



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

« Προσαρμογή μοντέλου θραύσης για πρόβλεψη των διαστασιακών ιδιοτήτων των προϊόντων λειοτρίβησης »

ΝΤΕΜΟΣ Χ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

Εξεταστική Επιτροπή

Σταμπολιάδης Ηλίας καθηγητής (Επιβλέπων)

Κομνίτσας Κωνσταντίνος καθηγητής

Γαλετάκης Μιχαήλ αναπληρωτής καθηγητής

Χανιά

Φεβρουάριος 2014

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	4
Περίληψη.....	5
Ευχαριστίες.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.Εισαγωγή.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.Θεωρητικό μέρος	10
2.1 Θεωρία κατάτμησης.....	10
2.2 Θεωρία διαστασιακών ιδιοτήτων	11
2.2.1 Κατανομή μάζας	12
2.2.2 Κατανομή αριθμού τεμαχιδίων	12
2.2.3 Κατανομή επιφάνειας	13
2.2.4 Κατανομή μήκους τεμαχιδίων	14
2.3 Μοντέλα προσομοίωσης	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Πειραματικό μέρος.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. Επεξεργασία πειραματικών αποτελεσμάτων	18
4.1 Αρχική τροφοδοσία.....	22
4.2 Κατανομή μάζας.....	22
4.3 Κατανομή επιφάνειας	26
4.4 Κατανομή αριθμού τεμαχιδίων.....	28
4.5 Κατανομή μήκους τεμαχιδίων	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. Υπολογισμός του ρυθμού θραύσης (κ)	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.Υπολογισμός κοκκομετρίας και διαστασιακών ιδιοτήτων με βάση το μαθηματικό μοντέλο	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.Βελτίωση μοντέλου	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. Συμπεράσματα	47

Βιβλιογραφία	48
Παράρτημα	50

Πρόλογος

Η εργασία αυτή εκπονήθηκε στη σχολή των Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης με επιβλέποντα καθηγητή τον κ. Ηλία Σταμπολιάδη με το αντικείμενο μελέτης να στοχεύει στην προσομοίωση της διαδικασίας λειοτρίβησης εφαρμοζόμενης σε ραβδόμυλο, για τον υπολογισμό των διαστασιακών ιδιοτήτων προϊόντος χαλαζία. Η διαδικασία χωρίζεται σε δυο στάδια με πρωτεύοντα στόχο τον υπολογισμό των διαστασιακών ιδιοτήτων προϊόντων ημισυνεχούς λειοτρίβησης χαλαζία με βάση την κοκκομετρία πειραματικών αποτελεσμάτων, ενώ δευτερευόντως προσδιορίζεται με την βοήθεια ενός μαθηματικού κινητικού μοντέλου η σχέση που συνδέει τον ρυθμό λειοτρίβησης με το μέγεθος της κοκκομετρίας. Εν συνεχεία και με βάση τις υπολογισθείσες κοκκομετρίες που προκύπτουν από το κινητικό μοντέλο βρίσκουμε τις υπολογιστικές διαστασιακές ιδιότητες. Παρατηρήθηκε ότι υπάρχει απόκλιση στις αθροιστικές κατανομές των διαστασιακών ιδιοτήτων, πλην της αθροιστικής μάζας, εάν συγκρίνουμε τα πειραματικά με τα υπολογιστικά αποτελέσματα.

Η αιτία απόκλισης οφείλεται στο γεγονός ότι στο λεπτόκοκκο υλικό δεν ακολουθείται ο ρυθμός θραύσης του συνολικού υλικού αλλά στην πραγματικότητα η διαδικασία της λειοτρίβησης σταματά χρονικά νωρίτερα από την θεώρηση. Θέτοντας ως στόχο η απόκλιση των πειραματικών τιμών των διαστασιακών ιδιοτήτων και των υπολογιστικών να ελαχιστοποιηθεί, προσομοιώνουμε τα υπολογιστικά αποτελέσματα έτσι ώστε να επιτευχτεί η ελάχιστη μεταξύ τους διαφορά. Οι προϋποθέσεις που επιλέχθηκαν για την προσαρμογή των υπολογιστικών τιμών με την μέγιστη δυνατή ακρίβεια, μας οδήγησαν στον υπολογισμό του ελάχιστου δημιουργούμενου μεγέθους λειοτρίβησης καθώς και για το πότε επιτυγχάνεται ταύτιση του ρυθμού θραύσης για την ταύτιση των αποτελεσμάτων.

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο έλεγχος της διαστασιακής ορθότητας της εξίσωσης ενός υπάρχοντος κινητικού μοντέλου θραύσης και εν συνεχεία η προσαρμογή του μοντέλου, στην πειραματική κοκκομετρία προϊόντων λειοτρίβησης χαλαζιακού πετρώματος. Οι δυνάμεις εφελκυσμού αυξάνουν όσο η διάμετρος τους δείγματος ελαττώνεται, ενώ η ειδική ενέργεια (ενέργεια ανά μονάδα βάρους) των τεμαχιδίων αυξάνεται όσο το μέγεθος των τεμαχιδίων μικραίνει. Η παρούσα εργασία παρουσιάζει ένα μαθηματικό μοντέλο που μπορεί να υπολογίσει το ελάχιστο πεπερασμένο μέγεθος του σωματιδίου που προκύπτει κατά την διαδικασία της θραύσης, ενώ η βελτιστοποίησή του οδηγεί σε ακριβή αποτελέσματα για το σύνολο των διαστασιακών ιδιοτήτων.

Χρησιμοποιώντας τις κοκκομετρικές αναλύσεις όπως αυτές προέκυψαν κατά την διάρκεια της διπλωματικής εργασίας του μηχανικού Ορυκτού Πόρων Σταμάτη Εμμανουηλίδη, υπολογίζουμε τις κατανομές των ιδιοτήτων που στο εξής θα ονομάζονται διαστασιακές ή διαστατικές. Οι διαστασιακές ιδιότητες είναι η επιφάνεια, το μήκος, η μάζα και ο αριθμός των κόκκων ενώ εν συνεχεία υπολογίζουμε τις αθροιστικές κατανομές τους και τις παρουσιάζουμε σε διαγράμματα. Οι διαστασιακές ιδιότητες των υλικών και το πώς επηρεάζονται κατά το στάδιο της κατάτμησης, είναι ένα από τα θέματα τα οποία απασχολούν πολλά χρόνια την επιστημονική κοινότητα, καθώς μέσα από τον υπολογισμό τους μπορούμε να λάβουμε πολύ σημαντικές πληροφορίες για την δομή κάθε υλικού, ενώ με περαιτέρω έρευνα τις χρησιμοποιούμε για την βελτιστοποίηση των μεθόδων θραύσης.

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας, χρησιμοποιώντας ένα κινητικό μαθηματικό μοντέλο, μας παρέχεται εκ νέου η δυνατότητα να έχουμε μια εκτίμηση της κατανομής της μάζας την οποία χρησιμοποιούμε για να εκτιμήσουμε τις νέες τιμές των διαστασιακών ιδιοτήτων. Η προσπάθεια μας επικεντρώνεται στο γεγονός, ότι όποιες αποκλίσεις παρατηρούνται μεταξύ πειραματικών και υπολογιστικών αποτελεσμάτων, μέσω της βελτιστοποίησης του μοντέλου συρρικνώνονται, έτσι ώστε να επιτευχθεί η συμφωνία μεταξύ των αποτελεσμάτων.

Οι παράμετροι που μεταβάλλονται ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή προσομοίωση μας οδηγούν σε χρήσιμα συμπεράσματα για την μεθοδολογία λειοτρίβησης που επιλέγεται κατά την θραύση των υλικών στην μηχανική των τεμαχιδίων καθώς και για την σχέση του ρυθμού θραύσης με το μέγεθος των τεμαχιδίων κατά την διάρκεια της διαδικασίας. Ειδικότερα για τα μεγέθη κοντά στο μηδέν, οπότε και η ενέργεια λαμβάνει την μέγιστη τιμή της, παρατηρείται ένα ελάχιστο σωματίδιο πέραν του οποίου όση ενέργεια και εάν προσφερθεί, το μέγεθος δεν μπορεί να μειωθεί περαιτέρω οπότε και καθίστανται η ολοκλήρωση της διαδικασίας.

Η παρούσα διπλωματική εξετάζει την αιτία που δημιουργεί την απόκλιση μεταξύ υπολογιστικών και πειραματικών αποτελεσμάτων, βελτιστοποιεί το μοντέλο έτσι ώστε η απόκλιση να ελαχιστοποιηθεί και υπολογίζει το ελάχιστο μέγεθος σχηματιζόμενου τεμαχιδίου που προκύπτει από την διαδικασία της λειοτρίβησης.

Ευχαριστίες

Η ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής μου δίνει την δυνατότητα να ευχαριστήσω ανθρώπους που δίχως την δική τους στήριξη και πάσεως φύσεως συμπαράσταση, θα δυσχέραινε κατά πολύ την αποπεράτωσή της. Καταρχήν θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την παιδεία που μου πρόσφεραν, την αδελφή μου για την συμπαράστασή της, όλους τους δασκάλους, καθηγητές, συμμαθητές και συμφοιτητές μου για κάθε ξεχωριστή και βαθειά χαραγμένη ανάμνηση που έχω από τον καθένα τους.

Τον καθηγητή μου κ. Ηλία Σταμπολιάδη για την ανάθεση της εξερεύνησης και κατανόησης ενός διαφορετικού κόσμου καθώς και τους επιστημονικούς συνεργάτες κ. Ευάγγελο Πετράκη και κ. Όλγα Παντελάκη για την αδιάλειπτη βοήθεια τους, όπως και τους καθηγητές κ. Κων/νο Κομνίτσα και κ. Μιχαήλ Γαλετάκη για τις εύστοχες παρατηρήσεις τους.

Ένα μεγάλο και ιδιαίτερο ευχαριστώ στην σύζυγο μου για την αμέριστη και συνεχή προτροπή και υπομονή που έδειξε όλο αυτό το χρονικό διάστημα.

Τέλος μια ιδιαίτερη μνεία στον Αναστάσιο Σιάμο, στην Μαρία Παπαδοπούλου και στον Ιωάννη Κούλαλη.

1. Εισαγωγή

Το πόσο σημαντική είναι για την μηχανική των τεμαχιδίων η κατάτμηση του αρχικού προϊόντος στο επιθυμητό μέγεθος ώστε να μπορεί να εξελιχθεί η διαδικασία του εμπλουτισμού, φαίνεται από τον συσχετισμό της με την καταναλωμένη ενέργεια ανά μονάδα μάζας, δηλαδή την ειδική ενέργεια. Αυτό επηρεάζει το κόστος της επένδυσης είτε αυτή πρόκειται για βιομηχανική, είτε για μεταλλευτική επιχείρηση.

Κατά τη διάρκεια της λειοτρίβησης η κατανομή μάζας του υλικού τροφοδοσίας μετατοπίζεται σε λεπτότερα μεγέθη από ένα συγκεκριμένο μέγιστο μέγεθος, από το οποίο η διαδικασία ξεκινά, ωστόσο η συνολική μάζα όσο και ο συνολικός όγκος των τεμαχιδίων να παραμένει σταθερός. Όμως η συνολική επιφάνεια, το συνολικό μήκος και ο συνολικός αριθμός των κόκκων αυξάνουν όσο η λειοτρίβηση εξελίσσεται. Όπως θα αποδειχτεί παρακάτω υπάρχει άμεση αλληλεξάρτηση μεταξύ των ιδιοτήτων, αφού εάν μεταβάλλουμε την κατανομή της μάζας αυτόματα διαφοροποιούνται εξαιτίας αυτής της αλλαγής και όλες οι υπόλοιπες ιδιότητες μιας και η μεταξύ τους σχέση είναι άμεση.

Η ύπαρξη ενός μαθηματικού μοντέλου μας βοηθά να υπολογίσουμε την κοκκομετρία όποτε και εμφανίζεται απόκλιση μεταξύ των τιμών των διαστασιακών ιδιοτήτων εάν συγκριθούν με αυτές των πειραματικών δεδομένων. Το πρόβλημα εστιάζεται στην περιοχή κοντά στο μηδέν που με βάση το πείραμα το μέγεθος των τεμαχιδίων δεν είναι μηδέν, όπως το μοντέλο θεωρεί, αλλά υπάρχει ένα ελάχιστο μέγεθος υλικού. Επιπλέον η υπόθεση αυτή συνεπάγεται πως ο συνολικός αριθμός των κόκκων είναι ένας σαφώς πεπερασμένος ακέραιος αριθμός, που ανεξάρτητα από το πόσο μεγάλος είναι, δεν μπορεί να είναι άπειρος.

Σε κάθε κοκκώδες υλικό μιας προκαθορισμένης ολικής μάζας υπάρχει πάντα ένα μέγιστο μέγεθος πάνω από το οποίο, δεν εμφανίζονται καθόλου τεμαχίδια. Θεωρητικά το μεγαλύτερο τεμαχίδιο που θα μπορούσε να υπάρχει, είναι αυτό που θα περιέκλειε όλη τη μάζα του υλικού και στο εξής θα αναφέρεται ως τεμαχίδιο ολικής μάζας. Στη πραγματικότητα το μέγιστο τεμαχίδιο που υπάρχει στα κοκκώδη υλικά, είναι μικρότερο από το τεμαχίδιο ολικής μάζας και ελαττώνεται όσο η λειοτρίβηση

εξελίσσετε, δηλαδή όσο αυξάνεται η προσφερόμενη ενέργεια λειοτριβήσης. Εν αντίθεση με το τεμαχίδιο ολικής μάζας, που έχει συγκεκριμένο μέγεθος και μάζα, υπάρχει σύγχυση σχετικά με το ποιο είναι το μικρότερο τεμαχίδιο ενός κοκκώδους υλικού. Συνήθως, το μικρότερο μέγεθος κόσκινου που χρησιμοποιείται στις κοκκομετρικές αναλύσεις είναι 75μm(200mesh). Το διερχόμενο από τα 75μm υπολογίζεται σαν μία τάξη μεγέθους και πάντα υπάρχει ένα πρόβλημα στον ορισμό του μέσου μεγέθους της τάξης αυτής μιας και περιλαμβάνει τεμαχίδια μεγέθους από 75μm μέχρι το μηδέν [5].

Σύμφωνα με την διαδικασία, η κατανομή μεγέθους των υλικών προσδιορίζεται από ένα αριθμό κοσκίνων μεγέθους $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$. Σαν μέγεθος εννοούμε ένα στενό κλάσμα κόκκων που προκύπτει από την κοσκίνιση και περιέχεται μεταξύ δύο συνεχόμενων κόσκινων. Το κλάσμα αυτό των κόκκων το ονομάζουμε τάξη μεγέθους και περιέχει κόκκους διαμέτρου μεταξύ του ανοίγματος του επάνω κόσκινου (high) και του ανοίγματος οπών του αμέσως κάτω απ' αυτό κόσκινου (low) [5]. Η διαδοχικότητα των κόσκινων επιλέγεται έτσι ώστε να ισχύει συνηθέστερα η σχέση:

$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{x_i}{x_{i+1}} = \sqrt{2}$$

Στη παρούσα διπλωματική εργασία αρχικά, και με βάση τα δεδομένα που εξήχθησαν από πειραματικές μετρήσεις, που πραγματοποιείσαι ο μηχανικός ορυκτών πόρων Σταμάτης Εμμανουηλίδης [1], προέκυψε η αρχική κοκκομετρία αποτελώντας την βάση υπολογισμού των διαστασιακών ιδιοτήτων (μάζα, επιφάνεια, μήκος τεμαχιδίων και αριθμός κόκκων) ενώ η σύγκριση τους με την κοκκομετρία που προκύπτει από ένα θεωρητικό μαθηματικό μοντέλο μας οδηγούν στον υπολογισμό

- του ρυθμού θραύσης σε σχέση με το μέγεθος του παραγόμενου υλικού
- του ελάχιστου μεγέθους που προκύπτει από την διαδικασία λειοτριβήσης

2. Θεωρητικό μέρος

2.1 Θεωρία κατάτμησης

Με τον όρο κατάτμηση καλούμε την διαδικασία ελάττωσης του μεγέθους των τεμαχιδίων (μεταλλεύματος ορυκτού ή πετρώματος) σε με μεγέθη κατάλληλα για τον εμπλουτισμό, την επεξεργασία και χρήση του υλικού. Η κατάτμηση περιλαμβάνει όλα τα στάδια της ελάττωσης των μεγεθών, θραύση και λειοτρίβηση ανεξάρτητα από το αρχικό και το τελικό μέγεθος των τεμαχιδίων. Στην κατάτμηση τα τεμαχίδια υποβάλλονται σε θραύση, με εφαρμογή δυνάμεων οι τάσεις των οποίων είναι μεγαλύτερες από τα όρια αντοχής του υλικού. Ο ρυθμός φόρτισης των τεμαχιδίων (στατικός ή δυναμικός) και το είδος των δυνάμεων (θλίψη, κρούση, διάτμηση, τριβή) που εφαρμόζονται στα τεμαχίδια του υλικού δημιουργούν τις διάφορες συνθήκες κατάτμησης του υλικού. Κατά αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η θραύση σε περισσότερα-μικρότερα τεμαχίδια.

Οι μηχανές κατάτμησης χαρακτηρίζονται από τρεις παραμέτρους [9]:

1) Ισχύς της μηχανής λειοτρίβησης υπολογίζεται από τον τύπο [8]:

$$P_M = 9,9 \cdot W_L \cdot N \cdot D \quad (1)$$

P_M : η ισχύς του μύλου σε Watt και

W_L = το συνολικό βάρος των ράβδων μαζί με το φορτίο της τροφής σε kg

N = η συχνότητα περιστροφής σε Hz

D = η διάμετρος του μύλου σε m

2) Σε κάθε μηχανή λειοτρίβησης συγκεκριμένης ισχύος P_M η ενέργεια (E_j) που καταναλώνεται δίνεται από την σχέση [5]

$$E_j = P_M \cdot t_j \quad (2)$$

j : προκαθορισμένο χρονικό διάστημα λειτουργίας του μύλου

E_j : η καταναλισκόμενη ενέργεια του μύλου σε (Joule)

t_j : ο χρόνος κατά το χρονικό διάστημα j σε (sec)

3) Η ειδική ενέργεια κατάτμησης (e_j) θα αναφέρεται στην ενέργεια (E_j) που απαιτείται για την θραύση μάζας τεμαχιδίων (m)

$$e_j = \frac{E_j}{m} \quad \text{σε Joule/kg} \quad (3)$$

Οι κυριότερες φυσικοχημικές και φυσικομηχανικές ιδιότητες των τεμαχιδίων που λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή της καταλληλότερης συσκευής κατάτμησης, είναι η σκληρότητα, η επιφανειακή ενέργεια, η υγροσκοπικότητα, η φαινόμενη πυκνότητα, το πορώδες, οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις και η αλεστικότητα[10].

Η διαδικασία της κατάτμησης και η επιλογή ποιός θα προτιμηθεί διαφέρουν ανά περίπτωση. Σε κάθε περίπτωση οι μέθοδοι εκφράζουν την κοκκομετρία του προϊόντος σε σχέση με την ειδική ενέργεια θραύσης ενώ για άλλη κατηγορία οι μέθοδοι εστιάζουν την κινητική ως αντίδραση ελάττωση μεγέθους και παράγουν μαθηματικά μοντέλα που δίδουν την κοκκομετρία του προϊόντος σε μια δεδομένη τροφοδοσία.

Η θεωρία κατάτμησης αναφέρεται στη σχέση μεταξύ της παρεχόμενης ενέργειας και του μεγέθους των τεμαχίων του προϊόντος άλεσης. Πολλές θεωρίες έχουν αναπτυχθεί αλλά καμία από αυτές δεν είναι πλήρως ικανοποιητική. Το πρόβλημα κυρίως έγκειται στο γεγονός, ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας που παρέχεται σε μια μηχανή κατάτμησης ή άλεσης, καταναλώνεται από το ίδιο το μηχάνημα και μόνο ένα μικρό ποσοστό είναι διαθέσιμο για τη θραύση του υλικού. Σε παγκόσμια κλίμακα το 3-4% της συνολικής καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας δαπανάται για την διαδικασία λειοτρίβησης ενώ σε κάθε μια από τις παραγωγικές μονάδες έχει υπολογιστεί προσεγγιστικά, ότι η διαδικασία απορροφά περίπου το 70% επί του συνόλου της δαπανούμενης ενέργειας [10].

2.2 Θεωρία διαστασιακών ιδιοτήτων

Η διαστασιακή ανάλυση είναι μια σημαντική τεχνική στη φυσική η οποία μας επιτρέπει να ελέγξουμε την ορθότητα μιας εξίσωσης [11]. Αν οι διαστάσεις στα δύο μέλη της εξίσωσης είναι ίδιες, η εξίσωση έχει διαστασιακή ορθότητα. Αν δεν είναι ίδιες οι τιμές, η εξίσωση δεν μπορεί να θεωρηθεί σωστή οπότε και προσπαθούμε να μεταβάλλουμε τις παραμέτρους οι οποίες συντελούν για τον υπολογισμό της.

Στη φύση υπάρχουν έξι διαστατικές σταθερές τρεις από τις οποίες είναι το μήκος, ο χρόνος και η μάζα. Εάν λοιπόν ξεκινήσουμε έχοντας ως δεδομένο έναν αριθμό

μπορούμε στηριζόμενοι εξολοκλήρου πάνω σε αυτόν, να χτίσουμε τις υπόλοιπες ιδιότητες. Έτσι εάν ανάγουμε τον αριθμό (μέτρηση του laser) σε διάσταση, συγκεκριμένα σε μάζα, από την μάζα υπολογίζουμε κατά σειρά τον αριθμό τεμαχιδίων, την επιφάνεια και το μήκος.

2.2.1 Κατανομή μάζας

Η κατανομή μάζας είναι τα πρωτογενή δεδομένα που λαμβάνονται από την χρησιμοποιούμενη μέθοδο κοκκομετρικής ανάλυσης. Η κατανομή μάζας δίνει το κλάσμα ΔM_i της μάζας σε μία τάξη μεγέθους (από x_i έως x_{i+1}) και επομένως η συνολική μάζα του υλικού είναι:

$$M_{total} = \sum_{i=1}^{n+1} \Delta M_i \quad (4)$$

Το αθροιστικό κλάσμα RM_i της μάζας του παραμένοντος σε ένα μέγεθος (x_i) είναι

$$RM_i = \sum_1^i \Delta M_i \quad (5)$$

Το αθροιστικό κλάσμα PM_i της μάζας του διερχόμενου από μια τάξη μεγέθους (x_i) είναι

$$PM_i = \sum_{i+1}^{n+1} \Delta M_i \quad (6)$$

Συνεπώς για κάθε μέγεθος ισχύει

$$RM_i + PM_i = M_{total} \quad (7)$$

2.2.2 Κατανομή αριθμού τεμαχιδίων

Στην μηχανική των τεμαχιδίων για τον υπολογισμό του αριθμού των τεμαχιδίων καθώς και για την επιφάνεια θεωρούμε ότι τα τεμαχίδια είναι σφαιρικού σχήματος.

Ο συντελεστής σχήματος όγκου για την σφαίρα συμβολίζεται με k και ισούται με $k = \pi/6$ [4].

Η μάζα m_i του μέσου τεμαχιδίου σε μια τάξη μεγέθους (i) είναι

$$m_i = \rho \cdot k \cdot d_i^3 \quad (8)$$

k : συντελεστής σχήματος όγκου (για σφαίρα $k = \pi/6$, για κύβο $k=1$)

ρ : πυκνότητα του υλικού

d_i : διάμετρος σφαίρας

Ο αριθμός των τεμαχιδίων ΔN_i στο κλάσμα ΔM_i μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση (9):

$$\Delta N_i = \frac{\Delta M_i}{m_i} \quad (9)$$

Ο συνολικός αριθμός των τεμαχιδίων N_{total} είναι :

$$N_{total} = \sum_{i=1}^{n+1} \Delta N_i \quad (10)$$

Ο αθροιστικός αριθμός RN_i των τεμαχιδίων χονδρύτερων από το μέγεθος (x_i) είναι:

$$RN_i = \sum_1^i \Delta N_i \quad (11)$$

2.2.3 Κατανομή επιφάνειας

Κατά ανάλογο τρόπο με αυτόν του υπολογισμού του όγκου, για τον προσδιορισμό της επιφάνειας ορίζουμε τον συντελεστή επιφάνειας f που για την σφαίρα θα είναι $f=\pi$. Η επιφάνεια U_i για κάθε τάξη μεγέθους ορίζεται ως

$$U_i = f \cdot d_i^2 \quad (12)$$

Η συνολική επιφάνεια (ΔS) όλων των τεμαχιδίων μπορεί να υπολογιστεί με δυο τρόπους, είτε χρησιμοποιώντας την κατανομή μάζας είτε από την κατανομή του αριθμού των τεμαχιδίων, ορίζοντας πρωτίστως την ειδική επιφάνεια u_i που θα ισούται με τον λόγο της επιφάνειας U_i ενός τεμαχιδίου προς τη μάζα του (m_i).

$$u_i = \frac{U_i}{m_i} \quad (13)$$

1) με την χρησιμοποίηση της κατανομής μάζας η συνολική επιφάνεια στην τάξη μεγέθους (i) είναι

$$\Delta S = u_i \cdot \Delta M_i \quad (14)$$

2) με την χρησιμοποίηση του αριθμού των τεμαχιδίων

$$\Delta S = U_i \cdot \Delta N_i \quad (15)$$

2.2.4 Κατανομή μήκους τεμαχιδίων

Κατανομή μήκους εννοούμε την απόσταση στην οποία θεωρητικά θα επεκτείνονταν όλος ο αριθμός των τεμαχιδίων αν αυτά κατατάσσονταν διαδοχικά το ένα δίπλα στο άλλο.

Ισχύει ότι το μέσο μήκος ενός τεμαχιδίου σε μια τάξη μεγέθους (i) είναι ίσο με το τη μέση διάμετρο d_i επομένως το συνολικό μήκος ΔL_i των τεμαχιδίων θα είναι:

$$\Delta L_i = d_i \cdot \Delta N_i \quad (16)$$

Επίσης το αθροιστικό μήκος RL_i των τεμαχιδίων που είναι χονδρότερα από το μέγεθος (x_i) είναι

$$RL_i = \sum_1^i \Delta L_i \quad (17)$$

2.3 Μοντέλα προσομοίωσης

Μοντέλα προσομοίωσης είναι μαθηματικές προσεγγίσεις της διαδικασίας της θραύσης, ώστε να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά για τον σχεδιασμό και τον έλεγχο ολόκληρης της διαδικασίας. Για τους σκοπούς τους σχεδιασμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προβλέψουν την απόδοση ενός μεγάλου αριθμού δεδομένων από το εργαστήριο, οδηγώντας στην βέλτιστη προσομοίωση μιας μεγαλύτερης βιομηχανικής μονάδος .

Η βασική μαθηματική ιδέα των υπολογιστικών μοντέλων πρωτοαναφέρθηκε από τον Epstein 1948 [2]. Σύμφωνα με αυτή τη μελέτη η ενέργεια που απαιτείται κατά την διάρκεια μιας διαδικασίας λειοτρίβησης, δεν αποτελεί τμήμα της μηχανικής των τεμαχιδίων, ούτε δείχνει ικανή στο να ξεκαθαρίσει την κατεύθυνση διάδοσης των ρωγμών εντός της στερεάς ύλης. Η θραύση των κόκκων σε μία μηχανή λειοτρίβησης δεν αποτελεί μια απλή διαδικασία στο να προσδιοριστεί χρονικά η έναρξη των γεγονότων που οδηγούν στη πρωταρχική θραύση των υλικών. Είναι απαραίτητο, για την πλήρη κατανόηση του φαινομένου, να διαιρέσουμε τον θρυμματισμό σε επιμέρους τμήματα και να ορίσουμε τις διαδικασίες που συντελούνται εντός τους και για κάθε ένα τμήμα ξεχωριστά.

Θεωρητικά έχουν αποδοθεί δύο κύριες κατηγορίες προσομοίωσης μοντέλων

- τα μοντέλα πίνακα
- τα κινητικά μοντέλα

Όλα τα μοντέλα προσομοίωσης στηρίζονται στους εξής παράγοντες:

- Πιθανότητα θραύσης τεμαχιδίων

- Χαρακτηριστικά μεγέθη τεμαχιδίων μετά την ολοκλήρωση της θραύσης
- διαφορική κίνηση των σωματιδίων εντός ή εκτός συστήματος συνεχούς ή ημισυνεχούς λειοτριβήσης

Η διαδικασία της λειοτριβήσης μπορεί να περιγραφεί από την ακόλουθη διαφορική εξίσωση σύμφωνα με το κινητικό μοντέλο[3] .

$$\frac{dR_{j,i}}{dt_j} = -\kappa_i \cdot R_{j,i} \Leftrightarrow \frac{dR_{j,i}}{R_{j,i}} = -\kappa_i \cdot dt_j \Leftrightarrow \frac{dR_{j,i}}{R_{j,i}} = -\kappa_i \cdot e_j \quad (18)$$

$R_{j,i}$: η μάζα του υλικού που είναι πάνω από μέγεθος x_i κατά την δοκιμή j , παραμένον

κ_i : ρυθμός θραύσης του υλικού στο μέγεθος x_i (kg/kJ)

e_j : δαπανώμενη ενέργεια κατά την δοκιμή j (Joule)

Η ολοκλήρωση της σχέσης (18) δίνει :

$$\ln R_{j,i} = -\kappa_{j,i} \cdot e_j + \ln C \quad (19)$$

Εάν θέσουμε $j=0$ (αρχική κατάσταση) τότε $e_j=0$ και $R_{j,i}=R_{0,i}$ οπότε $C=\ln R_{0,i}$

οπότε η σχέση (19) εάν αντικαταστήσουμε το $C=\ln R_{0,i}$ θα προκύψει

$$\ln R_0 - \ln R_{j,i} = \kappa_i \cdot e_j \Leftrightarrow \ln \frac{R_0}{R_{j,i}} = \kappa_{j,i} \cdot e_j \Leftrightarrow \frac{R_0}{R_{j,i}} = e^{\kappa_{j,i} \cdot e_j} \Leftrightarrow R_{j,i} = R_0 \cdot e^{(-\kappa_{j,i} \cdot e_j)}$$

$$B_{j,i} = R_{0,i} - R_{j,i} = R_{0,i} (1 - e^{(-\kappa_{j,i} \cdot e_j)}) \quad (20)$$

$B_{j,i}$: η μάζα του υλικού που είναι πάνω από μέγεθος x_i και σπάει κάτω από αυτό για μια ειδική ενέργεια e_j

Η σχέση (20) θα αποτελέσει το μαθηματικό μοντέλο υπολογισμού των διαστασιακών ιδιοτήτων.

3.Πειραματικό μέρος

Τα πειραματικά δεδομένα ελήφθησαν από την διπλωματική εργασία « Μελέτη διαστασιακών ιδιοτήτων των προϊόντων ημισυνεχούς λειοτρίβησης χαλαζία και σερπεντίνη » του Σ. Εμμανουηλίδη (2012) [1], χρησιμοποιώντας ως πρώτη υλη τον χαλαζία. Ο χαλαζίας είναι ένα ορυκτό του πυριτίου, συγκεκριμένα πολύ καθαρό οξείδιο πυριτίου το δεύτερο πιο διαδεδομένο ορυκτό στη φύση. Είναι σημαντικό ορυκτό της λιθόσφαιρας και συμμετέχει στα συστατικά της σε ποσοστό περίπου 12%. Επίσης είναι το μοναδικό ορυκτό που αποτελείται αποκλειστικά από πυρίτιο και οξυγόνο [10].

Το υλικό αρχικά θραύτηκε σε εργαστηριακό σιαγονωτό σπαστήρα (Jaw Crusher) σε μέγεθος -4 mm. Στη συνέχεια το υλικό τοποθετείτε σε ραβδόμυλο από όπου σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα λαμβάνεται δείγμα του και πραγματοποιείται κοκκομετρική ανάλυση (Laser beam analyzer). Ο μύλος που χρησιμοποιήθηκε έχει διαστάσεις (DxL) 0,203x0,3m στον οποίο τοποθετούνται 23 ατσάλινες ράβδοι συνολικού βάρους 8,55 kg και διαμέτρου 14-20 mm. Η φαινόμενη πυκνότητα του χαλαζία είναι 1,534 gr/cm³. Ο όγκος πλήρωσης του μύλου είναι 650 cm³ και αντιστοιχεί σε 1 kg τροφοδοσίας (Χαλαζίας). Κατά τη διάρκεια της δοκιμής η λειτουργία του μύλου διακόπτονταν σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα t_j και λαμβάνονταν από το κέντρο του μύλου ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα περίπου 5 gr για την κοκκομετρική ανάλυση, χρησιμοποιώντας κοκκομετρικό αναλυτή με περίθλαση ακτίνων Laser. Επίσης η συχνότητα περιστροφής είναι σταθερή στα 1,17Hz δηλαδή 70 RPM. Η ισχύς του μύλου P_M είναι 23 Watts και υπολογίζεται από την σχέση (1) του Σταμπολτζή (1990)

$$P_M = 9,9 \cdot W_L \cdot N \cdot D$$

Στα προϊόντα του κυκλώματος γίνεται κοκκομετρική ανάλυση με laser (Mastersizer S της Malvern) η οποία μας δίνει την (%) κατά βάρος σύσταση με πυκνότητα κόκκων χαλαζία ίση με $\rho=2650\text{kg/m}^3$.

