ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Ακ. Έτος 2020 - 2021

Εισαγωγή

Από τα προηγούμενα

- ✓ Κίνδυνος (hazard)

  Η εγγενής ιδιότητα μιας επικίνδυνης ουσίας ή φυσικής κατάστασης που ενδέχεται να βλάψει την ανθρώπινη υγεία ή/και το περιβάλλον

- ✓ Επικινδυνότητα (risk)

  Η πιθανότητα μιας συγκεκριμένης επίπτωσης εντός δεδομένης χρονικής περιόδου ή υπό συγκεκριμένες συνθήκες

- ✓ Αιτίες εμφάνισης κινδύνων

  Αστοχία εξοπλισμού, προβλήματα λειτουργίας, ανθρώπινος παράγοντας, φυσικά φαινόμενα, άλλα εξωτερικά αίτια

Εισαγωγή

Από τα προηγούμενα

✓ Εκτίμηση Επικινδυνότητας (Risk Assessment)

Ορίζεται η συνολική διαδικασία που περιλαμβάνει τις εξής φάσεις:

- Αναγνώριση και καταγραφή των κινδύνων (Hazard/risk Identification),
- Ανάλυση της επικινδυνότητας, δηλαδή του καθορισμού των πιθανών αποδεκτών και του βαθμού των πιθανών επιπτώσεων για αυτούς τους αποδέκτες (Risk Analysis)
- Ορισμός μέτρων για την μείωση της επικινδυνότητας (Risk Control)

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

Οι μεθοδολογίες εκτίμησης επικινδυνότητας χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

1. Ντετερμινιστική Μεθοδολογία
   - Βασίζεται στην εκτίμηση των επιπτώσεων που προκαλούνται από τα «χειρότερα» πιθανά σενάρια ατυχημάτων
   - Δεν απαιτείται ο αναλυτικός προσδιορισμός ως προς τη συχνότητα εμφάνισης
   - Για τις ανεπιθύμητες συνέπειες ορίζονται διακριτές τιμές
   - Βασικός στόχος η υπόδειξη «περιοχών» στις οποίες θα συμβούν θάνατοι ή σοβαροί τραυματισμοί

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

Οι μεθοδολογίες εκτίμησης επικινδυνότητας χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

2. Πιθανολογική Μεθοδολογία

- Βασίζεται στην εκτίμηση της πιθανότητας εμφάνισης ενός «επιπέδου» σοβαρότητας ατυχημάτων *(μικρό, μέτριο, μεγάλο επίπεδο)*
- Χρησιμοποιεί τους όρους ατομική και ομαδική διακινδύνευση
  - ✓ Ατομική διακινδύνευση: αφορά ένα άτομο (ανεξάρτητα του πληθυσμού) και ορίζει ένα επίπεδο επικινδυνότητας πάνω από το οποίο κανένας δεν πρέπει να εκτίθεται
  - ✓ Ομαδική διακινδύνευση: αφορά την ύπαρξη μεγάλης πιθανότητας να οδηγηθούμε σε μεγάλο αριθμό θυμάτων μόνο και μόνο από την γειτνίαση μεγάλου αριθμού ατόμων με το σημείο ατυχήματος (ακόμα και αν η ατομική διακινδύνευση είναι μικρή)
- Βασικός στόχος η υπόδειξη «περιοχών» στις οποίες υπάρχει η πιθανότητα ενός συγκεκριμένου «επιπέδου» επιπτώσεων *(τραυματισμού ή θανάτων)*

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

Τα βασικά «βήματα» προσδιορισμού για την εκτίμηση επικινδυνότητας είναι:

- ✓ Αναγνώριση πιθανών κινδύνων «αστοχιών»
- ✓ Προσδιορισμός συχνότητας εμφάνισης
- ✓ Αναγνώριση συνεπειών
- ✓ Προσδιορισμός σοβαρότητας συνεπειών
- ✓ Αποδοχή κινδύνων
- ✓ Εφαρμογή υπαρχόντων μέτρων/πρακτικών για αντιμετώπιση/μετριασμό
- ✓ Προτάσεις για περαιτέρω βελτίωση

Αποδοχή Κινδύνου

- Τι σημαίνει; (δεν είναι όλοι οι κίνδυνοι μη αποδεκτοί;)
- Ποιος αποφασίζει και με τι κριτήρια;

«… ο κίνδυνος δεν μπορεί να εκληφθεί ως αποδεκτός ή όχι αν εξετάζεται μεμονωμένος, αλλά μόνο σε συνδυασμό με το κόστος και τα οφέλη που συνοδεύουν αυτόν τον κίνδυνο. Αν εξετάζεται μεμονωμένα, κανένας κίνδυνος δεν είναι αποδεκτός!...»

Kaplan & Garrick (1981)

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

Αιτία Ατυχήματος

Αναγνώριση & Ανάλυση κινδύνων
Risk Identification & Analysis

Αποτέλεσμα Ατυχήματος

Εκτίμηση επιπτώσεων
Consequence Analysis

Εκτίμηση Επικινδυνότητας
Risk Assessment

Πιθανότητα
Probability

Σοβαρότητα
Severity

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

Πιθανότητα κινδύνου
- Συχνή: Πιθανό να συμβεί επανειλημμένα
- Πιθανή: Πιθανό να συμβεί αρκετές φορές
- Περιστασιακή: Πιθανό να συμβεί κάποια στιγμή
- Απομακρυσμένη: Δεν είναι πιθανό να συμβεί
- Απίθανη: Πολύ απίθανο - μπορεί να υποθέσουμε ότι δεν θα συμβεί

Σοβαρότητα συνέπειας (όσο αφορά τραυματισμούς)
- Αμελητέα: Πρώτες βοήθειες ή μικρή ιατρική περίθαλψη
- Οριακή: Μικρός τραυματισμός
- Κρίσιμη: αναπηρία άνω των τριών μηνών
- Καταστροφική: Θάνατος ή μόνιμη ολική αναπηρία

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

Πίνακας Κινδύνου (Risk Matrix)

Σοβαρότητα / Πιθανότητα	Αμελητέα	Οριακή	Κρίσιμη	Καταστροφική
Συχνή	Μέσο	Σοβαρό	**Υψηλό**	**Υψηλό**
Πιθανή	Μέσο	Σοβαρό	**Υψηλό**	**Υψηλό**
Περιστασιακή	Χαμηλό	Μέσο	Σοβαρό	**Υψηλό**
Απομακρυσμένη	Χαμηλό	Μέσο	Μέσο	Σοβαρό
Απίθανη	Χαμηλό	Χαμηλό	Χαμηλό	Μέσο

Επίπεδο κινδύνου:

- Χαμηλό: Αποδεκτός κίνδυνος, διακριτική ευχέρεια αποκατάστασης
- Μέσο: Λήψη διορθωτικών μέτρων την κατάλληλη στιγμή
- Σοβαρό: Απαιτούνται διορθωτικά μέτρα υψηλής προτεραιότητας
- Υψηλό: Η λειτουργία δεν επιτρέπεται

