



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛ-
ΛΟΥΡΓΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ

Προσομοίωση διεργασιών ελάττωσης μεγέθους σε μονάδες παραγωγής αδρανών υλικών



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΙΤΟΥΛΗΣ ΑΧΙΛΛΕΥΣ

Επιβλέπων καθηγητής: Κωνσταντίνος Τσακαλάκης, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2021

ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω από την καρδιά μου ορισμένους ανθρώπους η καθοδήγηση, η βοήθεια και η συμπαράσταση των οποίων ήταν καθοριστικοί παράγοντες για την διεκπεραίωση αυτής της διπλωματικής.

Για την πραγματοποίηση της διπλωματικής εργασίας μου, θα ήθελα αρχικά να ευχαριστήσω τον κ. Κωσταντίνο Τσακαλάκη, Καθηγητή της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών του Ε.Μ.Π. για την πολύτιμη στήριξη του. Καθώς, και τον κ. Εμμανουήλ Παπαδόπουλο, Μηχανικό Μεταλλείων – Μεταλλουργός Ε.Μ.Π., που ήταν δίπλα μου και με βοήθησε να κατανοήσω καλύτερα το πρόγραμμα και ότι άλλη απορία είχα πάνω σε αυτό. Επιπλέον, οφείλω ένα τεράστιο ευχαριστώ στον Σπυρίδων Ν. Σκιαδά, Μηχανικό Μεταλλείων – Μεταλλουργός Ε.Μ.Π. για την συνεχόμενη στήριξή του, εμπιστοσύνη και την βοήθεια που μου παρείχε.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της επιτροπής εξέτασης της διπλωματικής εργασίας μου, τον κύριο Γεώργιο Αναστασάκη, Καθηγητή του Ε.Μ.Π. και την κυρία Ηλιάνα Χαλικιά, Καθηγήτρια του Ε.Μ.Π. για τον χρόνο που διαθέσανε για την αξιολόγηση της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, να ευχαριστήσω τους γονείς μου Κυριάκο και Ανδριάννα, τους αδελφικούς μου φίλους Γιώργο, Νίκο, Χρήστο και Αργυρώ για την στήριξη που μου έδωσαν όλο αυτόν τον καιρό.

Αχιλλεύς Κ. Πιτούλης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ – ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	3
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ.....	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	8
Περίληψη.....	9
Abstract.....	10
2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ.....	11
2.2. Αδρανή υλικά.....	11
2.2.2. Κανονισμοί σχετικά με τη χρήση αδρανών.....	13
2.2.3. Γενικές απαιτήσεις αδρανών κατά EN 12620 και EN 13242.....	14
2.2.4. Ασβεστόλιθος – Γενικά χαρακτηριστικά.....	14
2.3. Μηχανικός εξοπλισμός.....	15
2.4. Ασφάλεια επιφάνειας (ΚΜΛΕ).....	16
3. ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΕΣ ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΝΑΡΞΗ ΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ.....	19
4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	20
4.1. Γεωλογικά στοιχεία περιοχής.....	20
4.2. Κοιτασματολογικά στοιχεία.....	21
5. ΕΝΑΡΞΗ ΕΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ (ΥΠΑΙΘΡΙΕΣ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΙΣ).....	22
5.1. Υπαίθρια επιφανειακή εκμετάλλευση.....	22
5.2. Μέθοδος εκμετάλλευσης.....	24
5.2.1. Ορισμός Αποκάλυψης.....	24
5.2.2. Ορισμός Σχέσης αποκάλυψης.....	24
6. ΔΙΑΤΡΗΣΗ-ΓΟΜΩΣΗ-ΠΥΡΟΔΟΤΗΣΗ-ΑΝΑΤΙΝΑΞΗ.....	24
7. ΦΟΡΤΩΣΗ & ΜΕΡΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΕΞΟΡΥΓΜΕΝΟΥ ΥΛΙΚΟΥ.....	28
8. ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.....	28
9.ΚΑΤΑΤΜΗΣΗ – ΤΑΞΙΝΟΜΗΣ -ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΘΡΑΥΣΗΣ & ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ	29
9.1. Διάγραμμα ροής.....	29
9.2. Μηχανές Κατάτμησης – Θραυστήρες.....	30
9.2.1. Κατάτμηση – Ορισμός.....	30
9.2.2. Στάδια-φάσεις κατάτμησης.....	31
9.2.3. Θραυστήρες.....	32
9.3. Μηχανές ταξινόμησης- Κόσκινα.....	39
9.4. Κλειστά κυκλώματα Θραύσης - Κοσκίνισης.....	51

9.4.1 Διαπιστώσεις – Συμπεράσματα	52
9.5. Εγκατεστημένο Συγκρότημα Θραύσης και Ταξινόμησης	53
10. ΜΟΝΑΔΑ ΘΡΑΥΣΗΣ & ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ	53
10.1 Διάγραμμα ροής συγκροτήματος θραύσης και ταξινόμησης	53
10.1.1. Διάγραμμα ροής Α' θραύσης	54
10.1.2 Διάγραμμα ροής Β' θραύσης και ταξινόμησης	56
11. ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ	59
12. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	60
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	107

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Γραφικός προσδιορισμός παράγοντα Α.....	44
Διάγραμμα 2: Γραφικός προσδιορισμός παράγοντα Β.....	45
Διάγραμμα 3: Γραφικός προσδιορισμός παράγοντα C.....	46
Διάγραμμα 4: Δεδομένα δύο διαφορετικών κατασκευαστών.....	50
Διάγραμμα 5: Διάγραμμα Λειτουργία επιλογής – Μέγεθος σωματιδίων στον ιδανικό διαχωρισμό.....	83
Διάγραμμα 6: Διάγραμμα Λειτουργία επιλογής – Μέγεθος σωματιδίων στον ιδανικό διαχωρισμό.....	83
Διάγραμμα 7: Διάγραμμα Λειτουργία επιλογής – Μέγεθος σωματιδίων στον πραγματικό διαχωρισμό.....	84
Διάγραμμα 8: Διάγραμμα Λειτουργία επιλογής – Μέγεθος σωματιδίων στον πραγματικό διαχωρισμό.....	Error! Bookmark not defined.
Διάγραμμα 9: Καμπύλη Μεγέθους σωματιδίων – Πυκνότητα μάζας των λεπτών σωματιδίων.....	85
Διάγραμμα 10: Καμπύλη Μεγέθους σωματιδίων – Πυκνότητα μάζας του ακατέργαστου προϊόντος.....	86
Διάγραμμα 11: Καμπύλη Μεγέθους σωματιδίων – Πυκνότητα μάζας του άστοχου υλικού.....	87
Διάγραμμα 12: Διάγραμμα Λειτουργία επιλογής – Μέγεθος σωματιδίων στο Μεσαίο σημείο κοπής.....	88
Διάγραμμα 14: Διάγραμμα Λειτουργία επιλογής – Μέγεθος σωματιδίων	Error! Bookmark not defined.
Διάγραμμα 15: Διάγραμμα Λειτουργία επιλογής – Μέγεθος σωματιδίων	90
Διάγραμμα 16: Διάγραμμα Λειτουργία επιλογής – Μέγεθος σωματιδίων στο offset of fines.....	91
Διάγραμμα 17: Κύρια καμπύλη για την πιθανότητα θραύσης διαφόρων υλικών	100

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Σχήμα κατανομής αδρανών ανάλογα με το μέγεθος.....	12
Εικόνα 2: Γυαλιά ασφαλείας	18
Εικόνα 3: Άρβυλα ασφαλείας.....	18
Εικόνα 4: Πινακίδες σήμανσης που βρίσκονται στο λατομικό χώρο και στο εργοτάξιο.....	19
Εικόνα 5 Απεικόνιση άσπρου ασβεστόλιθου	20
Εικόνα 6: Απεικόνιση ασβεστόλιθου.....	21

Εικόνα 7 :Αναπαράσταση βαθμίδας λατομείου.....	24
Εικόνα 8 :Αναπαράσταση σχεδιασμού μιας ανατίναξης.....	25
Εικόνα 9: Διατρήματα στο λατομικό χώρο.....	26
Εικόνα 10: Σύστημα πυροδότησης της ανατίναξης.....	27
Εικόνα 11: Συσκευασμένο ANFO	27
Εικόνα 12: ANFO	28
Εικόνα 13: Ο κύκλος της παραγωγικής διαδικασίας από την απομάκρυνση των υπερκείμενων μέχρι την εργασία της θραύσης και της κοσκίνισης.	30
Εικόνα 14: Αναπαράσταση συμπεριφοράς ψαθυρού υλικού κατά την συμπίεση.....	30
Εικόνα 15: Συμπεριφορά των αδρανών υλικών κατά την επιβολή δυνάμεων.	31
Εικόνα 16: Αναπαράσταση Θραυστήρα Σιαγόνων	34
Εικόνα 17: Αναπαράσταση Θραυστήρα Σιαγόνων	34
Εικόνα 18: Αναπαράσταση Κωνικού Θραυστήρα.....	35
Εικόνα 19: Αναπαράσταση Σφαιρόμυλου	36
Εικόνα 20: Αναπαράσταση Σφαιρόμυλου	36
Εικόνα 21: Αναπαράσταση Θραυστήρα Κρούσης	37
Εικόνα 22: Αναπαράσταση Σφυρόμυλου	38
Εικόνα 23: Αναπαράσταση Σφυρόμυλου	38
Εικόνα 24: Αναπαράσταση λειτουργίας θραυστήρα κυλίνδρων δύο σταδίων	39
Εικόνα 25: Σχηματική απεικόνιση κοσκίνου.....	40
Εικόνα 26: Διαφορετικά είδη κοσκίνων	41
Εικόνα 27: Αναπαράσταση λειτουργίας κοσκίνου, τριών καταστρωμάτων που οδηγεί στην παραγωγή τεσσάρων κοκκομετρικών κλασμάτων ασωεστολιθικού υλικού	42
Εικόνα 28: Αναπαράσταση κοσκίνου τριών καταστρωμάτων	47
Εικόνα 29: Αναπαράσταση άμεσου κλειστού κυκλώματος θραύσης.....	51
Εικόνα 30: Αναπαράσταση έμμεσου κλειστού κυκλώματος θραύσης.....	52
Εικόνα 31: Διάγραμμα ροής Α φάσης της παραγωγικής διαδικασίας.....	54
Εικόνα 32: Διάγραμμα ροής Β' φάσης της παραγωγικής διαδικασίας.....	56
Εικόνα 33: ΥΛΙΚΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	59
Εικόνα 34: Απεικονίζεται η έναρξη προσομοίωσης.....	60
Εικόνα 35: Περιγράφεται η εύρεση ορυκτού στο οποίο θα βασιστεί η προσομοίωση, χρησιμοποιώντας τον χημικό του τύπο.....	61
Εικόνα 36: Απεικονίζεται η επιλογή του κατάλληλου ορυκτού.....	61
Εικόνα 37: Δήλωση της στερεής μορφής του υλικού για την δομή του προγράμματος.	62
Εικόνα 38: Απεικονίζεται η έναρξη επεξεργασίας της προσομοίωσης.....	62
Εικόνα 39: Επιλογή αρχικής τροφοδοσίας	63
Εικόνα 40: Επιλογή θραυστήρα.....	64
Εικόνα 41: Επιλογή κοσκινού.....	64
Εικόνα 42: Απεικόνιση σύνδεσης αρχικής τροφοδοσίας με τον 1ο θραυστήρα.	65
Εικόνα 43: Απεικόνιση των εισόδων και των εξόδων κάθε μηχανήματος.....	65
Εικόνα 44: Αναπαράσταση των τριών εξόδων του κοσκίνου, και η σύνδεσή τους με το διαχωριστή.....	66
Εικόνα 45: Απεικονίζεται η προσθήκη των δυο (2) δίδυμων κοσκίνων.	66
Εικόνα 46: Περιγράφεται η ένωση των δίδυμων κοσκίνων με το διαχωριστή.	67
Εικόνα 47: Απεικονίζεται η σύνδεση των υλικών που συγκρατούνται στο άνω κατάστρωμα των κοσκίνων με ένα αναμίκτη.	67
Εικόνα 48: Περιγράφεται η σύνδεση των προϊόντων που διέρχονται από το κάτω κατάστρωμα του κοσκίνου με ένα καινούριο αναμίκτη.	68

Εικόνα 49: Απεικονίζεται η σύνδεση των προϊόντων που συγκρατούνται από το κόσκινο με ένα καινούριο αναμίκτη.	68
Εικόνα 50: Απεικονίζεται στην εικόνα η σύνδεση του αναμίκτη με δύο δίδυμους θραυστήρες.	69
Εικόνα 51: Περιγράφονται τα προϊόντα που προκύπτουν από τους δίδυμους θραυστήρες, κατευθύνονται σε ένα διαχωριστή. Ταυτόχρονα, γίνεται η επιλογή δύο κοσκίων μονού καταστρώματος.	69
Εικόνα 52: Περιγράφεται η σύνδεση του διαχωριστή με τα δύο δίδυμα κόσκινα. Στη συνέχεια, αναπαρίστανται οι έξοδοι του κάθε κοσκίνου.	70
Εικόνα 53: Επεξηγείται η σύνδεση των υλικών που διέρχονται από τα δίδυμα κόσκινα με τον αναμίκτη.	70
Εικόνα 54: Απεικονίζεται η κατάληξη του προϊόντος (γ) από όλα τα μηχανήματα σε ένα αναμίκτη.	71
Εικόνα 55: Απεικονίζεται στην εικόνα η σύνδεση του αναμίκτη με το κόσκινο.	71
Εικόνα 56: Αναπαράσταση της πορείας του (γ) προϊόντος του VS02 θα οδηγηθεί στο ίδιο διαχωριστή που είναι συνδεδεμένα τα (γ) του VS01.	72
Εικόνα 57: Αναπαράσταση της πορείας του (β) προϊόντος, του VS02, σε ένα αναμίκτη.	72
Εικόνα 58: Απεικονίζεται η ένωση των προϊόντων (β) του VS01 και VS02.	73
Εικόνα 59: Απεικονίζεται η προσθήκη αναμίκτη.	73
Εικόνα 60: Αναπαράσταση της σύνδεσης των προϊόντων (α) του VS01 και VS02. ..	74
Εικόνα 61: Απεικονίζεται η σύνδεση του αναμίκτη με τον 2ο θραυστήρα.	74
Εικόνα 62: Περιγράφεται το υλικό από τον 2ο θραυστήρα να οδηγείται στον αναμίκτη που γίνεται η απόθεση των υλικών των θραυστήρων 3 και 4.	75
Εικόνα 63: Επεξηγείται η Μετονομασία της ροής σε XALIKI για διευκόλυνση του χρήστη.	75
Εικόνα 64: Επιλογή της αρχικής τροφοδοσίας, και η εμφάνιση των επιλογών της. Στη συνέχεια γίνεται η μετάβαση στην επιλογή Input.	76
Εικόνα 65: Παράθυρο Mixed της αρχικής τροφοδοσίας. Ο χρήστης καλείται να επιλέξει τα χαρακτηριστικά του υλικού της τροφοδοσίας.	76
Εικόνα 66: Αλλαγή των μονάδων μέτρησης για διευκόλυνση του χρήστη.	77
Εικόνα 67: Μετάβαση στη 2η καρτέλα CI Solid.	77
Εικόνα 68: Επεξεργασία του Particle Size Distribution.	78
Εικόνα 69: Αλλαγή της μονάδας μέτρησης των σωματιδίων.	78
Εικόνα 70: Απεικονίζεται ο ορισμός της κοκκομετρίας του υλικού.	79
Εικόνα 71: Επιλογή του αριθμού των ενδιάμεσων μεγεθών.	79
Εικόνα 72: Αναπαράσταση του ολοκληρωμένου πίνακα μετά την συμπλήρωση των επιλογών.	79
Εικόνα 73: Περιγράφεται η επιλογή των ανωτέρων και κατώτερων ορίων που θα ακολουθήσει η κοκκομετρία του υλικού.	80
Εικόνα 75: Απεικόνιση της επιλογής του βάρους κάθε κοκκομετρικού μεγέθους και ο αυτόματος υπολογισμός του αθροιστικού βάρους.	81
Εικόνα 76: Αναπαράστασης της ροής υλικού μέσα στο κόσκινο, καθώς και τις εξόδους που ακολουθεί.	82
Εικόνα 77: Παράθυρο επεξεργασίας παραμέτρων του κοσκίνου.	93
Εικόνα 78: Προσδιορισμός του καταστρώματος.	93
Εικόνα 79: Η στήλη που αντιπροσωπεύει τις μεταφορικές ταινίες που φέρουν το υλικό στο κόσκινο.	94
Εικόνα 85: Εμφάνιση διαφορετικών τύπων θραυστήρα.	100
Εικόνα 86: Επιλογή της φάσης που βρίσκεται το υλικό μέσα στο θραυστήρα.	101

Εικόνα 87: Επιλογή της φάσης που βρίσκεται το υλικό μέσα στο θραυστήρα.	101
Εικόνα 88: Παράμετροι επιλογής τύπου θραυστήρα.	102
Εικόνα 89: Επιλογή τύπου θραυστήρα.	102
Εικόνα 90: Συμπλήρωση της ταχύτητας πρόσκρουσης, καθώς και των stress events που συμβαίνουν μέσα στον θραυστήρα.	102
Εικόνα 91: Απεικονίζονται οι παράμετροι του θραυστήρα.	103
Εικόνα 92: Συμπλήρωση παραμέτρων το θραυστήρα.	103
Εικόνα 93: Με βάση του νόμου του Bond γίνεται η συμπλήρωση των στοιχείων. ..	104
Εικόνα 95: Εμφάνιση πίνακα στο κύριο φύλλο εργασίας.	104
Εικόνα 96: Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.	105
Εικόνα 97: Απεικονίζονται οι ποσότητες σε τόνους που προκύπτουν για την Άμμο, το Γαρμπίλι και το Χαλίκι με την ολοκλήρωση της προσομοίωσης.	106

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Κανονισμοί σχετικά με τη χρήση αδρανών υλικών.	13
Πίνακας 2: Κύριος μηχανολογικός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται στο λατομείο. .	15
Πίνακας 3: Συσχετισμός των χημικών στοιχείων με την περιεκτικότητα τους.	22
Πίνακας 4: Περιγραφή σταδίων, φάσεων, μέγεθος τεμαχίων, ο λόγος κατάτμησης και ο τύπος του μη-χανήματος.	32
Πίνακας 5: Τιμή παράγοντα D ανά κατάστρωμα.	46
Πίνακας 6: Τιμή παράγοντα F σε σχέση με το Φαινόμενο Ειδικό Βάρος των υλικών.	47
Πίνακας 7: Σχήμα Πλέγματος - Παράγοντας H.	48
Πίνακας 8: Επιδιωκόμενη απόδοση κοσκίνισης E - Παράγοντας J.	48
Πίνακας 9: Ποσοστό περιεχομένης υγρασίας στην τροφοδοσία – Παράγοντας M.	49
Πίνακας 10: Άνοιγμα πλέγματος – Τιμή του Παράγοντα W.	49
Πίνακας 11: : Άνοιγμα πλέγματος – Τιμή του Παράγοντα W (κατασκευαστών).	49
Πίνακας 12: Υλικά Παραγωγής Β Θραύσης – Εμπορική Ονομασία, Κοκκομετρία (mm), Τόνοι την ώρα (tn / h)	58
Πίνακας 13: Πίνακας που αφορά την φόρμα- λειτουργία ενός κοσκίνου.	92
Πίνακας 14: Πίνακας παραμέτρων κοσκίνου.	93
Πίνακας 15: Επεξήγηση των παραμέτρων της εξίσωσης.	95
Πίνακας 16: Αναπαράσταση τιμών για τον Bond work index.	95
Πίνακας 17: Παράμετροι υλικού fMat και dWm,min που προσδιορίζονται από δοκιμές μεμονωμένων σωματιδίων.	99
Πίνακας 18: Αναπαράσταση όλων των παραμέτρων που μπορεί ο χρήστης να επεξεργαστεί καθώς και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης που προκύπτουν.	105

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζει μια λατομική δραστηριότητα. Πιο συγκεκριμένα, δίνεται ο ορισμός του Λατομείου καθώς και των Αδρανών Υλικών που παράγονται, όπως και οι χρήσεις των υλικών αυτών. Παρουσιάζονται τα τεχνικά στοιχεία ενός λατομείου δηλαδή η περιγραφή του χώρου του Λατομείου που εξετάζεται, σε ό,τι αφορά στα γεωλογικά και τα κοιτασματολογικά στοιχεία της περιοχής. Επιπλέον, περιγράφεται η μέθοδος εκμετάλλευσης, οι λατομικές εργασίες που λαμβάνουν χώρα, καθώς και τα στοιχεία που ελέγχουν την ασφάλεια των εργασιών αυτών. Στη συνέχεια, ακολουθεί η παρουσίαση στοιχείων που αφορούν στην επιστήμη και τεχνική των Συγκροτημάτων Θραύσης και Ταξινόμησης δηλαδή την κατάτμηση και την ταξινόμηση των υλικών. Παρουσιάζεται η εγκατεστημένη μονάδα Συγκροτήματος Θραύσης και Ταξινόμησης, δηλαδή, ο εγκατεστημένος μηχανολογικός εξοπλισμός, η δυναμικότητά του, όπως και τα υλικά που παράγονται από τις διάφορες φάσεις της παραγωγής. Στη συνέχεια, στο πειραματικό μέρος αναπαρίσταται το διάγραμμα ροής. Μετά την ολοκλήρωση της δομής του προγράμματος, τρέχουμε το πρόγραμμα με τις παραμέτρους για να εξετάσουμε εάν τα αποτελέσματα ταυτίζονται με τις πραγματικές συνθήκες. Τέλος, πραγματοποιούμε μικρές αλλαγές στις παραμέτρους για να δούμε εάν αυτές δίνουν ικανοποιητικά αποτελέσματα για να καταλήξουμε σε συμπεράσματα.

Abstract

This present thesis poses a quarrying activity. More specifically, the definitions of the Quarry and the Inert Materials produced are given, along with the usage of these materials. The technical aspects of the Quarry under investigation are presented and a description of the Quarry site, in terms of geological and depository data of the area. In addition, the method of exploitation, the quarrying activities that take place, as well as the elements that control the safety of these works are documented. Furthermore, scientific and technological data related to the Fragmentation and Classification units, namely the segmentation and classification of materials are disclosed. The installed Fragmentation and Classification unit, namely the mechanical equipment, its capacity, as well as the materials produced by the different production phases are accounted for. The flowchart is then represented in the experimental part. After completing the program structure, we run the program with the parameters to see if the results match the actual conditions. Finally, we make small changes to the parameters to see if they give satisfactory results to reach conclusions.

2. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΑΤΟΜΕΙΟΥ

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία που αφορούν στις εκμεταλλεύσεις Λατομείων Αδρανών υλικών. Δίνεται ο ορισμός του Λατομείου καθώς και των αδρανών υλικών που παράγονται, ενώ περιγράφονται οι χρήσεις των υλικών αυτών. Στο τέλος γίνεται λεπτομερής περιγραφή του μηχανολογικού εξοπλισμού και των μέτρων ασφαλείας που προβλέπονται από τον ΚΛΜΕ.

2.1. Λατομικός χώρος – Ορισμός

Το λατομείο αποτελεί εκσκαφή ή σύστημα εκσκαφών που πραγματοποιείται με σκοπό τη λήψη λατομικών ορυκτών ή προϊόντα λατομικών ορυκτών. Οι λατομικοί χώροι περιλαμβάνονται στις λατομικές περιοχές οι οποίες κρίνονται κατάλληλες τόσο ως προς την ποιότητα των πετρωμάτων όσο και ως προς τις επιπτώσεις της λατομικής δραστηριότητας στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον. Οι λατομικές εργασίες της επεξεργασίας, γίνονται με τέτοιο τρόπο ώστε, να εξασφαλίζεται η μεγαλύτερη δυνατή ανάκτηση των χρήσιμων συστατικών των ορυκτών υλών που εξορύσσονται, σε συνδυασμό με την επίτευξη της καλύτερης δυνατής ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος με το λιγότερο δυνατή επίπτωση στο περιβάλλον.

Τα λατομεία μπορούν να χωροθετούνται σε λατομικούς χώρους με διαφορετικό ιδιοκτησιακό καθεστώς. Πιο συγκεκριμένα μπορεί να είναι σε δημόσια, δημοτική ή ιδιωτική έκταση. Στα λατομεία εξορύσσονται ασβεστολιθικά αδρανή υλικά με χρήση εκρηκτικών υλών και ακολούθως γίνεται μηχανική επεξεργασία τους για τη μείωση του μεγέθους τους.

Η ορθολογική λειτουργία ενός λατομείου, αποφέρει οικονομικά οφέλη σε όλους τους εμπλεκόμενους, δηλαδή τους εργαζόμενους, μετόχους, εξωτερικούς συνεργάτες, πελάτες, προμηθευτές, στο κράτος και στις τοπικές κοινότητες, συμβάλλοντας στην οικονομική ανάπτυξη του τόπου.

Επειδή τα αδρανή υλικά έχουν χαμηλή αξία πώλησης και σημαντικό κόστος μεταφοράς, τα λατομεία είναι διάσπαρτα στην ελληνική περιφέρεια συμβάλλοντας στην τοπική απασχόληση.

2.2. Αδρανή υλικά

Τα αδρανή υλικά είναι λατομικά προϊόντα, τα οποία κατά την ανάμιξή τους με συγκολλητικές κονίες, όπως τσιμεντοκονία, ασβεστοκονία, άσφαλτο κ.α., δεν αντιδρούν χημικά μεταξύ τους, αλλά δημιουργούν ένα νέο εύπλαστο και χρήσιμο υλικό.

Μετά τον αέρα και το νερό, τα αδρανή υλικά αποτελούν τις περισσότερο χρησιμοποιούμενες φυσικές πρώτες ύλες στον πλανήτη μας.

Τα αδρανή υλικά παράγονται κυρίως με εξόρυξη από τη φυσική τους θέση.

Χρησιμοποιούνται από τον κατασκευαστικό κλάδο, είτε αυτόνομα είτε ως βασικό συστατικό των περισσότερων δομικών υλικών όπως έτοιμο σκυρόδεμα, άσφαλτο-σκυροδέματα, κονιάματα κλ., για την κατασκευή σχολείων, νοσοκομείων, σπιτιών και έργων υποδομής (αυτοκινητοδρόμων, αεροδρομίων, γεφυριών κ.λ.) συμβάλλοντας καθοριστικά στην ανάπτυξη. Μετά τον αέρα και το νερό, τα αδρανή υλικά αποτελούν τις περισσότερο χρησιμοποιούμενες φυσικές πρώτες ύλες στον πλανήτη μας.

Τα αδρανή υλικά περιέχονται επίσης, ως υλικά πλήρωσης, σε προϊόντα καθημερινής χρήσης, όπως το χαρτί, το γυαλί, τα πλαστικά, τα χρώματα και άλλα είδη οικιακής χρήσης.

Χρησιμοποιούνται ακόμη στην ιατρική, στη γεωργία και στην προστασία του περιβάλλοντος ως φίλτρα περιορισμού των εκπομπών διοξειδίου του θείου (SO₂) από τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας.

Στον Ελλαδικό χώρο τα αποθέματα των πετρωμάτων που είναι κατάλληλα για την παραγωγή αδρανών υλικών είναι απεριόριστα και ο αριθμός των λειτουργούντων λατομείων υπερβαίνει τα 230. Στα σκυροδέματα όπου η συμμετοχή των αδρανών καταλαμβάνει το 75-80% της μάζας τους, ο ρόλος τους στην δημιουργία ενός ανθεκτικού και συνεκτικού ιστού που θα παραλάβει τα φορτία της κατασκευής αλλά και θα αντέξει στις φυσικοχημικές επιδράσεις του περιβάλλοντος είναι καθοριστικός.



Εικόνα 1: Σχήμα κατανομής αδρανών ανάλογα με το μέγεθος

2.2.1. Χρήσεις αδρανών υλικών που παράγονται από λατομείο Ασβεστόλιθων

Οι κυριότερες χρήσεις των αδρανών υλικών:

Τα αδρανή υλικά που παράγονται από λατομεία ασβεστόλιθων έχουν μεγάλο εύρος εφαρμογής, όμως ο κύριος όγκος τους χρησιμοποιείται:

- Στην παρασκευή του σκυροδέματος, όπου τα φυσικά ή τεχνητά αδρανή υλικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν πρέπει να έχουν επαρκή αντοχή και πρόσφυση και χημική ανεκτικότητα ως προς το τσιμέντο. Τέτοια υλικά μπορεί να είναι προϊόντα θραύσης κυρίως ασβεστολιθικών πετρωμάτων, γρανίτη, μαγνητίτη, βαρύτη (για την παρασκευή βαρέων σκυροδεμάτων που απορροφούν τις ακτινοβολίες) και βιομηχανικών παραπροϊόντων (σκωρία υψικαμίνων κ.α.).
- Ακόμη, τα αδρανή χρησιμοποιούνται για την παρασκευή άλλων δομικών υλών (τσιμεντόλιθων ή άλλων μορφοποιημένων προϊόντων από σκυρόδεμα).
- Στη οδοποιία, όπου τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται στη κατασκευή των εύκαμπτων οδοστρωμάτων (περίπου το 90% αποτελείται από αδρανή) προέρχονται, κυρίως, από τη θραύση κατάλληλων πετρωμάτων ή άλλων υλικών φυσικών αποθέσεων (ποταμών ή χειμάρρων, θαλάσσιων). Καταλληλότερα πετρώματα για αδρανή οδοστρωμάτων είναι οι γρανίτες, γνεύσιοι, αμφιβολίτες, ανδεσίτες, πορφύρες, ψαμμίτες, χαλαζίες και ορισμένοι σχιστόλιθοι, λόγω της αντοχής τους σε απότριψη (φθορά σε τριβή). Επιπλέον, για την ίδια χρήση μπορεί να χρησιμοποιηθούν και προϊόντα θραύσης σκωρίων ή και από επεξεργασία απορριμμάτων ορυχείων (με θραύση και ταξινόμηση), εφόσον όμως πληρούνται οι απαιτούμενες φυσικομηχανικές ιδιότητες (αντοχή, επιφανειακή υφή, πορώδες κλπ.). Επιπρόσθετα, στην κατασκευή οδοστρωμάτων, για ορισμένα όμως μόνο στρώματα

(βάσεις, υποβάσεις), μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τεχνητά αδρανή ή θραυσμένα υλικά παλαιών οδοστρωμάτων κατασκευασμένων από ασφαλτόμιγμα για ανακυκλούμενο σκυρόδεμα.

- Στη σιδηροδρομική, όπου χρησιμοποιούνται πολύ χονδρόκοκκα (50-65 χιλιοστά) αδρανή στο υποσύστημα της επιδρομής, η οποία αποτελείται από τις σιδηροτροχιές και τους στρωτήρες, για να εξασφαλίζουν την απαραίτητη την κλίση και απόσταση μεταξύ τους. Η επιδρομή εδράζεται σε στρώμα σκύρων γνωστό ως έρμα (ballast), το οποίο πρέπει να έχει αντοχή σε θραύση και κρούση, να μην αποσθρώνεται από τους κύκλους απόψυξης (χαμηλό επιφανειακό πορώδες) και να μην επηρεάζεται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Καταλληλότερα υλικά είναι οι χαλαζίτες, μικροκρυσταλλικά εκρηξιγενή και γρανιτικά πετρώματα, δηλαδή συνήθως μεταμορφωμένα πετρώματα, ενώ τα ιζηματογενή συνήθως πρέπει να αποφεύγονται.
- Σε άλλες βιομηχανικές εφαρμογές, με πιο διαδεδομένη την τσιμεντοβιομηχανία, όπου απαιτούνται περίπου 1.5-1.6 τόνοι αδρανών ανά τόνο τσιμέντου. Άλλες χρήσεις επίσης, αποτελούν η παρασκευή υδράσβεστου $[Ca(OH)_2]$, η χρήση ως συλλίπασμα στη μεταλλουργία στην υαλουργία, η χρήση στη γεωργία, στις ζωοτροφές στη φαρμακοβιομηχανία.
- Οι ποσότητες που απαιτούνται για τις χρήσεις αυτές είναι αρκετά σημαντικές. Πιο συγκεκριμένα, η διεθνής εμπειρία λέει ότι για κάθε κυβικό μέτρο σκυροδέματος που παράγεται απαιτούνται περίπου δυο τόνοι αδρανών υλικών, για κάθε χιλιόμετρο αυτοκινητόδρομου που κατασκευάζεται καταναλώνονται περίπου 30.000 τόνοι αδρανών, ενώ για κάθε χιλιόμετρο σιδηρόδρομου απαιτούνται 16.000 αδρανών. Η κατασκευή ενός σχολείου ή νοσοκομείου απαιτεί τουλάχιστον 4.000 τόνους αδρανών υλικών, ενώ για ένα σπίτι 100 τετραγωνικά μέτρα που απαιτούνται από 100 έως 300 τόνοι αδρανών ανάλογα με τον τύπο της κατασκευής (όγκος οπλισμένου και άοπλου σκυροδέματος).
- Στην κατασκευή κτηρίων που συμβάλλουν καθοριστικά στην ανάπτυξη της κοινωνίας, όπως για την κατασκευή σχολείων, νοσοκομείων, σπιτιών και έργων υποδομής, όπως αυτοκινητοδρόμων, αεροδρομίων, γεφυριών.
- Ως πρώτες ύλες, τα αδρανή υλικά αποτελούν τις πιο εύχρηστες μετά το νερό και τον αέρα.
- Στον γεωργικό κλάδο, καθώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας ως φίλτρα περιορισμού των εκπομπών διοξειδίου του θείου.
- Τέλος, τα αδρανή υλικά μπορούν να βρουν χρήση και στον ιατρικό κλάδο.

Πολλές φορές χρησιμοποιούνται αδρανή χωρίς συνδετική ύλη, όπως συμβαίνει στις βάσεις και τις υποβάσεις των οδοστρωμάτων, στις κατασκευές στραγγιστηρίων, στις θερμομονωτικές στρώσεις κ.α.

Εκτός από την χρήση τους στην παρασκευή σκυροδέματος τα αδρανή χρησιμοποιούνται στα επιχρίσματα, στην οδοποιία, στους σιδηροδρόμους και σε πολλές βιομηχανίες σαν πρώτη ύλη (τσιμέντο, ασβέστης) ή σαν προσθετικά (χαρτοποιία- ελαστικά).

2.2.2. Κανονισμοί σχετικά με τη χρήση αδρανών

Πίνακας 1: Κανονισμοί σχετικά με τη χρήση αδρανών υλικών

EN 12620	Αδρανή για σκυρόδεμα
EN 13242	Αδρανή υλικά σταθεροποιημένα με υδραυλικές κονίες για χρήση σε έργα πολιτικού μηχανικού και στην οδοποιία.

EN 13043	Αδρανή για ασφαλτομίγματα οδοστρώματων
ASTM C 33	Αδρανή υλικά σκυροδέματος
ΕΛΟΤ 408	Θραυστά αδρανή για συνήθη σκυροδέματα
BS 63	Αδρανή υλικά οδοποιίας
EN 932	Δειγματοληψία για γενικό έλεγχο ιδιοτήτων αδρανών
EN 933	Δοκιμές γεωμετρικών ιδιοτήτων αδρανών
EN 1097	Δοκιμές μηχανικών και φυσικών ιδιοτήτων αδρανών
EN 1744	Δοκιμές για τον προσδιορισμό των χημικών ιδιοτήτων των αδρανών
ΕΛΟΤ 747	Έλεγχος φυσικών λίθων και αδρανών υλικών

2.2.3. Γενικές απαιτήσεις αδρανών κατά EN 12620 και EN 13242

Στη συνέχεια αναφέρονται κάποιες ειδικές απαιτήσεις αδρανών κατά EN 12620 και EN 13242, οι οποίες είναι:

- Κοκκομετρία
- Μορφολογικά χαρακτηριστικά
- Φυσικές ιδιότητες
- Χημικές ιδιότητες
- Απαιτήσεις ανθεκτικότητας

2.2.4. Ασβεστόλιθος – Γενικά χαρακτηριστικά

Ο ασβεστόλιθος είναι ιζηματογενές πέτρωμα, αποτελείται από ασβεστίτη σε ποσοστό 90-100%. Όταν προέρχεται από κελύφη οργανισμών απαντάται υπό τη μορφή αραγωνίτη. Οι ασβεστόλιθοι είναι καθαρά χημικά ιζηματογενή πετρώματα ή βιογενή πετρώματα. Συνήθως είναι μεικτής προέλευσης. Ο *Ασβεστόλιθος* έχει κύριο συστατικό τον Ασβεστίτη και τα υπόλοιπα ορυκτολογικά συστατικά του είναι: Αργιλικά ορυκτά, Χαλαζίας (οι πυριτικοί ασβεστόλιθοι είναι από 20-30% SiO₂), Αιματίτης (ο Σίδηρος δίνει κόκκινο έως κόκκινο χρώμα και όταν η ποσότητα είναι αυξημένη προκαλείται μείωση αντοχής του πετρώματος). Ανθρακούχες Ενώσεις (που προέρχονται από οργανικά λείψανα), Σιδηροπυρίτης, Οξειδία Μαγγανίου, Δολομίτης. 107. Τα ανωτέρω συστατικά δίδουν στον ασβεστόλιθο τεφρό ή κίτρινο ή καστανό ή πράσινο χρώμα. Ο καθαρός ασβεστόλιθος είναι λευκός. Μίγματα ασβεστόλιθου και αργίλου καλούνται μάργες και έχουν ενδιάμεσες ιδιότητες των ασβεστόλιθων και των αργίλων. Αναλόγως του ποσοστού και του είδους της αργίλου, οι ασβεστόλιθοι έχουν τάση διόγκωσης, η οποία οδηγεί σε ρηγματώσεις του ασβεστόλιθου. Σημαντικές φυσικές ιδιότητες του ασβεστόλιθου αναφέρονται ακολούθως:

- α) η διαπερατότητα είναι 0,1cm/s.
- β) η ελαστικότητα είναι 3x10⁴Mpa.
- γ) η θερμική αγωγιμότητα είναι 1,0W/mK.
- δ) η σκληρότητα είναι 3,5 Mohs.
- ε) το ειδικό βάρος είναι 2,7g/cm³.

στ) το πορώδες είναι 0,2-2,0% κ.ο..

ζ) η αντοχή σε θλίψη είναι 800-1800Kp/cm².

η) η υδροαπορροφητικότητα είναι 0,4% κ.ο..

Ο ασβεστόλιθος χρησιμοποιείται στην παρασκευή τσιμέντου ως πρώτη ύλη και ως πρόσθετο. Επίσης χρησιμοποιείται στην παραγωγή τούβλων και πλακακιών. Αποτελεί πρώτη ύλη για παρασκευή γυαλιού, χαρτιού, βαφών και χρωμάτων. Επίσης στην παραγωγή πλαστικών, ελαστικών και κεραμικών. Τέλος, αποτελεί την πρώτη ύλη για την παρασκευή οξειδίου του ασβεστίου και ασβέστη.

Ο ασβεστόλιθος μπορεί να μετατραπεί σε καρστικό ασβεστόλιθο με την επίδραση του διοξειδίου του άνθρακα παρουσία υγρασίας. Το νερό σχηματίζει ανθρακικό οξύ, ο ασβεστόλιθος αποσαθρώνεται χημικά σχηματίζοντας κενά (έγκοιλα), σπήλαια με σταλακτίτες και σταλαγμίτες. Τα καρστικά πετρώματα είναι έντονα υδατοπερατά και η μη εντόπιση ύπαρξής τους δημιουργεί προβλήματα σε έργα, όπως για παράδειγμα λιμνοδεξαμενών, θεμελιώσεις τεχνικών έργων, διάνοιξη σηράγγων.

2.3. Μηχανικός εξοπλισμός

Ο κύριος μηχανικός εξοπλισμός που απαιτείται για την του λατομείου αποτελείται από τα εξής μηχανήματα:

Πίνακας 2: Κύριος μηχανολογικός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται στο λατομείο.

ΚΥΡΙΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ			
A/A	ΕΙΔΟΣ	ΤΥΠΟΣ	ΙΣΧΥΣ (HP)
1.	ΦΟΡΤΩΤΗΣ	CAT 988B	450
2.	ΦΟΡΤΩΤΗΣ	CAT 988B	450
3.	WAGON DRILL	I.R. DM 25	250
4.	WAGON DRILL	ATLAS COPCO	250
5.	ΠΡΟΩΘΗΤΗΡΑΣ	CAT D8H	370
6.	ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΣΦΥΡΑ	LIEBHERR 921B	180
7.	ΑΝΦΟΝΙΕΡΑ	MERCEDES	120
8.	DUMPER	CAT 769B	415
9.	DUMPER	CAT 769B	415
10.	DUMPER	CAT 773C	450
11.	DUMPER	CAT 773C	450

Κάθε μηχάνημα διαθέτει άδεια κυκλοφορίας και οι χειριστές- οδηγοί είναι εφοδιασμένοι με κατάλληλα διπλώματα.

2.4. Ασφάλεια επιφάνειας (ΚΜΛΕ)

Στο χώρο του λατομείου, για την ασφάλεια των εργαζομένων και την αποφυγή ατυχημάτων, είναι απαραίτητη η ύπαρξη μέτρων ασφαλείας όπως προβλέπονται από τον ΚΜΛΕ, στα οποία ξεχωρίζουν:

Έτσι παρέχονται στο προσωπικό όλα τα προβλεπόμενα από τον ΚΜΛΕ Μέσα Ατομικής Προστασίας αλλά και διαρκείς συστάσεις για την σωστή και συνεχή χρήση τους. Ενδεικτικά αναφέρονται κάποια από τα Μ.Α.Π.

