

ΕΝΙΑΙΑ ΔΡΑΣΗ ΚΡΑΤΙΚΩΝ ΕΝΙΣΧΥΣΕΩΝ ΕΤΑΚ:

«ΕΡΕΥΝΩ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ-ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ»

Η επιχείρηση **CAO HELLAS ΘΕΣΣΑΛΙΚΗ ΑΣΒΕΣΤΟΠΟΙΙΑ ΑΒΕΕ**, εντάχθηκε στη Ενιαία Δράση Κρατικών Ενισχύσεων Έρευνας, Τεχνολογικής Ανάπτυξης και Καινοτομίας «ΕΡΕΥΝΩ – ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ - ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ», σε συνεργασία με το **ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ**, και το **ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ** για το έργο REALCAP T2ΕΔΚ-01911. Ο τόπος υλοποίησης του έργου είναι η περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας.

Ο συνολικός προϋπολογισμός της επένδυσης είναι: 662.481,92€ εκ των οποίων η δημόσια δαπάνη ανέρχεται σε 594.654,42 € .

Ο συνολικός προϋπολογισμός της επένδυσης που αφορά στην **CAO HELLAS ΘΕΣΣΑΛΙΚΗ ΑΣΒΕΣΤΟΠΟΙΙΑ ΑΒΕΕ** είναι: 271.310,00 € εκ των οποίων η δημόσια δαπάνη ανέρχεται σε 203.482,50 €.

Ο συνολικός προϋπολογισμός της επένδυσης που αφορά στο **ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ** είναι: 291.957,92 € εκ των οποίων η δημόσια δαπάνη ανέρχεται σε 291.957,92 €.

Ο συνολικός προϋπολογισμός της επένδυσης που αφορά στο **ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ** είναι: 99.214,00 € εκ των οποίων η δημόσια δαπάνη ανέρχεται σε 99.214,00 €.

Το επιχειρηματικό σχέδιο που εγκρίθηκε προς χρηματοδότηση και υλοποιείται, περιλαμβάνει επενδύσεις στις παρακάτω κατηγορίες:

- ✓ Δαπάνες προσωπικού
- ✓ Δαπάνες για όργανα και εξοπλισμό
- ✓ Έμμεσες λειτουργικές δαπάνες
- ✓ Πρόσθετα γενικά έξοδα και λοιπές λειτουργικές δαπάνες

Μέσω της συμμετοχής στη Δράση, η CAO HELLAS ΘΕΣΣΑΛΙΚΗ ΑΣΒΕΣΤΟΠΟΙΙΑ ΑΒΕΕ πετυχαίνει:

- ✓ βελτίωση της ανταγωνιστικότητας της
- ✓ ενίσχυση της εξωστρέφειας
- ✓ ενίσχυση της επιχειρηματικότητας
- ✓ δημιουργία / διατήρηση ποιοτικών θέσεων εργασίας



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Τα επιτεύγματα του έργου μέχρι στιγμής περιλαμβάνουν τα εξής:

#### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ-ΙΣΟΡΡΟΠΙΕΣ ΦΑΣΕΩΝ

Παρουσιάστηκαν πειραματικά δεδομένα υδατικών διαλυμάτων ΜΕΑ και  $S_1N$  χωρίς και με ρυπαντές  $SO_4^{2-}$ , και  $NO_3^-$ . Η συγκέντρωση των ρυπαντών ήταν της τάξης του 1.9 wt.% και 1.2 wt.% αντίστοιχα. Αυτές οι σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις προσομοιώνουν τη συσσώρευση αυτών των ιόντων στον διαλύτη σε περιπτώσεις μακράς λειτουργίας της μονάδας. Τα πειραματικά δεδομένα καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα πιέσεων. Ελήφθησαν αποτελέσματα και συγκρίθηκαν με προηγούμενες μελέτες από την βιβλιογραφία, αλλά και με προβλέψεις από το μοντέλο που αναπτύχθηκε. Έγινε για πρώτη φορά συστηματική μοντελοποίηση για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς φάσης των παραπάνω διαλυτών. Συγκεκριμένα, ένα τροποποιημένο μοντέλο Kent – Eisenberg χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη μελέτη για τη συσχέτιση των πειραματικών δεδομένων. Τα πειραματικά δεδομένα συμφωνούν με τις προβλέψεις του μοντέλου. Αποδείχθηκε ότι η συγκέντρωση της ελεύθερης αμίνης γίνεται πολύ χαμηλή και πλησιάζει το μηδέν σε μερική πίεση  $CO_2$  υψηλότερη από 100 kPa. Σε ακόμα υψηλότερη μερική πίεση  $CO_2$ , η διαλυτότητα του  $CO_2$  αυξάνεται λόγω μοριακής διάλυσης, καθώς και λόγω σημαντικής υδρόλυσης που υφίστανται τα καρβαμίδια, στην περίπτωση της  $S_1N$ . Τα αποτελέσματα παρουσία ρυπαντών και για τα δύο συστήματα έδειξαν υποβάθμιση της διαλυτικής ικανότητας των συστημάτων διαλυτών παρουσία των μελετώμενων ιόντων. Επίσης, η παρουσία  $H_2SO_4$  και  $HNO_3$  στο υδατικό διάλυμα DMCA/ $S_1N$  δεν επηρέασε στο πλείστο των περιπτώσεων τις συνθήκες διαχωρισμού σε δύο υγρές φάσεις

#### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ- ΔΙΑΒΡΩΣΗ

Έγινε μελέτη αξιολόγησης της διαβρωτικής συμπεριφοράς που παρουσιάζει ο ανοξείδωτος χάλυβας SS 304L και ο ανοξείδωτος χάλυβας SS 316L σε δύο διαφορετικά διαλύματα αμίνης. Το πρώτο διάλυμα αφορά στη φορτωμένη και μη με  $CO_2$  (loaded-unloaded) διφασική αμίνη DMCA/ $S_1N$  με αναλογία 3:1, περιεκτικότητας 46.31 % wt., η οποία περιέχει επιπλέον  $SO_4^{2-}$ , και  $NO_3^-$  (0.06 mol/mol αμίνης). Το δεύτερο διάλυμα είναι η φορτωμένη και αφόρτωση με  $CO_2$  μονοαιθανολαμίνη (ΜΕΑ) με περιεκτικότητα ~ 25%, στην οποία προστέθηκαν και ποσότητες  $SO_4^{2-}$ , και  $NO_3^-$  (0.06 mol/mol αμίνης). Από την μελέτη προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- 1) Ο SS 316L παρουσιάζει καλύτερη συμπεριφορά όσον αφορά τη διάβρωση, σε διάλυμα φορτωμένης αμίνης σε σχέση με το SS 304L.
- 2) Όσον αφορά τη διφασική αμίνη, στην περίπτωση του SS 316L και για τα δύο διαλύματα αμινών, η αύξηση της θερμοκρασίας από τους 25οC στους 40οC, προκαλεί μείωση του ρεύματος και του ρυθμού διάβρωσης.
- 3) Ο χαρακτηρισμός της μικροδομής φανέρωσε την ύπαρξη εναποθέσεων προϊόντων διάβρωσης και στα δύο κράματα SS όταν χρησιμοποιείται φορτωμένο διάλυμα ΜΕΑ
- 4) Η διφασική αμίνη DMCA/ $S_1N$  εμφανίζεται περισσότερο διαβρωτική σε σχέση με την ΜΕΑ.
- 5) Τα αποτελέσματα από τα διαγράμματα εμπέδησης (Nyquist και Bode) επιβεβαιώνουν ότι η φόρτωση της αμίνης προκαλεί μείωση της αντίστασης του υλικού και το καθιστά πιο επιρρεπές σε διάβρωση.

#### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ- ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ

Διερευνήθηκε στην πιλοτική μονάδα σε ρεαλιστικές συνθήκες (ιόντα  $SO_4^{2-}$ , και  $NO_3^-$ ) οι διαλύτες αναφοράς ΜΕΑ και DMCA/ $S_1N$  :

 Ευρωπαϊκή Ένωση Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης	 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΕΤΠΑ & ΤΣ ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΑΝΕΚ	 ΕΠΑΝΕΚ 2014-2020 ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ	 ΕΣΠΑ 2014-2020 ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης			

- Ξεχωρίζει η χαμηλή ενεργειακή απαίτηση του S<sub>1</sub>N/DMCA έναντι της ΜΕΑ, που διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα (< 3 GJ/tn CO<sub>2</sub>) σε όλο το εξεταζόμενο εύρος λόγων υγρού αερίου (L/G).
- Δεν ισχύει το ίδιο για τη ΜΕΑ, όπου η ενεργειακή απαίτηση ξεφεύγει σε απαράδεκτα υψηλές τιμές στην περιοχή των υψηλών L/G.
- Η ΜΕΑ υπερέρχει από άποψη κινητικής
- Ο διαλύτης S<sub>1</sub>N/DMCA έχει έως και 49 % αυξημένη κυκλική χωρητικότητα και απαιτεί 60 – 70 % λιγότερη ενέργεια αναγέννησης.

Επιπλέον έγιναν πειράματα στη μονάδα αποθείωσης τα οποία έδειξαν ότι μπορεί να χαμηλώσει σημαντικά τις συγκεντρώσεις θειικών ιόντων που περιέχονται σε απαέρια καύσης και να συνεχίσει να λειτουργεί σε χαμηλά επίπεδα.

#### ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ και ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Αναπτύχθηκε ένα σύστημα ελέγχου της διεργασίας δέσμησης CO<sub>2</sub> με χρήση διφασικών διαλυτών, που επιτρέπει την οικονομική αξιολόγησή της υπό ρεαλιστικές συνθήκες. Ο έλεγχος του ολικού ποσοστού δέσμησης του CO<sub>2</sub> της διεργασίας και του φορτίου CO<sub>2</sub> στο ρεύμα ανακύκλωσης του διαλύτη επιτυγχάνεται με τη χρήση δυο αναλογικών-ολοκληρωτικών (PI) ελεγκτών που ρυθμίζουν τη θερμική ενέργεια στον αναβραστήρα της στήλης αναγέννησης του διαλύτη και το ρεύμα αναπλήρωσης του μίγματος του διαλύτη στο σύστημα. Από τη μελέτη βρέθηκε ότι:

- Επιτυγχάνεται και από τους δύο διαλύτες η δέσμηση του 90% που ορίστηκε σαν στόχος
- Μετά το πέρας και των διαταραχών το κόστος του ατμού παρουσίασε τη μεγαλύτερη μεταβολή ίση με 12.2 % για το μίγμα S<sub>1</sub>N/DMCA και 15.3% για την περίπτωση της ΜΕΑ.

Επίσης έγινε τεχνοοικονομική μελέτη για τον διαλύτη αναφοράς και για τον διαλύτη αλλαγής φάσης με και χωρίς ρυπαντές. Η ύπαρξη των ρυπαντών σε μεγάλες συγκεντρώσεις ανεβάζει το κόστος κατά περίπου 25%. Ωστόσο ο διαλύτης αλλαγής φάσης παραμένει η πιο συμφέρουσα επιλογή.

Επιπρόσθετα, εκτιμήθηκε το κόστος τους βασισμένης σε πλοία αλυσίδας μεταφοράς για γεωλογική αποθήκευση του CO<sub>2</sub>, τους συστήματος CCUS. Η αλυσίδα μεταφοράς αποτελείται από το σύστημα υγροποίησης, τους ενδιάμεσους σταθμούς αποθήκευσης πριν και μετά την μεταφορά, το φορτηγό πλοίο και την εγκατάσταση προετοιμασίας του CO<sub>2</sub> για έγχυση. Από τα επιμέρους στοιχεία της αλυσίδας μεταφοράς, το κόστος της υγροποίησης αποτελεί εκείνο με την μεγαλύτερη συνεισφορά, με ποσοστό ίσο με 60%. Ακολουθεί το κόστος του φορτηγού πλοίου με ποσοστό 25%. Τέλος, το συνολικό ειδικό κόστος μεταφοράς 1 MtCO<sub>2</sub>/year σε απόσταση 1000 km, υπολογίστηκε ίσο με 30.3 €/tCO<sub>2</sub>.



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης