

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΤΑΜΕΝΗΣ ΤΕΦΡΑΣ ΔΕΗ ΟΥΤΟΠΙΑ Η ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ;

Σ. Τσίμας, Α. Μουτσάτσου - Τσίμα

Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Η Ελληνική τέφρα υψηλής περιεκτικότητας σε ασβέστιο (HCFA), μολονότι δεν εμπίπτει στις σχετικές Ευρωπαϊκές προδιαγραφές, μπορεί να εξασφαλίσει ικανοποιητική απόδοση για το τελικό προϊόν όταν χρησιμοποιηθεί κατάλληλα. Υπάρχουν συγκεκριμένες τεχνολογίες και τεχνικές προς διαχείριση του συγκεκριμένου παραπροϊόντος, που αποσκοπούν κύρια στην υπερπήδηση των προβλημάτων που συνδέονται με τα εγγενή χαρακτηριστικά του. Οι σημαντικότερες που προτείνονται και αναλύονται στα πλαίσια της εργασίας είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα προεπιλογής της τέφρας, η αξιολόγηση του χονδρόκοκκου κλάσματος αυτής και η περαιτέρω άλεση ταυτόχρονα με μερική ενυδάτωση της. Ο διαχωρισμός του χονδρόκοκκου κλάσματος της ασβεστούχου τέφρας και η ενσωμάτωση του μετά από περαιτέρω άλεση σε συστήματα τσιμέντου και σκυροδέματος βελτιώνουν το τελικό προϊόν. Η αναβαθμισμένη απόδοση του εν λόγω κλάσματος αποδίδεται πρώτιστα στις διαφορές στην χημική τους σύσταση (σε σχέση με την αρχική τέφρα), πρώτιστα στο πλεόνασμα των ενεργών πυριτίου και αλούμινας, οι οποίοι είναι οι βασικοί εκφραστές της ποζολανικής του δράσης.

Λέξεις κλειδιά: ασβεστούχος τέφρα, σύνθετα τσιμέντα, ενεργό πυρίτιο, συντελεστής αποδοτικότητας

MANAGEMENT OF HELLENIC FLY ASHES

S. Tsimas, A. Moutsatsou-Tsima

School of Chemical Engineering, National Technical University of Athens

ABSTRACT: HCFA thought not in compliance with relating standards, can ensure excellent performance for the final product when properly used. There are some techniques in order to manage HCFA and overcome their difficulties associated with their nature. These techniques comprise their pre selection, the evaluation of the properties of their coarse fraction or finally their grinding with simultaneous hydration. The separation of the coarse fraction of HCFA and its addition after grinding in cements and concretes seems to be very advantageous. This superiority of the coarser fraction is attributed to the differences in the chemical composition of the samples, mostly to the excess of active silica and alumina which are the main carriers of the pozzolanic reactions.

Keywords: high-calcium fly ash, blended cement, reactive silica, efficiency factor

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι ερευνητικά αποδεδειγμένο και παγκοσμίως αποδεκτό ότι οι Ιπτάμενες τέφρες που προκύπτουν από την καύση ορυκτών ανθράκων διαφόρων γεωλογικών περιόδων έχουν θετική επίπτωση όταν συνεργάζονται με το σκυρόδεμα είτε ως ξεχωριστά υλικά προστιθέμενες στον αναμικτήρα είτε ως συστατικά στους προβλεπόμενους από τους κοινοτικούς ή Εθνικούς κανονισμούς τύπους τσιμέντων. Εκτός από την οικονομική διάσταση που έχει μια τέτοια προσθήκη, επιπλέον οι ιπτάμενες τέφρες:

- Βελτιώνουν σημαντικά πολλές ιδιότητες τόσο του νωπού όσο και του σκληρυμένου σκυροδέματος
- Συντελούν σε σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας καθόσον αντικαθιστούν το κλίνκερ του τσιμέντου Πόρτλαντ το οποίο είναι ένα σημαντικά ενεργειακά αναβαθμισμένο υλικό
- Συντελούν σε σημαντική μείωση των εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα.
- Συντελούν στην μείωση των περιβαλλοντικών προβλημάτων που οφείλονται τόσο από την διακίνηση της Ιπτάμενης τέφρας όσο και από την απόθεση στον τόπο των ορυχείων των μη αξιοποιούμενων ποσοτήτων τεφρών