- Ανακλαστικό γιλέκο
 - Κράνος: με ακουστικά
 - Γάντια εργασίας
 - Ειδικά γυαλιά: σκουρόχρωμα ή διαφανή
 - Ειδικές μπότες ή άρβυλα
 - Ειδικές γαλότσες για την βροχόπτωση
 - Ακουστικά ή ωτοασπίδες για τις εκρήξεις ή για την χρήση των μηχανημάτων ή για την προστασία από τον ήχο των εν λειτουργία μηχανημάτων
 - Μάσκες προσώπου για σκόνη
 - Μάσκα ηλεκτροσυγκόλλησης
 - Ποδιά και γάντια ηλεκτροσυγκόλλησης
 - Κίτρινο αδιάβροχο ένδυμα
 - Μακρύ παντελόνι
 - Ρούχα με φωσφορίζουσες ταινίες για να είναι ευδιάκριτο το προσωπικό στο λατομικό χώρο
- Τήρηση κανόνων υγιεινής
 - Σχολαστική τήρηση κανόνων ασφαλείας κατά τη διακίνηση και κατά την ανατίναξη
 - Τοποθέτηση πινακίδων ασφαλείας για τις διάφορες εισόδους του λατομικού χώρου.
 - Τακτική διαβροχή των δρόμων κίνησης και προσπέλασης.
 - Πραγματοποίηση των ανατινάξεων σε συγκεκριμένη ώρα μέσα στη μέρα.
 - Λειτουργία όλων των εργασιών του λατομείου με βάση τους Εγκεκριμένους Ειδικούς Κανόνες Ασφαλείας του λατομείου.

Σε ένα λατομείο δια νόμου κρίνεται απαραίτητη η παρουσία τεχνικού ασφαλείας. Ο ρόλος του τεχνικού ασφαλείας είναι να παρέχει στον εργοδότη υποδείξεις και συμβουλές, γραπτά ή προφορικά, σε θέματα σχετικά με την ασφάλεια και υγεία της εργασίας και την πρόληψη των εργατικών ατυχημάτων. Τις γραπτές υποδείξεις ο τεχνικός ασφαλείας καταχωρεί σε ειδικό βιβλίο της επιχείρησης, το οποίο σελιδομετρείται και θεωρείται από την Επιθεώρηση Μεταλλείων. Ο εργοδότης έχει υποχρέωση να λαμβάνει γνώση ενυπογράφως των υποδείξεων που καταχωρούνται σ' αυτό το βιβλίο. Ειδικότερα ο τεχνικός ασφαλείας: α) συμβουλεύει σε θέματα σχεδιασμού, προγραμματισμού, κατασκευής και συντήρησης των εγκαταστάσεων, εισαγωγής νέων παραγωγικών διαδικασιών, προμήθειας μέσων και εξοπλισμού, επιλογής και ελέγχου της αποτελεσματικότητας των ατομικών μέσων προστασίας, καθώς και διαμόρφωσης και διευθέτησης των θέσεων και του περιβάλλοντος εργασίας και γενικά οργάνωσης της παραγωγικής διαδικασίας, β) ελέγχει την ασφάλεια των εγκαταστάσεων και των τεχνικών μέσων, πριν από τη λειτουργία τους, καθώς και των παραγωγικών διαδικασιών και μεθόδων εργασίας πριν από την εφαρμογή τους και επιβλέπει την εφαρμογή των μέτρων ασφαλείας και υγείας της εργασίας και πρόληψης των ατυχημάτων, ενημερώνοντας σχετικά τους αρμόδιους προϊσταμένους των τμημάτων ή τη διεύθυνση της επιχείρησης. Για την επίβλεψη των συνθηκών εργασίας ο τεχνικός ασφαλείας έχει υποχρέωση: α) να επιθεωρεί τακτικά τις θέσεις εργασίας από πλευράς ασφαλείας και υγείας της εργασίας, να αναφέρει στον εργοδότη οποιαδήποτε παράλειψη των μέτρων ασφαλείας και υγείας, να προτείνει μέτρα αντιμετώπισής της και να επιβλέπει την εφαρμογή τους, β) να επιβλέπει την ορθή χρήση των ατομικών μέσων προστασίας, γ) να ερευνά τα αίτια των εργατικών ατυχημάτων, να αναλύει και αξιολογεί τα αποτελέσματα των ερευνών του και να προτείνει μέτρα για την αποτροπή παρόμοιων ατυχημάτων. δ) να εποπτεύει την εκτέλεση ασκήσεων πυρασφάλειας και συναγερμού για τη διαπίστωση ετοιμότητας προς αντιμετώπιση ατυχημάτων. Για τη βελτίωση των συνθηκών εργασίας στην επιχείρηση ο τεχνικός ασφαλείας έχει υποχρέωση: α) να μεριμνά ώστε οι εργαζόμενοι στην επιχείρηση να τηρούν τους κανόνες ασφαλείας και υγείας της εργασίας και να τους ενημερώνει και καθοδηγεί για την αποτροπή του επαγγελματικού κινδύνου που συνεπάγεται η εργασία τους, β) να συμμετέχει στην κατάρτιση και εφαρμογή των προγραμμάτων εκπαίδευσης των εργαζομένων σε θέματα ασφαλείας και υγείας της εργασίας. Η άσκηση του έργου του τεχνικού ασφαλείας δεν αποκλείει την ανάθεση σ' αυτόν από τον εργοδότη και άλλων καθηκόντων, πέρα από το ελάχιστο όριο ωρών απασχόλησής του ως τεχνικού ασφαλείας. Ο τεχνικός ασφαλείας έχει, κατά την άσκηση του έργου του, ηθική ανεξαρτησία απέναντι στον εργοδότη και στους εργαζομένους. Τυχόν διαφωνία του με τον εργοδότη, για θέματα της αρμοδιότητάς του, δεν μπορεί να αποτελέσει λόγο καταγγελίας της σύμβασής του. Σε κάθε περίπτωση η απόλυση του τεχνικού ασφαλείας πρέπει να είναι αιτιολογημένη. Ο τεχνικός ασφαλείας έχει υποχρέωση να τηρεί το επιχειρησιακό απόρρητο. 4. Στις επιχειρήσεις που έχουν υποχρέωση πλήρους απασχόλησης τουλάχιστον δύο τεχνικών ασφαλείας σύμφωνα με το άρθρο 13 του Ν. 3850/2010 (ΦΕΚ 84/ Α/2.6.2010), όπως ισχύει, συνιστάται υποχρεωτικά Εσωτερική Υπηρεσία Προστασίας και Πρόληψης (ΕΣΥΠΠ), σύμφωνα με τις διατάξεις της παρ. 9 του άρθρου 9 του ίδιου νόμου.

<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=jjgdGPm9%2Ff8%3D&tabid=296&language=el-GR>



Εικόνα 2: Γυαλιά ασφαλείας



Εικόνα 3: Αρβυλα ασφαλείας





Εικόνα 4: Πινακίδες σήμανσης που βρίσκονται στο λατομικό χώρο και στο εργοτάξιο.

3. ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΕΣ ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΝΑΡΞΗ ΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

Ο εκμεταλλευτής θα πρέπει να διαθέτει εγκεκριμένη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για το μεταλλευτικό ή λατομικό έργο και να τηρεί τους εκάστοτε ισχύοντες περιβαλλοντικούς όρους, καθώς και την εγκεκριμένη ως άνω τεχνική μελέτη. Απαγορεύεται η έναρξη μεταλλευτικών ή λατομικών εργασιών πριν από την έγκριση της τεχνικής μελέτης και την Έγκριση των Περιβαλλοντικών Όρων.

Ο εκμεταλλευτής πρέπει να φροντίζει σε περίπτωση λειτουργίας γειτονικού έργου, ώστε οι εργασίες του έργου του, να μη δημιουργούν κινδύνους ή γενικότερα δυσμενείς επιπτώσεις, στις εργασίες και τους εργαζόμενους του άλλου έργου. Στην περίπτωση αυτή, οι εκμεταλλευτές οφείλουν να έρχονται σε συνεννόηση για τον από κοινού προγραμματισμό των εργασιών στις όμορες περιοχές, ώστε, μεταξύ των άλλων, να γίνεται απόληψη του μεγαλύτερου δυνατού μέρους του κοιτάσματος ή του στείρου που εντοπίζεται σ' αυτές, με παρέκκλιση όπου χρειάζεται, σε συνδυασμό με τη δημιουργία ασφαλών συνθηκών για τα έργα, τους εργαζόμενους και τον περιβάλλοντα χώρο. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει συμφωνία των εκμεταλλευτών για ένα, σύμφωνα με τα παραπάνω, διακανονισμό, αποφασίζει σχετικά η αρμόδια Επιθεώρηση Μεταλλείων

Στις ερευνητικές μεταλλευτικές ή λατομικές εργασίες, στόχος να είναι ο εντοπισμός εκμεταλλεύσιμων κοιτασμάτων ορυκτών υλών. Ο σχεδιασμός της ερευνητικής δραστηριότητας, να γίνεται κλιμακωτά κατά τα απαραίτητα στάδια. Πριν από την έναρξη των σχετικών εργασιών, να έχουν προηγηθεί τα προκαταρκτικά στάδια της έρευνας. Η σκοπιμότητα της προχώρησης από στάδιο σε στάδιο, να δικαιολογείται με επιστημονικά, τεχνικά και οικονομικά κριτήρια, από τα δεδομένα των προηγούμενων σταδίων και να συνδυάζεται με την αύξηση του βαθμού

ασφάλειας των αποθεμάτων. Οι μεταλλευτικές ή λατομικές εργασίες της εκμετάλλευσης, να βασίζονται ανάλογα με την περίπτωση σε επαρκή και αξιόπιστα στοιχεία που έχουν προκύψει από την εκτέλεση ερευνητικών εργασιών. Να συνδυάζεται, ο ρυθμός παραγωγής με το ρυθμό προετοιμασίας (προσπέλαση, αποκάλυψη ή περιχάραξη) τμημάτων του κοιτάσματος ώστε να εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη παραγωγική ροή της εκμετάλλευσης, σύμφωνα με τις εγκεκριμένες μελέτες.

Η χωροθέτηση κάθε επέμβασης (θέση και προσανατολισμός) πρέπει να επιλέγεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να προκαλείται η μικρότερη δυνατή αισθητική αλλοίωση του τοπίου. Σε περίπτωση που η επιλογή θέσης δεν μπορεί να δώσει ικανοποιητικό αποτέλεσμα, πρέπει να γίνεται προσπάθεια τεχνητής απόκρυψης της επέμβασης (ζώνες πράσινου, αναχώματα κ.λ.π.).

Κάθε επιφανειακή εκσκαφή, πρέπει να γίνεται με βαθμίδες κατάλληλων γεωμετρικών χαρακτηριστικών, ώστε να δημιουργείται η μικρότερη δυνατή αισθητική αλλοίωση του τοπίου και να διασφαλίζεται η αποκατάστασή του κατά στάδια και στο σύνολο.

4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί, γίνεται η περιγραφή του Λατομικού χώρου που εξετάζεται, σε ό,τι αφορά στα γεωλογικά και τα κοιτασματολογικά στοιχεία της περιοχής.

4.1. Γεωλογικά στοιχεία περιοχής

Η περιοχή του λατομικού χώρου χαρακτηρίζεται από ιζήματα. Το κοίτασμα των ασβεστόλιθων που παρατηρείται είναι καλώς εστρωμένοι μεγάλου πάχους και καταλαμβάνουν σημαντική έκταση εντός του λατομικού χώρου.



Εικόνα 5 Απεικόνιση άσπρου ασβεστόλιθου

<https://images.app.goo.gl/qiZLyCLgTYUXsttUA>



Εικόνα 6: Απεικόνιση ασβεστόλιθου

Το χρώμα των ασβεστόλιθων είναι ανοικτού μπεζ με ταινωτή υφή και παρουσιάζουν στη μάζα τους ορίζοντες μικρολατυποπαγείς με Nummulites.

Οι ελάχιστες τεκτονικές εμφανίσεις στην ευρύτερη περιοχή οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η εμφάνιση των ρηγμάτων της ευρύτερης περιοχής σε συνδυασμό με το γεγονός ότι ο ασβεστολιθικός σχηματισμός που παρουσιάζει ενδιαφέρον είναι απαλλαγμένος από ρήγματα στη μάζα του και δεν έχουν επηρεάσει τον ασβεστολιθικό σχηματισμό.

4.2. Κοιτασματολογικά στοιχεία

Κοιτασματολογία περιοχής μελέτης

Τα ιζήματα που συναντιούνται στην ευρύτερη περιοχή ανήκουν γεωτεκτονικά στην Παιόνια ζώνη, η οποία αποτελεί την ανατολική εσωτερική ζώνη της ζώνης του Αξιού.

Από την ως τώρα διερεύνηση του λατομικού χώρου, τα κοιτάσματα των ασβεστόλιθων του Ανώτερου Ιουρασικού αποτελούν το κύριο αντικείμενο της εκμετάλλευσης. Το κοιτάσμα που εντοπίζεται είναι ενιαίο, συμπαγές και ομοιόμορφο. Πρόκειται για τεφρούς έως γαλαζωπούς, παχυστρωματώδεις και μερικά ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους. Η παράταξη του ασβεστολιθικού σχηματισμού είναι ΒΔική – ΝΑκή και η κλίση του 10^0 .

Λόγω των ρηγμάτων – τεκτονικών εμφανίσεων της περιοχής παρατηρούνται μεγάλες εμφανίσεις γαιωδών και αργιλικών υλικών στις τρεις ανώτερες βαθμίδες το λατομείου (πάχους 40-50 μέτρων περίπου). Για το γεγονός αυτό αυξάνεται το κόστος εξόρυξης των ανώτερων βαθμίδων αλλά και το κόστος επεξεργασίας των παραγόμενων υλικών. Το κοιτάσμα, μετά την τρίτη βαθμίδα εξόρυξης, έχει διαπιστωμένη ομοιομορφία τόσο κατά την κατακόρυφη διεύθυνση όσο και κατά την οριζόντια εξάπλωσή του μέσα στην περιοχή μελέτης. Με βάση τα

δεδομένα που παρατέθηκαν, θεωρείται ότι ο συντελεστής αποληψιμότητας του κοιτάσματος είναι 95%.

Πίνακας 3: Συσχετισμός των χημικών στοιχείων με την περιεκτικότητά τους.

Χημικό στοιχείο	Περιεκτικότητα
SiO ₂	1,9
AlO ₃	1,2
Fe ₂ O ₃	0,25
CaO	52,9
MgO	1,1
K ₂ O	0,1
Na ₂ O	0,16
Lol	42,8

5. ΕΝΑΡΞΗ ΕΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ (ΥΠΑΙΘΡΙΕΣ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΙΣ)

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί, περιγράφεται η μέθοδος εκμετάλλευσης που πραγματοποιείται στο λατομικό χώρο. Επίσης δίνεται η ορολογία και η έννοια για την υπαίθρια εκμετάλλευση, την αποκάλυψη και την σχέση αποκάλυψης.

5.1. Υπαίθρια επιφανειακή εκμετάλλευση

Υπαίθρια επιφανειακή εκμετάλλευση: ονομάζεται οποιαδήποτε εκμετάλλευση στερών πρώτων υλών, η οποία πραγματοποιείται επιφανειακά με οικονομικά συμφέροντες όρους. Η συγκεκριμένη διπλωματική αναφέρεται σε επιφανειακή εκμετάλλευση με βαθμίδες ανοιχτού και κλειστού τύπου (χοανοειδής εκμετάλλευση- conical pit). Η επιλογή του τύπου της εκμετάλλευσης εξαρτάται από τη γεωμετρία και τα χαρακτηριστικά του κοιτάσματος.

Επίσης η επιλογή αυτή καθορίζει και την ανάλογη πορεία των εργασιών ανάπτυξης και αρχικής διαμόρφωσης του χώρου. Για την εξόρυξη του ασβεστολιθικού πετρώματος γίνεται η χρήση εκρηκτικών υλών και διατηρητικού μηχανήματος, ενώ η μεταφορά των εξορυγμένων υλικών γίνεται με ελαστικοφόρο φορτωτή και dumpers.

Στη συνέχεια, ο εξορυγμένος ασβεστόλιθος μεταφέρεται στη μονάδα θραύσης και επεξεργασίας, που είναι εγκατεστημένη εκτός του λατομικού χώρου.

Η εκμετάλλευση της λατομικής περιοχής πραγματοποιείται με μέθοδο, η οποία δεν αφήνει τη ζώνη προστασίας πλάτους 8 μέτρων κατά μήκος του κοινού ορίου των λατομικών

χώρων, αλλά οι βαθμίδες αναπτύσσονται σε όλη την έκτασή τους. Αυτή η μέθοδος ονομάζεται συνεκμετάλλευση.

Οι εργασίες του λατομείου πραγματοποιούνται με βάση τις απαιτήσεις του Κανονισμού Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (ΚΜΛΕ).

Η εκμετάλλευση θα συνεχίσει να γίνεται με την ανάπτυξη των ήδη υπάρχων ανώτερων βαθμίδων σταδιακά προς τα κατώτερα υψόμετρα του λατομικού χώρου.

Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται:

- Διαμόρφωση του λατομικού χώρου.
- Προετοιμασία του χώρου για την ανάπτυξη και εκμετάλλευση των υπόλοιπων κατώτερων παραγωγικών βαθμίδων.
- Άμεση απομάκρυνση του ανώτερου καλύμματος, όπου η συμμετοχή γαιωδών υλικών κα είναι μεγαλύτερη.
- Γρήγορη απόδοση τελικής επιφάνειας σε εργασίες αποκατάστασης.

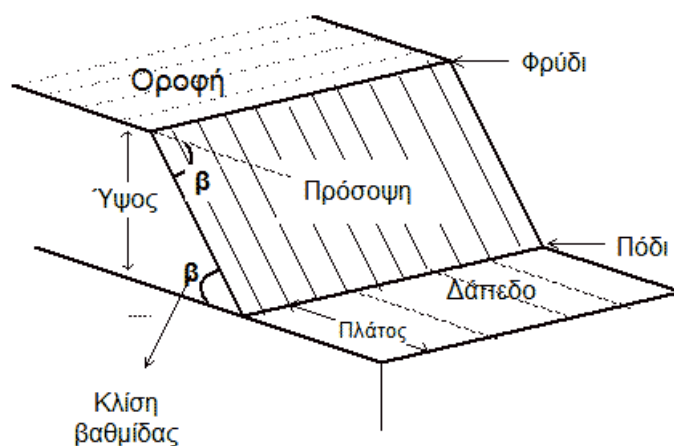
Με βάση το αρ.84 του ΚΛΜΕ, τα μέτωπα εξόρυξης έχουν τα ακόλουθα τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Το ελάχιστο πλάτος και το ύψος πρέπει να είναι 12 μέτρα κατά το στάδιο της ανάπτυξης ή κατά το στάδιο που κινούνται τα οχήματα στις βαθμίδες.
- Ο ύψος των βαθμίδων πρέπει να είναι 12 μέτρα, καθώς και η μείωση του δαπέδου δεν θα οδηγεί πλάτος μικρότερο των 6 μέτρα στο στάδιο της εξόφλησης.
- Σε κάθε βαθμίδα, η γωνία δεν θα υπερβαίνει τις 70° ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Πρέπει η νοητή γραμμή τελικού πρανούς να έχει τελική κλίση τέτοια ώστε να παρέχει στο ασβεστολιθικό κοίτασμα υψηλό επίπεδο ασφαλείας, έναντι αστοχιών λόγω κατολισθήσεων. Για αυτό η κλίση είναι 50° .

Σε όλες τις θέσεις, η σειρά ανάπτυξης και προχώρησης των βαθμίδων, έχει επιλεγθεί να είναι από πάνω προς τα κάτω. Η βαθμιδωτή μορφή του χώρου, έχει ως σκοπό, να βοηθήσει και τις εργασίες αποκατάστασης στο τέλος του λατομικού έργου.

Σε όλη την έκταση του λατομικού χώρου, ο γεωλογικός σχηματισμός είναι ενιαίος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, να μην γίνει εξόρυξη εξορυκτικών αποβλήτων. Τα μοναδικά μη εμπορεύσιμα υλικά αφορούν στο εδαφικό κάλυμμα (στείρα), τα οποία αποτίθενται εντός του λατομικού χώρου, για την μελλοντική χρησιμοποίησή τους στις εργασίες αποκατάστασης.

5.2. Μέθοδος εκμετάλλευσης



Εικόνα 7 :Αναπαράσταση βαθμίδας λατομείου

5.2.1. Ορισμός Αποκάλυψης

Αποκάλυψη είναι η απομάκρυνση των αγόνων από το μέτωπο της εκμετάλλευσης, η οποία πραγματοποιείται πριν την εκμετάλλευση.

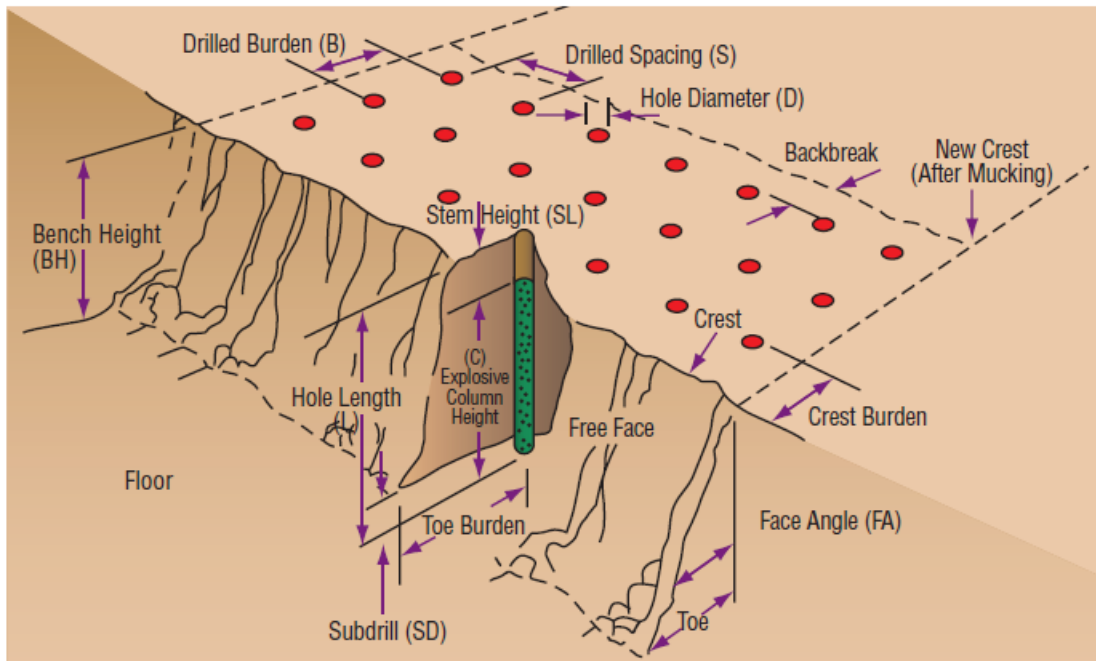
5.2.2. Ορισμός Σχέσης αποκάλυψης

Σχέση αποκάλυψης: ορίζεται ως ο αριθμός των μονάδων όγκου ή βάρους αγόνων που πρέπει να απομακρυνθούν για να αποκαλυφθεί μία μονάδα χρήσιμου προϊόντος και δίνεται από τη σχέση:

$$\Sigma\Lambda = \frac{\text{Άγωνα (κυβικά μέτρα)}}{\text{Χρήσιμο συστατικό (τόνοι ή κυβικά μέτρα)}}$$

6. ΔΙΑΤΡΗΣΗ-ΓΟΜΩΣΗ-ΠΥΡΟΔΟΤΗΣΗ-ΑΝΑΤΙΝΑΞΗ

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί, γίνεται η περιγραφή των διαδικασιών την διάτρησης- γόμωσης- πυροδότησης, καθώς και τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις διαδικασίες αυτές.



Εικόνα 8 :Αναπαράσταση σχεδιασμού μιας ανατίναξης

Στο λατομείο αδρανών υλικών , πρέπει να προηγηθούν εργασίες αποκάλυψης του κοιτάσματος ασβεστόλιθου, πριν ξεκινήσει η εκμετάλλευση και η εξόρυξή τους. Στις προπαρασκευαστικές εργασίες αποκάλυψης συμπεριλαμβάνεται η απομάκρυνση του εδαφικού καλύμματος και η διάνοιξη προσπελαστικού δικτύου, της κορυφής του λατομικού χώρου και η εκκίνηση ανάπτυξης των βαθμίδων εκμετάλλευσης.

Είναι γνωστό ότι στις επιφανειακές εκμεταλλεύσεις, σε σκληρά πετρώματα, η αποκάλυψη του πετρώματος γίνεται με τη βοήθεια εκρηκτικών υλών.

Για τις εργασίες εξόρυξης, γίνεται η χρήση διατρητικού μηχανήματος με εσωτερική σφύρα. Ορύσσονται διατρήματα διαμέτρου 6^{ov} ιντσών με κλίση 7%, σε μέτωπα ύψους 12μέτρα και σε κάρναβο 5x6 μέτρα. Ωστόσο ας σημειωθεί ότι γίνεται υποδιάτρηση 2 μέτρων. Άρα το διάτρημά μας έχει 14 μέτρα (12+2 μέτρα) συνολικό ύψος.



Εικόνα 9: Διατρήματα στο λατομικό χώρο

Τα διατρήματα γομώνονται με αμμωνίτιδα στον πυθμένα σε φυσίγγια 65x500 χιλιοστά και πετρελαιοαμμωνίτη (ANFO) στη στήλη.

Η πυροδότηση γίνεται με ηλεκτρικά καψύλια επιβράδυνσης 20 ή 40 μιλιοδευτερόλεπτα. Η σύνδεσή τους γίνεται με τη χρήση καλωδίου.

Παρόλα αυτά, υπάρχουν περιπτώσεις που υπάρχει διαφοροποίηση της διάταξης των διατρημάτων και των γομώνσεών τους. Αυτό μπορεί να συμβεί στην περίπτωση μορφοποίησής των τελικών πρυνών και επιφανειών. Ο στόχος πάντοτε είναι η αποφυγή της έντονης διαταραχής της επιφάνειας που βρίσκεται στο πίσω μέρος του εξορυγμένου μετώπου. Έτσι, για την διάμρφωση των τελικών επιφανειών και των οριακών πρυνών, εφαρμόζεται μέθοδος ελεγχόμενης εξόρυξης και πιο συγκεκριμένα, η μέθοδος της απαλής εξόρυξης, πρότισης, της οποίας τα κυριότερα στοιχεία εφαρμογής είναι να ορύσσονται διατρήματα 40 χιλιοστά επάνω στην επιδιωκόμενη οριογραμμή της εκσκαφής, που θα είναι η τελική επιφάνεια.

Η κλίση τους είναι $\sim 80^\circ$ για να έχουμε την επιθυμητή μόρφωση των τελικών επιφανειών και η απόσταση μεταξύ τους κυμαίνεται από 1,40 μέτρα και 1,60 μέτρα. Τα συγκεκριμένα διατρήματα απέχουν από τα διατρήματα της εξόρυξης, περίπου από 1,40 μέτρα και 1,60 μέτρα. Ανάμεσα σε δύο τέτοια διατρήματα ορύσσεται ένα “καθοδηγητικό” διάτρημα, το οποίο και θα μείνει αγόμωτο, ενώ το βάθος του δύναται να είναι ίσο με τα 2/3 του βάθους των γομούμενων διατρημάτων. Τα υπόλοιπα οριακά διατρήματα θα γομώνονται ασθενώς. Τα οριακά διατρήματα συνδέονται όλα μαζί και εναύονται ταυτόχρονα, στον τελευταίο χρόνο επιβράδυνσης που διατίθεται στον συγκεκριμένο κύκλο ανατίναξης. Ανάλογα όμως και με τα αποτελέσματα που σημειώνονται και λόγω της ιδιόμορφης συμπεριφοράς του πετρώματος στη

διαμόρφωση αδιατάραχτων επιφανειών, η διάταξη των διατρημάτων μπορεί να τροποποιείται, αυξάνοντας έτσι την απόσταση των γομούμενων διατρημάτων μέχρι 2,8-3.0 μέτρα με ταυτόχρονη προσθήκη και δεύτερου “καθοδηγητή” διατρήματος.

Στόχος, λοιπόν, και επιτυχία της διάταξης των διατρημάτων και της γόμωσής τους είναι να προκύπτει από την ανατίναξη μεγάλο ποσοστό ψιλόκοκκου υλικού. Σε γενικές γραμμές δεν προβλέπεται και δεν επιδιώκεται να παράγονται πολλά αδρομερή τεμάχια πετρώματος που θα χρειάζονταν δευτερογενή θραύση με την χρήση υδραυλικής σφύρας. Η παραγωγή τέτοιων μεγάλων τεμαχίων αφορά μόνο ειδικές χρήσεις όπως η τροφοδοσία τους σε λιμενικά έργα.

Όμως σε περιπτώσεις που παράγονται τεμάχια που δεν μπορούν να τροφοδοτηθούν σε σχετικά λιμενικά έργα ή στο συγκρότημα επεξεργασίας, αυτά συγκεντρώνονται σε κατάλληλο μέρος και τεμαχίζονται με δευτερογενή θραύση με τη χρήση υδραυλικής σφύρας. Σε καμία περίπτωση πάντως δεν χρησιμοποιούνται εκρηκτικά για τη δευτερογενή θραύση.



Εικόνα 10: Σύστημα πυροδότησης της ανατίναξης



Εικόνα 11: Συσκευασμένο ANFO



Εικόνα 12: ANFO

7. ΦΟΡΤΩΣΗ & ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΕΞΟΡΥΓΜΕΝΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Το εξορυσσόμενο υλικό φορτώνεται στα μέτωπα εξόρυξης από τους ελαστικοφόρους φορτωτές τύπου CAT 998B στα ανατρεπόμενα βαρέος τύπου Dumper CAT 773C φορητά αυτοκίνητα με κιβωτοάμαξες δυναμικότητας μεταφοράς 50 τόνων και μεταφέρεται στο συγκρότημα θραύσης και ταξινόμησης για την παραγωγή των προβλεπόμενων προϊόντων- κοκκομετρικών κλασμάτων. Για την φόρτωση και τη μεταφορά του πετρώματος, χρησιμοποιείται η συμβατική μέθοδος με φορτωτές και χωματουργικά αυτοκίνητα σε ομάδες μηχανημάτων. Καθώς τα μέτωπα μετακινούνται συνεχώς, οι αποστάσεις μεταφοράς συνεχώς διαμορφώνονται, ανάλογα με τη διαμόρφωση των εκάστοτε βαθμίδων. Για τη μεταφορά υλικών από την πλατεία του λατομικού χώρου στο χώρο των εγκαταστάσεων η μέγιστη – τωρινή – απόσταση υπολογίζεται περίπου σε 1.000 μέτρα. Για τον υπολογισμό της ημερήσιας ποσότητας φόρτωσης γίνεται χρήση της εκτιμώμενης ημερήσιας παραγωγής των 4.000 τόνων με την παραγωγή του λατομείου να λειτουργεί περίπου 260 ημέρες στο έτος. Συνεπώς, για την λειτουργία του λατομείου σε δεδομένη ετήσια παραγωγή 1.000.000 τόνων απαιτούνται ένας φορτωτής και δύο Dumpers. Επιπλέον υπάρχουν στο χώρο και εφεδρικά μηχανήματα για περίπτωση αβारीών.

8. ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

ΧΛΩΡΙΔΑ-ΠΑΝΙΔΑ

Με την λειτουργία του λατομείου θα απομακρυνθεί το εδαφικό κάλυμμα του χώρου εξόρυξης και θα γίνει παρέμβαση στην χλωρίδα της περιοχής με σκοπό την αποκατάστασή της. Θα γίνει εμφύτευση διαφόρων του δασικών ειδών μετά το τέλος των εργασιών για την αποκατάσταση της.

Οι επιπτώσεις στο φυσικό τοπίο της περιοχής από την λατομική δραστηριότητα προέρχονται αποκλειστικά από τις εκσκαφές και τις αποθέσεις στείρων υλικών. Όμως με τη μέθοδο αυτή, δηλαδή της εκμετάλλευσης των ανοικτών βαθμίδων και τις παράλληλες με την εκμετάλλευση εργασίες αποκατάστασης οι οπτικές αυτές επιπτώσεις είναι οι ελάχιστες δυνατές και δεν επιφέρουν σημαντική ανομοιογένεια στο φυσικό ανάγλυφο της περιοχής.

Οι μεταλλευτικές και λατομικές εργασίες, πρέπει να σχεδιάζονται και εκτελούνται με ορθολογικό τρόπο σύμφωνα με τους κανόνες της επιστήμης και της τεχνικής ώστε να απο-

φεύγεται η υποβάθμιση του περιβάλλοντος, πέρα από το απόλυτα αναγκαίο μέτρο, σύμφωνα με τον Ν. 1650/1986 (ΦΕΚ160 Α΄) και τον Ν. 3010/2002 (ΦΕΚ 91 Α΄), όπως ισχύουν, και να λαμβάνονται μέτρα, για την πρόληψη ή μείωση παντός είδους δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ιδιαίτερα στον αέρα, στο νερό, στο έδαφος, στην πανίδα, στη χλωρίδα, στο τοπίο, καθώς και τυχόν επακόλουθων κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία.

Η προστασία του περιβάλλοντος, αποτελεί υποχρέωση του εκμεταλλευτή που επιβάλλεται να λαμβάνει όλα τα απαραίτητα σχετικά μέτρα, σε συνεργασία με τους αρμόδιους φορείς του Κράτους και της Τοπικής Αυτοδιοίκησης. Για τη συντομότερη δυνατή επίτευξη αποτελέσματος, τα παραπάνω μέτρα πρέπει να συμβαδίζουν με την εξέλιξη των εργασιών.

Ειδικότερα:

α) Υποχρέωση του εκμεταλλευτή είναι η Εφαρμογή των Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών (Best Available Techniques, BAT) κατά την έρευνα, την εξόρυξη και την απόθεση-διαχείριση των αποβλήτων (εξορυκτικών και μη).

β) Πριν από την έναρξη νέου έργου ή την επέκταση του έργου ή την τροποποίηση του τρόπου εκμετάλλευσης ή απόθεσης-διαχείρισης των στείρων, ο εκμεταλλευτής υποχρεώνεται να τηρήσει όλες τις διαδικασίες περιβαλλοντικής αδειοδότησης

Η τελική μορφή της αποκατάστασης, πρέπει να εναρμονίζεται με το ευρύτερο περιβάλλον και στις περιπτώσεις δημόσιων ή δημοτικών ή κοινοτικών εκτάσεων, να προβλέπεται η κάλυψη των τοπικών αναγκών, για ειδικές χρήσεις γης, σύμφωνα με τις έγγραφες υποδείξεις της Περιφερειακής και της Τοπικής Αυτοδιοίκησης.

γ) Η αποκατάσταση των βαθμίδων εκμετάλλευσης να πραγματοποιείται σταδιακά και δεν επιτρέπεται η καταστροφή της μετά το πέρας του έργου.

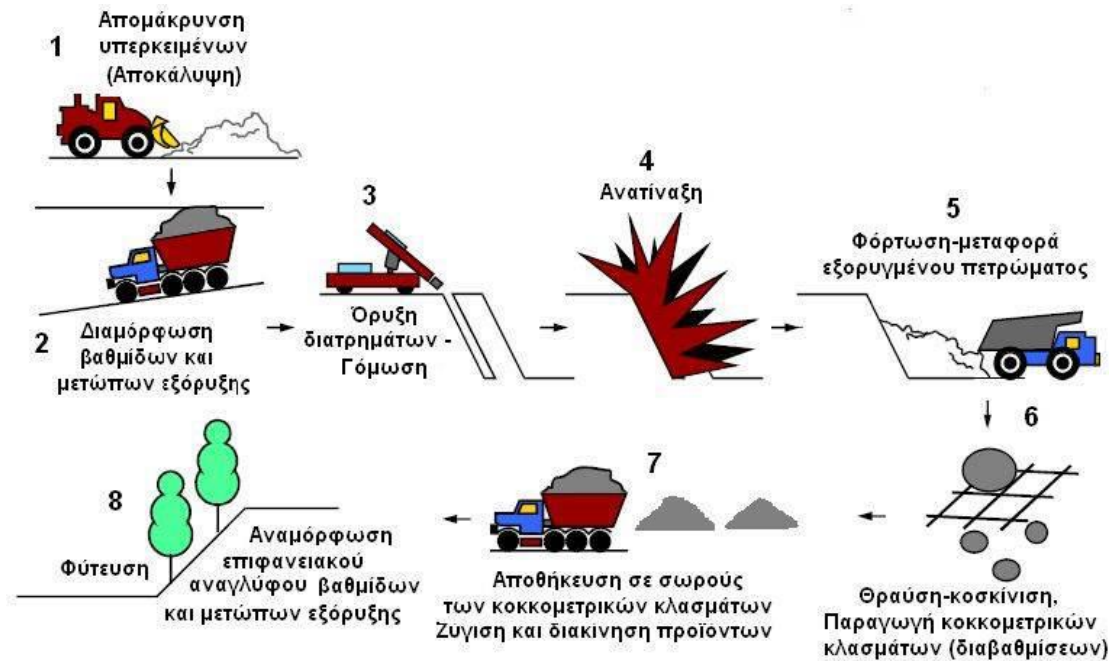
9.ΚΑΤΑΤΜΗΣΗ – ΤΑΞΙΝΟΜΗΣ -ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΘΡΑΥΣΗΣ & ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ

9.1. Διάγραμμα ροής

Κατά τη θραύση-ταξινόμηση του εξορυγμένου υλικού δεν χρησιμοποιούνται χημικές ή τοξικές ουσίες, αλλά πρόκειται για απλή μηχανική διεργασία που έχει ως σκοπό την μείωση του μεγέθους του. Μετά τη θραύση, το θραυσμένο αδρανές υλικό αποθηκεύεται σε υπαίθριους σωρούς και από εκεί με την χρήση ελαστικοφόρου φορτωτή φορτώνονται φορτηγά αυτοκίνητα και μεταφέρεται στους τόπους κατανάλωσης - στα τεχνικά έργα.

Αφού ολοκληρωθούν οι εργασίες διάτρησης, γόμωσης, πυροδότησης, φόρτωσης και μεταφοράς του εξορυγμένου ασβεστόλιθου στη χοάνη τροφοδοσίας του συγκροτήματος Θραύσης και Ταξινόμησης λαμβάνουν χώρα οι εργασίες της κατάτμησης και της ταξινόμησης.

Στο σχεδιάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζονται σχηματικά οι παραπάνω εργασίες.

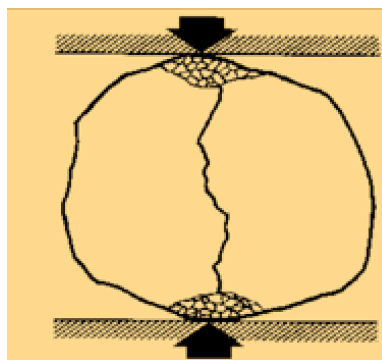


Εικόνα 13: Ο κύκλος της παραγωγικής διαδικασίας από την απομάκρυνση των υπερκείμενων μέχρι την εργασία της θραύσης και της κοσκίνισης.

9.2. Μηχανές Κατάτμησης – Θραυστήρες

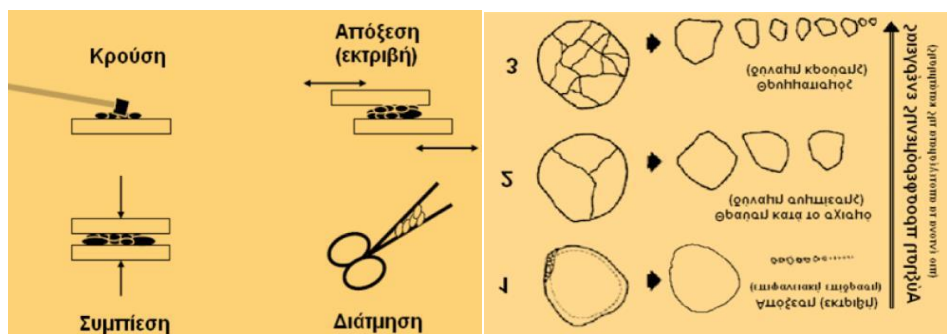
9.2.1. Κατάτμηση – Ορισμός

Κατάτμηση καλείται η διαδικασία της ελάττωσης του μεγέθους των τεμαχίων μεταλλεύματος, ορυκτού ή πετρώματος σε μεγέθη κατάλληλα για τον εμπλουτισμό (αποδέσμευση), την κατευθείαν μεταλλουργική επεξεργασία ή τη βιομηχανική χρήση του υλικού. Ο όρος κατάτμηση περιλαμβάνει όλα τα στάδια της ελάττωσης του μεγέθους των υλικών (θραύση και λειοτρίβηση) ανεξάρτητα από το αρχικό και τελικό μέγεθος των τεμαχίων. Στην κατάτμηση τα τεμάχια του υλικού υποβάλλονται σε θραύση με εφαρμογή δυνάμεων που παράγουν τάσεις μεγαλύτερες από το όριο αντοχής του υλικού. Έτσι, επιτυγχάνεται η θραύση τους σε περισσότερα (μικρότερα) τεμάχια. Τα περισσότερα από τα μεταλλεύματα, τα πετρώματα και τα βιομηχανικά ορυκτά, κάτω από συνήθεις συνθήκες κατάτμησης, συμπεριφέρονται ως ψαθυρά υλικά, δηλαδή θραύονται («σπάνε») χωρίς να παρουσιάσουν σημαντική παραμόρφωση πριν από τη θραύση τους.



Εικόνα 14: Αναπαράσταση συμπεριφοράς ψαθυρού υλικού κατά την συμπίεση.

Ο τρόπος (ρυθμός) φόρτισης των τεμαχίων (στατικός ή δυναμικός) και το είδος των δυνάμεων (θλίψη, κρούση, διάτμηση, τριβή), που εφαρμόζονται (ασκούνται) στα τεμάχια του υλικού, χαρακτηρίζουν τις διάφορες συνθήκες κατάτμησης και τους αντίστοιχους τύπους των μηχανών που χρησιμοποιούνται.



Εικόνα 15: Συμπεριφορά των αδρανών υλικών κατά την επιβολή δυνάμεων.

