**ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΟΝΑΔΩΝ ΔΕΣΜΕΥΣΗΣ CO2 ΣΤΗΝ ΤΣΙΜΕΝΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ**

**Θ. Παπαλάς1, Α. Ν. Αντζάρας1,\*, Ε. Ηρακλέους2,3, Χ. Κουρής4, Α. Α. Λεμονίδου1,**

1 Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124, Θεσσαλονίκη

2 Ινστιτούτο Χημικών Διεργασιών & Ενεργειακών Πόρων, Εθνικό Κέντρο Έρευνας & Τεχνολογικής Ανάπτυξης, 6ο χλμ. Χαριλάου - Θέρμης, 57001, Θέρμη, Θεσσαλονίκη

3 Σχολή Επιστήμης & Τεχνολογίας, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος, 14ο χλμ. Θεσ/νίκης - Ν. Μουδανίων, 57001, Θέρμη, Θεσσαλονίκη

4 Ανώνυμη Γενική Εταιρεία Τσιμέντων Ηρακλής, Εργοστάσιο Βόλου, Ε.Ο. Βόλου Νεοχωρίου 1, 38500, Βόλος

*\*aantzara@cheng.auth.gr*

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η βιομηχανία παραγωγής τσιμέντου αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες πηγές CO2, αντιπροσωπεύοντας περισσότερο από το 8% των παγκόσμιων εκπομπών CO2 [1]. Ένα μεγάλο μέρος των εκπομπών της τσιμεντοβιομηχανίας (60%) είναι αναπόφευκτο, καθώς προέρχεται από πύρωση της πρώτης ύλης (ασβεστόλιθου) με την καύση ορυκτών καυσίμων για ενεργειακούς σκοπούς να αντιπροσωπεύει το υπόλοιπο 40% [2]. Η εφαρμογή τεχνολογιών δέσμευσης, χρήσης και αποθήκευσης CO2 μπορεί να αποτρέψει την απελευθέρωση ενός σημαντικού μέρους του στην ατμόσφαιρα. Μεταξύ των τεχνολογιών δέσμευσης, η ενανθράκωση στερεών ροφητικών έχει λάβει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Η αντίδραση ενανθράκωσης είναι ισχυρά εξώθερμη και μπορεί να πραγματοποιηθεί σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο ροφητικό.

Η εργασία αυτή αξιολογεί τη βιωσιμότητα και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα δύο εναλλακτικών τεχνολογιών δέσμευσης CO2. Η συμβατική μέθοδος δέσμευσης μέσω απορρόφησης σε διάλυμα αμίνης (ΜΕΑ) αξιολογείται συγκριτικά με δύο εναλλακτικά σενάρια δέσμευσης μέσω ενανθράκωσης ροφητικών βασισμένων στο MgO και στο CaO. Οι τρεις μονάδες δέσμευσης σχεδιάστηκαν για τις εγκαταστάσεις παραγωγής τσιμέντου της ΑΓΕΤ Ηρακλής. Η προσομοίωση των τριών μονάδων πραγματοποιήθηκε στο λογισμικό Aspen Plus®, με τη βοήθεια του οποίου σχεδιάστηκαν τα διαγράμματα ροής και επιλύθηκαν τα ισοζύγια μάζας και ενέργειας. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε διαστασιολόγηση συσκευών και ακολούθησε πλήρης ανάλυση της οικονομικότητας της κάθε μονάδας δέσμευσης καθώς και η αξιολόγηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος με Ανάλυση Κύκλου Ζωής.

Η οικονομική αξιολόγηση έδειξε ότι η μονάδα δέσμευσης μέσω ενανθράκωσης του CaO κρίνεται η πλέον συμφέρουσα για μια νέα επένδυση, εξαιτίας του μειωμένου λειτουργικού κόστους σε σύγκριση με την συμβατική διεργασία, με αποτέλεσμα ένα κόστος δέσμευσης μικρότερο από 59$/τόνο CO2. Από την άλλη πλευρά, κυρίως λόγω του υψηλού κόστους πρώτης ύλης, η χρήση του MgO έχει ως αποτέλεσμα ελαφρώς υψηλότερο κόστος δέσμευσης, ακόμα και συγκριτικά με την απορρόφηση σε μονοαιθανολαμίνη. Το κύριο μειονέκτημα των διεργασιών χημικής ανάδρασης ωστόσο είναι η αυξημένη επένδυση πάγιου κεφαλαίου. Όσον αφορά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα, οι δύο μονάδες απομάκρυνσης CO2 μέσω χημικής ανάδρασης μαγνησίου ή ασβεστίου προκαλούν ηπιότερη επιβάρυνση (4-25% χαμηλότερο αποτύπωμα) συγκριτικά με τη συμβατική τεχνολογία ΜΕΑ. Το θετικότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην επιπλέον ηλεκτρική ενέργεια που παράγουν οι τεχνολογίες ενανθράκωσης, εξαιτίας της αξιοποίησης του μεγάλου ενεργειακού φορτίου στα εξερχόμενα αέρια ρεύματα.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Δέσμευση CO2, Χημική Ανάδραση, Τεχνοοικονομική Μελέτη, Ανάλυση Κύκλου Ζωής

**ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

[1] Olivier, J., Janssens-Maenhout, G. & Peters J. (2020) PBL Report. doi:10.2788/33777

[2] De Lena, E., Spinelli, M., Martínez, I., Gatti, M., Scaccabarozzi, R., Cinti, G. & Romano, M. (2017) *Int. J. Greenh. Gas Control* 67:71–92.

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Το έργο συγχρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση και εθνικούς πόρους μέσω του προγράμματος «ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ, ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ & ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ» στο πλαίσιο της δράσης «ΕΡΕΥΝΩ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ-ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ» (κωδ έργου:Τ1ΕΔΚ-01532)