

Αποτίμηση Κύκλου Ζωής προϊόντων σκυροδέματος με τη χρήση σκωριών χαλυβουργίας

Αλέξανδρος Λιάπης

Υποψήφιος Διδάκτωρ ΑΠΘ, aliapisk@civil.auth.gr

Ελευθέριος Αναστασίου

Επίκουρος Καθηγητής Α.Π.Θ., elan@civil.auth.gr

Μιχαήλ Παπαχριστοφόρου

Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, papchr@civil.auth.gr

Ιωάννα Παπαγιάννη

Καθηγήτρια Α.Π.Θ., papayian@civil.auth.gr

Εκτενής περίληψη

Τα πολλαπλά περιβαλλοντικά ζητήματα που προκύπτουν από την κατασκευαστική δραστηριότητα (υπερκατανάλωση φυσικών πόρων, εκτενείς χρήσεις γης, διαρκώς αυξανόμενοι ρύποι με συνέπειες στο κλίμα), καθιστούν πλέον απαραίτητη την λήψη μέτρων ώστε να διασφαλιστεί η βιωσιμότητα των κατασκευών και η μικρότερη δυνατή επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Η ανάγκη αυτή προκύπτει τόσο από τις σύγχρονες οδηγίες, κανονιστικά πλαίσια και νομοθετήματα, αλλά και από την κοινή λογική, η οποία προστάζει την ύπαρξη σχεδίου δράσης για ασφαλείς κατασκευές με το ελάχιστο δυνατό περιβαλλοντικό ίχνος. Ενώ οι έννοιες τις βιωσιμότητας και αειφορίας, όπως προαναφέρθηκε, συναντώνται συχνά σαν θεωρητικές αναφορές, πιο σπάνιες είναι οι περιπτώσεις που επιδιώκεται η ποσοτικοποίησή τους. Παράδειγμα αποτελεί η εφαρμογή βιομηχανικών παραπροϊόντων ως εναλλακτικών υλικών στη δόμηση, στη δόμηση, με σκοπό την αντικατάσταση συμβατικών υλικών και συνεπώς τη μείωση της κατανάλωσης φυσικών και ενεργειακών πόρων. Ενώ σαν πρακτική είναι αρκετά διαδεδομένη (ειδικά τα τελευταία χρόνια), άποψη των συγγραφέων είναι ότι δεν δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στην ακριβή μέτρηση του οφέλους για το οποίο εφαρμόζεται.

Απαραίτητη βέβαια προϋπόθεση για τη χρήση των εναλλακτικών υλικών αποτελεί η καταλληλότητά τους για χρήση στο σκυρόδεμα καθώς και η δυνατότητα να προσδίδουν πρόσθετα τεχνικά χαρακτηριστικά.

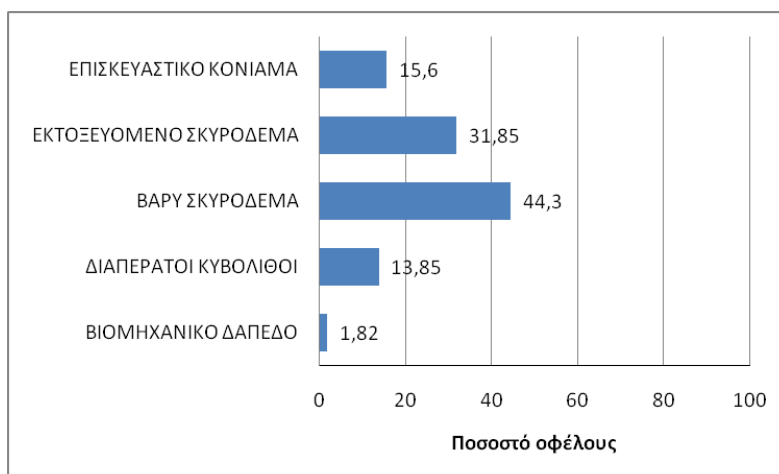
Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να καλύψει όσο το δυνατόν αυτό το κενό, δίνοντας μια ολοκληρωμένη εικόνα της περιβαλλοντικής ταυτότητας διαφορετικών εφαρμογών σκυροδέματος ή κονιαμάτων όπου γίνεται αντικατάσταση κάποιων συμβατικών υλικών με παραπροϊόντα της χαλυβουργίας. Οι εφαρμογές αφορούν την κατασκευή βιομηχανικού δαπέδου (στον Πίνακα 1: ΒΔ1: σύνθεση αναφοράς και ΒΔ2 εναλλακτική σύνθεση), την κατασκευή οδοστρώματος από διαπερατούς κυβόλιθους (ΔΚ1 και ΔΚ2), την παραγωγή βαρέως σκυροδέματος (ΒΣ1, ΒΣ2), την παραγωγή εκτοξευόμενου σκυροδέματος (ΕΣ1, ΕΣ2) και τέλος την παραγωγή επισκευαστικού κονιάματος (ΕΚ1, ΕΚ2). Τα παραπροϊόντα που χρησιμοποιήθηκαν είναι η σκωρία ηλεκτρικού κλιβάνου (Electric Arc Furnace - EAF slag) σε διάφορες διαβαθμίσεις σαν εναλλακτικό αδρανές και η σκωρία κάδου (Ladle Furnace Slag – LFS) σαν εναλλακτική κονία. Η εργασία αυτή βασίζεται στα αποτελέσματα του Ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος συνεργασίας “SLAGPROD”.