Οι μηχανές κατάτμησης χαρακτηρίζονται από τρεις βασικές παραμέτρους:

α) Το λόγο κατάτμησης R (Reduction ratio): $R = \frac{k\tau}{k\pi} = \frac{x1}{x2}$ είναι ο λόγος του χαρακτηριστικού μεγέθους $k\tau$ ή $x1$ της τροφοδοσίας (συντελεστής μεγέθους της κατανομής μεγέθους τεμαχίων της τροφής) προς το αντίστοιχο χαρακτηριστικό μέγεθος $k\pi$ ή $x2$ του προϊόντος (συντελεστής μεγέθους της κατανομής μεγέθους τεμαχίων του προϊόντος). Ο λόγος κατάτμησης R χρησιμεύει ως μέτρο της ικανότητας της μηχανής κατάτμησης, όσον αφορά στη μείωση του μεγέθους των τεμαχίων της τροφοδοσίας του θραυστήρα

β) Τη δυναμικότητα (παροχή): μάζα (ή όγκος) προϊόντος στη μονάδα του χρόνου (t/h ή m³/h), με δεδομένο μέγεθος και λόγο κατάτμησης

γ) Την ειδική ενέργεια κατάτμησης, ϵ : ενέργεια ανά μονάδα μάζας (ή όγκου) προϊόντος με δεδομένο μέγεθος και λόγο κατάτμησης (kWh/t ή kWh/m³).

Ως γενικός κανόνας (εκτός των θραυστήρων κυλίνδρων), για τη σχέση μεταξύ του ανοίγματος τροφοδοσίας (WF) του θραυστήρα και του μέγιστου τεμαχίου F του υλικού τροφοδοσίας ισχύει:

$$F \leq 0.8 \cdot WF$$

9.2.2. Στάδια-φάσεις κατάτμησης

Στον πίνακα που ακολουθείται περιγράφονται τα στάδια, οι φάσεις, το μέγεθος των τεμαχίων, ο λόγος κατάτμησης όπως και ο τύπος του μηχανήματος.

Πίνακας 4: Περιγραφή σταδίων, φάσεων, μέγεθος τεμαχίων, ο λόγος κατάτμησης και ο τύπος του μηχανήματος.

Στάδια	Φάσεις	Μέγεθος τεμαχίων		Λόγος κα- τάτμησης R	Τύπος μη- χανήματος
		Τροφοδοσία	Προϊόν		
Θραύση	Πρωτογενής	1200	300 – 60	3 - 5	Θραυστήρας Σιαγόνων, Γυροσκοπικός, Κρουστικός
	Δευτερογενής	250 – 90	80 – 25	4 – 6	Κωνικός Θραυστήρας, Κρουστικός, Σφυρόμυλος
	Τριτογενής	100 - 30	30 – 8	<20	Κρουστικός, Σφυρόμυλος, Θραυστήρας κυλίνδρων
Λειοτρίβηση	Χονδρομερής	<25	1 – 0,5	<25	Ραβδόμυλος, Αυτογενής λειοτριβέας
	Λεπτομερής	<15	0,5 – 0,07	<200	Σφαιρόμυλος, Αυτογενής λειοτριβέας
	Άλεση	<10	<0,04	<250	Σφαιρόμυλος, Μύλος περιφερομένων τροχών

9.2.3. Θραυστήρες

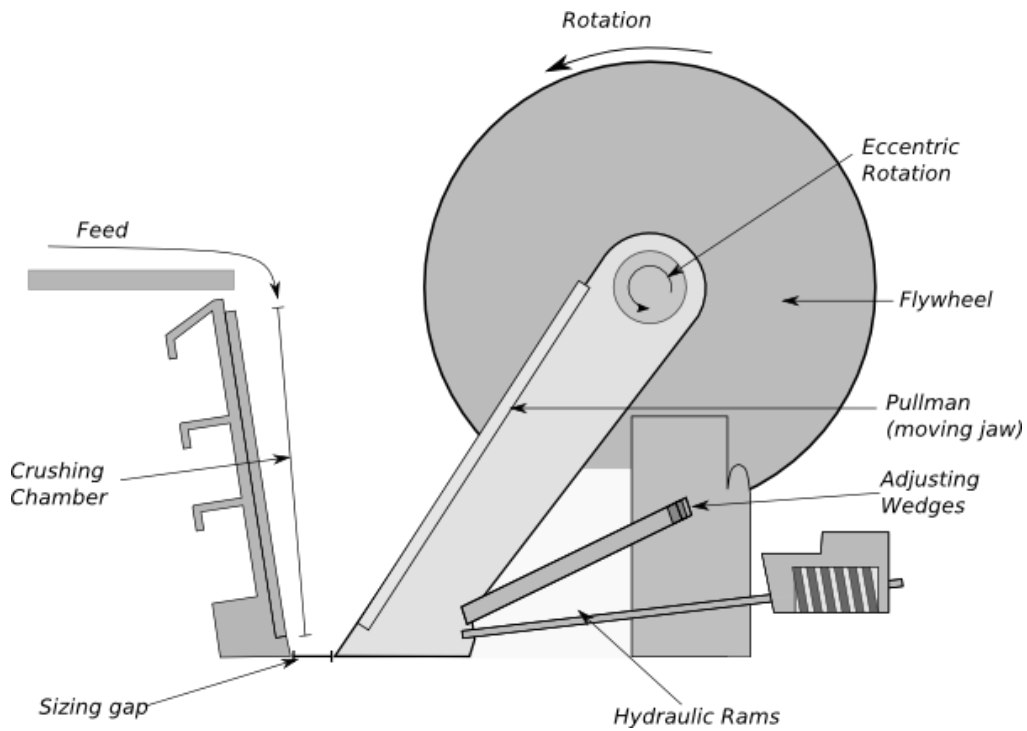
Οι θραυστήρες, είναι εξοπλισμός που με μηχανικά μέσα συνθλίβουν στερεά σωματίδια σε μικρότερα. Οι θραυστήρες μπορούν να ταξινομηθούν ως χονδροειδείς θραυστήρες, ενδιάμεσοι θραυστήρες και μηχανές λείανσης με βάση τον βαθμό με τον οποίο μειώνουν το μέγεθος των

σωματιδίων, με τους λειαντήρες να το μειώνουν σε λεπτή σκόνη. Οι θραυστήρες χρησιμοποιούνται συνήθως σε σειρά και έτσι περιγράφονται ως πρωτογενείς και δευτερογενείς θραυστήρες (και τριτογενείς, τεταρτογενείς κ.λπ.) με βάση τη θέση τους στην ακολουθία θραυστήρων. Πιο συγκεκριμένα οι θραυστήρες – μηχανές κατάρτησης είναι:

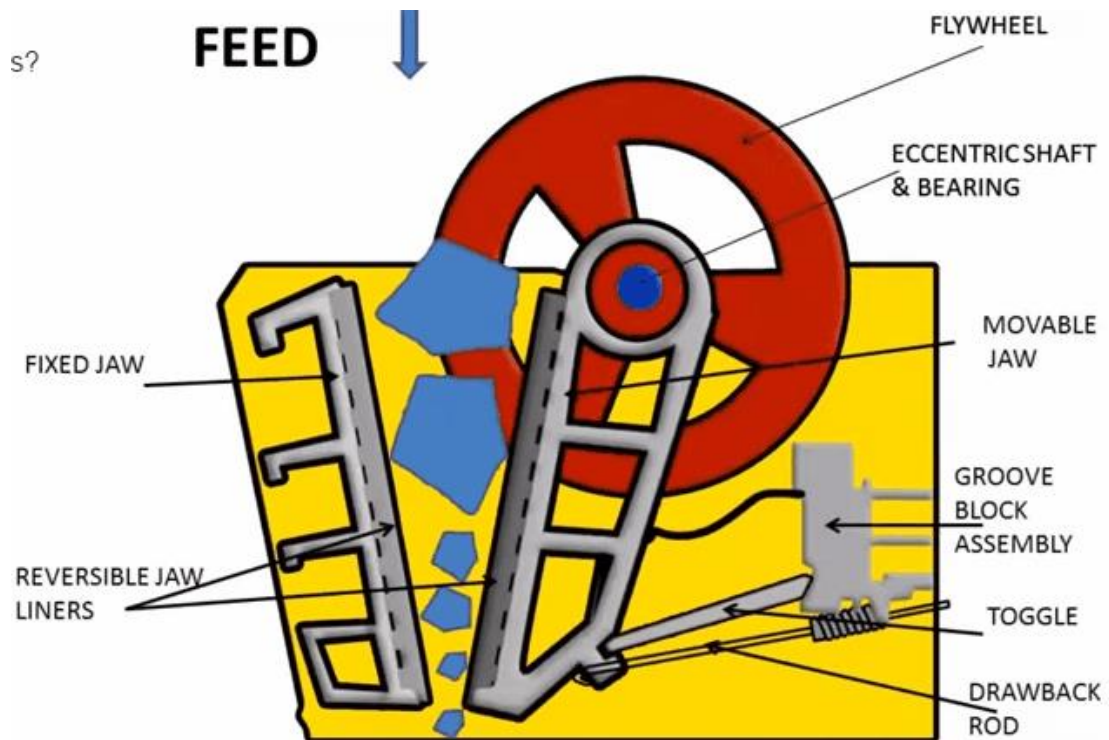
- Gyrotory/ jaw crushers, θραυστήρες/κοπτήρες σιαγόνων
- Single-roll crushers, θραυστήρες μονού κυλίνδρου
- Multiple-roll crushers, θραυστήρες πολλαπλών κυλίνδρων
- Cage Mill impact breakers
- Impact mill, μύλος κρούσης
- Hammer mill, σφυρόμυλος
- Cone, κωνικός θραυστήρας
- Jaw, σιαγόνας
- Ball mill, σφαιρόμυλος

- **Jaw crusher, Σιαγόνας**

Ο σιαγόνας είναι θραυστήρας είναι κατάλληλος για χοντρό υλικό με μέση έως σκληρή ανθεκτικότητα, -ορυκτά μεταλλεύματα ή πετρώματα. Μόλις συνθλίβονται, τα σωματίδια είναι ικανά να μετακινούνται περαιτέρω προς τα κάτω στον θρυμματισμένο χώρο μέχρις ότου τα σιαγόνια να κλείσουν και πάλι, οδηγώντας στην περαιτέρω θραύση των σωματιδίων. Το χάσμα μεταξύ των δύο σιαγόνων καθορίζει το μέγιστο μέγεθος της ποσότητας που μπορεί να γίνει αποδεκτό. Είναι επιθυμητό να χειρίζεται μεγάλες ποσότητες υλικού.



Εικόνα 16: Αναπαράσταση Θραυστήρα Σιαγόνων



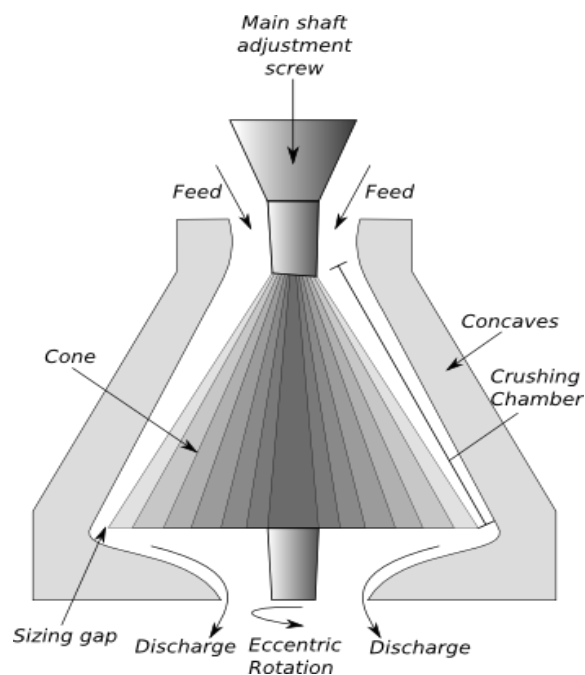
Εικόνα 17: Αναπαράσταση Θραυστήρα Σιαγόνων

<https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fwww.911metallurgist.com%2Fblog%2Fwp-content%2Fuploads%2F2016%2F02%2Fsingle-toggle-jaw-crusher.gif&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.911metallurgist.com%2Fblog%2Fjaw-crusher-working-princi->

[ple&tbnid=yvmvY6Q0tK50AM&vet=12ahUKEwiCxP7on8roAhXtMewKHcr1AIwQMyg-DegUIARDHAg..i&do-cid=NMO2171ir8uRvM&w=636&h=420&q=jaw%20crusher&ved=2ahUKEwiCxP7on8roAhXtMewKHcr1AIwQMygDegUIARDHAg](#)

- **Cone crusher** κωνικός θραυστήρας

Ένας κωνικός θραυστήρας είναι μια μηχανή μείωσης μεγέθους, η οποία συνθλίβει τα σωματίδια με τη σύνθλιψή τους, μεταξύ μιας εκκεντρικά περιστρεφόμενης ατράκτου και μιας εγκλεισμένης κοίλης χοάνης. Οι κωνικοί θραυστήρες είναι σε θέση να επεξεργάζονται τα περισσότερα σκληρά υλικά, αρκεί να μην είναι πολύ πλατιά. Αυτό σημαίνει ότι τα μηχανήματα πρέπει να είναι ειδικά εξοπλισμένα κατά της φθοράς. Ένας κωνικός θραυστήρας χρησιμοποιείται κυρίως για λειτουργίες δευτερογενούς, τριτογενούς και τεταρτογενούς θραύσης, καθώς το μέγιστο μέγεθος τροφοδοσίας είναι μικρότερο από το μέγεθος της αρχικής τροφοδοσίας. Εντούτοις, οι κωνικοί θραυστήρες θεωρούνται ακόμα χονδροειδείς θραυστήρες, οι οποίοι μειώνουν σε μικρή ποσότητα το μέγεθος των σωματιδίων. Οι κωνικοί θραυστήρες συνήθως προηγούνται των ραβδόμυλων και σφαιρόμυλων σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας ορυκτών.

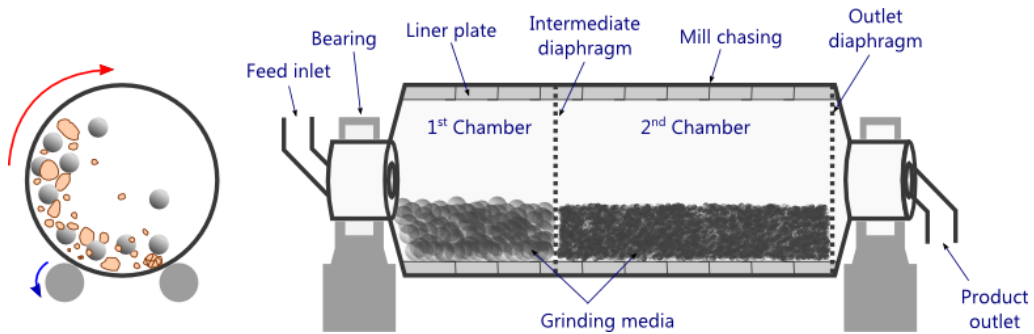


Εικόνα 18: Αναπαράσταση Κωνικού Θραυστήρα

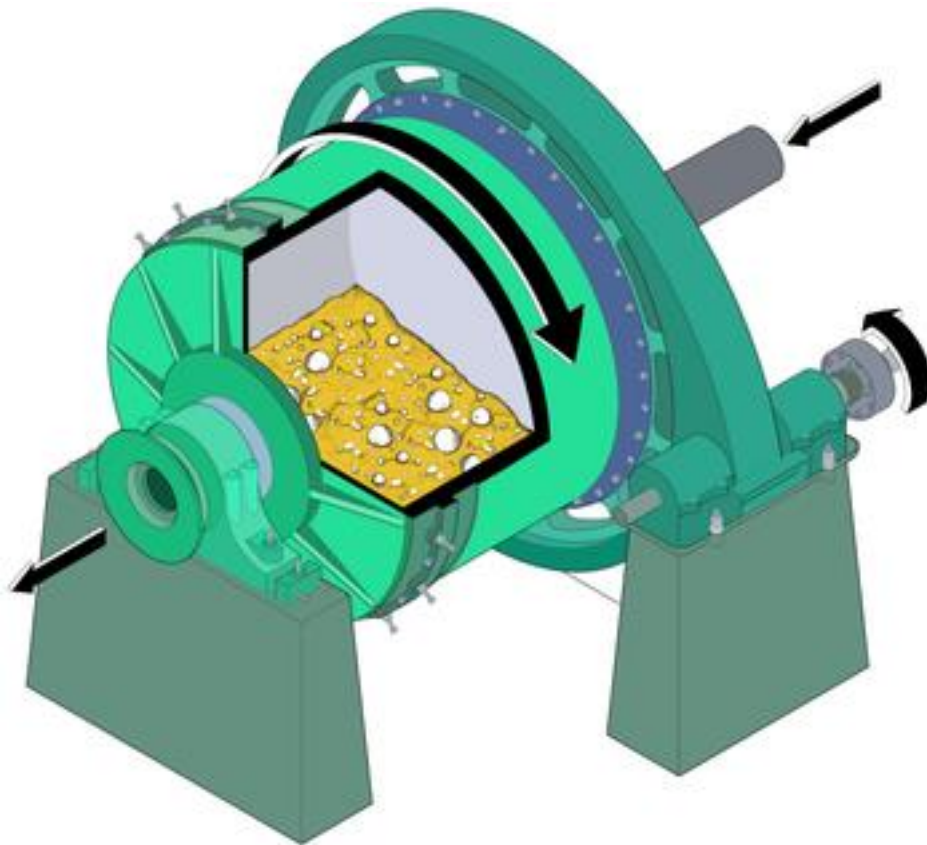
- **Ball Mill** σφαιρόμυλος

Ένας σφαιρόμυλος είναι μια μηχανή λείανσης που μειώνει τα σωματίδια σε μικρότερα και ή και σε σκόνη. Η άλεση προκαλείται από τη σχετική κίνηση μεταξύ των σωματιδίων και ενός μέσου άλεσης. Ως μέσο άλεσης συχνά χρησιμοποιούνται σφαίρες ή ράβδοι.

Το παρακάτω σχήμα δείχνει ένα σχηματικό σχέδιο ενός σφαιρόμυλου. Στο δεύτερο σχέδιο, οι σφαίρες που διαφέρουν στη διάμετρο χρησιμοποιούνται σε διαφορετικές ζώνες λείανσης.



Εικόνα 19: Αναπαράσταση Σφαιρόμυλου

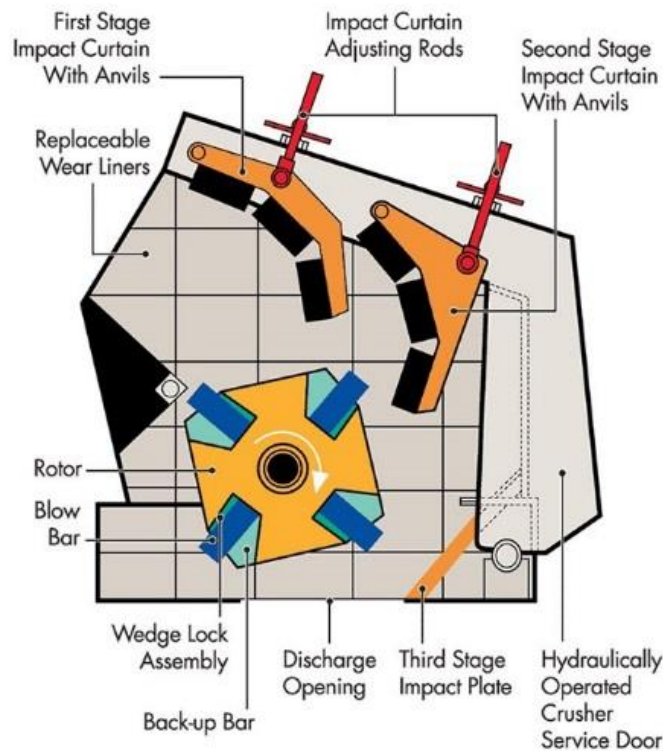


Εικόνα 20: Αναπαράσταση Σφαιρόμυλου

https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fen.wikipedia.org%2Fwiki%2FBall_mill&psig=AOv-Vaw3Z41q-CLA6AaIeaQJoZe3r&ust=1585937499243000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoT-CKjm2NuryugCFOAAAAAdAAAAABAD

- **Impact Mill** κρουστικός θραυστήρας

Στους κρουστικούς θραυστήρες, το υλικό τροφοδοσίας μειώνεται ως προς το μέγεθος ως αποτέλεσμα της κρούσης των σωματιδίων με το τοίχωμα της συσκευής, με περιστρεφόμενα στοιχεία κρούσης.



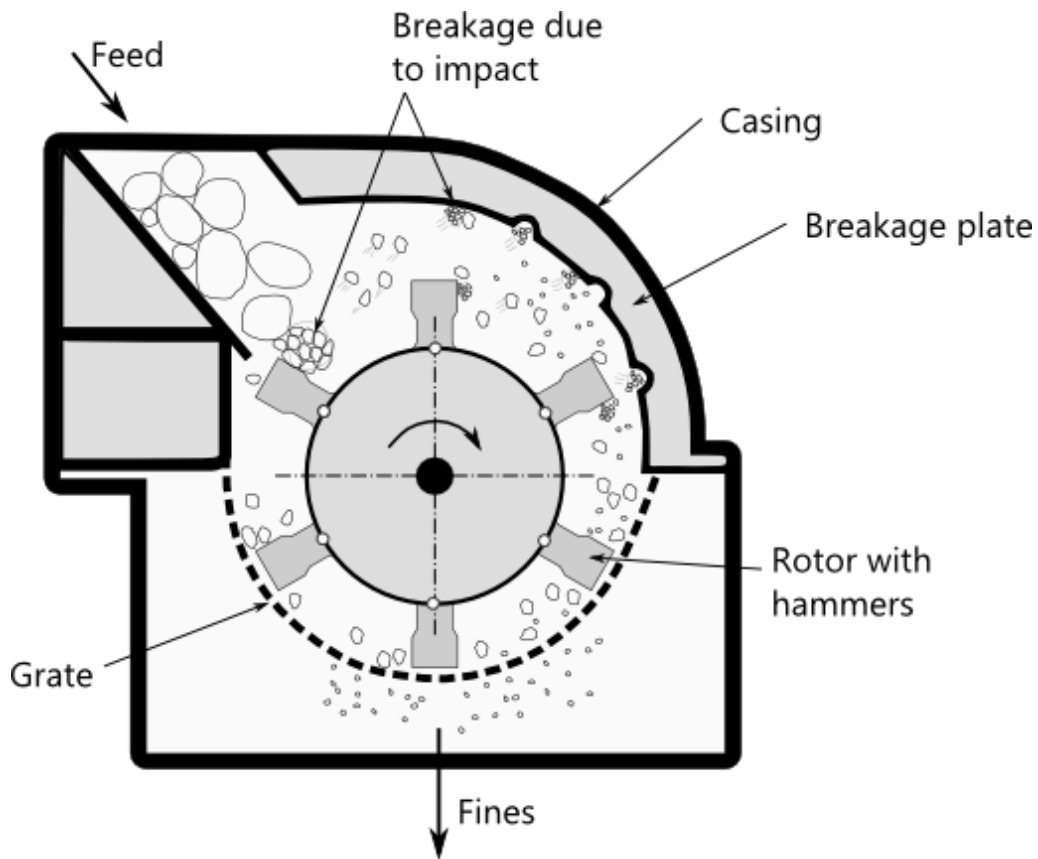
Εικόνα 21: Αναπαράσταση Θραυστήρα Κρούσης

https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fen.wikipedia.org%2Fwiki%2FImpact_mill&psig=AOvVaw1mT_C_h3GJBdONZDJwdvWE&ust=1585936068435000&source=images&cd=vfe&ved=0CAI-QjRxqFwoTCPDNs7GmyugCFQAAAAAdAAAAABAD

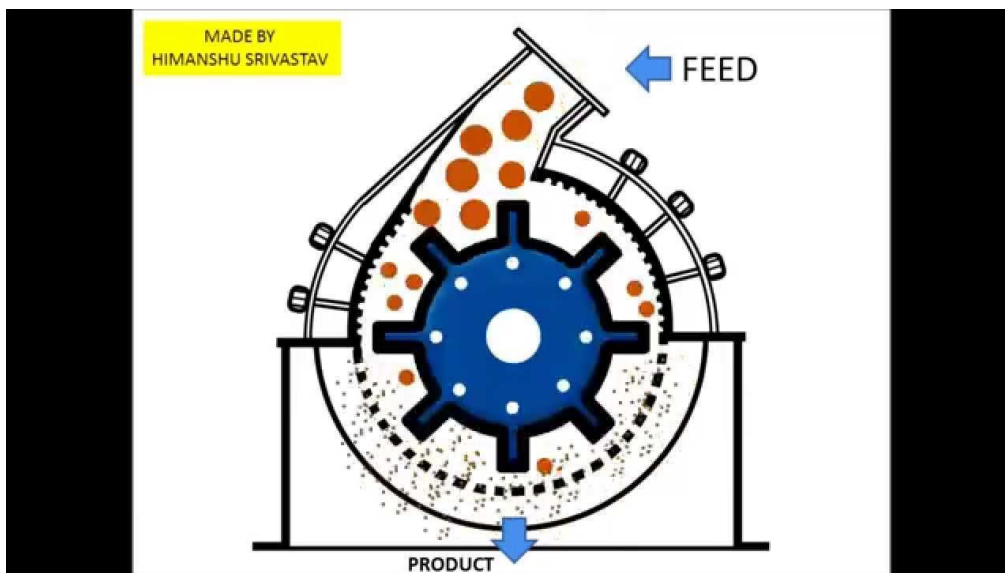
- **Hammer Mill** Σφυρόμυλος

Οι σφυρόμυλοι παράγουν προϊόντα με μέγιστο μέγεθος σωματιδίων του 1^{ος} χιλιοστού. Οι σφυρόμυλοι εφαρμόζονται για τη μείωση του μεγέθους των εύκολα εύθραυστων υλικών όπως ο ασβεστόλιθος, ο άνθρακας και το χημικό λίπασμα. Οι σφυρόμυλοι επιτυγχάνουν υψηλό λόγο σύνθλιψης.

Σε αυτόν τον τύπο μύλων η μείωση του μεγέθους είναι αποτέλεσμα της πρόσκρουσης των σωματιδίων με τα περιστρεφόμενα σφυριά και τον τοίχο του θραυστήρα. Μια τυπική κατασκευή ενός σφυρόμυλου παρουσιάζεται παρακάτω.



Εικόνα 22: Αναπαράσταση Σφύρωμλου

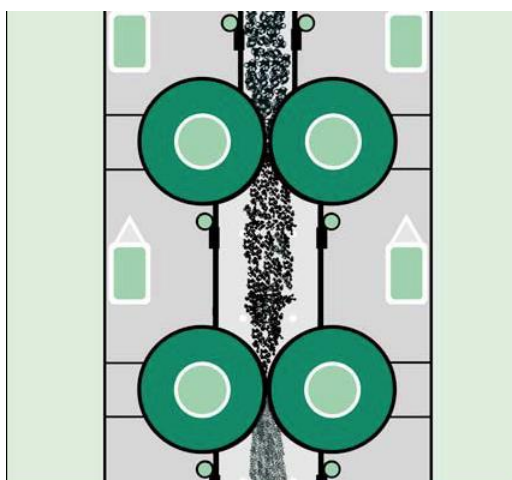


Εικόνα 23: Αναπαράσταση Σφύρωμλου

https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3DNSUB-cndrCnI&psig=AOvVaw0P8FD9XE_ydOZiWzqP7xuG&ust=1585935177183000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCLj_y5mkyugCFQAAAAAdAAAAABAD

- **Θραυστήρας κυλίνδρων δύο σταδίων**

Ο θραυστήρας κυλίνδρων δύο σταδίων τοποθετείται στη δευτερογενή θραύση που γίνεται σε δύο στάδια με μέγιστο μέγεθος τροφοδοσίας συνάρτηση της διαμέτρου των κυλίνδρων. Κατάλληλος για παραγωγή λεπτομερέστερου και αυστηρά ελεγχόμενου (χαμηλής) περιεκτικότητας σε μικρά τεμαχίδια και σκόνη προϊόντος (π.χ. Χημική βιομηχανία, λιπάσματα, στερεά ορυκτά καύσιμα).

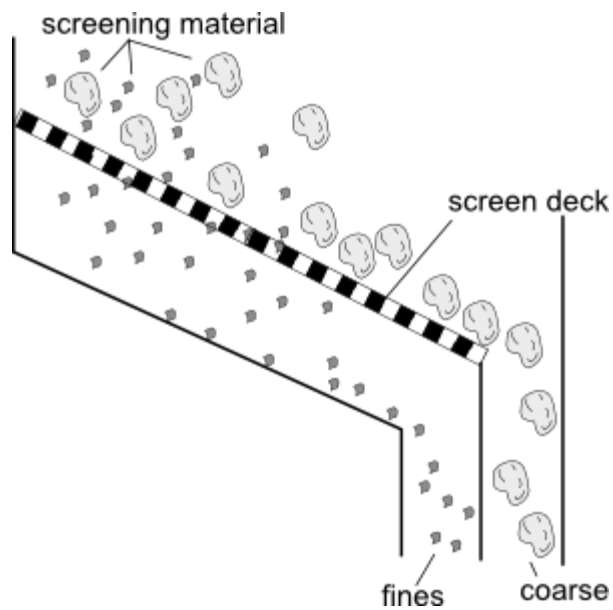


Εικόνα 24: Αναπαράσταση λειτουργίας θραυστήρα κυλίνδρων δύο σταδίων

9.3. Μηχανές ταξινόμησης- Κόσκινα

Ο σκοπός ενός κοσκίνου είναι να ταξινομήσει υλικό που περιέχει τεμάχια διαφορετικών μεγεθών – κοκκομετρικών κλασμάτων σε κλάσματα διαφορετικού μεγέθους. Τα υλικά ταξινομείται σε τουλάχιστον δύο κλάσματα προϊόντων, ένα χονδροειδές και ένα λεπτόκοκκου προϊόν. Πρόσθετα κλάσματα μπορούν να επιτευχθούν πραγματοποιώντας μια ταξινόμηση σε πολλαπλά στάδια σε ένα κόσκινο πολλαπλών καταστρωμάτων.

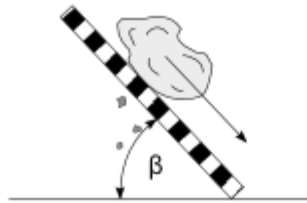
Η κοσκίνιση αποτελείται από τον εξαναγκασμό της τροφοδοσίας μέσω ενός κοσκίνου συγκεκριμένου ανοίγματος. Με τη δόνηση ή την ταλάντωση του κοσκίνου, σωματίδια μικρότερα από το δεδομένο άνοιγμα περνούν διαμέσου του καταστρώματος και έτσι διαχωρίζονται από τα υπόλοιπα σωματίδια. Το υλικό που διέρχεται μέσω ενός δεδομένου κοσκίνου ονομάζεται μικροσκοπικό υπόστρωμα, υποροή (**termed fines undersize, underflow** αντίστοιχα) ή **Διερχόμενο** ή μείον (-) υλικό, ενώ το υλικό που συγκρατείται σε ένα δεδομένο κόσκινο ονομάζεται υπερμεγέθη, υπερχειλίση, ουρά, χοντρό (**oversize, overflow, tails, coarse** αντίστοιχα) ή συν (+) υλικό. **Συγκρατούμενο**



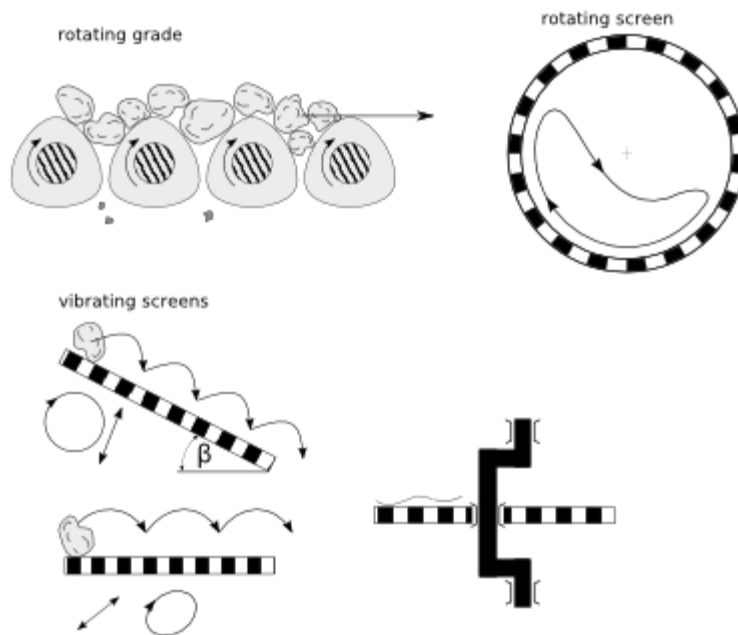
Εικόνα 25: Σχηματική απεικόνιση κοσκίνου

Η επιφάνεια του κοσκίνου μπορεί να είναι επίπεδη (οριζόντια σε κεκλιμένη) ή μπορεί να είναι κυλινδρική. Τα κόσκινα επίπεδης επιφάνειας μικρής χωρητικότητας ονομάζονται συχνά **sieves**. Τυπικά, το άνοιγμα του κοσκίνου κυμαίνεται από περίπου 0,1 χιλιοστά έως 250 χιλιοστά, με εξαιρετικές περιπτώσεις στις οποίες το άνοιγμα μπορεί να είναι περίπου 460 χιλιοστά.

a) fixed screens



b) screening machines



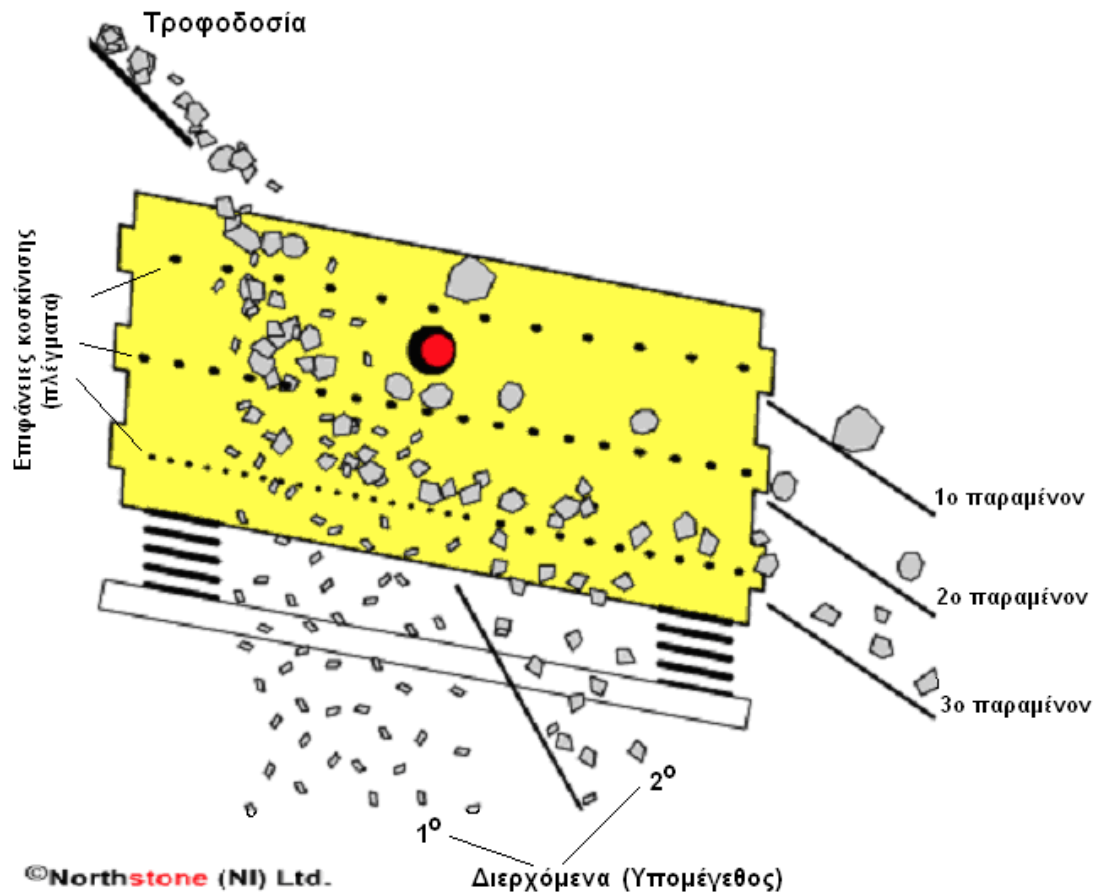
c) flow screens



Εικόνα 26: Διαφορετικά είδη κοσκίνων

Η κοσκίνιση έχει δύο κύριες εφαρμογές: εργαστηριακή τεχνική για ανάλυση μεγέθους σωματιδίων και βιομηχανική λειτουργία για κλασμάτωση και ταξινόμηση σωματιδιακών στερεών. Η κοσκίνιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για σχεδόν όλα τα είδη στερεών.

Στην παρακάτω εικόνα, παρουσιάζεται η λειτουργία κοσκίνου τριών καταστρωμάτων που οδηγεί στην παραγωγή τεσσάρων κοκκομετρικών κλασμάτων ασβεστολιθικού υλικού.



Εικόνα 27: Αναπαράσταση λειτουργίας κοσκίνου, τριών καταστρωμάτων που οδηγεί στην παραγωγή τεσσάρων κοκκομετρικών κλασμάτων ασωεστολιθικού υλικού

Για την επιλογή μηχανολογικού εξοπλισμού κοσκίνισης, ο πιο σημαντικός παράγοντας είναι ο προσδιορισμός της αναγκαίας επιφάνειας (σε m^2) πλέγματος για την ταξινόμηση κατά μέγεθος των τεμαχίων θραυσμένων υλικών. Ο σχεδιασμός των εγκαταστάσεων θραύσης – ταξινόμησης και οι διεργασίες που ακολουθούν την κοσκίνιση επηρεάζεται σημαντικά από τον σωστό υπολογισμό.

Ο υπολογισμός αυτός εξαρτάται:

- Από την παροχή του υλικού τροφοδοσίας
- Από τα χαρακτηριστικά του προς κοσκίνιση υλικού
- Από τις απαιτήσεις που τίθενται όσον αφορά στον αριθμό των προϊόντων που θα ληφθούν
- Στην επιδιωκόμενη απόδοση % των υπολογιζόμενων κοσκίνων ανά κοκκομετρικό κλάσμα.

Για τον υπολογισμό της επιφάνειας κοσκίνισης, όταν η παροχή τροφοδοσίας του κοσκίνου είναι T (t/h) και περιέχει O (t/h) υπερμέγεθος, χρησιμοποιείται η παρακάτω εξίσωση, που περιλαμβάνει στον παρονομαστή διορθωτικούς συντελεστές (παράγοντες) στην περίπτωση «εκτροπής» από **δεδομένες συνθήκες κοσκίνισης**. Επίσης, στην περίπτωση κοσκίνων πολλαπλού καταστρώματος) είναι απαραίτητος ο ίδιος υπολογισμός για κάθε πλέγμα χωριστά και η επιλογή της μεγαλύτερης επιφάνειας που προκύπτει από τους υπολογισμούς.
(T - O : είναι το υπομέγεθος στην τροφοδοσία κάθε πλέγματος)

$$\text{Επιφάνεια κοσκίνου (S)} = \frac{T - O}{A \times B \times C \times D \times F \times H \times J \times M \times W \times OA} \text{ (m}^2\text{)}$$

Απόδοση κοσκίνισης (%) ή ποσοστό (%) ανάκτησης υπομεγέθους, αφορά στο ποσοστό (%) του υλικού (υπομεγέθους) το οποίο περνάει από το κόσκινο, δηλ. εκφράζει το ποσοστό του υλικού το οποίο περνάει από το πλέγμα σε σχέση με αυτό που θα μπορούσε να περάσει. Παίρνει τιμές μικρότερες από 100% ή (≤ 1), επειδή προφανώς όλο το υλικό δεν μπορεί να περάσει από το πλέγμα, λόγω:

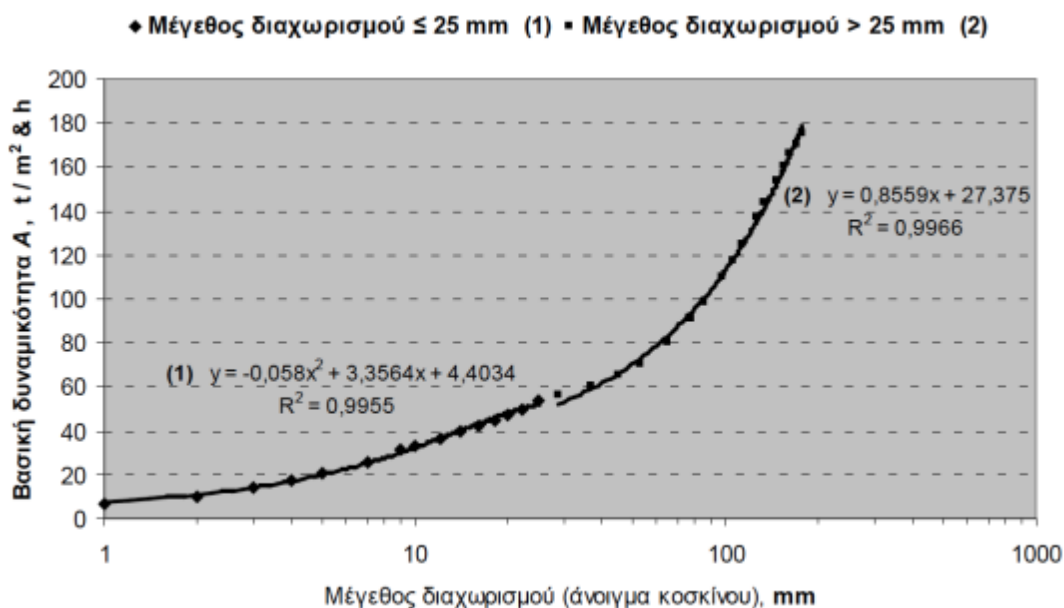
- Γωνιώδους και ακανόνιστου σχήματος των τεμαχίων
- Αυξημένης υγρασίας του υλικού
- Ακατάλληλης δόνησης που προσδίδεται από το μηχανισμό δόνησης (κινητήρας & έκκεντρα) → Βούλωμα πλέγματος
- Μειωμένων διαστάσεων της υπολογισμένης επιφάνειας κοσκίνισης
- Κοκκομετρικής σύνθεσης του υλικού τροφοδοσίας κλπ.

