



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΛΟΙΟΥ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ
ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

Στοιχεία Θεωρίας Ρίσκου: Ορισμοί, Μεθοδολογίες και Παραδείγματα

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Παναγιώτης Βεντουρής Παπασημακόπουλος

Επιβλέπων: Νικόλαος Π. Βεντίκος

Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάιος 2016

Η σελίδα αυτή έχει παραμείνει εσκεμμένα κενή

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας τελειώνει και το ταξίδι της φοιτητικής μου ζωής. Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Βεντίκο, για την ενθάρρυνση στην επιλογή του θέματος αυτής της εργασίας, την πολύτιμη βοήθεια του κατά την εκπόνηση της και τη καλή συνεργασία μας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την οικογένεια μου, την κοπέλα μου και τους φίλους μου για τη συμπαράσταση και τη βοήθεια τους όλο αυτό το διάστημα.

Περίληψη – Δομή εργασίας

Το ρίσκο είναι μέρος της καθημερινής ζωής όλων μας ως μέρος των αποφάσεων που λαμβάνουμε. Η λέξη ρίσκο χρησιμοποιείται συνήθως για να εκφράσει μια ορισμένη πιθανότητα ότι ένα ανεπιθύμητο συμβάν μπορεί να συμβεί. Πόσο μεγάλη, όμως, είναι αυτή η πιθανότητα; Ποιες είναι οι συνέπειες και σε ποιο βαθμό επηρεάζουν το περιβάλλον τους; Αυτά τα θέματα είναι υποκειμενικά για κάθε άτομο, π.χ. ένας οδηγός αγώνων έχει μια άλλη αντίληψη του ρίσκου υπό κανονικές συνθήκες κυκλοφορίας από μια ηλικιωμένη κυρία. Αντίστοιχα είναι τα πράγματα και σε τεχνικά ζητήματα: οι μηχανικοί αξιολογούν το ρίσκο με βάση το γνωστικό υπόβαθρο, την εμπειρία και το ρόλο τους στο υπό μελέτη έργο.

Οι διαφορετικές αντιλήψεις μπορούν να οδηγήσουν σε διαφορετικές περιγραφές του ρίσκου και, ως εκ τούτου σε διαφορετικά αποτελέσματα της διαδικασίας εκτίμησης του. Η συνέπειες αυτής της διαφοράς μπορεί να καταλήξουν να είναι κρίσιμες για την απόδοση και την ασφάλεια του υπό μελέτη έργου. Παραδόξως, φαίνεται ότι η διαδικασία εκτίμησης και διαχείρισης του ρίσκου μπορεί να θεωρηθεί ως ρίσκο από μόνη της όταν η αντίληψη για το ρίσκο διαφέρει ανάμεσα στους αναλυτές.

Αν κάποιος μελετήσει την υπάρχουσα βιβλιογραφία στο τομέα του ρίσκου, θα διαπιστώσει ότι το βασικό πρόβλημα του ρίσκου είναι ο ίδιος ο ορισμός του. Παρά τις προσπάθειες πολλών μελετητών να δημιουργήσουν έναν καθολικά αποδεκτό ορισμό του ρίσκου, αυτό έχει καταστεί αδύνατο, μιας και οι ήδη υπάρχοντες ορισμοί συχνά είναι αντικρουόμενοι.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται προσπάθεια συγκέντρωσης όλων ορισμών που εμφανίζονται στην βιβλιογραφία, καθώς και η αναγνώριση των προβλημάτων και των περιορισμών μέρους αυτών. Ακόμα, παρουσιάζονται οι σημαντικότερες έννοιες σχετικά με το ρίσκο, έννοιες που το επηρεάζουν σημαντικά, καθώς και η σωστή κατανόηση τους είναι απαραίτητη για την ενασχόληση με τον τομέα αυτό. Επίσης, στην παρούσα εργασία, συγκεντρώνεται ένα μέρος των τάσεων και των νέων μεθόδων εκτίμησης του ρίσκου, οι οποίες έκαναν την εμφάνισή τους τα τελευταία χρόνια και έχουν συμβάλει στην εξέλιξη του ρίσκου. Τέλος, γίνεται μια αναφορά στις βασικές μεθόδους εκτίμησης του ρίσκου στην ναυτιλία.

Πιο συγκεκριμένα, η δομή αυτής της Διπλωματικής Εργασίας είναι η εξής:

Κεφάλαιο 1: Παρουσίαση των πιθανών ετυμολογικών προελεύσεων της λέξεως ρίσκο, καθώς και μια ιστορική αναδρομή της έννοιας του ρίσκου.

Κεφάλαιο 2: Παρουσίαση των ορισμών του ρίσκου που υπάρχουν στην βιβλιογραφία, της ιστορικής τους εξέλιξης και των περιορισμών τους

Κεφάλαιο 3: Παρουσίαση και περιγραφή των βασικών έννοιων που σχετίζονται με το ρίσκο και είναι θεμελιώδεις για την κατανόηση και την εφαρμογή των κύριων τεχνικών εκτίμησης και αποτίμησης του

Κεφάλαιο 4: Παράθεση και περιγραφή μέσω παραδειγμάτων νέων τάσεων και μεθόδων εκτίμησης και διαχείρισης του ρίσκου που υπάρχουν στην διεθνή βιβλιογραφία

Κεφάλαιο 5: Περιγραφή των μεθόδων που χρησιμοποιούνται στην ναυτιλία για την εκτίμηση και διαχείριση του ρίσκου

Abstract

Risk is part of everybody's daily life, as a part of the decisions we make. The word risk is commonly used to express a certain probability that an undesired event will happen. How big is that probability? What are the consequences and what degree of influence do they have on their environment? These matters are very subjective to each individual, e.g. a race driver has another perception of risk in normal traffic than an old lady. This is not different in technical projects; engineers classify risk dependent on their background, experience and their role in the project.

Difference in perception on this issue can lead to different identifications of risks and therefore different outcomes of a risk assessment, and can be a threat to the technical performance of a project. Paradoxically it seems that the assessment of risks can be considered as a risk of its own when the perception of risk differs among the assessors.

It is obvious that the main problem of risk is its very definition. Despite the efforts made by many scholars to create a universally accepted definition of risk, it has become impossible, as the existing definitions are often contradictory.

This thesis is concentration effort of all definitions that appear in the literature, as well as the recognition of their problems and limitations. Still presents the important concepts of risk, terms that significantly affect risk, and their proper understanding is necessary for understanding risk. Also in this work, some of the trends and of the new risk assessment methods are gathered. Finally, a reference is made to the basic risk assessment methods in shipping.

The structure of this thesis is as follows:

Chapter 1: Presentation of origins of the word risk, as well as a historical overview of the concept of risk.

Chapter 2: Presentation of risk definitions exist in the literature, their historical evolution and their limitations

Chapter 3: Presentation and description of the basic concepts related to risk

Chapter 4: Citation and description of new trends and risk assessment and management methods that exist in the literature

Chapter 5: Description of the methods used in shipping for the assessment and management of risk

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	3
Περίληψη –Δομή εργασίας.....	5
Abstract.....	7
Λίστα σχημάτων	13
Κεφάλαιο 1. Ιστορική Αναδρομή του ρίσκου	15
1.1 Ετυμολογική προέλευση της λέξης ρίσκο	17
1.2 Ιστορική αναδρομή	20
Κεφάλαιο 2. Οι διαφορετικοί ορισμοί του ρίσκου	25
2.1 Περιγραφή ορισμών	27
2.2 Υποκειμενικό Ρίσκο	29
2.3 Αντικειμενικό Ρίσκο	30
2.3.1 Οντολογική πλευρά του ρίσκου	31
2.3.2 Πειράματα Ρίσκου	31
2.3.2.1 Το πείραμα του βράχου που πέφτει	32
2.3.2.2 Το πείραμα βράχου – εργάτη	33
2.3.2.3 Το πείραμα ανεστραμμένου εκκρεμούς.....	36
2.4 Προβλήματα και περιορισμοί	37
2.4.1 Το ρίσκο είναι ίσο με την αναμενόμενη τιμή	37
2.4.2 Το ρίσκο είναι ίσο με την αναμενόμενη χρησιμότητα	38
2.4.3 Το ρίσκο ως ένα γεγονός ή την συνέπεια ενός γεγονότος	38
2.4.4 Το ρίσκο είναι ίσο με την αβεβαιότητα	39
2.4.5 Το ρίσκο είναι ίσο με την πιθανότητα ή τον συνδυασμό πιθανότητας και συνεπειών.....	39
2.4.5.1 Οι δύτες το 1970	40
2.4.5.2 Διαρροή πετρελαίου σε υπεράκτια εγκατάσταση εξόρυξης πετρελαίου	40
2.4.6 Το ρίσκο ως η επίδραση της αβεβαιότητας στους στόχους	41
2.5 Πορείες εξέλιξης.....	41
2.5.1 Πορεία εξέλιξης Π1	42
2.5.2 Πορεία εξέλιξης Π2	43
2.5.3 Πορεία εξέλιξης Π3	44

2.5.4 Πορεία εξέλιξης Π4	44
2.5.5 Πορεία εξέλιξης Π5	45
2.5.6 Πορεία εξέλιξης Π6	45
Κεφάλαιο 3. Οι σημαντικότερες έννοιες στο ρίσκο	47
3.1 Αβεβαιότητα.....	49
3.1.1 Ορισμός αβεβαιότητας	49
3.1.2 Κατηγορίες της αβεβαιότητας	50
3.1.2.1 Τυχαία και γνωσιολογική αβεβαιότητα.....	50
3.1.2.1.1 Παράδειγμα τυχαίας αβεβαιότητας: νέφος τοξικού αερίου .	50
3.1.2.1.2 Παραδείγματα γνωσιολογικής αβεβαιότητας	51
3.1.2.2 Αβεβαιότητα μοντέλου.....	52
3.1.2.2.1 Παραδείγματα αβεβαιότητας μοντέλου.....	52
3.1.3 Τρόποι αναπαράστασης της αβεβαιότητας	54
3.1.3.1 Πιθανότητα	54
3.1.3.1.1 Αντικειμενικές Πιθανότητες.....	54
3.1.3.1.1.1 Κλασσικές πιθανότητες.....	54
3.1.3.1.1.2 Σχετικές συχνότητες.....	55
3.1.3.1.1.3 Λογικές πιθανότητες	56
3.1.3.1.2 Υποκειμενικές πιθανότητες	57
3.1.3.1.2.1 Πιθανότητες κατά Bayes	57
3.1.3.1.2.2 Διάστημα πιθανοτήτων	57
3.1.3.1.2.3 Ανάλυση ορίων πιθανοτήτων (Probability bound analysis)	58
3.1.3.1.3 Συνδυασμός αντικειμενικών και υποκειμενικών πιθανοτήτων	59
3.1.3.2 Θεωρία πιθανοτήτων	60
3.1.3.3 Θεωρία των ενδείξεων (θεωρία των Dempster-Shafer, θεωρία των συναρτήσεων πεποίθησης).....	61
3.2 Μαύροι Κύκνοι (Black Swan)	64
3.2.1. Ιστορική αναδρομή	64
3.1.2 Ορισμός των μαύρων κύκνων	65
3.2.3 Είδη Μαύρων κύκνων.....	66
3.2.3.1 Συμβάντα άγνωστα στην επιστημονική κοινότητα	66

3.2.3.2 Συμβάντα που δεν ήταν στην λίστα πιθανών συμβάντων από την οπτική γωνία αυτών που διεξήγαγαν την ανάλυση	68
3.2.3.3 Συμβάντα που ήταν στην λίστα πιθανών συμβάντων αλλά κρίθηκε η πιθανότητα να συμβούν αμελητέα.....	69
3.3 Γνωστικό υπόβαθρο	72
3.3.1 Η έννοια του γνωστικού υποβάθρου	72
3.3.2 Η δύναμη του γνωστικού υποβάθρου.....	73
3.3.2.1 Σημασία της δύναμης του γνωστικού υποβάθρου.....	73
3.3.2.2 Τρόποι εκτίμησης της δύναμης του γνωστικού υποβάθρου	74
3.3.2.2.1 Μέθοδος 1.....	74
3.3.2.2.2 Μέθοδος 2.....	75
3.4 Έννοιες του ρίσκου σε ένα σύστημα.....	76
3.4.1 Τρωτότητα	76
3.4.2 Επανατακτικότητα	78
3.4.3 Αντιευθραυστότητα	80
3.4.4 Η σχέση ανάμεσα στην αντιευθραυστότητα, την τρωτότητα και την επανατακτικότητα	83
3.5 Επιμέλεια	84
3.5.1 Χαρακτηριστικά επιμέλειας	85
3.5.1.1 Σημασία στην αποτυχία.....	85
3.5.1.2 Απροθυμία για απλούστευση	86
3.5.1.3 Προσοχή κατά τη διάρκεια της διαδικασίας	87
3.5.1.4 Επίτευξη επανατακτικότητας	87
3.5.1.5 Σεβασμό στην τεχνογνωσία	87
Κεφάλαιο 4. Νέες τάσεις και μέθοδοι εκτίμησης του ρίσκου	89
4.1 Επικαιροποιημένη προσαρμοστική ανάλυση ρίσκου	91
4.1.1 Εισαγωγή	91
4.1.2 Περιγραφή πλαισίου	92
4.1.4 Σύνοψη.....	102
4.2 Διευρυμένη ανάλυση ρίσκου	104
4.2.1 Εισαγωγή	104
4.2.2 Οι έννοιες του πλαισίου αυτού.....	104
4.2.3 Περιγραφή πλαισίου	105
4.2.4 Σύνοψη.....	109

4.3 Προσαρμοσμένη ανάλυση ασφαλούς εργασίας.....	109
4.3.1 Εισαγωγή	109
4.3.2 Περιγραφή πλαισίου	111
4.3.3 Αποδοχή ρίσκου	118
4.3.4 Σύνοψη.....	119
4.4 Ενοποιημένο πλαίσιο για την ανάλυση του ρίσκου και την ανάλυση τρωτότητας	121
4.4.1 Εισαγωγή	121
4.4.2. Οι έννοιες του πλαισίου αυτού.....	122
4.4.3 Περιγραφή πλαισίου	122
4.4.4 Σύνοψη.....	131
4.5 Ημι-ποσοτική Ανάλυση	132
4.5.1 Εισαγωγή	132
4.5.2 Οι έννοιες του πλαισίου αυτού.....	132
4.5.3 Περιγραφή πλαισίου	133
4.5.4 Σύνοψη.....	142
Κεφάλαιο 5. Το ρίσκο στην ναυτιλία	143
5.1 Εισαγωγή.....	145
5.2 Τυπική Αποτίμηση Ασφάλειας (Formal Safety Assessment – FSA) ...	145
5.3 Μελέτη ασφαλείας (Safety Case – SC).....	152
5.4 Ποσοτική ανάλυση ρίσκου για την μεταφορά επικίνδυνων φορτίων (Quantitative Risk Assessment - QRA).....	153
5.5 Σύστημα υπολογισμού του ρίσκου θαλασσίων ατυχημάτων (Marine Accident Risk Calculation System - MARCS)	153
5.6 Κανονισμοί λήψης αποφάσεων βάση του ρίσκου (Risk-Based Decision-making Guidelines – RBDM)	162
5.7 Ποσοτική ανάλυση ρίσκου και μοντέλο ρίσκου-αποτελέσματος (QRA and Risk-Effect Model – REM)	170
Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα - Προτάσεις	173
Βιβλιογραφία.....	178

Λίστα σχημάτων

Σχήμα 2.1: Πείραμα βράχου που πέφτει	32
Σχήμα 2.2: Το σύστημα πέτρας-ανέμου-εργάτη.....	33
Σχήμα 2.3 : Το σύστημα μπάλας-πλατφόρμας-ελατηρίου-δύναμης	34
Σχήμα 2.4 :Το πείραμα του ανεστραμμένου εκκρεμούς	36
Σχήμα 2.5: Οι πορείες εξέλιξης του ρίσκου	46
Σχήμα 3.1: Συνάρτηση πιθανότητας για μία παράμετρο στο διάστημα [1,3]	61
Σχήμα 3.2: Τα όρια για τα μέτρα πιθανότητας βασισμένα στην συνάρτηση πιθανότητα του Σχήματος 3.1.....	62
Σχήμα 3.3: Απόκριση επαναστακτικού συστήματος.....	81
Σχήμα 3.4: Απόκριση ευθραύστου συστήματος	82
Σχήμα 3.5: Απόκριση αντιεύθραυστου συστήματος	82
Σχήμα 4.1: Βασικά στάδια επικαιροποιημένης προσαρμοστικής ανάλυση ρίσκου	93
Σχήμα 4.2: Πίνακας ρίσκου την στιγμή του συμβάντος	97
Σχήμα 4.3: Επεξήγηση συμβόλων	97
Σχήμα 4.4: Πίνακας του ρίσκου μετά από πέντε ώρες και για τις δύο εναλλακτικές προτάσεις	100
Σχήμα 4.5: Πίνακας του ρίσκου μετά από τρεις ώρες και για την δεύτερη εναλλακτική πρόταση	100
Σχήμα 4.1: Πίνακας του ρίσκου δεδομένων των παρατηρήσεων συγκέντρωσης αερίων	102
Σχήμα 4.7: Πίνακας του ρίσκου δεδομένων των παρατηρήσεων της απόφραξης και της υψηλής πίεσης	103
Σχήμα 4.5: Βασικά στάδια διευρυμένης ανάλυσης ρίσκου	106
Σχήμα 4.6: Βασικά βήματα Ανάλυσης Ασφαλούς Εργασίας (SJA)	111
Σχήμα 4.7: Βασικά στάδια βήματα προσαρμοσμένης ανάλυσης SJA	113
Σχήμα 4.9: Πίνακας ρίσκου για το σενάριο si μετά το δεύτερο στάδιο της προσαρμοσμένης SJA.....	117

Σχήμα 4.10: Πίνακας ρίσκου για το σενάριο si μετά το τρίτο στάδιο της προσαρμοσμένης SJA.....	118
Σχήμα 4.11: Πίνακας εξήγησης χρωμάτων αποδοχής ρίσκου ..	119
Σχήμα 4.12 Πίνακας ρίσκου με τα αποτελέσματα της ανάλυσης αποδοχής.....	119
Σχήμα 4.13: Πίνακας ρίσκου στον οποίο περιλαμβάνεται και η διάσταση της ισχύος του γνωστικού υπόβαθρου	120
Σχήμα 4.14: Βασικά στάδια ενοποιημένου πλαίσιο για την ανάλυση του ρίσκου και την ανάλυση τρωτότητας.....	124
Σχήμα 4.15: Αξιολόγηση επιπέδου ρίσκου.....	130
Σχήμα 4.16:Βήματα ημι-ποσοτικής ανάλυσης.....	134
Σχήμα 4.17: Διάγραμμα δικλίδων ασφαλείας	135
Σχήμα 4.18: Δέντρο σφαλμάτων για μια δικλείδα ασφαλείας	137
Σχήμα 4.19 :Διάγραμμα επιρροής.....	137
Σχήμα 5.1: Βήματα μεθόδου FSA	147
Σχήμα 5.2. Συνδυασμός δέντρου γεγονότων με δέντρο σφαλμάτων για την κατηγορία των ατυχημάτων πυρκαγιάς	150
Σχήμα 5.3: Πίνακας ρίσκου για την εκδήλωση πυρκαγιάς σε ένα containership	151
Σχήμα 5.4: Βασικά Βήματα ποσοτικής ανάλυσης ρίσκου (QRA)	154
Σχήμα 5.5: Βασικά βήματα συστήματος υπολογισμού του ρίσκου θαλασσίων ατυχημάτων (MARCS)	157
Σχήμα 5.6: Η περιοχή μελέτης στο Oslofjord	158
Σχήμα 5.7 Ιστορικά στοιχεία ατυχημάτων στο Oslofjord βασισμένα στην βάση δεδομένων DAMA (1991-1996).....	160
Σχήμα 5.8 Συχνότητες ατυχημάτων (αριθμός ατυχημάτων ανά 1000 shipwears) για το Oslofjord (OF), στην Βόρεια Θάλασσα (NS) και σε παγκόσμιο επίπεδο (WW)	161
Σχήμα 5.9 Ιστορικά στοιχεία ατυχημάτων και προβλέψεις μεθόδου MARCS (ατυχήματα ανά έτος).....	162
Σχήμα 5.10 Λόγος προβλέψεων προς ιστορικά στοιχεία	162
Σχήμα 5.11: Ενότητες μοντέλου ρίσκου-αποτελέσματος	171
Σχήμα 5.12: Κύρια στάδια της ανάλυσης του ρίσκου για τη μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων	172

Κεφάλαιο 1. Ιστορική Αναδρομή του ρίσκου

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι απόψεις που υπάρχουν στην βιβλιογραφία σχετικά με την ετυμολογική προέλευση του ρίσκου καθώς παρατίθεται μια ιστορική αναδρομή σχετικά με την έννοια του ρίσκου.

Η σελίδα αυτή έχει παραμείνει εσκεμμένα κενή

1.1 Ετυμολογική προέλευση της λέξης ρίσκο

Σύμφωνα με την Althaus [1] δεν υπάρχει μια κοινώς αποδεκτή άποψη για την προέλευση της λέξης ρίσκο κάτι το οποίο διαφαίνεται και από την ανάλυση που υπάρχει το λεξικό 'Oxford English Dictionary'[2] σε σχέση με αυτό το θέμα. Σύμφωνα με αυτή την ανάλυση κάποιες από τις πιθανές προελεύσεις είναι οι παρακάτω:

- Γαλλικά 'risque': κίνδυνος ή ενόχληση, προβλέψιμο ή όχι (το 1578 στα Μέσα γαλλικά ως θηλυκό ουσιαστικό, 1633 ως αρσενικό ουσιαστικό, 1690 ως νομικός όρος)
- Ιταλικά 'risco' (πρώτο μισό του 14^{ου} αιώνα), παραλλαγή του 'rischio' (1292; 13^{ος} αιώνας ως 'reisego'), 'risico' (1367),: πιθανότητα βλάβης, μιας ανεπιθύμητης συνέπειας, κτλ.
- Μετά-κλασσικά Λατινικά 'resicum', 'risicum' (μέσα του 12^{ου} αιώνα από ιταλικές πηγές· επίσης στα μέσα του 12^{ου} αιώνα σε κείμενο από την Κωνσταντινούπολη), 'risigum', 'resigum', 'resegum' (1227–8 σε Οξιτανικές πηγές), 'rischium', 'rischum', 'riscum', 'risecum' (δεύτερο μισό του 13^{ου} αιώνα από ιταλικές πηγές), όλες σε εμπορικά πλαίσια με την έννοια της απειλής, του κινδύνου
- Μέσα Γαλλικά (Βαλλωνικά) 'resicq', 'risicq': πιθανότητα ζημίας ή απώλειας του εμπορεύματος (δεύτερο μισό του 15^{ου} αιώνα)
- Παλαιά Οξιτανικά 'rezegue': πιθανότητα ζημίας του εμπορεύματος όταν αυτό μεταφέρεται μέσω θαλάσσης (1200, 1301 ως 'resequer')
- Καταλανικά 'risc', 'reec': κίνδυνος, ρίσκο, πιθανότητα ζημίας του εμπορεύματος όταν αυτό μεταφέρεται μέσω θαλάσσης (13^{ου} αιώνας)
- Ισπανικά 'riesgo': σύγκρουση, διαφωνία (1300), πιθανότητα βλάβης ή μιας ανεπιθύμητης συνέπειας (16^{ος} αιώνας)
- Πορτογαλικά 'risco' (15^{ος} αιώνας)
- Ολλανδικά 'risico' (1525) και 'resicq' (173), 'risicque' (1602), καταγράφονται στην ισπανική Ολλανδία, υπό την έννοια της πιθανότητας πρόκλησης ζημίας στο εμπόρευμα
- Γερμανικά 'Risiko' (1507)
- Μετά-κλασσικά Λατινικά 'rixicum' (1458 σε βρετανική πηγή)
- Ελληνικά 'ριζικόν' (1160)

- Αραβικά ‘rizq’ (στα αραβικά του Μάχρεμπ ‘rezq’), με έναν αριθμό από ερμηνείες: ‘εφόδια, αυτά που παραχωρήθηκαν από τον Θεό σε κάθε άνθρωπο’, ‘τα προς το ζην, τροφή’, κατά συνέπεια ‘θείο δώρο, ευλογία (από τον Θεό)’, ‘περιουσία, πλούτος’, ‘εισόδημα, απολαβές’, και τέλος ‘ριζικό, τύχη, πεπρωμένο, ευκαιρία’

Ευρέως προτείνεται, σύμφωνα με αυτό το λεξικό, ότι οι μετά-κλασσικές λατινικές λέξεις ‘resicum’, ‘risicum’, κτλ. με την έννοια της απειλής, του κινδύνου προέρχονται από το μετά-κλασσικό λατινικό ουσιαστικό ‘resicum’, μια λέξη προτεινόμενη ως παράγωγο της λέξης των κλασσικών Λατινικών ‘resicare’, της οποίας η έννοια είναι ‘αυτό που κόβει’ και συνεπώς σημαίνει ‘πέτρα, γκρεμός ύφαλος’ (σε σύγκριση με την ισπανική λέξη ‘risco’ με την έννοια της από τον 13^ο αιώνα), με μνεία για τους κινδύνους του ταξιδιού ή της θαλάσσιας μεταφοράς. Σύμφωνα με το Oxford English Dictionary [2] η άποψη αυτή ταιριάζει με την ναυτιλιακή χρήση της λέξης στα αγγλικά και στις λατινογενείς γλώσσες, αλλά περιλαμβάνει περεταίρω βήματα εξέλιξης της λέξης τα οποία όμως δεν αποδεικνύονται από τα κείμενα που έχουν βρεθεί.

Ακόμα, σύμφωνα με το Oxford English Dictionary [2], αυτή την εξήγηση και αυτή που εκφράζει ότι η μετα-λατινικές λέξεις ‘resicum’, ‘risicum’, κτλ. προέρχονται από τις εκφάνσεις τις αραβικής λέξης ‘rizq’ ως ‘ριζικό, τύχη, πεπρωμένο, ευκαιρία’, υποθέτουν ότι η ελληνική λέξη ‘ριζικόν’ δανείστηκε από την λέξη των μετα-κλασσικών λατινικών ‘risicum’, αλλά είναι επίσης πιθανό να έγινε αντίθετα, και οι δύο λέξεις εμφανίζονται για πρώτη φορά την ίδια περίοδο.

Είναι σαφές ότι ετυμολογική προέλευση της έννοιας ρίσκο είναι δύσκολο να καθοριστεί. Υπάρχουν πολλές και αντικρουόμενες απόψεις κάτι το οποίο μπορεί να γίνει πιο εμφανές από τις παρακάτω προτάσεις από διάφορες πηγές:

- Σύμφωνα με τον Bernstein [3], η λέξη ρίσκο προέρχεται από την ιταλική λέξη ‘risicare’, της οποίας η σημασία είναι ‘τολμώ’ και την χρησιμοποιούσαν οι αρχαίοι ναυτικοί ως προειδοποίηση προς τον χειριστή του τιμονιού για την πιθανή ύπαρξη βράχων
- Σύμφωνα με την άποψη του Giddens [4] η λέξη υιοθετήθηκε στα αγγλικά από τα πορτογαλικά ή τα ισπανικά όπου χρησιμοποιείτο για την αναφορά πλεύσης σε αχαρτογράφητα νερά. Στο λεξικό Chambers Twentieth Century Dictionary [5] αναφέρεται ότι η ισπανική λέξη ‘risco’ μεταφράζεται ως ‘πέτρα’. Ο Giddens [4] πιστεύει ότι η προέλευση της λέξης ρίσκο είναι στην πραγματικότητα πορτογαλική και σημαίνει ‘τολμώ’.
- Ο Ewald από την πλευρά του θεωρεί ότι η έννοια ρίσκο πρωτοεμφανίστηκε στο Μεσαίωνα, σχετιζόταν με τις ναυτιλιακές

ασφάλειες και η χρήση του ήταν για τον ορισμό των κινδύνων που θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο ένα ταξίδι.

- Η βρετανική ιατρική ένωση προτείνει ότι η λέξη προέρχεται από την ελληνική λέξη 'ρίζα' και περιγράφει 'τους κινδύνους της πλεύσης πολύ κοντά στα βράχια: αντίθετοι άνεμοι, μικρά βυθίσματα, παλίρροιες'

Η καθημερινή χρήση της λέξης ρίσκο σε μεγάλο βαθμό αντανακλάται από αυτές τις περιγραφές. Με βάση το Oxford English Dictionary [2], οι τρεις κύριες απόψεις για τον ορισμό της λέξης του ρίσκου είναι οι παρακάτω:

- (1) Έκθεση στην πιθανότητα οικονομικής ή μη ζημίας, τραυματισμού, ή άλλων δυσμενών ή ανεπιθύμητων συγκυριών' μια κατάσταση που περιλαμβάνει μια τέτοια πιθανότητα
- (2) Ένα επικίνδυνο ταξίδι, ένα τόλμημα
- (3) Ένα πρόσωπο ή αντικείμενο που θεωρείται ότι μπορεί να οδηγήσει σε ένα καλό ή κακό αποτέλεσμα σε ένα συγκεκριμένο θέμα, ένα πρόσωπο ή αντικείμενο που θεωρείται ως απειλή ή ως πηγή κινδύνου

Από αυτές της απόψεις είναι σαφές ότι η έννοια του ρίσκου μπορεί να είναι είτε θετική είτε αρνητική.

Η Althaus [1] υπογραμμίζει ότι η εννοιολογική κατανόηση του ρίσκου εκφράζει το ρίσκο ως κάτι το οποίο είναι ανοιχτό σε μια πληθώρα από αντικρουόμενες πιθανότητες και ερμηνείες.

Η Althaus [1] κάνει κάποιους ενδιαφέροντες συλλογισμούς σχετικά με την μεταβολή στην χρήση της λέξης ρίσκο ανά τους αιώνες, τις κοινωνίες και τις περιοχές. Κάνει αναφορά στον βιβλίο του Bernstein [3] και των Gigerenzer κ.α. [6], οι οποίοι σε μεγάλο βαθμό συνδέουν της έννοιες της τύχης και της πιθανότητας με το ρίσκο, και υποστηρίζουν ότι η έννοια της μοίρας αντικαταστάθηκε με την πίστη στην ικανότητα της ανθρωπότητας να ελέγξει την αβεβαιότητα, χρησιμοποιώντας την πιθανότητα ως εργαλείο. Μετά από αυτή την ιδέα οποιαδήποτε διάκριση μεταξύ του ρίσκου και της αβεβαιότητας σήμερα έχει χαθεί γλωσσικά.

Συγχρόνως, όμως, η έννοια ρίσκο είναι αρκετά ασαφής στην καθημερινή γλώσσα, και προβλήματα στον υπολογισμό των πιθανοτήτων δεν είναι απαραίτητα σημαντικά στην χρήση του ρίσκου στην καθομιλουμένη [7]. Στην ελληνική γλώσσα η λέξη 'risk' έχει μεταφραστεί από τον Ελληνικό Οργανισμό Τυποποίησης (ΕΛΟΤ) ως διακινδύνευση, όρος ο οποίος δεν χρησιμοποιείται συχνά στην βιβλιογραφία. Συχνά, προτιμάται ο όρος ρίσκο και συνεπώς στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται αυτό ο όρος.

Η Althaus [1] καταλήγει στο ότι η παλαιότερη επιχειρηματική έννοια του ρίσκου ως ένα τόλμημα έχει ξεθωριάσει από τις αρχές του 19^{ου} αιώνα [7]. Στην σύγχρονη εποχή η λέξη ρίσκο στην καθημερινότητα χρησιμοποιείται ως κάτι αρνητικό [8]. Αυτές οι αλλαγές - η αντίσταση ενάντια στην μοίρα, η ενοποίηση της έννοιας του ρίσκου με την αβεβαιότητα, και η σύγχρονη έμφαση στο ρίσκο συνδέονται με ανεπιθύμητες συνέπειες και αποτελέσματα- η σημασία και η χρήση της λέξης ρίσκο είναι συνδεδεμένα με , ξεκινώντας από τις αρχές του 17^{ου} αιώνα και κερδίζοντας δύναμη τον 18^ο [7,4].

Αν δούμε τους διάφορους ορισμούς ανά τους αιώνες και τους συγκρίνουμε με της τρεις σύγχρονες ερμηνείες σύμφωνα με τον Aven [9] είναι εμφανή τα παρακάτω κοινά χαρακτηριστικά:

Για μία δραστηριότητα, υπάρχουν διάφορες πιθανές συνέπειες, μια ή περισσότερες είναι αρνητικές (ανεπιθύμητες) και το κύριο θέμα είναι αυτές, οι συνέπειες που δεν είναι γνωστές.

Το ρίσκο είναι είτε η πιθανότητα/αβεβαιότητα μια δραστηριότητα να έχει κάποιες ανεπιθύμητες συνέπειες, είτε η δραστηριότητα αυτή καθαυτή, η οποία συχνά αναφέρεται ως μια πηγή κινδύνου ή μια απειλή. Σύμφωνα με τον Aven [9] η προέλευση και η ιστορική χρήση της λέξης ταιριάζουν πολύ καλά με την σημερινή καθημερινή της χρήση.

1.2 Ιστορική αναδρομή

Το ρίσκο, στηριζόμενο στον υπολογισμό της πιθανότητας, η οποία προέκυψε ως έννοια κατά τη διάρκεια του 17^{ου} και του 18^{ου} αιώνα , αλλά έγινε διαδεδομένη μόλις το 20^ο αιώνα, χρησιμοποιήθηκε ως μια θεωρητική βάση για την ενίσχυση μιας επιστημονικής, βασισμένης στα μαθηματικά, προσέγγισης για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας.

Το 1654, μια εποχή που η Αναγέννηση ήταν σε πλήρη άνθιση, ο Chevalier de Mere, ένας Γάλλος ευγενής με κλίση τόσο για τα τυχερά παιχνίδια όσο και στα μαθηματικά, ζήτησε από τον φημισμένο Γάλλο μαθηματικό Blaise Pascal να λύσει ένα γρίφο: Ας υποθέσουμε ότι δύο παίκτες έχουν συμφωνήσει να ρίξουν ένα δίκαιο κέρμα, μέχρι ένας από αυτούς να κερδίσει ένα συγκεκριμένο αριθμό ρίψεων. Κάθε παίκτης ποντάρει το ίδιο ποσό στο παιχνίδι, και ο πρώτος παίκτης που θα κερδίσει τρεις ρίψεις κερδίζει όλο το ποσό του στοιχήματος. Το παιχνίδι αρχίζει και ο πρώτος παίκτης κερδίζει δύο φορές και ο δεύτερος μια φορά. Το παιχνίδι, όμως διακόπτεται απότομα, λόγω κάποιου εξωτερικού παράγοντα, χωρίς την δυνατότητα συνέχισης του. Πως θα διανεμηθούν δίκαια τα χρήματα; Ο Pascal ζήτησε την βοήθεια του Pierre de

Fermat ενός δικηγόρου αλλά και πολύ καλού μαθηματικού για την λύση αυτού του προβλήματος. Αυτή η συνεργασία οδήγησε στην ανακάλυψη της θεωρίας των πιθανοτήτων, του μαθηματικού πυρήνα της έννοιας του ρίσκου. Ο Pascal χρησιμοποίησε την θεωρία των πιθανοτήτων στο διάσημο στοίχημα του για την ύπαρξη ή όχι του θεού αλλά ποτέ επέκτεινε την χρήση της και σε άλλους τομείς όπως τη διαχείριση του ρίσκου.

Ο Abraham de Moivre, το 1730, πρότεινε την χρήση της κανονικής κατανομής και ανακάλυψε την έννοιας της τυπικής απόκλισης, εργαλεία πολύ σημαντικά για τις σύγχρονες τεχνικές για την ποσοτικοποίηση του ρίσκου. Ο de Moivre χρησιμοποίησε τις γνώσεις του στις πιθανότητες και τα μαθηματικά για να προβλέψει με ακρίβεια την ημερομηνία του δικού του θανάτου στην ηλικία των 87. Παρατήρησε ότι κοιμόταν λίγο περισσότερο κάθε βράδυ και χρησιμοποίησε το γεγονός αυτό για να προβλέψει την ημέρα που απλά δεν θα ξυπνούσε (27 του Νοέμβρη του 1754).

Η πρώτη πρακτική εφαρμογή της θεωρίας πιθανοτήτων ήταν στη μελέτη των δεικτών θνησιμότητας. Κατά την ίδια δεκαετία που ο Pascal και ο Fermat είχαν βάλει σκοπό την λύση του προβλήματος του Mere, ο John Graunt ήταν απασχολημένος με τις στατιστικές μελέτες των ποσοστών θνησιμότητας του Λονδίνου. Αυτές οι πληροφορίες χρησιμοποιήθηκαν αργότερα από τον Christiaan Huygens, ο οποίος εφάρμοσε την θεωρία των πιθανοτήτων στα δεδομένα του Graunt σε μια προσπάθεια να υπολογίσει το προσδόκιμο ζωής.

Η θεωρία των πιθανοτήτων είχε προφανή δυνατότητα χρήσης στον τομέα της ασφάλισης, όμως η σχέση της με τον τζόγο εμπόδιζε την περαιτέρω εφαρμογή της. Στο Λονδίνο του 18ου αιώνα ανθούσε η αγορά συμβολαίων ασφάλισης με αντικείμενο την μοιχεία ή την αποτυχία σε ένα λαχείο. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν οι ασφάλειες για την ασφάλιση έναντι απώλειας σε στοιχήματα σχετικά με την έκβαση ορισμένων μαχών ή για τη διάρκεια της ζωής των διασημοτήτων. Σύμφωνα με τον Lorraine Daston, 'Τόσο οι ασφαλιστικές εταιρίες όσο και οι πελάτες τους ασχολούνταν ως επί το πλείστον με τα στοιχήματα για το μέλλον παρά με τον σχεδιασμό αυτού'. Ο Daston, επίσης, σημειώνει ότι τα ασφαλιστικά συμβόλαια μερικές φορές χρησιμοποιούνταν για τη συγκάλυψη των τοκογλυφικών δανείων και υποστηρίζει ότι η πρόωρη ασφαλιστική βιομηχανία 'δεν ήταν απλά άσχετη με την στατιστική, ήταν κατά της στατιστικής'.

Σχεδόν εκατό χρόνια μετά την συνεργασία των Pascal και Fermat, ένας αντικαθεστωτικός Άγγλος υπουργός, ονόματι Thomas Bayes, συνέβαλε στην εντυπωσιακή πρόοδο στον τομέα των στατιστικών, παρουσιάζοντας εάν μαθηματικό τρόπο μίξης των νέων πληροφοριών με τις παλαιότερες, με σκοπό τη λύση μιας απόφασης βασισμένης στις υπάρχουσες πληροφορίες. Το θεώρημα του Bayes επικεντρώνεται στη συχνή περίπτωση, κατά την οποία έχουμε μια διαισθητική άποψη για την πιθανότητα κάποιον γεγονότων και

θέλουμε να κατανοήσουμε πώς να αναπροσαρμόσουμε αυτή την άποψη κατά την διάρκεια της πραγματοποίησης των πραγματικών γεγονότων.

Η σχέση μεταξύ των ασφαλειών και των τυχερών παιχνιδιών δεν θα σπάσει μέχρι και τον 19ο αιώνα και θα παρεμποδίσει σημαντικά τη χρήση των πιθανοτήτων και της στατιστικής στην ανάπτυξη της διαχείρισης του οικονομικού ρίσκου.

Η αρχή έγινε από τις, πιο σύγχρονες πλέον, ασφαλιστικές εταιρίες. Ο υπολογισμός της πιθανότητας πρόωρου θανάτου ενός ανθρώπου ή της καταστροφής υλικών πόρων, όπως τα πλοία, τα κτίρια, και το περιεχόμενό τους, ήταν απαραίτητος για την κερδοφόρα λειτουργία τους. Αυτό οδήγησε στην ανάγκη και τελικά στην ανάπτυξη ενός εφαρμόσιμου πλαισίου για τον υπολογισμό του ρίσκου

Κατά την διάρκεια του 1970 η έρευνα σχετικά με την μελέτη του ρίσκου έκανε μεγάλα βήματα. Η βασική αιτία ήταν οι ισχυρές αντιδράσεις που υπήρχαν κατά της πυρηνικής ενέργειας και η ανησυχία που εκφραζόταν για τις επιπτώσεις που αυτή μπορεί να έχει στο περιβάλλον. Ξαφνικά, αυτές οι απόψεις εισχώρησαν στην κοινή γνώμη δημιουργώντας σοβαρά εμπόδια σε συγκεκριμένους τομείς της τεχνολογικής εξέλιξης καθώς και στην επέκταση των βιομηχανιών. Πλέον, η τεχνολογία και η βιομηχανία έπαψαν να θεωρούνται ως κάτι απαραίτητα καλό και οι πολίτες άρχισαν να γίνονται καχύποπτοι. Εκείνη την εποχή κοινή γνώμη και μέσα μαζικής ενημέρωσης απαίτησαν από κοινού νέα πολιτική στο συγκεκριμένο τομέα, η οποία θα λάμβανε υπόψιν την προστασία του περιβάλλοντος καθώς και την προστασία της υγείας των ανθρώπων. Από την άλλη πλευρά, η αγωνία αυτή που εκφραζόταν από μέσα και κοινή γνώμη θεωρήθηκε αδικαιολόγητη από τους ειδικούς.

Η πρώτη προσέγγιση που προτάθηκε ήταν η εκτίμηση του μεγέθους των διαφόρων κινδύνων στην καθημερινή ζωή, καθώς και εκείνων των μεγάλων και σπάνιων καταστροφών που μπορεί να προκύψουν σε τεχνολογικά συστήματα και στο περιβάλλον. Ένα παράδειγμα ενός κινδύνου στην καθημερινή ζωή ήταν το κάπνισμα που ήδη τότε ήταν μια γνώστη και καλά μελετημένη πηγή κινδύνου. Αυτός ο κίνδυνος μπορούσε να συγκριθεί με το ρίσκο της ζωής κοντά σε ένα εργοστάσιο πυρηνικής ενέργειας και σύμφωνα με αναλύσεις ρίσκου ο πρώτος κίνδυνος ήταν αρκετά μεγαλύτερος. Αυτές η μελέτες, όμως, δεν καθυστέρησαν αυτούς που αντιτίθεντο στην πυρηνική ενέργεια, και ας ήταν, μερίδα αυτών, οι ίδιοι καπνιστές .

Αυτό οδήγησε του ερευνητές να συνειδητοποιήσουν την ανάγκη κατανόησης των παραγόντων που επηρεάζουν το πώς οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται τους διάφορους κινδύνους- ρίσκα και πως αντιδρούν σε αυτά. Το κυρίαρχο πρόσωπο που οδήγησε στην έναρξη της έρευνας σχετικά με το ρίσκο ήταν ο Starr [11]. Το συμπέρασμα του ότι το πώς η κοινωνίες

αντιλαμβάνονται το ρίσκο δεν ήταν ανάλογο του πραγματικού ρίσκου μιας δραστηριότητας. Αυτό έκανε σαφή την ανάγκη χρήσης και άλλων εννοιών με σκοπό την κατανόηση των κοινωνικών αντιδράσεων απέναντί στο ρίσκο. Ο Starr [11] πρότεινε την χρήσης της έννοιας του βαθμού εθελοντισμού. Αυτή η έννοια βασίστηκε στην παρατήρηση του γεγονότος ότι ένας άνθρωπος είναι διατεθειμένος να αποδεχτεί πολύ μεγαλύτερο ρίσκο σε περίπτωση που αυτό γίνεται εθελοντικά από όταν είναι αναγκασμένος. Αυτή η ιδέα υπήρξε πολύ σημαντική για την εξέλιξη της μετέπειτα έρευνας σχετικά με την αντίληψη του ρίσκου. Ωστόσο, αυτό ήταν μόνο μια αρχή. Υπάρχουν πολλά παραδείγματα στα οποία αυτή η ιδέα αντικρούεται διότι ο εθελοντικός χαρακτήρας της δραστηριότητας φαίνεται να είναι μια απίθανη εξήγηση της αποδοχής του ρίσκου. Γιατί είναι ένα ταξίδι σε ιστιοπλοϊκό αναψυχής πιο επικίνδυνο από ένα ταξίδι σε επιβατηγό-οχηματαγωγό; Το δεύτερο δεν είναι στην πραγματικότητα μια εξαναγκασμένη δραστηριότητα. Στην συνέχεια, προτάθηκε η προσθήκη και άλλων διαστάσεων στην μελέτη του ρίσκου, οδηγώντας στη δημιουργία ενός ψυχομετρικού μοντέλου της αντίληψης του ρίσκου [10], στο οποίο αναδεικνύονταν ως σημαντικοί παράγοντες ο φόβος και η καινοτομία του ρίσκου.

Είναι προφανές ότι το ρίσκο που προκύπτει από έναν κίνδυνο είναι μια σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει της ενέργειες μας. Μπορούμε να επιλέξουμε ανάμεσα στην αποφυγή μια πράξης με ρίσκο ή την πραγματοποίηση της κρίνοντας αυτό το ρίσκο αποδεκτό σε σύγκριση με τα κέρδη που θα προκύψουν. Είναι αρκετά σύνηθες, οι εναλλακτικές λύσεις με μεγαλύτερο ρίσκο να είναι και οι πιο προσοδοφόρες. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι τα τυχερά παιχνίδια. Συμμετέχοντας σε έναν τέτοιο παιχνίδι και δίνοντας ένα συγκεκριμένο πόσο υπάρχουν μεγάλες πιθανότητες απώλειες του. Άρα, η συμμετοχή σε αυτό κρίνεται πως είναι υψηλού ρίσκου αλλά τα κέρδη σε περίπτωση επιτυχίας είναι μεγάλα.

Στην συνέχεια αναπτύχθηκε μια ακόμα θεωρία σύμφωνα με την οποία οι άνθρωποι μπορούν να αποδεχτούν ένα ορισμένο επίπεδο ρίσκου, και ως εκ τούτου, προσαρμόζουν τις ενέργειές τους με σκοπό την επίτευξη αυτού του επιπέδου. Ένα παράδειγμα αυτής της θεωρίας είναι ένας αγώνας πυγμαχίας. Οι πυγμάχοι αποδέχονται το ρίσκο ενός ενδεχόμενου τραυματισμού αλλά ως ένα βαθμό. Χωρίς την χρήση προστατευτικών το ρίσκο ενός σοβαρού τραυματισμού είναι μεγάλο άρα το επίπεδο ρίσκου είναι πάνω από εκείνο που αποδεκτό από τον αθλητή. Όμως, με την χρήση αυτών, το επίπεδο ρίσκου πέφτει σε αποδεκτά όρια.

Η σελίδα αυτή έχει παραμείνει εσκεμμένα κενή

Κεφάλαιο 2. Οι διαφορετικοί ορισμοί του ρίσκου

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια παρουσίαση όλων των ορισμών της έννοιας του ρίσκου που εμφανίζονται στην βιβλιογραφία καθώς και αναλύονται τα προβλήματα και οι περιορισμοί αυτών. Τέλος παρουσιάζονται κάποιες πιθανές πορείες εξέλιξης των ορισμών του ρίσκου.

Η σελίδα αυτή έχει παραμείνει εσκεμμένα κενή

2.1 Περιγραφή ορισμών

Αν και έχουν γίνει προσπάθειες για να υπάρξει ένας κοινώς αποδεκτός ορισμός για το ρίσκο αυτό δεν έγινε εφικτό. Στην βιβλιογραφία υπάρχει πληθώρα ορισμών κάτι το οποίο δεν διευκολύνει την κατανόηση του ρίσκου και δημιουργεί μια χαοτική κατάσταση η οποία σύμφωνα με τον Aven [12] δημιουργεί εμπόδιο στην σωστή διαχείριση του ρίσκου καθώς και την ανάπτυξη του αντίστοιχου επιστημονικού τομέα. Μερικοί ορισμοί βασίζονται σε πιθανότητες, κάποιοι άλλοι στις αναμενόμενες τιμές και άλλοι στην αβεβαιότητα. Ένα μέρος αυτών θεωρούν το ρίσκο ως κάτι το υποκειμενικό και το γνωσιολογικό, το οποίο εξαρτάται από το γνωστικό υπόβαθρο, ενώ άλλοι βλέπουν το ρίσκο ως αντικειμενικό και ανεξάρτητο από το ποιος είναι αυτός που κάνει την ανάλυση. Σύμφωνα με τον Aven [12] πολλοί από αυτούς τους ορισμούς δεν έχουν την κατάλληλη επιστημονική βάση.

Κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα των ορισμών που υπάρχουν στην διεθνή βιβλιογραφία είναι ([13]):

- 1) Ρίσκο = Αναμενόμενη τιμή (ζημία) ($R = E$)
 - 1) Το ρίσκο να χαθεί ένα ποσό είναι το αντίθετο των προσδοκιών, και το μέτρο του είναι το γινόμενο του ποσού αυτό επί την πιθανότητα της απώλειας [14].
 - 2) Το ρίσκο ισούται με την αναμενόμενη απώλεια [15,16].
 - 3) Το ρίσκο ισούται με το γινόμενο της πιθανότητας επί τη χρησιμότητα [17].
 - 4) Το ρίσκο ισούται με την αναμενόμενη disutility [18].
- 2) Ρίσκο = Πιθανότητα ενός (ανεπιθύμητο) γεγονότος ($R = P$)
 - 1) Το ρίσκο είναι η πιθανότητα ζημιάς οικονομικής ή μη [19].
 - 2) Το ρίσκο ισούται με την πιθανότητα ενός ανεπιθύμητου συμβάντος [18].
 - 3) Το ρίσκο είναι η πιθανότητα μια συγκεκριμένης συνέπειας που προέρχεται από ένα συγκεκριμένο κίνδυνο, εντός ορισμένης χρονικής περιόδου ή υπό συγκεκριμένες συνθήκες [20].
- 3) Ρίσκο = Αντικειμενική αβεβαιότητα ($R = OU$)
 - 1) Το ρίσκο είναι το αντικειμενικό κομμάτι της υποκειμενικής αβεβαιότητας· η αβεβαιότητα θεωρείται ότι είναι ενσωματωμένη στην πορεία των γεγονότων στον εξωτερικό κόσμο [21].
 - 2) Το ρίσκο είναι η μετρήσιμη αβεβαιότητα, δηλαδή, η αβεβαιότητα όταν είναι γνωστή η κατανομή του αποτελέσματος σε μια ομάδα περιπτώσεις (είτε μέσω υπολογισμού της εκ των προτέρων ή από τα στατιστικά στοιχεία που προέρχονται από την εμπειρία του παρελθόντος) [22].
- 4) Ρίσκο = Αβεβαιότητα ($R = U$) [23,24]
 - 1) Όσον αφορά το κόστος, τις οικονομικές απώλειες ή τη ζημία [25].
 - 2) Σχετικά με τις οικονομικές απώλειες [26].
 - 3) Για τον θα συμβεί ένα ανεπιθύμητο απρόοπτο [27].
 - 4) Σχετικά με το αποτέλεσμα, των πράξεων και των συμβάντων [28].

- 5) Το ρίσκο = Πιθανότητα αρνητικών συνεπειών ($R = PO$)
- 1) Το ρίσκο είναι η πιθανότητα ενός ατυχούς περιστατικού [29].
 - 2) Το ρίσκο είναι η πιθανότητα μιας αρνητικής απόκλισης από τις προσδοκίες [30].
 - 3) Το ρίσκο είναι η πιθανότητα της ύπαρξης ανεπιθύμητων- αρνητικών συνέπειων από ένα γεγονός [31].
- 6) Ρίσκο = Πιθανότητα και σενάρια / συνέπειες / σοβαρότητα των συνεπειών ($R = P \& C$)
- 1) Το ρίσκο είναι ένας συνδυασμός των κινδύνων, ο οποίος μετράται μέσω της πιθανότητας· μια κατάσταση του κόσμου πάρα μια κατάσταση δημιουργημένη στο μυαλό [32].
 - 2) Το ρίσκο είναι ένα μέτρο της πιθανότητας και της σοβαρότητας των δυσμενών επιπτώσεων [33].
 - 3) Το ρίσκο είναι ίσο με την τριπλέτα (s_i, p_i, c_i), όπου s_i είναι το σενάριο i , p_i είναι η πιθανότητα να πραγματοποιηθεί αυτό το σενάριο, και c_i είναι η συνέπεια του σεναρίου i , $i = 1, 2, \dots, N$, δηλαδή το ρίσκο απάντα στις ερωτήσεις: Τι μπορεί να συμβεί; Πόσο πιθανό είναι να συμβεί κάτι τέτοιο; Εάν αυτό συμβεί, ποιες είναι οι πιθανές συνέπειες; [34].
 - 4) Το ρίσκο είναι ο συνδυασμός της πιθανότητας και της έκτασης των συνεπειών [35].
- 7) Ρίσκο = συμβάν ή συνέπεια ($R = C$)
- 1) Το ρίσκο είναι μια κατάσταση ή ένα γεγονός όπου κάτι το οποίο έχει αξία για τον άνθρωπο (συμπεριλαμβανομένου του ίδιου του ανθρώπου) βρίσκεται σε κίνδυνο και το αποτέλεσμα αυτού είναι αβέβαιο [36,37].
 - 2) Το ρίσκο είναι ένα αβέβαιο αποτέλεσμα ενός γεγονότος ή μιας δραστηριότητας σε σχέση με κάτι το οποίο έχει αξία για τον άνθρωπο [38].
- 8) Ρίσκο = Συνέπειες / ζημιά / σοβαρότητα αυτών + αβεβαιότητα ($R = C \& U$)
- α) Το ρίσκο = Αβεβαιότητα + ζημιά [34].
 - β) Το ρίσκο είναι ο δισδιάστατος συνδυασμός των γεγονότων/συνεπειών (μιας δραστηριότητας) και της σχετικής αβεβαιότητας [13,39].
 - γ) Το ρίσκο είναι η αβεβαιότητα σχετικά με τη σοβαρότητα των συνεπειών (ή του αποτελέσματος) μιας δραστηριότητας σε σχέση με κάτι το οποίο έχει αξία για τον άνθρωπο (Aven και Renn 2009a).
 - δ) Το ρίσκο είναι η απόκλιση από ένα επίπεδο αναφοράς (ιδανικές καταστάσεις, αναμενόμενες τιμές, στόχοι) και οι σχετικές αβεβαιότητες [40].
- 9) Το ρίσκο είναι η επίδραση της αβεβαιότητας στους στόχους [41,42] ($R = ISO$).

Όπως αναφέρεται και στην έκτη ομάδα ορισμών ο Kaplan [34] όρισε το ρίσκο ως την τριπλέτα (s_i, p_i, c_i) . Όμως σύμφωνα με τους Aven και Zio [65], είναι αδύνατη η συλλογή όλου του συνόλου των πιθανών σεναρίων ρίσκου. Έτσι μέσα στον ορισμό του ρίσκου περιλαμβάνονται σενάρια τα οποία είναι γνωστά και αντιπροσωπεύουν το σύνολο του γνωστικού υπόβαθρου σχετικά με το ρίσκο, ή μάλλον καλύτερα την έλλειψή του. Έτσι έχει προταθεί η χρήση της παρακάτω τετραπλέτας για την έκφραση του ρίσκου:

$$R = (S, L, C, K)$$

Το S (Scenario) αντιπροσωπεύει τις επεξηγηματικές μεταβλητές του σεναρίου (i), όπου οι μεταβλητές και οι σχέσεις τους μπορούν να πάρουν διαφορετικές τιμές είτε λόγω της στοχαστικής φύσης των φαινομένων που αναλύονται, είτε λόγω των διαφορετικών θεωρήσεων (j) που θα εφαρμοστούν, και εξαρτώνται από το γνωστικό υπόβαθρο K (Knowledge). Το L (likelihood) αντιπροσωπεύει ένα σύνολο πιθανοτήτων που αντιστοιχούν στο σύνολο των συνεπειών C (Consequences) για ένα δεδομένο σενάριο (i) και για ένα συγκεκριμένο συνδυασμό θεωρήσεων (j) που διέπουν τις μεταβλητές εισόδου.

2.2 Υποκειμενικό Ρίσκο

Αν κάποιος μελετήσει του ορισμούς του ρίσκου θα διαπιστώσει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών τείνουν στη περιγραφή του ρίσκου ως κάτι το υποκειμενικό. Απόδειξη της τάσης αυτής είναι η παρατήρηση ότι το ρίσκο συνήθως βασίζεται στην αντίληψη που έχει ο αναλυτής για αυτό. Στο υποκειμενικό ρίσκο παράγοντες όπως τα συναισθήματα, η εξοικείωση με την δραστηριότητα και εμπειρία του αναλυτή παίζουν σημαντικό ρόλο καθώς ασκούν μεγάλη επιρροή στο τρόπο λήψης των αποφάσεων σχετικά με το ρίσκο. Για την καλύτερη κατανόηση της επιρροής των συναισθημάτων στην αντίληψη για το ρίσκο χρησιμοποιείται συχνά το παράδειγμα μιας κοινωνίας. Στην κοινωνία αυτή η πρόκληση πολλών διαφορετικών ατυχημάτων με λίγους νεκρούς το καθένα δεν έχει κάποιο ιδιαίτερο αντίκτυπο στην κοινωνία. Όμως η πρόκληση ενός και μόνο ατυχήματος το οποίο θα οδηγήσει σε έναν μεγάλο αριθμό νεκρών, είναι αρκετό ώστε να αλλάξει άρδην την αντίληψη που έχει η κοινωνία σχετικά με το ρίσκο της συγκεκριμένης δραστηριότητας και ως εκ τούτου να αλλάξει το υφιστάμενο ρυθμιστικό καθεστώς με την έννοια δημιουργίας πιο αυστηρών κανονισμών και την θέσπιση νέων νόμων.

Ακόμα μια ακόμα πτυχή της υποκειμενικότητας του ρίσκου η χρήση ποσοτικών μεθόδων για την εκτίμηση του. Τέτοιου είδους μέθοδοι ποτέ δεν

μπορούν να είναι ακριβή διότι αφορούν μόνο μεμονωμένα κομμάτια του ρίσκου. Μέθοδοι που μελετούν το ρίσκο απ' όλες τις πιθανές απόψεις, είναι πρακτικά αδύνατο να δημιουργηθούν όταν μελετώνται πολύπλοκα γεγονότα. Επίσης είναι αναγκαίο να υπάρχουν και να είναι διαθέσιμες όλες οι πληροφορίες που έχουν σχέση με το ρίσκο, όπως το ποιος εκτίθεται στο ρίσκο και για ποια χρονική διάρκεια, ποιος είναι υπεύθυνος για την λήψη των αποφάσεων σχετικά με τα μέτρα μείωσης του ρίσκου, ποιος επωφελείται από αυτές κτλ.

Αυτό έχει ως επόμενο την εξάρτηση της περιγραφής του ρίσκου από το εκάστοτε υπό μελέτη πρόβλημα με αποτέλεσμα την ύπαρξη πληθώρας πιθανών περιγραφών του και την δυσκολία της εφαρμογής του υποκειμενικού ρίσκου. Η υποκειμενικότητα του ρίσκου οδηγεί και σε ένα άλλο είδος προβλήματος. Αυτό είναι η εξάρτηση του τρόπου ανάλυσης, αξιολόγησης και διαχείρισης του ρίσκου από εξωτερικούς παράγοντες όπως την άποψη του αναλυτή, τις συνθήκες που επικρατούν σε μια κοινωνία (σε αυτές περιλαμβάνονται και τα ήθη και οι αξίες μιας κοινωνίας που διαφοροποιούνται από χώρα σε χώρα), με συνέπεια πολλές φορές την λανθασμένη αντιμετώπιση του ρίσκου, η οποία στην συνέχεια να οδηγήσει σε ανεπιθύμητες συνέπειες.

Η εργασία αυτή επικεντρώνεται στην ανάλυση και την περιγραφή του υποκειμενικού ρίσκου καθώς και των εννοιών που σχετίζονται με αυτό. Αυτό συμβαίνει διότι ο σκοπός της εργασίας είναι η συγκεντρωμένη παρουσίαση εννοιών παραδοσιακών στο ρίσκο και η ανάλυση τους.

2.3 Αντικειμενικό Ρίσκο

Ο όρος οντολογικό ρίσκο εμφανίστηκε για πρώτη φορά στις αρχές του προηγούμενου αιώνα, αλλά η πρώτες σημαντικές μελέτες σχετικά με αυτό ξεκίνησαν πριν από κάποια χρόνια. Αυτό ήρθε ως αποτέλεσμα της πολυπλοκότητας του αντικειμενικού ρίσκου, κάτι το οποίο λειτούργησε ως αντικίνητρο για την επιλογή του έναντι του «απλού» υποκειμενικού ρίσκου. Η πολυπλοκότητα του ρίσκου οφείλεται στον τρόπο που προτείνει την ανάλυση του ρίσκου, δηλαδή την ολιστική ανάλυση των κινδύνων και των συνεπειών τους. ωστόσο, η σημαντικότερη δυσκολία που προκύπτει στην μελέτη του αντικειμενικού ρίσκου είναι η ανάπτυξη ενός ορισμού για αυτό. Το κίνητρο που οδήγησε τους μελετητές στην ενασχόληση με το αντικειμενικό ρίσκο ήταν, ήταν η προσπάθεια επίλυσης μερικών εκ των σημαντικότερων προβλημάτων με τα οποία έρχονται αντιμέτωποι όσοι ασχολούνται με τον τομέα του ρίσκου.

2.3.1 Οντολογική πλευρά του ρίσκου

Η έννοια της οντολογίας προέρχεται από την αρχαία Ελλάδα. Η οντολογία αποτελούσε την φιλοσοφία η οποία σχετίζεται με τη δημιουργία του σύμπαντος και της ουσίας-ύλης από την οποία αποτελείται. Στην σημερινή εποχή η έννοια της οντολογίας έχει διαφοροποιηθεί εκφράζοντας το σύνολο των εννοιών σε έναν συγκεκριμένο τομέα και τις σχέσεις μεταξύ αυτών των εννοιών. Συνεπώς, η έννοια του οντολογικού αντιπροσωπεύει κάτι το οποίο λειτουργεί σε αρμονία και έχει άμεση εξάρτηση από το κόσμο και εκφράζει τις σχέσεις μια οντότητας με τις υπόλοιπες οντότητες. Η οντολογία βρίσκεται συχνά σε σημαντική θέση σε διάφορους τομείς, όπως στον τομέα των υπολογιστών και στον προγραμματισμό, μιας και αποτελεί ένα ξεχωριστό είδος πληροφορίας, η οποία αποτελεί βάση για την κατασκευή όλων των σχέσεων σε ένα σύστημα. Επίσης η οντολογία χρησιμοποιείται κατά κόρον στην σχεδίαση με την βοήθεια υπολογιστή αλλά και στην μηχανική. Ο ρόλος της οντολογία στην μηχανική μπορεί να χωρισθεί σε τρεις κατηγορίες:

- Στην θεώρηση και κατανόηση της γνώσης, στην οποία χρησιμοποιείται η οντολογία ως κύρια μέθοδος δημιουργίας μοντέλων και αναπαράστασης εννοιών και σχέσεων.
- Στην υποστήριξη και βοήθεια σχεδίασης, κατά την οποία η οντολογία χρησιμοποιείται για τον εμπλουτισμό και την επεξεργασία των εννοιών ώστε να είναι σαφώς ορισμένες και κατανοητές.
- Στην επικοινωνία συστημάτων, κατά την οποία η οντολογία χρησιμοποιείται ως μορφή αναπαράστασης με στόχο την διαμοιρασμό των πληροφοριών και εννοιών μεταξύ ετερογενών συστημάτων. Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές μεθόδους για τον διαμοιρασμό και ένταξη δεδομένων μεταξύ συστημάτων, η οντολογία προσφέρει μεγαλύτερη ευελιξία στον σχεδιαστή του συστήματος.

