

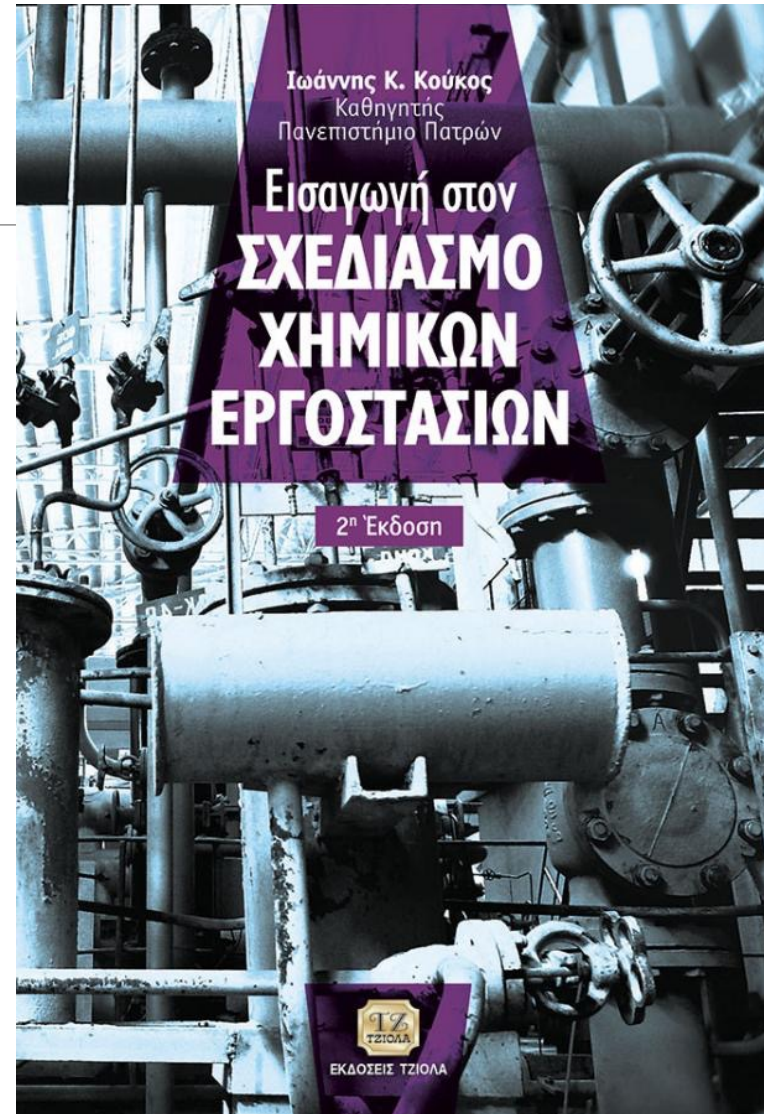


ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΩΝ 8^ο Εξαμ. ΤΧΜ

ΙΩΑΝΝΗΣ Κ. ΚΟΥΚΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ, ΚΩΣΤΑΣ ΚΑΛΟΓΙΑΝΝΗΣ ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΡΟΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΕΜΠΕΙΡΙΚΟΥΣ ΚΑΝΟΝΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7



ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ



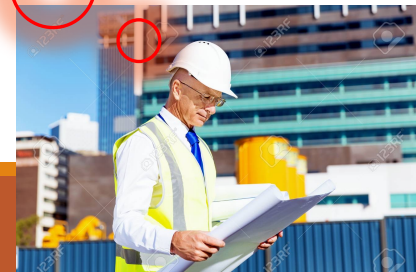
Πρώτες Ύλες

Ενέργεια

Κεφάλαια



Ικανοποίηση
Αναγκών



ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ

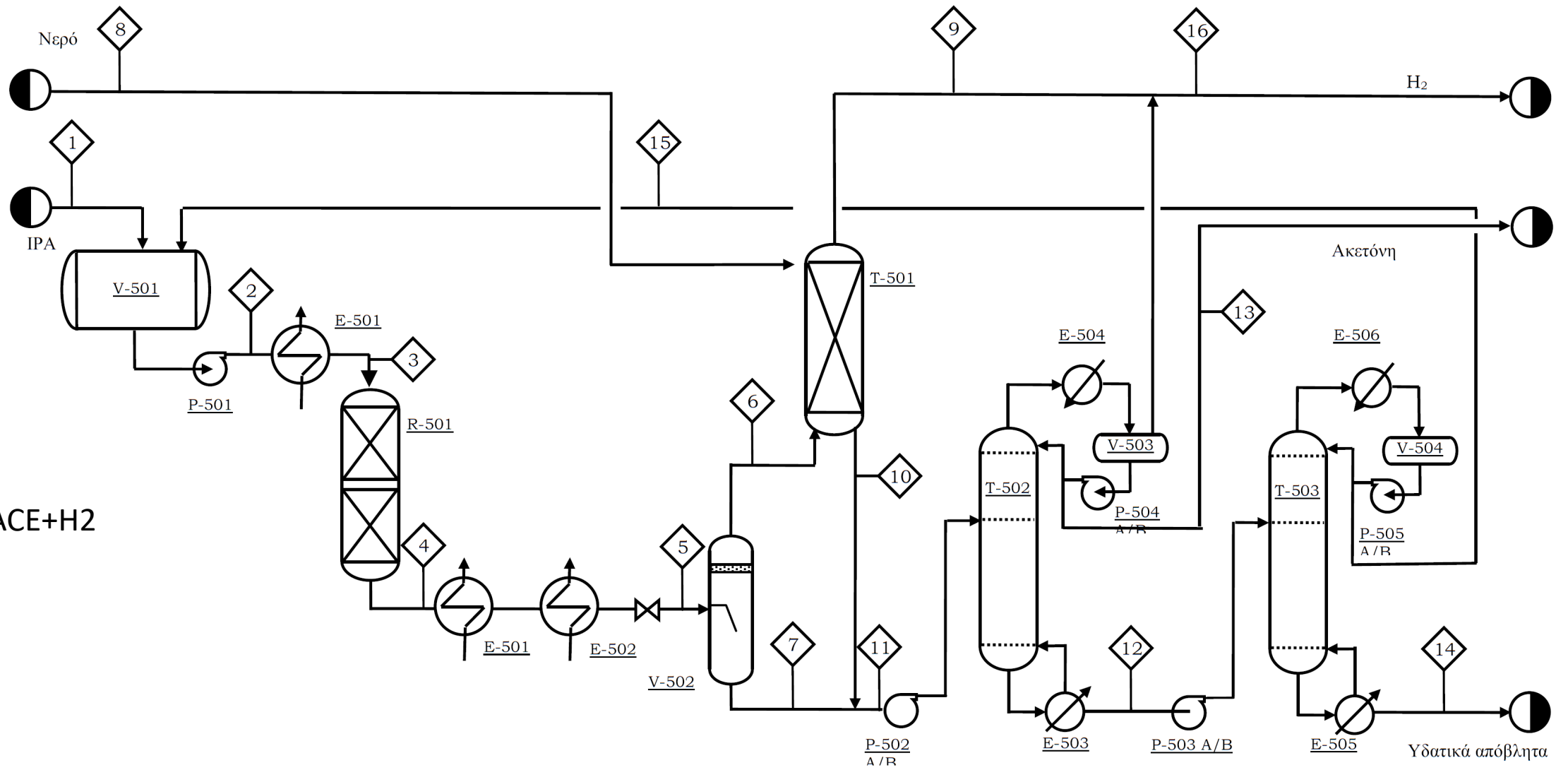


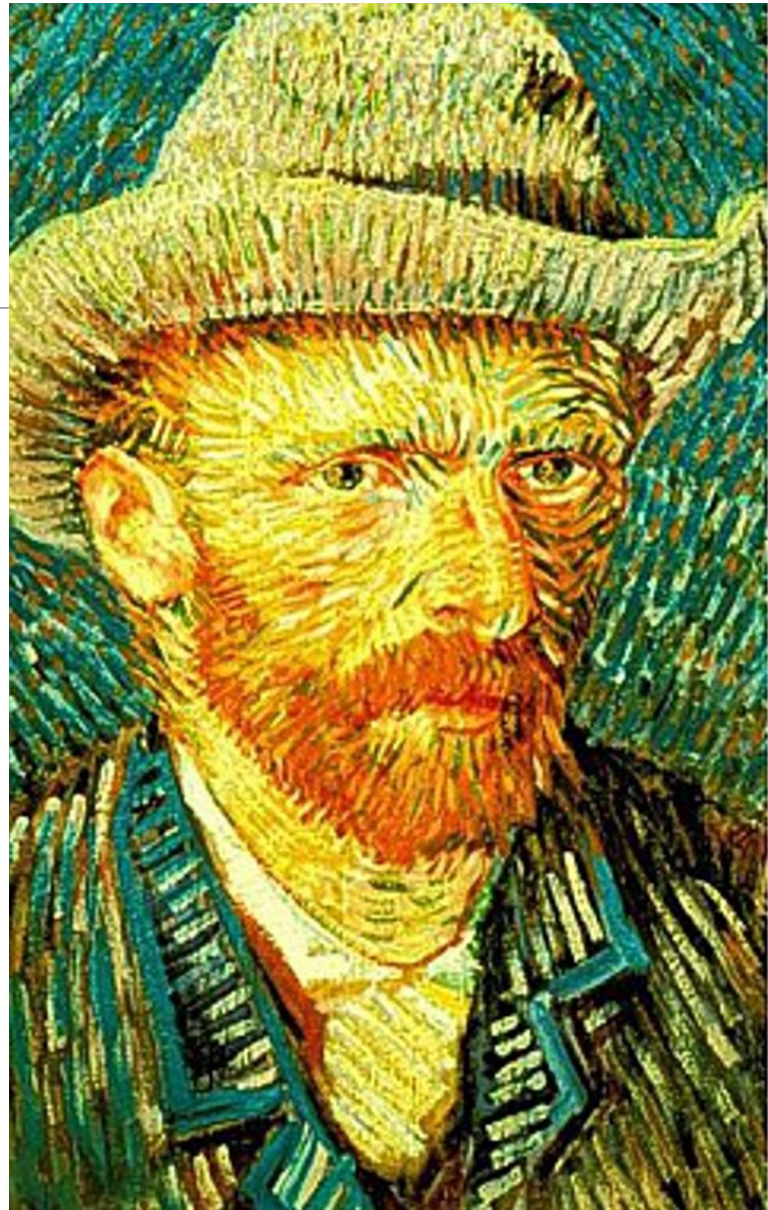
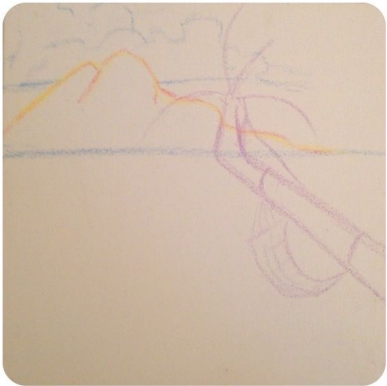
Πρόβλημα αναπαράστασης: Ποιες είναι οι εφικτές **εναλλακτικές λύσεις** που ικανοποιούν το σκοπό και πως τις **αναπαριστώ**;

Πρόβλημα αποτίμησης: Πώς αποτιμώ και **συγκρίνω** (άρα **κατατάσσω**) τις εναλλακτικές λύσεις;

Πρόβλημα στρατηγικής: Πώς αναπτύσσω ένα αποτελεσματικό και συστηματικό **αλγόριθμο** για τον εντοπισμό των καλύτερων λύσεων;

IPA → ACE + H₂





ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ



Διαδικασία **ιεραρχικής αποικοδόμησης** υπάρχοντων διαγραμμάτων ροής με σκοπό την κατανόησή τους.

Η διαδικασία αυτή μπορεί να εφαρμοστεί σε τρία βήματα:

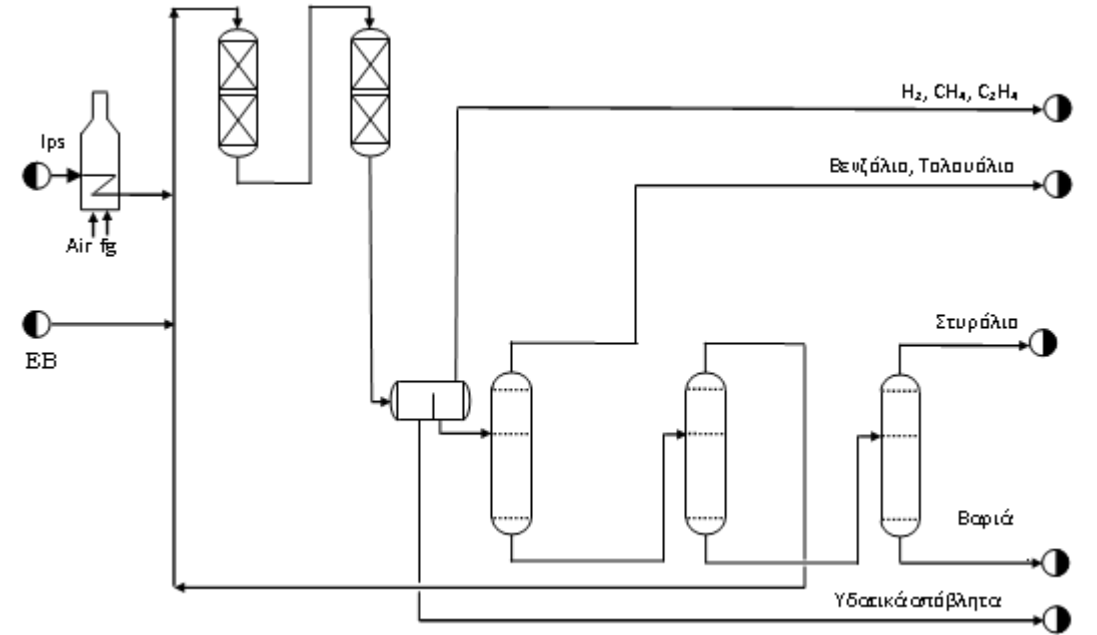
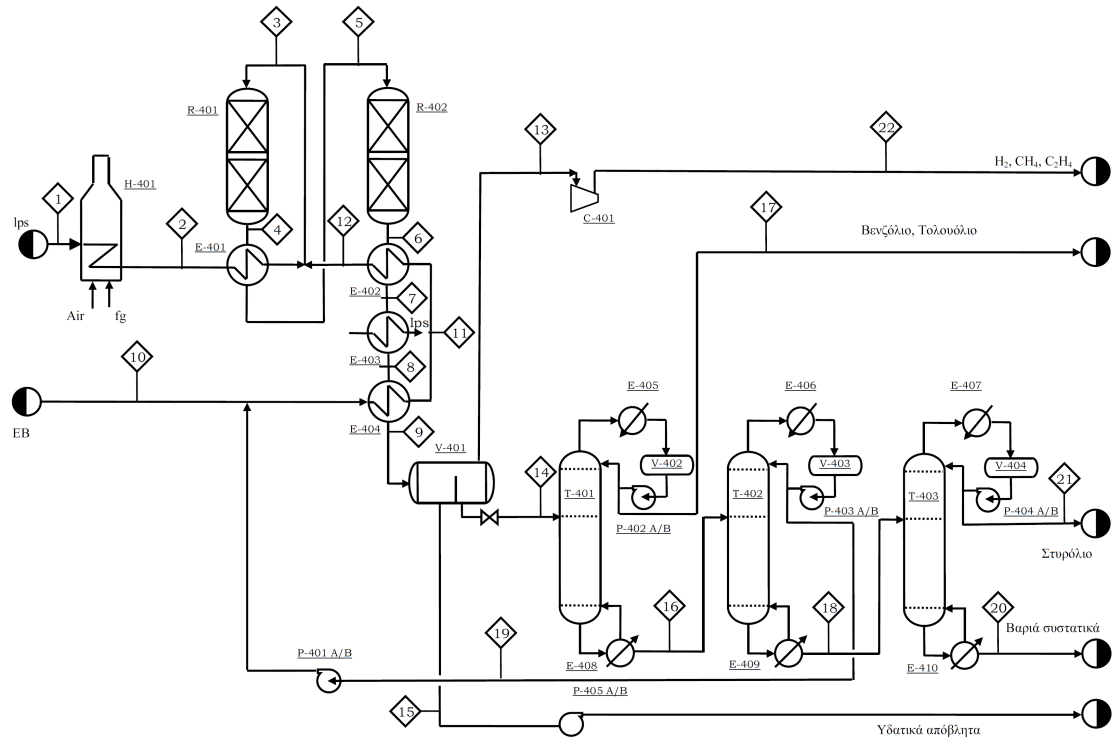
Βήμα 1: **Αφαίρεση** όλων των αντλιών, συμπιεστών, εναλλακτών θερμότητας, βανών και ενδιάμεσων δοχείων από το διάγραμμα ροής