4. Επεξεργασία πειραματικών αποτελεσμάτων

Οι κοκκομετρικές αναλύσεις των προϊόντων δίνουν την κατανομή μάζας σε (n+1) προκαθορισμένα μεγέθη, όπου n ο αριθμός των κοσκίων που χρησιμοποιούνται. Σε κάθε κατηγορία μεγέθους (i) υπάρχει ένα ανώτερο μέγεθος (x_{i+1}) και ένα κατώτερο (x_i) διατηρώντας πάντα σταθερό το λόγο, συνήθως στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται κόσκινα ο λόγος τ ισούται με 2 ή αλλά σε κοκκομετρική ανάλυση με περίθλαση ακτίνων Laser τότε το τ ισούται με 1,17 δίδοντας μεγαλύτερη ακρίβεια στις μετρήσεις. Επίσης σαν μέγεθος στην επεξεργασία των δεδομένων λαμβάνουμε το μέσο μέγεθος (d_i) που αντιστοιχεί στον γεωμετρικό μέσο για κάθε μέγεθος (x_i) με το αμέσως επόμενο του (x_{i+1}).

$$d_i = \sqrt{x_i \cdot x_{i+1}} \quad (21)$$

Με βάση τα αποτελέσματα, όπως αυτά προκύπτουν από μετρήσεις του Laser προκύπτει το βάρος ΔMi που αντιστοιχεί σε κάθε μέγεθος και εμφανίζονται στον πίνακα 1. Γνωρίζοντας την κατανομή της μάζας μπορούμε να υπολογίσουμε την κατανομή των κόκκων ΔN, την κατανομή της επιφάνειας ΔS και την κατανομή του μήκους ΔL, σύμφωνα με την ακόλουθη διαδικασία όπως αυτή προκύπτει από τον πίνακα 2.[5]

Πίνακας 1. Κατανομή μάζας ανά kg

Μέσο μέγεθος (μm)	Ειδική ενέργεια (kJ/kg)					
	0	9,61	17,39	32,68	69,29	140,12
813,902	7,28E-01	3,23E-02	1,48E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
441,938	2,17E-02	8,45E-02	6,98E-02	2,17E-03	0,00E+00	0,00E+00
239,915	1,33E-02	5,72E-02	6,98E-02	6,42E-02	0,00E+00	0,00E+00
111,797	7,20E-03	3,15E-02	3,11E-02	6,10E-02	5,27E-02	0,00E+00
52,095	3,91E-03	1,69E-02	1,62E-02	3,31E-02	6,02E-02	5,61E-02
24,276	2,12E-03	5,38E-03	9,15E-03	1,86E-02	3,57E-02	5,79E-02
11,312	1,15E-03	1,80E-03	5,42E-03	9,45E-03	1,99E-02	3,30E-02
3,884	4,87E-04	9,50E-04	2,82E-03	4,49E-03	9,72E-03	1,79E-02
1,334	2,07E-04	7,71E-04	1,98E-03	2,77E-03	5,82E-03	1,03E-02
0,458	8,78E-05	2,20E-04	6,62E-04	6,76E-04	1,27E-03	2,24E-03
0,135	3,30E-05	8,61E-05	1,79E-04	1,61E-04	1,88E-04	3,61E-04

Πίνακας 2.Υπολογισμός διαστασιακών ιδιοτήτων με γνωστό το βάρος του κλάσματος

Ιδιότητα	Κλάσματος	Συνόλου
Βάρος κόκκων	ΔM	$\Sigma \Delta M$
Επιφάνεια κόκκων	$\Delta S = f \cdot \left(\frac{\Delta M}{k} \right) \cdot d$	$\Sigma \Delta S = \left(\frac{f}{k \cdot \rho} \right) \cdot \Sigma \left(\frac{\Delta M}{d} \right)$
Μήκος κόκκων	$\Delta L = \left(\frac{\Delta M}{k} \right) \cdot \rho \cdot d^2$	$\Sigma \Delta S = \left(\frac{1}{k \cdot \rho} \right) \cdot \Sigma \left(\frac{\Delta M}{d^2} \right)$
Αριθμός κόκκων	$\Delta N = \left(\frac{\Delta M}{k} \right) \cdot \rho \cdot d^3$	$\Sigma \Delta S = \left(\frac{1}{k \cdot \rho} \right) \cdot \Sigma \left(\frac{\Delta M}{d^3} \right)$

Λαμβάνοντας από πειραματική επεξεργασία την (%) κατά βάρος κατανομή μπορούμε να υπολογίσουμε τις τιμές των διαστασιακών ιδιοτήτων για κάθε ειδική ενέργεια, σε όλη την διάρκεια του πειράματος. Συγκεκριμένα για ειδική ενέργεια 69,3kJ/kg οι διαστασιακές ιδιότητες όπως αυτές υπολογίζονται χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του πίνακα 1 και εφαρμόζοντας τις μαθηματικές εξισώσεις του πίνακα 2, με την χρησιμοποίηση αντί για την (%) περιεκτικότητα κατά βάρος την αναγωγή του βάρους για ένα κιλό προϊόντος.

Πίνακας 3.Κοκκομετρική ανάλυση ειδικής ενέργειας 69,37 kJ/kg

Ειδική ενέργεια 69,3 (kJ/kg)									
low (μm)	high (μm)	Μέσο μέγεθος di (μm)	Βάρος % Mi	Βαρος Wi (kg)	Βάρος Κόκκου mi (kg)	Είδ. Επιφάνεια mi (m ² /kg)	Επιφάνεια κλάσματος Si (m ²)	Αριθμός κόκκων ανα κλάσμα Ni	Μήκος κόκκων ανα κλάσμα Li (m)
4.99E-02	5.82E-02	5.39E-02	9.90E-04	9.90E-06	2,17E-19	4.20E+04	4,16E-01	4,56E+13	2,46E+06
5.83E-02	6.79E-02	6.29E-02	2,77E-03	2,77E-05	3,45E-19	3,60E+04	9,97E-01	8,02E+13	5,04E+06
6.79E-02	7.91E-02	7.33E-02	5,36E-03	5,36E-05	5,47E-19	3,09E+04	1,66E+00	9,81E+13	7,19E+06
7.91E-02	9.21E-02	8,53E-02	8,53E-03	8,53E-05	8,62E-19	2,65E+04	2,26E+00	9,90E+13	8,44E+06
9.21E-02	1,07E-01	9,94E-02	1,20E-02	1,20E-04	1,36E-18	2,28E+04	2,73E+00	8,79E+13	8,74E+06
1,07E-01	1,25E-01	1,16E-01	1,54E-02	1,54E-04	2,16E-18	1,95E+04	3,02E+00	7,16E+13	8,30E+06
1,25E-01	1,46E-01	1,35E-01	1,88E-02	1,88E-04	3,40E-18	1,68E+04	3,16E+00	5,53E+13	7,46E+06
1,46E-01	1,70E-01	1,57E-01	2,23E-02	2,23E-04	5,39E-18	1,44E+04	3,21E+00	4,13E+13	6,50E+06
1,70E-01	1,98E-01	1,83E-01	2,62E-02	2,62E-04	8,53E-18	1,24E+04	3,24E+00	3,07E+13	5,63E+06
1,98E-01	2,30E-01	2,13E-01	3,14E-02	3,14E-04	1,35E-17	1,06E+04	3,33E+00	2,33E+13	4,96E+06
2,30E-01	2,68E-01	2,49E-01	3,78E-02	3,78E-04	2,13E-17	9,11E+03	3,44E+00	1,77E+13	4,40E+06
2,68E-01	3,13E-01	2,90E-01	4,43E-02	4,43E-04	3,37E-17	7,82E+03	3,47E+00	1,32E+13	3,81E+06
3,13E-01	3,64E-01	3,37E-01	5,75E-02	5,75E-04	5,33E-17	6,71E+03	3,86E+00	1,08E+13	3,64E+06
3,64E-01	4,24E-01	3,93E-01	8,84E-02	8,84E-04	8,43E-17	5,76E+03	5,09E+00	1,05E+13	4,13E+06
4,24E-01	4,94E-01	4,58E-01	1,27E-01	1,27E-03	1,33E-16	4,95E+03	6,30E+00	9,57E+12	4,38E+06
4,94E-01	5,76E-01	5,33E-01	1,75E-01	1,75E-03	2,11E-16	4,24E+03	7,45E+00	8,33E+12	4,45E+06
5,76E-01	6,71E-01	6,21E-01	2,44E-01	2,44E-03	3,33E-16	3,64E+03	8,88E+00	7,32E+12	4,55E+06
6,71E-01	7,81E-01	7,24E-01	3,14E-01	3,14E-03	5,26E-16	3,13E+03	9,81E+00	5,96E+12	4,31E+06
7,81E-01	9,10E-01	8,43E-01	3,88E-01	3,88E-03	8,32E-16	2,68E+03	1,04E+01	4,66E+12	3,93E+06
9,10E-01	1,06E+00	9,82E-01	4,60E-01	4,60E-03	1,32E-15	2,30E+03	1,06E+01	3,50E+12	3,44E+06
1,06E+00	1,24E+00	1,14E+00	5,26E-01	5,26E-03	2,08E-15	1,98E+03	1,04E+01	2,53E+12	2,89E+06
1,24E+00	1,44E+00	1,33E+00	5,82E-01	5,82E-03	3,29E-15	1,70E+03	9,88E+00	1,77E+12	2,36E+06
1,44E+00	1,68E+00	1,55E+00	6,27E-01	6,27E-03	5,20E-15	1,46E+03	9,14E+00	1,21E+12	1,87E+06
1,68E+00	1,95E+00	1,81E+00	6,67E-01	6,67E-03	8,22E-15	1,25E+03	8,34E+00	8,11E+11	1,47E+06
1,95E+00	2,28E+00	2,11E+00	7,07E-01	7,07E-03	1,30E-14	1,07E+03	7,59E+00	5,43E+11	1,15E+06
2,28E+00	2,65E+00	2,46E+00	7,51E-01	7,51E-03	2,06E-14	9,22E+02	6,92E+00	3,65E+11	8,97E+05
2,65E+00	3,09E+00	2,86E+00	8,08E-01	8,08E-03	3,25E-14	7,91E+02	6,39E+00	2,48E+11	7,11E+05
3,09E+00	3,60E+00	3,33E+00	8,81E-01	8,81E-03	5,14E-14	6,79E+02	5,98E+00	1,71E+11	5,71E+05
3,60E+00	4,19E+00	3,88E+00	9,72E-01	9,72E-03	8,13E-14	5,83E+02	5,66E+00	1,20E+11	4,64E+05
4,19E+00	4,88E+00	4,52E+00	1,08E+00	1,08E-02	1,29E-13	5,00E+02	5,39E+00	8,38E+10	3,79E+05
4,88E+00	5,69E+00	5,27E+00	1,19E+00	1,19E-02	2,03E-13	4,30E+02	5,12E+00	5,86E+10	3,09E+05
5,69E+00	6,63E+00	6,14E+00	1,31E+00	1,31E-02	3,21E-13	3,69E+02	4,83E+00	4,08E+10	2,50E+05
6,63E+00	7,72E+00	7,15E+00	1,44E+00	1,44E-02	5,08E-13	3,16E+02	4,57E+00	2,84E+10	2,03E+05
7,72E+00	9,00E+00	8,33E+00	1,60E+00	1,60E-02	8,03E-13	2,72E+02	4,35E+00	1,99E+10	1,66E+05
9,00E+00	1,05E+01	9,71E+00	1,78E+00	1,78E-02	1,27E-12	2,33E+02	4,16E+00	1,40E+10	1,36E+05
1,05E+01	1,22E+01	1,13E+01	1,99E+00	1,99E-02	2,01E-12	2,00E+02	3,99E+00	9,93E+09	1,12E+05
1,22E+01	1,42E+01	1,32E+01	2,24E+00	2,24E-02	3,18E-12	1,72E+02	3,85E+00	7,05E+09	9,30E+04
1,42E+01	1,66E+01	1,54E+01	2,52E+00	2,52E-02	5,02E-12	1,47E+02	3,71E+00	5,01E+09	7,70E+04
1,66E+01	1,93E+01	1,79E+01	2,83E+00	2,83E-02	7,94E-12	1,27E+02	3,58E+00	3,56E+09	6,37E+04
1,93E+01	2,25E+01	2,08E+01	3,18E+00	3,18E-02	1,26E-11	1,09E+02	3,45E+00	2,53E+09	5,28E+04
2,25E+01	2,62E+01	2,43E+01	3,57E+00	3,57E-02	1,98E-11	9,33E+01	3,33E+00	1,80E+09	4,37E+04
2,62E+01	3,05E+01	2,83E+01	4,01E+00	4,01E-02	3,14E-11	8,01E+01	3,21E+00	1,28E+09	3,62E+04
3,05E+01	3,56E+01	3,29E+01	4,50E+00	4,50E-02	4,96E-11	6,87E+01	3,09E+00	9,07E+08	2,99E+04
3,56E+01	4,14E+01	3,84E+01	5,02E+00	5,02E-02	7,85E-11	5,90E+01	2,96E+00	6,40E+08	2,46E+04
4,14E+01	4,83E+01	4,47E+01	5,54E+00	5,54E-02	1,24E-10	5,06E+01	2,81E+00	4,47E+08	2,00E+04
4,83E+01	5,62E+01	5,21E+01	6,02E+00	6,02E-02	1,96E-10	4,35E+01	2,62E+00	3,07E+08	1,60E+04
5,62E+01	6,55E+01	6,07E+01	6,45E+00	6,45E-02	3,10E-10	3,73E+01	2,41E+00	2,08E+08	1,26E+04
6,55E+01	7,63E+01	7,07E+01	6,82E+00	6,82E-02	4,90E-10	3,20E+01	2,18E+00	1,39E+08	9,83E+03
7,63E+01	8,89E+01	8,24E+01	6,67E+00	6,67E-02	7,75E-10	2,75E+01	1,83E+00	8,60E+07	7,08E+03
8,89E+01	1,04E+02	9,60E+01	6,14E+00	6,14E-02	1,23E-09	2,36E+01	1,45E+00	5,00E+07	4,80E+03
1,04E+02	1,21E+02	1,12E+02	5,27E+00	5,27E-02	1,94E-09	2,03E+01	1,07E+00	2,72E+07	3,04E+03
1,21E+02	1,41E+02	1,30E+02	4,18E+00	4,18E-02	3,07E-09	1,74E+01	7,27E-01	1,37E+07	1,78E+03
1,41E+02	1,64E+02	1,52E+02	3,10E+00	3,10E-02	4,85E-09	1,49E+01	4,62E-01	6,39E+06	9,70E+02
1,64E+02	1,91E+02	1,77E+02	2,01E+00	2,01E-02	7,66E-09	1,28E+01	2,58E-01	2,62E+06	4,64E+02
1,91E+02	2,22E+02	2,06E+02	9,25E-01	9,25E-03	1,21E-08	1,10E+01	1,02E-01	7,63E+05	1,57E+02
2,22E+02	2,59E+02	2,40E+02	0,00E+00	0,00E+00	1,92E-08	9,44E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
2,59E+02	3,02E+02	2,80E+02	0,00E+00	0,00E+00	3,03E-08	8,10E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
3,02E+02	3,51E+02	3,26E+02	0,00E+00	0,00E+00	4,79E-08	6,95E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
3,51E+02	4,09E+02	3,79E+02	0,00E+00	0,00E+00	7,57E-08	5,97E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
4,09E+02	4,77E+02	4,42E+02	0,00E+00	0,00E+00	1,20E-07	5,12E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
4,77E+02	5,56E+02	5,15E+02	0,00E+00	0,00E+00	1,89E-07	4,40E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
5,56E+02	6,47E+02	6,00E+02	0,00E+00	0,00E+00	2,99E-07	3,77E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
6,47E+02	7,54E+02	6,99E+02	0,00E+00	0,00E+00	4,73E-07	3,24E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
7,54E+02	8,79E+02	8,14E+02	0,00E+00	0,00E+00	7,48E-07	2,78E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
sum			1,00E+02	1,00E+00			2,39E+02	7,32E+14	1,20E+08

Ο πίνακας 3 δημιουργείται έχοντας ως αρχικά δεδομένα την (%) περιεκτικότητα κατά βάρος (ΔM_i) όπως αυτή προέκυψε από τις μετρήσεις του αναλυτή, για ειδική ενέργεια 69,3 kJ/kg. Συγκεκριμένα για μέγεθος $x_i=6,63\mu m$, το βάρος (%) είναι $\Delta M_i=1,31\%$.

Η στήλη του μέσου μεγέθους d_i προκύπτει από την σχέση (21)

$$d_i = \sqrt{x_i \cdot x_{i-1}} = \sqrt{6,63 \cdot 5,69} = 6,14 \mu m$$

Το βάρος ανά kg (W_i) προκύπτει από την στήλη Βάρος(%) εάν την διαιρέσουμε με το 100 έτσι ώστε να έχουμε την κατά βάρος ανά κιλό προϊόντος $W_i=0,0131$ kg

Η στήλη της επιφάνειας για κάθε μέγεθος ΔS_i (m^2/kg) προκύπτει από την σχέση (14)

$$\Delta S = u_i \cdot W_i$$

Η ειδική επιφάνεια από την σχέση (13) $u_i = \frac{U_i}{m_i} = \frac{f \cdot d^2}{k \cdot \rho \cdot d^3} = \frac{f}{k} \cdot \frac{1}{\rho \cdot d_i}$

f: συντελεστής σχήματος επιφάνειας για σφαίρα $f=\pi$

k: συντελεστής σχήματος όγκου για σφαίρα $k=\pi/6$

οπότε για πυκνότητα υλικού $\rho=2650$ kg/ m^3

η ειδική επιφάνεια είναι ισούται με $u_i = \frac{6}{\rho \cdot d_i} = 3,69 \cdot 10^2 m^2 / kg$

επομένως η επιφάνεια στην συγκεκριμένη τάξη μεγέθους ισούται με $\Delta S_i = 4,83 m^2$

Ο αριθμός των τεμαχιδίων προκύπτει εφαρμόζοντας την σχέση (9) $\Delta N_i = \frac{\Delta M_i}{m_i} =>$

$$\Delta N_i = 4,8 \cdot 10^{10}$$

Το μήκος που καταλαμβάνουν τα τεμαχίδια δίνεται από την σχέση (16)

$$\Delta L_i = d_i \cdot \Delta N_i = 2,50 \cdot 10^5 m$$

Η παραπάνω διαδικασία υπολογισμού των διαστασιακών ιδιοτήτων ακολουθείται για κάθε μία από τις ειδικές ενέργειες e_j .

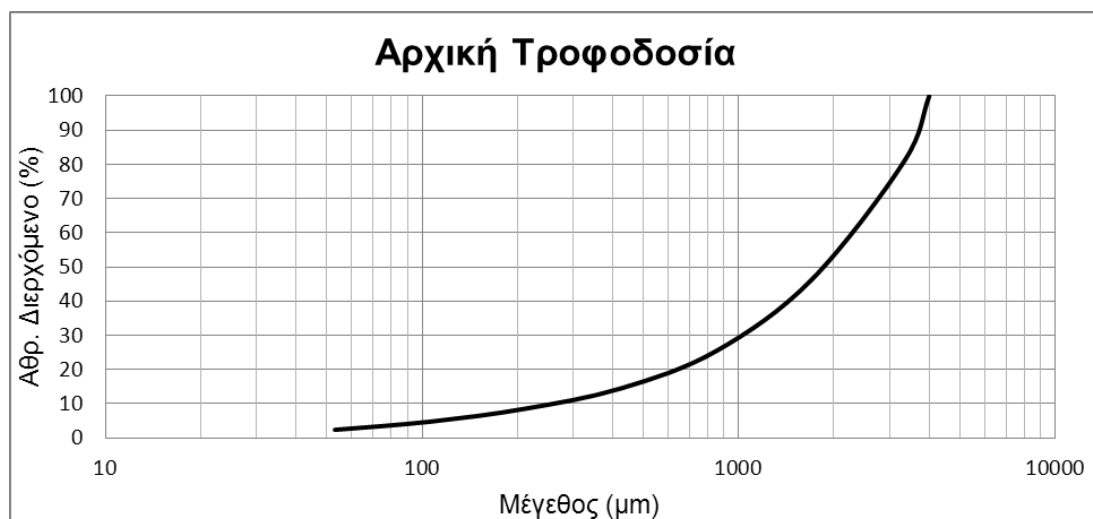
4.1 Αρχική τροφοδοσία

Η κατανομή μάζας του χαλαζία της αρχικής τροφοδοσίας παρουσιάζεται στον πίνακα 4.

Πίνακας 4

Μέγεθος (μm)	Μέσο Μέγεθος (mm)	Τροφή, gr	Τροφή κλάσμα	Αθροιστικώς Διερχόμενο κλάσμα
4000	0	0	0	1,000
3350	3,661	282,1	0,188	0,812
1700	2,386	524,5	0,350	0,462
850	1,202	312,0	0,208	0,254
425	0,601	164,0	0,109	0,145
212	0,300	89,0	0,059	0,086
106	0,150	57,0	0,038	0,048
53	0,075	33,8	0,023	0,025
10	0,075	25,0	0,017	0,009
-10	0,027	13,0	0,009	0,000

Η γραφική παράσταση των αθροιστικώς διερχόμενων της αρχικής τροφής όπως προέκυψε από τον πίνακα 4. παρουσιάζεται στο διάγραμμα 1.



Διάγραμμα 1. Αθροιστική διερχόμενη μάζα αρχικής τροφής.

Ένας σημαντικός στόχος της παρούσας διπλωματικής είναι ο προσδιορισμός της κατανομής της μάζας της αρχικής τροφοδοσίας για όλα τα μεγέθη που υπολογίζει το Laser διότι το βάρος των αθροιστικώς παραμένοντων R_0 εμφανίζεται στην εξίσωση (20) και λαμβάνει μέρος σε όλες τις μετρήσεις. Η μαθηματική περιγραφή της

κατανομής του βάρους συναρτήσει του μεγέθους δίνεται από την εξίσωση (22) των Gates-Gaudin-Schuhmann(GGS) που μας βοηθά να υπολογίσουμε τα αθροιστικώς διερχόμενα τεμαχίδια που είναι κάτω από 53μm.

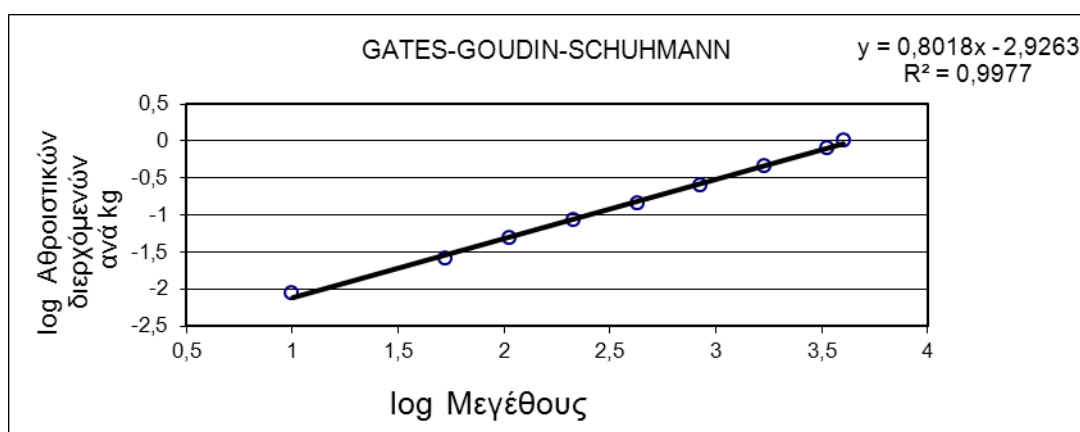
$$R_i = 100 \left(\frac{x_i}{x_0} \right)^{\kappa} \quad (22)$$

R_i : αθροιστικό διερχόμενο βάρος %

Εάν για την αρχική τροφοδοσία υπολογίσουμε τον λογάριθμο των μεγεθών και τον λογάριθμο των αθροιστικών διερχομένων βαρών ανά kg θα προκύψει ο παρακάτω πίνακας 5 που εάν παρασταθεί γραφικά εμφανίζεται το διάγραμμα 2.

Πίνακας 5.

log Μεγέθους	log Αθροιστικώς διερχόμενου κλάσματος
3,6021	0
3,5250	-0,0904
3,2304	-0,3349
2,9294	-0,5943
2,6284	-0,8381
2,3263	-1,0662
2,0253	-1,3200
1,7243	-1,5964
1,0000	-2,0622



Διάγραμμα 2. log Αθροιστικών διερχόμενων – log μεγέθους

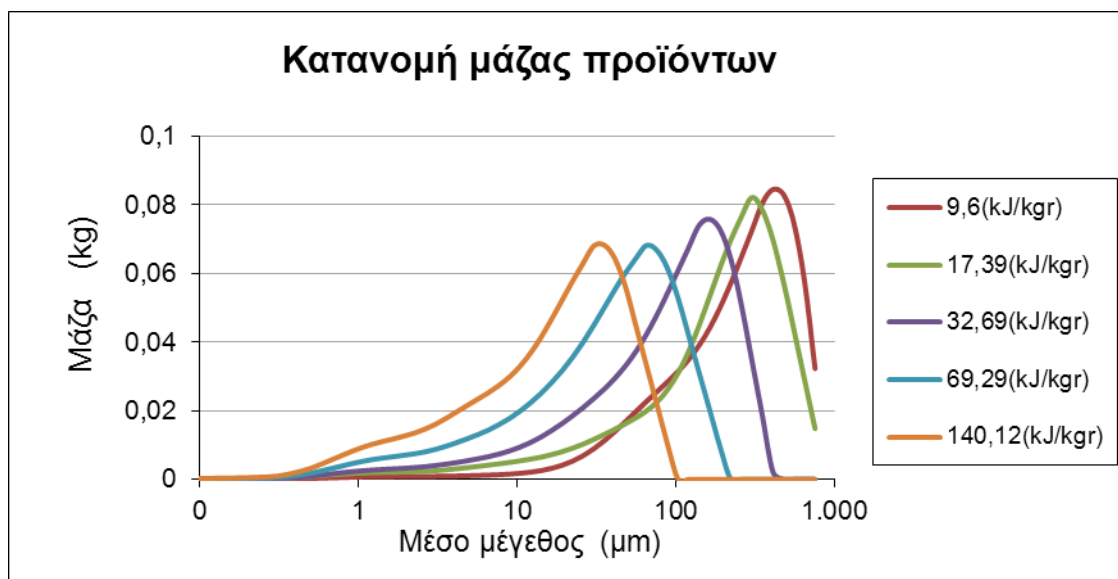
Η εξίσωση που συνδέει τα αθροιστικά διερχόμενα της αρχικής τροφοδοσίας με τα μεγέθη των τεμαχιδίων προκύπτει χρησιμοποιώντας το excel

$$y = 0,8018 \cdot x - 2,9263 \quad (23)$$

4.2 Κατανομή μάζας

Η κατανομή μάζας προκύπτει άμεσα από τον κοκκομετρικό αναλυτή και τα αποτελέσματα όπως παρουσιάστηκαν στον πίνακα 1.

Στο διάγραμμα 3 παρουσιάζονται οι πυκνότητες κατανομής της μάζας των προϊόντων λειοτρίβησης του χαλαζία στις διάφορες ειδικές ενέργειες.



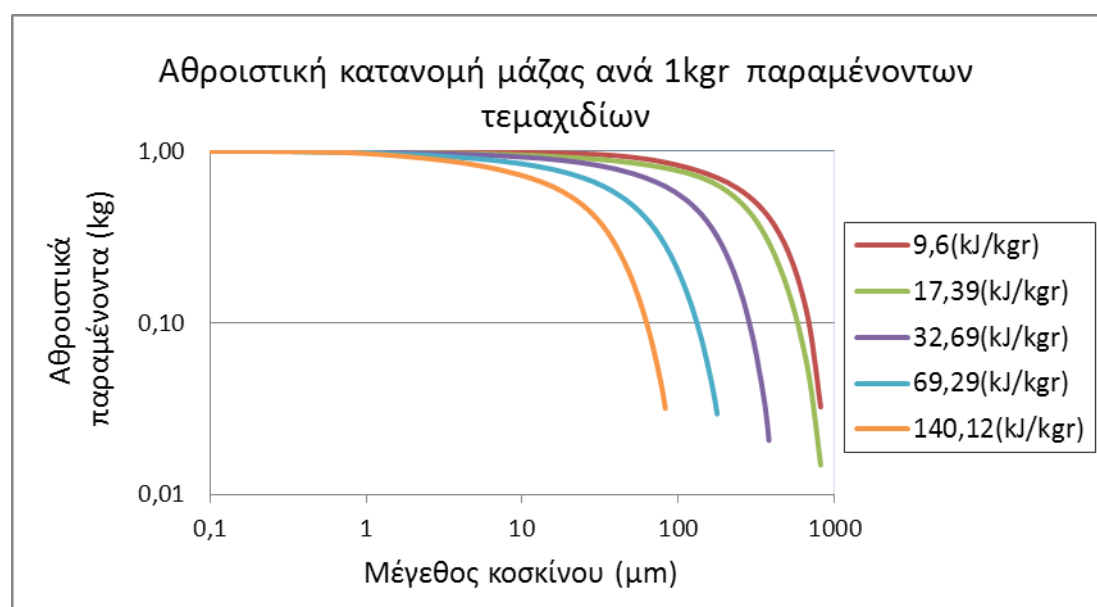
Διάγραμμα 3. Κατανομή μάζας συναρτήσει του μέσου μεγέθους

Από το διάγραμμα 3 παρατηρούμε ότι με την αύξηση της ειδικής ενέργειας η επικρατούσα τιμή μετατοπίζεται σε μικρότερα μεγέθη. Η επικρατούσα τιμή της καμπύλης της μάζας όπως και τα μέγιστα μεγέθη μετατοπίζονται συνεχώς σε μικρότερα μεγέθη. Το εμβαδόν κάτω από κάθε καμπύλη είναι σταθερό και ισούται με την συνολική μάζα του δείγματος 1 kg επαληθεύοντας την αρχή διατήρησης της μάζας.

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται οι αθροιστικές κατανομές της μάζας των παραμενόντων κόκκων σε σχέση με το μέγεθος κάθε κοσκινού. Τα αθροιστικά παραμένοντα προκύπτουν εάν από την συνολική μάζα αφαιρούμε για κάθε μέγεθος την μάζα των διερχόμενων.

