

ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΙΠΤΑΜΕΝΗΣ ΤΕΦΡΑΣ

Ε. Τσικαρδάνη, Ν. Κούκουζας, Ε. Κακαράς

*Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης – Ινστιτούτο Τεχνολογίας και Εφαρμογών
Στερεών Καυσίμων, 4^ο χλμ. Ε.Ο. Πτολεμαΐδας – Κοζάνης, Συγκρότημα ΑΕΒΑΛ, 50200 Πτολεμαΐδα*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Η παρούσα εργασία πραγματεύεται το θέμα της αξιολόγησης της λειτουργίας του εργοστασίου επεξεργασίας της ιπτάμενης τέφρας από οικονομική και περιβαλλοντική άποψη. Το εργοστάσιο είναι εγκατεστημένο στον χώρο του ΑΗΣ Πτολεμαΐδας από το 1995, όπου και κατασκευάστηκε προκειμένου να επεξεργαστεί τέφρα για την κατασκευή του φράγματος της Πλατανόβρυσης. Έκτοτε είναι εκτός λειτουργίας, ενώ τα οικονομικά οφέλη για τον φορέα λειτουργίας είναι προφανή, και η λειτουργία του θα επιφέρει, ενεργειακά, και κοινωνικά οφέλη στην ευρύτερη περιοχή αλλά και σε επίπεδο χώρας. Ιδιαίτερα σημαντική κρίνεται επίσης η μείωση των εκπομπών CO₂ που προκύπτει από την χρήση της ιπτάμενης τέφρας στις κατασκευές και την αντικατάσταση αντίστοιχης ποσότητας τσιμέντου, που ανέρχεται σε 155.650tn CO₂/έτος.

Λέξεις κλειδιά: ιπτάμενη τέφρα, εργοστάσιο επεξεργασίας, μύλος, Πλατανόβρυση

BENEFITS OF THE OPERATION OF THE UNIT FOR THE FLY ASH PROCESSING

E. Tsikardani, N. Koukouzas, E. Kakaras

EKETA – ITESK, 4th km Ptolemaida-Kozani, AEVAL site, 50200 Ptolemaida

ABSTRACT: This study deals with the financial and environmental evaluation of the operation of the unit for the fly ash processing. The plant is located at the yard of the lignite-fired power plant of Ptolemaida since 1995, and it is constructed in order to process fly ash for Platanovrisi dam. Since then, it is out of order, while the economic benefits are obvious for the operator, and its operation will bring energy and social benefits at a regional and national level. Also the environmental benefits are considered to be very important, as the CO₂ emissions – raising annually at 155.650 tons – will decrease due to the substitution of cement with the same quantity of fly ash in the construction sector.

Keywords: fly ash, processing unit, mill, Platanovryssi

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το εργοστάσιο επεξεργασίας της ιπτάμενης τέφρας ανήκει στην ΔΕΗ Α.Ε., και βρίσκεται στον περίβολο του ΑΗΣ Πτολεμαΐδας, στο 7^ο χλμ. της Εθνικής Οδού Πτολεμαΐδας – Κοζάνης. Η γειννιάσή του με τον ΑΗΣ Πτολεμαΐδας παρέχει την δυνατότητα απευθείας τροφοδοσίας της μονάδας με ακατέργαστη τέφρα, μέσω πνευματικού συστήματος. Η κατασκευή του εργοστασίου διήρκεσε περίπου 2 χρόνια (1993 – 1995) και η μελέτη και κατασκευή του αποτέλεσαν τμήμα της όλης σύμβασης κατασκευής του φράγματος της Πλατανόβρυσης, που ανατέθηκε στην κοινοπραξία ΑΕΓΕΚ – ΗΙΔΡΟΓΡΑΝΙΑ – ΑΣΙ ΡCC.

Ο λόγος για την κατασκευή του εργοστασίου ήταν η κατάλληλη επεξεργασία ιπτάμενης τέφρας που προέρχονταν από το εργοστάσιο της Πτολεμαΐδας ώστε να καταστεί κατάλληλη και να χρησιμοποιηθεί ως 4^ο συστατικό για το μίγμα των κονιών που θα χρησιμοποιούνταν για την κατασκευή του φράγματος της Πλατανόβρυσης.

