

Συντάχθηκε από το ΤΕΕ και εν συνεχεία εγκρίθηκε από το ΥΠΕΧΩΔΕ η Εθνική Τεχνική Προδιαγραφή για τις «Ελληνικές Ιπτάμενες Τέφρες». Η εκμετάλλευση της τέφρας είναι σκόπιμη για χρήση στο σκυρόδεμα και τα προϊόντα του σκυροδέματος ως πρόσμεικτο. Το ΤΕΕ αξιοποίησε τη σωρευμένη ερευνητική εμπειρία μισού αιώνα χρήσης των ελληνικών τεφρών στο σκυρόδε-

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΑΡΓΥΡΗΣ ΔΕΜΕΡΤΖΗΣ

μα και τα αποτελέσματα από τις επιτυχείς πιλοτικές εφαρμογές του συγκεκριμένου προϊόντος στην κατασκευή οδοστρωμάτων και προκατασκευασμένων στοιχείων σκυροδέματος και κατάρτισε σύγχρονες προδιαγραφές. Η χρήση των ιπτάμενων τεφρών υπαγορεύεται από λόγους τόσο οικονομικούς όσο και περιβαλλοντικούς, αφού είναι σύμφωνη με τις αρχές της αειφόρου και βιώσιμης ανάπτυξης. Η προγραμματισμένη κατασκευή μεγάλων έργων υποδομής στην επόμενη δεκαετία στην Ελλάδα είναι δυ-

πρόσμεικτα, αναφέρονται στο πρότυπο για το σκυρόδεμα ΕΛΟΤ EN 206-1:2000 (Concrete – Part 1: Specification, Performance, Production and Conformity).

Η καταλληλότητα των πυρρικών ιπτάμενων τεφρών (με χαμηλή περιεκτικότητα σε ασβέστιο) για τη χρήση τους στο σκυρόδεμα προσδιορίζεται από το πρότυπο

ΕΛΟΤ EN 450-1 (Ιπτάμενη τέφρα για

σκυρόδεμα – Μέρος 1: Ορισμός, προδιαγραφές και κριτήρια συμμόρφωσης). Για τις ασβεστούχες τέφρες, όπου ανήκουν και οι ελληνικές, δεν υπάρχει αντίστοιχο Ευρωπαϊκό Πρότυπο και η δυνατότητα χρησιμοποίησής τους διασφαλίζεται με αυτή την Εθνική Τεχνική Προδιαγραφή που θα προσαρμόζεται στο ΕΛΟΤ EN 206-1:2000.

Πεδίο εφαρμογής

Οι τύποι της τέφρας που προδιαγράφονται στην Εθνική Τεχνική Προδιαγραφή, θα χρησι-



Περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη από τις ιπτάμενες

νατόν να βρει ευρύ πεδίο εφαρμογής.

Ο πρόεδρος ΤΕΕ **Γιάννης Αλαβάνος** απέστειλε στο ΥΠΕΧΩΔΕ το τεύχος της Εθνικής Τεχνικής Προδιαγραφής για τις «Ελληνικές Ιπτάμενες Τέφρες», που συνέταξε η ομάδα ειδικών επισημόνων του ΤΕΕ, καθώς και σχέδιο υπουργικής απόφασης για την έγκρισή της. Εν συνεχεία ο υφυπουργός ΠΕΧΩΔΕ **Θεμιστοκλής Ξανθόπουλος** υπέγραψε την απόφαση (απόφαση αριθ. ΔΙΠΑΔ/οικ. 281/Φ200 (ΦΕΚ 551/Β/18-4-2007), η οποία τίθεται σε εφαρμογή έξι μήνες μετά τη δημοσίευσή της στο Φύλλο της Εφημερίδας της Κυβερνήσεως.

