

Ημερίδα
Κυκλική Οικονομία
στον
Κατασκευαστικό
Τομέα Το Ευρωπαϊκό
Πρόγραμμα
CO2NSTRUCT



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
HAROKOPIO UNIVERSITY

Εφαρμογή της Κυκλικής Οικονομίας σε Κατασκευαστικά Υλικά

Χριστίνα Χρόνη

Επίκουρη Καθηγήτρια,
Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

12 Ιουνίου 2026



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
HAROKOPIO UNIVERSITY

ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ
& ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ

**Τμήμα Οικονομίας & Βιώσιμης
Ανάπτυξης**

Το Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο είναι ένα δημόσιο Πανεπιστήμιο αφιερωμένο στην προαγωγή της έρευνας και της εκπαίδευσης στους διάφορους τομείς που σχετίζονται με την ποιότητα ζωής.

Η έρευνα που διεξάγεται στο Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο συμβάλλει στην προώθηση της επιστημονικής γνώσης και της κοινωνικής ευημερίας, καθώς και στην ενίσχυση της οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης της χώρας.

Το Πανεπιστήμιο κατατάσσεται 2ο μεταξύ των ελληνικών πανεπιστημίων ως προς τον αριθμό των επιστημονικών δημοσιεύσεων και των ετεροαναφορών (citations) ανά μέλος Διδακτικού και Ερευνητικού Προσωπικού.

**Μερικοί αριθμοί που αποτυπώνουν την
κατάσταση...**

| Παγκοσμίως |

Η κατασκευαστική βιομηχανία ως μέρος του προβλήματος

50% της εξόρυξης
πρώτων υλών
αφορά τις
κατασκευές

35–40% των
παγκόσμιων
αποβλήτων

~37% των
εκπομπών CO₂

Υψηλή κατανάλωση ενέργειας και
νερού

Πηγές:

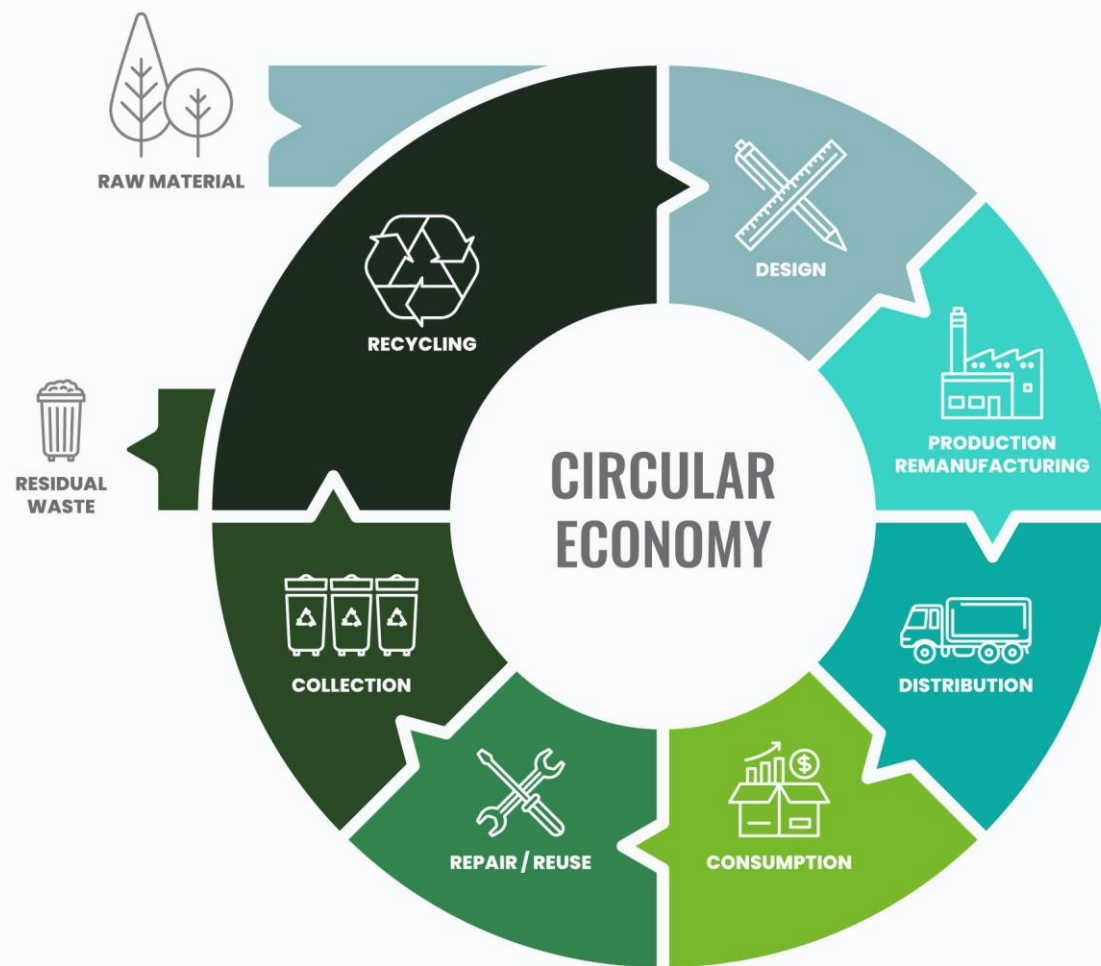
- United Nations Environment Programme (2023). *Building Materials and the Climate*.
- International Energy Agency (2023). *Buildings Sector Report*.
- European Commission (2020). *Circular Economy Action Plan*

