



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΕΧΝΙΚΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ/ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ
(SuperProDesigner)

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΦΟΙΤΗΤΗ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ
ΑΕΜ ΦΟΙΤΗΤΗ: 00114

Επιβλέπων: ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΗΣ ΒΑΙΟΣ

Επόπτες:

α) ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΣ ΖΑΧΑΡΙΑΣ

β) ΣΟΥΛΙΩΤΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ

Κοζάνη, 6/2/2022



Ευχαριστίες

Ολοκληρώνοντας την διπλωματική μου εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Πρόεδρο της Εταιρίας Intelligen, Inc. Πετρίδη και τον Συνεργάτη του κ. Σταυρόπουλο που δημιούργησε το software SuperPro Designer που συνείσφερε στην υλοποίηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Ευχαριστώ επίσης τους καθηγητές μου που με επέβλεπαν όλη την χρονική διάρκεια που απαιτήθηκε για να βγει εις πέρας η παρούσα εργασία.



ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	7
ABSTRACT.....	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ.....	10
1.1 Τσιμέντο Πόρτλαντ.....	10
1.2 Κλίνκερ τσιμέντου Πόρταλντ.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ	11
2.1 Διαδικασία.....	11
2.2 Παρασκευή πρώτων υλών.....	11
2.2.1 Αναλυτική διαδικασία.....	12
2.2.2 Επιμέρους διαδικασίες	12
2.2.3 Θραύση.....	13
2.2.3.1 Προομογενοποίηση	14
2.2.3.2 Άλεση	15
2.2.3.3 Ομογενοποίηση.....	15
2.3 Παραγωγή κλίνκερ	15
2.3.1 Έψηση	17
2.3.2 Περιστρεφόμενη κάμινος.....	18
2.4 Παραγωγή τσιμέντου	19
2.4.1 Σφαιρόμηλος.....	20
2.5 Χωροταξική μελέτη	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ (EXCEL)	22
3.1 Εισαγωγή.....	22



3.2 Τεχνικά αποτελέσματα	22
3.2.1 Ισοζύγια μάζας	22
3.2.2 Ισοζύγια ενέργειας.....	24
3.3 Οικονομικά αποτελέσματα	26
3.3.1 Οικονομική αξιολόγηση.....	26
3.3.2 Σύνοψη εκτίμησης του πάγιου κεφαλαίου	27
3.3.3 Ετήσιο κόστος λειτουργίας (σε τιμές 2021).....	28
3.3.4 Ανάλυση κέρδους (σε τιμές 2021).....	29
3.3.5 Σύνοψη.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ SUPERPRODESIGNER	31
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	39
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	41



ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Χημική σύνθεση των προϊόντων - φάσεων του κλίνκερ..... 16



ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Διάγραμμα ροής ^[2]	11
Εικόνα 2: Θραυστήρες με σφυριά ^[3]	13
Εικόνα 3: Θραυστήρας με σιαγόνες ^[4]	14
Εικόνα 4: Θραυστήρας στρομβικός ^[5]	14
Εικόνα 5: Θραυστήρας με κυλίνδρους ^[6]	14
Εικόνα 6: Περιστρεφόμενη καμινός ^[2]	18
Εικόνα 7: Παραγωγή τσιμέντου ^[2]	19



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η εκπόνηση μιας τεχνικοοικονομικής μελέτης ενός εργοστασίου παραγωγής τσιμέντου. Πρώτα σε ένα υπολογιστικό πρόγραμμα όπως είναι το excel και στην συνέχεια, η δημιουργία της ίδιας μονάδας σε πρόγραμμα προσομοίωσης διεργασιών και συγκεκριμένα το σούπερ προ ντιζάινερ και σύγκριση των δυο προαναφερόμενων μεθόδων, έτσι ώστε να δούμε πόσο κοντά είναι τα αποτελέσματα τους. Επίσης στην διπλωματική αυτή θα γίνει συνοπτική αναφορά στην ορολογία του τσιμέντου αλλά και στην παραγωγική του διαδικασία.

Λέξεις κλειδιά: τεχνικοοικονομική, μελέτη, εργοστάσιο, τσιμέντου



ABSTRACT

The purpose of this diploma is to prepare a feasibility study for a cement plant. First in a computer program such as Excel. Then the creation of the same unit in a process simulation program and specifically the SuperPro designer and comparison of the two aforementioned methods, so we can see how close their results are. Also in this diploma there will be a brief reference to the terminology of cement but also to its production process.

Keywords: *technical-economic, study, factory, cement*



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο όρος τσιμέντο (cement) εμφανίστηκε τη Ρωμαϊκή εποχή καθώς επίσης και το Μεσαίωνα. Με τον όρο αυτό περιγράφονται υλικά με συνδετικές ικανότητες όπως κονιάματα ή μείγματα άσβεστου, νερού κτλ, που χρησιμοποιούνταν για να συνδέουν τα υλικά στις κατασκευές.^[1]

Τα μεσαιωνικά χρόνια πρώτο ανακαλύφθηκαν οι σημαντικές ιδιότητες της άσβεστου. Πειράματα έδειξαν ότι κατά το ψήσιμο του ασβεστόλιθου που δεν είχε προσμίξεις δημιουργούταν ένα υλικό που με την προσθήκη νερού γινόταν μια παχύρρευστη μάζα που είχε συνδετικές ιδιότητες. Όταν αυξάνονταν οι συγκεντρώσεις των προσμίξεων, που ήταν κατά κύριο λόγο αργλικές ή πυριτικές, το προϊόν της ασβεστοποίησης με δυσκολία μπορούσε να ενυδατωθεί αλλά και η θερμότητα που εκλύονταν ήταν αρκετά μικρή.^[1]

Το 1758 ο Smeaton παρατήρησε ότι οι άσβεστοι που είχαν μεγάλες συγκεντρώσεις αργλικών υλικών είχαν την ικανότητα κάτω από το νερό να γίνονται πιο συμπαγείς ενώσεις. Το 1822 κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το «British Cement», ενώ το 1824 ο Άγγλος J.Asplin κατάφερε να δημιουργήσει τσιμέντο με αρκετά καλύτερες ιδιότητες από τις υδραυλικές άσβεστους, αν το μείγμα άσβεστου και αργίλου θερμαινόταν μέχρι επίτηξης. Το προϊόν αυτό μέσω διπλώματος ευρεσιτεχνίας πήρε το όνομα Portland cement. Λόγο του χρώματος του προϊόντος που δημιουργούταν του θύμιζε το χρώμα μιας πέτρας που εξορυσσόταν στο νησί Portland, ανοιχτά των βρετανικών ακτών.^[1]

Το 1845 ο I.C. Jonsen κατάφερε να πετύχει καλύτερες και πιο ακριβείς αναλογίες για τις πρώτες ύλες και καταλληλότερες θερμοκρασίες για την έψηση. Το 1850 δημιουργείται στην Γαλλία το πρώτο εργοστάσιο τσιμέντου, το 1855 στην Γερμανία, το 1875 στην Αμερική και το 1902 στην Ελλάδα. Το 1924 ο R.Bogue με τους ομώνυμους τύπους του, προσεγγίζει με ικανοποιητική ακρίβεια την ορυκτολογική σύσταση του τσιμέντου.^[1]



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

1.1 Τσιμέντο Πόρτλαντ

«Ως τσιμέντο πόρτλαντ ορίζεται το προϊόν που προκύπτει μετά από έψηση σε θερμοκρασία κλινκεροποίησης (1380-1420 °C) ενός κατάλληλα αλεσμένου και πλήρως ομογενοποιημένου μείγματος, που αποτελείται περίπου από 75% ασβεστολιθικά υλικά και 25% αργιλοπυριτικά υλικά και συνάλεση του προκύπτοντος προϊόντος που καλείται κλίνκερ με την κατάλληλη ποσότητα γύψου.»^[1]

«Ο υδραυλικός χαρακτήρας του τσιμέντου Πόρτλαντ αποδίδεται κυρίως στα προϊόντα ενυδάτωσης του πυριτικού διασβεστίου (C₂S) και του πυριτικού τριασβεστίου (C₃S), που είναι τα κύρια ορυκτολογικά συστατικά του κλίνκερ και αποτελούν τα 2/3 της μάζας του, και δευτερευόντως στα προϊόντα ενυδάτωσης των δύο άλλων συστατικών του, που είναι το αργιλικό τριασβέστιο (C₃A) και το σιδηραργιλικό τετρασβέστιο (C₄AF).»^[1]

1.2 Κλίνκερ τσιμέντου Πόρτλαντ

«Είναι ένα υδραυλικό υλικό που αποτελείται από 2/3 κ.β. από C₃S και C₂S, ενώ το υπόλοιπο κατά κύριο λόγο συνίσταται από τις αργιλικές και σιδηραργιλικές φάσεις του κλίνκερ. Η αναλογία CaO/SiO₂ δεν πρέπει να είναι μικρότερη του 2 και το περιεχόμενο MgO δεν πρέπει να ξεπερνά το 5% του κ.β. Το κλίνκερ του τσιμέντου Πόρτλαντ παρασκευάζεται με έψηση σε θερμοκρασία κλινκεροποίησης ενός σωστά επιλεγμένου, πλήρως ομογενοποιημένου και κατάλληλα αλεσμένου μείγματος (σε ξηρή, ημυγρή ή υγρή μορφή) πρώτων υλών που περιέχει CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ και μικρές ποσότητες από τα άλλα στοιχεία.»^[1]

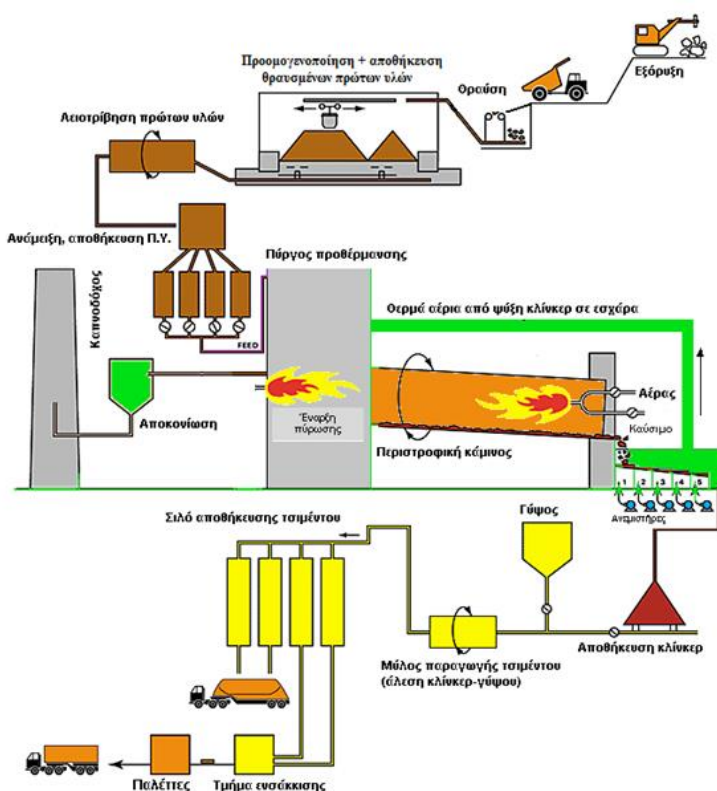


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ

2.1 Διαδικασία

Η βασική διαδικασία παραγωγής τσιμέντου μπορεί να διαχωριστεί σε τρία επιμέρους στάδια:

- 1) προετοιμασία/παρασκευή πρώτων υλών.
- 2) παραγωγή κλίνκερ.
- 3) παραγωγή τσιμέντου.



