



UNIVERSITY OF WEST ATTICA

SCHOOL OF ENGINEERING

MSc in Oil and Gas Process Systems Engineering

Dissertation

HAZARD EVALUATION OF
REFINERY PROCESS AND PETROLEUM PRODUCT STORAGE FACILITIES
USING RISK RANKING INDICES

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ
ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΜΠΕΘΑΝΗ ΜΕΛΕΤΙΟΥ ΜΕ ΑΜ 20190010

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΦΟΙΤΗΤΗ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

«ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ»

ΥΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΒΛΕΨΗ ΤΟΥ Δρ ΧΗΜΙΚΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΤΣΟΛΑΚΗ ΘΩΜΑ

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2021

**ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Δρ. Θωμάς Τσολάκης, Χημικός Μηχανικός

(Όνομα)

(Υπογραφή)

Δρ. Αιμιλία Κονδύλη, Καθηγήτρια, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

(Όνομα)

(Υπογραφή)

**Δρ. Ιωάννης Κ. Καλδέλλης, Καθηγητής, Πρόεδρος Τμήματος Μηχανολόγων
Μηχανικών**

(Όνομα)

(Υπογραφή)

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Μπεθάνης Μελέτιος του Γεωργίου, με αριθμό μητρώου 20190010 φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Βιομηχανικά Συστήματα Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου» του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών

Μπεθάνης Μελέτης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό την αναγνώριση και αξιολόγηση της επικινδυνότητας διεργασιών και μονάδων που είναι τμήμα εγκαταστάσεων που κατεργάζονται και αποθηκεύουν αργό πετρέλαιο και πετρελαιοειδή. Η μεθοδολογία με την οποία θα γίνει η αξιολόγηση επικινδυνότητας στην παρούσα εργασία ανήκει στην κατηγορία των δεικτών αναγνώρισης επικινδυνότητας, (Hazards Identification Indices).

Η συγκεκριμένη κατηγορία μεθόδων βρίσκει εφαρμογή στη αναγνώριση και αξιολόγηση της επικινδυνότητας εγκαταστάσεων που διαχειρίζονται επικίνδυνες ουσίες (εύφλεκτες ή και τοξικές) εδώ και πολλές δεκαετίες, σε διάφορες φάσεις της ζωής μίας εγκατάστασης από τον αρχικό σχεδιασμό (preliminary design), την κανονική λειτουργία ως και την αναβάθμισή της (revamp).

Από τις διαθέσιμες μεθόδους αυτή που θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα είναι ο δείκτης Dow F&EI (Dow Fire and Explosion Index).

Ο δείκτης Dow F&EI είναι μια σχετικά απλή ποσοτική αλλά πλήρης μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της επικινδυνότητάς σε επίπεδο εξοπλισμού, διεργασίας και ολόκληρης εγκατάστασης. Απαιτεί σημαντική εμπειρία αναφορικά με τη λειτουργία της εργασίας και η εφαρμογή του δεν είναι χρονοβόρα. Με τη χρήση του είναι δυνατό να αξιολογηθούν τα διαθέσιμα μέτρα ασφάλειας μίας διεργασίας/εγκατάστασης, να καθοριστούν τα κρίσιμα τμήματα από πλευράς επικινδυνότητας και να αξιολογηθούν ημι-ποσοτικά διάφορα προτεινόμενα μέτρα για τη βελτίωση της ασφάλειας μίας εγκατάστασης. Παρέχει μεγάλη ευελιξία αν εφαρμοστεί κατά τη διάρκεια του αρχικού σχεδιασμού μίας εγκατάστασης.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

ΔΕΙΚΤΗΣ DOW F&E, ΑΚΤΙΝΑ ΕΚΘΕΣΗΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟ ΣΥΜΒΑΝ, ΜΕΤΡΑ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ, ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου για την κατανόησή τους και την υποστήριξη που μου παρείχαν απλόχερα, στην οικογένειά μου και στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Τσολάκη Θωμά.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ ΠΡΟΣ ΧΟΡΗΓΟΥΣ

Θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στους χορηγούς του Μεταπτυχιακού Προγράμματος «MSc Oil and Gas Process Systems Engineering», ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΑ Α.Ε., Δήμος Ασπροπύργου και Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής για τη χρηματοδότηση και τη συνεχή υποστήριξή τους. Η παρακολούθηση και η επιτυχία αυτού του Προγράμματος δεν θα ήταν δυνατή χωρίς την πολύτιμη συμβολή τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ	4
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	5
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ ΠΡΟΣ ΧΟΡΗΓΟΥΣ	5
ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	8
ΛΙΣΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	8
ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	10
ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	12
ΣΚΟΠΟΣ.....	13
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ–1. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ	17
1.1 ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΝΟΣ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟΥ	18
1.2 ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΩΝ	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ–2. ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ	21
2.1 ΑΙΤΙΕΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	22
2.2 ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΩΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΣΤΟΧΙΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΚΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ.....	25
2.3 ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΠΟΥ ΔΕΝ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΑΣΤΟΧΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΚΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	27
2.4 ΜΟΝΤΕΛΑ REASON ΚΑΙ CRISTOPHER HART	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ–3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ.....	35
3.1 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ ΣΕ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ – ΔΕΞΑΜΕΝΙΣΜΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ	35
3.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ	39
3.3 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΜΕΓΑΛΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ (BAME)	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ–4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ	44
4.1 ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ	44
4.1.1 ΛΙΣΤΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ (Checklists)	44
4.1.2 ΑΝΑΛΥΣΗ «ΤΙ ΘΑ ΣΥΜΒΕΙ ΑΝ...» («WHAT IF.. » ANALYSIS).....	45
4.1.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΝΤΡΩΝ ΑΛΛΗΛΟΥΧΙΑΣ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ (EVENT TREE ANALYSIS).....	45
4.1.4 ΑΝΑΛΥΣΗ HAZOP (HAZARD & OPERABILITY STUDY)	46
4.1.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΝΤΡΩΝ ΑΛΛΗΛΟΥΧΙΑΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ (FAULT TREE ANALYSIS).....	46
4.1.6 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΩΝ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ-5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΔΕΙΚΤΗ DOW F&EI	49
5.1 ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ.....	49

5.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ DOW F&EΙ	50
5.2.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΟ ΔΕΙΚΤΗ DOW.....	56
5.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ DOW F&EΙ ΣΕ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ.....	61
5.4 ΑΙΤΙΕΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ DOW F&EΙ	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ-6. ΕΦΑΡΜΟΓΗ DOW F&EΙ ΣΕ ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ – ΜΟΝΑΔΑ ΥΔΡΟΓΟΝΟ-ΑΠΟΘΕΙΩΣΗΣ ΝΑΦΘΑΣ	64
6.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	64
6.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ DOW (F&EΙ) ΣΤΗΝ ΜΟΝΑΔΑ ΥΔΡΟΓΟΝΟΑΠΟΘΕΙΩΣΗΣ ΝΑΦΘΑΣ	70
6.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΑΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΑΠΟ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟ ΣΥΜΒΑΝ.....	79
6.4 ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ.....	81
6.5 ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΩΝ LOSS CONTROL MEASURES	82
ΚΕΦΑΛΑΙΟ-7. ΕΦΑΡΜΟΓΗ DOW F&EΙ ΣΕ ΔΕΞΑΜΕΝΙΣΜΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ	88
7.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ F&EΙ ΣΕ ΔΕΞΑΜΕΝΙΣΜΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ.....	89
7.1.1 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ DOW F&EΙ ΜΕ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ.....	95
7.1.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΒΑΘΜΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ	97
7.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΑΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΑΠΟ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟ ΣΥΜΒΑΝ ΣΕ ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	101
7.3 ΑΚΤΙΝΕΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΒΑΣΕΙ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ.....	104
7.4 ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΩΝ LOSS CONTROL MEASURES ΣΕ ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	109
ΚΕΦΑΛΑΙΟ-8. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΣΤΙΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΥΔΡΟΓΟΝΟΑΠΟΘΕΙΩΣΗΣ ΝΑΦΘΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ	113
8.1 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΜΟΝΑΔΑ ΝΑΡΗΤΑ HDS	121
8.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΤΡΩΝ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ - ΜΟΝΑΔΑ ΝΑΡΗΤΑ HDS.....	123
8.3 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	133
8.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΤΡΩΝ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ – ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	134
ΚΕΦΑΛΑΙΟ-9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	142
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	144
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ DOW F&EΙ ΜΟΝΑΔΑ ΥΔΡΟΓΟΝΟΑΠΟΘΕΙΩΣΗΣ ΝΑΦΘΑΣ	146
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ DOW F&EΙ - ΔΕΞΑΜΕΝΙΣΜΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ	151

ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Διαχωρισμός του αργού πετρελαίου σε πρωτογενή προϊόντα – Απλά Διυλιστήρια Πετρελαίου (Δρ Σπύρος Λάττας, Μάιος 2019).....	19
Σχήμα 2: Κατανομή Προϊόντων σε σύγχρονα διυλιστήρια (Δρ Σπύρος Λάττας,ό.π.:18).....	20
Σχήμα 3: Διεργασίες διαχωρισμού και επεξεργασίας αργού πετρελαίου σε πρωτογενή προϊόντα – Σύνθετα Διυλιστήρια Πετρελαίου.....	20
Σχήμα 4: Reason's cheese models	33
Σχήμα 5: Hart's Spinning Disk Model.....	34
Σχήμα 6: Ακτίνα Έκθεσης.....	53
Σχήμα 7: Επιφάνεια Έκθεσης.....	53
Σχήμα 8: Υπολογισμός Damage Factor	54
Σχήμα 9: Προσδιορισμός της μέγιστης πιθανής διακοπής λειτουργίας	55
Σχήμα 10: Σχηματική περιγραφή της διαδικασίας των υπολογισμών της ανάλυσης ρίσκου (American Institute of Chemical Engineers, 1994)	58
Σχήμα 11: Έντυπο υπολογισμού του δείκτη DOW F&EI (American Institute of Chemical Engineers, 1994).....	59
Σχήμα 12. Έντυπα υπολογισμού των LCCF και της επικινδυνότητας ολόκληρης της διεργασίας (American Institute of Chemical Engineers, 1994).....	60
Σχήμα 13: Τυπικό διάγραμμα ροής μονάδας υδρογονο-αποθείωσης νάφθας (Parkash, 2003)	65
Σχήμα 14: Τα 14 τμήματα το σύνολο της μονάδας υδρογονοαποθείωσης Naphtha.....	71

ΛΙΣΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Κατανομή Ζημιών ανά Δραστηριότητα	23
Διάγραμμα 2: Αστοχίες Μηχανικής - Μη Μηχανικής Ακεραιότητας.....	24
Διάγραμμα 3: Κατανομή ζημιών ανά δραστηριότητα Αστοχιών Μηχανικής ή Μη Μηχανικής Ακεραιότητας	24
Διάγραμμα 4: Τύποι Αστοχίας Μηχανικής Ακεραιότητας	25
Διάγραμμα 5: Χρόνος εκδήλωσης περιστατικού - Αστοχίες Μηχανικής Ακεραιότητας	26
Διάγραμμα 6: Αστοχίες Μηχανικής Ακεραιότητας – Πρωτογενής Αιτία.....	27
Διάγραμμα 7: Χρόνος εκδήλωσης περιστατικού - Αστοχίες Μη Μηχανικής Ακεραιότητας	30
Διάγραμμα 8: Αστοχίες Μη Μηχανικής Ακεραιότητας – Πρωτογενής.....	31
Διάγραμμα 9: Αστοχίες Μη Μηχανικής Ακεραιότητας - Δευτερογενής.....	31
Διάγραμμα 10: Κρίσιμος εξοπλισμός εκτός Λειτουργίας.....	32
Διάγραμμα 13: Περιστατικά/Γεωγραφική Περιοχή	36

Διάγραμμα 14: Περιστατικά/Τύπο Εγκατάστασης	36
Διάγραμμα 15: Αιτίες Περιστατικών Ποσοστιαία	38
Διάγραμμα 16: Επιπτώσεις Περιστατικών	40
Διάγραμμα 11: Αριθμός Ατυχημάτων από BAME	42
Διάγραμμα 12: Αιτίες Αναφοράς Ατυχημάτων Ως BAME	43
Διάγραμμα 17: F&EI ανά Τμήμα	77
Διάγραμμα 18: Δείκτης F&E ανά δεξαμενή	94
Διάγραμμα 19: Συσχέτιση F&EI με ποσότητα Αμόλυβδης	95
Διάγραμμα 20: Συσχέτιση F&EI με ποσότητα Νητζελ.....	96
Διάγραμμα 21: Συσχέτιση F&EI με ποσότητα Καύσιμο Αεριοθούμενων	96
Διάγραμμα 22: Συσχέτιση F&EI με ποσότητα Μαζούτ Υψηλού Θείου.....	97
Διάγραμμα 23: Χωρητικότητα Δεξαμενής >49.000m ³	98
Διάγραμμα 24: Χωρητικότητα Δεξαμενής: 15.000m ³ - 22.000m ³	98
Διάγραμμα 25: Χωρητικότητα Δεξαμενής: 6.000m ³ - 10.000m ³	99
Διάγραμμα 26: Χωρητικότητα Δεξαμενής: 3.000m ³ - 4.000m ³	99
Διάγραμμα 27: Συσχέτιση Ποσότητας και F&EI Αμόλυβδης	102
Διάγραμμα 28: Συσχέτιση Ποσότητας και F&EI Νητζελ.....	103
Διάγραμμα 29: Συσχέτιση Ποσότητας και F&EI Καύσιμου αεριοθούμενων	103
Διάγραμμα 30: Συσχέτιση Ποσότητας και F&EI Μαζούτ.....	104
Διάγραμμα 31: Ελάχιστες, Μέγιστες και Τρέχουσες Τιμές Πιστωτικού παράγοντα ελέγχου απώλειας για μονάδα Naphtha σχηματικά	122
Διάγραμμα 32: Σύγκριση F&EI Πριν και Μετά την Εφαρμογή Μέτρων Προστασίας – Μπάρες Ορίων Επικινδυνότητας.....	123
Διάγραμμα 33: Ολική Ζημία ανά Τμήμα Μονάδας	130
Διάγραμμα 34: Ολική Ζημία πριν και μετά την Εφαρμογή Μέτρων ανά Τμήμα Μονάδας	132
Διάγραμμα 35: Ελάχιστες, Μέγιστες και Τρέχουσες Τιμές Παράγοντα Μείωσης Επικινδυνότητας για μονάδα αποθήκευσης (σχηματικά).....	133
Διάγραμμα 36: Σύγκριση DOE F&EI πριν και μετά την εφαρμογή μέτρων Προστασίας και Πρόληψης.....	134
Διάγραμμα 37: Ολική Ζημία Ανά Δεξαμενή	140
Διάγραμμα 38: Ολική Ζημία και μετά την Εφαρμογή Μέτρων.....	141

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Περιστατικά ανά τύπο Δεξαμενής.....	37
Πίνακας 2: Αίτια ατυχήματος σε δεξαμενές	38
Πίνακας 3: Επιπτώσεις Περιστατικών	39
Πίνακας 4: Ποσοστιαία ανάλυση Επίπτωσης Πυρκαγιάς και Έκρηξης	40
Πίνακας 5: Σύγκριση Μεθόδων Εκτίμησης Κινδύνων(Frank P. Lees,op.cit.:44).....	47
Πίνακας 6: Ταξινόμηση Κινδύνου	57
Πίνακας 7: Συνήθειες συνθήκες λειτουργίας μιας μονάδας HDS naphtha.....	67
Πίνακας 8: Ιδιότητες τροφοδοσίας και προϊόντος, οι αποδόσεις μονάδας και η κατανάλωση χρησιμότητας.....	68
Πίνακας 9: Ιδιότητες τροφοδοσίας και προϊόντος, οι αποδόσεις μονάδας και η κατανάλωση χρησιμότητας (2).....	69
Πίνακας 10: Ιδιότητες τροφοδοσίας και προϊόντος, οι αποδόσεις μονάδας και η κατανάλωση χρησιμότητας (3).....	69
Πίνακας 11: Ποινή Πίεσης - Penalty Relief Pressure	75
Πίνακας 12: Ποινή Χρήσης Πυροσβεστικού Εξοπλισμού - Penalty Use of Fired Equipment	75
Πίνακας 13: Δείκτης DOW F&EI / Τμήμα Μονάδας Naphtha.....	77
Πίνακας 14: Ταξινόμηση Κινδύνου	78
Πίνακας 15: Ταξινόμηση της μονάδας.....	78
Πίνακας 16: Ακτίνα Έκθεσης σε μονάδα Naphtha	79
Πίνακας 17: Επιφάνεια Έκθεσης σε μονάδα Naphtha	80
Πίνακας 18: Τύπος Εξοπλισμού και Αποστάσεις Ασφαλείας Βάση Νομοθεσίας (ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ, 31/12/1990)	81
Πίνακας 19: Γεωμετρικά στοιχεία των δεξαμενών με τις ποσότητες των αποθηκευμένων προϊόντων.....	89
Πίνακας 20: Συντελεστής Υλικού (MF) ανά δεξαμενή	90
Πίνακας 21: Ποινές με βάση την ποσότητα του αποθηκευμένου προϊόντος.....	92
Πίνακας 22: DOW F&EI ανά δεξαμενή	93
Πίνακας 23: Ταξινόμηση κινδύνου ανά δεξαμενή.....	94
Πίνακας 24: Επιφάνειες και ακτίνες έκθεσης ανά δεξαμενή	101
Πίνακας 25: Αποστάσεις και νομοθεσία (ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ, 31/12/1990:79)	106
Πίνακας 26: Αποστάσεις Ασφαλείας βάση Νομοθεσίας	107
Πίνακας 27: Ακτίνες Έκθεσης Δεξαμενών Πλωτής Οροφής μετά τη λήψη βελτιωτικών μέτρων.....	108
Πίνακας 28: LCCF για την Μονάδα Naphtha πριν ληφθούν βελτιωτικά μέτρα.....	117

Πίνακας 29: LCCF για την Μονάδα Naphtha μετά τη λήψη των μέγιστων βελτιωτικών μέτρων	118
Πίνακας 30: LCCF για την Μονάδα Δεξαμενών πριν ληφθούν βελτιωτικά μέτρα	119
Πίνακας 31: LCCF για την Μονάδα Δεξαμενών μετά τη λήψη των μέγιστων βελτιωτικών μέτρων	120
Πίνακας 32: Ελάχιστες, Μέγιστες και Τρέχουσες Τιμές Πιστωτικού παράγοντα ελέγχου απώλειας για μονάδα Naphtha	121
Πίνακας 33: Βασική Μέγιστη Πιθανή Ζημιά Ιδιοκτησίας σε €Μ	125
Πίνακας 34: Πραγματική Πιθανή Ζημιά Ιδιοκτησίας	126
Πίνακας 35: Μέγιστη ημερήσια πιθανή διακοπή	127
Πίνακας 36: Κόστος Λόγω Διακοπής Λειτουργίας (BI) (€Μ)	128
Πίνακας 37: Ολική ζημία ανά τμήμα μονάδας	129
Πίνακας 38: Ολική Ζημιά μετά την Εφαρμογή Μέτρων	131
Πίνακας 39: Ελάχιστες, Μέγιστες και Τρέχουσες Τιμές Παράγοντα Μείωσης Επικινδυνότητας για μονάδα αποθήκευσης	133
Πίνακας 40: Συνολική Αξία Προϊόντων	135
Πίνακας 41: Βασική Μέγιστη Πιθανή Ζημιά Ιδιοκτησίας σε €Μ - Μονάδα Αποθήκευσης	136
Πίνακας 42: Πραγματική Πιθανή Ζημιά Ιδιοκτησίας - Μονάδα Αποθήκευσης	137
Πίνακας 43: Μέγιστη ημερήσια πιθανή διακοπή - Μονάδα Αποθήκευσης	137
Πίνακας 44: Κόστος Λόγω Διακοπής Λειτουργίας (BI) (€Μ) - Μονάδα Αποθήκευσης	138
Πίνακας 45: Ολική ζημία ανά δεξαμενή - Μονάδας Αποθήκευσης	139
Πίνακας 46: Ολική Ζημιά μετά την Εφαρμογή Μέτρων - Μονάδα Αποθήκευσης	140

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

BAME	Βιομηχανικά Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης
KYA	Κοινή Υπουργική Απόφαση
USD	United States Dollar
ΣΔΑ	Σύστημα Διαχείρισης Ασφάλειας
OHSAS	Occupational Health and Safety Assessment Series
ΕΛΟΤ	Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης
RBI	Risk Based Inspection
PTW	Permit To Work System
SOP	Standard Operating Procedures,
EOP	Emergency Operating Procedures
HAZOP	Hazard & Operability Study
F&EI	Fire and Explosion Index
LCCF	Loss Control Credit Factors
MF	Material Factor
DF	Damage Factor
MPPD	Max. Probable Property Damage
AMPPD	Actual Max. Probable Property Damage
MPDO	Maximum Probable Days of Outage
BI	Business Interruption
HDS	Hydrodesulphurization
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Material
ANSI	American National Standards Institute
LCM	Loss Control Measures

ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η αξιολόγηση επικινδυνότητας, δύο τμημάτων, μίας εγκατάστασης διύλισης αργού πετρελαίου και επεξεργασίας και μίας εγκατάστασης αποθήκευσης πετρελαιοειδών :

1. Της μονάδας υδρογόνο-αποθείωσης νάφθας (naphtha hydrodesulphurization unit)
2. Του τμήματος δεξαμενισμού τελικών προϊόντων, και πιο συγκεκριμένα αμόλυβδης βενζίνης, πετρελαίου κίνησης, καυσίμου αεριοθούμενων και μαζούτ υψηλού θείου.

Και για τα δύο τμήματα της εγκατάστασης έγινε εκτίμηση της επικινδυνότητας για συγκεκριμένα μέτρα ασφαλείας, ενώ εξετάστηκε και η μείωση της επικινδυνότητας με την εφαρμογή πρόσθετων μέτρων ασφαλείας.

Και στα δύο τμήματα έγινε σύγκριση της επικινδυνότητας μεταξύ των επιμέρους τμημάτων της μονάδας υδρογόνο-αποθείωσης και των δεξαμενών αποθήκευσης των παραπάνω προϊόντων.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χημική βιομηχανία, με τη ραγδαία ανάπτυξή της το τελευταίο αιώνα, εκτός από τα αδιαμφισβήτητα οφέλη που προσέφερε στην κοινωνία, δημιούργησε κινδύνους και παράλληλα ώθησε την έρευνα στην ανάπτυξη μεθοδολογιών και μέσων για την αντιμετώπισή τους.

Η ιστορία έχει καταγράψει σοβαρά περιστατικά, τα οποία ενώ εκδηλώθηκαν εντός των εγκαταστάσεων οι επιπτώσεις τους ξεπέρασαν τα όριά τους με αποτέλεσμα να τεθεί σε κίνδυνο το ευρύ κοινό. Τέτοια περιστατικό όπως αυτά του Flixborough στη Μ. Βρετανία, του Bhopal στην Ινδία και του Seveso στην Ιταλία είχαν παγκόσμιο αντίκτυπο και αποτέλεσαν ορόσημα για τη θέσπιση ειδικής νομοθεσίας στην Ευρώπη για εγκαταστάσεις που διαχειρίζονται επικίνδυνες ουσίες.

Ο ακρογωνιαίος λίθος αυτής της νομοθεσίας καθώς και όλων των τροποποιήσεων που έγιναν στη συνέχεια σε νομοθετικές διατάξεις και σε κώδικες που σχετίζονται με το σχεδιασμό και τη λειτουργία τέτοιων εγκαταστάσεων είναι η αναγνώριση των κινδύνων που προκύπτουν από τη λειτουργία μίας εγκατάστασης και η εκτίμηση της επικινδυνότητάς της. Στόχος είναι σε πρώτη φάση η λήψη μέτρων, κατά η διάρκεια ακόμη του σχεδιασμού της εγκατάστασης για την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας εκδήλωσης ενός περιστατικού και σε δεύτερη φάση εφόσον εκδηλωθεί ένα περιστατικό ο μετριασμός των επιπτώσεών του.

Ο όρος «κίνδυνος» (hazard), χρησιμοποιείται για να περιγράψει την εγγενή ιδιότητα μιας επικίνδυνης ουσίας ή φυσικής κατάστασης που ενδέχεται να βλάψει την ανθρώπινη υγεία ή το περιβάλλον (Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, 2012).

Ο όρος «επικινδυνότητα (risk)», χρησιμοποιείται για να περιγράψει πιθανότητα συγκεκριμένης επίδρασης εντός δεδομένης χρονικής περιόδου ή υπό συγκεκριμένες συνθήκες (Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, 2012).

Η μεθοδολογία του DOW F&EI που θα αναλυθεί στα επόμενα κεφάλαια της παρούσης είναι μία ποσοτική μεθοδολογία αναγνώρισης κινδύνων.

Στο κεφάλαιο 1 της παρούσης παρατίθενται συνοπτικά στοιχεία για τη λειτουργία των εγκαταστάσεων που κατεργάζονται αργό πετρέλαιο και πετρελαιοειδή και αναφέρονται οι κύριες διεργασίες που εκτελούνται σε αυτές τις εγκαταστάσεις.

Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται οι κύριοι παράγοντες που συνεισφέρουν στην επικινδυνότητα των εγκαταστάσεων αυτών, αναλύονται οι κύριες αιτίες περιστατικών

όπως προέκυψαν από μελέτη των 100 μεγαλύτερων περιστατικών που συνέβησαν παγκοσμίως από το 1996 ως το 2015. Στην παραπάνω ανάλυση αναγνωρίζεται και η απουσία ή ελλιπής διαδικασία αναγνώρισης επικινδυνότητας ως μίας από τις αιτίες εκδήλωσης περιστατικών. Στο ίδιο κεφάλαιο παρουσιάζονται επίσης τα κύρια θεωρητικά μοντέλα που συνδέουν τις αίτιες με την εκδήλωση περιστατικών. Αναλύονται συνοπτικά στα χαρακτηριστικά τους και παρουσιάζονται στατιστικά στοιχεία των περιστατικών αυτών για το διάστημα 1993 -2013.

Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται στατιστικά στοιχεία από περιστατικά που συνέβησαν σε εγκαταστάσεις διυλιστηρίων, χημικών οι οποίες περιλάμβαναν και δεξαμενισμό αργού πετρελαίου, πετρελαιοειδών και άλλων χημικών εντός των ορίων τους καθώς και τις κύριες αιτίες που οδήγησαν στα περιστατικά. Επίσης γίνεται αναφορά στα βιομηχανικά ατυχήματα μεγάλης έκτασης (BAME).

Τα στοιχεία που παρατέθηκαν στα κεφάλαια 2 και 3 αποδεικνύουν τη σημασία που έχει η ύπαρξη ολοκληρωμένης μεθοδολογίας αναγνώρισης επικινδυνότητας, στην πρόληψη περιστατικών σε εγκαταστάσεις που διαχειρίζονται επικίνδυνες ουσίες και στην ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων από τη εκδήλωση περιστατικών. Στο κεφάλαιο 4 παρατίθενται συνοπτικά οι κυριότερες μεθοδολογίες αναγνώρισης επικινδυνότητας που εφαρμόζονται και τα πεδία εφαρμογής τους.

Στο κεφάλαιο 5 αναλύεται με λεπτομέρεια η μεθοδολογία DOW FE&I και οι απαιτήσεις από πλευράς δεδομένων για την εφαρμογή του και παρατίθενται τα πλεονεκτήματα του σε σχέση με άλλες μεθοδολογίες.

Στο κεφάλαιο 6 παρατίθενται η εφαρμογή της μεθοδολογίας σε μονάδα υδρογόνο-αποθείωσης νάφθας ενός διυλιστηρίου η οποία από σχεδιασμού της διαθέτει συγκεκριμένα μέτρα προστασίας. Η μονάδα χωρίζεται σε διάφορα τμήματα και ο δείκτης DOW F&EI υπολογίζεται για τα επιμέρους τμήματα. Με τον τρόπο αυτό τα τμήματα ταξινομούνται από πλευράς επικινδυνότητας και είναι ευκολότερη η πρόταση μέτρων ελαχιστοποίησης της επικινδυνότητας όλης της μονάδας.

Στο κεφάλαιο 7 παρατίθενται η εφαρμογή της μεθοδολογίας σε μονάδας δεξαμενισμού πετρελαιοειδών και ακολουθεί η ανάλυση που έγινε και στο κεφάλαιο 6.

Στο κεφάλαιο 8 παρατίθενται μέτρα μείωσης του πιστωτικού κινδύνου των δύο εγκαταστάσεων, ενώ παρουσιάζεται και η οικονομική επίπτωση που έχει ένα πιθανό καταστροφικό συμβάν σε μια εγκατάσταση πριν και μετά την εφαρμογή μέτρων.

Στο κεφάλαιο 9 συνοψίζονται συμπεράσματα της εφαρμογής της συγκεκριμένης μεθοδολογίας. Ο δείκτης DOW F&EI παρά το γεγονός ότι έχει αναπτυχθεί πριν από

αρκετές δεκαετίες διαθέτει σημαντικά πλεονεκτήματα ακόμη και σήμερα, όταν θα πρέπει να δοθούν προτεραιότητες στη λήψη μέτρων για την ελαχιστοποίηση της επικινδυνότητας μίας εγκατάστασης ειδικά σε περιπτώσεις όπου υπάρχουν και χρονικοί και οικονομικοί περιορισμοί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ–1. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ

Οι κυριότερες εγκαταστάσεις επεξεργασίας πετρελαιοειδών είναι τα διυλιστήρια αργού πετρελαίου. Τα διυλιστήρια έχουν αναπτυχθεί ραγδαία, έχουν πλέον αυξημένη πολυπλοκότητα, δυνατότητες να κατεργάζονται διαφορετικούς τύπους αργών ώστε να μπορούν με λιγότερο κόστος να παράγουν τα προϊόντα που απαιτεί η αγορά.

Κάθε διυλιστήριο αποτελείται από συγκεκριμένο αριθμό διακριτών μονάδων στις οποίες επιτελούνται οι φυσικοχημικές διεργασίες που στοχεύουν στο διαχωρισμό του αργού σε διάφορα «κλάσματα», στην κατεργασία τους και τέλος στην ανάμιξή τους για την παραγωγή προϊόντων συγκεκριμένων προδιαγραφών (Δρ Σπύρος Λάττας, Μάιος 2019).

- Μονάδες διεργασιών (Processing Units), όπου επιτελούνται οι φυσικοχημικές διεργασίες διαχωρισμού του αργού και επεξεργασίας των επιμέρους κλασμάτων.
- Δεξαμενές αποθήκευσης και ανάμιξης (tank farm & blending facilities), όπου αποθηκεύεται το αργό και τα ενδιάμεσα προϊόντα, κατεργασμένα κι ακατέργαστα. Τα κατεργασμένα προϊόντα στη συνέχεια αναμιγνύονται, στις απαιτούμενες ποιότητες και ποσότητες για την παραγωγή τελικών προϊόντων συγκεκριμένων προδιαγραφών.
- Εγκαταστάσεις διακίνησης (Receiving & Shipping, facilities), όπου παραλαμβάνονται και διακινούνται το αργό και άλλα πετρελαιοειδή, όπως υποθαλάσσιοι, υπέργειοι και υπόγειοι αγωγοί, λιμενικές εγκαταστάσεις και εγκαταστάσεις φόρτωσης βυτιοφόρων οχημάτων (truck loading facilities) και τρενών (train loading).
- Μονάδες κοινών παροχών (utilities), όπου γίνεται παραγωγή ατμού, ηλεκτρικής ενέργειας και διαχείριση καυσίμου για ηλεκτροπαραγωγή, νερού για ψύξη και αποβλήτων.

1.1 ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΝΟΣ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΟΥ

Η διαμόρφωση διυλιστηρίου (refinery configuration), και η πολυπλοκότητά του (complexity), καθορίζεται από τις μονάδες κατεργασίας που αυτό διαθέτει και επομένως από το βαθμό κατεργασίας του αργού πετρελαίου που αυτές επιτυγχάνουν.

Οι κύριες διεργασίες είναι (Parkash, 2003) :

- Φυσικοχημικές διεργασίες διαχωρισμού και καθαρισμού του αργού πετρελαίου και των κλασμάτων του αντίστοιχα από ουσίες που επηρεάζουν την ποιότητα των τελικών προϊόντων (θείο, ελαφρά συστατικά).
- Χημικές διεργασίες μετατροπής (conversion), που μετατρέπουν, ορισμένα ή όλα, τα μόρια των υδρογονανθράκων ενός κλάσματος, σε άλλα.
- Διεργασίες ανάμιξης (blending) που στοχεύουν στην παραγωγή μιγμάτων πετρελαιοειδών συγκεκριμένων προδιαγραφών είτε για περαιτέρω κατεργασία σε μονάδες κατεργασίας, είτε για διάθεση στην αγορά ως τελικά προϊόντα.

Στοιχεία για τις μονάδες κατεργασίας που διαθέτουν διάφορα διυλιστήρια είναι δυνατό να βρεθούν σε εξειδικευμένες πηγές (Solomon Associates, n.d.), ενώ στοιχεία για τις μονάδες κατεργασίας είναι διαθέσιμα στη βιβλιογραφία (Parkash, 2003) με διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειες καθώς είναι συνήθως διεργασίες οι οποίες έχουν αναπτυχθεί από εξειδικευμένες εταιρείες (EXXON, UOP) οι οποίες κατέχουν και άδειες εκμετάλλευσης των συγκεκριμένων τεχνολογιών (licensors).

1.2 ΒΑΣΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΔΙΥΛΙΣΤΗΡΙΩΝ

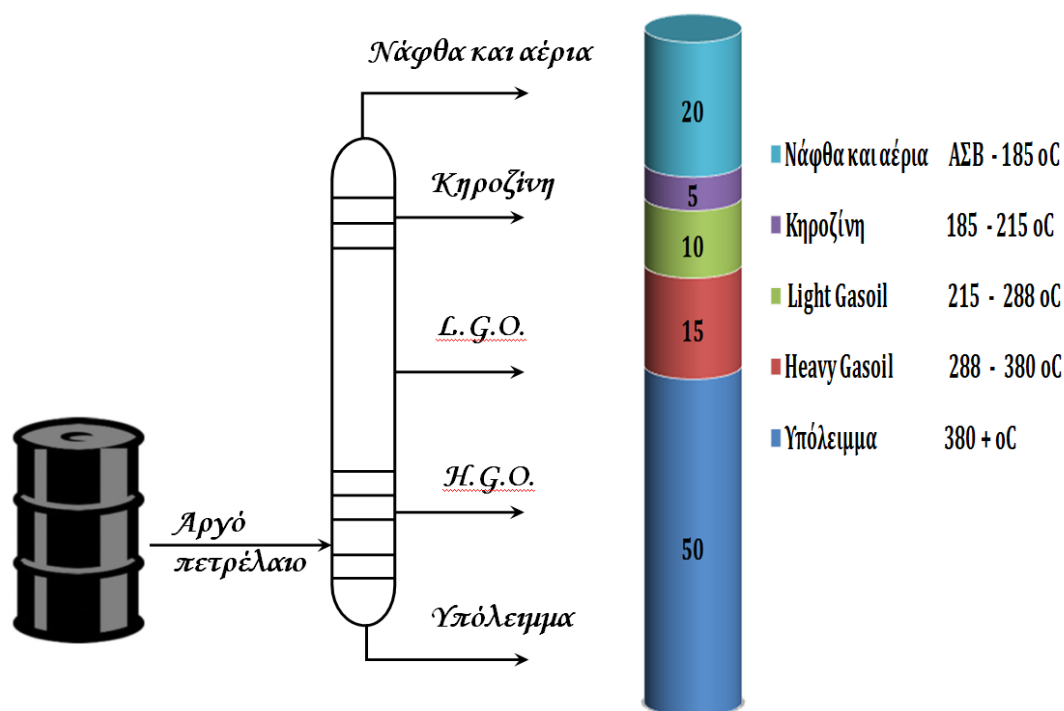
Οι βασικοί τύποι των διυλιστηρίων μπορούν να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες (Parkash, 2003, Δρ Σπύρος Λάττας, Μάιος 2019) :

- Τα απλά διυλιστήρια (hydroskimming refineries), τα οποία περιλαμβάνουν μονάδες ατμοσφαιρικής απόσταξης και κενού του αργού, μονάδες υδρογονοκατεργασίας και καταλυτικής αναμόρφωσης νάφθας και υδρογονοκατεργασίας μεσαίων κλασμάτων πετρελαιοειδών.

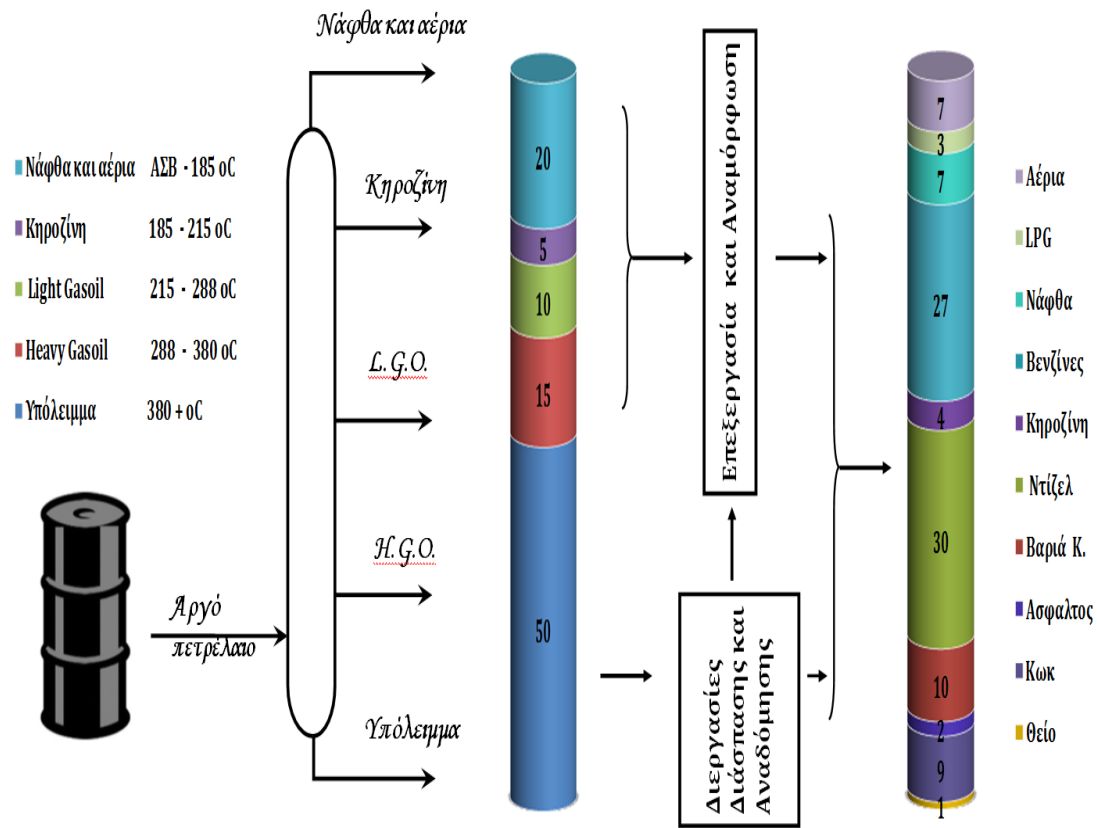
- Τα σύνθετα διυλιστήρια (complex refineries) που περιλαμβάνουν όχι και τα απλά διυλιστήρια και επιπλέον μονάδες απόσταξης, καταλυτική πυρόλυσης, υδρογονοπυρόλυσης, θερμικής πυρόλυσης, ισομερισμού και αλκυλίωσης.
- Τα εξειδικευμένα διυλιστήρια περιλαμβάνουν επιπλέον μονάδες παραγωγής εξειδικευμένων προϊόντων όπως λιπαντικά.

Η επιλογή του τύπου του διυλιστηρίου που θα εγκατασταθεί σε μία περιοχή εξαρτάται κυρίως από οικονομικούς παράγοντες αλλά και παράγοντες όπως η γεωγραφική του θέση σε σχέση με την πρώτη ύλη και τις αγορές που απευθύνεται. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που ένα απλό διυλιστήριο με σταδιακές ανακαινίσεις (revamps) και δεδομένων ευνοϊκών συνθηκών αγοράς, έγινε ένα σύνθετο διυλιστήριο.

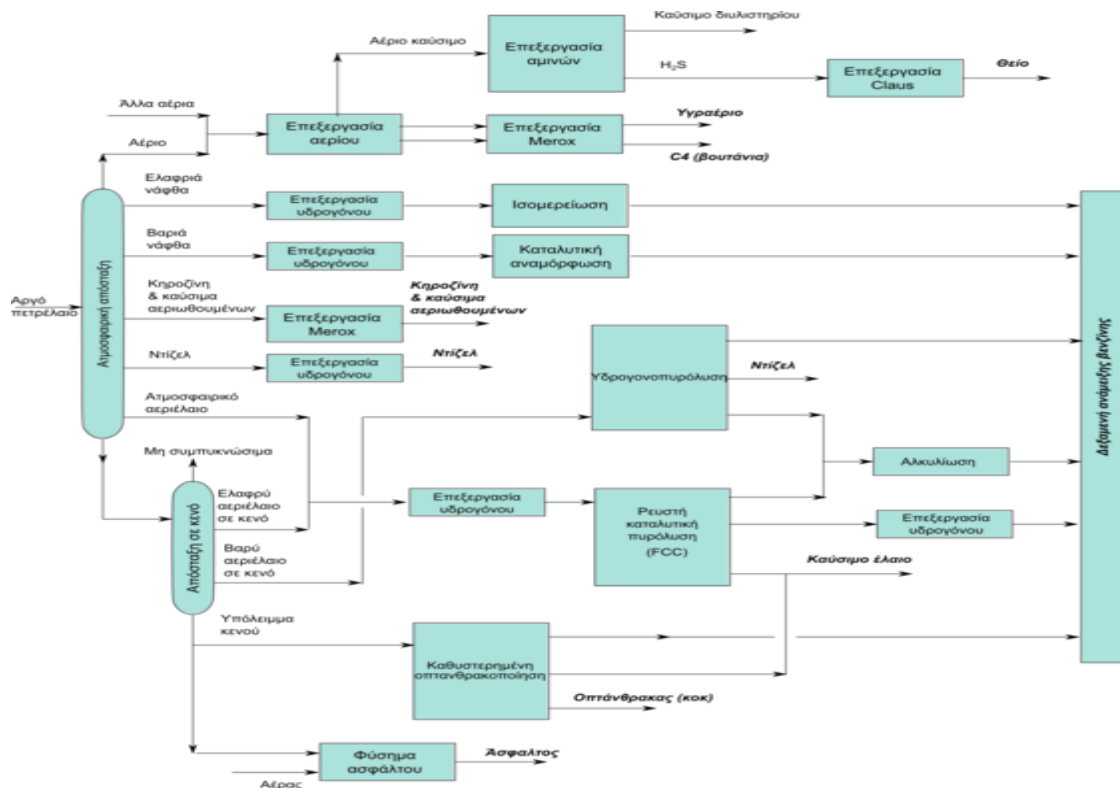
Στη συνέχεια παρατίθενται σχηματικά τα κύρια προϊόντα από απλά και σύνθετα διυλιστήρια (Σχήμα 1 & 2 αντίστοιχα). Στο Σχήμα 3 παρατίθεται συνοπτικά οι κυριότερες διεργασίες ενός σύνθετου διυλιστηρίου.



Σχήμα 1: Διαχωρισμός του αργού πετρελαίου σε πρωτογενή προϊόντα – Απλά Διυλιστήρια Πετρελαίου (Δρ Σπύρος Λάττας, Μάιος 2019)



Σχήμα 2: Κατανομή Προϊόντων σε σύγχρονα διωλιστήρια (Δρ Σπύρος Λάττας,ό.π.:18)



Σχήμα 3: Διεργασίες διαχωρισμού και επεξεργασίας αργού πετρελαίου σε πρωτογενή προϊόντα – Σύνθετα Διωλιστήρια Πετρελαίου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ–2. ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ

Η επικινδυνότητα των εγκαταστάσεων του είναι συνάρτηση των ακόλουθων παραγόντων (Dr Tsolakis, 2019) :

1. Των ιδιοτήτων των υλικών που διαχειρίζεται η εγκατάσταση. Εύφλεκτες ή/και τοξικές ουσίες ή ουσίες που είναι δυνατό να αντιδράσουν βίαια αυξάνουν σημαντικά την επικινδυνότητα μίας εγκατάστασης.
2. Των ποσοτήτων των ουσιών που επεξεργάζεται ή αποθηκεύει μία εγκατάσταση. Μεγαλύτερες ποσότητες ουσιών συγκεντρωμένες σε μικρή έκταση εγκυμονούν μεγαλύτερο κίνδυνο.
3. Των συνθηκών επεξεργασίας και αποθήκευσης των ουσιών. Οι κυριότερες παράμετροι είναι η πίεση και θερμοκρασία λειτουργίας εξοπλισμού. Η επικινδυνότητα αυξάνει με την αύξηση των δύο αυτών παραμέτρων
4. Το επίπεδο των διαθέσιμων διαδικασιών λειτουργίας, ασφάλειας μίας εγκατάστασης.

Οι παραπάνω παράγοντες καθορίζουν και την έκταση των επιπτώσεων ενός περιστατικού.

Ένα περιστατικό ξεκινάει πάντα από τη διαρροή μία εύφλεκτης ή/και τοξικής ουσίας. Για τις εύφλεκτες ουσίες, οι ιδιότητες και η φάση της ουσίας (υγρή ή αέρια) καθώς και ο χώρος πλησίον του σημείου διαρροής θα καθορίσουν αν η διαρροή θα αναφλεγεί άμεσα οδηγώντας στην εκδήλωση φωτιάς ή καθυστερημένα όποτε η ανάφλεξη της διαρροής ενός αερίου θα οδηγήσει σε μία έκρηξη. Η έκταση του περιστατικού καθορίζεται επίσης από διάρκεια της διαρροής, τη μάζα της ουσίας που διέρρευσε και από τις μετεωρολογικές συνθήκες ειδικά για τις περιπτώσεις διαρροής αερίων.

Όπως περιεγράφηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο οι εγκαταστάσεις στις οποίες γίνεται επεξεργασία του αργού πετρελαίου για την παραγωγή καυσίμων διαχειρίζονται εύφλεκτες ουσίες σε συνθήκες λειτουργίας 1-300 barg πίεση και 25-1100°C θερμοκρασία. Είναι φυσικό να είναι εγκαταστάσεις υψηλής επικινδυνότητας, για το λόγο αυτό έχει θεσπιστεί και Ευρωπαϊκά, ειδική νομοθεσία (Οδηγίες SEVESO I-III) που διέπει τη λειτουργία τους. Η πιο πρόσφατη είναι η οδηγία SEVESO III η οποία

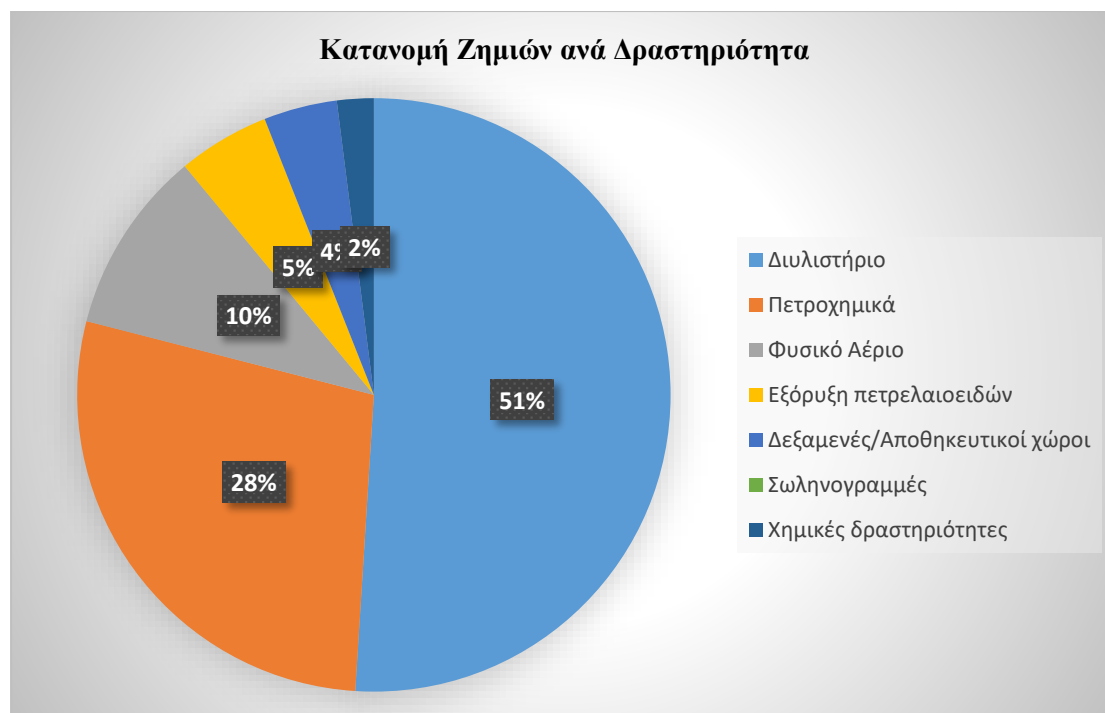
ενσωματώνεται στην Ελληνική Νομοθεσία με την ΚΥΑ 172058/2016 και βασίζεται στην SEVESO II -12044/613/2007.

Οι διεργασίες με τις οποίες γίνεται η παραγωγή των καυσίμων είναι διαφορετικής πολυπλοκότητας και λειτουργούν σε διαφορετικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, όπως επίσης απαιτούν και διαφορετικές ποσότητες υλικών. Κατά συνέπεια έχουν και διαφορετική επικινδυνότητα, όπως θα αναλυθεί σε επόμενα κεφάλαια.

