



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Χημικών Μηχανικών
Τομέας ΙΙ - Εργαστήριο Θερμοδυναμικής & Φαινομένων Μεταφοράς

Πιλοτική Μονάδα Ανακύκλωσης Πολυμερών με Επιλεκτική Διάλυση/Ανακαταβύθιση

Γεωργία Παππά, Επαμεινώνδας Βουτσάς, Κωστής Μαγουλάς, Δημήτριος Τασιός

Πρόγραμμα ΕΠΕΤ: «ΠΛΑΣΤΙΚΑ – ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ»

Διάρκεια: 4 έτη

Προϋπολογισμός: 1642000 €

Συνεργαζόμενοι Φορείς:

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ (ΧΜ)

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΙΔΙΚΗΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ (ΧΜ)

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΟΡΓΑΝΟΥ & ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ (ΧΜ)

ΤΟΜΕΑΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ (ΜΜ)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ – ΤΜΗΜΑ ΝΟΣΗΛΕΥΤΙΚΗΣ

PLEXACO, Ε. ΠΑΙΡΗΣ, CIBA - GEIGY

ΔΗΜΟΣ ΠΕΙΡΑΙΑΣ

- ❖ Η ανάπτυξη πιλοτικής μονάδας διαχωρισμού πολυμερών από μίγματα τους (π.χ. από πλαστικά αστικά απορρίματα).
Η μέθοδος διαχωρισμού που επιλέχθηκε είναι η επιλεκτική διάλυση/ανακαταβύθιση.
- ❖ Μελετήθηκαν και επιλύθηκαν πρακτικά προβλήματα στην εφαρμογή της μεθόδου, σε μεγάλης κλίμακας μονάδα.
- ❖ Εξήχθησαν πειραματικά δεδομένα αναγκαία για το σχεδιασμό μονάδας βιομηχανικής κλίμακας μεγάλης δυναμικότητας.
- ❖ Έγινε τεχνικο-οικονομική μελέτη και εκτιμήθηκε η οικονομικότητα χρήσης της μεθόδου στην ανακύκλωση πλαστικών που περιέχονται στα αστικά απορρίματα.

Κύριες κατηγορίες πλαστικών απορριμμάτων

- Αποκόμματα (scrap) των εταιρειών επεξεργασίας πλαστικών
- Μίγματα πλαστικών που έχουν ολοκληρώσει τον κύκλο χρήσης τους πριν την απόρριψή τους

⇒ Η κυριότερη πηγή πλαστικών απορριμμάτων είναι τα αστικά στερεά απορρίμματα, ΑΣΑ: περιέχουν περίπου το 60% του συνόλου των πλαστικών απορριμμάτων.

Στην Ελλάδα παράγονται περίπου από 4,500,000 tn/yr ΑΣΑ, τα 1,800,000 tn/yr από αυτά στην περιοχή της Αττικής.

