

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ**



**Προσομοίωση εργοστασίου παραγωγής αδρανών υλικών**

Διπλωματική εργασία

Τηλέμαχος Σ. Κωνσταντινίδης

Εξεταστική Επιτροπή

Ευάγγελος Πετράκης, Επίκουρος Καθηγητής (επιβλέπων)

Κωνσταντίνος Κομνίτσας, Καθηγητής

Γεώργιος Ξηρουδάκης, Επίκουρος Καθηγητής

Χανιά 2025

## **Ευχαριστίες**

Ολοκληρώνοντας την παρούσα διπλωματική εργασία, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντά μου Επικ. Καθηγητή κ. Ευάγγελο Πετράκη για την ευκαιρία που μου έδωσε να εκπονήσω τη διπλωματική εργασία και για τη διαρκή παρακολούθησή του κατά την συγγραφή της.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Κομνίτσα και τον Επικ. Καθηγητή κ. Γεώργιο Ξηρουδάκη για την συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή της εργασίας μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την αμέριστη και αδιάκοπη βοήθεια τους καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου,

## **Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:**

Δηλώνω ρητά ότι, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Επίσης σημειώνεται ότι η παρούσα εργασία υποβάλλεται σε αξιολόγηση και οι απόψεις που περιέχονται σε αυτήν αφορούν τον συγγραφέα και δεν εκφράζουν την εξεταστική τριμελή επιτροπή.

---

## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζει το σχεδιασμό – προσομοίωση εργοστασίου παραγωγής αδρανών υλικών. Πιο συγκεκριμένα μέσω του προγράμματος προσομοίωσης USIM PAC 3.1 σχεδιάστηκε το διάγραμμα ροής του εργοστασίου εισάγοντας τα μηχανήματα (μονάδες), τις ροές του υλικού μεταξύ των μονάδων, καθώς και τις απαραίτητες παραμέτρους μηχανημάτων και υλικού που χρειάζονταν για να ολοκληρωθεί το εργοστάσιο θραύσης – ταξινόμησης. Όλη αυτή η διαδικασία επιτρέπει την προσομοίωση και τον έλεγχο της ροής των υλικών μέσα από τις διάφορες φάσεις παραγωγής, όπως η εξόρυξη, η θραύση, η κοσκίνιση και η μεταφορά των αδρανών υλικών. Η χρήση του προσομοιωτή βοηθά στην ανάλυση των διακυμάνσεων της παραγωγής, επιτρέποντας την αναγνώριση των περιοχών που μπορούν να βελτιωθούν (π.χ. βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας του εξοπλισμού, μείωση του χρόνου λειτουργίας του ή των καθυστερήσεων). Ο προσομοιωτής βοηθά στην παρακολούθηση και τον υπολογισμό των αποθεμάτων αδρανών υλικών σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας την αποτελεσματική διαχείριση τους και τον σχεδιασμό των παραγγελιών. Η χρήση του USIM PAC 3.1 σε ένα εργοστάσιο αδρανών υλικών προσφέρει μια ολοκληρωμένη προσέγγιση στην ανάλυση, βελτίωση και διαχείριση των παραγωγικών διαδικασιών, συνεισφέροντας στην αποδοτικότητα, τη μείωση του κόστους και τη βελτίωση της ποιότητας της παραγωγής.

Το εργοστάσιο παραγωγής αδρανών υλικών αποτελείται από εξοπλισμό πρωτογενούς και δευτερογενούς θραύσης, κόσκινα και μεταφορικές ταινίες. Η πλήρης εγκατεστημένη ισχύς ανέρχεται σε 1.500 HP, ενώ η παραγωγική ικανότητα της μονάδας φτάνει τα 2.000 m<sup>3</sup> προϊόντων ημερησίως, υπό την προϋπόθεση λειτουργίας μίας οκτάωρης βάρδιας.

Στο πλαίσιο της ανάλυσης, εξετάζονται λεπτομερώς τα οικονομικά μεγέθη του συστήματος παραγωγής αδρανών υλικών. Η μελέτη περιλαμβάνει την εκτίμηση όλων των σχετικών παραμέτρων που αναφέρονται στην εγκατάσταση και λειτουργία της μονάδας, την αξιολόγηση σκοπιμότητας του έργου, την απαιτούμενη επενδυτική δαπάνη, καθώς και το αναλυτικό κόστος λειτουργίας. Επιπλέον, εξετάζονται οι δαπάνες που σχετίζονται με τον εξοπλισμό διάτρησης, ανατίναξης και μεταφορά του υλικού στο συγκρότημα θραύσης

---

Η ανάλυση αποσκοπεί στη διαμόρφωση μιας ολοκληρωμένης εικόνας για τη βιωσιμότητα και αποδοτικότητα του έργου. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται όχι μόνο η θεωρητική κατανόηση των βιομηχανικών διαδικασιών αλλά και η πρακτική εφαρμογή σε πραγματικές συνθήκες.

Εν κατακλείδι, η επιλογή του συγκεκριμένου θέματος και εργαλείου αποσκοπεί στην ενίσχυση της γνώσης στον τομέα των αδρανών υλικών και στη συμβολή στη βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας μέσω της τεχνολογίας.

**Λέξεις κλειδιά:** *Αδρανή υλικά, λατομείο, θραύση, κοσκίνιση, οικονομοτεχνική ανάλυση, προσομοίωση, USIM PAC 3.1.*

## Abstract

This thesis presents the design – simulation of a plant for the production of aggregates. More specifically, through the USIM PAC 3.1 simulation program, a plant flow chart was designed by introducing the machines (units), the flow streams between the units, as well as the necessary parameters of machines and material needed to complete the crushing - screening plant.

This entire process allows to simulate and control the flow of materials through the various production stages, such as mining, crushing, screening, and transportation of aggregates. Using the simulator helps to analyze production fluctuations, allowing the identification of areas that can be improved (e.g. optimizing the equipment efficiency, reducing operating time or delays. Using USIM PAC 3.1 in an aggregate plant offers an integrated approach to the analysis, improvement and management of production processes, contributing to efficiency, cost reduction and improved production quality.

The mined material is processed in the crushing and screening plant, which is installed and operated in the quarry area to produce marketable products of appropriate grain size.. The plant consists of primary and secondary crushing machines, sieves and conveyor belts. The estimated power requirements of the plant are 1500 HP with a production capacity of approximately 2000 m<sup>3</sup> of aggregate products per day, operating in an eight-hour shift.

Finally, a financial analysis of aggregate production is presented. All economic parameters for the installation, operation of production units, feasibility study and investment capital are studied. In this way, not only the theoretical understanding of industrial processes is achieved but also the practical application in real conditions.

In conclusion, the choice of the specific topic and tool aims to enhance the knowledge in the field of aggregates and to contribute to the improvement of the production process through technology.

**Keywords:** *Aggregates, quarry, crushing, screening, simulation, financial analysis, USIM PAC 3.1.*

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	II
Abstract .....	II
Περιεχόμενα .....	III
Λίστα Εικόνων.....	V
Λίστα Πινάκων .....	VI
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή .....	1
1.1 Γενικές Έννοιες .....	1
1.2 Αντικείμενο .....	4
1.3 Στόχος .....	4
1.4 Οι λατομικοί χώροι στην Ελλάδα .....	4
1.5 Κατηγορίες αδρανών υλικών .....	6
1.6 Στοιχεία για τον κλάδο.....	7
Κεφάλαιο 2. Μηχανισμοί και Μηχανήματα Θραύσης – Κοσκίνισης.....	11
2.1 Συγκρότημα θραύσης ταξινόμησης.....	11
2.2 Μηχανισμός θραύσης .....	11
2.3 Μηχανές θραύσης.....	13
2.3.1 Σιαγονωτός Σπαστήρας .....	13
2.3.2 Κωνικός Σπαστήρας).....	14
2.4 Μηχανές ταξινόμησης .....	15
2.4.1 Σταθερά και Κινούμενα κόσκινα .....	15
2.4.2 Τύποι κινουμένων κοσκίνων.....	16
2.4.3 Υδροκυκλώνες (Hydrocyclones) .....	17
2.4.4 Αεροταξινομητές (Air Classifiers) .....	17
2.4.5 Φυγοκεντρικοί διαχωριστές (Centrifugal Separators).....	17
Κεφάλαιο 3. Μεθοδολογία Παραγωγής Αδρανών Υλικών .....	18
3.1 Φυσικές παράμετροι .....	18
3.2 Οικονομικές παράμετροι .....	18
3.3 Περιβαλλοντικές παράμετροι.....	19
3.4 Τεχνολογικές παράμετροι.....	19
3.5 Νομοθετικές παράμετροι .....	20
3.6 Περιβαλλοντικοί Κανονισμοί .....	21
3.7 Κανονισμοί Υγείας και Ασφάλειας .....	21
3.8 Μεταλλευτικά δικαιώματα και ιδιοκτησία.....	22
Κεφάλαιο 4. Οικονομοτεχνικές Μελέτες Μονάδων Παραγωγής Αδρανών Υλικών.....	24
4.1 Έρευνα αγοράς.....	24

4.2	Οικονομική Ανάλυση .....	24
4.3	Το λογισμικό Usim Pac 3.1 .....	26
4.3.1	Βασικά χαρακτηριστικά: .....	26
4.3.2	Πεδία εφαρμογής:.....	27
4.4	Αρχή λειτουργίας προσομοιωτή USIM PAC 3.1.....	27
4.4.1	Διαγραμματική Απεικόνιση Ροής (Flowsheet).....	27
4.5	Μονάδα Θραύσης – Ταξινόμησης.....	31
4.6	Διαδικασία θραύσης στα λατομεία .....	32
4.7	Παραγόμενα Προϊόντα κατά την Α' Θραύση .....	33
4.8	ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΘΡΑΥΣΗ .....	39
4.9	Β' Θραύση .....	39
4.10	Παράμετροι μηχανήματων θραύσης - ταξινόμησης .....	43
Κεφάλαιο 5. Ανάλυση Κόστους Κατασκευής Μονάδας και Ετήσιας Ταμειακής Ροής .....		45
5.1	Κριτήρια αξιολόγησης της αποδοτικότητας μιας επένδυσης .....	47
5.2	Υπολογισμός σταθερού κεφαλαίου επένδυσης – εξοπλισμός .....	48
5.3	Υπολογισμός σταθερού κεφαλαίου επένδυσης – μέθοδος τμηματικής εκτίμησης 50	
5.4	Κόστος αγοράς εξοπλισμού Έργου - Προσωπικού .....	51
5.4.1	Κεφάλαια .....	52
5.4.2	Μηχανήματα .....	52
5.4.3	Προσωπικό.....	57
5.5	Διάτρηση- Ανατίναξη.....	59
5.6	Περιβαλλοντική ανάλυση .....	60
5.7	Έσοδα από πώληση των προϊόντων .....	64
5.8	Ταμειακή Ροή .....	66
5.9	Τρόποι καλύψεως αρχικού κεφαλαίου επένδυσης.....	69
5.9.1	Ίδια Κεφάλαια .....	69
5.9.2	Δανεισμός.....	69
5.9.3	Επιχορηγήσεις και Χρηματοδοτικά Προγράμματα .....	69
5.9.4	Συνεργασίες και Κοινοπραξίες .....	70
Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα Προτάσεις .....		71
Βιβλιογραφία.....		72
Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία.....		72
Διαδικτυακές Πηγές .....		72
Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία .....		73

## Λίστα Εικόνων

Εικόνα 1.1:Χάρτης λατομείων αδρανών υλικών .....	5
Εικόνα 1.2- Ποσοστιαία απεικόνιση χρήσεις αδρανών υλικών .....	7
Εικόνα 1.3-Στοιχεία για τα αδρανή υλικά στην Ευρώπη. ....	9
Εικόνα 1.4-Παραγωγή αδρανών υλικών ανά Ευρωπαϊκή χώρα. ....	10
Εικόνα 1.5-Παραγωγή ανά χώρα της Ευρώπης σε τόνους ανά κάτοικο. ....	10
Εικόνα 2.1-Θραυστήρας σιαγόνων. ....	14
Εικόνα 2.2- Κωνικός σπαστήρας .....	15
Εικόνα 2.3-Σχηματική απεικόνιση κοσκίνισης υλικών σε υπομέγεθος και υπερμέγεθος (πηγή). .....	16
Εικόνα 2.4-Κόσκινο με τρία καταστρώματα ( <a href="http://www.northstone-ni.co.uk/">www.northstone-ni.co.uk/</a> ). ....	17
Εικόνα 4.1-Διάγραμμα λειτουργίας μεταλλευτικής επιχείρησης (Τσακαλάκης, 2005).....	25
Εικόνα 4.2: Διαδικασία Διαχείρισης Αδρανών Υλικών: Από την Εισαγωγή έως τη Χρήση .....	26
Εικόνα 4.3-Αρχικό στάδιο σχεδιασμού.....	27
Εικόνα 4.4-Εξοπλισμός που διαθέτει ο Προσομοιωτής (UNIT) .....	28
Εικόνα 4.5-Αρχικό στάδιο δημιουργίας απεικόνισης μονάδας.....	29
Εικόνα 4.6-Περιβάλλον Προσομοιωτή. ....	29
Εικόνα 4.7-Ορισμός παραμέτρων πετρώματος. ....	30
Εικόνα 4.8-Κοκκομετρικά Κλάσματα για τροφοδοσία του εργοστασίου μας.....	30
Εικόνα 4.9-Ρύθμιση παραμέτρων σιαγονωτού θραυστήρα.....	31
Εικόνα 4.10-Εισαγωγή παραμέτρων κοσκίνου με τρία καταστρώματα .....	31
Εικόνα 4.11-Διάγραμμα ροής μονάδας Α θραύσης. ....	34
Εικόνα 4.12- Α θραύση ροή stream/ 19-3Α και ροή/stream 21-Σκύρα.....	35
Εικόνα 4.13-VF661-2Vtm GRIZZLY.....	36
Εικόνα 4.14-Norbergc130TM.....	37
Εικόνα 4.15- Απεικόνιση Β' θραύσης.....	40
Εικόνα 4.16-Τελική φάση διαγράμματος ροής. ....	41
Εικόνα 4.17-Model Symos Cone .....	42
Εικόνα 5.1-Μονάδα παραγωγής αδρανών υλικών.....	45
Εικόνα 5.2-Δείκτης Κόστους Marshall and Swift (M&S) .....	49
Εικόνα 5.3-Διακίνηση κεφαλαίων εντός μια μεταλλευτικής επιχείρησης.....	52
Εικόνα 5.4-Ανατρεπόμενο Dumper.....	54
Εικόνα 5.5-Ερπυστριοφόρος Εκσκαφέας. ....	54
Εικόνα 5.6-Διατρητικό ATLAS. ....	55
Εικόνα 5.7-Φορτωτής 980M CAT.....	55
Εικόνα 5.8-Φορτωτής W380-8.....	56
Εικόνα 5.9-Εμπειρικοί τύποι διάτρηση-ανατίναξη (Αγιουταντης, 2009) .....	60



## Λίστα Πινάκων

Πίνακας 4.1-Εξοπλισμός Α' Θράυσης.....	36
Πίνακας 4.2-Παραγωγή προϊόντων Α' θράυσης .....	39
Πίνακας 4.3-Μηχανήματα θράυσης ταξινόμησης για την Β' θράυση της μονάδας παραγωγής αδρανών υλικών.....	41
Πίνακας 4.4- Παραγόμενα υλικά από τη Β' θράυση.....	43
Πίνακας 4.5-Παράμετροι μηχανήματος θράυσης-ταξινόμησης.....	43
Πίνακας 4.6-Παράμετροι μηχανήματος.....	44
Πίνακας 5.1--Υπολογισμός σταθερού και συνολικού κεφαλαίου επένδυσης ως συνάρτηση του κόστους Ν του κυρίου εξοπλισμού μονάδας.....	46
Πίνακας 5.2-Κόστος εξοπλισμού μονάδας.....	49
. Πίνακας 5.3-Ενεργειακό κόστος μηχανήματος εργοστασίου.....	51
Πίνακας 5.4-Τιμές Μηχανήματος.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Πίνακας 5.5-Δαπάνες Εργαζομένων.....	57
Πίνακας 5.6-Συνολικό κόστος επένδυσης .....	62
Πίνακας 5.7-Υπολογισμός σταθερού κεφαλαίου Επένδυσης.....	63
Πίνακας 5.8-Έσοδα Μονάδας Α' θράυσης .....	65
Πίνακας 5.9-Έσοδα μονάδας Β' θράυσης.....	66
Πίνακας 5.10-Ταμειακή Ροή .....	68

## Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

### 1.1 Γενικές Έννοιες

Τα Αδρανή είναι τα κοκκώδη υλικά (φυσικά, τεχνητά ή ανακυκλωμένα), τα οποία προκύπτουν από φυσική ή τεχνητή θραύση των πετρωμάτων, που χρησιμοποιούνται αυτούσια (π.χ. ως έρμα σιδηροδρομικών γραμμών) ή σε συνδυασμό για παραγωγή συνθέσεων, όπως σκυροδέματα, ασφαλτικά μίγματα (Brown, 2024).

Τα αδρανή υλικά είναι εκείνα τα υλικά που δεν υφίστανται σημαντικές χημικές αντιδράσεις κατά τη διάρκεια της χρήσης τους στις κατασκευές. Χρησιμοποιούνται κυρίως ως συστατικά σε μίγματα όπως το σκυρόδεμα και το ασφαλτοσκυρόδεμα, προσφέροντας δομική σταθερότητα και αντοχή. Είναι υλικά που δεν αλληλεπιδρούν χημικά με τα υπόλοιπα συστατικά του μείγματος, γεγονός που τα καθιστά "αδρανή" κατά την εφαρμογή τους.

Τα αδρανή υλικά διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες: την άμμο και το χαλίκι. Η άμμος έχει μικρότερο μέγεθος κόκκων και χρησιμοποιείται συχνότερα για την παραγωγή σκυροδέματος και άλλων κατασκευαστικών υλικών. Αντίθετα, το χαλίκι έχει μεγαλύτερου μεγέθους κόκκους από την άμμο και χρησιμοποιείται για έργα υποδομής, όπως η κατασκευή δρόμων και βάσεων.

Ορισμένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των αδρανών υλικών περιλαμβάνουν την αντοχή τους, η οποία είναι κρίσιμη για τη σταθερότητα των κατασκευών, το μέγεθος των κόκκων, το οποίο καθορίζει την εφαρμογή του υλικού και η ποιότητα του, καθώς τα αδρανή πρέπει να είναι καθαρά από ακαθαρσίες που ενδέχεται να επηρεάσουν τη λειτουργικότητα και την αντοχή των υλικών.

Στην κατασκευαστική βιομηχανία, τα αδρανή υλικά χρησιμοποιούνται σε μια ποικιλία εφαρμογών. Είναι τα κύρια συστατικά του σκυροδέματος, το οποίο χρησιμοποιείται για κτίρια, γέφυρες, δρόμους και άλλες κατασκευές. Επιπλέον, τα αδρανή χρησιμοποιούνται και στο ασφαλτοσκυρόδεμα, το οποίο είναι απαραίτητο για την κατασκευή δρόμων. Τέλος, χρησιμοποιούνται και για την κατασκευή υποστρωμάτων ή βάσεων σε έργα όπως δρόμοι και σιδηροδρομικές γραμμές.

Συνολικά, τα αδρανή υλικά είναι θεμελιώδη για τη σταθερότητα και την ανθεκτικότητα των κατασκευών, αποτελώντας βασικό συστατικό στην κατασκευαστική βιομηχανία.

Τα πρωτογενή και δευτερογενή αδρανή υλικά διακρίνονται κυρίως με βάση την προέλευσή τους και τον τρόπο παραγωγής τους

(<https://www.tensar.co.uk/resources/articles/types-of-aggregate>).

Τα πρωτογενή αδρανή υλικά προέρχονται απευθείας από τη φύση, συνήθως από εξορυκτικές διαδικασίες. Αυτά τα υλικά περιλαμβάνουν την άμμο, το χαλίκι και τους θρυμματισμένους βράχους, οι οποίοι εξορύσσονται από φυσικές πηγές, όπως ποτάμια, παραλίες και ορυχεία. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η επεξεργασία των υλικών περιορίζεται σε βασικές εργασίες όπως ο καθαρισμός από ακαθαρσίες και η ταξινόμηση των υλικών ανά μέγεθος, ώστε να είναι έτοιμα για χρήση στην κατασκευή.

Από την άλλη, τα δευτερογενή αδρανή υλικά προέρχονται από την ανακύκλωση υλικών που προέρχονται από προηγούμενες κατασκευές, όπως τα υλικά που προκύπτουν από κατεδαφίσεις ή ανακαίνιση. Αυτά τα υλικά περιλαμβάνουν θρυμματισμένο σκυρόδεμα, τούβλα και άλλα κατασκευαστικά απόβλητα. Για να γίνουν κατάλληλα για χρήση, τα δευτερογενή αδρανή υλικά συνήθως υποβάλλονται σε επεξεργασία και θραύση, προκειμένου να αποκτήσουν την επιθυμητή μορφή και ποιότητα για νέες κατασκευές.

Η χρήση δευτερογενών αδρανών υλικών είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη, καθώς συμβάλλει στη μείωση των αποβλήτων και στη βιώσιμη ανάπτυξη της κατασκευαστικής βιομηχανίας, ενώ παράλληλα μπορεί να μειώσει το κόστος παραγωγής. Ωστόσο, απαιτεί προσεκτική διαχείριση και έλεγχο ποιότητας, προκειμένου να διασφαλιστεί η ασφάλεια και η αποδοτικότητα των νέων κατασκευών.

Συνοψίζοντας, τα πρωτογενή αδρανή υλικά προέρχονται από φυσικές πηγές και απαιτούν ελάχιστη επεξεργασία, ενώ τα δευτερογενή αδρανή υλικά ανακυκλώνονται από προηγούμενες κατασκευές και υποβάλλονται σε επεξεργασία για να επαναχρησιμοποιηθούν (*Brown, 2024*).

Τα προϊόντα των λατομείων αδρανών κατέχουν Περιβαλλοντική Δήλωση Επιδόσεων (Environmental Product Declaration – EPD) μέσω ανεξάρτητου πιστοποιημένου φορέα.

Τα λατομικά προϊόντα διαθέτουν σήμανση CE, δηλαδή Πιστοποιητικά Συμμόρφωσης του Ελέγχου Παραγωγής στα Εργοστάσια (FPC), καθώς και τις αντίστοιχες Δηλώσεις Επιδόσεων, σύμφωνα με τα παρακάτω πρότυπα:

EN 13242 Αδρανή υλικών σταθεροποιημένων με υδραυλικές κονίες ή μη σταθεροποιημένων για χρήση στα τεχνικά έργα και την οδοποιία.

EN 13139 Αδρανή κονιαμάτων

EN 13383-1 Φυσικοί Ογκόλιθοι – Μέρος 1: Προδιαγραφή

EN 13055-1 Ελαφρά αδρανή – Μέρος 1: για σκυροδέματα, κονιάματα και ενέματα

EN 13055-2 Ελαφρά αδρανή – Μέρος 2: ασφαλτομιγμάτων, επιφανειακών επιστρώσεων και εφαρμογών με σταθεροποιημένα ή μη σταθεροποιημένα υλικά (<https://geofasma.gr/>).

**Φαινόμενη πυκνότητα:** Είναι η μάζα του αδρανούς προς τον όγκο του δοχείου στο οποίο περιέχεται. Ενδεικτικές τιμές: άμμος 1,6 t/m<sup>3</sup>, γαρμπίλι 1,55 t/m<sup>3</sup>, χαλίκι 1,55 t/m<sup>3</sup>).

#### **Ειδικά βάρη, Υδαταπορρόφηση:**

Χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των αναλογιών των υλικών στη Μελέτη Σύνθεσης σκυροδέματος.

#### **Ενδεικτικές τιμές: Χονδρόκοκκα αδρανή:**

Ειδικό βάρος= 2,67 kg/L, Υδαταπορρόφηση = 0,6 % Λεπτόκοκκα αδρανή: Ειδικό βάρος= 2,65 kg/L, Υδαταπορρόφηση = 2 %

**Με τη δοκιμή Los Angeles** προσδιορίζεται η αντοχή σε τριβή και κρούση των χονδρόκοκκων αδρανών. Τα ασβεστολιθικά αδρανή παρουσιάζουν φθορά περίπου 25-28%, φθάνουν τα 32-35% και μερικές φορές είναι δυνατό να προσεγγίζουν το 40% που αποτελεί το ανώτατο όριο της προδιαγραφής ΕΛΟΤ-408.

Σύμφωνα με το πρότυπο EN 12620 τα αδρανή κατατάσσονται σε 8 κατηγορίες με το διακριτικό LA και δείκτη το συντελεστή φθοράς, π.χ. LA30.

**Υγεία πετρώματος αδρανών:** Με τη δοκιμή υγείας πετρώματος (EN 1367-2 Δοκιμή θεικού μαγνησίου) εκτιμάται η αντοχή των αδρανών σε καιρικές μεταβολές (ψύξης/απόψυξης νερού) που προσομοιώνονται με κύκλους διαδοχικής εμβάπτισης των αδρανών σε κορεσμένο διάλυμα MgSO<sub>4</sub> και ακόλουθη ξήρανση. Το συσσωρευόμενο MgSO<sub>4</sub> ανακρυσταλλώνεται και ενυδατώνεται διαδοχικά στους

πόρους των κόκκων, δημιουργώντας φθορά λόγω διογκώσεως. Τυπική τιμή φθοράς: 3%-5%.

**Αντοχή μητρικού πετρώματος:** ΕΛΟΤ 408: ελάχιστη τιμή 65 MPa. Τυπικές τιμές 70-100 MPa (<https://www.lafarge.gr/>).

## **1.2 Αντικείμενο**

Εφαρμογή του λογισμικού USIM PAC 3.1 για την προσομοίωση διαδικασιών και τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών σε εξορυκτικές δραστηριότητες.