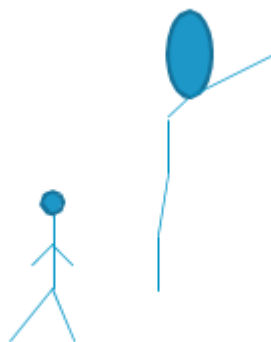
Το οντολογικό ρίσκο θεωρείται ότι αποτελεί μια κατάσταση του κόσμου (state of the world), υπάρχει και επιδρά με το περιβάλλον ανεξάρτητα από οποιονδήποτε παρατηρητή ή αναλυτή του.

2.3.2 Πειράματα Ρίσκου

Όπως αναφέρθηκε και προηγούμενα η μελέτη και ανάλυση του αντικειμενικού ρίσκου ξεκίνησε τα τελευταία χρόνια. Κατά πολλούς, οι οποίοι

υποστηρίζουν την χρήση του υποκειμενικού ρίσκου, το αντικειμενικό ρίσκο υπολείπεται του υποκειμενικού λόγω έλλειψης αποδείξεων και επιχειρημάτων υπέρ της ύπαρξης τους και της δυνατότητας χρήσης του στις καθημερινές πρακτικές που ακολουθούνται. Συνέπεια αυτής της αμφισβήτησης ήταν η προσπάθεια των υποστηρικτών του αντικειμενικού ρίσκου να αποδείξουν την ύπαρξη του. Ως αποτέλεσμα σε αυτή τη προσπάθεια ήταν η ανάπτυξη πειραμάτων ρίσκου τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω. Για την καλύτερη κατανόηση της φύσης και μηχανισμού του ρίσκου, αξίζει να σημειωθεί ότι για την ύπαρξη του ρίσκου απαιτούνται τρεις συνθήκες [107]. Πρέπει να υπάρχει μια πηγή κινδύνου, η έκθεση στον κίνδυνο κάποιου πράγματος που έχει αξία για τον άνθρωπο, και μια αιτιώδη διαδικασία κατά την οποία η έκθεση μετατρέπεται σε αρνητικές συνέπειες.

2.3.2.1 Το πείραμα του βράχου που πέφτει



Σχήμα 2.1: Πείραμα βράχου που πέφτει

Το πείραμα του βράχου που πέφτει αναπτύχθηκε και παρουσιάστηκε πρώτη φορά από τον Rosa [108], και εξελίχθηκε από τον Aven [46]. Στο πείραμα αυτό περιγράφεται η ύπαρξη ενός μεγάλου βράχου στην κορυφή ενός γκρεμού και ενός ανθρώπου ο οποίος περπατά στο κατώτερο σημείο του γκρεμού.

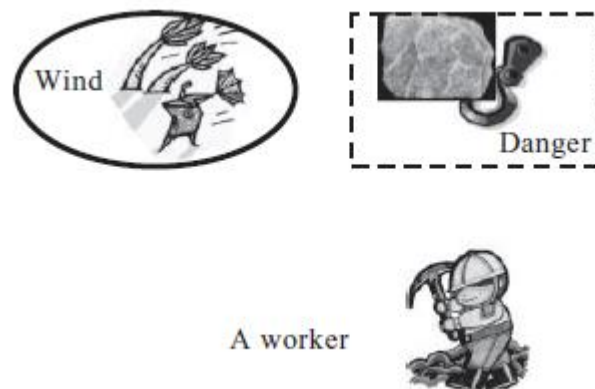
Το ρίσκο να κυλίσει ο βράχος από την κορυφή, θεωρείται ως μια πιθανή κατάσταση του κόσμου καθώς είναι δεν εξαρτάται από την ύπαρξη ενός παρατηρητή. Εδώ, τη πηγή κινδύνου αποτελεί η ύπαρξη του βράχου στο σημείο αυτό στην οποία εκτίθεται ο άνθρωπος που περπατά κάτω από τον γκρεμό. Η αποκόλληση του βράχου λόγω μια εξωτερικής αιτίας, είναι η αιτιώδης διαδικασία του ρίσκου. Ως εξωτερική αιτία μπορεί θεωρηθεί η αποκόλληση λόγω φυσικών φαινομένων, να το σπρώξει κάποιος κτλ. Ο άνθρωπος που εκτίθεται στον ρίσκο, μπορεί να γνωρίζει για τον πιθανό κίνδυνο που ελλοχεύει,

ή και όχι όπως συνηθίζεται στην πραγματική ζωή. Η τελική έκβαση, επίσης, χαρακτηρίζεται από αβεβαιότητα. Υπάρχουν οι εξής περιπτώσεις:

- 1) ο βράχος να μην αποκολληθεί,
- 2) ο βράχος να αποκολληθεί
 1. χωρίς να χτυπήσει των άνθρωπο κ
 2. και να τον τραυματίσει
 3. και να τον σκοτώσει

Αν το συγκεκριμένο πείραμα μελετηθεί με βάση τον υποκειμενικό ορισμό του ρίσκου, το ρίσκο πρέπει να αναλυθεί από μια διαφορετική οπτική γωνία. Με βάση αυτή την οπτική γωνία πιθανότητα της αποκόλλησης του βράχου θα εκτιμηθεί από την μοντελοποίηση σεναρίων που έχουν προκύψει σύμφωνα με την αντίληψη του αναλυτή σχετικά με το ρίσκο. Ακόμα, η εκτίμηση και η αξιολόγηση των συνεπειών γίνεται με την χρήση κάποιου δείκτη σοβαρότητας συνεπειών, κάτι που ενισχύει την υποκειμενικότητα του ρίσκου.

2.3.2.2 Το πείραμα βράχου – εργάτη



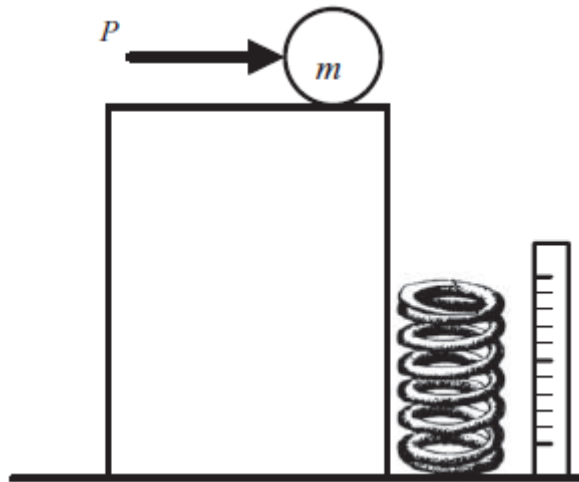
Σχήμα 2.2: Το σύστημα πέτρας-ανέμου-εργάτη

Το συγκεκριμένο πείραμα προτάθηκε από τον Huang [107] και είναι εμπνευσμένο από την ετυμολογία του ρίσκου τη κινέζικη γλώσσα. Πιο συγκεκριμένα η λέξη ρίσκου στα κινέζικα αποτελείται από δύο χαρακτήρες - ιδεογράμματα, το feng και το xiang, που σημαίνουν άνεμος και κίνδυνος αντίστοιχα. Με βάση αυτό ο Huang στο πείραμα του εισήγαγε έναν εργάτη και έναν γάντζο ο οποίος συγκρατεί ένα μεγάλο βράχο, σε μεγάλο ύψος ακριβώς πάνω από τον εργάτη.

Σε αυτό το πείραμα η πηγή του ρίσκου είναι η ύπαρξη του βράχου και η αιτιώδης διαδικασία η πτώση από τον γάντζο. Η αιτία αποκόλλησης του βράχου μπορεί να είναι ο άνεμος, κάποιο άλλο φυσικό φαινόμενο ή ανθρώπινο λάθος κατά τον χειρισμό του γάντζου. Το αντικείμενο έκθεσης στον κίνδυνο είναι ο

εργάτης που όπως και πριν, μπορεί να γνωρίζει την ύπαρξη του κινδύνου ή όχι, καθώς οι ενδεχόμενες εκβάσεις του πειράματος είναι ίδιες με πριν.

Αυτό που διαφοροποιεί το συγκεκριμένο παράδειγμα από το προηγούμενο είναι η αναγωγή του σε ένα μηχανικό σύστημα σφαίρας-πλατφόρμας-ελατηρίου-δύναμης (ball-platform-device-power system, BPDP), όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.3. Μια σφαίρα μάζας m , η οποία βρίσκεται πάνω σε πλατφόρμα αντικαθιστά τον βράχο. Στην θέση του εργάτη μπαίνει ένα ελατήριο με ενσωματωμένο μετρητή πίεσης και παραμόρφωσης και οι εξωτερικές αιτίες που θα οδηγούσαν στην πτώση του βράχου αντικαθίστανται με μια δύναμη P , η οποία τείνει να ρίξει την σφαίρα από την πλατφόρμα. Με βάση το σύστημα αυτό, μπορεί να προσομοιωθεί το ρίσκο με χρήση ψευδό-ρίσκου (pseudo risk), πιθανοθεωρητικού ρίσκου (probability risk), ασαφούς ρίσκου (fuzzy risk), ρίσκου αβεβαιότητας (uncertain risk), ή με όποια άλλη προσέγγιση κριθεί κατάλληλη.



Σχήμα 2.3 : Το σύστημα μπάλας-πλατφόρμας-ελατηρίου-δύναμης

Τα αποτελέσματα του πειράματος επηρεάζονται απόλυτα από την προσέγγιση που θα χρησιμοποιηθεί, συνεπώς ποικίλουν. Παρακάτω παρουσιάζονται οι διάφορες εκδοχές μοντελοποίησης του πειράματος ανάλογα με την προσέγγιση που θα χρησιμοποιηθεί.

Πείραμα ψευδό-ρίσκου

Η πρόβλεψη του ανεπιθύμητου γεγονότος γίνεται με χρήση μοντέλων που βασίζονται στις διαθέσιμες πληροφορίες. Στο υπό μελέτη πείραμα, αυτές οι πληροφορίες είναι η μάζα και η θέση της σφαίρας καθώς και μπορεί να

υπολογιστεί η τιμή της συμπίεσης του ελατηρίου. Το πείραμα μπορεί να επαληθεύσει το αποτέλεσμα που υπολογίζεται από την μηχανική.

Πιθανοθεωρητικό πείραμα

Στην συγκεκριμένη προσέγγιση είναι δυνατή η στατιστική πρόβλεψη του ανεπιθύμητου γεγονότος με την χρήση πιθανοθεωρητικών μοντέλων, με προϋπόθεση την ύπαρξη αρκετά μεγάλης βάσης δεδομένων. Στο υπό μελέτη πείραμα, θεωρείται ότι υπάρχουν τυχαίες διαταραχές στις παραμέτρους του συστήματος που αναλύεται. Τα αποτελέσματα που θα προκύψουν από την επανάληψη του πειράματος ακολουθούν μια κατανομή πιθανοτήτων. Το πείραμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιβεβαιώσει την αξιοπιστία ενός πιθανοθεωρητικού μοντέλου.

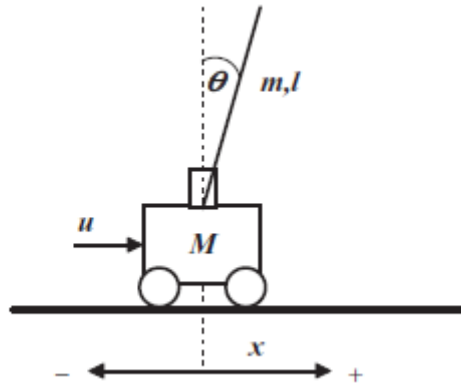
Πείραμα ασαφούς ρίσκου

Εδώ, η πρόβλεψη του ανεπιθύμητου γεγονότος μπορεί να γίνει με τη χρήση ασαφούς λογικής (fuzzy logic) και με περιορισμένες πληροφορίες ονομάζεται ασαφές ρίσκο (fuzzy risk). Στο υπό μελέτη πείραμα, η χρήση αυτής της προσέγγισης γίνεται όταν το αποτέλεσμα είναι πλήρως αβέβαιο, χωρίς να μπορούν να οριστούν πιθανότητες για κάθε μία πιθανή έκβαση. Για την επαλήθευση του μοντέλου ασαφούς ρίσκου είναι απαραίτητο να γίνει μεγάλος αριθμός επαναλήψεων

Πείραμα αβέβαιου ρίσκου

Το ανεπιθύμητο γεγονός του οποίου η πρόβλεψη δεν μπορεί να με τη χρήση κάποιας εκ υπαρχουσών προσεγγίσεων ονομάζεται αβέβαιο ρίσκο. Σε αυτήν την περίπτωση δεν τίθεται ερώτημα μόνο για το αριθμό και την τιμή των παραμέτρων του συστήματος αλλά για το γεγονός γενικότερα. Για παράδειγμα, στο υπό μελέτη πείραμα, δεν είναι δυνατό να γνωρίζουμε το αν όταν θα πέσει η μπάλα θα χτυπήσει στο ελατήριο (π.χ. λόγω κάποιου μαγνητικού πεδίου). Έτσι πρέπει να βρεθούν περισσότερα στοιχεία σχετικά με το σύστημα.

2.3.2.3 Το πείραμα ανεστραμμένου εκκρεμούς



Σχήμα 2.4 :Το πείραμα του ανεστραμμένου εκκρεμούς

Το πείραμα του ανεστραμμένου εκκρεμούς για την μελέτη και προώθηση της αντικειμενικής φύσης του ρίσκου, χρησιμοποιήθηκε από τον Huang [107]. Το συγκεκριμένο πείραμα περιλαμβάνει ένα κινούμενο καρότσι με ένα ανεστραμμένο εκκρεμές στην κορυφή.

Στο σύστημα αυτό υπάρχει μια είσοδος u , η οποία αποτελεί τη δύναμη που επιταχύνει το καρότσι. Οι έξοδοι του συστήματος είναι:

- x : η μετατόπιση του καροτσιού από την αρχή των αξόνων,
- θ : η εκπίπτουσα γωνία του εκκρεμούς.

Το εκκρεμές έχει μήκος l , μάζα m , και το καρότσι έχει μάζα M . Το καρότσι διεγείρεται από την είσοδο u , αλλά υπάρχει αβεβαιότητα για την τελική θέση στην οποία θα σταματήσει το καρότσι.

Οι πιθανές περιπτώσεις είναι:

- 1) Το καρότσι δεν κινείται καθόλου
- 2) Το καρότσι μετακινείται κατά x
- 3) Το καρότσι μετακινείται προς το ∞

Με βάση αυτή την προσέγγιση, οποιαδήποτε δραστηριότητα μπορεί να θεωρηθεί και να μελετηθεί ως ένα σύστημα ρίσκου. Κάτι που έχει αξία για τους ανθρώπους εκτίθεται σε κίνδυνο, και δέχεται μια είσοδο/διέγερση από κάποια πηγή κινδύνου. Η είσοδος (από την πηγή κινδύνου) αντιδρά με την τρέχουσα κατάσταση του συστήματος (κάποιας δραστηριότητας ή κάποιου γεγονότος), αλλάζοντας την ισορροπία του συστήματος, με αποτέλεσμα αρνητικές συνέπειες υπό την έννοια ανθρώπινων απωλειών, τραυματισμών, περιβαλλοντολογικής καταστροφής κτλ. Έτσι πρέπει να εφαρμοσθούν στο

σύστημα διάφορα σημεία ελέγχου (όπως μέτρα μείωσης ρίσκου), ώστε να αποφευχθούν ή να μετριαστούν οι παραπάνω συνέπειες.

2.4 Προβλήματα και περιορισμοί

Ένα μεγάλο ποσοστό αυτών των ορισμών είναι αποτέλεσμα της προσπάθειας εύρεσης ενός κοινώς αποδεκτού ορισμού για την περιγραφή του ρίσκου. Ένα άλλο γεγονός που οδήγησε στην ανάπτυξη νέων και πιο πολυδιάστατων ορισμών του ρίσκου ήταν η κριτική που ασκήθηκε σε κάποιους ορισμούς.

2.4.1 Το ρίσκο είναι ίσο με την αναμενόμενη τιμή

Αρχικά μεγάλη κριτική έχει ασκηθεί στη άποψη ότι το ρίσκο ισούται με την αναμενόμενη τιμή. Αυτή η κριτική αφορά κυρίως το γεγονός ότι είναι λίγες οι περιπτώσεις που είναι σημαντικές προς μελέτη και στις οποίες μπορεί να εφαρμοστεί ο νόμος των μεγάλων αριθμών, διότι είναι αδύνατο να βρεθούν παρόμοιες καταστάσεις όπως ο νόμος των μεγάλων αριθμών απαιτεί. Για παράδειγμα, αυτός ο ορισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση που μελετούμε τα τροχαία σε μια χώρα, όπου έχουμε μεγάλο αριθμό ιστορικών στοιχείων από 'παρόμοιες καταστάσεις'. Μπορεί, όμως, να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις τρομοκρατικών χτυπημάτων. Η απάντηση είναι όχι. Αυτός ο ορισμός μπορεί να λειτουργήσει σωστά μόνο σε περιπτώσεις που η αναμενόμενη τιμή είναι κοντά στις πραγματικές συνέπειες. Όμως, εφόσον η ανάλυση γίνεται πριν το συμβάν πως μπορούμε να γνωρίζουμε πόσο κοντά βρίσκονται οι πραγματικές συνέπειες στις υπολογισμένες;

Μια άλλη παράμετρος της κριτικής είναι ότι για τον υπολογισμό της αναμενόμενης τιμής γίνεται ο πολλαπλασιασμός της συνέπειας με την αντίστοιχη πιθανότητα. Αυτό οδηγεί, όπως αναφέρει και ο Aven [43], στο ότι αν η πιθανή συνέπεια είναι σοβαρή αλλά με μικρή πιθανότητα το αποτέλεσμα θα είναι μικρό. Συνεπώς, εστιάζοντας στις αναμενόμενες τιμές σημαίνει ότι δεν υπάρχει διάκριση γίνεται μεταξύ των καταστάσεων που εμπεριέχουν πιθανές μεγάλες συνέπειες και συνδέονται μικρές πιθανότητες, και συχνά γεγονότα που συμβαίνουν με μάλλον μικρές συνέπειες. Έτσι, αν ληφθεί υπόψιν μόνο η αναμενόμενη τιμή σε μία ανάλυση ρίσκου είναι πολύ πιθανό μπορεί να μπορεί να παραπλανήσει σοβαρά τους αναλυτές και να οδηγήσει σε λάθος αποφάσεις λόγω της παράληψης περιπτώσεων με μικρές πιθανότητες αλλά με μεγάλες

και σοβαρές συνέπειες. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι αυτός ο ορισμός του ρίσκου δεν μπορεί γίνει ένας καθολικώς αποδεκτός ορισμός. Ωστόσο, βλέπουμε συχνά σε αυτόν τον ορισμό που χρησιμοποιείται στην πράξη, και είναι επίσης συχνά αναφέρεται σε επιστημονικές εργασίες.

2.4.2 Το ρίσκο είναι ίσο με την αναμενόμενη χρησιμότητα

Στην συνέχεια, έχουμε τον ορισμό του ρίσκου ως η αναμενόμενη χρησιμότητα, κάτι το οποίο μπορεί να λύσει κάποια από τα προβλήματα του παραπάνω ορισμού, αλλά γεννά άλλα. Αρχικά, ο υπολογισμός της συνάρτησης χρησιμότητας είναι δύσκολος. Από την άλλη, δεν είναι σαφές ποιοι άνθρωποι η συνάρτηση χρησιμότητα πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Κάθε άνθρωπος μπορεί να κρίνει αλλιώς την σημασία μιας πιθανής απώλειας, κάτι το οποίο οδηγεί στο ότι ανάλογα με το ποιος αποφασίζει η απόφαση θα είναι διαφορετική. Ακόμα, σύμφωνα με τον Aven [44], το ρίσκο θα πρέπει να είναι δυνατό να υπολογιστεί ακόμα και στις περιπτώσεις που υπεύθυνος της λήψης της απόφασης δεν είναι σε θέση ή δεν επιθυμεί να καθορίσει συνάρτηση χρησιμότητας του, ή ακόμα δεν είναι εκείνος ταυτόχρονα ο αναλυτής. Αν η ανάλυση του ρίσκου γίνει από διαφορετικό άτομο από εκείνο που αποφασίζει δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί η συνάρτηση χρησιμότητας του αναλυτή [44]. Όλα τα παραπάνω επιχειρήματα οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η επιλογή της συνάρτησης χρησιμότητας ως ορισμό του ρίσκου δημιουργεί περισσότερα από εκείνα που λύνει.

2.4.3 Το ρίσκο ως ένα γεγονός ή την συνέπεια ενός γεγονότος

Μια ακόμα άποψη είναι αυτή που ορίζει το ρίσκο ως ένα γεγονός ή την συνέπεια ενός γεγονότος. Σύμφωνα με αυτή την οπτική γωνία, το ρίσκο είναι μια κατάσταση του κόσμου ανεξάρτητη από τις γνώσεις και τις αντιλήψεις μας, άρα και ανεξάρτητη από την ανάλυση ρίσκου. Όμως, αν δούμε το ρίσκο ως ένα γεγονός ή ως μια συνέπεια, σύμφωνα με τον Aven [44], δεν μπορούμε να αποφανθούμε αν το ρίσκο είναι μεγάλο ή όχι. Έτσι δεν μπορούμε να συγκρίνουμε επιλογές μεταξύ τους σύμφωνα με το ρίσκο της κάθε μίας. Για παράδειγμα, η απόφαση για μια επένδυση μπορεί να φέρει κέρδη χιλιάδων αλλά και ολική απώλεια της περιουσίας. Σύμφωνα με αυτόν το ορισμό ποια επιλογή είναι η καλύτερη, η επιλογή αυτής της επένδυσης ή μιας άλλης με μικρότερα κέρδη αλλά και μικρότερη πιθανή ζημιά; Από την άλλη πλευρά, η

εμφάνιση κάθε γεγονότος ή συνέπειας έχει κάποια πιθανότητα καθώς και κάποια αβεβαιότητα κάτι το οποίο είναι πολύ σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την λήψη μιας απόφασης, αλλά, δεν ανακλάται από αυτόν τον ορισμό.

2.4.4 Το ρίσκο είναι ίσο με την αβεβαιότητα

Η αντίληψη που θέλει το ρίσκο ίσο με την αβεβαιότητα έχει συναντήσει έντονη κριτική. Η κριτική αυτή βασίζεται στην άποψη ότι η αβεβαιότητα αυτή καθαυτή χωρίς την συμμετοχή της διάστασης των συνεπειών και της σοβαρότητας αυτών δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένας γενικότερος ορισμός του ρίσκου, (ακόμα και σε περιπτώσεις με μεγάλη αβεβαιότητα προσοχή πρέπει να δοθεί μόνο αν οι συνέπειες είναι σοβαρές) κάτι το οποίο φαίνεται και από το παρακάτω παράδειγμα [44]. Έστω ότι δύο είναι τα πιθανά αποτελέσματα μιας δραστηριότητας: κανένας θάνατος (0) και ένας θάνατος (1). Επίσης υπάρχουν δυο εναλλακτικές αποφάσεις σε σχέση με αυτή τη δραστηριότητα, η Α και η Β, οι οποίες έχουν κατανομές αβεβαιότητας (πιθανότητας) (0,5, 0,5) και (0,0001, 0,9999) αντιστοίχως. Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό του ρίσκου η επιλογή με το μεγαλύτερο ρίσκο είναι η Α μιας και διέπεται από μεγαλύτερη αβεβαιότητα. Αν, όμως, δούμε το ρίσκο ως συνδυασμό αβεβαιότητας και συνεπειών, είναι σαφές ότι η επιλογή Β έχει υψηλότερο ρίσκο αφού η πιθανότητα της αρνητικής έκβασης (ένας θάνατος) είναι σχεδόν 1. Τα συμπεράσματα που εξάγονται από το συγκεκριμένο παράδειγμα, αν και αυτό αφορά την ασφάλεια, είναι γενικά. Ακόμα και για την περίπτωση των επενδύσεων είναι λάθος να θεωρείται πως μια επένδυση με υψηλή πιθανότητα απώλειας ενός μεγάλου ποσού έχει μικρό ρίσκο. Από όλα αυτά ένα είναι το συμπέρασμα.

2.4.5 Το ρίσκο είναι ίσο με την πιθανότητα ή τον συνδυασμό πιθανότητας και συνεπειών

Παρόμοια είναι τα προβλήματα και στον ορισμό του ως πιθανότητα των αρνητικών συνεπειών. Αν, για παράδειγμα, θεωρήσουμε το ρίσκο ως πιθανότητα καταλήγουμε να παραβλέπουμε σημαντικές συνέπειες οι οποίες αν και έχουν μικρή πιθανότητα μπορεί να έχουν καταστροφικά αποτελέσματα. Αυτό το πρόβλημα λύνεται με τον ορισμό του ρίσκου ως συνδυασμού πιθανότητας και συνεπειών. Το σημαντικότερο πρόβλημα, όμως, της χρήσης της πιθανότητας είναι το γεγονός ότι η πιθανότητα περιγράφει μόνο μια πλευρά

του προβλήματος. Η πιθανότητα μιας συγκεκριμένης συνέπειας είτε ορισμένη με τον κλασσικό τρόπο είτε με τον τρόπο καρά Bayes (βλέπε κεφάλαιο 3.1.3.1), βασίζεται στις γνώσεις και τα εμπειρικά δεδομένα που υπάρχουν μέχρι την στιγμή της ανάλυσης. Με την χρήση της πιθανότητας δεν μπορούμε να περιγράψουμε φαινόμενα τα οποία εμφανίστηκαν πρόσφατα ή για τα οποία δεν έχουμε επαρκή ιστορικά στοιχεία. Στην συνέχεια θα δούμε κάποια παραδείγματα

2.4.5.1 Οι δύτες το 1970

Ένα παράδειγμα, είναι το συχνά εμφανιζόμενο παράδειγμα των δυτών που εργάζονται σε υπεράκτιες εγκαταστάσεις πετρελαίου. Έστω η πιθανότητα ένα δύτες να αντιμετωπίσει σοβαρό πρόβλημα υγείας τα επόμενα τριάντα χρόνια λόγω της εργασίας του. Αν βλέπαμε αυτή την πιθανότητα μέσα από τα μάτια ενός αναλυτή στην δεκαετία του 1970, με βάση τη διαθέσιμη γνώση και τα εμπειρικά στοιχεία εκείνη την εποχή, θα ορίζαμε αυτή την πιθανότητα ως 1%. Κάτι τέτοιο, όμως με τα στοιχεία που έχουμε σήμερα διαπιστώνεται ότι οδηγεί σε λάθος προβλέψεις, διότι μελέτες δείχνουν ότι πολλοί δύτες έχουν βιώσει σοβαρά προβλήματα υγείας [45]. Με τον περιορισμό του ρίσκου μόνο στον υπολογισμό των πιθανοτήτων διαπιστώνουμε ότι παραμένουν κρυφές οι πτυχές της αβεβαιότητας και του ρίσκου.

2.4.5.2 Διαρροή πετρελαίου σε υπεράκτια εγκατάσταση εξόρυξης πετρελαίου

Έστω μια υπεράκτια εγκατάσταση εξόρυξης πετρελαίου, στην οποία οι διαχειριστές ανησυχούν για την φθορά κάποιου βασικού εξοπλισμού. Η σωστή συντήρηση εξασφαλίζει ότι η φθορά αυτή δεν θα προκαλέσει προβλήματα ασφαλείας. Μελετώντας το ρίσκο που συνδέεται με την διαρροή υδρογονανθράκων λόγω προβλημάτων λειτουργίας, με δεδομένο το ιστορικό της συντήρησης, υπολογίζουμε πιθανότητα διαρροής ίση με 10%. Η πιθανότητα αυτή βασίζεται στα σχετικά ιστορικά στοιχεία, και αντανakλά την ανησυχία των διαχειριστών της εγκατάστασης. Επίσης, για τον υπολογισμό αυτής της πιθανότητας θεωρήθηκε ότι η συντήρηση ήταν αποτελεσματική και πλήρης. Όμως εκπλήξεις είναι πιθανό να συμβούν. Λόγω της συνεχούς εξόρυξης πετρελαίου υπάρχουν αλλαγές στις συνθήκες λειτουργίας, όπως αύξηση της παραγωγής νερού, παραγωγή H_2S και CO_2 , ανάπτυξη βακτηρίων, κτλ., προβλήματα που σε μεγάλο βαθμό πρέπει να επιλυθούν με την προσθήκη χημικών ουσιών. Όλοι αυτοί οι παράγοντες οδηγούν σε αύξηση της

πιθανότητας διάβρωσης και μείωση της αντοχής των υλικών κάτι που με την σειρά του αυξάνει την πιθανότητα διαρροών.

Με τον ορισμό της πιθανότητας ως 10% παραβλέπουμε ένα σημαντικό κομμάτι της αβεβαιότητας. Σε μια ανάλυση ρίσκου που γίνεται με την χρήση της πιθανότητας για τον υπολογισμό του ρίσκου, η αβεβαιότητα που δεν λαμβάνεται υπόψιν μπορεί να δημιουργήσει πολλές εκπλήξεις, οι οποίες αν και δεν ξέρουμε πότε θα συμβούν είναι πολύ πιθανό να συμβούν.

2.4.6 Το ρίσκο ως η επίδραση της αβεβαιότητας στους στόχους

Τέλος, έχουμε τον ορισμό του ρίσκου σύμφωνα με το ISO, ότι το ρίσκο είναι η επίδραση της αβεβαιότητας στους στόχους. Αυτή η επίδραση είναι η απόκλιση από τα αναμενόμενα (θετική ή αρνητική). Σύμφωνα με τον Aven [46] δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι ο ορισμός αυτός θα οδηγήσει σε πολλές διαφορετικές ερμηνείες, διότι δεν είναι σαφής και μπορεί να το σκεπτικό της να αμφισβητηθεί. Αρχικά, ένα ερώτημα που μπορεί να τεθεί είναι τι σημαίνει απόκλιση από τους στόχους. Και αν δεν υπάρχουν στόχοι; Δεν υπάρχει ρίσκο; Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το εξής: έστω το αποτέλεσμα μιας δραστηριότητας είναι είτε 0 ή 1, αντίστοιχα με το παράδειγμα στον ορισμό του ρίσκου ως αβεβαιότητα. Οι σχετικές πιθανότητες ορίζονται 0,1 και 0,9 αντίστοιχα και ως εκ τούτου, η αναμενόμενη τιμή είναι ίση με 0,9. Οι αποκλίσεις από τα αναμενόμενα είναι η έκβαση 0 καθώς και η έκβαση 1. Το αποτέλεσμα είναι αβέβαιο και ο στόχος είναι η έκβαση 0 (μηδέν θάνατοι). Σύμφωνα με τον ορισμό του ISO, ρίσκο είναι 'η επίδραση της αβεβαιότητας', δηλαδή η έκβαση 0 ή 1, 'στους στόχους', δηλαδή το 0 καλύπτει τους στόχους ενώ το 1 όχι. Αυτό το σκεπτικό είναι δύσκολο να κατανοηθεί. Μια ερμηνεία αυτού είναι ότι το ρίσκο είναι το γεγονός ότι ο στόχος δεν επιτυγχάνεται, δηλαδή η το γεγονός του ενός θανάτου (1). Το γεγονός είναι η απόκλιση από τα αναμενόμενα, επηρεάζεται από την αβεβαιότητα και σχετίζεται με του στόχους.

2.5 Πορείες εξέλιξης

Η μελέτη όλων των ορισμών του ρίσκου μπορεί να οδηγήσει στην χάραξη πολλών πιθανών πορειών εξέλιξης της έννοιας του ρίσκου και πως οι άνθρωποι το αντιλαμβάνονται. Σύμφωνα με τους Aven, Renn και Rosa [47] μπορούμε να εντοπίσουμε πέντε τέτοιες πορείες, όλες ξεκινώντας από τον ορισμό του de Moivre ότι το ρίσκο ισούται με την αναμενόμενη τιμή (ζημία). Αυτές οι πορείες δείχνουν τα βήματα της εξέλιξης μέχρι τις έξι επικρατέστερες

αντιλήψεις σχετικά με το ρίσκο στις οποίες και καταλήγουν. Για παράδειγμα, αν κάποιος την σημερινή εποχή υποστηρίζει την άποψη ότι το ρίσκο είναι ο συνδυασμός των συνεπειών με την αβεβαιότητα (P,U) είναι πολύ πιθανό ότι αν ζούσε πριν τριάντα χρόνια θα υποστήριζε την άποψη ότι το ρίσκο είναι συνδυασμός της πιθανότητας και των συνεπειών (P,C). Από την άλλη, ένας διαφορετικός τρόπος ερμηνείας αυτών των πορειών σύμφωνα με το [47] είναι ότι αυτές αντιπροσωπεύουν έξι διαφορετικές κατηγορίες ανθρώπων, όπου τα μέλη κάθε μιας από αυτές θεωρούνται ως 'όμοια' κατά μία έννοια, ακόμη και αν ζουν σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Η έννοια της ομοιότητας εδώ χαρακτηρίζει ανθρώπους με ίδιο επίπεδο γνώσεων ή επαγγέλματα, όπως για παράδειγμα μηχανικοί ή οικονομολόγοι.

Οι έξι διαδρομές εξέλιξης Π1-Π6 είναι οι παρακάτω (Σχήμα 2.5) :

- 1) Από την εποχή του de Moivre, το ρίσκο θεωρείται ίσο με την αναμενόμενη τιμή (ζημία) E.
- 2) Η έννοια του ρίσκου εξελίχθηκε από την άποψη του de Moivre, πρώτα στην άποψη ότι το ρίσκο ισούται με την πιθανότητα P, τέλος, στην άποψη ότι ισούται με τις συνέπειες επί την πιθανότητα (C,P) η οποία επικρατεί σήμερα.
- 3) Η διαδρομή είναι η ίδια όπως στην Π2, αλλά η σκοπιά (C,P) πρόσφατα αντικαταστάθηκε από την (C,U) (συνδυασμός συνεπειών και αβεβαιότητας)
- 4) Η έννοια του ρίσκου εξελίχθηκε νωρίς από τη σκοπιά (E) σε (U) και δεν έχει αλλάξει από τότε
- 5) Αντίστοιχα με την Π4 μετά τη σκοπιά E εξελίχθηκε προς την άποψη ότι το ρίσκο ισούται με την αντικειμενική αβεβαιότητα (OU) και δεν έχει αλλάξει από τότε
- 6) Η έννοια του ρίσκου έχει αναπτυχθεί από τη σκοπιά E, καλύπτοντας αρχικά τις αβεβαιότητες (U) και τις πιθανότητες (P), στην συνέχεια την τα (U), (P) και (C,P), και, τέλος, συνολικά τα (C), (C,U) και το ISO.

2.5.1 Πορεία εξέλιξης Π1

Στην συγκεκριμένη πορεία εξέλιξης, η οποία βασίζεται στην άποψη του de Moivre, το ρίσκο ορίζεται ως η αναμενόμενη τιμή που προκύπτει από μια δραστηριότητα. Αυτός ο ορισμός χρησιμοποιείται κυρίως από αναλυτές αποφάσεων και οικονομολόγους και μπορεί να χωριστεί σε δυο επιμέρους κομμάτια τα εξής:

1. Ρίσκο= αναμενόμενη ζημία
2. Ρίσκο= αναμενόμενη χρησιμότητα

Και στις δυο αυτές περιπτώσεις γίνεται χρήση μιας αναμενόμενης τιμής, μέσω της οποίας κατά ένα τρόπο ενοποιείται η σοβαρότητα των επιπτώσεων με τις αντίστοιχες πιθανότητες. Η συγκεκριμένη αντίληψη είναι αρκετά ελκυστική λόγω ευκολίας της χρήσης ενός μόνο αριθμού.

Κοιτώντας πιο προσεκτικά, βλέπουμε ότι η πρώτη άποψη βασίζεται στον νόμο των μεγάλων αριθμών, ο οποίος ορίζει ότι ο μέσος όρος μιας ακολουθίας ανεξάρτητων τυχαίων μεταβλητών που ακολουθούν μία κοινή κατανομή συγκλίνει προς την αναμενόμενη τιμή της κατανομής. Από την άλλη, ο ορισμός του ρίσκου ως η αναμενόμενη χρησιμότητα επιτρέπει την σύγκριση των διάφορων αποτελεσμάτων ανάλογα με τις προτιμήσεις του αναλυτή. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η συνάρτηση χρησιμότητας ενός ανθρώπου εκφράζει και τις προτιμήσεις αυτού. Επίσης, αυτή η άποψη ανακλά την ανάγκη κατά την ανάλυση του ρίσκου να δούμε πέρα από την αναμενόμενη τιμή και να συμπεριλάβουμε την αποστροφή ή την αποδοχή του ρίσκου από τον λήπτη αποφάσεων μέσω της συνάρτησης χρησιμότητας. Η έννοια της αποστροφής του ρίσκου σημαίνει ότι το βέβαιο ισοδύναμο του λήπτη αποφάσεων είναι μικρότερο της αναμενόμενης τιμής, ενώ, από την άλλη πλευρά, η έννοια της αποδοχής σημαίνει βέβαιο ισοδύναμο μεγαλύτερο της αναμενόμενης τιμής. Ως βέβαιο ισοδύναμο ορίζεται ως μια αξία (χρήματα ή χρησιμότητα) για την οποία ο λήπτης των αποφάσεων είναι αδιάφορος μεταξύ αυτής και της επιλογής με το ρίσκο

2.5.2 Πορεία εξέλιξης Π2

Ακολουθώντας αυτή τη πορεία, η οποία στηρίχθηκε από μηχανικούς και επαγγελματίες υγείας, βλέπουμε ότι το επόμενο βήμα εξέλιξη μετά την άποψη του de Moivre ήταν ο ορισμός του ρίσκου ως η πιθανότητα απώλειας. Κάτι τέτοιο φαντάζει λογικό και συνάδει ως ένα βαθμό με την χρήση της έννοιας του ρίσκου στην καθημερινή ζωή. Για παράδειγμα, ως ρίσκο της αναρρίχησης σε ένα βουνό είναι η πιθανότητα να συμβεί κάποιο ατύχημα. Στο συγκεκριμένο ορισμό του ρίσκου γίνεται χρήση κλασσικών και υποκειμενικών πιθανοτήτων (βλέπε κεφάλαιο 3.3.1), ανάλογα με το στατιστικό πλαίσιο που χρησιμοποιείται.

Όμως, η διάσταση της πιθανότητας απώλειας από μόνη της αποτυγχάνει ως γενικός ορισμός του ρίσκου. Αυτό συμβαίνει διότι με την χρήση μόνο της πιθανότητας παραβλέπουμε την σοβαρότητα των πιθανών συνεπειών. Αυτές οι συνέπειες μπορεί να είναι πολύ μεγάλες είτε ασήμαντες, κάτι το οποίο επηρεάζει κατά πολύ την λήψη μιας απόφασης. Αυτό το κενό καλύφθηκε από την μετέπειτα εξέλιξη, στην οποία το ρίσκο ορίστηκε ως συνδυασμός συνεπειών και πιθανοτήτων (C,P), ώστε να συμπεριλάβει και την διάσταση της σοβαρότητας των συνεπειών.

2.5.3 Πορεία εξέλιξης Π3

Τα βήματα εξέλιξης εδώ ταυτίζονται απόλυτα με την Π2 μέχρι πρόσφατα όπου ο ορισμός του ρίσκου ως συνδυασμός συνεπειών και πιθανοτήτων (C,P) εξελίχθηκε σε συνδυασμός συνεπειών και αβεβαιότητας (C,U). Το γεγονός αυτό ήταν αποτέλεσμα της σοβαρής κριτικής η οποία ασκήθηκε στον ορισμό του ρίσκου ως (C,P). Σε αυτό το μονοπάτι της εξέλιξης η πιθανότητα γίνεται ένα εργαλείο για την περιγραφή ή τη μέτρηση της αβεβαιότητας και παύει να είναι κομμάτι της έννοιας του ρίσκου. Η αντίληψη (C,U) διευκολύνει τη σαφή διάκριση μεταξύ της έννοιας του ρίσκου και τον τρόπο μέτρησης του.

Ένα παράδειγμα αυτής την άποψης μπορεί να βρεθεί στο άρθρο των Kaplan και Garrick [34] του 1981, στο οποίο αναφέρεται ότι το ρίσκο ποιοτικά μπορεί να οριστεί ως 'αβεβαιότητα + ζημιά'. Εκείνη την εποχή δεν δόθηκε η απαραίτητη προσοχή σε αυτή την άποψη και δεν παρουσιάστηκε κανένα ενιαίο πλαίσιο για την ενσωμάτωση της (C,U) στην (C,P) και έτσι δεν περιλαμβάνεται στην πορεία Π3 εκείνης της περιόδου. Πρόσφατα, ωστόσο, αρκετά τέτοια πλαίσια έχουν αναπτυχθεί.

2.5.4 Πορεία εξέλιξης Π4

Στην συγκεκριμένη πορεία έχουμε τον ορισμό του ρίσκου ως αβεβαιότητα, ορισμός ο οποίος χρησιμοποιείται κυρίως στον χρηματοοικονομικό τομέα, και ειδικότερα στην ανάλυση των επενδύσεων. Σε αυτή την περίπτωση, όπως και στην (C,U), γίνεται μια σαφής διάκριση ανάμεσα στον ορισμό και τον τρόπο μέτρησης του ρίσκου. Το ρίσκο ποιοτικά ορίζεται ως αβεβαιότητα και μετριέται μέσω της διακύμανσης.

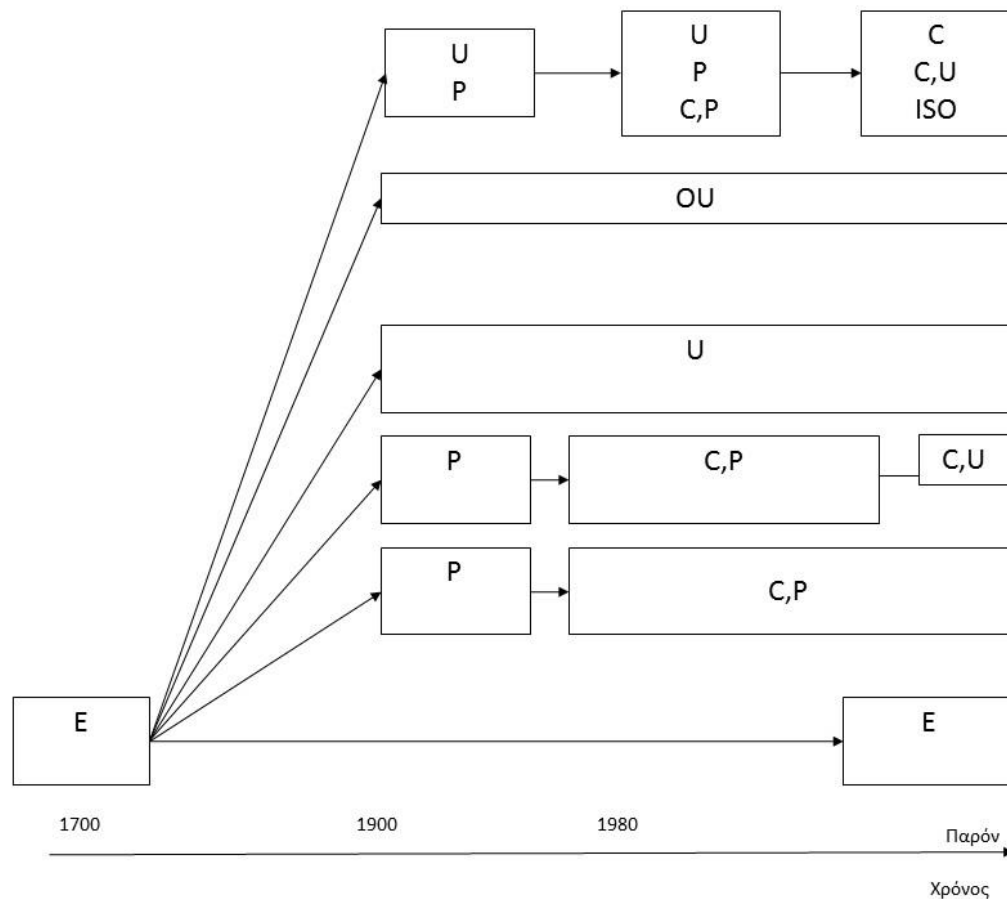
Αυτή η αντίληψη φαίνεται να βασίζεται στην παραδοχή ότι η αναμενόμενη τιμή είναι το σημείο αναφοράς και ότι είναι γνωστή ή σταθερή. Το ρίσκο περιγράφει την απόκλιση και την διάσταση της έκπληξης σε σχέση με αυτή. Χωρίς όμως αυτό το σημείο αναφοράς δεν αυτή η αντίληψη χάνει το νόημα της. Χρησιμοποιείται κυρίως από επιχειρήσεις.

2.5.5 Πορεία εξέλιξης Π5

Αυτή η διαδρομή βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην εργασία του Frank Knight το 1921 και τα στάδια αυτής είναι κοινά με την τέταρτη διαδρομή, μέχρι πριν 100 χρόνια, όπου πλέον το ρίσκο ορίστηκε ως αντικειμενική πιθανότητα και όχι ως αβεβαιότητα. Σύμφωνα με την άποψη του Knight έχουμε ρίσκο στην περίπτωση που μπορεί να επιτευχθεί μια κατανομή αντικειμενικής πιθανότητας. Αυτή η άποψη επηρέασε κατά πολύ τον τομέα της μελέτης του ρίσκου, κυρίως το οικονομικό κομμάτι αυτού. Αν και αυτή η αντίληψη έχει συζητηθεί διεξοδικά στη βιβλιογραφία, είναι δύσκολο να βρεθεί καλό επιχείρημα υπέρ της χρήσης αυτής. Αυτό συμβαίνει γιατί η αναφορά στο ρίσκο μόνο όταν έχουμε μια αντικειμενική κατανομή, μας περιορίζει στην χρήση του ρίσκου σε ελάχιστες καταστάσεις σημαντικές για μελέτη. Όπως αναφέρει ο Aven [44] αν χρησιμοποιήσουμε τον υποκειμενικό ή κατά Bayes ορισμό της πιθανότητας η αντίληψη του Knight χάνει την υπόσταση της κάτι που δείχνει ότι η αντίληψη πρέπει να σταματήσει να χρησιμοποιείται, αν και φαίνεται δύσκολο αυτό [44]. Αυτό συμβαίνει γιατί οι οικονομολόγοι ακόμα συνεχίζουν να χρησιμοποιούν αυτόν τον ορισμό παρά τα ισχυρά επιχειρήματα εναντίον αυτού. Αν και μπορεί να εκφραστεί η άποψη ότι ο χωρισμός του ρίσκου από την αβεβαιότητα δεν επηρεάζει την αξιολόγηση και τη διαχείριση του συνόλου του ρίσκου και της αβεβαιότητας, ο επιστημονικός τομέας του ρίσκου δεν μπορεί να βασιστεί σε μια ορολογία που περιορίζεται απλώς σε καταστάσεις με μικρή σημασία και αποκλείει την πλειοψηφία των περιπτώσεων.

2.5.6 Πορεία εξέλιξης Π6

Σε αυτό το έκτο και τελευταίο μονοπάτι της εξέλιξης υπάρχουν τρία βήματα εξέλιξης που στο καθένα συνυπάρχουν διαφορετικές αντιλήψεις για το ρίσκο. Στο πρώτο κομμάτι του προηγούμενου αιώνα οι υπάρχουσες αντιλήψεις για το ρίσκο σε αυτό το μονοπάτι ήταν ότι το ρίσκο ισούται με την πιθανότητα από την μία και από την άλλη ότι ισούται με την αβεβαιότητα. Στην συνέχεια, στο δεύτερο μισό του αιώνα χαρακτηρίζεται από της απόψεις ότι το ρίσκο ισούται με την αβεβαιότητα, με την πιθανότητα απώλειας καθώς και η ερμηνεία του ρίσκου ως συνδυασμό της πιθανότητας με τις συνέπειες. Τέλος, σε αυτή την πορεία προστέθηκαν τα τελευταία χρόνια οι ορισμοί του ρίσκου ως οι πιθανές συνέπειες, ο συνδυασμός των συνεπειών με την αβεβαιότητα καθώς και ο ορισμός το ISO. Αυτό που πυροδότησε αυτήν την εξέλιξη ήταν η ανάγκη μιας γενικότερης και κατάλληλης ρεαλιστικής αντίληψης για το ρίσκο.



Σχήμα 2.5: Οι πορείες εξέλιξης του ρίσκου

Κρατώντας από κάθε πορεία εξέλιξης τη νεότερη αντίληψη καταλήγουμε στις βασικές κατηγορίες των απόψεων που κυριαρχούν στην σημερινή εποχή, οι οποίες είναι οι εξής:

(E), (C,P), (C,U), (U), (OU) και (C), (C,U) και ISO.

Κάθε μια από αυτές εξελίχθηκαν με διαφορετικό τρόπο και χρησιμοποιήθηκαν σε διαφορετικές επιστήμες (οικονομικά, μηχανική). Αν όμως κοιτάξουμε την εξέλιξη στο σήμερα, θα παρατηρήσουμε την προσπάθεια δημιουργίας μιας αντίληψης γενικότερης, η οποία θα μπορεί να καλύψει τις ανάγκες της αξιολόγησης και της διαχείρισης των προβλημάτων που χρίζουν μιας απόφασης και περνώντας μέσα από τους κλασσικούς επιστημονικούς κλάδους θα ανοίγει νέους ορίζοντες στην περιγραφή και την μέτρηση της αβεβαιότητας πέρα από την χρήση της πιθανότητα.

Κεφάλαιο 3. Οι σημαντικότερες έννοιες στο ρίσκο

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η παρουσίαση και η περιγραφή βασικών έννοιων που σχετίζονται με το ρίσκο και είναι θεμελιώδεις για την κατανόηση του ρίσκου και των κύριων τεχνικών εκτίμησης και αποτίμησης του καθώς και για την εφαρμογή αυτών

Η σελίδα αυτή έχει παραμείνει εσκεμμένα κενή

3.1 Αβεβαιότητα

3.1.1 Ορισμός αβεβαιότητας

Σε κάθε ανάλυση ρίσκου τα αποτελέσματα είναι αβέβαια σε ένα βαθμό, άλλες φορές μεγάλο και άλλες μικρό. Υπάρχουν πολλοί λόγοι που μπορεί να αιτιολογούν αυτήν την αβεβαιότητα, όπως η χρήση ακατάλληλων μοντέλων για την περιγραφή των υπό μελέτη φαινομένων, οι παρερμηνείες και αποτυχία να εντοπιστούν πιθανά σενάρια ατυχημάτων.

Πολλοί μελετητές, κυρίως στον τομέα των οικονομικών, ταυτίζουν την έννοια του ρίσκου με την αβεβαιότητα [26]. Άλλοι χωρίζοντας την αβεβαιότητα σε δυο κομμάτια, την μετρήσιμη και την μη μετρήσιμη, ορίζουν το μετρήσιμο κομμάτι ως ρίσκο και το άλλο ως αβεβαιότητα [48]. Αντίστοιχα, κάποιοι μελετητές όπως ο οικονομολόγος Willett [21] θεωρούν το ρίσκο την αντικειμενική πλευρά της αβεβαιότητας και την υποκειμενική της πλευρά την ορίζουν απλά αβεβαιότητα. Ένας ενδιαφέρον ορισμός παρουσιάζεται στο [49]: «Ας υποθέσουμε ότι πρέπει να γίνει η επιλογή μεταξύ δύο ενεργειών»... «Βεβαιότητα έχουμε κάθε ενέργεια είναι σίγουρο ότι θα καταλήξει σε συγκεκριμένο αποτέλεσμα, ρίσκο αν κάθε ενέργεια οδηγεί σε ένα αποτέλεσμα από ένα σύνολο πιθανών αποτελεσμάτων, με κάθε δυνατό αποτέλεσμα να έχει γνωστή πιθανότητα και αβεβαιότητα, εάν είτε η μία ενέργεια ή και οι δύο έχει ως άμεση συνέπεια ένα σύνολο συγκεκριμένων πιθανών αποτελεσμάτων, των οποίων οι πιθανότητες είναι άγνωστες.

Ένας ακόμα ορισμός είναι αυτός που παρουσιάζεται στο βιβλίο [50]:

Αβεβαιότητα: Έλλειψη ή μη πληρότητα των πληροφοριών. Η ποσοτική εκτίμηση της αβεβαιότητας επιχειρεί να αναλύσει και να περιγράψει το βαθμό στον οποίο μια υπολογισμένη τιμή ενδέχεται να διαφέρει από την πραγματική τιμή. Η αβεβαιότητα εξαρτάται από την ποιότητα, την ποσότητα και τη συνάφεια των δεδομένων και την αξιοπιστία και την καταλληλότητα των μοντέλων και των παραδοχών.

Στον τομέα της μηχανικής είναι σαφές ότι οι μελετητές θεωρούν την αβεβαιότητα και το ρίσκο ως διαφορετικές έννοιες [51], ο οποίες εξαρτώνται, όμως, η μία από την άλλη. Οι περισσότεροι μελετητές θεωρούν ότι το ρίσκο εξαρτάται σημαντικά από την αβεβαιότητα. Για παράδειγμα ο Holton [52] υποστηρίζει ότι το ρίσκο χωρίζεται σε δύο κομμάτια, την έκθεση και την αβεβαιότητα. Ορίζει την αβεβαιότητα ως «μια κατάσταση στην οποία δεν γνωρίζουμε αν μια πρόταση είναι αληθής ή ψευδής» και το ρίσκο ως την έκθεση σε μια πρόταση η οποία είναι αβέβαιη.

3.1.2 Κατηγορίες της αβεβαιότητας

3.1.2.1 Τυχαία και γνωσιολογική αβεβαιότητα

Η αβεβαιότητα στην ανάλυση ρίσκου όπως αναφέρεται σε πολλά συγγράμματα [53,54,55] μπορεί να χωριστεί σε δύο κατηγορίες: την τυχαία αβεβαιότητα (aleatory) και την γνωσιολογική αβεβαιότητα (epistemic).

Η τυχαία αβεβαιότητα προέρχεται από την μεταβλητότητα σε γνωστά (ή παρατηρήσιμα) μεγέθη, η οποία οφείλεται σε τυχαίους παράγοντες και προκύπτει από την τυχειότητα του υπό μελέτη φαινομένου. Αυτός ο τύπος της αβεβαιότητας μπορεί να παρατηρηθεί όταν επαναλαμβάνοντας το ίδιο πείραμα υπό τις ίδιες συνθήκες, τα αποτελέσματα θα διαφέρουν. Η επανάληψη του πειράματος δεν προσφέρει μείωση στην τυχαία αβεβαιότητα, άλλα μας δίνει περισσότερες πληροφορίες για την μεταβλητότητα του αποτελέσματος. Από την άλλη, η γνωσιολογική αβεβαιότητα πηγάζει από την έλλειψη της γνώσης σχετικά με το υπό μελέτη φαινόμενο. Η συγκεκριμένη αβεβαιότητα μπορεί να περιοριστεί με την διεύρυνση της γνώσης πάνω στο υπό μελέτη αντικείμενο. Πιθανοί παράγοντες γνωσιολογικής αβεβαιότητας σύμφωνα με τους Nilsen και Aven [56] είναι:

- Εξαιρετικά πολύπλοκα συστήματα και φαινόμενα
- Αλληλεπίδραση μεταξύ των ανθρώπων και του τεχνικού εξοπλισμού
- Νέα συστήματα και φαινόμενα για τα οποία υπάρχουν λίγα ή καθόλου μοντέλα
- Οι ποσότητες που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση σχετίζονται με τις αβέβαιες συνθήκες που θα υπάρχουν ένα ανεπιθύμητο σενάριο στο μέλλον.

3.1.2.1.1 Παράδειγμα τυχαίας αβεβαιότητας: νέφος τοξικού αερίου

Ένα παράδειγμα τυχαίας αβεβαιότητας που αναφέρεται στο [57] είναι το εξής: Έστω ότι μελετάμε ένα πιθανό ατύχημα, από το οποίο προκαλείται ένα σύννεφο τοξικού αερίου. Οι συνέπειες που μπορεί να προκύψουν από το συγκεκριμένο νέφος εξαρτώνται από την ταχύτητα και την κατεύθυνση του ανέμου που πνέει την συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Μελετώντας για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο την κατεύθυνση και την ταχύτητα του ανέμου στην συγκεκριμένη περιοχή μπορούμε να δημιουργήσουμε μια κατανομή πιθανότητας για τις διάφορες κατευθύνσεις και ταχύτητες. Δεν είμαστε σε θέση όμως να ισχυριστούμε με σιγουριά ότι όταν το ατύχημα συμβεί θα η κατεύθυνση του ανέμου θα είναι τέτοια που θα δημιουργεί προβλήματα σε μια συγκεκριμένη

πόλη, αλλά μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την κατανομή της πιθανότητας για να υπολογίσουμε την πιθανότητα αυτού του γεγονότος.

3.1.2.1.2 Παραδείγματα γνωσιολογικής αβεβαιότητας

Νανοτεχνολογία

Τα τελευταία χρόνια έχουν παραχθεί πολλά νέα προϊόντα βασισμένα στην νανοτεχνολογία. Από πολλούς ανθρώπους, έχει εκφραστεί ανησυχία για τις επιπτώσεις αυτής της τεχνολογίας στην υγεία τους και στο περιβάλλον. Προς το παρόν, αυτές οι επιπτώσεις και γενικότερα η επίδραση αυτών των τεχνολογιών στην ζωή του ανθρώπου δεν είναι γνωστή, συνεπώς είναι μια σαφής πηγή γνωσιολογικής αβεβαιότητας. Όσο πιο μεγάλη χρήση και μελέτη γίνεται πάνω στον συγκεκριμένο τομέα, τόσο πιο πολύ θα μειωθεί η αβεβαιότητα.

Ηλεκτρονικό τσιγάρο

Ένα πολύ γνωστό παράδειγμα γνωσιολογικής αβεβαιότητας είναι το ηλεκτρονικό τσιγάρο. Τα ηλεκτρονικά τσιγάρα έφθασαν στις ΗΠΑ από την Κίνα περίπου το 2008 κι έχουν εξελιχθεί σε μία επιχείρηση ύψους άνω των δύο δισεκατομμυρίων δολαρίων, σύμφωνα με εκτιμήσεις της αγοράς. Τα τελευταία χρόνια, ο συγκεκριμένος τύπος τσιγάρου έχει γνωρίσει μεγάλη αποδοχή και στην Ελλάδα, διότι θεωρείται ευρέως λιγότερο επιβλαβές σε σχέση με τα συμβατικά τσιγάρα, λόγω του αντί ο χρήστης να εισπνέει καπνό, ο οποίος περιέχει περισσότερες από 7.000 χημικές ουσίες, περιλαμβανομένων τουλάχιστον 60 γνωστών καρκινογόνων, εισπνέει ατμό. Πολλοί ερευνητές συμφωνούν με την συγκεκριμένη άποψη.

Τον τελευταίο καιρό, έρευνες έχουν αρχίσει να ανατρέπουν αυτή την άποψη. Μια χαρακτηριστική έρευνα είναι αυτή που δημοσιεύτηκε στο ιατρικό περιοδικό New England Journal of Medicine [58] από τέσσερις καθηγητές του Portland State University, οι οποίοι πραγματοποίησαν δοκιμές σε διάφορους τύπους υγρών άτμισης που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρονικά τσιγάρα. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας έδειξαν ότι οι ατμοποιητές του ηλεκτρονικού τσιγάρου που χρησιμοποιούνται για να θερμαίνουν τα υγρά άτμισης (ή υγρά αναπλήρωσης) που περιέχουν νικοτίνη, παρήγαγαν έναν τύπο φορμαλδεΐδης, που μέχρι σήμερα δεν είχε ανιχνευθεί στα ηλεκτρονικά τσιγάρα καθιστώντας

τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου από την εν λόγω ουσία πέντε με 15 φορές υψηλότερο σε σχέση με τα συμβατικά τσιγάρα, κάτι το οποίο επιβεβαιώνεται και από άλλες έρευνες.

Ο James F. Pankow, ένας από τους συγγραφείς της μελέτης της New England Journal, δήλωσε ότι τα ηλεκτρονικά τσιγάρα θα μπορούσαν να συνεχίσουν να θεωρούνται λιγότερο επικίνδυνα από τα συμβατικά, εκτιμώντας ότι χρειάζεται να περάσουν πέντε με δέκα χρόνια μέχρι οι ερευνητές να μπορέσουν να καταλήξουν σε σαφή συμπεράσματα για τους κινδύνους από τη μακροχρόνια χρήση των ηλεκτρονικών τσιγάρων.

3.1.2.2 Αβεβαιότητα μοντέλου

Στην ανάλυση ρίσκου συχνά χρησιμοποιούνται διάφορα μοντέλα, όπως στοχαστικά μοντέλα, μοντέλα ατυχημάτων, μοντέλα που περιγράφουν κάποιο σύστημα κτλ. Αυτά τα μοντέλα προκύπτουν από την προσπάθεια των μελετητών να περιγράψουν με ακρίβεια ένα φυσικό φαινόμενο. Όμως, είναι εξαιρετικά δύσκολο έως αδύνατο ένα μοντέλο να αναπαριστά απόλυτα την πραγματικότητα και ταυτόχρονα να είναι εύχρηστο. Σύμφωνα με τους Nilsen και Aven [56] η πολυπλοκότητα ενός μοντέλου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η πολυπλοκότητα του συστήματος που περιγράφει, η γνώση που υπάρχει πάνω σε αυτό και είναι διαθέσιμη στην ομάδα ανάλυσης ρίσκου, καθώς και η εκτίμηση την αναγκαίας ακρίβειας που πρέπει να έχει το μοντέλο.

Κατά τον σχεδιασμό ενός μοντέλου είναι αδύνατο να μην γίνουν κάποιες υποθέσεις και κάποιες παραδοχές, ώστε να είναι εφικτό ένα μοντέλο εύχρηστο. Συνεπώς, κάθε μοντέλο είναι μια απλοποίηση του υπό μελέτη φαινομένου. Αυτή η απλοποίηση οδηγεί, συχνά σε αβεβαιότητα, η οποία ονομάζεται αβεβαιότητα μοντέλου.

3.1.2.2.1 Παραδείγματα αβεβαιότητας μοντέλου

Ένα παράδειγμα ενός φυσικού μοντέλου είναι η σχέση που εκφράζει την ταχύτητα v ενός σώματος το οποίο πέφτει από ύψος h , με την παραδοχή ότι η κινητική ενέργεια του αντικειμένου στο σημείο αναφοράς ισούται με την δυναμική ενέργεια στο h , η οποία είναι η εξής:

$$v = \sqrt{2gh}$$

Όπου g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας.

