



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ - ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ -
ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ



ΣΑΧΙΝΟΓΛΟΥ ΑΡΙΑΔΝΗ
ΑΕΜ 5622

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2022





ΣΑΧΙΝΟΓΛΟΥ ΑΡΙΑΔΝΗ

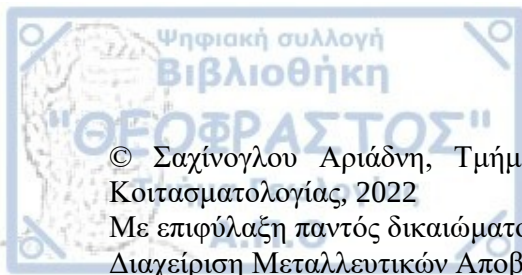
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας
Τομέας Ορυκτολογίας - Πετρολογίας - Κοιτασματολογίας

Επιβλέπων Καθηγητής

Βασίλης Μέλφος, Καθηγητής

© Σαχίνογλου Αριάδνη, 2022
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All right reserved.



© Σαχίνογλου Αριάδνη, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Ορυκτολογίας, Πετρολογίας, Κοιτασματολογίας, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Διαχείριση Μεταλλευτικών Αποβλήτων – Διπλωματική Εργασία

© Ariadni Sachinoglou, School of Geology, Department of Mineralogy, Petrology, Economic Geology, 2022

All rights reserved.

Management of Mining Wastes– *Bachelor Thesis*

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

Εικόνα Εξωφύλλου: Φράγμα Τελμάτων σε κοιλάδα, Καναδάς (Klohn Crippen Berger

<https://www.klohn.com/projects/highland-valley-copper-mine/>)



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ABSTRACT.....	2
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	3
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
2. ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	5
2.1. Οδηγία 2006/21/ΕΚ	5
2.3. Χαρακτηρισμός Μεταλλευτικών Αποβλήτων	6
2.4. Ταξινόμηση Μεταλλευτικών Αποβλήτων	9
3. ΒΕΛΤΙΣΤΕΣ ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ	13
3.1 Εισαγωγή	13
3.2 Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές για Διαχείριση Εξορυκτικών Αποβλήτων	14
4. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΕΞΟΡΥΚΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	16
4.1. Σχέδιο Διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων.....	16
4.2. Εγκαταστάσεις διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων.....	17
4.3. Ταξινόμηση εγκαταστάσεων μεταλλευτικών αποβλήτων	21
4.4. Αποκατάσταση των εγκαταστάσεων	24
5. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ.....	25
5.1. Χρήση Κυανίου και μέτρα προστασίας.....	25
5.2. Όξινη Απορροή Μεταλλείων (ΟΑΜ).....	26
5.3. Σφάλματα και Αστοχίες.....	27
5.4 Αντιδράσεις.....	28
6. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	29
6.1. Λαύριο	29
6.2. Κίρκη	31
6.3. Κλειστά μεταλλεία Ελλάδας.....	34
7. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	35
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	37



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Διαχείριση Μεταλλευτικών Αποβλήτων

Σαχίνουγλου Αριάδνη

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να δώσει μια περιεκτική εικόνα για τη διαχείριση των αποβλήτων της μεταλλευτικής βιομηχανίας. Σημαντικό κομμάτι της διαχείρισης λαμβάνει το νομικό πλαίσιο καθώς μέσω της Οδηγίας 2006/21/EK, των Αποφάσεων και των Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών (ΒΔΤ) επηρεάζονται τομείς όπως ο χαρακτηρισμός των αποβλήτων, η ταξινόμηση τους, το Σχέδιο Διαχείρισης που καταρτίζεται από τον υπεύθυνο φορέα, η σωστή επιλογή των εγκαταστάσεων διαχείρισης αλλά και η ταξινόμηση τους. Όλα τα παραπάνω έχουν σκοπό την όσο το δυνατό πιο ακίνδυνη περιβαλλοντικά, αλλά και ακίνδυνη για την υγεία των ανθρώπων, διαχείριση των αποβλήτων καθώς δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις στις οποίες από εγκαταστάσεις διαχείρισης προέκυψαν σημαντικά προβλήματα στο φυσικό και στο ανθρωπογενές περιβάλλον. Τα προβλήματα αυτά μπορεί να βασίζονταν σε θέματα όπως την όξινη απορροή, την κυάνωση που χρησιμοποιείται για την εξαγωγή του χρυσού ή ακόμα και αστοχίες λόγω σφαλμάτων των εγκαταστάσεων. Στην Ελλάδα οι πιο χαρακτηριστικές περιπτώσεις είναι η περίπτωση του Λαυρίου και της Κίρκης παρ' ότι δεν είναι τα μόνα κλειστά ή εγκαταλελειμμένα μεταλλευτικά κέντρα.



ABSTRACT

Mineral Waste Management

Sachinoglou Ariadni

The aim of this diploma thesis is to give a comprehensive view of the waste management of the mining industry. An important part of the management is included in the legal framework as through the Directive 2006/21/EC, the Decisions and the Best Available Techniques (BAT) sectors are affected as the characterization of waste, its classification, the Mine Waste Management Plan drawn up by the responsible operator, the right choice of management facilities but also their classification. All the above have the purpose of managing waste as harmless to the environment as possible and also harmless to the human health, waste management as there are not a few cases in which significant problems have arisen from management facilities in the natural and the man-made environment. These problems may have been based on issues such as acid mine drainage, the use of cyanide used to extract the gold, or even failures due to plant faults. In Greece, the most characteristic cases are the case of Lavrion and Kirki, although those are not the only closed or abandoned mining cases.

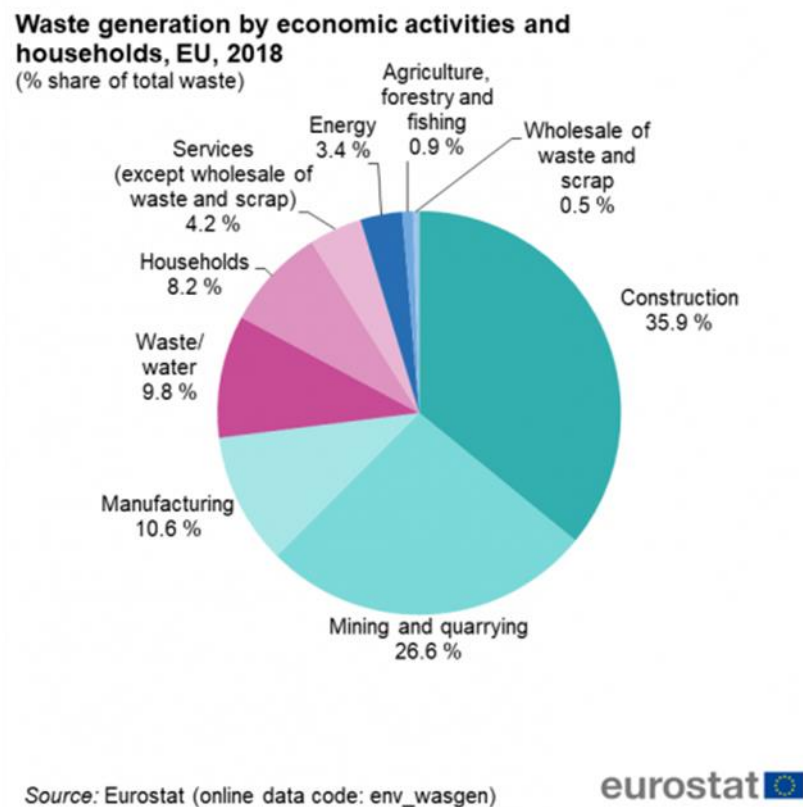


Η παρούσα διπλωματική εργασία η οποία έχει ως θέμα τη «Διαχείριση Μεταλλευτικών Αποβλήτων» εκπονήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή μου κ. Βασίλη Μέλφο για την ανάθεση του θέματος και την βοήθεια του σε όλη τη διάρκεια συγγραφής της εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την συμπαράσταση καθ' όλη της διάρκειας των προπτυχιακών μου σπουδών.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μάζα των απορριμμάτων που παράγονται στον κόσμο έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Από το συνολικό αριθμό των αποβλήτων ποσοστό κοντά στο 27% οφείλεται στην εξορυκτική βιομηχανία, κάνοντας την τη δεύτερη μεγαλύτερη κατηγορία αποβλήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Σχ. 2.1) (Eurostat 2018). Μαζί με την αύξηση των αποβλήτων, σημαντική αύξηση εμφανίζεται και στα προβλήματα στο φυσικό περιβάλλον αλλά και στη ζωή των ανθρώπων.



Σχήμα 2.1. Παραγωγή αποβλήτων ανά κλάδο οικονομικής δραστηριότητας (Eurostat 2018)

2. ΝΟΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

2.1. Οδηγία 2006/21/EK

Για τη διαχείριση όλων των προβλημάτων που έχουν προκύψει έως τώρα από τα απόβλητα της μεταλλευτικής βιομηχανίας αλλά και την αποτροπή προβλημάτων στο μέλλον το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο της 15^{ης} Μαρτίου του 2006 εξέδωσε την **Οδηγία 2006/21/EK** σε συνδυασμό με μία σειρά αποφάσεων περί την ασφαλή διαχείριση των εξορυκτικών αποβλήτων και την πρόληψη σημαντικών ατυχημάτων από την αστοχία των χώρων διάθεσης εξορυκτικών αποβλήτων.

Η οδηγία 2006/21/EK «*Σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων της εξορυκτικής βιομηχανίας και της τροποποίησης της Οδηγίας 2004/35/EK*» εγκρίθηκε στις 15 Μαρτίου του 2006 και τέθηκε σε εφαρμογή τον Μάιο του 2008 (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης 15^{ης} Μαρτίου 2006). Απόβλητο σύμφωνα με τον ορισμό που δίνεται στην Οδηγία 2008/98/EK είναι «*κάθε ουσία που εμπίπτει στις κατηγορίες του παραρτήματος I και που ο κάτοχος του απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να απορρίψει*» (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης 19^{ης} Νοεμβρίου 2008). Η ενσωμάτωση της Οδηγίας 2006/21/EK στην εθνική νομοθεσία έγινε μέσω της ΚΥΑ 39624/2209/Ε103 που εκδόθηκε μέσω του ΦΕΚ Αρ.2076/25.09.2009 και ονομάστηκε «Μέτρα, όροι και περιορισμοί για τη διαχείριση των αποβλήτων της εξορυκτικής βιομηχανίας σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2006/21/EK σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων της εξορυκτικής βιομηχανίας».

Οι διατάξεις της Οδηγίας 2006/21/EK αφορούν κυρίως το σχέδιο διαχείρισης των αποβλήτων και την εξέταση του, τις χρηματοοικονομικές εγγυήσεις, τις οριστικά κλειστές εγκαταστάσεις, το κόστος αποκατάστασης, τα κριτήρια υπολογισμού του και την επιθεώρηση των εγκαταστάσεων.

Πέρα από την όλα τα παραπάνω θεσπίστηκαν επιπλέον και οι Ευρωπαϊκές Αποφάσεις 2009/337/EK, 2009/359/EK, 2009/360/EK, 2009/358/EK και 2009/335/EK που αφορούν τα κριτήρια ταξινόμησης μιας εγκατάστασης, τα αδρανή απόβλητα, τον χαρακτηρισμό των αποβλήτων, την εναρμόνιση και τακτική διαβίβαση των πληροφοριών και του ερωτηματολογίου και την χρηματική εγγύηση αντίστοιχα (Πίν. 2.1).

Πίνακας 2.1: Ευρωπαϊκές Αποφάσεις που αφορούν τα κριτήρια ταξινόμησης μιας εγκατάστασης (Επίσημη Εφημερίδα Ευρωπαϊκής Ένωσης 2009).