Εικόνα 1: Διάγραμμα ροής^[2]

2.2 Παρασκευή πρώτων υλών

Ο ασβεστόλιθος (κυρίως CaCO_3) και ο άργιλος (ένα μείγμα SiO_2 , MgO , Al_2O_3 , FeO και νερού) που εξάγεται από το λατομείο με τη χρήση τεχνικών γεώτρησης και εξόρυξης μεταφέρεται στο εργοστάσιο. Οι πρώτες ύλες θρυμματίζονται σε διάφορους μηχανικούς θραυστήρες προκειμένου να μειωθεί το μέγεθός τους από 100 cm σε 1-8 cm και στην



συνέχεια ο θρυμματισμένος ασβεστόλιθος και ο πηλός οδηγούνται προς ομογενοποίηση. Στη συνέχεια, οι πρώτες ύλες αλέθονται και ξηραίνονται σε κυλινδρόμυλο για να παραχθούν λεπτά σωματίδια, τα οποία μεταφέρονται παρουσία αέρα στο σιλό ομογενοποίησης.^[2]

2.2.1 Αναλυτική διαδικασία

- Αφού γίνει η εξόρυξη του ασβεστόλιθου ακολουθεί η τροφοδοσία του σε θραυστήρες έτσι ώστε να μειωθεί αρκετά το μέγεθός του και αμέσως μετά αποθηκεύεται σε στοίβες. Στη συνέχεια οδηγείται σε χώρο όπου γίνεται η ανάμειξη του με τις υπόλοιπες πρώτες ύλες που και αυτές έχουν νωρίτερα δεχτεί κάποιας μορφής επεξεργασία. Εκεί γίνεται και η άλεση όλων μαζί. Έτσι αφού συμβεί αυτό το προϊόν μας οδηγείται μέσα από χοάνες τροφοδοσίας και σε κατάλληλες αναλογίες στο μύλο με την βοήθεια ιμάντων μεταφοράς, καθώς για την δημιουργία του τσιμέντου είναι πολύ χρήσιμο να γίνεται μια άλεση των πρώτων υλών σε σκόνη πριν φτάσουν στην περιστρεφόμενη κάμινο.^[3]
- Μέσα στο μύλο το μείγμα μας και ο ζεστός αέρας οδηγούνται την ίδια στιγμή στη θέση λείανσης, όπου στεγνώνει και ακολουθεί η άλεση. Αμέσως μετά το προϊόν της άλεσης αφού εξέλθει του μύλου οδηγείται σε ένα ταξινομητή, που χρησιμεύει στο να διαχωρίζει τα πιο λεπτά αλεσμένα σωματίδια από τα πιο χονδρά. Τα υλικά που δεν περνούν μέσα από αυτόν, ανακυκλώνονται και επιστρέφουν πίσω ενώ τα υλικά που περνούν μέσα του οδηγούνται σε σιλό αποθήκευσης.^[3]

2.2.2 Επιμέρους διαδικασίες

Στο σημείο αυτό θα ακολουθήσει εκτενής αναφορά για κάθε μία από τις βασικές διαδικασίες που περιεγράφηκαν, όπου είναι^[1]:

1. Θραύση
2. Προομογενοποίηση
3. Άλεση
4. Ομογενοποίηση



2.2.3 Θραύση

Είναι μια διαδικασία κατά την οποία με τη χρήση κάποιας μορφής δύναμης επιτυγχάνεται θραύσμα/σπάσιμο του υλικού σε μικρότερες ποσότητες.

Είδη θραυστήρων:

Οι θραυστήρες ανάλογα με τη μορφή της δύναμης που σπάνε το υλικό διακρίνονται σε δυο κατηγορίες^[1]:

α) σε αυτούς που χρησιμοποιούν τη συμπίεση (π.χ. θραυστήρες με σιαγόνες, θραυστήρες που έχουν κύλινδρο περιστροφής και θραυστήρες που περιστρέφονται) .

β) σε αυτούς που χρησιμοποιούν τη κρούση (π.χ. θραυστήρες με σφυριά).

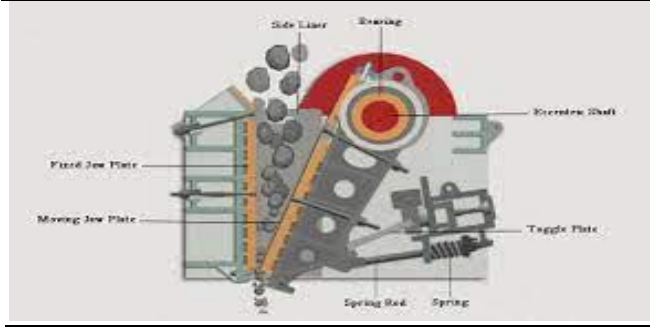
Για να γίνει όμως η πιο ορθή επιλογή της κατηγορίας θραυστήρων θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποιοι πολύ σημαντικοί παράγοντες^[1]:

1. Αν υπάρχει σχετική υγρασία στο υλικό μας.
2. Τι παραγωγική απόδοση θέλει να έχει το εργοστάσιο.
3. Τη φύση που έχει το υλικό μας.
4. Τι παροχή υλικών θα υπάρχει στην είσοδο του εργοστασίου.
5. Το τελικό μέγεθος που θα έχει το υλικό μας
6. Το κόστος που αφορά την συντήρηση και τις τυχόν φθορές που θα υπάρξουν.

Όμως εκτός του είδους σημαντικό ρόλο παίζει και η θέση που θα γίνει η εγκατάσταση του. Για το λόγο αυτό οι θραυστήρες διακρίνονται σε αυτούς που είναι σε σταθερό σημείο και σε αυτούς που είναι σε κινητό σημείο.^[1]



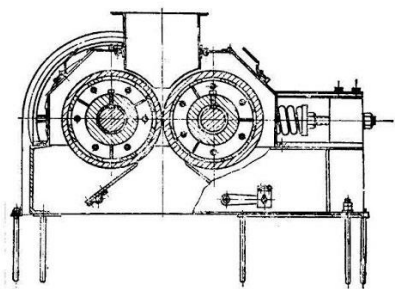
Εικόνα 2: Θραυστήρες με σφυριά^[3]



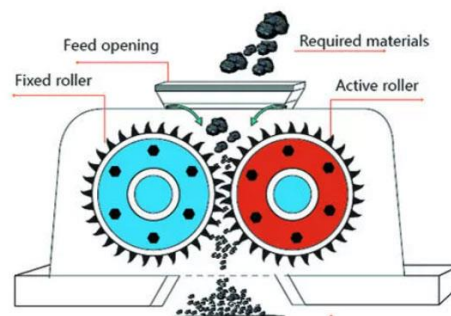
Εικόνα 3: Θραυστήρας με σιαγόνες^[4]



Εικόνα 4: Θραυστήρας στρομβικός^[5]



Smooth Roll Crusher



Toothed Roll Crusher

Εικόνα 5: Θραυστήρας με κυλίνδρους^[6]

2.2.3.1 Προμογενοποίηση

Μόλις τελειώσει το στάδιο της θραύσης το προϊόν πηγαίνει στο εργοστάσιο όπου αποθηκεύεται σε ειδικούς χώρους μέχρι να αξιοποιηθεί. Πριν όμως γίνει η άλεση απαιτείται προμογενοποίηση των πρώτων υλών έτσι ώστε να γίνει λήψη σωστών



ποσοτήτων από τις πρώτες ύλες με στόχο να επιτευχθεί ομοιογενές μείγμα.^[7] Η συγκεκριμένη διαδικασία μπορεί να συμβεί μέσα από δυο τρόπους ^[1]:

- Συνδυασμένη προομογενοποίηση των πρώτων υλών.
- Ξεχωριστή προομογενοποίηση των συστατικών και ανάμειξη τους στον μύλο.

2.2.3.2 Άλεση

Είναι μια διαδικασία που συμμετέχει δυο φορές στη βιομηχανία τσιμέντου. Η πρώτη φορά είναι στην άλεση των πρώτων υλών σε πολύ μικρούς κόκκους έτσι ώστε να υπάρχει καλύτερη λειτουργία της περιστρεφόμενης καμίνου και η δεύτερη είναι στην άλεση του τσιμέντου που βοηθάει στην επίτευξη καλύτερων αντοχών του. Για τους λόγους αυτούς κατατάσσετε στην δεύτερη πιο σπουδαία διεργασία του εργοστασίου.^[1]

Κατηγορίες: Οι κατηγορίες που διακρίνονται στην άλεση είναι:^[1]

α) ανοιχτού κυκλώματος

β) κλειστού κυκλώματος

Από αυτές τις δύο κατηγορίες καλύτερη θεωρείται η δεύτερη καθώς καταναλώνει μικρότερη ποσότητα ενέργειας.

2.2.3.3 Ομογενοποίηση

Η διαδικασία αυτή γίνεται με την βοήθεια του αέρα που εισέρχεται από το πάτο του σιλό και διαπερνά κατάλληλες πλάκες κεραμικής κατασκευής και αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα ρεύματα που περνούν μέσα από τις πλάκες να οδηγούν στην ανάμειξη.^[1] Έτσι σχηματίζεται μετά από προθέρμανση η φαρίνα που μοιάζει με πούδρα και η οποία μόλις δημιουργηθεί πηγαίνει για αποθήκευση ούτως ώστε να αξιοποιηθεί μετά στην περιστρεφόμενη κάμινο και να παράγει έπειτα από θέρμανση σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες το κλίνκερ.^[7]

2.3 Παραγωγή κλίνκερ

Το μείγμα αλεσμένου ασβεστόλιθου και αργίλου (ωμό άλευρο) προθερμαίνεται σε προθερμαντήρες κυκλώνων όπου η θερμοκρασία αυξάνεται γρήγορα στους 1000°C περίπου και ο ασβεστόλιθος σχηματίζει ασβέστη (CaO). Στον περιστρεφόμενη κάμινο, η θερμοκρασία αυξάνεται περαιτέρω έως τους 2000°C και τα ορυκτά συγχωνεύονται για να



σχηματίσουν κλίνκερ τσιμέντου, ένα υλικό που αποτελείται κυρίως από ασβέστιο και πυριτικούς κρυστάλλους. Οι χημικές αντιδράσεις περιγράφονται στο φύλλο Excel.