Βήμα 2α: Ομαδοποίηση των **συστημάτων διαχωρισμού αερίων**

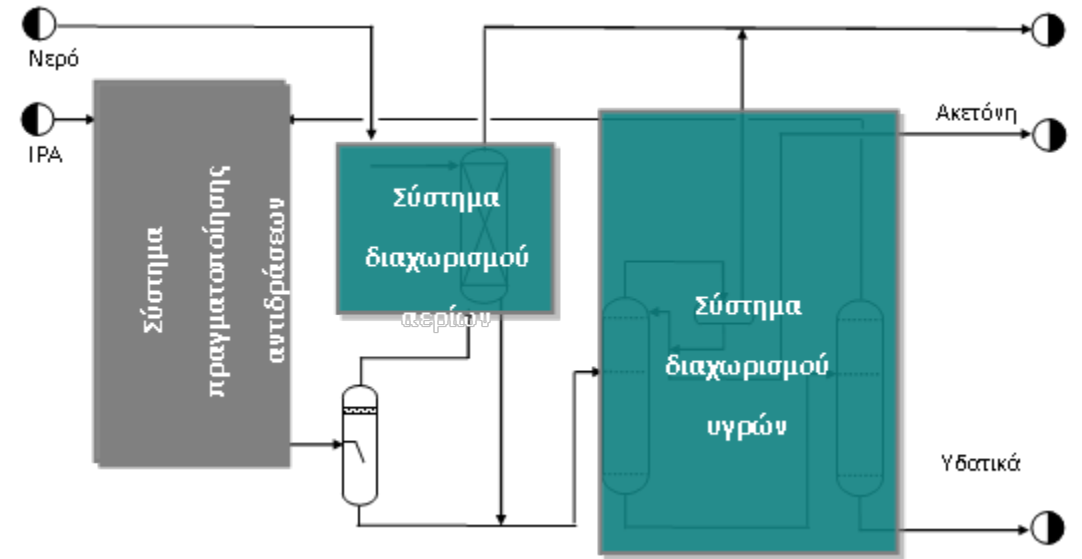
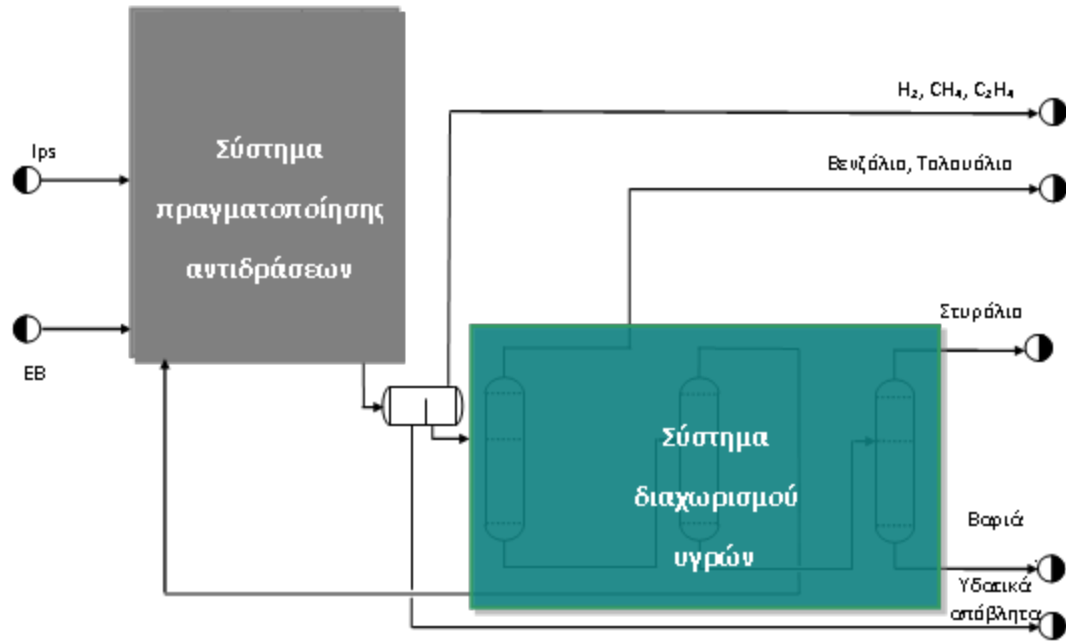
Βήμα 2β: Ομαδοποίηση των **συστημάτων διαχωρισμού υγρών**

Βήμα 3: Ομαδοποίηση των **αντιδραστήρων**

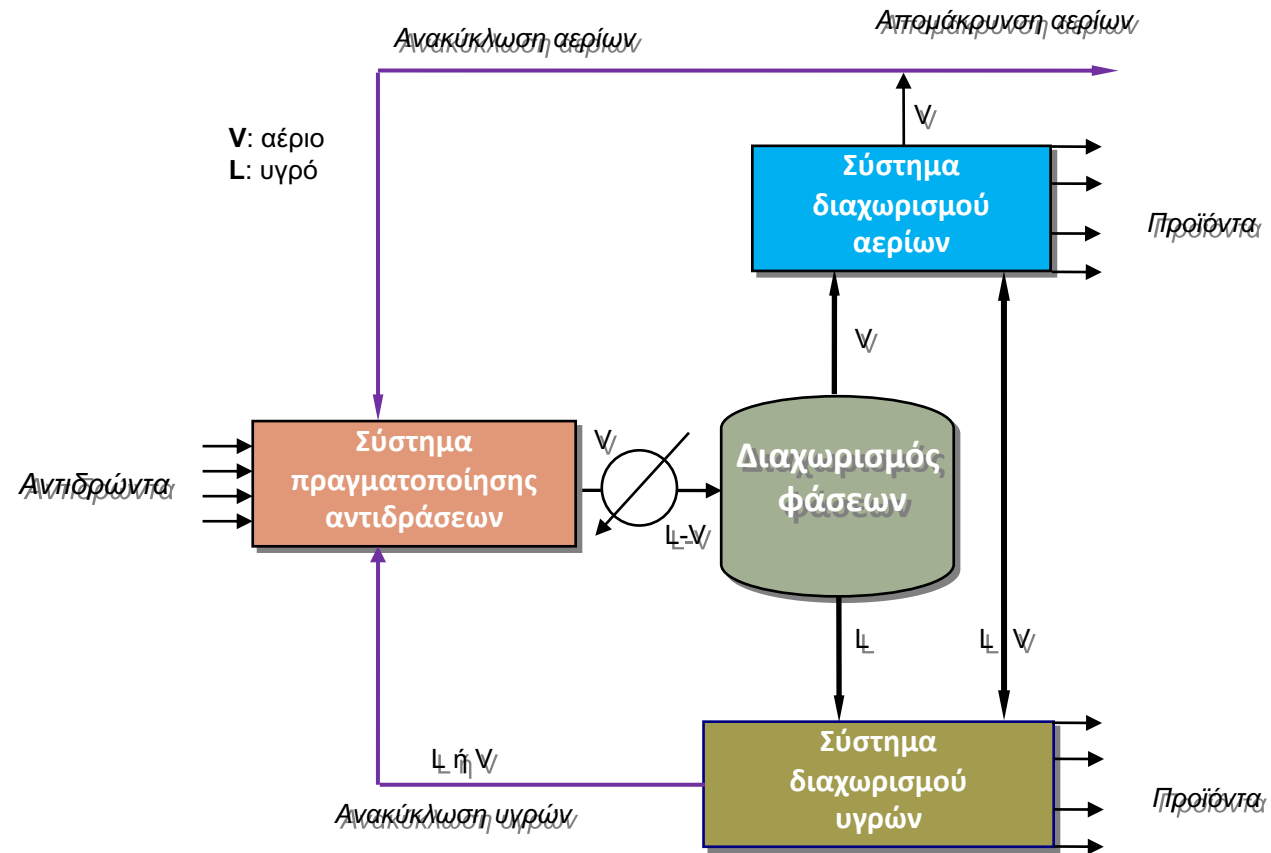
ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

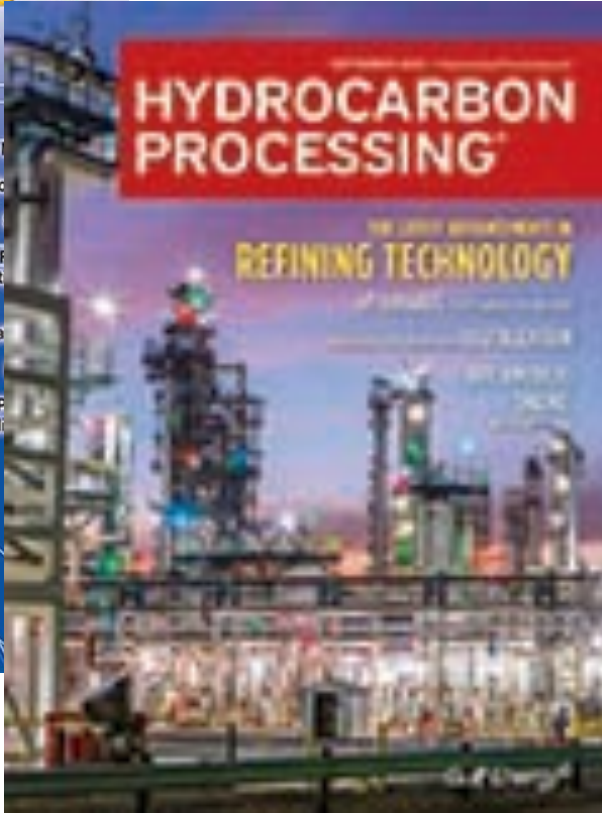
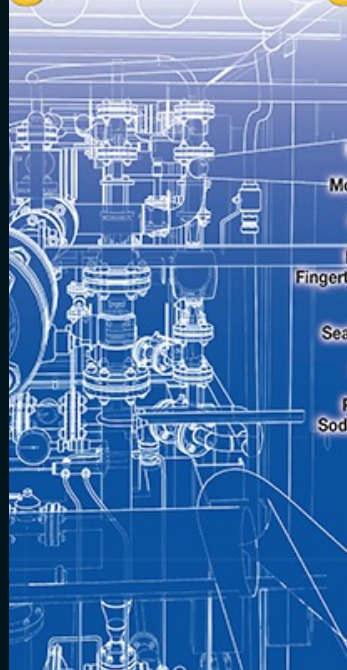
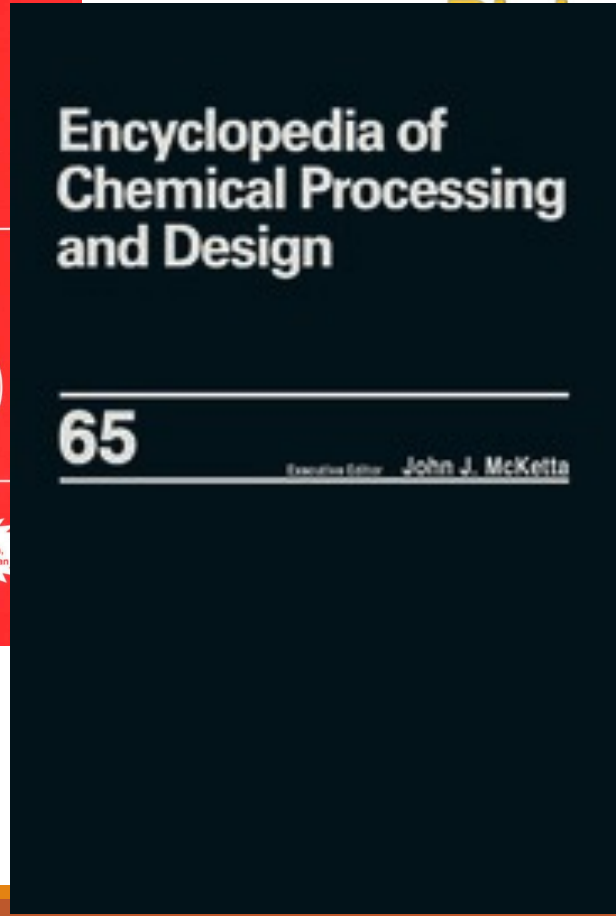
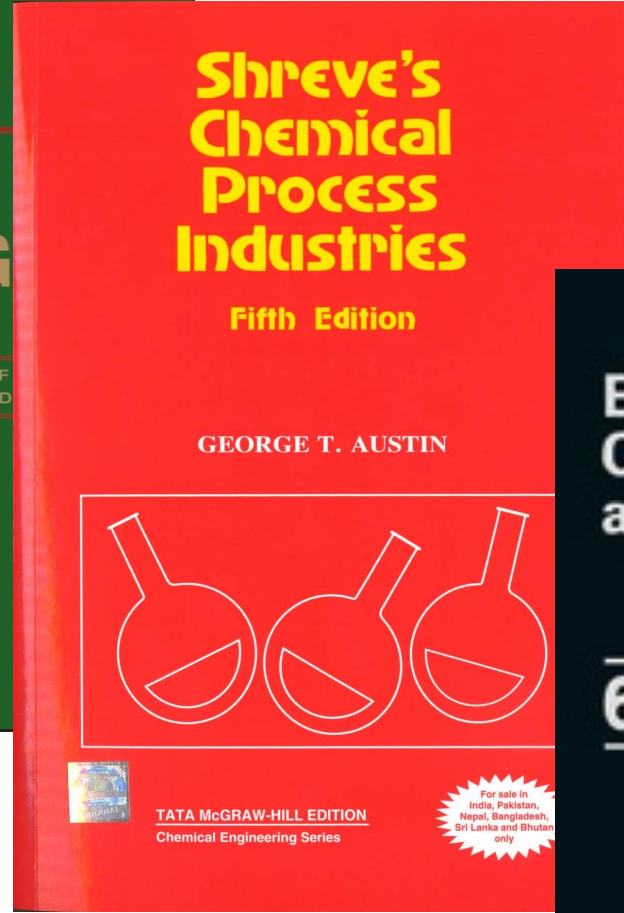
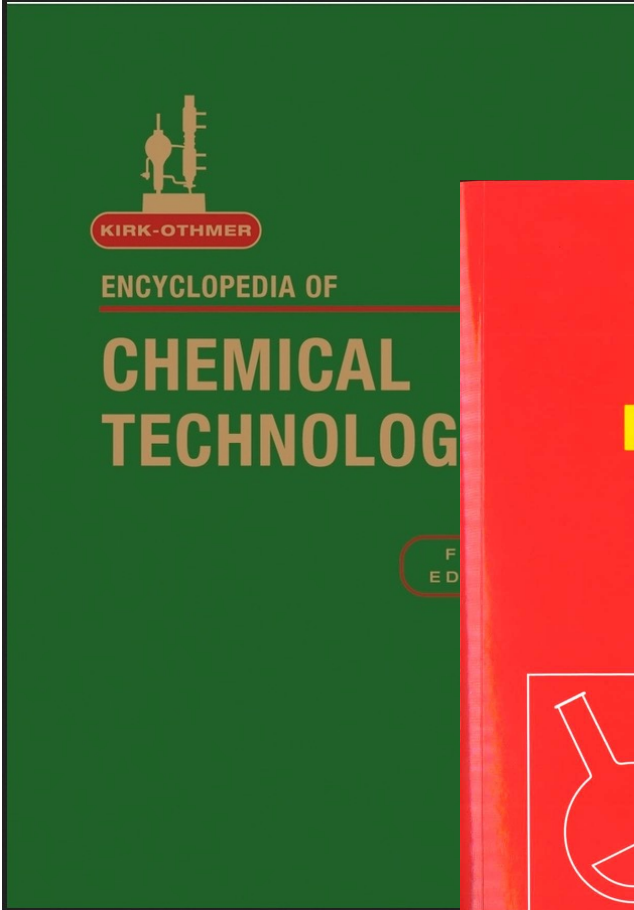


ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ



ΓΕΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΣΥΝΕΧΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΥΓΡΟΥ/ΑΕΡΙΟΥ ΜΕ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΜΙΚΡΟΥ ΠΛΗΘΟΥΣ «ΣΥΝΑΦΩΝ» ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ



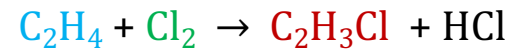


ΕΠΙΠΕΔΟ 0: ΕΠΙΛΟΓΗ ΧΗΜΙΚΟΥ ΔΡΟΜΟΥ



Σας έχει ζητηθεί η επιλογή τεχνολογίας για την παραγωγή βινυλοχλωριδίου (C_2H_3Cl). Μετά από σχετική έρευνα, έχουν εντοπιστεί και σας έχουν προταθεί οι ακόλουθοι εναλλακτικοί τρόποι για την παραγωγή βινυλοχλωριδίου:

1. Χλωρίωση του αιθυλενίου



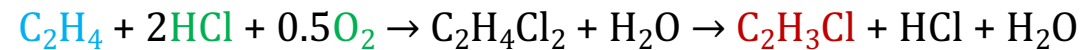
2. Υδροχλωρίωση του ακετυλενίου



3. Χλωρίωση του αιθυλενίου και θερμική διάσπαση του διχλωροαιθυλενίου



4. Οξυχλωρίωση του αιθυλενίου και θερμική διάσπαση



5. Συνδυασμός των 3 & 4



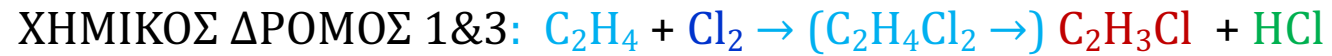
ΕΠΙΠΕΔΟ 0: ΕΠΙΛΟΓΗ ΧΗΜΙΚΟΥ ΔΡΟΜΟΥ



Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται τα μοριακά βάρη των σχετικών ενώσεων και οι τιμές τους σε €/kg ως προς την τιμή του βινυλοχλωριδίου

	M.B.	Τιμή (ως προς την τιμή του προϊόντος)
Αιθυλένιο	28.05	0.80
Ακετυλένιο	26.04	2.25
Χλώριο	70.91	0.50
Βινυλοχλωρίδιο	62.50	1.00
Υδροχλώριο	36.46	0.80

Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω δεδομένα, να εκτιμηθεί ποια εναλλακτική τεχνολογία θα πρέπει να απορριφθεί από περαιτέρω αξιολόγηση.



$$EP^1 = EP^3 = \left\{ \underbrace{62.5 \cdot 1 + 36.46 \cdot 0.8}_{\text{έσοδα}} - \underbrace{(28.05 \cdot 0.8 + 70.91 \cdot 0.5)}_{\text{έξοδα}} \right\} / 62.5 = 0.54 \frac{\text{€}}{\text{kg}}$$

	M.B.	Τιμή (ως προς την τιμή του προϊόντος)
Αιθυλένιο	28.05	0.80
Ακετυλένιο	26.04	2.25
Χλώριο	70.91	0.50
Βινυλοχλωρίδιο	62.50	1.00
Υδροχλώριο	36.46	0.80



$$EP^2 = \left\{ \underbrace{62.5 \cdot 1}_{\text{έσοδα}} - \underbrace{(26.04 \cdot 2.25 + 36.46 \cdot 0.8)}_{\text{έξοδα}} \right\} / 62.5 = -0.23 \frac{\text{€}}{\text{kg}}$$

	M.B.	Τιμή (ως προς την τιμή του προϊόντος)
Αιθυλένιο	28.05	0.80
Ακετυλένιο	26.04	2.25
Χλώριο	70.91	0.50
Βινυλοχλωρίδιο	62.50	1.00
Υδροχλώριο	36.46	0.80

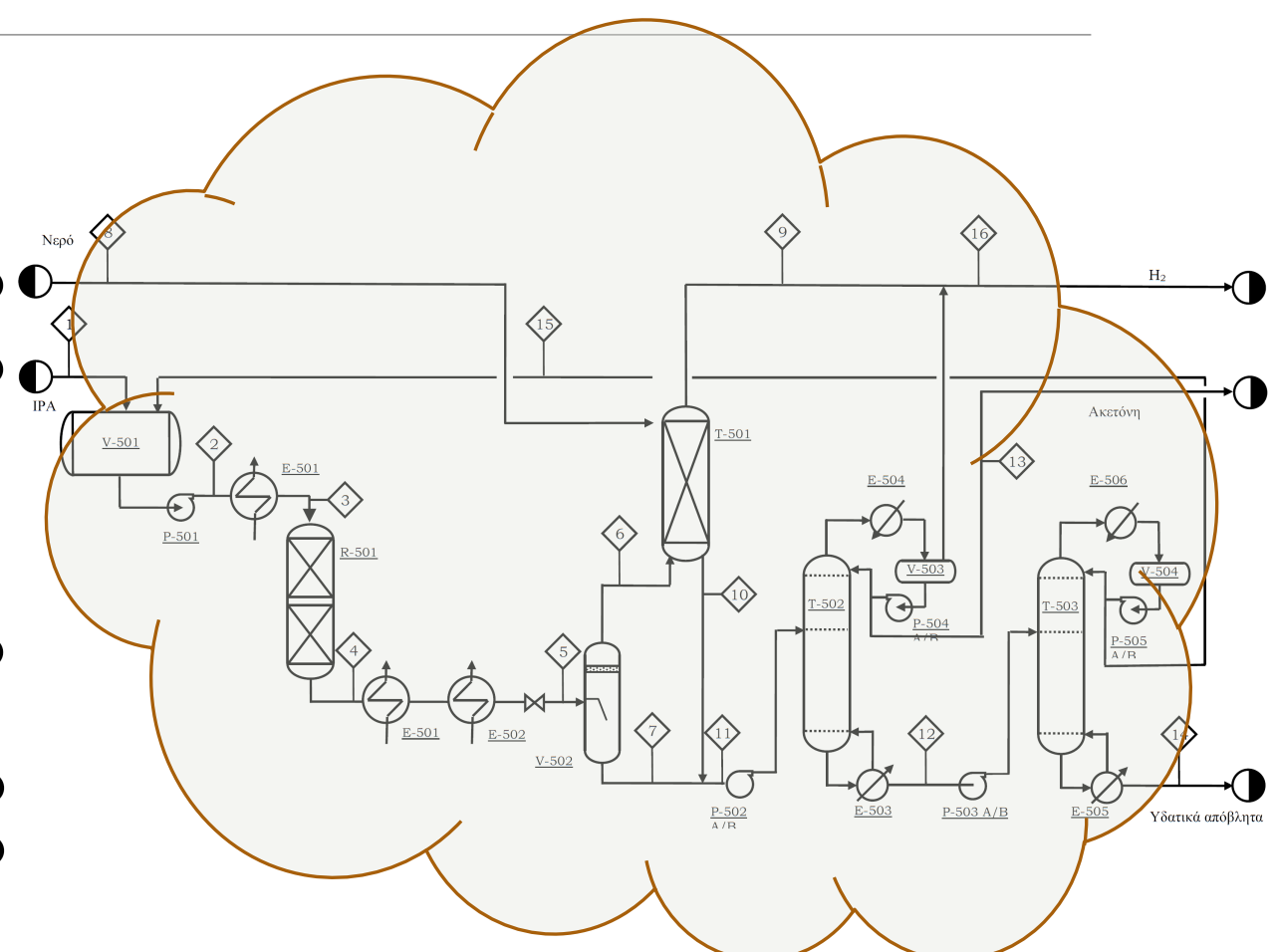
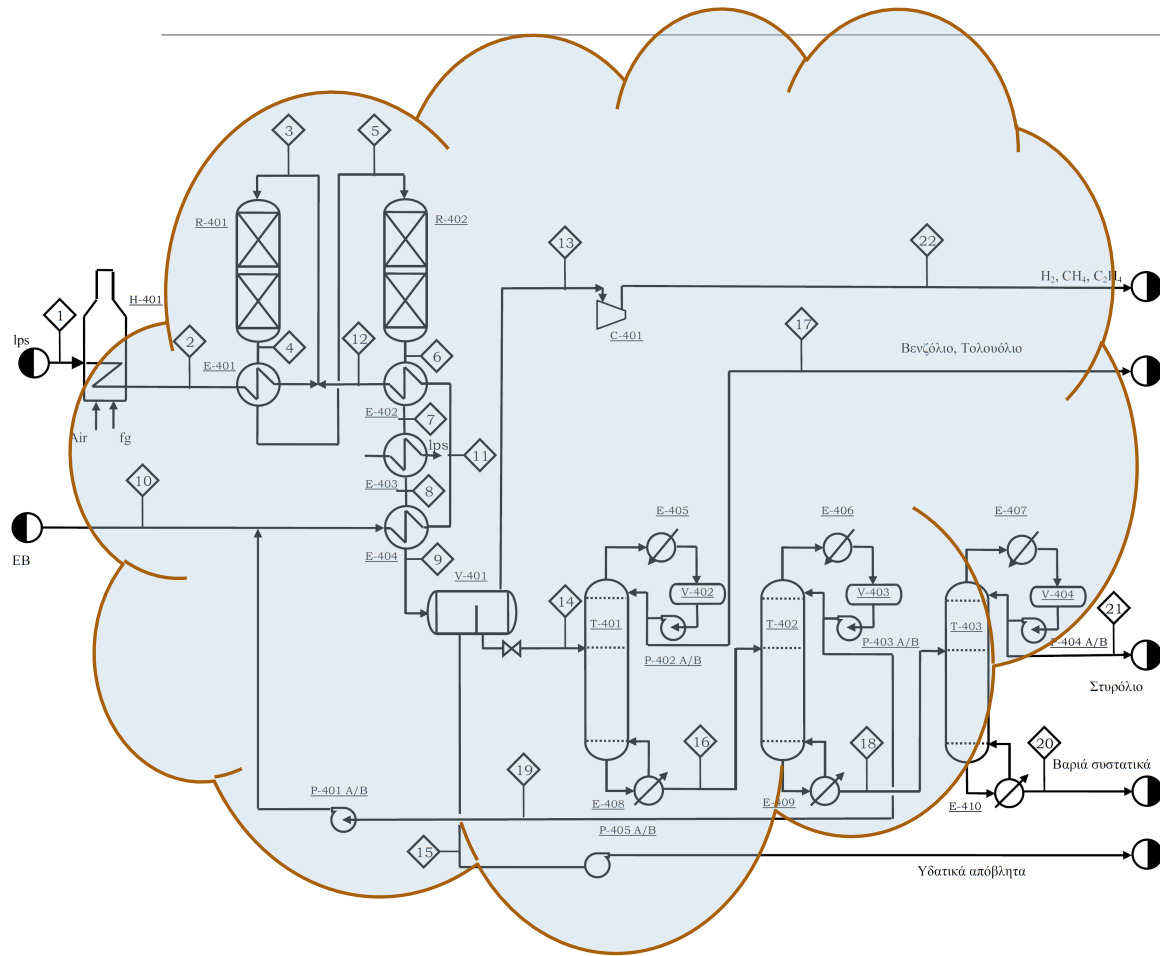
ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ/ΕΞΟΔΟΥ



Ως **δομή εισόδου-εξόδου** ενός διαγράμματος ροής αναφέρουμε τον αριθμό και τη σύσταση όλων των ρευμάτων τα οποία είτε εισέρχονται είτε εξέρχονται από μια διεργασία. Στα ρεύματα αυτά δεν λαμβάνουμε υπόψη τα ρεύματα των βοηθητικών παροχών, όπως είναι το νερό ψύξης και ο ατμός θέρμανσης. Οι αποφάσεις που λαμβάνονται στο επίπεδο 1 αναφέρονται στον:

- α.** καθαρισμό ή όχι των **αντιδρώντων** από πιθανές προσμίξεις
- β.** αριθμό και σύσταση των **ρευμάτων εξόδου**
- γ.** χειρισμό των πιθανών **παραπροϊόντων** και των **αντιδρώντων** που δεν μετατρέπονται πλήρως
- δ.** προσδιορισμό των **σχεδιαστικών μεταβλητών** με σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις

ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ/ΕΞΟΔΟΥ



ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ/ΕΞΟΔΟΥ



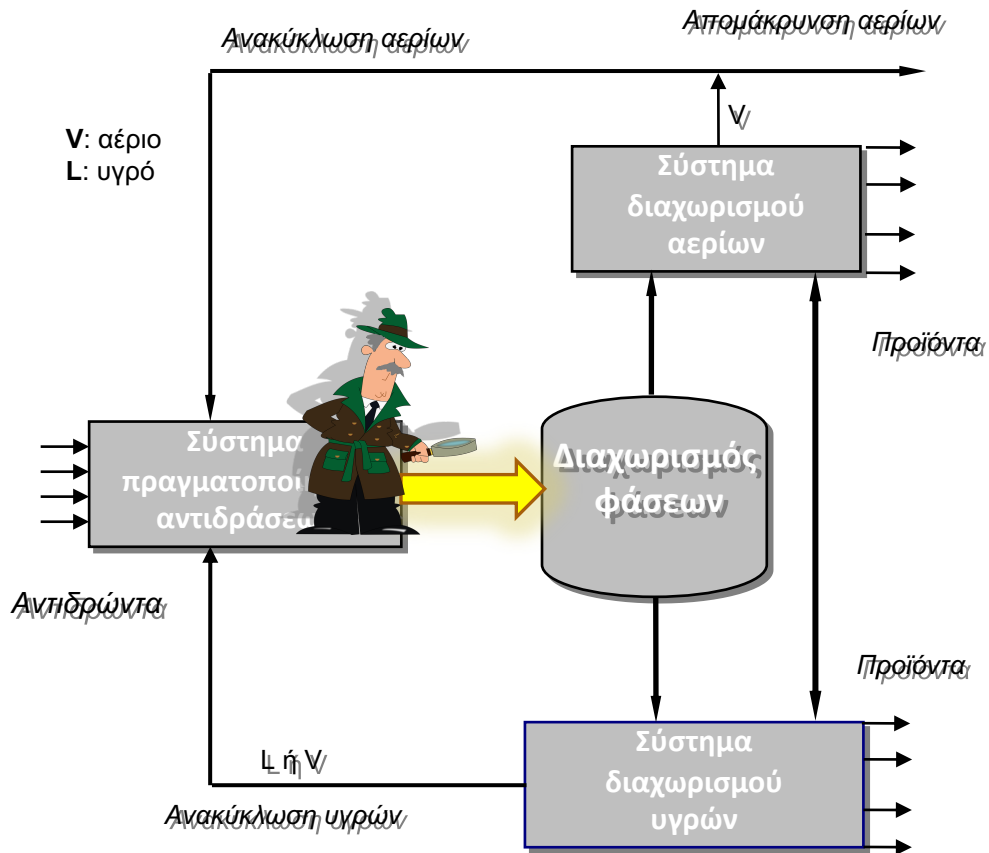
Για κάθε μη πλήρως καταναλισκόμενο αντιδρών, πρόσμιξη της τροφοδοσίας ή παραπροϊόν των αντιδράσεων, θα πρέπει να προβλεφθεί κάποιο **σημείο εξόδου** τους από το διάγραμμα ροής (τα προϊόντα αντιστρεπτών αντιδράσεων μπορούμε να τα απομακρύνουμε ή να τα ανακυκλώνουμε μέχρι την επίτευξη ισορροπίας).

Οι περισσότερες πρώτες ύλες περιέχουν προσμίξεις οι οποίες μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά τη διεργασία που σχεδιάζουμε. **Οι προσμίξεις αυτές θα πρέπει να απομακρύνονται** πριν από την τροφοδότησή τους στη διεργασία, εάν:

- **επηρεάζουν** τη σταθερότητα ή ενεργότητα του καταλύτη
- υπάρχουν σε **σημαντικές ποσότητες** ή
- είναι **δύσκολο** να διαχωριστούν από τα προϊόντα (αλλά ευκολότερο από τις α' ύλες).

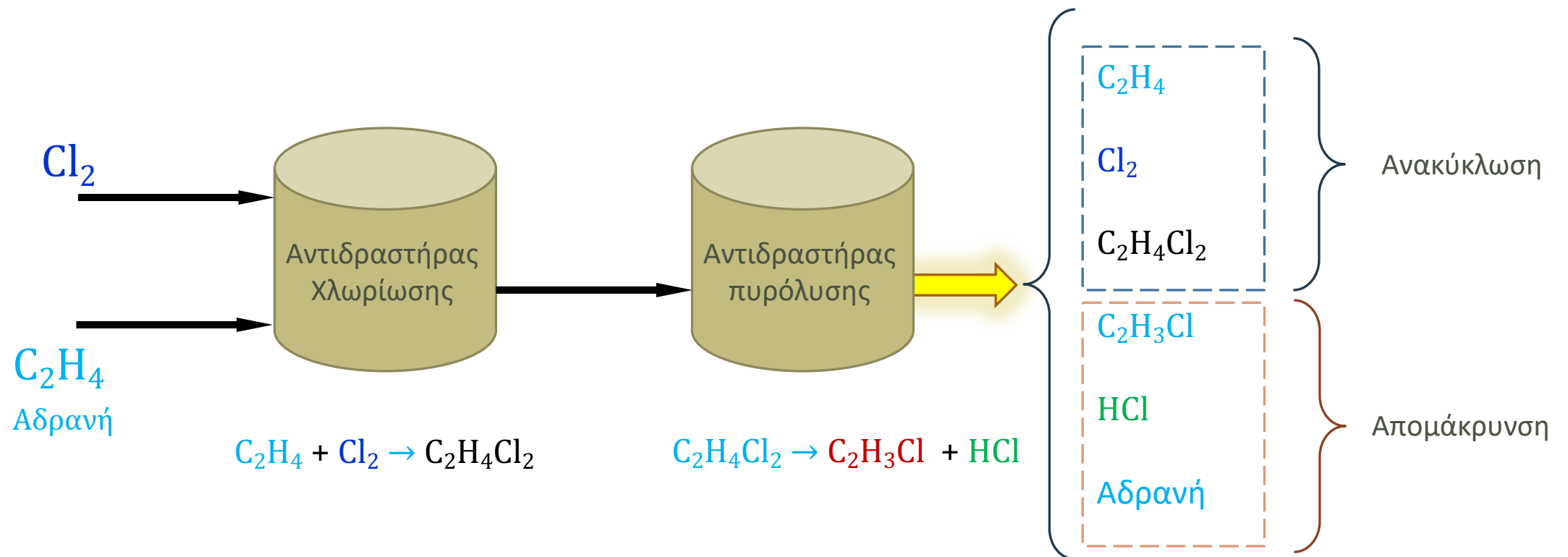
(η κατασκευή μονάδας επεξεργασίας των α' υλών αυξάνει το κόστος και για τον λόγο αυτό είναι προτιμότερο να αποφεύγεται)

ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ/ΕΞΟΔΟΥ

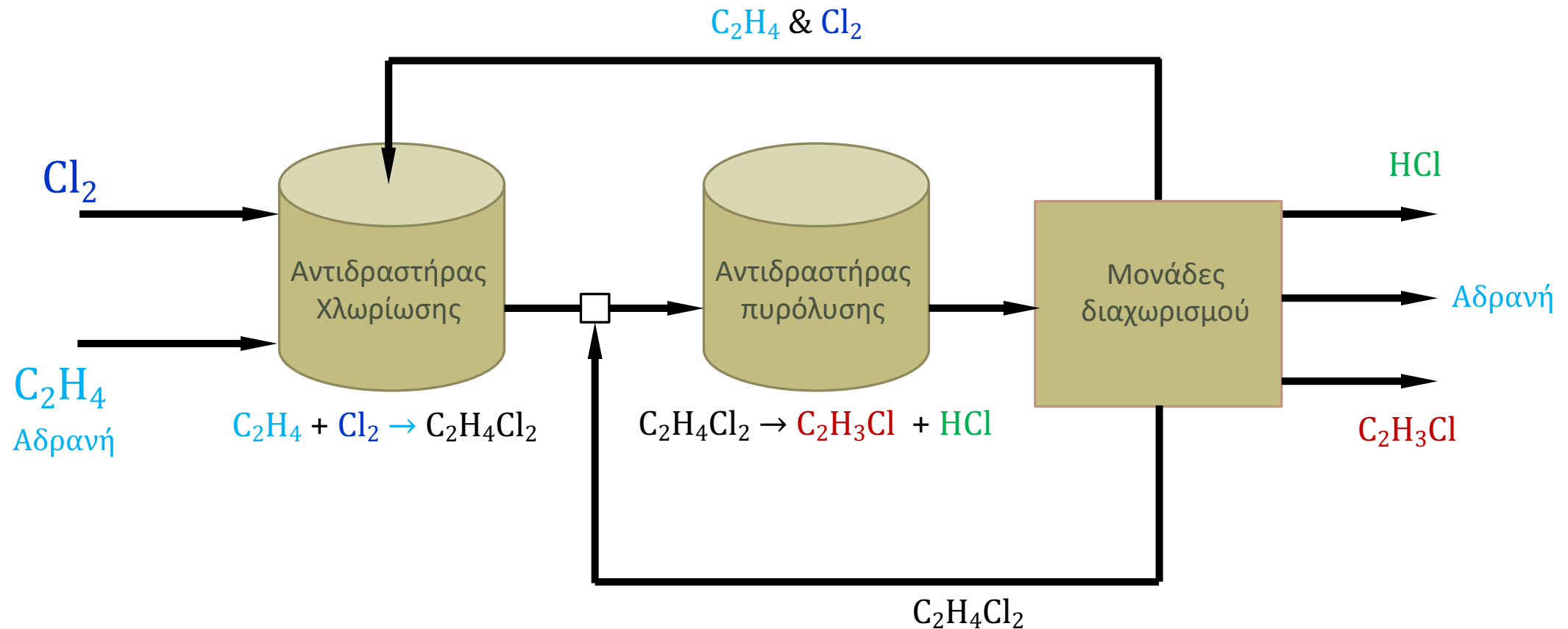


- α. αντιδρών (ανακυκλώνεται)
- β. ενδιάμεσο αντιδράσεων (ανακυκλώνεται)
- γ. παραπροϊόν από αντιστρεπτή αντίδραση (ανακυκλώνεται ή απομακρύνεται)
- δ. βασικό προϊόν ή πολύτιμο παραπροϊόν (απομακρύνεται)
- ε. απόβλητο ή παραπροϊόν με ευτελή αξία (απομακρύνεται)

ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ/ΕΞΟΔΟΥ



ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ/ΕΞΟΔΟΥ



ΕΠΙΠΕΔΟ 2: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ



Οι αποφάσεις του επιπέδου αυτού αφορούν:

- α. στον καθορισμό του **τύπου** και του αριθμού (**πλήθους**) των αντιδραστήρων
- β. στον καθορισμό του τύπου λειτουργίας των αντιδραστήρων — **αδιαβατική** ή με εναλλαγή θερμότητας (**μη αδιαβατική**)
- γ. στην **αραίωση** της τροφοδοσίας ή στη χρήση **φορέα θερμότητας** (diluent or heat carrier)
- δ. στη χρήση τεχνικών για τη μετατόπιση της μετατροπής **ισορροπίας** (χρήση περίσσειας, επιλογή κατάλληλης πίεσης ή/και θερμοκρασίας)
- ε. στην αντιστοίχιση ρευμάτων **ανακύκλωσης** και αντιδραστήρων

ΕΠΙΠΕΔΟ 2: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ



Εάν οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα απαιτούν διαφορετικές συνθήκες **πίεσης** και **θερμοκρασίας** ή διαφορετικούς **καταλύτες**, τότε απαιτείται και ανάλογος **αριθμός αντιδραστήρων**. Στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει να γίνει κατάλληλη αντιστοίχιση ρευμάτων ανακύκλωσης και αντιδραστήρων.

Όσον αφορά στην **πίεση** λειτουργίας, αυτή θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη (μικρότερη), εάν η πραγματοποίηση της επιθυμητής αντίδρασης οδηγεί σε μείωση (αύξηση) των συνολικών moles ή η επιθυμητή αντίδραση είναι μεγαλύτερης (μικρότερης) τάξης από τις μη επιθυμητές.

Για ενδόθερμες αντιδράσεις ή μη αντιστρεπτές εξώθερμες αντιδράσεις, είναι επιθυμητό να λειτουργούμε τον αντιδραστήρα ισοθερμοκρασιακά και όσο το δυνατόν πλησιέστερα στη **μέγιστη επιτρεπτή θερμοκρασία** με σκοπό τη μεγιστοποίηση του ρυθμού της αντίδρασης.

ΕΠΙΠΕΔΟ 2: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ



Για αντιστρεπτές εξώθερμες αντιδράσεις (η συνηθέστερη περίπτωση σε πρακτικά προβλήματα), ο μέγιστος ρυθμός αντίδρασης χαρακτηρίζεται από (σχεδόν γραμμική) μείωση της θερμοκρασίας σαν συνάρτηση του κλασματικού βαθμού μετατροπής.

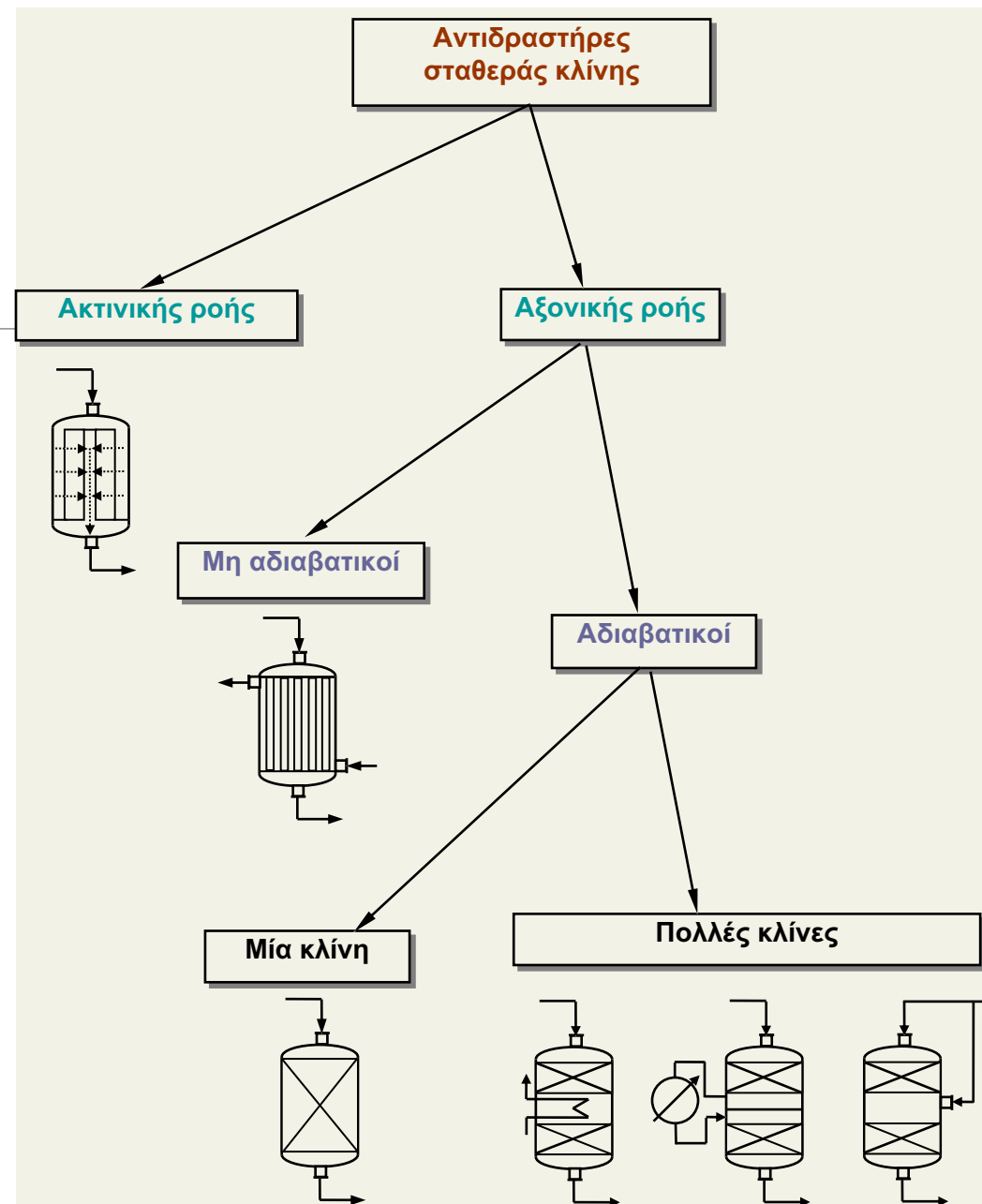
Στις περιπτώσεις αυτές, αρχικά, εξετάζουμε την πιθανότητα πραγματοποίησης της αντίδρασης σε αδιαβατικό αντιδραστήρα μιας σταθεράς κλίνης.

