

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

## 6. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### 6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ: ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΡΓΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται ο προσδιορισμός των τεχνικών χαρακτηριστικών των εγκαταστάσεων αποτέφρωσης επικινδύνων αποβλήτων από υγειονομικές εγκαταστάσεις. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται στοιχεία από τη διεθνή εμπειρία και βιβλιογραφία και ιδιαίτερα το αντίστοιχο BAT Reference Document (BREF) “Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration” (EC, 2006). Στο BREF παρουσιάζονται:

- Οι χρησιμοποιούμενες τεχνικές για την καύση ιατρικών αποβλήτων
- Παραγόμενες εκπομπές
- Τεχνικές για τον προσδιορισμό των Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών (ΒΔΤ)
- Βέλτιστες διαθέσιμες Τεχνικές (γενικές για την καύση των αποβλήτων και ειδικές για τα ιατρικά απόβλητα)

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την αποτέφρωση των αποβλήτων αυτών είναι συνήθως οι ακόλουθες:

1. Θερμική Οξείδωση
2. Πυρόλυση
3. Αεριοποίηση
4. Πλάσμα

Επίσης, στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αξιολόγηση των διαθέσιμων τεχνικών (βάσει τεχνικών, περιβαλλοντικών και οικονομικών κριτηρίων, καθώς και λαμβάνοντας υπόψη την εμπειρία από τη μέχρι σήμερα χρήση τους) και προτείνεται η καταλληλότερη για την περίπτωση των συγκεκριμένων μονάδων.

Επιπλέον, εξετάζονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων και πιο ειδικά:

- Το μέγεθος των μονάδων: η δυναμικότητα προσδιορίζεται σύμφωνα με τα στοιχεία και τις προβλέψεις του Εθνικού Σχεδιασμού σε σχέση με την παραγωγή ιατρικών αποβλήτων
- Η τεχνολογία που θα χρησιμοποιηθεί και ο απαιτούμενος εξοπλισμός: προτείνεται ο απαιτούμενος εξοπλισμός των μονάδων, λαμβάνοντας υπόψη τη διεθνή εμπειρία και τα προβλεπόμενα σε σχέση με τις ΒΔΤ
- Η τοποθεσία εγκατάστασης: η τοποθεσία εξετάζεται βάσει της προηγούμενης χωροθέτησης
- Επιπτώσεις: προσδιορίζονται και αναλύονται σε προκαταρκτικό στάδιο οι ενδεχόμενες επιπτώσεις από την κατασκευή και λειτουργία των μονάδων στο περιβάλλον, στην υποδομή της περιοχής και στο κοινωνικό σύνολο.

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

## 6.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΑΥΜ

Στο κεφάλαιο αυτό [54,55,62,64,65,68,69] περιγράφονται οι κύριες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την αποτέφρωση των αποβλήτων. Οι τεχνολογίες αυτές είναι:

- Θερμική Οξείδωση
- Πυρόλυση
- Αεριοποίηση
- Πλάσμα

Στο πλαίσιο της θερμικής οξείδωσης εξετάζονται δύο μέθοδοι εφαρμογής της, ο περιστροφικός κλίβανος και η ρευστοποιημένη κλίνη. Οι συγκεκριμένες μέθοδοι μπορούν να λειτουργήσουν και υπό συνθήκες που παραπέμπουν στην πυρόλυση ή την αεριοποίηση (υποστοιχειομετρική καύση). Ωστόσο τόσο η πυρόλυση όσο και η αεριοποίηση έχουν μικρή εφαρμογή σε κεντρικές μονάδες επεξεργασίας ΑΥΜ αλλά και επικίνδυνων αποβλήτων γενικότερα και για αυτό το λόγο εξετάζονται συνολικά ως τεχνολογίες και δεν γίνεται περαιτέρω αναφορά σε διαφορετικές τεχνικές παραλλαγές τους. Τέλος γίνεται αναφορά στην αποτέφρωση με εσχάρες και στους λόγους που δεν αξιολογείται περεταίρω η τεχνολογία αυτή.

### 6.2.1 Θερμική Οξείδωση

#### 6.2.1.1 Τεχνική Περιγραφή

Θερμική Οξείδωση είναι η διεργασία ξηρής οξείδωσης σε υψηλή θερμοκρασία, που μετατρέπει οργανικά, εύφλεκτα απόβλητα, σε ανόργανη, άκαυστη ύλη. Αποτέλεσμα της διεργασίας είναι η σημαντική μείωση του όγκου και του βάρους των αποβλήτων. Η θερμική οξείδωση καθίσταται ιδανική μέθοδος για την επεξεργασία αποβλήτων που δεν μπορούν να ανακυκλωθούν, να επαναχρησιμοποιηθούν ή να ταφούν σε Χ.Υ.Τ.Α.

Όλα τα είδη των αποτεφρωτών θερμικής οξείδωσης, με την κατάλληλη χρήση, πετυχαίνουν την εξόντωση όλων των παθογόνων μικροοργανισμών (αδρανοποίηση) και μειώνουν σημαντικά τον όγκο των αποβλήτων. Ορισμένα είδη ιατρικών αποβλήτων όπως για παράδειγμα κάποια φαρμακευτικά ή χημικά απόβλητα, απαιτούν υψηλότερες θερμοκρασίες για την πλήρη καταστροφή τους. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες καύσης και το καθαρίσμα των αερίων, περιορίζουν την ατμοσφαιρική ρύπανση και τις οσμές που παράγονται από τη διεργασία της θερμικής οξείδωσης. Οι κατηγορίες αποβλήτων που δεν πρέπει να υφίστανται επεξεργασία με την μέθοδο της θερμικής οξείδωσης είναι :

- Πρεσαρισμένα δοχεία αερίων
- Μεγάλες ποσότητες χημικών αποβλήτων
- Άλατα Αργύρου και φωτογραφικά απόβλητα, ή απόβλητα από ακτινογραφίες
- Τα απόβλητα που περιέχουν αλογονομένα πλαστικά όπως το πολύ-βινυλο-χλωρίδιο (PVC) εφόσον οι θερμοκρασίες αποτέφρωσης είναι χαμηλότερες από 1100 °C.
- Απόβλητα με υψηλή περιεκτικότητα σε Κάδμιο ή Υδράργυρο, όπως σπασμένα θερμόμετρα, μπαταρίες κτλ.

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

- Σφραγισμένες αμπούλες, ή αμπούλες που περιέχουν βαρέα μέταλλα.

#### **6.2.1.1.1 Περιστροφικός κλίβανος**

Ο περιστροφικός κλίβανος αποτελείται από ένα περιστροφικό θάλαμο και ένα θάλαμο μετάκαυσης. Η χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας ενδείκνυται για κεντρικές μονάδες επεξεργασίας, οι οποίες μπορούν να καλύψουν το σύνολο των αποβλήτων από υγειονομικές μονάδες σε μία συγκεκριμένη περιοχή. Τα κύρια χαρακτηριστικά των περιστροφικών κλιβάνων παρουσιάζονται στη συνέχεια:

**Η τεχνολογία ενδείκνυται για τις ακόλουθες κατηγορίες αποβλήτων:**

- Μολυσματικά (συμπεριλαμβανομένων των αιχμηρών αντικειμένων) και παθογενή απόβλητα
- Φαρμακευτικά και χημικά υπολείμματα συμπεριλαμβανομένων κυτταροτοξικών αποβλήτων

**Η τεχνολογία δεν ενδείκνυται για τις ακόλουθες κατηγορίες αποβλήτων:**

- Αστικά στερεά απόβλητα (ΑΣΑ) - δεν ενδείκνυται για λόγους κόστους η χρήση περιστρεφόμενου κλιβάνου
- Ραδιενεργά απόβλητα - το ραδιενεργό φορτίο δεν περιορίζεται και υπάρχει κίνδυνος διασποράς ραδιενέργειας

**Απόβλητα ακατάλληλα για επεξεργασία σε περιστρεφόμενους κλιβάνους :**

- Δοχεία υπό πίεση - μπορεί να εκραγούν κατά τη διάρκεια της διαδικασίας και να προκληθεί βλάβη στον εξοπλισμό
- Απόβλητα με υψηλό περιεχόμενο σε βαρέα μέταλλα – θα υπάρξουν εκπομπές τοξικών μετάλλων (π.χ. μόλυβδος, κάδμιο, υδράργυρος) στην ατμόσφαιρα

**Θερμοκρασία επεξεργασίας :** 1.200 – 1.600 °C, που επιτρέπει την αποσύνθεση χημικών όπως τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια.

**Δυναμικότητες :** Οι διαθέσιμες δυναμικότητες κυμαίνονται από 0,5 έως 3 tn/hr. Οι αποτεφρωτήρες νοσοκομείων έχουν δυναμικότητα μικρότερη του ενός τόνου.

**Εξοπλισμός επεξεργασίας απαερίων και τέφρας :** Τα απαέρια και η τέφρα περιέχουν τοξικές ουσίες και η επεξεργασία τους κρίνεται απαραίτητη.

**Άλλες επισημάνσεις :** Η αγορά, λειτουργία και συντήρηση του εξοπλισμού είναι ακριβή ενώ υψηλή είναι και η κατανάλωση ενέργειας. Τα απόβλητα και τα παραπροϊόντα της επεξεργασίας περιέχουν διαβρωτικές ουσίες και η πυρίμαχη επίστρωση του κλιβάνου πρέπει να ελέγχεται και να αντικαθίσταται. Απαραίτητη είναι η παρουσία εξειδικευμένου προσωπικού.

Ο άξονας του περιστρεφόμενου κλιβάνου είναι ελαφρά κεκλιμένος (3-5%) στον οριζόντιο άξονα. Ο κλίβανος περιστρέφεται 2-5 φορές το λεπτό ενώ ο χρόνος παραμονής κυμαίνεται

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

μεταξύ 30 με 90 λεπτά. Τα απαέρια θερμαίνονται σε υψηλές θερμοκρασίες στο θάλαμο μετάκαυσης για χρονικό διάστημα δύο δευτερολέπτων ώστε να απομακρυνθούν οι πτητικές οργανικές ενώσεις. Οι περιστρεφόμενοι κλίβανοι δύνανται να λειτουργούν σε συνεχή ροή ενώ υπάρχουν διαφορετικές διατάξεις για την τροφοδοσία τους. Οι βασικές παράμετροι λειτουργίας είναι οι εξής:

- Η θερμοκρασία εξόδου του κλιβάνου και του μετακαυστήρα, η οποία πρέπει να οδηγεί σε πλήρη αποτέφρωση των αποβλήτων
- Η εσωτερική πίεση του κλιβάνου, που πρέπει να είναι αρνητική για την αποφυγή αέριων εκπομπών και σωματιδίων στην ατμόσφαιρα
- Ο ρυθμός παροχής αέρα (οξυγόνου) και τροφοδοσίας αποβλήτων, έτσι ώστε οι συνθήκες λειτουργίας να είναι βέλτιστες

Στην επόμενη εικόνα [55] παρουσιάζεται η σχηματική απεικόνιση ενός περιστροφικού κλιβάνου:

**Εικόνα 6.2-1: Περιστροφικός κλίβανος**



#### **6.2.1.1.2 Ρευστοποιημένη κλίνη**

Η ρευστοποιημένη κλίνη είναι ευρέως διαδεδομένη για την επεξεργασία λεπτοκόκκων υλικών όπως RDF και λυματολάσπη. Χρησιμοποιείται εδώ και δεκαετίες για την αποτέφρωση ομοιογενών καυσίμων. Η μέθοδος χαρακτηρίζεται από μία γρήγορη, συνεχή και εναλλασσόμενη κίνηση των σωματιδίων στο χώρο ενώ η καύσιμη ύλη καίγεται σε μία κλίνη από αδρανές υλικό. Οι εγκαταστάσεις ρευστοποιημένης κλίνης διακρίνονται τους εξής τύπους:

- Σταθερή
- Περιστροφική
- Ταχεία

Η μέθοδος χαρακτηρίζεται από ομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας και του οξυγόνου με αποτέλεσμα την ομαλή λειτουργία του συστήματος. Πριν τροφοδοτηθούν τα απόβλητα

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

προς καύση, γίνεται εκκίνηση του λέβητα με τη βοήθεια ενός βοηθητικού καυστήρα, ώστε να επιτευχθεί η ελάχιστη απαιτούμενη θερμοκρασία ανάφλεξης ανάλογα με το είδος των αποβλήτων προς επεξεργασία και τα όσα αναφέρει η νομοθεσία. Συνήθως το μεγαλύτερο μέρος της τέφρας μεταφέρεται μαζί με τα απαιρία. Η ακριβής αναλογία μεταξύ τέφρας βάσης (αφαιρείται από τη βάση της κλίνης) και της υπτάμενης τέφρας εξαρτάται από την ακριβή διαμόρφωση της κλίνης και το είδος των αποβλήτων.

Για ετερογενή απόβλητα, απαιτείται προεπεξεργασία (π.χ. λειοτεμαχισμός, διαλογή στην πηγή) πριν την εισαγωγή τους στην κλίνη ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή κοκκομετρία και να λειτουργήσει αποτελεσματικά η εγκατάσταση. Η μέγιστη διάμετρος των υλικών ανέρχεται συνήθως σε 50 mm ενώ υπάρχουν αναφορές για διάμετρο μεταξύ 200-300 mm για διατάξεις περιστροφικής κλίνης. Το σχετικά υψηλό κόστος που προκύπτει λόγω των αναγκών προεπεξεργασίας έχει περιορίσει τη χρήση των συστημάτων αυτών σε μονάδες μεγάλης δυναμικότητας. Κάποια είδη ρευστοποιημένης κλίνης (π.χ. περιστρεφόμενη) μπορούν να δεχθούν μεγαλύτερα σωματίδια και οι ανάγκες σε προεπεξεργασία είναι μικρότερες.

#### **6.2.1.1.3 Αποτέφρωση σε εσχάρες**

Η συγκεκριμένη μέθοδος δεν ενδείκνυται για μονάδες μικρής δυναμικότητας 10-30 tn/d. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται όταν τα ΑΥΜ συναποτεφρώνονται μαζί με άλλα είδη αποβλήτων όπως οικιακά ή άλλα επικίνδυνα σε εγκαταστάσεις μεγαλύτερης δυναμικότητας. Η πρακτική αυτή συνίσταται για την περίπτωση που ο αποτεφρωτήρας βρίσκεται σε κοντινή απόσταση από τις πηγές παραγωγής.

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι σύμφωνα με την ΚΥΑ 22912/1117 «Μέτρα και όροι για την πρόληψη και τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος από την αποτέφρωση των αποβλήτων» που αποτελεί την ενσωμάτωση της αντίστοιχης κοινοτικής Οδηγίας 2000/76/EC, τα μολυσματικά απόβλητα θα πρέπει να εισάγονται όπως παραλαμβάνονται συσκευασμένα, κατευθείαν στον κλίβανο χωρίς να αναμιγνύονται πρώτα με άλλες κατηγορίες καυσίμων και χωρίς να υποβάλλονται σε άμεσους χειρισμούς. Η μέθοδος αυτή δε θα αναλυθεί περαιτέρω καθώς στην Ελλάδα δεν λειτουργούν μονάδες καύσης ώστε να εξεταστεί το ενδεχόμενο αυτό.

#### **6.2.1.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις τεχνολογιών θερμικής οξείδωσης**

Από τη διεργασία της αποτέφρωσης προκύπτουν τριών ειδών απόβλητα: αέρια, υγρά και στερεά. Ιδιαίτερος είναι ο ρόλος των αερίων αποβλήτων, για τον καθαρισμό των οποίων απαιτείται ένα μεγάλο μέρος των απαιτούμενων επενδύσεων.

#### **Αέρια**

Τα αέρια που παράγονται από την καύση περιέχουν άζωτο και περίσσεια οξυγόνου, σωματίδια σκόνης, τα τυπικά προϊόντα της καύσης (CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>) και μία σειρά



ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

άλλων επιβλαβών ουσιών, η οποία εξαρτάται από τη σύνθεση των αποβλήτων. Κυριότερα από αυτά είναι το HCl, HF, τα βαρέα μέταλλα και οι πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες (διοξίνες, φουράνια). Πολύ σημαντική παράμετρος, με ιδιαίτερη σημασία για τα συστήματα καθαρισμού των αερίων είναι επίσης το περιεχόμενο των αερίων αποβλήτων σε ιπτάμενη τέφρα και αιωρούμενα στερεά.

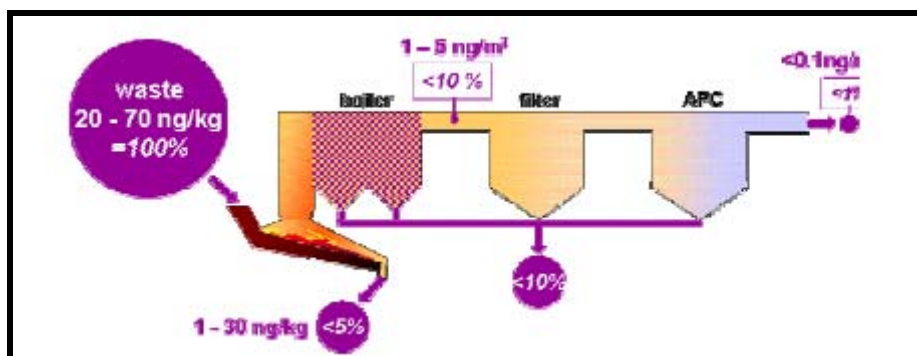
Οι οριακές τιμές εκπομπής αερίων ρύπων που προέρχονται από εγκαταστάσεις καύσης αναγόμενες σε συνθήκες θερμοκρασίας 273 K, πίεσης 101,3 kPa, οξυγόνου 11%, ξηρό αέριο, καθορίζονται από την Οδηγία 2000/76/ΕΚ για την αποτέφρωση και την αντίστοιχη Ελληνική Νομοθεσία.

Από τους πιο επικίνδυνους ρύπους των καυσαερίων είναι οι διοξίνες, γνωστές και ως πολυχλωριωμένες διβενζοδιοξίνες (PCDD), οι οποίες αποτελούνται από δύο αρωματικούς δακτυλίους ενωμένους με ένα ζεύγος ατόμων οξυγόνου. Εξίσου επικίνδυνοι ρύποι είναι και τα φουράνια (PCDF), τα οποία διαφέρουν από τις διοξίνες μόνο στο ότι οι δύο αρωματικοί δακτύλιοι συνδέονται με ένα άτομο οξυγόνου. Η επικινδυνότητα και τοξικότητα των παραπάνω ουσιών συμβαδίζει με ενδείξεις, για τη συμβολή τους σε διαδικασίες καρκινογένεσης σε ανθρώπους.

Οι διοξίνες και τα φουράνια παράγονται σχεδόν σε όλες τις διαδικασίες καύσης, σε μικρές ποσότητες, ενώ ο ακριβής μηχανισμός παραγωγής αυτών δεν είναι γνωστός, παρά τις εκτεταμένες έρευνες που έχουν γίνει. Η δημιουργία των διοξινών και φουρανίων λαμβάνει χώρα στην αέρια φάση. Δύο αντίθετες αντιδράσεις δύνανται να συμβούν σε αυτήν την θερμοκρασία (σχηματισμός- αποσύνθεση). Η δημιουργία διοξινών και φουρανίων ενθαρρύνεται με την αύξηση στην περιεκτικότητα του οξυγόνου. Βασική πηγή τους, κατά την αποτέφρωση των αποβλήτων, θεωρείται η παρουσία χλωριωμένων οργανικών ενώσεων στα απόβλητα, ιδιαίτερα στις συσκευασίες.

Οι διοξίνες και τα φουράνια είναι δυνατό να κατέβουν σε 0,1-0,2 νανογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο με κατάλληλες μεθόδους καύσεως. Αυτό σημαίνει ότι ένα (1) γραμμάριο διοξίνης εκπέμπεται σε 10 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα αερίων που περνάνε από την καμινάδα.

**Εικόνα 6.2-2: Διοξίνες και τα Φουράνια σε εγκαταστάσεις αποτέφρωσης αποβλήτων [65]**



Βασισμένοι στη γνώση που υπάρχει, από την μελέτη διαφόρων αντιδράσεων, συνιστώνται τα παρακάτω μέτρα για την μείωση των διοξινών και φουρανίων:

#### Βασικά μέτρα

HPC PASECO ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.

Κυκλάδων 22, 113 61 Αθήνα

Τηλ: 210-8258200, Fax: 210-8258209, Email: [info@hpc-paseco.gr](mailto:info@hpc-paseco.gr)

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

- Βελτίωση της καύσης των αποβλήτων και των αιωρουμένων (προϊόντων ατελούς καύσης).
- Βελτιστοποίηση της απαίτησης σε οξυγόνο.
- Βελτίωση των θερμικών συστημάτων ελέγχου για να βεβαιώνεται ο έλεγχος του αέρα καύσης

#### Δευτερεύοντα μέτρα

- Βελτίωση στον καθαρισμό των λεβήτων ατμού (συνεχής καθαρισμός).
- Προκαταρκτική συλλογή των αιωρουμένων πριν την φάση της ψύξεως ( με υψηλή θερμοκρασία απομάκρυνση των αιωρουμένων).
- Επίδραση στην θερμοκρασία λειτουργίας των ηλεκτροστατικών φίλτρων για την μείωση του σχηματισμού διοξινών.
- Βελτίωση των συστημάτων καθαρισμού των αερίων σχετικά με τη βελτίωση συλλογής των αιωρουμένων και των ρύπων.
- Απομάκρυνση των PPDD/PCDF με προσρόφηση ενεργού άνθρακα.

Οι αέριες εκπομπές οι οποίες χρήζουν ιδιαίτερης αντιμετώπισης περιλαμβάνουν τα αιωρούμενα σωματίδια, οι όξινες χημικές ενώσεις και τα οξειδία του αζώτου.

Στον πίνακα [65] που ακολουθεί δίδονται οι χρησιμοποιούμενες τεχνικές για την αντιμετώπιση των εκπομπών αυτών.

**Πίνακας 6.2-1: Υφιστάμενα συστήματα αντιρρύπανσης**

Εκπομπή	Χρησιμοποιούμενη τεχνολογία αντιμετώπισης
Αιωρούμενα σωματίδια	Κυκλώνες
	Ηλεκτροστατικός κατακρημνιστής (υγρός – ξηρός)
	Σακκόφιλτρα
Όξινες χημικές ενώσεις	Ξηρό σύστημα ρόφησης
	Ημίξηρο σύστημα ρόφησης
	Υγρό σύστημα ρόφησης
Οξειδία αζώτου	Επιλεκτική μη καταλυτική αναγωγή
	Επιλεκτική καταλυτική αναγωγή

Σε κάθε περίπτωση για την καύση των αποβλήτων είναι απαραίτητη η τήρηση των ορίων που τίθενται από την Κοινοτική Οδηγία για την αποτέφρωση των αποβλήτων. Επομένως, η μονάδα αποτέφρωσης αποβλήτων θεωρείται ότι είναι εφοδιασμένη με κατάλληλα αντιρρυπαντικά μέτρα, ώστε να τηρεί τα όρια τα οποία παρατίθενται στον πίνακα [70] που ακολουθεί.

**Πίνακας 6.2-2. Οριακές τιμές εκπομπών από μονάδες αποτέφρωσης**

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Ρύπος	Ημερήσια μέση τιμή (mg/m <sup>3</sup> )	Μέση τιμή ημώρου (mg/m <sup>3</sup> )
Ολική συγκέντρωση σκόνης	10	30
Οργανικές ουσίες υπό μορφή αερίων και ατμών (TOC)	10	20
Υδροχλώριο	10	60
Υδροφθόριο	1	4
Διοξείδιο του θείου	50	50
Υποξείδιο και οξείδιο του αζώτου	200 (δυναμικότητα >3 tn) 400 (δυναμικότητα <3 tn)	400 (δυναμικότητα >3 tn)
Κάδμιο και ενώσεις	0,05	
Θάλλιο και ενώσεις	0,05	
Υδράργυρος, Αντιμόνιο, Αρσενικό, Μόλυβδος, Χρώμιο, Κοβάλτιο, Χαλκός, Μαγγάνιο, Νικέλιο και Βανάδιο και ενώσεις	0,5	
Διοξίνες και φουράνια	0,1 ng / m <sup>3</sup>	
Μονοξείδιο του άνθρακα	50	150 (μέση τιμή δεκάλεπτου)

## Υγρά

Κατά την αποτέφρωση, νερό είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί σε τέσσερα σημεία:

- Σβέση τέφρας
- Ψύξη αερίων
- Πύργοι υγρής απορρόφησης
- Σε μερικούς ηλεκτροστατικούς κατακρημνιστές για απομάκρυνση των σωματιδίων από τα σημεία συλλογής.

Τα υγρά απόβλητα περιέχουν αιωρούμενα σωματίδια, όπως επίσης ανόργανα και οργανικά σε διάλυση. Το προϊόν είναι διαβρωτικό και πριν την απόρριψη του στην αποχέτευση απαιτείται συχνά επεξεργασία του. Οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων είναι η καθίζηση και κατόπιν η ρύθμιση του pH.

Σε κάθε περίπτωση για την καύση των αποβλήτων είναι απαραίτητη η τήρηση των ορίων που τίθενται από την Κοινοτική Οδηγία για την αποτέφρωση των αποβλήτων. Τα όρια αυτά αφορούν στη διάθεση των υγρών αποβλήτων που προέρχονται από τον καθαρισμό των καυσαερίων, τα οποία και παρατίθενται στον πίνακα που ακολουθεί.

**Πίνακας 6.2-3. Οριακές τιμές εκπομπών υγρών αποβλήτων από τον καθαρισμό των καυσαερίων από μονάδες αποτέφρωσης [70]**

Ρύπος	Οριακή μέση τιμή (mg / lt)
Ολικά αιωρούμενα στερεά	45

HPC PASECO ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.

Κυκλάδων 22, 113 61 Αθήνα

Τηλ: 210-8258200, Fax: 210-8258209, Email: [info@hpc-paseco.gr](mailto:info@hpc-paseco.gr)



ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Ρύπος	Οριακή μέση τιμή (mg / lt)
Υδράργυρος και ενώσεις	0,03
Κάδμιο και ενώσεις	0,05
Θάλλιο και ενώσεις	0,05
Αρσενικό και ενώσεις	0,15
Μόλυβδος και ενώσεις	0,2
Χρώμιο και ενώσεις	0,5
Χαλκός και ενώσεις	0,5
Νικέλιο και ενώσεις	0,5
Ψευδάργυρος και ενώσεις	1,5
Διοξίνες και φουράνια	0,3 ng / lt

### Στερεά

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο έδαφος έχουν σχέση με τη διάθεση των στερεών υπολειμμάτων της καύσης. Τα στερεά κατάλοιπα από την καύση των αποβλήτων διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Υπολειμματική τέφρα (bottom ash): το υλικό το οποίο συλλέγεται από τον πυθμένα του θαλάμου καύσης και αποτελείται κυρίως από αδρά άκαυστα υλικά και την υπολειμματική άκαυστη οργανική ύλη
- Ιπτάμενη τέφρα (fly ash): το λεπτόκοκκο ή λιγότερο αδρό κλάσμα της σωματιδιακής ύλης το οποίο απομακρύνεται πριν την όποια επεξεργασία των καυσαερίων
- Υπολείμματα από την επεξεργασία των καυσαερίων: η σωματιδιακή ύλη η οποία συλλέγεται μετά την κατεργασία των όξινων αερίων της καύσης. Μπορεί να είναι σε στερεά ή υδαρή μορφή ανάλογα με την εφαρμοζόμενη επεξεργασία των όξινων καυσαερίων (ξηρή, υγρή ή ημίξηρη) και αντιστοιχεί σε 2-5% κατά βάρος των αρχικών αποβλήτων

Όλες οι κατηγορίες υπολείμματος απαιτούν προσεκτική διαχείριση. Η διάθεση σε χώρο ταφής πρέπει να λαμβάνει υπόψη την εκπλυσιμότητα των διαφόρων συστατικών που περιέχουν τα υπολείμματα αυτά.

Κατά τη σύγκριση με αδρανή υλικά, τα παρακάτω συστατικά μπορούν να θεωρηθούν «κρίσιμα» για την συμπεριφορά της τέφρας βάσης (υπολειμματική τέφρα): Cu, Zn, Sb, Mo, χλωρίοντα και θειικά.

Η μείωση μάζας και όγκου κατά την καύση, οδηγεί σε «εμπλουτισμό» των στερεών υπολειμμάτων σε βαρέα μέταλλα. Από τα στοιχεία μέχρι τώρα, προκύπτει ότι οι τέφρες από τον καθαρισμό των αερίων και η σκόνη από τα φίλτρα περιέχει το μεγαλύτερο ποσοστό των βαρέων μετάλλων και στοιχείων όπως As, Cd, και Hg με εξαίρεση των λιθοφιλικό χαλκό

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

(Cu). Επίσης οι τέφρες βάσης περιέχουν μικρότερες ποσότητες φουρανίων, διοξινών και άλλων οργανικών ενώσεων.

Η ιπτάμενη τέφρα περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων, διαλυτών αλάτων, οργανικών και την υψηλότερη περιεκτικότητα από όλα τα κατάλοιπα σε χλωριωμένες οργανικές ενώσεις.

## 6.2.2 Πυρόλυση

### 6.2.2.1 Τεχνική περιγραφή

Πυρόλυση είναι η θερμική επεξεργασία αποβλήτων απουσία οξυγόνου σε υψηλές θερμοκρασίες (600-1000°C). Στη πράξη, η ολική εξάλειψη του οξυγόνου είναι δύσκολη, γι' αυτό πάντα επικρατούν συνθήκες μερικής οξειδωσης. Η λειτουργία ενός συστήματος πυρόλυσης περιλαμβάνει δύο θαλάμους. Στον πρώτο, που καλείται πυρολυτικός, τα απόβλητα θερμαίνονται σε υψηλές θερμοκρασίες σε συνθήκες απουσίας οξυγόνου. Για την θέρμανση χρησιμοποιείται εξωτερικός καυστήρας ή αντιστάσεις καθώς τα απόβλητα δεν μπορούν να συντηρήσουν την καύση κάτω από αυτές τις συνθήκες. Τα αέρια που παράγονται, εισάγονται στον δεύτερο θάλαμο, όπου καίγονται σε υψηλές θερμοκρασίες. Η διεργασία είναι κατάλληλη για την επεξεργασία μολυσματικών αποβλήτων καθώς και φαρμακευτικών – χημικών υπολειμμάτων. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για τη διαχείριση γενοτοξικών και ραδιενεργών αποβλήτων. Μετά την επεξεργασία τα απόβλητα είναι αποστειρωμένα λόγω των υψηλών θερμοκρασιών.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των πυρολυτικών αποτεφρωτήρων, που χρησιμοποιούνται ειδικά για τα νοσοκομεία, συνοψίζονται παρακάτω:

#### Η τεχνολογία ενδείκνυται για τις ακόλουθες κατηγορίες αποβλήτων:

- Μικτά επικίνδυνα απόβλητα (συμπεριλαμβανομένων των αιχμηρών αντικειμένων) - αποδοτική επεξεργασία, εξάλειψη όλων των παθογόνων μικροοργανισμών
- Φαρμακευτικά και χημικά υπολείμματα - αποσύνθεση των περισσότερων υπολειμμάτων, ωστόσο μόνο μικρές ποσότητες (π.χ. 5% του συνολικού όγκου) αυτών των αποβλήτων μπορούν να συναποτεφρωθούν

Η χαμηλή θερμογόνος δύναμη των αποβλήτων πρέπει να ξεπερνάει τα 3.500 kcal/kg (14.650 kJ/kg)

#### Η τεχνολογία δεν ενδείκνυται για τις ακόλουθες κατηγορίες αποβλήτων:

- ΑΣΑ – δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα η χρήση του πυρολυτικού αντιδραστήρα
- Γενοτοξικά απόβλητα - ανεπαρκής επεξεργασία
- Ραδιενεργά απόβλητα - το ραδιενεργό φορτίο δεν περιορίζεται και υπάρχει κίνδυνος διασποράς ραδιενέργειας

#### Απόβλητα ακατάλληλα για την πυρόλυση :

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

- Δοχεία υπό πίεση - μπορεί να εκραγούν κατά τη διάρκεια της διαδικασίας και να προκληθεί βλάβη στον εξοπλισμό
- Αλογονωμένα πλαστικά όπως το PVC - τα αερία μπορούν να περιέχουν υδροχλωρικά οξέα και διοξίνες
- Απόβλητα με υψηλό περιεχόμενο σε βαρέα μέταλλα – θα υπάρξουν εκπομπές τοξικών μετάλλων (π.χ. μόλυβδος, κάδμιο, υδράργυρος) στην ατμόσφαιρα

**Θερμοκρασία επεξεργασίας :** 800 – 900 °C

**Δυναμικότητες :** Οι διαθέσιμες δυναμικότητες κυμαίνονται από 200 kg/ημέρα έως 10 tn/ημέρα. Οι αποτεφρωτήρες νοσοκομείων έχουν δυναμικότητα μικρότερη του ενός τόνου.

**Εξοπλισμός επεξεργασίας αερίων :** Απαιτείται για μεγαλύτερες κεντρικές εγκαταστάσεις.

**Άλλες επισημάνσεις :** Η αγορά, λειτουργία και συντήρηση του εξοπλισμού είναι ακριβή. Απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό.

Ο πυρολυτικός αντιδραστήρας αποτελείται από ένα θάλαμο πυρόλυσης και ένα θάλαμο μετα- ανάφλεξης και λειτουργεί ως εξής:

- Στο θάλαμο πυρόλυσης, τα απόβλητα υφίστανται θερμική αποσύνθεση «μέσω μιας διαδικασίας καύσης απουσία οξυγόνου» και μέτριας θερμοκρασίας (800- 900°C), παράγοντας τέφρα, πίσσες και αέρια. Για την εκκίνηση της διαδικασίας απαιτείται βοηθητικός καυστήρας.
- Τα αέρια που παράγονται από την πυρόλυση καίγονται σε υψηλές θερμοκρασίες (900- 1200°C) από έναν καυστήρα στο θάλαμο μετάκαυσης, ενώ παράλληλα το σύστημα τροφοδοτείται με περίσσεια αέρα προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η αιθάλη και οι οσμές.

#### **Παράμετροι σχεδιασμού και λειτουργίας πυρολυτικού αντιδραστήρα:**

Οι συνθήκες θερμικής επεξεργασίας εντός του πυρολυτικού αντιδραστήρα πρέπει να είναι ιδανικές ώστε να επιτευχθεί πλήρης αποσύνθεση των αποβλήτων χωρίς την παραγωγή σημαντικών ποσοτήτων στερεών, υγρών και αέριων εκπομπών (π.χ. διοξίνες και φουράνια). Η θερμοκρασία καύσης, ο χρόνος παραμονής στο θάλαμο, η ροή των αερίων και η ποσότητα εισροής αέρα είναι κρίσιμες παράμετροι που πρέπει να ελεγχθούν. Πιο αναλυτικά, ισχύουν τα ακόλουθα:

- Η θερμοκρασία στο θάλαμο μετάκαυσης πρέπει να ανέρχεται τουλάχιστον σε 900 °C και ο χρόνος παραμονής των αερίων να είναι τουλάχιστον 2 δευτερόλεπτα. Θα πρέπει να εξασφαλίζεται παροχή αέρα με 100% περίσσεια οξυγόνου και υψηλό στροβιλισμό.
- Ο θάλαμος πυρόλυσης πρέπει να έχει επαρκή χωρητικότητα ώστε να επιτρέπει την παραμονή των αποβλήτων για χρονικό διάστημα μίας ώρας.