Απόδοση κοσκίνισης (%) ή ποσοστό (%) ανάκτησης υπομεγέθους εκφράζεται από την εξίσωση:

$$\text{Απόδοση κοσκίνισης (\%)} = \frac{\text{Υλικό (υπομέγεθος) που περνάει}}{\text{Υλικό (υπομέγεθος) που θα μπορούσε να περάσει}} \times 100 (\%)$$

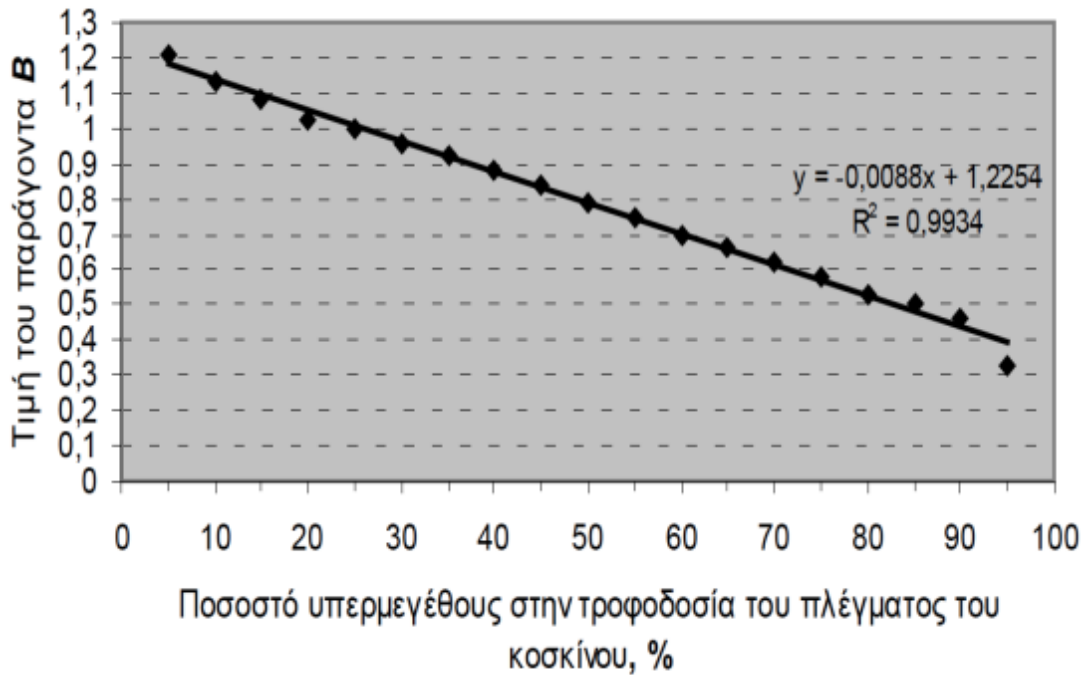
Ο υπολογισμός της επιφάνειας των δονούμενων κοσκίνων εξαρτάται από τέσσερις παράγοντες:

- **Ο παράγοντας A** αναφέρεται στη βασική δυναμικότητα (σε **t / m² & h**) του δεδομένου ανοίγματος (βροχίδας) κοσκίνου, όταν η τροφοδοσία του κοσκίνου περιέχει **25%** υπερμέγεθος (παράγοντας **B**) και **40%** υπομέγεθος μισού (1/2) ανοίγματος (παράγοντας **C**), υλικού φαινομένου ειδικού βάρους **1.6 t / m³**. Η τιμή της βασικής δυναμικότητας **A** για συγκεκριμένο άνοιγμα (βροχίδα) κοσκίνου σε mm προσδιορίζεται γραφικά από το Διάγραμμα 1 ή με τη βοήθεια των εξισώσεων, οι οποίες, όπως φαίνεται, προσεγγίζουν πολύ ικανοποιητικά τα δεδομένα.



- Ο παράγοντας **B** λαμβάνει υπόψη το ποσοστό (%) υπερμεγέθους στην τροφοδοσία (% ποσοστό τροφοδοσίας μεγαλύτερο από το άνοιγμα πλέγματος του κοσκίνου) σε σχέση με το ποσοστό υπερμεγέθους **25%** που αναφέρεται στη βασική δυναμικότητα **A**. Η τιμή του παράγοντα **B** για το συγκεκριμένο % ποσοστό υπερμεγέθους στην τροφοδοσία προσδιορίζεται γραφικά από το Διάγραμμα 2 ή με τη βοήθεια της γραμμικής εξίσωσης που προσεγγίζει ικανοποιητικά τα δεδομένα.

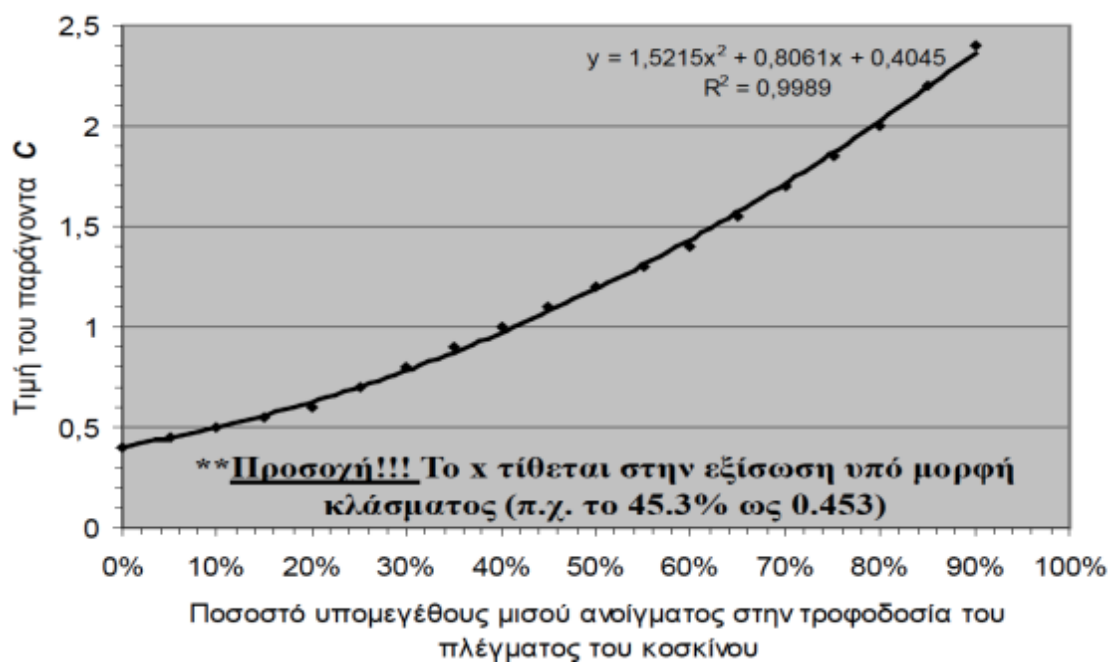
Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό υπερμεγέθους στην τροφοδοσία, τόσο μεγαλύτερο είναι το πάχος του στρώματος των τεμαχίων που υπάρχουν πάνω στο πλέγμα. Το γεγονός αυτό κάνει δυσκολότερη την προσέγγιση και άρα το πέρασμα των λεπτομερών ανάμεσά τους και τη διαστρωμάτωση (stratification) κατά μέγεθος του υλικού. Η ύπαρξη δηλαδή μεγάλου ποσοστού υπερμεγέθους στην τροφοδοσία δυσκολεύει τη διέλευση των τεμαχίων υπομεγέθους ανάμεσά τους και την εμφάνισή τους στην επιφάνεια του πλέγματος για να προσπαθήσουν να περάσουν από τα ανοίγματα. Άρα απαιτείται μεγαλύτερη επιφάνεια πλέγματος κοσκίνου (μείωση της τιμής του παράγοντα **B** ο οποίος εμφανίζεται στον παρονομαστή).



Διάγραμμα 2: Γραφικός προσδιορισμός παράγοντα B

- Ο παράγοντας C λαμβάνει υπόψη το % ποσοστό υπομεγέθους μισού (1/2) ανοίγματος στην τροφοδοσία του πλέγματος του κοσκίνου (% ποσοστό τροφοδοσίας μικρότερο από το μισό άνοιγμα του πλέγματος του κοσκίνου) σε σχέση με το ποσοστό (40%) υπομεγέθους μισού (1/2) ανοίγματος που αναφέρεται στη βασική δυναμικότητα A.

Η τιμή του παράγοντα C, για το συγκεκριμένο % ποσοστό υπομεγέθους μισού (1/2) ανοίγματος στην τροφοδοσία του πλέγματος του κοσκίνου, προσδιορίζεται γραφικά από το Διάγραμμα 3 ή με τη βοήθεια της δευτεροβάθμιας εξίσωσης η οποία προσεγγίζει πολύ ικανοποιητικά τα δεδομένα.

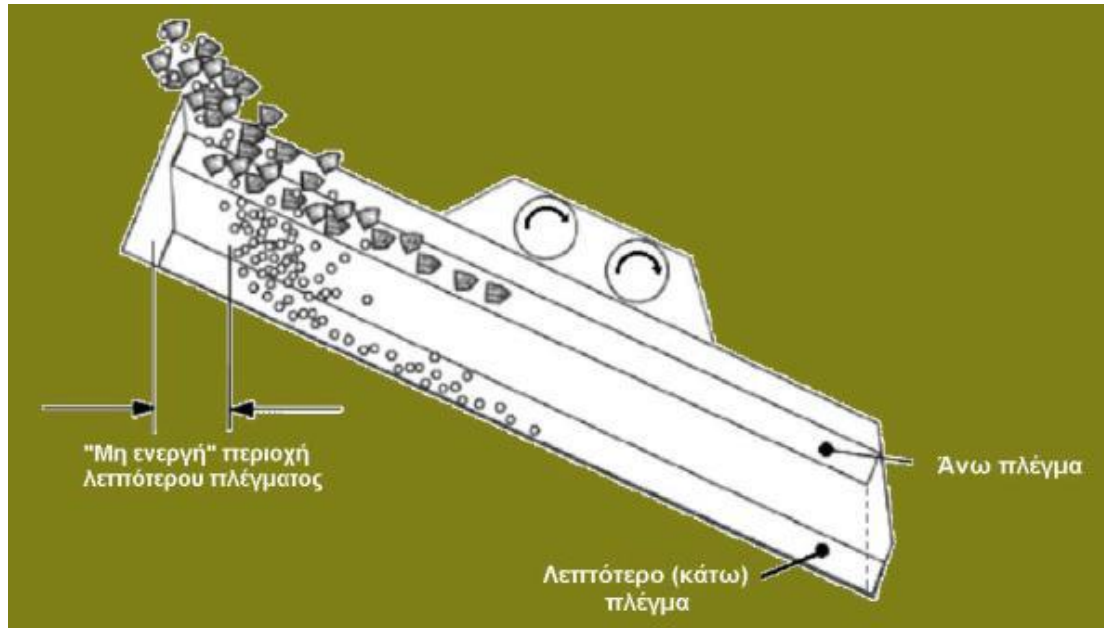


Διάγραμμα 3: Γραφικός προσδιορισμός παράγοντα C

- **Ο παράγοντας D** εφαρμόζεται για κόσκινα πολλαπλών καταστρωμάτων (πολλές επιφάνειες κοσκίνισης). Στο **1ο** πλέγμα του κοσκίνου, το οποίο δέχεται τη συνολική τροφοδοσία στο άκρο τροφοδοσίας, είναι διαθέσιμη η συνολική επιφάνεια του κοσκίνου, ενώ στα επόμενα πλέγματα είναι διαθέσιμη μικρότερη επιφάνεια κοσκίνισης (Διαφ. 23), λόγω της καθυστέρησης περάσματος του υλικού από το **1ο** πλέγμα. Για το λόγο αυτό, στα επόμενα, εκτός του **1ου** πλέγματος, χρειαζόμαστε μεγαλύτερη επιφάνεια (βλ. αυξημένο μήκος) από αυτήν που αντιστοιχεί στην παροχή τροφοδοσίας τους (διερχόμενο από το υπερκείμενο πλέγμα). Οι αντίστοιχες τιμές του παράγοντα **D** για τη «διόρθωση» του παραπάνω προβλήματος λαμβάνονται από τον πίνακα.

Πίνακας 5: Τιμή παράγοντα D ανά κατάστρωμα

Κατάστρωμα – τροφοδοσία	Τιμή Παράγοντα D
1 ⁰ Συνολική Τροφοδοσία	1.0
2 ⁰ Διερχόμενο 1 ^{ου} πλέγματος	0.9
3 ⁰ Διερχόμενο 2 ^{ου} πλέγματος	0.8



Εικόνα 28: Αναπαράσταση κοσκίνου τριών καταστρωμάτων

- Η χρήση του **παράγοντα F** εφαρμόζεται για κοσκίνιση υλικών φαινόμενου ειδικού βάρους διαφορετικού από 1.6 t / m³ (100 Lbs./ ft³), σύμφωνα με τις τιμές που δίνονται στον πίνακα. Η εξίσωση που μπορεί να εφαρμοστεί για τον υπολογισμό του F είναι:

$$F = 0.0625 \times \text{Φαινόμενο Ειδικό Βάρος}$$

Πίνακας 6: Τιμή παράγοντα F σε σχέση με το Φαινόμενο Ειδικό Βάρος των υλικών

Φαινόμενο ειδικό	Τιμή παράγοντα F
2,4	1,50
2	1,25
1,6	1,00
1,44	0,90
1,28	0,80
1,2	0,75
1,12	0,70
0,96	0,60
0,8	0,50
0,64	0,40
0,48	0,30

- Η χρήση του παράγοντα *H* επιβάλλεται όταν το άνοιγμα (βρογχίδα) του πλέγματος του κοσκίνου έχει διαφορετικό σχήμα από τετραγωνική βρογχίδα. Τα επιμήκη ανοίγματα παρέχουν μεγαλύτερη ευχέρεια διέλευσης στο υλικό που κοσκινίζεται, οπότε η απαιτούμενη επιφάνεια κοσκίνισης είναι μικρότερη. Οι τιμές του παράγοντα *H* λαμβάνονται από τον πίνακα.

Πίνακας 7: Σχήμα Πλέγματος - Παράγοντας *H*

Σχήμα ανοίγματος (βρογχίδα) πλέγματος	Παράγοντας <i>H</i>
Τετραγωνική	1,00
Επιμηκές (3εις έως 4εις φορές x πλάτος)	1,15
Επιμηκές (μεγαλύτερο από 4εις φορές x πλάτος)	1,20

- Η χρήση του παράγοντα *J* (Πίνακας 4) επιβάλλεται, όταν η απόδοση κοσκίνισης που επιδιώκεται είναι διαφορετική (μικρότερη) από αυτή (95 %), που αναφέρεται στη βασική δυναμικότητα *A*.

Πίνακας 8: Επιδιωκόμενη απόδοση κοσκίνισης *E* - Παράγοντας *J*

Επιδιωκόμενη απόδοση κοσκίνισης <i>E</i>	Παράγοντας <i>J</i>
95%	1.00
90%	1.15
85%	1.35
80%	1.50
75%	1.70
70%	1.90

- Σημαντική επίδραση στη διεργασία της κοσκίνισης έχει και η περιεχόμενη υγρασία στην τροφοδοσία, η οποία, όταν είναι σε μεγάλο ποσοστό, δυσχεραίνει τη διαδικασία του περάσματος των τεμαχίων. Η χρήση του διορθωτικού παράγοντα *M* (moisture) επιβάλλεται όταν το ποσοστό υγρασίας είναι μεγαλύτερο από 1% επειδή, για να επιτευχθεί αποδοτική κοσκίνιση, απαιτείται μεγαλύτερη επιφάνεια πλέγματος. Οι τιμές του παράγοντα *M* δίνονται στον Πίνακα.

Πίνακας 9: Ποσοστό περιεχομένης υγρασίας στην τροφοδοσία – Παράγοντας *M*

Ποσοστό % περιεχομένης υγρασίας στη τροφοδοσία	Παράγοντας <i>M</i>
0-1	1,0
1-4	0,95
5	0,90
6	0,88
7	0,85
8	0,80
9	0,78
10	0,75
15	0,50

- Η χρήση του παράγοντα *W* (Πίνακας 6) επιβάλλεται, όταν γίνεται υγρή κοσκίνιση. Η προσθήκη νερού (με διαβροχή) κατά την υγρή κοσκίνιση κυμαίνεται από ελάχιστη 11.4 λίτρα/λεπτό (3 GPM, γαλλόνια/λεπτό) έως 19 λίτρα/λεπτό (5 GPM).

Πίνακας 10: Άνοιγμα πλέγματος – Τιμή του Παράγοντα *W*

Άνοιγμα πλέγματος mm	1-6	6-12	12-25	26-40	41-50	51-75	+75
Τιμή του παράγοντα <i>W</i>	1,4	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1	1

Πίνακας 11: : Άνοιγμα πλέγματος – Τιμή του Παράγοντα *W* (κατασκευαστών)

Άνοιγμα πλέγματος mm	-0,85	0,85 - 2	5 – 12,7	12,7 - 25,4	+25,4
Τιμή του παράγοντα <i>W</i>	1,25	2,0 – 3,0	3,0 – 3,5	1,5 – 2,0	1,25

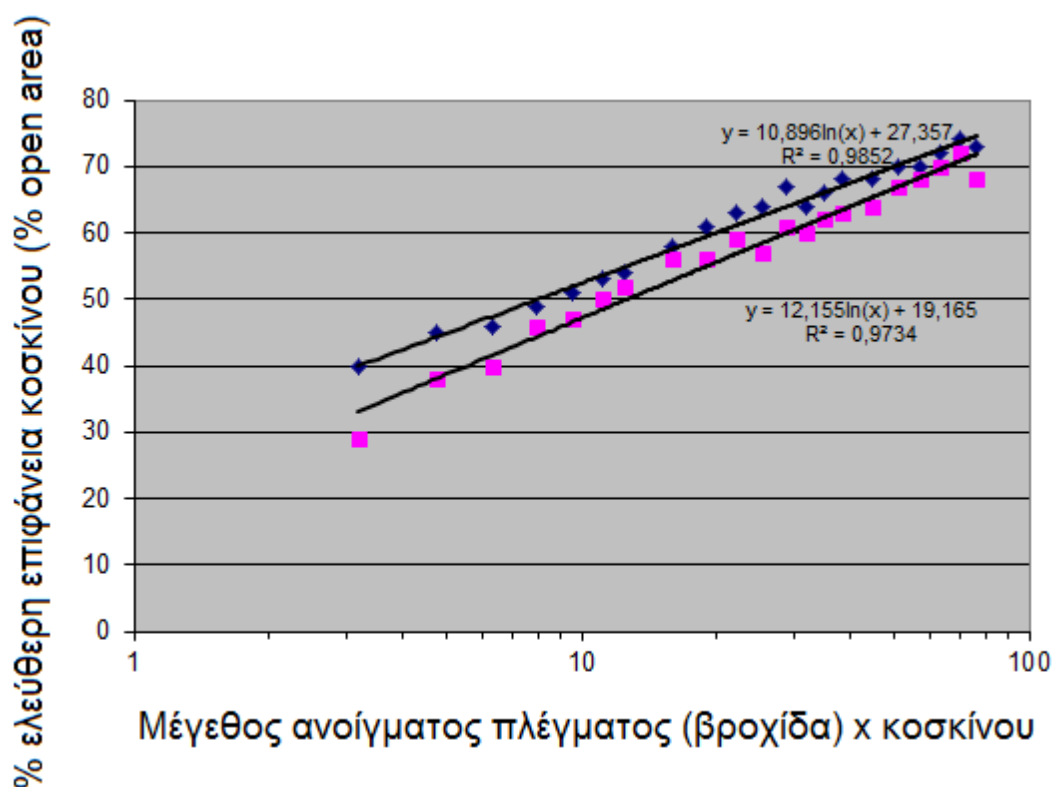
Ο **Παράγοντας ΟΑ** συσχετίζει την «πραγματική» με την «% ελεύθερη επιφάνεια» του πλέγματος που δίνουν οι κατασκευαστές ως συνάρτηση της οπής (ανοίγματος) του πλέγματος.

Οι δύο τιμές των όρων του κλάσματος είναι συνάρτηση του μεγέθους του ανοίγματος (οπή), του πάχους του σύρματος του πλέγματος, του σχήματος της οπής (τετράγωνο, κυκλικό, επίμηκες) και του υλικού της επιφάνειας του πλέγματος. Ο παράγοντας ΟΑ παίρνει τιμές από 0.8 έως 1.4, οπότε και η αναγκαία επιφάνεια (S) πλέγματος μεγαλώνει ή ελαττώνεται, αντιστοίχως.

Παράγοντας ΟΑ (OA = open area) = % πραγματική ελεύθερη επιφάνεια / % ελεύθερη επιφάνεια

Οι κατασκευαστές κόσκινων και πλεγμάτων ισχυρίζονται πως η τιμή της % ελεύθερης επιφάνειας (OA), δηλαδή του παρανομαστή του κλάσματος προσδιορίζεται με σχετική ακρίβεια από τις εξισώσεις ή τις ευθείες του διαγράμματος και από τον πίνακα που ακολουθούν, συναρτήσει του μεγέθους της βρογχίδας (άνοιγμα) του κοσκίνου.

Στο διάγραμμα, δίνονται δύο ευθείες από δεδομένα δύο διαφορετικών κατασκευαστών, οι οποίες όμως δεν διαφέρουν σημαντικά.

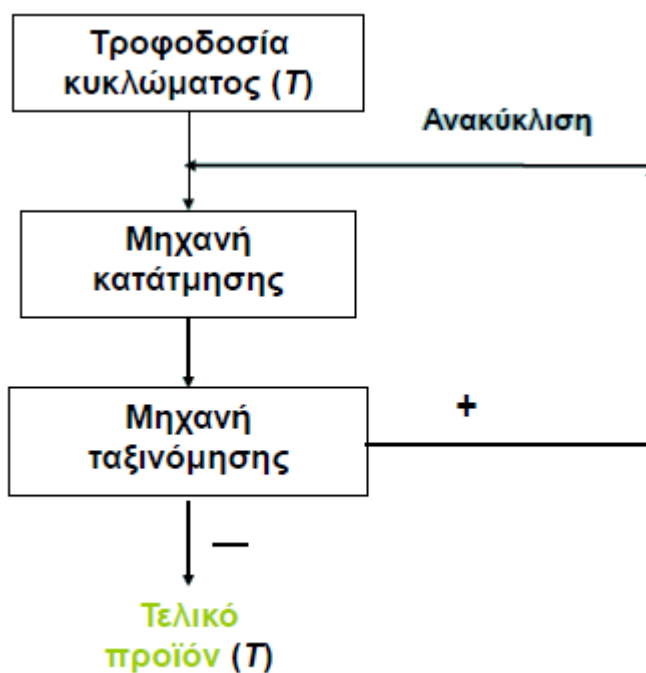


Διάγραμμα 4: Δεδομένα δύο διαφορετικών κατασκευαστών

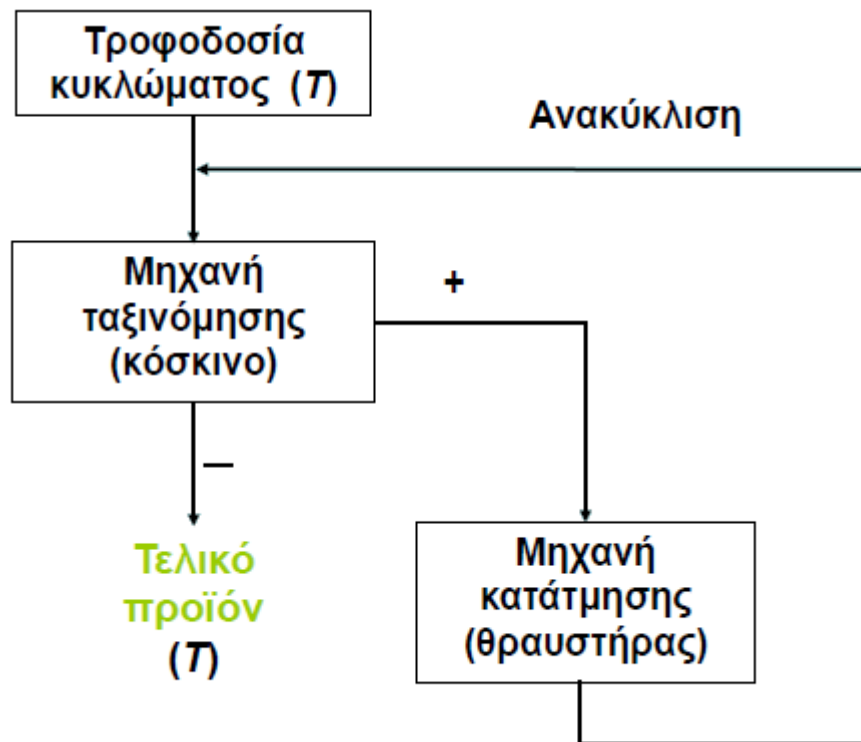
9.4. Κλειστά κυκλώματα Θραύσης - Κοσκίνισης

- Τα κλειστά κυκλώματα θραύσης κοσκίνισης (κ.κ.θ.) χρησιμοποιούνται με στόχο:
 1. Την παραγωγή προϊόντος κοσκίνισης συγκεκριμένου μέγιστου μεγέθους τεμαχίων, το οποίο καθορίζεται από τις ανάγκες της παραγωγικής διαδικασίας (μέθοδος κατεργασίας που ακολουθεί, χρήσεις αν πρόκειται για πέτρωμα ή βιομηχανικό ορυκτό, χαρακτηριστικά όσον αφορά στην αποδέσμευση του υλικού αυτού κλπ.)
 2. Την παραγωγή συγκεκριμένης ποσότητας (T) έτοιμου υλικού, ίσης με τη νέα τροφοδοσία (T) του κυκλώματος θραύσης-κοσκίνισης. Το προϊόν αυτό εξασφαλίζεται μέσω της διεργασίας της κοσκίνισης και είναι το διερχόμενο (υπομέγεθος) από τα ανοίγματα του πλέγματος του κοσκίνου
 3. Δηλαδή, με τη βοήθεια του κλειστού κ.θ. πετυχαίνεται η παραγωγή T (t/h) προϊόντος (υπομέγεθος) μέγιστου μεγέθους τεμαχίων.
- Τα κλειστά κυκλώματα θραύσης κοσκίνισης (κ.κ.θ.) πετυχαίνουν, ορισμένο χρονικό διάστημα μετά την έναρξη λειτουργίας τους, ισορροπία μεταξύ εισερχόμενης και εξερχόμενης ποσότητας υλικού.

Νέα τροφοδοσία (T) = Προϊόν κοσκίνου (T)
- Αυτό εξασφαλίζει την απρόσκοπτη λειτουργία των μηχανημάτων τους (θραυστήρες-κόσκινα), δηλαδή τη μη συσσώρευση υλικού μέσα στο κύκλωμα
- Διακρίνονται σε **άμεσα** και **έμμεσα** κ.κ.θ. (παρακάτω σχήματα).



Εικόνα 29: Αναπαράσταση άμεσου κλειστού κυκλώματος θραύσης



Εικόνα 30: Αναπαράσταση έμμεσου κλειστού κυκλώματος θραύσης

9.4.1 Διαπιστώσεις – Συμπεράσματα

- Ο χαρακτηρισμός ενός κλειστού κυκλώματος ως **άμεσου** ή **έμμεσου** γίνεται με βάση τη θέση της **μηχανής κατάτμησης (θραυστήρας)** ως προς τη νέα τροφοδοσία (δηλαδή αν προηγείται ή ακολουθεί τη μηχανή ταξινόμησης)
- Στο **άμεσο** κ.κ.θ., η νέα τροφοδοσία εισάγεται απευθείας στη μηχανή κατάτμησης για θραύση ενώ,
- Στο **έμμεσο** κ.κ.θ. η νέα τροφοδοσία, εάν περιέχει ήδη ικανό ποσοστό ($\geq 25\%$) έτοιμου υλικού (υπομεγέθους), κοσκινίζεται πρώτα με στόχο την απομάκρυνση μέρους του έτοιμου υλικού και μόνο το παραμένον στο κόσκινο (+) εισάγεται στη μηχανή κατάτμησης για θραύση. **Η παραπάνω ενέργεια συμβάλλει:**
 1. στην ελάφρυνση του θραυστήρα από **περιττή** τροφοδοσία και
 2. στην καλύτερη λειτουργία του θραυστήρα (απόδοση), επειδή οι επιφάνειες θραύσης του κατεργάζονται μόνο υλικό που χρειάζεται ελάττωση μεγέθους.

9.5. Εγκατεστημένο Συγκρότημα Θραύσης και Ταξινόμησης

Η Α Θραύση αποτελείται από την εξής συστοιχία μηχανολογικού εξοπλισμού:

- i. Χοάνη τροφοδοσίας του εξορυγμένου ασβεστόλιθου
- ii. Τροφοδότης
- iii. Προδιαλογέας
- iv. Πρωτογενή θραυστήρα (σιαγόνων)
- v. Μεταδιαλογές
- vi. Ελαστικές μεταφορικές ταινίες, για την μεταφοράς και εναπόθεσης των παραγόμενων υλικών

10. ΜΟΝΑΔΑ ΘΡΑΥΣΗΣ & ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

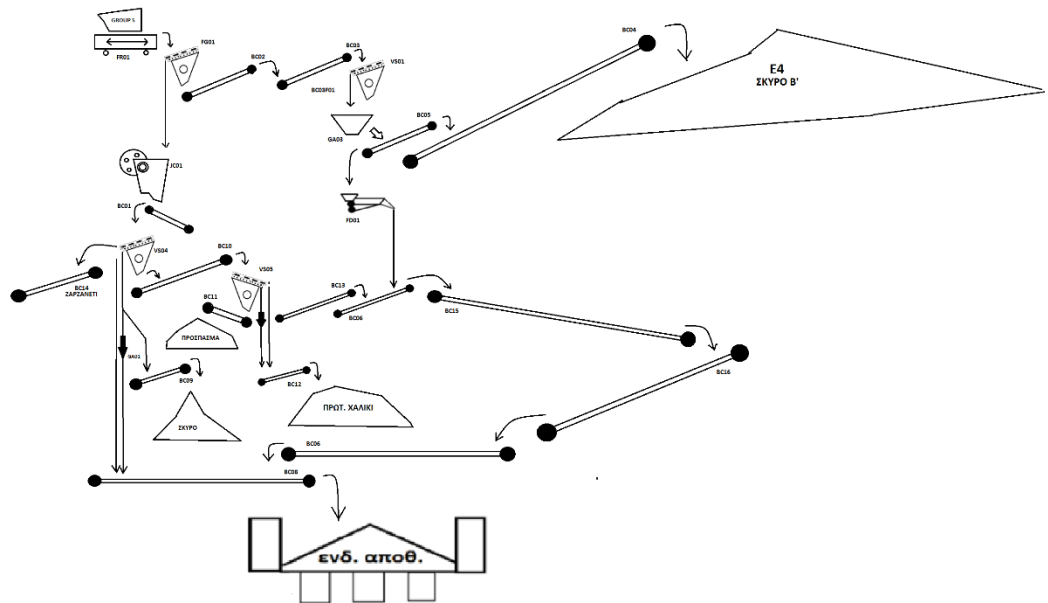
Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο εξορυγμένος ασβεστόλιθος φορτώνεται με την χρήση φορτωτή σε ειδικά φορτηγά οχήματα τύπου dumpers όπου στην συνέχεια τον μεταφέρουν μέχρι την χοάνη τροφοδοσίας σημείο στο οποίο πραγματοποιούν ανατροπή προκειμένου να τον εκκενώσουν εντός της αυτής και να ξεκινήσει η επεξεργασία του μέσω της θραύσης και της κοσκίνησης με σκοπό την παραγωγή κοκκομετρικά διαβαθμισμένων υλικών.

10.1 Διάγραμμα ροής συγκροτήματος θραύσης και ταξινόμησης

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενες παραγράφους, τα συγκροτήματα Θραύσης και Ταξινόμησης αποτελούνται από την Πρωτογενή Θραύση (Α' Θραύση) και Δευτερογενή Θραύση (Β' Θραύση).

10.1.1. Διάγραμμα ροής Α' θραύσης

Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής



Εικόνα 31: Διάγραμμα ροής Α φάσης της παραγωγικής διαδικασίας.

Αρχικά το υλικό που έχει προκύψει από την ανατίναξη στο μέτωπο εξόρυξης φορτώνεται με τη χρήση φορτωτών στα dumpers και το μεταφέρουν στη χοάνη τροφοδοσίας του συγκροτήματος όπου και εκτελούν ανατροπή του υλικού εντός αυτής.

Από εκεί και μέσω ενός παλινδρομικού τροφοδότη ρυθμιζόμενου βήματος το υλικό τροφοδοτείται στο κόσκινο της προδιαλογής, το οποίο έχει ένα κατάστρωμα με άνοιγμα βροχίδας 80 χιλιοστά με αποτέλεσμα να διαχωρίζει το υλικό στις εξής κοκκομετρίες:

- A.** 0 – 80 χιλιοστά όπου κατευθύνεται μέσω μεταφορικών ταινιών προς το Κόσκινο Νο 4. που αποτελείται από ένα κατάστρωμα ανοίγματος βροχίδας 18 χιλιοστά και προκύπτουν τα εξής προϊόντα:
 - a.** κοκκομετρία 0-18 χιλιοστά: υλικό που μέσω Μεταφορικής Ταινίας αποτίθεται σε υπαίθριο σωρό και αποτελεί το υλικό με την εμπορική ονομασία «Πρόσπασμα».
 - b.** κοκκομετρία 18-80 χιλιοστά: Υλικό που προορίζεται για την Β φάση επεξεργασίας
- B.** και σε υλικό με κοκκομετρία μεγαλύτερη των 80 χιλιοστά (+ 80 χιλιοστά), όπου αποστέλλεται για θραύση στο Σιαγόνα για να προκύψει υλικό με κοκκομετρία από 0 - 170 χιλιοστά.

Στη συνέχεια το υλικό που προκύπτει από τη θραύση στο σιαγωνωτό θραυστήρα κοκκομετρίας 0 – 170 χιλιοστά αποστέλλεται μέσω Μεταφορικής Ταινίας στο κόσκινο Νο 2. «μεταδιαλογέα» το οποίο φέρει 2 καταστρώματα, το πρώτο με άνοιγμα βροχίδας 80 χιλιοστά ρομβοειδούς σχήματος και το δεύτερο με άνοιγμα βροχίδας 30 χιλιοστά, από το οποίο και προκύπτουν:

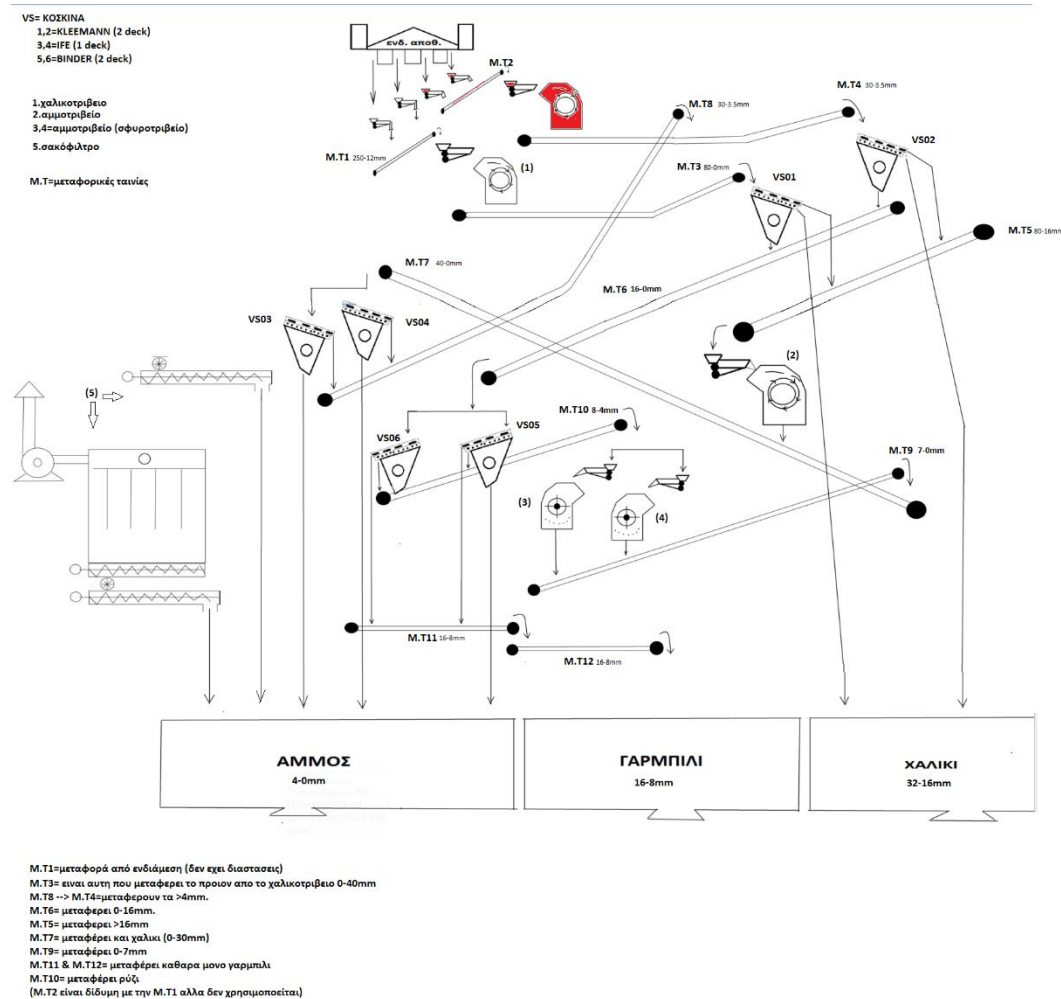
- **υλικό κοκκομετρίας 80 - 170 χιλιοστά:** Είναι το συγκρατούμενο (over) του άνω καταστρώματος και οδηγείται προς την β φάση θραύσης και ταξινόμησης.
- **υλικό κοκκομετρίας 30-80 χιλιοστά:** είναι το διερχόμενο του άνω καταστρώματος και το συγκρατούμενο του κάτω καταστρώματος (ενδιάμεσο υλικό). Το υλικό που προκύπτει δύναται να είναι υλικό προς περεταίρω επεξεργασία στην Β φάση, ή θα είναι έτοιμο εμπορικό υλικό με την ονομασία «σκύρο».
- **υλικό κοκκομετρίας 0-30 χιλιοστά:** Είναι το διερχόμενο του κάτω καταστρώματος και κατευθύνεται μέσω Μεταφορικής Ταινίας προς την επόμενη ταξινόμηση που είναι το κόσκινο Νο 3.

Από τη λειτουργία του κόσκινου Νο 3., που αποτελείται από ένα κατάστρωμα με άνοιγμα βροχίδας 25 χιλιοστά και προκύπτουν:

- **υλικό κοκκομετρίας 0-25 χιλιοστά:** Είναι το διερχόμενο του καταστρώματος και μέσω Μεταφορικής Ταινίας αποτίθεται σε υπαίθριο σωρό με την εμπορική ονομασία «πρόσπασμα»
- **υλικό κοκκομετρίας 25-35 χιλιοστά:** Είναι το συγκρατούμενο του ~~κ~~ καταστρώματος και δύναται να είναι υλικό προς περεταίρω επεξεργασία στην Β φάση και αποτίθεται σε υπαίθριο σωρό με την εμπορική ονομασία « Πρωτογενές Χαλίκι ή Χαλίκι Β»

10.1.2 Διάγραμμα ροής Β' θραύσης και ταξινόμησης

Ακολουθεί σχεδιαγραμματική αναπαράσταση της Β φάσης παραγωγής.



Εικόνα 32: Διάγραμμα ροής Β' φάσης της παραγωγικής διαδικασίας

Αν και ανεξάρτητα μεταξύ τους τα δύο συγκροτήματα θραύσης ταξινόμησης, υπάρχει ενδιάμεση αποθήκη που τα συνδέει λαμβάνοντας και αποθηκεύοντας προσωρινά το υλικό παραγωγής της Α φάσης και τροφοδοτώντας το στη συνέχεια στην Β φάση μέσω μεταφορικών ταινιών σε δύο χαλικοτριβεία. Το συγκρότημα Θραύσης και Ταξινόμησης αποτελείται από θραυστήρες (θραύση – κατάτμηση), κόσκινα (ταξινόμηση), όπως και από μεταφορικές ταινίες. Οι μεταφορικές ταινίες μεταφέρουν :

- το υλικό από τους θραυστήρες στα κόσκινα,
- το υλικό από τα κόσκινα στους θραυστήρες,
- τα τελικά προϊόντα στους χώρους απόθεσής τους.

Πιο συγκεκριμένα τα μηχανήματα που αποτελούν το συγκρότημα Θραύσης και Ταξινόμησης είναι πέντε θραυστήρες, δέκα κόσκινα και είκοσι μεταφορικές ταινίες συνολικού μήκους 1,7 χιλιομέτρων.

10.1.2.1 Θραυστήρες

Οι θραυστήρες που είναι εγκατεστημένοι στην μονάδα έχουν ως εξής:

1. Θραυστήρας Σιαγόνων
2. Κρουστικός θραυστήρας («Χαλικοτριβείο»)
3. Κρουστικός Θραυστήρας («Αμμοτριβείο»)
4. Σφυρόμυλος – Σφυροτριβείο (με εκτινασόμενα σφυριά – «Αμμοτριβείο»)
5. Σφυρόμυλος – Σφυροτριβείο (με εκτινασόμενα σφυριά – «Αμμοτριβείο»)

Τα μηχανήματα (5) και (6) δουλεύουν παράλληλα.