2.1 ΑΙΤΙΕΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Για την ανάλυση των κύριων αιτιών που είναι δυνατό να οδηγήσουν σε ένα περιστατικό με σημαντικές επιπτώσεις, πολύ χρήσιμη είναι η μελέτη των Ron Jarvis και Andy Goddard (Jarvis & Goddard, September 2016) για 100 μεγάλα περιστατικά που συνέβησαν σε χερσαίες εγκαταστάσεις πετρελαίου, φυσικού αερίου και πετροχημικών για περίοδο 20 ετών από 1996 έως 2015. Στη μελέτη δεν εξετάζονται περιστατικά που προέκυψαν από φυσικά φαινόμενα (σεισμοί, ακραία καιρικά φαινόμενα), αλλά από αιτίες που σχετίζονται με τον ανθρώπινο παράγοντα. Επίσης τα περιστατικά που εξετάζονται είναι αυτά που είχαν ως συνολικό κόστος το κάθε ένα από αυτά, μεγαλύτερο των 50 εκατομμυρίων δολαρίων (USD). Και αξίζει να διευκρινιστεί ότι το συνολικό κόστος προκύπτει ως το άθροισμα του κόστους των υλικών ζημιών (property damage) από το περιστατικό και του κόστους της διακοπής της παραγωγικής διαδικασίας (business interruption cost). Το συνολικό κόστος αυτών των 100 περιστατικών όπως αναφέρεται στην μελέτη ήταν της τάξης των 25 δισεκατομμυρίων δολαρίων.

Η κατανομή φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα.

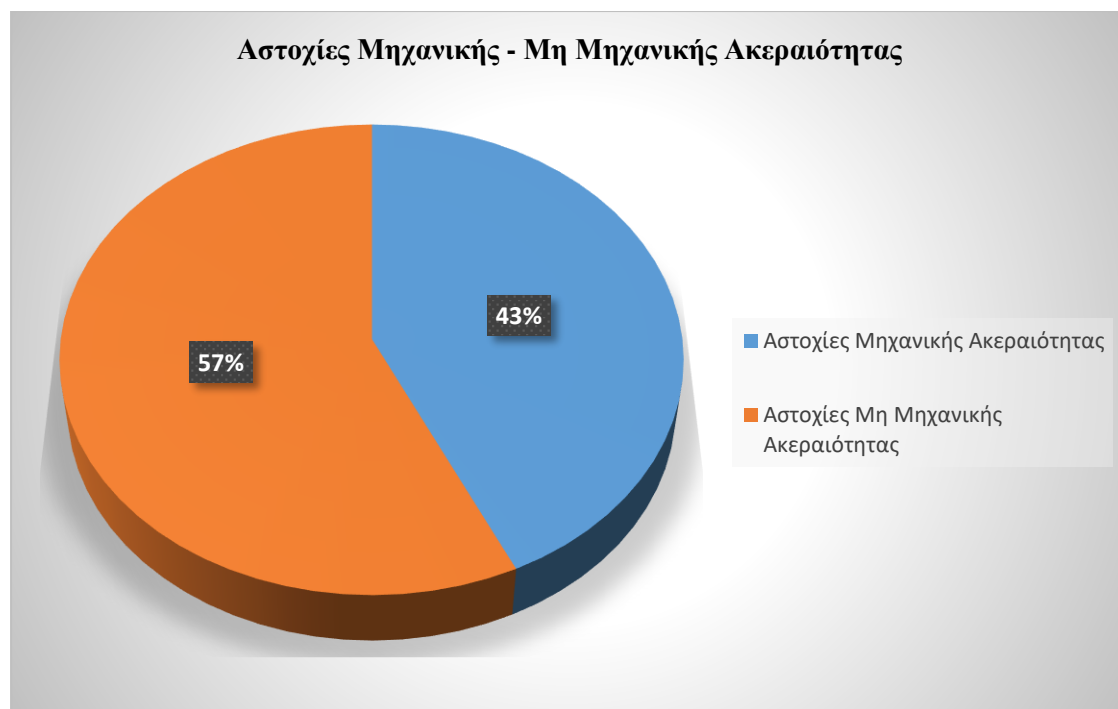


Διάγραμμα 1: Κατανομή Ζημιών ανά Δραστηριότητα

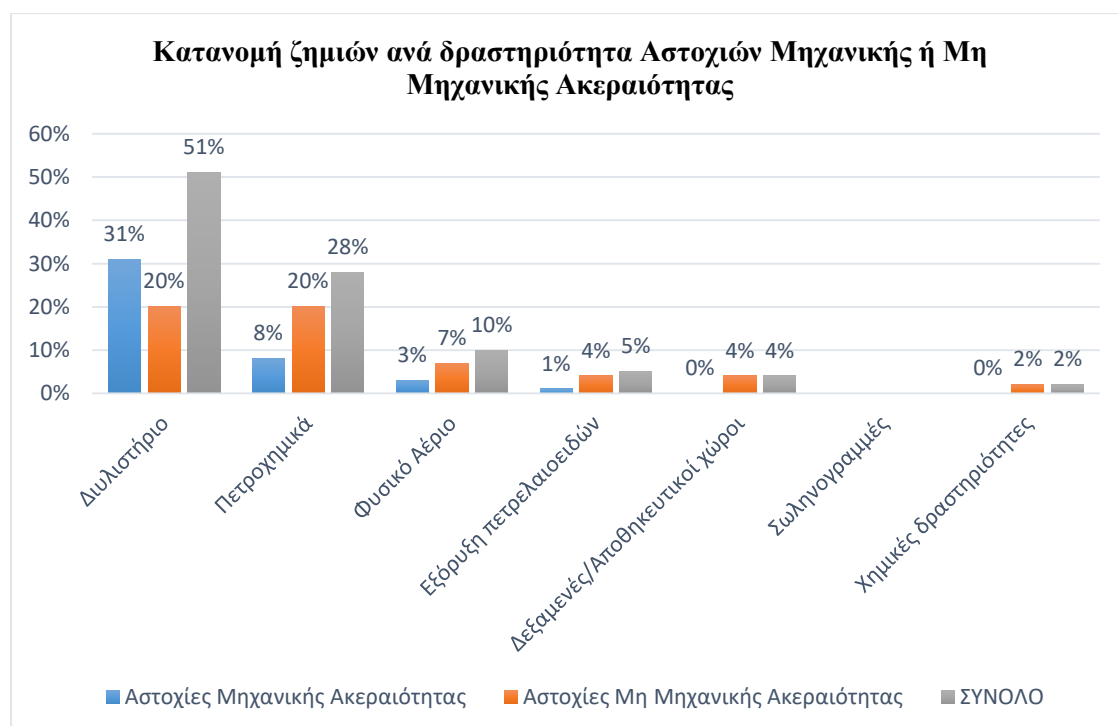
Όπως φαίνεται παραπάνω, το 51% των απωλειών σημειώθηκε στα διυλιστήρια και το 28% στις πετροχημικές μονάδες ενώ το 4% σε μονάδες δεξαμενισμού γεγονός που επιβεβαιώνει την επικινδυνότητα των εγκαταστάσεων.

Στη μελέτη οι αστοχίες που οδήγησαν στην εκδήλωση ενός καταστροφικού περιστατικού σε μια εγκατάσταση του τύπου που αναφέρθηκε προηγουμένως, διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Τις αστοχίες μηχανικής ακεραιότητας και σε αυτές που αναφέρονται ως αστοχίες μη μηχανικής ακεραιότητας δηλαδή σε «συστημικές» οι οποίες σχετίζονται με το σύστημα διαχείρισης ασφάλειας (ΣΔΑ) μιας εγκατάστασης. Το σύστημα διαχείρισης ασφάλειας μιας εγκατάστασης, είναι ένα σύστημα οργάνωσης που αποτελείται από ένα σύνολο γραπτών διαδικασιών, κανονισμών, και εντύπων που ελέγχεται και αναθεωρείται περιοδικά και στοχεύει στο σχεδιασμό, εφαρμογή, και παρακολούθηση μέτρων για την παρακολούθηση και βελτίωση των επιδόσεων ενός οργανισμού/εγκατάστασης σε θέματα Υγείας και Ασφάλειας. Η δομή και το περιεχόμενο ενός ΣΔΑ προβλέπεται από διεθνή (OHSAS 18001:2007) καθώς και κρατικά πρότυπα (ΕΛΟΤ 1801:2008).

Η κατανομή των τύπων αστοχιών παρατίθεται στα παρακάτω διαγράμματα.



Διάγραμμα 2: Αστοχίες Μηχανικής - Μη Μηχανικής Ακεραιότητας

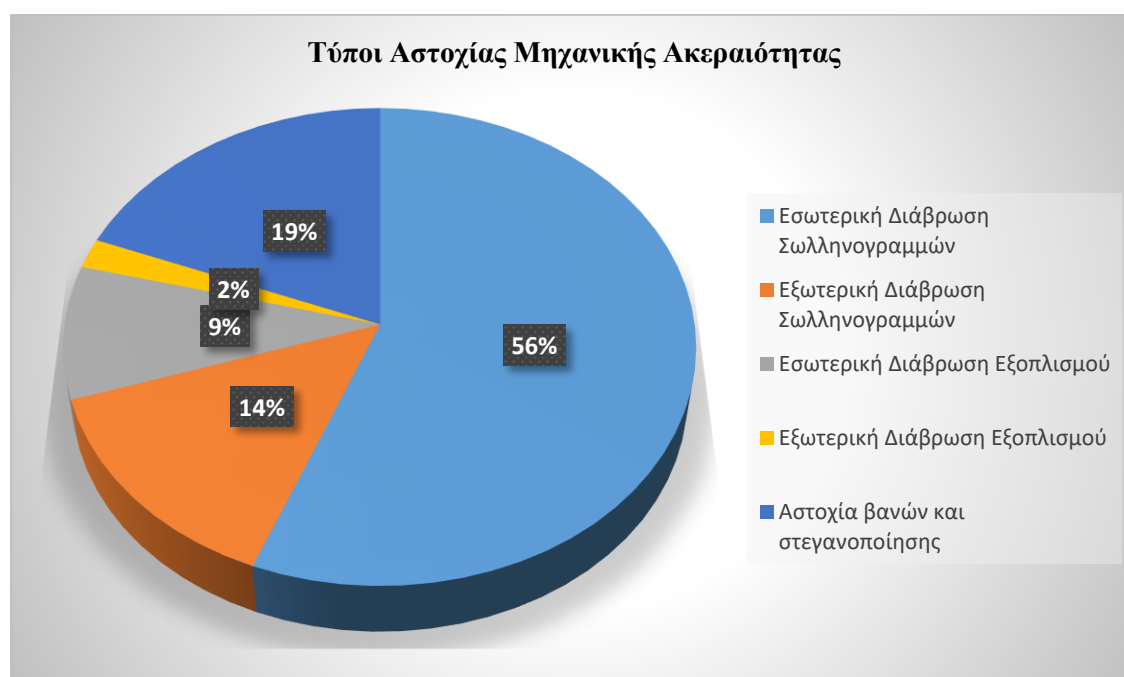


Διάγραμμα 3: Κατανομή ζημιών ανά δραστηριότητα Αστοχιών Μηχανικής ή Μη Μηχανικής Ακεραιότητας

2.2 ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΩΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΣΤΟΧΙΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΚΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ

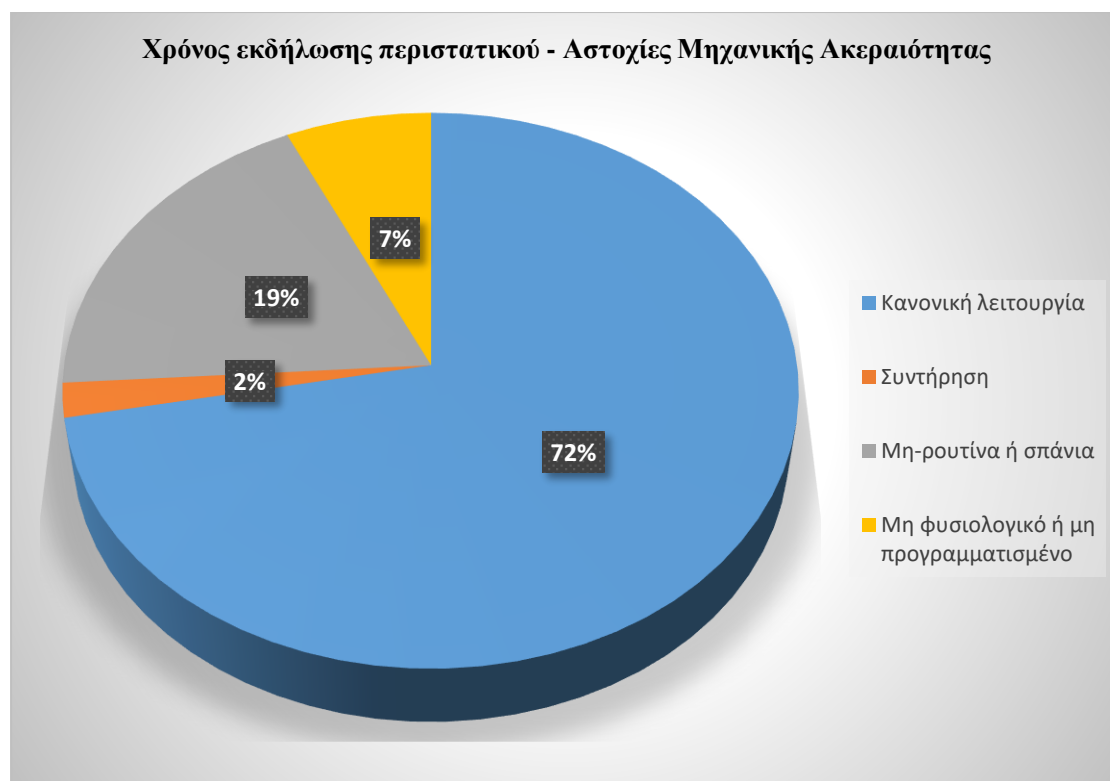
Σε αυτή την κατηγορία περιστατικών η κύρια αιτία που οδήγησε σε περιστατικό είναι η αστοχία της μηχανικής ακεραιότητας εξοπλισμού. Από τα στοιχεία της μελέτης η αστοχία εξοπλισμού υπό πίεση προκύπτει κυρίως από ένα συγκεκριμένο μηχανισμό αστοχίας, τη διάβρωση (corrosion). Η διάβρωση περιλαμβάνει εσωτερική και εξωτερική διάβρωση εξοπλισμού και σωληνογραμμών. Η ανάλυση περιλαμβάνει βέβαια και αστοχίες συνδέσεων εξοπλισμού (bolted Joint and seal failures) (Dr Tsolakis, 2019).

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται οι κύριες αιτίες αστοχίας (Dr Tsolakis, 2019). Το 70% όλων των αστοχιών αυτού του είδους οφείλονται στη διάβρωση των σωληνογραμμών. Η εξωτερική διάβρωση οφειλόταν κυρίως στη διάβρωση κάτω από μόνωση (corrosion under insulation). Το 19% των περιστατικών αφορούσε αστοχία συνδέσεων και το 11% αφορούσε διάβρωση εξοπλισμού.



Διάγραμμα 4: Τύποι Αστοχίας Μηχανικής Ακεραιότητας

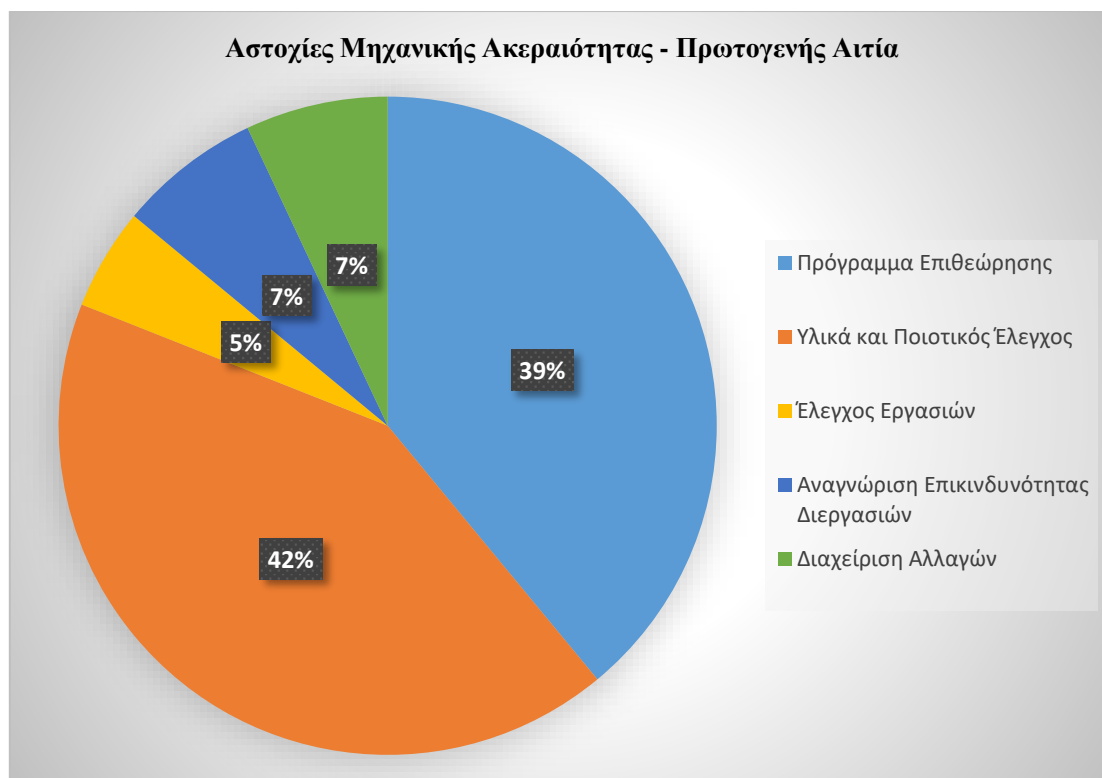
Αστοχίες και περιστατικά είναι δυνατό να συμβούν κατά τη διάρκεια κανονικής λειτουργίας μίας εγκατάστασης ή κατά τη διάρκεια συντήρησης ή μη προγραμματισμένης λειτουργίας, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 5: Χρόνος εκδήλωσης περιστατικού - Αστοχίες Μηχανικής Ακεραιότητας

Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα περισσότερο από το 70% των αστοχιών αυτού του τύπου σημειώθηκαν κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας της εγκατάστασης που αντιπροσωπεύει συνήθως και το μεγαλύτερο μέρος της λειτουργίας.

Ένα από τα σημαντικά συμπεράσματα της μελέτης είναι η πρωτογενής αιτία της αστοχίας, που παρατίθεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 6: Αστοχίες Μηχανικής Ακεραιότητας – Πρωτογενής Αιτία

Ελλιπής ποιοτικός έλεγχος και ακατάλληλα υλικά και το ελλιπές πρόγραμμα επιθεώρησης ήταν οι πρωτογενείς αιτίες για το στο 42% και 39% αντίστοιχα των περιπτώσεων.

Δηλαδή στο 81% των περιπτώσεων η αστοχία μηχανικής ακεραιότητας θα μπορούσε να είχε εντοπιστεί πριν από την εκδήλωσή της, εάν είχε εφαρμοστεί ένα πιο διεξοδικό και αποτελεσματικό πρόγραμμα επιθεώρησης και επιλογής και ποιοτικού ελέγχου υλικών. Σημειώνεται ότι σε ένα 7% των περιπτώσεων η πρωτογενής αιτία ήταν ή ελλιπής αναγνώρισης επικινδυνότητας.

2.3 ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΠΟΥ ΔΕΝ ΣΧΕΤΙΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΑΣΤΟΧΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΑΚΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

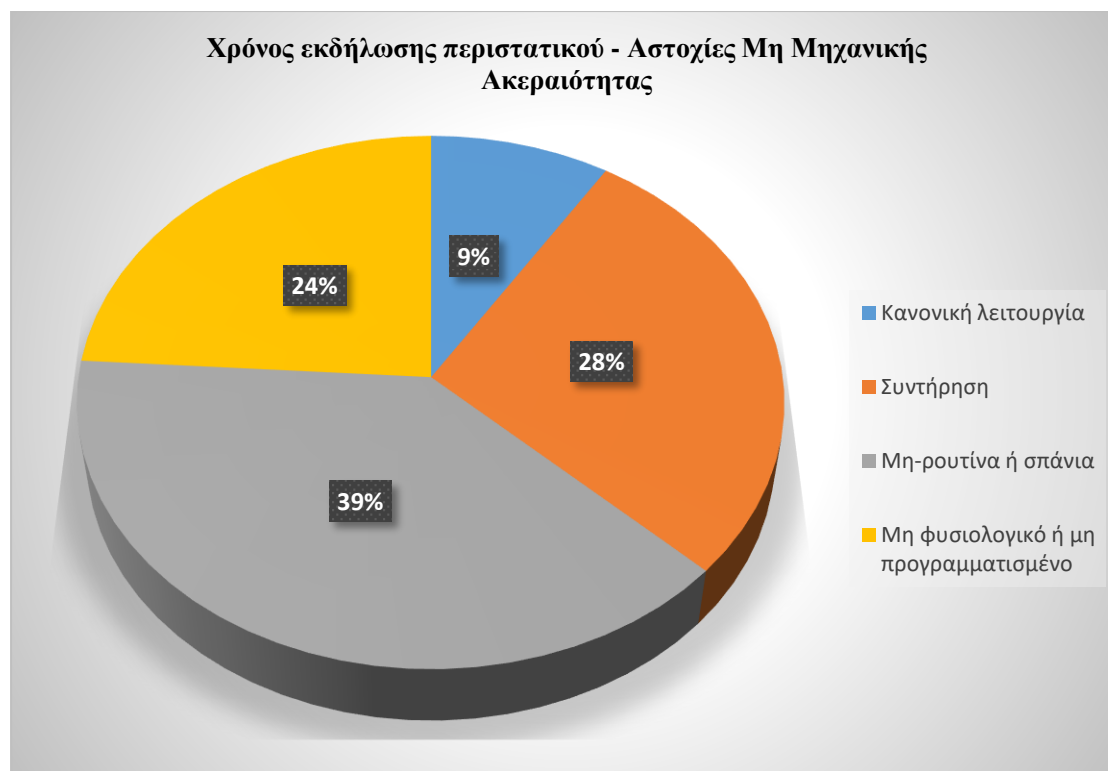
Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως είναι αστοχίες που σχετίζονται με το ΣΔΑ μίας εγκατάστασης, όπως (Dr Tsolakis, 2019)

- Μη επαρκές πρόγραμμα επιθεώρησης εξοπλισμού. Το πρόγραμμα να περιλαμβάνει επιθεωρήσεις του στατικού εξοπλισμού εγκατάστασης (static equipment), όπως δοχεία και σωληνογραμμές και ανάλυση επικινδυνότητας αναφορικά με τους μηχανισμούς αστοχίας (RBI-risk based inspection)
- Απουσία ή ανεπάρκεια ποιοτικού ελέγχου των υλικών κατασκευής. Ο όρος να περιλαμβάνει ελλείψεις στο μηχανολογικό σχεδιασμό, κατασκευή και εγκατάσταση εξοπλισμού. Δεν περιλαμβάνει περιπτώσεις ανεπαρκούς σχεδιασμού διεργασιών (Process design), αλλά περιλαμβάνει περιπτώσεις εξοπλισμού που δεν έχει εγκατασταθεί σύμφωνα με προδιαγραφές. Ως παραδείγματα, αναφέρονται η εγκατάσταση λάθος υλικών και η εγκατάσταση εξοπλισμού, όχι σύμφωνα με προδιαγραφές του κατασκευαστή.
- Μη επαρκής έλεγχος εργασιών. Ο όρος περιλαμβάνει τις εργασίες που ελέγχονται από «Σύστημα Αδειών Εργασίας» (PTW – Permit To Work System) και τις εργασίες ασφαλούς απομόνωσης εξοπλισμού. Περιλαμβάνει αναγνώριση κινδύνων, εκτίμηση επικινδυνότητας, προετοιμασία και εκτέλεση των εργασιών και επιστροφή στην κανονική λειτουργία του εξοπλισμού. Οι εργασίες είναι δυνατό να εκτελούνται είτε από προσωπικό συντήρησης της εγκατάστασης, είτε από προσωπικό εργολαβικών εταιρειών ή από προσωπικό λειτουργίας, κατά τη διάρκεια κανονικής λειτουργίας ή κατά τη διάρκεια συντήρησης της εγκατάστασης/μονάδας.
- Ελλιπείς διαδικασίες και πρακτικές λειτουργίας. Ο όρος περιλαμβάνει όλες τις πτυχές της οργάνωσης λειτουργίας εκτός από τον έλεγχο εργασιών και τη διαχείριση του κρίσιμου εξοπλισμού ασφαλείας. Περιλαμβάνει για παράδειγμα διαδικασίες λειτουργίας (Standard Operating Procedures, ή SOPs), διαδικασίες αντιμετώπισης επείγοντος περιστατικού (Emergency Operating Procedures ή EOPs), αλλά και άλλες διαδικασίες που σχετίζονται με τη στελέχωση μονάδας, την επικοινωνία μεταξύ βαρδιών (shift handover) και την εκπαίδευση προσωπικού.
- Απουσία ή ελλιπής διαδικασία αναγνώρισης της επικινδυνότητας των διεργασιών. Η αναγνώριση, επιτυγχάνεται, με συστηματικό πρόγραμμα υλοποίησης κατάλληλων μελετών αναγνώρισης επικινδυνότητας, (όπως η μεθοδολογία DOW F&EI), εφαρμογή αρχών εγγενούς ασφάλειας (inherent

Safety). Η επιλογή της μεθοδολογίας γίνεται κυρίως ανάλογα με το είδος και την πολυπλοκότητα της διεργασίας και το στάδιο της «ζωής» της.

- Μη συστηματική διαχείριση των αλλαγών. Ο όρος αλλαγής είναι ευρύς στα πλαίσια της συγκεκριμένης ανάλυσης και δεν περιλαμβάνει μόνο τροποποιήσεις σε εξοπλισμό αλλά και τροποποιήσεις σε διαδικασίες ή και οργάνωση. Χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη διαδικασία με την οποία πραγματοποιούνται τροποποιήσεις στη εγκατάσταση, από τη στιγμή που θα υπάρξει εισήγηση τροποποίησης μέχρι την υλοποίησή της. Μία «αλλαγή» είναι δυνατό να προταθεί ή να απαιτηθεί είτε στη φάση της κατασκευής της εγκατάστασης, είτε μεταγενέστερα μετά από κάποιο χρόνο λειτουργίας, κατά τη διάρκεια έργων τροποποίησης μίας μονάδας.
- Διαθεσιμότητα ή μη του κρίσιμου εξοπλισμού. Αναφέρεται σε περιπτώσεις όπου κάποιος κρίσιμος εξοπλισμός ασφαλείας (παράδειγμα αυτόματη βάνα απομόνωσης, βάνες ανακούφισης πίεσης), δεν είναι διαθέσιμος ή δεν λειτούργησε λόγω αστοχίας, όταν απαιτήθηκε. Η μη διαθεσιμότητα του εξοπλισμού μπορεί να είναι εξαιτίας μη κατάλληλης συντήρησης ή εκ προθέσεως, για παράδειγμα κάποιος κρίσιμος αυτοματισμός να τεθεί προσωρινά εκτός λειτουργίας (by pass) λόγω προβλημάτων που παρουσίαζε.

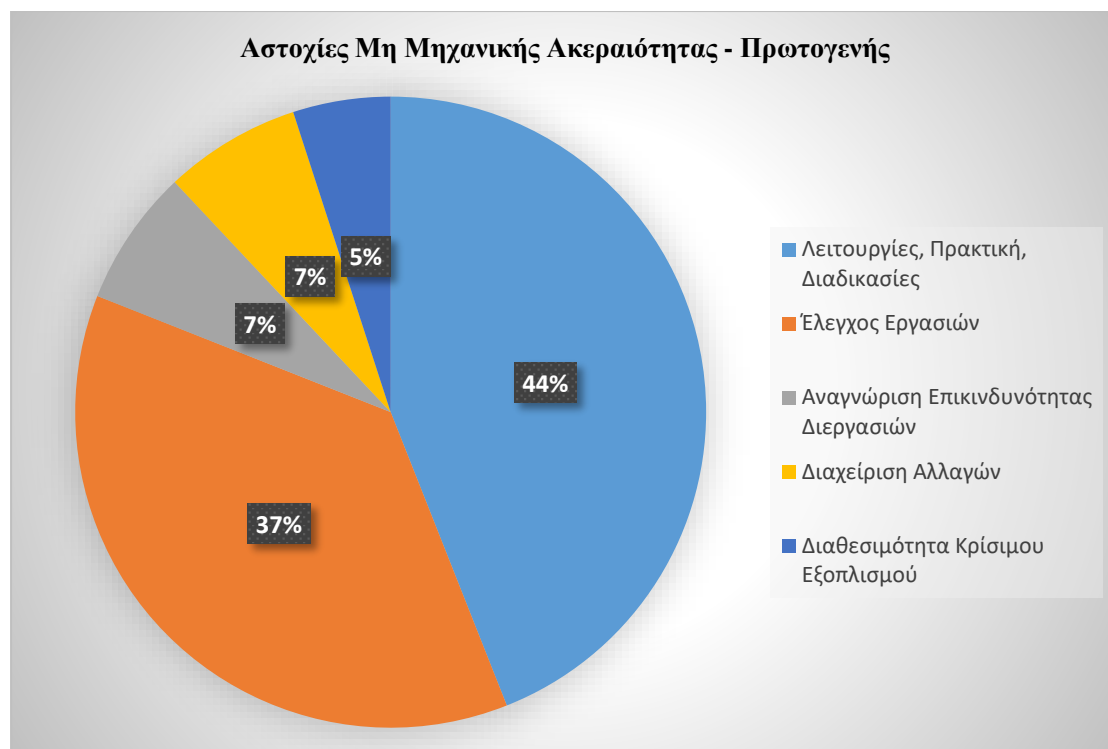
Αναφορικά με το χρόνο εκδήλωσης του περιστατικού τα στοιχεία του παρακάτω διαγράμματος δείχνουν μία σημαντική διαφορά σε σχέση με τα περιστατικά που ήταν αποτέλεσμα αστοχίας της μηχανικής ακεραιότητας του εξοπλισμού.



Διάγραμμα 7: Χρόνος εκδήλωσης περιστατικού - Αστοχίες Μη Μηχανικής Ακεραιότητας

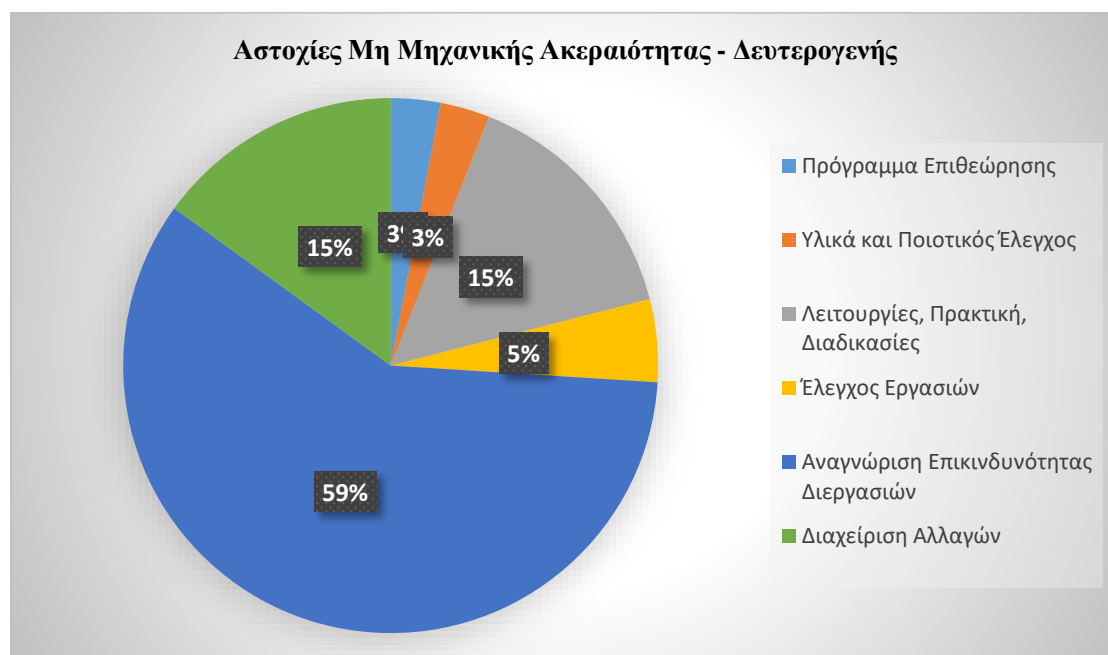
Όπως φαίνεται, λιγότερο από το 10% των αστοχιών σημειώθηκαν κατά τη διάρκεια κανονικής λειτουργίας της εγκατάστασης ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό των περιστατικών έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια εργασιών συντήρησης ή μη κανονικής λειτουργίας (έναρξη, διακοπή λειτουργίας ή λειτουργία σε κατάσταση επείγοντος).

Αναφορικά με τη πρωτογενή αιτία αστοχιών για τη συγκεκριμένη κατηγορία περιστατικών το παρακάτω διάγραμμα καταδεικνύει ότι 44% των αστοχιών ήταν αποτέλεσμα πρακτικών και διαδικασιών (έλλειψη, ανεπάρκεια) και το 37% στον έλεγχο εργασιών. Και σε αυτή την κατηγορία σε ένα 7% των περιπτώσεων η πρωτογενής αιτία ήταν η ελλιπής αναγνώρισης επικινδυνότητας



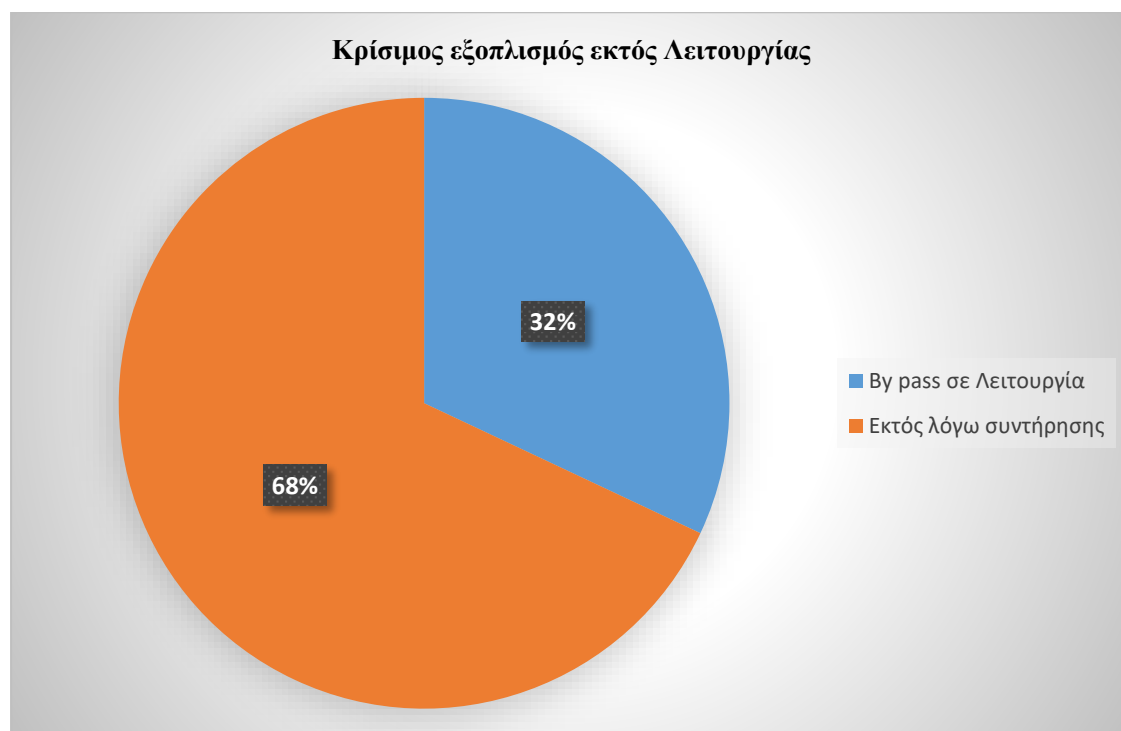
Διάγραμμα 8: Αστοχίες Μη Μηχανικής Ακεραιότητας – Πρωτογενής

Γι αυτή την κατηγορία περιστατικών η δευτερογενής αιτία εκδήλωσής του παρατίθεται στο παρακάτω διάγραμμα. Στο 59% των περιπτώσεων η δευτερογενής αιτία ήταν η ανεπαρκής ποιότητα μελετών αναγνώρισης κινδύνου.



Διάγραμμα 9: Αστοχίες Μη Μηχανικής Ακεραιότητας - Δευτερογενής

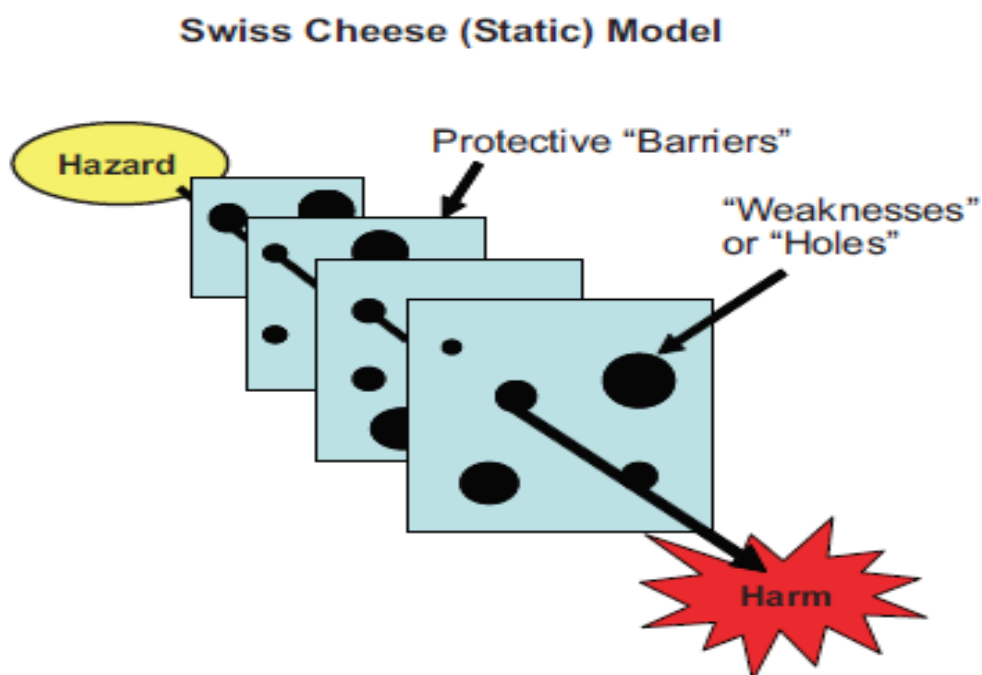
Μια τελευταία αναφορά θα πρέπει να γίνει και στις αστοχίες που σχετίζονται με τη μη διαθεσιμότητα ενός κρίσιμου εξοπλισμού. Η τελευταία ήταν αποτέλεσμα σύμφωνα με τα στοιχεία της μελέτης στο 32% των περιπτώσεων σε παράκαμψη (bypass) λόγω βλάβης και στο 68% σε παράκαμψη λόγω συντήρησης.



Διάγραμμα 10: Κρίσιμος εξοπλισμός εκτός Λειτουργίας

2.4 MONTELA REASON KAI CRISTOPHER HART

Τα περιστατικά ασφαλείας σπάνια προκαλούνται από μία και μοναδική αστοχία, εξοπλισμού, συστήματος ή διαδικασίας. Συνήθως προκαλούνται από ένα συνδυασμό γεγονότων ή αστοχιών. Η σχέση μεταξύ των διαφορών γεγονότων που οδηγούν σε ένα περιστατικό με επιπτώσεις παρουσιάστηκε από τον James Reason το 1990 με το μοντέλο του «Ελβετικού Τυριού» (Swiss Cheese model) (Tsolakis, 2019, in Reason, 1990:475-484).

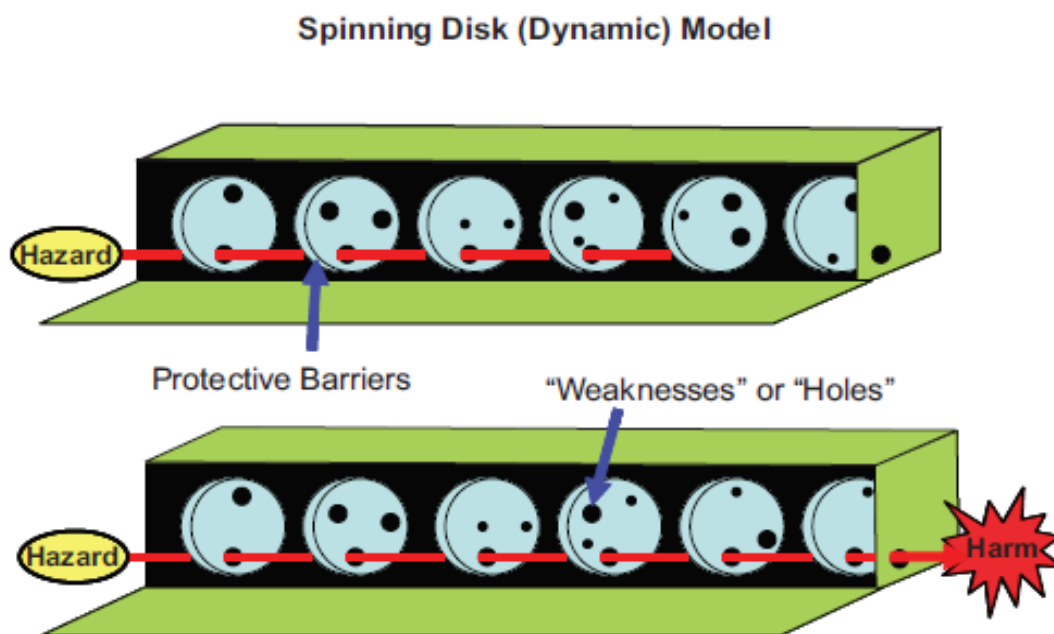


Σχήμα 4: Reason's cheese models

Σύμφωνα με το συγκεκριμένο μοντέλο :

1. Μία σειρά από προστατευτικές δικλίδες ασφαλείας (protective barriers) εμποδίζουν τους κινδύνους (hazards) να εξελιχθούν σε περιστατικά που θα προκαλέσουν βλάβες στον άνθρωπο, εξοπλισμό εγκατάστασης ή το περιβάλλον. Οι δικλίδες αναπαρίστανται ως φέτες ελβετικού τυριού. Οι δικλίδες ασφαλείας μπορεί να είναι εξοπλισμός, συστήματα ή διαδικασίες.
2. Όλες οι δικλίδες ασφαλείας έχουν κάποιες αδυναμίες που σύμφωνα με το μοντέλο αναπαρίστανται ως «οπές», στις φέτες του ελβετικού τυριού. Οι αδυναμίες είναι δυνατό να είναι ατέλειες των δικλίδων από κατασκευής, ή να προκαλούνται από τον ανθρώπινο παράγοντα (ανθρώπινο σφάλμα)
3. Όταν οι οπές ευθυγραμμιστούν τότε καμία από τις δικλίδες ασφαλείας δεν μπορεί να αποτρέψει τον κίνδυνο να προκαλέσει ένα περιστατικό με επιπτώσεις.

Ένα δεύτερο μοντέλο που παρουσιάστηκε για το ίδιο θέμα είναι αυτό του Christopher Hart το 2003, το μοντέλο των περιστρεφόμενων δίσκων.



Σχήμα 5: Hart's Spinning Disk Model

Σε αυτό το μοντέλο οι δικλίδες ασφαλείας αναπαρίστανται με περιστρεφόμενους δίσκους οι οποίοι έχουν οπές μεταβαλλόμενης διαμέτρου. Με τον τρόπο αυτό το μοντέλο γίνεται δυναμικό, δηλαδή οι αδυναμίες των δικλίδων ασφαλείας μεταβάλλονται και χρονικά.

Επίσης το μοντέλο αναπαριστά τις αδυναμίες των δικλίδων ασφαλείας να είναι μεταβλητές σε μέγεθος (οπές διαφορετικής διαμέτρου).

Όμοια με το μοντέλο του Reason όταν οι οπές των δικλίδων ασφαλείας ευθυγραμμιστούν τότε ο κίνδυνος μπορεί να προκαλέσει ένα περιστατικό με επιπτώσεις (Dr Thomas Tsolakis, 2019 in Hart C., 2003).

Ολοκληρώνοντας την ανάλυση των αιτιών εμφάνισης περιστατικών στην βιομηχανία θα πρέπει να αναφερθεί και ο ρόλος που παίζει ο τρόπος λειτουργίας μιας διεργασίας κατά την στιγμή που παρουσιάζεται ένα περιστατικό ατυχήματος. Δηλαδή εάν βρίσκεται σε κανονική λειτουργία (normal operation mode), σε συντήρηση (Maintenance mode), μη κανονική λειτουργία (abnormal or unplanned operation) και σε όχι συνήθης λειτουργία (Non – routine or infrequent operation).

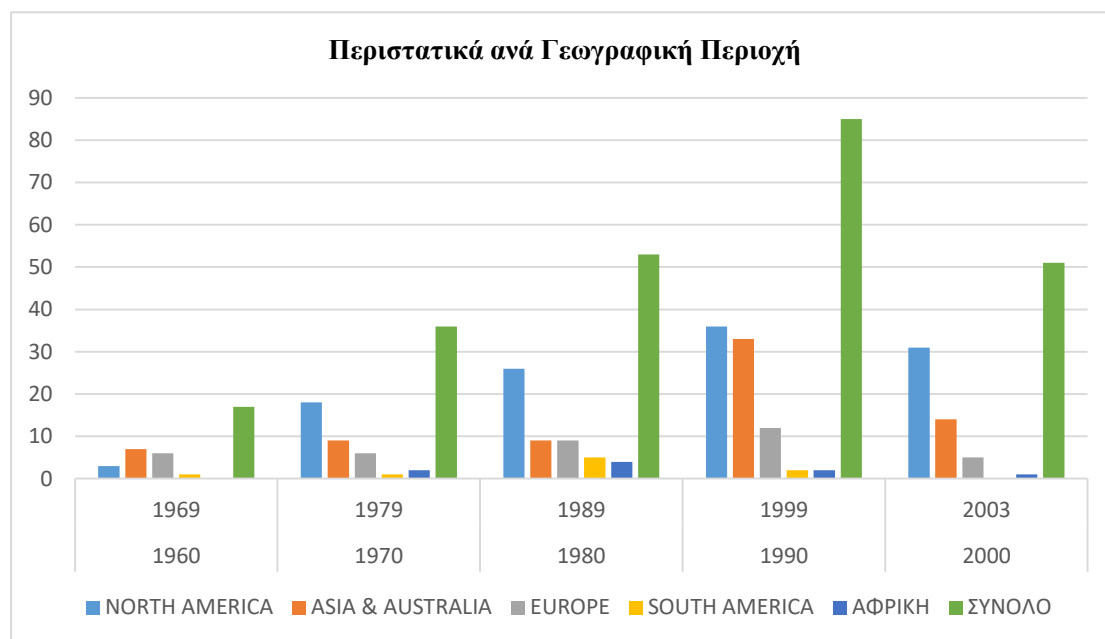
ΚΕΦΑΛΑΙΟ–3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό παρατίθενται συνοπτικά στατιστικά στοιχεία που σχετίζονται με την εκδήλωση περιστατικών σε εγκαταστάσεις πετρελαιοειδών με έμφαση σε εγκαταστάσεις που αποθηκεύονται πετρελαιοειδή. Αναλύονται τα αποτελέσματα των περιστατικών καθώς και οι κύριες αιτίες εκδήλωσής τους. Όλα τα περιστατικά δεν είναι της ίδια κρισιμότητας. Τα περιστατικά με σημαντικές επιπτώσεις εκτός της εγκατάστασης ονομάζονται Βιομηχανικά Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης (BAME). Στοιχεία για τα περιστατικά αυτά παρουσιάζονται στο τελευταίο τμήμα του παρόντος κεφαλαίου.

3.1 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ ΣΕ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ – ΔΕΞΑΜΕΝΙΣΜΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ

Στην ιδιαίτερη περίπτωση εγκαταστάσεων που αποθηκεύονται προϊόντα πετρελαίου αναλύονται δεδομένα που έχουν ληφθεί από την μελέτη των J. I. Chang, C.C. Lin (Chang & C.C. Lin, May 2005) για τα έτη από το 1960 έως το 2003. Παγκοσμίως έχουν παρουσιαστεί περιστατικά ατυχημάτων η ανάλυση των οποίων είναι δυνατό να μας δείχνουν τις πρακτικές και τα μέσα προστασίας που μπορεί να εφαρμόζονται ανά περιοχή.

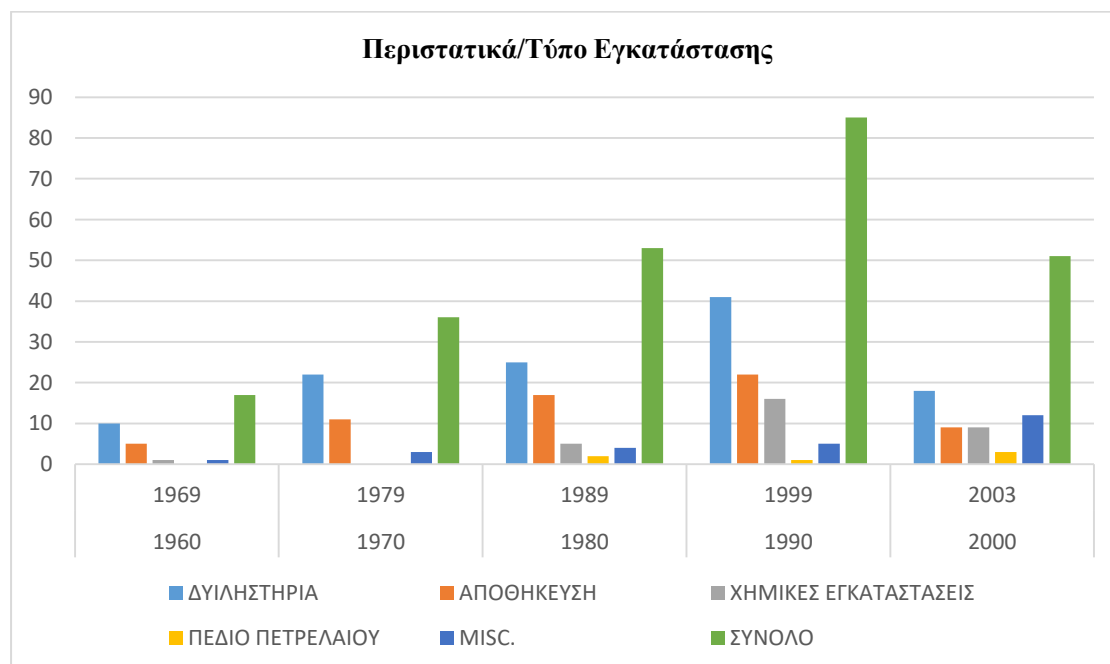
Το γράφημα που ακολουθεί μας δίνει μια σχετική εικόνα (Dr Tsolakis, 2019).