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

- Οι θάλαμοι πυρόλυσης και μετάκαυσης πρέπει να είναι κατασκευασμένοι από ατσάλι με εσωτερική επίστρωση από πυρότουβλα, ανθεκτικά σε διαβρωτικές ουσίες και αέρια και θερμική καταπόνηση
- Το άνοιγμα της διάταξης τροφοδοσίας θα πρέπει να επιτρέπει την εισαγωγή συσκευασμένων αποβλήτων. Η διάταξη απομάκρυνσης της τέφρας θα πρέπει να είναι σχεδιασμένη κατά τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπει την απομάκρυνση του συνόλου των άκαυστων υλικών. Επιπλέον θα πρέπει να υπάρχει επαρκής χώρος προσωρινής αποθήκευσης της τέφρας για την ψύξη αυτής πριν την τελική διάθεση της.
- Η λειτουργία, ο έλεγχος και η παρακολούθηση της εγκατάστασης θα πρέπει να γίνονται από κεντρική κονσόλα όπου θα εμφανίζονται οι λειτουργικές παράμετροι (θερμοκρασία, ροή αέρα κτλ.).

### Λειτουργία και συντήρηση

Η λειτουργία και η συντήρηση ενός μεγάλου, πυρολυτικού αποτεφρωτήρα απαιτεί την ύπαρξη εξειδικευμένου προσωπικού. Η σωστή λειτουργία είναι απαραίτητη για την αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας, την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών πιέσεων, τη μείωση των λειτουργικών εξόδων αλλά και την αύξηση της διάρκειας ζωής της εγκατάστασης.

Σημαντική δε είναι η ισορροπημένη αλληλεπίδραση μεταξύ των θαλάμων πυρόλυσης και μετάκαυσης. Σε διαφορετική περίπτωση μπορεί να υπάρξουν αρνητικές επιπτώσεις όπως:

- Η ταχεία καύση των αποβλήτων αυξάνει τη ροή των απαερίων και μειώνει το χρόνο παραμονής τους κάτω από τα δύο δευτερόλεπτα. Κατά συνέπεια επέρχεται μερική και όχι ολική αποτέφρωση των απαερίων και αυξάνεται η παραγωγή αιθάλης και τέφρας γεγονός που προκαλεί υπερφόρτωση του συστήματος και προβλήματα στη συντήρηση.
- Η βραδεία καύση των αποβλήτων προκαλεί μειωμένη ροή των απαερίων στο θάλαμο μετάκαυσης. Σαν επακόλουθο μειώνονται οι περιβαλλοντικές οχλήσεις αλλά ταυτόχρονα επέρχεται μείωση της δυναμικότητας και υψηλή κατανάλωση καυσίμου.

Η κατανάλωση καυσίμου πυρολυτικών αποτεφρωτήρων κυμαίνεται μεταξύ 0,03 και 0,08 kg πετρελαίου ανά kg αποβλήτων, ή μεταξύ 0,04 και 0,1m<sup>3</sup> αερίου καυσίμου ανά kg αποβλήτων.

Η περιοδική συντήρηση περιλαμβάνει τον καθαρισμό των θαλάμων καύσης και την απόφραξη καυστήρων και αεραγωγών, όταν αυτό απαιτείται.

Οι πυρολυτικοί αντιδραστήρες μεγαλύτερης δυναμικότητας (1-8 tn/ημέρα) είναι συνεχούς ροής και σχεδιάζονται να λειτουργούν πλήρως αυτοματοποιημένα σε όλα τα στάδια συμπεριλαμβανομένων της τροφοδοσίας των αποβλήτων και απομάκρυνσης της τέφρας. Διαθέτουν συστήματα ανάκτησης ενέργειας κυρίως για την προθέρμανση των προς επεξεργασία αποβλήτων και για το σύστημα επεξεργασίας των απαερίων. Επίσης, είναι δυνατή η χρήση του ατμού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

### 6.2.2.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την κατασκευή και λειτουργία μίας μονάδας πυρόλυσης είναι εύλογο ότι θα υπάρξουν, και αυτό διότι κατά την λειτουργία υπάρχουν εκπομπές στο περιβάλλον τόσο αέριων όσο υγρών και στερεών ρύπων, οι οποίες βέβαια σε σχέση με την καύση είναι σαφώς μικρότερης κλίμακας. Πιο αναλυτικά, τα παραγομένα προϊόντα είναι τα εξής:

- **Αέρια:** Αποτελούνται κυρίως από υδρογόνο, μεθάνιο, μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του άνθρακα και διάφορα άλλα αέρια, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των στερεών αποβλήτων – ενδεικτική παραγόμενη ποσότητα 700 m<sup>3</sup> καυσαερίων /τόνο αποβλήτων
- **Υγρά:** Το υγρό κλάσμα, είναι ελαιώδες με υψηλή πυκνότητα και ιξώδες και περιέχει απλά καρβοξυλικά οξέα (π.χ. οξικό οξύ), κετόνες (π.χ. ακετόνη), αλκοόλες (π.χ. μεθανόλη) καθώς και σύνθετους οξυγονωμένους υδρογονάνθρακες. Με περαιτέρω επεξεργασία το κλάσμα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συνθετικό καύσιμο.
- **Στερεά:** Το στερεό υπόλειμμα περιέχει σχεδόν καθαρό άνθρακα και τυχόν αδρανή υλικά που υπάρχουν στα στερεά απόβλητα.

Η αναλογία των κλασμάτων εξαρτάται σημαντικά από τη σύσταση των εισερχομένων αποβλήτων, τη θερμοκρασία στην οποία διεξάγεται η πυρόλυση και την πίεση στον αντιδραστήρα. Η αύξηση της θερμοκρασίας μειώνει αισθητά το στερεό υπόλειμμα, ελαττώνει το υγρό κλάσμα και αυξάνει τα αέρια προϊόντα. Το ενεργειακό περιεχόμενο του υγρού κλάσματος εκτιμάται γύρω στα 9.000 Btu/lb, ενώ του αερίου – σε συνθήκες μέγιστης παραγωγής – στα 700 Btu/ft<sup>3</sup>.

Με βάση την αρχή στην οποία στηρίζεται η μέθοδος, δεν παρατηρούνται εκπομπές αερίων τέτοιες όπως παρουσιάζονται κατά την εφαρμογή της καύσης. Σε κάθε περίπτωση όμως, αναφορικά με τις επιτρεπτές τιμές στις παραγόμενες εκπομπές κατά την πυρόλυση, αυτές ταυτίζονται με το σύνολο των τεχνικών θερμικής επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων και ισχύουν τα αναφερόμενα για τη μέθοδο της καύσης – αποτέφρωσης. Επίσης τα μέτρα αντιμετώπισης των εκπομπών είναι παρόμοια με της αποτέφρωσης.

### 6.2.3 Αεριοποίηση

#### 6.2.3.1 Τεχνική περιγραφή

Η αεριοποίηση παρουσιάζει πολλά κοινά σημεία με τις δύο προηγούμενες μεθόδους. Στην αεριοποίηση, τα απόβλητα αποδομούνται θερμικά σε ένα περιβάλλον έλλειψης οξυγόνου (υπό-στοιχειομετρικό). Η διαδικασία της καύσης είναι αυτοσυντηρούμενη, σε αντίθεση με την πυρόλυση, χωρίς να απαιτείται προσθήκη καυσίμων εκτός από αυτό που χρησιμοποιείται για την έναρξη της καύσης. Τα παράγωγα περιλαμβάνουν πτητικά αέρια και, ανάλογα με τη σύνθεση των αποβλήτων, διάφορα αεριοποιημένα κλάσματα πίσσας και λαδιών. Η λειτουργία της αεριοποίησης είναι παρόμοια με αυτή της πυρόλυσης και ισχύουν οι ίδιες γενικές κατευθύνσεις για την επεξεργασία των παραγόμενων αποβλήτων και τον

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

βασικό σχεδιασμό των μονάδων. Η αεριοποίηση ΑΥΜ πετυχαίνει την πλήρη αδρανοποίηση τους και σημαντική μείωση του όγκου τους.

Οι βασικοί τύποι εγκαταστάσεων αεριοποίησης είναι:

- Κάθετης σταθερής κλίνης
- Οριζόντιας σταθερής κλίνης
- Ρευστοποιημένης κλίνης
- Πολλαπλών εστιών
- Περιστρεφόμενου κλιβάνου

Από το σύνολο των πέντε αυτών τύπων εγκαταστάσεων, πιο διαδεδομένη είναι η ανάπτυξη εγκαταστάσεων κάθετης και οριζόντιας σταθερής κλίνης καθώς και ρευστοποιημένης κλίνης.

Οι εγκαταστάσεις κάθετης σταθερής κλίνης παρουσιάζουν πλεονεκτήματα, όπως απλότητα και χαμηλό κόστος επένδυσης, αλλά επηρεάζονται άμεσα από τις διακυμάνσεις στη σύσταση των εισερχομένων αποβλήτων (θα πρέπει να παρουσιάζουν ομοιογένεια).

Αναφορικά με τις εγκαταστάσεις οριζόντιας σταθερής κλίνης, αυτές αποτελούν τον ευρύτερα διαδεδομένο τύπο στο εμπόριο. Η εγκατάσταση αποτελείται από δύο μέρη: (α) τον κύριο θάλαμο αεριοποίησης και (β) τον θάλαμο καύσης. Στον πρώτο θάλαμο επιτελείται η διεργασία της αεριοποίησης και το αέριο που παράγεται καίγεται πλήρως στο δεύτερο θάλαμο με περίσσεια αέρα σε θερμοκρασία 650 – 900°C. Τα καυσαέρια οδηγούνται για ανάκτηση θερμότητας με παραγωγή ατμού ή θερμού νερού. Η χαμηλή ταχύτητα και τύρβη στον πρώτο θάλαμο ελαχιστοποιούν την είσοδο σωματιδίων στο αέριο ρεύμα και οδηγούν σε χαμηλότερες εκπομπές σωματιδίων σε σχέση με τους συμβατικούς θαλάμους καύσης. Τέτοιες μονάδες είναι εμπορικά διαθέσιμες από διάφορους κατασκευαστές σε τυποποιημένα μεγέθη δυναμικότητας 100 – 8400 lb/h.

Τέλος, οι εγκαταστάσεις ρευστοποιημένης κλίνης βρίσκονται σε πιλοτικό επίπεδο ακόμη. Με ελάχιστες τροποποιήσεις, οι εγκαταστάσεις καύσης ρευστοποιημένης κλίνης με περίσσεια αέρα, μπορούν να λειτουργήσουν και σαν εγκαταστάσεις αεριοποίησης με παροχή αέρα μικρότερη της στοιχειομετρικής αναλογίας.

Στον επόμενο πίνακα [65] συνοψίζονται οι διαφορές της αεριοποίησης με άλλες μεθόδους θερμικής επεξεργασίας βάσει των χαρακτηριστικών τους, όσον αφορά στις συνθήκες λειτουργίας των αντίστοιχων εγκαταστάσεων και τα προκύπτοντα προϊόντα.



ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

**Πίνακας 6.2-4: Παράμετροι Τυπικών Συνθηκών Λειτουργίας & Προϊόντα Μεθόδων Θερμικής Επεξεργασίας Αποβλήτων**

Παράμετρος	Αποτέφρωση	Πυρόλυση	Αεριοποίηση
<i>Συνθήκες Λειτουργίας</i>			
Θερμοκρασία °C	800-1.450	250-700	500-1.600
Πίεση (bar)	1	1	1-45
Ατμόσφαιρα	Αέρας	Αδρανής/Αζωτο	Παράγοντας αεριοποίησης: O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O
Στοιχειομετρική Αναλογία	>1	0	<1
<i>Προϊόντα</i>			
Αέρια Φάση	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> , CO, H <sub>2</sub> O, N <sub>2</sub> , υδρογονάνθρακες	H <sub>2</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> O, N <sub>2</sub>
Στερεά Φάση	Τέφρα, Σκωρία	Τέφρα, κοκ	Τέφρα, Σκωρία
Υγρή Φάση		Έλαια πυρόλυσης & H <sub>2</sub> O	

Ο καυστήρας ανάφλεξης χρησιμεύει για την ανάφλεξη των αποβλήτων, καθώς επίσης και για να εξασφαλίζεται η καύση σε περίπτωση που η θερμογόνος δύναμη των αποβλήτων είναι χαμηλή. Ο καυστήρας απόδοσης είναι ο κυρίως καυστήρας της μονάδας.

Ως καύσιμο υλικό χρησιμοποιείται πετρέλαιο ή μεταχειρισμένα ορυκτέλαια, ενώ η ανάφλεξη του επιτυγχάνεται με ηλεκτρικό ρεύμα. Για να αρχίσει η τροφοδοσία των αποβλήτων είναι απαραίτητη η προθέρμανση της εστίας καύσης.

Κατά το αρχικό στάδιο πραγματοποιείται καύση των αποβλήτων σε σχετικά χαμηλή θερμοκρασία. Μετά από 8 έως 12 ώρες τα καύσιμα υλικά μετατρέπονται σε αέριο. Με τη χρήση συστημάτων ελέγχου προσδιορίζεται η περιεκτικότητα σε οξυγόνο των αερίων στην καμινάδα και μέσα στο κάθε κελί ενώ παράλληλα διατηρείται σταθερή η θερμοκρασία μέσα σε αυτό. Όταν οι παράμετροι των συστημάτων ελέγχου φτάσουν κάποιες οριακές τιμές τότε η διαδικασία ολοκληρώνεται. Μετά από 4 έως 6 ώρες το σύστημα μπορεί να φορτωθεί εκ νέου με απόβλητα χωρίς να είναι απαραίτητη η εκκένωση του κελιού από την τέφρα. Ο αριθμός των επαναλήψεων που μπορούν να πραγματοποιηθούν χωρίς να γίνει εκκένωση των κελιών είναι περίπου δέκα φορές ανάλογα με τη σύσταση των αποβλήτων.

Κατά την διαδικασία της αεριοποίησης λαμβάνει χώρα η μερική οξείδωση (με αέρα ή οξυγόνο) της οργανικής ύλης των αποβλήτων, η οποία μετατρέπεται σε μείγμα αερίων (π.χ. μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και μεθάνιο). Σε όλα τα στάδια αυτής της διαδικασίας παράγονται αέρια, στερεό υπόλειμμα και θερμική ενέργεια, η οποία απαιτείται για την πραγματοποίηση αλυσιδωτών αντιδράσεων. Συνεπώς, η αεριοποίηση απαιτεί την τήρηση αυστηρών στοιχειομετρικών αναλογιών μεταξύ αποβλήτων - αέρα έτσι ώστε να επιτευχθεί ατελής καύση των αποβλήτων και να παραχθεί αέριο αποτελούμενο από CO, H<sub>2</sub> και αέριους υδρογονάνθρακες (το οποίο με τη σειρά του είναι καύσιμο)

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Ως οξειδωτικό μέσο, χρησιμοποιείται είτε ατμοσφαιρικός αέρας, είτε αέρας εμπλουτισμένος με οξυγόνο ή τέλος καθαρό οξυγόνο. Όταν δεν χρησιμοποιείται αέρας, το τελικά παραγόμενο αέριο, (αέριο σύνθεσης - synthesis gas), έχει μεγαλύτερη θερμογόνο δύναμη (από 10 έως 15 MJ/Nm<sup>3</sup>) σε σύγκριση με αυτό που σχηματίζεται χρησιμοποιώντας ατμοσφαιρικό αέρα.

Για οργανικά τροφοδοτικά (καύσιμα), το τελικό αέριο είναι κυρίως μείγμα αποτελούμενο από μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο, μεθάνιο, νερό, άζωτο και μικρές ποσότητες υψηλών υδρογονανθράκων.

Το παραγόμενο αέριο έχει συνήθως σχετικά χαμηλή θερμογόνο δύναμη, περίπου 10 MJ/Nm<sup>3</sup> (συγκριτικά, αναφέρεται ότι η θερμογόνος δύναμη του φυσικού αερίου είναι περίπου 39 MJ/Nm<sup>3</sup>). Το παραγόμενο αέριο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο σε λέβητες, μηχανές εσωτερικής καύσης ή αεροστροβίλους.

### 6.2.3.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Τα τελικά προϊόντα της αεριοποίησης είναι:

- Αέριο πλούσιο σε μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο και κορεσμένους υδρογονάνθρακες (κυρίως μεθάνιο) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο.
- Στερεό υπόλειμμα που αποτελείται από άνθρακα και αδρανή.
- Συμπυκνωμένο υγρό υπόλειμμα που παρουσιάζει σύσταση παρόμοια με αυτή του υγρού κλάσματος που παράγεται κατά την πυρόλυση.

Με βάση την αρχή στην οποία στηρίζεται η μέθοδος, δεν παρατηρούνται εκπομπές αερίων τέτοιες όπως παρουσιάζονται κατά την εφαρμογή της καύσης. Το βασικό αέριο που παράγεται κατά τις διαδικασίες της πυρόλυσης και της αεριοποίησης είναι πλούσιο σε υδρογόνο, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, υδρογονάνθρακες, κα. (ανάλογα με την αρχική σύσταση των αποβλήτων), και χρησιμοποιείται περαιτέρω ως καύσιμο. Η πυρόλυση και η αεριοποίηση, λόγω της χρήσης μηδενικών ή έστω ελάχιστων ποσοτήτων οξυγόνου - αέρα, παράγουν μικρότερες ποσότητες απαερίων. Ακόμη, σημαντικό είναι το γεγονός ότι στις διεργασίες αυτές ένας μεγάλος αριθμός ρύπων (π.χ. θείο, βαρέα μέταλλα, κα.) παραμένει στην παραγόμενη τέφρα, χωρίς να μεταφέρεται στην αέρια φάση και να επιβαρύνει την ποιότητα της ατμόσφαιρας. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το ότι το παραγόμενο αέριο χρησιμοποιείται περαιτέρω ως καύσιμο, πολλές φορές περιορίζει τον αριθμό και το είδος των αναγκαίων τεχνολογιών αντιρρύπανσης. Ανεξάρτητα από τις εκλυόμενες ποσότητες, πολλά από τα αέρια συστατικά των απαερίων, που προκύπτουν από τις διάφορες μεθόδους θερμικής επεξεργασίας, είναι κοινά και περιλαμβάνουν διοξίνες, βαρέα μέταλλα, οξείδια αζώτου, κλπ.

Το στερεό υπόλειμμα παρουσιάζει προσροφητικές ιδιότητες παρόμοιες με τον εμπορικό ενεργό άνθρακα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εγκαταστάσεις τριτοβάθμιας επεξεργασίας λυμάτων ή νερού που προορίζεται για διάφορες χρήσης.

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Σε κάθε περίπτωση όμως, αναφορικά με τις επιτρεπτές τιμές στις παραγόμενες εκπομπές κατά την αεριοποίηση, αυτές ταυτίζονται με το σύνολο των τεχνικών θερμικής επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων και ισχύουν τα αναφερόμενα για τη μέθοδο της καύσης – αποτέφρωσης. Οι αέριες εκπομπές οι οποίες χρήζουν ιδιαίτερης αντιμετώπισης περιλαμβάνουν τα αιωρούμενα σωματίδια, οι όξινες χημικές ενώσεις και τα οξείδια του αζώτου. Τα μέτρα αντιμετώπισης των εκπομπών είναι παρόμοια με της αποτέφρωσης.

## 6.2.4 Πλάσμα

### 6.2.4.1 Τεχνική Περιγραφή

Η τεχνολογία πλάσματος είναι μία παραλλαγή της πυρόλυσης. Η καύση των αποβλήτων γίνεται από πυρσό πλάσματος, σε θερμοκρασίες περίπου 1200 °C στο θάλαμο καύσης. Η θερμοκρασία του πυρσού κυμαίνεται από 1650 έως 11500 °C αν και στις εφαρμογές καύσης αποβλήτων η θερμοκρασία του είναι πιο κοντά στους 1650 °C. Η παραγωγή πλάσματος μπορεί να γίνει με τη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος ή μικροκυμάτων. Το παραγόμενο πλάσμα οδηγείται με τη χρήση σταθερής ροής αδρανούς αερίου σε ένα ακροφύσιο όπου παράγεται ο πυρσός πλάσματος. Τα απόβλητα έρχονται σε επαφή με το πλάσμα και πυρολύονται όπως και στην πυρόλυση. Η καύση με τεχνολογία πλάσματος είναι κατάλληλη για επεξεργασία όλων των ειδών ΜΕΑ. Είναι κατάλληλη τόσο για στερεά όσο και για υγρά απόβλητα, ενώ δεν είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός των χλωριωμένων αποβλήτων. Οι εκπομπές ουσιών όπως διοξίνες και φουράνια είναι πολύ περιορισμένες.

Αν και τα συστήματα πλάσματος απαιτούν σύνθετη επιστημονική γνώση και εμπεριέχουν τη σύνθεση διαφορετικών και πολύπλοκων διεργασιών, εντούτοις η απαίτησή για την επεξεργασία και υποβάθμιση της κατάστασης των αποβλήτων διέπεται από ένα σχετικά απλό σκεπτικό:

#### Χρήση υψηλών θερμοκρασιών για την επεξεργασία και μετατροπή των απόβλητων:

- Σε αέρια
- Σε διαφανές και υαλώδες στερεό υπόλειμμα (slag-σκωρία)
- Λειωμένο-ρευστό μέταλλο (molten metal)

Σε γενικές γραμμές, στα θετικά σημεία των διεργασιών πλάσματος περιλαμβάνονται:

- Η δυνατότητα να υποβληθεί σε επεξεργασία ένα ευρύτερο φάσμα ρευμάτων αποβλήτων από ότι στις περισσότερες από τις επικρατούσες τεχνολογίες
- Αποτελεί πιο πρακτική λύση για χρήση σε μικρότερες κλίμακες και δυναμικότητες επεξεργασίας, από πολλές άλλες ανταγωνιστικές προσεγγίσεις
- Είναι διαθέσιμες διάφορες παραλλαγές, από τις οποίες είναι δυνατό να επιλεγεί μια συγκεκριμένη διαμόρφωση, για να καλύψει τις ιδιαίτερες απαιτήσεις ενός συγκεκριμένου σχεδίου
- Τα στερεά υπολείμματα είναι συνήθως μια υαλώδης μάζα (vitrified slag) και όχι τέφρα, καθιστώντας έτσι την επαναχρησιμοποίηση τους λιγότερο «προκλητική» και

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

ως εκ τούτου περισσότερο αποδεκτή και political correct σε σχέση με τη συμβατική αποτέφρωση (σύμφωνα και με την άποψη πολιτικών παραγόντων)

- Οι υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται μέσα στο πλάσμα οδηγούν σε πληρέστερη καταστροφή-διάσπαση των αποβλήτων από ότι στις διεργασίες που λειτουργούν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Επομένως δημιουργείται η άποψη ότι τέτοια συστήματα ελλοχεύουν μικρότερο κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία έχοντας παράλληλα καλύτερη περιβαλλοντική απόδοση. Το γεγονός αυτό προσδίδει σαφές πλεονέκτημα στην προσπάθεια για δημόσια αποδοχή αυτής της τεχνολογίας.
- Το σύστημα είναι ικανό να επεξεργαστεί απόβλητα διαφορετικού εύρους σε θερμογόνο δύναμη και κυρίως τα μικρής θερμαντικής αξίας απόβλητα όπως ανόργανα ή λάσπες που έχουν πολύ υψηλή περιεκτικότητα νερού-υγρασίας και τα οποία δεν θα ήταν κατάλληλα για επεξεργασία από άλλους τύπους θερμικών τεχνολογιών.

Κάποια συστήματα σχεδιάζονται έτσι ώστε να παράγουν ένα σχεδόν εντελώς οξειδωμένο αέριο με χαμηλά επίπεδα ρύπων, ενώ σε άλλες περιπτώσεις διαμορφώνονται έτσι οι διαδικασίες ώστε να επιτρέπουν την παραγωγή σύνθετων αερίων (syngas), τα οποία μπορούν να οδηγηθούν προς καύση για την παραγωγή ενέργειας ή να χρησιμοποιηθούν ως χημικό αέριο της πετροχημικής βιομηχανίας.

Συμπεραίνεται επομένως ότι οι τεχνολογίες πλάσματος προσφέρουν σημαντική ευελιξία και μεγάλη παραμετροποίηση, έχοντας τη δυνατότητα διαμόρφωσης των επιμέρους διεργασιών έτσι ώστε το σύστημα να επιτρέπει την μέγιστη ανάκτηση ενέργειας.

Η σημαντική διαφορά μεταξύ των συστημάτων πλάσματος και των άλλων θερμικών τεχνολογιών επεξεργασίας αποβλήτων είναι ότι η θερμότητα που απαιτείται για την υποβάθμιση της κατάστασης των αποβλήτων παράγεται από το ίδιο το πλάσμα και όχι μέσω της καύσης του συνόλου ή μέρους των αποβλήτων.

Το πλάσμα δημιουργείται όταν, αέρια μόρια εξωθούνται σε υψηλής ενέργειας συγκρούσεις με ηλεκτρόνια, για την παραγωγή φορτισμένων σωματιδίων. Οι συγκρούσεις μεταξύ των φορτισμένων σωματιδίων προκαλούν την εκπομπή θερμότητας δημιουργώντας ένα τόξο φωτός (κάτι σαν αστραπή) το οποίο και καλείται πλάσμα.

Υπάρχουν πέντε ευδιάκριτες κατηγορίες των διαδικασιών πλάσματος που χρησιμοποιούνται ως βάση των συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων:

- Πυρόλυση πλάσματος (Plasma Pyrolysis)
- Καύση Πλάσματος (Plasma combustion, incineration or oxidation) (αποτέφρωση πλάσματος η οξείδωση πλάσματος)
- Υαλοποίηση Πλάσματος (Plasma Vittrification)
- Αεριοποίηση Πλάσματος (Plasma gasification) (υφίσταται με 2 ευδιάκριτα διαφορετικές παραλλαγές)
- Στίλβωση Πλάσματος (Plasma Polishing)

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Η βασική διαφορά μεταξύ των παραπάνω παραλλαγών τεχνολογίας πλάσματος, οφείλεται στο ποσοστό του αέρα που χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των αποβλήτων και στη φύση των προϊόντων παραγωγής-υπολειμμάτων. Οι εμπορικές εφαρμογές σχεδιάζονται έτσι ώστε να συνδυάζουν δύο ή περισσότερες από αυτές τις διαδικασίες δημιουργώντας ένα ενιαίο σύστημα.

#### 6.2.4.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Τα τελικά προϊόντα από την εφαρμογή της τεχνολογίας του πλάσματος διακρίνονται είναι:

- Το παραγόμενο αέριο σύνθεσης, το οποίο προκύπτει από την πλήρη αεριοποίηση όλων των πτητικών συστατικών (οργανικό μέρος των αποβλήτων) του εισερχόμενου ρεύματος. Η σύσταση του αερίου καθώς και το ενεργειακό του περιεχόμενο, εξαρτώνται άμεσα από το είδος και το οργανικό περιεχόμενο του εισερχόμενου προς επεξεργασία ρεύματος αποβλήτων. Το παραπάνω μίγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αποδοτικό καύσιμο στη μονάδα πλάσματος μειώνοντας με τον τρόπο αυτό το λειτουργικό κόστος ή εναλλακτικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εμπορεύσιμο προϊόν.
- Το υαλώδους μορφής, αδρανές υλικό το οποίο δημιουργείται από την υαλοποίηση του ανόργανου μέρους των επεξεργαζόμενων αποβλήτων. Το υπόλειμμα αυτό είναι ομογενές και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κατασκευαστικό υλικό σε διάφορες εφαρμογές (π.χ. κατασκευή δρόμων, κατασκευή τούβλων και πλακιδίων πολύ υψηλής ποιότητας, κατασκευή υλικών πεζοδρόμησης, κλπ).
- Τα απαέρια, τα οποία ύστερα από κατάλληλη επεξεργασία διοχετεύονται στην ατμόσφαιρα. Αναφορικά με τα ανώτατα επιτρεπτά όρια των εκπομπών από μονάδες που χρησιμοποιούν την τεχνολογία του πλάσματος, ισχύουν τα ίδια όρια με τις υπόλοιπες μονάδες θερμικής επεξεργασίας.
- Τα υγρά απόβλητα, τα οποία προκύπτουν από τη διαδικασία καθαρισμού των απαερίων. Ανάλογα με την ποιοτική και ποσοτική σύσταση των αποβλήτων αυτών, είναι δυνατόν να απαιτείται εγκατάσταση επεξεργασίας τους έτσι ώστε να είναι ασφαλής η τελική τους διάθεση.

Σε κάθε περίπτωση όμως, αναφορικά με τις επιτρεπτές τιμές στις παραγόμενες εκπομπές, αυτές ταυτίζονται με το σύνολο των τεχνικών θερμικής επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων και ισχύουν τα αναφερόμενα για τη μέθοδο της καύσης – αποτέφρωσης. Γενικότερα και με βάση την αρχή στην οποία στηρίζεται η μέθοδος, δεν παρατηρούνται εκπομπές αερίων τέτοιες όπως παρουσιάζονται κατά την εφαρμογή της καύσης. Ειδικά για τις διοξίνες, όσο ψηλότερη η θερμοκρασία τόσο μεγαλύτερη η πιθανότητα της πλήρους καταστροφής οποιωνδήποτε διοξινών ή φουρανίων παρουσιάζονται στο ρεύμα εισαγωγής. Γενικά οι αναμενόμενες εκπομπές είναι σημαντικά μικρότερες από τις υπόλοιπες τεχνολογίες (με την επιφύλαξη της μη ευρείας εφαρμογής της τεχνολογίας). Επίσης το βασικό παραπροϊόν της διαδικασίας είναι αδρανές και εύκολα διαχειρίσιμο και αξιοποιήσιμο κυρίως στην οδοποιία.

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

## 6.3 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ

### 6.3.1 Εισαγωγή

Τα υπολείμματα από την καύση επικινδύνων αποβλήτων αποτελούνται από την ιπτάμενη τέφρα, η οποία προέρχεται από τα συστήματα καθαρισμού των αερίων και την τέφρα βάσης, η οποία παράγεται στον κλίβανο και αποτελείται από άκαυστα υλικά. Η ποσότητα της ανέρχεται περίπου στο 14% των εισερχομένων στη μονάδα υλικών.

Κατά βάση τα υπολείμματα από την καύση επικινδύνων αποβλήτων δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα υπολείμματα από συμβατικές μονάδες καύσης. Ακολουθώς παρουσιάζονται μερικές ενδεικτικές διαφορές:

- Η επεξεργασία επικινδύνων αποβλήτων σε περιστροφικούς κλίβανους πραγματοποιείται συνήθως σε υψηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με αντίστοιχα συστήματα που χρησιμοποιούνται για τα αστικά απόβλητα. Το γεγονός αυτό επηρεάζει την περιεκτικότητα των μετάλλων στη συνολική ποσότητα της τέφρας.
- Λόγω των διαφορετικών ειδών αποβλήτων που επεξεργάζονται γενικότερα σε μία μονάδα αποτέφρωσης επικινδύνων, η ποσότητα της τέφρας ενδέχεται να παρουσιάζει μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις σε σχέση με την τέφρα από μονάδες αποτέφρωσης ΑΣΑ.
- Η ιπτάμενη τέφρα αυτή έχει συνήθως μεγαλύτερη συγκέντρωση σε βαρέα μέταλλα λόγω της υψηλότερης περιεκτικότητας των επικινδύνων σε αυτά.

Ειδικότερα κατά την καύση αποβλήτων από υγειονομικές μονάδες τα στερεά υπολείμματα παρουσιάζουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Βελόνες και άλλα αιχμηρά αντικείμενα που περιέχονται στην τέφρα βάσης μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα κατά την επεξεργασία της
- Η αποτέφρωση πρέπει να είναι πλήρης ώστε να καταστραφούν πλήρως οι μολυσματικές ουσίες και να μην είναι διακριτά ανθρώπινα μέλη
- Ραδιενεργά ισότοπα τα οποία χρησιμοποιούνται στα φάρμακα μπορούν να ανιχνευθούν στην τέφρα βάσης ή την ιπτάμενη τέφρα και να απαιτηθούν περεταίρω μέτρα για την αδρανοποίηση της

### 6.3.2 Διαθέσιμες τεχνικές επεξεργασίας τέφρας βάσης

Οι βασικότερες τεχνικές επεξεργασίας της τέφρας βάσης είναι οι εξής:

- Ωρίμανση
- Μηχανική επεξεργασία
- Πλύση
- Θερμική επεξεργασία



ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

- Σταθεροποίηση

Για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου ή συνδυασμού μεθόδων πρέπει να ληφθούν υπόψη οι εξής παράγοντες:

1. Η αύξηση της ποιότητας της παραγόμενης τέφρας
2. Η παραγωγή δευτερογενών παραπροϊόντων/υπολειμμάτων και η τελική διάθεση τους
3. Η τελική διάθεση της τέφρας
4. Το κόστος επεξεργασίας

Επίσης σε κάθε περίπτωση πρέπει να ληφθεί υπόψη το νομοθετικό πλαίσιο, το οποίο σε πολλές περιπτώσεις υπαγορεύει ρητά την ταφή των υπολειμμάτων της καύσης με αποτέλεσμα η επεξεργασία να στοχεύει στην ικανοποίηση των προδιαγραφών των Χ.Υ.Τ.Α. ή Χ.Υ.Τ.ΕΑ. Στην Ελλάδα δεν υπάρχουν προδιαγραφές που να ρυθμίζουν την αξιοποίηση της τέφρας σε δραστηριότητες όπως π.χ. οι εργασίες οδοποιίας.

Στη συνέχεια αναλύονται οι προαναφερθείσες μέθοδοι επεξεργασίας της τέφρας και παρουσιάζονται ορισμένες πρακτικές για τη βελτίωση της ποιότητας της.

#### **6.3.2.1 Βελτίωση των λειτουργικών παραμέτρων αποτέφρωσης**

Η βελτίωση των λειτουργικών παραμέτρων της αποτέφρωσης όπως π.χ. ο χρόνος παραμονής στο θάλαμο αποτέφρωσης και η θερμοκρασία, οδηγεί στη μείωση της ποσότητας των άκαυστων υλικών. Παράλληλα μειώνεται το οργανικό περιεχόμενο (TOC) το οποίο αποτελεί ένα βασικό κριτήριο για την αποδοχή σε ΧΥΤ ή για την αξιοποίηση της τέφρας. Η μεταβολή των λειτουργικών χαρακτηριστικών ωστόσο πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μην επηρεάζεται αρνητικά η συνολική διαδικασία προς όφελος της ποιότητας της τέφρας βάσης.

#### **6.3.2.2 Διαχωρισμός τέφρας βάσης και ιπτάμενης τέφρας**

Η ανάμιξη της τέφρας βάσης και της ιπτάμενης τέφρας έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του ρυπαντικού περιεχομένου της πρώτης περιορίζοντας έτσι τις επιλογές για την τελική διάθεση της. Η ιπτάμενη τέφρα έχει αυξημένο ποσοστό περιεκτικότητας σε βαρέα μέταλλα, οργανικό περιεχόμενο και αυξημένη εκπλυσιμότητα. Για τους παραπάνω λόγους η αποθήκευση τους πρέπει να γίνεται σε ξεχωριστούς χώρους που θα πληρούν τις κατάλληλες προϋποθέσεις.