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

Πίνακας Κινδύνου (Risk Matrix)

		Severity of Consequences					
	Likelihood of Occurrence	0 Negligible	1 Minor	2 Appreciable	3 Severe	4 Very Severe	5 Catastrophic
1	Virtually Impossible	0 Trivial Risk	1 Trivial Risk	2 Trivial Risk	3 Trivial Risk	4 Trivial Risk	5 Minor Risk
2	Improbable	0 Trivial Risk	2 Trivial Risk	4 Trivial Risk	6 Minor Risk	8 Minor Risk	10 Moderate Risk
3	Unlikely	0 Trivial Risk	3 Trivial Risk	6 Minor Risk	9 Moderate Risk	12 Substantial Risk	15 Priority Risk
4	Infrequent	0 Trivial Risk	4 Trivial Risk	8 Minor Risk	12 Substantial Risk	16 Priority Risk	20 Priority Risk
5	Occasional	0 Trivial Risk	5 Minor Risk	10 Moderate Risk	15 Priority Risk	20 Priority Risk	25 Priority Risk
6	Frequent	0 Trivial Risk	6 Minor Risk	12 Substantial Risk	18 Priority Risk	24 Priority Risk	30 Priority Risk

Μία άλλη μορφή

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

Πολλές μεθοδολογίες αναγνώρισης κινδύνων (ποιοτικές ή ποσοτικές)

Το ποια μεθοδολογία θα εφαρμοστεί εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως:

- *Η πολυπλοκότητα της κατάστασης*
- *Οι απαιτήσεις και οι ικανότητες των εκτιμητών*
- *Η εμπειρία των υπευθύνων λήψης αποφάσεων*
- *Η καλή αντίληψη των συνεπειών*
- *Οι κανονιστικές ρυθμίσεις*
- *…*

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

Πολλές μεθοδολογίες αναγνώρισης κινδύνων (ποιοτικές ή ποσοτικές)

Σε κάθε περίπτωση πάντως είναι συνήθως απαραίτητα:

- *Η πλήρης γνώση της εγκατάστασης και των διεργασιών*
  Απαιτείται η συλλογή σχεδίων, διαγραμμάτων, φωτογραφιών, ερωτηματολογίων, επι τόπου επιθεώρηση, στοιχεία από παλαιότερα ατυχήματα …
- *Η συγκρότηση έμπειρης ομάδας*
  Αποτελείται από άτομα διαφόρων (ανάλογα με την εξεταζόμενη περίπτωση) ειδικοτήτων με σημαντική εμπειρία και γνώση (θα μπορούσε να είναι και ένα δύο άπειροι μηχανικοί για εκμάθηση της διαδικασίας) ικανά να αναγνωρίσουν κινδύνους, συνέπειες και να προτείνουν δράσεις για τον περιορισμό ή εξάλειψη αυτών

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

1. Τι θα συμβεί αν …. (What if … analysis)
   - Σκοπός ο προσδιορισμός πιθανών πραγμάτων που θα μπορούσαν να πάνε στραβά και η πρόταση πιθανών ελέγχων
   - Βασίζεται στη λογική ανάλυση διαφόρων πιθανών «αποκλίσεων» στο σχεδιασμό και τη λειτουργία της εγκατάστασης και αποτελεί μία καθαρά ποιοτική μέθοδο
   - Χρησιμοποιεί κατάλληλες ερωτήσεις στις οποίες δίνει πιθανές απαντήσεις Οι ερωτήσεις αφορούν ανθρώπινα λάθη, αναταραχές της διαδικασίας, αστοχίες εξοπλισμού (*τόσο για τη διάρκεια κανονικών εργασιών παραγωγής, όσο και για τη διάρκεια εργασιών κατασκευής ή συντήρησης*)

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

1. Τι θα συμβεί αν …. (What if … analysis)
   - Οι ερωτήσεις λαμβάνουν υπόψη θέματα που αφορούν:
     - Το Χειριστή (δεν προσέχει ή δεν έχει εκπαιδευτεί)
     - Τις διαδικασίες (μη τήρηση, λανθασμένη εφαρμογή, τροποποιήσεις λόγω προβλημάτων)
     - Τον εξοπλισμό (βλάβες)
     - Την Οργάνωση (εσφαλμένη βαθμονόμηση)
     - Βοηθητικές Παροχές (ρεύμα, ατμός, αέριο)
     - Εξωτερικές επιρροές (καιρός, βανδαλισμός, πυρκαγιά)
     - Συνδυασμό γεγονότων (πολλαπλές βλάβες εξοπλισμού)
   - Δημοφιλής προσέγγιση καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις περισσότερες καταστάσεις, ακόμα και όταν το «σύστημα» αλλάζει

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

1. Τι θα συμβεί αν …. (What if … analysis)

- Βασικό πλεονέκτημα

  Η απλότητα και η αμεσότητα εφαρμογής

- Βασικό μειονέκτημα

  Δεν χρησιμοποιείτε κάποια συστηματοποιημένη προσέγγιση
  Το αποτέλεσμα εξαρτάται από την εμπειρία και τη διαίσθηση των ατόμων που συμμετέχουν στην ομάδα αξιολόγησης

Τι θα συμβεί αν …	Συνέπειες	Πιθανότητα	Επίπτωση	Υποδείξεις
…	…	…	…	…
…	…	…	…	…
…	…	…	…	…

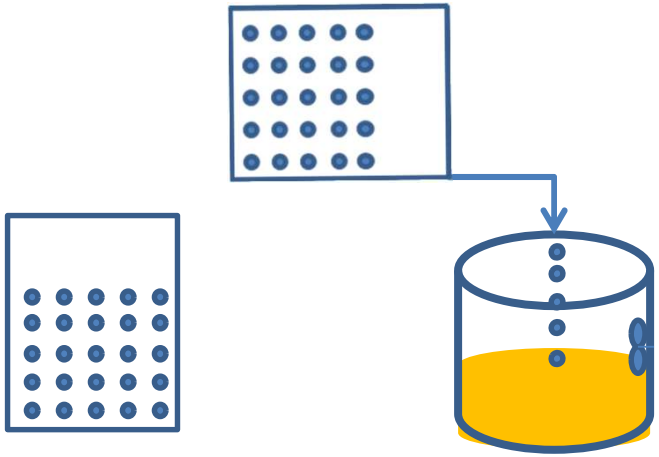
ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

1. Τι θα συμβεί αν …. (What if … analysis)

   Παράδειγμα

   Βιομηχανική διαδικασία παραγωγής υλικών, μέρος (τμήμα) της οποίας περιλαμβάνει τη μεταφορά κοκκώδους υλικού (πούδρα) από ένα δοχείο αποθήκευσης σε δοχείο ανάμιξης που περιέχει καυστικό υγρό (παρουσία συστήματος εξαερισμού)



ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

1. Τι θα συμβεί αν …. (What if … analysis)