Πίνακας 6. Κατανομή αθροιστικών διερχόμενων ανά 1kgf μάζας

Μέσο μέγεθος (μm)	Ειδική ενέργεια (kJ/kg)					
	0	9,61	17,39	32,68	69,29	140,12
813,902	7,28E-01	3,23E-02	1,48E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
441,938	8,34E-01	3,32E-01	2,15E-01	2,17E-03	0,00E+00	0,00E+00
239,915	8,98E-01	6,07E-01	5,22E-01	1,70E-01	0,00E+00	0,00E+00
111,797	9,45E-01	8,07E-01	7,50E-01	5,22E-01	1,55E-01	0,00E+00
52,095	9,70E-01	9,21E-01	8,53E-01	7,37E-01	4,76E-01	1,65E-01
24,276	9,84E-01	9,67E-01	9,12E-01	8,56E-01	7,02E-01	4,87E-01
11,312	9,91E-01	9,81E-01	9,46E-01	9,19E-01	8,30E-01	6,98E-01
3,884	9,96E-01	9,90E-01	9,73E-01	9,63E-01	9,24E-01	8,63E-01
1,334	9,99E-01	9,96E-01	9,88E-01	9,86E-01	9,74E-01	9,54E-01
0,458	9,99E-01	9,99E-01	9,97E-01	9,97E-01	9,96E-01	9,93E-01
0,135	1,00E+00	1,00E+00	9,99E-01	9,99E-01	1,00E+00	9,99E-01



Διάγραμμα 4. Αθροιστική κατανομή μάζα χονδρύτερων τεμαχιδίων

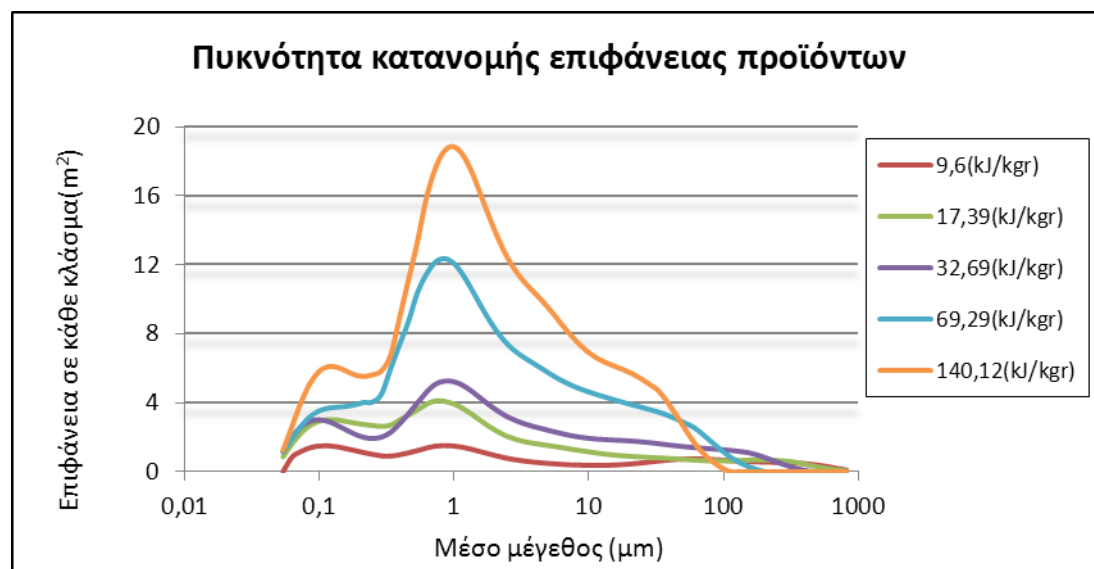
Το διάγραμμα 4. παρουσιάζει την αθροιστική κατανομή της μάζας που παραμένει σε κάθε μέγεθος. Όλες οι καμπύλες εμφανίζουν παρόμοια μορφή, στα μεγάλα μεγέθη η μάζα τείνει στο μηδέν ενώ στα μικρότερα τείνει προς μια μέγιστη τιμή η οποία αντιστοιχεί στη συνολική μάζα. Είναι προφανές ότι αυτή η τιμή είναι ίδια για όλες τις δοκιμές αφού η συνολική μάζα και ο συνολικός όγκος παραμένουν σταθερά κατά την διάρκεια της διαδικασίας.

4.3 Κατανομή επιφάνειας

Η κατανομή της επιφάνειας όπως αυτή υπολογίζεται για κάθε μέγεθος παρουσιάζεται στον πίνακα 7.

Πίνακας 7.Κατανομή επιφάνειας (m²)

Μέσο μέγεθος (μm)	Ειδική ενέργεια (kJ/kg)					
	0	9,61	17,39	32,68	69,29	140,12
813,902	2,03E+00	8,99E-02	4,12E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
441,938	1,11E-01	4,33E-01	3,58E-01	1,11E-02	0,00E+00	0,00E+00
239,915	1,25E-01	5,40E-01	6,59E-01	6,06E-01	0,00E+00	0,00E+00
111,797	1,46E-01	6,38E-01	6,29E-01	1,23E+00	1,07E+00	0,00E+00
52,095	1,70E-01	7,34E-01	7,06E-01	1,44E+00	2,62E+00	2,44E+00
24,276	1,97E-01	5,01E-01	8,53E-01	1,74E+00	3,33E+00	5,40E+00
11,312	2,30E-01	3,60E-01	1,09E+00	1,89E+00	3,99E+00	6,61E+00
3,884	2,84E-01	5,54E-01	1,64E+00	2,62E+00	5,66E+00	1,04E+01
1,334	3,51E-01	1,31E+00	3,37E+00	4,70E+00	9,88E+00	1,75E+01
0,458	4,34E-01	1,09E+00	3,27E+00	3,34E+00	6,30E+00	1,11E+01
0,135	5,55E-01	1,45E+00	3,00E+00	2,70E+00	3,16E+00	6,06E+00



Διάγραμμα 5.Κατανομή επιφάνειας συναρτήσει του μέσου μεγέθους

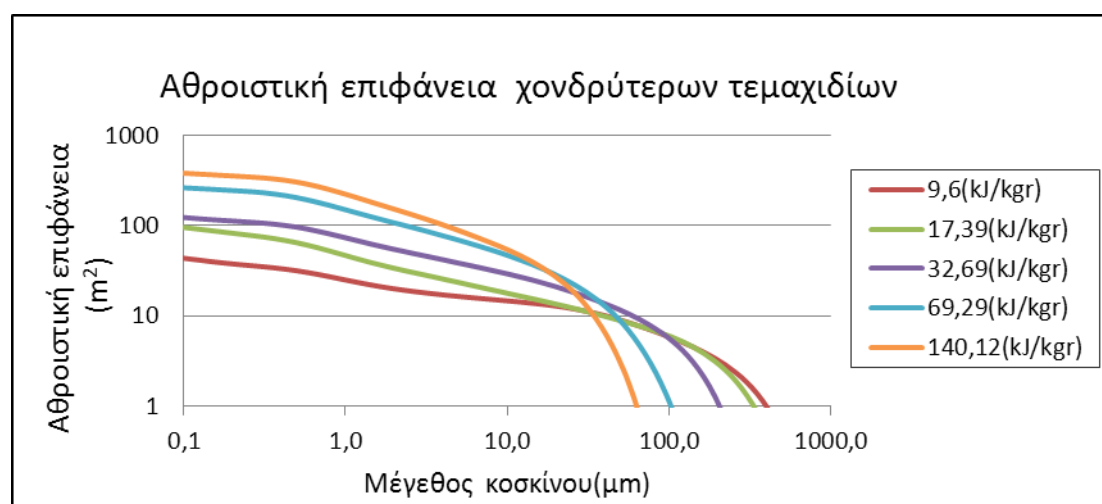
Η γραφική απεικόνιση της κατανομής της επιφάνειας παρουσιάζεται στα διάγραμμα 5. Η επικρατούσα τιμή των καμπυλών εμφανίζεται στο ίδιο μέγεθος ενώ η περιοχή κάτω από την καμπύλη αυξάνεται όσο συνεχίζεται η λειοτρίβηση. Επίσης το μέγιστο μέγεθος του τεμαχιδίου μετατοπίζεται σε όλο και λεπτότερα μεγέθη ενώ το ελάχιστο

μέγεθος, στο οποίο δεν εμφανίζεται επιφάνεια, είναι περίπου το ίδιο. Επειδή όμως φτάνουμε στα όρια του κοκκομετρικού αναλυτή δεν μπορεί να οριστεί με ακρίβεια.. Το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη αυξάνεται όσο η λειοτρίβηση εξελίσσεται, γεγονός που αποδεικνύει ότι η παραγόμενη επιφάνεια των τεμαχιδίων είναι ανάλογη της προσφερόμενης ενέργειας.

Πίνακας 8. Αθροιστική επιφάνεια παραμενόντων τεμαχιδίων(m²)

Μέσο μέγεθος (μm)	Ειδική ενέργεια (kJ/kg)					
	0	9,61	17,39	32,68	69,29	140,12
813,902	1,91E+01	8,99E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
441,938	1,87E+01	1,36E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
239,915	1,82E+01	3,41E+00	3,23E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
111,797	1,75E+01	6,35E+00	6,54E+00	6,67E+00	2,62E+00	0,00E+00
52,095	1,67E+01	9,93E+00	9,80E+00	1,35E+01	1,31E+01	5,99E+00
24,276	1,58E+01	1,30E+01	1,38E+01	2,16E+01	2,85E+01	2,84E+01
11,312	1,47E+01	1,50E+01	1,87E+01	3,07E+01	4,71E+01	5,91E+01
3,884	1,29E+01	1,81E+01	2,85E+01	4,65E+01	8,12E+01	1,20E+02
1,334	1,06E+01	2,45E+01	4,55E+01	7,18E+01	1,35E+02	2,17E+02
0,458	7,85E+00	3,41E+01	7,21E+01	1,04E+02	1,99E+02	3,31E+02
0,135	9,71E+12	2,53E+13	5,25E+13	4,74E+13	5,53E+13	1,06E+14

Στο λογαριθμικό διάγραμμα 6 παρουσιάζεται για κάθε κλάσμα η αθροιστική κατανομή της επιφάνειας των χονδρότερων τεμαχιδίων. Οι καμπύλες τέμνονται μεταξύ τους διότι αυτή με το μικρότερο μέγιστο μέγεθος έχει μια υψηλότερη τιμή ολικής επιφάνειας. Σε μικρότερα μεγέθη οι καμπύλες τείνουν να γίνουν σχεδόν οριζόντιες υποδηλώνοντας ότι δεν υπάρχουν τεμαχίδια σε μικρότερα μεγέθη..



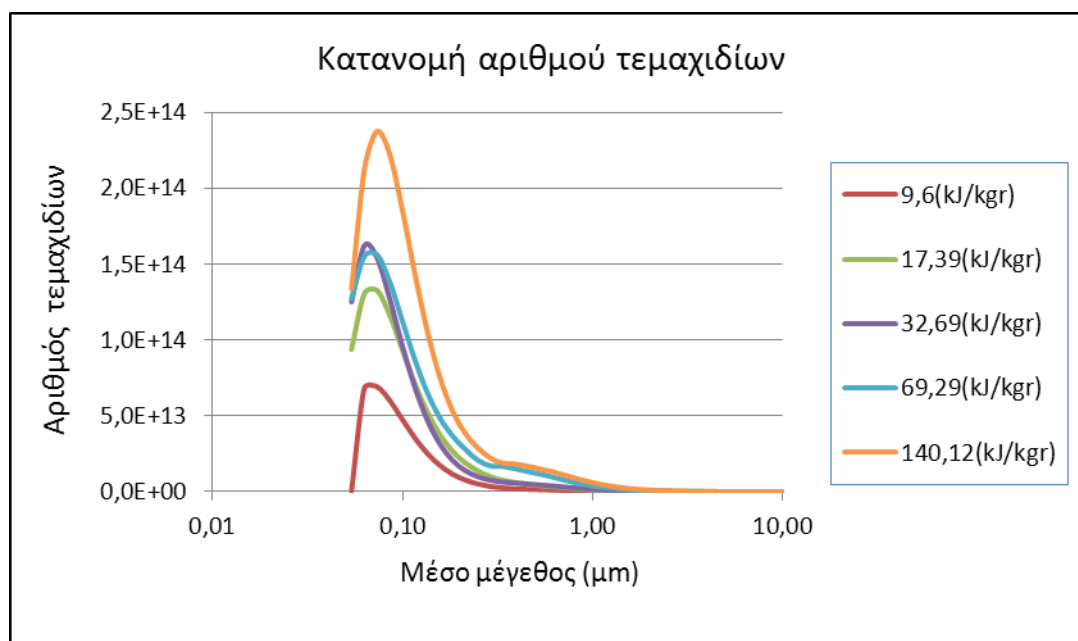
Διάγραμμα 6. Αθροιστική επιφάνεια χονδρότερων τεμαχιδίων

4.4 Κατανομή αριθμού κόκκων

Η κατανομή του αριθμού των κόκκων όπως υπολογίζεται στις εκάστοτε ειδικές ενέργειες εμφανίζεται στον πίνακα 9.

Πίνακας 9. Κατανομή αριθμού τεμαχιδίων

Μέσο μέγεθος (μm)	Ειδική ενέργεια (kJ/kg)					
	0	9,61	17,39	32,68	69,29	140,12
813,902	9,74E+05	4,32E+04	1,98E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
441,938	1,81E+05	7,06E+05	5,83E+05	1,81E+04	0,00E+00	0,00E+00
239,915	6,94E+05	2,99E+06	3,64E+06	3,35E+06	0,00E+00	0,00E+00
111,797	3,72E+06	1,63E+07	1,60E+07	3,15E+07	2,72E+07	0,00E+00
52,095	1,99E+07	8,61E+07	8,28E+07	1,69E+08	3,07E+08	2,86E+08
24,276	1,07E+08	2,71E+08	4,61E+08	9,38E+08	1,80E+09	2,92E+09
11,312	5,72E+08	8,95E+08	2,70E+09	4,71E+09	9,94E+09	1,65E+10
3,884	6,00E+09	1,17E+10	3,47E+10	5,53E+10	1,20E+11	2,20E+11
1,334	6,28E+10	2,34E+11	6,03E+11	8,42E+11	1,77E+12	3,13E+12
0,458	6,60E+11	1,65E+12	4,97E+12	5,08E+12	9,58E+12	1,68E+13
0,135	1,23E+12	2,53E+13	5,25E+13	4,74E+13	5,53E+13	1,06E+14



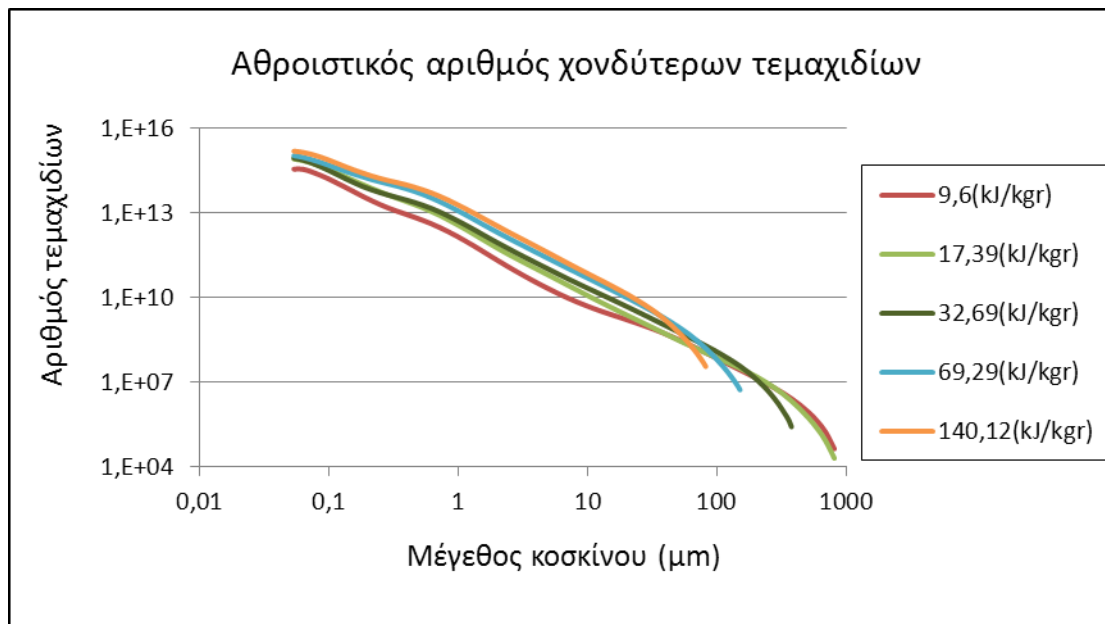
Διάγραμμα 7.Κατανομή αριθμού τεμαχιδίων

Όσο αυξάνει η προσφερόμενη ενέργεια, όπως διαφαίνεται στο διάγραμμα 7 το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη κατανομής αυξάνεται υποδηλώνοντας την αύξηση του αριθμού των τεμαχιδίων όσο αυξάνεται η προσφερόμενη ενέργεια. Η μετακίνηση της επικρατούσας τιμής, η οποία είναι κοινή για κάθε ενέργεια, δεν είναι ξεκάθαρη όπως στην κατανομή της μάζας και ελαττώνεται όσο αυξάνεται η προσφερόμενη ενέργεια. Το ελάχιστο μέγεθος τεμαχιδίου είναι κοινό για κάθε προσφερόμενη ενέργεια επομένως δεν εξαρτάται από την εφαρμοζόμενη ισχύ του ραβδόμυλου.

Πίνακας 10. Αθροιστικός αριθμός χονδρύτερων τεμαχιδίων

Μέσο μέγεθος (μm)	Ειδική ενέργεια (kJ/kg)					
	0	9,61	17,39	32,68	69,29	140,12
813,902	9,74E+05	4,32E+04	1,98E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
441,938	1,44E+06	1,56E+06	1,11E+06	1,81E+04	0,00E+00	0,00E+00
239,915	3,24E+06	9,26E+06	1,00E+07	6,02E+06	0,00E+00	0,00E+00
111,797	1,38E+07	5,49E+07	5,96E+07	9,07E+07	5,06E+07	0,00E+00
52,095	7,07E+07	3,08E+08	2,92E+08	5,73E+08	8,41E+08	5,33E+08
24,276	3,75E+08	1,24E+09	1,60E+09	3,23E+09	5,91E+09	8,23E+09
11,312	2,01E+09	4,06E+09	9,04E+09	1,69E+10	3,40E+10	5,47E+10
3,884	2,10E+10	3,80E+10	1,15E+11	1,86E+11	3,99E+11	7,16E+11
1,334	2,20E+11	6,77E+11	1,77E+12	2,59E+12	5,52E+12	9,83E+12
0,458	2,31E+12	7,23E+12	2,05E+13	2,43E+13	4,74E+13	8,42E+13
0,135	3,39E+13	8,24E+13	1,94E+14	1,67E+14	2,50E+14	4,46E+14

Τέλος, η κατανομή του αθροιστικού αριθμού των κόκκων στα χονδρότερα μεγέθη παρουσιάζεται στο διάγραμμα 8 σε κλίμακα log-log. Οι καμπύλες αυτές έχουν την ίδια μορφή με τις αντίστοιχες των κατανομών επιφάνειας. Όπως και στις προηγούμενες ιδιότητες, στα μεγαλύτερα επίπεδα ενέργειας, οι καμπύλες ξεκινούν από μικρότερα μεγέθη ενώ ένα μεγάλο μέρος τους είναι σχεδόν ευθύγραμμο και τέμνονται καθώς οι καμπύλες που αντιστοιχούν σε μεγαλύτερη ενέργεια καταλήγουν σε μεγαλύτερο αριθμό κόκκων.



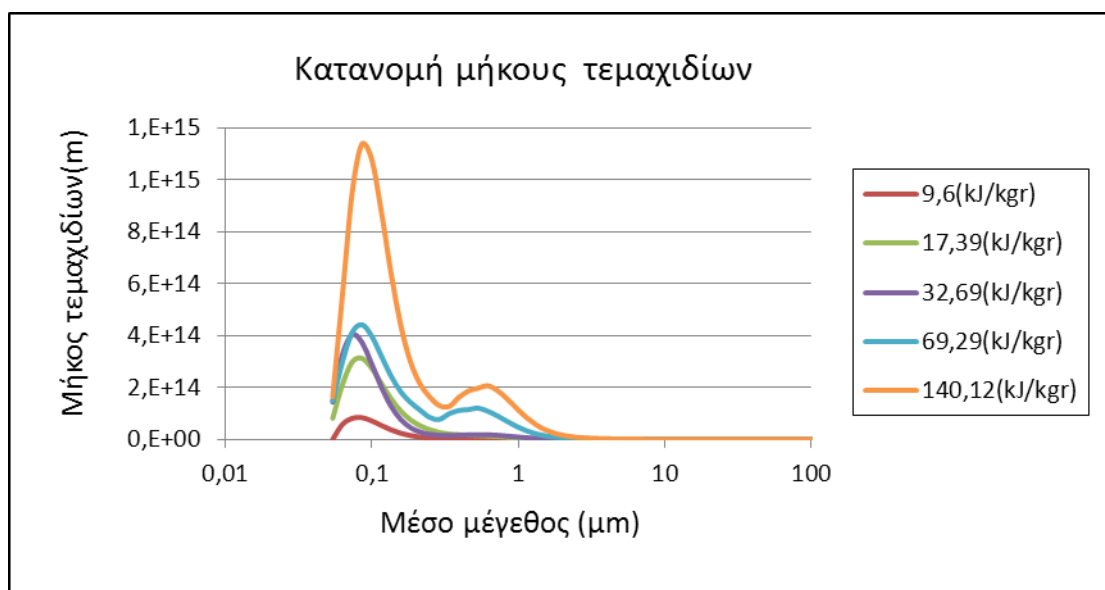
Διάγραμμα 8 Αθροιστικός αριθμός χονδρύτερων τεμαχιδίων

4.5 Κατανομή μήκους τεμαχιδίων

Η κατανομή του μήκους των τεμαχιδίων συναρτήσει του μέσου μεγέθους παρουσιάζεται στον πίνακα 12.

Πίνακας 12. Κατανομή μήκους τεμαχιδίων

Μέσο μέγεθος (μm)	Ειδική ενέργεια (kJ/kg)					
	0	9,61	17,39	32,68	69,29	140,12
813,902	7,13E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,93E+07
441,938	1,80E+10	5,59E+08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,36E+07
239,915	1,66E+02	7,17E+02	8,74E+02	8,04E+02	0,00E+00	0,00E+00
111,797	4,16E+02	1,82E+03	1,79E+03	3,52E+03	3,04E+03	0,00E+00
52,095	1,04E+03	4,49E+03	4,32E+03	8,80E+03	1,60E+04	1,49E+04
24,276	2,59E+03	6,58E+03	1,12E+04	2,28E+04	4,37E+04	7,09E+04
11,312	6,47E+03	1,01E+04	3,06E+04	5,33E+04	1,12E+05	1,86E+05
3,884	2,33E+04	4,54E+04	1,35E+05	2,15E+05	4,65E+05	8,55E+05
1,334	8,38E+04	3,13E+05	8,04E+05	1,12E+06	2,36E+06	4,18E+06
0,458	3,02E+05	7,56E+05	2,28E+06	2,33E+06	4,38E+06	7,70E+06
0,135	1,31E+06	3,41E+06	7,08E+06	6,39E+06	7,46E+06	1,43E+07



Διάγραμμα 9. Κατανομή μήκους τεμαχιδίων

Η αθροιστική κατανομή του μήκους των τεμαχιδίων παρουσιάζεται στο διάγραμμα 9. Σε αυτό το διάγραμμα είναι εμφανές ότι η μέγιστη τιμή του μήκους λαμβάνεται στη μέγιστη τιμή της ειδικής ενέργειας. Το εμβαδόν κάτω από κάθε γραφική παράσταση και για κάθε ενέργεια αυξάνει με την αύξηση της προσφερόμενης ενέργειας γεγονός που επαληθεύει τις κατανομές της επιφανείας αλλά και του αριθμού των τεμαχιδίων

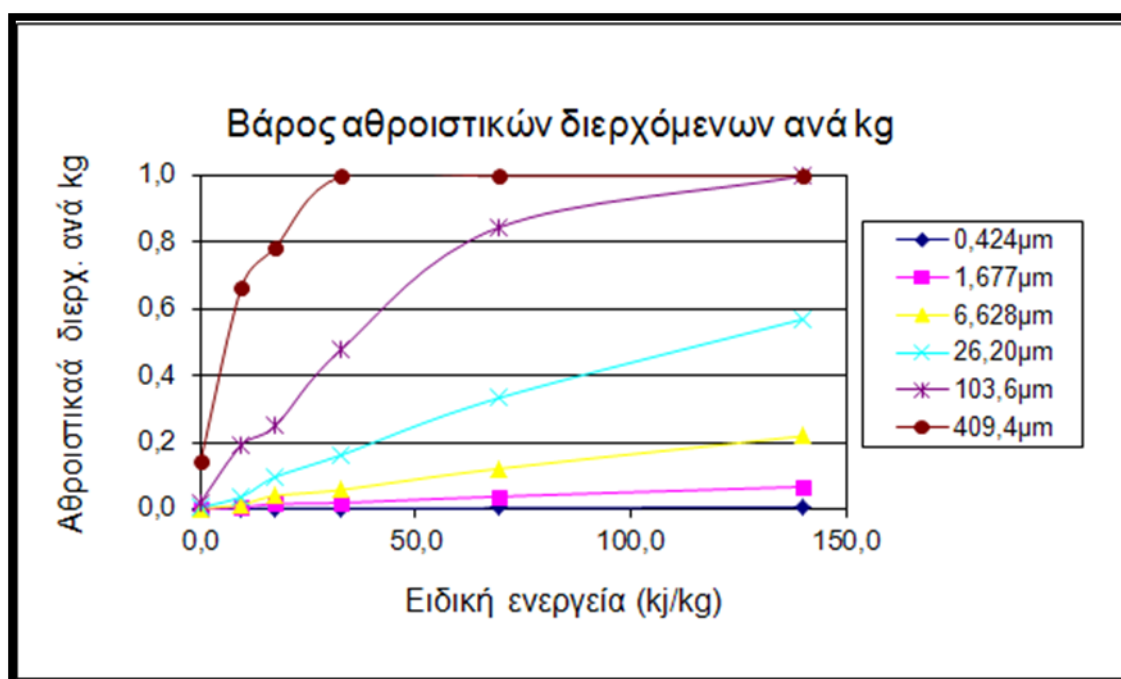
5. Υπολογισμός του ρυθμού θραύσης (κ)

Για τον υπολογισμό της σχέσης που συνδέει τον ρυθμό θραύσης (κ) με το βάρος του παραχθέντος υλικού χρησιμοποιήθηκε το κινητικό μοντέλο θραύσης όπως αυτό προέκυψε από την σχέση (20) $B_{j,i} = R_0(1 - e^{-\kappa_i \cdot e_j})$ και το οποίο προβλέπει την μάζα του υλικού που θα παραχθεί κάτω από ένα συγκεκριμένο μέγεθος x_i σαν μια συνάρτηση της ειδικής ενέργειας (e_j). Η παρούσα εργασία έχει σαν στόχο να προσδιοριστεί ο βέλτιστος ρυθμός θραύσης (κ) έτσι ώστε οι αθροιστικές τιμές των υπολογιστικών διαστασιακών ιδιοτήτων που προκύπτουν από την σχέση (20) να έχουν την μικρότερη δυνατή απόκλιση από τις τιμές των πειραματικών διαστασιακών τιμών παραχθέντων μαζών $B_{j,i}$ (m) που λαμβάνονται κατά την διάρκεια της λειοτρίβησης.

Τα μεγέθη των χρησιμοποιούμενων κοσκίνων αναφοράς των προϊόντων λειοτρίβησης αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες καταναλισκόμενες ειδικές ενέργειες που καταναλώθηκαν εντός προκαθορισμένων χρονικών διαστημάτων.

Μέγεθος κοσκίνου αναφοράς (μm)	409,4	103,6	26,29	6,628	1,677	0,424
Ειδική ενέργεια (kg/kJ)	0	9,61	17,39	32,68	62,69	140,1

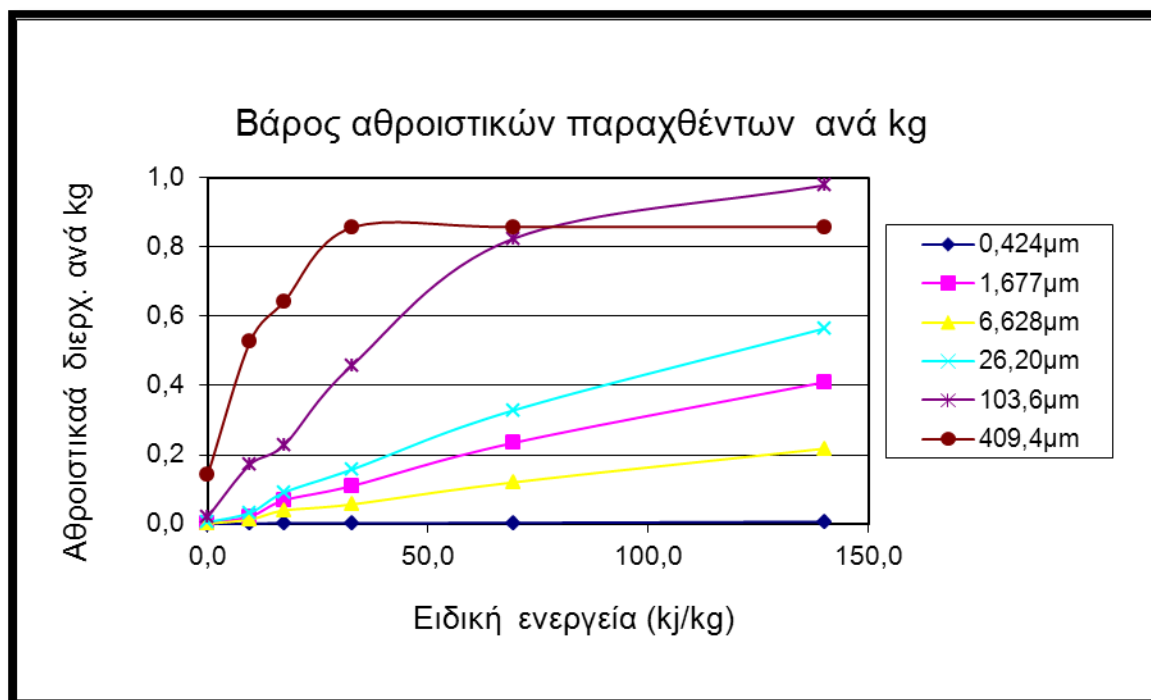
Το βάρος των αθροιστικών διερχόμενων σε σχέση με το κόσκινο αναφοράς όπως πρόεκυψαν από την πειραματική διαδικασία καταγράφεται στο διάγραμμα 10.



Διάγραμμα 10: Αθροιστικό διερχόμενο βάρος (kg) σε σχέση με την ειδική ενέργεια

Οι καμπύλες αυτές είναι χρήσιμες για τον προσδιορισμό της μάζας του υλικού που είναι πάνω από μέγεθος x_i και διέρχεται κάτω από αυτό όταν εφαρμοστεί ειδική ενέργεια e_j κατά την j δοκιμή, όπως παρουσιάζεται στο διάγραμμα 11. Στο διάγραμμα 11 παρατηρείται ότι υπάρχει μια εκλεκτική θραύση των τεμαχιδίων, με τα μεγαλύτερα εξ'αυτών να έχουν μεγαλύτερο ρυθμό θραύσης ενώ όσο η λειοτρίβηση

εξελίσσεται ο ρυθμός θραύσης ελαττώνεται και τελικά η κλίση της καμπύλης, που εκφράζει τον ρυθμό να οριζοντιώνεται να γίνεται επομένως μηδέν.



Διάγραμμα 11: Παραχθέν υλικό σε σχέση με την ειδική ενέργεια

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του διαγράμματος 11 μπορούμε να προσδιορίσουμε τα πειραματικά βάρη των παραχθέντων τεμαχιδίων $B_{j,i}(m)$ ενώ κάνοντας χρήση του μοντέλου $B_{j,i} = R_0(1 - e^{-\kappa_i \cdot e_j})$ να υπολογίσουμε τα βάρη των παραχθέντων $B_{j,i}(c)$. Θεωρητικά οι τιμές των $B_{j,i}(m)$ και $B_{j,i}(c)$ θα πρέπει να είναι όμοιες ή τουλάχιστον οι τιμές τους να είναι όσο τον δυνατό πλησιέστερα η μία στην άλλη, εάν λάβουμε υπόψη μας τα πειραματικά σφάλματα που ενδεχομένως να έχουν γίνει.