2009/337/EK	«Καθορισμό των κριτηρίων ταξινόμησης των εγκαταστάσεων διαχείρισης αποβλήτων»
2009/359/EK	«Συμπλήρωση του ορισμού των αδρανών αποβλήτων»
2009/360/EK	«Συμπλήρωση των τεχνικών απαιτήσεων όσο αναφορά το χαρακτηρισμό των αποβλήτων»
2009/358/EK	«Εναρμόνιση και τακτική διαβίβαση των πληροφοριών και του ερωτηματολογίου»
2009/335/EK	«Τεχνικές κατευθυντήριες γραμμές για τη σύσταση της χρηματικής εγγύησης»

Στόχοι των οδηγιών και αποφάσεων αυτών είναι:

- Να μην προκαλείται σοβαρός κίνδυνος στο περιβάλλον
- Να μην υπάρχει αρνητική επίδραση στο τοπίο και σε περιοχές ιδιαίτερου ενδιαφέροντος
- Να μην προκαλείται σοβαρός κίνδυνος στην ανθρώπινη υγεία
- Να μην υπάρχει κίνδυνος απώλειας ανθρώπινης ζωής (ΥΠΕΚΑ)

2.3. Χαρακτηρισμός Μεταλλευτικών Αποβλήτων

Ο χαρακτηρισμός των μεταλλευτικών αποβλήτων είναι ένα κομμάτι του σχεδίου διαχείρισης το οποίο πρέπει να παραδώσει ο εκάστοτε φορέας της διαχείρισης τους και θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο. Για τον ορθό χαρακτηρισμό και κατ' επέκταση την σωστή ταξινόμηση πρέπει να ληφθεί υπόψη η οδηγία 2006/21/EK σε συνδυασμό με την απόφαση 2009/360/EK της Επιτροπής της 30^{ης} Απριλίου 2009 «για τη συμπλήρωση των τεχνικών απαιτήσεων όσο αναφορά το χαρακτηρισμό των αποβλήτων τις οποίες ορίζει η οδηγία 2006/21/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων της εξορυκτικής βιομηχανίας». Στο παράρτημα II της οδηγίας 2006/21/EK εμπεριέχεται μια σειρά παραμέτρων που πρέπει να περιλαμβάνονται ώστε να επιτευχθεί ο χαρακτηρισμός των αποβλήτων σε συνδυασμό με την καταχώριση τους στον Ευρωπαϊκό

Κατάλογο Αποβλήτων της Απόφασης 2009/360/EK. Οι πληροφορίες που πρέπει να καλύπτονται αναλύονται στην Απόφαση και αφορούν 5 κλάδους:

1. Γενικές πληροφορίες

Οι πληροφορίες αφορούν κυρίως τη διαδικασία και την περιγραφή της αναζήτησης και της εξόρυξης και το είδος του επιζητούμενου προϊόντος

2. Γεωλογικό υπόβαθρο του προς εκμετάλλευση κοιτάσματος

- Τη χημική και ορυκτολογική σύσταση των περιβαλλόντων πετρωμάτων
- Τη φύση των κοιτασμάτων
- Τον τύπο του μεταλλοφόρου κοιτάσματος
- Την έκταση του κοιτάσματος και τα χαρακτηριστικά του
- Τον βαθμό της αποσάθρωσης και εξαλλοίωσης

3. Είδος των αποβλήτων και ο προβλεπόμενος χειρισμός τους

- Την προέλευση των αποβλήτων, και ο τρόπος σχηματισμού τους
- Την ποσότητα αποβλήτων
- Την περιγραφή της μεθόδου μεταφοράς
- Την περιγραφή των χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται με σκοπό την επεξεργασία
- Την ταξινόμηση σύμφωνα με την απόφαση 2000/532/EK και την επικινδυνότητα τους
- Το είδος της εγκατάστασης, και την τελική έκθεση των αποβλήτων και της εγκατάστασης

4. Γεωτεχνική συμπεριφορά των αποβλήτων

Τον καθορισμό μιας κατευθυντήριας γραμμής για την εκτίμηση των φυσικών χαρακτηριστικών των απορριμμάτων. Οι παράμετροι που μελετώνται είναι:

- Η κοκκομετρία
- Η πλαστικότητα
- Η πυκνότητα
- Η περιεκτικότητα σε νερό
- Ο βαθμός συμπίεσης
- Η διατμητική αντοχή
- Η γωνία τριβής

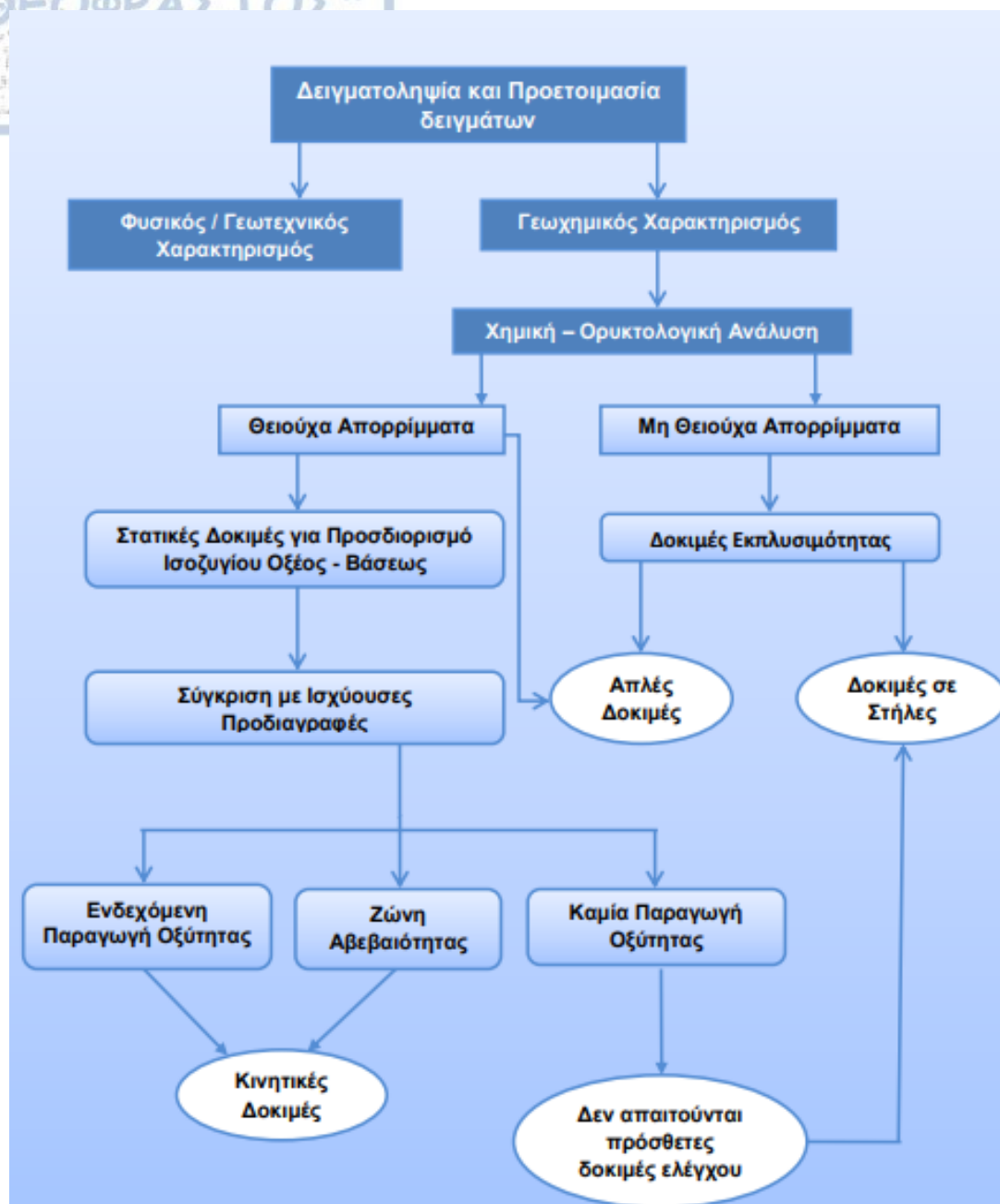
- Η διαπερατότητα
- Η συμπίεστικότητα
- Η στερεοποίηση

5. Γεωχημικά χαρακτηριστικά και συμπεριφορά των αποβλήτων

Τα γεωχημικά χαρακτηριστικά αφορούν κυρίως την χημική και ορυκτολογική σύσταση των αποβλήτων αλλά και των προβλεπόμενων στραγγισμάτων μέσω:

- Της αξιολόγησης της εκπλυσιμότητας των μετάλλων, των οξυανιόντων και των αλάτων στο πέρασμα το χρόνου με τη χρήση διάφορων δοκιμών
- Της τέλεσης στατιστικών ή κινητικών δοκιμών που αφορούν τα απόβλητα που περιέχουν θειούχες ενώσεις με σκοπό τον προσδιορισμό μιας πιθανής όξινης απορροής ή έκπλυσης μετάλλων (Σχ. 2.2) (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης 30^{ης} Απριλίου 2009).

Όσον αναφορά την ελληνική νομοθεσία τα παραπάνω αναφέρονται στην ΚΥΑ 13588/725/2006, ΦΕΚ 383Β/28-03-2006. Από την αξιολόγηση των αποβλήτων εξαιρούνται τα «αδρανή» απόβλητα, το οποία αναλύονται στην απόφαση 2009/359/ΕΚ. Στόχος του χαρακτηρισμού των μεταλλευτικών αποβλήτων είναι η σωστή διαχείριση αυτών και η παρακολούθηση των ιδιοτήτων και της συμπεριφοράς τους ώστε οι συνθήκες διαχείρισης τους να είναι ασφαλείς περιβαλλοντικά αλλά και για την ανθρώπινη υγεία (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης 30^{ης} Απριλίου 2009).



Σχήμα 2.2: Μεθοδολογία χαρακτηρισμού μεταλλευτικών αποβλήτων (BREF Reference Document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste Rock in Mining Activities, 2009).

2.4. Ταξινόμηση Μεταλλευτικών Αποβλήτων

Η ταξινόμηση των αποβλήτων βασίζεται στον Ευρωπαϊκό Κατάλογο Αποβλήτων που δημιουργήθηκε με την απόφαση 2000/532/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Η τελική τροποποίηση της παραπάνω Απόφασης είναι η Απόφαση 2014/955/ΕΕ και αποτελείται από δυο σκέλη.

- Τον Ευρωπαϊκό Κατάλογο των Αποβλήτων (ΕΚΑ)

- Τους κανόνες χρήσης του ΕΚΑ

Στον συγκεκριμένο κατάλογο περιλαμβάνονται όλοι οι τύποι αποβλήτων και προσδιορίζονται από έναν εξαψήφιο κωδικό. Τα πρώτα δύο ψηφία του κωδικού σχετίζονται με την πηγή παραγωγής του αποβλήτου και εμπεριέχονται σε 20 κεφάλαια ανάλογα με τη δραστηριότητα παραγωγής. Τα εξορυκτικά απόβλητα περιλαμβάνονται στο κεφάλαιο με κωδικό 01 «Απόβλητα από αναζήτηση. Εξόρυξη, εργασίες λατομείου και φυσική και χημική επεξεργασία ορυκτών». Έπειτα ανάλογα με τον τομέα της μεταλλευτικής βιομηχανίας ορίζεται ο επόμενος διψήφιος κωδικός:

- 01 01: από εκσκαφή ορυκτών
- 01 03: από φυσική και χημική επεξεργασία ορυκτών με μέταλλα
- 01 04: από φυσική και χημική επεξεργασία ορυκτών χωρίς μέταλλα
- 01 05: από λάσπες και άλλα απόβλητα των γεωτρήσεων (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης 18^{ης} Δεκεμβρίου 2014)

Τέλος ο τρίτος διψήφιος κωδικός αναφέρεται στο ίδιο το απόβλητο.

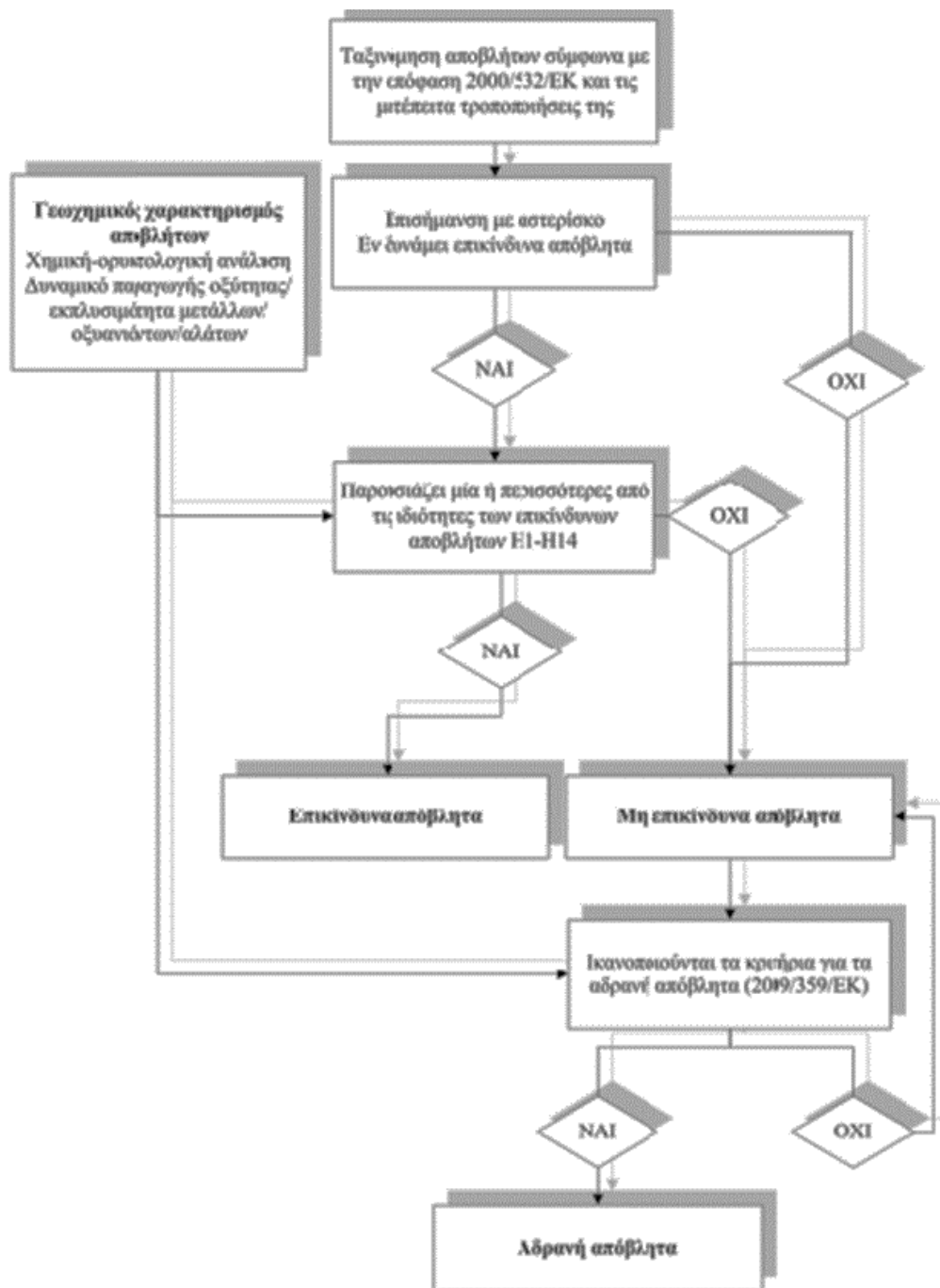
Η τελική ταξινόμηση των αποβλήτων καταλήγει σε 3 κατηγορίες:

- Επικίνδυνα
- Αδρανή
- Μη επικίνδυνα, μη αδρανή (Σχ. 2.3)

Ως επικίνδυνα απόβλητα ορίζονται τα απόβλητα που είναι ταξινομημένα στον ΕΚΑ (Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων). Κάθε επικίνδυνο απόβλητο σημειώνεται με έναν αστερίσκο δίπλα στον κωδικό (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης 12^{ης} Δεκεμβρίου 1991).

«Ως αδρανή απόβλητα ορίζονται τα απόβλητα που δεν υφίστανται καμία σημαντική φυσική, χημική ή βιολογική μετατροπή, 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 μη θέτουν σε κίνδυνο την ποιότητα των επιφανειακών ή/και των υπόγειων υδάτων» (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης 15^{ης} Μαρτίου 2006)

Ως Μη επικίνδυνα – Μη αδρανή ορίζονται τα απόβλητα που δεν εμπίπτει σε καμία από τις παραπάνω κατηγορίες (Πουλημένου Νίκη-Ηλιάνα 2018)



Σχήμα 2.3: μέθοδος ταξινόμησης μεταλλευτικών απορριμμάτων

(ΚΥΑ 39624/2209/Ε103, ΚΥΑ 13588/725 και αποφάσεις 2000/532/ΕΚ, 2009/360/ΕΚ).

Παρακάτω παρατίθεται πίνακας (Πίν. 2.2) με όλους τους κωδικούς που σχετίζονται με την εξορυκτική βιομηχανία από τον ΕΚΑ.

Πίνακας 2.2: Τμήμα του ΕΚΑ που αφορά τα απόβλητα της εξορυκτικής βιομηχανίας (Απόφαση 2014/955/ΕΕ)

01	ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΑΠΟ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ, ΕΞΟΡΥΞΗ, ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΟΡΥΚΤΩΝ
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 αναφέρονται στα 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 αναφέρονται στο 01 03 07
01 03 09	ερυθρά ιλύς από την παραγωγή αλουμίνας, εκτός εκείνων που αναφέρονται στο 01 03 10
01 03 10*	ερυθρά ιλύς από την παραγωγή αλουμίνας που περιέχει επικίνδυνες ουσίες εκτός των αποβλήτων που αναφέρονται στο 01 03 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 από χαλίκια και σπασμένους βράχους, εκτός εκείνων που αναφέρονται στο 01 04 07
01 04 09	απόβλητα αμμώδη και αργιλώδη
01 04 10	απόβλητα σκόνης και πούδρας, εκτός εκείνων που αναφέρονται στο 01 04 07
01 04 11	απόβλητα από την επεξεργασία ποτάσας και αλατούχου βράχου, εκτός εκείνων που αναφέρονται στο 01 04 07
01 04 12	υπολείμματα και άλλα απόβλητα από πλύσιμο και καθαρισμό ορυκτών, εκτός εκείνων που αναφέρονται στα 01 04 07 και 01 04 11

3. ΒΕΛΤΙΣΤΕΣ ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ

3.1 Εισαγωγή

Το 2009 η Ευρωπαϊκή Ένωση δημοσίευσε το «Εγχειρίδιο BREF (Management of Tailing and Waste Rock in Mining Activities)» μέσα στο οποίο αναγράφονται και περιγράφονται οι Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές (ΒΔΤ) για τη διαχείριση στείρων και απορριμμάτων κατεργασίας από τις εξορυκτικές δραστηριότητες. Η αιτία συγγραφής του εγχειριδίου ήταν τα ατυχήματα που έγιναν σε εξορυκτικές εγκαταστάσεις και εξ' αιτίας αυτών υπήρξε ρύπανση και κίνδυνοι για το περιβάλλον. Το 2000 μετά από δύο μεγάλα ατυχήματα διάρρηξης (Aznalcollar Spain 1998 & Baia Mare Romania 2000) γράφτηκε η Ανακοίνωση της Ευρωπαϊκής Ένωσης COM για την «Ασφαλή άσκηση των δραστηριοτήτων εξόρυξης» η οποία ήταν η ανακοίνωση που προηγήθηκε του BREF.



Εικόνα 3.1: Κατάρρευση φράγματος Aznalcollar, Spain, Εικόνα 3.2: Κατάρρευση φράγματος Baia Mare, Romania

Σύμφωνα με το Άρθρο 2 της παραγράφου 11 της Οδηγίας 1996/61/ΕΚ «Βέλτιστη Διαθέσιμη Τεχνική ορίζεται το πλέον αποτελεσματικό και προηγμένο στάδιο εξέλιξης των δραστηριοτήτων και μεθόδων λειτουργίας που αποδεικνύει της πρακτική ικανότητα συγκεκριμένων τεχνικών να συνιστούν καταρχήν τη βάση των οριακών τιμών εκπομπής για την αποφυγή, και όταν αυτό δεν είναι πρακτικά εφαρμόσιμο, τη μείωση των εκπομπών και των επιπτώσεων για το περιβάλλον» (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης 24^η Σεπτεμβρίου 1996).

Στις 8 Νοεμβρίου του 2010 θεσπίστηκε η Οδηγία 2010/75/ΕΕ για τις βιομηχανικές εκπομπές η οποία αντικατέστησε την «Οδηγία IPPC για την πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης», και μεταξύ άλλων ορίζει την αναθεώρηση του BREF ώστε να αντικατοπτρίζει πιο σωστά τις νέες τεχνολογίες στον εξορυκτικό κλάδο. Παρ' όλα αυτά το Εγχειρίδιο των Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών έχει ως βάση την Οδηγία 2006/21/ΕΚ και στόχος του είναι να καθοδηγεί και να προσφέρει επιπρόσθετες πληροφορίες για τις καινούργιες τεχνικές που

σχετίζονται αποκλειστικά με τη διαχείριση των αποβλήτων. Δεν έχει νομική ισχύ και είναι ένα μη δεσμευτικό εγχειρίδιο (Πουλημένου Νίκη-Ηλιάνα 2018).

3.2 Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές για Διαχείριση Εξορυκτικών Αποβλήτων

Η διαχείριση αποβλήτων μέσω Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών βασίζεται:

- στις περιβαλλοντικές επιδόσεις
- στην οικονομική βιωσιμότητα
- στη διαχείριση του κινδύνου (BREF 2018).

Τα ζητήματα τα οποία μπορούν να επιλυθούν μέσω των Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών είναι τα ακόλουθα:

- Οργάνωση η οποία έχει ως στόχο την καλυτέρευση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μέσω της διάταξης συστημάτων διαχείρισης και τη χρήση εργαλείων για τη διαχείριση των αποβλήτων
- Πρόληψη για την παραγωγή των εξορυκτικών αποβλήτων και πιο συγκεκριμένα οι πρακτικές για τη μείωση των αποβλήτων. Τέτοιες πρακτικές είναι ο διαχωρισμός των αποβλήτων οικονομικής αξίας, η ανακύκλωση του νερού, η αποφυγή της ύπαρξης τρεχούμενου νερού στην επιφάνεια απόθεσης των αποβλήτων όπως και η επαναφορά εξορυκτικών αποβλήτων στις κοιλότητες εκσκαφής.
- Παρακολούθηση των παραμέτρων, μέσω παρακολούθηση της σταθερότητας EWF, παρακολούθηση του χαρακτηρισμού των αποβλήτων και παρακολούθηση των εκπομπών.
- Μείωση της επικινδυνότητας των εξορυκτικών αποβλήτων μέσω μεθόδων πάχυνσης, με σκοπό τη μείωση και του αριθμού και του όγκου των αποβλήτων.
- Το πρόβλημα των όξινων απορροών, μέσω της εφαρμογής πειραματικών δοκιμών στα απόβλητα με στόχο την γνώση από τον φορέα την ύπαρξη πιθανότητας εξαλλοίωσης και δημιουργίας όξινων απορροών.
- Οι εκπομπές στα νερά, μέσω της χρήσης τεχνικών για τη σωστή διαχείριση των διηθημάτων πριν την απόρριψη τους στο περιβάλλον και τη γνώση των Ορίων Εκπομπών τους βάση των οποίων επιτρέπεται ή όχι η απόρριψη τους στο φυσικό περιβάλλον.
- Σωστή κατασκευή της εγκατάστασης διαχείρισης των εξορυκτικών αποβλήτων η οποία βασίζεται στον κύκλο ζωής της εγκατάστασης που περιλαμβάνει: την επιλογή

χωροθέτησης και τη φάση σχεδιασμού, τη φάση κατασκευής, τη φάση λειτουργίας και παρακολούθησης της εγκατάστασης και τη φάση κλεισίματος και αποκατάστασης. Οι πρακτικές για την κατασκευή έχουν να κάνουν κυρίως με την ασφάλεια των εγκαταστάσεων βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα.

- Τις εκπομπές στο έδαφος και στα υπόγεια νερά μέσω της τεχνικής BAT36 η οποία βασίζεται στη χρήση περατών διαφραγμάτων και φυτών για την αποφυγή ρυπογόνων παραγόντων.
- Εκπομπές στον αέρα, που αφορούν αποκλειστικά τη σκόνη. Οι πρακτικές βελτίωσης του προβλήματος είναι ο ψεκασμός με νερό, η χρήση σκεπασμένων μεταφορικών ταινιών και η σωστή οργάνωση των μεταφορών.
- Θόρυβος, ο οποίος επιλύεται με τη χρήση ηχομονωτικών πετασμάτων και αιτία του ζητήματος είναι η δυσαρέσκεια της κοινωνίας.

Πέρα από τα παραπάνω υπάρχουν και οι πιο εξειδικευμένες Βέλτιστες Διαθέσιμες Τεχνικές που αφορούν συγκεκριμένους τομείς του εξορυκτικού κλάδου (BREF 2018).

4. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΕΞΟΡΥΚΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

4.1. Σχέδιο Διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων

Ένα από τα πρώτα πράγματα που πρέπει να κάνει ο φορέας διαχείρισης των εξορυκτικών αποβλήτων είναι η δημιουργία ενός Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων (Σ.Δ.Α) σύμφωνα με την αρχή της βιώσιμης ανάπτυξης. Το σχέδιο αυτό έχει ως στόχους:

- Την πρόληψη ή μείωση παραγωγής αποβλήτων και των επιπτώσεων τους που είναι επιβλαβή
- Την προαγωγή της αξιοποίησης των εξορυκτικών αποβλήτων μέσω ανακύκλωσης, επαναχρησιμοποίησης ή ανάκτησης τους
- Την εξασφάλισης ασφαλούς βραχυπρόθεσμης και μακροπρόθεσμης διάθεσης των εξορυκτικών αποβλήτων (Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας 2009)

Οι παραπάνω στόχοι ορίστηκαν από την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία μέσω της Οδηγίας 2006/21/EK και ενσωματώθηκαν στην Εθνική μέσω της ΚΥΑ 39624/2209/Ε10.

