



ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ

ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΙ
ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΥ
ΚΙΝΔΥΝΟΥ**

ΣΑΡΑΝΤΟΥ ΑΡΓΥΡΩ
A.M. 38856
ΣΚΟΡΔΕΛΗ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ
A.M. 40169
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΝΑΖΟΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ
ΑΘΗΝΑ 26 ΙΟΥΝΙΟΥ 2017

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους γονείς μας που μας στήριζαν πάντα στα χρόνια της φοίτησης μας καθώς και τον καθηγητή μας, Νάζο Αντώνιο για την βοήθεια και την στήριξη στην εκπόνηση της εργασίας αυτής.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
ABSTRACT.....	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥ.....	9
1.1 Ατύχημα.....	9
1.2 Στατιστικά στοιχεία εργατικών ατυχημάτων.....	9
1.3 Κίνδυνος στην ασφάλεια.....	10
1.4 Ο ρόλος του εργοδότη.....	10
1.5 Ο ρόλος του τεχνικού ασφαλείας.....	11
1.6 Συστήματα διαχείρισης ασφαλείας.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
ΕΡΓΑΣΙΑΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ.....	12
2.1 Κίνδυνος.....	12
2.2 Μέτρα ασφαλείας.....	12
2.3 Πηγές κινδύνων.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ.....	14
3.1 Εισαγωγή.....	14
3.2 Κύρια στάδια εκτίμησης επικινδυνότητας.....	14
3.3 Επαγγελματικοί κίνδυνοι.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ.....	17
4.1 Έννοιες επαγγελματικών κινδύνων.....	17
4.2 Στάδια επαγγελματικού κινδύνου.....	19
4.3 Εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	
ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ.....	23
5.1 ΜΕΘΟΔΟΣ STEP.....	25
5.1.1 Εισαγωγή.....	25
5.1.2 Ανάλυση μεθόδου.....	25
5.1.3. Φύλλο εργασίας.....	26
5.2. ΜΕΘΟΔΟΣ ACCIMAP.....	28
5.2.1 Εισαγωγή.....	28

5.2.2 Ανάλυση μεθόδου	28
5.2.3 Κατασκευή διαγράμματος	29
5.3. ΜΕΘΟΔΟΣ STAMP	31
5.3.1 Εισαγωγή	31
5.3.2 Ανάλυση μεθόδου	31
5.3.3 Ανάλυση δομής μεθόδου	35
5.4. ΜΕΘΟΔΟΣ HAZOP	36
5.4.1 Εισαγωγή	36
5.4.2 Ανάλυση μεθόδου	36
5.4.3 Διαδικασία μεθόδου	37
5.4.4 Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα	40
5.5. ΜΕΘΟΔΟΣ MORT.....	41
5.5.1 Εισαγωγή	41
5.5.2 Ανάλυση δέντρου	42
5.5.3 Δομής δέντρου μεθόδου	47
5.6. ΜΕΘΟΔΟΣ FMEA	49
5.6.1 Εισαγωγή	49
5.6.2 Ανάλυση μεθόδου	51
5.6.3 Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα	54
5.6.4 Φύλλο εργασίας	56
5.7. ΜΕΘΟΔΟΣ FTA.....	58
5.7.1 Εισαγωγή	58
5.7.2 Ανάλυση μεθόδου	58
5.7.3 Διαδικασία μεθόδου	59
5.7.4 Ανάλυση Δέντρου.....	60
5.7.5 Βήματα ανάπτυξης Δέντρου	61
5.7.6 Λογικές πύλες INHIBIT.....	67
5.8. ΜΕΘΟΔΟΣ ETA.....	69
5.8.1 Εισαγωγή	69
5.8.2 Ανάλυση μεθόδου	70
5.8.3 Διαδικασία μεθόδου	74
5.8.4 Φύλλο εργασίας	78
5.8.5 Πλεονεκτήματα -μειονεκτήματα	79
5.9. ΜΕΘΟΔΟΣ PHA	80
5.9.1 Εισαγωγή	80
5.9.2 Χαρακτηριστικά μεθόδου	80

5.9.3 Διαδικασία μεθόδου	82
5.9.4 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα	83
5.9.5 Κατηγορίες ατυχημάτων	83
5.9.6 Φύλλο εργασίας	85

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	87
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	90

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι η παρουσίαση μεθόδων ανάλυσης και εκτίμησης επικινδυνότητας και η αξιολόγηση των επαγγελματικών κινδύνων.

Στο ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 γίνεται αναφορά στην ασφάλεια του εργαζομένου κατά την διάρκεια της εργασίας του. Αναλύεται ο όρος του ατυχήματος καθώς και κατηγοριοποιείται ανάλογα με την σοβαρότητα του. Επισημάνονται οι ρόλοι του τεχνικού ασφαλείας και του εργοδότη. Επιδεικνύονται τα στατιστικά στοιχεία των εργατικών ατυχημάτων.

Στο ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 παρουσιάζονται οι κίνδυνοι στον επαγγελματικό χώρο πιο συγκεκριμένα αναφέρεται στις πηγές κινδύνου οι οποίες μπορεί να προκύψουν στην διάρκεια της εργασίας και τα μέτρα ασφαλείας που είναι απαραίτητα ώστε να τον ελαχιστοποιήσουν στον κίνδυνο.

Το ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 αναφέρεται στην εκτίμηση επικινδυνότητας. Αναλύεται ο τρόπος λειτουργίας της. Γίνεται αναφορά στα κύρια στάδια που πρέπει να ερευνηθούν ώστε να γίνει εκτίμηση επικινδυνότητα. Τέλος γίνεται ταξινόμηση των επαγγελματικών κινδύνων σε τρεις κατηγορίες.

Στο ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 γίνεται αναφορά στους όρους που χρησιμοποιούνται για να ορίσουν έναν κίνδυνο. Αναλύονται τα πέντε στάδια επαγγελματικού κινδύνου τα οποία χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του. Επισημαίνονται οι τρεις φάσεις εκτίμησης του επαγγελματικού κινδύνου καθώς και τα αποτελέσματα τους.

Στο ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 παρουσιάζονται συνοπτικά οι μέθοδοι αναλύσεις επαγγελματικού κινδύνου. Στη συνέχεια κάθε μέθοδος αναλύεται σύμφωνα με τους τομείς που ειδικεύεται και την χρήση τους στη βιομηχανία ξεχωριστά σε υποκεφάλαια για την κατανόηση της.

Τέλος στο ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 παρουσιάζεται η κριτική αξιολόγηση των μεθόδων που αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 5 καθώς και η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου σύμφωνα με την προσωπική μας άποψη.

ABSTRACT

The purpose of this study is to present the methods of risk analysis and assessment and to evaluate the occupation hazard.

Chapter 1 refers to the safety of the worker during working hours. The term ‘accident’ is analysed and categorised according to its severity and statistics related to accidents at workplace are demonstrated. The role of the safety Engineer and the employer are also mentioned.

Chapter 2 presents the risks in the workplace. Particularly, it refers to the potential sources of danger during working hours and to the necessary safety precautions in order to minimize it.

The 3rd chapter refers to the risk assessment. Initially, the way of working is analysed and then reference is made to the main steps that needed to be investigated to assess risk. Finally, occupational risks are classified into three categories.

Chapter 4 refers to the terms used to define a risk. The five occupational risk stages that are used to identify risk are analysed and the three phases of occupational risk evaluation together with their outcomes are highlighted.

In chapter 5, methods of occupational risk analysis are summarized. Each method is analysed according to the sectors that specialise and its use in the industry, separately in the sub-chapter for better understanding.

Finally, the 6th chapter presents a critical evaluation of the methods analysed in the previous chapter as well as a selection of the appropriate method according to authors’ personal aspects.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μελέτη παρέχει πληροφορίες για την ασφάλεια το ατύχημα, τον κίνδυνο, την εκτίμηση και την πρόληψη της επικινδυνότητας και των μεθόδων ανάλυσης κινδύνων.

Η ασφάλεια σημαίνει βεβαιότητα, εγγύηση, σταθερότητα, απουσία κινδύνου, εξασφάλιση και προέρχεται από το ρήμα σφάλω. Η έννοια της Υγείας και Ασφάλειας των εργαζομένων θεωρείται σήμερα επίκαιρη. Στην Ελλάδα το νομικό πλαίσιο για την Υγεία και Ασφάλεια των εργαζομένων στους χώρους της εργασίας θεωρείται από τα πιο ολοκληρωμένα και πλήρη σε σχέση με τις υπόλοιπες Ευρωπαϊκές χώρες. Αντικείμενο της Υγείας και Ασφάλειας των εργαζομένων αποτελεί η αναγνώριση, η εκτίμηση και ο έλεγχος των κινδύνων για την υγεία στον εργασιακό χώρο, με σκοπό την ελαχιστοποίηση της έκθεσης των εργαζομένων σε αυτούς. Για το σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης Υγείας και Ασφάλειας των εργαζομένων που αποτελούν τα πρότυπα ΕΛΟΤ 1801:1999 και BS 8800:1996.

Η υγιεινή και η ασφάλεια των εργαζομένων στους χώρους εργασίας καθώς και η πρόληψη των επαγγελματικών κινδύνων αποτελεί ζήτημα πρωταρχικής απαίτησης, καθώς συμβάλει στην μείωση των εργατικών ατυχημάτων στην αύξηση της παραγωγικότητας και αποτελεσματικότητας. Κάθε χρόνο στην Ελλάδα συμβαίνουν περίπου 20.000 εργατικά ατυχήματα. Η κατάσταση σε Ευρωπαϊκό επίπεδο δεν είναι καλύτερη, υπολογίζετε πως 8.000 άτομα χάνουν την ζωή τους κάθε χρόνο εν ώρα εργασίας στην Ευρώπη.

Λόγο του μεγάλου ποσοστού ατυχημάτων σοβαρών και μη δημιουργήθηκε η ανάγκη για ασφάλεια στους χώρους εργασίας. Είναι η ανάγκη για αποτροπή του ατυχήματος με την διαδικασία της πρόληψης.

Όλες οι επιμέρους διαδικασίες και οι ενέργειες που στοχεύουν στην αποφυγή της έκθεσης σε επικίνδυνες καταστάσεις και το πιο σημαντικό στην εξάλειψη ή τον περιορισμό των πηγών κινδύνου έτσι ώστε να διαφυλάσσεται η υγεία και η ασφάλεια των εργαζομένων ανήκουν στην διαδικασία πρόληψης. Συγκεκριμένα η λήψη μέτρων, ο έλεγχος για την τήρηση και την αποτελεσματικότητα τους και ενδεχομένως η αναθεώρηση τους όπου κρίνεται.

Το εργασιακό περιβάλλον είναι ο χώρος μέσα στον οποίο ο εργαζόμενος αναπτύσσει την παραγωγική και επαγγελματική του δραστηριότητα. Μέσα σε αυτό, ο εργαζόμενος επηρεάζει άμεσα την υγεία και την ασφάλεια του με ποικίλους τρόπους. Η εργασία μπορεί να προκαλέσει βλάβες στην υγεία εάν οι εργαζόμενοι κλιθούν να εργαστούν σε συνθήκες που επιβαρύνουν την σωματική τους και ψυχική τους υγεία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΟΥ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥ

1.1 Ατύχημα

Εργατικό ατύχημα είναι εκείνο που συμβαίνει στον εργαζόμενο κατά την διάρκεια της εργασίας ή με αφορμή την εργασία και το οποίο οφείλεται σε απότομο γεγονός, βίαιο γεγονός, εφ' όσον αυτό προκάλεσε στον εργαζόμενο ανικανότητα να εργασθεί πάνω από 4 ημέρες ή και απώλεια ζωής ακόμα.

1.2 Στατιστικά στοιχεία εργατικών ατυχημάτων

Το Διεθνές Γραφείο Εργασίας στην προσπάθεια του να διαμορφώσει έναν ενιαίο τρόπο παρουσίασης της στατιστικής των εργατικών ατυχημάτων παρ' όλους τους περιορισμούς και τις διαφορές που υπάρχουν σε διαφορετικές χώρες, έχει ορίσει μια σειρά από σχετικούς δείκτες που συσχετίζουν τα εργατικά ατυχήματα με τις ώρες εργασίας, την παραγωγή κλπ.

Για την παρακολούθηση της πορείας εργατικών ατυχημάτων, χρησιμοποιούμε τρεις βασικούς δείκτες με τους οποίους μπορεί κανείς να συγκρίνει τα εργατικά ατυχήματα με αυτά των άλλων χωρών.

$$\text{Δείκτης συχνότητας} = \frac{(\text{αριθμός ατυχημάτων} \times 10^6)}{(\text{αριθμός ανθρωποωρών εργασίας})}$$

$$\text{Δείκτης βαρύτητας} = \frac{(\text{αριθμός ανθρωποωρών εκτός εργασίας} \times 10^6)}{(\text{αριθμός ανθρωποωρών εργασίας})}$$

$$\text{Δείκτης συμβάντων} = \frac{(\text{αριθμός ατυχημάτων} \times 10^3)}{(\text{μέσος αριθμός εκτεθειμένων εργαζομένων})}$$

Η νομοθεσία η οποία είναι υποχρέωση της χώρας για συμμόρφωση σε κοινοτικές οδηγίες συντάσσετε στο Συμβούλιο Υγιεινής και Ασφάλειας Εργασίας. Το τελικό κείμενο του Σ.Υ.Α.Ε προωθείτε σαν εισήγηση στον Υπουργό Εργασίας για έγκριση και υπογραφή. Οι νομοθετικές διατάξεις που καθορίζουν την προστασία και τα μέτρα βελτίωσης της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων και την πρόληψη των επαγγελματικών κινδύνων είναι: Ο Ν. 1568/85 (ΦΕΚ 177/Α/485) "Υγιεινή και Ασφάλεια Εργαζομένων", το Π.Δ. 294 (ΦΕΚ 138/Α/88), ο Ν. 2224/94 και το Π.Δ. 17/96 (ΦΕΚ 11/Α/96) σε συμμόρφωση με τις οδηγίες 89/391/ΕΟΚ και 91/383 όπως τροποποιήθηκε με το Π.Δ. 159/99.

Οι ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας και υγείας στους χώρους εργασίας σε συμμόρφωση με την Οδηγία 89/654/ΕΟΚ, καθορίζετε με το Π.Δ. 16/96 (ΦΕΚ/10Α'/18-1-96). Οι διατάξεις εφαρμόζονται επιπλέον των γενικών διατάξεων για την υγιεινή και την ασφάλεια της εργασίας και των γενικών και ειδικών πολεοδομικών διατάξεων και ειδικών προδιαγραφών λειτουργίας. Οι διατάξεις

εφαρμόζονται σε όλες τις επιχειρήσεις, εκμεταλλεύσεις και εργασίες ιδιωτικού και δημόσιου τομέα, ανεξάρτητος κλάδου, οικονομικής δραστηριότητας στον οποίο κατατάσσονται.

1.3 Κίνδυνος στην ασφάλεια

Κίνδυνος για την ασφάλεια θεωρείτε οτιδήποτε μπορεί να προκαλέσει τραυματισμούς η οποιαδήποτε άλλη απότομη βλάβη.

Οι κίνδυνοι αυτοί μπορεί να προέρχονται από:

- Το κτίριο
- Τον εξοπλισμό
- Την ηλεκτρική εγκατάσταση του χώρου εργασίας
- Την χρήση επικινδύνων ουσιών
- Σε άλλους παράγοντες (πχ. Αέρας υπό πίεση, φωτισμός χώρου, θόρυβος κ.α.)

1.4 Ο ρόλος του εργοδότη

Οι εργοδότες πρέπει να εφαρμόζουν τις γενικές αρχές πρόληψης, κυρίως όσον αφορά:

- Τη διατήρηση του χώρου εργασίας σε ικανοποιητική κατάσταση από άποψη τάξης και υγιεινής, (ευταξία, καθαριότητα, παροχή χώρων υγιεινής, εστίασεως κλπ)
- Την επιλογή τοποθέτησης των θέσεων εργασίας και τον καθορισμό των διαδρόμων ή ζωνών μετακίνησης και /ή κυκλοφορίας.
- Τις συνθήκες διακίνησης και μεταφοράς προσωπικού και διαφόρων υλικών.
- Τη διευθέτηση των χώρων αποθήκευσης και εναπόθεσης υλικών.
- Τις συνθήκες και τρόπους αποκομιδής των επικίνδυνων υλικών που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και απορριμμάτων ή άλλων άχρηστων υλικών.
- Την τακτική συντήρηση και τον έλεγχο πριν από την έναρξη λειτουργίας, καθώς και τον περιοδικό έλεγχο των εγκαταστάσεων και όλων γενικά των μηχανικών διατάξεων.
- Την αναπροσαρμογή ανάλογα με τις εργασίες, της πραγματικής διάρκειας για τα διάφορα στάδια και είδη εργασιών.
- Τις αλληλεπιδράσεις των δραστηριοτήτων μέσα στο χώρο εργασίας.
- Τη συνεργασία μεταξύ όλων των μελών της επιχείρησης ή του έργου (εργοδοτών και εργαζομένων)
- Τις υποδείξεις των συντονιστών για θέματα υγείας και ασφάλειας, των τεχνικών ασφάλειας και των γιατρών εργασίας.
- Η εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος διαχείρισης είναι δυνατό να αποτελέσει το πλαίσιο για τη βελτίωση της επίδοσης της επιχείρησης στον τομέα της Υγείας και Ασφάλειας των εργαζομένων, και κατά συνέπεια να επιτύχει την πλήρη νομοθετική συμμόρφωση της εταιρίας.

1.5 Ο ρόλος του τεχνικού ασφαλείας

Ο εργοδότης υποχρεούται να εξασφαλίσει την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων κατά την διάρκεια της εργασίας του σε όλες τις επιχειρήσεις ιδιωτικού ή δημόσιου τομέα. Πιο συγκεκριμένα ο εργοδότης υποχρεούται να χρησιμοποιεί υπηρεσίες τεχνικού ασφαλείας.

Οι αρμοδιότητες και οι υποχρεώσεις του τεχνικού ασφαλείας:

- Να δημιουργεί προγράμματα ασφαλούς εργασίας
- Να ενημερώνετε για τους νέους κανονισμούς
- Να ενσωματώνει τα νέα μέτρα στους κανόνες της επιχείρησης
- Να ενημερώνει τους εργαζομένους για τα ατυχήματα και τις ασθένειες στον εργασιακό χώρο.
- Να οργανώνει σεμινάρια εκπαίδευσης του προσωπικού
- Να πραγματοποιεί έρευνες για την πρόληψη του ατυχήματος
- Να ελέγχει την τυπικότητα των κανονισμών της ασφάλειας.
- Να ενημερώνει τον εργοδότη
- Να επιβλέπει την εκτέλεση ασκήσεων πυρασφάλειας
- Να τηρεί το επιχειρησιακό απόρρητο

Ανάλογα με τον χώρο εργασίας διαφοροποιείται και αναλύεται η επικινδυνότητα. Οι πηγές των επαγγελματικών κινδύνων μπορεί να προέρχονται από τον χώρο την θέση το χρονικό διάστημα καθώς και από την δυσκολία των εργασιών.

1.6 Συστήματα διαχείρισης ασφάλειας

Ένα σύστημα διαχείρισης ασφάλειας εντοπίζει τις καταστάσεις που εγκυμονούν κινδύνους αλλά και αναπτύσσει μέτρα προστασίας και πρόληψης.

Σε κάθε εργασιακό περιβάλλον ανάλογα με την δραστηριότητα του, εγκυμονούν κίνδυνοι για την ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων. Οι κίνδυνοι οι οποίοι προκαλούν εργατικά ατυχήματα καλούνται επαγγελματικοί κίνδυνοι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΕΡΓΑΣΙΑΚΟΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ

2.1 Κίνδυνος

Ως κίνδυνος ορίζετε μία κατάσταση ή ένα γεγονός που μπορεί να προκαλέσει τραυματισμό στους εργαζομένους, βλάβες στον εξοπλισμό η απώλεια υλικού. Η λέξη κίνδυνος προέρχεται από το ρήμα κινέω-ω που σημαίνει βάζω σε κίνηση ,ταράζω, προκαλώ. Ως κίνδυνος ορίζεται μια κατάσταση που μπορεί το αποτέλεσμα της να προκαλέσει τραυματισμούς στο προσωπικό, ζημιές στον εξοπλισμό.

Υπάρχουν τρεις κατηγορίες κινδύνου :

- Φυσικοί κίνδυνοι
- Τεχνητοί κίνδυνοι
- Οικονομικοί κίνδυνοι

Ο κίνδυνος χρησιμοποιείται συνήθως για να περιγράψει μια ενδεχομένως επιβλαβή κατάσταση, αν και όχι συνήθως το ίδιο το γεγονός. Το επιβλαβές γεγονός, μόλις αρχίσει, ταξινομείται ως έκτακτη ανάγκη ή περιστατικό. Υπάρχουν διάφορες καταστάσεις ενός κινδύνου, οι οποίες περιλαμβάνουν:

- Ανενεργή – είναι μια κατάσταση η οποία έχει την δυνατότητα να γίνει επικίνδυνη, αλλά δεν πρόκειται να επηρεάσει κανέναν άνθρωπο
- Πιθανή – είναι μια κατάσταση όπου ο κίνδυνος μπορεί να έχει επιπτώσεις σε πρόσωπα. Αυτός ο τύπος κινδύνου είναι πιθανό να απαιτήσει την περαιτέρω αξιολόγηση κινδύνου.
- Ενεργή –είναι βέβαιο πως θα προκαλέσει ζημιά, δεδομένου ότι καμία επέμβαση δεν είναι δυνατή προτού να εμφανιστεί το γεγονός.
- Μετριασμένη - ένας πιθανός κίνδυνος έχει προσδιοριστεί, αλλά έχουν ληφθεί οι απαιτούμενες ενέργειες προκειμένου να εξασφαλισθεί ότι δεν θα εξελιχθεί σε περιστατικό.

2.2 Μέτρα ασφαλείας

Μέτρα ασφαλείας ονομάζονται το σύνολο ιδιαίτερων προληπτικών μέτρων που σχεδιάζει και αναπτύσσει μια Υπηρεσία. Παρόμοια μέτρα ασφαλείας μπορούν να λάβουν επιχειρήσεις και φυσικά πρόσωπα.

Στην Ελλάδα το νομικό πλαίσιο για την Υγεία και Ασφάλεια των εργαζομένων στους χώρους της εργασίας θεωρείται από τα πιο ολοκληρωμένα και πλήρη σε σχέση με τις υπόλοιπες Ευρωπαϊκές χώρες. Αντικείμενο της Υγείας και Ασφάλειας των εργαζομένων αποτελεί η αναγνώριση, η εκτίμηση και ο έλεγχος των κινδύνων για την υγεία στον εργασιακό χώρο, με σκοπό την ελαχιστοποίηση της έκθεσης των εργαζομένων σε αυτούς. Για το σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί ολοκληρωμένα

Συστήματα Διαχείρισης Υγείας και Ασφάλειας των εργαζομένων που αποτελούν τα πρότυπα ΕΛΟΤ 1801:1999 και BS 8800:1996.

Βάσει αυτών των προτύπων οι εταιρείες θα πρέπει:

- Να αναγνωρίσουν όλους τους πιθανούς κινδύνους (φυσικούς, χημικούς, βιολογικούς, εργονομικούς) που θέτουν σε κίνδυνο την υγεία των εργαζομένων και να αξιολογήσουν τα υπάρχοντα προγράμματα και συνθήκες εργασίας ώστε να γίνει πλήρης και σαφής προσδιορισμός των αναγκών και των προτεραιοτήτων.
- Να αναπτύξουν ένα λεπτομερές σχέδιο που θα αφορά τον προσδιορισμό και τον έλεγχο των αναγκαίων μέτρων για την μείωση ή τον έλεγχο των κινδύνων και θα καθορίζει τα καθήκοντα και τις αρμοδιότητες ανά θέση εργασίας
- Να εφαρμόσουν το παραπάνω σχέδιο και να εκπαιδεύσουν το προσωπικό τους σε θέματα Υγείας και Ασφάλειας
- Να αξιολογήσουν το πρόγραμμα μέσω τακτικών ελέγχων και επιθεωρήσεων.

2.3 Πηγές κινδύνων.

Οι επαγγελματικοί κίνδυνοι μπορεί να προέρχονται:

- Από τον χώρο
- Από την θέση
- Από το χρονικό διάστημα
- Από την δυσκολία των εργασιών
- Την φύση του επαγγέλματος
- Από τις συνθήκες εργασίας
- Από μη έγκυρη εκπαίδευση των εργαζομένων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

3.1 Εισαγωγή

Η εκτίμηση επικινδυνότητας χρησιμοποιείται για να προβλέψει και να εντοπίσει:

- Επικίνδυνα γεγονότα
- Αστοχίες
- Ανθρώπινα λάθη

Τα ποία μπορεί να θέσουν την ασφάλεια του συστήματος σε κίνδυνο. Με την μελέτη εκτίμησης επικινδυνότητας παρέχεται στους τεχνικούς ασφαλείας και στους επιθεωρητές ασφαλείας μια μεθοδολογία για τον εντοπισμό επισφαλών εργασιακών συνθηκών .η εκτίμηση επικινδυνότητας αυξάνει την επίγνωση της διοίκησης στις αδυναμίες των τεχνικών ελέγχων ,των πηγών κινδύνων και γενικά των ρωγμών που παρουσιάζουν τα υπάρχοντα μέτρα ασφαλείας.

Η εκτίμηση επικινδυνότητας εφαρμόζεται σε τρεις περιοχές:

1. Εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου
2. Ανάλυση ανθρώπινων λαθών
3. Εκτίμηση επικινδυνότητας εγκαταστάσεων

3.2 Κύρια στάδια εκτίμησης επικινδυνότητας

Τα κύρια στάδια στην διαδικασία εκτίμησης επικινδυνότητας χωρίς να είναι απαραίτητο να εφαρμόζονται πάντα όλα είναι τα εξής :

- 1) ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΡΙΣΙΜΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ
Οι εργασίες και οι καταστάσεις λειτουργίας που μπορούν να προκαλέσουν κινδύνους.
- 2) ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΩΝ ΛΑΘΩΝ
Γίνετε ποιοτική εκτίμηση των ανθρωπίνων λαθών και μηχανικών βλαβών που μπορεί να οδηγήσουν σε ατύχημα.
- 3) ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ ΑΣΤΟΧΙΩΝ
Ένα διάγραμμα το οποίο καθορίζει τις χρονικές διαδοχές και αλληλεπιδράσεις της.
- 4) ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΩΝ ΛΑΘΩΝ
Καθορισμός των κρίσιμων λαθών και συνθηκών εργασίας
- 5) ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΤΩΝ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ ΛΑΘΩΝ ΚΑΙ ΒΛΑΒΩΝ (Human Error Probabilities, HEP)
Σε ένα έντυπο αναπαράστασης συνυπολογίζονται οι πιθανότητες ανθρωπίνων λαθών καθώς και οι πιθανότητες μηχανικών βλαβών.
- 6) ΕΡΓΟΝΟΜΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ

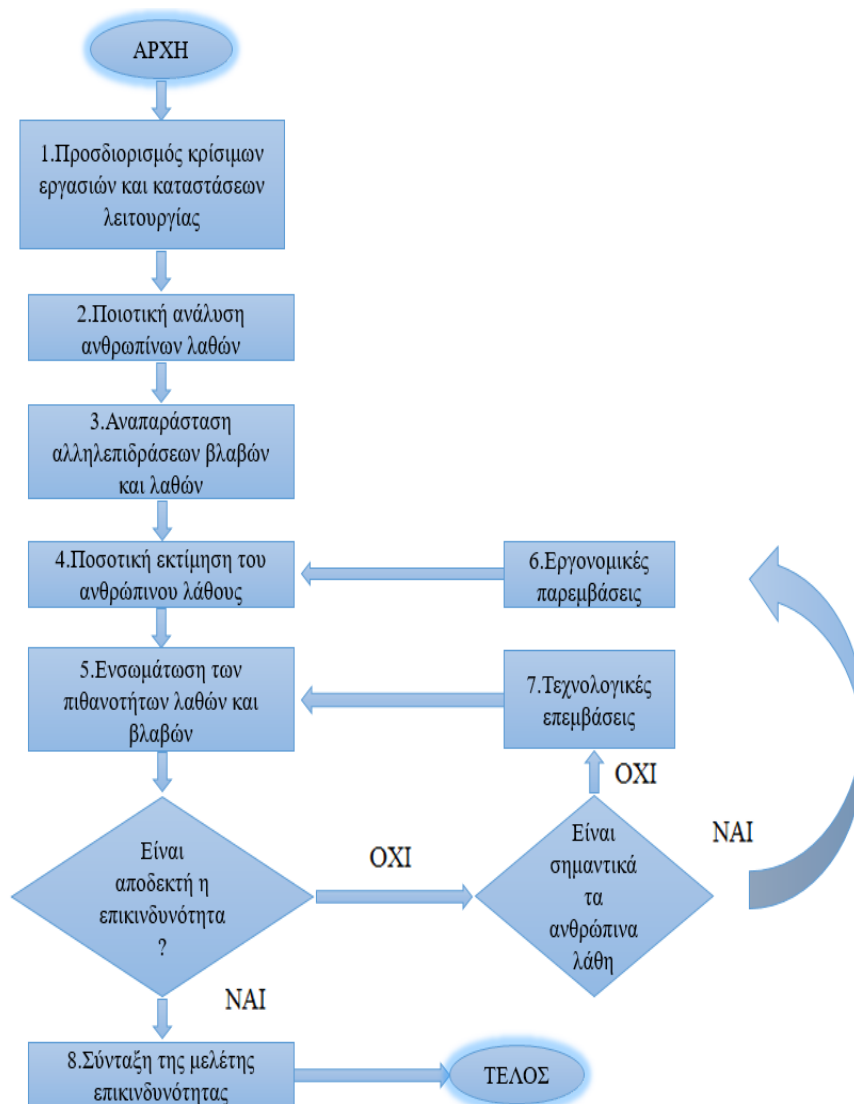
Για την αντιμετώπιση και πρόσληψη επικίνδυνων γεγονότων πρέπει να γίνουν συγκεκριμένες εργονομικές παρεμβάσεις.

7) ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΙΣ

Αποτελούν την προτιμώμενη μέθοδο παρέμβασης της διοίκησης για την μείωση επικινδυνότητας.

8) ΣΥΝΤΑΞΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

Καταγραφή σε έντυπο ώστε να είναι δυνατή η επανεξέταση από τα στελέχη της επιχείρησης καθώς και από τις αρμόδιες αρχές.



Σχήμα 3.1

Στάδια εφαρμογής της διαδικασίας εκτίμησης επικινδυνότητας

Πηγή: Εργονομικές προσεγγίσεις στην διοίκηση και διαχείριση της ασφάλειας. Θωμάς Κοντογιαννης (καθηγητης πολυτεχνιου κρήτης) Εκδόσεις Τζιόλα

3.3 Επαγγελματικοί κίνδυνοι

Το εργασιακό περιβάλλον σε κάθε επαγγελματική δραστηριότητα εγκυμονεί πολλούς κινδύνους για την ασφάλεια και την υγεία των εργαζόμενων. Ο άνθρωπος στην εργασία του καταβάλλει μυϊκή, ψυχική και πνευματική προσπάθεια. Τα μηχανήματα οι συσκευές και τα εργαλεία που χρησιμοποιεί εμπειριέχουν πολλούς κινδύνους. Οι κίνδυνοι που αφορούν την ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων ονομάζονται επαγγελματικοί κίνδυνοι.

Η γραπτή εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου στον εργασιακό χώρο εισήχθη ως υποχρέωση των εργοδοτών μέσω του Π.Δ 17/1996 όπως έχει σήμερα αντικατασταθεί με τον νόμο 3850/210 και αποτελεί μια συστηματική εξέταση όλων των πλευρών με σκοπό να:

- Εντοπισθούν οι πηγές των επαγγελματικών κινδύνων
- Με ποια μέτρα είναι δυνατόν να εξαλειφθούν οι πιθανοί κίνδυνοι
- Να καταγραφούν και να προταθούν νέα μέτρα ασφαλείας

Οι επαγγελματικοί κίνδυνοι ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες :

1. Κίνδυνοι για την ασφάλεια ή κίνδυνοι ατυχήματος

Θεωρούνται οι κίνδυνοι που προκαλούν τραυματισμούς ή κάποια άλλη απότομη βλάβη.

Οι κίνδυνοι οφείλονται σε :

- Κτηριακές δομές
- Μηχανές
- Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις
- Επικίνδυνες ουσίες
- Πυρκαγιές – εκρήξεις

2. Κίνδυνοι για την υγεία που προκαλούν κάποια ασθένεια και μπορεί να προκύπτουν από:

- Φυσικούς παράγοντες (π.χ. θόρυβος)
- χημικούς παράγοντες (π.χ. επικίνδυνες ουσίες)
- βιολογικοί παράγοντες(π.χ. μικρόβια και μούχλα)

3. Εγκάρσιοι κίνδυνοι για την υγεία και την ασφάλεια

θεωρούνται οι κίνδυνοι που προκύπτουν από τον τρόπο που είναι οργανωμένη η εργασία και μπορεί να τους προκαλούν:

- εργασία σε βάρδιες, υπερωρίες
- ψυχοκοινωνικοί παράγοντες
- εργονομικοί παράγοντες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

4.1 Έννοιες επαγγελματικού κινδύνου

Πηγή κινδύνων ορίζουμε την ύπαρξη μιας ιδιότητας ή ικανότητας

- Ενός αντικειμένου
- Μιας κατάστασης
- Ο συνδυασμός αυτών των δύο

Η οποία οδηγεί σε έναν ή περισσότερους κινδύνους.