Το κλίνκερ αποτελείται κυρίως από αλίτη (πυριτικό τριασβέστιο), μελίτη (όξινο πυριτικό ασβέστιο), αργίλιο (αργιλικό τριασβέστιο) και φερρίτη (αλουμινοφερρίτης τετρασβεστίου). Η διαδικασία προθέρμανσης λαμβάνει χώρα σε έναν πύργο που φιλοξενεί κυκλώνες, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι ο ένας πάνω στον άλλον και διασυνδεδεμένοι κατά τέτοιο τρόπο ώστε τα καυσαέρια από τον κλίβανο να ρέουν από τον κυκλώνα χαμηλής βαθμίδας στον κυκλώνα του ανώτερου σταδίου, ενώ το μείγμα μετακινείται από τον κυκλώνα του κορυφαίου σταδίου στον κυκλώνα του χαμηλού σταδίου. Το τετηγμένο κλίνκερ τσιμέντου που παράγεται από τον κλίβανο ψύχεται γρήγορα χρησιμοποιώντας αέρα περιβάλλοντος και στη συνέχεια ο ζεστός αέρας χρησιμοποιείται ως αέρας καύσης στον κλίβανο. Τέλος, το ψυχρό κλίνκερ αποθηκεύεται στο σιλό κλίνκερ.^[2]

Πίνακας 1: Χημική σύνθεση των προϊόντων - φάσεων του κλίνκερ

Πυριτικό Τριασβέστιο	Alite	$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ $(\text{Ca}_3\text{SiO}_5)$	C_3S	45 – 65%
Πυριτικό Διασβέστιο	Belite	$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ $(\text{Ca}_2\text{SiO}_4)$	C_2S	15 – 35%
Αργιλικό Τριασβέστιο	Celite	$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ $(\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_5)$	C_3A	4 – 14%
Σιδηρο-αργιλικό Τετρασβέστιο	Ferrite	$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	10 – 18%

Αναλυτική διαδικασία:

- Κατά το στάδιο της δημιουργίας του κλίνκερ η φαρίνα εισέρχεται στο προθερμαντήρα από το επάνω μέρος του και στην συνέχεια οδηγείται στην περιστρεφόμενη κάμινο. Τα θερμά καυσαέρια της καμίνου κινούνται με αντίθετη φορά από αυτή της φαρίνας προς τους κυκλώνες του προθερμαντήρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται άνοδος της θερμοκρασίας μέσα του και να οδηγεί στην εμφάνιση φυσικών διεργασιών και χημικών αντιδράσεων. Όμως μέσω του προθερμαντήρα γίνεται και έκλυση του CO_2 από το πάνω μέρος του συστήματος των κυκλώνων.^[3]



- Στην συνέχεια η προπυρωμένη φαρίνα εισέρχεται στην περιστρεφόμενη κάμινο και ρέει προς το κάτω μέρος της περνώντας από αυξητικές θερμοκρασιακές ζώνες. Οι μεγάλες τιμές της θερμοκρασίας επιτυγχάνονται με την βοήθεια καυσίμων διαφόρων ειδών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα καθώς διασχίζει την κάμινο η φαρίνα σε διαφορετικό θερμοκρασιακό εύρος να γίνονται χημικές αντιδράσεις που οδηγούν στην δημιουργία των ενώσεων που αποτελούν μέρος του κλίνκερ. Τέλος αφού δημιουργηθεί το κλίνκερ που αποτελείται από ενώσεις C_2S, C_3S, C_3A, C_4AF οδηγείται για ψύξη, δηλαδή αέρας από το περιβάλλον εισέρχεται μέσω ψυκτών για να μειώσει αισθητά την υψηλή θερμοκρασία που έχει το κλίνκερ. Αφού τελειώσει και το στάδιο αυτό (της ψύξης) το κλίνκερ οδηγείται για αποθήκευση έτσι ώστε να έτοιμο για το τελικό στάδιο της τσιμεντοβιομηχανίας.^[3]

Συνήθως η δημιουργία κλίνκερ συμβαίνει με τέτοιο τρόπο ώστε ένας τύπος κλίνκερ να δίνει την δυνατότητα στους χειριστές να κατασκευάζουν αρκετά καλά καθορισμένους τύπους τσιμέντου, που είναι σύμφωνοι με τις φυσικές απαιτήσεις όπως αυτές καθορίζονται στα πρότυπα του τσιμέντου.^[8]

2.3.1 Έψηση

Στην διαδικασία αυτή υπάρχουν δυο υποκατηγορίες έψησης: α) υγρή και β) ξηρή, λόγω όμως της υψηλότερης ενεργειακής απόδοσης που έχει η ξηρή οδηγεί τους κατασκευαστές τσιμέντου να την επιλέγουν σε σχέση με την πρώτη.^[9]

Αντιδράσεις που γίνονται κάτω από τους $1300^{\circ}C$:

Οι σημαντικότερες που γίνονται είναι^[1]: α) η διάσπαση του ασβεστόλιθου β) η διάσπαση των αργίλων και γ) η αντίδραση του CaO που σχηματίζεται με τα προϊόντα της διάσπασης των πυριτικών και αργλικών.^[1]

Από τους $900^{\circ}C-1200^{\circ}C$ έχουμε την δημιουργία του C_2S . Πάνω από τους $1250^{\circ}C$ παρατηρείται μια υγρή φάση και αυτό οδηγεί στην αντίδραση του C_2S με τον ασβέστη που έμεινε ελεύθερος για να δημιουργηθεί το C_3S .^[8]

Αντιδράσεις που γίνονται μεταξύ $1300^{\circ}C-1450^{\circ}C$:

Στη τιμή της θερμοκρασίας κλινκεροποίησης που είναι οι $1400^{\circ}C$ οι κύριες φάσεις είναι η C_2S, C_3S και του τήγματος (CaO) όπου όλες μαζί βρίσκονται σε ισορροπία.^[1]



Αντιδράσεις που γίνονται στη ψύξη:

Σε αυτές τις αντιδράσεις έχουμε το σχηματισμό του C_3A και του C_4AF .^[8]

2.3.2 Περιστρεφόμενη κάμινος

Η χρήση της καμίνου είναι στην αρχή να διασπά τον ασβεστόλιθο σε ασβέστη και στην συνέχεια να τον βάζει να αντιδράσει με πυρίτιο, οξείδιο του αργίλου και του σιδηρού ούτος ώστε να δημιουργηθούν οι ενώσεις του κλίνκερ. Η περιστρεφόμενη κάμινος αποτελείται από το σύστημα προθερμαντήρα και του προασβεστοποιητή. Ο προθερμαντήρας διαθέτει κύκλωνες πολλαπλών σταδίων που εγκαθίστανται ο ένας επάνω από τον άλλον. Η κάμινος τοποθετείται οριζόντια και περιστρέφεται αργά για να οδηγείται η ακατέργαστη φαρίνα προς την κατεύθυνση της φωτιάς στο κάτω μέρος της. Ο καυτός αέρας από τη περιοχή ανάκτησης χρησιμοποιείται ως αέρας καύσης και ως καύσιμο προασβεστοποίησης.^[3]

Καύσιμα: για την περιστρεφόμενη κάμινο χρησιμοποιούνται δυο κατηγορίες καυσίμων οι οποίες είναι α) τα συμβατικά καύσιμα όπως για παράδειγμα το φυσικό αέριο, πετρέλαιο,μαζούτ ,κοκ και β) τα μη συμβατικά καύσιμα όπως για παράδειγμα απόβλητα και παραπροϊόντα που έρχονται από άλλες δραστηριότητες.^[1]



Εικόνα 6: Περιστρεφόμενη κάμινος^[2]

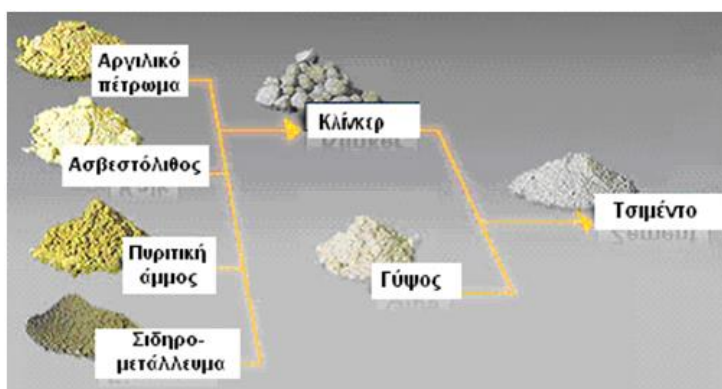
Σύστημα ψύξης: Αφού εξέλθει το κλίνκερ από την περιστρεφόμενη κάμινο περνά μέσα από ψυγεία για να του ρίξουν την πολύ μεγάλη θερμοκρασία που έχει, δηλαδή από τους $1450^{\circ}C$ να πάει στους $1200^{\circ}C$. Στα περισσότερα εργοστάσια βρίσκουν χρήση ψυγεία που διαθέτουν σχάρες καθώς διαθέτουν μεγάλη απόδοση όμως το αρνητικό τους είναι πως χρειάζονται περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια για να λειτουργήσουν εν συγκρίσει με άλλων ειδών ψυγεία τέτοιας χρήσης.^[1]



2.4 Παραγωγή τσιμέντου

Το τσιμέντο Πόρτλαντ δημιουργείται κυρίως από ασβεστόλιθους αλλά και από άλλα υλικά που περιέχουν διάφορα οξείδια όπως ασβεστίου, πυριτίου, αλουμινίου και σιδήρου.^[8] Τα υλικά αυτά θραύονται, αναμειγνύονται, θερμαίνονται και στο τέλος καίγονται για να δημιουργηθεί του κλίνκερ.^[18] Έτσι η παραγωγή τσιμέντου περιλαμβάνει διαδικασίες όπως εξόρυξη, θραύση, άλεση των πρώτων υλών (κυρίως ασβεστόλιθου και αργίλου), καύση στην περιστρεφόμενη κάμινο (δημιουργία του κλίνκερ μας), ψύξη του κλίνκερ που δημιουργείτε, ανάμιξη κλίνκερ με γύψο (δημιουργία τσιμέντου) και τελική αποθήκευση του τσιμέντου μας σε σιλό.^[3]

Ο γύψος αναμειγνύεται με το κλίνκερ για να βγει το τελικό μας προϊόν. Η τελική άλεση είναι η άλεση του κλίνκερ για να δημιουργηθεί μια λεπτή σκόνη χρώματος γκρι (το τσιμέντο). Το κλίνκερ, ο γύψος και τα πρόσθετα αναμειγνύονται σε κατάλληλες ποσότητες με την βοήθεια ενός τροφοδότη ζύγισης και μετά οδηγούνται στον σφαιρόμυλο όπου εκεί γίνεται η τελική άλεση. Η διαδικασία λείανσης πραγματοποιείται σε ένα κλειστό σύστημα αέριου διαχωριστή (σφαιρόμυλο) που χωρίζει τα σωματίδια τσιμέντου με βάση το μέγεθός τους. Τα σωματίδια που δεν έχουν αλεσθεί ξανά μεταφέρονται στο τμήμα που γίνεται η τελική ανάμιξη των ποσοτήτων πριν μπουν στο σφαιρόμυλο. Τα πιο λεπτά σωματίδια οδηγούνται για ένα τελικό ραφινάρισμα και μετά αποθηκεύονται στα σιλό του τσιμέντου. Ενώ τα απαέρια από το μύλο οδηγούνται σε σακόφιλτρα και η σκόνη που δημιουργείται συλλέγεται και μεταφέρεται σε σιλό.^[3]



Εικόνα 7: Παραγωγή τσιμέντου ^[2]



2.4.1 Σφαιρόμυλος

Στην βιομηχανία τσιμέντου έχει παρατηρηθεί ότι ο καλύτερος τρόπος για την άλεση των πρώτων υλών καθώς επίσης και του κλίνκερ είναι η χρήση δυνάμεων κρούσης καθώς επίσης και τριβής. Με βάση τα δεδομένα αυτά προτιμώνται οι σφαιρόμυλοι, οι οποίοι πετυχαίνουν το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα με τη μικρότερη κατανάλωση ενέργειας για τη συγκεκριμένη βιομηχανία. Οι σφαιρόμυλοι είναι θάλαμοι κυλινδρικής μορφής αποτελούμενοι από χάλυβα, όπου έχουν την δυνατότητα να περιστρέφονται γύρω από οριζόντιο άξονα. Οι διαστάσεις εξαρτώνται από το είδος της άλεσης που καλούνται να φέρουν εις πέρας. Ενώ στο εσωτερικό τους τμήμα διαθέτουν πλάκες από σκληρό χαλυβόκραμα, που ανά πάσα στιγμή μπορεί να γίνει εύκολα η αντικατάστασή τους. Επίσης διαθέτουν διαφράγματα που χωρίζουν το σφαιρόμυλο σε δύο ή τρία διαμερίσματα.^[1]