Εξήγηση της σημασίας των αδρανών υλικών (π.χ. άμμος, χαλίκι, θραύσματα πέτρας) και του ρόλου τους στη βιομηχανία κατασκευών. Περιγραφή του λατομείου: Τύποι αδρανών υλικών που εξορύσσονται, μέγεθος της παραγωγής. Παρουσίαση των βασικών διαδικασιών που διαδραματίζουν ρόλο στην εξόρυξη (εκρηκτικά, διάτρηση, φόρτωση, μεταφορά, επεξεργασία)

## **1.3 Στόχος**

Η εργασία αυτή εξετάζει τη διαδικασία προσομοίωσης εξόρυξης και παραγωγής αδρανών υλικών σε λατομείο χρησιμοποιώντας το λογισμικό USIM PAC 3.1, με στόχο τη βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας και τη μείωση του κόστους λειτουργίας του λατομείου. Σκοπός είναι η αναγνώριση των κρίσιμων παραμέτρων που επηρεάζουν τη διαδικασία παραγωγής και η εφαρμογή στρατηγικών βελτίωσης για τη συνεχιζόμενη παρακολούθηση και προσαρμογή των λειτουργιών του λατομείου, με στόχο την αύξηση της παραγωγικότητας και την βελτίωση των περιβαλλοντικών και οικονομικών παραμέτρων.

## **1.4 Οι λατομικοί χώροι στην Ελλάδα**

Σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος (βλ. [Εικόνα 1.1](#)), στη χώρα μας λειτουργεί ένα μεγάλο δίκτυο από λατομεία αδρανών υλικών. Οι χώροι αυτοί επισημαίνονται στην παρακάτω εικόνα με πράσινο χρώμα (<https://ypen.gov.gr/>).



*Εικόνα 1.1:Χάρτης λατομείων αδρανών υλικών*

Τα παραπάνω λατομεία ανήκουν είτε σε θεσμοθετημένες λατομικές περιοχές, είτε είναι μεμονωμένα λατομεία. Η διαφορά των δύο αυτών έγκειται ότι στην πρώτη περίπτωση, την περιοχή εκμεταλλεύονται παραπάνω από ένα λατομεία τα οποία είναι χωροθετημένα εντός μιας μεγάλης περιοχής. Μιας και το κόστος μεταφοράς των αδρανών υλικών είναι σημαντικό, η ακτίνα στην οποία τα υλικά των λατομείων εκμεταλλεύονται είναι περιορισμένη. Συνολικά, τα λατομεία αδρανών υλικών εντός και εκτός περιοχών ανήλθαν σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία, ο αριθμός των ενεργών λατομείων αδρανών υλικών στην Ελλάδα είναι περίπου 195, με βάση δεδομένα του 2010. Πιο πρόσφατες πληροφορίες από το 2014-2015 δεν παρέχουν συγκεκριμένο αριθμό, αλλά υποδηλώνουν ότι ο αριθμός αυτός παραμένει παρόμοιος. Για την πιο ενημερωμένη πληροφόρηση, συνιστάται η απευθείας επικοινωνία με το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας ή με τον Σύνδεσμο Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων (ΣΜΕ). Επιπλέον, το Υπουργείο παρέχει ψηφιακή απεικόνιση των λατομικών περιοχών μέσω της ιστοσελίδας του (<https://ypen.gov.gr/>). Τα στοιχεία του

υπουργείου έδειξαν ότι το 77,4% βρίσκεται εντός λατομικών περιοχών και το 22,6% εκτός. Το 54% ανήκαν στο Δημόσιο, το 29% σε Ιδιώτες και το 17% σε Δήμους.

### 1.5 Κατηγορίες αδρανών υλικών

Τα αδρανή υλικά διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες, ανάλογα με:

(<https://eclass.duth.gr/modules>, 12/1/2025).

#### 1. Την προέλευση

- Φυσικά αδρανή: Υλικά που εξορύσσονται από λατομεία ή συλλέγονται από τη φύση, όπως:
  - Άμμος (σπαστή ή θαλάσσης)
  - Χαλίκι
  - Ελαφρόπετρα
- Τεχνητά ή βιομηχανικά αδρανή: Υλικά που παράγονται μέσω βιομηχανικών διεργασιών, όπως:
  - Σκωρία υψικαμίνων
  - Περλίτης
  - Μπετονίτης
- Ανακυκλωμένα αδρανή: Υλικά που προέρχονται από κατεδαφίσεις και επαναχρησιμοποιούνται, όπως:
  - Ιπτάμενη τέφρα λιγνιτών

#### 2. Την πηγή λήψης

- Φυσικά ή συλλεκτά αδρανή: Συλλέγονται από κοίτες ποταμών, αναβαθμίδες ή κλιτύες χωρίς μηχανική επεξεργασία.
- Αδρανή λατομείων: Προκύπτουν από θραύση και επεξεργασία πετρωμάτων σε λατομεία.

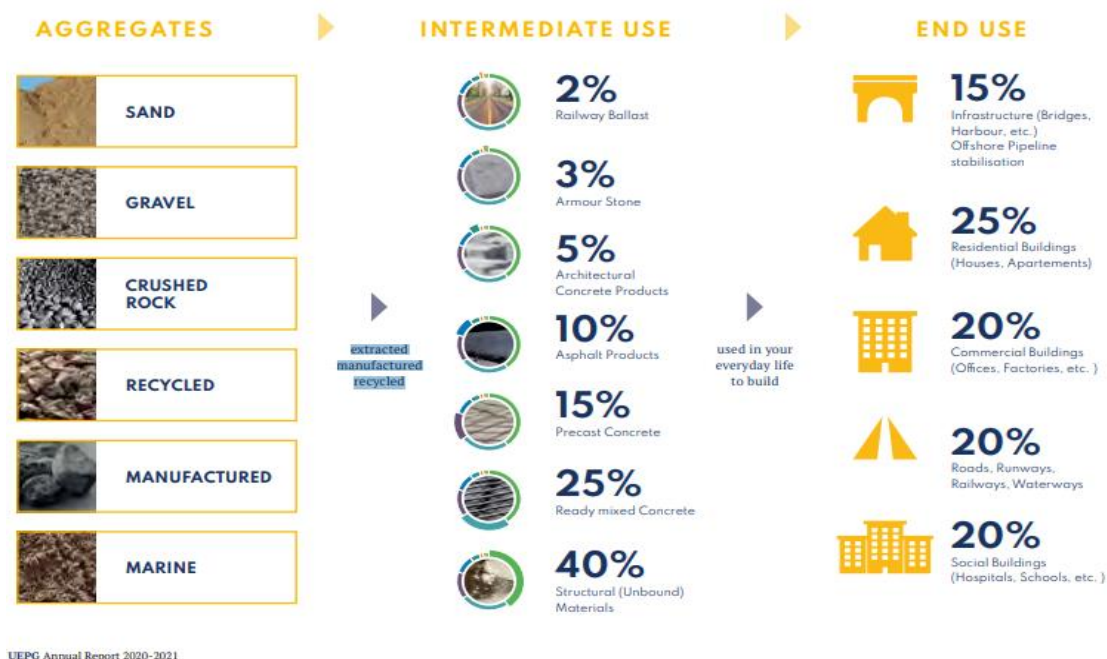
#### 3. Το μέγεθος των κόκκων

- Λεπτόκοκκα: Μέγεθος κόκκων μικρότερο από 0,1 mm.
- Άμμος: Μέγεθος κόκκων μέχρι 7 mm.
- Χαλίκι: Μέγεθος κόκκων από 7 έως 70 mm.

Η επιλογή των κατάλληλων αδρανών υλικών επηρεάζει άμεσα την ποιότητα και τη μακροχρόνια αντοχή των κατασκευών (<https://eclass.duth.gr/modules>). Η *Εικόνα 1.2* δείχνει χρήσεις αδρανών υλικών σε παγκόσμια κλίμακα άμμος, χαλίκι, ανακυκλωμένα βιομηχανικά και φυσικά αδρανή κατανέμονται για ενδιάμεση χρήση για διάφορα έργα



όπως κατασκευή δρόμων, σιδηρόδρομων, γέφυρες και διάφορα άλλα έργα όπως απεικονίζεται στην εικόνα (UEPG, 2020-2021).



Εικόνα 1.2- Ποσοστιαία απεικόνιση χρήσεις αδρανών υλικών

## 1.6 Στοιχεία για τον κλάδο

Ο τομέας των λατομείων, αποτελεί τμήμα της μεταλλευτικής και κατασκευαστικής δραστηριότητας, περιλαμβάνει την εξόρυξη πολύτιμων υλικών από τη γη. Αυτά τα υλικά, όπως η πέτρα, η άμμος, το χαλίκι και άλλα ορυκτά, είναι απαραίτητα για διάφορες κατασκευαστικές και βιομηχανικές εφαρμογές.

Τα λατομεία μπορούν να ταξινομηθούν με βάση το υλικό που εξάγεται. Τα λατομεία πέτρας εξάγουν φυσικές πέτρες όπως γρανίτη, ασβεστόλιθο, μάρμαρο και ψαμμίτη. Τα λατομεία άμμου και αμμοχάλικου παράγουν αδρανή υλικά για κατασκευές και οδοποιία. Τα λατομεία αργίλου εξάγουν άργιλο για κεραμικά, τούβλα και κεραμίδια.

Η διαδικασία εξόρυξης περιλαμβάνει διάφορα στάδια. Το πρώτο από αυτά είναι η επιλογή και αξιολόγηση τοποθεσίας. Οι γεωλόγοι αξιολογούν πιθανές τοποθεσίες για την ποιότητα των υλικών και την οικονομική τους βιωσιμότητα. Στη συνέχεια, οι φορείς εκμετάλλευσης πρέπει να λαμβάνουν άδειες και να συμμορφώνονται με τους τοπικούς, εθνικούς και περιβαλλοντικούς κανονισμούς. Οι τεχνικές που θα εφαρμοστούν για την εξόρυξη ποικίλλουν ανάλογα με το υλικό και κάποιες από αυτές είναι η διάτρηση, η ανατίναξη, η κοπή και η εκσκαφή. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η επεξεργασία που περιλαμβάνει θραύση, κοσκίνιση, πλύσιμο και ταξινόμηση του



εξαγόμενου υλικού. Τελικό στάδιο της διαδικασίας, αφορά τη μεταφορά των επεξεργασμένων υλικών σε εργοτάξια ή αγορές.

Οι εργασίες λατομείου μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά το περιβάλλον και τις τοπικές κοινωνίες. Βασικές είναι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, οι οποίες επιδρούν στην καταστροφή των οικοτόπων, τη μόλυνση των υπόγειων υδάτων και τη σκόνη και την ηχορύπανση. Σε διάφορες περιπτώσεις, ο νόμος ορίζει πρακτικές για την αποκατάσταση της γης μετά την εξόρυξη. Για τη διασφάλιση της ποιότητας της εξόρυξης και της ασφάλειας εργασίας, εφαρμόζονται διάφορα πρωτόκολλα ασφαλείας για την προστασία των εργαζομένων από κινδύνους όπως ατυχήματα μηχανημάτων, πτώσεις βράχων και αναπνευστικά προβλήματα από τη σκόνη. Ο τομέας συμβάλλει σημαντικά στις τοπικές και εθνικές οικονομίες με την απασχόληση καθώς παρέχει ένα μεγάλο εύρος και μεγάλο αριθμό από θέσεις εργασίας, προμηθεύει βασικά υλικά για τις κατασκευές υποδομών και έχει συνεισφορά στο ΑΕΠ.

Η Ελλάδα έχει μακρά ιστορία στα λατομεία, ιδιαίτερα για το μάρμαρο, το οποίο υπήρξε βασικός οικονομικός μοχλός για αιώνες. Τα πρώτα μεταλλεία στη χώρα εντοπίζονται στο Λαύριο, όπου αναπτύσσεται και ο πρώτος βιομηχανικός οικισμός της Ελλάδας και οι πρώτες εργατικές κατοικίες: η Λαυρεωτική (*Δραγώτης και Παλαιολόγος, 2021*). Ο κλάδος παραμένει ζωτικής σημασίας για την Ελληνική οικονομία λόγω των υψηλής ποιότητας κοιτασμάτων φυσικών λίθων. Ο τομέας των λατομείων στην Ελλάδα συμβάλλει σημαντικά στο εθνικό ΑΕΠ, ιδιαίτερα μέσω της βιομηχανίας μαρμάρου. Σύμφωνα με την *Ελληνική Στατιστική Αρχή (2020)*, ο τομέας εξόρυξης αντιπροσωπεύει αξιοσημείωτο ποσοστό του βιομηχανικού ΑΕΠ. Τα αδρανή εμφάνισαν αύξηση κατά 15% σε παραγωγή και κύκλο εργασιών, συγκριτικά με το 2022 (*ΣΜΕ, 2024*).

Ο τομέας επίσης απασχολεί χιλιάδες εργαζόμενους σε όλη την Ελλάδα, παρέχοντας σταθερές θέσεις εργασίας σε αγροτικές και οικονομικά μειονεκτούσες περιοχές. Οι ευκαιρίες απασχόλησης εκτείνονται από την εξόρυξη και τη μεταποίηση μέχρι την εμπορία και την εφοδιαστική εξαγωγή.

Οι επενδύσεις σε εργασίες λατομείου τονώνουν τις τοπικές οικονομίες μέσω της ανάπτυξης υποδομών και των σχετικών επιχειρηματικών ευκαιριών. Τόσο οι εγχώριες όσο και οι διεθνείς επενδύσεις είναι ζωτικής σημασίας για τον εκσυγχρονισμό των λατομείων στην Ελλάδα. Η καινοτομία στις τεχνικές εξόρυξης και στις τεχνολογίες επεξεργασίας ενισχύει την παραγωγικότητα και την ανταγωνιστικότητα στις παγκόσμιες αγορές.

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο η σημασία των αδρανών υλικών για τη ζωή των ανθρώπων γίνεται εύκολα αντιληπτή μέσα από την έκθεση της “ Ευρωπαϊκής Ένωσης Αδρανών” (European Aggregates Association) για το 2020-2021 όπου όπως αναφέρεται η βιομηχανία αδρανών στην Ευρώπη καλύπτει μια ζήτηση της τάξης των 3 δις σε παραγόμενους τόνους ανά έτος οι οποίοι προκύπτουν από 26.000 λατομικές εγκαταστάσεις. Οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον κλάδο υπολογίζονται σε 15.000 ενώ οι εργαζόμενοι ανέρχονται σε περισσότερους από 187.000 (*Εικόνα 1.3*). Όπως συχνά λέγεται μετά το νερό και τον αέρα τα αδρανή είναι ο περισσότερο χρησιμοποιούμενος (<https://www.aggregates-europe.eu/publications/>).



Εικόνα 1.3-Στοιχεία για τα αδρανή υλικά στην Ευρώπη.

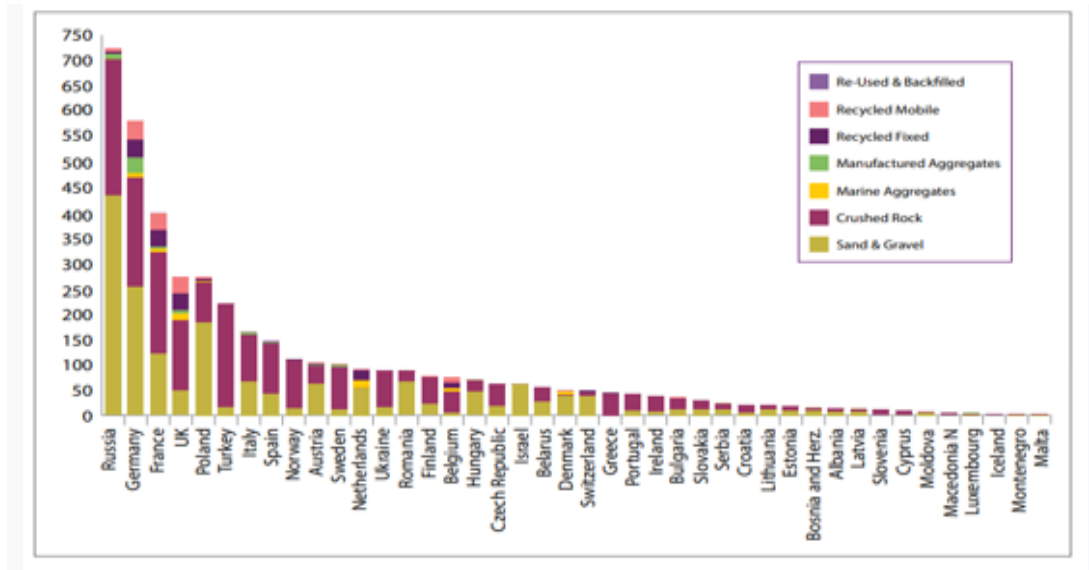
Το ευρύ φάσμα χρήσης των αδρανών υλικών στην καθημερινότητά μας γίνεται εμφανείς μέσα από μερικά παραδείγματα:

- Κάθε νέο σπίτι που χτίζεται χρειάζεται περίπου 400 t αδρανών υλικών
- Κάθε νέο σχολείο χρειάζεται περίπου 3.000 t αδρανών υλικών
- Κάθε νέο στάδιο χρειάζεται περισσότερα από 300.000 t αδρανών
- Κάθε 1 km νέου οδικού δικτύου απαιτεί έως 30.000 t αδρανών

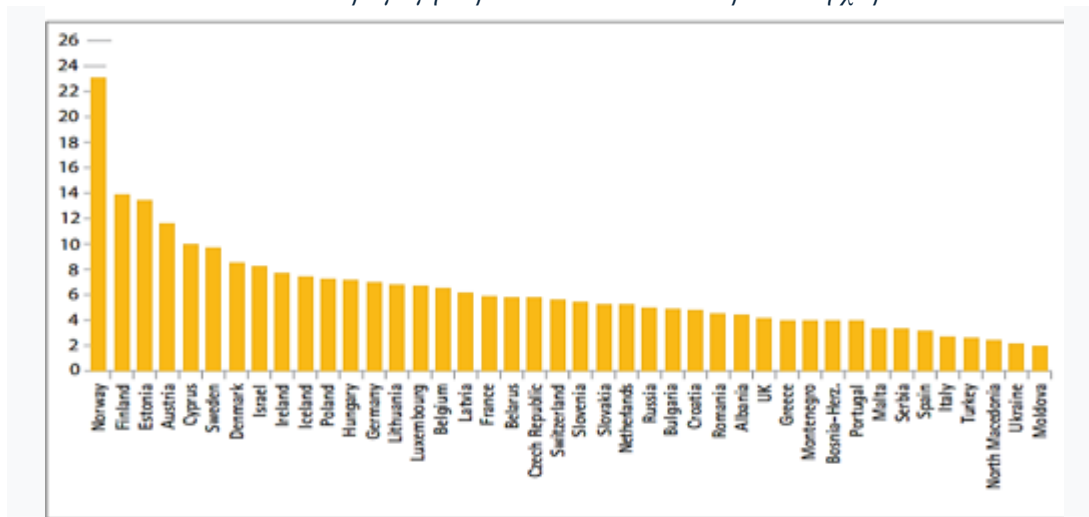
Από τα παραπάνω παραδείγματα καταλαβαίνουμε εκτός από το ποσοτικό εύρος χρησιμοποίησης και την σημασία που έχουν τα αδρανή υλικά για την κοινωνία (*Ζώνιος, 2019*).

Στα επόμενα διαγράμματα (*Εικόνες 1.4 και 1.5*) βλέπουμε την παραγωγή αδρανών υλικών σε ετήσια βάση 42 χωρών εκτείνεται από την Πορτογαλία στην Ρωσία και από την Ισλανδία προς την Τουρκία. Το διάγραμμα το οποίο δείχνει την παραγωγή ανά κάτοικο είναι σημαντικό διότι αποτελεί έναν δείκτη ανάπτυξης για την εκάστοτε χώρα. Έτσι παρατηρούμε ότι για την περίπτωση της Ελλάδας ενώ στο διάγραμμα της συνολικής παραγωγής η χώρα μας βρίσκεται περίπου στο μέσο της κατάταξης στο διάγραμμα παραγωγής ανά κάτοικο (*Εικόνα 1.5*) βρίσκεται σε πολύ χαμηλότερες

θέσεις κατάταξης αντανakλώντας την δύσκολη εσωτερική οικονομική κατάσταση (UEPG, 2020-2021)



Εικόνα 1.4-Παραγωγή αδρανών υλικών ανά Ευρωπαϊκή χώρα.



Εικόνα 1.5-Παραγωγή ανά χώρα της Ευρώπης σε τόνους ανά κάτοικο.

## Κεφάλαιο 2. Μηχανισμοί και Μηχανήματα Θραύσης – Κοσκίνισης

### 2.1 Συγκρότημα θραύσης ταξινόμησης

Ένα συγκρότημα θραύσης και ταξινόμησης αποτελείται από ειδικό εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για τη θραύση και τη διαλογή αδρανών υλικών, όπως πέτρα, χαλίκι και άμμος. Η διαδικασία περιλαμβάνει την πρωτογενή και δευτερογενή θραύση μέσω θραυστήρων και το διαχωρισμό των υλικών σε διαφορετικές κοκκομετρίες με τη χρήση δονούμενων κοσκίνων. Τα τελικά προϊόντα, κατάλληλα για έργα κατασκευής, αποθηκεύονται ή μεταφέρονται για χρήση. Το συγκρότημα εξασφαλίζει αποδοτική παραγωγή και προσαρμογή. Αρχικά θα πρέπει να αποφασιστεί σε ποια περιοχή θα πραγματοποιηθεί η συλλογή. Για το λόγο αυτό πραγματοποιείται λεπτομερής χαρτογράφηση και αποτύπωση των όψεων του λατομείου και της βραχόμαζας. Στη συνέχεια συλλέγονται δείγματα πετρωμάτων από διαφορετικά σημεία του λατομείου και διεξάγονται εργαστηριακές δοκιμές. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει μηχανικές δοκιμές (π.χ. αντοχή σε εφελκυσμό και θλίψη), ορυκτολογική ανάλυση και δοκιμή αντοχής σε θραύση. Το τρίτο στάδιο είναι η ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν και η ταξινόμηση των διαφόρων ειδών υλικών που παράχθηκαν με βάση συγκεκριμένα κριτήρια.

### 2.2 Μηχανισμός θραύσης

Τα αδρανή υλικά, όπως όλα τα υλικά, υφίστανται καταπόνηση όταν υποβάλλονται σε εξωτερικές δυνάμεις. Η εφαρμοζόμενη τάση μπορεί να είναι εφελκυστική, θλιπτική ή διατμητική, οδηγώντας σε διαφορετικές συμπεριφορές παραμόρφωσης. Η ελαστική παραμόρφωση είναι αναστρέψιμη με την αφαίρεση της τάσης, ενώ η πλαστική παραμόρφωση έχει ως αποτέλεσμα μόνιμες αλλαγές στη δομή του υλικού. Η σχέση τάσης-παραμόρφωσης είναι κρίσιμη για τον προσδιορισμό του σημείου στο οποίο ένα υλικό θα σπάσει (*Brocks et al. 2017*).

Η έναρξη θραύσης σε αδρανή υλικά ξεκινά τυπικά από ελαττώματα μέσα στο υλικό. Αυτά τα ελαττώματα μπορεί να είναι εγγενή, όπως μικροδομικές ετερογένειες, ή εξωτερικά, όπως επιφανειακές ατέλειες ή εγκλείσματα. Όπως αναφέρει ο *Lawn (1993)*, η διαδικασία έχει διάφορα στάδια:

- Σχηματισμός μικρορωγμών: Υπό την πίεση, οι εντοπισμένες περιοχές γύρω από τα μικρά ρήγματα αντιμετωπίζουν συγκέντρωση τάσεων, που οδηγεί στο σχηματισμό μικρορωγμών. Αυτές οι μικρορωγμές μπορούν να αναπτυχθούν και να συνενωθούν υπό συνεχή πίεση.
- Διάδοση μικρορωγμών: είναι η συνένωση μικρορωγμών που έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας μακροσκοπικής ρωγμής. Αυτή η ρωγμή χρησιμεύει ως πρόδρομος της θραύσης και συχνά προσανατολίζεται κάθετα προς την κατεύθυνση της μέγιστης εφελκυστικής τάσης.

Η διάδοσή της μέσω του υλικού επηρεάζεται από τον τύπο της τάσης και τις ιδιότητες του υλικού. Υπάρχουν τρεις κύριοι τρόποι διάδοσης ρωγμών:

- Τύπος I (ανοιχτός): Αυτός ο τύπος περιλαμβάνει τάση εφελκυσμού κάθετη προς το επίπεδο ρωγμής, με αποτέλεσμα η ρωγμή να ανοίγει κάθετα. Είναι ο πιο συνηθισμένος τρόπος θραύσης σε εύθραυστα αδρανή υλικά.
- Τύπος II (επίπεδη ολίσθηση): Εδώ, η διατμητική τάση δρα παράλληλα με το επίπεδο ρωγμής, προκαλώντας ολίσθηση. Αυτός ο τρόπος είναι λιγότερο κοινός στα αδρανή υλικά λόγω της τυπικά χαμηλής ολκιμότητας τους.
- Τύπος III (αντιεπίπεδη ολίσθηση ή ψαλιδισμός): Αυτός ο τρόπος λειτουργίας περιλαμβάνει διατμητική τάση που ενεργεί παράλληλα με το μέτωπο της ρωγμής, με αποτέλεσμα τη θραύση. Είναι επίσης λιγότερο κοινό σε αδρανή υλικά.

Η διάδοση των ρωγμών σε αδρανή υλικά περιγράφεται συχνά από τη Γραμμικά Ελαστική Ιραυστομηχανική (LEFM), η οποία εστιάζει στον Συντελεστή Εντάσεως των Τάσεων (ΣΕΤ ή SIF στα Αγγλικά) στην αιχμή της ρωγμής. Όταν ο ΣΕΤ υπερβαίνει την κρίσιμη τιμή, που καλείται θραυστική στιβαρότητα, η ρωγμή διαδίδεται ακαριαία οδηγώντας στην θραύση ([Anderson, 2005](#)).

Διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν τους μηχανισμούς θραύσης σε αδρανή υλικά. Η εγγενής ψαθυρότητα ή ολκιμότητα του υλικού παίζει σημαντικό ρόλο. Εύθραυστα υλικά, όπως το διοξείδιο του πυριτίου, θραύονται πιο εύκολα υπό τάση εφελκυσμού, ενώ τα όλκιμα αδρανή μέταλλα, όπως ο χρυσός, μπορούν να υποστούν σημαντική πλαστική παραμόρφωση πριν από τη θραύση. Η παρουσία ορίων κόκκων άλλων μικροδομικών χαρακτηριστικών μπορεί να λειτουργήσουν συγκεντρώσεις τάσεων και να επηρεάσουν την έναρξη και τη διάδοση της ρωγμής. Επίσης, οι αυξημένες θερμοκρασίες μπορούν να αυξήσουν την ολκιμότητα ορισμένων αδρανών υλικών, αλλοιώνοντας τη συμπεριφορά τους στη θραύση. Αντίθετα, οι χαμηλές θερμοκρασίες

γενικά κάνουν τα υλικά πιο εύθραυστα. Ακόμη, ο ρυθμός με τον οποίο εφαρμόζεται η τάση μπορεί να επηρεάσει τον μηχανισμό θραύσης. Οι υψηλοί ρυθμοί παραμόρφωσης συνήθως ευνοούν την θραύση, ενώ οι χαμηλότεροι ρυθμοί παραμόρφωσης επιτρέπουν μεγαλύτερη πλαστική παραμόρφωση.

### **2.3 Μηχανές θραύσης**

Οι μηχανές θραύσης αδρανών υλικών χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες. Οι κατηγορίες διαφέρουν ως προς τα μηχανικά μέρη των μηχανημάτων. Διακρίνονται σε κωνικούς θραυστήρες ή σιαγονωτούς και ρότορες (σφυριά). Συγκεκριμένα, οι βασικές κατηγορίες είναι ([www.ergotaxiaka.gr](http://www.ergotaxiaka.gr)):

- Γυροσκοπικοί/σιαγονωτοί σπαστήρες
- Σπατήρες μονού κυλίνδρου.
- Σπαστήρες πολλαπλών κυλίνδρων.
- Κρουστικός σπαστήρας
- Κωνικός σπαστήρας

#### **2.3.1 Σιαγονωτός Σπαστήρας**

Οι σιαγονωτοί σπαστήρες (*Εικόνα 2.1*) είναι οι απλούστερες ίσως μηχανές θραύσης. Αποτελούνται από μια ακίνητη επιφάνεια σχεδόν κατακόρυφη, απέναντι στην οποία ευρίσκεται μια δεύτερη κινητή επιφάνεια υπό γωνία. Η κίνηση της δεύτερης

επιφάνειας συνθλίβει τα σώματα που ευρίσκονται μεταξύ των δύο επιφανειών, οι οποίες ενεργούν σαν είδος σιαγόνων (Σταμπολιάδης, 2008a)

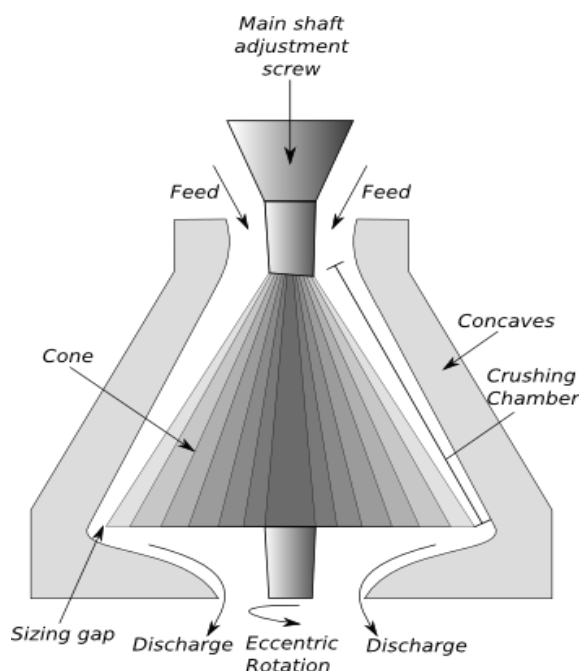


Εικόνα 2.1-Θραυστήρας σιαγόνων.

### 2.3.2 Κωνικός Σπαστήρας)

Ο κωνικός σπαστήρας (Εικόνα-2.2) λειτουργεί με την αρχή της συνεχούς θραύσης, όπου τα τεμάχια υλικού συμπιέζονται και θραύονται ανάμεσα σε έναν σταθερό και έναν κινούμενο κώνο, ο οποίος εκτελεί εκκεντρικές κινήσεις. Το υλικό θρυμματίζεται σταδιακά καθώς κατεβαίνει, μέχρι να φτάσει στο επιθυμητό μέγεθος και να εκφορτωθεί. Ο κωνικός σπαστήρας χρησιμοποιείται κυρίως στην δευτερογενή και τριτογενή θραύση (Σταμπολιάδης, 2008a)





Εικόνα 2.2- Κωνικός σπαστήρας

## 2.4 Μηχανές ταξινόμησης

Οι μηχανές ταξινόμησης αδρανών υλικών χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό τους ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων ή την πυκνότητά τους. Αυτά τα μηχανήματα είναι κρίσιμα σε βιομηχανίες όπως η κατασκευή, η εξόρυξη και η επεξεργασία δομικών υλικών. Ακολουθούν τα βασικά είδη μηχανημάτων ταξινόμησης αδρανών υλικών:

### 2.4.1 Σταθερά και Κινούμενα κόσκινα

Τα πολύ μεγάλα τεμάχια στην πρωτογενή θραύση περνούν μέσα από κεκλιμένες σχάρες για κοσκίνισμα. Στην πιο απλή μορφή τους, αυτές οι σχάρες αποτελούνται από παράλληλες ράβδους που τοποθετούνται σε ένα κατάλληλο πλαίσιο. Η απόσταση μεταξύ των ράβδων καθορίζεται από το μέγεθος του τεμαχίου που μπορεί να περάσει και κυμαίνεται συνήθως από 100 έως 300 mm. Οι σχάρες αυτές έχουν κλίση από 20° έως 50° σε σχέση με τον ορίζοντα. Η μεγάλη κλίση επιτρέπει στο υλικό να κυλά εύκολα χωρίς να φράζει, αλλά ταυτόχρονα μειώνει την αποδοτικότητα της κοσκίνισης. Ένα συνηθισμένο πρόβλημα είναι τα φρακαρίσματα στις εγκάρσιες νευρώσεις που στηρίζουν τις ράβδους, το οποίο επηρεάζει τη λειτουργία της σχάρας (Σταμπολιάδης, 2008b).

Οι δονούμενες σχάρες χρησιμοποιούνται για μικρά μεγέθη μέχρι 40mm για να μη παρουσιάζονται το πρόβλημα το κτισίματος του υλικού πάνω στους ράβδους. Αυτές

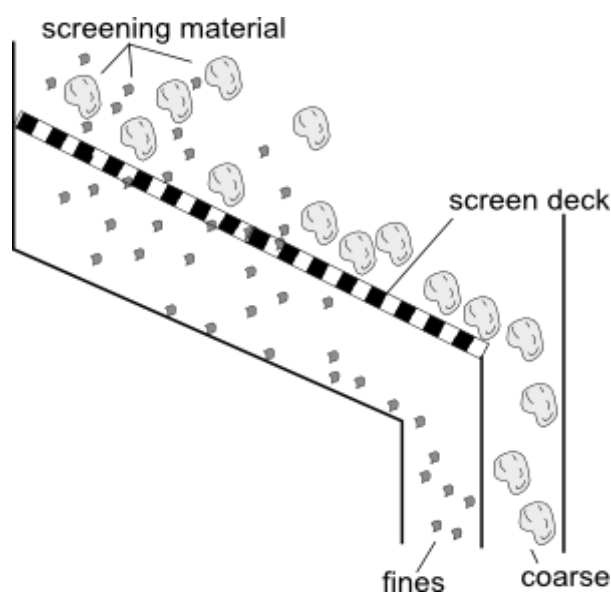


σχεδιάζονται έτσι ώστε να λεπταίνουν προς την έξοδο αφήνοντας μεγαλύτερα διάκενα μεταξύ τους από ότι στην αρχή.

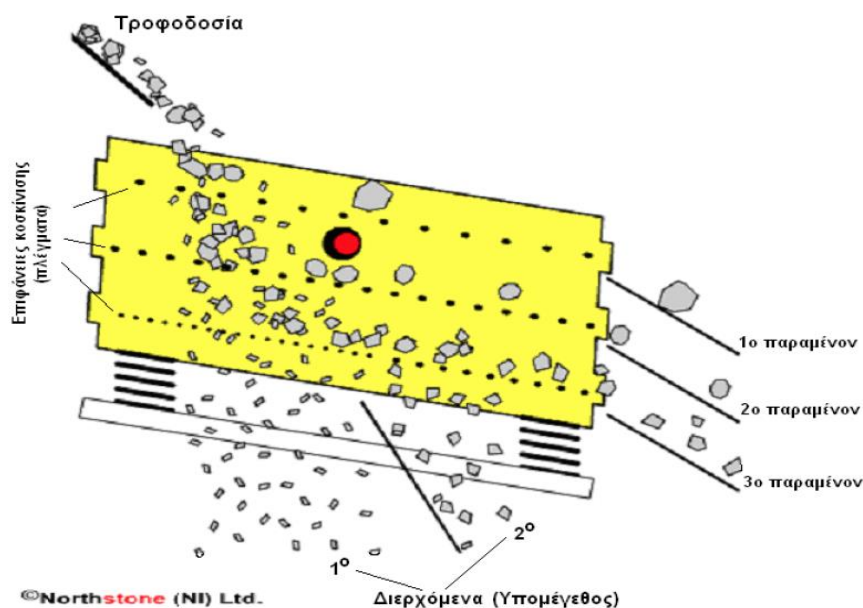
#### 2.4.2 Τύποι κινουμένων κοσκίνων

**Περιστρεφόμενα κόσκινα:** είναι κύλινδροι που περιστρέφονται γύρω από τον άξονά τους και η εξωτερική τους επιφάνεια αποτελείται από ένα πλέγμα κοσκινού. Το υλικό τροφοδοτείται από τη μια άκρη και με την περιστροφική κίνηση προχωράει προς την έξοδο βοηθούμενου και από μια μικρή κλίση του κυλίνδρου. Με την κίνηση του υλικού όλοι οι κόκκοι έρχονται σε επαφή με την επιφάνεια του κυλίνδρου που έχει ανοίγματα από τα οποία διέρχονται οι μικρότεροι κόκκοι.

**Δονούμενα κόσκινα (Εικόνες 2.3-2.4):** Τα δονούμενα κόσκινα συνήθως αποτελούνται από μια σειρά πλεγμάτων (κόσκινα) με διαφορετικά μεγέθη οπών. Τα υλικά τοποθετούνται στην κορυφή του κόσκινου και η δονητική κίνηση αναγκάζει τα μικρότερα σωματίδια να περάσουν μέσα από τις όψεις του πλέγματος, ενώ τα μεγαλύτερα σωματίδια παραμένουν στην επιφάνεια. Τα δονούμενα κόσκινα διακρίνονται σε κόσκινα με σταθερό έκκεντρο άξονα, κόσκινα με ελεύθερο άξονα και αντίβαρα, κόσκινα συντονισμού, ηλεκτρομαγνητικά κόσκινα, κόσκινα Mogensen και κόσκινα Greco Screen.



Εικόνα 2.3-Σχηματική απεικόνιση κοσκίνισης υλικών σε υπομέγεθος και υπερμέγεθος (διαδικτυο).



Εικόνα 2.4-Κόσκινο με τρία καταστρώματα ([www.northstone-ni.co.uk/](http://www.northstone-ni.co.uk/)).

### 2.4.3 Υδροκυκλώνες (Hydrocyclones)

Αυτές οι μηχανές χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό πολύ λεπτόκοκκων υλικών με τη χρήση νερού και της φυγόκεντρου δύναμης. Το υλικό εισάγεται υπό πίεση, και μέσω της περιστροφής του νερού, τα βαριά σωματίδια καταλήγουν προς τα κάτω, ενώ τα ελαφρύτερα παρασύρονται προς τα πάνω και διαχωρίζονται.

### 2.4.4 Αεροταξινομητές (Air Classifiers)

Οι αεροδιαχωριστές χρησιμοποιούν ροές αέρα για την ταξινόμηση των αδρανών με βάση το βάρος ή την πυκνότητά τους. Χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον για τη συγκράτηση των χονδρότερων κόκκων από ένα ρεύμα αέρος που περιέχει στερεά εν αιωρήσει.

### 2.4.5 Φυγοκεντρικοί διαχωριστές (Centrifugal Separators)

Αυτές οι συσκευές χρησιμοποιούν τη φυγόκεντρο δύναμη για την ταξινόμηση αδρανών υλικών με βάση την πυκνότητά τους. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε διαδικασίες όπου το μέγεθος και η πυκνότητα των υλικών διαφέρουν σημαντικά.

## Κεφάλαιο 3. Μεθοδολογία Παραγωγής Αδρανών Υλικών

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν οι παράμετροι εκμετάλλευσης των αδρανών υλικών. Αυτή η εκτίμηση είναι σημαντική για να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα. Οι παράμετροι εκμετάλλευσης αφορούν, τις παραμέτρους του φυσικού χώρου, τις οικονομικές παραμέτρους, τις περιβαλλοντικές παραμέτρους, τις παραμέτρους σε σχέση με τον τεχνολογικό εξοπλισμό και τα μηχανήματα και τις παραμέτρους τις ισχύουσας νομοθεσίας στην περιοχή που δραστηριοποιείται το λατομείο των αδρανών υλικών.

### 3.1 Φυσικές παράμετροι

Οι φυσικές παράμετροι αφορούν το γεωλογικό περιβάλλον στο οποίο πραγματοποιείται η εκμετάλλευση. Τέτοια χαρακτηριστικά αφορούν τον υδροφόρο ορίζοντα της περιοχής, τα τεκτονικά χαρακτηριστικά της και την τοπογραφία της. Αυτές οι παράμετροι έχουν ιδιαίτερη σημασία για την εγκατάσταση της μονάδας.

Στα φυσικά χαρακτηριστικά εντάσσονται επίσης και οι φυσικές ιδιότητες των προς επεξεργασία υλικών. Χαρακτηριστικά όπως η σκληρότητα, η πυκνότητα, το μέγεθος και σχήμα των σωματιδίων και το πορώδες, είναι σημαντικά και χρειάζεται να λαμβάνονται υπόψη.

Τα φυσικά χαρακτηριστικά επηρεάζουν επίσης και τις διαδικασίες θραύσης και επεξεργασίας που θα χρειαστεί να ακολουθηθούν. Οι διαδικασίες που αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο και τα αντίστοιχα μηχανήματα επιλέγονται ανάλογα τον τύπο του πετρώματος και γενικότερα τα φυσικά του χαρακτηριστικά.

Τέλος, τα φυσικά χαρακτηριστικά καθορίζουν και επηρεάζουν την αποδοτικότητα του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί, τα μέτρα ασφάλειας που χρειάζεται να ληφθούν υπόψη στο λατομείο και άλλα ζητήματα όπως τα logistics, οι μεταφορές των αδρανών υλικών και η γενικότερη εποπτεία των διαδικασιών.

### 3.2 Οικονομικές παράμετροι

Η οικονομική σχέση αποκάλυψης προσδιορίζεται από τη σχέση: ([Καλαμαράς, 2021](#)):

$$RE = \frac{(A - B)}{C}$$

όπου,  $A$  : Έσοδα / t χρήσιμου συστατικού

*B*: Κόστος εξόρυξης και επεξεργασίας / t χρήσιμου συστατικού

*C*: Κόστος αποκάλυψης / t αγόνων

Βασικοί παράγοντες οι οποίοι θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό μιας λατομικής μονάδας και έχουν άμεση σχέση με την οικονομικότητα της παραγωγής είναι:

- Το άνοιγμα δρόμων μεταφοράς και προσπέλασης
- Η απομάκρυνση του υλικού
- Η εξόρυξη
- Η φόρτωση και μεταφορά του εξορυσσόμενου υλικού
- Η θραύση του υλικού
- Η ταξινόμηση βάσει ποιότητας του υλικού
- Η αποθήκευση και διάθεση του υλικού

### **3.3 Περιβαλλοντικές παράμετροι**

Η κύρια περιβαλλοντική επιβάρυνση σε ένα λατομείο αδρανών υλικών είναι η παραγόμενη σκόνη η οποία μπορεί να προέλθει από:

1. Σκόνη που προέρχεται από την εκφόρτωση των πετρωμάτων στη χοάνη τροφοδοσίας.
2. Σκόνη που προέρχεται από την θραύση και την λειοτρίβηση των πετρωμάτων
3. Σκόνη που προέρχεται από την κίνηση των οχημάτων

<sup>3</sup> Σύμφωνα με τις προβλέψεις της ισχύουσας νομοθεσίας (ΚΜΛΕ), η συγκέντρωση της σκόνης παραμένει σημαντικά χαμηλότερη από την ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή των 5 mg/m<sup>3</sup>. Επιπλέον, τα δεδομένα των αποστάσεων από τους πλησιέστερους οικισμούς, δεν αναμένονται στο ανθρωπογενές περιβάλλον. Παρά ταύτα, στο περιβάλλοντα χώρο γύρω από την περιοχή δραστηριότητας, μπορεί να υπάρξει μια ήπια επιβάρυνση της ατμόσφαιρας, η οποία όμως δεν υπερβαίνει τα όρια που ορίζονται από τη νομοθεσία. (<https://www.thessaly.gov.gr/data/mpe/2020/>).

### **3.4 Τεχνολογικές παράμετροι**

Βασικό συστατικό σε αυτό τον τομέα είναι οι προηγμένες τεχνικές εξαγωγής που έχουν σκοπό την ελαχιστοποίηση των απορριμμάτων και τη μεγιστοποίηση της απόδοσης σε όλους τους τομείς. Τεχνολογίες όπως, ο σχεδιασμός με τη βοήθεια

υπολογιστή (CAD) για τον σχεδιασμό των ανατινάξεων μπορούν να βελτιώσουν την απόδοση. Παράλληλα, εφαρμόζονται προηγμένες τεχνολογίες κοπής στην εξόρυξη λίθων διαστάσεων για τη διασφάλιση της ακρίβειας και τη μείωση της απώλειας υλικού. Αντίστοιχα, τεχνολογίες επεξεργασίας θραύσης, λειοτρίβησης και διαλογής εφαρμόζονται με αυτοματισμούς και συχνά χωρίς την ανθρώπινη παρουσία.

Σε μια ακόμη περίπτωση που εφαρμόζονται τεχνολογικά προηγμένες λύσεις είναι για την προστασία του περιβάλλοντος. Ως προς τις παραμέτρους που αναφέρθηκαν προηγουμένως, εφαρμόζονται διάφορες τεχνολογίες που έχουν ως σκοπό τη βιώσιμη διαχείριση του εδάφους, των υδάτων, των απορριμμάτων, των ρύπων, κ.α. Για τα ύδατα για παράδειγμα, χρησιμοποιούνται συστήματα ανακύκλωσης νερού κλειστού βρόχου για την ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης νερού και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και χρήση προηγμένων τεχνολογιών φιλτραρίσματος για τη διασφάλιση καθαρού και επαναχρησιμοποιήσιμου νερού στον κύκλο επεξεργασίας ([Johnson, 2014](#)).

Η ανάλυση και παρακολούθηση δεδομένων είναι ακόμη ένας τομέας που βασίζεται στην τεχνολογία καθώς οι υπεύθυνοι του λατομείου μπορούν να παρακολουθούν την απόδοση του εξοπλισμού και του περιβάλλοντος μέσω monitor χρησιμοποιώντας τεχνολογίες Internet of Things (IoT) και αισθητήρες. Αντίστοιχα, τα προγράμματα αυτά μπορούν μέσω αλγορίθμων μηχανικής μάθησης να προβλέψουν τις αστοχίες του εξοπλισμού και να εκτελέσουν προληπτικά συντήρηση του εξοπλισμού μειώνοντας έτσι το χρόνο διακοπής λειτουργίας και το κόστος συντήρησης ([Botkin and Keller, 2014](#)).

Τέλος, τεχνολογίες αιχμής χρησιμοποιούνται και για τα μηχανήματα αφού ο εξοπλισμός θεωρείται βέλτιστης ενεργειακής απόδοσης με στόχο τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και χαμηλότερο λειτουργικό κόστος. Σε αυτό συνεισφέρει και η ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η ηλιακή ή η αιολική ενέργεια, στις εργασίες του λατομείου για μείωση της εξάρτησης από ορυκτά καύσιμα και ενίσχυση της βιωσιμότητας.

### **3.5 Νομοθετικές παράμετροι**

Η παραγωγή αδρανών υλικών υπόκειται σε διάφορες νομοθετικές παραμέτρους που έχουν σχεδιαστεί για να διασφαλίζουν την προστασία του περιβάλλοντος, την

ασφάλεια των εργαζομένων και τη βιώσιμη διαχείριση των πόρων. Η συμμόρφωση με αυτούς τους κανονισμούς είναι αναγκαία για τη νόμιμη λειτουργία και τη διατήρηση μιας θετικής φήμης.

### ***3.6 Περιβαλλοντικοί Κανονισμοί***

Στην Ελλάδα, η λειτουργία των λατομείων αδρανών υλικών διέπεται από συγκεκριμένους περιβαλλοντικούς κανονισμούς που αποσκοπούν στην προστασία του περιβάλλοντος και τη βιολογική ανάπτυξη. Το κύριο νομοθετικό πλαίσιο καθορίζεται από το άρθρο 55 - Νόμο 4512/2018, ο οποίος περιλαμβάνει διατάξεις για την εκμετάλλευση των λατομείων και την προστασία.

Οι εκμεταλλευτές λατομείων υποχρεούνται να αποκαθιστούν τους χώρους λατομικών δραστηριοτήτων, σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στην εγκεκριμένη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) και τους σχετικούς περιβαλλοντικούς όρους του κάθε έργου. Η διαδικασία αποκατάστασης σταδιακά, κατά τη διάρκεια της νόμιμης λειτουργίας του λατομείου.

Για τα λατομεία αδρανών υλικών που εξυπηρετούν δημόσια έργα, όπως προβλέπεται στην περίπτωση γ' της παραγράφου 2 του άρθρου 52, καθώς και για εκείνα που εμπίπτουν στις διατάξεις της παραγράφου 4 του άρθρου 51, ο χρόνος ολοκλήρωσης της αποκατάστασης ορίζεται μέσω των σχετικών εγκρίσεων περιβαλλοντικών όρων, σύμφωνα με τις διατάξεις της παραγράφου 1 του άρθρου 45.

Η συμμόρφωση με τις επιστολές που απορρέουν από τις Αποφάσεις Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΑΕΠΟ) απαιτεί την κατάθεση εγγυητικής επιστολής αορίστου χρονικής ισχύος για την αρμόδια Αποκεντρωμένη Διοίκηση. Το ποσό της εγγύησης καθορίζεται βάσει του κόστους που περιγράφεται στις αποφάσεις αυτές. Επιπλέον, για τους εκμεταλλευτές λατομείων μαρμάρων, φυσικών λίθων, βιομηχανικών ορυκτών και αδρανών υλικών που έχουν ήδη καταθέσει εγγυητική επιστολή, ισχύουν οι προβλέψεις του τελευταίου εδαφίου της παραγράφου 8 του άρθρου 45 του Ν. 998/1979, όπως τροποποιήθηκε από το ΥΠΕΚΑ.

### ***3.7 Κανονισμοί Υγείας και Ασφάλειας***

Η ελληνική νομοθεσία για την Υγεία και Ασφάλεια στην Εργασία (ΥΑΕ) είναι πλήρως εναρμονισμένη με την κοινοτική νομοθεσία μέσω της ενσωμάτωσης της Οδηγίας Πλαίσιο 89/391/ΕΟΚ και των σχετικών ειδικών Οδηγιών. Κεντρικός πυλώνας

του νομοθετικού πλαισίου στην Ελλάδα είναι ο Κώδικας Νόμων για την Υγεία & Ασφάλεια στην Εργασία (ΚΝΥΑΕ), που θεσπίστηκε με το ν. 3850/2010 (ΦΕΚ Α' 84). Ο Κώδικας αυτός καθορίζει την ευθύνη του εργοδότη και περιγράφει τις υποχρεώσεις των εργοδοτών και εργαζομένων, καθώς και τους θεσμούς που παρέχουν υπηρεσίες προστασίας και πρόληψης ([ΥΠΕΚΑ, πρόσβαση 18/9/2024](#)), όπως ο τεχνικός ασφαλείας και ο ιατρός εργασίας. Οι διατάξεις για την ΥΑΕ εφαρμόζονται σε όλες τις επιχειρήσεις και οργανισμούς, δημόσιου και ιδιωτικού τομέα, για όλους τους εργαζομένους, εκτός από το οικιακό προσωπικό.

Βάσει των διατάξεων του ΚΝΥΑΕ, ο εργοδότης φέρει την ευθύνη να διασφαλίζει την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων σε όλες τις πτυχές της εργασίας, καθώς και την προστασία τρίτων που ενδέχεται να επηρεάζονται (αρχή ευθύνης εργοδότη). Στο πλαίσιο αυτό, είναι υποχρεωμένος να λαμβάνει τα απαραίτητα μέτρα προστασίας, στις υπηρεσίες τεχνικού ασφαλείας και, όπου απαιτείται, ιατρού εργασίας. Επίσης, οφείλει να παρέχει κατάλληλα μέσα ατομικής προστασίας στους εργαζομένους και να διατηρεί στη διάθεσή του γραπτή εκτίμηση κινδύνων που μπορεί να προκύψει κατά την εργασία, συμπεριλαμβανομένων των ιδιαίτερων

Ο έλεγχος της νομοθεσίας για την υγεία και την ασφάλεια στην εργασία γίνεται από τις αρμόδιες Επιθεωρήσεις Ασφάλειας και Υγείας του ΣΕΠΕ, οι οποίες υπάγονται στο ΥΠΕΚΑ. Οι Επιθεωρήσεις αυτές διασφαλίζουν τη συμμόρφωση των χώρων με τους κανόνες ασφαλείας, ελέγχοντας τη σωστή εφαρμογή των μέτρων που προβλέπονται από τη νομοθεσία.