Έστω ότι θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε αυτό το μοντέλο για να περιγράψουμε την ταχύτητα ενός αντικειμένου το οποίο πέφτει από ένα γερανό ο οποίος βρίσκεται σε μια πλωτή κατασκευή. Σε αυτή τη περίπτωση δυο είναι οι πηγές αβεβαιότητας μοντέλου. Αρχικά, η κατακόρυφη κίνηση της πλωτής κατασκευής που οφείλεται στα κύματα θα μπορούσε να καταστήσει το μοντέλο αυτό ανακριβές. Η κατακόρυφη αυτή κίνηση επηρεάζει το ύψος h το οποίο παύει να είναι σταθερό, μπορεί να προκαλέσει μια αρχική ταχύτητα στο αντικείμενο και δημιουργεί μια σχετική κίνηση του αντικειμένου που πέφτει και του σημείου στο οποίο θα πέσει. Αυτά είναι φαινόμενα τα οποία δεν έχουν ληφθεί υπόψιν στο αρχικό μοντέλο. Ένα ακόμα φαινόμενο το οποίο δεν περιγράφεται από το μοντέλο αυτό είναι η αντίσταση του ανέμου η οποία εξαρτάται από την μάζα και το Σχήμα του αντικειμένου, μεγέθη τα οποία δεν περιλαμβάνονται στην σχέση του μοντέλου.

Ένα άλλο μοντέλο είναι αυτό που περιγράφει την ακτινοβολία που παράγεται από μια πυρκαγιά το οποίο δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$I = \frac{fQ}{4\pi r^2}$$

Όπου f είναι το κομμάτι της θερμότητας από την καύση το οποίο μετατρέπεται σε ακτινοβολία, Q η συνολική παραγόμενη θερμότητα και r η απόσταση από την φλόγα. Για τη δημιουργία αυτού του μοντέλου γίνεται η υπόθεση ότι όλη η ακτινοβολία εκπέμπεται από μόνο ένα σημείο. Κάτι τέτοιο συμβαίνει μόνο όταν το σημείο στο οποίο θέλουμε να μετρήσουμε την ακτινοβολία βρίσκεται σε άπειρη απόσταση από την φλόγα. Σε πραγματικές περιπτώσεις, όπου η μεταφορά θερμότητας μελετάται σε πεπερασμένα χωρία, η ακτινοβολία εκπέμπεται από μια επιφάνεια ή ένα σώμα, δηλαδή από περισσότερα από ένα γεωμετρικά σημεία. Ακόμα, από το συγκεκριμένο μοντέλο δεν προβλέπεται ότι ένα ποσοστό της παραγόμενης ακτινοβολίας απορροφάται από την ατμόσφαιρα. Συνεπώς, όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση από την πηγή της φλόγας τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό της ενέργειας που απορροφάται.

Και στις δύο αυτές περιπτώσεις, οι υποθέσεις που γίνονται κατά τον σχεδιασμό του μοντέλου οδηγούν σε ανακρίβεια του μοντέλου, υπό συγκεκριμένες συνθήκες, η οποία με την σειρά της οδηγεί σε αβεβαιότητα.

3.1.3 Τρόποι αναπαράστασης της αβεβαιότητας

3.1.3.1 Πιθανότητα

Η πιθανότητα είναι ένας τρόπος αναπαράσταση της αβεβαιότητας με ένα μόνο αριθμό, με την έννοια ότι η αβεβαιότητα για την πραγματοποίηση ενός γεγονότος A είναι ο αριθμός $P(A)$. Αρχικά, για τον υπολογισμό του ρίσκου χρησιμοποιήθηκε μόνο η πιθανότητα, η οποία σε κάποιες περιπτώσεις αντικαταστάθηκε από τον πιο γενικό όρο της αβεβαιότητας. (βλέπε κεφάλαιο 2). Υπάρχουν αρκετοί ορισμοί της πιθανότητας, οι οποίοι είναι στενά συνδεδεμένοι με τις διαφορετικές έννοιες της αβεβαιότητας. Οι κύριες κατηγορίες των πιθανοτήτων είναι οι αντικειμενικές και οι υποκειμενικές, οι οποίες περιλαμβάνουν:

Αντικειμενικές

- Κλασσικές πιθανότητες
- Σχετικές συχνότητες
- Λογικές πιθανότητες

Υποκειμενικές

- Πιθανότητες κατά Bayes
- Διάστημα πιθανοτήτων
- Ανάλυση ορίων πιθανοτήτων

3.1.3.1.1 Αντικειμενικές Πιθανότητες

3.1.3.1.1.1 Κλασσικές πιθανότητες

Ο κλασσικός ορισμός της πιθανότητας ορίζει ως πιθανότητα του A το κλάσμα του αριθμού των αποτελεσμάτων που μπορούν να οδηγήσουν στο A δια του συνολικού αριθμού όλων των πιθανών αποτελεσμάτων, δηλαδή:

$$P(A) = \frac{\text{αριθμός των αποτελεσμάτων που μπορούν να οδηγήσουν στο } A}{\text{συνολικός αριθμός των πιθανών αποτελεσμάτων}}$$

Αυτός ο ορισμός προϋποθέτει την ύπαρξη συγκεκριμένου αριθμού ισοπίθανων αποτελεσμάτων. Έτσι ένα παράδειγμα εφαρμογής αυτού είναι στην περίπτωση ρίψης ενός τέλει ζαριού. Έχοντας 6 ισοπίθανα ενδεχόμενα, καταλήγουμε $P(A) = 1/6$. Η προϋπόθεση αυτή περιορίζει την χρήση των

κλασσικών πιθανοτήτων μόνο στην περίπτωση που έχουμε στοιχεία συμμετρικά κατανεμημένα. Αυτή η απαίτηση καλύπτεται μόνο όταν δεν έχουμε δεδομένα που να δείχνουν ότι ένα πιθανό αποτέλεσμα υπερτερεί ενός άλλου. Συνεπώς, ο ορισμός αυτός δεν μπορεί να εφαρμοστεί στην πραγματική ζωή, εκτός των τυχερών παιχνιδιών και μερικών άλλων σχετικών καταστάσεων, διότι δεν υπάρχουν πεπερασμένου αριθμού πιθανά αποτελέσματα που είναι εξίσου πιθανά να συμβούν.

3.1.3.1.1.2 Σχετικές συχνότητες

Ως σχετική συχνότητα ενός γεγονότος A ορίζουμε το κλάσμα των φορών που αυτό συμβαίνει (n_A) δια τον αριθμών των φορών που η ίδια κατάσταση επαναλαμβάνεται (n), όταν αυτός ο αριθμός τείνει στο άπειρο. Έτσι, η πιθανότητα του A είναι το όριο του κλάσματος n_A/n όταν το n τείνει στο άπειρο. Η έννοια της σχετικής συχνότητας βασίστηκε στον νόμο των μεγάλων αριθμών, σύμφωνα με τον οποίο η συχνότητα n_A/n τείνει σε ένα συγκεκριμένο αριθμό υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Αυτές οι προϋποθέσεις περιλαμβάνουν την υπόθεση ότι η πιθανότητα του γεγονότος A υπάρχει, ότι είναι ίδια σε κάθε επανάληψη του πειράματος, καθώς και ότι κάθε επανάληψη είναι ανεξάρτητη της προηγούμενης.

Έχουν προταθεί πολλοί τρόποι για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα. Μια προσέγγιση προτείνει για τον υπολογισμό της πιθανότητας ενός μεμονωμένου γεγονότος την εισαγωγή στην ανάλυση απείρου αριθμού 'όμοιων' γεγονότων, τα οποία χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένη τυχαιότητα [59]. Αυτή η προσέγγιση εγείρει πολλά ερωτήματα. Αρχικά, μια εύλογη απορία είναι το πως μπορούν να οριστούν τα όμοια γεγονότα, μιας και εισάγοντας απολύτως όμοια γεγονότα καταλήγουμε στο να έχουμε το ίδιο αποτέλεσμα κάθε φορά. Άρα, πρέπει κάθε 'όμοιο' γεγονός να έχει εκείνα τα στοιχεία που θα εξασφαλίζουν το αποτέλεσμα να μην είναι πάντα ίδιο, αλλά ταυτόχρονα και να διατηρούν την ομοιότητα του με το υπό μελέτη.

Τα στοιχεία αυτά είναι συχνά δύσκολο να καθοριστούν και αυτό καθιστά δύσκολη την επέκταση της χρήσης της συχνότητας σε πραγματικές καταστάσεις. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι αυτό που αναφέρει ο Aven [60]. Έστω ότι θέλουμε να υπολογίσουμε την πιθανότητα ενός εργατικού ατυχήματος σε μια εγκατάσταση παραγωγής. Σύμφωνα με την προσέγγιση που μελετάμε αυτή η πιθανότητα ισούται με τον λόγο των εγκαταστάσεων στις οποίες υπάρχει ένα εργατικό ατύχημα προς τον συνολικό αριθμό των 'όμοιων' εγκαταστάσεων, όταν αυτός ο αριθμός, υποθετικά, τείνει στο άπειρο. Όμως ποια είναι τα κριτήρια για να θεωρηθεί μια εγκατάσταση όμοια με την υπό μελέτη; Τα πιθανά κριτήρια είναι το ίδιο είδος των κτιρίων και του εξοπλισμού,

οι ίδιες λειτουργικές διαδικασίες, ίδιες θέσεις του προσωπικού, ίδιος τρόπος εκπαίδευσης αυτού, ίδια οργανωτική φιλοσοφία, ίδια επίδραση εξωγενών παραγόντων, κ.λπ. Σύμφωνα με τον Aven [60] αυτά τα κριτήρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν εφ' όσον μιλάμε για ομοιότητες σε μακροσκοπικό επίπεδο. Όμως, αν οι 'όμοιες' εγκαταστάσεις είναι ακριβώς ίδιες κάθε φορά θα έχουμε το ίδιο αποτέλεσμα. Συνεπώς πρέπει να επιτρέψουμε κάποιο είδος διαφοροποίησης. Εκεί φαίνεται το πρόβλημα αυτής της αντίληψης. Τι διαφοροποίηση μπορούμε να επιτρέψουμε και σε ποιο βαθμό, ώστε να επιτύχουμε μια ισορροπία; Ο καθορισμός αυτής της διαφοροποίησης είναι πολύ δύσκολος και οδηγεί στην αδυναμία αυτής της προσέγγισης να χρησιμοποιηθεί σε πραγματικές καταστάσεις.

Μια διαφορετική προσέγγιση είναι η υπόθεση της ύπαρξης της πιθανότητας του γεγονότος και στην συνέχεια η εφαρμογή του νόμου των μεγάλων αριθμών. Υποθέτοντας την ύπαρξη της πιθανότητας, καταλήγουμε στην θεωρία που παρουσιάζεται στα περισσότερα συγγράμματα σχετικά με την πιθανότητα, όπου ο νόμος των μεγάλων αριθμών είναι το θεώρημα κλειδί για τον ορισμό της πιθανότητας.

Αν μελετηθεί η βιβλιογραφία και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην ναυτιλία για την εκτίμηση του ρίσκου, θα παρατηρηθεί η σαφής προτίμηση της χρήσης των συχνοτήτων, σε αντίθεση με τις πιθανότητες οι οποίες χρησιμοποιούνται σπάνια.

3.1.3.1.1.3 Λογικές πιθανότητες

Η βασική ιδέα πίσω από αυτό το είδος των πιθανοτήτων βασίζεται στον Keynes [60], και περιγράφει την πιθανότητα ($P(h|e)$) ως το μέτρο του αντικειμενικού βαθμού της λογικής στήριξης που προσφέρουν τα στοιχεία e στην υπόθεση h . Αν και αυτή η άποψη στην θεωρία είναι ελκυστική, όπως αναφέρεται από τον Franklin [61], διότι γίνεται εκτίμηση της υπόθεσης με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία, είναι δύσκολο να οριστεί στην πράξη ο τρόπος μέτρησης της σχέσης αυτών.

3.1.3.1.2 Υποκειμενικές πιθανότητες

3.1.3.1.2.1 Πιθανότητες κατά Bayes

Σύμφωνα με τον Aven [62] η χρήση των υποκειμενικών πιθανοτήτων προτάθηκε σχεδόν ταυτόχρονα από τους de Finetti στο *Fondamenti Logici del Ragionamento Probabilistico* [63] και Ramsey στο *The Foundations of Mathematics* [64]. Η έννοια της υποκειμενικής πιθανότητας είναι συνδεδεμένη με κάθε άτομο και παρουσιάζει την άποψη του σχετικά με την πιθανότητα να συμβεί το υπό μελέτη γεγονός. Η συγκεκριμένη ερμηνεία της πιθανότητας καλύπτει την γνωσιολογική πλευρά της αβεβαιότητας, άρα βασίζεται στις ισχύουσες γνώσεις.

Υπάρχουν δυο τρόποι ερμηνείας της υποκειμενικής πιθανότητας. Ο πρώτος τρόπος περιγράφει αυτού του είδους την πιθανότητα με βάση κάποιο στοίχημα. Ο De Finetti ορίζει την υποκειμενική πιθανότητα ενός γεγονότος $P(A)$ ως το ποσό που θα ήταν διατεθειμένο το άτομο να πληρώσει (στοιχηματίσει) για να λάβει μια χρηματική μονάδα στη περίπτωση που συμβεί το γεγονός A . Αντίστοιχα, μπορούμε να ορίσουμε την υποκειμενική πιθανότητα ως το αντίτιμο το οποίο το άτομο θα ήταν αδιάφορο να πληρώσει για ένα εισιτήριο το οποίο στην περίπτωση που συμβεί το γεγονός A θα έχει έπαθλο μιας χρηματικής μονάδας, ενώ στην αντίθετη μηδενικό έπαθλο. Για παράδειγμα, έστω ότι ορίζουμε την πιθανότητα να κερδίσει ένας λαχνός ως $P(A) = 0,001$. Τότε θα είμαστε αδιάφοροι ανάμεσα στις επιλογές να πληρώσουμε 0,001€ για την απόκτηση του λαχνού με έπαθλο 1€ και να μην αγοράσουμε καθόλου τον λαχνό.

Ο δεύτερος τρόπος ερμηνείας, συνδέει την πιθανότητα που ορίζει κάποιος για το γεγονός A με την πιθανότητα να τραβήξει μια συγκεκριμένη μπάλα από ένα δοχείο [85]. Αν, για παράδειγμα, οριστεί η πιθανότητα του γεγονότος A ίση με 0,1 τότε το άτομο αυτό θεωρεί το ότι το γεγονός είναι εξίσου πιθανό με το γεγονός να επιλεγεί τυχαία μια συγκεκριμένη μπάλα από ένα δοχείο που περιλαμβάνει 10 διαφορετικές μπάλες. Γενικότερα, αυτός ο ορισμός της αντικειμενικής πιθανότητας είναι προτιμότερος, διότι στον πρώτο ορισμό η χρήση της έννοιας του χρήματος κάνει πιο περίπλοκα τα πράγματα, λόγω της διαφορετικής σημασίας που δίνει ο καθένας σε αυτό.

3.1.3.1.2.2 Διάστημα πιθανοτήτων

Στον συγκεκριμένο τρόπο αναπαράστασης της αβεβαιότητας ορίζεται μια ανώτατη τιμή $\bar{P}(A)$ και μια κατώτατη τιμή $\underline{P}(A)$ της πιθανότητας ενός γεγονότος

Α. Με βάση αυτές τις τιμές σχηματίζεται ένα διάστημα $[\underline{P}(A), \bar{P}(A)]$ πιθανοτήτων το οποίο χαρακτηρίζει την αβεβαιότητα σχετικά με το γεγονός A . Το συγκεκριμένο διάστημα αποτελεί την εκτίμηση του ατόμου σχετικά με το υπό μελέτη γεγονός, άρα είναι μια υποκειμενική έκφραση. Επομένως, αν για το γεγονός A οριστεί ως διάστημα πιθανοτήτων το $[0,1, 0,3]$ η πεποίθησή μας είναι ότι η πιθανότητα αυτό να συμβεί είναι μεγαλύτερη από την πιθανότητα να τραβήξουμε 1 συγκεκριμένη μπάλα από ένα δοχείο που περιέχει 10 διαφορετικές μπάλες και μικρότερη από την πιθανότητα να τραβήξουμε μια από τις τρεις ίδιες μπάλες που περιέχει ένα δοχείο με συνολικά 10 μπάλες. Αντίστοιχα, η μικρότερη τιμή εκφράζει το ελάχιστο αντίτιμο ενός στοιχήματος που θα ήμασταν διατεθειμένοι να πληρώσουμε αν με αυτό κερδίζαμε μια χρηματική μονάδα και αντίστοιχα η μέγιστη το μέγιστο αυτό αντίτιμο.

Σύμφωνα με τον Aven [62] ακόμα και με την χρήση απλών πιθανοτήτων ορίζουμε ένα διάστημα. Για παράδειγμα, αν ο αναλυτής ορίσει την πιθανότητα ενός γεγονότος ίση με 0,2, στην πραγματικότητα θεωρεί πως η πιθανότητα βρίσκεται κάπου ανάμεσα το διάστημα $[0,16, 0,24]$, μιας και αν στρογγυλοποιούσαμε αυτούς τους δύο αριθμούς θα είχαμε 0,2. Σύμφωνα με τον Aven και τον Zio [65], η διαφορά $\Delta P = [\bar{P}(A) - \underline{P}(A)]$ ονομάζεται ασάφεια σχετικά με την πιθανότητα του γεγονότος A . Συνεπώς, όταν το ανώτερο και το κατώτερο όριο είναι ίδια, άρα έχουμε μια μόνο τιμή της πιθανότητας, αυτή η διαφορά είναι μηδενική και δεν υπάρχει ασάφεια.

Η χρήση των διαστημάτων πιθανοτήτων για τον χαρακτηρισμό της αβεβαιότητας έχει δεχτεί κριτική, γιατί όπως αναφέρει και ο Lindley [66] η χρήση των διαστημάτων πιθανοτήτων περιπλέκει την διαδικασία ορισμού των πιθανοτήτων. Συνεχίζει αναφέροντας ότι δεν υπάρχουν καταστάσεις στις οποίες η χρήση διαστημάτων να μπορεί να καλύψει την ακαταλληλότητα των απλών πιθανοτήτων. Αντίθετα, κάποιοι ερευνητές και αναλυτές θεωρούν ότι τέτοιου είδους διαστήματα μπορούν να καλύψουν το κενό των απλών πιθανοτήτων υπό ορισμένες συνθήκες [67].

3.1.3.1.2.3 Ανάλυση ορίων πιθανοτήτων (Probability bound analysis)

Ο συγκεκριμένος τρόπος παρουσίασης προτάθηκε από τους Ferson και Ginnzburg [68] και αποτελεί ένα συνδυασμό απλών πιθανοτήτων και διαστημάτων πιθανοτήτων. Η συγκεκριμένη αντίληψη χρησιμοποιείται για την έκφραση της αβεβαιότητας σχετικά με τις παραμέτρους ενός μοντέλου και ανάλογα τον τύπο της αβεβαιότητας χρησιμοποιούνται είτε απλές πιθανότητες, είτε διάστημα πιθανοτήτων. Πιο συγκεκριμένα έχουμε:

- Για παραμέτρους του μοντέλου των οποίων οι τυχαία αβεβαιότητα μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια γίνεται χρήση των απλών πιθανοτήτων

- Για παραμέτρους για τις οποίες η τυχαία αβεβαιότητα δεν μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια γίνεται χρήση των διαστημάτων πιθανοτήτων

Ο συνδυασμός αυτός των δύο οδηγεί σε διαστήματα πιθανοτήτων για τον χαρακτηρισμό της συνολικής αβεβαιότητας ενός συστήματος

3.1.3.1.3 Συνδυασμός αντικειμενικών και υποκειμενικών πιθανοτήτων

Στον συγκεκριμένο τρόπο παρουσίασης της αβεβαιότητας υποθέτουμε ότι υπάρχει μια κατανομή της υποβόσκουσας πραγματικής πιθανότητας και πραγματικές άγνωστες παράμετροι οι οποίες πιστεύεται ότι αντιπροσωπεύουν τις πραγματικές υποβόσκουσες καταστάσεις της φύσης. Με άλλα λόγια, υποτίθεται ότι υπάρχει ένα πραγματικό υποβόσκο ρίσκο. Αυτό είναι το κλασικό κομμάτι της ανάλυσης, το οποίο είναι σύμφωνο με το κλασσική προσέγγιση της πιθανότητας. Οι υποκειμενικές πιθανότητες χρησιμοποιούνται για να εκφράσουν την αβεβαιότητα του αναλυτή σχετικά με την πραγματική τιμή της υποβόσκουσας πιθανότητας. Οι έννοιες, όπως πραγματικής πιθανότητας η πραγματικό ρίσκο, στην ‘παραδοσιακή’ αντίληψη κατά Bayes δεν έχουν κανένα νόημα.

Πιο συγκεκριμένα, οι πιθανότητες βασίζονται πάντα στο ισχύον γνωστικό υπόβαθρο. Για τον καθορισμό των πιθανοτήτων σχετικά με μία τυχαία μεταβλητή X , μια απευθείας εκτίμηση $P(X \leq x|K)$ θα μπορούσε να γίνει με βάση όσα γνωρίζουμε. Δεδομένου ότι αυτό το γνωστικό υπόβαθρο είναι συχνά πολύπλοκο, μεγάλης διάστασης, και πιθανά κομμάτι αυτού είναι άσχετο με το X , αυτή η προσέγγιση συχνά αντικαθίσταται με τη χρήση των μοντέλων πιθανοτήτων. Ένα μοντέλο πιθανότητας $p(x|\lambda)$, εκφράζει την κατανομή πιθανότητας της άγνωστης παραμέτρου X , δεδομένης της παραμέτρου λ . Εδώ, εισάγονται οι υποκειμενικές πιθανότητες. Η παράμετρος λ είναι άγνωστη, και η αβεβαιότητα σχετικά με αυτή εκφράζεται μέσω μιας κατανομής $f(\lambda, K)$. Η κατανομή αυτή, είναι η κατανομή της υποκειμενικής γνωσιολογικής αβεβαιότητας η οποία εκφράζει την αβεβαιότητα του αναλυτή, ή την έλλειψη του γνωστικού υπόβαθρου, σχετικά με την παράμετρο λ , και ουσιαστικά αποτελεί το υποκειμενικό κομμάτι της πιθανότητας. Σύμφωνα με τον νόμο της συνολικής πιθανότητας ισχύει:

$$P(X \leq x|K) = \int p(x|\lambda, K)df(\lambda|K) = \int p(x|\lambda)df(\lambda|K)$$

Η $p(x|\lambda)$ μπορεί να ερμηνευτεί ως η κατανομή που αντιπροσωπεύει την αβεβαιότητα σχετικά με το X , αν γνωρίζαμε το λ . Τελικά, η πιθανότητα $p(x|K)$ είναι μια υποκειμενική κατανομή η οποία εκφράζεται μέσω μοντέλων πιθανοτήτων και κατανομών. Αν περισσότερες πληροφορίες γίνουν διαθέσιμες στο μέλλον οι κατανομές αυτές αναθεωρούνται και οι πιθανότητες διαμορφώνονται κατάλληλα.

3.1.3.2 Θεωρία πιθανοτήτων

Στην θεωρία πιθανοτήτων η αβεβαιότητα περιγράφεται με την χρήση μιας συνάρτησης πιθανότητας $r(x)$. Για κάθε x στον δειγματικό χώρο Ω , η συνάρτηση $r(x)$ εκφράζει την πιθανότητα του x . Όμως, στην περίπτωση της συνάρτησης πιθανότητας, όταν αυτή ισούται με 1 το ενδεχόμενο x δεν θεωρείται σίγουρο ότι θα συμβεί, αλλά απλά ότι είναι φυσιολογικό και σύνηθες να συμβεί και όταν ισούται με το μηδέν τότε το ενδεχόμενο x θεωρείται αδύνατο.

Με την χρήση της συνάρτησης πιθανότητας ορίζουμε τα παρακάτω μεγέθη

Ως μέτρο πιθανότητας (plausibility) ενός γεγονότος A , $\text{Pos}(A)$, ορίζεται το

$$\text{Pos}(A) = \sup_{\{x \in A\}} r(x)$$

Και ως μέτρο αναγκαιότητας του A , $\text{Nec}(A)$ ορίζεται το

$$\text{Nec}(A) = 1 - \text{Pos}(A^c)$$

Αν θεωρήσουμε το $P(r)$ ως μια οικογένεια κατανομών πιθανοτήτων που για όλα τα γεγονότα A

$$\text{Έχουμε } \text{Nec}(A) \leq P(A) \leq \text{Pos}(A)$$

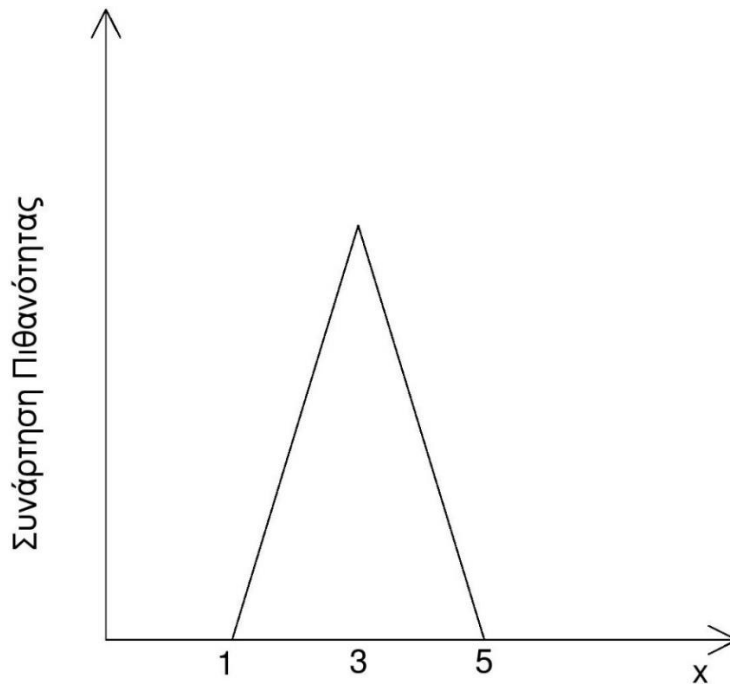
Συνεπώς έχουμε $\text{Nec}(A) = \inf P(A)$ και $\text{Pos}(A) = \sup P(A)$

Δηλαδή έχουνε ότι το μέτρο αναγκαιότητας είναι το ελάχιστο όριο της πιθανότητας και το μέτρο πιθανότητας το μέγιστο όριο. Έτσι με την χρήση αυτών των μεγεθών δημιουργούμε τα όρια της πιθανότητας ενός γεγονότος, δηλαδή την ανώτερη και την κατώτερη τιμή της πιθανότητας.

Με την χρήση της συνάρτησης πιθανότητας ορίζουμε σύνολα $F_a = \{x: r(x) \geq a\}$ για $0 \leq a \leq 1$

Για την επεξήγηση αυτής της διαδικασίας θα χρησιμοποιήσουμε ένα παράδειγμα βασισμένο σε παράδειγμα που παρουσιάζεται στο [65]. Έστω ότι έχουμε μια αβέβαιη παράμετρο x , η οποία παίρνει τιμές από το διάστημα $[1,5]$ με τριγωνική κατανομή όπως στο Σχήμα 3.1 και με πιο πιθανή τιμή το 3. Έτσι

αν θεωρήσουμε το σύνολο $F_{0,5} = \{x: r(x) \geq 0,5\}$ έχουμε ένα σύνολο περιλαμβάνει όλες τις τιμές του x για τις οποίες ισχύει ότι η πιθανότητα τους είναι πάνω από 0,5. Αν παρατηρήσουμε το Σχήμα 3.1 διαπιστώνουμε ότι αυτό το διάστημα είναι το $F_{0,5} = [2,4]$.



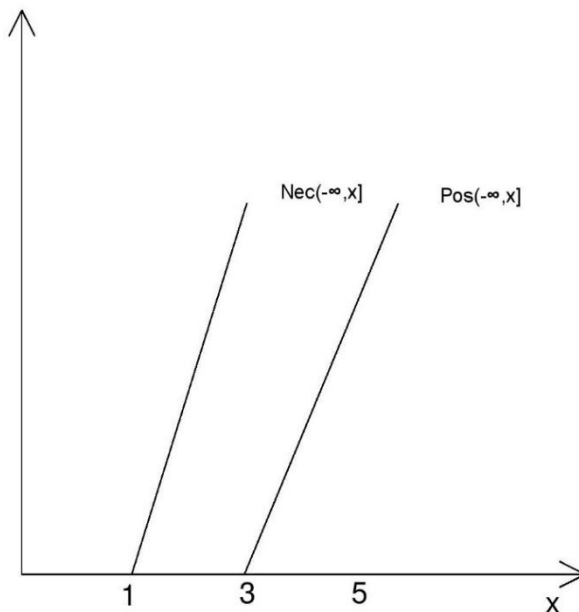
Σχήμα 3.1: Συνάρτηση πιθανότητας για μία παράμετρο στο διάστημα $[1,3]$

Με την χρήση των προαναφερθέντων μέτρων μπορούμε να υπολογίσουμε την αθροιστική πιθανότητα/αναγκαιότητα $Pos(-\infty, x]$ και $Nec(-\infty, x]$, αντίστοιχα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.2. Αυτά τα μέτρα μπορούν να ερμηνευτούν ως τα όρια της αθροιστικής πιθανότητας της παραμέτρου x . Αυτά τα όρια μπορούν να ερμηνευτούν όπως το διάστημα πιθανοτήτων που αναφέρθηκε νωρίτερα, είναι δηλαδή τα όρια που ορίζει ο αναλυτής γιατί είτε δεν είναι σε θέση είτε δεν είναι διατεθειμένος να ορίσει ακριβή πιθανότητα για ένα γεγονός

3.1.3.3 Θεωρία των ενδείξεων (θεωρία των Dempster-Shafer, θεωρία των συναρτήσεων πεποίθησης)

Η θεωρία των Dempster-Shafer αναπτύχθηκε στην εργασία του Dempster [69] πάνω στη θεωρία των πιθανοτήτων με ανώτερα και κατώτερα όρια. Από τότε αυτή η θεωρία έχει αναπτυχθεί και έχει χρησιμοποιηθεί συχνά στην βιβλιογραφία σχετικά με την τεχνίτη νοημοσύνη, ως τεχνική για την

μοντελοποίηση υπό συνθήκες αβεβαιότητας. Παρά το γεγονός ότι αυτή η θεωρία δεν είναι ευρέως διαδεδομένη, έχει εφαρμοστεί με επιτυχία σε κάποια θέματα όπως την αναγνώριση προσώπων [70], την στατιστική ταξινόμηση [71] και την αναγνώριση στόχων [72]



Σχήμα 3.2: Τα όρια για τα μέτρα πιθανότητας βασισμένα στην συνάρτηση πιθανότητας του Σχήματος 3.1

Η θεωρία αυτή βασίζεται στον ορισμό της πεποίθησης και τις αλήθειες για κάθε υποσύνολο αποτελεσμάτων (γεγονότων). Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατόν να ληφθούν υπόψη στην μελέτη και οι ενδείξεις.

Στην κλασσική θεωρία των πιθανοτήτων έχουμε ότι για δύο συμπληρωματικά σύνολα, A και A^c ($A \cup A^c = \Omega$) ισχύει ότι το άθροισμα των πιθανοτήτων τους είναι 1 ($P(A) + P(A^c) = 1$). Συνεπώς όταν ορίζουμε ως πιθανότητα του A τον αριθμό p , $P(A) = p$, θα έχουμε ότι η πιθανότητα του A^c θα είναι $1 - p$. Κάτι τέτοιο, όμως δεν ισχύει στην θεωρία των ενδείξεων. Πιο συγκεκριμένα, στην θεωρία αυτή ορίζεται για ένα ενδεχόμενο A ο βαθμός πεποίθησης, ο οποίος αναπαριστά τον βαθμό στον οποίο κρίνεται ότι οι ενδείξεις που υπάρχουν υποστηρίζουν την πραγματοποίηση αυτού του γεγονότος. Συνεπώς ο βαθμός πεποίθησης εξαρτάται απόλυτα από τις διαθέσιμες ενδείξεις. Για παράδειγμα, αν δεν έχουμε ισχυρές ενδείξεις για την πραγματοποίηση αλλά ούτε και για την μη πραγματοποίηση του γεγονότος A τότε ο βαθμός πεποίθησης είναι χαμηλός και για τις δυο περιπτώσεις. Αντίστοιχα, στην περίπτωση που δεν έχουμε καμία ένδειξη για καμία από τις δυο περιπτώσεις τότε ο βαθμός πεποίθησης είναι 0.

Με βάση αυτά τα στοιχεία, αν ορίσουμε τον βαθμό πεποίθησης ως $Bel(A)$, η πρόταση της κλασσικής θεωρίας των πιθανοτήτων $P(A)+P(A^c)=1$, μετατρέπεται σε:

$$Bel(A) + Bel(A^c) \leq 1$$

Επομένως, σύμφωνα με την παραπάνω ανίσωση υπάρχει περίπτωση η διαφορά $1 - (Bel(A) + Bel(A^c))$ να είναι διαφορετική του μηδενός. Αυτή η διαφορά ορίζεται ως το μέτρο της άγνοιας και όταν είναι ίση με το 0 καταλήγουμε στην κλασσική θεωρία των πιθανοτήτων.

Για αν γίνει πιο σαφής ο λόγος ύπαρξης αυτής της διαφοράς παραθέτουμε το παρακάτω παράδειγμα:

Έστω ότι έχουμε ένα μοναδικό μάρτυρα ο οποίος είδε μια ληστεία. Σύμφωνα με την μαρτυρία του, ο ληστής ήταν άντρας. Αν θεωρήσουμε τον συγκεκριμένο άνθρωπο αξιόπιστο η μαρτυρία του είναι μάλλον αληθής, ενώ στην περίπτωση που τον θεωρήσουμε αναξιόπιστο δεν είναι απαραίτητο η μαρτυρία να είναι ψευδής. Θεωρώντας τον μάρτυρα ως 80% αξιόπιστο και 20% αναξιόπιστο έχουμε ότι κατά 80% ο ληστής ήταν άντρας και κατά 0 % ότι δεν ήταν, διότι δεν έχουμε μαρτυρία για να στηρίξουμε την δεύτερη περίπτωση. Άρα έχουμε άθροισμα των βαθμών πεποίθησης ίσο με 0,8.

Σύμφωνα με τον Shafer [73], όταν γίνεται η σύνοψη του αντίκτυπου των ενδείξεων για το υπό μελέτη γεγονός A , αυτή θα πρέπει να περιλαμβάνει και τις δυο πλευρές, δηλαδή και τον βαθμό στον οποίο οι ενδείξεις στηρίζουν την πραγματοποίηση του A και τον βαθμό υποστήριξης της μη πραγματοποίησης του A .

Στην συνέχεια ορίζουμε τον βαθμό αλήθειας σχετικά με την πραγματοποίηση του γεγονότος A , $Pl(A)$ ως:

$$Pl(A) = 1 - Bel(A^c)$$

Συνεπώς ο βαθμός αλήθειας αναπαριστά τον βαθμό στον οποίο τα στοιχεία δεν υποστηρίζουν την μη πραγματοποίηση του γεγονότος A .

3.2 Μαύροι Κύκνοι (Black Swan)

3.2.1. Ιστορική αναδρομή

Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει μεγάλη συζήτηση για την έννοια του μαύρου κύκνου στο ρίσκο. Πολλά άρθρα έχουν γραφτεί με σκοπό την κατανόηση της έννοιας των μαύρων κύκνων και την αντιμετώπιση των προβλημάτων που αυτοί δημιουργούν. Η χρήση της μεταφοράς αυτής χρονολογείται αρκετούς αιώνες πίσω και τον τελευταίο καιρό έχει γίνει ένας πολύ δημοφιλής τρόπος για την αναφορά σε ξαφνικά και αναπάντεχα γεγονότα.

Το 16^ο αιώνα, η φράση μαύρος κύκνος ήταν πολύ συχνά χρησιμοποιούμενη, δηλώνοντας κάτι το αδύνατο. Μέχρι εκείνη την εποχή, στον τότε γνωστό κόσμο, θεωρείτο ότι όλοι οι κύκνοι είναι άσπροι, μιας και όλες οι ιστορικές αναφορές ανέφεραν μόνο την ύπαρξη κύκνων με άσπρα πούπουλα. Η πρώτη γραπτή αναφορά σε αυτόν τον όρο, σύμφωνα με τον Aven [74] γίνεται από τον ποιητή Juvenal, ο οποίος έγραψε σε ένα έργο του “rara avis in terris nigroque simillima cygno” (ένα σπάνιο πουλί στη γη, τόσο σπάνιο όπως ένας μαύρος κύκνος), αλλά σύμφωνα με τον Hammond [75], η αναφορά αυτή ήταν ένας ευφάνταστος σαρκασμός. Η αναφορά του ποιητή στον μαύρο κύκνο, που χωρίς να γνωρίζει την ύπαρξή του, τον θεωρεί ως κάτι το ανέφικτο, δείχνει την αδυναμία σκέψης του ανθρώπου για κάτι που είναι ναί μεν δύσκολο να συμβεί αλλά όχι αδύνατο.

Η φράση αυτή επιβίωσε στην Ευρώπη ως περιγραφή του απίθανου και αδύνατου. Αυτή η άποψη, όμως, άλλαξε όταν μια ολλανδική αποστολή στη Δυτική Αυστραλία, με επικεφαλής τον Willem de Vlamingh, ανακάλυψε την ύπαρξη μαύρων κύκνων στις όχθες του ποταμού Swan. Πλέον η φράση αυτή δεν σήμαινε μόνο κάτι το εξαιρετικά σπάνιο αλλά εξέφραζε το ότι ο χαρακτηρισμός αδύνατο δεν είναι απόλυτος και είναι πιθανό αργότερα να διαψευσθεί. Η ανακάλυψη αυτή ήρθε σαν επιβεβαίωση του σοβαρό περιορισμό της μάθησης μέσα από τις παρατηρήσεις ή την εμπειρία και την ευπάθεια της γνώσης. Σύμφωνα με τον Taleb [76] ο John Stuart Mill χρησιμοποίησε την φράση αυτή ως ένα νέο όρο για την έννοια της διάψευσης. Χαρακτηριστικά ο John Stuart Mill αναφέρει ‘κανένας αριθμός παρατηρήσεων άσπρων κύκνων δεν μπορεί να οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι όλοι οι κύκνοι είναι άσπροι, αλλά η παρατήρηση μόνο ενός μαύρου κύκνου είναι αρκετή για να διαψεύσει αυτό το συμπέρασμα’.

Τα γεγονότα που θεωρούνται ως μαύροι κύκνοι, αρχικά, αναλύθηκαν από τον Taleb στο βιβλίο του ‘Fooled By Randomness’ του 2001, το οποίο αφορούσε οικονομικά γεγονότα. Στην συνέχεια στο βιβλίο του ‘Black Swan’ [76]

διεύρυνε την χρήση αυτής της μεταφοράς και σε τομείς εκτός των χρηματοπιστωτικών αγορών. Ο Taleb θεωρεί σχεδόν όλες τις σημαντικές επιστημονικές ανακαλύψεις, τα ιστορικά γεγονότα, και τα καλλιτεχνικά επιτεύγματα «μαύρους κύκνους», μη κατευθυνόμενα και απρόβλεπτα.

3.1.2 Ορισμός των μαύρων κύκνων

Ο Taleb στο βιβλίο του [76] ορίζει τους μαύρους κύκνους ως γεγονότα που έχουν τρία χαρακτηριστικά.

1. Η εκδήλωση του γεγονότος είναι μια έκπληξη (για τον παρατηρητή). Αυτό σημαίνει πως για έναν άλλο παρατηρητή πιθανώς είναι προδιαγεγραμμένο το συμβάν.
2. Η εκδήλωση του γεγονότος έχει σημαντική επίδραση είτε αρνητική είτε θετική.
3. Μετά το πρώτο καταγεγραμμένο περιστατικό του συμβάντος, σχεδόν πάντοτε υπάρχει εκ των υστέρων εξήγηση που αδυνατεί να προσεγγίσει το τυχαίο του γεγονότος ή την παντελή αδυναμία πρόβλεψης του.

Συνεπώς, τα συνιστώντα στοιχεία του φαινομένου είναι : α) η σπανιότητα, β) οι ακραίες περιπτώσεις με σημαντικές επιπτώσεις και συνέπειες και γ) η εκ των υστέρων προβλεψιμότητα

Στο βιβλίο του ο Taleb [76] τονίζει ότι υπάρχει ανάγκη να δούμε πέρα από την κλασσική χρήση της πιθανότητας όταν μελετάμε το ρίσκο. Υπάρχουν μελετητές οι οποίοι είναι επιφυλακτικοί με αυτήν την άποψη. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο Dennis Lindley [77], ο οποίος θεωρεί ότι με την χρήση της πιθανότητας μπορούμε να περιγράψουμε όλα τα είδη της αβεβαιότητας και της τυχαιότητας. Ο Lindley παραθέτει ένα παράδειγμα μίας αλληλουχίας ανεξάρτητων δοκιμών με σταθερή άγνωστη πιθανότητα επιτυχίας. Κάθε δοκιμή θεωρείται κύκνος και ως επιτυχία θεωρείται ένας κύκνος άσπρου χρώματος. Χρησιμοποιώντας απλούς υπολογισμούς πιθανοτήτων, δείχνει ότι είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα προκύψει ένας μαύρος κύκνος, με την προϋπόθεση πολλών δοκιμών, αν και η πιθανότητα ότι ο επόμενος κύκνος που παρατηρείται είναι λευκός, είναι σχεδόν ένα.

Από την πλευρά του ο Aven [74] θεωρεί ότι η άποψη του Taleb είναι σωστή και ότι ο Lindley δεν κατανοεί αυτή την ανάγκη. Επίσης, εκφράζει την άποψη ότι η χρήση των κλασικών μεθόδων και μοντέλων πιθανότητας για την έκφραση της αβεβαιότητας δεν βοηθήσει στην πρόβλεψη των μαύρων κύκνων.

3.2.3 Είδη Μαύρων κύκνων

Ο Aven [74] ορίζει τους μαύρους κύκνους ως εξαιρετικά ξαφνικά γεγονότα σύμφωνα με την πεποίθηση ή το γνωστικό υπόβαθρο κάποιου. Σύμφωνα με αυτόν τον ορισμό μπορούμε να διακρίνουμε τρεις κατηγορίες γεγονότων που μπορούν να χαρακτηριστούν ως μαύροι κύκνοι [78]:

1. Συμβάντα άγνωστα στην επιστημονική κοινότητα
2. Συμβάντα που δεν ήταν στην λίστα πιθανών συμβάντων από την οπτική γωνία αυτών που διεξήγαγαν την ανάλυση
3. Συμβάντα που ήταν στην λίστα πιθανών συμβάντων αλλά κρίθηκε η πιθανότητα να συμβούν αμελητέα

3.2.3.1 Συμβάντα άγνωστα στην επιστημονική κοινότητα

Η πρώτη κατηγορία των μαύρων κύκνων (α) είναι τα ακραία γεγονότα - ο τύπος γεγονότος που δεν είναι γνωστός στην επιστημονική κοινότητα (άγνωστα-άγνωστα). Ένα παράδειγμα τέτοιου γεγονότος είναι η ιστορία του φαρμάκου 'Thalidomide' [79]

Thalidomide

Το φάρμακο αυτό κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 1957 στη Δυτική Γερμανία, υπό την εμπορική ονομασία Contegran. Το φάρμακο ανέπτυξε και κυκλοφόρησε πρώτη στην αγορά η γερμανική φαρμακευτική εταιρεία Chemie Grünenthal, ως αντισπασμωδικό φάρμακο. Οι πρώτες δοκιμές που έγιναν στο φάρμακο αυτό έδειξαν ότι δεν ήταν κατάλληλο για το σκοπό αυτό, αλλά εκείνη την εποχή αφέθηκε να εννοηθεί ότι είχε καταπραϋντικές ιδιότητες. Το γεγονός που είχε τραβήξει την προσοχή σε αυτό το φάρμακο ήταν το ότι η υπερβολική

δόση δεν είχε ως αποτέλεσμα το θάνατο, άλλα τον παρατεταμένο ύπνο. Στο γεγονός αυτό, δηλαδή στην ασφάλεια αυτού του φαρμάκου, είχε βασιστεί και η προώθηση του συγκεκριμένου σκευάσματος.

Αρχικά, συνταγογραφείτο, κατά κύριο λόγο, σαν υπνωτικό ή ηρεμιστικό, αλλά και για τη θεραπεία του άγχους, της αϋπνίας, της γαστρίτιδας και της υπερέντασης [80]. Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκε ως φάρμακο ενάντια στη ναυτία και ως ανασχετικό της πρωινής ναυτίας για τις εγκύους. Τα αρνητικά αποτελέσματα του φαρμάκου, τα οποία κανένας από τους επιστήμονες δεν υπολόγιζε, δεν άργησαν να φανούν. Γερμανοί ιατροί παρατήρησαν παιδιά με σπάνια δυσπλασία των άκρων (φωκομέλεια). Οι πρώτες δύο περιπτώσεις παρουσιάστηκαν τον Οκτώβρη του 1960 σε παιδιατρικό συνέδριο στο Kassel, και ελάχιστοι από τους παρευρισκόμενους είχαν ξαναδεί τέτοιας μορφής δυσπλασίες.

Ο πρώτος ιατρός ο οποίος πρότεινε ότι για αυτές τις δυσπλασίες ευθύνεται το συγκεκριμένο φάρμακο ήταν ο Lenz τον Νοέμβριο του 1961, σχεδόν ταυτόχρονα με τον McBride στην Αυστραλία. Η επιβεβαίωση αυτής της πρότασης γρήγορα ήρθε και από άλλες χώρες. Χαρακτηριστικά στην ΗΠΑ, όπου το φάρμακο βρισκόταν σε κλινικές δοκιμές, τα κρούσματα ήταν ελάχιστα, σε αντίθεση με την Γερμανία, στην οποία υπήρχε υπερβολική χρήση του φαρμάκου και όπου εμφανίστηκαν πολλά κρούσματα. Λίγο μετά την κυκλοφορία του φαρμάκου στη χώρα, γεννήθηκαν 5.000 έως 7.000 βρέφη με δυσπλασία των άκρων (φωκομέλεια). Μόνο το 40% αυτών των παιδιών επέζησαν. Παγκόσμια αναφέρθηκαν περίπου 10.000 περιπτώσεις βρεφών με φωκομέλεια λόγω της θαλιδομίδης, από τα οποία μόνο το 50% επέζησαν. Τα νεογνά που εκτέθηκαν στη θαλιδομίδα ενόσω ήταν στη μήτρα παρουσίασαν αναπηρίες στα άκρα, τα οποία είτε δεν αναπτύχθηκαν είτε αναπτύχθηκαν ατελώς. Άλλες παρενέργειες περιελάμβαναν ανωμαλίες στα μάτια, την καρδιά, την πεπτική και την ουροφόρο οδό, καθώς και τύφλωση και κώφωση.

Στους επιστήμονες εκείνης της εποχής δεν ήταν γνωστές οι πιθανές συνέπειες αυτού του φαρμάκου. Ο πειραματικός έλεγχος του, λόγω της μικρής του διάρκειας, δεν οδήγησε σε συγκεκριμένες παρενέργειες αυτού. Συνεπώς, με βάση την επιστημονική γνώση της εποχής και τα πειράματα, το συγκεκριμένο φάρμακο δεν είχε παρενέργειες. Επομένως, αυτού του είδους οι παρενέργειες ήταν ένας μαύρος κύκνος για την επιστημονική κοινότητα, και πιο συγκεκριμένα μαύρος κύκνος που ανήκει στην πρώτη κατηγορία. Οι αρνητικές επιπτώσεις της χρήσης της θαλιδομίδης οδήγησαν στην ανάπτυξη περισσότερο αυστηρών ελέγχων και κανονισμών όσον αφορά τη χρήση και την ανάπτυξη των φαρμάκων [81].

3.2.3.2 Συμβάντα που δεν ήταν στην λίστα πιθανών συμβάντων από την οπτική γωνία αυτών που διεξήγαγαν την ανάλυση

Το είδος αυτό περιλαμβάνει γεγονότα τα οποία δεν ήταν στην λίστα με τα πιθανά γεγονότα που είχε εκπονηθεί κατά την διάρκεια της ανάλυσης του ρίσκου, άλλα δεν είναι ένα τελείως άγνωστο γεγονός, δηλαδή αυτό το γεγονός είναι γνωστό σε άλλα άτομα, ομάδες ατόμων ή κοινότητες.

Πετρελαϊκή κρίση του 1973

Το 1973, ο Οργανισμός Αραβικών Πετρελαιοπαραγωγών Χωρών (ΟΑΡΕC) διακήρυξε εμπάργκο πετρελαίου στις λεγόμενες αναπτυσσόμενες χώρες ως αντίποινα για την υποστήριξη των Ηνωμένων Πολιτειών και άλλων χωρών στο Ισραήλ στον πόλεμο του Γιομ Κιπούρ. Αυτό οδήγησε στην τεράστια έλλειψη αποθεμάτων πετρελαίου στην Αμερική [82]. Μέσα στα επόμενα επτά χρόνια σημειώθηκε αύξηση 500% στις τιμές του αργού πετρελαίου, με της χώρες που αφορούσε το εμπάργκο να αδυνατούν να αντιδράσουν. Ακόμα και οι προσπάθειες της κυβέρνησης των ισχυρών Ηνωμένων Πολιτειών δεν ήταν σε θέση να επιλύσει το άμεσο πολιτικές, οικονομικές, τεχνολογικές επιπτώσεις που προέκυψαν από αυτές τις άνευ προηγουμένου αυξήσεις των τιμών του πετρελαίου. Σε όλη την βόρεια Αμερική, επιβλήθηκαν έλεγχοι των τιμών της βενζίνης και οι κεντρικές τράπεζες μείωσαν τα επιτόκια για να ενθαρρύνουν την οικονομική ανάπτυξη, ακόμα και όταν το κόστος της βιομηχανικής παραγωγής συνέχιζε να αυξάνεται και οι εξαγωγές μειώνονταν. Το εμπάργκο προκάλεσε σημαντική μείωση στην αμερικανική αυτοκινητοβιομηχανία και επιδείνωσε τα ήδη υπάρχοντα οικονομικά προβλήματα [83].

Η πετρελαϊκή κρίση της δεκαετίας του 70 είναι ένας χαρακτηριστικός μαύρος κύκνος. Καμία από τις χώρες που πλήγηκαν περισσότερο από το εμπάργκο όπως η Ιαπωνία, η Γαλλία και οι ΗΠΑ δεν είχε προβλέψει την εμφάνιση ή τη σοβαρότητα αυτής της κρίσης. Όμως, μια τέτοια κίνηση από τις Αραβικές χώρες υπήρχε σαν πιθανότητα και σαν σκέψη πριν την πραγματοποίησή της. Συνεπώς αυτό το γεγονός μπορεί να χαρακτηριστεί ως μαύρος κύκνος τύπου β, διότι από την μια πλευρά οι χώρες που υπέστησαν της συνέπειες αυτής της κρίσης δεν είχαν προβλέψει το εμπάργκο, ενώ από την άλλη, κάποιοι άνθρωποι γνώριζαν αυτή τη πιθανή κίνηση των αραβικών κρατών.

3.2.3.3 Συμβάντα που ήταν στην λίστα πιθανών συμβάντων αλλά κρίθηκε η πιθανότητα να συμβούν αμελητέα

Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει γεγονότα, τα οποία συμβαίνουν παρά το γεγονός ότι η πιθανότητα τους ήταν αμελητέα. Τα γεγονότα είναι γνωστά, αλλά θεωρείται απίθανο να συμβούν και έτσι αγνοούνται και δεν εφαρμόζονται αντίστοιχα μέτρα προστασίας. Ακόμα, αυτά περιλαμβάνονται στη λίστα με τους πιθανούς κινδύνους αλλά αφαιρούνται λόγω της κρίσεως τους ως γεγονότα αμελητέας πιθανότητας

Ατύχημα στο σταθμό Fukushima 1

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτού του τύπου των μαύρων κύκνων είναι το ατύχημα στον σταθμό Fukushima 1 το 2011, ένα από τα σημαντικότερα πυρηνικά ατυχήματα μέχρι στιγμής. Οι καταστροφές προέκυψαν ως ακολουθία του γεγονότος του μεγάλου σεισμού της 11ης Μαρτίου στο Σεντάι και του τσουνάμι που τον ακολούθησε.

Η μονάδα παραγωγής περιλάμβανε 6 αντιδραστήρες ζέοντος ύδατος. Την στιγμή την οποία ο σεισμός ξεκίνησε οι αντιδραστήρες 4, 5 και 6 είχαν τεθεί εκτός λειτουργίας για συντήρηση, ενώ οι υπόλοιποι λειτουργούσαν κανονικά. Με το σεισμό εισήχθησαν επιτυχώς οι ράβδοι ελέγχου ανάμεσα στα πυρηνικά καύσιμα σε όλους τους αντιδραστήρες, ώστε να τα καλύψουν και να διακοπεί η άμεση θέρμανση του νερού από τις αλυσιδωτές αντιδράσεις. Παρόλα αυτά, τα καύσιμα στον πυρήνα του αντιδραστήρα είχαν ακόμη την ανάγκη ψύξης, το ελάχιστο για μερικές ημέρες ώστε να αποφευχθεί το λιώσιμο της κατασκευής από την αναμενόμενη άνοδο της θερμοκρασίας και κατ' επέκταση η διαρροή ραδιενέργειας στο περιβάλλον.

Αμέσως μετά το σεισμό διακόπηκε η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος και βγήκε εκτός λειτουργίας το σύστημα ψύξης με τις αντλίες νερού. Ρυθμίστηκαν και τέθηκαν τότε σε λειτουργία οι ντίτζελ ηλεκτρογεννήτριες οι οποίες λειτούργησαν για μερικές ώρες, συντηρώντας το σύστημα ψύξης, ως και τη στιγμή που εισέβαλε το τσουνάμι και τις έθεσε εκτός λειτουργίας καταστρέφοντας τις. Οι υπεύθυνοι αποφάσισαν τότε να εκτονώσουν την ολοένα αυξανόμενη πίεση στον πυρήνα των αντιδραστήρων 1 και 3, αφήνοντας να διαφύγει ραδιενεργός ατμός, για να αποτρέψουν ενδεχόμενη έκρηξη που θα οδηγούσε στην τήξη του κελύφους τους. Προφανώς οι ενέργειες δεν ήταν επαρκείς και η θερμοκρασία συνέχισε να αυξάνεται με αποτέλεσμα η επένδυση

(ράβδοι ελέγχου) των πυρηνικών καυσίμων από ζirkόνιο να θερμανθεί στους 1200°C και το ζirkόνιο να αντιδράσει με το νερό δίνοντας οξείδιο του ζirkονίου και υδρογόνο. Όταν ο ραδιενεργός ατμός, που περιείχε υδρογόνο, βγήκε από τις βαλβίδες εκτόνωσης στην ατμόσφαιρα, το υδρογόνο αντέδρασε με το οξυγόνο είτε του αέρα είτε και του νερού του ατμού και ακολούθησε έκρηξη. Σύμφωνα με μαρτυρίες το κέλυφος του πυρήνα δεν καταστράφηκε, κατέρρευσε όμως μερικώς το εξωτερικό περίβλημα που ήταν έτσι σχεδιασμένο για να απομακρύνει την πίεση.

Χωρίς ηλεκτρική ισχύ και χωρίς το σύστημα σωληνώσεων και αντλιών που καταστράφηκε από την έκρηξη του περιβλήματος των αντιδραστήρων, οι αρχές αποφάσισαν να ψύξουν τα υπέρθερμα πυρηνικά καύσιμα με την εισαγωγή θαλασσινού νερού, σαν μια τελευταία προσπάθεια να αποφευχθεί η πλήρης τήξη του κελύφους του πυρήνα των αντιδραστήρων. Στο σημείο αυτό φαίνεται να είχε επέλθει ήδη τήξη στο εσωτερικό των πυρήνων καταστρέφοντας τα πυρηνικά καύσιμα. Έτσι ο ατμός που αναγκαστικά εκτονωνόταν συνεχώς ήταν ραδιενεργός, περιέχοντας καίσιο-137 και ιώδιο-131 με χρόνο ημιζωής 30 χρόνια και 8 ημέρες, αντίστοιχα, που τα κάνει άκρως επικίνδυνα κατά περίπτωση.

Σύμφωνα με αναφορές οι ηλεκτρικοί πίνακες, που ήταν αναγκαίοι για τη λειτουργία των ηλεκτρογεννητριών ώστε να επανενεργοποιηθεί το σύστημα ψύξης, βρίσκονταν σε υπόγειο χώρο ο οποίος πλημμύρισε από το τσουνάμι.

Σύμφωνα με τον Aven [74]: ‘μέχρι αυτό το γεγονός, κανένας δεν ήταν πεπεισμένος ότι η πιθανότητα ότι ένα τσουνάμι θα καταστρέψει ταυτοχρόνως όλα τα εφεδρικά συστήματα και θα εμποδίσει την εξωτερική βοήθεια να φτάσει στο σημείο ήταν υπαρκτή’. Αυτή η άποψη έρχεται σε αντίθεση με το πόρισμα της έρευνας, το οποίο κατέληγε στο συμπέρασμα ότι η κυβέρνηση και η διαχειρίστρια εταιρεία απέτυχαν να προβλέψουν την καταστροφή, διότι δεν αφιέρωσαν χρόνο, προσπάθεια και χρήματα να θωρακίσουν την εγκατάσταση έναντι σε μια φυσική καταστροφή η οποία θεωρήθηκε απίθανη. Με άλλα λόγια, το επίπεδο του ρίσκου θεωρήθηκε αποδεκτό, οι ιθύνοντες ήταν σίγουροι ότι δεν πρόκειται να συμβούν γεγονότα πέρα από της προβλέψεις τους. Αυτό το γεγονός, ενώ ήταν στην λίστα των πιθανών συμβάντων που μπορεί να προκύψουν, θεωρήθηκε απίθανο και έτσι δεν ελήφθησαν τα απαραίτητα μέτρα για την προστασία της εγκατάστασης.

Ατύχημα στην πετρελαιοπηγή Μακόντο

Τον Απρίλιο του 2010 συνέβη μια έκρηξη εξέδρα εξόρυξης πετρελαίου Deepwater Horizon της BP στον Κόλπο του Μεξικό, η οποία οδήγησε στην

διαρροή 4,9 εκατομμυρίων βαρελιών αργού πετρελαίου στην θάλασσα, δημιουργώντας την μεγαλύτερη πετρελαιοκηλίδα που έχει δημιουργηθεί ποτέ στην Αμερική και δεύτερη μεγαλύτερη μετά τη διαρροή του 1991 στον Περσικό Κόλπο, μετά τον βομβαρδισμό των πετρελαϊκών εγκαταστάσεων του Κουβέιτ.

Η έκρηξη, της οποίας τα αίτια δεν έχουν διευκρινιστεί ακόμα, οδήγησε σε πυρκαγιά, η οποία μετά από τριάντα έξι ώρες προκάλεσε την βύθιση της εξέδρας. Η διαρροή που προκλήθηκε από το ατύχημα, δεν έγινε δυνατό να περιοριστεί παρά μόνο μετά από 87 ημέρες.

Το συγκεκριμένο ατύχημα δεν οφειλόταν σε κάποιο καινούριο φαινόμενο το οποίο δεν είχε παρατηρηθεί ξανά. Οποιαδήποτε ανάλυση του ρίσκου για την συγκεκριμένη εγκατάσταση θα είχε προσδιορίσει μια πιθανή έκρηξη ως μια σοβαρή απειλή και θα είχε οδηγήσει στην λήψη κατάλληλων μέτρων. Μελετώντας, όμως, τις εξηγήσεις που δόθηκαν για το συγκεκριμένο συμβάν, θα διαπιστώσουμε πολλά στοιχεία που προκάλεσαν έκπληξη. Αρχικά, αν αναλύαμε τα γεγονότα που οδήγησαν στο ατύχημα, πριν από αυτό, θα θεωρούσαμε την πιθανότητα να συμβούν όλα μαζί ως εξαιρετικά μικρή.

Αυτά γεγονότα περιελάμβαναν:

- Εσφαλμένη εκτίμηση των αποτελεσμάτων των δοκιμών πίεσης.
- Η αποτυχία να προσδιορίσει ότι το πετρέλαιο είχε διεισδύσει στο πηγάδι, παρά το γεγονός ότι τα δεδομένα καταγραφής έδειχναν ότι αυτό είχε γίνει κανονικά
- Το σύστημα εκτροπής δεν ήταν σε θέση να εκτρέψει το φυσικό αέριο.
- Η βαλβίδα ασφάλειας δεν σφράγισε το πηγάδι

Η ανάλυση ρίσκου που διενεργήθηκε είτε δεν υπολόγισε την περίπτωση του συνδυασμού όλων αυτών των γεγονότων, μαύρος κύκνος τύπου β, είτε η πιθανότητα της περίπτωσης αυτής θεωρήθηκε αμελητέα, μαύρος κύκνος τύπου γ. Για πολλούς τα γεγονότα που οδήγησαν σε αυτή την καταστροφή θα έπρεπε να είχαν προβλεφθεί και να είχαν αποφευχθεί. Κατά την γνώμη μου, είναι σαφές ότι ο συνδυασμός αυτών των γεγονότων ήταν δύσκολο να προβλεφθεί, αλλά ταυτόχρονα δεν ήταν κάτι το αδιανόητο.

3.3 Γνωστικό υπόβαθρο

3.3.1 Η έννοια του γνωστικού υπόβαθρου

Η έννοια του γνωστικού υπόβαθρου, αποτελεί απόδοση της αγγλικής λέξεως ‘knowledge’, οι οποία χρησιμοποιείται ευρέως στην βιβλιογραφία του ρίσκου. Η ακριβής μετάφραση της συγκεκριμένης λέξης είναι η λέξη ‘γνώση’, λέξη που όμως κρίθηκε πως δεν ανακλά απόλυτα την έννοια της λέξεως ‘knowledge’ στο τομέα του ρίσκου. Σύμφωνα με το λεξικό Webster η έννοια αυτή εκφράζει ‘το γεγονός ή η κατάσταση στην οποία κάποιος γνωρίζει κάτι, γνώση που έχει αποκτηθεί μέσω της εμπειρίας ή της συνεργασίας με άλλους ανθρώπους’. Όμως, κατά την ανάγνωση της διεθνούς βιβλιογραφίας δεν βρέθηκαν πολλές μελέτες που να ασχολούνται με την σημασία της έννοιας του γνωστικού υπόβαθρου.

Σύμφωνα με τον Göranzon [85] το γνωστικό υπόβαθρο μπορεί να χωριστεί σε τρεις υποκατηγορίες:

1. η γνώση που αποκτάται από την άσκηση ενός επαγγέλματος (γνώση εκφράζεται ως εμπειρία),
2. η γνώση που αποκτάται από την ανταλλαγή εμπειριών με συναδέλφους
3. η γνώση που αποκτάται με την μελέτη ενός θέματος (θεωρητική γνώση).

