

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Τεχνικές Εκτίμησης Περιβαλλοντικών Κινδύνων – Διαχείριση Κρίσεων Ι

Τεχνολογίες που αφορούν τη νομοθεσία για τα Βιομηχανικά Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης ΙΙ

Κ. Χριστοφορίδης

email: kochristo@env.duth.gr

Περιεχόμενα

- **Διαχειριστικό Σύστημα Ασφάλειας Διεργασιών**
  - δομή και περιεχόμενα
- **Ανάλυση Κινδύνων Διεργασιών**
  - λίστες ελέγχου και ανάλυση «τι θα συμβεί εάν...;
  - ανάλυση δένδρου σφαλμάτων
  - ανάλυση καταστάσεων αστοχιών και επιπτώσεων
  - κίνδυνοι και λειτουργικότητα





Διαχειριστικό Σύστημα Ασφάλειας Διεργασιών

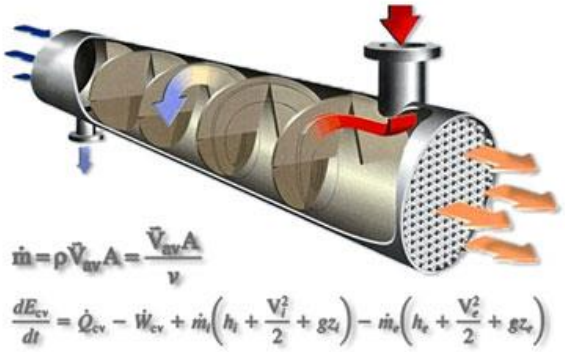
- Πληροφορίες Ασφάλειας Διεργασίας
- Ανάλυση Κινδύνων Διεργασιών
- Διαδικασίες Λειτουργίας
- Συμμετοχή Εργαζομένων
- Εκπαίδευση
- Εργολάβοι
- Επισκόπηση Ασφάλειας
- Μηχανολογική Ακεραιότητα
- Άδεια Θερμής Εργασίας
- Διαχείριση Αλλαγών
- Διερεύνηση Συμβάντων
- Σχέδια Εκτάκτων Αναγκών
- Επιθεωρήσεις Συμμόρφωσης
- Βιομηχανικό Απόρρητο

Πληροφορίες Ασφάλειας Διεργασίας

Σύνταξη γραπτών πληροφοριών και δεδομένων ασφάλειας για:

- τους κινδύνους των επικίνδυνων ουσιών
- την τεχνολογία της παραγωγικής διαδικασίας
- τον εξοπλισμό της παραγωγικής διαδικασίας





$$\dot{m} = \rho \bar{V}_{av} A = \frac{\bar{V}_{av} A}{v}$$

$$\frac{dE_{cv}}{dt} = \dot{Q}_{cv} - \dot{W}_{cv} + \dot{m}_i\left(h_i + \frac{V_i^2}{2} + gz_i\right) - \dot{m}_e\left(h_e + \frac{V_e^2}{2} + gz_e\right)$$



Πληροφορίες Ασφάλειας Διεργασίας

- **Δελτία Δεδομένων Ασφάλειας (ΔΔΑ – MSDS)**

(*Material Safety Data Sheet, MSDS ή SDS*): έγγραφο που προβλέπεται από την οδηγία 91/155/ΕΟΚ (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/el/TXT/?uri=CELEX%3A31991L0155) (Υπουργική Απόφαση 378/1994) με βάση το οποίο ο παραγωγός/εισαγωγέας μιας χημικής ουσίας ή προϊόντος είναι υποχρεωμένος να παρέχει στον εργοδότη, πληροφορίες για την επικινδυνότητα και την ασφαλή χρήση της ουσίας.

Στόχος: ανταπόκριση στην προστασία της υγεία και ασφάλειας των εργαζομένων. Προβλέπεται επίσης και από το άρθρο 37 του Ν.3850/2010 (*βασικός νόμος για την υγεία και την ασφάλεια στην εργασία στη χώρα μας*)

ΕΛΙΝΥΑΕ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΡΓΑΣΙΑ

https://www.elinyae.gr/themata-yae/himikes-oysies/page/deltidedomenon-asfaleias-dda-msds


SAFETY DATA SHEET

Πληροφορίες Ασφάλειας Διεργασίας

- **Δελτία Δεδομένων Ασφάλειας (ΔΔΑ – MSDS)**

Το περιεχόμενο των δελτίων δεδομένων ασφαλείας καθορίζονται στον κανονισμό REACH. Οι χρήστες πρέπει να λαμβάνουν δελτίο δεδομένων ασφαλείας για:

- Ουσία ή μείγμα που έχει ταξινομηθεί ως επικίνδυνο σύμφωνα με τον κανονισμό CLP (*Classification, Labelling and Packaging*).
- Ανθεκτική, βιοσυσσωρεύσιμη και τοξική (**ΑΒΤ**) ή άκρως ανθεκτική και άκρως βιοσυσσωρεύσιμη ουσία (**αΑαΒ**), ή
- Ουσία που περιλαμβάνεται στον κατάλογο υποψήφιων ουσιών που προκαλούν πολύ μεγάλη ανησυχία (SVHC-Substance of Very High Concern).
- Για μείγματα τα οποία δεν ταξινομούνται ως επικίνδυνα αλλά περιέχουν ορισμένες επικίνδυνες ουσίες, πρέπει να παρέχεται ΔΔΕ εφόσον το ζητά μεταγενέστερος χρήστης ή διανομέας.
- Το ΔΔΕ πρέπει να επικαιροποιείται άμεσα εφόσον προκύπτουν νέες πληροφορίες.

Πληροφορίες Ασφάλειας Διεργασίας

Κίνδυνοι από τις επικίνδυνες ουσίες της παραγωγικής διαδικασίας:

- φυσικοί, αντιδραστικότητα, διαβρωτικότητα, τοξικότητα, θερμική και χημική σταθερότητα
- επιτρεπτά όρια έκθεσης και κίνδυνοι ανάμιξης διαφορετικών ουσιών

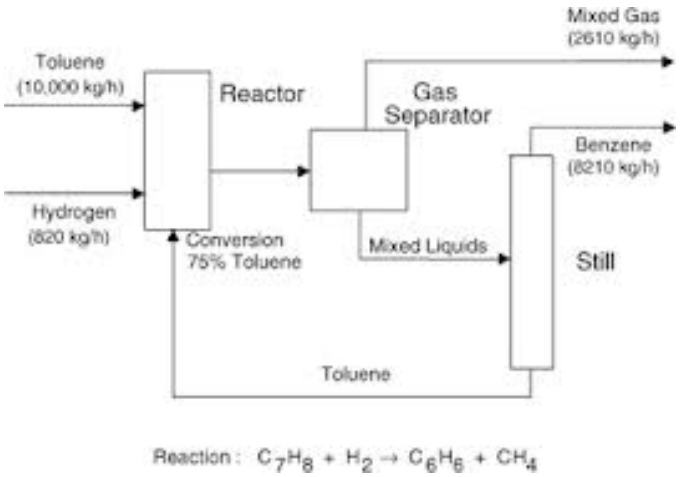


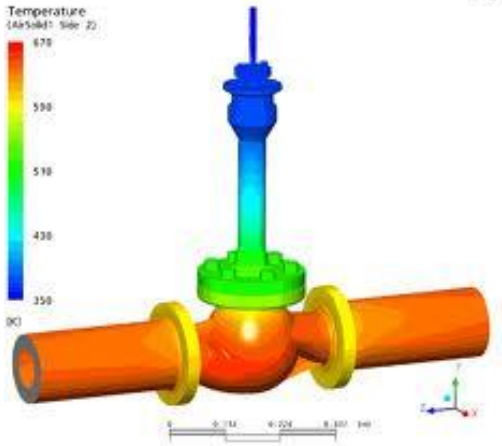


Πληροφορίες Ασφάλειας Διεργασίας

Τεχνολογία της παραγωγικής διαδικασίας:

- διάγραμμα ροής, μέγιστες ποσότητες ουσιών
- χημική μηχανική, ασφαλή όρια (T, P, C, Q)
- επιπτώσεις των διαρροών στην υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων



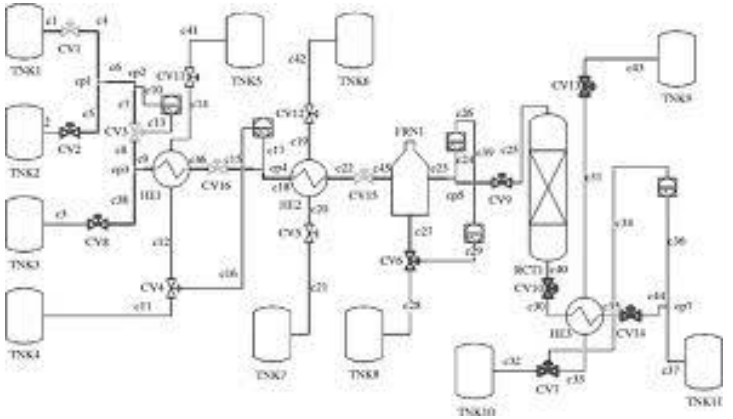


Πληροφορίες Ασφάλειας Διεργασίας

Εξοπλισμός της παραγωγικής διαδικασίας:

- υλικά κατασκευής, ηλεκτρική κατάταξη, συστήματα ανακούφισης και εξαερισμού
- κώδικες & πρότυπα, συστήματα ασφάλειας
- διαγράμματα σωληνώσεων και μετρητικών οργάνων (P&IDs - Piping and Instrumentation)

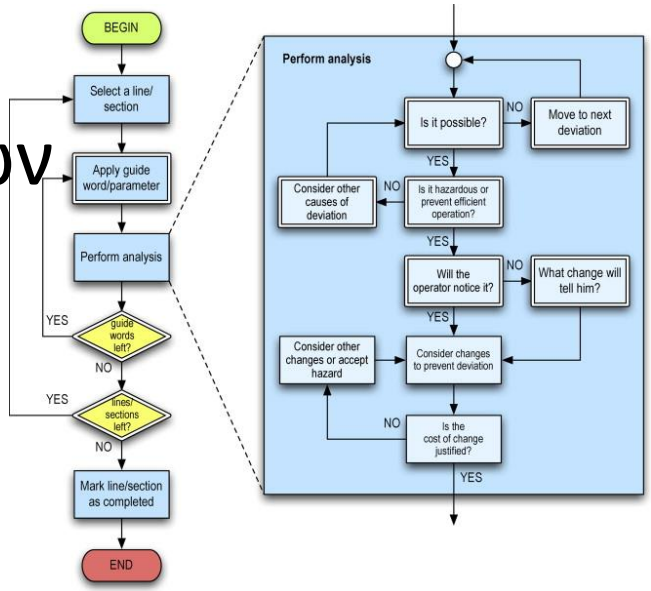




Ανάλυση Κινδύνων Διεργασιών

Μέθοδοι για τον προσδιορισμό και την αξιολόγηση των κινδύνων:

- ανάλυση καταστάσεων αστοχιών και επιπτώσεων
- ανάλυση δένδρου σφαλμάτων
- κινδύνοι και λειτουργικότητα
- τι θα συμβεί εάν...;
- λίστες ελέγχου

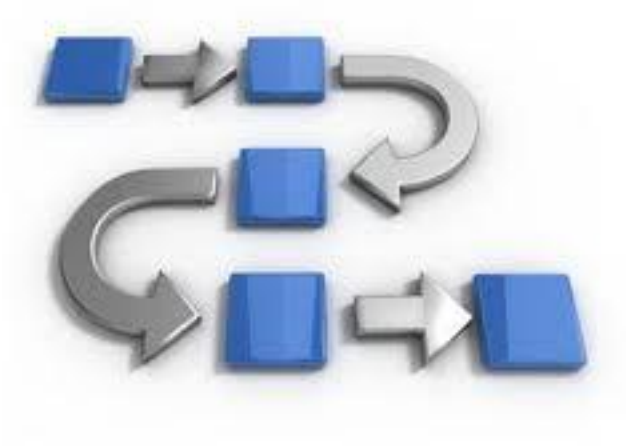


Διαδιακασίες Λειτουργίας

Ανάπτυξη και εφαρμογή γραπτών διαδικασιών λειτουργίας με οδηγίες εργασίας:

- στάδιο λειτουργίας
- όρια λειτουργίας
- υγιεινή και ασφάλεια





Συμμετοχή Εργαζομένων

Ανάπτυξη γραπτού σχεδίου δράσης για τη συμμετοχή των εργαζομένων





Εκπαίδευση

Εφαρμογή αποτελεσματικού προγράμματος εκπαίδευσης:

- αρχική εκπαίδευση
- ανανεωτική εκπαίδευση
- έγγραφα τεκμηρίωσης





Εργολάβοι

Ευθύνες του **εργοδότη**

- αξιολόγηση των επιδόσεων ασφάλειας του υπεργολάβου
- παροχή πληροφοριών και δεδομένων ασφάλειας





Ευθύνες του **υπεργολάβου**

- εκπαίδευση ασφάλειας των εργαζομένων (έκτακτες ανάγκες, διαδικασίες, κανόνες ασφάλειας)
- τεκμηρίωση & παρακολούθηση της ασφάλειας

Επισκόπηση Ασφάλειας/ Έναρξη Λειτουργίας

- κατασκευή & εξοπλισμός σύμφωνα με τις προδιαγραφές σχεδιασμού
- επαρκείς διαδικασίες ασφάλειας, λειτουργίας, συντήρησης, εκτάκτων αναγκών
- εφαρμογή συμπερασμάτων των αναλύσεων κινδύνων της διεργασίας
- ολοκλήρωση εκπαίδευσης εργαζομένων





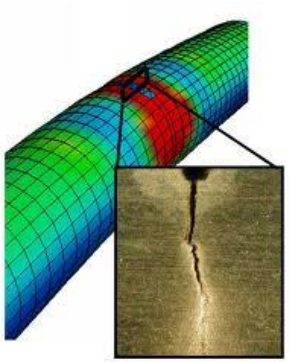


Μηχανική/ Μηχανολογική Ακεραιότητα

Σχεδιασμός, εγκατάσταση και λειτουργία κρίσιμου εξοπλισμού:

- δοχεία πίεσης και δεξαμενές αποθήκευσης
- συστήματα σωληνώσεων, συστήματα ανακούφισης, αντλίες
- συστήματα διακοπής σε έκτακτες ανάγκες & συστήματα ελέγχου





Άδεια Θερμής Εργασίας

Εκδίδεται για την πρόληψη φωτιάς και έκρηξης και περιέχει:

- εγκεκριμένες ημερομηνίες για τις θερμές εργασίες
- αντικείμενα όπου θα εκτελεστούν οι θερμές εργασίες

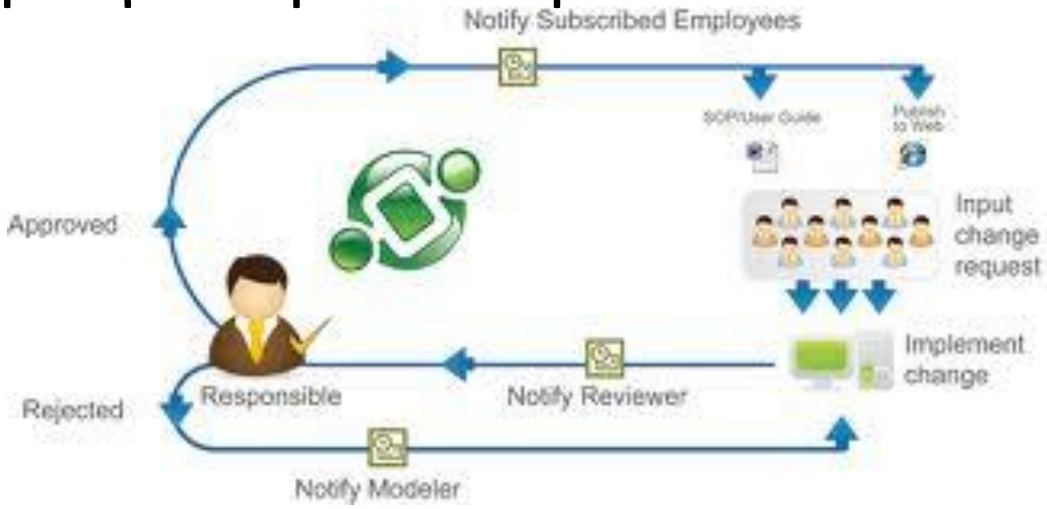




Διαχείριση Αλλαγών

Οι γραπτές διαδικασίες για τη διαχείριση αλλαγών πρέπει να εξασφαλίζουν:

- τεχνικό υποβαθρο και διαδικασίες λειτουργίας
- απαιτήσεις χρονικής πριόδου και εξουσιοδοτησεων
- επίδραση στην υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων



Διερεύνηση Συμβάντων

Η διερεύνηση συμβάντων πρέπει να ξεκινάει μέσα σε 48 ώρες από το συμβάν και περιέχει:

- ημερομηνία και περιγραφή του συμβάντος
- παράγοντες που συνέβαλαν στο συμβάν
- προτάσεις για αποφυγή επαναληψης







Σχέδια Εκτάκτων Αναγκών

- εκπαίδευση στην εφαρμογή τους
- διαδικασίες για μικρές διαρροές





Επιθεωρήσεις Συμμόρφωσης

- επαλήθευση της επάρκειας και της εφαρμογής των διαδικασίων και των πρακτικών
- ετήσια διενέργεια επιθεωρήσεων
- σύνταξη αναφοράς συμμόρφωσης







Βιομηχανικό Απόρρητο

- παροχή όλων των πληροφοριών (περιλαμβανομένων και του βιομηχανικού απορρήτου) στα άτομα που είναι υπεύθυνα για την εφαρμογή του ΔΣΑ
- χρήση συμφωνίων εμπιστευτικότητας



Ανάλυση Κινδύνων Διεργασιών

Είναι η συστηματική ανάλυση ενός έργου, από μια επιλεγμένη ομάδα εξειδικευμένου προσωπικού, σε συγκεκριμένα στάδια ανάπτυξης του έργου.



Ανάλυση Κινδύνων Διεργασιών

Μέθοδοι - Κύκλος ζωής έργου

Methods	inherent safety	concept stage	process design	eng/ring design	construc-tion	Pre-commi-sioning	Post-commi-sioning	De-commi-sioning
Checklists	X	X	X	X	X	X	X	X
What-If	X	X	X					X
FTA (Fault tree analysis) δέντρων αστοχιών		X	X	X			X	X
FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)		X	X	X				X
HAZOP			X	X			X	

Λίστες Ελέγχου (checklists)

αναλυτική λίστα	για τον έλεγχο	και τη συμμόρφωση με
• μέτρων ασφαλείας • σταδίων παραγωγικής διαδικασίας • ιδιοτήτων υλικών/ ουσιών • κινδύνων • ορθών πρακτικών	• σχεδίων • λειτουργίας • κατάστασης του συστήματος	• κώδικες • πρότυπα • ειδικές απαιτήσεις

Λίστες Ελέγχου

Πλεονεκτήματα

- εξειδικευμένες για συγκεκριμένες εφαρμογές
- σωστά δομημένες & ευκολοκατανόητες
- χαμηλό κόστος υλοποίησης





Λίστες Ελέγχου

Μειονεκτήματα

- Μη εξαντλητική λίστα όλων των πιθανών κινδύνων
- περιορισμένη χρήση για νέες και καινοτόμες διαδικασίες
- ποιότητά τους εξαρτώμενη από την εμπειρία των συντακτών





Λίστες Ελέγχου

Παράδειγμα: σχεδιασμός διεργασίας

- Είναι όλα τα υλικά κατασκευής συμβατά μεταξύ τους και συμβατά με τις πρώτες, ενδιάμεσες και τελικές ύλες της διεργασίας σε όλες τις θερμοκρασίες, πιέσεις και συγκεντρώσεις?





Λίστες Ελέγχου

Παράδειγμα: σχεδιασμός διεργασίας

- Σε περίπτωση αστοχίας του κάθε τμήματος του εξοπλισμού ποιες είναι οι επιπτώσεις;
- Είναι αυτές οι αστοχίες αποδεκτές;





Λίστες Ελέγχου

Παράδειγμα: διάλεξη σε αίθουσα

- Είναι όλος ο ηλεκτρονικός εξοπλισμός (video-projector κλπ) χωρίς ελαττώματα και φθαρμένα καλώδια;
- Υπάρχει σχέδιο έκτακτης ανάγκης σε περίπτωση φωτιάς, σεισμού κλπ;

Λίστες Ελέγχου

Παράδειγμα: διάλεξη σε αίθουσα

- Μπορούν τοξικά αέρια (CO) ή ιοί και βακτήρια να εισέλθουν στο χώρο από το σύστημα εξαερισμού;
- Είναι ο εξοπλισμός και τα κινητά δομικά στοιχεία του χώρου σωστά τοποθετημένα (φωτισμός, παράθυρα, πόρτες);

Ανάλυση Κινδύνων Διεργασιών

«Τι θα συμβεί αν ...;» (What if)

- τεχνική καταιγισμού ιδεών, έμπειρο προσωπικό εξοικειωμένο με την παραγωγική διαδικασία
- μπορεί να αποτελεί μέρος των Λιστών Ελέγχου (ερωτήσεις «Τι θα συμβεί αν...;)
- οι ερωτήσεις προετοιμάζονται πριν τη συνάντηση, καθώς και κατά τη διαρκειά της

Πλεονεκτήματα

- απλή, γρήγορη και ευέλικτη
- εντοπισμός κινδύνων που δεν οφείλονται στην παραγωγική διαδικασία
- εντοπισμός εξειδικευμένων προβλημάτων





Μειονεκτήματα

- Εξάρτηση της ποιότητας των αποτελεσμάτων από την εμπειρία και τη φαντασία της ομάδα
- χρονοτριβή σε συζητήσεις ασήμαντων συμβάντων
- χρήση σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους ανάλυσης κινδύνου





«Τι θα συμβεί εάν ...;»

Παράδειγμα: διάλεξη σε αίθουσα

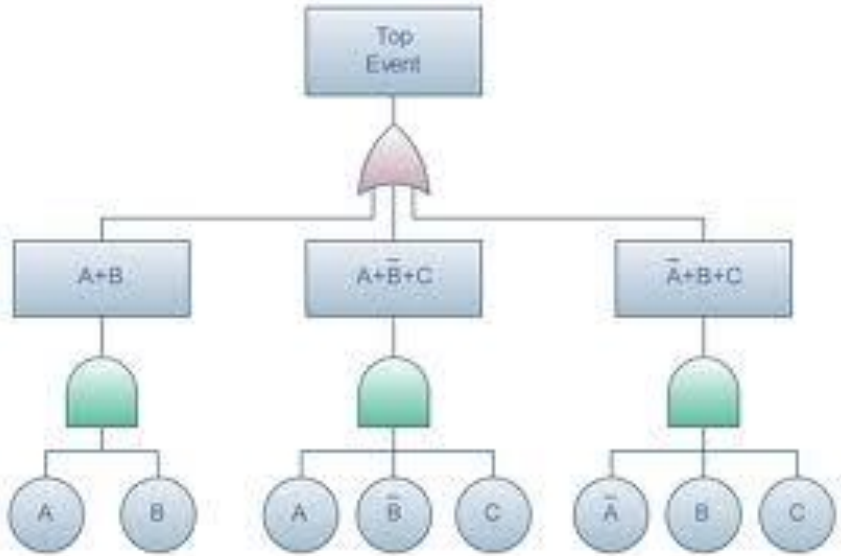
- Τι θα συμβεί εάν εκδηλωθεί φωτιά;
- Τι θα συμβεί εάν γίνει σεισμός;
- Τι θα συμβεί εάν μονοξείδιο του άνθρακα (CO) εισέλθει στο χώρο μέσω του συστήματος εξαερισμού?
- Τι θα συμβεί εάν πέσει το παράθυρο;
- Τι θα συμβεί εάν εισέλθει ένοπλος στο χώρο;

Ανάλυση Δένδρου Σφαλμάτων (FTA)

(FTA:Fault Tree Analysis)

- εντοπίζει τις πιθανές αιτίες ενός κινδύνου
- παρέχει οπτικοποιημένη δομή των σύνθετων καταστάσεων που οδηγούν σε έναν κίνδυνο
- ποσοτικοποιεί τη συχνότητα ενός κινδύνου



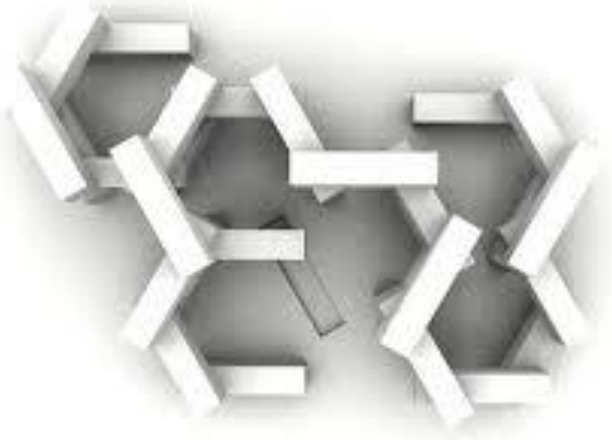


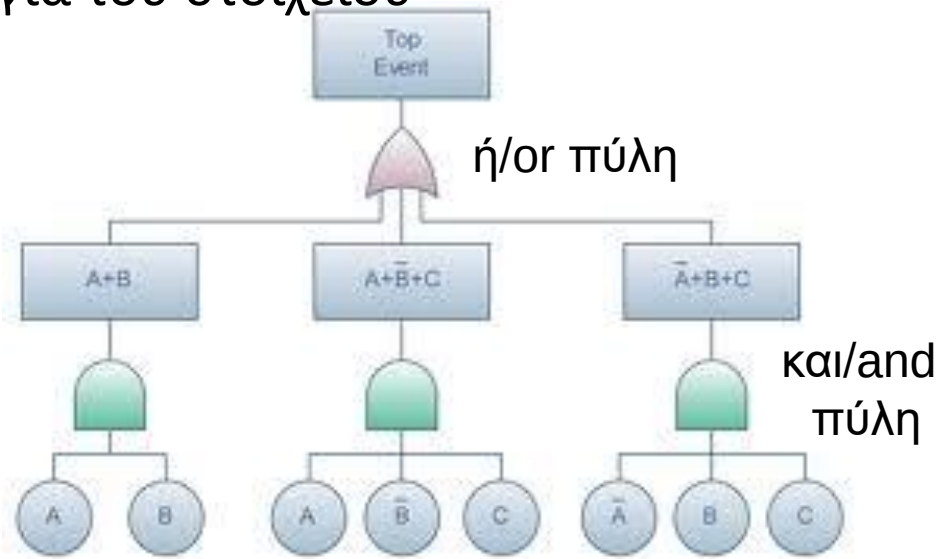
Ανάλυση Δένδρου Σφαλμάτων (FTA)

(FTA: Fault Tree Analysis)

Ιεραρχία στα γεγονότα

- Κορυφαίο γεγονός : Το γεγονός που τοποθετείται στην κορυφή του δέντρου και η ανάλυσή του οδηγεί στη δημιουργία του υπόλοιπου δέντρου
- Πρωτεύον γεγονός: Είναι το πρωτεύων και το βασικό σφάλμα στο οποίο οφείλεται η δυσλειτουργία του στοιχείου





Ανάλυση Δένδρου Σφαλμάτων

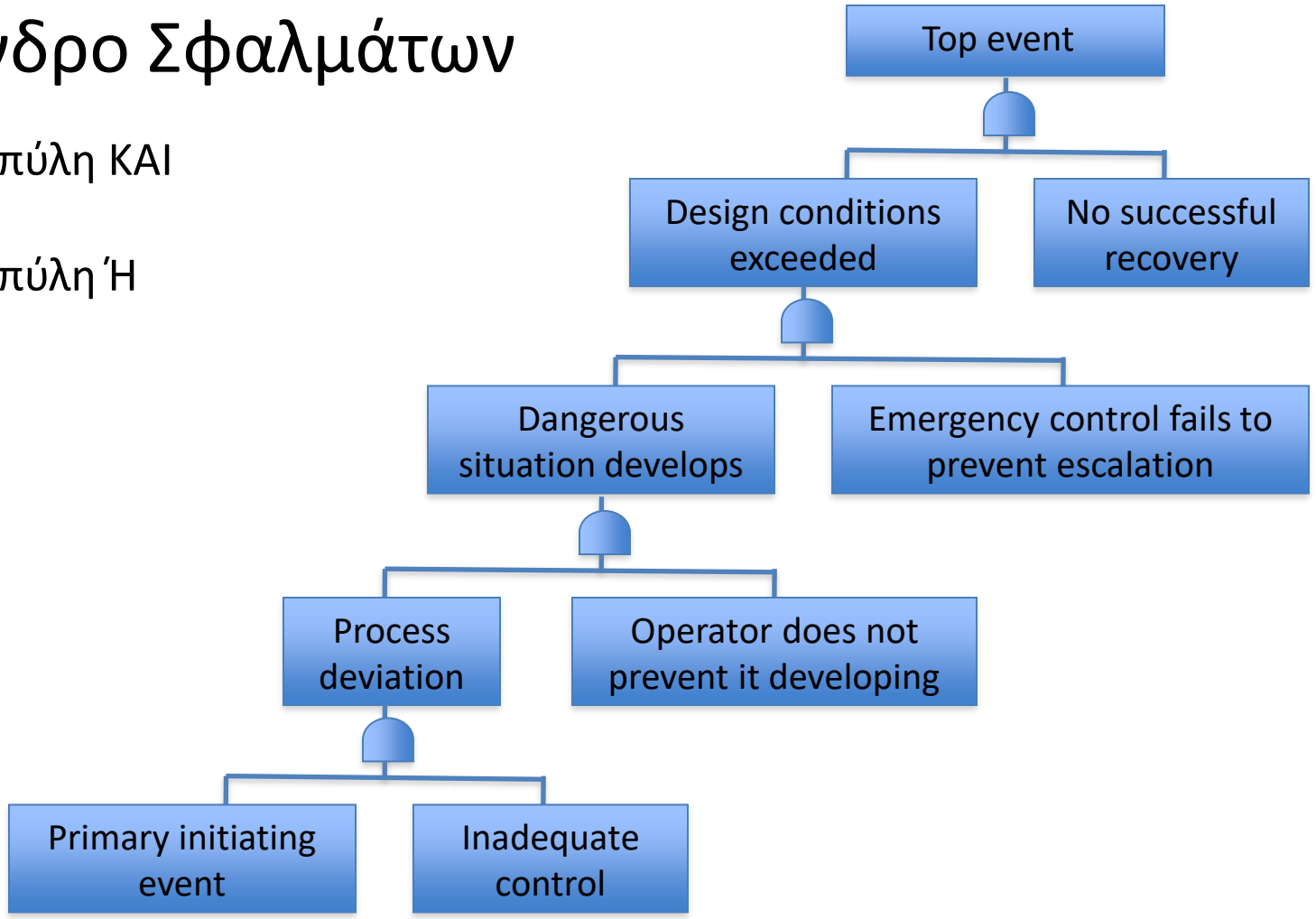
Δένδρο Σφαλμάτων



πύλη ΚΑΙ



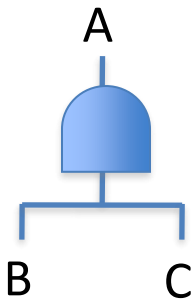
πύλη Ή



Ανάλυση Δένδρου Σφαλμάτων

Υπογισμοί

πύλη ΚΑΙ

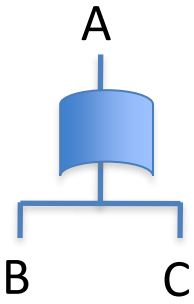


P_B και P_C: $P_A = P_B * P_C$

F_B και P_C: $F_A = F_B * P_C$

F_B και F_C: Δεν Εφαρμόζεται

πύλη Ή



P_B και P_C: $P_A = P_B + P_C - P_B * P_C$

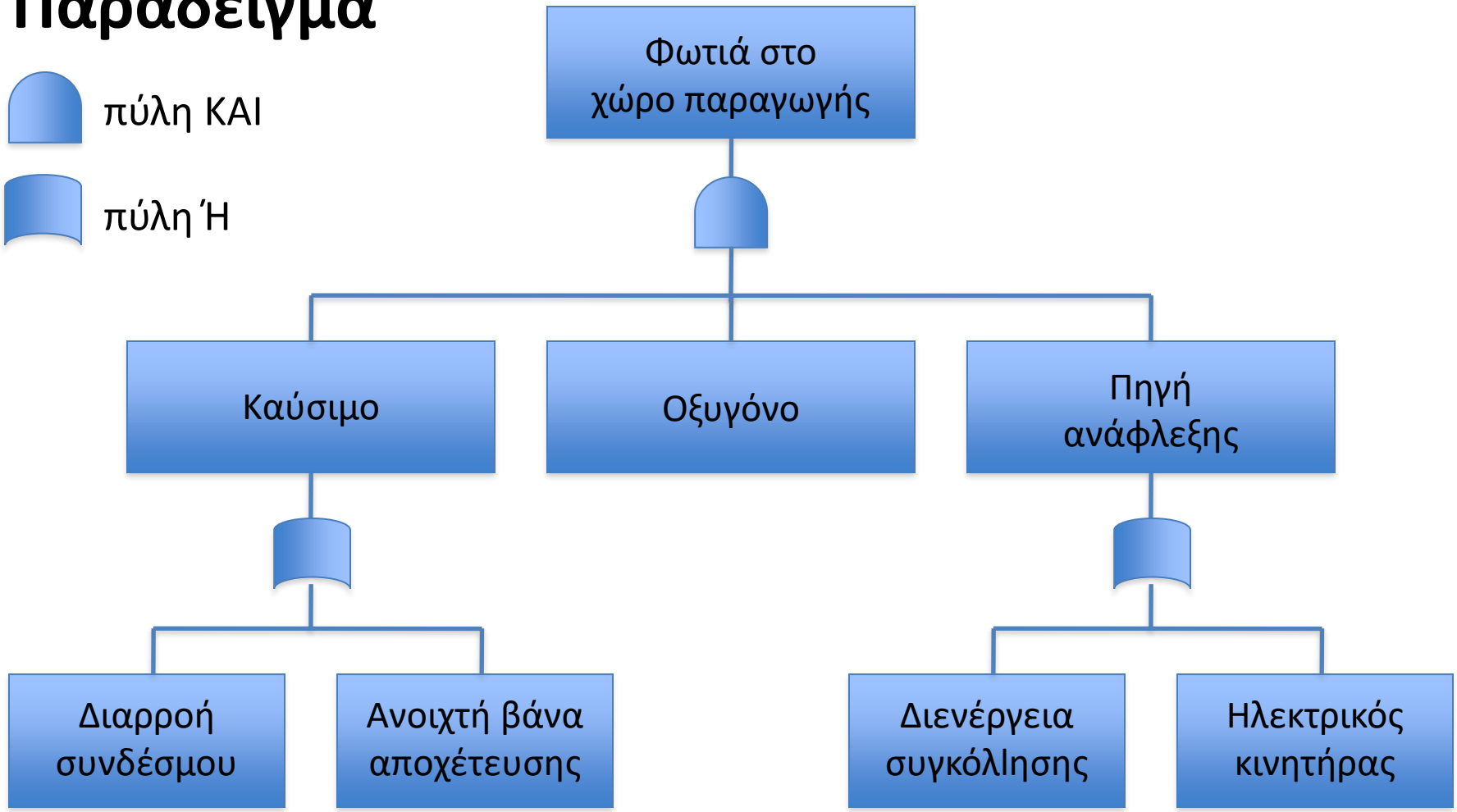
F_B και P_C: Δεν Εφαρμόζεται

F_B και F_C: $F_A = F_B + F_C$

P: πιθανότητα (%)
F: συχνότητα (#/time)

Ανάλυση Δένδρου Σφαλμάτων

Παράδειγμα



Ανάλυση Δένδρου Σφαλμάτων

Πλεονεκτήματα

- προσδιορισμός συνδυασμού αστοχιών και κρίσιμων στοιχείων που οδηγούν στην εμφάνιση του κινδύνου
- γραφική απεικόνιση των αιτιών ενός κινδύνου
- υπολογισμός και βελτίωση διαθεσιμότητας





Ανάλυση Δένδρου Σφαλμάτων

Μειονεκτήματα

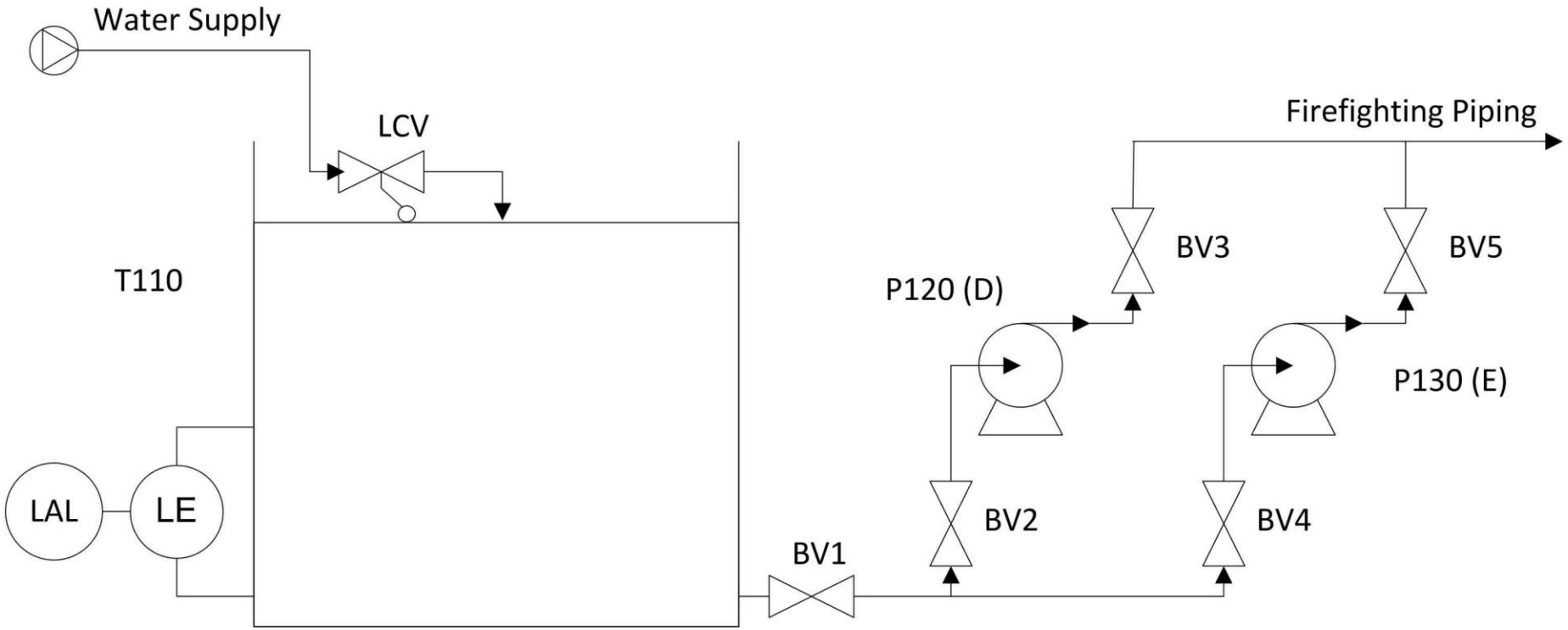
- χρονοβόρα ανάλυση (εστίαση σε έναν κίνδυνο)
- διαθεσιμότητα & ποιότητα δεδομένων αστοχιών
- εξειδικευμένο προσωπικό με γνώση των λεπτομερειών της παραγωγικής διαδιασίας