Η αδιαβατική λειτουργία θα είναι εφικτή, εφόσον η μεταβολή της θερμοκρασίας κατά μήκος της καταλυτικής κλίνης είναι αποδεκτή (μικρότερη από 50 °C).

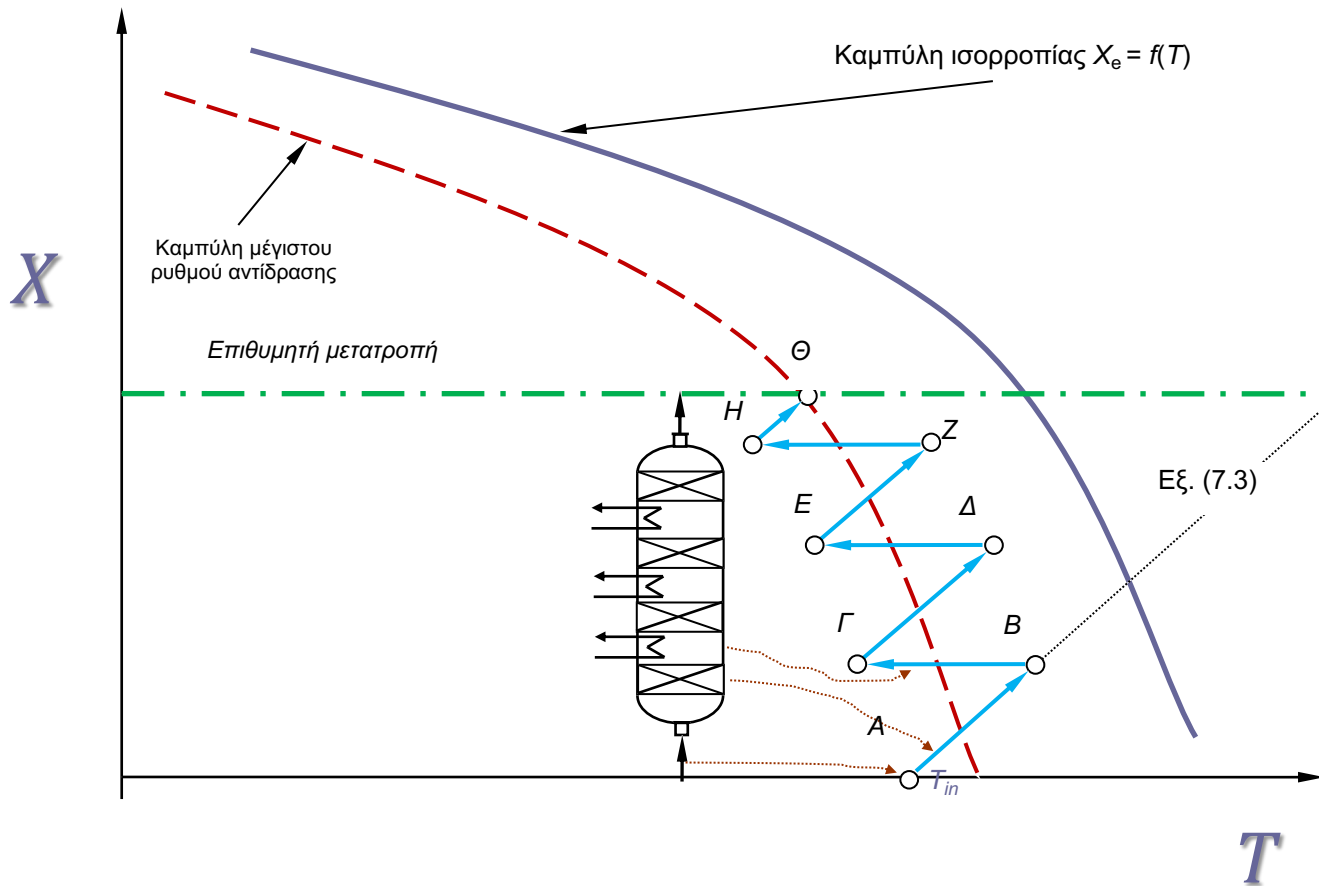
Εάν, αντίθετα, η μεταβολή της θερμοκρασίας κατά μήκος της καταλυτικής κλίνης είναι σημαντική, τότε εξετάζουμε την πιθανότητα χρησιμοποίησης πολλαπλών κλινών με ενδιάμεση ψύξη (για εξώθερμες αντιδράσεις) ή θέρμανση (για ενδόθερμες αντιδράσεις)

ΕΠΙΠΕΔΟ 2:

$$\begin{aligned}\Delta T &= T_{out} - T_{in} \\ &= \frac{Q_{rxn}}{\sum_{i=1}^{NC} n_{in,i} c_{p_i}} \\ &= \frac{(-\Delta h_{rxn}) f_{in,r} X}{\sum_{i=1}^{NC} n_{in,i} c_{p_i}}\end{aligned}$$



ΕΠΙΠΕΔΟ 2: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ



Για έντονα ενδόθερμες ή εξώθερμες αντιδράσεις προτείνεται η:

- χρησιμοποίηση **περίσσειας** ενός αντιδρώντος, ή
- χρησιμοποίηση **αδρανούς** φορέα θερμότητας (diluent ή heat carrier) ή
- **συνδυασμό** των παραπάνω

ΕΠΙΠΕΔΟ 3: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ



Οι μέθοδοι διαχωρισμού μπορούν να καταταχθούν σε μία από τις ακόλουθες πέντε γενικές κατηγορίες:

- διαχωρισμός μέσω δημιουργίας φάσης
- διαχωρισμός μέσω προσθήκης φάσης
- διαχωρισμός μέσω διαχωριστικού μέσου
- διαχωρισμός υποβοηθούμενος από στερεό
- διαχωρισμός υποβοηθούμενος από πεδίο δυνάμεως

ΕΠΙΠΕΔΟ 3: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ



Στην κατηγορία των διαχωρισμών μέσω *δημιουργίας φάσης* κατατάσσονται οι περισσότερες από τις γνωστότερες μεθόδους διαχωρισμού, όπως η *κλασματική απόσταξη*, η *απορρόφηση*, η *ξήρανση*, η *κρυστάλλωση*, κλπ., στις οποίες με την προσθήκη ή αφαίρεση ενέργειας από το σύστημα επιτυγχάνουμε τη δημιουργία μιας νέας φάσης η οποία έχει διαφορετική σύσταση από την αρχική.

Στην κατηγορία των διαχωρισμών μέσω *προσθήκης φάσης* κατατάσσονται η *εκχύλιση*, η *εκχυλιστική απόσταξη* και η *έκπλυση*. Στην εκχύλιση, για παράδειγμα, γίνεται προσθήκη στο αρχικό μίγμα ενός μη αναμίξιμου διαλύτη στον οποίο παρουσιάζει υψηλή διαλυτότητα ένα ή περισσότερα από τα συστατικά του μίγματος.

Στην κατηγορία των διαχωρισμών μέσω *διαχωριστικού μέσου* ανήκουν οι τεχνολογίες *μεμβρανών*. Κλασικότερα παραδείγματα ίσως αποτελούν η υπερδιήθηση, η μικροδιήθηση, η διάχυση αερίων μέσω μεμβρανών (gas permeation και pervaporation).

ΕΠΙΠΕΔΟ 3: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ



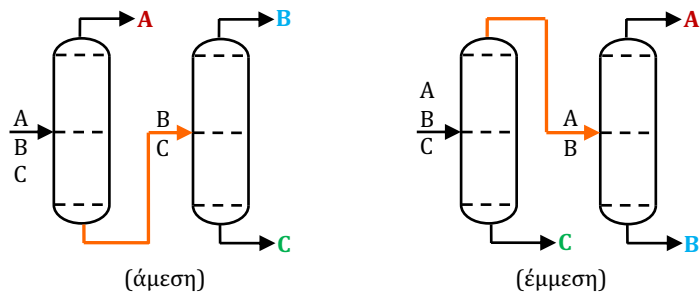
Στην κατηγορία των διαχωρισμών *υποβοηθούμενων από στερεά* κατατάσσονται η **προσρόφηση**, η **χρωματογραφία** και η **ιοντο-εναλλαγή**. Η προσρόφηση χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση συστατικών τα οποία βρίσκονται σε μικρές συγκεντρώσεις από ρεύματα αερίων ή υγρών με χρησιμοποίηση στερεών προσροφητικών μέσων όπως ενεργός άνθρακας και η silica gel.

Στην κατηγορία των διαχωρισμών *υποβοηθούμενων από πεδίο δυνάμεως* κατατάσσονται η **φυγοκέντριση**, η **ηλεκτροδιαπίδυση** και η **ηλεκτροφόρηση**. Η φυγοκέντριση, για παράδειγμα, βασίζεται στον διαχωρισμό υγρών με σημαντική διαφορά στην πυκνότητα με την ανάπτυξη φυγόκεντρων δυνάμεων.

ΕΠΙΠΕΔΟ 3: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ



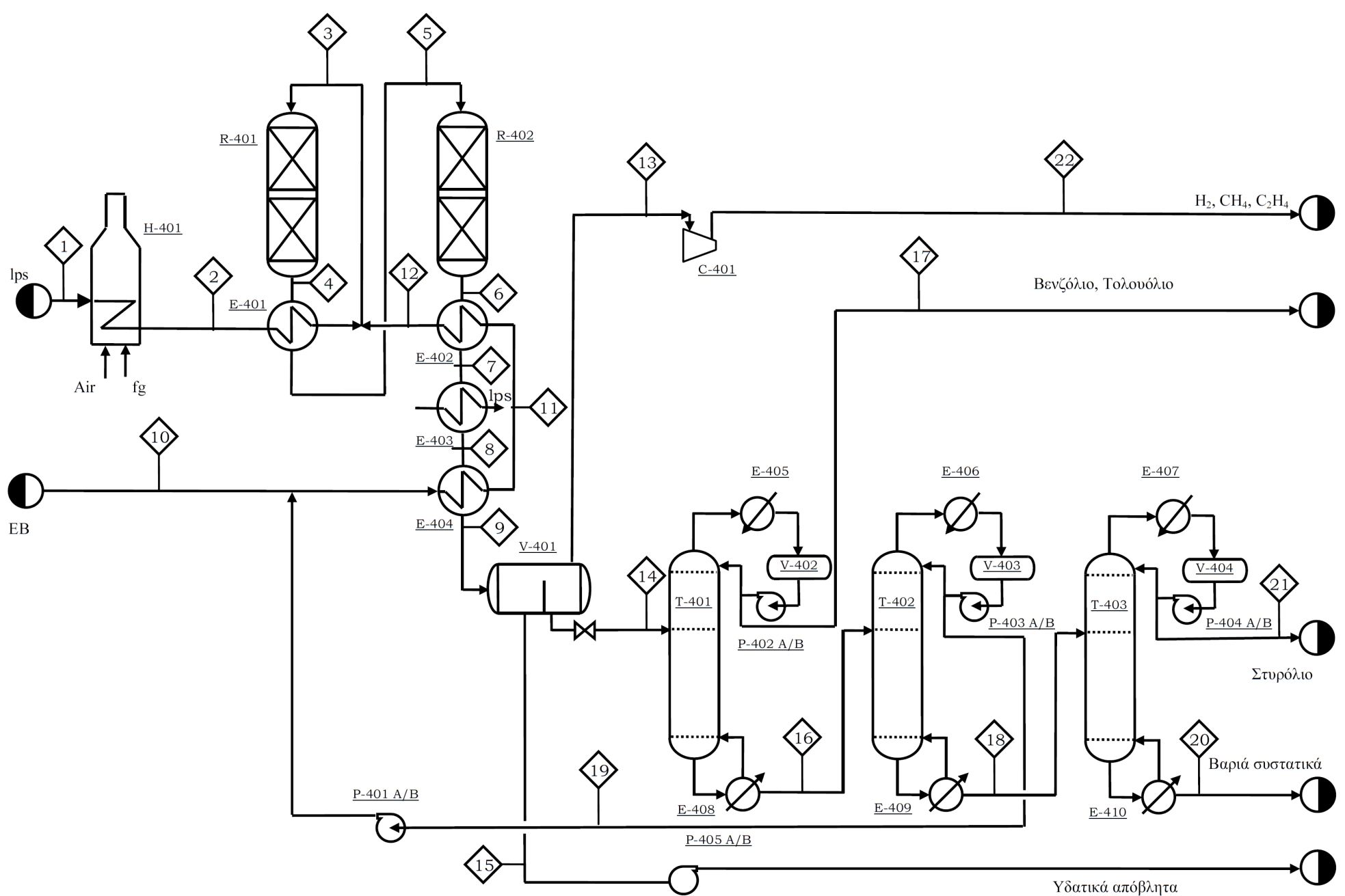
Δομή συστήματος διαχωρισμού με στήλες κλασματικής απόσταξης (εναλλακτικές και εμπειρικοί κανόνες)