2.5 Χωροταξική μελέτη

Ο σχεδιασμός μιας εγκατάστασης δεν μπορεί να θεωρηθεί επιτυχημένος, παρά μόνο όταν οι εργαζόμενοι εκτεθούν στις πραγματικές συνθήκες της εγκατάστασης χωρίς προβλήματα. Μία λεπτομερής εξέταση της διαδικασίας πριν κατασκευαστεί η εγκατάσταση ή πριν τεθεί σε λειτουργία αποκαλύπτει συχνά παράγοντες, σημεία διαφυγών και ποσότητες εκπομπών που θέτουν σοβαρά υγειονομικά και περιβαλλοντικά προβλήματα. Αυτές οι δυνητικές διαφυγές μπορούν συνήθως να εμποδιστούν με κατάλληλα συστήματα ελέγχου. Η κυριότερη επίδραση προέρχεται από το είδος της διαδικασίας, αν δηλαδή αυτή είναι συνεχής ή ασυνεχής. Οι ασυνεχείς διαδικασίες είναι από τη φύση τους πιο δύσκολο να ελεγχθούν όσον αφορά τις εκπομπές στο χώρο εργασίας^[9]. Τα κριτήρια της χωροταξικής μελέτης είναι:

1. Ανάπτυξη σε νέα τοποθεσία ή επέκταση σε ήδη υπάρχουσα
2. Τύπος και ποιότητα των προϊόντων που θα παραχθούν
3. Ευκολία λειτουργίας και πρόσβασης
4. Τύπος διεργασίας και ελέγχου προϊόντων
5. Οικονομική διανομή των βοηθητικών παροχών και υπηρεσιών
6. Τύπος των κτιρίων και απαιτήσεις κτιριακού κανονισμού
7. Μελέτες υγείας και ασφάλειας



-
8. Απαιτήσεις διάθεσης αποβλήτων
 9. Βοηθητικός εξοπλισμός
 10. Διαθεσιμότητα χώρων και απαιτήσεις σε χώρο
 11. Δρόμοι, σιδηρόδρομοι και λιμάνια
 12. Πιθανή μελλοντική επέκταση



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ (EXCEL)

3.1 Εισαγωγή

Η Τεχνοοικονομική Μελέτη (ΤΟΜ) προσφέρει την δυνατότητα προσδιορισμού της βιωσιμότητας ή της κερδοφορίας της υπό σχεδιασμό υλοποίησης μιας επένδυσης.

Στο Τεχνικό τμήμα αυτής της μελέτης εντάσσεται ο αναλυτικός σχεδιασμός, ο οποίος προσφέρει την τεχνική προσέγγιση στο υπό μελέτη project.

Ειδικότερα:

- Γίνεται αναλυτική αναφορά στις πρώτες ύλες, στα προϊόντα, στην μέθοδο παραγωγής
- Παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής
- Συγκεκριμενοποιούνται τα ισοζύγια μάζας και ενέργειας
- Προσδιορίζονται οι βασικές μονάδες εξοπλισμού
- Διαστασιολογούνται οι μονάδες του μηχανολογικού εξοπλισμού
- Προσδιορίζεται το σύστημα αυτόματου ελέγχου
- Εντοπίζονται οι ανάγκες σε βοηθητικές παροχές
- Προσδιορίζεται το κόστος ασφάλειας της λειτουργίας της επενδυτικής πρότασης
- Συγκεκριμενοποιείται το περιβαλλοντικό κόστος από την λειτουργία της παραγωγικής μονάδας

Εφόσον η συγκεκριμένη μελέτη καταλήξει σε θετικά αποτελέσματα, έχοντας παράλληλα διασφαλιστεί η απαραίτητη για την υλοποίηση του εν λόγω project χρηματοδότηση, τότε αποφασίζεται η υλοποίηση της επένδυσης για την δημιουργία και την λειτουργία της παραγωγικής μονάδας (στην περίπτωση μας του εργοστασίου τσιμέντου). Ακολουθεί σύντομη περιγραφή των περιεχομένων στα φύλλα εργασίας Excel της διπλωματικής αυτής εργασίας.

3.2 Τεχνικά αποτελέσματα

3.2.1 Ισοζύγια μάζας

Αρχικά με βάση τα δεδομένα εισόδου του προγράμματος προσομοίωσης υπολογίστηκε σε φύλλο excel η εκτιμώμενη ωριαία παράγωγη τσιμέντου Portland. Όσο αναφορά τη



διαδικασία που ακολουθήθηκε καθώς επίσης και τα αποτελέσματα της θα γίνει παρακάτω περιγραφή καθώς επίσης και σχολιασμός των αποτελεσμάτων.

Στο πρώτο φύλλο Excel παρουσιάζονται:

- Η γραμμή παραγωγής κλίνκερ – τσιμέντου με την μορφή του διαγράμματος ροής. Τονίζεται ότι η δόμηση του διαγράμματος ροής και ο σχεδιασμός του παραγωγικού και βοηθητικού εξοπλισμού αποτελούν το κυριότερο έργο του μηχανικού στην διαδικασία του σχεδιασμού μιας μονάδας παραγωγής.
- Οι κυριότερες καύσεις που πραγματοποιούνται κατά την διαδικασία παραγωγής κλίνκερ – τσιμέντου
- Οι χημικές συνθέσεις των προϊόντων – φάσεων του κλίνκερ
- Οι τυπικές ποσότητες των συστατικών κλίνκερ τσιμέντου
- Οι συνολικές απαιτούμενες ποσότητες πρώτων υλών για σύνθεση των συστατικών του κλίνκερ (MT)
- Η κατανομή κατανάλωσης ενέργειας στην περιστροφική κάμινο
- Η μεταφορά / απώλεια ενέργειας με την μορφή θερμότητας που πραγματοποιείται κατά τις φάσεις παραγωγής του κλίνκερ
- Η ποσοστιαία κατανομή / κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας στην παραγωγή τσιμέντου (KWh)

Όπως προαναφέρθηκε και παραπάνω οι συγκεντρώσεις των πρώτων υλών στις εισόδους πάρθηκαν από το SuperPro Designer και οι οποίες ήταν οι εξής:

- 1) Limestone: 260 MT/h
- 2) Clay: 65 MT/h
- 3) Coal: 25 MT/h
- 4) Gypsum: 12,47 MT/h

Επειδή τα μίγματα αυτά των πρώτων υλών αποτελούνται από πολλές και διαφορετικές σε αναλόγια και ποσότητα ενώσεις δεν ήταν εφικτό με τα δεδομένα που είχαμε να κάνουμε αναλυτικά ισοζύγια μάζας για κάθε μια ένωση χωριστά που αποτελεί μέρος των παραπάνω μιγμάτων.

Ακολουθηθήκαν 2 ισοζύγια μάζας. Όπου το πρώτο αφορούσε τις πρώτες ύλες που μπαίνουν στην περιστρεφόμενη κάμινο και οδηγούν μέσα από κατάλληλες αντιδράσεις την δημιουργία του κλίνκερ και το δεύτερο ισοζύγιο που αφορά την δημιουργία του τελικού μας προϊόντος (δηλαδή του τσιμέντου).



A) Ισοζύγιο στην περιστρεφόμενη κάμινο:

$$\frac{260 \text{ MT/h Limestone} + 65 \text{ MT/h Clay} + 25 \text{ MT/h Coal}}{1,65} = 212,12 \text{ MT/h klinker}$$

Το 1,65 είναι η αναλογία που ισχύει για την δημιουργία του κλίνκερ ότι δηλαδή από 1,65 tn πρώτων υλών παίρνουμε 1tn κλίνκερ.

B) Ισοζύγιο παραγωγής τσιμέντου

$$212,12 \text{ MT/h Klinker} + 12,47 \text{ MT/h Gypsum} = 224,59 \text{ MT/h cement}$$

Τιμή που είναι πολύ κοντά με αυτή του SuperPro Designer η οποία είναι 220,12 MT/h cement

3.2.2 Ισοζύγια ενέργειας

Στο φύλλο Excel με τίτλο: «ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΜΑΖΑΣ –ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ» προσδιορίζονται τα ποσά ενέργειας (KWh) που απαιτούνται ή παράγονται κατά τις χημικές αντιδράσεις που πραγματοποιούνται στις φάσεις παραγωγής κλίνκερ με απώτερο στόχο τον υπολογισμό της συνολικής ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή ενός μετρικού τόνου (MT) τσιμέντου.

Ειδικότερα, προσδιορίζονται τα απαιτούμενα ποσά ενέργειας κατά την διαδικασία καύσης χημικών στοιχείων (C), όπως και για τον σχηματισμό των βασικών συστατικών του κλίνκερ (Alite, Belite, Celite, Ferrite), καθώς και τα παραγόμενα ποσά ενέργειας κατά την ασβεστοποίηση.

Στα ισοζύγια ενεργείας πρώτα από όλα υπολογιστήκαν οι ετήσιες απαιτούμενες ποσότητες των συστατικών του κλίνκερ και στην συνέχεια σύμφωνα με τις αντιδράσεις που υπάρχουν στο Excel έγιναν οι υπολογισμοί των ισοζυγίων .

Για Alite, Belite, Celite, Ferrite-> Οι συντελεστές που μας δείχνουν στο κλίνκερ τι αναλογία έχουν σε αυτό οι παραπάνω ενώσεις ήταν 0,54,0,23, 0,09 και 0,14 αντίστοιχα.

Οι προσεγγιστικές τιμές αυτές προήλθαν μέσα από περιεκτικότητες που εξάγονται από



την βιβλιογραφία η οποία αξιοποιεί όπως ενδεικτικά έχω παραθέσει τις εξισώσεις στο excel (με τίτλο τύποι ορυκτών φάσεων του κλίνκερ).Αφού βρήκαμε τους συντελεστές αυτούς έγινα οι εξής υπολογισμοί:

$$\text{Alite} \rightarrow (514.800 \text{ MT/y Clay} + 2.059.200 \text{ MT/y Limestone}) \times 0,54 = 1.389.960 \text{ MT/y}$$

$$\text{Belite} \rightarrow (514.800 \text{ MT/y Clay} + 2.059.200 \text{ MT/y Limestone}) \times 0,23 = 592.020 \text{ MT/y}$$

$$\text{Celite} \rightarrow (514.800 \text{ MT/y Clay} + 2.059.200 \text{ MT/y Limestone}) \times 0,09 = 231.660 \text{ MT/y}$$

$$\text{Ferrite} \rightarrow (514.800 \text{ MT/y Clay} + 2.059.200 \text{ MT/y Limestone}) \times 0,14 = 360.360 \text{ MT/y}$$

Με βάση τις τιμές που υπολογίσαμε παραπάνω και τις ενthalπίες από τις αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό μέρος της περιστρεφόμενης καμίνου, βρίσκουμε τις ετήσιες συνολικές ποσότητες ενεργείας σε (KWh) ξεχωριστά καθώς επίσης και την συνολική απαιτούμενη ενεργεία που αφορά τις αντιδράσεις αυτές.