### **3.8 Μεταλλευτικά δικαιώματα και ιδιοκτησία**

Τα μεταλλευτικά δικαιώματα και η ιδιοκτησία τους στην Ελλάδα ρυθμίζονται από έναν συνδυασμό εθνικών νόμων και κανονισμών, με στόχο τη διασφάλιση της ορθολογικής εκμετάλλευσης των ορυκτών πόρων και την προστασία των δημοσίων συμφερόντων. Οι διατάξεις αυτές καθορίζουν τη νομική βάση για την έρευνα, την εκμετάλλευση και τη διαχείριση των ορυκτών, συμπεριλαμβανομένων των αδρανών υλικών. Η εκμετάλλευση μεταλλευτικών πόρων στην Ελλάδα γίνεται από το Μεταλλευτικό Κώδικα (Ν. 210/1973) και αφορά τόσο την ιδιοκτησία του εδάφους όσο και τα δικαιώματα εκμετάλλευσης των μεταλλευμάτων, που ανήκουν στο Δημόσιο. Ο ιδιοκτήτης του εδάφους δεν έχει αυτόματα δικαιώματα εκμετάλλευσης, παρά μόνο εφόσον αποκτήσει άδεια από το κράτος. Η διαδικασία αδειοδότησης περιλαμβάνει την

υποβολή μελετών και την τήρηση των περιβαλλοντικών προϋποθέσεων. Το νομικό πλαίσιο στοχεύει στην ισχυρή ρύθμιση της χρήσης, με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος και την ορθολογική διάχυση (<https://ypen.gov.gr/>).



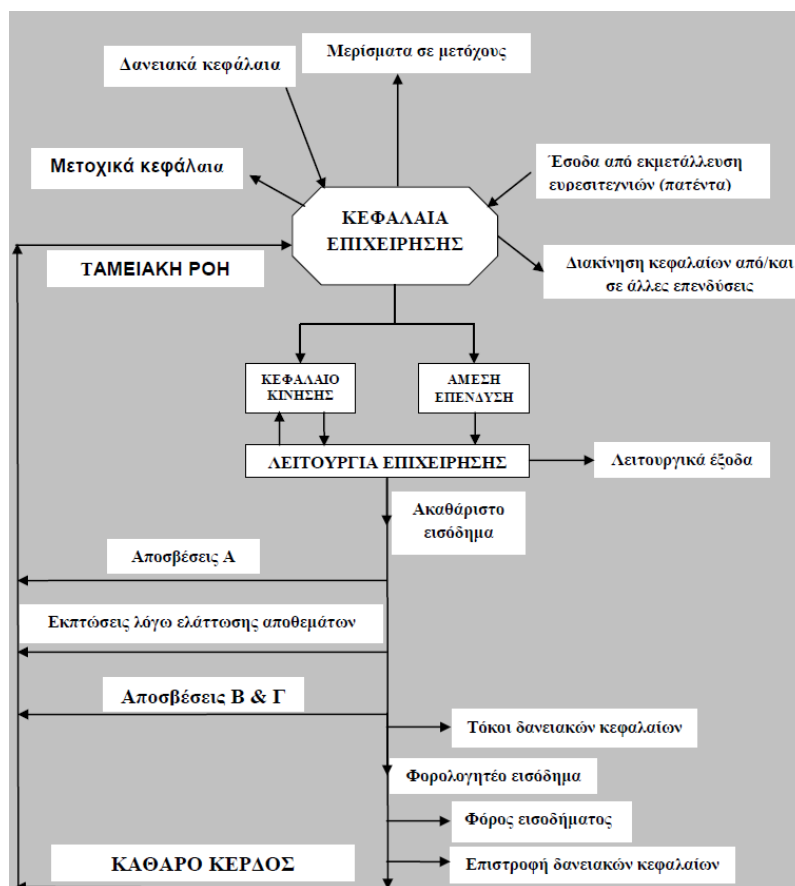
## **Κεφάλαιο 4. Οικονομοτεχνικές Μελέτες Μονάδων Παραγωγής Αδρανών Υλικών**

### **4.1 Έρευνα αγοράς**

Το πρώτο βήμα που οι επιχειρήσεις του κλάδου θα πρέπει να πραγματοποιήσουν είναι η έρευνα αγοράς σχετικά με την επικείμενη επένδυσή τους. Η έρευνα αγοράς βασικά θα στοχεύει στον προσδιορισμό της προσφοράς και της ζήτησης των αδρανών υλικών στην Ελληνική αγορά. Αυτή η έρευνα αγοράς θα δείξει τις περιοχές στις οποίες η ζήτηση είναι υψηλότερη – και ενδεχομένως η προσφορά μικρότερη, οι οποίες αποτελούν και τη βέλτιστη λύση για την εγκατάσταση του λατομείου, όσο αυτό είναι εφικτό. Η έρευνα αγοράς θα χαρτογραφήσει και τις διαθέσιμες πηγές, δηλαδή τα προς εκμετάλλευση λατομεία που υπάρχει η πρώτη ύλη για την επιχείρηση. Η βασική όμως στόχευση της έρευνας αγοράς θα είναι οι συνθήκες που επικρατούν στην αγορά για τα αδρανά υλικά. Εκτός από προσφορά και ζήτηση, αυτή θα πρέπει να περιλαμβάνει και στοιχεία για το ίδιο το προϊόν, όπως τιμή πώλησης, κανάλια διανομής, διαφήμιση και μάρκετινγκ, κ.α. Θα περιλαμβάνει επίσης τα σημεία πώλησης του προϊόντος, τις διακυμάνσεις των τιμών, τους τρόπους με τους οποίους γίνεται η διάθεση, τα σημεία πώλησης, τον ανταγωνισμό στον κλάδο και διάφορους άλλους παράγοντες που σχετίζονται με την αγορά και τον κλάδο των αδρανών υλικών ([Τσακαλάκης 2005](#)).

### **4.2 Οικονομική Ανάλυση**

Η οικονομική και χρηματοοικονομική ανάλυση περιλαμβάνουν τον προσδιορισμό του κόστους για κάθε μια όψη της λειτουργίας της επιχείρησης. Η επιχείρηση θα πρέπει να είναι σε θέση να προβλέψει όλα τα πιθανά κόστη αλλά και τις εισροές της όπως κεφάλαια και επενδύσεις που θα γίνουν για να μπορεί να προβλέψει τη βιωσιμότητα της επένδυσής της. Ο [Τσακαλάκης \(2005\)](#) παρουσιάζει μια τυπική λειτουργία επιχείρησης που δραστηριοποιείται στον μεταλλευτικό κλάδο ([Εικόνα 4.1](#)).



Εικόνα 4.1-Διάγραμμα λειτουργίας μεταλλευτικής επιχείρησης (Τσακαλάκης, 2005)

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν αναλυτικά οι κατηγορίες που συγκροτούν μια οικονομοτεχνική μελέτη για μια επιχείρηση που δραστηριοποιείται στον κλάδο των αδρανών υλικών. Υπολογισμός κόστους επένδυσης μονάδας θραύσης-ταξινόμησης

Μια οικονομοτεχνική μελέτη για μια επιχείρηση που δραστηριοποιείται στον κλάδο των αδρανών υλικών περιλαμβάνει διάφορες κατηγορίες ανάλυσης, με τον σημαντικότερο υπολογισμό του κόστους επένδυσης. Στην περίπτωση μιας μονάδας θραύσης-ταξινόμησης, το κόστος επένδυσης καθορίζεται από παράγοντες όπως η προμήθεια και εγκατάσταση του μηχανολογικού εξοπλισμού, οι απαιτούμενες κτιριακές υποδομές, το κόστος αδειοδότησης και περιβαλλοντικών μελετών, καθώς και οι δαπάνες για τις πρώτες ύλες και τη μεταφορά τους. Επιπλέον, λαμβάνονται υπόψη οι λειτουργικές δαπάνες, όπως η ενέργεια, η συντήρηση και το εργατικό κόστος, ώστε να διαμορφωθεί μια συνολική εκτίμηση της βιωσιμότητας της επένδυσης.



Εικόνα 4.2: Διαδικασία Διαχείρισης Αδρανών Υλικών: Από την Εισαγωγή έως τη Χρήση

### 4.3 Το λογισμικό Usim Pac 3.1

Το **USIM PAC 3.1** αποτελεί ένα προηγμένο λογισμικό προσομοίωσης που χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό, τη μοντελοποίηση και τη βελτιστοποίηση βιομηχανικών διεργασιών στους τομείς της εξόρυξης και της επεξεργασίας ορυκτών. Το πρόγραμμα προσφέρει εργαλεία για την ανάλυση πολύπλοκων διαδικασιών, όπως η θραύση/λειοτριβήση, η ταξινόμηση και ο διαχωρισμός υλικών.

#### 4.3.1 Βασικά χαρακτηριστικά:

- **Πολυλειτουργικό εργαλείο** που υποστηρίζει τη μοντελοποίηση σταδίων επεξεργασίας αδρανών και μεταλλευμάτων, καθώς και τη βελτίωση της απόδοσης εξοπλισμού, όπως θραυστήρων, κοσκίνων, μύλων και κυκλώνων.
- **Γραφικό περιβάλλον** που επιτρέπει τη διαμόρφωση της ροής των υλικών και τη λειτουργία των μονάδων επεξεργασίας.
- **Ακρίβεια στη μοντελοποίηση**, χάρη σε προηγμένους αλγόριθμους που διασφαλίζουν την ακριβή αναπαράσταση της απόδοσης του εξοπλισμού.
- **Εργαλεία βελτιστοποίησης**, που διευκολύνουν την αξιολόγηση και επιλογή των καλύτερων λειτουργικών σεναρίων για τη μέγιστη παραγωγικότητα με το ελάχιστο κόστος.

- **Ενελιξία**, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την προσομοίωση υφιστάμενων συστημάτων όσο και για τον σχεδιασμό νέων.

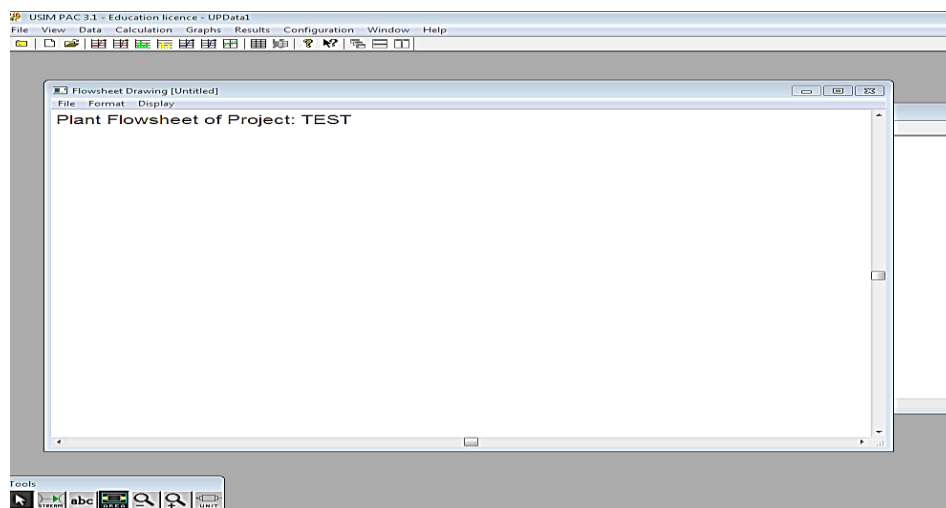
### 4.3.2 Πεδία εφαρμογής:

Το λογισμικό είναι κατάλληλο για τον σχεδιασμό νέων μονάδων επεξεργασίας υλικών, τη βελτιστοποίηση των υπάρχοντων εγκαταστάσεων και την εκπαίδευση προσωπικού. Χρησιμοποιείται για την επίτευξη καλύτερης απόδοσης, τη μείωση του κόστους λειτουργίας και τη διασφάλιση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων.

Το USIM PAC 3.1 αποτελεί ένα εξαιρετικά χρήσιμο εργαλείο για μηχανικούς και ειδικούς στη βιομηχανία επεξεργασίας υλικών, προσφέροντας αξιόπιστες λύσεις προσομοίωσης και βελτιστοποίησης

## 4.4 Αρχή λειτουργίας προσομοιωτή USIM PAC 3.1

Στο υποκεφάλαιο αυτό περιγράφεται ο τρόπος εισαγωγής των δεδομένων και των παραμέτρων του εξοπλισμού και τις κοκκομετρίας του υλικού μας. Επίσης, στην [Εικόνα 4.3](#) φαίνονται τα μέρη και το τρόπο που τοποθετούμε τα δεδομένα και τις παραμέτρους για τον εξοπλισμό.



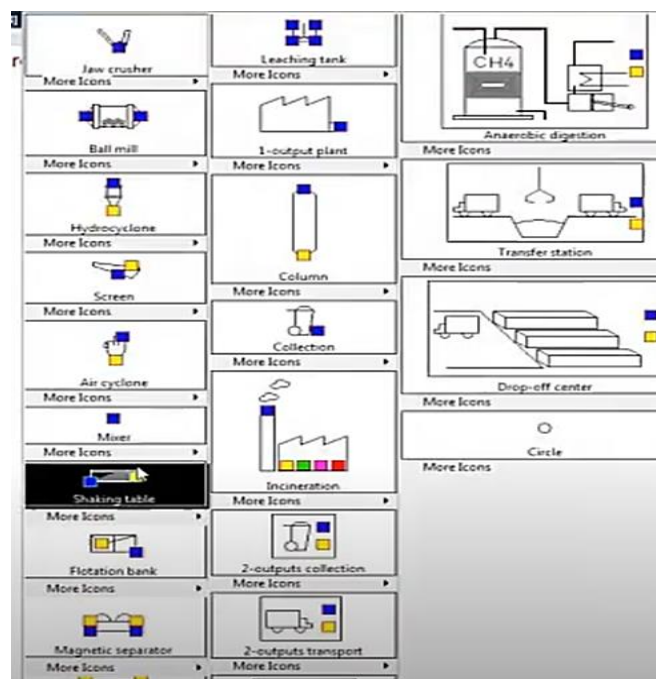
Εικόνα

4.3-Αρχικό στάδιο σχεδιασμού

### 4.4.1 Διαγραμματική Απεικόνιση Ροής (Flowsheet)

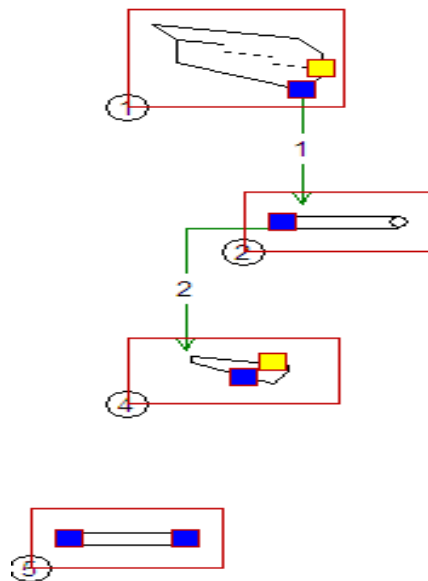
Στην [Εικόνα 4.4](#) φαίνεται ο απαραίτητος εξοπλισμός που χρειάζεται για να δημιουργήσεις με το κατάλληλο τρόπο το εργοστάσιο αδρανών υλικών αλλά και πολλών άλλων εργοστασίων αφού περιέχει και εξοπλισμό για εμπλουτισμό και περεταίρω διεργασίες.

- Αναπαριστά τη σειρά των μονάδων επεξεργασίας και των υλικών ροών στη διαδικασία.
- Ενσωματώνει την εμπειρία των μηχανικών και επιτρέπει την ανάλυση σεναρίων για βελτιστοποίηση βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων.

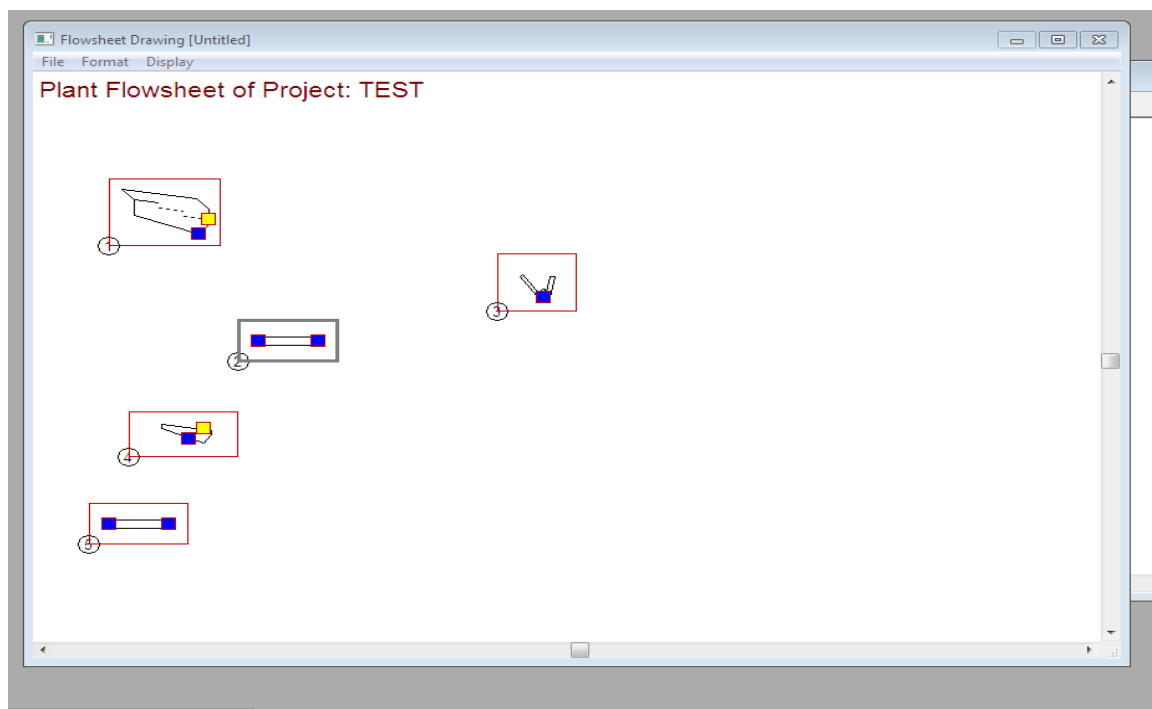


Εικόνα 4.4-Εξοπλισμός που διαθέτει ο Προσομοιωτής (UNIT)

Στις [Εικόνες 4.5](#) και [4.6](#) φαίνεται ο αρχικός σχεδιασμός του εργοστασίου της παρούσας εργασίας με τον κατάλληλο εξοπλισμό που έχουμε επιλέξει.

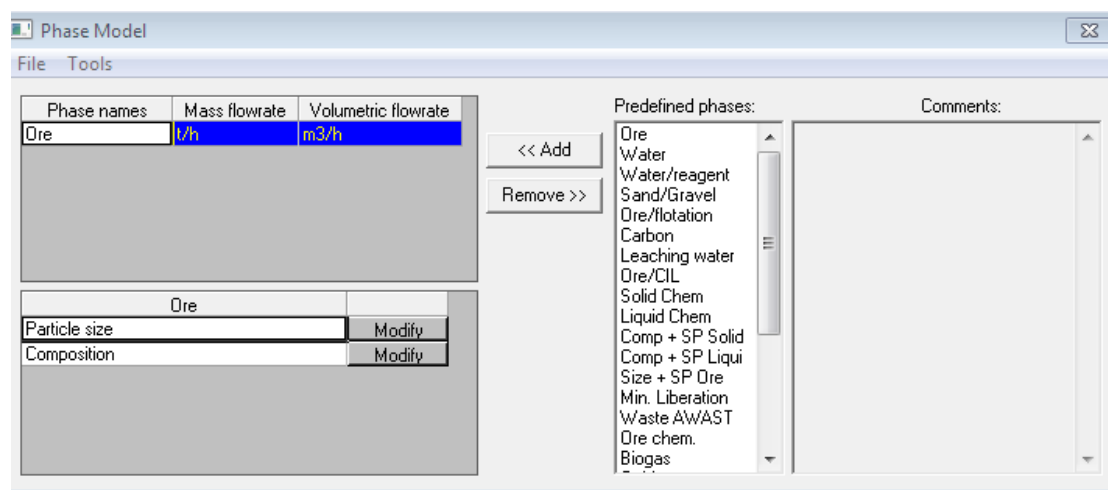


Εικόνα 4.5-Αρχικό στάδιο δημιουργίας απεικόνισης μονάδας

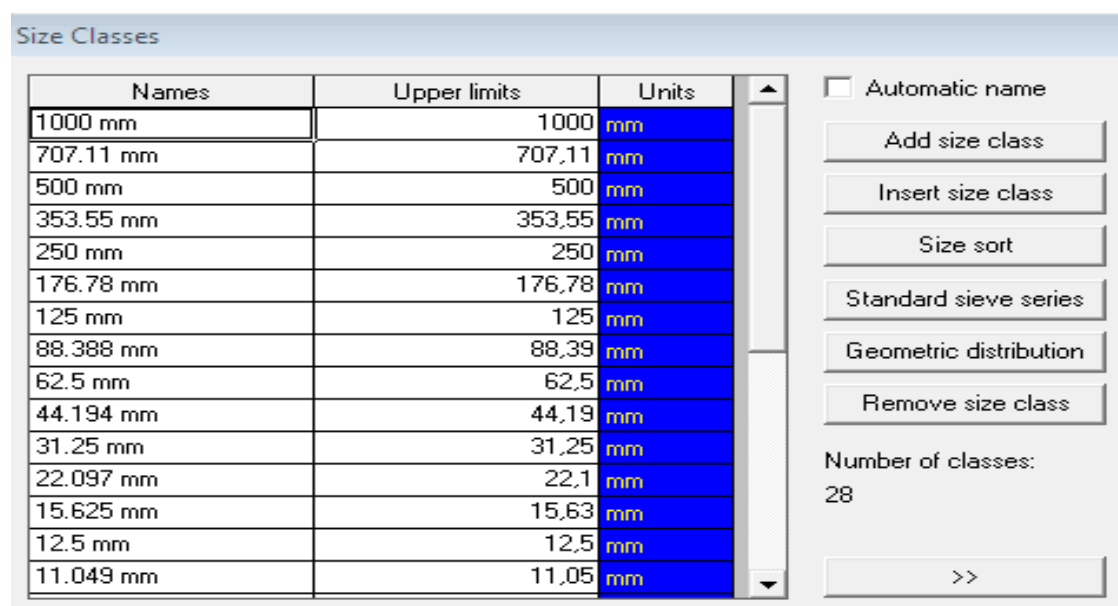


Εικόνα 4.6-Περιβάλλον Προσομοιωτή.

Μετά την ολοκλήρωση του διαγράμματος ροής με τον κατάλληλο εξοπλισμό ελέγχουμε τις ροές για την ομαλή λειτουργία της μονάδας παραγωγής αδρανών υλικών. Ρυθμίζουμε στο πρόγραμμα τις παραμέτρους τους πετρώματος (Εικόνα 4.7) και την κοκκομετρία της τροφοδοσίας του εργοστασίου (Εικόνα 4.8).



Εικόνα 4.7-Ορισμός παραμέτρων πετρώματος.



Εικόνα 4.8-Κοκκομετρικά Κλάσματα για τροφοδοσία του εργοστασίου μας.

Στη συνέχεια οι παράμετροι του εξοπλισμού του εργοστασίου αδρανών υλικών ρυθμίζονται με την επιλογή των αντίστοιχων πεδίων που παρουσιάζονται στις [Εικόνες 4.9](#) και [4.10](#)). Τέλος, εκτελείτε το πρόγραμμα και εξάγονται τα αποτελέσματα. Υπάρχει το ενδεχόμενο να παρουσιαστούν τα παρακάτω προβλήματα ή μηνύματα λάθους εφόσον οι παράμετροι της προσομοίωσης δεν έχουν οριστεί σωστά.

### Ασυνεπείς ή Μη Έγκυρες Παράμετροι Εισόδου

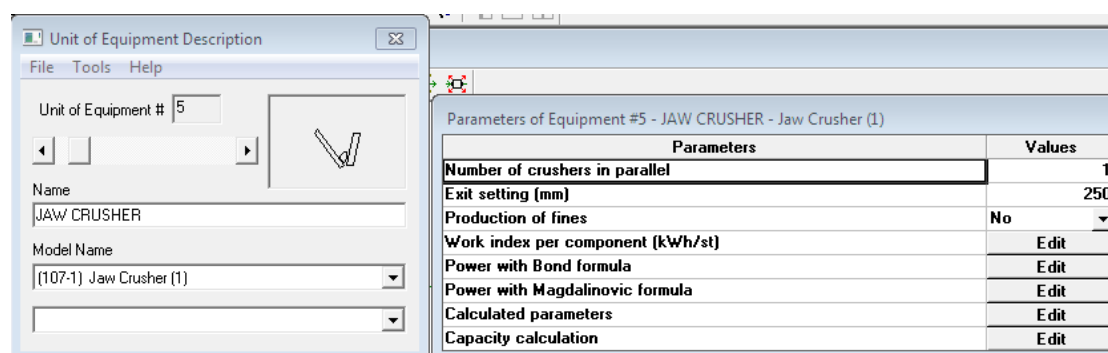
Εσφαλμένα δεδομένα εισόδου, όπως αρνητικές τιμές ροής ή μη ρεαλιστικές τιμές φυσικών ιδιοτήτων, μπορεί να οδηγήσουν σε αποτυχία της προσομοίωσης.

