

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΛΑΡΙΣΑΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΡΓΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Διαχείριση αποβλήτων μεταλλευτικών εξορύξεων»**

**Μαρία Βουδούρογλου  
Πολιτικός Μηχανικός Τ.Ε.**

**ΛΑΡΙΣΑ, 2019**

**UNIVERSITY OF THESSALY  
GENERAL DEPARTMENT LARISSA**

**POSTGRADUATE STUDIES PROGRAM  
“ADVANCED ENVIRONMENTAL MANAGEMENT  
TECHNOLOGIES IN ENGINEERING WORKS”**

**POSTGRADUATE MASTER’S THESIS**

**«Mining waste management»**

**Maria Voudouroglou  
Civil Engineer T.E.**

**LARISSA, 2019**

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:**

- 1) **Χουλιάρης Ιωάννης**, Καθηγητής, Περιβαλλοντική Γεωτεχνική, Γενικό Τμήμα Λάρισας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Επιβλέπων***,
- 2) **Αλαμανής Νικόλαος**, Επίκουρος Καθηγητής, Προχωρημένη Γεωτεχνική – Προσομοιώσεις, Γενικό Τμήμα Λάρισας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος***,
- 3) **Παπαγεωργίου Γρηγόριος**, Επίκουρος Καθηγητής, Εναρμόνιση Οδικών Υποδομών Στο Περιβάλλον, Γενικό Τμήμα Λάρισας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος***,

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η δραστηριότητα της εξορυκτικής βιομηχανίας έχει ιδιαίτερα ισχυρές οικονομικές επιδράσεις σε όλες τις χώρες του κόσμου. Στο Ελλαδικό χώρο η εξορυκτική δραστηριότητα έχει αναπτυχθεί από αρχαιοτάτων χρόνων και αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι της οικονομίας.

Τα προϊόντα των μεταλλευτικών εξορύξεων, χρησιμοποιούνται ευρέως σε ένα μεγάλο φάσμα επιστημών, ενώ παράλληλα, έχουν εφαρμογή σε όλες τις πτυχές της ανθρώπινης καθημερινότητας, είτε ως συστατικά άλλων αγαθών, είτε ως αυτούσια εμπορεύσιμα προϊόντα.

Ωστόσο, παρά την καθολική χρήση των προϊόντων της, η εξορυκτική βιομηχανία, συχνά βρίσκεται στο επίκεντρο αυστηρής κριτικής, εξαιτίας του αποτυπώματος που αφήνει, στις περιοχές που δραστηριοποιείται. Το αποτύπωμά της, αφορά συνήθως στα παραγόμενα απόβλητα, τα οποία σε ορισμένες περιπτώσεις, αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για το φυσικό περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία.

Στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία, επιχειρείται να δοθεί, μια ολοκληρωμένη περιγραφή των εγκαταστάσεων διαχείρισης αποβλήτων μεταλλευτικών εξορύξεων, των πολυάριθμων παραμέτρων που τις επηρεάζουν καθώς και ένα πλαίσιο αρχών, όσον αφορά στο σχεδιασμό, την κατασκευή και τη διαχείρισή τους.

**Λέξεις – κλειδιά :** απόβλητα, διαχείριση, εξόρυξη

## **ABSTRACT**

The activity of the mining industry has particularly strong economic effects in all countries of the world. In Greece, mining has developed since ancient times and is an important part of Greek economy.

Mining products are widely used in a wide range of sciences, while being applicable to all aspects of human daily life, either as components of other goods or as self-marketable products.

However, despite the universal use of its products, the mining industry is often the subject of severe criticism, due to the imprint it leaves, in the areas in which it operates. Its footprint is usually related to the waste produced, which in some cases presents a significant risk to the natural environment and human health.

In this postgraduate study, it is attempted to provide a comprehensive description of the waste management facilities of the mining industry, the numerous parameters affecting them and a framework of principles for their design, construction and management.

**Key Words :** waste, management, mining

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Γενικά .....	1
1.2 Ορισμός των Εξορυκτικών Αποβλήτων .....	2
1.3 Ταξινόμηση εξορυκτικών αποβλήτων (φυσικός χαρακτηρισμός).....	4
<b>2. ΕΞΟΡΥΚΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ.....</b>	<b>5</b>
2.1 Εξορυκτική δραστηριότητα στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	5
2.2 Εξορυκτική δραστηριότητα στην Ελλάδα .....	11
2.3 Εξορυκτική δραστηριότητα και Βιώσιμη Ανάπτυξη.....	12
<b>3. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ.....</b>	<b>14</b>
3.1 Οδηγία 2006/21/EC (Mine waste directive) .....	14
3.2 Κοινή Υπουργική Απόφαση 39624/2209/Ε103.....	17
3.3 Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων.....	24
3.4 Περιβαλλοντικός Χαρακτηρισμός Εξορυκτικών Αποβλήτων.....	27
<b>4. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΞΟΡΥΚΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ....</b>	<b>33</b>
4.1 Γενικά .....	33
4.2 Ταξινόμηση Εγκαταστάσεων Διαχείρισης Εξορυκτικών Αποβλήτων .....	34
4.3 Εγκαταστάσεις διαχείρισης στερεών αποβλήτων.....	39
4.3.1 Μέθοδος εξόρυξης λιγνίτη και απόθεσης στερεών αποβλήτων (άγωνα) .....	39
4.3.2 Σχεδιασμός αποθέσεων στερεών αποβλήτων.....	45
4.3.3 Η αποκατάσταση του περιβάλλοντος στα λιγνιτορυχεία .....	49
4.4 Εγκαταστάσεις διαχείρισης υδαρών και υγρών αποβλήτων.....	55
4.4.1 Υδαρή και υγρά απόβλητα .....	55

4.4.2	Υγρά απόβλητα.....	58
4.4.3	Μορφή των εγκαταστάσεων διαχείρισης τελμάτων.....	59
4.4.4	Χωροθέτηση των εγκαταστάσεων διαχείρισης τελμάτων.....	61
4.4.5	Σχεδιασμός των εγκαταστάσεων διαχείρισης τελμάτων.....	66
4.4.6	Οι ιδιότητες των τελμάτων σαν μεταβλητή του σχεδιασμού των εγκαταστάσεων .....	68
4.4.7	Τύποι διάταξης των εγκαταστάσεων διαχείρισης τελμάτων.....	70
4.4.8	Κατασκευή των αναχωμάτων των εγκαταστάσεων .....	77
4.4.9	Απόθεση τελμάτων.....	86
4.4.10	Αστοχία φραγμάτων τελμάτων.....	90
4.4.11	Κάλυψη της Λεκάνης Απόθεσης και Διαχείριση των επιφανειακών υδάτων.....	95
4.4.12	Πρόγραμμα Παρακολούθησης της Εγκατάστασης.....	99
4.4.13	Πρόγραμμα Παρακολούθησης Περιβαλλοντικών Παραμέτρων.....	100
4.4.14	Παροπλισμός και Αποκατάσταση της Εγκατάστασης.....	100
 <b>5. ΒΕΛΤΙΣΤΕΣ ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΤΗΣ ΕΞΟΡΥΚΤΙΚΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ .....</b>		<b>104</b>
 <b>6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>		<b>111</b>
 <b>7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>		<b>112</b>

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1: Κατάρρευση σωρών στείρων σε δημοτικό σχολείο στο Aberfan .....	6
Εικόνα 2.2: Κατάρρευση φράγματος στο Aznacollar .....	7
Εικόνα 2.3: Κατάρρευση φράγματος στο Baía Mare .....	8
Εικόνα 2.4: Κατάρρευση φράγματος στην περιοχή Ajka στην Ουγγαρία .....	9
Εικόνα 2.5: Κατάρρευση φράγματος στην περιοχή Brumadinho στη Βραζιλία .....	10
Εικόνα 4.1: Καδοφόρος εκσκαφέας .....	40
Εικόνα 4.2: Ορυχείο στο οποίο έχει εμφανιστεί το λευκό στρώμα της μάργας.....	40
Εικόνα 4.3: Αποθέτης .....	42
Εικόνα 4.4: Αποθέτης με αναδιπλωτή .....	43
Εικόνα 4.5: Αποθέσεις και ταινιόδρομος .....	44
Εικόνα 4.6: Έδαφος των τελικών αποθέσεων.....	49
Εικόνα 4.7: Λιγνιτικό κέντρο Δυτικής Μακεδονίας, Οπωρώνας, by ΔΕΗ.....	52
Εικόνα 4.8: Πάρκο αναψυχής – Τεχνητή λίμνη στο Κύριο Πεδίο στην Πτολεμαΐδα.....	53
Εικόνα 4.9: Όξινη απορροή στο ορυχείο Κοτρώνι, στο Μαντούδι Εύβοιας.....	55
Εικόνα 4.10: Απόθεση τελμάτων μεταλλείου χρυσού στους λόφους Κορτέζ, Νεβάδα....	57
Εικόνα 4.11: Φράγμα τελμάτων cross valley σε κοιλάδα στον Καναδά.....	72
Εικόνα 4.12: Φράγμα τελμάτων σε κοιλάδα στη Δυτική Αυστραλία .....	73
Εικόνα 4.13: Φράγμα τελμάτων σε διάταξη κυκλικού αναχώματος με τρεις κυψέλες, Δυτική Αυστραλία .....	75
Εικόνα 4.14: Φράγμα τελμάτων σε επιφανειακό όρυγμα ορυχείου .....	77
Εικόνα 4.15: Μορφές καλυμμάτων για εγκαταστάσεις διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων (B.A.T. for Management of Tailings and Waste Rock in Mining Activities,2009).....	98
Εικόνα 5.1: Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές .....	104

## Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1.1: Τρόπος παραγωγής εξορυκτικών αποβλήτων.....	3
Σχήμα 2.1: Παραγωγή αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση ανά κλάδο δραστηριότητας, EUROSTAT, 2011.....	5
Σχήμα 3.1: Μεθοδολογία περιβαλλοντικού χαρακτηρισμού των Ε.Α. ....	29
Σχήμα 3.2: Μεθοδολογία κατηγοριοποίησης των Ε.Α. ....	32
Σχήμα 4.1: Μεθοδολογία ταξινόμησης εγκαταστάσεων διαχείρισης Ε.Α. ....	38
Σχήμα 4.2: Σχηματική αναπαράσταση των ορυχείων με εκσκαφείς και αποθέτες. ....	44
Σχήμα 4.3: Μονό (α) και πολλαπλό (β) φράγμα σε κοιλάδα. ....	71
Σχήμα 4.4: α) μονό και β) κυκλικό ανάχωμα με υποτμήματα. ....	74
Σχήμα 4.5: Κατεύθυνση τελικής στέψης του αναχώματος για κάθε κατασκευαστική μέθοδο ανύψωσης (Vick, 1990).....	81
Σχήμα 4.6: Σταδιακή ανύψωση αναχώματος προς τα ανάντη. ....	82
Σχήμα 4.7: Σταδιακή ανύψωση αναχώματος προς τα κανάντη.....	84
Σχήμα 4.8: Σταδιακή ανύψωση αναχώματος καθ' ύψος.....	85

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1: Ταξινόμηση μεταλλευτικών αποβλήτων, σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων .....	30
---	----



# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Γενικά

Η εκβιομηχάνιση και η μεγάλη ανάπτυξη των ορυχείων και των μεταλλείων κατά τον 19ο και κατά τον 20ο αι. προκάλεσε και σημαντική επέκταση των περιβαλλοντικών συνεπειών της μεταλλευτικής δραστηριότητας.

Τα υπαίθρια ορυχεία απέκτησαν γιγαντιαίες διαστάσεις και μαζί με αυτά γιγαντώθηκε και η απόρριψη στείων, η απορροή όξινων και τοξικών νερών (συνέπεια της οξειδωσης και της φυσικής εκχύλισης κυρίως θειούχων ορυκτών. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα ενός λατομείου είναι δυνατόν να ελεγχθεί κι αυτό σχετίζεται με τον αποτελεσματικό σχεδιασμό, την ασφαλή λειτουργία, την διαχείριση των εξορυκτικών αποβλήτων και την εφαρμογή σχεδίου για την αποκατάστασή του.

Τη σημερινή εποχή, λειτουργούν παγκοσμίως, πάνω από 3.500 μεταλλεία εξόρυξης και βιομηχανικής παραγωγής μετάλλων, που απασχολούν συνολικά εκατομμύρια εργαζομένους. Τα εξορυσσόμενα ορυκτά και μέταλλα (εκτός του πετρελαίου και του φυσικού αερίου) προσεγγίζουν την ετήσια οικονομική αξία των 350 δισεκατομμυρίων ευρώ (<http://www.hellas-gold.com>).

Στην Ελλάδα κάθε χρόνο παράγονται πάνω από 300 εκατ. τον. εξορυκτικών αποβλήτων (ΥΠΕΚΑ, "Αναθεώρηση Εθνικού Σχεδιασμού Διαχείρισης Αποβλήτων, 2014"). Η παραγωγή λιγνίτη συμμετέχει με ποσοστό 86% στη συνολική παραγωγή Εξορυκτικών Αποβλήτων. Γενικότερα τα εξορυκτικά απόβλητα από ορυχεία-μεταλλεία αποτελούν το 96% της συνολικής παραγωγής.

Οι πρακτικές διαχείρισής τους συνίστανται κυρίως σε:

- Διάθεση για πλήρωση κενών εκσκαφής και κοιλοτήτων (71.65%)
- Απόθεση σε χώρους εξωτερικά της εκσκαφής (28.3%)
- Διάθεση σε τέλματα απόθεσης αποβλήτων (0.1%).

## 1.2 Ορισμός των Εξορυκτικών Αποβλήτων

Σύμφωνα με την κείμενη ευρωπαϊκή και ελληνική νομοθεσία, τα εξορυκτικά απόβλητα ορίζονται ως τα απόβλητα που προκύπτουν από την αναζήτηση, την εξόρυξη, την επεξεργασία και την αποθήκευση ορυκτών πόρων και από την εκμετάλλευση λατομείων (Οδηγία 2006/21/ΕΚ, Κ.Υ.Α. 39624/2209/Ε103).

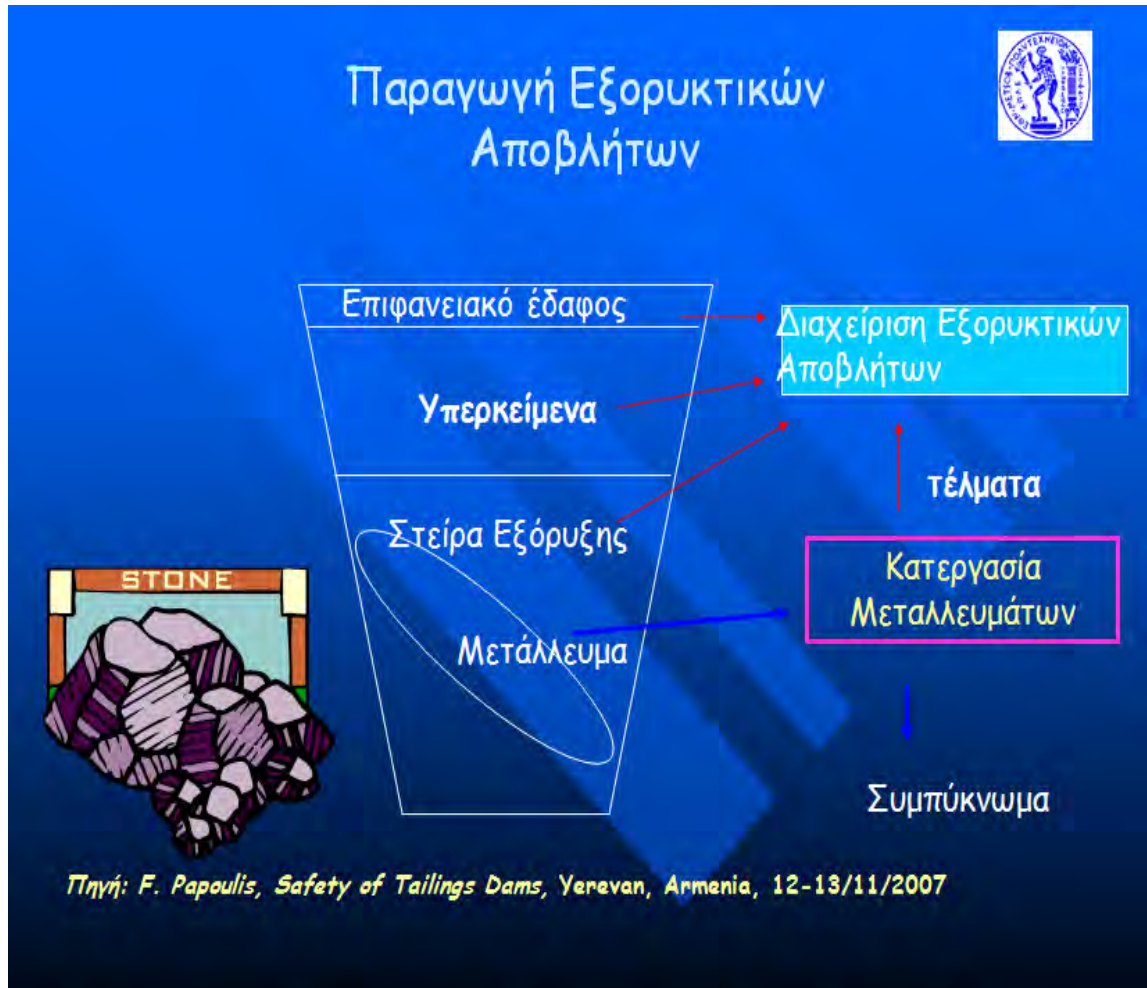
Ουσιαστικά, αποτελούν παραπροϊόντα της μεταλλευτικής και λατομικής δραστηριότητας, τα οποία συνήθως δε φέρουν σημαντικό ρυπαντικό φορτίο, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις, είναι πιθανό να εμπεριέχουν επικίνδυνες/τοξικές ουσίες σε μικρή συγκέντρωση.

Αναπτύσσοντας περισσότερο τον ορισμό που έχει δοθεί στα πλαίσια του ευρωπαϊκού και εθνικού δικαίου, στα εξορυκτικά απόβλητα περιλαμβάνονται:

- Απόβλητα που προκύπτουν από την έρευνα για τον εντοπισμό κοιτασμάτων ορυκτών με σημαντική εμπορική αξία, η οποία περιλαμβάνει διάφορες δραστηριότητες, όπως η δειγματοληψία, η γεώτρηση, η εκσκαφή ορυγμάτων (εξαιρουμένης της φάσης παραγωγής) και κάθε δραστηριότητα επέκτασης, που έχει άμεση σχέση με υφιστάμενη εξορυκτική λειτουργία.
- Απόβλητα που προκύπτουν από την εξόρυξη ορυκτών πόρων, όπως:
  - Τα στείρα εξόρυξης και τα υπερκείμενα, δηλαδή τα υλικά που οι εξορυκτικές εργασίες μετακινούν κατά τη διαδικασία πρόσβασης σε μεταλλευτικό ή ορυκτό σώμα. Τα υλικά αυτά έχουν μεγάλο όγκο και χαρακτηρίζονται συνήθως ως αδρανή απόβλητα, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις είναι πιθανό να εμπεριέχουν μικρό ρυπαντικό φορτίο.
  - Η φυτική γη, δηλαδή το ανώτερο επιφανειακό στρώμα του εδάφους, το οποίο αφαιρείται κατά τις εξορυκτικές δραστηριότητες. Σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία, θεωρείται μη ρυπανθέν χώμα.
- Απόβλητα της επεξεργασίας στην οποία υποβάλλονται οι ορυκτοί πόροι, ώστε να διαχωριστεί το ζητούμενο ορυκτό (τελικό προϊόν), με μηχανικές, φυσικές, βιολογικές, θερμικές, χημικές διεργασίες διαχωρισμού και είναι γνωστά ως τέλματα. Συνήθως, έχουν υψηλό ρυπαντικό φορτίο, το οποίο οφείλεται κυρίως στις χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή των ζητούμενων ορυκτών. Στα απόβλητα επεξεργασίας των ορυκτών πόρων,

συμπεριλαμβάνονται και τα απόβλητα μεταλλουργίας, που αποτελούνται κυρίως από σκωρία, ιλύ και σκόνη. Η επικινδυνότητά τους, έγκειται στην πιθανή υψηλή περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα, εάν δεν έχουν επεξεργαστεί με ορθό τρόπο.

Στο παρακάτω Σχήμα 1.1 βλέπουμε τον τρόπο παραγωγής των εξορυκτικών αποβλήτων.



**Σχήμα 1.1:** Τρόπος παραγωγής εξορυκτικών αποβλήτων

### 1.3 Ταξινόμηση εξορυκτικών αποβλήτων (φυσικός χαρακτηρισμός)

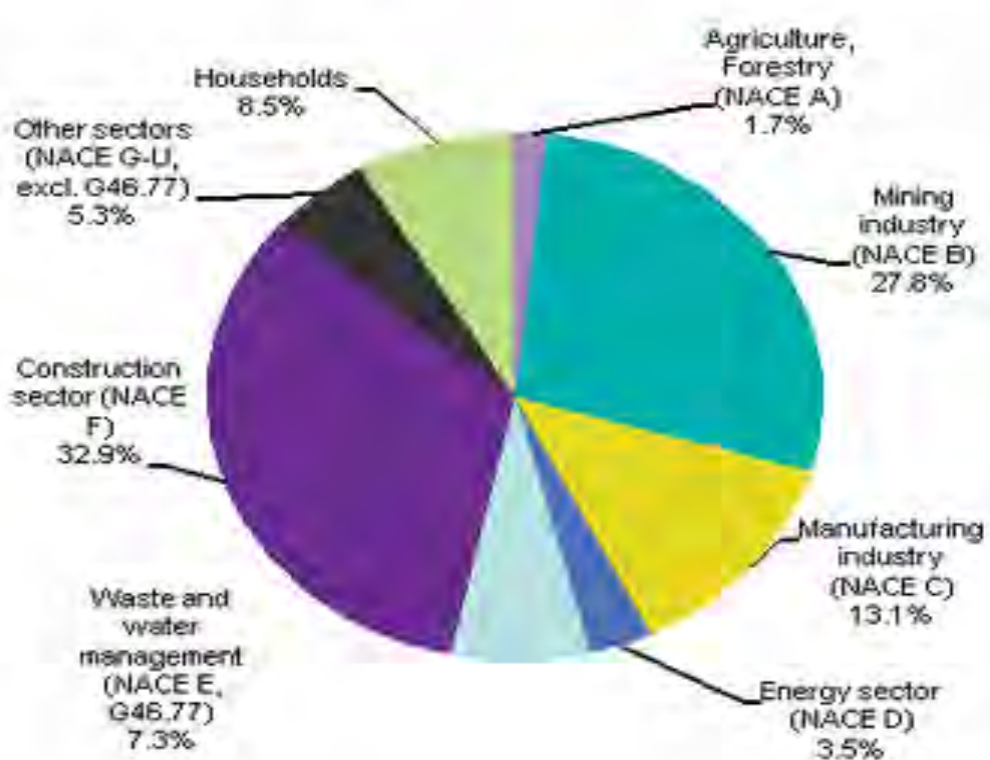
Τα απόβλητα των ορυχείων ταξινομούνται στις ακόλουθες κατηγορίες ανάλογα με την φύση τους:

- Τα στερεά απόβλητα, πρόκειται για άγονα πετρώματα τα οποία εξορύσσονται παράλληλα με το ορυκτό, υπερκείμενα ή ενδιάμεσα.
- Τα υδαρή απόβλητα, πρόκειται για απόβλητα που παράγονται κατά την εξόρυξη μεταλλευμάτων, κατά την οποία το ορυκτό θρυμματίζεται ή κονιορτοποιείται και συνήθως ακολουθεί έκπλυση με νερό. Σε αυτές τις περιπτώσεις τα απόβλητα αποτελούνται από ένα υδαρές μίγμα που περιέχει χονδρόκοκκα τεμάχια (μέγεθος άμμου) αλλά και λεπτόκοκκα κολλοειδή. Πριν την απόρριψη των αποβλήτων, γίνεται διαχωρισμός (συνήθως με καθίζηση) του χονδρόκοκκου κλάσματος (tailings) από το υδαρές λεπτόκοκκο κλάσμα (slimes). Τα υδαρή απόβλητα των ορυχείων αποτίθενται συνήθως σε ταμιευτήρες που δημιουργούνται με περιμετρικά αναχώματα που κατασκευάζονται από τα χονδρόκοκκα υλικά (tailing dams).
- Τα υγρά απόβλητα, πρόκειται για το νερό που προκύπτει από τον υδροαυτοκαθαρισμό των μεταλλευμάτων και ορυκτών, ώστε να παραχθεί το τελικό συμνύκνωμα, την έκπλυση των μεταλλευμάτων για την απομάκρυνση ιλύος (λάσπης) και λοιπών κολλοειδών υλικών, το νερό που αποστραγγίζεται από τους ταμιευτήρες των υδαρών αποβλήτων, το νερό που προέρχεται από την άντληση κατά την διάρκεια των εκσκαφών των επιφανειακών εκμεταλλεύσεων, και τα όμβρια ύδατα που διέρχονται από την επιφάνεια των εγκαταστάσεων διαχείρισης αποβλήτων.

## 2. ΕΞΟΡΥΚΤΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

### 2.1 Εξορυκτική δραστηριότητα στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Ο εξορυκτικός κλάδος είναι οικονομική δραστηριότητα ζωτικής σημασίας για την ανθρώπινη ευημερία, καθώς παράγει προϊόντα που καλύπτουν βασικές ανάγκες της κοινωνίας. Η Ευρωπαϊκή Ένωση το 2008 παράγαγε περισσότερους από 720 εκατομμύρια τόνους καταλοίπων από εξορυκτικές δραστηριότητες. Η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί σε 28% των αποβλήτων που παράγονται στην Ευρώπη, και αποτελεί τη δεύτερη μεγαλύτερη μετά την κατασκευή επιμέρους κατηγορία αποβλήτων, βλ. Σχήμα 2.1. Είναι δε πολύ σημαντικό, τα υλικά αυτά να αποθηκεύονται ή να διατίθενται με περιβαλλοντικά ασφαλή τρόπο.



Σχήμα 2.1: Παραγωγή αποβλήτων στην ΕΕ ανά κλάδο δραστηριότητας, EUROSTAT, 2011

Τα εξορυκτικά απόβλητα προέρχονται από την εξορυκτική έρευνα ή την εξόρυξη κοιτασμάτων και περιλαμβάνουν υλικά όπως έδαφος, πετρώματα, στερεά και υγρά απόβλητα που προέρχονται από την εκμετάλλευση των μεταλλείων και των λατομείων ή την επεξεργασία των μεταλλευμάτων. Για την προστασία του περιβάλλοντος και της

ανθρώπινης υγείας, θα πρέπει να διαχειρίζονται σύμφωνα με την κοινοτική και εθνική νομοθεσία.

Η συσσώρευση σε μεγάλες ποσότητες των εξορυκτικών αποβλήτων και η πιθανή έκπλυση τους από όμβρια, επιφανειακά ή υπόγεια νερά, μπορεί να οδηγήσει στον σχηματισμό επιβαρυσμένων απορροών που σε περίπτωση παρουσίας θειούχων ορυκτών μπορεί να παρουσιάζει χαμηλό Ph και αυξημένες συγκεντρώσεις διαλυμένων μετάλλων. Ο σχηματισμός ρυπασμένων επιφανειακών απορροών έχει ως αποτέλεσμα την ρύπανση των επιφανειακών ή υπογείων υδάτων και την ρύπανση του εδάφους λόγω της περιεκτικότητας τους σε βαρέα μέταλλα ή σε άλλες επικίνδυνες ουσίες.

Κατά την διάρκεια των τελευταίων πενήντα ετών συνέβησαν μεγάλα ατυχήματα σε χώρους απόθεσης εξορυκτικών αποβλήτων στον Ευρωπαϊκό χώρο και προκάλεσαν ανεπανόρθωτες βλάβες στην οικονομία των τοπικών κοινοτήτων και στο περιβάλλον, όπως:

- Στο Aberfan στην Νότια Ουαλία το 1966 όπου σωροί στείρων υλικών που προέρχονταν από ανθρακωρυχείο κατέρρευσαν (όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.1) σε δημοτικό σχολείο με αποτέλεσμα το θάνατο 144 ατόμων.



**Εικόνα 2.1:** Κατάρρευση σωρών στείρων σε δημοτικό σχολείο στο Aberfan



- Στην Stava στην Ιταλία το 1985 όπου κατέρρευσε φράγμα απόθεσης τελμάτων από φθοριούχες ενώσεις με αποτέλεσμα την καταστροφή 62 κτιρίων και τον θάνατο 268 ατόμων.
- Στο Aznacollar στην Ισπανία το 1998 όπου φράγμα τελμάτων υπέστη ρήγμα σε μήκος 50m, (όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.2) με αποτέλεσμα ποσότητα σχεδόν 3 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων λασπολυμάτων και 4 εκατομμυρίων όξινων υδάτων διέρρευσε στο χώρο γύρω από το φράγμα, με συνέπεια τη ρύπανση έκτασης 45.000 στρεμμάτων γης, στα όρια του εθνικού δρυμού του Κότο Ντονιάννα, ενώ ρύπανε, επίσης, και τον ποταμό Γουαδιαμάρ. Το μεγαλύτερο μέρος των λασπολυμάτων παρέμεινε στην εγγύτερη περιοχή της δεξαμενής, όπου συγκεντρώθηκαν επιχωματώσεις ιλύος πάχους μέχρι 2 μέτρων. Το πάχος των επιχωματώσεων αυτών μειώθηκε προοδευτικά.



**Εικόνα 2.2:** Κατάρρευση φράγματος στο Aznacollar

- Στο Baia Mare στη Ρουμανία το 2000, όπου υπό την επίδραση των ακραίων καιρικών συνθηκών (πάγος και χιόνι στην λίμνη τελμάτων, μεγάλο ύψος βροχοπτώσεων), τα τέλματα που είχαν εναποτεθεί στην περιοχή διαποτίστηκαν από το νερό, η σταθερότητά τους επηρεάστηκε, πράγμα που προκάλεσε την επιτόπια μετακίνησή τους με συνέπεια την πρόκληση ρήγματος στο εσωτερικό

ανάχωμα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.3. Μια ποσότητα υπολογιζόμενη σε 100.000 m<sup>3</sup> λάσπης και λυμάτων με φορτίο 126 mg/λίτρο κυανιούχων ενώσεων εισέρευσε μέσω των διωρύγων αποχέτευσης στον ποταμό Lopus, παραπόταμο του ποταμού Somes (Szamos) και από εκεί εισέδυσσε στον ποταμό Tisza και στη συνέχεια στο Δούναβη, σε ένα σημείο πάνω από το Βελιγράδι με τελική απώληξη τη Μαύρη Θάλασσα. Η Ρουμανία, η Ουγγαρία και η Ομοσπονδιακή Δημοκρατία της Γιουγκοσλαβίας προχώρησαν στη συλλογή δειγμάτων και την ανάλυσή τους. Όπως έδειξαν οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν την 1η Φεβρουαρίου 2000 στην περιοχή Satu Mare επί του Somes, ο ανώτατος βαθμός συγκέντρωσης των κυανιούχων ενώσεων ανερχόταν, σύμφωνα με τα στοιχεία των εκθέσεων, σε 7,8 mg/λίτρο (σε σύγκριση με ανώτατες οριακές τιμές 0,01 mg/λίτρο) για τα επιφανειακά ύδατα. Το κύμα των μολυσμένων ουσιών έκτασης 30-40 χιλιομέτρων αφάνισε τη χλωρίδα και την πανίδα στο κεντρικό τμήμα του ποταμού Tisza, προκαλώντας ζημιές εκατοντάδων χιλιάδων EUR, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις.



**Εικόνα 2.3:** Κατάρρευση φράγματος στο Βαία Μаре



- Στην περιοχή Ajka στην Ουγγαρία το 2010, όπου λόγω καθίζησης του τοιχώματος του φράγματος εξαιτίας υπερσυγκέντρωσης υλικών στον πυθμένα και τα τοιχώματα του φράγματος, δημιουργήθηκε πρόσθετη πίεση, κατέρρευσε τοίχωμα της δεξαμενής αποβλήτων ενός εργοστασίου παραγωγής αλουμινίου, απελευθερώνοντας περίπου 900.000 m<sup>3</sup> κόκκινης λάσπης, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.4. Με την βοήθεια των έντονων βροχοπτώσεων η κόκκινη λάσπη κάλυψε τρεις Δήμους με πληθυσμό 7.000 χιλιάδων κατοίκων και 260 κατοικίες καταστράφηκαν ολοσχερώς. 10 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους εξαιτίας του ατυχήματος και 134 υπέστησαν σοβαρά χημικά εγκαύματα. Η ερυθρά ιλύς μέσω των τοπικών ποταμών Toyra και Marcal, στους οποίους προκάλεσε ολική καταστροφής της υδρόβιας ζωής, εισήλθε στον Δούναβη.



**Εικόνα 2.4:** Κατάρρευση φράγματος στην περιοχή Ajka στην Ουγγαρία

- Στην περιοχή Brumadinho στη Βραζιλία το στις 25/1/2019, όπου για άγνωστους ακόμα λόγους και ενώ είχε σταματήσει η απόθεση τελμάτων από το 2014 κατέρρευσε το τοίχωμα του φράγματος τελμάτων απελευθερώνοντας χιλιάδες κυβικά μέτρα λάσπης όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.5. Σύμφωνα με την εταιρεία

Vale που διαχειρίζεται τα ορυχεία σιδήρου της περιοχής το φράγμα είχε πάρει πιστοποίηση όσο αφορά την σταθερότητά του τον Σεπτέμβριο του 2018 από την TÜV SÜD. Παρόλα αυτά το φράγμα κατέρρευσε προκαλώντας το θάνατο 284 ανθρώπων και προκαλώντας την μεγαλύτερη οικολογική καταστροφή στη Βραζιλία. Μετά τη διεθνή κατακραυγή η εταιρεία Vale ανακοίνωσε τον παροπλισμό των εναπομεινάντων 10 φραγμάτων αυτού του τύπου και την χρηματική αποζημίωση των συγγενών των θυμάτων ύψους εκατομμυρίων δολαρίων, δυστυχώς όμως δεν αναπληρώνονται οι ανθρώπινες ζωές και η περιβαλλοντική καταστροφή.



**Εικόνα 2.5:** Κατάρρευση φράγματος στην περιοχή Brumadinho στη Βραζιλία

Τα ατυχήματα αυτά και οι επιπτώσεις τους στις τοπικές κοινωνίες και στο περιβάλλον, οδήγησαν την Ευρωπαϊκή Ένωση στη θέσπιση ευρωπαϊκών κανονισμών και Οδηγιών για την πρόληψη, αποτροπή και διαχείριση παρόμοιων ατυχημάτων στο μέλλον.

Οι οδηγίες αυτές αφορούν στην περιβαλλοντική διαχείριση του συνόλου της εξορυκτικής διαδικασίας και περιλαμβάνουν τον σχεδιασμό, την αδειοδότηση, τη λειτουργία, το κλείσιμο των μεταλλευτικών χώρων, τον έλεγχο των αποβλήτων και την αποκατάσταση των χώρων που έλαβε χώρα η εξόρυξη.

Η κύρια οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι η Οδηγία 2006/21/EC (Mine waste directive), η οποία αφορά τη διαχείριση των αποβλήτων της εξορυκτικής βιομηχανίας. Για την εναρμόνιση της Οδηγίας 2006/21/EC με το Ελληνικό Δίκαιο θεσπίστηκε η ΚΥΑ 39624/2209/Ε103 (ΦΕΚ 2076β/25-09-2009).

## **2.2 Εξορυκτική δραστηριότητα στην Ελλάδα**

Από την αρχαιότητα η μεταλλευτική και λατομική δραστηριότητα στα μεταλλεία (ορυχεία) και τα λατομεία είχαν πάντα σημαντική θέση στην οικονομική ζωή του Ελλαδικού χώρου, ενώ αξίζει να αναφερθεί ότι η κατοχή μεταλλείων αποτελούσε σύμβολο δύναμης και πολλές φορές οδηγούσε σε πολεμικές συγκρούσεις, για την απόκτησή τους. Αυτό συνέβαινε καθώς, η ανάπτυξη και η εξέλιξη μίας περιοχής, σε μεγάλο βαθμό καθοριζόταν, από την κατοχή και αξιοποίηση μεταλλείων.

Η Ελλάδα είναι μία από τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) που διαθέτει σημαντικό και έντονα διαφοροποιημένο ορυκτό πλούτο τόσο σε ποιότητα, όσο και σε ποσότητα και ποικιλία ορυκτών και μεταλλευμάτων με εξίσου σημαντικό βιομηχανικό ενδιαφέρον, συγκαταλέγεται δε στους σημαντικούς Ευρωπαίους παραγωγούς βωξίτη, σιδηρονικελιούχων μεταλλευμάτων, μικτών θειούχων μεταλλευμάτων, λευκόλιθου, μπεντονίτη, ελαφρόπετρας (θηραϊκή γη), μαρμάρων και άλλων μεταλλικών και μη μεταλλικών (βιομηχανικών) ορυκτών.

Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η Ελλάδα, σε παγκόσμια κλίμακα, είναι η μοναδική χώρα παραγωγής χουντίτη-υδρομαγνησίτη, πρώτη χώρα παραγωγής περλίτη, δεύτερη χώρα παραγωγής κίσσηρης (ελαφρόπετρας) και μπεντονίτη καθώς και πρώτη στην εξαγωγή προϊόντων λευκόλιθου/μαγνησίτη στην ΕΕ. Όλα τα παραπάνω ορυκτά είναι μοναδικά σε ποιότητα, με ευρεία χρήση σε πάρα πολλές βιομηχανικές και περιβαλλοντικές εφαρμογές. Ακόμη η χώρα διαθέτει αξιοσημείωτα κοιτάσματα λιγνίτη, ο οποίος εξορύσσεται σε λιγνιτωρυχεία της Βορείου Ελλάδας και της Πελοποννήσου, με ετήσια παραγωγή που υπερβαίνει τους 30εκ. τόνους, χάρις στην οποία καλύπτεται το

56% της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην Ελλάδα. Σύμφωνα όμως με την Έκθεση δραστηριοτήτων του 2017 του Συνδέσμου Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων, η παραγωγή του λιγνίτη μειώνεται με ταχύτατους ρυθμούς εξαιτίας του περιορισμού κατανάλωσης ενέργειας λόγω κρίσης, της αύξησης του κόστους παραγωγής και στους περιορισμούς στη χρήση άνθρακα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Ο εξορυκτικός κλάδος, είναι ισχυρά εξωστρεφής, αφού οι εξαγωγές πρωτογενών και επεξεργασμένων υλικών αντιπροσωπεύουν πάνω από το 65% των πωλήσεων του, ενώ παράλληλα εταιρείες του κλάδου κατέχουν ηγετικές θέσεις στην Ευρωπαϊκή αλλά και στην διεθνή αγορά σε προϊόντα όπως βωξίτης, αλουμίνα, αλουμίνιο, νικέλιο, καυστική μαγνησία, μπεντονίτης, περλίτης, ελαφρόπετρα και μάρμαρα.

### **2.3 Εξορυκτική δραστηριότητα και Βιώσιμη Ανάπτυξη**

Η βιώσιμη ανάπτυξη, αποτελεί βασικό στόχο στη σύγχρονη εποχή, στα πλαίσια της προστασίας του περιβάλλοντος και της αποκατάστασης της φυσικής ισορροπίας του πλανήτη. Η βιώσιμη ανάπτυξη (sustainable development), σύμφωνα με την Παγκόσμια Επιτροπή για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, ορίζεται ως η ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες της σημερινής γενιάς, χωρίς περιορισμό της δυνατότητας των μετέπειτα γενεών να ικανοποιήσουν τις ανάγκες τους στο μέλλον (World Commission on Environment and Development, 1987). Η βιώσιμη ανάπτυξη, αποτελεί σημαντική πρόκληση και βασικό στόχο, για την εξορυκτική βιομηχανία τη σημερινή εποχή, καθώς η δραστηριότητά της, οφείλει να ισορροπεί ανάμεσα σε οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές παραμέτρους.

Η δραστηριότητα της εξορυκτικής βιομηχανίας, είναι από τη φύση της άρρηκτα συνδεδεμένη με την έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης, καθώς αφενός εκμεταλλεύεται μη ανανεώσιμους φυσικούς πόρους και αφετέρου, πρέπει να εξασφαλίζει την προμήθεια αναγκαίων προς την κοινωνία υλικών. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, θα πρέπει να διασφαλίζεται η ύπαρξη των αποθεμάτων των φυσικών πόρων, για την κάλυψη των σημερινών και των μελλοντικών αναγκών της κοινωνίας (Σύνδεσμος Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων, <http://www.sme.gr/>, 2014). Επομένως, η εξορυκτική βιομηχανία, θα πρέπει να υιοθετεί ορθολογικές μεθόδους στη διαχείριση των υπαρχόντων αποθεμάτων

και παράλληλα να επιδιώκει την εξεύρεση πρόσθετων ποσοτήτων, είτε με διαδικασίες εξερεύνησης και ανακάλυψης νέων κοιτασμάτων, είτε με καινοτόμες μεθόδους ανάκτησης και ανακύκλωσης των υφιστάμενων υλικών.