Με βάση αυτή τη θετική συνεισφορά των τεφρών, παρατηρείται τα τελευταία χρόνια μία συνεχής προσπάθεια σε παγκόσμια κλίμακα για την αύξηση του ποσοστού αξιοποίησης τόσο των ΙΤ όσο και των άλλων παραπροϊόντων από σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που είναι περισσότερο γνωστά ως Coal Combustion Products ή (CCPs). Ειδικότερα για την Ευρώπη και όσον αφορά στις τέφρες, το ποσοστό αξιοποίησης πλέον ανέρχεται στο 46% (ενώ στην Γερμανία και την Ολλανδία προσεγγίζει το 100%) γεγονός που σημαίνει ότι στην Ευρώπη από ένα σύνολο παραγομένων τεφρών της τάξης των 40-45 Mt αξιοποιούνται περίπου 18.2 Mt τεφρών. Τα αντίστοιχα Ελληνικά δεδομένα είναι: Παραγωγή 11.5-12 Mt και αξιοποίηση μόνο 1,1 Mt, το ποσοστό δηλαδή της αξιοποιούμενης τέφρας στην Ελλάδα είναι πολύ μικρό της τάξης του 10%. Τίθεται επομένως στο σημείο αυτό ένα καίριο ερώτημα.. Γιατί οι Ελληνικές ΙΤ, ενώ συμβάλλουν ουσιαστικά στο σύνολο των παραγομένων στην ΕΕ ιπταμένων τεφρών (~ 30%), έχουν πολύ μικρό ποσοστό αξιοποίησης (~ 6%)? Η απάντηση προκύπτει από συνδυασμός των τεσσάρων παρακάτω αναφερόμενων επιμέρους δεδομένων :

- Στη διαφορετική ποιότητα των προς καύση ανθράκων με αποτέλεσμα σε κάθε χώρα να παράγονται διαφορετικές ποσότητες τεφρών. Αυτό σημαίνει ότι χώρες με άνθρακες παλαιότερης γεωλογικής περιόδου που έχουν λίγα ανόργανα συστατικά, παράγουν μικρότερες ποσότητες τέφρας
- Στην διαφοροποιημένη σύσταση των τεφρών. Είναι γεγονός ότι οι τέφρες χαμηλού ποσοστού ασβεστίου, LCFA {CaO (<10%)} όπως είναι οι πυριτικές τέφρες οι ή οι τύπου F κατά ASTM καλύπτονται σε μεγαλύτερο ποσοστό από τα υπάρχοντα διεθνή πρότυπα (κυρίως το EN 450-1) και ως εκ τούτου έχουν μεγαλύτερα ποσοστά χρησιμοποίησης τους κυρίως σε πάσης φύσης δομικές εφαρμογές.
- Στην μη ύπαρξη εθνικών προδιαγραφών που να καλύπτουν μέρος των απορριπτόμενων κατά τύπους ιπταμένων τεφρών ή να προδιαγράφουν ειδικότερες χρήσεις αυτών.
- Στην μη ανάπτυξη ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης των παραγομένων τεφρών.

Στην Ελλάδα αυτή την στιγμή δεν ικανοποιείται καμία από τις ως άνω τέσσερις προϋποθέσεις που θα οδηγούσαν στην αύξηση του ποσοστού αξιοποίησης των τεφρών. Έτσι: ι) καίμε λιγνίτες με μεγάλο ποσοστό ανοργάνων που οδηγούν στην παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων τεφρών, ιι) οι τέφρες μας και των δύο πεδίων χαρακτηρίζονται ως τέφρες υψηλών ασβεστίων, άρα δεν καλύπτονται από τα υπάρχοντα πρότυπα, ιιι) δεν έχει υιοθετηθεί ακόμη από την Πολιτεία το

έτοιμο σχέδιο προδιαγραφών που θα οδηγούσε σε σημαντική αύξηση του εύρους των εφαρμογών της και iv) δεν υπάρχει σχέδιο διαχείρισης καίτοι είναι μελετημένα σε εργαστηριακή αλλά και σε κλίμακα εφαρμογών πολλά σχετικά εργαλεία. αντιμετώπισης των ιδιαιτεροτήτων των Ελληνικών ιπταμένων τεφρών.

Η παρούσα εισήγηση αντιμετωπίζει περισσότερο την τελευταία αυτή περίπτωση.