Δεν μπορεί να γίνεται συζήτηση για την
Κυκλική Οικονομία χωρίς να αλλάξουμε τον
τρόπο που παράγουμε τα **δομικά υλικά**

| Κυκλική Οικονομία |

Μοντέλο ανάπτυξης, σύμφωνα με το οποίο τα προϊόντα και τα υλικά παραμένουν σε χρήση για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Μέσω είτε της **επαναχρησιμοποίησης**, της **επισκευής**, και της **ανακατασκευής**, είτε της **ανακύκλωσης** για την παραγωγή νέων υλικών ή προϊόντων. αυξάνοντας την προστιθέμενη αξία του σε όλη τη διάρκεια της ζωής του



Τι σημαίνει Κυκλική Οικονομία στα δομικά υλικά;

- ✓ Χρήση δευτερογενών πρώτων υλών
- ✓ Αξιοποίηση βιομηχανικών υποπροϊόντων
- ✓ Σχεδιασμός για αποσυναρμολόγηση
- ✓ Ανακύκλωση μετά το τέλος ζωής
- ✓ Αύξηση διάρκειας ζωής υλικών

Πηγές:

- European Commission. Level(s): European framework for sustainable buildings. ()
- International Organization for Standardization 20887:2020 (Design for disassembly and adaptability)

| Κατηγορίες αποβλήτων που μπορεί να αξιοποιηθούν |

Απόβλητο	Χρήση
C&D Waste	αδρανή
Ιπτάμενη τέφρα	τσιμέντο
Σκωρία χαλυβουργίας	σκυρόδεμα
Γυαλί	κονιάματα
Πλαστικά	ασφαλτικά, πάνελ
Ελαστικά	σκυρόδεμα, οδοποιία
Τέφρα βιομάζας	τσιμέντο
Γεωργικά υπολείμματα	μονωτικά



Πηγές

- European Environment Agency
- RILEM Technical Reports
- European Commission. Construction & Demolition Waste Guidance. ()

Ανακυκλωμένα αδρανή

Κύριες κατηγορίες

Σκυρόδεμα κατεδαφίσεων

Τούβλα

Κεραμίδια

Χρήσεις

Οδοποιία

Νέο σκυρόδεμα

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- ✓ λιγότερη εξόρυξη
- ✓ μικρότερο κόστος
- ✓ λιγότερα απόβλητα

Πηγές:

- Silva et al. (2014). Properties of recycled aggregate concrete.
- Tam et al. (2018). Recycled aggregates in construction.
- RILEM TC-121

Τσιμέντο χαμηλού ανθρακικού αποτυπώματος

Αντικατάσταση κλίνκερ με:

- Ιπτάμενη τέφρα
- Λεπτοαλεσμένη κοκκοποιημένη σκωρία υψικαμίνου (GGBFS)
- Θερμικά ενεργοποιημένη άργιλος (calcined clay)
- Ασβεστολιθικά πληρωτικά

Εκτιμώμενο
αποτέλεσμα:
↓ έως 50% CO₂



Πηγές:

- Scrivener et al. (2018). *Eco-efficient cements*.
- Gartner & Sui (2018). *Alternative cements*.
- Global Cement and Concrete Association Roadmap