Συμπερασματικά, ο ρόλος της εξορυκτικής βιομηχανίας τον 21ο αιώνα, είναι πολυσύνθετος σε σχέση με την κοινωνία, καθώς θα πρέπει να ανταποκρίνεται με υπευθυνότητα στην κάλυψη των αναγκών της βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα και ταυτόχρονα, να επιδιώκει μια υπεύθυνη προσέγγιση στις περιβαλλοντικές επιδιώξεις της.

Τέλος, ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δίνεται στη διαχείριση των εξορυκτικών αποβλήτων, η οποία αποτελεί ένα φλέγον ζήτημα για την επιστημονική κοινότητα και την κοινωνία γενικότερα. Η βιώσιμη ανάπτυξη και η αειφόρος μεταλλευτική δραστηριότητα, είναι συνυφασμένες με την διαχείριση των αποβλήτων, η οποία μπορεί να είναι απειλή ή ευκαιρία για τις τοπικές κοινωνίες, ανάλογα πάντα, με τις προθέσεις των εμπλεκόμενων φορέων.

### 3. ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ

#### 3.1 Οδηγία 2006/21/EC (Mine waste directive)

Τα σοβαρά ατυχήματα που συνέβησαν κατά την διάρκεια των τελευταίων πενήντα ετών και οι επιπτώσεις τους στις τοπικές κοινωνίες και στο περιβάλλον, οδήγησαν την Ευρωπαϊκή Ένωση στη θέσπιση της Οδηγίας 2006/21/EC (Mine waste directive), η οποία περιλαμβάνει τους όρους και τις διαδικασίες για τη διαχείριση των αποβλήτων της εξορυκτικής βιομηχανίας, έτσι ώστε:

- Να μην τίθεται σε κίνδυνο η ανθρώπινη υγεία
- Να μειωθούν στο ελάχιστο δυνατό οι επιπτώσεις στο περιβάλλον (συμπεριλαμβανομένων των υδάτων, του αέρα, του εδάφους, της χλωρίδας και πανίδας)
- Να μην προκαλείται όχληση από θόρυβο ή οσμές, ούτε να επηρεάζεται αρνητικά το τοπίο και οι τοποθεσίες ιδιαίτερου ενδιαφέροντος.

Στο αντικείμενο της Οδηγίας εμπίπτει η διαχείριση των αποβλήτων που προκύπτουν από την αναζήτηση, εξόρυξη, επεξεργασία και αποθήκευση ορυκτών πόρων και από την εκμετάλλευση λατομείων, έτσι όπως ορίζονται στην Οδηγία 2006/12/EK. Από το πεδίο της Οδηγίας εξαιρούνται κάποιες κατηγορίες αποβλήτων οι οποίες αναφέρονται αναλυτικά στο άρθρο 2 και υπάγονται σε άλλες διατάξεις.

Τα κράτη μέλη θα πρέπει να λαμβάνουν τα απαραίτητα μέτρα έτσι ώστε η διαχείριση των εξορυκτικών αποβλήτων να γίνεται με τέτοιες μεθόδους ώστε να μην τίθεται σε κίνδυνο η ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Επίσης θα πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα ώστε να απαγορεύεται η εκφόρτωση, εγκατάλειψη και η ανεξέλεγκτη εναπόθεση των εξορυκτικών αποβλήτων.

Τα κράτη μέλη θα πρέπει να διασφαλίζουν ότι ο φορέας διαχείρισης λαμβάνει όλα τα απαραίτητα μέτρα για την πρόληψη ή μείωση των δυσμενών επιπτώσεων στο περιβάλλον και τον άνθρωπο, ακόμα και μετά το κλείσιμο της εγκατάστασης.

Τα μέτρα αυτά θα πρέπει να βασίζονται στις Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές για την διαχείριση των εξορυκτικών αποβλήτων (B.R.E.F. Reference Document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste Rock in Mining Activities, 2009).

Προκειμένου να λειτουργήσει μία εγκατάσταση εξορυκτικών αποβλήτων πρέπει να έχει άδεια της αρμόδιας αρχής. Στην αίτηση του ο φορέας θα πρέπει να συμπεριλάβει στοιχεία σχετικά με την προτεινόμενη θέση εγκατάστασης (καθώς και εναλλακτικών θέσεων), χρηματική εγγύηση όπως προβλέπεται από το άρθρο 14 της Οδηγίας και φυσικά το Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων.

Σύμφωνα με το άρθρο 5 της Οδηγίας, ο φορέας θα πρέπει να καταρτίζει Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων, το οποίο θα περιλαμβάνει τουλάχιστον τα ακόλουθα:

- Ταξινόμηση της εγκατάστασης
- Χαρακτηρισμό των αποβλήτων και εκτίμηση της συνολικής ποσότητας που θα παραχθούν.
- Περιγραφή της λειτουργίας από την οποία παράγονται τα απόβλητα καθώς και κάθε επεξεργασία που τυχόν υφίστανται.
- Περιγραφή του τρόπου εναπόθεσης και των προληπτικών μέτρων που λαμβάνονται κατά την λειτουργία της εγκατάστασης.
- Διαδικασίες ελέγχου και παρακολούθησης.
- Προτεινόμενο σχέδιο για το κλείσιμο της εγκατάστασης, συμπεριλαμβανομένης της αποκατάστασης.
- Τα μέτρα για την πρόληψη της ρύπανσης των υδάτων, τους εδάφους και του αέρα.
- Επαρκείς πληροφορίες ώστε οι αρμόδιες αρχές να μπορούν να ελέγχουν τον φορέα και να παρακολουθούν την εφαρμογή του σχεδίου διαχείρισης αποβλήτων που έχει εγκριθεί.

Το Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων επανεξετάζεται κάθε 5 έτη και εφόσον κρίνεται αναγκαίο τροποποιείται.

Πριν από την έναρξη των εργασιών, κατά την διάρκεια της λειτουργίας καθώς και μετά το κλείσιμο της εγκατάστασης, η αρμόδια αρχή προβαίνει σε επιθεωρήσεις προκειμένου να εξακριβώσει ότι τηρούνται οι όροι της άδειας.

Κάθε τρία χρόνια τα κράτη μέλη διαβιβάζουν στην Επιτροπή έκθεση σχετικά με την εφαρμογή της Οδηγίας, καθώς επίσης θα πρέπει να προχωρήσουν σε απογραφή των κλειστών εγκαταστάσεων αποβλήτων, ακόμα και εάν αυτές είναι εγκαταλελειμμένες, εφόσον αυτές προκαλούν ή ενδέχεται να προκαλέσουν στο μέλλον κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον.



Η Οδηγία 2006/21/EC, τροποποιείται έτσι ώστε να προσαρμόζεται στην επιστημονική και τεχνική πρόοδο από την Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων.

Από τις εργασίες της Επιτροπής έχουν προκύψει οι ακόλουθες αποφάσεις:

- [Απόφαση 2009/337/EK](#) «σχετικά με τον καθορισμό των κριτηρίων ταξινόμησης των εγκαταστάσεων διαχείρισης αποβλήτων σύμφωνα με το παράρτημα ΙΙΙ της οδηγίας 2006/21/EK» [κοινοποιηθείσα υπό τον αριθμό E(2009) 2856]
- [Απόφαση 2009/359/EK](#) «για τη συμπλήρωση του ορισμού των αδρανών αποβλήτων κατ' εφαρμογή του άρθρου 22 παράγραφος 1 στοιχείο στ) της οδηγίας 2006/21/EK» [κοινοποιηθείσα υπό τον αριθμό E(2009) 3012]
- [Απόφαση 2009/360/EK](#) «για τη συμπλήρωση των τεχνικών απαιτήσεων όσον αφορά το χαρακτηρισμό των αποβλήτων, τις οποίες ορίζει η οδηγία 2006/21/EK» [κοινοποιηθείσα υπό τον αριθμό E(2009) 3013]
- [Απόφαση 2009/358/EK](#) «για την εναρμόνιση και την τακτική διαβίβαση των πληροφοριών και του ερωτηματολογίου που προβλέπονται στο άρθρο 22 παράγραφος 1 στοιχείο α) και στο άρθρο 18 της οδηγίας 2006/21/EK» [κοινοποιηθείσα υπό τον αριθμό E(2009) 3011]
- [Απόφαση 2009/335/EK](#) «σχετικά με τις τεχνικές κατευθυντήριες γραμμές για τη σύσταση της χρηματικής εγγύησης σύμφωνα με την οδηγία 2006/21/EK» [κοινοποιηθείσα υπό τον αριθμό E(2009) 2798].

Επιπρόσθετα έχει εγκριθεί και κείμενο εγγράφου αναφοράς για τις «Βέλτιστες Διαθέσιμες τεχνικές διαχείρισης των αποβλήτων της εξορυκτικής βιομηχανίας» (B.R.E.F. Reference Document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste Rock in Mining Activities, 2009).



### 3.2 Κοινή Υπουργική Απόφαση 39624/2209/Ε103

Η Κ.Υ.Α. 39624/2209/Ε103 με τίτλο «Μέτρα, όροι και περιορισμοί για τη διαχείριση των αποβλήτων της εξορυκτικής βιομηχανίας, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 21/2006/ΕΚ, εφαρμόζεται επίσημα (ΦΕΚ 2076β) από την 25 Σεπτεμβρίου του 2009 και αποτελεί την εναρμόνιση της Οδηγίας 21/2006/ΕΚ στο Εθνικό δίκαιο.

Αφού καθοριστεί το πεδίο εφαρμογής της καθώς και κάποιες κατηγορίες αποβλήτων που δεν εντάσσονται σε αυτό, όπως για παράδειγμα τα απόβλητα που προκύπτουν από υπεράκτια αναζήτηση, εξόρυξη και επεξεργασία ορυκτών πόρων ή η έγχυση υδάτων και η επανέγχυση αντλημένων υπόγειων υδάτων, κ.α., δίνονται στην συνέχεια ενδεικτικά ορισμοί των εννοιών αναφέρονται στην Κ.Υ.Α. και που θα χρησιμοποιηθούν στην παρούσα εργασία.

#### Ορισμοί

- **Απόβλητα:** Κάθε ουσία ή αντικείμενο σε στερεά ή υγρή κατάσταση ή σε μορφή υλός, η οποία περιλαμβάνεται στο Παράρτημα Ι, άρθρο 19 (Ευρωπαϊκός κατάλογος Αποβλήτων) και την οποία ο κάτοχός της την απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να την απορρίψει (Κ.Υ.Α.13588/725/2006)
- **Εξορυκτικά απόβλητα:** Τα απόβλητα που προκύπτουν από την αναζήτηση, την εξόρυξη, την επεξεργασία και την αποθήκευση ορυκτών πόρων και από την εκμετάλλευση λατομείων.
- **Επικίνδυνα απόβλητα:** Τα απόβλητα που ορίζονται στο άρθρο 2, παρ. 2 της Κ.Υ.Α.13588/725/2006
- **Αδρανή απόβλητα:** Τα απόβλητα που δεν υφίστανται καμία σημαντική φυσική, χημική ή βιολογική μετατροπή. Τα αδρανή απόβλητα δεν διαλύονται, δεν καίγονται ούτε συμμετέχουν σε άλλες φυσικές ή χημικές αντιδράσεις, δεν βιοδιασπώνται ούτε επιδρούν δυσμενώς σε άλλες ύλες με τις οποίες έρχονται σε επαφή κατά τρόπο ικανό να προκαλέσει ρύπανση του περιβάλλοντος ή να βλάψει την ανθρώπινη υγεία. Η συνολική εκπλυσιμότητα και περιεκτικότητα σε ρύπους των αποβλήτων και η οικοτοξικότητα των εκπλυμάτων πρέπει να είναι

αμελητέες και ειδικότερα να μην θέτουν σε κίνδυνο την ποιότητα των επιφανειακών ή/και των υπόγειων υδάτων.

- **μη ρυπανθέν χώμα:** το χώμα που αφαιρείται από το ανώτερο στρώμα του εδάφους κατά τις εξορυκτικές δραστηριότητες και το οποίο δεν θεωρείται ρυπανθέν σύμφωνα με την εθνική και την κοινοτική νομοθεσία.
- **Ορυκτός πόρος ή ορυκτό:** το κοίτασμα οργανικής ή ανόργανης ουσίας που απαντάται φυσιολογικά στον φλοιό της γης, όπως τα ενεργειακά καύσιμα, τα μεταλλεύματα, τα βιομηχανικά και λατομικά ορυκτά, εξαιρουμένου του νερού.
- **Εξορυκτικές βιομηχανίες:** όλες οι εγκαταστάσεις και επιχειρήσεις που απασχολούνται με την επιφανειακή ή την υπόγεια εξόρυξη ορυκτών πόρων για εμπορικούς σκοπούς, συμπεριλαμβανομένης της εξόρυξης μέσω γεώτρησης ή της επεξεργασίας του εξορυχθέντος υλικού.
- **Επεξεργασία:** οι μηχανικές, φυσιολογικές, βιολογικές, θερμικές ή χημικές διεργασίες ή ο συνδυασμός διεργασιών στις οποίες υποβάλλονται οι ορυκτοί πόροι, συμπεριλαμβανομένων όσων προέρχονται από τη λειτουργία λατομείων, προκειμένου να εξαχθεί το ορυκτό.
- **Απόβλητα κατεργασίας:** τα στερεά απόβλητα ή τα πολτώδη υλικά που απομένουν μετά την επεξεργασία ορυκτών με διεργασίες διαχωρισμού (π.χ. θραύση, λειοτρίβηση, διαχωρισμός κατά μέγεθος, επίπλευση και άλλες φυσικοχημικές τεχνικές), προκειμένου να αφαιρεθούν τα πολύτιμα ορυκτά από το λιγότερο πολύτιμο πέτρωμα.
- **Σωρός:** ο τεχνητός σχηματισμός για την εναπόθεση στερεών αποβλήτων στην επιφάνεια του εδάφους.
- **Φράγμα:** τεχνητή κατασκευή που έχει σχεδιαστεί για την συγκράτηση ή τον περιορισμό των υδάτων και/ή των αποβλήτων εντός λίμνης.
- **Λίμνη:** φυσική ή τεχνητή εγκατάσταση που χρησιμοποιείται για τη διάθεση λεπτόκοκκων αποβλήτων, συνήθως αποβλήτων κατεργασίας μαζί με ποσότητες ελεύθερου ύδατος, που προκύπτουν από την επεξεργασία ορυκτών πόρων και από τον καθαρισμό και την ανακύκλωση λυμάτων κατεργασίας.
- **Εγκαταστάσεις αποβλήτων:** κάθε τόπος που επιλέγεται για την συσσώρευση ή την εναπόθεση εξορυκτικών αποβλήτων, υπό στερεά ή υγρή μορφή ή υπό μορφή διαλύματος ή αιωρήματος για τις ακόλουθες χρονικές περιόδους:

1. Μηδενική περίοδο για τις εγκαταστάσεις κατηγορίας Α και εγκαταστάσεις αποβλήτων τα οποία έχουν χαρακτηριστεί επικίνδυνα στο σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων.
2. Περίοδο άνω των έξι μηνών για εγκαταστάσεις επικίνδυνων αποβλήτων που προκύπτουν απρόβλεπτα
3. Περίοδο άνω των τριών ετών για εγκαταστάσεις μη ρυπανθέντος χώματος, μη επικίνδυνων αποβλήτων από αναζήτηση ορυκτών, ή αποβλήτων από την εξόρυξη, επεξεργασία και αποθήκευση τύρφης και αδρανών αποβλήτων.

Στις εγκαταστάσεις αυτές νοείται ότι περιλαμβάνεται κάθε φράγμα ή άλλη κατασκευή που χρησιμεύει για την συγκράτηση, την αντιστήριξη, τον περιορισμό ή την κατά άλλο τρόπο στήριξη των εγκαταστάσεων αυτών και ότι περιλαμβάνονται επίσης, μεταξύ άλλων, σωροί και λίμνες, εξαιρουμένων όμως των κοιλοτήτων εκσκαφής, στις οποίες επανατοποθετούνται απόβλητα μετά την εξόρυξη του ορυκτού (για λόγους κατασκευαστικούς και αποκατάστασης) και των υπόγειων κενών, που δέχονται απόβλητα για λόγους εφαρμογής μεθόδων εκμετάλλευσης (λιθογόμωση) και βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών.

- **Σοβαρό ατύχημα:** συμβάν στον τόπο μιας εγκατάστασης αποβλήτων, κατά τη διάρκεια εργασίας διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων, το οποίο θέτει σε σοβαρό κίνδυνο τη δημόσια υγεία ή/και το περιβάλλον, άμεσα ή μακροπρόθεσμα, επιτόπου ή εκτός των εγκαταστάσεων.
- **Αποκατάσταση:** η επέμβαση στο έδαφος που έχει προσβληθεί από εγκαταστάσεις αποβλήτων, με στόχο την επαναφορά του σε ικανοποιητική κατάσταση, ιδίως όσο αφορά την ποιότητα του εδάφους, την άγρια χλωρίδα και πανίδα, τους φυσικούς οικοτόπους, τα συστήματα γλυκών υδάτων, το τοπίο και τις δέουσες επωφελείς χρήσεις.
- **Το ενδιαφερόμενο κοινό:** το κοινό το οποίο θίγεται ή ενδέχεται να θιγεί ή του οποίου διακυβεύονται συμφέροντα, από τις διαδικασίες λήψης περιβαλλοντικών αποφάσεων στο πλαίσιο των άρθρων 7 και 11 (παρ. Β) της παρούσας απόφασης, καθώς και οι μη κυβερνητικές οργανώσεις που προάγουν την προστασία του περιβάλλοντος και πληρούν τις προϋποθέσεις της κείμενης νομοθεσίας.
- **Φορέας διαχείρισης:** το φυσικό ή νομικό πρόσωπο το οποίο είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση εξορυκτικών αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένης της προσωρινής

αποθήκευσης εξορυκτικών αποβλήτων καθώς και της φάσης λειτουργίας και της μετά το κλείσιμο φάσης. Φορέας διαχείρισης μπορεί να είναι ο φορέας εκμετάλλευσης του ορυκτού πόρου ή άλλο φυσικό ή νομικό πρόσωπο. Οι φορείς διαχείρισης διακρίνονται σε απλούς φορείς και σε μικτούς φορείς (όταν ο φορέας διαχείρισης είναι και ο φορέας εκμετάλλευσης του ορυκτού πόρου).

- **Αρμόδια αρχή:** η Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (Υ.Π.Ε.Κ.Α), καθώς και οι αντίστοιχες Υπηρεσίες Περιβάλλοντος της Περιφέρειας.
- **Αδειοδοτούσα αρχή:** η αρχή που ορίζεται ως αρμόδια για τη χορήγηση της άδειας λειτουργίας της εγκατάστασης αποβλήτων.

Στην συνέχεια παραθέτουμε συνοπτικά τις διατάξεις της Κ.Υ.Α. για τις εγκαταστάσεις διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων, σε συμμόρφωση με την Οδηγία 2006/21/ΕΚ.

- Στα πλαίσια των γενικών απαιτήσεων για τις εγκαταστάσεις διαχείρισης αποβλήτων, ο φορέας διαχείρισης υποχρεούται:
  - ✓ Να καταρτίζει σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων για τη μείωση στο ελάχιστο, την επεξεργασία, την αξιοποίηση και την διάθεση των εξορυκτικών αποβλήτων, λαμβάνοντας υπόψη την αρχή της βιώσιμης ανάπτυξης.
  - ✓ Να καταρτίζει σχέδιο διαχείρισης της ασφάλειας.
  - ✓ Να λαμβάνει όλα τα απαραίτητα μέτρα για την πρόληψη ατυχημάτων που αφορούν την εγκατάσταση αποβλήτων, και τον περιορισμό των συνεπειών τους για το περιβάλλον και τον άνθρωπο.
  - ✓ Να ειδοποιεί εντός 48 ωρών την αρμόδια αρχή για κάθε συμβάν που ενδέχεται να επηρεάζει την εγκατάσταση αποβλήτων.
  - ✓ Να διαβιβάζει στην αρμόδια αρχή κάθε Φεβρουάριο έκθεση με στοιχεία για τα απόβλητα εξόρυξης που παρήγαγε ή διαχειρίστηκε κατά τον προηγούμενο χρόνο.
- Ο φορέας διαχείρισης των αποβλήτων, είναι υποχρεωμένος να υποβάλλει στην αρμόδια αρχή, σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων, του οποίου οι στόχοι, το περιεχόμενο και οι διαδικασίες θεώρησης - έγκρισης, αναλύονται εκτενώς σε επόμενη ενότητα.

- Για τις εγκαταστάσεις διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων κατηγορίας Α, ο φορέας διαχείρισης, οφείλει να καταρτίζει πολιτική πρόληψης σοβαρών ατυχημάτων, να υιοθετεί σύστημα διαχείρισης της ασφάλειας με την εκπόνηση μελέτης ασφαλείας και να διαθέτει εσωτερικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης, με τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται σε περίπτωση σοβαρού ατυχήματος. Επίσης, ο φορέας προβλέπεται να διορίζει διαχειριστή ασφαλείας, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την εφαρμογή και περιοδική επίβλεψη των ανωτέρω υποχρεώσεών του.
- Ο φορέας διαχείρισης των αποβλήτων, υποχρεούται να καταρτίζει μελέτη ασφαλείας, η οποία υποβάλλεται στην αδειοδοτούσα αρχή, πριν την έκδοση της άδειας λειτουργίας της εγκατάστασης αποβλήτων. Αφού γνωμοδοτήσουν θετικά οι αρμόδιοι φορείς στους οποίους κοινοποιείται η μελέτη, η αδειοδοτούσα αρχή προβαίνει στην καταχώρησή της, η οποία δεν είναι οριστική, δεδομένου ότι τα στοιχεία της τελούν υπό διαρκή έλεγχο, συμπλήρωση, βελτίωση και περιοδική επανεξέταση. Εν συνεχεία, γίνεται η χορήγηση της άδειας λειτουργίας και κοινοποιείται η μελέτη ασφαλείας στην υπηρεσία Πολιτικής Προστασίας της οικείας Περιφερειακής Αυτοδιοίκησης.
- Ο φορέας διαχείρισης των αποβλήτων, υποχρεούται να καταρτίζει εσωτερικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης, το οποίο αναφέρεται στα μέτρα που λαμβάνονται μέσα στην εγκατάσταση αποβλήτων και το οποίο υποβάλλεται μαζί με την μελέτη ασφαλείας στην αδειοδοτούσα αρχή. Επίσης, παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες στην Υπηρεσία Πολιτικής Προστασίας της οικείας Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης, ώστε αυτή να καταρτίσει εξωτερικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης, στα πλαίσια εφαρμογής του Γενικού Σχεδίου Πολιτικής Προστασίας «ΞΕΝΟΚΡΑΤΗΣ».
- Για τη λειτουργία των εγκαταστάσεων αποβλήτων εξορυκτικής βιομηχανίας, απαιτείται:
  - ✓ **Απόφαση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων (Α.Ε.Π.Ο.)**, από την εκάστοτε αρμόδια αρχή, σύμφωνα με τη διαδικασία που ορίζεται στην Κ.Υ.Α. 11014/703/2003 και την εναρμόνιση με συγκεκριμένα μέτρα, προϋποθέσεις, όρους και περιορισμούς, όπως αναφέρονται στο άρθρο 11 της απόφασης.

- ✓ **Άδεια λειτουργίας της εγκατάστασης** από την αδειοδοτούσα αρχή, μετά από αίτηση, η οποία συνοδεύεται από την ταυτότητα του φορέα, τη θέση της εγκατάστασης αποβλήτων, την απόφαση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων, αντίγραφο του θεωρημένου σχεδίου διαχείρισης, την καταχωρημένη μελέτη ασφάλειας, το εσωτερικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης και την κατάθεση χρηματικής εγγύησης, η οποία έχει προσδιοριστεί στην Α.Ε.Π.Ο.. Πριν από τη χορήγηση της άδειας λειτουργίας, διενεργείται από την αδειοδοτούσα αρχή τεχνικός έλεγχος της εγκατάστασης αποβλήτων, για να διαπιστωθεί αν πληρεί τις απαιτήσεις του σχεδίου διαχείρισης.
- Όσον αφορά στην ενημέρωση και συμμετοχή του κοινού κατά τη διαδικασία έκδοσης ή τροποποίησης της Α.Ε.Π.Ο., το πλαίσιο ενεργειών καθορίζεται από την Κ.Υ.Α. 37111/2021/2003.
- Για τις κοιλότητες εκσκαφής, που επαναπληρώνονται με εξορυκτικά απόβλητα, λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα για τη σταθερότητα των αποβλήτων, την πρόληψη της ρύπανσης του εδάφους και των υδάτων (επιφανειακών, υπογείων), την παρακολούθηση των εξορυκτικών αποβλήτων και των κοιλοτήτων εκσκαφής, σύμφωνα με τις διατάξεις που προβλέπονται στο Άρθρο 13 της απόφασης.
- Για το κλείσιμο των εγκαταστάσεων αποβλήτων, απαιτείται έγκριση από την αδειοδοτούσα αρχή, αφού πρώτα διαπιστωθεί ότι πληρούνται οι κατάλληλες προϋποθέσεις (Άρθρο 15). Για τη μετέπειτα από το κλείσιμο της εγκατάστασης φάση, προβλέπονται διατάξεις σχετικά με τον έλεγχο, την παρακολούθηση, τα πιθανά διορθωτικά μέτρα, τις εκθέσεις αξιολόγησης της κατάστασης στην οποία βρίσκεται η εγκατάσταση, οι οποίες είναι υπ' ευθύνη του φορέα διαχείρισης της εγκατάστασης, εκτός και αν αποφασίσει διαφορετικά η αρμόδια αρχή.
- Για τη χορήγηση της άδειας λειτουργίας της εγκατάστασης αποβλήτων, απαιτείται η καταβολή χρηματικής εγγύησης από τον φορέα διαχείρισης, σύμφωνα με τις διατάξεις του Άρθρου 16 της απόφασης.
- Η αρμόδια αρχή αυτοτελώς ή μέσω των Επιθεωρητών Περιβάλλοντος, διενεργεί ελέγχους στις εγκαταστάσεις αποβλήτων σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα, ώστε να διασφαλίζεται ότι η λειτουργία της εγκατάστασης, συμπεριλαμβανομένης

και της φάσης μετά το κλείσιμό της, είναι σύμφωνη με τους περιβαλλοντικούς όρους που έχουν εγκριθεί στην Α.Ε.Π.Ο.

- Για τους φορείς διαχείρισης που παραβαίνουν τις διατάξεις της απόφασης, ηθελημένα ή από παράλειψη, επιβάλλονται αναλόγως κυρώσεις, σύμφωνα με τις διατάξεις του Ν.1650/1986, ανεξάρτητα από τις κυρώσεις που μπορεί να επιβάλλονται βάσει άλλων διατάξεων της κείμενης νομοθεσίας.
- Το αρμόδιο υπουργείο, διενεργεί απογραφή των κλειστών και εγκαταλελειμμένων εγκαταστάσεων αποβλήτων, οι οποίες προκαλούν δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις και αποτελούν κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Η απογραφή αυτή ενημερώνεται ανά τριετία και είναι προσιτή στο κοινό.
- Η περιβαλλοντική ευθύνη σχετικά με την πρόληψη και την αποκατάσταση ζημιών στο περιβάλλον, που προκαλούνται ή ενδέχεται να προκληθούν από τις εγκαταστάσεις εξορυκτικών αποβλήτων, βαραίνει το φορέα διαχείρισης και διέπεται από τις σχετικές διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας που έχει εκδοθεί σε συμμόρφωση με την Οδηγία 2004/35/ΕΚ, με την επιφύλαξη των διατάξεων που προβλέπονται στο Άρθρο 16 της απόφασης.
- Τα Παραρτήματα I, II, III, της Κ.Υ.Α. 39624/2209/Ε103, τα οποία ενδέχεται να τροποποιηθούν ή να συμπληρωθούν σύμφωνα με το κοινοτικό δίκαιο, περιλαμβάνουν στοιχεία και οδηγίες, σχετικά με την πολιτική πρόληψης σοβαρών ατυχημάτων, τις πληροφορίες που πρέπει να γνωστοποιούνται στο ενδιαφερόμενο κοινό, το χαρακτηρισμό των αποβλήτων και την ταξινόμηση των εγκαταστάσεων διαχείρισης αποβλήτων, σύμφωνα με τα κριτήρια που τίθενται.

### 3.3 Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων

Σύμφωνα με το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων, όπως αυτό παρατέθηκε στις προηγούμενες ενότητες, ο φορέας διαχείρισης των εξορυκτικών αποβλήτων, υποχρεούται να καταρτίζει Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (Σ.Δ.Α.), με σκοπό τη μείωση στο ελάχιστο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, λαμβάνοντας υπόψη την αρχή της βιώσιμης ανάπτυξης.

Οι κύριοι στόχοι του σχεδίου διαχείρισης αποβλήτων, όπως προκύπτουν από την Κ.Υ.Α. 39624/2209/Ε103, είναι οι εξής:

- Η πρόληψη ή μείωση της παραγωγής αποβλήτων και των επιβλαβών της επιπτώσεων,
- Η προαγωγή της αξιοποίησης των εξορυκτικών αποβλήτων μέσω της ανακύκλωσης, της επαναχρησιμοποίησης, ή της ανάκτησής τους, και
- Η εξασφάλιση της ασφαλούς βραχυπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης διάθεσης των εξορυκτικών αποβλήτων.

Ένα Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων, περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία (Κ.Υ.Α. 39624/2209/Ε103):

- Προτεινόμενη ταξινόμηση της εγκατάστασης διαχείρισης αποβλήτων σύμφωνα με τα κριτήρια του Παραρτήματος ΙΙΙ (Άρθρο 24):
  - Όταν η εγκατάσταση αποβλήτων είναι κατηγορίας Α, απαιτείται έκθεση που περιλαμβάνει συνοπτικές πληροφορίες της μελέτης ασφαλείας (Άρθρο 9) και αποδεικνύει ότι θα τεθεί σε εφαρμογή πολιτική πρόληψης σοβαρών ατυχημάτων, σύστημα διαχείρισης της ασφάλειας για την εφαρμογή της και εσωτερικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης (Άρθρο 10).
  - Όταν ο φορέας διαχείρισης κρίνει ότι η εγκατάσταση αποβλήτων δεν είναι κατηγορίας Α, τότε απαιτούνται επαρκείς πληροφορίες που να το αιτιολογούν και στις οποίες να εντοπίζονται πιθανοί κίνδυνοι ατυχημάτων.
- Χαρακτηρισμό των αποβλήτων σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στο Παράρτημα ΙΙ (Άρθρο 24) και εκτίμηση της συνολικής ποσότητας αποβλήτων που θα παραχθούν κατά τη φάση λειτουργίας.
- Περιγραφή της λειτουργίας από την οποία παράγονται τα απόβλητα και κάθε μετέπειτα επεξεργασίας την οποία υφίστανται.



- Περιγραφή του τρόπου με τον οποίον η εναπόθεση των αποβλήτων μπορεί να προσβάλλει το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία, καθώς και των προληπτικών μέτρων, που πρέπει να λαμβάνονται, ώστε να μειώνονται στο ελάχιστο οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της εγκατάστασης, καθώς και μετά το κλείσιμο αυτής (παρ. 4, Άρθρο 6).
- Προτεινόμενο πρόγραμμα για την παρακολούθηση και τον έλεγχο διαχείρισης και συντήρησης των εγκαταστάσεων.
- Προτεινόμενο σχέδιο κλεισίματος, αποκατάστασης, διαδικασιών για τη μετέπειτα φάση των εγκαταστάσεων και την παρακολούθηση (Άρθρο 15).
- Αναγκαία μέτρα για την τήρηση των περιβαλλοντικών απαιτήσεων που έχουν προσδιορισθεί σε εθνικό και κοινοτικό επίπεδο (παρ. 7, Άρθρο 6).
- Προβλεπόμενα κατάλληλα μέτρα για την πρόληψη ή τη μείωση στο ελάχιστο της ρύπανσης του αέρα και του εδάφους, από τις εκπομπές σκόνης και αερίων.
- Διερεύνηση της κατάστασης του εδάφους, που πρόκειται να επηρεαστεί από την εγκατάσταση εξορυκτικών αποβλήτων.
- Προτεινόμενα μέτρα που τεκμηριώνουν τη συμμόρφωση προς τις σχετικές απαιτήσεις για τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα (π.δ. 51/2007), όταν η διάθεση εξορυκτικών αποβλήτων υπό στερεά, πολτώδη ή υγρά μορφή γίνεται σε οποιοδήποτε υδάτινο σύστημα υποδοχής, εκτός εκείνων που έχουν κατασκευασθεί ειδικά για τη διάθεση εξορυκτικών αποβλήτων.
- Προτεινόμενα μέτρα για την πρόληψη ή τη μείωση στο ελάχιστο της υποβάθμισης των υδάτων και της ρύπανσης του εδάφους, κατά την επανατοποθέτηση των εξορυκτικών αποβλήτων σε κοιλάτητες εκσκαφής που δημιουργήθηκαν είτε από επιφανειακή είτε από υπόγεια εξόρυξη και πρόκειται να κατακλυστούν με φυσικό τρόπο μετά το κλείσιμο της εγκατάστασης αποβλήτων.
- Σε περίπτωση παρουσίας κυανίου σε λίμνη, τα μέτρα για τον περιορισμό της συγκέντρωσης του διασπώμενου με ασθενές οξύ κυανίου εντός της λίμνης στα χαμηλότερα δυνατά επίπεδα, με τη χρησιμοποίηση των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών (Άρθρο 15).
- Στοιχεία που τεκμηριώνουν ότι η διαχείριση των εγκαταστάσεων αποβλήτων, ανατίθεται σε αρμόδιο πρόσωπο και ότι εξασφαλίζεται η παρακολούθηση της

τεχνικής εξέλιξης και η κατάρτιση του προσωπικού.

Με βάση τα παραπάνω, το Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων που κατατίθεται στην αρμόδια αρχή, από το φορέα διαχείρισης των αποβλήτων, θα πρέπει να περιλαμβάνει επαρκείς και τεκμηριωμένες πληροφορίες, ώστε να γίνεται εκτίμηση της ικανότητάς του, να εκπληρώσει τους στόχους του σχεδίου.

Η διαδικασία θεώρησης – έγκρισης του Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων που κατατίθεται, περιλαμβάνει τα εξής (Κ.Υ.Α. 39624/2209/Ε103):

- Το Σ.Δ.Α. υποβάλλεται από το φορέα διαχείρισης στην αρμόδια αρχή, μαζί με την Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.), για την έκδοση της απόφασης έγκρισης περιβαλλοντικών όρων (Α.Ε.Π.Ο.), σύμφωνα με το άρθρο 11 της Κ.Υ.Α.
- Για την αξιολόγηση του Σ.Δ.Α., εφαρμόζεται αναλόγως η διαδικασία αξιολόγησης της Μ.Π.Ε., σύμφωνα με τις διατάξεις της Κ.Υ.Α. 11014/703/2003, με συγκεκριμένες διακρίσεις (παρ. 2, Άρθρο 7).
- Η δημοσιοποίηση του Σ.Δ.Α. γίνεται μαζί με την Μ.Π.Ε., σύμφωνα με τη διαδικασία που προβλέπεται στην Κ.Υ.Α. 37111/2021/2003.
- Κατά την έκδοση της Απόφασης Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων, γίνεται θεώρηση του σχεδίου διαχείρισης από την αρμόδια αρχή και προσαρτάται ως παράρτημα στην Μ.Π.Ε.
- Σε περίπτωση μεταβολών στη λειτουργία των εγκαταστάσεων αποβλήτων ή στα αποτιθέμενα απόβλητα, ο φορέας διαχείρισης υποβάλλει στην αρμόδια αρχή εμπειρισταωμένη και επαρκή έκθεση για τις επελθούσες μεταβολές, προκειμένου να εκτιμηθεί, εάν αυτές είναι ουσιώδεις σε σχέση με τις επιπτώσεις τους στο περιβάλλον. Σε καταφατική περίπτωση, ο φορέας διαχείρισης υποχρεούται να τροποποιήσει το σχέδιο διαχείρισης και να το υποβάλλει άμεσα στην αρμόδια αρχή, προκειμένου να αξιολογηθεί η αναγκαιότητα της τροποποίησης της απόφασης έγκρισης περιβαλλοντικών όρων (Άρθρο 11).
- Ο φορέας διαχείρισης, υποχρεούται να επανεξετάζει το σχέδιο διαχείρισης αποβλήτων κάθε πέντε έτη και να αποστέλλει σχετική έκθεση στην αρμόδια αρχή. Όταν κατά την επανεξέταση, προκύπτουν μεταβολές στη λειτουργία της εγκατάστασης αποβλήτων, εφαρμόζεται αναλόγως η σχετική διάταξη της προηγούμενης παραγράφου.

### 3.4 Περιβαλλοντικός Χαρακτηρισμός Εξορυκτικών Αποβλήτων

Σύμφωνα με το Παράρτημα II της Κ.Υ.Α. 39624/2209/Ε103 και της Οδηγίας 2006/21/ΕΚ, τα εξορυκτικά απόβλητα που πρόκειται να αποτεθούν σε μια εγκατάσταση, χαρακτηρίζονται με τρόπο που να εξασφαλίζεται η μακροχρόνια φυσική και χημική σταθερότητα της δομής της εγκατάστασης. Για τον χαρακτηρισμό αυτό, θα πρέπει να συνυπολογίζονται τα εξής στοιχεία:

1. Τα αναμενόμενα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων, που θα αποτεθούν βραχυπρόθεσμα αλλά και μακροπρόθεσμα,
2. Η ταξινόμηση των αποβλήτων, με την αντίστοιχη καταχώρισή τους στην απόφαση 2000/532/ΕΚ, όπως ισχύει, λαμβάνοντας υπόψη τα επικίνδυνα χαρακτηριστικά τους,
3. Οι χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται κατά την επεξεργασία του ορυκτού πόρου, καθώς και της σταθερότητάς τους,
4. Η μέθοδος εναπόθεσης των αποβλήτων, και
5. Το χρησιμοποιούμενο σύστημα μεταφοράς αποβλήτων.

Επιπρόσθετα, λαμβάνοντας υπόψη το Παράρτημα της Απόφασης 2009/360/ΕΚ, προς συμπλήρωση των σχετικών διατάξεων της Οδηγίας 2006/21/ΕΚ, ο χαρακτηρισμός των αποβλήτων καλύπτει τις ακόλουθες κατηγορίες πληροφοριών (Σχήμα 3.1):

- Γενικές πληροφορίες.
- Γεωλογικό υπόβαθρο του προς εκμετάλλευση κοιτάσματος.
- Είδος των αποβλήτων τους και προβλεπόμενος χειρισμός αυτών, δηλαδή:
  - Προέλευση των αποβλήτων,
  - Ποσότητα των αποβλήτων,
  - Περιγραφή του συστήματος μεταφοράς αποβλήτων,
  - Περιγραφή των χημικών ουσιών, που χρησιμοποιούνται στη διάρκεια της επεξεργασίας,
  - Ταξινόμηση των αποβλήτων, σύμφωνα με την απόφαση 2000/532/ΕΚ, συμπεριλαμβανομένων των επικίνδυνων ιδιοτήτων τους, και
  - Είδος προβλεπόμενης εγκατάστασης αποβλήτων.
- Γεωτεχνική συμπεριφορά των αποβλήτων, που αφορά στον προσδιορισμό των

κατάλληλων παραμέτρων για την εκτίμηση των εγγενών φυσικών χαρακτηριστικών των αποβλήτων, λαμβάνοντας υπόψη το είδος της εγκατάστασης αποβλήτων. Σχετικές παράμετροι προς εξέταση είναι κοκκομετρία, πλαστικότητα, πυκνότητα και περιεκτικότητα σε νερό, βαθμός συμπίεσης, διατμητική αντοχή και γωνία τριβής, διαπερατότητα και λόγος κενών, συμπιεστότητα και στερεοποίηση.

- Γεωχημικά χαρακτηριστικά και συμπεριφορά των αποβλήτων, όπου πρέπει:
- Να προσδιοριστεί η χημική και ορυκτολογική σύσταση των αποβλήτων, αλλά και όλων των πρόσθετων ή υπολειμμάτων που παραμένουν στα απόβλητα,
  - Να προβλεφθεί η χημική σύσταση των στραγγισμάτων σε βάθος χρόνου, λαμβάνοντας υπόψη την προβλεπόμενη επεξεργασία.
  - Να αξιολογηθεί η εκπλυσιμότητα των μετάλλων, οξυανιόντων και αλάτων σε βάθος χρόνου μέσω δοκιμής, εξάρτησης από το Ph, ή/και δοκιμής διήθησης (percolation test) ή και αποδέσμευσης σε συνάρτηση με το χρόνο ή/και άλλων κατάλληλων δοκιμών.
  - Για τα απόβλητα που περιέχουν θειούχες ενώσεις, διεξαγωγή στατικών ή κινητικών δοκιμών προκειμένου να προσδιοριστεί η παραγωγή οξύτητας και η έκπλυση μετάλλων σε βάθος χρόνου.