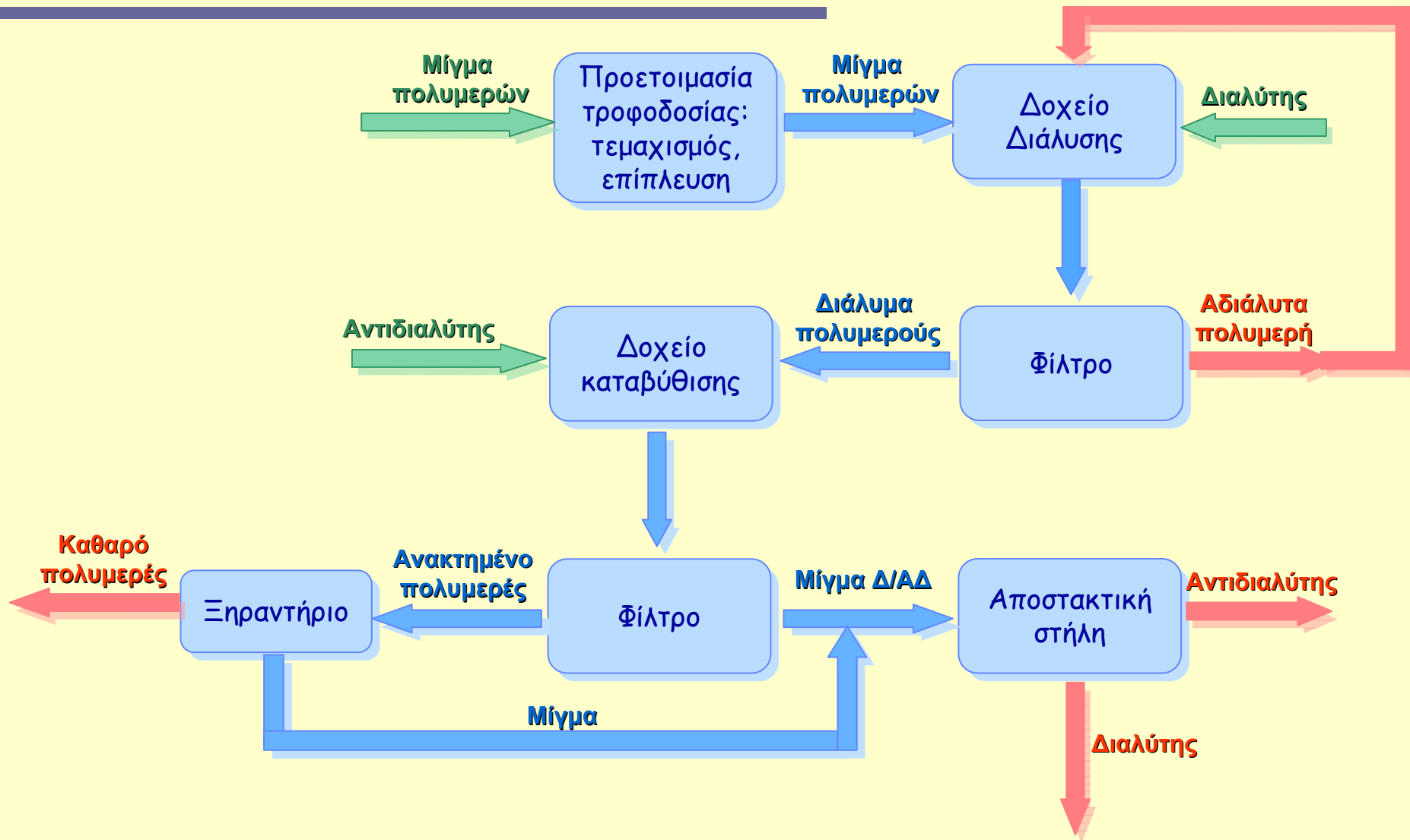
Κατά βάρος περιεκτικότητα σε πλαστικά: 8-10%

Κατ' όγκο περιεκτικότητα σε πλαστικά: > 20%

Μέθοδοι ανακύκλωσης που βασίζονται στην Επιλεκτική Διάλυση/Ανακαταβύθιση

- Οι μέθοδοι που βασίζονται στην Επιλεκτική Διάλυση εκμεταλλεύονται τις διαφορετικές τιμές διαλυτότητας των πολυμερών σε τυπικούς οργανικούς διαλύτες ανάλογα με τις συνθήκες (αναλογία διαλυτών/πολυμερούς, θερμοκρασία).
- Διαφέρουν ως προς την τεχνική που χρησιμοποιείται για την ανάκτηση των πολυμερών από τα διαλύματα τους (**ανακαταβύθιση**):
 - Εξάτμιση διαλύτη
 - Ψύξη
 - **Προσθήκη αντιδιαλύτη**
- Η ΕΔ/Α υπερτερεί σε σχέση με τις άλλες μεθόδους ανακύκλωσης καθώς:
 - Τα πολυμερή δεν καταστρέφονται άρα η προστιθέμενη αξία τους διατηρείται (όπως κατά τη **μηχανική ανακύκλωση**)
 - Μπορεί να επεξεργαστεί μίγματα πλαστικών (όπως η **χημική ανακύκλωση** και η **αποτέφρωση**), παράγοντας όμως καθαρά πολυμερή που διατηρούν την ποιότητά τους.

Περιγραφή της Επιλεκτικής Διάλυσης/Ανακαταβύθισης



Η επιτυχής εφαρμογή της μεθόδου καθορίζεται από την επιλογή κατάλληλων συστημάτων Δ/ΑΔ και συνθηκών για κάθε πολυμερές (προκαταρκτικά εργαστηριακά πειράματα)

Μίγμα πολυμερών που μελετήθηκε

LDPE, HDPE, PP, PS, PVC

(≈80% του συνόλου των περιεχόμενων στα αστικά απορρίμματα πλαστικών)

Προκαταρκτικός διαχωρισμός με επίπλευση

LDPE, HDPE, PP
(πυκνότητα μικρότερη του νερού)

LDPE, HDPE, PP, PS, PVC

PS, PVC
(πυκνότητα μεγαλύτερη του νερού)