Κίνδυνο Hazard ορίζουμε την ιδιότητα ή ικανότητα ενός παράγοντα που δημιουργεί:

- Τραυματισμό εργαζομένων
- Βλάβη φθορά των μηχανημάτων

Επικινδυνότητα Risk ορίζουμε το μέτρο του μεγέθους της σοβαρότητας των κινδύνων δηλαδή το πόσο μπορεί να προκύψει μια βλάβη στο εργασιακό περιβάλλον.

Η επικινδυνότητα *R* εκφράζεται ως το γινόμενο τριών παραγόντων :

$$R = \begin{matrix} \text{συχνότητα εμφάνισης} \\ \times \\ \text{σοβαρότητα αποτελέσματος} \\ \times \\ \text{επίπεδο εφαρμοζόμενου ελέγχου} \end{matrix}$$

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
1	ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ή με περιοδικότητα ετών/δεκαετίας
2	ΜΙΚΡΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ή με περιοδικότητα έτους/μηνών
3	ΜΕΣΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ή με περιοδικότητα μήνα /βδομάδων
4	ΜΕΓΑΛΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ή με περιοδικότητα εβδομάδας/ημερών

Πίνακας 4.1 Πηγή: υγιεινή και ασφάλεια εργασίας προστασία περιβάλλοντος Εκδόσεις Rosili

ΣΟΒΑΡΟΤΗΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
1	ΜΗ ΕΠΙΒΛΑΒΕΣ Μικρή ή καθόλου επίπτωση στον εργαζόμενο
2	ΕΛΑΦΡΩΣ ΕΠΙΒΛΑΒΕΣ Επιπόλαιος/επιφανειακός τραυματισμός
3	ΕΠΙΒΛΑΒΕΣ Συστηματική καταπόνηση σοβαρά τραύματα
4	ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ ΕΠΙΒΛΑΒΕΣ Επαγγελματική νόσος σοβαρό ή θανατηφόρο ατύχημα

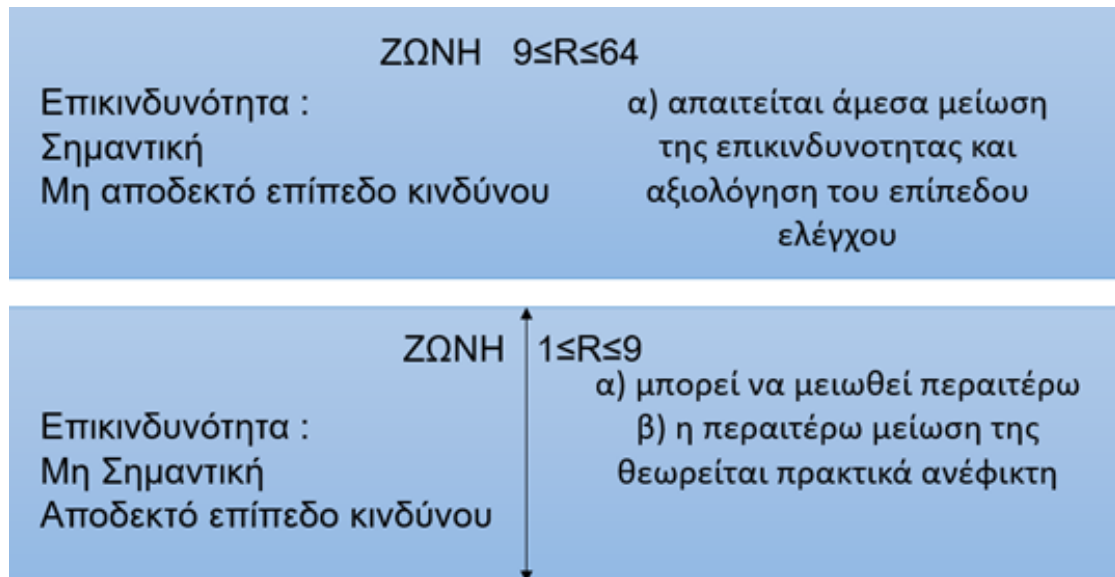
Πίνακας 4.2 Πηγή: υγιεινή και ασφάλεια εργασίας προστασία περιβάλλοντος Εκδόσεις Rosili

ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΦΑΡΜΟΖΟΜΕΝΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
1	ΠΛΗΡΗΣ ΕΛΕΓΧΟΣ Επιμελής αναγνώριση, καθολική εφαρμογή και τεκμηρίωση όλων των απαιτούμενων μερών ελέγχου
2	ΜΕΣΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΛΕΓΧΟΥ Επιμελής αναγνώριση όλων των απαιτούμενων μέτρων ελέγχου ,επί μέρους όμως εφαρμογή και τεκμηρίωση
3	ΑΣΘΕΝΗΣ ΕΛΕΓΧΟΣ Πλημμελής αναγνώριση, εφαρμογή η τεκμηρίωση των απαιτούμενων μέτρων ελέγχου
4	ΔΙΧΟΣ ΕΛΕΓΧΟ Έλλειψη αναγνώρισης, εφαρμογής ή τεκμηρίωσης των απαιτούμενων μέτρων ελέγχου

Πίνακας 4.3 Πηγή: υγιεινή και ασφάλεια εργασίας προστασία περιβάλλοντος Εκδόσεις Rosili

Εκτίμηση της επικινδυνότητας Risk Assessment ορίζεται η διαδικασία υπολογισμού της επικινδυνότητας ενός η περισσότερων κινδύνων για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων στους χώρους εργασίας.

Η επικινδυνότητα μπορεί να λάβει τιμές από 1 έως 64 ($1 < R < 64$) και ανάλογα με το αποτέλεσμα κατηγοριοποιείται σε δύο ζώνες.



Πίνακας 4.4 Επίπεδα επικινδυνότητας Πηγή: υγιεινή και ασφάλεια εργασίας προστασία περιβάλλοντος Εκδόσεις Rosili

4.2 Στάδια επαγγελματικού κινδύνου

Για να προσδιοριστούν οι κίνδυνοι στον εργασιακό χώρο ακολουθούνται πέντε στάδια :

I. Προσδιορισμός κινδύνων

- Φανεροί κίνδυνοι(κίνδυνοι που γίνονται αντιληπτοί)
- Κρυφοί κίνδυνοι(οι κίνδυνοι οι οποίοι για να γίνουν αντιληπτοί χρειάζονται γνώση και εμπειρία στο χώρο εργασίας)
- Πιθανοί κίνδυνοι(οι κίνδυνοι που εφαρμόζονται υπό κάποιες προϋποθέσεις)
- Συνδυασμός κινδύνων(είναι η πιο επικίνδυνη μορφή κινδύνων και αποτελείται από δύο οι περισσότερους παράγοντες)

II. Στόχοι προστασίας

Στο στάδιο αυτό πρέπει να προσδιοριστούν οι κατηγορίες και οι ιδιαιτερότητες των ατόμων που ενδέχεται να εκτεθούν σε πηγές κινδύνων

- A. Οι εργαζόμενοι που πρέπει να προστατεύονται από κινδύνους που εδρεύουν στο εργασιακό περιβάλλον
- B. Οι κίνδυνοι που σχετίζονται με τις κατηγορίες και τις ιδιαιτερότητες του εργατικού προσωπικού όπως:
 - Έγκυες γυναίκες
 - Νέοι και άπειροι
 - Ηλικιωμένοι
 - Αλλοδαποί
 - Εργαζόμενοι υπό φαρμακευτική αγωγή

III. Αξιολόγηση και υπολογισμός του κινδύνου

Στο στάδιο αυτό γίνεται η μελέτη της πιθανότητας κάθε πηγής κινδύνου που να έχει ήδη προκαλέσει κάποια βλάβη. Στη διαδικασία αυτή είναι πιθανόν να χρειαστούν να γίνουν διάφορες μετρήσεις βιολογικών και χημικών παραγόντων

Στη συνέχεια αξιολογούνται τα ήδη υπάρχοντα μέτρα ασφαλείας και εάν είναι ικανά να εξαλείψουν και να μειώσουν τον κίνδυνο

IV. Λήψη μέτρων προστασίας

Στο στάδιο αυτό παίρνουμε τις πληροφορίες που έχουμε μαζέψει από τα τρία προηγούμενα στάδια και με αυτές σχεδιάζουμε την πολιτική της επιχείρησης στην αντιμετώπιση του κινδύνου. Παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας των μέτρων. Στο στάδιο αυτό απαιτείται η ύπαρξη ενός συστήματος που παρακολουθεί την αποτελεσματικότητα των μέτρων που έχουν ήδη δημιουργηθεί, το οποίο πρέπει να δίνει δυνατότητα τροποποίησης και να αναθεωρείται όταν αλλάζει η υπάρχουσα ροή λόγω νέων υλικών ή κάποιου συμβάντος.



Σχήμα 4.1 Στάδια επαγγελματικού κινδύνου Πηγή: Ανάλυση επικινδυνότητας και γραπτή εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου Εισηγητής Αθανάσιος Ιωάννης Ναυπηγός Μηχανικός M.Sc - Τεχνικός Ασφάλειας

4.3 Εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου

Η διαδικασία εκτίμησης επαγγελματικού κινδύνου για να διεξαχθεί σωστά χρειάζεται την συμμετοχή των εργαζομένων για την ακριβή αποτύπωση των εργασιών που διεξάγονται. Για να γίνει η εκτίμηση της επαγγελματικής επικινδυνότητας χρησιμοποιούνται οι τρεις παρακάτω φάσεις :

1^η ΦΑΣΗ: Για να εντοπιστούν οι πηγές κινδύνου που προκύπτουν από την φάση των εργασιών γίνεται αναλυτική περιγραφή του χώρου και του συνόλου εργασιών που πραγματοποιούνται. Παρακάτω περιλαμβάνεται η περιγραφή:

- Των εργασιών
- Των υλικών που χρησιμοποιούνται
- Το χαρακτηριστικό των εργαζομένων (π.χ. ηλικία , φύλο)
- Της χρήσης των επιμέρους μερών του εργοστασιακού χώρου

Είναι πολύ σημαντική η συμμετοχή των εργαζομένων στη φάση αυτή για να αποτυπωθούν οι πραγματικές συνθήκες εργασίας και να εντοπισθούν οι πηγές κινδύνου.

2^η ΦΑΣΗ: Εξακρίβωση των επαγγελματικών κινδύνων που μπορούν να υπάρχουν στο συγκεκριμένο χώρο εργασίας. Εξετάζουμε και καταγράφουμε τις εξής ενέργειες:

- Τον τρόπο λειτουργίας και την μορφή παραγωγικής διαδικασίας.
- Της υιοθέτησης ή μη ασφαλών πρακτικών της χρήσης ή μη προστατευτικών διατάξεων.
- Της εκτίμησης των εργαζομένων για τις συνθήκες εργασίας
- Άποψη εργαζομένων για τυχόν ατυχήματα στον εργασιακό χώρο , ή επιπτώσεις στην υγεία τους
- Των διαδικασιών πρόληψης (καταγραφή εργατικών ατυχημάτων ,εκπαίδευσης σε θέματα υγείας και ασφάλειας)

Όπως και στην πρώτη φάση και σε αυτή τη φάση οι εργαζόμενοι παίζουν σημαντικό ρόλο στην σωστή απεικόνιση της πραγματικότητας στις συνθήκες υγείας και εργασίας.

3^η ΦΑΣΗ: εκτίμηση των επαγγελματικών κινδύνων ορίζεται ο συνδυασμός της εκτίμησης της πιθανότητας:

1. Να παρουσιαστεί μια ασθένεια
2. Να συμβεί κάποιο ατύχημα
3. Η σοβαρότητα των επιπτώσεων

Στην Τρίτη φάση εξετάζονται τα εξής

- Τον περιορισμό των κινδύνων μετά από μέτρα που έχουν υιοθετηθεί στον συγκεκριμένο εργασιακό χώρο.

- Η τήρηση της νομοθεσίας η της επιστημονικής πρακτικής στην Ελλάδα και διεθνώς για την έκθεση σε βλαπτικούς παράγοντες
- Οι επιπτώσεις που θα υπάρξουν με την μη τήρηση των παραπάνω καθώς και το μέγεθος της.

Μετά από τις τρεις φάσεις οι επαγγελματικοί κίνδυνοι ιεραρχούνται και ταξινομούνται σύμφωνα με την σοβαρότητα.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ: το αποτέλεσμα των τριών φάσεων είναι

- Ο σχεδιασμός των ενεργειών που πρέπει να γίνουν με βάση τις προτεραιότητες που καθορίστηκαν παραπάνω
- Ο έλεγχος για την αποτελεσματικότητα τους και για την τήρηση των αντίστοιχων μέτρων και ενδεχομένως
- Η αναθεώρηση τους

Αρκετά σημαντική η κατάσταση από τους εμπλεκόμενους ότι η εκτίμηση και η πρόληψη των κινδύνων είναι μη συνεχή διαδικασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Στην εργασία αυτή αναλύονται εννιά μέθοδοι ανάλυσης επικινδυνότητας.

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	ΜΕΘΟΔΟΙ
STEP	SEQUENTIAL TIME & EVENT PLOTTING
ACCIMAP	ACCIDENT ANALYSIS METHOD
STAMP	SYSTEMS-THEORETICS ACCIDENT MODE AND PROGRESSES
HAZOP	HAZARD AND OPERABILITY STUDY
MORT	MANAGEMENT OVERSIGHT AND RISK TREE
FMEA	FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS
FTA	FAULT TREE ANALYSIS
ETA	EVENT TREE ANALYSIS
PHA	PRELIMINARY HAZART ANALYSIS

Πίνακας 5.1 Μέθοδοι ανάλυσης

Η κάθε μέθοδος που αναλύεται βασίζεται σε διαφορετική προσέγγιση του ατυχήματος. Η κάθε μέθοδος χρησιμοποιείται για διαφορετικούς λόγους. Σε μία μελέτη επικινδυνότητας μπορούν να συνδυαστούν δύο και παραπάνω μέθοδοι αξιολόγησης της ασφάλειας. Η κάθε μέθοδος έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της έτσι μπορεί να επιλεγεί για συγκεκριμένες μελέτες.

Λίγα λόγια:

Η STEP :είναι μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για ανακατασκευή ενός ατυχήματος. Το βασικό στοιχείο της διαδικασίας είναι το φύλλο εργασίας. Είναι μια συστηματική διαδικασία για την διερεύνηση ατυχημάτων με χρήση πολυγαμικών σειρών γεγονότων.

Η ACCIMAP: είναι μια μέθοδος που διαδραματίζεται σε σύνθετα κοινωνικό-τεχνικά συστήματα. Χρησιμοποιείται σε βιομηχανίες και αντιπροσωπεύει γραφικά τις αποτυχίες, τις αποφάσεις και τις δράσεις που σχετίζονται με τα ατυχήματα. Είναι ένα πολυεπίπεδο αιτιώδη διάγραμμα που ταξινομεί τα αίτια ενός ατυχήματος.

Η STAMP :χρησιμοποιεί μηχανισμούς ελέγχου τόσο του προσωπικού όσο και τις τεχνολογίας. Η βασική ιδέα στην STAMP δεν είναι ένα γεγονός αλλά ένας περιορισμός. Κάθε στοιχείο της κοινωνικό-τεχνικής δομής ελέγχου έχουν περιορισμούς ασφαλείας. Δείχνει τα ανεπαρκή μέτρα ελέγχου και τις αποφάσεις που οδήγησαν στο ατύχημα.

Η HAZOP : Είναι μια συστηματική και αναλυτική μέθοδος που αναπτύχθηκε στη βιομηχανία. Διαφορετικές λέξεις <<κλειδιά>> (όπως «όχι», «λιγότερο», «υψηλότερα», «αντί») χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό πιθανών αποκλίσεων σε ένα σύστημα. Η μέθοδος είναι ποιοτική και ο στόχος είναι να βρεθούν πιθανών

προβλήματα σε ένα σύστημα. Συνέπειες, αιτίες, προστασία και οι προτεινόμενες ενέργειες περιγράφονται συνήθως και εμφανίζονται σε έναν πίνακα.

Η MORT :μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για τη διερεύνηση ενός ατυχήματος είτε για να αναλύσει ένα σύστημα διαχείρισης της ασφάλειας. Το αποτέλεσμα είναι ένα λογικό διάγραμμα, παρόμοιο με το FTA διάγραμμα, όπου τα αποτελέσματα είναι ένας εντοπισμό των προβλημάτων σχετικά με τη διαχείριση των κινδύνων.

Η FMEA :είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό και την εξάλειψη των σφαλμάτων ή τις αποκλίσεις σε ένα σύστημα προτού προκαλέσουν προβλήματα. Κάθε λειτουργία σε ένα σύστημα αναλύεται και μπορεί εύκολα να είναι πολύ εκτεταμένη. Είναι μια ποιοτική μέθοδο και τα αποτελέσματα εμφανίζονται σε έναν πίνακα. Τα αποτελέσματα μπορεί να περιλαμβάνουν τα αίτια της αποτυχίας, αποτέλεσμα, η συχνότητα, σοβαρότητα, πιθανότητα και προτεινόμενες ενέργειες.

Ο στόχος της FTA :είναι να εντοπιστούν όλες οι αιτίες ενός ανεπιθύμητου συμβάντος. Η μέθοδος είναι ένα top-down προσέγγιση όπου ο αναλυτής ξεκινά με ένα ανεπιθύμητο συμβάν και εντοπίζει όλες τις διαφορετικές ρίζες των συμβάντων ή των αιτιών. Το αποτέλεσμα είναι ένα λογικό διάγραμμα και η FTA μπορεί να είναι είτε ποιοτική ή ποσοτική, ανάλογα με το αν οι πιθανότητες αξιολογούνται ή όχι. Η διαφορά είναι ότι τα ποσοτικά αποτελέσματα της FTA είναι μια εκτίμηση της πιθανότητας της κορυφαίας εκδήλωσης, η οποία εξαρτάται από τις πιθανότητες και από τις βασικές αιτίες.

Η ETA :ξεκινά με ένα ανεπιθύμητο γεγονός και προσπαθεί να προσδιορίσει τις συνέπειες του γεγονότος. Η διάρκεια του γεγονότος δεν αναλύονται. Η μέθοδος είναι κατάλληλη για χρήση κατά το σχεδιασμό μιας δραστηριότητας και την έκδοση επαγγελματικής άδειας, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά. Είναι κατάλληλο για ένα συστήματα παραγωγής με σύστημα ασφαλείας και συνήθειες έκτακτης ανάγκης να προσαρμοσθεί για να αποτρέπουν την ανάπτυξη της βλάβης. Συχνά ακολουθείται από συνέπεια ποσοτικής ανάλυσης για μερικά ειδικά γεγονότα της βλάβης και μπορεί κατά προτίμηση να είναι σε συνδυασμό. Για παράδειγμα μια ποσοτική ανάλυση κινδύνου και Fault Tree Analysis. Τα αποτελέσματα είναι να παρουσιάζονται γραφικά και να συνταχθούν ως λογικό διάγραμμα.

Η PHA : περιλαμβάνει μια σύντομη ταυτοποίηση και εκτίμηση των πηγών κινδύνου και των πιθανών αρνητικών συμβάντων. Οι συνέπειες ενός ανεπιθύμητου γεγονότος και της πιθανότητας να υλοποιηθεί. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται συνήθως σε έναν πίνακα και μπορεί να περιλαμβάνει περιγραφές αιτιών και συνεπειών ενός γεγονότος, εκτιμήσεις πιθανοτήτων και τη σοβαρότητα των συνεπειών, την τρέχουσα προστασία και τις συνιστώμενες ενέργειες .

5.1 ΜΕΘΟΔΟΣ STEP

5.1.1 Εισαγωγή

Η ανάλυση ακολουθίας γεγονότων και ενεργειών, αναπτύχθηκε από τους Hendricks και Benner το 1987. Πρότειναν μια συστηματική διαδικασία για την διερεύνηση ατυχημάτων όπου η χρήση πολυγαμικών σειρών γεγονότων μπορεί να ξεπεράσει πολλά εμπόδια στην επικοινωνία των πληροφοριών.

Η STEP είναι μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την ανακατασκευή ενός ατυχήματος. Το βασικό στοιχείο της διαδικασίας είναι το φύλλο εργασίας STEP. Όταν συμβαίνει ένα ατύχημα, θα πρέπει να καθοριστεί ακριβώς τι πρέπει να διερευνηθεί. Επειδή ένα ατύχημα είναι το αποτέλεσμα μιας διαδικασίας, πρέπει να εξετάσουμε όλες τις φάσεις της διαδικασίας που οδήγησε στο ατύχημα. Η διαδικασία του ατυχήματος μπορεί να περιλαμβάνει ανθρώπους, πράγματα, διαδικασίες, αντιλήψεις, κλπ.

Η μέθοδος αυτή βασίζεται σε τέσσερις έννοιες:

1. Το ατύχημα δεν αποτελεί την κατάληξη μιας γραμμικής διαδοχής γεγονότων. Αντίθετα όλες μαζί οι δραστηριότητες που αναπτύσσονται.
2. Η STEP περιγράφεται σε ένα φύλλο εργασίας. Κάθε δομικό στοιχείο περιγράφει ένα γεγονός, δηλαδή μια ενέργεια που εκτελείτε.
3. Τα συμβάντα ρέουν λογικά κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Η ροή απεικονίζεται με τα βέλη.
4. Τόσο η παραγωγή όσο και το ατύχημα είναι δύο μέθοδοι παρόμοιοι και μπορούν να κατανοηθούν χρησιμοποιώντας ίδιες διαδικασίες έρευνας.

5.1.2 Ανάλυση μεθόδου

Η μεθοδολογία STEP περιλαμβάνει επίσης μια συνιστώμενη μέθοδο για εντοπισμό των προβλημάτων και την ανάπτυξη της ασφάλειας. Η προσέγγιση του γεγονότος της STEP μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να διαπιστώσετε προβλήματα ασφάλειας που συνδέονται με τη διαδικασία ατυχήματος.

Στο αρχικό πλαίσιο STEP εκείνα, τα οποία δικαιολογούν τα μέτρα ασφαλείας, μετατρέπονται σε καταστάσεις σχετικά με την ανάγκη, στην οποία αξιολογούνται ως συστάσεις για διορθωτικές ενέργειες. Τα προβλήματα ασφαλείας που χαρακτηρίζονται ως τρίγωνα στο φύλλο εργασίας. Αυτά τα προβλήματα ασφαλείας που αναλύθηκαν περαιτέρω σε ξεχωριστές αναλύσεις.

Στην διαδικασία ανάλυσης STEP περιλαμβάνονται πέντε σχετικές δραστηριότητες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση των αντισταθμιστικών μέτρων ασφαλείας:

- Προσδιορισμός των πιθανών αλλαγών
- Η κατάταξη των αποτελεσμάτων της ασφάλειας όταν αλλάζει κάτι
- Η αξιολόγηση των ανταλλαγών που εμπλέκονται
- Επιλογή από τις καλύτερες συστάσεις
- Τελικό έλεγχο της ποιότητας των επιλεγμένων αλλαγών.

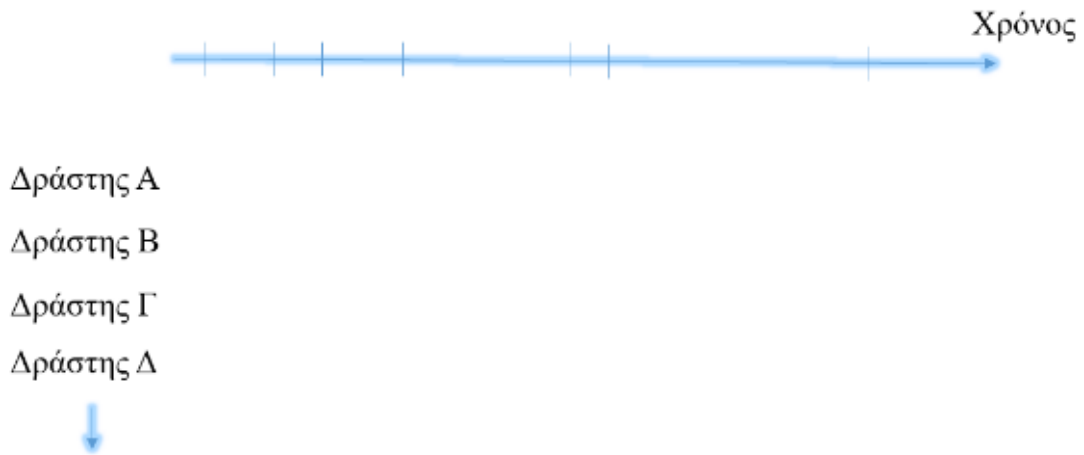
Ανάπτυξη των μέτρων για τη μείωση των κινδύνων εμπίπτει στο πεδίο εφαρμογής της παρούσας έκθεσης. Όσον αφορά τον όρο αιτία, Hendrick και Benner (1987) λένε ότι συχνά θα κληθεί να προσδιορίσει την αιτία του ατυχήματος. Με βάση το φύλλο εργασίας STEP, βλέπουμε ότι το ατύχημα ήταν στην πραγματικότητα μια σειρά από ζεύγη γεγονότων. Η επιλογή ενός ζευγαριού συμβάντων επισημαίνουν ότι «η αιτία» του ατυχήματος, η επιλογή ενός προβλήματος είναι η αιτία που θα εστιάσει την προσοχή σε αυτό ένα πρόβλημα. Αν είμαστε σε θέση να απαριθμήσουμε πολλαπλές αιτίες ή να προκαλέσουμε παράγοντες, μπορεί να είμαστε σε θέση να επιστήσουμε την προσοχή σε διάφορα προβλήματα που χρειάζονται διόρθωση.

5.1.3 Φύλλο εργασίας

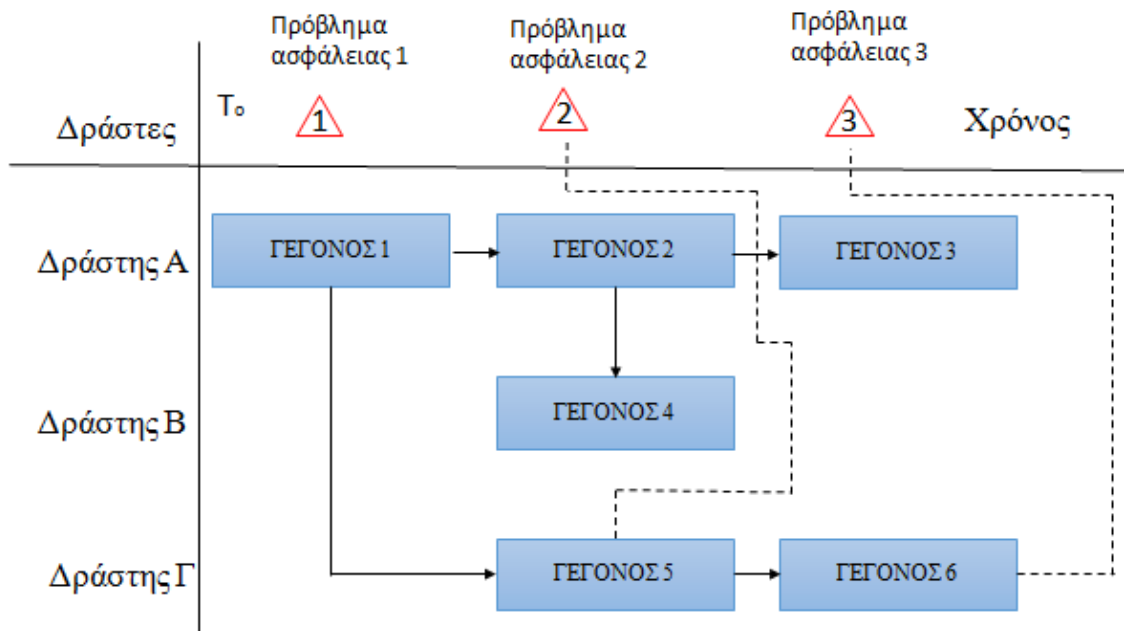
Το φύλλο εργασίας είναι η τεκμηρίωση που παρέχει τη δομή, την προβολή και την οργάνωση για τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων. Στο φύλλο εργασίας φαίνετε η αρχή και το τέλος της ακολουθίας ατυχήματος στις οριζόντιες στήλες που αντιπροσωπεύουν το χρόνο. Στην κάθετη στήλη του φύλλου εργασίας υπάρχει κατάλογος των φορέων, είτε ανθρώπους ή πράγματα, τα οποία ενήργησαν για την παραγωγή του επιβλαβή αποτελέσματος.

Κάθε συμβάν αντιπροσωπεύεται από ένα διάγραμμα κυκλωμάτων που εμφανίζει τον χρόνο που συνέβη το συμβάν, την πηγή των πληροφοριών, ο εργαζόμενος, και τη δράση. Με την εκτέλεση τριών δοκιμών, η ακρίβεια και η εγκυρότητα του συνόλου του φύλλου εργασίας μπορεί να αξιολογηθεί.

- Σύνταξη φύλλου εργασίας για την καταγραφή των γεγονότων με την μορφή παράλληλων διαγραμμάτων ροής για να οργανώσει τις ενέργειες. Το φύλλο εργασίας μπορεί να αλλάξει και να αναπτυχθεί διαδοχικά κατά της διερεύνησης.
- Προσδιορίζοντας το κάθε γεγονός τοποθετείτε στην κατάλληλη σειρά και στήλη ανάλογα με τον δράστη καθώς και με τον χρόνο. Σε κάθε σειρά ονοματίζονται οι δράστες ενώ στις στήλες οι κρίσιμες χρονικές στιγμές.
- Χρησιμοποιούνται βέλη για να συνδέσουν τα γεγονότα σύμφωνα με το πώς εξελίχθηκαν (λογικά και χρονικά) κατά την διάρκεια του συμβάντος.
- Στο πάνω μέρος του φύλλου της STEP υπάρχει μία γραμμή η οποία απεικονίζει την διάρκεια των γεγονότων.



Σχήμα 6.1 Φύλλο εργασίας STEP Πηγή: Εργονομικές προσεγγίσεις στην διοίκηση και διαχείρισης της ασφάλειας. Θωμάς Κοντογιάννης (καθηγητής πολυτεχνείου Κρήτης) Εκδόσεις Τζιόλα



Σχήμα 6.2 Φύλλο εργασίας STEP με πρόβλημα ασφαλείας

5.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ACCIMAP

5.2.1 Εισαγωγή

Η μέθοδος ACCIMAP αναπτύχθηκε από τους Rasmussen & Svedung. Είναι μια τεχνική που βασίζονται τα συστήματα για την ανάλυση των αιτιών των ατυχημάτων και συμβάντων που διαδραματίζονται σε σύνθετα κοινωνικό-τεχνικά συστήματα. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε ευρύ φάσμα βιομηχανιών όπως στην δημόσια υγεία, στις αερομεταφορές καθώς και στην άμυνα της χώρας.

Σύμφωνα με τον Rasmussen, κάθε συστημένο επίπεδο εμπλέκεται στη διαχείριση της ασφάλειας μέσω του ελέγχου των επικίνδυνων διαδικασιών, μέσω νόμων, κανόνων και οδηγιών. Για ασφαλή λειτουργία των συστημάτων, οι αποφάσεις που λαμβάνονται σε υψηλά επίπεδα πρέπει να δημοσιεύονται και να αντικατοπτρίζονται στις αποφάσεις και τις δράσεις που λαμβάνουν χώρα σε χαμηλότερα επίπεδα του συστήματος.

Αντίθετα, οι πληροφορίες στα χαμηλότερα επίπεδα (π.χ. προσωπικό, εργασία, εξοπλισμός) σχετικά με την κατάσταση του συστήματος χρειάζεται να μεταφέρουν την ιεραρχία για να ενημερώσουν τις αποφάσεις και τις ενέργειες που λαμβάνουν χώρα στα υψηλότερα επίπεδα. Χωρίς αυτή τη λεγόμενη «κάθετη ολοκλήρωση», τα συστήματα μπορούν να χάσουν τον έλεγχο των διαδικασιών που έχουν σχεδιαστεί να ελέγξουν.

Σύμφωνα με τον Rasmussen (1997), τα ατυχήματα συνήθως «waiting for release». Το στάδιο καθορίζεται από τις συνήθεις πρακτικές εργασίες διαφόρων φορέων που εργάζονται στο πλαίσιο του συστήματος. Η κανονική διακύμανση στη συμπεριφορά εξυπηρετεί στη συνέχεια την απελευθέρωση των ατυχημάτων. Ο Rasmussen (1997) περιέγραψε τη μέθοδο Accimap, η οποία χρησιμοποιείται για να αντιπροσωπεύσει γραφικά τις αποτυχίες, τις αποφάσεις και τις δράσεις που σχετίζονται με τα ατυχήματα.