ΟΙ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΙΠΤΑΜΕΝΕΣ ΤΕΦΡΕΣ

Οι ετησίως παραγόμενες ποσότητες Ελληνικών CCPs παρουσιάζονται στον πίνακα 1 όπου και φαίνεται ότι οι Ιπτάμενες τέφρες εκτιμώνται σε 11.5-12 εκατ. τόνους από τους οποίους το μεγαλύτερο ποσοστό (>80%), προέρχονται από την περιοχή μεταξύ Κοζάνης και Πτολεμαΐδας, όπου συγκεντρώνονται και οι περισσότεροι ατμοηλεκτρικοί σταθμοί της ΔΕΗ.

Πίνακας 1. Ετήσια παραγωγή (t) τεφρών και FGD Gypsum από τους ΑΗΣ της ΔΕΗ

ΑΗΣ	Ιπτάμενες τέφρες	Υγρές τέφρες	FGD Gypsum
Πτολεμαΐδα	1.100.000	35.000	
Καρδιά	2.750.000	87.000	
Αμόνταιο-Φιλώτας	1.700.000	260.000	
Αγ. Δημήτριος	3.700.000	200.000	
Φλώρινα	720.000	9.000	280.000
Σύνολο Β. Πεδίου	9.970.000	591.000	
Μεγαλόπολη	2.000.000	500.000	800.000
ΣΥΝΟΛΟ	11.970.000	1.091.000	1.080.000

Όπως αναφέρθηκε από τις ποσότητες αυτές των ιπταμένων τεφρών αξιοποιείται από την τσιμεντοβιομηχανία ένα ποσοστό της τάξης του 10%, ενώ οι μη αξιοποιούμενες ποσότητες (δηλαδή στην ουσία το 90% περίπου), οδηγούνται με ταινιόδρομους στις αποθέσεις των λιγνιτωρυχείων και κατά μία εκδοχή συμβάλλουν με τον τρόπο αυτό στη σταθεροποίηση των πρανών και στην πλήρωση των κενών που δημιουργούνται από την εξόρυξη του λιγνίτη, ενώ κατά μία άλλη εκδοχή επιβαρύνουν το ήδη υποβαθμισμένο περιβάλλον των περιοχών με μία ακόμα εστία ρύπανσης. Επιπλέον το κόστος μεταφοράς και απόθεσης της τέφρας δεν είναι αμελητέο και όταν αυτό γίνεται με φορτηγά φθάνει το 1€/τόνο.

Το ερώτημα που τίθεται επιτακτικά είναι:

Πως μπορεί να αυξηθεί το πολύ μικρό αυτό ποσοστό?

Για να απαντηθεί αυτό και να προταθεί ένα αποτελεσματικό σύστημα διαχείρισης των Ελληνικών ιπταμένων τεφρών θα πρέπει σε πρώτη φάση να αναλυθούν οι ιδιαιτερότητες τους. Σε προηγούμενες μελέτες είχαν επισημανθεί τα προβλήματα που εμφανίζουν οι Ελληνικές Τέφρες και είχαν προταθεί και εφαρμοσθεί επιτυχώς, σε κλίμακα έργου, τρόποι αντιμετώπισης των. Σε συνοπτική μορφή τα προβλήματα αυτά, τα οποία αυτομάτως θέτουν τις Ελληνικές τέφρες εκτός των ισχυουσών Ευρωπαϊκών προδιαγραφών, έχουν ως εξής:

Οι υψηλές τιμές οξειδίου του ασβεστίου. Είναι χωρίς αμφιβολία το σημαντικότερο τους πρόβλημα που οδηγεί στο να υπαχθούν στην κατηγορία των HCFA και τις θέτει εκτός

προδιαγραφών του ισχύοντος Ευρωπαϊκού Προτύπου EN 450-1, καθόσον οι υψηλές τιμές συνολικού οξειδίου του ασβεστίου συνεπάγονται αντίστοιχα υψηλές τιμές κυρίως του ελεύθερου οξειδίου του ασβεστίου (CaO_f) αλλά και του δραστικού οξειδίου του ασβεστίου $\text{CaO}_{\text{react}}$