### Διακοπή Υπολογισμών λόγω Ασυνέχειας στη Ροή

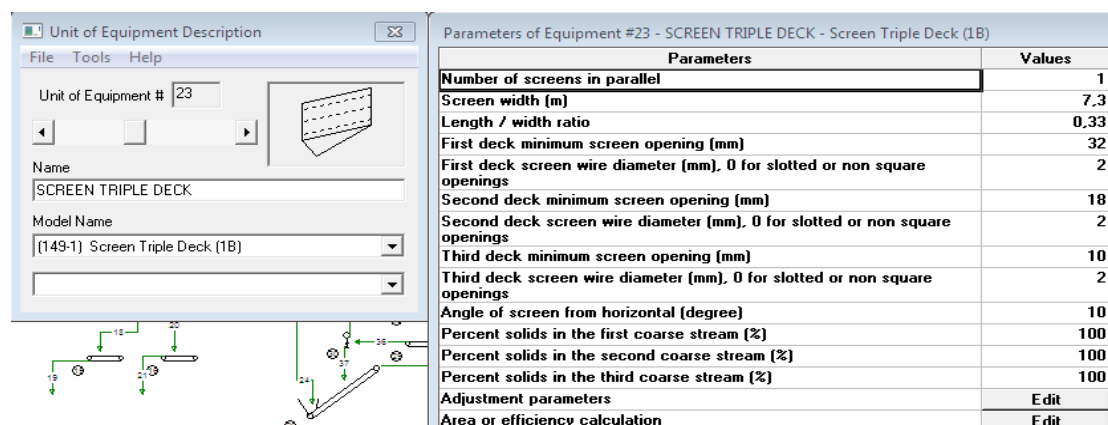
Αν κάποιο ρεύμα (ροή) δεν είναι σωστά συνδεδεμένο ή δεν πληροί τις απαιτούμενες συνθήκες ισορροπίας μάζας και ενέργειας, το λογισμικό μπορεί να εμφανίσει σφάλμα και να διακόψει την εκτέλεση της

### Λανθασμένη Δρομολόγηση Ροών

Αν οι ροές δεν κατευθύνονται σωστά μεταξύ των μονάδων επεξεργασίας, μπορεί να εμφανιστούν προβλήματα, όπως απώλειες υλικού ή υπερβολική συγκέντρωση υλικών σε ορισμένα στάδια.



Εικόνα 4.9-Ρύθμιση παραμέτρων σιαγονωτού θραυστήρα.



Εικόνα 4.10-Εισαγωγή παραμέτρων κοσκίνου με τρία καταστρώματα.

Στην [Εικόνα 4.10](#) φαίνονται αναλυτικά η κάθε παράμετρος που χρειάστηκε να προσδιορισθεί για κάθε στρώμα από τα κόσκινα που χρησιμοποιήθηκαν. Τέλος, αφού έχουν ρυθμιστεί όλες οι παράμετροι εκτελούνται αρκετές δοκιμές και παρατηρούνται τα αποτελέσματα για την είσοδο και την έξοδο για κάθε τμήμα του εργοστασίου.

### 4.5 Μονάδα Θραύσης – Ταξινόμησης

Η μονάδα θραύσης-ταξινόμησης αδρανών υλικών είναι μια εγκατάσταση που χρησιμοποιείται για τη μηχανική επεξεργασία και διαχωρισμό αδρανών υλικών, όπως



άμμος, χαλίκι και πέτρα, που προέρχονται από λατομικούς χώρους. Ο κύριος στόχος αυτών των μονάδων είναι να θραύσουν τα ακατέργαστα υλικά σε μικρότερα τεμαχίδια και να τα ταξινομήσουν σύμφωνα με το μέγεθος τους, προκειμένου να καλύψουν τις απαιτήσεις για διάφορες εφαρμογές, όπως κατασκευαστικά έργα, οδοποιία και παραγωγή σκυροδέματος.

#### **4.6 Διαδικασία θραύσης στα λατομεία**

Η διαδικασία **θραύσης στα λατομεία** αναφέρεται σε εκείνη όπου το ακατέργαστο υλικό μετά την εξόρυξη στο λατομείο (συνήθως μεγάλοι όγκοι) υφίσταται μηχανική επεξεργασία προκειμένου να παραχθούν μικρότερα μεγέθη αδρανών υλικών. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει συνήθως τα εξής βήματα:

1. **Φόρτωση και μεταφορά** του ακατέργαστου υλικού στον χώρο θραύσης.
2. **Θραύση** του υλικού, συνήθως με τη χρήση σπαστήρων (κρουστικών, κωνικών κ.α.), ώστε να μειωθεί το μέγεθός τους.
3. **Ταξινόμηση** κατά μέγεθος των προϊόντων θραύσης σε διάφορες κατηγορίες μεγέθους, μέσω κοσκίνων ή άλλων μηχανών, για την παραγωγή συγκεκριμένων μεγεθών υλικών για κάθε εφαρμογή.

Η σωστή λειτουργία και συντήρηση της μονάδας θραύσης - ταξινόμησης είναι κρίσιμη για την ποιότητα του παραγόμενου υλικού και τη μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας της μονάδας. Η λειτουργία της μονάδας (*Εικόνα 4.11*) ξεκινά με την τροφοδοσία του υλικού σε μια δονούμενη εσχάρα με άνοιγμα 80 mm (Μονάδα 1).

- Το υλικό που υπερβαίνει το μέγεθος των 80 mm κατευθύνεται στον σιαγονωτό θραυστήρα (Μονάδα 5), ο οποίος είναι ρυθμισμένος να παράγει υλικό με μέγεθος εξόδου μικρότερο από 250 mm.

Με τις κατάλληλες παραμέτρους λειτουργίας:

1. Το υλικό που εξάγεται από τη Μονάδα 10 μεταφέρεται στην μεταφορική ταινία (Μονάδα 11) και παράγει άμμο Β.
2. Το υπόλοιπο υλικό μεταφέρεται μέσω μεταφορικής ταινίας (ροή 15 και 16) για την παραγωγή:

- 3A (συμπυκνωμένο υλικό)
- Σκύρων

Το υλικό με μέγεθος μικρότερο από 80 mm περνά σε άλλη μεταφορική ταινία (Μονάδα 2) και στη συνέχεια οδηγείται σε κόσκινο (Μονάδα 3):

- Με ρύθμιση του ανοίγματος στο -12 mm, παράγεται υποβάση.
- Το υπόλοιπο υλικό κατευθύνεται στην παραγωγή άμμου Β (ροή 6 / μονάδα 7).

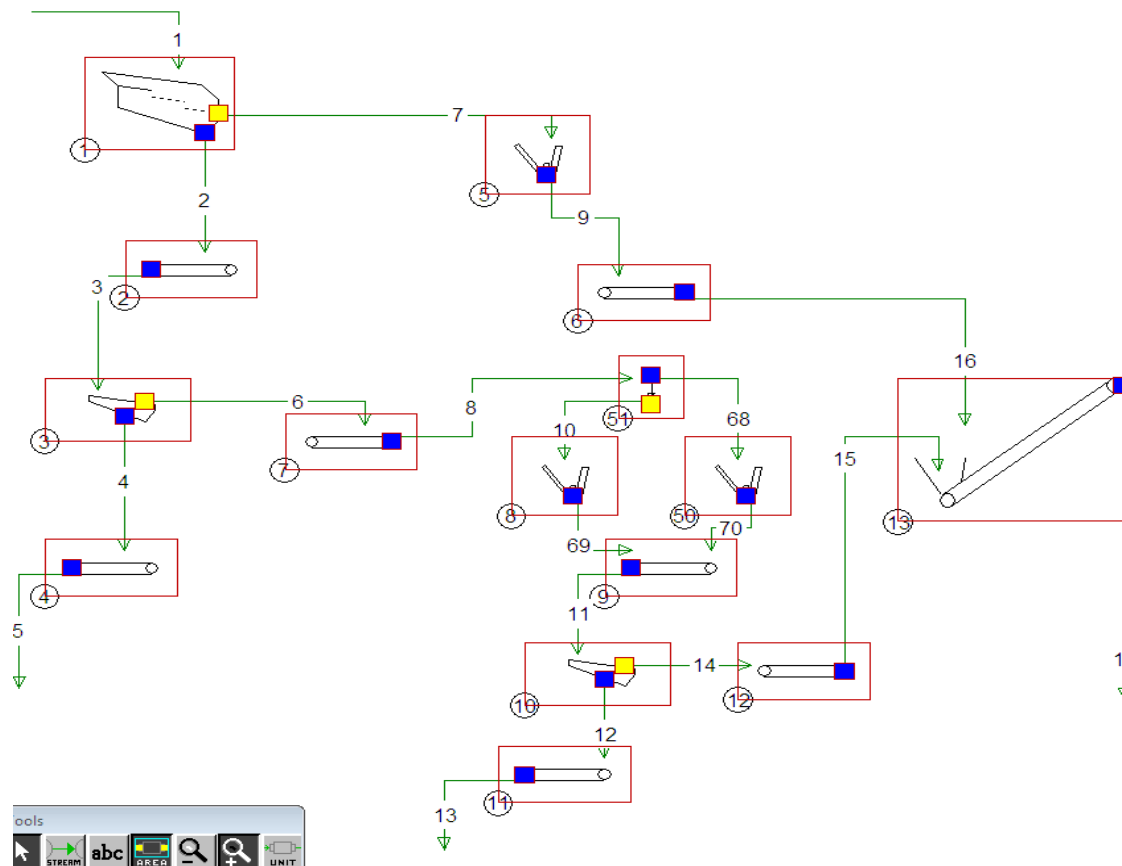
Στη συνέχεια, οι δύο σιαγονωτοί θραυστήρες (Μονάδα 8 και Μονάδα 50) μειώνουν το μέγεθος του υλικού στα:

- -25 mm (Μονάδα 8)
- -38 mm (Μονάδα 50).

Αυτές οι αναλογίες επιτρέπουν την επίτευξη των σωστών συνθέσεων για την παραγωγή των επιθυμητών προϊόντων.

#### ***4.7 Παραγόμενα Προϊόντα κατά την Α' Θραύση***

- Άμμος Β ροή 13
- Υποβάση ροή 5
- 3A ροή (stream) / 19-3A ([Εικόνα 4.11](#))
- Σκύρα ροή (stream) 21([Εικόνα 4.11](#))



Εικόνα 4.11-Διάγραμμα ροής μονάδας Α θραύσης.

Στην [Εικόνα 4.12](#) φαίνεται η διαδικασία μεταφοράς και διαχωρισμού των υλικών που προκύπτουν από το αρχικό στάδιο της Α' θραύσης. Τα υλικά μεταφέρονται σε μια μεγάλη μεταφορική ταινία (Μονάδα 13), η οποία τα κατευθύνει προς το επόμενο στάδιο. Στη συνέχεια, τα υλικά διέρχονται από κόσκινο (Μονάδα 14) με δύο καταστρώματα, όπου το πρώτο κατάστρωμα έχει άνοιγμα 60mm και το δεύτερο 32mm.

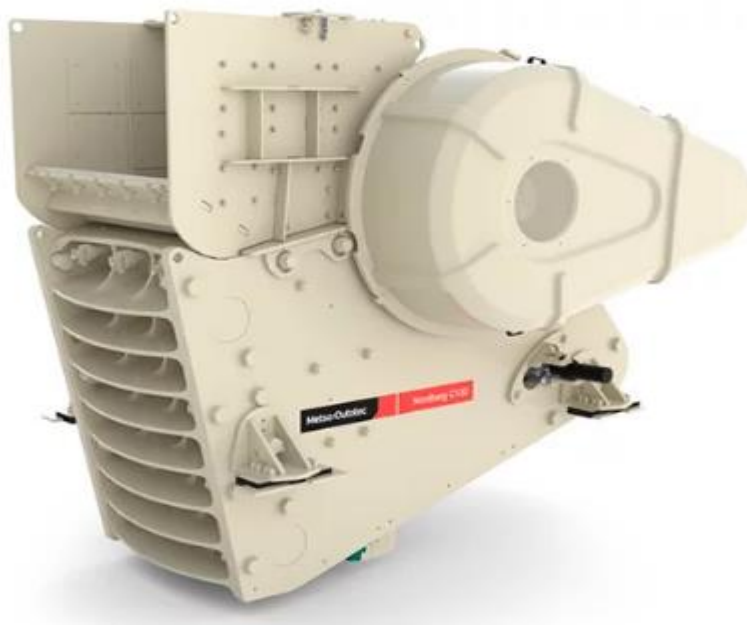


Πίνακας 4.1-Εξοπλισμός Α' Θράυσης.

ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ	ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ/ΤΥΠΟΣ	ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (m)	ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ (Hp)
<b>ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣ( GRIZZLY) #1</b>	Metso VF661-2V Εικόνα 21	ΔΟΝΟΥΜΕΝΟΣ ΜΕ ΣΧΑΡΑ	6.1*1.6	40 Hp
<b>ΚΟΣΚΙΝΟ #3</b>	ΔΟΝΟΥΜΕΝΟ Εικόνα 22	1 ΠΑΤΩΜΑ	1.5*3	7.5Hp
<b>ΣΙΑΓΩΝΟΤΟΣ ΣΠΑΣΤΗΡΑΣ #5</b>	Nordberg® C130™	DOUBLE TOGGLE	0.9*1.2	200Hp
<b>ΣΙΑΓΩΝΟΤΟΣ ΣΠΑΣΤΗΡΑΣ #8</b>	MJS 110 ΜΕΚΑ	SECONDARY	0.3*1.2	100Hp
<b>ΣΙΑΓΩΝΟΤΟΣ ΣΠΑΣΤΗΡΑΣ #50</b>	MJS 110 ΜΕΚΑ	SECONDARY	0.3*1.3	100Hp
<b>ΚΟΣΚΙΝΟ #10</b>	ΔΟΝΟΥΜΕΝΟ	1 ΠΑΤΩΜΑ/ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ 10%	1.25*2.5	7.5Hp
<b>ΚΟΣΚΙΝΟ#14</b>	CVB502 METSO	2 ΠΑΤΩΜΑΤΑ	2.4*7.3	50Hp



Εικόνα 4.13-VF661-2Vtm GRIZZLY.



Εικόνα 4.14-Norberg C130TM

Τεχνικά χαρακτηριστικά σιαγονωτού θραυστήρα:	Μέγιστη εγκατεστημένη ισχύς 185 kW (250 hp)
Maximum installed power 185 kW (250 hp)	Ταχύτητα 220 rpm
Speed 220 rpm	Βάρος βασικού θραυστήρα 40 150 kg (88 516 λίβρες)
Basic crusher weight 40 150 kg (88 516 lbs)	Ελάχιστη ρύθμιση κλειστής πλευράς 100 mm (4")
Minimum closed side setting 100 mm (4")	Μέγιστη ρύθμιση κλειστής πλευράς 250 mm (10")
Maximum closed side setting 250 mm (10")	

#### ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΩΝ ΤΑΙΝΙΩΝ

ΜΗΚΟΣ (m)	ΠΛΑΤΟΣ(m)	ΚΛΙΣΗ/ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ
10	7,3	15%/2.6	20Hp	2m/s

**Στην Α' θραύση το συνολικό μήκος μεταφορικών ταινιών που είναι αναγκαίες είναι 70 m**

Με τα δεδομένα της πυκνότητας του υλικού ( $\rho = 2,7 \text{ t/m}^3$ ) και του πλάτους της ταινίας ( $b = 0,73 \text{ m}$ ), μπορούμε να υπολογίσουμε τη θεωρητική ροή υλικού (σε τόνους ανά ώρα) που μεταφέρει η μεταφορική ταινία.

1. Υπολογισμός διατομής υλικού στην ταινία (A):

Η διατομή του υλικού θεωρείται τριγωνική με μικρή καμπυλότητα στην κορυφή. Επομένως, προσεγγίζουμε τη διατομή με το 70% του συνολικού πλάτους της ταινίας:

$A = 0,5 \times b \times h$  όπου  $h$  είναι το μέγιστο ύψος του υλικού στην ταινία. Για συνηθισμένες αναλογίες,  $h \approx b/3$ :

$$h = 0,73/3 = 0,243 \text{ m}$$

Συνεπώς:

$$A = 0,5 \times 0,73 \times 0,243 = 0,0887 \text{ m}^2$$

2. Υπολογισμός ροής (Q):

Η ροή υλικού υπολογίζεται από τον τύπο:

$$Q = A \times v \times \rho$$

Με δεδομένα:  $v = 2 \text{ m/s}$ ,  $\rho = 2,7 \text{ t/m}^3$  και  $A = 0,0887 \text{ m}^2$ :

$$Q = 0,0887 \times 2 \times 2,7 = 0,4789 \text{ t/s}$$

3. Μετατροπή σε τόνους ανά ώρα (t/h):

Η μετατροπή γίνεται πολλαπλασιάζοντας τη ροή σε τόνους ανά δευτερόλεπτο με 3600 (δευτερόλεπτα ανά ώρα):

$$Q = 0,4789 \times 3600 = 1724 \text{ t/h}$$

Τελικό αποτέλεσμα:

Η θεωρητική δυναμικότητα της μεταφορικής ταινίας είναι περίπου 1.724 (t/h), για υλικό με πυκνότητα 2,7 t/m<sup>3</sup>, πλάτος ταινίας 0,73 m, και ταχύτητα μεταφοράς 2 m/s.

Α' ΘΡΑΥΣΗ:

Με βάση τα διαγράμματα ροής (Εικόνα 20-Εικόνα 21) στην Α θραύση παράγουμε τα συγκεκριμένα υλικά με την αντίστοιχη κοκκομετρία.

Προϊόντα Α θραύσης:

1. Υπόβαση, 0mm-12mm
2. Άμμος Β, 0mm-5mm
3. 3Α, 0mm-32mm
4. Σκύρα, 32mm-60mm

#### 4.8 ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΘΡΑΥΣΗ

Σε όλα τα στάδια θραύσης, άρα και στην πρωτογενή, το υλικό θεωρήθηκε ότι υπακούει τη συνάρτηση κατανομής G-G-S με συντελεστή ομοιομορφίας  $m=0,6$  και μέγιστο μέγεθος τροφοδοσίας 1000mm. Για την πρωτογενή θραύση συνήθως προτιμάται θραυστήρας με σιαγόνες. Ο λόγος κατάτμησης (R) σε αυτήν την περίπτωση κυμαίνεται μεταξύ 3 και 5. Θεωρούμε  $R=4$  (ως μέσο όρο των 3 και 5), επομένως από την εξίσωση του λόγου κατάτμησης R υπολογίζεται το μέγεθος του προϊόντος

$$R = \frac{\kappa\tau}{\kappa\pi} \rightarrow \kappa\pi = \frac{\kappa\tau}{R} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

Όπου  $\kappa\tau$  και  $\kappa\pi$  είναι ο συντελεστής μεγέθους της κατανομής τεμαχίων της τροφής και του προϊόντος, αντίστοιχα.

Το 30.5% (213,7 t/h) του υλικού μας χρησιμοποιείται στην πρωτογενή θραύση και παράγουμε τα παραπάνω αδρανή υλικά μαζί με 48,2 t/h υπόβαση, με συνολική παραγωγή 87.085 t/h (Πίνακας 4.2).

Πίνακας 4.2-Παραγωγή προϊόντων Α' θραύσης

Α ΘΡΑΥΣΗ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ t/h	ΠΑΡΑΓΩΓΗ t/year
ΑΜΜΟΣ Β	13	23.847
3Α	111	201.152
ΣΚΥΡΑ	89	161.227
ΥΠΟΒΑΣΗ	48	87.085
ΣΥΝΟΛΟ	262	473.311

#### 4.9 Β' Θραύση

Στην δευτερογενή θραύση, χρησιμοποιούνται τρεις κωνικοί θραυστήρες (μονάδες 21, 22 και 25 - Εικόνα 4.15, με Κλειστό Άνοιγμα Εξόδου (Closed Side Setting - CSS) 44 mm, 58 mm και 12 mm, αντίστοιχα. Οι ρυθμίσεις αυτές επιλέγονται μέσω προσομοίωσης για να επιτευχθεί η βέλτιστη παραγωγή των επιθυμητών προϊόντων.

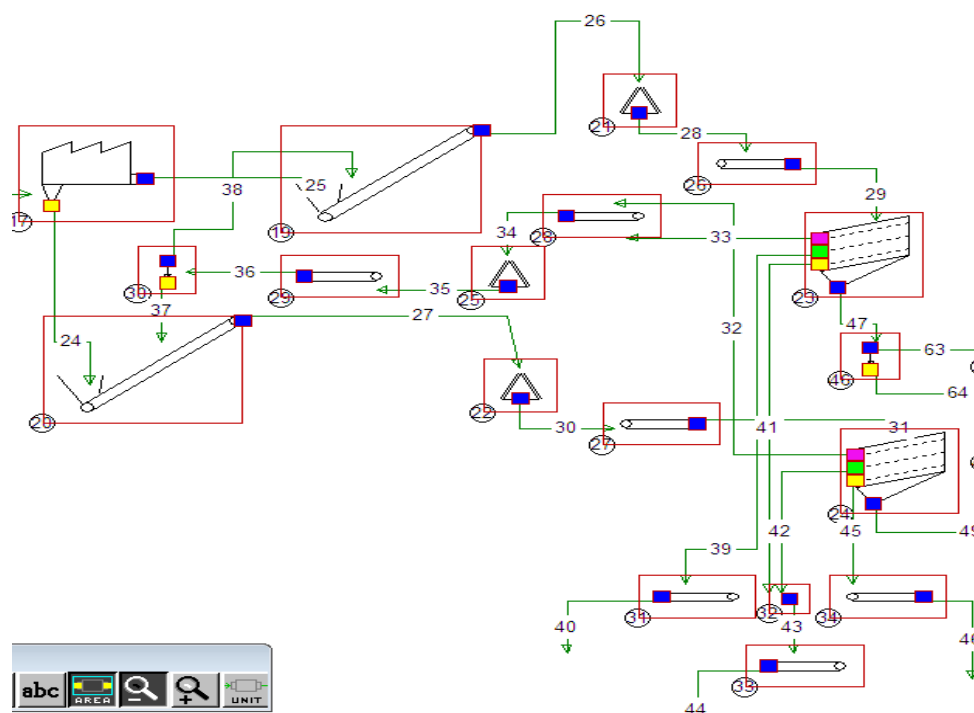


Από την Α' θραύση, το υλικό που έχει μέγεθος  $d_{80}=232,50$  mm πρέπει να θραυστεί κατάλληλα ώστε να παραχθούν τα επιθυμητά προϊόντα. Στην Εικόνα 23 παρουσιάζεται το ξεκίνημα από τη ροή 24-25 και μετά, ξεκινά η διαδικασία της Β' θραύσης. Σε αυτή τη φάση, τα υλικά μεταφέρονται μέσω μεταφορικών ταινιών και κατευθύνονται στους κωνικούς σπαστήρες, στους οποίους έχουμε ρυθμίσει το CSS χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα προσομοίωσης για να εξασφαλίσουμε τις σωστές αναλογίες και να καθορίσουμε κατάλληλα τις παραμέτρους του εξοπλισμού.

Στη Β' θραύση, από οι ροές 40, 44 και 46, παράγονται αντίστοιχα χονδρό χαλίκι, μείγμα χαλικιού και ψιλό χαλίκι. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται δύο κόσκινα με τρία καταστρώματα για την ταξινόμηση των υλικών.

**Β' ΘΡΑΥΣΗ :** Στην διαδικασία αυτήν τα προϊόντα που παράγουμε είναι τα εξής:

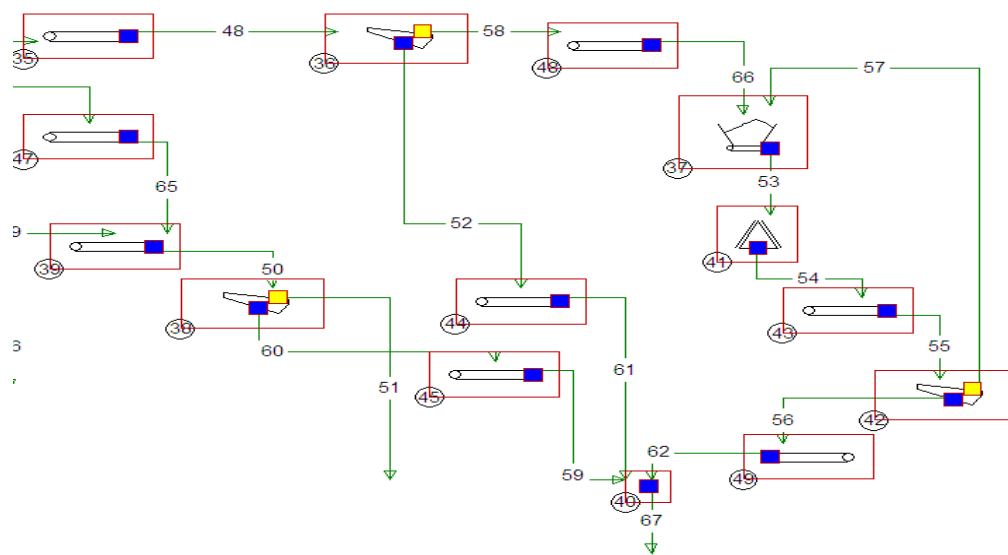
- Χαλίκι Χοντρό, 18mm-32mm
- Μείγμα, 10mm-32mm
- Χαλίκι Ψιλό, 10mm-18mm
- Ψηφίδα, 4mm-10mm
- Άμμος Α, 0-4mm



Εικόνα 4.15- Απεικόνιση Β' θραύσης.

Στην [Εικόνα 4.16](#) παρουσιάζεται η διαδικασία επεξεργασίας των υλικών που δεν πληρούν τις απαιτούμενες αναλογίες για τα προϊόντα που παράγουμε. Τα υλικά αυτά περνούν μέσω μεταφορικών ταινιών και με τη βοήθεια κατάλληλων κοσκίνων και

καθορισμένων παραμέτρων μονάδες 36-38 ελάχιστο άνοιγμα στρώματός 4mm και μονάδα 42 ελάχιστο άνοιγμα στρώματος 3mm και μονάδας 41 με Κλειστό Άνοιγμα Εξόδου (Closed Side Setting - CSS) 3mm , επιτυγχάνεται η παραγωγή της ψηφίδας (ροή 51) και της άμμου Α (ροή 67). Όλοι οι παράμετροι που αναφέρονται αναλυτικά στην Πίνακα 3



Εικόνα 4.16-Τελική φάση διαγράμματος ροής.