#### **6.3.2.3 Διαχωρισμός της σκόνης από τα υπόλοιπα υπολείμματα καθαρισμού των απαερίων**

Ο διαχωρισμός της σκόνης που κατακρατείται από συστήματα όπως π.χ. ο ηλεκτρικός κατακρημνιστής καυσαερίων, τα σακκόφιλτρα και οι κυκλώνες χωρίς την προσθήκη

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

αντιδραστηρίων επιτρέπει την ξεχωριστή επεξεργασία και τελική διάθεση της με ανοιχτό το ενδεχόμενο της αξιοποίησης της. Η διαχωρισμένη σκόνη μπορεί να προωθηθεί στο θάλαμο καύσης για περαιτέρω καταστροφή διοξινών και φουρανίων με αποτέλεσμα τη μείωση των συνολικών εκπομπών της εγκατάστασης.

#### 6.3.2.4 Διαχωρισμός μετάλλων από την τέφρα βάσης

Ο διαχωρισμός των μετάλλων μπορεί να περιλαμβάνει τόσο τα σιδηρούχα όσο και τα μη σιδηρούχα μέταλλα. Τα ανακτηθέντα μέταλλα μπορούν να ανακυκλωθούν. Στα μειονεκτήματα της διαδικασίας αυτής συγκαταλέγεται η κατανάλωση ενέργειας, η οποία είναι μεγαλύτερη όταν ανακτώνται και μη σιδηρούχα μέταλλα.

#### 6.3.2.5 Τεμαχισμός και κοσκίνηση της τέφρας βάσης

Η μηχανική επεξεργασία της τέφρας βάσης πραγματοποιείται για την βελτίωση των γεωτεχνικών χαρακτηριστικών της ώστε αυτή να αξιοποιηθεί για εργασίες οδοποιίας ως πληρωτικό υλικό τσιμέντου. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται περιλαμβάνουν μείωση μεγέθους, κοσκίνηση και αεροδιαχωρισμό. Στην Ελλάδα δεν υπάρχει θεσμικό πλαίσιο για την αξιοποίηση της τέφρας βάσης και ως εκ τούτου μοναδικό πλεονέκτημα της μηχανικής επεξεργασίας αποτελεί η μείωση του όγκου σε περίπτωση που αυτή πρέπει να μεταφερθεί σε μεγάλες αποστάσεις για την τελική διάθεση της. Στα μειονεκτήματα συγκαταλέγεται η κατανάλωση ενέργειας.

#### 6.3.2.6 Ωρίμανση τέφρας βάσης

Η τέφρα είναι προϊόν υψηλής θερμοκρασίας διεργασιών με αποτέλεσμα αυτή να είναι θερμοδυναμικά ασταθής. Η ωρίμανση έχει σαν στόχο να περατωθούν όλες οι φυσικοχημικές διεργασίες στο σώμα της τέφρας και να μειωθεί η εκπλυσιμότητα της. Λαμβάνει χώρα σε στεγασμένο εξωτερικό χώρο ή μέσα σε κλειστό χώρο. Η διάρκεια της ωρίμανσης κυμαίνεται στην πράξη από 6 έως 20 εβδομάδες. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται τόσο πριν από την αξιοποίηση της τέφρας όσο και πριν από την ταφή της και κυρίως για τέφρα που προέρχεται από μονάδες αστικών αποβλήτων.

#### 6.3.2.7 Ξηρή επεξεργασία τέφρας

Η ξηρή επεξεργασία της τέφρας περιλαμβάνει συνδυάζει διάφορες τεχνικές με σκοπό την παραγωγή αδρανούς υλικού, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν δευτερογενές υλικό στον κατασκευαστικό κλάδο ώστε να μειωθεί ο τελικός όγκος των αποβλήτων προς διάθεση. Περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

1. Ψύξη τέφρας σε ανοιχτό χώρο
2. Διαχωρισμό σιδηρούχων μετάλλων
3. Κοσκίνισμα

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

4. Τεμαχισμό
5. Κοσκίνισμα
6. Διαχωρισμό σιδηρούχων μετάλλων
7. Διαχωρισμό μη σιδηρούχων μετάλλων
8. Ωρίμανση

#### 6.3.2.8 Υγρή επεξεργασία τέφρας

Η υγρή επεξεργασία της τέφρας συνδυάζει διάφορες τεχνικές με σκοπό την παραγωγή υλικού με πολύ μικρή εκπλυσιμότητα, το οποίο μπορεί να ανακυκλωθεί ώστε να μειωθεί ο τελικός όγκος των αποβλήτων προς διάθεση. Βασικό χαρακτηριστικό της μεθόδου είναι ο υγρός διαχωρισμός των μικρόκοκκων υλικών, τα οποία περιέχουν και το μεγαλύτερο ποσοστό βαρέων μετάλλων.

#### 6.3.2.9 Θερμική επεξεργασία τέφρας

Οι τεχνικές θερμικής επεξεργασίας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν προέρχονται από τη βιομηχανία υαλοποιίας και τη θερμική επεξεργασία πυρηνικών αποβλήτων. Οι θερμοκρασίες επεξεργασίας κυμαίνονται μεταξύ 1.100 και 2.000 °C ενώ συνήθως μεγαλύτερες θερμοκρασίες χρησιμοποιούνται στα συστήματα πλάσματος. Το προϊόν της επεξεργασίας είναι αδρανοποιημένο με πολύ μικρή εκπλυσιμότητα και μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί. Η διαδικασία επιφέρει μια συνολική μείωση όγκου των αρχικών υπολειμμάτων μεταξύ 33-50%.

#### 6.3.3 Αναλύσεις τέφρας βάσης του Αποτεφρωτήρα Α. Λιοσίων

Στην ενότητα αυτή γίνεται παράθεση των αποτελεσμάτων διαφόρων αναλύσεων που έχουν πραγματοποιηθεί στην τέφρα βάσης του Αποτεφρωτήρα Α. Λιοσίων από Πανεπιστήμια και ιδιωτικές εταιρείες. Οι πειραματικές τιμές που προέκυψαν συγκρίνονται με τις οριακές τιμές έκπλυσης της Απόφασης του Συμβουλίου της 19<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου 2002 για τον καθορισμό των κριτηρίων και διαδικασιών αποδοχής των αποβλήτων στους χώρους υγειονομικής ταφής [73].

##### 6.3.3.1 Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Τον Απρίλιο του 2008 πραγματοποιήθηκε ανάλυση της εκπλυσιμότητας της τέφρας βάσης του Αποτεφρωτήρα από το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τα πρότυπα EN 12457-1, EN 12457-2. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους ακόλουθους πίνακες [60]. Οι τιμές που παρουσιάζονται με κόκκινο υποδηλώνουν υπέρβαση των τιμών αποδοχής σε Χ.Υ.Τ. Αδρανών.

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Πίνακας 6.3-1: Αποτελέσματα αναλύσεων των εκπλυμάτων από την εκχύλιση της τέφρας πυθμένα για λόγο L/S= 2 L/kg.

Συστατικό	Πειραματική τιμή	Οριακές τιμές για τα αδρανή απόβλητα	Οριακές τιμές για μη επικίνδυνα απόβλητα	Οριακές τιμές επικίνδυνων αποβλήτων
	mg/kg ξηρά ουσία			
As	<0.03*	0.1	0.4	6
Ba	0.398	7	30	100
Cd	<0.001*	0.03	0.6	3
Cr (ολικό)	<0.005*	0.2	4	25
Cu	0.03	0.9	25	50
Hg	<0.003*	0.003	0.05	0.5
Mo	0.51	0.3	5	20
Ni	0.032	0.2	5	20
Pb	<0.03*	0.2	5	25
Sb	<0.02*	0.02	0.2	2
Se	<0.01*	0.06	0.3	4
Zn	<0.003*	2	25	90
Ιόντα χλωρίου	340	550	10000	17000
Ιόντα φθορίου	0.75	4	60	200
Θειικά ανιόντα	284	560	10000	25000

\*τιμές μικρότερες από την αναλυτική ικανότητα μέτρησης του οργάνου

Πίνακας 6.3-2: Αποτελέσματα αναλύσεων των εκπλυμάτων από την εκχύλιση της τέφρας πυθμένα για λόγο L/S= 10 L/kg.

Συστατικό	Πειραματική τιμή	Οριακές τιμές για τα αδρανή απόβλητα	Οριακές τιμές για μη επικίνδυνα απόβλητα	Οριακές τιμές επικίνδυνων αποβλήτων
	mg/kg ξηρά ουσία			
As	<0.03*	0.5	2	25
Ba	3.278	20	100	300
Cd	<0.001*	0.04	1	5
Cr (ολικό)	0.048	0.5	10	70
Cu	0.31	2	50	100
Hg		0.01	0.2	2
Mo	0.99	0.5	10	30

HPC PASECO ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.

Κυκλάδων 22, 113 61 Αθήνα

Τηλ: 210-8258200, Fax: 210-8258209, Email: [info@hpc-paseco.gr](mailto:info@hpc-paseco.gr)

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Συστατικό	Πειραματική τιμή	Οριακές τιμές για τα αδρανή απόβλητα	Οριακές τιμές για μη επικίνδυνα απόβλητα	Οριακές τιμές επικίνδυνων αποβλήτων
	mg/kg ξηρά ουσία			
Ni	0.032	0.4	10	40
Pb	0.744	0.5	10	50
Sb	<0.02*	0.06	0.7	5
Se	<0.01*	0.1	0.5	7
Zn	0.08	4	50	200
Ιόντα χλωρίου	1130	800	15000	25000
Ιόντα φθορίου	0.75	10	150	500
Θειικά ανιόντα	396	1000	20000	50000

Πίνακας 6.3-3: Αποτελέσματα αναλύσεων των εκπλυμάτων από την εκχύλιση της τέφρας πυθμένα, πρώτο έκπλυμα για λόγο L/S= 0.1 L/kg

Συστατικό	Πειραματική τιμή	Οριακές τιμές για τα αδρανή απόβλητα	Οριακές τιμές για μη επικίνδυνα απόβλητα	Οριακές τιμές επικίνδυνων αποβλήτων
As	<0.03*	0.06	0.3	3
Ba	0.135	4	20	60
Cd	<0.001*	0.02	0.3	1.7
Cr (ολικό)	0.02	0.1	2.5	15
Cu	0.065	0.6	30	60
Hg		0.002	0.03	0.3
Mo	0.14	0.2	3.5	10
Ni	<0.01*	0.12	3	12
Pb	<0.03*	0.15	3	15
Sb	<0.02*	0.1	0.15	1
Se	<0.01*	0.04	0.2	3
Zn	0.04	1.2	15	60
Ιόντα χλωρίου	120	460	8500	15000
Ιόντα φθορίου	0.68	2.5	40	120
Θειικά ανιόντα	340	1500	7000	17000

\*τιμές μικρότερες από την αναλυτική ικανότητα μέτρησης του οργάνου

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα που δίνονται στους Πίνακες 6.3-1 έως 6.3-3 η συγκέντρωση των μετάλλων στα εκπλύματα από το δείγμα τέφρας πυθμένα παρουσίαζε διακυμάνσεις ανάλογα με την τεχνική έκπλυσης. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των φυσικοχημικών αναλύσεων με τις αντίστοιχες οριακές τιμές των συστατικών που αναφέρονται στην Απόφαση 2003/33/ΕΚ, γενικά οι συγκεντρώσεις των μετάλλων δε ξεπερνούν τις αντίστοιχες οριακές τιμές έκπλυσης που ισχύουν για τα αδρανή απόβλητα. Ωστόσο, η συγκέντρωση ορισμένων μετάλλων ξεπερνούσε τις οριακές τιμές για τα αδρανή απόβλητα: το μολυβδαίνιο παρουσίαζε υψηλές τιμές στα εκπλύματα που προέκυψαν κατά την εκχύλιση με  $L/S=2$  L/kg, ενώ στη δοκιμή έκπλυσης με λόγο  $L/S=10$  L/kg υψηλές συγκεντρώσεις παρουσίαζαν το μολυβδαίνιο και ο μόλυβδος αντίστοιχα. Πρέπει να τονιστεί ότι ακόμα και σε αυτή την περίπτωση, οι συγκεντρώσεις των συγκεκριμένων μετάλλων ήταν κάτω από τις οριακές τιμές που ορίζονται για τη διάθεση μη επικίνδυνων απόβλητων σε χώρους υγειονομικής ταφής μη επικίνδυνων αποβλήτων. Στην περίπτωση της έκπλυσης με λόγο  $L/S=0.1$  L/kg, όλα τα στοιχεία βρισκόταν σε σημαντικά χαμηλές συγκεντρώσεις.

Τα συνοπτικά ποιοτικά αποτελέσματα, ανάλογα με τη δοκιμή έκπλυσης και την αντίστοιχη κατάταξη των δειγμάτων παρουσιάζονται στον επόμενο Πίνακα, όπου επιπλέον φαίνονται και τα στοιχεία που προσδιορίζουν την κατάταξη.

**Πίνακας 6.3-4: Κατάταξη των δειγμάτων τέφρας ανάλογα με τη δοκιμή έκπλυσης**

Δείγμα	Αδρανή απόβλητα	Μη επικίνδυνα απόβλητα	Επικίνδυνα απόβλητα	Υψηλές τιμές
Τέφρα βάσης		Έκπλυση για λόγο $L/S=2$ L/kg <b>Mo, Ni</b>		
		Έκπλυση για λόγο $L/S=10$ L/kg <b>Mo, Pb</b>		
	Έκπλυση για λόγο $L/S=0.1$ L/kg			

### 6.3.3.2 Αναλύσεις Inertec

Δοκιμές εκπλυσιμότητας πραγματοποιήθηκαν και από τη Γαλλική ιδιωτική εταιρεία Intertec το Μάρτιο του 2008 [61] με τα ίδια αποτελέσματα που κατατάσσουν την τέφρα βάσης στα μη επικίνδυνα απόβλητα εφόσον και οι τιμές του υδράργυρου είναι κάτω από τα θεσμοθετημένα όρια κάτι που δε μπορεί να εξακριβωθεί από τα αποτελέσματα των αναλύσεων.

Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τα πρότυπα EN 12457-1, EN 12457-2 και τα αποτελέσματα έχουν ως εξής:

**Πίνακας 6.3-5: Αποτελέσματα αναλύσεων των εκπλυμάτων από την εκχύλιση της τέφρας πυθμένα για λόγο  $L/S=2$  L/kg.**



ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Συστατικό	Πειραματική τιμή	Οριακές τιμές για τα αδρανή απόβλητα	Οριακές τιμές για μη επικίνδυνα απόβλητα	Οριακές τιμές επικίνδυνων αποβλήτων
	mg/kg ξηρά ουσία			
As	<0.1	0.1	0.4	6
Ba	0,81	7	30	100
Cd	<0.1	0.03	0.6	3
Cr (ολικό)	<0.1	0.2	4	25
Cu	<0.1	0.9	25	50
Hg	<0.1	0.003	0.05	0.5
Mo	0,33	0.3	5	20
Ni	<0.1	0.2	5	20
Pb	<0.1	0.2	5	25
Sb	<0.1	0.02	0.2	2
Se	<0.1	0.06	0.3	4
Zn	<0.1	2	25	90
Ιόντα χλωρίου	71,96	550	10000	17000
Ιόντα φθορίου	<1	4	60	200
Θειικά ανιόντα	738	560	10000	25000

Πίνακας 6.3-6: Αποτελέσματα αναλύσεων των εκπλυμάτων από την εκχύλιση της τέφρας πυθμένα για λόγο L/S= 10 L/kg.

Ποσότητα για ποσό 2/5 = 10 L/kg.

Συστατικό	Πειραματική τιμή	Οριακές τιμές για τα αδρανή απόβλητα	Οριακές τιμές για μη επικίνδυνα απόβλητα	Οριακές τιμές επικίνδυνων αποβλήτων
	mg/kg ξηρά ουσία			
As	<0.5	0.5	2	25
Ba	4,82	20	100	300
Cd	<0.5	0.04	1	5
Cr (ολικό)	<0.5	0.5	10	70
Cu	<0.5	2	50	100
Hg	<0.5	0.01	0.2	2
Mo	<0.5	0.5	10	30
Ni	<0.5	0.4	10	40
Pb	<0.5	0.5	10	50

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

<b>Sb</b>	<0.5	0.06	0.7	5
<b>Se</b>	<0.5	0.1	0.5	7
<b>Zn</b>	<0.5	4	50	200
<b>Ιόντα χλωρίου</b>	63,8	800	15000	25000
<b>Ιόντα φθορίου</b>	<5	10	150	500
<b>Θειικά ανιόντα</b>	979	1000	20000	50000

### 6.3.3.3 Πανεπιστήμιο Αθηνών

Τον Ιούλιο του 2007 πραγματοποιήθηκαν χημικές αναλύσεις καθιζάνουσας τέφρας του αποτεφρωτήρα από το Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με το πρότυπο EN 12457-2 και παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα [71]:

**Πίνακας 6.3-7: Αποτελέσματα αναλύσεων των εκπλυμάτων από την εκχύλιση της τέφρας πυθμένα για λόγο L/S= 10 L/kg.**

Συστατικό	Πειραματική τιμή	Οριακές τιμές για τα αδρανή απόβλητα	Οριακές τιμές για μη επικίνδυνα απόβλητα	Οριακές τιμές επικίνδυνων αποβλήτων
Cd	-	0.04	1	5
Cr (ολικό)	1,25	0.5	10	70
Cu	-	2	50	100
Hg	0,014	0.01	0.2	2
Pb	-	0.5	10	50
Zn	1,18	4	50	200

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα η τέφρα βάσης πληροί τα κριτήρια αποδοχής για χώρους υγειονομικής ταφής μη επικινδύνων αποβλήτων ενώ υπάρχει υπέρβαση των ορίων για χώρους υγειονομικής ταφής αδρανών αποβλήτων όσον αφορά το χρώμιο και τον υδράργυρο. Για τα στοιχεία που δεν δίνονται οι τιμές έκπλυσης αυτές ήταν πολύ μικρές και δεν αναφέρονται στην έκθεση αποτελεσμάτων. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι στη μελέτη δεν αναλύθηκε το σύνολο των παραμέτρων που θέτονται ως κριτήρια αποδοχής στους χώρους υγειονομικής ταφής σύμφωνα με το άρθρο 16 και το παράρτημα II της οδηγίας 1999/31/ΕΚ.

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

### 6.3.4 Αξιολόγηση συμπεράσματα – Τέφρα Βάσης

Σύμφωνα με τις διεθνείς πρακτικές διαχείρισης της τέφρας βάσης, αυτή είτε διατίθεται σε Χ.Υ.Τ.Α. είτε χρησιμοποιείται ως δευτερογενές υλικό στους κλάδους της οδοποιίας και των κατασκευών. Οι μέθοδοι που προαναφέρθηκαν όπως π.χ. η μηχανική επεξεργασία της τέφρας στοχεύουν κυρίως στην βελτίωση των χαρακτηριστικών της τέφρας με σκοπό την αξιοποίηση της. Η πρακτική αυτή είναι δύσκολο να ακολουθηθεί λαμβάνοντας υπόψη την έλλειψη νομοθετικού πλαισίου για το σκοπό αυτό. Σύμφωνα με την υπάρχουσα εμπειρία στον Αποτεφρωτήρα του ΕΣΔΚΝΑ στο Ν. Αττικής η τέφρα βάσης αποθηκεύεται προσωρινά εντός του χώρου της μονάδας. Ποσότητα 1337 τόνων της τέφρας αυτής μεταφέρθηκε το 2010 από την εταιρεία POLYECO ΑΕ για ταφή σε ΧΥΤΕΑ της Γερμανίας. Ωστόσο, όπως προκύπτει και από τις μελέτες εκπλυσιμότητας που εκπονήθηκαν η τέφρα βάσης μπορεί να διατεθεί σε ΧΥΤΑ μη επικινδύνων χωρίς να απαιτείται κάποιου είδους επεξεργασία.

### 6.3.5 Διαθέσιμες τεχνικές επεξεργασίας ιπτάμενης τέφρας

Η ιπτάμενη τέφρα συγκαταλέγεται στα επικίνδυνα απόβλητα. Σύμφωνα με τη διεθνή πρακτική εναποτίθεται σε επιφανειακούς χώρους ταφής αφού συνήθως έχει προηγηθεί επεξεργασία ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της και να πληρούνται τα σχετικά κριτήρια αποδοχής. Οι κύριες κατηγορίες των μεθόδων επεξεργασίας της ιπταμένης τέφρας είναι οι ακόλουθες:

- Χημική σταθεροποίηση

Διαδικασίες που περιλαμβάνουν την έκπλυση και την αφαίρεση συγκεκριμένων συστατικών από τον όγκο των υπολειμμάτων. Χρησιμοποιούνται απλές τεχνικές, αλλά το βασικό μειονέκτημα είναι η παραγωγή υγρών προϊόντων που περιέχουν μέταλλα και άλατα. Συνήθως προηγείται ένα στάδιο πλύσης για την απομάκρυνση ενός μεγάλου ποσοστού των αλάτων και μέχρι ενός βαθμού και βαρέων μετάλλων ενώ στη συνέχεια ακολουθεί η χημική σταθεροποίηση των εναπομενόντων μετάλλων.

- Στερεοποίηση

Οι τεχνικές στερεοποίησης μεταβάλλουν τα φυσικά χαρακτηριστικά με τη χρήση πρόσθετων (π.χ. από υγρή σε στερεή κατάσταση), χωρίς να μεταβάλλουν τις χημικές ιδιότητες των αποβλήτων. Οι τεχνικές σταθεροποίησης μεταβάλλουν την επικινδυνότητα των συστατικών στοιχείων των επικινδύνων αποβλήτων. Λόγω της τροποποιημένης δομής των επεξεργασμένων αποβλήτων, ελαττώνεται σημαντικά η εκπλυσιμότητα των επικινδύνων συστατικών, με ελάττωση της ευκινησίας αυτών, καθώς και της εκτιθέμενης επιφανείας τους. Ως κύριες τεχνικές στερεοποίησης/σταθεροποίησης αναφέρονται οι ακόλουθες:

- Στερεοποίηση/σταθεροποίηση με προσθήκη τσιμέντου
- Στερεοποίηση/σταθεροποίηση με προσθήκη τσιμέντου και ποζολανικών υλικών.
- Ενσωμάτωση αποβλήτων σε θερμοπλαστικά υλικά, όπως άσφαλτος, παραφίνη ή πολυαιθυλένιο.
- Μικροέγκλειση με θερμοσκλήρυνση.

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

- Μακροέγκλειση των αποβλήτων σε αδρανές επικάλυμμα.
- Επεξεργασία των αποβλήτων για παραγωγή στερεού, με την προσθήκη διαφόρων υλικών.
- Δημιουργία υαλώδους μορφής υλικού, με σύντηξη αποβλήτων – χαλαζία.

#### • Θερμική επεξεργασία

Η θερμική επεξεργασία της τέφρας λαμβάνει χώρα σε ορισμένες χώρες με κύριο σκοπό τη μείωση του όγκου προς ταφή, την μείωση της περιεκτικότητας σε οργανικές ουσίες και βαρέα μέταλλα αλλά και τη βελτίωση της εκπλυσιμότητας. Οι θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας της τέφρας χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Υαλοποίηση (Vitrification)
- Τήξη (Melting)
- Επίτηξη (Sintering)

#### • Έκπλυση και διαχωρισμός

Διαδικασίες που περιλαμβάνουν την έκπλυση και την αφαίρεση συγκεκριμένων συστατικών από τα υπολείμματα. Χρησιμοποιούν απλές τεχνικές, αλλά το βασικό μειονέκτημα είναι η παραγωγή υγρών προϊόντων που περιέχουν μέταλλα και άλατα. Η μέθοδος εφαρμόζεται κυρίως μέσω της έκπλυσης με οξέα.

Ακολούθως αναλύονται ορισμένες από τις τεχνικές, οι οποίες εντάσσονται στις παραπάνω μεθόδους και περιέχονται στις υποψήφιες βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές στο “Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration” (EC, 2006)

#### 6.3.5.1 Στερεοποίηση με προσθήκη τσιμέντου

Κατά τη διεργασία αυτή προστίθενται επαρκείς ποσότητες μέσων στερεοποίησης (τσιμέντο) για να εγκλωβίσουν τα ρυπασμένα υλικά σε ένα στερεό σώμα υψηλής αντοχής.

Τα υπολείμματα αναμιγνύονται με τσιμέντο και ενσωματώνονται στη μάζα του. Τα υπολείμματα αντιδρούν με το νερό και το τσιμέντο και δημιουργούνται υδροξείδια μετάλλου ή μεταλλικά ανθρακικά άλατα που είναι λιγότερο διαλυτά σε σχέση με τις αρχικές ενώσεις που προϋπήρχαν στα υπολείμματα.

Τα τελικό προϊόν μπορεί να διατεθεί σε χώρους υγειονομικής ταφής και είναι εύκολα διαχειρίσιμο. Βραχυπρόθεσμα η πιθανότητα έκλυσης βαρέων μετάλλων είναι σχετικά χαμηλή, ωστόσο το υψηλό pH μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την έκπλυση επαμφοτερίζοντων μετάλλων.

Στα μειονεκτήματα της μεθόδου μπορεί να αναφερθεί ότι δεν αναστέλλεται η έκπλυση διαλυτών αλάτων με αποτέλεσμα τη σταδιακή φυσική αποσύνθεση του στερεοποιημένου

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

υπολείμματος επιτρέποντας έτσι την έκπλυση. Επίσης η προσθήκη τσιμέντου και άλλων προσθετικών αυξάνει την ποσότητα των υλικών προς διάθεση. Η απαιτούμενη ποσότητα τσιμέντου ανέρχεται σε 50% του ξηρού βάρους των υπολειμμάτων ενώ αντίστοιχα η προσθήκη νερού ανέρχεται σε 30-100%. Έτσι η ποσότητα της ιπτάμενης τέφρας αυξάνεται από 20-30 kg/τόνο σε 40-60 kg/τόνο.

Η κατανάλωση ενέργειας και νερού της μεθόδου διαφέρει και δεν υπάρχουν επίσημες αναφορές για την ποσοτικοποίηση τους. Ο απαιτούμενος εξοπλισμός είναι παρόμοιος με αυτόν που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία σκυροδέματος.

Η τσιμεντοποίηση πραγματοποιείται συνήθως σε εγκαταστάσεις κοντά στο χώρο τελικής διάθεσης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για όλα τα υπολείμματα του συστήματος καθαρισμού των απαερίων.

Το κόστος διαφέρει σημαντικά από χώρα σε χώρα και κατά μέσο όρο ανέρχεται σε 25 €/tn. Γενικότερα αποτελεί την πιο κοινή μέθοδο με εκτεταμένη εφαρμογή κυρίως στην Ευρώπη και την Ιαπωνία.

#### 6.3.5.2 Υαλοποίηση και τήξη

Η τήξη και η υαλοποίηση έχουν ως αποτέλεσμα την αποδέσμευση πτητικών στοιχείων όπως Hg, Pb και Zn κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και την παραγωγή ενός υπό προϋποθέσεις ανακυκλώσιμου προϊόντος με χαμηλή περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την τήξη και την υαλοποίηση έχουν αρκετές ομοιότητες μεταξύ τους. Τα υαλοποιημένα προϊόντα παρουσιάζουν πολύ καλά χαρακτηριστικά εκπλυσιμότητας ενώ οργανικές ενώσεις όπως οι διοξίνες καταστρέφονται κατά τη διαδικασία. Επίσης λόγω των εκπομπών βαρέων μετάλλων σε πτητική μορφή απαιτείται η επεξεργασία των απαερίων, η οποία ωστόσο μπορεί να λάβει χώρα στο υπάρχον σύστημα καθαρισμού απαερίων της κύριας μονάδας. Μειονέκτημα της μεθόδου αποτελεί η σημαντική κατανάλωση ενέργειας ενώ πρέπει να έχει εξασφαλιστεί και η αγορά διάθεσης του τελικού προϊόντος. Τα υαλοποιημένα υπολείμματα έχουν λιγότερες εφαρμογής χρήσης σε σχέση με την "ψυχρά" επεξεργασμένη τέφρα βάσης, λόγω της φυσικής δομής τους, η οποία δεν επιτρέπει την ευρεία χρήση τους στον τομέα των κατασκευών. Η κατανάλωση ενέργειας κυμαίνεται μεταξύ 700-1200 kWh/tn. Ο όγκος των υπολειμμάτων μειώνεται στο ένα πέμπτο της αρχικής ποσότητας ενώ το ειδικό βάρος αυξάνεται σε 2,4-2,9 tn/m<sup>3</sup>.

Η μέθοδος έχει αυξημένο κόστος σε σχέση με άλλες εναλλακτικές, το οποίο φτάνει τα 100-160 €/tn ενώ το επενδυτικό κόστος για μία εγκατάσταση δυναμικότητας 1-2 tn/ώρα ανέρχεται σε 10-20 εκ. €.

Το κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η χαμηλή εκπλυσιμότητα του τελικού προϊόντος όπου το τοξικό υπόλειμμα μετατρέπεται σε ένα αδρανές υλικό καθώς και η σημαντική μείωση του όγκου. Η μέθοδος εφαρμόζεται κυρίως στην Ιαπωνία λόγω της δυσκολίας εύρεσης χωρητικότητας σε Χ.Υ.Τ.Α..

#### 6.3.5.3 Έκπλυση με οξέα

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Προϋπόθεση για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής είναι η ύπαρξη ενός υγρού συστήματος επεξεργασίας απαερίων. Η μέθοδος έχει σαν αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση της εκπλυσιμότητας. Για την εφαρμογή της χρησιμοποιούνται όξινα διαλύματα από την πρώτη πλυντρίδα υγρών συστημάτων επεξεργασίας απαερίων. Καθώς τα άλατα και τα βαρέα μέταλλα μεταφέρονται στα υγρά απόβλητα, ενδεχομένως να απαιτείται περεταίρω επεξεργασία πριν από την απόρριψη τους. Μετά την έκπλυση η ιπτάμενη τέφρα αναμιγνύεται με την τέφρα βάσης και το μίγμα οδηγείται προς ταφή.

Το κόστος της μεθόδου ανέρχεται σε 150-250 €/tn.

### 6.3.6 Αναλύσεις ιπτάμενης τέφρας του Αποτεφρωτήρα Α. Λιοσίων

Στην ενότητα αυτή γίνεται παράθεση των αποτελεσμάτων διαφόρων αναλύσεων που έχουν πραγματοποιηθεί στην ιπτάμενη τέφρα του Αποτεφρωτήρα Α. Λιοσίων από Πανεπιστήμια και ιδιωτικές εταιρείες. Οι πειραματικές τιμές που προέκυψαν συγκρίνονται με τις οριακές τιμές έκπλυσης της Απόφασης του Συμβουλίου της 19<sup>ης</sup> Δεκεμβρίου 2002 για τον καθορισμό των κριτηρίων και διαδικασιών αποδοχής των αποβλήτων στους χώρους υγειονομικής ταφής [73].

#### 6.3.6.1 Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των πειραμάτων εκπλυσιμότητας για την ιπτάμενη τέφρα που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο των μελετών που προαναφέρθηκαν και για την τέφρα βάσης. Αρχικά παρουσιάζονται οι αναλύσεις εκπλυσιμότητας [60] του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου. Οι τιμές που παρουσιάζονται με κόκκινο υποδηλώνουν υπέρβαση των τιμών αποδοχής σε Χ.Υ.Τ. Αδρανών.

Πίνακας 6.3-8: Αποτελέσματα αναλύσεων των εκπλυμάτων από την εκχύλιση ιπτάμενης τέφρας για λόγο L/S= 2 L/kg.

Συστατικό	Πειραματική τιμή	Οριακές τιμές για τα αδρανή απόβλητα	Οριακές τιμές για μη επικίνδυνα απόβλητα	Οριακές τιμές επικίνδυνων αποβλήτων
	mg/kg ξηρά ουσία			
As	<0.03*	0.1	0.4	6
Ba	24.6	7	30	100
Cd	<0.001*	0.03	0.6	3
Cr (ολικό)	1.83	0.2	4	25
Cu	30.98	0.9	25	50
Hg		0.003	0.05	0.5
Mo	1.984	0.3	5	20
Ni	<0.01*	0.2	5	20



ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Συστατικό	Πειραματική τιμή	Οριακές τιμές για τα αδρανή απόβλητα	Οριακές τιμές για μη επικίνδυνα απόβλητα	Οριακές τιμές επικίνδυνων αποβλήτων
	mg/kg ξηρά ουσία			
Pb	720	0.2	5	25
Sb	<0.02*	0.02	0.2	2
Se	<0.01*	0.06	0.3	4
Zn	50	2	25	90
Ιόντα χλωρίου	108400	550	10000	17000
Ιόντα φθορίου	11	4	60	200
Θειικά ανιόντα	2000	560	10000	25000

Πίνακας 6.3-9: Αποτελέσματα αναλύσεων των εκπλυμάτων από την εκχύλιση ιπτάμενης τέφρας για λόγο L/S= 10 L/kg για τη συνολική διαρροή.

Συστατικό	Πειραματική τιμή	Οριακές τιμές για τα αδρανή απόβλητα	Οριακές τιμές για μη επικίνδυνα απόβλητα	Οριακές τιμές επικίνδυνων αποβλήτων
	mg/kg ξηρά ουσία			
As	<0.03*	0.5	2	25
Ba	35.72	20	100	300
Cd	<0.001*	0.04	1	5
Cr (ολικό)	3.43	0.5	10	70
Cu	43.78	2	50	100
Hg		0.01	0.2	2
Mo	8.224	0.5	10	30
Ni	<0.01*	0.4	10	40
Pb	912	0.5	10	50
Sb	<0.02*	0.06	0.7	5
Se	<0.01*	0.1	0.5	7
Zn	68.88	4	50	200
Ιόντα χλωρίου	210900	800	15000	25000
Ιόντα φθορίου	61	10	150	500
Θειικά ανιόντα	8400	1000	20000	50000

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

**Πίνακας 6.3-10: Αποτελέσματα αναλύσεων των εκπλυμάτων της δοκιμής διήθησης ιπτάμενης τέφρας, πρώτο έκπλυμα για λόγο L/S= 0.1 L/kg**

Συστατικό	Πειραματική τιμή	Οριακές τιμές για τα αδρανή απόβλητα	Οριακές τιμές για μη επικίνδυνα απόβλητα	Οριακές τιμές επικίνδυνων αποβλήτων
	mg/L			
As	0.036	0.06	0.3	3
Ba	15.6	4	20	60
Cd	0.005	0.02	0.3	1.7
Cr (ολικό)	0.709	0.1	2.5	15
Cu	100	0.6	30	60
Hg		0.002	0.03	0.3
Mo	1.565	0.2	3.5	10
Ni	0.01	0.12	3	12
Pb	357	0.15	3	15
Sb	<0.02*	0.1	0.15	1
Se	<0.01*	0.04	0.2	3
Zn	<0.01*	1.2	15	60
Ιόντα χλωρίου	283600	460	8500	15000
Ιόντα φθορίου	5.9	2.5	40	120
Θειικά ανιόντα	1100	1500	7000	17000

Σημαντικές είναι οι αποκλίσεις που παρατηρήθηκαν σχετικά με την περιεκτικότητα των μετάλλων στο δείγμα της ιπτάμενης τέφρας σε σχέση με κριτήρια αποδοχής σε ΧΥΤ αδρανών. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Πίνακα 6.3-8, κατά τη δοκιμή έκπλυσης για λόγο L/S=2 L/kg, το βάριο, το χρώμιο και το μολυβδαίνιο, παρουσίαζαν συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από τις οριακές τιμές για αδρανή απόβλητα, αλλά μικρότερες από τις τιμές για τα μη επικίνδυνα απόβλητα. Επιπλέον, ο χαλκός και ο ψευδάργυρος βρίσκονταν σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες για τα μη επικίνδυνα απόβλητα αλλά μικρότερες από τις τιμές που ισχύουν για τα επικίνδυνα. Τέλος, ο μόλυβδος είχε μετρηθεί σε σημαντικά υψηλές συγκεντρώσεις, που ξεπερνούσαν ακόμα και τις οριακές τιμές για τα επικίνδυνα απόβλητα.