Σε κάθε Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (Σ.Δ.Α) πρέπει να περιλαμβάνονται τα παρακάτω κριτήρια:

- Προτεινόμενη ταξινόμηση της εγκατάστασης
- Χαρακτηρισμός αποβλήτων
- Περιγραφή της λειτουργίας που ευθύνεται για την παραγωγή των αποβλήτων
- Περιγραφή της επεξεργασίας που υφίστανται τα εξορυκτικά απόβλητα
- Περιγραφή του τρόπου με τον οποίον μπορούν να προσβληθούν οι άνθρωποι ή η δημόσια υγεία από την εναπόθεση των αποβλήτων σε συνδυασμό με τα προληπτικά μέτρα για την μείωση όσο το δυνατό περισσότερο των συνολικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- Προτεινόμενο πρόγραμμα για την παρακολούθηση, των έλεγχο διαχείρισης και συντήρησης των εγκαταστάσεων
- Προτεινόμενο σχέδιο κλεισίματος, αποκατάστασης και μετέπειτα διαδικασιών για την τελευταία φάση του κύκλου ζωής της εγκατάστασης
- Μέτρα για την τήρηση των απαιτήσεων που έχουν προσδιοριστεί μέσω των Ευρωπαϊκών Οδηγιών που σχετίζονται με την διαχείριση των μεταλλευτικών αποβλήτων

- Μέτρα για την πρόληψη και μείωση της ρύπανσης του αέρα και του εδάφους
- Εξέταση της κατάστασης του εδάφους που θα αλλοιωθεί από την εγκατάσταση των εξορυκτικών αποβλήτων
- Προτεινόμενα μέτρα που δικαιολογούν την συμμόρφωση με τις απαιτήσεις για τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα όταν η διάθεση τους γίνει σε κάποιο υδάτινο σύστημα υποδοχής
- Προτεινόμενα μέτρα για την πρόληψη ή τη μείωση ρύπανσης του εδάφους και της υποβάθμισης των υδάτων κατά την επανατοποθέτηση των εξορυκτικών αποβλήτων σε κοιλότητες εκσκαφής που προκλήθηκαν λόγω των εξορύξεων
- Την περίπτωση που θα προκύψει παρουσία κυανίου σε λίμνη, τα μέτρα για τον περιορισμό του εντός της λίμνης
- Στοιχεία που αποδεικνύουν ότι η διαχείριση των εγκαταστάσεων αποβλήτων αντιτίθεται σε αρμόδιο πρόσωπο και εξασφαλίζεται η παρακολούθηση της τεχνικής εξέλιξης και η κατάρτιση προσωπικού (Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας 2009)

Το Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων το οποίο καταρτίζεται από τον φορέα κατατίθεται στην αρμόδια αρχή και ελέγχονται οι πληροφορίες του. Σκοπός είναι η ικανοποίηση των στόχων του σχεδίου.

4.2. Εγκαταστάσεις διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων

Οι Εγκαταστάσεις διαχείρισης των εξορυκτικών αποβλήτων είναι σημαντικό κεφάλαιο των Σχεδίων Διαχείρισης. Λόγω της σημαντικότητας της διαχείρισης των τελμάτων οι εγκαταστάσεις διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων καθιερώθηκαν ως εγκαταστάσεις διαχείρισης τελμάτων – Tailings Management Facilities (T.M.F.). Οι κύριοι στόχοι της λειτουργίας των εγκαταστάσεων αυτών είναι:

- Η τεχνικά ασφαλής αποθήκευση των αποβλήτων ώστε να υπάρξει μείωση των περιβαλλοντικών κινδύνων
- Κατασκευή μιας δομής μεγάλης αντοχής και μη ρυπογόνου δομής που θα διατηρείται μακροχρόνια
- Το κόστος του έργου να είναι όσο το δυνατό πιο βιώσιμο (Loteermoster, 2003)

Οι εγκαταστάσεις διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων στην πραγματικότητα είναι φράγματα τα οποία αποτελούνται από χωμάτινα αναχώματα στο εσωτερικό των οποίων

γίνεται η αποθήκευση των αποβλήτων. Τα κύρια στοιχεία των αναχωμάτων που τα διαχωρίζουν από τα αναχώματα των υδρομαστευτικών φραγμάτων είναι ότι:

- Χωρίζονται σε δύο φάσεις ζωής. Μία κατά τη διάρκεια της απόθεσης των αποβλήτων που υπάρχει ο ανθρώπινος παράγοντας και μία μετά το κλείσιμο της εγκατάστασης στην οποία υπάρχει μόνο ο περιβαλλοντικός παράγοντας
- Τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά διαφοροποιούνται σε όλη τη διάρκεια της ζωής τους
- Συνήθως τα αναχώματα των φραγμάτων της εξορυκτικής βιομηχανίας ανυψώνονται με την αύξηση των αποβλήτων που αποτίθενται, καθώς κατασκευάζονται σε διακριτά στάδια (Government of Western Australia, Department of Mines and Petroleum Environment 1999)

Το πρώτο βήμα για την δημιουργία μιας εγκατάστασης διαχείρισης είναι η επιλογή της χωροθέτησης. Η επιλογή αυτή βασίζεται κυρίως στις παρακάτω παραμέτρους:

- Να έχει όσο το δυνατό πιο χαμηλό κόστος υλοποίησης
- Να είναι πρακτική ως προς την αποτελεσματικότητα
- Να ληφθεί υπόψη η επίδραση των ιδιοτήτων των αποβλήτων στο χώρο της απόθεσης
- Να ληφθούν υπόψη οι τοπικές κοινωνίες
- Να ληφθούν υπόψη πιθανά ιστορικά στοιχεία της τοποθεσίας
- Να ληφθούν υπόψη, εάν υπάρχουν, στοιχεία για παλαιότερες εγκαταστάσεις διάθεσης αποβλήτων στην περιοχή (Tailings.info)

Το επόμενο βήμα της κατασκευής είναι η επιλογή του τύπου διάταξης, η οποία εξαρτάται κυρίως από τη φυσική μορφή του εδάφους και επηρεάζεται από τη χωροθέτηση του. Οι κύριοι τύποι των διατάξεων είναι:

Φράγματα σε κοιλάδα, είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος φραγμάτων λόγω της δυνατότητας εκμετάλλευσης του ήδη υπάρχοντος φυσικού ανάγλυφου των κοιλάδων που σημαίνει ότι κατά συνέπεια έχει μικρότερο κόσμος κατασκευής. Το μεγαλύτερο αρνητικό τους είναι ότι είναι ευαίσθητα σε ορισμένα φυσικά φαινόμενα σε περιπτώσεις υψηλής βροχόπτωσης λόγω του μεγάλου όγκου νερού που εισέρχεται μέσα στη φυσική λεκάνη. (U.S.E.P.A. 1994).



Εικόνα 4.1: Φράγμα σε κοιλάδα, Canada (<https://www.tailings.info/storage/containment.htm>)

Φράγματα σε μορφή δαχτυλιδιού (Κυκλικά αναχώματα), είναι φράγματα των οποίων τα αναχώματα έχουν κυκλικό σχήμα και έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να κατασκευαστούν κοντά στο εργοστάσιο εμπλουτισμού τους καθώς δεν έχουν περιορισμό στη χωροθέτησή τους. Οι επιφανειακές απορροές ελέγχονται πιο ευκολά και δεν υπάρχει τόσο μεγάλος κίνδυνος πλημμυρικού φαινομένου. (U.S.E.P.A. 1994)



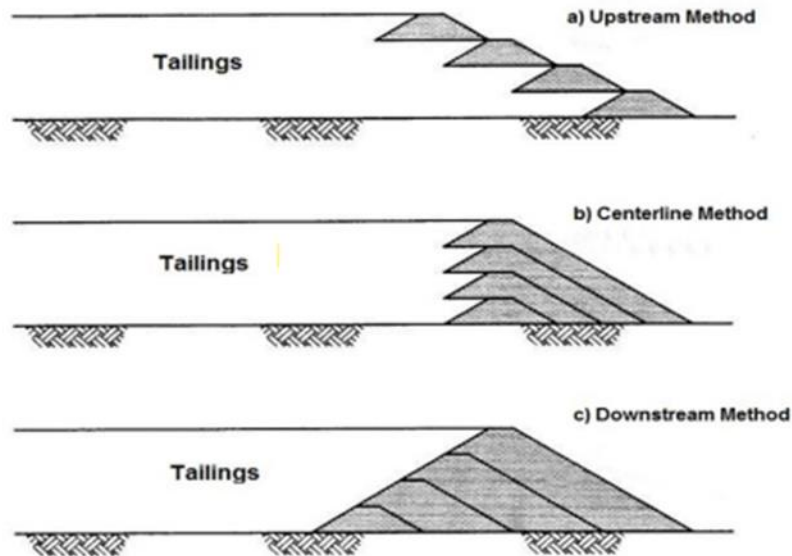
Εικόνα 4.2: Φράγμα σε μορφή δαχτυλιδιού, Western Australia
(<https://www.tailings.info/storage/containment.htm>)

Φράγματα σε επιφανειακά ορύγματα μεταλλείων, ο τύπος αυτός φραγμάτων αναφέρεται στην απόθεση των εξορυκτικών αποβλήτων σε ένα επιφανειακό όρυγμα από μεταλλείο παλαιότερης εκμετάλλευσης. Κύριο πλεονέκτημα είναι ότι συνήθως δεν χρειάζονται μέτρα αντιστήριξης και κατασκευές αναχωμάτων λόγω των τοιχωμάτων που υπάρχουν ήδη περιμετρικά του ορύγματος. Το βασικό ελάττωμα είναι ο μεγαλύτερος κίνδυνος για διαρροή στα υπόγεια ύδατα από τα στραγγίσματα, που μπορεί όμως να λυθεί με τα σωστά συστήματα στεγάνωσης και αποστράγγισης. (U.S.E.P.A. 1994)



Εικόνα 4.3: Φράγμα σε επιφανειακό όρυγμα μεταλλείου, El Valle, Asturias, Spain (<https://www.mindat.org/loc-106025.html>)

Τέλος μετά την επιλογή του τύπου των διατάξεων παίρνει σειρά η κατασκευή των αναχωμάτων. Τα αναχώματα μπορούν να κατασκευαστούν είτε μέσω της τεχνικής της σταδιακής ανύψωσης, δηλαδή σε στάδια καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του μεταλλείου, είτε με απευθείας ανύψωση μέχρι το τελικό τους ύψος. Η πιο συνηθισμένη μέθοδος είναι η σταδιακή ανύψωση καθώς το κόστος του αρχικού κεφαλαίου είναι μικρότερο και οι επιλογές των υλικών κατασκευής μεγαλύτερες, λόγω της μικρής ποσότητας που χρειάζεται σε κάθε στάδιο. Τα αναχώματα μπορούν να κατασκευαστούν είτε προς τα ανάντη (Upstream Method), είτε προς τα κατάντη (Downstream Method), είτε καθ' ύψος (Centerline Method) (tailing.info).



Εικόνα 4.3: Τεχνικές Κατασκευής αναχωμάτων (Vick S.G. 1990)

4.3. Ταξινόμηση εγκαταστάσεων μεταλλευτικών αποβλήτων

Η ταξινόμηση των εγκαταστάσεων των μεταλλευτικών αποβλήτων στην Ευρώπη βασίζεται στην Απόφαση 2009/337/EK «σχετικά με τον καθορισμό των κριτηρίων ταξινόμησης των εγκαταστάσεων διαχείρισης αποβλήτων σύμφωνα με το παράρτημα III της οδηγίας 2006/21/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων από εξορυκτικές βιομηχανίες» και την Οδηγία 2006/21/EK. Πριν από το 2009 που ήταν η έκδοση της Απόφασης η ταξινόμηση των εγκαταστάσεων γινόταν διαφορετικά σε κάθε χώρα και δεν είχαν όλες οι χώρες σύστημα ταξινόμησης. Σήμερα η ταξινόμηση γίνεται βάση των κινδύνων που ενέχουν οι εγκαταστάσεις ταξινόμησης και χωρίζονται σε 2 κατηγορίες.