Η διαδικασία αυτή μας παρέχει την δυνατότητα να προσδιορίσουμε τον ρυθμό θραύσης (κ) κατά την λειοτρίβηση του υλικού, κάνοντας χρήση του προγράμματος excel. Σύμφωνα με την διαδικασία, αρχικά δίνεται μια τιμή στο (κ) και υπολογίζονται τα $B(c)$, για κάθε χρόνο λειοτρίβησης (ειδική ενέργεια e_j), από την εξίσωση (20). Αντίστοιχα για κάθε χρόνο (ειδική ενέργεια e_j) και χρησιμοποιώντας τα πειραματικά δεδομένα προσδιορίζονται τα $B_{j,i}(m)$. Η διαφορά των πειραματικών με τα υπολογιστικά αποτελέσματα θα έπρεπε ιδανικά να μηδενίζεται ενώ υψώνεται στο τετράγωνο ώστε να αποφεύγονται οι αρνητικές τιμές $[(B_{j,i}(m)) - (B_{j,i}(c))]^2$ και υπολογίζουμε το άθροισμα των τετραγώνων

$$\sum_1^n \left[(B_{j,i}(m)) - (B_{j,i}(c)) \right]^2$$

για κάθε ειδική ενέργεια. Μεταβάλλοντας τις τιμές του (κ) μπορούμε να υπολογίσουμε την τιμή που δίνει το ελάχιστο άθροισμα των τετραγώνων όσο το δυνατόν πλησιέστερα στο μηδέν. Στο μέγεθος 120,67μm ο πίνακας 12 αντιστοιχεί στα πειραματικά και υπολογιστικά δεδομένα

Πίνακας 13. Πειραματικά και υπολογιστικά αθροιστικά διερχόμενα για το μέγεθος 120,67μm

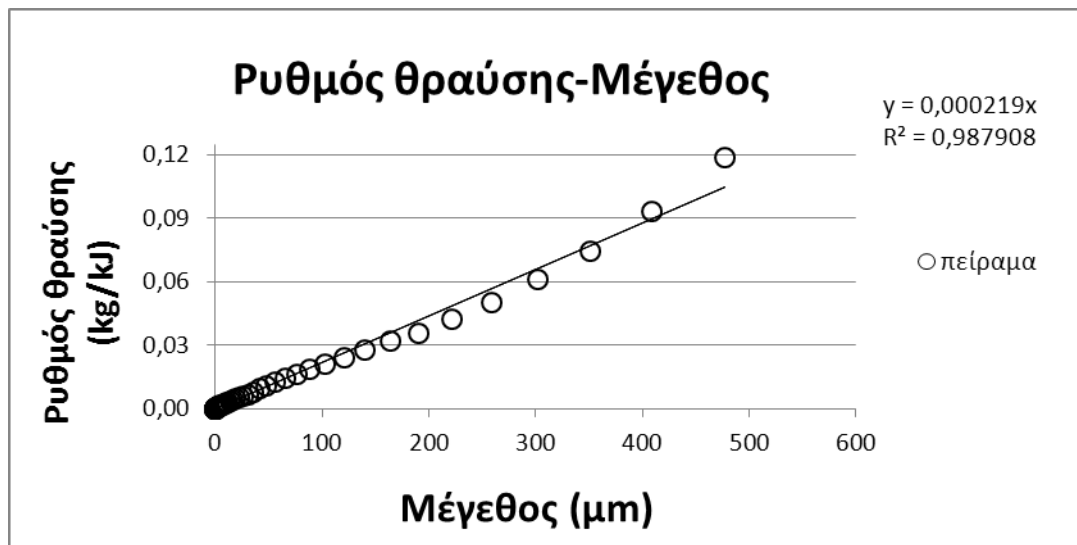
Ειδική ενέργεια (kJ/kg)	Πειραματικά αθροιστικά παραχθέντα ανά (kg) B _{i,i} (m)	Υπολογιστικά αθροιστικά παραχθέντα ανά (kg) B _{i,i} (c)	[B _{i,i} (m)-B _{i,i} (c)] ²
0	2,44E-02	0,00E-1	5,94E-04
9,6	2,00E-01	2,03E-01	5,28E-04
17,4	2,56E-01	3,35E-01	9,21E-03
32,7	5,15E-01	5,33E-01	8,89E-04
69,3	8,73E-01	7,93E-01	5,67E-03
140,1	9,76E-01	9,43E-01	1,02E-03
sum			1,79E-02

Η βέλτιστη τιμή του ρυθμού θραύσης (κ) είναι εκείνη για την οποία το άθροισμα των τετραγώνων της διαφοράς των πειραματικών και των υπολογιστικών αποτελεσμάτων να είναι το ελάχιστο και στην συγκεκριμένη περίπτωση για μέγεθος 120,67μm ο ρυθμός θραύσης ισούται με κ=0,0242(kg/kJ). Οι τιμές των (κ) σε σχέση με το μέγεθος (x_i) για όλες τις σειρές δοκιμών υπολογίστηκαν και παρουσιάζονται στον Πίνακα 14.

Πίνακα 14:Υπολογισμός του ρυθμού θραύσης (κ) σε κάθε τάξη μεγέθους

Μέγεθος (μm)	(Bm-Bc)2						Αθροίσμα τετραγώνων διαφορών	Ρυθμός θραύσης ki(kg/kJ)
	Ειδική ενέργεια (kJ/kg)							
	0	9,61	17,39	32,68	69,29	140,12		
4.99E-02	1,47E-08	4,11E-10	1,34E-09	4,75E-09	2,13E-08	4,78E-09	4,73E-08	2,11E-06
5.83E-02	1,88E-08	3,51E-08	5,18E-08	1,01E-07	3,23E-07	1,00E-06	1,53E-06	6,37E-06
6.79E-02	2,40E-08	1,60E-08	1,01E-08	8,57E-09	2,61E-08	2,02E-08	1,05E-07	6,39E-07
7.91E-02	3,07E-08	1,40E-08	4,28E-09	3,67E-09	3,86E-08	2,92E-08	1,20E-07	1,62E-06
9.21E-02	3,92E-08	1,06E-08	1,68E-10	4,36E-10	5,53E-08	4,24E-08	1,48E-07	3,09E-06
1.07E-01	5,00E-08	6,76E-09	3,12E-09	4,93E-10	7,57E-08	6,16E-08	1,98E-07	5,02E-06
1.25E-01	6,39E-08	3,29E-09	1,95E-08	4,19E-09	9,87E-08	8,90E-08	2,79E-07	7,39E-06
1.46E-01	8,17E-08	9,47E-10	5,62E-08	1,05E-08	1,23E-07	1,27E-07	3,99E-07	1,02E-05
1.70E-01	1,04E-07	2,20E-11	1,21E-07	1,76E-08	1,45E-07	1,80E-07	5,68E-07	1,33E-05
1.98E-01	1,33E-07	3,49E-10	2,24E-07	2,33E-08	1,62E-07	2,52E-07	7,95E-07	1,68E-05
2.30E-01	1,70E-07	1,35E-09	3,76E-07	2,61E-08	1,73E-07	3,50E-07	1,10E-06	2,08E-05
2.68E-01	2,17E-07	2,23E-09	5,93E-07	2,68E-08	1,78E-07	4,82E-07	1,50E-06	2,56E-05
3.13E-01	2,78E-07	2,37E-09	8,94E-07	2,96E-08	1,89E-07	6,51E-07	2,04E-06	3,13E-05
3.64E-01	3,55E-07	1,67E-09	1,32E-06	3,75E-08	2,07E-07	8,71E-07	2,79E-06	3,89E-05
4.24E-01	4,53E-07	4,62E-10	1,92E-06	4,67E-08	2,01E-07	1,19E-06	3,80E-06	5,05E-05
4.94E-01	5,79E-07	1,16E-10	2,76E-06	6,10E-08	1,95E-07	1,72E-06	5,31E-06	6,76E-05
5.76E-01	7,40E-07	2,14E-09	4,01E-06	1,06E-07	1,49E-07	2,26E-06	7,26E-06	9,09E-05
6.71E-01	9,45E-07	9,30E-09	5,73E-06	1,69E-07	9,08E-08	3,16E-06	1,01E-05	1,24E-04
7.81E-01	1,21E-06	2,46E-08	8,10E-06	2,79E-07	3,68E-08	4,41E-06	1,41E-05	1,66E-04
9.10E-01	1,54E-06	5,68E-08	1,10E-05	4,08E-07	1,24E-09	6,09E-06	1,91E-05	2,18E-04
1.06E+00	1,97E-06	1,22E-07	1,44E-05	5,30E-07	2,72E-08	8,27E-06	2,53E-05	2,81E-04
1.24E+00	2,52E-06	2,48E-07	1,80E-05	6,03E-07	1,58E-07	1,10E-05	3,25E-05	3,52E-04
1.44E+00	3,22E-06	4,84E-07	2,16E-05	5,95E-07	4,18E-07	1,42E-05	4,05E-05	4,32E-04
1.68E+00	4,11E-06	9,08E-07	2,47E-05	4,96E-07	7,84E-07	1,78E-05	4,89E-05	5,19E-04
1.95E+00	5,25E-06	1,64E-06	2,72E-05	3,18E-07	1,20E-06	2,18E-05	5,73E-05	6,12E-04
2.28E+00	6,71E-06	2,89E-06	2,86E-05	1,17E-07	1,56E-06	2,58E-05	6,57E-05	7,13E-04
2.65E+00	8,57E-06	4,93E-06	2,91E-05	1,34E-09	1,74E-06	2,97E-05	7,41E-05	8,21E-04
3.09E+00	1,09E-05	8,18E-06	2,87E-05	1,32E-07	1,69E-06	3,33E-05	8,29E-05	9,40E-04
3.60E+00	1,40E-05	1,33E-05	2,74E-05	7,58E-07	1,38E-06	3,65E-05	9,33E-05	1,07E-03
4.19E+00	1,79E-05	2,10E-05	2,56E-05	2,28E-06	9,24E-07	3,90E-05	1,07E-04	1,22E-03
4.88E+00	2,28E-05	3,25E-05	2,32E-05	5,25E-06	4,59E-07	4,09E-05	1,25E-04	1,39E-03
5.69E+00	2,91E-05	4,89E-05	2,03E-05	1,04E-05	1,24E-07	4,24E-05	1,51E-04	1,58E-03
6.63E+00	3,72E-05	7,20E-05	1,71E-05	1,82E-05	3,65E-10	4,36E-05	1,88E-04	1,79E-03
7.72E+00	4,76E-05	1,04E-04	1,34E-05	2,95E-05	7,42E-08	4,48E-05	2,39E-04	2,02E-03
9.00E+00	6,08E-05	1,47E-04	9,16E-06	4,54E-05	2,45E-07	4,59E-05	3,08E-04	2,28E-03
1.05E+01	7,76E-05	2,04E-04	4,58E-06	6,70E-05	4,72E-07	4,62E-05	4,00E-04	2,57E-03
1.22E+01	9,92E-05	2,81E-04	7,93E-07	9,67E-05	9,18E-07	4,38E-05	5,22E-04	2,91E-03
1.42E+01	1,27E-04	3,82E-04	7,38E-07	1,38E-04	2,21E-06	3,65E-05	6,86E-04	3,31E-03
1.66E+01	1,62E-04	5,13E-04	1,06E-05	1,98E-04	6,20E-06	2,27E-05	9,13E-04	3,78E-03
1.93E+01	2,07E-04	6,80E-04	4,14E-05	2,87E-04	1,72E-05	5,90E-06	1,24E-03	4,33E-03
2.25E+01	2,64E-04	8,84E-04	1,11E-04	4,22E-04	4,21E-05	1,82E-06	1,72E-03	5,00E-03
2.62E+01	3,37E-04	1,12E-03	2,45E-04	6,28E-04	8,82E-05	4,89E-05	2,47E-03	5,79E-03
3.05E+01	4,31E-04	1,38E-03	4,81E-04	9,43E-04	1,57E-04	2,26E-04	3,62E-03	6,74E-03
3.56E+01	5,51E-04	1,65E-03	8,76E-04	1,42E-03	2,38E-04	6,90E-04	5,43E-03	7,87E-03
4.14E+01	7,04E-04	1,89E-03	1,46E-03	2,05E-03	2,56E-04	1,54E-03	7,90E-03	9,18E-03
4.83E+01	8,99E-04	2,04E-03	2,26E-03	2,73E-03	1,58E-04	2,73E-03	1,08E-02	1,07E-02
5.62E+01	1,15E-03	2,07E-03	3,28E-03	3,32E-03	1,59E-05	3,94E-03	1,38E-02	1,23E-02
6.55E+01	1,47E-03	1,97E-03	4,50E-03	3,65E-03	1,01E-04	4,62E-03	1,63E-02	1,41E-02
7.63E+01	1,87E-03	1,79E-03	5,97E-03	3,64E-03	8,24E-04	4,53E-03	1,86E-02	1,62E-02
8.89E+01	2,39E-03	1,62E-03	7,82E-03	3,38E-03	2,09E-03	3,61E-03	2,09E-02	1,86E-02
1.04E+02	3,06E-03	1,35E-03	9,46E-03	2,43E-03	3,88E-03	2,33E-03	2,25E-02	2,12E-02
1.21E+02	3,91E-03	1,07E-03	1,08E-02	1,26E-03	5,33E-03	9,95E-04	2,34E-02	2,42E-02
1.41E+02	4,99E-03	8,47E-04	1,18E-02	3,30E-04	5,65E-03	3,59E-04	2,40E-02	2,78E-02
1.64E+02	6,38E-03	6,90E-04	1,24E-02	5,81E-06	4,83E-03	1,02E-04	2,44E-02	3,22E-02
1.91E+02	8,14E-03	1,66E-04	9,23E-03	1,50E-03	4,43E-03	3,57E-05	2,35E-02	3,59E-02
2.22E+02	1,04E-02	8,47E-05	8,37E-03	3,02E-03	2,29E-03	5,71E-06	2,42E-02	4,23E-02
2.59E+02	1,33E-02	2,44E-05	7,01E-03	4,12E-03	7,24E-04	5,73E-07	2,52E-02	5,04E-02
3.02E+02	1,70E-02	2,25E-07	5,39E-03	4,09E-03	1,65E-04	2,99E-08	2,66E-02	6,08E-02
3.51E+02	2,17E-02	1,36E-05	3,63E-03	2,91E-03	2,35E-05	6,06E-10	2,83E-02	7,46E-02
4.09E+02	2,77E-02	7,34E-05	2,47E-03	1,41E-03	1,73E-06	3,24E-12	3,17E-02	9,31E-02
4.77E+02	3,54E-02	1,28E-04	1,79E-03	2,78E-04	4,60E-08	2,23E-15	3,76E-02	1,19E-01
5.56E+02	4,52E-02	7,46E-05	1,34E-03	2,09E-05	2,07E-10	4,14E-20	4,67E-02	1,58E-01
6.47E+02	5,77E-02	9,82E-06	7,21E-04	3,65E-07	9,22E-14	1,53E-27	5,85E-02	2,18E-01
7.54E+02	5,17E-02	1,09E-07	1,50E-04	3,12E-10	1,00E-14	0,00E+00	5,18E-02	3,25E-01

Στο διάγραμμα 12 παρουσιάζεται η γραφική παράσταση του ρυθμού θραύσης (κ) σε σχέση με το μέγεθος (x_i) της κοκκομετρίας.



Διάγραμμα 12 Ρυθμός θραύσης συναρτήσει μεγέθους

Στο διάγραμμα 11 παρατηρούμε ότι ο ρυθμός θραύσης ελαττώνεται όσο η διαδικασία εξελίσσεται δηλαδή όσο το μέγεθος των τεμαχιδίων (x_i) ελαττώνεται. Η εξίσωση που περιγράφει την σχέση μεταξύ του ρυθμού θραύσης (κ) με του μεγέθους των τεμαχιδίων (x_i) στην προκείμενη διαδικασία λειοτρίβησης είναι της μορφής

$$\kappa = \alpha \cdot x$$

Το α ισούται με την κλίση της ευθείας και με βάση τα αποτελέσματα το

$\alpha = 0,000219$ οπότε η εξίσωση

$$\kappa = 0,000219 \cdot x \quad (24)$$

6.Υπολογισμός κοκκομετρίας και διαστασιακών ιδιοτήτων με βάση το μαθηματικό μοντέλο

Χρησιμοποιώντας το μαθηματικό μοντέλο της σχέσης (20) $B_{j,i} = R_0(1 - e^{-\kappa_i \cdot e_j})$ υπολογίζουμε την μάζα του υλικού που είναι πάνω από μέγεθος x_i και σπάει κάτω από αυτό όταν εφαρμοστεί ειδική ενέργεια (e_j), χρησιμοποιώντας ως ρυθμό θραύσης (κ) τον ρυθμό όπως προκύπτει από την εξίσωση (24) για κάθε μέγεθος x_i

$$\kappa = 0,000219 x_i$$

Το R_0 της σχέσης (20) αναφέρεται στο παραμένον υλικό της αρχικής τροφής και υπολογίζεται σε σχέση με διερχόμενο της αρχικής τροφοδοσίας από την σχέση $R_0 = 1 - P_0 \dots (25)$. Το αθροιστικώς διερχόμενο P_0 της αρχικής τροφής προκύπτει από την σχέση (23) για κάθε τάξη μεγέθους.

Γνωρίζοντας όλα τα μέλη της εξίσωσης (20) μπορούμε να υπολογίσουμε μια νέα κοκκομετρία του υλικού για κάθε μία ενέργεια e_j

Πίνακα 15.Υπολογιστική κατανομή του βάρους (kg)

Μέσο μέγεθος (μm)	κ (kg/sec)	Ειδική ενέργεια (kJ/kg)					
		0	9,61	17,39	32,68	69,29	140,12
813,9	2,20E-01	7,28E-01	8,81E-02	1,59E-02	5,54E-04	1,78E-07	3,09E-14
441,9	1,19E-01	2,17E-02	5,13E-02	3,23E-02	8,24E-03	1,61E-04	4,29E-08
239,9	6,48E-02	1,33E-02	5,35E-02	5,29E-02	3,30E-02	5,35E-03	8,00E-05
111,8	3,02E-02	7,20E-03	3,82E-02	5,03E-02	5,52E-02	3,47E-02	6,96E-03
52,10	1,41E-02	3,91E-03	2,20E-02	3,30E-02	4,70E-02	5,56E-02	3,79E-02
24,28	6,55E-03	2,12E-03	1,15E-02	1,82E-02	2,92E-02	4,63E-02	5,59E-02
11,31	3,05E-03	1,15E-03	5,76E-03	9,28E-03	1,57E-02	2,84E-02	4,47E-02
3,884	1,05E-03	4,87E-04	2,12E-03	3,42E-03	5,90E-03	1,15E-02	2,10E-02
1,334	1,59E-03	3,45E-03	6,23E-03	1,17E-02	2,46E-02	4,91E-02	8,06E-03
0,458	6,73E-04	1,19E-03	2,15E-03	4,03E-03	8,52E-03	1,72E-02	2,89E-03
0,135	3,64E-05	2,53E-04	3,50E-04	6,33E-04	1,19E-03	2,52E-03	5,09E-03

Στο μέγεθος 52,10μm η εξίσωση (24) συνδέει το μέγεθος x_i με τον ρυθμό θραύσης κ $\kappa=0,00141(\text{kg/kJ})$ ενώ με την χρησιμοποίηση του μοντέλου για κάθε ειδική ενέργεια e_j κατασκευάζουμε την κοκκομετρία του Πίνακα 15. Πραγματοποιώντας μια πρώτη σύγκριση του πίνακα 15 με τον πίνακα 1(πειραματική κατανομή μάζας) θα παρατηρήσουμε ότι υπάρχουν αποκλίσεις στις τιμές με τις πειραματικές, με την μεγαλύτερες εξ αυτών να εμφανίζονται στα μικρότερα μεγέθη, ενώ το συνολικό άθροισμα της μάζας και για τις δυο περιπτώσεις είναι ίσο με 1kg αποδεικνύοντας την αρχή διατήρησης της μάζας. Συνεχίζοντας για τον υπολογισμό και των υπολοίπων διαστασιακών ιδιοτήτων παρατηρείται αύξηση στην διαφορά των αθροιστικών τιμών αυτών, τόσο στην επιφάνεια, όσο και στο μήκος και στον αριθμό των τεμαχιδίων.

Συγκεκριμένα για την επιφάνεια που καταλαμβάνουν οι κόκκοι, όπως υπολογίζεται με βάση την κοκκομετρία του μοντέλου του πίνακα 15 προκύπτουν οι παρακάτω υπολογιστικές τιμές

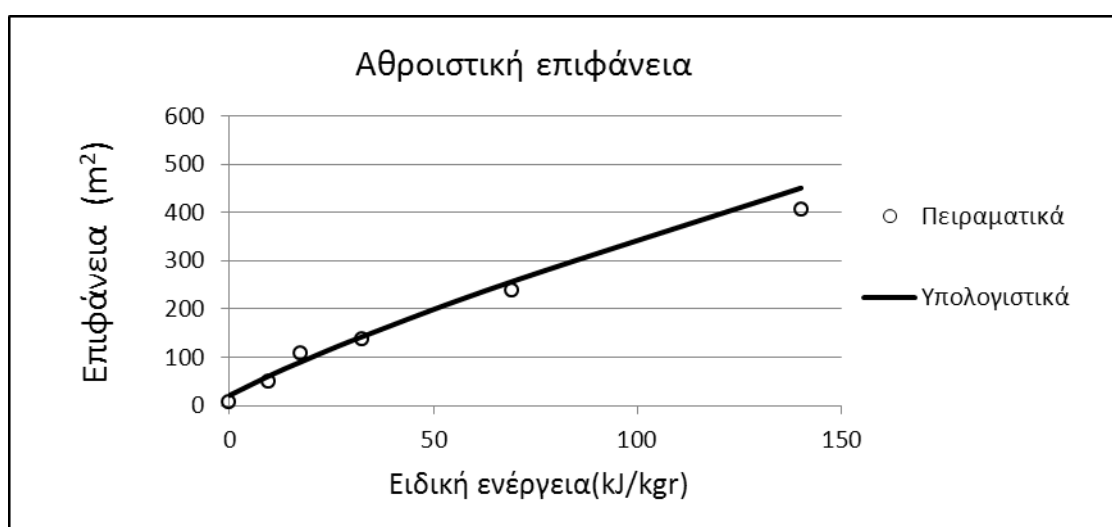
Πίνακας 16. Υπολογιστικές επιφάνειες για κάθε τάξη μεγέθους στις διάφορες ειδικές ενέργειες όπως προκύπτουν με βάση το κινητικό μοντέλο

Μέγεθος (μm)	Επιφάνεια (m^2) για ειδική ενέργεια (kg/kJ)					
	0	9,6	17,4	32,7	69,3	140,1
0,0539	6,70E-01	1,47E+00	2,11E+00	3,38E+00	6,42E+00	1,23E+01
0,0629	6,43E-01	1,43E+00	2,07E+00	3,32E+00	6,31E+00	1,21E+01
0,0733	6,21E-01	1,40E+00	2,03E+00	3,28E+00	6,25E+00	1,20E+01
0,0853	6,05E-01	1,39E+00	2,03E+00	3,28E+00	6,27E+00	1,20E+01
0,0994	5,87E-01	1,37E+00	2,01E+00	3,26E+00	6,25E+00	1,20E+01
0,1158	5,69E-01	1,35E+00	1,99E+00	3,23E+00	6,21E+00	1,19E+01
0,1349	5,55E-01	1,34E+00	1,98E+00	3,24E+00	6,24E+00	1,20E+01
0,1572	5,36E-01	1,32E+00	1,96E+00	3,21E+00	6,19E+00	1,19E+01
0,1832	5,20E-01	1,30E+00	1,94E+00	3,19E+00	6,16E+00	1,19E+01
0,2134	5,05E-01	1,29E+00	1,93E+00	3,17E+00	6,15E+00	1,19E+01
0,2486	4,89E-01	1,27E+00	1,91E+00	3,15E+00	6,11E+00	1,18E+01
0,2895	4,75E-01	1,26E+00	1,90E+00	3,14E+00	6,12E+00	1,18E+01
0,3373	4,61E-01	1,25E+00	1,88E+00	3,13E+00	6,10E+00	1,18E+01
0,3931	4,46E-01	1,23E+00	1,86E+00	3,10E+00	6,06E+00	1,17E+01
0,4577	4,34E-01	1,22E+00	1,85E+00	3,10E+00	6,06E+00	1,17E+01
0,5334	4,21E-01	1,21E+00	1,84E+00	3,08E+00	6,03E+00	1,17E+01
0,6214	4,08E-01	1,19E+00	1,82E+00	3,06E+00	6,00E+00	1,16E+01
0,7238	3,96E-01	1,18E+00	1,81E+00	3,05E+00	6,00E+00	1,16E+01
0,8434	3,84E-01	1,17E+00	1,80E+00	3,03E+00	5,96E+00	1,15E+01
0,9824	3,73E-01	1,16E+00	1,79E+00	3,02E+00	5,94E+00	1,14E+01
1,1446	3,62E-01	1,14E+00	1,78E+00	3,01E+00	5,91E+00	1,14E+01
1,3335	3,51E-01	1,13E+00	1,76E+00	2,99E+00	5,88E+00	1,13E+01
1,5534	3,41E-01	1,12E+00	1,75E+00	2,97E+00	5,85E+00	1,12E+01
1,8098	3,30E-01	1,11E+00	1,74E+00	2,96E+00	5,81E+00	1,11E+01
2,1084	3,20E-01	1,10E+00	1,73E+00	2,94E+00	5,77E+00	1,10E+01
2,4563	3,11E-01	1,09E+00	1,71E+00	2,92E+00	5,73E+00	1,08E+01
2,8616	3,02E-01	1,08E+00	1,70E+00	2,90E+00	5,68E+00	1,07E+01
3,3338	2,93E-01	1,07E+00	1,69E+00	2,88E+00	5,62E+00	1,05E+01
3,8838	2,84E-01	1,06E+00	1,67E+00	2,86E+00	5,56E+00	1,03E+01
4,5247	2,75E-01	1,05E+00	1,66E+00	2,84E+00	5,49E+00	1,01E+01
5,2712	2,67E-01	1,04E+00	1,65E+00	2,81E+00	5,42E+00	9,80E+00
6,1410	2,59E-01	1,03E+00	1,63E+00	2,78E+00	5,33E+00	9,51E+00
7,1542	2,52E-01	1,02E+00	1,62E+00	2,75E+00	5,23E+00	9,18E+00
8,3346	2,44E-01	1,01E+00	1,60E+00	2,72E+00	5,12E+00	8,81E+00
9,7099	2,37E-01	9,94E-01	1,58E+00	2,68E+00	4,99E+00	8,41E+00
11,3120	2,30E-01	9,83E-01	1,56E+00	2,64E+00	4,85E+00	7,96E+00
13,1785	2,23E-01	9,71E-01	1,54E+00	2,59E+00	4,70E+00	7,47E+00
15,3529	2,16E-01	9,59E-01	1,52E+00	2,54E+00	4,52E+00	6,93E+00
17,8862	2,10E-01	9,46E-01	1,50E+00	2,48E+00	4,33E+00	6,36E+00
20,8374	2,04E-01	9,33E-01	1,47E+00	2,41E+00	4,11E+00	5,75E+00
24,2756	1,97E-01	9,18E-01	1,44E+00	2,34E+00	3,87E+00	5,12E+00
28,2811	1,92E-01	9,02E-01	1,41E+00	2,26E+00	3,61E+00	4,47E+00
32,9474	1,86E-01	8,86E-01	1,38E+00	2,17E+00	3,34E+00	3,82E+00
38,3837	1,80E-01	8,68E-01	1,34E+00	2,07E+00	3,04E+00	3,18E+00
44,7170	1,75E-01	8,48E-01	1,30E+00	1,96E+00	2,73E+00	2,57E+00
52,0954	1,70E-01	8,27E-01	1,25E+00	1,84E+00	2,41E+00	2,00E+00
60,6910	1,65E-01	8,04E-01	1,20E+00	1,71E+00	2,08E+00	1,50E+00
70,7052	1,60E-01	7,78E-01	1,14E+00	1,58E+00	1,75E+00	1,07E+00
82,3714	1,55E-01	7,50E-01	1,08E+00	1,43E+00	1,44E+00	7,24E-01
95,9627	1,50E-01	7,20E-01	1,01E+00	1,28E+00	1,14E+00	4,59E-01
111,797	1,46E-01	6,87E-01	9,37E-01	1,12E+00	8,77E-01	2,70E-01
130,243	1,42E-01	6,51E-01	8,59E-01	9,63E-01	6,43E-01	1,46E-01
151,733	1,37E-01	6,12E-01	7,78E-01	8,07E-01	4,48E-01	7,13E-02
176,769	1,33E-01	5,70E-01	6,93E-01	6,57E-01	2,94E-01	3,10E-02
205,936	1,29E-01	5,26E-01	6,06E-01	5,18E-01	1,80E-01	1,17E-02
239,915	1,25E-01	4,79E-01	5,19E-01	3,92E-01	1,02E-01	3,81E-03
279,501	1,22E-01	4,29E-01	4,33E-01	2,84E-01	5,28E-02	1,03E-03
325,619	1,18E-01	3,79E-01	3,52E-01	1,96E-01	2,45E-02	2,25E-04
379,346	1,15E-01	3,28E-01	2,76E-01	1,27E-01	1,00E-02	3,84E-05
441,938	1,11E-01	2,77E-01	2,08E-01	7,63E-02	3,54E-03	4,93E-06
514,858	1,08E-01	2,28E-01	1,50E-01	4,23E-02	1,06E-03	4,56E-07
599,810	1,05E-01	1,82E-01	1,02E-01	2,13E-02	2,60E-04	2,88E-08
698,778	1,01E-01	1,40E-01	6,56E-02	9,60E-03	5,09E-05	1,17E-09
813,902	2,03E+00	3,65E-01	9,12E-02	5,99E-03	8,77E-06	2,88E-11
sum	2,10E+01	6,08E+01	9,00E+01	1,43E+02	2,57E+02	4,51E+02

Η διαφορά της αθροιστικής επιφάνειας για τις υπολογιστικές προσεγγίσεις και των πειραματικών δεδομένων φαίνεται στον πίνακα 17 και με γραφική απεικόνιση στο διάγραμμα 13.

Πίνακας 17. Υπολογιστικές και πειραματικές αθροιστικές επιφάνειες

Υπολογιστικές	2,10E+01	6,08E+01	9,00E+01	1,43E+02	2,57E+02	4,51E+02
Πειραματικές	2,11E+01	4,99E+01	1,08E+02	1,37E+02	2,39E+02	4,06E+02
(Υπολ.-πειρ.) ²	2,91E-02	1,19E+02	3,19E+02	3,32E+01	3,11E+02	2,03E+03



Διάγραμμα 13. Αθροιστική επιφάνεια σε σχέση με την ειδική ενέργεια πειραματικών και υπολογιστικών αποτελεσμάτων

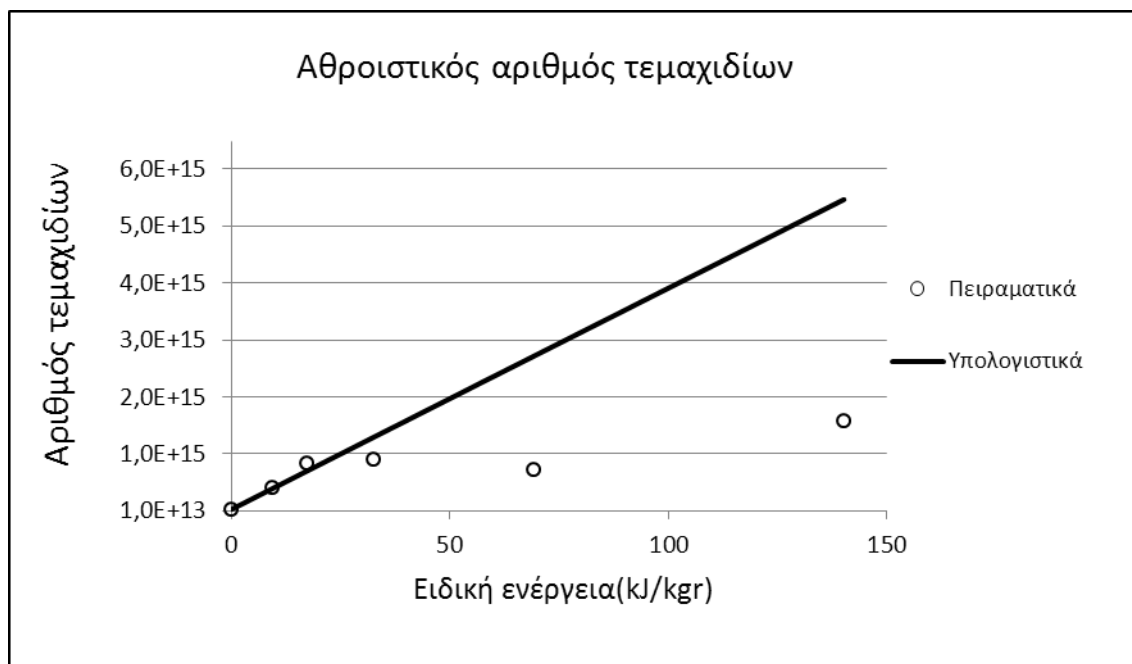
Στο διάγραμμα 13 παρατηρείται μια απόκλιση μεταξύ των υπολογιστικών και των πειραματικών αθροιστικών τιμών της επιφάνειας.

Ο συνολικός αριθμός των τεμαχιδίων για κάθε μέγεθος και το πως αυτός μεταβάλλεται μεταξύ των πειραματικών και των υπολογιστικών αποτελεσμάτων φαίνεται στον πίνακα 18 και παριστάνεται γραφικά στο διάγραμμα 13.

Πίνακας 18 Υπολογιστικές και πειραματικές τιμές αθροιστικών τεμαχιδίων

Υπολογιστικές	2,55E+14	5,83E+14	8,48E+14	1,37E+15	2,61E+15	5,02E+15
Πειραματικές	2,92E+13	4,13E+14	8,34E+14	9,03E+14	7,33E+14	1,58E+15

(Υπολ.-πειρ.) ²	5,09E+28	2,89E+28	2,02E+26	2,17E+29	3,54E+30	1,18E+31
----------------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------



Διάγραμμα 14. Αθροιστικός αριθμός τεμαχιδίων σε σχέση με την ειδική ενέργεια πειραματικών και υπολογιστικών αποτελεσμάτων.