Τι θα συμβεί αν …	Συνέπειες	Πιθανότητα	Επίπτωση	Υποδείξεις
Το δοχείο πούδρας έχει λανθασμένη σήμανση;	Πρόβλημα ποιότητας	Υπαρκτή	Σοβαρή	Επικοινωνία με τον προμηθευτή
Αλλοίωση πούδρας στο δοχείο;	Εάν είναι βρεγμένη, μπορεί να προκαλέσει εξώθερμη αντίδραση	Πολύ Μακρινή	Μικρή	Συμπεριλάβετε την επιθεώρηση στη διαδικασία
Το δοχείο πούδρας είναι λάθος ζυγισμένο;	Πρόβλημα ποιότητας	Υπαρκτή	Σοβαρή	Απαιτείται 2ος έλεγχος βάρους
Το δοχείο πούδρας είναι διαβρωμένο;	Μόλυνση ανάμιξης από σίδηρο ή πιθανή αστοχία/διάρρηξη του δοχείου	Μακρινή	Σοβαρή	

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

1. Τι θα συμβεί αν …. (What if … analysis)

Τι θα συμβεί αν …	Συνέπειες	Πιθανότητα	Επίπτωση	Υποδείξεις
Ο εξαερισμός στη δεξαμενή ανάμιξης δεν λειτουργεί;	Σκόνη & πιθανή έκθεση του χειριστή	Υπαρκτή	Μικρή	Συμπεριλάβετε τον έλεγχο συστήματος εξαερισμού στη διαδικασία
Η πούδρα να έρθει σε επαφή με το δέρμα του χειριστή;	Πιθανό έγκαυμα	Υπαρκτή	Σοβαρή	Χρησιμοποιήστε στολή και γάντια
Η στάθμη υγρού της δεξαμενής είναι πολύ υψηλή;	Πιθανό πιτσίλισμα με καυστικό υγρό καθώς και πρόβλημα ποιότητας	Μακρινή	Σοβαρή	Χρησιμοποιήστε γυαλιά και ποδιά
…				

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

2. Αστοχία λειτουργίας και ανάλυση αποτελέσματος FMEA
   (Failure Mode and Effects Analysis)

   - Σκοπός ο προσδιορισμός όλων των τρόπων όπου ένα κομμάτι εξοπλισμού μπορεί να αποτύχει (αστοχήσει), και ο προσδιορισμός του αποτελέσματος της αστοχίας στη λειτουργία της διεργασίας
   - Εφαρμόζεται στο μηχανολογικό εξοπλισμό (αντλίες, εναλλάκτες …) χωρίς να εξετάζει τις πιθανές ενέργειες των χειριστών ή τον συνδυασμό αστοχίας από δύο ή περισσότερα εξαρτήματα

     Παράδειγμα: Μία φυγοκεντρική αντλία

     Σενάρια αστοχίας: Λειτουργία όταν δεν απαιτείται, μη λειτουργία όταν απαιτείται, εμφάνιση διαρροής, ρήξη κελύφους …

     Αποτελεί επίσης μία ποιοτική μέθοδο αλλά μπορεί και να ποσοτικοποιηθεί στην περίπτωση που υπάρχουν στατιστικά δεδομένα αντίστοιχων «αστοχιών»

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

2. Αστοχία λειτουργίας και ανάλυση αποτελέσματος FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)

- Χρησιμοποιείται στον σχεδιασμό, στην κατασκευή, και κατά τη λειτουργία της εγκατάστασης και συνήθως επανεξετάζεται κάθε 3 έως 5 χρόνια

- Βασικό πλεονέκτημα

Ένας συστηματικός και περιεκτικός τρόπος διαχείρισης αστοχιών.
Εξαιρετικά χρήσιμη στην ανάλυση αστοχιών μεμονωμένου εξοπλισμού οι οποίες οδηγούν σε ανεπιθύμητες καταστάσεις

- Βασικό μειονέκτημα

Δεν χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση ενός μεγάλου αριθμού αστοχιών από πολλαπλούς συνδυασμούς
Ακόμα και αν η εμπειρία της ομάδας αξιολόγησης της επιτρέπει να κάνει ανάλυση αστοχιών πολλαπλών συνδυασμών αυτό μπορεί να οδηγήσει σε έναν τεράστιο αριθμό σεναρίων και μια εργασία που είναι δύσκολο να διαχειριστεί

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

2. Αστοχία λειτουργίας και ανάλυση αποτελέσματος FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)

Μηχανολογικός εξοπλισμός	Σενάριο αστοχίας	Επιπτώσεις	Αξιολόγηση κινδύνου	Δράσεις
…	…	…	…	…
…	…	…	…	…

Παράδειγμα

Βιομηχανική διαδικασία στην οποία μεταξύ άλλων περιλαμβάνεται ο ακόλουθος εξοπλισμός: Σωληνώσεις ροής ατμού, βαλβίδα ατμού, δοχείο για θέρμανση υγρού με ανακουφιστική βαλβίδα …

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

2. Αστοχία λειτουργίας και ανάλυση αποτελέσματος FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)

Μηχανολογικός εξοπλισμός	Σενάριο αστοχίας	Επιπτώσεις	Αξιολόγηση κινδύνου	Δράσεις
C.V-431: Βαλβίδα ατμού, σωληνοειδές ασφαλείας - κανονικά ανοιχτή	1. Κλείνει απροσδόκητα κατά τη λειτουργία	1. Απώλεια μετριασμού για εισερχόμενο νερό. Κρύο νερό στο σύστημα	...	...
	2. Αποτυγχάνει να ανοίξει όταν δίνεται σήμα	2. Απώλεια μετριασμού για εισερχόμενο νερό. Κρύο νερό στο σύστημα	...	...
	3. Αποτυγχάνει να κλείσει όταν δίνεται σήμα	3. Πιθανότητα εγκαυμάτων	...	...
	4. Διαρροή προς τον περιβάλλον χώρο	4. Διαρροή ατμού σε κλειστή περιοχή	...	...

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

2. Αστοχία λειτουργίας και ανάλυση αποτελέσματος FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)

Μηχανολογικός εξοπλισμός	Σενάριο αστοχίας	Επιπτώσεις	Αξιολόγηση κινδύνου	Δράσεις
RV-36: Ανακουφιστική βαλβίδα στα 6 bar	1. Αποτυγχάνει να λειτουργήσει όταν απαιτείται (δηλαδή όταν ο θερμαντήρας υπερβαίνει τα 6 bar)	1. Πιθανή ρήξη του θερμαντήρα	...	...
	2. Ανοίγει απροσδόκητα (δηλαδή όταν η πίεση στον θερμαντήρα είναι <6 bar)	2. Απελευθέρωση ζεστού νερού σε μικρή κλειστή περιοχή	...	...