Ως ελεύθερο οξείδιο του ασβεστίου θεωρείται το κλάσμα εκείνο του συνολικού οξειδίου του ασβεστίου που δεν είναι ενωμένο με κάποιο άλλο οξείδιο στην τέφρα. Αυτό αποτελεί αποφασιστικό παράγοντα για την καταλληλότητα ή μη μιας τέφρας καθόσον η ενυδάτωσή του εκτός από προβλήματα διογκώσεων, επιφέρει και σημαντικές θερμοκρασιακές αυξήσεις που είναι και ανεπιθύμητες. Οι υψηλές τιμές ελεύθερου οξειδίου του ασβεστίου αποτελούν πρόβλημα περισσότερο για τις τέφρες Πτολεμαΐδας, ενώ οι ΙΤΜ εμφανίζουν σε μικρότερη έκταση ανάλογο πρόβλημα.

Η ανομοιογένεια της ακατέργαστης τέφρας. Είναι γεγονός ότι οι τέφρες ως παραπροϊόντα μιας βασικής διεργασίας όπως είναι η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος έχουν ως εγγενή τους ιδιότητα την ανομοιογένεια τόσο ως προς την χημική, όσο και ως προς την ορυκτολογική τους σύσταση, με άμεση επίπτωση την διαφοροποίηση στην εκδήλωση των ιδιοτήτων τους ως δομικών υλικών. Η ανομοιογένεια αυτή σχετίζεται με παράγοντες που αποδίδονται στην προέλευση του λιγνίτη, με παράγοντες που αποδίδονται στις συνθήκες καύσης και με παράγοντες που σχετίζονται με τα διατιθέμενα μέσα συλλογής της. Το πρόβλημα αυτό εμφανίζεται το ίδιο έντονο στις τέφρες και των δύο πεδίων (Βόρειο και Νότιο).

Η ανάγκη για συμπληρωματική άλεση. Η ανάγκη για συμπληρωματική, αλλά όχι εξαντλητική, άλεση πηγάζει από το γεγονός ότι οι τέφρες εκδηλώνουν τις ποζολανικές αλλά και τις υδραυλικές ιδιότητες τους όταν είναι μικρότερες των 45 μm . Κάτω από αυτό το μέγεθος συγκεντρώνεται το δραστικό τους κλάσμα, ενώ στο χονδρόκοκκο υλικό συγκεντρώνεται ο άκαυστος άνθρακας του οποίου το ποσοστό πρέπει επίσης να ελέγχεται. Θα πρέπει να σημειωθεί στο σημείο αυτό ότι οι Ελληνικές τέφρες δεν έχουν πρόβλημα άκαυστου άνθρακα και όλες emπίπτουν μέσα στις απαιτήσεις που θέτουν οι προδιαγραφές για την απώλεια πύρωσης. Το πρόβλημα αυτό εμφανίζεται περισσότερο έντονο στις τέφρες Μεγαλόπολης που παρουσιάζονται πιο χονδρόκοκκες, αλλά και οι τέφρες Πτολεμαΐδας απαιτούν συμπληρωματική άλεση.

Οι ενίοτε εμφανιζόμενες υψηλές τιμές θεικών. Το υψηλό ποσοστό θεικών (SO_3) που κατά καιρούς εμφανίζεται, είναι άμεσα συνυφασμένο τόσο με την προέλευση των λιγνιτών, όσο και με τις συνθήκες καύσης καθόσον δεσμεύεται με το CaO . Τα θειικά πρέπει να ελέγχονται καθόσον, άνω κάποιου οριακού ποσοστού, έχουν αντίστοιχη με αυτή στο τσιμέντο δυσμενή επίπτωση. Οι ΙΤ ανάλογα με τον σταθμό στον οποίο παράγονται, εμφανίζουν σημαντική διαφοροποίηση όσον αφορά τον συγκεκριμένο παράγοντα. Συγκεκριμένα, όσον αφορά τον ΑΗΣ Μεγαλόπολης (πίνακας 3) οι τέφρες που προκύπτουν στον ΑΗΣ Β εμφανίζουν κατά καιρούς ιδιαίτερα αυξημένα ποσοστά θεικών, γεγονός που καθιστά την αξιοποίηση τους προβληματική έως αδύνατη. Αντίθετα, στον ΑΗΣ Α, τα θειικά των τεφρών περιορίζονται εντός των ορίων του EN 450-1 (<3%). Στην Πτολεμαΐδα εμφανίζονται κατά περιόδους υψηλές τιμές γεγονός που καθιστά επιτακτική την προεπιλογή των τεφρών για την οποία θα αναφερθούμε στην συνέχεια (§ 1.5.2).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι Ελληνικές Ιπτάμενες τέφρες δεν εμφανίζουν το πρόβλημα της αυξημένης απώλειας πύρωσης που εμφανίζεται στις περισσότερες Ευρωπαϊκές τέφρες.