Το φράγμα της Πλατανόβρυσης βρίσκεται επί του ποταμού Νέστου στο Νομό Δράμας. Απέχει από το εργοστάσιο επεξεργασίας της ιπτάμενης τέφρας περίπου 400 χιλιόμετρα, και είναι από τα υψηλότερα φράγματα της Ευρώπης με ύψος 95 m, που είναι κατασκευασμένο με κυλινδρικό σκυρόδεμα που περιέχει υψηλό ποσοστό τέφρας (82% - 500kg τσιμέντου και 225 kg ιπτάμενης τέφρας για κάθε m³).

Οι λόγοι οι οποίοι οδήγησαν στην κατασκευή του εργοστασίου, ήταν η άρση των παραμέτρων που αποτελούν παρεμποδιστικό παράγοντα για την χρήση της ιπτάμενης τέφρας στο σκυρόδεμα, και συγκεκριμένα:

- ✓ Η ανομοιογένειας της ακατέργαστης τέφρας, η οποία οφείλεται στην διαφορετική ποιότητα του λιγνίτη και στις διαφορετικές συνθήκες καύσης που επικρατούν στους λέβητες των ΑΗΣ.
- ✓ Η ανάγκη για συμπληρωματική άλεση των τεφρών, που προκύπτει από το γεγονός ότι οι ποζολανικές και υδραυλικές ιδιότητες των ιπτάμενων τεφρών εκδηλώνονται με την μείωση της κοκκομετρίας τους. Στόχος ήταν η μείωση του μεγέθους των κόκκων της τέφρας ώστε το υπόλοιπο στο κόσκινο των 45μm να είναι 20 – 30%.
- ✓ Η μείωση των τιμών των ελεύθερων οξειδίων του ασβεστίου σε ποσοστό κάτω του 3%, λόγω του ότι το ελεύθερο οξείδιο του ασβεστίου προκαλεί προβλήματα διογκώσεων και ανεπιθύμητες θερμοκρασιακές αυξήσεις.
- ✓ Η μείωση του υψηλού ποσοστού θεικών που εμφανίζονται συχνά στις τέφρες της περιοχής Πτολεμαΐδας σε ποσοστό κάτω του 1%.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά επιτυγχάνονταν, χάρη

- ✓ στην λειτουργία της μονάδας άλεσης και επεξεργασίας της τέφρας, που περιέχει τον μύλο με όλον τον προβλεπόμενο εξοπλισμό
- ✓ στην αξιοποίηση των 3 σιλό ομογενοποίησης που βρίσκονται στην περιοχή του συγκροτήματος και των 6 σιλό ομογενοποίησης που βρίσκονται στην περιοχή του φράγματος της Πλατανόβρυσης.
- ✓ Στην λειτουργία εργαστηρίου ποιοτικού ελέγχου ανεπεξεργαστης και επεξεργασμένης ιπτάμενης τέφρας που διαθέτει η μονάδα και στους συνεχείς ελέγχους της πρώτης ύλης, του ενδιάμεσου και του τελικού προϊόντος, και στην συνέχεια στην βελτιστοποίηση της λειτουργίας τα μονάδας.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ

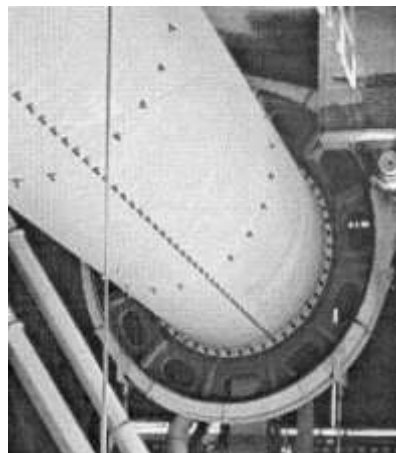
Ο περιστρεφόμενος μύλος έχει ονομαστική δυναμικότητα 23tn/h ή ~500t/24ωρο, διάμετρο 2,6 m και μήκος 12 m. Μπορεί επίσης να λειτουργήσει με μεγαλύτερες τιμές δυναμικότητας, παράγοντας όμως υλικό μεγαλύτερης κοκκομετρίας και επιτυγχάνοντας μικρότερο ποσοστό υδρόλυσης του προϊόντος. Η τροφοδότησή του γίνεται μέσω κλειστού συστήματος πνευματικής μεταφοράς από τις μονάδες του ΑΗΣ Πτολεμαΐδας ή με την βοήθεια σιλοφόρων οχημάτων. Χωρίζεται σε τρία διαμερίσματα με την βοήθεια δύο κυκλικών διαφραγμάτων τα οποία στο κέντρο είναι ανοιχτά.

Η ακατέργαστη τέφρα, της οποίας οι ιδιότητες έχουν ελεγχθεί, εισέρχεται αφού προθερμανθεί στους 110 – 130°C στο πρώτο διαμέρισμα του μύλου, όπου ψεκάζεται με νερό με στόχο την δέσμευση του μεγαλύτερου ποσοστού του διαθέσιμου CaO το οποίο μετατρέπεται σε Ca(OH)₂. Η προθέρμανση της τέφρας επιτυγχάνεται με καύση μίγματος προπανίου – βουτανίου, ενώ λόγω της αντίδρασης υδρόλυσης του ασβεστίου η οποία είναι εξώθερμος, η θερμοκρασία της τέφρας εντός του μύλου διατηρείται στους ~120°C. Η γωνία ψεκασμού του νερού είναι σημαντική παράμετρος για την βέλτιστη λειτουργία του μύλου, ενώ το σύστημα ψεκασμού έχει σχεδιασθεί για να μπορεί να προσθέτει έως και 48 l/min (5-12,5%)

Κατόπιν, το μίγμα μεταφέρεται με υπερχειλίση, μέσω του ανοίγματος του διαφράγματος στο δεύτερο και στο τρίτο διαμέρισμα του μύλου. Εντός των δύο αυτών διαμερισμάτων υπάρχουν σφαιρίδια διατομής 40 και 30 mm, και συνολικού βάρους 42 τόνων, ισοβαρών κατανεμημένα, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η άλεση της τέφρας. Ο βαθμός πλήρωσης του μύλου ανέρχεται στο 30%, και καλύπτεται από τα αλεστικά σώματα και το προς επεξεργασία υλικό. Τα σφαιρίδια αποτελούνται από χάλυβα, με 11 – 13% χρώμιο και σκληρότητα 600 brinell.

Μετά την έξοδό της από τον μύλο, η επεξεργασμένη πλέον τέφρα αποθηκεύεται σε τρία (3) σιλό χωρητικότητας 200m³ το καθένα. Στα σιλό αυτά επιτυγχάνεται μια κατ' αρχήν ομογενοποίηση του υλικού. Στην συνέχεια, με κατάλληλες διατάξεις το υλικό φορτώνεται σε ειδικά σιλοφόρα οχήματα, προκειμένου να οδηγηθεί για χρήση. Παράλληλα, υπάρχει τοποθετημένο και ένα τέταρτο σιλό, μικρότερης χωρητικότητας που χρησιμοποιείται για την απόρριψη της παραγωγής όταν τα χαρακτηριστικά της επεξεργασμένης τέφρας είναι εκτός των ορίων των προδιαγραφών.

Περαιτέρω ομογενοποίηση κατά την διάρκεια κατασκευής του φράγματος της Πλατανόβρυσης επιτυγχάνοντας στα σιλό αποθήκευσης χωρητικότητας 420m³ το καθένα, τα οποία είναι τοποθετημένα – ακόμη και στις μέρες μας - στον τόπο κατασκευής του φράγματος.