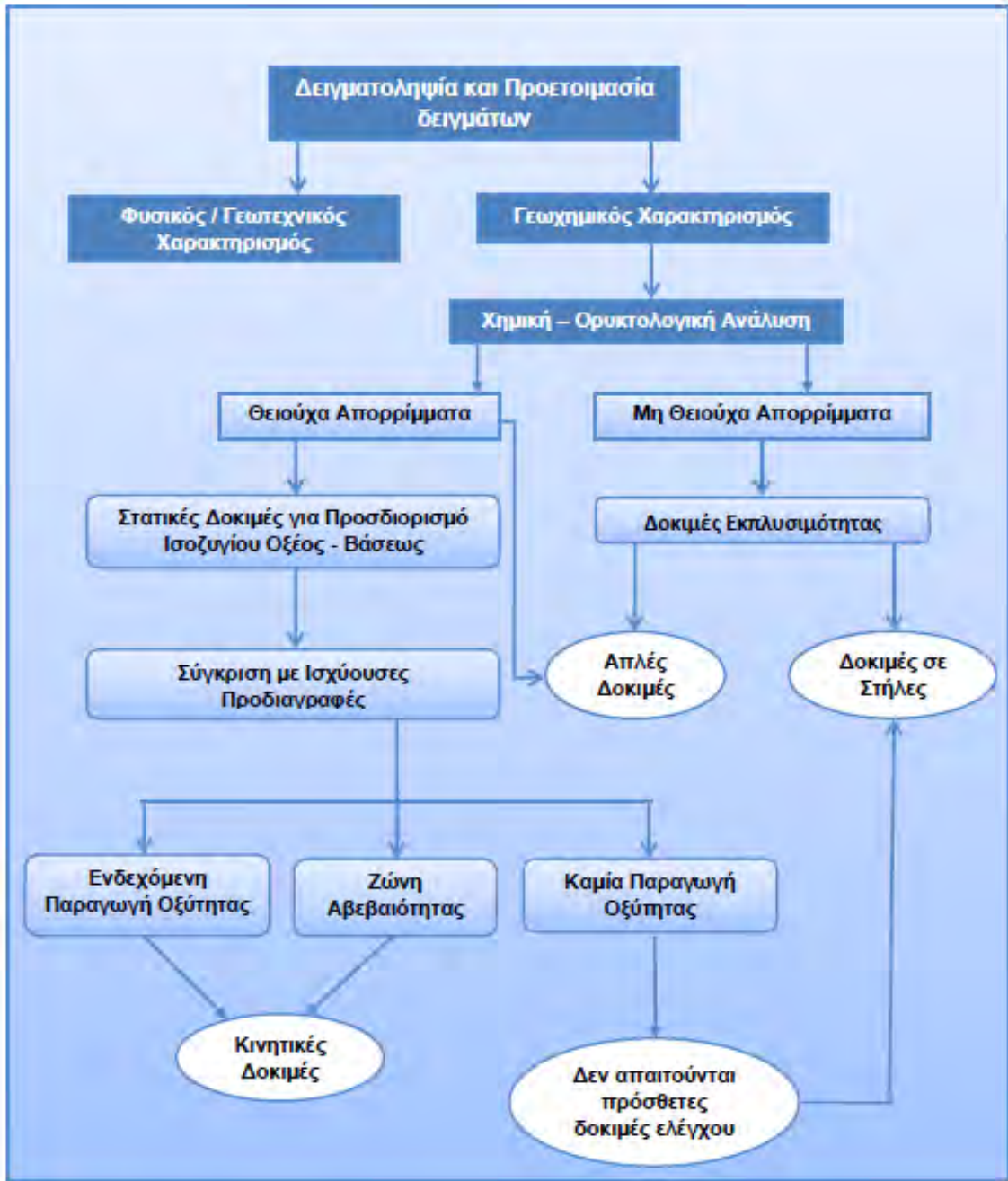
Ο τρόπος συλλογής και αξιολόγησης πληροφοριών για τον χαρακτηρισμό αποβλήτων περιλαμβάνει:

Τη χρήση αποτελεσμάτων προηγούμενων ερευνών και μελετών, εφόσον αυτές έχουν εκτελεστεί σύμφωνα με το Παράρτημα της απόφασης 2009/360/EK

Την εκτέλεση δειγματοληψιών σύμφωνα με το πρότυπο EN 14899, εφόσον απαιτούνται

Την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της διαδικασίας χαρακτηρισμού και την υιοθέτηση μιας επαναληπτικής προσέγγισης ώστε να εξασφαλιστεί πλήρης χαρακτηρισμός των αποβλήτων.

Η απόφαση προβλέπει επίσης την εξαίρεση των αποβλήτων που χαρακτηρίζονται ως «αδρανή» σύμφωνα με την απόφαση 2009/359/EK από μέρος των γεωχημικών δοκιμών που ορίζονται στο Παράρτημα της απόφασης 2009/360/EK.



**Σχήμα 3.1:** Μεθοδολογία περιβαλλοντικού χαρακτηρισμού εξορυκτικών αποβλήτων (BREF Reference Document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste Rock in Mining Activities, 2009)

Με βάση τις διατάξεις της Κ.Υ.Α. 39624/2209/Ε103, της Οδηγίας 2006/21/ΕΚ και της Απόφασης 2009/360/ΕΚ, τα μεταλλευτικά απόβλητα, θα πρέπει να ταξινομούνται σύμφωνα με την αντίστοιχη καταχώρησή τους στον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων (Απόφαση 2000/532/ΕΚ και μετέπειτα τροποποιήσεις της). Για τα απόβλητα από εξερεύνηση, εξόρυξη, εργασίες λατομείου και φυσική και χημική επεξεργασία ορυκτών

και ειδικότερα για τα απόβλητα από την εξόρυξη και την επεξεργασία θειούχων μεταλλευμάτων, η ταξινόμηση γίνεται σύμφωνα με τις κατηγορίες του Πίνακα 3.1:

**Πίνακας 3.1:** Ταξινόμηση μεταλλευτικών αποβλήτων, σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων (Απόφαση 2000/532/ΕΚ, όπως έχει τροποποιηθεί με τις Αποφάσεις 2001/118/ΕΚ, 2001/119/ΕΚ και 2001/573/ΕΚ)

01 01	απόβλητα από την εκσκαφή ορυκτών
01 01 01	απόβλητα από την εκσκαφή ορυκτών που περιέχουν μέταλλα
01 01 02	απόβλητα από την εκσκαφή ορυκτών που δεν περιέχουν μέταλλα
01 03	απόβλητα από τη φυσική και χημική επεξεργασία ορυκτών που περιέχουν μέταλλα
01 03 04*	οξεοπαραγωγά υπολείμματα από την επεξεργασία θειούχου μεταλλεύματος
01 03 05*	άλλα υπολείμματα που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες
01 03 06	υπολείμματα εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στα σημεία 01 03 04 και 01 03 05
01 03 07*	άλλα υπολείμματα που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες από τη φυσική και χημική επεξεργασία ορυκτών που περιέχουν μέταλλα
01 03 08	απόβλητα σκόνης και πούδρας εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 0103 07
01 03 09	ερυθρά υλός από την παραγωγή αλουμίνας εκτός εκείνων που αναφέρονται στο σημείο 0103 07
01 03 99	απόβλητα μη προδιαγραφόμενα άλλως
01 04	απόβλητα από φυσική και χημική επεξεργασία ορυκτών που δεν περιέχουν μέταλλα
01 04 07*	απόβλητα που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες από φυσική και χημική επεξεργασία ορυκτών που δεν περιέχουν μέταλλα
01 04 08	απόβλητα χαλίκια και σπασμένοι βράχοι εκτός εκείνων που αναφέρονται στο σημείο 0104 07
01 04 09	απόβλητα αμμώδη και αργιλώδη
01 04 10	απόβλητα σκόνης και πούδρας εκτός εκείνων που αναφέρονται στο σημείο 01 04 07
01 04 11	απόβλητα από την επεξεργασία ποτάσας και αλατούχου βράχου εκτός εκείνων που αναφέρονται στο σημείο 01 04 07
01 04 12	υπολείμματα και άλλα απόβλητα από πλύσιμο και καθαρισμό ορυκτών εκτός εκείνων που αναφέρονται στα σημεία 0104 07 και 01 04 11
01 04 13	απόβλητα από την κοπή και το πριόνισμα πέτρας εκτός εκείνων που αναφέρονται στο σημείο 01 04 07
01 04 99	απόβλητα μη προδιαγραφόμενα άλλως
01 05	λάσπες γεωτρήσεων και άλλα απόβλητα γεωτρήσεων
01 05 04	λάσπες και απόβλητα από γεώτρηση νερού
01 05 05*	λάσπες και απόβλητα από γεώτρηση που περιέχουν πετρέλαιο
01 05 06*	λάσπες γεωτρήσεων και άλλα απόβλητα γεωτρήσεων που περιέχουν επικίνδυνες ουσίες
01 05 07	λάσπες και απόβλητα από γεώτρηση που περιέχουν βαρίτη εκτός εκείνων που αναφέρονται στα σημεία 0105 05 και 0105 06
01 05 08	λάσπες και απόβλητα από γεώτρηση που περιέχουν γλωριούχα εκτός εκείνων που αναφέρονται στα σημεία 0105 05 και 0105 06
01 05 99	απόβλητα μη προδιαγραφόμενα άλλως



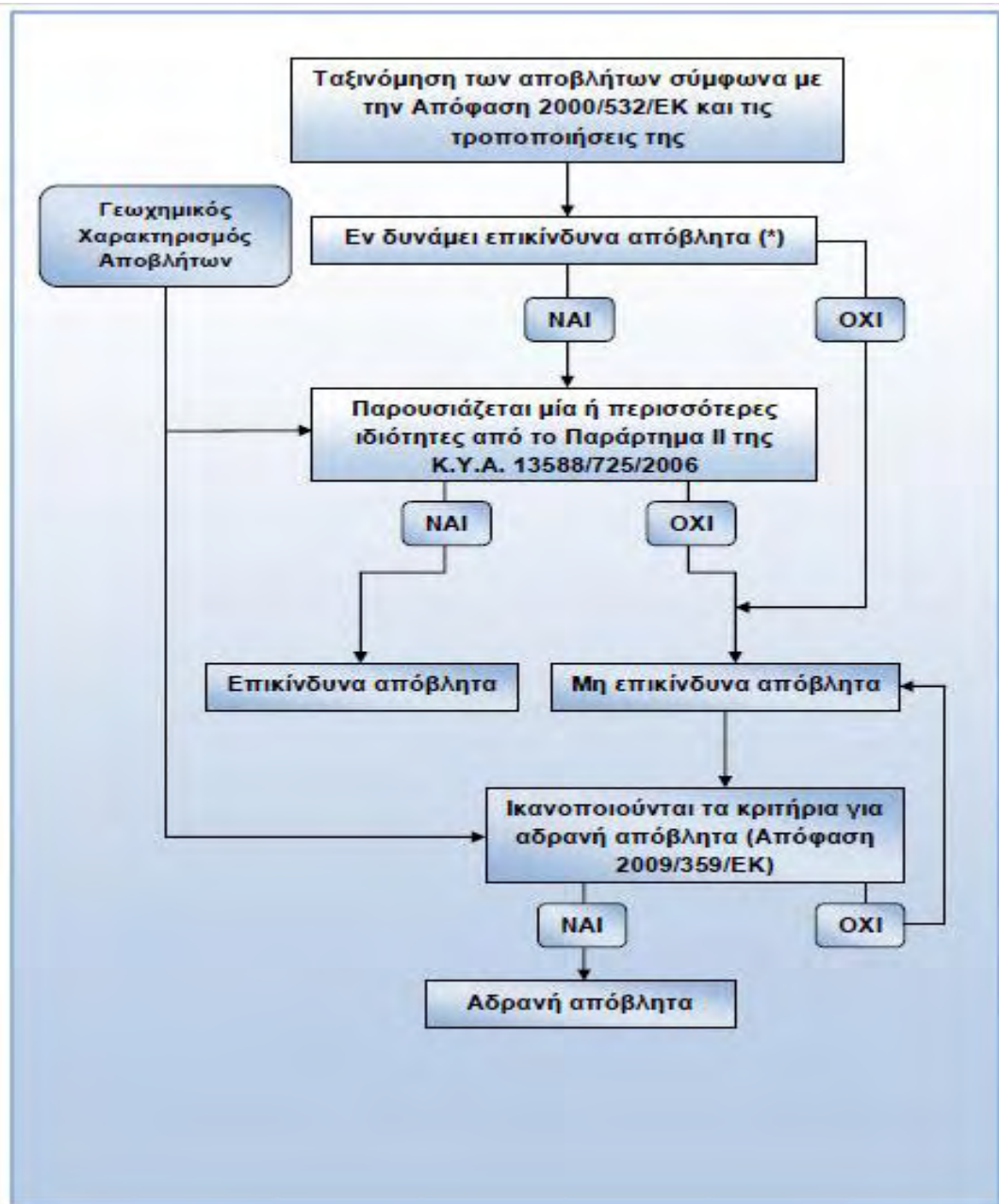
Για τα απόβλητα του παραπάνω πίνακα που επισημαίνονται με αστερίσκο, ο χαρακτηρισμός τους ως επικίνδυνα, γίνεται βάσει των ιδιοτήτων και των κριτηρίων που τίθενται στο Παράρτημα II της Κ.Υ.Α 13588/725/2006 «Μέτρα, όροι και περιορισμοί για τη διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 91/689/ΕΟΚ»

Όσον αφορά στον χαρακτηρισμό αποβλήτων ως αδρανή, σύμφωνα με την Απόφαση 2009/359/ΕΚ, σε συμπλήρωση των διατάξεων της Οδηγίας 2006/21/ΕΚ, πρέπει να πληρούνται τα εξής κριτήρια (Άρθρο 1, Απόφαση 2009/359/ΕΚ):

- Τα απόβλητα δεν πρόκειται να υποστούν σημαντική αποσύνθεση ή διάλυση ή άλλου είδους σημαντική μεταβολή, δυνάμενη να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον ή να βλάψει την ανθρώπινη υγεία,
- Τα απόβλητα έχουν μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο με τη μορφή θειούχων ενώσεων 0,1%, ή η μέγιστη περιεκτικότητα των αποβλήτων σε θείο με τη μορφή θειούχων ενώσεων είναι 1% και ο λόγος του δυναμικού εξουδετέρωσης προς το δυναμικό παραγωγής οξύτητας, όπως προσδιορίζεται με τη στατική δοκιμή prEN 15875, είναι μεγαλύτερος του 3,
- Τα απόβλητα δεν ενέχουν κίνδυνο αυτανάφλεξης και δεν καίγονται,
- Τα απόβλητα είναι πρακτικά απαλλαγμένα προϊόντων χρησιμοποιούμενων στην εξόρυξη ή την επεξεργασία, τα οποία θα μπορούσαν να βλάψουν το περιβάλλον ή την ανθρώπινη υγεία, και
- Η περιεκτικότητα των αποβλήτων, όπως επίσης και του λεπτομερούς κλάσματος των αποβλήτων, σε ουσίες δυνητικά επιβλαβείς για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία και ειδικότερα σε As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, V, Zn, είναι αρκούντως χαμηλή, ώστε να συνεπάγεται ασήμαντο κίνδυνο για τον άνθρωπο και το περιβάλλον βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα. Για να θεωρείται αρκούντως χαμηλή, η περιεκτικότητα στις ουσίες αυτές δεν πρέπει να υπερβαίνει τις εθνικές οριακές τιμές για περιοχές που χαρακτηρίζονται ως μη ρυπασμένες ή τα σχετικά εθνικά φυσικά επίπεδα υποβάθρου. Ωστόσο, για την Ελλάδα δεν έχουν θεσπιστεί ακόμα οριακές τιμές για περιοχές που χαρακτηρίζονται ως μη ρυπασμένες και δεν έχει πραγματοποιηθεί συστηματική καταγραφή και αποτύπωση των φυσικών επιπέδων υποβάθρου σε εθνικό επίπεδο.

Συμπερασματικά, σε μία προσπάθεια να συνοψιστεί ολόκληρη η μεθοδολογία κατηγοριοποίησης των αποβλήτων, σε συμφωνία με την κείμενη νομοθεσία, παρατίθεται το Σχήμα 3.2, όπου παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο χαρακτηρίζονται τα απόβλητα ως:

- Αδρανή,
- Μη επικίνδυνα, μη αδρανή, και
- Επικίνδυνα.



**Σχήμα 3.2:** Μεθοδολογία κατηγοριοποίησης των αποβλήτων (με βάση τις Κ.Υ.Α. 39624/2209/Ε103, Κ.Υ.Α. 13588/725 και τις αποφάσεις 2000/532/ΕΚ, 2009/359/ΕΚ, 2009/360/ΕΚ)



## 4. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΞΟΡΥΚΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

### 4.1 Γενικά

Οι εγκαταστάσεις διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων, καθιερώθηκαν ευρέως ως εγκαταστάσεις διαχείρισης τελμάτων (Tailings Management Facilities), καθώς ο βασικός σκοπός της κατασκευής τους, αφορά στη διαχείριση των απορριμμάτων της επεξεργασίας των ορυκτών πόρων, τα οποία συνιστούν το κυρίαρχο σε ποσότητες, αποτιθέμενο εξορυκτικό απόβλητο. Οι εγκαταστάσεις αυτές, αποτελούν πολύπλοκες κατασκευές με ιδιόμορφα επιμέρους δομημένα συστήματα, που διαφοροποιούνται με την εκάστοτε χωροθέτηση και έχουν ως εκ τούτου μοναδικά φυσικά, τεχνικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά.

Οι βασικοί στόχοι λειτουργίας των εγκαταστάσεων διαχείρισης των εξορυκτικών αποβλήτων είναι:

- Η ασφαλής και ορθολογική, από τεχνικής άποψης, αποθήκευση των αποβλήτων για την ελαχιστοποίηση των πιθανών περιβαλλοντικών κινδύνων, και
- Η κατασκευή μιας ανθεκτικής και μη ρυπογόνου δομής, η οποία παραμένει σταθερή σε μακροχρόνιο ορίζοντα.

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, οι εγκαταστάσεις θα πρέπει να είναι προσαρμοσμένες στη φυσική έκταση που καταλαμβάνουν, τη δομή και τα χαρακτηριστικά των υποδεχόμενων αποβλήτων και την επιθυμητή λειτουργία, σε αρμονία πάντα με τον περιβάλλοντα χώρο.

Σε κάθε περίπτωση, ο σχεδιασμός, η ασφαλής χωροθέτηση, η κατασκευή, η λειτουργία, ο παροπλισμός και το κλείσιμο μιας τέτοιας εγκατάστασης, οφείλει σε κάθε στάδιο ξεχωριστά αλλά και σε επίπεδο συνολικής θεώρησης, να επιδεικνύει πρωτίστως αποδεκτά περιβαλλοντικά αποτελέσματα και σε μετέπειτα ανάλυση, οικονομικά αποδοτικά στοιχεία για το φορέα υλοποίησης και διαχείρισής της.

Από άποψη κόστους θα πρέπει να εξετάζονται επιπλέον παράμετροι όπως επιλογή χωροθέτησης, κατασκευή, λειτουργία, παρακολούθηση, παροπλισμός και κλείσιμο της εγκατάστασης καθώς και η αποκατάσταση της περιοχής, σύμφωνα πάντα με τη κείμενη

νομοθεσία. Για την λειτουργία μίας εγκατάστασης διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων απαιτείται απόφαση έγκρισης των περιβαλλοντικών όρων (ΕΠΟ) και άδεια λειτουργίας της εγκατάστασης.

Για την έκδοση της άδειας λειτουργίας, ο φορέας διαχείρισης θα πρέπει να καταθέσει εκτός από σχετικής αίτηση, στοιχεία που αφορούν την ταυτότητα του φορέα, την χωροθέτηση της εγκατάστασης, την απόφαση έγκρισης των περιβαλλοντικών όρων, αντίγραφο του θεωρημένου σχεδίου διαχείρισης, την καταχωρημένη μελέτη ασφάλειας της εγκατάστασης, το εσωτερικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης και την κατάθεση της χρηματικής εγγύησης το ποσό της οποίας έχει προσδιοριστεί στην απόφαση Ε.Π.Ο. Η διάρκεια λειτουργίας της εγκατάστασης είναι η ίδια με την διάρκεια ισχύος της απόφασης Ε.Π.Ο. Πριν δοθεί η άδεια λειτουργίας διενεργείται έλεγχος από την αδειοδοτούσα αρχή, προκειμένου να διαπιστωθεί ότι τηρούνται οι απαιτήσεις του σχεδίου διαχείρισης.

#### **4.2 Ταξινόμηση Εγκαταστάσεων Διαχείρισης Εξορυκτικών Αποβλήτων**

Σύμφωνα με το ισχύον νομοθετικό καθεστώς, οι εγκαταστάσεις διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων ταξινομούνται ανάλογα με τους κινδύνους που ενέχουν. Οι πιο επικίνδυνες εγκαταστάσεις θα πρέπει να υιοθετούν πολιτική μεγάλων ατυχημάτων, η οποία θα καλύπτει την πρόληψη καταστροφών και την καθιέρωση μηχανισμών ανταπόκρισης σε έκτακτες ανάγκες με παροχή πληροφόρησης στο κοινό και συνεργασία σε περίπτωση επέκτασης της ρύπανσης από μια χώρα σε άλλη. Για την αντιμετώπιση των αστοχιών του παρελθόντος, οι κανόνες απαιτούν την κατάρτιση καταλόγων των εγκαταστάσεων που προκαλούν την περισσότερη ρύπανση και έχουν κλείσει ή εγκαταλειφθεί.

Γενικά οι εγκαταστάσεις διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Κατηγορίας Α, σύμφωνα με την πρώτη περίπτωση του παραρτήματος ΙΙΙ της Οδηγίας 2006/21/ΕΚ, εάν οι προβλεπόμενες συνέπειες, βραχυπρόθεσμες ή μακροπρόθεσμες μιας αστοχίας λόγω απώλειας της δομικής ακεραιότητας ή λόγω κακής λειτουργίας της εγκατάστασης αποβλήτων θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε:

- Μη αμελητέο ενδεχόμενο απώλειας ζωής,
  - Σοβαρό κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία, και
  - Σοβαρό κίνδυνο για το περιβάλλον
- Όλες τις υπόλοιπες εγκαταστάσεις διαχείρισης αποβλήτων.

Αναλυτικότερα, για την κατηγορία Α, τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν, αναλύονται σύμφωνα με το άρθρο 4, παρ. 2-4, της Απόφασης 2009/337/ΕΚ και περιλαμβάνουν τα εξής:

- Το ενδεχόμενο ή ο κίνδυνος απώλειας ζωής να θεωρείται αμελητέος ή μη σοβαρός, εφόσον στην περιοχή που θα μπορούσε να προσβληθεί δεν αναμένεται παρουσία, μόνιμη ή για μεγάλο χρονικό διάστημα ατόμων, εκτός των εργαζομένων στην εγκατάσταση. Οι τραυματισμοί που συνεπάγονται αναπηρία ή παρατεταμένη ασθένεια, ισοδυναμούν με σοβαρούς κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία.
- Ο δυνητικός κίνδυνος για το περιβάλλον θεωρείται μη σοβαρός, εάν:
  - Η ένταση της ενδεχόμενης ρυπογόνου πηγής, μειώνεται σημαντικά σε σύντομο χρονικό διάστημα,
  - Η αστοχία δεν συνεπάγεται μόνιμη ή μακροχρόνια περιβαλλοντική βλάβη, και
  - Το περιβάλλον που επλήγη, μπορεί να επανέλθει στην πρότερη κατάσταση, με ελάχιστονες προσπάθειες καθαρισμού και αποκατάστασης.

Ειδικότερα με βάση το άρθρο 5 της απόφασης 2009/337/ΕΚ για την περίπτωση απώλειας της δομικής ακεραιότητας φραγμάτων τελμάτων κατεργασίας, η ανθρώπινη ζωή θεωρείται ότι απειλείται, εφόσον:

- η στάθμη του νερού ή πολφού είναι τουλάχιστον 0,7 m από το έδαφος ή
- οι ταχύτητες του νερού ή του πολφού υπερβαίνουν τα 0,5 m/s.

Μια εγκατάσταση ταξινομείται εάν οι συνέπειες (από την απώλεια ζωής ή σοβαρών κινδύνων που ενδέχεται να προκαλέσουν στην ανθρώπινη υγεία ή λόγω των δυσμενών επιπτώσεων στο περιβάλλον ή μιας αστοχίας λόγω απώλειας της δομικής ακεραιότητας ή λόγω αντικανονικής λειτουργίας) δεν είναι αμελητέες. Η διαδικασία ισχύει για όλες τις εγκαταστάσεις.

Η διαδικασία έχει ως στόχο μόνο να καθορίσει τη ταξινόμηση των εγκαταστάσεων, δεν διερευνά τις πιθανές συνέπειες από τυχόν αστοχία της εγκατάστασης με μεγάλη λεπτομέρεια ούτε εισέρχεται στην εκπόνηση της μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Πρέπει δε να βασίζεται σε ρεαλιστικές συνθήκες και σενάρια.

Ο δυνητικός κίνδυνος που ελλοχεύει από μια εγκατάσταση εξορυκτικών αποβλήτων μπορεί να μεταβληθεί σημαντικά ανάμεσα στην χρονική περίοδο της λειτουργίας και της λήξης της μεταλλευτικής δραστηριότητας.

Η διαδικασία ταξινόμησης που σχετίζεται με την απώλεια της δομικής ακεραιότητας εξετάζει τόσο τις άμεσες επιπτώσεις όλων των υλικών που διαρρέουν και μεταφέρονται εκτός της εγκατάστασης, ως συνέπεια της αστοχίας, αλλά και τις μεσοπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις (π.χ. ρύπανση του εδάφους και των υδατικών συστημάτων, απώλεια της ζωής των ζώων κλπ).

Το σύνολο του κύκλου ζωής της εγκατάστασης πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την αξιολόγηση.

Το ενδεχόμενο απώλειας του κύκλου ζωής της εγκατάστασης ή σοβαρού κίνδυνου για την ανθρώπινη υγεία θεωρείται μη αμελητέο, εάν οι άνθρωποι που ενδέχεται να επηρεαστούν διαμένουν μόνιμα ή για μεγάλο χρονικό διάστημα στην εν δυνάμει πληγείσα περιοχή.

Προκειμένου για την αξιολόγηση του δυναμικού απώλειας ζωής και κινδύνου για την ανθρώπινη υγεία, οι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη περιλαμβάνουν:

- α) το μέγεθος και τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης,
- β) η ποσότητα και η ποιότητα (φυσικές και χημικές ιδιότητες) των αποβλήτων της εγκατάστασης,
- γ) η τοπογραφία της εγκατάστασης, συμπεριλαμβανομένων χαρακτηριστικών στεγανότητας,
- δ) ο χρόνος μετακίνησης ενδεχόμενου πλημμυρικού κύματος σε περιοχές όπου βρίσκονται άνθρωποι,
- ε) η ταχύτητα διάδοσης του πλημμυρικού κύματος,
- στ) η προβλεπόμενη στάθμη του νερού ή του πολφού,
- ζ) η αύξηση της στάθμης του νερού ή του πολφού και
- η) άλλος παράγοντας σχετικός με την συγκεκριμένη τοποθεσία

Η προτεινόμενη μεθοδολογία ταξινόμησης των εγκαταστάσεων των εξορυκτικών

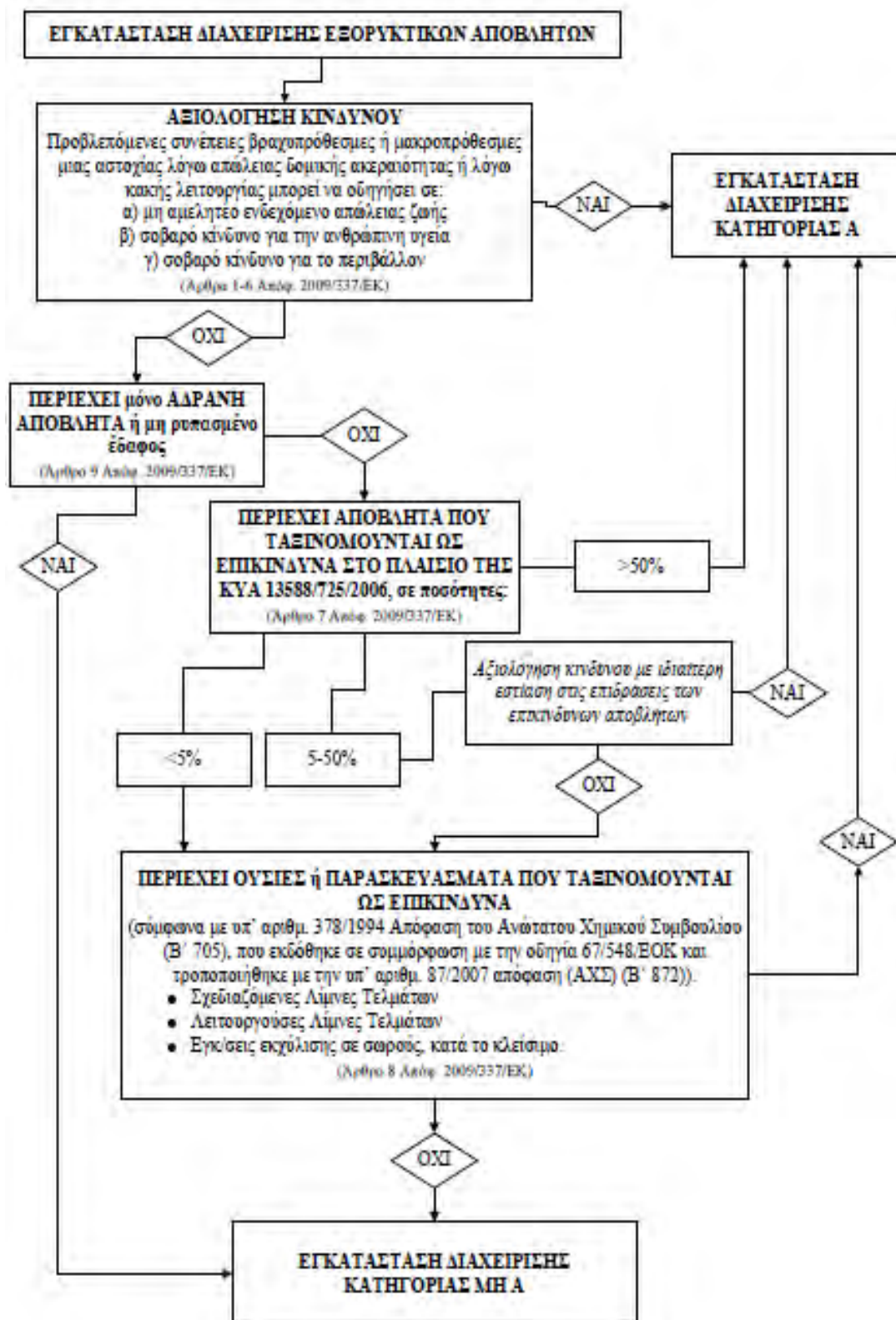
αποβλήτων δεν αναφέρεται στους εργαζομένους της εξορυκτικής βιομηχανίας, όπως η ασφάλειά τους, διότι καλύπτονται από άλλη κοινοτική νομοθεσία, κυρίως από τις οδηγίες 92/91/EK και 92/104/EK. (European Commission DG Environment-Classification of mining waste facilities, December 2007).

Σύμφωνα με την Οδηγία 2006/21/EK (Παράρτημα III), την σχετική Απόφαση 2009/337/EK και την ενσωμάτωση αυτών, στην ελληνική νομοθεσία, με την Κ.Υ.Α. 39624/2209/Ε103 (Παράρτημα III), μια εγκατάσταση χαρακτηρίζεται ως κατηγορίας Α (μέγιστης περιβαλλοντικής επικινδυνότητας), εάν:

- Βάσει εκτίμησης κινδύνων κατά την οποία λαμβάνονται υπόψη παράγοντες, όπως το παρόν ή το μελλοντικό μέγεθος, η θέση και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εγκαταστάσεων αποβλήτων, συμπεραίνεται ότι θα μπορούσε να προκληθεί σοβαρό ατύχημα λόγω βλάβης ή λανθασμένου χειρισμού, όπως κατάρρευση σωρού αποβλήτων ή ρήξη φράγματος
- Περιέχουν απόβλητα που ταξινομούνται ως επικίνδυνα στα πλαίσια της ΚΥΑ 13588/725/2006 σε ποσότητες που υπερβαίνουν ορισμένο όριο,
- Περιέχουν ουσίες ή παρασκευάσματα που ταξινομούνται ως επικίνδυνα σε ποσότητες που υπερβαίνουν ορισμένο όριο στα πλαίσια της Απόφασης 378/1994 του Ανώτατου Χημικού Συμβουλίου, που εκδόθηκε σε συμμόρφωση με την Οδηγία 67/548/ΕΟΚ και τροποποιήθηκε με την Απόφαση 87/2007 τους Α.Χ.Σ.

Κατά την διαδικασία ταξινόμησης της εγκατάστασης εξορυκτικών αποβλήτων, λαμβάνονται υπόψη και τα τρία ενδεχόμενα που αναφέρθηκαν. Για κάθε εγκατάσταση, εφόσον ισχύει ένα από τα προαναφερόμενα ενδεχόμενα, κατατάσσεται απευθείας στην κατηγορία Α, χωρίς να απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση. Εγκαταστάσεις στις οποίες δεν ισχύει κανένα ενδεχόμενο, κατατάσσονται σε όλες τις υπόλοιπες δομές, εκτός της κατηγορίας Α.

Στο Σχήμα 4.1, που ακολουθεί, παρουσιάζεται σχηματικά η μεθοδολογία για την ταξινόμηση των εγκαταστάσεων διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων, σύμφωνα τη Μελέτη που έχει εκπονηθεί από το ΕΠΠΕΡΑΑ (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη) για τη μεταφορά της Οδηγίας 2006/21/EK στο Εθνικό Δίκαιο.



**Σχήμα 4.1:** Μεθοδολογία ταξινόμησης εγκαταστάσεων διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων Παράρτημα ΙΙΙ ΚΥΑ 39624/2209/Ε103/2009, Απόφαση 2009/337/ΕΚ)

### 4.3 Εγκαταστάσεις διαχείρισης στερεών αποβλήτων

#### 4.3.1 Μέθοδος εξόρυξης λιγνίτη και απόθεσης στερεών αποβλήτων (άγωνα)

Τα στερεά απόβλητα ορυχείων συναντούνται κυρίως στα ορυχεία ανοικτής εκμετάλλευσης. Τέτοια είναι τα λιγνιτωρυχεία της ΔΕΗ στην Πτολεμαΐδα, το Αμύνταιο και την Μεγαλόπολη.

Ο λιγνίτης Πτολεμαΐδας σχηματίστηκε κατά τη διάρκεια μιας μεγάλης χρονικής περιόδου (10 εκατομμύρια χρόνια περίπου) και εκτιμάται ότι οι διεργασίες τελείωσαν πριν 1 εκατομμύριο χρόνια. Η ευρύτερη λεκάνη Μοναστηρίου, Φλώρινας, Αμυνταίου, Πτολεμαΐδας, Κοζάνης και Σερβίων καλύπτονταν την εποχή εκείνη από αβαθείς λίμνες και έλη. Οι κλιματολογικές συνθήκες ευνόησαν τη μεγάλη βλάστηση, υδροχαρών φυτών (βρύα, καλάμια, κλπ) σε διάφορες θέσεις της λεκάνης. Με το χρόνο τα φυτά αυτά συγκεντρώθηκαν σε μεγάλες ποσότητες στον πυθμένα των λιμνών. Στη συνέχεια η βλάστηση καλύφθηκε από γαιώδη υλικά. Έτσι οι οργανικές ύλες των φυτών, ευρισκόμενες υπό πίεση και με την επίδραση διαφόρων μικροοργανισμών, μετατράπηκαν με το χρόνο σε στρώματα λιγνίτη. Αυτό επαναλήφθηκε πολλές φορές και τέλος πάνω από τα νεώτερα στρώματα λιγνίτη επικάθησαν άλλα γαιώδη υλικά, τα λεγόμενα «υπερκειμένα». Έτσι προέκυψαν λιγνιτικά κοιτάσματα μορφής Zebra.

Το πάχος των υπερκειμένων υλικών κυμαίνεται από 12 μέχρι 230 μέτρα για τα ορυχεία που βρίσκονται σε λειτουργία στην περιοχή Πτολεμαΐδας. Τα υλικά αυτά είναι, συνήθως άμμος, αμμοχάλικα, μαλακός ασβεστόλιθος και άργιλος. Αλλά και το κοίτασμα του λιγνίτη δεν είναι ενιαίο διότι μέσα στο κοίτασμα αυτό υπάρχουν λεπτά στρώματα από τα γαιώδη υλικά και τα οποία επειδή βρίσκονται μεταξύ των λιγνιτικών στρωμάτων, ονομάζονται «ενδιάμεσα». Το μέσο πάχος των απολήψιμων στρωμάτων λιγνίτη ανέρχεται σε 2 μέτρα περίπου, ο αριθμός των οποίων κυμαίνεται από 20 έως 30.

Η μέθοδος που εφαρμόζεται για την εξόρυξη είναι αυτή των ορθών βαθμίδων με τη χρήση ηλεκτροκίνητου εξοπλισμού συνεχούς εκσκαφής, μεταφοράς και απόθεσης υλικών, όπως ο καδοφόρος εκσκαφέας που φαίνεται στην Εικόνα 4.1. Το ύψος κοπής εξαρτάται από το πάχος του αντίστοιχου λιγνιτοφόρου ή στείρου στρώματος, το οποίο πρόκειται να υποστεί εκσκαφή καθώς και τον τύπο του καδοφόρου εκσκαφέα.





**Εικόνα 4.1:** Καδοφόρος εκσκαφέας

Η εκσκαφή συνεχίζεται μέχρις ότου φανεί το λευκό στρώμα της μάργας (τελικός πυθμένας ορυχείου), δημιουργώντας έτσι ορυχεία που είναι επιφανειακά. (Εικόνα 4.2).



**Εικόνα 4.2:** Ορυχείο στο οποίο έχει εμφανιστεί το λευκό στρώμα της μάργας



Ένα από τα βασικά μειονεκτήματα των υπαίθριων εκμεταλλεύσεων είναι η ανάγκη που υπάρχει για διακίνηση ολόενα και περισσότερων όγκων υπερκειμένων καθώς τα κοιτάσματα εξελίσσονται σε μεγαλύτερα βάθη και αντίστοιχα μεγαλύτερο εύρος πρανών, άρα και συνεχώς αυξανόμενη έκταση των εργασιών. Το παραπάνω συνεπάγεται την δέσμευση μεγάλων εκτάσεων γης, λόγω των τεράστιων εκσκαφών και των εκτεταμένων αποθέσεων οι οποίες προκαλούν αλλοιώσεις στη γεωμορφολογία του εδάφους, την αισθητική του τοπίου, διαταραχές στην πανίδα και χλωρίδα και ανατροπή της ισορροπίας των επιφανειακών και υπογείων νερών.

Στα υπαίθρια ορυχεία οι παράγοντες που παίζουν σημαντικό ρόλο είναι:

- η σχέση αποκάλυψης, δηλαδή η αναλογία εξόρυξης του υπερκειμένου στείρου προς το υποκείμενο μέταλλευμα
- η τελική γωνία των πρανών

Οι επιφανειακές εκμεταλλεύσεις γίνονται, ανάλογα με το είδος του πετρώματος που πρόκειται να εξορυχτεί, με τη βοήθεια εκρηκτικών ή με ηλεκτροκίνητους καδοφόρους εκσκαφείς και ταινιόδρομους, ή με γιγαντιαίους εκσκαφείς τύπου dragline, μηχανικά πτύα και φορητά οχήματα off-road μεγάλου ωφέλιμου φορτίου. Το μέγεθος και το βάρος αυτών των εκσκαφών είναι τόσο μεγάλο που καθιστά αδύνατη την κίνησή τους σε ανώμαλο και επιδεκτικό σε καθιζήσεις έδαφος. Για τη διευκόλυνση της κίνησης των εκσκαφών στο έδαφος χρησιμοποιούνται προωθητήρες και ισοπεδωτήρες οι οποίοι πρώτα ισοπεδώνουν και συμπιέζουν το έδαφος. Στην συνέχεια διέρχονται οι εκσκαφείς πάνω από το ισοπεδωμένο έδαφος και δημιουργούν επιπλέον συμπίεση, η οποία είναι και μεγαλύτερου μεγέθους από την προηγούμενη και έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία σκληρών εδαφικών στρωμάτων μικρής υδροπερατότητας, γεγονός που ευνοεί την αύξηση της επιφανειακής απορροής των υδάτων και τη διάβρωση των εδαφών αυτών. Οι δραστηριότητες αυτές επιβαρύνουν τον τελικό πυθμένα του ορυχείου που θα δεχτεί αργότερα στείρα από διπλανές περιοχές εξορυκτικής δραστηριότητας. Επιπλέον θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι διαρροές λαδιών από τα συγκεκριμένα μηχανήματα είναι πολύ μεγάλες με αποτέλεσμα την επιβάρυνση του εδάφους πάνω στο οποίο κινούνται, του εδάφους που οδηγείται στις αποθέσεις και του εδάφους του τελικού πυθμένα των ορυχείων.

Από τα υλικά που εξορύσσονται, ο μιν λιγνίτης μεταφέρεται στους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς, τα δε υπερκείμενα και ενδιάμεσα υλικά, μεταφέρονται και

αποτίθενται κυρίως στις περιοχές στις οποίες έχει προηγηθεί εξόρυξη, ώστε μετά το τέλος της εκμετάλλευσης, η επίπτωση στο τοπίο της περιοχής να είναι η ελάχιστη δυνατή. Αρχικά όμως και μέχρι να δημιουργηθεί χώρος εντός του υπό ανάπτυξη ορυχείου, η απόθεση των άγονων υλικών γίνεται σε κενούς χώρους (κοιλότητες) άλλων παλαιών ορυχείων (εξοφλημένων). Όταν δημιουργηθεί χώρος εντός του ορυχείου, η απόθεση διενεργείται εσωτερικά. Η εσωτερική απόθεση των άγονων ακολουθεί τις εκσκαφές του ορυχείου για να είναι πιο σταθερά τα πρανή και για να μπορεί να πραγματοποιηθεί παράλληλα περιβαλλοντική αποκατάσταση κατά την εξέλιξη της εκμετάλλευσης εάν χρειαστεί.