Αν και υπάρχει μια τάση υπερβολικής έμφασης στην θεωρητική γνώση εις βάρος της πρακτικής γνώσης, όλες οι υποκατηγορίες είναι αλληλένδετες και κάθε μία έχει την δική της σημασία. Σύμφωνα με τον Göranzon [85] η σχέση αυτών μπορεί να εκφραστεί με τον παρακάτω τρόπο: η ερμηνεία των θεωριών, των μεθόδων και των κανόνων γίνεται μέσω της εξοικείωσης και της εμπειρίας που έχει αποκτηθεί μέσα από τη πρακτική ενασχόληση με το αντικείμενο. Ο διάλογος μεταξύ των ανθρώπων που συμμετέχουν σε μια διαδικασία οδηγεί σε τριβή μεταξύ των διαφορετικών αντιλήψεων, τριβή που προκύπτει από τις διαφορές στην εμπειρία και στην εξοικείωση του κάθε ατόμου. Για να θεωρηθεί κάποιος επαγγελματίας πρέπει να διευρύνει την αντίληψη του με σκοπό μια ευρύτερη συνολική άποψη από την άποψη που η εξοικείωση του με το αντικείμενο του επιτρέπει. Τέλος, καταλήγει στο συμπέρασμα ότι ‘αν αφαιρέσουμε από μια δραστηριότητα την εμπειρική γνώση και την οικειότητα, αφήνουμε κενή και την θεωρητική γνώση’.

Οι κατηγορίες που πρότεινε ο Göranzon δεν περιλαμβάνουν ένα μεγάλο κομμάτι του γνωστικού υπόβαθρου, αυτό των ιστορικών δεδομένων. Τα ιστορικά δεδομένα διαδραματίζουν μεγάλο ρόλο σε μια ανάλυση ρίσκου, κυρίως όταν η μελέτη αφορά γνωστά φαινόμενα. Μέσω αυτών οι αναλυτές, στις κλασσικές αντιλήψεις του ρίσκου, μπορούν να εκτιμήσουν τις πιθανότητες των διαφορών ενδεχομένων .

Για να είναι δυνατή η ενσωμάτωση του διαθέσιμου γνωστικού υπόβαθρου στην ανάλυση του ρίσκου και για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων, να υπάρχει ισορροπία ανάμεσα στα παρακάτω δύο ζητήματα [86]:

- το γνωστικό υπόβαθρο θα πρέπει στο μέτρο του δυνατού να μην εξαρτάται από οποιαδήποτε υποκειμενική ματιά, υπό την έννοια ότι το γνωστικό υπόβαθρο πρέπει να αντιστοιχεί σε τεκμηριωμένες και κοινώς αποδεκτές πληροφορίες και γνώσεις (αντικειμενικό κομμάτι),
- οι αποφάσεις και οι απόψεις των αναλυτών θα πρέπει να αντανakλώνται στο γνωστικό υπόβαθρο με σαφήνεια (υποκειμενικό κομμάτι)

3.3.2 Η δύναμη του γνωστικού υπόβαθρου

3.3.2.1 Σημασία της δύναμης του γνωστικού υπόβαθρου

Η σημασία του γνωστικού υπόβαθρου είναι πολύ μεγάλη για μια ανάλυση ρίσκου, αλλά πιο σημαντική είναι η δύναμη αυτού. Πιο συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα της ανάλυσης δεν είναι αρκετά από μόνα τους για να παρθεί μια απόφαση από τους υπεύθυνους λήψης μιας απόφασης. Μια πληροφορία που πρέπει οπωσδήποτε να συνεκτιμηθεί, πριν ληφθεί η απόφαση, είναι η δύναμη του γνωστικού υπόβαθρου, δηλαδή το πόσο ισχυρό είναι.

Η ισχύς του γνωστικού υπόβαθρου έχει πολύ μεγάλη σημασία σε μια ανάλυση ρίσκου, καθώς αυτή καθορίζει το ποιες μέθοδοι ανάλυσης είναι κατάλληλες για το υπό μελέτη πρόβλημα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η έλλειψη της ισχύος του γνωστικού υπόβαθρου οδηγεί σε μεγάλη αβεβαιότητα. Πιο συγκεκριμένα, αν θεωρηθεί ότι το γνωστικό υπόβαθρο για το υπό μελέτη φαινόμενο είναι ισχυρό τότε υπάρχει μικρή αβεβαιότητα, η οποία θα επιτρέπει την χρήση των κλασσικών αντιλήψεων του ρίσκου. Αν όμως, αυτό θεωρηθεί μη ισχυρό, όπως στην περίπτωση των μαύρων κύκνων, τότε υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα και πλέον γίνεται αναγκαία η χρήση διαφορετικών μεθόδων που καλύπτουν και την περίπτωση της ισχυρής αβεβαιότητας.

3.3.2.2 Τρόποι εκτίμησης της δύναμης του γνωστικού υπόβαθρου

Διαισθητικά, το γνωστικό υπόβαθρο πάνω σε ένα αντικείμενο μπορεί να θεωρηθεί ισχυρό όταν υπάρχει μικρή αβεβαιότητα σχετικά με αυτό, όμως πρέπει να είμαστε προσεκτικοί όταν αναφερόμαστε στον όρο αβεβαιότητα, διότι δεν είναι προφανές για ποιο πράγμα είμαστε ακριβώς αβέβαιοι [87]. Όμως, πως μπορούμε να κρίνουμε αν το υπάρχον γνωστικό υπόβαθρο πάνω στο υπό μελέτη αντικείμενο είναι ισχυρό; Απάντηση σε αυτό το ερώτημα θα προσπαθήσουμε να δώσουμε παραθέτοντας δύο μεθόδους χαρακτηρισμού της δύναμης του γνωστικού υπόβαθρου, οι οποίες βασίζονται στις μεθόδους που παρουσιάζει ο Aven [87].

3.3.2.2.1 Μέθοδος 1

Η πρώτη βασίζεται σε μια κλίμακα βαθμολόγησης που χρησιμοποιήθηκε από τους Flage και Aven [88]. Σύμφωνα με αυτή το γνωστικό υπόβαθρο είναι ασθενές αν μία ή περισσότερες από αυτές τις συνθήκες είναι αληθείς:

- α) Οι υποθέσεις που έγιναν οδηγούν σε σημαντικές απλουστεύσεις.
- β) Δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα, ή αυτά είναι αναξιόπιστα.
- γ) Υπάρχει έλλειψη συμφωνίας- γενικής αποδοχής μεταξύ των εμπειρογγνωμόνων.
- δ) Τα φαινόμενα που περιλαμβάνονται στο υπό μελέτη αντικείμενο δεν είναι πλήρως κατανοητά· δεν υπάρχουν γνωστά μοντέλα που περιγράφουν αυτά τα φαινόμενα είτε τα υπάρχοντα μοντέλα οδηγούν σε ανακριβείς προβλέψεις.

Από την άλλη πλευρά, για να θεωρήσουμε το γνωστικό υπόβαθρο ισχυρό, πρέπει εκτός του να είναι οι παραπάνω συνθήκες ψευδείς να καλύπτονται τα παρακάτω:

- Οι παραδοχές που έχουν γίνει θεωρούνται απόλυτα λογικές.
- Υπάρχουν πολλά αξιόπιστα δεδομένα διαθέσιμα.
- Υπάρχει ευρεία συμφωνία- αποδοχή μεταξύ των εμπειρογγνωμόνων.
- Τα φαινόμενα που περιλαμβάνονται στο υπό μελέτη αντικείμενο είναι αρκούντως κατανοητά· τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται είναι αποδεκτά και είναι γνωστό ότι οδηγούν σε σωστά αποτελέσματα.

Οι ενδιάμεσες καταστάσεις θεωρούνται ως μέσης ισχύος

3.3.2.2 Μέθοδος 2

Η δεύτερη μέθοδος που θα παρουσιαστεί έχει ως βασικό άξονα την αναγνώριση όλων των βασικών παραδοχών στις οποίες βασίζεται η πιθανολογική ανάλυση. Αρχικά, το πρώτο βήμα αυτής της μεθόδου περιλαμβάνει την αναγνώριση και την καταγραφή όλων των υποθέσεων και παραδοχών που έχουν γίνει από του αναλυτές. Στην συνέχεια, οι πιο βασικές παραδοχές μετατρέπονται σε ένα σύνολο παραγόντων αβεβαιότητας. Για την καλύτερη κατανόηση θα παραθέσουμε το παρακάτω παράδειγμα. Έστω ότι μελετάμε τα τροχαία ατυχήματα που πρόκειται να συμβούν το επόμενο έτος σε μια χώρα. Με σκοπό την ανάλυση του ρίσκου, εντοπίζουμε τα ιστορικά δεδομένα των προηγούμενων χρόνων σχετικά με τα τροχαία ατυχήματα στην συγκεκριμένη χώρα. Αν βασιστούμε μόνο σε αυτά τα στοιχεία, η βασική παραδοχή που γίνεται είναι ότι αυτά είναι αντιπροσωπευτικά για το μέλλον. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, ο αντίστοιχος παράγοντας αβεβαιότητας είναι ο βαθμός στον οποίο τα ιστορικά δεδομένα είναι αντιπροσωπευτικά για το μέλλον.

Στην συνέχεια, γίνεται μια αρχική εκτίμηση του ρίσκου λόγω της απόκλισης από την κατάσταση που περιγράφεται από τις παραδοχές. Κατά την διάρκεια αυτής της διαδικασίας ορίζεται ένας βαθμός ρίσκου για κάθε πιθανή απόκλιση, ο οποίος αντανακλά το ρίσκο σε σχέση με το μέγεθος της απόκλισης και τις επιπτώσεις αυτής στην πραγματοποίηση του γεγονότος Α και των συνεπειών του. Το συγκεκριμένος μέγεθος ονομάζεται 'ρίσκο απόκλισης από την υπόθεση', και είναι το μέτρο της κρισιμότητας και της σημασίας της υπόθεσης.

Για να γίνει αυτή η εκτίμηση ένας απλός και όχι τόσο λεπτομερής τρόπος είναι η εστίαση στην βαθμολόγηση της ισχύος του γνωστικού υπόβαθρου που παρουσιάστηκε προηγούμενα (α-δ). Όταν με βάση τα παραπάνω κριτήρια δεν έχουμε ισχυρό γνωστικό υπόβαθρο τότε θεωρούμε την απόκλιση από την υπόθεση μεγάλη, και αντίστοιχα όταν έχουμε ισχυρό γνωστικό υπόβαθρο θεωρούμε την απόκλιση μικρή.

Ένας δεύτερος, πιο λεπτομερής τρόπος είναι η εκτίμηση του ρίσκου της απόκλισης σε μια συγκεκριμένη υπόθεση χαρακτηρίζοντας ως υψηλά, μεσαία ή χαμηλά τα παρακάτω μεγέθη:

- Το μέγεθος της απόκλισης,
- Η πιθανότητα της απόκλισης,
- Η επίδραση της απόκλισης στις συνέπειες C

Στην συνέχεια, εκτιμούμε την ισχύ του συνολικού γνωστικού υπόβαθρου σχετικά με τα παραπάνω μεγέθη. Αν αυτό το γνωστικό υπόβαθρο δεν κριθεί ισχυρό, τότε το ρίσκο που προέρχεται από την απόκλιση θα πρέπει να ανέβει κατηγορία, δηλαδή αν είναι χαμηλό να μετατραπεί σε μεσαίο και αν είναι μεσαίο σε υψηλό.

Με βάση αυτή τη διαδικασία, είναι δυνατό να παραχθεί ένα συμπεράσματα σχετικά με τη συνολική δύναμη του γνωστικού υπόβαθρου στο οποίο βασίζεται η ανάλυση ρίσκου: αν υπάρχει μικρός αριθμός υποθέσεων με υψηλή βαθμολογία ρίσκου, το γνωστικό υπόβαθρο θεωρείται ισχυρό. Αντίστοιχα ένας μεγάλος αριθμός υποθέσεων με χαμηλή βαθμολογία ρίσκου οδηγεί σε ασθενές γνωστικό υπόβαθρο. Στις ενδιάμεσες περιπτώσεις θεωρούμε ότι έχουμε μεσαίας ισχύος γνωστικό υπόβαθρο.

3.4 Έννοιες του ρίσκου σε ένα σύστημα

Στην συνέχεια, θα μελετήσουμε κάποιες έννοιες που σχετίζονται με το ρίσκο όταν το υπό μελέτη αντικείμενο είναι ένα σύστημα. Αυτές οι έννοιες είναι οι έννοιες της τρωτότητας, της επαναστατικότητας και της αντιευθραυστότητας οι οποίες σχετίζονται με τις ιδιότητες ενός συστήματος που του επιτρέπουν να ανταπεξέρθει σε διάφορα αρνητικά γεγονότα

3.4.1 Τρωτότητα

Η έννοια της τρωτότητας (vulnerability), όπως συνήθως αναφέρεται, περιγράφει το πόσο ευαίσθητο είναι ένα σύστημα. Η τρωτότητα ορίζεται με δεδομένο ένα αρχικό γεγονός, το οποίο έχει συμβεί και το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στις συνέπειες αυτού [89, 90, 45]. Για παράδειγμα, έστω ότι έχουμε ως αρχικό γεγονός ένας άνθρωπος να νοσήσει από συγκεκριμένη αρρώστια τον επόμενο χρόνο. Οι συνέπειες αυτής της αρρώστιας (αρχικό γεγονός) εξαρτώνται από το πόσο ευάλωτος είναι ο συγκεκριμένος άνθρωπος, άρα από την τρωτότητα του. Είναι πιθανό, το συγκεκριμένο άτομο να είναι μικρής ή μεγάλης ηλικίας, δυνατό σωματικά ή αποδυναμωμένο πριν την εμφάνιση της ασθένειας, λόγω κάποιου άλλου παράγοντα.

Ο Haimes [91] βασισμένος στην έννοια των συστημάτων δίνει ένα ορισμό της τρωτότητας. Σύμφωνα με τον Haimes [91] η τρωτότητα εκφράζει τις καταστάσεις των διαφόρων υποσυστημάτων του συστήματος (π.χ. φυσικά, τεχνικά, οργανωτικά και πολιτιστικά) τα οποία μπορεί να βρεθούν σε ένα φυσικό

κίνδυνο ή να χρησιμοποιηθούν για να επηρεαστεί αρνητικά το σύστημα. Για παράδειγμα, για τη θεραπεία ενός ασθενούς, ο ιατρός πρέπει πρώτα να γνωρίζει τη θερμοκρασία, την πίεση του αίματος, και τα άλλα ζωτικά σημεία του ασθενούς. Το ανθρώπινο σώμα, ως σύστημα είναι ευάλωτο σε μολυσματικές ασθένειες. Πιο συγκεκριμένα, τα ζωτικά όργανα και μέλη του ανθρώπινου σώματος (υποσυστήματα) συνεχώς έρχονται σε επαφή με ποικιλία βακτηρίων, ιών, και άλλων παθογόνων οργανισμών. Ωστόσο, μόνο ένα ποσοστό των υποσυστημάτων του ανθρώπινου σώματος είναι ευάλωτο στις απειλές από ένα υποσύνολο των επιδόξων εισβολέων, και με την βοήθεια του ανοσοποιητικού συστήματος, ένα μικρότερο ποσοστό των υποσυστημάτων του σώματος θα εμφανίσει ανεπιθύμητες επιδράσεις. Ακόμα ένα παράδειγμα, είναι αυτό μια στρατιωτικής βάσης. Οι διάφορες καταστάσεις της βάσης (ως σύστημα) που αντιπροσωπεύουν τις τρωτότητες αυτής (με βάση τους φυσικούς κινδύνους ή τις κακόβουλες ενέργειες) είναι: η λειτουργικότητα / διαθεσιμότητα των τηλεπικοινωνιών, η ηλεκτρική ενέργεια, η ύδρευση, τα δωμάτια των στρατιωτών και των αξιωματικών, η περιμετρική ασφάλεια, και όλα αυτά τα οποία είναι κρίσιμα για τη συνολική λειτουργία της βάσης.

Σύμφωνα με την προσέγγιση του Haimes, η έννοια της τρωτότητας εξαρτάται από το πώς είναι μοντελοποιημένο το σύστημα. Όμως σύμφωνα με αυτή την αντίληψη η τρωτότητα δεν μπορεί να μετρηθεί, διότι ορίζεται ως μια ομάδα καταστάσεων. Στην ανάλυση του ρίσκου, όμως, είναι αναγκαία η εκτίμηση της τρωτότητας, ως υψηλή ή χαμηλή.

Σύμφωνα με τον Aven [90], για να γίνει δυνατή η περιγραφή και η εκτίμηση της τρωτότητας, είναι αναγκαία η αναθεώρηση του ορισμού του Haimes, έτσι ώστε να συμπεριληφθεί και η διάσταση της αβεβαιότητας. Επιπλέον, υιοθετώντας τον ορισμό του ρίσκου ως συνδυασμό συνεπειών και αβεβαιότητας, έχουμε ως δεδομένο ότι οι συνέπειες του αρχικού γεγονότος χαρακτηρίζονται από αβεβαιότητα, άρα η τρωτότητα πρέπει να εκφραστεί ως ο συνδυασμός των συνεπειών και της σχετικής αβεβαιότητας. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τον Aven [90] μπορούμε να ερμηνεύσουμε την τρωτότητα ως την αβεβαιότητα σχετικά με την φύση και τη σοβαρότητα των συνεπειών της δραστηριότητας λόγω της πραγματοποίησης του γεγονότος A και να την ορίσουμε ως

$$\text{Τρωτότητα} = (C, U | A).$$

Ένας ακόμα ορισμός είναι αυτός του ISO [41], το οποίο ορίζει την τρωτότητα ως ‘τις εγγενείς ιδιότητες κάποιου πράγματος οι οποίες προκαλούν ευαισθησία αυτού σε μια πηγή ρίσκου, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε ένα γεγονός με συνέπειες’. Όμως, σύμφωνα με τον Aven [45], ο συγκεκριμένος

ορισμός αν και είναι κοντά στην ετυμολογική χρήση της λέξεως αυτής, δεν είναι σε αντιστοιχία με τον ορισμό του ρίσκου και δεν υποδεικνύει τον τρόπο έκφρασης της τρωτότητας. Αντίθετα, προτείνει τον ορισμό της τρωτότητας ως ‘την επίδραση της αβεβαιότητας στους στόχους, δοθείσας μιας πηγής ρίσκου ή ενός αρχικού γεγονότος’ είτε ως ‘την αβεβαιότητα για τις συνέπειες και την σοβαρότητα αυτών ενός αρχικού γεγονότος(ή μιας πηγής ρίσκου)’. Σύμφωνα με τον ίδιο, με αυτούς τους ορισμούς το ρίσκο και η τρωτότητα βασίζονται στην ίδια λογική και δομή και η έκφραση της τρωτότητας είναι ίδια με αυτή του ρίσκου, με την διαφορά ότι η τρωτότητα εξαρτάται από ένα γεγονός ή μια πηγή ρίσκου.

Επιπλέον, στο βιβλίο των Grimvall κ.α. [85] η τρωτότητα ορίζεται ως η πιθανότητα μιας ολικής ή περιορισμένης κατάρρευση μιας υποδομής και η απώλεια της ικανότητας της να διατηρήσει σημαντικές λειτουργίες της κατά τη διάρκεια μιας ορισμένης χρονικής περιόδου. Σύμφωνα με αυτό τον ορισμό, η τρωτότητα ισούται με την πιθανότητα μιας εκτεταμένης διακοπής κατά τη διάρκεια ενός ορισμένου χρόνου.

Όταν λέμε ότι ένα σύστημα είναι ευάλωτο, τότε η τρωτότητα θεωρείται υψηλή. Έτσι, σύμφωνα με τον πρώτο ορισμό του Aven [90] αν αξιολογήσουμε τον συνδυασμό των συνεπειών και της αβεβαιότητας ως υψηλό δεδομένου ότι έχει συμβεί το αρχικό γεγονός τότε έχουμε υψηλή τρωτότητα. Αν, για παράδειγμα, γνωρίζουμε ότι η υγεία του ατόμου είναι ήδη σε εξασθενημένη κατάσταση πριν από την ασθένεια, μπορούμε να πούμε ότι η τρωτότητα είναι υψηλή. Υπάρχει μεγάλη πιθανότητα ότι ο να νοσήσει σοβαρά. Συνεπώς, η τρωτότητα είναι μια πτυχή του ρίσκου και εξαιτίας αυτού, η ανάλυση τρωτότητας είναι ένα μέρος της ανάλυσης ρίσκου.

Στον τομέα της ναυτιλίας η έννοια της τρωτότητας μέχρι πριν κάποια χρόνια δεν υπήρχε. Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει προσπάθεια ένταξη της μελέτης της στην προσπάθεια διαχείρισης του ρίσκου. [138]

3.4.2 Επανατακτικότητα

Η έννοια της επανατακτικότητας (resilience) χρησιμοποιήθηκε, εκτός της μηχανικής, και στην μελέτη των συστημάτων. Η επανατακτικότητα στην βιβλιογραφία έχει οριστεί με διάφορους τρόπους, μερικοί από τους οποίους παρατίθενται παρακάτω:

- (1) Η επανατακτικότητα είναι η ικανότητα ενός συστήματος να απορροφά τις εξωτερικές πιέσεις. [92]

- (2) Η επανатаκτικότητα είναι η δυνατότητα του συστήματος να δημιουργεί τις προοπτικές, να αναγνωρίζει, να προβλέπει και να αμύνεται ενάντια στην αλλαγή της μορφής του ρίσκου πριν την εμφάνιση ανεπιθύμητων συνέπειων. [93,94]
- (3) Η επανатаκτικότητα αναφέρεται στην εγγενή ικανότητα των συστημάτων να αποφεύγουν της πιθανές ζημιές και τις προσαρμοστικές ενέργειες που γίνονται για τον σκοπό αυτό. [95]
- (4) Η επανатаκτικότητα είναι το αποτέλεσμα ενός συστήματος όταν γίνεται
 - i. πρόληψη δυσμενών συνεπειών,
 - ii. ελαχιστοποίηση των δυσμενών συνεπειών, και
 - iii. γρήγορη ανάκτηση από δυσμενείς συνέπειες. [96]
- (5) Ο κλάδος της μηχανικής επανатаκτικότητας είναι ένα παράδειγμα διαχείρισης της ασφάλειας, που επικεντρώνεται στο πώς να βοηθήσει τους ανθρώπους να αντιμετωπίσουν την πολυπλοκότητα υπό πίεση με σκοπό την επιτυχία. [97]
- (6) Η επανатаκτικότητα 'αντανακλά την ικανότητα ενός συστήματος να ανακτήσει την κανονική του λειτουργία σε ένα εύλογο χρονικό διάστημα και με ένα εύλογο κόστος μετά από μία απειλή.[98]

Σύμφωνα με τον Haimes [99] η επανатаκτικότητα του συστήματος δεν είναι μια αφηρημένη ιδιότητα του συστήματος, είναι μια κατάσταση του συστήματος (ένα διάνυσμα υποκαταστάσεων) για το οποίο κάθε διαφορετική υποκατάσταση μπορεί να αντιδρούν διαφορετικά σε διαφορετικές εισόδους (απειλές).

Σύμφωνα με τον Haimes [99] η επανатаκτικότητα μπορεί να μετρηθεί μόνο υπό δεδομένη απειλή και συγκεκριμένο χρόνο ανάκαμψης και αντίστοιχο κόστος, μιας και διαφορετικές επιθέσεις θα δημιουργήσουν διαφορετικές συνέπειες στο ίδιο ελαστικό σύστημα. Για να αιτιολογήσει αυτή την άποψη παραθέτει το παρακάτω παράδειγμα. Έστω, η ανοσοποίηση ενός πληθυσμού ενάντια σε ένα στέλεχος του ιού της γρίπης, έστω το B. Αν υποθέσουμε ότι ο πληθυσμός αναπτύσσει επανатаκτικότητα (ανοσία) για διάφορα στελέχη του ιού B, εκτός από ένα εξελισσόμενο στέλεχος τύπου A. Σε αυτή τη περίπτωση, ακόμα και αν έχει αναπτύξει επανатаκτικότητα (ανοσία) στο τύπο B, ο τύπος A παραμένει ένας κίνδυνος. Συνεπώς, το ρίσκο του πληθυσμού από μια απειλή εξαρτάται από τον τύπο της απειλής, την επανатаκτικότητα του συστήματος, και την ικανότητα του συστήματος να αντέξει αυτή την συγκεκριμένη απειλή.

Οι Steen και Aven [100] ορίζουν την επανатаκτικότητα ως την εγγενή ικανότητα ενός συστήματος να προσαρμόζει την λειτουργία του πριν ή μετά από κάποιες αλλαγές και διαταραχές, έτσι ώστε να μπορεί συνεχίσει την λειτουργία του ακόμα και μετά από μια από κάποιο ατυχές συμβάν ή από συνεχή πίεση. Από την άλλη ο Aven [90] ορίζει την επανатаκτικότητα, με βάση την αντίληψη του ρίσκου ως συνδυασμό αβεβαιότητας και συνεπειών, ως την αβεβαιότητα για την φύση και την σοβαρότητα των συνεπειών μιας

δραστηριότητας, δεδομένου ενός οποιουδήποτε γεγονότος A και την συμβολίζει ως

$$\text{Επανατακτικότητα} = (C, U | \text{κάθε τύπος } A, \text{ συμπεριλαμβανομένων καινούριων } A)$$

Όπου C οι συνέπειες U η αβεβαιότητα και A ένα γεγονός

Συνεπώς, αν πάρουμε σαν παράδειγμα τον κεντρικό υπολογιστή μιας επιχείρησης, αυτός θεωρείται ελαστικός, όταν η πιθανότητα να πληγεί από κάποιον ηλεκτρονικό ιό, ακόμα και από κάποιο καινούριο τύπο, είναι χαμηλή.

Για να είναι ένα σύστημα ή μια οργάνωση επανатаκτικά, πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά: την ικανότητα να

1. ανταποκρίνεται σε συνηθισμένες και μη απειλές με ένα ισχυρό, αλλά και ευέλικτο τρόπο,
2. παρακολουθεί τι συμβαίνει, συμπεριλαμβανομένων των δικών του επιδόσεων,
3. να προβλέπει τους κινδύνους (γεγονότα που προκαλούν ρίσκο) και τις ευκαιρίες μακροπρόθεσμα και
4. να μαθαίνει από την εμπειρία.

Αντίστοιχα με την της τρωτότητας, η έννοια της επανатаκτικότητας είναι μια νέα σχετικά έννοια στον τομέα της ναυτιλίας, η οποία τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια να αρχίσει να μελετάται. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα μπορεί να βρεθεί στο [139]

3.4.3 Αντιευθραυστότητα

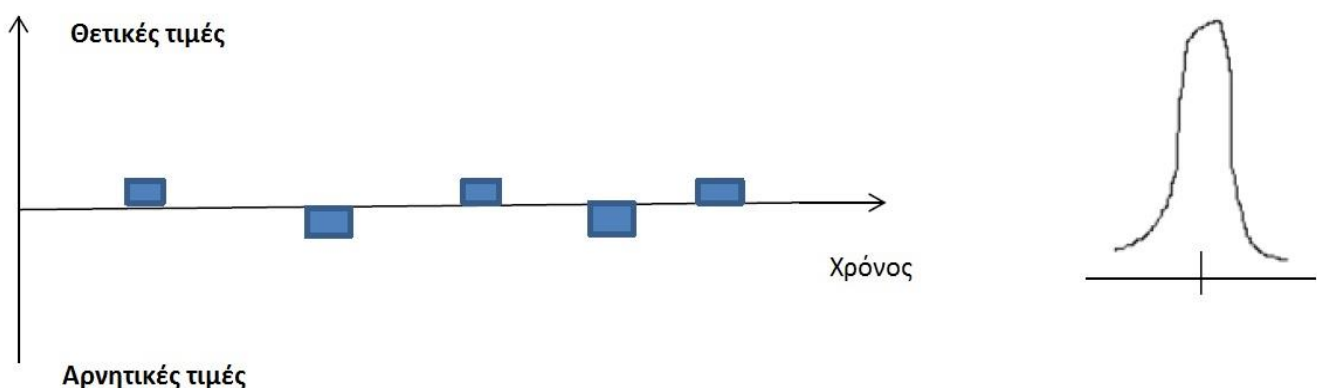
Η έννοια της αντιευθραυστότητας (antifragility) εισήχθη πρώτη φορά από τον Taleb στο βιβλίο του Anti-Fragile [99]. Ο Taleb ξεκινάει το βιβλίο του με την φράση 'κάποια πράγματα επωφελούνται από τα διάφορα σοκ, ευδοκιμούν και αναπτύσσονται από την αστάθεια, την τυχαιότητα, τις διαταραχές, την στρεσογόνα περιπέτεια, το ρίσκο και την αβεβαιότητα. Ωστόσο, παρά την απανταχού παρουσία αυτού του φαινομένου, δεν υπάρχει λέξη αντίθετη της ευθραυστότητας'. Αυτή τη λέξη την ονομάζει αντιευθραυστότητα και αναφέρει ότι είναι κάτι παραπάνω από την επανатаκτικότητα ή την αντοχή. Στην

επανατακτικότητα, σύμφωνα πάντα με τον Taleb, μετά από το οποιαδήποτε σοκ το σύστημα παραμένει ίδιο, ενώ στην αντieuθραστότητα το σύστημα βελτιώνεται. Ένα παράδειγμα ενός φαινομένου που καθιστά το σώμα του ανθρώπου αντieuθραστο είναι το φαινόμενο της όρμισης, ένα φαινόμενο που περιγράφει τις ευνοϊκές βιολογικές αντιδράσεις όταν το σώμα εκτίθεται σε τοξίνες. Στο συγκεκριμένο φαινόμενο, σοκ είναι μια δηλητηριώδης ουσία όπου μια μικρή δόση της κάνει το ανθρώπινο σώμα πιο αντieuθραστο.

Ο Taleb [99] κοιτώντας την αντieuθραστότητα από μια πιο τεχνική πλευρά την ορίζει ως μια μη γραμμική αντίδραση ενός συστήματος. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρει: 'η αντieuθραστότητα ορίζεται ως μια αντίδραση κυρτής μορφής σε ένα στρεσογόνο παράγοντα ή μια πηγή απειλής (για κάποιο εύρος διακύμανσης), η οποία οδηγεί σε μια θετική μορφή ευαισθησίας στην αύξηση της αστάθειας'. Αντίστοιχα, ορίζει την ευθραυστότητα ως 'μια κοίλη ευαισθησία σε στρεσογόνους παράγοντες, οδηγώντας σε αρνητική ευαισθησία στην αύξηση της μεταβλητότητας'.

Σύμφωνα με τον Aven [102] στην επαγγελματική διαχείριση του ρίσκου είναι πιο συχνή της εκτίμησης της τρωτότητας παρά της ευθραυστότητας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η έννοια της ευθραυστότητας έχει πολλά κοινά σημεία με τις έννοιες της τρωτότητας και της προσαρμοστικότητας, τα οποία δεν είναι εύκολο να αναγνωριστούν. Ακόμα, οι δύο αυτές έννοιες συνδέονται με τις συνέπειες των πιθανών γεγονότων, κάτι το οποίο είναι χρήσιμο για την ανάλυση του ρίσκου.

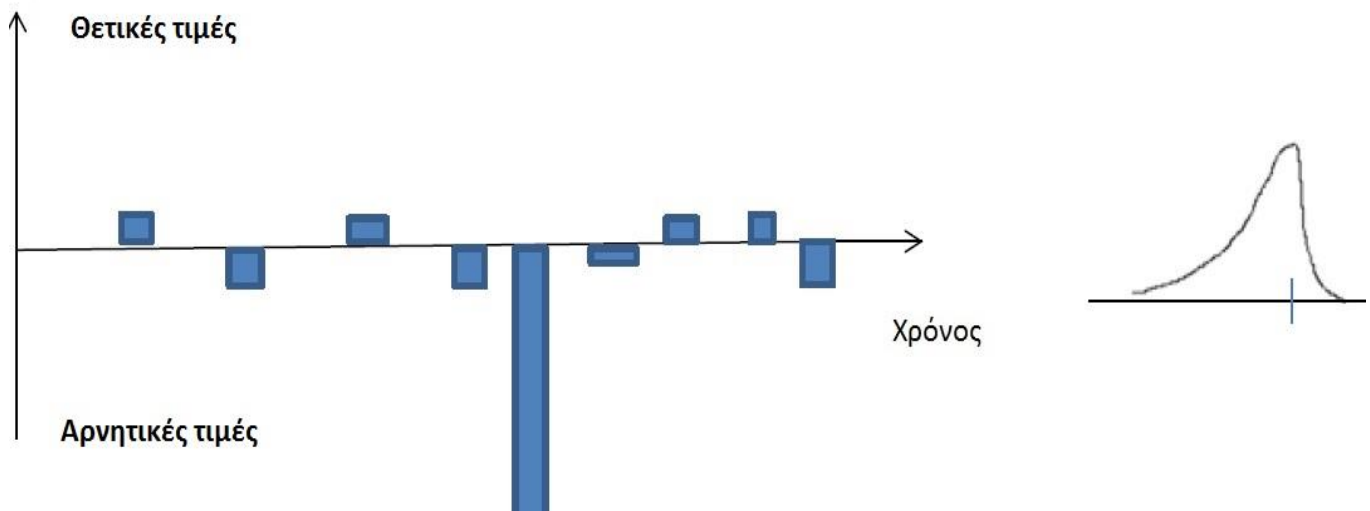
Ο Aven [102] παραθέτει τα παρακάτω σχέδια για την περιγραφή της αντieuθραυστότητας και της προσαρμοστικότητας.



Σχήμα 3.3: Απόκριση επανατακτικού συστήματος

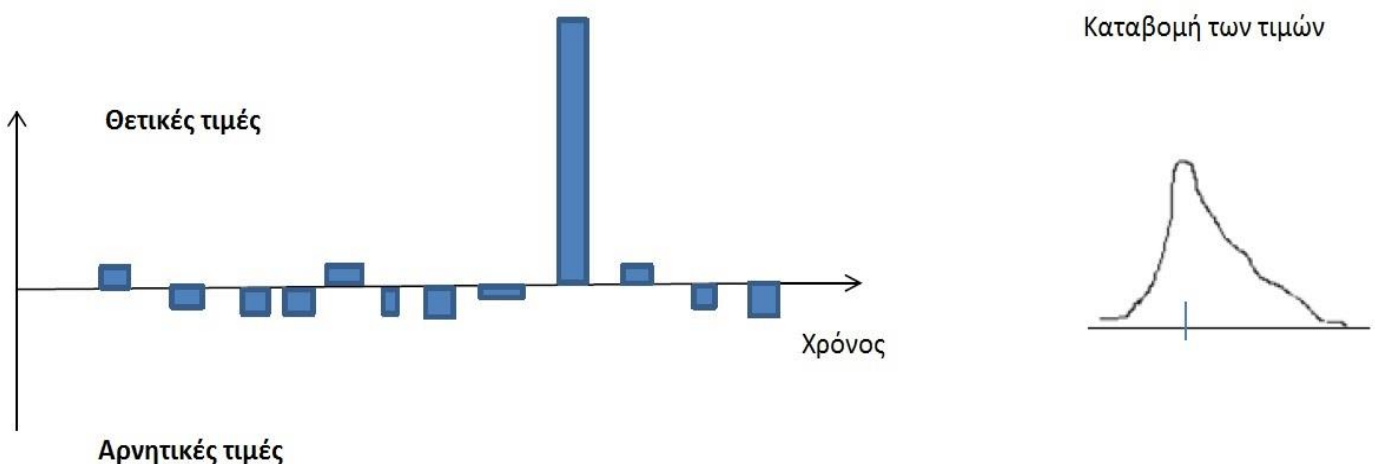
Στο Σχήμα 3.3 φαίνεται ένα επανατακτικό σύστημα. Το συγκεκριμένο σύστημα υπόκειται σε κραδασμούς και στρεσογόνους παράγοντες, αλλά οι

συνέπειες αυτών είναι σχετικά μικρές. Το σύστημα αυτό χαρακτηρίζεται από στενή κατανομή. Ένα παράδειγμα ενός τέτοιου συστήματος είναι μια βιομηχανία η οποία μετά από την αποτυχία μιας μονάδας επανέρχεται σε κανονική λειτουργία.



Σχήμα 3.4: Απόκριση ευθραύστου συστήματος

Στο Σχήμα 3.4, παρουσιάζεται ένα εύθραυστο σύστημα. Σε αυτό το σύστημα είναι πιθανό να εμφανιστούν μεγάλες αρνητικές συνέπειες. Η μάζα της κατανομής της συχνότητας αυτών βρίσκεται στις αρνητικές τιμές. Ένα παράδειγμα, ενός τέτοιου συστήματος είναι ένα εργοτάξιο στο οποίο μια βλάβη μπορεί να οδηγήσει σε διακοπή των εργασιών για μεγάλο διάστημα.



Σχήμα 3.5: Απόκριση αντιεύθραυστου συστήματος

Τέλος στο Σχήμα 3.5 παρουσιάζεται ένα αντιεύθραυστο σύστημα. Εδώ τα οι διάφοροι κραδασμοί και στρεσογόνοι παράγοντες έχουν ως επί το πλείστο θετικές συνέπειες οι οποίες οδηγούν το σύστημα σε καλά αποτελέσματα και το προστατεύουν από δυσμενή γεγονότα. Ένα παράδειγμα, είναι μια γραμμή παραγωγής, στην οποία οι βλάβες διορθώνονται, και οδηγούν σε βελτίωση της διαδικασίας και συνεπώς στην καλύτερη απόδοση αυτής.

Όπως διαπιστώνεται και από τον Aven [102], ένα τέτοιο σύστημα είναι ιδεατό και είναι αδύνατο να υπάρχει στην πραγματική ζωή, μιας και είναι δύσκολο οποιοδήποτε αρνητική απόκλιση από την κανονική διαδικασία υπάρχει να οδηγεί πάντα σε θετικά αποτελέσματα. Ένα σύστημα, στην πραγματική ζωή μπορεί να είναι αντιεύθραυστο μόνο σε ένα βαθμό. Όμως, πως είναι δυνατόν να μετρηθεί η αντιευθραυστότητα; Σύμφωνα με τον Taleb, μπορούμε να εκτιμήσουμε και να μετρήσουμε την ευθραυστότητα και την αντιευθραυστότητα, καθώς αποτελούν μέρος της ισχύουσας κατάστασης ενός αντικειμένου. Στην απλούστερη περίπτωση μιας δομής που υπόκειται σε πίεση, ο βαθμός της ευθραυστότητας συνδέεται με τη χρονική διάρκεια που υπόκειται σε το σύστημα σε αυτή τη πίεση πριν επέλθει η βλάβη (ακριβέστερα ο αναμενόμενος χρόνος αστοχίας ή γενικότερα η κατανομή πιθανότητας του χρόνου αυτού) δεδομένων συγκεκριμένων φορτίων. Μικροί χρόνοι πριν την αποτυχία συνεπάγονται ένα εύθραυστο σύστημα.

3.4.4 Η σχέση ανάμεσα στην αντιευθραυστότητα, την τρωτότητα και την επανατακτικότητα

Όπως αναφέρθηκε και προηγούμενα, η έννοια της ευθραυστότητας έχει κάποια κοινά στοιχεία με της έννοιες της επανατακτικότητας και της τρωτότητας. Αν ένα σύστημα είναι εύκολο να πάθει μια βλάβη τότε είναι ευάλωτο, εύθραυστο και μη ελαστικό, κάτι που σε κάποιες περιπτώσεις ισχύει και αντίστροφα. Αν οι συνέπειες κάποιων γεγονότων είναι αρνητικές, το σύστημα είναι ευάλωτο και αφού το σύστημα είναι εύκολο να υποστεί κάποια βλάβη λόγω αυτών των γεγονότων τότε και είναι εύθραυστο σε τέτοιου τύπου γεγονότα. Ένα άτομο μπορεί για παράδειγμα να είναι ευάλωτο σε συζητήσεις σχετικά με την εξωτερική του εμφάνιση, συνεπώς είναι εύθραυστος σε αυτού του τύπου τις συζητήσεις. Από αυτό βλέπουμε ότι η έννοια της ευθραυστότητας ορίζεται μόνο όταν έχουμε ως δεδομένη μια πηγή ρίσκου ή ένα αρχικό γεγονός, άρα είναι εξειδικευμένη.

Η ανάγκη μιας γενικότερης έννοιας μας οδηγεί στην έννοια της επαναστατικότητας. Πιο συγκεκριμένα, η έννοια της επαναστατικότητας περιλαμβάνει κάθε τύπο πιθανού γεγονότος, σε αντίθεση με αυτή της τρωτότητας που αφορά συγκεκριμένο γεγονός. Αν, για παράδειγμα, ένα σύστημα έχει χαρακτηριστεί ελαστικό, τότε μπορεί να διατηρήσει την λειτουργία του υπό οποιοδήποτε τύπου πίεσης ή σοκ, ενώ αν ένα σύστημα δεν είναι ελαστικό, τότε δεν μπορεί να λειτουργήσει υπό κάποιο είδος σοκ ή πίεσης. Όμως, η μη επαναστατικότητα δεν σημαίνει απαραίτητα και ευθραυστότητα. Για παράδειγμα, αν το κεντρικό σύστημα ενός σέρβερ δεν είναι ελαστικό απέναντί σε οποιαδήποτε επίθεση χάκερ, τότε δεν είναι απαραίτητα και εύθραυστο. Αν κατά την ανάλυση επικεντρωθούμε στις επιθέσεις τις οποίες δεν μπορεί να αντιμετωπίσει το σύστημα και διαπιστώσουμε ότι η πιθανότητα τους είναι μικρή τότε το σύστημα μπορεί να θεωρηθεί ελαστικό. Έτσι, για να θεωρήσουμε ένα σύστημα, απλά πρέπει η επαναστατικότητα να είναι σχετικά ψηλή.

Από την άλλη, η έννοια της επαναστατικότητας μπορεί να θεωρηθεί ως το αντίθετο της τρωτότητας. Συνεπώς, όταν έχουμε χαμηλή τρωτότητα τότε μπορούμε να ισχυριστούμε ότι το σύστημα μας είναι ελαστικό. Όμως, σε ένα ελαστικό σύστημα δεν μπορούν να αποκλειστούν γεγονότα μαύρων κύκνων τα οποία θα έχουν σοβαρές συνέπειες, ακόμα με την προϋπόθεση ενός ελαστικού συστήματος, περίπτωση η οποία δεν προβλέπεται από το Σχήμα 3.1, κάτι το οποίο καθιστά αυτό το Σχήμα προβληματικό.

3.5 Επιμέλεια

Οι νέοι τρόποι σκέψης σχετικά με το ρίσκο επικεντρώνονται στις πηγές του ρίσκου: τα σήματα και τις προειδοποιήσεις, τις αποτυχίες και τις αποκλίσεις, τις αβεβαιότητες, τις πιθανότητες, το γνωστικό υπόβαθρο και τις εκπλήξεις. Η έννοια της επιμέλειας, ελεύθερη μετάφραση της αγγλικής λέξεως *mindfulness*, βοηθάει στην αναγνώριση αυτών και στην λήψη κατάλληλων μέτρων. Η συγκεκριμένη έννοια αφορά την επίγνωση και την ευαισθησία στις διάφορες σημαντικές λεπτομέρειες που συμβάλουν στην υψηλή απόδοση και στην αποφυγή καταστροφών. Η έννοια της επιμέλειας αφορά λιγότερο την λήψη αποφάσεων, η οποία είναι το παραδοσιακό επίκεντρο της θεωρίας της οργάνωσης, της πρόληψης ατυχημάτων και του ρίσκου, και περισσότερο την έρευνα και τον καθορισμό των δυνατοτήτων που υπάρχουν για την ανάληψη δράσης σε περίπτωση ενός δυσμενούς γεγονότος [103]. Αν ένας οργανισμός, για παράδειγμα, τείνει προς την μη επιμέλεια τότε μπορούμε με διαφορετικό τρόπο να πούμε ότι τείνει προς την αδράνεια χωρίς να λαμβάνεται υπόψη ότι

μπορεί να υπάρχουν ανά πάσα στιγμή αλλαγές, οι οποίες μπορούν να αλλάξουν άρδην τις συνθήκες λειτουργίας του οργανισμού.

3.5.1 Χαρακτηριστικά επιμέλειας

Σύμφωνα με αναλύσεις που έχουν γίνει στην βιβλιογραφία [103-105] για να είναι ένας οργανισμός επιμελής, πρέπει να διαθέτει τα εξής χαρακτηριστικά:

1. Σημασία στην αποτυχία: να μαθαίνει από τις αποτυχίες με σκοπό την βελτίωση και τη προσοχή των σημαδιών που υποδεικνύουν μια πιθανή αποτυχία.
2. Απροθυμία για απλούστευση: να μην βασίζει οι εκτιμήσεις σχετικά με το ρίσκο σε περιγραφές καθαρά πιθανολογικές ή άλλες περιορισμένες περιγραφές, ή σε απλούς κανόνες της διαχείρισης του ρίσκου
3. Προσοχή κατά τη διάρκεια της διαδικασίας: η ικανότητα αντίληψης του τι συμβαίνει και της λήψης των απαραίτητων μέτρων, με σκοπό την αποφυγή μιας πιθανής αποτυχίας
4. Επίτευξη επαναστατικότητας: προβαίνει στις απαιτούμενες αλλαγές με σκοπό την προστασία από τα απρόβλεπτα και ξαφνικά φαινόμενα.
5. Σεβασμό στην τεχνογνωσία: η ύπαρξη της ελευθερίας των ανθρώπων με τη σωστή τεχνογνωσία να κάνουν τις κρίσεις και να παίρνουν τις αποφάσεις, όταν ο χρόνος και οι καταστάσεις το απαιτούν, ανεξάρτητα από την επίσημη αρχή

Για την καλύτερη κατανόηση αυτών των τεσσάρων χαρακτηριστικών θα παρουσιάσουμε ένα παράδειγμα το οποίο αναφέρουν οι Aven και Krohn [106]. Έστω ότι έχουμε ένα ομιλητή ο οποίος έχει κληθεί να παρουσιάσει σε κάποιο συνέδριο την δουλειά του. Ο βασικός σκοπός αυτού, στην συγκεκριμένη άλλα και σε κάθε μελλοντική ομιλία, είναι να καταφέρει να κρατήσει το ενδιαφέρον του κοινού άλλα ταυτόχρονα να είναι μεταδοτικός.

Για να επιτύχει το επιθυμητό αποτέλεσμα ένας πρώτος τρόπος είναι η έγκαιρη προετοιμασία των διαφανειών και μια σειρά από δοκιμαστικές- ομιλίες με κοινό ορισμένους από τους συναδέλφους του με σκοπό να κρίνουν για την απόδοσή του. Ένας ακόμα σημαντικός τρόπος είναι η υιοθέτηση των πέντε χαρακτηριστικών της έννοιας της επιμέλειας. Ποιο συγκεκριμένα θα έχουμε:

3.5.1.1 Σημασία στην αποτυχία

Για να λάβει υπόψιν του αυτό το χαρακτηριστικό της επιμέλειας ο ομιλητής θα πρέπει αρχικά να επικεντρωθεί στους λόγους που μπορούν να οδηγήσουν

σε μια αποτυχημένη ομιλία. Πιο συγκεκριμένα, πιθανοί λόγοι μιας αποτυχίας μπορεί να είναι ότι το κοινό χάνει το ενδιαφέρον του, τα επιχειρήματα που χρησιμοποιούνται στην ομιλία δεν είναι έγκυρα, οι διαφάνειες δεν είναι σαφείς, κτλ.

Το ρίσκο εξαρτάται από την πραγματοποίηση των προηγούμενων γεγονότων, τις αποκλίσεις, την μη εκπλήρωση των στόχων, κ.λπ. και η αναγνώριση αυτών είναι βασικό κομμάτι της εκτίμησης του ρίσκου. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, για την επίτευξη του στόχου πρέπει να εκπονηθεί μια λίστα των πιθανών αποτυχιών με βάση την οποία θα κριθεί το αν τα υπάρχοντα μέσα είναι επαρκή για την αποφυγή αυτών, και αν όχι θα πρέπει να εφαρμοστούν πρόσθετα μέτρα.

Στην συνέχεια, πέρα από την επικέντρωση, πριν την ομιλία, στους λόγους που μπορούν να οδηγήσουν στην αποτυχία, ένα σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η αναγνώριση των πιθανών σημαδιών μιας αποτυχίας κατά την διάρκεια της ομιλίας, όπως ότι ορισμένοι από τους θεατές δείχνουν να χάνουν το ενδιαφέρον τους, μερικοί άνθρωποι κλείνουν τα μάτια τους ή χασμουριούνται. Η επικέντρωση σε αυτά τα σημάδια είναι πολύ σημαντική για την αναγνώριση του ρίσκου, διότι αυτά είναι άμεσα συνδεδεμένα με τις διαστάσεις της αβεβαιότητας και του γνωστικού υπόβαθρου. Ακόμα, η μελέτη και η εκμετάλλευση αυτών των σημαδιών βοηθάει στην πρόβλεψη ξαφνικών και απίθανων γεγονότων όπως είναι οι μαύροι κύκνοι.

3.5.1.2 Απροθυμία για απλούστευση

Σύμφωνα με αυτό το χαρακτηριστικό, ο αναλυτής δεν πρέπει να επιτρέψει οι κρίσεις του σχετικά με το ρίσκο να βασίζονται σε αποτελέσματα ποσοτικών εκφράσεων του ρίσκου, όπως για παράδειγμα, απλούς πίνακες ρίσκου, όπου παρουσιάζονται οι πιθανότητες αποτυχίας και οι αναμενόμενες τιμές. Τέτοιες απλές περιγραφές του ρίσκου δεν μπορούν να συμπεριλάβουν στην μελέτη, με την πρέπουσα σημασία, γεγονότα με μικρή πιθανότητα, αλλά ταυτόχρονα αρκετά σημαντικά. Ένα τέτοιο γεγονός, στο παράδειγμα μας, θα μπορούσε να είναι η ύπαρξη στο κοινό ενός ανθρώπου ο οποίος έχει ανάρμοστη συμπεριφορά, γεγονός που με βάση τις προηγούμενες ομιλίες θεωρείται αμελητέας πιθανότητας. Μια ακόμη πλευρά αυτού του χαρακτηριστικού είναι και η προσπάθεια για την μη χρήση απλών, συχνά ανυποστήρικτων, κανόνων όπως στην περίπτωση μας ο κανόνας ότι για μια σωστή ομιλία φτάνει ο ομιλητής να είναι χαμογελαστός και ευχάριστος. Σύμφωνα με τους Aven και Krohn [106] η χρήση τέτοιων απλών μεθόδων ή κανόνων συχνά οδηγεί σε εκπλήξεις και η απροθυμία σε απλούστευση αντικατοπτρίζει την ανάγκη να δούμε πέρα από αυτά.

3.5.1.3 Προσοχή κατά τη διάρκεια της διαδικασίας

Το τρίτο χαρακτηριστικό της επιμέλειας εκφράζει την ανάγκη παρατήρησης της κατάστασης κατά την διάρκεια της διαδικασίας, δηλαδή στην δική μας περίπτωση κατά τη διάρκεια της ομιλίας. Ο ομιλητής πέρα από την προσοχή που πρέπει να δείχνει σε αυτά που έχει να πει πρέπει να επικεντρωθεί και στις αντιδράσεις των ανθρώπων που τον ακούν. Κατά τη διάρκεια της ομιλίας, πληροφορίες πρέπει να συλλέγονται συνεχώς ώστε να διαμορφώνεται αντίστοιχα και η περιγραφή του ρίσκου, με σκοπό την ορθή διαχείριση του μέσω συγκεκριμένων μέτρων. Πιο συγκεκριμένα, κατά την διάρκεια της ομιλίας πρέπει να παρατηρεί αν άνθρωποι από το κοινό έχουν χάσει το ενδιαφέρον τους και προσαρμόζοντας κατάλληλα την ομιλία του να ξανακερδίσει την προσοχή τους. Το ρίσκο πρέπει να εκτιμάται καθ' όλη τη διάρκεια της ομιλίας και να επηρεάζεται από τις διάφορες αλλαγές και στα γεγονότα που συμβαίνουν. Η σωστή διαχείριση όλων των απρόβλεπτων γεγονότων, προϋποθέτει εμπειρία άλλα και σωστή προετοιμασία.

3.5.1.4 Επίτευξη επανатаκτικότητας

Το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό προβάλλει την ανάγκη της ύπαρξης επανатаκτικότητας. Η επίτευξη επανатаκτικότητας απαιτεί πολλή δουλειά και κατάρτιση, και είναι πολύ σημαντική για να στεφθεί μια προσπάθεια με επιτυχία. Πιο συγκεκριμένα, η επανатаκτικότητα αφορά την δυνατότητα αντιμετώπισης απρόβλεπτων γεγονότων και καταστάσεων. Στην υπό μελέτη περίπτωση, ένα παράδειγμα ενός τέτοιου γεγονότος είναι μια ερώτηση από το κοινό, για την οποία ο ομιλητής δεν έχει προετοιμαστεί.

Ο ομιλητής για να οδηγηθεί σε μια σίγουρα επιτυχημένη ομιλία πρέπει να βρει τρόπους αντιμετώπισης αυτών των καταστάσεων. Μια πιθανή αντιμετώπιση αυτής της κατάστασης σύμφωνα με τους Aven και Krohn [106] είναι η δημιουργία μιας γενικής διαδικασίας, κατά την οποία στην αρχή ο ομιλητής σε μια γενική, 'αντανακλαστική' απάντηση η οποία θα ακολουθηθεί από αναβολή της απάντησης για το επόμενο διάλειμμα ή την παραπομπή σε άλλους ειδικούς

3.5.1.5 Σεβασμό στην τεχνογνωσία

Η βασική ιδέα αυτού του χαρακτηριστικού βασίζεται στον σαφή διαχωρισμό του βασικού αντικειμένου στο οποίο ο ομιλών έχει ειδικευτεί και των άλλων τομέων

που γνωρίζει. Για παράδειγμα, αν τεθεί από το κοινό μια ερώτηση η οποία είναι εκτός του βασικού γνωστικού πεδίου του ομιλούντος, σύμφωνα με αυτό το χαρακτηριστικό, ο ομιλών πρέπει να παραπέμψει σε άτομα πιο ειδικά από εκείνον.

Κεφάλαιο 4. Νέες τάσεις και μέθοδοι εκτίμησης του ρίσκου

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται και περιγράφονται μέσω παραδειγμάτων νέες τάσεις και μέθοδοι εκτίμησης και διαχείρισης του ρίσκου που εμφανίζονται στην διεθνή βιβλιογραφία

Η σελίδα αυτή έχει παραμείνει εσκεμμένα κενή

4.1 Επικαιροποιημένη προσαρμοστική ανάλυση ρίσκου

4.1.1 Εισαγωγή

Η συγκεκριμένη μέθοδος προτάθηκε από τους Torbjorn και Aven [109] και αποτελεί μια παραλλαγή της προσαρμοστικής ανάλυσης ρίσκου που παρουσιάστηκε από τον Holling [110]. Η προσαρμοστική ανάλυση αποτελεί μια επαναληπτική διαδικασία η οποία προτείνεται να χρησιμοποιηθεί σε περίπτωση ισχυρής αβεβαιότητας. Αυτό το είδος διαχείρισης ρίσκου βασίζεται στην παραδοχή ότι δεν υπάρχει καλύτερη δυνατή απόφαση, αλλά, μια σειρά από εναλλακτικές λύσεις θα μπορούν να εφαρμοστούν δυναμικά με σκοπό την εξασφάλιση πληροφοριών και γνώσης σχετικά με τις επιπτώσεις των διαφόρων πράξεων. Η προσαρμοστική ανάλυση ρίσκου αποτελείται από έξι βασικά στοιχεία:

- Τους στόχους της διαχείρισης, οι οποίοι επανεξετάζονται και αναθεωρούνται τακτικά
- Ένα μοντέλο του συστήματος το οποίο πρέπει να διαχειριστεί
- Ένα εύρος από επιλογές σχετικά με τους τρόπους διαχείρισης
- Την παρακολούθηση και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.
- Έναν μηχανισμό με σκοπό την ενσωμάτωση των γνώσεων που κερδίζονται σε μεταγενέστερες αποφάσεις
- Μια συλλογική δομή για τη συμμετοχή των ιθυνόντων και την μάθηση.

Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται στην βιβλιογραφία σύμφωνα με τους Torbjorn και Aven [109] έχοντας ως βάση τις παλαιότερες αντιλήψεις για το ρίσκο αποτυγχάνουν να συμπεριλάβουν στην ανάλυση την αβεβαιότητα. Συνεπώς δεν είναι επαρκείς για να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις ισχυρής αβεβαιότητας. Η μέθοδος της παραλλαγμένης προσαρμοστικής ανάλυσης, όπως αναφέρθηκε και προηγούμενα, αποτελεί μια προσπάθεια συνδυασμού της προσαρμοστικής ανάλυσης ρίσκου με τις νέες αντιλήψεις σχετικά με το ρίσκο, και ειδικότερα με την αντίληψη που ορίζει το ρίσκο ως (C,U) και το εκφράζει ως (C,Q,K) , με σκοπό να είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί υπό συνθήκες ισχυρής αβεβαιότητας.

4.1.2 Περιγραφή πλαισίου

Η προτεινόμενη διαδικασία ανάλυσης που εισάγεται από τους Torbjorn και Aven [109] περιλαμβάνει έξι βήματα, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4.1. Αρχικά, η διαδικασία ξεκινάει με μια σειρά κρίσιμων παρατηρήσεων της κατάστασης, οι οποίες συνεχίζονται κατά την διάρκεια της διαδικασίας με σκοπό την εκτίμηση του ρίσκου. Οι παρατηρήσεις αυτές μπορούν να προκύψουν από διάφορες πηγές όπως:

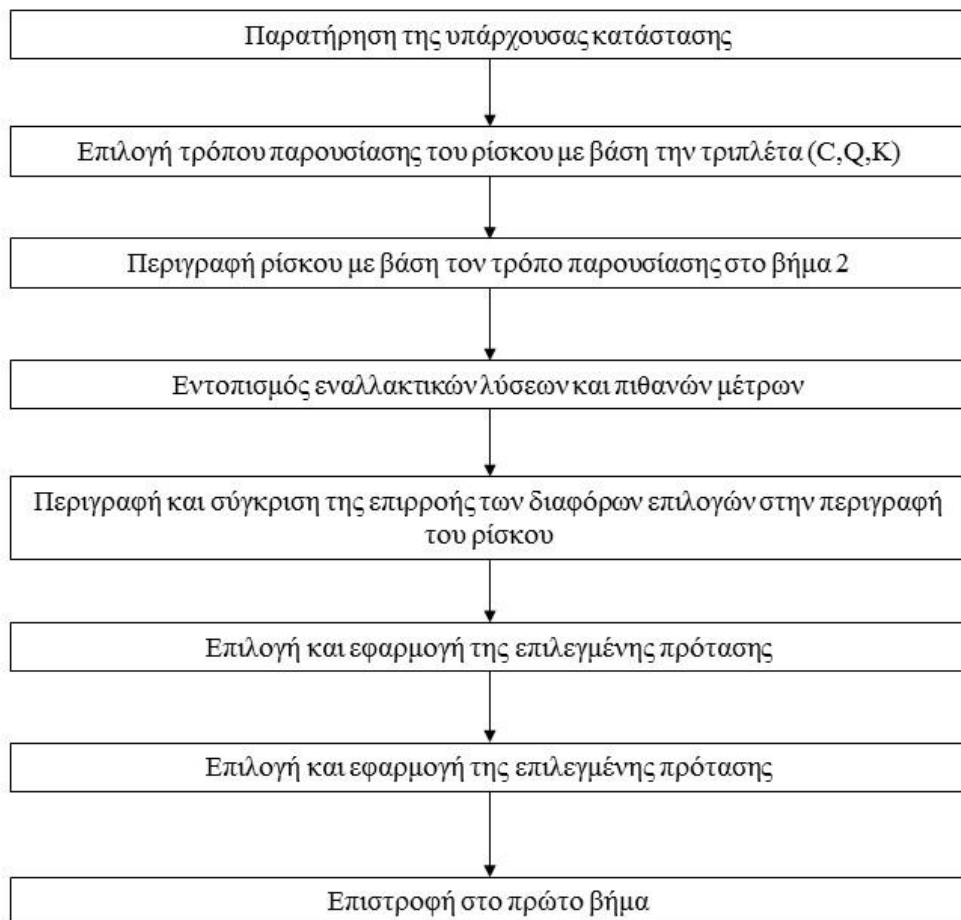
- Εσκεμμένες ενέργειες που επηρεάζουν το σύστημα
- Νέες πληροφορίες και διευκρινίσεις σχετικά με την υπάρχουσα κατάσταση
- Γεγονότα που συμβαίνουν χωρίς την δυνατότητα ανθρώπινου ελέγχου

Αντίστοιχη σημασία με τις παρατηρήσεις έχει και ο τρόπος ερμηνείας τους. Μια λάθος ερμηνεία μπορεί οδηγήσει σε λάθος περιγραφή του ρίσκου η οποία με την σειρά της θα οδηγήσει την λήψη λάθος αποφάσεων κάτι το οποίο μπορεί να δημιουργήσει πολλά προβλήματα.

Στην συνέχεια, το δεύτερο βήμα της διαδικασίας αποτελεί ο επιλογή του τρόπου παρουσίασης του ρίσκου. Αυτό το βήμα είναι πολύ σημαντικό και είναι αυτό που διαφοροποιεί την συγκεκριμένη αντίληψη από της παραδοσιακές, οι οποίες θεωρούν την πιθανότητα και όχι την αβεβαιότητα ως σημαντικό κομμάτι του ρίσκου. Η επιλογή της αντίληψης που ορίζει το ρίσκο ως (C,U) μας προσφέρει πληθώρα τρόπων παρουσίασης του ρίσκου, συμπεριλαμβανομένων ποσοτικών μεγεθών, ποιοτικών και συνδυασμούς αυτών. Η επιλογή της περιγραφής του ρίσκου γίνεται με βάση το ποια περιγραφή ταιριάζει περισσότερο στο υπό μελέτη πρόβλημα. Αν θέλουμε να πάμε σε περισσότερο βάθος θα διαπιστώσουμε, σύμφωνα με Torbjorn και Aven [109], ότι η επιλογή της περιγραφής του ρίσκου επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως:

1. Η εγγύτητα της περιγραφής στο υπό μελέτη πρόβλημα
2. Ευκολία στην χρήση και στην κατανόηση
3. Η χρησιμότητα και η αξιοπιστία της περιγραφής

Βασικά Στάδια Πλαισίου



Σχήμα 4.1: Βασικά στάδια επικαιροποιημένης προσαρμοστικής ανάλυση ρίσκου

Το επόμενο βήμα αποτελεί την περιγραφή του ρίσκου σύμφωνα με τον τρόπο παρουσίασης που επιλέχθηκε στο προηγούμενο βήμα. Η περιγραφή του ρίσκου σχηματίζεται με βάση τις παρατηρήσεις που έγιναν στην πρώτη φάση και τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από αυτές. Κατά την διάρκεια της υπό μελέτη δραστηριότητας, η περιγραφή του ρίσκου προσαρμόζεται κατάλληλα ώστε να συμπεριλάβει τις νέες παρατηρήσεις που είναι διαθέσιμες.