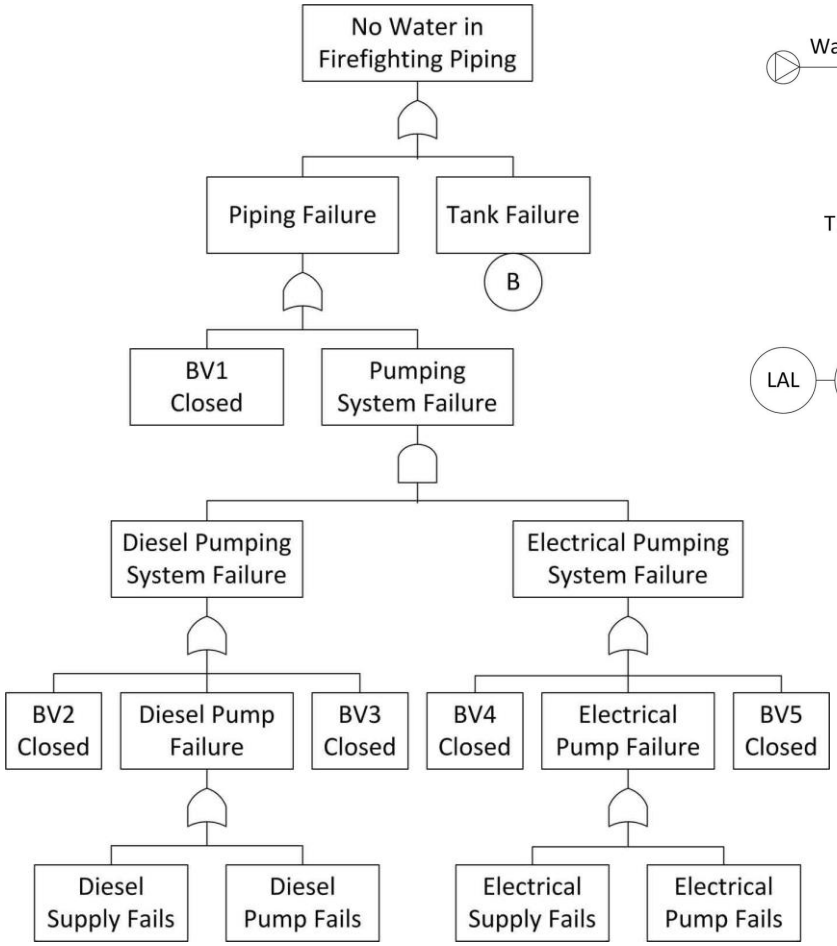
Ανάλυση Δένδρου Σφαλμάτων

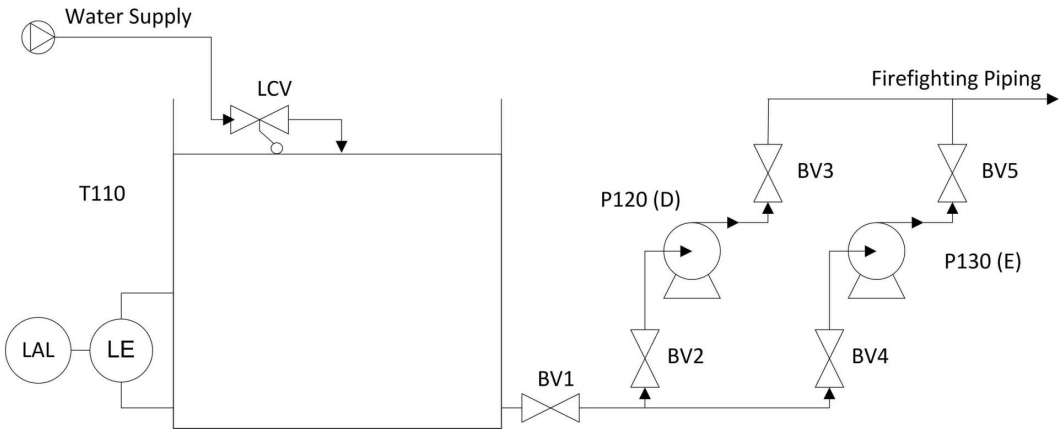
Παράδειγμα



Ανάλυση Δένδρου Σφαλμάτων

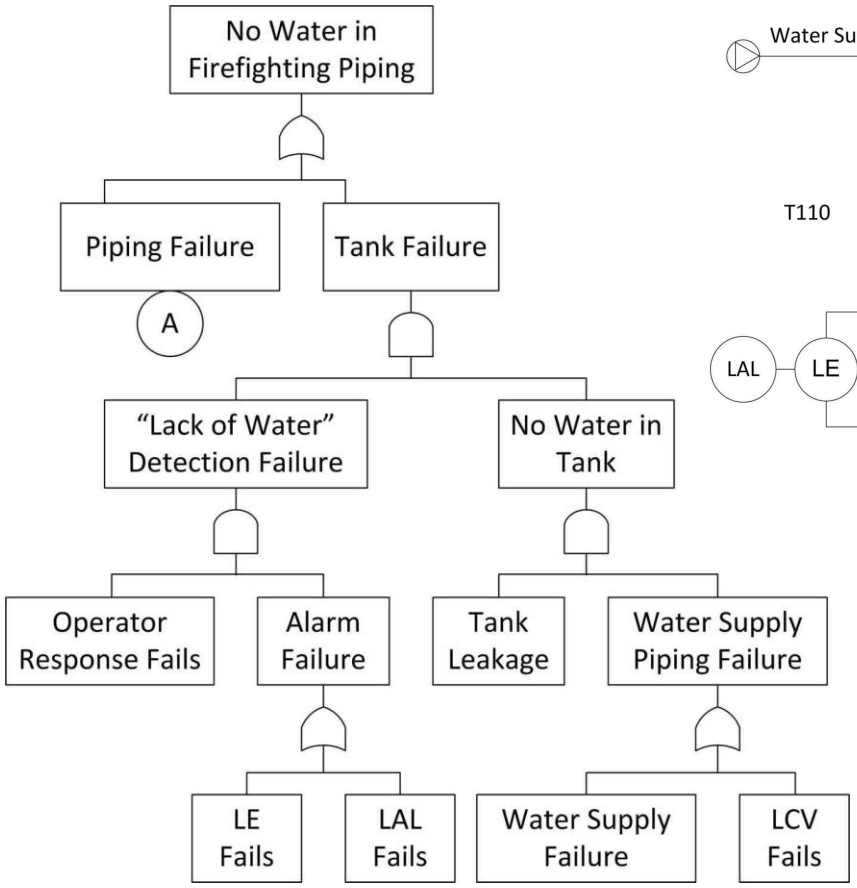
Παράδειγμα

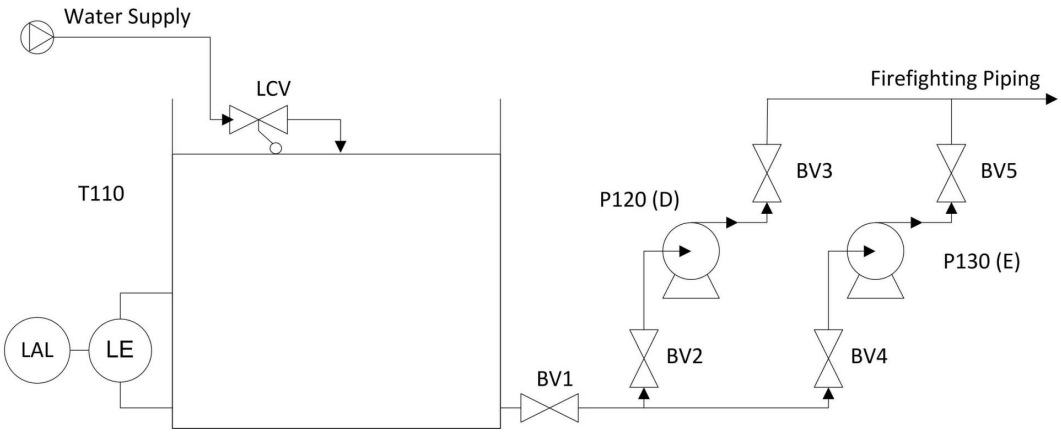




Ανάλυση Δένδρου Σφαλμάτων

Παράδειγμα

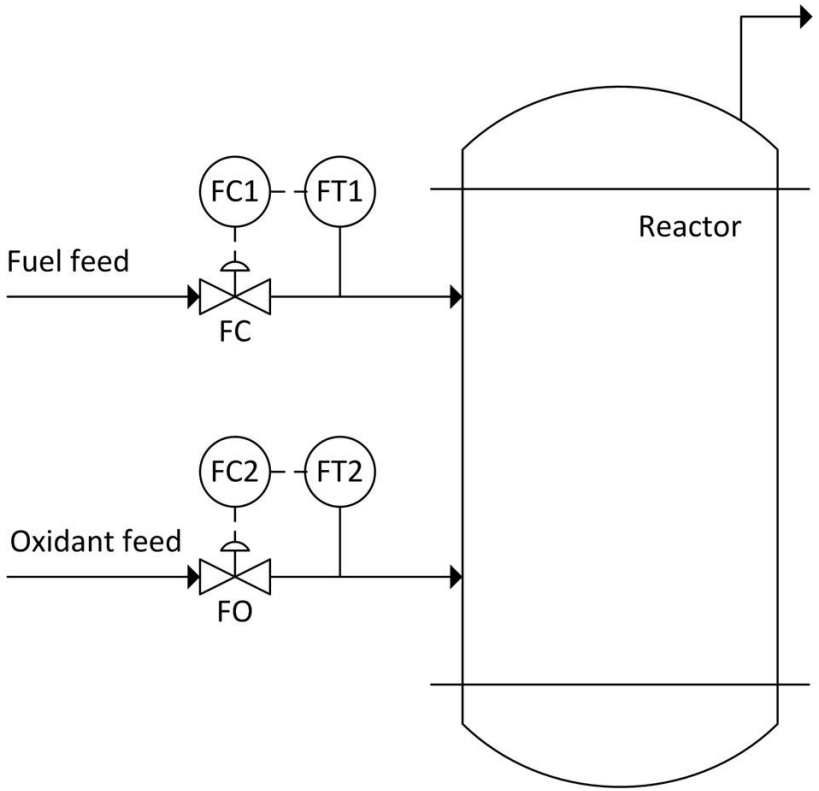




Ανάλυση Δένδρου Σφαλμάτων

Παράδειγμα

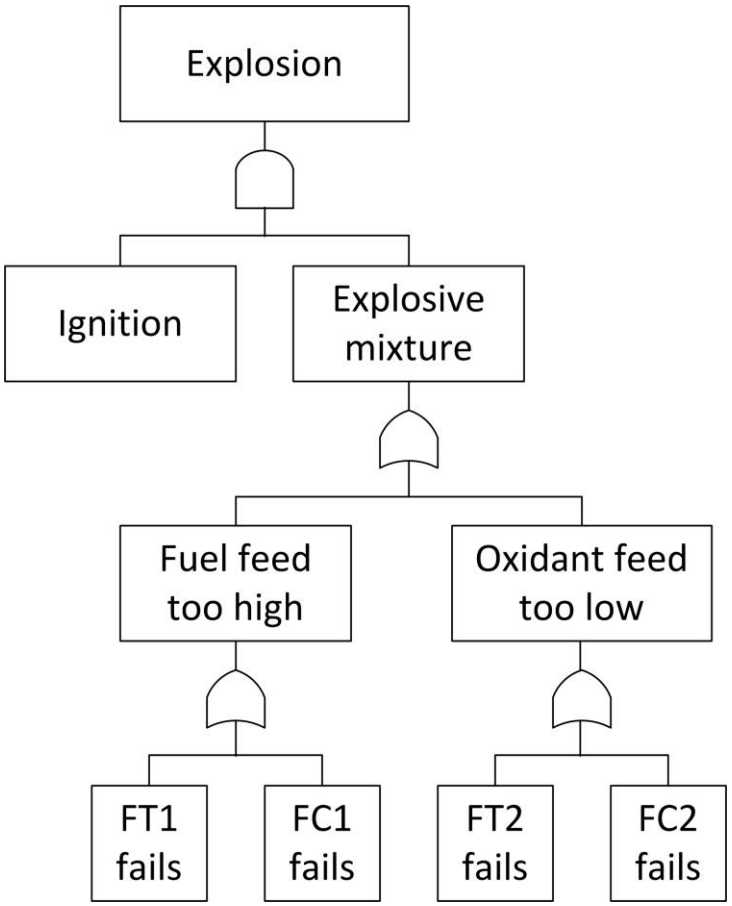
Αντιδραστήρας με συνεχή ροή καυσίμου και οξειδωτικού.
Δημιουργία έκρηξης σε περίπτωση εκρηκτικού μίγματος και παρουσίας
πηγής ανάφλεξης.
Ο καταλύτης αποτελεί πηγή ανάφλεξης με πιθανότητα ανάφλεξης 75%.

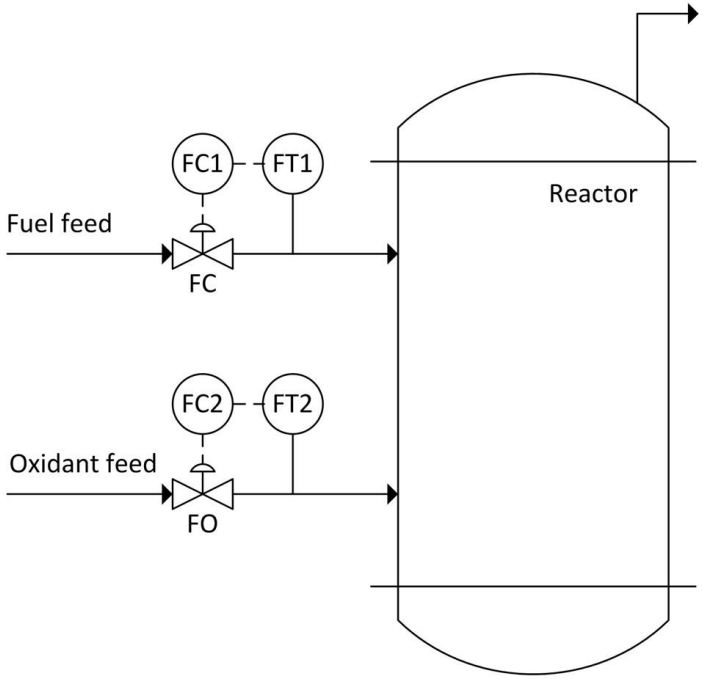


Σε περίπτωση αύξησης της ροής του καυσίμου σε σχέση με τη ροή του οξειδωτικού δημιουργείται εκρηκτικό μίγμα.
Συχνότητα αστοχία Instrument = 0,2/yr
Συχνότητα αστοχία τροφοδοσίας = 0,1/yr

Ανάλυση Δένδρου Σφαλμάτων

Παράδειγμα





$F_{FT1} + F_{FC1} = 0,2/yr + 0,2/yr = 0,4/yr$

$F_{FT2} + F_{FC2} = 0,2/yr + 0,2/yr = 0,4/yr$

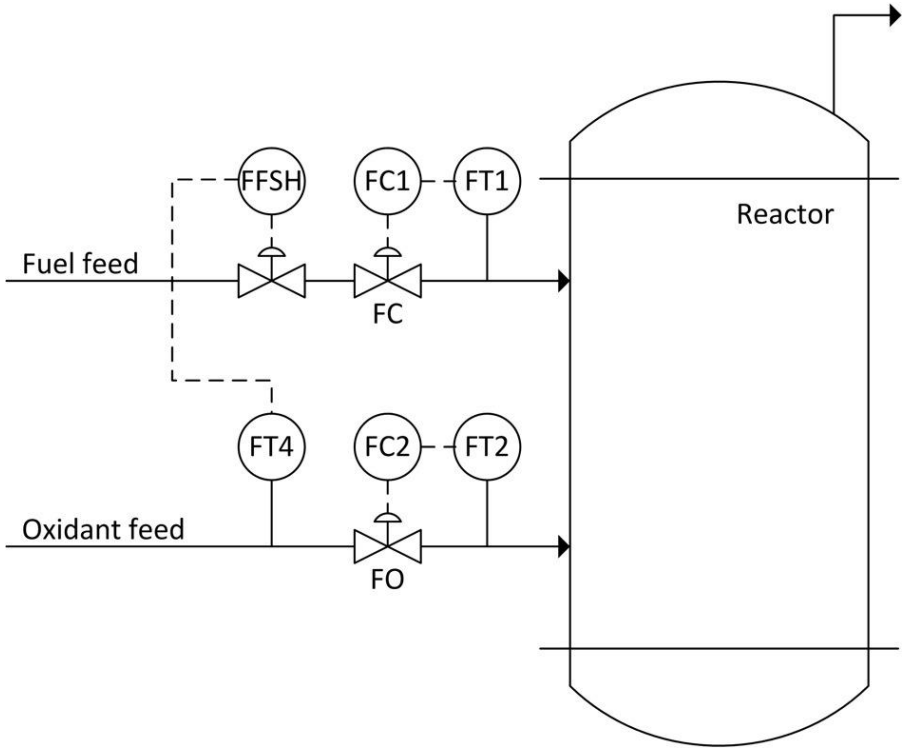
$F_{EM} = 0,4/yr + 0,4/yr = 0,8/yr$

$F_E = P_{ign} * F_{EM} = 75\% * 0,8/yr = 0,6/yr$

Ανάλυση Δένδρου Σφαλμάτων

Παράδειγμα

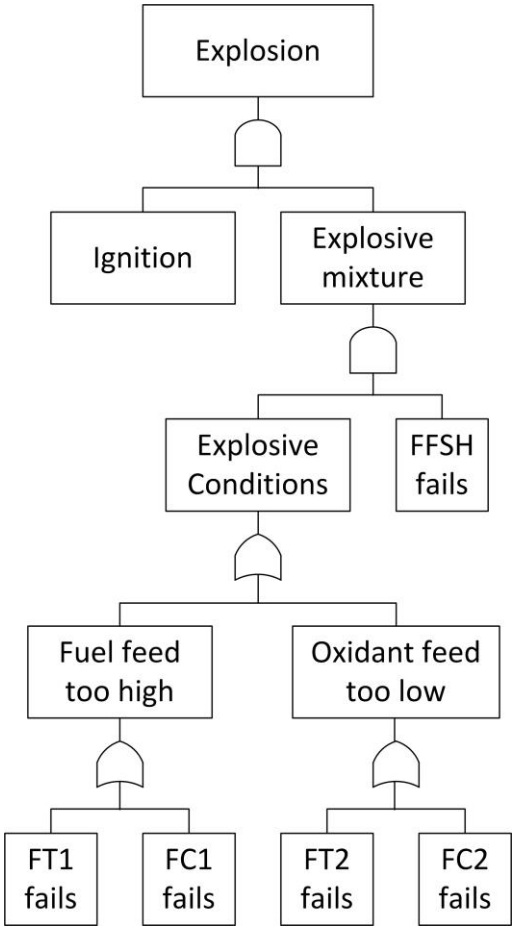
Προσταστία εκρηκτικής συνθήκης: υψηλός λόγος ροής καυσίμου/οξειδωτικού (FFSH) ενεργοποιεί τον τερματισμό την τροφοδοσίας καυσίμου.