Παρόμοια αποτελέσματα μετρήθηκαν στα εκπλύματα από τις άλλες δύο τεχνικές έκπλυσης. Έτσι κατά τη δοκιμή έκπλυσης για λόγο L/S=10 L/kg, το βάριο, το χρώμιο, ο χαλκός και το μολυβδαίνιο είχαν συγκεντρώσεις χαμηλότερες από τις τιμές για τα μη επικίνδυνα απόβλητα, ο ψευδάργυρος βρίσκονταν σε περιεκτικότητα χαμηλότερη από την τιμή για τα επικίνδυνα απόβλητα, ενώ ο μόλυβδος εξακολουθούσε να βρίσκεται σε συγκέντρωση αρκετά υψηλότερη από τις αντίστοιχες τιμές που προβλέπονται για διάθεση σε χώρος

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

ταφής επικίνδυνων αποβλήτων. Επιπλέον, κατά τη δοκιμή έκπλυσης για λόγο  $L/S=0.1$  L/kg, σε υψηλές συγκεντρώσεις μετρήθηκαν ο μόλυβδος αλλά και ο χαλκός.

Τα συνοπτικά ποιοτικά αποτελέσματα, ανάλογα με τη δοκιμή έκπλυσης και την αντίστοιχη κατάταξη των δειγμάτων παρουσιάζονται στον επόμενο Πίνακα 6.3-11, όπου επιπλέον φαίνονται και τα στοιχεία που προσδιορίζουν την κατάταξη.

**Πίνακας 6.3-11: Κατάταξη των δειγμάτων ιπτάμενης τέφρας ανάλογα με τη δοκιμή έκπλυσης**

Δείγμα	Αδρανή απόβλητα	Μη επικίνδυνα απόβλητα	Επικίνδυνα απόβλητα	Υψηλές τιμές
Ιπτάμενη τέφρα				Έκπλυση για λόγο $L/S=2$ L/kg <b>Pb</b>
				Έκπλυση για λόγο $L/S=10$ L/kg <b>Pb</b>
				Έκπλυση για λόγο $L/S=0.1$ L/kg <b>Cu, Pb</b>

#### 6.3.6.2 Αναλύσεις Intertec

Αντίστοιχα με την τέφρα βάσης η Γαλλική ιδιωτική εταιρεία Intertec πραγματοποίησε το Μάρτιο του 2008 δοκιμές εκπλυσιμότητας για την ιπτάμενη τέφρα [61]. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με τα πρότυπα EN 12457-1, EN 12457-2. Βάση των αποτελεσμάτων υπάρχει υπέρβαση των ορίων για το μόλυβδο (Pb) ενώ σύμφωνα με το πρότυπο EN 12457-2 και στο χαλκό (Cu).

**Πίνακας 6.3-12: Αποτελέσματα αναλύσεων των εκπλυμάτων από την εκχύλιση ιπτάμενης τέφρας για λόγο  $L/S= 2$  L/kg.**

Συστατικό	Πειραματική τιμή	Οριακές τιμές για τα αδρανή απόβλητα	Οριακές τιμές για μη επικίνδυνα απόβλητα	Οριακές τιμές επικίνδυνων αποβλήτων
	mg/kg ξηρά ουσία			
As	0,77	0.1	0.4	6
Ba	11,46	7	30	100
Cd	<0,1	0.03	0.6	3
Cr (ολικό)	0,93	0.2	4	25
Cu	6,56	0.9	25	50

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Συστατικό	Πειραματική τιμή	Οριακές τιμές για τα αδρανή απόβλητα	Οριακές τιμές για μη επικίνδυνα απόβλητα	Οριακές τιμές επικίνδυνων αποβλήτων
	mg/kg ξηρά ουσία			
Hg	<0,1	0.003	0.05	0.5
Mo	1,39	0.3	5	20
Ni	<0,1	0.2	5	20
Pb	1089	0.2	5	25
Sb	<0,1	0.02	0.2	2
Se	<0,1	0.06	0.3	4
Zn	47,96	2	25	90
Ιόντα χλωρίου	327212	550	10000	17000
Ιόντα φθορίου	4,90	4	60	200
Θειικά ανιόντα	523	560	10000	25000

Πίνακας 6.3-13: Αποτελέσματα αναλύσεων των εκπλυμάτων από την εκχύλιση ιπτάμενης τέφρας για λόγο L/S= 10 L/kg.

Συστατικό	Πειραματική τιμή	Οριακές τιμές για τα αδρανή απόβλητα	Οριακές τιμές για μη επικίνδυνα απόβλητα	Οριακές τιμές επικίνδυνων αποβλήτων
As	2,55	0.5	2	25
Ba	17,90	20	100	300
Cd	<0,5	0.04	1	5
Cr (ολικό)	1,30	0.5	10	70
Cu	224	2	50	100
Hg	<0,5	0.01	0.2	2
Mo	5,13	0.5	10	30
Ni	<0,5	0.4	10	40
Pb	597	0.5	10	50
Sb	<0,5	0.06	0.7	5
Se	<0,5	0.1	0.5	7
Zn	56,60	4	50	200
Ιόντα χλωρίου	388480	800	15000	25000
Ιόντα φθορίου	20,20	10	150	500

HPC PASECO ΜΟΝΟΠΡΟΣΩΠΗ Ε.Π.Ε.

Κυκλάδων 22, 113 61 Αθήνα

Τηλ: 210-8258200, Fax: 210-8258209, Email: [info@hpc-paseco.gr](mailto:info@hpc-paseco.gr)

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Συστατικό	Πειραματική τιμή	Οριακές τιμές για τα αδρανή απόβλητα	Οριακές τιμές για μη επικίνδυνα απόβλητα	Οριακές τιμές επικίνδυνων αποβλήτων
	mg/kg ξηρά ουσία			
Θειικά ανιόντα	18143	1000	20000	50000

### 6.3.6.3 Πανεπιστήμιο Αθηνών

Τον Ιούλιο του 2007 πραγματοποιήθηκαν χημικές αναλύσεις ιπτάμενης τέφρας του αποτεφρωτήρα από το Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν σύμφωνα με το πρότυπο EN 12457-2 και παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα [71]:

**Πίνακας 6.3-14: Αποτελέσματα αναλύσεων των εκπλυμάτων από την εκχύλιση ιπτάμενης τέφρας για λόγο L/S= 10 L/kg.**

Συστατικό	Πειραματική τιμή	Οριακές τιμές για τα αδρανή απόβλητα	Οριακές τιμές για μη επικίνδυνα απόβλητα	Οριακές τιμές επικίνδυνων αποβλήτων
Cd	0,033	0.04	1	5
Cr (ολικό)	6,2	0.5	10	70
Cu	32,8	2	50	100
Hg	0,045	0.01	0.2	2
Pb	554	0.5	10	50
Zn	69,1	4	50	200

Σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα υπάρχει υπέρβαση των ορίων τόσο για χώρους υγειονομικής ταφής μη επικινδύνων όσο και για χώρους υγειονομικής ταφής επικινδύνων αποβλήτων. Για τους τελευταίους η υπέρβαση παρατηρείται στο μόλυβδο. Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι στη μελέτη δεν αναλύθηκε το σύνολο των παραμέτρων που θέτονται ως κριτήρια αποδοχής στους χώρους υγειονομικής ταφής σύμφωνα με το άρθρο 16 και το παράρτημα II της οδηγίας 1999/31/EK.

### 6.3.6.4 Αναλύσεις Chem-mar

Το Φεβρουάριο του 2011 πραγματοποιήθηκαν δοκιμές στην ιπτάμενη τέφρα όπου ακολουθήθηκε η διαδικασία του προτύπου ΕΛΟΤ EN 12457-1 [72].

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

**Πίνακας 6.3-15: Αποτελέσματα αναλύσεων των εκπλυμάτων από την εκχύλιση ιπτάμενης τέφρας για λόγο L/S= 2 L/kg.**

Συστατικό	Πειραματική τιμή	Οριακές τιμές για τα αδρανή απόβλητα	Οριακές τιμές για μη επικίνδυνα απόβλητα	Οριακές τιμές επικίνδυνων αποβλήτων
As	0,05	0.5	2	6
Ba	<10	20	100	100
Cd	<0,005	0.04	1	3
Cr (ολικό)	0,8	0.5	10	25
Cu	0,48	2	50	50
Hg	<0,002	0.01	0.2	0.5
Mo	0,36	0.5	10	20
Ni	0,62	0.4	10	20
Pb	79	0.5	10	25
Sb	<0,01	0.06	0.7	2
Se	<0,02	0.1	0.5	4
Zn	3,7	4	50	90
Ιόντα χλωρίου	-	800	15000	17000
Ιόντα φθορίου	<2	10	150	200
Θειικά ανιόντα	1.560	1000	20000	25000

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα υπάρχει υπέρβαση των ορίων στις τιμές του μόλυβδου (Pb).

### 6.3.7 Αξιολόγηση συμπεράσματα – Ιπτάμενη τέφρα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των αναλύσεων που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο προκύπτει ότι η ιπτάμενη τέφρα πρέπει να επεξεργαστεί για την αποδοχή της σε Χ.Υ.Τ. καθώς παρατηρείται υπέρβαση των οριακών τιμών ακόμα και για Χ.Υ.Τ.Ε.Α. Κοινό στοιχείο σε όλες τις μετρήσεις είναι η υπέρβαση των ορίων αποδοχής σε Χ.Υ.Τ.Ε.Α. για το μόλυβδο.



ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

## 6.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΕΦΡΑΣ - ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται αξιολόγηση των εναλλακτικών τεχνολογιών αποτέφρωσης των ΑΥΜ και επεξεργασίας υπτάμενης τέφρας, με τη μέθοδο της πολυκριτηριακής ανάλυσης εξετάζοντας τεχνικά, περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά κριτήρια. Το αποτέλεσμα της εν λόγω αξιολόγησης είναι η επιλογή του βέλτιστου σεναρίου για την θερμική επεξεργασία των αποβλήτων από υγειονομικές μονάδες και της επεξεργασίας της υπτάμενης τέφρας.

### 6.4.1 Μεθοδολογία Πολυκριτηριακής Ανάλυσης

Η Πολυκριτηριακή Ανάλυση μπορεί να ορισθεί ως μία συστηματική και μαθηματικά τυποποιημένη προσπάθεια επίλυσης προβλημάτων που προκύπτουν από αντικρουόμενους στόχους. Η ικανοποίηση των στόχων αυτών δεν μπορεί να είναι πλήρης και οι διαθέσιμες επιλογές σε ένα τέτοιο πρόβλημα παρουσιάζουν άριστη επίδοση μόνο ως προς έναν ή περισσότερους, αλλά ποτέ ως προς όλους τους στόχους, γιατί στην περίπτωση αυτή δε θα υπήρχε πρόβλημα απόφασης. Είναι αναγκαίος λοιπόν ένας συμβιβασμός μεταξύ των αλληλοσυγκρουόμενων στόχων.

Η επιστημονική περιοχή της πολυκριτηριακής ανάλυσης περιλαμβάνει καταρχήν ένα θεωρητικό υπόβαθρο, στο οποίο αναπτύσσεται η βασική λογική για την προσέγγιση τέτοιου είδους προβλημάτων. Ακόμη προσδιορίζονται τα κύρια δομικά στοιχεία του προβλήματος και αναλύονται οι βασικές τους ιδιότητες.

#### 6.4.1.1 Γενική Μεθοδολογία

Η γενική μεθοδολογία που ακολουθείται κατά την εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης περιλαμβάνει τα κάτωθι στάδια:

1. Προσδιορίζεται το πρόβλημα και τα πιθανά εναλλακτικά σενάρια επίλυσής του.
2. Επιλέγονται και ταξινομούνται τα κριτήρια.
3. Περιγράφονται μαθηματικά τα κριτήρια.
4. Εκτιμάται η βαρύτητα του κάθε κριτηρίου.
5. Δημιουργείται μια μήτρα αξιολόγησης.
6. Καθορίζονται οι διάφορες περιοριστικές παράμετροι ανάλογα με το αντικείμενο του εκάστοτε προβλήματος.
7. Ταξινομούνται τα εξεταζόμενα σενάρια σύμφωνα με την τελική βαθμολογία τους.
8. Ανάλυση ευαισθησίας της λύσης.
9. Προσδιορισμός της σύγκρουσης των κριτηρίων.

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Ένα από τα βασικά στοιχεία του προβλήματος είναι η δημιουργία της μήτρας αξιολόγησης που περιλαμβάνει ένα σύνολο διακριτών επιλογών, ένα σύνολο κριτηρίων αξιολόγησης και την επίδοση της κάθε επιλογής στο αντίστοιχο κριτήριο και το σύστημα προτιμήσεων του αποφασίζοντα που εμπεριέχει τη σχετική βαρύτητα των κριτηρίων και την κατεύθυνση προτίμησης των επιδόσεων (ελάχιστο ή μέγιστο).

Ο καθορισμός των συντελεστών βαρύτητας καθορίζει τον βαθμό σπουδαιότητας των εφαρμοζόμενων κριτηρίων για την αξιολόγηση των διαφόρων εναλλακτικών σεναρίων. Ανάλογα με την περίπτωση, χρησιμοποιούνται είτε άμεσοι συντελεστές βαρύτητας είτε έμμεσοι. Οι άμεσοι συντελεστές βαρύτητας χρησιμοποιούνται στην περίπτωση που ο αριθμός των κριτηρίων είναι μικρός και είναι δυνατή η επιλογή συντελεστών βαρύτητας. Οι έμμεσοι συντελεστές βαρύτητας προσδιορίζονται με την ταξινόμηση των κριτηρίων κατά σειρά σπουδαιότητας, την απόδοση ενός συνολικού συντελεστή βαρύτητας ή ενός μέγιστου συντελεστή βαρύτητας και στη συνέχεια τον προσδιορισμό των συντελεστών βαρύτητας σε σχέση με το άθροισμα όλων των συντελεστών βαρύτητας ή σε σχέση με το μεγαλύτερο συντελεστή. Επιπλέον, είναι δυνατή η χρήση κριτηρίων, στα οποία δεν έχει αποδοθεί συντελεστής βαρύτητας.

Οι συντελεστές βαρύτητας αντικατοπτρίζουν το σύστημα αξιών και προτιμήσεων του αποφασίζοντα. Δηλαδή, ο προσδιορισμός της σπουδαιότητας του κάθε κριτηρίου βασίζεται στην ιδιαίτερη σημασία που δίνουν οι ενδιαφερόμενοι φορείς για κάθε κριτήριο. Συνεπώς, ανάλογα με το είδος του προβλήματος είναι δυνατό να παρουσιάζουν μεγαλύτερη σημασία για τους ενδιαφερόμενους φορείς τα περιβαλλοντικά κριτήρια σε σχέση με τα οικονομικά ή και το αντίστροφο. Για τον λόγο αυτόν, ο προσδιορισμός των συντελεστών βαρύτητας απαιτεί την προσεκτική ιεραρχική ταξινόμηση των διαφόρων κριτηρίων από τους ενδιαφερόμενους φορείς.

Τέλος, πραγματοποιείται η επιλογή του βέλτιστου σεναρίου. Όπως παρουσιάζεται παρακάτω, έχει αναπτυχθεί ένας μεγάλος αριθμός μεθόδων και υπολογιστικών προγραμμάτων τα οποία είναι δυνατό να προσδιορίσουν το βέλτιστο σενάριο για κάθε διαχειριστικό πρόβλημα.

#### 6.4.1.2 Μέθοδοι Προσέγγισης

Με βάση το παραπάνω υπόβαθρο, έχει αναπτυχθεί ένα πλήθος θεωριών, μεθόδων και τεχνικών, κατάλληλων για την αντιμετώπιση ενός μεγάλου εύρους προβλημάτων που προκύπτουν στην πράξη. Αν και η ταξινόμηση των προσεγγίσεων αυτών σε ιδιαίτερες κατηγορίες δεν είναι αυστηρή, διακρίνονται τέσσερις βασικές ομάδες:

- Πολυκριτηριακή Θεωρία Χρησιμότητας (Multi-attribute Utility Theory)
- Πολυκριτηριακή Θεωρία Αξίας (Multi-attribute Value Theory)
- Πολυκριτηριακός Μαθηματικός Προγραμματισμός (Goal Programming)
- Προσέγγιση σχέσεων υπεροχής (Outranking Methods)

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Οι πιο γνωστές μέθοδοι Προσέγγισης Σχέσης Υπεροχής είναι οι ομάδες των μεθόδων ELECTRE και PROMETHEE, και ιδιαίτερα ομάδα PROMETHEE παρουσιάζει το σημαντικό πλεονέκτημα ότι εφαρμόζει τις πιο σύγχρονες ιδέες μοντελοποίησης προτιμήσεων με έναν πολύ απλό και κατανοητό τρόπο. Αντίθετα, η μέθοδος ELECTRE στερείται το εκτενές θεωρητικό υπόβαθρο το οποίο θα βοηθούσε την καλύτερη εκτίμηση των υποθέσεων που στηρίζεται. Για αυτόν τον λόγο και με την μέθοδο αυτή, ο αποφασίζοντας συνήθως αρκείται σε προσεγγιστικές συγκρίσεις μη αριθμητικών κριτηρίων.

Για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης, επιλέχθηκαν οι Μέθοδοι Προσέγγισης Σχέσεων Υπεροχής, και ειδικότερα η μέθοδος PROMETHEE, για την ανάπτυξη και εφαρμογή της εξέτασης των εναλλακτικών σεναρίων διαχείρισης της παρούσας μελέτης. Το πρόγραμμα που θα χρησιμοποιηθεί είναι το DECISION LAB, το οποίο στηρίζεται στην μέθοδο PROMETHEE, ενώ επιπλέον προσφέρει χρήσιμα εργαλεία ανάλυσης ευαισθησίας όπως είναι οι «Μεταβαλλόμενοι Δείκτες Βαρύτητας» (Walking Weights) και τα «Διαγράμματα Απόφασης» (Decision and π Axis), τα οποία βασίζονται στην μέθοδο GAIA. Περισσότερες λεπτομέρειες δίνονται στην παρακάτω παράγραφο.

#### 6.4.1.3 Συνοπτική Περιγραφή Μεθόδου Promethee

Η επίλυση του πολυκριτηριακού προβλήματος με την μέθοδο PROMETHEE (Preference Ranking Organisation METHod for Enrichment Evaluations), ακολουθεί τα εξής διαδοχικά στάδια:

##### 1ο Στάδιο.

Αρχικά, γίνεται η επιλογή των κριτηρίων, τα οποία θα πρέπει να καλύπτουν όλες τις πλευρές του εξεταζόμενου προβλήματος και να μπορούν να βαθμολογηθούν σε κατάλληλη κλίμακα.

##### 2ο Στάδιο.

Για όλα τα κριτήρια αξιολόγησης καθορίζεται η σπουδαιότητά τους με τη βοήθεια κατάλληλων συντελεστών βαρύτητας. Το άθροισμα των συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων πρέπει να είναι 100%, αλλά ο χρήστης μπορεί να θέσει την βαρύτητα κάθε κριτηρίου αναλογικά με τις βαρύτητες των υπολοίπων, και η ίδια η μέθοδος αναγάγει τις βαρύτητες σε ποσοστό.

##### 3ο Στάδιο

Πραγματοποιείται ανάλυση όλων των εναλλακτικών χαρακτηριστικών (υποκριτηρίων) κάθε επιμέρους κριτηρίου τα οποία στη συνέχεια ποσοτικοποιούνται είτε με απόλυτες τιμές, είτε με βάσει συγκεκριμένης κλίμακας (π.χ. 1-10), ενώ παράλληλα ορίζονται και οι κατευθύνσεις προτίμησης των επιδόσεων (ελάχιστο ή μέγιστο).

##### 4ο Στάδιο

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Στο τέταρτο στάδιο, ορίζονται τα ψευδοκριτήρια με τον καθορισμό της συνάρτησης προτίμησης και των ορίων ανοχής (κατώφλια) κάθε κριτηρίου / υποκριτηρίου. Το βήμα αυτό, οδηγεί στην δημιουργία μιας πολύπλοκης μήτρας αξιολόγησης, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα, όπου με  $a_j$  ( $j=1-m$ ) απεικονίζονται τα εναλλακτικά σενάρια, και με  $f_i$  ( $i=1-k$ ) τα κριτήρια / υποκριτήρια.

**Εικόνα 6.4-1: Δημιουργία μήτρας αξιολόγησης**

	$f_1$	$f_2$	...	$f_j$	...	$f_k$
$a_1$	$f_1(a_1)$	$f_2(a_1)$	...	$f_j(a_1)$	...	$f_k(a_1)$
$a_2$	$f_1(a_2)$	$f_2(a_2)$	...	$f_j(a_2)$	...	$f_k(a_2)$
$\vdots$						
$a_i$	$f_1(a_i)$	$f_2(a_i)$	...	$f_j(a_i)$	...	$f_k(a_i)$
$\vdots$						
$a_m$	$f_1(a_m)$	$f_2(a_m)$	...	$f_j(a_m)$	...	$f_k(a_m)$







Η συνάρτηση προτίμησης  $f_i(a_j)$  μπορεί να είναι μία από τις παρακάτω:

1. Κανονικού τύπου συνάρτηση (Usual Type): δεν περιλαμβάνει κατώφλια και υποθέτει απότομη μετάβαση από την κατάσταση αδιαφορίας στην κατάσταση προτίμησης. Χρησιμοποιείται πολύ σπάνια.
2. Συνάρτηση με κατώφλι αδιαφορίας (U-Type): περιλαμβάνει μόνο κατώφλι αδιαφορίας Q και χρησιμοποιείται κυρίως για κριτήρια που ποσοτικοποιούνται ποιοτικά (π.χ. κλίματα 1-10).
3. Συνάρτηση με κατώφλι προτίμησης (V-Type): περιλαμβάνει μόνο κατώφλι προτίμησης P και χρησιμοποιείται κυρίως για κριτήρια που ποσοτικοποιούνται με απόλυτες τιμές και όχι ποιοτικά.
4. Βαθμωτή συνάρτηση (Level Type): Είναι παρόμοια με την (U-Type), αλλά περιλαμβάνει κατώφλι αδιαφορίας Q, και κατώφλι προτίμησης P, που ορίζει ένα μόνο επίπεδο ενδιάμεσης προτίμησης μεταξύ αδιαφορίας και σαφούς προτίμησης.
5. Γραμμική συνάρτηση (Linear Type): Είναι παρόμοια με την (V-Type) αλλά περιλαμβάνει κατώφλι αδιαφορίας Q, και γραμμική μετάβαση στην κατανόηση σαφούς που ορίζεται από το κατώφλι προτίμησης P.
6. Συνάρτηση τύπου Gauss (Gauss Type): υποθέτει σταδιακή μετάβαση από την κατάσταση αδιαφορίας προς την κατάσταση σαφούς προτίμησης (που θεωρητικά προσεγγίζεται στο άπειρο) ακολουθώντας τη συνάρτηση μιας κατανομής Gauss και προσδιορίζεται από την τυπική απόκλιση της κατανομής S. Η συνάρτηση αυτή χρησιμοποιείται σπανίως.

Οι παραπάνω συναρτήσεις απεικονίζονται στην επόμενη εικόνα.

**Εικόνα 6.4-2: Σχηματική αναπαράσταση των συναρτήσεων προτίμησης**

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Συνάρτηση	Σχήμα	Όρια
Usual		Χωρίς όρια
U-shape		Όριο Q
V-shape		Όριο P
Level		Όρια Q και P
Linear		Όρια Q και P
Gaussian		Όριο S

Οι συναρτήσεις προτίμησης και τα όρια ανοχής (κατώφλια) κάθε κριτηρίου / υποκριτηρίου, εισαγάγουν ουσιαστικά είτε την αβεβαιότητας είτε την ελαστικότητα που θέλει ο χρήστης να εφαρμόσει σε κάθε κριτήριο.

Υπάρχουν τριών ειδών όρια / κατώφλια, όπως παρουσιάσθηκαν παραπάνω:

- Κατώφλι Αδιαφορίας Q: Είναι η μέγιστη τιμή η οποία μπορεί να θεωρηθεί ως αμελητέα, και σε σχέση με την κλίμακα των τιμών του κριτηρίου είναι μια πολύ μικρή τιμή.
- Κατώφλι Προτίμησης P: Είναι η ελάχιστη τιμή η οποία μπορεί να θεωρηθεί ως κρίσιμο άνω όριο για κάθε κριτήριο, και σε σχέση με την κλίμακα των τιμών του κριτηρίου είναι μια σχετικά μεγάλη τιμή.
- Κατώφλι Gauss (Τυπική Απόκλιση) S: Το κατώφλι αυτό, χρησιμοποιείται μόνο με την συνάρτηση τύπου Gauss, και συνήθως είναι μια μέση τιμή μεταξύ Q και P.

Η τιμή Q πρέπει να είναι μικρότερη από την τιμή P για κάθε κριτήριο.

Εάν οι τιμές των κριτηρίων για κάποια από τα εναλλακτικά σενάρια είναι παρόμοιες, τότε τα κριτήρια αυτά παίζουν πολύ μικρό ρόλο στο τελικό αποτέλεσμα, ενώ αν οι τιμές των κριτηρίων είναι εμφανώς διαφορετικές, τότε δεν υπάρχει αμφιβολία για το πια τιμή είναι η επιθυμητή. Στα ενδιάμεσα διαστήματα όμως, η αμφιβολία του αποφασίζονται, μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με την εισαγωγή των παραπάνω ορίων.

## 5<sup>ο</sup> Στάδιο

Το πέμπτο στάδιο περιλαμβάνει την ανάπτυξη και εφαρμογή του μοντέλου πολυκριτηριακής ανάλυσης και περιλαμβάνει τα εξής διακριτά επιμέρους βήματα:

### **Βήμα 1: Δυαδική σύγκριση επιλογών ανά κριτήριο.**

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Στο στάδιο αυτό εξετάζονται διαδοχικά σε κάθε κριτήριο  $f_i$  όλα τα ζεύγη επιλογών  $a_j$  και με βάση τη διαφορά των επιδόσεων  $d_n$  τους και τον τύπο του κριτηρίου υπολογίζονται δείκτες προτίμησης  $p_n$ . Οι δείκτες αυτοί δείχνουν το βαθμό στον οποίο η επιλογή  $a$  προτιμάται από την επιλογή  $i$  στο συγκεκριμένο κριτήριο.

Ο δείκτης  $p_n$  συνήθως ανάγεται σε τιμές 0 και 1. Σε περίπτωση γραμμικής μεταβολής, η τιμή του δείκτη προκύπτει από παρεμβολή με βάση την συνάρτηση προτίμησης μεταξύ των ορίων Q και P που έχουν τεθεί.

Το αποτέλεσμα της δυαδικής σύγκρισης όλων των ζευγών των εξεταζόμενων επιλογών σε ένα κριτήριο αποτυπώνεται σε έναν τετραγωνικό πίνακα διαστάσεων  $m$ . Ο πίνακας δεν είναι συμμετρικός καθώς αν  $p_n > 0$ , τότε εξ ορισμού  $p_n = 0$ , δηλαδή η κατάσταση μη προτίμησης προσδιορίζεται επίσης με μηδενική τιμή του δείκτη. Το πρώτο βήμα ολοκληρώνεται όταν εξετασθούν και τα  $k$  κριτήρια αξιολόγησης, δηλαδή κατασκευασθούν  $k$  πίνακες.

### **Βήμα 2: Υπολογισμός συνολικών δεικτών προτίμησης.**

Για κάθε ζεύγος επιλογών υπολογίζεται ένας συνολικός δείκτης προτίμησης  $\sum p_n$  ως άθροισμα των μερικών σχέσεων προτίμησης σε κάθε κριτήριο  $p_n$ , σταθμισμένο ανάλογα με τους συντελεστές βαρύτητας των κριτηρίων.

Οι δείκτες συνολικής προτίμησης  $\sum p_n$  παίρνουν τιμές επίσης στο διάστημα [0,1] και υποδηλώνουν αν και σε τι βαθμό μία επιλογή επαληθεύει τον ισχυρισμό ότι υπερέχει έναντι της δεύτερης επιλογής, λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των κριτηρίων. Τα αποτελέσματα του υπολογισμού των συνολικών δεικτών προτίμησης αποτυπώνονται σε έναν τελικό πίνακα.

### **Βήμα 3: Υπολογισμός θετικών και αρνητικών ροών**

Στο στάδιο αυτό υπολογίζονται για κάθε λύση, δύο μέτρα αξιολόγησης που δείχνουν σε τι βαθμό η λύση αυτή υπερέχει ή υπολείπεται έναντι όλων των υπολοίπων επιλογών. Τα μέτρα αυτά ονομάζονται θετική και αρνητική ροή, αντίστοιχα και ορίζονται ως εξής:

#### **Θετική ροή**

Η θετική ροή για την κάθε λύση προκύπτει από το άθροισμα των στοιχείων της αντίστοιχης σειράς δια του αριθμού των υπολοίπων επιλογών  $(m-1)$  και δείχνει το μέσο βαθμό κυριαρχίας της λύσης. Συνάγεται ότι όσο μεγαλύτερη η τιμή της θετικής ροής σε σχέση με τις θετικές ροές των υπολοίπων επιλογών τόσο καλύτερη είναι η λύση αυτή.

#### **Αρνητική ροή**

Η αρνητική ροή για την κάθε λύση προκύπτει από το άθροισμα των στοιχείων της αντίστοιχης στήλης δια του αριθμού των υπολοίπων επιλογών  $(m-1)$  και δείχνει το μέσο



ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

βαθμό που η λύση αυτή κυριαρχείται από τις υπόλοιπες επιλογές. Συνάγεται ότι όσο μικρότερη η τιμή της αρνητικής ροής σε σχέση με τις αρνητικές ροές των υπολοίπων επιλογών τόσο καλύτερη είναι η λύση αυτή.

#### **Βήμα 4: Μερική κατάταξη των επιλογών**

Στο στάδιο αυτό κατασκευάζονται αρχικά δύο πλήρεις κατατάξεις (χωρίς ασυγκρισιμότητες) με βάση τις τιμές των θετικών και αρνητικών ροών. Για 2 εναλλακτικά σενάρια  $a$  και  $b$  οι κατατάξεις παρουσιάζονται παρακάτω:

##### **Κατάταξη με βάση τις θετικές ροές (Φ+)**

➤ $\alpha S+ b$	$\text{Αν } \phi+(\alpha) > \phi+(b)$	Θετική υπεροχή
➤ $\alpha I+ b$	$\text{Αν } \phi+(\alpha) = \phi+(b)$	Θετική αδιαφορία

##### **Κατάταξη με βάση τις αρνητικές ροές (Φ-)**

➤ $\alpha S- b$	$\text{Αν } \phi-(\alpha) < \phi-(b)$	Αρνητική υπεροχή
➤ $\alpha I- b$	$\text{Αν } \phi-(\alpha) = \phi-(b)$	Αρνητική αδιαφορία

Η μερική κατάταξη που περιλαμβάνει καταστάσεις προτίμησης, αδιαφορίας και ασυγκρισιμότητας, προκύπτει ως τομή των δύο αυτών κατατάξεων (θετικής και αρνητικής) ως εξής:

Προτίμηση:	$\alpha P_I b$	αν	$\alpha S^+ b$	και	$\alpha S^- b$	ή
			$\alpha S^+ b$	και	$\alpha I^- b$	ή
			$\alpha I^+ b$	και	$\alpha S^- b$	
Αδιαφορία:	$\alpha I_I b$	αν	$\alpha I^+ b$	και	$\alpha I^- b$	
Ασυγκρισιμότητα:	$\alpha R_I b$	αν	$\alpha S^+ b$	και	$\alpha S^- b$	

#### **Βήμα 5: Πλήρης κατάταξη των επιλογών:**

Στο τελικό αυτό στάδιο της μεθόδου κατασκευάζεται μια μοναδική πλήρης κατάταξη των επιλογών με βάση ένα καθαρό μέτρο υπεροχής κάθε επιλογής. Το μέτρο αυτό ονομάζεται καθαρή ροή ( $\phi$ ) και προκύπτει ως η διαφορά μεταξύ θετικής και αρνητικής ροής. Η καθαρή ροή αποτελεί μέτρο της καθαρής υπεροχής ή κυριαρχίας κάθε επιλογής και αναγνωρίζει μόνο καταστάσεις προτίμησης και αδιαφορίας επιτρέποντας την πλήρη κατάταξη τους:

Προτίμηση:	$\alpha P_{II} b$	αν	$\phi(\alpha) > \phi(b)$
Αδιαφορία:	$\alpha P_{II} b$	αν	$\phi(\alpha) = \phi(b)$

#### **6.4.1.4 Προσδιορισμός Βαρύτητας Κριτηρίων**

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Ο προσδιορισμός της συνολικής βαρύτητας αποτελεί το μέτρο της σχετικής σημαντικότητας, το οποίο αποδίδει ο μελετητής σε συνεννόηση με κάθε εμπλεκόμενο φορέα στη διαδικασία λήψης της απόφασης για κάθε κριτήριο αξιολόγησης των εναλλακτικών μεθόδων διαχείρισης απορριμμάτων. Η μέθοδος ανάθεσης βαρών είναι έμμεση με την έννοια ότι ανατίθεται μέσω ενός κατάλληλα καταρτισμένου ερωτηματολογίου σε κάθε εμπλεκόμενο φορέα, να κατατάξει τα κριτήρια αξιολόγησης σε σειρά προτεραιότητας και να αποδώσει τον βαθμό ενδιαφέροντος με ειδικούς συντελεστές. Ο υπολογισμός της ποσοστιαίας συμβολής του κάθε κριτηρίου στην τελική αξιολόγηση γίνεται με ένα σχετικά απλό αλγόριθμο από τον μελετητή.

#### 6.4.1.5 Ανάλυση ευαισθησίας

Για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων αλλά και την ανάλυση ευαισθησίας, το πρόγραμμα Decision Lab χρησιμοποιεί την μέθοδο GAIA (Geometrical Analysis for Interactive Assistance) που παρέχει «Διαγράμματα Απόφασης» (Decision and  $\pi$  Axis), και την δυνατότητα Walking Weights που σε ελεύθερη μετάφραση αποδίδεται «Μεταβαλλόμενοι Δείκτες Βαρύτητας».

Η επιλογή «Walking Weights», προσφέρει την δυνατότητα της αλλαγής των συντελεστών βαρύτητας με ταυτόχρονη απεικόνιση των νέων αποτελεσμάτων. Το εργαλείο αυτό είναι μεγάλης σημασίας στην λήψη αποφάσεων ειδικά στις περιπτώσεις όπου η βαρύτητα κάθε κριτηρίου δεν είναι εφικτό να ορισθεί απόλυτα. Επίσης προσφέρει τον βαθμό σταθερότητας μιας απόφασης και συνεπώς ελαχιστοποιεί την υποκειμενικότητα του ορισμού των δεικτών βαρύτητας.