Αφού η περιγραφή του ρίσκου πάρει μια ολοκληρωμένη μορφή, το επόμενο στάδιο είναι η αναζήτηση λύσεων και προτάσεων. Εδώ, η ομάδα ανάλυσης καλείται να βρει όλους τους δυνατούς τρόπους αντιμετώπισης της κατάστασης, λαμβάνοντας υπόψιν την περιγραφή του ρίσκου και την υπάρχουσα κατάσταση. Τα μέτρα που θα ληφθούν θα πρέπει να μειώνουν επαρκώς το ρίσκο, είτε μειώνοντας την πιθανότητα των δυσμενών συνεπειών είτε αυξάνοντας το υπάρχον γνωστικό υπόβαθρο.

Η επόμενη φάση της ανάλυσης περιλαμβάνει την επιλογή του ή των μέτρων που θα χρειαστεί να εφαρμοστούν. Για την επιλογή της κατάλληλης λύσης η ομάδα καλείται να εκτιμήσει την επίπτωση που θα έχει η κάθε λύση ξεχωριστά στην περιγραφή του ρίσκου. Το μέτρο ή τα μέτρα που θα επιλεγούν θα πρέπει, συγκρίνοντας τις αλλαγές που δημιουργούν στο ρίσκο, να μειώνουν το επίπεδο του ρίσκου σε αποδεκτά επίπεδα.

Στην συνέχεια, και αφού έχουν επιλεγεί τα κατάλληλα μέτρα γίνεται η εφαρμογή αυτών και η αναμένονται τα αποτελέσματα τους. Στην φάση αυτή λαμβάνονται εκ νέου παρατηρήσεις και με δεδομένο αυτές η μελέτη ξεκινά από την αρχή.

Για την καλύτερη κατανόηση θα περιγράψει ένα παράδειγμα εφαρμογής αυτής της μεθόδου, το οποίο είναι βασισμένο σε παράδειγμα που αναφέρουν οι Torbjorn και Aven [109]

Το συγκεκριμένο ατύχημα συνέβη κατά την διάρκεια εργασιών εξόρυξης πετρελαίου στην νορβηγική πλατφόρμα Gullfaks C και σύμφωνα με την αρχή πετρελαϊκής ασφάλειας της Νορβηγίας ' από τύχη δεν υπήρξε μια έκρηξης κάτω από την επιφάνειας του εδάφους η οποία θα οδηγούσε σε ένα πολύ σημαντικό δυστύχημα.

Το περιστατικό συνέβη κατά την διάρκεια της τελικής φάσης της διάνοιξης μιας πολύπλοκης περιφερειακής διαδρομής σε μια ζώνη σχηματισμού υψηλής πίεσης. Κατά τον καθαρισμού του τμήματος της δεξαμενής, μια τρύπα εμφανίστηκε στο περίβλημα (σκυρόδεμα και σωλήνες από χάλυβα), με επακόλουθη απώλεια του υγρού γεώτρησης (λάσπη). Αυτό με την σειρά του προκάλεσε πτώση της πίεσης, η οποία οδήγησε σε ανεξέλεγκτη εισροή υδρογονανθράκων από την εκτεθειμένη δεξαμενή μέσα στο πηγάδι, μέχρι την κάλυψη της οπής η οποία περιόρισε την περεταίρω εισροή πετρελαίου στο πηγάδι. Παρόλα αυτά, σε δυο περιπτώσεις ανιχνεύτηκε την ίδια μέρα ύπαρξη αέριων υδρογονανθράκων στο κατάστρωμα. Τόσο το πλήρωμα της πλατφόρμας όσο και οι υπεύθυνοι της εταιρίας στην στεριά δυσκολεύτηκαν να κατανοήσουν και να χειριστούν την πολύπλοκη αυτή κατάσταση κατά τη διάρκεια των πρώτων 24 ωρών. Η πλήρης αποκατάσταση της πλατφόρμας ολοκληρώθηκε μετά από δύο μήνες.

Σύμφωνα με την εσωτερική αναφορά [111] της Statoil, τον φορέα εκμετάλλευσης της πλατφόρμας Gullfaks C, η οπή στο περίβλημα και η γενικότερη απώλεια του ελέγχου της ροής του πετρελαίου, προκλήθηκε λόγω της κακής τεχνικής κατάστασης της δεξαμενής. Το περίβλημα της δεξαμενής είχε κατασκευαστεί το 1991 και ήταν κομμάτι του υπάρχοντος πηγαδιού πριν στην διάνοιξη περιφερειακής διαδρομής. Ακόμα, η πίεση έξω από την δεξαμενή είχε αυξηθεί αρκετά κατά την διάρκεια των ημερών πριν την αρχή της εργασίας, και λόγω έλλειψης αισθητήρων ή οποιουδήποτε άλλου μέσου

παρακολούθησης της εξωτερικής πίεσης αυτό δεν έγινε αντιληπτό, παρά μόνο αρκετές ώρες μετά το περιστατικό. Ένας ακόμα παράγοντας που οδήγησε στο συγκεκριμένο ατύχημα ήταν η χρήση σχετικά νέων τρόπων γεώτρησης χωρίς την πλήρη κατανόηση τους από όλους τους εμπλεκόμενους και χωρίς πλάνων έκτακτης ανάγκης.

Σύμφωνα με τους εμπειρογνώμονες που διεξήγαγαν την μελέτη για το ατύχημα, τα κύρια αίτια αυτού ήταν η ανεπαρκής εκτίμηση του ρίσκου κατά τον σχεδιασμό και κατά την διάρκεια της εργασίας, έλλειψη αναζήτησης πληροφοριών σχετικά με αντίστοιχες εργασίες και ατυχήματα που έχουν γίνει στο παρελθόν, κακός σχεδιασμός και μη συμμόρφωση στους κανονισμούς.

Σύμφωνα με τις εξηγήσεις που δόθηκαν η κατάσταση πριν από το ατύχημα μπορεί να χαρακτηριστεί ως μέσης αβεβαιότητας [112]. Όμως, την στιγμή του ατυχήματος ο συνδυασμός των διαφόρων παραγόντων οδήγησε σε μια έκπληξη και σε βαθιά αβεβαιότητα, που θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως μαύρος κύκνος.

Στην συνέχεια, παραθέτουμε την πρόταση των Torbjorn και Aven [109] σχετικά με το πώς θα έπρεπε να έχει γίνει η εκτίμηση του ρίσκου κατά την διάρκεια του ατυχήματος, χρησιμοποιώντας την προσαρμοστική διαχείριση ρίσκου, έχοντας ως βάση τον ορισμό του ρίσκου ως (C,U).

Η ανάλυση πηγαίνει πίσω την στιγμή κατά την οποία η αντίστροφη ροή της λάσπης σταματάει. Ένα οπτικός έλεγχος δείχνει ότι η αντλία που δημιουργεί πίσω πίεση δείχνει να λειτουργεί με ταχύτητα 800 λίτρα το λεπτό αλλά τίποτα δεν φαίνεται να κινείται. Ακόμα η πίεση στο τσοκ επιστροφής από 45 bar φτάνει απότομα τα 13. Οι συγκεκριμένες συνθήκες, συχνά, είναι συνέπειες μιας ανεξέλεγκτης ροής υδρογονανθράκων στο πηγάδι, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε υπόγειες εκρήξεις. Ένας παράγοντας ο οποίος δυσχεραίνει τις συνθήκες είναι το γεγονός ότι το περιστατικό αυτό συνέβη σε στιγμή όπου τα υψηλόβαθμα στελέχη δεν εργάζονταν και κατά την διάρκεια αντικατάστασης ενός περιβλήματος σε ένα κρίσιμο εξάρτημα του καινούργιου εξοπλισμού γεώτρησης.

Επιλογή τρόπου παρουσίασης του ρίσκου

Έστω ότι στην πλατφόρμα συστήνεται μια ομάδα η οποία αποτελείται από εργαζόμενους στο επίπεδο του τρυπανιού, εργολάβους και στελέχη της επιχείρησης. Ο αρχικός σκοπός της συγκεκριμένης ομάδας, μετά την παρατήρηση της κατάστασης, είναι η δημιουργία μιας εικόνας για το ρίσκο με βάση τον ορισμό του ρίσκου ως (C,U) και η καλύτερη δυνατή περιγραφή του

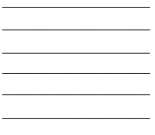
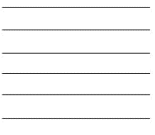
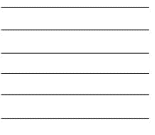



(C,Q,K). Αυτό που διαπιστώνεται αρχικά είναι ότι η ομάδα δεν έχει πλήρη γνώση της κατάστασης στο πηγάδι και τις πιθανές συνέπειες αυτής.

Η κατάσταση χαρακτηρίζεται από πολύ έντονη αβεβαιότητα, διότι πέρα από την απουσία των υψηλόβαθμων εργαζομένων, η οποία συμπίπτει με το συμβάν, όπως αναφέρθηκε προηγούμενα, η τεχνολογία που χρησιμοποιείται είναι νέα, συνεπώς επεξηγηματικά μοντέλα είτε δεν υπάρχουν είτε είναι αβέβαια και αμφισβητήσιμα. Οι συνθήκες αυτές οδηγούν την ομάδα ανάλυσης να μην είναι διατεθειμένη να ορίσει συγκεκριμένες πιθανότητες για τα διάφορα πιθανά συμβάντα, μιας και κάτι τέτοιο δεν θα μπορούσε να στηριχθεί με το υπάρχον γνωστικό υπόβαθρο. Για να ξεπεραστεί το εμπόδιο του ελλιπούς γνωστικού υποβάθρου προτείνεται η χρήση διαστημάτων πιθανότητας (βλέπε κεφάλαιο 3.1.3). Ακόμα, για την εκτίμηση του γνωστικού υποβάθρου αποφασίζεται να χρησιμοποιηθεί η κλίμακα βαθμολόγησης που χρησιμοποιήθηκε από τους Flage και Aven [88] (βλέπε κεφάλαιο 3.3.2)

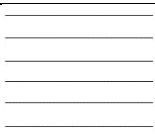
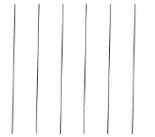

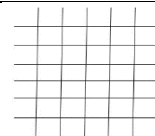

Περιγραφή ρίσκου

Στην συνέχεια, περιγράφεται το ρίσκο με βάση τον τρόπο περιγραφής που επιλέχθηκε. Αρχικά, επιλέγεται για κάθε συνέπεια ένα διάστημα πιθανοτήτων και εκτιμάται με βάση την κλίμακα βαθμολόγησης η ισχύς του γνωστικού υποβάθρου. Οι τρεις αυτές διαστάσεις του ρίσκου, πιθανότητες, συνέπειες και γνωστικό υπόβαθρο, συγκεντρώνονται σε ένα πίνακα ο οποίος παρουσιάζει την συνολική εικόνα του ρίσκου. Το Σχήμα 4.2, παρουσιάζει την περιγραφή του ρίσκου της συγκεκριμένης κατάστασης, λαμβάνοντας υπόψιν μόνο τις σοβαρές συνέπειες, όπως οι θάνατοι, μεγάλης κλίμακας πετρελαιοκηλίδες, ολοκληρωτική απώλεια της πλατφόρμας. Όπως, αναφέρουν και οι Torbjorn και Aven [109] οι λιγότερο σοβαρές συνέπειες πρέπει να ληφθούν και αυτές υπόψιν, αλλά για λόγους επεξήγησης δίνεται προσοχή μόνο στις εξαιρετικά σοβαρές συνέπειες.

Με βάση την εικόνα η οποία παράγεται από την ανάλυση είναι σαφές ότι το ρίσκο βρίσκεται σε μη αποδεκτά όρια και είναι επιτακτική η ανάγκη εφαρμογής κατάλληλων μέτρων για την αντιμετώπιση της κατάστασης, αν και η γνώση σχετικά με τις συνθήκες που επικρατούν στο πηγάδι και συνολικά του φαινομένου είναι μικρή.

		Πιθανότητα		
	Συνέπειες	[0, 0.2]	(0.2,0.8)	[0.8,1]
>0 θάνατοι, , μεγάλης κλίμακας πετρελαιοκηλίδες, ολοκληρωτική απώλεια της πλατφόρμας	Σοβαρές			
	Μέσες			
Καμία, χαμένη ή καθυστερημένη παραγωγή	Μικρές			

Σχήμα 4.2: Πίνακας ρίσκου την στιγμή του συμβάντος

Ισχύς γνωστικού υπόβαθρου		Ρίσκο	
	Μικρή	Μικρό	
	Μέση	Μέσο	
	Μεγάλη	Υψηλό	

Σχήμα 4.3: Επεξήγηση συμβόλων

Εντοπισμός εναλλακτικών λύσεων και πιθανών μέτρων

Σε αυτή τη φάση ο στόχος της ομάδας ανάλυσης είναι η διαχείριση της κατάστασης, αποφεύγοντας τις μελλοντικές συνέπειες και εξομαλύνοντας τις υπάρχουσες συνθήκες. Για την διαχείριση της κατάστασης είναι απαραίτητη η διαχείριση του ρίσκου μέσω μέτρων τα οποία θα το περιορίζουν σε αποδεκτά επίπεδα. Για να θεωρηθεί ότι ένα μέτρο μειώνει το ρίσκο, με βάση την περιγραφή του ως (C, Q,K), θα πρέπει να είναι αρκετά σίγουρο, δεδομένων των (Q,K) ότι αυτό θα οδηγήσει σε λιγότερο σοβαρές συνέπειες. Ένα μέτρο, για παράδειγμα θα είναι αποδεκτό εφόσον μειώνει την πιθανότητα μιας σοβαρής συνέπειας, κρατώντας την ισχύ του γνωστικού υπόβαθρου σταθερή, είτε ενισχύεις το γνωστικό υπόβαθρο, ανεξαρτήτως αν προσφέρει ή όχι μείωση της πιθανότητας. Εδώ, σημειώνεται ότι η μείωση της αβεβαιότητας δεν σημαίνει απαραίτητα και μείωση του ρίσκου, διότι αν, για παράδειγμα, μέσω της μείωσης της αβεβαιότητας προκύπτει μεγαλύτερη πιθανότητα μιας σοβαρής συνέπειας τότε το ρίσκο αντί να μειώνεται αυξάνεται. Συνεπώς, ένα μέτρο αν μειώνει την αβεβαιότητα δεν συνεπάγεται απαραίτητα ότι μειώνει και το ρίσκο.

Ανάμεσα στην ομάδα ανάλυσης κυριαρχούν δυο διαφορετικές απόψεις, οι οποίες είναι οι εξής:

1. Αναμονή μερικών ωρών μέχρι η πλειοψηφία των υψηλόβαθμων εργαζόμενων να επιστρέψει, χωρίς να υπάρξει κάποια αντίδραση στο μεταξύ
2. Προσπάθεια διακοπής της ροής της λάσπης προσθέτοντας σε αυτή κάποιου είδους πολυμερές

Η πρώτη άποψη είναι σαφές ότι είναι πολύ πιθανό να οδηγήσει σε κλιμάκωση της κατάστασης, αλλά θεωρείται ότι τα πιο υψηλόβαθμα στελέχη έχουν την απαραίτητη εμπειρία και γνώση για να κατανοήσουν την κατάσταση και στη συνέχεια να λάβουν καλύτερες αποφάσεις. Τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας υποστηρίζουν ότι είναι επιτακτική η ανάγκη της άμεσης προσθήκης πολυμερών ώστε να μην χαθούν άλλες ποσότητες λάσπης. Ο κίνδυνος μιας έκρηξης είναι μεγάλος, και τέσσερις ώρες είναι πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα δεδομένης της κατάστασης.

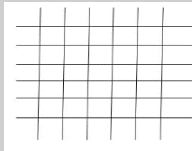
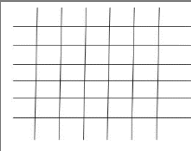
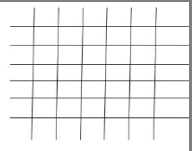
Περιγραφή και σύγκριση της επιρροής των διαφόρων επιλογών στην περιγραφή του ρίσκου

Η λύση που προτείνεται είναι η εκ νέου περιγραφή των πιθανοτήτων και του γνωστικού υπόβαθρου σχετικά με τις σοβαρές συνέπειες. Αυτή τη φορά, όμως, η ανάλυση θα επικεντρωθεί στην αβεβαιότητα, πιθανότητες και γνωστικό υπόβαθρο, των σοβαρών συνεπειών που μπορεί να προκύψουν μέσα στις επόμενες έξι ώρες, και για τις δύο προτεινόμενες επιλογές.

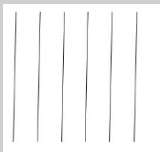
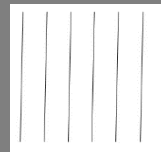
Αν θεωρήσουμε ότι η εναλλακτική που επιλέγεται είναι η πρώτη, η εικόνα του ρίσκου θα μείνει ίδια για τις επόμενες ώρες. Μετά από περίπου πέντε ώρες, όταν τα υψηλόβαθμα στελέχη θα έχουν επιστρέψει και έχουν αναλάβει τις απαραίτητες πρωτοβουλίες η εικόνα του ρίσκου θα είναι όπως στο Σχήμα 4.4. Θεωρώντας ότι τα στελέχη αυτά έχουν καλύτερες γνώσεις επί του προβλήματος το γνωστικό υπόβαθρο θα γίνει πιο ισχυρό και συνεπώς το εύρος των διαστημάτων πιθανότητας και η αβεβαιότητα θα μειωθούν. Αυτό σημαίνει, όμως, ότι είτε θα αυξηθεί η βεβαιότητα σχετικά με την εκδήλωση σοβαρών συνεπειών είτε σχετικά με την μη εκδήλωση αυτών.

Αν επιλεγεί η δεύτερη εναλλακτική, κατά την διάρκεια των προσπαθειών αποκατάστασης της ζημίας η γνώση σχετικά με την κατάσταση του πηγαδιού και το φαινόμενο που εκτυλίσσεται θα αυξάνεται και έτσι τα διαστήματα των πιθανοτήτων θα μειώνονται σταδιακά σε εύρος. Το Σχήμα 4.5 δείχνει την εικόνα του ρίσκου, αν τελικά αποφασιστεί η εφαρμογή της δεύτερης πρότασης, τρεις ώρες μετά το συμβάν, σύμφωνα με τους αναλυτές. Ακόμα, θεωρείται ότι οποιαδήποτε απόφαση και να παρθεί το ρίσκο θα είναι ίδιο μετά από πέντε ώρες.

Παρά το γεγονός ότι και οι δύο επιλογές μετά από πέντε ώρες θεωρητικά δίνουν τα ίδια επίπεδα ρίσκου, η σταδιακή βελτίωση της γνώσης της κατάστασης είναι προτιμότερη από την αδράνεια και την αναμονή.

	Συνέπειες	Πιθανότητα		
		[0, 0.2]	(0.2,0.8)	[0.8,1]
>0 θάνατοι, , μεγάλης κλίμακας πετρελαιοκηλίδες , ολοκληρωτική απώλεια της πλατφόρμας	Σοβαρές			
	Μέσες			
Καμία, χαμένη ή καθυστερημένη παραγωγή	Μικρές			

Σχήμα 4.4: Πίνακας του ρίσκου μετά από πέντε ώρες και για τις δύο εναλλακτικές προτάσεις

	Συνέπειες	Πιθανότητα		
		[0, 0.2]	(0.2,0.8)	[0.8,1]
>0 θάνατοι, , μεγάλης κλίμακας πετρελαιοκηλίδες, ολοκληρωτική απώλεια της πλατφόρμας	Σοβαρές			
	Μέσες			
Καμία, χαμένη ή καθυστερημένη παραγωγή	Μικρές			

Σχήμα 4.5: Πίνακας του ρίσκου μετά από τρεις ώρες και για την δεύτερη εναλλακτική πρόταση

Επιλογή και εφαρμογή της επιλεγμένης πρότασης

Συνεπώς, οι αναλυτές επιλέγουν την δεύτερη εναλλακτική πρόταση, κάτι το οποίο συμφωνεί με τον προσαρμοσμένο τρόπο σκέψης σχετικά με το ρίσκο. Η ομάδα πιστεύει ότι η αυτή η επιλογή είναι ο καλύτερος τρόπος διαχείρισης, διότι η γνώση σχετικά με σύστημα αποκτάται σταδιακά από την αλληλεπίδραση με αυτό. Στην συνέχεια οι αναλυτές δίνουν τις αντίστοιχες εντολές και το πλήρωμα προσθέτει το πολυμερές στην λάσπη σε μια προσπάθεια να σταματήσουν οι απώλειες.

Μετά την εφαρμογή των μέτρων, υδρογονάνθρακες σε αέρια μορφή εντοπίζονται στην πλατφόρμα και το πλήρωμα της πλατφόρμας συγκεντρώνεται και ετοιμάζεται για εκκένωση της πλατφόρμας, αλλά πριν γίνει αυτό ο συναγερμός σταματάει. Αυτό οδηγεί την ομάδα των αναλυτών να πιστέψει ότι τα πολυμερή άρχισαν να πετυχαίνουν τον στόχο τους. Ακόμα, η εισροή των υδρογονανθράκων σταματάει, αν και δεν παρατηρείται αύξηση της πίεσης, κάτι που οδηγεί μέρος των αναλυτών αν πιστεύει ότι τα στοιχεία δεν είναι επαρκή για να θεωρήσουν την επιχείρηση αυτή επιτυχή. Βάση αυτών των παρατηρήσεων η ομάδα θεωρεί ότι η πιθανότητα ενός σοβαρού περιστατικού μειώθηκε, αν και η έλλειψη ισχυρού γνωστικού υπόβαθρου δεν βοηθάει στην διεξαγωγή τελικού συμπεράσματος (Σχήμα 4.6). Ακόμη και αν η πιθανότητα κρίνεται χαμηλή, η ισχύς του γνωστικού υπόβαθρου είναι μικρή και συνεπώς το ρίσκο εξακολουθεί να θεωρείται υψηλό.

Συνεπώς, οι αναλυτές θεωρούν ότι δύο είναι οι πιθανές προτάσεις για την συνέχεια:

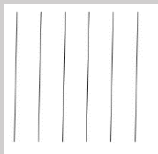
1. Αναμονή και παρατήρηση της κατάστασης
2. Περεταίρω δράση, όπως προσθήκη επιπλέον πρόσθετων στην λάσπη

Η επιλογή θα γίνει βάσει της εκτίμησης ότι το ρίσκο έχει μειωθεί, σύμφωνα με τις παρατηρήσεις, και σύμφωνα με τον τρόπο σκέψης της προσαρμοσμένης ανάλυσης, θα πρέπει η ομάδα να αναμένει για να δει το τι θα συμβεί στην συνέχεια. Συνεπώς, επιλέγεται η πρώτη εναλλακτική, με την οποία θα παρέχονται με την ώρα περισσότερες πληροφορίες οι οποίες θα ενισχύουν το γνωστικό υπόβαθρο, κάτι το οποίο δεν θα συμβεί με την δεύτερη επιλογή.

Στην συνέχεια, δύο νέα γεγονότα συμβαίνουν τα οποία παρέχουν κρίσιμες πληροφορίες για το συμβάν. Αρχικά, ενώ το τρυπάνι ωθείται προς τα πάνω μπλοκάρει σε βάθος 4570 μέτρων. Ακόμα, από τις μετρήσεις παρατηρείται αύξηση της πίεσης στα 38 bar ενώ το φυσιολογικό είναι 12. Κάτι τέτοιο υποδεικνύει ότι υπάρχει μια φυσική σύνδεση μεταξύ του εσωτερικού και

του εξωτερικού δακτυλίου ενώ δεν θα έπρεπε να υπήρχε. Με βάση αυτές τις νέες παρατηρήσεις, ανακαλύπτεται μια οπή στο περίβλημα. Ακόμα, διαπιστώνεται ότι ο λόγος διακοπής της ροής δεν οφειλόταν στο πολυμερές που προστέθηκε αλλά στην εισροή των υδρογονανθράκων που ήταν αυτή που έφραξε το πηγάδι. Αυτές οι παρατηρήσεις, πλέον βοηθούν στην κατανόηση της κατάστασης και της ενίσχυσης του γνωστικού υπόβαθρου. Ακόμα, οι πιθανότητα μιας σοβαρής συνέπειας θεωρείται πλέον μεσαία (Σχήμα 4.7).

Πλέον είναι σαφές το τι προξένησε το πρόβλημα και το ότι η οπή πρέπει να σφραγιστεί.

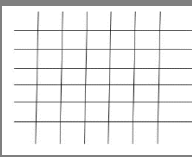
		Πιθανότητα		
	Συνέπειες	[0, 0.2]	(0.2,0.8)	[0.8,1]
>0 θάνατοι, , μεγάλης κλίμακας πετρελαιοκηλίδες, ολοκληρωτική απώλεια της πλατφόρμας	Σοβαρές			
	Μέσες			
Καμία, χαμένη ή καθυστερημένη παραγωγή	Μικρές			

Σχήμα 4.1: Πίνακας του ρίσκου δεδομένων των παρατηρήσεων συγκέντρωσης αερίων

4.1.4 Σύνοψη

Η συγκεκριμένη αντίληψη προσφέρει μια σημαντική αλλαγή στην ισχύουσα πρακτική. Αυτό το επιτυγχάνει παρέχοντας καθοδήγηση για το πώς πρέπει να περιγράφει το ρίσκο στις διάφορες φάσεις της διαδικασίας, αντανakλώντας την μεγάλη αβεβαιότητα και δίνοντας τη δέουσα προσοχή στα νέα δεδομένα και τις διαθέσιμες πληροφορίες. Μέσω του παραδείγματος είδαμε ότι η αντίληψη αυτή προσφέρει ένα τρόπο πραγματοποίησης της προσαρμοστικής ανάλυσης, ο οποίος εξασφαλίζει την σταδιακή παραγωγή γνώσεων σχετικά με το υπό μελέτη

σύστημα, ακόμα και σε κατάσταση μεγάλης αβεβαιότητας. Επίσης, προσφέρει μια προσαρμοστική περιγραφή του ρίσκου, η οποία βασίζεται σε μια αντίληψη για το ρίσκο που διαθέτει ένα ευρύτερο σύνολο από εργαλεία διαθέσιμα από τις κοινές προσεγγίσεις βασισμένες στην πιθανότητα.

		Πιθανότητα		
	Συνέπειες	[0, 0.2]	(0.2,0.8)	[0.8,1]
>0 θάνατοι, , μεγάλης κλίμακας πετρελαιοκηλίδες, ολοκληρωτική απώλεια της πλατφόρμας	Σοβαρές			
	Μέσες			
Καμία, χαμένη ή καθυστερημένη παραγωγή	Μικρές			

Σχήμα 4.7: Πίνακας του ρίσκου δεδομένων των παρατηρήσεων της απόφραξης και της υψηλής πίεσης

Το πλαίσιο αυτό παρέχει την δυνατότητα ενός δυναμικού τρόπου περιγραφής του ρίσκου, ο οποίος προσαρμόζεται ανάλογα με τις συνθήκες. Αυτό είναι ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου, διότι σε ένα πραγματικό σύστημα καμία επιλογή δεν είναι βέλτιστη. Κάθε εναλλακτική λύση ελλοχεύει κινδύνους, οι οποίοι μέσω της ανάλυσης κάθε μιας ξεχωριστά μπορούν να προβλεφθούν και να αντιμετωπιστούν έγκαιρα. Ακόμα, η συνεχής παρατήρηση του συστήματος προσφέρει συνεχώς νέες πληροφορίες για το σύστημα οι οποίες μπορούν να φανούν πολύ χρήσιμες για την σωστότερη περιγραφή του ρίσκου η οποία θα οδηγήσει σε καλύτερη διαχείριση της κατάστασης. Αυτός ο τρόπος σκέψης σχετικά με τον ρίσκο συνάδει με την με την έννοια της συλλογικής επιμέλειας προσφέροντας σημασία στην αποτυχία και προσοχή κατά την διάρκεια της διαδικασίας.

4.2 Διευρυμένη ανάλυση ρίσκου

4.2.1 Εισαγωγή

Σύμφωνα με τους Steen και Aven [101], τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί σημαντική προσοχή στη μηχανική της επανатаκτικότητας από τους αναλυτές και τους ερευνητές που ασχολούνται με την ασφάλεια. Λαμβάνοντας υπόψιν την συμβατική αντίληψη για το ρίσκο, το ρίσκο βασίζεται στην υπάρχουσα γνώση και η εκτίμηση του γίνεται με την χρήση πιθανοτήτων βασισμένες στα ιστορικά στοιχεία. Αυτό έρχεται να ανατραπεί από την μηχανική της επανатаκτικότητας η οποία αποτελεί ένα νέο τρόπο σκέψης για τον τομέα της ασφάλειας. Όμως στον συγκεκριμένο τομέα δεν είναι κατάλληλη η χρήση των κλασσικών αντιλήψεων για το ρίσκο.

Με βάση την ανάγκη ενός πλαισίου το οποίο θα είναι δυνατό να γεμίσει αυτό το κενό οι Steen και Aven [101] προτείνουν την διευρυμένη ανάλυση ρίσκου. Το συγκεκριμένο πλαίσιο συνδέει το ρίσκο με την επανатаκτικότητα, και παρέχει ένα εννοιολογικό πλαίσιο για την μηχανική της επανатаκτικότητας. Η συγκεκριμένη αντίληψη είναι διαφορετική από την παραδοσιακές αντιλήψεις και είναι, σύμφωνα με τους Steen και Aven [101], καταλληλότερη για την αξιολόγηση και τη διαχείριση του ρίσκου και της επανатаκτικότητας των κοινωνικο-τεχνικών συστημάτων.

4.2.2 Οι έννοιες του πλαισίου αυτού

Ο στόχος της συγκεκριμένης μεθόδου εκτίμησης του ρίσκου είναι η εύρεση της αβεβαιότητας και η περιγραφή αυτής. Στο συγκεκριμένο πλαίσιο, το ρίσκο ορίζεται ως ο δισδιάστατος συνδυασμός του αρχικού γεγονότος και των συνέπειών του με την σχετική αβεβαιότητα αυτών. Ακόμα, η έννοια της τρωτότητας μεταφράζεται ως ο συνδυασμός των συνεπειών ενός συγκεκριμένου αρχικού γεγονότος με την σχετική αβεβαιότητα, ενώ η έννοια της επανатаκτικότητας χρησιμοποιείται για να εκφραστεί ο συνδυασμός των συνεπειών ενός οποιουδήποτε αρχικού γεγονότος με την σχετική αβεβαιότητα. Τέλος, η έννοια της αβεβαιότητας αντικατοπτρίζει την γνωσιολογική αβεβαιότητα η οποία υπάρχει στο υπό μελέτη μέγεθος.

4.2.3 Περιγραφή πλαισίου

Στο συγκεκριμένο πλαίσιο η ανάλυση ρίσκου χωρίζεται στα εξής βήματα (Σχήμα 4.5) :

1. Αναγνώριση των αρχικών γεγονότων A
2. Ανάλυση αιτίων
3. Ανάλυση τρωτότητας
4. Ανάλυση επαναστατικότητας
5. Περιγραφή και χαρακτηρισμός του ρίσκου

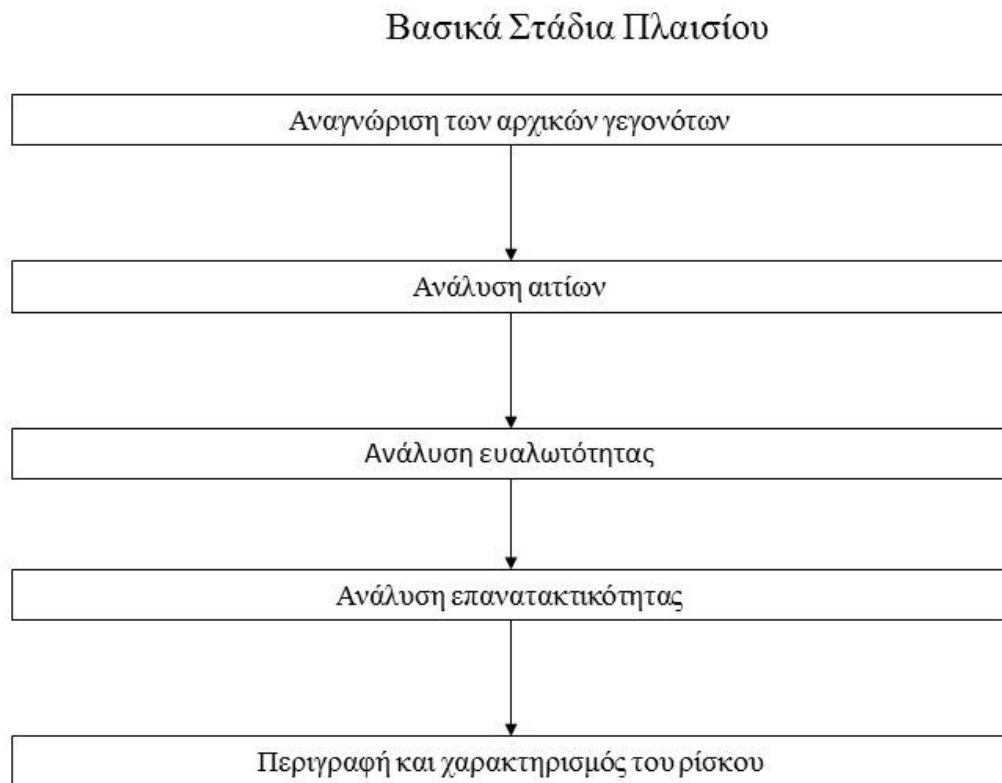
Για την κατανόηση του συγκεκριμένου πλαισίου θα παρουσιάσουμε ένα παράδειγμα διαδικτυακών επιθέσεων σε ένα σιδηροδρομικό σύστημα. Ένα πιθανό γεγονός είναι ότι οι επιτιθέμενοι χρησιμοποιούν το διαδίκτυο για να αποκτήσουν πρόσβαση σε ένα σύστημα ελέγχου των σιδηροδρομικών γραμμών και να προκαλέσουν την σύγκρουση δύο τρένων

Βήμα 1: Αναγνώριση των αρχικών γεγονότων A

Σε αυτό το πρώτο στάδιο γίνεται η αναγνώριση όλων των αρχικών γεγονότων που μπορεί να οδηγήσουν σε δυσμενής συνέπειες. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, επιθέσεις μπορούν να γίνουν στον τεχνικό εξοπλισμό, όπως οι υπολογιστές, οι server και τα μέσα επικοινωνίας καθώς και στο λογισμικό όπως στα προγράμματα ασφαλείας, τα συστήματα δημιουργίας αντιγράφων ασφαλείας, τα διαγνωστικά προγράμματα και το λογισμικό του συστήματος. Μια πιθανή περίπτωση επίθεσης, για παράδειγμα, θα μπορούσε να είναι ότι οι επιτιθέμενοι μέσω ενός ιού στο λογισμικό της παρακολούθησης της θέσεως των τρένων παίρνουν το έλεγχο του συστήματος. Τότε, 'εξαφανίζουν' ένα τρένο με αποτέλεσμα την σύγκρουση του με ένα άλλο.

Η αναγνώριση των απειλών και των διάφορων σεναρίων μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους. Αρχικά, οι πρώτες ομάδες σεναρίων μπορούν να αναγνωριστούν μέσω των ιστορικών στοιχείων. Με την μελέτη παρελθοντικών επιθέσεων, μπορούν να βρεθούν τα αίτια που οδήγησαν σε μια επιτυχημένη επίθεση και να καταγραφούν. Όμως, με αυτόν τον τρόπο δεν λαμβάνονται υπόψιν νέοι τύποι απειλών και τρόπων επιθέσεων. Για παράδειγμα, όταν εισήρθαν στην βιομηχανία των τρένων τα πρώτα ηλεκτρονικά συστήματα μια απλή μελέτη των ιστορικών στοιχείων δεν ήταν ικανή να καλύψει όλες τις πιθανές απειλές. Για την αναγνώριση των απειλών που δεν έχουν εμφανιστεί στο παρελθόν, ένα σημαντικό καθήκον του αναλυτή είναι η διέγερση της φαντασίας του με σκοπό να καταλήξει σε πιθανές επιθέσεις που δεν έχουν

συμβεί στο παρελθόν, αλλά έχουν υψηλή πιθανότητα, αν οι συνθήκες αλλάξουν [101].



Σχήμα 4.5: Βασικά στάδια διευρυμένης ανάλυσης ρίσκου

Σύμφωνα με τους Steen και Aven [101] αυτός ο τρόπος ανάλυσης καλύπτει τα τρία πρώτα κριτήρια της επανατακτικότητας δηλαδή την ανταπόκριση σε συνηθισμένες και μη απειλές με ένα ισχυρό, αλλά και ευέλικτο τρόπο, την παρατήρηση των τεκταινόμενων και την πρόβλεψη των κινδύνων (βλέπε κεφάλαιο 3.4.2). Με τη χρήση μιας πιο ευρείας αντίληψης σε αυτό το βήμα ανάλυσης, η οποία να εκτείνεται πέρα από τα ιστορικά δεδομένα, μπορούμε να αποκτήσουμε με καλύτερη βάση με την οποία μπορούμε πιο αποτελεσματικά να μαθαίνουμε από την εμπειρία, και να αποκαλύπτουμε απειλές και σενάρια επιθέσεων τα οποία θα μελετηθούν στην φάση της ανάλυσης της τρωτότητας και της επανατακτικότητας.

Βήμα 2:Ανάλυση αιτίων

Στην ανάλυση των αιτίων χρησιμοποιούνται πολλές και διάφορες τεχνικές όπως τα δέντρα σφαλμάτων και τα διαγράμματα επιρροής. Στο συγκεκριμένο κομμάτι, ουσιαστικά γίνεται μια πιο λεπτομερής καταγραφή των απειλών και των σεναρίων επίθεσης που αναγνωρίστηκαν στο πρώτο κομμάτι της ανάλυσης. Με την χρήση των διαφόρων τεχνικών, υπολογίζονται οι πιθανότητες/αβεβαιότητες για κάθε μια απειλή.

Αυτό το κομμάτι της ανάλυσης, εξασφαλίζει την τήρηση των κριτηρίων 2 και 3 της επανатаκτικότητας διότι βοηθάει στην παρακολούθηση των διαφόρων γεγονότων και στην πρόβλεψη των διαφόρων απειλών μιας και σε αυτό το βήμα μπορεί να προκύψουν νέες απειλές ή σεσάρια επίθεσης.

Η ανάλυση των αιτίων, στην περίπτωση που υιοθετήσουμε μια πιο παραδοσιακή αντίληψη για το ρίσκο, μετατρέπεται σε μια απλή ποσοτική ανάλυση των πιθανοτήτων ή των συχνοτήτων για το κάθε πιθανό σεσάριο. Σύμφωνα με τους Steen και Aven [101], αυτή η ποσοτική ανάλυση συνήθως βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στα ιστορικά δεδομένα, συνεπώς δεν βοηθά στην τήρηση των κριτηρίων τις επανатаκτικότητας.

Βήμα 3: Ανάλυση της τρωτότητας

Σε αυτό το στάδιο της ανάλυσης γίνεται ο καθορισμός των συνεπειών που μπορεί να προκύψουν όταν έχουμε την πραγματοποίηση ενός σεναρίου A και στην συνέχεια δεδομένης αυτής της πραγματοποίησης γίνεται η εκτίμηση της τρωτότητας του συγκεκριμένου συστήματος. Το σεσάριο A, το οποίο έχει προκύψει μετά από μία επίθεση, μπορεί να οδηγήσει σε διάφορες συνέπειες (ανθρώπινες απώλειες, οικονομικές και μη ζημιές), η σοβαρότητα των οποίων εξαρτάται από την ύπαρξη και την απόδοση των δικλίδων ασφαλείας. Η αποτελεσματικότητα αυτών των δικλίδων ασφαλείας εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως την ικανότητα των χειριστών, την εκπαίδευση τους, τις λειτουργικές διαδικασίες και την πίεση του χρόνου. Παραδείγματα δικλίδων ασφαλείας στην περίπτωσή μας μπορεί να είναι, τα firewalls των ηλεκτρονικών υπολογιστών σε διάφορα επίπεδα, ύπαρξη σύνθετων κωδικών πρόσβασης για την πρόσβαση στο σύστημα ελέγχου, παράλληλα λειτουργικά συστήματα και συστήματα ανίχνευσης και προειδοποίησης. Στο υπό μελέτη σεσάριο, η 'εξαφάνιση' ενός τραίνου από το σύστημα μπορεί να οδηγήσει σε σύγκρουση του με άλλο τραίνο γεγονός που θα έχει καταστροφικές συνέπειες. Όμως, η ύπαρξη των δικλίδων ασφαλείας μπορεί, παρακολουθώντας, για

παραδειγμα, την πορεία των τραίνων με παραπάνω από έναν τρόπους, να αποτρέψει ένα τέτοιο γεγονός.

Για την ανάλυση της τρωτότητας υπάρχουν αρκετές μέθοδοι, η πλειοψηφία των οποίων βασίζεται στην ανάλυση των συνεπειών με την χρήση δέντρων γεγονότων και σφαλμάτων και διαγράμματος επιρροής. Οι τεχνικές αυτές παρέχουν ενημέρωση σχετικά με το σύστημα και δείκτες που πληροφορούν για την αβεβαιότητα, τη πιθανότητα και την συχνότητα

Το συγκεκριμένο κομμάτι της ανάλυσης εξασφαλίζει την κάλυψη των κριτηρίων 1, μέσω των δικλείδων ασφαλείας, και 2, μέσω των δικλείδων ασφαλείας και των δεικτών που παρέχουν οι διάφορες μέθοδοι. Ακόμα, συγκεκριμένη διαδικασία είναι πιθανό να αποκαλύψει, μέσω της ανάλυσης των συνέπειων, κάποιες τρωτότητας κάτι που οδηγεί και στην κάλυψη του κριτηρίου 3.

Βήμα 4: Ανάλυση της επαναστατικότητας

Σε αυτό το στάδιο γίνεται η ανάλυση της επαναστατικότητας του συστήματος. Όπως μας καθορίζει ο ορισμός της επαναστατικότητας σε αυτό το σημείο της ανάλυσης γίνεται η ανάλυση της ευαισθησίας του συστήματος όχι με δεδομένο συγκεκριμένο σενάριο Α, όπως στην περίπτωση της τρωτότητας, αλλά χωρίς τον καθορισμό κάποιου ή κάποιων σεναρίων. Το βασικό ερώτημα σε αυτό το στάδιο είναι το πώς λειτουργεί το σύστημα μετά από μία επίθεση.

Εδώ η χρήση δέντρων γεγονότων και σφαλμάτων δεν είναι αποτελεσματική, διότι τα φαινόμενα που περιγράφονται συνήθως δεν είναι γραμμικά. Σύμφωνα με τον Hollnagel [113], ένα ατύχημα οφείλεται σε οφείλεται σε απροσδόκητους συνδυασμούς γεγονότων παρά σε ένα μεμονωμένο γεγονός, και η μη γραμμική μεταβλητότητα της απόδοσης είναι ο βασικός παράγοντας που συμβάλει στο ρίσκο.

Βήμα 5: Περιγραφή και χαρακτηρισμός του ρίσκου

Στο συγκεκριμένο βήμα, τα αποτελέσματα των αναλύσεων που ήδη έχουν γίνει συνοψίζονται. Η συγκεκριμένη σύνοψη δίνει πληροφορίες σχετικά με το ρίσκο, την τρωτότητα, την απόδοση των δικλείδων ασφαλείας και την επαναστατικότητα και κρίνει την επάρκεια αυτών. Με βάση αυτή τη σύνοψη γίνεται ο χαρακτηρισμός του ρίσκου ως αποδεκτό ή μη και κρίνεται το αν πρέπει να προστεθούν κάποιες δικλείδες ασφαλείας και τι τύπου θα πρέπει να είναι

αυτές ώστε να συμβάλουν στην μείωση του ρίσκου και την αύξηση της επαναστακτικότητας

4.2.4 Σύνοψη

Αυτό το πλαίσιο είναι τελείως διαφορετικό από την παραδοσιακή άποψη για το ρίσκο. Σε σύγκριση με την παραδοσιακή προσέγγιση του ρίσκου, το συγκεκριμένο πλαίσιο δεν περιορίζεται στα ιστορικά στοιχεία καθώς και δεν είναι αναγκαίο το σύστημα το οποίο μελετάται να είναι ένα συνηθισμένο σύστημα. Με την συγκεκριμένη μέθοδο είναι δυνατό να μελετηθούν μοναδικά συστήματα, τα οποία είτε είναι σπάνια είτε μελετώνται για πρώτη φορά, διότι δεν είναι απαραίτητη για την μελέτη του ρίσκου η ύπαρξη ή υπόθεση μεγάλου αριθμού παρόμοιων συστημάτων. Ακόμα, εδώ είναι δυνατή η προσθήκη στοχαστικών μοντέλων, οι οποίες εκφράζουν την απόκλιση στους πληθυσμούς των υπό μελέτη ομάδων (η οποία αναφέρεται συχνά ως αβεβαιότητα)

Η διευρυμένη ανάλυση του ρίσκου, υποστηρίζει τη διαχείριση του ρίσκου και της επαναστακτικότητας καλύτερα από τις μεθόδους που βασίζονται μόνο στην ανάλυση της επαναστακτικότητας, όπως αναφέρουν και οι Steen και Aven [101]. Η συγκεκριμένη μέθοδος εξασφαλίζει μια ευρύτερη άποψη , η οποία συνδυάζει το ρίσκο με την τρωτότητα και την επαναστακτικότητα.

4.3 Προσαρμοσμένη ανάλυση ασφαλούς εργασίας

4.3.1 Εισαγωγή

Η συγκεκριμένη μέθοδος προτάθηκε από τους Veland και Aven [114] και αποτελεί μια παραλλαγή της ανάλυσης ασφαλούς εργασίας (SJA). Η μέθοδος SJA αναπτύχθηκε ως μια τυποποιημένη μέθοδος εκτίμησης του ρίσκου σε εργασίες που πραγματοποιούνται σε εγκαταστάσεις πετρελαίου και συχνά δημιουργούνται προβλήματα ασφαλείας. Ο στόχος αυτής της μεθόδου είναι η διασφάλιση της επαρκούς διαχείρισης του ρίσκου και της διατήρησης του σε χαμηλά επίπεδα κατά την διάρκεια των εργασιών.

Η μέθοδος SJA είναι μια κοινώς αποδεκτή και καθιερωμένη διαδικασία για την αξιολόγηση του ρίσκου. Η κλασσική μέθοδος SJA περιλαμβάνει τα εξής 5 βήματα:

- Χωρισμός της υπό μελέτη διαδικασίας σε βασικά στάδια, με σκοπό την καλύτερη κατανόηση και οργάνωση της διαδικασίας από το εμπλεκόμενο προσωπικό
- Αναγνώριση των παραγόντων ρίσκου και των απειλών που μπορεί να προκύψουν σε κάθε βήμα
- Εκτίμηση της πιθανότητας αυτών και της σοβαρότητας των συνεπειών τους
- Προσδιορισμός μέτρων που θα εξαλείφουν ή θα περιορίζουν τους κινδύνους
- Αξιολόγηση και αποδοχή του εναπομείναντος ρίσκου

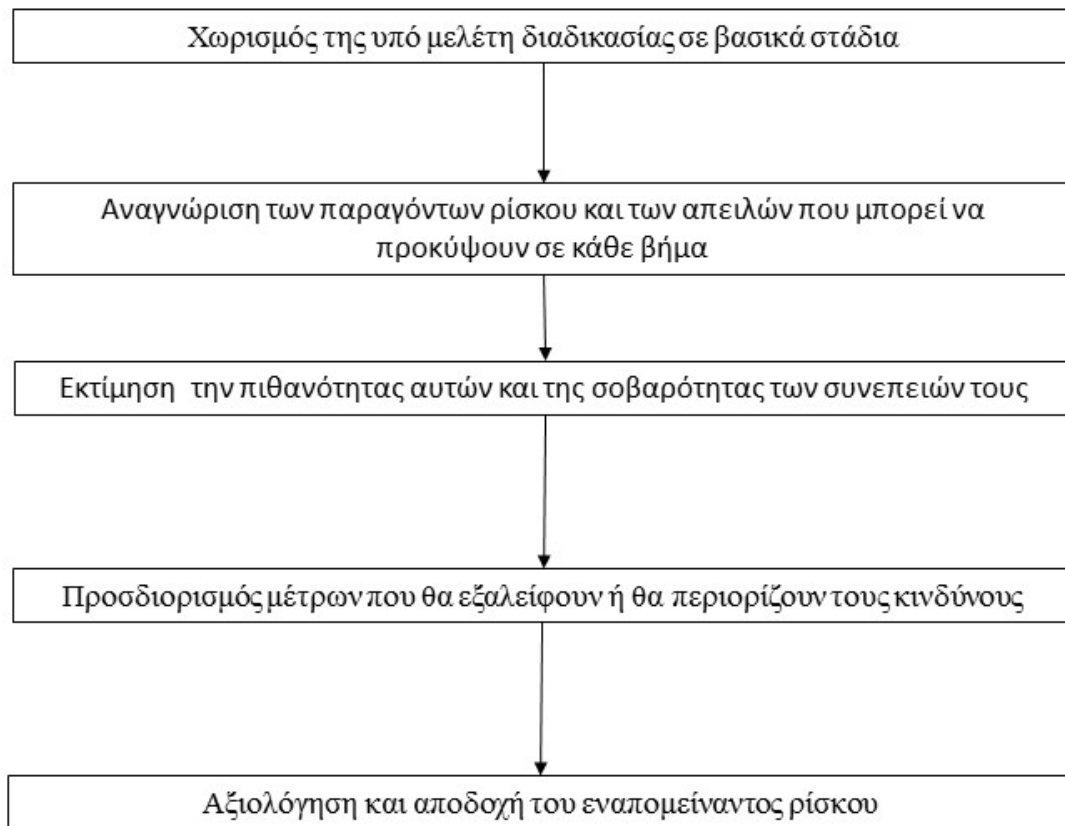
Η προσαρμοσμένη ανάλυση SJA των Veland και Aven [114] βασίζεται στην παραδοσιακή μέθοδο αλλά με την προσθήκη κάποιων επιπλέον σταδίων. Στη μεθοδολογία αυτή χρησιμοποιείται η περιγραφή του ρίσκου ως (A', C', Q, K). Η γνώση των εμπειρογνωμόνων επηρεάζει τις εκτιμήσεις της αβεβαιότητας και αποτελεί σημαντική πτυχή του γνωστικού υπόβαθρου. Η μεθοδολογία εστιάζεται ειδικά στις ενδεχόμενες εκπλήξεις, με βάση τις ισχύουσες γνώσεις και πεποιθήσεις, κάτι το οποίο δεν συμβαίνει στην παραδοσιακή SJA.

Ο κύριος στόχος της προσαρμοσμένης ανάλυσης είναι η βελτίωση της κατανόησης και της αντίληψης για το ρίσκο των εργαζομένων που συμμετέχουν στην υπό μελέτη εργασία. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω:

- Τονίζοντας το γνωστικό υπόβαθρο στο οποίο στηρίζονται οι εκτιμήσεις των πιθανοτήτων
- Παρέχοντας νέες ιδέες σχετικά με τα γεγονότα που έχουν θεωρηθεί ότι έχουν σοβαρές συνέπειες αλλά μικρή πιθανότητα
- Εντοπίζοντας και συμπεριλαμβάνοντας στην ανάλυση οποιαδήποτε πιθανή έκπληξη που μπορεί να προκύψει

Η προσαρμοσμένη ανάλυση SJA περιλαμβάνει δυο ομάδες αναλυτών, οι οποίες αναφέρονται ως ομάδα 1 και 2. Η ομάδα 2 θα πρέπει να αποτελείται από αναλυτές οι οποίοι έχουν ισχυρές γνώσεις πάνω στην υπό μελέτη εγκατάσταση και στο υπό μελέτη πρόβλημα, αλλά δεν έχουν λάβει μέρος σε καμία από της διαδικασίες σχεδιασμού τις επικείμενης εργασίας. Κάτι τέτοιο είναι απαραίτητο γιατί η δεύτερη ομάδα θα πρέπει να δει με καθαρό μυαλό τις διαδικασίες που έχουν προβλεφθεί, ώστε να εντοπίσει πτυχές του ρίσκου που η πρώτη ομάδα δεν μπόρεσε να εντοπίσει.

Βασικά Βήματα Ανάλυσης Ασφαλούς Εργασίας (SJA)



Σχήμα 4.6: Βασικά βήματα Ανάλυσης Ασφαλούς Εργασίας (SJA)

4.3.2 Περιγραφή πλαισίου

Η προσαρμοσμένη ανάλυση ρίσκου χωρίζεται σε τέσσερα βήματα:

Βήμα 1: Η πρώτη ομάδα των αναλυτών πραγματοποιεί μια τυπική εκτίμηση του ρίσκου, αναλύοντας και περιγράφοντας το ρίσκο με βάση την τετραπλέτα (A'_1, C'_1, Q_1, K_1) . Εδώ A'_1 και C'_1 είναι συγκεκριμένα γεγονότα και συνέπειες τα οποία έχουν αναγνωριστεί κατά την διάρκεια της ανάλυσης, Q_1 η περιγραφή/ μέτρο της αβεβαιότητας σχετικά με τα γεγονότα και τις συνέπειες και K_1 είναι το γνωστικό υπόβαθρο στο οποίο τα παραπάνω μεγέθη είναι βασισμένα.

Βήμα 2: Η πρώτη ομάδα διενεργεί μιας μορφής αυτό-αξιολόγησης μέσω της οποίας αξιολογείται το σκεπτικό με βάση το οποίο η περιγραφή του ρίσκου από το προηγούμενο βήμα προέκυψε καθώς και εκτιμάται η ισχύς του γνωστικού υποβάθρου στο οποίο βασίστηκε. Μέσω αυτής της διαδικασίας η περιγραφή του ρίσκου προσαρμόζεται κατάλληλα και καταλήγουμε στο

(A'_2, C'_2, Q_2, K_2) . Αν και στις περισσότερες των περιπτώσεων στα γεγονότα και οι συνέπειες, A και C αντίστοιχα, δεν αλλάζουν σε αυτή τη φάση το γνωστικό υπόβαθρο αλλάζει. Αυτό συμβαίνει γιατί προστίθεται στην ανάλυση ένας ποιοτικός έλεγχος των διαφορών στοιχείων τις ανάλυσης και δίνεται ιδιαίτερο βάρος στα αποτελέσματα της αξιολόγησης της ισχύος του γνωστικού υποβάθρου.

Βήμα 3: Σε αυτό το στάδιο εισέρχεται στην ανάλυση και η δεύτερη ομάδα. Η ομάδα αυτή αμφισβητεί την πρώτη ομάδα, τα μοντέλα και τις παραδοχές που χρησιμοποίησε λειτουργώντας όπως λέγεται και οι Veland και Aven [114] αναφέρουν ως 'ο δικηγόρος του διαβόλου'.

Παραδείγματα των ενεργειών που μπορεί αυτή η ομάδα να κάνει είναι τα εξής:

- Υποστηρίζει την πιθανότητα εκδήλωσης γεγονότων των οποίων η πιθανότητα έχει κριθεί αμελητέα
- Αναζητά πιθανά γεγονότα τα οποία να είναι άγνωστα γνωστά, δηλαδή γεγονότα που η ομάδα 1 δεν γνωρίζει ενώ άλλοι άνθρωποι τα γνωρίζουν
- Ελέγχει το πώς τα διαφορά σήματα και προειδοποιήσεις έχουν συμπεριληφθεί στην μελέτη

Η βασική σημασία αυτού του βήματος είναι η αναγνώριση ξαφνικών γεγονότων και εκπλήξεων που μπορεί να προκύψουν στο υπό μελέτη πρόβλημα, τα οποία η ομάδα 1 δεν κατάφερε να εντοπίσει, είτε λόγω αμέλειας είτε λόγω άγνοιας.

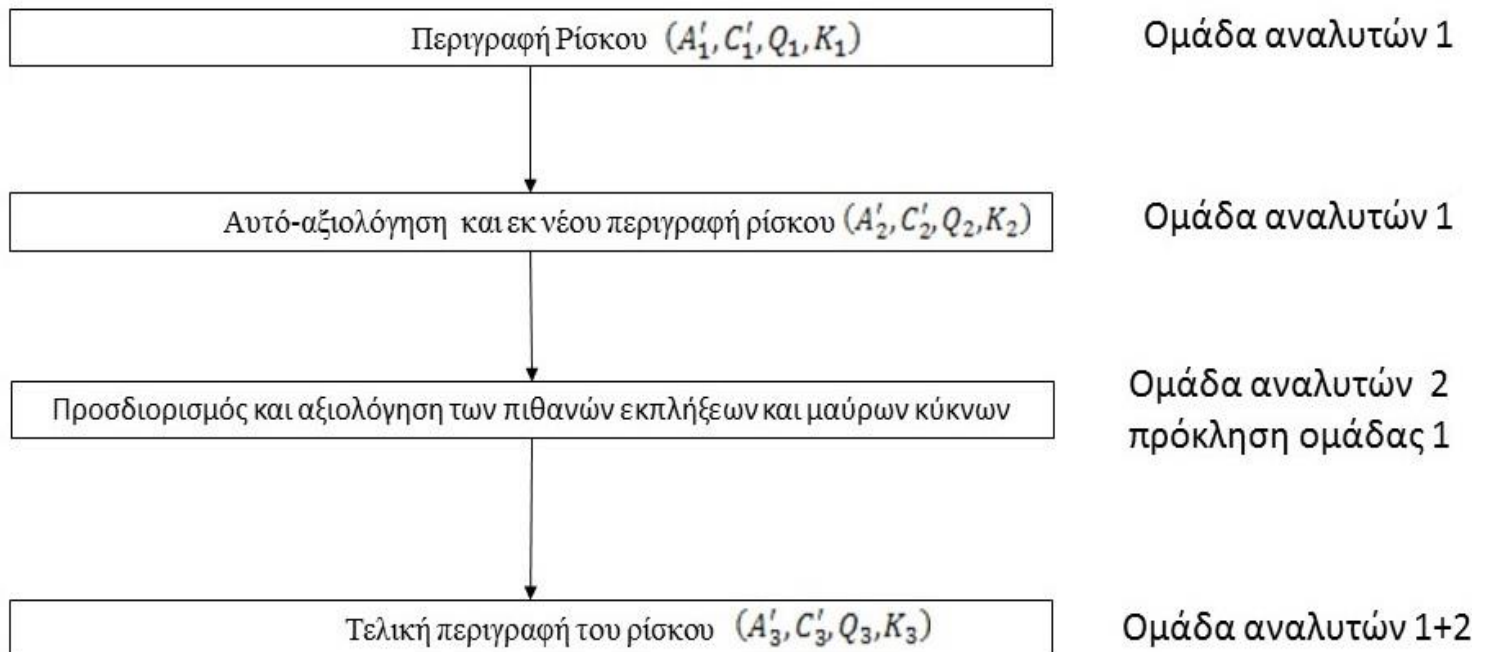
Βήμα 4: Σε αυτό το βήμα οι δύο ομάδες συνεργάζονται και καταλήγουν σε μια τρίτη περιγραφή του ρίσκου (A'_3, C'_3, Q_3, K_3) , η οποία βασίζεται στις αναλύσεις που έχουν γίνει και από τις δύο ομάδες και αποτελεί το τελικό αποτέλεσμα της ανάλυσης και τη βάση για την υποστήριξη της διαδικασίας λήψης αποφάσεων.

Η διαδικασία της μεθόδου αυτής είναι προφανές ότι απαιτεί μεγάλη ποσότητα πόρων, λόγω της ύπαρξης δυο ομάδων και της επανάληψης της διαδικασίας αρκετές φορές. Όμως, όπως αναφέρουν και οι Veland και Aven [114], η πλήρης μορφή της μεθόδου θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις οι οποίες κρίνεται ότι έχουν υψηλή κρισιμότητα.

Στην συνέχεια θα περιγράψει το παράδειγμα για την καλύτερη κατανόηση της μεθόδου.

Το παράδειγμα αυτό αναφέρεται σε ένα περιστατικό διαρροής πετρελαίου το οποίο συνέβη σε νορβηγικές υπεράκτιες εγκαταστάσεις εξόρυξης πετρελαίου και φυσικού αερίου το 2008.

Βασικά Βήματα Πλαισίου



Σχήμα 4.7: Βασικά στάδια βήματα προσαρμοσμένης ανάλυσης SJA

Το ατύχημα συνέβη κατά την διάρκεια εργασιών τροποποίησης ενός κάθετου φρεατίου που χρησιμοποιείται για την μετακίνηση των εργαζομένων το οποίο βρισκόταν 61 μέτρα πάνω από την στάθμη της θάλασσας σε ένα από τα τρία τσιμεντένια στηρίγματα, 171 μέτρων, της κατασκευής. Κατά την διάρκεια των εργασιών λύγισης ενός σωλήνα που περιείχε πετρέλαιο υπό πίεση, η ροή συγκρατείτο από ένα ειδικό μηχάνημα, το οποίο ονομάζεται μηχανή ζεστής βρύσης. Δύο εργαζόμενοι προηγουμένως είχαν κόψει με πριόνι το οποίο ήταν συνδεδεμένο στο συγκεκριμένο μηχάνημα τον σωλήνα στο τμήμα το οποίο θα έπρεπε να γίνει η διαδικασία. Στην συνέχεια, και πριν την τοποθέτηση πώματος για την διακοπή της ροής, ο σωλήνας καθαρίστηκε, με την μηχανή να συγκρατεί το πετρέλαιο. Κατά την διάρκεια αυτής της διαδικασίας ένα εξάρτημα το οποίο συνέδεε το πριόνι με την μηχανή αποσυνδέθηκε, δημιουργώντας δίοδο στο πετρέλαιο από τον σωλήνα προς το φρεάτιο. Παράλληλα, το πετρέλαιο το οποίο εξατμιζόταν δημιουργούσε μια άκρως εύφλεκτη ατμόσφαιρα. Το προσωπικό κάνοντας τις κατάλληλες ενέργειες κατάφερε να σταματήσει την διαρροή μετά από επτά μισή ώρες και αφού είχαν χυθεί περίπου 156 κυβικά μέτρα πετρέλαιο.

Η αρχή της πετρελαϊκής ασφάλειας της Νορβηγίας διεξήγαγε έρευνα για το ατύχημα και το τελικό πόρισμα ανέφερε ως κύριο αίτιο αυτού την κακή κατανόηση του ρίσκου από το προσωπικό που εργαζόταν στην διαδικασία που προκάλεσε το ατύχημα.

Πριν την εργασία μια ομάδα ειδικών αναλυτών είχε συναντηθεί για να μελετήσει το πώς θα πρέπει να γίνει η διαδικασία και το ποια θα πρέπει να είναι η προετοιμασία για αυτή. Η νορβηγική ένωση για το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο είχε αναπτύξει κάποιες προτεινόμενες κατευθυντήριες γραμμές με βάση μια ανάλυση SJA [115]. Σε αυτές, μια από τις οδηγίες αφορούσε την αναζήτηση και την εκτίμηση των διαφόρων κινδύνων που υπάρχουν σε κάθε στάδιο της διαδικασίας ξεχωριστά, υπολογίζοντας την πιθανότητα και την σοβαρότητα των συνεπειών κάθε ενός από αυτούς.