Η μεταφορά του των στείρων, γίνεται με τους ταινιόδρομους οι οποίοι μπορούν να μεταφέρουν συνεχώς σε μακρινές αποστάσεις μεγάλες ποσότητες υλικών.

Τέλος, η απόθεση των στείρων υλικών στις περιοχές όπου έχει απαλειφθεί ο λιγνίτης, γίνεται με μεγάλα ηλεκτροκίνητα μηχανήματα – τα συνεχούς λειτουργίας που ονομάζονται αποθέτες. Ένα τέτοιο μηχάνημα βλέπουμε στην Εικόνα 4.3.



**Εικόνα 4.3:** Αποθέτης

Για την ομαλή λειτουργία της απόθεσης των στείρων υλικών της εκσκαφής, η απόθεση αναπτύσσεται σε επίπεδα. Ο αποθέτης παραλαμβάνει τα μεταφερόμενα υλικά από τον ταινιόδρομο απόθεσης. Για την σωστή φόρτωση από τον ταινιόδρομο στον

αποθέτη, παρεμβάλλεται ο αναδιπλωτής. Ο αναδιπλωτής είναι ένα μηχάνημα το οποίο κινείται κατά μήκος του ταινιόδρομου παρακολουθώντας την κίνηση του αποθέτη. Στην Εικόνα 4.4. βλέπουμε έναν αποθέτη με αναδιπλωτή.



**Εικόνα 4.4:** Αποθέτης με αναδιπλωτή

Προκειμένου να δημιουργηθεί ένα σημείο μεταφόρτωσης του υλικού, ο αναδιπλωτής προκαλεί συνεχώς μία τοπική ανύψωση του ιμάντα του ταινιόδρομου. Αρχικά ο αποθέτης εργάζεται σε μια μεγάλη περίμετρο, προκειμένου να ολοκληρώσει το έργο του στην εξωτερική απόθεση και κατόπιν να εγκατασταθεί στην εσωτερική απόθεση στην οποία θα λειτουργήσει για μακρύ χρονικό διάστημα και μέχρι να ολοκληρωθεί ο προγραμματισμένος όγκος αποθέσεων και να πάρει το τελικό του σχήμα. Απαραίτητη προϋπόθεση για την εργασία του αποθέτη είναι να έχει γίνει πλήρη εκσκαφή και αποκομιδή του κοιτάσματος του συγκεκριμένου χώρου. Οι αποθέτες είναι αυτοί που διαμορφώνουν ως επί το πλείστον την τελική σύσταση και μορφολογία του εδάφους των αποθέσεων. Ο τρόπος με τον οποίο συνεργάζονται οι καδοφόροι εκσκαφείς, οι ταινιόδρομοι και οι αποθέτες έχει σαν αποτέλεσμα την συνεχή μετακίνηση των ορυχείων προς τις περιοχές που βρίσκεται το λιγνιτοφόρο κοίτασμα με τέτοιο τρόπο όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.2.



**Σχήμα 4.2:** Σχηματική παράσταση των ορυχείων με του εκσκαφείς στα δεξιά και τους αποθέτες στα αριστερά, με συνολική κίνηση του συστήματος προς τα δεξιά

Οι αποθέσεις έχουν μορφολογικά ακανόνιστο σχήμα, τα άγωνα υλικά τους αποτελούνται κυρίως από αργίλους και μάργες (Εικόνα 4.5). Γενικά οι αποθέσεις των εκμεταλλεύσεων χαρακτηρίζονται από μικρή περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκο υλικό. Το υλικό αυτό δημιουργεί το μικροπορώδες του εδάφους που έχει άμεση σχέση με την υγρασία, καθορίζει τη δύναμη της συγκράτησης του νερού στο έδαφος και τις θρεπτικές δυνατότητες αυτού του εδαφικού υλικού.



**Εικόνα 4.5:** Κατά μήκος φαίνονται οι αποθέσεις, πάνω δεξιά ο αποθέτης και κάτω αριστερά φαίνεται ο ταινιόδρομος

### 4.3.2 Σχεδιασμός αποθέσεων στερεών αποβλήτων

Για την καλύτερη δυνατή χρήση των εκτάσεων στις οποίες γίνονται οι αποθέσεις των στερεών αποβλήτων και οι οποίες πρόκειται μετά το πέρας της εξορυκτικής δραστηριότητας να αποκατασταθούν, θα πρέπει να γίνει σχεδιασμός των αποθέσεων.

Ο σχεδιασμός αυτός θα πρέπει να περιλαμβάνει:

- Τη διερεύνηση για την αξιοποίηση όλων των αποδιδόμενων επιφανειών, που μπορεί να είναι οριζόντιες, κεκλιμένες ή ακόμη με μορφή λοφοειδών εξάρσεων και κλειστών λεκανών.
- Τον σχεδιασμό για την επίτευξη όσο το δυνατό μεγαλύτερης οπτικής ποικιλίας στο νέο τοπογραφικό ανάγλυφο με δημιουργία ακανόνιστων κι όχι αυστηρώς γεωμετρικών συνόλων, ώστε στο τέλος της διαμόρφωσης των αποθέσεων να εντάσσονται ομαλά στο ευρύτερο φυσικό τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής.
- Τον σχεδιασμό για τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου οικοσυστήματος, που θα φιλοξενήσει περισσότερα είδη χλωρίδας και πανίδας.
- Την πληρέστερη οικονομική ανάπτυξη της ευρύτερης περιοχής, αφού πλέον οι περίοικοι θα έχουν την δυνατότητα να επιλέξουν μεταξύ πολλών εναλλακτικών χρήσεων γης (γεωργία, κτηνοτροφία, υλοτομία, χώροι αναψυχής και φυσικής ομορφιάς).
- Τον σχεδιασμό για την επιστροφή του χώρου, που υπέστη λιγνιτική εκμετάλλευση, σε συνθήκες τουλάχιστον παρόμοιες με αυτές που επικρατούσαν πριν την εκμετάλλευση, αλλά και δυνατότητα απόδοσης του χώρου με συνθήκες καλύτερες από τις αρχικές.

Ο χώρος στον οποίο θα αποτεθούν τα στείρα υλικά, επιλέγεται μετά από μελέτη πολλών παραγόντων. Στη μελέτη αυτή λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- Η δυνατότητα εσωτερικής απόθεσης των στείρων υλικών στα κενά που δημιουργούνται κατά την πορεία της εκμετάλλευσης, ώστε να μην χρησιμοποιηθεί μεγάλη επιφάνεια φυσικού εδάφους για τις αποθέσεις και να προετοιμάζεται μετά την πλήρωση των εργασιών η αποκατάστασή τους.
- Οι αποθέσεις δεν πρέπει να καλύπτουν περιοχές, που στο υπέδαφος υπάρχει έστω και μικρή λιγνιτοφορία για μελλοντική εκμετάλλευση.

- Οι μελλοντικές χρήσεις των εδαφών για να αποφεύγονται κατά την απόθεση των στείρων υλικών λάθη που θα κοστίσουν χρόνο και χρήμα.
- Η γειτνίαση των περιοχών, όπου προβλέπεται να γίνουν αποθέσεις, με οικισμούς, δρόμους, έργα κοινής ωφέλειας, αρχαιολογικές και τουριστικές περιοχές.
- Η δυνατότητα της ελάχιστης αλλοίωσης του φυσικού τοπίου από τους σωρούς των αποθέσεων.
- Η δυνατότητα εύκολης προσπέλασης των εκτάσεων αυτών για την επίτευξη της αποκατάστασής τους δημιουργώντας ασφαλείς συνθήκες τόσο για το προσωπικό και τους περίοικους που θα διέρχονται από τις περιοχές αυτές όσο και για την διέλευση κάθε είδους μηχανολογικού εξοπλισμού.
- Η δυνατότητα εξάντλησης της μέγιστης χωρητικότητας μιας έκτασης, πάνω στην οποία διενεργείται απόθεση στείρων υλικών, πριν χρησιμοποιηθεί μια νέα για τον ίδιο σκοπό.
- Τα εδαφολογικά, υδρογεωλογικά και μετεωρολογικά στοιχεία της περιοχής απόθεσης καθώς και τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά των ως προς απόθεση υλικών.
- Η δυνατότητα συλλογής και φύλαξης της επιφανειακής φυτικής γης των περιοχών που θα εναποτεθούν στείρα υλικά, ώστε να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη των αποθέσεων κατά την αποκατάστασή τους.
- Η μορφολογία του τοπικού ανάγλυφου και η χλωρίδα της περιοχής απόθεσης.
- Η δημιουργία ευσταθών πρανών στις αποθέσεις σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά και τις κλίσεις των εδαφών πάνω στα οποία θα γίνει η απόθεση.
- Προληπτικά μέτρα για τον κίνδυνο αυτανάφλεξης των αποθέσεων λόγω της περιεκτικότητας σε λιγνίτη, που αναπόφευκτα υπάρχει μέσα στα στείρα υλικά εξαιτίας της μεθόδου εξόρυξης.

Κατά τον σχεδιασμό των αποθέσεων, η μεγαλύτερη βαρύτητα δίνεται στη διαμόρφωση των πρανών τους. Ο κακός σχεδιασμός των πρανών έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση των κατολισθήσεων και των καθιζήσεων δημιουργώντας συνθήκες μειωμένης ασφάλειας για αυτούς που κινούνται και εργάζονται πάνω σε αυτές. Κατά



την διαμόρφωση των πρανών, για την δημιουργία κλίσεων σταθερότητας, λαμβάνονται υπόψη:

- Ανάλογα με το ύψος του πρανού, τη φύση και το υλικό του υποβάθρου, η κλίση του πρέπει να είναι από 1:2,5 έως 1:4
- Τα πρανή αφήνονται για μια περίοδο να σταθεροποιηθούν και αφού διορθωθούν τυχόν διαβρωτικοί οδοί με χρήση ξυλόπλεκτων φραγματιών, τότε επιστρώνονται με φυτευτικό έδαφος.
- Να εξετάζεται το ενδεχόμενο εφαρμογής γεωφασμάτων ή ειδικού mulch (αχυροκάλυψη, Encamat, νάιλον λεπτά δίκτυα κ.λ.π.) για μείωση της διάβρωσης.

Γενικά οι αποθέσεις έχουν ύψος από 40 έως και 250 μέτρα (ίσο με το βάθος του ορυχείου). Ο σχηματισμός τους γίνεται σε φάσεις:

- τη χαμηλή απόθεση, κατά την οποία τα αποτιθέμενα υλικά πέφτουν κάτω από το δάπεδο έδρασης του αποθέτη, και
- την υψηλή απόθεση, κατά την οποία τα αποτιθέμενα υλικά πέφτουν σε χώρο ψηλότερα από το δάπεδο έδρασης του αποθέτη (δημιουργία σωρών).

Ο αποθέτης συνήθως καλύπτει μια περιοχή πλάτους ίσου με το μήκος του βραχίονα απόρριψης, κάνοντας χαμηλή και στη συνέχεια υψηλή απόθεση με αντίθετη φορά κινήσεως, καλύπτοντας μέρος της προηγούμενης χαμηλής απόθεσης. Μετά από αυτό η επιφάνεια της υψηλής είναι και η επιφάνεια της τελικής απόθεσης, η οποία διαστρώνεται με προωθητές και κλίσεις σύμφωνα με την εκάστοτε μελέτη.

Στα στερεά απόβλητα περιλαμβάνεται και η ιπτάμενη τέφρα που παράγεται από την καύση του λιγνίτη και χαρακτηρίζεται ως υποπροϊόν. Το 20 – 25% αυτής διατίθεται στην τσιμεντοβιομηχανία ως ασθενές ποζολανικό υλικό. Το υπόλοιπο ποσοστό της τέφρας μαζί με ένα μικρό ποσοστό υγρής τέφρας και γύψου (που παράγεται από το συγκρότημα αποθείωσης των καυσαερίων αναμιγνύεται με τα άγονα υλικά και αποτίθενται στις κοιλάτητες των ορυχείων ή στους χώρους απόθεσης.

Η μέθοδος της συναπόθεσης της τέφρας με τα άγονα υλικά των ορυχείων παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα. Συγκεκριμένα:

- Ενισχύει τις μηχανικές ιδιότητες των αγόνων υλικών και καθιστά την απόθεση περισσότερο ασφαλή όσον αφορά την γεωτεχνική της ευστάθεια.

- Συμβάλει στην σταθεροποίηση των πρανών και ως εκ τούτου στην αποφυγή των κατολισθήσεων και ενισχύει την αποτελεσματικότητα των έργων αποκατάστασης.
- Συμβάλει στη μείωση της διαπερατότητας των αποθέσεων εντός των κοιλοτήτων και στην αύξηση του συντελεστή επιφανειακής απορροής.
- Αποφεύγεται και παραλαμβάνεται η δημιουργία διάχυτων εκπομπών σκόνης, που αναπόφευκτα θα δημιουργούνταν σε περίπτωση χωριστής απόθεσης τέφρας.
- Αποφεύγεται η δέσμευση μεγάλων εκτάσεων εκτός της περιοχής των ορυχείων για την διαχείριση της τέφρας χωριστά από αυτή των αγόνων όπως επίσης και των περιορισμένων ποσοτήτων γύψου, όταν εντός του ορυχείου δεν διατίθενται χώροι για αμιγή απόθεση τέφρας.
- Το γεωλογικό υπόβαθρο των ορυχείων (μεγάλο πάχος αργιλικών χαμηλής διαπερατότητας) καθιστά περιβαλλοντικά ασφαλή τον τρόπο αυτό συναπόθεσης.

Υπογραμμίζεται ότι η χρήση τέφρας ως συνδετικού υλικού για την σταθεροποίηση των αποθέσεων αγόνων προβλέπεται από το Εγχειρίδιο Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών, παρ. 4.5.1.8.

Τα νέα εδάφη, καθώς προέρχονται από εδαφικούς ορίζοντες με διαφορετικά χαρακτηριστικά, αναμεμειγμένα με ιπτάμενη τέφρα εμφανίζουν μεγάλη ανομοιογένεια ως προς την μηχανική και ορυκτολογική τους σύσταση (Εικόνα 4.6). Μετά την ισοπέδωσή τους τα εδάφη αυτά είναι γυμνά και εκτεθειμένα σε κάθε είδους καιρικά φαινόμενα, για μεγάλο χρονικό διάστημα έως ότου ολοκληρωθεί πλήρως η διαδικασία της αποκατάστασης. Για την σταθεροποίηση της επιφάνειας των χώρων απόθεσης απαιτείται η παρέλευση δύο έως τεσσάρων ετών λόγω συμπίεσης και στη συνέχεια αρχίζουν οι εργασίες αποκατάστασης.

Ο διαδοχικός κύκλος της ύγρανσης – ξήρανσης παρουσιάζει μεγάλο εύρος στις καλοκαιρινές καταιγίδες λόγω της απουσίας φυτοκάλυψης και της μεγάλης εξατμισοδιαπνοής. Η μηδενική φυτοκάλυψη αυξάνει επίσης και το εύρος της θερμοκρασίας κατά την εναλλαγή ημέρας και νύχτας, λόγω της άμεσης πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια των εδαφών κατά την διάρκεια της ημέρας. Τα παραπάνω έχουν σαν αποτέλεσμα την εναλλασσόμενη συρρίκνωση και διόγκωσή τους, καθώς επίσης και την αύξηση των αντιδράσεων χημικής αποσάθρωσης όχι μόνο



κατά την διάρκεια της ημέρας που αυξάνεται η θερμοκρασία αλλά και σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων.

Ένα άλλο πρόβλημα που παρουσιάζεται κυρίως σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων είναι το φαινόμενο των καθιζήσεων και της αστάθειας των πρανών των αποθέσεων. Αυτό συμβαίνει λόγω του μεγάλου αεροπορώδους των εδαφών, με αποτέλεσμα το βρόχινο νερό κατά την στράγγισή του να συμπιέζει τα κατώτερα στρώματα, φαινόμενο στο οποίο συντελεί και το βάρος των υπερκείμενων εδαφών.

Συχνά επίσης παρατηρείται και το φαινόμενο της δημιουργίας εστιών ανάφλεξης σε περιοχές αποθέσεων, όπου υπάρχει αυξημένη συγκέντρωση άκαυστου λιγνίτη, που προέρχεται κυρίως από τα λεπτού πάχους λιγνιτικά στρώματα.



**Εικόνα 4.6:** Έδαφος των τελικών αποθέσεων στο οποίο είναι εμφανής η επιφανειακή ανομοιογένεια

#### **4.3.3 Η αποκατάσταση του περιβάλλοντος στα λιγνιτωρυχεία**

Η επιτυχία της αποκατάστασης του περιβάλλοντος στα λιγνιτωρυχεία στηρίζεται στις εξής βασικές αρχές:

- Γνώση των περιβαλλοντικών συνθηκών της περιοχής
- Επιλογή των κατάλληλων μεθόδων και τεχνικών αποκατάστασης των εδαφών

- Γενικός χωροταξικός σχεδιασμός των προς αποκατάσταση εκτάσεων (χάρτες χρήσεων γης).
- Συστηματική εκτέλεση των προγραμμάτων προστασίας και αποκατάστασης του περιβάλλοντος
- Παρακολούθηση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων αποκατάστασης.

Τα βασικά στάδια για την αποκατάσταση του περιβάλλοντος συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Μελέτη για την επιλογή των χώρων εξωτερικής απόθεσης και σχεδιασμός διάταξης και ύψους των αποθέσεων.
- Καθορισμός του χρονοδιαγράμματος αποδέσμευσης των τελικών επιφανειών στις εξωτερικές και εσωτερικές αποθέσεις.
- Προσδιορισμός της ποσότητας και της ποιότητας των επιφανειακών εδαφών, των χώρων εκσκαφής και απόθεσης και ταξινόμησή τους.
- Κοκκομετρικός έλεγχος των υπερκείμενων και ενδιάμεσων στείρων υλικών.
- Επιλογή κατάλληλων υλικών για κάλυψη των τελικών επιφανειών των αποθέσεων, σχεδιασμός χώρων αποθήκευσης και επαναδιακίνησής τους.
- Μελέτη υδρολογικών στοιχείων των χώρων εκσκαφής και απόθεσης.
- Μελέτη της βλάστησης του τοπίου της ευρύτερης περιοχής των ορυχείων – επιλογή των ειδών προς δενδροφύτευση.
- Σχεδιασμός και κατασκευή φυτωρίου για την παραγωγή φυτών, τα οποία απαιτούνται για την αναδάσωση των νέων εδαφών.
- Έργα διαμόρφωσης των τελικών επιφανειών και πρανών των αποθέσεων. Σχεδιασμός και εκτέλεση ειδικών τεχνικών έργων (προστασία, προσπέλαση κλπ).
- Ολοκληρωμένη σχεδίαση του άμεσου και ευρύτερου χώρου των αποθέσεων (χάρτης χρήσεων γης).
- Ανάπτυξη προγράμματος εργασιών αποκατάστασης, εκμετάλλευσης και συντήρησης των νέων εκτάσεων.

Οι εργασίες αποκατάστασης περιλαμβάνουν διαμόρφωση στους χώρους εντός των κοιλοτήτων των εκσκαφών, που έχουν πληρωθεί με άγωνα, αλλά και στις εξωτερικές αποθέσεις, δημιουργία παραεπίπεδων επιφανειών στις στέψεις των σωρών, κατάλληλων για γεωργικές καλλιέργειες και πρανών με ήπιες κλίσεις κατάλληλων για περιβαλλοντική αποκατάσταση και ανάπλαση με δασική βλάστηση με σκοπό την ξυλοπαραγωγή, τη δημιουργία κτηνοτροφικών ζωνών και αποκατεστημένων εκτάσεων με δασική βλάστηση.

Όσο αφορά την απόθεση της τέφρας μαζί με τα άγωνα, αυτή πραγματοποιείται σε υψόμετρα μεγαλύτερα από τα απόλυτα μέγιστα ύψη στα οποία δύναται να φτάσουν οι γειτονικές τεχνητές λίμνες που τυχόν θα δημιουργηθούν στη θέση των τελικών εκσκαφών. Επίσης στους ίδιους σωρούς το ανώτερο στρώμα πάχους 10 – 15 μέτρων συνίσταται από καθαρά άγωνα. Λόγω της αυξημένης συγκέντρωσης οργανικού άνθρακα από την παρουσία λιγνίτη στα άγωνα, ευνοούνται οι δεντροφυτεύσεις και οι στρεμματικές αποδόσεις των καλλιεργούμενων γεωργικών εκτάσεων, κατά συνέπεια η ανώτερη στρώση στους σωρούς αγόνων αποτελείται και από λιγνιτικά ενδιάμεσα.

Συνολικά κατά το στάδιο των χωματουργικών εργασιών για τη διαμόρφωση του τελικού προς αποκατάσταση ανάγλυφου της περιοχής περιλαμβάνονται οι ακόλουθες εργασίες:

- Διακοπή της συνέχειας (σπάσιμο) των γεωσχηματισμών, όπου αυτοί έχουν κανονικά γεωμετρικά σχήματα, για την καλύτερη προσαρμογή τους στο περιβάλλον.
- Εξομάλυνση – διευθέτηση των κλίσεων, ώστε να γίνουν ομοιόμορφες, και να εξασφαλίζουν τη γεωτεχνική ευστάθεια των πρανών. Για το λόγο αυτό τα πρανή των χώρων των τελικών εκσκαφών διαμορφώνονται έτσι ώστε οι γενικές τελικές κλίσεις να κυμαίνονται από 1:2 έως 1:5, ανάλογα με τη φύση των υλικών και την κλίση των στρωμάτων των γεωλογικών εξοπλισμών σε σχέση με το πρανές καθώς και τη διεύθυνση των επικρατούντων ανέμων στην περιοχή. Αντίστοιχα οι τελικές κλίσεις των πρανών των αποθέσεων αγόνων σε εξωτερικούς σωρούς, κυμαίνονται από 1:2,5 έως 1:4, ανάλογα με το ύψος, τη φύση και το υλικό του υποβάθρου. Σε πρανή εκσκαφών ή αποθέσεων όπου έχουν δημιουργηθεί οριζόντιες βαθμίδες θα διαμορφώνονται ήπιες κλίσεις 2–3% προς το εσωτερικό για την αποφυγή διαβρώσεων και για να μεγιστοποιείται η

κατακράτηση του νερού της βροχής, γεγονός που συμβάλει στην ταχεία ανάπτυξη της βλάστησης.

- Σταθεροποίηση των ασταθών επιφανειών, με τις κατάλληλες εργασίες διαμόρφωσης.
- Επίστρωση με εδαφικό υλικό και φυτική γη ή λιγνιτικά ενδιάμεσα (εφόσον είναι αναγκαίο για την υποστήριξη των σχεδιαζόμενων χρήσεων γης) κατάλληλου πάχους, προκειμένου να εκτελεστούν στη συνέχεια οι απαραίτητες φυτοκομικές εργασίες για τη σταδιακή ομαλή εναρμόνισή τους με το φυσικό περιβάλλον της ευρύτερης περιοχής.
- Εξασφάλιση της προσπέλασης προς όλες τις προς αποκατάσταση επιφάνειες με διάνοιξη κατάλληλων δρόμων.

Οι παραπάνω εργασίες υποβοηθούν τη διαδικασία της φυσικής αναγέννησης της περιοχής και την ομαλή σύνδεσή της με τον περιβάλλοντα χώρο, περιορίζοντας σημαντικά το χρόνο που θα χρειαζόταν σε διαφορετική περίπτωση. Οι νέες εκτάσεις που προκύπτουν μετά την αποκατάσταση αποδίδονται για γεωργικές ή κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις, όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.7, είτε αποτελούν βασικό χώρο για την ανάπτυξη δασών ή λιμνών (βλ. Εικόνα 4.8) σε μεγάλη κλίμακα. Οι περιοχές που έχουν αποκατασταθεί ελέγχονται ετήσια και για χρονικό διάστημα τριών ετών, όσο αφορά την ευστάθεια των αποκατεστημένων πρανών με εξέταση συντελεστών ευστάθειας για στατική και σεισμική φόρτιση, αλλά και με τηλεσκοπική επεξεργασία δορυφορικών εικόνων της περιοχής.



**Εικόνα 4.7:** Λιγνιτικό κέντρο Δυτικής Μακεδονίας, Οπωρώνας, by ΔΕΗ



**Εικόνα 4.8:** Πάρκο αναψυχής – Τεχνητή λίμνη στο Κύριο Πεδίο στην Πτολεμαΐδα

Συγχρόνως δε πραγματοποιούνται και έλεγχοι της γονιμότητας των γαιωδών υλικών στην επιφάνεια των αποθέσεων και παραμενουσών βαθμίδων των εκσκαφών με λήψη δειγμάτων και διεξαγωγή ειδικών εργαστηριακών αναλύσεων ώστε να εκτιμηθεί η αναγκαιότητα εμπλουτισμού του εδάφους με οργανική ύλη, η εφαρμογή χημικής λίπανσης και η εφαρμογή χημικής καταπολέμησης ζιζανίων.

Παράλληλα δημιουργούνται υποδομές για την προσπέλαση των χώρων (κατασκευή δρόμων), την άρδευση των προς καλλιέργεια εκτάσεων (κατασκευή δικτύων άρδευσης και ταμιευτήρων νερού, την προστασία από λαθροθηρία (κατασκευή περιφράξεων), την πρόληψη πυρκαγιών (δημιουργία ζωνών πυροπροστασίας) κλπ.

Στο μεγαλύτερο μέρος των αποκατεστημένων εδαφών πραγματοποιούνται δένδροφυτεύσεις δασικών ειδών που παρουσιάζουν προσαρμοστικότητα στις εδαφικές και κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, κυρίων ακακίας. Η συγκεκριμένη επιλογή, παρά το ότι έχει αποτελέσει σημείο τριβής με τοπικούς φορείς, τυγχάνει της απόλυτης αποδοχής των ειδικών δασολόγων, λαμβανομένου υπόψη ότι πρόκειται για τεχνητά δημιουργηθείσες εκτάσεις, χωρίς υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα και δομή χαλαρή, μη συνεκτική. Επίσης η ευδοκίμηση της ακακίας κάτω από τέτοιες συνθήκες συμβάλει και στον εμπλουτισμό του εδάφους με άζωτο και οργανικά συστατικά για τη βελτίωση της γονιμότητάς του.

Για το μέλλον σχεδιάζονται επίσης αναδασώσεις με μεγαλύτερη ποικιλία ειδών, για τις οποίες προβλέπεται συντήρηση και περιποίηση των φυτειών που θα προκύπτουν για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα.

Συγκεκριμένα προτείνονται οι παρακάτω μίξεις ειδών: σφενδάμι, φράξο, ψευδοακακία ή ακακία ροβίνια, μοσχοϊτιά, αείλανθος, λεύκα, πλατάνι, κυπαρίσσι αριζόνας, πεύκη μαύρη και τραχεία και από θάμνους τυράκανθα και σπάρτα.

Σε ό,τι αφορά την περιποίηση των πρόσφατα φυτευθέντων τεχνητών φυτειών, για τα περισσότερα από τα προτεινόμενα είδη συνίσταται στην άρδευση τουλάχιστο 2-3 φορές κατά το θέρους. Ανάλογα με την περίπτωση, μπορεί να εγκατασταθεί μόνιμο αρδευτικό σύστημα ή να χρησιμοποιηθεί βυτιοφόρο όχημα. Άλλες φροντίδες που απαιτούνται είναι το σκάλισμα, το κλάδεμα, οι αραιώσεις κι ότι άλλο επιβάλλουν οι αρχές της δασοπονίας έτσι ώστε να προκύψουν υγιή και κατά το δυνατόν παραγωγικά τεχνητά δάση.

Οι παραπάνω τεχνικές αποκατάστασης των νέων εδαφών των λιγνιτωρυχείων θεωρούνται οι πλέον ενδεδειγμένες για τους παρακάτω λόγους:

- Το περιβαλλοντικό όφελος που προκύπτει μεγιστοποιείται ενώ το απαιτούμενο συνολικό κόστος διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα.
- Η ποικιλότητα χρήσεων που προκύπτει συμβάλει περαιτέρω στην περιβαλλοντική αναβάθμιση ενός χώρου που στο σύνολο του θα καλύψει πάνω από 150.000 στρέμματα.
- Τα αποτελέσματα στην αποκατάσταση του τοπίου είναι άμεσα. Οι ακακίες που φυτεύονται την άνοιξη εμφανίζουν ποσοστό επιτυχίας 98% και ως των Αύγουστο της ίδιας χρονιάς φτάνουν σε ύψος πάνω από 1,5 m.
- Η εκμίσθωση αγρών στους γεωργούς της περιοχής συμβάλει στην διατήρηση και ανάπτυξη του γεωργικού εισοδήματος στην περιοχή.

Ως απώτερος στόχος όλων των επιμέρους δράσεων που αναφέρθηκαν παραπάνω είναι η ανάπτυξη ενός σύγχρονου Συστήματος Περιβαλλοντικής Διαχείρισης που θα στοχεύει στην προστασία του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος και την ορθολογική αξιοποίηση των φυσικών πόρων και θα δίνει προβάδισμα στην πρόληψη της ρύπανσης και όχι στην επέμβαση και λήψη μέτρων αφού εκδηλωθούν περιβαλλοντικά προβλήματα.



## 4.4 Εγκαταστάσεις διαχείρισης υδαρών και υγρών αποβλήτων

### 4.4.1 Υδαρή και υγρά απόβλητα

Τα απόβλητα της επεξεργασίας των μεταλλικών ορυκτών (χρυσού, χαλκού κλπ) και των βιομηχανικών ορυκτών (όπως βωξίτη κλπ) είναι ευρέως γνωστά ως τέλματα και παράγονται συνήθως με την μορφή πολφού χαμηλής υγρασίας. Πρόκειται για τα κατάλοιπα των διαφόρων εργασιών διαχωρισμού που πραγματοποιούνται σε ένα εργοστάσιο εμπλουτισμού για την εξαγωγή με τη μορφή συμπυκνώματος του πολύτιμου μεταλλεύματος.

Τα χαρακτηριστικά των τελμάτων εξαρτώνται από την σύσταση του μεταλλεύματος και τις μεθόδους διαχωρισμού που χρησιμοποιούνται για την εκχύλιση. Η διαδικασία εμπλουτισμού των μεταλλευμάτων με την προσθήκη αντιδραστηρίων, μπορεί να οδηγήσει σε τροποποίηση των χημικών χαρακτηριστικών των κατεργασμένων ουσιών και κατά συνέπεια των ιδιοτήτων των τελμάτων.

Για παράδειγμα, η επεξεργασία σκληρών πετρωμάτων με θειούχα μεταλλεύματα, είναι πιθανό να παράγει τέλματα με ανόργανα θειούχα συστατικά στη δομή τους, τα οποία οξειδώνονται κατά την επακόλουθη έκθεσή τους σε ατμοσφαιρικό αέρα και νερό, παράγοντας οξέα. Αυτή η παραγωγή οξέων, σε συνδυασμό με την κινητοποίηση μετάλλων, έρχεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον, μέσω απορροών και διηθήσεων. Το φαινόμενο αυτό, ονομάζεται Όξινη Απορροή (Acid Mine Drainage ή Acid Rock Drainage) και αποτελεί αντικείμενο μελέτης του μεταλλευτικού κλάδου για πολλά χρόνια (Εικόνα 4.9).



**Εικόνα 4.9:** Όξινη απορροή στο ορυχείο Κοτρώνι, στο Μαντούδι Εύβοιας

Τη σημερινή εποχή, υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής διάφορων τεχνικών αποθήκευσης και αδρανοποίησης των τελμάτων, με σκοπό τον έλεγχο της οξείδωσης των θειούχων συστατικών και της κινητοποίησης μετάλλων.

Επίσης είναι πιθανόν, τέλματα του ίδιου τύπου, να έχουν διαφορετική ορυκτολογία και κατά συνέπεια, διαφορετικά φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά. Για αυτό το λόγο, τα χαρακτηριστικά των τελμάτων θα πρέπει να ορίζονται πλήρως, ώστε να προσδιορίζεται η συμπεριφορά τους βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα και να εναποτίθενται στους χώρους τελικής αποθήκευσής τους, με τον πιο ασφαλή περιβαλλοντικά τρόπο.

Η επεξεργασία των μεταλλικών και βιομηχανικών ορυκτών περιλαμβάνει τη μείωση του μεγέθους και των κόκκων και τον διαχωρισμό των ορυκτών. Σε πρώτο στάδιο τα τεμάχια του μεταλλεύματος μειώνονται σε κόκκους διαμέτρου μερικών χιλιοστών ή και μικρότερων με θραύση και ακολούθως με λειοτρίβηση του υλικού. Η διαδικασία της θραύσης πραγματοποιείται εν ξηρώ, ενώ της λειοτρίβησης εν υγρώ έτσι ώστε να διαχωριστεί το μέταλλο από το στείρο υλικό. Η διαδικασία αυτή γίνεται με διάφορες μεθόδους όπως βαρυτικές, μαγνητικές και ηλεκτρικές. Το τελικό προϊόν είναι ένα συμπύκνωμα του χρήσιμου ορυκτού και μια ποσότητα αποβλήτων (τέλματα). Τα τέλματα μπορεί να περιέχουν και ανεπιθύμητα συστατικά όπως πυριτικά άλατα, οξείδια, υδροξείδια, ανθρακικά ορυκτά και σουλφίδια. Η ανάκτηση των πολύτιμων ορυκτών δεν είναι ποτέ 100%, επομένως τα τέλματα περιέχουν και μικρές ποσότητες μεταλλευμάτων.

Η διάθεση των τελμάτων αποτελεί την σημαντικότερη πηγή περιβαλλοντικών επιπτώσεων για πολλές εξορυκτικές δραστηριότητες. Ο όγκος των τελμάτων που απαιτούν αποθήκευση συχνά υπερβαίνει τον συνολικό όγκο του μεταλλεύματος που εξορύσσεται, επεξεργάζεται και μεταποιείται. Κατά τη διάρκεια του περασμένου αιώνα, ο όγκος των παραγόμενων τελμάτων αυξήθηκε δραματικά, ως αποτέλεσμα της ραγδαίας αύξησης στη ζήτηση για πολύτιμα ορυκτά και μέταλλα. Υπολογίζεται ότι, κατά τη δεκαετία του 1960, παράγονταν δεκάδες χιλιάδες τόνοι τελμάτων ημερησίως και μέχρι το 2000, ο αριθμός αυτός είχε αυξηθεί σε εκατοντάδες χιλιάδες.

Παλαιότερα τα τέλματα απορρίπτονταν απευθείας σε κοντινές προς τις εξορυκτικές δραστηριότητες κοιλάτες και ροές επιφανειακών υδάτων, χωρίς κανένα σχεδιασμό και μετέπειτα διαχείριση. Αυτή η πρακτική απόθεσης και διαχείρισης των αποβλήτων



δημιούργησε σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα στις εν λόγω περιοχές, το κόστος της ανάκτησης και αποκατάστασης των οποίων ήταν πολύ υψηλό. Επιπρόσθετα, αυτή η πρακτική συνέβαλε στη διαμόρφωση της γενικότερης αρνητικής αντίληψης της κοινής γνώμης για την εξορυκτική βιομηχανία, βλάπτοντας κατά συνέπεια τη φήμη της.

Οι επιπτώσεις της ανεξέλεγκτης διάθεσης τελμάτων, έχουν αναγνωριστεί επιστημονικά, από τα μέσα του 20ου αιώνα, περίοδος κατά την οποία, θεσμοθετήθηκαν για πρώτη φορά κανονισμοί και νομικές διατάξεις, στα πλαίσια εξορθολογισμού της διαχείρισης των εξορυκτικών αποβλήτων.

Στην Εικόνα 4.10, φαίνεται η απόθεση τελμάτων μεταλλείου χρυσού, στους λόφους Κορτέζ, στην περιοχή Νεβάδα των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής. Τα τέλματα, μετά την απόθεση, κινήθηκαν με την πάροδο του χρόνου καθοδικά στην κοιλάδα, επιφέροντας σημαντικές μεταβολές στο φυσικό τοπίο.



**Εικόνα 4.10:** Απόθεση τελμάτων μεταλλείου χρυσού στους λόφους Κορτέζ, Νεβάδα, Η.Π.Α

Σήμερα η πρόοδος της τεχνολογίας σε συνδυασμό με την ανάπτυξη πληρέστερων περιβαλλοντικών κανονισμών, οδήγησε στην εφαρμογή μεθόδων που έχουν σαν στόχο

την μεγιστοποίηση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας, με απώτερο σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας.

#### **4.4.2 Υγρά απόβλητα**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στα υγρά απόβλητα περιλαμβάνεται το νερό που προκύπτει από τον υδροαυτοκαθαρισμό των μεταλλευμάτων και ορυκτών, ώστε να παραχθεί το τελικό συμύκνωμα. Η επεξεργασία αυτή επιτυγχάνεται με την τριβή των μεγαλύτερων και σκληρότερων τεμαχίων με τα μικρότερα ή μαλακότερα μέσα στο νερό, με περιστροφή, ανάδευση ή και με εκτόξευση νερού υπό πίεση.

Στα υγρά απόβλητα επίσης εντάσσεται και το νερό από την έκπλυση των μεταλλευμάτων. Με τον όρο έκπλυση εννοείται η πλύση μεταλλευμάτων με νερό η οποία διενεργείται για την απομάκρυνση αποκολλημένων υλικών από τον υδροκαθαρισμό ή και ανεξάρτητα από αυτόν την έκλυση για την απομάκρυνση ιλύος (λάσπης) και λοιπών κολλοειδών υλικών.

Τα υγρά επίσης που αποτίθενται με τα τέλματα έχουν νερό με την μορφή του επιφανειακού και του νερού των πόρων. Τα υγρά αυτά των τελμάτων περιέχουν συνήθως υψηλές συγκεντρώσεις χημικών που χρησιμοποιήθηκαν στην διαδικασία της επεξεργασίας του εξορυσσόμενου υλικού.

Πολλές από τις μονάδες εμπλουτισμού και υδρομεταλλουργίας επεξεργάζονται το θρυμματισμένο μέταλλευμα δημιουργώντας έναν πολφό από μέταλλευμα και νερό. Το νερό που χρησιμοποιείται στην διαδικασία αυτή ονομάζεται “νερό διεργασιών”. Η σύστασή του εξαρτάται από την επεξεργασία του μεταλλεύματος που εφαρμόζεται και την υδρομεταλλουργική τεχνική. Η υδρομεταλλουργική επεξεργασία απαιτεί συγκεκριμένες χημικές ουσίες ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των μεταλλευμάτων και την συμπεριφορά των ορυκτών. Αυτές μπορούν να ταξινομηθούν ως αντιδραστήρια επίπλευσης, τροποποιητές, κροκιδωτικά, χημικά αντιδραστήρια και οξειδωτικά. Μεγάλο μέρος του νερού των διεργασιών συσσωρεύεται στις δεξαμενές καθίζησης των φραγμάτων που αποτίθενται τα τέλματα.

Το νερό των τελμάτων μπορεί να συλλεχθεί για επαναχρησιμοποίηση και να διοχετευτεί πάλι στο εργοστάσιο. Η ανακύκλωση του νερού και των χημικών που χρησιμοποιήθηκαν κατά την επεξεργασία του μεταλλεύματος έχει οικονομικό όφελος και μπορεί να μειώσει τον όγκο των ρύπων που περιέχονται στα φράγματα τελμάτων.

Ωστόσο ένα μέρος του νερού που απορρίπτεται από την επεξεργασία παραμένει στα φράγματα τελμάτων. Διάφορα κλάσματα των χημικών πρόσθετων οδηγούνται στα φράγματα απόθεσης τελμάτων οπότε τα υγρά των τελμάτων περιέχουν συνήθως ένα μέρος των οργανικών χημικών ουσιών, κυάνιο, θειικό οξύ και άλλα αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται για να επιτευχθεί η ανάκτηση του χρήσιμου ορυκτού.

Όπως έχει ήδη ειπωθεί, το νερό εμφανίζεται στα τέλματα είτε σαν νερό στην επιφάνεια φραγμάτων τελμάτων είτε στους πόρους των στερεών υλικών του τέλματος. Το νερό αυτό έχει μεταβλητή σύνθεση ανάλογα με την τεχνική διεργασία που ακολουθείται και η οποία μπορεί να αλλάξει με την πάροδο του χρόνου. Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα βοηθούν στην αραίωση των τελμάτων και η εξάτμιση του νερού προκαλεί δευτερογενή καθίζηση των ορυκτών στην επιφάνεια των τελμάτων και κάτω από αυτή.

#### **4.4.3 Μορφή των εγκαταστάσεων διαχείρισης τελμάτων**

Τα τέλματα αποτελούνται από στερεά και υγρά. Τα υδαρή αυτά απόβλητα απορρίπτονται συνήθως σε φράγματα τελμάτων και μπορεί να αποτελούνται από πρωτογενές μετάλλευμα ή στείρο υλικό, δευτερογενή ορυκτά που σχηματίστηκαν κατά την διάρκεια της αποσάθρωσης, νερό διεργασιών, χημικά ιζήματα που σχηματίστηκαν κατά την διάρκεια της επεξεργασίας του μεταλλεύματος ή μετά από αυτήν, χημικά ιζήματα που σχηματίστηκαν μετά την απόθεση των τελμάτων στο φράγμα.