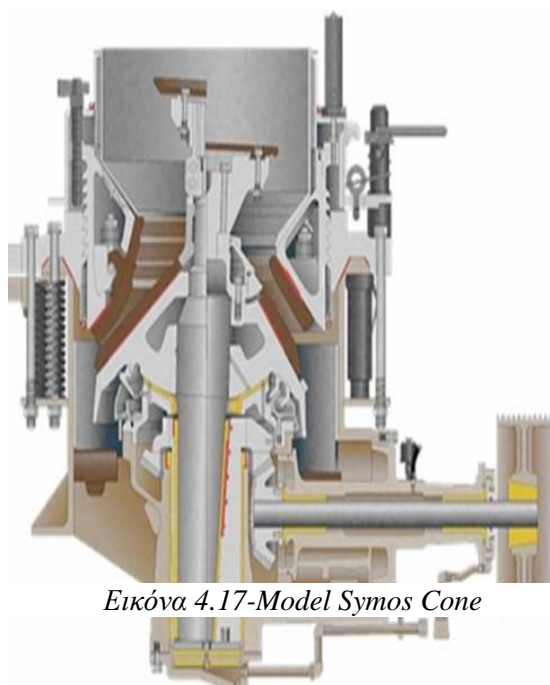
Στον [Πίνακα 4.3](#) παρατίθεται ο εξοπλισμός που απαιτείται για την εκτέλεση της διαδικασίας και ο οποίος τοποθετήθηκε και χρησιμοποιήθηκε στον προσομοιωτή. Όλα τα μηχανήματα επιλέχθηκαν κατόπιν διεξοδικής έρευνας αγοράς στο διαδίκτυο, με βάση τις παραμέτρους που έχουν καθοριστεί για το εργοστάσιο μας.

Πίνακας 4.3-Μηχανήματα θραύσης ταξινόμησης για την Β' θραύση της μονάδας παραγωγής αδρανών υλικών

ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ	ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ/ΤΥΠΟΣ	ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (m)	ΚΙΝΗΤΗ ΡΑΣ (Hp)
ΚΩΝΙΚΟΣ ΣΠΑΣΤΗΡΑΣ #21	PS SYMONS	5-1/2 STANDARD		250Hp
ΚΩΝΙΚΟΣ ΣΠΑΣΤΗΡΑΣ #22	PS SYMONS	5-1/2 STANDARD		250Hp
ΚΩΝΙΚΟΣ ΣΠΑΣΤΗΡΑΣ #25	PS SYMONS	4-1/4 SHORT HEAD		200Hp

<b>ΚΟΣΚΙΝΟ #23</b>	<b>ΛΟΝΟΥΜΕΝΟ/ΚΕΚΛΙ ΜΕΝΟ CVB503 METSO</b>	<b>3 ΠΑΤΩΜΑΤΑ</b>	<b>2.4*7.3</b>	<b>50Hp</b>
<b>ΚΟΣΚΙΝΟ #24</b>	<b>ΛΟΝΟΥΜΕΝΟ/ΚΕΚΛΙ ΜΕΝΟ CVB503 METSO</b>	<b>4 ΠΑΤΩΜΑΤΑ</b>	<b>2.4*7.4</b>	<b>50Hp</b>
<b>ΚΟΣΚΙΝΟ #36</b>	<b>ΛΟΝΟΥΜΕΝΟ/ΚΕΚΛΙ ΜΕΝΟ</b>	<b>1 ΠΑΤΩΜΑ</b>	<b>1.8*3.6</b>	<b>20Hp</b>
<b>ΚΟΣΚΙΝΟ #38</b>	<b>ΛΟΝΟΥΜΕΝΟ/ΚΕΚΛΙ ΜΕΝΟ</b>	<b>1 ΠΑΤΩΜΑ</b>	<b>1.8*3.6</b>	<b>20Hp</b>
<b>ΚΟΣΚΙΝΟ #42</b>	<b>ΛΟΝΟΥΜΕΝΟ/ΚΕΚΛΙ ΜΕΝΟ</b>	<b>1 ΠΑΤΩΜΑ</b>	<b>1.5*4.2</b>	<b>15Hp</b>
<b>ΚΩΝΙΚΟΣ ΣΠΑΣΤΗΡΑ Σ #41</b>	<b>3 FT Short Head Symons Cone Crusher</b>	<b>Short Head</b>	<b>2.6*1.7*2. 2</b>	<b>100Hp</b>
	<b>3 ΣΙΛΟ</b>	<b>ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ</b>	<b>2*2*2.7</b>	

**Model NO.**



*Εικόνα 4.17-Model Symos Cone*

**Symons 5 1/2 ft Cone Crusher**

**Warranty**

18-Month

**Capacity**

180-340tph, 256-414tph, 297-630tph, 428-675tph

**Power Supply**

380V/50Hz, 460V/60Hz

**Discharging**

16-38mm, 22-51mm, 25-64mm, 38-64mm

**Mex Feeding**

209mm, 241mm, 269mm, 368mm

**Concave**

Fine, Medium, Coarse, Extra Coarse

Στον *Πίνακα 4.4* παρατίθενται όλα τα υλικά που παράγονται στη δευτερογενή θραύση. Παρουσιάζεται η παραγωγή σε τόνους ανά ώρα (t/h) και υπολογίζεται η συνολική παραγωγή ανά έτος, λαμβάνοντας υπόψη ότι το εργοστάσιο λειτουργεί 251 μέρες το χρόνο.

*Πίνακας 4.4- Παραγόμενα υλικά από τη Β' θραύση*

<b>Β' ΘΡΑΥΣΗ</b>		
<b>ΑΔΡΑΝΗ ΥΛΙΚΑ</b>	<b>ΠΑΡΑΓΩΓΗ t/h</b>	<b>ΠΑΡΑΓΩΓΗ t/year</b>
<b>ΧΟΝΔΡΟ ΧΑΛΙΚΙ 18-32</b>	90	164179
<b>ΜΕΙΓΜΑ ΧΑΛΙΚΙΟΥ 10-32</b>	117	212888
<b>ΨΙΛΟ ΧΑΛΙΚΙ 10-18</b>	53	95842
<b>ΨΗΦΙΔΑ 4-10</b>	85	154367
<b>ΑΜΜΟΣ</b>	90	164450
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	438	791728

#### **4.10 Παράμετροι μηχανήματων θραύσης - ταξινόμησης**

Στο υποκεφάλαιο 5.2, παρουσιάστηκε η διαδικασία με την οποία προκύπτουν οι παράμετροι μέσω του προγράμματος (*Εικόνες 4.9 και 4.10*). Επίσης, ορισμένες από τις παραμέτρους, όπως τα κοσκινά, καθορίζονται με βάση την κοκκομετρία που απαιτείται για τα παραγόμενα υλικά (*Πίνακες 4.5 και 4.6*).

**Α' θραύση :**

*Πίνακας 4.5-Παράμετροι μηχανήματων θραύσης-ταξινόμησης*

<b>ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ</b>	
<b>ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣ(GRIZZLY) #1</b>	Screen opening 80mm
<b>ΚΟΣΚΙΝΟ #3</b>	Minimum screen opening 12mm

<b>ΣΙΑΓΩΝΟΤΟΣ ΣΠΑΣΤΗΡΑΣ #5</b>	Exit settings 250mm
<b>ΣΙΑΓΩΝΟΤΟΣ ΣΠΑΣΤΗΡΑΣ #8</b>	Exit settings 25mm
<b>ΣΙΑΓΩΝΟΤΟΣ ΣΠΑΣΤΗΡΑΣ #50</b>	Exit settings 38mm
<b>ΚΟΣΚΙΝΟ #10</b>	Minimum screen opening 5mm
<b>ΚΟΣΚΙΝΟ#14</b>	Firtst deck minimum screen opening 60mm second 32

**Β' Θραύση:**

*Πίνακας 4.6-Παράμετροι μηχανήματων*

<b>ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ</b>	
<b>ΚΩΝΙΚΟΣ ΣΠΑΣΤΗΡΑΣ #21</b>	Closed side setting CSS (mm) 44
<b>ΚΩΝΙΚΟΣ ΣΠΑΣΤΗΡΑΣ #22</b>	Closed side setting CSS (mm) 58
<b>ΚΩΝΙΚΟΣ ΣΠΑΣΤΗΡΑΣ #25</b>	Closed side setting CSS (mm) 12
<b>ΚΟΣΚΙΝΟ #23</b>	triple deck firtst minimum screen opening 32 second 18 thrid 10 (mm)
<b>ΚΟΣΚΙΝΟ #24</b>	quadruple deck first minimum screen opening 32 second 18 thrid 10 four 4 (mm)
<b>ΚΟΣΝΙΚΟ #36</b>	minimum screen opening 4mm
<b>ΚΟΣΝΙΚΟ #38</b>	minimum screen opening 4mm
<b>ΚΟΣΚΙΝΟ #42</b>	minimum screen opening 3mm
<b>ΚΩΝΙΚΟΣ ΣΠΑΣΤΗΡΑΣ #41</b>	Closed side setting CSS (mm) 3

## Κεφάλαιο 5. Ανάλυση Κόστους Κατασκευής Μονάδας και Ετήσιας Ταμειακής Ροής



*Εικόνα 5.1-Μονάδα παραγωγής αδρανών υλικών*

Η εικόνα 5.1 απεικονίζει έναν λατομικό χώρο εξόρυξης και επεξεργασίας αδρανών υλικών. Στο προσκήνιο φαίνεται ένας χωμάτινος δρόμος που οδηγεί σε μηχανική επεξεργασία, όπως ταινιόδρομοι, κόσκινα και μηχανήματα θραύσης. Περιμετρικά της εγκατάστασης υπάρχουν σωροί αδρανών υλικών, πιθανότατα ταξινομημένοι ανάλογα με το μέγεθος. Το τοπίο είναι ορεινό με χαμηλή βλάστηση, και στο βάθος φαίνεται μια εκτεταμένη θέα της γύρω περιοχής

### Ταμειακή Ροή

Η ταμειακή ροή αφορά τη διαφορά μεταξύ των ταμειακών εισροών και εκροών, επηρεάζοντας τη ρευστότητα της μονάδας ([Τσακαλάκης, 2005](#)).

- **Εισροές:** Έσοδα από πωλήσεις υλικών, χρηματοδοτήσεις ή δάνεια.
- **Εκροές:** Λειτουργικά κόστη (καύσιμα, μισθοί, συντήρηση), αποσβέσεις εξοπλισμού, φόροι και πληρωμές δανείων.

Η καθαρή ταμειακή ροή υπολογίζεται αφαιρώντας τις εκροές από τις εισροές και αποτελεί βασικό δείκτη βιωσιμότητας.

### Κόστος Μηχανημάτων

Τα μηχανήματα αποτελούν τη σημαντικότερη επένδυση και περιλαμβάνουν:

1. Σπαστήρες (Crushers): €50.000 - €500.000+.
2. Συστήματα ταξινόμησης: €30.000 - €150.000.
3. Ταινιόδρομοι: €10.000 - €50.000.
4. Μηχανήματα φόρτωσης/μεταφοράς: €40.000 - €200.000+.
5. Συστήματα αποθήκευσης/ζύγισης: €20.000 - €80.000.

Το συνολικό αρχικό κόστος για μια μονάδα μεσαίας κλίμακας εκτιμάται στα €500.000 - €2.000.000, ανάλογα με τον εξοπλισμό και παρουσιάζεται στον [Πίνακα 5.1](#).

*Πίνακας 5.1--Υπολογισμός σταθερού και συνολικού κεφαλαίου επένδυσης ως συνάρτηση του κόστους  $N$  του κυρίου εξοπλισμού μονάδας.*

<b>Κόστος αγοράς κυρίου εξοπλισμού</b>	<b><math>N</math></b>
<b>Εγκατάσταση εξοπλισμού</b>	<b><math>(0,17 - 0,25) * N</math></b>
<b>Σωληνώσεις (υλικά, εργατικά εκτός συντηρήσεων)</b>	<b><math>(0,07 - 0,25) * N</math></b>
<b>Ηλεκτρολογικά (υλικά, εργατικά εκτός φωτισμού εγκαταστάσεων μονάδας)</b>	<b><math>(0,13 - 0,25) * N</math></b>
<b>Όργανα – αυτοματισμοί</b>	<b><math>(0,03 - 0,13) * N</math></b>
<b>Κτιριακές εγκαταστάσεις (εκτός μηχανολογικών και φωτισμού)</b>	<b><math>(0,33 - 0,50) * N</math></b>
<b>Δευτερεύουσες εγκαταστάσεις (περιλαμβάνονται μηχανολογικά και φωτισμός)</b>	<b><math>(0,07 - 0,15) * N</math></b>
<b>Παροχές υπηρεσιών (ηλεκτρισμός, νερό, πεπιεσμένος αέρας, αποχέτευση κλπ)</b>	<b><math>(0,07 - 0,15) * N</math></b>
<b>Αξία γης εγκατάστασης</b>	<b><math>0,06 * N</math></b>
<b>Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου (περίφραξη, οδικό-σιδηροδρομικό δίκτυο, κλπ.)</b>	<b><math>(0,03 - 0,18) * N</math></b>
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΜΕΣΟ ΚΟΣΤΟΣ (D)</b>	<b><math>(1,98 - 2,86) * N</math></b>
<b>Σχεδιασμός και επίβλεψη</b>	<b><math>(0,18-0,22) * N</math></b>
<b>Γενική διοίκηση κατασκευής εγκατάστασης και διάφορα έξοδα κατασκευής</b>	<b><math>(0,30 - 0,33) * N</math></b>
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΜΜΕΣΟ ΚΟΣΤΟΣ (I)</b>	<b><math>(0,48 - 0,55) * N</math></b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΕΣΟΥ ΚΑΙ ΕΜΜΕΣΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ (D+I)</b>	<b><math>(2,38 - 3,41) * N</math></b>
<b>Εργολαβικό κέρδος</b>	<b><math>0,05 * (D + I) \text{ ή } (0,12 - 0,17) * N</math></b>



Απρόβλεπτα	$0,10 * (D + I) \text{ ή } (0,24 - 0,34) * N$
Σταθερό κεφάλαιο επένδυσης	$F = (2,74 - 3,92) * N$
Κεφάλαιο κίνησης	$0,10 * F \text{ ή } (0,27 - 0,39) * N$
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ</b>	<b><math>(3,01 - 4,31) * N</math></b>

### 5.1 Κριτήρια αξιολόγησης της αποδοτικότητας μιας επένδυσης

Ταμειακή ροή (cash flow): Χαρακτηρίζεται η διαφορά των ταμειακών εισροών και των ταμειακών εκροών ενός επενδυτικού σχεδίου ([Τσακαλάκης, 2005](#)).

Οι ταμειακές εκροές αφορούν το πρώτο στάδιο της επένδυσης όπου δαπανούνται χρήματα, π.χ. έρευνα/αξιολόγηση κοιτάσματος, σχεδιασμός-ανάπτυξη μεταλλείου κ.α.

Οι ταμειακές εισροές συνδέονται με τη λειτουργία της παραγωγικής μονάδας και εμπεριέχει τη διάσταση του κέρδους και της αποπληρωμής της επένδυσης

Η διαχρονική αξία του χρήματος: Η αξία του χρήματος μειώνεται με το χρόνο (πληθωρισμός). Για να συγκρίνουμε διαφορετικές χρονικές ταμειακές ροές, πρέπει να τις αναγωγούμε σε σημερινές παρούσες αξιώσεις χρησιμοποιώντας κάποιο επιτόκιο, που ονομάζεται επιτόκιο απαξίωσης ή προεξόφλησης. Η διαδικασία αυτή επιτρέπει την εκτίμηση της τρέχουσας αξίας μιας μελλοντικής ταμειακής ροής, λαμβάνοντας υπόψη τον χρόνο και το επιτόκιο, το οποίο αντικατοπτρίζει το κόστος ευκαιρίας ή τη χρονική

Συντελεστής προεξόφλησης: Εξαρτάται από το επιτόκιο προεξόφλησης ( $i$ ) και τον χρόνο ( $t$ ) αναγωγής, δηλ.,

$$1/(1 + i)^t$$

Παράδειγμα: Εάν επενδυθούν σήμερα αρχικό ποσό ( $A=1$  εκ. €) με επιτόκιο ( $i=15\%$ ) τότε μετά από πάροδο ( $t=10$  έτη) χρονικών περιόδων (χρόνια) η μελλοντική αξία του ποσού ( $Q$ ) θα είναι:

$$Q = A \cdot (1 + i)^t = 1,000,000 \cdot (1 + 0.15)^{10} = 4,046,000 \text{ €}$$

Αντίστροφα, η σημερινή (παρούσα) αξία ( $A$ ) που θα αποκτηθεί μετά από ( $n$ ) έτη με επιτόκιο απαξίωσης ( $i$ ) υπολογίζεται:

$$A = Q \cdot 1/(1 + i)^t$$

**Άρα, Παρούσα αξία (ΠΑ) (present value) = Μελλοντική αξία x Συντελεστή απαξίωσης**



Η αξιολόγηση της οικονομικής βιωσιμότητας μιας μονάδας παραγωγής αδρανών υλικών βασίζεται σε δύο βασικούς δείκτες: τον **Εσωτερικό Βαθμό Απόδοσης (EBA)** και την **Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)**. Οι δείκτες αυτοί προσφέρουν σημαντικές πληροφορίες για την απόδοση και τη βιωσιμότητα της επένδυσης.

### **Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)**

Η ΚΠΑ υπολογίζει τη διαφορά μεταξύ των προεξοφλημένων ταμειακών εισροών και εκροών μιας επένδυσης, εκφρασμένη στην παρούσα αξία.

- **Θετική ΚΠΑ:** Η επένδυση είναι αποδοτική, καθώς τα μελλοντικά έσοδα υπερκαλύπτουν το κόστος.
- **Αρνητική ΚΠΑ:** Η επένδυση δεν είναι βιώσιμη, καθώς τα κόστη ξεπερνούν τα οφέλη.

Ο τύπος της ΚΠΑ είναι:  $KPA = \sum_{i=1}^t (\text{ταμ. εισροες} - \text{ταμ. εκροες}) \cdot 1/(1+r)^t = 0$

Όπου  $r$  είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο.

### **Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (EBA)**

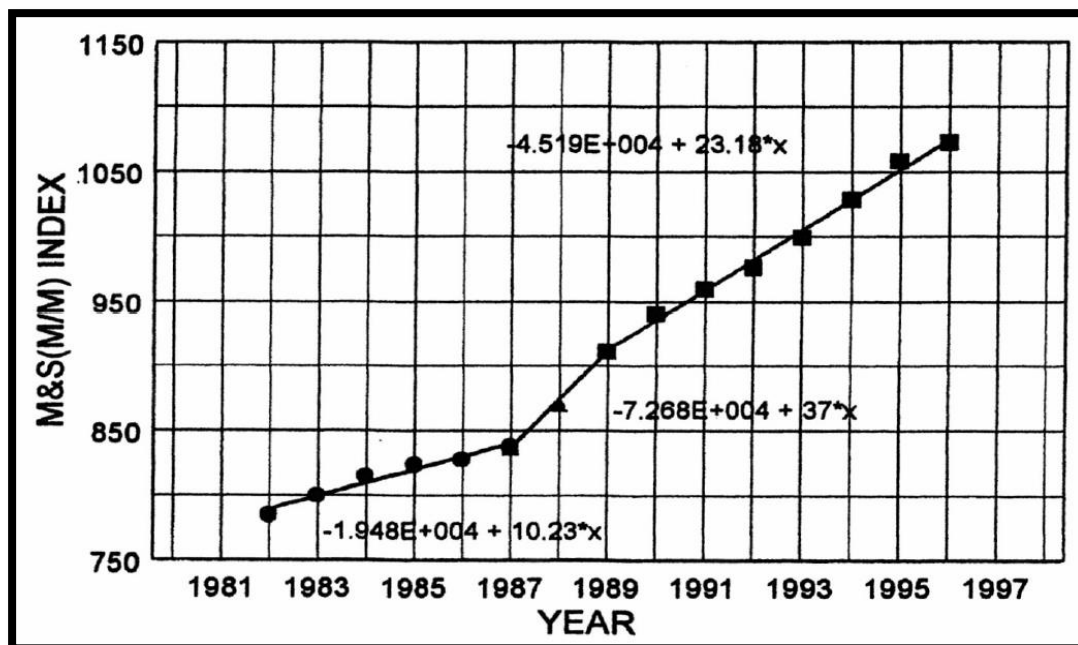
Ο EBA αντιπροσωπεύει το επιτόκιο που μηδενίζει την ΚΠΑ, δηλαδή το ποσοστό απόδοσης της επένδυσης.

- **EBA > Κόστος Κεφαλαίου:** Η επένδυση είναι κερδοφόρα.
  - **EBA < Κόστος Κεφαλαίου:** Η επένδυση δεν είναι βιώσιμη.
- Ο EBA είναι χρήσιμος για τη σύγκριση εναλλακτικών έργων, επιτρέποντας την επιλογή εκείνων με την υψηλότερη απόδοση.

## **5.2 Υπολογισμός σταθερού κεφαλαίου επένδυσης – εξοπλισμός**

Για τον υπολογισμό του μέσου κόστους του εξοπλισμού μιας βιομηχανικής μονάδας, χρησιμοποιούνται δείκτες κόστους που εκτιμούν την αξία των μηχανημάτων σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή, με ισχύ που περιορίζεται σε ορισμένη χρονική διάρκεια. Ένας από αυτούς είναι ο **Δείκτης Κόστους Marshall and Swift (M&S)** (*Εικόνα 5.2*), ο οποίος έχει τιμή αναφοράς 100 για το έτος 1926 και μεταβάλλεται διαχρονικά (*Τσακαλάκης, 2005*). Το σημερινό κόστος ενός μηχανήματος μπορεί να υπολογιστεί με τη χρήση της παρακάτω σχέσης:

$$(Cost)_{now} = [Cost]_{then} \left[ \frac{(Index)_{now}}{(Index)_{then}} \right]$$



Εικόνα 5.2-Δείκτης Κόστους Marshall and Swift (M&S)

Η εξίσωση αυτή επιτρέπει την προσαρμογή του αρχικού κόστους ενός εξοπλισμού στις σύγχρονες οικονομικές συνθήκες, λαμβάνοντας υπόψη τις μεταβολές των τιμών με τον χρόνο.

**Παραθέτουμε το τρόπο υπολογισμού κόστους εξοπλισμού του εργοστασίου παραγωγής αδρανών υλικών της εργασίας.**

Για παράδειγμα το σημερινό κόστος (έτος 2025) κωνικού θραυστήρα (5-1/2 STANDAR, 250 HP) όταν γνωρίζουμε ότι το κόστος ανερχόταν στα 385,700\$ το έτος 1994 υπολογίζεται σύμφωνα με τα παρακάτω.

Από το προηγούμενο διάγραμμα μεταβολής M&S με το χρόνο φαίνεται ότι το 1994 η τιμή του δείκτη ήταν περίπου 1025. Θεωρώντας γραμμική μεταβολή του δείκτη M&S με το χρόνο υπολογίζω ότι το έτος 2023 η τιμή του δείκτη είναι περίπου 1680, οπότε.

$$\text{Σημερινό κόστος (\$)} = 385700 \cdot (1680/1025) = 632.171,7$$

Με βάση το παράδειγμα και τον **Δείκτη Κόστους Marshall and Swift (M&S)**, υπολογίστηκε όλος ο εξοπλισμός της μονάδας της παρούσας εργασίας ([Πίνακας 5.2](#)).

Πίνακας 5.2-Κόστος εξοπλισμού μονάδας.

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (m)	ΚΟΣΤΟΣ \$ 1994	ΚΟΣΤΟΣ \$ 2023	ΚΟΣΤΟ ΕΥΡΩ 2023	1\$=0.92EURO
ΔΟΝΟΥΜΕΝΟΣ ΜΕ ΣΧΑΡΑ	6.1*1.6	56840	93.162,15	85.709,17	
1 ΠΑΤΩΜΑ	1.5*3	22210	36.402,73	33.490,51	
DOUBLE TOGGLE	0.9*1.2	219934	360.477,19	331.639,02	
SECONDARY	0.3*1.2	93000	152.429,27	140.234,93	
SECONDARY	0.3*1.3	93000	152.429,27	140.234,93	
1 ΠΑΤΩΜΑ/ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ 10%	1.25*2.5	15920	26.093,27	24.005,81	
2 ΠΑΤΩΜΑΤΑ	2.4*7.3	60866	99.760,86	91.779,99	
5-1/2 STANDARD		385700	632.171,71	581.597,97	
5-1/2 STANDARD		385700	632.171,71	581.597,97	
4-1/4 SHORT HEAD		243600	399.266,34	367.325,03	
3 ΠΑΤΩΜΑΤΑ	2.4*7.3	69513	113.933,50	104.818,82	
4 ΠΑΤΩΜΑΤΑ	2.4*7.4	69513	113.933,50	104.818,82	
1 ΠΑΤΩΜΑ	1.8*3.6	34450	56.464,39	51.947,24	
1 ΠΑΤΩΜΑ	1.8*3.6	34450	56.464,39	51.947,24	
1 ΠΑΤΩΜΑ	1.5*4.2	31650	51.875,12	47.725,11	
Short Head	2.6*1.7*2.2	147200	241.264,39	221.963,24	
ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ	2*2*2.7	13940	22.848,00	21.020,16	
		27880	45.696,00	42.040,32	

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΩΝ ΤΑΙΝΙΩΝ					
ΜΗΚΟΣ (m)	ΠΛΑΤΟΣ(m)	ΚΛΙΣΗ/ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ	ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ	ΤΑΧΥΤΗΤΑ	ΚΟΣΤΟΣ \$
10	7,3	15%/2.6	20Hp	2m/s	13940
20	7,3	20%/6.85	20Hp	2m/s	27880

Συνολικά για την μονάδα χρειαζόμαστε 25 ταινίες των 10 m και τρεις ταινίες των 20 m με συνολικό κόστος αγοράς **398.949 €**.

Το τελικό κόστος για την αγορά όλου του εξοπλισμού είναι **3.023.896 €**.

### 5.3 Υπολογισμός σταθερού κεφαλαίου επένδυσης – μέθοδος τμηματικής εκτίμησης

Η μονάδα λειτουργεί με 1 βάρδια των 8 ωρών την ημέρα, για 251 εργάσιμες ημέρες το χρόνο και μπορεί να επεξεργαστεί περίπου 1.402.800 τόνους αδρανών υλικών το έτος, υπό κανονικές συνθήκες. Από αυτούς, περίπου 1.262.520 τόνοι είναι διαθέσιμοι προς αξιοποίηση, ενώ 87.141 τόνοι καταγράφονται ως υπόβαση.

Για τις ημέρες ανά έτος αφαιρούμε τα Σαββατοκύριακα (104 ημέρες) και 10 ημέρες αργίας, ήτοι  $365-104-10 = 251$  ημέρες.

- Τροφοδοσία (t/h): 700 τόνοι ανά ώρα.
- Βάρδιες: 1 βάρδια λειτουργίας.