Για τον υπολογισμό του περιβαλλοντικού φορτίου των εφαρμογών χρησιμοποιήθηκε η διαδικασία της Αποτίμησης Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment), όπως αυτή περιγράφεται στα πρότυπα ISO 14040-44 (ISO, 2006). Η μεθοδολογία αυτή εφαρμόζεται με τη βοήθεια δεικτών οι οποίοι μεταφράζουν τα διάφορα δεδομένα που σχετίζονται με την περιβαλλοντική επιβάρυνση ή το όφελος που προκαλείται από την πραγματοποίηση των εφαρμογών (κατανάλωση φυσικών πόρων, παραγωγή ρύπων και αποβλήτων, χρήσεις γης κλπ) σε ενιαία μεγέθη τα οποία είναι ευκολότερο να

αξιολογηθούν. Ο δείκτης που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη είναι ο IPCC 2007 GWP, ο οποίος ανάγει τα διάφορα δεδομένα σε ισοδύναμες εκπομπές CO₂. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από Ελληνικές επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται στην παραγωγή δομικών υλικών αλλά και στον κατασκευαστικό κλάδο γενικότερα. Όπου δεν ήταν δυνατή η εύρεση στοιχείων, έγινε χρήση βιβλιογραφίας αλλά και των βιβλιοθηκών του λογισμικού Simapro. Πρέπει να σημειωθεί ότι σχετικά με τα όρια του κύκλου ζωής των εφαρμογών επιλέχθηκε η μορφή “cradle to gate” στην οποία εξετάζονται τα στάδια από την λήψη των πρώτων υλών μέχρι και την παράδοση του τελικού προϊόντος. Αυτό έγινε καθώς πρόκειται για υποθετικές κατασκευές/προϊόντα για τα οποία δεν υπάρχουν στοιχεία για τα επόμενα στάδια του κύκλου ζωής τους (δηλ. χρήση, απόθεση/ανακύκλωση).

Πίνακας 1. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μελέτης για κάθε εφαρμογή (1= αναφοράς) και κάθε στάδιο του κύκλου ζωής

	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΔΑΠΕΔΟ		ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΙ ΚΥΒΟΛΙΘΟΙ		ΒΑΡΥ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ		ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ		ΕΠΙΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟ ΚΟΝΙΑΜΑ	
	ΒΔ1	ΒΔ2	ΔΚ1	ΔΚ2	ΒΣ1	ΒΣ2	ΕΣ1	ΕΣ2	ΕΠ1	ΕΠ2
Μονάδα μέτρησης	kg CO ₂ eq/m ²	kg CO ₂ eq/m ²	kg CO ₂ eq/m ²	kg CO ₂ eq/m ²	kg CO ₂ eq/m ³	kg CO ₂ eq/m ³	kg CO ₂ eq/m ³	kg CO ₂ eq/m ³	kg CO ₂ eq/m ³	kg CO ₂ eq/m ³
Υλικά	92,51	90,57	18,94	16,35	886,07	494,59	440,40	297,40	448,05	377,20
Μεταφορές	1,22	1,16	0,32	0,22	14,6	6,085	5,36	5,37	4,62	4,47
Παραγωγή / Κατασκευή	16,27	16,27	0,25	0,23	2,33	2,33	3,24	3,24	2,33	2,33
Σύνολο	110,00	108,00	19,50	16,80	903,00	503,00	449,00	306,00	455,00	384,00
Συνολικό όφελος (%)	1,82		13,85		44,30		31,85		15,60	



Σχ. 1 Συνολικό όφελος κάθε εφαρμογής σαν ποσοστό του εναλλακτικού σεναρίου επί του σεναρίου αναφοράς

Από τα αποτελέσματα γίνεται κατανοητό ότι η χρήση των συγκεκριμένων παραπροϊόντων αποδίδει όφελος σε όλες τις εφαρμογές. Αν λάβουμε υπ' όψη και την επαρκή (και σε μερικές περιπτώσεις βελτιωμένη) μηχανική συμπεριφορά των εναλλακτικών εφαρμογών, αλλά και το ανταγωνιστικό κόστος τους, πρόκειται για μια αξιολογη και ολοκληρωμένη εναλλακτική πρόταση προς την κατεύθυνση της αειφόρου ανάπτυξης.

Βιβλιογραφία

ISO (2006), “Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework (ISO 14040)”

ISO (2006), “Environmental management -- Life cycle assessment -- Requirements and guidelines (ISO 14044)”