Εικόνα 1. Ο μύλος του συγκροτήματος

Για την παρακολούθηση των ιδιοτήτων του υλικού και κατ' επέκταση τον έλεγχο της λειτουργίας της εγκατάστασης κατά την διάρκεια λειτουργίας του μύλου ώστε να παραχθεί τέφρα για την κατασκευή του φράγματος της Πλατανόβρυσης, θεσπίστηκαν από την ΔΕΗ τέσσερα επίπεδα ελέγχου:

- Στο πρώτο επίπεδο γινόταν ο έλεγχος της ακατέργαστης τέφρας στα σιλό των ΑΗΣ, ώστε να πληροί την απαίτηση για μέγιστο ποσοστό θειικών 7% και οξειδίου του ασβεστίου μικρότερο του 13%. Παράλληλα, γινόταν εκτίμηση για την αναμενόμενη ποιότητα της τέφρας με την οποία πρόκειται να τροφοδοτηθεί η μονάδα τις αμέσως επόμενες ώρες. Ο έλεγχος επιτυγχάνονταν με την λήψη δειγμάτων ανά δίωρο προερχόμενα από συνεχή δειγματοληψία μέσω ειδικής διάταξης, προσαρμοσμένη στους αγωγούς τροφοδοσίας των σιλό των ΑΗΣ.
- Στο δεύτερο επίπεδο, γινόταν έλεγχος της λειτουργίας του μύλου με την λήψη δειγμάτων ανά δίωρα και μετρήσεις διαθέσιμου CaO και ελεύθερου CaO. Μέσω της σύγκρισης των τιμών αυτών, εξάγονταν συμπεράσματα για την απαιτούμενη ποσότητα νερού που ψεκάζεται στον μύλο.
- Στο τρίτο επίπεδο ελέγχου η δειγματοληψία γινόταν κατά τη διάρκεια της φόρτωσης των σιλοφόρων οχημάτων, στα οποία γινόταν έλεγχος του ελεύθερου CaO, του SO₃ και της υγρασίας.
- Το τέταρτο και τελευταίο επίπεδο ελέγχου γινόταν σε καθημερινά δείγματα που λαμβάνονταν από τα 6 σιλό ομογενοποίησης, ώστε να ελεγχθεί κατά πόσο το επεξεργασμένο υλικό ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του προϊόντος.

ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΠΠ. ΤΕΦΡΑΣ

Τα στοιχεία της παρούσας εργασίας, προκύπτουν από την αναθεώρηση της μελέτης που εκπόνησε το 1998 το Κέντρο Τεχνολογίας και Εφαρμογών Καυσίμων σε συνεργασία με την ΙΝΤΕΛΕΚ Μελετητική Α.Ε. στα πλαίσια του προγράμματος Ανάπτυξης της Καινοτομίας για την Δυτική Μακεδονία (RIS+ - Regional Innovation System) κατ' εντολή της Αναπτυξιακής Δυτικής Μακεδονίας ANKO Α.Ε.

Πίνακας 1. Εξοπλισμός του εργοστασίου επεξεργασίας της τέφρας και κόστος αυτού [ΚΤΕΣΚ, 1998]

<i>Κατηγορία έργου</i>	<i>Κόστος σε τιμές 1997 (€)</i>	<i>Εκτιμώμενη διάρκεια ζωής (Έτη)</i>	<i>Αγοραία Αξία 1998 λόγω απαξίωσης (€)</i>
A. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ			
<i>Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός</i>	2.751.900,2	15	2.018.060,2
<i>Εγκαταστάσεις - σωληνώσεις</i>	553.925,2	15	406.211,8
<i>Υποσταθμός Η/Ρ</i>	26.588,4	15	19.498,2
<i>Εργαστήριο (εξοπλισμός)</i>	177.256,1	15	129.987,8
<i>Δεξαμενές LPG</i>	8.862,8	15	6.499,4
Σύνολο:	3.518.532,6		2.580.257,3
B. ΚΤΙΡΙΑ			
<i>Κτίρια</i>	806.515,0	20	645.212,0
<i>Εργαστήριο (Κτιριακά)</i>	44.314,0	20	35.451,2
Σύνολο:	850.829,1		680.663,2
Γ. ΟΙΚΟΠΕΔΟ	44.314,0	<i>Απεριόριστη</i>	44.314,0
ΣΥΝΟΛΟ:	4.413.675,7		3.305.234,5

Οικονομικά οφέλη για τον φορέα λειτουργίας του εργοστασίου

Σύμφωνα με την προαναφερόμενη μελέτη, η αξία του εξοπλισμού και της υπάρχουσας επένδυσης παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.