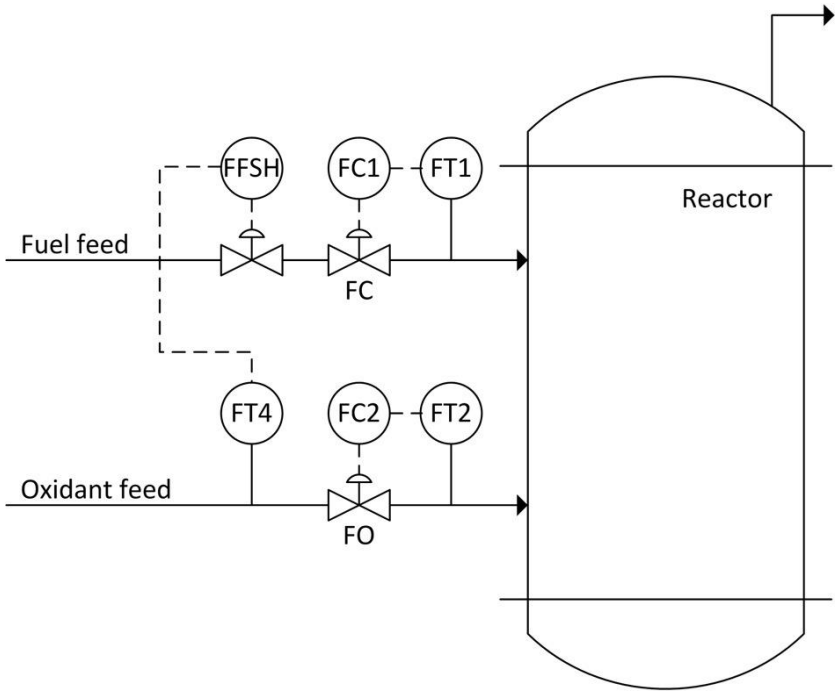


Πιθανότητα αστοχίας FFSH = 2%

Ανάλυση Δένδρου Σφαλμάτων

Παράδειγμα





$F_{FT1} + F_{FC1} = 0,2/yr + 0,2/yr = 0,4/yr$

$F_{FT2} + F_{FC2} = 0,2/yr + 0,2/yr = 0,4/yr$

$F_{EC} = 0,4/yr + 0,4/yr = 0,8/yr$

$F_{EM} = P_{FFSH} * F_{EM} = 2\% * 0,8/yr = 0,016/yr$

$F_{E} = P_{ign} * F_{EM} = 75\% * 0,016/yr = 0,012/yr$

Ανάλυση Καταστάσεων Αστοχιών και Επιπτώσεων

(FMEA: Failure Mode & Effect Analysis)

- Συστηματική ανάλυση όλων των πιθανών μεμονωμένων καταστάσεων αστοχίας στα στοιχεία της εγκατάστασης
- Component/ Failure Mode/ Effect/ Safeguards/ Failure/ Cause/ Criticality/ Action

Component	Failure Mode	Effect	Safeguards	Failure	Cause	Criticality	Action

Ανάλυση Καταστάσεων Αστοχιών και Επιπτώσεων

(FMEA: Failure Mode & Effect Analysis)

Αποτελεί συστηματική & προληπτική μέθοδο για τον εντοπισμό πιθανών αστοχιών σε ένα *προϊόν, διαδικασία ή σύστημα*, μαζί με τις αιτίες και τις επιπτώσεις τους.

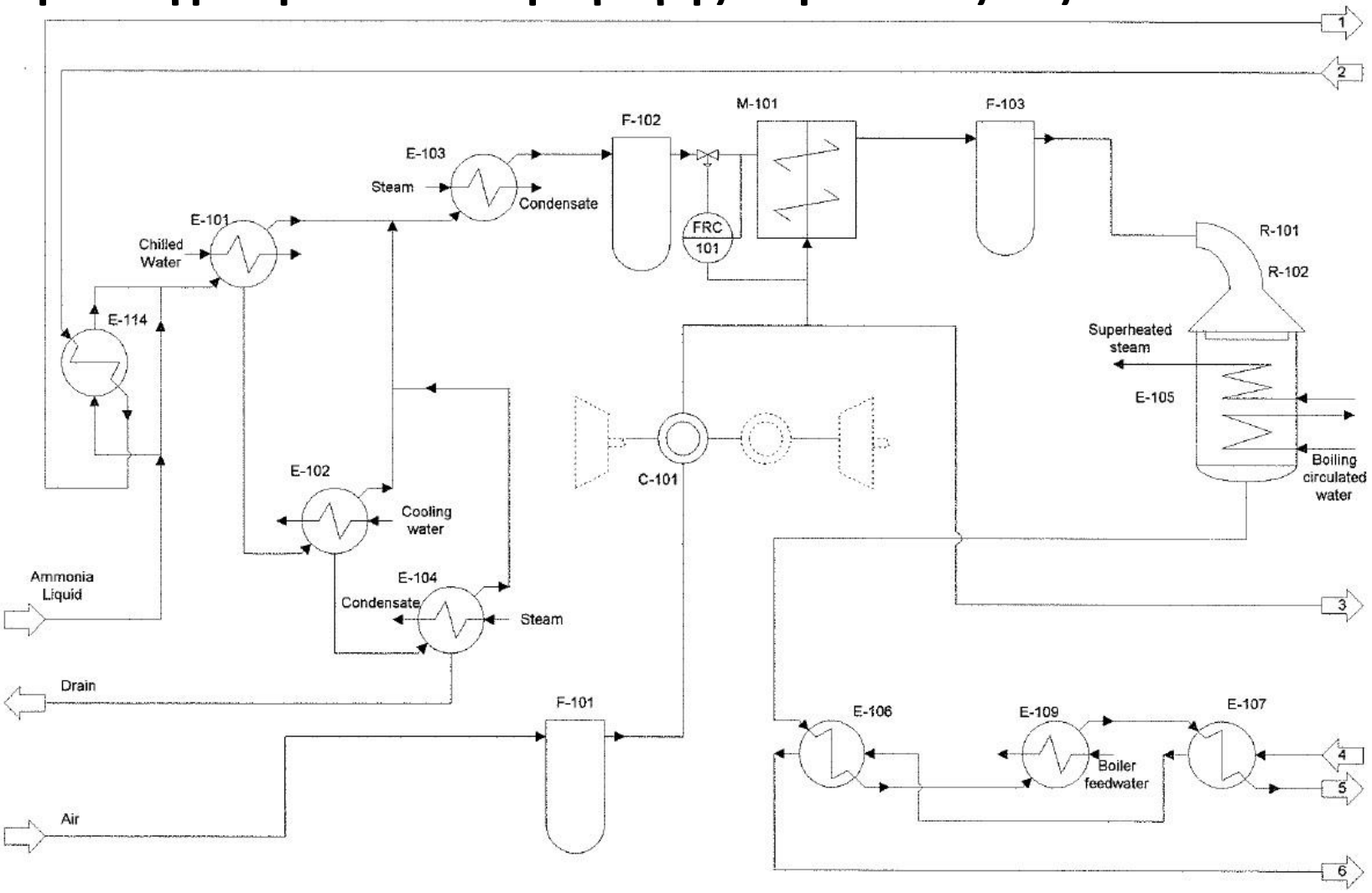
Στόχος: ιεράρχηση των πιθανών αστοχιών και η εφαρμογή προληπτικών μέτρων για τη βελτίωση της αξιοπιστίας και της ασφάλειας.

Εργαλείο αξιολόγησης κινδύνου που χρησιμοποιείται για την ανάλυση και τον μετριασμό των κινδύνων πριν εμφανιστούν.

Component	Failure Mode	Effect	Safeguards	Failure	Cause	Criticality	Action

Ανάλυση Καταστάσεων Αστοχιών και Επιπτώσεων

Παράδειγμα: μονάδα παραγωγής νιτρικού οξέως



Ανάλυση Καταστάσεων Αστοχιών και Επιπτώσεων

Παράδειγμα: μονάδα παραγωγής νιτρικού οξέως

Περιγραφή συσκευής				Περιγραφή αστοχίας			Περιγραφή συνεπειών			Παρατηρήσεις
Κωδικός συσκευής	Περιγραφή	Λειτουργία	Κατάσταση λειτουργίας	Κατάσταση αστοχίας	Μηχανισμός αστοχίας	Εντοπισμός	Συνέπειες στο σύστημα	Διορθωτική ενέργεια	Κρισιμότητα	
E-101	Εναλλάκτης Θερμότητας Κέλυφος: NH_3 -2°C- 12.5°C 6.7bar abs. Αυλοί: Νερό 18°C-16°C 4.1-3.65bar	Βρασμός και αεροποίηση NH_3	Συνεχής	Διαρροές	Διαρροή NH_3 στο περιβάλλον	Περιοδικός έλεγχος		Shut down και διόρθωση	Υψηλή	
					Διαρροή NH_3 στο νερό	AR-1102	Μικρές απώλειες NH_3	Προσθήκη χημικών για τη ρύθμιση του pH του νερού στην τιμή 8	Χαμηλή	
					Διαρροή νερού στην NH_3					Αδύνατος μηχανισμός διότι η πίεση του νερού είναι μικρότερη της πίεσης της NH_3
				Μπλοκάρισμα κελύφους	Συμπύκνωση NH_3	LSAH-1002	Μηδενική παροχή NH_3 στην έξοδο του E-101	Χειριστής ανοίγει HIC-1004	Μικρή	Παράλληλη σύνδεση LASH-1002 και LIAL-1002 για μεγαλύτερη αξιοπιστία
				Μπλοκάρισμα αυλών	Συσσώρευση στερεών	Χαμηλή θερμοκρασία NH_3 TI-1006 Χαμηλή πίεση NH_3 PI-1004	Μικρή ή μηδενική παροχή NH_3 στην έξοδο του E-101	Προσθήκη χημικών για τη διάλυση των στερεών	Μικρή	

Ανάλυση Καταστάσεων Αστοχιών και Επιπτώσεων

Πλεονεκτήματα

- εντοπισμός ηλεκτρομηχανολογικών αστοχιών (προβλήματα αξιοπιστίας)
- ημι-ποιοτική αξιολόγηση και ιεράρχιση των κινδύνων
- τοπικές και γενικές αστοχίες του συστήματος





Ανάλυση Καταστάσεων Αστοχιών και Επιπτώσεων

Μειονεκτήματα

- δυσκολίες στην αναγνώριση συνδυασμού αστοχιών
- εστιασμός στον εξοπλισμό και όχι σε λειτουργικά/ διαδικαστικά λάθη





FMEA vs. FTA

ΠΡΟΣΟΧΗ!!!

Τα FMEA & FTA δεν είναι το ίδιο.