Γεωπολυμερή

Ιπτάμενη τέφρα

Λεπτοαλεσμένη σκωρία υψικαμίνου (GGBFS)

Μετακαολίνης

Τα γεωπολυμερή αποτελούν μια νέα κατηγορία ανόργανων συνδετικών υλικών, τα οποία μπορούν να αντικαταστήσουν εν μέρει ή ακόμη και πλήρως το τσιμέντο Portland σε πολλές εφαρμογές.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- Η παραγωγή τους μπορεί να οδηγήσει σε μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 40–80%
- Αναπτύσσουν υψηλές μηχανικές αντοχές,
- Εμφανίζουν εξαιρετική ανθεκτικότητα σε χημική διάβρωση
- Παρουσιάζουν πολύ καλή αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, διατηρώντας τις ιδιότητές τους ακόμη και μετά από έκθεση σε πυρκαγιά.

Πηγές:

Davidovits (2020). *Geopolymer Chemistry and Applications*. | Provis & van Deventer (2014). *Alkali Activated Materials*. | Farooq et al. (2021). *Construction and Building Materials*.

Πλαστικά απόβλητα (1/2)

Τα πλαστικά απόβλητα αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά ζητήματα παγκοσμίως.

Ωστόσο, μπορεί να αποτελέσουν πολύτιμη **δευτερογενή πρώτη ύλη** για την κατασκευαστική βιομηχανία, μειώνοντας τόσο την κατανάλωση παρθένων υλικών όσο και τις ποσότητες αποβλήτων που οδηγούνται σε υγειονομική ταφή ή αποτέφρωση.

Εφαρμογές

Συνθετική ξυλεία

Σύνθετα δομικά πάνελ)

Τροποποίηση ασφαλικών μειγμάτων

Πλαστικά τούβλα

Πηγές:

Saikia & de Brito (2012) } Awoyera & Adesina (2020) | United Nations Environment Programme (Plastic Waste Reports)

Πλαστικά απόβλητα (2/2)

Προκλήσεις

Πυρασφάλεια

Για χρήση σε κτίρια απαιτείται:

- συμμόρφωση με τις ευρωπαϊκές προδιαγραφές πυρασφάλειας,
- χρήση επιβραδυντικών φλόγας όπου απαιτείται,
- αξιολόγηση της συμπεριφοράς τους σε περίπτωση πυρκαγιάς.

Μηχανική αντοχή

- μεταβλητή ποιότητα,
- ανομοιογένεια,
- υποβάθμιση μετά από πολλούς κύκλους ανακύκλωσης

Μικροπλαστικά

- μηχανική φθορά
- υπεριώδης ακτινοβολία,
- γήρανση των υλικών,
- κατεδάφιση ή ανακύκλωση των κατασκευών.

Πηγές:

Saikia & de Brito (2012) } Awoyera & Adesina (2020) | United Nations Environment Programme (Plastic Waste Reports)

Ελαστικά τέλους ζωής (EoLTs)

Εφαρμογές

Τροποποιημένη ασφαλτος με καουτσούκ

Ηχομονωτικά υλικά

Αντικραδασμικά συστήματα

Ελαφρύ σκυρόδεμα με κόκκους ελαστικού

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- ✓ Αξιοποίηση ενός δύσκολα διαχειρίσιμου αποβλήτου
- ✓ Βελτίωση της ηχομόνωσης και της απορρόφησης κραδασμών
- ✓ Μείωση της κατανάλωσης φυσικών αδρανών υλικών
- ✓ Ενίσχυση της κυκλικότητας στον κατασκευαστικό τομέα

Πηγές:

Siddique & Naik (2004) | Thomas et al. (2016) | European Tyre & Rubber Manufacturers' Association

Γεωργικά & οργανικά υπολείμματα

Εφαρμογές

Βιοσύνθετα δομικά υλικά

Δομικά πάνελ και πλάκες επένδυσης

Θερμομονωτικά και ηχομονωτικά υλικά

Προκλήσεις

Μεταβλητότητα των ιδιοτήτων

Πυρασφάλεια

Ανθεκτικότητα στην υγρασία

Τυποποίηση & Πιστοποίηση

Παραδείγματα υπολειμμάτων:
Τέφρα φλοιού ρυζιού (Rice Husk Ash) | Άχυρο σιταριού (Wheat straw) | Κάνναβη (Hemp) | Λινάρι (Flax) | Ίνες καρύδας (Coconut fibers) | Υπολείμματα ελιάς (Olive residues)