- 1) Κατηγορία Α: «εάν οι βραχυπρόθεσμες ή μακροπρόθεσμες συνέπειες μιας πιθανής αστοχίας λόγω απώλειας της δομικής ακεραιότητας, ή λόγω κακής λειτουργίας της εγκατάστασης αποβλήτων θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε:
 - A. Μη αμελητέο ενδεχόμενο απώλειας ζωής
 - B. Σοβαρό κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία
 - C. Σοβαρό κίνδυνο για το περιβάλλον» (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης 15^{ης} Μαρτίου 2006)
- 2) Όλες οι υπόλοιπες εγκαταστάσεις διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων

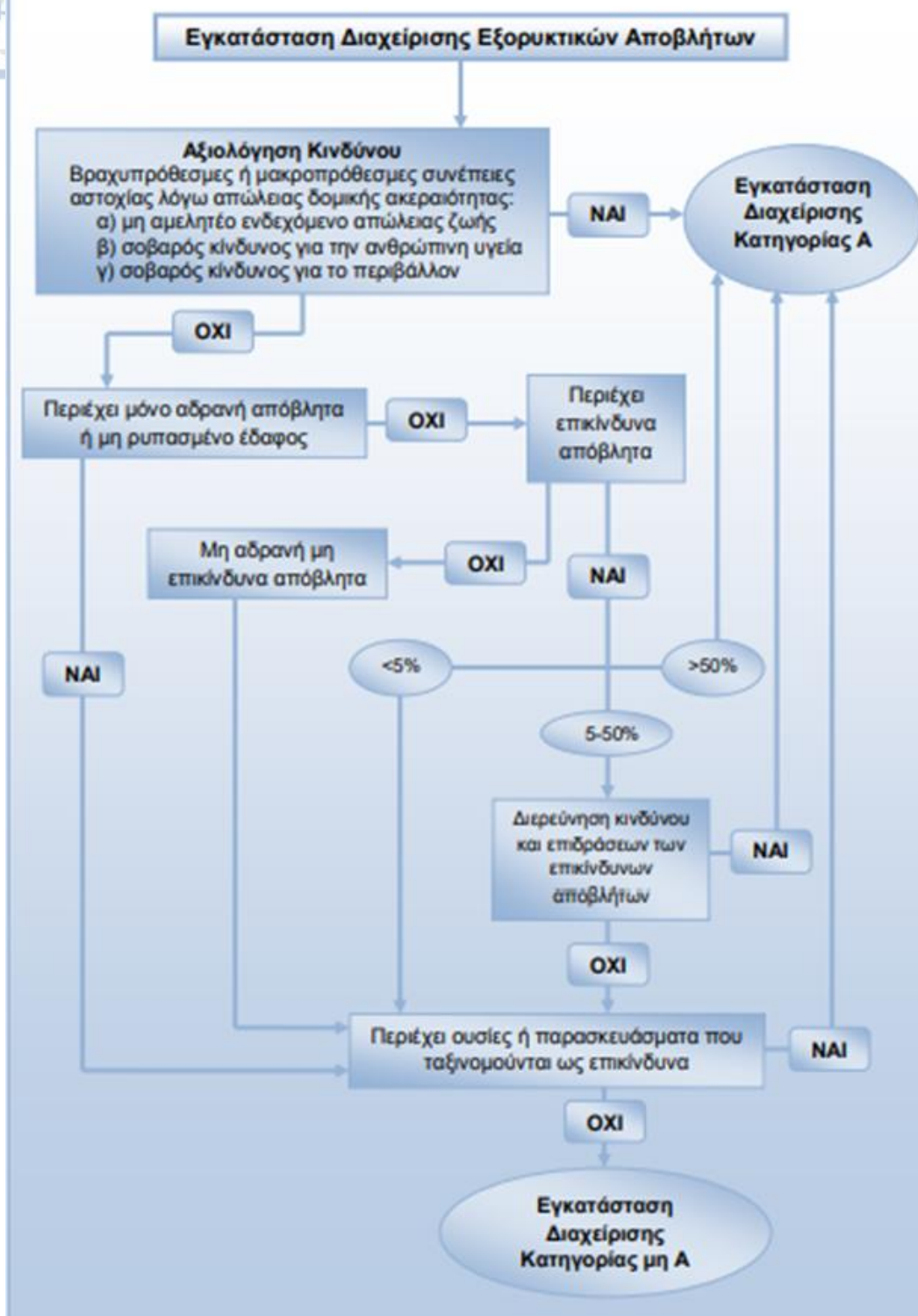
Στο Άρθρο 4 της Απόφασης 2009/337/EK αναλύονται οι περιπτώσεις της Κατηγορίας Α.

- Οι συνέπειες κάθε αστοχίας εξ' αιτίας της δομικής ακεραιότητας ή κακής λειτουργίας αξιολογούνται από τα κράτη μέλη
- Το κριτήριο της απώλειας ζωής ή του σοβαρού κινδύνου για την ανθρώπινη υγεία δεν λαμβάνεται υπόψη στην περίπτωση που σε ορισμένη περιοχή δεν αναμένεται η παρουσία ανθρώπων για μεγάλο χρονικό διάστημα, πέρα από τους εργαζομένους, οι οποίοι καλύπτονται από διαφορετική νομοθεσία μέσω των Οδηγιών 92/91/EK και 92/104/EK.
- Ο περιβαλλοντικός κίνδυνος δεν θεωρείται σοβαρός όταν:
 - i. Η ένταση της ρυπογόνου πηγής ελαττώνεται σε σημαντικό βαθμό σε σύντομο χρονικό διάστημα
 - ii. Η περιβαλλοντική βλάβη που θα προκύψει από την αστοχία δεν θα είναι μόνιμη ή μακροχρόνια
 - iii. Να υπάρχει δυνατότητα για το περιβάλλον που δέχεται τον κίνδυνο να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση με διαδικασίες καθαρισμού και αποκατάστασης (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης 20^η Απριλίου 2009)

Σύμφωνα με τα παραπάνω στην Κατηγορία Α εντάσσονται οι εγκαταστάσεις:

- Στις οποίες υπάρχει πιθανότητα πρόκλησης σοβαρού ατυχήματος εξ' αιτίας κάποιας βλάβης ή λανθασμένου χειρισμού (π.χ. κατάρρευση σωρού των αποβλήτων, ρήξη φράγματος)
- Στις οποίες ο λόγος του βάρους των επικίνδυνων αποβλήτων που αναμένεται να είναι στην εγκατάσταση ως το τέλος της προβλεπόμενης περιόδου προς το βάρος των συνολικών αποβλήτων που αναμένεται να είναι στην εγκατάσταση ως το τέλος της προβλεπόμενης περιόδου σε ποσοότητες μεγαλύτερες του 5%
- Στις οποίες εμπεριέχονται ουσίες ή παρασκευάσματα που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία, έπειτα απορρίπτονται και η υδατική τους φάση χαρακτηρίζεται ως επικίνδυνη σύμφωνα με τις οδηγίες 67/548/ΕΟΚ και 1999/45/ΕΚ

Στην περίπτωση που ισχύει έστω και ένα από τα κριτήρια που προαναφέρθηκαν η εγκατάσταση διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων κατατάσσεται ως Κατηγορία Α. Εάν δεν ισχύει κανένα από τα παραπάνω κριτήρια η εγκατάσταση κατατάσσεται σε κάποια από τις υπόλοιπες εγκαταστάσεις διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων (Σχ. 4.1)



Σχήμα 4.1: Διαδικασία Ταξινόμησης Εγκαταστάσεων Διαχείρισης εξορυκτικών αποβλήτων (Απόφαση 2009/337/EK και Οδηγία 2006/21/EK)

4.4. Αποκατάσταση των εγκαταστάσεων

Το τελικό στάδιο ,μετά το πέρας της λειτουργίας των μεταλλείων, είναι η αποκατάσταση της περιοχής. Η αποκατάσταση γίνεται σε 3 στάδια και στόχος της είναι η μέγιστη δυνατή μείωση του αποτυπώματος της εξορυκτικής δραστηριότητας που έλαβε χώρα στην συγκεκριμένη τοποθεσία.

Το πρώτο στάδιο περιλαμβάνει λειτουργίες οι οποίες γίνονται πριν το τέλος της μεταλλευτικής εκμετάλλευσης και διαμορφώνουν τον χώρο της απόθεσης με στόχο την πιο ομαλή και γρήγορη στερεοποίηση του επιφανειακού στρώματος. Στο δεύτερο στάδιο εμπεριέχονται οι λειτουργίες οι οποίες συμβαίνουν λίγο μετά το τέλος της απόθεσης των αποβλήτων και αφορούν την κατασκευή του επιφανειακού καλύμματος. Στόχος του δεύτερου σταδίου είναι να κλείσει η εγκατάσταση της απόθεσης και να διαμορφωθεί το επιφανειακό τμήμα το οποίο θα εξασφαλίζει την ασφάλεια της εγκατάστασης στην πάροδο του χρόνου. Το τρίτο στάδιο της αποκατάστασης είναι μακροχρόνιο και έχει ως στόχο την συντήρηση και της εγκατάστασης και τον έλεγχο και την παρακολούθηση της. Με το πέρας και του τρίτου σταδίου της αποκατάστασης η πλέον κλειστή περιοχή της εγκατάστασης διαχείρισης των αποβλήτων παραδίδεται στις τοπικές αρχές (Μέγας 2014).

5. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

5.1. Χρήση Κυανίου και μέτρα προστασίας

Ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά θέματα που προκύπτουν από την εκμετάλλευση των μεταλλευμάτων, κυρίως την εκμετάλλευση μικτών θειούχων, είναι η χρήση κυανίου. Το κυάνιο χρησιμοποιείται μέσω της μεθόδου της κυάνωσης, η οποία είναι η πιο συνηθισμένη μέθοδος για την εξαγωγή του χρυσού καθώς περίπου οι μισές από τις μονάδες εκμετάλλευση χρυσού την χρησιμοποιούν. Κατά τη μέθοδο αυτή ένα διάλυμα NaCN είτε ψεκάζεται είτε αναμιγνύεται με το εξορυγμένο μέταλλευμα με σκοπό τη δέσμευση όλων των τεμαχίων χρυσού ώστε να δημιουργηθεί ένα σύμπλοκο κυανίου με χρυσό από το οποίο μετέπειτα με διαφορετική επεξεργασία διατηρείται μόνο ο χρυσός. Το κύριο πρόβλημα της μεθόδου είναι ότι το εκμεταλλεύσιμο μέταλλο (χρυσός) είναι ελάχιστων γραμμαρίων ενώ το πέτρωμα το οποίο πρέπει να εξορυχθεί πολλών τόνων (Moran 2000). Επιπρόσθετα μέσω της μεθόδου αυτής τα απορρίμματα που προκύπτουν είναι τοξικές ενώσεις οι οποίες αποτίθενται στα τέλματα μέσα στα οποία δεν διαλύονται από τη φύση και μπορούν να ρυπάνουν τους υδροφόρους ορίζοντες σε περίπτωση κάποιας αστοχίας, ή ατυχήματος.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση για την επίλυση του προβλήματος προτείνει τη μείωση όσο το δυνατό περισσότερο των συγκεντρώσεων του κυανίου και των κυανιούχων ενώσεων στις λίμνες τελμάτων λόγω της τοξικότητάς τους. Για να επισημοποιήσει αυτή την πρόταση ορίζεται στην Οδηγία 2006/21/EK στο Άρθρο 13 «*όριο συγκέντρωσης του διασπώμενου με οξύ κυανίου στο εσωτερικό των λιμνών τελμάτων*». Το όριο αυτό ορίζεται συγκεκριμένα για τις εγκαταστάσεις:

- που έλαβαν άδεια ή λειτουργούσαν ήδη κατά την 1η Μαΐου 2008 < 50ppm
- που πήραν άδεια από 1^η Μαΐου 2008 – 30^η Απριλίου 2013 < 25ppm
- που πήραν άδεια από την 1^η Μαΐου 2013 – 30^η Απριλίου 2018 < 10ppm
- που πήραν άδεια από την 1^η Μαΐου 2018 < 10ppm (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης 24^{ης} Σεπτεμβρίου 1996)

5.2. Όξινη Απορροή Μεταλλείων (OAM)

Όξινη απορροή μεταλλείων (O.A.M.) ορίζεται «η απόρροια της οξείδωσης των θειούχων μεταλλευτικών αποβλήτων κατά την έκθεση τους στη δράση του νερού και του αέρα όσο βρίσκονται στην επιφάνεια της Γης». Είναι το πιο σοβαρό πρόβλημα των δραστηριοτήτων για την εξόρυξη άνθρακα, λιγνίτη και θειούχων μεταλλευμάτων και διαμορφώνεται από τις παραμέτρους και τις τιμές που παρατίθενται παρακάτω:

- pH (1,4 – 6,2)
- CaCO_3 (0 – 50.000 mg/L)
- Fe (1 – 10.000 mg/L)
- Al (1 – 2.000 mg/L)
- Mn (1 – 50 mg/L)
- Zn (1 – 50 mg/L)
- SO_4^- (1 – 25.000 mg/L)
- TSS (5 – 3.000 mg/L)
- Ρυθμός ροής (57- 157 l/s) (Paine 1987)

Οι παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται ο σχηματισμός της παρατίθενται στον Πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1: Παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται ο σχηματισμός της Όξινης Απορροής

Παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται ο σχηματισμός της OAM
Το θειούχο ορυκτό από το οποίο προκύπτει η όξινη απορροή
pH
Θερμοκρασία
Ύπαρξη οξυγόνου
Αλκαλικότητα
Παρουσία και τύπος των βακτηρίων
Το μέγεθος της επιφάνειας που έρχεται σε επαφή με την ατμόσφαιρα

Το πιο κοινό θειούχο ορυκτό που ενισχύει την όξινη απορροή είναι ο σιδηροπυρίτης (FeS_2) ο οποίος παράγει μεγαλύτερες ποσότητες OAM από τα υπόλοιπα θειούχα ορυκτά. Οι αντιδράσεις που σχηματίζονται κατά την όξινη απορροή του σιδηροπυρίτη δίνονται από την παρακάτω σχέση:



Οι χημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στο περιβάλλον των εγκαταστάσεων αποθήκευσης απορριμμάτων γίνονται σε 3 βήματα:

- 1^ο βήμα → οξείδωση του θείου και παραγωγή θειικού οξέος. Ξεκινάει σε περιβάλλον με pH=7 και τελειώνει σε περιβάλλον με pH ≈ 4,5
- 2^ο βήμα → βακτηριακή οξείδωση. Ξεκινάει σε περιβάλλον με pH ≈ 4.5 και τελειώνει σε περιβάλλον με pH=2,5
- 3^ο βήμα → υδρόλυση και καθίζηση συμπλοκών και ορυκτών σιδήρου. Αρχίζει σε περιβάλλον με pH = 2,5 και παράγει όξινα διαλύματα στα οποία οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων και των θεικών ιόντων είναι πολύ υψηλές (Κομνίτσας και Ξενίδης 2001)

Το φαινόμενο της OAM είναι αυτοκαταλυόμενο, που σημαίνει ότι αν ξεκινήσει το πρώτο στάδιο δεν μπορεί να σταματήσει στο δεύτερο ή στο τρίτο. Με το πέρας και του τρίτου βήματος δημιουργείται ένα πολύ όξινο νερό με υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων το οποίο έχει την ικανότητα να διαβρώνει τις εγκαταστάσεις της απόθεσης των αποβλήτων και παράλληλα να ρυπαίνει τους υδροφόρους ορίζοντες της περιοχής. Η ρύπανση αυτή επηρεάζει τόσο το φυσικό όσο και το ανθρωπογενές περιβάλλον καθώς επίσης επιβαρύνει και την υγεία των ανθρώπων (Dold 2014).

Για την αντιμετώπιση της όξινης απορροής απαιτείται μια σειρά ελέγχων από τον υπεύθυνο φορέα. Οι έλεγχοι αυτοί ξεκινάνε από το πρώτο στάδιο του κύκλου ζωής του μεταλλείου, τη φάση του σχεδιασμού, και ερευνάνε το ενδεχόμενο της πρόκλησης όξινης απορροής στο μέλλον ώστε να συμπεριληφθεί στο σχέδιο διαχείρισης. Επιπλέον συνεχίζονται και στα υπόλοιπα στάδια της ζωής του μεταλλείου ώστε σε περίπτωση δημιουργίας OAM να παρθούν τα κατάλληλα μέτρα για τον περιορισμό της (Κομνίτσας και Ξενίδης 2001).

5.3. Σφάλματα και Αστοχίες

Το πιο επιβλαβές πρόβλημα το οποίο μπορεί να προκύψει στο περιβάλλον είναι η αστοχία των λιμνών τελμάτων. Σε μια τέτοια περίπτωση οι συνέπειες της ρύπανσης είναι πολύ επικίνδυνες για το φυσικό περιβάλλον αλλά και για τον άνθρωπο και την κοινωνία. Οι κύριες αιτίες από τις οποίες μπορεί να προκληθεί μια αστοχία ή ένα ατύχημα είναι: τα έντονου βαθμού κατακρημνίσματα, η λάθος διαχείριση και συντήρηση των εγκαταστάσεων

αποθήκευσης των μεταλλευτικών αποβλήτων, τα κατασκευαστικά λάθη και η δημιουργία σωληνώσεων στα αναχώματα (Giannakidou et al. 2005). Τα αποτελέσματα που μπορεί να προκύψουν από μια αστοχία είναι αρχικά η ρύπανση πολύ μεγάλων εκτάσεων καλλιεργήσιμης γης αλλά και υδάτων (από υπόγειους υδροφορείς, λίμνες, ποτάμια μέχρι και θάλασσες). Επιπρόσθετα η θανάτωση υδρόβιων και χερσαίων ζώων αλλά και η επιβάρυνση της υγείας των ανθρώπων. Επιπλέον από ένα ατύχημα τέτοιας κλίμακας επηρεάζεται πολύ σημαντικά και η τοπική οικονομία της πληγείσας περιοχής. Παρ' ότι τα ατυχήματα στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης και διαχείρισης μεταλλευτικών αποβλήτων είναι χιλιάδες ανά τον κόσμο για τα περισσότερα δεν έχει μελετηθεί το κόστος που υπέστη το περιβάλλον μετέπειτα. Οι δύο μεγαλύτερες αστοχίες στην Ευρώπη, λόγω των οποίων δημιουργήθηκε και η Οδηγία 2006/21/EK, είναι η περίπτωση του μεταλλείου Aznalcollar στην Ισπανία και η περίπτωση Baia Mare στην Ρουμανία.

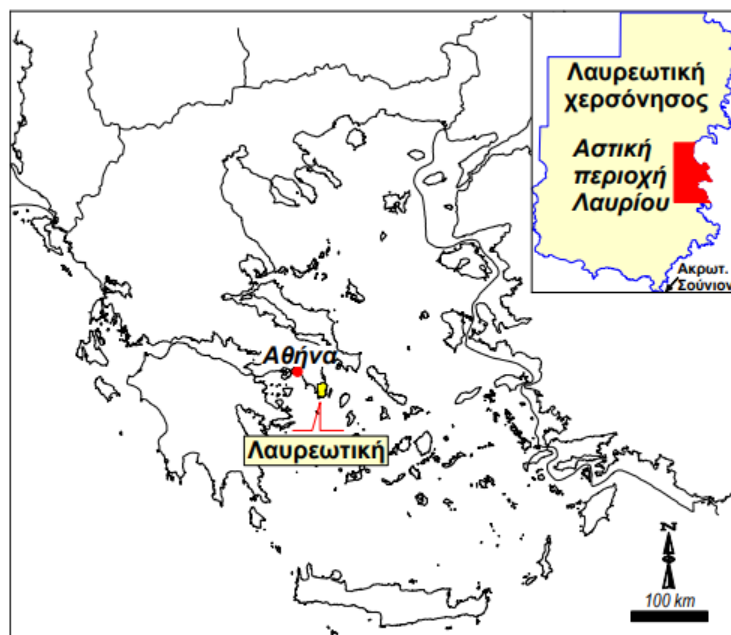
5.4 Αντιδράσεις

Λόγω όλων των παραπάνω περιβαλλοντικών προβλημάτων, των παλιών ατυχημάτων αλλά και της ανικανότητας του κράτους ή των περιφερειακών αρχών για την παρακολούθηση και επιβολή της περιβαλλοντικής νομοθεσίας υπάρχει αντίδραση από τις τοπικές κοινωνίες προς την ανάπτυξη της εξόρυξης. Οι αντιδράσεις οφείλονται στις μεθόδους της εξόρυξης, τον τύπο του ορυκτού που εξορύσσεται, την τοποθεσία των εγκαταστάσεων, την τοπική κοινωνία που βρίσκεται κοντά στις εγκαταστάσεις κ.α. Ο τομέας που αντιμετωπίζει τις μεγαλύτερες αντιδράσεις είναι τα έργα για την εξόρυξη του χρυσού εξ' αιτίας της μεθόδου της κυάνωσης που χρησιμοποιείται (Damingos and Kaliampakos 2006).

6. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

6.1. Λαύριο

Το Λαύριο είναι μια περιοχή στο ΝΑ τμήμα της Αττικής, στη Λαυρεωτική χερσόνησο που αποτελείται κυρίως από μάρμαρα και σχιστόλιθους. Τα μεταλλεύματα είναι κυρίως μικτά θειούχα και ανθρακικά ορυκτά μόλυβδου, ψευδαργύρου και σιδήρου. Οι μεταλλευτικές δραστηριότητες στο Λαύριο άρχισαν από τα αρχαία χρόνια, πριν από το 3500π.Χ., διακόπηκαν για αρκετούς αιώνες και ξεκίνησαν πάλι από το 1865μ.Χ. μέχρι το 1989μ.Χ. (Βέργου και Βλαχογιάννης και Δημητριάδης 2000).



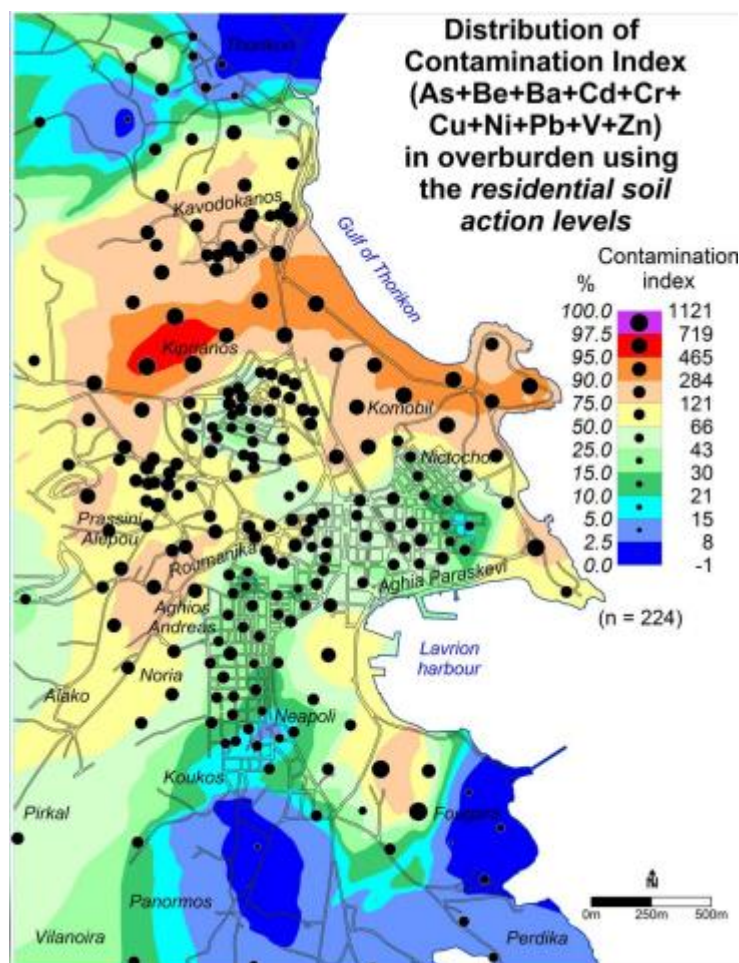
Εικόνα 6.1: Θέση Λαυρεωτικής χερσονήσου στον χάρτη της Ελλάδας

Στα μεταλλευτικά απορρίμματα της εκμετάλλευσης δεν έγινε ποτέ σωστή διαχείριση με αποτέλεσμα ένα πολύ μεγάλο τμήμα του επιφανειακού εδάφους αλλά και της ατμόσφαιρας να είναι πολύ ρυπασμένο με τα απόβλητα αλλά και τα τοξικά στοιχεία που περιέχουν. Για το λόγο αυτό η Ευρωπαϊκή ένωση σε συνδυασμό με το Ελληνικό Δημόσιο χρηματοδότησαν το έργο LIFE «Αποκατάσταση Εδάφους στο Δήμο Λαυρίου». Από το έργο αυτό αρχικά κρίθηκε ότι τα απορρίμματα τα οποία υπάρχουν μέχρι και σήμερα στην περιοχή της Λαυρεωτικής χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Απορρίμματα επίπλευσης: είναι κυρίως άμμος και κροκάλες που εμπεριέχουν τοξικά στοιχεία σε μεγάλες συγκεντρώσεις. Είναι το απόβλητο με την μεγαλύτερη έκταση και πάνω σε αυτά είναι χτισμένο πολύ μεγάλο κομμάτι της πόλης.

- Σκωρίες: είναι απόβλητα που προκύπτουν μετά την τήξη του μεταλλεύματος για την απομόνωση του αργυρούχου μόλυβδου και χωρίζονται στις σιδηρούχες σκωρίες που δεν είναι τοξικές και τις μη σιδηρούχες σκωρίες που είναι τοξικές. Έχουν χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή θεμελίων, ως υπόστρωμα δρόμων, υλικό μόνωσης κ.α.
- Σιδηροπυρίτες: είναι απόβλητα εμπλουτισμού του μεταλλεύματος τα οποία πέρα από τα τοξικά στοιχεία που περιέχουν μπορούν να προκαλέσουν και το φαινόμενο της όξινης απορροής μεταλλείων (OAM) (Βέργου και Βλαχογιάννης και Δημητριάδης 2000).