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

3. Ανάλυση κινδύνου και λειτουργικότητας HAZOP
   (HAZard and OPerability study)
   - Σκοπός ο προσδιορισμός προβλημάτων που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την ικανότητα του συστήματος για παραγωγή
   - Εφαρμόζεται στις λειτουργικές παραμέτρους μίας διεργασίας

     Κοινές λειτουργικές παράμετροι χημικής διεργασίας: Ροή, Επίπεδο Στάθμης, Ταχύτητα ροής, Θερμοκρασία, Πίεση, Ιξώδες, Ανάμιξη, Αντίδραση, pH, Χρόνος …

     Αποτελεί μία ποιοτική μέθοδο αλλά και δυνητικά ποσοτική
   - Χρησιμοποιείται στα τελευταία στάδια της σχεδιαστικής φάσης όταν ο σχεδιασμός είναι σχεδόν ολοκληρωμένος ή για ένα υπάρχον σύστημα όταν πρόκειται να γίνει επανασχεδιασμός

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

3. Ανάλυση κινδύνου και λειτουργικότητας HAZOP
(HAZard and OPerability study)

- Κατά την εφαρμογή
  - ✓ *Η εξεταζόμενη εγκατάσταση/διεργασία χωρίζεται σε τμήματα*
  - ✓ *Επιλέγονται οι λειτουργικές παράμετροι που θα εξεταστούν*
  - ✓ *Διατυπώνονται Ερωτήσεις γύρω από λέξεις οδηγούς/κλειδιά*
    - ➢ ***ΌΧΙ*** *(Άρνηση - Κανένα μέρος των προθέσεων σχεδιασμού δεν επιτυγχάνεται και τίποτα άλλο δεν συμβαίνει)*
    - ➢ ***ΛΙΓΟΤΕΡΟ*** *(Ποσοτική μείωση - Αναφέρεται σε ποσότητες και ιδιότητες όπως ροή, θερμοκρασία και πίεση)*
    - ➢ ***ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟ*** *(Ποσοτική αύξηση - Αναφέρεται σε ποσότητες και ιδιότητες όπως ροή, θερμοκρασία και πίεση)*
    - ➢ ***ΜΕΡΟΣ*** *(Ποσοτική μείωση - Επιτυγχάνονται μόνο ορισμένες από τις προθέσεις σχεδιασμού)*
    - ➢ ***ΕΠΙΠΛΕΟΝ*** *(Ποσοτική αύξηση - Όλες οι σχεδιαστικές προθέσεις επιτυγχάνονται μαζί με ορισμένα επιπλέον στοιχεία)*

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

3. Ανάλυση κινδύνου και λειτουργικότητας HAZOP
   (HAZard and OPerability study)
   - Κατά την εφαρμογή
     - ✓ *Διατυπώνονται Ερωτήσεις γύρω από λέξεις οδηγών/κλειδιά …*
       - ***ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΑ*** *(Λογικό αντίθετο της πρόθεσης - Ισχύει για δραστηριότητες όπως η ροή)*
       - ***ΆΛΛΟ ΑΠΟ*** *(Πλήρης αντικατάσταση - Κανένα μέρος της πρόθεσης σχεδιασμού δεν επιτυγχάνεται και κάτι διαφορετικό συμβαίνει)*
     - ✓ *Προσδιορίζονται οι αποκλίσεις, οι τυχόν κίνδυνοι που προκαλούν και οι πιθανές συνέπειες*
     - ✓ *Γίνεται αξιολόγηση των κινδύνων και προτείνονται εμφανής προληπτικές / διορθωτικές ενέργειες*

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

3. Ανάλυση κινδύνου και λειτουργικότητας HAZOP
(HAZard and OPerability study)

Λέξεις κλειδιά / Λειτουργικές παράμετροι	ΟΧΙ	ΛΙΓΟΤΕΡΟ	ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟ	ΜΕΡΟΣ	ΕΠΙΠΛΕΟΝ	ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΑ	ΆΛΛΟ ΑΠΟ
Ροή	Όχι ροή	Χαμηλή ροή	Υψηλή ροή	Λείπουν συστατικά	Ακαθαρσίες	Αντίστροφη ροή	Λάθος υλικό
Επίπεδο στάθμης	Άδειο	Χαμηλή στάθμη	Υψηλή στάθμη	Χαμηλή διεπαφή	Υψηλή διεπαφή	-	-
Πίεση	Ατμοσφαι-ρική	Χαμηλή πίεση	Υψηλή πίεση	-	-	Κενό	-
Θερμοκρασία	Πάγωμα	Χαμηλή θερμοκρασία	Υψηλή θερμοκρασία	-	-	Αυτόματη ψύξη	-
Ανάμιξη	Καθόλου	Φτωχή ανάμιξη	Υπερβάλλουσα ανάδευση	Ακανόνιστη ανάμειξη	Αφρισμός	Διαχωρισμός φάσεων	-
Αντίδραση	Καθόλου	Αργή αντίδραση	Ταχύτατη αντίδραση	Μερική αντίδραση	Παράπλευρη αντίδραση	Αποσύνθεση	Λάθος αντίδραση
…							

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

3. Ανάλυση κινδύνου και λειτουργικότητας HAZOP
   (HAZard and OPerability study)

   - Βασικό πλεονέκτημα

     Πρόκειται για μια προηγμένη ανασκόπηση σχεδιασμού που είναι δομημένη, συστηματική και ολοκληρωμένη
     Είναι απλή στην κατανόηση, εύχρηστη και εύκολη στην εφαρμογή
     Επίσης διασφαλίζει ότι ο σχεδιασμός ευθυγραμμίζεται με τους κώδικες μηχανικής

   - Βασικό μειονέκτημα

     Εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα πραγματικά δεδομένα (πληρότητα και ακρίβεια) λειτουργίας, τα οποία συνήθως είναι διαθέσιμα προς τα τελευταία στάδια του σχεδιασμού και όχι στην αρχική φάση

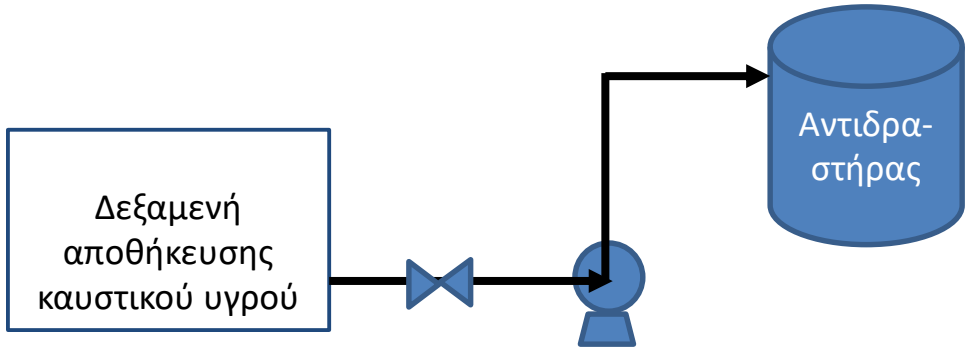
ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

3. Ανάλυση κινδύνου και λειτουργικότητας HAZOP
(HAZard and OPerability study)

Απόκλιση Λέξης «κλειδί»	Αιτία	Επιπτώσεις	Κίνδυνος / αξιολόγηση	Προτεινόμενη Δράση
…	…	…	…	…
…	…	…	…	…

Παράδειγμα



ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

3. Ανάλυση κινδύνου και λειτουργικότητας HAZOP
(HAZard and OPerability study)