- **FMEA**: είναι μια επαγωγική (*bottom-up*) ανάλυση για τις αστοχίες μεμονωμένων στοιχείων (επαγωγική διαδικασία προχωρά από τις συγκεκριμένες παρατηρήσεις σε ένα γενικό συμπέρασμα)
- **FTA**: είναι μια απαγωγική (*top-down*) ανάλυση για τις αστοχίες σε επίπεδο συστήματος (απαγωγική διαδικασία προχωρά από μια γενική αρχή σε ένα συγκεκριμένο συμπέρασμα)
- Το FMEA προσδιορίζει πιθανούς τρόπους αστοχίας για κάθε στοιχείο και τις επιπτώσεις τους (συχνά ποιοτικά) ενώ το FTA χρησιμοποιεί ένα δέντρο σφαλμάτων για να δείξει τον συνδυασμό συμβάντων που μπορούν να οδηγήσουν σε μια συγκεκριμένη συστημική βλάβη, συνήθως με μια ανάλυση που περιλαμβάνει ποσοτικά αποτελέσματα / λαμβάνοντας την πιθανότητα.

FMEA vs. FTA

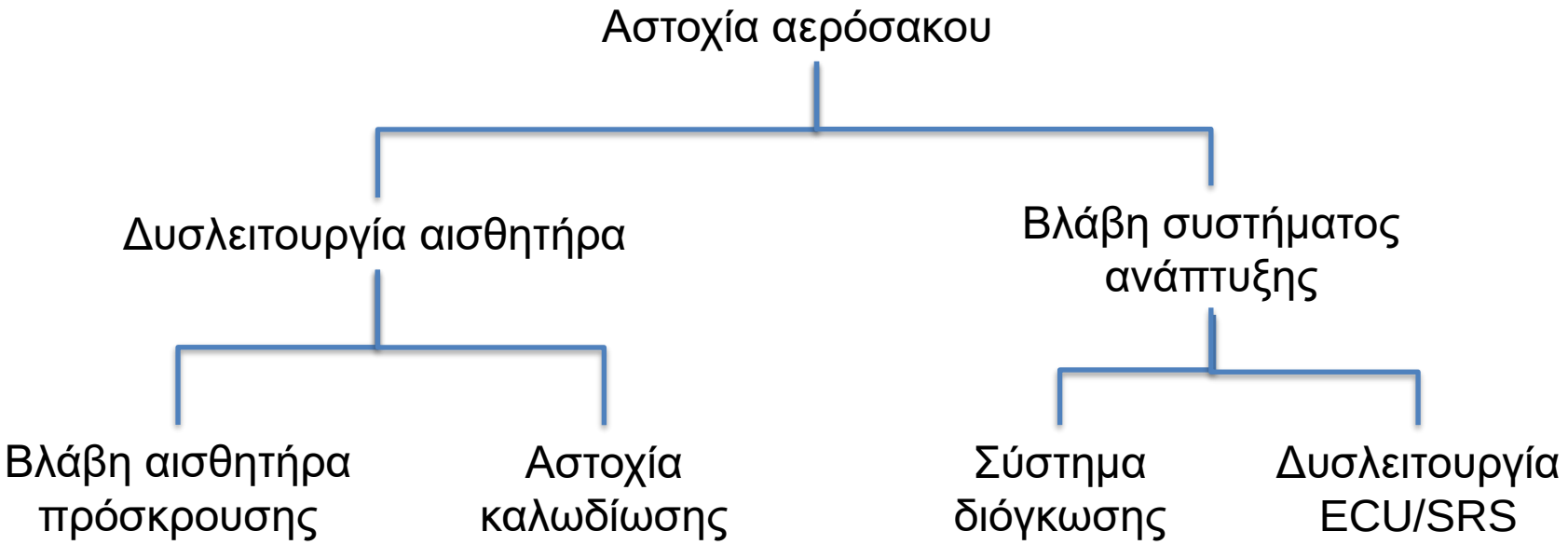
ΠΡΟΣΟΧΗ!!!

Τόσο το FTA όσο και το FMEA διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διαχείριση κινδύνων και την αξιοπιστία του συστήματος.

- FTA: χρησιμοποιείται καλύτερα για την ανάλυση καταστροφικών βλαβών, εντοπίζοντας τις βαθύτερες αιτίες τους.
- FMEA: χρησιμοποιείται καλύτερα για την πρόληψη βλαβών, εντοπίζοντας πιθανούς τρόπους αστοχίας και ιεραρχώντας τους κινδύνους.

Πολλές βιομηχανίες χρησιμοποιούν και τα δύο μαζί – το FMEA βοηθά στις έγκαιρες βελτιώσεις στο σχεδιασμό, ενώ το FTA διασφαλίζει ότι καμία κρίσιμη βλάβη δεν μένει ανεξέλεγκτη.

Δυσλειτουργία αερόσακου



Ανάλυση Κινδύνων και Λειτουργικότητας

Διαδικασία της μελέτης HAZOP

Ορισμοί	προσδιορισμός σκοπού & στόχων, προσδιορισμός ευθυνών, επιλογή ομάδας
Προετοιμασία	σχεδιασμός της μελέτης, συλλογή δεδομένων, εκτίμηση χρόνου, σχεδιασμός χρονοδιαγράμματος
Εξέταση	διαχωρισμός του συστήματος σε τμήματα, αναγνώριση αποκλίσεων/ επιπτώσεων/ συστημάτων ασφάλειας/ μέτρων ασφάλειας
Τεκμηρίωση & παρακολούθηση	Καταγραφή εξέτασης, υπογραφή φύλλων καταγραφής, σύνταξη αναφοράς, παρακολούθηση εφαρμογής αποτελεσμάτων

Ανάλυση Κινδύνων και Λειτουργικότητας

Ομάδα HAZOP

Μέλη	Περιγραφή ρόλου
Επικεφαλής	διαθέτει εκπαίδευση & εμπειρία σε HAZOP
Γραμματέας	διοικητικά καθήκοντα (καταγραφή συζήτησης) (ο επικεφαλής μπορεί επίσης να είναι γραμματέας)
Σχεδιαστής	γνώση του σχεδιασμού και του σκοπού του
Χρήστης	γνώση του γενικού πλαισίου λειτουργίας
Ειδικοί	εξειδίκευση στα χρησιμοποιούμενα συστήματα
Συντηρητής	προσωπικό συντήρησης

Ανάλυση Κινδύνων και Λειτουργικότητας

Βασικές αρχές της μεθοδολογίας

- καθοδηγητικές λέξεις (guidewords): διερεύνηση αποκλίσεων των στοιχεία από τον σχεδιασμό
- Σύστημα ➔ Τμήματα (parts) ➔ Στοιχεία (elements)
- Τα στοιχεία (elements) προσδιορίζονται με βάση τα χαρακτηριστικά τους:
  - Χημικό σύστημα: ροή, θερμοκρασία, πίεση
  - Μεταφορικό σύστημα: επιβάτες, ρυθμός κίνησης
  - Σύστημα Η/Υ: πληροφορία, αποθηκευτικός χώρος

Καθοδηγητικές λέξεις (Guidewords, basic)

Guideword	Ερμηνεία
NO	πλήρης αντίθεση με το σχεδιασμό
MORE	ποσοτική αύξηση
LESS	ποσοτική αύξηση
AS WELL AS	ποιοτική διαφοροποίηση / αύξηση
PART OF	ποιοτική διαφοροποίηση / μείωση
REVERSE	λογική αντίθεση με το σχεδιασμό
OTHER THAN	πλήρης υποκατάσταση

Ανάλυση Κινδύνων και Λειτουργικότητας

Καθοδηγητικές λέξεις (ώρα, σειρά/ αλληλουχία)

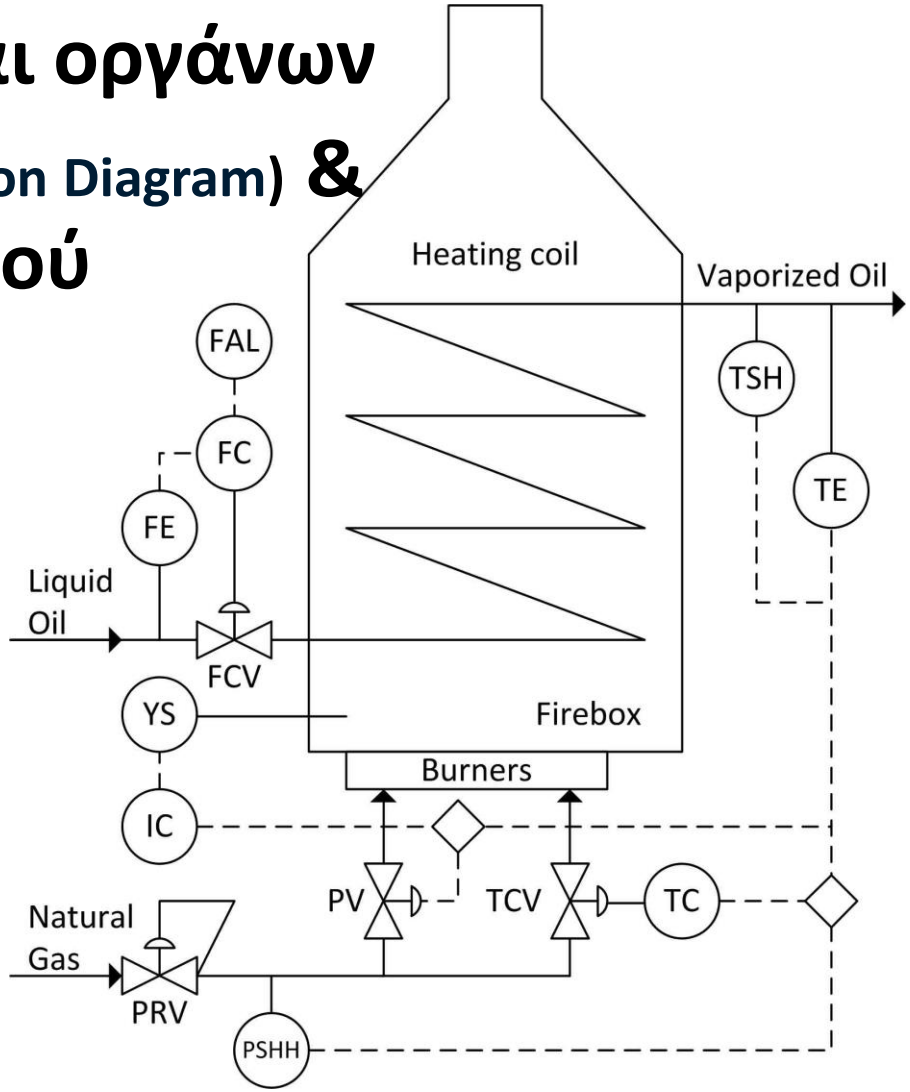
Guideword	Ερμηνεία
EARLY	σε σχέση με την ώρα
LATE	σε σχέση με την ώρα
BEFORE	σε σχέση με τη σειρά/ αλληλουχία
AFTER	σε σχέση με τη σειρά/ αλληλουχία

Ανάλυση Κινδύνων και Λειτουργικότητας

Σχέδια σωληνώσεων και οργάνων

P&ID (Piping and Instrumentation Diagram) & σκοπός του σχεδιασμού





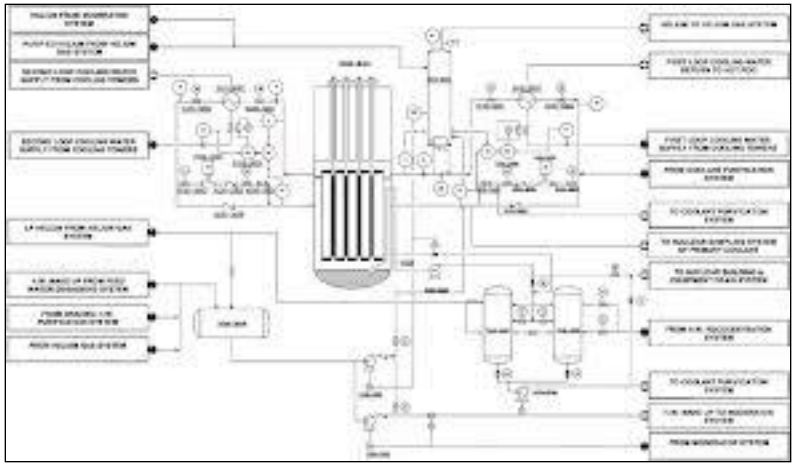
Εφαρμογή της μεθόδου HAZOP

- εφαρμογές λογισμικού
- συστήματα (π.χ. κίνηση πληθυσμού με μέσα μεταφοράς όπως οδικώς και σιδηροδρομικών)
- διαδικασίες και ακολουθίες ενεργειών
- διοικητικές διαδικασίες
- ειδικά συστήματα (π.χ. ιατρικά μηχανήματα)