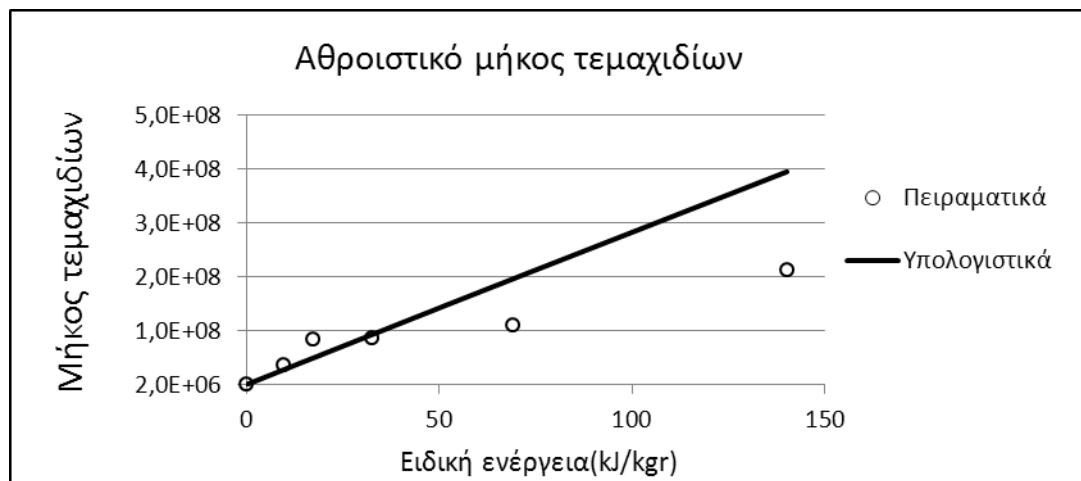
Η απόκλιση μεταξύ των υπολογιστικών και των πειραματικών αθροιστικών τιμών τεμαχιδίων είναι πλέον εμφανής γεγονός που αποδεικνύει πως το μοντέλο δεν λειτουργεί σωστά.

Το συνολικό μήκος των τεμαχιδίων για κάθε μέγεθος για κάθε ενέργεια και το πως αυτό μεταβάλλεται μεταξύ των πειραματικών και των υπολογιστικών αποτελεσμάτων φαίνεται στον πίνακα 19. και παριστάνεται γραφικά στο διάγραμμα 15.

Πίνακας 19. Υπολογιστικές και πειραματικές τιμές του αθροιστικού μήκους των τεμαχιδίων

Υπολογιστικές	1,62E+07	4,03E+07	5,97E+07	9,78E+07	1,89E+08	3,62E+08
Πειραματικές	2,15E+06	3,86E+07	8,62E+07	8,68E+07	1,13E+08	2,13E+08

(Υπολ.-πειρ.) ²	1,98E+14	2,65E+12	7,04E+14	1,20E+14	5,74E+15	2,22E+16
----------------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

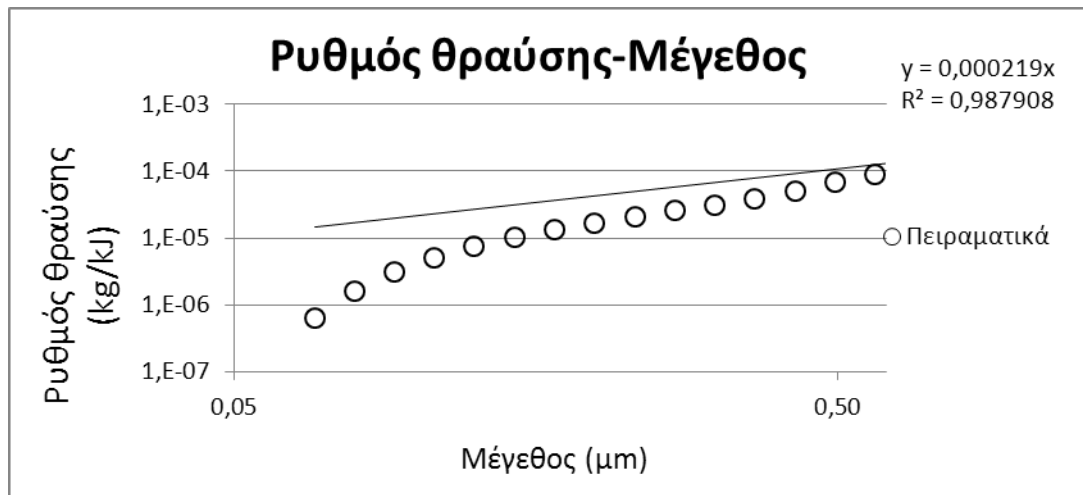


Διάγραμμα 15. Αθροιστικός μήκος τεμαχιδίων σε σχέση με την ειδική ενέργεια πειραματικών και υπολογιστικών αποτελεσμάτων

Στο αθροιστικό μήκος όπως στην αθροιστική επιφάνεια και στον αθροιστικό αριθμό των τεμαχιδίων παρατηρείται απόκλιση μεταξύ των υπολογιστικών και των πειραματικών τιμών.

7. Προσομοίωση μοντέλου

Στην προσπάθεια εντοπισμού του σφάλματος που πραγματοποιεί το μοντέλο, με συνέπεια την απόκλιση των τιμών, επικεντρώνουμε την παρατήρηση στα μεγέθη πλησίον του μηδενός. Στο διάγραμμα 16 εμφανίζεται ο ρυθμός θραύσης σε σχέση με το μέγεθος της κοκκομετρίας στα πολύ λεπτά κλάσματα.



Διάγραμμα 16. Ρυθμός θραύσης-μεγέθους για μεγέθη κοντά στο μηδέν

Στο διάγραμμα 16 παρατηρείται μια απόκλιση για μεγέθη κοντά στο μηδέν, γεγονός που οφείλεται στο ότι το υλικό κατά την πειραματική διαδικασία δεν μπορεί να θραυτεί περαιτέρω του συγκεκριμένου μεγέθους (x_0), το οποίο όσο μικρό και εάν είναι δεν μπορεί να μηδενιστεί όπως δείχνεται από την γραμμική τάσης. Ο σκοπός μας επικεντρώνεται στο να βρεθεί μία συνάρτηση $f(x)$ την οποία εάν την πολλαπλασιάσουμε με την εξίσωση (24) να μας δώσει έναν νέο ρυθμό θραύσης (κ) τον οποίο όταν τον χρησιμοποιήσουμε στο μοντέλο για τον υπολογισμό της νέας κοκκομετρίας, να μας δίνει τιμές με την μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια.

$$\kappa = \alpha \cdot x \cdot f(x) \quad (25)$$

Η $f(x)$ επιλέγεται ώστε στα μεγάλα μεγέθη να τείνει στο ένα μιας και στα μεγάλα μεγέθη τα υπολογιστικά αποτελέσματα προσεγγίζουν ικανοποιητικά τα πειραματικά, ενώ στα μεγέθη πλησίον του μηδενός η $f(x)$ επιλέγεται ώστε να λαμβάνει την ελάχιστη τιμή της. Μια εξίσωση που να ικανοποιεί επαρκώς τις απαιτήσεις για τις οποίες κατασκευάζεται είναι της μορφής

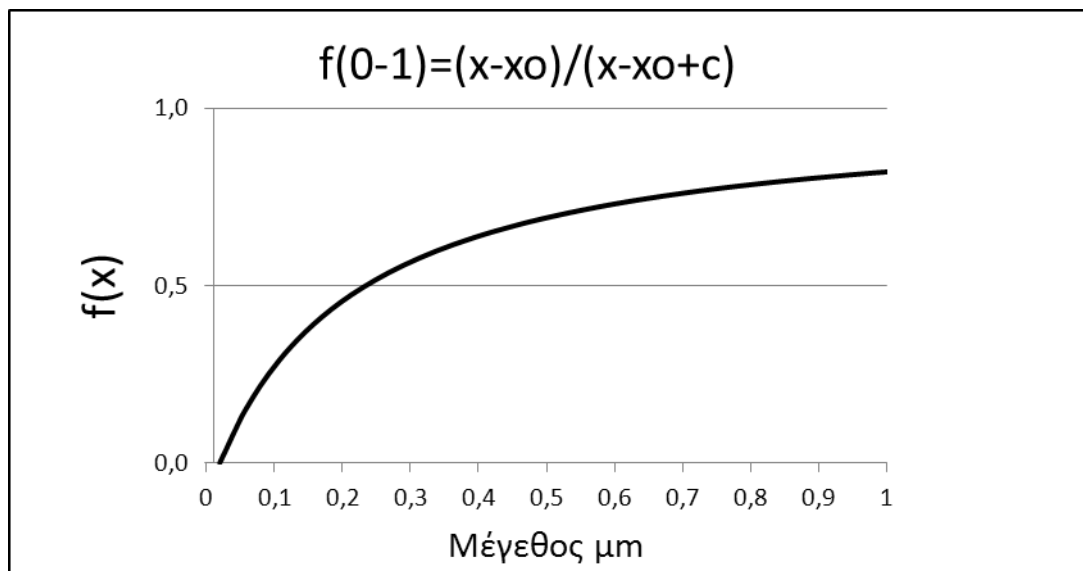
$$f(x) = \frac{x - x_0}{(x - x_0) + c} \quad (26)$$

x_0 : το ελάχιστο μέγεθος δημιουργούμενου τεμαχιδίου κατά την λειοτρίβηση

c : ένας συντελεστής που εκφράζει το πόσο γρήγορα η $f(x)$ συναντά την γραφική παράσταση του ρυθμού θραύσης-μέγεθος των τεμαχιδίων

Η εξίσωση (26) χρησιμοποιήθηκε από Langmuir για να περιγράψει τον όγκο των αερίων που προσροφούνται σαν μονοστιβάδα σε μια στερεή επιφάνεια, όπως

αναφέρεται από τον Shaw[6]. Η εξίσωση αυτή αναφέρεται επίσης στην ομογραφία που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τα φαινόμενα που τείνουν σε ένα μέγιστο. Στο διάγραμμα 19 παριστάνεται η $f(x)$ σε σχέση με το μέγεθος των τεμαχιδίων.



Διάγραμμα 17 $f(x)$ σε σχέση με το μέγεθος των τεμαχιδίων

Η επιλογή των x_0, c προκύπτει ώστε να ικανοποιούνται οι στόχοι που έχουμε θέσει ώστε η διαφορά μεταξύ της νέας υπολογιστικής κοκκομετρίας μετά από την χρήση της $f(x)$ και των πειραματικών να ελαχιστοποιηθεί.

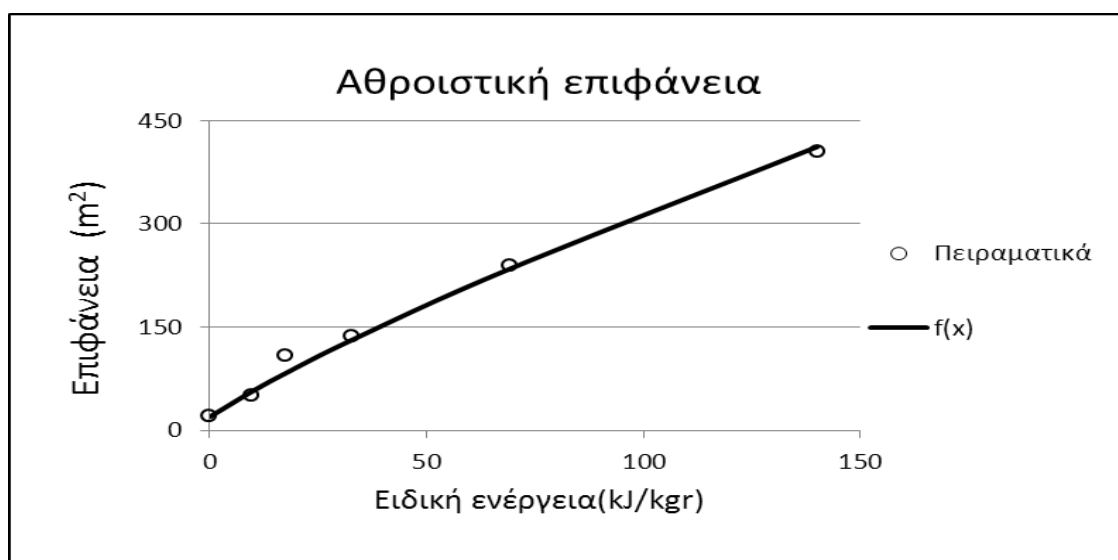
Στόχος μας είναι το άθροισμα των τετραγώνων της διαφοράς των υπολογιστικών και των πειραματικών τιμών των διαστασιακών ιδιοτήτων να είναι το ελάχιστο. Δίνοντας εμείς τυχαίες τιμές στα x_0, c προκύπτει μια $f(x)$ που με την σειρά της μας παρέχει μια νέα κοκκομετρία και από αυτή προκύπτει κάθε φορά και μια νέα τιμή διαστασιακής ιδιότητας. Επιθυμία μας είναι η νέα αθροιστική τιμή της ιδιότητας να πλησιάζει με περισσότερη ακρίβεια την πειραματική, γεγονός που επιτυγχάνεται κάνοντας χρήση του excel όταν θέσουμε ως στόχου το άθροισμα των τετραγώνων της διαφοράς να μηδενίζεται.

Με στόχο την παραπάνω απαίτηση για την επιφάνεια υπολογίστηκαν, το $x_0=0,066288\mu\text{m}$ και το $c=0,000178$ που μας δίνουν την μικρότερη απόκλιση για την αθροιστική επιφάνεια.

Με την χρησιμοποίηση της $f(x)$ υπολογίζουμε εκ νέου τα αθροιστικά διερχόμενα, τα παραμένοντα βάρη σε κάθε κλάσμα οπότε και υπολογίζουμε την αθροιστική επιφάνεια με τιμές όπως εμφανίζονται στον πίνακα 17 και παριστάνονται στο διάγραμμα 18.

Πινάκας 17.Υπολογιστικές αθροιστικές επιφάνειες με χρήση $f(x)$ - πειραματικές

Ειδική ενέργεια	0(kJ/kg)	9,61(kJ/kg)	17,4(kJ/kg)	32,69(kJ/kg)	74,1(kJ/kg)	140,1 (kJ/kg)
Υπολογιστικά χρήση $f(x)$	1,96E+01	5,54E+01	8,17E+01	1,29E+02	2,31E+02	4,04E+02
Πειραματικά	2,11E+01	4,99E+01	1,08E+02	1,37E+02	2,39E+02	4,06E+02
Διαφορά αθροιστικών επιφανειών στο τετράγωνο	2,20E+00	3,09E+01	6,85E+02	6,33E+01	6,47E+01	1,17E+00



Διάγραμμα 18. Αθροιστική επιφάνεια σε σχέση με την ειδική ενέργεια πειραματικών και υπολογιστικών με χρήση $f(x)$ αποτελεσμάτων

Κατά αντίστοιχο τρόπο υπολογίζουμε τα x_0 και c για τα οποία προκύπτουν οι ελάχιστες αποκλίσεις μεταξύ των τιμών, για τον αριθμό των τεμαχιδίων και για το αθροιστικό μήκος αυτών.

Πίνακας 15.Αθροιστικός αριθμός τεμαχιδίων με χρήση $f(x)$ -πειραματικά και η διαφορά τους στο τετράγωνο

Ειδική ενέργεια	0(kJ/kg)	9,61(kJ/kg)	17,4(kJ/kg)	32,69(kJ/kg)	74,1(kJ/kg)	140,1 (kJ/kg)
Υπολογιστικά χρήση $f(x)$	1,30E+14	2,36E+14	3,22E+14	4,91E+14	8,95E+14	1,68E+15
Πειραματικά	2,74E+14	4,13E+14	8,34E+14	9,03E+14	7,33E+14	1,58E+15
Διαφορά αθροιστικών τεμαχιδίων στο τετράγωνο	2,07E+28	3,12E+28	2,62E+29	1,70E+29	2,63E+28	8,46E+27

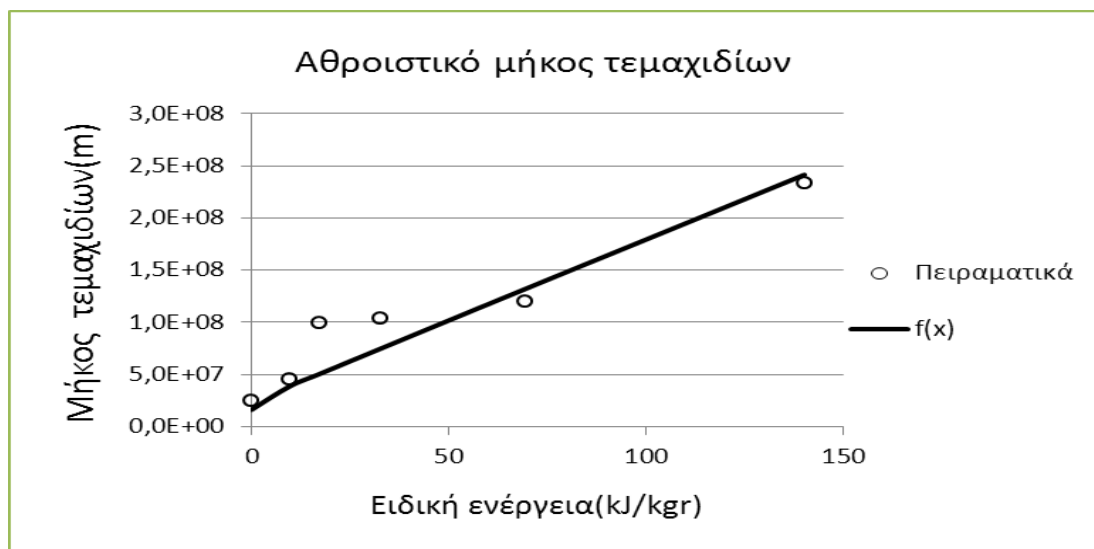
Το $x_0=0,000$ και $c=0,1569$ όπως υπολογίστηκαν για την μικρότερη διαφορά για τον αριθμό των τεμαχιδίων.



Διάγραμμα 19. Αθροιστικός αριθμός τεμαχιδίων σε σχέση με την ειδική ενέργεια πειραματικών και υπολογιστικών με $f(x)$ αποτελεσμάτων

Πίνακας 16.Αθροιστικό μήκος τεμαχιδίων με χρήση $f(x)$ -πειραματικά και η διαφορά τους

Ειδική ενέργεια	0(kJ/kg)	9,61(kJ/kg)	17,4(kJ/kg)	32,69(kJ/kg)	74,1(kJ/kg)	140,1 (kJ/kg)
Υπολογιστικά χρήση $f(x)$	1,62E+07	3,86E+07	5,08E+07	7,48E+07	1,32E+08	2,41E+08
Πειραματικά	2,44E+07	4,55E+07	9,95E+07	1,04E+08	1,20E+08	2,34E+08
Διαφορά αθροιστικών μήκων στο τετράγωνο	6,76E+13	4,88E+13	2,37E+15	8,41E+14	1,35E+14	5,83E+13



Διάγραμμα 20.Αθροιστικό μήκος τεμαχιδίων σε σχέση με την ειδική ενέργεια πειραματικών και υπολογιστικών με $f(x)$ αποτελεσμάτων

Το $x_0=0,09974$ και $c=0,21926$ όπως υπολογίστηκαν για την μικρότερη διαφορά του αθροιστικού μήκους.

8. Συμπεράσματα

Στο πρώτο μέρος της εργασίας ξεκινώντας από την κοκκομετρία μιας δοθείσας πειραματικής διαδικασίας υπολογίζουμε το σύνολο των διαστασιακών ιδιοτήτων του υλικού οπότε παρατηρήθηκε αύξηση των τιμών των διαστασιακών ιδιοτήτων, πλην της μάζας, όταν αυξάνεται η προσφερόμενη ειδική ενέργεια. Επίσης παρατηρείται ότι η λειοτρίβηση ολοκληρώνετε σε κοινό ελάχιστο σχηματιζόμενο μέγεθος τεμαχιδίου σε όλες τις διαστασιακές ιδιότητες.

Χρησιμοποιώντας το μαθηματικό μοντέλο προκύπτει η σχέση που συνδέει τον ρυθμό θραύσης με το μέγεθος των τεμαχιδίων οπότε και αποδεικνύεται ότι ο ρυθμός θραύσης του υλικού είναι ανάλογος του μεγέθους των σχηματιζόμενων τεμαχιδίων. Όταν όμως χρησιμοποιούμε τις τιμές του ρυθμού θραύσης για να υπολογίσουμε τις διαστασιακές ιδιότητες παρατηρούμε ότι ενώ για την κοκκομετρία έχουμε μια ικανοποιητική υπολογιστική προσέγγιση εντούτοις για τις υπόλοιπες διαστασιακές ιδιότητες παρουσιάζεται απόκλιση μεταξύ πειραματικών και υπολογιστικών τιμών συμπεραίνοντας πως το μοντέλο σε κάποιο σημείο έπασχε.

Στην συνέχεια η προσπάθεια επικεντρώνεται στον εντοπισμό του προβλήματος που δημιουργεί το μοντέλο. Το σημείο αυτό εντοπίστηκε στα πολύ μικρά τεμαχίδια των οποίων η δημιουργία δεν έφτανε στο μηδέν όπως προέβλεπε το μοντέλο αλλά η θραύση τους σταματούσε σε ένα συγκεκριμένο μέγεθος πέραν του οποίου δεν δημιουργούνταν μικρότερο μέγεθος τεμαχιδίου.

Η διαδικασία συνεχίζεται προσαρμόζοντας τα υπολογιστικά αποτελέσματα των διαστασιακών ιδιοτήτων με την χρησιμοποίηση μιας συνάρτησης, τέτοιας ώστε όταν λάβει μέρος στον υπολογισμό των εκτιμωμένων αποτελεσμάτων, η απόκλιση τους να είναι η ελάχιστη.

Η εργασία ολοκληρώνεται με τον υπολογισμό του ελαχίστου μεγέθους τεμαχιδίου που δημιουργείται κατά την διαδικασία λειοτρίβησης.

Βιβλιογραφία

[1]Emmanoulidis S., (2012), Μελέτη διαστασιακών ιδιοτήτων των προϊόντων ημισυνεχούς λειοτρίβησης Σερπεντίνη και Χαλαζία. Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης.

[2]Lynch A.J., (1977), Circuits Mineral Crushing and Grinding Circuits: Their Simulation, Optimization, Design and Control, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York.

[3] Petrakis E., Stamboliadis E., “Προσδιορισμός του δείκτη έργου και του ρυθμού θραύσης κατά την λειοτρίβηση λατερίτη σε εργαστηριακό σφαιρόμυλο” (Προς δημοσίευση).

[4]Stamboliadis E., (2008).“Μηχανική των τεμαχιδίων ” Σημειώσεις του μαθήματος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά .

[5]Stamboliadis E., Petrakis E., Pantelaki O., (2011), “Variation of dimensional properties of particulate materials during grinding and their non-fractal nature”, Canadian Metallurgical Quarterly (CMQ), 50, 2; 119-126.

[6]Stamboliadis E., (2006), “A Breakage Function for Batch Grinding”, Canadian Metallurgical Quarterly (CMQ); 45, 3; 359-363.

[7] Stamboliadis E., (2013), “A Novel Process for the Study of Breakage Energy versus Particle Size”, Geomaterials, Vol. 3 No. 3, pp. 102-110.

[8]Stamboltzis G. (1990), “Calculation of the net power of laboratory ball mills, Mining and Metallurgical Annals”, No 76, pp. 47-55.

[9]Tsakalakis K.,(2008) “Συναρτήσεις κατανομής μεγέθους τεμαχιδίων” Διαφάνειες μαθήματος, ΕΜΠ.

[10]Tsakiri D.(2012) “Επίδραση της κοκκομετρίας ασβεστολιθικών αδρανών στον προσδιορισμό του δείκτη έργου Bond”. Μεταπτυχιακή διατριβή, ΕΜΠ.