Απόκλιση Λέξης «κλειδί»	Αιτία	Επιπτώσεις	Κίνδυνος / αξιολόγηση	Προτεινόμενη Δράση
Όχι ροή	1. Αντλία κλειστή	1. Μη παραγωγή	1. Μέτριος / αποδεκτός	1. Ενσωματώστε ελέγχους στη διαδικασία
	2. Διάβρωση φτερωτής αντλίας	2. Μη παραγωγή / κακή ποιότητα	2. Μέτριος /μη αποδεκτός	2. Κάντε ελέγχους συντήρησης
	3. Βαλβίδα στη γραμμή ροής κλειστή	3. Ο κινητήρας της αντλίας καίγεται	3. Μέτριος / αποδεκτός	3. -
	4. Σπάσιμο σωλήνα	4. Απελευθέρωση στο περιβάλλον και πιθανός τραυματισμός	4. Υψηλός / μη αποδεκτός	4. Δημιουργήστε λεκάνη συλλογής / εγκαταστήστε σύ-στημα ανίχνευσης
	5. Το κομπιούτερ δεν ξεκινά την αντλία	5. Μη παραγωγή	5. Μέτριος / αποδεκτός	5. Εκκίνηση αντλίας με δοκιμή προσο-μοίωσης εισόδου

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

3. Ανάλυση κινδύνου και λειτουργικότητας HAZOP
(HAZard and OPerability study)

Απόκλιση Λέξης «κλειδί»	Αιτία	Επιπτώσεις	Κίνδυνος / αξιολόγηση	Προτεινόμενη Δράση
Λιγότερη ροή	1. Αντλία κλειστή	1. Μη παραγωγή	1. Μέτριος / αποδεκτός	1. Ενσωματώστε ελέγχους στη διαδικασία
	2. Διάβρωση φτερωτής αντλίας	2. Μη παραγωγή / κακή ποιότητα	2. Μέτριος / μη αποδεκτός	2. Κάντε ελέγχους συντήρησης
	3. Βαλβίδα στη γραμμή ροής κλειστή	3. Ο κινητήρας της αντλίας καίγεται	3. Μέτριος / αποδεκτός	3. -
	4. Σπάσιμο σωλήνα	4. Απελευθέρωση στο περιβάλλον και πιθανός τραυματισμός	4. Υψηλός / μη αποδεκτός	4. Δημιουργήστε λεκάνη συλλογής / εγκαταστήστε σύ-στημα ανίχνευσης
	5. Το κομπιούτερ δεν ξεκινά την αντλία	5. Μη παραγωγή	5. Μέτριος / αποδεκτός	5. Εκκίνηση αντλίας με δοκιμή προσο-μοίωσης εισόδου

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

3. Ανάλυση κινδύνου και λειτουργικότητας HAZOP
(HAZard and OPerability study)

Απόκλιση Λέξης «κλειδί»	Αιτία	Επιπτώσεις	Κίνδυνος / αξιολόγηση	Προτεινόμενη Δράση
Περισσότερη ροή	1. Δεν προσδιορίζεται κάποια πιθανή αιτία	1. …	1. ….	1. …..
Αντίστροφη ροή	1. Διακοπή ρεύματος και βλάβη βαλβίδας	1. Το καυστικό ρέει στη δεξαμενή αποθήκευσης / πιθανότητα για έντονη μεγάλη αντίδραση	1. Πολύ υψηλός / απαράδεκτος	1. Εγκαταστήστε βοηθητική παροχή ρεύματος /πραγματοποιείτε συντήρηση βαλβίδων
	2. Υπερπλήρωση αντιδραστήρα και βαλβίδα ανοιχτή	2. Το καυστικό ρέει στη δεξαμενή αποθήκευσης / πιθανότητα για έντονη μεγάλη αντίδραση	2. Πολύ υψηλός / απαράδεκτος	2. Εγκαταστήστε συναγερμό στάθμης στον αντιδραστήρα / διπλός έλεγχος βαλβίδας κατά τη διαδικασία λειτουργίας

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

4. Δένδρα Αλληλουχίας Σφαλμάτων FTA (Fault Tree Analysis)
   - Σκοπός προσδιορισμός των αιτίων ενός ανεπιθύμητου συμβάντος μέσω συνδυασμών δυσλειτουργιών
   - Εφαρμόζεται ένα λογικό διάγραμμα (δέντρο) ξεκινώντας από μία πιθανή αστοχία ενός συστήματος (κορυφαίο γεγονός) και ακολουθεί μία «προς τα κάτω» συστηματική ανάλυση (λειτουργίας και περιβάλλοντος) για τον προσδιορισμό όλων των πιθανών αιτιών που θα μπορούσαν να προκαλέσουν αυτή την αστοχία

     Αποτελεί μία ποιοτική μέθοδο που μπορεί να γίνει ποσοτική αν υπάρχουν πιθανολογική δεδομένα σχετικά με τα χρησιμοποιούμενα συστατικά και υποσυστήματα
   - Χρησιμοποιείται κατά το σχεδιασμό, τη λειτουργία και τυχόν επικαιροποίηση που οφείλεται σε σημαντικές αλλαγές

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

4. Δένδρα Αλληλουχίας Σφαλμάτων FTA (Fault Tree Analysis)

- Τρία σημαντικά βήματα στη μεθοδολογία του δέντρου σφαλμάτων
  - ✓ ο προσδιορισμός του «κορυφαίου» ανεπιθύμητου συμβάντος και των ορίων ανάλυσης
  - ✓ η κατασκευή του ίδιου του δέντρου σφαλμάτων
  - ✓ η αξιολόγηση του δέντρου σφαλμάτων

  Η διαχείριση της τεκμηρίωσης, η επανεξέταση και οι ενέργειες παρακολούθησης είναι παρόμοιες με άλλες τεχνικές αξιολόγησης κινδύνων

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

4. Δένδρα Αλληλουχίας Σφαλμάτων FTA (Fault Tree Analysis)

   Για την κατασκευή αυτού του Δέντρου σφαλμάτων απαιτείται η γνώση συγκεκριμένης ορολογίας αλλά και συμβόλων

   Παράδειγμα ορολογίας:

   Σφάλμα Α (υποδηλώνει δυσλειτουργία ανθρώπου ή εξαρτήματος η οποία μπορεί να αυτοδιορθωθεί μόλις εκλείψει η αιτία που την προκάλεσε)

   Αποτυχία Α (υποδηλώνει δυσλειτουργία ανθρώπου ή εξαρτήματος η οποία πρέπει να επιδιορθωθεί για να ξαναλειτουργήσει σωστά)

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

4. Δένδρα Αλληλουχίας Σφαλμάτων FTA (Fault Tree Analysis)

Σύμβολα:

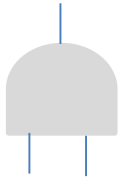
	Κορυφαίο συμβάν
	Σφάλμα χαμηλότερου επιπέδου
	Βασικό συμβάν: Αποτυχία στο χαμηλότερο επίπεδο εξέτασης, το οποίο έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει ένα σφάλμα
	Μη ανεπτυγμένο συμβάν: Αποτυχία στο χαμηλότερο επίπεδο εξέτασης, το οποίο μπορεί να αναπτυχθεί σε ξεχωριστό δέντρο σφαλμάτων