10.1.2.2 Κόσκινα

Τα κόσκινα που είναι εγκατεστημένα στην μονάδα έχουν ως εξής:

1. Κόσκινο - Προδιαλογέας δύο καταστρωμάτων (1^ο κατ. Άνοιγμα πλέγματος 160mm, 2^ο κατ. Άνοιγμα πλέγματος 80mm) με επιφάνεια κοσκίνισης 3,75m²
2. Κόσκινο - Μεταδιαλογέας δύο καταστρωμάτων (1^ο κατ. Άνοιγμα πλέγματος 80mm, 2^ο κατ. Άνοιγμα πλέγματος 32mm) με επιφάνεια κοσκίνισης 12m²
3. Κόσκινο – Μεταδιαλογέας ένα κατάστρωμα (άνοιγμα πλέγματος 22mm) με επιφάνεια κοσκίνισης 6m²
4. Κόσκινο - Μεταδιαλογέας ένα κατάστρωμα (άνοιγμα πλέγματος 22mm) με επιφάνεια κοσκίνισης 10m²
5. Κόσκινο δύο καταστρωμάτων (1^ο κατ. Άνοιγμα πλέγματος 32mm, 2^ο κατ. Άνοιγμα πλέγματος 16mm) με επιφάνεια κοσκίνισης 12m²
6. Κόσκινο δύο καταστρωμάτων (1^ο κατ. Άνοιγμα πλέγματος 32mm, 2^ο κατ. Άνοιγμα πλέγματος 16mm) με επιφάνεια κοσκίνισης 12m²
7. Κόσκινο ενός καταστρώματος (άνοιγμα πλέγματος 4mm) με επιφάνεια κοσκίνισης 14m²
8. Κόσκινο ενός καταστρώματος (άνοιγμα πλέγματος 4mm) με επιφάνεια κοσκίνισης 14m²
9. Κόσκινο δύο καταστρωμάτων (1^ο κατ. Άνοιγμα πλέγματος 8mm, 2^ο κατ. Άνοιγμα πλέγματος 4mm) με επιφάνεια κοσκίνισης 12m²

10. Κόσκινο δύο καταστρωμάτων (1° κατ. Άνοιγμα πλέγματος 8mm, 2° κατ. Άνοιγμα πλέγματος 4mm) με επιφάνεια κοσκίνισης 12m²

Τα μηχανήματα (5) και (6) δουλεύουν παράλληλα.

Τα μηχανήματα (7) και (8) δουλεύουν παράλληλα.

Τα μηχανήματα (9) και (10) δουλεύουν παράλληλα.

• **Μηχανήματα υποστήριξης** με:

- i. Σύστημα διαβροχής α' & β' θραύσης
- ii. Αεροσυμπιεστής
- iii. 24 συστήματα εκκένωσης των τριών σιλό αποθήκευσης προϊόντος

Τα υλικά που παράγονται στην Β Θραύση παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 12: Υλικά Παραγωγής Β Θραύσης – Εμπορική Ονομασία, Κοκκομετρία (mm), Τόνοι την ώρα (tn / h)

Υλικά Παραγωγής Β Θραύσης – Εμπορική Ονομασία	Κοκκομετρία (mm)	Τόνοι την ώρα (tn / h)
Άμμος	0 – 4 mm	120
Γαρμπίλι	8 – 16 mm	75
Χαλίκι	16 – 32.5 mm	155
Σύνολο τόνων / ώρα		350

11. ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ



Εικόνα 33: ΥΛΙΚΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΡΟΪΝΤΟΣ

Η επεξεργασία αφορά τη θραύση του εξορυγμένου υλικού και της ταξινόμησης- παραγωγή των παρακάτω προϊόντων αδρανών υλικών:

- Άμμος: 0-4χιλιοστά
- Ρυζάκι: 4-8χιλιοστά
- Γαρμπίλι: 8-16χιλιοστά
- Χαλίκι: 16-31.5χιλιοστά
- Σκύρα: 40-80χιλιοστά
- Ανάμεικτο αμμοχάλικο κοκκομετρίας από 0 – 31,5 χιλιοστά (3A) με αναλογία:
 - i. ~50% Άμμος
 - ii. ~25% Γαρμπίλι
 - iii. ~25% Χαλίκι

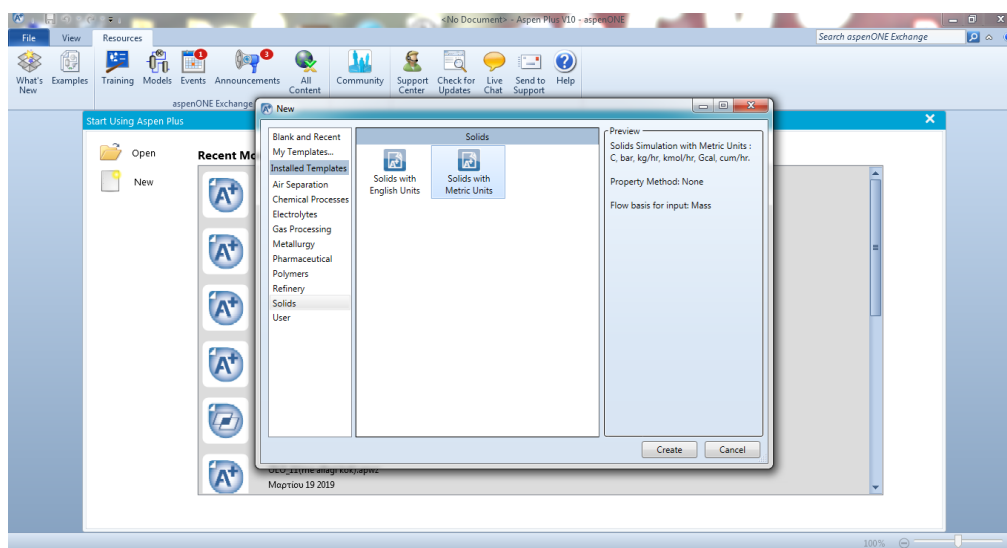
12. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στην ολοκληρωμένη παρουσίαση μίας λατομικής δραστηριότητας. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού, γίνεται η χρήση ενός προγράμματος προσομοίωσης, το CHEMCAD.

Βασικοί ορισμοί πριν την έναρξη του πειραματικού μέρους:

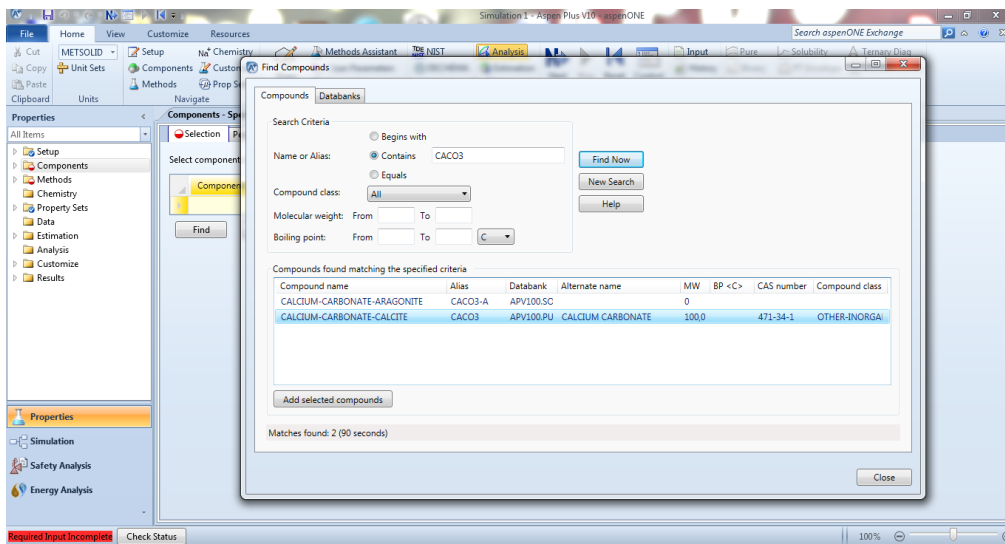
Μεταφορική ταινία: μια συνεχή κινούμενη ταινία συνήθως από καουτσούκ που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά ασβεστόλιθου από το ένα μέρος στο άλλο.

«**splitter**» διανέμει το προϊόν προς δύο ή περισσότερες κατευθύνσεις, ενώ στο «**mixer**» μπορεί να γίνει η απόθεση του υλικού από δύο ή περισσότερες κατευθύνσεις, για τη δημιουργία μια καινούριας.



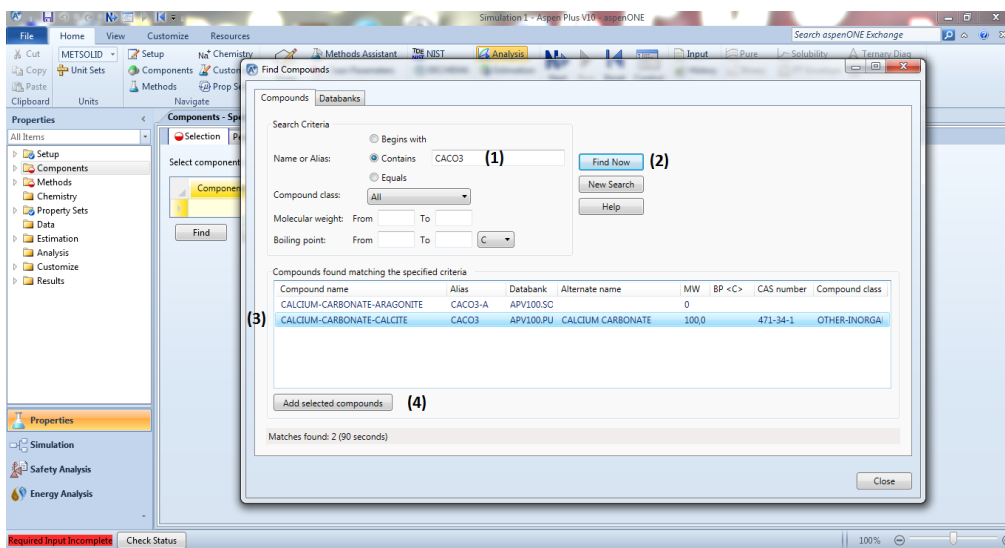
Εικόνα 34: Απεικονίζεται η έναρξη προσομοίωσης

Για την συγκεκριμένη διπλωματική έγινε χρήση από τις ήδη εγκατεστημένες φόρμες προσομοίωσης. Γίνεται η επιλογή **INSTALLED TEMPLATES**. Από την στιγμή που η εργασία αναφέρεται στον ασβεστόλιθο, που είναι στερεός, και στις μονάδες μέτρησής του (κιλά, τόνοι, κλπ), γίνεται η επιλογή **SOLIDS WITH METRIC UNITS**.

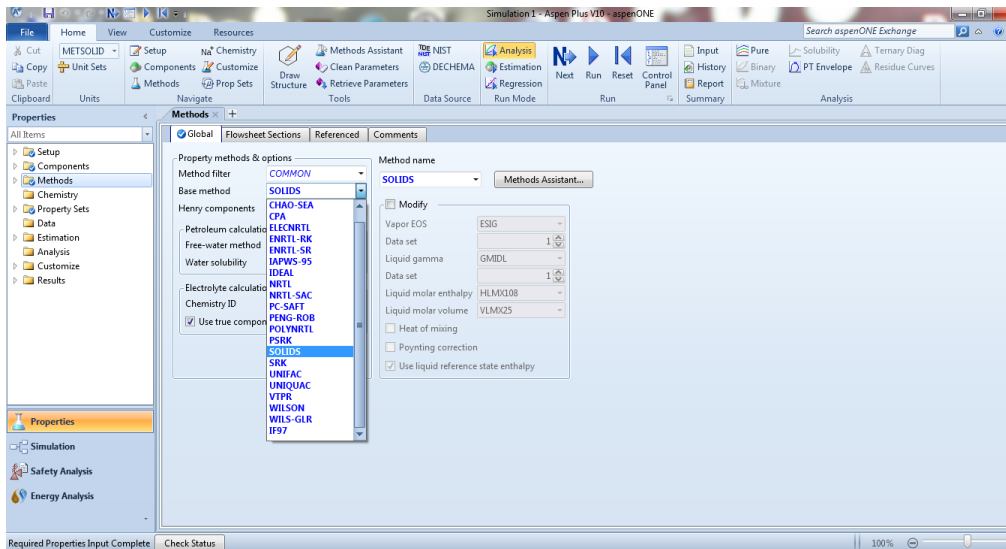


Εικόνα 35: Περιγράφεται η έρευνα ορυκτού στο οποίο θα βασιστεί η προσομοίωση, χρησιμοποιώντας τον χημικό του τύπο

Στη συνέχεια, στο παράθυρο με όνομα **FIND COMPOUNDS**, θα πρέπει να γίνει η επιλογή του ορυκτού με το οποίο πραγματοποιήθηκε η προσομοίωση της παραγωγικής διαδικασίας.



Εικόνα 36: Απεικονίζεται η επιλογή του κατάλληλου ορυκτού

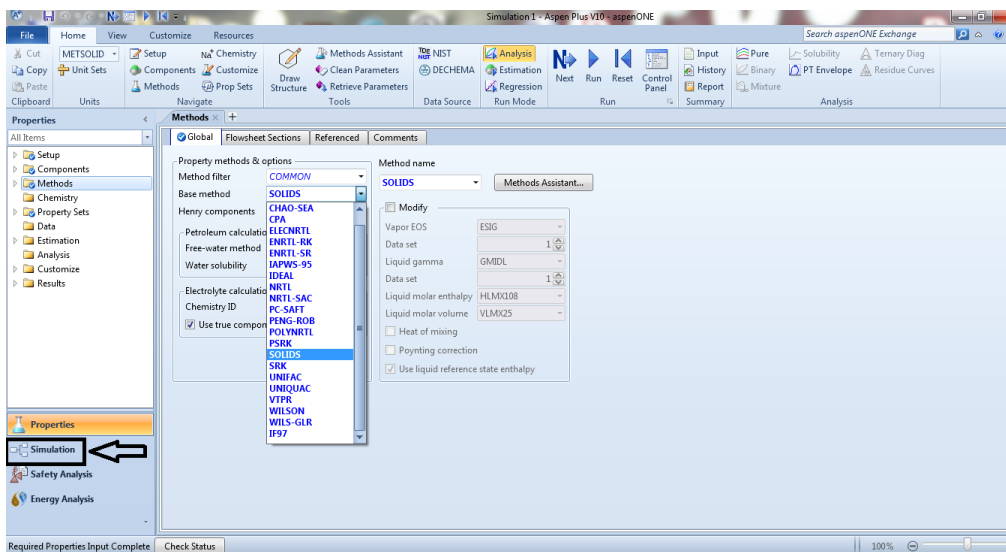


Εικόνα 37: Δήλωση της στερεής μορφής του υλικού για την δομή του προγράμματος.

Στη συνέχεια γίνεται η επιλογή της βάσης του προγράμματος, καθώς και η μεθοδολογία που θα ακολουθήσει ο χρήστης.

BASE METHOD επιλογή **SOLIDS** (σύσταση υλικού)

Ακολουθεί η επιλογή **SIMULATION**, δηλαδή προσομοίωση





Εικόνα 38: Απεικονίζεται η έναρξη επεξεργασίας της προσομοίωσης

Το πρόγραμμα παραπέμπει τον χρήστη σε μία καινούρια επιφάνεια εργασίας **MAIN FLOWSHEET(1)**, δηλαδή στο κεντρικό διάγραμμα ροής. Η άσπρη επιφάνεια είναι ο χώρος στον οποίο θα πραγματοποιηθεί η κατασκευή – σχεδίαση της προσομοίωσης, η οποία θα αποτελείται από την (2)**MATERIAL** ροή υλικού, (3) από τα μηχανήματα που αποτελείται το συγκρότημα θραύσης & ταξινόμησης του λατομείου.

Στη αρχή, ο χρήστης πρέπει να αναπαραστήσει στο πρόγραμμα τα μηχανήματα που απαρτίζουν το συγκρότημα και στη συνέχεια θα έχει την δυνατότητα να εξετάσει τις παραμέτρους

και τις τιμές που είναι απαραίτητες για κάθε μηχανήμα έτσι ώστε να προσομοιώσει την πραγματική λειτουργία, με τελικό σκοπό να παρθεί το επιθυμητό προϊόν σε τόνους ανά ώρα.

(5)SIMULATION είναι ένα κέντρο ελέγχου, που μας πληροφορεί εάν:

- Έχει ολοκληρωθεί σωστά μία διεργασία, η οποία θα συμβολίζεται  Setup
- ή εάν η διεργασία είναι ημιτελής η λανθασμένη, η οποία θα συμβολίζεται  Flowsheet

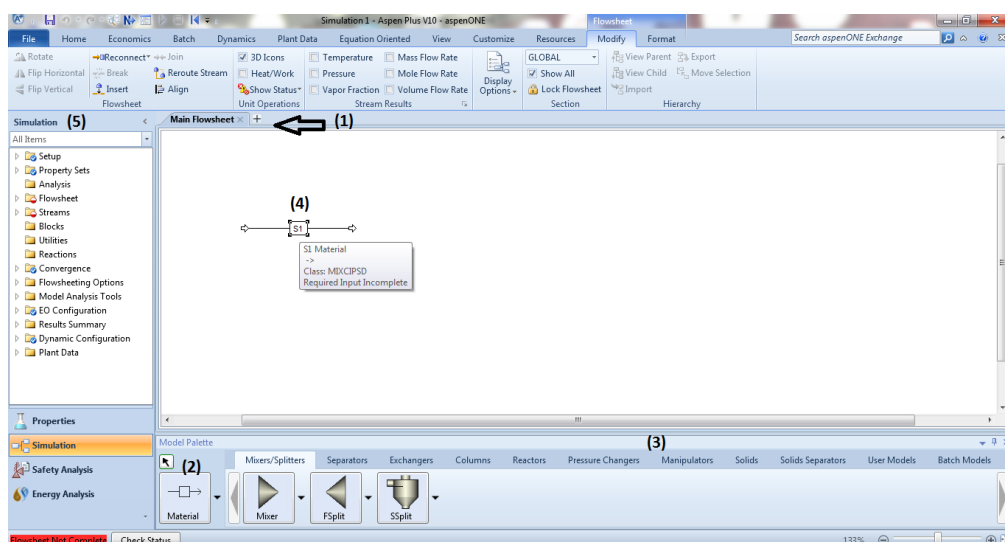
Για την έναρξη της προσομοίωσης είναι απαραίτητη η αρχική τροφοδοσία του συγκροτήματος σε τόνους ανά ώρα (tn/h). Το εικονίδιο (2) υποδηλώνει την ροή του υλικού. Το εικονίδιο (4) που υποδηλώνει την αρχική τροφοδοσία.

Στη συνέχεια, ο χρήστης καλείται να επιλέξει τα μηχανήματα που θα απαρτίζουν την προσομοίωση, καθώς και την συνδεσμολογία που πραγματοποιείται μεταξύ αυτών με μία η περισσότερες γραμμές, η οποίες συμβολίζουν τις μεταφορικές ταινίες που μεταφέρουν το υλικό από μηχανήμα σε μηχανήμα όπως και στην τελική απόθεση του υλικού.

Τα μηχανήματα (3) είναι αυτά που πραγματοποιούν την θραύση (θραυστήρες) και την κοκκομετρική ταξινόμηση του υλικού (κόσκινα).

Αυτά είναι:

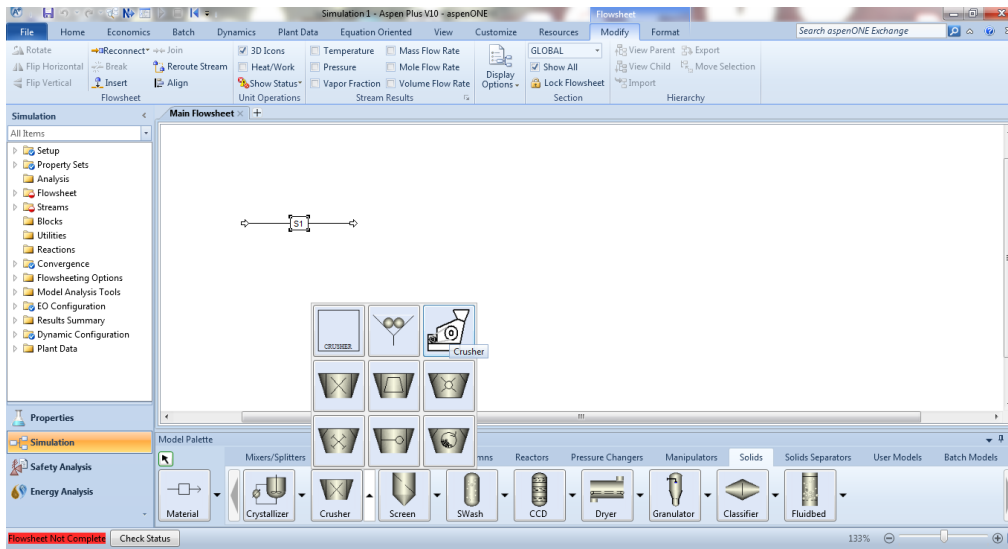
- **CRUSHERS**, θραυστήρες
- **SCREENS**, κόσκινα
- **MIXER**, αναμίκτης
- **FSPLIT**, διαχωριστής



Εικόνα 39: Επιλογή αρχικής τροφοδοσίας

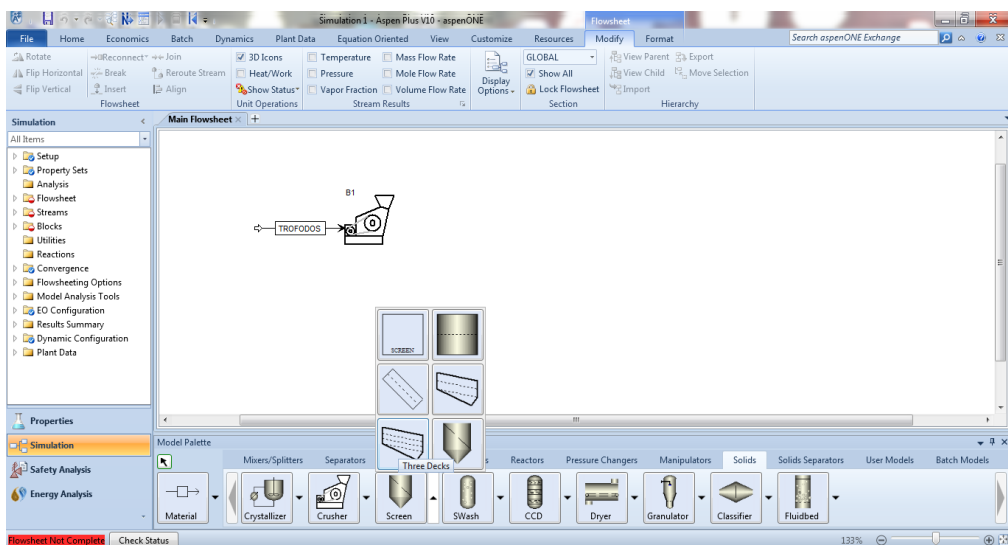
Στη συνέχεια αφού έχει γίνει η επιλογή της αρχικής τροφοδοσίας, πρέπει να γίνει η σύνδεσή με τον 1^ο θραυστήρα του συγκροτήματος.

Τοποθετείται το εικονίδιο που συμβολίζει τον σπαστήρα στην επιφάνεια εργασίας. Αυτή η διαδικασία είναι ακριβώς ίδια για όλα μηχανήματα.

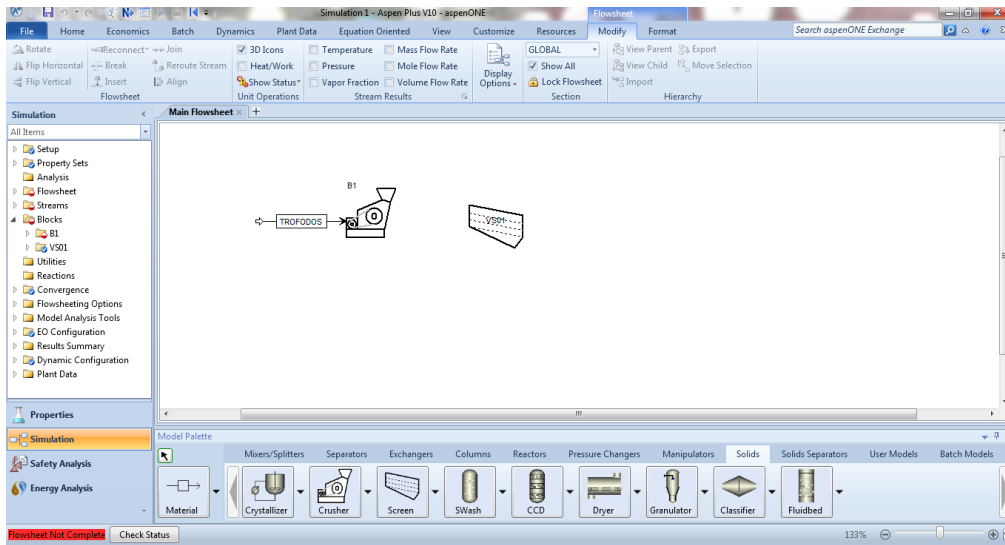


Εικόνα 40: Επιλογή θραυστήρα.

Ακολουθεί η επιλογή του κόσκινου με δεδομένο ότι, το προς προσομοίωση συγκρότημα Θραύσης & Ταξινόμησης έχει κόσκινο με δύο καταστρώματα (2 deck) και έτσι ο χρήστης θα επιλέξει το 4^ο εικονίδιο, που συμβολίζει το συγκεκριμένο κόσκινο.




Εικόνα 41: Επιλογή κοσκινού.



Εικόνα 42: Απεικόνιση σύνδεσης αρχικής τροφοδοσίας με τον 1ο θραυστήρα.

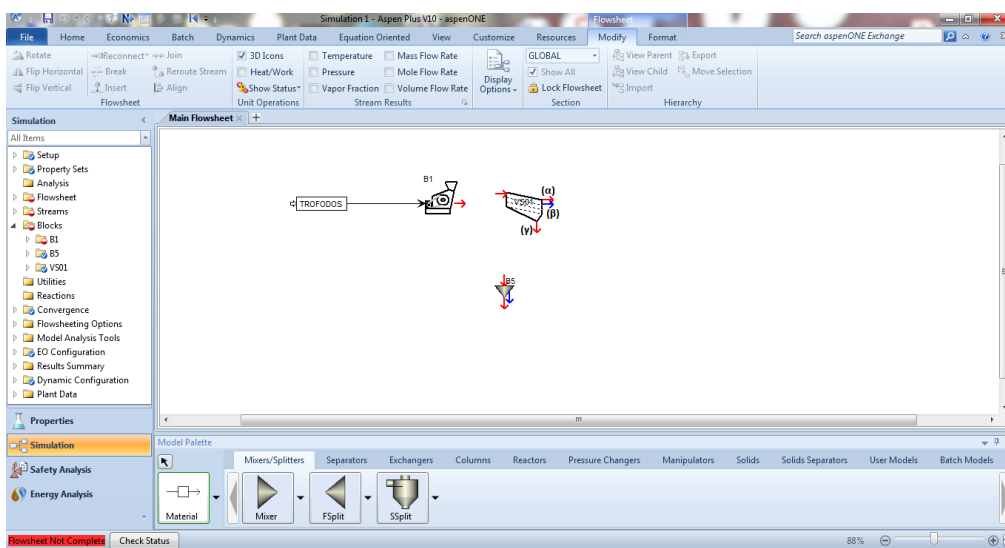
Στη συνέχεια, γίνεται η προσθήκη του διαχωριστή. Ο διαχωριστής έχει πολλά τερματικά εισόδου και εξόδου.

Το κόκκινο έχει τρεις εξόδους, οι οποίες αντιστοιχούν σε τρεις ροές υλικών με διαφορετική κοκκομετρική κατανομή και αναπαρίστανται με τα κόκκινα βελόνια (εικόνα ) , πιο συγκεκριμένα:

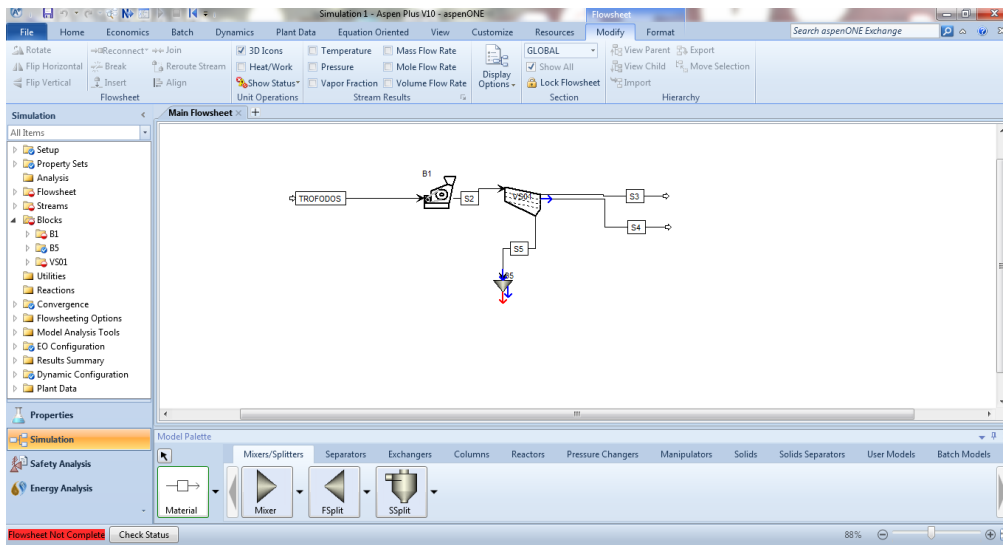
Με (α) συμβολίζονται τα υλικά κοκκομετρικής κατανομής που συγκρατούνται από το άνω κατάστρωμα του κόσκινου.

Με (β) συμβολίζονται τα υλικά κοκκομετρικής κατανομής που διέρχονται του άνω καταστρώματος αλλά και συγκρατούνται από το κάτω κατάστρωμα.

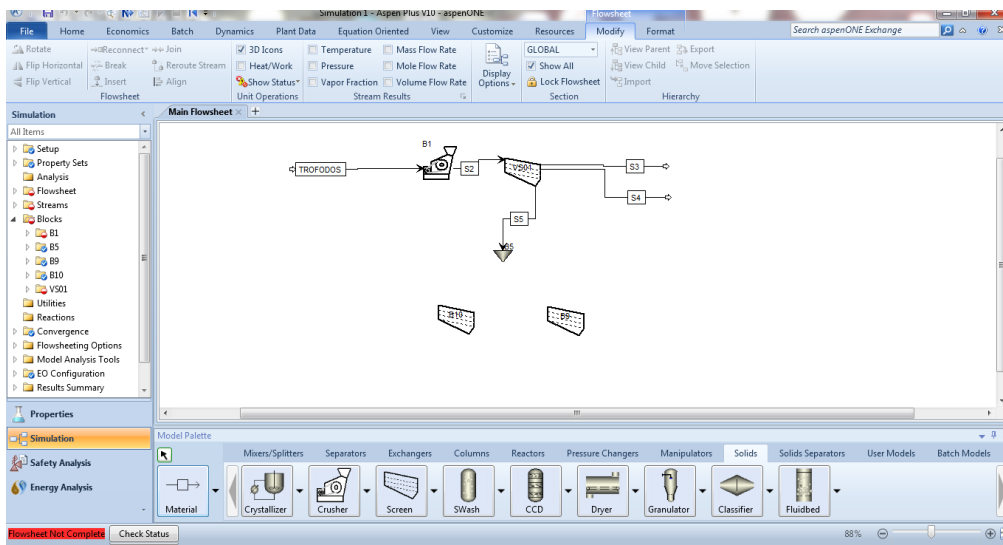
Με (γ) συμβολίζονται τα υλικά κοκκομετρικής κατανομής που διέρχονται από το κάτω κατάστρωμα του κόσκινου.



Εικόνα 43: Απεικόνιση των εισόδων και των εξόδων κάθε μηχανήματος.



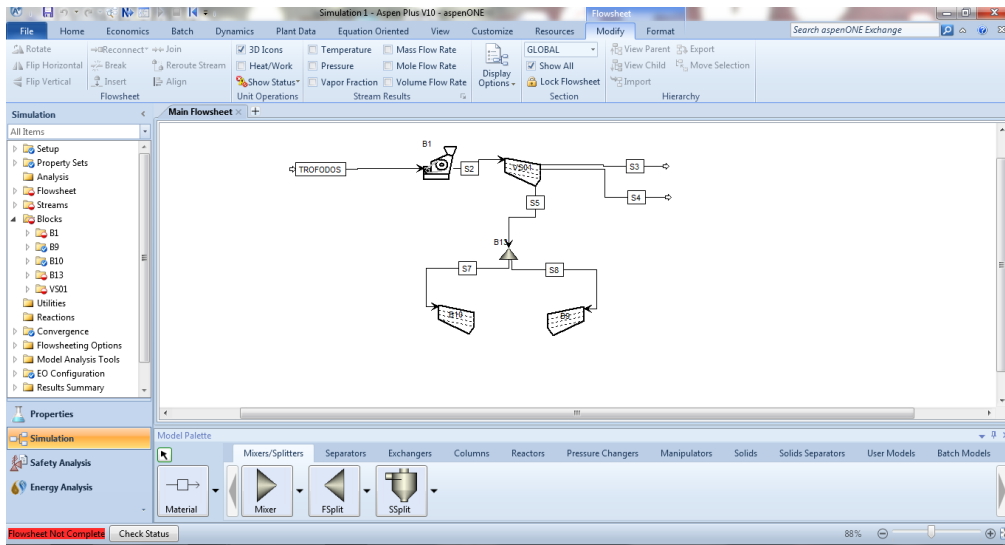
Εικόνα 44: Αναπαράσταση των τριών εξόδων του κοσκίνου, και η σύνδεσή τους με το διαχωριστή.



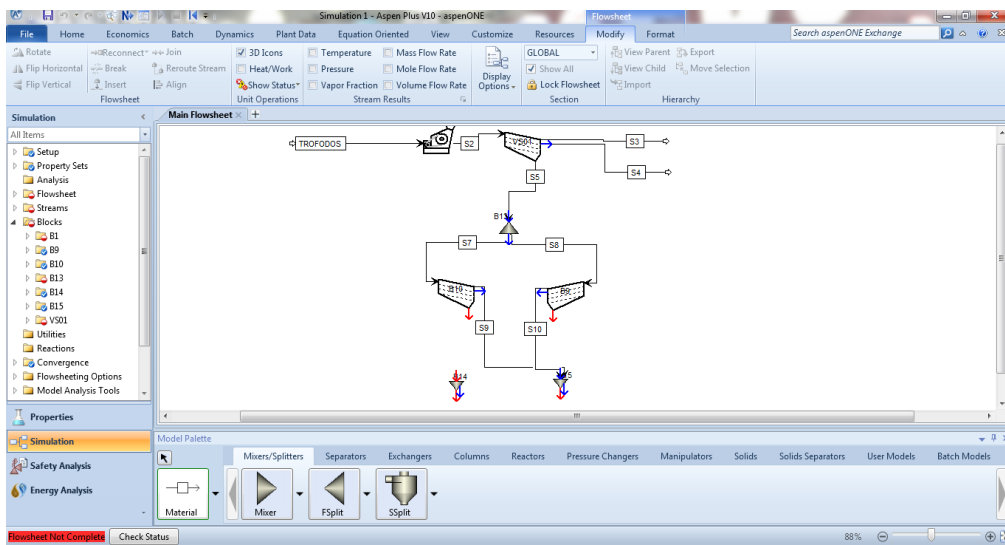
Εικόνα 45: Απεικονίζεται η προσθήκη των δυο (2) δίδυμων κοσκίνων.

Στη συνέχεια, γίνεται η σύνδεση του διαχωριστή με την τροφοδοσία των δυο (2) δίδυμων κοσκίνων.

Επειδή το συγκρότημα έχει πολλά μηχανήματα ίδιας λειτουργίας είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός τους μέσω της ονομασίας που θα τους δοθεί. Έτσι τα δίδυμα κόσκινα ονοματίζονται **VS05** και **VS06** αντίστοιχα.



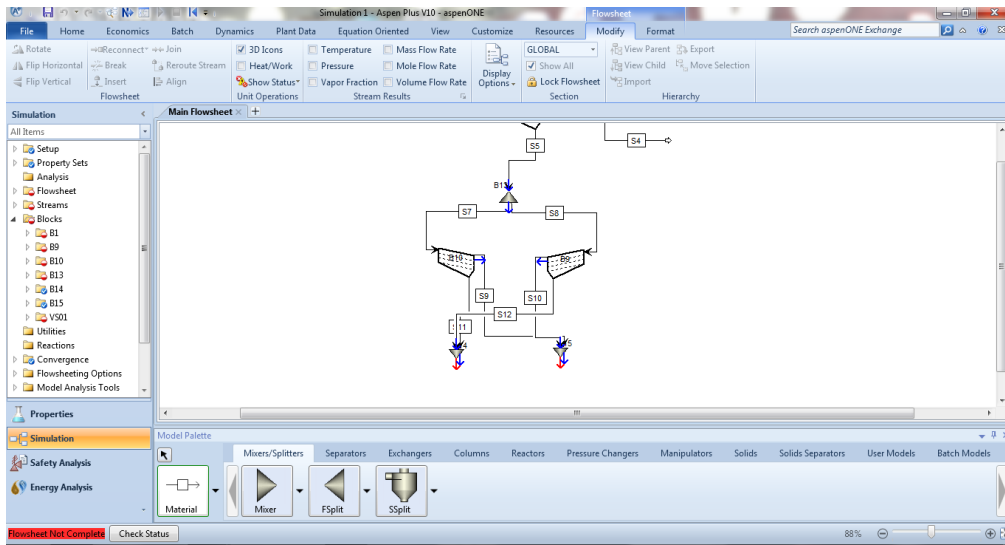
Εικόνα 46: Περιγράφεται η ένωση των δίδυμων κοσκίων με το διαχωριστή.



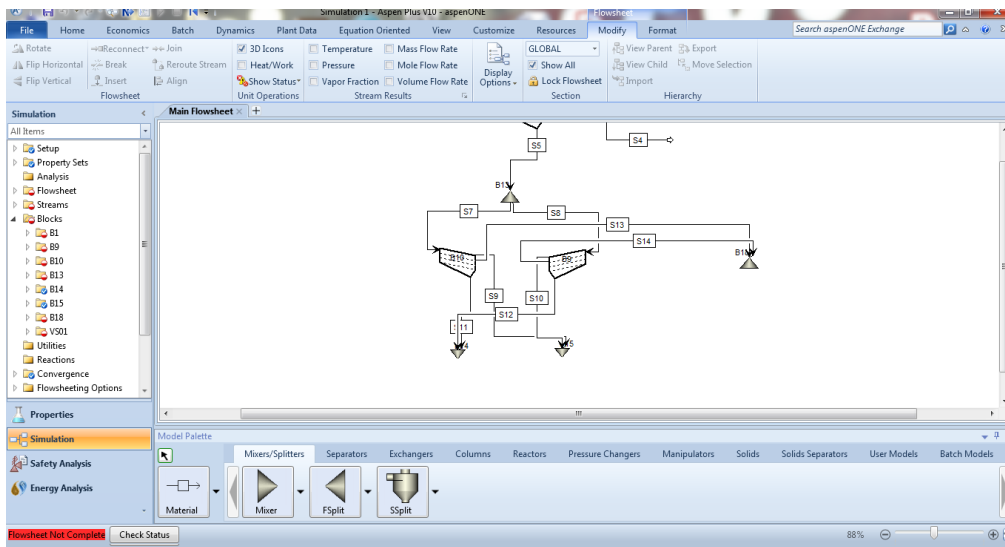
Εικόνα 47: Απεικονίζεται η σύνδεση των υλικών που συγκροτούνται στο άνω κατάστρωμα των κοσκίων με ένα αναμίκτη.

Με τον χαρακτηρισμό δίδυμα κόσκινα εννοείται: ίδιοι τύποι μηχανήματων που παράγουν υλικά ίδιας κοκκομετρικής διαβάθμισης ανά κατάστρωμα, τα οποία καταλήγουν ανά παράλληλο ζευγάρι στην ίδια μεταφορική ταινία.

Το παραπάνω, στην προσομοίωση ερμηνεύεται πως και οι τρεις διαφορετικές παραγόμενες κοκκομετρικές διαβαθμίσεις έχουν κατευθύνσεις που θα είναι ακριβώς ίδιες και για τα δύο, έτσι κάθε παράλληλο ζευγάρι των 3^{ων} κατευθύνσεων θα καταλήγει σε ένα αναμίκτη για να ακολουθήσουν την ίδια πορεία.



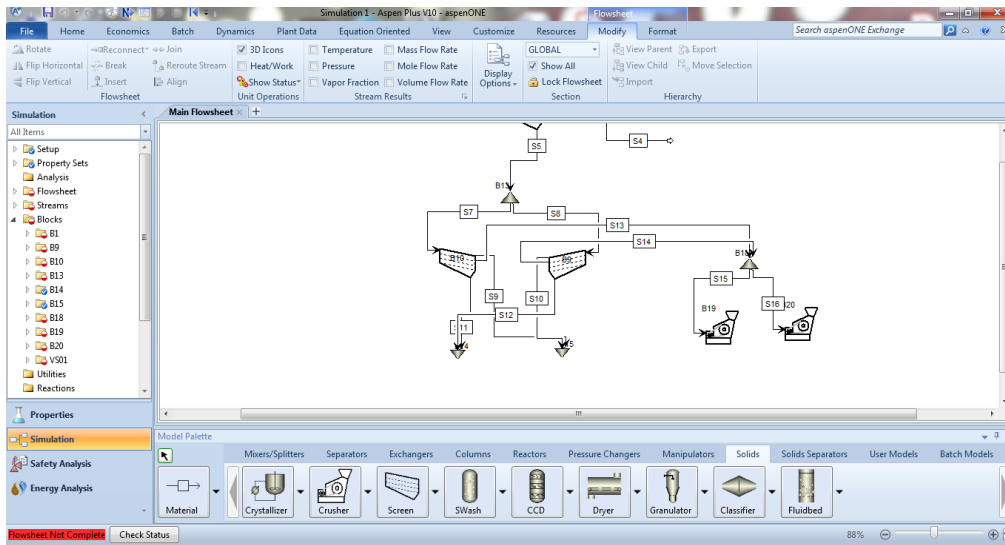
Εικόνα 48: Περιγράφεται η σύνδεση των προϊόντων που διέρχονται από το κάτω κατάστρωμα του κοσκίνου με ένα καινούριο αναμίκτη.