Διάγραμμα 11: Περιστατικά/Γεωγραφική Περιοχή

Παρατηρούμε λοιπόν ότι στις αναπτυγμένες βιομηχανικά περιοχές τα περιστατικά είναι περισσότερα καθώς σε αυτές λειτουργούν πολύ περισσότερες εγκαταστάσεις.

Από αυτά τα δεδομένα μπορούμε να εξάγουμε στοιχεία για τις εγκαταστάσεις εμφάνισης μεγαλύτερη συχνότητα ατυχημάτων.



Διάγραμμα 12: Περιστατικά/Τύπο Εγκατάστασης

Είναι ξεκάθαρο ότι ο μεγαλύτερος αριθμός περιστατικών εμφανίζεται σε δυλιστήρια και στον δεξαμενισμό των πετρελαιοειδών προϊόντων.

Τα πετρελαϊκά προϊόντα ανάλογα με τον τύπο τους αποθηκεύονται σε διαφόρων ειδών δεξαμενές έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η σωστή τους αποθήκευση αλλά και η προστασία της εγκατάστασης από περιστατικά ατυχημάτων.

Παρόλα αυτά ιστορικά έχουν εμφανιστεί περιστατικά σε όλων των ειδών τις δεξαμενές και παρουσιάζονται στον αμέσως κάτωθι πίνακα (Dr Tsolakis, 2019).

ΠΕΡΙΕΧ/ΝΟ	ΕΞΩΤ/ΚΗ ΕΠΠΛ/ΣΑ ΚΟΡΥΦΗ	ΚΩΝ/Η ΟΡΟΦΗ	ΣΦΑΙΡ Α	ΚΩΝΙΚΗ ΜΕ ΕΣΩΤ. ΕΠΠΛ/ΣΑ ΟΡΟΦΗ	ΔΕΞΑ/Ν Η ΨΥΞΗΣ	ΕΥΛΙΝΗ ΟΡΟΦΗ	FIBER GLASS	ΣΥΝΟΛ.
ΑΡΓΟ	23	5	0	2	0	2	0	32
ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ	3	10	0	1	0	0	0	14
BENZINΗ	20	3	0	3	0	0	0	26
LPG	0	0	11	0	0	0	0	11
ΠΡΟΠΑΝΙΟ	0	0	0	0	1	0	1	2
ΥΔΡΟΧΛΩΡΙΚΟ ΟΞΥ	0	0	0	0	0	0	2	2
ΜΕΘΥΛΟ ΚΥΑΝΙΟ	0	0	0	0	1	0	0	1
ΣΥΝΟΛΟ	46	18	11	6	2	2	3	88

Πίνακας 1: Περιστατικά ανά τύπο Δεξαμενής

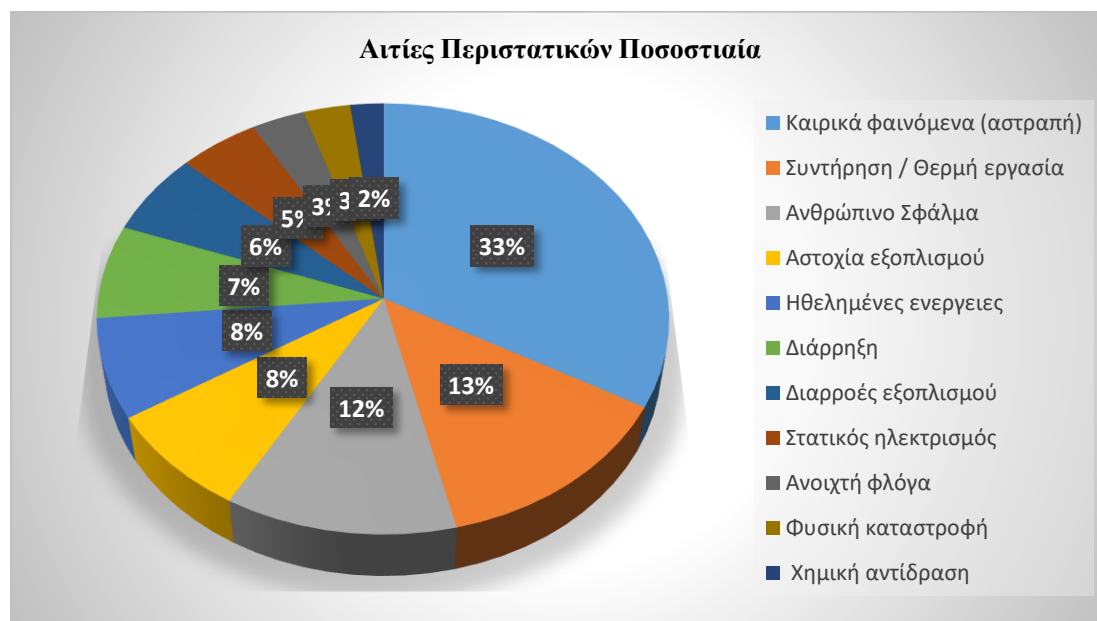
Περισσότερα περιστατικά παρατηρούμε ότι εμφανίζονται σε εγκαταστάσεις δεξαμενών αποθήκευσης αργού πετρελαίου και ιδιαίτερα σε δεξαμενές με εξωτερική πλωτή οροφή με τις δεξαμενές βενζίνης να είναι στη δεύτερη θέση.

Ο πίνακας που ακολουθεί μας δίνει μια εικόνα για την αιτία που οδήγησαν στα περιστατικά (Dr Tsolakis, 2019)

ΠΕΡΙΟΔΟΣ	1960 - 1969	1970 - 1979	1980 - 1989	1990 - 1999	2000 - 2003	ΣΥΝΟΛΟ
Καιρικά φαινόμενα (Αστραπή)	4	10	19	37	10	80
Συντήρηση / Θερμή Εργασία	1	5	9	12	5	32
Ανθρώπινο Σφάλμα	1	5	6	8	9	29
Αστοχία εξοπλισμού	3	1	5	7	3	19
Ηθελημένες ενέργειες	2	5	2	6	3	18
Διάρρηξη	0	3	3	3	8	17
Διαρροές εξοπλισμού	0	3	2	5	5	15
Στατικός ηλεκτρισμός	2	1	2	2	5	12
Ανοιχτή φλόγα	1	0	4	2	1	8
Φυσική καταστροφή	1	2	1	1	2	7
Χημική αντίδραση	2	1	0	2	0	5
ΣΥΝΟΛΟ	17	36	53	85	51	242

Πίνακας 2: Αίτια ατυχήματος σε δεξαμενές

Από τα στοιχεία του πίνακα 2 μπορούμε να παρουσιάσουμε μια ποσοστιαία ανάλυση των περιστατικών επί του συνόλου αυτών (Dr Tsolakis, 2019).



Διάγραμμα 13: Αιτίες Περιστατικών Ποσοστιαία

Από τα στοιχεία του Διαγράμματος 15 παρατηρούμε ότι ο ανθρώπινος παράγοντας (20% συνεισφορά) είτε μέσω του σφάλματος, είτε μέσω ηθελημένων ενεργειών, παίζει σημαντικό ρόλο στην εκδήλωση ενός περιστατικού παρόλο που τα καιρικά φαινόμενα είναι το πρώτο από τα αίτια εκδήλωσης ατυχημάτων. Οι περιπτώσεις του ανθρώπινου σφάλματος όπως προκύπτει από την ανάλυση συγκεκριμένων στοιχείων είναι τουλάχιστο διπλάσιες από την συχνότερη αιτία.

3.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ

Οι επιπτώσεις περιστατικών σχετίζονται με την διαρροή εύφλεκτων ή/και τοξικών ουσιών. Η ανάφλεξη μιας διαρροής οδηγεί στην εκδήλωση φωτιάς ή/και έκρηξης. Υπάρχουν και περιπτώσεις μη ανάφλεξης όπου μετά την εκδήλωση της διαρροής ακολούθησε διασπορά τοξικών ουσιών εντός και εκτός μίας εγκατάστασης. Τα στοιχεία από τα περιστατικά αναφορικά με τις επιπτώσεις τους παρατίθενται στον ακόλουθο πίνακα (Dr Tsolakis, 2019).

ΠΕΡΙΟΔΟΣ		ΦΩΤΙΑ	ΕΚΡΗΞΗ	ΔΙΑΡΡΟΗ	ΔΙΑΡΡΟΗ ΤΟΞΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	ΔΙΑΦΟΡΑ	ΥΠΟΣΥ ΝΟΛΟ
1960	1969	8	8	0	0	1	17
1970	1979	26	5	5	0		36
1980	1989	31	16	3	2	1	53
1990	1999	59	22	2	1	1	85
2000	2003	21	10	8	10	2	51
ΣΥΝΟΛΟ		145	61	18	13	5	242

Πίνακας 3: Επιπτώσεις Περιστατικών

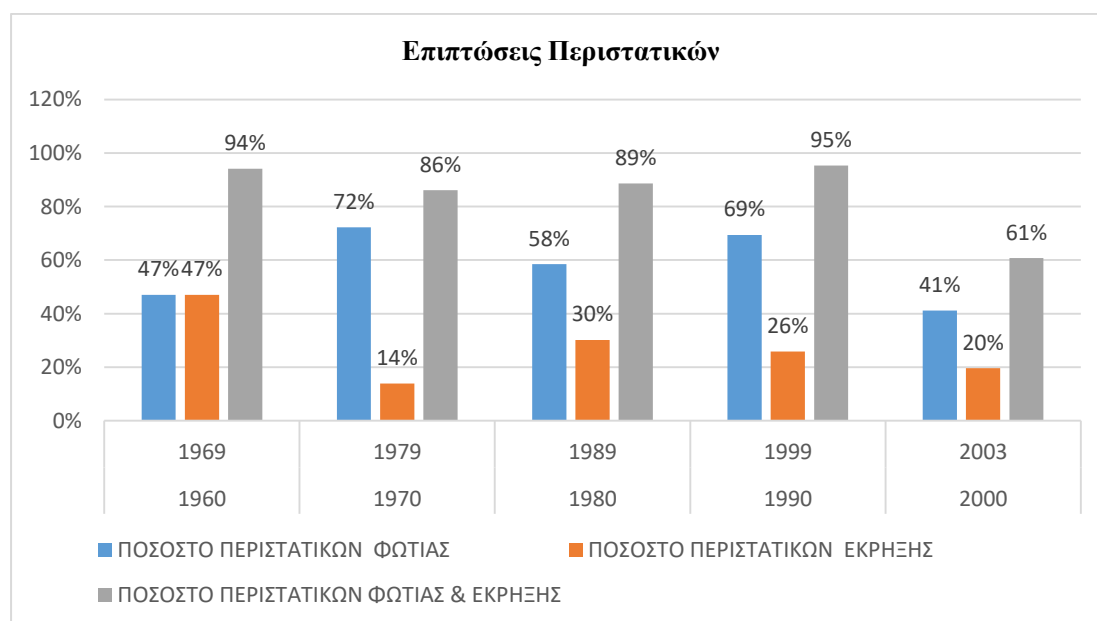
Φαίνεται καθαρά ότι η φωτιά και η έκρηξη είναι η κύρια επίπτωση ενός περιστατικού ατυχήματος από αίτιο για τα οποία έγινε αναφορά προηγουμένως.

Απομονώνοντας λοιπόν τις δύο κύριες επιπτώσεις μπορεί να ληφθεί ο πίνακας 4 που και ποσοστιαία η επίπτωση πυρκαγιάς και έκρηξης είναι συντριπτική (Dr Tsolakis, 2019).

ΠΕΡΙΟΔΟΣ		ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ ΦΩΤΙΑΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ ΕΚΡΗΞΗΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ ΦΩΤΙΑΣ & ΕΚΡΗΞΗΣ
1960	1969	47%	47%	94%
1970	1979	72%	14%	86%
1980	1989	58%	30%	89%
1990	1999	69%	26%	95%
2000	2003	41%	20%	61%
Μ ΟΡΟΣ		62%	29%	91%

Πίνακας 4: Ποσοστιαία ανάλυση Επίπτωσης Πυρκαγιάς και Έκρηξης

Γραφικά η συγκεκριμένη ανάλυση μπορεί να δοθεί από το διάγραμμα 16



Διάγραμμα 14: Επιπτώσεις Περιστατικών

Από τα παραπάνω στατιστικά στοιχεία προκύπτει ότι σε περίπτωση που εκδηλωθεί ένα περιστατικό σε εγκαταστάσεις αποθήκευσης πετρελαιοειδών η πιθανότητα εκδήλωσης φωτιάς ή έκρηξης είναι της τάξης του 91% (μέσος όρος στοιχείων 1960-2003). Αν χρησιμοποιηθούν τα στοιχεία μετά το έτος 2000 η πιθανότητα αυτή μειώνεται στο 61%,

γεγονός που αποδίδεται στη βελτίωση των μέτρων ασφάλειας σε αυτού του είδους τις εγκαταστάσεις.

3.3 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΜΕΓΑΛΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ (BAME)

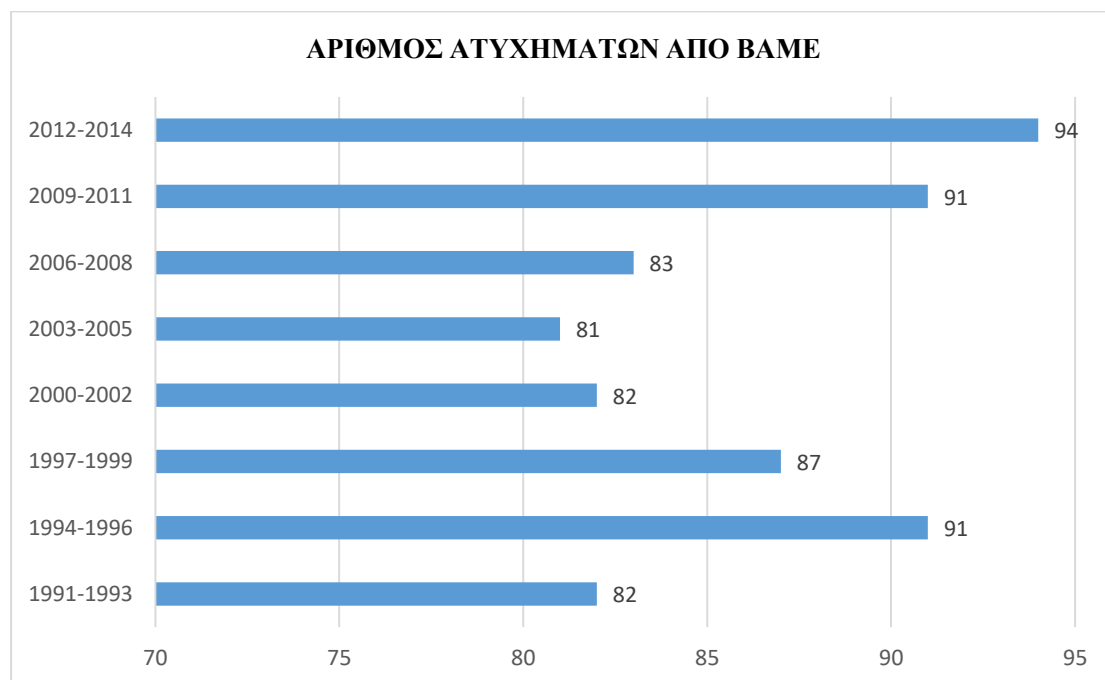
Τα Βιομηχανικά Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης (BAME) είναι συμβάντα που είναι αποτέλεσμα διαρροής ή/και ανάφλεξης επικίνδυνων ουσιών που αποθηκεύονται, διακινούνται ή/και παράγονται σε μία εγκατάσταση.

Τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι :

1. Οι επιπτώσεις τους είναι δυνατό να επεκτείνονται κι εκτός του ορίου της εγκατάστασης, επηρεάζοντας και τον πληθυσμό γειτονικών οικισμών.
2. Συνήθως δεν είναι δυνατό να αντιμετωπιστούν μόνο από το προσωπικό της εγκατάστασης, αλλά απαιτούν συντονισμένες ενέργειες του τελευταίου με τις Υπηρεσίες Έκτακτης Επέμβασης (Πυροσβεστική Υπηρεσία, Αστυνομία) για την πλήρη καταστολή τους και την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεών τους (εκκένωση πληθυσμού) (Dr Tsolakis, 2019).

Τα διυλιστήρια αποτελούν τις κατεξοχήν βιομηχανικές εγκαταστάσεις που δίνουν διαχρονικά πολλά ατυχήματα μεγάλης έκτασης.

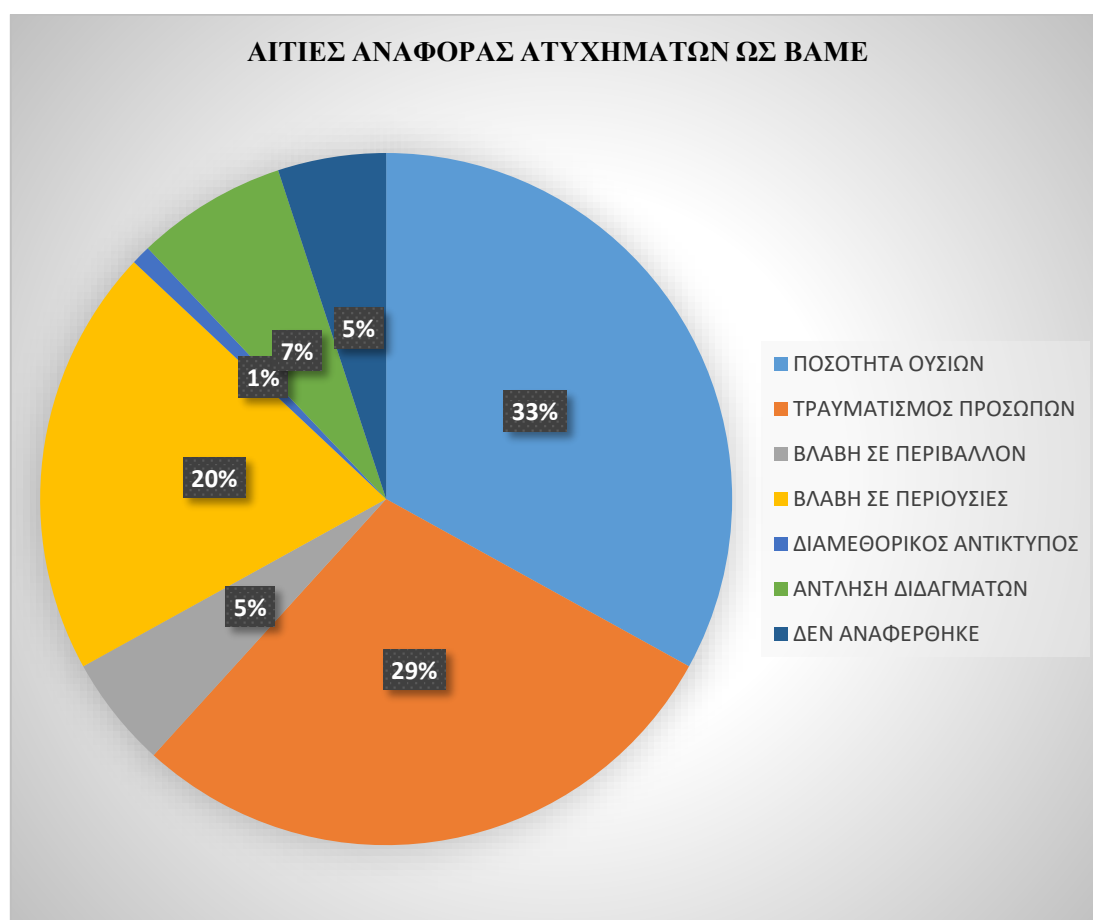
Κάτωθι παρουσιάζονται στοιχεία από αναφορά βιομηχανικών ατυχημάτων μεγάλης έκτασης το χρονικό διάστημα 1991-2014 (Dr Tsolakis, 2019):



Διάγραμμα 15: Αριθμός Ατυχημάτων από ΒΑΜΕ

Όλα τα περιστατικά που εκδηλώθηκαν σε μια εγκατάσταση δεν είναι BAME. Για να χαρακτηριστεί ένα περιστατικό έχουν θεσπιστεί κάποια κριτήρια. Τα κριτήρια πίσω από τις αιτίες αναφοράς μπορούν να συνοψιστούν κυρίως στην ποσότητα των ουσιών, στον τραυματισμό των προσώπων (≥ 1 θάνατος, ≥ 6 τραυματισμοί που χρήζουν νοσοκομειακής περίθαλψης), στην άμεση βλάβη στο περιβάλλον, στην βλάβη σε περιουσίες (εντός εγκατάστασης > 2 εκατομμύρια ευρώ, εκτός εγκατάστασης $> 0,5$ εκατομμύρια ευρώ) και διασυννοριακές ζημίες, δια μεθοριακά ατυχήματα.

Οι αιτίες για την αναφορά περιστατικών με σημαντικές επιπτώσεις ως BAME δεν έχουν μεταβληθεί σημαντικά με την πάροδο των ετών. Η συχνότερη αιτία φαίνεται να είναι η έκλυση τοξικών ουσιών, πιθανώς επειδή η πλειονότητα των ατυχημάτων έχει να κάνει με τοξικές και/ή εύφλεκτες ουσίες και γιατί η διασπορά εκτείνεται εκτός της εγκατάστασης. Λαμβάνοντας επίσης υπόψη τον αριθμό των μονάδων, τα στοιχεία που συλλέχθηκαν, δείχνουν ότι οι τομείς πετροχημικής βιομηχανίας & δυλιστηρίων πετρελαίου είναι πιο επιρρεπείς σε μεγάλα ατυχήματα (Dr Tsolakis, 2019).



Διάγραμμα 16: Αιτίες Αναφοράς Ατυχημάτων Ως BAME

ΚΕΦΑΛΑΙΟ–4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 60 ετών έχουν αναπτυχθεί και εφαρμόζονται διάφορες μεθοδολογίες αναγνώρισης επικινδυνότητας για εγκαταστάσεις πετρελαιοειδών. Αυτές εφαρμόζονται ανάλογα με το είδος, την πολυπλοκότητα μίας διεργασίας και το στάδιο της «ζωής» της (βασικός/λεπτομερής σχεδιασμός, κατασκευή και λειτουργία). Οι μεθοδολογίες αυτές έχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που σχετίζονται με την πληροφορία (και τη χρήση της) που δίνουν σχετικά με την επικινδυνότητα μιας διεργασίας, με το χρόνο που απαιτείται για την εφαρμογή τους καθώς και την εμπειρία της ομάδας που θα τις εφαρμόσει. Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο παρατίθενται οι κυριότερες μεθοδολογίες αναγνώρισης επικινδυνότητας και γίνεται μια συνοπτική σύγκρισή τους. Επίσης παρατίθενται και τα πλεονεκτήματα της μεθοδολογίας DOW F&EI η οποία θα αναλυθεί διεξοδικά στο επόμενο κεφάλαιο της παρούσης.

4.1 ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Οι κυριότερες μεθοδολογίες αναγνώρισης κινδύνων που εφαρμόζονται σε εγκαταστάσεις πετρελαιοειδών αναλύονται συνοπτικά στη συνέχεια :

4.1.1 ΛΙΣΤΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ (Checklists)

Είναι συγκεκριμένες λίστες που περιέχουν ένα σύνολο κινδύνων που έχουν αναγνωριστεί σε παρόμοιες διεργασίες καθώς και μέτρα προστασίας. Με αυτές ελέγχεται η εφαρμογή των μέτρων που χρησιμοποιούνται για την ελαχιστοποίηση των κινδύνων σε μία συγκεκριμένη διεργασία. Με την εφαρμογή τους επιτυγχάνονται :

1. Γρήγορη αναγνώριση των υφιστάμενων κινδύνων μιας διεργασίας.
2. Ποιοτική εκτίμηση των επιπτώσεων των κινδύνων (σενάρια περιστατικών).
3. Επιβεβαίωση λήψης μέτρων για όλους τους κινδύνους της διεργασίας.

4. Εξέταση των σημείων της διεργασίας που απαιτούν επιπρόσθετα μέτρα για εξάλειψη κινδύνων ή/και ελαχιστοποίηση επιπτώσεων.

Το μειονέκτημα είναι ότι είναι ποιοτική μέθοδος και σε ορισμένες περιπτώσεις δεν μπορεί να δώσει προτεραιότητες στην εφαρμογή μέτρων.

4.1.2 ΑΝΑΛΥΣΗ «ΤΙ ΘΑ ΣΥΜΒΕΙ ΑΝ..» («WHAT IF.. » ANALYSIS)

Η μέθοδος What if (Τι θα συμβεί αν..) χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των ανεπιθύμητων επιπτώσεων που προκαλούνται από αποκλίσεις στις κανονικές συνθήκες λειτουργίας (παραγωγή, αποθήκευση, κλπ.) μιας διεργασίας/εγκατάστασης. Ο προσδιορισμός των αποκλίσεων βασίζεται στην ερώτηση “Τι θα συμβεί εάν ...”, κάποιο λειτουργικό στοιχείο μιας διεργασίας/εγκατάστασης δεν λειτουργήσει με τον προβλεπόμενο κατά τον σχεδιασμό του τρόπο.

Η μέθοδος δεν είναι τόσο δομημένη όπως άλλες μέθοδοι (μελέτη HAZOP), αλλά είναι όμως απλή και εύχρηστη και μπορεί να εφαρμοστεί σχετικά εύκολα και με πολύ καλά αποτελέσματα σχεδόν σε πολλές διεργασίες.

4.1.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΝΤΡΩΝ ΑΛΛΗΛΟΥΧΙΑΣ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ (EVENT TREE ANALYSIS)

Η ανάλυση δέντρων αλληλουχίας γεγονότων χρησιμοποιείται για τα εκτιμήσει τα πιθανά σενάρια που είναι αποτέλεσμα μίας αρχικής αστοχίας εξοπλισμού/διεργασίας, το οποίο θεωρείται το αρχικό γεγονός και να εκτιμήσει τις πιθανότητες εκδήλωσής τους. Ξεκινάει με το αρχικό γεγονός της αστοχίας, και αναπτύσσει όλη την αλληλουχία των γεγονότων μέχρι τα τελικά πιθανά περιστατικά, λαμβάνοντας υπόψη ανάλογα με τις απαιτήσεις όλα τα υφιστάμενα προληπτικά ή/και κατασταλτικά μέτρα πρόληψης ή/και αποτροπής του περιστατικού αντίστοιχα.

Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για αναλύσεις εναρκτήριων γεγονότων που είναι δυνατό οδηγήσουν σε διαφορετικά αποτελέσματα ανάλογα με το είδος και την ένταση των παραγόντων που μπορούν να επηρεάσουν την εξέλιξή τους.

4.1.4 ΑΝΑΛΥΣΗ HAZOP (HAZARD & OPERABILITY STUDY)

Η ανάλυση HAZOP αποτελεί σήμερα την πλέον δομημένη και λεπτομερής τεχνική αναγνώρισης κινδύνου στη χημική βιομηχανία. Αποσκοπεί :

1. Στον προσδιορισμό όλων των πιθανών αποκλίσεων των λειτουργικών παραμέτρων των διεργασιών και των επιπτώσεών τους σε εξοπλισμό, προσωπικό της εγκατάστασης καθώς και στο περιβάλλον.
2. Στο έλεγχο της επάρκειας των υφιστάμενων μέτρων προστασίας της διεργασίας.
3. Στην εισήγηση μέτρων, όπου απαιτείται, για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων των λειτουργικών αποκλίσεων στην λειτουργία της διεργασίας/μονάδας.

Ο προσδιορισμός των αποκλίσεων επιτυγχάνεται με τη χρήση λέξεων/φράσεων κλειδιών-οδηγών που εφαρμόζονται πάνω σε λειτουργικές παραμέτρους μίας διεργασίας. Το αποτέλεσμα περιγράφεται συνοπτικά από την παρακάτω «εξίσωση» :

ΛΕΞΗ/ΦΡΑΣΗ ΚΛΕΙΔΙ + ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ = ΑΠΟΚΛΙΣΗ

Στοιχεία για τη εφαρμογή της παρατίθενται στη βιβλιογραφία (Frank P. Lees, χ.χ.) (Assael & Kakosimos, χ.χ.)

4.1.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΝΤΡΩΝ ΑΛΛΗΛΟΥΧΙΑΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ (FAULT TREE ANALYSIS)

Η ανάλυση δέντρων αλληλουχίας σφαλμάτων είναι σήμερα μία από τις πλέον εφαρμοζόμενες τεχνικές ανάλυσης κινδύνου. Η μεθοδολογία, αρχίζοντας από μια δεδομένη αστοχία/περιστατικό, προσδιορίζει συστηματικά βάσει λογικού διαγράμματος την ακριβή αλληλουχία μεταξύ πρωτογενών (primary events) και ενδιάμεσων γεγονότων/αστοχιών που είναι δυνατό να οδηγήσουν στην αρχική αστοχία/περιστατικό. Είναι μία τεχνική αντίστροφης λογικής, στην οποία η αναγνώριση των κινδύνων ξεκινά από το περιστατικό ή το ανεπιθύμητο γεγονός και καταλήγει στα πρωτογενή αίτια του γεγονότος περιγράφοντας ολόκληρη την

αλληλουχία των ενδιάμεσων γεγονότων. Στην ουσία το δέντρο αλληλουχίας σφαλμάτων είναι το λογικό διάγραμμα που φανερώνει τις λογικές διασυνδέσεις των αιτιών και του περιστατικού. Στα μειονεκτήματά της είναι ότι μέθοδος απαιτεί πολύ καλή γνώση και κατανόηση των λειτουργικών αλληλεπιδράσεων και αστοχιών των διαφόρων επιμέρους τμημάτων των παραγωγικών διαδικασιών και εξοπλισμού, έμπειρο προσωπικό στην εφαρμογή της και κατάλληλο λογισμικό.

4.1.6 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΩΝ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά των μεθόδων αναγνώρισης επικινδυνότητας που εφαρμόζονται σε εγκαταστάσεις πετρελαιοειδών.

METHOD	APPLICABILITY														
	Operating Mode		Hazard level		Process or Task Complexity		Number of Scenarios Found		Process Type		Experience with Process or Task		Details Available for Process		
	Continuous	Batch, Startup, Shutdown, online maintenance	Low	High	Low	High	Low	High	Flow	Mechanical, Electrical	Low	High	Low (i.e., conceptual design)	Medium (i.e., detailed design)	High (i.e., pre-startup or operating unit)
QUALITATIVE – Identify and evaluate hazards and judge risk by voting of multi-disciplinary team															
Checklist	X	X	X		X		X		X	X	X	X	X		
Preliminary Hazard Review	X	X		X		X	X		X	X	X		X		
What-If	X	X	X		X		X		X	X	X	X	X	X	X
What-If/Checklist	X	X	X		X		X		X	X	X	X	X	X	X
2 Guide Word		X		X	X			X	X	X		X			X
HAZOP (full set of guide words)	X	X		X		X		X	X		X	X		X	X
FMEA	X			X		X		X		X	X	X		X	X
QUANTITATIVE – Numerically estimate the risk to aid in judgment of a scenario that is already identified; typically not a team															
Fire/Explosion Index	X	X		X	X	X	NA	NA	X			X		X	X
Toxicity Index	X	X		X	X	X	NA	NA	X			X		X	X
LOPA	X	X		X	X	X	NA	NA	X	X		X		X	X
Fault Tree Analysis	X	X		X		X	NA	NA	X	X		X		X	X
Event Tree Analysis	X	X		X		X	NA	NA	X	X		X		X	X
Human Reliability Analysis		X		X		X	NA	NA	X	X	X	X		X	X

© Process Improvement Institute, Inc. (USA; 2007)

Πίνακας 5: Σύγκριση Μεθόδων Εκτίμησης Κινδύνων(Frank P. Lees,op.cit.:44)

Η μεθοδολογία DOW F&EI που ανήκει στην κατηγορία των Fire & Explosion Index θα αναλυθεί με λεπτομέρεια σε επόμενα κεφάλαια της παρούσης. Από τον παραπάνω Πίνακα 5 φαίνονται τα πλεονεκτήματα του δείκτη DOW F&EI τα οποία είναι:

1. Είναι ένας ποσοτικός δείκτης, δηλαδή η εφαρμογή σε μία διεργασία του δίνει ως αποτέλεσμα μία τιμή επικινδυνότητας η οποία μπορεί να συγκριθεί με αυτή άλλων διεργασιών.
2. Εφαρμόζεται σε συνεχείς και ασυνεχείς διεργασίες, με χαμηλή και υψηλή πολυπλοκότητα, όπου το επίπεδο της επικινδυνότητας είναι υψηλό, όπως οι εγκαταστάσεις πετρελαιοειδών.
3. Είναι δυνατό να εφαρμοστεί σε διαφορετικές τύπους λειτουργίας της μονάδας (κανονική λειτουργία, εκκίνηση λειτουργίας).
4. Είναι μια γρήγορη μέθοδος που είναι δυνατό να συγκρίνει επικινδυνότητα σε διάφορα τμήματα της εγκατάστασης και να δώσει προτεραιότητες στην εφαρμογή μέτρων ελαχιστοποίησης της επικινδυνότητας.

Ως μειονεκτήματα μπορεί να θεωρηθούν τα ακόλουθα ;

1. Απαιτείται εμπειρία για τη διεργασία από την ομάδα που θα κληθεί να την εφαρμόσει. Το μέγεθος της ομάδας όμως που απαιτείται για την εφαρμογή της δεν είναι μεγάλο (2-3 άτομα σε σύγκριση με τουλάχιστο 5 για άλλες μεθόδους).
2. Απαιτούνται αρκετά δεδομένα για την εφαρμογή της (δεδομένα σχεδιασμού και λειτουργίας) τα οποία είναι όμως δεδομένα διαθέσιμα από τον σχεδιασμό της μονάδας. Ο όγκος των δεδομένων όμως δεν είναι ο ίδιος με αυτόν που απαιτείται από άλλες μεθόδους.
3. Η εφαρμογή της μεθόδου δεν εξετάζει σενάρια λειτουργίας όπως άλλες περισσότερο λεπτομερείς μέθοδοι (HAZOP).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ-5. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΔΕΙΚΤΗ DOW F&EI

Η μεθοδολογία του δείκτη DOW F&EI πρωτοεμφανίστηκε τη δεκαετία του 1960 και πιο συγκεκριμένα το 1964. Έχει εξελιχθεί σε έναν ολοκληρωμένο δείκτη που δίνει ποσοτικοποιεί την επικινδυνότητα διεργασιών ή τμημάτων των διεργασιών και παράλληλα αποδίδει και τις χρηματικές επιπτώσεις (κόστος απώλειας εξοπλισμού και παραγωγής) από την εκδήλωση περιστατικών φωτιάς ή έκρηξης. Μπορεί να χρησιμεύσει και ως οδηγός για την επιλογή μέτρων προστασίας από επικίνδυνα περιστατικά και να βοηθήσει στο να δοθούν προτεραιότητες στην εφαρμογή των μέτρων αυτών σε διάφορα τμήματα της διεργασίας.

Στην παρούσα εργασία γίνεται χρήση της τελευταίας (7^η) έκδοσης του οδηγού που είναι κατά κύριο λόγο μια ενημέρωση της έκτης έκδοσης χωρίς να υπάρχουν σημαντικές εννοιολογικές αλλαγές (American Institute of Chemical Engineers, 1994).

5.1 ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Η μεθοδολογία DOW F&EI (American Institute of Chemical Engineers, 1994:2) είναι μια σταδιακή, αντικειμενική αξιολόγηση των ρεαλιστικών επιπτώσεων περιστατικών πυρκαγιάς, έκρηξης σε διεργασίες. Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση (παράγοντες μείωσης επικινδυνότητας) βασίζονται σε ιστορικά δεδομένα περιστατικών απώλειας εξοπλισμού. Διάφορες χώρες όπως οι Η.Π.Α. κάνουν αναφορά στον υπολογιζόμενο δείκτη DOW F&EI κατά την νομοθέτηση των κυβερνητικών κανονισμών τους και ακόμη και σήμερα χρησιμοποιείται ως μεθοδολογία αναγνώρισης επικινδυνότητας (Οργανισμού Περιβαλλοντικής Προστασίας, χ.χ., Διεύθυνσης Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγιεινής,χ.χ.).

Στόχοι της μεθοδολογίας είναι:

1. Να ποσοτικοποιήσει την αναμενόμενη ζημία πιθανών συμβάντων πυρκαγιάς, έκρηξης με ρεαλιστικούς όρους.
2. Να προσδιορίσει τον εξοπλισμό που θα συνεισφέρει περισσότερο στη δημιουργία ή την κλιμάκωση ενός συμβάντος.
3. Να επικοινωνήσει προς την διοίκηση μίας εγκατάστασης την επικινδυνότητα της μονάδας ώστε να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης των κινδύνων πυρκαγιάς και έκρηξης.

Σημειώνεται ότι τα πιο αξιόπιστα αποτελέσματα το σύστημα μπορεί να τα εκδώσει εάν υπάρχει χειρισμός τουλάχιστον 1000lb (περίπου 0.5tn) επικίνδυνης ουσίας (American Institute of Chemical Engineers, 1994:5).

5.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ DOW F&EI

Για να αναπτυχθεί μια ανάλυση F&EI και ανάλυση κινδύνων, η ομάδα που θα εκτελέσει την ανάλυση θα πρέπει να διαθέτει τα παρακάτω (American Institute of Chemical Engineers, 1994):

- Ένα διάγραμμα ροής της διεργασίας (process flow diagram) με όλες τις πληροφορίες που διαθέτει (συνθήκες λειτουργίας, συστατικά ρευμάτων, βασικό σύστημα ελέγχου της μονάδας).
- Μία ακριβής κάτοψη της εγκατάστασης (plot plan) όπου είναι εγκατεστημένος ο εξοπλισμός της διεργασίας, που να περιλαμβάνει τις αποστάσεις μεταξύ των στοιχείων του εξοπλισμού καθώς και του εξοπλισμού άλλων μονάδων της εγκατάστασης.
- Περιγραφή της διεργασίας και βασικά στοιχεία του εξοπλισμού της όπως διαστάσεις του κύριου εξοπλισμού, συνθήκες λειτουργίας, διαστάσεις των κύριων σωληνογραμμών της διεργασίας)
- Στοιχεία για συστήματα προστασίας που είναι εγκατεστημένα στην μονάδα/διεργασία είτε προληπτικά είτε κατασταλτικά.
- Ενδεικτικά δεδομένα κόστους αντικατάστασης του εγκατεστημένου εξοπλισμού της υπό μελέτη διεργασίας μονάδας σε περίπτωση καταστροφής του.
- Τον οδηγό εφαρμογής του δείκτη DOW F&EI (American Institute of Chemical Engineers, 1994)
- Τα σχετικά έντυπα που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του δείκτη DOW F&EI, καθώς και τριών παραγόντων ελαχιστοποίησης της επικινδυνότητας (Loss Control Credit Factors), που στο εξής για συντομία θα αναφέρονται ως LCCF (Σχήματα 10,11,12 σελ. 56-58 της παρούσης εργασίας).

Αναφορικά με τα LCCF αξίζει να αναφερθούν τα ακόλουθα :

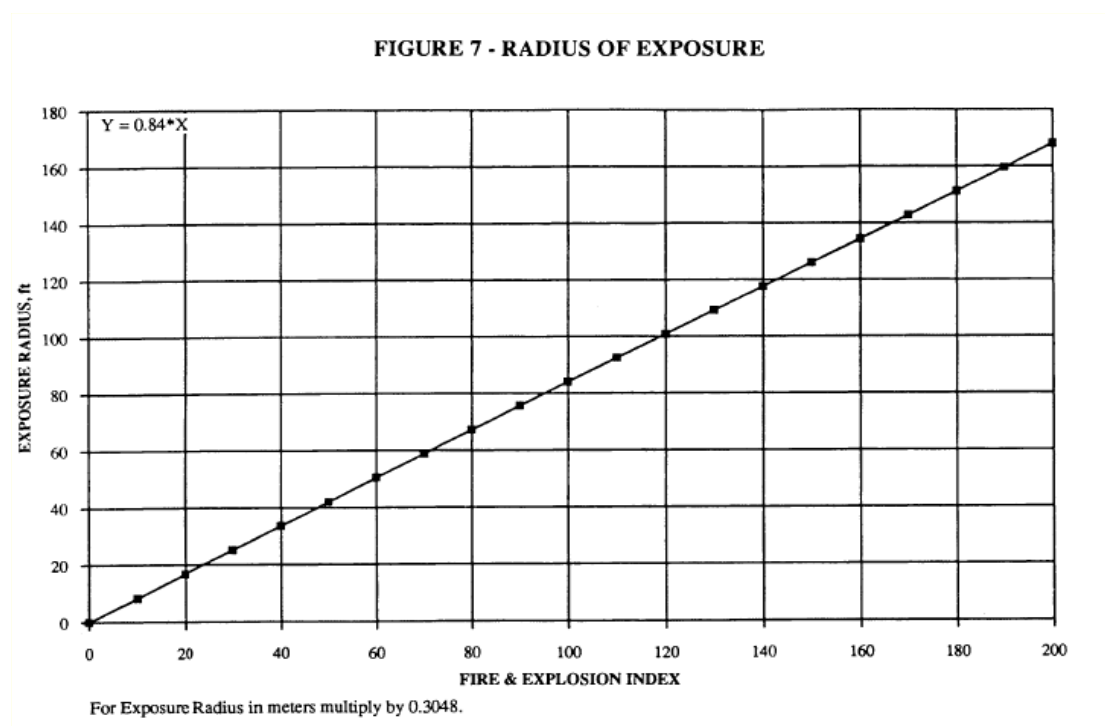
1. Ο παράγοντας C1 σχετίζεται με τα μέτρα προστασίας που έχουν ληφθεί κατά το σχεδιασμό της διεργασίας και σχετίζονται κυρίως με τα υλικά της διεργασίας, τις συνθήκες λειτουργίας, τη φύση των χημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα, των μέτρων ελέγχου επικίνδυνων καταστάσεων (απώλεια ισχύος, εκρήξεις) και μέτρων που σχετίζονται με την αυτοματοποίηση της διεργασίας. Επίσης λαμβάνονται υπόψη και στοιχεία όπως διαδικασίες λειτουργίας, επείγοντος και διαδικασίες αναγνώρισης επικινδυνότητας.
2. Ο παράγοντας C2 λαμβάνει υπόψη του και πάλι στοιχεία σχεδιασμού της διεργασίας που σχετίζονται όμως με την έλεγχο μιας διαρροής από τη διεργασία. Πιο συγκεκριμένα λαμβάνει υπόψη του την απομόνωση τμημάτων της διεργασίας με τηλεχειριζόμενες βάνες, το ανεξάρτητο σύστημα προστασίας της διεργασίας (interlock system) που όταν ενεργοποιηθεί προσπαθεί να θέσει τη διεργασία σε ασφαλή κατάσταση και τις δυνατότητες γρήγορης απομάκρυνσης υλικών από τη διεργασία. Το τελευταίο περιλαμβάνει υλικό εντός του εξοπλισμού καθώς και υλικό που έχει διαρρεύσει.
3. Ο παράγοντας C3 λαμβάνει υπόψη του μέτρα ανίχνευσης μίας διαρροής αλλά κυρίως παθητικά και ενεργητικά μέτρα πυροπροστασίας της διεργασίας τόσο παθητικά (σχεδιασμό παθητικής πυροπροστασίας υποδομών) όσο και ενεργητικά, όπως το σύστημα πυρόσβεσης της εγκατάστασης.

Η λογική εφαρμογής των LCCF είναι ότι η εγκατάστασή τους σε μία διεργασία μειώνει την επικινδυνότητα και κατά συνέπεια το δείκτη DOW F&EI κατά ένα ποσοστό. Το ποσοστό αυτό είναι συγκεκριμένο και έχει καθοριστεί από τη μέθοδο βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων. Συνεπώς η μεθοδολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως λίστα ελέγχου για τα μέτρα προστασίας μίας διεργασίας και παράλληλα να προσδιοριστεί πόσο μειώνεται η επικινδυνότητα με την εφαρμογή κάθε μέτρων προστασίας.

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι ακριβώς η εξής:

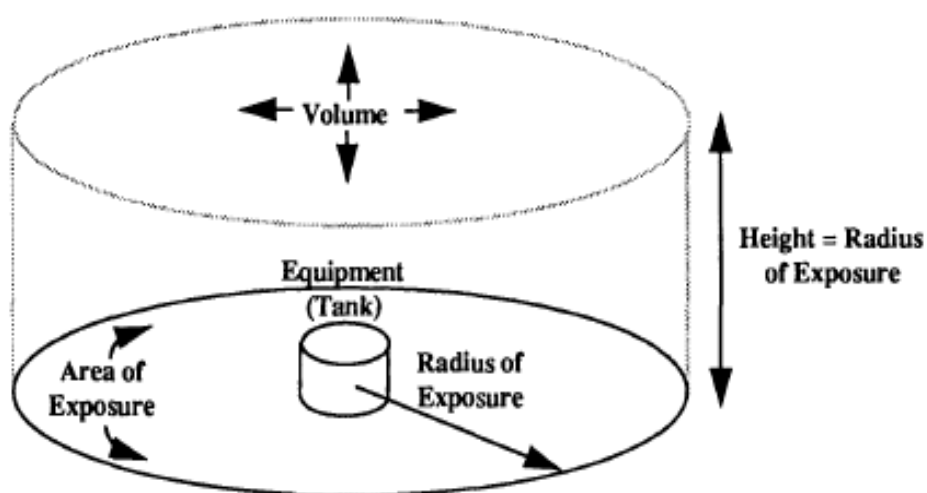
1. Η διεργασία διαιρείται σε διάφορα τμήματα. Στην παρούσα έκθεση, η διάκριση των επιμέρους τμημάτων της μονάδας, γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τις δυνατότητες απομόνωσης της διεργασίας, δηλαδή τις διαθέσιμες βάνες που ελέγχονται από το ανεξάρτητο σύστημα προστασίας της μονάδας (interlock).

2. Προσδιορίζεται ο συντελεστής υλικού (Material Factor - MF) για κάθε τμήμα της μονάδας. Ο MF αποτελεί τον κύριο παράγοντα από τον οποίο εξαρτάται η επικινδυνότητα ενός τμήματος της εγκατάστασης και σχετίζεται με τις ιδιότητες των υλικών της διεργασίας. Επισημαίνεται ότι η διεργασία χωρίζεται σε διάφορα τμήματα για το λόγο ότι κάθε τμήμα είναι δυνατό να διαχειρίζεται διαφορετικά υλικά σε διαφορετικές συνθήκες οπότε και η επικινδυνότητα του κάθε τμήματος να είναι σημαντικά διαφορετική από τα υπόλοιπα. Υπολογίζεται από τον Πίνακα 1, σελίδα 13 ή τα Παραρτήματα Α ή Β, σελίδες 60 έως 73 του οδηγού DOW F&EI (American Institute of Chemical Engineers, 1994:13,60-73).
3. Υπολογίζεται ο γενικός συντελεστής επικινδυνότητας F1 (general process hazards) σύμφωνα με το σχετικό έντυπο. Σε αυτόν τον συντελεστή περιλαμβάνονται κίνδυνοι που σχετίζονται με εξώθερμες αντιδράσεις και είδος υλικών, ενώ λαμβάνονται υπόψη και παράγοντες όπως η πρόσβαση σε εξοπλισμό της διεργασίας, και η διάταξη του εξοπλισμού σε ανοιχτούς ή περιορισμένους χώρους.
4. Υπολογίζεται ο ειδικός συντελεστής επικινδυνότητας F2 (special process hazards) σύμφωνα με το σχετικό έντυπο. Ο παράγοντας αυτός λαμβάνει υπόψη του την ποσότητα των επικίνδυνων ουσιών που διαχειρίζεται ένα τμήμα της διεργασίας καθώς και το είδος των υλικών. Επίσης λαμβάνει υπόψη του και παράγοντες όπως πηγές ανάφλεξης (κλίβανοι), πηγές διαρροών καθώς στοιχεία σχεδιασμού όπως συνδέσεις εξοπλισμού και υλικά (διάβρωση).
5. Προσδιορίζεται ο παράγοντας κινδύνου διεργασίας του τμήματος αυτής (process Unit hazard factor), F3, από το γινόμενο των παραγόντων γενικής και ειδικής επικινδυνότητας, F1 & F2 αντίστοιχα.
6. Υπολογίζεται ο δείκτης DOW F&EI από το γινόμενο του F3 και του MF.
7. Υπολογίζεται η ακτίνα έκθεσης του εξοπλισμού του τμήματος της διεργασίας από το δείκτη DOW F&EI (American Institute of Chemical Engineers, 1994:47-50) (Σχήμα 6)



Σχήμα 6: Ακτίνα Έκθεσης

8. Υπολογίζεται η περιοχή έκθεσης που περιβάλλει το τμήμα της διεργασίας, από την ακτίνα έκθεσης (American Institute of Chemical Engineers, 1994:47-50) (Σχήμα 7)

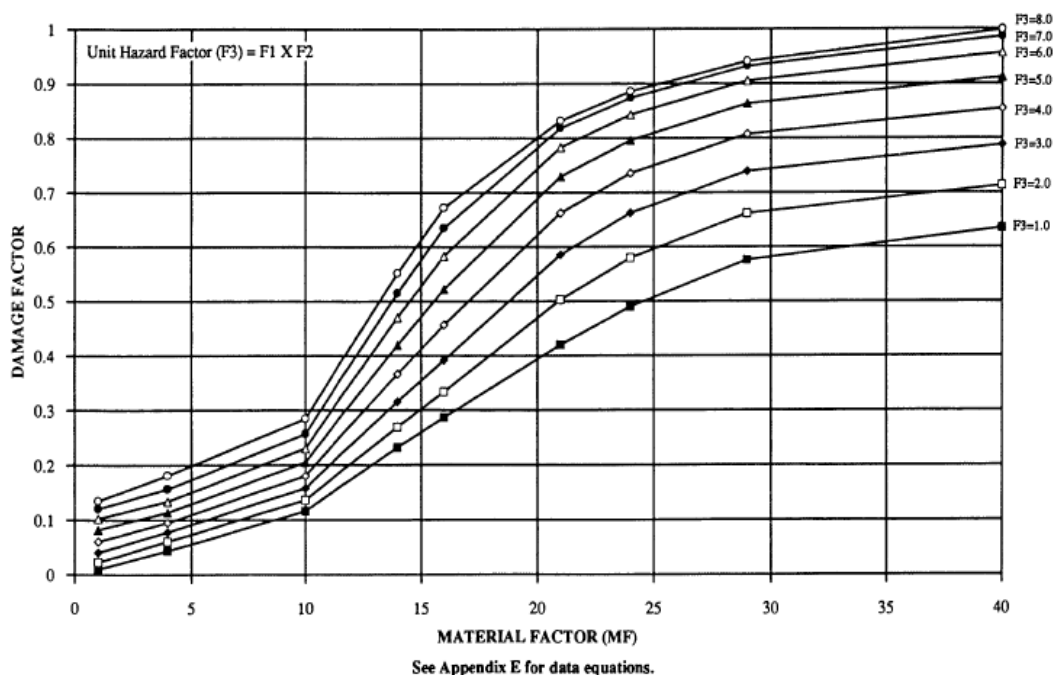


F&EI = 100
Radius of Exposure = 84 ft (25.6 m)
Area of Exposure = 22,170 ft² (2,060 m²)
Height of Cylindrical Volume = 84 ft (25.6 m)

Σχήμα 7: Επιφάνεια Έκθεσης

9. Από διαθέσιμα στοιχεία εκτιμάται η αξία του τμήματος της διεργασίας που βρίσκεται εντός της ακτίνας έκθεσης. Η αξία του τμήματος της διεργασίας είναι δυνατό να προσδιοριστεί από το κόστος αντικατάστασης του εξοπλισμού τμήματος ή όλης της διεργασίας. Αυτό είναι δυνατό να προκύψει από βιβλιογραφικά δεδομένα για ένα συγκεκριμένο έτος αναφοράς και για συγκεκριμένη διεργασία και στη συνέχεια να αναχθεί στο έτος που γίνεται η ανάλυση με τη χρήση ειδικών δεικτών, όπως ο Chemical engineering plant cost index (American Institute of Chemical Engineers, 1994:54-55)
10. Υπολογίζεται ο παράγοντας επιπτώσεων (Damage Factor, DF), που αντιπροσωπεύει τις επιπτώσεις από ένα σενάριο διαρροής και ανάφλεξης (φωτιά και έκρηξη) των ουσιών που διαχειρίζεται ένα τμήμα της διεργασίας. Υπολογίζεται από το ακόλουθο διάγραμμα συναρτήσεως του συντελεστή F3 και τον MF (American Institute of Chemical Engineers, 1994:53).