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

4. Δένδρα Αλληλουχίας Σφαλμάτων FTA (Fault Tree Analysis)

Σύμβολα:

	Συμβάν εισόδου: Μια λειτουργική παράμετρος του συστήματος, η οποία έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει σφάλμα (απώλεια ηλεκτρικής ισχύος)
	Πύλη ΚΑΙ : Δύο είσοδοι από οποιοδήποτε συμβάν σφάλματος Μία έξοδος σε οποιοδήποτε μπλοκ συμβάντων σφάλματος Η έξοδος πραγματοποιείται μόνο εάν υπάρχουν όλες οι είσοδοι
	Πύλη Ή: Δύο είσοδοι από οποιοδήποτε συμβάν σφάλματος Μία έξοδος σε οποιοδήποτε μπλοκ συμβάντων σφάλματος Η έξοδος πραγματοποιείται μόνο εάν συμβεί ένα ή περισσότερα από τα συμβάντα εισόδου

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

4. Δένδρα Αλληλουχίας Σφαλμάτων FTA (Fault Tree Analysis)

- Βασικό πλεονέκτημα

  Πρόκειται για έναν αυστηρό, μεθοδικό και δομημένο τρόπο για την αξιολόγηση του πως ένα συγκεκριμένο ατύχημα ή συμβάν μπορεί να συμβεί

- Βασικό μειονέκτημα

  Ανάλογα με την πολυπλοκότητα του συστήματος και το επίπεδο λεπτομέρειας που απαιτείται, αυτή η προσέγγιση μπορεί να είναι πολύ χρονοβόρα

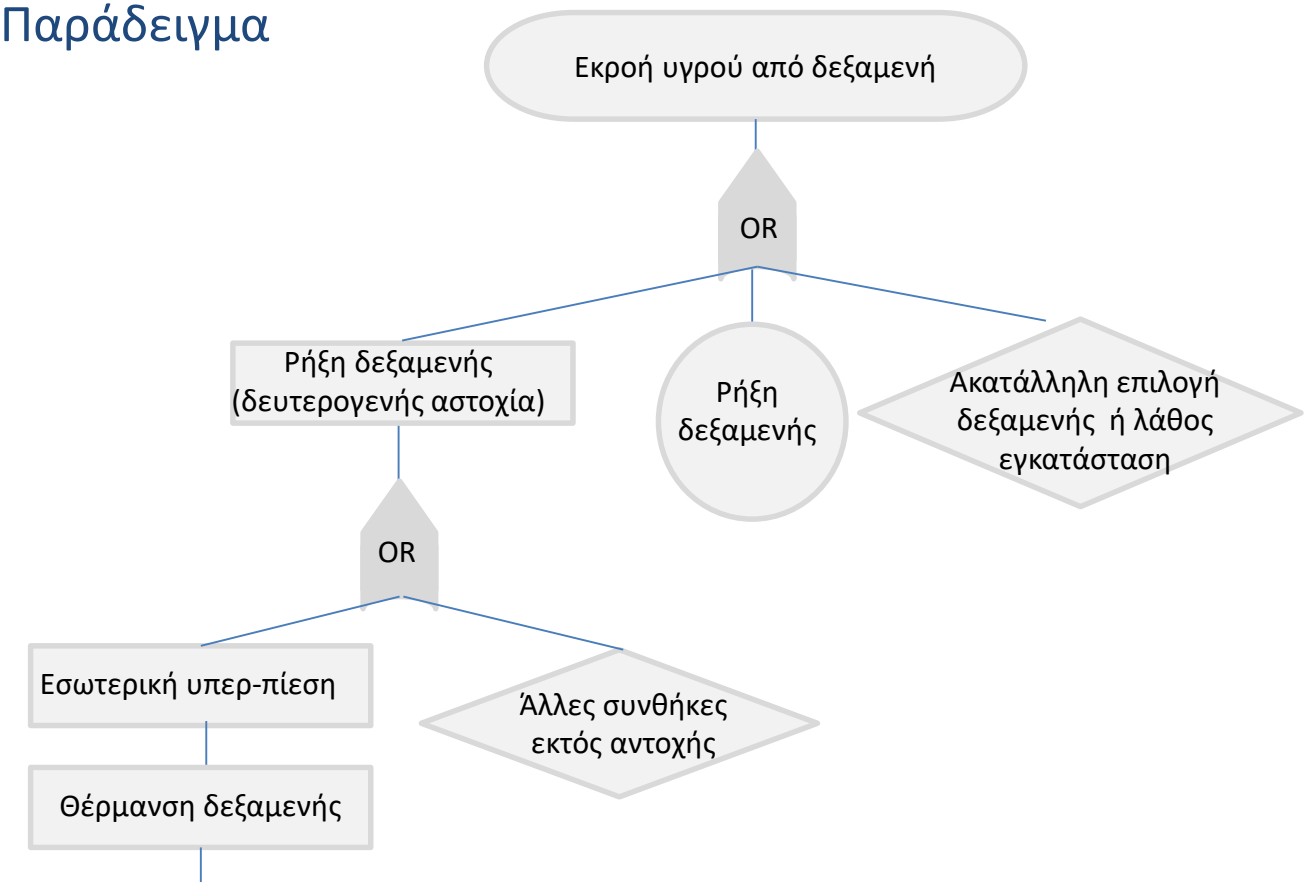
  Απαιτεί επίσης έναν έμπειρο αναλυτή που εργάζεται μόνος του για μεγάλο χρονικό διάστημα μέχρι τα πρώτα αποτελέσματα και την αξιολόγηση αυτών από την ομάδα ειδικών

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

4. Δένδρα Αλληλουχίας Σφαλμάτων FTA (Fault Tree Analysis)

Παράδειγμα



ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων (Προσδιορισμός Σεναρίων Ατυχημάτων)

5. Δένδρα Αλληλουχίας Γεγονότων ETA (Event Tree Analysis)
   - Σκοπός αξιολόγηση των συνεπειών ενός ανεπιθύμητου συμβάντος
   - Εφαρμόζεται ένα λογικό διάγραμμα (δέντρο) ξεκινώντας από μία πιθανή αστοχία ενός συστήματος (κορυφαίο γεγονός) και ακολουθεί μία «προς τα εμπρός» συστηματική ανάλυση (λειτουργίας και περιβάλλοντος) για την αξιολόγηση των συνεπειών που θα μπορούσαν να προέλθουν από αυτή την αστοχία

     Αποτελεί μία ποσοτική μέθοδος αξιολόγησης κινδύνου που προσδιορίζει τα αποτελέσματα της επιτυχίας ή της βλάβης του προστατευτικού συστήματος λόγω μια αρχική αιτίας
   - Χρησιμοποιείται νωρίς στη διαδικασία σχεδιασμού για τον εντοπισμό σχεδιαστικών και διαδικαστικών αδυναμιών και αντιμέτρων που ενδέχεται να προκύψουν, αντί να προσπαθεί να τα διορθώσει εκ των υστέρων