Τα φράγματα τελμάτων είναι συνήθως χωμάτινα και χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση των αποβλήτων που παράγονται κατά τη διάρκεια των εργασιών εξόρυξης ενός ορυκτού πόρου και κατά το διαχωρισμό του πολύτιμου μεταλλεύματος από το μη οικονομικό κλάσμα του. Τα αναχώματα, κατασκευάζονται κατά κύριο λόγο, σε διακριτά στάδια καθ' όλη τη διάρκεια ζωής των μεταλλείων, ώστε να προσαρμόζονται στις ποσότητες των παραγόμενων αποβλήτων. Χαρακτηριστικό τους είναι ότι το μέγεθός τους αυξάνεται κατά την διάρκεια ζωής του ορυχείου. Έτσι κατασκευάζεται ένα αρχικό φράγμα με τα χονδρόκοκκα άγονα υλικά εξόρυξης, το οποίο μεγαλώνει καθώς γεμίζει με τον πολφό των τελμάτων. Ωστόσο, μπορούν να κατασκευάζονται απευθείας, φθάνοντας το μέγιστο σχεδιασμένο ύψος τους. Συνήθως κατασκευάζεται ένα αρχικό φράγμα, το οποίο ανυψώνεται καθώς συσσωρεύονται περισσότερες ποσότητες αποβλήτων.

Τα αναχώματα των εγκαταστάσεων διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων (φράγματα τελμάτων), διαφέρουν σημαντικά από τα υδρομαστευτικά φράγματα, σε μια σειρά από ζητήματα, όπως (Safe Design and Operating Standards for Tailings Storage, Dept. of Mines and Petroleum, W.Australia, 1999):

- Η διάρκεια ζωής μιας εγκατάστασης διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων, είναι ουσιαστικά, το διηνεκές. Με κριτήριο τη δυνατότητα ανθρώπινης παρέμβασης, θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι υπάρχουν δύο φάσεις ζωής της εγκατάστασης. Η πρώτη, αφορά στο στάδιο κατασκευής και εν συνεχεία απόθεσης των αποβλήτων, με ενεργή την ανθρώπινη συμμετοχή. Η δεύτερη αφορά στο στάδιο μετά τον παροπλισμό και το κλείσιμο της εγκατάστασης, χωρίς περαιτέρω ανθρώπινη παρέμβαση εσωτερικά, με χρονική κατεύθυνση το άπειρο. Αντίθετα, ένα φράγμα αποθήκευσης υδάτων, έχει μια πεπερασμένη διάρκεια ζωής, μετά το τέλος της οποίας, είτε καταργείται και η περιοχή όπου βρίσκεται αποκαθίσταται, είτε τροποποιείται/ενισχύεται για περαιτέρω λειτουργία.
- Μία ακόμα σημαντική διαφορά των φραγμάτων τελμάτων από τα υδρομαστευτικά φράγματα, είναι ότι ο όγκος και κατ' επέκταση τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά, διαφοροποιούνται καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της εξορυκτικής δραστηριότητας, έναντι των δευτέρων, των οποίων η δομή πέραν ελαχίστων εξαιρέσεων, παραμένει αναλλοίωτη σε όλη τη διάρκεια ζωής τους.
- Στην περίπτωση των φραγμάτων τελμάτων, η συνήθης πρακτική, αφορά στην κατασκευή ενός αρχικού φράγματος, το οποίο ανυψώνεται προοδευτικά, καθώς αυξάνουν οι ποσότητες των αποτιθέμενων αποβλήτων. Αυτή η τεχνική, επιτρέπει την ευελιξία στη σχεδιαστική και κατασκευαστική προσέγγιση, σε αντίθεση με τα φράγματα νερού, όπου υπάρχουν σαφείς κατευθυντήριες γραμμές στο σχεδιασμό και την κατασκευή.

Ο αντικειμενικός σκοπός των φραγμάτων τελμάτων όπως αναφέρθηκε, είναι η συγκράτηση των αποτιθέμενων αποβλήτων, εντός των ορίων της εγκατάστασης. Αυτό πρέπει να επιτυγχάνεται με τον πιο αποδοτικό οικονομικά τρόπο, που εξασφαλίζει όμως την μακροπρόθεσμη σταθερότητα των αναχωμάτων και των αποθηκευμένων

αποβλήτων, σύμφωνα με τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις. Κατά τη διαδικασία σχεδιασμού κάθε φράγματος τελμάτων, αυτοί οι τρεις στόχοι, η σταθερότητα, το βιώσιμο κόστος του έργου και η προστασία του περιβάλλοντος, πρέπει να είναι ισορροπημένοι.

Τα φράγματα τελμάτων θα πρέπει να είναι σχεδιασμένα ώστε να εκτελούν τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών με καθίζηση
- Καθίζηση βαρέων μετάλλων ως υδροξείδια
- Μόνιμη συγκράτηση των τελμάτων
- Εξισορρόπηση της ποιότητας των υγρών αποβλήτων
- Σταθεροποίηση συστατικών (π.χ. θειικά άλατα, κυανιούχα, αντιδραστήρια επίπλευσης)
- Αποθήκευση και σταθεροποίηση της διαδικασίας ανακύκλωσης του νερού
- Τυχαία εξισορρόπηση της ροής των ρευμάτων όμβριων υδάτων.

#### **4.4.4 Χωροθέτηση των εγκαταστάσεων διαχείρισης τελμάτων**

Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι διατάξεων φραγμάτων τελμάτων: α) φράγματα σε κοιλάδα (valley impoundments), β) κυκλικά αναχώματα – φράγματα σε μορφή δακτυλιδιού (ring dikes) και γ) φράγματα σε επιφανειακά ορύγματα μεταλλείων (in-pit impoundments).

Επειδή όπως έχουμε ήδη αναφέρει, τα τέλματα που παράγονται από το εργοστάσιο εμπλουτισμού είναι συνήθως σε υδαρή μορφή, η διάθεσή τους σε φράγματα κατασκευασμένα από υλικά της περιοχής είναι η πιο συνηθισμένη και οικονομική μέθοδος απόρριψης.

Σε κάποιες περιπτώσεις, τα τέλματα αφυδατώνονται (συμπύκνωση έως 60% της πυκνότητας του πολφού ή περισσότερο) ή αποξηραίνονται (με περιεκτικότητα σε υγρασία 25% ή λιγότερο) πριν από τη διάθεσή τους. Η αποτελεσματικότητα και η εφαρμογή της χρήσης παχύρρευστων ή ξηρών τελμάτων εξαρτάται από την άλεση του μεταλλεύματος και των συγκεντρώσεων γύψου και αργίλου σε αυτά καθώς και την διαθεσιμότητα εναλλακτικών μεθόδων. Εκτός από ειδικές περιπτώσεις, αυτές οι

μέθοδοι μπορεί να είναι απαγορευτικές οικονομικά, λόγω του επιπλέον εξοπλισμού και του κόστους της ενέργειας. Ωστόσο, τα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν την ελαχιστοποίηση του όγκου των τελμάτων, της γης που χρειάζεται για την δημιουργία τους και την ταυτόχρονη αποθήκευση τελμάτων και αποκατάσταση.

Η επιλογή του τύπου διάταξης είναι ανάλογη με την επιλογή της χωροθέτησης της εγκατάστασης η οποία εξαρτάται από τις ακόλουθες παραμέτρους:

- την αποθηκευτική ικανότητα της εγκατάστασης
- την έκταση της διαθέσιμης περιοχής (ιδιοκτησία γης, δικαιώματα χρήσης, επιτρεπόμενα όρια κατάληψης της εγκατάστασης και δυνατότητες για μελλοντική επέκταση)
- το κόστος κατασκευής, λειτουργίας και κλεισίματος της εγκατάστασης
- τις γεωτεχνικές, γεωλογικές, σεισμικές συνθήκες της περιοχής
- την υδρολογία της περιοχής και την διαχείριση επιφανειακών υδάτων και πλημμυρικών φαινομένων (εκτροπές ποταμών και ρεμάτων)
- τη θέση των φορέων εκμετάλλευσης και την απόσταση από το εργοστάσιο επεξεργασίας των ορυκτών πόρων (εργοστάσιο εμπλουτισμού και μεταλλουργίας του μεταλλεύματος)
- την ευκολία πρόσβασης για τις καθημερινές εργασίες, συμπεριλαμβανομένων των αναγκών πρόσβασης κατά τη διάρκεια έκτακτων καιρικών φαινομένων.
- τις απαιτήσεις της κείμενης νομοθεσίας και τους πιθανούς περιβαλλοντικούς κινδύνους.

Επίσης θα πρέπει να εξετάζεται η δομή των τοπικών κοινωνιών και οι διαθέσιμες υποδομές, τα ιστορικά στοιχεία της τοποθεσίας και οι πληροφορίες για άλλες εγκαταστάσεις αποβλήτων στην ευρύτερη περιοχή.

Η διαδικασία επιλογής της πιο ευνοϊκής περιοχής είναι μία τυπική διαδικασία επιλογής όπου οι λιγότερο κατάλληλες θέσεις απορρίπτονται διαδοχικά. Η σημασία της κάθε μίας από τις παραπάνω παραμέτρους μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την λειτουργία και το χώρο που ελέγχεται. Κατά την επιλογή ενός κατάλληλου χώρου, οι περιορισμοί επιβάλλονται κυρίως από την θέση του εργοστασίου εμπλουτισμού, την τοπογραφία, την υδρολογία, την γεωλογία και υδρογεωλογία.

### Τοποθεσία εργοστασίου εμπλουτισμού

Τα τέλματα γενικά μεταφέρονται από το εργοστάσιο εμπλουτισμού σε μορφή πολφού, με τυπική περιεκτικότητα σε στερεά 15 – 55% κατά βάρος. Αυτό απαιτεί ένα εκτεταμένο σύστημα σωληνώσεων, καθώς και για την άντληση του ανακτημένου νερού πίσω στο εργοστάσιο. Συνήθως προτιμούνται χώροι κοντά στο εργοστάσιο. Στην ιδανική περίπτωση, οι χώροι βρίσκονται σε κατωφέρεια, για να επιτρέπεται η ροή των τελμάτων λόγω βαρύτητας και να ελαχιστοποιείται το κόστος άντλησης. Ωστόσο, οι αγωγοί με απότομες κλίσεις αποφεύγονται όπου είναι δυνατόν. Τοποθεσίες που έχουν μικρές αυξήσεις υψόμετρου από το εργοστάσιο εμπλουτισμού στο φράγμα δεν αποκλείονται (U.S. EPA, 1994).

### Τοπογραφία

Εκτός από την απόσταση και το υψόμετρο, η φυσική τοπογραφία είναι ένας από τους κύριους λόγους για τον απαιτούμενο όγκο του φράγματος. Ο στόχος είναι να επιτευχθεί η μέγιστη χωρητικότητα αποθήκευσης με την ελάχιστη ποσότητα υλικών πλήρωσης του αναχώματος. Οι φυσικές κοιλάδες και άλλες τοπογραφικές υφέσεις συνήθως ελέγχονται πρώτα. Ως γενικός κανόνας, το ύψος των αναχωμάτων διατηρείται κάτω από τα 61 μέτρα. Η τοπογραφία είναι επίσης ένας σημαντικός παράγοντας για την υδρολογία της περιοχής (U.S. EPA, 1994).

### Υδρολογία

Οι παράγοντες υδρολογίας επιφανειακών υδάτων γενικά ευνοούν την εκτροπή του νερού γύρω από το φράγμα και την ελαχιστοποίηση της εισροής των υδάτων στο φράγμα. Εάν είναι δυνατόν αυτό επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση του φράγματος όσο το δυνατόν πλησιέστερα στην κορυφή της λεκάνης απορροής για να ελαχιστοποιηθεί το κόστος για την κατασκευή δομών εκτροπής των επιφανειακών υδάτων (U.S. EPA, 1994).

### Γεωλογία και υπόγειο νερό

Αφού εφαρμοστούν τα κριτήρια επιλογής του χώρου του εργοστασίου εμπλουτισμού, της τοπογραφίας και της υδρολογίας, στην συνέχεια σημαντικό ρόλο έχει η γεωλογία της περιοχής. Ειδικότερα, η γεωλογία της περιοχής επηρεάζει την θεμελίωση του αναχώματος, το ρυθμό των διαρροών και την διαθεσιμότητα των απαιτούμενων υλικών για την κατασκευή του αναχώματος.

Οι συνθήκες των υπόγειων υδάτων συνήθως σχετίζονται με την γεωλογία και επηρεάζουν τις συνθήκες χωροθέτησης. Ένας υψηλός υδροφόρος ορίζοντας περιορίζει την ποσότητα του ξηρού διαθέσιμου που είναι κατάλληλο για την κατασκευή και μικραίνει την απόσταση που χρειάζεται η διαρροή για να εισέλθει στο σύστημα των υπόγειων υδάτων. Επιπλέον ένας ρηχός υδροφόρος ορίζοντας μπορεί να διεισδύσει στα τέλματα και να αυξηθεί η ποσότητα του νερού στο φράγμα (U.S. EPA, 1994).

Αρχικά, διάφορες παρατηρήσεις και εκτιμήσεις μπορούν να αξιολογήσουν περαιτέρω τους γεωλογικούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων της διαθεσιμότητας των υλικών κατασκευής, τα ειδικά προβλήματα της κατασκευής σε σχέση με τις κοντινές κατασκευές, τις συνθήκες αποστράγγισης της περιοχής και την φαινομενική υπόγεια ευστάθεια του χώρου (όπως καταβύθιση, εμφάνιση αδύναμων επιφανειών μέσα στο πέτρωμα, διαρρήξεις κλπ). Ο τύπος της υπάρχουσας βλάστησης μπορεί να δείξει τα χαρακτηριστικά του υπεδάφους. Μπορούν να ανορυχθούν δοκιμαστικά ορύγματα ή γεωτρήσεις ώστε να ληφθούν δείγματα εδάφους και πετρώματος. Επιτόπιες δοκιμές διαπερατότητας μπορούν επίσης να εκτελεστούν σε οπές στην προτεινόμενη θέση κατασκευής του φράγματος τελμάτων.

Μία προτεινόμενη θέση θα υποβληθεί σε γεωτεχνική έρευνα. Η έρευνα θα αξιολογήσει την γεωλογία της περιοχής, συμπεριλαμβανομένου του βάθους, του πάχους, της συνοχής και της σύστασης των στρωμάτων. Η υδρογεωλογία της θέσης, οι γεωτεχνικές ιδιότητες του εδάφους και του πετρώματος επηρεάζουν τον σχεδιασμό και την διαθεσιμότητα των υλικών που είναι κατάλληλα για την κατασκευή του φράγματος, των αναχωμάτων, των στραγγιστηριών και των αδιαπέρατων υλικών επένδυσης (U.S. EPA, 1994).

Οι γεωτεχνικές δοκιμές σε εδάφη συμβάλουν γενικά στον προσδιορισμό του περιεχόμενου ύδατος, του μέγεθος του κόκκου διαχωρισμού, τα όρια Atterberg (περιεκτικότητα σε υγρασία των εδαφών όπως μετριέται στις τέσσερις οριακές καταστάσεις του εδάφους: υγρό, πλαστικό, ημι-στερεό και στερεό), την σταθεροποίηση, την διάτμηση, την διαπερατότητα και την ικανότητα ανταλλαγής ιόντων. Για τα πετρώματα είναι συνήθως αναγκαίο να είναι γνωστή η διατμητική αντοχή κατά μήκος των αδύναμων στρωμάτων και η διαπερατότητα καθώς και η αντοχή των στρωμάτων.



Αυτές οι δοκιμές εκτελούνται συνήθως σε συνδυασμό με δοκιμές in – situ, όπως δοκιμές πρότυπης διείσδυσης (standard penetration), στατικού κώνου (static cone), περυγίου διάτμησης (vane shear) και μετρητή πίεσης (pressure meter) προκειμένου να ληφθούν χρήσιμα δεδομένα σχετικά με τις ιδιότητες του πεδίου. Ενώ οι εκτιμήσεις της διαπερατότητας του εδάφους μπορεί να προσδιοριστούν στο εργαστήριο, αυτές οι τιμές πρέπει να επιβεβαιωθούν μέσω δοκιμών στο πεδίο, οι οποίες μπορεί να περιλαμβάνουν μεθόδους γεωτρήσεων επιτόπου και μεγάλης κλίμακας αντλητικές μεθόδους. Επιπλέον οι μετρήσεις των υπογείων υδάτων, συμπεριλαμβανομένων των πιεζομετρικών πιέσεων στο υποκείμενο έδαφος και η δειγματοληψία του νερού συνήθως καθορίζουν τα όρια αναφοράς πριν την κατασκευή του ταμιευτήρα (U.S. EPA, 1994).

### Θεμελίωση

Η περιοχή θεμελίωσης κάτω από το ανάχωμα εκτιμάται με την χρήση γεωτεχνικών και άλλων μεθόδων που αναφέρθηκαν παραπάνω. Ασθενές υλικό κάτω από το πρανές, όπως θαμμένες πλαγιές που είχαν εκτεθεί στις καιρικές συνθήκες, το χιόνι που καλύπτει επιφάνειες πάνω από τις οποίες το πρόσθετο υλικό έχει εναποτεθεί, στρώματα από λεπτό υλικό σε ένα ανάχωμα από χονδρομερή υλικά και στρώματα της θεμελίωσης με χαμηλή διατμητική αντοχή, μπορεί να προκαλέσουν περιστροφική ολίσθηση. Εάν μία απόθεση αργίλου είναι εκτενώς ρωγματωμένη, το νερό που διεισδύει μέσα στις ρωγμές μπορεί να αποδυναμώσει σοβαρά την απόθεση λόγω εξάρτησης της διατμητικής αντοχής, σχετικά με την αντοχή του μαλακού υλικού που γειτνιάζει με τις ρωγμές. Συμπίεση ή σταθεροποίηση της θεμελίωσης μπορεί να προκαλέσει σημαντική καθίζηση του υπερκείμενου υλικού, κάποιες φορές προκαλώντας ρωγμές στο ανάχωμα των τελμάτων που μπορεί να οδηγήσουν σε διαρροή.

Η διαπερατότητα της θεμελίωσης επηρεάζει σημαντικά την ευστάθεια ενός αναχώματος. Όταν ένα ανάχωμα κατασκευάζεται σε ένα θεμέλιο κορεσμένης αδιαπέρατης αργίλου, για παράδειγμα, το φορτίο του αναχώματος θα δημιουργήσει περίσσεια πίεση του νερού των πόρων στο υλικό της θεμελίωσης. Επειδή η άμεση φόρτιση λαμβάνεται από την υδάτινη φάση στο υλικό της θεμελίωσης, δεν υπάρχει αύξηση της διατμητικής αντοχής και η ταχεία φόρτιση μπορεί να επιταχύνει την αστοχία του αναχώματος που εκτείνεται μέσω της θεμελίωσης. Εάν το υλικό κάτω από την θεμελίωση είναι διαπερατό, η υπερβολική διαρροή μπορεί να οδηγήσει στην δημιουργία αστοχίας των σωληνώσεων (U.S. EPA, 1994).

### Σεισμικότητα

Ο σχεδιασμός των φραγμάτων τελμάτων λαμβάνει συνήθως υπόψη την πιθανή σεισμική δραστηριότητα της περιοχής. Αυτό απαιτεί την χρήση ενός σεισμού στον σχεδιασμό για την εν λόγω περιοχή. Μία μέθοδος που χρησιμοποιείται συνήθως για τον προσδιορισμό των επιπτώσεων του σεισμού που επιλέχθηκε σε μια συγκεκριμένη θέση είναι να υποτεθεί ότι ο σεισμός συμβαίνει στο πλησιέστερο γνωστό ρήγμα που μπορεί να είναι ενεργό. Το ρήγμα επιλέγεται με βάση την γεωλογική μελέτη που διενεργήθηκε προηγουμένως στην περιοχή. Οι πίνακες εξασθένησης του σεισμικού κύματος χρησιμοποιούνται στην συνέχεια για να εκτιμηθεί το μέγεθος των σεισμικών δυνάμεων που φτάνουν στην περιοχή λόγω του σεισμού που συμβαίνει στο προεπιλεγμένο ρήγμα (U.S. EPA, 1994).

#### **4.4.5 Σχεδιασμός των εγκαταστάσεων διαχείρισης τελμάτων**

Ο σχεδιασμός ενός φράγματος τελμάτων πραγματοποιείται αφού επιλεγεί η θέση. Ωστόσο, η επιλογή της θέσης και του σχεδιασμού θεωρείται μία δυναμική διαδικασία.

Γενικά τα φράγματα τελμάτων (και τα αναχώματα συγκράτησης τελμάτων) σχεδιάζονται με βάση πληροφορίες σχετικές με τα χαρακτηριστικά των τελμάτων, τα διαθέσιμα υλικά κατασκευής, τους παράγοντες της θέσης (τοπογραφία, γεωλογία, υδρολογία και σεισμικότητα) και το κόστος, με την δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών να επηρεάζει την τοποθέτηση του φράγματος και τον σχεδιασμό του. Επειδή το νερό είναι βασικό συστατικό στο σύστημα φράγμα – τέλματα, οι αρχές της υδρολογίας (εφαρμόζεται για την ροή του νερού μέσα και γύρω από το ανάχωμα των τελμάτων) υπαγορεύουν πολλές από τις διατάξεις σχεδιασμού του. Επειδή η ευστάθεια του φράγματος είναι σε μεγάλο βαθμό συνάρτηση της στάθμης του νερού, αυτές οι αρχές αποτελούν πρωταρχικό μέλημα στον σχεδιασμό κάθε φράγματος τελμάτων.

Μία από τις βασικές αρχές που χρησιμοποιούνται στον σχεδιασμό των φραγμάτων και των αναχωμάτων είναι η διατήρηση της επιφάνειας του υδροφόρου ορίζοντα εντός του αναχώματος. Ο υδροφόρος ορίζοντας εξασκεί ένα μεγάλο βαθμό ελέγχου στην σταθερότητα του φράγματος, τόσο κάτω από στατικές όσο και σεισμικές συνθήκες φόρτισης. Το μείζον θέμα κατά την διάρκεια του σχεδιασμού είναι ότι δεν πρέπει ο υδροφόρος ορίζοντας να υπερβεί το ανάχωμα και πρέπει να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερος κοντά στην επιφάνεια του αναχώματος. Αυτό διατηρεί την πίεση των

πόρων στην επιφάνεια του αναχώματος χαμηλότερη από την ατμοσφαιρική πίεση συν το βάρος των τεμαχίων του αναχώματος και διατηρεί την επιφάνεια του φράγματος. Έτσι κάθε παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει τον υδροφόρο ορίζοντα στο ανάχωμα μπορεί επίσης να επηρεάσει την σταθερότητα του αναχώματος.

Η κύρια μέθοδος διατήρησης ενός χαμηλού υδροφόρου ορίζοντα κοντά στο μέτωπο του αναχώματος είναι να αυξηθεί η σχετική διαπερατότητα (ή υδραυλική διαπερατότητα) του αναχώματος κατά την διεύθυνση της ροής.

Η δημιουργία μίας σχετικής αύξησης στην διαπερατότητα στην κατάντη πλευρά μπορεί να επιτευχθεί με έναν από τους δύο τρόπους, ή έναν συνδυασμό και των δύο: με την ενσωμάτωση ζωνών χαμηλότερης διαπερατότητας στις περιοχές που βρίσκονται ανάντη του αναχώματος (τυπικά με την κατασκευή αναχωμάτων με πυρήνες χαμηλής διαπερατότητας) και χρησιμοποιώντας ζώνες υψηλότερης διαπερατότητας προς τα κάτω (συνήθως χρησιμοποιώντας εσωτερικές ζώνες αποστράγγισης). Η επιλογή της όποιας τεχνικής θα χρησιμοποιηθεί συχνά βασίζεται στη διαθεσιμότητα των υλικών, όπως άργιλος για πυρήνες και άμμο για στραγγιστήρια. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι μεγάλες αλλαγές στον υδροφόρο ορίζοντα απαιτούνται αν οι διαπερατότητες σε παρακείμενες ζώνες διαφέρουν δύο ή περισσότερες τάξεις μεγέθους.

Το στρώμα χαμηλής διαπερατότητας γενικά ελέγχει την συνολική ταχύτητα ροής διαμέσου του φράγματος. Αυτό επιτρέπει στα στρώματα υψηλότερης διαπερατότητας που είναι τοποθετημένα κατάντη από το στρώμα χαμηλής διαπερατότητας να αποστραγγίζουν και να αποφεύγεται η αύξηση της πίεσης των πόρων. Ο κανόνας για την αύξηση της διαπερατότητας κατά την διεύθυνση της ροής εφαρμόζεται μόνο σε περιοχές κοντά στην επιφάνεια του αναχώματος, αν χρησιμοποιείται χαμηλής διαπερατότητας πυρήνας στο κέντρο του αναχώματος η διαπερατότητα αυξάνει προς το μέτωπο, η διαπερατότητα των υλικών στην ανάντη πλευρά του αναχώματος μπορεί να έχει μικρό αποτέλεσμα στην επιφάνεια του υδροφόρου ορίζοντα κατάντη από τον πυρήνα χαμηλής διαπερατότητας (Vick, 1990).

Παράγοντες που επηρεάζουν τον υδροφόρο ορίζοντα στο ανάχωμα επηρεάζουν τη σταθερότητα του. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν τα χαρακτηριστικά απόθεσης των τελμάτων (διαπερατότητα, συμπιεστότητα, ταξινόμηση, πυκνότητα πολφού κλπ.) και τα χαρακτηριστικά της θέσης όπως τα χαρακτηριστικά της θεμελίωσης και την υδρολογία και υδρογεωλογία της περιοχής του φράγματος και της ανάντη λεκάνης

απορροής. Αλλαγές στον υδροφόρο ορίζοντα στο ανάχωμα των αποβλήτων θα αλλάξει την πίεση του νερού των πόρων και κατά συνέπεια την αντίσταση των υλικών του φράγματος στην ολίσθηση. Αλλαγές στον υδροφόρο ορίζοντα μπορεί να προκληθούν από δυσλειτουργία των συστημάτων αποστράγγισης, πάγωμα των επιφανειακών στρωμάτων στην κατάντη πλευρά του φράγματος, αλλαγές στην μέθοδο κατασκευής (συμπεριλαμβανομένων των χαρακτηριστικών των υλικών κατασκευής) και αλλαγές στο υψόμετρο της λίμνης. Το επίπεδο του υδροφόρου ορίζοντα μπορεί επίσης να μεταβληθεί από αλλαγές στην διαπερατότητα του υποκείμενου υλικού θεμελίωσης, οι οποίες μερικές φορές προκαλούνται από τάσεις που προέρχονται από καθίζηση λόγω της εξόρυξης (Vick, 1990).

Εκτός από τη διατήρηση του υδροφόρου ορίζοντα για λόγους σταθερότητας, ο σχεδιασμός του φράγματος περιλαμβάνει παράγοντες που σχετίζονται με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις λόγω της διαρροής των τελμάτων. Η διαρροή των οποίων μπορεί να ελεγχθεί με την χρήση γεωφάσματος στην βάση και στραγγιστηρίων.

#### **4.4.6 Οι ιδιότητες των τελμάτων σαν μεταβλητή του σχεδιασμού των εγκαταστάσεων**

Η σημαντικότερη μεταβλητή που λαμβάνουμε υπόψη κατά τον σχεδιασμό ενός φράγματος τελμάτων είναι οι ιδιότητες των τελμάτων. Η σύνθεση των τελμάτων, η πυκνότητα του πολφού, η ταξινόμηση και άλλα χαρακτηριστικά χρησιμοποιούνται στο σχεδιασμό των φραγμάτων τελμάτων με τρεις βασικούς τρόπους: ανάλυση τελμάτων για να αξιολογηθεί η πιθανή χρήση της άμμου των τελμάτων στην κατασκευή του αναχώματος, ανάλυση των τελμάτων για να τοποθετηθούν στο φράγμα, για τον προσδιορισμό των πιθανών επιπτώσεων στη δομική σταθερότητα και τα χαρακτηριστικά των διαρροών και ορυκτολογική ανάλυση για τον προσδιορισμό των πιθανών χημικών επιπτώσεων των διαρροών ή άλλων αποβλήτων του φράγματος. Εκτός από τα φυσικά χαρακτηριστικά, η μέθοδος εναπόθεσης των τελμάτων στο φράγμα παίζει ρόλο στα μηχανικά χαρακτηριστικά του φράγματος (Vick, 1990).

Η άμμος των τελμάτων χρησιμοποιείται συχνά ως μία οικονομική πηγή υλικού για την κατασκευή του αναχώματος. Με την αφαίρεση της άμμου για την κατασκευή του αναχώματος ο όγκος των τελμάτων που είναι προς απόθεση μειώνεται. Ανάλογα με την κοκκομετρική διαβάθμιση των τελμάτων, ένας κυκλώνας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για

να διαχωρίσει επαρκείς ποσότητες χονδρής άμμου από το σύνολο των τελμάτων για την κατασκευή του αναχώματος, αφήνοντας ένα μεγάλο ποσοστό λεπτομερών για να εναποτεθούν στο φράγμα.

Όσο αφορά τις γενικές φυσικές ιδιότητές τους, τα τέλματα θεωρούνται εδάφη και υπόκεινται στα παραδοσιακά πρότυπα εδαφομηχανικής συμπεριφοράς. Οι ιδιότητες (διαβάθμιση, ειδικό βάρος και πλαστικότητα) προσδιορίζονται με σχετικά απλές δοκιμές που μπορεί να πραγματοποιηθούν στα τέλματα που παράγονται στις εργαστηριακές δοκιμές της διαδικασίας του εργοστασίου εμπλουτισμού. Αυτές οι δοκιμές είναι ο οδηγός για τις ιδιότητες της μηχανικής των τελμάτων. Προσοχή απαιτείται, ωστόσο, αφού τα τέλματα έχουν λεπτές διαφορές από τα εδάφη που έχουν παρόμοιες ιδιότητες (Vick, 1990).

Οι ιδιότητες των τελμάτων που έχουν επιπτώσεις στον σχεδιασμό, τη σταθερότητα και την αποστράγγιση του φράγματος περιλαμβάνουν την τοπική και σχετική πυκνότητα, την διαπερατότητα, την πλαστιμότητα, την συμπιεστότητα, την συμπύκνωση, τη διατμητική αντοχή και τις τασικές παραμέτρους (Vick, 1990). Η τοπική (in-place) πυκνότητα είναι ένας σημαντικός παράγοντας στον καθορισμό του μεγέθους του φράγματος που απαιτείται για μια συγκεκριμένη λειτουργία ενώ η σχετική πυκνότητα επηρεάζει την δυναμική συμπεριφορά του φράγματος. Η τοπική πυκνότητα αναφέρεται στην μάζα ενός αδιατάραχτου δείγματος του υλικού όπου ο όγκος του δείγματος είναι πολύ μεγαλύτερος από το μέσο μέγεθος κόκκου. Η διαβάθμιση είναι ένας παράγοντας της τοπικής πυκνότητας, με καλά διαβαθμισμένα υλικά τα οποία έχουν τυπικά υψηλότερη πυκνότητα. Η διαπερατότητα (ή υδραυλική διαπερατότητα) των τελμάτων επί τόπου στο φράγμα τελμάτων ποικίλει και σε κάθετες και οριζόντιες κατευθύνσεις λόγω του τρόπου διαστρωμάτωσης που έχουν εναποτεθεί τα τέλματα. Η πλαστικότητα αναφέρεται γενικά στην ποσότητα της υπάρχουσας αργίλου. Πιο συγκεκριμένα, ο δείκτης πλαστικότητας είναι το εύρος της περιεκτικότητας της υγρασίας πάνω από την οποία το έδαφος είναι πλαστικό. Αριθμητικά είναι η διαφορά μεταξύ του ορίου υδαρότητας και του ορίου πλαστικότητας του εδάφους. Τα τέλματα με υψηλό δείκτη πλαστικότητας είναι λεπτόκοκκα και έχουν χαμηλή διαπερατότητα και χαρακτηριστικά αποστράγγισης ενώ τα τέλματα με χαμηλό δείκτη πλαστικότητας είναι πιο χονδρόκοκκα και χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές διαπερατότητας και αποστράγγισης. Η συμπύκνωση

και συμπίεστότητα σχετίζονται με το μέγεθος των κόκκων και την πυκνότητα ή λόγο κενών. Αυτό είναι ένα μέτρο της μεταβολής του συνολικού όγκου των τελμάτων που μπορεί να εμφανίσουν με την πάροδο του χρόνου με την αποστράγγιση και την προσθήκη φορτίου. Η διατμητική αντοχή και οι παράμετροι τάσεις είναι λειτουργίες που επηρεάζουν την ευστάθεια και επηρεάζονται από την πίεση των πόρων. Η αλληλεπίδραση όλων αυτών των παραγόντων είναι πολύπλοκη και επηρεάζει την επιφάνεια του υδροφόρου ορίζοντα στο φράγμα και στο ανάχωμα.

Εκτός από τα χαρακτηριστικά των τελμάτων που επηρεάζουν την ευστάθεια και την ποσότητα του νερού της διήθησης, τα τέλματα μπορούν να αναλυθούν για τον προσδιορισμό της ποσότητας του νερού της διαρροής. Ακόμα, εκτός από τις χημικές διεργασίες που μπορεί να υπάρχουν στην φάση του εμπλουτισμού, τα τέλματα μεταλλικών ορυχείων μπορεί να περιέχουν μία σειρά από μέταλλα που υπάρχουν αρχικά στο μητρικό πέτρωμα και που μπορεί να ρυπάνουν τα τέλματα της διαρροής. Χαρακτηριστικοί ρύποι είναι το αρσενικό, ο μόλυβδος, το μαγγάνιο, το σελήνιο και άλλα μέταλλα. Τα τέλματα επίσης μπορεί να έχουν σημαντικά επίπεδα ραδιενέργειας (Lottermoser, 2003).

#### **4.4.7 Τύποι διάταξης των εγκαταστάσεων διαχείρισης τελμάτων**

Έως κάποιο βαθμό, ο σχεδιασμός των αναχωμάτων συγκράτησης των αποβλήτων, είναι ανεξάρτητος από τον τύπο διάταξης της εγκατάστασης που εφαρμόζεται. Οι παράμετροι που συνδέουν άμεσα το σχεδιασμό των αναχωμάτων με τον τύπο της διάταξης που επιλέγεται, είναι το κόστος για την κατασκευή του αρχικού αναχώματος και των επακόλουθων ανυψώσεών του, ο όγκος των απαιτούμενων υλικών για τις προβλεπόμενες ανυψώσεις, οι ιδιότητες των αποβλήτων και οι αποθηκευτικές απαιτήσεις της εγκατάστασης.

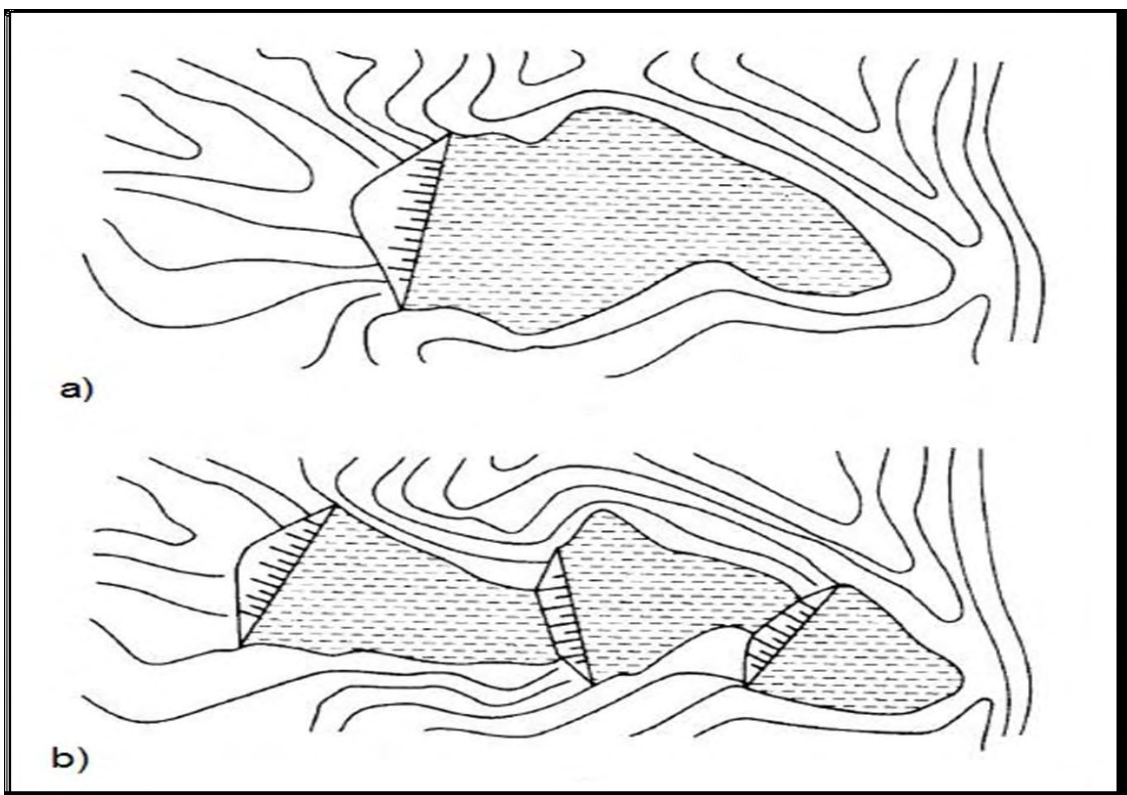
Τοπογραφικά, οι πιο συμφέρουσες περιοχές για τη χωροθέτηση των εγκαταστάσεων και των απαιτούμενων αναχωμάτων, είναι οι κοιλάδες, καθώς οι ποσότητες των υλικών πλήρωσης που απαιτούνται και οι προβλεπόμενες ανυψώσεις των αναχωμάτων, μειώνονται. Τα περισσότερα φράγματα τελμάτων που λειτουργούν σήμερα είναι με την μορφή του φράγματος σε κοιλάδα. Επειδή το κόστος κατασκευής σχετίζεται με την ποσότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται για την ανέγερση του

φράγματος ή του αναχώματος (δηλαδή του μεγέθους του), σημαντικές εξοικονομήσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν με την ελαχιστοποίηση του μεγέθους του φράγματος και μεγιστοποιώντας τη χρήση των υλικών της περιοχής, ιδιαίτερα τα ίδια τα τέλματα.

### **Φράγμα σε κοιλάδα**

Το φράγμα σε κοιλάδα, είναι η πιο συνηθισμένη διάταξη για εγκαταστάσεις διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων, καθώς έχει το πλεονέκτημα έναντι των άλλων διατάξεων, ότι εκμεταλλεύεται το φυσικό ανάγλυφο της περιοχής στην οποία χωροθετείται, με επακόλουθες οικονομικές ελαφρύνσεις στο κόστος κατασκευής. Με αυτόν τον τρόπο, μειώνεται το μέγεθος του φράγματος, καθώς οι πλευρικοί φυσικοί σχηματισμοί της κοιλάδας, εξυπηρετούν στη συγκράτηση των τελμάτων. Επίσης λόγω της τοπογραφίας της περιοχής μειώνεται η διασπορά των λεπτόκοκκων υλικών των τελμάτων με τον αέρα.

Τα φράγματα αυτού του τύπου, μπορούν να κατασκευαστούν μονά, στα οποία τα τέλματα αποτίθενται πίσω από ένα μόνο ανάχωμα, ή σε πολλαπλή μορφή, όπου μία σειρά από αναχώματα συγκρατούν τα τέλματα σε διαδοχικά φράγματα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.3.



**Σχήμα 4.3:** Μονό (α) και πολλαπλό (β) φράγμα σε κοιλάδα

Υπάρχουν τρεις βασικές παραλλαγές φραγμάτων του τύπου αυτού: το σχέδιο cross – valley, το σχέδιο sidehill και το σχέδιο valley – bottom. Το σχέδιο cross – valley χρησιμοποιείται συχνά επειδή μπορεί να εφαρμοστεί σχεδόν σε κάθε τοπογραφική περιοχή είτε σε μονή είτε σε πολλαπλή μορφή. Σχεδιάζεται παρόμοια με ένα κοινό φράγμα νερού, δηλαδή τα αναχώματα κατασκευάζονται στα άκρα της κοιλάδας, ενώνοντας τα πλευρικά αντερείσματά της, περιορίζοντας έτσι τα τέλματα σε μία φυσική λεκάνη. Αυτή η διάταξη απαιτεί μικρότερη ποσότητα υλικών κατασκευής και γι' αυτό επιλέγεται για οικονομικούς λόγους. Το φράγμα τοποθετείται καλύτερα κοντά στο άκρο της λεκάνης απορροής για να μειωθούν οι εισροές των ρεμάτων και χειμάρρων της περιοχής (U.S. EPA, 1994). Ένα τέτοιο φράγμα φαίνεται στην Εικόνα 4.11.