FIGURE 8 - DAMAGE FACTOR



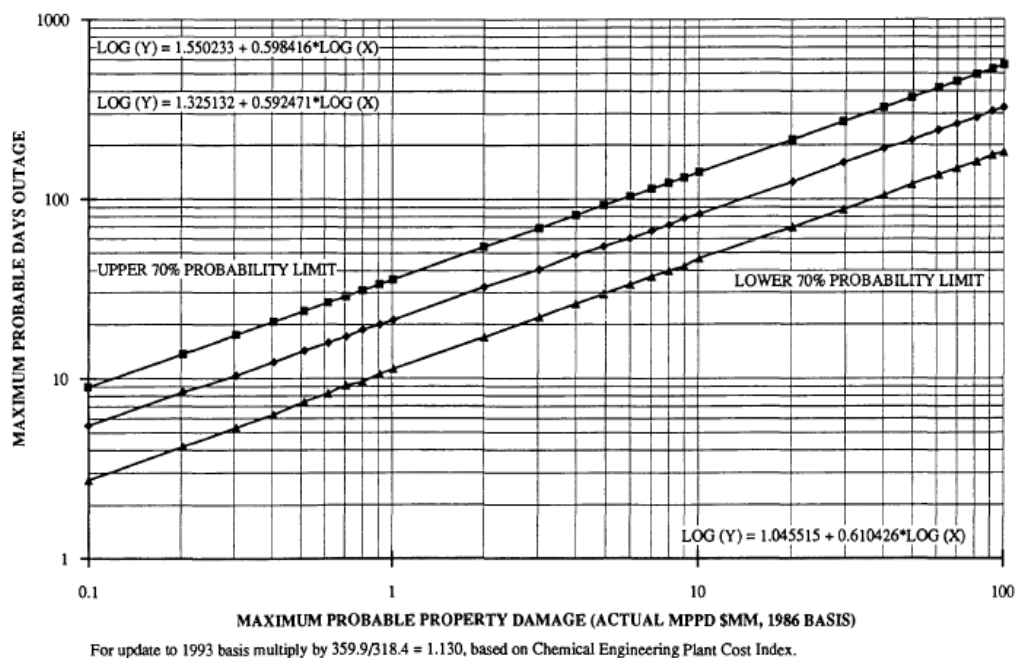
Σχήμα 8: Υπολογισμός Damage Factor

11. Υπολογίζεται η τιμή βάσης, της μέγιστης πιθανής ζημιάς σε USD, (base Max. Probable Property Damage, MPPD) από το γινόμενο του παράγοντα επιπτώσεων και της αξίας του τμήματος της διεργασίας που είναι εντός της

αξίας έκθεσης. Η τιμή αυτή αντιπροσωπεύει στην ουσία την ζημία που έχει γίνει στον εξοπλισμό μίας διεργασίας από ένα σενάριο φωτιάς ή/και έκρηξης και είναι το κόστος χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα διαθέσιμα μέτρα προστασίας (loss control measures) που διαθέτει μία διεργασία. Η εφαρμογή των μέτρων αυτών μετριάζει τις συνέπειες ενός περιστατικού μειώνοντας και το κόστος των επιπτώσεων.

12. Υπολογίζεται η μείωση των επιπτώσεων από την εφαρμογή των μέτρων προστασίας της διεργασίας. Η μείωση αντιστοιχεί στο γινόμενο των τριών LCCF, που αναπτύχθηκαν προηγουμένως (C1, C2 και C3)
13. Υπολογίζεται η πραγματική (actual) μέγιστη πιθανή ζημιά σε USD, (AMPPD), από την MPPD και το γινόμενο των LCCF (στάδια 11 και 12).
14. Ο προσδιορισμός της μέγιστης πιθανής διακοπής λειτουργίας σε ημέρες (MPDO – Maximum Probable Days of Outage)) πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας μία συσχέτιση με το AMPPD (American Institute of Chemical Engineers, 1994:55).

FIGURE 9 - MAXIMUM PROBABLE DAYS OUTAGE (MPDO)



Σχήμα 9: Προσδιορισμός της μέγιστης πιθανής διακοπής λειτουργίας

15. Ο προσδιορισμός του κόστους της διακοπής της επιχειρηματικής δραστηριότητας σε USD (Business Interruption) εκτιμάται από την αξία της ημερήσιας παραγωγής και από τη μέγιστη χρονικά πιθανή διακοπή λειτουργίας της διεργασίας ως αποτέλεσμα του περιστατικού (American Institute of Chemical Engineers, 1994:56).

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο η εφαρμογή της μεθοδολογίας του δείκτη DOW F&EI, συνιστάται να γίνεται από κατάλληλη ομάδα ατόμων με γνώση της εγκατάστασης, ώστε να αναλύονται ρεαλιστικά σενάρια συμβάντων για να διασφαλίζεται ότι η εφαρμογή της μεθοδολογίας DOW F&EI (American Institute of Chemical Engineers, 1994:3) θα αποδώσει πραγματικές βελτιώσεις στην ασφάλεια της εγκατάστασης λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς κόστους που υπάρχουν πάντα.

Στις επόμενες σελίδες ακολουθεί μια σχηματική περιγραφή της διαδικασίας των υπολογισμών της επικινδυνότητας με τη μέθοδο DOW F&EI (American Institute of Chemical Engineers, 1994:4), το έντυπο υπολογισμού του δείκτη DOW F&EI (American Institute of Chemical Engineers, 1994:5) καθώς και των διαφόρων παραγόντων που αναπτύχθηκαν προηγουμένως.

5.2.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΟ ΔΕΙΚΤΗ DOW

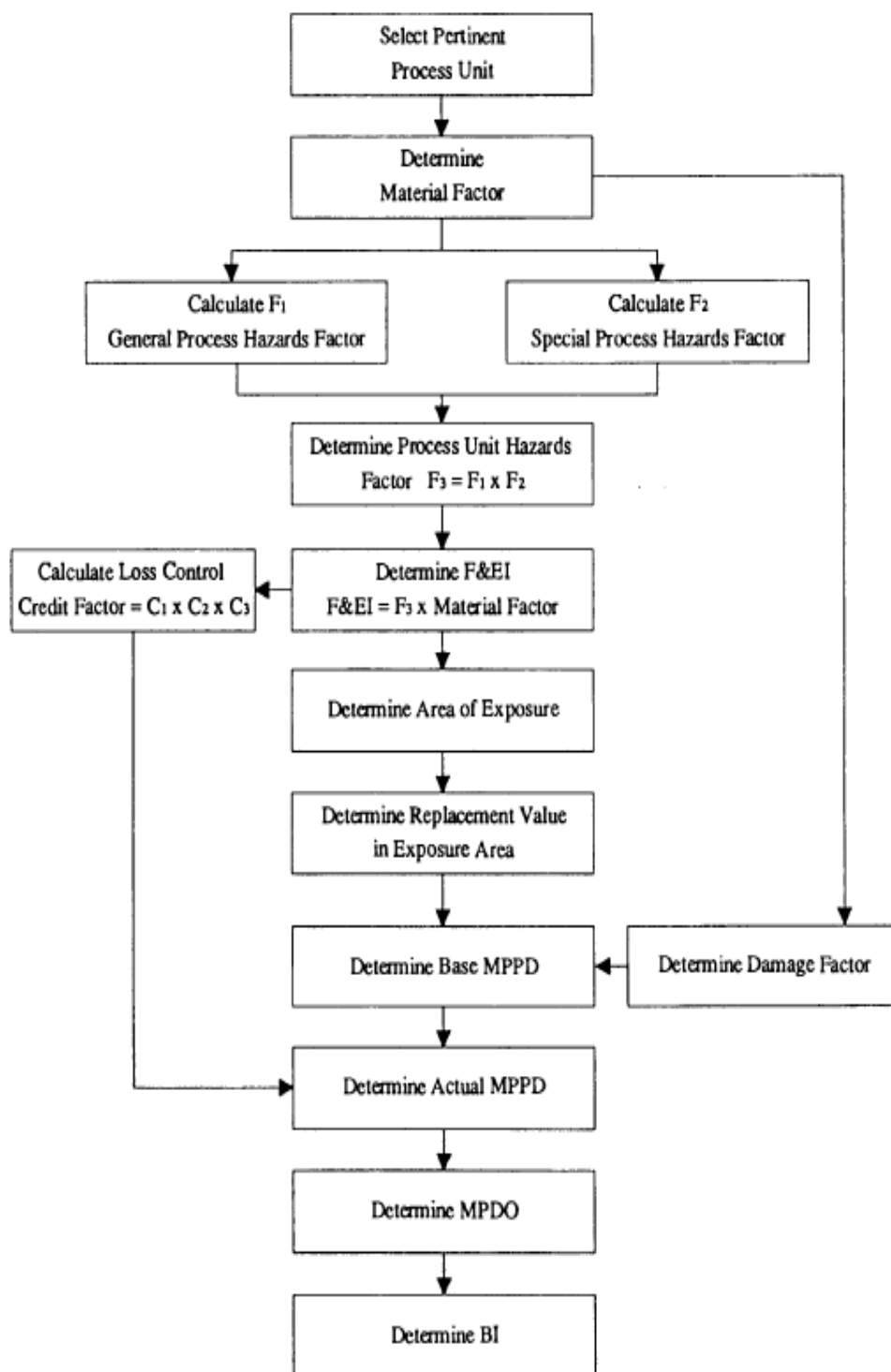
Η ίδια η τιμή του δείκτη DOW F&EI είναι από μόνη της ενδεικτική της επικινδυνότητας ενός τμήματος της διεργασίας, πριν ακόμη γίνουν οι υπολογισμοί της ακτίνας έκθεσης και του κόστους των επιπτώσεων ενός περιστατικού φωτιάς ή/και έκρηξης. Ο οδηγός εφαρμογής της μεθόδου παραθέτει τον ακόλουθο πίνακα βάσει του οποίου μπορεί να γίνει η ταξινόμηση των διαφόρων τμημάτων μίας διεργασίας αναφορικά με την επικινδυνότητα ενός περιστατικού διαρροής μίας εύφλεκτης ουσίας.

ΒΑΘΜΟΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΔΕΙΚΤΗ F&E	
ΕΥΡΟΣ ΔΕΙΚΤΗ DOW F&EI (DOW F&EI INDEX RANGE)	ΒΑΘΜΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ (DEGREE OF HAZARD)
1 έως 60	ΜΙΚΡΟΣ
61 έως 96	ΜΕΤΡΙΟΣ
97 έως 127	ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΣ
128 έως 158	ΥΨΗΛΟΣ
159 και πάνω	ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΟΣ

Πίνακας 6: Ταξινόμηση Κινδύνου

Υπολογίζοντας τον δείκτη DOW F&EI για κάθε ένα από τα τμήματα της διεργασίας και ταξινομώντας τα ανάλογα με το βαθμό επικινδυνότητας είναι δυνατό να δοθούν προτεραιότητες στην εφαρμογή μέτρων προστασίας, ή να ελεγχθούν ποια από τα υφιστάμενα μέτρα προστασίας δεν είναι επαρκή.

PROCEDURE FOR CALCULATING FIRE & EXPLOSION INDEX AND OTHER RISK ANALYSIS INFORMATION



Σχήμα 10: Σχηματική περιγραφή της διαδικασίας των υπολογισμών της ανάλυσης ρίσκου (American Institute of Chemical Engineers, 1994)

LOSS CONTROL CREDIT FACTORS

1. Process Control Credit Factor (C₁)

Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used(2)	Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used(2)
a. Emergency Power	0.98		f. Inert Gas	0.94 to 0.96	
b. Cooling	0.97 to 0.99		g. Operating Instructions/Procedures	0.91 to 0.99	
c. Explosion Control	0.84 to 0.98		h. Reactive Chemical Review	0.91 to 0.98	
d. Emergency Shutdown	0.96 to 0.99		i. Other Process Hazard Analysis	0.91 to 0.98	
e. Computer Control	0.93 to 0.99				

C₁ Value(3)

2. Material Isolation Credit Factor (C₂)

Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used(2)	Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used(2)
a. Remote Control Valves	0.96 to 0.98		c. Drainage	0.91 to 0.97	
b. Dump/Blowdown	0.96 to 0.98		d. Interlock	0.98	

C₂ Value(3)

3. Fire Protection Credit Factor (C₃)

Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used(2)	Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used(2)
a. Leak Detection	0.94 to 0.98		f. Water Curtains	0.97 to 0.98	
b. Structural Steel	0.95 to 0.98		g. Foam	0.92 to 0.97	
c. Fire Water Supply	0.94 to 0.97		h. Hand Extinguishers/Monitors	0.93 to 0.98	
d. Special Systems	0.91		i. Cable Protection	0.94 to 0.98	
e. Sprinkler Systems	0.74 to 0.97				

C₃ Value(3)

Loss Control Credit Factor = C₁ X C₂ X C₃(3) = (Enter on line 7 below)

PROCESS UNIT RISK ANALYSIS SUMMARY

1. Fire & Explosion Index (F&EI).....(See Front)	
2. Radius of Exposure(Figure 7)	ft or m
3. Area of Exposure.....	ft ² or m ²
4. Value of Area of Exposure	\$MM
5. Damage Factor(Figure 8)	
6. Base Maximum Probable Property Damage – (Base MPPD) [4 x 5]	\$MM
7. Loss Control Credit Factor.....(See Above)	
8. Actual Maximum Probable Property Damage – (Actual MPPD) [6 x 7]	\$MM
9. Maximum Probable Days Outage – (MPDO).....(Figure 9)	days
10. Business Interruption – (BI)	\$MM

(2) For no credit factor enter 1.00.

(3) Product of all factors used.

Refer to *Fire & Explosion Index Hazard Classification Guide* for details.

Σχήμα 12. Έντυπα υπολογισμού των LCCF και της επικινδυνότητας ολόκληρης της διεργασίας (American Institute of Chemical Engineers, 1994)

5.3 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ DOW F&EI ΣΕ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ

Στην βιβλιογραφία μπορούν να βρεθούν αρκετές αναφορές σε μελέτες επικινδυνότητας που κάνουν χρήση του δείκτη DOW F&EI. Πολλές αναφορές υπάρχουν σε μελέτες που έχουν να κάνουν με τις χώρες της Μέσης Ανατολής όπως το Ιράν.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι μελέτη ανάλυσης επικινδυνότητας σε μονάδα ισομερισμού, (Isomax) σε Ιρανικό Διυλιστήριο Πετρελαίου (A Credit Approach to Measure Inherent Hazards Using the Fire, Explosion and Toxicity Index in the Chemical Process Industry: Case Study of an Isomax Unit in an Iran Oil Refinery, , χ.χ.). Η ανάλυση επέτρεψε να εντοπιστούν τα πιο επικίνδυνα τμήματα της διεργασίας έτσι ώστε να μπορεί να δοθεί μεγαλύτερη προσοχή στις πρώτες. Οι βασικές υπομονάδες διεργασίας στη μονάδα Iso-max αναγνωρίστηκαν με βάση παραμέτρους όπως η πίεση της διεργασίας, η θερμοκρασία και η τιμή του υλικού. Στο επόμενο βήμα, προσδιορίστηκαν και εκτιμήθηκαν οι κύριες παράμετροι που επηρεάζουν τον δείκτη DOW F&EI και υπολογίστηκε ο δείκτης Mond F&ET για κάθε υπομονάδα. Επιπλέον, εντοπίστηκαν τα κύρια μέτρα προστασίας και μελετήθηκε η επίδρασή τους στην επικινδυνότητα της διεργασίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα επικίνδυνα χαρακτηριστικά της διεργασίας, συσχετίζονται κυρίως με έναν ή περισσότερους βλαπτικούς παράγοντες που ακολουθούν την διαρροή μίας εύφλεκτης ή/και τοξικής ουσίας : θερμική ακτινοβολία, έκρηξη (ωστικό κύμα), εκτόξευση θραυσμάτων από καταστροφή εξοπλισμού και απελευθέρωση τοξικών ουσιών. Χρησιμοποιώντας στατιστικά δεδομένα περιστατικών για τους κινδύνους πυρκαγιάς, έκρηξης και τοξικότητας, οι πιθανότητες έκθεσης του προσωπικού σε βλαπτικούς παράγοντες μπορούν να εκτιμηθούν πιο ρεαλιστικά. Αυτή η προσέγγιση ήταν ικανή να συγκρίνει εναλλακτικές διαδικασίες για να επιλέξει αυτή που είναι εγγενώς ασφαλέστερη και οι κατάλληλες αποφάσεις διαχείρισης επικινδυνότητας μπορούν να ληφθούν νωρίς στο στάδιο του σχεδιασμού μίας διεργασίας/εγκατάστασης.

Μελέτη και έρευνα για διυλιστήριο του Νότιου Ιράν πραγματοποιείται άλλη μια δημοσίευση των Zarranejad A, και Ahmadi O (Zarranejad A & Ahmadi O, 2016). Η ποιοτική μελέτη διεξήχθη χρησιμοποιώντας την έκδοση του δείκτη του DOW του 2015. Ο δείκτης DOW F&EI και το επίπεδο κινδύνου πυρκαγιάς και έκρηξης υπολογίστηκαν για τις μονάδες της εγκατάστασης καθώς και η πραγματική μέγιστη

πιθανή ζημιά ιδιοκτησίας (MPPD) και η μέγιστη πιθανή διακοπή λειτουργίας (MPDO). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το επίπεδο κινδύνου πυρκαγιάς και έκρηξης ήταν υψηλό στο 82% των υπό μελέτη μονάδων επεξεργασίας. Επιπλέον, η πιθανή πυρκαγιά ή έκρηξη θα μπορούσε να προκαλέσει οικονομική ζημιά ύψους 51 εκατομμυρίων δολαρίων και διακοπή παραγωγής 296 ημερών. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης κατέδειξαν αρκετών σημείων που έχρηζαν βελτίωσης σε αυτές τις μονάδες, προτάθηκε εκτεταμένο πρόγραμμα επιθεώρησης για τη μείωση των καθορισμένων επιπέδων κινδύνου. Επιπλέον, ο δείκτης πυρκαγιάς και έκρηξης DOW F&EI κρίθηκε από τους υπεύθυνους της εγκατάστασης, ως μια αποτελεσματική τεχνική για την εκτίμηση του κινδύνου πυρκαγιάς ή έκρηξης και των επιπτώσεών τους.

Τέλος το θέμα έχουν πραγματευτεί και αρκετές διδακτορικές διατριβές όπως για παράδειγμα αυτή του Jaffee Suardin (Suardin, August 2005) στο πανεπιστήμιο του Texas A&M. Αυτή η έρευνα έκανε προσπάθεια να αυτοματοποιήσει τον υπολογισμό του F&EI. Εκτός από τον υπολογισμό F&EI, το λογισμικό που αναπτύχθηκε για τον υπολογισμό του F&EI παρείχε περιγραφές για κάθε στοιχείο των ποινών, βάσεις δεδομένων χημικών / υλικών, την ευελιξία υποβολής γνωστών δεδομένων χημικών / υλικών σε βάσεις δεδομένων και υπολογισμούς συντελεστών υλικού. Επιπλέον, οι αναλύσεις ευαισθησίας των υπολογισμών, αυτοματοποιούνταν δημιουργώντας διαγράμματα και εκφράσεις του F&EI ως συνάρτηση του υλικού της απογραφής και της πίεσης. Η ανάπτυξη της μεθοδολογίας έγινε για την ενσωμάτωση του δείκτη DOW F&EI στο σχεδιασμό και τη βελτιστοποίηση διεργασιών. Ο τελικός στόχος ήταν ο βέλτιστος οικονομικός και εγγενώς ασφαλέστερος σχεδιασμός για το σύστημα αντιδραστήρα και της στήλης απόσταξης

5.4 ΑΙΤΙΕΣ ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ DOW F&EI

Η μεθοδολογία DOW F&EI λαμβάνει υπόψη της τις αιτίες που σχετίζονται με την εκδήλωση περιστατικών και αναφέρονται στη μελέτη των Jarvis και Goddard, στα μέτρα αποτροπής απωλειών που σχετίζονται με την διεργασία (loss control credit factors). Και πιο συγκεκριμένα στα επιμέρους κεφάλαια a, g, h, i, του τμήματος

σχετίζεται με τον έλεγχο της διεργασίας (C_1 - process control credit factors) αξιολογούνται :

- Η διαθεσιμότητα ή μη κρίσιμου εξοπλισμού (ειδικά συστήματα παραγωγής ενέργειας και ψύξης) λαμβάνονται υπόψη στα υπό-κεφάλαιο a και b.
- Το επίπεδο των διαδικασιών και πρακτικών λειτουργίας λαμβάνεται υπόψη στο υπό-κεφάλαιο g.
- Ο έλεγχος των κινδύνων που σχετίζονται με χημικές αντιδράσεις, διαχείριση επικίνδυνων ουσιών καθώς και σε νέες διεργασίες ή τροποποιήσεις σε υφιστάμενες λαμβάνεται υπόψη στο υπό-κεφάλαιο h.
- Η χρήση άλλων μεθοδολογιών αναγνώρισης επικινδυνότητας στο λαμβάνεται υπόψη στο υπό-κεφάλαιο i.

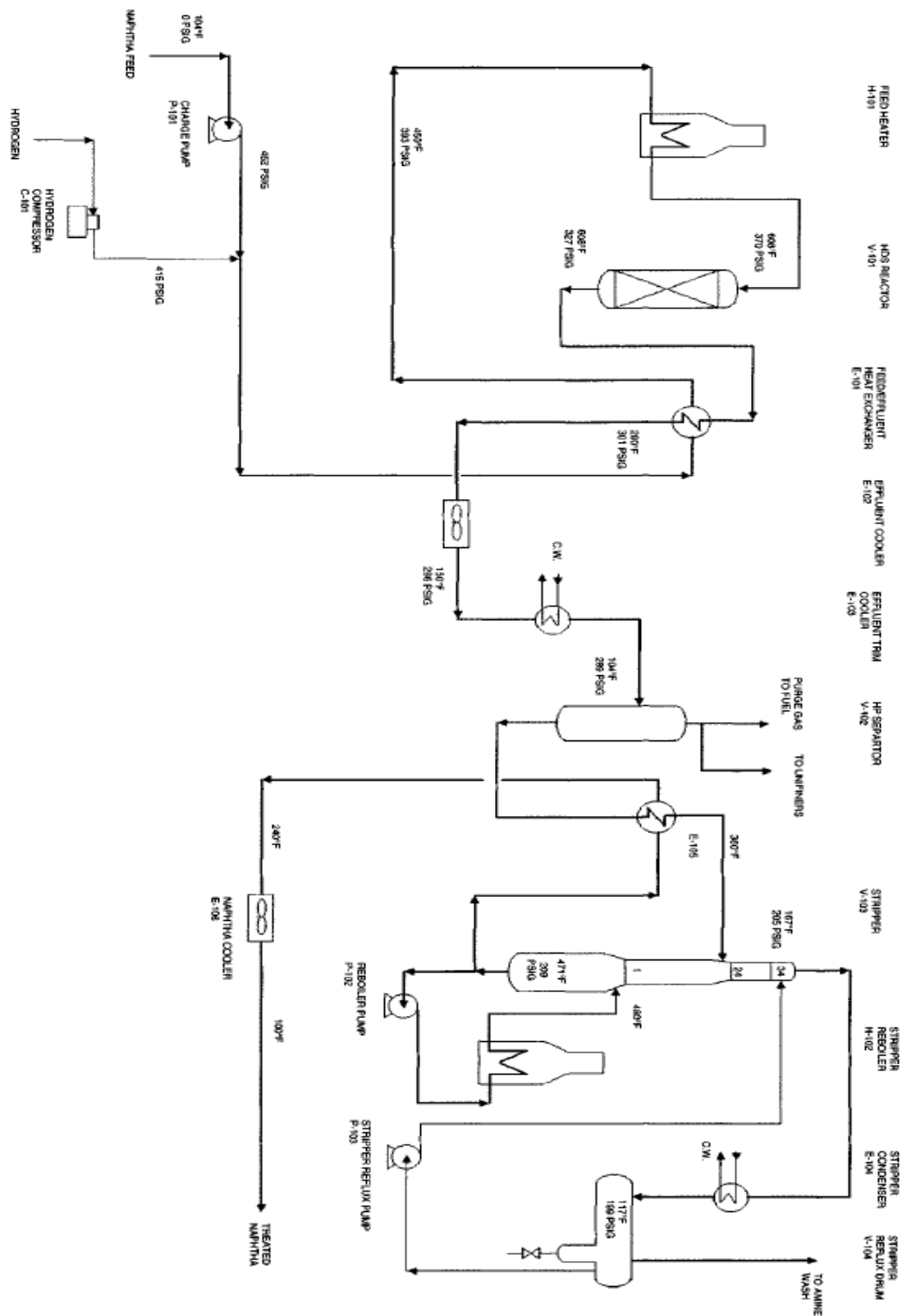
ΚΕΦΑΛΑΙΟ–6. ΕΦΑΡΜΟΓΗ DOW F&EI ΣΕ ΜΟΝΑΔΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ – ΜΟΝΑΔΑ ΥΔΡΟΓΟΝΟ-ΑΠΟΘΕΙΩΣΗΣ ΝΑΦΘΑΣ

Μία από τις κύριες μονάδες σε ένα διυλιστήριο είναι η μονάδα υδρογονοκατεργασίας νάφθας.

6.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η νάφθα που παράγεται από την κλασματική απόσταξη αργού, υδρογονο-αποθειώνεται για να γίνει κατάλληλη τροφοδοσία για την μονάδα καταλυτική αναμόρφωσης. Με καταλυτική αναμόρφωση γίνεται αύξηση του αριθμού των οκτανίων στο ρεύμα της νάφθας και το προϊόν της μονάδας (reformate) αποτελεί η κύρια πηγή οκτανίων για την παραγωγή βενζινών. Παράλληλα παράγεται ως παραπροϊόν, στη μονάδα καταλυτικής αναμόρφωσης, υδρογόνο που χρησιμοποιείται σε άλλες διεργασίες, όπως αυτή της υδρογόνο-αποθείωσης.

Η διαδικασία συνίσταται στην επεξεργασία της τροφοδοσίας με υδρογόνο παρουσία καταλύτη υπό κατάλληλες συνθήκες λειτουργίας για την απομάκρυνση των ενώσεων θείου και αζώτου της τροφοδοσίας (Parkash, op.cit.:17) (βλ. Σχήμα 13 Naphtha HDS Unit»).



Σχήμα 13: Τυπικό διάγραμμα ροής μονάδας υδρογονο-αποθείωσης νάφθας (Parkash, 2003)

Η τροφοδοσία νάφθας εισέρχεται στη μονάδα μέσω μιας αντλίας (P-101) από δεξαμενή ή από προηγούμενες διεργασίες και αναμειγνύεται με αέριο υδρογόνο το οποίο συνήθως προέρχεται από μονάδα καταλυτικής αναμόρφωσης ή από μονάδα παραγωγής υδρογόνου (steam reformer). Το μείγμα νάφθας / υδρογόνου στη συνέχεια θερμαίνεται διαδοχικά μέσω εναλλάκτη θερμότητας E-101 και κλίβανο H-101. Το θερμαινόμενο μίγμα νάφθας / υδρογόνου εισάγεται στη συνέχεια στον αντιδραστήρα αποθείωσης V-101. Οι αντιδράσεις αποθείωσης λαμβάνουν χώρα σε καταλύτη Co-Mo σε αλουμίνα που περιέχεται στον αντιδραστήρα. Από την έξοδο του αντιδραστήρα λαμβάνουμε αποθειωμένη νάφθα, υδρογόνο, που περιέχει H₂S και άλλα ελαφρά αέρια τα οποία είναι αποτέλεσμα των αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα στον αντιδραστήρα παρουσία του καταλύτη (Parkash, 2003).

Η έξοδος του αντιδραστήρα ψύχεται και συμπυκνώνεται μερικώς μέσω τροφοδοσίας / εναλλάκτη θερμότητας E-101, έναν αερόψυκτο E-102 και έναν υδρόψυκτο E-103, πριν από την είσοδο σε διαχωριστή υψηλής πίεσης V-102.

Σε αυτόν τον διαχωριστή πραγματοποιείται ο διαχωρισμός μεταξύ των φάσεων αερίου υδρογόνου και υγρής αποθειωμένης νάφθας. Το αέριο σε αυτό το δοχείο περιέχει H₂S και ελαφρούς υδρογονάνθρακες οι οποίοι σχηματίστηκαν ως αποτέλεσμα των αντιδράσεων της αποθείωσης. Το αέριο αυτό διοχετεύεται σε άλλη μονάδα για καθαρισμό, συμπίεση και χρήση σε άλλες μονάδες. Μέρος του είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί και ως καύσιμο δυλιστηρίου.

Το υγρό από τον διαχωριστή V-102 προθερμαίνεται μέσω ανταλλαγής θερμότητας στον εναλλάκτη θερμότητας E-105 πριν από την είσοδο στη στήλη απογυμνωτή V-103 (stripper), όπου το υδρογόνο και το H₂S που περιέχονται στο υγρό από το διαχωριστή V-102 απομακρύνονται ως αέρια προϊόντα.

Το αέριο προϊόν από το V-103 που περιέχει υγραέριο, συμπυκνώνεται μερικώς μέσω του εναλλάκτη θερμότητας E-104. Το αέριο που δεν συμπυκνώνεται, περιέχει ελαφρά συστατικά (μεθάνιο, αιθάνιο) και το διαχωρισμένο H₂S, αποστέλλεται σε μια μονάδα αμίνης για ανάκτηση του καθαρισμού του (απομάκρυνση H₂S) και στη συνέχεια για χρήση ως αέριο καύσιμο. Το υγρό από το V-103, τίθεται σε επαναρροή στη στήλη μέσω της αντλίας P-103.

Η στήλη διαθέτει ως αναβραστήρα (reboiler) ένα κλίβανο τον H-102. Η κάτω ανακυκλοφορία γίνεται με την βοήθεια της αντλίας P-102. Το προϊόν πυθμένα του απογυμνωτή ψύχεται με ανταλλαγή θερμότητας στον εναλλάκτη E-105 και στη

συνέχεια στον E-106 πριν οδεύσει προς τη μονάδα καταλυτικής αναμόρφωσης ή δεξαμενισμό.

Οι συνήθειες συνθήκες λειτουργίας μιας μονάδας HDS Naphtha για την προετοιμασία της καταλυτικής αναμόρφωσης φαίνονται στον Πίνακα 7 (Parkash, op.cit.:17)

Οι αντίστοιχες ιδιότητες τροφοδοσίας και προϊόντος, οι αποδόσεις μονάδας και η κατανάλωση χρησιμότητας φαίνονται στους Πίνακες 8,9 (Parkash, op.cit.:17)

Naphtha HDS Operating Conditions		
OPERATING PARAMETERS	UNITS	
REACTOR INLET TEMPERATURE	F	608
SOR	F	698
EOR	psia	303
TOTAL PRESSURE AT SEPARATOR DRUM	psia	160
HYDROGEN PARTIAL PRESSURE AT REACTOR OUTLET	hr ⁻¹	4,00
LIQUID HOURLY SPACE VELOCITY (LHSV)	sef/bbl	45
HYDROGEN CONSUMPTION		
CATALYST: CO-MOON ALUMINA SUPPORT		
TYPICAL COMPOSITION AND PROPERTIES		
CO=2,2%, MO=12%		
SURFACE AREA = 225m ² /gm		
PORE VOLUME=0,45cm ³ /gm		
CRUSH STRENGTH=30kg		

Πίνακας 7: Συνήθειες συνθήκες λειτουργίας μιας μονάδας HDS naphtha

Naphtha HDS Feed (Sulfur Run) and Product Properties		
QUALITY	UNITS	
SULFUR GRAVITY TBP DISTILATION	F	0,734
IBP	F	194
10%	F	203
30%	F	221
50%	F	239
70%	F	257
90%	F	275
FBP	F	284
HYDROCARBON TYPE		
PARAFFINS	VOL %	69
NAPHTHENES	VOL %	20
AROMATICS	VOL %	11
TOTAL SULFUR	Wt %	0,015
MERCAPTAN		
SULFUR	Wt %	0,008
TOTAL NITROGEN	ppmw	1
MOLECULAR WEIGHT		111
PRODUCT SULFUR	ppmw	0,5

IBP = INITIAL BOILING POINT : FBP = FINAL BOILING POINT

Πίνακας 8: Ιδιότητες τροφοδοσίας και προϊόντος, οι αποδόσεις μονάδας και η κατανάλωση χρησιμότητας

Naphtha HDS Unit Yields	
	YIELD WEIGHT FRACTION
FEED	
NAPHTHA FEED	1,0000
HYDROGEN	0,0080
TOTAL FEED	1,0080
PRODUCTS	
ACID GAS	0,0012
H2 RICH GAS	0,0110
LPG RICH GAS	0,0058
HYDROTREATED NAPHTHA	0,9900
TOTAL PRODUCT	1,0080

Πίνακας 9: Ιδιότητες τροφοδοσίας και προϊόντος, οι αποδόσεις μονάδας και η κατανάλωση χρησιμότητας (2)

Naphtha HDS Unit Utility Consumption per Tone Feed		
UTILITY	UNITS	VALUE
FUEL GAS	mmBtu	0,4330
STEAM	mmBtu	0,3680
POWER	kWhr	10,0000
COOLING WATER	mig	1,0600
DISTILLED WATER	mig	0,0025

Πίνακας 10: Ιδιότητες τροφοδοσίας και προϊόντος, οι αποδόσεις μονάδας και η κατανάλωση χρησιμότητας (3)

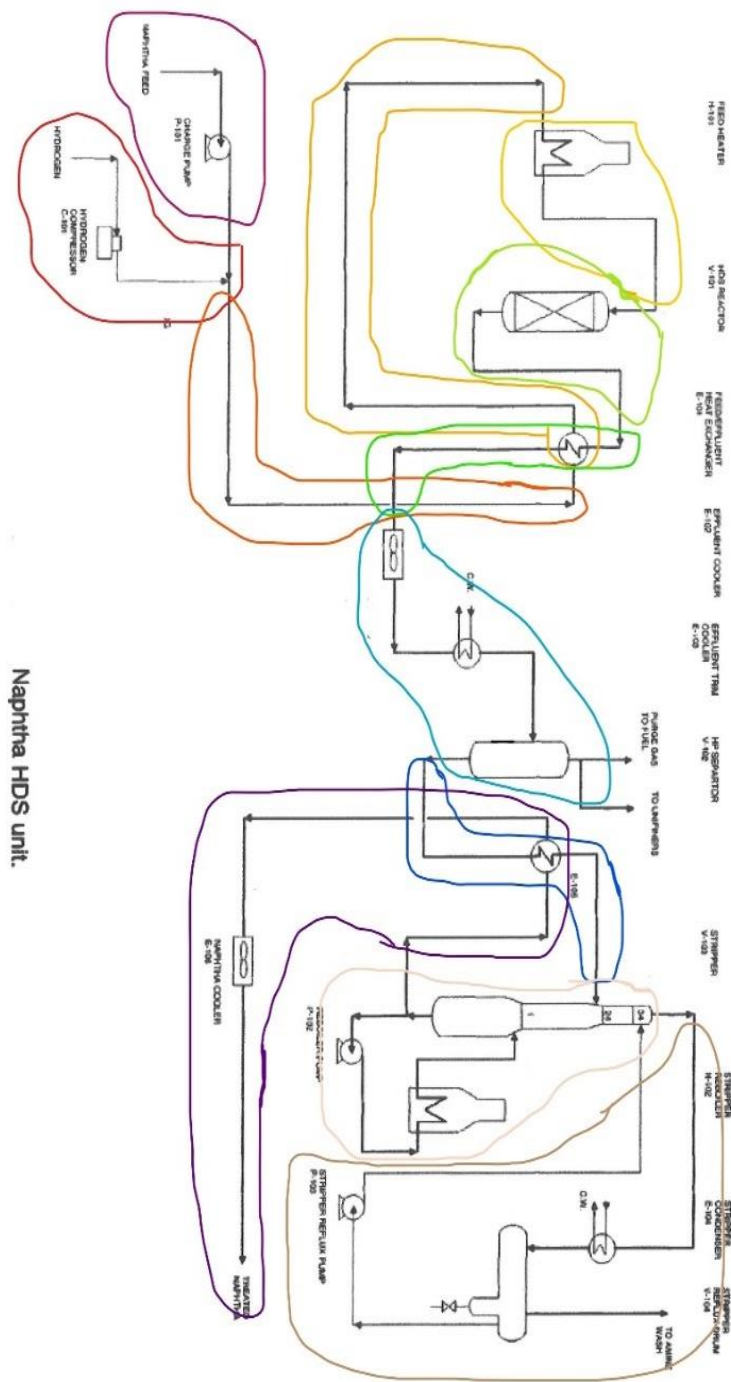
6.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ DOW (F&EI) ΣΤΗΝ ΜΟΝΑΔΑ ΥΔΡΟΓΟΝΟΑΠΟΘΕΙΩΣΗΣ ΝΑΦΘΑΣ

Ακολουθώντας, λοιπόν βήμα-βήμα την διεργασία όπως αυτή καταγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, το σύνολο της μονάδας υδρογόνο-αποθείωσης χωρίζεται σε 13 τμήματα.

Ο διαχωρισμός των τμημάτων έγινε λαμβάνοντας υπόψη τη δυνατότητα άμεσης απομόνωσης των τμημάτων αυτών με τη χρήση αυτόματων βανών.

Για κάθε τμήμα θα υπολογιστεί ένας δείκτης DOW F&EI, ενοποιώντας μόνο τα αρχικά τμήματα 1&3 σε ένα καθώς έχουν πολλές ομοιότητες.

Στο αμέσως ακόλουθο σχήμα έχουν σημειωθεί με διαφορετικούς χρωματισμούς τα τμήματα όπως χωρίστηκαν στην μονάδα.



Naphttha HDS unit.

Σχήμα 14: Τα 14 τμήματα το σύνολο της μονάδας υδρογονοαποθείωσης Naphttha

Για κάθε τμήμα από τα 12 (1&3 μαζί), κάνοντας χρήση της φόρμας F&EI που παρουσιάστηκε στην σελίδα 56, υπολογίστηκε ένας δείκτης DOW F&EI για να γίνει σύγκριση η οποία να οδηγήσει στο συμπέρασμα της επικινδυνότητας του κάθε τμήματος.

Στην αρχή ανάλογα με το κύριο υλικό που περιέχεται σε κάθε τμήμα της μονάδας υπολογίστηκε το αντίστοιχο material factor (MF) όπως αναφέρει και το εγχειρίδιο χρήσης. Ο συντελεστής αυτός υλικού είναι ένα μέτρο του εγγενούς ρυθμού πιθανής απελευθέρωσης ενέργειας από φωτιά ή έκρηξη που παράγεται από καύση ή χημική αντίδραση. Λαμβάνεται από το NFPA (American Institute of Chemical Engineers, 1994:60-71, (nfpa, n.d.)) ανάλογα με την αναφλεξιμότητα και την αντιδραστικότητα του υλικού. Από τους δείκτες N_F και N_R του υλικού ορίζεται και ο παράγοντας υλικού. Στο παράρτημα A του εγχειρίδιου DOW παρουσιάζεται μια εκτενής λίστα από materials factors χημικών συστατικών και υλικών που τις περισσότερες φορές χρησιμοποιούνται σε διεργασίες χημικών και πετρελαιοειδών.

Στην δική μας περίπτωση σε όλη την διεργασία κυκλοφορεί κυρίως naphtha και υδρογόνο. Ανατρέχοντας λοιπόν στο εν λόγω παράρτημα λαμβάνεται ένας παράγοντας υλικού (MF) 19 ή 21 και στα τμήματα που υπάρχουν και τα δύο συστατικά γίνεται χρήση του μεγαλύτερου συντελεστή (συνεπώς του 21).

Αφού προσδιοριστεί ο κατάλληλος συντελεστής υλικού, το επόμενο βήμα είναι να υπολογιστεί ο παράγοντας κινδύνου της διεργασίας (process unit hazard factor F3) που είναι ο όρος που πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή υλικού για να λάβουμε τον δείκτη DOW F&EI. Η τιμή αυτή υπολογίζεται από τον πολλαπλασιασμό δύο άλλων παραγόντων, του γενικού συντελεστή επικινδυνότητας (F1) και του ειδικού συντελεστή επικινδυνότητας (F2). Οι δύο συντελεστές επικινδυνότητας καθορίζουν το μέγεθος ενός περιστατικού.

Για να υπολογιστεί ένας βασικός παράγοντας γενικής επικινδυνότητας (general process hazards base factor, F1) εξετάζονται έξι υποτομείς, που βάσει της μεθοδολογίας, συμβάλουν στην επικινδυνότητα της εγκατάστασης ή τμήματος αυτής. Σε κάθε τομέα από τους έξι εκτιμώνται κυρώσεις (penalties) που ο συνυπολογισμός αυτών μας δίνει την τιμή του παράγοντα F1. Παρόλο που ενδέχεται να μην είναι απαραίτητο να επιβληθούν κυρώσεις για κάθε τμήμα τη εγκατάστασης (καθώς δεν υφίσταται ο κίνδυνος), τα στοιχεία που περιλαμβάνονται στους 6 υποτομείς, έχουν διαδραματίσει ιστορικά σημαντικούς ρόλους σε περιστατικά πυρκαγιάς και έκρηξης και η προσεκτική αξιολόγηση είναι υψίστης σημασίας.

Η αξιολόγηση του κινδύνου οποιασδήποτε μονάδας πρέπει να εφαρμόζεται αρχικά υπό κανονικές λειτουργικές συνθήκες της διεργασίας.

Οι έξι αυτοί υποτομείς είναι οι ακόλουθοι (American Institute of Chemical Engineers, 1994):

1. Εξώθερμες Χημικές Αντιδράσεις (Exothermic Chemical Reactions)
2. Ενδόθερμες Διεργασίες (Endothermic Processes)
3. Χειρισμός και Μεταφορά Υλικού (Material Handling and Transfer)
4. Διεργασίες εντός κλειστών ή περιορισμένων χώρων (Enclosed or Indoor Process Units)
5. Πρόσβαση σε εξοπλισμό της διεργασίας (Access)
6. Συστήματα της αποστράγγισης και της διαρροής (Drainage and Spill Control)

Ανάλογα με τις συνθήκες κάθε ενός από τα 12 διαχωρισμένα τμήματα εκτιμάται και μια αντίστοιχη κύρωση (penalty) όπως αυτή αναλύεται στο εγχειρίδιο του DOW FE&I. Το άθροισμα όλων αυτών των κυρώσεων προσθέτοντας και έναν βασικό συντελεστή 1, δίνει τον παράγοντα γενικής επικινδυνότητας (F1).

Μετά τον παράγοντα F1 υπολογίζεται ο παράγοντας ειδικής επικινδυνότητας της διεργασίας (F2) και στη συνέχεια ο παράγοντας κινδύνου της διεργασίας F3.

Οι ειδικοί κίνδυνοι της διεργασίας είναι παράγοντες που συμβάλλουν κυρίως στην πιθανότητα ενός συμβάντος απώλειας. Οι συνθήκες διεργασίας είναι ιδιαίτερες και έχουν αποδειχθεί ότι είναι σημαντικές αιτίες πυρκαγιών και εκρήξεων. Σε αντιστοιχία με τους γενικούς κινδύνους των διεργασιών υπάρχουν δώδεκα υποτομείς που εξετάζονται και είναι οι ακόλουθοι (American Institute of Chemical Engineers, 1994):

1. Τοξικά Υλικά (Toxic Material(s))
2. Υπό-Ατμοσφαιρική Πίεση (Sub-Atmospheric Pressure (< 500 mm Hg))
3. Λειτουργία πλησίον εντός ορίων αναφλεξιμότητας (Operation In or Near Flammable Range Inerted Not Inerted)
 - a. Αποθηκευμένα εύφλεκτα υλικά (Tank Farms Storage Flammable Liquids)
 - b. Μη ομαλή διεργασία ή Αποτυχία καθαρισμού (Process Upset or Purge Failure)
 - c. Πάντα σε εύφλεκτο εύρος (Always in Flammable Range)
4. Έκρηξη Σκόνης (Dust Explosion)

5. Πίεση (Pressure)
6. Χαμηλή Θερμοκρασία (Low Temperature)
7. Ποσότητα εύφλεκτου/ασταθούς Υλικού (Quantity of Flammable/Unstable Material):
 - a. Υγρά ή Αέρια σε διεργασία (Liquids or Gases in Process)
 - b. Υγρά ή Αέρια αποθηκευμένα (Liquids or Gases in Storage)
 - c. Καύσιμα Στερεά σε αποθήκευση. Σκόνη σε διεργασία (Combustible Solids in Storage, Dust in Process)
8. Διάβρωση και εργοδιάβρωση (Corrosion and Erosion)
9. Διαρροές μηχανολογικών συνδέσεων (Leakage -Joints and Packing)
10. Χρήση Πυροσβεστικού Εξοπλισμού (Use of Fired Equipment)
11. Συστήματα εναλλαγής θερμότητας με hot oil (Hot Oil Heat Exchange System)
12. Στρεφόμενος Εξοπλισμός (Rotating Equipment)

Ο υπολογισμός των κυρώσεων (penalties) των 12 τομέων είναι σύνθετος γιατί εκτός από τις ιδιαίτερες συνθήκες που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη, οι κυρώσεις σχετίζονται με τις συνθήκες λειτουργίας του εξοπλισμού (πίεση και θερμοκρασία), αλλά κυρίως με τον όγκο του υλικού που διαχειρίζεται η διεργασία.

Τέτοιοι υπολογισμοί έπρεπε να πραγματοποιηθούν για να πάρουμε τις ποινές που απαιτούνται για τους τρεις ακόλουθους υποτομείς:

5. Πίεση (Pressure)
7. Ποσότητα Εύφλεκτου/ασταθή Υλικού (Quantity of Flammable/Unstable Material)
10. Χρήση Πυροσβεστικού Εξοπλισμού (Use of Fired Equipment)

Ολόκληρο το αρχείο υπολογισμών excel βρίσκεται στο παράρτημα της παρούσας εργασίας και παραδίδεται και σε ηλεκτρονική μορφή.

Επίσης παραθέτουμε τους ακόλουθους πίνακες υπολογισμών ποινών για τους τρεις εν λόγω τομείς.