Πηγές:

Ashour et al. (2011) | Korjenic et al. (2011) | Fiore et al. (2015)

Βιομηχανικά υποπροϊόντα

Εφαρμογές

Παραγωγή τσιμέντου

Κεραμικά προϊόντα

Τούβλα και δομικά υλικά

Προκλήσεις

Ποιότητα και ομοιομορφία

Περιβαλλοντική ασφάλεια

Νομοθετικό πλαίσιο

Παραδείγματα
υπολειμμάτων:
Κόκκινη λάσπη (Red mud)
| Φωσφογύψος
(Phosphogypsum) | Τέφρες
καύσης (Fly ash & Bottom
ash) | Σκωρία υψικαμίνου
(Blast Furnace Slag –
GGBFS)

- Πηγές:
- Pacheco-Torgal et al. (2013) | Yao et al. (2015) | Ahmaruzzaman (2010)

Περιβαλλοντικά οφέλη

- Μείωση CO₂
- μείωση εξόρυξης
- λιγότερα απόβλητα
- εξοικονόμηση ενέργειας
- μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα

Οικονομικά Οφέλη

- νέα αγορά δευτερογενών υλικών
- νέες επιχειρήσεις
- χαμηλότερο κόστος διάθεσης
- μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στις ελλείψεις πρώτων υλών

| Προκλήσεις |

Τυποποίηση

Πιστοποίηση

Μεταβλητότητα
ποιότητας

Αποδοχή αγοράς

Νομοθετικό πλαίσιο

Τεχνικές προδιαγραφές

| Το μέλλον των κατασκευαστικών υλικών |

Κοινός στόχος: διατήρηση αξίας των υλικών για περισσότερο χρόνο

Αστική εξόρυξη

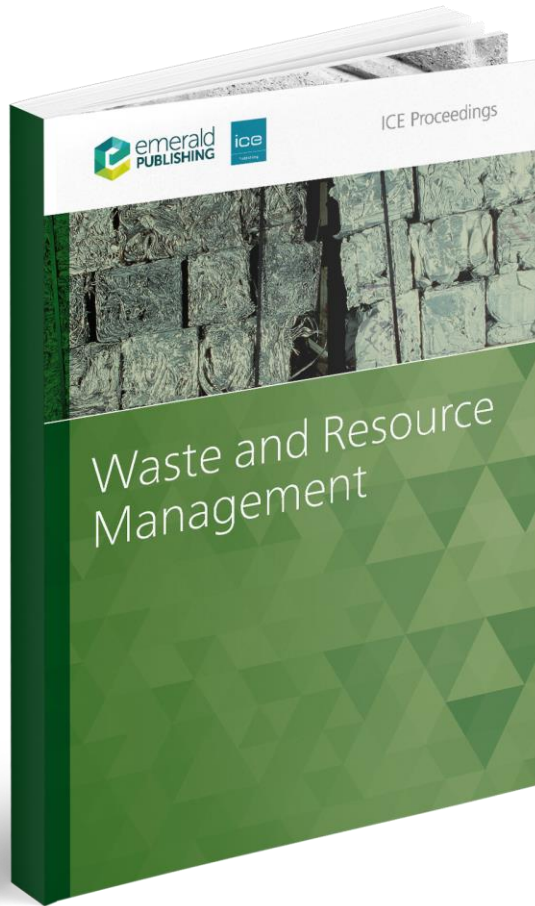
Ψηφιακά Διαβατήρια Υλικών

Σχεδιασμός για Αποσυναρμολόγηση

Τεχνητή Νοημοσύνη στη διαλογή των υλικών

3D εκτύπωση

Υλικά που "δεσμεύουν" CO₂.



Waste and Resource Management

Original research and practice papers on civil engineering aspects of the waste resource management cycle

ISSN 1747-6534

E-ISSN 1747-6534

Editor Christina Chroni

Impact factor 0.8

CiteScore 2.1

<https://www.emeraldgrouppublishing.com/journal/jwarm>





ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
HAROKOPIO UNIVERSITY

chroni@hua.gr

Ευχαριστώ πολύ για
την προσοχή σας!