Το σχέδιο αυτής της Εθνικής Τεχνικής Προδιαγραφής συντάχθηκε από Ομάδες Εργασίας του ΤΕΕ και του Τμήματος Δυτικής Μακεδονίας του ΤΕΕ, στο πλαίσιο της προσπάθειας αξιοποίησης της Ελληνικής Ιπτάμενης Τέφρας, τόσο για οικονομικούς όσο και για περιβαλλοντικούς λόγους, στο δομικό τομέα και μετατροπής της από παραπροϊόν καύσης του λιγνίτη των ατμοηλεκτρικών σταθμών της ΔΕΗ σε παραγωγικό προϊόν.

Οι Ελληνικές Ιπτάμενες Τέφρες ανήκουν στην κατηγορία των ασβεστοπυρρικών και ασβεστούχων (πλουσιών σε ασβέστιο) τεφρών.

Η ποσότητα των προσμεικτών που χρησιμοποιούνται στο σκυρόδεμα, η μέθοδος υπολογισμού, οι προϋποθέσεις, ο τύπος του σιμέντου και τα όρια αντικατάστασης του σιμέντου από τα

μπορούνται μόνο σε εφαρμογές αόπλου σκυροδέματος, καθώς επίσης σε κονιάματα και ενέματα.

Ενδεικτικά αναφέρονται περιπτώσεις χρήσης της Ελληνικής Ιπτάμενης Τέφρας, εφό-

Συντάχθηκε από το ΤΕΕ και εγκρίθηκε από το ΥΠΕΧΩΔΕ η εθνική τεχνική προδιαγραφή

σον καλύπτονται από την παρούσα Εθνική Τεχνική Προδιαγραφή:

- Σκυροδέματα μαζικών κατασκευών, π.χ. φράγματα, τεχνητοί ογκόλιθοι λιμενικών έργων, τοίχοι βαρύτητας.
- Σκυροδέματα οδοστρωμάτων ή δαπέδων.
- Στοιχεία σκυροδέματος όπως New Jersey, τριγωνικές τάφροι ή άλλα σχετικά στοιχεία που απαιτούνται στην οδοποιία.
- Προκατασκευασμένα προϊόντα σκυροδέματος όπως κυβόλιθοι, πλάκες επίστρωσης, τσιμεντόλιθοι, άοπλοι σωλήνες, στύλοι περίφραξης, γλάστρες, καθώς και άλλα παρεμφερή προϊόντα.
- Εκτοξευόμενα σκυροδέματα για τη στή-

ριξη πρανών.

- Στηρίξεις αναχωμάτων με διάφορες τεχνικές.
- Διαφραγματικοί τοίχοι ή κατασκευές πασσάλων με χρήση ενεμάτων για βελτίωση ιδιοτήτων εδάφους.
- Σταθεροποίηση εδαφών και βάσεων, υποβάσεων οδοστρωσίας.

2. Σχετικά Πρότυπα

Αναφέρονται κατά σειρά τα σχετικά εναρμονισμένα Ευρωπαϊκά Πρότυπα, το Ισπανικό Πρότυπο (UNE 83420), που είναι το πρώτο Εθνικό Πρότυπο ευρωπαϊκής χώρας, με αντικείμενο τις ασβεστούχες τέφρες, τα Πρότυπα ASTM και τα καναδικά.

Οι Ελληνικές Ιπτάμενες Τέφρες (ΕΙΤ)

Αποτελούν παραπροϊόν των ατμοηλεκτρικών σταθμών με κύριο καύσιμο το λιγνίτη και συλλέγονται στα ηλεκτροστατικά τους φίλτρα. Η ΔΕΗ διαθέτει τέτοιους σταθμούς, που βρίσκονται στην περιοχή λεκανοπεδίου Πτολεμαΐδας και στην περιοχή Μεγαλόπολης με καύσιμο ύλη τα λιγνιτικά κοιτάσματα της κάθε περιοχής αντίστοιχα. Οι ΙΤ είναι άσβεστο - αργιλοπυρρικής σύστασης κόνιες με ποζολανικές ή και υδραυλικές ιδιότητες. Η ετήσια παραγωγή των ελληνικών ΙΤ κυμαίνεται περί τους 11x106 τόνους. Κύρια χαρακτηριστικά των τεφρών είναι:

- Η ανομοιογένεια ή οι διακυμάνσεις στη σύ-



ελληνικές τέφρες

σταση, που οφείλονται στην ποιότητα του λιγνίτη τροφοδοσίας και στις συνθήκες και διαδικασίες καύσης του.