A/A	ΤΜΗΜΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	ΚΥΡΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ (PENALTY RELIEF PRESSURE)
1&3	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ (FEED)	0,71
2	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ (FEED HYDROGEN)	0,78
4	ΣΩΛΗΝΟΓΡΑΜΜΗ/1 (PIPE/1)	0,71
5	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-101)	0,63
6	ΦΟΥΡΝΟΣ (FEED HEATER H-101)	0,70
7	ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ (REACTOR V-101)	0,70
8	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-101/2)	0,52
9	ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΣ (SEPARATOR V-102)	0,53
10	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-105)	0,51
11	ΑΠΟΓΥΜΝΩΤΗΣ (STRIPPER V-103)	0,68
12	ΔΟΧΕΙΟ (DRUM V-104)	0,64
13	ΠΡΟΪΟΝ (PRODUCT)	0,44

Πίνακας 11: Ποινή Πίεσης - Penalty Relief Pressure

A/A	ΤΜΗΜΑ	LogY	ΠΟΙΝΗ ΧΡΗΣΗΣ ΠΥΡΟΣΒΕΣΤΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ (Penalty Use of Fired Equipment)
1&3	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ (FEED)	-0,44	0,37
2	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ (FEED HYDROGEN)	-0,44	0,37
4	ΣΩΛΗΝΟΓΡΑΜΜΗ/1 (PIPE/1)	-0,44	0,37
5	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-101)	-0,44	0,37
6	ΦΟΥΡΝΟΣ (FEED HEATER H-101)	-0,44	0,37
7	ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ (REACTOR V-101)	-0,44	0,37
8	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-101/2)	-0,44	0,37
9	ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΣ (SEPARATOR V-102)	-0,44	0,37
10	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-105)	-0,44	0,37
11	ΑΠΟΓΥΜΝΩΤΗΣ (STRIPPER V-103)	-0,44	0,37
12	ΔΟΧΕΙΟ (DRUM V-104)	-0,44	0,37
13	ΠΡΟΪΟΝ (PRODUCT)	-0,44	0,37

Πίνακας 12: Ποινή Χρήσης Πυροσβεστικού Εξοπλισμού - Penalty Use of Fired Equipment

Οι ποινές για την πίεση και τον πυροσβεστικό εξοπλισμό υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας τους τύπους του εγχειριδίου DOW (American Institute of Chemical Engineers, 1994:22,35)

$$\log Y = - 3.3243*(X/210) + 3.75127*(X/210)^2 - 1.42523*(X/210)^3 \quad \text{και}$$
$$Y = 0.16109 + 1.61503*(X/1000) - 1.42879*(X/1000)^2 + 0.5172*(X/1000)^3$$

Κάνοντας χρήση του εγχειριδίου DOW και μαζί με τους υπολογισμούς των τριών υποτομέων όπου έγινε αναφορά άνωθεν, εκτιμήθηκαν όλοι οι κίνδυνοι για κάθε ένα από τα 12 τμήματα της μονάδας μας και υπολογίστηκε ο παράγοντας F2 αθροίζοντας όλους τους ποινές μαζί με τον παράγοντα βάσης της ειδικής επικινδυνότητας μία ποινή βάσης (1-μονάδα).

Ο Παράγοντας Κινδύνων Μονάδας Διεργασίας (F3) είναι το γινόμενο του Γενικού Παράγοντα Κινδύνων Διεργασίας (F1) και του Ειδικού Παράγοντα Κινδύνων Διεργασίας (F2). Το γινόμενο χρησιμοποιείται αντί για το άθροισμα, επειδή οι «συμβάλλοντες κίνδυνοι» που περιλαμβάνονται στον παράγοντα F1 (Γενικοί Κίνδυνοι Διεργασίας) και F2 (Ειδικό Κίνδυνο Διεργασίας) είναι γνωστό ότι επηρεάζουν το ένα το άλλο. Για παράδειγμα, μια ποινή για κακή αποστράγγιση στο F1 επιδεινώνεται από το μέγεθος της ποσότητας σε F2.

Ο Παράγοντας Κινδύνων Μονάδας Διεργασίας (F3), ο οποίος έχει φυσιολογικό εύρος από 1 έως 8, χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του Δείκτη Πυρκαγιάς & Έκρηξης DOW F&EI, και για τον υπολογισμό του Παράγοντα Ζημιών (Damage Factor).

Το F3 κανονικά δεν υπερβαίνει το 8. Εάν υπολογίζεται υψηλότερη τιμή, χρησιμοποιούμε το μέγιστο 8.

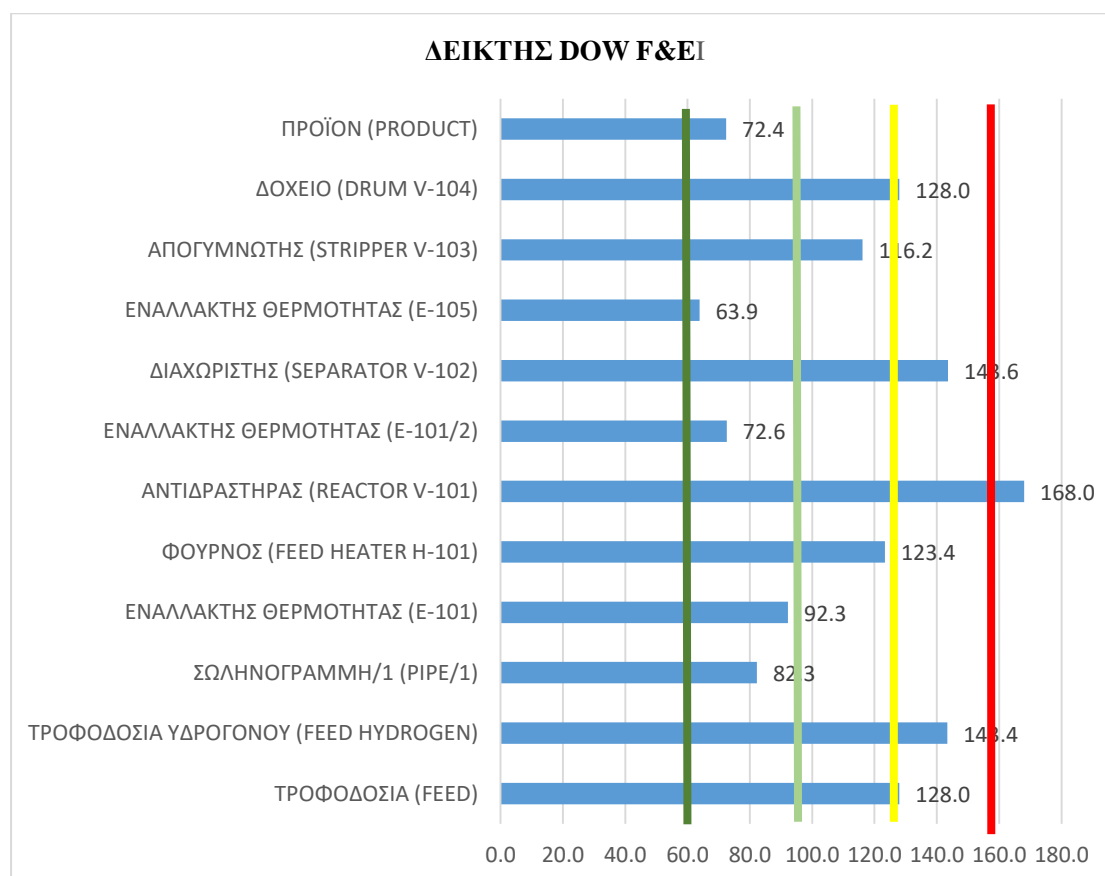
Στην δική μας μελέτη υψηλότερο από 8, το F3, έχει υπολογιστεί στο αρχικό τομέα (1&3) όπως και στον τομέα 12. Συνεπώς εκεί θα υπολογίσουμε την μέγιστη τιμή 8.

Από όλους αυτούς τους υπολογισμούς (F1, F2 και F3) αλλά και από τον παράγοντα υλικού (material factor) ορίζουμε για κάθε τομέα της μονάδας υδρογονοαποθείωσης Naphtha τον αντίστοιχο δείκτη πυρκαγιάς και έκρηξης Fire and Explosion Index (DOW F&EI) όπως αυτός παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα.

A/A	ΤΜΗΜΑ	DOW F&EI
1&3	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ (FEED)	128,0
2	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ (FEED HYDROGEN)	143,4
4	ΣΩΛΗΝΟΓΡΑΜΜΗ/1 (PIPE/1)	82,3
5	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-101)	92,3
6	ΦΟΥΡΝΟΣ (FEED HEATER H-101)	123,4
7	ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ (REACTOR V-101)	168,0
8	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-101/2)	72,6
9	ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΣ (SEPARATOR V-102)	143,6
10	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-105)	63,9
11	ΑΠΟΓΥΜΝΩΤΗΣ (STRIPPER V-103)	116,2
12	ΔΟΧΕΙΟ (DRUM V-104)	128,0
13	ΠΡΟΪΟΝ (PRODUCT)	72,4

Πίνακας 13: Δείκτης DOW F&EI / Τμήμα Μονάδας Naphtha

Οι εκτιμώμενες τιμές παρουσιάζονται και γραφικά ως ακολούθως:



Διάγραμμα 17: F&EI ανά Τμήμα

Υπολογίζοντας τον δείκτη πυρκαγιάς και έκρηξης (DOW F&EI) κατατάσσουμε το κάθε τμήμα της διεργασίας σύμφωνα με την ακόλουθη ταξινόμηση κινδύνου.

ΒΑΘΜΟΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΔΕΙΚΤΗ F&E	
ΕΥΡΟΣ ΔΕΙΚΤΗ F&E (F&EI INDEX RANGE)	ΒΑΘΜΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ (DEGREE OF HAZARD)
1 έως 60	ΜΙΚΡΟΣ
61 έως 96	ΜΕΤΡΙΟΣ
97 έως 127	ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΣ
128 έως 158	ΥΨΗΛΟΣ
159 και πάνω	ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΟΣ

Πίνακας 14: Ταξινόμηση Κινδύνου

Οπότε η ταξινόμηση της μονάδας μπορεί να οριστεί ως εξής:

A/A	ΤΜΗΜΑ	ΔΕΙΚΤΗΣ F&E
1&3	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ (FEED)	ΥΨΗΛΟΣ
2	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ (FEED HYDROGEN)	ΥΨΗΛΟΣ
4	ΣΩΛΗΝΟΓΡΑΜΜΗ/1 (PIPE/1)	ΜΕΤΡΙΟΣ
5	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-101)	ΜΕΤΡΙΟΣ
6	ΦΟΥΡΝΟΣ (FEED HEATER H-101)	ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΣ
7	ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ (REACTOR V-101)	ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΟΣ
8	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-101/2)	ΜΕΤΡΙΟΣ
9	ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΣ (SEPARATOR V-102)	ΥΨΗΛΟΣ
10	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-105)	ΜΕΤΡΙΟΣ
11	ΑΠΟΓΥΜΝΩΤΗΣ (STRIPPER V-103)	ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΣ
12	ΔΟΧΕΙΟ (DRUM V-104)	ΥΨΗΛΟΣ
13	ΠΡΟΪΟΝ (PRODUCT)	ΜΕΤΡΙΟΣ

Πίνακας 15: Ταξινόμηση της μονάδας

6.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΑΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΑΠΟ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟ ΣΥΜΒΑΝ

Μετά τον υπολογισμό του δείκτη DOW F&EI για κάθε τμήμα της διεργασίας αποθείωσης νάφθας υπολογίζεται η ακτίνα έκθεσης ενός πιθανού καταστροφικού συμβάντος και στην συνέχεια η επιφάνεια έκθεσης αυτού.

Η ακτίνα έκθεσης υπολογίζεται εάν πολλαπλασιάσουμε τον δείκτη DOW F&EI με τον συντελεστή 0,84 (American Institute of Chemical Engineers, 1994). Αντίστοιχα η ακτίνα έκθεσης ορίζει την επιφάνεια έκθεσης από καταστροφικό γεγονός που είναι ίση με το εμβαδόν κυκλικής επιφάνειας με ακτίνα ίση με την ακτίνα έκθεσης (American Institute of Chemical Engineers, 1994).

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρατίθενται στους ακόλουθους πίνακες.

ΜΟΝΑΔΑ ΥΔΡΟΓΟΝΟΑΠΟΘΕΙΩΣΗΣ ΝΑΡΗΤΗΑ			
A/A	ΤΜΗΜΑ	DOW F&EI	ΑΚΤΙΝΑ ΕΚΘΕΣΗΣ (m)
1&3	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ (FEED)	128,0	32,8
2	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ (FEED HYDROGEN)	143,4	36,7
4	ΣΩΛΗΝΟΓΡΑΜΜΗ/1 (PIPE/1)	82,3	21,1
5	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-101)	92,3	23,6
6	ΦΟΥΡΝΟΣ (FEED HEATER H-101)	123,4	31,6
7	ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ (REACTOR V-101)	168,0	43,0
8	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-101/2)	72,6	18,6
9	ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΣ (SEPARATOR V-102)	143,6	36,8
10	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-105)	63,9	16,4
11	ΑΠΟΓΥΜΝΩΤΗΣ (STRIPPER V-103)	116,2	29,7
12	ΔΟΧΕΙΟ (DRUM V-104)	128,0	32,8
13	ΠΡΟΪΟΝ (PRODUCT)	72,4	18,5

Πίνακας 16: Ακτίνα Έκθεσης σε μονάδα Naphtha

A/A	ΤΜΗΜΑ	DOW F&EI	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ (m ²)
1&3	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ (FEED)	128,0	3.374
2	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ (FEED HYDROGEN)	143,4	4.233
4	ΣΩΛΗΝΟΓΡΑΜΜΗ/1 (PIPE/1)	82,3	1.394
5	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-101)	92,3	1.753
6	ΦΟΥΡΝΟΣ (FEED HEATER H-101)	123,4	3.133
7	ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ (REACTOR V-101)	168,0	5.812
8	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-101/2)	72,6	1.086
9	ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΣ (SEPARATOR V-102)	143,6	4.247
10	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-105)	63,9	841
11	ΑΠΟΓΥΜΝΩΤΗΣ (STRIPPER V-103)	116,2	2.779
12	ΔΟΧΕΙΟ (DRUM V-104)	128,0	3.374
13	ΠΡΟΪΟΝ (PRODUCT)	72,4	1.079

Πίνακας 17: Επιφάνεια Έκθεσης σε μονάδα Naphtha

Παρατηρείται λοιπόν ότι η μεγαλύτερη ακτίνα έκθεσης έχει για την μονάδα το τμήμα του αντιδραστήρα με ακτίνα ίση με 43m και κατ' αναλογία η αντίστοιχη επιφάνεια έκθεσης στην περίπτωση καταστροφικού συμβάντος στην περιοχή του αντιδραστήρα είναι 5.812m² και είναι η μεγαλύτερη.

6.4 ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Από τους πίνακες παρατηρούμε ότι οι ακτίνες έκθεσης κάθε εξοπλισμού αλληλοκαλύπτονται με συνέπεια κάθε περίπτωση καταστροφικού γεγονότος σε τμήμα εξοπλισμού μπορεί να οδηγήσει σε φαινόμενο domino.

ΤΥΠΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΒΑΣΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ [m]
Βασική Απόσταση Μεταξύ Εξοπλισμού	7,5
Ενδιάμεσοι ψυκτήρες, τα δοχεία συμπυκνωμάτων κ.λπ.	<7,5 αρκεί να μην εμποδίζει την συντήρηση
Ατμοκίνητοι και ηλεκτροκίνητοι κινητήρες	Μόνο για την διευκόλυνση της συντήρησης
Μεταξύ δύο φούρνων με πίεση μεγαλύτερη των 690 kpa(g)	15
Εσωτερικά μονωμένοι αντιδραστήρες αναμόρφωσης και φούρνοι με αέρια στους αυλούς τους	4,5
Ατμολέβητες, Μονάδες Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας	ομοίως με τους φούρνους
Πύργοι Ψύξης με εξοπλισμό που δεν προκαλεί ανάφλεξη και είναι σε χαμηλότερο ύψος	15
Πύργοι Ψύξης με εξοπλισμό που δεν προκαλεί ανάφλεξη και είναι σε υψηλότερο ύψος	30
Κύριοι σωληνοδιάδρομοι με μονάδες ελαφριών κλασμάτων και φούρνους	6
Δεξαμενές Αποθήκευσης υπό Πίεση	Το κέλυφος της δεξαμενής να είναι τουλάχιστον 7,5 m και 3 m από τις αντλίες και το ανάχωμά της δεξαμενής αντίστοιχα.
Πυρσός	Οι αποστάσεις του πυρσού από τον υπόλοιπο εξοπλισμό και το ύψος του στην περίπτωση του υπερψωμένου πυρσού υπολογίζεται με κριτήριο την αποδεκτή ανά περίπτωση θερμική ακτινοβολία στο επίπεδο εδάφους καθώς και οι εκπομπές αερίων και ο θόρυβος.

Πίνακας 18: Τύπος Εξοπλισμού και Αποστάσεις Ασφαλείας Βάση Νομοθεσίας (ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ, 31/12/1990)

6.5 ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΩΝ LOSS CONTROL MEASURES

Η κατασκευή οποιασδήποτε χημικής μονάδας επεξεργασίας ή μονάδας αποθήκευσης προϊόντων παραγωγής γίνεται σύμφωνα με διάφορους διεθνείς κώδικες, όπως ASME, NFPA, ASTM, ANSI καθώς και των νομοθετικών διαταγμάτων που ισχύουν σε κάθε χώρα (American Institute of Chemical Engineers, 1994).

Εκτός από αυτές τις βασικές απαιτήσεις σχεδιασμού, ορισμένα μέτρα ελέγχου απώλειών (Loss Control Measures LCM) με βάση την εμπειρία έχουν αποδειχθεί ευεργετικά τόσο στην πρόληψη σοβαρών συμβάντων όσο και στη μείωση της πιθανότητας και του μεγέθους ενός μεγάλου μεγέθους συμβάντος.

Υπάρχουν τρεις κατηγορίες μέτρων ελέγχου απώλειας (American Institute of Chemical Engineers, 1994):

1. C₁ : Έλεγχος Διεργασίας (Process Control)
2. C₂ : Απομόνωση Υλικών (Material Isolation)
3. C₃ : Πυροπροστασία (Fire Protection)

Ορισμένα LCM είναι ενσωματωμένα στις απαιτήσεις των κωδίκων σχεδιασμού της μονάδας, ορισμένα άλλα μπορεί να είναι προαιρετικά και θα πρέπει να επιλέγονται έχοντας ως γνώμονα τη συμβολή τους στην μείωση ή τον έλεγχο των κινδύνων της μονάδας/διεργασίας.

Η μεθοδολογία DOW F&EI προβλέπει συγκεκριμένα μέτρα LCM για κάθε μία από τις παραπάνω κατηγορίες. Σε κάθε μέτρο ελέγχου απώλειας, βάσει της μεθοδολογίας DOW F&EI, έχει αποδοθεί μία περιοχή τιμών απομείωσης της επικινδυνότητας, (Loss Control credits), που έχει προκύψει εμπειρικά (American Institute of Chemical Engineers, 1994:39). Η μεθοδολογία προβλέπει τον τρόπο επιλογής της κατάλληλης τιμής, ανάλογα με συγκεκριμένα κριτήρια για κάθε μία από τις παραπάνω κατηγορίες C1-C3. Το γινόμενο των επιμέρους παραγόντων απομείωσης της επικινδυνότητας δίνει τον συνολικό παράγοντα απομείωσης της επικινδυνότητας LCCF (Loss control credit factor).

Τα μέτρα ελέγχου απώλειας και οι αντίστοιχοι πιστωτικοί παράγοντες με τις παραδοχές που ελήφθησαν στην μονάδα αποθείωσης νάφθας με βάση τον οδηγό «Dow 's Fire &

Explosion Index Hazard Classification Guide» παρατίθενται και εξηγούνται ως εξής (American Institute of Chemical Engineers, 1994):

Παραδοχές για υπολογισμό παράγοντα ελέγχου διαδικασίας (Process Control Credit Factor) - C₁

a. Ισχύς έκτακτης ανάγκης (Emergency Power)

Ο παράγοντας αφορά στην παροχή ενέργειας έκτακτης ανάγκης για βασικές υπηρεσίες (όργανα ελέγχου αέρα, όργανα, αναδευτήρες, αντλίες κ.λπ.) με αυτόματη μετάβαση από κανονική σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης. Πρέπει να λαμβάνεται μόνο εάν σχετίζεται με τον έλεγχο ενός συμβάντος στην υπό μελέτη διεργασία. Για παράδειγμα, η διατήρηση της λειτουργίας σε ορισμένους αντιδραστήρες είναι ένας κρίσιμος παράγοντας για την αποφυγή μιας ανεξέλεγκτης αντίδρασης, και η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας έκτακτης ανάγκης σε τέτοιους αντιδραστήρες είναι σαφώς ένα προστατευτικό χαρακτηριστικό. Σε άλλες περιπτώσεις, μπορεί να μην απαιτείται διαθεσιμότητα ηλεκτρικής ενέργειας έκτακτης ανάγκης για την πρόληψη ή τον έλεγχο ενός πιθανού συμβάντος / έκρηξης. Ωστόσο, μπορεί να είναι ένα επιθυμητό χαρακτηριστικό επειδή επιτρέπει τη συνεχή λειτουργία όταν η κανονική τροφοδοσία είναι αναξιόπιστη. Στην υπό εξέταση διεργασία υπάρχει ενέργεια εκτάκτου ανάγκης και συνεπώς υπολογίσουμε έναν συντελεστή 0,98.

b. Ψύξη

Στην μονάδα υπάρχει σύστημα ψύξης αλλά και εφεδρικό σύστημα το οποίο έχει σχεδιαστεί για να παρέχει το 150% της απαίτησης ψύξης για τουλάχιστον 10 λεπτά. Συνεπώς χρησιμοποιούμε έναν συντελεστή 0,97.

c. Έλεγχος Έκρηξης

Στην μονάδα υπάρχουν συστήματα ανακούφισης υπερβολικής πίεσης που έχουν σχεδιαστεί για να προστατεύουν τον εξοπλισμό από σενάρια αύξησης της πίεσης. Γι αυτό χρησιμοποιούμε συντελεστή διόρθωσης 0,98.

d. Τερματισμός Λειτουργίας έκτακτης ανάγκης

Στην συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχει σύστημα ασφαλείας (interlock) που ενεργοποιείται όταν οι συνθήκες λειτουργίας της μονάδας τεθούν εκτός των κανονικών ορίων, ξεκινώντας μια ακολουθία τερματισμού λειτουργίας.

Για κρίσιμο περιστρεφόμενο εξοπλισμό όπως συμπιεστές, στροβίλους, ανεμιστήρες που διαθέτουν εξοπλισμό ανίχνευσης κραδασμών, χρησιμοποιούμε έναν συντελεστή πίστωσης 0,99.

Στην δική μας περίπτωση ο εξοπλισμός ενεργοποιεί μόνο συναγερμό οπότε ο συντελεστής πίστωσης είναι 0,96.

e. Απομακρυσμένος Υπολογιστικός Έλεγχος

Η μονάδα διαθέτει αναβαθμισμένο σύστημα ελέγχου με H/Y με backup συστήματα στις κρίσιμες εισόδους από το πεδίο και δυνατότητα καταγραφής αντιγράφων ασφαλείας για όλο το σύστημα ελέγχου. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε συντελεστή 0,93.

f. Αδρανές Αέριο

Επειδή όλος ο εξοπλισμός περιέχει εύφλεκτους ατμούς δεν καλύπτεται συνεχώς με αδρανές αέριο, χρησιμοποιούμε συντελεστή 0,96.

g. Διαδικασίες – Οδηγίες Ασφαλούς Λειτουργίας Μονάδας

Οι επαρκείς γραπτές οδηγίες λειτουργίας καθώς και μια πλήρως τεκμηριωμένη διαδικασία λειτουργίας αποτελούν σημαντικό μέρος της διατήρησης ικανοποιητικού ελέγχου μιας μονάδας. Για τη συγκεκριμένη μονάδα υπάρχουν γραπτές οδηγίες για τις ακόλουθες λειτουργίες:

- i. Εκκίνηση
- ii. Προγραμματισμένη διακοπή λειτουργίας της μονάδας
- iii. Κανονική λειτουργία
- iv. Διακοπή λειτουργία μικρής διάρκειας
- v. Κατάσταση αναμονής (μονάδα σε πλήρη ανακυκλοφορία)
- vi. Άμεση επανεκκίνηση μετά από έκτακτη διακοπή λειτουργίας
- vii. Επανεκκίνηση μετά από κατάσταση συντήρησης

- viii. Διαδικασίες συντήρησης (άδειες εργασίας, απολύμανση, κλείδωμα, άδεια συστήματος)
- ix. Διακοπή λειτουργίας έκτακτης ανάγκης
- x. Λειτουργία ή διακοπή λειτουργίας κατά τη διάρκεια προβλέψιμων καταστάσεων απωλειών βοηθητικών παροχών

Η κάθε λειτουργία έχει έναν συντελεστή όπου μετά την πρόσθεσή τους αντικαθιστούμε από τον τύπο $1 - \frac{X}{150}$ την μεταβλητή X με το άθροισμα που έχουμε υπολογίσει ώστε να καταλήξουμε στον αντίστοιχο συντελεστή μείωσης επικινδυνότητας που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι 0,93.

h. Αναθεώρηση επικινδυνότητας από χημικές αντιδράσεις

Επειδή η αναθεώρηση δεν είναι ένα συνεχές μέρος των εργασιών, αλλά πραγματοποιείται μετά από σημαντικές αλλαγές χρησιμοποιούμε έναν μέσο συντελεστή 0,95.

i. Άλλες Μελέτες Ανάλυσης Κινδύνων (Διεργασιών)

Στην μονάδα γίνεται περιοδικά ανάλυση κινδύνων με την μέθοδο HAZOP οπότε γίνεται χρήση ενός συντελεστή 0,94.

Παραδοχές για υπολογισμό παράγοντα απομόνωσης Υλικών (Material Isolation Credit Factor) - C₂

a. Βάνες απομακρυσμένου ελέγχου

Η μονάδα διαθέτει βάνες απομόνωσης που λειτουργούν εξ αποστάσεως, ώστε οι δεξαμενές που την τροφοδοτούν, τα δοχεία επεξεργασίας ή τα κύρια τμήματα των γραμμών μεταφοράς να μπορούν να απομονωθούν γρήγορα σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε συντελεστή 0,98.

b. Dump/Blowdown/Flare

Σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης η υπερπίεση που είναι δυνατό να παρατηρηθεί σε εξοπλισμό, διοχετεύεται σε κλειστό σύστημα πυρσού (flare) όπου καίγονται υδρογονάνθρακες. Οπότε χρησιμοποιούμε έναν πιστωτικό συντελεστή 0,96.

c. Σύστημα αποχέτευσης

Υπάρχει δίκτυο αποχέτευσης που είναι σε θέση να διαχειριστεί συγκεκριμένες διαρροές, βάσει σχεδιασμού. Χρησιμοποιείται παράγοντας ίσος με 0,95.

d. Συστήματα αυτόματης διακοπής λειτουργίας (Interlock)

Η διεργασία είναι εξοπλισμένη με συστήματα interlock που διακόπτουν η λειτουργία της μονάδας, απομονώνουν αυτόματα εξοπλισμό, και φέρουν τη μονάδα σε ασφαλή κατάσταση. Χρησιμοποιείται συντελεστής ίσος με 0,98.

Υπολογισμός παράγοντα πυροπροστασίας (Fire Protection Credit Factor) (C₃)**a. Ανίχνευση Διαρροών**

Οι ανιχνευτές αερίου έχουν εγκατασταθεί μόνο για συναγερμό και προσδιορίζουν την ζώνη στην περιοχή της εγκατάστασης όπου εμφανίζεται μία διαρροή. Δεν ενεργοποιούν σύστημα πυροπροστασίας γι αυτό, χρησιμοποιούμε συντελεστή 0,98.

b. Δομικό υλικό κατασκευής (ατσάλι)

Η εφαρμογή πυράντοχων υλικών σε υπερκατασκευές που στηρίζουν σωληνογραμμές και εξοπλισμό, γίνεται βάσει διεθνών κωδικών και των γενικά εκτείνεται ως τα 10m. Ο συντελεστής που χρησιμοποιούμε είναι 0,97.

c. Εφαρμογή νερού πυρόσβεσης

Εδώ η πίεση του δικτύου διανομής νερού πυρόσβεσης είναι 100psig οπότε χρησιμοποιείται ένας συντελεστής 0,94.

d. Ιδιαίτερα συστήματα πυρόσβεσης

Χρησιμοποιούνται κάποια ιδιαίτερα συστήματα πυρόσβεσης όπως είναι αυτά με κατασβεστικό υλικό Halon, σε κλειστούς χώρους έτσι κάνουμε χρήση του συντελεστή 0,91.

e. Συστήματα καταιονισμού νερού (Sprinkler Systems)

Δεν υφίστανται τέτοια συστήματα και συνεπώς χρησιμοποιείται συντελεστής 1,00.

f. «Κουρτίνες» πυροσβεστικού νερού

Δεν υπάρχουν «κουρτίνες» νερού και συνεπώς χρησιμοποιείται συντελεστής 1,00.

g. Συστήματα Αφρού

Δεν υπάρχει καμία αυτόματη εφαρμογή αφρού στην μονάδα μας οπότε χρησιμοποιούμε συντελεστή 1,00.

h. Φορητοί πυροσβεστήρες και απομακρυσμένη παρακολούθηση

Η μεγάλη χρήση τέτοιου εξοπλισμού και η εκπόνηση σχεδίου χρήσης τους μας δίνει το δικαίωμα να χρησιμοποιήσουμε έναν συντελεστή 0,93.

i. Προστασία καλωδίων

Τα ηλεκτρικά καλώδια είναι πολύ ευάλωτα σε ζημιές από έκθεση σε φωτιά όταν εγκαθίστανται υπόγεια σε ειδικούς καλώδιο-διαδρόμους. Τα καλώδια οργάνων είναι τοποθετημένα και προστατευμένα σε ειδικές κατασκευές. Χρησιμοποιείται συντελεστής 0,98.

Ολοκληρώνοντας τον υπολογισμό όλων των συντελεστών μείωσης επικινδυνότητας λαμβάνουμε από μία συνολική τιμή για κάθε κατηγορία από τις τρεις των απωλειών ελέγχου.

Το γινόμενο των $C_1 \times C_2 \times C_3$ αποτελεί τον παράγοντα μείωσης επικινδυνότητας ελέγχου απώλειας για τη μονάδα επεξεργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ–7. ΕΦΑΡΜΟΓΗ DOW F&EI ΣΕ ΔΕΞΑΜΕΝΙΣΜΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ

Τα προϊόντα που παράγονται από μια βιομηχανία ή ένα διυλιστήριο καταλήγουν σε αποθηκευτικούς χώρους, πριν τα παραλάβουν μεταφορικά μέσα και τα διαθέσουν στην αγορά. Σε ένα διυλιστήριο, τα τελικά προϊόντα αποθηκεύονται σε μεγάλες δεξαμενές είτε με πλωτή οροφή είτε με σταθερή οροφή ανάλογα με το προϊόν που περιέχουν μέσα τους. Για τον δεξαμενισμό των πετρελαιοειδών γίνεται μελέτη επικινδυνότητας για κάθε δεξαμενή ξεχωριστά. Μελετήθηκαν 12 δεξαμενές διαφορετικών διαστάσεων που αποθηκεύουν αμόλυβδη βενζίνη, ντήζελ κίνησης, καύσιμο αεριοθούμενων και μαζούτ υψηλού θείου.

Τα γεωμετρικά στοιχεία των δεξαμενών με τις ποσότητες των προϊόντων που έχουν αποθηκευμένες φαίνονται στον πίνακα της επόμενης σελίδας:

ΔΕΞ/ΝΗ	ΠΡΟΙΟΝ	ΠΥΚΝΟΤ [tn/m ³]	ΤΥΠΟΣ ΔΕΞ/ΝΗΣ	ΔΙΑΜΕΤΡ ΔΕΞ/ΝΗΣ [m]	ΜΕΓΙΣΤ ΥΨΟΣ ΠΛ/ΣΗΣ [m]	ΕΠΙΦ/Α ΔΕΞ/ΝΗΣ [m ²]	ΟΓΚΟΣ ΚΑΥΣΙΜ [m ³]	ΜΑΖΑ ΚΑΥΣΙΜ [tn]
TK-1	ΑΜΟΛΥΒΔΗ ΒΕΝΖΙΝΗ	0,745	ΠΛΩΤΗ ΟΡΟΦΗ	56	20	2.463	49.260	36.699
TK-2	ΑΜΟΛΥΒΔΗ ΒΕΝΖΙΝΗ	0,745	ΠΛΩΤΗ ΟΡΟΦΗ	36	11	1.018	15.268	11.375
TK-3	ΑΜΟΛΥΒΔΗ ΒΕΝΖΙΝΗ	0,745	ΠΛΩΤΗ ΟΡΟΦΗ	24	15	452	4.976	3.707
TK-4	ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ	0,824	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	43	13	1.452	18.879	15.556
TK-5	ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ	0,824	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	31	13	755	9.812	8.085
TK-6	ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ	0,824	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	19	13	284	3.686	3.037
TK-7	ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ	0,824	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	12	8	113	905	746
TK-8	ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΕΡΙΩΘΟΥΜΕΝΩΝ	0,800	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	48	12	1.810	21.715	17.372
TK-9	ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΕΡΙΩΘΟΥΜΕΝΩΝ	0,800	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	30	12	707	8.482	6.786
TK-10	ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΕΡΙΩΘΟΥΜΕΝΩΝ	0,800	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	23	12	415	4.986	3.989
TK-11	ΜΑΖΟΥΤ ΥΨΗΛΟΥ ΘΕΙΟΥ	0,991	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	28	11	616	6.773	6.712
TK-12	ΜΑΖΟΥΤ ΥΨΗΛΟΥ ΘΕΙΟΥ	0,991	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	56	21	2.463	51.723	51.258

Πίνακας 19: Γεωμετρικά στοιχεία των δεξαμενών με τις ποσότητες των αποθηκευμένων προϊόντων

7.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ F&EI ΣΕ ΔΕΞΑΜΕΝΙΣΜΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ

Ξεκινώντας λοιπόν τους υπολογισμούς σύμφωνα με τον οδηγό DOW F&EI (American Institute of Chemical Engineers, 1994) θα πρέπει να προσδιοριστεί ο δείκτης DOW F&EI για την μονάδα αποθήκευσης και δεξαμενισμού των προϊόντων πετρελαίου. Θα

πρέπει λοιπόν να χρησιμοποιήσουμε έναν συντελεστή υλικού (material factor) ανάλογα με το προϊόν της κάθε δεξαμενής. Ανατρέχοντας στο παράρτημα Α του εγχειρίδιου DOW λαμβάνουμε έναν παράγοντα υλικού (MF-material factor) για κάθε δεξαμενή ως εξής:

ΤΜΗΜΑ	ΠΡΟΪΟΝ	ΤΥΠΟΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΥΛΙΚΟΥ (MF)
TK-1	ΑΜΟΛΥΒΔΗ BENZINH	ΠΛΩΤΗ ΟΡΟΦΗ	16
TK-2	ΑΜΟΛΥΒΔΗ BENZINH	ΠΛΩΤΗ ΟΡΟΦΗ	16
TK-3	ΑΜΟΛΥΒΔΗ BENZINH	ΠΛΩΤΗ ΟΡΟΦΗ	16
TK-4	ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	10
TK-5	ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	10
TK-6	ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	10
TK-7	ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	10
TK-8	ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΕΡΙΩΘΟΥΜΕΝΩΝ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	10
TK-9	ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΕΡΙΩΘΟΥΜΕΝΩΝ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	10
TK-10	ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΕΡΙΩΘΟΥΜΕΝΩΝ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	10
TK-11	ΜΑΖΟΥΤ ΥΨΗΛΟΥ ΘΕΙΟΥ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	10
TK-12	ΜΑΖΟΥΤ ΥΨΗΛΟΥ ΘΕΙΟΥ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	10

Πίνακας 20: Συντελεστής Υλικού (MF) ανά δεξαμενή

Έχουμε δηλαδή είτε MF=16 είτε MF=10.

Μετά τον συντελεστή υλικού θα πρέπει να γίνει ο υπολογισμός του παράγοντα κινδύνων μονάδας διεργασίας (F3) με πολλαπλασιασμό του παράγοντα γενικών διεργασιών (F1) με τον παράγοντα των ειδικών κινδύνων της διεργασίας (F2). Γίνεται δηλαδή εκτίμηση και υπολογισμός των παραγόντων γενικών διεργασιών (F1) και ειδικών κινδύνων της διεργασίας (F2).

Ξεκινώντας λοιπόν την εκτίμηση του παράγοντα γενικών διεργασιών (F1) υπολογίζουμε κυρώσεις για κάθε ένα από τα κάτωθι (American Institute of Chemical Engineers, 1994):

1. Εξώθερμες Χημικές Αντιδράσεις (Exothermic Chemical Reactions)
2. Ενδόθερμες Διεργασίες (Endothermic Processes)
3. Επεξεργασία και Μεταφορά Υλικού (Material Handling and Transfer)
4. Στεγασμένες ή εσωτερικού χώρου Διεργασίες (Enclosed or Indoor Process Units)

5. Πρόσβαση (Access)
6. Έλεγχος αποστράγγισης και διαρροών (Drainage and Spill Control)

Από το άθροισμα όλων αυτών των ποινών και αφού προστεθεί και η μονάδα (1) ως βασικός συντελεστής, λαμβάνεται ο παράγοντας γενικών διεργασιών (F1) για κάθε δεξαμενή αποθήκευσης.

Συνεχίζοντας την μελέτη υπολογισμού του δείκτη DOW F&EI για κάθε μία από τις δώδεκα δεξαμενές θα πρέπει να γίνει ο προσδιορισμός του παράγοντα ειδικών κινδύνων (F2) μέσω της υποβολής κυρώσεων για κάθε έναν από τους ακόλουθους υποτομείς (American Institute of Chemical Engineers, 1994):

1. Τοξικά Υλικά (Toxic Material(s))
2. Υπό Ατμοσφαιρική Πίεση (Sub-Atmospheric Pressure (< 500 mm Hg))
3. Λειτουργία πλησίον εντός ορίων αναφλεξιμότητας (Operation In or Near Flammable Range Inerted Not Inerted)
 - a. Αποθηκευμένα εύφλεκτα υλικά (Tank Farms Storage Flammable Liquids)
 - b. Μη ομαλή διεργασία ή Αποτυχία καθαρισμού (Process Upset or Purge Failure)
 - c. Πάντα σε εύφλεκτο εύρος (Always in Flammable Range)
4. Έκρηξη Σκόνης (Dust Explosion)
5. Πίεση (Pressure)
6. Χαμηλή Θερμοκρασία (Low Temperature)
7. Ποσότητα εύφλεκτου/ασταθής Υλικό (Quantity of Flammable/Unstable Material):
 - a. Υγρά ή Αέρια σε διεργασία (Liquids or Gases in Process)
 - b. Υγρά ή Αέρια αποθηκευμένα (Liquids or Gases in Storage)
 - c. Καύσιμα Στερεά σε αποθήκευση, Σκόνη σε διεργασία (Combustible Solids in Storage, Dust in Process) (See Figure 5)
8. Διάβρωση και εργοδιάβρωση (Corrosion and Erosion)
9. Διαρροές μηχανολογικών συνδέσεων (Leakage -Joints and Packing)
10. Χρήση Πυροσβεστικού Εξοπλισμού (Use of Fired Equipment)
11. Συστήματα εναλλαγής θερμότητας με hot oil (Hot Oil Heat Exchange System)
12. Στρεφόμενος Εξοπλισμός (Rotating Equipment)

Αν και στην περίπτωση του δεξαμενισμού των πετρελαιοειδών η πολυπλοκότητα και η συνθετότητα των υπολογισμών δεν είναι ίδια με αυτήν μιας διεργασίας όπως είναι αυτή της υδρογονο-αποθείωσης της νάφθας, απαιτήθηκαν ιδιαίτεροι υπολογισμοί για τον προσδιορισμό των αντίστοιχων ποινών, για τον τομέα ποσότητα του εύφλεκτου/ασταθούς υλικού (Quantity of Flammable/Unstable Material) ως ακολούθως:

ΤΜ/ΜΑ	ΠΡΟΪΟΝ	ΤΥΠΟΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ	ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΠΛ/ΣΗΣ	ΔΙΑΜΕΤΡ. ΔΕΞ/ΝΗΣ	ΟΓΚΟΣ ΚΑΥΣΙΜ	ΚΥ/ΣΗ
			[m]	[m]	[m ³]	
TK-1	ΑΜΟΛΥΒΔΗ ΒΕΝΖΙΝΗ	ΠΛΩΤΗ ΟΡΟΦΗ	20	56	49.260	0,354
TK-2	ΑΜΟΛΥΒΔΗ ΒΕΝΖΙΝΗ	ΠΛΩΤΗ ΟΡΟΦΗ	11	36	11.197	0,248
TK-3	ΑΜΟΛΥΒΔΗ ΒΕΝΖΙΝΗ	ΠΛΩΤΗ ΟΡΟΦΗ	15	24	6.786	0,220
TK-4	ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	13	43	18.879	0,212
TK-5	ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	13	31	9.812	0,184
TK-6	ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	13	19	3.686	0,149
TK-7	ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	8	12	905	0,110
TK-8	ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΕΡΙΩΘΟΥΜΕΝΩΝ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	12	48	21.715	0,224
TK-9	ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΕΡΙΩΘΟΥΜΕΝΩΝ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	12	30	8.482	0,183
TK-10	ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΕΡΙΩΘΟΥΜΕΝΩΝ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	12	23	4.986	0,163
TK-11	ΜΑΖΟΥΤ ΥΨΗΛΟΥ ΘΕΙΟΥ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	11	28	6.773	0,248
TK-12	ΜΑΖΟΥΤ ΥΨΗΛΟΥ ΘΕΙΟΥ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	21	56	51.723	0,404

Πίνακας 21: Ποινές με βάση την ποσότητα του αποθηκευμένου προϊόντος

Η πλήρη ανάλυση του πίνακα παρατίθεται στο Παράρτημα 2 – Υπολογισμοί DOW F&EI – Δεξαμενισμός Πετρελαιοειδών.

Κάνοντας χρήση του εγχειριδίου DOW και μαζί με τους υπολογισμούς της ποινής της ποσότητας του υλικού, εκτιμήθηκαν όλοι οι κίνδυνοι για κάθε μία από τις 12 δεξαμενές πετρελαιοειδών οπότε αθροίζοντας όλες τις ποινές μαζί με μία ποινή βάσης (μονάδα) καταλήγουμε στον υπολογισμό του παράγοντα F2.

Ο παράγοντας (F3) είναι το γινόμενο του παράγοντα γενικής επικινδυνότητας της Διεργασίας (F1) και του παράγοντα ειδικής επικινδυνότητας της διεργασίας (F2).

Ο Παράγοντας Κινδύνων Μονάδας Διεργασίας F3 κανονικά δεν υπερβαίνει την τιμή οκτώ (8) έτσι ώστε εάν υπολογίζεται υψηλότερη τιμή, να χρησιμοποιούμε μέγιστη τιμή

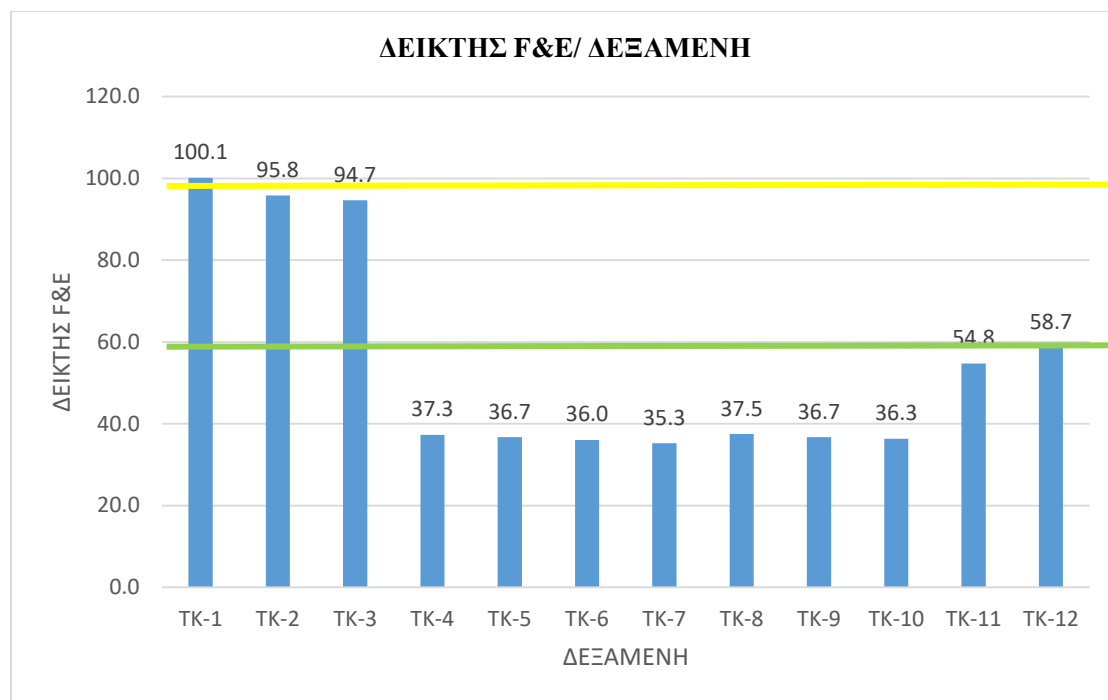
οκτώ (8) αναφέρουμε ότι στην μελέτη του δεξαμενισμού πετρελαιοειδών δεν υπάρχει δεξαμενή με υψηλότερο από 8 το F3.

Με υπολογισμένα πλέον τους συντελεστές F1, F2 και F3 αλλά και γνωστό τον συντελεστή υλικού (material factor) ορίζουμε για κάθε δεξαμενή τον αντίστοιχο δείκτη πυρκαγιάς και έκρηξης DOW F&EI όπως αυτός παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα.

ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΠΡΟΙΟΝ	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ (m ³)	F1	F2	F3	DOW F&EI
TK-1	ΑΜΟΛΥΒΔΗ BENZINΗ	49.260	2,55	2,45	6,26	100,1
TK-2	ΑΜΟΛΥΒΔΗ BENZINΗ	15.268	2,55	2,35	5,99	95,8
TK-3	ΑΜΟΛΥΒΔΗ BENZINΗ	4.976	2,55	2,32	5,92	94,7
TK-4	ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ	18.879	1,95	1,91	3,73	37,3
TK-5	ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ	9.812	1,95	1,88	3,67	36,7
TK-6	ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ	3.686	1,95	1,85	3,60	36,0
TK-7	ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ	905	1,95	1,81	3,53	35,3
TK-8	ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΕΡΙΩΘΟΥΜΕΝΩΝ	21.715	1,95	1,92	3,75	37,5
TK-9	ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΕΡΙΩΘΟΥΜΕΝΩΝ	8.482	1,95	1,88	3,67	36,7
TK-10	ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΕΡΙΩΘΟΥΜΕΝΩΝ	4.986	1,95	1,86	3,63	36,3
TK-11	ΜΑΖΟΥΤ ΥΨΗΛΟΥ ΘΕΙΟΥ	6.773	2,55	2,15	5,48	54,8
TK-12	ΜΑΖΟΥΤ ΥΨΗΛΟΥ ΘΕΙΟΥ	51.723	2,55	2,30	5,88	58,7

Πίνακας 22: DOW F&EI ανά δεξαμενή

Γραφικά ο δείκτης DOW F&EI για κάθε δεξαμενή παρουσιάζεται και στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 18: Δείκτης F&E ανά δεξαμενή

Έχοντας υπολογιστεί ο δείκτης DOW F&EI μπορεί να προσδιοριστεί ο βαθμός κινδύνου κάθε δεξαμενής, σύμφωνα με την ταξινόμηση του Πίνακα 14.