5.2.2 Ανάλυση μεθόδου

Οι αναλύσεις Accimap επικεντρώνονται συνήθως σε αποτυχίες στα ακόλουθα έξι επίπεδα οργάνωσης:

1. Πολιτική και προϋπολογισμός.
2. Ρυθμιστικών φορέων και ενώσεων
3. Εταιρεία
4. Διαχείριση
5. Προσωπικό
6. Εργασία

Η ACCIMAP είναι ένα πολυεπιπέδου αιτιώδης διάγραμμα που ταξινομεί τα διάφορα αίτια ενός ατυχήματος από την άποψη των αιτιών απομάκρυνσης από το ατύχημα. Η ACCIMAP διαφέρει από τις άλλες τεχνικές ανάλυσης ατυχημάτων με τον προσδιορισμό των παραγόντων από τα μέρη του συστήματος στο οποίο συνέβη το ατύχημα που κυμαίνονται από την φυσική αλληλουχία των γεγονότων και των

δραστηριοτήτων των ατόμων που εμπλέκονται. Σε αντίθεση με άλλες μεθόδους για την ανάλυση των ατυχημάτων η προσέγγιση αυτή συγκεντρώνει επίσης τους παράγοντες που συμβάλουν σε ένα συνεκτικό διάγραμμα συνάφειας που απεικονίζει τις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ τους τονίζοντας έτσι τις προβληματικές περιοχές που πρέπει να εντοπιστούν για την πρόληψη παρομοίων ατυχημάτων που θα συμβούν στο μέλλον.

Η ACCIMAP προτείνει τα εξής ακόλουθα στάδια.

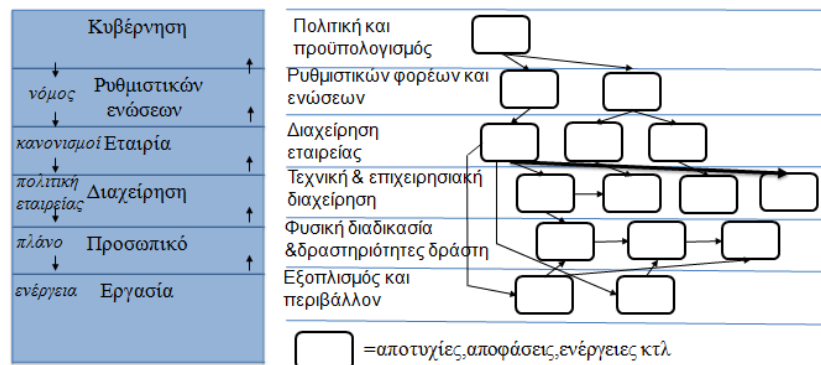
1. Μελέτη των εργασιών που πραγματοποιούνται καθώς και τις συνθήκες εργασίας,
2. Μελέτη των αναγκών των χειριστών,
3. Μελέτη των τρόπων διακίνησης των πληροφοριών,
4. Μελέτη και σχεδιασμός του συστήματος εργασιών.

Η ACCIMAP περιλαμβάνει την κατασκευή ενός πολυεπίπεδου διαγράμματος κατά το οποίο οι διάφορες αιτίες του ατυχήματος διοργανώνονται σύμφωνα με την απόστασής τους από το αποτέλεσμα. Οι πιο άμεσες αιτίες φαίνεται στα κατώτερα τμήματα του διαγράμματος, με πιο απομακρυσμένες αιτίες εμφανίζονται σε υψηλότερα επίπεδα, έτσι ώστε το πλήρες φάσμα των παραγόντων που συνέβαλαν στο συμβάν είναι πρότυπο.

5.2.3 Κατασκευή διαγράμματος

Η ακριβής μορφή του διαγράμματος αλλάζει ανάλογα με το σκοπό της ανάλυσης, αλλά στα χαμηλότερα επίπεδα αντιπροσωπεύονται οι άμεσοι πρόδρομοι για το συμβάν, σχετικά με τις δραστηριότητες των εργαζομένων και για φυσικά γεγονότα, διαδικασίες και συνθήκες που συνέβαλαν στην έκβαση.

Τα επόμενα υψηλότερα επίπεδα συνήθως εκπροσωπούν την εταιρεία και το οργανωτικό επίπεδο παραγόντων. Τα υψηλότερα επίπεδα γενικά ενσωματώνουν κυβερνητικές ή κοινωνικές επιπέδου παράγοντες, οι οποίοι είναι εκτός του οργανισμού που συμμετέχουν στο συμβάν.



Σχήμα 7.1 Πηγή: *Systems-based accident analysis methods: A comparison of Accimap, HFACS, and STAMP* Paul M. Salmon*, Miranda Cornelissen & Margaret Trotter

Το διάγραμμα της ACCIMAP απεικονίζει το σύστημα με την χρήση ιεραρχικών επιπέδων που περιλαμβάνουν:

- Το επίπεδο ρυθμιστικών αρχών
- Το εταιρικό επίπεδο
- Το επίπεδο των διαδικασιών της επιχείρησης
- Το επίπεδο των δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται
- Το επίπεδο του εξοπλισμού
- Το επίπεδο του περιβάλλοντος εργασίας.

5.3 ΜΕΘΟΔΟΣ STAMP

5.3.1 Εισαγωγή

Η STAMP δημιουργήθηκε από την Nancy G. Leveson, και βασίζεται στο μοντέλο ACCIMAP που αναπτύχθηκε από τους Rasmussen-Svedung. Χρησιμοποιεί μηχανισμούς ελέγχου τόσο του προσωπικού όσο και της τεχνολογίας.

Το σύστημα STAMP βασίζεται:

1. Ιεραρχική δομή του συστήματος ελέγχου
2. Συντονισμός στο οριζόντιο επίπεδο
3. Μετάδοση οδηγιών στο κατακόρυφο επίπεδο
4. Έλεγχος παραγωγής σύμφωνα με τους περιορισμούς ασφαλείας.

5.3.2 Ανάλυση μεθόδου

Στη STAMP τα συστήματα θεωρούνται ως αλληλένδετα στοιχεία που διατηρούνται σε μια κατάσταση δυναμικής ισορροπίας με βρόχους ανατροφοδότησης των πληροφοριών και τον έλεγχο. Ένα σύστημα σε αυτήν την σύλληψη είναι μια δυναμική διαδικασία που συνεχώς προσαρμόζεται στην επίτευξη των σκοπών της και αντιδρά σε αλλαγές στην ίδια και το περιβάλλον του.

Στον αρχικό σχεδιασμό πρέπει να επιβάλουν όχι μόνο τους κατάλληλους περιορισμούς στη συμπεριφορά για να διασφαλιστεί η ασφαλής λειτουργία, αλλά το σύστημα πρέπει να συνεχίσει να λειτουργεί με ασφάλεια καθώς συμβαίνουν αλλαγές. Η πιο βασική έννοια της STAMP είναι ο περιορισμός, όχι ένα γεγονός. Θεωρεί ότι τα ατυχήματα προκύπτουν από την έλλειψη περιορισμών του συστήματος.

Τα συμβάντα παίζουν έναν κρίσιμο ρόλο στη διερεύνηση ατυχημάτων και την ανάλυση. Τα περισσότερα παραδοσιακά μοντέλα βασίζονται σε μία αλυσίδα γεγονότων. Τα μοντέλα αυτά, όμως, έχουν σοβαρούς περιορισμούς όταν χρησιμοποιούνται για πολύπλοκα, κοινωνικό-τεχνικά συστήματα. Στην STAMP, η βασική ιδέα δεν είναι ένα γεγονός, αλλά ένας περιορισμός. Η εργασία αυτή δείχνει πώς η STAMP μπορεί να εφαρμοστεί σε ανάλυση ατυχημάτων με τρεις διαφορετικές απόψεις ή τα μοντέλα της διαδικασίας ατυχήματος και προτείνει ένα συμβολισμό για την περιγραφή αυτής της διαδικασίας.

Οι περισσότερες διερευνήσεις ατυχημάτων και η ανάλυση βασίζεται στη χρήση των μοντέλων εκδήλωση-αλυσίδα, δηλαδή, η πρόκληση ατυχημάτων περιγράφεται ως μια αλυσίδα των γεγονότων αποτυχίας και ανθρωπίνων λαθών που οδήγησαν μέχρι το πραγματικό γεγονός απώλεια.

Τέτοια μοντέλα περιορίζονται στην ικανότητά τους να χειριστούν τα ατυχήματα του συστήματος, τα ατυχήματα σχετίζονται με το λογισμικό, την πολύπλοκη ανθρώπινη

διαδικασία λήψης αποφάσεων, και την προσαρμογή του συστήματος ή της μετανάστευσης προς ένα ατύχημα την πάροδο του χρόνου .

Σε απάντηση προς τον περιορισμό των μοντέλων αλυσίδας γεγονότων, έχουν μοντέλα που βασίζονται στη θεωρία συστήματος και έχουν προταθεί για χρήση σε ανάλυση ατυχημάτων. Η STAMP είναι ένα τέτοιο μοντέλο που έχει προταθεί πρόσφατα. Η εργασία αυτή δείχνει πώς η STAMP μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ανάλυση ατυχημάτων και προτείνει συμβολισμούς που μπορεί να είναι κατάλληλοι για την αναπαράσταση και την επικοινωνία της διαδικασίας που οδηγεί στο ατύχημα. Τα ατυχήματα όπως αυτά, που περιλαμβάνουν τα λάθη σχεδιασμού, μπορούν με τη σειρά τους να προέρχονται από ανεπαρκή έλεγχο της διαδικασίας ανάπτυξης, δηλαδή, ο κίνδυνος δεν αντιμετωπίζει κατάλληλα στις διαδικασίες σχεδιασμού, υλοποίησης και παραγωγής.

Ο έλεγχος επίσης επιβάλλεται από τις λειτουργίες διαχείρισης σε έναν οργανισμό-ατυχήματος Challenger που εμπλέκονται στην ανεπάρκεια των ελέγχων της διαδικασίας εκτόξευσης απόφασης, για παράδειγμα, και από το κοινωνικό και πολιτικό σύστημα μέσα στο οποίο υπάρχει η οργάνωση.

Ο ρόλος όλων αυτών των παραγόντων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στην ανάλυση ατυχημάτων. Ενώ τα γεγονότα αντανακλούν τις επιδράσεις των δυσλειτουργικών αλληλεπιδράσεων και ανεπαρκής εφαρμογή των περιορισμών ασφαλείας. Ο ίδιος ο ανεπαρκής έλεγχος μόνο έμμεσα αντικατοπτρίζεται από τα γεγονότα, που είναι το αποτέλεσμα του ανεπαρκούς ελέγχου.

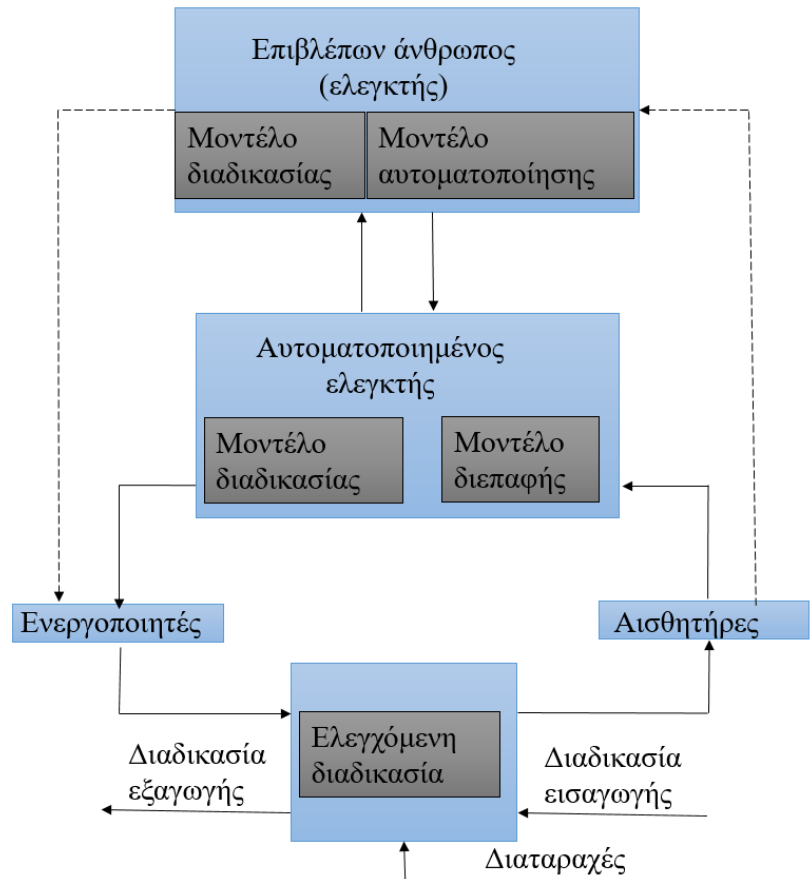
Η ίδια η δομή ελέγχου, ως εκ τούτου, θα πρέπει να εξετάζεται για να εξακριβωθεί γιατί οι έλεγχοι ήταν ανεπαρκείς για να διατηρήσει τους περιορισμούς σχετικά με τη συμπεριφορά της ασφάλειας και γιατί συνέβη, για τα γεγονότα παράδειγμα, γιατί οι σχεδιαστές έφτασαν σε μη ασφαλή σχεδιασμό και γιατί οι αποφάσεις για τη διαχείριση έγιναν για να ξεκινήσει παρά τις προειδοποιήσεις ότι μπορεί να μην είναι ασφαλές να το πράξει. Τα συστήματα είναι σε αυτή την προσέγγιση, ως αλληλένδετα στοιχεία που διατηρούνται σε μια κατάσταση δυναμικής ισορροπίας με βρόχους ανατροφοδότησης των πληροφοριών και ελέγχου.

Ένα σύστημα δεν αντιμετωπίζεται ως μια στατική, αλλά ως μια δυναμική διαδικασία που συνεχώς προσαρμόζεται για την επίτευξη του και να αντιδρά σε αλλαγές στην ίδια και το περιβάλλον του. Ο αρχικός σχεδιασμός πρέπει να επιβάλει όχι μόνο κατάλληλους περιορισμούς στη συμπεριφορά για να εξασφαλίσει την ασφαλή λειτουργία, αλλά πρέπει να συνεχίσει να λειτουργεί με ασφάλεια και αλλαγές και να προσαρμόζετε σε αυτά που συμβαίνουν στην πάροδο του χρόνου.

Ατυχήματα στη συνέχεια, θεωρούνται ως το αποτέλεσμα ατελή διαδικασιών που αφορούν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συνιστωσών του συστήματος, συμπεριλαμβανομένων των ατόμων, της κοινωνίας και των οργανωτικών δομών, τις δραστηριότητες μηχανικού, και φυσικά συστατικά του συστήματος.

Για να πραγματοποιηθεί έλεγχος συστήματος απαιτούνται τέσσερις συνθήκες:

- Ο ελεγκτής πρέπει να έχει ένα στόχο
- Ο ελεγκτής πρέπει να είναι σε θέση να επηρεάσει την κατάσταση του συστήματος,
- Ο ελεγκτής πρέπει να είναι μέρος του συστήματος, και
- Ο ελεγκτής πρέπει να είναι σε θέση να εξακριβώσει την κατάσταση του συστήματος.

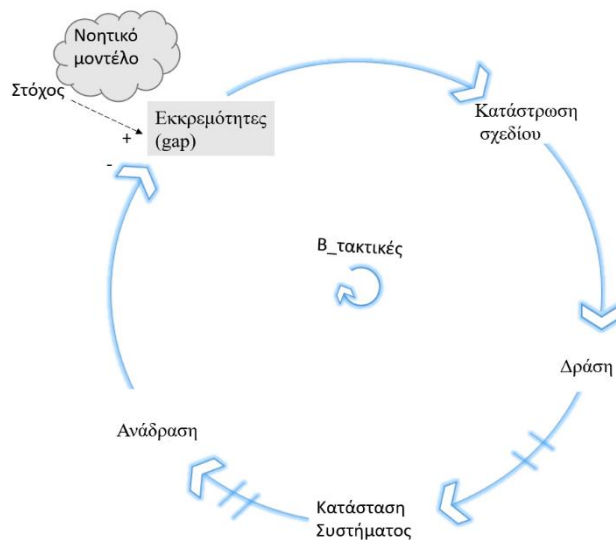


*Σχήμα 8.1 Ένας τυπικός βρόγχος ελέγχου και μοντέλα διεργασίας που εμπλέκονται Πηγή: A New Accident Model for Engineering Safer Systems * Nancy Leveson*

Η STAMP κατασκευάζεται από τρεις βασικές έννοιες:

- περιορισμοί,
- ιεραρχικά επίπεδα του ελέγχου,
- καθώς και τα μοντέλα της διαδικασίας.

Οι έννοιες αυτές, με τη σειρά τους, οδηγούν σε ταξινόμηση των αδυναμιών ελέγχου που μπορεί να οδηγήσει σε ατυχήματα.



Σχήμα 8.2 θεμελιώδης βρόγχος σκέψης- δράσης του ανθρώπου Πηγή: Εργονομικές προσεγγίσεις στην διοίκηση και διαχείριση της ασφάλειας Θωμάς Κοντογιάννης Εκδόσεις Τζιόλα

Η βασική ιδέα στην STAMP δεν είναι ένα γεγονός, αλλά ένας περιορισμός. Στη θεωρία συστημάτων και θεωρία ελέγχου, τα συστήματα θεωρούνται ως ιεραρχικές δομές όπου κάθε επίπεδο επιβάλλει περιορισμούς σχετικά με τη δραστηριότητα του επιπέδου κάτω από αυτό. Δηλαδή, περιορισμοί ή απουσία περιορισμών σε υψηλότερο επίπεδο για να επιτρέψει ή να ελέγξει τη συμπεριφορά χαμηλότερου επιπέδου.

Αντί να βλέπουν τα ατυχήματα ως αποτέλεσμα ενός γεγονότος κίνησης (αιτία) σε μια σειρά γεγονότων που οδηγούν σε απώλεια, τα ατυχήματα θεωρούνται όπως προκύπτει από την αλληλεπίδραση μεταξύ των συστατικών που παραβιάζουν τους περιορισμούς ασφαλείας του συστήματος.

Οι διαδικασίες ελέγχου που επιβάλλουν αυτοί οι περιορισμοί θα πρέπει να περιορίσουν τη συμπεριφορά του συστήματος για την ασφαλή αλλαγή και προσαρμογή που συνάγεται από τους περιορισμούς.

Ο ορισμός των ατυχημάτων ταιριάζει και για τα δύο κλασικά ατυχήματα αστοχία των εξαρτημάτων καθώς και τα ατυχήματα του συστήματος. Εκτός από τους περιορισμούς και τα ιεραρχικά επίπεδα του ελέγχου, το ένα τρίτο βασική ιδέα στην STAMP είναι τα μοντέλα της διαδικασίας.

Κάθε ελεγκτής-ανθρώπινος ή αυτοματοποιημένος-πρέπει να ελέγχει και να περιέχει ένα μοντέλο του συστήματος. Ατυχήματα, ιδιαίτερα τα ατυχήματα συστήματος, προκύπτουν συχνά από ασυνέπειες μεταξύ του μοντέλου της διαδικασίας που χρησιμοποιείται από τους ελεγκτές (τόσο του ανθρώπου όσο και αυτοματοποιημένη) και η πραγματική κατάσταση διεργασίας.

Όταν υπάρχουν πολλαπλοί ελεγκτές και φορείς λήψης αποφάσεων, τα ατυχήματα του συστήματος μπορεί επίσης να περιλαμβάνει ανεπαρκή συντονισμό των δράσεων

ελέγχου και απρόσμενες παρενέργειες των αποφάσεων ή ενεργειών, πάλι συχνά το αποτέλεσμα των μοντέλων ασυνεπής διαδικασίας.

Μια ανάλυση STAMP, ωστόσο, παρέχει μια πολύ πιο κατατοπιστική και χρήσιμη κατανόηση του ατύχηματος και τι θα μπορούσε να αλλάξει για να αποφευχθούν μελλοντικά ατυχήματα. Στην πραγματικότητα, το στάδιο για το ατύχημα είχε στηθεί σε μεγάλο αριθμό των ετών από δράσεις σε όλα τα επίπεδα της κοινωνικό-τεχνική δομή-ένα σύστημα παράδειγμα για το πώς πολύπλοκες κοινωνικό-τεχνικά συστήματα μπορούν να μεταναστεύσουν προς ένα ατύχημα.

Η αποικοδόμηση της δομής ελέγχου ασφαλείας μπορεί να σχετίζεται με ασύγχρονη εξέλιξη, όπου το ένα μέρος μιας αλλαγής του συστήματος χωρίς να είναι αναγκαίο μπορεί να χωρίζεται σε άλλα μέρη. Αλλαγές σε υποσυστήματα μπορούν να σχεδιαστούν με προσοχή, αλλά και την εξέταση των επιπτώσεών τους στα άλλα μέρη του συστήματος, συμπεριλαμβανομένων των πτυχών ελέγχου, είναι δυνατόν να παραμελούνται ή να είναι ανεπαρκής.

5.3.3 Ανάλυση δομής

Το πρώτο βήμα για τη δημιουργία μιας ανάλυσης STAMP είναι να προσδιοριστούν οι κίνδυνοι του συστήματος, τους περιορισμούς ασφαλείας του συστήματος, και η δομή ελέγχου στη θέση του για την επιβολή των περιορισμών ασφαλείας του συστήματος. Κάθε στοιχείο της κοινωνικό-τεχνικής δομής ελέγχου θα έχουν περιορισμούς ασφαλείας που σχετίζονται με τις συγκεκριμένες λειτουργίες του συστατικού. Μαζί, οι περιορισμοί ασφαλείας για όλα τα συστατικά πρέπει να είναι επαρκής για την εφαρμογή των γενικών περιορισμών ασφαλείας του συστήματος. Δείχνουμε τις δυναμικές πτυχές των ατυχημάτων με δύο τρόπους.

- Η πρώτη δείχνει τις αλλαγές στη στατική δομή ελέγχου της ασφάλειας σε βάθος χρόνου.
- Τα μοντέλα αυτά είναι ουσιαστικά μια σειρά στατικών στιγμιότυπων της δομής ελέγχου, και δεν δείχνουν τις δυναμικές διαδικασίες στην πραγματικότητα που οδήγησαν στις αλλαγές.

Σε αυτό το σημείο στην ανάλυση, είναι δυνατόν να εξετάσει τα γεγονότα και τη σχέση τους με τη δομή ελέγχου ασφαλείας. Η τρίτη προσπάθεια μοντελοποίησης παρέχει μια γενική εξήγηση του ατύχηματος.

Το μοντέλο αυτό περιέχει μια περίληψη των άλλων μοντέλων: για κάθε ένα από τα στοιχεία ελέγχου. Δείχνει τα ανεπαρκή μέτρα ελέγχου και τις αποφάσεις και τους παράγοντες που οδήγησαν στο ατύχημα. Αυτή η τελική περίληψη μοντέλο παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για να προβεί σε συστάσεις για την πρόληψη μελλοντικών ατυχημάτων που προκύπτουν από τους ίδιους ανεπαρκείς ελέγχους ασφαλείας.

5.4 ΜΕΘΟΔΟΣ HAZOP

5.4.1 Εισαγωγή

Η τεχνική HAZOP αναπτύχθηκε αρχικά στη δεκαετία του 1960 για να αναλύσει τα μεγάλα συστήματα χημική διεργασίας, αλλά έκτοτε έχει επεκταθεί και σε άλλους τομείς, συμπεριλαμβανομένων των εξορυκτικών δραστηριοτήτων και άλλων τύπων συστημάτων διεργασιών και άλλα πολύπλοκα συστήματα, όπως η λειτουργία πυρηνικού σταθμού και την ανάπτυξη λογισμικού. Επίσης, χρησιμοποιείται ως βάση για την αναθεώρηση των διαδικασιών παρτίδας και τις διαδικασίες λειτουργίας.

HAZOP είναι μια δομημένη και συστηματική εξέταση μιας σύνθετης προγραμματισμένης ή υφιστάμενης διαδικασίας ή λειτουργίας, προκειμένου να εντοπίσει και να αξιολογήσει τα προβλήματα που μπορούν να αντιπροσωπεύει κινδύνους για το προσωπικό ή τον εξοπλισμό. Η HAZOP κατά την εκτέλεση της επανεξετάζει τον σχεδιασμό και τα μηχανικά θέματα ώστε να βρει λάθη που δεν θα είχαν εντοπιστεί αλλιώς.

Κατά την διαδικασία της Hazop διαιρείτε το συνολικό σύνθετο σχέδιο σε απλούστερα τμήματα που ονομάζονται «κόμβοι» τα οποία στη συνέχεια μεμονωμένα αναθεωρούνται. Αυτό πραγματοποιείται από έμπειρη επιστημονική ομάδα (HAZOP) κατά τη διάρκεια μιας σειράς συναντήσεων. Η τεχνική HAZOP είναι ποιοτική, και έχει ως στόχο να διεγείρει τη φαντασία των συμμετεχόντων να εντοπίζουν πιθανούς κινδύνους και τα προβλήματα λειτουργικότητας.

Η δομή και η κατεύθυνση που δόθηκε στη διαδικασία επανεξέτασης με την εφαρμογή τυποποιημένων οδηγό-λέξη ζητά την επανεξέταση του κάθε κόμβου. Το σχετικό διεθνές πρότυπο ζητά από τα μέλη της ομάδας για να εμφανίσει «διαίσθηση και καλή κρίση» και για τις συναντήσεις που θα διεξαχθεί στο «κλίμα θετικής σκέψης και ειλικρινή συζήτηση».

5.4.2 Ανάλυση μεθόδου

Μια μελέτη HAZOP θα πρέπει να πραγματοποιηθεί κατά προτίμηση νωρίς. Από την άλλη πλευρά για να πραγματοποιηθεί μια HAZOP χρειαζόμαστε ένα ολοκληρωμένο σχέδιο. Ως συμβιβαστική λύση, η HAZOP συνήθως διεξάγεται ως τελικός έλεγχος, όταν έχει ολοκληρωθεί ο λεπτομερής σχεδιασμός. Μια μελέτη HAZOP μπορεί επίσης να διεξαχθεί σε μια υπάρχουσα εγκατάσταση να προσδιορίσει τις τροποποιήσεις που πρέπει να εφαρμοστούν για την μείωση του κινδύνου και τα προβλήματα λειτουργικότητας.

Η μελέτη HAZOP μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί πιο εκτεταμένα, όπως:

- Στο αρχικό στάδιο του σχεδιασμού, όταν τα κατασκευαστικά σχέδια είναι διαθέσιμα
- Όταν τα τελικά διαγράμματα σωληνώσεων και οργάνων (P & ID) είναι διαθέσιμα

- Κατά τη διάρκεια της κατασκευής και εγκατάστασης για να εξασφαλιστεί ότι οι συστάσεις εφαρμόζονται
- Κατά τη διάρκεια της ανάθεσης
- Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας για να διασφαλιστεί ότι το επείγον σχέδιο και οι διαδικασίες λειτουργίας αναθεωρούνται και ενημερώνονται τακτικά όπως απαιτείται

Τύποι HAZOP

- HAZOP διαδικασία(*Process HAZOP*)

Η τεχνική HAZOP αναπτύχθηκε αρχικά για την αξιολόγηση και για τα συστήματα διαδικασίας

- Ανθρώπινη HAZOP(*Human HAZOP*)

Μια «οικογένεια» των εξειδικευμένων HAZOPs. Επικεντρώνεται περισσότερο στο ανθρώπινα λάθη από τεχνικές βλάβες

- HAZOP Διαδικασία(*Procedure HAZOP*)

Αναθεώρηση των διαδικασιών ή των λειτουργικών ακολουθιών

Μερικές φορές συμβολίζεται SAFOP - Ασφαλής Μελέτη Λειτουργίας

- HAZOP Λογισμικό(*Software HAZOP*)

♦ Ταυτοποίηση πιθανών σφαλμάτων κατά την ανάπτυξη του λογισμικού

Προϋποθέσεις

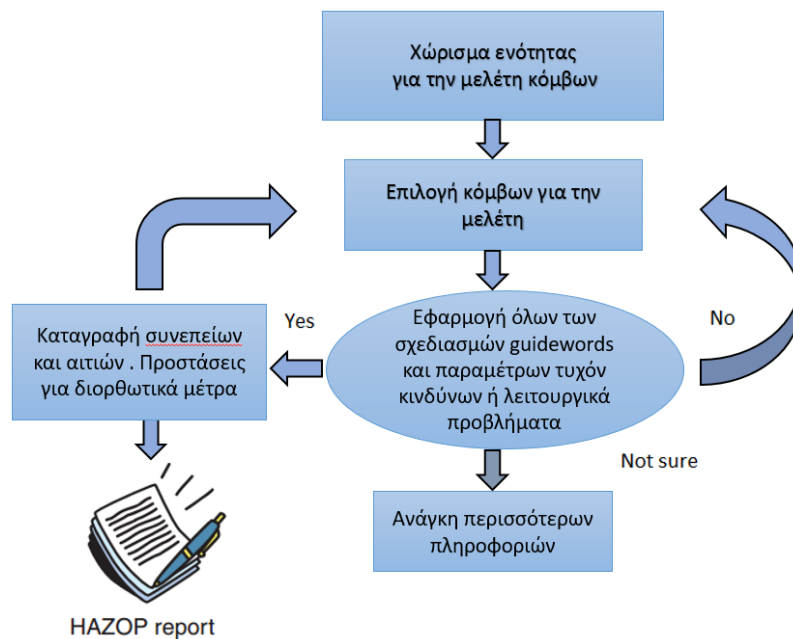
Ως βάση για τη μελέτη HAZOP πρέπει να είναι διαθέσιμες οι ακόλουθες πληροφορίες:

- Διαγράμματα ροής της διαδικασίας
- Διαγράμματα σωληνώσεων και οργάνων (P & IDs)
- Διαγράμματα διάταξης
- Δελτία δεδομένων ασφαλείας υλικού
- Προσωρινές οδηγίες λειτουργίας
- Η θερμότητα και το υλικό των υπολοίπων
- Δελτία δεδομένων του εξοπλισμού Start-up και διακοπή λειτουργίας έκτακτης ανάγκης διαδικασιών

5.4.3 Διαδικασία HAZOP

1. Χωρίστε το σύστημα σε τμήματα (δηλαδή αντιδραστήρα, αποθήκευση)
2. Επιλέξτε ένα κόμβο μελέτη (δηλαδή δοχείο, αντλία, εντολή λειτουργικού)
3. Περιγράψτε την πρόθεση του σχεδιασμού

4. Επιλέξτε μια παράμετρο της διαδικασίας
5. Εφαρμόστε ένα οδηγό-λέξη
6. Καθορίστε αιτία -(ες)
7. Αξιολογήστε τις συνέπειες / προβλήματα
8. Προτείνετε δράση: Τι; Πότε; Ποιός;
9. Πληροφορίες εγγραφής
10. Επαναλάβετε τη διαδικασία (από το βήμα 2)



Σχήμα 9.1 Διαδικασία HAZOP Πηγή: Marvin Rausand Department of Production and Quality Engineering Norwegian University of Science and Technology

Τρόποι λειτουργίας

Οι παρακάτω τρόποι λειτουργίας της εγκατάστασης θα πρέπει να θεωρούνται για κάθε κόμβο:

- Κανονική λειτουργία
- Μειωμένη λειτουργία throughput
- Ρουτίνας εκκίνησης
- Ρουτίνας τερματισμού
- Διακοπή λειτουργίας έκτακτης ανάγκης
- Θέση
- Ειδικούς τρόπους λειτουργίας

Μια διαδικασία HAZOP είναι η εξέταση μιας υπάρχουσας η σχεδιασμένη λειτουργία (εργασίας) διαδικασίας για τον εντοπισμό των κινδύνων και τις αιτίες για τα λειτουργικά προβλήματα, προβλήματα ποιότητας, και οι καθυστερήσεις.

- Μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις αλληλουχίες των εργασιών
- Έμφαση στα ανθρώπινα λάθη και τις αποτυχίες των τεχνικών συστημάτων
- Καταλληλότερο για λεπτομερείς αξιολογήσεις,
- Ευέλικτη προσέγγιση όσον αφορά τη χρήση του οδηγού-λέξεις

HAZOP αποτελέσματα

- Βελτίωση του συστήματος ή των πράξεων
- Μείωση του κινδύνου
- Πιο αποτελεσματική λειτουργία
- Βελτίωση των διαδικασιών
- Λογική σειρά
- Πληρότητα
- Γενική ευαισθητοποίηση των εμπλεκόμενων μερών
 - building Team

Τίτλος σπουδών:								Σελίδα:	
Σχέδιο :								Ημερομηνία :	
Ομάδα <u>HAZOP</u> :								Ημερομηνία συνεδρίασης:	
Θεωρημένο μέρος									
Προθέσεις του σχεδιασμού:				υλικό: πηγή:		δραστηριότητα: προορισμός :			
α/α	λέξεις κλειδιά	στοιχεία	απόκλιση	πιθανές αιτίες	συνέπειες	εγγυήσεις	σχόλια	Απαιτούμενη δράση	Διατιθέμενη δράση

Εικόνα 9.1 φύλλο εργασίας HAZOP Πηγή: Marvin Rausand Department of Production and Quality Engineering Norwegian University of Science and Technology

5.4.4 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Συστηματική εξέταση
- Διεπιστημονική μελέτη
- Χρησιμοποιεί επιχειρησιακή εμπειρία
- Καλύπτει την ασφάλεια, καθώς και τις επιχειρησιακές πτυχές
- Λύσεις στα προβλήματα που μπορεί να υποδεικνύεται
- θεωρεί επιχειρησιακές διαδικασίες
- Καλύπτει τα ανθρώπινα λάθη
- Τα αποτελέσματα καταγράφονται
- Εξετάζει τις συνέπειες της αποτυχίας

ΜΕΙΩΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Χρονοβόρα και δαπανηρή
- Απαιτεί λεπτομερή σχεδιασμό για την εκτέλεση μιας πλήρους μελέτης.
- Πρόσθετες λέξεις οδηγό που απαιτούνται για την ασυνήθιστη κινδύνους. (όπως ακτινοβολία για η πυρηνική βιομηχανία)
- Απαιτεί έμπειρους επαγγελματίες. Τα έμπειρα μέλη της ομάδας που απαιτούνται για να εντοπίσει όλες τις πιθανές αιτίες και τις συνέπειες των αποκλίσεων.
- Εστιάζει στις αιτίες για την περίπτωση μιας απόκλισης. Μόνο οι κίνδυνοι που συνδέονται με μια απόκλιση μπορεί να μελετηθεί. Κίνδυνοι που προκαλούνται από δύο ή περισσότερες ξεχωριστές αποκλίσεις που δεν μπορούν να προσδιοριστούν με την τεχνική.