Εικόνα 49: Απεικονίζεται η σύνδεση των προϊόντων που συγκρατούνται από το κόσκινο με ένα καινούριο αναμίκτη.

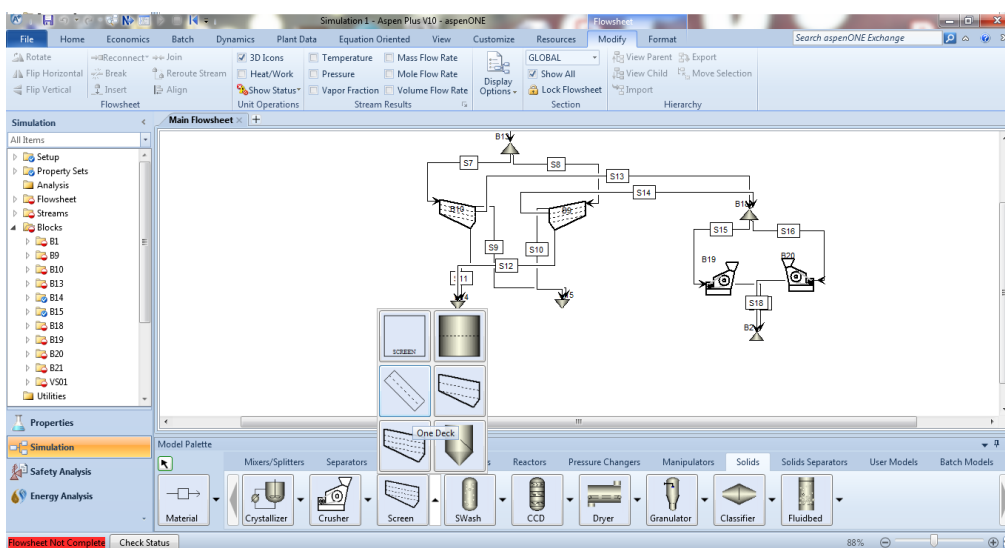
Στα δίδυμα κόσκινα, τα υλικά που συγκρατούνται τα ονομάζουμε **(β)** τα οποία θα κατευθυνθούν σε ένα διαχωριστή και στη συνέχεια σε δύο δίδυμους θραυστήρες, αμμοτριβεία, με την ονομασία **3** και **4**.

Από την στιγμή που είναι δίδυμοι οι θραυστήρες, μπορεί να γίνει η ένωση των υλικών τους.

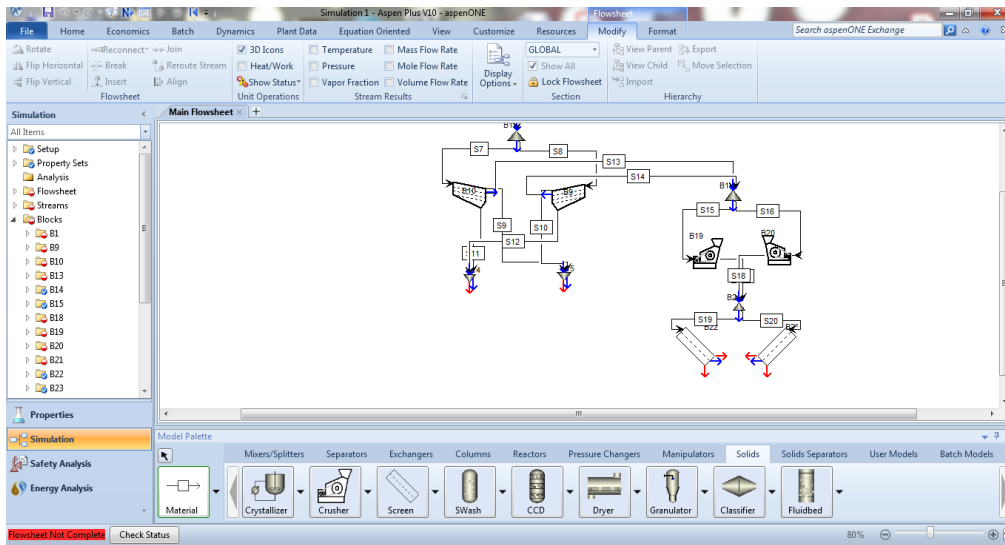


Εικόνα 50: Απεικονίζεται στην εικόνα η σύνδεση του αναμίκτη με δύο δίδυμους θραυστήρες.

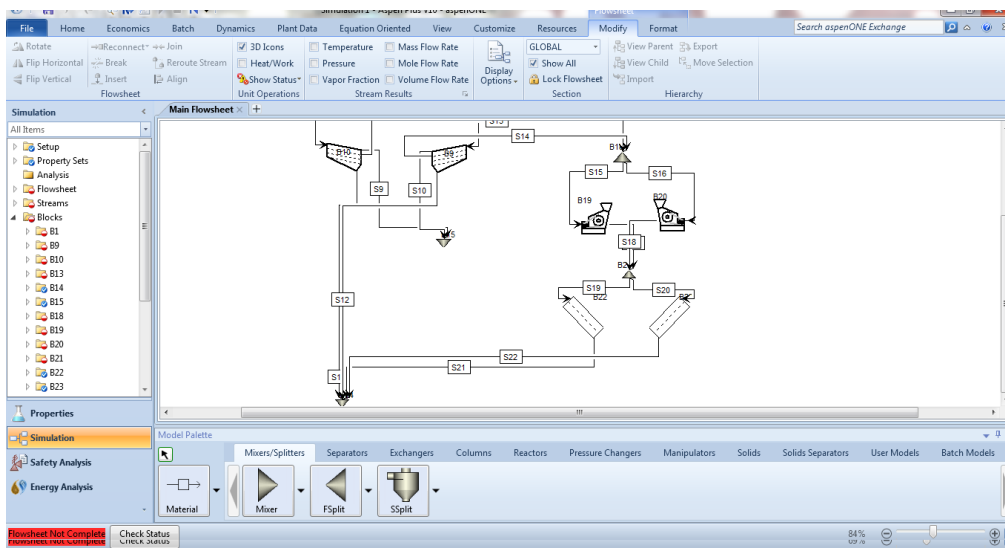
Στη συνέχεια το παραγόμενο υλικό από τους δύο θραυστήρες κατανέμεται σε δύο δίδυμα κόσκινα ενός καταστρώματος (1 deck) με ονομασία VS03 και VS04. Η αναπαράσταση του παραπάνω στην παρομοίωση γίνεται με την χρήση διαχωριστή.



Εικόνα 51: Περιγράφονται τα προϊόντα που προκύπτουν από τους δίδυμους θραυστήρες, κατευθύνονται σε ένα διαχωριστή. Ταυτόχρονα, γίνεται η επιλογή δύο κοσκίων μονού καταστρώματος.

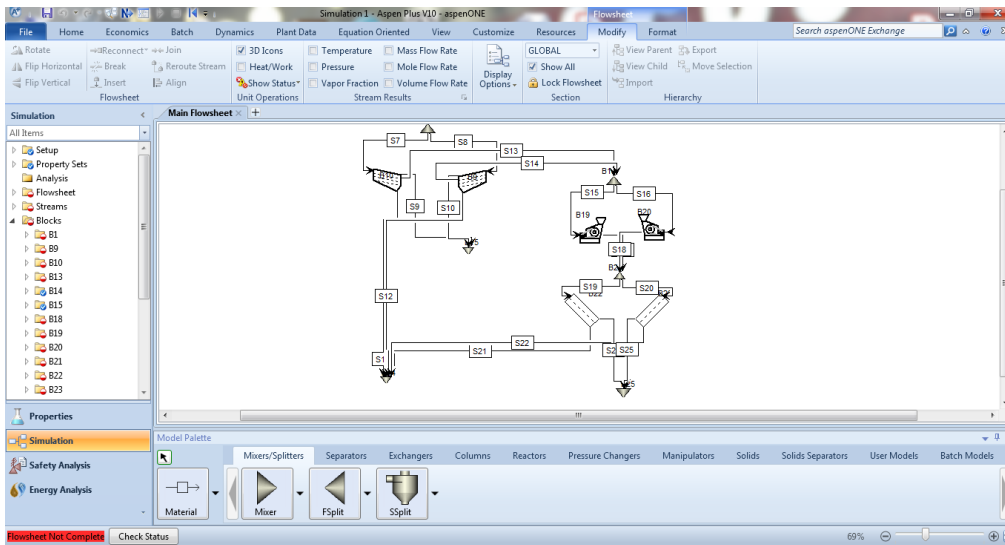


Εικόνα 52: Περιγράφεται η σύνδεση του διαχωριστή με τα δύο δίδυμα κόσκινα. Στη συνέχεια, αναπαρίστανται οι έξοδοι του κάθε κοσκίνου.



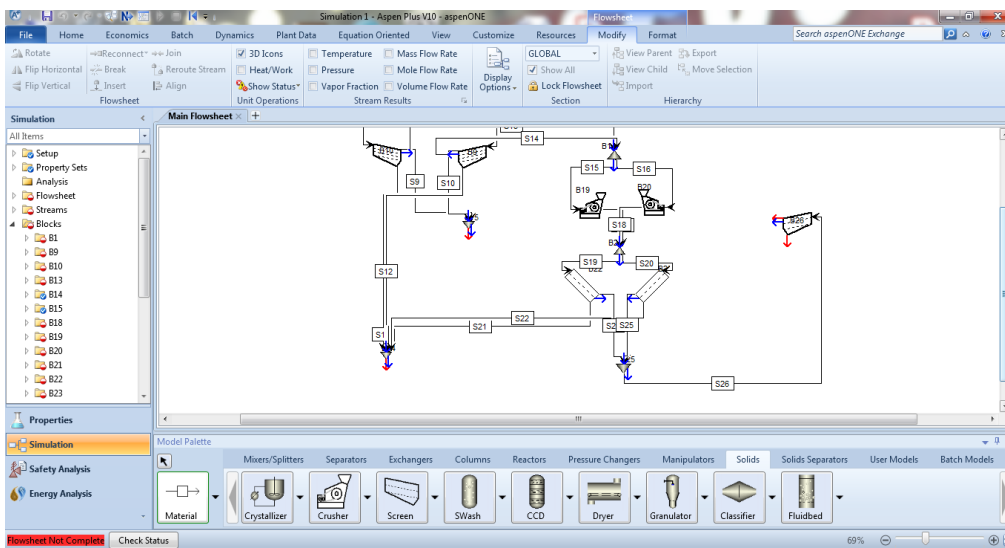
Εικόνα 53: Επεξηγείται η σύνδεση των υλικών που διέρχονται από τα δίδυμα κόσκινα με τον αναμικτή.

Το προϊόν που προκύπτει και από τα δύο κόσκινα, όπως έχει αναφερθεί είναι ίδιας κοκκομετρίας. Τα προϊόντα (γ) από τα κόσκινα VS05 και VS06 που έχουν προκύψει είναι και αυτά της ίδιας κοκκομετρίας. Άρα θα καταλήξουν όλα στον ίδιο αναμικτή, για την συνέχιση της πορείας τους στην προσομοίωση.



Εικόνα 54: Απεικονίζεται η κατάληξη του προϊόντος (γ) από όλα τα μηχανήματα σε ένα αναμίκτη.

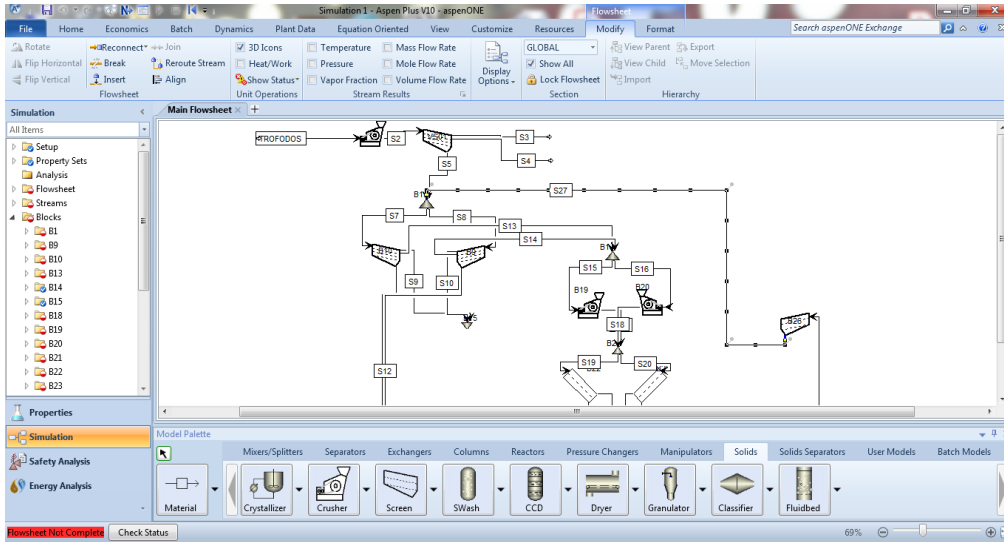
Το προϊόν από τα VS03 και VS04 κόσκινα που έχουν μέγεθος μεγαλύτερο από το άνοιγμα της βρογχίδας, θα χρειαστεί να υποστούν κοσκίνιση. Οπότε συνδέεται με ένα αναμίκτη και από εκεί με το κόσκινο VS02.



Εικόνα 55: Απεικονίζεται στην εικόνα η σύνδεση του αναμίκτη με το κόσκινο.

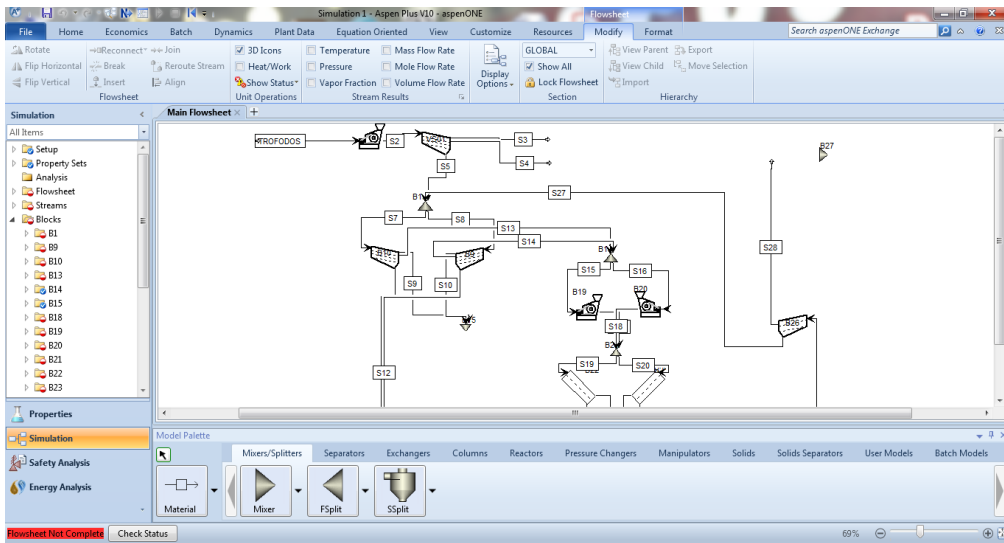
Το VS02 κόσκινο έχει δύο καταστρώματα (2 decks) άρα και αυτό θα έχει 3 προϊόντα, όπως και το VS01.

Το (γ) προϊόν του VS02 θα οδηγηθεί στο ίδιο διαχωριστή που είναι συνδεδεμένα τα (γ) του VS01. Και από εκεί θα συνεχιστεί η πορεία που προαναφέρθηκε.



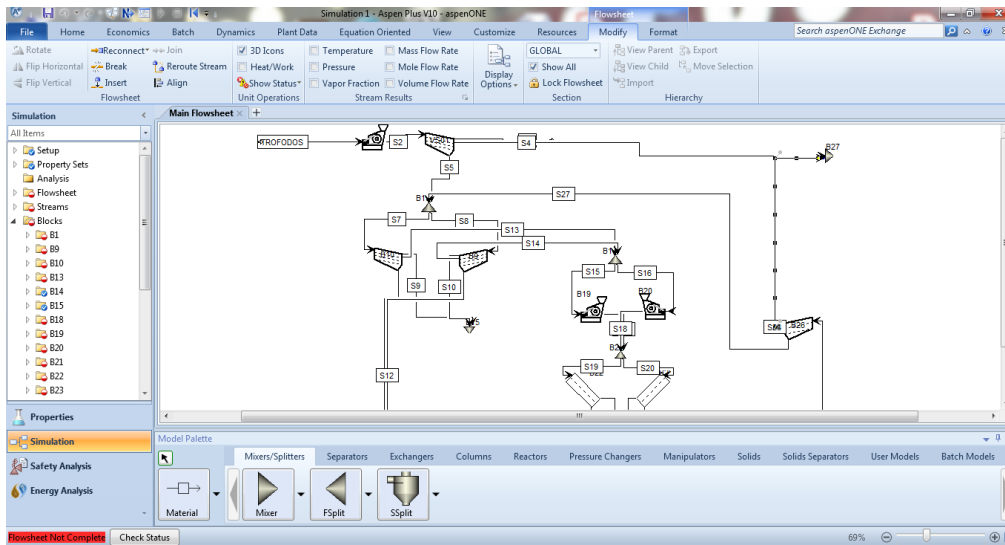
Εικόνα 56: Αναπαράσταση της πορείας του (γ) προϊόντος του VS02 θα οδηγηθεί στο ίδιο διαχωριστή που είναι συνδεδεμένα τα (γ) του VS01.

Το (β) προϊόν του VS02 θα οδηγηθεί σε ένα αναμίκτη.



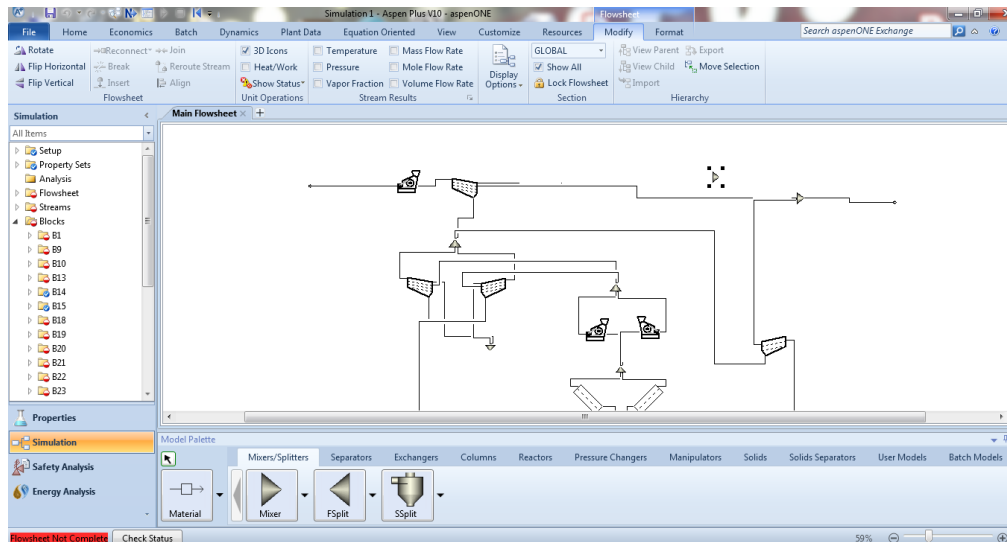
Εικόνα 57: Αναπαράσταση της πορείας του (β) προϊόντος, του VS02, σε ένα αναμίκτη.

Και εκεί θα ενωθεί με το (β) του VS01.



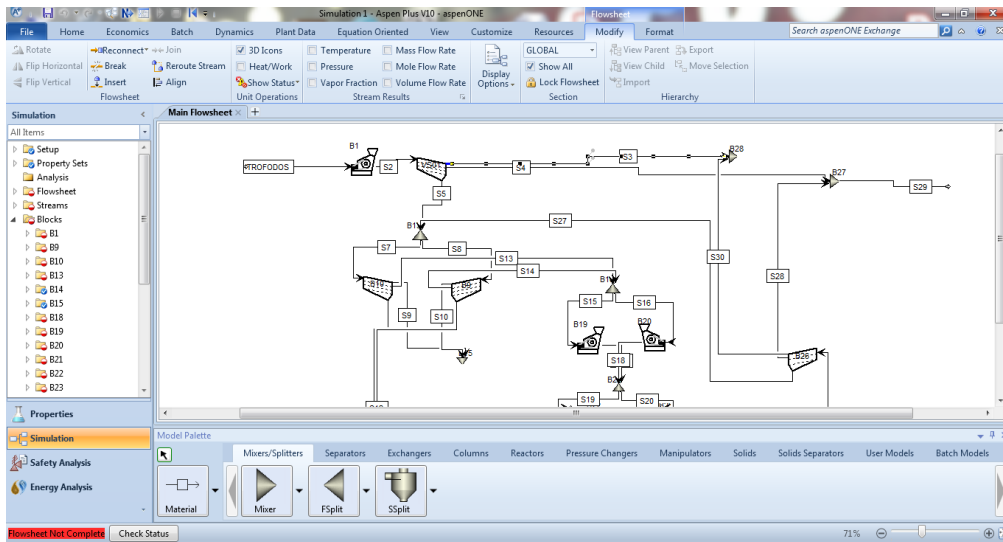
Εικόνα 58: Απεικονίζεται η ένωση των προϊόντων (β) του VS01 και VS02.

Έπειτα, γίνεται η προσθήκη ενός αναμίκτη.



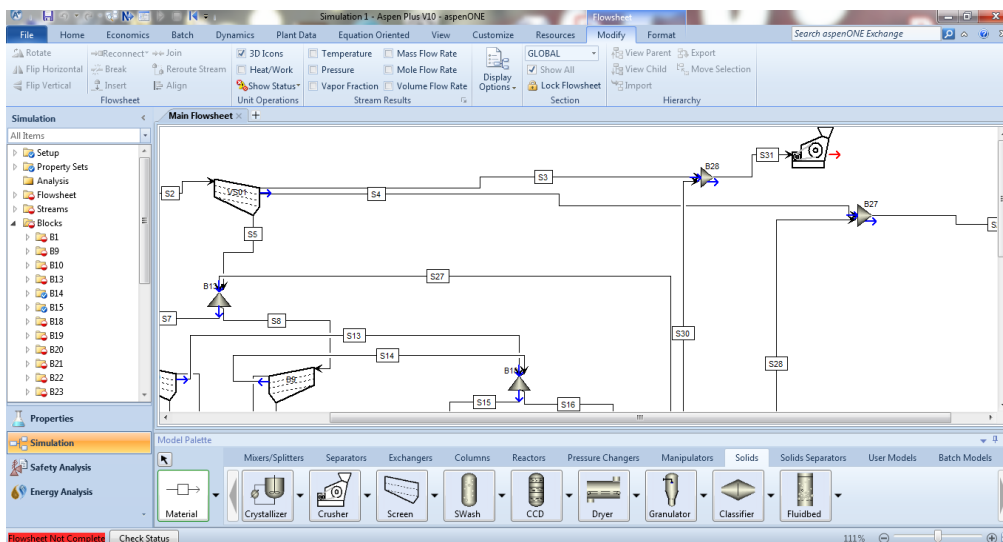
Εικόνα 59: Απεικονίζεται η προσθήκη αναμίκτη.

Σε αυτό θα συνδεθούν τα προϊόντα (α) και του VS01 και VS02.



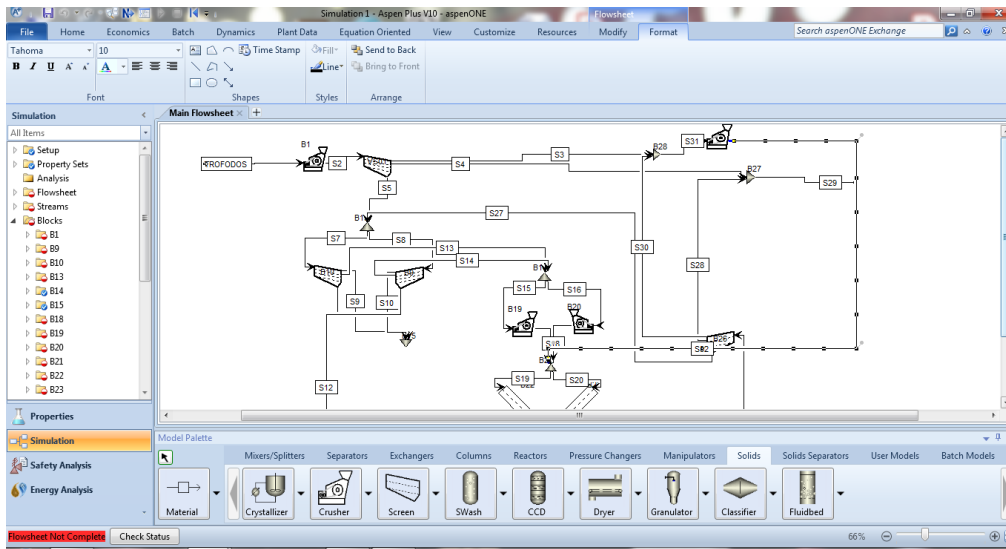
Εικόνα 60: Αναπαράσταση της σύνδεσης των προϊόντων (α) του VS01 και VS02.

Ο αναμίκτης θα οδηγήσει το προϊόν στον θραυστήρα 2.

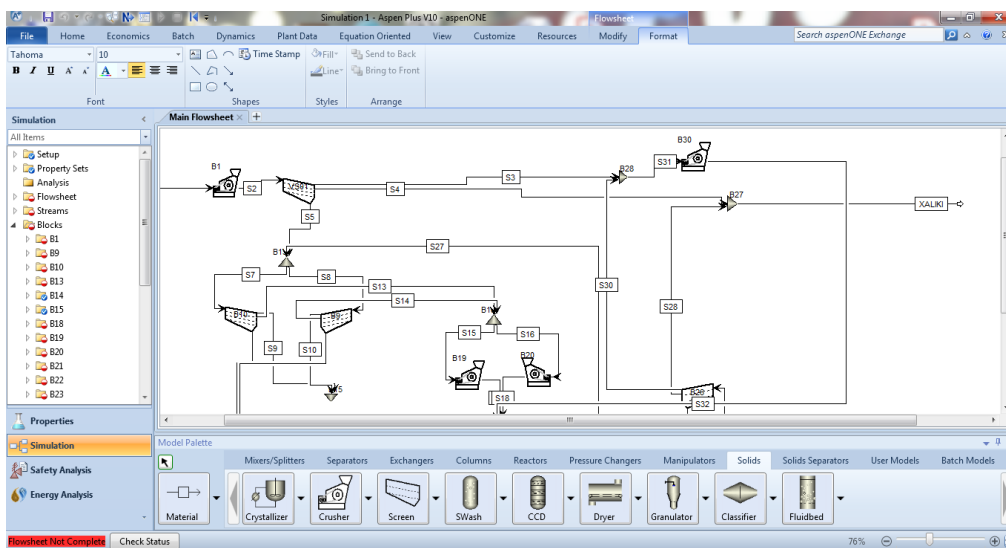


Εικόνα 61: Απεικονίζεται η σύνδεση του αναμίκτη με τον 2ο θραυστήρα.

Το υλικό από τον θραυστήρα 2 οδηγείται στο διαχωριστή που γίνεται η απόθεση του υλικού των θραυστήρων 3 και 4.



Εικόνα 62: Περιγράφεται το υλικό από τον 2ο θραυστήρα να οδηγείται στον αναμικτήρα που γίνεται η απόθεση των υλικών των θραυστήρων 3 και 4.



Εικόνα 63: Επεξηγείται η Μετονομασία της ροής σε XALIKI για διευκόλυνση του χρήστη.

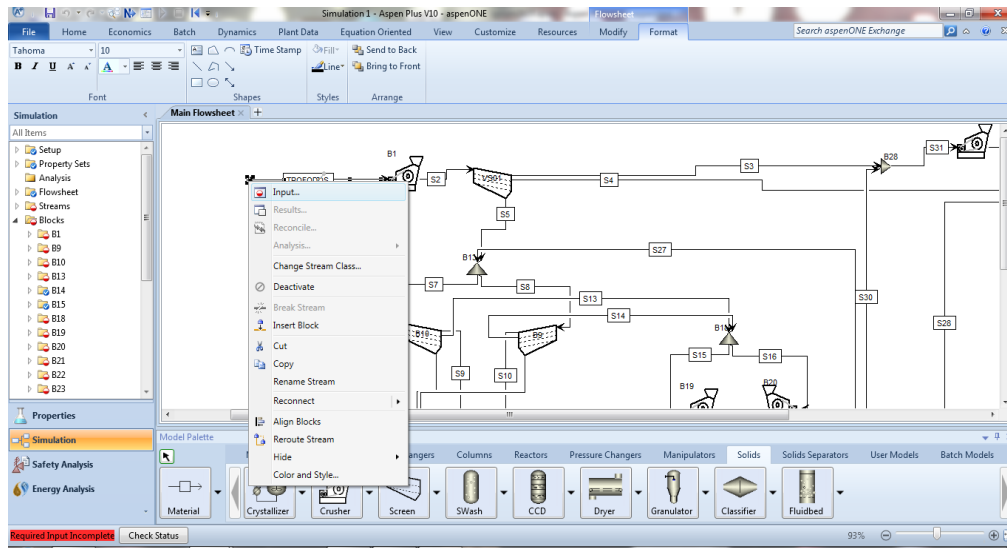
Σε αυτό το στάδιο έχει ολοκληρωθεί η τοποθέτηση των μηχανημάτων. Αυτό που απομένει να γίνει σε αυτό το στάδιο είναι η ολοκλήρωση της τελικής πορείας των μεταφορικών ταινιών, που σημαίνει ότι θα γίνει η απόθεση του υλικού μας ανάλογα με την κοκκομετρία που έχει. Ο διαχωρισμός θα γίνει στην εξής τάξης μεγέθους:

- Άμμος: 0-4 χιλιοστά
- Γαρμπίλι: 8-16 χιλιοστά
- Χαλίκι: 16-31,5 χιλιοστά

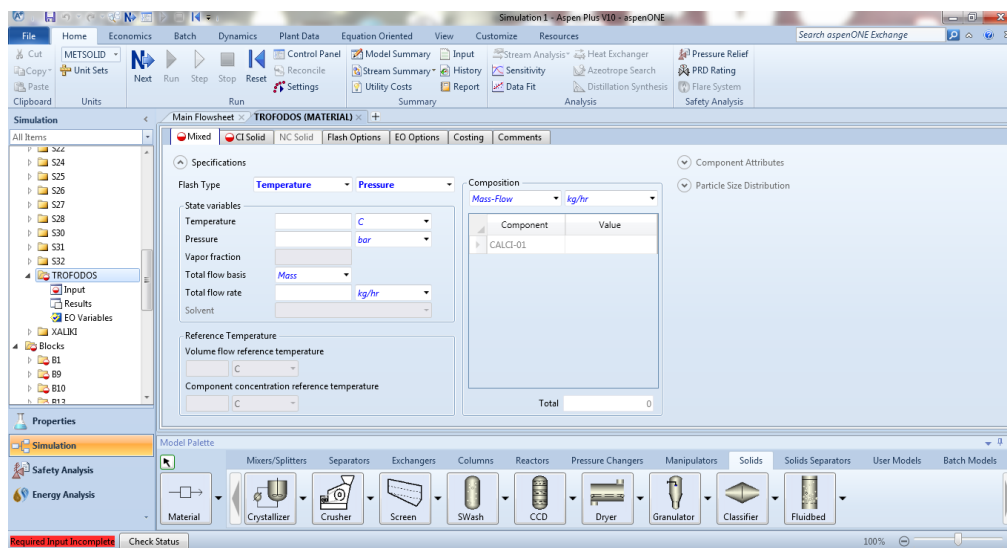
Ο χρήστης για να δημιουργήσει τις τελικές αυτές πορείες, το μόνο που θα χρειαστεί να κάνει είναι να τις μετονομάσει «AMMOS», «GARBILI», «XALIKI» αντίστοιχα.

Στη συνέχεια, αφού έχει ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός της προσομοίωσης, επόμενο βήμα έχει η δομή της. Όπως έχει αναφερθεί η δομή αποτελείται από τα στοιχεία και τα χαρακτηριστικά κάθε μηχανήματος, καθώς και τις παραμέτρους που ορίζει ο ίδιος ο χρήστης.

Στο **MAIN FLOWSHEET**, αφού γίνει η επιλογή του εικονιδίου της αρχικής τροφοδοσίας, ο χρήστης επιλέγει **INPOUT**, το οποίο θα τον μεταβιβάσει σε ένα καινούριο παράθυρο.



Εικόνα 64: Επιλογή της αρχικής τροφοδοσίας, και η εμφάνιση των επιλογών της. Στη συνέχεια γίνεται η μετάβαση στην επιλογή **Input**.



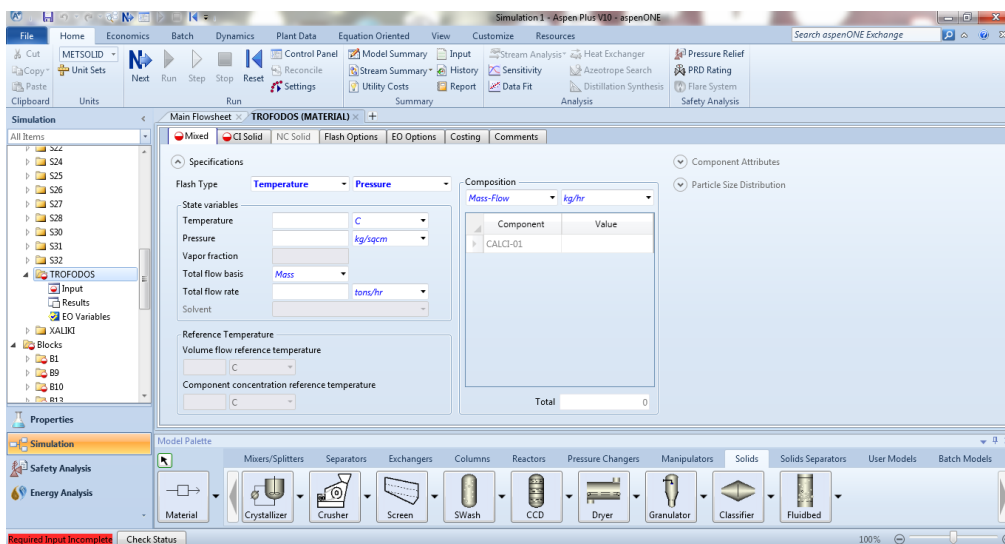
Εικόνα 65: Παράθυρο **Mixed** της αρχικής τροφοδοσίας. Ο χρήστης καλείται να επιλέξει τα χαρακτηριστικά του υλικού της τροφοδοσίας.

Σε αυτό το παράθυρο είναι τα στοιχεία που αφορούν την αρχική τροφοδοσία όλης της προσομοίωσης. Και οι δύο καρτέλες φέρουν το σύμβολο απώλειας απαραίτητων στοιχείων.

Στο **MIXED**, την πρώτη καρτέλα, τα στοιχεία που χρειάζονται συμπλήρωση είναι τα φυσικά χαρακτηριστικά.

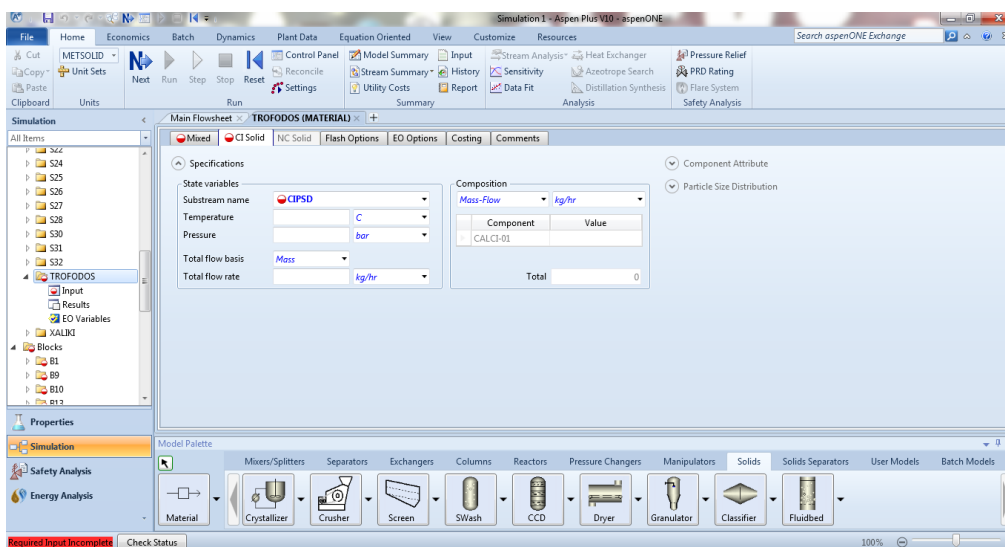
Το πρώτο στάδιο είναι να έχει τις σωστές μονάδες μέτρησης και τους τόνους ανά ώρα με τους οποίους γίνεται η τροφοδότηση του συγκροτήματος.

Η αρχική τροφοδοσία είναι 350 τόνοι ανά ώρα.

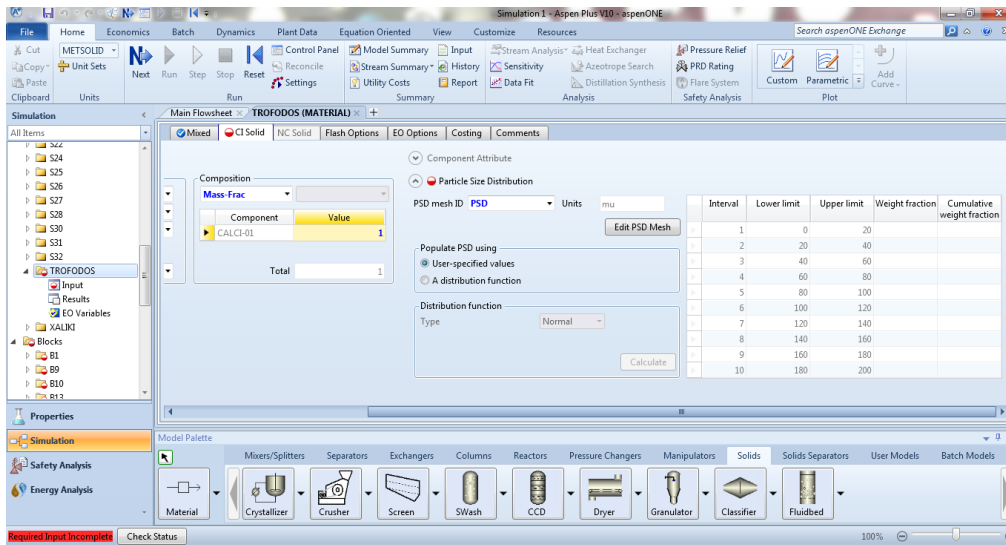


Εικόνα 66: Αλλαγή των μονάδων μέτρησης για διευκόλυνση του χρήστη.

Στη συνέχεια γίνεται η επιλογή της 2^{ης} καρτέλας, **CI SOLID**.



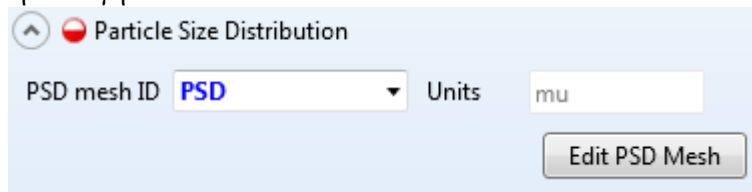
Εικόνα 67: Μετάβαση στη 2η καρτέλα CI Solid.



Εικόνα 68: Επεξεργασία του Particle Size Distribution.

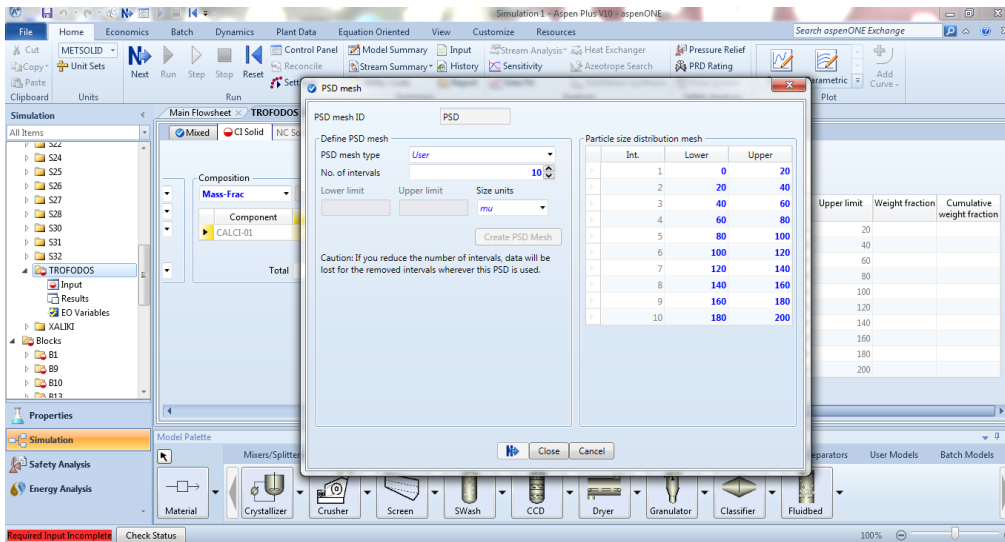
Επειδή, σε αυτή την προσομοίωση έχει μεγάλη σημασία η κοκκομετρία που έχει το υλικό, πρέπει ο ίδιος ο χρήστης να ορίσει στο πρόγραμμα τα κοκκομετρικά εύρη που θα συναντήσει για να δώσει και τις ανάλογες μετρήσεις.