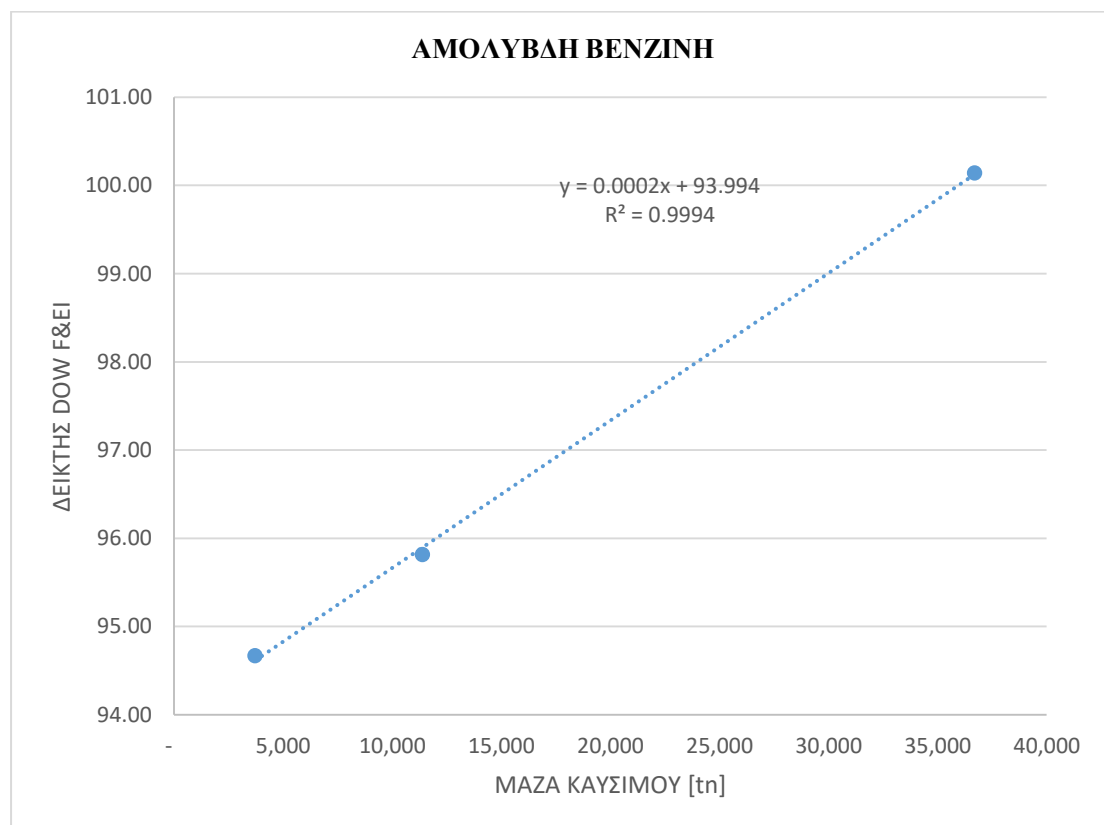
Και η ταξινόμηση κινδύνου των δεξαμενών βάση της ταξινόμησης αυτής μπορεί να οριστεί ως εξής:

ΤΜΗΜΑ	ΔΕΙΚΤΗΣ F&E	ΒΑΘΜΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ (DEGREE OF HAZARD)
TK-1	100,1	ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΣ
TK-2	95,8	ΜΕΤΡΙΟΣ
TK-3	94,7	ΜΕΤΡΙΟΣ
TK-4	37,3	ΜΙΚΡΟΣ
TK-5	36,7	ΜΙΚΡΟΣ
TK-6	36,0	ΜΙΚΡΟΣ
TK-7	35,3	ΜΙΚΡΟΣ
TK-8	37,5	ΜΙΚΡΟΣ
TK-9	36,7	ΜΙΚΡΟΣ
TK-10	36,3	ΜΙΚΡΟΣ
TK-11	54,8	ΜΙΚΡΟΣ
TK-12	58,7	ΜΙΚΡΟΣ

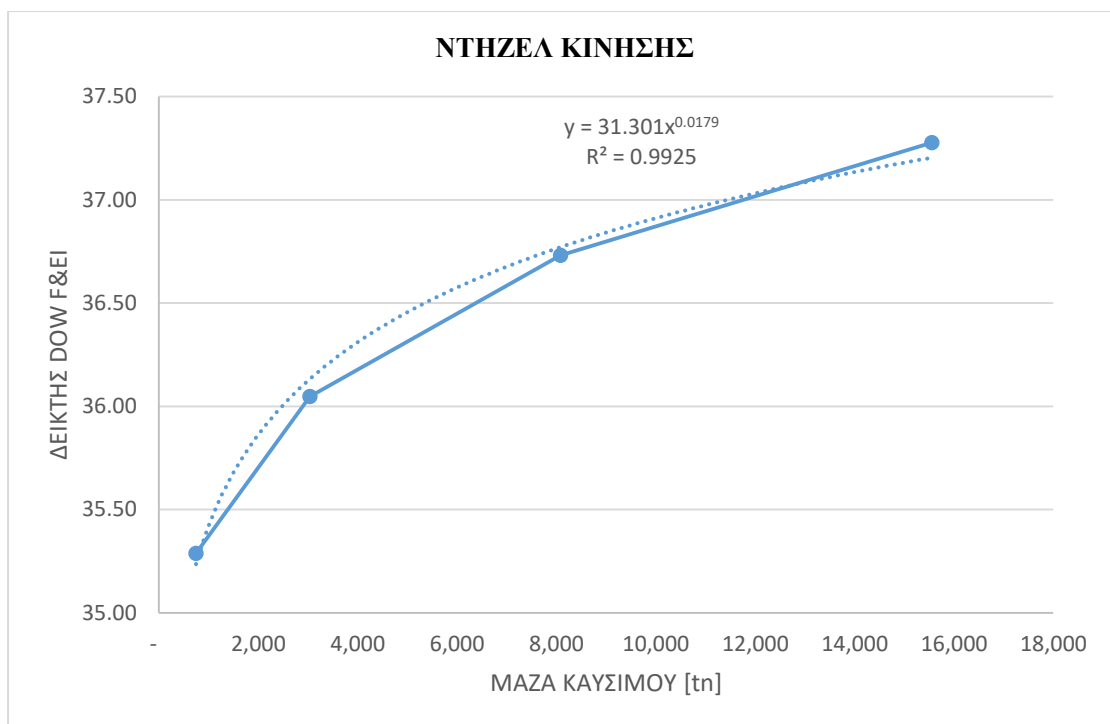
Πίνακας 23: Ταξινόμηση κινδύνου ανά δεξαμενή

7.1.1 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ DOW F&EI ΜΕ ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

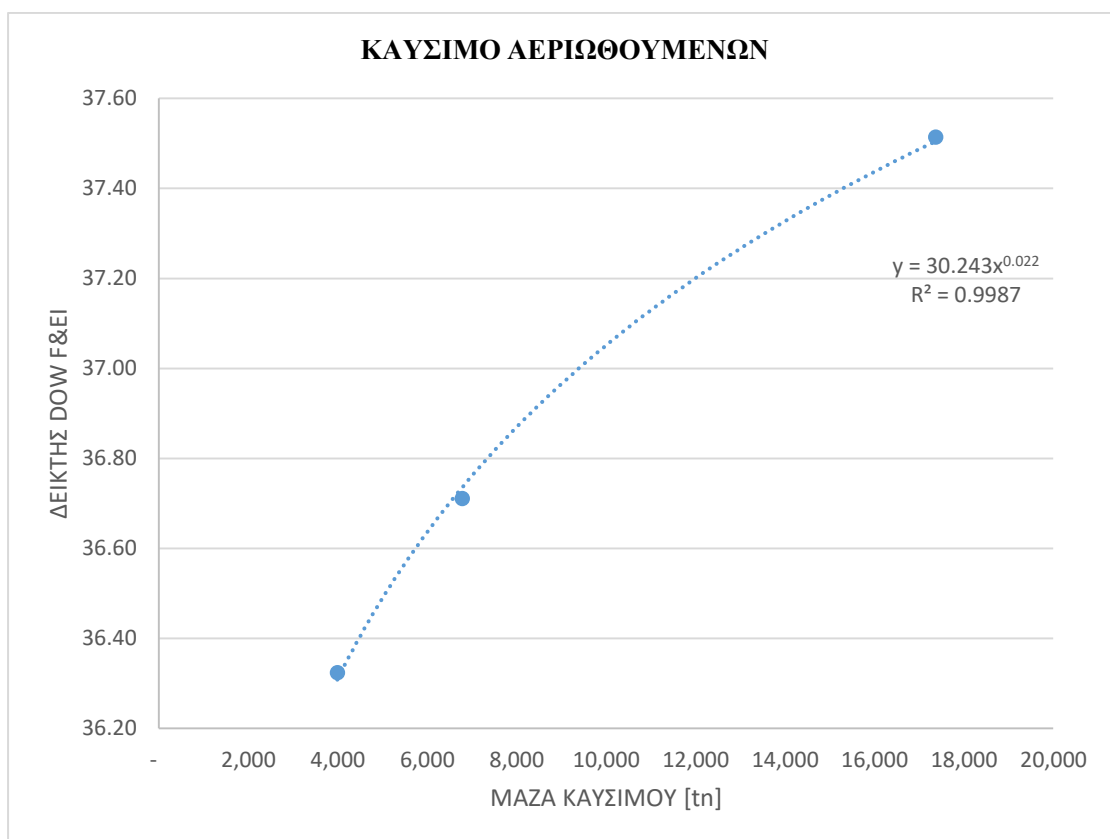
Στο σημείο αυτό η ανάλυση επεκτάθηκε στην συσχέτιση που έχει ο δείκτης DOW F&EI, για κάθε προϊόν, με την ποσότητα αποθήκευσης (σε tn). Τα αποτελέσματα για κάθε προϊόν παρουσιάζονται γραφικά στα ακόλουθα γραφήματα :



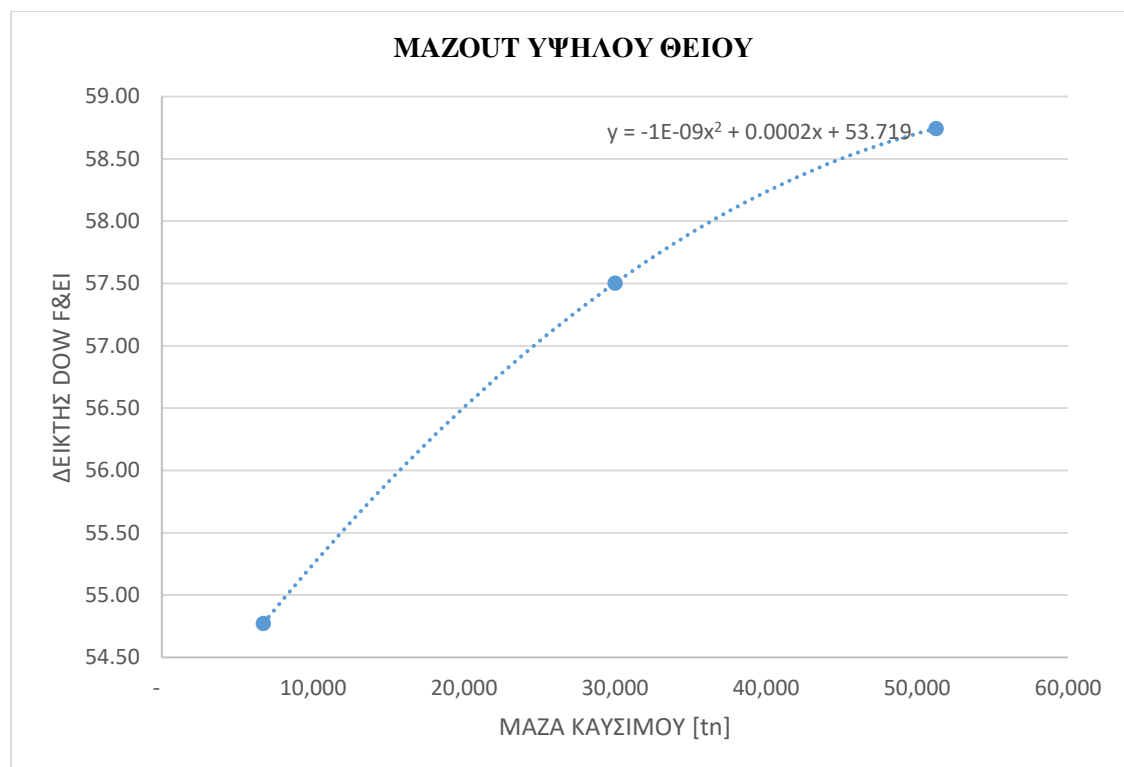
Διάγραμμα 19: Συσχέτιση F&EI με ποσότητα Αμόλυβδης



Διάγραμμα 20: Συσχέτιση F&EI με ποσότητα Ντηζελ



Διάγραμμα 21: Συσχέτιση F&EI με ποσότητα Καύσιμο Αεριοθούμενων



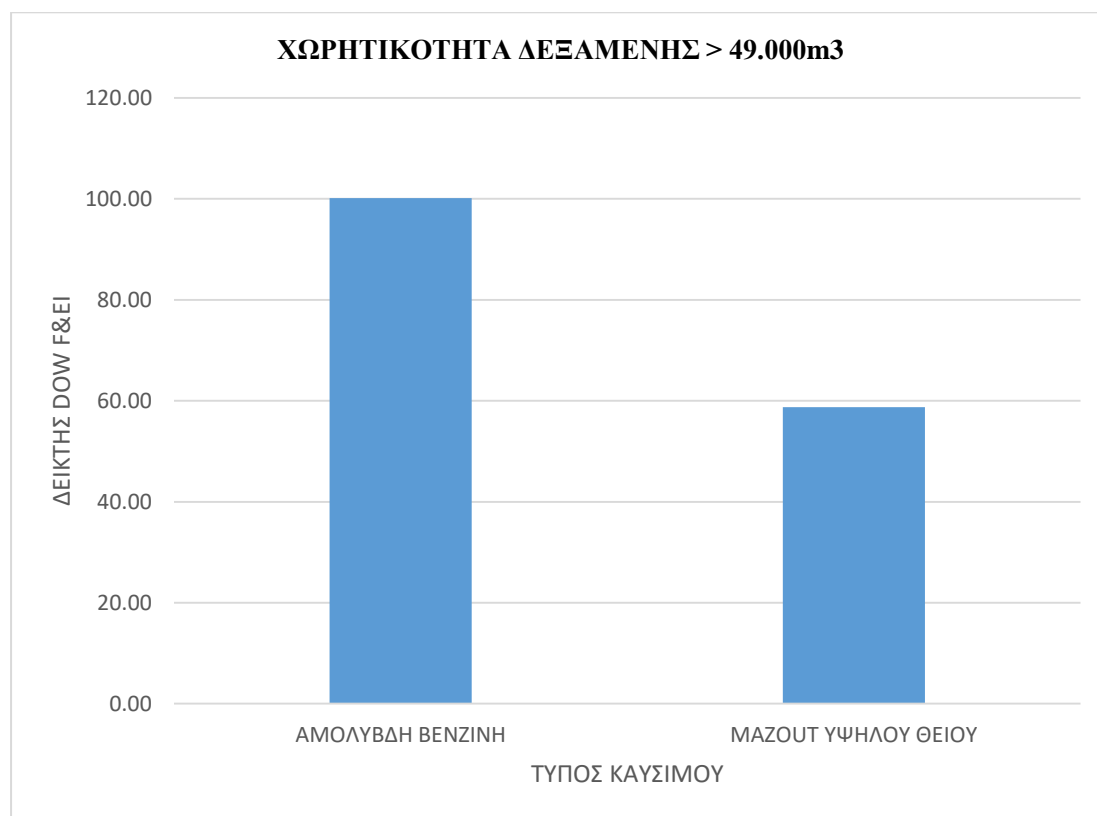
Διάγραμμα 22: Συσχέτιση F&EI με ποσότητα Μαζούτ Υψηλού Θείου

Από τα παραπάνω προκύπτει.

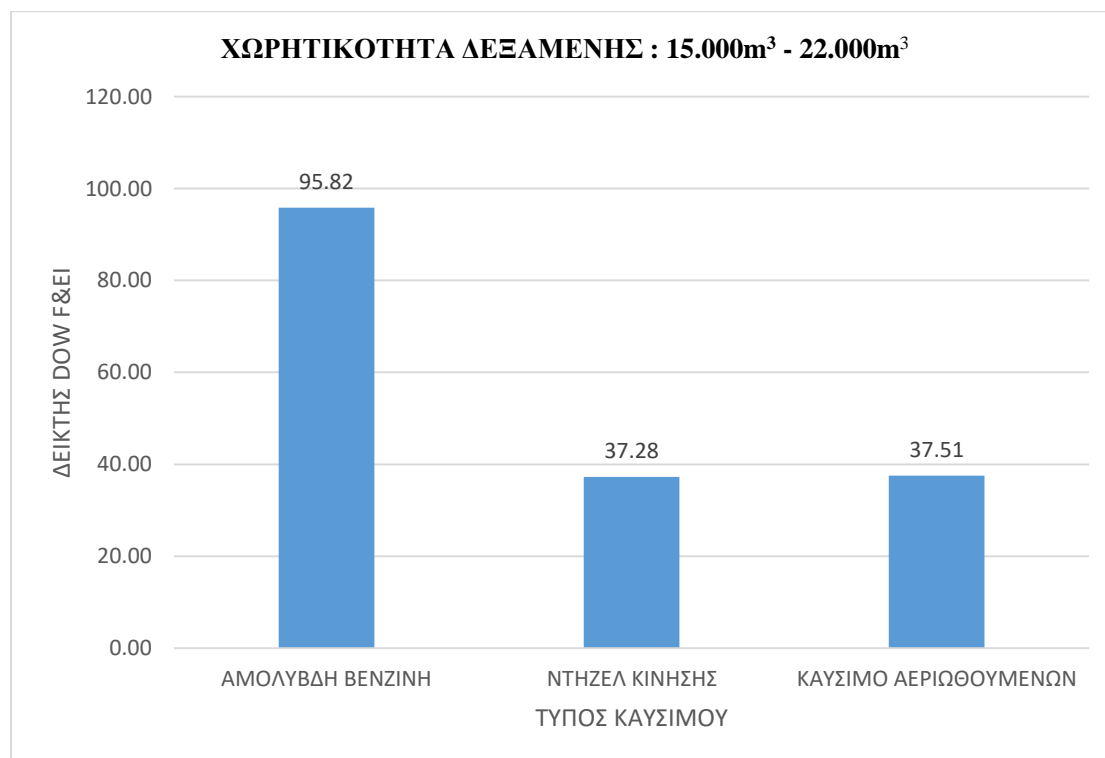
1. Ότι η μεταβολή του δείκτη DOW F&EI με τη μάζα του καυσίμου σε μία δεξαμενή μπορεί να περιγραφεί με μία γραμμική (αμόλυβδη βενζίνη), εκθετική (ντήζελ, jet) ή πολυωνυμική σχέση (μαζούτ) . Οι εξισώσεις παρατίθενται στα παραπάνω διαγράμματα και ισχύουν για την περιοχή των ποσοτήτων για τις οποίες έχουν αναπτυχθεί.
2. Από τις παραπάνω εξισώσεις είναι δυνατό να προβλεφθεί η μάζα του καυσίμου, πάνω από την οποία ο βαθμός κινδύνου μίας δεξαμενής γίνεται ενδιάμεσος ή μεγάλος. Για παράδειγμα για τη βενζίνη πάνω από περίπου 35000 tn.

7.1.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΒΑΘΜΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ

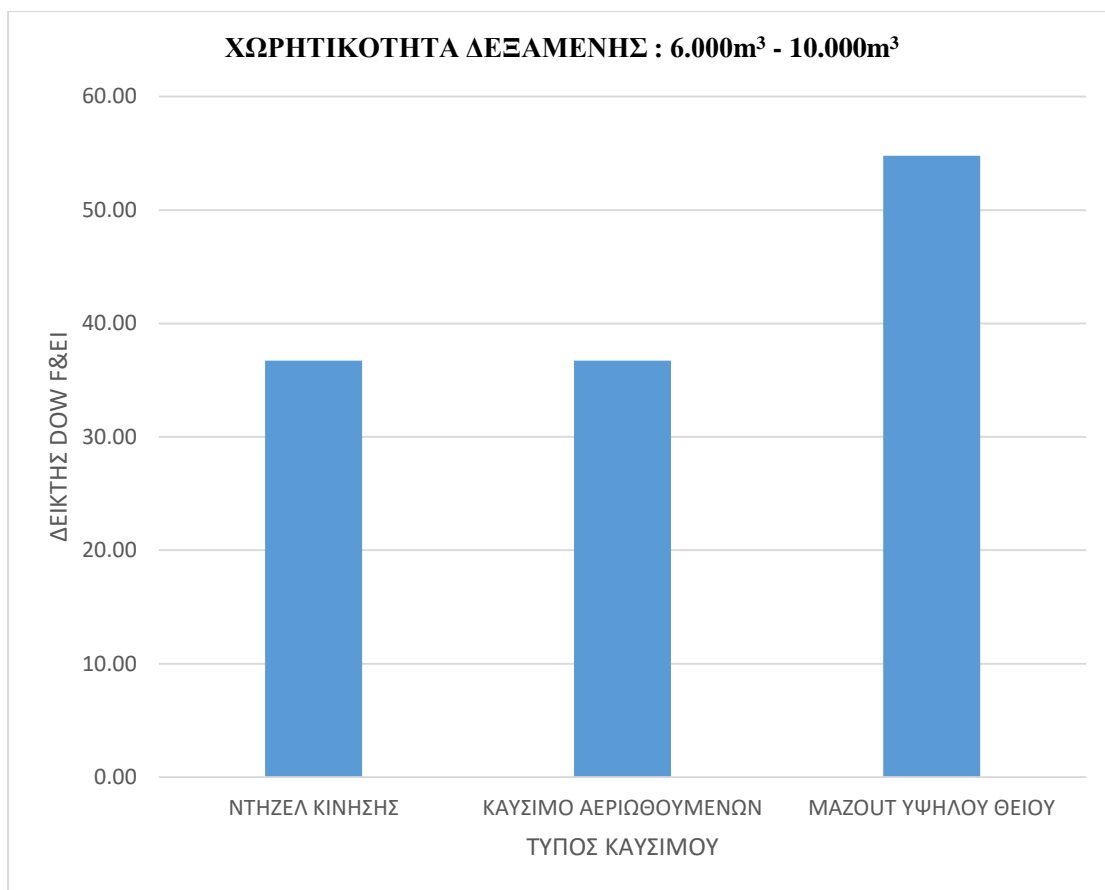
Μια άλλη ανάλυση που παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον είναι η επίδραση που μπορεί να έχει στον δείκτη DOW F&EI οι παρόμοιας αποθηκευτικής ικανότητας δεξαμενές με διαφορετικά πετρελαϊκά προϊόντα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται γραφικά ακολούθως:



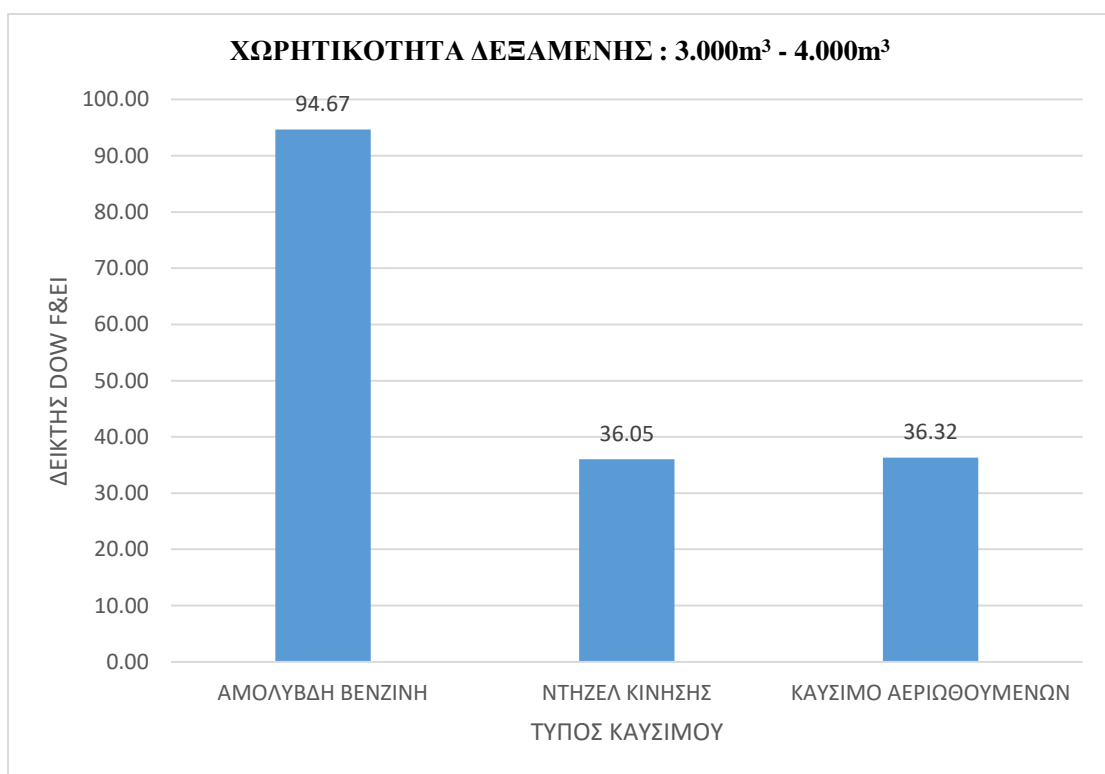
Διάγραμμα 23: Χωρητικότητα Δεξαμενής >49.000m³



Διάγραμμα 24: Χωρητικότητα Δεξαμενής: 15.000m³ - 22.000m³



Διάγραμμα 25: Χωρητικότητα Δεξαμενής: 6.000m³ - 10.000m³



Διάγραμμα 26: Χωρητικότητα Δεξαμενής: 3.000m³ - 4.000m³

Από τις παραπάνω γραφικές παραστάσεις μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η αμόλυβδη βενζίνη είναι μεγαλύτερης επικινδυνότητας σε σχέση με τα άλλα προϊόντα σε οποιοδήποτε μεγέθους δεξαμενή να αποθηκευτεί. Το ντίζελ κίνησης είναι παρόμοιας επικινδυνότητας με το καύσιμο αεριοθούμενων σε παρόμοιες ποσότητες και το μαζούτ υψηλού θείου παρότι φαίνεται να είναι λίγο υψηλότερης επικινδυνότητας από το ντίζελ κίνησης και το καύσιμο αεριοθούμενων αυτό εξηγείται λόγω της μεγάλης διαφοράς στην αποθηκευμένη ποσότητα.

7.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΑΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΑΠΟ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟ ΣΥΜΒΑΝ ΣΕ ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Ο υπολογισμός της ακτίνας έκθεσης από ένα καταστροφικό συμβάν παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στον γενικότερο σχεδιασμό της χωροταξίας μιας εγκατάστασης και στο σχεδιασμό έκτακτης ανάγκης. Επίσης υπάρχουν σχετικοί κώδικες (ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ, 31/12/1990, ό.π.:79) βάσει των οποίων γίνεται η χωροθέτηση του εξοπλισμού μίας μονάδας.

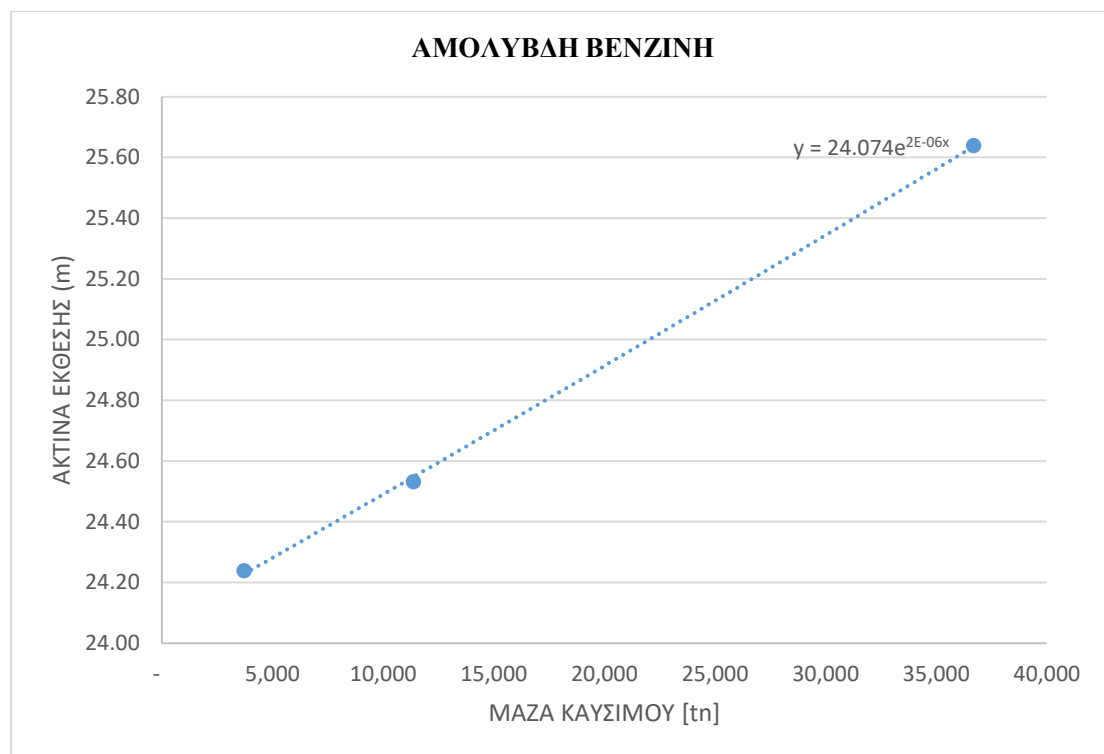
Οι δεξαμενές που βρίσκονται υπό μελέτη μετά και τον υπολογισμό του δείκτη DOW F&EI παρουσιάζουν ακτίνες έκθεσης και επιφάνειες έκθεσης ως κάτωθι:

ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΙΚΤΗΣ DOW F&EI	ΑΚΤΙΝΑ ΕΚΘΕΣΗΣ (m)	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΕΚΘΕΣΗΣ (m ²)
TK-1	100,1	25,6	2.065
TK-2	95,8	24,5	1.891
TK-3	94,7	24,2	1.846
TK-4	37,3	9,5	286
TK-5	36,7	9,4	278
TK-6	36,0	9,2	268
TK-7	35,3	9,0	256
TK-8	37,5	9,6	290
TK-9	36,7	9,4	278
TK-10	36,3	9,3	272
TK-11	54,8	14,0	618
TK-12	58,7	15,0	711

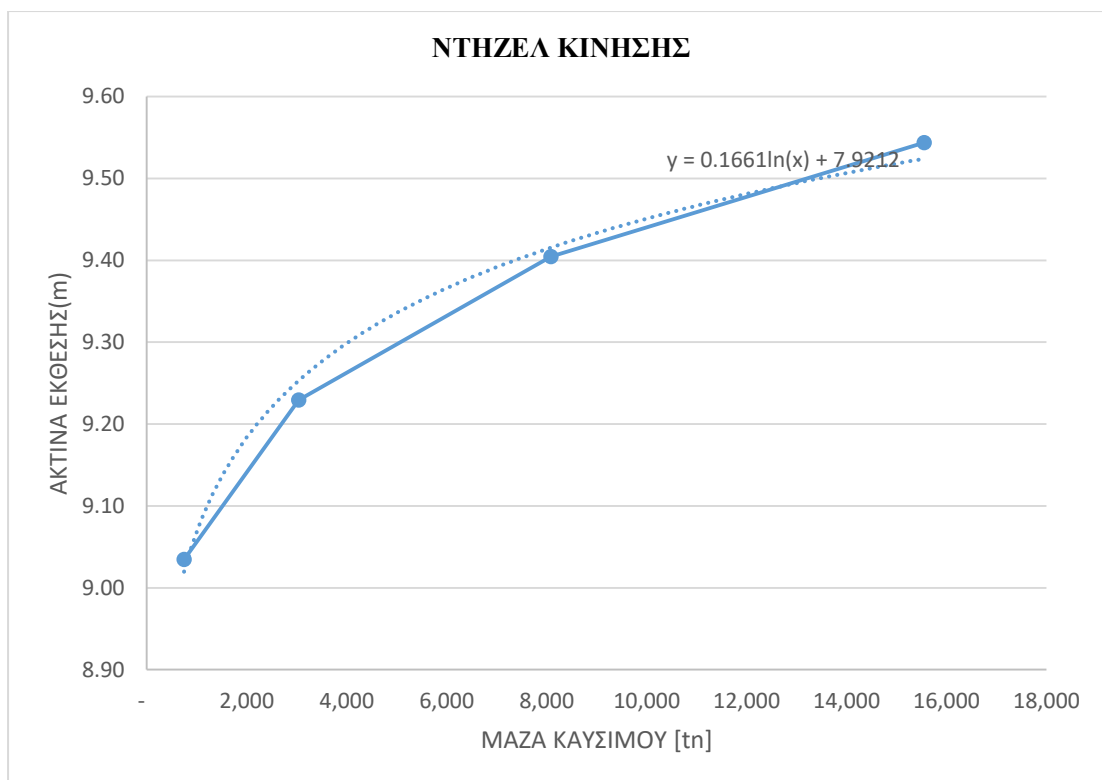
Πίνακας 24: Επιφάνειες και ακτίνες έκθεσης ανά δεξαμενή

Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της ακτίνα έκθεσης ενός συμβάντος και την ποσότητα προϊόντος που μπορεί να είναι αποθηκευμένη σε μια δεξαμενή, όπως φαίνεται στα ακόλουθα διαγράμματα

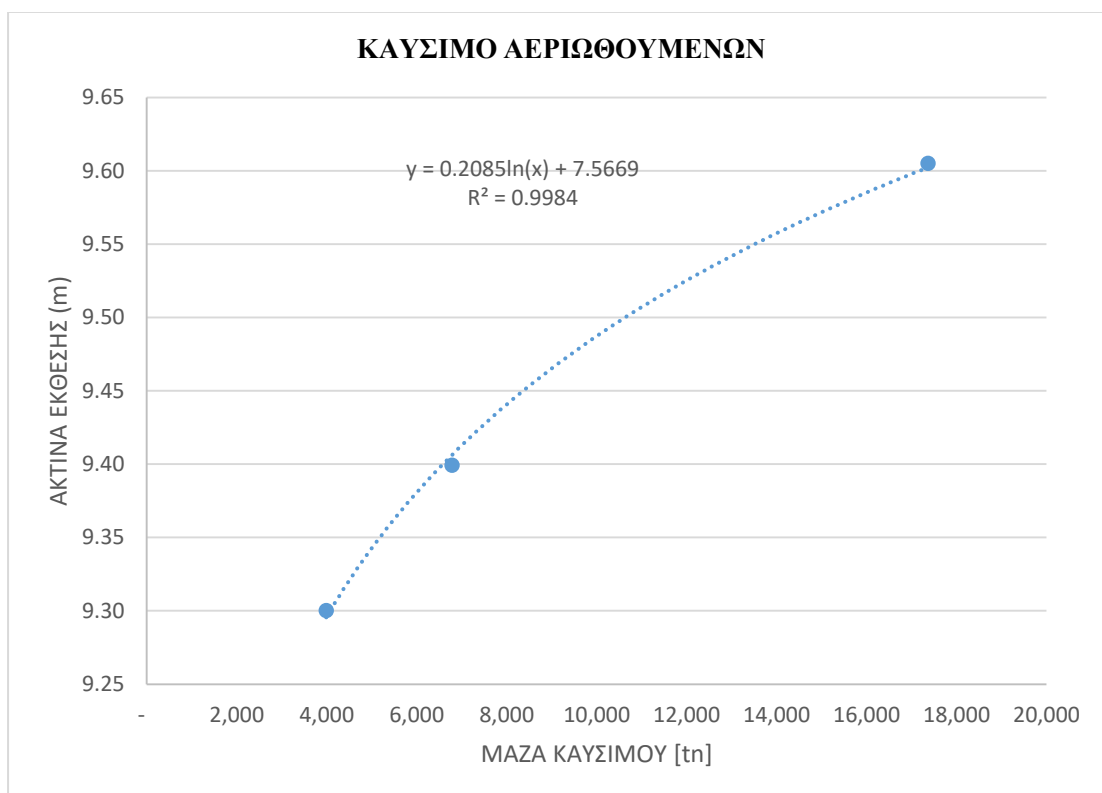
Και εδώ, όπως το φανταζόμασταν, υπάρχει συσχέτιση όπου σε ορισμένες περιπτώσεις είναι εκθετική ή λογαριθμική ως ακολούθως:



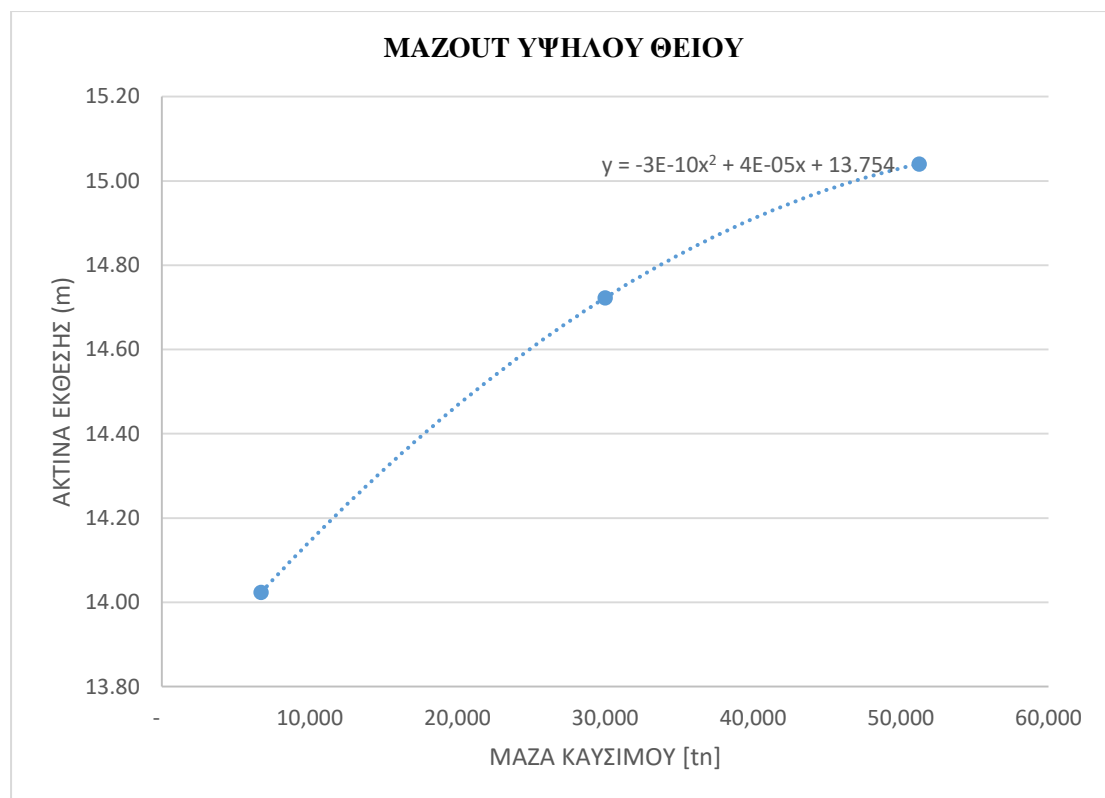
Διάγραμμα 27: Συσχέτιση Ποσότητας και F&EI Αμόλυβδης



Διάγραμμα 28: Συσχέτιση Ποσότητας και F&EI Ντήζελ



Διάγραμμα 29: Συσχέτιση Ποσότητας και F&EI Καύσιμου αεριοθούμενων



Διάγραμμα 30: Συσχέτιση Ποσότητας και F&EI Μαζούτ

7.3 ΑΚΤΙΝΕΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΒΑΣΕΙ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ

Αντίστοιχα με την μονάδα επεξεργασίας νάφθας και στην μονάδα αποθήκευσης και δεξαμενισμού πετρελαιοειδών ενός διυλιστηρίου η χωροταξία των δεξαμενών έχει υψηλή σπουδαιότητα για τις περιπτώσεις αντιμετώπισης ενός περιστατικού ανάφλεξης διαρροής. Εδώ την μεγαλύτερη ακτίνα έκθεσης την έχουν οι δεξαμενές αποθήκευσης της αμόλυβδης βενζίνη (πλωτής οροφής) και έπειτα του μαζούτ υψηλού θείου (σταθερής οροφής) λόγω ποσότητας.

Η διάταξη των δεξαμενών είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς περιέχουν μεγάλες ποσότητες καυσίμων που με την ανάφλεξη τους είναι δυνατό να οδηγήσουν σε συμβάντα με σημαντικές επιπτώσεις εκτός εγκατάστασης, όπως φαίνεται και στα στατιστικά στοιχεία που παρατέθηκαν στο Κεφάλαιο 2. Θα πρέπει να εξασφαλίζεται όσο το δυνατόν μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ τους λαμβάνοντας υπόψη και τη δυνατότητα προσέγγισής τους σε περίπτωση κατάσβεσης πυρκαγιάς. Προκειμένου να

υπάρχει ευχέρεια προσπέλασης (προσέγγισης) για πυροπροστασία προς όλες τις δεξαμενές μιας περιοχής αυτές πρέπει να τοποθετούνται σε απλές ή διπλές σειρές εντός λεκάνης ασφαλείας για τον περιορισμό των διαρροών. Σύμφωνα με την νομοθεσία (ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ, 31/12/1990:79), οι αποστάσεις που δίνονται αποτελούν συστάσεις για το ελάχιστο και αναφέρονται στην οριζόντια απόσταση, σε κάτοψη, ανάμεσα στα πλησιέστερα σημεία των συγκεκριμένων εξαρτημάτων.

Οι δεξαμενές σταθερής οροφής θεωρούνται πιο ασφαλείς καθώς αποθηκεύουν προϊόντα με χαμηλή τάση ατμών (ντήζελ, κηροζίνη και fuel oil) γι αυτό και οι αποστάσεις ασφαλείας μεταξύ τους είναι μικρότερες.

Μάλιστα σε δεξαμενές διαμέτρου 10m ή λιγότερο μπορούν να θεωρηθούν σαν μια δεξαμενή. Αυτές οι μικρές δεξαμενές μπορούν να τοποθετηθούν μαζί σε ομάδες, καμιά όμως ομάδα δεν πρέπει να έχει αθροιστικά χωρητικότητα μεγαλύτερη από 8.000 m³. Στην συγκεκριμένη ομάδα δεξαμενών που εξετάστηκε στην παρούσα μελέτη δεν υπάρχει τόσο μικρής διαμέτρου δεξαμενή.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως οι δεξαμενές αποθήκευσης πετρελαιοειδών της μονάδας που εξετάζεται είναι δύο τύπων, σταθερής οροφής και πλωτής οροφής. Οι ελάχιστες αποστάσεις ασφαλείας που θα πρέπει να έχουν μεταξύ τους οι δεξαμενές εφόσον αναφερόμαστε σε δεξαμενές με διάμετρο μεγαλύτερο των 10m και εφόσον τις τοποθετήσουμε ανά τύπο πετρελαϊκού προϊόντος θα είναι (ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ, 31/12/1990):

ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΒΑΣΕΙ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ [m]
TK-4/TK-5	21,5
TK-4/TK-6	21,5
TK-4/TK-7	21,5
TK-5/TK-6	15,5
TK-5/TK-7	15,5
TK-6/TK-7	9,5
TK-8/TK-9	24
TK-8/TK-10	24
TK-9/TK-10	15
TK-11/TK-12	28

Πίνακας 25: Αποστάσεις και νομοθεσία (ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ, 31/12/1990:79)

Δηλαδή μεταξύ δύο αυτοτελών δεξαμενών με τουλάχιστον τη μια διάμετρο μεγαλύτερη των 10m η ελάχιστη απόσταση βάσει νομοθεσίας θα πρέπει να είναι το μισό της διαμέτρου της μεγαλύτερης δεξαμενής, αλλά σε καμιά περίπτωση μικρότερη των 10m.

Συγκρίνοντας τις αποστάσεις που πρέπει να τηρηθούν σε σχέση με τις ακτίνες έκθεσης των δεξαμενών που παραθέσαμε σε προηγούμενο πίνακα παρατηρούμε ότι καμία ακτίνα (βάσει μεθοδολογίας DOW F&EI) δεν ξεπερνάει την απόσταση ασφαλείας των σταθερών δεξαμενών.

Για την περίπτωση των τριών δεξαμενών πλωτής οροφής που αποθηκεύεται αμόλυβδη βενζίνη η νομοθεσία μας υπαγορεύει ότι όταν μεταξύ δύο δεξαμενών με πλωτή οροφή και με διάμετρο (τουλάχιστον της μιας) μεγαλύτερη από 45m η απόσταση που πρέπει να κρατείται είναι τα 20m ενώ εάν η διάμετρος είναι μικρότερη ή ίση των 45m τότε η απόσταση ασφαλείας πέφτει στα 15m.

Συμπερασματικά θα έχουμε τον παρακάτω πίνακα:

ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΒΑΣΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ [m]
TK-1/TK-2	20
TK-1/TK-3	20
TK-2/TK-3	15

Πίνακας 26: Αποστάσεις Ασφαλείας βάση Νομοθεσίας

Συνεπώς οι αποστάσεις βάσει νομοθεσίας δεν μας καλύπτουν εφόσον παρατηρούμε ξεκάθαρα ότι η ακτίνα έκθεσης των τριών δεξαμενών είναι μεγαλύτερη των ελάχιστων αποστάσεων. Σημειωτέον ότι η ακτίνα έκθεσης έχει υπολογιστεί βάσει κάποιων παραδοχών που σχετίζονται με το σχεδιασμό των συγκεκριμένων δεξαμενών. Συνεπώς για να μειωθεί η ακτίνα έκθεσης κάτω από την απόσταση ασφαλείας θα πρέπει να ληφθούν κάποια μέτρα.

Η λύση που προτείνεται σε αυτήν την περίπτωση είναι η βελτίωση του αποχετευτικού συστήματος των διαρροών τα οποία θα οδηγήσουν σε μείωση της ακτίνας έκθεσης.

Συγκεκριμένα, ένας σχεδιασμός ανατροπής που περιβάλλει τρεις πλευρές μια περιοχή και κατευθύνει διαρροές σε μια λεκάνη κατακράτησης ή σε μία μη εκτεθειμένη τάφρο αποστράγγισης δεν προσμετράτε ποινή εάν πληρούνται τα ακόλουθα κριτήρια (ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ, 31/12/1990):

1. Η κλίση προς τη λεκάνη ή την τάφρο είναι τουλάχιστον 2% για χωμάτινες επιφάνειες ή 1% για σκληρές επιφάνειες.
2. Η απόσταση από τον εξοπλισμό από το πλησιέστερο άκρο ή λεκάνης είναι τουλάχιστον 50 ft (15 m). Αυτή η απόσταση μπορεί να μειωθεί εάν έχει κατασκευαστεί ένα πυράντοχο τοιχίο.
3. Η λεκάνη πρέπει να έχει χωρητικότητα τουλάχιστον ίση με το άθροισμα του 100% της μεγαλύτερης χωρητικότητας δεξαμενής συν το 10% της επόμενης μεγαλύτερης δεξαμενής και να υποθέσουμε ότι ο ρυθμός ροής του νερού πυρόσβεσης είναι 30 λεπτών της ώρας.

Κάνοντας χρήση των παραπάνω βελτιωτικών μέτρων οι ακτίνες έκθεσης των τριών δεξαμενών πλωτής οροφής μειώνονται ως εξής:

ΤΜΗΜΑ	ΔΕΙΚΤΗΣ F&E	ΔΕΙΚΤΗΣ F&E ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΛΗΨΗ ΜΕΤΡΩΝ	ΑΚΤΙΝΑ ΕΚΘΕΣΗΣ(m)	ΑΚΤΙΝΑ ΕΚΘΕΣΗΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΛΗΨΗ ΜΕΤΡΩΝ (m)
TK-1	100,1	80,5	25,6	20,6
TK-2	95,8	77,0	24,5	19,7
TK-3	94,7	76,1	24,2	19,5

Πίνακας 27: Ακτίνες Έκθεσης Δεξαμενών Πλωτής Οροφής μετά τη λήψη βελτιωτικών μέτρων

Συνέπεια αυτού είναι οι ακτίνες έκθεσης να πλησιάζουν τις αποστάσεις ασφαλείας της νομοθεσίας με μόνο μειονέκτημα την απόσταση των δεξαμενών TK-2/TK-3 όπου απέχει κατά 5m περίπου από τα όρια που ορίζει η νομοθεσία. Επειδή η διαφορά εδώ είναι αρκετά μικρή τότε η οδηγία τοποθέτησης των δεξαμενών θα είναι σε αποστάσεις μεγαλύτερες των ακτινών έκθεσης, δηλαδή (21,20,20 μέτρων αντιστοίχως).

Επίσης θα πρέπει να υπάρχει απόσταση ασφαλείας και μεταξύ των πλωτών δεξαμενών και σταθερών οροφών και συγκεκριμένα ίση με το μισό της διαμέτρου της μεγαλύτερης δεξαμενής και ποτέ λιγότερο των 15m.

Για τις υπό μελέτη δεξαμενές η μεγαλύτερη δεξαμενή έχει διάμετρο 56m και συνεπώς την καλύπτει η απόσταση των 18m, όμως για να βρίσκεται και εκτός των ακτινών έκθεσης, μια απόσταση 25m μεταξύ πλωτών και σταθερών οροφών δεξαμενών θα θεωρείται ικανοποιητική.

Ολοκληρώνοντας και για τις δεξαμενές με πλωτή οροφή αλλά και για τις δεξαμενές με σταθερή οροφή θα πρέπει να υπάρχει ελάχιστη απόσταση 15m από το εξωτερικό όριο της εγκατάστασης, οποιασδήποτε περιοχής που χαρακτηρίζεται μη επικίνδυνη ή ενός σημείου πλήρωσης (σταθμός φόρτωσης βυτιοφόρων οχημάτων), υπόστεγο πλήρωσης ή κτιρίου στο οποίο δεν υπάρχει πιθανή εστία ανάφλεξης ενώ θα πρέπει να υπάρχει ελάχιστη απόσταση 30m από κάθε στατική εστία ανάφλεξης.

Για την πλήρη εξασφάλιση, στην εν λόγω περίπτωση, μια απόσταση 22m από κάθε μη επικίνδυνη περιοχή και η τήρηση των 30m από κάθε στατική εστία ανάφλεξης θα ήταν η ενδεδειγμένη.

7.4 ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΩΝ LOSS CONTROL MEASURES ΣΕ ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Ομοίως, ακολουθώντας την ίδια διαδικασία που ακολουθήθηκε και για την μονάδα αποθείωσης νάφθας και θεωρώντας οι αντίστοιχοι πιστωτικοί παράγοντες για τον δεξαμενισμό των πετρελαιοειδών με βάση τον οδηγό «Dow 's Fire & Explosion Index Hazard Classification Guide» παρατίθενται και εξηγούνται ως εξής (American Institute of Chemical Engineers, 1994):

Παραδοχές για υπολογισμό παράγοντα ελέγχου διαδικασίας (Process Control Credit Factor) - C1

a. Ισχύς / ενέργεια έκτακτης ανάγκης (Emergency Power)

Στην δική μας υπό εξέταση μονάδα είναι απαραίτητο και κρίσιμο να υπάρχει ενέργεια εκτάκτου ανάγκης και συνεπώς υπολογίζουμε έναν συντελεστή 0,98.

b. Ψύξη

Στην μονάδα υπάρχει σύστημα ψύξης της απαίτησης ψύξης για τουλάχιστον 10 λεπτά συνεπώς χρησιμοποιούμε έναν συντελεστή 0,99.

c. Έλεγχος Έκρηξης

Υπάρχει εξοπλισμός ανακούφισης της υπερπίεσης που προστατεύει τον εξοπλισμό από ζημιές λόγω υπερπίεση Στις δεξαμενές σταθερής οροφής υπάρχουν εξαιρεστικά ανοιχτά στην ατμόσφαιρα και στις πλωτές οροφής υπάρχουν ανακουφιστικά υπερπίεσης . Η προστασία αυτή δίνει συντελεστή μικρότερο του 1.

d. Τερματισμός Λειτουργίας έκτακτης ανάγκης

Στην δική μας περίπτωση ο εξοπλισμός ενεργοποιεί μόνο συναγερμό οπότε ο συντελεστής πίστωσης είναι 0,96.

e. Απομακρυσμένος Υπολογιστικός Έλεγχος

Υπάρχει υπολογιστικός έλεγχος μόνο. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε συντελεστή 0,99

f. Αδρανές Αέριο

Δεν καλύπτεται με αδρανές αέριο, χρησιμοποιούμε συντελεστή πίστωσης 0,96.

g. Διαδικασίες – Οδηγίες Ασφαλούς Λειτουργίας Μονάδας

Ένας συντελεστής πίστωσης 0,95 αντιπροσωπεύει καλύτερα την πληρότητα και την ακρίβεια των οδηγιών λειτουργίας.

h. Αναθεώρηση Χημικών Αντιδράσεων

Όμοια με την περίπτωση της μονάδας υδρογονοαποθείωσης νάφθας, χρησιμοποιούμε έναν πιστωτικό συντελεστή 0,95.

i. Άλλες Μελέτες Ανάλυσης Κινδύνων (Διεργασιών)

Στην μονάδα γίνεται ανάλυση κινδύνων με την μέθοδο HAZOP οπότε γίνεται χρήση ενός συντελεστή 0,94.

