊνερς και τροφοδοτούνται σε ένα ειδικό περιστρεφόμενο δοχείο χημικής αντίδρασης όπου υποβάλλονται σε ανάδευση με ταυτόχρονη έκχυση πεπιεσμένου ατμού. Με αυτό τον τρόπο όλα τα υλικά που βρίσκονται μέσα στο δοχείο έρχονται σε επαφή με το αποστειρωτικό ρεύμα και σε συνδυασμό με την υψηλή θερμοκρασία και πίεση τα τελικά προϊόντα γίνονται παθολογικά και χημικά αβλαβή ώστε να μπορούν εύκολα να αποθεθούν.

Τοξικά ηλεκτρονικών υπολογιστών

Στην δεύτερη κατηγορία θα συναντήσουμε τους τοξικούς κινδύνους που μπορεί να κρύβει ένας Η/Υ. Τοξικές χημικές ουσίες βρίσκονται κρυμμένες μέσα σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές, τοξικά που είναι επικίνδυνα τόσο για τους εργαζόμενους στα εργοστάσια παραγωγής όσο και για τους απλούς χρήστες.

Επιβραδυντές καύσης, πλαστικά PVC, επικίνδυνα χημικά στοιχεία (μόλυβδος, κάδμιο, αρσενικό κ.α), καθιστούν τους υπολογιστές μια τοξική απειλή για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Τέτοιες ουσίες συσσωρεύονται στους ιστούς των ανθρώπων και των ζώων, με επίπεδα συγκέντρωσης διαρκώς αυξανόμενα. Μέσα στα εξαρτήματα ενός υπολογιστή βρίσκονται 1000 περίπου χημικές ουσίες αρκετές από τις οποίες είναι τοξικές (πλαστικά και προσθετά τους, τοξικά μέταλλα, οξέα κ.α).

Είδος	Ποσοστό επί του συνολικού βάρους	Βάρος υλικού στον υπολογιστή	Δυνατότητα ανακύκλωσης (%)
Πλαστικά	22,99	6,2	20
Μόλυβδος	6,29	1,7	5
Αλουμίνιο	14,17	3,8	80
Σίδηρος	20,47	5,5	80
Κασσίτερος	1,01	0,2	70
Χαλκός	6,92	1,9	90
Βάριο	0,03	0,04	0
Νικέλιο	0,85	0,23	80
Ψευδάργυρος	2,20	0,59	60
Βηρύλλιο	0,015	0,04	0
Χρυσός	0,001	0,04	99
Ευρώπιο	0,0002	0,04	0
Τιτάνιο	0,015	0,04	0
Κοβάλτιο	0,015	0,04	85
Παλλάδιο	0,0003	0,04	95
Μαγγάνιο	0,031	0,04	0
Αργυρος	0,018	0,04	98
Βισμούθιο	0,006	0,04	0
Χρώμιο	0,006	0,04	0
Κάδμιο	0,009	0,04	0
Νιόβιο	0,0002	0,04	0
Υδράργυρος	0,002	0,04	0
Αρσενικό	0,001	0,04	0
Διοξείδιο του πυριτίου	24,88	6,8	0

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 Επικίνδυνα συστατικά ενός Η/Υ

Πολλές από αυτές τις τοξικές ουσίες μπορούν να εξαλειφθούν όμως. Αρκεί βέβαια οι εταιρείες υψηλής τεχνολογίας να χρησιμοποιήσουν τεχνικές φιλικές προς το περιβάλλον, οι οποίες θα εξυπηρετούν περισσότερο την προστασία του περιβάλλοντος και την δημόσια υγεία, και λιγότερο τα τεράστια οικονομικά τους οφέλη. Σ' αυτή την κατεύθυνση έχουν αρχίσει να κινούνται μερικές από τις εταιρείες αυτές με τον σχεδιασμό περισσότερο «πράσινων» εξαρτημάτων παράλληλα με τα διάφορα προγράμματα ανακύκλωσης. Για παράδειγμα εταιρείες όπως η Panasonic και η Fujitsu προσανατολίζονται στη δραστική μείωση του μολύβδου σε πολλές από τις συσκευές τους, ενώ η IBM προωθεί μοντέλα που θα είναι από 100% ανακυκλώσιμη πλαστική ρητίνη.