Ακόμα, σύμφωνα με αυτές τις οδηγίες η μέθοδος SJA αφορά μια ποιοτική μέθοδο εκτίμησης του ρίσκου, η οποία χρησιμοποιείται από το προσωπικό της πλατφόρμας για την εκτίμηση του ρίσκου μιας συγκεκριμένης εργασίας και την απόφαση λήψης των κατάλληλων προστατευτικών μέτρων για την μείωση του [115, 116]. Η αξιολόγηση της ανάγκης της ανάλυσης SJA διεξάγεται σε όλες τις φάσεις του έργου από το στάδιο του σχεδιασμού έως την πραγματική εκτέλεση. Η ανάλυση αυτή απαιτείται όταν υπάρχουν παράγοντες ρίσκου ή ενδέχεται να προκύψουν και δεν είναι δυνατό να προσδιοριστούν επακριβώς. Τυπικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη στην εκτίμηση της ανάγκης μιας SJA είναι:

- Αν η εργασία που πρόκειται να γίνει περιγράφεται στις διαδικασίες και τις ρουτίνες ή απαιτούνται εξαιρέσεις από αυτές
- Αν όλοι οι παράγοντες μπορούν να εντοπιστούν και να ελεγχθούν από το προσωπικό
- Αν σε αυτό το είδος της εργασίας γίνονται συχνά ατυχήματα
- Αν η εργασία που πρέπει να εκτελεστεί θεωρείται επικίνδυνη, πολύπλοκη ή περιλαμβάνει στο απαιτούμενο προσωπικό αρκετές ειδικότητες
- Αν χρησιμοποιούνται νέα είδη εξοπλισμού ή μεθόδων οι οποίες δεν καλύπτονται από τις οδηγίες
- Αν το προσωπικό το οποίο υπάρχει διαθέσιμο έχει την εμπειρία για την συγκεκριμένη διαδικασία

Στην συνέχεια θα παρουσιαστεί ο τρόπος ανάλυσης που θα μπορούσε να είχε εφαρμοστεί σε αυτή τη περίπτωση σύμφωνα με την μέθοδο που προτείνει οι Veland και Aven [114].

Βήμα 1

Το πρώτο βήμα θα μπορούσε να είχε διενεργηθεί όπως προτείνουν οι οδηγίες της νορβηγικής ένωσης για το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Όπως αναφέρθηκε και πριν η κλασσική μέθοδος SJA περιλαμβάνει τα εξής 5 βήματα:

- Χωρισμός της υπό μελέτη διαδικασίας σε βασικά στάδια,
- Αναγνώριση των παραγόντων ρίσκου και των απειλών που μπορεί να προκύψουν σε κάθε βήμα
- Εκτίμηση την πιθανότητας αυτών και της σοβαρότητας των συνεπειών τους
- Προσδιορισμός μέτρων που θα εξαλείφουν ή θα περιορίζουν τους κινδύνους
- Αξιολόγηση και αποδοχή του εναπομείναντος ρίσκου

Σύμφωνα με την μέθοδο προσαρμοσμένης ανάλυσης SJA, θα θεωρήσουμε ως πρώτη ομάδα την ομάδα που συναντήθηκε πριν την διαδικασία για να διενεργήσει την ανάλυση και ως βήμα πρώτο την ανάλυση που διενεργήθηκε στην συνάντηση αυτή. Σε αυτό πρώτο στάδιο της προσαρμοσμένης ανάλυσης συζητούνται οι πιθανές απειλές που μπορεί να προκύψουν στα διάφορα στάδια της εργασίας και πραγματοποιείται μια μελέτη για κάθε μια από αυτές. Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο ένας τρόπος μελέτης των διαφόρων απειλών είναι ο πίνακας ρίσκου και ένα παράδειγμα φαίνεται στο Σχήμα 4.8.

	Πιθανότητα		
Συνέπειες	Χαμηλή	Μεσαία	Υψηλή
Υψηλές			
Μεσαίες			
Χαμηλές	●		

Σχήμα 4.8: Πίνακας ρίσκου για το σενάριο s_i μετά το πρώτο στάδιο της προσαρμοσμένης SJA

Η αρχική ανάλυση που έγινε δεν περιελάμβανε ως πιθανό γεγονός μια διαρροή, γεγονός, όμως, που είναι σαφές ότι μπορεί να συμβεί. Κάτι τέτοιο μπορεί να συνέβη είτε από παράλειψη είτε γιατί ένα τέτοιο γεγονός θεωρήθηκε ως απίθανο και έτσι αφαιρέθηκε από την λίστα με τους πιθανούς κινδύνους. Εδώ, θα θεωρήσουμε ότι η δεύτερη περίπτωση είναι και η πραγματικότητα και θα θεωρήσουμε την περιγραφή του ρίσκου ως εξής:

A'_1 : η μηχανή που χρησιμοποιήθηκε για την συγκράτηση της ροής του πετρελαίου δεν λειτουργεί σύμφωνα με τον σχεδιασμό, και δημιουργείται οπή η οποία επιτρέπει στο πετρέλαιο να εξέρθει από την σωλήνωση

C'_1 : μικρής κλίμακας διαρροή μέσα στο φρεάτιο

Q_1 : μικρή πιθανότητα

K_1 : μειωμένη πίεση στο σύστημα σωληνώσεων, σχεδόν καθόλου εξάτμιση υδρογονανθράκων

Κατά το πρώτο στάδιο η πρώτη ομάδα, βασισμένη στο γνωστικό υπόβαθρο που υπάρχει, θεωρεί ότι το γεγονός μια διαρροής έχει μικρή πιθανότητα και μικρές συνέπειες όπως φαίνεται και στον πίνακα ρίσκου (Σχήμα 4.8)


Βήμα 2

Στο δεύτερο στάδιο η ομάδα 1 διενεργεί μια αυτό-αξιολόγηση, δίνοντας έμφαση στο σκεπτικό με το οποίο προέκυψε η περιγραφή του ρίσκου του πρώτου σταδίου και στην ισχύ του γνωστικού υποβάθρου. Όπως αναφέρθηκε (βλέπε κεφ. 3.3.2) μπορούμε να αξιολογήσουμε την ισχύ του γνωστικού υποβάθρου με την μέθοδο που προτάθηκε από τους Flage και Aven [88]. Η ισχύς του γνωστικού υποβάθρου απεικονίζεται στον πίνακα ρίσκου με το αντίστοιχο χρώμα: κόκκινο αν το γνωστικό υπόβαθρο είναι ανίσχυρο, κίτρινο αν είναι σε μια μέση κατάσταση και πράσινο αν θεωρείται ισχυρό. Στο παράδειγμα μας, η ομάδα θεωρούμε ότι εκτίμησε την πληροφορία ότι η πίεση είναι χαμηλή ως μη κατάλληλα δικαιολογημένη, και συνεπώς σύμφωνα με την προαναφερθείσα μέθοδο αξιολόγησης κρίθηκε η ισχύς του γνωστικού υποβάθρου ως μέση (κίτρινο χρώμα), όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4.9.

Βήμα 3

Η πρώτη ομάδα, μιας και βρισκόμαστε σε υπεράκτια εγκατάσταση, αποτελείται από άτομα που βρίσκονται και εργάζονται σε αυτή. Η δεύτερη ομάδα, η οποία εισάγεται στο τρίτο βήμα της διαδικασίας, βρίσκεται στην ξηρά και επικοινωνεί με την πρώτη ομάδα μέσω τηλεφώνου ή ίντερνετ (τηλεδιάσκεψεις ή e-mail). Αυτή η ομάδα αποτελείται από εμπειρογνώμονες οι οποίοι έχουν εμπειρία από αντίστοιχες εγκαταστάσεις και τις αντίστοιχες τεχνικές γνώσεις. Στο στάδιο 3, η ομάδα 2 αμφισβητεί την περιγραφή του

ρίσκου που δημιουργήθηκε από την πρώτη ομάδα, δίνοντας έμφαση στον εντοπισμό και την αξιολόγηση πιθανών εκπλήξεων. Στην περίπτωση μας, η ομάδα αυτή, βασισμένη σε στοιχεία από αντίστοιχες διαρροές που έχουν γίνει στο παρελθόν, θεωρεί ότι η υπόθεση ότι η διαρροή σταθεροποιημένου πετρελαίου δεν θα οδηγήσει στην δημιουργία αερίου μέσω της εξάτμισης. Σύμφωνα με τις γνώσεις των αναλυτών αυτών, η συγκεκριμένη υπόθεση είναι λάθος, διότι θεωρεί ότι η διαρροή στο φρεάτιο θα οδηγήσει σε μεγάλης κλίμακας εξάτμιση.

	Πιθανότητα		
Συνέπειες	Χαμηλή	Μεσαία	Υψηλή
Υψηλές			
Μεσαίες			
Χαμηλές			

Σχήμα 4.9: Πίνακας ρίσκου για το σενάριο si μετά το δεύτερο στάδιο της προσαρμοσμένης SJA

Βήμα 4

Στο τέταρτο και τελευταίο βήμα, οι δύο ομάδες συνεργάζονται ώστε να παράγουν μια κοινή περιγραφή η οποία βασίζεται στις περιγραφές που έχουν γίνει στα προηγούμενα στάδια. Στην περίπτωση μας είναι σαφής η διαφορά απόψεων των δύο ομάδων σχετικά με την πιθανότητα εξάτμισης του πετρελαίου, κάτι το οποίο μειώνει ακόμα περισσότερο την ισχύ του γνωστικού υπόβαθρου στο οποίο βασίζεται η ανάλυση. Λόγω αυτού αποφασίζεται η αλλαγή κατηγορίας του γνωστικού υπόβαθρου από μέσης σε μικρής ισχύος καθώς και η μετατροπή των συνεπειών από χαμηλές σε υψηλές όπως φαίνεται και από το Σχήμα 4.10, το οποίο αποτελεί τον επικαιροποιημένο πίνακα ρίσκου μετά το τελικό στάδιο της προσαρμοσμένης SJA.

	Πιθανότητα		
Συνέπειες	Χαμηλή	Μεσαία	Υψηλή
Υψηλές			
Μεσαίες			
Χαμηλές			

Σχήμα 4.10: Πίνακας ρίσκου για το σενάριο si μετά το τρίτο στάδιο της προσαρμοσμένης SJA

4.3.3 Αποδοχή ρίσκου

Στις παραδοσιακές αντιλήψεις σχετικά με το ρίσκο [114], η μελέτη της αποδοχής του ρίσκου γίνεται ως ένα μέρος της πιθανολογικής εκτίμησης του ρίσκου. Τα αποτελέσματα της μελέτης της αποδοχής του ρίσκου μπορεί να παρουσιαστούν στο πίνακα ρίσκου όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4.12 όπου το χρώμα πράσινο αντιστοιχεί σε αποδεκτό ρίσκο, το χρώμα πορτοκαλί όταν το ρίσκο θεωρείται αποδεκτό μετά την λήψη κατάλληλων μέτρων για τον περιορισμό του και κόκκινο όταν το ρίσκο θεωρείται μη αποδεκτό.

Η προαναφερθείσα αντίληψη μπορεί να εφαρμοστεί και συμπεριλαμβάνοντας στην μελέτη την ισχύ του ρίσκου [87], όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.13. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε σε ένα πίνακα να παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα της ανάλυσης ρίσκου, με τρόπο τέτοιο ώστε να φαίνονται πλήρως οι τρεις διαστάσεις του ρίσκου: η πιθανότητα και οι συνέπειες, μέσω του κάθετου άξονα ο οποίος δείχνει τα αποτελέσματα της πιθανολογικής ανάλυσης του ρίσκου και το γνωστικό υπόβαθρο, μέσω του οριζόντιου άξονα ο οποίος απεικονίζει την ισχύ του γνωστικού υπόβαθρου στο οποίο βασίστηκε η πιθανολογική ανάλυση. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4.12, σύμφωνα με αυτό τον τρόπο σκέψης, αν το γνωστικό υπόβαθρο θεωρείται μη ισχυρό, τότε το ρίσκο θεωρείται μη αποδεκτό, ακόμα και όταν με βάση τα αποτελέσματα της πιθανολογικής ανάλυσης θεωρείτο αποδεκτό.

Αν πάρουμε ως παράδειγμα την περίπτωση της διαρροής που μελετήθηκε προηγούμενα θα δούμε ότι στο πρώτο στάδιο το ρίσκο κρίθηκε αποδεκτό με βάση την κλασσική ανάλυση SJA. Στην συνέχεια, όμως, τα επόμενα στάδια οδήγησαν στην καλύτερη κατανόηση του ρίσκου λαμβάνοντας υπόψιν την αβεβαιότητα και τις πιθανές εκπλήξεις. Αυτό οδήγησε στην

διαπίστωση ότι το γνωστικό υπόβαθρο δεν ήταν ισχυρό, κάτι που με την σειρά του θα μπορούσε να οδηγήσει στον τελικό χαρακτηρισμό του ρίσκου ως μη αποδεκτό.

Αποδεκτό ρίσκο
Μείωση του ρίσκου όσο είναι πρακτικά δυνατό
Μη αποδεκτό ρίσκο

Σχήμα 4.11: Πίνακας εξήγησης χρωμάτων αποδοχής ρίσκου

	Πιθανότητα		
Συνέπειες	Χαμηλή	Μεσαία	Υψηλή
Υψηλές			
Μεσαίες			
Χαμηλές			

Σχήμα 4.12 Πίνακας ρίσκου με τα αποτελέσματα της ανάλυσης αποδοχής

4.3.4 Σύνοψη

Το συγκεκριμένο πλαίσιο αποτελεί μια πολύ σημαντική εξέλιξη στον τομέα του ρίσκου. Τονίζοντας την σημασία του γνωστικού υπόβαθρου στην μελέτη του ρίσκου καταφέρνει να φέρει στο φως πτυχές της αβεβαιότητας οι οποίες με τις παραδοσιακές μεθόδους δεν εντοπιζόνταν. Μέσω του παραδείγματος της διαρροής φάνηκαν δυο κύρια στοιχεία τα οποία προσθέτει η εκτίμηση της ισχύος του γνωστικού υπόβαθρου στην ανάλυση του ρίσκου. Αρχικά συνεισφέρει δημιουργώντας μια βασική συναίσθηση στην ομάδα ανάλυσης αλλά και στο προσωπικό της εγκατάστασης για το πώς το πραγματικό επίπεδο του γνωστικού υπόβαθρου επηρεάζει το ρίσκο. Στην συνέχεια, αναδεικνύει τους περιορισμούς που μπορεί να έχει αυτό στο ρίσκο που σχετίζεται με την υπό μελέτη εργασία και το ποια θα είναι τα ορθότερα μέτρα για την μείωση αυτού.

	Ισχύς γνωστικού υπόβαθρου		
Πιθανολογική εκτίμηση ρίσκου	Υψηλή	Μεσαία	Χαμηλή
Ρίσκο μη αποδεκτό			
Ανεκτό ρίσκο			
Ρίσκο αποδεκτό			

Σχήμα 4.13: Πίνακας ρίσκου στον οποίο περιλαμβάνεται και η διάσταση της ισχύος του γνωστικού υπόβαθρου

Η ύπαρξη της δεύτερης ομάδας, η οποία δεν έχει λάβει μέρος στον σχεδιασμό της υπό μελέτη εργασίας, είναι καίριας σημασίας για την αναγνώριση πιθανών παραλήψεων ή μαύρων κύκλων που μπορεί να προκύψουν. Έχοντας την εμπειρία αλλά και βλέποντας σαν εξωτερικοί παρατηρητές μπορεί να εντοπίσει πιθανές εκπλήξεις που η πρώτη ομάδα δεν γνώριζε την ύπαρξη τους (άγνωστα γνωστά). Αν δούμε το παράδειγμα που αναπτύχθηκε προηγουμένως θα διαπιστώσουμε πως αν και μια πιθανή διαρροή πετρελαίου μπορεί να θεωρηθεί ως ένα απρόβλεπτο γεγονός, θα ήταν λάθος να πούμε ότι ήταν εξ ολοκλήρου μια έκπληξη. Η πιθανή εκδήλωση της είναι γνωστή από άλλα άτομα, ομάδες ή κοινότητες. Η προσαρμοσμένη SJA είναι ένας τρόπος αντιμετώπισης της πρόκλησης που τίθεται από αυτού του είδους τα γεγονότα μέσω της βελτίωσης της ικανότητας του εντοπισμού αυτών με την εισαγωγή μιας δεύτερης ομάδας ανάλυσης με γνώσεις και εμπειρία σχετικές με το υπό μελέτη αντικείμενο.

Το βασικό πρόβλημα όμως αυτής της μεθόδου είναι το γεγονός ότι η εφαρμογή της είναι χρονοβόρα και κοστοβόρα. Η ύπαρξη της δεύτερης ομάδας, αν και καίριας σημασίας, αυξάνει αρκετά το κόστος. Πέρα από τους μισθούς των αναλυτών είναι αναγκαία η ύπαρξη κατάλληλων μέσων επικοινωνίας για την συνεχή και άμεση ανταλλαγή πληροφοριών. Ακόμα, η ανάγκη επανάληψης της ίδιας διαδικασίας αρκετές φορές κατά τη διάρκεια της ανάλυσης αυξάνει κατά πολύ τον συνολικό χρόνο που είναι απαραίτητος, άρα καθιστά αδύνατη την χρήση της πλήρους μεθόδου σε εργασίες που χρειάζεται να γίνουν άμεσα. Οι Veland και Aven [114] προτείνουν την χρήση της πλήρους μεθόδου μόνο σε περιπτώσεις κρίσιμων εργασιών με μεγάλη πιθανότητα σοβαρού ατυχήματος. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις προτείνουν την πραγματοποίηση

μόνο των δύο πρώτων βημάτων. Το σημαντικό θέμα το οποίο χρειάζεται προσοχή σε αυτή τη περίπτωση είναι η απόφαση για το αν κρίνεται η εργασία που πρόκειται να γίνει αρκετά επικίνδυνη ή όχι. Στο παράδειγμα μας, αρχικά η εργασία αυτή δεν θεωρήθηκε ότι είναι πιθανό να οδηγήσει σε κάποιο μεγάλο ατύχημα. Ένας κύριος λόγος της αποτυχίας εντοπισμού της πιθανότητας αυτής ήταν το ότι κατά την σχεδίαση της εργασίας δεν λήφθηκε υπόψιν η μικρή ισχύς του γνωστικού υπόβαθρου.

4.4 Ενοποιημένο πλαίσιο για την ανάλυση του ρίσκου και την ανάλυση τρωτότητας

4.4.1 Εισαγωγή

Σύμφωνα με τον Aven [12] ο τομέας της ανάλυσης και της διαχείρισης του ρίσκου, πάρα την υπάρχουσα πρόοδο, εξακολουθεί να θεωρείται ότι είναι σε μια πρώιμη φάση της ανάπτυξης του. Οι αναλυτές βρίσκονται αντιμέτωποι με μια σειρά από μεθοδολογικά προβλήματα που σχετίζονται με την ανάλυση του ρίσκου. Ακόμα, σημειώνει ότι είναι αναγκαία περαιτέρω έρευνα καθώς και προσπάθεια τυποποίησης των διαφόρων εννοιών που σχετίζονται με το ρίσκο ώστε ο τομέας του ρίσκου να αποκτήσει ένα πιο ώριμο και με επιστημονική βάση χαρακτήρα.

Αν παρατηρήσει κάποιος τις εξελίξεις που αφορούν τον επιστημονικό τομέα του ρίσκου, θα παρατηρήσει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για την εφαρμογή της ανάλυσης και της διαχείρισης του ρίσκου όχι μόνο σε ζητήματα που αφορούν την ασφάλεια σε έκτακτες καταστάσεις που προκύπτουν από μη αναμενόμενα γεγονότα (safety), αλλά και την ασφάλεια έναντι τρομοκρατικών επιθέσεων (security). Για την δημιουργία ενός πλαισίου το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί και στις δυο αυτές καταστάσεις πρέπει να καταστεί σαφές τι ακριβώς είναι το ρίσκο και οι έννοιες που αφορούν αυτό. Υπάρχουν αρκετά πλαίσια τα οποία έχουν προταθεί, όπως για παράδειγμα του Garrick κ.α. [117], τα οποία σύμφωνα με τον Aven [12] εστιάζουν σε λάθος έννοιες και μεγέθη. Σύμφωνα με τον Aven [12], οι βασικές μεταβλητές που θα έπρεπε να εστιάζεται ένα κατάλληλο πλαίσιο είναι η ύπαρξη ή όχι μιας επίθεσης, ο αριθμός των επιθέσεων που συμβαίνουν σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, και παρόμοια παρατηρήσιμα μεγέθη σχετικά με το μέλλον.

4.4.2. Οι έννοιες του πλαισίου αυτού

Στο συγκεκριμένο πλαίσιο, ο σκοπός είναι η ανάλυση της τρωτότητας παράλληλα με την ανάλυση του ρίσκου στο υπό μελέτη αντικείμενο. Το αντικείμενο αυτό μπορεί να είναι μια δραστηριότητα ή ένα σύστημα με μία ή περισσότερες λειτουργίες, σημαντικές για το κοινωνικό σύνολο. Τέτοια συστήματα μπορεί να είναι συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, συστήματα πληροφοριών και επικοινωνιών και συστήματα μεταφορών. Αυτά τα συστήματα είναι εκτεθειμένα σε κινδύνους και απειλές οι οποίες είναι πιθανό να οδηγήσουν σε διάφορες συνέπειες. Οι συνέπειες αυτές, είναι οι παρατηρήσιμες μεταβλητές οι οποίες περιγράφουν καταστάσεις άγνωστες την στιγμή της ανάλυσης. Ακόμα, έχουμε τις πηγές ρίσκου, οι οποίες εκφράζουν τις καταστάσεις ή τα γεγονότα τα οποία μπορούν εν δυνάμει να οδηγήσουν σε κάποιες συγκεκριμένες συνέπειες και χωρίζονται σε απειλές, κινδύνους και ευκαιρίες. Ένα παράδειγμα ευκαιρίας, το οποίο αναφέρει ο Aven [12], είναι μια προγραμματισμένη διακοπή λειτουργίας με σκοπό την συντήρηση.

Ακόμα, ο Aven [12] σε αυτό το πλαίσιο χρησιμοποιεί τον ορισμό του ρίσκου ως συνδυασμό των πιθανών συνεπειών και της αβεβαιότητας καθώς και της τρωτότητας ως τον συνδυασμό των πιθανών συνεπειών και της σχετικής αβεβαιότητας με δεδομένη μια πηγή. Σύμφωνα με την συγκεκριμένη μέθοδο, οι έννοιες του ρίσκου και της τρωτότητας μπορούν ποσοτικά να εκφραστούν με την χρήση των πιθανοτήτων και των αναμενόμενων τιμών. Εδώ, η πιθανότητα χρησιμοποιείται ως το μέτρο της αβεβαιότητας μέσα από τα μάτια του αναλυτή.

4.4.3 Περιγραφή πλαισίου

Κατά την ανάλυση του ρίσκου και της τρωτότητας γίνεται ο εντοπισμός των πηγών ρίσκου, η αναγνώριση των ευάλωτων σημείων, η εκτίμηση της αβεβαιότητας καθώς και η περιγραφή του ρίσκου. Όπως περιεγράφηκε προηγούμενα, αν η ανάλυση είναι ποσοτική, η αβεβαιότητα εκτιμάται με την χρήση πιθανοτήτων και αναμενόμενων τιμών. Συνεπώς, κατά την ανάλυση γίνεται ο υπολογισμός των πιθανοτήτων και των αναμενόμενων τιμών των παρατηρήσιμων μεταβλητών του υπό μελέτη συστήματος με την παρακάτω μορφή:

$$P(A|K) \text{ και } E(X|K)$$

Όπου Α είναι το γεγονός που μας ενδιαφέρει, Χ η παρατηρήσιμη μεταβλητή και Κ το γνωστικό υπόβαθρο.

Σύμφωνα με το πλαίσιο αυτό, η ανάλυση του ρίσκου και της τρωτότητας χωρίζεται στα ακόλουθα βασικά στάδια:

1. Αναγνώριση των λειτουργιών και των υπολειτουργιών που πρέπει να μελετηθούν και των σχετικών μεταβλητών που εκφράζουν την κατάσταση λειτουργείας τους (δείκτες απόδοσης)
2. Καθορισμός των συστημάτων στα οποία αυτές υπάγονται
3. Αναγνώριση των αντίστοιχων πηγών ρίσκου (απειλές, κίνδυνοι και ευκαιρίες)
4. Ανάλυση της αβεβαιότητας σχετικά με τις πηγές ρίσκου
5. Ανάλυση των συνεπειών και της αβεβαιότητας σχετικά με αυτές
6. Περιγραφή του ρίσκου και της τρωτότητας
7. Εκτίμηση του ρίσκου και της τρωτότητας
8. Αναγνώριση συγκεκριμένων μέτρων και επιστροφή στο στάδιο 3

Τα συγκεκριμένα στάδια, όπως αναφέρει και ο Aven [12] , αν και βρίσκονται σε χρονική σειρά, αυτή η σειρά δεν είναι αυστηρή. Για παράδειγμα, όταν εντοπίζεται μια πηγή ρίσκου, είναι συχνό να γίνεται μια πρώτη πρόχειρη αναγνώριση των πιθανών συνεπειών με σκοπό να διαπιστωθεί αν έχει νόημα η παραπάνω ανάλυση της ή είναι δυνατό να παραληφθεί.

Για την καλύτερη κατανόηση θα χρησιμοποιηθεί το παράδειγμα το οποίο αναφέρει ο Aven [12] , το οποίο είναι βασισμένο σε παράδειγμα του Garrick [117]. Αυτό το παράδειγμα αφορά ένα υποθετικό ηλεκτρικό δίκτυο το οποίο δέχεται μια ηλεκτρονική ή φυσική επίθεση.

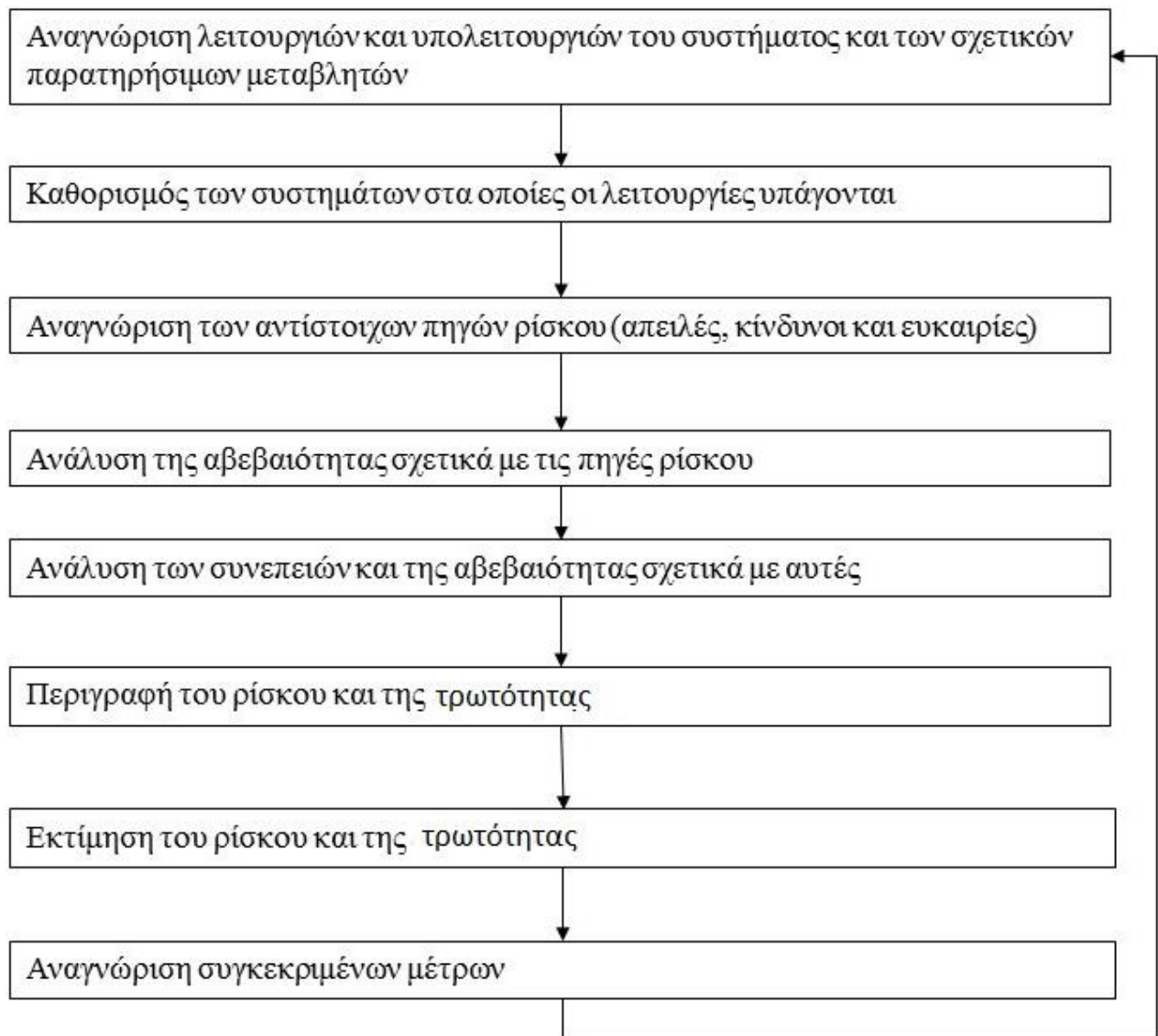
Βήμα 1: Αναγνώριση των λειτουργιών και των υπολειτουργιών που πρέπει να μελετηθούν και των σχετικών μεταβλητών που εκφράζουν την κατάσταση λειτουργείας τους (δείκτες απόδοσης)

Το συγκεκριμένο σύστημα έχει πολλές υπολειτουργίες, αλλά η βασική λειτουργία του είναι η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, και οι μεταβλητές που εκφράζουν την κατάσταση της λειτουργίας αυτού είναι οι εξής:

- I. Επίπεδο ζημιάς
 - 0 καμία ζημιά
 - 1 μικρής διάρκειας (4-24 ώρες) διακοπή στο δίκτυο 1
 - 2 μικρής διάρκειας διακοπή σε όλη τη περιοχή και στο δίκτυο 1
 - 3 μεγάλης διάρκειας (πάνω 24 ώρες) διακοπή στο δίκτυο 1

- 4 μεγάλης διάρκειας διακοπή στο δίκτυο 1 και μικρής διάρκειας διακοπή σε όλη τη περιοχή
- 5 μεγάλης διάρκειας διακοπή σε όλη τη περιοχή και στο δίκτυο 1
- II. Αριθμός των επιθέσεων
- III. Ποσοστό των επιθέσεων που θα είναι επιτυχείς

Βασικά Στάδια Πλαισίου



Σχήμα 4.14: Βασικά στάδια ενοποιημένου πλαισίου για την ανάλυση του ρίσκου και την ανάλυση τρωτότητας

Βήμα 2: Καθορισμός των συστημάτων στα οποία υπάγονται οι λειτουργίες

Σε αυτό το βήμα γίνεται ο σαφής καθορισμός του συστήματος, στο οποίο υπάγονται οι λειτουργίες που έχουν αναγνωριστεί προηγούμενα, και η κατανόηση του τρόπου λειτουργίας αυτού. Αυτή η διαδικασία έχει μεγάλη σημασία, διότι μέσα από την σωστή κατανόηση του τρόπου με τον οποίο το σύστημα και τα υποσυστήματα που το αποτελούν λειτουργούν μπορεί να γίνει με μεγαλύτερη ευκολία και ακρίβεια η αναγνώριση των ευάλωτων σημείων του συστήματος, κάτι που με την σειρά του θα οδηγήσει σε καλύτερη αντιμετώπιση τους. Στο παράδειγμα μας, το ηλεκτρικό δίκτυο έχει τέσσερα βασικά στοιχεία:: υποσταθμούς, γραμμές μεταφοράς, συστήματα εποπτικού ελέγχου και καταγραφής και τα συστήματα διαχείρισης.

Βήμα 3: Αναγνώριση των αντίστοιχων πηγών ρίσκου (απειλές, κίνδυνοι και ευκαιρίες)

Στο βήμα αυτό γίνεται η αναγνώριση όλων των πηγών ρίσκου που μπορεί να οδηγήσουμε σε κάποιες συνέπειες. Αυτό γίνεται με την χρήση αντίστοιχων αναλύσεων που έχουν γίνει στο παρελθόν για τον συγκεκριμένο τύπο συστήματος, με την χρήση στατιστικών μελετών καθώς και με την επιστράτευση της σκέψης και την εμπειρίας των αναλυτών.

Βήμα 4: Ανάλυση της αβεβαιότητας σχετικά με τις πηγές ρίσκου

Αυτό το κομμάτι της ανάλυσης μπορεί να χωριστεί στα παρακάτω επιμέρους βήματα:

1. Συλλογή πληροφοριών
2. Αναγνώριση των πιθανών σεναρίων
3. Εκτιμήσεις της αβεβαιότητας
4. Υπολογισμός των πιθανοτήτων

Ξεκινώντας από τα πιθανά αρχικά γεγονότα που έχουν καταγραφεί και με την χρήση δέντρων γεγονότων και δέντρων σφαλμάτων μπορεί να γίνει η

αναγνώριση των πιθανών συνεπειών αυτών των αρχικών γεγονότων καθώς και η αναγνώριση των σεναρίων που μπορούν να οδηγήσουν στα αρχικά σεσνάρια. Το κομμάτι της ανάλυσης που αφορά το πώς φτάνουμε στα αρχικά γεγονότα καλύπτεται από αυτό το βήμα.

Στο υπό μελέτη παράδειγμα μπορούν να διακριθούν δύο πιθανά σεσνάρια:

- i. Φυσική επίθεση στο δίκτυο
- ii. Επίθεση χάκερ στα ηλεκτρονικά συστήματα του δικτύου

Σε αυτή τη φάση, ουσιαστικά γίνεται η ανάλυση των γεγονότων και των καταστάσεων που χρειάζονται για να πραγματοποιηθούν τα υπό μελέτη αρχικά γεγονότα. Για παράδειγμα, αν μελετήσουμε την περίπτωση της φυσικής επίθεσης στο δίκτυο, θα πρέπει αρχικά να μελετήσουμε την φύση της επίθεσης. Πιο συγκεκριμένα, θα πρέπει να μελετηθεί το ποιοι είναι πιθανό να είναι ο επιτιθέμενος, ποια είναι τα κίνητρα τους, οι πιθανοί τρόποι με τους οποίους μπορεί να επιτεθούν με σκοπό να καταστρέψουν κομμάτι των εγκαταστάσεων, ο εξοπλισμός και η ικανότητα που χρειάζονται για αυτή την επίθεση.

Ακόμα, κατά την ανάλυση θα πρέπει να μελετηθούν οι παράγοντες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την απόδοση των επιτιθεμένων, τα συστήματα και τα εμπόδια που διαθέτει το υπό μελέτη σύστημα για να αμυνθεί σε μια ενδεχόμενη επίθεση και να μειώσει συνέπειές αυτής.

Το πιθανότερο αποτέλεσμα μιας τέτοιας ανάλυσης είναι ότι είναι αρκετά απίθανη μια ενδεχόμενη επίθεση, όμως υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με αυτό. Για να εκτιμηθεί αυτή η αβεβαιότητα είναι απαραίτητο να απαντηθούν οι εξής ερωτήσεις:

- Πόσο πιθανή είναι μια επίθεση στο ηλεκτρικό δίκτυο σε ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα;
- Υπάρχουν μεγάλες αβεβαιότητες σχετικά με τα φαινόμενα τα οποία επηρεάζουν την εμφάνιση αυτού του γεγονότος;
- Ποιοι είναι οι βασικοί παράγοντες δημιουργούν τις αβεβαιότητες.

Η εκτίμηση της αβεβαιότητας και ο υπολογισμός των πιθανοτήτων βασίζονται σε πληροφορίες από παρόμοιου είδους μονάδες ή δραστηριότητες με αυτή που μελετάται. Αν μπορούμε να προσδιορίσουμε πληθυσμούς παρόμοιων μονάδων (δραστηριοτήτων), μπορεί η αβεβαιότητα και οι πιθανότητες να εκτιμηθούν με βάση τις ιδιότητες αυτών.

Βήμα 5: Ανάλυση των συνεπειών και της αβεβαιότητας σχετικά με αυτές

Στο βήμα 4, μέσω δέντρων σφαλμάτων και δέντρων γεγονότων γίνεται η ανάλυση των γεγονότων που οδηγούν σε ένα αρχικό γεγονός, μια επίθεση στο παράδειγμα μας. Στην συνέχεια στο βήμα 5 η ανάλυση προχωράει, με την χρήση των ίδιων εργαλείων, στα γεγονότα που θα ακολουθήσουν μετά από το αρχικό γεγονός. Αντίστοιχα με το βήμα 4 το βήμα 5 χωρίζεται στα εξής βήματα:

1. Συλλογή πληροφοριών
2. Αναγνώριση των πιθανών σεναρίων
3. Εκτιμήσεις της αβεβαιότητας
4. Υπολογισμός των πιθανοτήτων

Στην συνέχεια, γίνεται η ανάλυση της τρωτότητας με βάση την οποία αναλύονται οι πιθανές συνέπειες στις οποίες θα οδηγήσει το αρχικό γεγονός και τα γεγονότα που έχουν συμβεί λόγω αυτού.

Για την ανάλυση της τρωτότητας ο Aven [12] προτείνει την χρήση μιας μεθόδου που προτάθηκε από τον Anton [118]. Η συγκεκριμένη μέθοδος βασίζεται στον εντοπισμό των τρωτών σημείων του συστήματος χρησιμοποιώντας ένα κατάλογο ελέγχου, ο οποίος μπορεί χρησιμοποιηθεί σε φυσικά και ηλεκτρονικά συστήματα, κοινωνικά σύνολα και υποδομές, και καλύπτει τις ιδιότητες που σχετίζονται με την αρχιτεκτονική και τον σχεδιασμό του συστήματος, με την συμπεριφορά του και κάποιες γενικότερες ιδιότητες. Ο στόχος αυτού του καταλόγου είναι με την συστηματική μελέτη αυτών των χαρακτηριστικών να γίνει ο εντοπισμός των ευάλωτων σημείων του συστήματος τα οποία μια κλασσική ανάλυση τρωτότητας δεν θα εντόπιζε.

Έπειτα, γίνεται η ανάλυση των συνεπειών με την χρήση του συστήματος ταξινόμησης που προτάθηκε από τους Renn και Klinker [119] και τροποποιήθηκε από τους Kristensen και Aven [120]. Σε αυτό το σύστημα ταξινόμησης προτείνεται η ταξινόμηση των συνεπειών με βάση τα εξής χαρακτηριστικά:

- 1) Πιθανές συνέπειες- οι οποίες γίνονται εμφανείς μέσω των δεικτών απόδοσης στο μέλλον, όπως τα κόστη, τα έσοδα, το μέγεθος της παραγωγής, οι παραδώσεις προϊόντων, οι απώλειες ζωών κτλ.
- 2) Διασπορά – η οποία περιγράφει την γεωγραφική διασπορά των πιθανών συνεπειών
- 3) Διάρκεια – που περιγράφει την χρονική έκταση των ζημιών
- 4) Χρόνος καθυστέρησης- ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στο αρχικό γεγονός και τις επιπτώσεις των ζημιών.

- 5) Αναστρεψιμότητα- που περιγράφει την πιθανότητα πλήρους αποκατάστασης της λειτουργίας στην κατάσταση προ του αρχικού γεγονότος πριν να υπάρξουν αρνητικές επιπτώσεις
- 6) Η διαφορά μεταξύ εκείνων που απολαμβάνουν τα οφέλη από την υπό μελέτη δραστηριότητα και εκείνων που αντιμετωπίζουν το ρίσκο.
- 7) Η δυσκολία δημιουργίας των κατάλληλων (αντιπροσωπευτικών) μέτρων απόδοσης (παρατηρήσιμες μεταβλητές σε ένα υψηλό επίπεδο του συστήματος).

Αντίστοιχα με το βήμα 4, στην συνέχεια έχουμε την εκτίμηση της αβεβαιότητας απαντώντας στις εξής ερωτήσεις:

- Πόσο πιθανές είναι οι διάφορες συνέπειες, οι οποίες έχουν προκύψει με τον παραπάνω τρόπο κατηγοριοποίησης;
- Πρόκειται να υπάρξει μεγάλη αβεβαιότητα στα φαινόμενα τα οποία επηρεάζουν τα αποτελέσματα ;
- Ποιο είναι οι κύριοι παράγοντες που δημιουργούν αυτή την αβεβαιότητα;

Βήμα 6: Περιγραφή του ρίσκου και της τρωτότητας

Στο επόμενο και έκτο βήμα της ανάλυσης γίνεται η σύνοψη των προηγούμενων δύο αναλύσεων και των αποτελεσμάτων τους ώστε να δημιουργηθεί μια συνολική παρουσίαση του ρίσκου η οποία θα περιλαμβάνει:

- Τα συνολικά αποτελέσματα της ανάλυσης ρίσκου, παρουσιάζοντας τους δείκτες απόδοσης και της αντίστοιχες πιθανότητες.
- Τα αποτελέσματα των αναλύσεων των πηγών ρίσκου και της σχετικής αβεβαιότητας
- Τα αποτελέσματα των αναλύσεων σχετικά με τις συνέπειες και τις σχετική αβεβαιότητα

Στην συνέχεια, γίνεται η εκτίμηση της αβεβαιότητας με την χρήση πιθανοτήτων, η οποία οδηγεί σε κατανομές πιθανότητας που περιγράφουν τις μεταβλητές που ενδιαφέρουν τους αναλυτές στο υπό μελέτη σύστημα. Στο παράδειγμα μας αυτές οι μεταβλητές θα μπορούσαν να είναι οι εξής:

- Ο αριθμός των μελλοντικών επιθέσεων
- Ο δείκτης επιτυχίας μιας επίθεσης, 0 αν είναι ανεπιτυχής και 1 αν είναι επιτυχής
- Το ποσοστό των επιθέσεων που είναι επιτυχείς
- Ο αριθμός των επιτυχημένων επιθέσεων

Ως σημείο έναρξης της περιγραφή του ρίσκου χρησιμοποιείται η έννοια της αναμενόμενης τιμής, μιας και η αναμενόμενη τιμή προσφέρει ακριβείς εκτιμήσεις στην περίπτωση ύπαρξης μεγάλου αριθμού αντίστοιχων δραστηριοτήτων, η οποία υπολογίζεται από τον εξής τύπο:

$$EC_i = \sum_j E[C_i I(A_j)] = \sum_j E[C_i | A_j] P(A_j)$$

Όπου C_i μια πιθανή συνέπεια σε συγκεκριμένη περίοδο χρόνου

A_j μια πηγή ρίσκου

$I(A_j)$ ο δείκτης πραγματοποίησης του A_j (1 αν πραγματοποιηθεί και 0 αν όχι)

Συνεπώς, για τον χαρακτηρισμό του ρίσκου πρέπει να υπολογιστούν η πιθανότητα του γεγονότος A_j καθώς και η αναμενόμενη τιμή των διαφόρων συνεπειών δεδομένης της ύπαρξης του γεγονότος A_j και στην συνέχεια να πολλαπλασιαστούν.

Στην συνέχεια, εκπονείται ένας πίνακας ο οποίος περιλαμβάνει της αναμενόμενες τιμές καθώς και τους παράγοντες οι οποίοι περιγράφουν τις πιθανές αποκλίσεις που μπορούν να υπάρξουν ανάμεσα στις αναμενόμενες τιμές και τις πραγματικές τιμές. Αυτοί οι παράγοντες περιλαμβάνουν:

- Τις τρωτότητες
- Την πολυπλοκότητα της τεχνολογίας
- Την πολυπλοκότητα στους οργανισμούς
- Τις υπάρχουσες πληροφορίες
- Τον χρονικό ορίζοντα
- Το επίπεδο διαχειρισιμότητας. Σε ποιο βαθμό είναι δυνατός ο έλεγχος και η μείωση των αβεβαιοτήτων και η επίτευξη επιθυμητών αποτελεσμάτων; Ορισμένες πηγές ρίσκου είναι περισσότερο διαχωρίσιμες από άλλες, κάτι που σημαίνει ότι σε αυτές είναι δυνατό να μειωθεί η αβεβαιότητα και σε επέκταση το ρίσκο. Με την κατάλληλη διαχείρισης της αβεβαιότητας μπορεί να επιτευχθούν οι επιθυμητές συνέπειες.
- Τη πληρότητα και τη εγκυρότητα της ανάλυσης.

Κάθε ένα από αυτούς τους παράγοντες βαθμολογείται ανάλογα με την σημασία και τον τρόπο επιρροής του στην απόκλιση.

Μια εναλλακτική μέθοδος για τη συγκεκριμένη διαδικασία προτείνεται από τους Kristensen και Aven [120] και είναι βασισμένη σε ένα σύστημα που προτάθηκε από τους Renn και Klinkle [119]. Σε αυτή διαδικασία γίνεται η κατάταξη του ρίσκου σε μια από τις επτά διαφορετικές κατηγορίες, από πολύ

χαμηλό ρίσκο ως πολύ ψηλό, με βάση τα κύρια χαρακτηριστικά του ρίσκου, δηλαδή τις πιθανές συνέπειες και την αντίστοιχη αβεβαιότητα (Σχήμα 4.15).

Βήμα 7: Εκτίμηση του ρίσκου και της τρωτότητας

Στο συγκεκριμένο βήμα, συνοψίζονται τα αποτελέσματα όλων των φάσεων της ανάλυσης που μέχρι εκείνη την στιγμή έχει γίνει. Από τα προηγούμενα βήματα έχουν αναλυθεί όλες οι πιθανές πηγές ρίσκου και οι πιθανές συνέπειες τους και έχουν διατηρηθεί όσες κρίθηκαν απαραίτητο από τα οποία προέκυψε η περιγραφή του ρίσκου. Στην συγκεκριμένη φάση πραγματοποιείται η εκτίμηση του ρίσκου και κρίνεται σε ποιο σημείο αυτό είναι αποδεκτό ή όχι. Στην περίπτωση την οποία κριθεί ότι το ρίσκο, με τη υφιστάμενη κατάσταση, δεν είναι αποδεκτό τότε η ανάλυση προχωράει στο επόμενο βήμα.

Κατηγορίες			Επίπεδο του ρίσκου
	Πιθανές Συνέπειες	Αβεβαιότητα σχετικά με της συνέπειες	
1	Μικρές	Μικρή/Μεσαία/Μεγάλη	
2	Μεσαίες	Μικρή	
3	Μεσαίες	Μεσαία	
4	Μεσαίες	Μεγάλη	
5	Μεγάλες	Μικρή	
6	Μεγάλες	Μεσαία	
7	Μεγάλες	Μεγάλη	

Σχήμα 4.15: Αξιολόγηση επιπέδου ρίσκου

Βήμα 8: Αναγνώριση συγκεκριμένων μέτρων

Εδώ, μετά από την κρίση του ρίσκου ως μη αποδεκτό γίνεται η αναγνώριση των πιθανών μέτρων που θα πρέπει να ληφθούν ώστε το επίπεδο του ρίσκου να φτάσει τα αποδεκτά όρια, μέσω της μείωσης της τρωτότητας. Αν, για παράδειγμα, στην περίπτωση του ηλεκτρικού δικτύου κριθεί ότι τα υπάρχοντα συστήματα δεν είναι επαρκή ή είναι ευάλωτα σε περίπτωση μια ηλεκτρονικής επίθεσης τότε μελετώνται τρόποι ενίσχυσης αυτών. Πιθανοί τρόποι θα μπορούσαν να είναι η προσθήκη ενός τοίχους προστασίας (firewall), η προσθήκη πολύπλοκων κωδικών ασφαλείας και άλλων τρόπων κωδικοποίησης στα ηλεκτρονικά συστήματα καθώς και προγραμμάτων anti-virus. Στην συνέχεια, η ανάλυση θα πρέπει να επαναληφθεί από το τρίτο βήμα, με δεδομένο αυτή τη φορά τις αλλαγές που έχουν προταθεί.

4.4.4 Σύνοψη

Στο συγκεκριμένο πλαίσιο, αν και κάποιοι ορισμοί είναι λίγο ασαφείς και κυκλικοί, όπως 'Έχοντας ορίσει το ρίσκο, μπορούμε να ορίσουμε την ανάλυση ρίσκου ως την ανάλυση του ρίσκου' ή 'Η τρωτότητα είναι ένα χαρακτηριστικό ή μια πτυχή του συστήματος που κρίνεται ότι οδηγεί σε υψηλή τρωτότητα', παρέχεται μια ολοκληρωμένη και σαφή μέθοδος για την μελέτη του ρίσκου σε περιπτώσεις ακούσιων γεγονότων καθώς και εκούσιων. Ακόμα συνδυάζει την μελέτη του ρίσκου με την μελέτη της τρωτότητας, δίνοντας μια πιο ολοκληρωμένη μορφή στην μελέτη του ρίσκου και παρέχοντας ένα συμπαγές και ολοκληρωμένο πλαίσιο για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας. Στην ουσία, το συγκεκριμένο πλαίσιο συνδυάζει ποσοτικές και ποιοτικές μεταβλητές, δίνοντας τους το απαραίτητο βάρος με σκοπό να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια διαδικασία λήψης αποφάσεων.

4.5 Ημι-ποσοτική Ανάλυση

4.5.1 Εισαγωγή

Η συγκεκριμένη αντίληψη προτάθηκε από τον Aven [121] και η βασική ιδέα αυτής στηρίζεται στην άποψη ότι το ρίσκο δεν μπορεί να περιγράψει και να αξιολογηθεί κατάλληλα χρησιμοποιώντας μαθηματικούς τύπους βασισμένους στην χρήση των πιθανοτήτων και των αναμενόμενων τιμών. Αυτή η άποψη αναδεικνύει την ανάγκη μεθόδων και αντιλήψεων οι οποίες βλέπουν πέρα από τις τυπικές πιθανολογικές αναλύσεις, μεθόδων που συνδυάζουν ποσοτική με ποιοτική ανάλυση. Το κύριο συστατικό της έννοιας του ρίσκου είναι η αβεβαιότητα και όχι οι πιθανότητες. Σύμφωνα με τον Aven [121], τα βασικά στοιχεία που πρέπει να ληφθούν υπόψιν σε μια νέα αντίληψη σχετίζονται με την αβεβαιότητα σχετικά με τα φαινόμενα και τις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στο υπό μελέτη αντικείμενο, και τους παράγοντες διαχειρισσιμότητας της αβεβαιότητας. Αυτές οι πτυχές του ρίσκου συχνά αγνοούνται στις κλασσικές ποσοτικές μεθόδους. Σε αυτές τις μεθόδους οι υπολογισμοί που γίνονται είναι μεγάλοι σε όγκο και κουραστικοί και περιλαμβάνουν κατά πολύ το στοιχείο της αυθαιρεσίας, συνεπώς είναι αμφισβητήσιμοι.

4.5.2 Οι έννοιες του πλαισίου αυτού

Στο συγκεκριμένο πλαίσιο το ρίσκο ορίζεται ως η αβεβαιότητα σχετικά με τις συνέπειες μιας δραστηριότητας και τη σοβαρότητα αυτών σε σχέση με κάτι το οποίο έχει αξία για τον άνθρωπο. Η σοβαρότητα των συνεπειών αναφέρεται στην ένταση, το μέγεθος, την έκταση, το πεδίο εφαρμογής, καθώς και άλλα πιθανά μεγέθη που αφορούν το μέγεθος, και επηρεάζει κάτι που έχει αξία για τον άνθρωπο (ζωή, περιβάλλον, χρήματα, κλπ). Ακόμα, στο συγκεκριμένο πλαίσιο η αβεβαιότητα θεωρείται ότι έχει μόνο γνωσιολογικό χαρακτήρα.

4.5.3 Περιγραφή πλαισίου

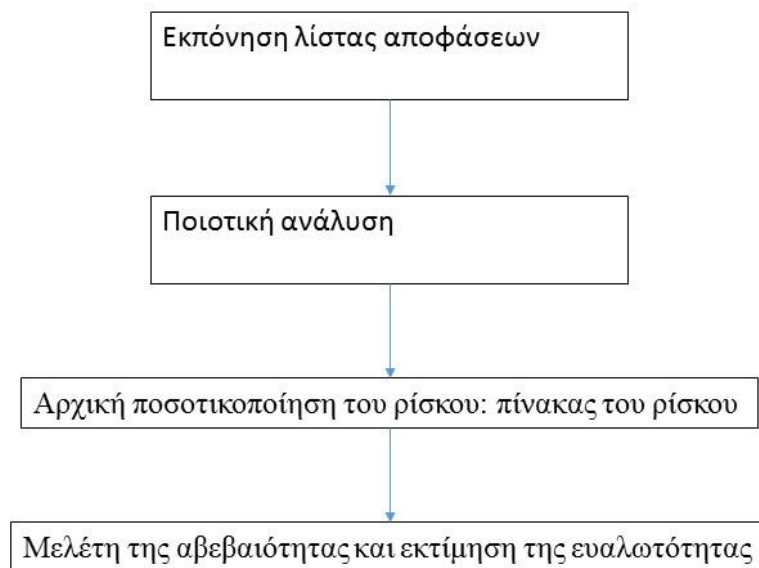
Για την παρουσίαση αυτής της αντίληψης θα χρησιμοποιηθεί το οποίο είναι βασισμένο στο παράδειγμα που αναφέρεται στο [44]. Τα στάδια της μεθόδου παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.16.

Έστω μια υπεράκτια πλατφόρμα εξόρυξης πετρελαίου η οποία είναι υπό λειτουργία και αποτελεί μέρος μιας κεντρικής εγκατάστασης σε μορφή γέφυρας στην οποία έχουν προστεθεί διάφορες μικρότερες εγκαταστάσεις. Στην συγκεκριμένη πλατφόρμα γίνεται μια σημαντική τροποποίηση, η οποία περιλαμβάνει την προσθήκη ενός καινούριου εξοπλισμού παραγωγής, διαδικασία η οποία θα έχει σημαντική επίπτωση τα επίπεδα του ρίσκου. Η επίπτωση αυτή αφορά την αύξηση των πιθανών πηγών διαρροής αερίου ή πετρελαίου, κάτι το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της πιθανότητας μιας ενδεχόμενης έκρηξης ή φωτιάς. Ο σκοπός της μελέτης είναι, μέσω της ανάλυσης του ρίσκου, να κριθεί αν είναι απαραίτητη η προσθήκη επιπλέον μέτρων πυρασφάλειας για την προστασία του προσωπικού από μια ενδεχόμενη σοβαρή πυρκαγιά στην πλατφόρμα και την μείωση των πιθανών συνεπειών αυτής. Η συγκεκριμένη εγκατάσταση θεωρούμε ότι αρχικά διαθέτει περιορισμένη δυνατότητα προστασίας του προσωπικού, από μια πυρκαγιά ή από τα αποτελέσματα μιας έκρηξης, στους διαδρόμους διαφυγής.

Το πρώτο βήμα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι η εκπόνηση μιας λίστας με τις εναλλακτικές αποφάσεις που προτείνονται για την λύση του υπό μελέτη προβλήματος.

Για το παράδειγμα μας θεωρούμε τις εξής πιθανές αποφάσεις:

1. Μικρή βελτίωση των διαθέσιμων μέσων προστασίας με σκοπό την εξισορρόπηση της αύξησης του ρίσκου, η οποία προκλήθηκε από την τροποποίηση της εγκατάστασης, φτάνοντας στα προηγούμενα επίπεδα ρίσκου
2. Εφαρμογή προστατευτικής θωράκισης στις υπάρχουσες εξόδους ασφαλείας καθώς και τρόπων προστασίας από την υπερπίεση με σκοπό την αποφυγή της εισχώρησης καπνού στις εξόδους ασφαλείας
3. Καμία δράση, αποδοχή της υπάρχουσας κατάστασης



Σχήμα 4.16: Βήματα ημι-ποσοτικής ανάλυσης

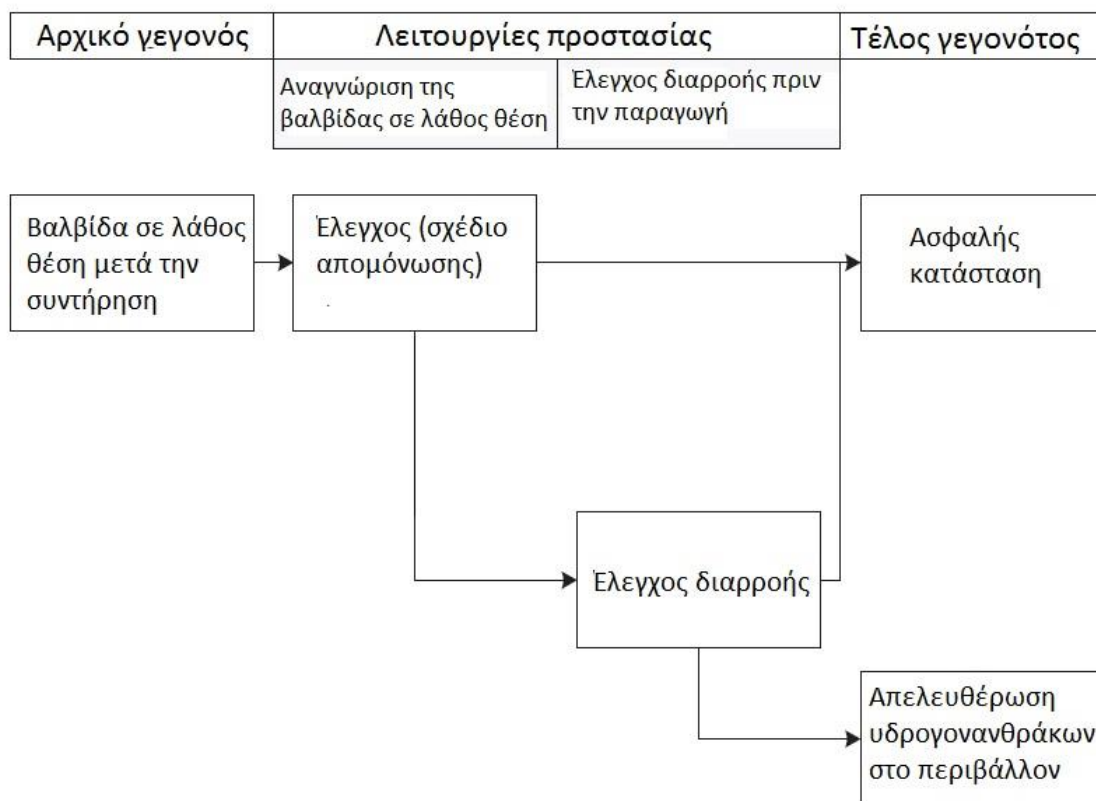
Ακολουθώντας την παραδοσιακή αντίληψη για την ανάλυση του ρίσκου, ο υπολογισμός του ρίσκου θα γινόταν με την χρήση διαφόρων δεικτών, όπως οι IR και PLL, οι οποίοι το πιθανότερα είναι να οδηγούσαν στο συμπέρασμα ότι το προτεινόμενο μέτρο της εφαρμογής προστατευτικής θωράκισης κοστίζει πολύ σχετικά με την μείωση ρίσκου που προσφέρει. Σύμφωνα, όμως, με τον Aven αν και τα αποτελέσματα μια ημι-ποσοτικής ανάλυσης μπορεί να είναι τα ίδια, το πώς περιγράφεται το ρίσκο, δηλαδή το πώς κρίνεται η σημασία του ρίσκου, ποιο επίπεδο του ρίσκου θεωρείται αποδεκτό κτλ., μπορεί να επηρεάσει την εκτίμηση του. Η βασική ιδέα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ότι θα πρέπει να παρουσιάζεται μια πιο ευρεία εικόνα του ρίσκου, κάτι το οποίο δεν μπορεί να γίνει με τον υπολογισμό των πιθανοτήτων και των αναμενόμενων τιμών που γίνεται στις παραδοσιακές μεθόδους.

Ποιοτική ανάλυση

Στην υπό μελέτη περίπτωση, λόγω του γεγονότος ότι η εγκατάσταση ήδη λειτουργεί, έχουμε μόνο νέες πηγές ρίσκου (τρόπους διαρροής). Οι λειτουργίες προστασίας που πρέπει να εξασφαλιστούν είναι οι εξής:

- η πρόληψη της απώλειας ελέγχου της διαρροής,
- η αποτροπή της ανάφλεξης
- η μείωση των εκπομπών αερίων
- η αποτροπή της κλιμάκωσης της διαρροής
- η πρόληψη θανάτων

Για κάθε μια από αυτές τις λειτουργίες γίνεται ποιοτική ανάλυση, όπως και στην περίπτωση της ποσοτικής ανάλυσης, στην οποία όμως τονίζονται και οι λειτουργικές πτυχές του συστήματος. Ως ένα παράδειγμα αυτού του είδους της ανάλυσης, παρουσιάζεται το Σχήμα 4.17, το οποίο αφορά μια πιθανή απελευθέρωση υδρογονανθράκων, με αρχικό γεγονός την εκδήλωση του γεγονότος 'βαλβίδα σε λάθος θέση μετά τη συντήρηση'. Για την ανάλυση της απόδοσης των μέτρων ασφαλείας μπορεί να σχεδιαστεί ένα δέντρο σφαλμάτων όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4.18. Ακόμα, στο Σχήμα 4.19 παρουσιάζεται ένα διάγραμμα επιρροής για το αρχικό γεγονός 'Ο υπεύθυνος τεχνικός δεν εντοπίζει την βαλβίδα σε λάθος θέση κατά τον έλεγχο.