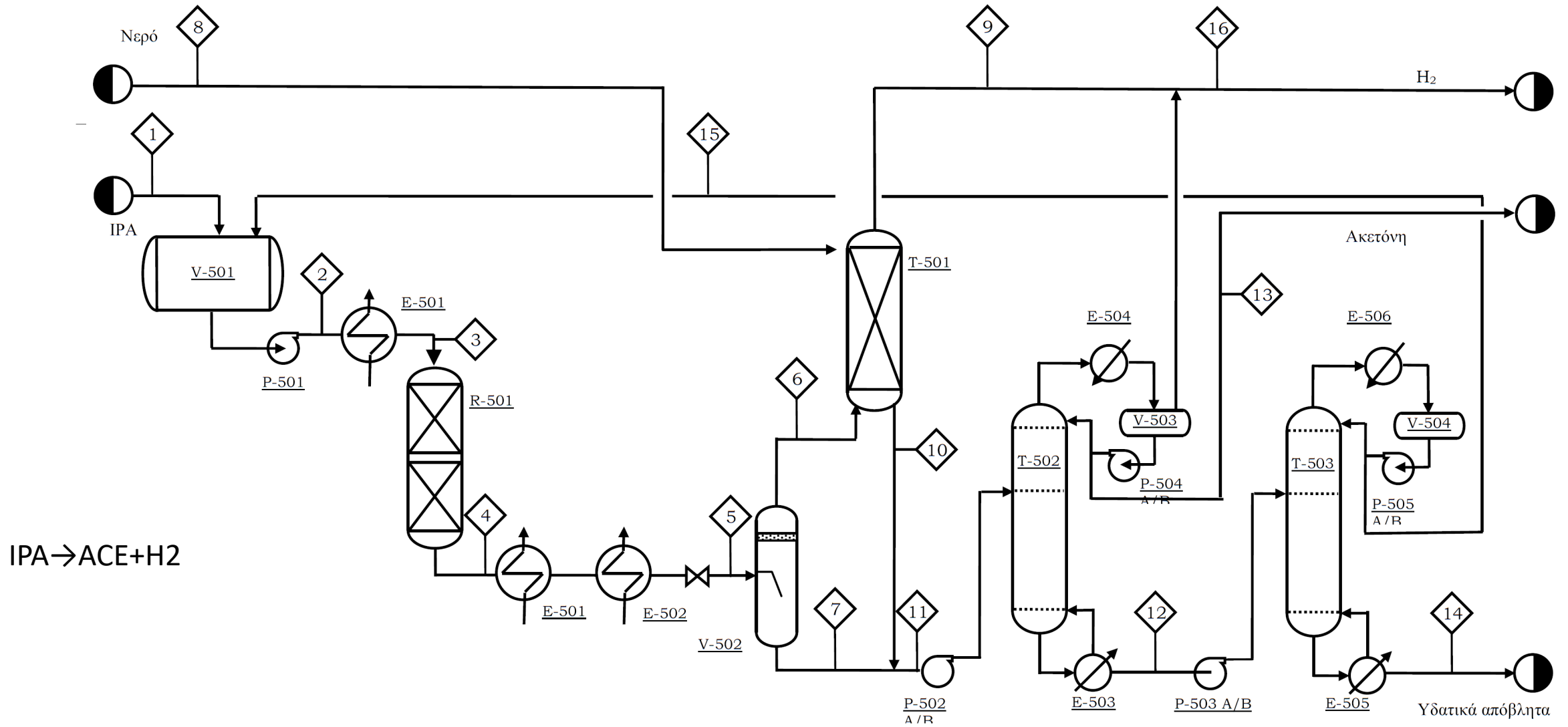


$$N = \frac{[2(N_{\Pi} - 1)]!}{N_{\Pi}!(N_{\Pi} - 1)!}$$

- Θα πρέπει να προτιμώνται οι **άμεσες δομές**.
- Θα πρέπει να προτιμώνται δομές οι οποίες δίνουν προϊόντα κορυφής και βάσης με **συγκρίσιμες γραμμομοριακές ροές**.
- Απομακρύνονται πρώτα τα **ασταθή, διαβρωτικά ή χημικώς ενεργά** συστατικά.
- Απομακρύνονται πρώτα τα συστατικά με τις **μεγαλύτερες γραμμομοριακές παροχές**.
- Οι **δύσκολοι διαχωρισμοί** θα πρέπει να γίνονται τελευταίοι.
- Διαχωρισμοί με **προϊόντα υψηλής καθαρότητας** θα πρέπει να γίνονται τελευταίοι.

EB → STY + H₂





ΑΝΑΠΤΥΞΗ/ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΡΟΗΣ



ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΔΟΜΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΕΞΟΔΟΥ

ΕΠΙΠΕΔΟ 2: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ

ΕΠΙΠΕΔΟ 3: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ

ΕΠΙΠΕΔΟ 4: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ

ΕΠΙΠΕΔΟ 5: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ



ΑΝΑΠΤΥΞΗ/ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΡΟΗΣ

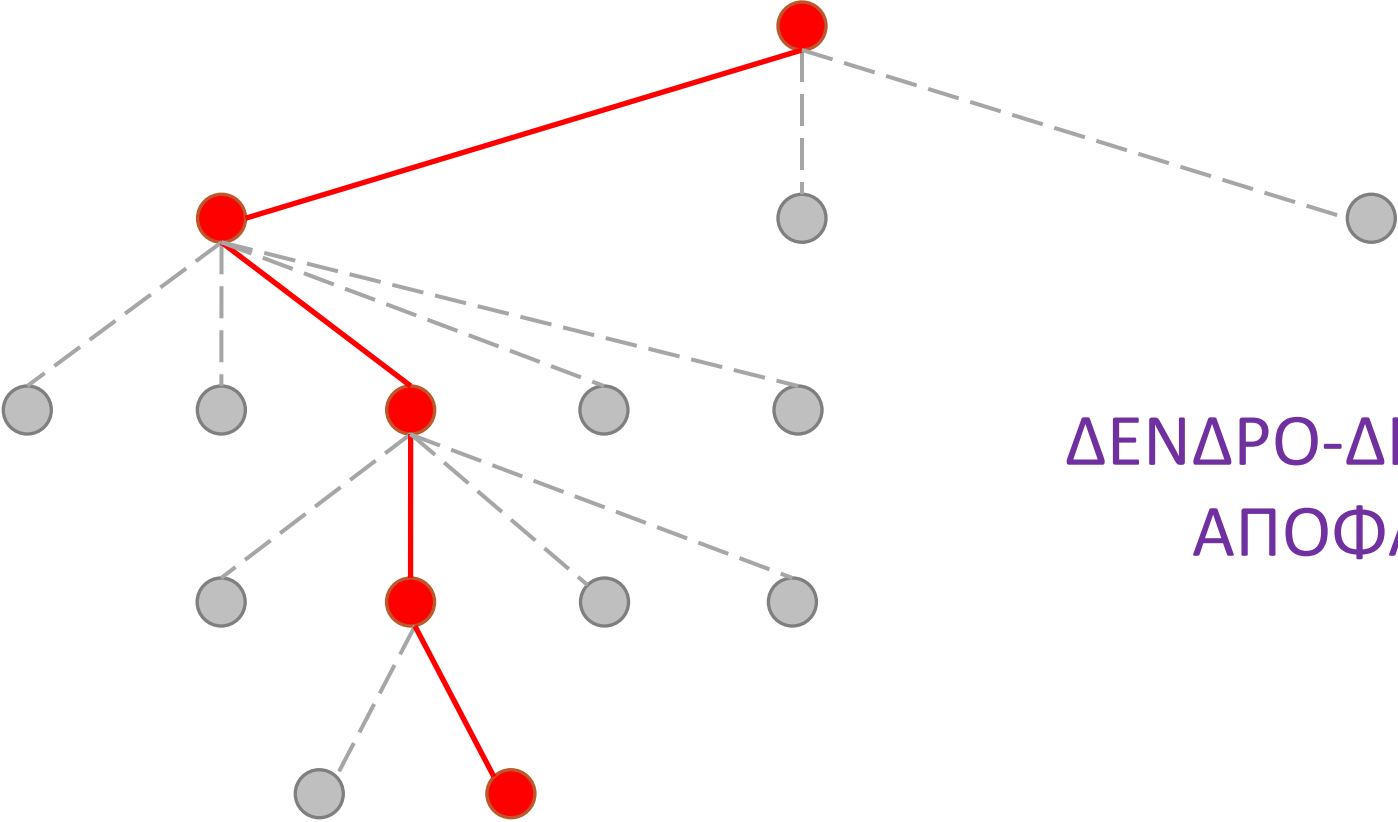
ΕΠΙΠΕΔΟ 1

ΕΠΙΠΕΔΟ 2

ΕΠΙΠΕΔΟ 3

ΕΠΙΠΕΔΟ 4

ΕΠΙΠΕΔΟ 5



ΔΕΝΔΡΟ-ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ
ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΡΟΗΣ



$$K_{eq} = \frac{P_{\text{EtOH}}}{P_{\text{EPW}}} = 1.27825 \cdot 10^{-7} \exp\left(\frac{5679}{T}\right), \quad \ln K_{eq} = \underbrace{\ln 1.27825 \cdot 10^{-7}}_{-15.8726} + \frac{5679}{T}$$

Αιθυλένιο : διαθέσιμο σε 15 °C, 50 bar, 1 % αιθάνιο @ 0.5 \$/kg

Ατμός : κορεσμένος σε 42 bar,

Παραγόμενη αιθανόλη >94 wt% υδατικό διάλυμα @ 1 \$/kg, 30 kt/y EtOH

ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΡΕΥΜΑΤΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΕΞΟΔΟΥ / ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ

2208

Ind. Eng. Chem. Res. 1993, 32, 2208–2212

Olefin/Paraffin Separation Technology: A Review

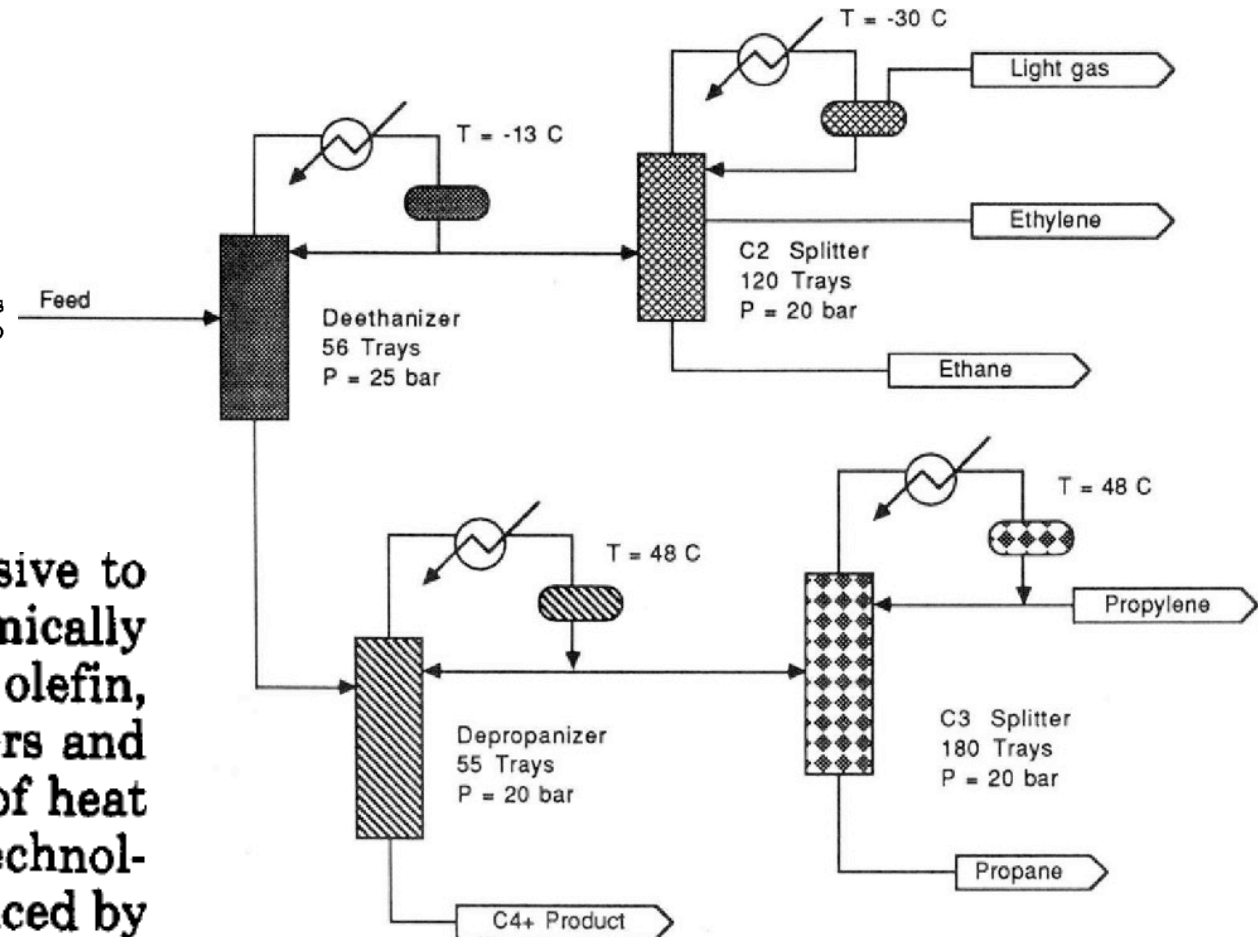
R. Bruce Eldridge

Phillips Petroleum Company, Bartlesville, Oklahoma 74004

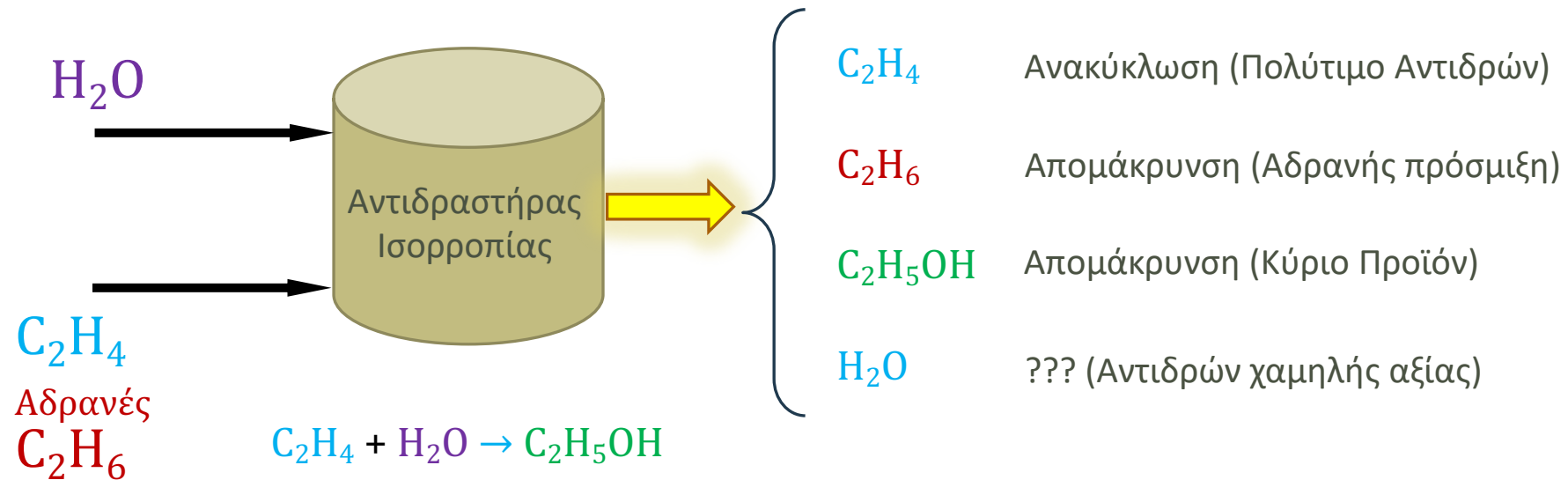
A review of traditional and nontraditional technologies for the separation of light olefins and paraffins is presented. The technologies addressed range from conventional low-temperature distillation to chemical complexation using copper and silver ions.