Ακόμη και όταν ο υπολογιστής τεθεί σε αχρηστία δεν σταματά να αποτελεί απειλή. Τα τοξικά συστατικά του εξακολουθούν να υπάρχουν. Η τύχη των εν αχρηστία υπολογιστών δεν έχει αρχίσει ακόμη να μας απασχολεί σοβαρά. Από το 1996 η Sony έχει δώσει αρκετά οικονομικά κίνητρα στους καταναλωτές προκειμένου να επιστρέψουν παλιές οθόνες τις οποίες και θα ανακυκλώσει στα κέντρα που διαθέτει. Το πρόβλημα όμως είναι έντονο ακόμα και σε χώρες που διαθέτουν μονάδες ανακύκλωσης ηλεκτρονικών υπολογιστών, πόσο μάλλον σε χώρες όπως η Ελλάδα. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, μέχρι το 2004, μόνο στη Αμερική θα υπάρχουν 350.000 άχρηστοι υπολογιστές οι οποίοι θα καταλήξουν σε χωματερές, κλιβάνους αποτέφρωσης ή σε κιβώτια για να ταξιδέψουν προς χώρες του τρίτου κόσμου. Σλόγκαν του τύπου «μικρότερο, γρηγορότερο και φθηνότερο» που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς από τις εταιρείες υψηλής τεχνολογίας ίσως να είναι καιρός να αντικατασταθούν από σλόγκαν όπως «πιο πράσινο, πιο καθαρό και πιο ανακυκλώσιμο».

Η παγκόσμια βιομηχανία υψηλής τεχνολογίας είναι ο μεγαλύτερος και ο πλέον αναπτυσσόμενος παραγωγικός τομέας σε όλο τον κόσμο. Η χρήση τοξικών χημικών σε αυτόν τον τομέα έχει προκαλέσει όμως και έναν

σημαντικό αρνητικό αντίκτυπο στη δημόσια υγεία. Γι' αυτό το λόγο οι εταιρείες αυτές πρέπει να δώσουν την ίδια προσοχή προς το περιβάλλον και να εκδηλώσουν το ίδιο ενδιαφέρον με το αντίστοιχο που εμφανίζουν και κατά την χάραξη της οικονομικής τους στρατηγικής.

9.4 Προγράμματα διαχείρισης επικινδύνων αποβλήτων σε εξέλιξη στην Ελλάδα

Το ΥΠΕΧΩΔΕ σε συνεργασία με τα συναρμόδια υπουργεία και τους τοπικούς φορείς, προγραμμάτισε την διαχείριση των τοξικών αποβλήτων σε εθνικό επίπεδο και την ενέταξε στο ENVIREG και στο Β' ΚΠΣ.

Ύστερα από μελέτες που εκπονήθηκαν θεωρήθηκε σκόπιμο να ιδρυθούν κατ' αρχήν δύο κατάλληλοι χώροι για την επεξεργασία και απόθεση των τοξικών αποβλήτων και λασπών, από ένα αντίστοιχα στη Βόρεια και Νότια Ελλάδα. Στον πίνακα 2 που ακολουθεί δίνεται ανάλυση των ποσοτήτων των επικινδύνων αποβλήτων με βάση την περιοχή προέλευσης αλλά και τον πιο ενδεδειγμένο τρόπο διαχείρισης. Στις τρεις τελευταίες στήλες αναφέρονται οι διεργασίες που θα γίνονται στα δύο προτεινόμενα κέντρα επεξεργασίας.

Η χωροθέτηση και η ίδρυση των κέντρων διαχείρισης επικινδύνων αποβλήτων πρέπει να τονίσουμε ότι θα ήταν άστοχη αν δεν εξασφαλισθεί από πριν ότι θα εκπληρώσουν τον προορισμό τους. Ότι δηλαδή θα οδηγούνται σ' αυτά όσο το δυνατόν περισσότερα απόβλητα. Η οργάνωση της σχετικής διαδικασίας συλλογής και μεταφοράς είναι απαραίτητη. Ένας στρατηγικός σχεδιασμός που θα χαραχθεί υπεύθυνα και θα τηρηθεί με συνέπεια είναι αναγκαία προϋπόθεση επιτυχίας.