Γίνεται η επιλογή **PARTICLE DISTRIBUTION** δίπλα στο κόκκινο σύμβολο.



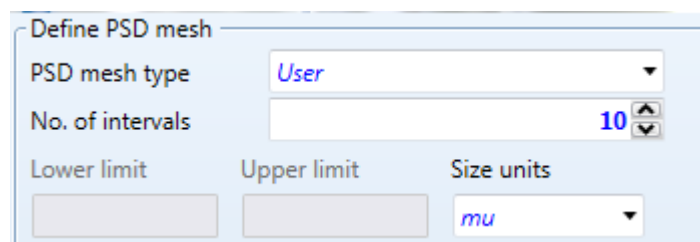
Εικόνα 69: Αλλαγή της μονάδας μέτρησης των σωματιδίων.

Έπειτα, γίνεται η επιλογή του **EDIT PSD MESH**, και εμφανίζεται ένα αναδυόμενο παράθυρο, όπου γίνεται η επεξεργασία των κοκκομετρικών εύρων.



Εικόνα 70: Απεικονίζεται ο ορισμός της κοκκομετρίας του υλικού.

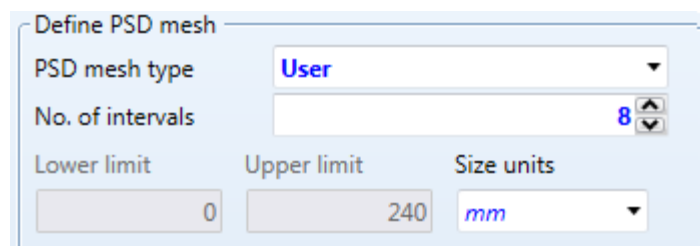
Το εύρος καθορίζεται από τις παρακάτω επιλογές.



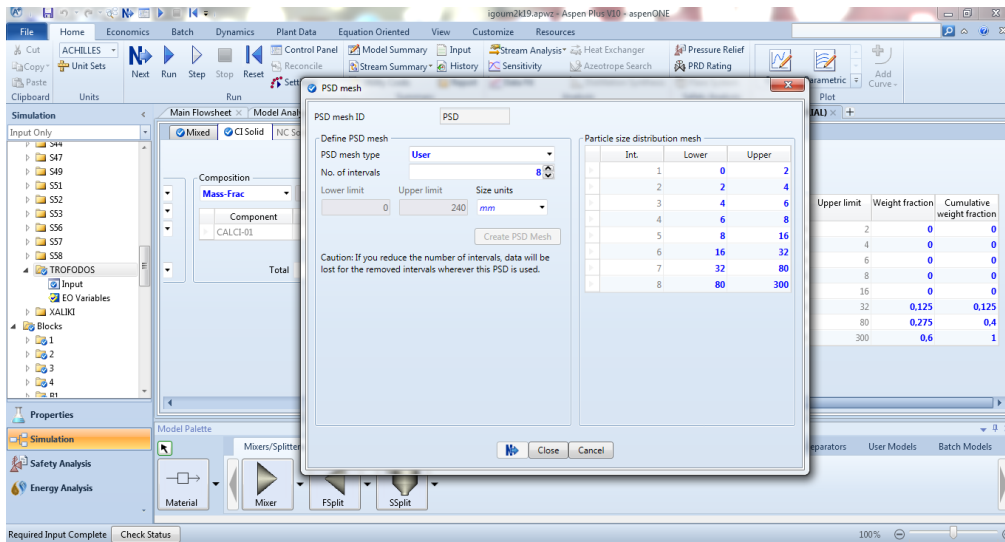
Εικόνα 71: Επιλογή του αριθμού των ενδιάμεσων μεγεθών.

No. OF INTERVALS: αντιπροσωπεύει πόσα κοκκομετρικά εύρη θα αντιπροσωπευτούν. Για την συγκεκριμένη εργασία είναι **8**.

SIZE UNITS είναι η τάξη μεγέθους που πρέπει να μετριέται ο κάθε κόκκος υλικού. Η μονάδα μέτρησης είναι τα χιλιοστά.



Εικόνα 72: Αναπαράσταση του ολοκληρωμένου πίνακα μετά την συμπλήρωση των επιλογών.



Εικόνα 73: Περιγράφεται η επιλογή των ανωτέρων και κατώτερων ορίων που θα ακολουθήσει η κοκκομετρία του υλικού.

Τα μεγέθη που θα απασχολήσουν αυτή τη διπλωματική εργασία είναι τα εξής:

- Άμμος: 0-4 χιλιοστά
- Ρυζάκι: 4-8 χιλιοστά
- Γαρμπίλι: 8-16 χιλιοστά
- Χαλίκι: 16-31.5 χιλιοστά

Θα μπορούσε να γίνει η χρήση 4 μόνο κοκκομετρικών μεγεθών, αλλά επειδή θα γινόταν πολύ απότομη αύξηση του κοκκομετρικού μεγέθους με συνέπεια αλλοίωσης των αποτελεσμάτων, κρίθηκε απαραίτητη η μέτρηση του υλικού σε τουλάχιστον 8 κοκκομετρικά μεγέθη.

Για αυτό και συμπληρώνεται ο πίνακας αντίστοιχα.

Η αρίθμηση ξεκινά με το 0 και θα ακολουθήσει αναλόγως.

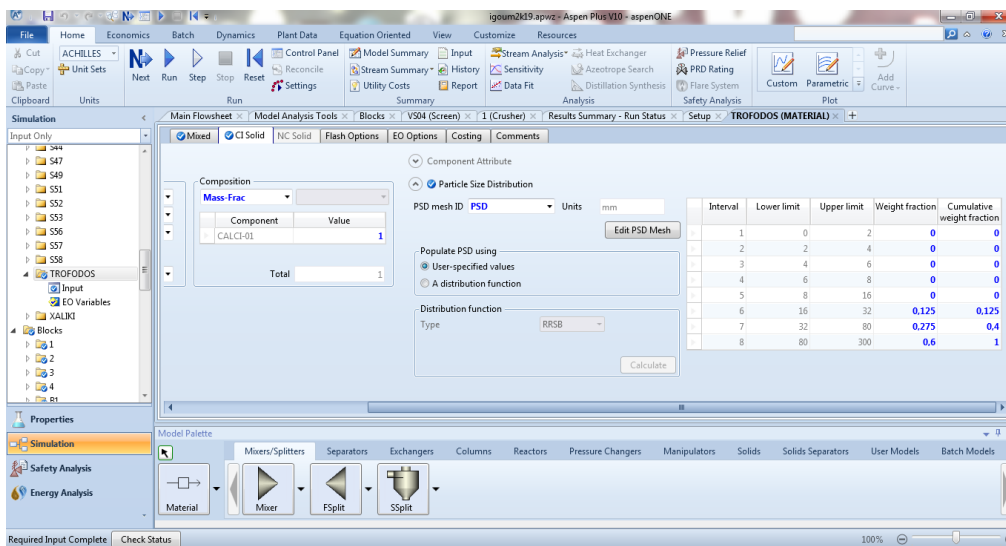
Αφού ολοκληρωθεί η συμπλήρωση του πίνακα, εμφανίζονται στο χρήστη δύο καινούριες στήλες.

Η πρώτη **WEIGHT FRACTION** και η δεύτερη **CALCULATED WEIGHT FRACTION**. Στην 1^η στήλη πραγματοποιείται η συμπλήρωση του ποσοστού του υλικού που βρίσκεται σε κάθε κοκκομετρικό εύρος στην αρχική τροφοδοσία. Όμως, όταν το υλικό εισέρχεται, το μέγεθός του είναι μεταξύ **16-300 χιλιοστά** και το μεγαλύτερο ποσοστό είναι στο **80-300**.

Lower	Upper
0	2
2	4
4	6
6	8
8	16
16	32
32	80
80	300

Εικόνα 74: Αναπαράσταση του ολοκληρωμένου πίνακα, μετά την συμπλήρωση των ορίων.

Επιστρέφοντας στο **MAIN FLOWSHEET**, ο χρήστης επιλέγει τον πρώτο θραυστήρα (**crusher**) και διαλέγει την επιλογή **INPUT**.



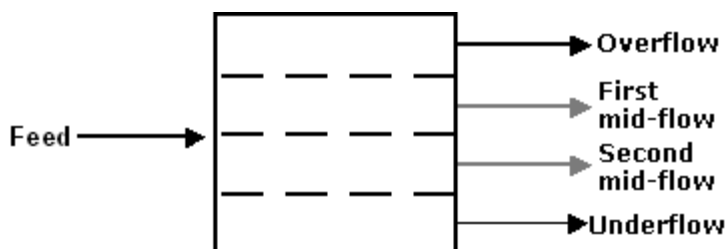
Εικόνα 75: Απεικόνιση της επιλογής του βάρους κάθε κοκκομετρικού μεγέθους και ο αυτόματος υπολογισμός του αθροιστικού βάρους.

Στη συνέχεια, ο χρήστης θα πρέπει να συμπληρώσει τις παραμέτρους που αφορούν τα κόσκινα (**screen**).

Η επιλογή του κόσκινου στο πρόγραμμα προσομοιώνει την διαδικασία διαχωρισμού που θα υποστεί ένα μείγμα που περιέχει διάφορα μεγέθη στερεών σωματιδίων σε σωματίδια που έχουν ομοιόμορφα μεγέθη μεταξύ τους.

Στην συνέχεια ο χρήστης μεταβαίνει σε ένα παράθυρο που ονομάζεται **SPECIFICATIONS**, ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ. Εκεί περιλαμβάνεται το **Selection Function** για κάθε κατάσταση και όλες τις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται από αυτή (στο **Selection Function**).

Flowsheet Connectivity for Screen (Σύνδεση φύλλου ροής για κόσκινο)



Εικόνα 76: Αναπαράσταση της ροής υλικού μέσα στο κόσκινο, καθώς και τις εξόδους που ακολουθεί.

Material Streams (Ροή των υλικών)

- **Inlet** (Είσοδος): η τροφοδοσία του υλικού που εισέρχεται στο κόσκινο.
- **Outlet** (Εξόδος): αποτελεί το υλικό που εξέρχεται από το κόσκινο. Τα υλικά που η κοκκομετρία τους υπερβαίνει το άνοιγμα βρογχίδας, δεν υπόκεινται κοσκίνιση και αποτελούν το **overflow** (υπερχειλίση). Αντίστοιχα, τα υλικά που η κοκκομετρία τους είναι μικρότερη από το άνοιγμα της βρογχίδας, αποτελούν το **underflow** (υπορροή).

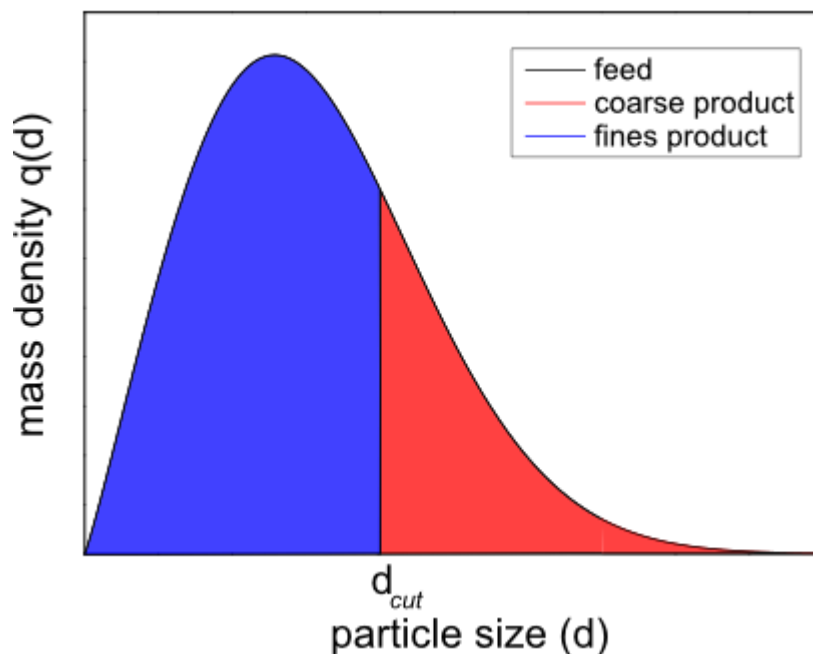
Κάθε υποκλάσμα (**substream**) στερεών (και το **mixed substream**-μικτό υποσύστημα, εάν περιέχει στερεά) πρέπει να έχει ένα χαρακτηριστικό κατανομής μεγέθους σωματιδίων (**mixed substream**).

Περιγραφή παραμέτρων του κοσκίνου

Σε μια ιδανική ταξινόμηση, **σημείο κοπής** μπορεί να προσδιοριστεί το όριο μεταξύ των λεπτών και του χονδροειδούς προϊόντος. Στην πράξη, πρέπει ο χρήστης να ασχοληθεί με την πραγματική ταξινόμηση, στην οποία μπορούν να βρεθούν λεπτόκοκκα σωματίδια στο χονδροειδές προϊόν και χονδρόκοκκο στο προϊόν λεπτόκοκκου υλικού (άστοχο υλικό). Η **λειτουργία επιλογής**, που ονομάζεται επίσης καμπύλη αποτελεσματικότητας βαθμού (**grade efficiency curve**) ή καμπύλη Tromb (**Tromb curve**) περιγράφει αυτήν την επίδραση. Η θέση (καθορίζεται από το **median cut point**) και η καμπύλη του βαθμού απόδοσης περιγράφουν την επιτυχία της ταξινόμησης (καθορίζονται από την ευκρίνεια διαχωρισμού και την μετατόπιση των λεπτών σωματιδίων, **separation sharpness and the offset of fines** αντίστοιχα).

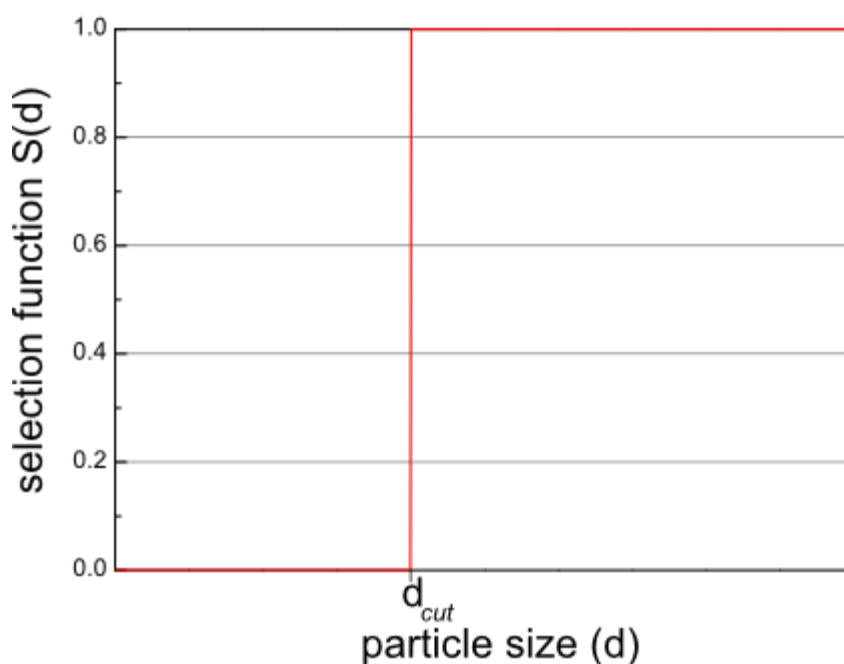
Ιδανικός διαχωρισμός

Ένας ιδανικός διαχωρισμός θα επιτευχθεί εάν οι κατανομές μεγέθους σωματιδίων των προϊόντων δεν επικαλύπτονται. Στην πράξη, μόνο οι πραγματικοί διαχωρισμοί έχουν σημασία, διότι οι ιδανικοί διαχωρισμοί δεν είναι εφικτοί.



Διάγραμμα 5: Διάγραμμα Λειτουργία επιλογής – Μέγεθος σωματιδίων στον ιδανικό διαχωρισμό.

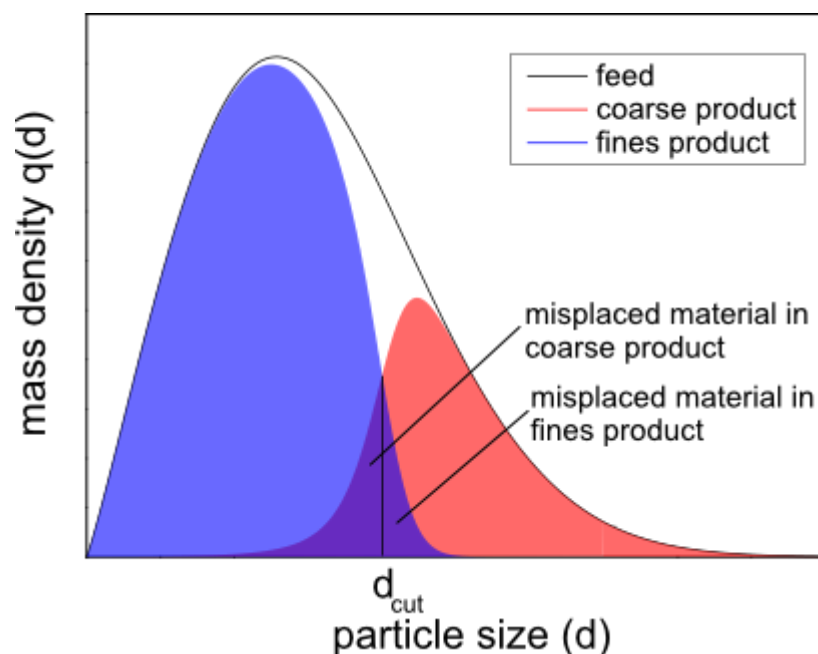
Η αντίστοιχη λειτουργία επιλογής δείχνει μια λειτουργία βαθμίδας στο ιδανικό σημείο σημείο κοπής d_{cut}



Διάγραμμα 6: Διάγραμμα Λειτουργία επιλογής – Μέγεθος σωματιδίων στον ιδανικό διαχωρισμό.

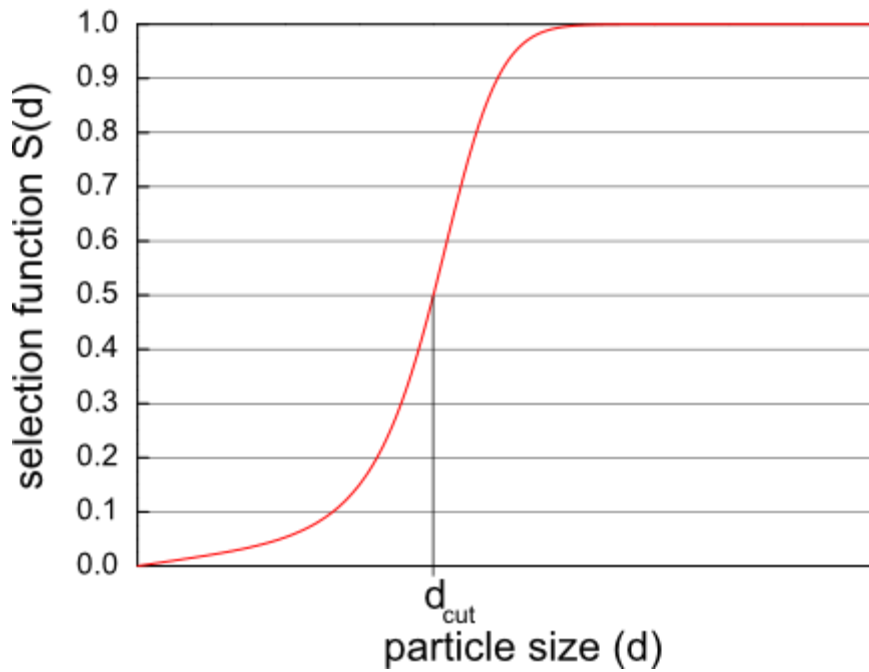
Πραγματικός διαχωρισμός

Σε μια πραγματική διαδικασία κοσκίνισης δεν μπορεί να επιτευχθεί ένας ιδανικός διαχωρισμός. Αντίθετα, όπως συμβαίνει για όλες τις τεχνικές ταξινομήσεις, εμφανίζεται ένας μη ομαλός διαχωρισμός. Σε αντίθεση με τους ιδανικούς διαχωρισμούς, μέρος του υλικού τροφοδοσίας μπορεί να βρεθεί ως ακατάλληλο υλικό σε λάθος προϊόν. Τα προκύπτοντα προϊόντα (προϊόν χονδροειδούς προϊόντος και λεπτόκοκκο προϊόν) μοιράζονται κλάσματα κοντά στο μέγεθος κοπής (**cut size**):



Διάγραμμα 7: Διάγραμμα Λειτουργία επιλογής – Μέγεθος σωματιδίων στον πραγματικό διαχωρισμό.

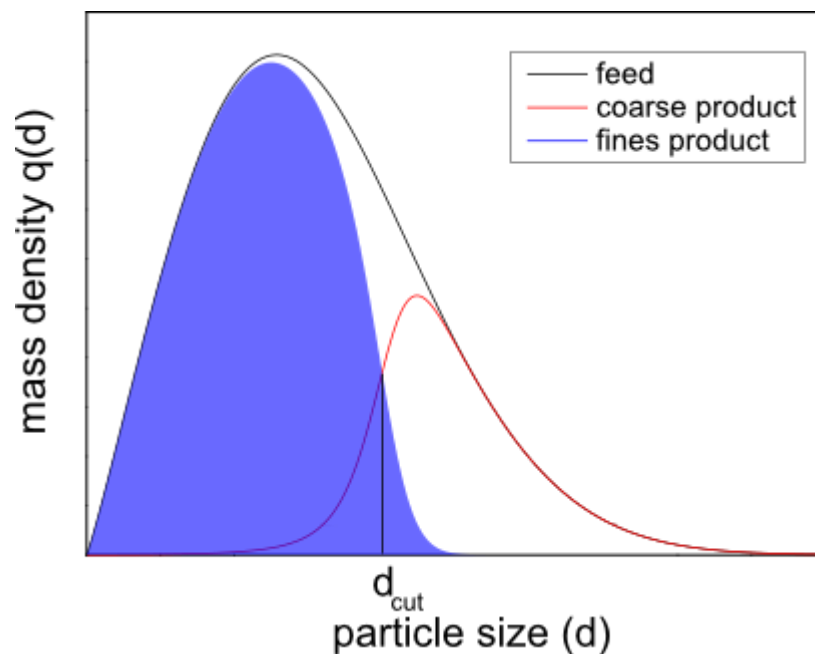
Η αντίστοιχη **λειτουργία επιλογής** εμφανίζει μια λειτουργία σχήματος **S** γύρω από το **μέγεθος κοπής d_{cut}** . Η ευκρίνεια του διαχωρισμού περιγράφει πόσο κοντά είναι ένας πραγματικός διαχωρισμός σε έναν ιδανικό διαχωρισμό.



Διάγραμμα 8: Διάγραμμα Λειτουργία επιλογής – Μέγεθος σωματιδίων στον πραγματικό διαχωρισμό.

Λεπτά σωματίδια (Fines Product)

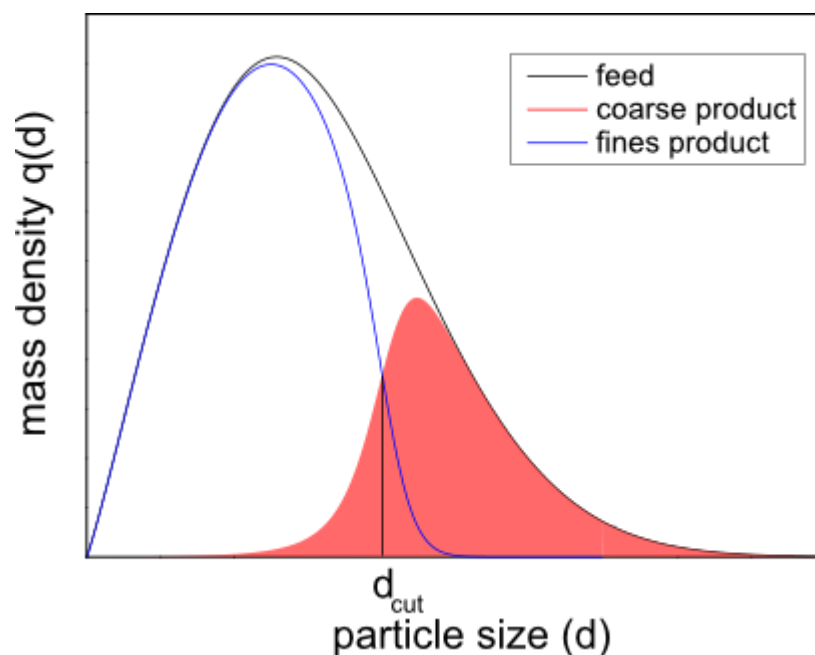
Το **fines product** είναι το ποσοστό της τροφοδοσίας που έχει κοκκομετρία μικρότερο από το άνοιγμα της βρογχίδας. Οπότε το μέγεθός του είναι μικρότερο από το μέγεθος κοπής d_{cut} .



Διάγραμμα 9: Καμπύλη Μεγέθους σωματιδίων – Πυκνότητα μάζας των λεπτών σωματιδίων.

Ακατέργαστο προϊόν- χονδροειδές προϊόν (Coarse Product)

Το χονδροειδές προϊόν είναι το κλάσμα της τροφοδοσίας που δεν διέρχεται από τα ανοίγματα του πλέγματος. Το κλάσμα που είναι μικρότερο από το **median cut point** ονομάζεται άστοχο υλικό (**misplaced material**).

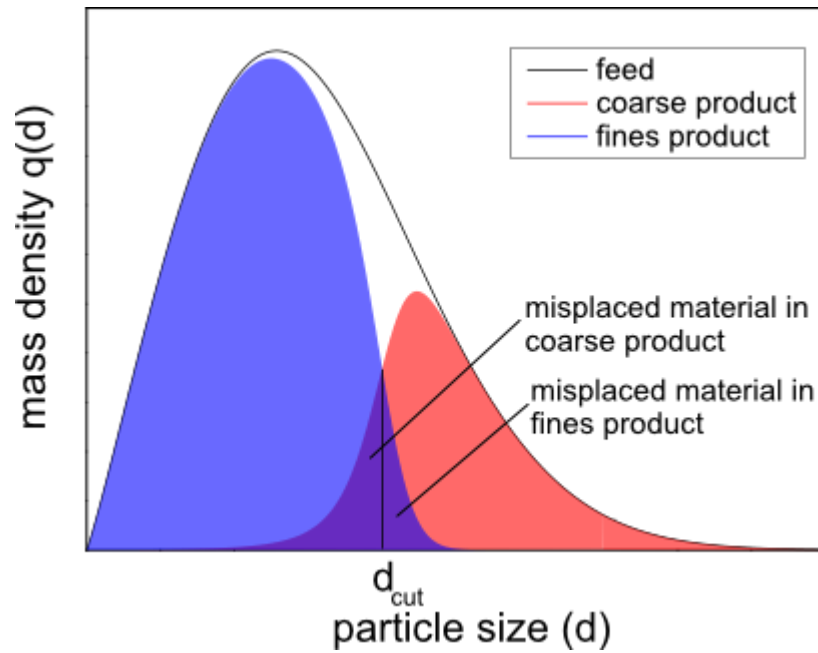


Διάγραμμα 10: Καμπύλη Μεγέθους σωματιδίων – Πυκνότητα μάζας του ακατέργαστου προϊόντος.

Άστοχο υλικό (Misplaced Material)

Το άστοχο υλικό ονομάζεται το κλάσμα το οποίο εμφανίζεται στην εσφαλμένη πλευρά του ταξινομητή:

Τα τεμάχια που είναι μικρότερα από το **cut size** και αποτελούν μέρος του χονδροειδούς προϊόντος ή που είναι μεγαλύτερα από το **cut size** και εμφανίζονται στο **fines product** (**misplaced material of fines fraction**). Ένας διαχωρισμός που περιέχει λανθασμένο υλικό ονομάζεται πραγματικός διαχωρισμός.

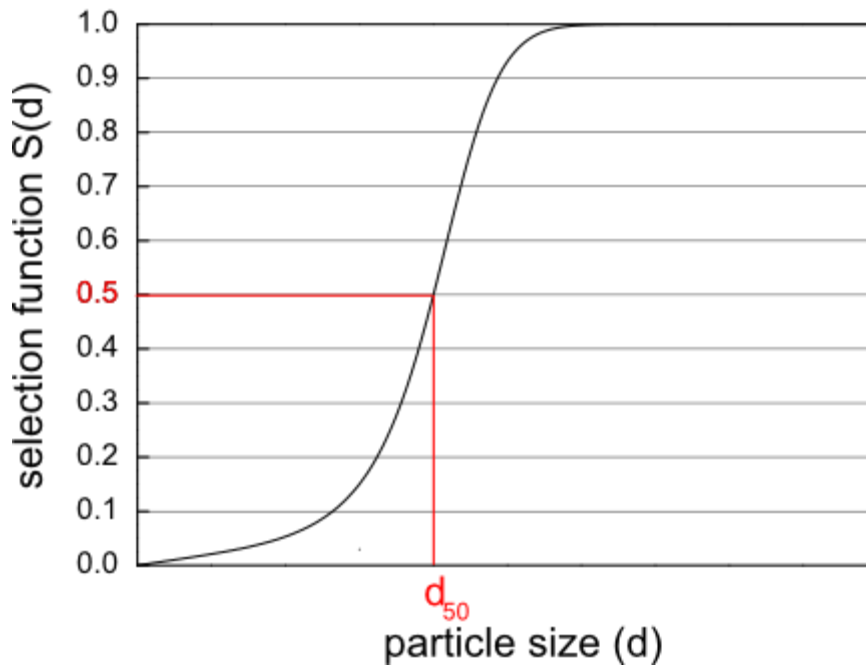


Διάγραμμα 11: Καμπύλη Μεγέθους σωματιδίων – Πυκνότητα μάζας του άστοχου υλικού.

Μεσαίο σημείο κοπής (Median Cut Point)

Το 50% των τεμάχια σωματιδίων μεγέθους ίσου με το **Μεσαίο σημείο κοπής d_{50}** εξέρχεται από τη διαδικασία διαχωρισμού στο χονδροειδές ρεύμα προϊόντος και το 50% των σωματιδίων αυτού του μεγέθους εξέρχεται από το ρεύμα προϊόντος λεπτών τεμάχια σωματιδίων (**fines product stream**).

Σημείωση: Αυτό είναι διαφορετικό από το d_{50} της κατανομής μεγέθους τεμάχια σωματιδίων εισόδου (inlet particle size distribution). Αυτό το d_{50} αντιστοιχεί σε τιμή 0,5 του **selection function**.



Διάγραμμα 12: Διάγραμμα Λειτουργία επιλογής – Μέγεθος σωματιδίων στο Μεσαίο σημείο κοπής.

Το **cut size** d_{cut} είναι το χαρακτηριστικό μέγεθος το οποίο σχηματίζει το επιθυμητό ανώτερο όριο μεγέθους σωματιδίων στα λεπτά τεμάχια και το επιθυμητό κατώτερο όριο μεγέθους σωματιδίων στο χονδρόκοκκο προϊόν. Για πολλά μοντέλα που βασίζονται σε **selection functions**, το **cut size** ισούται με το **median cut point** εάν δεν υπάρχει **offset of fines**.

Το **Selection Function** (λειτουργία επιλογής) έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Κάτω από το d_u η τιμή του **S (d)** είναι **0**, πράγμα που σημαίνει ότι κανένα τεμάχιο από αυτό το υλικό δεν μπορεί να βρεθεί σε χονδροειδές προϊόν.
- Πάνω από το d_u η τιμή του **S (d)** είναι **1**, πράγμα που σημαίνει ότι όλο τα τεμάχια του υλικού είναι στο χονδροειδές προϊόν.
- Στο d_{50} (**median cut point**) η τιμή του **S (d)** είναι **0,5**.

Η καμπύλη βαθμού αποδοτικότητας (**grade efficiency curve**) μπορεί να χαρακτηριστεί περαιτέρω από την ευκρίνεια διαχωρισμού (**separation sharpness**) σύμφωνα με τον Eder.

Separation Sharpness (Διαχωρισμός Ευκρίνειας)

Η ευκρίνεια διαχωρισμού περιγράφει πόσο κοντά είναι ένας πραγματικός διαχωρισμός σε έναν ιδανικό διαχωρισμό. Η ποιότητα της ταξινόμησης μπορεί να ποσοτικοποιηθεί από την απότομη καμπύλη όπως παρουσιάζεται παρακάτω στο Διάγραμμα 14 . Η αύξηση της κλίσης της συνάρτησης επιλογής αντιστοιχεί στην αυξανόμενη ευκρίνεια του διαχωρισμού. Ωστόσο,

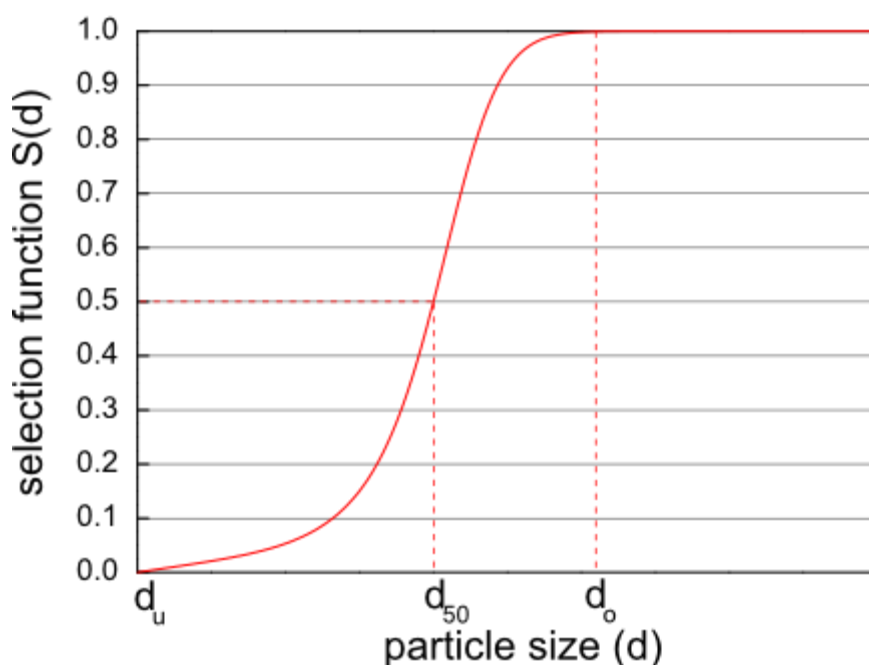
συνήθως τα δεδομένα στα άκρα της καμπύλης είναι λιγότερο ακριβή από τα δεδομένα στη μέση. Για το λόγο αυτό, καθορίζονται διάφορες χαρακτηριστικές τιμές σχετικά με αυτό το μεσαίο εύρος της συνάρτησης επιλογής για να χαρακτηριστεί η ευκρίνεια του διαχωρισμού.

Χαρακτηριστική τιμή είναι ο βαθμός ευκρίνειας διαχωρισμού από τον Eder:

$$\chi = \frac{d_{25}}{d_{75}}$$

Όπου d_{25} και d_{75} είναι τα μεγέθη σωματιδίων για τα οποία η συνάρτηση επιλογής $S(d) = 0,25$ και $0,75$ αντίστοιχα.

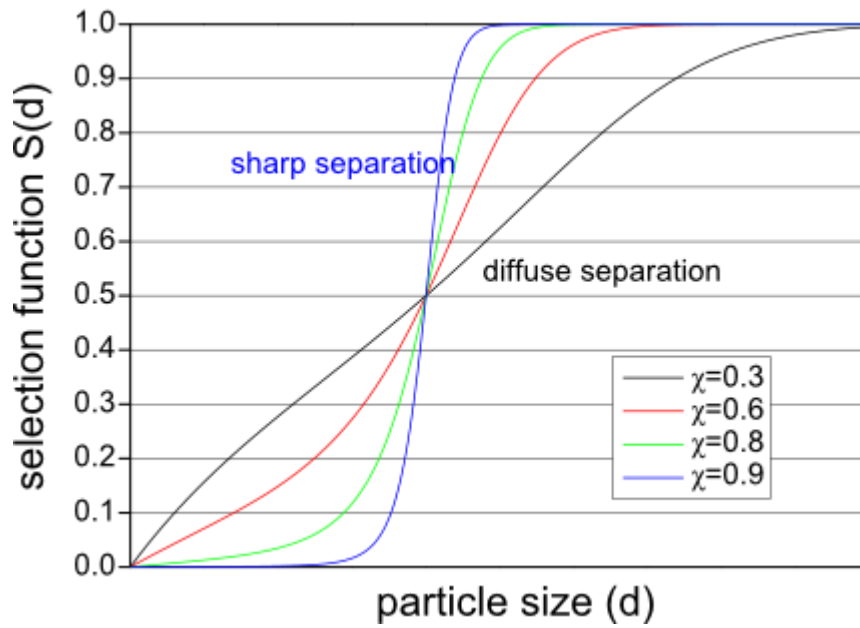
Σύμφωνα με αυτόν τον ορισμό, $\chi = 1$ για έναν ιδανικό διαχωρισμό και $\chi < 1$ για έναν πραγματικό διαχωρισμό.



Διάγραμμα 13: Διάγραμμα Λειτουργία επιλογής – Μέγεθος σωματιδίων

Ο Rumpf όρισε ορισμένες περιοχές τιμών που είναι πρακτικά εφικτές:

- $\approx 0.8 \dots \chi \dots \approx 0.9$ *sharp analytical separation*
- $\approx 0.6 \dots \chi \dots \approx 0.8$ *sharp technical separation*
- $\approx 0.3 \dots \chi \dots \approx 0.6$ *usual technical separation*

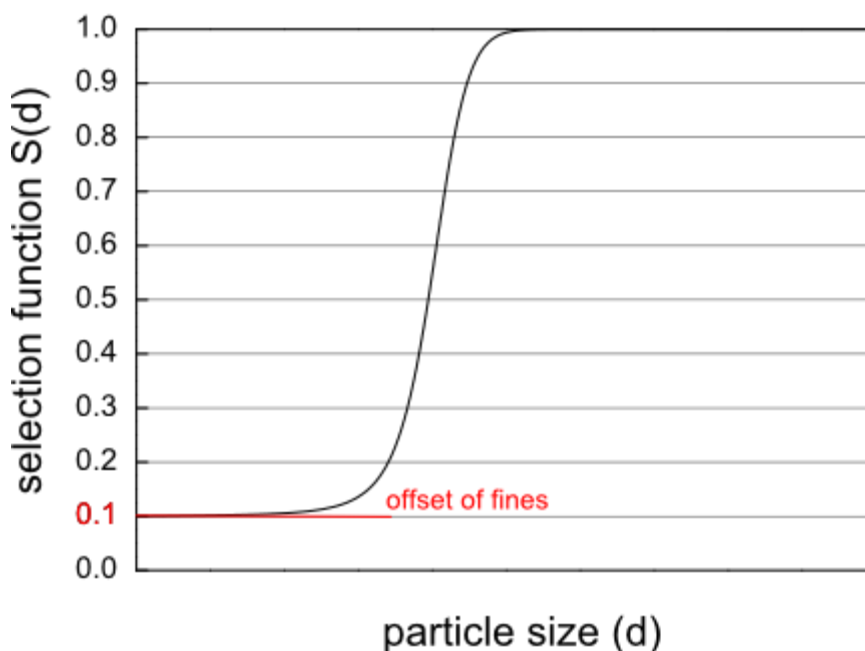


Διάγραμμα 14: Διάγραμμα Λειτουργία επιλογής – Μέγεθος σωματιδίων

Ανάλογα με την εφαρμογή, ο ορισμός του βαθμού ευκρίνειας διαχωρισμού μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας διαφορετικές τιμές οι οποίες είναι συμμετρικές με το d_{50} . Όλα αυτά τα μέτρα μπορούν να καθοριστούν σχετικά απλά, αλλά η σημασία τους είναι περιορισμένη.

Offset of Fines

Το **offset of fines** των σωματιδίων είναι εκείνο το τμήμα του υλικού το οποίο παρακάμπτει το διαχωρισμό και πηγαίνει κατευθείαν στο χονδροειδές προϊόν, χωρίς να έχει την ευκαιρία να περάσει από το κόσκινο.



Διάγραμμα 15: Διάγραμμα Λειτουργία επιλογής – Μέγεθος σωματιδίων στο offset of fines.

Ο αριθμός των καταστρωμάτων κοσκίνου είναι μικρότερος από τον αριθμό των συνδεδεμένων ροών εξόδου.

Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει το **Input | Specifications sheet** για την εισαγωγή πληροφοριών που αφορούν το κόσκινο. Για κάθε κατάστρωμα κοσκίνου ισχύει :

- **Selection function**
- «άνοιγμα» βρογχίδας πλεγμάτων (**Screen size opening**).
- Επίπεδο λειτουργίας και τρόπος λειτουργίας (υγρό ή ξηρό) **Operating level (Upper or Lower) and operating mode (Wet or Dry)**
- Μέγεθος κοπής (**Cut size**)
- Ευκρίνεια διαχωρισμού (**Separation sharpness**)
- **Offset of fines**
- **Whiten beta**

Λειτουργίες επιλογής στο κόσκινο

Το κόσκινο προσφέρει πολλές επιλογές για το **Selection Function**. Σε όλες τις περιπτώσεις, το κλάσμα **S_i** κάθε κατηγορίας μεγέθους σωματιδίων **i** θα διαχωριστεί ως χονδρό προϊόν και το **d_i** αντιπροσωπεύει το μέγεθος σωματιδίων και υπολογίζεται ως το μέσο μέγεθος της κατηγορίας μεγέθους σωματιδίων:

$$d_i = \frac{d_{lower,i} + d_{upper,i}}{2}$$

όπου **d_{lower, i}** και **d_{upper, i}** είναι το κατώτερο και το ανώτερο όριο του διαστήματος μεγέθους **i**.