Για την εύρυθμη λειτουργία του εργοστασίου, αλλά και την καλύτερη διακίνηση του προϊόντος με ενσάκκιση 1/3 από την συνολικά παραγόμενη ποσότητα ετησίων, προτείνεται η αγορά νέου εξοπλισμού μετά τον 1^ο και 2^ο χρόνο λειτουργίας, επεκτάσεις στο υφιστάμενο κτίριο και μεταφορά των 6 σιλό αποθήκευσης από το φράγμα της Πλατανόβρυσης στον χώρο του εργοστάσιο για να επιτυγχάνεται η ομογενοποίηση του προϊόντος. Η αναλυτική παρουσίαση των παραπάνω ενεργειών καθώς και το κόστος τους παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.

Στα πλαίσια της παρούσας, σε ότι αφορά τον υφιστάμενο εξοπλισμό (πίν. 1) εκτιμάται ότι η τιμή του παραμένει η ίδια με την αγοραία τιμή του 1998, θεωρώντας ότι η παλαιώσή του αυτά τα έτη δεν υπερβαίνει τον ετήσιο πληθωρισμό, μια και πρόκειται για μια τεχνολογία η οποία δεν θεωρείται παλαιωμένη, είναι επίκαιρη στον τομέα της επεξεργασίας της τέφρας ακόμη και σήμερα και ο εξοπλισμός δεν λειτουργεί από το 1997 αλλά και συντηρείται.

Πίνακας 2. Κόστος προτεινόμενων ενεργειών επέκτασης του εργοστασίου στα 2 πρώτα χρόνια λειτουργίας [ΚΤΕΣΚ, 1998]

Αγορές, ενέργειες και επεκτάσεις της μονάδας στον 1^ο χρόνο λειτουργίας	
Κατηγορία έργου	Κόστος (τιμές 1998) (€)
Μεταφορά & εγκατάσταση 6 σιλό ομογενοποίησης από Πλατανόβρυση (6 X 420 m ³)	293.470
Αγορά 2 σιλοφόρων οχημάτων	190.755
Αγορά 2 κλαρκ	29.347
Κατασκευή αποθήκης ενσακκισμένου προϊόντος	205.429
Κτίρια Διοίκησης	117.388
Διάφορα	58.694
ΣΥΝΟΛΟ	895.083
Αγορές, ενέργειες και επεκτάσεις της μονάδας στον 2^ο χρόνο λειτουργίας	
Κατηγορία έργου	Κόστος (τιμές 1998), (€)
Μονάδα ενσάκκισης (200 σάκκους/hr)	117.388
Αγορά 2 σιλοφόρων οχημάτων	220.102
ΣΥΝΟΛΟ	337.490

Σε ότι αφορά τον εξοπλισμό που προτείνεται να αγοραστεί από την επιχείρηση που θα αναλάβει την λειτουργία του εργοστασίου (Πίν. 2), η τιμή αυτού αυξήθηκε κατά την τιμή του πληθωρισμού από το 1998 έως και σήμερα, λαμβάνοντας μέση τιμή πληθωρισμού αυτά τα έτη ίση με 4%.

Για την οικονομική ανάλυση λήφθηκαν υπόψη οι παρακάτω παράμετροι:

- ✓ Το κόστος της ακατέργαστης τέφρας, ίσο με 2,95 €/tn
- ✓ Το κόστος των υπόλοιπων 1^{ov} υλών, και συγκεκριμένα:
 - Κόστος νερού (0,73 €/m³)
 - Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας (0,06 €/kWh για καταναλωτή μέσης τάσης)
 - Κόστος υγραερίου (0,63 €/kg)
- ✓ Κόστος εργατικών, θεωρώντας 22 άτομα προσωπικό τον 1^ο χρόνο λειτουργίας και 27 άτομα μετά το 2^ο χρόνο λειτουργίας
- ✓ Κόστος ενσάκκισης, θεωρώντας ότι μετά το 2^ο έτος το 1/3 της παραγόμενης ποσότητας ενσακκίζεται και το κόστος ενσάκκισης είναι το 2% επί των πωλήσεων ενσακκισμένου προϊόντος.
- ✓ Το κόστος συντήρησης που λαμβάνεται ίσο με 2% επί των πωλήσεων.
- ✓ Το κόστος προώθησης πωλήσεων και R&D ίσο με 7% επί των πωλήσεων της πρώτη πενταετία και 5% από εκεί και μετά.
- ✓ Το κόστος αποσβέσεων, τόκων και φόρων

Επίσης, σε ότι αφορά την λειτουργία του εργοστασίου, έγινε η παραδοχή ότι τον 1^ο χρόνο λειτουργίας το εργοστάσιο θα λειτουργήσει στο 65% της ονομαστικής του δυναμικότητας, ενώ από τον 2^ο χρόνο και μετά στο 100 %, 6 ημέρες την εβδομάδα.

Οι δείκτες οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση του επενδυτικού σχεδίου είναι:

- ✓ **Η Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV) και**
- ✓ **Ο Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης (IRR)**

Από την ανάλυση προκύπτει το συμπέρασμα ότι η επένδυση είναι βιώσιμη, όταν η τιμή της επεξεργασμένης ιπτάμενης τέφρας ξεπερνά τα 16,5 €, τιμή που αντιστοιχεί περίπου στο 20% της τιμής του τσιμέντου. Να σημειωθεί ότι τα μεγέθη αυτά προέκυψαν θεωρώντας επιτόκιο προεξόφλησης ίσο με 6%. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

Επίσης, από την ανάλυση ευαισθησίας προκύπτει ότι η επένδυση έχει μεγάλη ευαισθησία στην τιμή πώλησης της επεξεργασμένης τέφρας.

Πίνακας 3. Καθαρή παρούσα αξία και Εσωτερικός Συντελεστής Απόδοσης για τα διάφορα σενάρια

ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ Ι.Τ. (€)	16,0	16,5	17,0	17,5
<i>K.Π.Α. (N.P.V.) (χιλ. €)</i>	-5,30	383,62	772,55	1.161,47
<i>E.Σ.Α. (I.R.R.)</i>	5,98%	7,70%	9,34%	10,93%

Αναφορικά με την ανάλυση για την εύρεση του νεκρού σημείου της επένδυσης στις πωλήσεις του προϊόντος, προκύπτει ότι μειώνεται σημαντικά το νεκρό σημείο από τον δεύτερο χρόνο λειτουργίας της μονάδας, γεγονός που σημαίνει μικρό ρίσκο για τον ενδιαφερόμενο επενδυτή. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4. Μεταβολή του νεκρού σημείου της επένδυσης ανάλογα με την τιμή του προϊόντος και το έτος λειτουργίας της μονάδας

Έτος	Τιμή τέφρας 16,5 €	Τιμή τέφρας 17,0 €	Τιμή τέφρας 17,5 €
1ο έτος	95,44%	87,03%	80,06%
2ο έτος	56,36%	52,53%	49,24%
3ο έτος	54,75%	51,08%	47,91%
4ο έτος	52,04%	48,59%	45,62%
5ο έτος	49,48%	46,24%	43,45%
6ο έτος	43,65%	40,75%	38,25%
7ο έτος	33,06%	30,94%	29,11%
8ο έτος	13,95%	13,22%	12,58%
9ο έτος	11,99%	11,40%	10,89%
10ο έτος	11,60%	11,05%	10,56%

Τέλος, η συμμετοχή των διαφόρων εξόδων στα συνολικά λειτουργικά έξοδα της μονάδας, παρουσιάζεται στον πίνακα 5. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι με το μεγαλύτερο ποσοστό στα λειτουργικά έξοδα συμμετέχουν οι μισθοί, και έπεται το κόστος αγοράς της ακατέργαστης τέφρας και το κόστος αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.