Στόχος ενός εθνικού σχεδιασμού που πρόσφατα ξεκίνησε είναι η εξυπηρέτηση του συνόλου του ελληνικού πληθυσμού από ένα αποδεκτό τεχνολογικά και περιβαλλοντικά σύστημα διαχείρισης των στερεών αποβλήτων. Εκτιμάται ότι μέχρι το τέλος του 2005 το 10% των παραγόμενων

αποβλήτων θα αξιοποιείται ως πρώτη ύλη μέσα από δράσεις διαλογής στην πηγή, το 60% θα επεξεργάζεται σε κατάλληλες μονάδες και το 20 – 30% θα οδηγείται χωρίς επεξεργασία προς τελική διάθεση.

Διαμέρισμα	Ολικά απόβλητα τόν/έτος	Ταφή		Αποτέ- φρωση τόν/έτος	Φυσικό/ χημική τόν/έτος	Ταφ. Τοξ + Υπολειμ. τόν/έτος
		Ιδιαίτερη τόν/έτος	Τοξικών τόν/έτος			
Αθήνα	450.000	420.000	10.000	20.000	300	15.000
Λοιπή Στερεά	1.680.000	1.660.000	12.000	8.000	100	14.000
Θεσσαλία	70.000	66.000	1.200	2.000	100	1.500
Μακεδονία	13.300.000	13.250.000	30.000	15.000	250	35.000
Θράκη	800	0	200	550	30	300
Πελοπόννησος	2.200.000	2.190.000	3.000	4.000	100	4.000
Ήπειρος	700	0	150	500	50	250
Νησιά Ιονίου	400	0	100	300	20	150
Νησιά Αιγαίου	2.000	0	500	1.400	40	800
Κρήτη	2.500	0	1.100	1.500	50	1.500
ΣΥΝΟΛΟ	17.706.400	17.586.000	58.250	53.250	1.040	72.500

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

(Επικίνδυνα απόβλητα στην Ελλάδα. Εκτίμηση ετήσιας παραγωγής και ενδεδειγμένου τρόπου διαχείρισης)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο

ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.

Είναι γνωστό ότι η βιομηχανική ανάπτυξη έχει δημιουργήσει πολλά προβλήματα άχρηστων παραπροϊόντων αλλά και αποβλήτων, πολλά από τα οποία αν δεν τύχουν σωστής διαχείρισης, καθίστανται επικίνδυνα για το περιβάλλον και φυσικά για τον άνθρωπο. Η ολοένα αυξανόμενη χρήση επικινδύνων ουσιών για την αύξηση της ποσότητας και ποιότητας των προϊόντων, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα απαιτούμενα μέτρα για την προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος, είχε σαν αποτέλεσμα την δημιουργία πολλών ανεξέλεγκτων χώρων απόρριψης επικινδύνων αποβλήτων και γενικά την ελλιπή επεξεργασία αυτών.

Η πολιτική διαχείρισης των επικινδύνων αποβλήτων είναι κοινή παγκοσμίως και στηρίζεται στους τέσσερις ακόλουθους κύριους άξονες:

1. Μείωση της παραγωγής των αποβλήτων στις πηγές τους με χρήση νέων τεχνολογιών παραγωγής.
2. Την ανακύκλωσή τους.
3. Την επεξεργασία και τελική διάθεσή τους με όσο το δυνατόν λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον.
4. Την αποκατάσταση – εξυγίανση των ήδη ρυπασμένων χώρων από τοξικές ουσίες.

Η μεγάλη ποικιλία των επικινδύνων αποβλήτων καθιστά φανερή την αδυναμία ύπαρξης μιας μοναδικής τεχνολογίας που θα επιλύσει συνολικά το πρόβλημα της διαχείρισης αυτών των αποβλήτων. Άρα, η ολοκληρωμένη γνώση σχετικά με τα παραγόμενα απόβλητα βοηθά στην

ανάπτυξη της κατάλληλης για κάθε περίπτωση τεχνολογίας διαχείρισης. Δεν υπάρχουν απλές τεχνολογίες που να λύνουν όλα τα προβλήματα. Έτσι, η κατεργασία και η διάθεση των επικινδύνων αποβλήτων και μερικών παραπροϊόντων απαιτεί ένα σύνολο από διακεκριμένες διεργασίες που έχουμε αναφέρει.