5.5 ΜΕΘΟΔΟΣ MORT

5.5.1 Εισαγωγή

Η MORT έχει δύο έννοιες:

1. Μια ασφαλής αντίληψη του προγράμματος (θεωρείται ως ένα εξειδικευμένο υποσύστημα διαχείρισης) επικεντρώνεται στον πραγματικό έλεγχο των κινδύνων της βιομηχανικής ασφάλειας
2. Ένα πραγματικό λογικό διάγραμμα που εμφανίζει ένα ασφαλές δομημένο σύνολο στοιχείων του προγράμματος και τις έννοιες που περιλαμβάνει η ιδανική διαχείριση του προγράμματος ονομάζεται MORT. Το λογικό διάγραμμα γίνεται από το φύλλο εργασίας για την ανάλυση ενός συγκεκριμένου ατυχήματος = αστοχίας ή εναλλακτικά για την αξιολόγηση του υπάρχον προγράμματος ασφαλείας για ατύχημα/περιστατικό στο ανθρώπινο δυναμικό.

Ως ένα ιδανικό πρόγραμμα διαχείρισης, η MORT σχεδιάστηκε για τα ακόλουθα:

1. Αποτρέπει τα λάθη και τις παραλείψεις
2. Οδηγεί στον εντοπισμό, την αξιολόγηση και την παραπομπή στους εναπομένοντες κινδύνους για τα ορθά επίπεδα διαχείρισης για τα κατάλληλα μέτρα.
3. Βελτιστοποίηση στην κατανομή των πόρων που διατίθενται για το πρόγραμμα και σε επιμέρους κίνδυνους.

Τα πολλά state-of-the-art έννοιες του συστήματος ασφαλείας και τα στοιχεία προγράμματος ασφαλείας συντίθενται για να παράγουν «προγραμματικές MORT» που παρουσιάζονται με σημαντική λεπτομέρεια στη δεύτερη γενιά MORT. Στο μοντέλο προγράμματος MORT ενσωματώνονται και καλύτερα χαρακτηριστικά του υποδειγματικού προγράμματος ασφαλείας που βρέθηκαν στις ΗΠΑ, όπως η εφαρμογή διαχείρισης, ανάλυσης κινδύνων, ανάλυση των ανθρωπίνων παραγόντων, διαδικασίες εργασίας, την παρακολούθηση, πληροφοριακά συστήματα και τα συστήματα οργάνωσης και υπηρεσιών.

Καινοτόμες ιδέες, όπως ο ανεπιθύμητος διαδοχικός ρόλος της ροής ενέργειας, των φραγμών στην ενεργειακή μεταφορά, λάθη, αλλαγές, και τον κίνδυνο, συστηματικά σχετίζονται μαζί με την πιο πρόσφατη έννοια της συμπεριφοράς, οργανωτική και αναλυτικής επιστήμης.

Μεταφράζεται σε «αναλυτική MORT» (η MORT logic diagram), τα χαρακτηριστικά των "προγραμματικών MORT" συσσωρεύονται σε πάνω από 1.500 "βασικά γεγονότα" 'όπως προβλήματα αιτιολόγησης ή προληπτικά μέτρα που σχετίζονται με το ιδανικό σύστημα ασφαλείας μέτρα. Αυτά, με τη σειρά τους, αποτελούν τη βάση σχεδόν 100 διαφορετικά γενικά προβλήματα που εντοπίστηκαν σε διαδοχικά ευρύτερους τομείς της διαχείρισης και των προληπτικών ατυχημάτων

Η MORT χρησιμοποιείται για να αναφερθεί σε τέσσερα πράγματα:

1. ένα πρόγραμμα ασφαλείας-διαβεβαίωσης που έτρεξε μεταξύ 1968 και 2002
2. το σώμα του γραπτού υλικού το οποίο τεκμηριώνεται το πρόγραμμα
3. λογικό διάγραμμα δέντρο: η Διοίκηση Επίβλεψης και το δέντρο του κινδύνου
4. μια μέθοδος για να βοηθήσει τους ερευνητές να διερευνήσουν τις συστημικές αιτίες των ατυχημάτων και συμβάντων.

Η MORT εφαρμόζεται σε ατυχήματα και συμβάντα

Η μέθοδος MORT αποτελείται από τρία στάδια:

Βήμα 1: ορίζει τα γεγονότα που πρόκειται να αναλυθούν

Βήμα 2: χαρακτηρίζει κάθε περίπτωση από τα ανεπιθύμητα γεγονότα

Βήμα 3: αξιολογεί την υπόθεση ότι ανεπιθύμητα γεγονότα ήταν το αποτέλεσμα του τρόπου διαχείρισης των κινδύνων στη δραστηριότητα στην οποία συνέβη το ατύχημα.

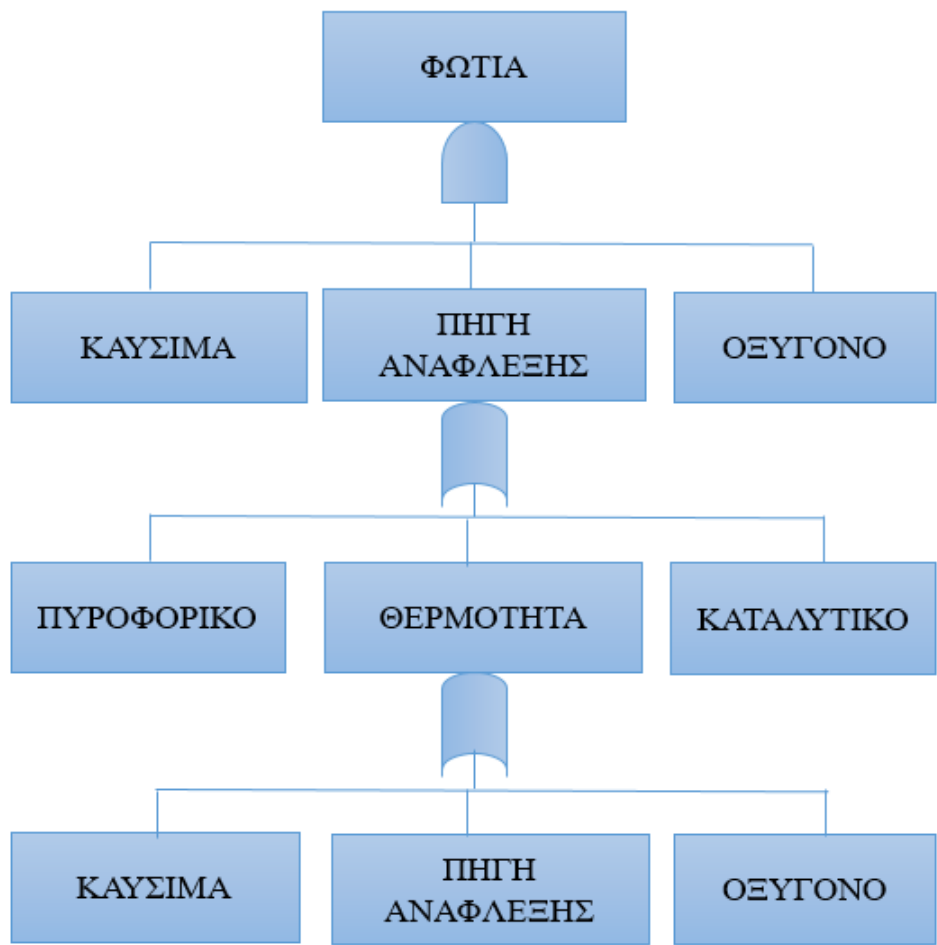
5.5.2 Ανάλυση δέντρου

Η MORT έχει κάποιες συνήθειες της Fault Tree Analysis, όπως και κάποια σύμβολα και τα συστήματα που χρησιμοποιούνται.

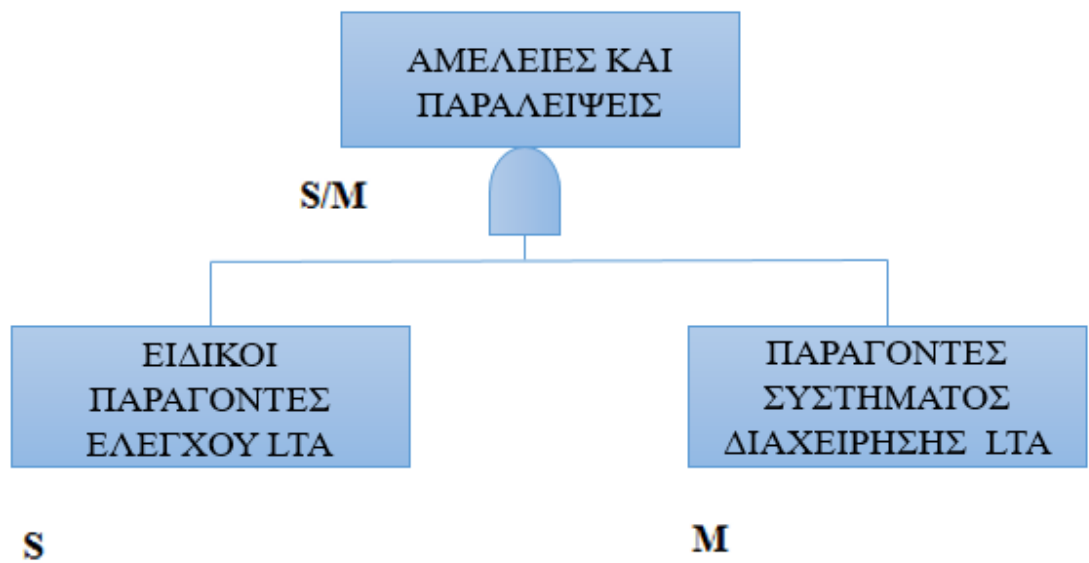
Τα δέντρα σφαλμάτων αποτελούνται από εισόδους που συνδέονται στις εξόδους μέσα από λογικές πύλες. Οι εισοδοί και εξοδοί γενικά ονομάζονται γεγονότα. Για παράδειγμα, στο Σχήμα 10.1, η έξοδος εκδήλωση, "Fire" είναι συνδεδεμένη με τις τρεις εισόδους γεγονότα, "Παρόν καυσίμου", "Πηγή Ανάφλεξης", και το "Οξυγόνο παρόν".

Το διάγραμμα MORT χρησιμοποιεί λογικές πύλες. Ωστόσο, κατά τη χρήση MORT σε μια ερευνητική ρύθμιση, οι λογικές πύλες κάνουν μικρή συνεισφορά στην ανάλυση: μπορούν με ασφάλεια να αγνοούνται.

Σε ένα θεωρητικό πλαίσιο, οι λογικές πύλες έχουν μεγαλύτερη σημασία. Υπάρχουν 93 λογικής πύλες MORT (Χωρίς να υπολογίζονται πύλες που επαναλαμβάνονται από μεταβιβάσεις που αντιπροσωπεύουν το άλλο 180) Μόνο δύο από αυτά είναι AND πύλη. Το πρώτο από αυτά AND πύλη υπενθυμίζει στον αναγνώστη ότι αν και τα ατυχήματα είναι συχνά παράγονται από "αμέλειες και παραλείψεις" αυτά τα προβλήματα δεν προκύπτουν μόνο στο συγκεκριμένο έλεγχο της δραστηριότητας, αλλά και στα συναφή συστήματα διαχείρισης. Αυτό απεικονίζεται στο Σχήμα 10.2.



Σχήμα 10.1 Παράδειγμα ιεραρχικής λογικής Πηγή: NRI-1 (2009) NRI MORT User's Manual



Σχήμα 10.2 Οι αμέλειες και οι παραλείψεις προκύπτουν από τους ειδικούς παράγοντες ελέγχου και τους παράγοντες συστήματος διαχείρισης Πηγή: NRI-1 (2009) NRI MORT User's Manual

Η δεύτερη AND πύλη στο δέντρο MORT προέρχεται από το μοντέλο ανταλλαγή ενέργειας των ατυχημάτων Haddon.

Στο Σχήμα 10.3, η AND πύλη χρησιμοποιείται για να τονίσει το σημείο ότι θα συμβεί ένα ατύχημα εάν ορισμένα στοιχεία υπάρχουν, το ατύχημα δεν θα συμβεί όταν ένα από αυτά τα στοιχεία απουσιάζει.

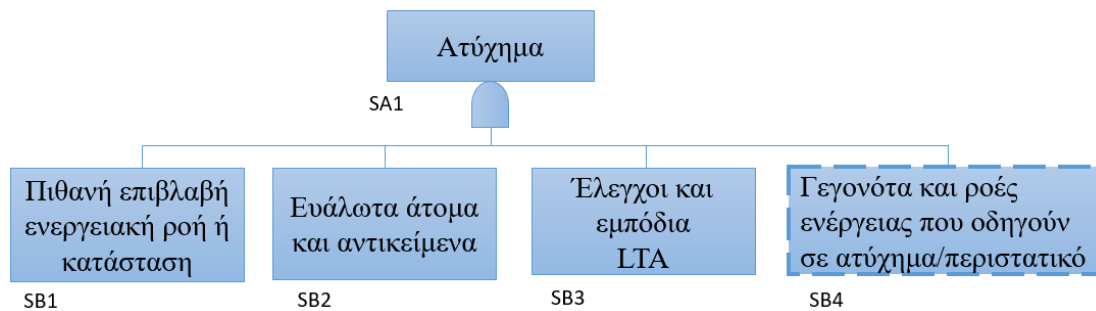
Η έννοια Haddon του "ανταλλαγή ενέργειας" εμφανίζεται ως τριάδα στις οποίες μια πιθανή επιβλαβής ροή της ενέργειας είναι παρούσα, όταν ευάλωτα άτομα ή αντικείμενα εκτίθενται, και όταν εμπόδια και οι έλεγχοι δεν είναι επαρκείς για την επίτευξη της προστασίας.

Οι ανταλλαγές ενέργειας, η υποστήριξη του Haddon εμφανίζετε στις ακολουθίες. Η απαίτηση αυτή περιλαμβάνεται ως την τέταρτη είσοδο γεγονότος: γεγονότα και εισροές ενέργειας που καταλήγουν σε ατύχημα / συμβάν.

Το Σχήμα 10.3 δείχνει το κείμενο αυτό ότι θα εγκλείεται εντός ενός διακεκομμένου ορθογωνίου.

- Αυτές οι παύλες συμβολίζουν δύο σημεία για τον αναλυτή: πρώτον, ότι η εκδήλωση αυτή εισόδου δεν αναλύεται ως μέρος του δέντρου MORT.
- Δεύτερον, όλα τα γεγονότα και τις ροές ενέργειας που πρέπει να εντοπιστούν.

Αυτός ο προσδιορισμός γίνεται με τη χρήση ενέργειας Trace και Barrier.



Σχήμα 10.3 Τα στοιχεία του αιτιώδη ατυχήματος Πηγή: NRI-1 (2009) NRI MORT User's Manual

Στην ανάλυση MORT, ζημιές μπορεί να προκύψουν από δύο διαφορετικές πηγές:

- ✓ τους κινδύνους που έχουν εντοπιστεί και έχουν διαχειριστεί σωστά ("αναλαμβανόμενων κινδύνων») και
- ✓ τους κινδύνους που δεν έχουν διαχειριστεί σωστά (αμέλειες και παραλείψεις).

Σε ορισμένες ατυχήματα, θα υπάρχουν συμβολές από τις δύο αυτές πηγές. Η MORT περιέχει αρκετές παραπομπές στον κλάδο «αναλαμβανόμενου κινδύνου». Όπως μπορείτε να δείτε στο Σχήμα 10.6 , ο κλάδος αναλαμβανόμενου κινδύνου παρουσιάζεται στο υψηλότερο επίπεδο στο δέντρο MORT. Ο αναλυτής μπορεί να προσδιορίσει τους σχετικούς αναλαμβανόμενους κινδύνους και ότι η λήψη

αποφάσεων γύρω από τις ανάγκες αυτές είναι να διερευνώνται. Για να αποφευχθεί η διακοπή της ανάλυσης, ο αναλυτής μπορεί να καταγράψει τους αναλαμβανόμενους κινδύνους στον πίνακα που παρέχεται στο διάγραμμα MORT και να τις ακολουθήσετε αργότερα

Αριθμός MORT	Περιγραφή	Επάρκεια της λήψης αποφάσεων
b2-SB1	διαβρωτική επίδραση του αλμυρού νερού στις σωληνώσεις	
C1-a3-SC2	δεν λαμβάνεται ανάλυση διεργασίας Επειδή η εργασία κρίνεται ότι παρουσιάζει μόνο μικρούς δυνητικούς κινδύνους	
d9-SD5	Δεν επικαλύπτεται εξωτερικά του σωλήνα με άλατα - απόδειξη	

Πίνακας 10.1 Παράδειγμα καταχωρήσεων σε έναν προσωρινό πίνακα αναμενόμενων κινδύνων Πηγή: NRI-1 (2009) NRI MORT User's Manual

Διαδικασία για την Ανάλυση MORT:

Απαιτήσεις:

- Δύο άνθρωποι
- Τεχνική κατανόηση του συστήματος στο οποίο συνέβη το περιστατικό
- Επαρκής περιγραφή της ακολουθίας των γεγονότων για να επιτρέπουν την ανάλυση για να ξεκινήσει
- Διαγράμματα MORT και χρωματική διαφορά στα διαφορετικά στοιχεία-κόκκινο, μπλε, πράσινο «μπλε» στοιχεία για περαιτέρω έρευνα, αιτιολόγηση για "κόκκινο" και το "πράσινο" αντικείμενα.

Στόχος: Να κατανοήσουν πώς συγκεκριμένοι στόχοι εκτέθηκαν σε βλάβη, ζημία ή ανεπιθύμητη αλλαγή και να το εξηγήσουμε αυτό από την άποψη της διαχείρισης του κινδύνου.

Περιγραφή Ανάλυσης MORT

1) Επιλέξτε ένα γεγονός από την Barrier ανάλυση σας και γράψετε το στο διάγραμμα MORT SA1 "Περιστατικό"

2) Εκτελέστε SA1 ανάλυση

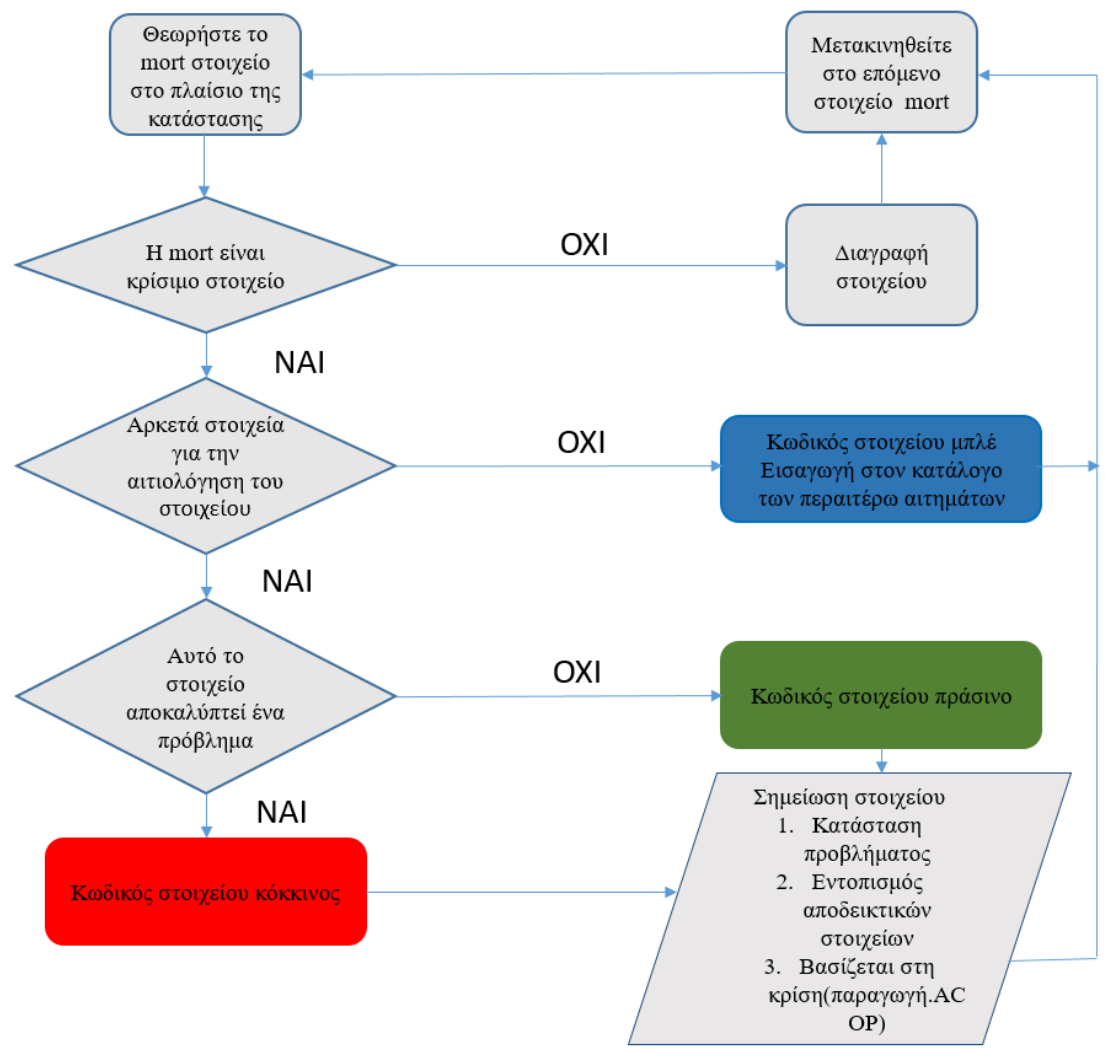
α) Ξεκινήστε με SB1 («Επιβλαβές ροή της ενέργειας ...»)

β) Πάνω από SB1, αναφέρει τη ροή της ενέργειας

γ) Συνεχίστε διάγραμμα πάνω προς τα κάτω, αριστερά προς τα δεξιά, όπως φαίνεται στο Σχήμα 10.5

ι) κόκκινο ή πράσινο μόνο με αποδεικτικά στοιχεία και σαφή κρίση

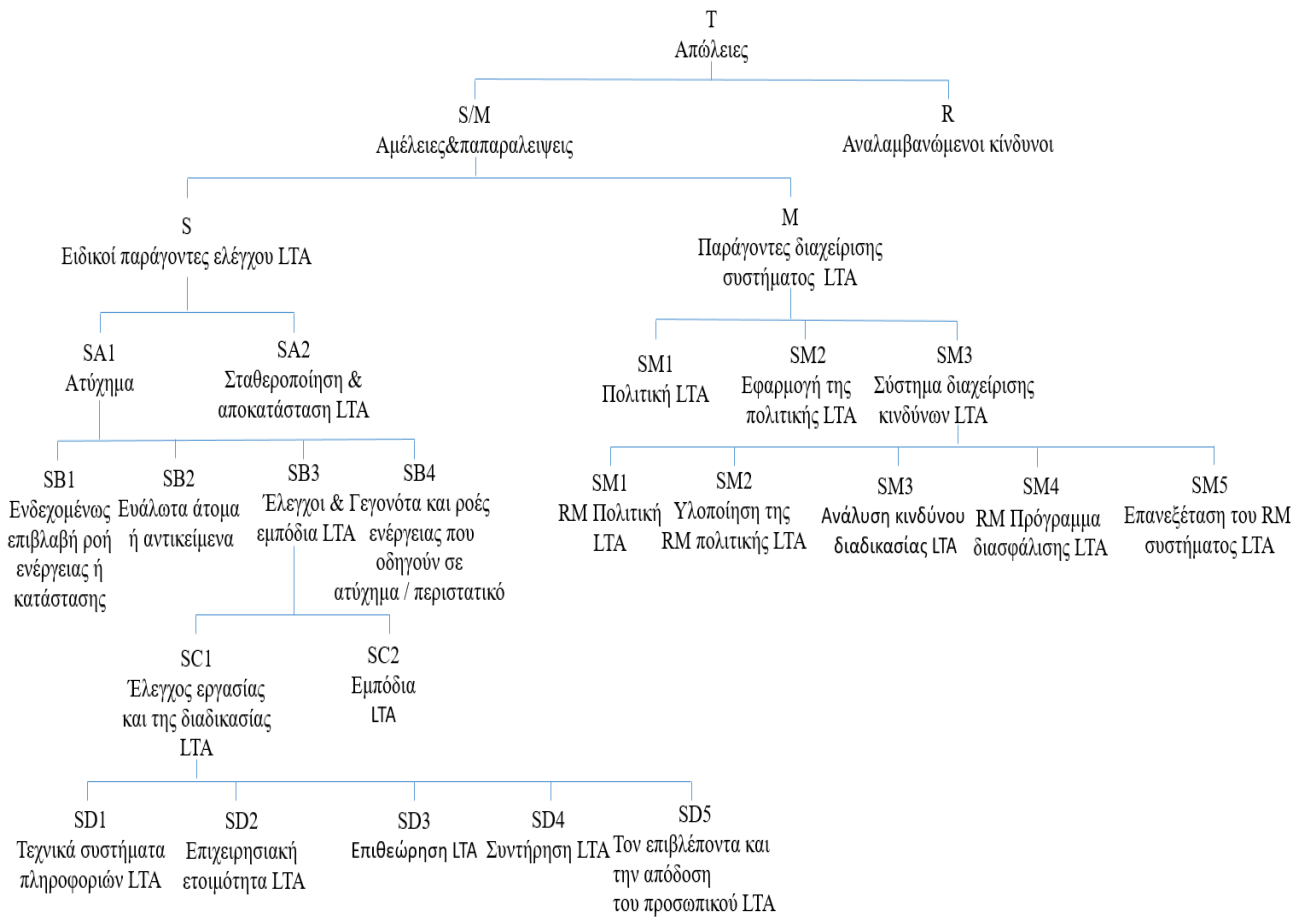
- ii) Κωδικός ΜΠΛΕ εάν υπάρχουν στοιχεία ή απαιτείται πρότυπο είναι αβέβαιη
- iii) Διατηρήστε τη λίστα των περαιτέρω ερευνών
- iv) Γράψτε τυχόν προσωρινών αναλαμβανόμενων κινδύνων στον πίνακα για το MORT Διάγραμμα
- δ) Εξερευνήστε M-Branch είτε
 - i) Ad-hoc, κατά την ανάλυση SB3, ή
 - ii) Όταν SB3 ("Έλεγχοι & Εμπόδια Barrier LTA") ολοκληρωθούν
- 3) Εάν χρειαστεί, επιλέξτε μια άλλη περίπτωση από την ανάλυση Barrier σας
 - α) Χρησιμοποιήστε καινούρια διάγραμμα MORT
 - β) Επαναλάβετε το βήμα 2
- 4) Όταν όλες οι απαιτούμενες αναλύσεις SA1 είναι πλήρεις
 - α) Σημειώστε σχετικά με την ανάλυση φράγμα ένας γεγονότα που δεν έχουν αντικείμενο ανάλυσης MORT
 - β) Μετακίνηση σε SA2 - Βελτίωση
 - γ) Μετακίνηση στην M-Branch και εξερευνήστε (ad hoc ή σε σειρά) υπό το πρίσμα της ανάλυσης SA2
 - δ) Αναθεώρηση προσωρινών αναλαμβανόμενων κινδύνων
- 5) MB4 αναθεώρηση (Διαχείρισης Κινδύνων πρόγραμμα διασφάλισης), υπό το πρίσμα της ανάλυσης μέχρι τώρα
- 6) Επανεξέταση των θεμάτων M-Branch, λαμβάνοντας την επισκόπηση



Σχήμα 10.5 Η σειρά του mort ΠΙΝΑΚΑ Πηγή: NRI-1 (2009) NRI MORT User's Manual

5.5.3 Δομή του δέντρου

Η δομή δέντρου MORT προέρχεται από μία ανάλυση δέντρου σφαλμάτων "απώλειες". Η απώλεια είναι ένας πολύ γενικός όρος που μπορεί να εφαρμοστεί σε οτιδήποτε αξίας και κάθε είδος κινδύνου. Πρώτη βαθμίδα απαντά στο γενικό ερώτημα, <<τι είδους κινδύνου θα παράγουν οι απώλειες>> Υπάρχουν δύο δυνατότητες: τους κινδύνους που δεν είχαν κατάλληλη διαχείριση (αμέλειες και παραλείψεις) ή, τους κινδύνους που είχαν κατάλληλη διαχείριση. Επειδή η δομή δέντρου έχει διερευνηθεί σε ένα σύνολο, - από πάνω προς τα κάτω, αριστερά προς τα δεξιά - η επόμενη ερώτηση είναι, "Τι θα παράγουν αμέλειες και παραλείψεις "; Η απάντηση δίνεται στη δεύτερη βαθμίδα του δέντρου: οι αμέλειες και οι παραλείψεις προκύπτουν από τον έλεγχο της δραστηριότητας (Ειδικοί παράγοντες ελέγχου) και πώς οι κίνδυνοι της δραστηριότητας κ σε γενικές γραμμές τα κατάφεραν (Παράγοντες Management System). Το υπόλοιπο του δέντρου προέρχεται κατά τον ίδιο τρόπο, με κάθε βαθμίδα "παραγωγής" τη βαθμίδα πάνω από αυτό. Το Σχήμα 10.6 είναι μία επισκόπηση της κύριας δομής.



Σχήμα 10.6 Τα κυριότερα κλαδιά του mort δέντρου Πηγή: NRI-1 (2009) NRI MORT User's Manual

5.6 ΜΕΘΟΔΟΣ FMEA

5.6.1 Εισαγωγή

Η Failure Mode And Effects Analysis Τρόποι αστοχίας και Ανάλυση αποτελεσμάτων (FMEA) είναι μια μέθοδος σχεδιασμένη να:

1. Εντοπίζει και να κατανοεί πλήρως τους πιθανούς τρόπους αστοχίας και τις αιτίες, τις συνέπειες της αποτυχίας για το σύστημα ή τους τελικούς χρήστες, για ένα δεδομένο προϊόν ή μια διεργασία.
2. Γίνεται εκτίμηση του κινδύνου που σχετίζεται με την συγκεκριμένο τρόπο αστοχίας, τις επιπτώσεις και τα αίτια, και να δώσουν προτεραιότητα σε ζητήματα για διορθωτικά μέτρα.
3. Γίνεται προσδιορισμός και εκτέλεση διορθωτικών ενεργειών για την αντιμετώπιση σοβαρών ανησυχιών.

Μια FMEA είναι μια τεχνική ανάλυση

- Γίνεται από μια λειτουργική ομάδα που είναι ειδικοί στο αντικείμενο του θέματος.
- Αναλύει σε βάθος τα σχέδια των προϊόντων ή τις διαδικασίες παραγωγής
- Η διαδικασία ανάπτυξης του προϊόντος γίνεται νωρίς.
- Βρίσκει και διορθώνει τις αδυναμίες, πριν το προϊόν βρεθεί στα χέρια του πελάτη

Μια FMEA πρέπει να είναι ο οδηγός για την ανάπτυξη ενός πλήρους συνόλου των ενεργειών που θα μειώσουν τους κινδύνους που σχετίζονται με το σύστημα, το υποσύστημα, και το εξάρτημα ή την κατασκευή / συναρμολόγηση της διαδικασίας για να ένα αποδεκτό επίπεδο.

Ο πρωταρχικός στόχος ενός FMEA είναι η βελτίωση της σχεδίου.

- Για Σύστημα FMEAs, ο στόχος είναι να βελτιωθεί ο σχεδιασμός του συστήματος.
- Για FMEAs Σχεδιασμού, ο στόχος είναι να βελτιωθεί ο σχεδιασμός του υποσυστήματος ή του στοιχείου.
- Για FMEAs Διαδικασίας, ο στόχος είναι να βελτιωθεί ο σχεδιασμός της διαδικασίας παραγωγής.

Υπάρχουν πολλοί άλλοι στόχοι για την FMEAs, όπως:

- Ο εντοπισμός και η πρόληψη των κινδύνων ασφάλειας
- Να ελαχιστοποιηθεί η απώλεια των επιδόσεων του προϊόντος ή την απόδοση υποβιβασμού
- Η βελτίωση των σχεδίων δοκιμής και επαλήθευσης (στην περίπτωση του συστήματος ή FMEAs σχεδιασμού)
- Να βελτιώσει τα Σχέδια Ελέγχου Διεργασιών (στην περίπτωση των FMEAs Process)
- Να εξετάζει αλλαγές στο σχεδιασμό του προϊόντος ή της διαδικασίας κατασκευής
- Να εντοπίσει σημαντικά χαρακτηριστικά του προϊόντος ή της διαδικασίας
- Η ανάπτυξη σχεδίων προληπτικής συντήρησης για την εν χρήσει μηχανημάτων
- και εξοπλισμών
- Η ανάπτυξη των online διαγνωστικών τεχνικών

Οι τρόποι αστοχίας και η ανάλυση αποτελεσμάτων (FMEA)- είναι από τις πρώτες δομημένες μεθόδους . Η FMEA είναι μια συστηματική προσανατολισμένη προσέγγιση για την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Αναπτύχθηκε από την αξιοπιστία των μηχανικών στα τέλη της δεκαετίας του 1950 για να μελετήσει τα προβλήματα που ενδέχεται να προκύψουν από δυσλειτουργίες των στρατιωτικών συστημάτων.