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων (Προσδιορισμός Σεναρίων Ατυχημάτων)

5. Δένδρα Αλληλουχίας Γεγονότων ETA (Event Tree Analysis)
   - Βασικό πλεονέκτημα

     Εντοπίζει όλες τις συνέπειες μίας πιθανής αστοχίας και μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα ευρύ φάσμα συστημάτων όπως: πυρηνικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας, διαστημικά σκάφη και χημικές εγκαταστάσεις
   - Βασικό μειονέκτημα

     Αντιμετωπίζει μόνο ένα συμβάν τη φορά και απαιτεί αναλυτές με πρακτική εκπαίδευση και εμπειρία

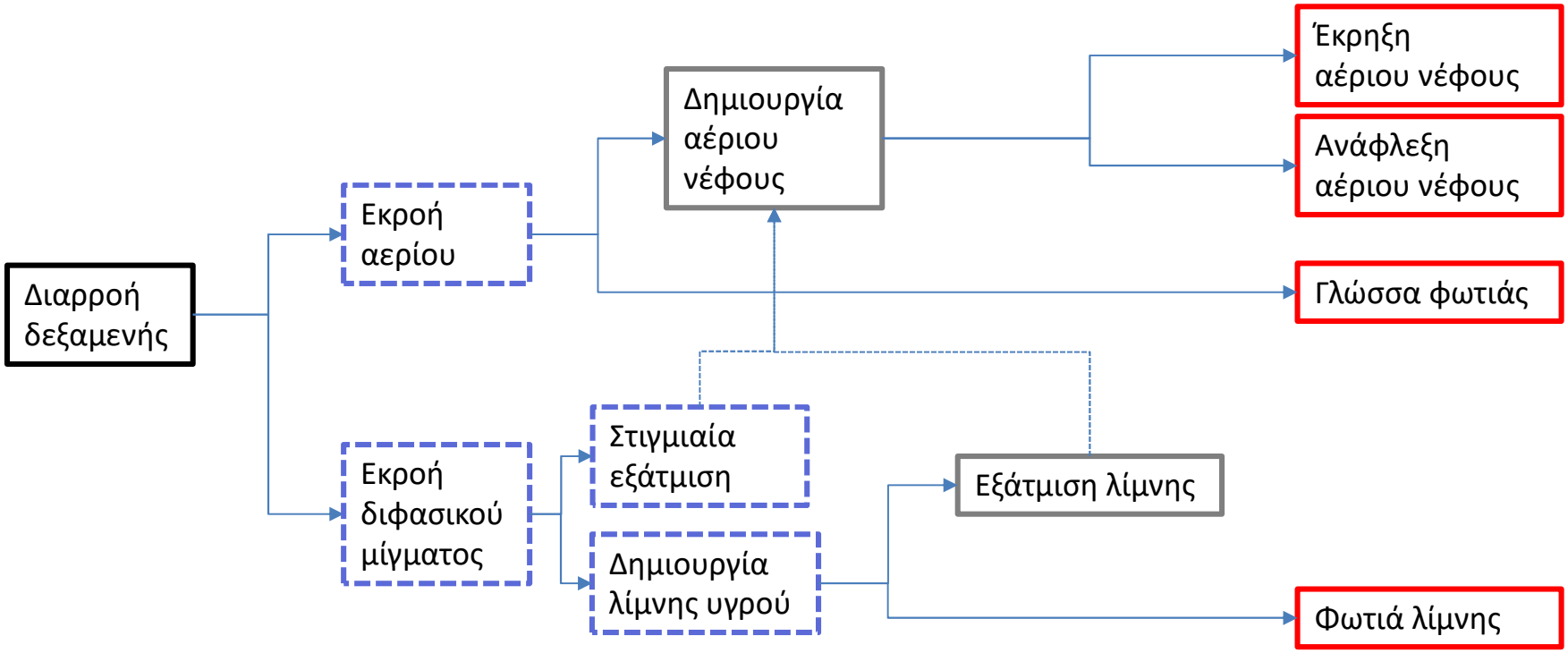
ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων - Προσδιορισμός Σεναρίων Ατυχημάτων

5. Δένδρα Αλληλουχίας Γεγονότων ETA (Event Tree Analysis)

Παράδειγμα

Υπέργεια δεξαμενή που περιέχει υγραέριο LPG (υπό πίεση)



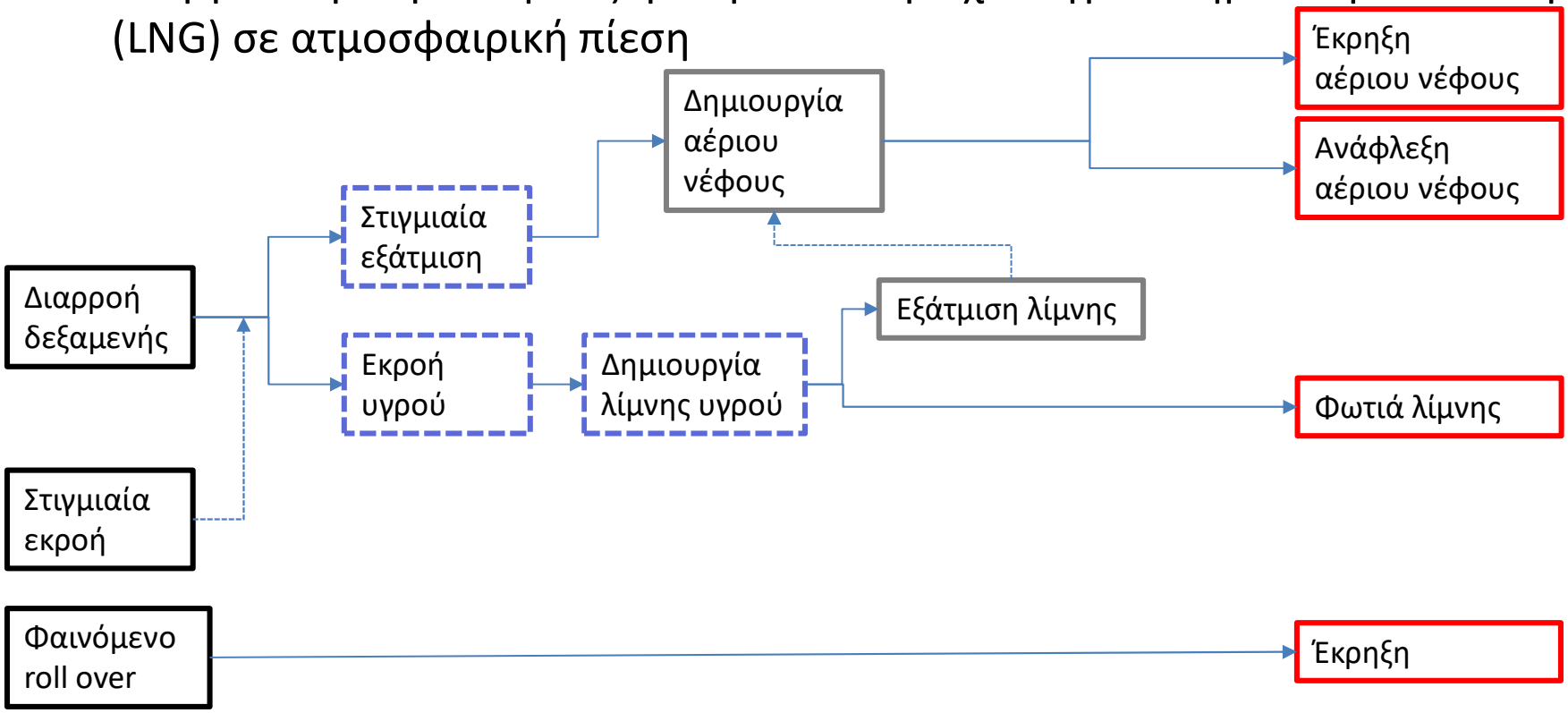
ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων - Προσδιορισμός Σεναρίων Ατυχημάτων