Αποτελέσματα:

- 1) Καύση C \rightarrow - 404.979.240 KWh
- 2) Ασβεστοποίηση \rightarrow + 509.541.676KWh
- 3) Σχηματισμός Alite \rightarrow -168.674.926 KWh
- 4) Σχηματισμός Belite \rightarrow - 127.030.419 KWh
- 5) Σχηματισμός Celite \rightarrow - 2.612.630,9 KWh
- 6) Σχηματισμός Ferrite \rightarrow - 25.465.643,7 KWh

Σύνολο: -219.221.183 KWh

Κατανάλωση ενέργειας σε άλλες διεργασίες:

Αφού πρώτα προσδιορίσαμε την εκτιμώμενη απαιτούμενη συνολική ποσότητα ενέργειας παραγωγής κλίνκερ τσιμέντου σε (KWh/y) πήγαμε με τη βοήθεια των κατάλληλων συντελεστών (που προσδιορίζουν την συμμετοχή της κάθε κατηγορίας στη δαπάνη ενέργειας) να βρούμε τις καταναλώσεις ενέργειας σε άλλες διεργασίες του εργοστασίου μας.



Η συνολική κατανάλωση ενέργειας αποτελεί άθροισμα επιμέρους καταναλισκόμενων ενεργειακών ποσοτήτων κατά την διαδικασία παραγωγής τόσο του κλίνκερ και του τσιμέντου, όσο και κατά την υλοποίηση όλων των άλλων απαιτούμενων ενεργειών στο πλαίσιο μιας ολοκληρωμένης διαδικασίας παραγωγής, συσκευασίας, αποθήκευσης και μεταφοράς τόσο του παραγόμενου προϊόντος, όσο και των πρώτων και βοηθητικών υλών που είναι απαραίτητες για την παραγωγή αυτή.

Στο ομότιτλο φύλλο Excel, παρουσιάζεται η συνολική κατανάλωση ενέργειας, σε όλο το σύνολο της παραγωγικής διαδικασίας τσιμέντου, όπως αυτή επιμερίζεται στους παρακάτω τομείς:

- Ανάμειξη – ομογενοποίηση πρώτων υλών
- Λειοτρίβηση άνθρακα
- Λειοτρίβηση πρώτων υλών – ξήρανση
- Θραύση – προομογενοποίηση πρώτων υλών
- Άλεση κλίνκερ – παραγωγή τσιμέντου
- Μεταφορά – ενσάκκιση – φόρτωση
- Επιπρόσθετες καταναλώσεις ενέργειας [αναφέρεται στην εκτιμώμενη απαιτούμενη συνολική ποσότητα ενέργειας παραγωγής κλίνκερ – τσιμέντου (KWh/y)]

Έτσι καταλήξαμε μέσω του excel μας στις συνολικές απαιτήσεις ενέργειας:

-157.313.746,7 KWh/y. Από το άθροισμα των δυο αυτών τιμών ενέργειας καταλήξαμε στη συνολική ποσότητα απαιτούμενης ενέργειας του εργοστασίου που ήταν:
-376.534.929,4KWh/y.

3.3 Οικονομικά αποτελέσματα

3.3.1 Οικονομική αξιολόγηση

Το εργοστάσιο τσιμέντου υποτίθεται ότι επεξεργάζεται περίπου 6.240 ΜΤ/ημέρα ασβεστόλιθου και 1.560 ΜΤ/ημέρα αργίλου (εξορύσσεται από ορυχεία που κατέχει η εταιρεία) και παράγει περίπου 5.000 ΜΤ/ημέρα κλίνκερ και 5.300 ΜΤ/ημέρα τσιμέντου. Αυτή είναι μια εφικτή δυναμικότητα, δεδομένου ότι ένα μεγάλο εργοστάσιο τσιμέντου μπορεί να παράγει μεταξύ 2.000–10.000 ΜΤ/ημέρα κλίνκερ. Η κατασκευή του προτεινόμενου εργοστασίου υποτίθεται ότι θα ξεκινήσει το 2021 και θα διαρκέσει 30



μήνες για να ολοκληρωθεί. Το έργο θεωρείται ότι έχει διάρκεια ζωής 25 χρόνια με περίοδο εκκίνησης 4 μήνες και ετήσιο χρόνο λειτουργίας 330 ημέρες. Το έτος της οικονομικής ανάλυσης ορίζεται το 2021. Η απόσβεση της επένδυσης κεφαλαίου υπολογίζεται με τη σταθερή μέθοδο με περίοδο απόσβεσης 10 ετών και αξία διάσωσης ίση με το 5% του συνολικού άμεσου πάγιου κόστους.

Ο πίνακας Προδιαγραφών Εξοπλισμού και Κόστος FOB που ακολουθεί, ο οποίος προήλθε από την Έκθεση Οικονομικής Αξιολόγησης (EER), παρέχει πληροφορίες για τα μεγέθη του εξοπλισμού και το κόστος αγοράς. Στο φύλλο Excel που αναφέρεται στην κοστολόγηση του μηχανολογικού εξοπλισμού, αναφέρεται το είδος, ο τύπος, η ονομαστική απόδοση και ο απαραίτητος αριθμός μονάδων του απαιτούμενου για την υλοποίηση της λειτουργίας της παραγωγικής μονάδας τσιμέντου μηχανολογικού εξοπλισμού, προκειμένου αυτός να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις και τις συνθήκες λειτουργίας της. Παράλληλα, προσδιορίζεται το κόστος ανά μονάδα και το συνολικό εκτιμώμενο κόστος για την αγορά του μηχανολογικού εξοπλισμού της υπό μελέτης κατασκευής μονάδας παραγωγής τσιμέντου. Επιπρόσθετα, προσδιορίζεται το κόστος του επιπρόσθετου (βοηθητικού) απαιτούμενου εξοπλισμού. Το συνολικό κόστος εξοπλισμού υπολογίστηκε σε περίπου 24,85 εκατομμύρια δολάρια.

3.3.2 Σύνοψη εκτίμησης του πάγιου κεφαλαίου

Έχοντας προσεγγίσει την ημερήσια και, κατ' επέκταση, την ετήσια εκτιμώμενη παραγωγή τσιμέντου, και, μέσω αυτής, τις απαιτήσεις σε πρώτες ύλες και κατανάλωση ενέργειας, προσδιορίζεται στο παρόν φύλλο Excel το πάγιο κόστος (C), καθώς και το αρχικό κεφάλαιο κίνησης.

Το πάγιο κόστος απαρτίζεται από τα άμεσα και τα έμμεσα κόστη.

Τα άμεσα κόστη αφορούν:

- Στις μονάδες κύριου εξοπλισμού
- Στις σωληνώσει και στα μέσα διακίνησης
- Στα όργανα ελέγχου και ρύθμισης
- Στα ηλεκτρολογικά
- Στην βελτίωση του οικοπέδου



- Στα κτίρια της παραγωγικής μονάδας
- Στις βοηθητικές εγκαταστάσεις του εργοστασίου παραγωγής τσιμέντου
- Τα έμμεσα κόστη προσδιορίζονται από:
 - Τις υπηρεσίες των μηχανικών, την επίβλεψη και την οργάνωση του εργοταξίου
 - Τα έξοδα εγκατάστασης του εξοπλισμού, καθώς και τα κατασκευαστικά έξοδα
 - Τα νομικά έξοδα
 - Τα έξοδα για την αμοιβή του εργολάβου
 - Τα έξοδα που χαρακτηρίζονται ως «απρόβλεπτα»

Όσον αφορά στο αρχικό κεφάλαιο κίνησης, αυτό αφορά στην κάλυψη των λειτουργικών εξόδων που προβλέπονται για το χρονικό διάστημα από την έναρξη της παραγωγικής διαδικασίας μέχρι την δημιουργία εσόδων από την πώληση των παραγόμενων προϊόντων. Στο αρχικό κεφάλαιο κίνησης συμπεριλαμβάνονται τα έξοδα για την αγορά των απαιτούμενων πρώτων και βοηθητικών υλών, για τους μισθούς και τα ημερομίσθια των εργαζομένων, τα έξοδα για την διάθεση των προϊόντων, καθώς και το κόστος κατά την δοκιμαστική λειτουργία παραγωγής τσιμέντου. Το αρχικό κεφάλαιο κίνησης έχει υπολογιστεί προσεγγιστικά ως ποσοστό του πάγιου κεφαλαίου. Συνήθως, ο συντελεστής προσέγγισης λαμβάνεται ίσος με 0,18, όπως έγινε στην παρούσα εργασία.

Το ετήσιο λειτουργικό κόστος εκτιμάται ότι είναι περίπου 176 εκατομμύρια δολάρια (συμπεριλαμβανομένων των αποσβέσεων). Στο συνολικό κόστος συμπεριλαμβάνονται το κόστος μεταφοράς ασβεστόλιθου και πηλού, το κόστος ενέργειας, το κόστος των πρώτων υλών και το κόστος εγκαταστάσεων. Οι δαπάνες που εξαρτώνται από την εγκατάσταση περιλαμβάνουν συντήρηση εγκαταστάσεων, απόσβεση εξοπλισμού, ασφάλιση, τοπικούς φόρους και άλλα πιθανά γενικά έξοδα.

3.3.3 Ετήσιο κόστος λειτουργίας (σε τιμές 2021)

Τα λειτουργικά έξοδα (\$/y) επιμερίζονται σε τομείς. Στο φύλλο Excel με τίτλο: «ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΕΞΟΔΑ» πραγματοποιείται ο προσεγγιστικός προσδιορισμός των λειτουργικών αυτών εξόδων, στο πλαίσιο υλοποίησης της παρούσας επένδυσης. Κάποια από αυτά υπολογίζονται από ισοζύγια (Πρώτες και βοηθητικές ύλες, ενέργεια), κάποια προσδιορίζονται με την χρήση συντελεστών επί του πάγιου κόστους (C) (συντήρηση



εγκαταστάσεων, ασφάλιση, απόσβεση εξοπλισμού, άλλα πιθανά έξοδα) και κάποια από υπολογισμούς (εργατικά, μεταφορικά, εξόφληση δανείων).

Ειδικότερα, τα λειτουργικά έξοδα της παραγωγικής διαδικασίας τσιμέντου αφορούν σε:

- Πρώτες και βοηθητικές ύλες
- Ενέργεια
- Εργατικά
- Μεταφορικά
- Συντήρηση εγκαταστάσεων
- Απόσβεση εξοπλισμού
- Ασφάλιση
- Άλλα πιθανά έξοδα
- Εξόφληση δανείων

Ποιοτικός έλεγχος – Διασφάλιση ποιότητας. Στον ποιοτικό έλεγχο – διασφάλιση ποιότητας θα πρέπει να προσμετρηθεί το κόστος για την προστασία του περιβάλλοντος όσον αφορά στην λειτουργία της μονάδας παραγωγής τσιμέντου.

Το κόστος αγοράς ενέργειας είναι 0,08949 \$/KWh. Δεδομένου ότι η συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας είναι περίπου 376GWh και η συνολική ετήσια παραγωγή τσιμέντου είναι περίπου 1.778 χιλιάδες MT (δηλ. 5.300 MT/ημέρα x 330 ημέρες/έτος). Ενώ το ετήσιο κόστος λειτουργίας ανέρχεται περίπου στα 176 εκατομμύρια.