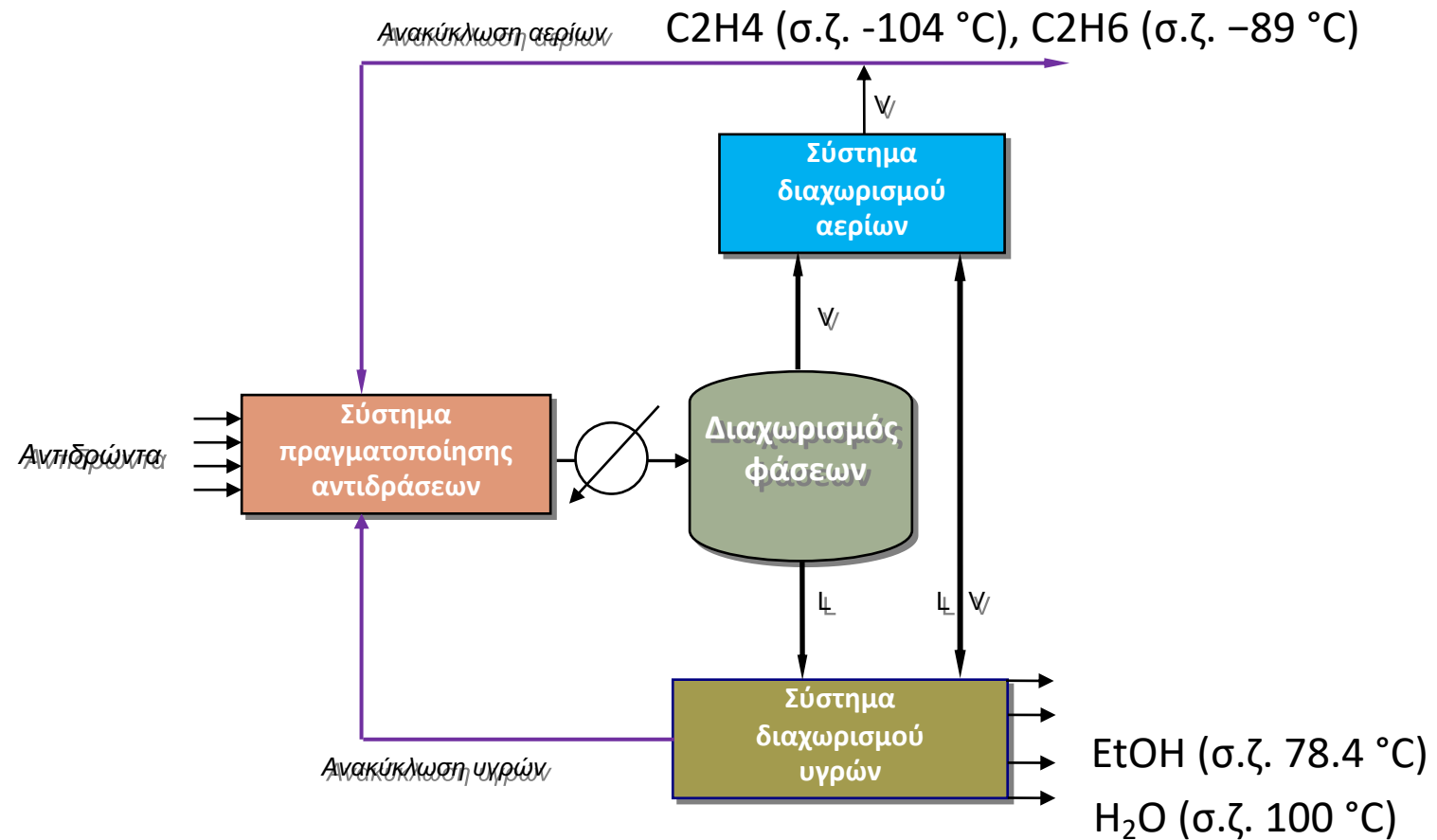
gated (Minton, 1979). These systems are expensive to build and operate and are currently only economically attractive for streams containing high quantities of olefin, such as those from large refinery catalytic crackers and high-capacity ethylene crackers. The high level of heat integration requires that alternative separation technologies be carefully reviewed. Capital savings produced by



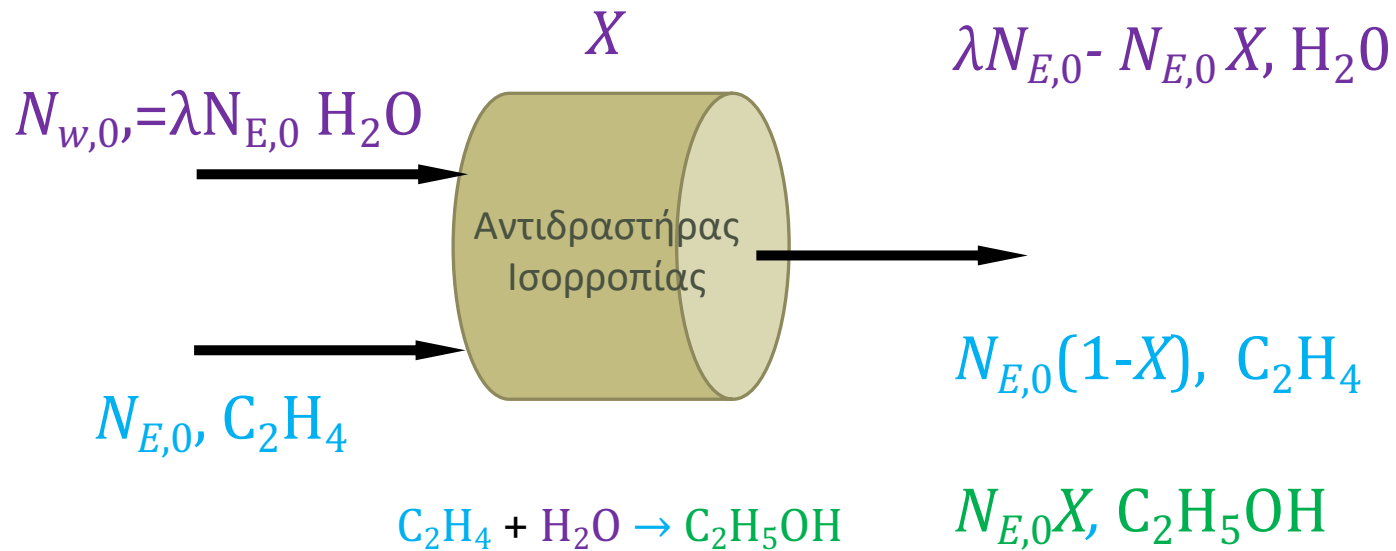
ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ/ΕΞΟΔΟΥ



ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΕΙΣΟΔΟΥ/ΕΞΟΔΟΥ



ΕΠΙΠΕΔΟ 2: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ



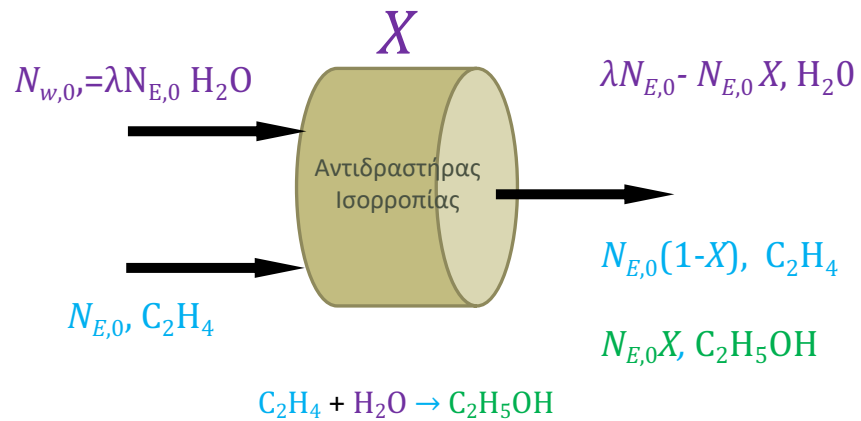
$$K_{eq} = \frac{P_{\text{EtOH}}}{P_E P_W} = \frac{1}{P} \frac{y_{\text{EtOH}}}{y_E y_W}$$

$$K_{eq} P = \frac{\frac{N_{E,0} X}{N_{E,0} [1 + \lambda - X]}}{\frac{N_{E,0} (1 - X) N_{E,0} (\lambda - X)}{N_{E,0}^2 [1 + \lambda - X]^2}}$$

$$= \frac{\frac{X}{1 + \lambda - X}}{\frac{(1 - X)(\lambda - X)}{(1 + \lambda - X)^2}} = \frac{X(1 + \lambda - X)}{(1 - X)(\lambda - X)} \Rightarrow$$

$$X^2 - (1 + \lambda)X + \frac{K_{eq} P}{1 + K_{eq} P} \lambda = 0$$

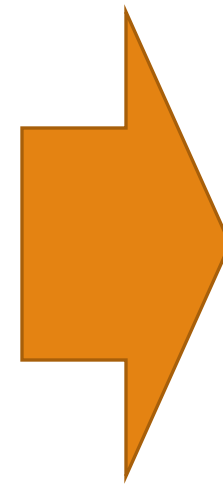
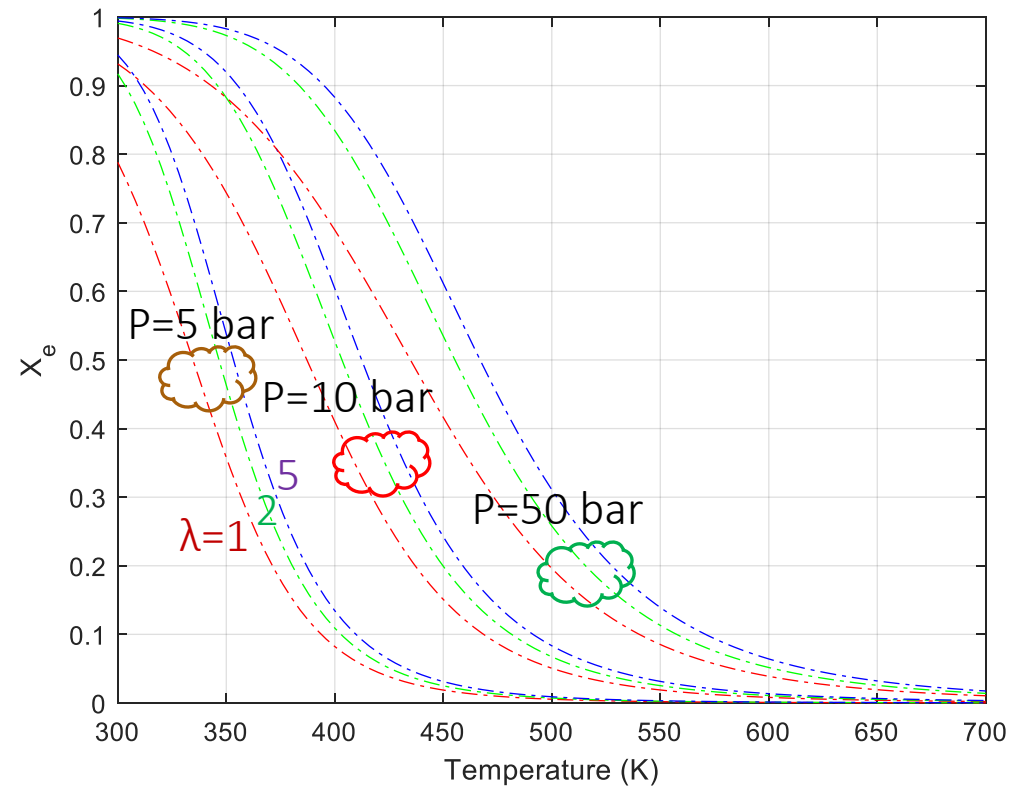
ΕΠΙΠΕΔΟ 2: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ



$$X^2 - (1 + \lambda)X + \frac{K_{eq}P}{1 + K_{eq}P} \lambda = 0$$

$$X_{eq} = f(\lambda, P, T) = \frac{1 + \lambda}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{K_{eq}P}{1 + K_{eq}P} \cdot \frac{\lambda}{(1 + \lambda)^2}} \right)$$