- Η σχετική υψηλή περιεκτικότητα σε ασβέστιο.
- Η κατά περιόδους υψηλή περιεκτικότητα σε θειικά, πάνω από τα επιτρεπόμενα όρια των υπαρχόντων κανονισμών, για υλικά που προστίθενται στο τσιμέντο/ σκυρόδεμα.
- Η λεπτότητα. Το συγκρατούμενο ποσοστό στο κόκκινο των 45 μm κυμαίνεται από 45 έως 60%.

Στα άσπρα σκυροδέματα, με βάση την κτηθείσα εμπειρία και ανάλογα με τις απαιτήσεις που προδιαγράφονται στο έργο ως προς τα μηχανικά χαρακτηριστικά και την ανθεκτικότητα του σκυροδέματος, η ΙΤ μπορεί να αντικαταστήσει το τσιμέντο σε μεγαλύτερα ποσοστά από το ποσοστό του 40%, που θεωρείται οριακό για τη χρήση της στα οπλισμένα σκυροδέματα.

Ωριμες προϋποθέσεις

Η ωριμότητα για τη σύνταξη της τεχνικής προδιαγραφής αυτής υποδηλώνεται επίσης από τα παρακάτω:

- Έχει συσσωρευτεί ερευνητική εμπειρία μισού αιώνα από τη χρήση των ελληνικών τεφρών στο σκυρόδεμα.
- Έχει κατασκευασθεί και λειτουργεί το Φράγμα της Πλατανόβρυσης με κυλινδρούμενο σκυ-

Οι συντελεστές

Υπεύθυνοι για την παρακολούθηση και παραλαβή του σχετικού έργου από το ΤΕΕ ήταν οι **Θ. Δραγκιώτης** Γενικός Γραμματέας Δ.Ε. ΤΕΕ και **Α. Μοροπούλου** Μέλος Δ.Ε. ΤΕΕ. Στην Επιτροπή Σύνταξης της Τεχνικής Προδιαγραφής για τις «Ελληνικές Ιπτάμενες Τέφρες», που συνέστησε το ΤΕΕ συμμετείχαν οι: **Ν. Κοϊμτσίδης** ΠΜ, πρόεδρος ΤΕΕ ΔΤΜ, **Θ. Βουδικλάρης** ΠΜ, πρόεδρος ΙΟΚ, **Νικ. Μαρσέλος** ΠΜ, **Γ. Μπατής** ΧΜ, Καθηγητής ΕΜΠ, **Α. Μουτσάτσου** ΧΜ, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΕΜΠ, **Αντ. Σακελλαρίου**, Δρ. ΠΜ, **Ιωαν. Παπαγιάννης**, ΠΜ και ΧΜ Καθηγητής ΑΠΘ, **Σ. Τσίμας** ΧΜ, Καθηγητής ΕΜΠ.

ρόδεμα (RCC), στο οποίο η συνδετική κονία αποτελούνταν από 80% κατεργασμένη ιπτάμενη τέφρα Πτολεμαΐδας και 20% τσιμέντο CEM I 42,5.

- Έχουν γίνει αρκετές επιτυχείς πιλοτικές εφαρμογές όπως κατασκευή οδοστρωμάτων και προκατασκευασμένων προϊόντων σκυροδέματος.

- Έχει γίνει η προσπάθεια πειραματική εργα-

σία τύπου round robin test στο πλαίσιο έργου που χρηματοδοτήθηκε από το Υπουργείο Βιομηχανίας και ανέλαβε το Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης / Ινστιτούτο Τεχνολογίας και Εφαρμογών Στερεών Καυσίμων (ΕΚΕΤΑ/ΙΤΕΤΣΚ).

- Εδώ και είκοσι πέντε χρόνια, οι ιπτάμενες τέφρες προστίθενται κατά την τελική άλεση στο τσιμέντο Portland για την παραγωγή blended type τσιμέντων. Η προσθήκη αυτή προβλέπεται από το πρότυπο EN 197-1, το οποίο εφαρμόζεται στη χώρα από τις αρχές του 2002.