Η FME(C)A είναι ένα εργαλείο σχεδιασμού που χρησιμοποιείται για να αναλύσει συστηματικά πασιφανείς αποτυχίες και να εντοπίσει τις προκύπτουσες συνέπειες για τις λειτουργίες του συστήματος. Η ανάλυση μερικές φορές χαρακτηρίζεται ως αποτελούμενη από δύο υπό-αναλύσεις , η πρώτη είναι ο τρόπος αστοχίας και τα αποτελέσματα ανάλυσης (FMEA), και η δεύτερη, η ανάλυση κρισιμότητας (CA).

Η επιτυχής ανάπτυξη FMEA προϋποθέτει ότι ο αναλυτής περιλαμβάνει όλες τις σημαντικές μορφές αστοχίας για κάθε συμμετέχοντα στοιχείο ή μέρος του συστήματος. Η FMEAs μπορεί να πραγματοποιηθεί σε επίπεδο συστήματος, υποσυστήματος, συναρμολόγηση, υποσύνολο ή εν μέρει.

Το FMCEA πρέπει να είναι ένα ζωντανό έγγραφο κατά την διάρκεια που εξελίσσεται ή κατά την ανάπτυξη του σχεδιασμού ενός hardware. Πρέπει να προγραμματίζεται και να ολοκληρώνεται ταυτόχρονα με τον σχεδίαση. Αν ολοκληρωθεί σε σωστό χρόνο το FMCEA μπορεί να βοηθήσει στην απόφαση η να καθοδηγήσει τη σχεδίαση.

Η χρησιμότητα του FMCEA ως εργαλείο σχεδιασμού κατά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων εξαρτάται από την αποτελεσματικότητα και την επικαιρότητα με την οποία εντοπίζονται τα προβλήματα σχεδιασμού. Η επικαιρότητα είναι ίσως το πιο σημαντικό θέμα. Σε ακραία περίπτωση ,το FMCEA δεν είναι και πολύ χρήσιμο στη διαδικασία απόφασης σχεδιασμού εάν η ανάλυση γίνει εφόσον φτιαχτεί το hardware.

Ενώ η FMECA εντοπίζει όλους τους τρόπους αστοχίας, κύριο όφελος της είναι η έγκαιρη αναγνώριση όλων των κρίσιμων και καταστροφικών υποσυστημάτων ή βλάβης του τρόπου συστήματος, ώστε να μπορούν να εξαλειφθούν ή να ελαχιστοποιηθούν μέσω τροποποίησης του σχεδιασμού, από το νωρίτερο σημείο κατά την ανάπτυξη. Ως εκ τούτου, η FMECA θα πρέπει να πραγματοποιηθεί σε επίπεδο συστήματος το συντομότερο ώστε οι αρχικές πληροφορίες σχεδιασμού να είναι διαθέσιμες και να επεκταθούν προς τα χαμηλότερα επίπεδα, καθώς εξελίσσεται ο σχεδιασμός με λεπτομέρεια.

Ένα πλησιέστερο σενάριο μοντελοποίησης όπου είναι άλλος τύπος ανάλυσης αξιοπιστίας μπορεί να θεωρηθεί, για παράδειγμα στην ανάλυση δέντρων σφαλμάτων (FTA). Μια επαγωγική ανάλυση αστοχίας (backward logic) μπορεί να χειριστεί πολλαπλές βλάβες εντός του αντικειμένου ή και εξωτερικά προς το στοιχείο συμπεριλαμβανομένης της συντήρησης και του logistic. Ξεκινά από ένα λειτουργικό επίπεδο συστήματος. Μια FTA μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα βασικά αρχεία της FMEA στον τρόπο αστοχίας ή στην συνοπτική επίδραση ως μία από τις εισόδους του (the basic events). Η ανάλυση του interface hazard, η ανάλυση ανθρωπίνων σφαλμάτων και άλλα μπορούν να προστεθούν για την ολοκλήρωση της μοντελοποίησης.

5.6.2 Ανάλυση μεθόδου

Η ανάλυση μπορεί να πραγματοποιηθεί σε λειτουργικό επίπεδο μέχρι ο σχεδιασμός να έχει ωριμάσει αρκετά ώστε να προσδιορίσει το συγκεκριμένο υλικό που θα εκτελέσει τις λειτουργίες. Τότε η ανάλυση θα πρέπει να επεκταθεί και σε επίπεδο hardware. Κατά την εκτέλεση της FMEA επίπεδο hardware, το υλικό περιβάλλον θεωρείται λειτουργικό εντός των προδιαγραφών.

Επιπλέον, κάθε αποτυχία μέρος θεωρείται ότι είναι η μόνη αποτυχία του συστήματος (δηλαδή, είναι ένα ενιαίο ανάλυση ανεπάρκειας). Επιπλέον σε αυτά που κάνει το FMEAs στα συστήματα για να αξιολογήσουμε την επίπτωση που έχουν οι χαμηλού επιπέδου αποτυχίες στη λειτουργία του συστήματος, γίνονται διάφορα άλλα FMEAs. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στις διασυνδέσεις ανάμεσα στα συστήματα και στην πραγματικότητα σε όλες τις λειτουργικές διασυνδέσεις.

Ο σκοπός αυτών των FMEAs είναι να εξασφαλίσει ότι οι μη αναστρέψιμες φυσικές ή / και λειτουργικές βλάβες δεν διαδίδονται δια μέσου της διεπαφής, αυτό έχει ως αποτέλεσμα ότι οι αποτυχίες είναι μία από τις προσαρμοστικές μονάδες. Αυτές οι αναλύσεις γίνονται σε ένα μέρος του επιπέδου για τα κυκλώματα που διασυνδέονται άμεσα με τις άλλες μονάδες.

Το FMEA μπορεί να επιτευχθεί χωρίς CA, αλλά μια CA προϋποθέτει ότι η FMEA έχει ήδη εντοπιστεί σε επίπεδο συστήματος κρίσιμες αποτυχίες. Όταν και τα δύο βήματα γίνονται, η συνολική διαδικασία ονομάζεται FMECA.

Οι βασικοί κανόνες του κάθε FMEA περιλαμβάνει ένα σύνολο επιλεγμένων διαδικασιών. Οι παραδοχές στις οποίες βασίζεται η ανάλυση, το υλικό που έχει συμπεριληφθεί και αποκλείστηκε από την ανάλυση και το σκεπτικό για τους

αποκλεισμούς. Οι βασικοί κανόνες περιγράφουν επίσης το συμβόλαιο επίπεδου της ανάλυσης, την βασική κατάσταση του υλικού, καθώς και τα κριτήρια για το σύστημα και την επιτυχία της αποστολής. Πρέπει να καταβληθεί κάθε δυνατή προσπάθεια για να καθορίσει όλους του βασικούς κανόνες πριν από την έναρξη της FMEA. Ωστόσο, οι κανόνες μπορεί να επεκταθούν και να αποσαφηνιστούν καθώς προχωρά η ανάλυση.

Ένα τυπικό σύνολο των βασικών κανόνων είναι οι εξής (παραδοχές):

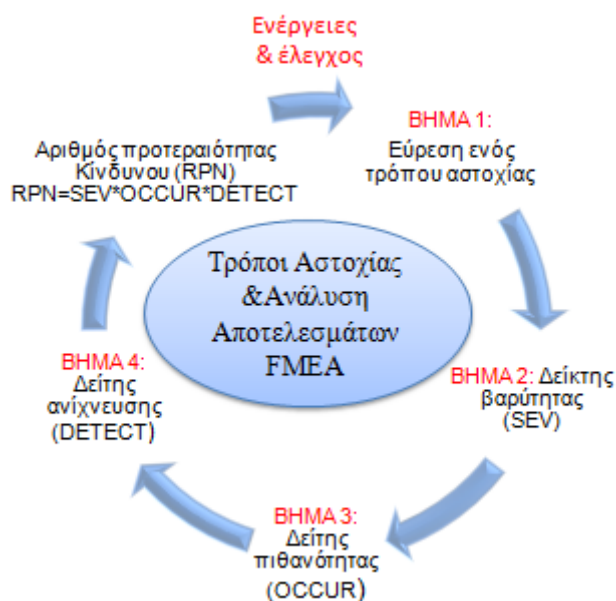
1. Μόνο ένας τρόπος αποτυχίας υπάρχει σε μια στιγμή.
2. Όλες οι εισοδοί(συμπεριλαμβανομένων των εντολών λογισμικού) προς το αντικείμενο που αναλύονται είναι παρούσες και σε ονομαστικές τιμές.
3. Όλα τα αναλώσιμα είναι παρόντα σε επαρκείς ποσότητες.
4. Η Ονομαστική ισχύς είναι διαθέσιμη

Σημαντικά οφέλη που προκύπτουν από την ορθή εφαρμογή της FMECA έχουν ως εξής:

1. Παρέχει μια τεκμηριωμένη μέθοδο για την επιλογή ενός σχεδιασμού με υψηλή πιθανότητα επιτυχούς λειτουργίας και ασφάλειας.
2. Μια τεκμηριωμένη ομοιόμορφη μέθοδο για την αξιολόγηση πιθανών μηχανισμών αποτυχίας, τρόπους αστοχίας και οι επιπτώσεις τους στη λειτουργία του συστήματος, με αποτέλεσμα μια λίστα με τρόπους αστοχίας κατατάσσονται ανάλογα με τη σοβαρότητα των επιπτώσεων του συστήματος και την πιθανότητα εμφάνισης.
3. Ο έγκαιρος εντοπισμός των μοναδικών σημείων αποτυχίας (SFPs) και τα προβλήματα διεπαφής συστήματος, τα οποία μπορεί να είναι κρίσιμα για την επιτυχία ή και την ασφάλεια της αποστολής. Παρέχουν επίσης μια μέθοδο για την επαλήθευση ότι η μετάβαση μεταξύ περιπτώσεων στοιχείων. Δεν κινδυνεύει από πασιφανείς μόνο αποτυχίες
4. Μια αποτελεσματική μέθοδος για την αξιολόγηση της επίδρασης των προτεινόμενων αλλαγών στο σχεδιασμό ή και τις επιχειρησιακές διαδικασίες για την επιτυχία και την ασφάλεια της αποστολής.
5. Μια βάση για τις διαδικασίες αντιμετώπισης προβλημάτων κατά την πτήση και για τον εντοπισμό συσκευών παρακολούθησης των επιδόσεων και σφαλμάτων ανίχνευσης.

Από την παραπάνω λίστα, οι έγκαιρες ταυτοποιήσεις SFPs, συμβάλλονται στη διαδικασία αντιμετώπισης προβλημάτων και εντοπισμός παρακολούθηση της απόδοσης / συσκευές ανίχνευσης σφαλμάτων είναι ίσως τα πιο σημαντικά οφέλη της FMECA. Επιπλέον, οι διαδικασίες FMECA είναι απλές και επιτρέπουν την ομαλή αξιολόγηση του σχεδιασμού.

Βασικές ορολογίες



Σχήμα 11.1 Απεικόνιση τρόπου λειτουργίας FMEA Πηγή <http://www.fmea-fmea.com>

- Αστοχία (*failure*)

Η απώλεια μιας προγραμματισμένης λειτουργίας κάτω από καθορισμένες συνθήκες.

- Τρόπος αστοχίας (*Failure mode*)

Ο συγκεκριμένος τρόπος τον οποίο μια συσκευή ή μια διαδικασία μπορεί να αποτύχει

- Αιτία αποτυχίας /μηχανισμού (*Failure cause and/or mechanism*)

Ελαττώματα σε απαιτήσεις, το σχεδιασμό, τη διαδικασία, τον ποιοτικό έλεγχο, το χειρισμό ή το μέρος εφαρμογής, το οποίο είναι η υποκείμενη αιτία ή ακολουθία των αιτιών που εκκινούν μια διαδικασία (*mechanism*) που οδηγεί σε μια κατάσταση αποτυχίας πάνω από ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Ένας τρόπος αποτυχίας μπορεί να έχει περισσότερες αιτίες.

- Συνέπειες αστοχίας (*Failure effect*)

Άμεσες συνέπειες μιας αστοχίας ενός αντικειμένου, τη λειτουργία ή την λειτουργικότητα ή την κατάσταση ενός αντικειμένου.

- Επίπεδα συμβατικότητας (*Indenture levels*)

Προσδιορίζει το επίπεδο του συστήματος και την πολυπλοκότητα του αντικειμένου. Η πολυπλοκότητα αυξάνεται καθώς τα επίπεδα είναι πιο κοντά στη μονάδα.

- Τοπική επίδραση (*Local effect*)

Το αποτέλεσμα της αστοχίας όπως εμφανίζεται στο αντικείμενο μέσω ανάλυσης.

- Επίδραση στο επόμενο υψηλότερο επίπεδο (*Next higher level effect*)
Το αποτέλεσμα της αστοχίας, όπως ισχύει στο επόμενο υψηλότερο επίπεδο συμβατικότητας.
- Τελική επίδραση (*End effect*)

Το αποτέλεσμα της αστοχίας, στο υψηλότερο επίπεδο ή στο συνολικό σύστημα.

- Πρωταρχική αιτία (*Root effect*)
Η αρχική πηγή του τρόπου αστοχίας. Μπορεί να είναι οι ατέλειες στο σχεδιασμό, τη διαδικασία, την ποιότητα ή την συναρμολόγηση.
- Ανίχνευση (*Detection*)

Τα μέσα ανίχνευσης ώστε να ανακαλυφθεί έγκαιρα η αστοχία από τον συντηρητή, φορέα ή το ενσωματωμένο σύστημα ανίχνευσης, πρώτου να φτάσει στον πελάτη.

- Περιστατικό (*occurrence*)
Είναι ένας αριθμός κατάταξης που σχετίζεται με την πιθανότητα ότι η λειτουργία αποτυχίας και η σχετική αιτία θα υπάρχει στο αντικείμενο που αναλύθηκε.
- Πιθανότητα (*Probability*)

Η πιθανότητα μιας αστοχίας που θα συμβεί.

- Αριθμός προτεραιότητας κινδύνου (Risk Priority Number (RPN))
Σημαντικότητα * Πιθανότητα * Ανίχνευση
- Αυστηρότητα (*Severity*)

Οι συνέπειες μια κατάστασης αστοχίας. Η αυστηρότητα θεωρείται η χειρότερη πιθανή συνέπεια μιας αστοχίας, που καθορίζεται από το βαθμό της βλάβης, υλικές ζημιές, βλάβη του συστήματος ή και ο χρόνος που χάνεται για να επισκευάσει τη βλάβη.

- Παρατηρήσεις / μειώσεις / δραστηριότητες (*Remarks / mitigation / actions*)

Πρόσθετες πληροφορίες, συμπεριλαμβανομένης της προτεινόμενης ή τις ενέργειες που χρησιμοποιούνται για να μειώσουν τον κίνδυνο ή να αιτιολογήσουν ένα επίπεδο κινδύνου ή σενάριο.

5.6.3 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

Όπως κάθε άλλο εργαλείο στο FMEA έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της.

Μειονεκτήματα

- Η FMEA αρχικά δημιουργήθηκε για τους κινδύνους που σχετίζονται με το σχεδιασμό, αλλά τώρα έχει διαφορετικές εκδοχές για τη διαδικασία των κινδύνων και τους κινδύνους του συστήματος να ξεπεράσουν την αρχικούς τους περιορισμούς της. Αυτές οι εκδόσεις δεν έχουν σύνδεση μεταξύ τους, που επιτρέπει την παράβλεψη μερικών τρόπων αστοχιών.
- Η FMEA δεν είναι ένα all-inclusive εργαλείο και χάνει ορισμένους κινδύνους. Για παράδειγμα, στο πλαίσιο της υγειονομικής περίθαλψης, η FMEA και άλλες μέθοδοι αξιολόγησης των κινδύνων, έχουν αναδρομικές προσεγγίσεις, έχουν βρεθεί να έχουν περιορισμένη ισχύ όταν χρησιμοποιούνται μεμονωμένα. Προκλήσεις γύρω από το πεδίο εφαρμογής και οργανωτικά όρια φαίνεται να είναι ένας σημαντικός παράγοντας σε αυτή την έλλειψη ισχύος.
- Η FMEA συχνά επαναλαμβάνει πληροφορίες
- Η FMEA είναι τόσο καλή όσο η ομάδα του, αφού απαιτεί το brain storming και την τακτική ενημέρωση. Ανθρώπινα λάθη θα πρέπει να εξετάζονται. Τα μέλη μιας ομάδας ξοδεύουν σημαντικό χρόνο συζητώντας για τις βαθμολογίες τις συλλογές / εισαγωγή των στοιχείων
- Η FMEA χρησιμοποιείται καλύτερα ως εργαλείο για την <<από πάνω προς τα κάτω>> ανάλυση, η FMEA μπορεί να εντοπίσει σημαντικούς τρόπους αστοχίας σε ένα σύστημα.

Η δένδροειδής ανάλυση ελαττωμάτων (FTA) είναι καταλληλότερη για αυτή την ανάλυση. Όταν χρησιμοποιείται ως εργαλείο στην <<από πάνω προς τα κάτω>> ανάλυση η FMEA σε συνδυασμό με την FTA μπορεί να αυξήσει ή να συμπληρώσει και να εντοπίσει πολλές περισσότερες αιτίες και τρόπους αστοχίας με αποτέλεσμα την εύρεση των σημαντικότερων συμπτωμάτων. Δεν είναι σε θέση να ανακαλύψει τρόπους αστοχίας με πολλαπλές αστοχίες μέσα σε ένα υποσύστημα, ή να αναφέρει σε αναμενόμενα διαστήματα αστοχίας συγκεκριμένων μορφών αστοχίας μέχρι το υποσύστημα ή το σύστημα να φτάσει σε ανώτερο επίπεδο.

Πλεονεκτήματα

- Βελτιώνει την ποιότητα, την αξιοπιστία και την ασφάλεια ενός προϊόντος / διαδικασίας
- Βελτιώνει την εικόνα της εταιρείας και την ανταγωνιστικότητα
- Αυξάνει την ικανοποίηση των πελατών
- Μειώνει το χρόνο ανάπτυξης του συστήματος και το κόστος
- Μείωση του κόστους για εγγυήσεις
- Συλλογή πληροφοριών για τη μείωση των μελλοντικών αποτυχιών. Αποθηκεύει τη γνώση εφαρμοσμένης μηχανικής.
- Έγκαιρος προσδιορισμός και εξάλειψη πιθανών τρόπων αστοχίας προϊόντος/διαδικασίας
- Δίνεται έμφαση στην πρόληψη του προβλήματος

- ελαχιστοποίηση των αργών αλλαγών και του σχετικού κόστους
- έχει καταλυτικό ρόλο για την ομαδική εργασία και την ιδέα της ανταλλαγής μεταξύ των λειτουργιών
- Να μειώσει την πιθανότητα της ίδιας αποτυχίας στο μέλλον
- Μειώνει τις επιπτώσεις στο περιθώριο κέρδους της εταιρείας
- Βελτιώστε την απόδοση παραγωγής
- Μεγιστοποιεί το κέρδος

5.6.4 Φύλλου εργασίας

Μια FMEA είναι συχνά το πρώτο βήμα μιας μελέτης αξιοπιστίας του συστήματος. Περιλαμβάνει σημαντικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού της διαδικασίας ώστε να εντοπίσει ειδικούς ελέγχους για να ανιχνεύσουν τρόπους αστοχίας καθώς και τις αιτίες και τις επιπτώσεις. Για κάθε μορφή αστοχίας και τα αποτελέσματα των επιπτώσεων, στο υπόλοιπο του συστήματος καταγράφονται σε ένα συγκεκριμένο φύλλο εργασίας FMEA(εικόνα 11.2). Υπάρχουν πολλές παραλλαγές αυτών των φύλλων εργασίας. Μια FMEA μπορεί να είναι μια ποιοτική ανάλυση, αλλά μπορεί να τεθεί σε ποσοτική βάση, όταν τα μαθηματικά μοντέλα έχουν ποσοστό αποτυχίας σε συνδυασμό με μια βάση δεδομένων αναλογίας στατιστικής τρόπου αποτυχίας.

Είδος	Λειτουργία	Πιθανός τρόπος αποτυχίας	Πιθανές επιπτώσεις αποτυχίας	Αυστηρότητα	Πιθανές αιτίες αποτυχίας	Περιστατικό	Τρέχων σχέδιο έλεγχου (Πρόληψη)	Τρέχων σχέδιο έλεγχου (ανίχνευση)	Ανίχνευση	RPN	Συνιστώμενες ενέργειες	Υπεύθυνο άτομο	Συνολικές ενέργειες	Αναθεωρημένη κατάσταση				
														Ημερομηνία ολοκλήρωσης στόχου	Αποτελεσματική ημερομηνία Ολοκλήρωσης	Αυστηρότητα	Περιστατικό	Ανίχνευση

Εικόνα 11.1 φύλλο εργασίας FMEA Πηγή: Material for this presentation is based on the book *Effective FMEAs*, by Carl S. Carlson, published by John Wiley & Sons, © 2012

Βασικοί τύποι μεθόδου:

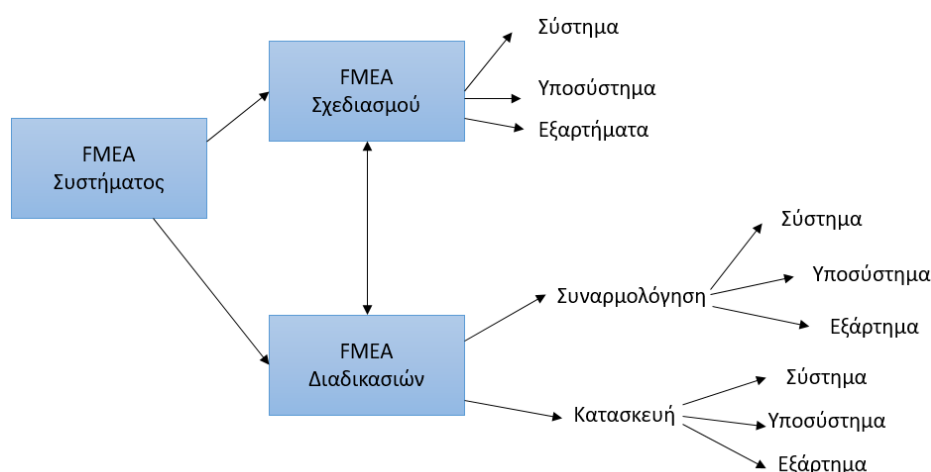
- System FMEA (*FMEA Συστήματος*)
- Design FMEA (*FMEA Σχεδίου*)
- Process FMEA (*FMEA Διαδικασίας*)
- Service FMEA (*FMEA Υπηρεσίας*)

FMEA Συστήματος: πιθανοί τρόποι αστοχίας μεταξύ των λειτουργιών του συστήματος που προκαλούνται από τις ελλείψεις του συστήματος

FMEA Σχεδίου: τρόποι αστοχίας που προκλήθηκαν από τις ελλείψεις του συστήματος.

FMEA Διαδικασίας: τρόποι αστοχίας που προκλήθηκαν από το σχεδιασμό της διαδικασίας.

FMEA Υπηρεσίας: τρόποι αστοχίας που προκλήθηκαν από το σύστημα του σχεδιασμού παραγωγής.



Σχήμα 11.2 Τύποι FMEA Πηγή: <http://www.fmea-fmecca.com>

Μερικές φορές η FMEA επεκτείνεται σε FMECA (λειτουργία αποτυχία, εφέ, και την ανάλυση κρισιμότητας) για να δείξει ότι η ανάλυση κρισιμότητας είναι συχνή. Η FMEA είναι ένας επαγωγικός συλλογισμός, ένα ενιαίο σημείο ανάλυσης αστοχίας και αποτελεί βασικό καθήκον για την αξιοπιστία, ασφάλειας και της ποιότητας της μηχανικής. Μια επιτυχημένη δραστηριότητα FMEA βοηθά στον εντοπισμό των πιθανών τρόπων αστοχίας με βάση την εμπειρία με παρόμοια προϊόντα και διαδικασίες, ή με βάση την κοινή φυσική της λογικής αποτυχίας.

Χρησιμοποιείται ευρέως στις βιομηχανίες ανάπτυξης και παραγωγής σε διάφορες φάσεις του κύκλου ζωής του προϊόντος. Η ανάλυση επιπτώσεων αναφέρεται στη μελέτη των συνεπειών αυτών των αποτυχιών σε διαφορετικά επίπεδα του συστήματος. Οι λειτουργικές αναλύσεις που απαιτούνται ως είσοδος για να καθορίσει τους σωστούς τρόπους αστοχίας, σε όλα τα επίπεδα του συστήματος, για τη λειτουργική FMEA.

Μια FMEA χρησιμοποιείται για να τη μείωση του κινδύνου με βάση είτε την αποτυχία (mode) ή τη μείωση της πιθανότητας αποτυχίας ή και τα δύο. Το FMEA είναι κατ' αρχήν μια πλήρη ανάλυση επαγωγική (forwadlogic), ωστόσο η πιθανότητα αποτυχίας μπορεί να εκτιμηθεί ή να μειωθεί με την κατανόηση του μηχανισμού αστοχίας. Στην ιδανική περίπτωση αυτή η πιθανότητα θα πρέπει να μειωθεί σε "αδύνατο να συμβεί", εξαλείφοντας την (root). Είναι, επομένως, σημαντικό να συμπεριληφθούν στο FMEA κατάλληλο βάθος πληροφοριών σχετικά με τα αίτια της αποτυχίας (deductive analysis).

5.7 FTA (FAULT TREE ANALYSIS)

5.7.1 Εισαγωγή

Η δένδροειδής ανάλυση αστοχιών (Fault trees ή FT) είναι μια τεχνική ανάλυση ανεπιθύμητων συμβάντων τα οποία χρησιμοποιούνται τόσο κατά την πρόβλεψη επικίνδυνων γεγονότων όσο και για την διερεύνηση ατυχημάτων. Τα δέντρα αστοχιών χρησιμοποιούν <<συναγωγική λογική>>, δείχνοντας τις αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ διάφορων γεγονότων. Αναπαριστά μια λογική αλληλουχία γεγονότων (βασικών γεγονότων) τα οποία είναι αναγκαία για να προκαλέσουν ένα επικίνδυνο γεγονός (κορυφαίο γεγονός). Η δένδροειδής ανάλυση αστοχιών (Fault Tree Analysis FTA) έχει χρησιμοποιηθεί σε μελέτες επικινδυνότητας του τεχνικού εξοπλισμού στην πυρηνική βιομηχανία (Vesely 1981), στη χημική βιομηχανία (CCPS 2000) και στην αεροδιαστημική (Stamatelatos 2002).

5.7.2 Ανάλυση FTA

Η FTA πραγματοποιείται:

- Για τον διεξοδικά προσδιορισμό της αίτιας της αποτυχίας
- Για τον εντοπισμό αδυναμιών στο σύστημα
- Για να εκτιμηθεί το προτεινόμενο σχέδιο για την αξιοπιστία του και την ασφάλεια
- Για να εντοπίζονται οι επιπτώσεις των ανθρώπινων λαθών
- Να δοθεί προτεραιότητα συνεισφορών στην αποτυχία
- Για τον εντοπισμό αποτελεσματικών αναβαθμίσεων σε ένα σύστημα
- Για να πολιτικοποιηθεί η πιθανότητα αποτυχίας και συνεισφορών
- Για τη βελτιστοποίηση δοκιμών και συντηρήσεων

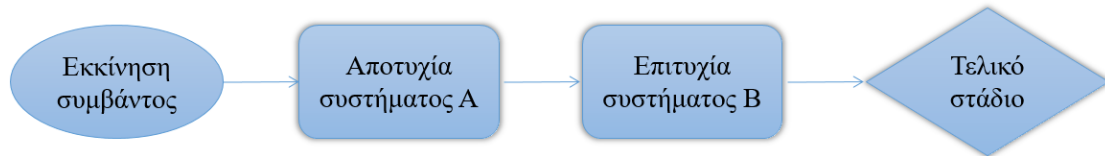
Ο ρόλος της FTA με την ανάλυση ασφαλείας του συστήματος είναι:

- Η FTA χρησιμοποιείται για να επιλύσει τα αίτια της αποτυχίας του συστήματος
- Η FTA χρησιμοποιείται για την ποσοτικοποίηση πιθανότητας βλάβης του συστήματος
- Η FTA χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση των δυνητικών αναβαθμίσεων σε ένα σύστημα
- Η FTA χρησιμοποιείται για τη βελτιστοποίηση των πόρων στο σύστημα διασφάλισης
- ασφάλειας
- Η FTA χρησιμοποιείται για να επιλύσει τα αίτια του περιστατικού
- Η FTA χρησιμοποιείται για να μοντελοποιήσει αστοχίες του συστήματος σε κίνδυνο αξιολόγησης.

Ο ρόλος της FTA στην PRA:

- Η πιθανότητα αξιολόγησης κινδύνου (PRA) μοντέλου γεγονότος

- Ένα σενάριο γεγονότος αποτελείται από την έναρξη του γεγονότος και μετέπειτα στις αστοχίες του συστήματος
- Η FTA γίνεται για να διαμορφώσει τα αίτια της αποτυχίας του συστήματος
- Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα σχετικά με την πιθανότητα των αιτιών, προσδιορίζεται η πιθανότητα βλάβης του συστήματος
- Η πιθανότητα του σεναρίου ατυχήματος προσδιορίζεται εκ τούτου



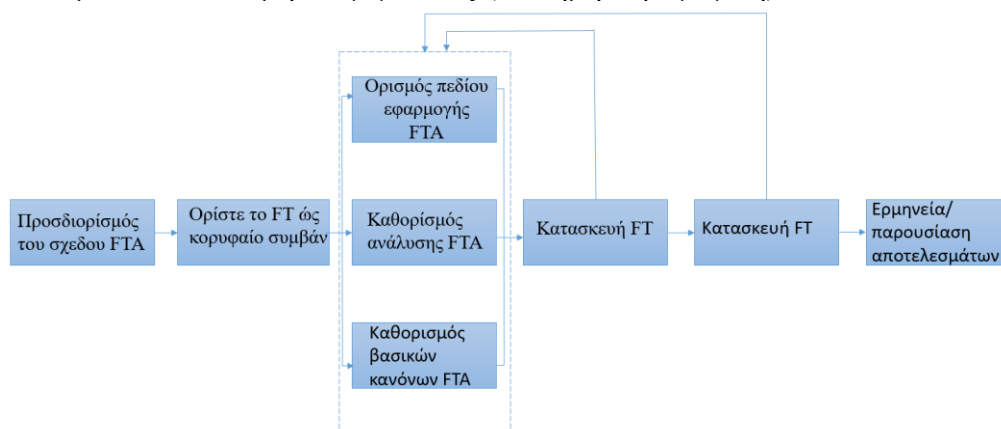
Σχήμα 12.1 Πηγή: “Fault Tree Handbook with Aerospace Applications”, NASA: Office of Safety and Mission Assurance; August, 2002.

5.7.3 Η διαδικασία μεθόδου

- Η FTA είναι μια διαδικασία που ψάχνει την παλαιότερη αιτία
- Το τελικό αποτέλεσμα είναι το σημείο εκκίνησης της ανάλυσης
- Το τελικό αποτέλεσμα στη συνέχεια θα αναχθεί ένα βήμα κάθε φορά με την άμεση αιτία της
- Οι σχέσεις των αιτιών, ή γεγονότα, παρουσιάζονται με λογικά σύμβολα
- Αυτή η προς τα πίσω διαδικασία ανίχνευσης συνεχίζεται έως ότου οι βασικές αιτίες να εντοπιστούν
- Η FTA συστηματοποιεί και κωδικοποιεί τη διαδικασία

Σύγκριση της FTA με άλλες προσεγγίσεις

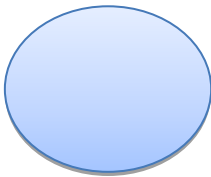
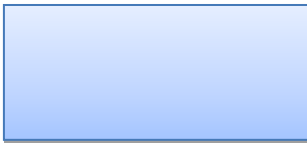
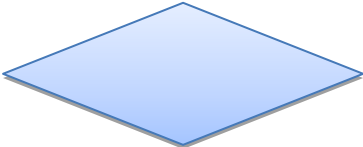
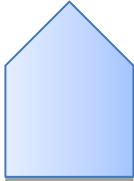
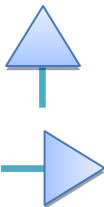
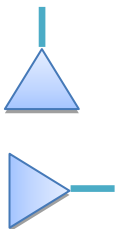
- Η FTA δεν είναι FMEA η οποία αξιολογεί διαφορετικά αποτελέσματα μιας βασικής αιτίας (επαγωγική)
- Η FTA δεν είναι ETA η οποία αξιολογεί τις συνέπειες της δεδομένης έναρξης γεγονότων (επαγωγική)
- Η FTA είναι μια τυπική προσέγγιση για την επίλυση της βασικής αιτίας ενός δεδομένου ανεπιθύμητου γεγονότος (επίσημη παραγωγική).