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΙΠΤΑΜΕΝΩΝ ΤΕΦΡΩΝ

Για άρση των προβλημάτων που αναφέρθηκαν προηγουμένως και με γνώμονα την αύξηση του ποσοστού αξιοποίησης των τεφρών είναι απαραίτητη η θέσπιση προδιαγραφών για τις Ελληνικές υψηλού ασβεστίου τέφρες. Με εφελτήριο τις προδιαγραφές αυτές γίνεται ανάλυση στην συνέχεια των υπαρχουσών τεχνικών (εργαλεία) οι οποίες θα συντείνουν στην ορθολογικότερη διαχείριση των τεφρών ούτως ώστε να ενταχθούν είτε στις κατηγορίες που προβλέπονται στο Ελληνικό Σχέδιο προτύπου είτε ακόμη να συμμορφωθούν με το EN 450-1. Τα εργαλεία αυτά είναι τα εξής:

- Η προεπιλογή των τεφρών
- Η άλεση με την ταυτόχρονη μερική ενυδάτωση των τεφρών
- Η αξιοποίηση των μεγαλύτερου μεγέθους κόκκων των τεφρών
- Η επιλεκτική μερική αξιοποίηση τεφρών με υψηλά θειικά στην θέση της φυσικής γύψου

Με ένα συνδυασμό των ως άνω εργαλείων είναι δυνατό να μειωθεί σημαντικά το ποσοστό των απορριπτόμενων ιπταμένων τεφρών.

Αναλυτικά τα εργαλεία αυτά έχουν ως εξής:

Η προεπιλογή των τεφρών

Είναι το πρώτο βήμα μίας ολοκληρωμένης αντιμετώπισης τους για οποιαδήποτε εφαρμογή τους και ιδιαίτερα για αυτές στο τσιμέντο και στο σκυρόδεμα. Άμεσος στόχος τέτοιων συστημάτων προεπιλογής είναι να εντοπισθούν και να απομακρυνθούν ποιότητες τεφρών που έχουν είτε υψηλό ελεύθερο CaO είτε υψηλές τιμές SO₃. Με βάση την εμπειρία που αποκτήθηκε κατά την διάρκεια κατασκευής του φράγματος η προεπιλογή στηρίζεται σε τρεις διακριτές ενέργειες: 1) εγκατάσταση συστημάτων συνεχούς δειγματοληψίας σε προεπιλεγέντα σιλό αποθήκευσης τέφρας, 2) προσδιορισμό με σύγχρονες αναλυτικές τεχνικές των περιεχομένων ελCaO και SO₃ και 3) συλλογή και ανάμειξη των κατάλληλων ποιοτήτων τεφρών. Για το σύνολο αυτών των τριών ενεργειών υπάρχει τόσο η εμπειρία, όσο και ο εξοπλισμός που συνίσταται:

- ι) από τα συστήματα αυτόματης παραλαβής, ανά τακτά χρονικά διαστήματα τέφρας (πχ κάθε δύο ώρες), από την τροφοδοσία των σιλό αποθήκευσης της (κν. κλέφτες)
- ii) από τα, υπάρχοντα στο εργαστήριο της μονάδας άλεσης-κατεργασίας τέφρας στην Πτολεμαίδα, αναλυτικά όργανα προσδιορισμού ελCaO και SO₃ και
- iii) από τα 6 σιλό των 500t το καθένα, που ευρίσκονται στην Πλατανόβρυση και τα οποία χρησιμοποιήθηκαν με μεγάλη επιτυχία για την επιπλέον ανάμειξη της τέφρας πριν την εφαρμογή της στο μίγμα των υλικών του φράγματος. Τα σιλό αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την διαχείριση της τέφρας που θα χρησιμοποιηθεί στις ειδικές χρήσεις.