Παραδοχές για υπολογισμό παράγοντα απομόνωσης Υλικών (Material Isolation Credit Factor) - C2**a. Βάνες απομακρυσμένου ελέγχου**

Η μονάδα διαθέτει βάνες απομόνωσης που λειτουργούν εξ αποστάσεως, ώστε οι δεξαμενές αποθήκευσης, τα δοχεία επεξεργασίας ή τα κύρια τμήματα των γραμμών μεταφοράς να μπορούν να απομονωθούν γρήγορα σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, έτσι χρησιμοποιούμε συντελεστή μείωσης επικινδυνότητας 0,98.

b. Απόρριψη Υλικού για αποσυμπίεση (Dump/Blowdown)

Σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης τυχόν διαρροές υγρών οδεύουν , μόνο στη λεκάνη ασφαλείας. Οπότε χρησιμοποιούμε έναν συντελεστή 1.

c. Σύστημα αποχέτευσης

Οι δεξαμενές είναι εντός λεκάνης ασφαλείας με σχεδιασμό για να σημαντικού μεγέθους διαρροές, του συνόλου του χώρου εγκατάστασης των δεξαμενών και θα μπορούσαν να πληρούν τον παράγοντα 0,91.

d. Αλληλοσύνδεση (Interlock)

Οι δεξαμενές θεωρείται ότι δεν είναι εξοπλισμένες με συστήματα interlock που διακόπτουν την τροφοδοσία τους με ενεργοποίηση από πολύ υψηλή στάθμη για την προστασία από υπερχειλίση. Οπότε χρησιμοποιείται συντελεστής ίσος με 1.

Υπολογισμός παράγοντα πυροπροστασίας (Fire Protection Credit Factor) (C3)**e. Ανίχνευση Διαρροών**

Λόγω ότι οι ανιχνευτές αερίου έχουν εγκατασταθεί μόνο για συναγερμό και προσδιορίζουν μια ζώνη στην περιοχή της αποθήκευσης, χρησιμοποιούμε πιστωτικό συντελεστή 0,98.

f. Υλικό κατασκευής εξοπλισμού

Όμοια με τη μονάδα υδρογονοαποθείωσης ο συντελεστής που χρησιμοποιούμε είναι 0,95.

g. Εφαρμογή νερού πυρόσβεσης

Δεν υφίσταται οπότε γίνεται χρήση του συντελεστή 0.97.

h. Ιδιαίτερα συστήματα πυρόσβεσης

Δεν χρησιμοποιούνται κάποια ιδιαίτερα συστήματα πυρόσβεσης όπως είναι αυτά με κατασβεστικό υλικό halon, έτσι κάνουμε χρήση του συντελεστή 1.

i. Συστήματα Ψεκασμών (Sprinkler Systems)

Δεν υφίστανται τέτοια συστήματα και συνεπώς υπολογίζουμε συντελεστή 1,00.

j. «Κουρτίνες» Νερού

Υπάρχουν «κουρτίνες» νερού με ένα μονό επίπεδο ακροφυσίων σε μέγιστο υψόμετρο 15 ft (5 m) οπότε υπολογίζουμε συντελεστή 0,98.

k. Συστήματα Αφρού

Δεν υπάρχει καμία εφαρμογή αφρού στην μονάδα μας οπότε χρησιμοποιούμε συντελεστή 0,97.

l. Φορητοί πυροσβεστήρες και απομακρυσμένη παρακολούθηση

Η χρήση φορητών μέσων πυρόσβεσης μας δίνει το δικαίωμα να χρησιμοποιήσουμε έναν συντελεστή 0,98

m. Προστασία καλωδίων

Όμοια με τη μονάδα υδρογονοαποθείωσης ο συντελεστής που χρησιμοποιούμε είναι 0,98 θα μας κάλυπτε.

Ολοκληρώνοντας λαμβάνουμε από μία συνολική τιμή για κάθε κατηγορία από τις τρεις των απωλειών ελέγχου.

Το γινόμενο των $C_1 \times C_2 \times C_3$ αποτελεί τον πιστωτικό παράγοντα ελέγχου απώλειας για τη μονάδα αποθήκευσης πετρελαιοειδών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ–8. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΣΤΙΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΥΔΡΟΓΟΝΟΑΠΟΘΕΙΩΣΗΣ ΝΑΦΘΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ

Για κάθε μία από τις τρεις κατηγορίες χαρακτηριστικών ελέγχου απώλειας (C_1, C_2, C_3) έχουμε πιστωτικούς παράγοντες που μπορούν να βελτιωθούν τόσο στην περίπτωση της μονάδας αποθείωσης νάφθας όσο και στην μονάδα αποθήκευσης προϊόντων πετρελαίου.

Οι βελτιώσεις που θα ήταν δυνατό να εφαρμοστούν για την μείωση της επικινδυνότητας είναι (American Institute of Chemical Engineers, 1994):

1. Παράγοντας ελέγχου διαδικασίας (Process Control Credit Factor) (C_1)

Οι βελτιώσεις σε αυτόν το τομέα αφορούν στη χρήση αδρανούς αερίου, στις οδηγίες λειτουργίας της μονάδας, και στη συνεχή εφαρμογή προγράμματος αναγνώρισης κινδύνων χημικών στις συγκεκριμένες μονάδες και στη βελτίωση της εκτίμησης επικινδυνότητας, και κάνοντας χρήση άλλου τύπου μελέτης ανάλυσης κινδύνων από την HAZOP που χρησιμοποιείται έως σήμερα. Ειδικά για την μονάδα του δεξαμενισμού η μόνη βελτίωση που θεωρούμε ότι θα μπορούσαμε να κάνουμε είναι στην αποχέτευση και την απομάκρυνση υλικού σε περιπτώσεις διαρροής.

- a. Θα μπορούσε λοιπόν να εγκατασταθεί σε συγκεκριμένα σημεία της διεργασίας σύστημα εισαγωγής αδρανούς αερίου με ικανοποιητική και πλήρη ικανότητα που να λειτουργεί αυτόματα για την αδρανοποίηση της μονάδας σε περίπτωση εκδήλωσης διαρροής. Σε αυτήν την περίπτωση θα εκτιμούσαμε έναν πιστωτικό παράγοντα της τάξης του 0,94 για την μονάδα Naphtha.
- b. Βελτίωση των οδηγιών λειτουργίας της μονάδας, καθώς και συνεχής εκπαίδευση του προσωπικού θα μπορούσε να μειώσει τον αντίστοιχο παράγοντα σε τιμή 0,91 για την μονάδα νάφθας και 0,93 για την μονάδα δεξαμενισμού.
- c. Συνεχής εφαρμογή προγράμματος αναγνώρισης κινδύνων και όχι περιστασιακά αλλά θα μπορούσε να μειώσει τον αντίστοιχο παράγοντα

σε τιμή 0,91 για την μονάδα νάφθας και 0,93 για την μονάδα δεξαμενισμού.

- d. Τέλος σύμφωνα με το εγχειρίδιο εφαρμογής του δείκτη DOW F&EI μια μελέτη ποσοτικής εκτίμησης κινδύνου (QRA) δίνει υψηλότερο συντελεστής μείωσης επικινδυνότητας σε σχέση με τη μελέτη HAZOP. Για τον λόγο αυτό θα μπορούσε να εφαρμοστεί συμπληρωματικά με τη μελέτη HAZOP δίνοντας χρήσιμα συμπεράσματα για την επικινδυνότητα κάθε τμήματος της διεργασίας στο προσωπικό της εγκατάστασης και στο πληθυσμό που διαμένει πλησίον της εγκατάστασης. Οπότε ο αντίστοιχος συντελεστής θα βελτιωθεί από 0.91 σε 0.94 και για τις 2 μονάδες.

2. Παράγοντας Απομόνωσης Υλικών (Material Isolation Credit Factor)(C2)

- a. Στην διεργασία έχουμε ένα σύνολο αυτόματων βανών που δίνουν την δυνατότητα απομακρυσμένης χρήσης ώστε να απομονωθεί τμήμα εξοπλισμού στην περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Εάν δημιουργηθεί πρόγραμμα επιθεώρησης και επισκευής των βανών σε τακτικά χρονικά διαστήματα, ακόμα και ετησίως τότε ο παράγοντας πιστωτικού ελέγχου εκτιμάται στο 0,96 από 0,98 που είναι ο τρέχον.
- b. Επόμενη βελτίωση μπορεί να πάρει το σύστημα όταν υπάρχει μια μεγάλη διαρροή. Μια καλή κλίση και επιτρεπτή, της τάξης περίπου του 1%-2%, θα μπορούσε να μας οδηγήσει σε απομάκρυνση της διαρροής μακριά από τον εξοπλισμό και τα δοχεία της διεργασίας. Εναλλακτικά θα πρέπει να υπάρχει ένα άρτιο σύστημα αποχέτευσης με σωστή κλίση που να μπορεί να παραλάβει το 100% της ποσότητας του υλικού του μεγαλύτερου εξοπλισμού συν 10% του επόμενου μεγαλύτερου εξοπλισμού που θα μπορούσε να απελευθερωθεί συν 1 ώρα κατακλυσμού / καταιονισμού νερού κατάσβεσης. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσαμε να εκτιμήσουμε έναν συντελεστή μείωσης της επικινδυνότητας 0,91 για την μονάδα νάφθας και 0,96 για τις δεξαμενές εφόσον έχουμε υπολογίσει ότι δεν υπάρχει καμία αποχέτευση και είχαμε εκτιμήσει πιστωτικό παράγοντα 1 για τον χώρο αποθήκευσης.

3. Fire Protection Credit Factor (C3)

- a. Η τεχνολογία όσον αφορά τα συστήματα πυρασφάλειας την σημερινή εποχή έχει προοδεύσει τόσο που μπορεί πλέον να επέμβει αυτοματοποιημένα σε ένα εξοπλισμό με αξιοπιστία. Στις υπό μελέτη μονάδες υπάρχουν μόνο ανιχνευτές που μπορούν να δώσουν συναγερμό ώστε να ακολουθηθούν ενέργειες αντίδρασης αποτροπής της ανάφλεξης. Στην περίπτωση εγκατάστασης συστημάτων αυτόματης ενεργοποίησης ο σχετικός συντελεστής μείωσης της επικινδυνότητας μειώνεται στο 0,96 για την μονάδα νάφθας και 0,95 για τις δεξαμενές.
- b. Συνεχίζοντας την έρευνα στην τεχνολογία μπορούμε να δούμε εφαρμογές αυτόματων συστημάτων καταιονισμού (sprinkler systems) που μπορούν να τοποθετηθούν σε ευαίσθητο εξοπλισμό και να εκτοξεύσουν νερό ή άλλο υλικό πυρόσβεσης με τέτοιο τρόπο ώστε να καταστείλουν ένα καταστροφικό περιστατικό. Τέτοιος εξοπλισμός στην περίπτωση μας δεν υπάρχει. Η ύπαρξή του κάλλιστα θα μας οδηγούσε σε παράγοντα μείωσης επικινδυνότητας από 0,74 έως 0,97 και ανάλογα την επιφάνεια του κάθε τμήματος πιθανής εμφάνισης περιστατικού, μπορεί να μειωθεί ή να αυξηθεί η απώλεια ελέγχου πιστωτικού παράγοντα και συνεπώς η ζημιά της ιδιοκτησίας.
- c. Ομοίως μπορούν να εγκατασταθούν κουρτίνες νερού για την διακοπή εξάπλωσης ενός αερίου νέφους εντός μίας μονάδας και κατ' επέκταση μετάδοσης ενός καταστροφικού γεγονότος από έναν εξοπλισμό στον επόμενο. Τα εν λόγω συστήματα ενεργοποιούνται σε περίπτωση ανάφλεξης και δημιουργούν ένα τείχος προστασίας περιμετρικά του εξοπλισμού που διαρρέει. Στόχος του συγκεκριμένου εξοπλισμού είναι να αποκόψουν το περιστατικό από τα επόμενα τμήματα της διεργασίας. Ένας παράγοντας μείωσης επικινδυνότητας 0,97 για την μονάδα δεξαμενισμού ή 0,98 για τα τμήματα της μονάδας Naphtha θα υπολογιζόταν από τον υπεύθυνο μελετητή.
- d. Ακολουθώντας τα άνωθεν ερευνούμε και κάποια συστήματα αφρού που βοηθάνε στην καταστολή επικίνδυνων περιστατικών. Ανάλογα εάν αυτά τα συστήματα είναι αυτοματοποιημένα πλήρως ή μερικώς κάνοντας χρήση και φορητών μέσων πυρόσβεσης αφρού μπορούμε να λάβουμε παράγοντα μείωσης επικινδυνότητας από 0,92 έως 0,97

ανάλογα με το διαχωρισμένο τμήμα της μονάδας Naphtha και 0,95 για την μονάδα αποθήκευσης

- e. Ολοκληρώνοντας θα μπορούσαμε με εργασίες βελτιστοποίησης της καλωδιακής υποδομής της μονάδας να μειώναμε τον παράγοντα μείωσης επικινδυνότητας από τον υφιστάμενο 0,98 σε 0,94. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί η καλωδίωση είναι θαμμένη κάτω από το έδαφος σε ανάλογες διαστάσεις τάφρο, τότε οδηγούμαστε στη χρήση πίστωσης 0,94.
- f. Ειδικά στον δεξαμενισμό πετρελαιοειδών θα πρέπει να αναφερθεί ότι εάν γίνει χρήση ενός αυτοματοποιημένου συστήματος ανίχνευσης διαρροής τότε κάλλιστα θα μπορεί να εκτιμηθεί μια μείωση συντελεστή της τάξης του 0,03 δηλαδή από 0,98 σε 0,95.

Συνοπτικά τα βελτιωτικά μέτρα για την μείωση της επικινδυνότητας θα μπορούσαν να καταχωρηθούν στον ακόλουθο πίνακα για την μονάδα Naphtha και των Δεξαμενών αντίστοιχα, παρουσιάζοντας τους παράγοντες μείωσης επικινδυνότητας πριν και μετά την λήψη βελτιωτικών μέτρων. Για την μονάδα Naphtha έχει ληφθεί ένας συνολικός μέσος συντελεστής μείωσης επικινδυνότητας ενώ για την μονάδα των Δεξαμενών ο συντελεστής θεωρείται σταθερός λόγω των πολύ μικρών διακυμάνσεων από Δεξαμενή σε Δεξαμενή.

Process Control Credit Factor (C1)					
Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used	Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used
a. Emergency Power	0.98	0,98	f. InertGas	0.94 to 0.96	0,96
b. Cooling	0.97 to 0.99	0,97	g. Operating Instructions Procedures	0.91 to 0.99	0,93
c. Explosion Control	0.84 to 0.98	0,98	h. Reactive Chemical Review	0.91 to 0.98	0,95
d. Emergency Shutdown	0.96 to 0.99	0,96	i. Other Process Hazard Analysis	0.91 to 0.98	0,94
e. Computer Control	0.93 to 0.99	0,93			
		C1 Value			0,66

Material Isolation Credit Factor (C2)					
Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used	Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used
a. Remote Control Valves	0.96 to 0.98	0,98	c. Drainage	0.91 to 0.97	0,95
b. Dump/Blowdown	0.96 to 0.98	0,96	d. Interlock	0.98	0,98
		C2 Value			0,88

Fire Protection Credit Factor (C3)					
Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used	Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used
a. Leak Detection	0.94 to 0.98	0,98	f. Water Curtains	0.97 to 0.98	1
b. Structural Steel	0.95 to 0.98	0,97	g. Foam	0.92 to 0.97	1
c. Fire Water Supply	0.94 to 0.97	0,94	h. Hand Extinguishers/Monitors	0.93 to 0.98	0,93
d. Special Systems	0.91	0,91	i. Cable Protection	0.94 to 0.98	0,98
e. Sprinkler Systems	0.74 to 0.97	1			
		C3 Value			0,74
Loss Control Credit Factor = C1 X C2 X C3				0,43	

Πίνακας 28: LCCF για την Μονάδα Naphtha πριν ληφθούν βελτιωτικά μέτρα

Process Control Credit Factor (C1)					
Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used	Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used
a. Emergency Power	0.98	0,98	f. InertGas	0.94 to 0.96	0,94
b. Cooling	0.97 to 0.99	0,97	g. Operating Instructions Procedures	0.91 to 0.99	0,91
c. Explosion Control	0.84 to 0.98	0,84	h. Reactive Chemical Review	0.91 to 0.98	0,91
d. Emergency Shutdown	0.96 to 0.99	0,96	i. Other Process Hazard Analysis	0.91 to 0.98	0,91
e. Computer Control	0.93 to 0.99	0,93			
		C1 Value	0,50		
Material Isolation Credit Factor (C2)					
Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used	Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used
a. Remote Control Valves	0.96 to 0.98	0,96	c. Drainage	0.91 to 0.97	0,91
b. Dump/Blowdown	0.96 to 0.98	0,96	d. Interlock	0.98	0,98
		C2 Value	0,82		
Fire Protection Credit Factor (C3)					
Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used	Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used
a. Leak Detection	0.94 to 0.98	0,94	f. Water Curtains	0.97 to 0.98	0,97
b. Structural Steel	0.95 to 0.98	0,95	g. Foam	0.92 to 0.97	0,92
c. Fire Water Supply	0.94 to 0.97	0,94	h. Hand Extinguishers/Monitors	0.93 to 0.98	0,93
d. Special Systems	0.91	0,91	i. Cable Protection	0.94 to 0.98	0,94
e. Sprinkler Systems	0.74 to 0.97	0,74			
		C3 Value	0,44		
Loss Control Credit Factor = C1 X C2 X C3					0,18

Πίνακας 29: LCCF για την Μονάδα Naphtha μετά τη λήψη των μέγιστων βελτιωτικών μέτρων

Process Control Credit Factor (C1)					
Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used	Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used
a. Emergency Power	0.98	0,98	f. InertGas	0.94 to 0.96	0,96
b. Cooling	0.97 to 0.99	0,99	g. Operating Instructions Procedures	0.91 to 0.99	0,95
c. Explosion Control	0.84 to 0.98	1	h. Reactive Chemical Review	0.91 to 0.98	0,95
d. Emergency Shutdown	0.96 to 0.99	0,96	i. Other Process Hazard Analysis	0.91 to 0.98	0,94
e. Computer Control	0.93 to 0.99	0,99			
		C1 Value			0,75

Material Isolation Credit Factor (C2)					
Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used	Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used
a. Remote Control Valves	0.96 to 0.98	0,98	c. Drainage	0.91 to 0.97	0,91
b. Dump/Blowdown	0.96 to 0.98	1	d. Interlock	0.98	1
		C2 Value			0,89

Fire Protection Credit Factor (C3)					
Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used	Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used
a. Leak Detection	0.94 to 0.98	0,98	f. Water Curtains	0.97 to 0.98	0,98
b. Structural Steel	0.95 to 0.98	0,95	g. Foam	0.92 to 0.97	0,97
c. Fire Water Supply	0.94 to 0.97	0,97	h. Hand Extinguishers/Monitors	0.93 to 0.98	0,98
d. Special Systems	0.91	1	i. Cable Protection	0.94 to 0.98	0,98
e. Sprinkler Systems	0.74 to 0.97	1			
		C3 Value			0,82
Loss Control Credit Factor = C1 X C2 X C3					0,55

Πίνακας 30: LCCF για την Μονάδα Δεξαμενών πριν ληφθούν βελτιωτικά μέτρα

Process Control Credit Factor (C1)					
Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used	Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used
a. Emergency Power	0.98	1	f. InertGas	0.94 to 0.96	1
b. Cooling	0.97 to 0.99	0,97	g. Operating Instructions Procedures	0.91 to 0.99	0,93
c. Explosion Control	0.84 to 0.98	0,84	h. Reactive Chemical Review	0.91 to 0.98	0,93
d. Emergency Shutdown	0.96 to 0.99	0,96	i. Other Process Hazard Analysis	0.91 to 0.98	0,94
e. Computer Control	0.93 to 0.99	0,93			
		C1 Value			0,59

Material Isolation Credit Factor (C2)					
Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used	Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used
a. Remote Control Valves	0.96 to 0.98	0,96	c. Drainage	0.91 to 0.97	0,93
b. Dump/Blowdown	0.96 to 0.98	0,96	d. Interlock	0.98	1
		C2 Value			0,86

Fire Protection Credit Factor (C3)					
Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used	Feature	Credit Factor Range	Credit Factor Used
a. Leak Detection	0.94 to 0.98	0,95	f. Water Curtains	0.97 to 0.98	0,97
b. Structural Steel	0.95 to 0.98	0,95	g. Foam	0.92 to 0.97	0,95
c. Fire Water Supply	0.94 to 0.97	0,94	h. Hand Extinguishers/Monitors	0.93 to 0.98	0,93
d. Special Systems	0.91	0,91	i. Cable Protection	0.94 to 0.98	0,94
e. Sprinkler Systems	0.74 to 0.97	0,78			
		C3 Value			0,49
Loss Control Credit Factor = C1 X C2 X C3				0,25	

Πίνακας 31: LCCF για την Μονάδα Δεξαμενών μετά τη λήψη των μέγιστων βελτιωτικών μέτρων

8.1 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΜΟΝΑΔΑ ΝΑΡΗΤΗΑ ΗΔΣ

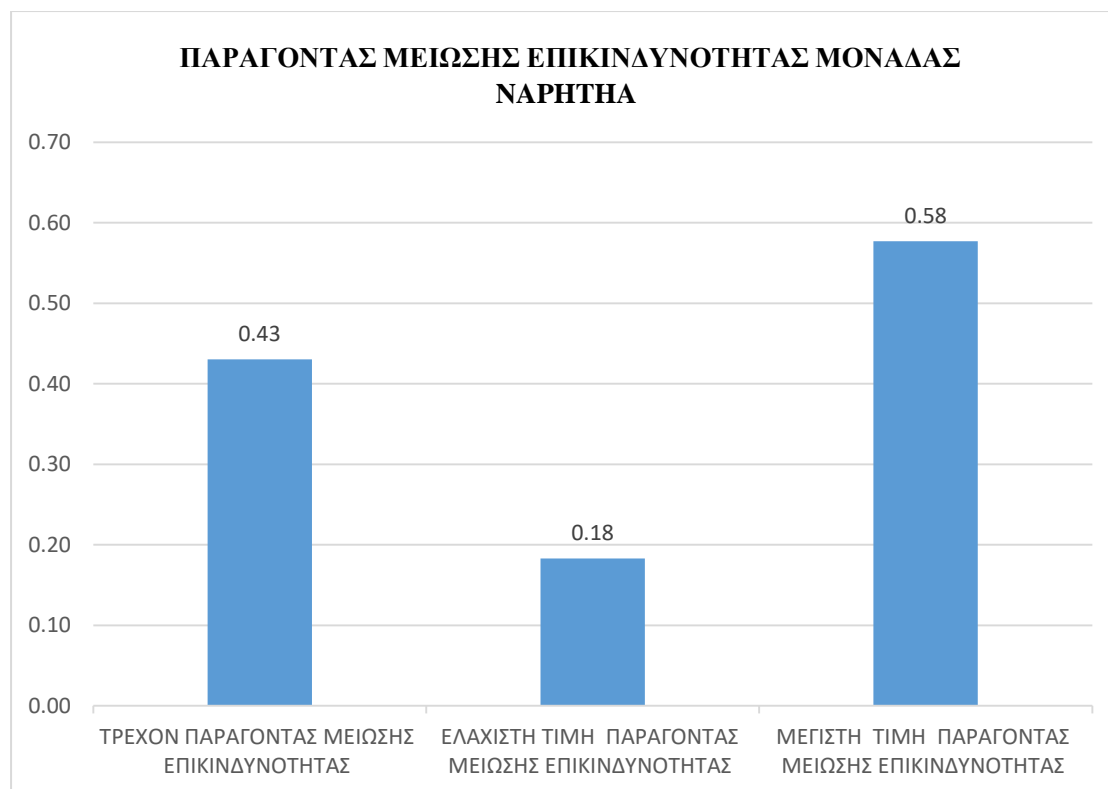
Από όλη την παραπάνω ανάλυση είναι φανερό ότι οι μονάδες επεξεργασίας αλλά και αποθήκευσης είναι δυνατό να παρουσιάζουν ελλείψεις που μπορούν εν δυνάμει να οδηγήσουν σε επικίνδυνα περιστατικά όπως είναι μια πυρκαγιά, μία έκρηξη.

Αμέσως κάτωθι παρουσιάζονται πίνακες με τον ελάχιστο παράγοντα μείωσης της επικινδυνότητας ελέγχου απώλειας, τον μέγιστο παράγοντα μείωσης της επικινδυνότητας ελέγχου απώλειας και τί πραγματικά ισχύει υπό τις παρούσες συνθήκες για την μονάδα αποθείωσης νάφθας.

Ανάλογα με το μέγεθος του πιστωτικού παράγοντα ελέγχου απώλειας η μέγιστη πιθανή ζημιά ιδιοκτησία αυξάνει ή μειώνεται.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΝΑΡΗΤΗΑ	ΤΙΜΕΣ
ΤΡΕΧΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ	0,43
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ	0,18
ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ	0,58

Πίνακας 32: Ελάχιστες, Μέγιστες και Τρέχουσες Τιμές Πιστωτικού παράγοντα ελέγχου απώλειας για μονάδα Naphtha

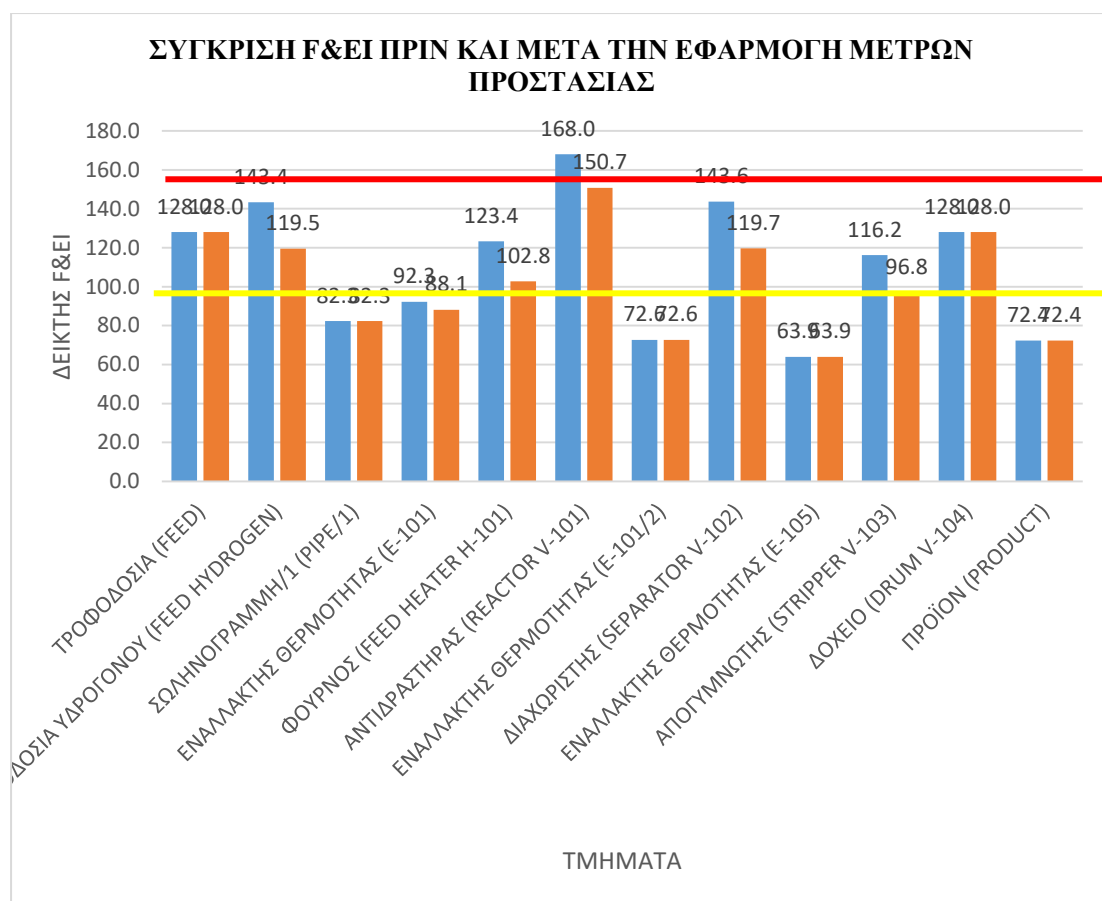


Διάγραμμα 31: Ελάχιστες, Μέγιστες και Τρέχουσες Τιμές Πιστωτικού παράγοντα ελέγχου απώλειας για μονάδα Naphtha σχηματικά

Παρατηρούμε δηλαδή ξεκάθαρα ότι λαμβάνοντας επιπλέον μέτρα είτε κυρίως με την ενίσχυση του υφιστάμενου μηχανολογικού εξοπλισμού της μονάδας είτε με την επικαιροποίηση των διαδικασιών λειτουργίας η επικινδυνότητα μειώνεται.

Η επιτυχής μείωση του συνολικού πιστωτικού παράγοντα ελέγχου απώλειας θα μας οδηγήσει αντίστοιχα στην μείωση της μέγιστης πιθανής ζημιάς ιδιοκτησίας ενώ η μείωση επικινδυνότητας μιας μονάδας περιγράφεται ξεκάθαρα και από την μείωση του δείκτη πυρκαγιάς και έκρηξης (DOW F&EI).

Από το ακόλουθο διάγραμμα 32 παρατηρείται η μείωση του δείκτη DOW F&EI μετά την λήψη βελτιωτικών μέτρων.



Διάγραμμα 32: Σύγκριση F&EI Πριν και Μετά την Εφαρμογή Μέτρων Προστασίας – Μπάρες Ορίων Επικινδυνότητας

8.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΤΡΩΝ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ - ΜΟΝΑΔΑ ΝΑΡΗΤΗΑ HDS

Η εκδήλωση ενός καταστροφικού συμβάντος στην υπό εξέταση μονάδα αποθείωσης νάφθας επιφέρει πολύ σοβαρές οικονομικές επιπτώσεις στην επιχείρηση, τόσο εξαιτίας της καταστροφής εξοπλισμού όσο και εξαιτίας της διακοπής λειτουργίας της μονάδας. Η περιοχή που επηρεάζεται και εκτίθεται στο συμβάν έχει οικονομική αξία. Η αξία της περιοχής έκθεσης προκύπτει από την τιμή αντικατάστασης του κατεστραμμένου εξοπλισμού που περιέχεται σε αυτήν, συμπεριλαμβανομένου του αποθέματος του υλικού (American Institute of Chemical Engineers, 1994).

Δηλαδή,

Τιμή αντικατάστασης = Αρχικό κόστος X 0,82 X Συντελεστής κλιμάκωσης
Ο συντελεστής 0,82 είναι μια αποζημίωση για στοιχεία κόστους που δεν υπόκεινται σε απώλεια ή αντικατάσταση, όπως η προετοιμασία του χώρου, δρόμοι, υπόγειες γραμμές και θεμέλια, μηχανικά έξοδα κ.λπ. Αυτός ο παράγοντας μπορεί να αλλάξει εάν υπάρχει ακριβέστερη εκτίμηση.

Ο συντελεστής κλιμάκωσης καθορίζεται από την εμπειρία της ομάδας εκτίμησης της ζημιάς και την γνώση της παρούσας οικονομικής αξίας του εξοπλισμού που καταστράφηκε (American Institute of Chemical Engineers, 1994).

Στην συγκεκριμένη περίπτωση υπολογίζοντας ότι το κόστος της μονάδας το 1995 ήταν €30MM και το 2020 €50MM, ο συντελεστής κλιμάκωσης εκτιμήθηκε σε 1,67.

Με βάση τα παραπάνω υπολογίζεται η τιμή της βασικής μέγιστης πιθανής ζημιάς ιδιοκτησίας (MPPD) για κάθε μονάδα επεξεργασίας πολλαπλασιάζοντας την τιμή της επιφάνειας που εκτίθεται επί τον παράγοντα βλάβης (DF-Damage Factor) όπως παρουσιάζεται στην ακόλουθη εξίσωση (American Institute of Chemical Engineers, 1994):

$$\text{BASE MPPD} = \text{VALUE OF AREA} \times \text{DAMAGE FACTOR}$$

Ο παράγοντας βλάβης (DF) προσδιορίζεται από τον παράγοντα κινδύνου μονάδας επεξεργασίας (F3) και τον συντελεστή υλικών (MF) με τη χρήση του σχήματος 8 της σελίδας 53 της παρούσης μελέτης.

Ο παράγοντας βλάβης (DF) αντιπροσωπεύει τη συνολική επίδραση της πυρκαγιάς και της ζημιάς από έκρηξη που προκύπτει από την απελευθέρωση καυσίμου ή ενέργειας από μια μονάδα διεργασίας.

Η Βασική Μέγιστη Πιθανή Ζημιά Ιδιοκτησίας για κάθε τμήμα της μονάδας νάφθας παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί

ΤΜΗΜΑ	F&EI	ΕΠΙΦ ΕΚΘ. (m ²)	F3	ΣΥΝΤΕΛ ΖΗΜ.	ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€Μ)	ΔΕΙΞΙΑ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ (€Μ)	ΒΑΣΙΚΗ MPPD (€Μ)
ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ (FEED)	128,0	3.374	8,00	0,67	23,6	32,3	21,7
ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ (FEED HYDROGEN)	143,4	4.233	6,83	0,81	29,6	40,5	32,9
ΣΩΛΗΝΟΓΡΑΜΜΗ/1 (PIPE/1)	82,3	1.394	3,92	0,66	9,8	13,3	8,8
ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E- 101)	92,3	1.753	4,39	0,69	12,3	16,8	11,6
ΦΟΥΡΝΟΣ (FEED HEATER H-101)	123,4	3.133	5,87	0,78	21,9	30,0	23,3
ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ (REACTOR V-101)	168,0	5.812	8,00	0,83	40,7	55,6	46,1
ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E- 101/2)	72,6	1.086	3,46	0,62	7,6	10,4	6,5
ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΣ (SEPARATOR V-102)	143,6	4.247	6,84	0,81	29,7	40,6	33,0
ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E- 105)	63,9	841	3,99	0,46	5,9	8,1	3,7
ΑΠΟΓΥΜΝΩΤΗΣ (STRIPPER V-103)	116,2	2.779	7,26	0,65	19,5	26,6	17,2
ΔΟΧΕΙΟ (DRUM V- 104)	128,0	3.374	8,00	0,67	23,6	32,3	21,7
ΠΡΟΪΟΝ (PRODUCT)	72,4	1.079	4,52	0,49	7,6	10,3	5,1

Πίνακας 33: Βασική Μέγιστη Πιθανή Ζημιά Ιδιοκτησίας σε €Μ

Στο κεφάλαιο 6 έχει γίνει πλήρη αναφορά για τον υπολογισμό του παράγοντα μείωσης της επικινδυνότητας για τη μονάδα επεξεργασίας (CF) από τον πολλαπλασιασμό των πιστωτικών παραγόντων C_1 , C_2 , C_3 . Πολλαπλασιάζοντας τον εν λόγω πιστωτικό παράγοντα με την βασική πιθανή ζημιά ιδιοκτησίας (MPPD) υπολογίζεται η πραγματική πιθανή ζημιά ιδιοκτησίας (Actual MPPD) και στην περίπτωση της μονάδας Naphtha παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα.

A/A	ΤΜΗΜΑ	ΒΑΣΙΚΗ MPPD (€Μ)	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ MPPD (€Μ)
1	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ (FEED)	21,7	10,2
2	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ (FEED HYDROGEN)	32,9	15,1
3	ΣΩΛΗΝΟΓΡΑΜΜΗ/1 (PIPE/1)	8,8	4,1
4	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E- 101)	11,6	5,6
5	ΦΟΥΡΝΟΣ (FEED HEATER H-101)	23,3	10,0
6	ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ (REACTOR V-101)	46,1	21,1
7	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E- 101/2)	6,5	2,9
8	ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΣ (SEPARATOR V-102)	33,0	14,2
9	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E- 105)	3,7	1,7
10	ΑΠΟΓΥΜΝΩΤΗΣ (STRIPPER V-103)	17,2	7,4
11	ΔΟΧΕΙΟ (DRUM V-104)	21,7	9,4
12	ΠΡΟΪΟΝ (PRODUCT)	5,1	2,2

Πίνακας 34: Πραγματική Πιθανή Ζημιά Ιδιοκτησίας

Συνεχίζοντας την μελέτη στις οικονομικές απώλειες, η εκτίμηση της Μέγιστης Πιθανής Ημερήσιας Διακοπής (MPDO) είναι ένα απαραίτητο βήμα για την εκτίμηση της πιθανής Διακοπής των Λειτουργίας (BI – Business Interruption) από ένα συμβάν απώλειας (American Institute of Chemical Engineers, 1994). Ο οικονομικός αντίκτυπος της επιχειρηματικής διακοπής μπορεί συχνά να είναι ίσος ή μεγαλύτερος από εκείνον της ζημίας ιδιοκτησίας, ανάλογα με τα επίπεδα αποθέματος και τη ζήτηση προϊόντων. Ένας αριθμός διαφορετικών συνθηκών μπορεί να προκαλέσει διαφορές στη σχέση του MPDO με τη ζημία ιδιοκτησίας.

Κάνοντας λοιπόν χρήση του Πραγματικού MPDD και του γραφήματος στο εγχειρίδιο DOW (American Institute of Chemical Engineers, 1994:55) υπολογίζεται η μέγιστη ημερήσια πιθανή διακοπή και παρουσιάζεται στον πίνακα 35 για κάθε τμήμα της διεργασίας.

A/A	ΤΜΗΜΑ	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ MPPD (€M)	MPDO (DAYS)
1	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ (FEED)	10,2	143
2	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ (FEED HYDROGEN)	15,1	180
3	ΣΩΛΗΝΟΓΡΑΜΜΗ/1 (PIPE/1)	4,1	83
4	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-101)	5,6	100
5	ΦΟΥΡΝΟΣ (FEED HEATER H-101)	10,0	141
6	ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ (REACTOR V-101)	21,1	220
7	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-101/2)	2,9	67
8	ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΣ (SEPARATOR V-102)	14,2	174
9	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-105)	1,7	48
10	ΑΠΟΓΥΜΝΩΤΗΣ (STRIPPER V-103)	7,4	118
11	ΔΟΧΕΙΟ (DRUM V-104)	9,4	135
12	ΠΡΟΪΟΝ (PRODUCT)	2,2	57

Πίνακας 35: Μέγιστη ημερήσια πιθανή διακοπή

Ολοκληρώνοντας υπολογίζεται το κόστος σε € της διακοπής λειτουργίας της μονάδας δια μέσου του MPDO που μόλις υπολογίστηκε (BI).

Το BI υπολογίζεται από τον εξής τύπο: $BI = (MPDO/30) * VPM * 0,70$ (American Institute of Chemical Engineers, 1994)

Το VPM είναι η αξία παραγωγής για το μήνα και το 0,70 αντιπροσωπεύει το σταθερό κόστος συν τα κέρδη. Για την συγκεκριμένη μονάδα υποθέσαμε αξία παραγωγής μηνός περίπου €0,88M. Ο πίνακας 36 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της ζημιάς της επιχείρησης λόγω διακοπής λειτουργίας ανάλογα με το τμήμα της μονάδας που καταστρέφεται.

A/A	ΤΜΗΜΑ	MPDO (DAYS)	ΚΟΣΤΟΣ ΛΟΓΩ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (BI) (€M)
1	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ (FEED)	143	3,0
2	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ (FEED HYDROGEN)	180	3,7
3	ΣΩΛΗΝΟΓΡΑΜΜΗ/1 (PIPE/1)	83	1,7
4	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-101)	100	2,1
5	ΦΟΥΡΝΟΣ (FEED HEATER H-101)	141	2,9
6	ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ (REACTOR V- 101)	220	4,5
7	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-101/2)	67	1,4
8	ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΣ (SEPARATOR V- 102)	174	3,6
9	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-105)	48	1,0
10	ΑΠΟΓΥΜΝΩΤΗΣ (STRIPPER V- 103)	118	2,4
11	ΔΟΧΕΙΟ (DRUM V-104)	135	2,8
12	ΠΡΟΪΟΝ (PRODUCT)	57	1,2

Πίνακας 36: Κόστος Λόγω Διακοπής Λειτουργίας (BI) (€M)

Προσθέτοντας τα κόστη λόγω της ζημιάς του εξοπλισμού και της διακοπής της λειτουργίας της μονάδας έχουμε την ολική ζημία λόγω ενός καταστροφικού συμβάντος

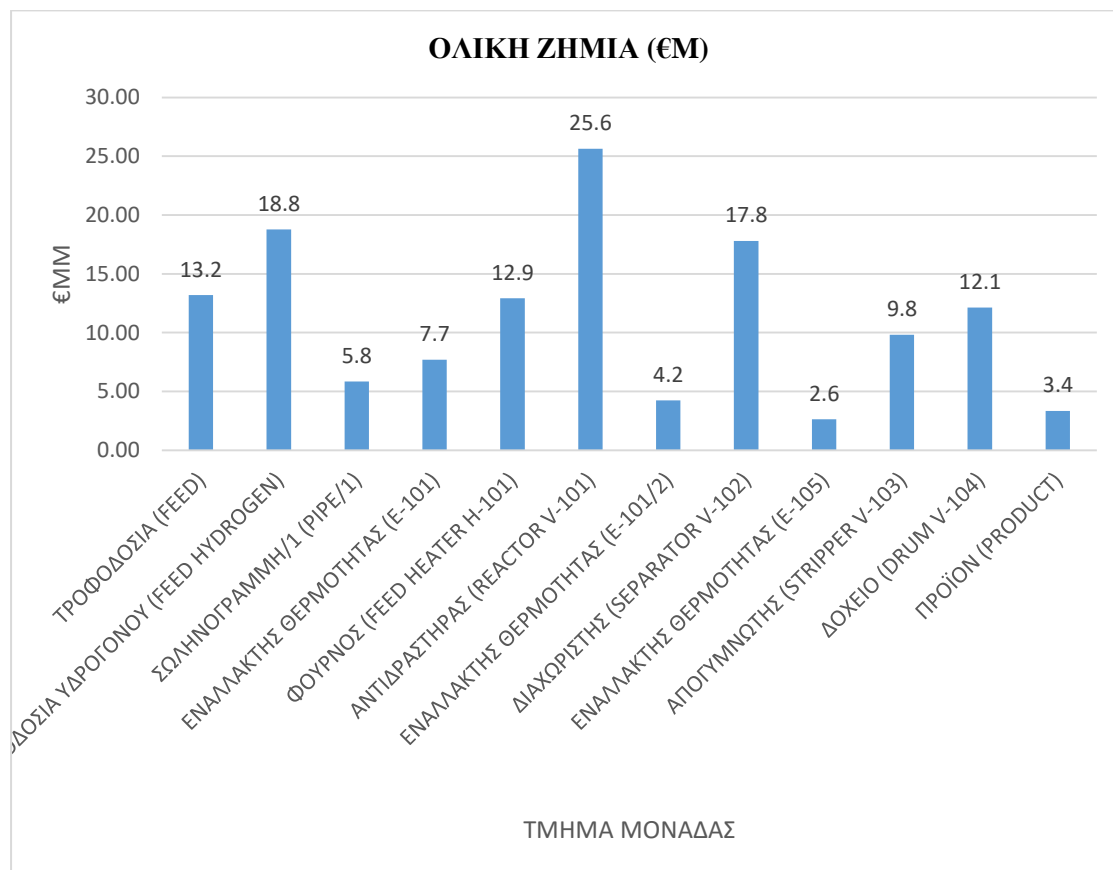
ανάλογα του τμήματος της μονάδας που εκδηλώνεται αυτό. Ο πίνακας 37 παρουσιάζει τα ολικά κόστη ανά τμήμα της μονάδας.

A/A	ΤΜΗΜΑ	ΟΛΙΚΗ ΖΗΜΙΑ (€M)
1	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ (FEED)	13,2
2	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ (FEED HYDROGEN)	18,8
3	ΣΩΛΗΝΟΓΡΑΜΜΗ/1 (PIPE/1)	5,8
4	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-101)	7,7
5	ΦΟΥΡΝΟΣ (FEED HEATER H-101)	12,9
6	ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ (REACTOR V-101)	25,6
7	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-101/2)	4,2
8	ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΣ (SEPARATOR V-102)	17,8
9	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-105)	2,6
10	ΑΠΟΓΥΜΝΩΤΗΣ (STRIPPER V-103)	9,8
11	ΔΟΧΕΙΟ (DRUM V-104)	12,1
12	ΠΡΟΪΟΝ (PRODUCT)	3,4

Πίνακας 37: Ολική ζημία ανά τμήμα μονάδας

Συμπερασματικά από όλη την ανωτέρα ανάλυση παρατηρείται ότι η πιο επικίνδυνη περιοχή εκδήλωση επικίνδυνου συμβάντος είναι αυτή του αντιδραστήρα και η οποία

προκαλεί το μεγαλύτερο οικονομικό αντίκτυπο στην επιχείρηση με ολική ζημία της τάξης των €25,6Μ



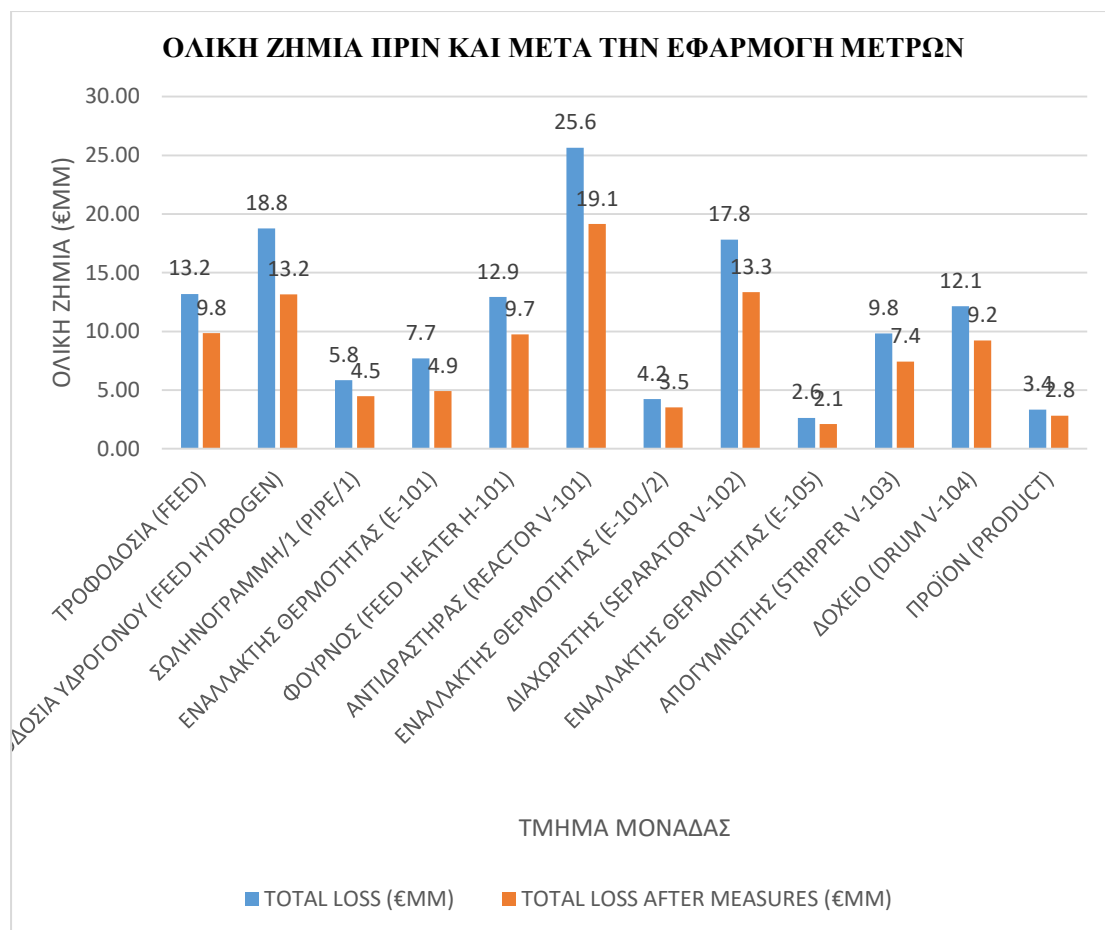
Διάγραμμα 33: Ολική Ζημία ανά Τμήμα Μονάδας

Μια εγκατάσταση λαμβάνει μέτρα όπως αυτά που προτάθηκαν στην πρώτη παράγραφο του κεφαλαίου 8, για να μειώσει την πιθανότητα πρόκλησης καταστροφικού συμβάντος και να μετριάσει τις επιπτώσεις του οικονομικές και μη. Με την εφαρμογή αυτών των μέτρων η ολική ζημία της εγκατάστασης μειώνεται αρκετά και εμφανίζονται στον πίνακα της επόμενης σελίδας.