Σχήμα 12.2 Πηγή: “Fault Tree Handbook with Aerospace Applications”, NASA: Office of Safety and Mission Assurance; August, 2002

5.7.4 Ανάλυση δέντρου

Χρήσιμοι ορισμοί για την κατανόηση της ανάλυσης του δέντρου:

	<p><i>Βασικό γεγονός: ένα σφάλμα ή μια αποτυχία του εξοπλισμού που δεν απαιτεί επιπλέον περιγραφή.</i></p>
	<p><i>Ενδιάμεσο γεγονός: αναπαριστά ένα λανθασμένο γεγονός που προκύπτει από τις αλληλεπιδράσεις άλλων γεγονότων .</i></p>
	<p><i>Μη ανεπτυγμένο γεγονός: δεν εξετάζεται περαιτέρω επειδή δεν υπάρχει διαθέσιμη πληροφορία.</i></p>
	<p><i>Εξωτερικό γεγονός: αναπαριστά μια συνθήκη ή ένα γεγονός που υποτίθεται ότι υπάρχει ως μια οριακή συνθήκη για το δέντρο αστοχιών.</i></p>
<p>OUT</p>  <p>IN</p> 	<p>Σύμβολα μεταφοράς που υποδηλώνουν ότι το δέντρο αστοχιών αναπτύσσεται περαιτέρω σε άλλη σελίδα.</p>

Πίνακας 12.1 Πηγή: Εργονομικές προσεγγίσεις στην διοίκηση και διαχείριση της ασφάλειας. Θωμάς Κοντογιάννης (καθηγητής πολυτεχνείου Κρήτης) Εκδόσεις Τζιόλα

- Γεγονός (*event*): είναι ένα συμβάν το οποίο δεν είναι απαραίτητο ότι οδηγεί σε αστοχία μπορεί να είναι μία κατάσταση η οποία αντιστοιχεί σε κανονική λειτουργία του υπάρχοντος συστήματος.
- Βασικό γεγονός (*basic event*): βρίσκονται στο κάτω μέρος του δέντρου αστοχιών. Είναι γεγονότα που συμβαίνουν σε χαμηλότερο επίπεδο ανάλυσης ή γεγονότα που έχουμε αριθμητικά δεδομένα οπότε δεν χρειάζεται να συνεχίσουμε την ανάλυση.
- Πρωτογενές γεγονός (*primary event*): βρίσκονται στο κάτω μέρος του δέντρου αστοχίας και δημιουργείται από κάποιο ενδογενές στοιχείο στα μέρη του συστήματος.

- Δευτερογενές γεγονός (*secondary event*): τα γεγονότα που προκαλούνται από εξωτερικούς παράγοντες.
- Κορυφαίο γεγονός (*top event*): είναι ένα ανεπιθύμητο γεγονός στο οποίο πρέπει να αναλυθεί όπως και να διερευνηθούν οι αρχικές αιτίες ή τα γεγονότα που οδηγούν σ' αυτό.

Τα οφέλη από την κατασκευή ενός δέντρου ανάλυσης αστοχίας (FTA) είναι:

- Το δέντρο αστοχίας δείχνει όλες τις διαφορετικές σχέσεις που είναι απαραίτητες για να οδηγήσουν στο κορυφαίο γεγονός
- Κατά την κατασκευή του δέντρου σφάλματος αστοχίας κατανοούνται εις βάθος τα αίτια που οδήγησαν στο κορυφαίο γεγονός.
- Το δέντρο αστοχίας είναι μια καταγραφή της συστηματικής ανάλυση της λογικής και τις βασικές αιτίες που οδηγούν στο κορυφαίο γεγονός
- Το δέντρο αστοχίας παρέχει ένα πλαίσιο για την ενδελεχή ποιοτική και ποσοτική αξιολόγηση του κορυφαίου γεγονότος.

Τα Στοιχεία δέντρου ανάλυσης αστοχίας (FTA) είναι:

- Η FTA είναι μια επαγωγική προσέγγιση ανάλυσης για την επίλυση ενός ανεπιθύμητου γεγονότος μιας αιτίας
- Η FTA είναι μια ανάλυση που ψάχνει την παλαιότερη αιτία που προκλήθηκε το γεγονός.
- Στη διαδικασία χρησιμοποιείται ειδική κλιμακωτή λογική
- Ειδικά λογικά σύμβολα χρησιμοποιούνται για να απεικονίσουν τις σχέσεις των γεγονότων
- Ένα λογικό διάγραμμα κατασκευάζεται δείχνοντας τις σχέσεις των γεγονότων.

5.7.5 Βήματα ανάπτυξης δέντρου

Τα τέσσερα απαραίτητα βήματα για την ανάπτυξη ενός δέντρου αστοχίας (FTA)

1. Ορισμός του προβλήματος

Ο ορισμός του προβλήματος αποτελείται από τον καθορισμό του κορυφαίου γεγονότος και τις οριακές συνθήκες ανάλυσης.

Για να μη προκύψουν λάθη στις αναλύσεις το βασικό γεγονός πρέπει να καθοριστεί επακριβώς καθώς αποτελεί ένα σημαντικό αντικείμενο μελέτης

Τα τρία στοιχεία για την περιγραφή του κορυφαίου γεγονότος

- Τύπος ατυχήματος
- Τοποθεσία εγκατάστασης
- Συνθήκη εργασίας

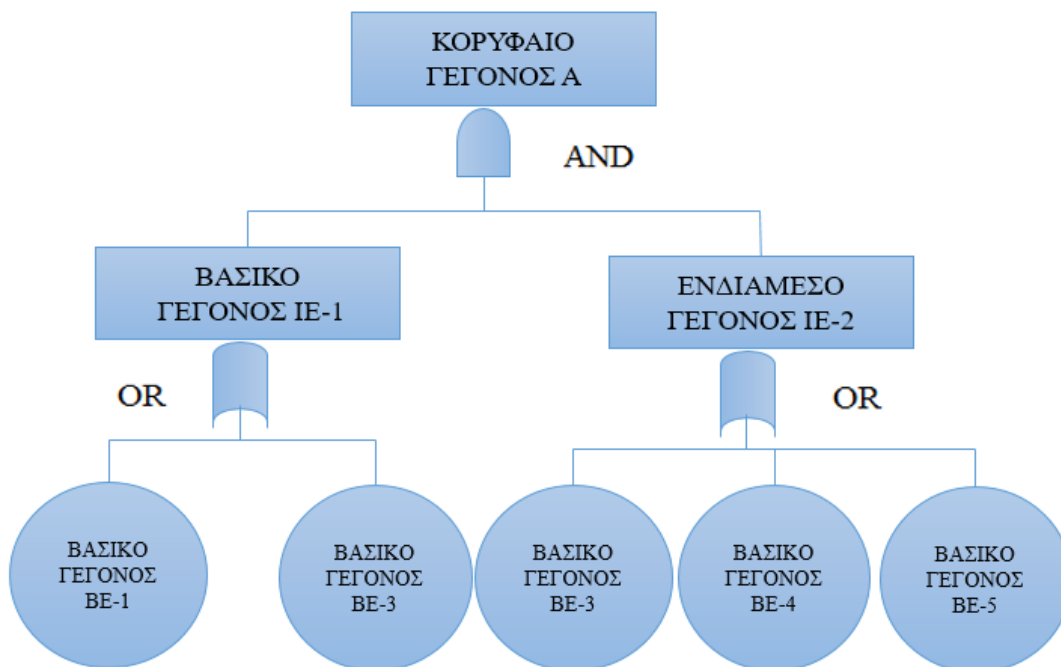
Για να ορισθούν τα γεγονότα που θα συνθέσουν το δέντρο αστοχιών απαραίτητες είναι οι οριακές συνθήκες. Μια οριακή συνθήκη ανάλυσης είναι η περιγραφή των φυσικών ορίων (εξοπλισμός όπως χειριστήρια και όργανα ενδείξεων, συστήματα υποστήριξης εξοπλισμού). Για να ορισθούν τα φυσικά όρια του συστήματος πρέπει να αναπτυχθεί ένα περίγραμμα σε κατάλληλα διαγράμματα/

σχέδια του συστήματος. Ακόμη μαζί με τα φυσικά όρια του συστήματος οφείλεται να καθοριστεί και το επίπεδο ανάλυσης.

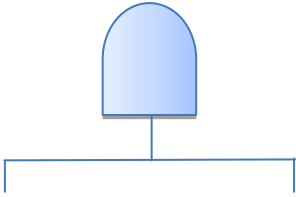
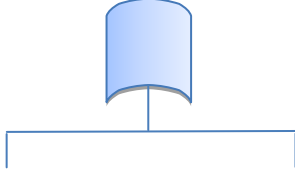


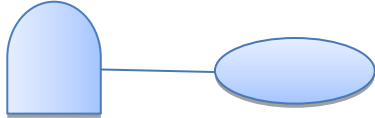

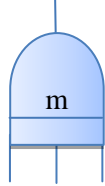
Για την κατασκευή του δέντρου αστοχιών ο μελετητής ξεκινά με ένα κορυφαίο γεγονός (σχήμα 12.2). Στη συνέχεια καθορίζει τις αιτίες όπου είναι τα ενδιάμεσα γεγονότα που χρειάζονται περισσότερο ανάλυση. Ο μελετητής συνεχίζει φτάνοντας όλες τις αιτίες σε βασικά γεγονότα.

Αν οι άμεσες αιτίες οδηγούν στο κορυφαίο γεγονός τότε οι αιτίες συνδέονται με **OR** ενώ αν όλες οι άμεσες αιτίες είναι απαραίτητες για να συμβεί το κορυφαίο γεγονός τότε συνδέονται με πύλη **AND**.

2. Κατασκευή δέντρου αστοχιών



Σχήμα 12.3 παράδειγμα ενός βασικού διαγράμματος δέντρου αστοχίας Πηγή: Εργονομικές προσεγγίσεις στην διοίκηση και διαχείριση της ασφάλειας. Θωμάς Κοντογιαννης (καθηγητής πολυτεχνίου κρήτης) Εκδόσεις Τζιόλα

	<p>Πύλη AND: υποδηλώνει ότι η έξοδος συμβαίνει όταν συμβαίνουν όλες οι εισοδοί.</p>
	<p>Πύλη OR: υποδηλώνει ότι η έξοδος συμβαίνει όταν συμβαίνει οποιαδήποτε από τις εισόδους.</p>
	<p>Πύλη INHIBIT: υποδηλώνει ότι επιπλέον γεγονότα και αιτίες που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε παραπλήσια ατυχήματα</p>
	<p>Αποκλειστική πύλη (XOR): υποδηλώνει πως η έξοδος συμβαίνει όταν μια ,αλλά όχι και οι δύο , από τις εισόδους συμβαίνει.</p>
	<p>Πύλη προτεραιότητας AND: υποδηλώνει ότι η έξοδος συμβαίνει όταν όλες οι εισοδοί συμβαίνουν από τα αριστερά προς τα δεξιά</p>
	<p>Πύλη απαγόρευσης υποδηλώνει ότι η έξοδος συμβαίνει όταν η συνθήκη απαγόρευσης ικανοποιείται</p>
	<p>Πύλη m από n υποδηλώνει πως η έξοδος συμβαίνει εάν m από n εισόδους συμβαίνουν</p>

Πίνακας 12.2 παράδειγμα ενός βασικού διαγράμματος δέντρου αστοχίας Πηγή: *Εργονομικές προσεγγίσεις στην διοίκηση και διαχείριση της ασφάλειας*. Θωμάς Κοντογιάννης (καθηγητής πολυτεχνείου Κρήτης) Εκδόσεις Τζιόλα

3. Επίλυση δέντρου αστοχιών

Με την εύρεση του συνόλου των συνδυασμών των βασικών γεγονότων (<<τομές>>) που εισφέρουν στην ανάπτυξη του κορυφαίου ανεπιθύμητου γεγονότος, βασίζεται η επίλυση δέντρων αστοχίας.

Οι <<τομές>>(cut set) μπορούν να μειωθούν σε υποσύνολα που απαρτίζονται από ένα ελάχιστο αριθμό γεγονότων που είναι απαραίτητα για να συμβεί το κορυφαίο γεγονός(<<ελάχιστες τομές >>, minimal cut sets). Επομένως το αρχικό δέντρο αστοχιών μετασχηματίζεται μαθηματικά σε ένα ισοδύναμο , αλλά απλούστερο.

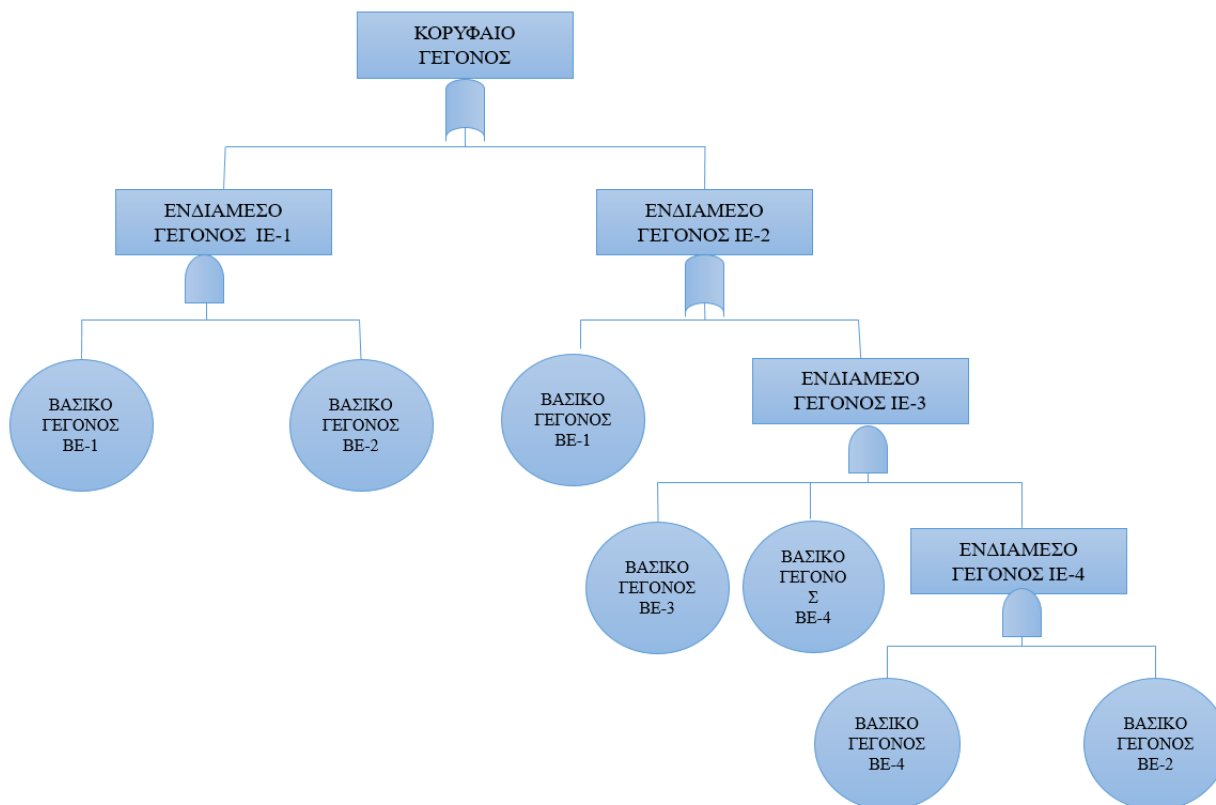
Η εύρεση των <<ελάχιστων τομών>> προσδιορίζεται με τις αλγεβρικές εξισώσεις Boolean . Η εξίσωση Boolean χρησιμοποιείται για την μείωση των εξισώσεων που αποτελούνται από μεταβλητές που μπορούν να πάρουν δύο τιμές.

Επιλεγμένοι κανόνες της άλγεβρας Boolean

ΚΑΝΟΝΑΣ	ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΜΟΡΦΗ
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΑΣ	$A \circ B = B \circ A$ $A + B = B + A$
ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΑΣ	$A \circ (B \circ C) = (A \circ B) \circ C$ $A + (B + C) = (A + B) + C$
ΔΙΑΝΕΜΗΤΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΑΣ	$A \circ (B + C) = A \circ B + A \circ C$ $A + (B \circ C) = A + B \circ A + C$
ΜΟΝΑΔΙΑΙΟΣ ΚΑΝΟΝΑΣ	$A \circ A = A$ $A + A = A$
ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΑΣ	$A \circ (\circ A + B) = A$ $A + A \circ B = A$

Πίνακας 12.3 Επιλεγμένοι κανόνες της άλγεβρας Boolean Πηγή: *Εργονομικές προσεγγίσεις στην διοίκηση και διαχείριση της ασφάλειας. Θωμάς Κοντογιαννης (καθηγητής πολυτεχνίου κρήτης) Εκδόσεις Τζιόλα*

Το σύμβολο (+) δηλώνει την λογική πύλη OR, ενώ το (°) δηλώνει την λογική πύλη AND. Η μέθοδος <<ελαχίστων τομών>> εφαρμόζεται στο δέντρο αστοχιών όπως φαίνεται στον πίνακα 12.3

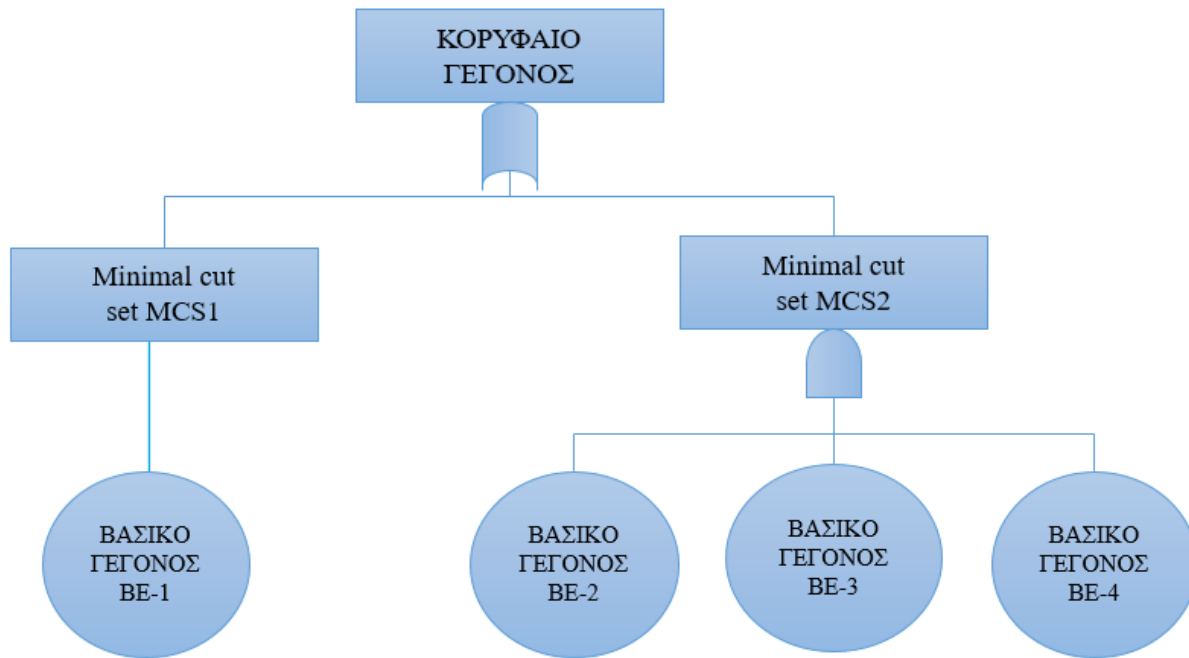


Σχήμα 12.4 ενδεικτικό δέντρο αστοχιών προς επίλυση Πηγή: Εργονομικές προσεγγίσεις στην διοίκηση και διαχείριση της ασφάλειας. Θωμάς Κοντογιάννης (καθηγητής πολυτεχνείου Κρήτης) Εκδόσεις Τζιόλα

ΒΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΙΩΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΛΓΕΒΡΑΣ BOOLEAN

ΒΗΜΑΤΑ	BOOLEAN ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ
1	$T = IE1 + IE2$
2	$T = (BE1 \circ BE2) + (BE1 + IE3)$
3	$T = BE1 \circ BE2 + BE1 + (BE3 \circ BE4 \circ IE4)$
4	$T = BE1 \circ BE2 + BE1 + (BE3 \circ BE4 \circ BE4 \circ BE2)$
5	$T = BE1 + BE1 \circ BE2 + BE3 \circ BE4 \circ BE2$
6	$T = BE1 + BE3 \circ BE4 \circ BE2$
7	$T = BE1 + BE2 \circ BE3 \circ BE4$

Πίνακας 12.4 Πηγή: Εργονομικές προσεγγίσεις στην διοίκηση και διαχείριση της ασφάλειας. Θωμάς Κοντογιάννης (καθηγητής πολυτεχνείου Κρήτης) Εκδόσεις Τζιόλα



Σχήμα 12.5 ενδεικτικό δέντρο αστοχιών μετά επίλυση Πηγή: Εργονομικές προσεγγίσεις στην διοίκηση και διαχείριση της ασφάλειας. Θωμάς Κοντογιαννης (καθηγητης πολυτεχνίου κρήτης) Εκδόσεις Τζιόλα

4. Ποσοτική ανάλυση δέντρου αστοχιών

Η ποσοτική ανάλυση του δέντρου αστοχιών είναι η μετατροπή της λογικής δομής του σε μια ισοδύναμη θεωρητική δομή. Δηλαδή ο υπολογισμός της πιθανότητας να συμβεί το κορυφαίο γεγονός εξαρτάται από τις πιθανότητες πραγματοποίησης βασικών γεγονότων. Η πιθανότητα του κορυφαίου γεγονότος μπορεί να υπολογιστεί από τα βασικά γεγονότα με δύο τρόπους.

Ο πρώτος τρόπος υπολογισμού είναι εύρεση των ελαχίστων τομών (minimal cut sets). Η παρακάτω σχέση περιγράφει τα n στοιχεία κάποιων ελάχιστων τομών ώστε να συμβεί το κύριο γεγονός.

$$P = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - K(x_i)) \text{ και } K(x) = \prod_{i=1}^n x_i$$

Όπου:

P : η πιθανότητα κύριου γεγονότος

x : η πιθανότητα να συμβεί ένα στοιχείο του minimal cut set

K : η πιθανότητα να συμβεί το minimal cut set

Ο δεύτερος τρόπος υπολογισμού βασίζεται στο δέντρο που προκύπτει από την εύρεση ελάχιστων τομών, όπου ανεβαίνουμε επίπεδα στο δέντρο αστοχιών μέχρι να

φτάσουμε στο κορυφαίο γεγονός ξεκινώντας από τις πιθανότητες των βασικών γεγονότων και με βάση την θεωρία πιθανοτήτων. Οι πιθανότητες βασίζονται στις ιδιότητες των πυλών.

- Σε μια πύλη AND η πιθανότητα θα είναι :

$$P_{AND} = \prod_{i=1}^n x_i$$

- Σε μια πύλη OR η πιθανότητα θα είναι :

$$P_{AND} = \prod_{i=1}^n x_i (1 - q_i)$$

Επίσης οι πιθανότητες των πυλών AND και OR μπορούν να υπολογιστούν και από τους κανόνες που δίδονται για τον συνδυασμό των πυλών Πίνακας 12.5 και 12.6

Πύλη AND
$P(A * B) = P(A) * P(B)$ σε μονάδες πιθανότητας
$F(A * B) = F(A) * F(B)$ σε μονάδες συχνότητας
Δεν επιτρέπεται : $F(A) * F(B)$ καθώς το αποτέλεσμα δεν είναι συχνότητα

Πίνακας 12.5 Κανόνες για τον συνδυασμό των πυλών AND Πηγή: Εργονομικές προσεγγίσεις στην διοίκηση και διαχείριση της ασφάλειας. Θωμάς Κοντογιάννης (καθηγητής πολυτεχνείου Κρήτης) Εκδόσεις Τζιόλα

Πύλη OR
$P(A + B) = P(A) + P(B) - P(A) * P(B)$ σε μονάδες πιθανότητας
$F(A + B) = F(A) + F(B)$ σε μονάδες συχνότητας
Δεν επιτρέπεται : $F(A) + F(B)$ καθώς το αποτέλεσμα είναι χωρίς νόημα
$P(A + B + C) = P(A) + P(B) + P(C) - P(A) * P(B) - P(A) * P(C) - P(B) * P(C) + P(A) * P(B) * P(C)$
$P = \sum (1st\ terms) - \sum (2st\ terms) + \sum (3st\ terms) - \sum (4st\ terms)$

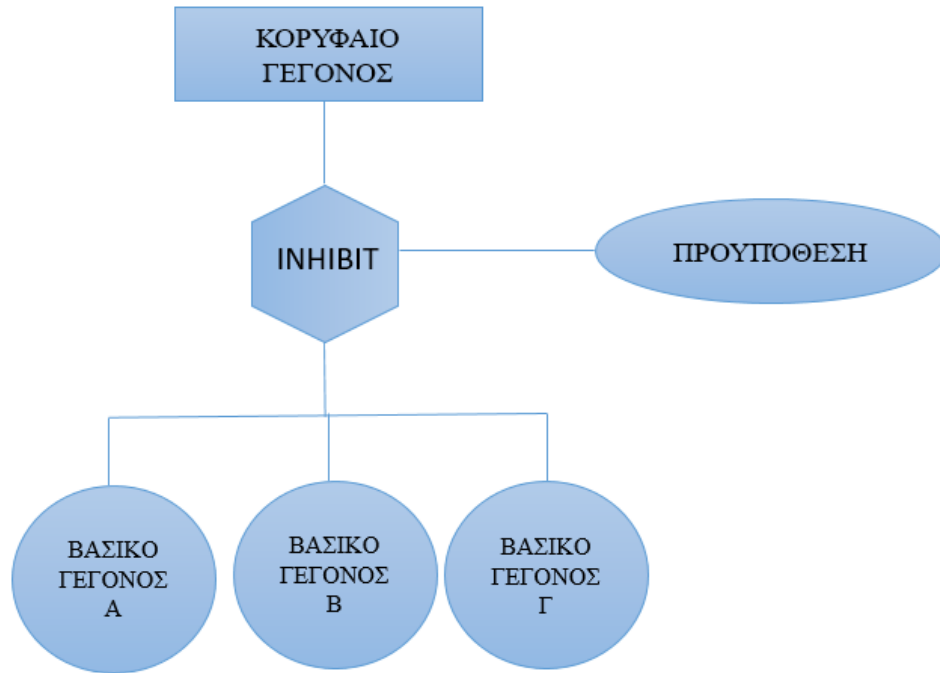
Πίνακας 12.6 Κανόνες για τον συνδυασμό των πυλών OR Πηγή: Εργονομικές προσεγγίσεις στην διοίκηση και διαχείριση της ασφάλειας. Θωμάς Κοντογιάννης (καθηγητής πολυτεχνείου Κρήτης) Εκδόσεις Τζιόλα

Οι πιθανότητες είναι αδιάστατες ενώ οι συχνότητες υπολογίζονται ως το γινόμενο της πιθανότητας ανά εφαρμογή και τον αριθμό των εφαρμογών ανά χρόνο ή οποιοδήποτε άλλο διάστημα.

5.7.6 Λογικές πύλες σύνδεσης INHIBIT

Εκτός από τις πύλες σύνδεσης AND , OR λογική πύλη σύνδεσης είναι και η INHIBIT. Προκειμένου η είσοδος της πύλης να προκαλέσει την έξοδο, οι πύλες INHIBIT

προσδιορίζουν τις συνθήκες που χρειάζονται. Λόγω <<ελλιπούς εκπαίδευσης>> η πύλη INHIBIT, υπενθυμίζει στον μελετητή ότι μπορεί να συμβεί ίδιο λάθος ξανά.



Σχήμα 12.6 INHIBIT ή ενδεικτικό δέντρο αστοχιών με πύλη INHIBIT Πηγή: Εργονομικές προσεγγίσεις στην διοίκηση και διαχείριση της ασφάλειας. Θωμάς Κοντογιάννης (καθηγητής πολυτεχνείου Κρήτης) Εκδόσεις Τζιόλα

5.8. ΜΕΘΟΔΟΣ ETA

5.8.1 Εισαγωγή

Η ETA είναι μια τεχνική ανάλυση για τον εντοπισμό και την αξιολόγηση της αλληλουχίας των γεγονότων σε ένα πιθανό ατύχημα μετά την εμφάνιση στην αρχή ενός γεγονότος. Η ETA χρησιμοποιεί μία οπτική δομή λογικής δέντρου γνωστό δενδροειδής ανάλυση συμβάντος (ET). Ο στόχος της ETA είναι να καθορίσει αν η έναρξη ενός συμβάντος θα αναπτύξει ένα σοβαρό ατύχημα ή αν το συμβάν ελέγχεται επαρκώς από τα συστήματα ασφαλείας και τις διαδικασίες που εφαρμόζονται στο σχεδιασμό του συστήματος. Μια ETA μπορεί να οδηγήσει σε πολλά διαφορετικά αποτελέσματα από ένα μόνο αρχικό συμβάν, και παρέχει τη δυνατότητα για να ληφθεί μια πιθανότητα για κάθε αποτέλεσμα.

Η τεχνική ETA υπάγεται σ' ένα είδος ανάλυσης κινδύνου σχεδιασμού του συστήματος (SD-HAT) και θα πρέπει να χρησιμοποιείται ως συμπλήρωμα της ανάλυσης SD-HAT. για την περιγραφή των τύπων ανάλυσης.

Η ETA είναι ένα πολύ ισχυρό εργαλείο για τον εντοπισμό και την αξιολόγηση όλων των διαδρομών του συστήματος που συμβαίνουν μετά την έναρξη ενός γεγονότος . Το μοντέλο ETA θα δείξει την πιθανότητα του συστήματος σχεδιασμού με αποτέλεσμα ένα ασφαλές μονοπάτι λειτουργίας, μια υποβαθμισμένη πορεία λειτουργίας και ανασφαλής μονοπάτι λειτουργίας.

Ο σκοπός της ETA είναι να αξιολογήσει όλα τα πιθανά αποτελέσματα που μπορεί να προκύψουν από ένα αρχικό συμβάν. Σε γενικές γραμμές, υπάρχουν πολλές διαφορετικές εκβάσεις δυνατόν από την έναρξη του γεγονότος, ανάλογα με το αν τα ασφαλή συστήματα σχεδιασμού λειτουργούν σωστά ή δυσλειτουργούν. Η ETA παρέχει μια πιθανολογική εκτίμηση κινδύνου (PRA), του κινδύνου που συνδέεται με κάθε πιθανή έκβαση.

Η τεχνική ETA μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μοντελοποίηση ενός ολόκληρου συστήματος, με κάλυψη ανάλυσης που δίνεται σε ένα υποσύστημα, συνδεσμολογίες, τα συστατικά, το λογισμικό, τις διαδικασίες, το περιβάλλον, και το ανθρώπινο λάθος.

Η ETA μπορεί να διεξαχθεί σε διαφορετικά επίπεδα αφαίρεσης, όπως προκαταρκτική μελέτη, το σχεδιασμό υψηλού επιπέδου, καθώς και ο λεπτομερής σχεδιασμός. Η ETA έχει εφαρμοστεί με επιτυχία σε ένα ευρύ φάσμα συστημάτων, όπως η πυρηνική ενέργεια εργοστασίων, διαστημόπλοια και χημικά εργοστάσια. Η τεχνική μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα σύστημα πολύ νωρίς στην ανάπτυξη του σχεδιασμού και ως εκ τούτου να εντοπίσει θέματα ασφαλείας στις αρχές της διαδικασίας σχεδιασμού. Πρόωρη εφαρμογή βοηθά τους προγραμματιστές του συστήματος για το σχεδιασμό στον τομέα της ασφάλειας ενός συστήματος κατά τη διάρκεια της πρώιμης

ανάπτυξης, αντί να χρειάζεται να ληφθούν διορθωτικά μέτρα μετά από μια αποτυχία της δοκιμής ή ένα ατύχημα.

Η τεχνική ETA, όταν εφαρμόζεται σε ένα δεδομένο σύστημα από έναν έμπειρο αναλυτή, είναι πλήρης στον εντοπισμό και την αξιολόγηση όλων των πιθανών αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την έναρξη του γεγονότος. Μια βασική κατανόηση της θεωρίας της ETA και της FTA είναι απαραίτητη για να την ανάπτυξη ενός μοντέλου ETA. Επιπλέον, είναι σημαντικό για τον αναλυτή να έχει μια λεπτομερή κατανόηση του συστήματος. Συνολικά, η ETA είναι πολύ εύκολο να κατανοηθεί. Η σωστή εφαρμογή της εξαρτάται από την πολυπλοκότητα του συστήματος και η την ικανότητα του αναλυτή. Εφαρμόζοντας την τεχνική της ETA για την αξιολόγηση του σχεδιασμού του συστήματος δεν είναι δύσκολη διαδικασία. Ωστόσο, αυτό απαιτεί την κατανόηση της FTA και την θεωρία πιθανοτήτων

Επιπλέον, πολλαπλές FTAs θα μπορούσαν να διεξαχθούν για να ληφθούν τα ίδια αποτελέσματα ως ETA. Η ETA παράγει πολλές διαφορετικές πιθανές εκβάσεις από ένα μεμονωμένο περιστατικό, ενώ η FTA αξιολογεί μόνο τις πολλές αιτίες ενός ενιαίου αποτελέσματος.

Η χρήση ενός ETA συνιστάται για PRA των πιθανών αποτελεσμάτων που προκύπτουν από ένα αρχικό συμβάν. Τα προφίλ κινδύνου που δημιουργήθηκαν παρέχουν διαχείριση και καθοδήγηση του σχεδιασμού σε τομείς που απαιτούν πρόσθετα αντιμετρά ασφαλείας μεθόδων σχεδιασμού.