Πίνακας 5. Συμμετοχή των επιμέρους δαπανών στα συνολικά έξοδα της επένδυσης

Κατηγορία Δαπάνης	% των λειτουργικών εξόδων (1 ^ο έτος λειτουργίας)	% των λειτουργικών εξόδων (2 ^ο έτος λειτουργίας)
	Αγορά 1 ^{ης} ύλης	25,1
Μισθοί – εργατικά	35,3	30,4
Κόστος νερού	1,0	1,1
Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας	23,6	23,3
Κόστος υγραερίου	12,2	13,3
Κόστος ενσάκκισης	-	1,1
Κόστος συντήρησης	2,8	3,2
Σύνολο:	100,0	100,0

Περιβαλλοντικά και ενεργειακά οφέλη από την λειτουργία της μονάδας.

Η Ελληνική ιπτάμενη τέφρα αποτελεί αναβαθμισμένο υλικό, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές, όπως π.χ. για την παραγωγή άοπλου σκυροδέματος, ως πρώτη ύλη για την

παραγωγή τσιμεντοπροϊόντων, τούβλων, κονιαμάτων κ.λ.π.. Στις περισσότερες εφαρμογές, η χρήση της έχει ως συνέπεια την αντικατάσταση αντίστοιχου ή μικρότερου ποσού τσιμέντου. Προκειμένου να γίνει μια εκτίμηση για τα ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη που θα προκύψουν από την λειτουργία του εργοστασίου, θεωρείται ότι αντικαθιστά σε κάθε περίπτωση ίση ποσότητα τσιμέντου.

Κατά την παραγωγική διαδικασία του τσιμέντου, παράγονται σημαντικές ποσότητες CO₂ κατά την παραγωγή κλίνκερ. Συγκεκριμένα, κατά την παραγωγή ενός τόνου κλίνκερ εκλύονται 600 kg CO₂, ενώ ταυτόχρονα καταναλώνεται ενέργεια ίση με 3500 – 5000 MJ/tn [EC, 2001]. Θεωρώντας ότι μπορεί να αντικατασταθεί ίση ποσότητα τσιμέντου με την τέφρα που θα παραχθεί από το εργοστάσιο σε ένα χρόνο, προκύπτει ότι από την μη παραγωγή τσιμέντου μειώνονται οι ποσότητες εκπεμπόμενου CO₂ κατά **99.000 tn /έτος** και καταναλώνεται λιγότερη ενέργεια κατά **701.250.000 MJ/έτος**.

Από την άλλη, κατά την παραγωγή της επεξεργασμένης ιπτάμενης τέφρας, καταναλώνεται ηλεκτρική ενέργεια για την λειτουργία του εργοστασίου, καθώς και υγραέριο για την προθέρμανση της τέφρας πριν την εισαγωγή της στον μύλο. Συγκεκριμένα, για την επεξεργασία ενός τόνου επεξεργασμένης τέφρας, καταναλώνονται:

2,26 kg υγραερίου / tn τέφρας και 158,4 MJ ηλεκτρικής ενέργειας/ tn τέφρας

Λαμβάνοντας υπόψη και την ενέργεια του υγραερίου, προκύπτει **ότι η πρωτογενής ενέργεια που καταναλώνεται για την παραγωγή ενός τόνου τέφρας ισούται με 553 MJ ή 91.245.000 MJ/έτος**.

Επομένως, η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας από την αντικατάσταση τσιμέντου από τέφρα ισούται με: **610.005.000 MJ/έτος**.

Η εκτίμηση της ποσότητας του εκπεμπόμενου CO₂, προκύπτει με βάση την σχέση :

$$\text{Εκπομπές CO}_2 = [\text{κατανάλωση καυσίμου, tn}] \times [0,04731 \text{ MJ/tn}] \times [62,44 \text{ tn CO}_2/\text{MJ}] \times 0,99$$

Έτσι, η συνολική ποσότητα CO₂ που καταναλώνεται από την καύση 2,26kg υγραερίου/tn τέφρας, ισούται με: **~1100tn CO₂ /έτος**. Επομένως, το όφελος από την μείωση των εκπομπών του CO₂ είναι **97.900 tn/έτος**, το οποίο ανέρχεται σε ποσοστό ίσο με 0,3% από τις συνολικές εκπομπές CO₂ από την τσιμεντοβιομηχανία.