Με την προεπιλογή επιτυγχάνεται η συγκέντρωση και φύλαξη των κατάλληλων ποιοτήτων τεφρών διότι, όπως προαναφέρθηκε, χαρακτηριστική ιδιότητα των τεφρών είναι η ανομοιογένεια. Όταν λοιπόν, μέσα από την διαδικασία που περιγράφηκε προηγουμένως, διαπιστωθεί ότι το σιλό της τέφρας μίας μονάδας ενός ΑΗΣ τροφοδοτείται με «καλής» ποιότητας τέφρα, αυτή συγκεντρώνεται στα 6 σιλό διαχείρισης της τέφρας και είτε συντροφοδοτείται για μία χρήση με μία άλλη, ήσσονος ποιότητας τέφρα, είτε αναμιγνύεται περαιτέρω δεδομένης της δυνατότητας ομοιογένειας που έχουν τα 6 αυτά σιλό.

Η άλεση με την ταυτόχρονη μερική ενυδάτωση των τερφών

Με το «εργαλείο» αυτό αντιμετωπίζεται τόσο το πρόβλημα της απαίτησης σε αυξημένη λεπτότητα των τερφών, όσο και αυτό της ανάγκης για μείωση του ελCaO αυτών. Το υπάρχον συγκρότημα άλεσης κατεργασίας τέφρας που κατασκευάστηκε για αυτό το σκοπό σε χώρο αμέσως πίσω από τον ΑΗΣ Πτολεμαΐδας απετέλεσε και αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επιτυχή εφαρμογή της τέφρας Πτολεμαΐδας, ως βασικό δομικό υλικό για την κατασκευή του φράγματος της Πλατανόβρυσης. Τα κατασκευαστικά του στοιχεία και λεπτομέρειες από τον τρόπο λειτουργίας του έχουν αναφερθεί σε μία σειρά σχετικές δημοσιεύσεις. Ο μύλος καθόλο το διάστημα της 19μηνιας παραγωγής της τέφρας ανταποκρίθηκε με επιτυχία χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα και η παραγωγή του για τις απαιτήσεις που είχε θέσει η ΔΕΗ για το φράγμα ήταν περί τους 20-21 t/h. Είναι προφανές ότι:

- ι) ο μύλος μπορεί να ανταποκριθεί σε οποιαδήποτε διαφοροποίηση της κοκκομετρίας της τροφοδοσίας στα πλαίσια πάντοτε που κινούνται οι κοκκομετρίες των τερφών
- ιι) έχει ευελιξία να δώσει λεπτότερο ή χονδρότερο προϊόν με αντίστοιχη μεταβολή της παραγωγής και
- ιιι) το συγκρότημα έχει την δυνατότητα να λειτουργήσει με ή χωρίς τον ψεκάσμο του ανάλογα με το εάν επιδιώκεται ή όχι μείωση του ελ CaO. Τέλος με τροποποίηση της κοκκομετρίας των αλεστικών σωμάτων ο μύλος μπορεί να ανταποκριθεί και σε αλέσεις άλλων, εκτός της τέφρας, υλικών.

Η αξιοποίηση των μεγαλύτερου μεγέθους κόκκων των τερφών

Αποτελεί μία νέα και φθηνή προτεινόμενη αντιμετώπιση του προβλήματος της μείωσης των απορριπτόμενων ποσοτήτων ΙΤ και στοχεύει στην αξιοποίηση κοκκομετρικών κλασμάτων τερφών μέσω της μείωσης τόσο του ελ CaO όσο και των θεικών. Ενώ δηλαδή μία τέφρα στο σύνολό της χαρακτηρίζεται ως ακατάλληλη, κάποια κοκκομετρικά της κλάσματα και στην συγκεκριμένη περίπτωση τα χονδρόκοκκα από αυτά μπορούν να αξιοποιηθούν. Αυτή η παρατήρηση στηρίζεται στο γεγονός ότι τα χονδρόκοκκα κλάσματα περιέχουν περισσότερο άμορφο πυρίτιο (που είναι ο κύριος φορέας εκδήλωσης των ποζολανικών αντιδράσεων) από τα λεπτόκοκκα. Εάν λοιπόν με κάποια διάταξη αεροδιαχωρισμού απομακρυνθούν οι μικρότεροι των 45μm κόκκοι, το χονδρόκοκκο κλάσμα που απομένει (50-60% του συνολικού) μετά την άλεση του είναι δυνατό να αξιοποιηθεί. Αυτά παρουσιάζονται και στον πίνακα 2 όπου φαίνεται ότι δεν υπάρχει πρόβλημα αύξησης της ΑΠ στα χονδρόκοκκα κλάσματα σε τιμές εκτός των τιθέμενων ορίων.