Επιπλέον κρίθηκε ότι ο κύριος ρυπαντής της περιοχής είναι ο μόλυβδος (Pb), αλλά υπάρχουν και άλλα στοιχεία που ευθύνονται για τη ρύπανση όπως το αρσενικό (As), ο ψευδάργυρος (Zn), ο υδράργυρος (Hg), το κάδμιο (Cd), το αντιμόνιο (Sb), ο χαλκός (Cu), το βηρύλλιο (Be), το βάριο (Ba), το χρώμιο (Cr), το νικέλιο (Ni) και το βανάδιο (V). (Δημητριάδης 2017)



Εικόνα 6.2: Κατανομή της μόλυνσης στη Λαυρεωτική Χερσόνησο (Demetriades et al. 2010)

Πέρα από την ύπαρξη των τοξικών στοιχείων στο έδαφος της περιοχής, μελέτες έδειξαν ότι εμφανίζεται αυξημένη περιεκτικότητα μολύβδου (Pb) στη σκόνη των σπιτιών, στο αίμα και τα νεογλά δόντια παιδιών και αυξημένη περιεκτικότητα αρσενικού (As) στα ούρα παιδιών και ενηλίκων. Τα παραπάνω επηρεάζουν την υγεία των ανθρώπων καθώς συνδέονται με την πνευματική ανάπτυξη και τον δείκτη νοημοσύνης στα παιδιά και νευρολογικά προβλήματα στους ενήλικες (Χατζηγεωργίου και Σταυράκη 1998).

6.2. Κίρκη

Στο νοτιοδυτικό τμήμα του νομού του Έβρου στη Θράκη βρίσκεται το χωριό Κίρκη. Η περιοχή της Θράκης φημιζόταν για την ύπαρξη ορυκτού πλούτου από την αρχαιότητα και η εκμετάλλευση του ξεκίνησε επίσημα στην περιοχή της Κίρκης το 1932. Από τότε και έπειτα τα δικαιώματα του μεταλλείου του Αγίου Φιλίππου πέρασαν από πολλά χέρια μέχρι το 1997, την χρονιά που έκλεισαν μόνιμα.



Εικόνα 6.3: Θέση της Κίρκης στον χάρτη της Θράκης (Γεωγραφικός Ατλας, Εκδόσεις Μαλλιάρης, 1998)

Το κοίτασμα της περιοχής χαρακτηρίζεται πολυμεταλλικό και περιέχει τα ορυκτά που παρατίθενται στον Πίνακα 6.1. Η εκμετάλλευση που έγινε στην περιοχή ήταν και επιφανειακή και υπόγεια και συνολικά εξορύχθηκαν περίπου 250.000 τόνοι μεταλλεύματος. Η ποσότητα των απορριμμάτων που προέκυψε από θειούχα ορυκτά ήταν περίπου 86.000m³.

Πίνακας 6.1: Ορυκτά που περιέχονται στο κοίτασμα της Κίρκης (Αρίκας 2007)

<i>Κύρια ορυκτά</i>		<i>Δευτερεύοντα ορυκτά</i>	
<i>Όνομα</i>	<i>Τύπος</i>	<i>Όνομα</i>	<i>Τύπος</i>
σιδηροπυρίτης	FeS ₂	κεστερίτης	Cu ₂ ZnSnS ₄
σφαλερίτης	ZnS	χαλκοπυρίτης	CuFeS ₂
βουρτσιίτης	ZnS	μαρκασίτης	FeS ₂
γαληνίτης	PbS	βισμούθινίτης	Bi ₂ S ₃
κιρκαίτης	Pb ₁₀ Bi ₃ As ₃ S ₁₉	κοζαλίτης	PbBi ₂ S ₅
ιορδανίτης	Pb ₁₄ As ₆ S ₂₃	εναργίτης	Cu ₃ AsS ₄
Bi-ιορδανίτης	Pb ₁₄ BiAs ₅ S ₂₃	λουζονίτης	Cu ₃ SbS ₄
τενναντίτης	Cu ₁₂ As ₄ S ₁₃	σελιγμανίτης	CuPbAsS ₃

Με το πέρας της λειτουργίας των μεταλλείων δεν έγινε καμία αποκατάσταση στην περιοχή, αλλά αντίθετα εγκαταλείφθηκε σε πολύ κακή κατάσταση. Το 2005 η ρύπανση καταγράφηκε μέσω ενός έργου του ΙΓΜΕ αλλά η περιοχή παρέμεινε όπως είχε (Σαμανίδης 2012). Το 2019 το Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας αποφάσισε «*την αποκατάσταση της περιβαλλοντικής ζημιάς του εδάφους και των υδάτων, του ανενεργού μεταλλείου Κίρκης, τον ορισμό των αρμόδιων φορέων και των υποχρεώσεων τους, τον καθορισμό των μέτρων αποκατάστασης της περιβαλλοντικής ζημιάς και την παρακολούθηση και ολοκλήρωση της αποκατάστασης*» (ΙΓΜΕ 2019), η οποία όμως ακόμα δεν έχει ολοκληρωθεί.

Σύμφωνα με τις μελέτες που έγιναν στην περιοχή αποδείχθηκε ότι οι κύριες πηγές που προκαλούν τη ρύπανση είναι:

1. **Το μεταλλείο του Αγίου Φιλίππου**, καθώς δημιουργείται το φαινόμενο της όξινης απορροής σε τρεις τοποθεσίες.
 - a. Τον σωρό των απορριμμάτων
 - b. Την λίμνη της ανοιχτής εκσκαφής
 - c. Την απορροή από την στοά με αριθμό 4 (ΙΓΜΕ 2006)

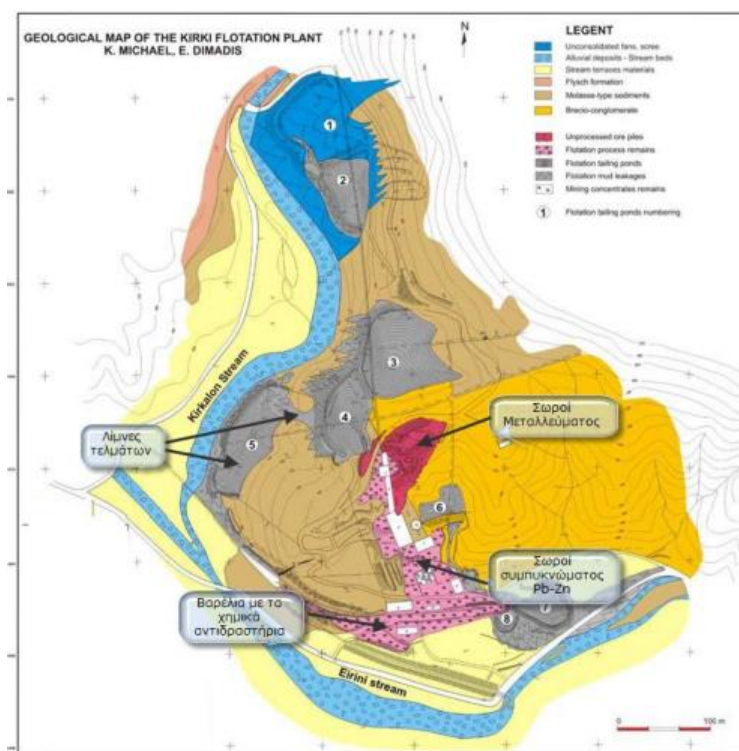


Εικόνα 6.4: Στοά απορροής 4 (ΙΓΜΕ 2006)



Εικόνα 6.5: Λίμνη ανοιχτής εκσκαφής (ΙΓΜΕ 2006)

2. Η περιοχή του εργοστασίου, η οποία εμφανίζεται στον παρακάτω χάρτη με τις κύριες πηγές ρύπανσης του:



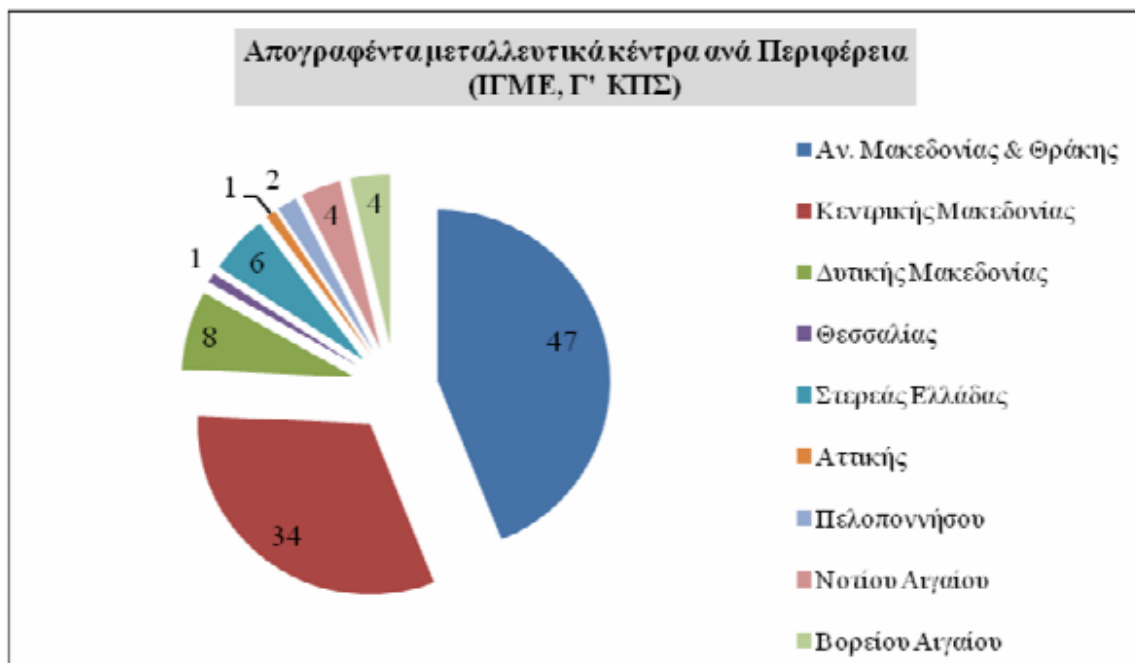
Εικόνα 6.6: Γεωλογικός χάρτης του εργοστασίου εμπλουτισμού και των κύριων πηγών ρύπανσης (ΙΓΜΕ 2006).

Από τις μελέτες που έγιναν στον ποταμό Ειρήνη βρέθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις στα βαρέα μέταλλα: μαγγάνιο (Mn), ψευδάργυρος (Zn), μόλυβδος (Pb), αρσενικό (As), βισμούθιο (Bi) και κάδμιο (Cd), που προέρχονται από το ρέμα Κιρκάλων το οποίο είναι έντονα ρυπασμένο. Επιπλέον έγιναν μετρήσεις στο υπέδαφος το οποίο ήταν ρυπασμένο από μόλυβδο, αρσενικό, κάδμιο και ψευδάργυρο μέχρι και 6km μακριά από το μεταλλείο του Αγίου Φιλίππου. Η ρύπανση αυτή επηρεάζει και τις γύρω καλλιεργήσιμες περιοχές στις οποίες επίσης ξεπερνιούνται τα επιτρεπτά όρια για το κάδμιο. Παρ' όλα αυτά οι περιοχές γύρω από το μεταλλείο αλλά και ο ποταμός Ειρήνη δεν κρίνονται επικίνδυνες για τη ανθρώπινη υγεία σύμφωνα με τον δείκτη επικινδυνότητας και την πιθανότητα καρκινογένεσης από αρσενικό(As) (Κωνσταντινίδης και Νικολαΐδης 2010). Όσο αναφορά μετρήσεις μέσα στην εγκατάσταση το μεταλλείο χαρακτηρίστηκε πολύ ρυπασμένο και κρίθηκε επικίνδυνο σύμφωνα με τον δείκτη επικινδυνότητας και τον κίνδυνο καρκινογένεσης ειδικά από τη στιγμή που ο χώρος είναι προσπελάσιμος. Πέρα από τη ρύπανση, υπάρχει πιθανότητα κατάρρευσης της εγκατάστασης του εργοστασίου και επιπρόσθετα κίνδυνος

μεταφοράς των περιεχομένων από τις λίμνες τελμάτων σε περίπτωση έντονης βροχόπτωσης. Όλα τα παραπάνω αποδεικνύουν την αναγκαιότητα της αποκατάστασης της περιοχής. (Αρίκας 2007).

6.3. Κλειστά μεταλλεία Ελλάδας

Πέρα από τα τις παραπάνω περιπτώσεις μεταλλείων και εγκαταστάσεων αποβλήτων στην Ελλάδα που αναφέρθηκαν, υπάρχουν και άλλες περιπτώσεις κλειστών ή εγκαταλελειμμένων εγκαταστάσεων αποβλήτων. Δεν υπάρχει οριστική καταγραφή των εγκαταστάσεων αυτών καθώς η έρευνα στον τομέα είναι ελλιπής. Παρ' όλα αυτά υπάρχει η τελευταία καταγραφή του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής το 2012. Η καταγραφή αυτή έγινε στα πλαίσια της Οδηγίας 2006/21/EK και κατ' επέκταση της ΚΥΑ με αριθμό 39624/2209/Ε103/2009 εξ' αιτίας του άρθρου 20, δηλαδή «την υποχρέωση των κρατών μελών την Ευρωπαϊκής ένωσης για απογραφή των κλειστών και εγκαταλελειμμένων εγκαταστάσεων αποβλήτων». Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι μετρήθηκαν 107 χώροι στα Ελληνικά σύνορα αλλά ο αριθμός αυτός δεν περιλαμβάνει λατομεία, μεταλλεία βωξίτη, κλειστούς χώρους γνωστής μεταλλευτικής ιδιοκτησίας και λιγνιτικά πεδία.



Εικόνα 6.8: Απογραφή μεταλλευτικών κέντρων ανά περιφέρεια (ΓΓΜΕ 2012).

Από τους 107 χώρους αρκετοί κρίθηκαν επικίνδυνοι σύμφωνα με την μελέτη επικινδυνότητας που έγινε στην περιοχή, με αποτέλεσμα να υπάρχει ανάγκη αποκατάστασης (ΥΠΕΚΑ 2012).

7. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία μελετήθηκε το θέμα της διαχείρισης των μεταλλευτικών αποβλήτων σε σχέση αρχικά με το νομικό πλαίσιο στο οποίο καλύπτεται, σε συνδυασμό με τις Αποφάσεις και τις Οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την επίλυση των προβλημάτων. Επιπλέον μελετήθηκε ο περιβαλλοντικός κίνδυνος που προκύπτει στις περιπτώσεις ύπαρξης μεταλλευτικών κέντρων, όσο αναφορά τα θέματα της όξινης απορροής και της κυάνωσης, καθώς και τα σημαντικότερα προβλήματα που έχουν προκύψει συγκεκριμένα στην Ελλάδα από τη λάθος διαχείριση των εγκαταστάσεων των αποβλήτων.

Εφόσον οι ορυκτές ύλες είναι πλέον απαραίτητες για την ζωή των ανθρώπων είναι πολύ σημαντικό να γίνεται σωστή διαχείριση των αποβλήτων και αποκατάσταση των εγκαταστάσεων διαχείρισης τους. Από τη στιγμή που το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο εξέδωσε την Οδηγία 2006/21/EK υπάρχει η βάση, τουλάχιστον για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ώστε να μειωθεί ο περιβαλλοντικός κίνδυνος. Τα προβλήματα που προκύπτουν έπειτα είναι κατά πόσο η νομοθεσία εφαρμόζεται σε κάθε κράτος μέλος και τι γίνεται εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η σημαντικότητα του θέματος παραμένει καθώς η ρύπανση που προκύπτει από μεταλλεία και χώρους απόθεσης μεταλλευτικών αποβλήτων δεν έχει εξαλειφθεί. Είναι πολλές οι περιπτώσεις εγκαταλελειμμένων μεταλλείων ανά τον κόσμο όπου δεν έχει γίνει ποτέ σωστή διαχείριση των αποβλήτων μέχρι και σήμερα και τα οποία συνεχίζουν να επιβαρύνουν το φυσικό αλλά και το ανθρωπογενές περιβάλλον. Επιπλέον είναι πολλές και οι περιπτώσεις ενεργών μεταλλείων παγκόσμια τα οποία δεν προνοούν για την αποφυγή του περιβαλλοντικού κινδύνου με αποτέλεσμα να είναι και αυτά πηγές ρύπανσης του περιβάλλοντος. Όλα αυτά είναι θέματα τα οποία πρέπει να επιλυθούν και μολονότι έχει γίνει μια αρχή, το πρόβλημα δεν έχει πάψει να υπάρχει.



- Damigos, D., & Kaliampakos, D. (2006). The “battle of gold” under the light of green economics: a case study from Greece. *Environmental Geology*, 50(2), 202-218.
- Demetriades, A., Li, X., Ramsey, M. H., & Thornton, I. (2010). Chemical speciation and bioaccessibility of lead in surface soil and house dust, Lavrion urban area, Attiki, Hellas. *Environmental Geochemistry and Health*, 32(6), 529-552.
- Dold, B. (2005). Basic concepts of environmental geochemistry of sulfide mine-waste. *Mineralogía, geoquímica y geomicrobiología para el manejo ambiental de desechos mineros. XXIV Curso Latinoamericano de Metalogenia*, 22, 1-36.
- Dold, B. (2014). Evolution of acid mine drainage formation in sulphidic mine tailings. *Minerals*, 4(3), 621-641.
- European Commission (2018) BREF Reference Document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste Rock in Mining Activities
- Eurostat, Statistics Explained, Waste Statistics (https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics)
- Government of Western Australia, Department of Mines and Petroleum Environment, 1999. Safe Design and Operating Standards for Tailings Storage.
- Hadjibiros, K., Mantziaras, I. D., Sakellariadis, D. G., Giannakidou, C., & Katsiri, A. (2006). Pollution risk assessment from European mining sites and preliminary results from tailings dams in Greece. In *Proceedings of the 8th International Conference: Protection and Restoration of the Environment* (pp. 3-7).
- Lottermoser, B. (2003). Mine water. In *Mine wastes* (pp. 83-141). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Moran, R. E. (1999). Cyanide in mining: some observations on the chemistry, toxicity and analysis of mining-related waters. *Central Asia Ecology*, 99.
- Paine, P. J. (1987). An historic and geographic overview of acid mine drainage. In *Proceedings of the Acid Mine Drainage Seminar/Workshop*, Halifax, NS (pp. 23-26).
- Tailings.info (<https://www.tailings.info/>)
- Vick, S. G. (1990). Planning, design, and analysis of tailings dams. BiTech Publishers Ltd.
- Αδάμ Κ. 2005. Διαχείριση μεταλλευτικών έργων και αειφόρος ανάπτυξη. *Μεταλλειολογικά - Μεταλλουργικά Χρονικά*, 12, 1-36.

Αλέξανδρος Δημητριάδης, 2017. Η γεωχημική χαρτογράφηση του αστικού περιβάλλοντος. 25η Πανελλήνια Συνάντηση Χρηστών ArcGIS, Crowne Plaza Hotel, Αθήνα, 12 Μαΐου 2017

Αρίκας Κ., Asfahani N., Nowak A., Goetz D. (2007). Τα μεταλλεία Κίρκης Νομού Έβρου και εκτιμήσεις περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Μέρος ά': Γεωχημική και ορυκτολογική μελέτη των μεταλλευτικών τελμάτων και συμπυκνωμάτων. Μεταλλειολογικά – Μεταλλουργικά Χρονικά, 1-2, 21-50.

Βερόνη, Κ. (2020). Δημιουργία και αντιμετώπιση του φαινομένου της όξινης απορροής μεταλλείων, η περίπτωση των μεταλλείων της Κίρκης. Μεταπτυχιακή εργασία, ΕΜΠ, 127 σελ.

Δημητριάδης, Αλ. Βέργου, Βλαχογιάννης, Ν. (2000). Η ρύπανση της Λαυρεωτικής χερσονήσου και του αστικού περιβάλλοντος του Λαυρίου από τα μεταλλευτικά-μεταλλουργικά απορρίμματα και οι επιπτώσεις στην υγεία του τοπικού πληθυσμού. «Πρακτικά ,της Θ' Επιστημονικής Συνάντησης Νοτιοανατολικής Αττικής, Λαύριον, 13-16 Απριλίου 2000. Εταιρεία Μελετών Λαυρεωτικής, Καλύβια Θορικού Αττικής, 1-36.

Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης «ΑΠΟΦΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 18ης Δεκεμβρίου 2014 για την τροποποίηση της απόφασης 2000/532/EK όσον αφορά τον κατάλογο των αποβλήτων σύμφωνα με την οδηγία 2008/98/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου»

Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης «ΑΠΟΦΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 24ης Σεπτεμβρίου 1996 σχετικά με την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο ρύπανσης»

Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης «ΑΠΟΦΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 30ης Απριλίου 2009 για τη συμπλήρωση των τεχνικών απαιτήσεων όσον αφορά το χαρακτηρισμό των αποβλήτων, τις οποίες ορίζει η οδηγία 2006/21/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων της εξορυκτικής βιομηχανίας»

Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης «ΟΔΗΓΙΑ 2006/21/EK ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 15ης Μαρτίου 2006 σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων της εξορυκτικής βιομηχανίας και την τροποποίηση της οδηγίας 2004/35/EK»

Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης «ΟΔΗΓΙΑ 2008/98/EK ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 19ης Νοεμβρίου 2008 για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών»

Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, «ΑΠΟΦΑΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 20ης Απριλίου 2009 σχετικά με τον καθορισμό των κριτηρίων ταξινόμησης των εγκαταστάσεων διαχείρισης αποβλήτων σύμφωνα με το παράρτημα ΙΙΙ της Οδηγίας 2006/21/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων από εξορυκτικές βιομηχανίες»

Εφημερίδα της Κυβέρνησης «ΟΔΗΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 12ης Δεκεμβρίου 1991 για τα επικίνδυνα απόβλητα (91/689/ΕΟΚ)»

ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ, ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ, Αρ. Φύλλου 2076. 25 Σεπτεμβρίου 2009

Ζαχαριά, Χ.Ν. (2010). Περιγραφή διασποράς ρύπων από εγκαταστάσεις μεταλλευτικών αποβλήτων με σύγχρονα λογισμικά εργαλεία. Πτυχιακή εργασία, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών, ΕΜΠ, 121 σ.

ΙΓΜΕ, 23 Ιουνίου 2006. «ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΙΡΚΗΣ – ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ. ΠΡΟΣΩΡΙΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ», Παρουσίαση σε ενημερωτική ημερίδα.

Κομνίτσας Κ. & Ξενίδης Α. (2001) Όξινη Απορροή Μεταλλείων. Δημιουργία – Επιπτώσεις και Τεχνικές Αντιμετώπισης σε Μεταλλεία Μικτών Θειούχων. Τεχν. Χρον. Επιστ. Έκδ. ΤΕΕ, V, τεύχ. 1&2, 19-36.

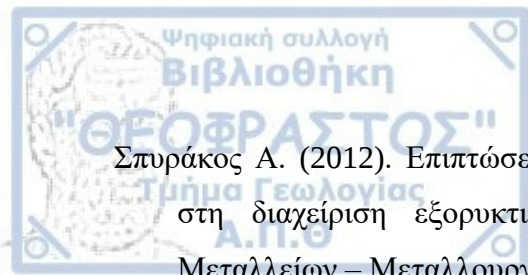
Klohn Crippen Berger (<https://www.klohn.com/projects/highland-valley-copper-mine/>)

Μέγας Δ. (2014). Εγκαταστάσεις εξορυκτικών αποβλήτων - Βασικές αρχές σχεδιασμού, κατασκευής και διαχείρισης. Μεταπτυχιακή εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ, 119 σελ.

Νικολαΐδης Χ. και Κωνσταντινίδης Θ. (2010). Μελέτη επιπτώσεων από το μεταλλείο Κίρκης. Αξιολόγηση περιβαλλοντικής ρύπανσης κίνδυνοι σχετικοί με τη δημόσια υγεία. Έκθεση του Εργαστηρίου Υγιεινής και Προστασίας Περιβάλλοντος για τα μεταλλεία Κίρκης στα πλαίσια της Προγραμματικής Σύμβασης μεταξύ Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Ροδόπης - Εβρου, Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης και Γενικού Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Αλεξανδρούπολης (ΔΠΘ - ΝΑΡΕ - ΓΠΝΑ), 64 σελ.

Πουλημένου Ν-Η. (2018). Διαχείριση των μεταλλευτικών αποβλήτων σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό και Εθνικό Νομικό πλαίσιο και την αναθεώρηση των Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών. Διπλωματική εργασία, ΕΑΠ, 98 σελ.

Σαμανίδης Χ. (2012). Ορυκτολογική και γεωχημική μελέτη θεικών αλάτων στα μεταλλευτικά τέλματα και συμπυκνώματα από την ανενεργή μονάδα εμπλουτισμού στην Κίρκη Έβρου. Πτυχιακή εργασία, Τμήμα γεωλογίας, ΑΠΘ, 140 σελ.



Σπυράκος Α. (2012). Επιπτώσεις από την εφαρμογή της οδηγίας εξορυκτικών αποβλήτων στη διαχείριση εξορυκτικών έργων. Διπλωματική εργασία, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών, ΕΜΠ, 147 σελ.

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ & ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (2019). «Αποκατάσταση περιβαλλοντικής ζημιάς του δημόσιου ανενεργού μεταλλείου Κίρκης Δ. Αλεξανδρούπολης, Π.Ε. Έβρου, ορισμός αρμόδιων φορέων και καθορισμός μέτρων αποκατάστασης της περιβαλλοντικής ζημιάς».

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ (2012). «Απογραφή κλειστών & εγκαταλελειμμένων εγκαταστάσεων αποβλήτων»

Χατζηγεωργίου-Σταυράκη Π. (1998). Επιπτώσεις της ρύπανσης από βαρέα μέταλλα σε περιοχές μεταλλευτικής δραστηριότητας στην υγεία του τοπικού πληθυσμού. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 122 σελ.