Συνοψίζοντας τις προαναφερθείσες μεθόδους επεξεργασίας και διάθεσης επικινδύνων αποβλήτων, μπορούμε να συμπεράνουμε πως ο ρόλος της κάθε μίας δεν είναι πλήρως καθορισμένος. Για παράδειγμα, η αποτέφρωση των οργανικών αποβλήτων είναι μια συνήθης μέθοδος στην Ευρώπη, όχι όμως και σε μερικές πολιτείες της Αμερικής, όπου εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης φαίνεται να προτιμάται η ταφή των τοξικών αποβλήτων με άλλες όμως περιβαλλοντικές συνέπειες. Η ασφαλής καύση αν και αμφισβητείται ως μέθοδος στην Ελλάδα θα πρέπει πλέον να εξεταστεί σοβαρά. Η σύγχρονη τεχνολογία μπορεί να μας δώσει την ασφαλή και περιβαλλοντικά αποδεκτή λειτουργία τέτοιων εργοστασίων καύσης ακόμη και για μικρούς πληθυσμούς. Προσπάθειες ενεργειακής εκμετάλλευσης των αποβλήτων (βιοαέριο) πρέπει να αρχίσουν να προωθούνται. Γενικά οι εγκαταστάσεις αποτέφρωσης στερεών, ημιστερεών, υγρών και αερίων επικινδύνων αποβλήτων συνιστούν ένα μέσο διαχείρισης με συνεχώς αυξανόμενη σημασία στο ευρύτερο πεδίο επεξεργασίας και διάθεσης αποβλήτων.

Ένας τομέας έρευνας ο οποίος έχει αρχίσει να αναπτύσσεται πρόσφατα στη διαχείριση επικινδύνων οργανικών αποβλήτων είναι η χρήση μικροοργανισμών που έχουν τη δυνατότητα να αποσυνθέτουν τις τοξικές συνθετικές οργανικές ουσίες. Έχουν ήδη αναπτυχθεί μικρόβια που μπορούν να αποσυνθέσουν έλαια, το εντομοκτόνο DDT και τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια. Ιδιαίτερη θέση ανάμεσα στις βιολογικές μεθόδους επεξεργασίας των αποβλήτων κατέχει και η λιπασματοποίηση

των οργανικών στοιχείων. Πρόκειται για τη ρυθμιζόμενη αποσύνθεση της οργανικής ύλης μέσα από ένα σύνολο μηχανικών και βιολογικών διεργασιών, που έχουν σαν αποτέλεσμα την παραγωγή εδαφοβελτιωτικού. Για παράδειγμα με εκτεταμένα προγράμματα λιπασματοποίησης στην Ελλάδα, ο όγκος των αποβλήτων που καταλήγει στους χώρους τελικής διάθεσης μπορεί να μειωθεί σημαντικά.

Πιο συμβατικές μέθοδοι είναι διαθέσιμες για τη διαχείριση επικινδύνων ανόργανων αποβλήτων. Αυτές στηρίζονται πρωταρχικά σε φυσικές και χημικές διεργασίες για την εξουδετέρωση και συμπύκνωση των αποβλήτων.

Η υγειονομική ταφή είναι ένα σημαντικό κομμάτι οποιασδήποτε εγκατάστασης επεξεργασίας επικινδύνων αποβλήτων. Η οργάνωση σύγχρονων και ασφαλών χώρων υγειονομικής ταφής πρέπει να αποτελέσει την σημαντικότερη ίσως προτεραιότητα του σχεδιασμού. Θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη βαρύτητα στην εγκατάλειψη της ανεξέλεγκτης απόρριψης και στην αποκατάσταση των ήδη ρυπασμένων χώρων. Ένας τέτοιος χώρος δεν θα πρέπει να λειτουργεί ως πρωταρχικό μέσο αποδοχής ανεπεξέργαστων αποβλήτων, αλλά ως τελικός αποδέκτης των μη τοξικών, στερεοποιημένων υπολειμμάτων των επικινδύνων αποβλήτων. Τεχνολογίες όπως η στερεοποίηση και σταθεροποίηση, οι οποίες στηρίζονται στην ανάμιξη του αποβλήτου με υλικά που συντελούν στη δημιουργία στερεάς δομής και στη δέσμευση των τοξικών ουσιών, παράγουν απόβλητα τα οποία θα μπορούν να τοποθετηθούν με ασφάλεια σε χώρους διάθεσης. Η χρήση τέτοιων τεχνολογιών σε χώρες όπως η Αγγλία, η Γαλλία και η Ιαπωνία αποδεικνύει την αποτελεσματικότητά τους στον τομέα της διαχείρισης των επικινδύνων αποβλήτων.