Η μέθοδος GAIA, προσφέρει την δυνατότητα απεικόνισης των κριτηρίων, των εναλλακτικών αλλά και των αποτελεσμάτων σε άξονες. Στους άξονες αυτούς, ο χρήστης μπορεί να εντοπίσει εάν υπάρχουν συγκρουόμενα κριτήρια, καθώς και τον βαθμό που επηρεάζει το κάθε κριτήριο (ανεξάρτητα την βαρύτητα του) στην λήψη της καλύτερης απόφασης. Επίσης από τα διαγράμματα αυτά, μπορεί να εκτιμηθεί η ποιότητα της κάθε εναλλακτικής σε σχέση με τα διαφορετικά κριτήρια.

Τα Διαγράμματα Απόφασης αντικατοπτρίζουν το βάρος των κριτηρίων (δείκτης βαρύτητας και τιμή κριτηρίου) και οπτικοποιούν τον βαθμό συμβιβασμού που έλαβε χώρα για συγκεκριμένους δείκτες βαρύτητας. Τα διαγράμματα συνοδεύονται και από μία τιμή  $\Delta$  επί τις εκατό (Delta value %), η οποία φανερώνει τον βαθμό ποιότητας και συμβιβασμού της προτεινόμενης λύσης, δεδομένου ότι λαμβάνει υπόψη το πόσο αντικρουόμενα ήταν τα κριτήρια που εισαχθήκανε. Τιμές  $\Delta$  μεγαλύτερες από 70%, δείχνουν μικρό συμβιβασμό και ευκολία λήψης απόφασης, ενώ τιμές μικρότερες από 50% δηλώνουν μεγάλη δυσκολία στην λήψη απόφασης για την καλύτερη εναλλακτική από το πρόγραμμα και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων πρέπει να γίνεται με προσοχή.

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

## 6.4.2 Αξιολόγηση τεχνολογιών αποτέφρωσης

### 6.4.2.1 Κριτήρια Αξιολόγησης

Για τους σκοπούς της παρούσας αξιολόγησης των εναλλακτικών μεθόδων -τεχνικών, χρησιμοποιήθηκαν τα κριτήρια που περιέχονται στην ΚΥΑ Αριθμ. Η.Π 24944/1159 «Έγκριση Γενικών Τεχνικών Προδιαγραφών για την διαχείριση επικινδύνων αποβλήτων», τα οποία και αναφέρονται ακολούθως:

#### Περιβαλλοντικά κριτήρια

Τα περιβαλλοντικά κριτήρια με τα οποία αξιολογούνται τα εναλλακτικά σενάρια περιλαμβάνουν:

- Παραγωγή αέριων ρύπων
- Παραγωγή υγρών αποβλήτων
- Παραγωγή στερεού υπολείμματος
- Ηχορύπανση
- Πιθανότητα ατυχήματος – επίπεδο ασφάλειας
- Χωροταξική κατεύθυνση

#### Τεχνικά Κριτήρια

Τα τεχνικά κριτήρια με τα οποία αξιολογούνται τα εναλλακτικά σενάρια περιλαμβάνουν:

- Ευελιξία τεχνολογίας
- Αξιοπιστία (Υφιστάμενη εμπειρία από ανάλογες μονάδες)
- Δυνατότητα σταθερής και ομαλής λειτουργίας
- Ευκολία συντήρησης
- Απλότητα στη λειτουργία
- Προβλεπόμενη διάρκεια ζωής
- Απαιτήσεις σε προσωπικό και εξειδίκευση αυτού

#### Κοινωνικά κριτήρια

- Συμφωνία με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο που ισχύει στην περιοχή
- Κοινωνική αποδοχή

#### Οικονομικά κριτήρια

- Κόστος κατασκευής
- Κόστος λειτουργίας

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

- Βιωσιμότητα της εγκατάστασης

Ακολούθως απεικονίζεται πίνακας με τη βαθμολόγηση και των κριτηρίων, η οποία βασίζεται σε στοιχεία από τη διεθνή βιβλιογραφία, τις βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές (BREF) σύμφωνα με BAT Reference Document “Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration” και την εμπειρία από Μονάδες Αποτέφρωσης Επικινδύνων Αποβλήτων γενικότερα, αλλά και Μονάδων Επεξεργασίας ΑΥΜ. Η βαθμολόγηση τεκμηριώνεται συνοπτικά με σχολιασμό των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων κάθε μεθόδου σε κάθε επιμέρους κριτήριο.

Η ποσοτικοποίηση των κριτηρίων πραγματοποιήθηκε με κλίμακα 1-100, ενώ παράλληλα ορίστηκαν και οι κατευθύνσεις προτίμησης των επιδόσεων (ελάχιστο ή μέγιστο), όπως φαίνεται και στην δεύτερη στήλη του πίνακα.

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

**Πίνακας 6.4-1: Ποσοτικοποίηση Κριτηρίων Αξιολόγησης Εναλλακτικών Μεθόδων Αποτέφρωσης των ΑΥΜ**

	Κατεύθυνση Προτίμησης	Περιστροφικός κλίβανος	Ρευστοποιημένη Κλίνη	Πυρόλυση	Αεριοποίηση	Πλάσμα
Περιβαλλοντικά Κριτήρια						
<b>Παραγωγή αέριων ρύπων</b>	min	- Σημαντικές αέριες εκπομπές  <b>100/100</b>	- Σημαντικές αέριες εκπομπές  <b>100/100</b>	+ Χαμηλή παραγωγή σε σχέση με θερμική οξείδωση  <b>80/100</b>	+ Χαμηλή παραγωγή σε σχέση με θερμική οξείδωση  <b>80/100</b>	+ Χαμηλή παραγωγή σε σχέση με άλλες μεθόδους  + Μειωμένη εκπομπή διοξεινών  - Δεν είναι πλήρως αποδεδειγμένες οι μειωμένες αέριες εκπομπές.  <b>70/100</b>
<b>Παραγωγή υγρών αποβλήτων</b>	min	Τα παραγόμενα υγρά απόβλητα (0,15-0,2 m3/tn αποβλήτων) εξαρτώνται κυρίως από το σύστημα επεξεργασίας των απαερίων και δε σχετίζονται με την	Τα παραγόμενα υγρά απόβλητα (0,15-0,2 m3/tn αποβλήτων) εξαρτώνται κυρίως από το σύστημα επεξεργασίας των απαερίων και δε σχετίζονται με την τεχνολογία της	Τα παραγόμενα υγρά απόβλητα (0,15-0,2 m3/tn αποβλήτων) εξαρτώνται κυρίως από το σύστημα επεξεργασίας των απαερίων και δε σχετίζονται με την	Τα παραγόμενα υγρά απόβλητα (0,15-0,2 m3/tn αποβλήτων) εξαρτώνται κυρίως από το σύστημα επεξεργασίας των απαερίων και δε σχετίζονται με την	Τα παραγόμενα υγρά απόβλητα (0,15-0,2 m3/tn αποβλήτων) εξαρτώνται κυρίως από το σύστημα επεξεργασίας των απαερίων και δε σχετίζονται με την τεχνολογία της

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

		τεχνολογία της αποτέφρωσης <b>50/100</b>	αποτέφρωσης <b>50/100</b>	τεχνολογία της αποτέφρωσης <b>50/100</b>	τεχνολογία της αποτέφρωσης <b>50/100</b>	αποτέφρωσης <b>50/100</b>
<b>Παραγωγή στερεού υπολείμματος</b>	min	- Παραγωγή επικίνδυνου και μη επικίνδυνου στερεού υπολείμματος <b>100/100</b>	- Παραγωγή επικίνδυνου και μη επικίνδυνου στερεού υπολείμματος <b>100/100</b>	- Παραγωγή επικίνδυνου και μη επικίνδυνου στερεού υπολείμματος <b>100/100</b>	- Παραγωγή επικίνδυνου και μη επικίνδυνου στερεού υπολείμματος <b>100/100</b>	+ Παραγωγή μόνο αδρανούς υπολείμματος <b>50/100</b>
<b>Ηχορύπανση</b>	min	+ Οι παραγωγικές διαδικασίες λαμβάνουν χώρα σε κλειστούς χώρους και ως εκ τούτου δεν αναμένονται υψηλά επίπεδα ηχορύπανσης λαμβάνοντας υπόψη και τις υφιστάμενες δραστηριότητες στις περιοχές χωροθέτησης. <b>20/100</b>	+ Οι παραγωγικές διαδικασίες λαμβάνουν χώρα σε κλειστούς χώρους και ως εκ τούτου δεν αναμένονται υψηλά επίπεδα ηχορύπανσης λαμβάνοντας υπόψη και τις υφιστάμενες δραστηριότητες στις περιοχές χωροθέτησης. <b>20/100</b>	+ Οι παραγωγικές διαδικασίες λαμβάνουν χώρα σε κλειστούς χώρους και ως εκ τούτου δεν αναμένονται υψηλά επίπεδα ηχορύπανσης λαμβάνοντας υπόψη και τις υφιστάμενες δραστηριότητες στις περιοχές χωροθέτησης.	+ Οι παραγωγικές διαδικασίες λαμβάνουν χώρα σε κλειστούς χώρους και ως εκ τούτου δεν αναμένονται υψηλά επίπεδα ηχορύπανσης λαμβάνοντας υπόψη και τις υφιστάμενες δραστηριότητες στις περιοχές χωροθέτησης.	+ Οι παραγωγικές διαδικασίες λαμβάνουν χώρα σε κλειστούς χώρους και ως εκ τούτου δεν αναμένονται υψηλά επίπεδα ηχορύπανσης λαμβάνοντας υπόψη και τις υφιστάμενες δραστηριότητες στις περιοχές χωροθέτησης. <b>20/100</b>



ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

				20/100	χωροθέτησης. 20/100	
Πιθανότητα ατυχήματος – επίπεδο ασφαλείας	min	+ Η διεθνής εμπειρία έχει δείξει ότι η πιθανότητα ατυχήματος είναι μικρή όταν τηρούνται οι κανόνες ασφαλείας.  Επίσης δεν υπάρχει διαφοροποίηση ως προς την πιθανότητα ατυχήματος και το επίπεδο ασφαλείας ανάλογα με την τεχνολογία  <b>5/100</b>	+ Η διεθνής εμπειρία έχει δείξει ότι η πιθανότητα ατυχήματος είναι μικρή όταν τηρούνται οι κανόνες ασφαλείας.  Επίσης δεν υπάρχει διαφοροποίηση ως προς την πιθανότητα ατυχήματος και το επίπεδο ασφαλείας ανάλογα με την τεχνολογία  <b>5/100</b>	+ Η διεθνής εμπειρία έχει δείξει ότι η πιθανότητα ατυχήματος είναι μικρή όταν τηρούνται οι κανόνες ασφαλείας.  Επίσης δεν υπάρχει διαφοροποίηση ως προς την πιθανότητα ατυχήματος και το επίπεδο ασφαλείας ανάλογα με την τεχνολογία  <b>5/100</b>	+ Η διεθνής εμπειρία έχει δείξει ότι η πιθανότητα ατυχήματος είναι μικρή όταν τηρούνται οι κανόνες ασφαλείας.  Επίσης δεν υπάρχει διαφοροποίηση ως προς την πιθανότητα ατυχήματος και το επίπεδο ασφαλείας ανάλογα με την τεχνολογία  <b>5/100</b>	+ Η διεθνής εμπειρία έχει δείξει ότι η πιθανότητα ατυχήματος είναι μικρή όταν τηρούνται οι κανόνες ασφαλείας.  Επίσης δεν υπάρχει διαφοροποίηση ως προς την πιθανότητα ατυχήματος και το επίπεδο ασφαλείας ανάλογα με την τεχνολογία  <b>5/100</b>
Χωροταξική κατεύθυνση - Έκταση	min	+ Οι τεχνολογίες αποτέφρωσης καταλαμβάνουν μικρή έκταση συγκριτικά με άλλες	+ Οι τεχνολογίες αποτέφρωσης καταλαμβάνουν μικρή έκταση συγκριτικά με άλλες	+ Οι τεχνολογίες αποτέφρωσης καταλαμβάνουν μικρή έκταση συγκριτικά με άλλες	+ Οι τεχνολογίες αποτέφρωσης καταλαμβάνουν μικρή έκταση συγκριτικά με άλλες	+ Οι τεχνολογίες αποτέφρωσης καταλαμβάνουν μικρή έκταση συγκριτικά με άλλες μεθόδους

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

		μεθόδους επεξεργασίας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν υπάρχει διαφοροποίηση ως προς τη χωροταξική κατεύθυνση ή την έκταση την οποία αναμένεται να καταλαμβάνουν οι μονάδες.	μεθόδους επεξεργασίας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν υπάρχει διαφοροποίηση ως προς τη χωροταξική κατεύθυνση ή την έκταση την οποία αναμένεται να καταλαμβάνουν οι μονάδες.	μεθόδους επεξεργασίας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν υπάρχει διαφοροποίηση ως προς τη χωροταξική κατεύθυνση ή την έκταση την οποία αναμένεται να καταλαμβάνουν οι μονάδες.	άλλες μεθόδους επεξεργασίας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν υπάρχει διαφοροποίηση ως προς τη χωροταξική κατεύθυνση ή την έκταση την οποία αναμένεται να καταλαμβάνουν οι μονάδες.	επεξεργασίας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν υπάρχει διαφοροποίηση ως προς τη χωροταξική κατεύθυνση ή την έκταση την οποία αναμένεται να καταλαμβάνουν οι μονάδες.  <b>20/100</b>
		<b>20/100</b>	<b>20/100</b>	<b>20/100</b>	<b>20/100</b>	
Τεχνικά Κριτήρια						
Ευελιξία τεχνολογίας και προσαρμογή σε διακυμάνσεις ποσότητας/σύστασης αποβλήτων	max	+Ενδείκνυται κυρίως για στερεά απόβλητα ωστόσο μπορεί να επεξεργαστεί ευρεία γκάμα υγρών και στερεών αποβλήτων σε οποιαδήποτε αναλογία  +Επαρκής καταστροφή όλων των μολυσματικών και φαρμακευτικών	- Επεξεργάζεται κυρίως ομοιογενή ρεύματα αποβλήτων όπως λυματολάσπη και εναλλακτικό καύσιμα  - Μπορεί να επεξεργαστεί δυσκολότερα και άλλα είδη αποβλήτων σε περίπτωση που αυτό καταστεί απαραίτητο	+Επεξεργάζεται ευρεία γκάμα αποβλήτων  - Μπορεί να επεξεργαστεί δυσκολότερα και άλλα είδη αποβλήτων σε περίπτωση που αυτό καταστεί απαραίτητο για οικονομικούς ή	+Επεξεργάζεται ευρεία γκάμα αποβλήτων κυρίως αστικά, αποξηραμένη λυματολάσπη και ορισμένα είδη επικίνδυνων αποβλήτων  - Μπορεί να επεξεργαστεί δυσκολότερα και άλλα είδη	+Επεξεργάζεται ευρεία γκάμα αποβλήτων  +Έχει τις λιγότερες απαιτήσεις αναφορικά με τα εισερχόμενα απόβλητα  + Μπορεί να επεξεργαστεί εύκολα και άλλα είδη αποβλήτων σε περίπτωση που αυτό καταστεί απαραίτητο για οικονομικούς ή λόγους

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

		αποβλήτων καθώς και των περισσότερων χημικών  + Μπορεί να επεξεργαστεί εύκολα και άλλα είδη αποβλήτων σε περίπτωση που αυτό καταστεί απαραίτητο για οικονομικούς ή λόγους πολιτικής  <b>100/100</b>	για οικονομικούς ή λόγους πολιτικής  <b>30/100</b>	λόγους πολιτικής  <b>80/100</b>	αποβλήτων σε περίπτωση που αυτό καταστεί απαραίτητο για οικονομικούς ή λόγους πολιτικής  <b>80/100</b>	πολιτικής  <b>100/100</b>
Εμπειρία από άλλες εφαρμογές	max	+Μεγάλη εφαρμογή για ΑΥΜ  <b>100/100</b>	- Δε συνηθίζεται η χρήση της για ΑΥΜ  <b>20/100</b>	- Μικρή εφαρμογή για ΑΥΜ  <b>70/100</b>	- Μικρή εφαρμογή για ΑΥΜ  <b>30/100</b>	- Μικρή εφαρμογή για ΑΥΜ  <b>10/100</b>
Δυνατότητα σταθερής και ομαλής λειτουργίας	max	+ Αυξημένη τεχνογνωσία στη λειτουργία  + Πλήρως αναγνωρισμένη τεχνολογία	+ Αυξημένη τεχνογνωσία στη λειτουργία  + Πλήρως αναγνωρισμένη τεχνολογία	- Μεταβολές στη σύσταση των αποβλήτων καθιστούν δύσκολο τον έλεγχο των λειτουργικών	- Εμφάνιση τεχνικών προβλημάτων τα οποία δεν είχαν αρχικά εκτιμηθεί	- Μικρή εμπειρία στη λειτουργία τέτοιων μονάδων διεθνώς.  -Αβεβαιότητα ως προς τις τεχνικές επιδόσεις και τυχόν τεχνικά

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

		<b>100/100</b>	- Ομαλή λειτουργία υπό προϋποθέσεις <b>50/100</b>	παραμέτρων <b>50/100</b>	- Μεταβολές στη σύσταση των αποβλήτων επηρεάζουν σημαντικά την απόδοση <b>20/100</b>	προβλήματα. <b>10/100</b>
Ευκολία συντήρησης	max	+ Δεν υπάρχουν κινητά μέρη στο εσωτερικό του κλιβάνου  - Η εσωτερική επίστρωση πρέπει συχνά να αντικαθίσταται ή να επισκευάζεται <b>100/100</b>	+ Σχετικά εύκολη συντήρηση <b>70/100</b>	- Ακριβή και δύσκολη συντήρηση <b>30/100</b>	- Ακριβή και δύσκολη συντήρηση <b>30/100</b>	- Ακριβή και δύσκολη συντήρηση <b>10/100</b>
Απλότητα στη λειτουργία	max	+ Δεν απαιτείται προεπεξεργασία των αποβλήτων πριν την τροφοδοσία τους	- Απαιτείται εκτεταμένα προεπεξεργασία για την επίτευξη	- Πολύ συχνά απαιτείται προεπεξεργασία των υλικών για την	- Πολύ συχνά απαιτείται προεπεξεργασία των υλικών για την	+ Δεν απαιτείται προεπεξεργασία των αποβλήτων πριν την τροφοδοσία τους

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

		100/100	συγκεκριμένη κοκκομετρίας  20/100	επίτευξη συγκεκριμένης κοκκομετρίας  60/100	επίτευξη συγκεκριμένων προδιαγραφών  50/100	100/100
Προβλεπόμενη διάρκεια ζωής	max	Δεν υπάρχουν αναφορές για διαφοροποιήσεις στη διάρκεια ζωής μιας εγκατάστασης που να σχετίζονται με το είδος της τεχνολογίας. Ωστόσο δεν είναι δυνατή η ακριβής αξιολόγηση του κριτηρίου αυτού λόγω της πρόσφατης ή πειραματικής εφαρμογής κάποιων εκ των εξεταζόμενων τεχνολογιών.  100/100	Δεν υπάρχουν αναφορές για διαφοροποιήσεις στη διάρκεια ζωής μιας εγκατάστασης που να σχετίζονται με το είδος της τεχνολογίας. Ωστόσο δεν είναι δυνατή η ακριβής αξιολόγηση του κριτηρίου αυτού λόγω της πρόσφατης ή πειραματικής εφαρμογής κάποιων εκ των εξεταζόμενων τεχνολογιών.  100/100	Δεν υπάρχουν αναφορές για διαφοροποιήσεις στη διάρκεια ζωής μιας εγκατάστασης που να σχετίζονται με το είδος της τεχνολογίας. Ωστόσο δεν είναι δυνατή η ακριβής αξιολόγηση του κριτηρίου αυτού λόγω της πρόσφατης ή πειραματικής εφαρμογής κάποιων εκ των εξεταζόμενων τεχνολογιών.  100/100	Δεν υπάρχουν αναφορές για διαφοροποιήσεις στη διάρκεια ζωής μιας εγκατάστασης που να σχετίζονται με το είδος της τεχνολογίας. Ωστόσο δεν είναι δυνατή η ακριβής αξιολόγηση του κριτηρίου αυτού λόγω της πρόσφατης ή πειραματικής εφαρμογής κάποιων εκ των εξεταζόμενων τεχνολογιών.  100/100	Δεν υπάρχουν αναφορές για διαφοροποιήσεις στη διάρκεια ζωής μιας εγκατάστασης που να σχετίζονται με το είδος της τεχνολογίας. Ωστόσο δεν είναι δυνατή η ακριβής αξιολόγηση του κριτηρίου αυτού λόγω της πρόσφατης ή πειραματικής εφαρμογής κάποιων εκ των εξεταζόμενων τεχνολογιών.  100/100

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Απαιτήσεις σε προσωπικό και εξειδίκευση αυτού	min	- Απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό <b>90/100</b>	- Απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό <b>90/100</b>	- Απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό <b>100/100</b>	- Απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό <b>100/100</b>	- Απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό <b>100/100</b>
Κοινωνικά Κριτήρια						
Συμφωνία με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο που ισχύει στην περιοχή	max	+Όλες οι εξεταζόμενες τεχνολογίες συμφωνούν με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο και θα πληρούν τις νομοθετικές προδιαγραφές. <b>100/100</b>	+Όλες οι εξεταζόμενες τεχνολογίες συμφωνούν με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο και θα πληρούν τις νομοθετικές προδιαγραφές. <b>100/100</b>	+Όλες οι εξεταζόμενες τεχνολογίες συμφωνούν με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο και θα πληρούν τις νομοθετικές προδιαγραφές. <b>100/100</b>	+Όλες οι εξεταζόμενες τεχνολογίες συμφωνούν με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο και θα πληρούν τις νομοθετικές προδιαγραφές. <b>100/100</b>	+Όλες οι εξεταζόμενες τεχνολογίες συμφωνούν με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο και θα πληρούν τις νομοθετικές προδιαγραφές. <b>100/100</b>
Κοινωνική αποδοχή	max	Δεν αναμένονται διαφοροποιήσεις στην κοινωνική αποδοχή καθώς όλες οι τεχνολογίες εντάσσονται στην αποτέφρωση	Δεν αναμένονται διαφοροποιήσεις στην κοινωνική αποδοχή καθώς όλες οι τεχνολογίες εντάσσονται στην αποτέφρωση	Δεν αναμένονται διαφοροποιήσεις στην κοινωνική αποδοχή καθώς όλες οι τεχνολογίες εντάσσονται στην αποτέφρωση	Δεν αναμένονται διαφοροποιήσεις στην κοινωνική αποδοχή καθώς όλες οι τεχνολογίες εντάσσονται στην αποτέφρωση	Δεν αναμένονται διαφοροποιήσεις στην κοινωνική αποδοχή καθώς όλες οι τεχνολογίες εντάσσονται στην αποτέφρωση



ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Οικονομικά Κριτήρια						
<b>Κόστος κατασκευής</b>	min	+Χαμηλό κόστος κατασκευής σε σχέση με τις υπόλοιπες εξεταζόμενες τεχνολογίες <b>50/100</b>	+Χαμηλότερο κόστος κατασκευής σε σχέση με τις υπόλοιπες εξεταζόμενες τεχνολογίες <b>70/100</b>	-Πολύ υψηλό κόστος κατασκευής <b>80/100</b>	-Πολύ υψηλό κόστος κατασκευής <b>80/100</b>	-Το πλέον υψηλό κόστος κατασκευής σε σχέση με τις υπόλοιπες εξεταζόμενες τεχνολογίες <b>100/100</b>
<b>Κόστος λειτουργίας</b>	min	+Χαμηλό κόστος λειτουργίας σε σχέση με τις υπόλοιπες εξεταζόμενες τεχνολογίες <b>50/100</b>	+Χαμηλότερο κόστος λειτουργίας σε σχέση με τις υπόλοιπες εξεταζόμενες τεχνολογίες <b>70/100</b>	-Πολύ υψηλό κόστος λειτουργίας <b>80/100</b>	-Πολύ υψηλό κόστος λειτουργίας <b>80/100</b>	-Το πλέον υψηλό κόστος λειτουργίας σε σχέση με τις υπόλοιπες εξεταζόμενες τεχνολογίες <b>100/100</b>
<b>Βιωσιμότητα της εγκατάστασης</b>	max	+Αποδεδειγμένη βιωσιμότητα της εγκατάστασης 100/100	-Αμφίβολη βιωσιμότητα λόγω του υψηλού κόστους που θα προκύψει από τις ανάγκες σε προεπεξεργασία 20/100	+Αυξημένη βιωσιμότητα σε σχέση με τις άλλες τεχνολογίες υπό εξέταση 50/100	-Αμφίβολη βιωσιμότητα λόγω υψηλού κόστους και ασάφειας των λειτουργικών παραμέτρων 20/100	-Αμφίβολη βιωσιμότητα λόγω υψηλού κόστους και ασάφειας των λειτουργικών παραμέτρων 20/100

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

#### 6.4.2.2 Επιλογή συντελεστών βαρύτητας

Όπως έχει αναφερθεί, ένα από τα βασικά στοιχεία της μεθόδου, είναι και ο καθορισμός των συντελεστών βαρύτητας κάθε κριτηρίου, ο οποίος ουσιαστικά καθορίζει το βαθμό σπουδαιότητας των εφαρμοζόμενων κριτηρίων και αποτελεί το μέτρο της σχετικής σημαντικότητας που αποδίδει ο μελετητής σε συνεργασία με κάθε εμπλεκόμενο φορέα στη διαδικασία λήψης της απόφασης. Ανάλογα με την περίπτωση, χρησιμοποιούνται είτε άμεσοι συντελεστές βαρύτητας είτε έμμεσοι. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν έμμεσοι συντελεστές.

**Πίνακας 6.4-2: Συντελεστές βαρύτητας κριτηρίων**

ΚΡΙΤΗΡΙΑ	Συντελεστής Βαρύτητας
<b>ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ</b>	-
Παραγωγή αέριων ρύπων	7%
Παραγωγή υγρών αποβλήτων	3%
Παραγωγή στερεού υπολείμματος	5%
Ηχορύπανση	3%
Πιθανότητα ατυχήματος – επίπεδο ασφάλειας	3%
Χωροταξική κατεύθυνση - Έκταση	3%
<b>ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ</b>	-
Ευελιξία τεχνολογίας και προσαρμογή σε διακυμάνσεις ποσότητας/σύστασης αποβλήτων	10%
Εμπειρία από άλλες εφαρμογές	15%
Δυνατότητα σταθερής και ομαλής λειτουργίας	7%
Ευκολία συντήρησης	3%
Απλότητα στη λειτουργία της μονάδας	3%
Προβλεπόμενη διάρκεια ζωής	3%
Απαιτήσεις σε προσωπικό και εξειδίκευση αυτού	3%
<b>ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ</b>	
Συμφωνία με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο που ισχύει στην περιοχή	2%
Κοινωνική αποδοχή	2%
<b>ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ</b>	-
Κόστος κατασκευής	10%
Κόστος λειτουργίας	10%
Βιωσιμότητα της εγκατάστασης	8%
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>100%</b>

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

#### 6.4.2.3 Αποτελέσματα πολυκριτηριακής ανάλυσης

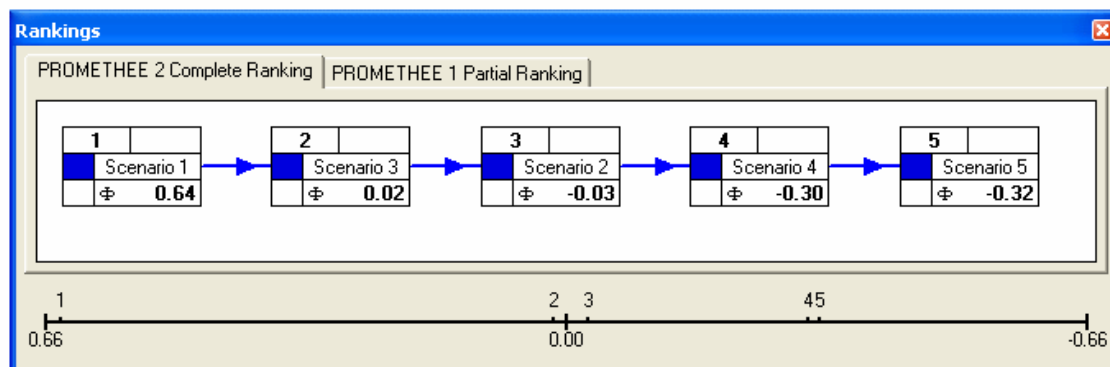
Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η λειτουργία του μοντέλου για την συγκεκριμένη περίπτωση προαπαιτεί τον προσδιορισμό των τιμών δύο κατωφλίων (thresholds) ονομαζόμενα ως όρια προτίμησης P για συναρτήσεις προτίμησης V-type, και αδιαφορίας Q, για συναρτήσεις προτίμησης U-type. Τα κατώφλια P και Q προκύπτουν ανά κριτήριο αυτομάτως από το πρόγραμμα, με βάση τη μέση τιμή και την ελάχιστη τιμή αντίστοιχα, των βαθμολογιών κάθε κριτηρίου.

Εισάγοντας τα παραπάνω δεδομένα στο πρόγραμμα DECISION LAB, λαμβάνουμε την παρακάτω ιεράρχηση.

Ιεράρχηση	Τεχνολογία
1	Περιστροφικός κλίβανος (θερμική οξείδωση)
2	Πυρόλυση
3	Ρευστοποιημένη κλίνη
4	Αεριοποίηση
5	Πλάσμα

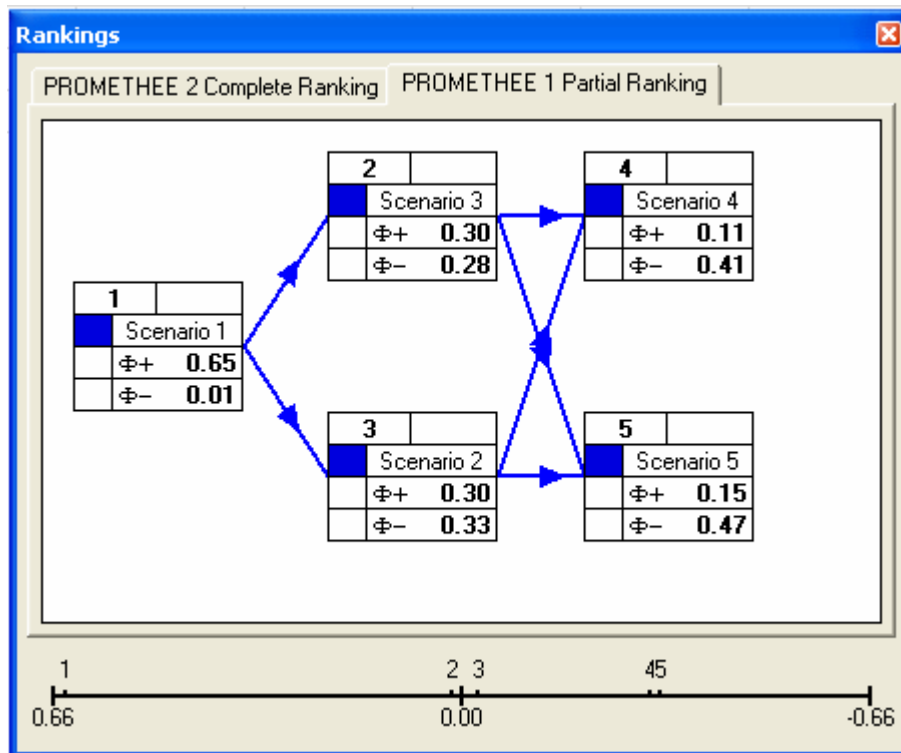
Ακολούθως παρουσιάζονται και τα αποτελέσματα, όπως ακριβώς εμφανίζονται στο πρόγραμμα.

Εικόνα 6.4-3: Ολική ιεράρχηση των σεναρίων βάσει συνολικής ροής



ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Εικόνα 6.4-4: Μερική ιεράρχηση των σεναρίων βάσει θετικών και αρνητικών ροών



Εικόνα 6.4-5: Συνολική ροή ( $\Phi$ ) των σεναρίων

Preference Flows			
	$\Phi^+$	$\Phi^-$	$\Phi$
Scenario 1	0.6500	0.0125	0.6375
Scenario 2	0.3050	0.3325	-0.0275
Scenario 3	0.2975	0.2825	0.0150
Scenario 4	0.1075	0.4125	-0.3050
Scenario 5	0.1475	0.4675	-0.3200

Υπενθυμίζεται ότι η συνολική ροή  $\Phi$  αντικατοπτρίζει την συνολική αποτίμηση της πολυκριτηριακής ανάλυσης, προσθέτοντας τις θετικές και αρνητικές ροές (θετικά ή αρνητική επιρροή κάθε κριτηρίου). Από τα παραπάνω προκύπτει ότι για την τεχνολογία των μονάδων αποτέφρωσης προκρίνεται το Σενάριο 1 με συνολική θετική ροή  $\Phi=0,6375$ , ενώ πολύ κοντά βρίσκεται το Σενάριο 3 με συνολική θετική ροή  $\Phi=0,0150$ .

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Το Σενάριο 1 γενικότερα υπερτερεί, διότι:

- Έχει τη μεγαλύτερη εφαρμογή διεθνώς τόσο για επικίνδυνα απόβλητα γενικά όσο και για ΜΕΑ συγκεκριμένα.
- Αποτελεί την πιο αξιόπιστη τεχνικά λύση
- Αποτελεί την πιο οικονομική λύση
- Δεν απαιτείται προεπεξεργασία των αποβλήτων

Συμπερασματικά για τις ανάγκες τις παρούσας μελέτης προτείνεται το Σενάριο 1 χωρίς ωστόσο να αποκλείεται η χρήση άλλων μεθόδων επεξεργασίας κατά τη φάση του διαγωνισμού και εφόσον θα πληρούνται τα όσα θα αναφέρονται στα τεύχη δημοπράτησης,

#### 6.4.2.4 Ανάλυση ευαισθησίας

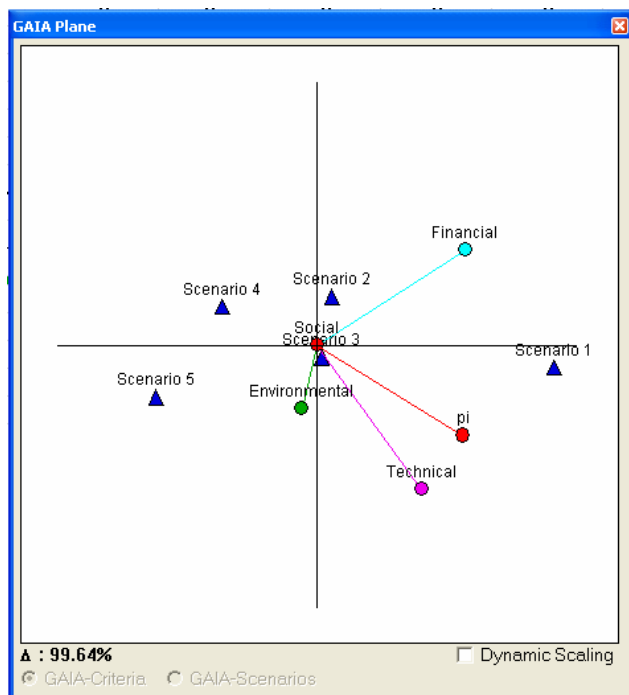
##### Διαγράμματα GAIA

Η μέθοδος GAIA, προσφέρει την δυνατότητα απεικόνισης των κριτηρίων, των εναλλακτικών αλλά και των αποτελεσμάτων σε άξονες. Στους άξονες αυτούς, ο χρήστης μπορεί να εντοπίσει εάν υπάρχουν συγκρουόμενα κριτήρια, καθώς και τον βαθμό που επηρεάζει το κάθε κριτήριο την τελική απόφαση. Επίσης από τα διαγράμματα αυτά, μπορεί να εκτιμηθεί το βάρος των κριτηρίων (δείκτης βαρύτητας και τιμή κριτηρίου) και να οπτικοποιηθεί ο βαθμός συμβιβασμού που έλαβε χώρα για συγκεκριμένους δείκτες βαρύτητας.