5.8.2 Ανάλυση μεθόδου

Η τεχνική ETA βασίζεται στους ακόλουθους ορισμούς:

- *Accident scenario*(σενάριο ατυχήματος): μια σειρά από ένα σενάριο των γεγονότων που οδηγούν τελικά σε ένα ατύχημα. Η αλληλουχία των γεγονότων αρχίζει με ένα αρχικό συμβάν και (συνήθως) ακολουθείται από ένα ή περισσότερα σημαντικά καίρια γεγονότα που οδηγούν στην ανεπιθύμητη τελική κατάσταση .
- *Initiating event* (IE)(Έναρξη της γεγονότος (IE)) : Η αποτυχία ή ένα ανεπιθύμητο γεγονός που ξεκινά την αρχή μιας αλληλουχίας ατυχημάτων. Ο IE μπορεί να οδηγήσει σε μια αποτυχία, ανάλογα με την επιτυχή λειτουργία από τις μεθόδους αντίμετρου κινδύνου που έχουν σχεδιαστεί στο σύστημα.
- *Pivotal events* (σημαντικά γεγονότα) : Ενδιάμεσοι γεγονότα μεταξύ του IE και του τελικού ατυχήματος. Αυτά είναι τα γεγονότα αποτυχίας / επιτυχίας των μεθόδων ασφαλείας μελέτης που θεσπίστηκε για την πρόληψη της IE καταλήγουν σε ένα ατύχημα. Εάν ένα σημαντικό γεγονός λειτουργεί με επιτυχία, να σταματήσει ένα σενάριο ατυχήματος και αναφέρεται ως ένα ελαφρυντικό γεγονός. Εάν ένα σημαντικό γεγονός δεν δουλέψει, τότε το

σενάριο ατυχήματος αφήνεται να προχωρήσει και αναφέρεται ως μια επιβαρυντική περίπτωση.

- *Probabilistic risk assessment (PRA)* (πιθανή εκτίμηση κινδύνου) : Ολοκληρωμένη, δομημένη και λογική μέθοδος ανάλυσης για τον εντοπισμό και την αξιολόγηση των κινδύνων σε ένα πολύπλοκο τεχνολογικό σύστημα. Ο λεπτομερής προσδιορισμός και η αξιολόγηση των σεναρίων ατυχημάτων, με ποσοτική ανάλυση, είναι ο στόχος PRA.
- *Event tree (ET)* : Γραφικό μοντέλο ενός σεναρίου ατυχήματος που παράγει πολλαπλά αποτελέσματα και πιθανότητες έκβασης. ETσι είναι ένα από τα πλέον χρησιμοποιούμενα εργαλεία σε ένα PRA.

Ένας κοινός ορισμός του κινδύνου στον κλάδο PRA είναι ότι ο κίνδυνος βασίζεται σε ένα σύνολο από τρεις ερωτήσεις.

1. Σενάριο ατυχήματος (Accident scenarios) - τι μπορεί να πάει στραβά;
2. Σενάρια συχνότητων (Scenarios frequencies)-πόσο πιθανό είναι αυτό;
3. Σενάρια συνεπειών (Scenarios consequences)-Ποιες είναι οι συνέπειες;

Κατά την εκτέλεση μιας PRA, τον εντοπισμό και την ανάπτυξη σεναρίων ατυχημάτων είναι μια θεμελιώδης έννοια της αξιολόγησης των κινδύνων. Η διαδικασία αρχίζει με ένα σύνολο IEs όπου διαταράσσει το σύστημα (δηλαδή, την αιτία για να αλλάξει η κατάσταση λειτουργίας του ή η διαμόρφωση).

Για κάθε IE, η ανάλυση προχωρά με τον προσδιορισμό των πρόσθετων τρόπων αστοχίας που είναι αναγκαία για να οδηγήσει στις ανεπιθύμητες συνέπειες. Οι συνέπειες και οι συχνότητες για κάθε σενάριο υπολογίζονται για τα επιμέρους IEs και τη συλλογή των πιθανοτήτων που σχηματίζουν ένα προφίλ κινδύνου για το σύστημα.

Τα Event trees χρησιμοποιούνται για τη μοντελοποίηση και τα σενάρια ατυχημάτων. Μια ET ξεκινά με τον IE και προχωρά μέσα στο σενάριο μέσω μιας σειράς σημαντικών γεγονότων (pivot events (PEs)) μέχρι το τέλος της κατάστασης που επιτυγχάνεται. Τα PEs είναι αποτυχίες ή τα γεγονότα που έχουν επιβαρυνθεί ή ελαφρυνθεί με το σενάριο. Η συχνότητα (δηλαδή, πιθανότητα) της PE μπορεί να ληφθεί από ένα FTA του γεγονότος.

Η θεωρία PRA σχετίζεται πολύ στενά με τη βασική ορολογία της ασφάλειας του συστήματος.

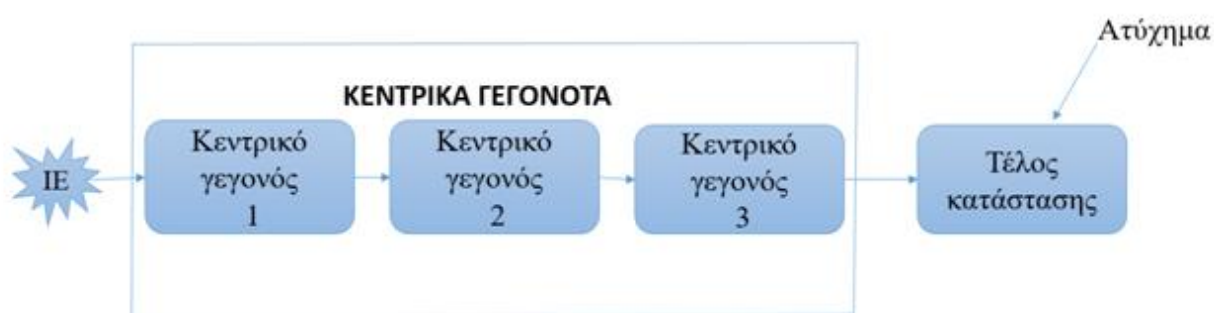
Ένα σενάριο ατυχήματος ισοδυναμεί με ένα κίνδυνο. Ένα σενάριο συχνότητας ισοδυναμεί με μια πιθανότητα κινδύνου. Σ' ένα σενάριο το αποτέλεσμα είναι ισοδύναμο με τη σοβαρότητα του κινδύνου.

Η διαχείριση των κινδύνων περιλαμβάνει την αναγνώριση και την πρόληψη ή τη μείωση των δυσμενών σεναρίων ατυχημάτων και την προώθηση των ευνοϊκών σεναρίων. Η διαχείριση κινδύνου απαιτεί την κατανόηση των στοιχείων των δυσμενών σεναρίων έτσι ώστε τα συστατικά τους να μπορούν να προληφθούν ή να μειωθούν, καθώς και την κατανόηση των ευνοϊκών σεναρίων ώστε τα συστατικά τους μπορεί να ενισχυθούν ή να προωθηθούν.

Ένα σενάριο ατυχήματος περιέχει ένα ΙΕ και συνήθως ένα ή περισσότερα κεντρικά γεγονότα οδηγώντας σε ένα τέλος της κατάσταση όπως φαίνεται στο Σχήμα 13.1. Όπως διαμορφώθηκε στις περισσότερες PRAs, ένα ΙΕ είναι μια διαταραχή που απαιτεί κάποιο είδος ανταπόκριση από φορείς και / ή ένα ή περισσότερα συστήματα για την αποτροπή μίας ανεπιθύμητης συνέπειας.

Τα βασικά γεγονότα περιλαμβάνουν τις επιτυχίες ή τις αποτυχίες αυτών των απαντήσεων ή, ενδεχομένως, η εμφάνιση ή μη εμφάνιση των εξωτερικών συνθηκών ή τα φυσικά φαινόμενα. Στο τέλος τα μέλη διαμορφώνονται σύμφωνα με τις αποφάσεις που υποστηρίζεται από την ανάλυση. Τα σενάρια κατατάσσονται σε μια κατάσταση ανάλογα με το είδος και τη σοβαρότητα των συνεπειών, που κυμαίνονται από απολύτως επιτυχή αποτελέσματα σε ζημίες διαφόρων ειδών, όπως:

- Απώλεια ζωής ή τραυματισμό / ασθένεια στο προσωπικό
- Βλάβη ή απώλεια εξοπλισμού ή ακινήτων (συμπεριλαμβανομένου του λογισμικού)
- Απροσδόκητη ή παράπλευρες απώλειες ως αποτέλεσμα των δοκιμών
- Η αποτυχία της αποστολής
- Απώλεια διαθεσιμότητας του συστήματος
- Βλάβη στο περιβάλλον

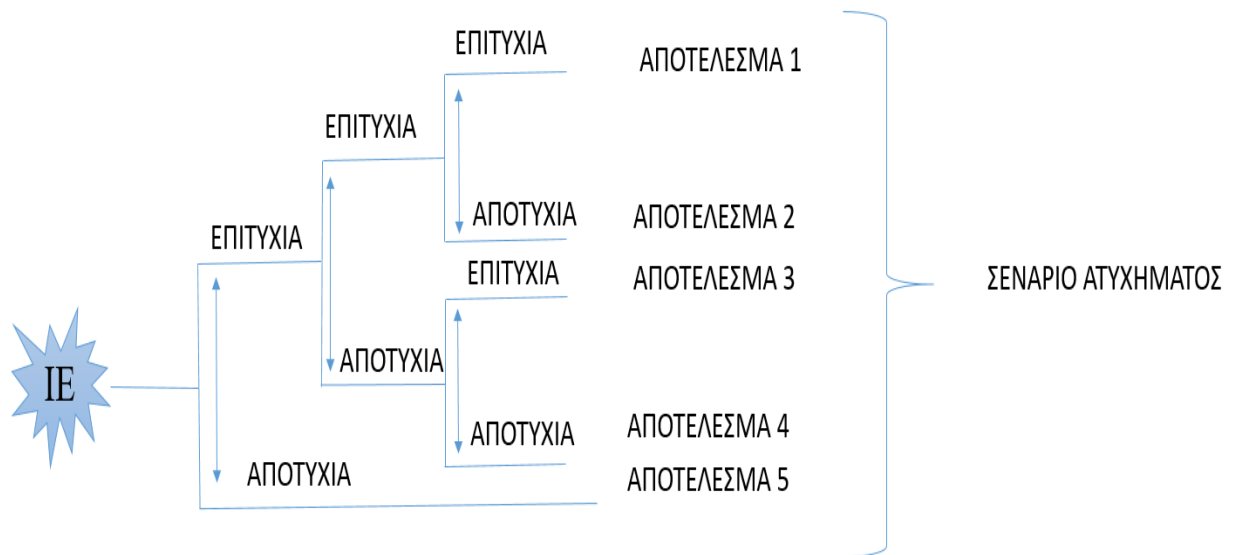


Σχήμα 13.1 Η έννοια του σεναρίου ατυχημάτων Πηγή: Hazard Analysis Techniques for System Safety, by Clifton A. Ericson, II Copyright # 2005 John Wiley & Sons, Inc.

Μια ET ξεχωρίζει τα σημαντικά γεγονότα σεναρίων και παρουσιάζει τις πληροφορίες σε μια δομή δέντρου που χρησιμοποιείται για να βοηθήσει να ταξινομηθούν τα σενάρια σύμφωνα με τις συνέπειές τους. Οι επικεφαλίδες του ET είναι το ΙΕ, τα σημαντικά γεγονότα, και τα τελικά γεγονότα. Η δομή δέντρου κάτω από αυτές τις επικεφαλίδες δείχνει τα πιθανά σενάρια που προκύπτουν από την ΙΕ, όσο αφορά την

εμφάνιση ή μη εμφάνιση των σημαντικών γεγονότα. Κάθε ξεχωριστή διαδρομή μέσα στο δέντρο είναι ένα ξεχωριστό σενάριο. Σύμφωνα με μια ευρέως διαδεδομένη, αλλά άτυπη σύμβαση, όπου ένα κεντρικό γεγονός χρησιμοποιείται για να καθορίσουν την επιτυχία ή την αποτυχία του συστήματος, η "κάτω" διακλάδωση θεωρείται ότι είναι "αποτυχία". Η έννοια ET παρουσιάζεται στο Σχήμα 13.2

Εκτίμηση συμβάντος (Initiating Events)	Κεντρικά γεγονότα			Αποτέλεσμα
	Γεγονός 1	Γεγονός 2	Γεγονός 3	



Σχήμα 13.2 ET έννοια Πηγή: Hazard Analysis Techniques for System Safety, by Clifton A. Ericson, II Copyright # 2005 John Wiley & Sons, Inc.

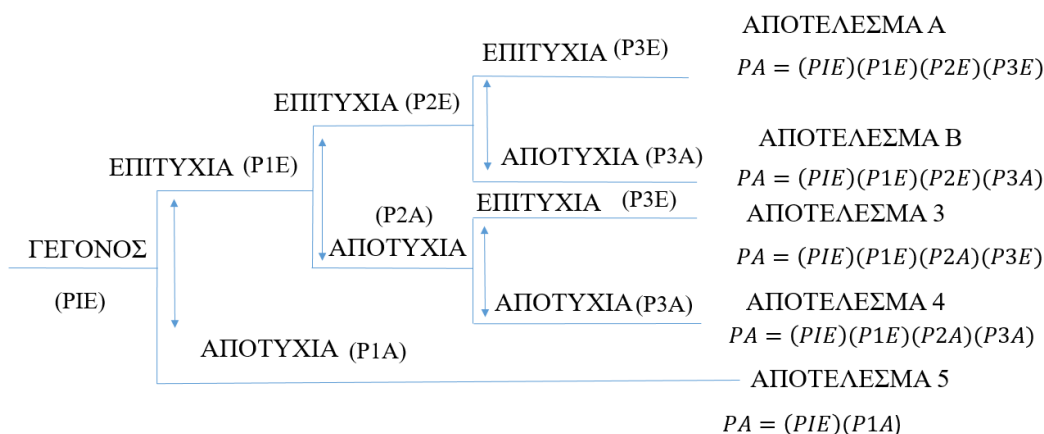
Στις περισσότερες ETs, η διάσπαση σημαντικών γεγονότων είναι δυαδική: Ένα φαινόμενο είτε θα συμβαίνει είτε δεν θα συμβαίνει, ένα σύστημα, είτε θα αποτύχει είτε δεν θα αποτύχει. Αυτός ο δυαδικός χαρακτήρας δεν είναι απολύτως απαραίτητος. κάποιοι ETs δείχνουν ότι χωρίζουν σε περισσότερα από δύο διακλαδώσεις.

Ένα παράδειγμα της δομής ET με τους ποσοτικούς υπολογισμούς εμφανίζεται στην Σχήμα 13.3. Το μοντέλο ET συνδυάζει λογικά όλα την ασφάλεια του σχεδιασμού του συστήματος

μεθόδους αντίμετρο για την πρόληψη του ΙΕ από με αποτέλεσμα ένα ατύχημα. Μια

παρενέργεια της ανάλυσης είναι ότι πολλά διαφορετικά αποτελέσματα μπορεί να ανακαλυφθούν και να αξιολογούνται. Σημειώστε πως η ET μοντέλα εκ του σύνεγγυς η έννοια σενάριο φαίνεται στο Σχήμα 13.1.

Εκτίμηση συμβάντος (Initiating Events)	Κεντρικά γεγονότα			Αποτέλεσμα
	Γεγονός 1	Γεγονός 2	Γεγονός 3	
	1	2	3	



Σχήμα 13.3 ETA έννοια Πηγή: Hazard Analysis Techniques for System Safety, by Clifton A. Ericson, II Copyright # 2005 John Wiley & Sons, Inc.

5.8.3 Διαδικασία μεθόδου

Η Εικόνα 13.4 παρουσιάζει μια επισκόπηση της βασικής διαδικασίας της ETA και συνοψίζει τις σημαντικές σχέσεις που εμπλέκονται στη διαδικασία της ETA. Η διαδικασία ETA περιλαμβάνει τη χρήση λεπτομερών πληροφοριών σχεδιασμού για την ανάπτυξη των δενδροειδών διαγραμμάτων (ETDs) για την συγκεκριμένη IEs. Προκειμένου να αναπτυχθεί η ETD, πρέπει για πρώτη φορά ο αναλυτής να καθιερώσει τα σενάρια ατυχημάτων, IEs, τα σημαντικά γεγονότα. Μόλις η ETD κατασκευάσει, αποτυχή δεδομένα συχνότητας μπορεί να εφαρμόσει τα αποτυχή γεγονότα στο διάγραμμα.

Συνήθως η πληροφορία αυτή προέρχεται από FTA της αστοχίας γεγονότος. Από $1 = Ps + Pf$, η πιθανότητα επιτυχίας μπορεί να προέρχεται από την πιθανότητα της αποτυχίας. Η πιθανότητα για ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τις πιθανότητες του γεγονότος στη διαδρομή.

Συνολική πιθανότητα path = (πιθανότητα γεγονότος 1) X (πιθανότητα γεγονότος 2) X (πιθανότητα γεγονότος n ...)

Ο Πίνακας 13.1 απαριθμεί και περιγράφει τα βασικά βήματα της διαδικασίας ETA, τα οποία περιλαμβάνει την εκτέλεση μιας λεπτομερούς ανάλυσης όλων των χαρακτηριστικών ασφαλείας του σχεδιασμού που εμπλέκονται στην αλυσίδα των γεγονότων που μπορεί να προκύψει από την έναρξη ενός γεγονότος για την τελική έκβαση.

Τα πολύπλοκα συστήματα τείνουν να έχουν ένα μεγάλο αριθμό αλληλοεξαρτώμενων εξαρτημάτων, πλεονασμών, συστήματα αναμονής, και την ασφάλεια των συστημάτων. Μερικές φορές είναι πολύ δύσκολο ή δυσκίνητο να διαμορφώσει ένα σύστημα με μόλις μία FT, έτσι, μελέτες PRA έχουν συνδυαστεί με την χρήση της FTS και τις ETDs. Τα μοντέλα ETD ατύχημα / αιτία ατυχίας – αποτέλεσμα των σεναρίων, και ένα σύνθετο μοντέλο υποσυστήματος FTS για να αποκτήσει την πιθανότητα αυτών των ελαττωματικών υποσυστημάτων. Μια αστοχία σεναρίου μπορεί να έχει πολλά διαφορετικά αποτελέσματα, ανάλογα σε ποια PEs αποτύχει και ποια λειτουργήσει σωστά. Αυτή η πολυπλοκότητα των συνδυαστικών μοντέλων ET / FT είναι πολύ καλή. Ο στόχος της ETA είναι να προσδιορίσει την πιθανότητα όλων των πιθανών αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την εμφάνιση ενός ΙΕ. Με την ανάλυση όλων των δυνατών αποτελεσμάτων, είναι δυνατόν να προσδιοριστεί το ποσοστό των αποτελεσμάτων που οδηγούν στο επιθυμητό αποτέλεσμα και το ποσοστό των αποτελεσμάτων που οδηγούν στο ανεπιθύμητο αποτέλεσμα.

Η event tree μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση των συστημάτων στα οποία όλα τα εξαρτήματα είναι συνεχώς λειτουργικά ή για συστήματα στα οποία μερικά ή όλα από τα εξαρτήματα είναι σε κατάσταση αναμονής, εκείνων που συνεπάγονται σε διαδοχική επιχειρησιακή λογική και μεταγωγή. Το έναρκτήριο σημείο (που αναφέρεται ως η έναρξη του γεγονότος) διαταράσσει την κανονική λειτουργία του συστήματος. Το event tree εμφανίζει τις ακολουθίες των γεγονότων που αφορούν την επιτυχία ή / και την αποτυχία των στοιχείων του συστήματος.



Σχήμα 13.4 Επισκόπηση ETA Πηγή: Hazard Analysis Techniques for System Safety, by Clifton A. Ericson, II Copyright # 2005 John Wiley & Sons, Inc

ΒΗΜΑ	ΕΡΓΑΣΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
1	Ορισμός του συστήματος	Εξέταση του συστήματος και καθορισμός στα όρια του συστήματος, του υποσυστήματος και τις διασυνδέσεις.
2	Προσδιορισμός του σεναρίου ατυχήματος	Εκτέλεση μιας αξιολόγηση του συστήματος ή της ανάλυση κινδύνου για τον εντοπισμό των κινδύνων του συστήματος και σεναρία ατυχημάτων που υπάρχουν μέσα το σχεδιασμό του συστήματος
3	Προσδιορισμός των αρχικών γεγονότων	Βελτίωση της ανάλυση κινδύνου για τον προσδιορισμό των σημαντικών IEs στο σεναριο ατυχημάτων. Οι IEs περιλαμβάνουν γεγονότα όπως πυρκαγιά, σύγκρουση, έκρηξη, διάλειμμα σωλήνα, απελευθέρωση τοξικών , κ.λπ.
4	Προσδιορισμός σημαντικών γεγονότων	Προσδιορισμός των σημαντικών γεγονότων. Προσδιορισμός των αντίμετρων που ασχολούνται με το συγκεκριμένο σεναριο που προορίζονται να αποκλείουν ένα ατύχημα.
5	Δημιουργία ενός δένδροειδούς διαγράμματος	Κατασκευή μιας λογικής ETD, ξεκινώντας με το IΕ, στη συνέχεια, το PEs, και ολοκληρώνοντας με τα αποτελέσματα της κάθε διαδρομής.
6	Πιθανότητα για αστοχία γεγονότος	Αν η πιθανότητα αποτυχίας δεν μπορεί να ληφθεί για τη χρήση δένδροειδείς ανάλυσης σφαλμάτων, να υπολογιστεί.
7	Προσδιορίστε το αποτέλεσμα κινδύνου	Υπολογισμός της συνολικής πιθανότητας των διαδρομών γεγονότων και τον προσδιορισμό του κινδύνου.
8	Αξιολόγηση του αποτελέσματος κινδύνου	Αξιολόγηση του κινδύνου έκβασης της κάθε διαδρομής και να καθορίσει εάν ο κίνδυνος είναι αποδεκτός.
9	Προτεινόμενα διορθωτικά μέτρα.	Εάν ο κίνδυνος αποτελέσματος μιας διαδρομής δεν είναι αποδεκτός, γίνεται ανάπτυξη του σχεδιασμού στρατηγικής για να αλλάξουν τον κίνδυνο
10	Έγγραφο ETA	Έγγραφο για όλη τη διαδικασία της ETA στην ETDs. Ενημέρωση για νέες πληροφορίες ανάλογα με τις ανάγκες

Πίνακας 13.1 Διαδικασία ETA Πηγή: Hazard Analysis Techniques for System Safety, by Clifton A. Ericson, II Copyright # 2005 John Wiley & Sons, Inc

Στην περίπτωση των συστημάτων αναμονής και, ειδικότερα, την ασφάλεια και, προσανατολισμένη αποστολή συστήματος, η ET χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τις διάφορες πιθανές εκβάσεις του συστήματος μετά από μια δεδομένη ΙΕ, τα οποία είναι γενικά μια ικανοποιητική περίπτωση λειτουργίας ή κατάσταση. Στην περίπτωση της συνεχούς λειτουργίας των συστημάτων, τα γεγονότα αυτά μπορεί να προκύψουν (δηλαδή, εξαρτήματα που μπορεί να αποτύχουν) σε οποιαδήποτε αυθαίρετη σειρά. Στην δένδροειδή ανάλυση γεγονότων, τα εξαρτήματα μπορεί να θεωρηθούν σε οποιαδήποτε σειρά, δεδομένου ότι δεν λειτουργούν χρονολογικά σε σχέση με το άλλο.

Η ΕΤΑ βασίζεται στη δυαδική λογική στην οποία ένα συμβάν έχει είτε ή δεν έχει συμβεί ή ένα εξάρτημα έχει ή δεν έχει αποτύχει. Είναι πολύτιμη για την ανάλυση των συνεπειών που προκύπτουν από παράλειψη ή ένα ανεπιθύμητο συμβάν. Μια ET αρχίζει με μια ΙΕ, όπως ως εξάρτημα αποτυχία, αύξηση της θερμοκρασίας / πίεσης, ή απελευθέρωση επικίνδυνων ουσιών που μπορεί να οδηγήσει σε ατύχημα. Οι συνέπειες της εκδήλωσης ακολουθούν μέσα από μια σειρά δυνατών διαδρομών. Σε κάθε διαδρομή έχει εκχωρηθεί μια πιθανότητα εμφάνισης και η πιθανότητα των διαφόρων πιθανών αποτελεσμάτων που μπορεί να υπολογιστεί.

Η ΕΤΔ είναι ένα διάγραμμα μοντελοποίησης και όλα τα πιθανά γεγονότα που ακολουθούν προέρχονται από μια αποτυχία ή ανεπιθύμητα συμβάντα. Η αρχή του γεγονότος μπορεί να είναι μια τεχνική βλάβη ή επιχειρησιακό ανθρώπινο λάθος. Ο στόχος είναι να προσδιορίσει την αλυσίδα των γεγονότων μετά από ένα ή περισσότερα συγκεκριμένα βασικά γεγονότα, προκειμένου να αξιολογήσει τις συνέπειες και να καθορίσει αν η εκδήλωση θα εξελιχθεί σε ένα σοβαρό ατύχημα ή ελέγχονται επαρκώς από τα συστήματα και τις διαδικασίες ασφαλείας που εφαρμόζονται. Τα αποτελέσματα μπορεί συνεπώς να είναι συστάσεις για την αύξηση του πλεονασμού ή σε τροποποιήσεις στα συστήματα ασφαλείας.

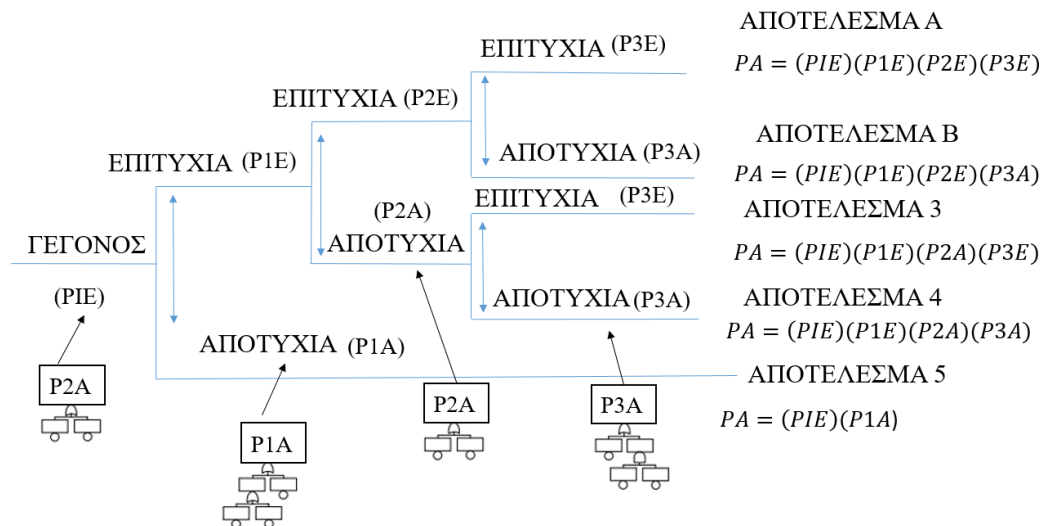
Η ΕΤΑ αρχίζει με την προσδιοριζόμενη ΙΕ να αναφέρονται στην αριστερή πλευρά του διαγράμματος Σχήμα 13.5. Όλες οι μέθοδοι σχεδιασμού ασφάλειας ή αντίμετρα στη συνέχεια παρατίθενται στην κορυφή του διαγράμματος ως συμβολή γεγονότα. Κάθε μέθοδος σχεδιασμού ασφάλειας αξιολογείται για τη περίπτωση συμβολής:

(α) λειτουργεί με επιτυχία και

(β) δεν λειτουργεί.

Το αποτέλεσμα διαγράμματος συνδυάζει όλους τους διάφορους συνδυασμούς σε περίπτωση επιτυχίας / αποτυχίας και τους οπαδούς έξω προς τα δεξιά σε μια πλάγια δομή δέντρου. Σε κάθε επιτυχία εκδήλωση / αποτυχίας μπορεί να ανατεθεί μια πιθανότητα εμφάνισης, και το τελικό αποτέλεσμα είναι πιθανότητα το γινόμενο των πιθανοτήτων γεγονότων κατά μήκος μιας συγκεκριμένης διαδρομής. Η τελική έκβαση μπορεί να κυμαίνεται από ασφαλές σε καταστροφική, ανάλογα με την αλυσίδα των γεγονότων.

Εκτίμηση συμβάντος (Initiating Events)	Κεντρικά γεγονότα			Αποτέλεσμα
	Γεγονός 1	Γεγονός 2	Γεγονός 3	



Σχήμα 13.5 ETD Ανάπτυξη Πηγή: Hazard Analysis Techniques for System Safety, by Clifton A. Ericson, II Copyright # 2005 John Wiley & Sons, Inc

5.8.4 Φύλλο εργασίας

Το πρωτογενές φύλλο εργασίας για την ETA είναι το διάγραμμα δένδρου γεγονότων ((ETD), η οποία παρέχει τις ακόλουθες πληροφορίες:

1. Έναρξη γεγονότος
2. Σύστημα σημαντικών γεγονότα
3. Αποτελέσματα
4. Γεγονότα και το αποτέλεσμα πιθανοτήτων

Σχήμα 13.5 δείχνει την τυπική ETD. Κάθε γεγονός χωρίζεται στην επιτυχία και την αποτυχία. Η επιτυχία είναι στην κορυφή και η αποτυχία χαμηλά. Η ETD έχει μόνο ένα ΙΕ, η οποία ταυτίζεται με την άκρα αριστερά του διαγράμματος.

Όπως πολλά συμβάλλοντα γεγονότα όπως είναι απαραίτητο για να περιγράψουν ένα πλήρες σύστημα που αναφέρονται στο πάνω μέρος του διαγράμματος. Τα περισσότερα συμβάλλοντα γεγονότα συμμετέχουν στο μεγαλύτερο αποτέλεσμα της ETD και τις περισσότερες διακλαδώσεις που απαιτούνται.

5.8.5 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

Τα παρακάτω είναι τα πλεονεκτήματα της τεχνικής ETA:

1. Δομημένη, αυστηρή και μεθοδική προσέγγιση.
2. Ένα μεγάλο μέρος της εργασίας μπορεί να μηχανογραφηθεί.
3. Μπορεί να πραγματοποιείται αποτελεσματικά σε διάφορα επίπεδα λεπτομέρειας σχεδιασμού.
4. Τις σχέσεις αιτίου / αποτελέσματος Visual εμφάνιση μοντέλο.
5. Σχετικά εύκολο να το μάθει κάποιος και να εκτελεστεί
6. Οι πολύπλοκες σχέσεις των μοντέλων του συστήματος γίνονται με κατανοητό τρόπο.
7. Ακολουθεί μονοπάτια σφαλμάτων πέρα από τα όρια του συστήματος.
8. Συνδυάζει hardware, software, το περιβάλλον και την ανθρώπινη αλληλεπίδραση.
9. Άδειες εκτίμησης πιθανοτήτων.
10. Το εμπορικό λογισμικό είναι διαθέσιμο.

Τα παρακάτω είναι τα μειονεκτήματα της τεχνικής ETA:

1. Μια ETA μπορεί να έχει μόνο ένα αρχικό συμβάν, ως εκ τούτου, πολλαπλές ETAs θα απαιτούνται για να αξιολογηθεί η συνέπεια των πολλαπλών εναρκτήριων συμβάντων
2. Μια ETA μπορεί να παραβλέψει λεπτά εξαρτήματα του συστήματος, όταν γίνεται η μοντελοποίηση των γεγονότων.
3. Μερικές επιτυχίες / αποτυχίες δεν είναι διακριτές.
4. Απαιτεί έναν αναλυτή με κάποια κατάρτιση και πρακτική εμπειρία.

Το παρακάτω είναι μια λίστα των τυπικών λαθών που έγιναν κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της ETA:

1. Δεν είναι σωστός ο προσδιορισμός IE
2. Δεν προσδιορίζονται όλα τα συμβάλλοντα σημαντικά γεγονότα.

5.9 ΜΕΘΟΔΟΣ ΡΗΑ

5.9.1 Εισαγωγή

Η Προκαταρκτική Ανάλυση Κινδύνου (ΡΗΑ), είναι μια μέθοδος για την εκτίμηση των πιθανών κινδύνων που δημιουργούνται από το σύστημα. Ο στόχος μίας ΡΗΑ είναι να εντοπιστούν οι πιθανές επικίνδυνες συνθήκες που υπάρχουν στο σύστημα και να καθοριστεί η σημασία ή η κρισιμότητα των πιθανών ατυχημάτων που μπορεί να προκύψουν.

Μια μελέτη ΡΗΑ θα πρέπει να διεξάγεται όσο το δυνατόν νωρίτερα στο στάδιο ανάπτυξης του προϊόντος. Αυτό θα επιτρέψει την έγκαιρη ανάπτυξη των απαιτήσεων σχεδιασμού και διαδικαστικής ασφάλειας για τον έλεγχο αυτών των επικίνδυνων συνθηκών, εξαλείφοντας έτσι τις δαπανηρές αλλαγές του σχεδιασμού αργότερα.