**Εικόνα 4.11:** Φράγμα τελμάτων cross valley σε κοιλάδα στον Καναδά

Η διάταξη του φράγματος σε κοιλάδα είναι ιδιαίτερος ευαίσθητη στην υπερχειλίση από πλημμύρα, διάβρωση στην περιοχή ένωσης του φράγματος και της πλευράς της κοιλάδας και ρευστοποίηση λόγω του υψηλότερου όγκου νερού που εισέρχεται με την απορροή μέσα στην φυσική λεκάνη απορροής μετά από υψηλή βροχόπτωση. Η σταθερότητα ενός φράγματος σε κοιλάδα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το μέγεθος της υδροστατικής πίεσης μέσα στα υλικά πλήρωσης των αναχωμάτων. Μία ασυνήθιστη αύξηση στην υδροστατική πίεση πάνω από τα επίπεδα σχεδιασμού μπορεί να είναι επαρκής για ξαφνική αστοχία. Ο έλεγχος των ροών κατά μήκος,



τριγύρω ή κάτω από το φράγμα είναι σημαντικός για να διατηρηθεί η σταθερότητα της δομής και να ελεγχθεί η επίδραση στο περιβάλλον. Σε κάθε περίπτωση, είναι απαραίτητα τα υδραυλικά έργα (τάφροι εκτροπής, υπερχειλιστές, ανάντη φράγματα νερού), ώστε να εκτρέπονται ή να συλλέγονται οι ροές υδάτων που προκύπτουν σε περίπτωση πλημμυρικών φαινομένων και γενικότερα δυσμενών καιρικών συνθηκών. Παρέχοντας επαρκή εσωτερική αποστράγγιση μπορεί να μειωθεί η πιθανότητα υγροποίησης των τελμάτων και να βελτιωθεί η διαπερατότητα και η στερεοποίηση τους, με αυτό τον τρόπο βελτιώνεται η σταθερότητα της περιοχής (U.S. EPA, 1994).

Η ευστάθεια του φράγματος των τελμάτων εξαρτάται επίσης (ή τουλάχιστον σχετίζεται) από τα χαρακτηριστικά της θεμελίωσης, όπως η αντοχή σε διάτμηση, η συμπίεστικότητα και η διαπερατότητα. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του εδάφους της περιοχής, η διάταξη αυτή μπορεί να σχεδιαστεί προσαρμόζοντας την διαπερατότητα των στρωμάτων με την χρήση επένδυσης και επαρκή εσωτερική αποστράγγιση. Τα εδαφικά χαρακτηριστικά μπορούν συχνά να βελτιωθούν μέσω της συμπίεσης του εδάφους. Επιπλέον, η μέθοδος της εναπόθεσης των τελμάτων και η κατασκευή έχει αυξημένη επίπτωση στη διάταξη φραγμάτων σε κοιλάδα. Η απόθεση τελμάτων επηρεάζει την σταθεροποίηση, την διαπερατότητα, την αντοχή και εν συνεχεία την σταθερότητα του υλικού του αναχώματος. Αναχώματα ανάντη και κατάντη σε φράγμα τελμάτων σε κοιλάδα βλέπουμε στην Εικόνα 4.12.

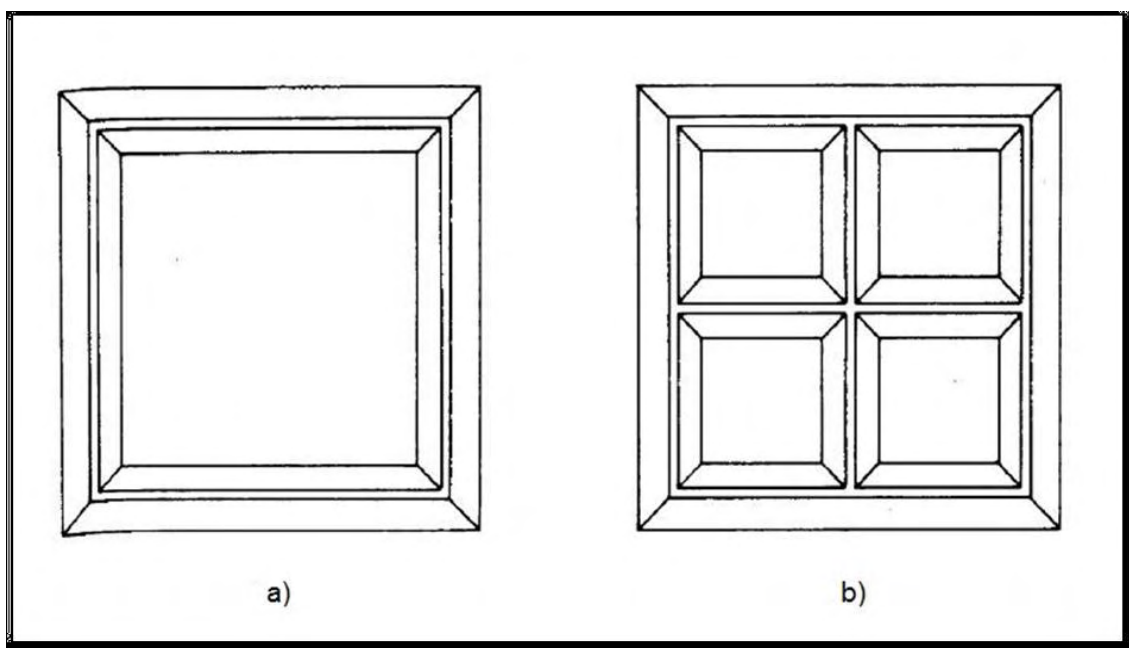


**Εικόνα 4.12:** Φράγμα τελμάτων σε κοιλάδα στη Δυτική Αυστραλία

### Κυκλικό ανάχωμα – Φράγμα σε μορφή δαχτυλιδιού (Ring dyke)

Η επιλογή της διάταξης του κυκλικού αναχώματος, δεν εξαρτάται από την ύπαρξη φυσικής τοπογραφικής κοιλότητας, όπως στην προηγούμενη περίπτωση και ως εκ τούτου, έχει ευρύτερο πεδίο εφαρμογής. Με αυτή τη λογική, η χωροθέτηση της διάταξης αυτής, είναι πιο ευέλικτη και υπάρχει η δυνατότητα να πραγματοποιηθεί σχετικά κοντά στο εργοστάσιο εμπλουτισμού της μεταλλευτικής μονάδας (Ritcey, 1989).

Τα αναχώματα που απαιτούνται σε αυτήν τη μέθοδο, καλύπτουν περιμετρικά όλη την επιφάνεια απόθεσης των αποβλήτων, ώστε να επιτυγχάνεται η συγκράτησή τους, είτε σε μονή διάταξη είτε σε πολλαπλά υποτιμήματα (κυψέλες), όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.4. Αποτέλεσμα αυτού του σχεδιασμού, είναι να απαιτούνται μεγάλες ποσότητες υλικών κατασκευής των αναχωμάτων, σε σχέση με το διαθέσιμο όγκο αποθήκευσης αποβλήτων που προκύπτει. Τα υλικά κατασκευής αυτής της διάταξης, μπορεί να είναι παρόμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των φραγμάτων σε κοιλάδα, όπως χονδρόκοκκα τέλματα, στείρο πέτρωμα και άλλα υλικά από εκσκαφές στην περιοχή εφαρμογής.



**Σχήμα 4.4:** a) μονό και b) κυκλικό ανάχωμα με υποτιμήματα (Vick, 1990)

Το βασικό πλεονέκτημα του κυκλικού αναχώματος έναντι του φράγματος σε κοιλάδα, είναι ότι οι επιφανειακές απορροές υδάτων, ελέγχονται ευκολότερα με

κατάλληλη διαχείριση και δεν μπορούν να κατακλύσουν το χώρο απόθεσης των αποβλήτων. Η ποσότητα του νερού της λίμνης είναι περιορισμένη αφού εξαρτάται από το νερό που μεταφέρουν τα τέλματα και το ύψος των κατακρημνίσεων. Δεν υπάρχει απορροή εκτός από αυτήν στα εξωτερικά πρηνή του φράγματος. Επιπλέον, δεδομένου ότι τα απαιτούμενα αναχώματα είναι σχετικά χαμηλά σε ύψος, ο σχεδιασμός αυτής της διάταξης, είναι συχνά απλούστερος από ότι ένα φράγμα σε κοιλάδα (U.S. E.P.A., 1994).

Η συγκράτηση των τελμάτων μπορεί να γίνει με την χρήση ενός αδιαπέρατου πυρήνα στο ανάχωμα και την χρήση επένδυσης από συνθετικό υλικό στη βάση (U.S. EPA, 1994). Η χρήση ενός αργιλικού στρώματος ή ενός γεωφάσματος στην βάση του φράγματος αποτελεί μία αποτελεσματική μέθοδο για την μείωση της διαρροής των τελμάτων. Μπορεί να είναι αναγκαία η τοποθέτηση ενός συστήματος συλλογής των διαρροών, αποτελούμενο από αδιαπέραστες μεμβράνες και φίλτρα απομάκρυνσης των υδάτων τοποθετημένα στην βάση των τελμάτων. Επίσης μπορούν να τοποθετηθούν στην βάση του αναχώματος στραγγιστήρια, τα οποία συλλέγουν το νερό που υπερχειλίζει από το ανάχωμα (Lottermoser, 2003).

Αυτή η μορφή διάταξης, συνηθέστερα χρησιμοποιείται στην Αυστραλία λόγω του επίπεδου ανάγλυφου εδάφους που διαθέτει, το οποίο είναι και το πιο κατάλληλο για την εφαρμογή της. Μία τέτοια μορφή διάταξης βλέπουμε στην Εικόνα 4.13.



**Εικόνα 4.13:** Φράγμα τελμάτων σε διάταξη κυκλικού αναχώματος με τρεις κυψέλες, Δυτική Αυστραλία

### **Φράγμα σε επιφανειακό όρυγμα ορυχείου (In – pit tailings storage)**

Αυτή η μέθοδος είναι λιγότερο συχνή από ότι οι δύο προηγούμενες. Περιλαμβάνει την απόθεση των τελμάτων μέσα σε μία πρώην εκμετάλλευση ορυχείου και ο σχεδιασμός του εξαλείφει την ανάγκη για την κατασκευή αναχωμάτων και έργων αντιστήριξης.

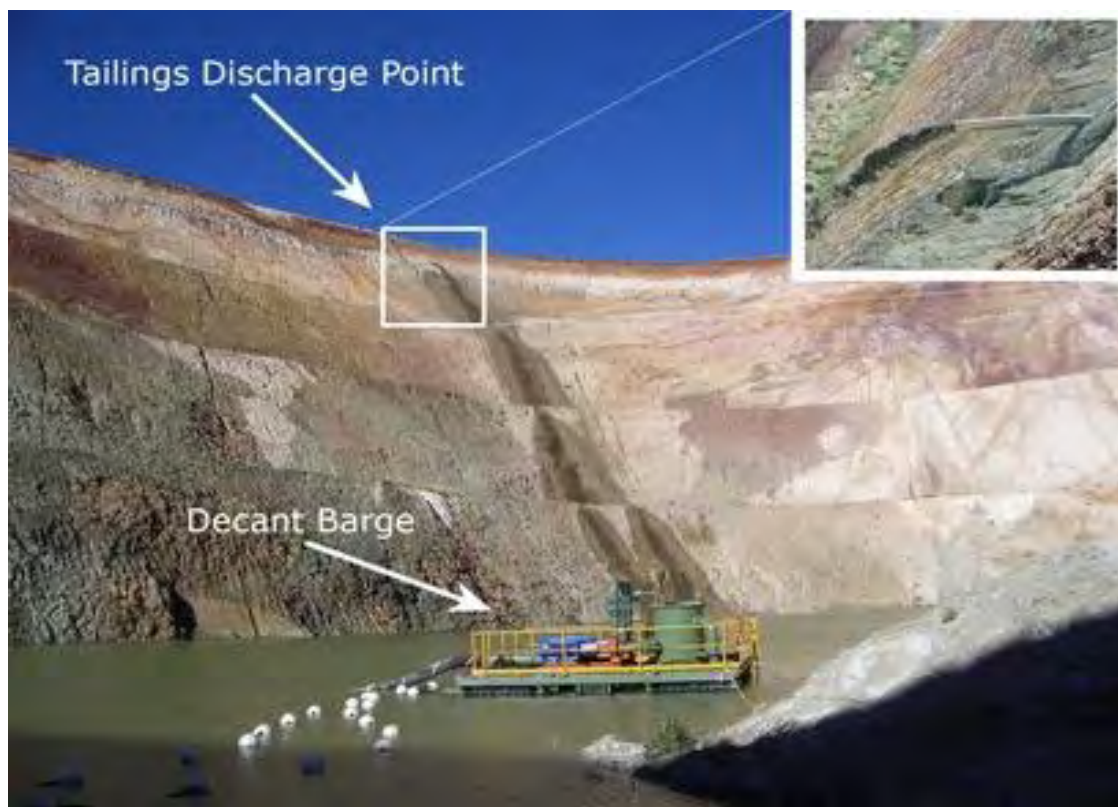
Δεδομένου ότι τα τέλματα συγκρατούνται από τα τοιχώματα της εκμετάλλευσης, η διασπορά τους από τον άνεμο είναι η μικρότερη δυνατή. Στον σχεδιασμό μπορεί να προστεθεί και μία καλή αποστράγγιση. Επίσης πολλοί από τους κοινούς τρόπους αστοχίας των φραγμάτων τελμάτων δεν ισχύουν γι' αυτή την διάταξη. Η έλλειψη αναχώματος του φράγματος μειώνει την πιθανότητα αστοχίας των πρανών, αλλά η σταθερότητά τους πρέπει να ελεγχθεί.

Το κύριο μειονέκτημα σε αυτό το είδος διάταξης, αφορά στην πιθανότητα διαρροών στον υπόγειο υδροφόρο, από τα στραγγίσματα των εξορυκτικών αποβλήτων. Ωστόσο, αυτό το πρόβλημα αντιμετωπίζεται αποτελεσματικά, με την εγκατάσταση κατάλληλων συστημάτων στεγάνωσης και αποστράγγισης κάτω από τη δομή της διάταξης, με σκοπό τον ολοκληρωμένο έλεγχο και την ανάκτηση των διαρροών από τα αποτιθέμενα απόβλητα.

Εκτός εάν ο σκοπός είναι να απομονώσει τα θειούχα τέλματα κάτω από την επιφάνεια του νερού, ο υδροφόρος ορίζοντας θα πρέπει να είναι κάτω από τα τέλματα που έχουν τοποθετηθεί μέσα στο ορυχείο. Αυτό μπορεί να απαιτεί λιθογόμωση με πέτρωμα από την εξόρυξη ή με υπερκείμενα. Εάν η λιθογόμωση κάτω από τα τέλματα είναι αναγκαία, και το περιβάλλον πέτρωμα δεν είναι επαρκώς αδιαπέρατο, μπορεί να χρειάζεται η τοποθέτηση μίας επένδυσης γύρω από τα τέλματα. Ο Ritchey (1989) επισημαίνει ότι οι υδρογεωλογικές παράμετροι επηρεάζουν την μετανάστευση των ρύπων, έτσι τα τέλματα με τοξικές προσμίξεις ή τα ενεργά τέλματα μπορεί να μην είναι κατάλληλα να αποθηκευτούν σε αυτού του είδους το φράγμα.

Όταν η εξόρυξη σε ένα ενεργό ορυχείο προχωρά πλευρικά, το εξορυσσόμενο τμήμα του ορυχείου μπορεί να είναι κατάλληλο για την απόθεση των τελμάτων. Σε τέτοιες περιπτώσεις, αναχώματα κατασκευάζονται ώστε να συγκρατούνται τα τέλματα στην εξορυγμένη περιοχή του ορυχείου (Εικόνα 4.14). Αυτό το ανάχωμα θα μπορούσε στην συνέχεια να κατασκευαστεί σταδιακά (U.S. EPA, 1994).





**Εικόνα 4.14:** Φράγμα τελμάτων σε επιφανειακό όρυγμα ορυχείου

#### **4.4.8 Κατασκευή των αναχωμάτων των εγκαταστάσεων**

Ο σχεδιασμός και η επιλογή του τύπου του φράγματος καθορίζει την εσωτερική και εξωτερική γεωμετρία της κατασκευής και πρέπει να περιλαμβάνει προδιαγραφές για τη αποστράγγιση, τον έλεγχο των διαρροών και σε κάποιες περιπτώσεις τα συστήματα των υλικών επένδυσης που απαιτούνται για την ευστάθεια του αναχώματος και για τον έλεγχο των υλικών που απελευθερώνονται στο περιβάλλον. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι ο τελικός σχεδιασμός του φράγματος μπορεί να διαφέρει σημαντικά από τις αρχικές προδιαγραφές. Εάν η κατασκευή του αναχώματος συνεχίζεται καθ' όλη την ενεργό ζωή του φράγματος, η εμπειρία που έχει αποκτηθεί από την συνεχή παρακολούθηση και ανάλυση επιτρέπει αλλαγές και βελτιώσεις στο σχεδιασμό για την καλύτερη κάλυψη των στόχων του έργου (Lottermoser, 2003).

Γενικά, εάν ο αρχικός σχεδιασμός του φράγματος περιλαμβάνει την χρήση υλικών επένδυσης ή συστήματα στραγγιστηριών, τα συστήματα αυτά θα πρέπει να

αναπτυχθούν πριν ή ταυτόχρονα με την αρχική κατασκευή του φράγματος, καθώς και με κάθε διαδοχική ανάπτυξη του αναχώματος. Περιβαλλοντικές παράμετροι μπορούν να δημιουργήσουν την ανάγκη για την χρήση επένδυσης δεδομένου ότι τα τέλματα μπορεί να έχουν την ικανότητα έκλυσης τοξικών ή ανεπιθύμητων συστατικών σε υποκείμενα στρώματα, ομοίως είναι επιθυμητό να περιοριστεί η ροή του ρηχού υπόγειου νερού μέσα στα τέλματα. Η επένδυση αυτή του φράγματος μπορεί να αποτελείται από συμπιεσμένα φυσικά υλικά, συμπιεσμένη λάσπη τελμάτων, μεταφερόμενη ή τοπική άργιλο, συνθετικό υλικό, gunite κλπ. Για οικονομικούς λόγους, η συμπύκνωση των υπαρχόντων υλικών της περιοχής ή τα λεπτομερή των τελμάτων είναι οι προτιμώμενες μέθοδοι για την μείωση της διαπερατότητας της βάσης του φράγματος. Επίσης μερικοί τύποι φραγμάτων, όπως το φράγμα σε κοιλάδα, μπορεί να μην είναι δεκτικά σε οποιοδήποτε τύπο επένδυσης. Λόγω της πολύ μεγάλης επιφάνειας και του ανώμαλου εδάφους, η χρήση συνθετικών υλικών για την επένδυση ή άλλων υλικών που προέρχονται από άλλες περιοχές είναι απαγορευτικά ακριβή γι' αυτό τον τύπο φράγματος, ακόμη και αν αυτό είναι τεχνικά εφικτό (U.S. EPA, 1994).

Επίσης σύστημα αποστράγγισης μπορεί να απαιτηθεί για κατασκευαστικούς λόγους. Όπως συζητήθηκε παραπάνω, ένα πρωτεύον μέλημα που συνοδεύει την χρήση των τελμάτων για την κατασκευή του αναχώματος είναι ο έλεγχος της πίεσης του νερού των πόρων μέσα και κάτω από το ανάχωμα. Η υπερβολική πίεση των πόρων μέσα στο ανάχωμα μπορεί να οδηγήσει σε υπέρβαση της αντοχής σε διάτμηση του υλικού πλήρωσης, με αποτέλεσμα την τοπική ή γενική αστοχία του πρανούς. Επιπλέον, η υψηλή πίεση των πόρων εντός ή κάτω από την επιφάνεια του αναχώματος μπορεί να οδηγήσει σε ανεξέλεγκτη διαρροή στο μέτωπο του φράγματος οδηγώντας σε αστοχία με την μορφή σωληνώσεων. Ομοίως διαρροή διαμέσου αδύναμων διαπερατών στρωμάτων της θεμελίωσης μπορεί να οδηγήσει σε αστοχία της ίδιας μορφής ή σε υπέρβαση της διατμητικής αντοχής του εδάφους, προκαλώντας καθίζηση της θεμελίωσης και να θέσει σε κίνδυνο την ευστάθεια του υπερκείμενου αναχώματος. Αυτές και άλλες απειλές για την ευστάθεια του αναχώματος μπορούν να μειωθούν μερικώς μέσω του ελέγχου των διαρροών. Γενικά, ο έλεγχος των διαρροών μπορεί να επιτευχθεί μέσω της δημιουργίας ζωνών διαφορετικής διαπερατότητας ανάντη από, κάτω από και μέσα στο ανάχωμα, είτε μέσω των συστημάτων αποστράγγισης ή με στρώματα χαμηλής διαπερατότητας ή πυρήνα ή συνδυασμός αυτών (U.S. EPA, 1994).

Η πρωταρχική λειτουργία των συστημάτων αποστράγγισης είναι η διάχυση της πίεσης των πόρων κατά μήκος του αναχώματος. Τα συστήματα αποστράγγισης επιτρέπουν τον έλεγχο του υδροφόρου ορίζοντα με την παροχή αγωγών χαμηλής πίεσης για διαρροή του νερού. Ένας αριθμός μεθόδων είναι διαθέσιμος για την επίτευξη του στόχου. Ειδικότερα, τέτοια είναι η καμινάδα αποστράγγισης και κουβέρτα αποστράγγισης, καθένα αποτελούμενο από υλικά με διαπερατότητα δύο τάξεις μεγέθους μεγαλύτερη από εκείνη του αναχώματος. Η καμινάδα αποστράγγισης είναι κατακόρυφες κουρτίνες από υλικό υψηλής διαπερατότητας, ενώ η κουβέρτα αποστράγγισης είναι οριζόντια στρώματα από υλικό υψηλής διαπερατότητας. Παραλλαγές τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανάλογα με τις απαιτήσεις του σχεδιασμού. Η θέση τέτοιων ζωνών αποστράγγισης εξαρτάται από τη μέθοδο της κατασκευής του αναχώματος (U.S. EPA, 1994).

Σημαντικό για την απόδοση των συστημάτων αποστράγγισης είναι η πρόληψη της απόφραξης. Αυτή μπορεί να συμβεί, για παράδειγμα, όταν τα λεπτομερή τέλματα διεισδύσουν στην ζώνη αποστράγγισης. Φίλτρα ή ζώνες φίλτρων μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν στην αποτροπή έμφραξης και συνεπώς να διατηρηθούν οι διαφορές στην διαπερατότητα κατά μήκος των ζωνών. Ζώνες φίλτρων μπορούν να κατασκευαστούν από διαβαθμισμένη άμμο ή συνθετικά υφάσματα (Vick, 1990).

Δεδομένου ότι ο σκοπός του φράγματος τελμάτων είναι να κατακρατεί τον πολφό των τελμάτων (να επιτρέπει την ανάκτηση του νερού των διεργασιών του εργοστασίου) και θεωρώντας ότι η άμμος των τελμάτων που χρησιμοποιείται στην κατασκευή του αναχώματος δεν είναι ποτέ αδιαπέρατη, το ύψος της στήλης του νερού κατά μήκος του αναχώματος δεν είναι ποτέ μηδέν. Οπότε μία ποσότητα νερού θα μεταναστεύσει διαμέσου και /ή κάτω από το ανάχωμα.

### **Μέθοδοι κατασκευής των αναχωμάτων**

Η συνηθέστερη κατασκευαστική τεχνική για τα αναχώματα των εγκαταστάσεων διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων, είναι αυτή της σταδιακής ανύψωσης των αναχωμάτων (Raised Embankment Design) (<http://www.tailings.info>).

Αυτή η τεχνική, όπως υποδηλώνει και η ονομασία της, πραγματεύεται την ανύψωση των περιμετρικών αναχωμάτων (tailings dams) τμηματικά, σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα, με σκοπό τη σταδιακή αύξηση της διαθέσιμης χωρητικότητας της

εγκατάστασης, ακολουθώντας τους ρυθμούς πλήρωσης στη λεκάνη απόθεσης των αποβλήτων. Παράλληλα, το κόστος κατασκευής σε επίπεδο αρχικού κεφαλαίου, είναι σημαντικά μειωμένο, σε σχέση με την περίπτωση απευθείας ανύψωσης των φραγμάτων στο τελικό τους ύψος. Επίσης, οι διαθέσιμες επιλογές ως προς το είδος και την ποσότητα των υλικών κατασκευής αυξάνονται, καθώς σε κάθε στάδιο απαιτούνται σχετικά μικρές ποσότητές τους.

Συνήθως, για τα αναχώματα αυτού του τύπου, χρησιμοποιούνται στα πλαίσια μείωσης του κόστους κατασκευής, εδαφικά υλικά, στείρα εξόρυξης που προκύπτουν κατά την υπόγεια προσπέλαση των μεταλλείων, υλικά από παρακείμενους δανειοθαλάμους, καθώς και χονδρόκοκκα κλάσματα τελμάτων, από την επεξεργασία των μεταλλευμάτων (U.S. E.P.A., 1994, Lottermoser, 2003).

Η χρησιμοποίηση του υλικού των τελμάτων αν και είναι η οικονομικότερη μέθοδος κατασκευής έχει μειονεκτήματα μερικά από τα οποία είναι: υψηλή ευαισθησία σε εσωτερική σωλήνωση, ιδιαίτερα διαβρώσιμες επιφάνειες και υψηλή ευαισθησία των τελμάτων στην δράση του παγετού. Επίσης, χαλαρά και κορεσμένα τέλματα υπόκεινται σε υδροποίηση κάτω από σεισμικό σοκ. Κατά την κατασκευή του φράγματος τελμάτων, οι δύο κύριοι τρόποι για την βελτίωση αυτών των ιδιοτήτων είναι να χρησιμοποιηθεί χονδρομερές κλάσμα τελμάτων και να συμπυκνωθεί. Το κλάσμα της άμμου αφού διαχωριστεί από τα λεπτομερή των τελμάτων μπορεί εύκολα να συμπυκνωθεί χρησιμοποιώντας δονητικούς συμπιεστές. Με την συμπύκνωση του χονδρομερούς κλάσματος τελμάτων, το τελικό αποτέλεσμα είναι μία πυκνή μάζα ενός ισχυρού υλικού που έχει αυξηθεί σημαντικά η αντίστασή του στην ρευστοποίηση. Ο διαχωρισμός των τελμάτων συμβαίνει συνήθως με την χρήση ακροφυσίων ή με την χρήση κυκλώνα διαχωρισμού.

Με την πρόοδο της τεχνολογίας στον εξοπλισμό χωματουργικών εργασιών μεγάλης κλίμακας, η συμπύκνωση των υλικών κατασκευής σε κάθε ανύψωση, κινείται σε υψηλά επίπεδα απόδοσης, με αποτέλεσμα την ευστάθεια και γενικότερα, την ασφάλεια των αναχωμάτων.

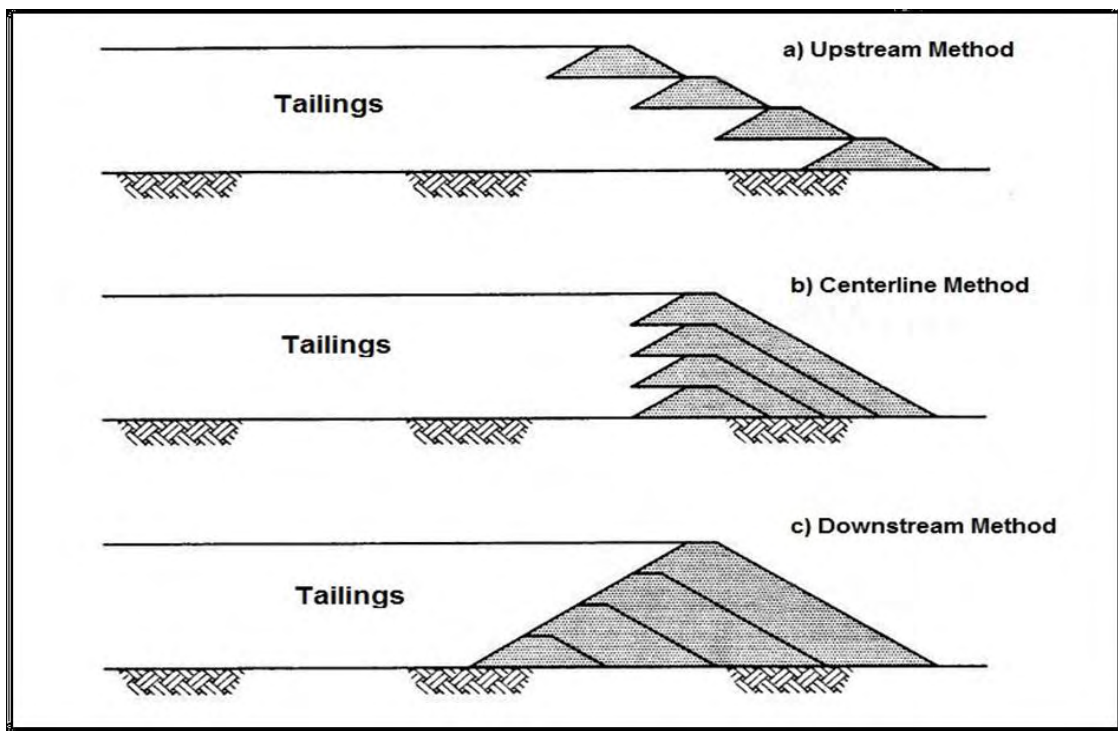
Οι τρεις βασικές μέθοδοι, αυτής της τεχνικής, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4.5, είναι οι εξής:

- Σταδιακή ανύψωση αναχώματος προς τα ανάντη (Upstream Method),
- Σταδιακή ανύψωση αναχώματος προς τα κατόντη (Downstream Method), και



- Σταδιακή ανύψωση αναχώματος καθ' ύψος (Centerline Method).

Και οι τρεις μέθοδοι, ορίζουν την κατεύθυνση προς την οποία κινείται η τελική στέψη του αναχώματος, σε σχέση με το αρχικό ανάχωμα, το οποίο αποτελεί την βάση του.



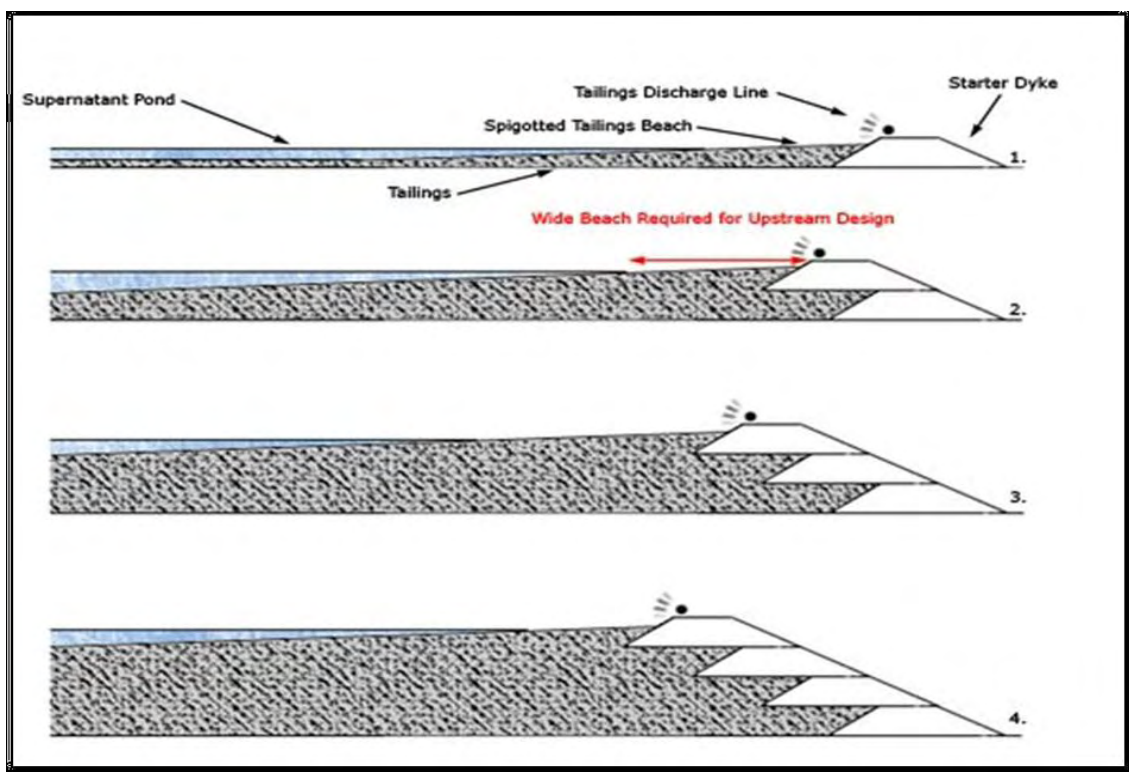
**Σχήμα 4.5:** Κατεύθυνση τελικής στέψης του αναχώματος για κάθε κατασκευαστική μέθοδο ανύψωσης (Vick, 1990)

### Σταδιακή ανύψωση αναχώματος προς τα ανάντη

Η σταδιακή ανύψωση αναχώματος προς τα ανάντη, συνιστά την παλαιότερη και πιο δημοφιλή μέθοδο, εξαιτίας του χαμηλού αρχικού κόστους εκκίνησης των εργασιών και της σχεδόν καθολικής της εφαρμογής, σε περιοχές με χαμηλή σεισμική επικινδυνότητα. Το κόστος κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, καθώς απαιτείται ελάχιστη ποσότητα σε υλικά κατασκευής (χονδρόκοκκο κλάσμα των τελμάτων), για την αρχική ανέγερση και τις επακόλουθες ανυψώσεις των αναχωμάτων.

Η έναρξη της κατασκευής, πραγματοποιείται με το σχηματισμό του αρχικού αναχώματος στο κατάντη τμήμα, υπό τη μορφή ενός διαπερατού θεμελίου, το οποίο λειτουργεί ως ελεύθερη αποστραγγιστική ζώνη. Τα χονδρόκοκκα υλικά, απορρίπτονται συνήθως από τη στέψη του αρχικού αναχώματος, οριοθετώντας την επιφάνεια πάνω στην οποία διαμορφώνεται η επόμενη ανύψωση. Επιπλέον, πριν από κάθε στάδιο

ανύψωσης, πραγματοποιείται μηχανικά, συμπύκνωση των υλικών κατασκευής, για λόγους σταθερότητας και ευστάθειας του αναχώματος (Lottermoser, 2003). Σταδιακή ανύψωση αναχώματος προς τα ανάντη βλέπουμε στο Σχήμα 4.6.



**Σχήμα 4.6:** Σταδιακή ανύψωση αναχώματος προς τα ανάντη

Ένα σημαντικό μειονέκτημα της μεθόδου, έχει να κάνει με την ενδεχόμενη έλλειψη σε επαρκείς ποσότητες του χονδρόκοκκου υλικού, που απαιτείται για την κατασκευή των αναχωμάτων. Συνήθως, το υλικό των εξορυκτικών αποβλήτων, δεν είναι ικανοποιητικά χονδρόκοκκο και ως εκ τούτου, απαιτείται η δημιουργία ειδικών δανειοθαλάμων που αυξάνει το κόστος κατασκευής.

Όπως αναφέρθηκε, η σταδιακή ανύψωση αναχώματος προς τα ανάντη, αποτελεί την πιο συνηθισμένη κατασκευαστική μέθοδο, αλλά παράλληλα και την τεχνική με τις περισσότερες αστοχίες, προκαλώντας σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις ανά τον κόσμο (I.C.O.L.D., U.N.E.P., 2001). Από τα 3.500 φράγματα τελμάτων παγκοσμίως, το 50% έχει κατασκευαστεί με αυτή τη μέθοδο, ενώ έχει διαπιστωθεί ότι ο συνηθής τρόπος αστοχίας των αναχωμάτων αυτής της κατασκευαστικής τεχνικής, είναι η ρευστοποίηση που προκαλείται σε έντονη σεισμική δραστηριότητα, λόγω της χαμηλής σχετικής πυκνότητας των υλικών κατασκευής και του υψηλού βαθμού κορεσμού τους σε νερό (Davies, 2000).

Συμπερασματικά, η μέθοδος αυτή δεν ενδείκνυται για περιοχές με ιστορικό σεισμικής δραστηριότητας, όπως είναι η Χιλή (όπου η τεχνική αυτή, μάλιστα, δεν επιτρέπεται να εφαρμοστεί) και η Ελλάδα.

### **Σταδιακή ανύψωση αναχώματος προς τα κατάντη**

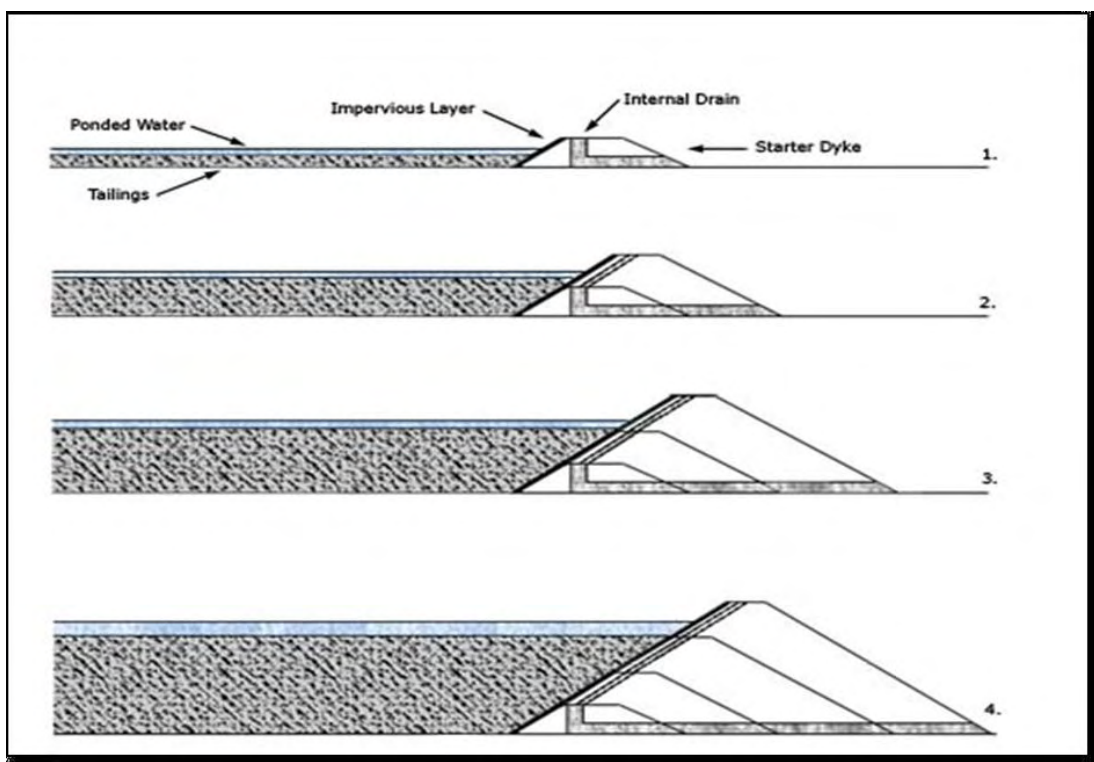
Η τεχνική αυτή, αναπτύχθηκε με σκοπό να μειώσει τους κινδύνους που εμφανίζονται στην προηγούμενη μέθοδο και σχετίζονται με τη δυναμική φόρτιση των αναχωμάτων, όταν υπάρχει σεισμική δόνηση (I.C.O.L.D., U.N.E.P., 2001). Η σταδιακή ανύψωση αναχώματος προς τα κατάντη, ουσιαστικά απαιτεί την κατασκευή ενός κανονικού φράγματος, από συμπυκνωμένο υλικό των αποβλήτων.

Η κατασκευή, ξεκινά με το σχηματισμό του αρχικού αναχώματος από συμπυκνωμένα υλικά, το οποίο λειτουργεί ως αδιαπέρατο θεμέλιο, σε αντίθεση με την προηγούμενη μέθοδο, όπου το θεμέλιο λειτουργεί ως αποστραγγιστική ζώνη. Σημαντική παράμετρο της κατασκευής σε αυτήν την περίπτωση, αποτελεί η ενσωμάτωση ζώνης αποστράγγισης πριν από κάθε ανύψωση, ώστε να ελέγχεται πλήρως ο υδροφόρος ορίζοντας και να ελαχιστοποιούνται οι διαρροές, εσωτερικά στο ανάχωμα. Επιπρόσθετα, με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται περαιτέρω σταθερότητα της κατασκευής, μέσω της ελαχιστοποίησης της πιθανότητας δημιουργίας πίεσης του νερού των πόρων, η οποία μειώνει τη διατμητική αντοχή.

Τα τέλματα, σε πρώτη φάση, αποτίθενται πίσω από το αρχικό ανάχωμα και όπως αυτό ανυψώνεται, το κάθε νέο τμήμα κατασκευάζεται υποστηριζόμενο στη στέψη του κατάντη πρανούς του προηγούμενου τμήματος, μετατοπίζοντας τον άξονα της στέψης του τελικού αναχώματος προς την κατάντη πλευρά. Η συμπύκνωση των κατάντη επεκτάσεων, συνιστάται να γίνεται σε μια υψηλότερη σχετική πυκνότητα από ότι γίνεται κανονικά, ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος ρευστοποίησης, σε περίπτωση σεισμικής δραστηριότητας (Brawner et al, 1973).

Όπως αναφέρθηκε, η σταδιακή ανύψωση αναχώματος προς τα κατάντη, παρέχει ένα σημαντικό βαθμό σταθερότητας σε περίπτωση σεισμικής δραστηριότητας, σε σχέση με την ανάντη μέθοδο, εξαιτίας της επίτευξης υψηλότερης συμπύκνωσης των υλικών κατασκευής και της ενσωμάτωσης μέτρων ελέγχου του υδροφόρου ορίζοντα. Επίσης, σημαντικό πλεονέκτημα της τεχνικής αυτής, είναι το ότι δεν υπάρχει περιορισμός στην ανύψωση, καθώς το κάθε τμήμα είναι δομικά ανεξάρτητο από την απόθεση των αποβλήτων, η οποία δεν επηρεάζει την αντοχή της θεμελίωσης.