[11] <https://sites.google.com/site/katanoophysics/archeia-biologias-senaria>

Παράρτημα

				Βάρος (%)					Βάρος ανά κιλο (kg)					
low (μm)	high (μm)	Μέσο μέγεθος (μm)	Γεωμετρικός μέσος(m)	9,61 (kJ/kg)	17,39 (kJ/kg)	32,68 (kJ/kg)	69,29 (kJ/kg)	140,12 (kJ/kg)	0 (kJ/kg)	9,61 (kJ/kg)	17,39 (kJ/kg)	32,68 (kJ/kg)	69,29 (kJ/kg)	140,12 (kJ/kg)
0,0499	0,0582	0,0539	5,388E-08	1,06E-03	2,04E-03	2,72E-03	9,90E-04	2,91E-03	2,00E-05	1,06E-05	2,04E-05	2,72E-05	9,90E-06	2,91E-05
0,0583	0,0679	0,0629	6,291E-08	2,36E-03	4,51E-03	5,60E-03	2,77E-03	7,32E-03	1,79E-05	2,35E-05	4,51E-05	5,60E-05	2,77E-05	7,32E-05
0,0679	0,0791	0,0733	7,331E-08	3,78E-03	7,25E-03	8,43E-03	5,36E-03	1,30E-02	2,01E-05	3,78E-05	7,25E-05	8,43E-05	5,36E-05	1,30E-04
0,0791	0,0921	0,0853	8,533E-08	5,21E-03	1,01E-02	1,10E-02	8,53E-03	1,92E-02	2,28E-05	5,21E-05	1,01E-04	1,10E-04	8,53E-05	1,92E-04
0,0921	0,1073	0,0994	9,941E-08	6,53E-03	1,28E-02	1,32E-02	1,20E-02	2,54E-02	2,58E-05	6,53E-05	1,28E-04	1,32E-04	1,20E-04	2,54E-04
0,1073	0,125	0,1158	1,158E-07	7,68E-03	1,54E-02	1,49E-02	1,54E-02	3,11E-02	2,91E-05	7,68E-05	1,54E-04	1,49E-04	1,54E-04	3,11E-04
0,1249	0,1456	0,1349	1,349E-07	8,61E-03	1,79E-02	1,61E-02	1,88E-02	3,61E-02	3,30E-05	8,61E-05	1,79E-04	1,61E-04	1,88E-04	3,61E-04
0,1457	0,1697	0,1572	1,572E-07	9,33E-03	2,02E-02	1,69E-02	2,23E-02	4,06E-02	3,72E-05	9,33E-05	2,02E-04	1,69E-04	2,23E-04	4,06E-04
0,1697	0,1977	0,1832	1,832E-07	9,91E-03	2,28E-02	1,77E-02	2,62E-02	4,54E-02	4,21E-05	9,91E-05	2,28E-04	1,77E-04	2,62E-04	4,54E-04
0,1977	0,2303	0,2134	2,134E-07	1,04E-02	2,58E-02	1,88E-02	3,14E-02	5,20E-02	4,76E-05	1,04E-04	2,58E-04	1,88E-04	3,14E-04	5,20E-04
0,2304	0,2683	0,2486	2,486E-07	1,10E-02	2,94E-02	2,11E-02	3,78E-02	6,17E-02	5,37E-05	1,10E-04	2,94E-04	2,11E-04	3,78E-04	6,17E-04
0,2682	0,3125	0,2895	2,895E-07	1,17E-02	3,36E-02	2,56E-02	4,43E-02	7,47E-02	6,08E-05	1,17E-04	3,36E-04	2,56E-04	4,43E-04	7,47E-04
0,3125	0,3641	0,3373	3,373E-07	1,34E-02	4,02E-02	3,38E-02	5,75E-02	1,00E-01	6,87E-05	1,34E-04	4,02E-04	3,38E-04	5,75E-04	1,00E-03
0,3642	0,4242	0,3931	3,931E-07	1,70E-02	5,16E-02	4,78E-02	8,84E-02	1,54E-01	7,75E-05	1,70E-04	5,16E-04	4,78E-04	8,84E-04	1,54E-03
0,4241	0,4941	0,4577	4,577E-07	2,20E-02	6,62E-02	6,76E-02	1,27E-01	2,24E-01	8,78E-05	2,20E-04	6,62E-04	6,76E-04	1,27E-03	2,24E-03
0,4942	0,5757	0,5334	5,334E-07	2,87E-02	8,43E-02	9,35E-02	1,75E-01	3,13E-01	9,92E-05	2,87E-04	8,43E-04	9,35E-04	1,75E-03	3,13E-03
0,5758	0,6707	0,6214	6,214E-07	3,75E-02	1,07E-01	1,26E-01	2,44E-01	4,34E-01	1,12E-04	3,75E-04	1,07E-03	1,26E-03	2,44E-03	4,34E-03
0,6706	0,7813	0,7238	7,238E-07	4,72E-02	1,31E-01	1,62E-01	3,14E-01	5,61E-01	1,27E-04	4,72E-04	1,31E-03	1,62E-03	3,14E-03	5,61E-03
0,7814	0,9103	0,8434	8,434E-07	5,64E-02	1,52E-01	1,95E-01	3,88E-01	6,92E-01	1,43E-04	5,64E-04	1,52E-03	1,95E-03	3,88E-03	6,92E-03
0,9102	1,0604	0,9824	9,824E-07	6,48E-02	1,71E-01	2,27E-01	4,60E-01	8,18E-01	1,62E-04	6,48E-04	1,71E-03	2,27E-03	4,60E-03	8,18E-03
1,0604	1,2354	1,1446	1,144E-06	7,19E-02	1,87E-01	2,54E-01	5,26E-01	9,32E-01	1,83E-04	7,19E-04	1,87E-03	2,54E-03	5,26E-03	9,32E-03
1,2355	1,4393	1,3335	1,334E-06	7,71E-02	1,98E-01	2,77E-01	5,82E-01	1,03E+00	2,07E-04	7,71E-04	1,98E-03	2,77E-03	5,82E-03	1,03E-02
1,4392	1,6767	1,5534	1,553E-06	8,04E-02	2,06E-01	2,95E-01	6,27E-01	1,11E+00	2,34E-04	8,04E-04	2,06E-03	2,95E-03	6,27E-03	1,11E-02
1,6767	1,9534	1,8098	1,810E-06	8,24E-02	2,11E-01	3,11E-01	6,67E-01	1,19E+00	2,64E-04	8,24E-04	2,11E-03	3,11E-03	6,67E-03	1,19E-02
1,9534	2,2757	2,1084	2,108E-06	8,36E-02	2,16E-01	3,27E-01	7,07E-01	1,26E+00	2,98E-04	8,36E-04	2,16E-03	3,27E-03	7,07E-03	1,26E-02
2,2757	2,6512	2,4563	2,456E-06	8,48E-02	2,24E-01	3,47E-01	7,51E-01	1,36E+00	3,37E-04	8,48E-04	2,24E-03	3,47E-03	7,51E-03	1,36E-02
2,6513	3,0887	2,8616	2,861E-06	8,68E-02	2,37E-01	3,74E-01	8,08E-01	1,47E+00	3,81E-04	8,68E-04	2,37E-03	3,74E-03	8,08E-03	1,47E-02
3,0887	3,5983	3,3338	3,334E-06	9,02E-02	2,56E-01	4,08E-01	8,81E-01	1,62E+00	4,31E-04	9,02E-04	2,56E-03	4,08E-03	8,81E-03	1,62E-02
3,5983	4,192	3,8838	3,884E-06	9,50E-02	2,82E-01	4,49E-01	9,72E-01	1,79E+00	4,87E-04	9,50E-04	2,82E-03	4,49E-03	9,72E-03	1,79E-02
4,1920	4,8837	4,5247	4,525E-06	1,01E-01	3,13E-01	4,96E-01	1,08E+00	1,98E+00	5,51E-04	1,01E-03	3,13E-03	4,96E-03	1,08E-02	1,98E-02
4,8837	5,6895	5,2712	5,271E-06	1,08E-01	3,47E-01	5,48E-01	1,19E+00	2,16E+00	6,22E-04	1,08E-03	3,47E-03	5,48E-03	1,19E-02	2,16E-02
5,6896	6,6283	6,1410	6,141E-06	1,17E-01	3,82E-01	6,04E-01	1,31E+00	2,34E+00	7,03E-04	1,17E-03	3,82E-03	6,04E-03	1,31E-02	2,34E-02
6,6283	7,7219	7,1542	7,154E-06	1,27E-01	4,18E-01	6,67E-01	1,44E+00	2,53E+00	7,95E-04	1,27E-03	4,18E-03	6,67E-03	1,44E-02	2,53E-02
7,7218	8,996	8,3346	8,335E-06	1,39E-01	4,57E-01	7,42E-01	1,60E+00	2,74E+00	8,98E-04	1,39E-03	4,57E-03	7,42E-03	1,60E-02	2,74E-02
8,9961	10,4804	9,7099	9,710E-06	1,56E-01	4,97E-01	8,33E-01	1,78E+00	2,99E+00	1,02E-03	1,56E-03	4,97E-03	8,33E-03	1,78E-02	2,99E-02
10,4803	12,2096	11,3120	1,131E-05	1,60E-01	5,42E-01	9,45E-01	1,99E+00	3,30E+00	1,15E-03	1,80E-03	5,42E-03	9,45E-03	1,99E-02	3,30E-02
12,2096	14,2242	13,1785	1,318E-05	2,13E-01	5,94E-01	1,08E+00	2,24E+00	3,69E+00	1,30E-03	2,13E-03	5,94E-03	1,08E-02	2,24E-02	3,69E-02
14,2242	16,5712	15,3529	1,535E-05	2,59E-01	6,54E-01	1,24E+00	2,52E+00	4,16E+00	1,47E-03	2,59E-03	6,54E-03	1,24E-02	2,52E-02	4,16E-02
16,5713	19,3055	17,8862	1,788E-05	3,24E-01	7,25E-01	1,43E+00	2,83E+00	4,68E+00	1,66E-03	3,24E-03	7,25E-03	1,43E-02	2,83E-02	4,68E-02
19,3055	22,4909	20,8374	2,084E-05	4,15E-01	8,12E-01	1,64E+00	3,18E+00	5,24E+00	1,87E-03	4,15E-03	8,12E-03	1,64E-02	3,18E-02	5,24E-02
22,4909	26,2019	24,2756	2,428E-05	5,38E-01	9,15E-01	1,86E+00	3,57E+00	5,79E+00	2,12E-03	5,38E-03	9,15E-03	1,86E-02	3,57E-02	5,79E-02
26,2019	30,5252	28,2811	2,828E-05	6,97E-01	1,03E+00	2,10E+00	4,01E+00	6,32E+00	2,39E-03	6,97E-03	1,03E-02	2,10E-02	4,01E-02	6,32E-02
30,5251	35,5618	32,9474	3,295E-05	8,96E-01	1,17E+00	2,36E+00	4,50E+00	6,81E+00	2,70E-03	8,96E-03	1,17E-02	2,36E-02	4,50E-02	6,81E-02
35,5618	41,4295	38,3837	3,838E-05	1,13E+00	1,31E+00	2,64E+00	5,02E+00	6,82E+00	3,06E-03	1,13E-02	1,31E-02	2,64E-02	5,02E-02	6,82E-02
41,4295	48,2654	44,7170	4,472E-05	1,40E+00	1,47E+00	2,95E+00	5,54E+00	6,42E+00	3,46E-03	1,40E-02	1,47E-02	2,95E-02	5,54E-02	6,42E-02
48,2654	56,2292	52,0954	5,210E-05	1,69E+00	1,62E+00	3,31E+00	6,02E+00	5,61E+00	3,91E-03	1,69E-02	1,62E-02	3,31E-02	6,02E-02	5,61E-02
56,2292	65,507	60,6910	6,069E-05	1,98E+00	1,80E+00	3,74E+00	6,45E+00	4,46E+00	4,41E-03	1,98E-02	1,80E-02	3,74E-02	6,45E-02	4,46E-02
65,5071	76,3157	70,7052	7,071E-05	2,28E+00	2,00E+00	4,24E+00	6,82E+00	3,31E+00	4,99E-03	2,28E-02	2,00E-02	4,24E-02	6,82E-02	3,31E-02
76,3156	88,9077	82,3714	8,237E-05	2,56E+00	2,28E+00	4,81E+00	6,67E+00	2,16E+00	5,64E-03	2,56E-02	2,28E-02	4,81E-02	6,67E-02	2,16E-02
88,9077	103,5775	95,9627	9,596E-05	2,85E+00	2,62E+00	5,44E+00	6,14E+00	1,01E+00	6,37E-03	2,85E-02	2,62E-02	5,44E-02	6,14E-02	1,01E-02
103,5775	120,6678	111,7966	1,118E-04	3,15E+00	3,11E+00	6,10E+00	5,27E+00	0,00E+00	7,20E-03	3,15E-02	3,11E-02	6,10E-02	5,27E-02	0,00E+00
120,6679	140,578	130,2430	1,302E-04	3,50E+00	3,74E+00	6,76E+00	4,18E+00	0,00E+00	8,14E-03	3,50E-02	3,74E-02	6,76E-02	4,18E-02	0,00E+00
140,5779	163,7733	151,7330	1,517E-04	3,91E+00	4,50E+00	7,41E+00	3,10E+00	0,00E+00	9,20E-03	3,91E-02	4,50E-02	7,41E-02	3,10E-02	0,00E+00
163,7732	190,7959	176,7690	1,768E-04	4,42E+00	5,34E+00	7,58E+00	2,01E+00	0,00E+00	1,04E-02	4,42E-02	5,34E-02	7,58E-02	2,01E-02	0,00E+00
190,7960	222,2773	205,9360	2,059E-04	5,02E+00	6,20E+00	7,27E+00	9,25E-01	0,00E+00	1,18E-02	5,02E-02	6,20E-02	7,27E-02	9,25E-03	0,00E+00
222,2773	258,953	239,9153	2,399E-04	5,72E+00	6,98E+00	6,42E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,33E-02	5,72E-02	6,98E-02	6,42E-02	0,00E+00	0,00E+00
258,9529	301,68021	279,5013	2,795E-04	6,47E+00	7,65E+00	5,09E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,50E-02	6,47E-02	7,65E-02	5,09E-02	0,00E+00	0,00E+00
301,6803	351,45749	325,6191	3,256E-04	7,26E+00	8,22E+00	3,47E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,70E-02	7,26E-02	8,22E-02	3,47E-02	0,00E+00	0,00E+00
351,4574	409,44791	379,3462	3,793E-04	8,05E+00	7,85E+00	1,84E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,92E-02	8,05E-02	7,85E-02	1,84E-02	0,00E+00	0,00E+00
409,4478	477,00681	441,9382	4,419E-04	8,45E+00	6,98E+00	2,17E-01	0,00E+00	0,00E+00	2,17E-02	8,45E-02	6,98E-02	2,17E-03	0,00E+00	0,00E+00
477,0069	555,71301	514,8582	5,149E-04	8,30E+00	5,75E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,45E-02	8,30E-02	5,75E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Μέσο μέγεθος (μm)	Ειδική επιφάνεια m^2/kg	Επιφάνεια m^2						Αθροιστική κατανομή επιφάνειας χονδρότερων τεμαχιδίων					
		0,00 (kJ/kg)	9,61 (kJ/kg)	17,39 (kJ/kg)	32,68 (kJ/kg)	69,29 (kJ/kg)	140,12 (kJ/kg)	0,00 (kJ/kg)	9,61 (kJ/kg)	17,39 (kJ/kg)	32,68 (kJ/kg)	69,29 (kJ/kg)	140,12 (kJ/kg)
0.0539	42020.0	8.40E-01	4.45E-01	8.57E-01	1.14E+00	4.16E-01	1.22E+00	2.66E-15	4.99E+01	1.08E+02	1.37E+02	2.39E+02	4.06E+02
0.0629	35990.6	6.43E-01	8.46E-01	1.62E+00	2.02E+00	9.97E-01	2.63E+00	8.40E-01	4.94E+01	1.07E+02	1.36E+02	2.39E+02	4.04E+02
0.0733	30886.6	6.21E-01	1.17E+00	2.24E+00	2.60E+00	1.66E+00	4.00E+00	1.48E+00	4.86E+01	1.05E+02	1.34E+02	2.38E+02	4.02E+02
0.0853	26534.8	6.05E-01	1.38E+00	2.67E+00	2.92E+00	2.26E+00	5.10E+00	2.10E+00	4.74E+01	1.03E+02	1.31E+02	2.36E+02	3.98E+02
0.0994	22775.1	5.87E-01	1.49E+00	2.92E+00	3.01E+00	2.73E+00	5.79E+00	2.71E+00	4.60E+01	1.00E+02	1.28E+02	2.34E+02	3.93E+02
0.1158	19548.8	5.69E-01	1.50E+00	3.01E+00	2.91E+00	3.02E+00	6.08E+00	3.30E+00	4.45E+01	9.75E+01	1.25E+02	2.31E+02	3.87E+02
0.1349	16788.2	5.55E-01	1.45E+00	3.00E+00	2.70E+00	3.16E+00	6.06E+00	3.87E+00	4.30E+01	9.45E+01	1.23E+02	2.28E+02	3.81E+02
0.1572	14400.8	5.36E-01	1.34E+00	2.91E+00	2.44E+00	3.21E+00	5.85E+00	4.42E+00	4.16E+01	9.15E+01	1.20E+02	2.25E+02	3.75E+02
0.1832	12360.7	5.20E-01	1.22E+00	2.82E+00	2.18E+00	3.24E+00	5.62E+00	4.96E+00	4.02E+01	8.86E+01	1.17E+02	2.22E+02	3.69E+02
0.2134	10611.5	5.05E-01	1.11E+00	2.73E+00	1.99E+00	3.33E+00	5.52E+00	5.48E+00	3.90E+01	8.58E+01	1.15E+02	2.18E+02	3.63E+02
0.2486	9107.5	4.89E-01	1.00E+00	2.68E+00	1.93E+00	3.44E+00	5.62E+00	5.98E+00	3.79E+01	8.31E+01	1.13E+02	2.15E+02	3.58E+02
0.2895	7820.6	4.75E-01	9.17E-01	2.63E+00	2.00E+00	3.47E+00	5.85E+00	6.47E+00	3.69E+01	8.04E+01	1.11E+02	2.12E+02	3.52E+02
0.3373	6712.1	4.61E-01	8.99E-01	2.70E+00	2.27E+00	3.86E+00	6.73E+00	6.94E+00	3.60E+01	7.78E+01	1.09E+02	2.08E+02	3.46E+02
0.3931	5760.5	4.46E-01	9.76E-01	2.97E+00	2.75E+00	5.09E+00	8.85E+00	7.41E+00	3.51E+01	7.51E+01	1.07E+02	2.04E+02	3.39E+02
0.4577	4946.3	4.34E-01	1.09E+00	3.27E+00	3.34E+00	6.30E+00	1.11E+01	7.85E+00	3.41E+01	7.21E+01	1.04E+02	1.99E+02	3.31E+02
0.5334	4245.0	4.21E-01	1.22E+00	3.58E+00	3.97E+00	7.45E+00	1.33E+01	8.29E+00	3.30E+01	6.88E+01	1.01E+02	1.93E+02	3.20E+02
0.6214	3643.5	4.08E-01	1.37E+00	3.90E+00	4.59E+00	8.88E+00	1.58E+01	8.71E+00	3.18E+01	6.52E+01	9.70E+01	1.86E+02	3.06E+02
0.7238	3128.0	3.96E-01	1.48E+00	4.10E+00	5.06E+00	9.81E+00	1.75E+01	9.12E+00	3.04E+01	6.13E+01	9.24E+01	1.77E+02	2.90E+02
0.8434	2684.5	3.84E-01	1.51E+00	4.09E+00	5.25E+00	1.04E+01	1.86E+01	9.51E+00	2.90E+01	5.72E+01	8.73E+01	1.67E+02	2.73E+02
0.9824	2304.6	3.73E-01	1.49E+00	3.95E+00	5.23E+00	1.06E+01	1.89E+01	9.90E+00	2.75E+01	5.31E+01	8.21E+01	1.56E+02	2.54E+02
1.1446	1978.2	3.62E-01	1.42E+00	3.70E+00	5.03E+00	1.04E+01	1.84E+01	1.03E+01	2.60E+01	4.92E+01	7.68E+01	1.46E+02	2.36E+02
1.3335	1697.9	3.51E-01	1.31E+00	3.37E+00	4.70E+00	9.88E+00	1.75E+01	1.06E+01	2.45E+01	4.55E+01	7.18E+01	1.35E+02	2.17E+02
1.5534	1457.5	3.41E-01	1.17E+00	3.00E+00	4.30E+00	9.14E+00	1.62E+01	1.10E+01	2.32E+01	4.21E+01	6.71E+01	1.26E+02	2.00E+02
1.8098	1251.1	3.30E-01	1.03E+00	2.63E+00	3.89E+00	8.34E+00	1.48E+01	1.13E+01	2.21E+01	3.91E+01	6.28E+01	1.16E+02	1.83E+02
2.1084	1073.9	3.20E-01	8.97E-01	2.32E+00	3.51E+00	7.59E+00	1.36E+01	1.17E+01	2.10E+01	3.65E+01	5.89E+01	1.08E+02	1.69E+02
2.4563	921.8	3.11E-01	7.81E-01	2.06E+00	3.20E+00	6.92E+00	1.25E+01	1.20E+01	2.01E+01	3.42E+01	5.54E+01	1.00E+02	1.55E+02
2.8616	791.2	3.02E-01	6.87E-01	1.87E+00	2.96E+00	6.39E+00	1.16E+01	1.23E+01	1.94E+01	3.21E+01	5.22E+01	9.35E+01	1.42E+02
3.3338	679.2	2.93E-01	6.13E-01	1.74E+00	2.77E+00	5.98E+00	1.10E+01	1.26E+01	1.87E+01	3.02E+01	4.93E+01	8.72E+01	1.31E+02
3.8838	583.0	2.84E-01	5.54E-01	1.64E+00	2.62E+00	5.66E+00	1.04E+01	1.29E+01	1.81E+01	2.85E+01	4.65E+01	8.12E+01	1.20E+02
4.5247	500.4	2.75E-01	5.06E-01	1.57E+00	2.48E+00	5.39E+00	9.89E+00	1.32E+01	1.75E+01	2.69E+01	4.39E+01	7.55E+01	1.09E+02
5.2712	429.5	2.67E-01	4.65E-01	1.49E+00	2.35E+00	5.12E+00	9.30E+00	1.34E+01	1.70E+01	2.53E+01	4.14E+01	7.01E+01	9.95E+01
6.1410	368.7	2.59E-01	4.30E-01	1.41E+00	2.23E+00	4.83E+00	8.64E+00	1.37E+01	1.65E+01	2.38E+01	3.90E+01	6.50E+01	9.02E+01
7.1542	316.5	2.52E-01	4.00E-01	1.32E+00	2.11E+00	4.57E+00	8.01E+00	1.40E+01	1.61E+01	2.24E+01	3.68E+01	6.02E+01	8.16E+01
8.3346	271.7	2.44E-01	3.79E-01	1.24E+00	2.02E+00	4.35E+00	7.45E+00	1.42E+01	1.57E+01	2.11E+01	3.47E+01	5.56E+01	7.35E+01
9.7099	233.2	2.37E-01	3.65E-01	1.16E+00	1.94E+00	4.16E+00	6.98E+00	1.45E+01	1.53E+01	1.98E+01	3.27E+01	5.13E+01	6.95E+01
11.3120	200.2	2.30E-01	3.60E-01	1.09E+00	1.89E+00	3.99E+00	6.61E+00	1.47E+01	1.50E+01	1.87E+01	3.07E+01	4.71E+01	5.91E+01
13.1785	171.8	2.23E-01	3.65E-01	1.02E+00	1.86E+00	3.85E+00	6.34E+00	1.49E+01	1.46E+01	1.76E+01	2.88E+01	4.31E+01	5.25E+01
15.3529	147.5	2.16E-01	3.82E-01	9.64E-01	1.83E+00	3.71E+00	6.13E+00	1.51E+01	1.42E+01	1.66E+01	2.70E+01	3.93E+01	4.62E+01
17.8862	126.6	2.10E-01	4.11E-01	9.18E-01	1.81E+00	3.58E+00	5.93E+00	1.54E+01	1.38E+01	1.56E+01	2.51E+01	3.55E+01	4.00E+01
20.8374	108.7	2.04E-01	4.51E-01	8.82E-01	1.78E+00	3.45E+00	5.69E+00	1.56E+01	1.34E+01	1.47E+01	2.33E+01	3.20E+01	3.41E+01
24.2756	93.3	1.97E-01	5.01E-01	8.53E-01	1.74E+00	3.33E+00	5.40E+00	1.58E+01	1.30E+01	1.38E+01	2.16E+01	2.85E+01	2.84E+01
28.2811	80.1	1.92E-01	5.58E-01	8.28E-01	1.68E+00	3.21E+00	5.06E+00	1.60E+01	1.25E+01	1.29E+01	1.98E+01	2.52E+01	2.30E+01
32.9474	68.7	1.86E-01	6.16E-01	8.03E-01	1.62E+00	3.09E+00	4.68E+00	1.62E+01	1.19E+01	1.21E+01	1.81E+01	2.20E+01	1.79E+01
38.3837	59.0	1.80E-01	6.68E-01	7.75E-01	1.56E+00	2.96E+00	4.02E+00	1.64E+01	1.13E+01	1.13E+01	1.65E+01	1.89E+01	1.33E+01
44.7170	50.6	1.75E-01	7.09E-01	7.42E-01	1.50E+00	2.81E+00	3.25E+00	1.65E+01	1.06E+01	1.05E+01	1.50E+01	1.59E+01	9.24E+00
52.0954	43.5	1.70E-01	7.34E-01	7.06E-01	1.44E+00	2.62E+00	2.44E+00	1.67E+01	9.93E+00	9.80E+00	1.35E+01	1.31E+01	5.99E+00
60.6910	37.3	1.65E-01	7.40E-01	6.70E-01	1.39E+00	2.41E+00	1.66E+00	1.69E+01	9.20E+00	9.09E+00	1.20E+01	1.05E+01	0.00E+00
70.7052	32.0	1.60E-01	7.29E-01	6.40E-01	1.36E+00	2.18E+00	1.06E+00	1.70E+01	8.46E+00	8.42E+00	1.06E+01	8.08E+00	0.00E+00
82.3714	27.5	1.55E-01	7.04E-01	6.22E-01	1.32E+00	1.83E+00	5.94E-01	1.72E+01	7.73E+00	7.78E+00	9.27E+00	5.90E+00	0.00E+00
95.9627	23.6	1.50E-01	6.72E-01	6.18E-01	1.28E+00	1.45E+00	2.38E-01	1.74E+01	7.03E+00	7.16E+00	7.95E+00	4.06E+00	0.00E+00
111.7966	20.3	1.46E-01	6.38E-01	6.29E-01	1.23E+00	1.07E+00	0.00E+00	1.75E+01	6.35E+00	6.54E+00	6.67E+00	2.62E+00	0.00E+00
130.2430	17.4	1.42E-01	6.08E-01	6.50E-01	1.17E+00	7.27E-01	0.00E+00	1.77E+01	5.72E+00	5.91E+00	5.43E+00	1.55E+00	0.00E+00
151.7330	14.9	1.37E-01	5.84E-01	6.71E-01	1.11E+00	4.62E-01	0.00E+00	1.78E+01	5.11E+00	5.26E+00	4.26E+00	0.00E+00	0.00E+00
176.7690	12.8	1.33E-01	5.66E-01	6.84E-01	9.71E-01	2.58E-01	0.00E+00	1.79E+01	4.52E+00	4.59E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
205.9360	11.0	1.29E-01	5.52E-01	6.81E-01	7.99E-01	1.02E-01	0.00E+00	1.81E+01	3.96E+00	3.91E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
239.9153	9.4	1.25E-01	5.40E-01	6.59E-01	6.06E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.82E+01	3.41E+00	3.23E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
279.5013	8.1	1.22E-01	5.25E-01	6.20E-01	4.12E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.83E+01	2.87E+00	2.57E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
325.6191	7.0	1.18E-01	5.05E-01	5.71E-01	2.41E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.84E+01	2.34E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
379.3462	6.0	1.15E-01	4.81E-01	4.68E-01	1.10E-01	0.00E+00	0.00E+00	1.86E+01	1.84E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
441.9382	5.1	1.11E-01	4.33E-01	3.58E-01	1.11E-02	0.00E+00	0.00E+00	1.87E+01	1.36E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
514.8582	4.4	1.08E-01	3.65E-01	2.53E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.88E+01	9.23E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
599.8097	3.8	1.05E-01	2.81E-01	1.64E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.89E+01	5.58E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
698.7783	3.2	1.01E-01	1.87E-01	9.42E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.90E+01	2.77E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
813.9016	2.8	2.03E+00	8.99E-02	4.12E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.91E+01	8.99E-02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
sum		2.11E+01	4.99E+01	1.08E+02	1.37E+02	2.39E+02	4.06E+02						

Μέσο μέγεθος (μm)	mi	Αριθμός τεμαχιδίων ΔNi						Αριθμός χονδρύτερων τεμαχιδίων ΔNi					
		0,00 (kJ/kg)	9,61 (kJ/kg)	17,39 (kJ/kg)	32,68 (kJ/kg)	69,29 (kJ/kg)	140,12 (kJ/kg)	0,00 (kJ/kg)	9,61 (kJ/kg)	17,39 (kJ/kg)	32,68 (kJ/kg)	69,29 (kJ/kg)	140,12 (kJ/kg)
0.0539	2.17E-19	9.22E+13	4.89E+13	9.40E+13	1.25E+14	4.56E+13	1.34E+14	2.74E+14	4.13E+14	8.34E+14	9.03E+14	7.33E+14	1.58E+15
0.0629	3.45E-19	5.17E+13	6.81E+13	1.31E+14	1.62E+14	8.02E+13	2.12E+14	1.81E+14	3.64E+14	7.40E+14	7.78E+14	6.87E+14	1.45E+15
0.0733	5.46E-19	3.68E+13	6.92E+13	1.33E+14	1.54E+14	9.81E+13	2.37E+14	1.30E+14	2.96E+14	6.09E+14	6.16E+14	6.07E+14	1.24E+15
0.0853	8.62E-19	2.65E+13	6.05E+13	1.17E+14	1.28E+14	9.90E+13	2.23E+14	9.28E+13	2.26E+14	4.76E+14	4.61E+14	5.09E+14	1.00E+15
0.0994	1.36E-18	1.89E+13	4.79E+13	9.41E+13	9.69E+13	8.79E+13	1.87E+14	6.63E+13	1.66E+14	3.59E+14	3.33E+14	4.10E+14	7.77E+14
0.1158	2.15E-18	1.35E+13	3.56E+13	7.15E+13	6.92E+13	7.17E+13	1.44E+14	4.74E+13	1.18E+14	2.65E+14	2.36E+14	3.22E+14	5.90E+14
0.1349	3.40E-18	9.71E+12	2.53E+13	5.25E+13	4.74E+13	5.53E+13	1.06E+14	3.39E+13	8.24E+13	1.94E+14	1.67E+14	2.50E+14	4.46E+14
0.1572	5.39E-18	6.91E+12	1.73E+13	3.76E+13	3.14E+13	4.13E+13	7.54E+13	2.42E+13	5.71E+13	1.41E+14	1.20E+14	1.95E+14	3.40E+14
0.1832	8.52E-18	4.93E+12	1.16E+13	2.67E+13	2.07E+13	2.67E+13	5.33E+13	1.73E+13	3.98E+13	1.04E+14	8.85E+13	1.54E+14	2.64E+14
0.2134	1.35E-17	3.53E+12	7.74E+12	1.91E+13	1.40E+13	2.33E+13	3.86E+13	1.24E+13	2.81E+13	7.71E+13	6.78E+13	1.23E+14	2.11E+14
0.2486	2.13E-17	2.52E+12	5.16E+12	1.38E+13	9.92E+12	1.77E+13	2.90E+13	8.85E+12	2.04E+13	5.79E+13	5.38E+13	9.96E+13	1.72E+14
0.2895	3.37E-17	1.81E+12	3.48E+12	9.98E+12	7.61E+12	1.32E+13	2.22E+13	6.33E+12	1.52E+13	4.42E+13	4.39E+13	8.19E+13	1.44E+14
0.3373	5.32E-17	1.29E+12	2.52E+12	7.55E+12	6.36E+12	1.08E+13	1.88E+13	4.52E+12	1.18E+13	3.42E+13	3.63E+13	6.87E+13	1.21E+14
0.3931	8.42E-17	9.20E+11	2.01E+12	6.13E+12	5.68E+12	1.05E+13	1.82E+13	3.23E+12	9.24E+12	2.66E+13	2.99E+13	5.79E+13	1.02E+14
0.4577	1.33E-16	6.60E+11	1.65E+12	4.97E+12	5.08E+12	9.58E+12	1.68E+13	2.31E+12	7.23E+12	2.05E+13	2.43E+13	4.74E+13	8.42E+13
0.5334	2.10E-16	4.71E+11	1.36E+12	4.01E+12	4.44E+12	8.34E+12	1.49E+13	1.65E+12	5.58E+12	1.55E+13	1.92E+13	3.78E+13	6.74E+13
0.6214	3.32E-16	2.30E+11	1.13E+12	3.22E+12	3.78E+12	7.33E+12	1.30E+13	1.18E+12	4.22E+12	1.15E+13	1.47E+13	2.95E+13	5.26E+13
0.7238	5.26E-16	2.41E+11	8.98E+11	2.49E+12	3.08E+12	5.96E+12	1.07E+13	8.44E+11	3.09E+12	8.29E+12	1.10E+13	2.22E+13	3.95E+13
0.8434	8.32E-16	1.72E+11	6.77E+11	1.83E+12	2.35E+12	4.66E+12	8.31E+12	6.03E+11	2.19E+12	5.80E+12	7.89E+12	1.62E+13	2.88E+13
0.9824	1.32E-15	1.23E+11	4.93E+11	1.30E+12	1.73E+12	3.50E+12	6.22E+12	4.31E+11	1.52E+12	3.97E+12	5.54E+12	1.15E+13	2.05E+13
1.1446	2.08E-15	8.80E+10	3.46E+11	8.99E+11	1.22E+12	2.53E+12	4.48E+12	3.08E+11	1.02E+12	2.67E+12	3.81E+12	8.05E+12	1.43E+13
1.3335	3.29E-15	6.28E+10	2.34E+11	6.03E+11	8.42E+11	1.77E+12	3.13E+12	2.20E+11	6.77E+11	1.77E+12	2.59E+12	5.52E+12	9.83E+12
1.5534	5.20E-15	4.49E+10	1.55E+11	3.95E+11	5.67E+11	1.21E+12	2.14E+12	1.58E+11	4.43E+11	1.16E+12	1.75E+12	3.75E+12	6.70E+12
1.8098	8.22E-15	3.21E+10	1.00E+11	2.56E+11	3.78E+11	8.11E+11	1.44E+12	1.13E+11	2.88E+11	7.68E+11	1.18E+12	2.54E+12	4.56E+12
2.1084	1.30E-14	2.30E+10	6.43E+10	1.66E+11	2.52E+11	5.44E+11	9.73E+11	8.05E+10	1.88E+11	5.12E+11	8.01E+11	1.73E+12	3.12E+12
2.4563	2.06E-14	1.64E+10	4.13E+10	1.09E+11	1.69E+11	3.65E+11	6.60E+11	5.76E+10	1.24E+11	3.46E+11	5.49E+11	1.18E+12	2.14E+12
2.8616	3.25E-14	1.17E+10	2.67E+10	7.28E+10	1.15E+11	2.49E+11	4.53E+11	4.11E+10	8.23E+10	2.38E+11	3.80E+11	8.19E+11	1.48E+12
3.3338	5.14E-14	8.39E+09	1.76E+10	4.99E+10	7.94E+10	1.71E+11	3.15E+11	2.94E+10	5.56E+10	1.65E+11	2.65E+11	5.71E+11	1.03E+12
3.8838	8.12E-14	6.00E+09	1.17E+10	3.47E+10	5.53E+10	1.20E+11	2.20E+11	2.10E+10	3.80E+10	1.15E+11	1.86E+11	3.99E+11	7.16E+11
4.5247	1.28E-13	4.29E+09	7.87E+09	2.44E+10	3.86E+10	8.39E+10	1.54E+11	1.50E+10	2.64E+10	8.02E+10	1.30E+11	2.80E+11	4.96E+11
5.2712	2.03E-13	3.06E+09	5.33E+09	1.71E+10	2.70E+10	5.86E+10	1.07E+11	1.07E+10	1.85E+10	5.58E+10	9.17E+10	1.96E+11	3.42E+11
6.1410	3.21E-13	2.19E+09	3.63E+09	1.19E+10	1.88E+10	4.08E+10	7.30E+10	7.68E+09	1.31E+10	3.88E+10	6.47E+10	1.37E+11	2.35E+11
7.1542	5.08E-13	1.57E+09	2.49E+09	8.24E+09	1.31E+10	2.84E+10	4.99E+10	5.49E+09	9.52E+09	2.69E+10	4.59E+10	9.64E+10	1.62E+11
8.3346	8.03E-13	1.12E+09	1.74E+09	5.69E+09	9.24E+09	1.99E+10	3.42E+10	3.92E+09	7.03E+09	1.86E+10	3.27E+10	6.80E+10	1.12E+11
9.7099	1.27E-12	8.00E+08	1.23E+09	3.92E+09	6.56E+09	1.40E+10	2.36E+10	2.81E+09	5.29E+09	1.30E+10	2.35E+10	4.81E+10	7.83E+10
11.3120	2.01E-12	5.72E+08	8.95E+08	2.70E+09	4.71E+09	9.94E+09	1.65E+10	2.01E+09	4.06E+09	9.04E+09	1.69E+10	3.40E+10	5.47E+10
13.1785	3.37E-12	4.09E+08	6.70E+08	1.87E+09	3.41E+09	7.06E+09	1.16E+10	1.43E+09	3.16E+09	6.34E+09	1.22E+10	2.41E+10	3.82E+10
15.3529	5.02E-12	2.92E+08	5.16E+08	1.30E+09	2.48E+09	5.02E+09	8.28E+09	1.03E+09	2.49E+09	4.47E+09	8.81E+09	1.70E+10	2.66E+10
17.8862	7.94E-12	2.09E+08	4.09E+08	9.14E+08	1.80E+09	3.57E+09	5.90E+09	7.33E+08	1.98E+09	3.17E+09	6.34E+09	1.20E+10	1.83E+10
20.8374	1.25E-11	1.49E+08	3.31E+08	6.47E+08	1.30E+09	2.53E+09	4.18E+09	5.24E+08	1.57E+09	2.25E+09	4.54E+09	8.45E+09	1.24E+10
24.2756	1.98E-11	1.07E+08	2.71E+08	4.61E+08	9.38E+08	1.80E+09	2.92E+09	3.75E+08	1.24E+09	1.60E+09	3.23E+09	5.91E+09	8.23E+09
28.2811	3.14E-11	7.63E+07	2.22E+08	3.30E+08	6.70E+08	1.28E+09	2.01E+09	2.68E+08	9.68E+08	1.14E+09	2.29E+09	4.11E+09	5.31E+09
32.9474	4.96E-11	5.45E+07	1.81E+08	2.36E+08	4.76E+08	9.07E+08	1.37E+09	1.92E+08	7.46E+08	8.13E+08	1.62E+09	2.84E+09	3.29E+09
38.3837	7.84E-11	3.90E+07	1.44E+08	1.68E+08	3.37E+08	6.40E+08	8.70E+08	1.37E+08	5.65E+08	5.78E+08	1.15E+09	1.93E+09	1.92E+09
44.7170	1.24E-10	2.79E+07	1.13E+08	1.18E+08	2.38E+08	4.47E+08	5.18E+08	9.85E+07	4.21E+08	4.10E+08	8.11E+08	1.29E+09	1.05E+09
52.0954	1.96E-10	1.99E+07	8.61E+07	8.28E+07	1.69E+08	3.07E+08	2.86E+08	7.07E+07	3.08E+08	2.92E+08	5.73E+08	8.41E+08	5.33E+08
60.6910	3.10E-10	1.42E+07	6.40E+07	5.79E+07	1.21E+08	2.08E+08	1.44E+08	5.07E+07	2.22E+08	2.09E+08	4.04E+08	5.34E+08	2.47E+08
70.7052	4.90E-10	1.02E+07	4.64E+07	4.08E+07	8.64E+07	1.39E+08	6.75E+07	3.65E+07	1.58E+08	1.51E+08	2.84E+08	3.26E+08	1.04E+08
82.3714	7.75E-10	7.28E+06	3.30E+07	2.92E+07	6.20E+07	8.60E+07	2.79E+07	2.63E+07	1.11E+08	1.10E+08	1.97E+08	1.87E+08	3.61E+07
95.9627	1.23E-09	5.20E+06	2.32E+07	2.14E+07	4.44E+07	5.01E+07	8.24E+06	1.90E+07	7.82E+07	8.10E+07	1.35E+08	1.01E+08	8.24E+06
111.7966	1.94E-09	3.72E+06	1.63E+07	1.60E+07	3.15E+07	2.72E+07	0.00E+00	1.38E+07	5.49E+07	5.96E+07	9.07E+07	5.06E+07	0.00E+00
130.2430	3.06E-09	2.66E+06	1.14E+07	1.22E+07	2.21E+07	1.37E+07	0.00E+00	1.01E+07	3.87E+07	4.36E+07	5.93E+07	2.34E+07	0.00E+00
151.7330	4.84E-09	1.90E+06	8.07E+06	9.28E+06	1.53E+07	6.39E+06	0.00E+00	7.47E+06	2.73E+07	3.14E+07	3.72E+07	9.78E+06	0.00E+00
176.7690	7.66E-09	1.36E+06	5.77E+06	6.97E+06	9.90E+06	2.63E+06	0.00E+00	5.57E+06	1.92E+07	2.21E+07	2.19E+07	3.39E+06	0.00E+00
205.9360	1.21E-08	9.71E+05	4.15E+06	5.12E+06	6.00E+06	7.64E+05	0.00E+00	4.21E+06	1.34E+07	1.52E+07	1.20E+07	0.00E+00	0.00E+00
239.9153	1.92E-08	6.94E+05	2.99E+06	3.64E+06	3.35E+06	0.00E+00	0.00E+00	3.24E+06	9.26E+06	1.00E+07	6.02E+06	0.00E+00	0.00E+00
279.5013	3.03E-08	4.96E+05	2.14E+06	2.53E+06	1.68E+06	0.00E+00	0.00E+00	2.55E+06	6.28E+06	6.39E+06	2.67E+06	0.00E+00	0.00E+00
325.6191	4.79E-08	3.55E+05	1.52E+06	1.72E+06	7.24E+05	0.00E+00	0.00E+00	2.05E+06	4.14E+06	3.87E+06	9.85E+05	0.00E+00	0.00E+00
379.3462	7.57E-08	2.53E+05	1.06E+06	1.04E+06	2.43E+05	0.00E+00	0.00E+00	1.70E+06	2.62E+06	2.15E+06	2.61E+05	0.00E+00	0.00E+00
441.9382	1.20E-07	1.81E+05	7.06E+05	5.83E+05	1.81E+04	0.00E+00	0.00E+00	1.44E+06	1.56E+06	1.11E+06	1.81E+04	0.00E+00	0.00E+00
514.8582	1.89E-07	1.29E+05	4.39E+05	3.04E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.26E+06	8.53E+05	5.30E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
599.8097	2.99E-07	9.26E+04	2.49E+05	1.45E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.13E+06	4.14E+05	2.27E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
698.7783	4.73E-07	6.62E+04	1.22E+05	6.14E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.04E+06	1.65E+05	8.12E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
813.9016	7.48E-07	9.74E+04	4.32E+04	1.98E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.74E+05	4.32E+04	1.98E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
		2.74E+14	4.13E+14	8.34E+14	9.03E+14	7.33E+14	1.58E+15						