Ακολούθως, παρουσιάζεται το διάγραμμα GAIA που προκύπτει από την εισαγωγή των κριτηρίων στο πρόγραμμα.

##### **Εικόνα 6.4-6: Διάγραμμα GAIA**

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6



Στο παραπάνω διάγραμμα, τα ομαδοποιημένα κριτήρια (οικονομικά, περιβαλλοντικά, τεχνικά) παρουσιάζονται σαν τέσσερα σημεία στους άξονες Χ και Υ (δύο διαστάσεις). Το που ακριβώς βρίσκεται κάθε σημείο εξαρτάται από την σχέση του με τα άλλα κριτήρια και ορίζεται από το πρόγραμμα. Τα σενάρια παρουσιάζονται με μπλε τρίγωνα, και η απόσταση τους από κάθε ομάδα κριτηρίων αντιπροσωπεύει τον βαθμό που καλύπτει τα κριτήρια αυτά. Τονίζεται ότι η απόσταση δεν είναι ανάλογη με τον βαθμό κάλυψης του σεναρίου αλλά η σχέση που τα διέπει είναι πιο πολύπλοκη.

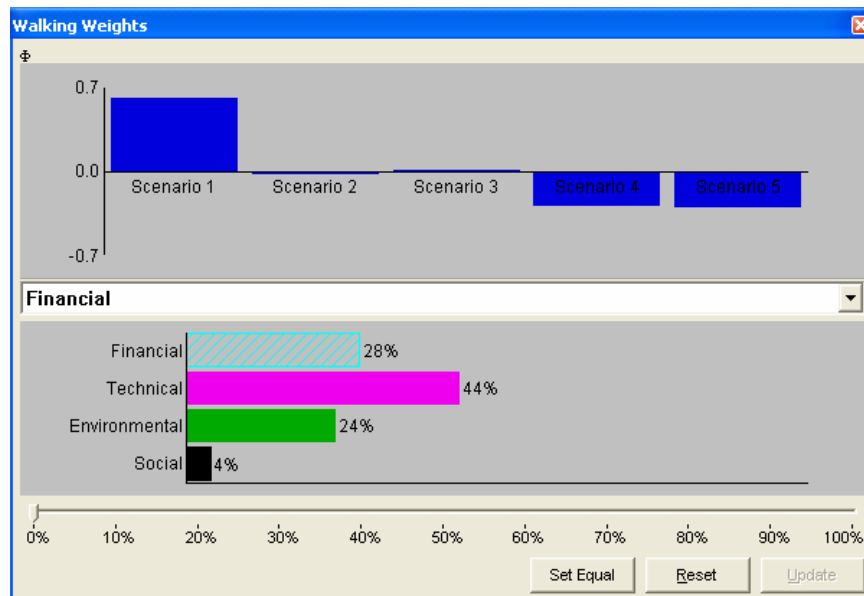
Τα αποτελέσματα της ιεράρχησης που παρουσιάστηκε προηγουμένως, προκύπτουν από την απόσταση κάθε σεναρίου σε σχέση με το σημείο π (κέντρο βάρους των κριτηρίων). Στο παραπάνω διάγραμμα τα Σενάρια 1,2 και 3 βρίσκονται, σε σχέση με τα υπόλοιπα σενάρια, σε μικρότερη απόσταση από το σημείο π, ενώ το Σενάριο 1 απέχει την μικρότερη απόσταση.

Η τιμή Δ επί τις εκατό (Delta value %), φανερώνει ότι ο βαθμός ποιότητας και συμβιβασμού της προτεινόμενης λύσης είναι 99,64 (~100%), και συνεπώς συμπεραίνουμε ότι τα κριτήρια που εισήχθησαν στο πρόγραμμα δεν ήταν αντικρουόμενα. Το ίδιο υποδηλώνει και η σχετικά ευρεία κάλυψη των κριτηρίων στο διάγραμμα GAIA (το κριτήρια δεν συμπίπτουν οπτικά).

Στην ακόλουθη εικόνα, παρουσιάζονται βασικοί συντελεστές βαρύτητας κριτηρίων, όπως προέκυψαν σε συνεργασία με τους ενδιαφερόμενους φορείς. Επισημαίνεται ότι το κάθε σενάριο είναι προτιμητέο εφόσον έχει θετική ροή (μπλε περιοχή στον θετικό άξονα Φ).

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

**Εικόνα 6.4-7: Βασικοί συντελεστές βαρύτητας κριτηρίων, όπως προέκυψαν σε συνεργασία με τους ενδιαφερόμενους φορείς**



### **Μεταβαλλόμενοι Δείκτες Βαρύτητας**

Η επιλογή «Μεταβαλλόμενοι Δείκτες Βαρύτητας» (Walking Weights), προσφέρει την δυνατότητα της αλλαγής των συντελεστών βαρύτητας με ταυτόχρονη απεικόνιση των νέων αποτελεσμάτων. Το εργαλείο αυτό είναι μεγάλης σημασίας στην λήψη αποφάσεων ειδικά στις περιπτώσεις όπου η βαρύτητα κάθε κριτηρίου δεν είναι εφικτό να ορισθεί απόλυτα. Επίσης προσφέρει τον βαθμό σταθερότητας μιας απόφασης και συνεπώς ελαχιστοποιεί την υποκειμενικότητα του ορισμού των δεικτών βαρύτητας. Ο βαθμός σταθερότητας της προτεινόμενης λύσης παρουσιάζεται στην ακόλουθη εικόνα.

**Εικόνα 6.4-8: Βαθμός σταθερότητας της απόφασης**



ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Stability Intervals						
Stability Level: 1		first actions			<input type="checkbox"/> AutoLevel	
	Weight	Interval		% Weight	% Interval	
		Min	Max		Min	Max
Financial	28.0000	0.0000	Infinity	28.00%	0.00%	100.00%
Technical	44.0000	0.0000	Infinity	44.00%	0.00%	100.00%
Environmental	24.0000	0.0000	391.6800	24.00%	0.00%	83.75%
Social	4.0000	0.0000	Infinity	4.00%	0.00%	100.00%

Όπως φαίνεται από την παραπάνω εικόνα, η απόφαση μπορεί να αλλάξει μόνο εάν η βαρύτητα των περιβαλλοντικών κριτηρίων αυξηθεί σε 83,75% ενώ στην περίπτωση μεταβολής των οικονομικών, τεχνικών και κοινωνικών κριτηρίων η απόφαση δεν μεταβάλλεται όσο και να αυξηθεί ο συντελεστής βαρύτητας. Στην περίπτωση της αύξησης των περιβαλλοντικών κριτηρίων προκρίνεται η τεχνολογία του πλάσματος.

### 6.4.3 Αξιολόγηση τεχνολογιών επεξεργασίας τέφρας

#### 6.4.3.1 Κριτήρια Αξιολόγησης

##### Περιβαλλοντικά κριτήρια

Τα περιβαλλοντικά κριτήρια με τα οποία αξιολογούνται τα εναλλακτικά σενάρια περιλαμβάνουν:

- Παραγωγή αέριων ρύπων
- Περιβαλλοντικό όφελος επεξεργασίας
- Ηχορύπανση
- Πιθανότητα ατυχήματος – επίπεδο ασφάλειας

##### Τεχνικά Κριτήρια

Τα τεχνικά κριτήρια με τα οποία αξιολογούνται τα εναλλακτικά σενάρια περιλαμβάνουν:

- Ευελιξία τεχνολογίας
- Εφαρμογή της μεθόδου
- Απλότητα στη λειτουργία
- Προβλεπόμενη διάρκεια ζωής εγκατάστασης
- Απαιτήσεις σε προσωπικό και εξειδίκευση αυτού

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

### Κοινωνικά κριτήρια

- Συμφωνία με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο που ισχύει στην περιοχή
- Κοινωνική αποδοχή

### Οικονομικά κριτήρια

- Κόστος κατασκευής
- Κόστος λειτουργίας

Ακολούθως απεικονίζεται πίνακας με τη βαθμολόγηση και των κριτηρίων, η οποία βασίζεται σε στοιχεία από τη διεθνή βιβλιογραφία και τις βέλτιστες διαθέσιμες τεχνικές (BREF) σύμφωνα με το έγγραφο αναφοράς “Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration”. Η βαθμολόγηση τεκμηριώνεται συνοπτικά με σχολιασμό των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων κάθε μεθόδου σε κάθε επιμέρους κριτήριο.

Η ποσοτικοποίηση των κριτηρίων πραγματοποιήθηκε σε κλίμακα 1-100, ενώ παράλληλα ορίστηκαν και οι κατευθύνσεις προτίμησης των επιδόσεων (ελάχιστο ή μέγιστο), όπως φαίνεται και στην δεύτερη στήλη του πίνακα.

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

**Πίνακας 6.4-3: Ποσοτικοποίηση Κριτηρίων Αξιολόγησης Εναλλακτικών Μεθόδων Αποτέφρωσης των ΑΥΜ**

	Κατεύθυνση Προτίμησης	Στερεοποίηση με τσιμέντο	Υαλοποίηση/Τήξη	Έκπλυση με οξέα
Περιβαλλοντικά Κριτήρια				
<b>Περιβαλλοντικό όφελος επεξεργασίας</b>	max	+Βραχυπρόθεσμα μειώνεται σημαντικά η εκπλυσιμότητα των βαρέων μετάλλων. Σταδιακά υπάρχει φυσική αποσύνθεση του στερεοποιημένου υπολείμματος, ωστόσο τα χαρακτηριστικά έκπλυσης είναι σημαντικά βελτιωμένα σε σχέση με τα ανεπεξέργαστα υπολείμματα.  -Αυξάνεται ο όγκος των υπολειμμάτων προς ταφή λόγω της προσθήκης τσιμέντου και νερού  50/100	+Το αδρανοποιημένο τελικό προϊόν παρουσιάζει πολύ καλά χαρακτηριστικά εκπλυσιμότητας. Επίσης οργανικές ενώσεις όπως οι διοξίνες καταστρέφονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας  -Υψηλή κατανάλωση ενέργειας  95/100	+Σημαντική μείωση των περιεχόμενων βαρέων μετάλλων  50/100
<b>Παραγωγή αέριων ρύπων</b>	min	+ Δεν αναμένονται σημαντικές αέριες εκπομπές που να χρήζουν επεξεργασίας	- Σημαντικές αέριες εκπομπές που πρέπει να επεξεργαστούν	+ Δεν αναμένονται σημαντικές αέριες εκπομπές που να χρήζουν επεξεργασίας

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

		5/100	100/100	5/100
Ηχορύπανση	min	+ Δεν αναμένονται υψηλά επίπεδα ηχορύπανσης λαμβάνοντας υπόψη και τις υφιστάμενες δραστηριότητες στην προτεινόμενη περιοχή χωροθέτησης.  <b>20/100</b>	+ Δεν αναμένονται υψηλά επίπεδα ηχορύπανσης λαμβάνοντας υπόψη και τις υφιστάμενες δραστηριότητες στην προτεινόμενη περιοχή χωροθέτησης.  <b>20/100</b>	+ Δεν αναμένονται υψηλά επίπεδα ηχορύπανσης λαμβάνοντας υπόψη και τις υφιστάμενες δραστηριότητες στην προτεινόμενη περιοχή χωροθέτησης.  <b>20/100</b>
Πιθανότητα ατυχήματος – επίπεδο ασφάλειας	min	+ Η διεθνής εμπειρία έχει δείξει ότι η πιθανότητα ατυχήματος είναι μικρή όταν τηρούνται οι κανόνες ασφαλείας.  Δεν υπάρχει διαφοροποίηση ως προς την πιθανότητα ατυχήματος και το επίπεδο ασφαλείας ανάλογα με την τεχνολογία  <b>5/100</b>	+ Η διεθνής εμπειρία έχει δείξει ότι η πιθανότητα ατυχήματος είναι μικρή όταν τηρούνται οι κανόνες ασφαλείας.  Δεν υπάρχει διαφοροποίηση ως προς την πιθανότητα ατυχήματος και το επίπεδο ασφαλείας ανάλογα με την τεχνολογία  <b>5/100</b>	+ Η διεθνής εμπειρία έχει δείξει ότι η πιθανότητα ατυχήματος είναι μικρή όταν τηρούνται οι κανόνες ασφαλείας.  Δεν υπάρχει διαφοροποίηση ως προς την πιθανότητα ατυχήματος και το επίπεδο ασφαλείας ανάλογα με την τεχνολογία  <b>5/100</b>
Τεχνικά Κριτήρια				

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Ευελιξία τεχνολογίας και προσαρμογή σε διακυμάνσεις σύστασης/ποιότητας υπολειμμάτων	max	+Η αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας δεν επηρεάζεται από την ποιότητα των εισερχομένων υπολειμμάτων  <b>100/100</b>	- Συνήθως τα υπολείμματα πρέπει να πληρούν ορισμένα κριτήρια όπως ποσοστό υγρασίας, περιεκτικότητα σε άκαυστα υλικά, περιεκτικότητα σε μέταλλα και συγκεκριμένη κοκκομετρία  <b>40/100</b>	+Δεν υπάρχουν αναφορές για προβληματική εφαρμογή της μεθόδου ανάλογα με την ποιότητα των υπολειμμάτων  <b>100/100</b>
Εφαρμογή της μεθόδου	max	+Η πιο ευρέως εφαρμοσμένη μέθοδος σε Ευρώπη και Ιαπωνία  <b>100/100</b>	- Χρησιμοποιείται κυρίως σε Ιαπωνία και ΗΠΑ  <b>30/100</b>	- Εφαρμογή κυρίως στην Ελβετία  - Η εφαρμογή της μεθόδου προϋποθέτει την ύπαρξη υγρού συστήματος επεξεργασίας απαερίων στον αποτεφρωτήρα  <b>10/100</b>
Απλότητα στη λειτουργία	max	+ Πρόκειται για απλή τεχνολογία με τεχνικές που	- Σύνθετη διαδικασία , η οποία απαιτεί	- Σύνθετη διαδικασία , η οποία απαιτεί εξειδικευμένες

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

		χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία τσιμέντου και οι οποίες έχουν μεγάλη εφαρμογή  <b>100/100</b>	εξειδικευμένες γνώσεις  <b>20/100</b>	γνώσεις  <b>30/100</b>
<b>Προβλεπόμενη διάρκεια ζωής εγκατάστασης</b>	max	Δεν υπάρχουν αναφορές για διαφοροποιήσεις στη διάρκεια ζωής μιας εγκατάστασης που να σχετίζονται με το είδος της τεχνολογίας. Ωστόσο δεν είναι δυνατή η ακριβής αξιολόγηση του κριτηρίου αυτού λόγω της πρόσφατης εφαρμογής κάποιων εκ των εξεταζόμενων τεχνολογιών.  <b>100/100</b>	Δεν υπάρχουν αναφορές για διαφοροποιήσεις στη διάρκεια ζωής μιας εγκατάστασης που να σχετίζονται με το είδος της τεχνολογίας. Ωστόσο δεν είναι δυνατή η ακριβής αξιολόγηση του κριτηρίου αυτού λόγω της πρόσφατης εφαρμογής κάποιων εκ των εξεταζόμενων τεχνολογιών.  <b>100/100</b>	Δεν υπάρχουν αναφορές για διαφοροποιήσεις στη διάρκεια ζωής μιας εγκατάστασης που να σχετίζονται με το είδος της τεχνολογίας. Ωστόσο δεν είναι δυνατή η ακριβής αξιολόγηση του κριτηρίου αυτού λόγω της πρόσφατης εφαρμογής κάποιων εκ των εξεταζόμενων τεχνολογιών.  <b>100/100</b>
<b>Απαιτήσεις σε προσωπικό και εξειδίκευση αυτού</b>	min	+ Δεν απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι ευρέως διαδεδομένες.  <b>20/100</b>	- Απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό καθώς πρόκειται για θερμική επεξεργασία σε υψηλές θερμοκρασίες.	- Απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό σε σχέση με την στερεοποίηση σε τσιμέντο  <b>70/100</b>

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

			<b>100/100</b>	
Κοινωνικά Κριτήρια				
Συμφωνία με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο που ισχύει στην περιοχή	max	+Όλες οι εξεταζόμενες τεχνολογίες συμφωνούν με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο και θα πληρούν τις νομοθετικές προδιαγραφές. <b>100/100</b>	+Όλες οι εξεταζόμενες τεχνολογίες συμφωνούν με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο και θα πληρούν τις νομοθετικές προδιαγραφές. <b>100/100</b>	+Όλες οι εξεταζόμενες τεχνολογίες συμφωνούν με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο και θα πληρούν τις νομοθετικές προδιαγραφές. <b>100/100</b>
Κοινωνική αποδοχή	max	Δεν αναμένονται διαφοροποιήσεις στην κοινωνική αποδοχή καθώς η μονάδα επεξεργασίας τέφρας προτείνεται να χωροθετηθεί εντός των θεσμοθετημένων χώρων επεξεργασίας του ΕΣΔΚΝΑ όπου ήδη λειτουργεί και ο υφιστάμενος αποτεφρωτήρας <b>100/100</b>	Δεν αναμένονται διαφοροποιήσεις στην κοινωνική αποδοχή καθώς η μονάδα επεξεργασίας τέφρας προτείνεται να χωροθετηθεί εντός των θεσμοθετημένων χώρων επεξεργασίας του ΕΣΔΚΝΑ όπου ήδη λειτουργεί και ο υφιστάμενος αποτεφρωτήρας <b>100/100</b>	Δεν αναμένονται διαφοροποιήσεις στην κοινωνική αποδοχή καθώς η μονάδα επεξεργασίας τέφρας προτείνεται να χωροθετηθεί εντός των θεσμοθετημένων χώρων επεξεργασίας του ΕΣΔΚΝΑ όπου ήδη λειτουργεί και ο υφιστάμενος αποτεφρωτήρας <b>100/100</b>



ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Οικονομικά Κριτήρια				
Κόστος κατασκευής	min	+Χαμηλό κόστος κατασκευής <b>50/100</b>	-Υψηλό κόστος κατασκευής <b>100/100</b>	+Χαμηλό κόστος κατασκευής <b>50/100</b>
Κόστος λειτουργίας	min	+Χαμηλό κόστος λειτουργίας <b>30/100</b>	-Πολύ υψηλό κόστος λειτουργίας <b>100/100</b>	- Υψηλό κόστος λειτουργίας <b>80/100</b>

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

#### 6.4.3.2 Επιλογή συντελεστών βαρύτητας

Όπως έχει αναφερθεί, ένα από τα βασικά στοιχεία της μεθόδου, είναι και ο καθορισμός των συντελεστών βαρύτητας κάθε κριτηρίου, ο οποίος ουσιαστικά καθορίζει το βαθμό σπουδαιότητας των εφαρμοζόμενων κριτηρίων και αποτελεί το μέτρο της σχετικής σημαντικότητας που αποδίδει ο μελετητής σε συνεργασία με κάθε εμπλεκόμενο φορέα στη διαδικασία λήψης της απόφασης. Ανάλογα με την περίπτωση, χρησιμοποιούνται είτε άμεσοι συντελεστές βαρύτητας είτε έμμεσοι. Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν έμμεσοι συντελεστές.

**Πίνακας 6.4-4: Συντελεστές βαρύτητας κριτηρίων**

ΚΡΙΤΗΡΙΑ	Συντελεστής Βαρύτητας
<b>ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ</b>	-
Παραγωγή αέριων ρύπων	7%
Περιβαλλοντικό όφελος επεξεργασίας	15%
Ηχορύπανση	3%
Πιθανότητα ατυχήματος – επίπεδο ασφάλειας	3%
<b>ΤΕΧΝΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ</b>	-
Ευελιξία τεχνολογίας και προσαρμογή σε διακυμάνσεις ποσότητας/σύστασης αποβλήτων	10%
Εφαρμογή της μεθόδου	15%
Απλότητα στη λειτουργία της μονάδας	3%
Προβλεπόμενη διάρκεια ζωής	3%
Απαιτήσεις σε προσωπικό και εξειδίκευση αυτού	3%
<b>ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ</b>	
Συμφωνία με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο που ισχύει στην περιοχή	4%
Κοινωνική αποδοχή	4%
<b>ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ</b>	-
Κόστος κατασκευής	15%
Κόστος λειτουργίας	15%
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>100%</b>

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

#### 6.4.3.3 Αποτελέσματα πολυκριτηριακής ανάλυσης

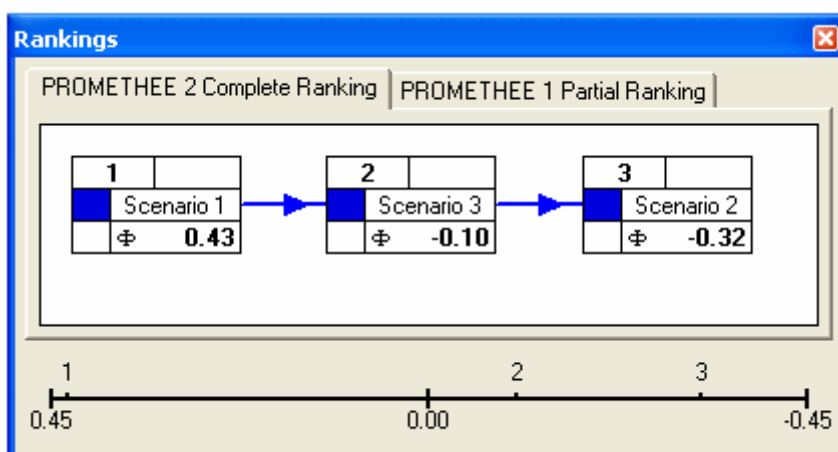
Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η λειτουργία του μοντέλου για την συγκεκριμένη περίπτωση προαπαιτεί τον προσδιορισμό των τιμών δύο κατωφλίων (thresholds) ονομαζόμενα ως όρια προτίμησης P για συναρτήσεις προτίμησης V-type, και αδιαφορίας Q, για συναρτήσεις προτίμησης U-type. Τα κατώφλια P και Q προκύπτουν ανά κριτήριο αυτομάτως από το πρόγραμμα, με βάση τη μέση τιμή και την ελάχιστη τιμή αντίστοιχα, των βαθμολογιών κάθε κριτηρίου.

Εισάγοντας τα παραπάνω δεδομένα στο πρόγραμμα DECISION LAB, λαμβάνουμε την παρακάτω ιεράρχηση.

Ιεράρχηση	Τεχνολογία
1	Στερεοποίηση με τσιμέντο
2	Έκπλυση με οξέα
3	Υαλοποίηση/Τήξη

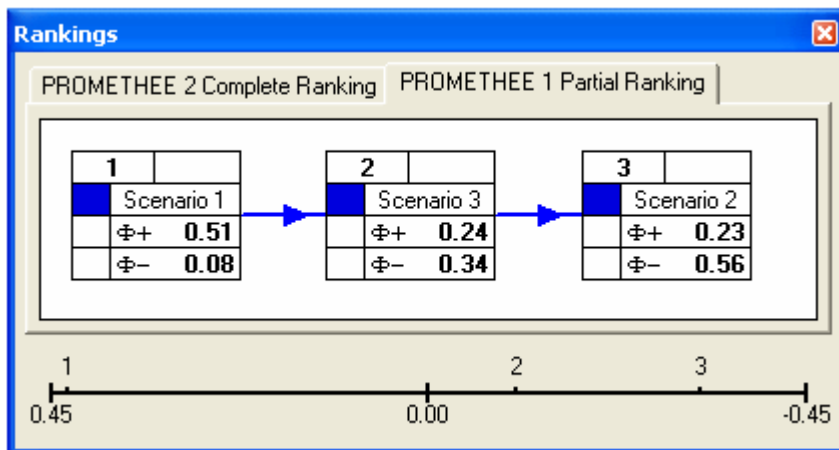
Ακολουθώς παρουσιάζονται και τα αποτελέσματα, όπως ακριβώς εμφανίζονται στο πρόγραμμα.

Εικόνα 6.4-9: Ολική ιεράρχηση των σεναρίων διαχείρισης τέφρας βάσει συνολικής ροής



ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Εικόνα 6.4-10: Μερική ιεράρχηση των σεναρίων βάσει θετικών και αρνητικών ροών



Εικόνα 6.4-11: Συνολική ροή ( $\Phi$ ) των σεναρίων

Preference Flows			
	$\Phi+$	$\Phi-$	$\Phi$
Scenario 1	0.5052	0.0781	0.4271
Scenario 2	0.2344	0.5573	-0.3229
Scenario 3	0.2396	0.3438	-0.1042

Υπενθυμίζεται ότι η συνολική ροή  $\Phi$  αντικατοπτρίζει την συνολική αποτίμηση της πολυκριτηριακής ανάλυσης, προσθέτοντας τις θετικές και αρνητικές ροές (θετικά ή αρνητική επιρροή κάθε κριτηρίου). Από τα παραπάνω προκύπτει ότι για την τεχνολογία των μονάδων αποτέφρωσης προκρίνεται το Σενάριο 1 με συνολική θετική ροή  $\Phi=0,5052$ .

Το Σενάριο 1 γενικότερα υπερτερεί, διότι:

- Έχει τη μεγαλύτερη εφαρμογή διεθνώς τόσο στην Ευρώπη όσο και σε άλλες χώρες
- Αποτελεί την πιο αξιόπιστη τεχνικά λύση
- Αποτελεί την πιο οικονομική λύση
- Δεν απαιτείται προεπεξεργασία των αποβλήτων

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Συμπερασματικά για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης προτείνεται το Σενάριο 1 χωρίς ωστόσο να αποκλείεται η χρήση άλλων μεθόδων επεξεργασίας της ιπτάμενης τέφρας κατά τη φάση του διαγωνισμού και εφόσον θα πληρούνται τα όσα θα αναφέρονται στα τεύχη δημοπράτησης,

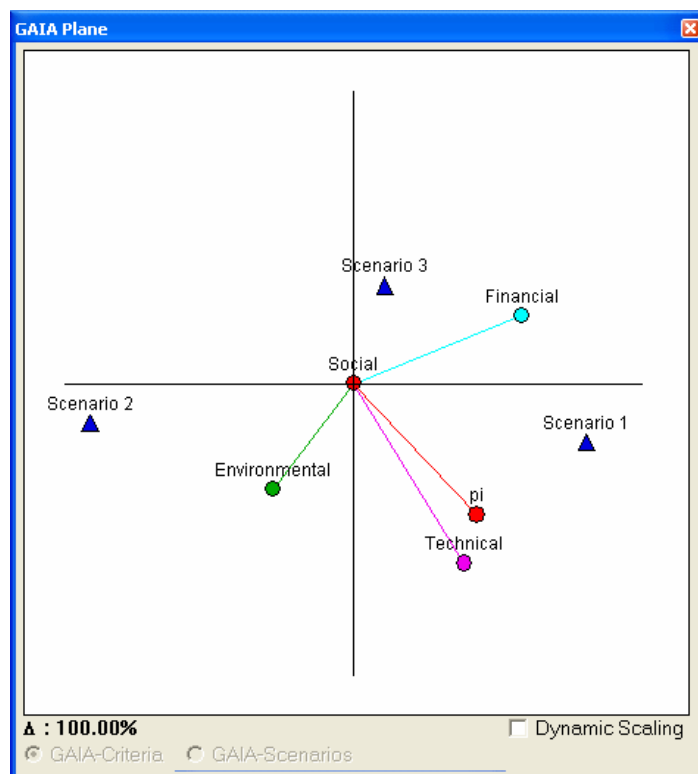
#### 6.4.3.4 Ανάλυση ευαισθησίας

##### Διαγράμματα GAIA

Η μέθοδος GAIA, προσφέρει την δυνατότητα απεικόνισης των κριτηρίων, των εναλλακτικών αλλά και των αποτελεσμάτων σε άξονες. Στους άξονες αυτούς, ο χρήστης μπορεί να εντοπίσει εάν υπάρχουν συγκρουόμενα κριτήρια, καθώς και τον βαθμό που επηρεάζει το κάθε κριτήριο την τελική απόφαση. Επίσης από τα διαγράμματα αυτά, μπορεί να εκτιμηθεί το βάρος των κριτηρίων (δείκτης βαρύτητας και τιμή κριτηρίου) και να οπτικοποιηθεί ο βαθμός συμβιβασμού που έλαβε χώρα για συγκεκριμένους δείκτες βαρύτητας.

Ακολούθως, παρουσιάζεται το διάγραμμα GAIA που προκύπτει από την εισαγωγή των κριτηρίων στο πρόγραμμα.

**Εικόνα 6.4-12: Διάγραμμα GAIA**



ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

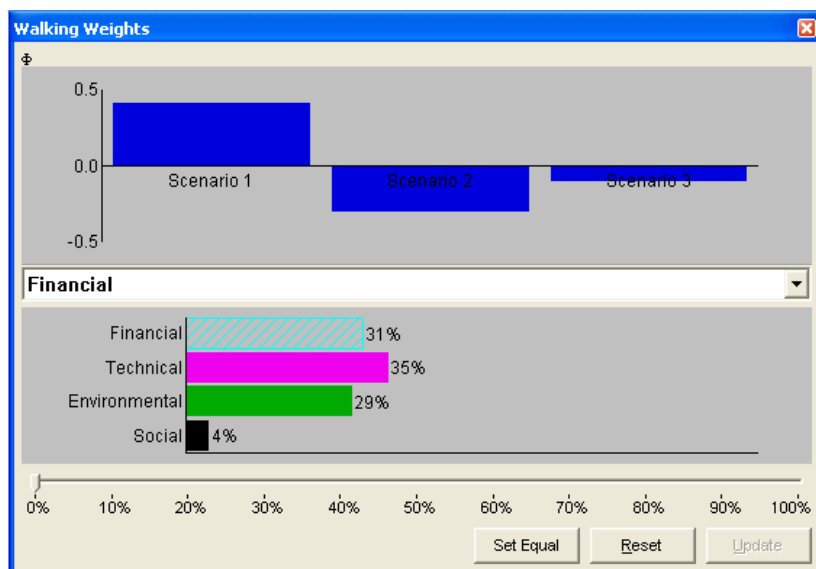
Στο παραπάνω διάγραμμα, τα ομαδοποιημένα κριτήρια (οικονομικά, περιβαλλοντικά, τεχνικά) παρουσιάζονται σαν τέσσερα σημεία στους άξονες Χ και Υ (δύο διαστάσεις). Το που ακριβώς βρίσκεται κάθε σημείο εξαρτάται από την σχέση του με τα άλλα κριτήρια και ορίζεται από το πρόγραμμα. Τα σενάρια παρουσιάζονται με μπλε τρίγωνα, και η απόσταση τους από κάθε ομάδα κριτηρίων αντιπροσωπεύει τον βαθμό που καλύπτει τα κριτήρια αυτά. Τονίζεται ότι η απόσταση δεν είναι ανάλογη με τον βαθμό κάλυψης του σεναρίου αλλά η σχέση που τα διέπει είναι πιο πολύπλοκη.

Τα αποτελέσματα της ιεράρχησης που παρουσιάστηκε προηγουμένως, προκύπτουν από την απόσταση κάθε σεναρίου σε σχέση με το σημείο π (κέντρο βάρους των κριτηρίων). Στο παραπάνω διάγραμμα τα Σενάρια 1,2 και 3 βρίσκονται, σε σχέση με τα υπόλοιπα σενάρια, σε μικρότερη απόσταση από το σημείο π, ενώ το Σενάριο 1 απέχει την μικρότερη απόσταση.

Η τιμή Δ επί τις εκατό (Delta value %), φανερώνει ότι ο βαθμός ποιότητας και συμβιβασμού της προτεινόμενης λύσης είναι 100,00, και συνεπώς συμπεραίνουμε ότι τα κριτήρια που εισήχθησαν στο πρόγραμμα δεν ήταν αντικρουόμενα. Το ίδιο υποδηλώνει και η σχετικά ευρεία κάλυψη των κριτηρίων στο διάγραμμα GAIA (το κριτήρια δεν συμπίπτουν οπτικά).

Στην ακόλουθη εικόνα, παρουσιάζονται βασικοί συντελεστές βαρύτητας κριτηρίων, όπως προέκυψαν σε συνεργασία με τους ενδιαφερόμενους φορείς. Επισημαίνεται ότι το κάθε σενάριο είναι προτιμητέο εφόσον έχει θετική ροή (μπλε περιοχή στον θετικό άξονα Φ).

**Εικόνα 6.4-13: Βασικοί συντελεστές βαρύτητας κριτηρίων, όπως προέκυψαν σε συνεργασία με τους ενδιαφερόμενους φορείς**

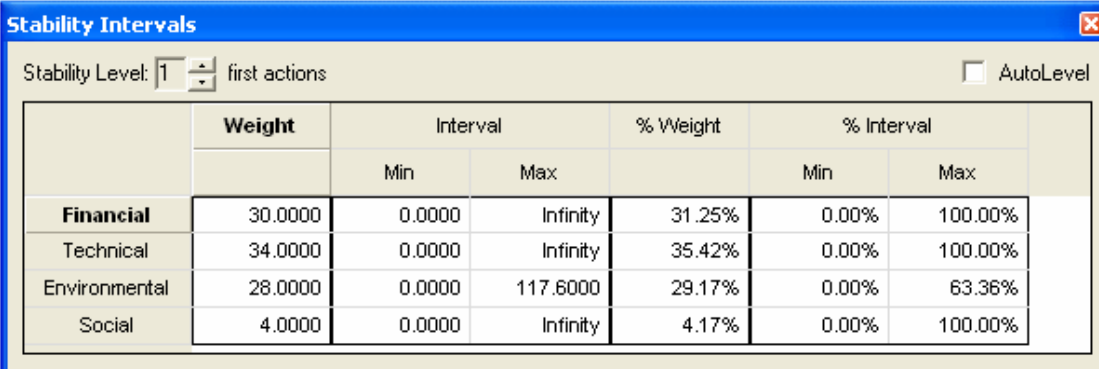


ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

### Μεταβαλλόμενοι Δείκτες Βαρύτητας

Η επιλογή «Μεταβαλλόμενοι Δείκτες Βαρύτητας» (Walking Weights), προσφέρει την δυνατότητα της αλλαγής των συντελεστών βαρύτητας με ταυτόχρονη απεικόνιση των νέων αποτελεσμάτων. Το εργαλείο αυτό είναι μεγάλης σημασίας στην λήψη αποφάσεων ειδικά στις περιπτώσεις όπου η βαρύτητα κάθε κριτηρίου δεν είναι εφικτό να ορισθεί απόλυτα. Επίσης προσφέρει τον βαθμό σταθερότητας μιας απόφασης και συνεπώς ελαχιστοποιεί την υποκειμενικότητα του ορισμού των δεικτών βαρύτητας. Ο βαθμός σταθερότητας της προτεινόμενης λύσης παρουσιάζεται στην ακόλουθη εικόνα.