Πίνακας 6. Ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών και ενεργειακών οφελών από την λειτουργία του εργοστασίου.

	Εκπομπές CO ₂ / έτος (tn/έτος)	Καταναλισκόμενη ενέργεια (MJ/έτος)
Παραγωγή 165.000 tn τσιμέντου ετησίως / έτος	99.000	701.250.000
Παραγωγή 165.000 tn επεξεργασμένη τέφρας / έτος	1.100	91.245.000
Όφελος από την αντικατάσταση του τσιμέντου με τέφρα ανά έτος	97.900	610.005.000

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η λειτουργία της μονάδας επεξεργασίας της ιπτάμενης τέφρας, θα επιφέρει σημαντικά οφέλη στην ευρύτερη περιοχή, και συγκεκριμένα:

- ✓ Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και ευκαιριών απασχόλησης
- ✓ Ενίσχυση της περιφερειακής οικονομίας
- ✓ Θετική επίπτωση στα δημόσια οικονομικά
- ✓ Μείωση του κόστους των κατασκευών
- ✓ Ωθηση στην ανάπτυξη της έρευνας και τεχνολογίας
- ✓ Εξοικονόμηση ενέργειας
- ✓ Και μείωση των εκπομπών CO₂, που ιδιαίτερα μετά την εφαρμογή του πρωτοκόλλου του Κυότο το οποίο τέθηκε σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου του 2006, η μείωση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική για την χώρα μας, μια και θα συμβάλει στην επίτευξη του στόχου της αύξησης των εκπομπών του CO₂ σε ποσοστό όχι μεγαλύτερο από 25% μέχρι το 2010, σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, στόχος που σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη του Αστεροσκοπείου Αθηνών δεν θα επιτευχθεί αλλά θα ξεπεραστεί σημαντικά φτάνοντας η αύξηση στο 39,2%.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. European Commission, “Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC)” Reference Document on Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries, December 2001 (<http://eippcb.jrc.es>).
2. Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, «Greece – National Inventory Report 2005», www.noa.gr.
3. ΕΤΒΑ, «Εγχειρίδιο αξιολόγησης επενδυτικών σχεδίων» Εκδόσεις Παπαζήση, 1985, Αθήνα.
4. Κέντρο Τεχνολογίας και Εφαρμογών Στερεών Καυσίμων - ΚΤΕΣΚ, «Μελέτη Σκοπιμότητας – Βιωσιμότητας του εργοστασίου επεξεργασίας Ιπτάμενης Τέφρας», Σεπτέμβριος 1998, Πτολεμαΐδα.
5. Κουλουμούνδρας Σ. «Μέτρα για τον περιορισμό των εκπομπών θερμοκηπίου: Δικαιώματα εκπομπής ρύπων για τις ελληνικές επιχειρήσεις», «ΔΕΛΤΙΟ» Π.Σ.Δ.Μ.-Η., τεύχος 376, 2005.
6. Παπαγιάννη Ι. «Η χρήση της Ιπτάμενης τέφρας Πτολεμαΐδας στο σκυρόδεμα και στα προϊόντα σκυροδέματος», Πρακτικά Διημερίδας: «Χρήση της Ιπτάμενης Τέφρας στις Κατασκευές», Κοζάνη 3 – 4 /10/1987.
7. Τσίμας Σ., Μουτσάτσου-Τσίμα Α., «Εμπειρία από τη μονάδα άλεσης – κατεργασίας τέφρας στην Πτολεμαΐδα», Πρακτικά Διημερίδας: «Χρήση της Ιπτάμενης Τέφρας στις Κατασκευές», Κοζάνη 3 – 4 /10/1987.