- Υπάρχει δεδηλωμένο ενδιαφέρον για την αξιοποίηση της τέφρας στη δόμηση από χρήστες/κατασκευαστές δομικών έργων και προϊόντων σκυροδέματος.

- Υπάρχει η συγκυρία της κατασκευής μεγάλων έργων υποδομής στην Ελλάδα (έργα οδοποιίας και παράλληλα έργα) στα επόμενα χρόνια.

- Η χρήση ιπταμένων τεφρών στο δομικό τομέα αποφέρει οικονομία και ενισχύει την πολιτική περιβαλλοντικής μέριμνας που υπαγορεύεται από τις αρχές της αειφόρου και βιώσιμης ανάπτυξης.

Πρότυπα

Ο τρόπος με τον οποίο τα πρόσμεικτα υλικά (mineral additions) χρησιμοποιούνται στο σκυρόδεμα (χυτών επιτόπου ή προκατασκευασμένων στοιχείων), καθώς και στα κονιάματα και ενέ-

ματα σε συνδυασμό με το τσιμέντο προσδιορίζεται από τα αντίστοιχα Ευρωπαϊκά Πρότυπα.

Για το σκυρόδεμα το Ευρωπαϊκό Πρότυπο είναι το ΕΛΟΤ/EN 206-1 (2000) Concrete-Part 1 Specification, Performance/ Production and Conformity. Ειδικότερα, η ποσότητα των προσμείκτων που χρησιμοποιούνται στο σκυρόδεμα, η μέθοδος υπολογισμού, οι προϋποθέσεις, ο τύπος του τσιμέντου και τα όρια αντικατάστασης του τσιμέντου από τα πρόσμεικτα, αναφέρονται στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 206-1, παρ. 5.2.5., καθώς και στο σχετικό εθνικό προσάρτημα.

Η καταλληλότητα των προσμείκτων, στο πλαίσιο του ΕΛΟΤ EN 206-1, θα πιστοποιείται με τη συμμόρφωση των προσμείκτων υλικών στις διατάξεις είτε Ευρωπαϊκής Τεχνικής Έγκρισης (European Technical Approval) είτε Σχετικού Εθνικού Προτύπου (για την εθνική εφαρμογή).

Οι ιπτάμενες τέφρες διακρίνονται ανάλογα με τη σύστασή τους σε πυριτικές (με ποζολανικές ιδιότητες low calcium fly ash) και ασβεστοπυριτικές και ασβεστούχες (πλούσιες σε ασβέστιο - high calcium fly ash ή calcareous fly ash) με ποζολανικές ή/και υδραυλικές ιδιότητες.

Οι ελληνικές ιπτάμενες τέφρες ανήκουν στην κατηγορία των ασβεστοπυριτικών και πλουσίων σε ασβέστιο τεφρών.

Η καταλληλότητα των πυριτικών ιπταμένων τεφρών για τη χρήση τους στο σκυρόδεμα προσδιορίζεται στο πλαίσιο του ΕΛΟΤ EN 206-1 από το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 450-1.

Για τις ασβεστούχες τέφρες δεν υπάρχει Ευρωπαϊκό Πρότυπο και η δυνατότητα χρησιμοποίησής τους διασφαλίζεται με Εθνική Τεχνική Προδιαγραφή, που θα προσαρμόζεται στο ΕΛΟΤ EN 206-1.

Οι ιπτάμενες τέφρες που προδιαγράφονται (όπως και στην περίπτωση των πυριτικών ιπταμένων τεφρών (ΕΛΟΤ EN 450-1) μπορεί να έχουν υποστεί κατεργασία (processing) όπως επιλεκτική συλλογή, ομογενοποίηση, άλεση ή μείωση του ποσοστού ελευθέρως άσβεστου ή άλλη κατεργασία προς βελτίωση των ιδιοτήτων και της αποτελεσματικότητας των υλικών. ■