**Εικόνα 6.4-14: Βαθμός σταθερότητας της απόφασης**



Stability Level: 1 first actions <input type="checkbox"/> AutoLevel						
	Weight	Interval		% VWeight	% Interval	
		Min	Max		Min	Max
Financial	30.0000	0.0000	Infinity	31.25%	0.00%	100.00%
Technical	34.0000	0.0000	Infinity	35.42%	0.00%	100.00%
Environmental	28.0000	0.0000	117.6000	29.17%	0.00%	63.36%
Social	4.0000	0.0000	Infinity	4.17%	0.00%	100.00%

Όπως φαίνεται από την παραπάνω εικόνα, η απόφαση μπορεί να αλλάξει μόνο εάν η βαρύτητα των περιβαλλοντικών κριτηρίων αυξηθεί σε 63,36% ενώ στην περίπτωση μεταβολής των οικονομικών, τεχνικών και κοινωνικών κριτηρίων η απόφαση δεν μεταβάλλεται όσο και να αυξηθεί ο συντελεστής βαρύτητας. Στην περίπτωση της αύξησης των περιβαλλοντικών κριτηρίων προκρίνεται η τεχνολογία Υαλοποίησης - Τήξης.

## **6.5 ΒΕΛΤΙΣΤΕΣ ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ**

Στο πλαίσιο του εγγράφου “Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration” (EC, 2006) περιέχονται βέλτιστες τεχνικές, οι οποίες αφορούν ειδικά τα ΑΥΜ καθώς και τεχνικές για τον προσδιορισμό των Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών (ΒΔΤ) για την αποτέφρωση των αποβλήτων γενικά. Οι βασικότερες αυτών παρουσιάζονται ακολούθως ώστε να ληφθούν υπόψη κατά τον τεχνικό προσδιορισμό των προτεινόμενων μονάδων.

### Βέλτιστες τεχνικές για την αποτέφρωση των αποβλήτων

1. Η επιλογή των παραγωγικών σταδίων της μονάδας πρέπει να είναι συμβατή με το είδος των απόβλητων προς επεξεργασία



ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

2. Η διατήρηση των χώρων της εγκατάστασης σε καθαρή κατάσταση
3. Η διατήρηση του εξοπλισμού σε λειτουργική κατάσταση μέσω τακτικών επιθεωρήσεων και εργασιών συντήρησης
4. Η δημιουργία ποιοτικών ελέγχων στα εισερχόμενα απόβλητα
5. Η αποθήκευση των αποβλήτων βάσει αξιολόγησης του ρυπαντικού περιεχομένου τους και των ιδιοτήτων τους
6. Η μείωση του χρόνου αποθήκευσης των αποβλήτων μέσω κατάλληλων μέτρων ώστε να μειωθούν οι κίνδυνοι που σχετίζονται με τις εκπομπές.
  - Αποφυγής αποθήκευσης μεγαλύτερης ποσότητας αποβλήτων σε σχέση με τον διαθέσιμο χώρο
  - Κατάρτιση προγράμματος υποδοχής σε συνεργασία με τους προμηθευτές των αποβλήτων
7. Η χρήση του αέρα του χώρου προσωρινής αποθήκευσης στο θάλαμο καύσης με αποτέλεσμα να περιορίζονται οι εκλύσεις οσμών. Επίσης θεωρείται ΒΔΤ η να αποφεύγεται η υπερφόρτωση του χώρου υποδοχής όταν ο η μονάδα βρίσκεται εκτός λειτουργίας. Για την ίδια περίπτωση θα πρέπει να υπάρχει εναλλακτικό σύστημα απόσμησης.
8. Η αναγραφή του είδους των αποβλήτων για τα απόβλητα που βρίσκονται αποθηκευμένα σε δοχεία.
9. Η ύπαρξη σχεδίου για την αποφυγή, εντοπισμού και ελέγχου κινδύνου πυρκαγιάς. Θεωρείται ΒΔΤ η χρήση αυτόματων συστημάτων εντοπισμού και προειδοποίησης καθώς και η ύπαρξη ενός αυτοματοποιημένου ή μη, συστήματος ελέγχου
10. Η δυνατότητα οπτικής επίβλεψης των χώρων υποδοχής και εκφόρτωσης είτε άμεσα είτε μέσω οθόνων
11. Η αποφυγή ανεξέλεγκτης εισόδου αέρα κατά τη φόρτωση των αποβλήτων στο θάλαμο καύσης
12. Η βελτιστοποίηση και έλεγχος της διαδικασίας μέσω ενός συνδυασμού παραμέτρων όπως:
  - Παροχή οξυγόνου
  - Θερμοκρασία αποτέφρωσης
  - Χρόνος παραμονής αέρα
13. Η χρήση εφεδρικού καυστήρα κατά τις φάσεις της εκκίνησης και διακοπής καθώς και για τη διατήρηση της επιθυμητής θερμοκρασίας κατά την εισαγωγή αποβλήτων προς αποτέφρωση

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

14. Κατά τη χρήση πυρόλυσης ή αεριοποίησης και για να αποφευχθεί η παραγωγή αποβλήτων να:
- Συνδυαστούν τα στάδια της πυρόλυσης ή αεριοποίησης με ακόλουθο στάδιο αποτέφρωσης με ανάκτησης ενέργειας και καθαρισμού απαερίων ώστε να επιτευχθούν τα όρια αέριων εκπομπών που προτείνονται στο πλαίσιο των ΒΔΤ
  - Ανακτώνται και να επαναχρησιμοποιούνται εφόσον είναι δυνατό τα άκαυστα υλικά
15. Κατά την επιλογή μεταξύ υγρών, ημι-υγρών και ξηρών συστημάτων να ληφθούν υπόψη η παρακάτω ενδεικτική λίστα κριτηρίων
- Αέριες εκπομπές
  - Παραγωγή στερεών υπολειμμάτων
  - Κατανάλωση νερού
  - Παραγωγή υγρών υπολειμμάτων
  - Κατανάλωση ενέργειας
  - Κατανάλωση αντιδραστηρίων
  - Προσαρμογή σε διαφοροποιήσεις στην ποιότητα των εισερχομένων υλικών και κατ' επέκταση και στην ποιότητα των απαερίων
  - Πολυπλοκότητα
  - Επενδυτικό κόστος
  - Λειτουργικό κόστος
16. Η ξεχωριστή διαχείριση της τέφρας βάσης από την ιπτάμενη τέφρα και τα υπολείμματα καθαρισμού απαερίων ώστε να αποφευχθεί η μείωση των περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών της.
17. Ο διαχωρισμός των σιδηρούχων και μη σιδηρούχων μετάλλων από την τέφρα βάσης εφόσον αυτό είναι οικονομικά και τεχνικά εφικτό.
18. Η επεξεργασία της τέφρας βάσης (εντός ή εκτός της μονάδας) μέσω κατάλληλου συνδυασμού:
- Ξηρής επεξεργασίας με ή χωρίς ωρίμανση
  - Υγρής επεξεργασίας με ή χωρίς ωρίμανση
  - Θερμικής επεξεργασίας
  - τεμαχισμού και κοσκίνησης

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

σε βαθμό ώστε αυτή να πληροί τις προϋποθέσεις για την τελική διάθεση της (εκπλυσιμότητα βαρέων μετάλλων και αλάτων)

19. Η επεξεργασία των υπολειμμάτων καθαρισμού των απαερίων στο βαθμό που απαιτείται για την αποδοχή τους σύμφωνα και με τη μέθοδο της τελικής διάθεσης που έχει επιλεγεί

20. Η μείωση των εκπομπών θορύβου στα θεσμοθετημένα επίπεδα

### **Βέλτιστες τεχνικές για τα ΑΥΜ**

1. Η φόρτωση και η διακίνηση των αποβλήτων θα πραγματοποιείται μόνο με μηχανικά μέσα
2. Η υποδοχή και αποθήκευση των αποβλήτων θα πραγματοποιείται σε κλειστά δοχεία τα οποία θα είναι ανθεκτικά σε διαρροές και νύξεις.
3. Η πλύση και απολύμανση δοχείων, τα οποία πρόκειται να επαναχρησιμοποιηθούν σε ειδικά διαμορφωμένη εγκατάσταση. Η επαναπροώθηση των στερεών υπολειμμάτων στη μονάδα καύσης.
4. Σε περίπτωση χρήσης συστήματος με εσχάρες, ο σχεδιασμός του να ενσωματώνει σύστημα ψύξης που να επιτρέπει τη ρύθμιση της παροχής αέρα με απώτερο στόχο τον έλεγχο της διαδικασίας και όχι την ψύξη των εσχάρων καθαυτού.
5. Η χρήση θαλάμου καύσης, ο οποίος εξασφαλίζει τον περιορισμό, την ανάδευση και μεταφορά των αποβλήτων, όπως π.χ. ο περιστροφικός κλίβανος με ή χωρίς σύστημα ψύξης νερού. Η χρήση συστήματος ψύξης νερού σε περιστροφικούς κλιβάνους παρουσιάζει πλεονεκτήματα για τις περιπτώσεις όπου:
  - η καθαρή θερμογόνο δύναμη των αποβλήτων είναι υψηλή (π.χ. > 15-17 GJ/τόνο) ή
  - η θερμοκρασία επεξεργασίας είναι υψηλή π.χ. >1100 °C (για την καταστροφή συγκεκριμένων ουσιών)

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

## 6.6 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΥΜ

Στην ενότητα αυτή, αναλύονται οι τεχνικές προδιαγραφές που πρέπει να πληρούν οι μονάδες αποτέφρωσης σύμφωνα με την κείμενη εθνική νομοθεσία και συγκεκριμένα:

- την ΚΥΑ 24944/1159 Έγκριση Γενικών Τεχνικών Προδιαγραφών για την διαχείριση επικινδύνων αποβλήτων
- την ΚΥΑ 37591/2031/2003 «Μέτρα και όροι για τη διαχείριση ιατρικών αποβλήτων από υγειονομικές μονάδες» υπό αναθεώρηση
- την ΚΥΑ 22912/1117/2006 «Μέτρα και όροι για την πρόληψη και τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος από την αποτέφρωση των αποβλήτων»

### 6.6.1 Αποθήκευση Επικίνδυνων Αποβλήτων

- **Κτιριακές εγκαταστάσεις (ΚΥΑ 24944/1159)**
  - Τα προς αποθήκευση απόβλητα πρέπει να είναι τοποθετημένα σε κτιριακές εγκαταστάσεις τέτοιας κατασκευής, ώστε να τα προφυλάσσουν από βροχές, πλημμύρες, φωτιά κ.λπ.
  - Η βάση του κτιρίου να είναι κεκλιμένη και να φέρει αγωγούς απορροής οι οποίοι να καταλήγουν σε φρεάτιο συλλογής επαρκούς χωρητικότητας και κατάλληλης στεγάνωσης. Κατά το σχεδιασμό να λαμβάνεται υπόψη η ευχέρεια πρόσβασης για έλεγχο και καθαρισμό των αγωγών.
  - Το δάπεδο των χώρων αποθήκευσης να είναι βιομηχανικού τύπου, κατάλληλης στιλπνότητας και επαρκούς αντιδιαβρωτικής προστασίας.
  - Θα πρέπει να υπάρχει συμβατότητα των αποθηκευμένων Ε.Α. ανάλογα με την κλάση και τη συσκευασία τους
  - Θα πρέπει να υπάρχει επαρκής αερισμός και φωτισμός του χώρου.
  - Θα πρέπει να αποφεύγεται η γειτνίαση των αποθηκευμένων Ε.Α με δίκτυα υποδομών που ενδέχεται να επηρεαστούν.
  - Απομόνωση των εύφλεκτων υλικών και τοποθέτησή τους σε ασφαλές μέρος
  - Σήμανση εξόδων κινδύνου, οδών διαφυγής και χώρου φύλαξης υλικού πυρόσβεσης
  - Μέριμνα ώστε οι αποθηκευτικοί χώροι να διατηρούνται καθαροί
  - Ύπαρξη εξωτερικών σκιάδων ή βαφή υαλοπινάκων των αποθηκών, σε περίπτωση που οι ηλιακές ακτίνες προκαλούν αλλοίωση των αποθηκευμένων αποβλήτων

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

- Απαγόρευση πρόσβασης στις αποθήκες ατόμων που δεν έχουν εργασία σε αυτές
- Τοποθέτηση αλεξικέραυνων σε κατάλληλα σημεία, εφόσον δεν εξασφαλίζεται αντικεραυνική προστασία από παρακείμενα κτίρια
- Συστηματική συντήρηση των αγωγών, δικτύων και αποθηκών
- Επιμελημένη τοποθέτηση και καταγραφή των Ε.Α.
- Έλεγχος των αποθηκευτικών χώρων σε τακτά χρονικά διαστήματα
- Εάν από τα χαρακτηριστικά επικινδυνότητας των αποβλήτων εκτιμάται υψηλός κίνδυνος εκδήλωσης φωτιάς, επιβάλλεται η συνεχής επιτήρηση του χώρου των αποθηκών
- Στην ευρύτερη περιοχή της εγκατάστασης αποθήκευσης πρέπει να τηρούνται τουλάχιστον τα παρακάτω: Επαρκής ηλεκτροφωτισμός, Αποψίλωση περιβάλλοντος χώρου, Κατάλληλη περίφραξη

#### • Μέσα αποθήκευσης (ΚΥΑ 24944/1159)

Για τη συσκευασία των Ε.Α. εφαρμόζονται οι ρυθμίσεις του εθνικού και κοινοτικού δικαίου που ισχύουν για τα επικίνδυνα εμπορεύματα και οι οποίες βασίζονται στις απαιτήσεις των ADR, IMDG, RID και ICAO. Προϋπόθεση της ασφαλούς συσκευασίας αποτελεί η ταξινόμηση των αποβλήτων, ως προς την επικινδυνότητά τους, σε κλάση και αριθμό UN. Βάσει της προαναφερόμενης ταξινόμησης, ακολουθούνται οι αντίστοιχες οδηγίες συσκευασίας που προσδιορίζουν μεταξύ άλλων και τον τύπο της συσκευασίας που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί, καθώς επίσης και οι ειδικές οδηγίες σήμανσης και επισήμανσης των διαφόρων συσκευασιών (ενδεικτικά αναφέρονται η πρωτογενής συσκευασία, η δευτερογενής συσκευασία, όπου απαιτείται, και τα εμπορευματοκιβώτια). Σκοπός της σήμανσης είναι η εύκολη αναγνώριση της κατηγορίας των Ε.Α και της επικινδυνότητάς τους, έτσι ώστε να διασφαλίζεται η ορθολογική διαχείρισή τους. Η αποθήκευση των Ε.Α. στις παραπάνω κτιριακές εγκαταστάσεις γίνεται με τη χρήση των κατάλληλων μέσων και σημάτων που αναφέρονται στις παραγράφους.

#### • Συστήματα ελέγχου και έγκαιρης προειδοποίησης τυχόν διαρροής ή ατυχήματος (ΚΥΑ 24944/1159)

Κάθε κλειστός χώρος αποθήκευσης Ε.Α. διαθέτει κατάλληλα συστήματα ανίχνευσης και αναγγελίας διαρροών /διαφυγών και εκδήλωσης φωτιάς. Πρέπει να χρησιμοποιούνται ηλεκτρικά συστήματα συναγερμού, συνδεδεμένα κατάλληλα με αυτόματα συστήματα ανίχνευσης. Γενικά, τα σήματα συναγερμού είναι ηχητικά, αλλά μπορούν να συνοδεύονται μερικές φορές και από οπτικά σήματα. Πρέπει να δίνεται προσοχή στη δυνατότητα άμεσης αντίληψης ενός σήματος συναγερμού σε κάθε

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

σημείο του χώρου δραστηριότητας. Τα ηχητικά σήματα μπορεί να είναι δύο βαθμίδων, ένα διακοπτόμενο προειδοποιητικό στην αρχή και ένα συνεχές για εκκένωση των χώρων.

Η αποθήκευση των ΕΑΑΜ και ΜΕΑ στις Υγειονομικές Μονάδες πρέπει να γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένους ψυκτικούς θαλάμους, επαρκούς χωρητικότητας και με συνθήκες που δεν επιτρέπουν την αλλοίωση των αποβλήτων. Στον χώρο αυτόν, πρέπει να υπάρχει ευκρινής σήμανση με τον όρο «Επικίνδυνα Απόβλητα» και το διεθνές σύμβολο του μολυσματικού και επικίνδυνου.

- **Αποθήκευση των Επικίνδυνων Αποβλήτων Αμιγώς Μολυσματικών και των Μικτών Επικινδύνων Αποβλήτων (ΕΑΑΜ, ΜΕΑ) (ΚΥΑ 37591/2031/2003 υπό αναθεώρηση)**

Η αποθήκευση των ΕΑΑΜ και ΜΕΑ στις Υγειονομικές Μονάδες πρέπει να γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένους ψυκτικούς θαλάμους, επαρκούς χωρητικότητας και με συνθήκες που δεν επιτρέπουν την αλλοίωση των αποβλήτων. Στον χώρο αυτόν, πρέπει να υπάρχει ευκρινής σήμανση με τον όρο «Επικίνδυνα Απόβλητα» και το διεθνές σύμβολο του μολυσματικού και επικίνδυνου.

Ο ψυκτικός θάλαμος θα πρέπει να έχει τις ακόλουθες τεχνικές προδιαγραφές:

- Ο ψυκτικός θάλαμος πρέπει να είναι επαρκούς χωρητικότητας (ανάλογης με το μέγεθος της Υγειονομικής Μονάδας), να φέρει στην πόρτα του το διεθνές σύμβολο του μολυσματικού και επικινδύνου και τον όρο «Επικίνδυνα Απόβλητα».
- Τα αναγκαία τεχνικά χαρακτηριστικά του ψυκτικού θαλάμου είναι τα παρακάτω:
- Η κατασκευή του θαλάμου πρέπει να είναι από υλικά υψηλής ανθεκτικότητας με αντοχή στην οξείδωση.
- Ο θάλαμος, πρέπει είναι βαμμένος εξωτερικά και εσωτερικά, με υψηλής αντοχής χρώματα.
- Να διαθέτει αντιολισθητικό δάπεδο με κατάλληλο υπόστρωμα (μεταλλικό ή βιομηχανικού τύπου) για ενίσχυση του δαπέδου.
- Να είναι μονωμένος
- Να φέρει μεταλλική πόρτα, η οποία κλείνει αεροστεγώς, με εξωτερικό διακόπτη για την ενεργοποίηση του εσωτερικού φωτισμού ή να υπάρχει εσωτερικό σύστημα φωτισμού με αδιάβροχες λυχνίες οι οποίες να τίθενται σε λειτουργία άμεσα με το άνοιγμα της πόρτας.
- Η ηλεκτρική εγκατάσταση, πρέπει να αποτελείται από έναν εξωτερικό πίνακα, μεταλλικό, για τη σωστή λειτουργία και τον έλεγχο του ψυκτικού θαλάμου. Ο πίνακας, πρέπει να διαθέτει ένα ρυθμιζόμενο θερμοστάτη, μια μικροαυτόματη ασφάλεια, και έναν ρευματολήπτη βιομηχανικού τύπου, στεγανό. Το σύστημα

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

ψύξης πρέπει να είναι αυτόνομο, με ψυκτική μονάδα συντήρησης. Να αποτελείται από όλα τα εξαρτήματα, τα οποία είναι απαραίτητα για την σωστή και αυτόματη λειτουργία του.

- Να διαθέτει πόμολο ασφαλείας για άνοιγμα και από το εσωτερικό του θαλάμου.
- Η αποθήκευση των αποβλήτων θα πρέπει να γίνεται σε θερμοκρασία  $\leq 5^{\circ}\text{C}$ , εντός της εγκατάστασης της ΥΜ και για χρονικό διάστημα όχι μεγαλύτερο των πέντε (5) ημερών. Στο χρόνο αυτό υπολογίζεται αθροιστικά και ο χρόνος αποθήκευσης που προηγήθηκε στην υγειονομική μονάδα.
- Οι ψυκτικοί θάλαμοι πρέπει να βρίσκονται σε σημεία όπου υπάρχει δυνατότητα ευχερούς διακίνησης των οχημάτων συλλογής και μεταφοράς των ΕΑ.
- Να εφαρμόζεται επιμελημένη και συμμετρική τοποθέτηση των περιεκτών.

#### 6.6.2 Επεξεργασία

- **Ελάχιστες τεχνικές και περιβαλλοντικές απαιτήσεις εγκαταστάσεων αποτέφρωσης (ΚΥΑ 37591/2031/2003) υπό αναθεώρηση)**
  - Το μέγεθος της εγκατάστασης αποτέφρωσης θα πρέπει να καλύπτει επεξεργασία τουλάχιστον 100 kg/h και με συνεχή ωφέλιμη λειτουργία 16 h την ημέρα (συνολική ποσότητα 1600 kg ημερησίως) για πέντε συνεχόμενες ημέρες/εβδομάδα. Για τη συγκέντρωση της παραπάνω ποσότητας επιτρέπεται η προσωρινή παραμονή/αποθήκευση των ΕΙΑ σε ειδικά διαμορφωμένους γι' αυτό το σκοπό χώρους σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στο Άρθρο 6 (παρ. Δ) και στο άρθρο 7 (παρ. Β) της παρούσας απόφασης.
  - Οι ελάχιστες τεχνικές και περιβαλλοντικές απαιτήσεις για τη λειτουργία των εγκαταστάσεων αποτέφρωσης των ΕΙΑ προβλέπονται στο Παράρτημα 2 της παρούσας ΚΥΑ. Πιο αναλυτικά
    1. Κάθε μονάδα αποτέφρωσης θα πρέπει να σχεδιάζεται, να κατασκευάζεται, να εξοπλίζεται και να λειτουργεί κατά τρόπο ώστε, η θερμοκρασία των αερίων που εκλύονται κατά τη διεργασία να αυξάνεται, με ελεγχόμενο και ομοιογενή τρόπο και ακόμη και υπό τις δυσμενέστερες συνθήκες στους  $850^{\circ}\text{C}$ , μετρούμενη στο εσωτερικό τοίχωμα ή σε άλλο αντιπροσωπευτικό σημείο του θαλάμου καύσης όπως ορίζεται στην άδεια λειτουργίας της εγκατάστασης, για δύο τουλάχιστον δευτερόλεπτα. Εάν αποτεφρώνονται επικίνδυνα απόβλητα που περιέχουν πάνω από 1% αλογονούχων οργανικών ουσιών, εκφρασμένων σε χλώριο, η θερμοκρασία πρέπει να αυξάνεται στους  $1100^{\circ}\text{C}$ , επί δύο δευτερόλεπτα τουλάχιστον.



ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

2. Κάθε μονάδα αποτέφρωσης θα πρέπει να είναι εφοδιασμένη με έναν τουλάχιστον εφεδρικό καυστήρα, που πρέπει να τίθεται αυτόματα σε λειτουργία μόλις η θερμοκρασία των καυσαερίων κατέλθει κάτω από τους 850° C ή τους 1100°C κατά περίπτωση. Οι εν λόγω καυστήρες χρησιμοποιούνται επίσης στις φάσεις εκκίνησης και διακοπής της διαδικασίας της καύσης για να εξασφαλίζεται η διατήρηση της ελάχιστης θερμοκρασίας των 850° C ή των 1100° C κατά περίπτωση, σε όλη τη διάρκεια των ανωτέρω φάσεων και για όσο χρόνο υπάρχουν ακόμη στον θάλαμο καύσης απόβλητα μη αποτεφρωμένα.
3. Το σύστημα τροφοδοσίας θα πρέπει να είναι κατασκευασμένο κατά τρόπο, ώστε να: απολυμαίνεται εύκολα, εμποδίζεται η χύδην τροφοδοσία της εγκατάστασης, παρεμποδίζεται η παραμόρφωση των δοχείων αποβλήτων όπου αυτά χρησιμοποιούνται προ της εισόδου τους στο θάλαμο καύσεως.
4. Οι θάλαμοι καύσεως θα πρέπει να διαθέτουν επαρκή χωρητικότητα για τροφοδοτική δόση ίση τουλάχιστον με το 1/10 της ωριαίας δυναμικότητας της εγκατάστασης
5. Οι μονάδες αποτέφρωσης επιβάλλεται να είναι σταθερές.
6. Οι φορείς λειτουργίας των εγκαταστάσεων αποτέφρωσης είναι υποχρεωμένοι να εφαρμόζουν εκτός των προβλεπόμενων στην οδηγία 2000/76/ΕΚ της Ε.Ε. για "την αποτέφρωση των αποβλήτων" ή την Ελληνική νομοθεσία εφόσον αυτή είναι αυστηρότερη και τα παρακάτω:
  - Συγκεκριμένο διάγραμμα λειτουργίας, το οποίο θα αναφέρει θερμοκρασία αποτέφρωσης, χρόνο παραμονής των δημιουργουμένων απαερίων στην παραπάνω θερμοκρασία αποτέφρωσης, αποδεκτοί τύποι συσκευασίας, αποδεκτή περιεκτικότητα των αποβλήτων σε υγρασία, μέγιστο φορτίο που μπορεί ανά κύκλο εργασίας να δεχτεί προς επεξεργασία ο συγκεκριμένος κατά περίπτωση εξοπλισμός.
  - Έλεγχο και συνεχή καταγραφή της θερμοκρασίας των απαερίων στο θάλαμο καύσης και μετάκαυσης του αποτεφρωτήρα.
  - Ημερήσια καταγραφή της ποσότητας των αποβλήτων που αποτεφρώθηκαν.
  - Ετήσιο έλεγχο 1ων θερμομέτρων, μανομέτρων και λοιπού καταγραφικού εξοπλισμού.
  - Κατάρτιση σχεδίου αντιμετώπισης εκτάκτου ανάγκης τοποθετημένο σε διακριτό σημείο στο χώρο της εγκατάστασης επεξεργασίας των αποβλήτων.

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

- Πρόβλεψη προσωρινής αποθήκευσης των προς αποτέφρωση αποβλήτων, για 3 τουλάχιστον ημέρες σε θερμοκρασία  $\leq 5^{\circ}\text{C}$  σε κατάλληλους χώρους (ψυγεία), είτε λόγω λειτουργικών αναγκών, είτε λόγω βλάβης της μονάδας αποτέφρωσης, είτε λόγω αναγκαίων έργων συντήρησης.
- 7. Οι φορείς λειτουργίας της εγκατάστασης οφείλουν να τηρούν βιβλία καθημερινής λειτουργίας και ελέγχου της εγκατάστασης, θεωρημένα από την αρμόδια Νομαρχιακή Υπηρεσία Περιβάλλοντος, με βάση τα οποία καταρτίζουν ετήσια έκθεση.
- 8. Η ετήσια έκθεση που είναι υποχρεωμένοι να καταρτίζουν περιλαμβάνει τουλάχιστον τα παρακάτω ειδικά στοιχεία: ποσότητες ΕΙΑ ΜΧ που επεξεργάσθηκαν με αποτέφρωση, Τόπος /χώρος διάθεσης της στάχτης .Αποτελέσματα των ειδικών ελέγχων και των μετρήσεων, Ειδικότερα συμβάντα (κυρίως αστοχίες) αντιμετώπιση των συμβάντων.
- 9. Τα λεπτομερή στοιχεία λειτουργίας της εγκατάστασης, συμπεριλαμβανομένων και όλων των στοιχείων των αναλύσεων και μετρήσεων των διενεργουμένων ελέγχων, της επεξεργασίας τους και της αξιολόγησής τους, καθώς και τα συνοδευτικά των φορτίων έγγραφα, φυλάσσονται τουλάχιστον για 10 έτη στα γραφεία του χώρου εγκατάστασης.

#### • Συνθήκες Λειτουργίας (ΚΥΑ 22912/1117/2006)

- Οι μονάδες αποτέφρωσης πρέπει να λειτουργούν κατά τρόπο ώστε να διασφαλίζεται τέτοιος βαθμός αποτέφρωσης ώστε η περιεκτικότητα των σκουριών και της τέφρας πυθμένα σε ολικό οργανικό άνθρακα (ΤΟC) να είναι μικρότερη από 3% ή οι απώλειες κατά την έναυση να είναι μικρότερες από 5% του βάρους του υλικού επί ξηρού. Αν είναι απαραίτητο, χρησιμοποιούνται κατάλληλες τεχνικές προεπεξεργασίας των αποβλήτων.
- Όλες οι μονάδες αποτέφρωσης σχεδιάζονται, κατασκευάζονται, εξοπλίζονται, και λειτουργούν κατά τρόπον ώστε, μετά την τελευταία διοχέτευση αέρα καύσης, η θερμοκρασία των αερίων που εκλύονται κατά τη διεργασία να αυξάνεται, με ελεγχόμενο και ομοιογενή τρόπο και ακόμη και υπό τις δυσμενέστερες συνθήκες, στους  $850^{\circ}\text{C}$ , μετρούμενη στο εσωτερικό τοίχωμα ή σε άλλο αντιπροσωπευτικό σημείο του θαλάμου καύσης για δύο δευτερόλεπτα. Εάν αποτεφρώνονται επικίνδυνα απόβλητα που περιέχουν πάνω από 1% αλογονούχων οργανικών ουσιών, εκφρασμένων σε χλώριο, η θερμοκρασία πρέπει να αυξάνεται στους  $1100^{\circ}\text{C}$  επί δύο δευτερόλεπτα τουλάχιστον.

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

- Κάθε γραμμή αποτέφρωσης της μονάδας είναι εφοδιασμένη με έναν τουλάχιστον εφεδρικό καυστήρα, που πρέπει να τίθεται αυτόματα σε λειτουργία μόλις η θερμοκρασία των καυσαερίων, μετά την τελευταία διοχέτευση αέρα καύσης, κατέλθει κάτω από τους 850 °C ή τους 1100 °C κατά περίπτωση. Οι εν λόγω καυστήρες χρησιμοποιούνται επίσης στις φάσεις εκκίνησης και διακοπής της διαδικασίας καύσης για να εξασφαλίζεται η διατήρηση της ελάχιστης θερμοκρασίας των 850 °C ή των 1100 °C κατά περίπτωση σε όλη τη διάρκεια των ανωτέρω φάσεων και για όσο χρόνο υπάρχουν ακόμη στο θάλαμο καύσης άκαυτα απόβλητα.

Κατά τις φάσεις εκκίνησης και διακοπής ή σε περίπτωση πτώσης της θερμοκρασίας των καυσαερίων κάτω από τους 850 °C ή τους 1100 °C κατά περίπτωση, ο εφεδρικός καυστήρας δεν τροφοδοτείται με καύσιμο που ενδέχεται να προκαλέσει υψηλότερα επίπεδα εκπομπών από εκείνα που συνεπάγεται η καύση πετρελαίου ντίζελ, όπως ορίζεται στην κείμενη νομοθεσία, υγραερίου ή φυσικού αερίου.

- Όλες οι μονάδες συναποτέφρωσης σχεδιάζονται, κατασκευάζονται, εξοπλίζονται και λειτουργούν κατά τρόπον ώστε η θερμοκρασία των αερίων που εκλύονται κατά τη συναποτέφρωση των αποβλήτων να αυξάνεται με ελεγχόμενο και ομοιογενή τρόπο και ακόμη και υπό τις δυσμενέστερες συνθήκες στους 850 °C, για δύο δευτερόλεπτα. Εάν συναποτεφρώνονται επικίνδυνα απόβλητα που περιέχουν πάνω από 1 % αλογονούχων οργανικών ουσιών, εκφρασμένων σε χλώριο, η θερμοκρασία πρέπει να ανέρχεται τουλάχιστον στους 1100 °C.
- Οι μονάδες αποτέφρωσης και συναποτέφρωσης διαθέτουν και χρησιμοποιούν αυτόματο σύστημα που εμποδίζει την τροφοδότηση με απόβλητα:
  - α) κατά τη φάση εκκίνησης, μέχρι να επιτευχθεί η απαιτούμενη θερμοκρασία των 850 °C ή των 1100 °C κατά περίπτωση ή η θερμοκρασία που ορίζεται σύμφωνα με την παράγραφο 6,
  - β) οποτεδήποτε δεν διατηρείται η απαιτούμενη θερμοκρασία των 850 °C ή των 1100 °C κατά περίπτωση, ή η θερμοκρασία που ορίζεται σύμφωνα με την παράγραφο 6,
  - γ) οποτεδήποτε διαπιστώνεται από τις συνεχείς μετρήσεις που επιβάλλει η παρούσα, υπέρβαση οποιασδήποτε οριακής τιμής εκπομπών, οφειλόμενης σε ελαττωματική λειτουργία ή βλάβη των συστημάτων καθαρισμού.
- Για ορισμένες κατηγορίες αποβλήτων ή θερμικές επεξεργασίες, είναι δυνατόν στην απόφαση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων να καθορίζονται διαφορετικές απαιτήσεις από τις προβλεπόμενες στις παραγράφους 1, 2 και 3 και, όσον αφορά τη θερμοκρασία, στην παράγραφο 5, με την προϋπόθεση ότι πληρούνται οι λοιπές απαιτήσεις της παρούσας απόφασης. Η αλλαγή των

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

συνθηκών λειτουργίας δεν πρέπει να προκαλεί περισσότερα υπολείμματα ή υπολείμματα με υψηλότερο ποσοστό οργανικών ρύπων έναντι εκείνων που αναμένονται υπό τις συνθήκες που καθορίζονται στις παραγράφους 1.2 και 3.

- Για ορισμένες κατηγορίες αποβλήτων ή θερμικές επεξεργασίες, είναι δυνατόν στην απόφαση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων να καθορίζονται διαφορετικές απαιτήσεις από τις προβλεπόμενες στην παράγραφο 4 και, όσον αφορά τη θερμοκρασία, στην παράγραφο 5, με την προϋπόθεση ότι πληρούνται οι λοιπές απαιτήσεις της παρούσας απόφασης. Η έγκριση αυτή συναρτάται τουλάχιστον με την τήρηση των διατάξεων του παραρτήματος V για τις οριακές τιμές εκπομπών ολικού οργανικού άνθρακα και CO. Στην περίπτωση συναποτέφρωσης των αποβλήτων τους στο χώρο όπου παράγονται, σε υφιστάμενους λέβητες που χρησιμοποιούν φλοιούς ως καύσιμο στη βιομηχανία χαρτοπολτού και χαρτιού, η χορήγηση της έγκρισης προϋποθέτει τουλάχιστον την τήρηση των διατάξεων του παραρτήματος V της ΚΥΑ για τις οριακές τιμές εκπομπών ολικού οργανικού άνθρακα.
- Οι συνθήκες λειτουργίας καθώς και τα αποτελέσματα των διενεργούμενων ελέγχων γνωστοποιούνται από το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. στην Επιτροπή Ε.Κ. μαζί με άλλες πληροφορίες που παρέχονται στο πλαίσιο υποβολής των εκθέσεων.
- Οι μονάδες αποτέφρωσης και συναποτέφρωσης σχεδιάζονται, εξοπλίζονται, κατασκευάζονται και λειτουργούν κατά τρόπον ώστε οι ατμοσφαιρικές εκπομπές τους να μην προκαλούν σημαντική ατμοσφαιρική ρύπανση στο επίπεδο του εδάφους. Ειδικότερα, τα καυσαέρια απάγονται με ελεγχόμενο τρόπο και σύμφωνα με τα ισχύοντα κοινοτικά πρότυπα για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα μέσω καπνοδόχου, της οποίας το ύψος υπολογίζεται με γνώμονα την προστασία της υγείας του ανθρώπου και του περιβάλλοντος.
- Η θερμότητα που παράγεται κατά τη διεργασία αποτέφρωσης ή συναποτέφρωσης ανακτάται στο μέγιστο δυνατό βαθμό.
- Τα ΕΑΑΜ θα πρέπει να εισάγονται, όπως παραλαμβάνονται συσκευασμένα, κατευθείαν στον κλίβανο, χωρίς να αναμιγνύονται πρώτα με άλλες κατηγορίες καυσίμων και χωρίς να υποβάλλονται σε άμεσους χειρισμούς.
- Ο φορέας λειτουργίας της εγκατάστασης υποχρεούται να αναθέτει σε εξειδικευμένο επιστημονικό και τεχνικό προσωπικό την ευθύνη της λειτουργίας της εγκατάστασης.