- Διαθεσιμότητα: 90% (που σημαίνει ότι το σύστημα λειτουργεί το 90% του χρόνου).
- Τροφοδοσία (t/year): 1.265.040 τόνοι ανά έτος, υπολογισμένοι με βάση τις ώρες λειτουργίας.
- Αξιοποιησιμο (t/year): 1.177.955 τόνοι ανά έτος είναι οι ποσότητες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν.
- Υποβάση (t/year): 87.141 τόνοι ανά έτος

ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ t/h	ΒΑΡΔΙΕΣ	ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ
700	1	0,9
ΜΕΡΕΣ/ΕΤΟΣ(D/Y)	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ t/yr	Αξιοποιησιμο t/year
251	1.265.040	1.177.955

Το ετήσιο κόστος ενέργειας υπολογίστηκε με βάση την κατανάλωση ισχύος των μηχανημάτων (1118,5 kW) και θεωρώντας τιμή 0,15 €/kWh (*Πίνακας 5.3*). Τα ανταλλακτικά & αναλώσιμα εκφράζονται ως ποσοστά του κόστους  $N$  του εξοπλισμού.

Τα ετήσια κόστη/δαπάνες υπολογίζονται με βάση την δυναμικότητα του εργοστασίου, 1.265.040 t/y.

#### 5.4 Κόστος αγοράς εξοπλισμού Έργου - Προσωπικού

Πίνακας 5.3-Ενεργειακό κόστος μηχανήματων εργοστασίου

ΔΟΝΟΥΜΕΝΟΣ ΜΕ ΣΧΑΡΑ	HP	kW	kWh	0,15 €/kWh	
ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ					
1 ΠΑΤΩΜΑ	40	29,8	238,6	35,8	
DOUBLE TOGGLE	7,5	5,6	44,7	6,7	
SECONDARY	200	149,1	1193,1	179,0	
SECONDARY	100	74,6	596,6	89,5	
1 ΠΑΤΩΜΑ/ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ 10%	100	74,6	596,6	89,5	
2 ΠΑΤΩΜΑΤΑ	7,5	5,6	44,7	6,7	
5-1/2 STANDARD	50	37,3	298,3	44,7	
5-1/2 STANDARD	250	186,4	1491,4	223,7	
4-1/4 SHORT HEAD	250	186,4	1491,4	223,7	
3 ΠΑΤΩΜΑΤΑ	200	149,1	1193,1	179,0	
4 ΠΑΤΩΜΑΤΑ	50	37,3	298,3	44,7	
1 ΠΑΤΩΜΑ	50	37,3	298,3	44,7	
1 ΠΑΤΩΜΑ	20	14,9	119,3	17,9	
1 ΠΑΤΩΜΑ	20	14,9	119,3	17,9	
Short Head	15	11,2	89,5	13,4	
	100	74,6	596,6	89,5	
	20	14,9	119,3	17,9	Ενέργεια
	20	14,9	119,3	17,9	€/y
ΣΥΝΟΛΙΚΟ		1118,5		1342,3	303216,5

Η αρχική επένδυση αφορά το κεφάλαιο με το οποίο ξεκινάει την επιχειρηματική της δραστηριότητα. Περιλαμβάνει όλα τα αρχικά κόστη που η επιχείρηση σχεδιάζει να προβεί. Αυτά είναι τα έξοδα για τις οικονομοτεχνικές μελέτες

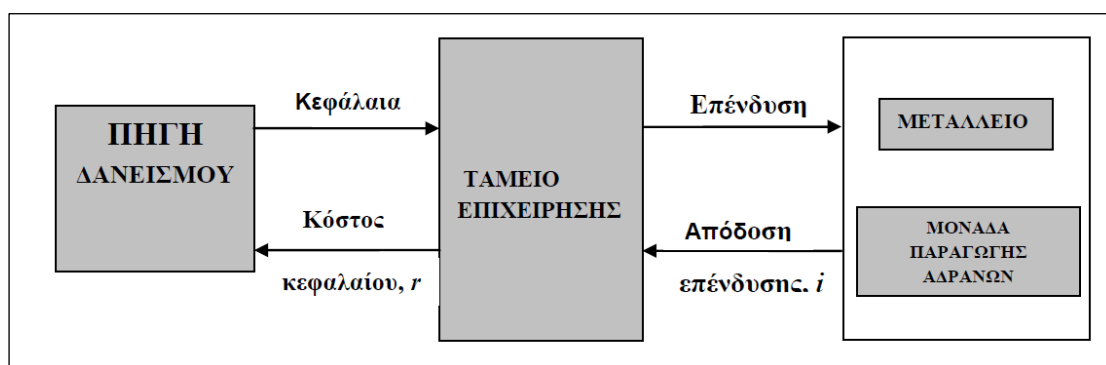
και τις έρευνες αγοράς, την αγορά ή μίσθωση του χώρου του λατομείου, τις αγορές εξοπλισμού, τους μισθούς των εργαζομένων και φυσικά τις κατασκευές των εγκαταστάσεων που θα χρειαστεί η επιχείρηση για τη λειτουργία της. Η αρχική επένδυση είναι αρκετά δαπανηρό κομμάτι της επιχείρησης. Η συγκέντρωση ενός υψηλού ποσού για την αρχική επένδυση μπορεί να είναι εμπόδιο εισόδου στον κλάδο. Σε περιόδους οικονομικής ευημερίας, οι επιχειρήσεις θα μπορούσαν να απευθυνθούν στο κράτος για να ζητήσουν χρηματοδότηση και επιχορήγηση ενός τμήματος της αρχικής επένδυσης για να μπορέσουν να ανταπεξέλθουν στις δυσκολίες.

### 5.4.1 Κεφάλαια

Τα κεφάλαια της επιχείρησης χωρίζονται σε βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα.

- Τα βραχυπρόθεσμα περιλαμβάνουν τα Ίδια Κεφάλαια (παραγόμενα κέρδη, αποσβέσεις και εκπτώσεις λόγω ελάττωσης αποθεμάτων) και τα Δανειακά Κεφάλαια (Εμπορικές Πιστώσεις, Χρηματοδοτήσεις, Βραχυπρόθεσμα Δάνεια και Εκμισθώσεις)
- Τα Μακροπρόθεσμα περιλαμβάνουν τα Ίδια Κεφάλαια (παραγόμενα κέρδη, αποσβέσεις και εκπτώσεις λόγω ελάττωσης αποθεμάτων) και τα Δανειακά, που περιλαμβάνουν τα Δάνεια και τις Μετοχές. Τα Δάνεια περιλαμβάνουν Τραπεζικά Δάνεια, Ομολογιακά Δάνεια, Ομόλογα και Υποθήκες ενώ οι Μετοχές περιλαμβάνουν τις Κοινές και τις Προνομιούχες μετοχές.

Η διακίνηση κεφαλαίων της επιχείρησης όπως αναφέρει ο [Καλαμαράς \(2012\)](#) πραγματοποιείται σύμφωνα με το κάτωθι διάγραμμα (*Εικόνα 5.3*).



Εικόνα 5.3-Διακίνηση κεφαλαίων εντός μια μεταλλευτικής επιχείρησης

### 5.4.2 Μηχανήματα

Για την εγκατάσταση η επιχείρηση θα χρειαστεί μηχανήματα τα οποία μπορεί να τα αγοράσει καινούρια ή μεταχειρισμένα. Τα μηχανήματα που είναι απαραίτητα για τη

λειτουργία της μονάδας είναι τα εξής, τα πιο βασικά από τα οποία παρατίθενται και σε εικόνες :

- 2 Dumper 773E Cat με ισχύ 710HP και κόστος αγοράς 160.000€ (*Εικόνα 5.4*).
- Εκσκαφέας Ερπυστριοφόρος 336 Cat που θα χρησιμεύσει για τη φόρτωση του (*Εικόνα 5.5*) Dumper, το ξεσκαρτάρισμα, και άλλες εργασίες, με ισχύ 302HP και κόστος αγοράς 100.000€.
- Διατρητικό τύπου ATLAS Wagon Drill Roc L6 (*Εικόνα 5.6*) για τη διάτρηση και ανατίναξη, ισχύος 385HP και παραγωγικότητα που φτάνει τα 40 διατρήματα 15μέτρων ανά 8ωρο και κόστος αγοράς 130.000€.
- Φορτωτής 980M (*Εικόνα 5.7*) που χρησιμεύει για την φόρτωση όλων των υλικών του λατομείου και για την μεταφορά υλικού στο χώρο που παράγονται και στην φόρτωση για τα φορητά στην αγορά του υλικού. Κόστος αγοράς 250.000€ με ισχύ 426HP.
- Φορτωτής Komatsu WA380-8 (*Εικόνα 5.8*) με ισχύ 150 HP και κόστος αγοράς 100.000€ για βοηθητικές εργασίες στον χώρο του λατομείου και τροφοδότηση του κυκλώματος.
- Φορητά ανατρεπόμενα ACTROS 4143 κόστος αγοράς 25.000€ που χρησιμεύουν για τη μεταφορά των φορτίων ισχύος 430HP και ωφέλιμου βάρους 20 τόνων.
- Υδροφόρα χρησιμοποιείται για να ρίχνει νερό στους δρόμους και στις επιφάνειες του λατομείου, μειώνοντας τη σκόνη και βελτιώνοντας την ορατότητα. Κόστος αγοράς 15.000€.





*Εικόνα 5.4-Ανατρεπόμενο Dumper*



*Εικόνα 5.5-Ερπυστριοφόρος Εκσκαφέας.*



*Εικόνα 5.6-Διατρητικό ATLAS.*



*Εικόνα 5.7-Φορτωτής 980M CAT*





Εικόνα 5.8-Φορτωτής W380-8.

Το συνολικό κόστος για τα μηχανήματα, με τιμή αγοράς καινούργιου, είναι στα 780.000€. Πολλά από αυτά θα μπορούσαν να αποκτηθούν με έρευνα αγοράς και μεταχειρισμένα, αλλά στην παρούσα εργασία επιλέχθηκαν όλα να αγοραστούν ως καινούργια. Τα μηχανήματα αναλύονται στον παρακάτω [Πίνακα 5.4](#).

Πίνακας 5.3-Τιμές Μηχανήματων

	ΤΥΠΟΣ	ΤΙΜΗ ΑΓΟΡΑΣ (€)	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΟΥ L/h
WAGON DRILL	ROC L6	130000	35
ΦΟΡΤΩΤΗΣ 1	980M	250000	20
ΦΟΡΤΩΤΗΣ 2	WA380-8	100000	10
ΕΣΚΑΦΕΑΣ	336CAT	100000	20
DUMPER	773E CAT	80000	35
DUMPER	773E CAT	80000	35

<b>ΦΟΡΤΗΓΟ</b>	ACTROS 4143	25000	15
<b>ΥΔΡΟΦΟΡΑ</b>		15000	10
<b>Συνολικό Κόστος</b>		<b>780000€</b>	

Με βάση την μέτρηση και καταγραφή των καταναλώσεων σε 8ωρη εργασία και με τιμή πετρελαίου 1,5 € / λίτρο προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

- WAGON DRILL ROC L6 καταναλώνει 35 λίτρα / ώρα. 35 \*

$$1,5 * 8 = 840 \text{ €} * 2 \text{ (βάρδιες ημερησίως)} * 251 \text{ (ημέρες το χρόνο)} = 105.420\text{€}$$

το ετήσιο κόστος κατανάλωσης του μηχανήματος.

Με βάση αυτό το συνολικό ετήσιο κόστος καυσίμου για όλα τα μηχανήματα έργου που βρίσκονται στην μονάδα είναι **542.160€**.

#### 5.4.3 Προσωπικό

Το προσωπικό που χρειάζεται ένα τέτοιο συγκρότημα θα απαρτίζεται από 17 εργαζόμενους, σε διάφορες θέσεις: 1 Εργοδηγός εξόρυξης, 4 Χειριστές μηχανημάτων, 3 Οδηγούς των ανατρεπόμενων, 1 χειρίστης συγκροτήματος μονάδας, 2 άτομα διοικητικό/λογιστικό, 1 επιβλέπων μηχανικός, 1 άτομο για πώληση/πλάστιγγα, 3 εργατοτεχνίτες και 1 μηχανολόγος εγκαταστάσεων (*Πίνακας 5.5*). Οι εργαζόμενοι θα δουλεύουν συγκεκριμένες ώρες ανά έτος καθώς οι ανάγκες για εργασία διαφέρουν ανάλογα με το αντικείμενο. Οι ετήσιες αποδοχές των εργαζόμενων υπολογίζονται στα 225.975 €.

Τα ημερομίσθια των εργατοτεχνιτών, των οδηγών και των χειριστών που θα επιβαρύνουν τη λατομική μονάδα διαμορφώνονται ως εξής: 42,5 € / εργατοτεχνίτη, ενώ με 65 € ημερομίσθιο θα αμείβεται ο εργοδηγός, 70 € ο μηχανικός και 50 € ο λογιστής. Επίσης, η εταιρεία έχει ένα πάγιο έξοδο των 320€ μηνιαίως που επιβαρύνεται η εταιρεία για την επίβλεψη του μηχανολόγου εγκαταστάσεων.

*Πίνακας 5.4-Δαπάνες Εργαζομένων*

ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ Υ	ΑΤΟΜΑ	ΕΤΗΣΙΑ ΔΑΠΑΝΗ (€)	ΒΑΡΔΙΕΣ		ΣΥΝΟΛΟ ΑΤΟΜΩΝ	ΣΥΝΟΛΟ ΔΑΠΑΝΗΣ (€)
ΧΕΙΡΙΣΤΗΣ WAGON DRILL- ΓΟΜΩΤΗΣ	1	15.060	1		1	15.060
ΟΔΗΓΟΣ DUMPER	2	15.060	1		2	30.120
ΟΔΗΓΟΣ ΦΟΡΤΩΤΗ	2	15.060	1		2	30.120
ΟΔΗΓΟΣ ΦΟΡΤΗΓΟΥ- ΥΔΡΟΦΟΡΑ	1	15.060	1		1	15.060
ΧΕΙΡΙΣΤΗΣ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜ ΑΤΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ	1	15.060	1		1	15.060
ΒΟΗΘΟΣ ΓΟΜΩΤΗ	1	10.667	1		1	10.667
ΠΩΛΗΣΗ- ΠΛΑΣΤΙΓΓΑ	1	12.550	1		1	12.550
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ	1	17.570	1		1	17.570
ΕΡΓΟΔΗΓΟΣ- ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ Υ	1	16.315	1		1	16.315
ΔΙΚΟΙΗΤΙΚΟ /ΛΟΓΙΣΤΙΚΟ	2	12.550	1		1	12.550
ΜΗΧΑΝΟΛΟ ΓΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣ ΕΩΝ	1	3.840	4 φορές το μηνά		1	3.840
ΕΡΓΑΤΟΤΕΧ ΝΙΤΕΣ	3	10.667	1		3	32.002

<b>ΧΕΙΡΙΣΤΗΣ ΕΣΚΑΦΕΑ</b>	1	15.060	1		1	15.060
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ Υ</b>					17	225.975

### 5.5 Διάτρηση- Ανατίναξη

Οι ανατινάξεις σε λατομεία πρέπει να ακολουθούν συγκεκριμένες διαδικασίες:

(α) Αδειοδότηση (Πηγή διαδικτύου)

1. Άδεια χρήσης εκρηκτικών υλών:
  - ο Χορηγείται από την Περιφέρεια, σε συνεργασία με την Αστυνομία.
  - ο Απαιτείται τεχνική μελέτη και εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
2. Άδεια πυροδότησης:
  - ο Απαιτείται ειδικός πυροδότης με πιστοποίηση.
3. Τεχνική Μελέτη Ανατινάξεων:
  - ο Πρέπει να περιλαμβάνει:
    - Γεωμετρία οπών (burden, spacing, βάθος).
    - Τύπο και ποσότητα εκρηκτικών υλών.
    - Πρόγραμμα πυροδότησης.
    - Μέτρα προστασίας εργαζομένων και περιβάλλοντος.

Περιγραφή	Εξίσωση
Φόρτιο	$B = 3.59 \cdot d \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot \rho_e}{\rho_r}}$
Υπολογισμός όγκου εξορυσσόμενου πετρώματος	$v = \frac{v_{\theta\rho}}{\rho_r}$
Υπολογισμός απόστασης διατρημάτων	$S = 1.5 \cdot B$
Υποδιατρήσεις	$J = 0.3 \cdot B$
Συνολικό μήκος διατρημάτων	$L = 15 + J$
Συνολικό μήκος διάτρησης για όλα τα διατρήματα	$L_0\lambda = 10 \cdot L$
Υπολογισμός ποσότητας εκρηκτικών ανά διάτρημα	$V_{στ} = \pi \cdot r^2 \cdot H_\gamma$
Ειδικός συντελεστής διάτρησης	$K = \frac{v}{L_0\lambda}$

Εικόνα 5.9-Εμπειρικοί τύποι διάτρηση-ανατίναξη (*Αγιουταντης, 2009*)

Σύμφωνα με τις παραπάνω συναρτήσεις και τα δεδομένα που αφορούν τη λατομική μονάδα *Εικόνα 5.9* της παρούσας εργασίας, ο απαιτούμενος όγκος του εξορυσσόμενου θραυσμένου υλικού για καθημερινή παραγωγή είναι  $V=5600t(700t/h \cdot 8h)$ . Επιπλέον, είναι γνωστές οι εξής παραμέτροι:

- Η πυκνότητα του βαρύ ANFO ( $\rho_e$ ) είναι  $1,2 \text{ g/cm}^3$ ,
- Η πυκνότητα του πετρώματος ( $\rho_r$ ) είναι  $2,7 \text{ g/cm}^3$ ,
- Η διάμετρος του διατρήματος ( $d$ ) είναι 4 in (ίντσες),
- Το ύψος της βαθμίδας ( $L$ ) είναι 15 m.

Με βάση αυτές τις παραμέτρους, προκύπτει ότι για να επιτευχθεί η βέλτιστη αποδοτικότητα και το χαμηλότερο κόστος εξόρυξης, απαιτούνται δύο σειρές από πέντε διατρήματα. Η συγκεκριμένη στρατηγική ενισχύει την αποτελεσματικότητα των εργασιών και μειώνει το συνολικό κόστος παραγωγής (*Αγιουτάντης 2009*).

## 5.6 Περιβαλλοντική ανάλυση

Εκτός από τα άμεσα οικονομικά κόστη, υπάρχουν και τα περιβαλλοντικά τα οποία δεν είναι άμεσα και βραχυπρόθεσμα αλλά έμμεσα και μακροπρόθεσμα. Τα κόστη αυτά σχετίζονται με τη διατήρηση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας και την αποκατάσταση του περιβάλλοντος που η επιχείρηση χρειάζεται να προβεί μετά τη λειτουργία της.

Η περιβαλλοντική βιωσιμότητα και η αποκατάσταση είναι κρίσιμες πτυχές που πρέπει να λάβουν υπόψη οι επιχειρήσεις εξόρυξης λόγω του σημαντικού αντίκτυπου που μπορούν να έχουν οι εξορυκτικές δραστηριότητες στα οικοσυστήματα, τους υδάτινους πόρους, το έδαφος, την ποιότητα του αέρα και τη βιοποικιλότητα.

Πριν ξεκινήσουν οποιοδήποτε έργο εξόρυξης, οι εταιρείες πρέπει να διενεργούν διεξοδικές Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΕΠΕ) για να κατανοήσουν τις πιθανές περιβαλλοντικές συνέπειες των δραστηριοτήτων τους. Αυτό περιλαμβάνει τη μελέτη των επιπτώσεων στην τοπική χλωρίδα και πανίδα, τους υδάτινους πόρους, την ποιότητα του αέρα και την κοινότητα. Οι ΕΠΕ απαιτούνται συχνά από το νόμο και οι εταιρείες εξόρυξης πρέπει να συμμορφώνονται με τους τοπικούς, εθνικούς και διεθνείς κανονισμούς που διέπουν την προστασία του περιβάλλοντος.

Ο σωστός χειρισμός και η απόρριψη των αποβλήτων εξόρυξης (υπολειμμάτων, υπερκείμενων επιφανειών και απορριμμάτων πετρωμάτων) είναι ζωτικής σημασίας για την πρόληψη της μόλυνσης του εδάφους και των υδάτων. Οι εταιρείες εξόρυξης χρησιμοποιούν συχνά μεθόδους όπως φράγματα απορριμμάτων και χώρους υγειονομικής ταφής για τη διαχείριση των απορριμμάτων. Οι εξορυκτικές δραστηριότητες μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τους τοπικούς υδάτινους πόρους, τόσο σε ποσότητα όσο και σε ποιότητα. Οι εταιρείες πρέπει να εφαρμόσουν στρατηγικές διαχείρισης νερού για να ελαχιστοποιήσουν τη χρήση του νερού, να αποτρέψουν τη ρύπανση και να διασφαλίσουν ότι το νερό που επιστρέφει στο περιβάλλον είναι επεξεργασμένο και ασφαλές. Η εξόρυξη είναι ενεργοβόρα, επομένως οι εταιρείες ενθαρρύνονται να υιοθετήσουν ενεργειακά αποδοτικές τεχνολογίες και πρακτικές. Η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και η βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας αποτελούν βασικές στρατηγικές.

Οι εξορυκτικές δραστηριότητες συχνά διαταράσσουν τα τοπικά οικοσυστήματα και τους βιότοπους άγριας ζωής. Οι εταιρείες θα πρέπει να προσπαθήσουν να ελαχιστοποιήσουν την καταστροφή των οικοτόπων και να λάβουν μέτρα για την προστασία των απειλούμενων ειδών και τη διατήρηση της βιοποικιλότητας. Μετά την ολοκλήρωση των εξορυκτικών δραστηριοτήτων, οι εταιρείες πρέπει να αποκαταστήσουν τη γη. Αυτό περιλαμβάνει την αναμόρφωση της γης, την αντικατάσταση του επιφανειακού εδάφους και την αναφύτευση της αυτοφυούς

βλάβστησης για την αποκατάσταση του οικοσυστήματος στη φυσική του κατάσταση ή σε μια κατάσταση που έχει συμφωνηθεί με τις ρυθμιστικές αρχές.

Οι εταιρείες εξόρυξης ενθαρρύνονται να αποκαταστήσουν σταδιακά τη γη καθώς προχωρούν οι εξορυκτικές εργασίες. Αυτό μειώνει τη συνολική επίπτωση και επεκτείνει τις εργασίες αποκατάστασης σε όλη τη διάρκεια ζωής του ορυχείου. Οι προσπάθειες αποκατάστασης θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τη χρήση της γης μετά την εξόρυξη. Είτε εάν η γη θα χρησιμοποιηθεί για γεωργία, δασοκομία ή αναψυχή, η διαδικασία αποκατάστασης θα πρέπει να στοχεύει στην αποκατάσταση της γης σε κατάσταση που να είναι ασφαλής, σταθερή και χρησιμοποιήσιμη. Η μακροχρόνια παρακολούθηση των περιοχών υπό αποκατάσταση είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί ότι οι προσπάθειες αποκατάστασης είναι επιτυχείς και ότι η γη παραμένει σταθερή και παραγωγική ([www.oryktosploutos.net/](http://www.oryktosploutos.net/)-<https://ypen.gov.gr/>).

Ο Πίνακας 5.6 παρουσιάζει αναλυτικά τις δαπάνες που σχετίζονται με τη λειτουργία και την παραγωγή του εργοστασίου, καθώς και το κόστος ανά τόνο τροφοδοσίας. Οι δαπάνες καλύπτουν κατηγορίες όπως προσωπικό, ενέργεια, ανταλλακτικά, αναλώσιμα, και διοικητικά έξοδα, με το συνολικό κόστος παραγωγής να ανέρχεται σε 1.197.040 €. Στο συνολικό κόστος περιλαμβάνονται επίσης τα χρηματοοικονομικά κόστη, που υπολογίζονται ως το 10% της επένδυσης, και το κόστος για τους τρίτους. Το συνολικό κόστος παραγωγής για το εργοστάσιο φτάνει τα 2.170.735 €, με το κόστος ανά τόνο τροφοδοσίας

Πίνακας 5.5-Συνολικό κόστος επένδυσης

ΔΑΠΑΝΗ	ΕΤΗΣΙΑ ΔΑΠΑΝΗ	Κόστος ανά τόνο Τροφοδοσίας €/t
ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ	281195	0,22
ΕΝΕΡΓΕΙΑ	303216	0,24
ΑΝΤΑΛΑΚΤΙΚΑ	302389	0,24
ΑΝΑΛΩΣΙΜΑ	30238	0,02
ΔΑΠΑΝΗ ΠΡΟΣ ΤΡΙΤΟΥΣ	80000	0,06
ΣΥΝΟΛΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ	997040	0,79
ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ	200000	0,16
ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	1197040	0,95
ΧΡΗΜΑΤΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ 0.1*επένδυση	973695	0,77
Συνολικό Κόστος	2170735	1,72

- Το συνολικό κόστος για την ολοκλήρωση της επένδυσης, περιλαμβάνοντας το άμεσο και έμμεσο κόστος, τα κέρδη και τα απρόβλεπτα έξοδα, εκτιμάται σε περίπου 9.736.945 € (*Πίνακας 5.7*).
- Το μεγαλύτερο μέρος της επένδυσης καταναλώνεται στο σταθερό κεφάλαιο επένδυσης (8.829.776 €) και τα έμμεσα έξοδα.

Αυτά τα κόστη περιλαμβάνουν τη διαδικασία της αγοράς και εγκατάστασης του εξοπλισμού, την κατασκευή των υποδομών και την παροχή υπηρεσιών, καθώς και τα αναγκαία κέρδη και απρόβλεπτα έξοδα.