Το κόσκινο υπολογίζει τον ρυθμό ροής του ρεύματος που το μέγεθός του υπερβαίνει το άνοιγμα της βρογχίδας ως εξής:

Όπου:

$$F_o = \sum_i S_i \sum_j F_{ij}$$

S_i = **Selection Function**. Το κλάσμα των σωματιδίων τροφοδοσίας μεγέθους φάσματος που διέρχεται από το κόσκινο στο προϊόν υπερχειλίσης

F_{ij} = ο ρυθμός ροής (**Flow rate**) της τροφοδοσίας σε εύρος μεγέθους **i** και χαρακτηριστικό κατανομής μεγέθους σωματιδίων **j**

Το **κόσκινο** προσομοιώνει τον διαχωρισμό ενός μίγματος που περιέχει διάφορα μεγέθη τεμάχων σε τεμάχια που έχουν πιο ομοιόμορφα μεγέθη από το αρχικό μείγμα. Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει το κόσκινο για να σχεδιάσει λειτουργίες ξηρής λειτουργίας.

Οι παρακάτω φόρμες χρησιμοποιούνται για να γίνει η εισαγωγή των προδιαγραφών και να μελετηθούν τα αποτελέσματα για το **Κόσκινο**:

Πίνακας 13: Πίνακας που αφορά την φόρμα- λειτουργία ενός κοσκίνου

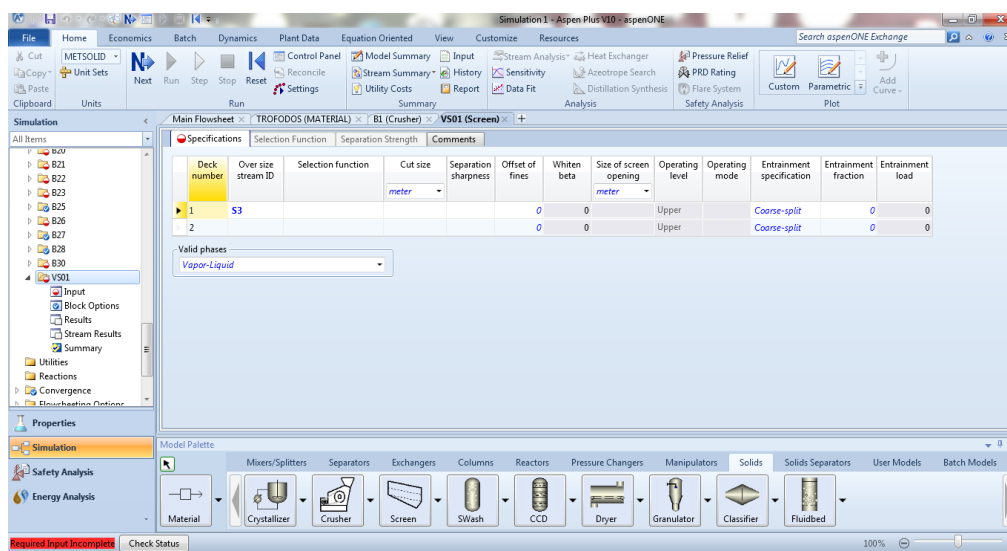
Αυτή η φόρμα χρησιμοποιείται	Για να πραγματοποιηθούν οι εξής λειτουργίες
Input	Ο χρήστης καθορίζει τις παραμέτρους του κοσκίνου, τις συνθήκες λειτουργίας και επιλογής διαχωρισμού κοσκίνου
Stream Results	Προβάλλονται τα υπολογισθέντα αποτελέσματα για ροές υλικού, ροές θερμότητας, ροές φορτίου και ροές εργασίας
Results	ο χρήστης έχει την δυνατότητα να δει την σύνοψη των αποτελεσμάτων του κοσκίνου και των ισοζυγίων υλικών και ενέργειας

Φόρμα εισόδου κοσκίνου (Screen Input Form)

Στη φόρμα εισαγωγής κοσκίνου καθορίζονται οι παράμετροι λειτουργίας .

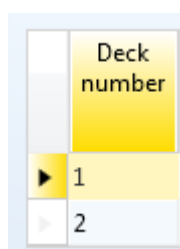
Πίνακας 14: Πίνακας παραμέτρων κοσκίνου

Αυτή η φόρμα χρησιμοποιείται	Για να μπορέσει ο χρήστης να αναγνωρίσει
Specifications	Για κάθε κατάστρωμα, όλες τις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται
Separation Strength	Προσαρμοσμένη δύναμη διαχωρισμού



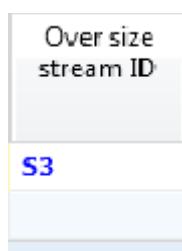
Εικόνα 77: Παράθυρο επεξεργασίας παραμέτρων του κοσκίνου.

Ο αριθμός των καταστρωμάτων **DECK NUMBER**, υποδηλώνει το πόσα καταστρώματα έχει το κόσκινο που έχει επιλεγεί. Στην συγκεκριμένη εργασία είναι απαραίτητη η χρήση δύο ειδών κοσκίνων. Κόσκινα ενός καταστρώματος και κόσκινα δυο καταστρωμάτων όπως και στην εικόνα 78.



Εικόνα 78: Προσδιορισμός του καταστρώματος.

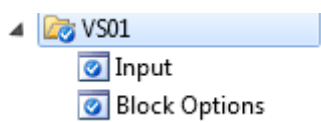
Το **OVER SIZE STREAM ID**, αναφέρεται στην μεταφορική ταινία η οποία μεταφέρει υλικό μεγαλύτερης κοκκομετρίας από το άνοιγμα βροχίδας του κόσκινου.



Εικόνα 79: Η στήλη που αντιπροσωπεύει τις μεταφορικές ταινίες που φέρουν το υλικό στο κόσκινο.

Σε αυτή την εργασία, οι διεργασίες πραγματοποιούνται σε ιδανικές καταστάσεις, άρα επιλέγεται το **IDEAL**.

Το **CUT SIZE** άνοιγμα βροχίδας σε κάθε κατάστρωμα.



Ο επιλογή του θραυστήρα στο πρόγραμμα χρησιμοποιείται για προσομοιωθεί η θραύση των στερών σωματιδίων.

Οι επιλογές θραυστήρα είναι:

- Gyrotory/ jaw crushers, θραυστήρες/κοπτήρες σιαγόνων
- Single-roll crushers, θραυστήρες μονού κυλίνδρου
- Multiple-roll crushers, θραυστήρες πολλών κυλίνδρων
- Impact mill, μύλος κρούσης κρουστικός θραυστήρας
- Hammer mill, σφυρόμυλος
- Cone, κωνικός θραυστήρας
- Jaw, σιαγόνας
- Σφαιρόμυλος

Ο θραυστήρας υποθέτει ότι η τροφοδοσία του είναι ομοιογενής. Η διαδικασία θραύσης δημιουργεί θραυσμένα τεμάχια με την ίδια σύνθεση όπως η τροφοδοσία. Ο θραυστήρας δίνει την δυνατότητα στον χρήστη, να γνωρίζει την απαιτούμενη ισχύ για την θραύση των τεμαχίων, αλλά και την ισχύ που απαιτείται για την κατανομή του μεγέθους των σωματιδίων που βρίσκονται στο ρεύμα κυκλοφορίας προς την έξοδο.

Σε αυτό το σημείο μπορεί να σημειωθεί ότι ο θραυστήρας δεν υπολογίζει τη θερμότητα που παράγεται από τη διαδικασία θραύσης.

Απαιτήσεις ισχύος (Power Requirement)

Η ακόλουθη εξίσωση καθορίζει την απαίτηση ισχύος για τον θραυστήρα:

$$POWER = \frac{0.01(\sqrt{X_F} - \sqrt{X_P}) \times BWI \times FLOW_T}{\sqrt{X_F \times X_P}}$$

Όπου:

Πίνακας 15: Επεξήγηση των παραμέτρων της εξίσωσης

$POWER$ R	=	Απαιτούμενη ενέργεια (Watt)
X_F	=	Διάμετρος μεγαλύτερη από 80% της μάζας των σωματιδίων τροφοδοσίας (m)
X_P	=	Διάμετρος μεγαλύτερη από 80% της μάζας σωματιδίων προϊόντος (m)
$FLOW$ T	=	Ο ρυθμός ροής μάζας ολικών στερεών (kg / s)

Τυπικές τιμές του Bond work index

Αυτός ο πίνακας δείχνει κάποιες τυπικές τιμές για τον Bond work index διαφόρων υλικών:

Πίνακας 16: Αναπαράσταση τιμών για τον Bond work index

Υλικά	Work index
Andesite	22.13
Barite	6.24
Basalt	20.41 - 22.50
Bauxite	9.45 - 10.42
Cement clinker	13.49 - 14.87
Cement raw material	10.57 - 11.65
Chrome ore	9.60 - 10.58

Υλικά	Work index
Clay	7.10
Clay calcined	1.43
Coal	11.37 - 12.53
Coke	20.70 - 22.82
Coke fluid petroleum	38.60
Coke petroleum	73.80
Copper ore	13.13
Coral	10.16
Diorite	19.40
Dolomite	11.31
Emery	58.18
Feldspar	11.67 - 12.88
Ferrochrome	8.87
Ferromanganese	7.77
Ferrosilicon	12.83
Flint	26.16
Fluorspar	9.76
Gabbro	18.45
Galena	10.19
Garnet	12.37
Glass	3.08 - 3.40
Gneiss	20.13
Gold ore	14.83
Granite	14.39 - 15.86
Graphite	45.03
Gravel	25.17
Gypsum rock	8.16 - 8.99
Hematite	12.68
Hematite-specular	15.40
Ilmenite	13.11
Iron ore	15.44 - 17.10
Kyanite	18.87

Υλικά	Work index
Lead ore	11.40 - 12.57
Lead-zinc ore	11.35
Limonite	8.45
Limestone	11.61 - 12.80
Limestone for cement	10.18
Manganese ore	12.46
Magnesite. dead burned	16.80
Magnetite	10.21
Mica	134.50
Molybdenum	12.97
Nickel ore	11.88
Oil shale	18.10
Oolitic	11.33
Phosphate fertilizer	13.03 - 14.36
Phosphate rock	10.13
Potash ore	8.88
Potash salt	8.23
Pumice	11.93
Pyrite ore	8.90
Pyrrhotite ore	9.57
Quartzite	12.18
Quartz	12.77 - 14.08
Rutile ore	12.12
Sandstone	11.53
Shale	16.40
Silica	13.53
Silica sand	16.46
Silicon carbide	26.17
Silver ore	17.30
Sinter	8.77
Slag	15.76 - 17.37
Slag.iron blast furnace	12.16

Υλικά	Work index
Slate	13.83
Sodium silicate	13.00
Spodumene ore	13.70
Syenite	14.90
Taconite	14.87
Tile	15.53
Tin ore	10.81
Titanium ore	11.88
Trap rock	21.10
Uranium ore	17.93
Zinc ore	12.42 - 13.69

Η επιλογή λειτουργίας Vogel (Vogel Selection Function)

Η συνάρτηση επιλογής Vogel S περιγράφει, για ένα σωματίδιο με διάμετρο **d**, το κλάσμα των σωματιδίων που συνθλίβονται ενώ διέρχονται μία φορά μέσω του θραυστήρα.

Με βάση δύο ανεξάρτητες προσεγγίσεις, τις εκτιμήσεις ομοιότητας και το μηχανικό μοντέλο θραύσης, μια αναλυτική συνάρτηση για την πιθανότητα θραύσης έχει προκύψει από τον Vogel. Η **breakage probability** (πιθανότητα θραύσης) περιγράφεται σύμφωνα με την προσέγγιση του Vogel από:

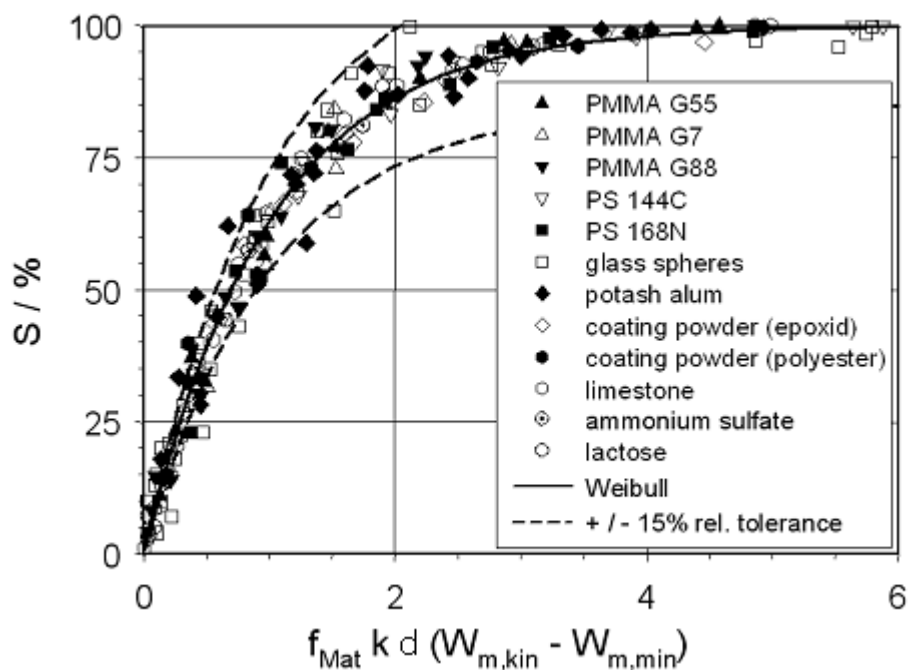
$$S = 1 - \exp\{-f_{Mat} \cdot d \cdot k \cdot (W_{m,kin} - W_{m,min})\}$$

Στην παραπάνω εξίσωση το f_{Mat} υποδηλώνει την αντίσταση του υλικού έναντι του εξωτερικού φορτίου $W_{m,kin}$ και $W_{m,min}$. Η τοποθέτηση της εξίσωσης της πιθανότητας θραύσης με τα δεδομένα θραύσης των δοκιμών κρούσης μεμονωμένων σωματιδίων δίνει την παράμετρο υλικού f_{Mat} και την ανεξάρτητη ενέργεια $dW_{m,min}$ για κάθε υλικό. f_{Mat} και $dW_{m,min}$ είναι περίπου αντιστρόφως ανάλογες μεταξύ τους. Τα εύθραυστα υλικά έχουν υψηλές τιμές f_{Mat} , τα περισσότερα όγκιμα υλικά χαρακτηρίζονται από μικρές τιμές του f_{Mat} . Οι τιμές των f_{Mat} και $dW_{m,min}$ για διάφορα υλικά συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 17: Παράμετροι υλικού f_{Mat} και $dW_{m,min}$ που προσδιορίζονται από δοκιμές μεμονωμένων σωματιδίων

Υλικό	$f_{Mat} / \text{kg/Jm}$	$dW_{m,min} / \text{Jm/kg}$
PMMA G88	0.059	3.541
PMMA G7	0.095	5.898
PMMA G55	0.115	2.957
PS 168N	0.118	5.410
PS 144C	0.125	3.427
Limestone	0.327	0.520
Ammonium Sulfate	0.844	0.126
Glass spheres	0.944	0.297
Potassium Alum	1.491	0.147
Powder Coating (Polyester)	2.299	0.018
Powder Coating (Epoxy)	5.266	0.005

Χρησιμοποιώντας την προσέγγιση του Vogel, διάφορα υλικά σε ένα ευρύ φάσμα μεγεθών, όπως διαφορετικά πολυμερή, κρυσταλλικές ουσίες, γυαλί και ασβεστόλιθος, μπορούν να χαρακτηριστούν ποσοτικά από μία μόνο καμπύλη, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Είναι μια κύρια καμπύλη που περιγράφει την πιθανότητα θραύσης διαφόρων υλικών.

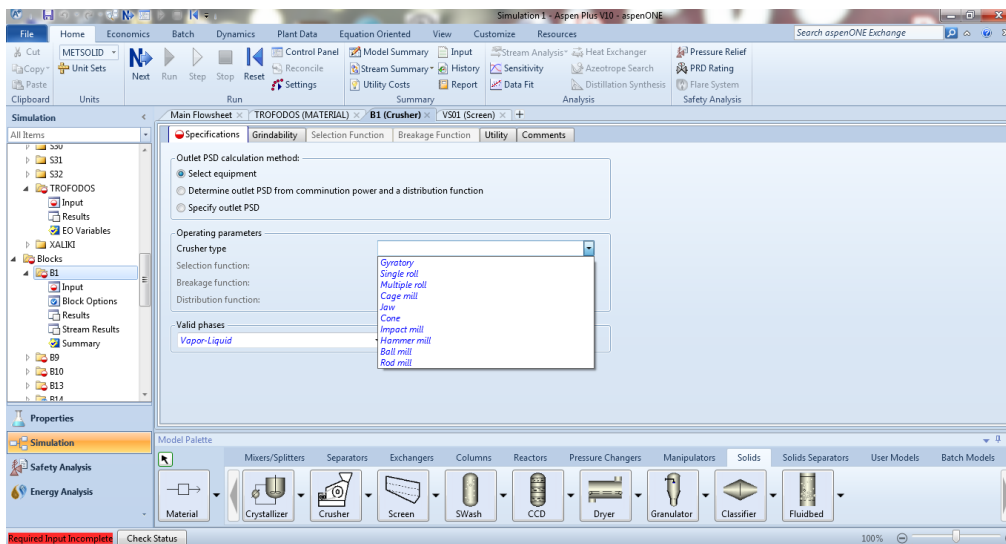


Διάγραμμα 16: Κύρια καμπύλη για την πιθανότητα θραύσης διαφόρων υλικών

Σε πειράματα μεμονωμένων σωματιδίων ο Vogel παρατήρησε μια μικρή επίδραση κόπωσης (**fatigue effect**) των σωματιδίων. Σε περίπτωση μεγάλου αριθμού **stress events**- γεγονότων στρες (π.χ. εάν τα χονδρόκοκκα σωματίδια από το προϊόν άλεσης ανακυκλώνονται) αυτό το αποτέλεσμα μπορεί να επηρεάσει το θρυμματισμό. Επομένως, ο Vogel προτείνει να αυξηθεί η παράμετρος f_{Mat} κατά 7% για κάθε συμβάν στρες, ενώ η παράμετρος $W_{m, min}$ θα μειωθεί κατά 7% για κάθε **stress event**. Όταν εξετάζεται το φαινόμενο κόπωσης και ο αριθμός συμβάντων τάσης είναι μεγαλύτερος από 1, τότε:

$$f_{Mat} = f_{Mat,specified} \times 1.07^{N_{stress}}$$

$$W_{m,min} = W_{m,min,specified} \times 0.93^{N_{stress}}$$



Εικόνα 80: Εμφάνιση διαφορετικών τύπων θραυστήρα.

VALID PHRASES: σε αυτή την επιλογή, ο χρήστης υποδηλώνει στον θραυστήρα το είδος της μορφής που θα έχει το προϊόν όταν εισέλθει σε αυτόν.

Vapor-Liquid: υλικά αέριας και υγρής μορφής

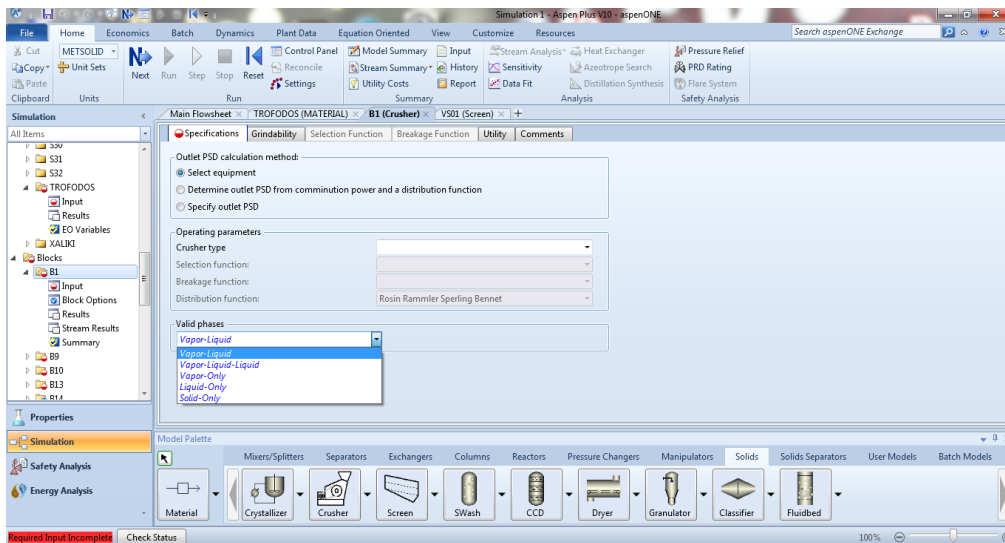
Vapor-Liquid-Liquid: υλικά αέριας και υγρής μορφής, με περισσότερα υγρής

Vapor-Only: υλικά αέριας μορφής

Liquid-Only: υλικά υγρής μορφής

Solid-Only: υλικά στερεής μορφής

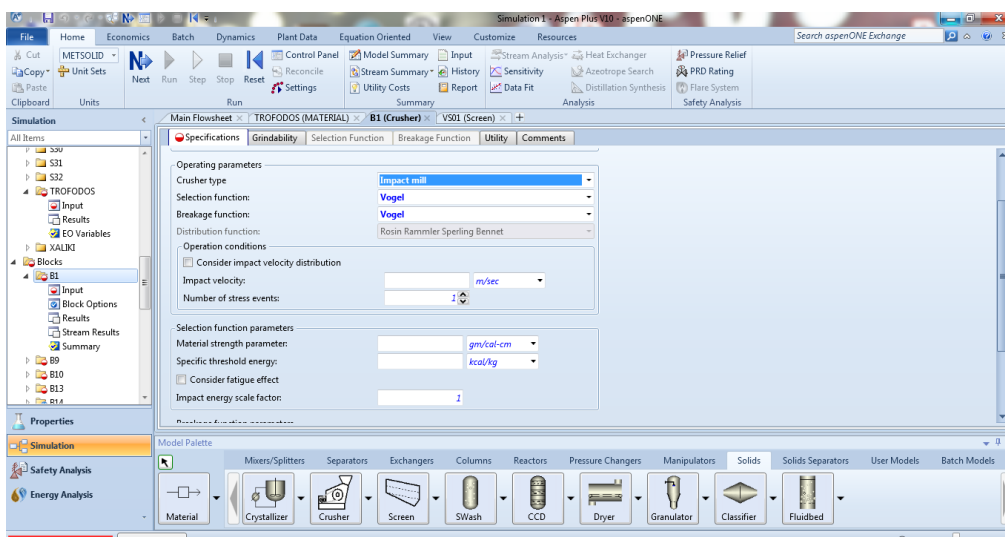
Στην περίπτωση αυτής της διπλωματικής, τα υλικά που εισέρχονται στους θραυστήρες θα είναι μόνο στερεής μορφής. Άρα γίνεται η επιλογή **Solid-Only** στο πλαίσιο του **valid phrases** σε όλους τους θραυστήρες.



Εικόνα 81: Επιλογή της μορφής του υλικού που εισέρχεται στο θραυστήρα.

Σε αυτό το στάδιο, ο χρήστης επιλέγει το **Επιλογή Μηχανήματος**. Αυτή η κίνηση γίνεται επειδή σε αυτή την εργασία, σε κάθε στάδιο της εξεργασίας του ασβεστόλιθου υπάρχει διαφορετικού είδους θραυστήρα.

Μόλις γίνει η παραπάνω επιλογή, θα εμφανιστούν στην επιφάνεια εργασίας, διάφορες επιλογές. Οι επιλογές που θα προκύψουν, θα αφορούν τον θραυστήρα και τις παραμέτρους λειτουργίας του.



Εικόνα 82: Επιλογή της φάσης που βρίσκεται το υλικό μέσα στο θραυστήρα.

Operating parameters

Crusher type: Impact mill

Selection function: Vogel

Breakage function: Vogel

Distribution function: Rosin Rammler Spering Bennet

Operation conditions

Consider impact velocity distribution

Impact velocity: m/sec

Number of stress events:

Εικόνα 83: Παράμετροι επιλογής τύπου θραυστήρα.

Operating parameters

Crusher type: Impact mill

Selection function: Vogel

Breakage function: Vogel

Distribution function: Rosin Rammler Spering Bennet

Εικόνα 84: Επιλογή τύπου θραυστήρα.

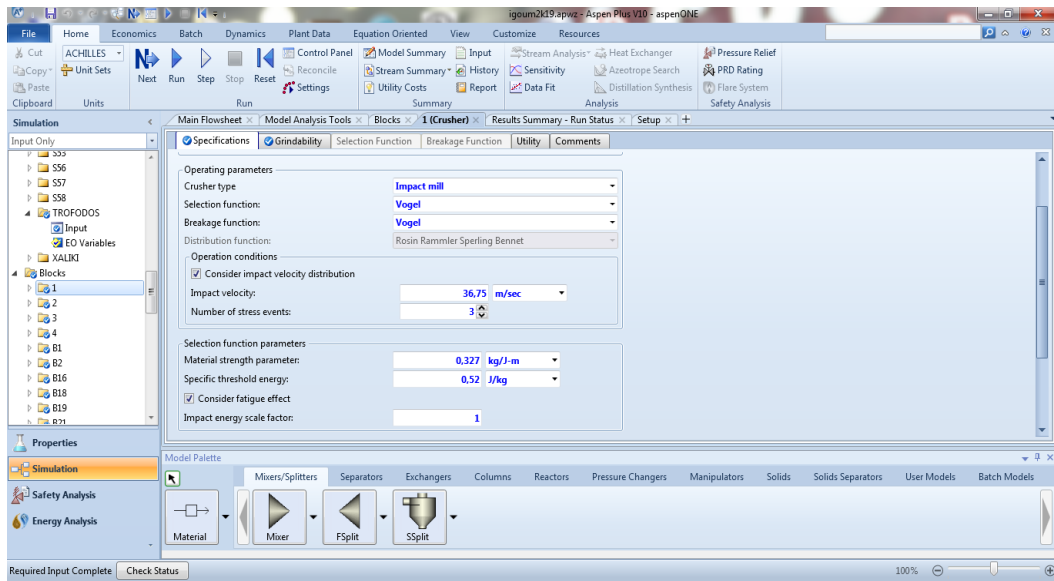
Operation conditions

Consider impact velocity distribution

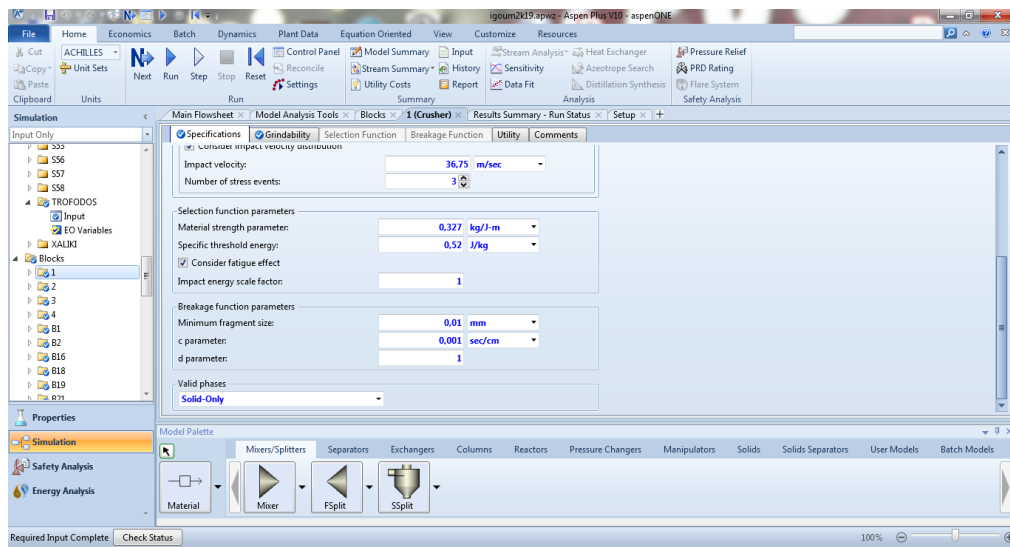
Impact velocity: m/sec

Number of stress events:

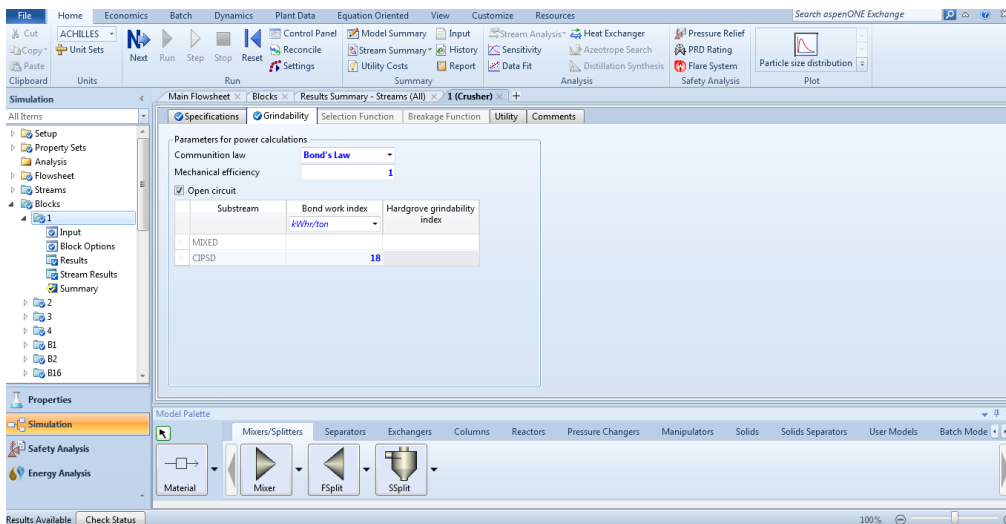
Εικόνα 85: Συμπλήρωση της ταχύτητας πρόσκρουσης, καθώς και των stress events που συμβαίνουν μέσα στον θραυστήρα.



Εικόνα 86: Απεικονίζονται οι παράμετροι του θραυστήρα



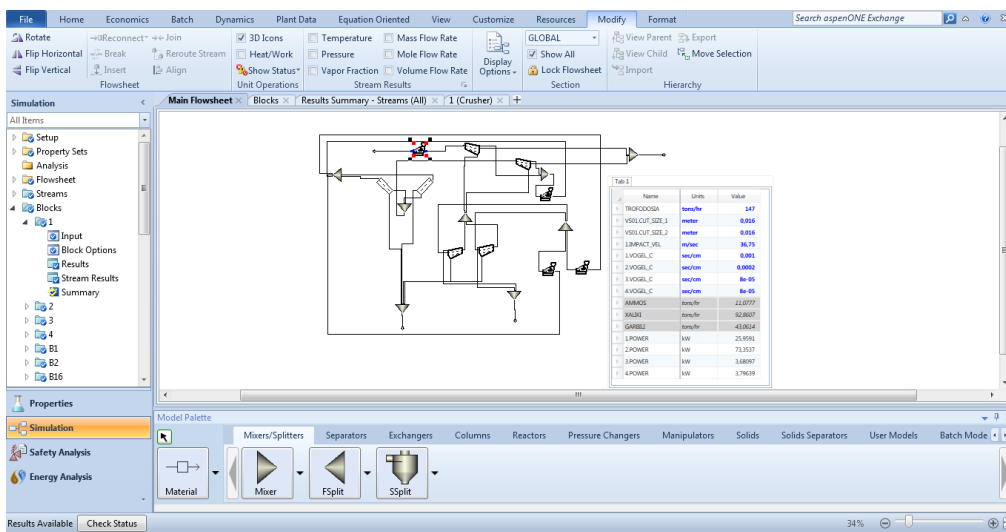
Εικόνα 87: Συμπλήρωση παραμέτρων το θραυστήρα.



Εικόνα 88: Με βάση τον νόμο του Bond γίνεται η συμπλήρωση των στοιχείων.

Στη συνέχεια, αφού έχει ολοκληρωθεί η συμπλήρωση των παραμέτρων, είναι δυνατή η έναρξη της προσομοίωσης.

Αφού ολοκληρωθεί η προσομοίωση, θα εμφανιστεί στο κύριο φύλλο εργασίας ένας πίνακας που αναφέρει συνοπτικά τις παραμέτρους που μπορεί να επεξεργαστεί ο χρήστης, καθώς και τα αποτελέσματα που προκύπτουν.



Εικόνα 89: Εμφάνιση πίνακα αποτελεσμάτων στο κύριο φύλλο εργασίας.

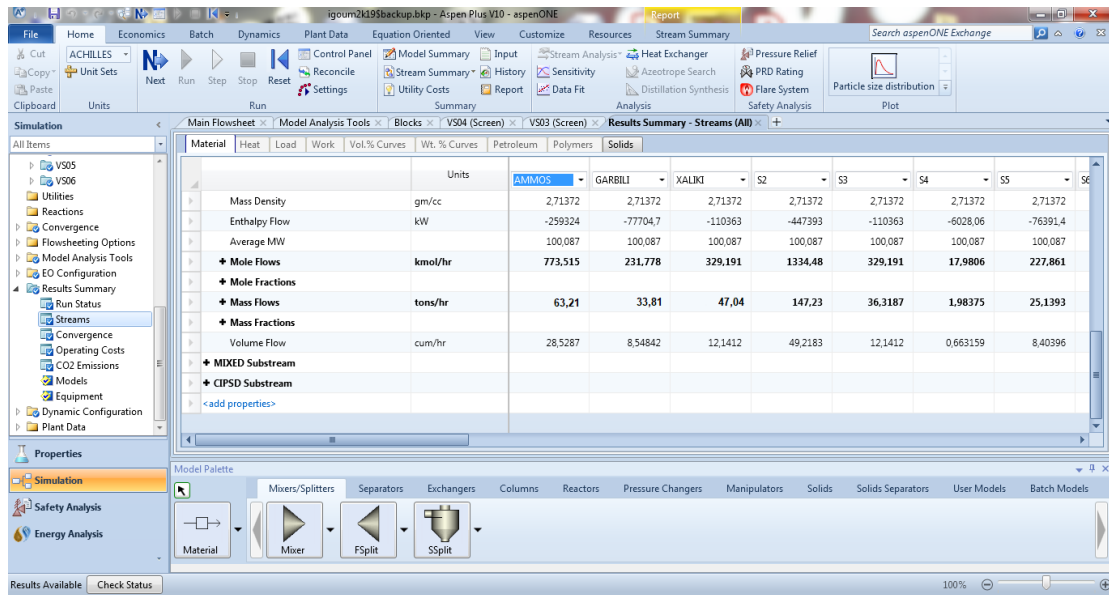
Πίνακας 18: Αναπαράσταση όλων των παραμέτρων που μπορεί ο χρήστης να επεξεργαστεί καθώς και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης που προκύπτουν.

Name	Units	Value
TROFODOSIA	tons/hr	63,21
VS01.CUT_SIZE_1	meter	0,016
VS01.CUT_SIZE_2	meter	0,016
1.IMPACT_VEL	m/sec	33,81
1.VOGEL_C	sec/cm	47,04
2.VOGEL_C	sec/cm	0,0002
3.VOGEL_C	sec/cm	8e-05
4.VOGEL_C	sec/cm	8e-05
AMMOS	tons/hr	63.21
XALIKI	tons/hr	47.04
GARBILI	tons/hr	33.81
1.POWER	kW	25,9591
2.POWER	kW	73,3537
3.POWER	kW	3,68097
4.POWER	kW	3,79639

Επιπλέον, δύναται να μελετηθεί η αναλυτική απογραφή της προσομοίωσης με όλα τα στοιχεία που την απαρτίζουν.

Material	Heat	Load	Work	Vol.% Curves	Wt.% Curves	Petroleum	Polymers	Solids
Units								
Description								
From								
To								
Stream Class								
Maximum Relative Error								
Cost Flow								
Cost Flow	\$/hr							
Total Stream								
Temperature	C	25	25,1249	25,1012	25,1346	25,1346	25,1346	25,1346
Pressure	kg/sgcm	1,01972	1,01972	1,01972	1	1,01972	1,01972	1,01972
Molar Vapor Fraction		0	0	0	0	0	0	0
Molar Liquid Fraction		0	0	0	0	0	0	0
Molar Solid Fraction		1	1	1	1	1	1	1

Εικόνα 90: Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.



Εικόνα 91: Παρουσιάζονται- οι ποσότητες σε τόνους ανά ώρα που προκύπτουν για την Άμμο, το Γαρμπίλι και το Χαλίκι με την ολοκλήρωση της προσομοίωσης.

Στη συνέχεια, πραγματοποιείται αλλαγή στο άνοιγμα βρογχίδας του κόσκινου VS01 σε 16 χιλιοστά. Πραγματοποιώντας την αλλαγή του καρέ, τα ποσοστά της μεταβολής περίπου είναι:

Υλικά	Ποσοστά (%)
Άμμος	+15
Γαρμπίλι	+15
Χαλίκι	-30

ποσοστά τα οποία ανταποκρίνονται στις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας του εν λόγω συγκροτήματος Θραύσης και Ταξινόμησης.

Συμπέρασμα: Με βάση την παραπάνω παρατήρηση, το πρόγραμμα είναι δομημένο έτσι ώστε όποια αλλαγή επιθυμεί η συγκεκριμένη Μονάδα να πραγματοποιήσει, μπορεί να γίνει επί του προγράμματος και να παρατηρηθεί τι αποτελέσματα θα γίνουν στην πράξη αφού γίνει η αναγωγή επί τις % δεδομένου ότι το πρόγραμμα μελετάει τις βέλτιστες συνθήκες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Plitt, L.R.: The analysis of solid–solid separations in classifiers. CIM Bulletin 64 (708), p. 42–47, 1971
2. Rogers, R.C.S.: A classification function for vibrating screens, Powder Technology, 31 (1982), pp. 135-137
3. Molerus, O.; Hoffmann, H.: Darstellung von Windsichtertrennkurven durch ein stochastisches Modell, Chemie Ingenieur Technik, 41 (5+6), 1969, pp. 340-344
4. Lynch, A.J.: Mineral crushing and grinding circuits: their simulation, optimisation, design and control. Elsevier, 1977
5. Napier-Munn, T.: Mineral Comminution Circuits - Their Operation and Optimisation
6. Andrew L. Mular, Doug N. Halbe, Derek J. Barratt: Mineral processing plant design, practice, and control: proceedings, SME, 2002
7. Donald W. Green and Robert H. Perry: Perry's Chemical Engineers' Handbook, Solid-Solid Systems 19-23, McGraw-Hill, 2008
8. Vogel, L., Peukert, W., Breakage behavior of different materials - construction of a mastercurve for the breakage probability, Powder Technology, 129, 2003, 101-110
9. Vogel, L., Peukert, W., Modelling of Grinding in an Air Classifier Mill Based on A Fundamental Material Function, KONA, 21, 2003, 109-120
10. King, R. P., Modeling and simulation of mineral processing systems, Butterworth & Heinemann, Oxford, 2001
11. Schönert, K., Size reduction, in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Volume B2: Unit Operations, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 1998
12. Vogel, L., Zur Bruchwahrscheinlichkeit prallbeanspruchter Partikel, Dissertation, München, 2003
13. Gotsis, C., Austin, L. G., Luckie, P. T., Shoji, K., Modeling of a Grinding Circuit with a Swing-Hammer Mill and a Twin-Cone Classifier, Powder Technology, 42, 1985, 209-216
14. K. Höffl, Zerkleinerungs- und Klassiermaschinen, Springer Verlag, Berlin, 1986
15. Gupta, A., Yan, D., Mineral Processing Design and Operation: An Introduction, Amsterdam, 2006
16. Whiten, W.J., Proceedings, 10th International Symposium on the Application of Computer Methods in the Minerals Industry, Johannesburg, 1972
17. Stieß, M., Mechanische Verfahrenstechnik 2, Springer, Nürnberg, 1994
18. *Computer Simulation of Coal Preparation Plants*, U.S. Bureau of Mines, Grant No. GO-155030, Final Report August (1977).
19. *Perry's Chemical Engineers' Handbook, 6th Ed.*, McGraw Hill, 1984.
20. Zogg, M., Einführung in die Mechanische Verfahrenstechnik, B. G. Teubner Verlag, Stuttgart, 1987.
21. Kerlin, H. P., Zerkleinerung von Kohle als Einzelkorn und im Kollektiv, Dissertation, Braunschweig, 1978.
22. <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=jigdGpm9%2Ff8%3D&tabid=296&language=el-GR>
23. <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=8jP1EcjPHIk%3D&tabid=296&language=el-GR>
24. <http://www.interbeton.gr/default.asp?siteID=1&pageID=65&langID=1>
25. <http://www.interbeton.gr/default.asp?siteID=1&pageid=58&langid=1>

26. Κοκκινάκης Α. “*Μαγματικά πετρώματα*”. Αθήνα, 1996
27. http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/handle/123456789/4117/antonopoulos_aggregates.pdf?sequence=3
28. <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=jigd-GPm9%2Ff8%3D&tabid=296&language=el-GR>
29. <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=jigd-GPm9%2Ff8%3D&tabid=296&language=el-GR>
30. <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=8jP1EcjPHIk%3D&tabid=296&language=el-GR#page=147&zoom=100,0,369>
31. <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=8jP1EcjPHIk%3D&tabid=296&language=el-GR#page=147&zoom=100,0,369>
32. <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=8jP1EcjPHIk%3D&tabid=296&language=el-GR#page=147&zoom=100,0,369>
33. http://mycourses.ntua.gr/courses/ME-TAL1007/document/%CA%CF%D3%CA%C9%CD%C1_%C8%C5%D9%D1%C9%C1-%C5%D6%C1%D1%CC%CF%C3%C5%D3/Koskina_Theoria_2018.pdf