3.3.4 Ανάλυση κέρδους (σε τιμές 2021)

Έχοντας υπόψη όλους τους παραπάνω επιμέρους προσεγγιστικούς υπολογισμούς για το σύνολο των απαιτούμενων διαδικασιών και ενεργειών στο πλαίσιο υλοποίησης της μονάδας παραγωγής τσιμέντου, πραγματοποιείται στο φύλλο Excel με τίτλο: «ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΕΡΔΟΤΗΤΑΣ» προσεγγιστική εκτίμηση του αναμενόμενου κέρδους (MT/y), καθώς και της απόδοσης κεφαλαίου, το οποίο αποτελεί το κύριο κριτήριο για την αξιολόγηση υλοποίησης της εν λόγω επένδυσης, αφού, όπως είναι γνωστό, για τους ιδιωτικούς επενδυτικούς φορείς τα οικονομικά κριτήρια αποτελούν την πρώτη προτεραιότητα κατά την διαδικασία εκτίμησης μιας επένδυσης.



Η ετήσια παραγωγή τσιμέντου είναι περίπου 1.778 χιλιάδες ΜΤ. Εάν η τιμή πώλησης του τσιμέντου οριστεί στα 130 \$/ΜΤ, τότε το αναμενόμενο μικτό κέρδος είναι περίπου 55 εκατομμύρια δολάρια ετησίως, το αναμενόμενο καθαρό κέρδος (συμπεριλαμβανομένων των αποσβέσεων) είναι περίπου 44 εκατομμύρια δολάρια ετησίως και το αναμενόμενο μικτό περιθώριο είναι 23,87%. Ακόμη, η απόδοση της επένδυσης είναι περίπου 23% και ο αναμενόμενος χρόνος απόσβεσης είναι περίπου 4,33χρόνια. Με βάση αυτές τις εκτιμήσεις, αυτή η επένδυση φαίνεται να είναι ιδιαίτερα κερδοφόρα και πολύ ελκυστική.

3.3.5 Σύνοψη

Η Τεχνοοικονομική μας μελέτη έδειξε ότι μια μονάδα παραγωγής τσιμέντου με δυναμικότητα περίπου 5.300 ΜΤ/ημέρα τσιμέντου, απαιτεί συνολική επένδυση περίπου 191 εκατομμυρίων δολαρίων και έχει ετήσιες λειτουργικές δαπάνες (συμπεριλαμβανομένων των αποσβέσεων) περίπου 176 εκατομμύρια δολάρια. Εάν η τιμή πώλησης του τσιμέντου οριστεί στα \$130/ΜΤ, τότε το αναμενόμενο μικτό κέρδος είναι περίπου 55 εκατομμύρια \$ ετησίως, το αναμενόμενο μικτό περιθώριο είναι 23,8% και η αναμενόμενη απόδοση της επένδυσης είναι 23%, καθιστώντας την επένδυση αυτή κερδοφόρα και ελκυστική. Στην ΤΟΜ δεν λήφθηκε υπόψη το κόστος της επεξεργασίας των εκπομπών που μπορεί να αυξήσει σημαντικά το λειτουργικό κόστος. Είναι γνωστό ότι τα καυσαέρια από το σύστημα του κλιβάνου και ο ζεστός αέρας από το ψυγείο κλίνκερ πρέπει να υποβάλλονται σε επεξεργασία προκειμένου να μειωθεί η εκπεμπόμενη σκόνη, το διοξείδιο του άνθρακα και τα όξινα αέρια (διοξείδιο του θείου, ΝΟx) σε αποδεκτά επίπεδα, σύμφωνα με τους εκάστοτε ισχύοντες περιβαλλοντικούς κανονισμούς. Για να μειωθεί το λειτουργικό κόστος, θα μπορούσε να εγκατασταθεί μια εσωτερική μονάδα ανάκτησης απορριμμάτων θερμότητας και παραγωγής ενέργειας. Αυτή η μονάδα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή μέρους της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται για τη διαδικασία χρησιμοποιώντας τη θερμότητα που ανακτάται από τα καυσαέρια και τον ζεστό αέρα.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ SUPERPRODESIGNER

Το SuperPro Designer διευκολύνει τη μοντελοποίηση, την αξιολόγηση και τη βελτιστοποίηση ολοκληρωμένων και συνεχών διαδικασιών σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών (Βιοτεχνολογία, Φαρμακευτική, Ειδική Χημική, Επεξεργασία Τροφίμων, Καταναλωτικά Αγαθά, Μεταλλουργικά, Υλικά, Καθαρισμός Νερού, Επεξεργασία Λυμάτων, Έλεγχος Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης κ.λπ.). Ο συνδυασμός μοντέλων κατασκευής και περιβαλλοντικής λειτουργίας στο ίδιο εργαλείο επιτρέπει στους χρήστες να σχεδιάζουν και να βελτιστοποιούν ταυτόχρονα τις διαδικασίες κατασκευής και επεξεργασίας στο τέλος του σωλήνα και να ασκούν την πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης.

1. EXECUTIVE SUMMARY (2021 prices)

Total Capital Investment	298,634,000	\$
Capital Investment Charged to This Project	298,634,000	\$
OperatingCost	158,737,000	\$/yr
Revenues	226,640,000	\$/yr
CostBasisAnnualRate	1,743,388	MT MP/yr
UnitProductionCost	91.05	\$/MT MP
NetUnitProductionCost	91.05	\$/MT MP
UnitProductionRevenue	130.00	\$/MT MP
GrossMargin	29.96	%
Return On Investment	26.95	%
PaybackTime	3.71	years
IRR (AfterTaxes)	25.57	%
NPV (at 5,0% Interest)	713,775,000	\$

MP = Total Flow of Stream 'Cement'



2. EQUIPMENT SPECIFICATION AND FOB COST (2021 prices)

MainEquipment				
Quantity/ Standby/	Name	Description	UnitCost (\$)	Cost (\$)
4 / 0 / 0	GBX-102	GenericBox RatedThroughput = 637,50 MT/h	10,000,000	40,000,000
1 / 0 / 0	SL-104	Silo VesselVolume = 9176,47 m3	2,221,000	2,221,000
3 / 0 / 0	BHF-101	BaghouseFilter TotalBagArea = 10473,20 m2	1,707,000	5,121,000
1 / 0 / 0	GR-103	Grinder RatedThroughput = 325,00 MT/h	1,464,000	1,464,000
1 / 0 / 0	GR-101	Grinder RatedThroughput = 260,00 MT/h	1,187,000	1,187,000
1 / 0 / 0	SL-106	Silo VesselVolume = 3529,41 m3	1,146,000	1,146,000
1 / 0 / 0	GR-104	Grinder RatedThroughput = 220,12 MT/h	1,016,000	1,016,000
1 / 0 / 0	SL-102	Silo VesselVolume = 1761,00 m3	462,000	462,000
1 / 0 / 0	BC-101	BeltConveyor BeltLength = 100,00 m	408,000	408,000
1 / 0 / 0	GR-102	Grinder RatedThroughput = 65,00 MT/h	354,000	354,000
1 / 0 / 0	BC-102	BeltConveyor BeltLength = 100,00 m	278,000	278,000
1 / 0 / 0	GR-105	Grinder RatedThroughput = 25,00 MT/h	183,000	183,000
1 / 0 / 0	SL-105	Silo VesselVolume = 477,94 m3	162,000	162,000
1 / 0 / 0	SL-103	Silo VesselVolume = 323,71 m3	126,000	126,000
13 / 0 / 0	HX-102	HeatExchanger Heat Exchange Area = 95,55 m2	123,000	1,599,000
1 / 0 / 0	SL-101	Silo VesselVolume = 305,37 m3	122,000	122,000
2 / 0 / 0	HX-101	HeatExchanger Heat Exchange Area = 90,69 m2	119,000	238,000
3 / 0 / 0	GBX-103	GenericBox RatedThroughput = 633333,33	100,000	300,000
46 / 0 / 0	CY-101	Cyclone RatedThroughput = 224975,65	3,000	138,000
		UnlistedEquipment		14,126,000
			TOTAL	70,628,000



3. FIXED CAPITAL ESTIMATE SUMMARY (2021 prices in \$)

3A. Total Plant Direct Cost (TPDC) (physical cost)

1. EquipmentPurchaseCost	70,628,000
2. Installation	34,541,000
3. ProcessPiping	7,063,000
4. Instrumentation	7,063,000
5. Insulation	2,119,000
6. Electrical	7,063,000
7. Buildings	7,063,000
8. YardImprovement	7,063,000
9. AuxiliaryFacilities	7,063,000
TPDC	149,664,000

3B. Total Plant Indirect Cost (TPIC)

10. Engineering	37,416,000
11. Construction	52,382,000
TPIC	89,798,000

3C. Total Plant Cost (TPC = TPDC+TPIC)

TPC	239,462,000
------------	--------------------

3D. Contractor's Fee & Contingency (CFC)

12. Contractor'sFee	11,973,000
13. Contingency	23,946,000
CFC = 12+13	35,919,000

3E. Direct Fixed Capital Cost (DFC = TPC+CFC)

DFC	275,382,000
------------	--------------------



4. LABOR COST - PROCESS SUMMARY

LaborType	UnitCost (\$/h)	AnnualAmount (h)	AnnualCost (\$)	%
Operator	69.00	126,154	8,704,646	100.00
TOTAL		126,154	8,704,646	100.00

5. MATERIALS COST - PROCESS SUMMARY

BulkMaterial	UnitCost (\$)	Annual Amount		AnnualCost (\$)	%
Air	0.00	18,216,000,000	kg	0	0.00
BrownCoal	82.00	198,000	MT	16,236,000	24.26
Clay	15.00	514,800	MT	7,722,000	11.54
Gypsum	8.00	98,792	MT	790,336	1.18
Limestone	20.00	2,059,200	MT	41,184,000	61.53
NaturalGas	0.01	105,268,165ft3(STP)		1,002,153	1.50
TOTAL				66,934,489	100.00

NOTE: Bulk material consumption amount includes material used as:

- Raw Material
- Cleaning Agent



6. VARIOUS CONSUMABLES COST (2021 prices) - PROCESS SUMMARY

Consumable	UnitsCost (\$)	Annual Amount	AnnualCost (\$)	%
OrlonBag	10.20	15,874item	161,915	100.00
TOTAL			161,915	100.00

7. WASTE TREATMENT/DISPOSAL COST (2021 prices) - PROCESS SUMMARY

THE TOTAL WASTE TREATMENT/DISPOSAL COST IS ZERO.