Σχήμα 4.17: Διάγραμμα δικλίδων ασφαλείας

Σύμφωνα με τον Aven, η συγκεκριμένη ημι-ποσοτική μέθοδος, σε αντίθεση με άλλες μεθόδους που συνδυάζουν ποιοτικά με ποσοτικά χαρακτηριστικά, δίνει έμφαση στις εξής πληροφορίες:

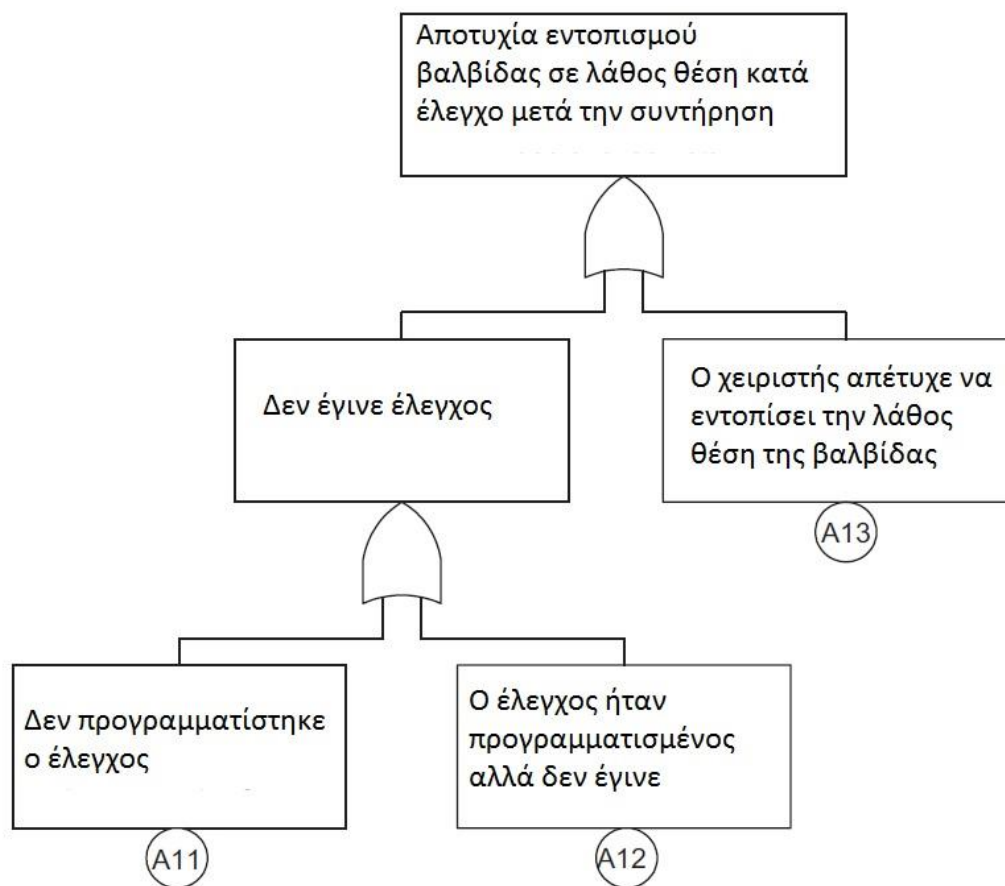
- τα ιστορικά δεδομένα για επικίνδυνες καταστάσεις και ατυχηματικά γεγονότα, όπως οι διαρροές
- τα ιστορικά δεδομένα για την απόδοση των μέτρων και συστημάτων ασφαλείας, όπως για την αξιοπιστία των συστημάτων ανίχνευσης της φωτιάς και του αερίου
- τις μετρήσεις και τις εκτιμήσεις της λειτουργικής κατάστασης των διαφόρων συστημάτων της εγκατάστασης
- τις αναφορές από παρ' ολίγον ατυχήματα
- τις αξιολογήσεις σχετικά με το κύριο σύστημα ασφαλείας, οι οποίες βασίζονται σε ιστορικά στοιχεία αλλά και σε απόψεις ειδικών
- τις αναφορές του προσωπικού για την λειτουργία και την συντήρηση της εγκατάστασης

Ο στόχος αυτού του βήματος της ανάλυσης είναι η εκπόνηση μιας εικόνας της κατάστασης του συστήματος, η αναγνώριση των κρίσιμων θεμάτων και παραγόντων ασφαλείας καθώς και η αναγνώριση της αβεβαιότητας που διέπει τα φαινόμενα και τις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα σε αυτό το σύστημα.

Από την ανάλυση αυτή, συνάγεται το συμπέρασμα ότι η κύριες προκλήσεις σχετικά με την ασφάλεια που πρέπει να αντιμετωπιστούν είναι:

1. Η αύξηση του ρίσκου που προκλήθηκε από την τροποποίηση της εγκατάστασης
2. Κακή απόδοση των δικλείδων ασφαλείας
3. Φθορά καίριου εξοπλισμού, η οποία οδηγεί στην ανάγκη σημαντικής συντήρησης

Κατά την παρουσίαση της εικόνας του ρίσκου αυτές οι προκλήσεις θα πρέπει να είναι αναπόσπαστο κομμάτι των αποτελεσμάτων



Σχήμα 4.18: Δέντρο σφαλμάτων για μια δικλείδα ασφαλείας



Σχήμα 4.19 :Διάγραμμα επιρροής

Αρχική ποσοτικοποίηση του ρίσκου: πίνακας του ρίσκου

Σε αυτό το βήμα, η ομάδα των αναλυτών, με την χρήση ενός αρχικού και πιο πρόχειρου πίνακα ρίσκου, υπολογίζει τις πιθανότητες των διαφόρων πιθανών γεγονότων. Αν θεωρήσουμε ότι το υπό μελέτη αντικείμενο είναι η διαρροή αερίου από την εξέδρα, τα γεγονότα αυτά είναι περιπτώσεις διαρροής με διαφορετική έκταση. Στην συνέχεια, έστω ότι γίνεται ο χωρισμός των διαρροών σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το μέγεθος, π1, π2 και π3 και για κάθε μια από αυτές εκτιμούμε τον αριθμό των θανάτων C. Για τον σχηματισμό του πίνακα του ρίσκου, για κάθε μια κατηγορία υπολογίζεται η αναμενόμενη τιμή $E[C|\pi_i]$ καθώς και η πιθανότητα εκδήλωσης μια διαρροής αυτής της κατηγορίας $P(\pi_i)$. Για τον υπολογισμό των πιθανών θανάτων αρχικά πολλαπλασιάζονται οι αναμενόμενες τιμές με της αντίστοιχες πιθανότητες σχηματίζοντας τον αριθμό των θανάτων σε κάθε μια κατηγορία αντίστοιχα και στην συνέχεια αυτοί οι αριθμοί προστίθενται. Αντίστοιχα, σχηματίζεται ο πίνακας ρίσκου για τα γεγονότα κατά τα οποία έχουμε πυρκαγιά υπολογίζοντας τους αναμενόμενους θανάτους σε κάθε ένα τέτοιο γεγονός και την πιθανότητα αυτού και πολλαπλασιάζοντας τα.

Στην συνέχεια, ορίζεται μια ομάδα γεγονότων, για την οποία γίνονται υπολογισμοί των αντίστοιχων συνεπειών οι οποίοι παρέχουν πληροφορίες σχετικά με αρχικά γεγονότα που περιλαμβάνονται σε αυτή, όπως τον ρυθμό αρχικής διαρροής και την συγκέντρωση του αερίου. Με βάση αυτές τις πληροφορίες και την εμπειρία των αναλυτών γίνεται η εκτίμηση της αβεβαιότητας σχετικά με τις διαρροές και τις συνέπειες τους. Η εκτίμησης αυτή βασίζεται, ακόμα, σε οποιαδήποτε σχετική πληροφορία, όπως τις αναφορές για κακή απόδοση κάποιον δικλίδων ασφαλείας ή για προβλήματα φθοράς του εξοπλισμού. Η αβεβαιότητα, καθώς και οι αναμενόμενες τιμές με τις αντίστοιχες πιθανότητες, αποτελούν τις καλύτερες δυνατές κρίσεις των αναλυτών, με βάση τις διαθέσιμες πληροφορίες και το γνωστικό υπόβαθρο (K).

Για την απλοποίηση των υπολογισμών, εισάγονται κάποιες προκαθορισμένες κατηγορίες με συγκεκριμένο συνδυασμό πιθανοτήτων και αναμενόμενων τιμών οι οποίες για το παράδειγμα μας μπορεί να είναι οι εξής:

- >50%,
- 10 - 50%,
- 1 - 10%,
- 0,01- 1%
- <0:01%.

Για τον καθορισμό της πιθανότητας, ορίζεται μια προεπιλεγμένη τιμή η οποία βασίζεται σε συγκρίσεις του υπό μελέτη συστήματος με άλλα αντίστοιχα και σε ήδη υπάρχουσες αναλύσεις ρίσκου για αυτά. Στην συνέχεια, γίνεται η αξιολόγηση όλων των παραγόντων που επηρεάζουν την πιθανότητα, και με βάση αυτή την αξιολόγηση η πιθανότητα ρυθμίζεται κατάλληλα. Στο υπό μελέτη παράδειγμα της πλατφόρμας, ο κρίσιμος παράγοντας που επηρεάζει τις πιθανότητες είναι η φθορά του εξοπλισμού. Ωστόσο, οι πιθανότητες δεν αναπροσαρμόζονται, γιατί γίνεται η υπόθεση ότι η εγκατάσταση συντηρείται επαρκώς.

Εκτιμώντας την τροποποίηση της εγκατάστασης και την επίδραση μιας ενδεχόμενης προστατευτικής θωράκισης στους διαδρόμους διαφυγής, έχουμε τις παρακάτω αλλαγές:

Τροποποίηση:

- Αύξηση πιθανότητας διαρροής κατά 5%
- Αύξηση πιθανότητας πυρκαγιάς κατά 5%
- Αύξηση αναμενόμενου αριθμού θανάτων σε διάστημα ενός χρόνου (PLL) κατά 5%
- Αύξηση ατομικού ρίσκου (IR) για μια συγκεκριμένη ομάδα του προσωπικού κατά 10%

Εφαρμογή προστατευτικής θωράκισης

- Μείωση αναμενόμενου αριθμού θανάτων σε διάστημα ενός χρόνου (PLL) κατά 30%
- Μείωση ατομικού ρίσκου (IR) για μια συγκεκριμένη ομάδα του προσωπικού κατά 50%

Μελέτη της αβεβαιότητας και εκτίμηση της τρωτότητας

Φθορά εξοπλισμού και συντήρηση

Αν και θεωρούμε ότι η φθορά του εξοπλισμού δεν επηρεάζει την ασφάλεια, εφόσον υπάρχει σωστή συντήρηση, σύμφωνα με τον Aven, η εμπειρία στις υπέρρακτες πλατφόρμες εξόρυξης πετρελαίου έχει δείξει ότι απρόσμενα προβλήματα μπορούν να συμβούν. Η διαδικασία της παραγωγής πετρελαίου οδηγεί σε αλλαγές στις συνθήκες λειτουργίας της πλατφόρμας, όπως στην

αύξηση της παραγωγής νερού, και χημικών ενώσεων όπως H_2S και CO_2 και στην ανάπτυξη βακτηρίων, προβλήματα που μπορούν να λυθούν μόνο με την προσθήκη άλλων χημικών. Όλα αυτά αποτελούν παράγοντες που μπορεί να οδηγήσουν σε αυξημένη ταχύτητα διάβρωσης και μείωση των μηχανικών ιδιοτήτων των διαφόρων υλικών φαινόμενα τα οποία μπορούν να οδηγήσουν σε διαρροές.

Απόδοση δικλείδων ασφαλείας

Οι εκτιμήσεις της αναμενόμενης τιμής των θανάτων δεδομένου ενός γεγονότος διαρροής ή πυρκαγιάς βασίζονται στην υπόθεση μιας μέσης κατάστασης των δικλείδων ασφαλείας. Τα ιστορικά στοιχεία έχουν δείξει κάποιες δικλείδες ασφαλείας, κυρίως κάποια είδη βαλβίδων ασφαλείας, έχουν κακή συμπεριφορά. Συνεπώς, οι εκτιμήσεις που έγιναν προηγούμενα πρέπει να ρυθμιστούν κατάλληλα, με βάση τα ιστορικά στοιχεία. Όμως, οι αλλαγές που γίνονται είναι μικρές, διότι, σύμφωνα με τον Aven η κακή συμπεριφορά των δικλείδων ασφαλείας δεν οδηγεί απαραίτητα στην ολοκληρωτική αστοχία όλου του συστήματος ασφαλείας, μιας και οι περισσότερες από αυτές δεν είναι καίριες για την ασφάλεια. Αυτό συμβαίνει επειδή το σύστημα ασφαλείας έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχουν πολλά εφεδρικά υποσυστήματα σε περίπτωση μη λειτουργίας κομματιού του συστήματος.

Παρ' όλα αυτά, το πρόβλημα αυτό προκαλεί ανησυχία, καθώς η κακή συμπεριφορά μπορεί να υποδηλώνει την ύπαρξη ενός πρόβλημα λειτουργίας και συντήρησης, που έχει ως αποτέλεσμα τη μειωμένη διαθεσιμότητα των διαφόρων δικλείδων ασφαλείας σε μια επικίνδυνη κατάσταση. Αυτά τα στοιχεία του συστήματος είναι αλληλεξαρτώμενα, γεγονός το οποίο δεν είναι εύκολο να μελετηθεί σε βάθος με τις υπάρχουσες απλοποιημένες μεθόδους κάτι το οποίο οδηγεί σε αβεβαιότητα σχετικά με την λειτουργία τους.

Εκτίμηση τρωτότητας

Στην εγκατάσταση, με την ισχύουσα κατάσταση, οι υφιστάμενοι διάδρομοι διαφυγής δεν παρέχουν καμία προστασία στο προσωπικό, στο σημείο που αν προκύψει μια πυρκαγιά δεν υπάρχει τρόπος αυτό να προστατευθεί. Η παραγωγή καπνού κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς δημιουργεί μια αποπνικτική ατμόσφαιρα καθώς και ο ίδιος ο καπνός είναι δηλητηριώδης. Ακόμα η θερμοκρασία ανεβαίνει σε τέτοια επίπεδα που ένας άνθρωπος οδηγείται στο θάνατο σε δευτερόλεπτα.

Η ύπαρξη προστασίας από τον καπνό και την φωτιά είναι ένα παθητικό μέσο προστασίας το οποίο δεν προϋποθέτει την μετακίνηση του προσωπικού για λόγους ασφαλείας. Ένας τέτοιος τρόπος προστασίας συχνά θεωρείται πιο αποτελεσματικός για την μείωση του ρίσκου, μιας και δεν είναι απαραίτητες ενέργειες διαχείρισης της κατάστασης ή έναρξης κάποιου συστήματος προστασίας, διαδικασίες οι οποίες σε έκτακτες καταστάσεις είναι πιθανό να αποτύχουν.

Η ανάλυση δείχνει ότι φωτιά μεγάλης έκτασης έχει πολύ μικρή πιθανότητα να συμβεί, όμως σε περίπτωση που συμβεί, τα επιπλέον μέτρα πυρασφάλειας θα βοηθήσουν κατά πολύ στην προστασία του προσωπικού.

Οργανωτικά μέτρα

Θεωρητικά, κατά την διάρκεια της λειτουργίας της εγκατάστασης, οι έξοδοι και διάδρομοι διαφυγής πρέπει να είναι απαλλαγμένες από προσωπικό και γενικότερα ανθρώπους οι οποίοι δεν είναι αναγκαίο να βρίσκονται εκεί, ώστε σε περίπτωση ανάγκης να μην υπάρξουν προβλήματα συνωστισμού. Όμως, στην πράξη κάτι τέτοιο δεν είναι εύκολα εφικτό διότι θέτει πολλούς περιορισμούς στην λειτουργία της εγκατάστασης. Όμως, για να είναι εφικτή η ανάλυση του ρίσκου πρέπει να γίνουν κάποιες υποθέσεις και παραδοχές.

Η εκτίμηση μιας πιθανότητας βασίζεται στην ισχύον γνωστικό υπόβαθρο, κομμάτι του οποίου είναι και αυτού του είδους οι παραδοχές. Για παράδειγμα, νωρίτερα υποτέθηκε ότι η συντήρηση γίνεται επαρκώς και σε κατάλληλες περιόδους. Άρα, το γνωστικό υπόβαθρο του υπό μελέτη προβλήματος περιλαμβάνει αυτή την υπόθεση. Η ύπαρξη αυτών των υποθέσεων έχει ως αποτέλεσμα περαιτέρω αβεβαιότητας, η οποία δεν εκφράζεται μέσα από τις εκτιμήσεις των πιθανοτήτων. Συνεπώς, το πλαίσιο των ποσοτικών αναλύσεων πρέπει να διευρυνθεί λαμβάνοντας υπόψιν τους περιορισμούς που προκύπτουν από τις διάφορες παραδοχές. Οι πτυχές του προβλήματος που πρέπει συμπεριληφθούν στην μελέτη αφορούν την κρυμμένη αβεβαιότητα η οποία προκύπτει από τις υποθέσεις, το περιορισμός που προκύπτει από την έκφραση της αβεβαιότητας μέσω πιθανοτήτων και την επιλογή των κατάλληλων δεικτών ρίσκου.

Σε αυτή τη φάση τίθεται το ερώτημα: δεδομένων όλων αυτών των πληροφοριών, πρέπει να προστεθεί η προστατευτική θωράκιση; Αυτό το ερώτημα θα πρέπει να απαντηθεί από τον υπεύθυνο λήψης της απόφασης, λαμβάνοντας υπόψιν το ρίσκο, την αβεβαιότητα και το κόστος τις κάθε επιλογής. Η ανάλυση του ρίσκου έχει ως στόχο την πληροφόρηση του λήπτη της απόφασης και όχι την καθοδήγηση του.

4.5.4 Σύνοψη

Το συγκεκριμένο πλαίσιο αποτελεί μια εφαρμογή της άποψης ότι εκτός από τις πιθανότητες και τις αναμενόμενες τιμές, στην περιγραφή του ρίσκου θα πρέπει να τονίζεται και η αβεβαιότητα στα φαινόμενα και τις διεργασίες που συμμετέχουν στο υπό μελέτη πρόβλημα. Εδώ, η άποψη των αναλυτών έχει σημασία και επηρεάζει το αποτέλεσμα της ανάλυσης. Αποσαφηνίζονται οι παράγοντες που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε αποκλίσεις από τις αναμενόμενες τιμές και τις αντίστοιχες πιθανότητες και τους δίνεται το απαραίτητο βάρος. Όμως, αν και αυτή η μέθοδος βασίζεται σε πιο ευρείς πληροφορίες από τις κλασσικές ποσοτικές μεθόδους, είναι εξαρτημένη κατά πολύ από τις απόψεις των αναλυτών, άρα κάποιες φορές είναι υποκειμενική.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Ποσοτικές εκτιμήσεις	Το υπολογισμένο ρίσκο πυρκαγιάς δεν κρίνεται μη αποδεκτό από μόνο του
Αποτελέσματα εφαρμογής της θωράκισης	Μέση βελτίωση του ρίσκου πυρκαγιάς (περίπου 30% μετρούμενο μέσω του δείκτη PLL) Σημαντική μείωση του ατομικού ρίσκου για ένα κομμάτι του προσωπικού (50%)

Παράγοντες αβεβαιότητας	Μικρής σημασίας	Μεγάλης σημασίας	Αναμφισβήτητα μη αποδεκτό
Φθορά εξοπλισμού		X	
Απόδοση δικλείδων ασφαλείας	X		
Τρωτότητα (καμία προστασία σε περίπτωση φωτιάς)		X	

Κεφάλαιο 5. Το ρίσκο στην ναυτιλία

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται μέθοδοι εκτίμησης και διαχείρισης του ρίσκου οι οποίες χρησιμοποιούνται στον τομέα της ναυτιλίας

Η σελίδα αυτή έχει παραμείνει εσκεμμένα κενή

5.1 Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια, διάφορα ποσοτικά και ποιοτικά πλαίσια για την εκτίμηση του ρίσκου έχουν αναπτυχθεί στην βιομηχανία της ναυτιλίας. Αυτό ήρθε ως αποτέλεσμα της αντιμετώπισης πολλών νέων προκλήσεων, της συνεχώς αυξανόμενης ανησυχίας της κοινής γνώμης για την ασφάλεια και την υγεία των ανθρώπων καθώς και για την προστασία του περιβάλλοντος. Ένας ακόμα παράγοντας που βοήθησε πολύ προς αυτή τη κατεύθυνση ήταν η ανάγκη των πλοιοκτητών για όσο το δυνατό καλύτερη προστασία της ιδιοκτησίας τους. Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν τα πλαίσια και οι πρακτικές που χρησιμοποιούνται στην ναυτιλία για την εκτίμηση του ρίσκου. Αυτά τα πλαίσια και οι πρακτικές είναι τα εξής:

- Τυπική Αποτίμηση Ασφαλείας (Formal Safety Assessment – FSA)
- Μελέτη ασφαλείας (Safety Case – SC)
- Ποσοτική ανάλυση ρίσκου (Quantitative Risk Assessment - QRA)
- Σύστημα υπολογισμού του ρίσκου θαλασσίων ατυχημάτων (Marine Accident Risk Calculation System - MARCS)
- Κανονισμοί λήψης αποφάσεων βάση του ρίσκου (Risk-Based Decision-making Guidelines – RBDM)
- Ποσοτική ανάλυση ρίσκου και μοντέλο ρίσκου-αποτελέσματος (QRA and Risk-Effect Model - REM)

5.2 Τυπική Αποτίμηση Ασφάλειας (Formal Safety Assessment – FSA)

Η μέθοδος FSA είναι μια συστηματική μεθοδολογία για την εκτίμηση του ρίσκου που σχετίζεται με την ασφάλεια στην θάλασσα και την προστασία του περιβάλλοντος καθώς και για την για την αξιολόγηση του κόστους και των οφελών των επιλογών του IMO για τη μείωση των πηγών ρίσκου [122,123]. Αυτή η μέθοδος προτάθηκε στον IMO για πρώτη φορά το 1993 από τους εκπροσώπους του Ηνωμένου Βασιλείου. Στην συνέχεια, μια κοινή ομάδα εργασίας της Επιτροπής Ναυτικής Ασφάλειας (MSC) και της Επιτροπής Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC) κλήθηκε να την εξελίξει. Από τότε, η FSA έχει συζητηθεί και επανεξεταστεί αρκετές φορές. Το 2001, οι βασικές επιτροπές του IMO (MSC και MEPC) ενέκριναν την χρήση της FSA στην διαδικασία θέσπισης των κανόνων του IMO.

Η FSA έχει αναπτυχθεί για να καλύπτει τις ανάγκες πολλών ενδιαφερόμενων, συμπεριλαμβανομένων των επιτροπών του IMO και ναυτιλιακών αρχών των κρατών μελών. Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας

δείχνει ότι πολλές μελέτες του ρίσκου σχετικά με θαλάσσιες εφαρμογές [124, 125, 126, 127] βασίζονται στην εφαρμογή της FSA.

Η μέθοδος FSA έχει ως στόχο μια ομάδα από επιδιώξεις. Αρχικά, ο βασικός σκοπός της είναι η ενίσχυση της θαλάσσιας ασφάλειας, συμπεριλαμβανομένων της προστασίας της ζωής, της υγείας, του θαλάσσιου περιβάλλοντος καθώς και τη προστασία της ιδιοκτησίας. Ακόμα, μια από τις επιδιώξεις του είναι η παροχή βοήθειας κατά την διαδικασία αξιολόγησης των νέων κανονισμών και η παροχή μιας βάσης για την λήψη αποφάσεων σύμφωνα με τους στόχους του IMO. Επίσης, μέσω της μεθόδου αυτής, είναι δυνατή η εκτίμηση των επιπτώσεων των αλλαγών που γίνονται στους κανονισμούς μέσω του υπολογισμού των πλεονεκτημάτων και των σχετικών δαπανών που αυτές θα έχουν για τη ναυτιλία.

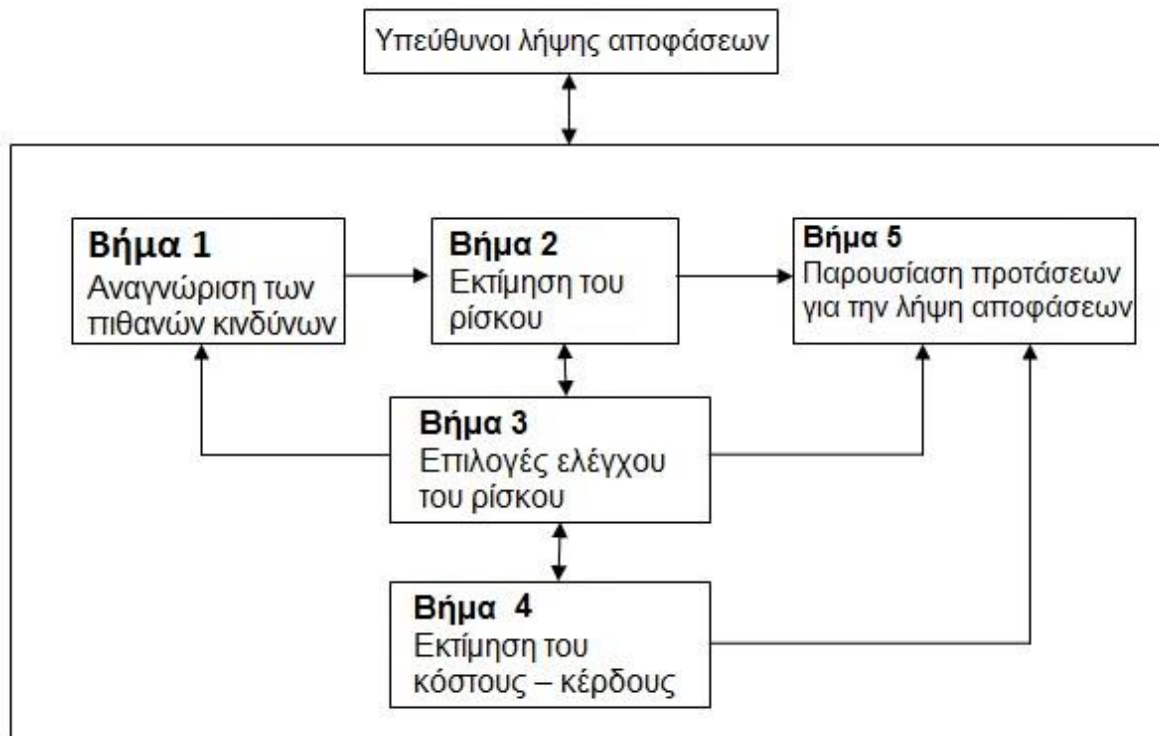
Η μεθοδολογία FSA μπορεί να εφαρμοστεί από

- Εκπροσώπους Κυβερνήσεων ή οργανισμών, οι οποίοι σχετίζονται με τον IMO και στοχεύουν στην επανεξέταση και στις τροποποιήσεις των κανονισμών της ασφάλειας και της πρόληψης θαλάσσιας ρύπανσης,
- Μια επιτροπή ή από επικουρικά μέλη για την ανασκόπηση των κανονισμών της ασφάλειας και του περιβάλλοντος

Σύμφωνα με τους κανονισμούς η FSA δεν στοχεύει στο να εφαρμόζεται σε όλες τις περιστάσεις [123]. Η εφαρμογή της είναι ιδιαίτερα σημαντική για τις προτάσεις οι οποίες μπορεί να έχουν εκτεταμένες επιπτώσεις στην βιομηχανία της ναυτιλίας, όπως δαπάνες ή νομοθετικές και διοικητικές επιβαρύνσεις.

Η μεθοδολογία FSA είναι μια κλιμακωτή προσέγγιση η οποία, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5.1, περιλαμβάνει τα ακόλουθα πέντε αλληλένδετα στάδια (IMO 2002):

- 1) Αναγνώριση των πιθανών κινδύνων σε μια δραστηριότητα,
- 2) Εκτίμηση του ρίσκου που προέρχεται από τους αυτούς κινδύνους,
- 3) Διερεύνηση των διαθέσιμων εργαλείων για τον περιορισμό του ρίσκου (Risk Control Options - RCO),
- 4) Εκτίμηση του κόστους – κέρδους από την εφαρμογή αυτών των εργαλείων,
- 5) Παρουσίαση προτάσεων για την λήψη αποφάσεων



Σχήμα 5.1: Βήματα μεθόδου FSA

Η FSA είναι μια μέθοδος η οποία αναγνωρίζει τα διάφορα συμφέροντα που υπάρχουν στην ναυτιλία, όπως τα συμφέροντα των πλοιοκτητών, των ιδιοκτητών του φορτίου, των επιβατών, των πληρωμάτων των ασφαλιστών κτλ και περιλαμβάνει την αναγνώριση τους και εξετάζει τις επιπτώσεις των αλλαγών των κανόνων στα συμφέροντα αυτά. Σε κάθε βήμα της FSA, πολλές τεχνικές είναι αυτές που χρησιμοποιούνται για την διευκόλυνση της διαδικασίας. Για παράδειγμα, αυτές οι τεχνικές περιλαμβάνουν ομαδικές αξιολογήσεις, ανάλυση των ιστορικών δεδομένων των ατυχημάτων και την ανάλυση καθηκόντων (task analysis) για τον εντοπισμό των κινδύνων στο βήμα 1, δέντρα σφαλμάτων και γεγονότων για τον προσδιορισμό του ρίσκου στο βήμα 2 και ανάλυση κόστους – κέρδους (CBA) στο στάδιο 4.

Πολλά στοιχεία της FSA έχουν υιοθετηθεί και από άλλες βιομηχανίες. Όμως, η μέθοδος αυτή έχει σχεδιαστεί για να χρησιμοποιείται σε θέματα σχετιζόμενα με την ναυτιλία και να υπολογίζει το ρίσκο που προκαλείται από την λειτουργία των πλοίων στους ανθρώπους, στις ιδιοκτησίες αυτών καθώς και στο περιβάλλον. Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα η FSA έχει χρησιμοποιηθεί αρκετά σε μελέτες σχετικά με θαλάσσιες δραστηριότητες. Όμως, αν κάποιος ανατρέξει στους κανονισμούς του IMO θα διαπιστώσει ότι αυτή η μέθοδος δεν ενδείκνυται σε περιπτώσεις μελέτης της μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων, ακόμα και αυτών που βρίσκονται σε συσκευασίες, κάτι που επιβεβαιώνει την αναφορά των κανονισμών ότι η FSA δεν στοχεύει στο να εφαρμόζεται σε όλες τις περιπτώσεις.

Στην συνέχεια θα παρουσιαστεί ένα παράδειγμα τυπικής αποτίμησης ασφάλειας ενός containership βασισμένο στο [134]

Τυπική Αποτίμηση Ασφάλειας ενός containership

Σε αυτό το παράδειγμα, η μελέτη περιορίζεται σε μια κατηγορία ατυχημάτων μόνο, τη φωτιά. Επιπλέον, λόγω του γεγονότος ότι μόνο ανεπαρκή ιστορικά δεδομένα είναι διαθέσιμα, πρέπει να γίνουν κάποιες παραδοχές με βάση την εμπειρία στον τομέα.

Βήμα 1. Αναγνώριση των πιθανών κινδύνων

Στο στάδιο αυτό γίνεται η αναγνώριση των πιθανών κινδύνων που μπορούν να οδηγήσουν στην εκδήλωση μιας πυρκαγιάς. Έχοντας εντοπίσει τους πιθανούς κινδύνους, αναγνωρίζονται τα αίτια που μπορεί να οδηγήσουν σε αυτούς και ομαδοποιούνται στις παρακάτω κατηγορίες: ανθρώπινο λάθος, αστοχία υλικού, εξωτερικά γεγονότα, και ούτω καθεξής. Οι τομείς του πλοίου στους οποίους μπορεί να προκύψει μια πυρκαγιά είναι οι εξής:

- Γέφυρα
- Χώροι φορτίου
- Μηχανοστάσιο
- Κενοί χώροι
- Σήραγγες
- Ανώτερο κατάστρωμα
- Χώροι ενδιαίτησης του πληρώματος
- Κουζίνα
- Χώροι προμηθειών

Η διαδικασία επιλογής πραγματοποιείται με τη χρήση του πίνακα ρίσκου. Ο συνδυασμός της συχνότητας και της σοβαρότητας χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του αριθμού κατάταξης ρίσκου(RRN).

Βήμα 2. Εκτίμηση του ρίσκου που προέρχεται από τους αυτούς κινδύνους

Σε αυτό το βήμα, καθορίζεται η πιθανή απώλεια ζωών (PLL) και η κατανομή αυτής μέσω της χρήσης δέντρων γεγονότων και σφαλμάτων. Μια απεικόνιση ενός δέντρου γεγονότων σε συνδυασμό με ένα δέντρο σφαλμάτων για την κατηγορία των ατυχημάτων πυρκαγιάς φαίνεται στο Σχήμα 5.2. Κάτω

από το επίπεδο της κατηγορίας του ατυχήματος (accident category level), βρίσκονται όλοι οι χώροι που μπορεί να εμφανιστεί μια πυρκαγιά, συμπεριλαμβανομένων όλων των συνδυασμών των σχετικών παραγόντων που οδηγούν σε αυτή. Πάνω από το επίπεδο της κατηγορίας του ατυχήματος βρίσκεται ένα δέντρο γεγονότων το οποίο παρουσιάζει τα γεγονότα που μπορεί να ακολουθήσουν μετά την εκδήλωση της πυρκαγιάς.

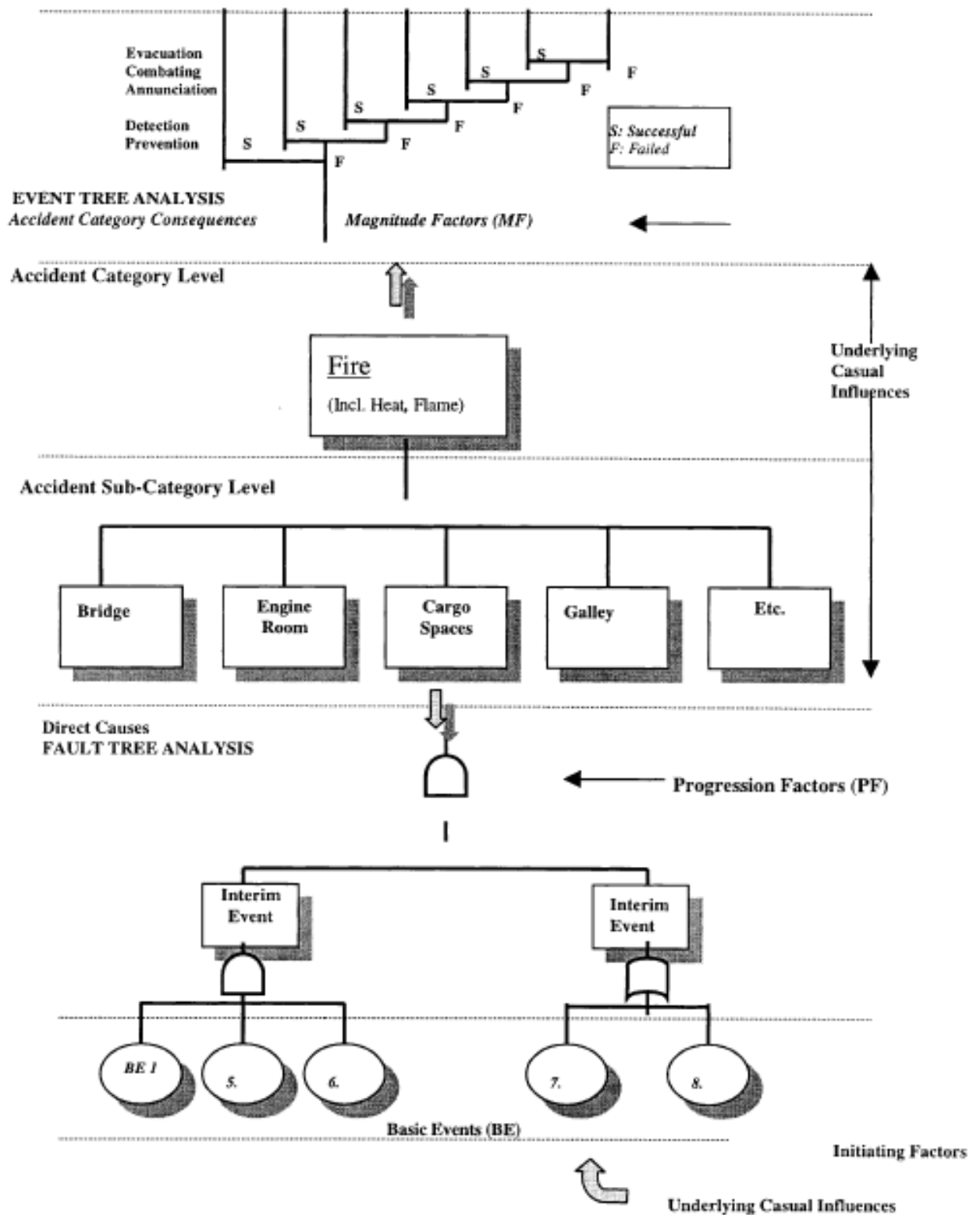
Η ανάλυση μπορεί να συνεχίσει, προκειμένου να μελετηθούν τα οικονομικά, κοινωνικά και πολιτικά περιβάλλοντα που επηρεάζονται από την κάθε κατηγορία ατυχήματος και τελικά να ποσοτικοποιηθούν με βάση τα ανθρώπινα σφάλματα, την αστοχία υλικού και τα εξωτερικά γεγονότα.

Βήμα 3. Διερεύνηση των διαθέσιμων εργαλείων για τον περιορισμό του ρίσκου

Ο πίνακας που κατασκευάζεται για την συγκεκριμένη κατηγορία ατυχημάτων φαίνεται στο Σχήμα 5.3. Το σχήμα αυτό δείχνει ότι οι τομείς που απαιτούν λιγότερη προσοχή μπορούν εύκολα να εντοπιστούν και είναι οι χώροι στους οποίους βρίσκονται οι προμήθειες καθώς και το ανώτερο κατάστρωμα. Για κάθε μία από τις υπόλοιπες περιοχές πρέπει να κατασκευαστούν τα αντίστοιχα δέντρα γεγονότων και δέντρα σφαλμάτων καθώς και να προσδιοριστούν τα μέτρα μείωσης του ρίσκου. Τα συγκεκριμένα μέτρα στη συνέχεια ομαδοποιούνται ανάλογα με την επίδρασή τους στο υπό εξέταση σύστημα. Τα μέτρα μείωσης του ρίσκου (RCM) στη συνέχεια αξιολογούνται, λαμβάνοντας υπόψη την αποτελεσματικότητά τους μέσω της αξιοποίησης των διαγραμμάτων επιρροής. Για το επόμενο βήμα επιλέγονται μόνο τα πιο αποδοτικά μέτρα

Βήμα 4. Εκτίμηση του κόστους – κέρδους από την εφαρμογή αυτών των εργαλείων

Σε αυτό το βήμα υπολογίζεται το κόστος και τα οφέλη που θα υπάρξουν από την εφαρμογή κάθε ενός μέτρου που προτάθηκε στο προηγούμενο βήμα και κρίθηκε αρκούντως αποτελεσματικό. Η ποσοτικοποίηση του κόστους και των ωφελειών επιτυγχάνεται με την χρήση του μέτρου της καθαρής παρούσας αξίας (Net Present Value).



Σχήμα 5.2. Συνδυασμός δέντρου γεγονότων με δέντρο σφαλμάτων για την κατηγορία των ατυχημάτων πυρκαγιάς

Η ανωτέρω διαδικασία κρίνεται απαραίτητο να εφαρμοστεί για τη μελέτη της συνολικής κατάστασης καθώς και για κάθε συγκεκριμένη κατηγορία ατυχήματος ξεχωριστά. Τα αποτελέσματα αυτής μπορούν στη συνέχεια να παρουσιαστούν ανάλογα με τη σημασία τους στα διάφορα ενδιαφερόμενα μέρη.

Κατηγορία Ατυχήματος: Πυρκαγιά			
Τομείς του πλοίου	Πιθανή απώλεια ζωών (PLL)($\times 10^{-4}$)	Συχνότητα (ανά πλοίο/έτος) ($\times 10^{-4}$)	Σοβαρότητα
Γέφυρα	2,2	1,4	1
Χώροι φορτίου	6,6	4,3	4
Μηχανοστάσιο	77	53	3
Κενοί χώροι	4,4	2,8	3
Σήραγγες	4,4	2,8	3
Ανώτερο κατάστρωμα	0,99	0,64	3
Χώροι ενδιαίτησης του πληρώματος	3	2,1	3
Κουζίνα	5,5	5	2
Χώροι προμηθειών	0,11	0,071	3

Σχήμα 5.3: Πίνακας ρίσκου για την εκδήλωση πυρκαγιάς σε ένα containership

Βήμα 5. Παρουσίαση προτάσεων για την λήψη αποφάσεων

Σε αυτό το στάδιο, λαμβάνονται οι τελικές αποφάσεις, λαμβάνοντας υπόψη το κόστος των μέτρων καθώς και την δυνατότητα μείωσης του δείκτη PLL, όπως καθορίζεται από τους αναλυτές ασφαλείας.

5.3 Μελέτη ασφαλείας (Safety Case – SC)

Η μέθοδος SC προτάθηκε από τον Οργανισμό Υγείας και Ασφάλειας του Ηνωμένου Βασιλείου (Health and Safety Executive - HSE) και ήταν μια βασική σύσταση που περιλαμβανόταν στην έκθεση για το ατύχημα του Piper Alpha [128]. Ο βασικός σκοπός της είναι η διασφάλιση ενός ικανοποιητικού επιπέδου στην ασφάλεια των πλοίων. Μια μελέτη ασφαλείας περιλαμβάνει την περιγραφή του πλοίου, της λειτουργίας του καθώς και του περιβάλλοντος στο οποίο αυτό λειτουργεί. Η ανάλυση ρίσκου πραγματοποιείται με τη χρήση τεχνικών όπως οι FMEA και HAZOP για τον εντοπισμό των κινδύνων, καθώς και δέντρα σφαλμάτων και γεγονότων για τον προσδιορισμό του ρίσκου.

Η εφαρμογή αυτής της μεθόδου στη ναυτιλία είναι εθελοντική, διότι δεν υπάρχουν κανονισμοί οι οποίοι να επιβάλλουν στους πλοιοκτήτες την χρήση της SC. Ωστόσο, κάποιες χώρες έχουν εξετάσει την υποχρεωτική εφαρμογή της για τα πλοία που κινούνται στα τοπικά λιμάνια. Κάποιες ναυτιλιακές εταιρείες, ιδίως εταιρίες που διαχειρίζονται δεξαμενόπλοια, επιβατηγά και καταμαράν, έχουν επίσης υιοθετήσει αυτή την αντίληψη.

Σε περίπτωση που μελέτη ασφαλείας υιοθετηθεί, θα πρέπει να διενεργηθεί μια εκτίμηση του ρίσκου που σχετίζεται με το υπό μελέτη πλοίο και να αποδειχθεί από τον πλοιοκτήτη ότι το σύστημα διαχείρισης της ασφαλείας που εφαρμόζεται στο συγκεκριμένο πλοίο περιορίζει το ρίσκο σε αποδεκτά επίπεδα. Το ρίσκο ποσοτικοποιείται μέχρι εκεί που κρίνεται σκόπιμο, και τα κριτήρια αποδοχή του ρίσκου συνήθως ακολουθούν την αρχή ALARP- As Low As Reasonable Practicable - σύμφωνα με την οποία το επίπεδο κινδύνου θα πρέπει να μειωθεί όσο αυτό είναι πρακτικά εφικτό. Το σύστημα διαχείρισης της ασφαλείας στη συνέχεια ανασχεδιάζεται με βάσεις τις σωστές αρχές διαχείρισης, και γίνεται αναπόσπαστο μέρος της συνολικής στρατηγικής διαχείρισης ασφαλείας της εταιρείας.

Η αποτελεσματικότητα και η αποδοτικότητα του συστήματος διαχείρισης της ασφαλείας παρακολουθείται και επαληθεύεται η σωστή λειτουργία του μέσω τακτικών ελέγχων, καθώς και η συμμόρφωση στις απαιτήσεις της μελέτης ασφαλείας διασφαλίζεται μέσω επιθεωρήσεων. Ο όγκος τη εργασίας που απαιτείται για την πολύπλοκη ανάλυση του ρίσκου και

την συγκέντρωση των απαραίτητων πληροφοριών για κάθε πλοίο κάνει την συγκεκριμένη μέθοδο να μην είναι και τόσο ελκυστική.

5.4 Ποσοτική ανάλυση ρίσκου για την μεταφορά επικίνδυνων φορτίων (Quantitative Risk Assessment - QRA)

Η ποσοτική ανάλυση ρίσκου για την μεταφορά επικίνδυνων φορτίων αναπτύχθηκε από την βρετανική αντιπροσωπία του DNV ως ένα μέρος από την σημαντική ανάλυση του ρίσκου για την χύδην μεταφορά επικίνδυνων ουσιών στα βρετανικά ύδατα για την Επιτροπή υγείας και ασφάλειας (Heath and Safety Commission - HSC) [129].

Τα βασικά βήματα της προσέγγισης αυτής είναι [129] (Σχήμα 5.4):

1. Ορισμός του λιμανιού και της μεταφοράς επικίνδυνου φορτίου
2. Προσδιορισμός των κινδύνων
3. Εκτίμηση της συχνότητας
4. Εκτίμηση των συνεπειών
5. Παρουσίαση του ρίσκου

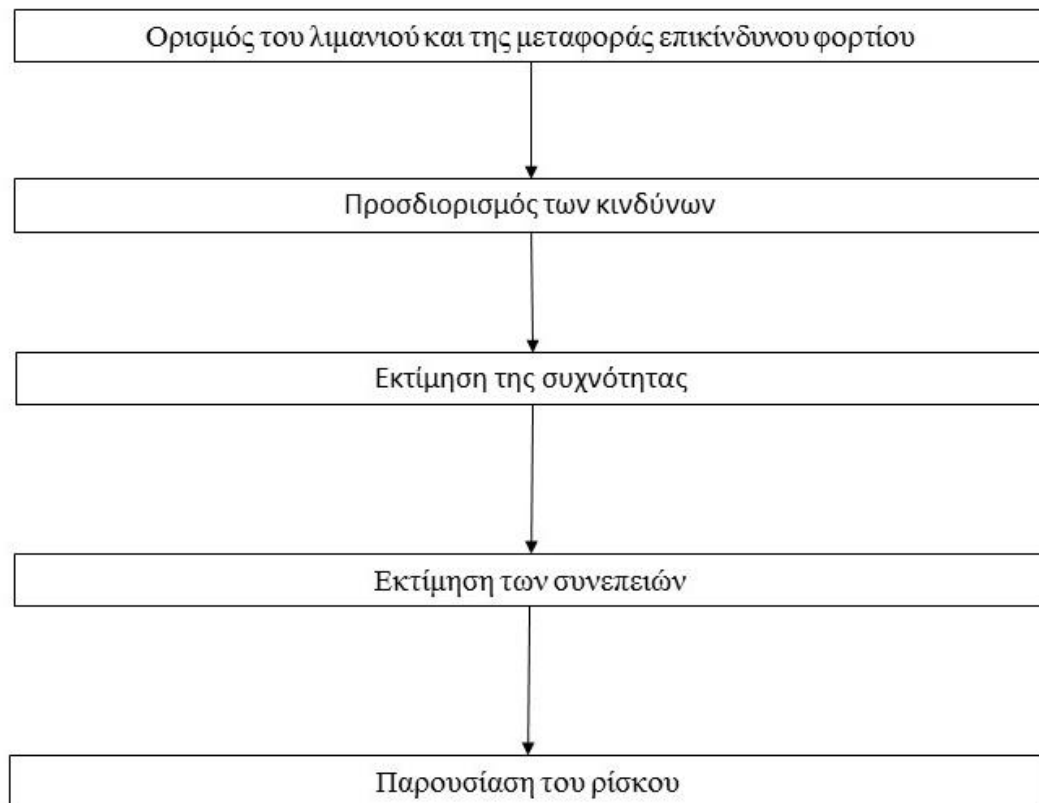
Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, η πρώτη φορά που χρησιμοποιήθηκε αυτή η μέθοδος ήταν για την μεταφορά επικίνδυνων υλών στα βρετανικά ύδατα και λιμάνια. Το πλαίσιο αυτό στην αρχή περιοριζόταν στο ρίσκο σοβαρών ατυχημάτων σε πλοία που μετέφεραν επικίνδυνα φορτία, όπως αργό πετρέλαιο, εύφλεκτα και τοξικά υγροποιημένα αέρια, εύφλεκτα υγρά προϊόντα πετρελαίου, εύφλεκτα υγρά χημικά και νιτρικό αμμώνιο, τα οποία επηρεάζουν τους ανθρώπους που βρίσκονται στην στεριά. Ακόμα, δεν περιλαμβάνει την εκτίμηση του ρίσκου μεταφοράς μεικτού τύπου επικίνδυνων φορτίων σε συσκευασίες, ενός τραυματισμού ή της μόλυνσης του περιβάλλοντος.

5.5 Σύστημα υπολογισμού του ρίσκου θαλασσίων ατυχημάτων (Marine Accident Risk Calculation System - MARCS)

Το σύστημα υπολογισμού του ρίσκου θαλασσίων ατυχημάτων αναπτύχθηκε κατά την διάρκεια του προγράμματος SAFECO (Safety of Shipping in Coastal Waters) υπό την αιγίδα της Επιτροπής της Ευρωπαϊκής

Κοινότητας (Commission of European Community - CEC) και χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του ρίσκου στο θαλάσσιο περιβάλλον [130].

Βασικά Βήματα ποσοτικής ανάλυσης ρίσκου (Quantitative Risk Assessment - QRA)



Σχήμα 5.4: Βασικά Βήματα ποσοτικής ανάλυσης ρίσκου (QRA)

Ο βασικός στόχος του συγκεκριμένου πλαισίου ήταν η αύξηση της ασφάλειας της ναυσιπλοΐας στα παράκτια ύδατα μέσω της ανάλυσης των παραγόντων που συμβάλλουν στην αύξηση του ρίσκου ενός ατυχήματος. Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει το ρίσκο υπολογίζει με την χρήση στατιστικών δεδομένων την συχνότητα και τις συνέπειες των διάφορων ναυτικών ατυχημάτων [130]. Ακόμα, επιτρέπει την αξιολόγηση κάθε συνδυασμού επιλογών ελέγχου του ρίσκου σε ένα ενιαίο πλαίσιο.

Με τη μέθοδο MARCS μπορούν να μελετηθούν πέντε διαφορετικοί τύποι ατυχημάτων[135]. Αυτοί οι τύποι ατυχημάτων μοντελοποιούνται ξεχωριστά, κάτι που προϋποθέτει ότι η θαλάσσια κυκλοφορία γίνεται σε καλά καθορισμένες θαλάσσιες οδούς με συγκεκριμένο πλάτος, συγκεκριμένη συχνότητα

κυκλοφορίας (δρομολόγια ανά έτος) και εγκάρσια κατανομή. Έτσι δημιουργούνται τα εξής μοντέλα:

1. Μοντέλο σύγκρουσης: γίνεται ο υπολογισμός της συχνότητας των συγκρούσεων μεταξύ των πλοίων που κινούνται σε μια δεδομένη γεωγραφική θέση. Αυτό το μοντέλο υπολογίζει την συχνότητα των συναντήσεων πλοίων και ορίζει τη πιθανότητα σύγκρουσης για κάθε μια συνάντηση, με σκοπό τον υπολογισμό της συχνότητας σύγκρουσης. Αυτή η πιθανότητα σχετίζεται με μια σειρά παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων των συνθηκών ορατότητας και τον βαθμό επαγρύπνησης των πληρωμάτων
2. Μοντέλο προσάραξης εν κινήσει: υπολογίζεται τη συχνότητα των εν κινήσει προσαράξεων που προκύπτουν από τη ύπαρξη θαλάσσιων λωρίδων κυκλοφορίας που βρίσκονται κοντά στην ακτογραμμή ή σε ρηχά νερά. Στο μοντέλο αυτό ως κύρια αιτία προσάραξης θεωρείται η αποτυχία έγκαιρης αλλαγής της πορείας του πλοίου. Η πιθανότητα αυτής της αποτυχίας σχετίζεται με μια σειρά παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων των συνθηκών ορατότητας και τον βαθμό επαγρύπνησης των πληρωμάτων.
3. Μοντέλο προσάραξης λόγω απώλειας ελέγχου: υπολογίζεται η συχνότητα των προσαράξεων που προκύπτουν όταν χάνεται η δυνατότητα ελέγχου ενός πλοίου, λόγω της αστοχίας του κινητήρα ή του συστήματος διεύθυνσης, και το πλοίο με την επίδραση των ρευμάτων ή του ανέμου οδηγείται στα ρηχά. Η συχνότητα υπολογίζεται μέσω του υπολογισμού της συχνότητας της αστοχίας του συστήματος της πρόωσης ή της διεύθυνσης, με τη χρήση δέντρων σφαλμάτων.
4. Μοντέλο δομικής αστοχίας: υπολογίζεται η συχνότητα των ατυχημάτων που προκλήθηκαν από τη δομική αστοχία ενός πλοίου κατά την διάρκεια της λειτουργίας του, ορίζοντας ένα συντελεστή συχνότητας ατυχημάτων ανά ώρα καθώς βρίσκεται το σκάφος στη θάλασσα. Ο συντελεστής αυτός λαμβάνει υπόψη τη σοβαρότητα των συνθηκών της θάλασσας στην τρέχουσα θέση.
5. Μοντέλο πυρκαγιάς και έκρηξης: υποθέτει ότι η συχνότητα ενός τέτοιου ατυχήματος εξαρτάται από τον αριθμό των μιλίων, τα οποία το σκάφος ταξίδεψε.

Κάθε μοντέλο ατυχήματος σε αυτή τη μέθοδο υπολογίζει τη συχνότητα του κάθε ατυχήματος ως το γινόμενο των δύο όρων, όπως φαίνεται από την ακόλουθη εξίσωση:

Ατυχήματα ανά Περιοχή και ανά έτος

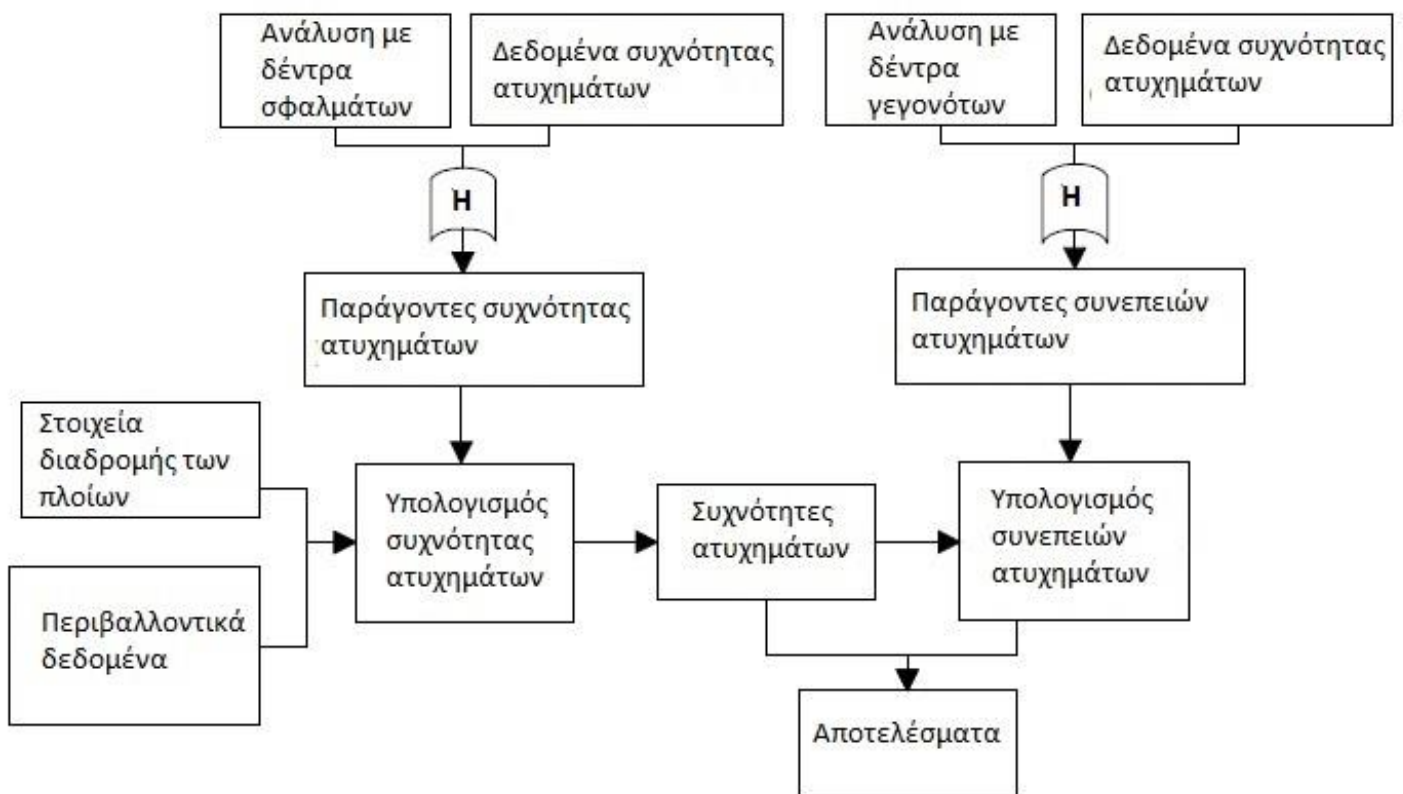
$$= \text{Αριθμός κρίσιμων καταστάσεων ανά τομέα και ανά έτος} \\ \times \text{Πιθανότητα ατυχήματος ανά κρίσιμη κατάσταση}$$

Για κάθε έναν από τους τύπους ατυχημάτων ως κρίσιμη κατάσταση θεωρείται ως εξής:

- Για τις συγκρούσεις, η κρίσιμη κατάσταση ορίζεται ως η κατάσταση κατά τη οποία δύο πλοία πλησιάζουν λιγότερο από μισό ναυτικό μίλι το ένα από το άλλο.
- Για τις προσaráξεις εν κινήσει, ως κρίσιμη κατάσταση ορίζεται η κατάσταση κατά την οποία το πλοίο είναι σε τέτοια απόσταση από την ξηρά, όπου αν δεν γίνει αλλαγή πορείας είναι αδύνατη η αποφυγή μιας προσάραξης
- Για τις προσaráξεις λόγω απώλειας ελέγχου, ως κρίσιμη κατάσταση θεωρείται ως ο αριθμός των ωρών των πλοίο πέρασε μέσα στην περιοχή που βρίσκεται σε απόσταση 50 ναυτικών μιλίων από την ακτογραμμή πολλαπλασιασμένη με την πιθανότητα ο άνεμος φυσάει προς την ακτογραμμή.
- Η κρίσιμη κατάσταση για μια πιθανή δομική αστοχία ορίζεται ως ο αριθμός των ωρών έκθεσης σε ορισμένες καταστάσεις θάλασσας.
- Για πυρκαγιά και έκρηξη, η ανάλυση δείχνει ότι η πιθανότητα μιας πυρκαγιάς/ έκρηξης σε πλοίο ενώ βρίσκεται σε λειτουργία είναι ανεξάρτητη από τις συνθήκες που υπάρχουν εκτός του πλοίου. Συνεπώς, η κρίσιμη κατάσταση εδώ υπολογίζεται από τις ώρες έκθεσης του πλοίου

Η μέθοδος MARCS, όπως αναφέρθηκε νωρίτερα σχεδιάστηκε για την ανάλυση ιστορικών δεδομένων ενός περιορισμένου αριθμού κατηγοριών σοβαρών ναυτικών ατυχημάτων και δεν καλύπτει περιπτώσεις όπως η πυρκαγιά ή η έκρηξη κατά την διάρκεια της παραμονής του στο λιμάνι, τις απώλειες φορτίου στην θάλασσα εν πλω, την καταστροφή του φορτίου και άλλες. Ακόμα, το πλαίσιο αυτό αφορά ατυχήματα σε συμβατικούς τύπους πλοίων, όπως τα δεξαμενόπλοια, και όχι σε καινούργιους τύπους πλοίων, όπως τα LNG.

Τα βήματα της συγκεκριμένης μεθόδου παρουσιάζονται στο Σχήμα 5.5.



Σχήμα 5.5: Βασικά βήματα συστήματος υπολογισμού του ρίσκου θαλασσίων ατυχημάτων (MARCS)

Στην συνέχεια θα παραθέσουμε ένα παράδειγμα ανάλυσης ρίσκου με την χρήση της μεθόδου MARCS σχετικά με τα θαλάσσια ατυχήματα στο Oslofjord, στην Νορβηγία [135].

Αρχικά ορίζεται η λεγόμενη βασική κατάσταση. Αυτή περιγράφει την τρέχουσα κατάσταση στο Oslofjord, και θα χρησιμοποιηθεί ως κατάσταση αναφοράς στην μελέτη που θα ακολουθήσει. Η περιοχή μελέτης ορίζεται από τα παρακάτω: $58^{\circ} 30' \text{B}$ και 60°B και 8°A έως 12°A (Σχήμα 5.6). Υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες δεδομένων που πρέπει να προσδιοριστούν: περιβαλλοντικά δεδομένα, δεδομένα σχετικά με τη θαλάσσια κυκλοφορία και τα εσωτερικά και εξωτερικά δεδομένα λειτουργίας.

Τα περιβαλλοντικά δεδομένα περιγράφουν τη θέση των διάφορων γεωγραφικών χαρακτηριστικών (ξηρά, υπεράκτιες δομές κ.λπ.) και τα μετεωρολογικά δεδομένα (ορατότητα, κατάσταση της θάλασσας και δεδομένα σχετικά με τον άνεμο). Τα μετεωρολογικά στοιχεία της μελέτης βασίζονται στις παρατηρήσεις στη περιοχή Fornebu (εσωτερικό μέρος του Oslofjord) και στη περιοχή Færder (εξωτερικό μέρος του Oslofjord) κατά την περίοδο 1961-1990, ο οποίες έγιναν από το Νορβηγικό Μετεωρολογικό Ινστιτούτο. Οι θέσεις των

παρατηρήσεων για το εσωτερικό και εξωτερικό μέρος του Oslofjord είναι $59^{\circ} 53.56$ B, $10^{\circ} 36.95$ A και $59^{\circ} 01.60$ B, $10^{\circ} 31.80$ A, αντίστοιχα.



Σχήμα 5.6: Η περιοχή μελέτης στο Oslofjord

Τα δεδομένα της θαλάσσιας κυκλοφορίας περιγράφουν τις κινήσεις των πετρελαιοφόρων, των πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου, των πλοίων γενικού φορτίου και των σκαφών ανοιχτής θάλασσας. Όλοι αυτοί οι τύποι δεδομένων αντιπροσωπεύονται από δομές δεδομένων θαλάσσιων διαδρομών. Αυτές οι δομές δεδομένων αποτελούνται από δύο υποσύνολα δεδομένων, τον όγκο των σκαφών που κινούνται στις θαλάσσιες οδούς, από την άποψη της συχνότητας των ταξιδιών ανά έτος και την ταχύτητα κάθε τύπου πλοίου. Τα δεδομένα της θαλάσσιας κίνησης για τις περιοχές μελέτης ελήφθησαν από μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε από την Dnvre SAFETEC [136].

Η μέθοδος MARCS περιγράφει τα εξωτερικά δεδομένα λειτουργίας χρησιμοποιώντας την τοποθεσία των Συστημάτων Διαχείρισης Κυκλοφορίας Πλοίων (VTS), των ζωνών στις οποίες απαγορεύεται η κίνηση πλοίων και την θέση των ρυμουλκών. Ο τρόπος χρήσης αυτών των δεδομένων περιγράφεται στο [..4..]. Στο παρόν παράδειγμα, οι τυχόν θετικές επιδράσεις των συστημάτων VTS δεν λαμβάνεται υπόψιν, ούτε θεωρείται ότι τα ρυμουλκά μπορούν να βοηθήσουν σε περίπτωση προσάραξης λόγω απώλειας ελέγχου του πλοίου. Επιπλέον, σε ορισμένες περιοχές του Oslofjord η μορφή του πυθμένας της θάλασσας είναι τέτοια που δίνει την δυνατότητα αποφυγής προσάραξης λόγω απώλειας ελέγχου με τη χρήση της άγκυρας. Αυτό αντανakλάται στην μοντελοποίηση του υπό μελέτη προβλήματος.