Πιλοτική μονάδα ανακύκλωσης πολυμερών



Πιλοτική μονάδα ανακύκλωσης πολυμερών



Τμήμα Διάλυσης/Ανακαταβύθισης

Αποστακτική στήλη



Πιλοτική μονάδα ανακύκλωσης πολυμερών Αποτελέσματα πειράματος διαχωρισμού

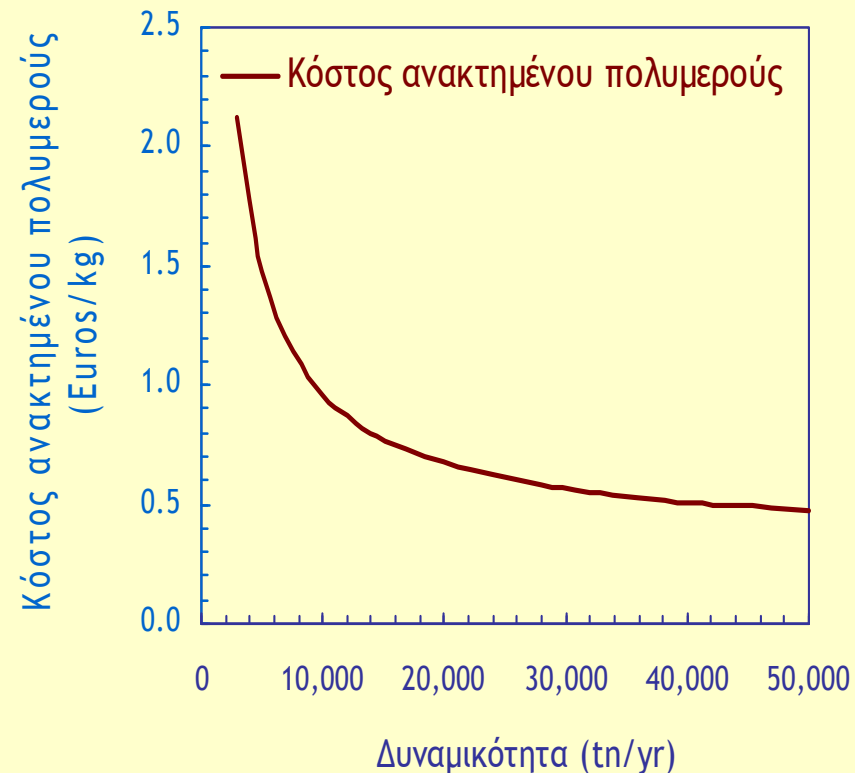
Ανακυκλωμένο LDPE
στο φίλτρο



- Με χρήση πυρολυτικής αέριας χρωματογραφίας και θερμοζυγού πιστοποιήθηκε ότι τα ανακυκλωμένα πολυμερή δεν περιείχαν ανιχνεύσιμες ποσότητες διαλυτών
- Μέτρηση του MFI (δείκτης ροής τήγματος) δειγμάτων ανακτημένων πολυμερών έδειξε μικρή μόνο αύξηση του (μέχρι 10 %) σε σχέση με την τιμή του πριν την ανακύκλωση, υποδεικνύοντας διατήρηση του μοριακού βάρους των ανακυκλωμένων πολυμερών.

Οικονομική ανάλυση εφαρμογής της διεργασίας σε μονάδα υψηλής δυναμικότητας

- Για δυναμικότητες υψηλότερες από 30.000 tn/yr ($\approx 20\%$ των πλαστικών που περιέχονται στα ΑΣΑ της Αττικής) το κόστος ανακυκλωμένου πολυμερούς παραμένει περίπου σταθερό (0.5 €/kg, έτος 2002)
- Αύξηση του κόστους σε 0.6 €/kg προκύπτει αν συμπεριληφθεί και το κόστος συλλογής των πλαστικών απορριμμάτων.
- Οι τιμές των πλαστικών πρώτων υλών παρουσιάζουν σημαντικότερες διακυμάνσεις. Τυπικές τιμές κυμαίνονται μεταξύ 0.9 – 1.8 €/kg.



- Η μέθοδος της Επιλεκτικής Διάλυσης/Ανακαταβύθισης πλεονεκτεί έναντι άλλων μεθόδων ανακύκλωσης πολυμερών καθώς μπορεί να επεξεργαστεί μίγματα πολυμερών και να οδηγήσει σε καθαρά πολυμερή που διατηρούν την ποιότητα τους.
- Η εφαρμογή της μεθόδου σε πιλοτική μονάδα ήταν επιτυχής και οδήγησε σε ανακτήσεις πολυμερών της τάξεως του 98%.
- Η προκαταρκτική μελέτη σκοπιμότητας μονάδας υψηλής δυναμικότητας για την ανακύκλωση των περιεχομένων στα αστικά απορρίμματα πλαστικών με τη μέθοδο της Επιλεκτικής Διάλυσης/Ανακαταβύθισης έδειξε ότι το κόστος ανάκτησης προϊόντος για δυναμικότητες μεγαλύτερες από 30,000 tn/yr είναι της τάξης των 0.6 €/kg για το έτος 2002.