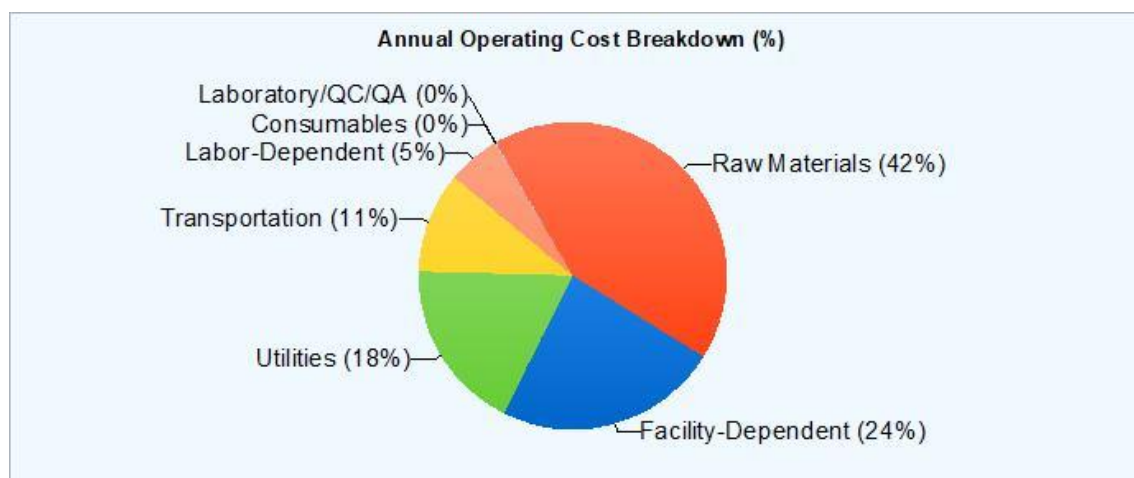
8. UTILITIES COST (2021 prices) - PROCESS SUMMARY

Utility	UnitCost (\$)	Annual Amount	Ref. Units	AnnualCost (\$)	%
StdPower	0.03	336,853,660	kW-h	10,105,610	35.23
CoolingWater	0.02	1,238,386,026	MT	18,575,790	64.77
AmbientAir	0.00	140,021,430	MT	0	0.00
TOTAL				28,681,400	100.00



9. ANNUAL OPERATING COST (2021 prices) - PROCESS SUMMARY

CostItem	\$	%
Raw Materials	66,934,000	42.17
Labor-Dependent	8,705,000	5.48
Facility-Dependent	37,337,000	23.52
Laboratory/QC/QA	69,000	0.04
Consumables	162,000	0.10
WasteTreatment/Disposal	0	0.00
Utilities	28,681,000	18.07
Transportation	16,848,000	10.61
Miscellaneous	0	0.00
Advertising/Selling	0	0.00
RunningRoyalties	0	0.00
FailedProductDisposal	0	0.00
TOTAL	158,737,000	100.00





10. PROFITABILITY ANALYSIS (2021 prices)

A.	DirectFixed Capital	275,382,000 \$
B.	Working Capital	9,484,000 \$
C.	StartupCost	13,769,000 \$
D.	Up-Front R&D	0 \$
E.	Up-FrontRoyalties	0 \$
F.	Total Investment (A+B+C+D+E)	298,634,000 \$
G.	Investment Charged to This Project	298,634,000 \$
H. Revenue/SavingsRates		
	Cement (MainRevenue)	1,743,388 MT/yr
I. Revenue/SavingsPrice		
	Cement (MainRevenue)	130.00 \$/MT
J. Revenues/Savings		
	Cement (MainRevenue)	226,640,448 \$/yr
1	TotalRevenues	226,640,448 \$/yr
2	TotalSavings	0 \$/yr
K. AnnualOperatingCost (AOC)		
1	Actual AOC	158,737,000 \$/yr
2	Net AOC (K1-J2)	158,737,000 \$/yr
L. UnitProductionCost /Revenue		
	UnitProductionCost	91.05 \$/MT MP
	NetUnitProductionCost	91.05 \$/MT MP
	UnitProductionRevenue	130.00 \$/MT MP
M.	GrossProfit (J-K)	67,904,000 \$/yr
N.	Taxes (20%)	13,581,000 \$/yr
O.	Net Profit (M-N + Depreciation)	80,484,000 \$/yr
	GrossMargin	29.96 %
	Return On Investment	26.95 %
	PaybackTime	3.71years

MP = Total Flow of Stream 'Cement'



Όπως έγινε αντιληπτό στην παρούσα διπλωματική οι 2 μέθοδοι είναι αρκετά κοντά μεταξύ τους καθώς όσο αναφορά τα ισοζύγια μάζας είχαν μεταξύ τους απόκλιση 2%. Ενώ στο κομμάτι των οικονομικών παρατηρήθηκε μια πολύ μικρή διάφορα στα χρόνια απόσβεσης και συγκεκριμένα περίπου 0,62 χρόνια παραπάνω στο Excel και αυτό οφείλεται στην επιλογή των κατάλληλων συσκευών του εργοστασίου μας ανάλογα με τον όγκο τους. Δηλαδή είτε μπορούμε να επιλέξουμε για την παροχής μας σε κάθε στάδιο μια μεγαλύτερη σε όγκο συσκευή που μας καλύπτει άρα και πιο κοστοβόρα. Είτε να επιλέξουμε 2 ή περισσότερες μικρότερες σε όγκο συσκευές στη σειρά, όπου το άθροισμα των όγκων τους είναι πιο κοντά ή και ίδιο με τον όγκο μιας μεγαλύτερης συσκευής αλλά είναι πιο φθηνές και βοηθούν στο να λειτουργεί καλύτερα το σύστημα μας.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Τσίμας, Σ. & Τσιβιλής, Σ. (2010). ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ Ε.Μ.Π.
- [2] Stavropoulos, Y., Petrides, D. (2020). Sunflower Seed Crush Plant – Process Modeling and Optimization using SuperPro Designer.
- [3] Tianming Gao, Lei Shen, Ming Shen, Litao Liu, Fengnan Chen (2015). *Analysis of material flow and consumption in cement production process.*
- [4] AGICO, Cementplantequipment.com
- [5] International Mining Team Publishing Ltd
- [6] Dewo Machinery mining & construction solutions
- [7] <https://sites.google.com/site/mechanikoste/paragoge-tsimentou/stadia-paragoges-tsimentou>
- [8] Kääntee, Ur. Zevenhoven, R. Backman, R. & Hupa, M. (2003). MODELLING A CEMENT MANUFACTURING PROCESS TO STUDY POSSIBLE IMPACTS OF ALTERNATIVE FUELS-PART A
- [9] Κούκος, Ι. (2019). Εισαγωγή στον σχεδιασμό χημικών εργοστασίων, 2^η Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα.
- [10] A.R. Barron, D. Johnson (2012). Portland Cement in the Energy Industry
- [11] Δυναμικό Βιοαερίου Αχαΐας. (2015). Τεχνοοικονομική Μελέτη Αξιοποίησης. Δράση 5.2 Development of Exploitation Business Plans Αναπτυξιακή Εταιρεία Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας Α.Ε.. Πάτρα
- [12] ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ [OPYKTA \(orykta.gr\)](http://orykta.gr)
- [13] ΕΝΩΣΗ ΤΣΙΜΕΝΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ [CementHellenic \(hcia.gr\)](http://CementHellenic(hcia.gr))
- [14] Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. (1992). *Πρόταση οδηγίας του Συμβουλίου που τροποποιεί την Οδηγία 88/609/ΕΟΚ για τον περιορισμό των εκπομπών στην ατμόσφαιρα ορισμένων ρύπων από μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης, Έκθεση της Επιτροπής για την Διαθεσιμότητα Γαιανθράκων χαμηλής περιεκτικότητας σε Θείο, ΚΟΜ (92) 563 Τελικό, Βρυξέλλες.*
- [15] Κορρές, Γ. (2010). Μελέτη βιωσιμότητας επενδυτικού σχεδίου για μια βιομηχανική επιχείρηση, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

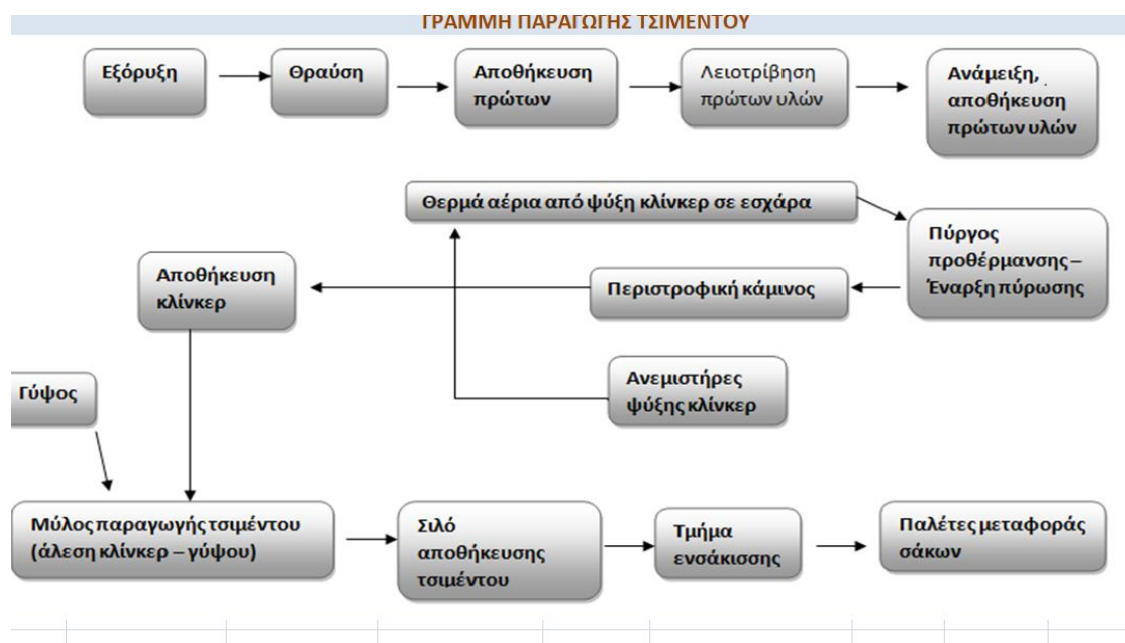


- [16]Κορρές, Γ. (2015). *Επιχειρηματικότητα και Ανάπτυξη*, Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα
- [17]Κυριαζής, Κ. Χ. & Παπαδάκης, Ε. Γ. (2009). *ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ*, Τζιόλα.
- [18]Τσακαλάκης, Κ. Γ. (2013). *Τεχνολογία Παραγωγής Τσιμέντου και Σκυροδέματος*, ΕΜΠ
- [19]Austria, U. (1997). "Basic criteria for BAT cement/Information for cement and lime BREF 2001", UBA-IB-560 September 1997
- [20]CEMBUREAU (1997 November). "BAT for the cement industry, November 1997 / Information for cement and lime BREF 2001"
- [21]Greer, W. L., Johnson, M. D., Morton, E.L., Raught, E.C., Steuch, H.E. and Trusty Jr., C.B., 1992. "Portland Cement," in *Air Pollution Engineering Manual*, Anthony J. Buonicore and Waynte T. Davis (eds.). New York: Van Nostrand Reinhold
- [22]Hokfors, B. (2014). *Phase chemistry in process models for cement clinker and lime production*, Doctoral Thesis, UMEA UNIVERSITET
- [23]IDGR CONSULTANCY SERVICES in Association with Sherpa Consultancy. (2009). *Detailed Feasibility Analysis of Cement Based Products*. For: Department of Industries. Ministry of Economic Affairs. Royal Government of Bhutan, Part II. Kolkata
- [24]Peters, M. S., Timmerhaus, Kl. D. & West, R. E. (2016). *Σχεδιασμός και Οικονομική Μελέτη Εγκαταστάσεων για Μηχανικούς, Τζιόλα (5th Edition)*.
- [25]D.K.Fidaros,C.A.Baxevanou,C.D.Dritselis,N.S.Vlachos(2006).*Modeling_coal_combustion_in_a_rotary_cement_kiln*
- [26] Anyang Best Complete Machinery Engineering Co., Ltd



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

*Με ctrl και κλικ ανοίγει η εργασία μου: [Excel](#)