Ανάλυση Κινδύνων και Λειτουργικότητας

Φύλλο εργασιών HAZOP

Element	Guideword	Deviation	Possible Cause	Consequences	Safeguards	Comments	Actions Required	Action By



Recording Sheet

This attachment shows an example of a HAZOP Study Recording Sheet

Client :
Project :
Unit :
System :

Issue :
Issue Date :
Job No :
Client Project No :

CI = Client
Li = Licensor
Co = Contractor

DEVIATION	POSSIBLE CAUSE(S)	POTENTIAL CONSEQUENCE(S)	EXISTING SAFEGUARD(S)	RECOMMENDED ACTION(S)	ITEM NO	BY	ACTUAL IMPLEMENTATION
more flow	fail open of control valve 1-FV-005	off specification product	none	add high flow alarm in inhibitor dosing line	1	Co	as per recommendation
less flow	lower pressure in vessel MS-107	less flow in product line	low flow alarm in product line	none, as pressure in MS-107 varies little		---	
no flow	inadvertent closure of block valve	flow in product line stops	none	none	2	Co	
reverse flow	failure of product pump PP-113 A/B	backflow from storage tank MF-103 to unit	check valve in PP-113 A/B discharges	none		---	
high temp.	too low cooling flow to exchanger TT-105	polymerization of product in storage tank MF-103	none	lock TT-105 cooling water block valves	3	Co	chain lock valves (not castellock)
low temp.	failure of line steam tracing	lower product temperature	none	add note in operating manual	4	CI	as per recommendation
high press.	inadvertent closure of block valve	heatup of the line and contents by solar radiation	none	add thermal relief valve	5	Co	RV to discharge to
low press.	see less flow						
high level	maloperation of MS-107 level controller	possible overfilling of vessel MS-107	high level alarm on MS-107	none, current safeguard is considered sufficient		---	
low level	maloperation of MS-107 level controller	damage of product pump PP-113 A/B	low level alarm on MS-107	check suitability of various types of pumps	6	Co	select pump with lowest NPSH required

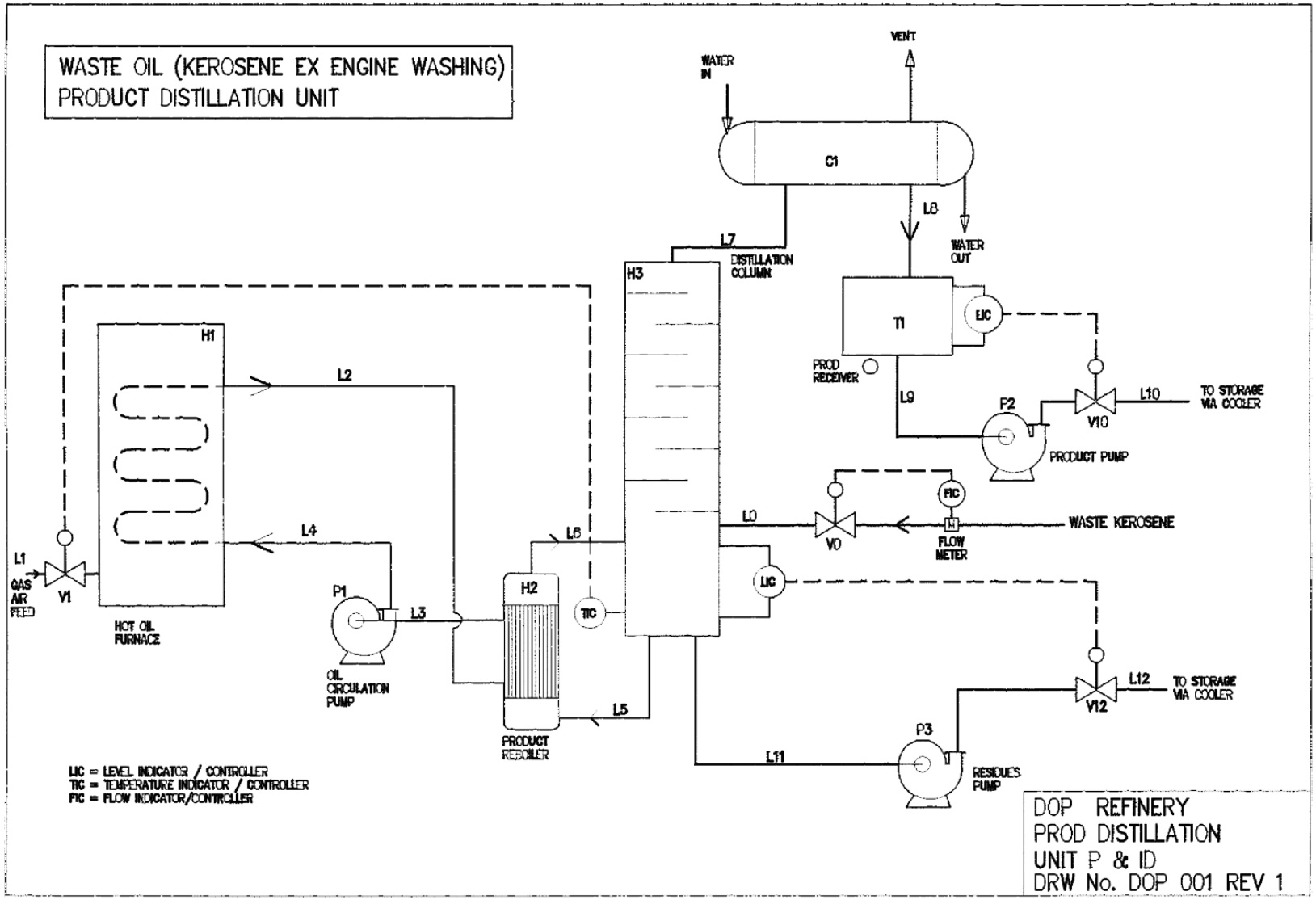
Ανάλυση Κινδύνων και Λειτουργικότητας

Αναφορά



- περίληψη
- συμπεράσματα
- σκοπός
- αποτελέσματα
- HAZOP φύλο εργασίας
- κατάλογος σχεδίων και εγγράφων τεκμηρίωσης
- αναφορές σε μελέτες & βάσεις δεδομένων

Ανάλυση Κινδύνων και Λειτουργικότητας

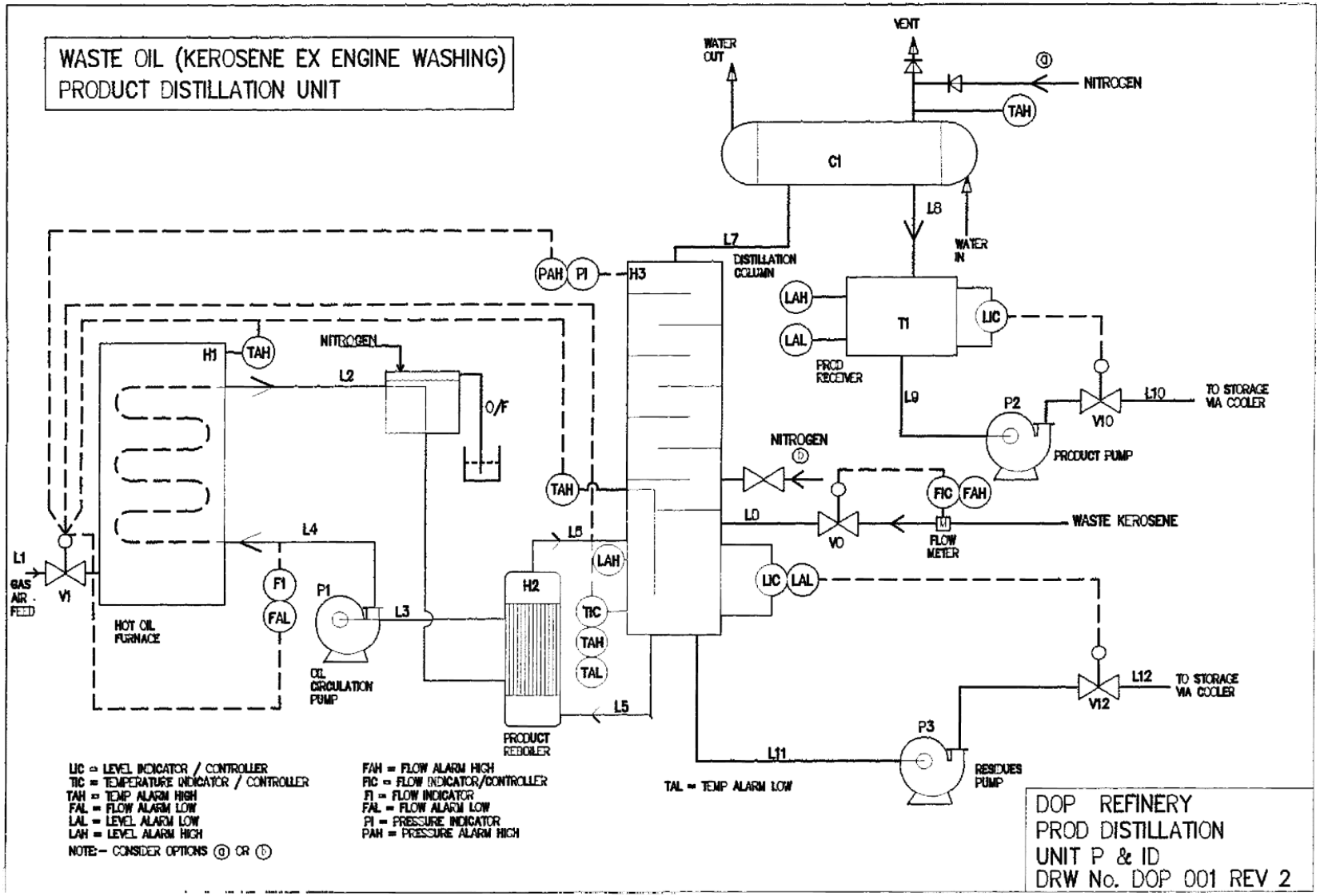


Ανάλυση Κινδύνων και Λειτουργικότητας

Παράδειγμα (parts)

- γραμμή τροφοδοσίας προϊόντος
- στήλη απόσταξης
- συμπυκνωτής, ψύξη νερού
- αποδέκτης (receiver) προϊόντος και σύστημα σωληνώσεων
- φούρνος θερμού λαδιού, σύστημα σωληνώσεων και αντλία ανακύκλωσης θερμού λαδιού

Ανάλυση Κινδύνων και Λειτουργικότητας



Ανακεφαλαίωση

- **Διαχειριστικό Σύστημα Ασφάλειας Διεργασιών**
  - δομή και περιεχόμενα
- **Ανάλυση Κινδύνων Διεργασιών**
  - λίστες ελέγχου και ανάλυση «τι θα συμβεί εάν...;
  - ανάλυση δένδρου σφαλμάτων
  - ανάλυση καταστάσεων αστοχιών και επιπτώσεων
  - κίνδυνοι και λειτουργικότητα