Μέσο μέγεθος (µm)	Μήκος τεμαχιδίων κλάσματος(m)						Αθροιστικό μήκος χονδρότερων τεμαχιδίων (m)				
	0,00 (kJ/kg)	9,61 (kJ/kg)	17,39 (kJ/kg)	32,68 (kJ/kg)	69,29 (kJ/kg)	140,12 (kJ/kg)	9,61 (kJ/kg)	17,39 (kJ/kg)	32,68 (kJ/kg)	69,29 (kJ/kg)	140,12 (kJ/kg)
0.0539	4.97E+06	2.633E+06	5.066E+06	6.755E+06	2.459E+06	7.227E+06	4.55E+07	9.95E+07	1.04E+08	1.20E+08	2.34E+08
0.0629	3.25E+06	4.282E+06	8.217E+06	1.020E+07	5.047E+06	1.334E+07	4.29E+07	9.45E+07	9.70E+07	1.18E+08	2.27E+08
0.0733	2.70E+06	5.072E+06	9.728E+06	1.131E+07	7.192E+06	1.739E+07	3.86E+07	8.62E+07	8.68E+07	1.13E+08	2.13E+08
0.0853	2.26E+06	5.160E+06	9.973E+06	1.091E+07	8.448E+06	1.903E+07	3.36E+07	7.65E+07	7.55E+07	1.06E+08	1.96E+08
0.0994	1.88E+06	4.764E+06	9.354E+06	9.638E+06	8.741E+06	1.856E+07	2.84E+07	6.65E+07	6.46E+07	9.71E+07	1.77E+08
0.1158	1.56E+06	4.128E+06	8.283E+06	8.015E+06	8.300E+06	1.673E+07	2.36E+07	5.72E+07	5.49E+07	8.84E+07	1.58E+08
0.1349	1.31E+06	3.413E+06	7.080E+06	6.387E+06	7.461E+06	1.431E+07	1.95E+07	4.89E+07	4.69E+07	8.01E+07	1.41E+08
0.1572	1.09E+06	2.722E+06	5.904E+06	4.938E+06	6.499E+06	1.185E+07	1.61E+07	4.18E+07	4.05E+07	7.26E+07	1.27E+08
0.1832	9.04E+05	2.130E+06	4.896E+06	3.793E+06	5.633E+06	9.763E+06	1.34E+07	3.59E+07	3.56E+07	6.61E+07	1.15E+08
0.2134	7.53E+05	1.652E+06	4.082E+06	2.978E+06	4.967E+06	8.242E+06	1.12E+07	3.10E+07	3.18E+07	6.05E+07	1.06E+08
0.2486	6.26E+05	1.283E+06	3.428E+06	2.466E+06	4.407E+06	7.199E+06	9.59E+06	2.69E+07	2.88E+07	5.55E+07	9.73E+07
0.2895	5.23E+05	1.008E+06	2.890E+06	2.203E+06	3.814E+06	6.430E+06	8.31E+06	2.35E+07	2.64E+07	5.11E+07	9.01E+07
0.3373	4.35E+05	8.492E+05	2.548E+06	2.144E+06	3.642E+06	6.352E+06	7.30E+06	2.06E+07	2.42E+07	4.73E+07	8.37E+07
0.3931	3.62E+05	7.911E+05	2.409E+06	2.232E+06	4.128E+06	7.171E+06	6.45E+06	1.81E+07	2.20E+07	4.36E+07	7.73E+07
0.4577	3.02E+05	7.557E+05	2.276E+06	2.325E+06	4.383E+06	7.703E+06	5.66E+06	1.57E+07	1.98E+07	3.95E+07	7.02E+07
0.5334	2.51E+05	7.264E+05	2.136E+06	2.369E+06	4.447E+06	7.924E+06	4.91E+06	1.34E+07	1.75E+07	3.51E+07	6.25E+07
0.6214	2.09E+05	6.999E+05	1.999E+06	2.350E+06	4.553E+06	8.095E+06	4.18E+06	1.13E+07	1.51E+07	3.07E+07	5.45E+07
0.7238	1.74E+05	6.497E+05	1.805E+06	2.227E+06	4.315E+06	7.717E+06	3.48E+06	9.25E+06	1.27E+07	2.61E+07	4.65E+07
0.8434	1.45E+05	5.714E+05	1.543E+06	1.981E+06	3.933E+06	7.011E+06	2.83E+06	7.45E+06	1.05E+07	2.18E+07	3.87E+07
0.9824	1.21E+05	4.843E+05	1.281E+06	1.695E+06	3.439E+06	6.111E+06	2.26E+06	5.91E+06	8.53E+06	1.79E+07	3.17E+07
1.1446	1.01E+05	3.955E+05	1.029E+06	1.400E+06	2.896E+06	5.132E+06	1.77E+06	4.63E+06	6.83E+06	1.44E+07	2.56E+07
1.3335	8.38E+04	3.126E+05	8.040E+05	1.123E+06	2.360E+06	4.178E+06	1.38E+06	3.60E+06	5.43E+06	1.15E+07	2.05E+07
1.5534	6.98E+04	2.404E+05	6.141E+05	8.813E+05	1.874E+06	3.322E+06	1.07E+06	2.79E+06	4.31E+06	9.19E+06	1.63E+07
1.8098	5.81E+04	1.813E+05	4.634E+05	6.840E+05	1.468E+06	2.611E+06	8.25E+05	2.18E+06	3.43E+06	7.31E+06	1.30E+07
2.1084	4.84E+04	1.355E+05	3.498E+05	5.308E+05	1.146E+06	2.051E+06	6.44E+05	1.71E+06	2.74E+06	5.85E+06	1.04E+07
2.4563	4.03E+04	1.013E+05	2.672E+05	4.153E+05	8.973E+05	1.620E+06	5.09E+05	1.36E+06	2.21E+06	4.70E+06	8.32E+06
2.8616	3.36E+04	7.647E+04	2.085E+05	3.294E+05	7.112E+05	1.296E+06	4.07E+05	1.10E+06	1.80E+06	3.80E+06	6.70E+06
3.3338	2.80E+04	5.852E+04	1.663E+05	2.648E+05	5.715E+05	1.049E+06	3.31E+05	8.89E+05	1.47E+06	3.09E+06	5.40E+06
3.8838	2.39E+04	4.542E+04	1.349E+05	2.149E+05	4.645E+05	8.551E+05	2.72E+05	7.23E+05	1.20E+06	2.52E+06	4.35E+06
4.5247	1.94E+04	3.563E+04	1.102E+05	1.749E+05	3.794E+05	6.961E+05	2.27E+05	5.88E+05	9.89E+05	2.05E+06	3.50E+06
5.2712	1.61E+04	2.811E+04	9.000E+04	1.422E+05	3.090E+05	5.616E+05	1.91E+05	4.78E+05	8.14E+05	1.68E+06	2.80E+06
6.1410	1.34E+04	2.228E+04	7.302E+04	1.155E+05	2.504E+05	4.483E+05	1.63E+05	3.88E+05	6.72E+05	1.37E+06	2.24E+06
7.1542	1.12E+04	1.783E+04	5.894E+04	9.401E+04	2.034E+05	3.567E+05	1.41E+05	3.15E+05	5.56E+05	1.12E+06	1.79E+06
8.3346	9.33E+03	1.447E+04	4.740E+04	7.705E+04	1.662E+05	2.848E+05	1.23E+05	2.56E+05	4.62E+05	9.13E+05	1.43E+06
9.7099	7.77E+03	1.196E+04	3.804E+04	6.373E+04	1.364E+05	2.289E+05	1.08E+05	2.08E+05	3.85E+05	7.46E+05	1.15E+06
11.3120	6.47E+03	1.013E+04	3.056E+04	5.326E+04	1.124E+05	1.862E+05	9.65E+04	1.70E+05	3.21E+05	6.10E+05	9.20E+05
13.1785	5.39E+03	8.826E+03	2.464E+04	4.489E+04	9.301E+04	1.533E+05	8.64E+04	1.40E+05	2.68E+05	4.98E+05	7.34E+05
15.3529	4.49E+03	7.923E+03	1.999E+04	3.801E+04	7.701E+04	1.271E+05	7.76E+04	1.15E+05	2.23E+05	4.05E+05	5.81E+05
17.8862	3.74E+03	7.313E+03	1.635E+04	3.218E+04	6.377E+04	1.055E+05	6.96E+04	9.52E+04	1.85E+05	3.28E+05	4.54E+05
20.8374	3.11E+03	6.895E+03	1.348E+04	2.716E+04	5.278E+04	8.702E+04	6.23E+04	7.88E+04	1.53E+05	2.64E+05	3.48E+05
24.2756	2.59E+03	6.579E+03	1.119E+04	2.277E+04	4.370E+04	7.089E+04	5.54E+04	6.53E+04	1.26E+05	2.11E+05	2.61E+05
28.2811	2.16E+03	6.285E+03	9.327E+03	1.896E+04	3.618E+04	5.695E+04	4.89E+04	5.41E+04	1.03E+05	1.67E+05	1.90E+05
32.9474	1.80E+03	5.952E+03	7.765E+03	1.569E+04	2.989E+04	4.522E+04	4.26E+04	4.48E+04	8.42E+04	1.31E+05	1.33E+05
38.3837	1.50E+03	5.544E+03	6.432E+03	1.293E+04	2.456E+04	3.339E+04	3.66E+04	3.71E+04	6.85E+04	1.01E+05	8.80E+04
44.7170	1.25E+03	5.051E+03	5.288E+03	1.065E+04	1.998E+04	2.317E+04	3.11E+04	3.06E+04	5.56E+04	7.68E+04	5.47E+04
52.0954	1.04E+03	4.486E+03	4.316E+03	8.801E+03	1.601E+04	1.490E+04	2.60E+04	2.53E+04	4.49E+04	5.68E+04	3.15E+04
60.6910	8.64E+02	3.884E+03	3.516E+03	7.314E+03	1.263E+04	8.728E+03	2.15E+04	2.10E+04	3.61E+04	4.08E+04	1.66E+04
70.7052	7.20E+02	3.283E+03	2.883E+03	6.109E+03	9.838E+03	4.772E+03	1.77E+04	1.75E+04	2.88E+04	2.81E+04	7.86E+03
82.3714	5.99E+02	2.722E+03	2.403E+03	5.111E+03	7.086E+03	2.295E+03	1.44E+04	1.46E+04	2.27E+04	1.83E+04	3.09E+03
95.9627	4.99E+02	2.229E+03	2.051E+03	4.259E+03	4.805E+03	7.908E+02	1.17E+04	1.22E+04	1.76E+04	1.12E+04	7.91E+02
111.7966	4.16E+02	1.818E+03	1.792E+03	3.518E+03	3.041E+03	0.000E+00	9.42E+03	1.02E+04	1.33E+04	6.41E+03	0.00E+00
130.2430	3.46E+02	1.487E+03	1.588E+03	2.872E+03	1.779E+03	0.000E+00	7.60E+03	8.38E+03	9.79E+03	3.37E+03	0.00E+00
151.7330	2.88E+02	1.225E+03	1.408E+03	2.321E+03	9.703E+02	0.000E+00	6.12E+03	6.79E+03	6.92E+03	1.59E+03	0.00E+00
176.7690	2.40E+02	1.019E+03	1.232E+03	1.750E+03	4.642E+02	0.000E+00	4.89E+03	5.38E+03	4.60E+03	6.21E+02	0.00E+00
205.9360	2.00E+02	8.542E+02	1.053E+03	1.236E+03	1.573E+02	0.000E+00	3.87E+03	4.15E+03	2.85E+03	0.00E+00	0.00E+00
239.9153	1.66E+02	7.166E+02	8.745E+02	8.044E+02	0.000E+00	0.000E+00	3.02E+03	3.09E+03	1.61E+03	0.00E+00	0.00E+00
279.5013	1.39E+02	5.976E+02	7.060E+02	4.699E+02	0.000E+00	0.000E+00	2.30E+03	2.22E+03	8.06E+02	0.00E+00	0.00E+00
325.6191	1.15E+02	4.935E+02	5.588E+02	2.357E+02	0.000E+00	0.000E+00	1.70E+03	1.51E+03	3.36E+02	0.00E+00	0.00E+00
379.3462	9.61E+01	4.035E+02	3.932E+02	9.227E+01	0.000E+00	0.000E+00	1.21E+03	9.54E+02	1.00E+02	0.00E+00	0.00E+00
441.9382	8.01E+01	3.119E+02	2.578E+02	8.004E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.08E+02	5.60E+02	8.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
514.8582	6.67E+01	2.259E+02	1.564E+02	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.96E+02	3.03E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
599.8097	5.55E+01	1.494E+02	8.719E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.70E+02	1.46E+02	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
698.7783	4.62E+01	8.518E+01	4.292E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.20E+02	5.90E+01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
813.9016	7.93E+02	3.516E+01	1.612E+01	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.52E+01	1.61E+01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
SUM	2.44E+07	4.555E+07	9.952E+07	1.038E+08	1.202E+08	2.338E+08					

Πίνακας 19. Πειραματική κατανομή μήκους τεμαχιδίων και αθροιστικού μήκους χονδρότερων τεμαχιδίων

Μέσο μέγεθος (μm)	Ειδική επιφάνεια m ² /kg	Επιφάνεια m ²					
		kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg
		0	9,6	17,4	32,7	69,3	140,1
0,0539	42019,97	6,70E-01	1,47E+00	2,11E+00	3,38E+00	6,42E+00	1,23E+01
0,0629	35990,59	6,43E-01	1,43E+00	2,07E+00	3,32E+00	6,31E+00	1,21E+01
0,0733	30886,63	6,21E-01	1,40E+00	2,03E+00	3,28E+00	6,25E+00	1,20E+01
0,0853	26534,80	6,05E-01	1,39E+00	2,03E+00	3,28E+00	6,27E+00	1,20E+01
0,0994	22775,13	5,87E-01	1,37E+00	2,01E+00	3,26E+00	6,25E+00	1,20E+01
0,1158	19548,84	5,69E-01	1,35E+00	1,99E+00	3,23E+00	6,21E+00	1,19E+01
0,1349	16788,20	5,55E-01	1,34E+00	1,98E+00	3,24E+00	6,24E+00	1,20E+01
0,1572	14400,78	5,36E-01	1,32E+00	1,96E+00	3,21E+00	6,19E+00	1,19E+01
0,1832	12360,68	5,20E-01	1,30E+00	1,94E+00	3,19E+00	6,16E+00	1,19E+01
0,2134	10611,45	5,05E-01	1,29E+00	1,93E+00	3,17E+00	6,15E+00	1,19E+01
0,2486	9107,50	4,89E-01	1,27E+00	1,91E+00	3,15E+00	6,11E+00	1,18E+01
0,2895	7820,61	4,75E-01	1,26E+00	1,90E+00	3,14E+00	6,12E+00	1,18E+01
0,3373	6712,12	4,61E-01	1,25E+00	1,88E+00	3,13E+00	6,10E+00	1,18E+01
0,3931	5760,46	4,46E-01	1,23E+00	1,86E+00	3,10E+00	6,06E+00	1,17E+01
0,4577	4946,31	4,34E-01	1,22E+00	1,85E+00	3,10E+00	6,06E+00	1,17E+01
0,5334	4244,98	4,21E-01	1,21E+00	1,84E+00	3,08E+00	6,03E+00	1,17E+01
0,6214	3643,53	4,08E-01	1,19E+00	1,82E+00	3,06E+00	6,00E+00	1,16E+01
0,7238	3128,03	3,96E-01	1,18E+00	1,81E+00	3,05E+00	6,00E+00	1,16E+01
0,8434	2684,50	3,84E-01	1,17E+00	1,80E+00	3,03E+00	5,96E+00	1,15E+01
0,9824	2304,65	3,73E-01	1,16E+00	1,79E+00	3,02E+00	5,94E+00	1,14E+01
1,1446	1978,20	3,62E-01	1,14E+00	1,78E+00	3,01E+00	5,91E+00	1,14E+01
1,3335	1697,88	3,51E-01	1,13E+00	1,76E+00	2,99E+00	5,88E+00	1,13E+01
1,5534	1457,53	3,41E-01	1,12E+00	1,75E+00	2,97E+00	5,85E+00	1,12E+01
1,8098	1251,05	3,30E-01	1,11E+00	1,74E+00	2,96E+00	5,81E+00	1,11E+01
2,1084	1073,88	3,20E-01	1,10E+00	1,73E+00	2,94E+00	5,77E+00	1,10E+01
2,4563	921,78	3,11E-01	1,09E+00	1,71E+00	2,92E+00	5,73E+00	1,08E+01
2,8616	791,21	3,02E-01	1,08E+00	1,70E+00	2,90E+00	5,68E+00	1,07E+01
3,3338	679,16	2,93E-01	1,07E+00	1,69E+00	2,88E+00	5,62E+00	1,05E+01
3,8838	582,97	2,84E-01	1,06E+00	1,67E+00	2,86E+00	5,56E+00	1,03E+01
4,5247	500,40	2,75E-01	1,05E+00	1,66E+00	2,84E+00	5,49E+00	1,01E+01
5,2712	429,53	2,67E-01	1,04E+00	1,65E+00	2,81E+00	5,42E+00	9,80E+00
6,1410	368,69	2,59E-01	1,03E+00	1,63E+00	2,78E+00	5,33E+00	9,51E+00
7,1542	316,48	2,52E-01	1,02E+00	1,62E+00	2,75E+00	5,23E+00	9,18E+00
8,3346	271,66	2,44E-01	1,01E+00	1,60E+00	2,72E+00	5,12E+00	8,81E+00
9,7099	233,18	2,37E-01	9,94E-01	1,58E+00	2,68E+00	4,99E+00	8,41E+00
11,3120	200,16	2,30E-01	9,83E-01	1,56E+00	2,64E+00	4,85E+00	7,96E+00
13,1785	171,81	2,23E-01	9,71E-01	1,54E+00	2,59E+00	4,70E+00	7,47E+00
15,3529	147,47	2,16E-01	9,59E-01	1,52E+00	2,54E+00	4,52E+00	6,93E+00
17,8862	126,59	2,10E-01	9,46E-01	1,50E+00	2,48E+00	4,33E+00	6,36E+00
20,8374	108,66	2,04E-01	9,33E-01	1,47E+00	2,41E+00	4,11E+00	5,75E+00
24,2756	93,27	1,97E-01	9,18E-01	1,44E+00	2,34E+00	3,87E+00	5,12E+00
28,2811	80,06	1,92E-01	9,02E-01	1,41E+00	2,26E+00	3,61E+00	4,47E+00
32,9474	68,72	1,86E-01	8,86E-01	1,38E+00	2,17E+00	3,34E+00	3,82E+00
38,3837	58,99	1,80E-01	8,68E-01	1,34E+00	2,07E+00	3,04E+00	3,18E+00
44,7170	50,63	1,75E-01	8,48E-01	1,30E+00	1,96E+00	2,73E+00	2,57E+00
52,0954	43,46	1,70E-01	8,27E-01	1,25E+00	1,84E+00	2,41E+00	2,00E+00
60,6910	37,31	1,65E-01	8,04E-01	1,20E+00	1,71E+00	2,08E+00	1,50E+00
70,7052	32,02	1,60E-01	7,78E-01	1,14E+00	1,58E+00	1,75E+00	1,07E+00
82,3714	27,49	1,55E-01	7,50E-01	1,08E+00	1,43E+00	1,44E+00	7,24E-01
95,9627	23,59	1,50E-01	7,20E-01	1,01E+00	1,28E+00	1,14E+00	4,59E-01
111,7966	20,25	1,46E-01	6,87E-01	9,37E-01	1,12E+00	8,77E-01	2,70E-01
130,2430	17,38	1,42E-01	6,51E-01	8,59E-01	9,63E-01	6,43E-01	1,46E-01
151,7330	14,92	1,37E-01	6,12E-01	7,78E-01	8,07E-01	4,48E-01	7,13E-02
176,7690	12,81	1,33E-01	5,70E-01	6,93E-01	6,57E-01	2,94E-01	3,10E-02
205,9360	10,99	1,29E-01	5,26E-01	6,06E-01	5,18E-01	1,80E-01	1,17E-02
239,9153	9,44	1,25E-01	4,79E-01	5,19E-01	3,92E-01	1,02E-01	3,81E-03
279,5013	8,10	1,22E-01	4,29E-01	4,33E-01	2,84E-01	5,28E-02	1,03E-03
325,6191	6,95	1,18E-01	3,79E-01	3,52E-01	1,96E-01	2,45E-02	2,25E-04
379,3462	5,97	1,15E-01	3,28E-01	2,76E-01	1,27E-01	1,00E-02	3,84E-05
441,9382	5,12	1,11E-01	2,77E-01	2,08E-01	7,63E-02	3,54E-03	4,93E-06
514,8582	4,40	1,08E-01	2,28E-01	1,50E-01	4,23E-02	1,06E-03	4,56E-07
599,8097	3,77	1,05E-01	1,82E-01	1,02E-01	2,13E-02	2,60E-04	2,88E-08
698,7783	3,24	1,01E-01	1,40E-01	6,56E-02	9,60E-03	5,09E-05	1,17E-09
813,9016	2,78	2,03E+00	3,65E-01	9,12E-02	5,99E-03	8,77E-06	2,88E-11
Υπολογιστικά		2,10E+01	6,08E+01	9,00E+01	1,43E+02	2,57E+02	4,51E+02

Πίνακας 20. Υπολογιστική κατανομή επιφάνειας

Μέσο μέγεθος (μm)	m_i kg	Αριθμός τεμαχιδίων ΔN_i					
		kJ/Kg	kJ/Kg	kJ/Kg	kJ/Kg	kJ/Kg	kJ/Kg
		0	9,61	17,39	32,68	69,29	140,12
0,0539	2,17E-19	7,35E+13	1,61E+14	2,32E+14	3,71E+14	7,04E+14	1,35E+15
0,0629	3,45E-19	5,17E+13	1,15E+14	1,66E+14	2,67E+14	5,08E+14	9,73E+14
0,0733	5,46E-19	3,68E+13	8,31E+13	1,21E+14	1,94E+14	3,70E+14	7,10E+14
0,0853	8,62E-19	2,65E+13	6,09E+13	8,87E+13	1,43E+14	2,74E+14	5,27E+14
0,0994	1,36E-18	1,89E+13	4,42E+13	6,47E+13	1,05E+14	2,01E+14	3,87E+14
0,1158	2,15E-18	1,35E+13	3,21E+13	4,71E+13	7,67E+13	1,47E+14	2,84E+14
0,1349	3,40E-18	9,71E+12	2,35E+13	3,47E+13	5,67E+13	1,09E+14	2,10E+14
0,1572	5,39E-18	6,91E+12	1,70E+13	2,52E+13	4,13E+13	7,97E+13	1,54E+14
0,1832	8,52E-18	4,93E+12	1,24E+13	1,84E+13	3,02E+13	5,85E+13	1,13E+14
0,2134	1,35E-17	3,53E+12	9,03E+12	1,35E+13	2,22E+13	4,31E+13	8,32E+13
0,2486	2,13E-17	2,52E+12	6,55E+12	9,82E+12	1,62E+13	3,15E+13	6,09E+13
0,2895	3,37E-17	1,81E+12	4,79E+12	7,21E+12	1,19E+13	2,32E+13	4,49E+13
0,3373	5,32E-17	1,29E+12	3,49E+12	5,27E+12	8,76E+12	1,71E+13	3,37E+13
0,3931	8,42E-17	9,20E+11	2,53E+12	3,84E+12	6,40E+12	1,25E+13	2,42E+13
0,4577	1,33E-16	6,60E+11	1,85E+12	2,82E+12	4,71E+12	9,21E+12	1,78E+13
0,5334	2,10E-16	4,71E+11	1,35E+12	2,06E+12	3,45E+12	6,76E+12	1,31E+13
0,6214	3,33E-16	3,37E+11	9,82E+11	1,50E+12	2,52E+12	4,95E+12	9,57E+12
0,7238	5,26E-16	2,41E+11	7,18E+11	1,10E+12	1,86E+12	3,64E+12	7,04E+12
0,8434	8,32E-16	1,72E+11	5,22E+11	8,05E+11	1,36E+12	2,67E+12	5,15E+12
0,9824	1,32E-15	1,23E+11	3,81E+11	5,90E+11	9,97E+11	1,96E+12	3,78E+12
1,1446	2,08E-15	8,80E+10	2,78E+11	4,32E+11	7,31E+11	1,44E+12	2,77E+12
1,3335	3,29E-15	6,28E+10	2,03E+11	3,15E+11	5,35E+11	1,05E+12	2,02E+12
1,5534	5,20E-15	4,49E+10	1,48E+11	2,31E+11	3,92E+11	7,72E+11	1,48E+12
1,8098	8,22E-15	3,21E+10	1,08E+11	1,69E+11	2,87E+11	5,65E+11	1,08E+12
2,1084	1,30E-14	2,30E+10	7,88E+10	1,24E+11	2,11E+11	4,14E+11	7,85E+11
2,4563	2,06E-14	1,64E+10	5,75E+10	9,04E+10	1,54E+11	3,02E+11	5,71E+11
2,8616	3,25E-14	1,17E+10	4,19E+10	6,61E+10	1,13E+11	2,21E+11	4,15E+11
3,3338	5,14E-14	8,39E+09	3,06E+10	4,83E+10	8,26E+10	1,61E+11	3,01E+11
3,8838	8,12E-14	6,00E+09	2,23E+10	3,54E+10	6,04E+10	1,17E+11	2,17E+11
4,5247	1,28E-13	4,29E+09	1,63E+10	2,58E+10	4,41E+10	8,55E+10	1,56E+11
5,2712	2,03E-13	3,06E+09	1,19E+10	1,89E+10	3,22E+10	6,21E+10	1,12E+11
6,1410	3,21E-13	2,19E+09	8,67E+09	1,38E+10	2,35E+10	4,50E+10	8,03E+10
7,1542	5,08E-13	1,57E+09	6,32E+09	1,01E+10	1,71E+10	3,26E+10	5,71E+10
8,3346	8,03E-13	1,12E+09	4,61E+09	7,34E+09	1,25E+10	2,35E+10	4,04E+10
9,7099	1,27E-12	8,00E+08	3,36E+09	5,35E+09	9,05E+09	1,69E+10	2,84E+10
11,3120	2,01E-12	5,72E+08	2,45E+09	3,89E+09	6,56E+09	1,21E+10	1,98E+10
13,1785	3,17E-12	4,09E+08	1,78E+09	2,83E+09	4,75E+09	8,61E+09	1,37E+10
15,3529	5,02E-12	2,92E+08	1,30E+09	2,06E+09	3,43E+09	6,11E+09	9,37E+09
17,8862	7,94E-12	2,09E+08	9,42E+08	1,49E+09	2,47E+09	4,31E+09	6,33E+09
20,8374	1,25E-11	1,49E+08	6,84E+08	1,08E+09	1,77E+09	3,01E+09	4,22E+09
24,2756	1,98E-11	1,07E+08	4,96E+08	7,80E+08	1,26E+09	2,09E+09	2,77E+09
28,2811	3,14E-11	7,63E+07	3,59E+08	5,62E+08	9,00E+08	1,44E+09	1,78E+09
32,9474	4,96E-11	5,45E+07	2,60E+08	4,04E+08	6,37E+08	9,79E+08	1,12E+09
38,3837	7,84E-11	3,90E+07	1,88E+08	2,89E+08	4,48E+08	6,57E+08	6,87E+08
44,7170	1,24E-10	2,79E+07	1,35E+08	2,06E+08	3,12E+08	4,35E+08	4,09E+08
52,0954	1,96E-10	1,99E+07	9,70E+07	1,46E+08	2,16E+08	2,82E+08	2,35E+08
60,6910	3,10E-10	1,42E+07	6,95E+07	1,03E+08	1,48E+08	1,80E+08	1,30E+08
70,7052	4,90E-10	1,02E+07	4,96E+07	7,26E+07	1,00E+08	1,12E+08	6,82E+07
82,3714	7,75E-10	7,28E+06	3,52E+07	5,06E+07	6,71E+07	6,76E+07	3,40E+07
95,9627	1,23E-09	5,20E+06	2,49E+07	3,49E+07	4,42E+07	3,96E+07	1,59E+07
111,7966	1,94E-09	3,72E+06	1,75E+07	2,39E+07	2,86E+07	2,23E+07	6,89E+06
130,2430	3,06E-09	2,66E+06	1,22E+07	1,61E+07	1,81E+07	1,21E+07	2,74E+06
151,7330	4,84E-09	1,90E+06	8,46E+06	1,08E+07	1,12E+07	6,19E+06	9,86E+05
176,7690	7,66E-09	1,36E+06	5,81E+06	7,06E+06	6,70E+06	3,00E+06	3,16E+05
205,9360	1,21E-08	9,71E+05	3,95E+06	4,55E+06	3,89E+06	1,35E+06	8,82E+04
239,9153	1,92E-08	6,94E+05	2,65E+06	2,87E+06	2,17E+06	5,65E+05	2,11E+04
279,5013	3,03E-08	4,96E+05	1,75E+06	1,77E+06	1,16E+06	2,15E+05	4,19E+03
325,6191	4,79E-08	3,55E+05	1,14E+06	1,06E+06	5,87E+05	7,35E+04	6,75E+02
379,3462	7,57E-08	2,53E+05	7,26E+05	6,10E+05	2,80E+05	2,22E+04	8,49E+01
441,9382	1,20E-07	1,81E+05	4,52E+05	3,39E+05	1,24E+05	5,77E+03	8,05E+00
514,8582	1,89E-07	1,29E+05	2,74E+05	1,80E+05	5,08E+04	1,27E+03	5,48E-01
599,8097	2,99E-07	9,26E+04	1,61E+05	9,06E+04	1,89E+04	2,30E+02	2,55E-02
698,7783	4,73E-07	6,62E+04	9,13E+04	4,28E+04	6,26E+03	3,32E+01	7,60E-04
813,9016	7,48E-07	9,74E+04	1,76E+05	4,39E+04	2,88E+03	4,21E+00	1,39E-05
Υπολογιστικά		2,55E+14	5,83E+14	8,48E+14	1,37E+15	2,61E+15	5,02E+15