5. Δένδρα Αλληλουχίας Γεγονότων ETA (Event Tree Analysis)

Παράδειγμα

Υπέργεια κρυογονική δεξαμενή που περιέχει υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) σε ατμοσφαιρική πίεση



ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

6. Μέθοδος Bowtie (Bowtie method)

- Σκοπός χρησιμοποιείται για να απαριθμήσει εμπόδια (πρόληψης, ελέγχου, μετριασμού) που μπορεί να επηρεάσουν το συμβάν και τις συνέπειες
- Εφαρμόζεται με τη δημιουργία ενός συνδυαστικού διαγράμματος δένδρων αλληλουχίας σφαλμάτων και γεγονότων (FTA & ETA)

  Είναι μια δομημένη μέθοδος για την εκτίμηση του κινδύνου όπου μια ποιοτική προσέγγιση μπορεί να μην είναι δυνατή ή επιθυμητή
- Χρησιμοποιείται για την «επικοινωνία» των κινδύνων και το πως αυτοί διαχειρίζονται

  Συνήθως εφαρμόζεται στους κινδύνους που κατατάσσονται στο υψηλότερο επίπεδο μετά από μία ανάλυση HAZOP

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

6. Μέθοδος Bowtie (Bowtie method)
   - Βασικό πλεονέκτημα

     Το τελικό διάγραμμα είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο επικοινωνίας περιγραφής των κινδύνων και του τρόπου αντιμετώπισής τους
   - Βασικό μειονέκτημα

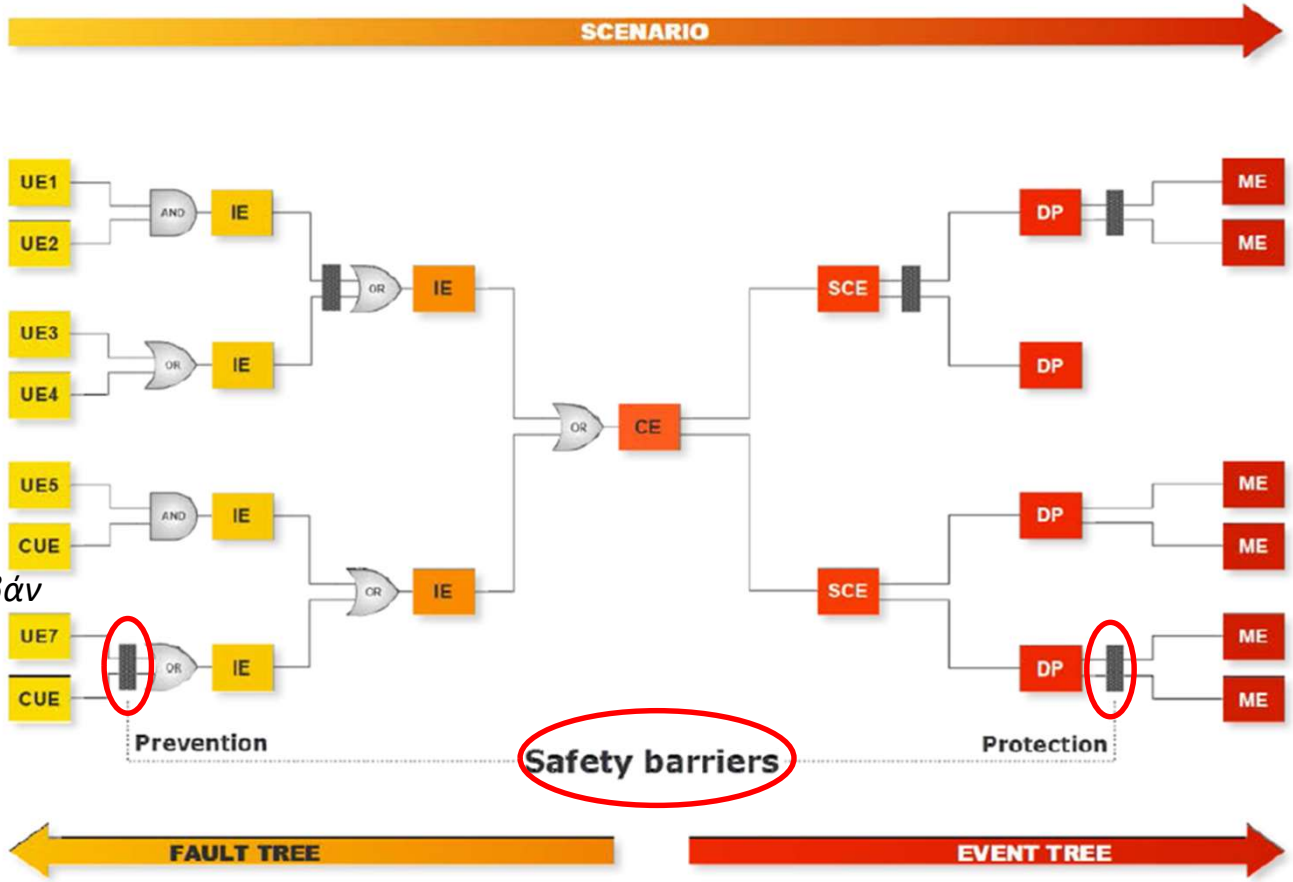
     Απαιτεί ομάδα εξαιρετικά έμπειρων αναλυτών

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Μέθοδοι Αναγνώρισης Κινδύνων

6. Μέθοδος Bowtie (Bowtie method)

Παράδειγμα



UE: μη επιθυμητό συμβάν
IE: αρχικό συμβάν
CE: κρίσιμο συμβάν
SCE: δευτερεύων κρίσιμο συμβάν
DP: επικίνδυνα φαινόμενα
ME: σημαντικά συμβάντα

Πηγή:Handbook of Scenarios for Assessing Major Chemical Accident Risks
Technical report by the Joint Research Centre (JRC), the European Commission's science and knowledge service