Είδαμε ότι ένας από τους άξονες της στρατηγικής διαχείρισης των επικινδύνων αποβλήτων αποτελεί και η μείωση της παραγόμενης

ποσότητάς τους. Από μια άλλη οπτική γωνία, η πρόληψη πρέπει να προτιμάται της θεραπείας. Αυτό σημαίνει ότι ίσως η μεγαλύτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί σε τεχνικές που θα οδηγούν στην αποφυγή δημιουργίας αποβλήτων στην πηγή και γενικά στη μείωση των ποσοτήτων τους. Μείωση της παραγόμενης ποσότητας αποβλήτων συνεπάγεται και μείωση των ποσοτήτων προς επεξεργασία. Διαδικασίες όπως η ανακύκλωση των υλικών και η διαλογή στην πηγή συμβάλουν σημαντικά στην επίτευξη των παραπάνω στόχων.

Η θέσπιση μιας νέας σύγχρονης νομοθετικής ρύθμισης σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων κρίνεται πλέον επιβεβλημένη. Το σημαντικότερο δε είναι η εξασφάλιση της υλοποίησης των προτάσεων της νομοθεσίας με τη διοργάνωση συστήματος αυστηρών ελέγχων και παρακολούθησης, καθώς και υψηλών προστίμων για αυθαιρεσίες και παρανομίες. Η ίδρυση μιας περιβαλλοντικής υπηρεσίας αστυνόμευσης θα ήταν ένας σημαντικός παράγοντας επιτυχίας.

Τελευταίο αλλά ιδιαίτερα σημαντικό, είναι η εξασφάλιση της κοινωνικής αποδοχής της χωροθέτησης των κέντρων επεξεργασίας επικινδύνων αποβλήτων. Οι διεθνείς εμπειρίες έχουν διδάξει ότι αυτό αποτελεί ίσως το πιο δύσκολο μέρος. Η εξασφάλιση της κοινωνικής συναίνεσης προϋποθέτει μια σωστή και ειλικρινή ενημέρωση των ενδιαφερομένων και ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη λειτουργία ενός τέτοιου κέντρου, και ως προς τα ανταποδοτικά οφέλη που θα έχει η περιοχή που θα το φιλοξενήσει.

Τα πρώτα βήματα προς την κατεύθυνση μιας ορθολογικότερης και αποτελεσματικότερης διαχείρισης των αποβλήτων έχουν ήδη ξεκινήσει. Η υπευθυνότητα και η συνέπεια που θα δείξουμε όλοι μας θα αποτελέσει κριτήριο για την έκβαση αυτής της προσπάθειας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αναστάσιος Ι. Στάμου – Ζηνόβιος Σ. Βογιατζής, *Βασικές αρχές και σχεδιασμός συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων*, 2η έκδοση ΤΕΕ Αθήνα, 1994.
2. Αδαμάντιος Δ. Σκορδίλης, *Τεχνολογίες διάθεσης απορριμμάτων*, Εκδόσεις ΙΩΝ, 1993.
3. Noel De Nevers, *Air pollution control engineering*, Mc Graw Hill Inc. New York, 1995.
4. Harry .M. Freeman, *Standard Handbook of Hazardous Wastes treatment and disposal*, Mc Graw Hill Inc. New York, 1989.
5. Richard .J. Watts, *Hazardous Wastes: Sources – Pathways – Receptors*, John Willey and Sons Inc., 1998.
6. Howard .S. Peavy-Donald .R. Rowe-George Tchobanoglous, *Environmental Engineering*, Mc Graw Hill Inc. New York, 1985.
7. Γρηγορίου Μαρκαντωνάτου, *Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων*, Αθήνα, 1986.
8. Stanley .E. Manahan, *Environmental Chemistry*, sixth edition, CRC Press Inc. New York, 1994.
9. Hari .D. Sharma-Sangeeta .P. Lewis, *Waste containment systems, waste stabilization and landfills*, John Willey and Sons Inc., 1994.
10. Αναστάσιος Ι. Στάμου, *Βιολογικός καθαρισμός αστικών αποβλήτων*, Παπασωτηρίου, Αθήνα, 1995.
11. Θεμιστοκλής Δ. Λέκκας, *Περιβαλλοντική μηχανική Ι*, Κόσμος ΕΠΕ, Αθήνα, 1996.
12. Ι. Πούλιος, *Τεχνικά Χρονικά*, 49, 1993.
13. ΥΠΕΧΩΔΕ, *Εθνικός σχεδιασμός ολοκληρωμένης διαχείρισης απορριμμάτων και αποβλήτων*, Αθήνα, 1998.
14. ΤΑ ΝΕΑ, *Τα τοξικά κάτω από τα πόδια μας*, σελ 73, 29 Ιανουαρίου 2000.