Πίνακας 21. Υπολογιστική κατανομή αριθμού τεμαχιδίων

Μέσο μέγεθος (μm)	Γεωμετρικός μέσος(m)	Κατανομή μήκους τεμαχιδίων(m)					
		KJ/Kg	KJ/Kg	KJ/Kg	KJ/Kg	KJ/Kg	KJ/Kg
		0	9,61	17,39	32,68	69,29	140,12
0,0539	5,39E-08	3,96E+06	8,68E+06	1,25E+07	2,00E+07	3,79E+07	7,26E+07
0,0629	6,29E-08	3,25E+06	7,24E+06	1,05E+07	1,68E+07	3,20E+07	6,12E+07
0,0733	7,33E-08	2,70E+06	6,09E+06	8,84E+06	1,42E+07	2,71E+07	5,21E+07
0,0853	8,53E-08	2,26E+06	5,19E+06	7,57E+06	1,22E+07	2,34E+07	4,49E+07
0,0994	9,94E-08	1,88E+06	4,40E+06	6,44E+06	1,04E+07	2,00E+07	3,85E+07
0,1158	1,16E-07	1,56E+06	3,72E+06	5,46E+06	8,88E+06	1,71E+07	3,28E+07
0,1349	1,35E-07	1,31E+06	3,17E+06	4,68E+06	7,64E+06	1,47E+07	2,84E+07
0,1572	1,57E-07	1,09E+06	2,68E+06	3,97E+06	6,49E+06	1,25E+07	2,42E+07
0,1832	1,83E-07	9,04E+05	2,27E+06	3,37E+06	5,54E+06	1,07E+07	2,07E+07
0,2134	2,13E-07	7,53E+05	1,93E+06	2,88E+06	4,74E+06	9,19E+06	1,77E+07
0,2486	2,49E-07	6,26E+05	1,63E+06	2,44E+06	4,03E+06	7,83E+06	1,51E+07
0,2895	2,90E-07	5,23E+05	1,39E+06	2,09E+06	3,46E+06	6,73E+06	1,30E+07
0,3373	3,37E-07	4,35E+05	1,18E+06	1,78E+06	2,95E+06	5,76E+06	1,11E+07
0,3931	3,93E-07	3,62E+05	9,96E+05	1,51E+06	2,51E+06	4,91E+06	9,50E+06
0,4577	4,58E-07	3,02E+05	8,49E+05	1,29E+06	2,16E+06	4,22E+06	8,16E+06
0,5334	5,33E-07	2,51E+05	7,20E+05	1,10E+06	1,84E+06	3,60E+06	6,97E+06
0,6214	6,21E-07	2,09E+05	6,10E+05	9,34E+05	1,57E+06	3,08E+06	5,95E+06
0,7238	7,24E-07	1,74E+05	5,20E+05	7,98E+05	1,34E+06	2,64E+06	5,10E+06
0,8434	8,43E-07	1,45E+05	4,40E+05	6,79E+05	1,14E+06	2,25E+06	4,34E+06
0,9824	9,82E-07	1,21E+05	3,75E+05	5,79E+05	9,79E+05	1,93E+06	3,71E+06
1,1446	1,14E-06	1,01E+05	3,18E+05	4,94E+05	8,36E+05	1,65E+06	3,16E+06
1,3335	1,33E-06	8,38E+04	2,70E+05	4,21E+05	7,13E+05	1,40E+06	2,69E+06
1,5534	1,55E-06	6,98E+04	2,30E+05	3,59E+05	6,10E+05	1,20E+06	2,29E+06
1,8098	1,81E-06	5,81E+04	1,95E+05	3,06E+05	5,20E+05	1,02E+06	1,95E+06
2,1084	2,11E-06	4,84E+04	1,66E+05	2,61E+05	4,44E+05	8,72E+05	1,66E+06
2,4563	2,46E-06	4,03E+04	1,41E+05	2,22E+05	3,79E+05	7,43E+05	1,40E+06
2,8616	2,86E-06	3,36E+04	1,20E+05	1,89E+05	3,23E+05	6,32E+05	1,19E+06
3,3338	3,33E-06	2,80E+04	1,02E+05	1,61E+05	2,75E+05	5,37E+05	1,00E+06
3,8838	3,88E-06	2,33E+04	8,67E+04	1,37E+05	2,34E+05	4,56E+05	8,43E+05
4,5247	4,52E-06	1,94E+04	7,37E+04	1,17E+05	2,00E+05	3,87E+05	7,08E+05
5,2712	5,27E-06	1,61E+04	6,27E+04	9,95E+04	1,70E+05	3,27E+05	5,92E+05
6,1410	6,14E-06	1,34E+04	5,32E+04	8,46E+04	1,44E+05	2,76E+05	4,93E+05
7,1542	7,15E-06	1,12E+04	4,52E+04	7,20E+04	1,22E+05	2,33E+05	4,09E+05
8,3346	8,33E-06	9,33E+03	3,84E+04	6,12E+04	1,04E+05	1,96E+05	3,37E+05
9,7099	9,71E-06	7,77E+03	3,26E+04	5,19E+04	8,79E+04	1,64E+05	2,76E+05
11,3120	1,13E-05	6,47E+03	2,77E+04	4,41E+04	7,42E+04	1,37E+05	2,24E+05
13,1785	1,32E-05	5,39E+03	2,35E+04	3,73E+04	6,26E+04	1,14E+05	1,80E+05
15,3529	1,54E-05	4,49E+03	1,99E+04	3,16E+04	5,26E+04	9,38E+04	1,44E+05
17,8862	1,79E-05	3,74E+03	1,68E+04	2,67E+04	4,41E+04	7,70E+04	1,13E+05
20,8374	2,08E-05	3,11E+03	1,43E+04	2,25E+04	3,69E+04	6,28E+04	8,79E+04
24,2756	2,43E-05	2,59E+03	1,20E+04	1,89E+04	3,07E+04	5,08E+04	6,72E+04
28,2811	2,83E-05	2,16E+03	1,02E+04	1,59E+04	2,54E+04	4,07E+04	5,04E+04
32,9474	3,29E-05	1,80E+03	8,56E+03	1,33E+04	2,10E+04	3,22E+04	3,69E+04
38,3837	3,84E-05	1,50E+03	7,20E+03	1,11E+04	1,72E+04	2,52E+04	2,64E+04
44,7170	4,47E-05	1,25E+03	6,04E+03	9,23E+03	1,40E+04	1,94E+04	1,83E+04
52,0954	5,21E-05	1,04E+03	5,05E+03	7,63E+03	1,13E+04	1,47E+04	1,22E+04
60,6910	6,07E-05	8,64E+02	4,22E+03	6,28E+03	8,99E+03	1,09E+04	7,87E+03
70,7052	7,07E-05	7,20E+02	3,50E+03	5,13E+03	7,10E+03	7,90E+03	4,83E+03
82,3714	8,24E-05	5,99E+02	2,90E+03	4,16E+03	5,53E+03	5,57E+03	2,80E+03
95,9627	9,60E-05	4,99E+02	2,39E+03	3,35E+03	4,24E+03	3,80E+03	1,52E+03
111,7966	1,12E-04	4,16E+02	1,96E+03	2,67E+03	3,19E+03	2,50E+03	7,70E+02
130,2430	1,30E-04	3,46E+02	1,59E+03	2,10E+03	2,35E+03	1,57E+03	3,57E+02
151,7330	1,52E-04	2,88E+02	1,28E+03	1,63E+03	1,69E+03	9,40E+02	1,50E+02
176,7690	1,77E-04	2,40E+02	1,03E+03	1,25E+03	1,18E+03	5,30E+02	5,58E+01
205,9360	2,06E-04	2,00E+02	8,13E+02	9,37E+02	8,01E+02	2,79E+02	1,82E+01
239,9153	2,40E-04	1,66E+02	6,35E+02	6,89E+02	5,21E+02	1,36E+02	5,05E+00
279,5013	2,80E-04	1,39E+02	4,89E+02	4,94E+02	3,24E+02	6,01E+01	1,17E+00
325,6191	3,26E-04	1,15E+02	3,71E+02	3,44E+02	1,91E+02	2,39E+01	2,20E-01
379,3462	3,79E-04	9,61E+01	2,75E+02	2,32E+02	1,06E+02	8,40E+00	3,22E-02
441,9382	4,42E-04	8,01E+01	2,00E+02	1,50E+02	5,49E+01	2,55E+00	3,56E-03
514,8582	5,15E-04	6,67E+01	1,41E+02	9,27E+01	2,62E+01	6,55E-01	2,82E-04
599,8097	6,00E-04	5,55E+01	9,67E+01	5,43E+01	1,13E+01	1,38E-01	1,53E-05
698,7783	6,99E-04	4,62E+01	6,38E+01	2,99E+01	4,38E+00	2,32E-02	5,31E-07
813,9016	8,14E-04	7,93E+02	1,43E+02	3,57E+01	2,34E+00	3,43E-03	1,13E-08
	SUM	1,62E+07	4,03E+07	5,97E+07	9,78E+07	1,89E+08	3,62E+08

Πίνακας 22. Υπολογιστική κατανομή μήκους τεμαχιδίων

Μέσο μέγεθος (μm)	Ειδική επιφάνεια m ² /kg	Επιφάνεια m ²					
		kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg
		0	9,6	17,4	32,7	69,3	140,1
0,0539	42019,97	6,70E-01	1,48E+00	2,14E+00	3,43E+00	6,52E+00	1,25E+01
0,0629	35990,59	6,43E-01	7,71E-01	8,75E-01	1,08E+00	1,57E+00	2,51E+00
0,0733	30886,63	6,21E-01	1,70E+00	2,58E+00	4,30E+00	8,42E+00	1,64E+01
0,0853	26534,80	6,05E-01	1,36E+00	1,97E+00	3,17E+00	6,04E+00	1,16E+01
0,0994	22775,13	5,87E-01	1,32E+00	1,92E+00	3,09E+00	5,89E+00	1,13E+01
0,1158	19548,84	5,69E-01	1,30E+00	1,89E+00	3,04E+00	5,81E+00	1,11E+01
0,1349	16788,20	5,55E-01	1,29E+00	1,88E+00	3,05E+00	5,84E+00	1,12E+01
0,1572	14400,78	5,36E-01	1,27E+00	1,86E+00	3,01E+00	5,78E+00	1,11E+01
0,1832	12360,68	5,20E-01	1,25E+00	1,84E+00	2,99E+00	5,75E+00	1,11E+01
0,2134	10611,45	5,05E-01	1,23E+00	1,82E+00	2,98E+00	5,75E+00	1,11E+01
0,2486	9107,50	4,89E-01	1,21E+00	1,80E+00	2,95E+00	5,70E+00	1,10E+01
0,2895	7820,61	4,75E-01	1,20E+00	1,79E+00	2,95E+00	5,71E+00	1,10E+01
0,3373	6712,12	4,61E-01	1,19E+00	1,78E+00	2,94E+00	5,69E+00	1,10E+01
0,3931	5760,46	4,46E-01	1,17E+00	1,76E+00	2,91E+00	5,64E+00	1,09E+01
0,4577	4946,31	4,34E-01	1,16E+00	1,75E+00	2,90E+00	5,65E+00	1,09E+01
0,5334	4244,98	4,21E-01	1,15E+00	1,74E+00	2,89E+00	5,63E+00	1,09E+01
0,6214	3643,53	4,08E-01	1,13E+00	1,72E+00	2,87E+00	5,59E+00	1,08E+01
0,7238	3128,03	3,96E-01	1,12E+00	1,71E+00	2,86E+00	5,59E+00	1,08E+01
0,8434	2684,50	3,84E-01	1,11E+00	1,69E+00	2,84E+00	5,55E+00	1,07E+01
0,9824	2304,65	3,73E-01	1,10E+00	1,68E+00	2,83E+00	5,54E+00	1,07E+01
1,1446	1978,20	3,62E-01	1,09E+00	1,67E+00	2,81E+00	5,51E+00	1,06E+01
1,3335	1697,88	3,51E-01	1,07E+00	1,66E+00	2,79E+00	5,48E+00	1,05E+01
1,5534	1457,53	3,41E-01	1,06E+00	1,65E+00	2,78E+00	5,45E+00	1,04E+01
1,8098	1251,05	3,30E-01	1,05E+00	1,63E+00	2,77E+00	5,42E+00	1,03E+01
2,1084	1073,88	3,20E-01	1,04E+00	1,62E+00	2,75E+00	5,38E+00	1,02E+01
2,4563	921,78	3,11E-01	1,03E+00	1,61E+00	2,73E+00	5,35E+00	1,01E+01
2,8616	791,21	3,02E-01	1,02E+00	1,60E+00	2,71E+00	5,30E+00	9,97E+00
3,3338	679,16	2,93E-01	1,01E+00	1,59E+00	2,70E+00	5,25E+00	9,81E+00
3,8838	582,97	2,84E-01	1,00E+00	1,57E+00	2,68E+00	5,20E+00	9,64E+00
4,5247	500,40	2,75E-01	9,91E-01	1,56E+00	2,65E+00	5,14E+00	9,44E+00
5,2712	429,53	2,67E-01	9,81E-01	1,55E+00	2,63E+00	5,07E+00	9,21E+00
6,1410	368,69	2,59E-01	9,71E-01	1,53E+00	2,60E+00	4,99E+00	8,96E+00
7,1542	316,48	2,52E-01	9,61E-01	1,52E+00	2,58E+00	4,91E+00	8,67E+00
8,3346	271,66	2,44E-01	9,50E-01	1,50E+00	2,55E+00	4,81E+00	8,35E+00
9,7099	233,18	2,37E-01	9,40E-01	1,49E+00	2,51E+00	4,70E+00	7,99E+00
11,3120	200,16	2,30E-01	9,29E-01	1,47E+00	2,47E+00	4,57E+00	7,59E+00
13,1785	171,81	2,23E-01	9,18E-01	1,45E+00	2,43E+00	4,43E+00	7,15E+00
15,3529	147,47	2,16E-01	9,06E-01	1,43E+00	2,39E+00	4,28E+00	6,68E+00
17,8862	126,59	2,10E-01	8,94E-01	1,41E+00	2,33E+00	4,11E+00	6,16E+00
20,8374	108,66	2,04E-01	8,81E-01	1,39E+00	2,28E+00	3,91E+00	5,62E+00
24,2756	93,27	1,97E-01	8,68E-01	1,36E+00	2,21E+00	3,70E+00	5,04E+00
28,2811	80,06	1,92E-01	8,53E-01	1,33E+00	2,14E+00	3,47E+00	4,44E+00
32,9474	68,72	1,86E-01	8,38E-01	1,30E+00	2,06E+00	3,22E+00	3,84E+00
38,3837	58,99	1,80E-01	8,21E-01	1,27E+00	1,97E+00	2,96E+00	3,24E+00
44,7170	50,63	1,75E-01	8,03E-01	1,23E+00	1,87E+00	2,67E+00	2,66E+00
52,0954	43,46	1,70E-01	7,84E-01	1,19E+00	1,77E+00	2,38E+00	2,11E+00
60,6910	37,31	1,65E-01	7,63E-01	1,14E+00	1,65E+00	2,08E+00	1,61E+00
70,7052	32,02	1,60E-01	7,40E-01	1,09E+00	1,53E+00	1,77E+00	1,18E+00
82,3714	27,49	1,55E-01	7,14E-01	1,03E+00	1,39E+00	1,48E+00	8,21E-01
95,9627	23,59	1,50E-01	6,87E-01	9,71E-01	1,26E+00	1,19E+00	5,38E-01
111,7966	20,25	1,46E-01	6,57E-01	9,05E-01	1,11E+00	9,31E-01	3,29E-01
130,2430	17,38	1,42E-01	6,24E-01	8,35E-01	9,64E-01	6,98E-01	1,86E-01
151,7330	14,92	1,37E-01	5,89E-01	7,60E-01	8,18E-01	4,99E-01	9,54E-02
176,7690	12,81	1,33E-01	5,51E-01	6,82E-01	6,76E-01	3,38E-01	4,40E-02
205,9360	10,99	1,29E-01	5,10E-01	6,02E-01	5,41E-01	2,14E-01	1,79E-02
239,9153	9,44	1,25E-01	4,67E-01	5,21E-01	4,18E-01	1,26E-01	6,02E-01
279,5013	8,10	1,22E-01	4,22E-01	4,40E-01	3,10E-01	6,84E-02	1,86E-03
325,6191	6,95	1,18E-01	3,75E-01	3,62E-01	2,19E-01	3,35E-02	4,54E-04
379,3462	5,97	1,15E-01	3,27E-01	2,89E-01	1,46E-01	1,46E-02	8,80E-05
441,9382	5,12	1,11E-01	2,80E-01	2,22E-01	9,11E-02	5,56E-03	1,31E-05
514,8582	4,40	1,08E-01	2,33E-01	1,63E-01	5,26E-02	1,81E-03	1,43E-06
599,8097	3,77	1,05E-01	1,89E-01	1,14E-01	2,78E-02	4,92E-04	1,10E-07
698,7783	3,24	1,01E-01	1,47E-01	7,54E-02	1,32E-02	1,08E-04	5,59E-09
813,9016	2,78	2,03E+00	4,14E-01	1,15E-01	9,19E-03	2,18E-05	1,82E-10
	sum	1,96E+01	5,56E+01	8,21E+01	1,30E+02	2,33E+02	4,08E+02

Πίνακας 23. Προσαρμοσμένη κατανομή επιφάνειας

Μέσο μέγεθος (μm)	mi	Αριθμός τεμαχιδίων					
	kgr	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg
		0	9,6	17,4	32,7	69,3	140,1
0,0539	2,17E-19	7,35E+13	1,10E+14	1,39E+14	1,97E+14	3,36E+14	6,04E+14
0,0629	3,45E-19	5,17E+13	8,06E+13	1,04E+14	1,50E+14	2,60E+14	4,72E+14
0,0733	5,46E-19	3,68E+13	5,98E+13	7,83E+13	1,15E+14	2,02E+14	3,71E+14
0,0853	8,62E-19	2,65E+13	4,50E+13	6,00E+13	8,94E+13	1,60E+14	2,96E+14
0,0994	1,36E-18	1,89E+13	3,36E+13	4,55E+13	6,89E+13	1,25E+14	2,33E+14
0,1158	2,15E-18	1,35E+13	2,50E+13	3,43E+13	5,26E+13	9,64E+13	1,81E+14
0,1349	3,40E-18	9,71E+12	1,88E+13	2,62E+13	4,07E+13	7,54E+13	1,42E+14
0,1572	5,39E-18	6,91E+12	1,40E+13	1,97E+13	3,09E+13	5,77E+13	1,09E+14
0,1832	8,52E-18	4,93E+12	1,04E+13	1,48E+13	2,34E+13	4,41E+13	8,39E+13
0,2134	1,35E-17	3,53E+12	7,72E+12	1,11E+13	1,78E+13	3,37E+13	6,43E+13
0,2486	2,13E-17	2,52E+12	5,70E+12	8,27E+12	1,33E+13	2,54E+13	4,86E+13
0,2895	3,37E-17	1,81E+12	4,23E+12	6,20E+12	1,00E+13	1,93E+13	3,70E+13
0,3373	5,32E-17	1,29E+12	3,13E+12	4,61E+12	7,52E+12	1,45E+13	2,79E+13
0,3931	8,42E-17	9,20E+11	2,29E+12	3,40E+12	5,58E+12	1,08E+13	2,08E+13
0,4577	1,33E-16	6,60E+11	1,69E+12	2,53E+12	4,17E+12	8,09E+12	1,56E+13
0,5334	2,10E-16	4,71E+11	1,24E+12	1,87E+12	3,09E+12	6,01E+12	1,16E+13
0,6214	3,33E-16	3,37E+11	9,10E+11	1,37E+12	2,28E+12	4,45E+12	8,58E+12
0,7238	5,26E-16	2,41E+11	6,69E+11	1,02E+12	1,69E+12	3,31E+12	6,38E+12
0,8434	8,32E-16	1,72E+11	4,89E+11	7,44E+11	1,24E+12	2,43E+12	4,69E+12
0,9824	1,32E-15	1,23E+11	3,58E+11	5,48E+11	9,18E+11	1,80E+12	3,47E+12
1,1446	2,08E-15	8,80E+10	2,62E+11	4,02E+11	6,76E+11	1,33E+12	2,55E+12
1,3335	3,29E-15	6,28E+10	1,91E+11	2,94E+11	4,96E+11	9,73E+11	1,87E+12
1,5534	5,20E-15	4,49E+10	1,40E+11	2,16E+11	3,65E+11	7,16E+11	1,37E+12
1,8098	8,22E-15	3,21E+10	1,02E+11	1,58E+11	2,68E+11	5,25E+11	1,00E+12
2,1084	1,30E-14	2,30E+10	7,45E+10	1,16E+11	1,96E+11	3,85E+11	7,33E+11
2,4563	2,06E-14	1,64E+10	5,44E+10	8,48E+10	1,44E+11	2,82E+11	5,34E+11
2,8616	3,25E-14	1,17E+10	3,97E+10	6,21E+10	1,05E+11	2,06E+11	3,89E+11
3,3338	5,14E-14	8,39E+09	2,90E+10	4,54E+10	7,72E+10	1,51E+11	2,82E+11
3,8838	8,12E-14	6,00E+09	2,11E+10	3,32E+10	5,65E+10	1,10E+11	2,04E+11
4,5247	1,28E-13	4,29E+09	1,54E+10	2,43E+10	4,13E+10	8,00E+10	1,47E+11
5,2712	2,03E-13	3,06E+09	1,12E+10	1,77E+10	3,02E+10	5,82E+10	1,06E+11
6,1410	3,21E-13	2,19E+09	8,20E+09	1,30E+10	2,20E+10	4,22E+10	7,59E+10
7,1542	5,08E-13	1,57E+09	5,98E+09	9,46E+09	1,60E+10	3,06E+10	5,42E+10
8,3346	8,03E-13	1,12E+09	4,36E+09	6,90E+09	1,17E+10	2,21E+10	3,84E+10
9,7099	1,27E-12	8,00E+08	3,17E+09	5,03E+09	8,49E+09	1,59E+10	2,71E+10
11,3120	2,01E-12	5,72E+08	2,31E+09	3,66E+09	6,16E+09	1,14E+10	1,90E+10
13,1785	3,17E-12	4,09E+08	1,68E+09	2,66E+09	4,46E+09	8,15E+09	1,32E+10
15,3529	5,02E-12	2,92E+08	1,22E+09	1,94E+09	3,23E+09	5,80E+09	9,07E+09
17,8862	7,94E-12	2,09E+08	8,90E+08	1,41E+09	2,33E+09	4,10E+09	6,17E+09
20,8374	1,25E-11	1,49E+08	6,47E+08	1,02E+09	1,67E+09	2,88E+09	4,14E+09
24,2756	1,98E-11	1,07E+08	4,69E+08	7,36E+08	1,20E+09	2,01E+09	2,74E+09
28,2811	3,14E-11	7,63E+07	3,40E+08	5,31E+08	8,53E+08	1,39E+09	1,78E+09
32,9474	4,96E-11	5,45E+07	2,46E+08	3,82E+08	6,05E+08	9,48E+08	1,13E+09
38,3837	7,84E-11	3,90E+07	1,78E+08	2,74E+08	4,26E+08	6,41E+08	7,03E+08
44,7170	1,24E-10	2,79E+07	1,28E+08	1,96E+08	2,99E+08	4,27E+08	4,25E+08
52,0954	1,96E-10	1,99E+07	9,20E+07	1,39E+08	2,08E+08	2,80E+08	2,49E+08
60,6910	3,10E-10	1,42E+07	6,60E+07	9,85E+07	1,43E+08	1,80E+08	1,40E+08
70,7052	4,90E-10	1,02E+07	4,71E+07	6,93E+07	9,74E+07	1,13E+08	7,55E+07
82,3714	7,75E-10	7,28E+06	3,35E+07	4,84E+07	6,55E+07	6,95E+07	3,87E+07
95,9627	1,23E-09	5,20E+06	2,38E+07	3,36E+07	4,35E+07	4,14E+07	1,87E+07
111,7966	1,94E-09	3,72E+06	1,67E+07	2,31E+07	2,83E+07	2,38E+07	8,42E+06
130,2430	3,06E-09	2,66E+06	1,17E+07	1,57E+07	1,81E+07	1,31E+07	3,50E+06
151,7330	4,84E-09	1,90E+06	8,15E+06	1,05E+07	1,13E+07	6,92E+06	1,33E+06
176,7690	7,66E-09	1,36E+06	5,62E+06	6,96E+06	6,90E+06	3,45E+06	4,51E+05
205,9360	1,21E-08	9,71E+05	3,83E+06	4,52E+06	4,07E+06	1,61E+06	1,35E+05
239,9153	1,92E-08	6,94E+05	2,59E+06	2,88E+06	2,32E+06	7,01E+05	3,33E+05
279,5013	3,03E-08	4,96E+05	1,72E+06	1,79E+06	1,27E+06	2,80E+05	7,64E+03
325,6191	4,79E-08	3,55E+05	1,13E+06	1,09E+06	6,58E+05	1,01E+05	1,37E+03
379,3462	7,57E-08	2,53E+05	7,25E+05	6,39E+05	3,23E+05	3,24E+04	1,96E+02
441,9382	1,20E-07	1,81E+05	4,56E+05	3,62E+05	1,49E+05	9,09E+03	2,15E+01
514,8582	1,89E-07	1,29E+05	2,80E+05	1,96E+05	6,33E+04	2,18E+03	1,73E+00
599,8097	2,99E-07	9,26E+04	1,67E+05	1,01E+05	2,47E+04	4,36E+02	9,78E-02
698,7783	4,73E-07	6,62E+04	9,61E+04	4,92E+04	8,64E+03	7,05E+01	3,66E-03
813,9016	7,48E-07	9,74E+04	1,99E+05	5,52E+04	4,43E+03	1,05E+01	8,78E-05
	sum	1,30E+14	2,36E+14	3,22E+14	4,91E+14	8,95E+14	1,68E+15

Πίνακας 23. Προσαρμοσμένος αριθμός τεμαχιδίων

Μέσο μέγεθος (μm)	Γεωμετρικός μέσος(μ)	Μήκος τεμαχιδίων					
		kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg
		0	9,6	17,4	32,7	69,3	140,1
0,0539	5,39E-08	3,96E+06	4,53E+06	4,99E+06	5,90E+06	8,08E+06	1,23E+07
0,0629	6,29E-08	3,25E+06	4,04E+06	4,68E+06	5,94E+06	8,96E+06	1,48E+07
0,0733	7,33E-08	2,70E+06	3,63E+06	4,38E+06	5,86E+06	9,40E+06	1,63E+07
0,0853	8,53E-08	2,26E+06	3,28E+06	4,11E+06	5,74E+06	9,64E+06	1,72E+07
0,0994	9,94E-08	1,88E+06	2,94E+06	3,80E+06	5,49E+06	9,52E+06	1,73E+07
0,1158	1,16E-07	1,56E+06	2,61E+06	3,47E+06	5,14E+06	9,14E+06	1,69E+07
0,1349	1,35E-07	1,31E+06	2,34E+06	3,17E+06	4,81E+06	8,74E+06	1,63E+07
0,1572	1,57E-07	1,09E+06	2,06E+06	2,84E+06	4,39E+06	8,09E+06	1,52E+07
0,1832	1,83E-07	9,04E+05	1,81E+06	2,54E+06	3,97E+06	7,41E+06	1,41E+07
0,2134	2,13E-07	7,53E+05	1,58E+06	2,26E+06	3,58E+06	6,74E+06	1,28E+07
0,2486	2,49E-07	6,26E+05	1,38E+06	1,98E+06	3,17E+06	6,02E+06	1,15E+07
0,2895	2,90E-07	5,23E+05	1,20E+06	1,75E+06	2,82E+06	5,39E+06	1,03E+07
0,3373	3,37E-07	4,35E+05	1,04E+06	1,52E+06	2,48E+06	4,77E+06	9,17E+06
0,3931	3,93E-07	3,62E+05	8,91E+05	1,32E+06	2,16E+06	4,16E+06	8,02E+06
0,4577	4,58E-07	3,02E+05	7,69E+05	1,15E+06	1,89E+06	3,66E+06	7,06E+06
0,5334	5,33E-07	2,51E+05	6,59E+05	9,89E+05	1,64E+06	3,18E+06	6,14E+06
0,6214	6,21E-07	2,09E+05	5,63E+05	8,49E+05	1,41E+06	2,75E+06	5,31E+06
0,7238	7,24E-07	1,74E+05	4,83E+05	7,32E+05	1,22E+06	2,38E+06	4,60E+06
0,8434	8,43E-07	1,45E+05	4,11E+05	6,26E+05	1,05E+06	2,05E+06	3,95E+06
0,9824	9,82E-07	1,21E+05	3,51E+05	5,37E+05	9,00E+05	1,76E+06	3,40E+06
1,1446	1,14E-06	1,01E+05	2,99E+05	4,60E+05	7,73E+05	1,52E+06	2,92E+06
1,3335	1,33E-06	8,38E+04	2,55E+05	3,92E+05	6,61E+05	1,30E+06	2,49E+06
1,5534	1,55E-06	6,98E+04	2,17E+05	3,35E+05	5,67E+05	1,11E+06	2,13E+06
1,8098	1,81E-06	5,81E+04	1,85E+05	2,86E+05	4,84E+05	9,50E+05	1,82E+06
2,1084	2,11E-06	4,84E+04	1,57E+05	2,44E+05	4,14E+05	8,12E+05	1,55E+06
2,4563	2,46E-06	4,03E+04	1,34E+05	2,08E+05	3,54E+05	6,93E+05	1,31E+06
2,8616	2,86E-06	3,36E+04	1,14E+05	1,78E+05	3,02E+05	5,90E+05	1,11E+06
3,3338	3,33E-06	2,80E+04	9,65E+04	1,51E+05	2,57E+05	5,02E+05	9,42E+05
3,8838	3,88E-06	2,33E+04	8,21E+04	1,29E+05	2,19E+05	4,27E+05	7,94E+05
4,5247	4,52E-06	1,94E+04	6,97E+04	1,10E+05	1,87E+05	3,62E+05	6,68E+05
5,2712	5,27E-06	1,61E+04	5,93E+04	9,35E+04	1,59E+05	3,07E+05	5,60E+05
6,1410	6,14E-06	1,34E+04	5,03E+04	7,96E+04	1,35E+05	2,60E+05	4,67E+05
7,1542	7,15E-06	1,12E+04	4,28E+04	6,77E+04	1,15E+05	2,19E+05	3,88E+05
8,3346	8,33E-06	9,33E+03	3,63E+04	5,75E+04	9,74E+04	1,84E+05	3,21E+05
9,7099	9,71E-06	7,77E+03	3,08E+04	4,88E+04	8,25E+04	1,55E+05	2,64E+05
11,3120	1,13E-05	6,47E+03	2,62E+04	4,14E+04	6,98E+04	1,29E+05	2,15E+05
13,1785	1,32E-05	5,39E+03	2,22E+04	3,51E+04	5,89E+04	1,08E+05	1,74E+05
15,3529	1,54E-05	4,49E+03	1,88E+04	2,97E+04	4,96E+04	8,91E+04	1,39E+05
17,8862	1,79E-05	3,74E+03	1,59E+04	2,51E+04	4,16E+04	7,34E+04	1,10E+05
20,8374	2,08E-05	3,11E+03	1,35E+04	2,12E+04	3,48E+04	6,00E+04	8,64E+04
24,2756	2,43E-05	2,59E+03	1,14E+04	1,79E+04	2,90E+04	4,88E+04	6,66E+04
28,2811	2,83E-05	2,16E+03	9,61E+03	1,50E+04	2,41E+04	3,92E+04	5,04E+04
32,9474	3,29E-05	1,80E+03	8,10E+03	1,26E+04	1,99E+04	3,13E+04	3,74E+04
38,3837	3,84E-05	1,50E+03	6,82E+03	1,05E+04	1,64E+04	2,46E+04	2,70E+04
44,7170	4,47E-05	1,25E+03	5,72E+03	8,75E+03	1,34E+04	1,91E+04	1,90E+04
52,0954	5,21E-05	1,04E+03	4,79E+03	7,25E+03	1,08E+04	1,46E+04	1,30E+04
60,6910	6,07E-05	8,64E+02	4,00E+03	5,98E+03	8,68E+03	1,09E+04	8,52E+03
70,7052	7,07E-05	7,20E+02	3,33E+03	4,90E+03	6,89E+03	8,02E+03	5,35E+03
82,3714	8,24E-05	5,99E+02	2,76E+03	3,99E+03	5,40E+03	5,73E+03	3,19E+03
95,9627	9,60E-05	4,99E+02	2,28E+03	3,22E+03	4,17E+03	3,97E+03	1,80E+03
111,7966	1,12E-04	4,16E+02	1,87E+03	2,58E+03	3,17E+03	2,66E+03	9,43E+02
130,2430	1,30E-04	3,46E+02	1,53E+03	2,04E+03	2,36E+03	1,71E+03	4,57E+02
151,7330	1,52E-04	2,88E+02	1,24E+03	1,60E+03	1,72E+03	1,05E+03	2,02E+02
176,7690	1,77E-04	2,40E+02	9,93E+02	1,23E+03	1,22E+03	6,10E+02	7,98E+01
205,9360	2,06E-04	2,00E+02	7,89E+02	9,32E+02	8,39E+02	3,33E+02	2,79E+01
239,9153	2,40E-04	1,66E+02	6,20E+02	6,92E+02	5,56E+02	1,68E+02	8,00E+02
279,5013	2,80E-04	1,39E+02	4,81E+02	5,02E+02	3,54E+02	7,83E+01	2,14E+00
325,6191	3,26E-04	1,15E+02	3,67E+02	3,54E+02	2,14E+02	3,29E+01	4,47E-01
379,3462	3,79E-04	9,61E+01	2,75E+02	2,42E+02	1,23E+02	1,23E+01	7,44E-02
441,9382	4,42E-04	8,01E+01	2,02E+02	1,60E+02	6,57E+01	4,02E+00	9,50E-03
514,8582	5,15E-04	6,67E+01	1,44E+02	1,01E+02	3,26E+01	1,12E+00	8,93E-04
599,8097	6,00E-04	5,55E+01	1,00E+02	6,08E+01	1,48E+01	2,62E-01	5,88E-05
698,7783	6,99E-04	4,62E+01	6,71E+01	3,44E+01	6,04E+00	4,93E-02	2,56E-06
813,9016	8,14E-04	7,93E+02	1,62E+02	4,49E+01	3,60E+00	8,55E-03	7,16E-08
	sum	1,62E+07	3,86E+07	5,08E+07	7,48E+07	1,32E+08	2,41E+08

Πίνακας 24. Προσαρμοσμένο μήκος τεμαχιδίων