- Το πρώτο βήμα σε ένα ΡΗΑ είναι ο εντοπισμός επικίνδυνων στοιχείων ή συστατικών μέσα στο σύστημα. Αυτή η διαδικασία διευκολύνεται από την τεχνική εμπειρία, την άσκηση της μηχανικής κρίσης και τη χρήση πολλών λιστών ελέγχου που έχουν αναπτυχθεί από καιρό σε καιρό.
- Το δεύτερο βήμα σε μια μέθοδο ΡΗΑ είναι η ταυτοποίηση εκείνων των γεγονότων που θα μπορούσαν ενδεχομένως να μετατρέψουν συγκεκριμένες επικίνδυνες συνθήκες σε δυνητικά ατυχήματα. Στη συνέχεια αξιολογείται η σοβαρότητα αυτών των δυνητικών ατυχημάτων για να καθοριστεί εάν πρέπει να ληφθούν προληπτικά μέτρα.

Διάφορες μορφές στήλης έχουν αναπτυχθεί για να διευκολύνουν τη διαδικασία ΡΗΑ. Ίσως το πιο απλό είναι:

- Στήλη (1) Μέθοδοι συνιστωσών, υποσυστήματος και κινδύνου
- Στήλη (2) Πιθανά αποτελέσματα
- Στήλη (3) Αντιστάθμιση και έλεγχος
- Στήλη (4) Πορίσματα και παρατηρήσεις

Ανταποκρίνεται στον προβληματισμό και στην κρίση των εμπειρογνομόνων για να αξιολογήσει τη σημασία των κινδύνων και να αναθέσει μια κατάταξη σε κάθε κατάσταση. Αυτό βοηθά στην ιεράρχηση των συστάσεων για τη μείωση των κινδύνων. Συνήθως εκτελούνται από ένα ή δύο άτομα που γνωρίζουν το είδος της συγκεκριμένης δραστηριότητας. Συμμετέχουν στις συνεδριάσεις ανασκόπησης της τεκμηρίωσης και των επιτόπιων επιθεωρήσεων, κατά περίπτωση.

5.9.2 Χαρακτηριστικά της μεθόδου:

- Εφαρμόζεται σε οποιαδήποτε δραστηριότητα ή σύστημα
- Χρησιμοποιείται ως ανάλυση υψηλού επιπέδου στις αρχές της ζωής μιας διαδικασίας.
- Δημιουργεί ποιοτικές περιγραφές των κινδύνων που σχετίζονται με μια διαδικασία.

- Παρέχει ποιοτική κατάταξη των επικίνδυνων καταστάσεων.
- Αυτή η κατάταξη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δοθεί προτεραιότητα στις συστάσεις για τη μείωση ή την εξάλειψη των κινδύνων σε επόμενες φάσεις του κύκλου ζωής.
- Η ποιότητα της αξιολόγησης εξαρτάται από την ποιότητα και τη διαθεσιμότητα της τεκμηρίωσης, την κατάρτιση του επικεφαλής της ομάδας αναθεώρησης σε σχέση με τις διάφορες τεχνικές ανάλυσης που χρησιμοποιούνται και την εμπειρία των ομάδων αξιολόγησης.

Οι πιο κοινές χρήσεις της PHA είναι:

1. Επικεντρώνεται κυρίως στον εντοπισμό και την ταξινόμηση των κινδύνων και όχι στην λεπτομερή αξιολόγηση τους.
2. Τις περισσότερες φορές διεξάγεται νωρίς στην ανάπτυξη μιας δραστηριότητας ή συστήματος, όταν υπάρχουν λίγες λεπτομερείς πληροφορίες ή υπάρχουν λίγες λειτουργικές διαδικασίες. Συχνά αποτελεί πρόδρομο για περαιτέρω αξιολόγηση κινδύνου.

Επειδή η τεχνική της προκαταρκτικής ανάλυσης επικινδυνότητας συνήθως διεξάγεται νωρίς στη διαδικασία, προτού να είναι πρακτικές άλλες τεχνικές ανάλυσης, αυτή η μεθοδολογία έχει δύο κύριους περιορισμούς:

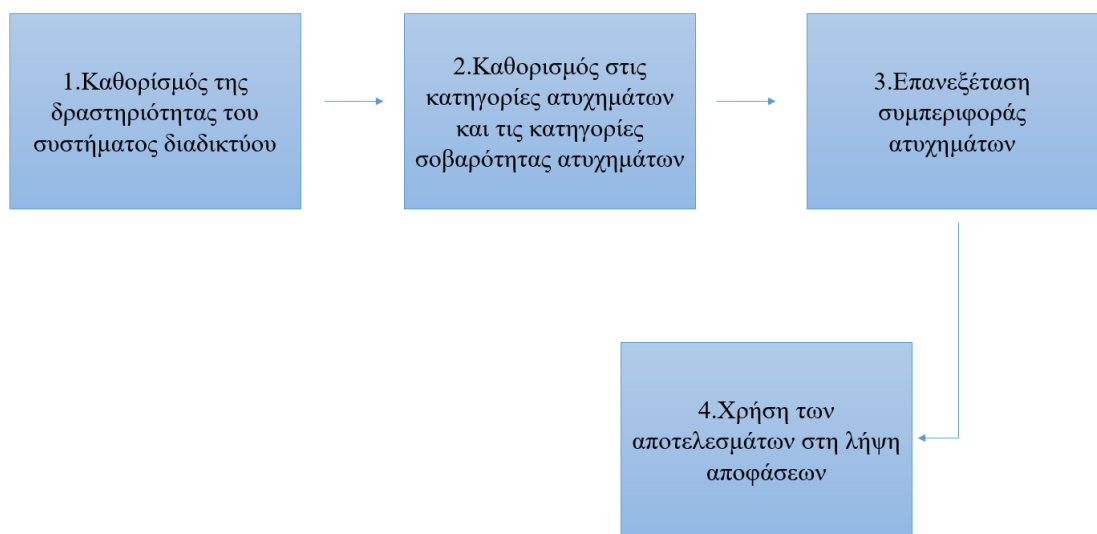
1. Γενικά απαιτούνται πρόσθετες αναλύσεις παρακολούθησης. Επειδή το PHA διεξάγεται νωρίς στη διαδικασία και χρησιμοποιεί προκαταρκτικές πληροφορίες σχεδιασμού, απαιτούνται επιπρόσθετες αναλύσεις για την πληρέστερη κατανόηση και αξιολόγηση των κινδύνων και των δυνητικών ατυχημάτων που εντοπίστηκαν από την ομάδα PHA.
2. Η ποιότητα των αποτελεσμάτων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη γνώση της ομάδας. Κατά τη διάρκεια ενός PHA, υπάρχουν ελάχιστες ή καθόλου πλήρως αναπτυγμένες προδιαγραφές συστήματος και ελάχιστες ή καθόλου λεπτομερείς πληροφορίες σχεδιασμού. Ως εκ τούτου, η εκτίμηση επικινδυνότητας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη γνώση των εμπειρογνώμων του αντικειμένου. Εάν αυτοί οι εμπειρογνώμονες δεν συμμετέχουν στην εκτίμηση κινδύνου ή αν το σύστημα είναι μια νέα τεχνολογία που έχει ελάχιστο ή καθόλου αρχικό επιχειρησιακό ιστορικό, τα αποτελέσματα του PHA θα αντικατοπτρίζουν την αβεβαιότητα της ομάδας σε πολλές από τις εκτιμήσεις και τις υποθέσεις της.

5.9.3 Διαδικασία μεθόδου

Η διαδικασία για τη διεξαγωγή μιας προκαταρκτικής ανάλυσης επικινδυνότητας αποτελείται από τα ακόλουθα βήματα.

1. Καθορίζετε η δραστηριότητα ή το σύστημα που μελετάμε. Καθορίζονται σαφώς τα όρια της δραστηριότητας ή του συστήματος για τα οποία απαιτούνται προκαταρκτικές πληροφορίες κινδύνου.

2. Καθορίζονται οι κατηγορίες ατυχημάτων και σοβαρότητας ατυχημάτων. Τα προβλήματα ενδιαφέροντος που θα αντιμετωπίσει η αξιολόγηση κινδύνου. Οι κατηγορίες σοβαρότητας ατυχημάτων που θα χρησιμοποιηθούν για να δοθούν προτεραιότητες στους πόρους για προσπάθειες μείωσης του κινδύνου.
3. Επανεξέταση συμπεριφοράς. Προσδιορίζονται οι μεγάλοι κίνδυνοι και τα συναφή ατυχήματα που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ανεπιθύμητες συνέπειες. Επίσης, προσδιορίζονται τα κριτήρια σχεδιασμού ή οι εναλλακτικές λύσεις που θα μπορούσαν να εξαλείψουν ή να μειώσουν τους κινδύνους.
4. Χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα στη λήψη αποφάσεων. Αξιολογούνται οι συστάσεις αξιολόγησης κινδύνου και τα οφέλη που επιδιώκουν να επιτύχουν.



Σχήμα 14.1 Διαδικασία προκαταρκτικής ανάλυσης κινδύνων Πηγή: Geigle Safety Group, Inc

Επειδή όλες οι αξιολογήσεις κινδύνου αφορούν τρόπους με τους οποίους ένα σύστημα μπορεί να αποτύχει να εκτελέσει μια προβλεπόμενη λειτουργία, ο σαφής ορισμός αυτών των σκοπούμενων λειτουργιών είναι ένα σημαντικό πρώτο βήμα σε οποιαδήποτε αξιολόγηση κινδύνου. Αυτό το βήμα δεν χρειάζεται να τεκμηριωθεί επισήμως για τις περισσότερες προκαταρκτικές αξιολογήσεις κινδύνου.

Λίγες δραστηριότητες ή συστήματα λειτουργούν μεμονωμένα. Οι περισσότεροι αλληλεπιδρούν ή συνδέονται με άλλες δραστηριότητες ή συστήματα. Ο προσδιορισμός με σαφήνεια των ορίων μιας δραστηριότητας ή συστήματος, ειδικά των ορίων με συστήματα υποστήριξης όπως η ηλεκτρική ενέργεια και ο πεπιεσμένος αέρας, μπορεί να αποτρέψει την παραβίαση των βασικών στοιχείων μιας δραστηριότητας ή συστήματος στις διεπαφές και την τιμωρία μιας δραστηριότητας ή συστήματος. Με τη σύνδεση άλλου εξοπλισμού με το αντικείμενο της μελέτης.

5.9.4 Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα

Πλεονεκτήματα του PHA

- Διευκολύνει την κατασκευή δένδρων σφαλμάτων και δέντρων συμβάντων. Η τεχνική μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό των γεγονότων από τα οποία μπορούν να αναπτυχθούν τα δένδρα σφάλματος και τα δέντρα συμβάντων.
- Συστηματικά προσδιορίζει τα σενάρια ατυχημάτων. Εφαρμόζει ένα συστηματικό σχέδιο στη διαδικασία για τον εντοπισμό πιθανών αποκλίσεων που οδηγούν σε πιθανούς κινδύνους.
- Εύκολο στην εκτέλεση. Λόγω του συστηματικού σχεδίου και του χαμηλού επιπέδου λεπτομέρειας που είναι διαθέσιμο για την απόδοσή του, απαιτείται ελάχιστη τεχνογνωσία για την εφαρμογή της τεχνικής.
- Ενισχύει την παραγωγή μιας πιο εγγενώς ασφαλούς διαδικασίας. Οι κίνδυνοι που εντοπίστηκαν στα αρχικά στάδια της έννοιας μπορούν εύκολα να αξιολογηθούν είτε έχουν σχεδιασθεί είτε έχουν προστεθεί στα μέτρα ασφαλείας.

Μειονεκτήματα του PHA

- Δεν θα εντοπίσει όλες τις αιτίες. Λόγω της αρχικής αξιολόγησης της εγκατάστασης, ενδέχεται να μην είναι διαθέσιμες αρκετές πληροφορίες για τον πλήρη εντοπισμό όλων των αιτιών των κινδύνων.
- Θα εντοπίσει και θα εξετάσει μόνο τους μεγάλους κινδύνους. Όταν η τεχνική γενικά εφαρμόζεται μόνο ελάχιστες πληροφορίες είναι διαθέσιμες και έτσι μπορούν να εντοπιστούν μόνο μεγάλοι κίνδυνοι.

5.9.5 Κατηγορίες ατυχημάτων

Οι ακόλουθες παράγραφοι περιγράφουν τρεις από τους συνηθέστερους τύπους ατυχημάτων σε ένα PHA:

Προβλήματα ασφάλειας. Η ομάδα αξιολόγησης κινδύνου μπορεί να αναζητήσει τρόπους με τους οποίους η ακατάλληλη εκτέλεση δραστηριότητας ή οι αποτυχίες σε ένα σύστημα υλικού μπορεί να οδηγήσουν σε τραυματισμό του προσωπικού. Αυτοί οι τραυματισμοί μπορεί να προκληθούν από πολλούς μηχανισμούς, συμπεριλαμβανομένων των εξής:

- Πρόσωπο εκτός συστήματος
- Η έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες
- Πυρκαγιές ή εκρήξεις

Περιβαλλοντικά ζητήματα. Η ομάδα αξιολόγησης κινδύνου μπορεί να αναζητήσει τρόπους με τους οποίους η διεξαγωγή μιας συγκεκριμένης δραστηριότητας ή η αποτυχία ενός συστήματος μπορεί να βλάψει το περιβάλλον. Αυτά τα περιβαλλοντικά ζητήματα μπορεί να οφείλονται σε πολλούς μηχανισμούς, όπως οι εξής:

- Απόρριψη υλικού στο νερό, είτε σκόπιμη είτε ακούσια
- Αδυναμίες εξοπλισμού που έχουν ως αποτέλεσμα τη διαρροή υλικού
- Διαταραχή του οικοσυστήματος μέσω της υπερβολικής χρήσης μιας θαλάσσιας περιοχής

Οικονομικές επιπτώσεις. Η ομάδα αξιολόγησης κινδύνου μπορεί να αναζητήσει τρόπους με τους οποίους η ακατάλληλη διεξαγωγή μιας συγκεκριμένης δραστηριότητας ή η αποτυχία ενός συστήματος μπορεί να έχει ανεπιθύμητες οικονομικές επιπτώσεις. Αυτοί οι οικονομικοί κίνδυνοι μπορούν να ταξινομηθούν με πολλούς τρόπους, συμπεριλαμβανομένων των εξής:

- Επιχειρηματικοί κίνδυνοι, όπως συμβατικές κυρώσεις, απώλεια εσόδων κ.λπ.
- Έξοδα περιβαλλοντικής αποκατάστασης
- Κόστος αντικατάστασης για κατεστραμμένο εξοπλισμό

Ορισμένες εκτιμήσεις κινδύνου ενδέχεται να επικεντρωθούν μόνο σε γεγονότα που υπερβαίνουν ένα συγκεκριμένο κατώτατο όριο ανησυχίας σε μία ή περισσότερες από αυτές τις κατηγορίες.

Κατά τη διάρκεια μιας ΡΗΑ, μια ομάδα αξιολογεί τη σοβαρότητα των διαφόρων ατυχημάτων που μπορεί να συμβεί με κάθε έναν από τους κινδύνους. Η καθιέρωση κατηγοριών σοβαρότητας με οριστικά όρια επιτρέπει στην ομάδα να αξιολογεί κάθε ατύχημα έναντι ενός σταθερού μέτρου σοβαρότητας. Παρέχει έτσι το πλαίσιο για την ιεράρχηση των συστάσεων για εναλλακτικές λύσεις μείωσης του κινδύνου.

Η εκτέλεση μιας ΡΗΑ εντοπίζει σημαντικούς κινδύνους και καταστάσεις ατυχημάτων που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε απώλειες. Ωστόσο, το ΡΗΑ θα πρέπει επίσης να προσδιορίσει τα κριτήρια σχεδιασμού ή εναλλακτικές λύσεις που θα μπορούσαν να εξαλείψουν ή να μειώσουν αυτούς τους κινδύνους. Προφανώς, απαιτείται κάποια εμπειρία για την εκπόνηση αυτών των κρίσεων. Η ομάδα που εκτελεί το ΡΗΑ πρέπει να εξετάσει τους ακόλουθους παράγοντες:

- Εξοπλισμός και υλικά επικίνδυνων σκαφών, όπως καύσιμα, χημικά υψηλής δραστηριότητας, τοξικές ουσίες, εκρηκτικά, συστήματα υψηλής πίεσης και άλλα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας
- Διασυνδέσεις σχετικές με την ασφάλεια μεταξύ εξοπλισμού και υλικών, όπως αλληλεπιδράσεις υλικών, εκκίνηση και διάδοση πυρκαγιάς ή έκρηξης και συστήματα ελέγχου ή τερματισμού λειτουργίας
- Περιβαλλοντικοί παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τον εξοπλισμό και τα υλικά του σκάφους ή του εξοπλισμού, όπως οι κραδασμοί, οι πλημμύρες, οι ακραίες θερμοκρασίες, η ηλεκτροστατική εκκένωση και η υγρασία
- Διαδικασίες λειτουργίας, δοκιμών, συντήρησης και έκτακτης ανάγκης, όπως το δυναμικό ανθρώπινου σφάλματος, οι λειτουργίες του πληρώματος, η διάταξη και η προσβασιμότητα του εξοπλισμού και η προστασία της ασφάλειας του προσωπικού

- Υποστήριξη σκαφών, όπως αποθήκευση, δοκιμή εξοπλισμού, εκπαίδευση και υπηρεσίες κοινής ωφέλειας
- Εξοπλισμός σχετικός με την ασφάλεια, όπως συστήματα μετριάσμου, πλεονασμός, καταστολή πυρκαγιάς και εξοπλισμός ατομικής προστασίας

5.9.6 Φύλλο εργασίας

Περιοχή _____ Ημερομηνία συνεδρίασης _____

Αριθμός σχεδίου _____ Μέλη ομάδας _____

Κίνδυνος ατυχήματος	Αιτίες	Σημαντικές επιπτώσεις	Κατηγορία σοβαρότητας ατυχημάτων	Προτεινόμενα διορθωτικά ή προληπτικά μέτρα

Εικόνα 14,1 Φύλλο εργασίας PHA Πηγή: Geigle Safety Group, Inc
<https://www.oshatrain.org/notes/2bnotes18.html>

Προσδιορίζονται οι ευκαιρίες βελτίωσης. Τα στοιχεία της δραστηριότητας ή του συστήματος που είναι πιθανότερο να συμβάλλουν σε μελλοντικά προβλήματα. Αυτά είναι τα στοιχεία με το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής στους προσδιορισμένους κινδύνους. Γίνονται προτάσεις για βελτιώσεις.

Αναπτύσσονται συγκεκριμένες προτάσεις για τη βελτίωση της μελλοντικής δραστηριότητας ή της απόδοσης του συστήματος, συμπεριλαμβανομένων οποιωνδήποτε από τα παρακάτω:

- Τροποποιήσεις εξοπλισμού
- Διαδικαστικές αλλαγές
- Οι αλλαγές της διοικητικής πολιτικής, όπως οι προγραμματισμένες εργασίες συντήρησης ή η εκπαίδευση του προσωπικού

Εκτίμηση της εφαρμογής δαπανηρών ή αμφιλεγόμενων συστάσεων για βελτίωση που επηρεάζει τη μελλοντική απόδοση. Σύγκριση των οικονομικών οφελών αυτών των βελτιώσεων με το συνολικό κόστος κύκλου ζωής για την εφαρμογή κάθε σύστασης.

Συστήνονται οι πρόσθετες αξιολογήσεις κινδύνου. Είναι πιθανόν να χρειαστούν πρόσθετες αξιολογήσεις κινδύνου για να διερευνηθούν λεπτομερέστερα ορισμένα θέματα. Οι γνώσεις που αποκτήθηκαν από το ΡΗΑ θα βοηθήσουν στον προσδιορισμό των ενδεχόμενων πρόσθετων εκτιμήσεων κινδύνου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από αυτή την ανασκόπηση των υφιστάμενων μεθόδων ανάλυσης κινδύνου για την ασφάλεια, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι δεν είναι δυνατόν να επιλέξουμε μόνο μία μέθοδο για τη διαχείριση τόσο των πτυχών ασφαλείας όσο και των περιβαλλοντικών πτυχών.

Η θεωρητική προσέγγιση επηρεάζει τον τρόπο που ο μελετητής θα αναζητήσει και θα ερμηνεύσει πληροφορίες καθώς και σε όρους ανάλυσης των γεγονότων. Είναι πιθανόν να είναι δύσκολο να συνδυαστούν οι διάφορες μέθοδοι που απαιτούνται για την ανάλυση του κινδύνου ασφαλείας με μία ή περισσότερες μεθόδους περιβαλλοντικής εκτίμησης. Ωστόσο, ένα κοινό εργαλείο ή μέθοδος θα απλουστεύσει και θα ενισχύσει τους όρους λήψης αποφάσεων και, κατά συνέπεια, θα είναι μια προτιμώμενη λύση.

Η Step είναι πολύ ουσιαστική στην περιγραφή της χρονικής διαδοχής των γεγονότων που οδήγησαν στο ατύχημα. Εντοπίζει κάποιες αστοχίες και ανθρώπινα λάθη χωρίς πάντα να γίνεται εμβάθυνση στα λάθη και στις καθυστερημένες διορθωτικές κινήσεις. Για την step το ατύχημα δεν αποτελεί κατάληξη μιας γραμμικής διαδοχής γεγονότων αλλά όλες μαζί οι δραστηριότητες που αναπτύσσονται.

Μια απλούστερη μέθοδος θα μπορούσε να είναι η χρήση του PHA ως μέθοδος εκκίνησης και στη συνέχεια η επιλογή μιας κατάλληλης μεθόδου ανάλογα με το σκοπό της ανάλυσης κινδύνου. Το PHA δεν εντοπίζει όλες τις αιτίες αλλά μόνο τους μεγάλους κινδύνους, όμως μια PHA διευκολύνει την κατασκευή της FTA και ETA.

Η τεχνική accimap σε αντίθεση με άλλες μεθόδους απεικονίζει τις αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των ατυχημάτων τονίζοντας τις προβληματικές περιοχές που πρέπει να εντοπισθούν για την πρόληψη παρόμοιων ατυχημάτων που θα συμβούν στο μέλλον. Η τεχνική accimap συνδυάζει την περιγραφή της χρονικής διαδοχής των γεγονότων και ταυτόχρονα την ανάλυση των οργανωτικών αιτιών. Από την άλλη η stamp εστιάζει στην δυναμική των βρόχων σκέψης δράσης. Η stamp δεν είναι ένα γεγονός αλλά ένας περιορισμός.

Αντιμετωπίζοντας τη διαδικασία αξιολόγησης της ασφαλείας της HAZOP για ένα σύστημα, η ETA είναι καταλληλότερη, καθώς θα εντοπιστούν όλες οι ενέργειες ασφαλείας και οι συνέπειες. Η hazop εστιάζει στις αιτίες για την περίπτωση μιας απόκλισης. Οι κίνδυνοι που προκαλούνται από δύο ή παραπάνω αποκλίσεις με την hazop δεν μπορούν να εντοπισθούν. Όμως εξετάζει τις συνέπειες της αποτυχίας σε αντίθεση με την accimap.

Η mort είναι μια πολύπλοκη διαδικασία και χρειάζεται τεχνική κατανόηση του συστήματος, επαρκή περιγραφή της ακολουθίας των γεγονότων. Όμως η mort αποτρέπει τα λάθη και τις παραλείψεις και οδηγεί στον εντοπισμό της αξιολόγησης

και την παραπομπή στους εναπομένοντες κινδύνους για τα ορθά επίπεδα διαχείρισης. Η mort είναι ένα λογικό διάγραμμα παρόμοιο με το FTA.

Η FMEA συχνά επαναλαμβάνει πληροφορίες, εάν δεν υπάρχει τακτική και brainstorming χάνει ορισμένους κινδύνους. Αξιολογεί πιθανούς μηχανισμούς αποτυχίας τρόπου αστοχίας που έχουν επιπτώσεις στη λειτουργία του συστήματος. Η ανάλυση της FMEA σε συνδυασμό με την FTA μπορεί να αυξήσει και να εντοπίσει πολλές περισσότερες αιτίες και τρόπους αστοχίας με αποτέλεσμα την εύρεση των σημαντικότερων συμβάντων. Όμως η FTA δεν είναι FMEA η οποία αιτιολογεί διαφορετικά αποτελέσματα μιας αιτίας.

Η ETA και η FTA είναι δύο κυρίως χρησιμοποιούμενες μέθοδοι αξιολόγησης της ασφάλειας. Ωστόσο, σε διαφορετικές περιπτώσεις, προτείνεται διαφορετική μέθοδος. Η ETA είναι πολύ εύκολο να κατανοηθεί. Η κατανόηση της ETA και της FTA είναι απαραίτητη για αναπτυχθεί ένα μοντέλο ETA. Επιπλέον πολλαπλές FTAs θα μπορούσαν να διεξαχθούν για να ληφθούν τα ίδια αποτελέσματα ως ETA. Επίσης, η FTA δεν είναι ETA η οποία αξιολογεί τις συνέπειες της δεδομένης έναρξης γεγονότων. Η ETA παράγει πολλές διαφορετικές πιθανές εκβάσεις από μεμονωμένο περιστατικό ενώ η FTA αξιολογεί μόνο τις πολλές αιτίες ενός ενιαίου αποτελέσματος. Επομένως, μια ETA, λαμβάνει υπόψη την αστοχία κάθε ενέργειας ασφαλείας και την εξέταση όλων των πιθανών συνεπειών, μπορεί να προσφέρει ένα καλύτερο λογικό διάγραμμα για να κατανοήσουν οι άνθρωποι τις ενέργειες ασφαλείας και την αντίστοιχη συνέπεια της αποτυχίας κάθε ενέργειας ασφαλείας.

Σε μια απλή εγκατάσταση, προτιμάται το FTA γιατί χρησιμοποιείται για τον καθορισμό του συμπλέγματος ή συνδυασμό των αστοχιών που οδηγούν στο κομβικό κίνδυνο. Η FTA είναι καλύτερο να εντοπίσει όλες τις πιθανές αιτίες, να δώσει μια πολύ λεπτομερή εκτίμηση ενός ενιαίου εξοπλισμού, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις λογικές σχέσεις. Επομένως, σε ένα πολύπλοκο σύστημα προτιμάται η ETA. Σε μια συγκεκριμένη εγκατάσταση, η FTA είναι καλύτερη.

ΜΕΘΟΔΟΙ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΜΕΘΟΔΟΥ
STEP	ΠΟΙΟΤΙΚΟ
ACCIMAP	ΠΟΙΟΤΙΚΟ
STAMP	ΠΟΙΟΤΙΚΟ
FTA	ΠΟΙΟΤΙΚΟ/ΠΟΣΟΤΙΚΟ
MORT	ΠΟΙΟΤΙΚΟ
FMEA	ΠΟΙΟΤΙΚΟ/ΠΟΣΟΤΙΚΟ
ETA	ΠΟΙΟΤΙΚΟ/ΠΟΣΟΤΙΚΟ
PHA	ΠΟΙΟΤΙΚΟ
HAZOP	ΠΟΙΟΤΙΚΟ

Πίνακας 15.1

ΜΕΘΟΔΟΙ	ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΓΑΛΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ	ΜΙΚΡΕΣ ΜΕΣΑΙΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ	ΤΜΗΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	ΠΥΡΗΝΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ
STEP	2	3	4	3
ACCIMAP	4	1	4	3
STAMP	2	4	1	1
FTA	3	1	4	4
MORT	2	3	4	3
FMEA	3	2	3	4
ETA	3	1	4	4
PHA	3	2	2	2
HAZOP	4	2	4	4

Πίνακας 15.2

Όπου 1=αμελητέα, 2=χαμηλή, 3=μέτρια, 4=υψηλή

16. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλιογραφικές πηγές

- Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Βασισμένο στο Effective FMEAs, Από τον Carl S. Carlson, που εκδόθηκε από τον John Wiley & Sons, © 2012
http://www.effectivefmeas.com/uploads/Failure_Mode_and_Effects_Analysis_FMEA_for_publication.pdf
- Διαδίκτυο <http://www.fmea-fmeca.com>
- Διπλωματική Εργασία Τρόποι αστοχίας και ανάλυσης αποτελεσμάτων (FMEA) Νταραμπέκης Αριστοτέλης Θεσσαλονίκη 2011
<http://ikee.lib.auth.gr/record/127400/files/ntarambekis.pdf>
- “Fault Tree Handbook with Aerospace Applications”, NASA: Office of Safety and Mission Assurance; August, 2002.
- HAZOP Hazard and Operability Study
Marvin Rausand
Department of Production and Quality Engineering Norwegian University of Science and Technology marvin.rausand@ntnu.no
- REVIEW OF HAZARD IDENTIFICATION TECHNIQUES
Project Leader: John Gould
HEALTH AND SAFETY LABORATORY An agency of the Health and Safety Executive
© Crown copyright (2000)
- MARVIN RAUSAND
Slides related to the book Risk Assessment Theory, Methods, and Applications Wiley, 2011
Homepage of the book: <http://www.ntnu.edu/ross/books/risk>
- Methods for Risk Analysis
Environmental strategies research– fms
Department of Urban studies
Royal Institute of Technology
100 44 Stockholm
www.infra.kth.se/fms
- NRI-1 (2009)
NRI MORT User’s Manua
For use with the Management Oversight & Risk Tree analytical logic diagram
Second Edition <http://www.nri.eu.com/NRI1.pdf>
- HEALTH AND SAFETY LABORATORY An agency of the Health and Safety Executive http://www.hse.gov.uk/research/hsl_pdf/2005/hsl0558.pdf
- Oshacademy safety &health training group
<https://www.oshatrain.org/notes/2bnotes18.html>
- Hazard Analysis Techniques for System Safety, by Clifton A. Ericson, II
Copyright # 2005 John Wiley & Sons, Inc
- Hazard Analysis Techniques for System Safety. Συγγραφέας: Clifton A. Ericson, II

- Βιβλία: Εργονομικές προσεγγίσεις στην διοίκηση και διαχείριση της ασφάλειας. Θωμάς Κοντογιαννης (καθηγητής πολυτεχνίου κρήτης)
Εκδόσεις Τζιόλα
- [http:// unnyday.mit.edu/accidents/safetyscience-single.pdfs](http://unnyday.mit.edu/accidents/safetyscience-single.pdfs)
- <https://shemesh.larc.nasa.gov/iria03/p13-leveson.pdf> Nancy Leveson, Mirna Daouk, Nicolas Dulac, and Karen Marais; MIT, Cambridge, MA, U.S.A. analysis
- <https://visibleprocrastinations.wordpress.com/2016/08/31/notes-injury-prevention-in-outdoor-activity-programs-workshop/>
- University of the sunshine coast: adopting a system approach to accident analysis and prevention: <https://www.dst.defence.gov.au/research-facility/centre-cognitive-work-and-safety-analysis/cwsa-accimap-analysis>
- <https://uploadsproject.files.wordpress.com/2015/04/uploads-oric-march-2015final.pdf>
- Monash Injury Research Institute:
<https://pdfs.semanticscholar.org/dc29/0a59e68d10dbf245e817b6cefda4c0ddb44b.pdf>
- University of the sunshine coast: adopting a system approach to accident analysis and prevention: <https://www.dst.defence.gov.au/research-facility/centre-cognitive-work-and-safety-analysis/cwsa-accimap-analysis>
- Monash Injury Research Institute:
<https://pdfs.semanticscholar.org/dc29/0a59e68d10dbf245e817b6cefda4c0ddb44b.pdf>
- <http://sunnyday.mit.edu/accidents/safetyscience-single.pdf>
A New Accident Model for Engineering Safer Systems
Nancy Leveson Aeronautics and Astronautics Dept., Room 33-313 Massachusetts Institute of Technology 77 Massachusetts Ave., Cambridge, Massachusetts, USA tel: 617-258-0505, fax: 617-253-7397, leveson@mit.edu
- <https://shemesh.larc.nasa.gov/iria03/p13-leveson.pdf>
Nancy Leveson, Mirna Daouk, Nicolas Dulac, and Karen Marais; MIT, Cambridge, MA, U.S.A. analysis
- <https://macsphere.mcmaster.ca/bitstream/11375/11867/1/fulltext.pdf>
APPLYING SYSTEM-THEORETIC ACCIDENT MODEL AND PROCESSES (STAMP) TO HAZARD ANALYSIS BY YAO SONG, M.Eng
c Copyright by Yao Song, January 2012 All Rights Reserved
- Διαδίκτυο: <http://frigg.ivt.ntnu.no/ross/reports/accident.pdf> - ROSS-Reliability, Safety, and Security Studies at NTNU
Copyright (c) 2015 Laura Rhodes & Indiana University of Pennsylvania. All rights reserved.
- Βιβλία: υγιεινή και ασφάλεια στην εργασία. Ευστάθιος Αθ. Ζυγόπουλος
Εκδόσεις κλειδάριθμος
- Βιβλία: υγιεινή και ασφάλεια εργασίας προστασία περιβάλλοντος
Εκδόσεις Rosili
- Ελληνικό ινστιτούτο υγείας και ασφάλειας της εργασίας (ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε)

- Ποσοτική εκτίμηση επικινδυνότητας βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Όλγα Ν. Ανεζίρη. Χημικός Μηχανικός Ε.Μ.Π. – ΕΚΕΦΕ ‘Δημόκριτος’
- Ανάλυση επικινδυνότητας και γραπτή εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου. Αθανασίου Ιωάννης Ναυπηγός Μηχανικός Μ.Sc Τεχνικός Ασφαλείας.