#### • **Οριακές τιμές ατμοσφαιρικών εκπομπών (ΚΥΑ 22912/1117/2006)**

Οι μονάδες αποτέφρωσης σχεδιάζονται, κατασκευάζονται, εξοπλίζονται και λειτουργούν κατά τρόπον ώστε να μην σημειώνεται υπέρβαση των οριακών τιμών εκπομπών του παραρτήματος V της ΚΥΑ στα καυσαέρια.

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

- **Υπολείμματα (ΚΥΑ 22912/1117/2006)**

- Τα υπολείμματα που προκύπτουν από τη λειτουργία των μονάδων αποτέφρωσης ή συναποτέφρωσης περιορίζονται στο ελάχιστο όσον αφορά την ποσότητα και τις επιβλαβείς ιδιότητές τους. Τα υπολείμματα αυτά διατίθενται ή αξιοποιούνται σύμφωνα με τις σχετικές διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας για τη διαχείριση στερεών (μη επικίνδυνων) ή επικίνδυνων αποβλήτων κατά περίπτωση καθώς και με τη χρήση κατάλληλων τεχνολογιών.
- Τα ξηρά υπολείμματα σε μορφή σκόνης, π.χ. σκόνη από τους λέβητες και τα ξηρά υπολείμματα της επεξεργασίας των καυσαερίων, μεταφέρονται και υπόκεινται σε ενδιάμεση αποθήκευση κατά τρόπον ώστε να μην είναι δυνατός ο διασκορπισμός τους στο περιβάλλον, π.χ. μέσα σε κλειστά δοχεία.
- Πριν επιλεγεί η μέθοδος της τελικής διάθεσης ή ανακύκλωσης των υπολειμμάτων των μονάδων αποτέφρωσης, διεξάγονται κατάλληλες δοκιμές για τον προσδιορισμό των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων καθώς και του ρυπογόνου φορτίου των διαφόρων υπολειμμάτων της αποτέφρωσης. Οι αναλύσεις καλύπτουν το συνολικό υδατοδιαλυτό κλάσμα και το υδατοδιαλυτό κλάσμα βαρέων μετάλλων.

- **Υπολείμματα (ΚΥΑ 37591/2031/2003 υπό αναθεώρηση)**

Τα ξηρά υπολείμματα από την αποτέφρωση των ΕΑ ανήκουν στην κατηγορία 19 01 του ΕΚΑ, «απόβλητα από την καύση ή την πυρόλυση αποβλήτων» και κατατάσσονται σε εξαψήφιο κωδικό ΕΚΑ ανάλογα με την σύσταση και την προέλευσή τους. Για την κατηγοριοποίηση των υπολειμμάτων πρέπει να διενεργούνται δειγματοληψίες και αναλύσεις για τον προσδιορισμό των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων καθώς και του ρυπογόνου φορτίου τους.

Η διαχείριση που ακολουθείται εξαρτάται από την κατηγοριοποίηση των υπολειμμάτων ως επικίνδυνα ή μη επικίνδυνα.

Αν η περαιτέρω διαχείριση αφορά διάθεση σε Χώρο Υγειονομικής Ταφής, λαμβάνονται υπόψη οι διατάξεις της απόφασης 2003/33/ΕΚ «για τον καθορισμό κριτηρίων και διαδικασιών αποδοχής των αποβλήτων στους χώρους υγειονομικής ταφής σύμφωνα με το άρθρο 16 και το παράρτημα ΙΙ της Οδηγίας 1999/31/ΕΚ», όπως εκάστοτε ισχύουν.

- **Προϋποθέσεις για την εφαρμογή της μεθόδου της αποτέφρωσης (ΚΥΑ 37591/2031/2003 υπό αναθεώρηση)**

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Οι τεχνικές προδιαγραφές για την εφαρμογή της μεθόδου (σχεδιασμός και συνθήκες λειτουργίας) των εγκαταστάσεων αποτέφρωσης ΕΑ προβλέπονται από το Άρθρο 6 της Κ.Υ.Α. 22912/1117/2005, όπως εκάστοτε ισχύει. Επιπλέον ισχύουν τα εξής:

Οι θάλαμοι καύσεως θα πρέπει να διαθέτουν επαρκή χωρητικότητα για τροφοδοτική δόση ίση τουλάχιστον με το ένα δέκατο (1/10) της ωριαίας δυναμικότητας της εγκατάστασης.

Το υλικό κατασκευής των θαλάμων καύσης και μετάκαυσης θα πρέπει να παρουσιάζει αντοχή σε διαβρωτικά απόβλητα ή αέρια και σε θερμικά σοκ.

Το άνοιγμα της εισόδου θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο ώστε να επιτρέπει τη φόρτωση πακεταρισμένων αποβλήτων.

Η λειτουργία του καυστήρα θα πρέπει να επιβλέπεται και να ρυθμίζεται από μία κεντρική κονσόλα, με συνεχή επίδειξη και καταγραφή των παραμέτρων λειτουργίας.

Το σύστημα τροφοδοσίας να είναι κατασκευασμένο κατά τρόπο ώστε να:

- Απολυμαίνεται εύκολα
- Εμποδίζεται η χύδην τροφοδοσία της εγκατάστασης
- Παρεμποδίζεται η παραμόρφωση των δοχείων αποβλήτων – όπου αυτά χρησιμοποιούνται – προ της εισόδου τους στο θάλαμο καύσεως.

## 6.7 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η τεχνική περιγραφή των προτεινόμενων μονάδων σύμφωνα με την τεχνολογία της θερμικής οξείδωσης με χρήση περιστρεφόμενου κλιβάνου. Οι δυναμικότητες των μονάδων σύμφωνα και με την Επικαιροποίηση του Εθνικού Σχεδιασμού Διαχείρισης Αποβλήτων από Εγκαταστάσεις στον τομέα της Υγείας είναι 11 tn/d για τη μονάδα της Δυτικής Ελλάδας και 7,5 tn/d για τη Μακεδονία. Οι επικρατέστερες θέσεις εγκατάστασης είναι η ΒΙ.ΠΕ. Πάτρας και οι Κ.Ε.Ο.Δ. Κοζάνης αντίστοιχα (βλ. Πολυκριτηριακή αξιολόγηση στο Κεφάλαιο 4).

Το κόστος των μονάδων υπολογίζεται σε περίπου 3 εκ. € για τη μονάδα της Μακεδονίας και περίπου 4 εκ. € για τη μονάδα της Δυτικής Ελλάδας.

### 6.7.1 Υποδοχή

Τα ΑΥΜ που παραλαμβάνονται στην εγκατάσταση ζυγίζονται και στη συνέχεια αποθηκεύονται προσωρινά μέχρι την επεξεργασία τους. Η αποθήκευση θα γίνεται σε ψυκτικούς θαλάμους, επαρκούς χωρητικότητας και υπό συνθήκες που δεν επιτρέπουν την αλλοίωση των αποβλήτων. Στον χώρο αυτόν, πρέπει να υπάρχει



ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

ευκρινής σήμανση με τον όρο «Επικίνδυνα Απόβλητα» και το διεθνές σύμβολο του μολυσματικού και επικινδύνου.

Ο ψυκτικός θάλαμος θα πρέπει να έχει τις ακόλουθες τεχνικές προδιαγραφές:

- Ο ψυκτικός θάλαμος πρέπει να είναι επαρκούς χωρητικότητας (ανάλογης με το μέγεθος της Υγειονομικής Μονάδας), να φέρει στην πόρτα του το διεθνές σύμβολο του μολυσματικού και επικινδύνου και τον όρο «Επικίνδυνα Απόβλητα».
- Τα αναγκαία τεχνικά χαρακτηριστικά του ψυκτικού θαλάμου είναι τα παρακάτω:
- Η κατασκευή του θαλάμου πρέπει να είναι από υλικά υψηλής ανθεκτικότητας με αντοχή στην οξείδωση.
- Ο θάλαμος, πρέπει είναι βαμμένος εξωτερικά και εσωτερικά, με υψηλής αντοχής χρώματα.
- Να διαθέτει αντιολισθητικό δάπεδο με κατάλληλο υπόστρωμα (μεταλλικό ή βιομηχανικού τύπου) για ενίσχυση του δαπέδου.
- Να είναι μονωμένος
- Να φέρει μεταλλική πόρτα, η οποία κλείνει αεροστεγώς, με εξωτερικό διακόπτη για την ενεργοποίηση του εσωτερικού φωτισμού ή να υπάρχει εσωτερικό σύστημα φωτισμού με αδιάβροχες λυχνίες οι οποίες να τίθενται σε λειτουργία άμεσα με το άνοιγμα της πόρτας.
- Η ηλεκτρική εγκατάσταση, πρέπει να αποτελείται από έναν εξωτερικό πίνακα, μεταλλικό, για τη σωστή λειτουργία και τον έλεγχο του ψυκτικού θαλάμου. Ο πίνακας, πρέπει να διαθέτει ένα ρυθμιζόμενο θερμοστάτη, μια μικροαυτόματη ασφάλεια, και έναν ρευματολήπτη βιομηχανικού τύπου, στεγανό. Το σύστημα ψύξης πρέπει να είναι αυτόνομο, με ψυκτική μονάδα συντήρησης. Να αποτελείται από όλα τα εξαρτήματα, τα οποία είναι απαραίτητα για την σωστή και αυτόματη λειτουργία του.
- Να διαθέτει πόμολο ασφαλείας για άνοιγμα και από το εσωτερικό του θαλάμου.
- Η αποθήκευση των αποβλήτων θα πρέπει να γίνεται σε θερμοκρασία  $\leq 5^{\circ}\text{C}$ , εντός της εγκατάστασης και για μέγιστο χρονικό διάστημα όχι μεγαλύτερο των πέντε (5) ημερών λαμβάνοντας υπόψη και τον αποθηκευτικό χρόνο που προηγήθηκε εντός της υγειονομικής μονάδας.

### 6.7.2 Αποτέφρωση

Το τμήμα της αποτέφρωσης αποτελείται από τον κλίβανο και τον θάλαμο μετάκαυσης. Το σύστημα των ιμάντων μεταφοράς προσκομίζει τα ΑΥΜ στον τροφοδότη του κλιβάνου. Ο τροφοδότης διαθέτει μία σειρά μηχανισμών και αυτοματισμών που ελέγχονται από κατάλληλα συστήματα ελέγχου και επιτρέπουν τη λειτουργία του κλιβάνου κάτω από βέλτιστες συνθήκες.

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Στο εσωτερικό του περιστρεφόμενου κλιβάνου διεξάγονται οι βασικές αντιδράσεις ολόκληρης της παραγωγικής διαδικασίας. Προκειμένου να επιτευχθούν τα βέλτιστα αποτελέσματα ο χειρισμός της εγκατάστασης πρέπει να είναι όσο το δυνατόν προσεκτικός τόσο όσον αφορά τη διαδικασία της αποτέφρωσης όσο και την τακτική και έκτακτη συντήρηση. Η θερμοκρασία εντός του κλιβάνου είναι άνω των 900 °C ενώ αυτός θα έχει ελαφρά κλίση περίπου 2°, μέσω της οποίας και σε συνδυασμό με την ταχύτητα περιστροφής θα ρυθμίζεται ο χρόνος παραμονής στο εσωτερικό του κλιβάνου.

Ο θάλαμος καύσεως θα πρέπει να διαθέτει επαρκή χωρητικότητα για τροφοδοτική δόση ίση τουλάχιστον με το ένα δέκατο (1/10) της ωριαίας δυναμικότητας της εγκατάστασης.

Το υλικό κατασκευής του θαλάμων καύσης και μετάκαυσης θα πρέπει να παρουσιάζει αντοχή σε διαβρωτικά απόβλητα ή αέρια και σε θερμικά σοκ.

Το άνοιγμα της εισόδου θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο ώστε να επιτρέπει τη φόρτωση πακεταρισμένων αποβλήτων.

Η λειτουργία του καυστήρα θα πρέπει να επιβλέπεται και να ρυθμίζεται από μία κεντρική κονσόλα, με συνεχή επίδειξη και καταγραφή των παραμέτρων λειτουργίας.

Το σύστημα τροφοδοσίας να είναι κατασκευασμένο κατά τρόπο ώστε να:

- Απολυμαίνεται εύκολα
- Εμποδίζεται η χύδην τροφοδοσία της εγκατάστασης
- Παρεμποδίζεται η παραμόρφωση των δοχείων αποβλήτων – όπου αυτά χρησιμοποιούνται – προ της εισόδου τους στο θάλαμο καύσεως.

### 6.7.3 Θάλαμος Μετάκαυσης

Τα παραγόμενα απαέρια από τον περιστροφικό κλίβανο προωθούνται προς το θάλαμο μετάκαυσης, στόχους του οποίου είναι να εξασφαλίσει την ολοκλήρωση της καύσης και συνεπώς και της συνολικής θερμοκαταστροφής όλων των ενδεχόμενων οργανικών συστατικών των καυσαερίων και κυρίως των οργανοχλωριούχων μικρορύπων (ΡΑΗ, PCB, διοξίνες). Οι βασικές παράμετροι που καθορίζουν τη λειτουργία του θαλάμου μετάκαυσης είναι ο χρόνος παραμονής και η θερμοκρασία, η οποία κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 900 και 1.200 °C. Όσον αφορά το χρόνο παραμονής αυτός θα πρέπει είναι κατ' ελάχιστο 2 δευτερόλεπτα ωστόσο στην πράξη μπορεί να ανέλθει μέχρι και 5 δευτερόλεπτα.

### 6.7.4 Τμήμα επεξεργασίας καυσαερίων

Στο τμήμα καθαρισμού απαερίων επιτυγχάνονται οι εξής στόχοι:

- Η ελαχιστοποίηση των εκπομπών στην καπνοδόχο



ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

- Η παροχή ενός ευέλικτου συστήματος, το οποίο να μπορεί να προσαρμοστεί σε αλλαγές της παροχής και συγκέντρωσης εισερχομένων ρύπων, εξασφαλίζοντας παράλληλα την τήρηση των ορίων εκπομπής

Ένα ενδεικτικό σύστημα αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Τμήμα ψύξης: Το τμήμα ψύξης αποτελείται από ένα εναλλάκτη θερμότητας και ένα πύργο ψύξης.

Στον εναλλάκτη πραγματοποιείται η ψύξη των καυσαερίων εις βάρος της θερμότητας μιας συγκεκριμένης ποσότητας αέρα, η οποία εν μέρει χρησιμοποιείται για την ανάμιξη με τα καυσαέρια που εξέρχονται από την καπνοδόχο. Η εν λόγω ανάμιξη έχει σκοπό να ευνοήσει την διάχυση στην ατμόσφαιρα και να καταστήσει λιγότερο ορατό το νέφος.

Ο πύργος ψύξης έχει σκοπό να μειώσει τη θερμοκρασία σε αποδεκτά επίπεδα για το επόμενο στάδιο του καθαρισμού, εισάγοντας μια ελάχιστη ποσότητα και σε κάθε περίπτωση αποδεκτή, υγρασία στα καυσαέρια. Η ψύξη των καυσαερίων επιτρέπει την χρήση αγωγών μικρότερης διατομής, την επίτευξη ιδεώδους θερμοκρασίας για τις αντιδράσεις του σχηματισμού των αλάτων μεταξύ ασβεστίου και ρύπων, ευνοεί την απορρόφηση των ρύπων εκ μέρους των ενεργών ανθράκων και την επεξεργασία της ροής σε χαμηλή θερμοκρασία χρησιμοποιώντας μηχανήματα που βρίσκονται μέσα από αυτόν με υλικά μικρότερου κόστους.

- Τμήμα καθαρισμού και αποβολής καυσαερίων

Σε αυτό το τμήμα της εγκατάστασης πραγματοποιείται κατακρήμνιση των ρύπων για την επίτευξη των ορίων εκείνων που τίθενται από τη νομοθεσία. Επίσης προβλέπεται η θέρμανση των καυσαερίων κατά την έξοδο από τον πύργο πλύσης για να αποφευχθεί ο σχηματισμός ενός πολύ εμφανούς νέφους. Η διαδικασία της θέρμανσης δεν επιφέρει κανένα πρόσθετο διαχειριστικό κόστος επειδή χρησιμοποιεί τον θερμό αέρα που προέρχεται από τον εναλλάκτη. Τα κύρια μέρη του τμήματος καθαρισμού και αποβολής καυσαερίων είναι ο αντιδραστήρας, το σακόφιλτρο, ο πύργος πλύσης και η καπνοδόχος.

Ο αντιδραστήρας είναι ένα στατικό μηχάνημα με σκοπό την εξουδετέρωση των ρύπων που υπάρχουν στα προϊόντα καύσης μέσω της ανάμιξης με ένα ρεύμα που περιέχει χημικά αντιδρώντα στοιχεία.

Το σακόφιλτρο κατακρατεί το μεγαλύτερο μέρος της τέφρας μέχρι τις πιο λεπτές κοκκομετρίες και σε αυτό πραγματοποιούνται οι αντιδράσεις που δεν μπόρεσαν να αναπτυχθούν στον αντιδραστήρα. Η αρχή της λειτουργίας του φίλτρου είναι η μηχανική σύλληψη της τέφρας που παρασύρεται με τα καυσαέρια μέσω της παρέμβασης ενός υφάσματος με πολύ λεπτή ύφανση κατάλληλο για να αντέχει στις εν λόγω θερμοκρασίες και την επαφή με όξινες ενώσεις.

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Ο πύργος πλύσης εξυπηρετεί στη μείωση της τιμής της συγκέντρωσης των όξινων ουσιών που υπάρχουν στα καυσαέρια κατά την έξοδο από το σακόφιλτρο.

Η καπνοδόχος έχει σκοπό την απόρριψη των καυσαερίων σε κατάλληλο ύψος και ταχύτητα για την αποφυγή επιστροφής των ρύπων στον περιβάλλοντα χώρο της εγκατάστασης.

### 6.7.5 Διαχείριση υγρών αποβλήτων

Λόγω της χρήσης νερού σε διάφορα σημεία της μονάδας επεξεργασίας παράγονται υγρά απόβλητα τα οποία θα πρέπει να συλλεχθούν και να οδηγηθούν προς επεξεργασία. Τα υγρά απόβλητα της μονάδας θερμικής επεξεργασίας μπορεί να είναι:

- Όμβρια ύδατα που ήρθαν σε επαφή με ρυπασμένες επιφάνειες
- Απόβλητα από την επεξεργασία των απαερίων
- Χρησιμοποιημένο νερό ψύξης
- Υγρά απόβλητα από λοιπές διεργασίες της μονάδας (π.χ. λέβητα, χημικό εργαστήριο, έκπλυση container)

Τα προαναφερθέντα υγρά απόβλητα θα συλλέγονται ξεχωριστά και θα οδηγούνται σε μονάδα επεξεργασίας. Ο τύπος και η μορφή της τεχνολογίας που θα εφαρμόζεται στη μονάδα φυσικοχημικής επεξεργασίας θα καθοριστεί με βάση τεχνικά και οικονομικά κριτήρια και σύμφωνα με την ποιοτική σύσταση των αποβλήτων. Τα υγρά απόβλητα που παράγονται συνήθως περιέχουν:

- Βαρέα μέταλλα, συμπεριλαμβανομένου του Hg
- Ανόργανα άλατα (χλωριούχα, θειικά κ.α.)
- Οργανικές ενώσεις (φαινόλες, PCDD/PCDF)

### 6.7.6 Διαχείριση στερεών αποβλήτων

Τα στερεά απόβλητα της μονάδας αποτελούνται από την τέφρα βάσης και την ιπτάμενη τέφρα. Η τέφρα βάσης μπορεί να συλλέγεται σε κατάλληλους υποδοχείς και στη συνέχεια να οδηγείται προς διάθεση στον πλησιέστερο Χ.Υ.Τ.Α. εφόσον πληροί τα κριτήρια αποδοχής που περιέχονται στην Απόφαση 2003/33/ΕΚ για τον καθορισμό κριτηρίων και διαδικασιών αποδοχής των αποβλήτων στους χώρους υγειονομικής ταφής. Η ιπτάμενη τέφρα θα οδηγείται επίσης για ταφή αφού πρώτα υποστεί επεξεργασία ώστε να πληροί τα κριτήρια υποδοχής του Χ.Υ.Τ.

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

## 6.8 ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ

### 6.8.1 ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

Σύμφωνα με στοιχεία της ΑΠΟΤΕΦΡΩΤΗΡΑΣ Α.Ε. οι ποσότητες ΑΥΜ που αποτεφρώθηκαν σε διάφορες χρονικές περιόδους και οι αντίστοιχες παραχθείσες ποσότητες ιπτάμενης τέφρας και τέφρας κλιβάνου είναι:

**Πίνακας 6.8-1: Ποσότητες αποτεφρωθέντων αποβλήτων**

Χρονική Περίοδος	Ποσότητα αποτεφρωθέντων αποβλήτων (kg)	Ιπτάμενη Τέφρα (tn)	% Του συνόλου των αποτεφρ.	Τέφρα Κλιβάνου (tn)	% του συνόλου των αποτεφρωθέντων
2003-2006	Μ.Δ.	750		600	
2007	4.268.403,4 <sup>1</sup>	660 <sup>2</sup>	15,46	446 <sup>2</sup>	10,44
2008	4.330.8925,0	670 <sup>2</sup>	15,47	454 <sup>2</sup>	10,48
2009	4.248.534,5	760	17,88	550	12,94
2010	3.769.956,5	325	8,62	182	4,82
2011 (Α' Εξάμηνο)	1.526.499	Μ.Δ.		Μ.Δ.	

Πηγή: [16], Επικοινωνία με ΑΠΟΤΕΦΡΩΤΗΡΑΣ ΑΕ, Ιούνιος 2011

#### Παρατηρήσεις επί του πίνακα

1. Δόθηκαν στοιχεία από 08/06/2007 έως 31/12/2007 για 2.134.201,7 kg οπότε για το σύνολο του έτους διπλασιάστηκαν για τον σκοπό της παρούσας μελέτης και προκύπτει ποσότητα 4.268.403,4 kg για το 2007 που είναι παραδεκτή στη βάση και των ποσοτήτων των επόμενων ετών.
2. Δόθηκαν στοιχεία για την διετία 2007-2008 (1300 tn υπ. Τέφρας και 900 tn τέφρας κλιβάνου) που κατανεμήθηκαν από τους μελετητές ανάλογα με την ποσότητα των αποτεφρωθέντων αποβλήτων.
3. Από το 2009 ο αποτεφρωτήρας μπορούσε να δέχεται και απόβλητα τοξικού χαρακτήρα.
4. Μ.Δ.= μη διαθέσιμα στοιχεία.

Σύμφωνα με την Τεχνική Μελέτη της παραγωγικής διαδικασίας του ΜΝΑ [74], προκύπτουν κατά τμήμα της επεξεργασίας αποβλήτων οι παρακάτω ποσότητες ιπτάμενης και τέφρας κλιβάνου.

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

1. Τροφοδοσία κλιβάνου: 625 kg/h (ή 15 tn/d για 24ωρη λειτουργία όση είναι και η δυναμικότητα κάθε μίας από τις δύο εν λειτουργία μονάδες)  
Τέφρα από τον θάλαμο μετάκαυσης: 71 kg/h  
Χαρακτηρισμός: Τέφρα κλιβάνου  
Ποσοστό επί της Τροφοδοσίας: 11,36%  
Παροχή καυσαερίων στην έξοδο (850-1200° C): 4.850 Nm<sup>3</sup>/h

## 2. Επεξεργασία καυσαερίων

### 2.1 Τμήμα ψύξης

#### Εναλλάκτης θερμότητας

Καθίζηση τέφρας: 15 kg/h  
Χαρακτηρισμός: Ιπτάμενη τέφρα  
Ποσοστό επί της τροφοδοσίας: 2,4%

#### Πύργος ψύξης

Καθίζηση τέφρας: 14 kg/h  
Χαρακτηρισμός: Ιπτάμενη τέφρα  
Ποσοστό επί της τροφοδοσίας: 2,24%  
Παροχή καυσαερίων στην έξοδο: 6.670 Nm<sup>3</sup>/h (170° C)

### 2.2 Αντιδραστήρας

Παροχή Υδρασβέστου: 14,5 kg/h  
Παροχή ενεργού άνθρακα: 1,5 kg/h  
Τέφρα & υποπροϊόντα καθίζησης: 5 kg/h  
Χαρακτηρισμός τέφρας: Ιπτάμενη τέφρα  
Ποσοστό επί της τροφοδοσίας: 0,24%  
Παροχή καυσαερίων στην έξοδο: 8.170 Nm<sup>3</sup>/h (145° C)

### 2.3 Φίλτρο

Καθίζηση τέφρας & υδρασβέστου: 18 kg/h  
Χαρακτηρισμός τέφρας: Ιπτάμενη τέφρα  
Ποσοστό επί της τροφοδοσίας: 2,88%  
Παροχή καυσαερίων στην έξοδο: 8.170 Nm<sup>3</sup>/h (145° C)

### 2.4 Πύργος πλύσης

Παροχή NaOH: 19,5 kg/h  
Μέρος του συλλεγόμενου νερού τροφοδοτεί τον πύργο ψύξης του τμήματος ψύξης και η τέφρα παραλαμβάνεται σε εκείνο το σημείο. Δεν προκύπτουν υγρά απόβλητα.  
Παροχή καυσαερίων στην έξοδο: 8.573 Nm<sup>3</sup>/h (72° C)

### 2.5 Καπνοδόχος

Παροχή καυσαερίων: 20.573 Nm<sup>3</sup>/h (110° C)  
(Προστίθενται 12.000 Nm<sup>3</sup>/h αέρα θερμοκρασίας 135° C από τον εναλλάκτη θερμότητας).

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Έξοδος καπνοδόχου: 20.573 Nm<sup>3</sup>/h (110° C)

Από τα ανωτέρω συμπεραίνεται ότι κατά τους υπολογισμούς για τον ΜΝΑ προκύπτουν τα εξής:

Τροφοδοσία: 625 kg/h  
Τέφρα κλιβάνου: 71 kg/h (11.36%)  
Ιπτάμενη τέφρα: 52 Kg/h (8.32%)

Στην ιπτάμενη τέφρα συνυπολογίζονται πέραν της κατακρατούμενης στο σακκόφιλτρο και αυτή που καθιζάνει στον εναλλάκτη θερμότητας, στον πύργο ψύξης και στον αντιδραστήρα με την προσθήκη αντιδραστηρίων (υδράσβευστος 14,5 kg/h, Ενεργός άνθρακας 1,5 kg/h, NaOH 19,5 Kg/h) για την εξουδετέρωση των ρύπων.

Η ιπτάμενη τέφρα που προέρχεται από το σακκόφιλτρο είναι της τάξης του 2,88% σε σχέση με τα προς αποτέφρωση απόβλητα, που είναι εντός των ορίων 1-3% για αυτή την κατηγορία ιπτάμενης τέφρας που αναφέρει η βιβλιογραφία [45] (άλλη βιβλιογραφική πηγή [21] δίνει ποσοστό 1,5%). Επίσης η τέφρα που προέρχεται από την επεξεργασία των καυσαερίων είναι της τάξης του 5,44% σε σχέση με τα προς αποτέφρωση απόβλητα όταν η βιβλιογραφία αναφέρει ποσοστά της τάξης 2-5%. [45]

Για τα στοιχεία που δόθηκαν από την ΑΠΟΤΕΦΡΩΤΗΡΑΣ Α.Ε. στην μελετητική ομάδα σημειώνουμε τα εξής:

1. Τα στοιχεία μέχρι και το 2009 (πίνακας 6.8.1) δείχνουν μεγαλύτερη ποσοστιαία κατανομή ιπτάμενης τέφρας (8,62% - 17,88%) και τέφρας κλιβάνου (4,83% - 12,94%). Μάλιστα η ποσότητα της ιπτάμενης τέφρας δίνεται μεγαλύτερη από την τέφρα κλιβάνου.
2. Από το 2010 οπότε ουσιαστικά η μονάδα μπορεί να δέχεται και τοξικού χαρακτήρα ΑΥΜ (Ημερομηνία Έκδοσης ΑΕΠΟ 24-12-2008) μειώνονται τουλάχιστον κατά 50% οι παραγόμενες ποσότητες ιπτάμενης τέφρας και τέφρας κλιβάνου όταν η μονάδα (δύο γραμμές παραγωγής) δουλεύει στο 60% περίπου της δυναμικότητάς της.
3. Σύμφωνα με στοιχεία της ΑΠΟΤΕΦΡΩΤΗΡΑΣ Α.Ε. οι χρησιμοποιούμενες ποσότητες σήμερα υδρασβέστου είναι της τάξης του 80-90 kg/h και ενεργού άνθρακα της τάξης των 2,5 kg/h. Οι ποσότητες αυτές δικαιολογούν τις υψηλότερες τιμές της ιπτάμενης τέφρας συγκριτικά με την τέφρα βάσης.

Στην Διεθνή βιβλιογραφία απαντώνται τα κάτωθι ποσοστά (πίνακας 6.8.2) ιπτάμενης τέφρας και τέφρας κλιβάνου σε σχέση με την ποσότητα των προς αποτέφρωση αποβλήτων:

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

**Πίνακας 6.8-2: Βιβλιογραφικά δεδομένα παραγωγής τέφρας**

Είδος Τέφρας	Ποσοστό %			Πηγή
	Max	Min	Μέσος όρος	
1. Τέφρα βάσης	8,3	24,6	14 22,6	[54] σελ. 190 [75] σελ. 88
2. Ιπτάμενη τέφρα από επεξεργασία	3,2 1	17,7 3	7,4 2	[54] σελ. 190 [36]
3. Ιπτάμενη τέφρα φίλτρων	0,9 2	8,3 5	3,0 3,5 1,5	[54] σελ. 190 [36] [21]

Κατόπιν των ανωτέρω δεχόμαστε για τον υπολογισμό της δυναμικότητας της μονάδας αδρανοποίησης τέφρας ότι οι παραγόμενες ποσότητες ιπτάμενης τέφρας κατά την θερμική οξείδωση σε περιστροφικό κλίβανο είναι της τάξης του 8,5% των εισερχομένων αποβλήτων, βάσει του σχεδιασμού της μονάδας. Η τέφρα κλιβάνου λαμβάνεται ως ποσοστό 11,5% επί των εισερχομένων αποβλήτων.

Με βάση τις προβλεπόμενες ποσότητες αποβλήτων (ΕΑΑΜ και ΑΕΑ) που θα επεξεργάζονται στις 3 μονάδες αποτέφρωσης, υπολογίζεται η ποσότητα ιπτάμενης τέφρας προς αδρανοποίηση.

**Πίνακας 6.8-3: Υπολογισμός Ποσότητας Ιπτάμενης Τέφρας προς Επεξεργασία**

Μονάδα	Ποσότητα αποβλήτων προς επεξεργασία (kg/ημέρα)	Ποσότητα ιπτάμενης τέφρας (kg/ημέρα)
Αττική (ΕΣΔΚΝΑ)	23.601	2.006
Δυτική Ελλάδα	8.214	698
Μακεδονία	5.533	471
<b>Σύνολο</b>	<b>37.348</b>	<b>3.175</b>

Η δυναμικότητα της μονάδας επιλέγεται 4 tn/ημέρα.

### 6.8.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Η ιπτάμενη τέφρα θα μεταφέρεται στη μονάδα αδρανοποίησης σε κλειστούς αεροστεγείς σάκους (big-bags) και θα αποθηκεύεται σε σιλό. Από το σιλό θα μεταφέρεται στο χώρο επεξεργασίας μέσω μηχανικού φτυαριού, χοάνης και μεταφορικής ταινίας.

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ–ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Η στερεοποίηση/σταθεροποίηση γίνεται με προσθήκη τσιμέντου και ποζολανικών υλικών. Υγρά αντιδραστήρια αποτελούν χημικά πρόσθετα όπως πυριτικό νάτριο ή διαλυτά φωσφορικά άλατα.

Τα αντιδραστήρια σε μορφή σκόνης θα αποθηκεύονται σε σιλό και θα προστίθενται μέσω δοσομετρικού κοχλίου.

Τα υγρά αντιδραστήρια θα αποθηκεύονται σε δεξαμενές και θα προστίθενται μέσω αντλιών.

Το νερό θα διοχετεύεται μέσω αντλίας από το δίκτυο ύδρευσης.

Ο αναμίκτης θα λειτουργεί ασυνεχώς. Ένας πλήρης κύκλος ανάμιξης περιλαμβάνει την δοσομέτρηση, πλήρωση και μίξη. Ο αναμίκτης είναι ενσωματωμένος στη συνολική διάταξη μίξης που συμπεριλαμβάνει τον εξοπλισμό ζύγισης και τροφοδοσίας. [61]

Η ιπτάμενη τέφρα αναμιγνύεται με τσιμέντο, πρόσθετα και νερό για την ολοκλήρωση της τσιμεντοποίησης. Πυριτικά πρόσθετα χρησιμοποιούνται για την μείωση της εκχυλισιμότητας του μολύβδου και θειώδη για τα υπόλοιπα βαρέα μέταλλα. Με αυτή την τεχνική η τέφρα ενσωματώνεται στη δομή του τσιμέντου και τα βαρέα μέταλλα αντιδρούν παρουσία νερού για το σχηματισμό υδροξειδίων ή ανθρακικών αλάτων, τα οποία είναι λιγότερο διαλυτά από την αρχική μεταλλική δομή.

Με βάση τις παραπάνω αντιδράσεις και με την προϋπόθεση της κατάλληλης αναλογίας αντιδραστηρίων και συνθηκών αντίδρασης, θα επιτυγχάνεται αδρανοποίηση της ιπτάμενης τέφρας και δραστική μείωση της επικινδυνότητας της. Σε κάθε περίπτωση, η καταλληλότητα του αδρανοποιημένου αποβλήτου θα ελέγχεται με αναλύσεις από πιστοποιημένο εργαστήριο και με τις μεθόδους που ενδείκνυνται.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ενδεικτική κάτοψη της μονάδας αδρανοποίησης τέφρας.

ΕΡΓΟΔΟΤΗΣ	: Ε.Υ.Δ. Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α
ΕΡΓΟ	: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΚΟΣΤΟΥΣ-ΩΦΕΛΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Α) ΔΥΟ ΝΕΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ ΙΑΤΡΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ Β) ΜΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΕΦΡΑΣ
	: ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Β Κεφάλαιο 6

Εικόνα 6.8-1: Ενδεικτική κάτοψη μονάδας αδρανοποίησης τέφρας