Επιπρόσθετα, η επιφάνεια της λεκάνης απόθεσης δεν επηρεάζεται από τις ανυψώσεις του αναχώματος, σε αντίθεση με την προηγούμενη μέθοδο, όπου η διαθέσιμη επιφάνεια απόθεσης μειώνεται. Ένα άλλο θετικό στοιχείο της μεθόδου, είναι ότι επιτρέπει την τοποθέτηση συνθετικής στεγανωτικής μεμβράνης στο ανάντη πρανές, για τον περιορισμό της διήθησης διαμέσου του σώματος του φράγματος. Με τον τρόπο αυτό, αφενός περιορίζονται οι διαρροές ρύπων και αφετέρου βελτιώνονται οι συνθήκες ευστάθειας του αναχώματος. Σταδιακή ανύψωση αναχώματος προς τα κατόντη βλέπουμε στο Σχήμα 4.7.



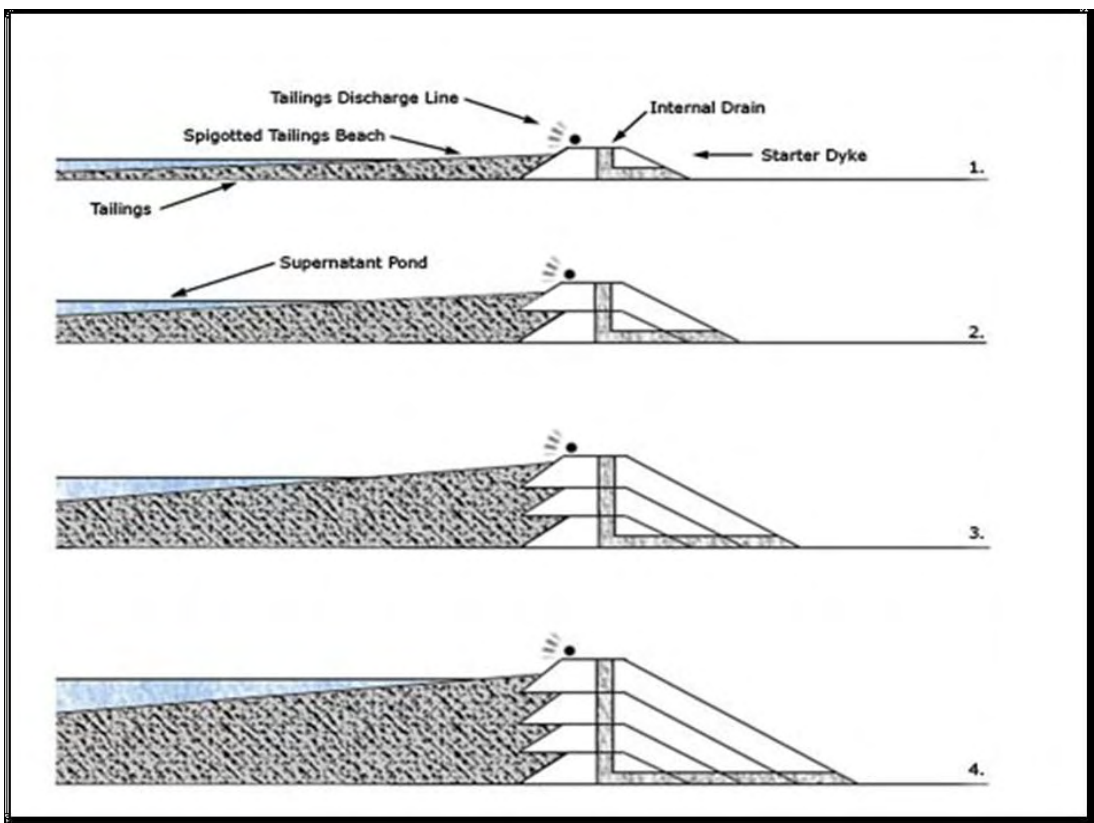
**Σχήμα 4.7:** Σταδιακή ανύψωση αναχώματος προς τα κατόντη

Το κύριο μειονέκτημα της μεθόδου, αφορά στο κόστος κατασκευής του κάθε τμήματος ανύψωσης, το οποίο αυξάνει εκθετικά, καθώς απαιτούνται μεγάλες ποσότητες υλικών πλήρωσης για την ανύψωση του αναχώματος. Τέλος, το αποτύπωμα της βάσης του αναχώματος (dam footprint), απαιτεί εκτεταμένη επιφάνεια (καθώς οι ανυψώσεις διενεργούνται εξωτερικά, προς τα κατόντη), το οποίο ενδέχεται να είναι σημαντικό μειονέκτημα, εάν ο διαθέσιμος χώρος είναι περιορισμένος.

### Σταδιακή ανύψωση αναχώματος καθ' ύψος

Η μέθοδος αυτή αποτελεί ένα συνδυασμό των δύο προηγούμενων μεθόδων (Benckert and Eurenus, 2001). Η δομή που σχηματίζεται, είναι πιο σταθερή από αυτήν της ανύψωσης προς τα ανάντη, χωρίς να απαιτούνται μεγάλες ποσότητες υλικών κατασκευής, όπως στην τεχνική της ανύψωσης προς τα κατάντη.

Όπως και στη σταδιακή ανύψωση αναχώματος προς τα ανάντη, τα χονδρόκοκκα υλικά απορρίπτονται από τη στέψη του αρχικού αναχώματος, για να δημιουργηθεί η απαιτούμενη επιφάνεια θεμελίωσης, πίσω από τον όγκο του αναχώματος. Όταν απαιτείται επόμενη ανύψωση, τα υλικά κατασκευής εφαρμόζονται επάνω και στις δύο επιφάνειες, δηλαδή στα αποτιθέμενα τέλματα και στο υπάρχον ανάχωμα. Ο άξονας της στέψης του τελικού αναχώματος, είναι σταθερά στην κατακόρυφη ευθεία με τη στέψη του αρχικού αναχώματος. Σταδιακή ανύψωση αναχώματος καθ' ύψος βλέπουμε στο Σχήμα 4.8.



**Σχήμα 4.8:** Σταδιακή ανύψωση αναχώματος καθ' ύψος

Σε αυτή την τεχνική, ενσωματώνονται οι εσωτερικές ζώνες αποστράγγισης που εγκαθίστανται και στη μέθοδο ανύψωσης προς τα καπάντη, ενώ τα υλικά κατασκευής στην καπάντη πλευρά θα πρέπει να συμπυκνώνονται επαρκώς, για την αποφυγή αστοχιών από διάτμηση.

Στην συγκεκριμένη μέθοδο κατασκευής δεν είναι απαραίτητη η δημιουργία μίας μεγάλης παράκτιας περιοχής, επομένως αυτή η μέθοδος ενδείκνυται για χρήση όταν τα τέλματα περιέχουν μικρό ποσοστό άμμου. Λόγω του μικρότερου ποσοστού άμμου που απαιτείται, το φράγμα που δημιουργείται μπορεί να κατασκευαστεί γρηγορότερα από ότι στην ανάντη ή στην καπάντη μέθοδο κατασκευής. Η χονδρόκοκκη διαβάθμιση των τελμάτων είναι αναγκαία αν η ταχεία αποστράγγιση απαιτείται για να παρέχει υποστήριξη για τον εξοπλισμό κατασκευής (U.S. EPA, 1994).

Παρά το γεγονός ότι αυτός ο τύπος αναχώματος δεν μπορεί να αποτελέσει χώρο αποθήκευσης μεγάλου όγκου νερού, η βραχυπρόθεσμη αποθήκευση νερού λόγω σφοδρής βροχόπτωσης ή τερματισμού της λειτουργίας του εργοστασίου δεν θα επηρεάσει αρνητικά την ευστάθεια του φράγματος (U.S. EPA, 1994).

Εάν το ανάχωμα έχει συμπυκνωθεί σωστά και παρέχεται καλή εσωτερική αποστράγγιση, αυτός ο τύπος αναχώματος είναι ανθεκτικός σε σεισμική δραστηριότητα. Ακόμη και στην περίπτωση που τα λεπτομερή τοποθετούνται στο ανάντη πρηνές ρευστοποίησης, τα κεντρικά και καπάντη τμήματα του φράγματος μπορούν να παραμείνουν σταθερά λόγω της καλής συμπύκνωσης και των χαρακτηριστικών αποστράγγισης.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, η τεχνική αυτού του είδους, αποτελεί έναν αποδοτικό συμβιβασμό, όσον αφορά στη γενικότερη συμπεριφορά του αναχώματος σε ιδιαίτερες συνθήκες και τις δαπάνες που συνδέονται με την κατασκευή του.

#### **4.4.9 Απόθεση τελμάτων**

Ο πολφός των τελμάτων μεταφέρεται μέσω ενός συστήματος αγωγών στο φράγμα τελμάτων για την απόθεση. Μόλις τα τέλματα φθάσουν στο φράγμα, μια ποικιλία από επιλογές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απόθεση των τελμάτων. Κατά τον προσδιορισμό της μεθόδου που είναι η πλέον κατάλληλη για μια συγκεκριμένη λειτουργία, οι μηχανικοί μελετούν τα χαρακτηριστικά των υλικών των τελμάτων, τον

κύκλο απόθεσης και το κλίμα. Θα εξετάσουν επίσης την διάταξη του φράγματος και τον σχεδιασμό του αναχώματος.

Τρεις μέθοδοι εναπόθεσης τελμάτων χρησιμοποιούνται συνήθως, η απόρριψη των τελμάτων σε ένα σημείο, η απόρριψη με την χρήση ακροφυσίων και η απόρριψη τελμάτων μετά από τον διαχωρισμό σε κυκλώνα (cycloning). Υπάρχουν παραλλαγές για όλες αυτές τις μεθόδους και οι μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό για να πληρούν τα κριτήρια σχεδιασμού που καθορίζονται από τους μηχανικούς (U.S. EPA, 1994).

#### **Απόρριψη τελμάτων σε ένα σημείο**

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται συχνά στα φράγματα που η απόρριψη του πολφού των τελμάτων γίνεται από την ανάντη πλευρά του φράγματος και της λίμνης (δηλαδή όχι από την στέψη του φράγματος). Αυτή η τεχνική δεν είναι κατάλληλη όταν η λίμνη (και το λεπτομερές κλάσμα των τελμάτων) πρέπει να διατηρείται μακριά από το ανάχωμα. Ένα σημείο απόρριψης μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την απόρριψη πολφού στο φράγμα, αλλά προϋποθέτει ότι το σημείο απόρριψης μετακινείται περιοδικά σε άλλο τμήμα του φράγματος για να αποφευχθεί άνιση αύξηση των τμημάτων του φράγματος. Επιπροσθέτως, η μικρή επιφάνεια απόρριψης προς τον όγκο απόρριψης από ένα σημείο καθιστά αυτή την μέθοδο ιδανική για κρύο περιβάλλον, όπου υπάρχει πιθανότητα παγώματος των μικρότερων ρευμάτων απόρριψης.

#### **Απόρριψη τελμάτων με την χρήση ακροφυσίων**

Είναι η τεχνική απόρριψης τελμάτων μέσω μικρών σωλήνων (ακροφυσίων) που προέρχονται από πολλαπλά σημεία ανά τακτά διαστήματα κατά μήκος μιας κύριας γραμμής τελμάτων. Η μέθοδος χρησιμοποιείται για να επιτευχθεί μια περισσότερο ή λιγότερο ομοιόμορφη ροή των τελμάτων, η οποία θεωρητικά θα δημιουργήσει ομοιόμορφες παράλιες περιοχές. Με την χρήση ακροφυσίων σχηματίζεται μία ομαλή παράλια περιοχή, όπου το πιο χονδρομερές κλάσμα καθιζάνει κοντά στο σημείο απόρριψης και το πιο λεπτομερές κλάσμα αποτίθεται σταδιακά πιο μακριά από το σημείο απόρριψης. Ως αποτέλεσμα αυτής της μεταβλητής διαβάθμισης, η πυκνότητα, η διατμητική αντοχή και η διαπερατότητα των κατακαθισμένων στερεών μειώνεται με την αυξανόμενη απόσταση από το σημείο απόρριψης. Αυτή η χαρακτηριστική κατανομή μπορεί να είναι πολύ ευνοϊκή για την μείωση του υδροφόρου ορίζοντα πριν και σε όλη την επιφάνεια του αναχώματος. Ωστόσο, η παρατήρηση του πραγματικού



μεγέθους των τεμαχιδίων, η διαπερατότητα και η διατμητική αντοχή κατανεμημένες με την απόσταση από το σημείο απόρριψης υποδηλώνουν ότι η ομαλή ιδανική διαβάθμιση θεωρητικά μπορεί να επιτευχθεί σπάνια στην πράξη. Παρόλα αυτά, η εξέταση της ταχύτητας των τελμάτων που προηγούνται, η συγκέντρωση των τελμάτων στην κορυφή και στις γραμμές των ακροφυσίων και το σημείο απόρριψης μπορεί να επιτρέψει την ανάπτυξη παράλιων περιοχών που παρέχουν δομική σταθερότητα στο κυρίως ανάχωμα, δημιουργώντας παράλληλα μια μακριά πορεία διαρροής (παρέχοντας επακόλουθη διάχυση της πίεσης των πόρων) από την λίμνη στο ανάχωμα.

### **Απόρριψη τελμάτων μετά τον διαχωρισμό σε κυκλώνα**

Η άμμος των τελμάτων (χονδρομερές κλάσμα των τελμάτων) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή φραγμάτων αποθήκευσης τελμάτων κατά την διάρκεια της ενεργού εναπόθεσης. Οι εταιρίες εξόρυξης βλέπουν την εξοικονόμηση του κόστους ως το κύριο πλεονέκτημα της χρήσης του χονδρόκοκκου κλάσματος με τον τρόπο αυτόν. Δεδομένου ότι η άμμος αυτή προέρχεται από το υλικό που πρόκειται να αποτεθεί (τα τέλματα), τυχόν έξοδα που σχετίζονται με την απόκτηση διαθέσιμων υλικών πλήρωσης για την κατασκευή του αναχώματος εξαλείφονται ή μειώνονται σημαντικά. Αυτή η πρακτική μειώνει επίσης τον συνολικό όγκο των τελμάτων που πρόκειται να αποτεθούν στο φράγμα, αφού τουλάχιστον μέρος του χονδρού κλάσματος έχει χρησιμοποιηθεί στην κατασκευή του. Η μέθοδος αυτή που χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό του λεπτομερούς από το χονδρομερές κλάσμα του συνολικού πολφού των τελμάτων είναι ο διαχωρισμός με την χρήση κυκλώνα.

Κυκλώνες είναι απλές μηχανικές συσκευές που χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό των χονδρόκοκκων και λεπτόκοκκων σωματιδίων από ένα πολφό μέσω φυγοκεντρικής δράσης. Καθώς η λάσπη, που κινείται κάτω από πίεση, εισέρχεται στον κυκλώνα, τα λεπτομερή σωματίδια και η μεγαλύτερη ποσότητα του νερού ανεβαίνουν στην ανώτερη έξοδο. Τα χονδρά σωματίδια κινούνται ελικοειδώς προς τα κάτω μέσω ενός κωνικού τμήματος και εξέρχονται από το κάτω μέρος. Το διαχωρισμένο λεπτομερές κλάσμα αναφέρεται ως υπερχειλίση και το κλάσμα άμμου είναι γνωστό ως απορροή. Τα υλικά της απορροής χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του φράγματος τελμάτων, ενώ τα υλικά της υπερχειλίσης εκκενώνονται μέσω ενός ξεχωριστού αγωγού λεπτομερών υλικών στο ίδιο φράγμα. Η απορροή και η υπερχειλίση θα πρέπει να παρακολουθούνται συχνά για την μέτρηση της πυκνότητας του πολφού, της



διαβάθμισης και των πιέσεων εισόδου των υλικών στον κυκλώνα. Η προσαρμογή του κυκλώνα συνήθως απαιτείται για την διατήρηση της πυκνότητας του πολφού στον στόχο για το μέγεθος κόκκου.

Ορισμένα κριτήρια πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη αξιολόγηση αν ο διαχωρισμός με κυκλώνα μπορεί να είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την κατασκευή του αναχώματος τελμάτων. Η άμμος που προέρχεται από τον κυκλώνα πρέπει να έχει διαπερατότητα επαρκώς υψηλότερη από αυτή των λεπτομερών που απορρίπτονται στο φράγμα έτσι ώστε ο υδροφόρος ορίζοντας να μπορεί να ελεγχθεί επαρκώς στο φράγμα. Η άμμος θα πρέπει επίσης να επιτρέπει την γρήγορη αποστράγγιση κατά την εκροή για να διευκολύνουν τον χειρισμό και την μεταφορά της άμμου. Ο όγκος της άμμου από τον κυκλώνα που ανακτάται από το σύνολο των τελμάτων θα πρέπει να είναι αρκετά μεγάλος ώστε να επιτρέπει την κατασκευή του φράγματος όπως χρειάζεται ώστε να δημιουργηθεί επαρκής όγκος για την απόθεση των λεπτομερών στο φράγμα. Αν ο όγκος της άμμου από τον κυκλώνα υπολείπεται του όγκου που απαιτείται για την κατασκευή του φράγματος, το κόστος της κατασκευής θα αυξανόταν αφού χρειάζονται υλικά για την κατασκευή του απαιτούμενου όγκου στο φράγμα. Τα τέλματα που περιέχουν λιγότερο από 60% τεμαχίδια διερχόμενα από το κόσκινο Νο 200 γενικά θεωρούνται ότι περιέχουν αποδεκτή ποσότητα άμμου για να χρησιμοποιηθούν στον κυκλώνα διαχωρισμού. Συχνά χρησιμοποιείται διαχωρισμός με κυκλώνα σε δύο στάδια, δύο κυκλώνες σε σειρά, για την παραγωγή ενός κλάσματος άμμου που περιέχει λιγότερα λεπτομερή υλικά από ότι το κλάσμα από έναν μόνο κυκλώνα (U.S. EPA, 1994).

Δύο βασικοί μέθοδοι διαχωρισμού με κυκλώνα χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του φράγματος τελμάτων: ο κεντρικός διαχωρισμός με κυκλώνα (ή σταθερό κυκλώνα) και ο διαχωρισμός με κυκλώνα πάνω στο φράγμα. Η μέθοδος διαχωρισμού με έναν κεντρικό κυκλώνα καθιερώνει μία μόνιμη ή ημι – μόνιμη δομή με έναν κυκλώνα μεγάλης χωρητικότητας σε μία στρατηγική θέση, συχνά σε ένα στήριγμα στο φράγμα σε υψηλότερο υψόμετρο από την προβλεπόμενη στέψη του φράγματος. Η απορροή του κυκλώνα δημιουργεί ένα απόθεμα άμμου για χρήση στην κατασκευή του αναχώματος, ενώ η υπερχειλίση από τον κυκλώνα εκκενώνεται στο κέντρο του φράγματος. Χωματοουργικά μηχανήματα μετακινούν την άμμου από τον λόφο απόθεσης στο ανάχωμα όπου τοποθετείται και συμπυκνώνεται. Η μηχανική τοποθέτηση και η

συμπύκνωση είναι αποτελεσματική σε άμμο με υψηλή σχετική πυκνότητα, συνεπώς η μέθοδος είναι κατάλληλη για χρήση σε περιοχές με σεισμική δραστηριότητα.

Ένα σύστημα διαχωρισμού με κυκλώνα πάνω στο φράγμα αποτελείται από πολλές μονάδες κυκλώνα τοποθετημένους σε πύργους, δοκούς, φορητά, ικριώματα ή αιωρούμενους από γερανούς εγκατεστημένους κατά μήκος της στέψης του φράγματος. Ο αριθμός των κυκλώνων καθορίζεται από το μέγεθος που έχουν και την διακίνηση του εργοστασίου εμπλουτισμού. Η άμμος από την απορροή των κυκλώνων αποτίθεται στο μέτωπο του αναχώματος, ενώ το υλικό της υπερχειλίσης απορρίπτεται στο φράγμα. Η υψηλή πυκνότητα του πολφού της απορροής (τυπικά 70 έως 75% στερεά) έχει σαν αποτέλεσμα την απόθεση των υλικών σε απότομους σωρούς άμμου με κλίση από 3:1 έως 4:1 (οριζόντια προς κάθετα) στο πρηνές του αναχώματος που είναι υπό κατασκευή. Οι κυκλώνες μεταφέρονται καθώς οι κώνοι της άμμου αυξάνουν το ύψος του αναχώματος. Κανονικά το μέγεθος της άμμου που τοποθετείται από τους κυκλώνες δεν ποικίλει ανάλογα με την απόσταση από το σημείο απόρριψης.

Το σύστημα των κυκλώνων πάνω στην στέψη του φράγματος είναι οικονομικά αποδεκτό δεδομένου ότι η άμμος τοποθετείται στην τελική θέση απόθεσης υδραυλικά και η μηχανική δράση δεν είναι απαραίτητη. Ένα μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι η μη μηχανική τοποθέτηση έχει σαν αποτέλεσμα χαμηλότερη σχετική πυκνότητα.

#### **4.4.10 Αστοχία φραγμάτων τελμάτων**

Ο κυριότερος περιβαλλοντικός κίνδυνος, που σχετίζεται με τις εγκαταστάσεις διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων, είναι η διαρροή των αποβλήτων στο εξωτερικό φυσικό περιβάλλον, εξαιτίας αστοχίας των φραγμάτων, στο εσωτερικό των οποίων περιορίζονται. Οι συνέπειες τέτοιων ατυχημάτων, αφορούν σε πληθώρα περιβαλλοντικών ζημιών, όπως ρύπανση εδαφών και υδάτων, οικονομικές ζημιές σε άλλες δραστηριότητες και στη χειρότερη περίπτωση απώλεια ανθρώπινης ζωής.

Σε επίπεδο Ευρώπης αλλά και παγκοσμίως, η κύρια αιτία αστοχίας των φραγμάτων τελμάτων, είναι τα ασυνήθιστα μετεωρολογικά φαινόμενα (έντονη βροχόπτωση). Επιπρόσθετα, στις συνηθισμένες αιτίες αστοχίας των φραγμάτων τελμάτων στην Ευρώπη, εντάσσονται παράγοντες, όπως η αναποτελεσματική διαχείριση των εγκαταστάσεων και των αποβλήτων, η δημιουργία σωληνώσεων στα αναχώματα και η

αστοχία στη θεμελίωσή τους, η οποία συμβαίνει κατά κύριο λόγο εξαιτίας κατασκευαστικών ατελειών, λανθασμένης χωροθέτησης του φράγματος, περιορισμένων ελέγχων και ελλιπούς συντήρησης.

Αξιοσημείωτο στατιστικό στοιχείο, είναι ότι σε ευρωπαϊκό επίπεδο, δεν έχουν προκληθεί ατυχήματα λόγω ρευστοποίησης των φραγμάτων, που οφείλεται σε σεισμική δραστηριότητα, αιτία η οποία σε παγκόσμιο επίπεδο έχει προκαλέσει πολυάριθμα περιστατικά κατάρρευσης φραγμάτων.

Τέλος, σύμφωνα με μελέτη στα πλαίσια του προγράμματος e-EcoRisk της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εκτιμάται ότι τουλάχιστον το 50% των ατυχημάτων θα μπορούσε να έχει αποφευχθεί, αν η διαχείριση των εγκαταστάσεων σε όλο το φάσμα της, από το σχεδιασμό, και την κατασκευή μέχρι τη λειτουργία, την παρακολούθηση και τον παροπλισμό, ήταν ορθολογική και σύμφωνη με τις γενικότερες απαιτήσεις σε τέτοιου είδους δομές.

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, έχουν καταγραφεί συγκεκριμένες μορφές αστοχίας, οι οποίες επαναλαμβάνονται κατά καιρούς σε περιστατικά ατυχημάτων παγκοσμίως, προκαλώντας μερική ή ολική κατάρρευση των φραγμάτων τελμάτων. Αυτές οι μορφές αστοχίας, συνοψίζονται στις εξής:

#### **Αστοχία αναχωμάτων λόγω περιστροφικής ολίσθησης**

Η περιστροφική ολίσθηση καθιερώθηκε με αυτή την ονομασία, επειδή η επιφάνεια αστοχίας εμφανίζεται ως τμήμα ενός οριζόντιου κυλίνδρου. Η αστοχία αυτού του είδους, κυμαίνεται από τοπική διάρρηξη των τελμάτων σε τυχαίες θέσεις, κατά μήκος του μετώπου του αναχώματος, έως μαζικές ολισθήσεις με την μορφή κυκλικού τόξου, που επεκτείνονται σε ολόκληρη την κατασκευή. Γενικά, για μία σταθερή κλίση πρανούς, η διατμητική αντοχή που αντιστέκεται στην κίνηση κατά μήκος μιας πιθανής επιφάνειας αστοχίας, υπερβαίνει την διατμητική τάση, η οποία τείνει να προκαλέσει την κίνηση. Η αστάθεια πραγματοποιείται, όταν η διατμητική τάση στην επιφάνεια αστοχίας είναι ίση ή μεγαλύτερη από τη διατμητική αντοχή (Vick, 1990).

Οι αιτίες της αστοχίας λόγω περιστροφικής ολίσθησης, περιλαμβάνουν τις εξής παραμέτρους (CANMET, 1977):

- Διαφοροποιήσεις στο επίπεδο της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα,
- Μεταβολές στη διαπερατότητα των υλικών κατασκευής της θεμελίωσης, και

- Διαταράξεις στο ανάχωμα, οι οποίες προκαλούνται από κραδασμούς ή φόρτιση.

### **Υπεργείλιση των αναχωμάτων**

Η υπεργείλιση των αναχωμάτων, αποτελεί μια από τις πιο συνηθισμένες μορφές αστοχίας των φραγμάτων τελμάτων. Το φαινόμενο αυτό, είναι συνήθως αποτέλεσμα αναποτελεσματικής διαχείρισης των υδάτων (ελλιπής εκτροπή επιφανειακών υδάτων) και ασυνήθιστων μετεωρολογικών φαινομένων, κατά τα οποία, τεράστιος όγκος όμβριων υδάτων εισέρχεται σε έναν ταμιευτήρα, υπερβαίνοντας την ικανότητά του να αποφορτίζεται.

Τα υλικά κατασκευής των αναχωμάτων, είναι αρκετά ευαίσθητα σε συνθήκες διάβρωσης, με αποτέλεσμα ροές υδάτων που κινούνται με μεγάλη ταχύτητα στη μη προστατευμένη στέψη του αναχώματος, να δημιουργήσουν διόδους (λούκια), μέσω των οποίων διοχετεύονται στον ταμιευτήρα του φράγματος. Επιπρόσθετα, η επακόλουθη ταχεία αύξηση της πίεσης των πόρων που συντελείται, μπορεί να οδηγήσει στη ρευστοποίηση των μη ενοποιημένων υλικών του φράγματος. Σε περίπτωση συνεχόμενης υψηλής ροής υδάτων πάνω από τη στέψη του αναχώματος, είναι πιθανό να προκληθεί σημαντική αστοχία ολόκληρου του φράγματος, σε μικρό χρονικό διάστημα (U.S. E.P.A., 1994).

### **Δημιουργία σωληνώσεων στα αναχώματα**

Η δημιουργία σωληνώσεων, αφορά στην υπόγεια διάβρωση κατά μήκος μιας διόδου διαρροής, που συντελείται εσωτερικά ή κάτω από το ανάχωμα και έχει ως αποτέλεσμα, το σχηματισμό αγωγού χαμηλής πίεσης, ο οποίος επιτρέπει τη ροή των συμπυκνωμένων υλικών κατασκευής.

Οι σωληνώσεις, ενδέχεται να προκύψουν από διαρροή που εξέρχεται από το μέτωπο του αναχώματος, με αρκετή ταχύτητα για να το διαβρώσουν. Το κενό που σχηματίζεται, ευνοεί την προοδευτική διάβρωση, η οποία επεκτείνεται προς τα ανάντη, στην πηγή της διαρροής. Στη χειρότερη περίπτωση, η διαρροή μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία ενός άμεσου καναλιού, από την απόθεση των τελμάτων στο μέτωπο του φράγματος. Το φαινόμενο της δημιουργίας σωληνώσεων, μπορεί να οδηγήσει σε τοπική ή γενική αστοχία του αναχώματος ή της θεμελίωσής του (U.S. E.P.A., 1994).

### **Αστοχία της θεμελίωσης των αναχωμάτων**

Η αστοχία της θεμελίωσης των αναχωμάτων, δεν είναι σπάνιο φαινόμενο σε χωμάτινες κατασκευές. Ένα ασθενές βραχώδες ή εδαφικό στρώμα, το οποίο υφίσταται σε μικρό βάθος κάτω από τη θεμελίωση της κατασκευής, είναι πιθανό να μετακινηθεί κατά μήκος ενός επιπέδου αστοχίας, εφόσον η φόρτιση του φράγματος, δημιουργεί τάσεις που υπερβαίνουν το όριο αντοχής σε διάτμηση, στο ασθενές στρώμα (U.S. E.P.A., 1994).

### **Διάβρωση των αναχωμάτων**

Σε περιοχές με έντονη βροχόπτωση, συνήθως είναι απαραίτητη κάποια διάταξη προστασίας των αναχωμάτων από τη διάβρωση. Τα αναχώματα, μπορεί να είναι ευάλωτα σε αστοχία λόγω διάβρωσης σε δύο βασικές περιοχές: στα πλευρικά αντερείσματα και στο μέτωπο του αναχώματος. Η διάβρωση κατά μήκος της διεπιφάνειας του αναχώματος και των πλευρικών αντερείσμάτων της λεκάνης απόθεσης, μπορεί να είναι αποτέλεσμα ροής ομβρίων υδάτων, που συγκεντρώνεται εκεί. Αυτή η μορφή αστοχίας, μπορεί να αποτραπεί, με κατάλληλη διαχείριση των ομβρίων υδάτων (U.S. EPA, 1994).

### **Ρευστοποίηση των αναχωμάτων**

Η ρευστοποίηση, είναι μία από τις πιο συνηθισμένες μορφές αστοχίας της διάταξης φράγματος σε κοιλάδα. Επειδή οι αποθέσεις τελμάτων, περιλαμβάνουν συνήθως μη επαρκώς ενοποιημένα, κορεσμένα υλικά παρόμοιας κοκκομετρίας, είναι ευαίσθητες στην προσωρινή ανάκληση νερού (Vick, 1990). Τα ρευστοποιημένα τέλματα, είναι πιθανό να σχηματίσουν ένα παχύρευστο υγρό, που έχει την ικανότητα να διέρχεται από στενωπούς και να ρέει σε μεγάλες αποστάσεις. Για αυτό το λόγο, ακόμα και αστοχίες μικρού μεγέθους, μπορεί να οδηγήσουν σε σημαντική απελευθέρωση τελμάτων, εάν αυτά αιωρούνται σε πολφό (U.S. E.P.A., 1994).

Παράγοντες που επηρεάζουν τη δυνατότητα ρευστοποίησης των αναχωμάτων, είναι οι εξής (Vick, 1990):

- Τύπος εδάφους: τα ενιαία σε κοκκομετρία υλικά, ως επί το πλείστον σε μέγεθος λεπτομερούς άμμου (η τυπική διαβάθμιση του υλικού των τελμάτων), είναι τα πιο επιρρεπή, σε φαινόμενα ρευστοποίησης.

- Σχετική πυκνότητα ή βαθμός συμπύκνωσης: για δεδομένο υλικό, όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός συμπύκνωσης ή η σχετική πυκνότητα, τόσο πιο ανθεκτικό θα είναι σε ρευστοποίηση.
- Η πίεση των πόρων, κατά τη διάρκεια υποβολής των υλικών, σε δυναμική καταπόνηση: υπάρχει η δυνατότητα, να αποτραπεί η ρευστοποίηση σε ορισμένες περιοχές, εφαρμόζοντας πρόσθετη φόρτιση σε χαλαρές αποθέσεις.
- Η ένταση και η διάρκεια της ανακίνησης του εδάφους: η ρευστοποίηση, είναι πιθανό να συμβεί, εξαιτίας έντονης σεισμικής δραστηριότητας ή παρατεταμένης κίνησης της γης.
- Θέση του υδροφόρου ορίζοντα: η υψηλή στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα, είναι ιδιαίτερα επιβλαβής. Ως εκ τούτου, μια απόθεση τελμάτων σε μια διαπερατή θεμελίωση ή σε ένα φράγμα, όπου η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα με την παροχή επαρκούς εσωτερικής αποστράγγισης, παρέχει σημαντικά μειωμένη πιθανότητα ρευστοποίησης.

Με την ενσωμάτωση εγκαταστάσεων αποστράγγισης, την διατήρηση χαμηλής επιφάνειας στην λίμνη, την συμπύκνωση των υλικών πλήρωσης κατά την κατασκευή, μπορούν να ελεγχθούν η πυκνότητα, ο κορεσμός και οι πιέσεις των πόρων ώστε να μειωθεί η πιθανότητα της ρευστοποίησης.

Εάν το ανάχωμα των τελμάτων είναι κατασκευασμένο από λεπτή άμμο, η συμπύκνωση αυτής της άμμου θα αυξήσει την πυκνότητα της και θα μειώσει την ευαισθησία της στην υγροποίηση. Συνεπώς, αφού τα υλικά του αναχώματος διαθέτουν επαρκή σχετική πυκνότητα ή η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα διατηρείται σε μία θέση αρκετά κάτω από την επιφάνεια του αναχώματος, το ανάχωμα μπορεί να έχει ένα επαρκή συντελεστή ασφαλείας έναντι της αστοχίας σε ρευστοποίηση. Οι υπολογισμοί σχεδιασμού είναι αναγκαίοι για τον έλεγχο αυτό για κάθε φράγμα ξεχωριστά.

Εάν συμβεί αστοχία του φράγματος τελμάτων, τα τέλματα μπορεί να εισέλθουν στα υπόγεια ορυχεία ή πιο συχνά τα απορρίμματα ακολουθούν την διαδρομή των ρεμάτων της περιοχής έχοντας καταστροφικές συνέπειες για την περιοχή. Τα επιφανειακά νερά μπορεί να ρυπανθούν σε μεγάλη απόσταση γύρω από το φράγμα και μεγάλες περιοχές

μπορεί να καλυφθούν από ένα στρώμα παχιάς λάσπης. Οι αστοχίες των φραγμάτων αποθήκευσης τελμάτων σε αρκετές χώρες έχουν προκαλέσει την απώλεια ανθρώπινων ζώων, και σημαντικά οικονομικά και περιβαλλοντικά κόστη.

Η αποφυγή της αστοχίας των φραγμάτων προϋποθέτει (α) αποτελεσματικό γεωτεχνικό χαρακτηρισμό του χώρου των τελμάτων, (β) λεπτομερή κατανόηση των κινδύνων λόγω των τοπικών φυσικών καταστροφών, όπως σεισμοί, κατολισθήσεις και καταστροφικά μετεωρολογικά γεγονότα. Είναι σημαντικό να σχεδιαστεί ένα φράγμα τελμάτων σε τέτοιο βαθμό ώστε να μπορεί να αντιμετωπίσει ακραία γεωλογικά και κλιματολογικά γεγονότα.

#### **4.4.11 Κάλυψη της Λεκάνης Απόθεσης και Διαχείριση των επιφανειακών υδάτων**

Μετά το πέρας της λειτουργίας του έργου και την ολοκλήρωση των διαδικασιών απόθεσης αποβλήτων, η εγκατάσταση θα πρέπει να αποκατασταθεί, όπως προβλέπει η κείμενη περιβαλλοντική νομοθεσία.

Οι τελικές αποθέσεις των αποβλήτων, θα πρέπει να διαστρώνονται καταλλήλως και να ομαλοποιούνται, για την ορθή εφαρμογή του τελικού καλύμματος, με το οποίο σκεπάζεται η εγκατάσταση. Σκοπός του καλύμματος, είναι η απομόνωση της λεκάνης απόθεσης, από τον ατμοσφαιρικό αέρα και τα όμβρια ύδατα. Ο σχεδιασμός αυτός, αποσκοπεί στην αποφυγή της εμφάνισης του φαινομένου της όξινης απορροής, σε περίπτωση ύπαρξης θειούχων ενώσεων στα απόβλητα. Κατά τις συνήθεις πρακτικές, το σύστημα επικάλυψης της εγκατάστασης, αφορά στην εφαρμογή κατάλληλου εδαφικού καλύμματος για την ανάπτυξη βλάστησης, στα πλαίσια της περιβαλλοντικής αποκατάστασης της περιοχής.

Ο σχεδιασμός του καλύμματος, εξαρτάται κυρίως από τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή. Βέλτιστη τεχνική σε περίπτωση ύπαρξης υγρού κλίματος, αποτελεί η εφαρμογή «ξηρού» τύπου επικάλυψης, ο οποίος αποτελείται από εδαφικές στρώσεις διαφορετικών εδαφικών τύπων, με χαμηλή διαπερατότητα και υψηλό ποσοστό υγρασίας. Ο επιτυχής σχεδιασμός επιφανειακού

καλύμματος, θα πρέπει να ικανοποιεί τις ακόλουθες λειτουργίες (Τεχνική Μελέτη Χώρου Απόθεσης Κοκκινόλακκα, Ελληνικός Χρυσός, 2013):

- Περιορισμό οξυγόνου από την επιφάνεια και περιορισμό της διάχυσης οξυγόνου προς στα κενά της απόθεσης, το οποίο θα μειώσει τους ρυθμούς οξειδωσης των θειούχων υπολειμμάτων και επομένως θα εμποδίσει το ενδεχόμενο δημιουργίας όξινων απορροών,
- Πρόληψη δημιουργίας στάσιμων νερών και μείωση της διήθησης του επιφανειακού νερού, περιορίζοντας έτσι τη μετακίνηση των παραγόντων οξειδωσης,
- Περιορισμό της μεταφοράς επικρεμάμενων υδάτων εκτός της απόθεσης και
- Διαχωρισμό των αποβλήτων από τη χλωρίδα, την πανίδα και το περιβάλλον, γενικότερα.

Η επιτελεστικότητα του σχεδιαζόμενου καλύμματος, εξαρτάται από το ποσοστό υγρασίας των στρώσεων του καλύμματος. Σύμφωνα με τη νομοθεσία, το συνολικό πάχος των στρωμάτων του καλύμματος θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 0,3m έως 3m και η διαπερατότητα των υλικών του, μεταξύ  $10^{-7}$  και  $10^{-9}$  m/s.

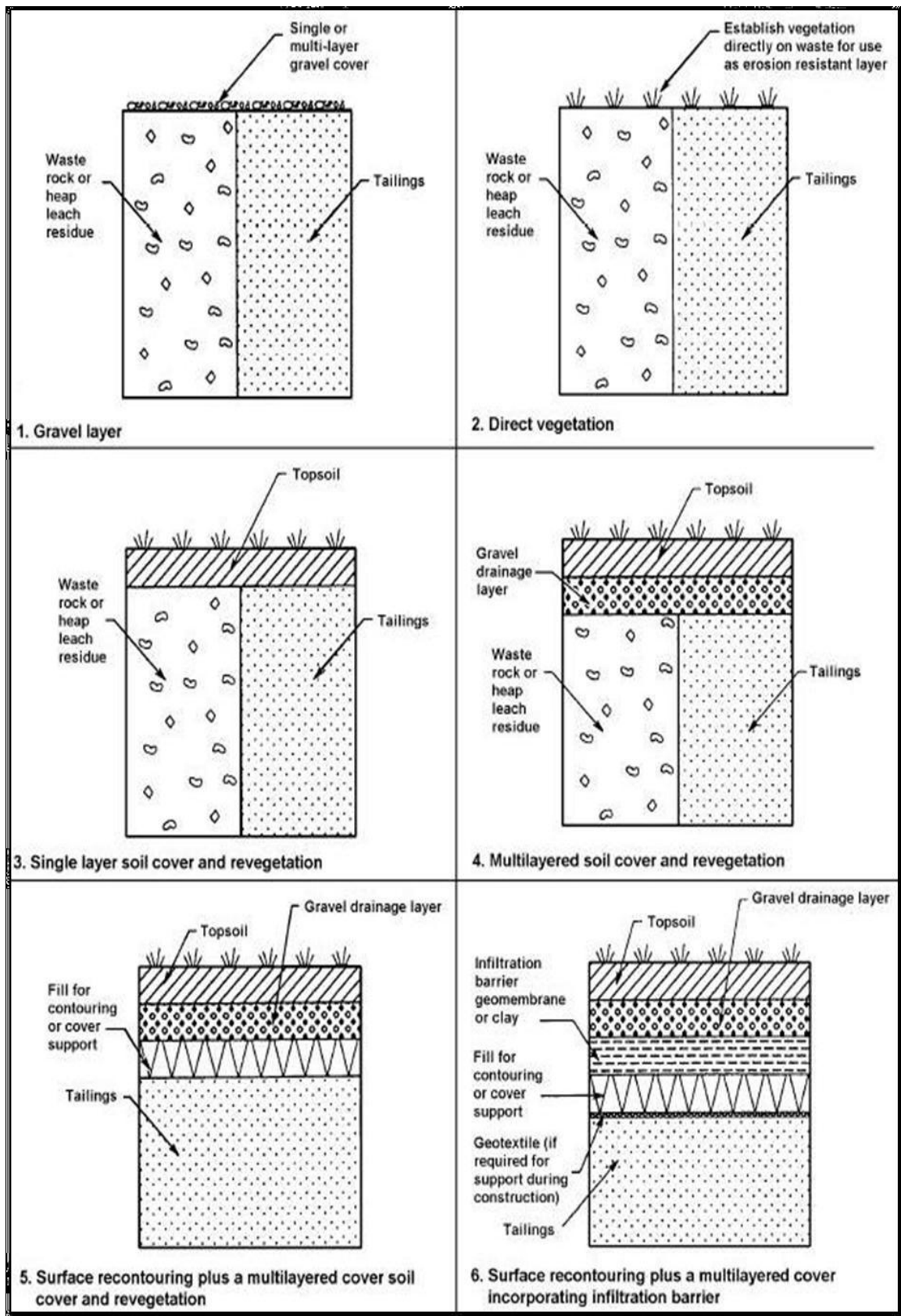
Το κάλυμμα της λεκάνης απόθεσης, μπορεί να έχει διάφορες μορφές και αποτελείται από τις εξής ζώνες, με κατεύθυνση από την ανώτερη προς την κατώτερη, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4.15:

- Τελική Ζώνη: Αποτελείται από δύο στρώσεις, την επιφανειακή, η οποία κατασκευάζεται με φυτική γη και τη στρώση προστασίας, από εδαφικά υλικά. Η επιφανειακή στρώση, συλλέγει τα όμβρια ύδατα, τα οποία χρησιμεύουν στην ανάπτυξη βλάστησης, ενώ η στρώση προστασίας, απομονώνει τις υποκείμενες ζώνες, από την επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον. Η τελική ζώνη, θα πρέπει να έχει κατάλληλη κλίση (συνήθως δύο αντίρροπες επικλίσεις), για την απομάκρυνση των επιφανειακών υδάτων που προκύπτουν, εξωτερικά της εγκατάστασης.
- Ζώνη Αποστράγγισης: Σκοπός της συγκεκριμένης ζώνης είναι η αποφόρτιση κατά το δυνατό της υποκείμενης ζώνης στεγάνωσης, η αποστράγγιση της υπερκείμενης ζώνης και η μείωση της υδραυλικής πίεσης των πόρων, που είναι πιθανό να αναπτύσσεται στη τελική ζώνη. Αποτελείται από αδρανή υλικά



κατάλληλης κοκκομετρίας, τα οποία περιβάλλονται από γεώφασμα, σε συμφωνία με τα όσα προβλέπονται για τις αποστραγγιστικές στρώσεις συλλογής των απορροών. Για την αποτελεσματική λειτουργία της ζώνης αποστράγγισης, ενσωματώνονται ημιδιάτρητοι σωλήνες για την παροχέτευση των υδάτων εξωτερικά της εγκατάστασης, οι οποίοι θα λειτουργούν με δίκτυο βαρύτητας, καθώς η ζώνη θα πρέπει να διαμορφώνεται με κατάλληλη κλίση σε αρμονία με την υπερκείμενη ζώνη.