15.Α ΝΕΑ, *Κι όμως υπάρχουν e-τοξικά*, σελ 70, 16 Απριλίου 2000.

ΠΗΓΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ

1. <http://www.greenpeace.org>
2. <http://www.svtc.org>
3. <http://www.EPA.org>

Πίνακας σχημάτων

Σχ 1: Ταινιοφίλτροπρέσσα	27
Σχ 2: Πύργος εκφύσησης	28
Σχ 3: Πύργος αερισμού	28
Σχ 4: Συσκευή ενεργού άνθρακα	32
Σχ 5: Διατάξεις συστημάτων διαχωρισμού με μεμβράνες	37
Σχ 6: Αεριστήρας	51
Σχ 7: Οξειδωτική τάφος	52
Σχ 8: Βιολογικό φίλτρο.....	54
Σχ 9: Βιολογικός δίσκος	55
Σχ 10: Εστίες καύσης	62
Σχ 11: Πορεία αερίων ρευμάτων και ανάπτυξη θερμοκρασιών σε εστίες συνεχούς ροής	63
Σχ 12: Πορεία αερίων ρευμάτων και ανάπτυξη θερμοκρασιών σε εστίες μέσης ροής	64
Σχ 13: Εστία με εσχάρες	66
Σχ 14: Ατέρμονη εσχάρα	68
Σχ 15: Εσχάρα πρόωσης	69
Σχ 16: Εσχάρα ανώσεως	70
Σχ 17: Κυλινδρική εσχάρα	71
Σχ 18: Περιστρεφόμενος κλίβανος	72
Σχ 19: Κλιμακωτός κλίβανος	74

Σχ 20: Πολυκυκλώνας	80
Σχ 21: Σακκόφιλτρα	81
Σχ 22: Μηχανισμοί ηλεκτροστατικών φίλτρων	83
Σχ 23: Ηλεκτρόφιλτρο	83
Σχ 24: Ηλεκτροστατικό φίλτρο με πλάκες	84
Σχ 25: Γεωμετρικά σχήματα Venturi	86
Σχ 26: Ηλεκτροδυναμικό σύστημα Venturi	87
Σχ 27: Πλύση σε τρία στάδια	90
Σχ 28: Μέθοδος Odorgard	90
Σχ 29: Ημιξηρά μέθοδος καθαρισμού αερίων	91
Σχ 30: Τήξη υπολειμμάτων	95
Σχ 31: Μέθοδος Redmelt	96
Σχ 32: Μέθοδος Fosmelt.....	96
Σχ 33: Μέθοδος Kiener.....	99
Σχ 34: Αντιδραστήρας Purox.....	100
Σχ 35: Αντιδραστήρας Torrax.....	101
Σχ 36: Μόνωση της βάσης	107
Σχ 37: Μόνωση επιφάνειας	109
Σχ 38: Τοποθέτηση σωλήνων αποστράγγισης	111
Σχ 39: Σωλήνες αποστράγγισης	112
Σχ 40: Διατομή αποχετευτικού φρέατος	115

Περιεχόμενα πινάκων

Πίνακας 1: Υγρά και στερεά απόβλητα στην Ελλάδα.....	121
Πίνακας 2: Επικίνδυνα συστατικά ενός Η/Υ.....	127
Πίνακας 3: Επικίνδυνα απόβλητα στην Ελλάδα, ενδεδειγμένοι τρόποι αντιμετώπισης	130