ΕΠΙΠΕΔΟ 2: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ

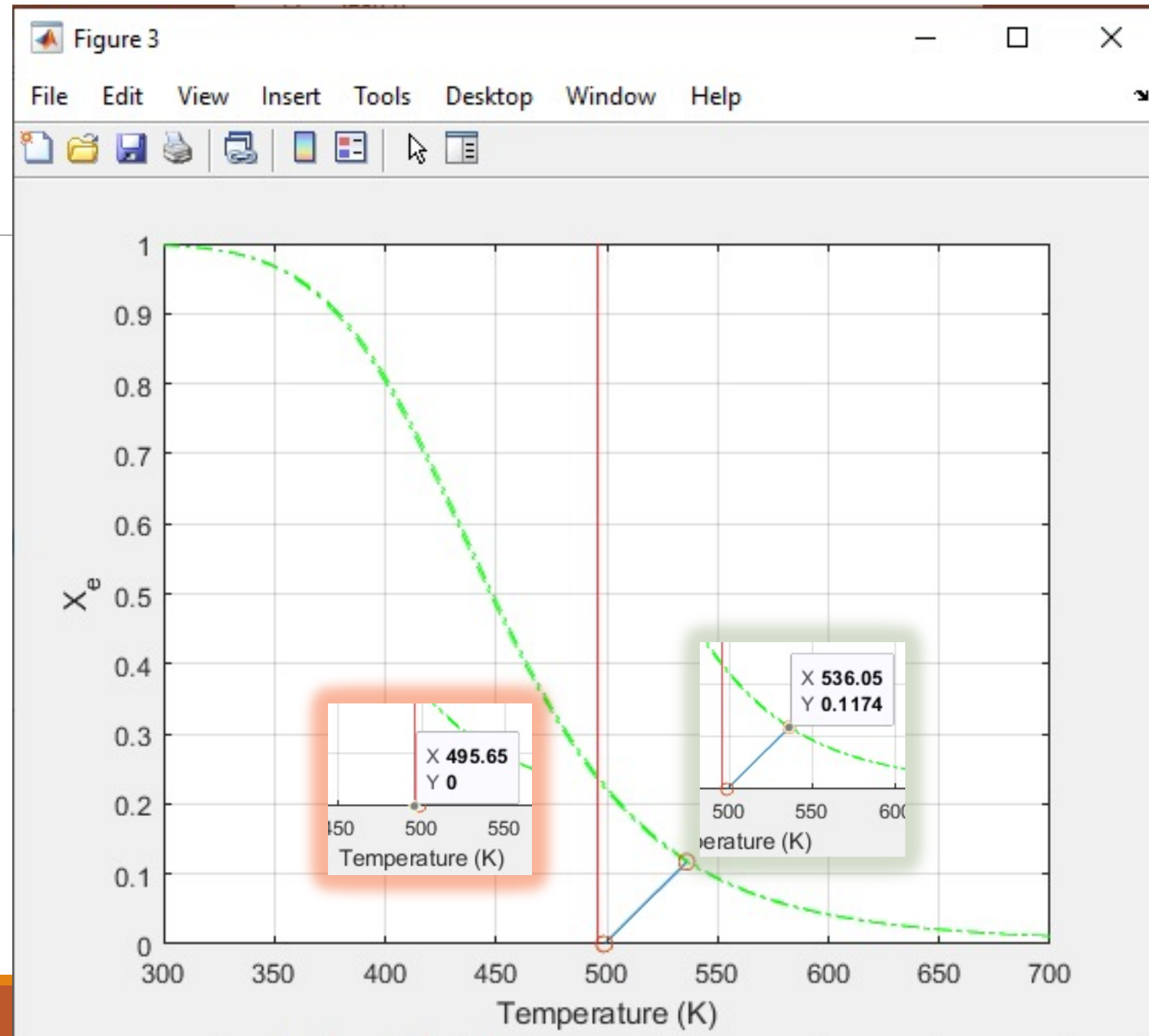


$\lambda=2$

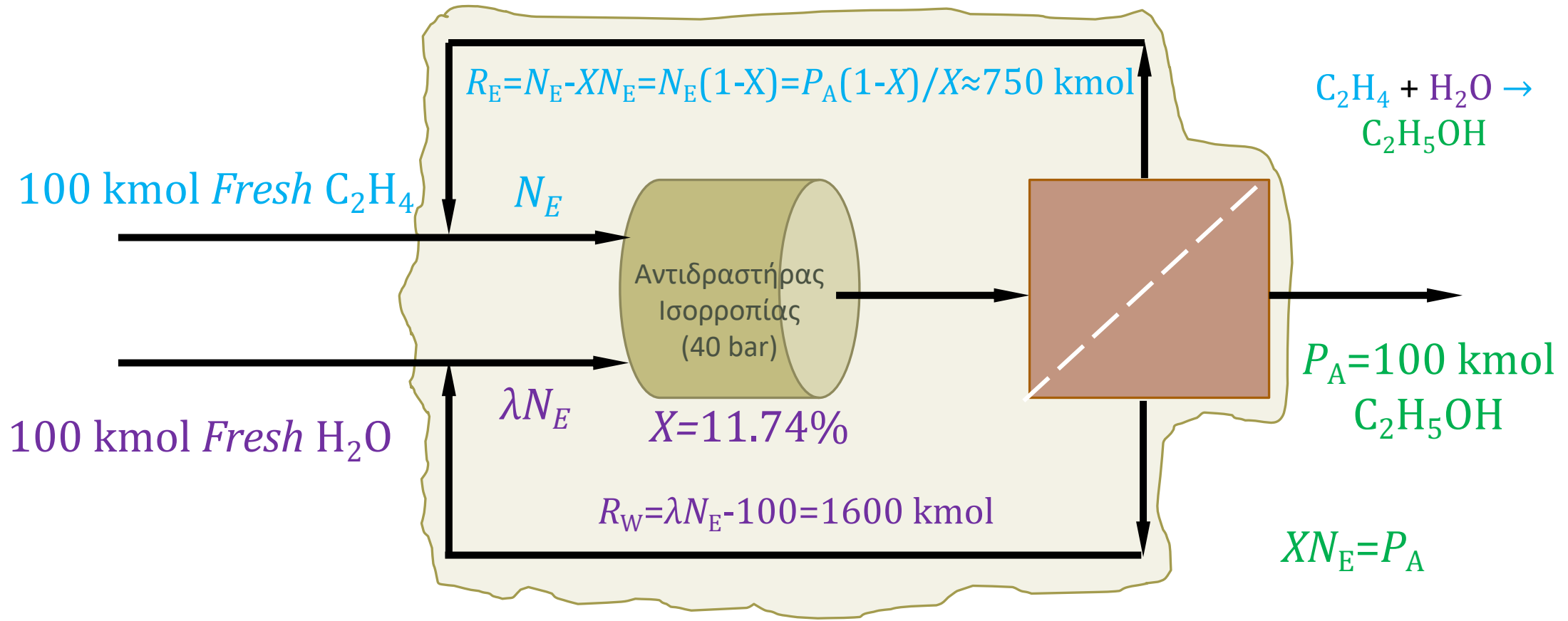
&

Μέγιστη
πίεση με
βάση τις
διαθέσιμες
α' ύλες
(40 bar)

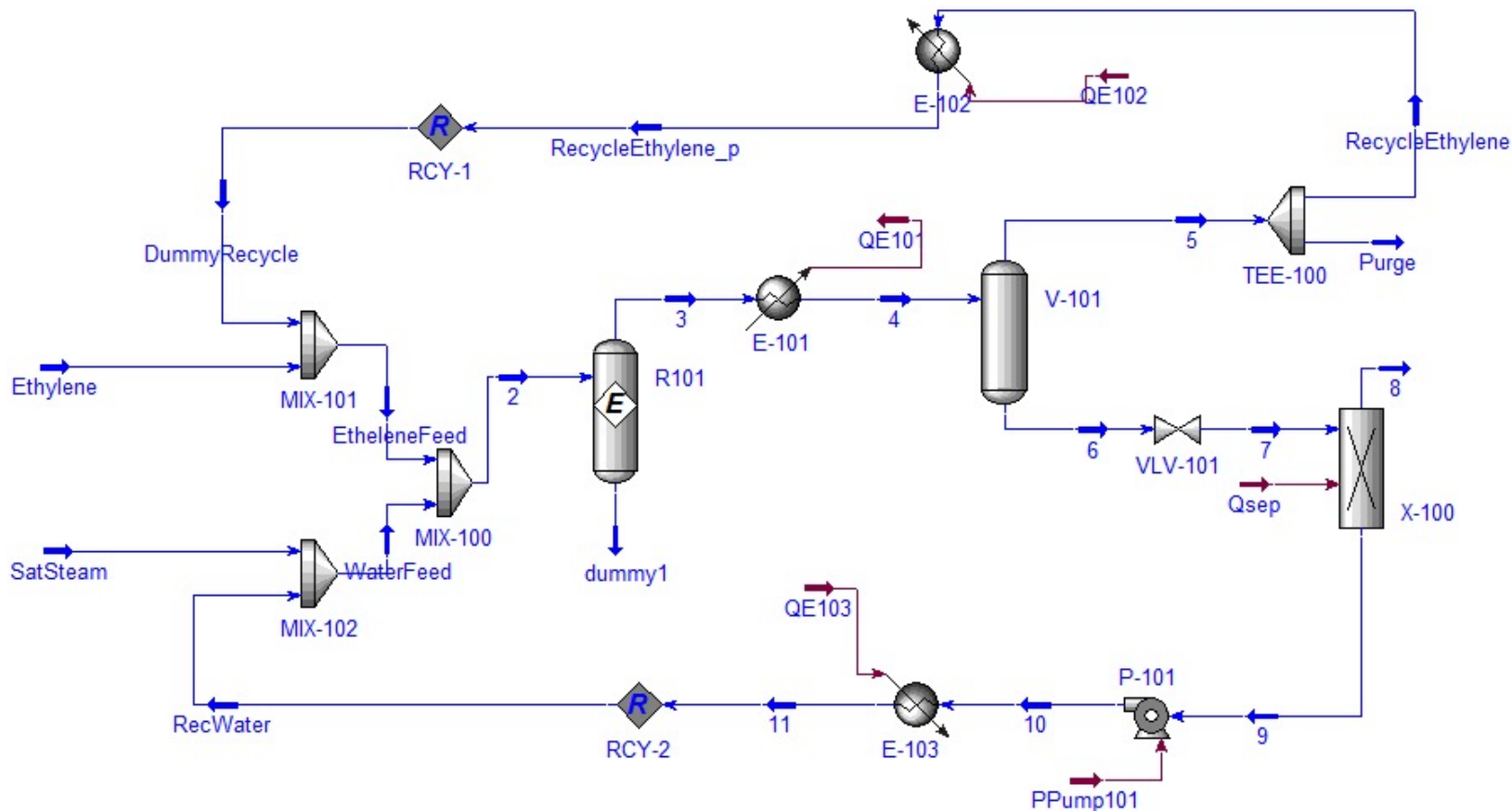
$P=40 \text{ bar}$, $\lambda=2$



ΕΠΙΠΕΔΟ 2: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ



ΕΠΙΠΕΔΟ 2: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ



Ethylene			EtheleneFeed		
Temperature	15.00	C	Temperature	194.2	C
Pressure	5000	kPa	Pressure	4000	kPa
Molar Flow	100.0	kgmole/h	Molar Flow	841.2	kgmole/h

SatSteam			WaterFeed		
Temperature	250.3	C	Temperature	250.3	C
Pressure	4000	kPa	Pressure	4000	kPa
Molar Flow	100.0	kgmole/h	Molar Flow	1682	kgmole/h

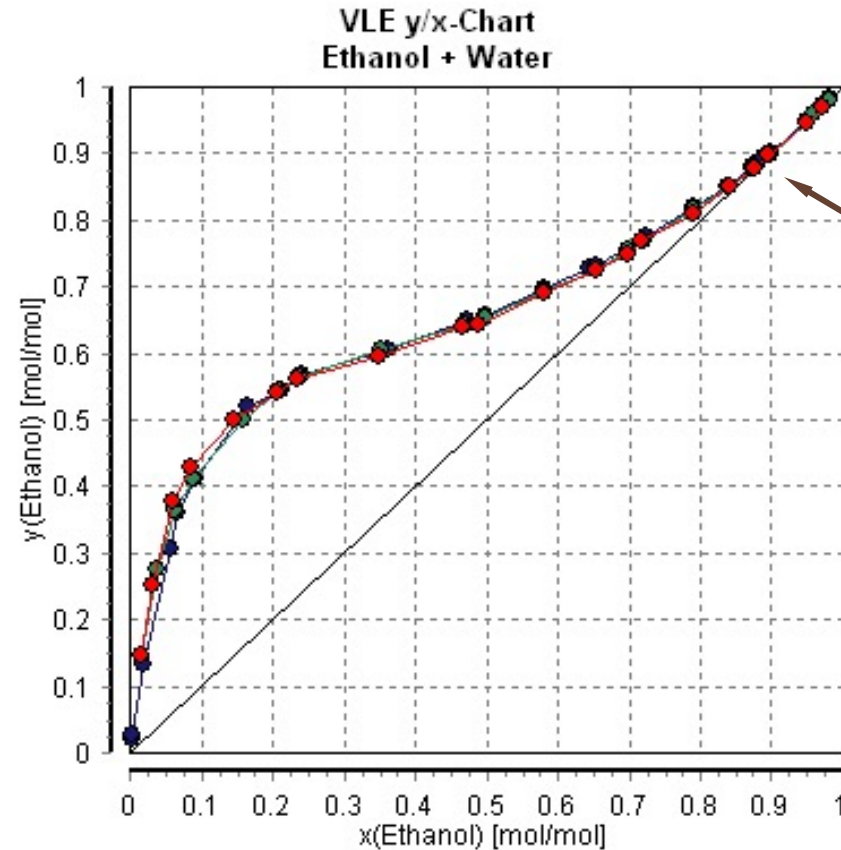
2		
Temperature	224.7	C
Pressure	4000	kPa
Molar Flow	2523	kgmole/h
Comp Molar Flow (Ethylene)	836.14	kgmole/h
Comp Molar Flow (H2O)	1684.4	kgmole/h

3		
Temperature	262.2	C
Pressure	4000	kPa
Molar Flow	2424	kgmole/h
Comp Molar Flow (Ethylene)	736.69	kgmole/h
Comp Molar Flow (Ethanol)	102.16	kgmole/h

ΕΠΙΠΕΔΟ 3: ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΟΜΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ



<http://www.ddbst.com>



● P = 12.666 kPa
● P = 25.331 kPa
● P = 50.663 kPa

Αζεότροπο
90 mol% EtOH
95.8 wt% EtOH

© DDBST GmbH

ΑΝΑΠΤΥΞΗ/ΣΥΝΘΕΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΡΟΗΣ



ΕΠΙΠΕΔΟ 1: ΔΟΜΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΕΞΟΔΟΥ

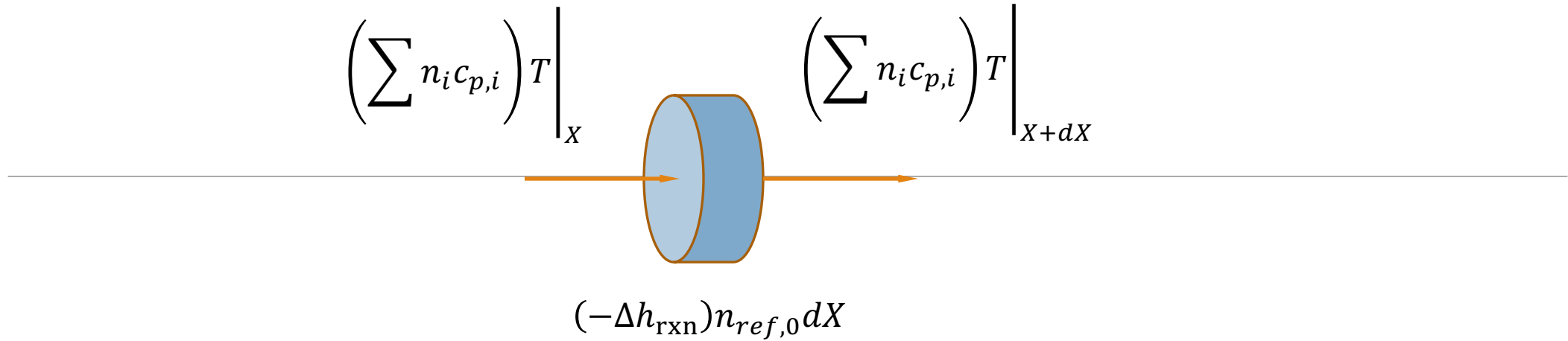
ΕΠΙΠΕΔΟ 2: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ

7ο & 8ο
Εξαμηνο
ΤΧΜ ΠΠ

ΕΠΙΠΕΔΟ 3: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ

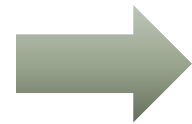
ΕΠΙΠΕΔΟ 4: ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ

ΕΠΙΠΕΔΟ 5: ΔΟΜΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ



$$\underbrace{\left(\sum n_i c_{p,i} \right) T \Big|_X}_{Nc_p} + (-\Delta h_{rxn}) n_{ref,0} dX = \underbrace{\left(\sum n_i c_{p,i} \right) T \Big|_{X+dX}}_{Nc_p} \Rightarrow \frac{dT}{dX} = \frac{(-\Delta h_{rxn}) n_{ref,0}}{Nc_p}$$

$$T_{X+\Delta X} = T_X + \frac{(-\Delta h_{rxn}) n_{ref,0}}{Nc_p} \Delta X$$



$$T_X = T_0 + \frac{(-\Delta h_{rxn}) n_{ref,0}}{Nc_p} X$$