Η επιλεκτική μερική αξιοποίηση τερφών με υψηλά θειικά στην θέση της φυσικής γύψου

Η δυνατότητα αυτή προέρχεται από τελευταίες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στο εργαστήριο Ανόργανης και Αναλυτικής Χημείας του ΕΜΠ και συντείνει στο να αξιοποιηθούν εκείνες οι τέφρες που διαθέτουν υψηλά θειικά τα οποία αυτομάτως θα τις έθεταν εκτός των προδιαγραφών. Σύμφωνα λοιπόν με την εμπειρία μας είναι δυνατό να παρασκευασθούν απολύτως αποδεκτά σύνθετα τσιμέντα με αντικατάσταση 20-30% κ.β. κλίνκερ από υψηλών θεικών (SO₃ =6.7%). ιπτάμενη τέφρα η οποία στην προκειμένη περίπτωση εξυπηρετεί και ως ποζολάνη και ως φορέας θεικού ασβεστίου. Τόσο οι χρόνοι πήξης όσο και οι αντοχές παρουσίασαν τιμές απολύτως συγκρίσιμες με αυτές του δείγματος αναφοράς (τσιμέντο με γύψο και χωρίς τέφρα).

Πίνακας 2 Χημική σύσταση και κύρια φυσικά χαρακτηριστικά
ΙΤΠ και κοκκομετρικών της κλασμάτων

	ΙΤΠ	Χονδρόκοκκο	Λεπτόκοκκο
CaO	29.79	21.02	33.02
CaO _f	4.05	2.36	4.45
CaO _{re} ^a	25.13	16.35	27.43
SiO ₂	36.92	42.79	33.50
SiO _{2re} ^a	29.13	32.46	26.49
Al ₂ O ₃	13.50	14.92	11.80
Fe ₂ O ₃	7.06	5.82	5.70
MgO	2.69	3.32	3.43
SO ₃	5.10	3.09	8.79
Na ₂ O	0.92	0.74	0.71
K ₂ O	0.50	0.56	0.61
LOI	4.36	4.66	4.01
γ_s^d	78.90	75.86	79.07
IR (%) [*]	14.52	15.69	10.40
Glass content. S ^b (%)	85.48	84.31	89.60
Blaine Fineness (cm ² /g)	5.450	5.420	5.250
Specific Gravity	2.80	2.92	2.78

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα προηγούμενα είναι σαφές ότι τα προβλήματα που εμφανίζουν οι Υψηλού ασβεστίου Ελληνικές Ιπτάμενες τέφρες είναι σε μεγάλο βαθμό αντιμετωπίσιμα.. Μέσα από δοκιμασμένες και καθόλου δαπανηρές διεργασίες είναι δυνατό να αξιοποιηθεί σημαντικά μεγαλύτερο ποσοστό τεφρών που μπορεί να φθάσει έως και διπλασιασμός της αξιοποιούμενης σήμερα ποσότητας τέφρας.

Είναι ουτοπικό να ισχυρισθεί κανείς ότι μπορεί να αξιοποιηθεί το σύνολο των τεφρών και όπως φαίνεται είναι αδύνατον να παύσουν να αποτίθενται τέφρες όπως γίνεται σήμερα. Οι ενέργειες όμως που στοχεύουν στην μείωση των ποσοτήτων αυτών με την παράλληλη αύξηση του ποσοστού των χρήσεων των ιπταμένων τεφρών, δείχνουν να αποτελούν ένα απόλυτα ρεαλιστικό στόχο. Ο διαφαινόμενος τουλάχιστον διπλασιασμός της ποσότητας της αξιοποιούμενης τέφρας, μόνο από την χρήση της ως δομικό υλικό (χωρίς να συμπεριλαμβάνονται οι εφαρμογές της σε έργα οδοποιίας) εκτιμάται ότι πρέπει να αποτελέσει κίνητρο για την ΔΕΗ η οποία πρέπει να στραφεί για την προώθηση των χρήσεων της τέφρας με την αξιοποίηση των εργαλείων διαχείρισης που εκτέθηκαν στην εργασία.