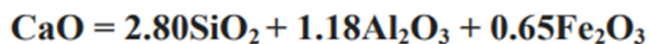


Αντιδράσεις που πραγματοποιούνται στην κάμινος

Καύση C	Καύση H (Συμπύκνωση)	Καύση S
$C + O_2 \rightarrow CO_2$	$H_2 + 0.5O_2 \rightarrow H_2O$	$S + O_2 \rightarrow SO_2$
Ασβεστοποίηση $CaCO_3 \rightarrow CaO + O_2$		Σχηματισμός Πυριτικού τριασβεστίου (Alite) και πυριτικού διασβεστίου (Belite) $2CaO + SiO_2 \rightarrow C_2S (2CaOSiO_2)$ $CaO + C_2S \rightarrow C_3S (3CaOSiO_2)$
Σχηματισμός Αργιλικού τριασβεστίου (Celite) $Al_2O_3 + CaO + SiO_2 \rightarrow Ca_2Al_2SiO_6$		Σχηματισμός Φερρίτη (Ferrite) $CaO + Fe_2O_3 + Al_2O_3 \rightarrow C_4AlFe (4CaOAlO_3Fe_2O_3)$



Εξίσωση υπολογισμού της απαραίτητης ποσότητας CaO για τον κορεσμό των οξειδίων στην θερμοκρασία σχηματισμού του κλίνκερ



Τύποι ορυκτών φάσεων του κλίνκερ

- 1) $\text{C}_3\text{S} = 4.0710\text{CaO} - 7.6024\text{SiO}_2 - 1.4297\text{Fe}_2\text{O}_3 - 6.7187\text{Al}_2\text{O}_3$ (Αλίτης)
- 2) $\text{C}_2\text{S} = 8.6024\text{SiO}_2 + 1.0785\text{Fe}_2\text{O}_3 + 5.0683\text{Al}_2\text{O}_3 - 3.0710\text{CaO}$ (Μπελίτης)
- 3) $\text{C}_3\text{A} = 2.6504\text{Al}_2\text{O}_3 - 1.6920\text{Fe}_2\text{O}_3$ (Αλουμινίτης)
- 4) $\text{C}_4\text{AF} = 3.0432\text{Fe}_2\text{O}_3$ (Φερρίτης)

Χημική σύνθεση των προϊόντων - φάσεων του κλίνκερ

Πυριτικό Τριασβέστιο	Alite	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (Ca_3SiO_5)	C_3S	45 – 65%
Πυριτικό Διασβέστιο	Belite	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (Ca_2SiO_4)	C_2S	15 – 35%
Αργιλικό Τριασβέστιο	Celite	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ($\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_5$)	C_3A	4 – 14%
Σιδηρο-αργιλικό Τετρασβέστιο	Ferrite	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	10 – 18%



Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΩΡΙΑΙΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ (ΜΤ/η)	ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ (ΜΤ/γ)	ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ ΓΙΑ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΚΛΙΝΚΕΡ (ΜΤ)			
				ALITE	BELITE	CELITE	FERRITE
1	CLAY	65	514800				
				1389960	592020	231660	360360
2	LIMESTONE	260	2059200				
3	COAL	25	198000				
4	GYPSUM	12,47	98762,4				
5	AIR	1800	14256000				
6	TURAL GAS [ft3(STP)]	13291,43	105268165				
ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΗ ΩΡΙΑΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΛΙΝΚΕΡ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ (ΜΤ/η)		ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΗ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΛΙΝΚΕΡ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ (ΜΤ/γ)					
224,5912121		1778762,4					

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
4											KJ	KWh		
5	1	Καύση C			-2832		-786,67296		-404979240		1	0,00027778		
6														
7	2	Καύση H			0		0		0					
8														
9	3	Καύση S			0		0		0					
10														
11	4	Ασβεστοποίηση			1781,6		494,892848		509541676					
12														
13	5	Σχηματισμός Alite			-672,1		-186,69594		-168674926					
14														
15	6	Σχηματισμός Belite			-1103,5		-306,53023		-127030419					
16														
17	7	Σχηματισμός Celite			-40,6		-11,277868		-2612630,9					
18														
19	8	Σχηματισμός Ferrite			-254,4		-70,667232		-25465643,7					
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28	ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ						-866,95138		-219221183					
29														



Ε16																
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΑΛΛΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ								Εκτιμώμενη απαιτούμενη συνολική ποσότητα ενέργειας παραγωγής κλίνκερ τσιμέντου (KWh/tn)	Εκτιμώμενη απαιτούμενη συνολική ποσότητα ενέργειας παραγωγής κλίνκερ τσιμέντου (KWh/y)							
A/A	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ				ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (KWh/y)			110	195663864							
1	1 Μεταφορά - ενσάκκιση - φόρτωση				-9978857,064											
2	2 Ανάμειξη - Ομογενοποίηση πρώτων υλών				-3130621,824											
3	3 Λειτουργία άνθρακα				-8609210,016											
4	4 Άλεση κλίνκερ - παραγωγή τσιμέντου				-58699159,2											
5	5 Λειτουργία πρώτων υλών - ξήρανση				-51068268,5											
6	6 Θραύση - προομογενοποίηση πρώτων υλών				-6261243,648											
7	7 Επιπρόσθετες καταναλώσεις ενέργειας				-19566386,4											
8																
9																
10																
11	ΣΥΝΟΛΟ				-157313746,7											
12																
13	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ				-376534929,4											
14																



ΤΥΠΟΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ
GR-104	Grinder (μηχάνημα άλεσης) - Ονομαστική απόδοση=55471.35 kg/h	313000	1252000	4
GR-103	Grinder (μηχάνημα άλεσης) - Ονομαστική απόδοση=54166.67 kg/h	307000	1842000	6
GR-101	Grinder (μηχάνημα άλεσης) - Ονομαστική απόδοση=52000.00 kg/h	298000	1490000	5
BC-102	Μεταφορική ταινία - Μήκος ζώνης λειτουργίας = 100.00	278000	278000	1
GR-102	Grinder (μηχάνημα άλεσης) - Ονομαστική απόδοση=32500.00 kg/h	215000	430000	2
GR-105	Grinder (μηχάνημα άλεσης) - Ονομαστική απόδοση=25000.00 kg/h	183000	183000	1
SL-106	Σιλό αποθήκευσης - Όγκος κατασκευής = 3529.41 m ³	1146000	1146000	1
SL-105	Σιλό αποθήκευσης - Όγκος κατασκευής = 477941.18 L	162000	162000	1
SL-104	Σιλό αποθήκευσης - Όγκος κατασκευής = 9176.46 m ³	2221000	2221000	1
SL-103	Σιλό αποθήκευσης - Όγκος κατασκευής = 326302.18 L	126000	126000	1
SL-102	Σιλό αποθήκευσης - Όγκος κατασκευής = 1761.00 m ³	462000	462000	1
SL-101	Σιλό αποθήκευσης - Όγκος κατασκευής = 305.37 m ³	122000	122000	1
HX-101	Εναλλάκτης θερμότητας - Περιοχή εναλλαγής θερμότητας = 68.09 m ²	101000	303000	3
HX-101	Εναλλάκτης θερμότητας - Περιοχή εναλλαγής θερμότητας = 95.55 m ²	119000	238000	2
SL-102	Σιλό αποθήκευσης - Όγκος κατασκευής = 19659.31 L	73000	73000	1
CY-101	Κυκλώνας (φυγοκεντρικός διαχωριστής) - Ονομαστική απόδοση = 224975,65 m ³ /h	3000	138000	46
GBX - 102	Σερβομηχανισμός - Ονομαστική απόδοση = 637.50 MT/h	10000	40000	4
GBX - 102	Σερβομηχανισμός - Ονομαστική απόδοση = 633.33 MT/h	3000	9000	3
	Επιπρόσθετος εξοπλισμός		4594930	
		ΣΥΝΟΛΟ	24848930	



H28																		
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
ΠΑΠΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΙ ΑΡΧΙΚΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΚΙΝΗΣΗΣ																		
Στοιχεία πάγιου κόστους																		
ΑΜΕΣΑ ΚΟΣΤΗ							ΚΟΣΤΟΣ	Συντελεστής συμμετοχής στο συνολικό κόστος										
A/A	Περιγραφή																	
1	Μονάδες κύριου εξοπλισμού						24848930	1										
2	Σωληνώσεις και μέσα διακίνησης						7703168,3	0,31										
3	Όργανα ελέγχου και ρύθμισης						6460721,8	0,26										
4	Βελτίωση οικοπέδου						2484893	0,1										
5	Ηλεκτρολογικά						2484893	0,1										
6	Κτίρια						7206189,7	0,29										
7	Βοηθητικές Εγκαταστάσεις						7951657,6	0,32										
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΜΕΣΟ ΚΟΣΤΟΣ							59140453											
ΕΜΜΕΣΑ ΚΟΣΤΗ																		
A/A	Περιγραφή																	
1	Υπηρεσίες μηχανικών / επίβλεψη / οργάνωση εργοταξίου						7951657,6	0,32										
2	Εγκατάσταση εξοπλισμού/ κατασκευαστικά έξοδα						8448636,2	0,34										
3	Νομικά έξοδα						993957,2	0,04										
4	Αμοιβή εργολάβου						4721296,7	0,19										
5	Απρόβλεπτα						9194104,1	0,37										
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΜΜΕΣΟ ΚΟΣΤΟΣ							31309652											
ΑΜΕΣΟ ΠΑΠΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ							90450105											
ΑΡΧΙΚΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΚΙΝΗΣΗΣ							4160705											

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ										ΛΕΙΑ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ							
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΟΣΤΟΣ	A/A	ΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ (ΜΤ/Υ)	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ (\$/ΤΝ)	ΚΟΣΤΟΣ (\$)										
1	Πρώτες και βοηθητικές ύλες	66.984.781	1	COAL	198000	82	16236000										
2	Ενέργεια	33696110,83	2	CLAY	514800	15	7722000										
3	Εργατικά	4918000	3	GYP SUM	98762,4	8	790099,2										
4	Μεταφορικά	46332000	4	IMESTONE	2059200	20	41184000										
5	Συντήρηση εγκαταστάσεων	1366699,5	5	AL GAS [ft3(STP)]	105268165	0,01	1052682										
6	Απόσβεση εξοπλισμού	11828090,68	6	AIR (Kg)	18216000000	0	0										
7	Ασφάλιση	88710,6801															
8	Άλλα πιθανά έξοδα	8.279.663						ΣΥΝΟΛΟ	66984781								
9	Ποιοτικός έλεγχος - Διασφάλιση ποιότητας	738000															
10	Εξοφλήσεις δανείων	1800000															
ΣΥΝΟΛΟ		176.032.056															



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΕΡΔΟΤΗΤΑΣ															
2																
3	A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ			ΠΟΣΟ											
4	1	Άμεσο Πάγιο Κεφάλαιο			90450105,2											
5	2	Κεφάλαιο κίνησης			4160704,839											
6	3	Ακίνησια κόστους			20803524,2											
7	4	Δικαιώματα χρήσης			75978088,37											
8		ΣΥΝΟΛΟ			191392422,6											
9																
10		ΕΣΟΔΑ														
11		Πώληση τσιμέντου			231239112											
12																
13																
14		ΕΤΗΣΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ														
15		ΣΥΝΟΛΟ			176.032.056											
16																
17																
18		ΜΕΙΚΤΟ ΚΕΡΔΟΣ			55.207.056											
19		ΦΟΡΟΙ (20%)			11041411,2											
20		ΚΑΘΑΡΟ ΚΕΡΔΟΣ			44.165.645											
21																
22		ΜΕΙΚΤΟ ΠΕΡΙΘΩΡΙΟ ΚΕΡΔΟΥΣ			0,238744456											
23		ΑΠΟΔΟΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ			0,230759631											
24		ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ (σε έτη)			4,333513606											
25																