*Πίνακας 5.6-Υπολογισμός σταθερού κεφαλαίου Επένδυσης.*

Κόστος αγοράς κυρίου εξοπλισμού	N=3.023.896	Συντελεστής	ΔΑΠΑΝΗ €
Εγκατάσταση εξοπλισμού	$(0,17 - 0,25) * N$	0,17	514062
Σωληνώσεις (υλικά, εργατικά εκτός συντηρήσεων)	$(0,07 - 0,25) * N$	0,07	211672
Ηλεκτρολογικά (υλικά, εργατικά εκτός φωτισμού εγκαταστάσεων μονάδας	$(0,13 - 0,25) * N$	0,13	393106
Όργανα – αυτοματισμοί	$(0,03 - 0,13) * N$	0,05	151194
Δευτερεύουσες εγκαταστάσεις (περιλαμβάνονται μηχανολογικά και φωτισμός	$(0,07 - 0,15) * N$	0,07	211672
Κτιριακές εγκαταστάσεις (εκτός μηχανολογικών και φωτισμού	$(0,33 - 0,50) * N$	0,35	1058364
Παροχές υπηρεσιών (ηλεκτρισμός, νερό, πεπιεσμένος αέρας ,αποχέτευση)	$(0,07 - 0,15) * N$	0,07	211672
Αξία γης εγκατάστασης	$0,06 * N$	0,06	181433,8
Διαμόρφωση περιβάλλοντος χώρου (περίφραξη, οδικό-σιδηροδρομικό δίκτυο κλπ.)	$(0,03 - 0,18) * N$	0,05	151194,8
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΜΕΣΟ ΚΟΣΤΟΣ (D)</b>	$(1,98 - 2,86) * N$		<b>3084374</b>
Σχεδιασμός και επίβλεψη	$(0,18-0,22) * N$	0,20	604779
Γενική διοίκηση κατασκευής εγκατάστασης και διάφορα έξοδα κατασκευής	$(0,30 - 0,33) * N$	0,30	907168
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΜΜΕΣΟ ΚΟΣΤΟΣ (I)</b>	$(0,48 - 0,55) * N$		<b>1511948</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΑΜΕΣΟΥ ΚΑΙ ΕΜΜΕΣΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ (D+I)</b>	$(2,38 - 3,41) * N$		<b>7620218</b>



Εργολαβικό κέρδος	$0,05 * (D + I) \text{ ή } (0,12 - 0,17) * N$	0,15	453584,4
Απρόβλεπτα	$0,10 * (D + I) \text{ ή } (0,24 - 0,34) * N$	0,25	755974
Σταθερό κεφάλαιο επένδυσης	$F = (2,74 - 3,92) * N$	2,92	8829776
Κεφάλαιο κίνησης	$0,10 * F \text{ ή } (0,27 - 0,39) * N$	0,3	907168
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ</b>	<b><math>(3,01 - 4,31) * N</math></b>		<b>9736945</b>

### 5.7 Έσοδα από πώληση των προϊόντων

#### Αρχική Επένδυση και Κόστος

Η εκτίμηση του συνολικού κεφαλαίου επένδυσης των 9.736.945 € που παρέχετε δείχνει μια σημαντική χρηματοδότηση που απαιτείται για να δημιουργηθεί η μονάδα παραγωγής. Οι κύριοι παράγοντες που συνεισφέρουν σε αυτό το ποσό είναι:

- Κόστος αγοράς εξοπλισμού και εγκατάστασης.
- Κτιριακές υποδομές και λοιπές εγκαταστάσεις.
- Απρόβλεπτα και εργολαβικά κέρδη.

Αυτό σημαίνει ότι θα χρειαστεί ένας ισχυρός οικονομικός προγραμματισμός και πιθανώς χρηματοδότηση από εξωτερικές πηγές (π.χ., δάνεια, επενδυτές, επιδοτήσεις).

Τα κέρδη από τη μονάδα Α θραύσης υπολογίζονται με βάση την πλήρη πώληση όλης της παραγόμενης ποσότητας του υλικού, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τυχόν απώλειες ή αποθέματα

Αντικείμενα Παραγωγής: (*Πίνακας 5.8*)

- Άμμος Β: Παραγωγή 23.847 τόνοι/έτος, τιμή 6 €/τόνος, έσοδα πωλήσεων 143.082 €/έτος.
- 3Α: Παραγωγή 201.152 τόνοι/έτος, τιμή 5,9 €/τόνος, έσοδα πωλήσεων 1.186.797 €/έτος.
- (Σκύρα): Παραγωγή 161.227 τόνοι/έτος, τιμή 7,3 €/τόνος, έσοδα πωλήσεων 1.176.959 €/έτος.

Συνολικά Στοιχεία Παραγωγής και Εσόδων:

- Συνολική Παραγωγή (τ/έτος): 386.226 τόνοι/έτος.

Συνολικά Έσοδα Πωλήσεων (€/έτος): 2.506.838 €/έτος

Πίνακας 5.7-Έσοδα Μονάδας Α' Θραύσης

Α ΘΡΑΥΣΗ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ t/years	ΤΙΜΕΣ ΥΛΙΚΩΝ ΧΩΡΙΣ ΦΠΑ €/t	ΕΣΟΔΑ ΠΩΛΗΣΕΩΝ €/y
ΑΜΜΟΣ Β	23847	6	143082
3Α	201151	5,9	1186796
ΣΚΥΡΑ	161227	7,3	1176959
ΣΥΝΟΛΟ	386226		

## 1. Προϊόντα Παραγωγής (Πίνακας 5.9)

- Χονδρό Χαλίκι 18-32: Παραγωγή 164.179,9 τόνοι/έτος, έσοδα πωλήσεων 1.182.095,5 €/έτος, τιμή 7,2 €/τόνος.
- Μείγμα Χαλικιού 10-32: Παραγωγή 212.888,3 τόνοι/έτος, έσοδα πωλήσεων 1.532.795,5 €/έτος, τιμή 7,2 €/τόνος.
- Ψιλό Χαλίκι 10-18: Παραγωγή 95.842,7 τόνοι/έτος, έσοδα πωλήσεων 690.067,6 €/έτος, τιμή 7,2 €/τόνος.
- Ψηφίδα 4-10: Παραγωγή 154.367,8 τόνοι/έτος, έσοδα πωλήσεων 1.111.448 €/έτος, τιμή 7,2 €/τόνος.
- Άμμος: Παραγωγή 164.450,1 τόνοι/έτος, έσοδα πωλήσεων 1.249.821,1 €/έτος, τιμή 7,6 €/τόνος.

## 2. Συνολικά Στοιχεία Παραγωγής και Εσόδων:

- Συνολική Παραγωγή: 791.728,8 τόνοι/έτος.
- Συνολικά Έσοδα Πωλήσεων: 5.764.228,7 €/έτος (χωρίς ΦΠΑ).

## Συνολική Ανάλυση:

- Η μονάδα Β' θραύσης παράγει συνολικά 791.728,8 τόνους αδρανών υλικών κάθε χρόνο.
- Τα συνολικά έσοδα πωλήσεων της μονάδας ανέρχονται σε 5.764.228,7 €/έτος, χωρίς ΦΠΑ.

## Συνδυασμένη Ανάλυση Α' και Β' Θραύσης:

## 1. Παραγωγή (t/έτος):

- Α' Θραύση: 386.226 τόνοι/έτος
- Β' Θραύση: 791.728,8 τόνοι/έτος

## Συνολική Παραγωγή:

$$386.226 + 791.728,8 = 1.177.954 \text{ τόνοι/έτος}$$

## 2. Έσοδα Πωλήσεων (€/έτος):

- Α' Θραύση: 2.506.838 €/έτος
- Β' Θραύση: 5.764.228€/έτος
- Υπόβαση: 391.881€/έτος

## Συνολικά Έσοδα Πωλήσεων:

$$2.506.838 + 5.764.228,7 + 391.881 = 8.664.946 \text{ €/έτος (χωρίς ΦΠΑ)}$$

Πίνακας 5.8-Έσοδα μονάδας Β' θραύσης

Β ΘΡΑΥΣΗ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ t/years	ΕΣΟΔΑ ΠΩΛΗΣΕΩΝ €/y	ΤΙΜΕΣ ΥΛΙΚΩΝ ΧΩΡΙΣ ΦΠΑ €/t
ΧΟΝΔΡΟ ΧΑΛΙΚΙ 18-32	164179	1182095	7,2
ΜΕΙΓΜΑ ΧΑΛΙΚΙΟΥ 10-32	212888	1532795	7,2
ΨΙΛΟ ΧΑΛΙΚΙ 10- 18	95842	690067	7,2
ΨΗΦΙΔΑ 4-10	154367	1111448	7,2
ΑΜΜΟΣ	164450	1249821	7,6
ΣΥΝΟΛΟ	791728		

## 5.8 Ταμειακή Ροή

### Ανάλυση Χρηματοοικονομικής Αξιολόγησης της Επένδυσης

Η παρούσα ανάλυση εξετάζει τη χρηματοοικονομική πορεία μιας επένδυσης, η οποία χαρακτηρίζεται από αρχικές υψηλές δαπάνες κεφαλαίου και σταδιακή αποπληρωμή μέσω θετικών χρηματοροών στην μελλοντική περίοδο. Τα βασικά σημεία της ανάλυσης είναι τα εξής (*Πίνακας 5.10*):

#### Δαπάνη Κεφαλαίου:

- Στο Έτος 1, η δαπάνη επιμερίστηκε σε 10% του συνολικού κεφαλαίου επένδυσης που ανέρχεται στα **9.736.945€**.
- Στο Έτος 2, η δαπάνη αυξάνεται στα 20% του συνολικού δηλαδή **1.947.389 €** και στο Έτος 3 φτάνει στο 50% του συνολικού κεφαλαίου **4.868.473 €**.
- Από το Έτος 4 και έπειτα, η δαπάνη κεφαλαίου σταθεροποιείται στα **973.694,5 €** ετησίως.
- Μετά το 5ο έτος, η δαπάνη κεφαλαίου μηδενίζεται, καθώς η επένδυση εισέρχεται στη φάση παραγωγής.

#### Λειτουργικές Δαπάνες:

Από το Έτος 5 και μετά, οι λειτουργικές δαπάνες ανέρχονται σε **2.170.735 €** ετησίως για τα επόμενα 10 χρόνια.

#### Έσοδα:

Τα έσοδα παραμένουν σταθερά στα **8.664.947 €** ετησίως από το Έτος 6 και μετά.

**Αποσβέσεις:**

Οι αποσβέσεις ανέρχονται σε **1.947.389 €** ετησίως από το **Έτος 5** και μετά.

**Φορολογητέο Εισόδημα:**

Το φορολογητέο εισόδημα είναι **6.717.558 €** για τα πρώτα **5 έτη**, και μεταβάλλεται σε **8.664.947 €** για τα υπόλοιπα έτη. Αυτό συμβαίνει επειδή ο υπολογισμός του φορολογητέου εισοδήματος αλλάζει μετά το πέμπτο έτος.

**Φόρος (30%):**

Ο φόρος ανέρχεται στο **30%** του φορολογητέου εισοδήματος, δηλαδή **2.015.267 €** ετησίως.

**Καθαρά Κέρδη:**

Τα καθαρά κέρδη είναι **4.702.290€** για τα πρώτα 5 έτη, και αυξάνονται σε **6.065.463€** για τα επόμενα έτη

**Ροή Χρημάτων:**

. Η ροή χρημάτων είναι αρνητική για τα πρώτα **5 χρόνια** λόγω των υψηλών δαπανών κεφαλαίου, και μετά γίνεται θετική, ακολουθώντας τα καθαρά κέρδη

**Συντελεστής Προεξόφλησης:**

Ο συντελεστής προεξόφλησης είναι **10%** και μειώνεται ετησίως, με τον συντελεστή να ξεκινά από **1,0** στο Έτος 1 και να φτάνει στο **0,263** στο έτος 15

**Παρούσα Αξία:**

Η παρούσα αξία των χρηματοροών υπολογίζεται με βάση τον συντελεστή προεξόφλησης. Η παρούσα αξία είναι αρνητική για τα πρώτα έτη, λόγω των αρχικών δαπανών, ενώ από το **Έτος 5** της επένδυσης και μετά, η παρούσα αξία γίνεται θετική (έτη 6-15).

**Αποπληρωμή (Cumulative Cash Flow):**

Η αποπληρωμή υπολογίζεται ως το σωρευτικό άθροισμα των χρηματοροών. Παρουσιάζει αρνητικές τιμές τα πρώτα χρόνια και θετικές από το **Έτος 8** και μετά, καταδεικνύοντας την αποπληρωμή της επένδυσης και την επίτευξη θετικών χρηματοροών.

Πίνακας 5.9-Ταμειακή Ροή

ΕΤΟΣ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ΔΑΠΑΝΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ	973695	1947389	4868473	973695	973695										
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ						2170735	2170735	2170735	2170735	2170735	2170735	2170735	2170735	2170735	2170735
ΕΣΟΔΑ						8664947	8664947	8664947	8664947	8664947	8664947	8664947	8664947	8664947	8664947
ΑΠΟΣΒΕΣΕΙΣ D=2*ΔΑΠΑΝΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ						1947389	1947389	1947389	1947389	1947389					
ΦΟΡΟΛΟΓΗΤΕΟ ΕΙΣΟΔΗΜΑ(4-5)						6717558	6717558	6717558	6717558	6717558	8664947	8664947	8664947	8664947	8664947
ΦΟΡΟΣ(30%)						2015267	2015267	2015267	2015267	2015267	2599484	2599484	2599484	2599484	2599484
ΚΑΘΑΡΑ ΚΕΡΔΗ						4702290	4702290	4702290	4702290	4702290	6065463	6065463	6065463	6065463	6065463
ΡΟΗ ΧΡΗΜΑΤΩΝ	-973695	-1947389	-4868473	-973695	-973695	4702290	4702290	4702290	4702290	4702290	6065463	6065463	6065463	6065463	6065463
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΠΡΟΕΞΟΦΛΗΣΗΣ(10%)	1,000	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621	0,564	0,513	0,467	0,424	0,386	0,350	0,319	0,290	0,263
ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ	-973695	-1770354	-4023531	-731551	-665046	2919752	2654320	2413018	2193653	1994230	2338498	2125908	1932643	1756948	1597226
ΑΠΟΠΛΗΡΩΜΗ	-973695	-2744048	-6767579	-7499130	-8164177	-5244424	-2590104	-177086	2016567	4010797	6349296	8475203	10407847	12164795	13762021

**Συνολική Ανάλυση:**

Η επένδυση απαιτεί αρχικά υψηλές δαπάνες κεφαλαίου και λειτουργικές δαπάνες. Ωστόσο, από το **Έτος 5** και μετά, τα έσοδα παραμένουν σταθερά και επαρκή για την κάλυψη των λειτουργικών δαπανών και των αποσβέσεων, με αποτέλεσμα τα καθαρά κέρδη είναι **4.702.290€** για τα πρώτα 5 έτη, και αυξάνονται σε **6.065.463€** για τα επόμενα έτη. Η ανάλυση της παρούσας αξίας των χρηματοροών δείχνει θετικά αποτελέσματα μετά το τρίτο έτος, με την επένδυση να αποπληρώνεται πλήρως στην πορεία. Συνεπώς, η επένδυση παρουσιάζει θετική απόδοση από το **Έτος 8** και μετά και επιτυγχάνει οικονομική βιωσιμότητα σε βάθος χρόνου.

Παρά τις αρχικές αρνητικές ροές κεφαλαίων λόγω των υψηλών κεφαλαιουχικών δαπανών, η μονάδα αδρανών υλικών δείχνει θετικές προοπτικές από το **Έτος 8** και μετά συνεχίζει με θετικές προοπτικές. Η σταθερότητα στα έσοδα και στις δαπάνες επιτρέπει την επίτευξη θετικών οικονομικών αποτελεσμάτων, γεγονός που ενισχύει την οικονομική βιωσιμότητα και κερδοφορία της μονάδας στο μέλλον.

Η αποπληρωμή της αρχικής επένδυσης γίνεται σταδιακά και ολοκληρώνεται από το **Έτος 8** και μετά, υποδεικνύοντας ότι η επένδυση αποδίδει τους καρπούς της σε βάθος χρόνου. Η συνεχής επίτευξη θετικών αποτελεσμάτων δείχνει ότι η μονάδα

μπορεί να επιτύχει οικονομική βιωσιμότητα και να δημιουργήσει θετική απόδοση για την επιχείρηση.

Επομένως, η μονάδα αδρανών υλικών είναι πιθανό να επιτύχει οικονομική σταθερότητα, με την προϋπόθεση ότι οι βασικές παράμετροι όπως τα έσοδα και οι δαπάνες παραμένουν υπό έλεγχο, εξασφαλίζοντας μακροχρόνια αποδοτικότητα και δυνατότητες ανάπτυξης στο μέλλον.

### **5.9 Τρόποι καλύψεις αρχικού κεφαλαίου επένδυσης**

Η κάλυψη των κεφαλαιουχικών δαπανών αποτελεί κρίσιμο βήμα για την υλοποίηση μιας επένδυσης, όπως η μονάδα αδρανών υλικών. Παρακάτω παρατίθενται οι βασικοί τρόποι χρηματοδότησης:

#### **5.9.1 Ίδια Κεφάλαια**

Η επένδυση μπορεί να χρηματοδοτηθεί από τους ιδιοκτήτες ή τους μετόχους.

- Πλεονεκτήματα: Δεν υπάρχει υποχρέωση αποπληρωμής ή τόκων, μειώνοντας τον χρηματοοικονομικό κίνδυνο.
- Μειονεκτήματα: Μπορεί να περιορίσει τη ρευστότητα της επιχείρησης ή να απαιτήσει μείωση του ελέγχου σε περίπτωση εξωτερικών επενδυτών.

#### **5.9.2 Δανεισμός**

Η χρηματοδότηση μέσω τραπεζικών δανείων ή άλλων μορφών χρέους είναι μια από τις συνηθέστερες λύσεις.

- Πλεονεκτήματα: Παρέχει άμεση πρόσβαση σε κεφάλαια, ενώ οι τόκοι είναι φορολογικά εκπεστέοι.
- Μειονεκτήματα: Απαιτείται αποπληρωμή, και υπάρχει κίνδυνος πίεσης αν τα έσοδα καθυστερήσουν.

#### **5.9.3 Επιχορηγήσεις και Χρηματοδοτικά Προγράμματα**

Η αξιοποίηση κρατικών ή ευρωπαϊκών προγραμμάτων μπορεί να μειώσει τις ανάγκες σε ίδια κεφάλαια.

- Πλεονεκτήματα: Δεν απαιτείται επιστροφή κεφαλαίων, ενώ μειώνει τις αρχικές δαπάνες.

- **Μειονεκτήματα:** Συχνά απαιτείται κάλυψη ενός μέρους της επένδυσης από ίδιους πόρους και η διαδικασία έγκρισης μπορεί να είναι χρονοβόρα.

#### **5.9.4 Συνεργασίες και Κοινοπραξίες**

Η σύμπραξη με άλλες επιχειρήσεις μπορεί να μειώσει το οικονομικό βάρος και τους κινδύνους.

- **Πλεονεκτήματα:** Ενισχύει τους διαθέσιμους πόρους, μειώνει τον κίνδυνο, και ενδέχεται να φέρει εξειδικευμένη τεχνογνωσία.
- **Μειονεκτήματα:** Υπάρχει πιθανότητα διαφωνιών ή περιορισμός στον έλεγχο της επένδυσης.

Αυτές οι μέθοδοι, είτε μεμονωμένα είτε σε συνδυασμό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αρχικών δαπανών, ανάλογα με τις ανάγκες της επιχείρησης, την πρόσβαση σε κεφάλαια και τους στόχους της επένδυσης.

## Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα Προτάσεις

**Βελτίωση Αποδοτικότητας μέσω Προσομοίωσης:** Η εφαρμογή της προσομοίωσης με το λογισμικό USIM PAC 3.1 ανέδειξε τη σημαντική δυνατότητα για τη βελτίωση της παραγωγικότητας και της αποδοτικότητας του λατομείου

Για να βελτιστοποιηθούν οι παράμετροι και η απόδοση ενός λατομείου με τη χρήση του USIM PAC 3.1, η εκπαίδευση των χειριστών και των υπευθύνων διαχείρισης του συστήματος είναι κρίσιμη. Η πλατφόρμα **USIM PAC 3.1** προσφέρει εξαιρετικές δυνατότητες για την προσομοίωση, την ανάλυση και την αναγνώριση των βέλτιστων στρατηγικών, αλλά για να αξιοποιηθούν στο μέγιστο οι δυνατότητες του προγράμματος, απαιτείται εξειδικευμένη εκπαίδευση.

**Κατανόηση των Εργαλείων Προσομοίωσης:** Το USIM PAC 3.1 παρέχει εργαλεία που επιτρέπουν την προσομοίωση διαφορετικών διαδικασιών εξόρυξης και επεξεργασίας. Η εκπαίδευση θα πρέπει να επικεντρώνεται στην εκμάθηση της σωστής χρήσης αυτών των εργαλείων, προκειμένου να δημιουργηθούν αξιόπιστες και ακριβείς προσομοιώσεις.

**Κατανόηση των Παραμέτρων Μηχανημάτων:** Η εκπαίδευση βοηθά στο να κατανοήσουν οι χρήστες τις παραμέτρους του εξοπλισμού που μπορούν να εισαχθούν στο σύστημα, όπως η ικανότητα παραγωγής, οι χρόνοι αδρανοποίησης, οι ανάγκες συντήρησης, και η κατανάλωση πόρων.

Με αυτόν τον τρόπο, η σωστή εκπαίδευση στους χειριστές και τους διαχειριστές του συστήματος **USIM PAC 3.1** εξασφαλίζει την πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων του προγράμματος και τη μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας και της βιωσιμότητας του λατομείου αδρανών υλικών.



## Βιβλιογραφία

### *Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία*

Anderson, T. L. (2005) Fracture Mechanics: Fundamentals and Applications (3rd ed.). CRC Press.

Botkin, D. B., & Keller, E. A. (2014) Environmental Science: Earth as a Living Planet (9th ed.). Wiley.

Brocks, W., Cornec, A., & Scheider, I. (2017) Fracture Mechanics: Introduction to the Theory of Fracture and its Applications. Springer.

Durucan, S., Korre, A., & Munoz-Melendez, G. (2006) Mining life cycle modelling: A cradle-to-gate approach to environmental management in the minerals industry. Journal of Cleaner Production, 14(12-13), 1057-1070.

European Commission. (1989) Directive 89/391/EEC on the introduction of measures to encourage improvements in the safety and health of workers at work. Official Journal of the European Communities. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A31989L0391> 26/12/2024.

Gawel, K., Nawrocki, J., & Pelczar, K. (2017) Industrial applications of noble gases. Industrial Chemistry Research, 56(8), 2034-2041.

Johnson, K. S. (2011) Sustainable Practices in the Mineral and Metallurgical Processing Industries. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.

Lawn, B. R. (1993) Fracture of Brittle Solids (2nd ed.). Cambridge University Press.

Ratner, B. D. (2013) Biomaterials science: An introduction to materials in medicine (3rd ed.). Academic Press.

Tissenbaum, A. E., & Thompson, S. D. (2014) Economic Mineralogy: Applied Geology and Mineral Economics. Springer.

### *Διαδικτυακές Πηγές*

<https://geofasma.gr/>

<https://www.lafarge.gr/>

<https://www.aggregates-europe.eu/publications>, (πρόσβαση 9/9/2024)

(UEPG-2020-2021). [https://www.aggregates-europe.eu/wp-content/uploads/2023/03/Final\\_-\\_UEPG-AR2020\\_2021-V05\\_spreads72dpiLowQReduced.pdf](https://www.aggregates-europe.eu/wp-content/uploads/2023/03/Final_-_UEPG-AR2020_2021-V05_spreads72dpiLowQReduced.pdf) (πρόσβαση 15/9/2024)

<https://www.lawspot.gr/nomikes-plirofories/nomothesia/n-4512-2018/arthro-55-nomos-4512-2018-prostasia-kai-apokatastasi> (17/9/2024)

ΥΠΕΚΑ <https://ypergasias.gov.gr/ergasiakes-scheseis/ygeia-kai-asfaleia-stin-ergasia/nomothesia-gia-tin-yae/> (πρόσβαση 18/9/2024)

<https://www.oryktosploutos.net> (πρόσβαση 16/9/2024)

<https://www.forin.gr/laws/law/3631/nomos-4512-2018> (πρόσβαση 18/9/2024)

<https://www.tensor.co.uk/resources/articles/types-of-aggregate> (πρόσβαση 9/9/2024)

### ***Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία***

Αγιουτάντης Ζ. (2009) Στοιχεία διάτρησης – ανατίναξης, Εκδόσεις Ιων.

Αντωνόπουλος, Α. (2011) Αδρανή Υλικά. ΕΜΠ. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. [https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/4117/antonopoulou\\_aggregates.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/4117/antonopoulou_aggregates.pdf?sequence=3&isAllowed=y).

Δραγώτης Θ. και Παλαιολόγος Α. (2021) Τα μονοπώλια στην Ελλάδα από τα μέσα του 19<sup>ο</sup> αιώνα ως τη Μεταπολίτευση. Στο *Επανάσταση, κρίση, επανάσταση; Η Ελλάδα 1821-2021*. Αθήνα: Εκδόσεις Τόπος.

Ελληνική Στατιστική Αρχή (2020). Ετήσια έρευνα μεταλλευτικών και λατομικών δραστηριοτήτων. Αθήνα, Ελλάδα: ΕΛΣΤΑΤ. <https://www.statistics.gr/data-collection>.

Ζώνιος Σ. (2019) Στρατηγικό Πλάνο Ανάπτυξης του Ομίλου Α.Γ.Ε.Τ. Ηρακλής, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στη διοίκηση επιχειρήσεων. <https://dspace.lib.uom.gr/bitstream/2159/22735/3/ZoniosStefanosMsc2019.pdf>.

Καλαμαράς, Ε. (2012) Μελέτη, σχεδιασμός και τεχνικοοικονομική ανάλυση μονάδας παραγωγής αδρανών υλικών, Διπλωματική Εργασία, Ε.Μ. Πολυτεχνείο.

ΣΜΕ (2024) Ετήσια έκθεση 2023, Σύνδεσμος Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων, <https://sme.gr/> (πρόσβαση 19/9/2024)

Σταμπολιάδης, Η. (2008a) Μηχανική των Τεμαχιδίων, Εκδόσεις Συμμετρία.

Σταμπολιάδης Η. (2008b) Εμπλουτισμός των Μεταλλευμάτων, Εκδόσεις Συμμετρία.

Τσακαλάκης Κ. (2005) Σημειώσεις Οικονομικής ανάλυσης εργοστασίων εμπλουτισμού και μονάδων παραγωγής αδρανών υλικών, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Ε.Μ. Πολυτεχνείο.