Εδώ δεδομένα εσωτερικής λειτουργίας καλύπτουν τους ακόλουθους τύπους δεδομένων:

- Τη πιθανότητα ενός ατυχήματος δεδομένου του αριθμού των κρίσιμων καταστάσεων
- Την κατανομή του χρόνου επιδιόρθωσης του τεχνικού προβλήματος (στην περίπτωση προσάραξης λόγω απώλειας ελέγχου του πλοίου)

Μια διεξοδική συζήτηση σχετικά τα παραπάνω δεδομένα μπορεί να βρεθεί στο [137].

Ιστορικά δεδομένα για το Oslofjord

Η DAMA είναι μια βάση δεδομένων θαλάσσιων ατυχημάτων η οποία αναπτύχθηκε και συντηρείται από τη Νορβηγική Διεύθυνση Ναυτιλίας και πλοήγησης (Sjøfartsdirektoratet), της διοίκησης των νορβηγικών Ακτών και την Det Norske Veritas. Η DAMA περιέχει λεπτομέρειες σχετικά με όλα τα περιστατικά που έχουν αναφερθεί και στα οποία υπήρχε συμμετοχή νορβηγικών εμπορικών πλοίων, ανεξάρτητα από την πραγματική θέση αυτών. Επίσης, σε αυτή περιλαμβάνονται και ξένα εμπορικά πλοία που έχουν εμπλακεί σε επεισόδια στα νορβηγικά ύδατα, (από το 1991). Ακόμα, περιλαμβάνονται τόσο σοβαρά περιστατικά όσο και περιστατικά κατά τα οποία το πλοίο δεν έπαθε ζημιά, εφόσον αυτά αναφερθούν στις νορβηγικές αρχές, ενώ η μέθοδος MARCS έχει αναπτυχθεί για να υπολογίσει τη συχνότητα των "σοβαρών" ατυχήματα, όπου η έννοια σοβαρό ορίζεται από τη βάση δεδομένων Lloyds Casualty.

Τα περιστατικά που αναφέρονται παραπάνω θα μπορούσαν να συνοψιστούν όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.7. Είναι επίσης ενδιαφέρον να συγκρίνουμε τις συχνότητες ατυχημάτων για την Oslofjord με αντίστοιχους αριθμούς για τα άλλες περιοχές. Μια σύγκριση με τα δεδομένα των ατυχημάτων στην Βόρεια Θάλασσα (NS) και εκτιμήσεις για τα ατυχήματα σε παγκόσμιο επίπεδο (WW) παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.8. Οι συχνότητες ατυχημάτων για το Oslofjord έχουν υπολογιστεί με παρόμοιο τρόπο όπως και τα στοιχεία για την περιοχή της Βόρειας Θάλασσας [137]. Με βάση τα δεδομένα της θαλάσσιας κίνησης [136], μπορούν να εξαχθούν τα μίλια ανά έτος. Επιπλέον, υποτίθεται ότι η αντιπροσωπευτική περίοδος των εγγραφών στη βάση δεδομένων DAMA είναι πέντε και μισό χρόνια.

Κατά τη σύγκριση των ιστορικών δεδομένων των ατυχιών στο Oslofjord με τα αντίστοιχα δεδομένα από την περιοχή της Βόρειας Θάλασσας και με αυτά σε παγκόσμιο επίπεδο (Σχήμα 5.8), είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ο συνολικός αριθμός των ατυχημάτων εντός του Oslofjord είναι μικρός. Δεδομένου ότι τα στοιχεία είναι λιγοστά, κατά τη μελέτη πρέπει να υπάρξει προσοχή στην διεξαγωγή συμπερασμάτων με βάση τα δεδομένα για το Oslofjord. Ωστόσο, ορισμένες παρατηρήσεις που μπορούν να γίνουν:

- Φαίνεται ότι οι συγκρούσεις πλοίων στο Oslofjord είναι συχνότερες από άλλες περιοχές. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί με τη σχετικά υψηλή κίνηση πλοίων σε στενά νερά, ειδικά στο εσωτερικό μέρος του φιόρδ.
- Οι προσαράξεις εν κινήσει είναι πιο συχνές στο Oslofjord σε σύγκριση με τις άλλες περιοχές. Αυτό είναι αναμενόμενο δεδομένου ότι τα πλοία που ταξιδεύουν στην περιοχή Oslofjord κινούνται πιο κοντά στην ακτογραμμή από ό, τι στην περιοχή της Βόρειας Θάλασσας και σε παγκόσμιο επίπεδο.

Ωστόσο, θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι τα ατυχήματα στη βάση δεδομένων DAMA είναι τα περιστατικά που έχουν αναφερθεί στις νορβηγικές αρχές. Τα στοιχεία ατυχημάτων για τη Βόρεια Θάλασσα και σε παγκόσμιο επίπεδο περιλαμβάνουν τα λεγόμενα σοβαρά ατυχήματα που καταγράφονται στη βάση δεδομένων του Lloyds Maritime Services Information (LMIS). Πιστεύεται ότι η κύρια αιτία για τις πολύ μεγάλες συχνότητες προσάραξης που παρατηρούνται στο Oslofjord σε σχέση με την περιοχή της Βόρειας Θάλασσας, καθώς και σε όλο τον κόσμο, σχετίζεται με το γεγονός ότι η βάση δεδομένων DAMA περιέχει περιστατικά τα οποία δεν είναι απαραίτητο να έχουν αναφερθεί στη βάση δεδομένων LMIS.

	Συγκρούσεις	Προσαράξεις εν κινήσει	Προσαράξεις λόγω απώλειας ελέγχου	Δομική αστοχία	Πυρκαγιά / έκρηξη	Σύνολο
Δεξαμενόπλοια	0	3	0	1	0	4
Φορτηγά	0	5	0	0	0	5
Γενικού φορτίου	2	17	2	0	0	21
Επιβατηγά	12	18	1	2	0	33
Σύνολο	14	43	3	3	0	63

Σχήμα 5.7 Ιστορικά στοιχεία ατυχημάτων στο Oslofjord βασισμένα στην βάση δεδομένων DAMA (1991-1996)

Σύγκριση μεταξύ ιστορικών δεδομένων ατυχημάτων και των αποτελεσμάτων της μεθόδου MARCS

Τα αποτελέσματα της μεθόδου συνοψίζονται και συγκρίνονται με τα ιστορικά δεδομένα στο Σχήμα 5.9. Επιπλέον, η αναλογία μεταξύ των προβλέψεων και των συχνοτήτων των ατυχημάτων εμφανίζονται στο Σχήμα 5.10.

Όπως σχολιάστηκε προηγούμενα, υπάρχουν λίγα ατυχήματα εντός του χρονικού διαστήματος πέντε και μισό χρόνων που είναι η βάση τον υπολογισμό

των συχνοτήτων των ιστορικών ατυχημάτων. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για την κατηγορία των ατυχημάτων δομικής αστοχίας, για τα οποία δεν έχουν αναφερθεί περιστατικά, καθώς και για τις κατηγορίες της πυρκαγιάς/έκρηξης και της προσάραξης λόγω απώλειας ελέγχου, για τις οποίες υπάρχουν μόνο τρία συμβάντα στο καθένα. Κατά τη σύγκριση των προβλέψεων της MARCS με τα δεδομένα από την DAMA, θα πρέπει, επομένως, να έχουμε κατά νου ότι τα περιορισμένα ιστορικά δεδομένα οδηγούν σε μεγάλη διακύμανση..

Τύπος Πλοίου	Συγκρούσεις			Προσαράξεις εν κινήσει			Προσαράξεις λόγω απώλειας ελέγχου			Δομική αστοχία			Πυρκαγιά / έκρηξη		
	OF	NS	WW	OF	NS	WW	OF	NS	WW	OF	NS	WW	OF	NS	WW
Δεξαμενόπλοια	0	23,7	1,9	196	9,7	2	0	9,7	0,5	65,3	11,4	2,7	0	6,2	1,5
Φορτηγά	0	42,3	2,4	1303	9	3,8	0	9	1,1	0	33,4	2,2	0	36,4	4,2
Γενικού φορτίου	31,3	23,3	2,1	266	9,6	2,1	31,3	8	0,5	0	11,5	1,7	0	15,4	4
Επιβατηγά	212	37	9,3	319	7,4	0,9	17,7	17,4	0,4	35,4	57,8	2,3	0	11,1	1,3

Σχήμα 5.8 Συχνότητες ατυχημάτων (αριθμός ατυχημάτων ανά 1000 shipwears) για το Oslofjord (OF), στην Βόρεια Θάλασσα (NS) και σε παγκόσμιο επίπεδο (WW)

Ιστορικά Στοιχεία	Συγκρούσεις	Προσαράξεις εν κινήσει	Προσαράξεις λόγω απώλειας ελέγχου	Δομική αστοχία	Πυρκαγιά / έκρηξη	Σύνολο
Δεξαμενόπλοια	0	0,5	0	0,2	0	0,7
Φορτηγά	0	0,9	0	0	0	0,9
Γενικού φορτίου	0,4	3,1	0,4	0	0	3,9
Επιβατηγά	2,2	3,3	0,2	0,4	0	6,1
Σύνολο	2,6	7,8	0,6	0,6	0	11,6
MARCS	Συγκρούσεις	Προσαράξεις εν κινήσει	Προσαράξεις λόγω απώλειας ελέγχου	Δομική αστοχία	Πυρκαγιά / έκρηξη	Σύνολο
Δεξαμενόπλοια	0,1	2,2	1,4	0,007	0,004	3,8
Φορτηγά	0,02	0,5	0,3	0,002	0,002	0,8
Γενικού φορτίου	0,6	16,1	10,5	0,02	0,05	27,2
Επιβατηγά	1,3	37,3	0,3	0,02	0,02	38,9
Σύνολο	2	56,1	12,5	0,05	0,07	70,7

Σχήμα 5.9 Ιστορικά στοιχεία ατυχημάτων και προβλέψεις μεθόδου MARCS
(ατυχήματα ανά έτος)

MARCS/ Ιστορικά Στοιχεία	Συγκρούσεις	Προσάραξη εις εν κινήσει	Προσάραξεις λόγω απώλειας ελέγχου	Δομική αστοχία	Πυρκαγιά / έκρηξη	Σύνολο
Δεξαμενόπλοια	N.A.	4,4	N.A	0,04	N.A.	5,3
Φορτηγά	N.A.	0,6	N.A	N.A.	N.A.	0,9
Γενικού φορτίου	1,5	5,2	26,3	N.A.	N.A.	7
Επιβατηγά	0,6	11,3	1,5	0,05	N.A.	6,4
Σύνολο	0,8	7,2	20,8	0,08	N.A.	6,1

Σχήμα 5.10 Λόγος προβλέψεων προς ιστορικά στοιχεία

Ποιοτικά, και σε μεγάλο βαθμό ποσοτικά, η μέθοδος MARCS είναι σε θέση να αναπαράγει τις συχνότητες ατυχημάτων που έχουν παρατηρηθεί ιστορικά. Όσον αφορά την ποσοτική αντιστοιχία μεταξύ των προβλέψεων της συχνότητας των ατυχημάτων και των ιστορικών δεδομένων, μπορούν να γίνουν οι ακόλουθες παρατηρήσεις:

- Συγκρούσεις: Ο προβλεπόμενος αριθμός των συγκρούσεων είναι αρκετά κοντά στον αριθμό των ατυχημάτων που έχουν παρατηρηθεί, σε βαθμό μεγαλύτερο από τους αντίστοιχους αριθμούς στη μελέτη της περιοχής της Βόρειας Θάλασσας [137].
- Προσάραξη εν κινήσει: Για όλους τους τύπους σκαφών, εκτός από πλοία μεταφοράς χύδην φορτίου, υπάρχει μια σημαντικά μεγαλύτερη πρόβλεψη σε σύγκριση με τα ιστορικά δεδομένα. Για τα οχηματαγωγά πλοία, η MARCS προβλέπει δέκα φορές περισσότερα ατυχήματα από τον παρατηρούμενο αριθμό.
- Προσάραξη λόγω απώλειας ελέγχου: και σε αυτή τη περίπτωση έχουμε υψηλότερες προβλέψεις από τις πραγματικές τιμές.

5.6 Κανονισμοί λήψης αποφάσεων βάση του ρίσκου (Risk-Based Decision-making Guidelines – RBDM)

Αυτοί οι κανονισμοί αναπτύχθηκαν από την ακτοφυλακή των Ηνωμένων Πολιτειών [131] το 2001. Ο σκοπός των εννοιών, των εργαλείων και των παραδειγμάτων που συμπεριλαμβάνονται σε αυτούς τους κανονισμούς είναι η

διευκόλυνση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων και η κάλυψη αναγκών που προκύπτουν κατά την διάρκεια αυτής. Η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελείται από τέσσερα κυρίως μέρη τα οποία περιλαμβάνουν δώδεκα εργαλεία για την εκτίμηση του ρίσκου και στα οποία περιλαμβάνονται τα εξής:

- Το πρώτο μέρος περιλαμβάνουν οδηγίες που παρέχουν συγκεκριμένες συμβουλές και παραδείγματα τα οποία χρειάζονται για την ανάγνωση των κανονισμών
- Το δεύτερο μέρος περιλαμβάνει οδηγίες για την λήψη αποφάσεων με τη χρήση της ανάλυσης του ρίσκου και μια επισκόπηση των εργαλείων για την εκτίμηση αυτού
- Το τρίτο μέρος περιγράφει τα βασικά βήματα για την διαδικασία εκτίμηση του ρίσκου, βασικές αρχικές πληροφορίες για την διαδικασία αυτή καθώς και το πώς πρέπει να γίνει η επιλογή και η χρήση των διαφόρων εργαλείων
- Το τέταρτο μέρος αποτελεί μια ηλεκτρονική βιβλιοθήκη που περιλαμβάνει διάφορα στοιχεία που σχετίζονται με τους κανονισμούς της λήψης αποφάσεων καθώς και παραδείγματα για τα εργαλεία εκτίμησης του ρίσκου

Οι συγκεκριμένοι κανονισμοί βασίζονται σε ένα μεγάλο αριθμό από εργαλεία, τα οποία έχουν αναπτυχθεί από διάφορους οργανισμούς, όπως η ακτοφυλακή των ΗΠΑ, και μεμονωμένους μελετητές. Τα εργαλεία αυτά βασίζονται σε εργασίες που έχουν γίνει στο τομέα της θαλάσσιας ασφάλειας και της προστασίας του περιβάλλοντος, καθώς και στην μελέτη του ρίσκου στα λιμάνια και τα ποτάμια, των ανθρώπινων σφαλμάτων, των πυρκαγιών και εκρήξεων καθώς και των διαρροών πετρελαίου.

Η δεύτερη έκδοση των κανονισμών RBDM [131] αναπτύχθηκε με σκοπό να συμπεριλάβει την εμπειρία των διαφόρων μονάδων του της αμερικάνικης ακτοφυλακής. Αυτό επιτεύχθηκε με την χρήση ερωτηματολογίων σε 50 διαφορετικές μονάδες, τα οποία παρείχαν πληροφορίες και προτάσεις σημαντικές για την βελτίωση των κανονισμών. Ακόμα, προστέθηκαν νέα εργαλεία εκτίμησης του ρίσκου τα οποία δοκιμάστηκαν στην πράξη σε διαφορετικές εγκαταστάσεις.

Στην συνέχεια για την παράθεση των λεπτομερών βημάτων της ανάλυσης ρίσκου που προτείνεται από τους κανονισμούς και την καλύτερη κατανόηση αυτής θα παρατεθεί ένα παράδειγμα το οποίο περιλαμβάνεται στον δεύτερο τόμο των κανονισμών.

Βήμα 1: Καθορισμός της δομής της απόφασης	
Βήμα 1α: Ορισμός της απόφαση που πρέπει να παρθεί	
<p><u>Περιγραφή:</u></p> <p>Συγκεκριμένα περιγράφεται ποια απόφαση(εις) πρέπει να παρθούν. Κύριες κατηγορίες των αποφάσεων περιλαμβάνουν (1) την αποδοχή ή την απόρριψη μιας προτεινόμενης εγκατάστασης ή λειτουργίας, (2) τον προσδιορισμό ποιος και τι πρέπει να επιθεωρήσει, και (3) τον καθορισμό του τρόπου βελτίωσης μιας εγκατάστασης ή μιας λειτουργίας.</p>	<p><u>Παράδειγμα Αποτελέσματος:</u></p> <p>Οι αλλαγές στον Κώδικα Ομοσπονδιακών Κανονισμών (CFR) αύξησαν τις απαιτήσεις για την ικανότητα διάσωσης στα μικρά επιβατηγά πλοία που δραστηριοποιούνται τόσο σε κρύο όσο και ζεστό νερό. Επιπλέον, οι αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο το Αμερικάνικο Λιμενικό Σώμα ορίζει τον τρόπο που πρέπει να λειτουργούν τα πλοία σε περιοχές με κρύο νερό θα οδηγήσει στην ανάγκη συμμόρφωσης κάποιων σκαφών. Οι αλλαγές που θα γίνουν σε αυτά τα σκάφη με σκοπό την συμμόρφωση στους κανονισμούς είναι πιθανό να είναι κοστοβόρα και να οδηγήσουν σε μειωμένη ικανότητα μεταφοράς επιβατών (ή σε άλλους λειτουργικούς περιορισμούς), τα οποία θα μπορούσαν να έχουν αρνητικές οικονομικές συνέπειες για τον κλάδο. Για τα πλοία που κινούνται σε κόλπους, λίμνες, και ποτάμια, οι κανονισμοί CFR επιτρέπουν στον υπεύθυνο αξιωματικό των θαλασσιών επιθεωρήσεων (OCMI) να είναι ελαστικός όσον αφορά την εφαρμογή των νέων απαιτήσεων. Ο OCMI πρέπει να καθορίσει υπό ποιες προϋποθέσεις πρέπει να εφαρμόζονται οι κανονισμοί αυτοί</p>
Βήμα 1β: Προσδιορισμός του ποιοι θα πρέπει να συμμετέχουν στην λήψη της απόφασης	
<p><u>Περιγραφή:</u></p> <p>Προσδιορισμός του τρόπου συμμετοχής των βασικών φορέων οι οποίοι (1) πρέπει να συμμετέχουν στη λήψη της απόφασης ή (2) θα επηρεαστούν από τις δράσεις που προκύπτουν από τη διαδικασία</p>	<p><u>Παράδειγμα Αποτελέσματος:</u></p> <p>Η ομάδα μελέτης επιλέγει να περιλάβει μόνο το προσωπικό του Λιμενικού σώματος στη διαδικασία λήψης της απόφασης. Κανονικά, η ομάδα θα συμπεριλάμβανε τους ιδιοκτήτες /</p>

λήψης αποφάσεων και ενημέρωσή τους	διαχειριστές του σκάφους στην διαδικασία ανάπτυξης πλαισίου απόφασης.
Βήμα 1γ: Προσδιορισμός των διαθέσιμων επιλογών	
<p><u>Περιγραφή:</u></p> <p>Περιγραφή των διαθέσιμων επιλογών. Αυτό διευκολύνει την επικέντρωση των προσπάθειών μόνο σε θέματα που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την διαδικασία της επιλογής ανάμεσα στις αξιόπιστες εναλλακτικές λύσεις.</p>	<p><u>Παράδειγμα Αποτελέσματος:</u></p> <p>Η ομάδα μελέτης αποφάσισε ότι οι παρακάτω επιλογές είναι διαθέσιμες για κάθε σκάφος:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Να μην χορηγήσει απαλλαγή από την υποχρέωση, αναγκάζοντας σε αυστηρή συμμόρφωση με τους κανονισμούς • Παροχή βοήθειας στο σκάφος για τον εντοπισμό πιθανών λειτουργικών αλλαγών που θα οδηγήσουν στην επίτευξη συμμόρφωσης, χωρίς να αλλάζει ο εξοπλισμός διάσωσης • Κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, παροχή άδειας στο σκάφος να συμμορφωθεί με τις απαιτήσεις που αφορούν το ταξίδι σε ζεστές θάλασσες αντί με αυτές που αφορούν το ταξίδι σε κρύες
Βήμα 1δ: Προσδιορισμός των παραγόντων που θα επηρεάσουν την απόφαση (συμπεριλαμβανομένων των παραγόντων ρίσκου)	
<p><u>Περιγραφή:</u></p> <p>Λίγες αποφάσεις είναι αυτές που βασίζονται σε ένα μόνο παράγοντα. Οι περισσότερες απαιτούν εξέταση πολλών παραγόντων, συμπεριλαμβανομένου του κόστους, του χρονοδιαγράμματος, των κινδύνων, κλπ. Τα ενδιαφερόμενα μέρη πρέπει να προσδιορίσουν τους σχετικούς παράγοντες απόφασης.</p>	<p><u>Παράδειγμα Αποτελέσματος:</u></p> <p>Η ομάδα διαχείρισης προσδιορίζει του παρακάτω παράγοντες απόφασης:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Απαλλαγές μπορούν να χορηγηθούν μόνο εάν ο φορέας εκμετάλλευσης του πλοίου εφαρμόζει το πρωτόκολλο 15-λεπτης επικοινωνίας το οποίο καθορίζεται στους CFR • Παράγοντες που (1) ελαχιστοποιούν των αριθμό των ατόμων που εκτίθενται σε κίνδυνο, (2) μειώνουν την πιθανότητα αρχικών γεγονότων που απαιτούν τη χρήση των ναυαγοσωστικό εξοπλισμό, και / ή (3) αυξάνουν την πιθανότητα έγκαιρης

	<p>διάσωσης ανθρώπων από το νερό (πριν την εμφάνιση υποθερμίας) θα μπορούσαν να δικαιολογήσουν την παροχή άδειας σε ένα σκάφος για την συμμόρφωση στους κανονισμούς που αφορούν το ταξίδι σε ζεστές θάλασσες αντί με αυτές που αφορούν το ταξίδι σε κρύες.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ορισμένοι τύποι σκαφών και υπηρεσιών δεν είναι δυνατό να απαλλαγούν από την υποχρέωση συμμόρφωσης στους κανονισμούς, λόγω του υψηλού ρίσκου που τα χαρακτηρίζει
<p>Βήμα 1ε: Συγκέντρωση πληροφοριών σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν τα ενδιαφερόμενα μέρη</p>	
<p><u>Περιγραφή:</u></p> <p>Διενέργεια ειδικής ανάλυσης (π.χ. αξιολόγηση ρίσκου και μελέτη κόστους) για την ποσοτικοποίηση των διαφόρων παραγόντων</p>	<p><u>Παράδειγμα Αποτελέσματος:</u></p> <p>Η ομάδα αποφασίζει να εκτελέσει την ανάλυση ρίσκου για κάθε ένα πλοίο ξεχωριστά</p>

Βήμα 2: Εκτίμηση ρίσκου	
<p>Βήμα 2α: Έκφραση των ερωτήσεων σχετικά με το ρίσκο, οι οποίες πρέπει να απαντηθούν</p>	
<p><u>Περιγραφή:</u></p> <p>Απόφαση σχετικά με το ποιες ερωτήσεις πρέπει να απαντηθούν για να αποκτηθούν οι απαραίτητες γνώσεις σχετικά με το ρίσκο, οι οποίες απαιτούνται για την λήψη της απόφασης.</p>	<p><u>Παράδειγμα Αποτελέσματος:</u></p> <p>Η ομάδα αποφάσισε ότι το βασικό ερώτημα σχετικά με το ρίσκο είναι η εξής: «Τι συνδυασμός σκάφους και λειτουργικών χαρακτηριστικών οδηγεί σε χαμηλά επίπεδα ρίσκου τέτοια που να δικαιολογούν τη δυνατότητα συμμόρφωσης με του κανονισμούς για ζεστό νερό αντί για κρύο</p>

Βήμα 2β: Καθορισμός των πληροφοριών που σχετίζονται με το ρίσκο και απαιτούνται για να δοθεί απάντηση στις ερωτήσεις

Περιγραφή:

Περιγραφή των αναγκαίων στοιχείων για την απάντηση σε κάθε ερώτημα που τέθηκε στο προηγούμενο βήμα. Για κάθε πληροφορία, καθορίζονται τα ακόλουθα:

- Ο τύπος πληροφορίες που απαιτείται
- Η απαιτούμενη ακρίβεια
- Η απαιτούμενη βεβαιότητα
- Οι πόροι (ώρες το προσωπικό, κόστος, κ.λπ.) που διατίθενται

Παράδειγμα Αποτελέσματος:

Είδος πληροφοριών που απαιτούνται

Ένας δείκτης που αντιπροσωπεύει τα θετικά εκείνα χαρακτηριστικά του σκάφους και της λειτουργίας του, τα οποία μειώνουν την πιθανότητα μιας έκτακτης ανάγκης, η οποία θα οδηγήσει στην ανάγκη εγκατάστασης διασωστικών μέσων

Απαιτούμενη ακρίβεια

Η τιμή του δείκτη δεν είναι απαραίτητο να έχει μεγάλη ακρίβεια (π.χ., ακέραιες τιμές), αλλά οι παράγοντες ρίσκου που λαμβάνονται υπόψη πρέπει να ορίζονται πολύ συγκεκριμένα

Απαιτούμενη ακρίβεια

Η ομάδα ανάλυσης πρέπει να έχει εμπιστοσύνη στο γεγονός ότι μια υψηλή τιμή του δείκτη αντικατοπτρίζει την ύπαρξη αρκετών θετικών χαρακτηριστικών τα οποία δικαιολογούν την εξέταση της απαλλαγής από την υποχρέωση συμμόρφωσης

Διαθέσιμοι πόροι

Η εφαρμογή της διαδικασίας αξιολόγησης του ρίσκου για ένα συγκεκριμένο σκάφος πρέπει να είναι πολύ αποτελεσματική (π.χ., να χρειάζονται μερικά λεπτά ή ώρες για να εφαρμοστεί) και δεν πρέπει να απαιτεί έναν έμπειρο αναλυτή ρίσκου.

Βήμα 2γ: Επιλογή των εργαλείων ανάλυσης ρίσκου

Περιγραφή:

Επιλογή του εργαλείου ανάλυσης του ρίσκου που θα εκμεταλλευτεί με τον καλύτερο τρόπο τις υπάρχουσες πληροφορίες.

Παράδειγμα Αποτελέσματος:

Με βάση την υπό μελέτη κατάσταση και το είδος των πληροφοριών που απαιτούνται, η ομάδα αποφάσισε να δημιουργήσει ένα σχετικά απλό εργαλείο αξιολόγησης του ρίσκου. Η ομάδα χρησιμοποίησε επίσης δένδρα γεγονότων για να διασφαλιστεί ότι χρησιμοποιήθηκαν οι σωστοί παράγοντες ρίσκου κατά την διάρκεια της ανάλυσης. Η ομάδα διαπίστωσε ότι θα πρέπει να ληφθούν τα ακόλουθα μέτρα ως συνάρτηση του δείκτη ρίσκου, ο οποίος είναι το αποτέλεσμα της ανάλυσης ρίσκου:

- Μικρότερος από 0: Δεν εξετάζεται απαλλαγή
- 0 ή μεγαλύτερος: Εξετάζεται η απαλλαγή

Βήμα 2δ: Καθορισμός του πεδίου εφαρμογής του εργαλείου ανάλυσης

Περιγραφή:

Ορισμός των κατάλληλων φυσικών και υπολογιστικών περιορισμών της ανάλυσης

Παράδειγμα αποτελέσματος:

Η ομάδα επικεντρώνεται μόνο στα σκάφη τα οποία είτε (1) διαθέτουν ένα αποδεκτό πλάνο 15-λεπτης επικοινωνίας με την βάση των επιχειρήσεων είτε (2) συμμετέχουν σε ένα Συστημάτων Διαχείρισης Κυκλοφορίας Πλοίων (VTS). Κατά την ανάλυση λαμβάνονται υπόψη μόνο οι παράγοντες ρίσκου που έχουν ήδη εντοπιστεί, χωρίς να γίνεται αναζήτηση για νέους.

Βήμα 2ε: Δημιουργία πληροφοριών σχετικά με το ρίσκο, με τη χρήση του εργαλείου ανάλυσης

Περιγραφή:

Εφαρμογή του επιλεγμένου εργαλείου ανάλυσης ρίσκου. Κάτι τέτοιο μπορεί να απαιτεί τη χρήση περισσοτέρων του ενός εργαλείου ανάλυσης και μπορεί να περιλαμβάνει κάποια επαναληπτική

Παράδειγμα Αποτελέσματος :

Αρχικά, η ομάδα εφάρμοσε το εργαλείο εκτίμησης του ρίσκου δοκιμαστικά για έναν αριθμό σκαφών για να εξασφαλιστεί ότι το εργαλείο είναι «ρυθμισμένο» σωστά. Η ομάδα συγκρίνει τα αποτελέσματα του εργαλείου με τις δικές τις υποκειμενικές

<p>ανάλυση (ξεκινώντας με μια γενική, μικρής λεπτομέρειας</p> <p>ανάλυση και προχωρώντας με μια πιο συγκεκριμένη, ανάλυση υψηλής λεπτομέρειας).</p>	<p>απόψεις που πηγάζουν από την εμπειρία. Με αυτή τη σύγκριση, η ομάδα κάνει κάποιες τροποποιήσεις στο εργαλείο.</p> <p>Στη συνέχεια, η ομάδα ξεκίνησε την εφαρμογή του εργαλείου για συγκεκριμένα σκάφη που ζητούν απαλλαγή. Η ομάδα χρησιμοποιεί τα αποτελέσματα του εργαλείου για βοηθηθεί στην λήψη της απόφασης σχετικά με το ρίσκο για κάθε σκάφος. Οι πλοιοκτήτες / διαχειριστές (ή οι εκπρόσωποί τους) εμπλέκονται άμεσα σε αυτή τη διαδικασία.</p>
---	---

Βήμα 3: Εφαρμογή των αποτελεσμάτων στην διαδικασία λήψης της απόφασης	
Βήμα 3α: Εκτίμηση των πιθανών επιλογών διαχείρισης του ρίσκου	
<p><u>Περιγραφή:</u></p> <p>Καθορισμός του τρόπου με τον οποίο μπορεί να αντιμετωπιστεί πιο αποτελεσματικά το ρίσκο. Η απόφαση αυτή μπορεί να είναι: (1) αποδοχή / απόρριψη του ρίσκου ή (2) εξεύρεση συγκεκριμένων τρόπων για τη μείωση του ρίσκου.</p>	<p><u>Παράδειγμα Αποτελέσματος:</u></p> <p>Για κάθε σκάφος, η ομάδα αναζητά απλές διαμορφώσεις ή λειτουργικές αλλαγές που μπορούν να γίνουν στο σκάφος που είτε (1) να καταστήσουν την απαλλαγή περιττή ή (2) να βοηθούν στην βελτίωση του επιπέδου του ρίσκου.</p> <p>Όταν, οι προτεινόμενες αλλαγές εφαρμοστούν και ληφθούν υπόψιν η ομάδα χρησιμοποιεί τα αποτελέσματα της ανάλυσης του ρίσκου για να αποφασίσει σχετικά με την απαλλαγή</p>
Βήμα 3β: Χρήση των πληροφοριών σχετικά με το ρίσκο στη λήψη αποφάσεων	
<p><u>Περιγραφή:</u></p> <p>Χρήση των πληροφοριών σχετικά με το ρίσκο εντός του συνολικού πλαισίου της απόφασης, ώστε να προκύψει μια τεκμηριωμένη, λογική απόφαση. Αυτό το τελικό στάδιο λήψης αποφάσεων συχνά περιλαμβάνει την επικοινωνία με ένα ευρύ σύνολο ενδιαφερομένων.</p>	<p><u>Παράδειγμα Αποτελέσματος:</u></p> <p>Τα αποτελέσματα της ανάλυσης επηρεάζουν σε πολύ μεγάλο βαθμό την απόφαση, αλλά η τελική απόφαση λαμβάνεται αποκλειστικά από τον υπεύθυνο αξιωματικό των θαλασσίων επιθεωρήσεων (OCMI)</p>

Βήμα 4: Παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας μέσω της εκτίμησης των επιπτώσεων	
<u>Περιγραφή:</u> Παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας των μέτρων που λαμβάνονται για τη διαχείριση του ρίσκου. Ο στόχος είναι η διαβεβαίωση ότι ο οργανισμός λαμβάνει τα αναμενόμενα αποτελέσματα από τις αποφάσεις διαχείρισης ρίσκου. Αν κάτι τέτοιο δεν καταστεί δυνατό, θα πρέπει να αλλάξει η διαδικασία λήψης αποφάσεων.	<u>Παράδειγμα Αποτελέσματος:</u> Η ομάδα παρακολουθεί τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα των αποφάσεων που έγιναν με τη μέθοδο RBDM. Εάν προκύψουν (1) θέματα που δεν είχαν προβλεφθεί από το εργαλείο ρίσκου ή (2) γίνει εμφανές ότι μπορούν να δοθούν και άλλες εξαιρέσεις ενώ δεν προβλέπεται από το εργαλείο, η ομάδα θα επανεξετάσει την κατάσταση και προβαίνει στις κατάλληλες βελτιώσεις.

5.7 Ποσοτική ανάλυση ρίσκου και μοντέλο ρίσκου-αποτελέσματος (QRA and Risk-Effect Model – REM)

Η ποσοτική ανάλυση του ρίσκου (QRA) για την μεταφορά επικίνδυνων υλών αναπτύχθηκε ως μια μέθοδος εκτίμησης του ρίσκου στην Ολλανδία. Σχεδιάστηκε για να μπορεί να εφαρμοστεί στους τομείς των οδικών, σιδηροδρομικών και πλωτών μεταφορών. Στην συγκεκριμένη μέθοδο, υπολογίζεται το ατομικό και κοινωνικό ρίσκο, με βάση συγκεκριμένα κριτήρια που αφορούν το ρίσκο και λαμβάνοντας υπόψη τις διάφορες διαστάσεις των μεταφορών, όπως ο όγκος και η φύση των προϊόντων που μεταφέρονται, τα χαρακτηριστικά του πληθυσμού που βρίσκεται κατά μήκος της διαδρομής της μεταφοράς και τα καιρικά φαινόμενα που επηρεάζουν τις μεταφορές. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως καμπύλες ατομικού ρίσκου κατά μήκος της διαδρομής μεταφοράς και ως καμπύλες κοινωνικού ρίσκου ανά τμήμα αυτής, μήκους ενός χιλιομέτρου.

Στην συνέχεια, πραγματοποιήθηκε το μεγάλο ερευνητικό πρόγραμμα «Safety of Inland Water Transport» με στόχο την ανάπτυξη ενός μοντέλου που να συνδέει το ρίσκο με το αποτέλεσμα (Risk-Effect Model – REM), το οποίο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από την ολλανδική κυβέρνηση για την χάραξη μιας πολιτικής απέναντι στην διαχείριση του ρίσκου και για την κάμψη των ανησυχιών σχετικά με την ασφάλεια των μεταφορών [132]. Το μοντέλο αυτό σχεδιάστηκε με σκοπό την εκτίμηση των κινδύνων των εσωτερικών πλωτών

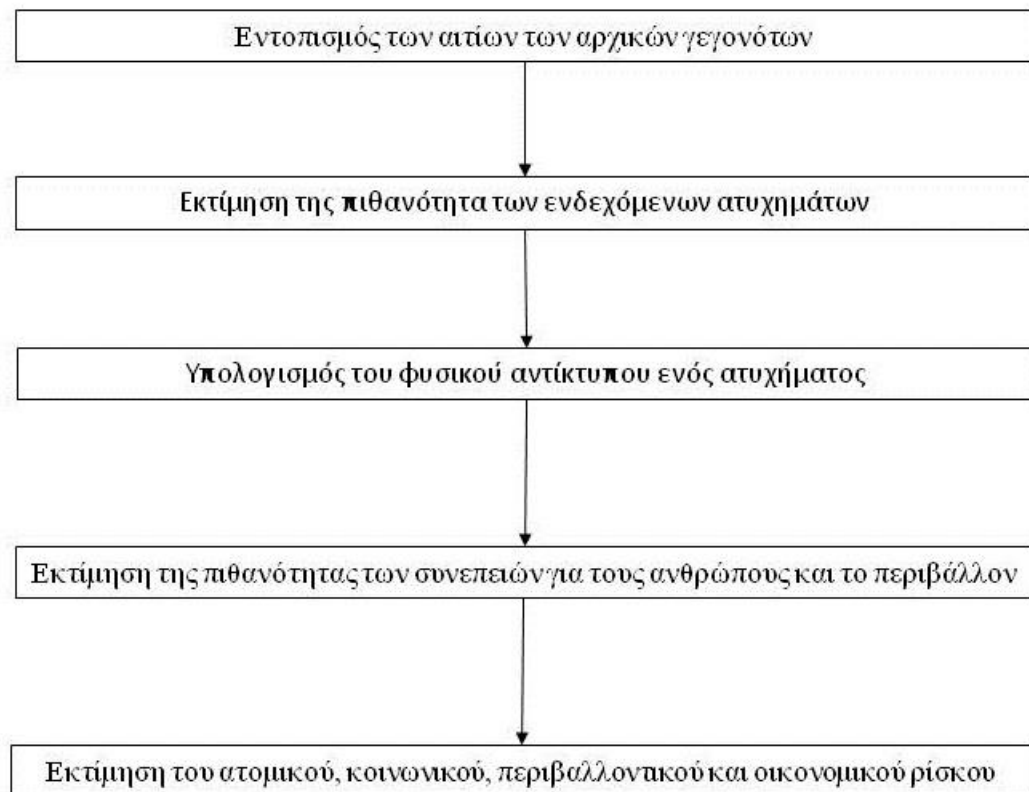
μεταφορών επικίνδυνων φορτίων στην Ολλανδία [133] και αποτελείται από ενότητες, οι οποίες με την χρήση συγκεκριμένων εργαλείων επιτρέπουν την εκτίμηση της κυκλοφορίας, των ατυχημάτων, των βλαβών, εκροή, του περιβαλλοντικού, οικονομικού και του σχετιζόμενου με την ασφάλεια ρίσκου, και των αποτελεσμάτων της διαδικασίας λήψης αποφάσεων (Σχήμα 5.6).

Τα κύρια στάδια της ανάλυσης του ρίσκου για τη μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων που περιγράφονται στο μοντέλο είναι τα εξής [132,133] (Σχήμα 5.7) :

- Εντοπισμός των αιτίων των αρχικών γεγονότων
- Εκτίμηση της πιθανότητας των ενδεχόμενων ατυχημάτων
- Υπολογισμός του φυσικού αντίκτυπου ενός ατυχήματος
- Εκτίμηση της πιθανότητας των συνεπειών για τους ανθρώπους και το περιβάλλον
- Εκτίμηση του ατομικού, κοινωνικού, περιβαλλοντικού και οικονομικού ρίσκου



Σχήμα 5.11: Ενότητες μοντέλου ρίσκου-αποτελέσματος



Σχήμα 5.12: Κύρια στάδια της ανάλυσης του ρίσκου για τη μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων

Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα - Προτάσεις

Η σελίδα αυτή έχει παραμείνει εσκεμμένα κενή

Σε αυτή την διπλωματική εργασία έγινε μια προσπάθεια για την καλύτερη κατανόηση του ρίσκου και της φύσης του, μέσω της παρουσίασης πολλών διαφορετικών ορισμών του ρίσκου. Το ρίσκο μπορεί να έχει μια οντολογική πλευρά, η μελέτη της οποίας πρέπει να γίνεται με αντικειμενικότητα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη της έννοιας του αντικειμενικού, έννοια η οποία, όμως, βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο και χρήζει περισσότερης μελέτης και ανάλυσης.

Για την καλύτερη κατανόηση και για την σωστή μελέτη του ρίσκου είναι απαραίτητη η κατανόηση βασικών εννοιών, όπως της αβεβαιότητας και του γνωστικού υπόβαθρου, καθώς και η κατανόηση της σχέσης και τις αλληλεπίδρασης τους με το ίδιο το ρίσκο, στην οποία στοχεύει και αυτή η εργασία. Ακόμα, η σωστή κατανόηση και χρήση αυτών των εννοιών μπορεί να επηρεάσει κατά πολύ τον τρόπο ανάλυση και διαχείρισης του ρίσκου.

Στην συνέχεια, ένα σαφές συμπέρασμα που μπορεί να βγει μελετώντας τις νέες τάσεις στο τομέα του ρίσκου είναι η επικέντρωση αυτών στην μελέτη διαστάσεων του ρίσκου οι οποίες παλιότερα δεν μελετιούνταν. Αυτές οι διαστάσεις είναι η αβεβαιότητα και το γνωστικό υπόβαθρο, η μελέτη των οποίων και ο συνυπολογισμός τους στα αποτελέσματα της αξιολόγησης του ρίσκου οδηγούν σε καλύτερη κατανόηση της πραγματικής φύσης του ρίσκου καθώς και στην σωστότερη αντιμετώπιση του.

Αν κάποιος παρατηρήσει τις μεθόδους οι οποίες χρησιμοποιούνται στην ναυτιλία για την εκτίμηση και την διαχείριση του ρίσκου, θα διαπιστώσει την προσπάθεια μιας αυτόνομης πορείας, χωρίς να γίνονται πολλές προσπάθειες για την συνεργασία με άλλες βιομηχανίες και την ανταλλαγή εμπειρίας. Ακόμα, παρατηρείται ότι στην βιομηχανία της ναυτιλίας το ρίσκο μελετάται με την παραδοσιακή του έννοια, χωρίς να γίνονται προσπάθειες υιοθέτησης νέων τάσεων. Επίσης, η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας δείχνει πως στις μεθόδους που εφαρμόζονται στην ναυτιλία γίνεται χρήση συχνοτήτων και πολύ σπάνια των πιθανοτήτων.

Έννοιες όπως το γνωστικό υπόβαθρο, η αβεβαιότητα και οι μαύροι κύκνοι σπάνια συναντώνται στην ναυτιλία. Στις μεθόδους που χρησιμοποιούνται συνήθως, πραγματοποιείται η μελέτη, χωρίς να μελετώνται καταστάσεις έντονης αβεβαιότητας, χωρίς να μελετάται και να επηρεάζει τα αποτελέσματα της ανάλυσης η ισχύς του γνωστικού υπόβαθρου στο οποίο αυτή βασίζεται, πράγματα που σε άλλες βιομηχανίες θεωρούνται αυτονόητα.

Επιπροσθέτως, τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει η προσπάθεια οι έννοιες που αφορούν το ρίσκο σε ένα σύστημα, όπως η επανατακτικότητα και η τρωτότητα να ενταχθούν στη μελέτη του ρίσκου στην ναυτιλία, προσπάθειες που βρίσκονται όμως σε πρώιμο στάδιο.

Συνεπώς, είναι σαφής η ανάγκη μελέτης και ανάπτυξης μεθόδων στην ναυτιλία, οι οποίες θα μπορούν να εφαρμοστούν υπό καθεστώς ισχυρής αβεβαιότητας και θα μπορούν να προβλέψουν γεγονότα όπως οι μαύροι κύκνοι, γεγονότα που στην ναυτιλία δεν είναι αδύνατο να συμβούν. Είναι εμφανές ότι είναι απαραίτητος ο εκσυγχρονισμός της έννοιας του ρίσκου και η διεύρυνση του με σκοπό να καλύπτει τις ανάγκες που απαιτούν οι σημερινές συνθήκες, συνθήκες που επιβάλλουν αυξημένη ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής, προστασία του περιβάλλοντος καθώς και μείωση του κόστους.

Η σελίδα αυτή έχει παραμείνει εσκεμμένα κενή

Βιβλιογραφία

1. Althaus CE. A disciplinary perspective on the epistemological status of risk. *Risk Analysis*,25(3):567–88, 2005
2. Oxford English Dictionary. (2011) /<http://www.oed.com>S Bernstein PL.
3. Against the Gods: The Remarkable Story of Risk. New York: John Wiley & Sons; 1996
4. Giddens A. Runaway World: How Globalisation is Reshaping Our Lives. London: Profile Books, 1999
5. Chambers Twentieth Century Dictionary, Edinburgh: W&R Chambers Ltd, 1946
6. Gigerenzer G, Swijtink Z, Porter T, Daston L, Beattie J, Kruger L. The Empire of Chance: How Probability Changed Science and Everyday Life. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
7. Lupton D. Risk. London: Routledge, 1999.
8. Wharton F. Risk management: Basic concepts and general principles. In: Ansell J, Wharton F, editors. Risk: Analysis, Assessment and Management. Chichester: John Wiley and Sons, 1992.
9. Aven T. The risk concept—historical and recent development trends. *Reliability Engineering and System Safety* ,99:33–44, 2012
10. Fischhoff, B., Slovic, P., Lichtenstein, S., Read, S., & Combs, B. How safe is safe enough? A psychometric study of attitudes towards technological risks and benefits. *Policy Sciences*, 9, 1978
11. Starr, C., Social benefit versus technological risk. Chalk, R. (Ed.) Science, Technology, and Society: Emerging Relationships Washington: American Association for the Advancement of Science,1969
12. Aven T. A holistic framework for conceptualising and describing risk. In: Proceedings SSARS Conference in Sobot, Poland, 20–25 June 2010
13. Aven T. A unified framework for risk and vulnerability analysis and management covering both safety and security. *Reliability Engineering and System Safety* ,92:745–54, 2007
14. De Moivre A. De Mensura Sortis. *Philosophical Transactions*,27:213–64, 1711
15. Verma M, Verter V. Railroad transportation of dangerous goods: Population exposure to airborne toxins. *Computers and Operations Research*,34:1287–303, A unified framework
16. Willis HH. Guiding resource allocations based on terrorism risk. *Risk Analysis* 2007,27(3):597–606.
17. Adams J. Risk. London: UCL Press, 1995.
18. Campbell S. Determining overall risk. *Journal of Risk Research* ,8:569–81, 2005
19. Haynes J. Risk as an economic factor. *The Quarterly Journal of Economics*,9(4):409, 1895

20. Kirchsteiger C. Preface. International workshop on promotion of technical harmonisation on risk-based decision-making. *Safety Science*,40:1–15, 2002
21. Willett AH. *The Economic Theory of Risk and Insurance*. Philadelphia: The University of Pennsylvania Press., p. 6 , 1901
22. Knight FH. *Risk, Uncertainty, and Profit*. Boston: Houghton Mifflin Co., 233, 1921.
23. Angell FJ. *Insurance, Principles and Practices*. New York: the Ronald Press Comp., 4, 1959
24. Mowbray AH, Blanchard RH. *Insurance*.5th ed. New York: McGraw-Hill book comp, 1961
25. Hardy CO. *Risk and Risk Bearing*. Chicago: University of Chicago, 1923. p
26. Mehr RI, Cammack E. *Principles of Insurance*.3rd. ed Homewood, Illinois: Richard D. Irwin, 1953.
27. Magee JH. *General Insurance*.6th ed. Homewood, Illinois: Richard D. Irwin, 1961
28. Cabinet Office, *Risk: improving government's capability to handle risk and uncertainty*. Strategy unit report.2002
29. Riegel R, Miller JS. *Insurance Principles and Practices*. 5th ed. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall, Inc. p. 20, , 1966
30. Atheam JL. *Risk and Insurance*. New York: Appleton-Centoty-Crofts, 1969
31. Rowe WD. *An Anatomy of Risk*. New York: John Wiley & Sons, 1977. Pfeffer I. *Insurance and Economic Theory*. Homewood, Illinois: Richard D. Irwin Inc., 1956.
32. Pfeffer I. *Insurance and Economic Theory*. Homewood, Illinois: Richard D. Irwin Inc., 1956. p. 42, 1956
33. Lowrance W. *Of Acceptable Risk—Science and the Determination of Safety*. Los Altos, CA: William KaufmannInc,1976.
34. Kaplan S, Garrick BJ. On the quantitative definition of risk. *Risk Analysis*,1:11–27, 1981
35. Ale BJM. Risk assessment practices in The Netherlands. *Safety Science*,40:105–26, 2002
36. On how to conceptualise EA. *Metatheoretical foundations for post-normal risk*. *Journal of Risk Research*,1:15–44, 1998
37. Rosa EA. The logical structure of the social amplification of risk framework (SARF): Metatheoretical foundation and policy implications. In: Pidegeon N, Kaspersen RE, Slovic P, editors. *The Social Amplification of Risk*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
38. IRGC International Risk Governance Council White Paper on Risk Governance. *Towards an Integrative Approach*. Author: O. Renn with Annexes by P. Graham. Geneva: International Risk Governance Council, 2005
39. Aven T. On how to define, understand and describe risk. *Reliability Engineering and System Safety*,95:623–31, 2010.

40. Aven E, Aven T. On how to understand and express enterprise risk. *International Journal of Business Continuity and Risk Management*,2(1):20–34, 2011
41. ISO. Risk Management—Vocabulary. Guide2009,73:2009.
42. ISO. Risk Management—Principles and Guidelines.ISO2009,31000:2009.
43. Aven, T., Risk analysis and risk management. Basic concepts and principles. *Reliability & Risk Analysis: Theory & Applications*, vol 2, pp. 57-73, 2009
44. Aven T. *Misconceptions of Risk*. Chichester: Wiley, 2010.
45. Aven, T. and Vinnem, J.E. *Risk Management, with Applications from the Offshore Oil and Gas Industry*. N.Y.: Springer Verlag. 2007.
46. Aven, T. On the new ISO guide on risk management terminology.*Reliability Engineering and System Safety* 96, 719–726, 2011
47. Aven, T., Renn, O., & Rosa, A. E. Review On the Ontological Status of the Concept of Risk, *Safety Science* 49, 1074–1079, 2011
48. Knight FH. *Risk, Uncertainty and profit*. Boston and New York: Houghton Mifflin Company, 1921.
49. Luca RD, Raiffa H. *Games and decisions*. New York: Wiley, 1957.
50. Abt E, Rodricks J, Levy J, Zeise L, Burke T. Science and decisions: advancing risk assessment. *Risk Anal*,30:1028–36, 2010
51. Samson, S., Reneke, J. A. & Wiecek, M. W. A Review of Different Perspectives on Uncertainty and Risk and an Alternative Modeling Paradigm. *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 94, no., pp. 558-567, 2009
52. Holton GA. Defining risk. *Financial Anal J*,60(6):19–25, 2004
53. Hacking, J., *The Emergence of Probability*, Cambridge University Press, Cambridge. UK, 1975.
54. Chernoff, H. & Moses, L.E., *Elementary Decision Theory*, Wiley, New York, 1959,
55. Der Kiureghian A, Ditlevsen O, Aleatory or epistemic? Does it matter?, *Structural Safety* 31, 105–112, 2009
56. Nilsen T, Aven T. Models and model uncertainty in the context of risk analysis. *Reliability Engineering & Systems Safety*,79:309–17, 2003
57. Rausand M. , *Risk Assessment: Theory, Methods, and Applications*, Wiley, New York,2011
58. Jensen, R.P., et al., Hidden Formaldehyde in E-Cigarette Aerosols. *New England Journal of Medicine*. 372(4): p. 392-394, 2015
59. Bedford, T., Cooke, R. *Probabilistic Risk Analysis*. Cambridge University Press,Cambridge,2001Aven, T. *Foundation of Risk Analysis*. Wiley, Chichester.2003
60. Keynes, J. *Treatise on probability*, Macmillan, London, 1921
61. Franklin, J. Resurrecting logical probability. *Erkenntnis*, 55 (2), 277–305, 2001
62. Aven T., Reniers G, How to define and interpret a probability in a risk and safety setting, *Safety Science* 51, 223–231,2013

63. de Finetti, B. Fondamenti logici del ragionamento probabilistico. Bollettino dell'Unione Matematica Italiana 5, 1–3, 1930
64. Ramsey, F. Truth and probability. In: Foundations of Mathematics and Other Logical Essays, London, 1931
65. Aven T, Zio E, Some considerations on the treatment of uncertainties in risk assessment for practical decision making, Reliability Engineering and System Safety 96, 64–74, 2011
66. Lindley, D.V. The philosophy of statistics. The Statistician 49, 293–337, 2000
67. Aven, T. On the need for restricting the probabilistic analysis in risk assessments to variability. Risk Analysis 30 (3). 354–360, 2010
68. Ferson S, Ginzburg. Different methods are needed to propagate ignorance and variability. Reliability Engineering and System Safety, 54:133–44, 1996
69. Dempster AP. Upper and lower probabilities induced by a multi-valued mapping. Ann Math Stat, 38: 286–364, 1963.
70. Ijp HHS, Ng JMC. Human face recognition using Dempster±Shafer theory. In: ICIP. 1st International Conference on Image Processing, vol. 2. 287–297, 1994
71. Denoeux T. A k-nearest neighbour classification rule based on Dempster±Shafer theory. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 25(5):791–817, 1995
72. Buede DM, Girardi P. A target identification comparison of Bayesian and Dempster±Shafer multisensor fusion. IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics-Part A: Systems and Humans, 27(5):492–636, 1997
73. Shafer G. A mathematical theory of evidence. Princeton: Princeton University Press, 1976
74. Aven, T. On the meaning of a black swan in a risk context, Safety Science 57, 44–51, 2013
75. Hammond, P., Adapting to the Entirely Unpredictable: Black Swans, Fat Tails, Aberrant Events, and Hubristic Models. The University of Warwick Bulletin of the Economics Research Institute, 2009/10, 1, November
76. Taleb, N.N. The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable. Penguin, 2007
77. Lindley, D.V. The Black Swan: the impact of the highly improbable. Reviews. Significance (March), 42, 2008
78. Aven T, Krohn BS. A new perspective on how to understand, assess and manage risk and the unforeseen. Reliab Eng Syst Safe, 121:1–10, 2014
79. Smithells RW, Newman CGH. Recognition of thalidomide defects. J Med Genet, 29:217–23, 1992
80. Miller, Marilyn T. «Thalidomide Embryopathy: A Model for the Study of Congenital Incomitant Horizontal Strabismus». Transaction of the American Ophthalmological Society 81, 623–674, 1991
81. Reversal of Fortune: How a Vilified Drug Became a Life-saving Agent in the "War" Against Cancer - Onco'Zine - The International Cancer Network (November 30, 2013)

82. .Heaton, C. A. The Chemical Industry. Springer, 40. , 1994
83. M. Ahrari, OAPEC and “authoritative” allocation of oil: an analysis of the Arab oil embargo, Studies in Comparative International Development (SCID) 14 (1), 1979
84. Kristensen V, Aven T, Ford D. A new perspective on Renn & Klinken’s approach to risk evaluation and risk management. Reliab Eng Syst Saf,91:421–32, 2006
85. Grimvall G, Holmgren Per Jacobsson A, Thedéen T, Risks in Technological Systems, Springer,2009
86. Aven, T., Zio, E. Treatment of uncertainties in risk assessment for practical decision making. Reliability Engineering and System Safety 96, 64–74, 2011.
87. Aven T. Practical implications of the new risk perspectives. Reliability Engineering System Safety, 115:136–145, 2013.
88. Flage R, Aven T. Expressing and communicating uncertainty in relation to quantitative risk analysis(QRA). Reliability and Risk Analysis: Theory and Applications,2(13):9–18, 2009.
89. Aven T., Risk Analysis: Assessing Uncertainties beyond Expected Values and Probabilities John Wiley & Sons, Ltd, 2008
90. Aven T. On some recent definitions and analysis frameworks for risk, vulnerability and resilience. Risk Analysis,31(4):515–22, 2011
91. Haimes YY. On the definition of vulnerabilities in measuring risks to infrastructures. Risk Analysis, 26(2):293–296, 2006.
92. Holling CS. Resilience and stability of ecological systems. Annual Review of Ecology and Systematics, 4(1):1–23, 1973.
93. Woods DD. Creating foresight: Lessons for resilience from Columbia. in Farjoun M, StarbuckWH (eds). Organization at the Limit: NASA and the Columbia Disaster. Malden, MA: Wiley-Blackwell, 2005.
94. Woods DD. Essential characteristics of resilience. in Hollnagel E, Woods DD, Leveson N (eds). Resilience Engineering: Concepts and Precepts. Aldershot, UK: Ashgate Press, 2006.
95. Rose A, Liao S. Modeling regional economic resilience to disasters: A computable general equilibrium analysis of water service disruptions. Journal of Regional Science,45(1):75–112, 2005
96. Westrum R. A typology of resilience situations. in Hollnagel E, Woods DD, Leveson N (eds). Resilience Engineering: Concepts and Precepts. Aldershot, UK: Ashgate Press, 2006.
97. Hollnagel E, Woods DD, Leveson N (eds). Resilience Engineering: Concepts and Precepts. Aldershot, UK: Ashgate Press, 2006.
98. Haimes YY, Crowther KG, Horowitz BM. Homeland security preparedness: Balancing protection with resilience in emergent systems. Systems Engineering, 11(4):287–308, 2006
99. Taleb NN. Anti-Fragile. Penguin, 2012.
100. Haimes YY, On the Definition of Resilience in Systems, Risk Analysis, Vol. 29, No. 4, 498-501, 2009

101. Steen R, Aven T. A risk perspective suitable for resilience engineering. *Safety Science* 49, 292–297, 2011
102. Aven T., The Concept of Antifragility and its Implications for the Practice of Risk Analysis, *Risk Analysis*, Vol. 35, No. 3, 476–483, 2015
103. Karl E. Weick, Kathleen M. Sutcliffe, David Obstfeld, Organizing for High Reliability: Processes of Collective Mindfulness, *Research in Organizational Behavior*, Volume 1, pp. 81–123, 1999.
104. Weick K, Sutcliffe K, Managing the unexpected: Resilient performance in an age of uncertainty .CA :Jossey Bass, 2007.
105. Weick K, Sutcliffe K, Mindfulness and the quality of organizational attention. *Organization Sciences*, 17(4):514–24, 2006.
106. Aven T, Krohn B, A new perspective on how to understand, assess and manage risk and the unforeseen, *Reliability Engineering and System Safety* 121, 1–10, 2014
107. Huang , C. Experimental Riskology to Study Risk in Ontological Meaning, Atlantis Press, 2011.
108. Rosa, E.A. The logical status of risk – to burnish or to dull, *Journal of Risk Research*, Vol. 13, 239–253, 2010
109. Torbjorn B και Aven T Adaptive risk management using new risk perspectives – an example from the oil and gas industry, *Reliability Engineering and System Safety* 134, 75–82, 2015
110. Holling CS, Adaptive Environmental Assessment and Management, Wiley, 1978.
111. STO. (2010a) Statoil. Brønnhendelse på Gullfaks C. Intern Granskingsrapport (in Norwegian). (http://www.statoil.com/no/NewsAndMedia/News/2010/Downloads/5Nov_2010_%20Rapport_broennhendelse_Gulfaks%20C.pdf).
112. Aven T., On how to deal with deep uncertainties in a risk assessment and management context. *Risk Anal.*, 33(12):2082–91, 2013
113. Hollnagel, E., Barriers and Accident Prevention. Ashgate, Aldershot, UK., 2004.
114. Veland H, Aven T, Improving the risk assessments of critical operations to better reflect uncertainties and the unforeseen, *Safety Science* 79, 206–212, 2015
115. Norwegian Oil and Gas recommended guidelines for Common Model for Safe Job Analyses (SJA). Revision no: 3. Norwegian Oil and Gas, 2011
116. Botnevik, R., Berge, O., Sklet, S., Standardised procedures for work permits and safe job analysis on the Norwegian Continental Shelf. In: The Seventh SPE International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production, Society of Petroleum Engineers Inc., 29–31 March 2004, Calgary, Alberta, Canada
117. Garrick BJ, et al. Confronting the risks of terrorism: making the right decisions. *Reliab Eng Syst Saf*, 86:129–76, 2004
118. Anton PS, et al. The vulnerability assessment & mitigation methodology, Rand report, 2003.

119. Renn O, Klinke A. A new approach to risk evaluation and management: Risk-based precaution-based and discourse-based strategies. *Risk Analysis* 22:1071–94, 2002
120. Kristensen V, Aven T, Ford D. A new perspective on Renn & Klinke's approach to risk evaluation and risk management. *Reliab Eng Syst Saf* 91:421–32, 2006
121. Aven T. A semi-quantitative approach to risk analysis, as an alternative to QRAs. *Reliability Engineering and System Safety*, 93:768–75, 2008
122. IMO (International Maritime Organisation) Consideration of Current Safety Issues: Formal Safety Assessment, MSC 62/24/3, 1993
123. IMO (International Maritime Organisation) Guidelines for Formal Safety (FSA) for use in the IMO Rule-Making Process, MSC/Circ. 1023 and MEPC/Circ. 392, 2002
124. Rao PG, Raghavan KV, Hazard and risk potential of chemical handling at ports, *Journal of Loss Prevention in Process Industry*, vol 9, no. 3, 199-204, 1996
125. Lee J-O, Yeo I-Ch, Yang Y-S, A trial application of FSA methodology to hatchway watertight integrity of bulk carriers. *Marine Structure* 14, 651-667, 2001
126. Lois P, Wang J, Wall A, Ruxton Formal Safety Assessment of cruise ships. *Tourism Management* 25, pp 9,3-109, 2004
127. Trbojevic VM, Carr BJ, Risk based methodology for safety improvements in port. *Journal of Hazardous Materials* 71,467-480, 2000
128. HSE (Health and Safety Executive, UK) (1992) The Tolerability of Risk from Nuclear Power Station. Report of Health and Safety Executive, United Kingdom, HMSO, 1992
129. HSC (Health and Safety Commission, UK), Major Hazardous Aspects of the Transport of Dangerous Substances. Report of Advisory Committee on Dangerous Substances, Health and Safety Executive, United Kingdom, London, HMSO, 1991
130. Fowler TG, Sorgård E, Modeling Ship Transportation Risk. *Journal of Risk Analysis*, vol 20, no. 2, 2000
131. USCG (U.S. Coast Guard) Risk-Based Decision Making Guidelines 2nd, Edition, <http://www.uscg>, 2001
132. Donk J, de Rijke WG, A risk-effect model for waterway transport of dangerous goods. *IEEE, Conference proceedings, Reliability and Maintainability Symposium*, pp 349-355, 1995
133. Erkut EV, A Framework for Hazardous Materials Transport Risk Assessment Insurance. Elsevier, *Journal of Mathematics and Economics*, vol 18, issue 2, pp 135, 1996
134. Wang J., Offshore safety case approach and formal safety assessment of ships *Journal of Safety Research* 33, 81– 115, 2002
135. Thevik, H. J., Sørsgård, E., Fowler, T. A method for assessing the risk of sea transportation: Numerical examples for the Oslofjord. *Proceedings of the European Conference on Safety and Reliability Conference ESREL 2001: Towards a Safer World, Torino, Italia 16.-20.9.2001. Torino 2001*
136. Dovre Safetec. Oslofjord shipping data, 1999. Doc. No.: ST-99-8594-TN-Rev 01.

137. Fowler, T.G. and Sjørgård, E. Demonstration of Risk Assessment Techniques for Ship Transportation in European Waters”. SAFECO Work Package III.1.2-3, DNV Report No. 98-2021, Det Norske Veritas, Høvik, Norway, 1998.
138. Berle Ø, Asbjørnslett B, Rice J, Formal Vulnerability Assessment of a maritime transportation system, Reliability Engineering and System Safety 96, 696–705, 2011
139. Mansouri M., Nilchiani R., Mostashari A., A Risk Management-Based Decision Analysis Framework for Resilience in Maritime Infrastructure and Transportation Systems, IEEE SysCon 2009 —3rd Annual IEEE International Systems Conference, 2009 Vancouver, Canada, March 23–26, 2009