- Ζώνη Στεγάνωσης: Θεωρείται η πιο κρίσιμη ζώνη του καλύμματος, καθώς είναι το τελικό διαχωριστικό στρώμα ανάμεσα στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον και την τελική επιφάνεια της απόθεσης. Η βασική λειτουργία της ζώνης αυτής, είναι ο αποκλεισμός της διείσδυσης των επιφανειακών απορροών στο εσωτερικό της λεκάνης απόθεσης και η διατήρησή τους στις υπερκείμενες ζώνες, στις οποίες μειώνονται και τελικά απομακρύνονται με τις διαδικασίες που περιγράφηκαν. Η ζώνη στεγάνωσης, αποτελείται από γεωμεμβράνη, η οποία τοποθετείται επάνω σε γεωσυνθετική αργιλική επένδυση GCL λείας επιφάνειας. Τα απόβλητα της τελικής επιφάνειας της απόθεσης, κάτω από αυτήν τη ζώνη, θα πρέπει να αναμειγνύονται με εδαφικά υλικά και να συμπυκνώνονται καταλλήλως με μηχανικό εξοπλισμό, για το σχηματισμό επίπεδης επιφάνειας με λειτουργική κλίση (συνήθως 2%), πάνω στην οποία τοποθετείται η ζώνη στεγάνωσης.



**Εικόνα 4.15:** Μορφές καλυμμάτων για εγκαταστάσεις διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων (B.A.T. for Management of Tailings and Waste Rock in Mining Activities, 2009)

#### 4.4.12 Πρόγραμμα Παρακολούθησης της Εγκατάστασης

Στα πλαίσια της Κ.Υ.Α. 39624/2209/Ε103, ο φορέας διαχείρισης της εγκατάστασης εξορυκτικών αποβλήτων, θα πρέπει να εφαρμόζει κατάλληλο σύστημα παρακολούθησης της συμπεριφοράς της εγκατάστασης και των περιβαλλοντικών παραμέτρων που είναι πιθανό, να επηρεαστούν.

Για την επιβεβαίωση των θεωρήσεων που πραγματοποιήθηκαν κατά το σχεδιασμό και τη διασφάλιση της σταθερότητας της εγκατάστασης, θα πρέπει να πραγματοποιείται συστηματική παρακολούθηση του έργου, με απώτερο σκοπό τη διασφάλιση της περιβαλλοντικής προστασίας.

Σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία και τις Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές, για τη διαχείριση των εξορυκτικών αποβλήτων, το σύστημα παρακολούθησης θα πρέπει να πληροί τις ακόλουθες προδιαγραφές:

- Συνεχής παρακολούθηση της ευστάθειας των αναχωμάτων
- Συνεχής έλεγχος της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς της εγκατάστασης.

Σε συνέχεια των παραπάνω, θα πρέπει να ελέγχονται κάθε στιγμή:

1. Η ποιότητα των υπόγειων υδάτων και η στάθμη του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα,
2. Η ποιότητα και η ποσότητα των φυσικών εκροών,
3. Η ποιότητα και η ποσότητα των διηθήσεων,
4. Οι μετακινήσεις και οι καθιζήσεις των αναχωμάτων.

Για την παρακολούθηση της συμπεριφοράς των αναχωμάτων, θα πρέπει να προβλέπεται η εγκατάσταση συστήματος παρακολούθησης με μηχανικά μέσα, κατά τη διάρκεια κατασκευής και λειτουργίας της εγκατάστασης. Σε αυτό το σύστημα, μπορούν να περιλαμβάνονται τα εξής:

- Πιεζόμετρα, για τον έλεγχο της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα,
- Τοπογραφικοί μάρτυρες για την παρακολούθηση των μετακινήσεων των αναχωμάτων,
- Επιταχυνσιογράφοι, και
- Σύστημα αυτόματης καταγραφής και αξιολόγησης των μετρήσεων, που θα τροφοδοτούνται από τα όργανα παρακολούθησης.

#### 4.4.13 Πρόγραμμα Παρακολούθησης Περιβαλλοντικών Παραμέτρων

Το πρόγραμμα παρακολούθησης περιβαλλοντικών παραμέτρων αφορά στις ενέργειες, με τις οποίες εξασφαλίζεται η ακριβής αποτύπωση της κατάστασης των περιβαλλοντικών παραμέτρων που ενδέχεται να επηρεαστούν, κατά τις φάσεις κατασκευής και λειτουργίας του έργου, καθώς και της μετέπειτα από το κλείσιμο φάσης. Ο σκοπός του προγράμματος αυτού, είναι:

- Η εκτίμηση των μεταβολών στο φυσικό περιβάλλον, εξαιτίας του έργου,
- Η αξιολόγηση της εφαρμογής των περιβαλλοντικών όρων του έργου και των διατάξεων της κείμενης περιβαλλοντικής νομοθεσίας,
- Η εκτίμηση του βαθμού αποτελεσματικότητας των διορθωτικών ενεργειών που είναι πιθανό να γίνουν, και
- Δυνατότητα άμεσης πληροφόρησης των αρχών και του ενδιαφερόμενου κοινού για την κατάσταση των περιβαλλοντικών παραμέτρων.

Το πρόγραμμα παρακολούθησης περιβαλλοντικών παραμέτρων της περιοχής όπου βρίσκεται το έργο, θα μπορούσε να περιλαμβάνει τους εξής τομείς:

- Παρακολούθηση των μετεωρολογικών δεδομένων
- Παρακολούθηση των υδρολογικών δεδομένων (υπόγειων και επιφανειακών υδάτων)
- Παρακολούθηση των εδαφικών, γεωλογικών, γεωχημικών χαρακτηριστικών
- Παρακολούθηση της κατάστασης στην χλωρίδα, την πανίδα και τα οικοσυστήματα
- Παρακολούθηση ατμοσφαιρικού - ακουστικού περιβάλλοντος.

#### 4.4.14 Παροπλισμός και Αποκατάσταση της Εγκατάστασης

Μετά την ολοκλήρωση της τελικής φάσης λειτουργίας της εγκατάστασης, η ανώτερη επιφάνεια της λεκάνης απόθεσης, θα πρέπει να καλυφθεί με κατάλληλο σύστημα, όπως προβλέπει η κείμενη νομοθεσία. Η βέλτιστη λύση, αφορά στην επαναφορά της περιοχής χωροθέτησης της εγκατάστασης, σε παρόμοια κατάσταση με το εξωτερικό φυσικό περιβάλλον του έργου.

Το κάλυμμα που επιλέγεται, θα πρέπει να παρέχει αποδεκτή τεχνικά και περιβαλλοντικά τελική επιφάνεια, για την προστασία τους συστήματος στεγάνωσης της λεκάνης απόθεσης. Επιπρόσθετα, το σύστημα κάλυψης της λεκάνης, θα πρέπει να διασφαλίζει τη μακροχρόνια σταθερότητα της εγκατάστασης, παράλληλα με την ελάχιστη δυνατή συντήρηση. Η διαδικασία κλεισίματος της λεκάνης απόθεσης και παροπλισμού της εγκατάστασης, ξεκινά χρονικά, πριν την παύση της μεταλλευτικής δραστηριότητας, ώστε να εξασφαλίζεται ο οικονομικός σχεδιασμός του έργου, παράλληλα με την αποτελεσματικότητα της τελικής εφαρμογής.

Για την επίτευξη των στόχων που τίθενται, θεωρείται ότι πραγματοποιούνται δύο στάδια για την ολοκλήρωση του έργου και στη συνέχεια, η τελική λειτουργία του, με χρονικό ορίζοντα το άπειρο.

### **Στάδιο 1ο: Περίοδος πριν την παύση λειτουργίας**

Λίγα χρόνια πριν από την παύση της μεταλλευτικής δραστηριότητας, προβλέπεται να ξεκινήσουν οι προπαρασκευαστικές εργασίες, συμπεριλαμβανομένης της τροποποίησης του συστήματος εναπόθεσης αποβλήτων, ώστε να διασφαλιστεί η επίτευξη της επιθυμητής τελικής διαμόρφωσης, αλλά και να διευκολυνθεί η ταχύτερη στερεοποίηση της ανώτερης επιφάνειας του χώρου απόθεσης. Για να επιτευχθεί αυτό, πρέπει να εφαρμοστούν τα ακόλουθα μέτρα:

- Σχηματισμός των δύο αντίρροπων επικλίσεων εντός της περιοχής απόθεσης,
- Απόθεση των αποβλήτων μέσω συγκεκριμένων προσπελάσεων, εντός της περιοχής απόθεσης, έτσι ώστε να διευκολυνθεί η συμπύκνωση των αποβλήτων και να μειωθούν οι ενδεχόμενες καθιζήσεις.

Για την κατασκευή του καλύμματος, θα χρησιμοποιηθούν φυσικά υλικά, από τα εδαφικά υλικά που θα έχουν συλλεχθεί, κατά τα πρώτα στάδια της κατασκευής.

### **Στάδιο 2ο: Περίοδος μετά την παύση λειτουργίας**

Σε μικρό διάστημα, μετά την ολοκλήρωση των εργασιών εναπόθεσης αποβλήτων, θα ξεκινήσει η κατασκευή του καλύμματος προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή τελική διαμόρφωση της επιφάνειας της απόθεσης και να εξασφαλιστεί η μακροχρόνια ασφαλής διατηρησιμότητα του χώρου. Η έναρξη των εργασιών, θα γίνει υπό την προϋπόθεση ότι δε θα καταγράφονται αξιολογες, μη προβλεπόμενες καθιζήσεις από

στερεοποίηση. Σε αυτήν τη φάση απαιτούνται οι ακόλουθες εργασίες:

- Τοποθέτηση του καλύμματος,
- Λειτουργία, ως απαιτείται, των αντλιών για την απομάκρυνση του νερού,
- Καθαίρεση και απομάκρυνση της μονάδας επεξεργασίας νερών (αφαίρεση του Η/Μ εξοπλισμού, των κατασκευών από σκυρόδεμα και άλλων κατασκευών),
- Προοδευτική αναμόχλευση και διαμόρφωση των δρόμων εξυπηρέτησης και μεταφοράς και διαμόρφωση των σωρών των αποθέσεων,
- Λειτουργία των αντλιών στα φρεάτια συλλογής, για την απομάκρυνση των συγκεντρωμένων διηθήσεων από τη δεξαμενή συλλογής και μεταφορά τους στη μονάδα επεξεργασίας,
- Συνεχής συντήρηση των αναχωμάτων και του δικτύου των δρόμων,
- Παρακολούθηση της ποιότητας των απορροών, των παροχών και της στάθμης του νερού στα φρεάτια συλλογής αποστράγγισης και των επιφανειακών υδάτων στα ανάντη και στα κατάντη της περιοχής απόθεσης, ώστε να εκτιμηθούν οι όποιες μακροπρόθεσμες απαιτήσεις επεξεργασίας τους,
- Παρακολούθηση της συμπεριφοράς των αναχωμάτων με τοπογραφικές μετρήσεις, πιεζόμετρα, σε συνδυασμό με ετήσιες επιθεωρήσεις εμπειρογνομόνων,
- Όλοι οι δρόμοι που δεν απαιτούνται για την εξυπηρέτηση του αναχώματος, κατά τη διάρκεια της υλοποίησης του κλεισίματος της απόθεσης, θα διαμορφωθούν κατάλληλα, για την υποβοήθηση ανάπτυξης βλάστησης επί της επιφάνειάς τους.

Όλες οι εγκαταστάσεις και ο εξοπλισμός των δανειοθαλάμων, θα αφαιρεθούν και όλα τα τεχνητά πρανή, θα επιθεωρούνται ως προς τις συνθήκες ευστάθειάς τους.

### **Περίοδος μακροχρόνιας συντήρησης**

Μετά την αρχική αποκατάσταση της βλάστησης και πριν από την τελική παράδοση στις τοπικές αρχές ή άλλους φορείς, θα εκπονηθεί ένα μακροχρόνιο πρόγραμμα συντήρησης και επιθεώρησης. Εκτιμάται ότι κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, θα

πρέπει να πραγματοποιηθούν οι ακόλουθες ενέργειες:

- Αποξήλωση και απομάκρυνση των όποιων αντλιών.
- Ο δρόμος πρόσβασης από τη μονάδα εμπλουτισμού και μεταλλουργίας στο δρόμο πρόσβασης επί της στέψης των αναχωμάτων, θα διατηρηθεί με σκοπό την επιθεώρηση των αναχωμάτων.
- Παύση της ανακύκλωσης των νερών απορροής, εφόσον αυτά πληρούν τα προκαθορισμένα κριτήρια ως προς την ποσότητα και την ποιότητά τους, διαφορετικά θα πρέπει να υποβάλλονται σε ένα ήπιο σύστημα επεξεργασίας.
- Συνεχής συντήρηση της βλάστησης, συμπεριλαμβανομένων του κλαδέματος και της αντικατάστασης της βλάστησης, ώστε να διασφαλίζεται ότι επιτυγχάνεται η ποικιλότητα και η υγεία των ειδών.
- Συνεχής συντήρηση των τάφρων εκτροπής, ώστε να διασφαλίζεται η απρόσκοπτη και ορθή λειτουργία τους.

Λόγω της κλίμακας και της σημασίας των αναχωμάτων, θα πρέπει να καθορίζεται ένα πρόγραμμα συνεχούς παρακολούθησης, ενοργάνωσης και επιθεωρήσεων από έμπειρο προσωπικό. Η ικανοποίηση αυτής της προϋπόθεσης είναι σε πλήρη συμφωνία με τις κανονιστικές απαιτήσεις για τη μακροχρόνια επιθεώρηση των φραγμάτων και των λεκανών απόθεσης αποβλήτων, παντού στην Ευρώπη και θεωρείται ως η ουσιαστική προϋπόθεση, για τη διασφάλιση της ακεραιότητας των αναχωμάτων.

## 5. ΒΕΛΤΙΣΤΕΣ ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΤΗΣ ΕΞΟΥΡΥΚΤΙΚΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές θεωρούνται οι τεχνικές οι οποίες συμβάλλουν στην πρόληψη ή τον περιορισμό της ρύπανσης, μπορούν να υλοποιηθούν αποτελεσματικά και είναι οικονομικά και τεχνικά εφαρμόσιμες ενώ παράλληλα εκπληρώνουν τους στόχους της Οδηγίας IPPC (European Integrated Pollution Prevention and Control, Ολοκληρωμένη Πρόληψη και Έλεγχος της Ρύπανσης) (και τώρα της διαδόχου της IED, Industrial Emmissions Directive) και τα σχετικά εγχειρίδια BREF που αφορούν τις Βέλτιστες διαθέσιμες Τεχνικές (BAT Reference Documents – BREFs). Σχηματική τους αναπαράσταση βλέπουμε στην Εικόνα 5.1.



Εικόνα 5.1: Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές



Το εγχειρίδιο που εκπονήθηκε από το Ευρωπαϊκό Γραφείο για την Ολοκληρωμένη Πρόληψη και Έλεγχο της Ρύπανσης (European Integrated Pollution Prevention and Control, IPPC Bureau) με την ενεργό συμμετοχή εκπροσώπων των κρατών μελών και της βιομηχανίας εφαρμόζεται από τον Ιανουάριο του 2009, στα πλαίσια της Οδηγίας 2006/21/EC.

Στο κείμενο αυτό περιγράφονται οι Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές όσον αφορά στη διαχείριση των στείων εξόρυξης και των αποβλήτων κατεργασίας (τελμάτων) που παράγονται από τις εξορυκτικές δραστηριότητες. Το έγγραφο καλύπτει τη διαχείριση των αποβλήτων που προκύπτουν από την εξόρυξη και επεξεργασία ορυκτών για την παραγωγή 14 μετάλλων (αργίλιο, κάδμιο, χρώμιο, χαλκός, χρυσός, σίδηρος, μόλυβδος, μαγγάνιο, υδράργυρος, νικέλιο, άργυρος, κασσίτερος, βολφράμιο, ψευδάργυρος). Επίσης τη διαχείριση των αποβλήτων της επεξεργασίας του άνθρακα καθώς και αποβλήτων από βιομηχανικά ορυκτά και της επίπλευσης των αστρίων, καολίνη, τάλκη κλπ.

Η διαχείριση των εξορυκτικών αποβλήτων με Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές (ΒΔΤ) βασίζεται:

- Στις περιβαλλοντικές επιδόσεις
- Στη διαχείριση του κινδύνου
- Στην οικονομική βιωσιμότητα.

Σύμφωνα με τις Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές (ΒΔΤ) η διαχείριση των εξορυκτικών αποβλήτων και των τελμάτων θα πρέπει να περιλαμβάνει εναλλακτικές τεχνικές με σκοπό:

- Τη μείωση του όγκου των εξορυκτικών αποβλήτων με την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εκμετάλλευσης
- Την αξιοποίηση των στείων εξόρυξης και των τελμάτων, όπως σαν υλικό λιθογόμωση ή σαν αδρανή υλικά
- Την μείωση του περιβαλλοντικού κινδύνου με πρόσθετη κατεργασία τους, όπως απομάκρυνση των θειούχων.

Γενικά στο εγχειρίδιο περιγράφονται ένα πλήθος Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών για όλη την διάρκεια του κύκλου ζωής των εγκαταστάσεων εξορυκτικών αποβλήτων όσο αφορά τις πρακτικές της μείωσης της παραγωγής τους, εναπόθεσης και

αξιοποίησής τους, τον σχεδιασμό – κατασκευή – λειτουργία – μείωση των ατυχημάτων σε φράγματα τελμάτων καθώς και πρακτικές για το κλείσιμο των εγκαταστάσεων, την αποκατάσταση και την μετέπειτα παρακολούθησή τους.

Επιπλέον όπως αναφέρεται στο BREF οι Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές (ΒΔΤ) μπορούν να εφαρμοσθούν για:

- τη μείωση της κατανάλωσης αντιδραστηρίου
- την πρόληψη της διάβρωσης
- την απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών
- για την κατάρτιση υδατικού ισοζυγίου και την ανακύκλωση των νερών
- την παρακολούθηση των υπογείων υδάτων γύρω από τις περιοχές απόθεσης των εξορυκτικών αποβλήτων.

Οι τεχνικές πρόληψης, αντιμετώπισης και ελέγχου μπορούν να εφαρμοστούν σε υφιστάμενες και νέες εγκαταστάσεις, και η δυνατότητα εφαρμογής των επί μέρους εναλλακτικών εξαρτάται κυρίως από τις υφιστάμενες συνθήκες στην περιοχή της εξεταζόμενης μονάδας εξόρυξης.

Οι Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές για την διαχείριση των υγρών αποβλήτων που απορρέουν από τις εγκαταστάσεις Διαχείρισης Εξορυκτικών Αποβλήτων και τη μη ρύπανση των υδάτων είναι οι εξής:

- ανακύκλωση του νερού
- απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών και διαλυμένων μετάλλων πριν από την διάθεση των υγρών αποβλήτων σε υδάτινους αποδέκτες
- εξουδετέρωση των λυμάτων σε αλκαλικό PH με θειικό οξύ ή διοξείδιο του άνθρακα σε περίπτωση ισχυρών αλκαλικών απορροών
- αφαίρεση του αρσενικού από τα υγρά απόβλητα με προσθήκη αλάτων σιδήρου.

Οι ακόλουθες τεχνικές είναι Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές για την επεξεργασία των όξινων αποβλήτων:

- Προσθήκη εκτός από ασβεστόλιθο (ανθρακικό ασβέστιο), ένυδρου ασβέστη
- Προσθήκη εκτός της καυστικής σόδας με υψηλή περιεκτικότητα σε μαγγάνιο

- Κατασκευή παθητικών συστημάτων κατεργασίας, αερόβιοι ή αναερόβιοι υγρότοποι, ανοικτών καναλιών ασβεστόλιθου.

Τα παθητικά συστήματα επεξεργασίας όξινης απορροής μεταλλείων συνιστούν μία μακροπρόθεσμη λύση, μετά το κλείσιμο των παραγωγικών εγκαταστάσεων αλλά συνήθως χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με άλλα (προληπτικά) μέτρα.

Σύμφωνα με το σχετικό BREF 2009, Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές για την ανύψωση των φραγμάτων των Εγκαταστάσεων Διαχείρισης Εξορυκτικών Αποβλήτων μεταξύ των άλλων περιλαμβάνουν:

- Εκτίμηση τυχόν κινδύνου για την ανάπτυξη αυξημένης πίεσης πόρων εντός του φράγματος και παρακολούθηση της πριν και κατά τη διάρκεια κάθε ανύψωσης. Η εκτίμηση της επικινδυνότητας να πραγματοποιείται από ανεξάρτητο εμπειρογνώμονα.
- Χρήση συμβατικών τύπων φραγμάτων δηλ. φράγματος το οποίο εξ' αρχής κατασκευάζεται στις τελικές του διαστάσεις, σε περίπτωση που τα εξορυκτικά απόβλητα δεν είναι κατάλληλα για υλικά κατασκευής του φράγματος, το φράγμα αξιοποιείται ως υδατοταμιευτήρας, η εγκατάσταση διαχείρισης βρίσκεται σε απομονωμένη περιοχή, η παροχή των επιφανειακών απορροών που εισρέουν στο χώρο τελμάτων είναι μεγάλη ή παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις κ.α.,
- Χρήση της κατά τα ανάντη ανύψωσης, όταν: η πιθανότητα σεισμικής δραστηριότητας είναι πολύ χαμηλή, αξιοποιούνται αδρομερή τέλματα ως υλικό κατασκευής του φράγματος
- Χρήση της κατά τα κατόντη μεθόδου ανύψωσης όταν, υπάρχει διαθέσιμη επαρκής ποσότητα υλικού κατασκευής φραγμάτων (π.χ. τέλματα και στείρα εκμετάλλευσης)
- Χρήση της μεθόδου ανύψωσης κατά τον κεντρικό άξονα όταν η πιθανότητα σεισμικής δραστηριότητας είναι πολύ χαμηλή.

Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας των Εγκαταστάσεων Διαχείρισης Εξορυκτικών Αποβλήτων οι σημαντικότερες Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές είναι:

- Παρακολούθηση της ευστάθειας του φράγματος

- Πρόληψη για την εκτροπή εκτός του χώρου απόθεσης κάθε εισροής σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης
- Πρόβλεψη εναλλακτικών λύσεων διάθεσης, π.χ. σε μία άλλη εφεδρική λίμνη
- Πρόβλεψη εφεδρικού συστήματος αποστράγγισης (π.χ. υπερχειλιστήρας) και/ή αντλίες σε ετοιμότητα για περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, σε περίπτωση που η στάθμη της υπερκείμενης υδατικής στοιβάδας προσεγγίσει τη στάθμη ασφαλείας
- Παρακολούθηση τυχόν μετακινήσεων/ερπυσμός του υποβάθρου με κλισιόμετρα μεγάλου βάθους και παρακολούθηση της πίεσης πόρων εντός της μάζας των αποτιθεμένων τελμάτων
- Κατάλληλα διαστασιολογημένο σύστημα αποστράγγισης
- Διατήρηση αρχείων με τα σχέδια κατασκευής, καθώς και τυχόν μετατροπές του αρχικού σχεδιασμού
- Διατήρηση εγχειριδίου ασφαλείας του φράγματος και των εκθέσεων των ανεξάρτητων επιθεωρήσεων
- Ενημέρωση και εκπαίδευση του προσωπικού.

Για την απομάκρυνση της υπερκείμενης υδατικής στοιβάδας από Λίμνες Τελμάτων Βέλτιστη Διαθέσιμη Τεχνική συνιστά η χρήση υπερχειλιστή με περίοδο επαναφοράς κατάλληλη για την αντιμετώπιση ακραίων πλημμυρικών φαινομένων.

Βέλτιστη Διαθέσιμη Τεχνική συνιστά η διαχείριση τελμάτων με ξηρή απόθεση, μετά από πύκνωση, διήθηση ή η διαχείριση πολφού. Η επιλογή μεθόδου αφύγρανσης εξαρτάται κυρίως από την συνεκτίμηση των παραγόντων κόστους, περιβαλλοντικής επίδοσης, κινδύνου καταστροφικής αστοχίας, κλιματικών συνθηκών, διαθεσιμότητας νερού διεργασίας, κοκκομετρία εξορυκτικών αποβλήτων κ.α.

Σημαντική παράμετρος πρόληψης ατυχημάτων κατά την λειτουργία μίας εγκατάστασης Διαχείρισης Εξορυκτικών Αποβλήτων είναι η παρακολούθηση της ευστάθειας του αναχώματος με τις παρακάτω Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές:

- Παρακολούθηση των παρακάτω παραμέτρων σε λίμνες τελμάτων: στάθμη υδάτων, ποιότητα και ποσότητα των στραγγισμάτων από το φράγμα, στάθμη φρεατικής επιφάνειας, πίεση πόρων, τυχόν

μετακινήσεις της στέψης του φράγματος και των τελμάτων, σεισμικότητα, (ώστε να διασφαλίζεται η σταθερότητα του φράγματος και του υποβάθρου), διαδικασίες εναπόθεσης τελμάτων κ.α.

- Παρακολούθηση των παρακάτω παραμέτρων σε σωρούς στείρων: γεωμετρία βαθμίδων/πρανών, αποστράγγιση σωρών, πίεση πόρων.
- Επίσης η διενέργεια των παρακάτω μετρήσεων: Οπτικοί έλεγχοι, ετήσιοι έλεγχοι, επιθεωρήσεις από ανεξάρτητους εμπειρογνώμονες, εκτίμηση ασφαλείας υφιστάμενων φραγμάτων.

Για τη μείωση του αποτυπώματος μίας Εγκατάστασης Διαχείρισης Εξορυκτικών Αποβλήτων οι Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές οι εξής:

- Η κατά το δυνατόν πρόληψη ή / και η μείωση της παραγωγής των απορριμμάτων / αποβλήτων,
- Λιθογόμωση των εξορυκτικών έργων με τέλματα στην περίπτωση όπου η λιθογόμωση συνιστά τμήμα της μεθόδου εκμετάλλευσης και το επιπρόσθετο κόστος της αντισταθμίζεται από την αυξημένη ανάκτηση του μεταλλεύματος. Τα τέλματα μπορούν επίσης να αξιοποιηθούν για την πλήρωση κοιλοτήτων σε εξοφλημένες υπαίθριες εκμεταλλεύσεις ή σε εξοφλημένα υπόγεια έργα με κατάλληλο σύστημα αποστράγγισης. Κατά περίπτωση μπορεί να απαιτηθεί η προσθήκη πρόσθετων συνδετικών υλικών όπως τσιμέντο για την ενίσχυση της σταθερότητας.

Επιπλέον των παραπάνω μέτρων, κατά τη διάρκεια της φάσης κλεισίματος και μακροχρόνιας φροντίδας μιας εγκατάστασης διαχείρισης τελμάτων και στείρων εκμετάλλευσης, ΒΔΤ είναι:

- Ανάπτυξη σχεδίου κλεισίματος και μακρόχρονης συντήρησης από τα πρώτα στάδια σχεδιασμού.
- Εφαρμογή αυστηρών συντελεστών ασφαλείας για φράγματα και σωρούς για την περίοδο μετά το κλείσιμο τουλάχιστον.

Για τη φάση κλεισίματος και μακροχρόνιας φροντίδας όσον αφορά τις λίμνες τελμάτων, ΒΔΤ είναι η κατασκευή των φραγμάτων με τεχνικές που εξασφαλίζουν τη μακροχρόνια γεωτεχνική και γεωχημική σταθερότητα ακόμα και στην περίπτωση που επιλεγεί το υγρό κάλυμμα (water cover) ως τεχνική για κλείσιμο της εγκατάστασης.

Τέλος, ένας αριθμός μεθόδων περιβαλλοντικής διαχείρισης καθορίζονται ως ΒΔΤ. Το πεδίο εφαρμογής (π.χ. επίπεδο λεπτομέρειας), καθώς και τη φύση του Συστήματος Περιβαλλοντικής Διαχείρισης (π.χ. πρότυπο ή μη) σχετίζονται με τη φύση, την κλίμακα και την πολυπλοκότητα της εγκατάστασης, καθώς και το φάσμα των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που αυτή μπορεί να έχει.

Βέλτιστη Διαθέσιμη Τεχνική συνιστά επίσης η εφαρμογή και τήρηση των διεθνώς αποδεκτών συστημάτων Περιβαλλοντικής Διαχείρισης όπως το εθελοντικό EMAS και το EN ISO 14001:1996. Ωστόσο, τα μη τυποποιημένα συστήματα μπορούν, κατ' αρχήν να είναι εξίσου αποτελεσματικά υπό την προϋπόθεση ότι είναι σωστά σχεδιασμένα και υλοποιούνται ορθά.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι εγκαταστάσεις εξορυκτικών αποβλήτων, αποτελούν σημαντική παράμετρο για την εξορυκτική – μεταλλευτική δραστηριότητα και δεδομένου ότι τα απόβλητα που προκύπτουν είναι πιθανό να εντάσσονται στα επικίνδυνα, αποτελεί μονόδρομο η αποτελεσματική διαχείρισή τους. Το στοιχείο αυτό, ενισχύεται σημαντικά, αν αναλογιστεί κανείς, ότι μέχρι σήμερα, δεν υπάρχει μέθοδος επεξεργασίας των επικίνδυνων αποβλήτων, που να τα αδρανοποιεί σε ολοκληρωτικό επίπεδο.

Πρακτικές ανεξέλεγκτης διάθεσης αυτών των αποβλήτων κατά τα προηγούμενα χρόνια, καθώς επίσης και ατυχήματα σε χώρους διάθεσής τους, ώθησαν την Ευρωπαϊκή Κοινότητα, στη θέσπιση ενός ολοκληρωμένου πλαισίου διαχείρισής τους.

Οι εγκαταστάσεις αυτές διαχείρισης αποβλήτων αποτελούν τη βέλτιστη τεχνοοικονομική προσέγγιση στη διαχείριση των εξορυκτικών αποβλήτων, με απαραίτητη προϋπόθεση όμως, τη λήψη μέτρων αποκατάστασης για τις περιοχές που θίγουν, στα πλαίσια της προστασίας του περιβάλλοντος και της βιώσιμης ανάπτυξης.

Οι σχεδιαστικές, κατασκευαστικές και διαχειριστικές πτυχές αυτών των εγκαταστάσεων, που επιχειρήθηκε να αναλυθούν, αποτελούν μια σειρά από αλληλοεξαρτώμενες παραμέτρους, οι οποίες θα πρέπει να αναλύονται διεξοδικά, για την επίτευξη του βέλτιστου αποτελέσματος.

Με την εφαρμογή της κείμενης νομοθεσίας και των κατευθυντήριων οδηγιών σε ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο, οι εγκαταστάσεις αυτές, μπορούν να προσφέρουν μια αποτελεσματική λύση στη διαχείριση των εξορυκτικών αποβλήτων, για την προστασία του περιβάλλοντος και τον περιορισμό των κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία.

## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική Βιβλιογραφία

Ασχονίτης Β., Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων των Δραστηριοτήτων στο Λιγνιτικό Κέντρο Δυτικής Μακεδονίας και Μεθοδολογίες Αποκατάστασης, ΑΠΘ, Τμήμα Γεωπονίας, Τομέας Εγγείων Βελτιώσεων Εδαφολογίας και Γεωργικής Μηχανικής, Θεσσαλονίκη 2004.

Βλαχαντώνης Α. κ.ά., Η Προστασία του Περιβάλλοντος και η Αποκατάσταση των Νέων Εδαφών στα Λιγνιτωρυχεία της ΔΕΗ ΑΕ., Heleco 2003.

Ελληνικός Χρυσός, ENVECO ΕΠΕ, Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του έργου Μεταλλευτικές – Μεταλλουργικές Εγκαταστάσεις Μεταλλείων Κασσάνδρας, 2010.

Ελληνικός Χρυσός, ENVECO ΕΠΕ, Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Μεταλλευτικών – Μεταλλουργικών Εγκαταστάσεων της Εταιρείας Ελληνικός Χρυσός στη Χαλκιδική.

Ε.Π.ΠΕΡ.Α.Α. Εκπόνηση Μελέτης για τη μεταφορά της Οδηγίας 2006/21/ΕΚ σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων της εξορυκτικής βιομηχανίας στο Εθνικό Δίκαιο – Εκπόνηση Τεχνικών Προδιαγραφών Διαχείρισής τους, Δεκέμβριος 2009

Ζαραφίδης Δ. κ.ά., Διαχείριση νέων εδαφών στα λιγνιτωρυχεία της ΔΕΗ ΑΕ, Φεβρουάριος 2005.

Ι.Ο.Β.Ε. Η συμβολή της εξορυκτικής βιομηχανίας στην Ελληνική Οικονομία, Ιούνιος 2018

Κομνίτσας Κ., Καθηγητής Τμήματος Μηχ. Ορυκτών Πόρων Πολ. Κρήτης, Διαχείριση αποβλήτων της εξορυκτικής βιομηχανίας, Μάιος 2011

Καββαδάς Μ. – Πανταζίδου Μ. Στοιχεία Περιβαλλοντικής Γεωτεχνικής, ΕΜΠ, Σεπτέμβριος 2007.

Κ.Υ.Α. με αριθμό 13588/725: 28η Μαρτίου 2006, Μέτρα όροι και περιορισμοί για τη διαχείριση επικινδύνων αποβλήτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 91/689/ΕΟΚ

Κ.Υ.Α. με αριθμό 201745, 26η Ιουλίου 2011, Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων για τα έργα: α) «Μεταλλευτικές – Μεταλλουργικές Εγκαταστάσεις Μεταλλείων Κασσάνδρας» και β) «Απομάκρυνση, καθαρισμό & Αποκατάσταση χώρου απόθεσης παλαιών τελμάτων Ολυμπιάδας» της εταιρείας «Ελληνικός Χρυσός Α.Ε.Μ.Β.Χ.» στο Νομό Χαλκιδικής.

Κ.Υ.Α. με αριθμό 24944/1159, 30ή Ιουνίου 2006, Έγκριση Γενικών Τεχνικών Προδιαγραφών για τη διαχείριση επικινδύνων αποβλήτων σύμφωνα με το άρθρο 5 (παρ. Β) της υπ' αριθμό 13588/725 κοινή υπουργική απόφαση «Μέτρα όροι και περιορισμοί για τη διαχείριση επικινδύνων αποβλήτων κ.λπ.» (Β' 383).

Κ.Υ.Α. με αριθμό 39624/2209/Ε103, 25η Σεπτεμβρίου 2009, Μέτρα όροι και περιορισμοί για τη διαχείριση των αποβλήτων της εξορυκτικής βιομηχανίας, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2006/21/ΕΚ της 15ης Μαρτίου 2006 «σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων της εξορυκτικής βιομηχανίας και την τροποποίηση της οδηγίας 2004/35/ΕΚ»



Κ.Υ.Α. με αριθμό 51354/2641/Ε103: 2010, Καθορισμός Προτύπων Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) για τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων και ουσιών προτεραιότητας στα επιφανειακά ύδατα, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 2008/105/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2008, Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας.

Μέγας Δ., Εγκαταστάσεις εξορυκτικών αποβλήτων, Α.Π.Θ., Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Θεσσαλονίκη Νοέμβριος 2014

Νιάβη Δ., Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις της Λιγνιτικής Μονάδας Παραγωγής Ενέργειας του ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου και Βελτιστοποίηση της Λειτουργίας του, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Κοζάνη, Οκτώβριος 2018.

Οδηγία 2006/21/ΕΚ: 15ή Μαρτίου 2006, σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων της εξορυκτικής βιομηχανίας και την τροποποίηση της οδηγίας 2004/35/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου

Οδηγία 2008/98/ΕΚ: 19η Νοεμβρίου, για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών

Όμικρον Κάπα Μελετητική Α.Ε., 2013, Προσάρτημα 4: Τεχνική Μελέτη Χώρου Απόθεσης Κοκκινόλακκα για την Ελληνικός Χρυσός Α.Ε.Μ.Β.Χ.

Πασπαλιάρης Ι, Παναγιώτου Γ., Αδάμ Αικ., Ασφάλεια – Υγιεινή – Δίκαιο, ΕΜΠ, Τομέας Μεταλλευτικής, Τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών, Διαχείριση Εξορυκτικών Αποβλήτων

Ρούσης Ι., Η Αναχλόαση των Νέων Εδαφών στα Λιγνιτωρυχεία, Κζάνη, Οκτώβριος 1992.

Σπυράκος Α., ΕΜΠ, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών, Επιπτώσεις από την εφαρμογή της οδηγίας εξορυκτικών αποβλήτων στη διαχείριση εξορυκτικών έργων, 2011

Στουγιάννης Χ., Μονάδα Επεξεργασίας των Υγρών Αποβλήτων Μεταλλευτικών Εγκαταστάσεων Χρυσού, ΤΕΙ Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, Καβάλα 2013.

Τ.Ε.Ε. Πόρισμα Ομάδας εργασίας του ΤΕΕ/ΤΚΜ για τη ΜΠΕ του έργου «Μεταλλευτικές – Μεταλλουργικές Εγκαταστάσεις Μεταλλείων Κασσάνδρας.

Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής, 2012, Απογραφή κλειστών & εγκαταλελειμμένων εγκαταστάσεων αποβλήτων, Αθήνα

Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής, 2012, Ελληνική Εξορυκτική Βιομηχανία: Διεθνές Περιβάλλον, Φυσιογνωμία – Προοπτικές. Βιβλίο, Σύνδεσμος Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων

Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής, 2012, Πρώτη Έκθεση για την εφαρμογή της Οδηγίας 2006/21/ΕΚ, Αθήνα Ιούνιος 2012

Φίλιος Φ. κ.ά, Η αποκατάσταση του περιβάλλοντος στα λιγνιτωρυχεία της ΔΕΗ ΑΕ, Τεχνικά Χρονικά Νοέμ. – Δεκέμβριος 1997.

Χρυσωρυχεία Θράκης Α.Μ.Β.Ε., ENVECO Α.Ε. – ECHMES Ltd, Μ.Π.Ε. Μεταλλευτικών και Μεταλλουργικών Εγκαταστάσεων στο Πέραμα Ν. Έβρου.

### Ξενόγλωσση

European Commission, 2009, Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste Rock in Mining Activities (B.R.E.F.). Reference Document

Government of Western Australia, Department of Mines and Petroleum Environment, 1999, Safe Design and Operating Standards for Tailings Storage.

Lottermoser, B. (2003). Mine wastes – Characterization, Treatment and Environmental Impacts. Springer - Verlag, Berlin, Heidelberg, Germany

Mining Association of Canada (MAC), 2017, A guide to the management of Tailings Facilities, MAC, CANADA.

U.S. Environmental Protection Agency (1994). Technical Report – *Design and evaluation of tailings dams*, Washington

Vick, S.G. (1990). Planning, Design and Analysis of Tailings Dams. BiTech Publishers Ltd, Wiley, New York