A/A	ΤΜΗΜΑ	ΟΛΙΚΗ ΖΗΜΙΑ (€Μ)	ΟΛΙΚΗ ΖΗΜΙΑ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΤΡΩΝ (€Μ)	ΜΕΙΩΣΗ
1	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ (FEED)	13,2	9,8	25%
2	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ (FEED HYDROGEN)	18,8	13,2	30%
3	ΣΩΛΗΝΟΓΡΑΜΜΗ/1 (PIPE/1)	5,8	4,5	23%
4	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-101)	7,7	4,9	36%
5	ΦΟΥΡΝΟΣ (FEED HEATER H-101)	12,9	9,7	25%
6	ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑΣ (REACTOR V-101)	25,6	19,2	25%
7	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-101/2)	4,2	3,5	17%
8	ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΣ (SEPARATOR V-102)	17,8	13,3	25%
9	ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (E-105)	2,6	2,1	20%
10	ΑΠΟΓΥΜΝΩΤΗΣ (STRIPPER V-103)	9,8	7,4	25%
11	ΔΟΧΕΙΟ (DRUM V-104)	12,1	9,2	24%
12	ΠΡΟΪΟΝ (PRODUCT)	3,4	2,8	16%

Πίνακας 38: Ολική Ζημία μετά την Εφαρμογή Μέτρων

Φαίνεται ξεκάθαρα ότι υπάρχει μείωση της ολικής ζημίας από 16% έως 36% και συγκεκριμένα για την πιο επικίνδυνη περιοχή του αντιδραστήρα η ολική ζημία των €25,6Μ μειώνεται κατά 25% και η ολική ζημία διαμορφώνεται στα €19,2Μ.



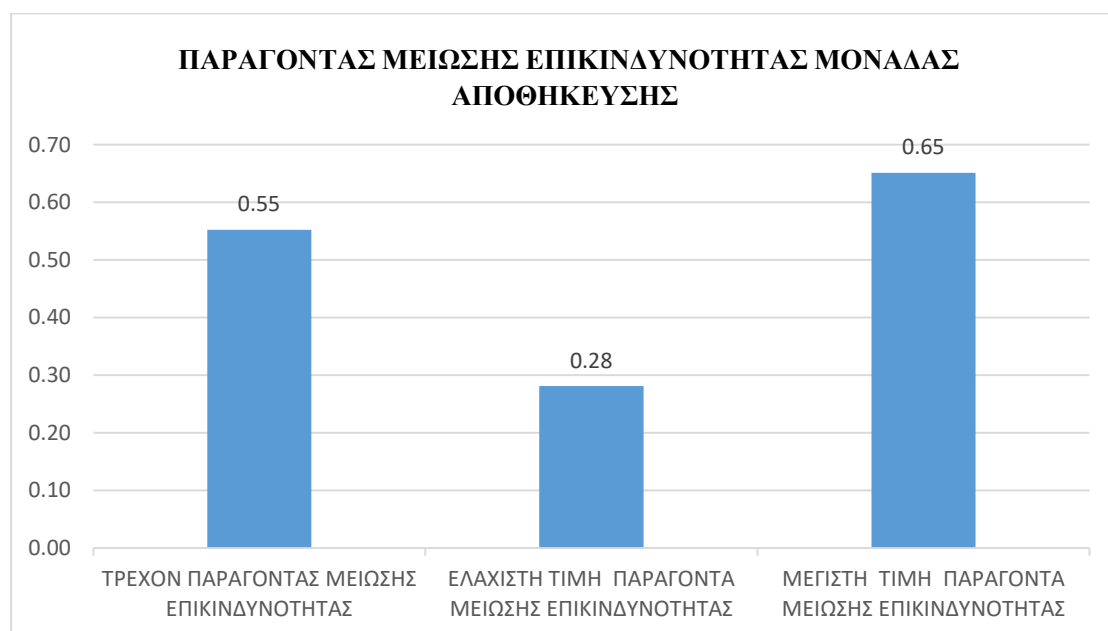
Διάγραμμα 34: Ολική Ζημία πριν και μετά την Εφαρμογή Μέτρων ανά Τμήμα Μονάδας

8.3 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Σε αναλογία των υπολογισμών στην μονάδα νάφθας υπολογίζεται αντίστοιχος πιστωτικός συντελεστής απωλειών μέγιστης, ελάχιστης και τρεχουσών συνθηκών και παραθέτονται αμέσως κάτωθι.

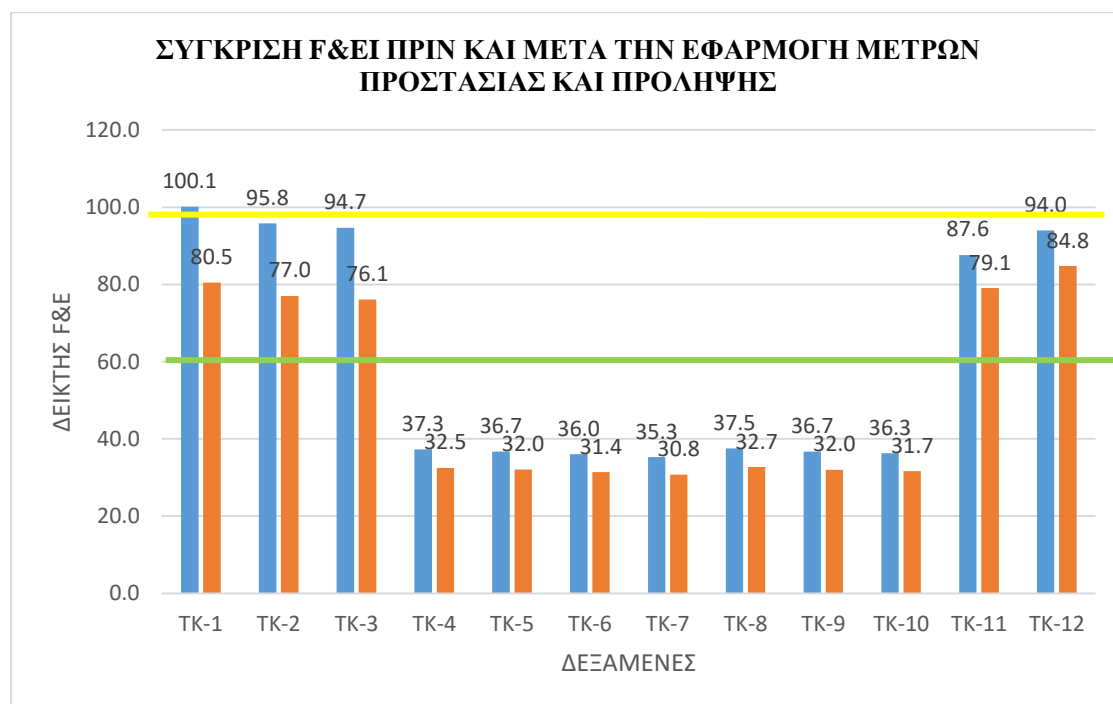
ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	ΤΙΜΕΣ
ΤΡΕΧΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ	0,55
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ	0,28
ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ	0,65

Πίνακας 39: Ελάχιστες, Μέγιστες και Τρέχουσες Τιμές Παράγοντα Μείωσης Επικινδυνότητας για μονάδα αποθήκευσης



Διάγραμμα 35: Ελάχιστες, Μέγιστες και Τρέχουσες Τιμές Παράγοντα Μείωσης Επικινδυνότητας για μονάδα αποθήκευσης (σχηματικά)

Είναι ξεκάθαρο βέβαια ότι ο στόχος του μελετητή είναι η μείωση του παράγοντα που συνεπάγεται και μείωση της πιθανότητας ενός καταστροφικού συμβάντος αλλά και την μείωση των επιπτώσεων εάν γίνει αυτό γεγονός. Η μείωση του δείκτη DOW F&EI όπως φαίνεται στο ακόλουθο διάγραμμα περιγράφει την μείωση επικινδυνότητας.



Διάγραμμα 36: Σύγκριση DOE F&EI πριν και μετά την εφαρμογή μέτρων Προστασίας και Πρόληψης

8.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΤΡΩΝ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ – ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Σε αναλογία με την μελέτη υπολογισμού των οικονομικών επιπτώσεων στην μονάδα νάφθας, έγινε παρόμοια μελέτη υπολογισμού για την μονάδα δεξαμενών αποθήκευσης προϊόντων ενός δυλιστηρίου.

Με την ίδια ακριβώς μεθοδολογία υπολογίστηκε η Βασική Μέγιστη Πιθανή Ζημιά Ιδιοκτησίας, η πραγματική πιθανή ζημιά ιδιοκτησίας, η εκτίμηση της Μέγιστης Πιθανής Ημερήσιας Διακοπής, το κόστος σε € της διακοπής λειτουργίας της μονάδας

δια μέσου του MPDO και τέλος την ολική ζημία της επιχείρησης πριν και μετά την εφαρμογή μέτρων αποτροπής εκδήλωσης καταστροφικού συμβάντος.

Αναλόγως έχουν εκτιμηθεί και συντελεστής κλιμάκωσης 1,4 ενώ η συνολική αξία των προϊόντων που είναι αποθηκευμένα στις δεξαμενές φτάνει στο ποσό των €146.682 (Γενική Γραμματεία Εμπορίου & Προστασίας Καταναλωτή, n.d.)

A/A	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΚΟΣΤΟΣ (€/m ³)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€)
1	TK-1	1,2	57.695
2	TK-2	1,2	17.883
3	TK-3	1,2	5.828
4	TK-4	0,9	17.119
5	TK-5	0,9	8.898
6	TK-6	0,9	3.342
7	TK-7	0,9	820
8	TK-8	0,5	9.826
9	TK-9	0,5	3.838
10	TK-10	0,5	2.256
11	TK-11	0,3	2.220
12	TK-12	0,3	16.955
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ			146.682

Πίνακας 40: Συνολική Αξία Προϊόντων

Συνεπώς κατά αντιστοιχία με την μελέτη οικονομικών επιπτώσεων της μονάδας Naphtha HDS λαμβάνονται τα ακόλουθα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στους πίνακες 41- 44 :

ΤΜΗΜ.	DOW F&EI	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΕΚΘΕΣΗΣ (m ²)	F3	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΖΗΜΙΑΣ	ΑΡΧΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€Μ)	ΑΞΙΑ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΕΚΘΕΣΗΣ (€Μ)	ΒΑΣΙΚΟ ΜΡΡD (€Μ)
TK-1	100,1	2.065	6,26	0,60	14,5	16,6	9,9
TK-2	95,8	1.891	5,99	0,58	13,2	15,2	8,9
TK-3	94,7	1.846	5,92	0,58	12,9	14,8	8,6
TK-4	37,3	286	3,73	0,17	2,0	2,3	0,4
TK-5	36,7	278	3,67	0,17	1,9	2,2	0,4
TK-6	36,0	268	3,60	0,17	1,9	2,2	0,4
TK-7	35,3	256	3,53	0,17	1,8	2,1	0,4
TK-8	37,5	290	3,75	0,18	2,0	2,3	0,4
TK-9	36,7	278	3,67	0,17	1,9	2,2	0,4
TK-10	36,3	272	3,63	0,17	1,9	2,2	0,4
TK-11	54,8	618	5,48	0,55	4,3	5,0	2,7
TK-12	58,7	711	5,88	0,57	5,0	5,7	3,3

Πίνακας 41: Βασική Μέγιστη Πιθανή Ζημιά Ιδιοκτησίας σε €Μ - Μονάδα Αποθήκευσης

ΤΜΗΜΑ	ΒΑΣΙΚΟ MPPD (€M)	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ MPPD (€M)
TK-1	9,9	5,8
TK-2	8,9	5,2
TK-3	8,6	5,0
TK-4	0,4	0,2
TK-5	0,4	0,2
TK-6	0,4	0,2
TK-7	0,4	0,2
TK-8	0,4	0,2
TK-9	0,4	0,2
TK-10	0,4	0,2
TK-11	2,7	1,6
TK-12	3,3	1,9

Πίνακας 42: Πραγματική Πιθανή Ζημιά Ιδιοκτησίας - Μονάδα Αποθήκευσης

ΤΜΗΜΑ	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ MPPD (€M)	MPDO (DAYS)
TK-1	5,8	102
TK-2	5,2	95
TK-3	5,0	93
TK-4	0,2	15
TK-5	0,2	15
TK-6	0,2	14
TK-7	0,2	14
TK-8	0,2	15
TK-9	0,2	15
TK-10	0,2	14
TK-11	1,6	47
TK-12	1,9	52

Πίνακας 43: Μέγιστη ημερήσια πιθανή διακοπή - Μονάδα Αποθήκευσης

ΤΜΗΜΑ	MPDO (ΗΜΕΡΕΣ)	ΚΟΣΤΟΣ ΛΟΓΩ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ (BI) (€Μ)
TK-1	102	0,3
TK-2	95	0,3
TK-3	93	0,3
TK-4	15	0,1
TK-5	15	0,1
TK-6	14	0,0
TK-7	14	0,0
TK-8	15	0,1
TK-9	15	0,1
TK-10	14	0,0
TK-11	47	0,2
TK-12	52	0,2

Πίνακας 44: Κόστος Λόγω Διακοπής Λειτουργίας (BI) (€Μ) - Μονάδα Αποθήκευσης

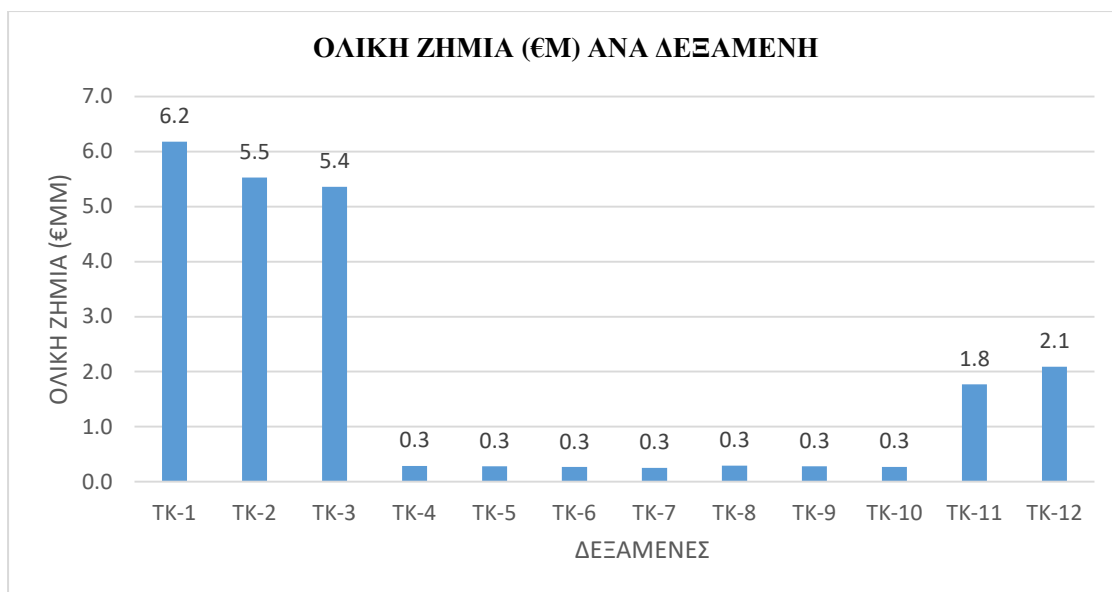
Προσθέτοντας ομοίως και εδώ τα κόστη λόγω της ζημιάς του εξοπλισμού και της διακοπής της λειτουργίας της μονάδας έχουμε την ολική ζημία λόγω ενός καταστροφικού συμβάντος ανάλογα του τμήματος της μονάδας που εκδηλώνεται αυτό.

Ο πίνακας 45 στην επόμενη σελίδα παρουσιάζει τα ολικά κόστη ανά δεξαμενή της μονάδας αποθήκευσης.

ΤΜΗΜΑ	ΟΛΙΚΗ ΖΗΜΙΑ (€ΜΜ)
TK-1	6,2
TK-2	5,5
TK-3	5,4
TK-4	0,3
TK-5	0,3
TK-6	0,3
TK-7	0,3
TK-8	0,3
TK-9	0,3
TK-10	0,3
TK-11	1,8
TK-12	2,1

Πίνακας 45: Ολική ζημία ανά δεξαμενή - Μονάδας Αποθήκευσης

Η πιο επικίνδυνη δεξαμενή εκδήλωση επικίνδυνου συμβάντος είναι η TK-1 με μάζα 36.699tn αμόλυβδη βενζίνη η οποία θα μπορούσε δυνητικά να προκαλέσει ολική ζημία ύψους €6,2Μ.



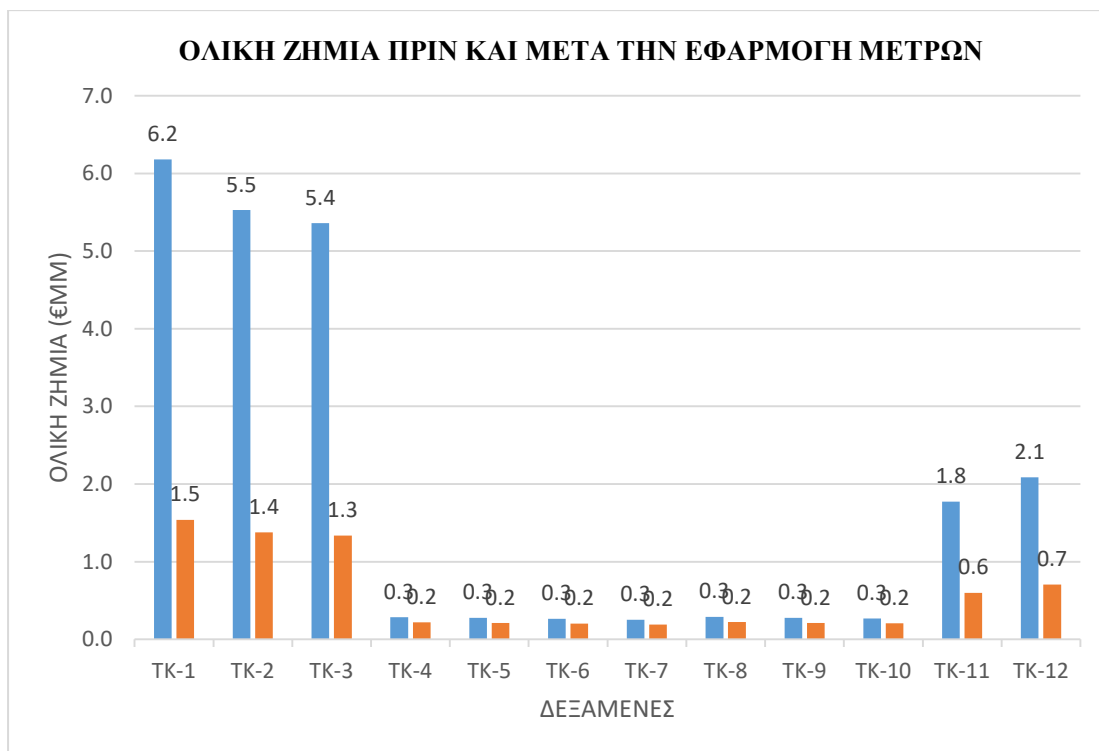
Διάγραμμα 37: Ολική Ζημία Ανά Δεξαμενή

Εφαρμόζοντας και εδώ μέτρα σύμφωνα με τις προτάσεις της αρχικής παραγράφου του κεφαλαίου 8 η ολική ζημία μειώνεται όπως παρουσιάζεται στην πίνακα 46:

ΤΜΗΜΑ	ΟΛΙΚΗ ΖΗΜΙΑ (€ΜΜ)	ΟΛΙΚΗ ΖΗΜΙΑ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΤΡΩΝ (€ΜΜ)	ΜΕΙΩΣΗ
TK-1	6,2	1,5	75%
TK-2	5,5	1,4	75%
TK-3	5,4	1,3	75%
TK-4	0,3	0,2	24%
TK-5	0,3	0,2	24%
TK-6	0,3	0,2	24%
TK-7	0,3	0,2	24%
TK-8	0,3	0,2	24%
TK-9	0,3	0,2	24%
TK-10	0,3	0,2	24%
TK-11	1,8	0,6	66%
TK-12	2,1	0,7	66%

Πίνακας 46: Ολική Ζημία μετά την Εφαρμογή Μέτρων - Μονάδα Αποθήκευσης

Παρατηρούμε πολύ μεγάλη μείωση της ολικής ζημίας από 24% έως 75% και συγκεκριμένα για την πιο επικίνδυνη περιοχή της δεξαμενής TK-1 η ολική ζημία των €6,2M μειώνεται κατά 75% και η ολική ζημία διαμορφώνεται στα €1,5M.



Διάγραμμα 38: Ολική Ζημία και μετά την Εφαρμογή Μέτρων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ-9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα μελέτη έδειξε τις δυνατότητες που έχει η εφαρμογή της μεθοδολογίας του δείκτη DOW F&EI για την ταξινόμηση της επικινδυνότητας για μία μονάδα υδρογόνο-αποθείωσης νάφθας και μία εγκατάσταση δεξαμενισμού πετρελαιοειδών.

Από τη μελέτη εκτιμήθηκε συγκριτικά η επικινδυνότητα κάθε τμήματος των διεργασιών και προτάθηκαν μέτρα για τη μείωσή της στα αποδεκτά επίπεδα, βάσει την ταξινόμησης κινδύνου της ίδιας της μεθοδολογίας.

Αναφορικά με τη μονάδα Naphtha τα τμήματα που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής κατά το σχεδιασμό και τη λειτουργία είναι τα τμήματα του καταλυτικού αντιδραστήρα, του συστήματος παροχής υδρογόνου, του διαχωριστή υψηλής πίεσης και του κλιβάνου. Για τα τμήματα αυτά προτάθηκαν μέτρα για τη μείωση της επικινδυνότητας στα αποδεκτά επίπεδα καθώς ο σχεδιασμός στα τρία πρώτα έδειχνε υψηλή επικινδυνότητα. Αυτή σχετίζεται κυρίως με τις συνθήκες λειτουργίας (πίεση και θερμοκρασία) και τις ουσίες που διαχειρίζονται τα τμήματα (υδρογόνο και νάφθα)

Αντίστοιχα στα τμήματα δεξαμενισμού πετρελαιοειδών η επικινδυνότητα ήταν σημαντικά χαμηλότερη από αυτή της μονάδα Naphtha και σχετίζεται με τις μεγάλες ποσότητες υδρογονανθράκων που είναι αποθηκευμένες στις δεξαμενές. Μάλιστα βρέθηκε και συσχέτιση μεταξύ της αποθηκευμένης ποσότητας και της επικινδυνότητας κάθε δεξαμενής. Από την ανάλυση προέκυψε ότι η επικινδυνότητα αυξάνει με την πτητικότητα του προϊόντος.

Με τη μεθοδολογία εκτιμήθηκε η ζώνη των μεγαλύτερων επιπτώσεων καθώς και το κόστος αποκατάστασης της λειτουργίας και έγινε φανερό στα σημεία που θα πρέπει να δοθεί προτεραιότητα.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η μεθοδολογία DOW F&EI είναι μία μεθοδολογία που παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα στη χρήση της και είναι δυνατό από τη στιγμή που αναπτυχθεί κατάλληλα (δημιουργία λογισμικού) σε μία εγκατάσταση μπορεί εύκολα να βοηθήσει στην ιεράρχηση της επικινδυνότητας των διαφόρων τμημάτων αυτής.

Η εφαρμογή της είναι δυνατό να οδηγήσει σε σημαντική μείωση του κόστους και του χρόνου υλοποίησης άλλων ποσοτικών μελετών ανάλυσης επικινδυνότητας

μεγαλύτερης ακρίβειας, όπως οι μελέτες Ποσοτικής Εκτίμησης Επικινδυνότητας, (Quantitative Risk Analysis QRA), με την εφαρμογή των τελευταίων, μόνο σε τμήματα μίας εγκατάστασης που η μεθοδολογία DOW F&EI έχει καταδείξει ότι είναι υψηλής επικινδυνότητας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

A Credit Approach to Measure Inherent Hazards Using the Fire, Explosion and Toxicity Index in the Chemical Process Industry: Case Study of an Isomax Unit in an Iran Oil Refinery, (χ.χ.) Masoud Mardani, Amir Abbas Mofidi, Arash Ghasemi.

American Institute of Chemical Engineers, 1994. DOW'S FIRE & EXPLOSION INDEX HAZARD CLASSIFICATION GUIDE, EDITION, a AIChE technical manual. SEVENTH επιμ. New York, NY 100170 : American Institute of Chemical Engineers.

Assael, M. J. & Kakosimos, K. E., χ.χ. FIRES, EXPLOSIONS, AND TOXIC GAS DISPERSIONS Effects Calculation and Risk Analysis. s.l.:s.n.

C, H., 2003. Stuck on a plateau: A common problem. Washington D.C.: National Academy of Engineering Program Office Accident Precursors Project.

Chang, J. I. & C.C. Lin, May 2005. A study of storage tanks accidents, Loss prevention in the process industries. s.l.:s.n.

Dr Tsolakis, T., 2019. Module, Process Safety in Hydrocarbons Processes-Risk Assessment, Lecture 2: Hazardous Substances & Legislation regarding major hazards. –Part 2: 38. Αθήνα: Π.Α.Δ.Α..

Dr Tsolakis, T., 2019. Module, Process Safety in Hydrocarbons Processes-Risk Assessment, Lecture 2: Hazardous Substances & Legislation regarding major hazards. –Part 2: 4.. Αθήνα: Π.Α.Δ.Α..

Dr Tsolakis, T., 2019. Module, Process Safety in Hydrocarbons Processes-Risk Assessment, Lecture 2: Hazardous Substances & Legislation regarding major hazards. –Part 2:32.. Αθήνα: Π.Α.Δ.Α..

Dr Tsolakis, T., 2019. Module, Process Safety in Hydrocarbons Processes-Risk Assessment, Lecture: 1 - Introduction – Incident statistics in oil & gas industries. – Part 1:6-9. Αθήνα: Π.Α.Δ.Α..

Frank P. Lees, E. P. ο. C. E., χ.χ. Loss Prevention in the Process Industries, Hazard Identification, Assessment and Control, Volume 1. Second επιμ. Loughborough, United Kingdom: Department of Chemical Engineering, Loughborough University.

Jarvis, R. & Goddard, A., September 2016. An analysis of common causes of major losses in the onshore oil, gas and petrochemical industries - Implication for insurance, risk, engineering surveys. s.l.:s.n.

nfpa, χ.χ. nfpa. [Ηλεκτρονικό]
Available at: www.nfpa.org

Parkash, S., 2003. Refining Processes Handbook. Burlington, MA 01803: Elsevier.

Reason, J. T., 1990. The contribution of latent human failures to the breakdown of complex systems, series B.327:475-484. London: Philosophical Transactions of the Royal Society.

Solomon Associates, χ.χ. Solomon. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <https://www.solomoninsight.com/>

Suardin, J., August 2005. The Integration of Dow's Fire and Explosion Index into Process Design and Optimization to Achieve an Inherently Safer Design. Texas: πανεπιστήμιο του Texas A&M.

Zarranejad A, P. & Ahmadi O, M., 2016. Fire and explosion risk assessment in a chemical company by the application of DOW fire and explosion index. July , p. 13.

Γενική Γραμματεία Εμπορίου & Προστασίας Καταναλωτή, 2021.

<http://oil.gge.gov.gr/>. [Ηλεκτρονικό]

Available at: <http://oil.gge.gov.gr/>

[Πρόσβαση April 2021].

Γενική Γραμματεία Εμπορίου & Προστασίας Καταναλωτή, χ.χ. <http://oil.gge.gov.gr/>.

[Ηλεκτρονικό]

Available at: <http://oil.gge.gov.gr/>

[Πρόσβαση April 2021].

Δρ Σπύρος Λάττας, Χ. Μ. Π. Μ. Ρ., Μάιος 2019. Τύποι Διυλιστηρίου Αργού Πετρελαίου. Αθήνα: ΠΑΔΑ.

Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, 2012. SEVESO III - ΦΕΚ 354.Β.17.2.2016. s.l.: European Commission.

ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ, 31/12/1990. Αριθ. 34458/90, Καθορισμός τεχνικών προδιαγραφών, διαμόρφωσης, σχεδίασης, κατασκευής, ασφαλούς λειτουργίας και πυροπροστασίας εγκαταστάσεων διυλιστηρίων και λοιπών βιομηχανιών πετρελαίου, (ΦΕΚ 846/Β/31-12-90). Αθήνα: Ελληνική Κυβέρνηση.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ DOW F&EI ΜΟΝΑΔΑ ΥΔΡΟΓΟΝΑΠΟΘΕΙΩΣΗΣ ΝΑΦΘΑΣ

SECTION	F&EI	F&EI AFTER MEASURES	Current Loss Control Credit Factor	Loss Control After Measures	Material Factor (MF)	Penalty Of Quantity	RADIUS OF EXPOSURE(m)	RADIUS OF EXPOSURE AFTER MEASURES(m)
FEED	128,0	128,0	0,47	0,34	16	1,33	32,8	32,8
FEED HYDROGEN	143,4	119,5	0,46	0,31	21	0,91	36,7	30,6
PIPE/1	82,3	82,3	0,47	0,35	21	1,14	21,1	21,1
E-101	92,3	88,1	0,49	0,29	21	1,13	23,6	22,5
FEED HEATER H-101	123,4	102,8	0,43	0,31	21	1,15	31,6	26,3
REACTOR V-101	168,0	150,7	0,46	0,33	21	1,33	43,0	38,6
E-101/2	72,6	72,6	0,44	0,36	21	0,87	18,6	18,6
SEPARATOR V-102	143,6	119,7	0,43	0,31	21	1,47	36,8	30,6
E-105	63,9	63,9	0,45	0,35	16	1,05	16,4	16,4
STRIPPER V-103	116,2	96,8	0,43	0,31	16	1,40	29,7	24,8
DRUM V-104	128,0	128,0	0,43	0,32	16	1,33	32,8	32,8
PRODUCT	72,4	72,4	0,43	0,35	16	1,15	18,5	18,5

SECTION	The Area Of Exposure (m ²)	The Area Of Exposure After Measures (m ²)	Height of Cylindrical Volume (m)	Height of Cylindrical Volume After Measures (m)	PROCESS UNIT HAZARD FACTOR F3	PROCESS UNIT HAZARD FACTOR F3 after F&E measures	DAMAGE FACTOR	DAMAGE FACTOR after F&E measures	ORIGINAL COST OF AREA (€MM)	ORIGINAL COST OF AREA after F&E measures (€MM)
FEED	3.374	3.374	32,8	32,8	8,00	8,00	0,67	0,67	23,6	23,6
FEED HYDROGEN	4.233	2.939	36,7	30,6	6,83	5,69	0,81	0,57	29,6	20,6
PIPE/1	1.394	1.394	21,1	21,1	3,92	3,92	0,66	0,45	9,8	9,8
E-101	1.753	1.597	23,6	22,5	4,39	4,19	0,69	0,47	12,3	11,2
FEED HEATER H-101	3.133	2.176	31,6	26,3	5,87	4,89	0,78	0,52	21,9	15,2
REACTOR V-101	5.812	4.676	43,0	38,6	8,00	7,18	0,83	0,64	40,7	32,7
E-101/2	1.086	1.086	18,6	18,6	3,46	3,46	0,62	0,42	7,6	7,6
SEPARATOR V-102	4.247	2.949	36,8	30,6	6,84	3,99	0,81	0,46	29,7	20,6
E-105	841	841	16,4	16,4	3,99	5,70	0,46	0,57	5,9	5,9
STRIPPER V-103	2.779	1.930	29,7	24,8	7,26	6,05	0,65	0,59	19,5	13,5
DRUM V-104	3.374	3.374	32,8	32,8	8,00	8,00	0,67	0,67	23,6	23,6
PRODUCT	1.079	1.079	18,5	18,5	4,52	4,52	0,49	0,49	7,6	7,6

SECTION	Value Of the Area Of Exposure after F&EI measures (€MM)	Value Of the Area Of Exposure after F&EI measures (€MM)	Base MPPD (€MM)	Actual MPPD (€MM)	Actual MPPD After Measures (€MM)	REDUCTION	MPDO (DAYS)	MPDO After Measures (DAYS)
FEED	32,3	32,3	21,72	10,24	7,41	28%	143	118
FEED HYDROGEN	40,5	28,1	32,91	15,06	10,22	32%	180	143
PIPE/1	13,3	13,3	8,76	4,13	3,05	26%	83	69
E-101	16,8	15,3	11,58	5,64	3,39	40%	100	74
FEED HEATER H- 101	30,0	20,8	23,29	10,02	7,32	27%	141	117
REACTOR V- 101	55,6	44,7	46,11	21,09	15,39	27%	220	182
E-101/2	10,4	10,4	6,46	2,86	2,33	19%	67	59
SEPARATOR V-102	40,6	28,2	33,04	14,22	10,38	27%	174	144
E-105	8,0	8,0	3,67	1,65	1,27	23%	48	41
STRIPPER V- 103	26,6	18,5	17,20	7,40	5,41	27%	118	97
DRUM V- 104	32,28	32,28	21,72	9,35	6,90	26%	135	113
PRODUCT	10,32	10,32	5,07	2,18	1,79	18%	57	50

SECTION		Business Interruption (BI) (€MM)	Business Interruption (BI) After Measures (€MM)		TOTAL LOSS (€MM)	TOTAL LOSS AFTER MEASURES (€MM)
FEED	18%	2,9	2,4	18%	13,2	9,8
FEED HYDROGEN	21%	3,7	2,9	21%	18,8	13,2
PIPE/1	17%	1,7	1,4	17%	5,8	4,5
E-101	26%	2,1	1,5	26%	7,7	4,9
FEED HEATER H-101	17%	2,9	2,4	17%	12,9	9,7
REACTOR V- 101	17%	4,5	3,8	17%	25,6	19,1
E-101/2	12%	1,4	1,2	12%	4,2	3,5
SEPARATOR V-102	17%	3,6	3,0	17%	17,8	13,3
E-105	14%	1,0	0,8	14%	2,6	2,1
STRIPPER V- 103	17%	2,4	2,0	17%	9,8	7,4
DRUM V-104	17%	2,8	2,3	17%	12,1	9,2
PRODUCT	11%	1,2	1,0	11%	3,4	2,8

SECTION	ITEM	ITERATIVE	OPERATING PRESSURE	OPERATING TEMPERATURE	NUMBER OF PASSES FOR FINANCES	LENGTH	ID	CROSS SECTIONAL AREA	100% VOLUME AVAILABLE	EQUIPMENT VALUE	ACTUAL HYDROCARBON VOLUME	PHASE	VAPOR FRACTION (HYDROCARBON PHASE)	GAS MOLECULAR WEIGHT	COMPRESSIBILITY FACTOR	P	T	DENSITY GAS	DENSITY LIQUID	MASS GAS	MASS LIQUID	TOTAL MASS	ITEM OVERALL MASS	MATERIAL	HC	NON	NON	FLASH	BP	M. HE. DTG (100%)	penalty											
		TYPE	[bar]	[C]		[m]	[m]	[m ²]	[%]	[€]	[m ³]	[G]	[%]	[kg/kmole]	[-]	[bar]	[K]	[kg/m ³]	[kg/m ³]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[kg]											
HYDROCRACKER	HYDROCRACKER FEED	1	PRE-SECTION	400	70	1	30	0.25	100%	507	51	G	100%	6	1	50	340	425	700	53	0	0	147	1	100%	142	21	518000	0	4	0	0	0	0	0.02	1382						
		2	HEAT EXCHANGER	400	70	1	30	0.25	100%	507	51	G	100%	6	1	50	340	425	700	53	0	0	0	147	1	100%	142	21	518000	0	4	0	0	0	0	0.02	1382					
		TOTAL																																								
		TOTAL																																								
E-01	HEAT EXCHANGER	1	PRE-SECTION	400	75	1	30	0.25	100%	182	16	2PH	85%	60	1	40	288	883	700	54	45	45	138	1	100%	128	21	518000	0	4	0	0	0	0	0.02	1317						
		2	HEAT EXCHANGER	400	75	1	30	0.25	100%	182	16	2PH	85%	60	1	40	288	883	700	54	45	45	138	1	100%	128	21	518000	0	4	0	0	0	0	0.02	1317						
		TOTAL																																								
		TOTAL																																								
E-01	HEAT EXCHANGER	1	PRE-SECTION	300	177	1	30	0.20	100%	182	16	2PH	85%	60	1	30	480	481	700	47	45	50	134	1	100%	134	21	518000	0	4	0	0	0	0	0.02	1317						
		2	HEAT EXCHANGER	300	177	1	30	0.20	100%	182	16	2PH	85%	60	1	30	480	481	700	47	45	50	134	1	100%	134	21	518000	0	4	0	0	0	0	0.02	1317						
		TOTAL																																								
		TOTAL																																								
E-01	HEAT EXCHANGER	1	PRE-SECTION	300	335	4	30	0.20	100%	649	65	G	100%	114	1	38	588	883	700	575	0	515	1267	1	100%	1267	21	518000	0	4	0	0	0	0	0.02	1342						
		2	HEAT EXCHANGER	300	335	4	30	0.20	100%	649	65	G	100%	114	1	38	588	883	700	575	0	515	1267	1	100%	1267	21	518000	0	4	0	0	0	0	0.02	1342						
		TOTAL																																								
		TOTAL																																								
E-01	HEAT EXCHANGER	1	PRE-SECTION	300	335	2	30	0.20	100%	649	65	G	100%	114	1	38	588	883	700	575	0	515	1267	1	100%	1267	21	518000	0	4	0	0	0	0	0.02	1342						
		2	HEAT EXCHANGER	300	335	2	30	0.20	100%	649	65	G	100%	114	1	38	588	883	700	575	0	515	1267	1	100%	1267	21	518000	0	4	0	0	0	0	0.02	1342						
		TOTAL																																								
		TOTAL																																								
E-02	HEAT EXCHANGER	1	PRE-SECTION	200	104	1	30	0.25	100%	076	08	L	100%	114	1	20	377	070	700	0	52	52	112	1	100%	112	15	180000	1	3	0	0	0	0	0.02	1024						
		2	HEAT EXCHANGER	200	104	1	30	0.25	100%	076	08	L	100%	114	1	20	377	070	700	0	52	52	112	1	100%	112	15	180000	1	3	0	0	0	0	0.02	1024						
		TOTAL																																								
		TOTAL																																								
E-02	HEAT EXCHANGER	1	PRE-SECTION	200	182	1	30	0.25	100%	076	05	2PH	100%	60	1	20	465	371	700	2	124	127	279	3	100%	279	15	180000	1	3	0	0	0	0	0.02	1081						
		2	HEAT EXCHANGER	200	182	1	30	0.25	100%	076	05	2PH	100%	60	1	20	465	371	700	2	124	127	279	3	100%	279	15	180000	1	3	0	0	0	0	0.02	1081						
		TOTAL																																								
		TOTAL																																								
E-03	HEAT EXCHANGER	1	PRE-SECTION	200	182	1	30	0.25	100%	076	05	2PH	100%	60	1	20	465	371	700	2	124	127	279	3	100%	279	15	180000	1	3	0	0	0	0	0.02	1081						
		2	HEAT EXCHANGER	200	182	1	30	0.25	100%	076	05	2PH	100%	60	1	20	465	371	700	2	124	127	279	3	100%	279	15	180000	1	3	0	0	0	0	0.02	1081						
		TOTAL																																								
		TOTAL																																								
E-04	HEAT EXCHANGER	1	PRE-SECTION	200	182	1	30	0.25	100%	076	05	2PH	100%	60	1	20	465	371	700	2	124	127	279	3	100%	279	15	180000	1	3	0	0	0	0	0.02	1081						
		2	HEAT EXCHANGER	200	182	1	30	0.25	100%	076	05	2PH	100%	60	1	20	465	371	700	2	124	127	279	3	100%	279	15	180000	1	3	0	0	0	0	0.02	1081						
		TOTAL																																								
		TOTAL																																								
E-05	HEAT EXCHANGER	1	PRE-SECTION	200	182	1	30	0.25	100%	076	05	2PH	100%	60	1	20	465	371	700	2	124	127	279	3	100%	279	15	180000	1	3	0	0	0	0	0.02	1081						
		2	HEAT EXCHANGER	200	182	1	30	0.25	100%	076	05	2PH	100%	60	1	20	465	371	700	2	124	127	279	3	100%	279	15	180000	1	3	0	0	0	0	0.02	1081						
		TOTAL																																								
		TOTAL																																								
E-06	HEAT EXCHANGER	1	PRE-SECTION	200	182	1	30	0.25	100%	076	05	2PH	100%	60	1	20	465	371	700	2	124	127	279	3	100%	279	15	180000	1	3	0	0	0	0	0.02	1081						
		2	HEAT EXCHANGER	200	182	1	30	0.25	100%	076	05	2PH	100%	60	1	20	465	371	700	2	124	127	279	3	100%	279	15	180000	1	3	0	0	0	0	0.02	1081						
		TOTAL																																								
		TOTAL																																								
E-07	HEAT EXCHANGER	1	PRE-SECTION	200	182	1	30	0.25	100%	076	05	2PH	100%	60	1	20	465	371	700	2	124																					

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ DOW F&EI - ΔΕΞΑΜΕΝΙΣΜΟΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ

A/A	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΠΡΟΙΟΝ	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ [tn/m ³]	ΤΥΠΟΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ [m]	ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΣ ΠΛΗΡΩΣΗΣ [m]	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ [m ²]	ΟΓΚΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ [m ³]	ΜΑΖΑ ΚΑΥΣΙΜΟΥ [tn]	ΔΕΙΚΤΗΣ DOW F&EI	RADIUS OF EXPOSURE(m)
1	TK-1	ΑΜΟΛΥΒΔΗ ΒΕΝΖΙΝΗ	0,745	ΠΛΩΤΗ ΟΡΟΦΗ	56	20	2.463	49.260	36.699	100,14	25,64
2	TK-2	ΑΜΟΛΥΒΔΗ ΒΕΝΖΙΝΗ	0,745	ΠΛΩΤΗ ΟΡΟΦΗ	36	11	1.018	15.268	11.375	95,82	24,53
3	TK-3	ΑΜΟΛΥΒΔΗ ΒΕΝΖΙΝΗ	0,745	ΠΛΩΤΗ ΟΡΟΦΗ	24	15	452	4.976	3.707	94,67	24,24
4	TK-4	ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ	0,824	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	43	13	1.452	18.879	15.556	37,28	9,54
5	TK-5	ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ	0,824	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	31	13	755	9.812	8.085	36,73	9,40
6	TK-6	ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ	0,824	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	19	13	284	3.686	3.037	36,05	9,23
7	TK-7	ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ	0,824	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	12	8	113	905	746	35,29	9,03
8	TK-8	ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΕΡΙΩΘΟΥΜΕΝΩΝ	0,800	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	48	12	1.810	21.715	17.372	37,51	9,60
9	TK-9	ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΕΡΙΩΘΟΥΜΕΝΩΝ	0,800	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	30	12	707	8.482	6.786	36,71	9,40
10	TK-10	ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΕΡΙΩΘΟΥΜΕΝΩΝ	0,800	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	23	12	415	4.986	3.989	36,32	9,30
11	TK-11	ΜΑΖΟΥΤ ΨΥΧΛΟΥ ΘΕΙΟΥ	0,991	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	28	11	616	6.773	6.712	54,77	14,02
12	TK-12	ΜΑΖΟΥΤ ΨΥΧΛΟΥ ΘΕΙΟΥ	0,991	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	56	21	2.463	51.258	51.465	58,74	15,04

ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΒΑΣΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ[m]
TK-1/TK-2	20
TK-1/TK-3	20
TK-2/TK-3	15
TK-4/TK-5	21,5
TK-4/TK-6	21,5
TK-4/TK-7	21,5
TK-5/TK-6	15,5
TK-5/TK-7	15,5
TK-6/TK-7	9,5
TK-8/TK-9	24
TK-8/TK-10	24
TK-9/TK-10	15
TK-11/TK-12	28

SECTION	PRODUCT	TYPE OF TANK	MAXIMUM FILLING HEIGHT	DIAMETER OF TANK	AREA OF TANK	FUEL VOLUME	FUEL DENSITY	FUEL MASS	M F	HC	N(H)	N(F)	N(R)	FLASH	BP	M x Hc x 10 ⁹	LOG(Y)	penalty	
			[m]	[in]	[m ²]	[m ³]	[tn/m ³]	[tn]		[btu/lb]				FLASH [F]	[F]				
TK-1	ΑΜΟΛΥΒΔΗ ΒΕΝΖΙΝΗ	ΠΛΩΤΗ ΟΡΟΦΗ	20	56	2.463	4926,017	0,745	36699	80906972	16	17.300	2	3	0	12	176	0,635	0,450	0,354
TK-2	ΑΜΟΛΥΒΔΗ ΒΕΝΖΙΝΗ	ΠΛΩΤΗ ΟΡΟΦΗ	11	36	1.018	1119,664	0,745	8341	18389824	16	17.300	2	3	0	12	176	0,144	0,605	0,248
TK-3	ΑΜΟΛΥΒΔΗ ΒΕΝΖΙΝΗ	ΠΛΩΤΗ ΟΡΟΦΗ	15	24	452	6785,84	0,745	5055	11145348	16	17.300	2	3	0	12	176	0,087	0,657	0,220
TK-4	ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	13	43	1.452	1887,862	0,824	1556	34295023	10	18.700	0	2	0	100-130	315	0,291	0,674	0,212
TK-5	ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	13	31	755	9811,98	0,824	8085	17824509	10	18.700	0	2	0	100-130	315	0,151	0,736	0,184
TK-6	ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	13	19	284	3685,87	0,824	3037	6695783	10	18.700	0	2	0	100-130	315	0,057	0,828	0,149
TK-7	ΝΤΗΖΕΛ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	8	12	113	904,78	0,824	746	1643627	10	18.700	0	2	0	100-130	315	0,014	0,960	0,110
TK-8	ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΕΡΙΩΘΟΥΜΕΝΩΝ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	12	48	1.810	2171,469	0,800	17372	38298109	10	21.700	0	2	0	110-150	400-550	0,377	0,650	0,224
TK-9	ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΕΡΙΩΘΟΥΜΕΝΩΝ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	12	30	707	8482,30	0,800	6786	14960199	10	21.700	0	2	0	110-150	400-550	0,147	0,738	0,183
TK-10	ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΕΡΙΩΘΟΥΜΕΝΩΝ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	12	23	415	4985,71	0,800	3989	8793272	10	21.700	0	2	0	110-150	400-550	0,087	0,788	0,163
TK-11	ΜΑΖΟΥΤ ΥΨΗΛΟΥ ΘΕΙΟΥ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	11	28	616	6773,27	0,991	6712	14798102	10	21.300	1	3	0	20-90	-	0,143	0,606	0,248
TK-12	ΜΑΖΟΥΤ ΥΨΗΛΟΥ ΘΕΙΟΥ	ΣΤΑΘΕΡΗ ΟΡΟΦΗ	21	56	2.463	5172,318	0,991	51258	113003691	10	21.300	1	3	0	20-90	-	1,092	0,394	0,404

SECTION	F&EI	F&EI AFTER MEASURES	Current Loss Control Credit Factor	Loss Control After Measures	Material Factor (MF)	Penalty Of Quantity	RADIUS OF EXPOSURE(m)	RADIUS OF EXPOSURE AFTER MEASURES(m)
TK-1	100,1	80,5	0,59	0,25	16	0,35	25,6	20,6
TK-2	95,8	77,0	0,59	0,25	16	0,25	24,5	19,7
TK-3	94,7	76,1	0,59	0,25	16	0,22	24,2	19,5
TK-4	37,3	32,5	0,59	0,25	10	0,21	9,5	8,3
TK-5	36,7	32,0	0,59	0,25	10	0,18	9,4	8,2
TK-6	36,0	31,4	0,59	0,25	10	0,15	9,2	8,0
TK-7	35,3	30,8	0,59	0,25	10	0,11	9,0	7,9
TK-8	37,5	32,7	0,59	0,25	10	0,22	9,6	8,4
TK-9	36,7	32,0	0,59	0,25	10	0,18	9,4	8,2
TK-10	36,3	31,7	0,59	0,25	10	0,16	9,3	8,1
TK-11	54,8	49,4	0,59	0,25	10	0,25	14,0	12,6
TK-12	58,7	53,0	0,59	0,25	10	0,40	15,0	13,6

SECTION	The Area Of Exposure (m ²)	The Area Of Exposure After Measures (m ²)	PROCESS UNIT HAZARD FACTOR F3	PROCESS UNIT HAZARD FACTOR AFTER MEASURES	DAMAGE FACTOR	DAMAGE FACTOR AFTER MEASURES	ORIGINAL COST OF AREA (€M)	ORIGINAL COST OF AREA after measures (€M)	Value Of the Area Of Exposure (€M)	Value Of the Area Of Exposure After Measures (€M)
TK-1	2.065	1.335	6,26	5,03	0,60	0,52	14,46	9,34	16,6	10,7
TK-2	1.891	1.222	5,99	4,81	0,58	0,51	13,24	8,55	15,2	9,8
TK-3	1.846	1.193	5,92	4,76	0,58	0,51	12,92	8,35	14,8	9,6
TK-4	286	217	3,73	3,25	0,17	0,41	2,00	1,52	2,3	1,7
TK-5	278	211	3,67	3,20	0,17	0,40	1,94	1,48	2,2	1,7
TK-6	268	203	3,60	3,14	0,17	0,40	1,87	1,42	2,2	1,6
TK-7	256	195	3,53	3,08	0,17	0,40	1,80	1,36	2,1	1,6
TK-8	290	220	3,75	3,27	0,18	0,41	2,03	1,54	2,3	1,8
TK-9	278	211	3,67	3,20	0,17	0,40	1,94	1,48	2,2	1,7
TK-10	272	207	3,63	3,17	0,17	0,40	1,90	1,45	2,2	1,7
TK-11	618	503	5,48	4,94	0,55	0,52	4,32	3,52	5,0	4,0
TK-12	711	578	5,75	5,19	0,57	0,53	4,97	4,05	5,7	4,6

SECTION	Base MPPD (€M)	Base MPPD After Measures (€M)	Actual MPPD (€M)	Actual MPPD After Measures (€M)	REDUCTION	MPDO (DAYS)	MPDO After Measures (DAYS)	REDUCTION
TK-1	9,9	5,6	5,8	1,39	76%	102	43	58%
TK-2	8,9	5,0	5,2	1,24	76%	95	40	58%
TK-3	8,6	4,9	5,0	1,20	76%	93	40	58%
TK-4	0,4	0,7	0,2	0,18	25%	15	13	16%
TK-5	0,4	0,7	0,2	0,17	25%	15	12	16%
TK-6	0,4	0,7	0,2	0,16	25%	14	12	16%
TK-7	0,4	0,6	0,2	0,15	25%	14	12	16%
TK-8	0,4	0,7	0,2	0,18	25%	15	13	16%
TK-9	0,4	0,7	0,2	0,17	25%	15	12	16%
TK-10	0,4	0,7	0,2	0,17	25%	14	12	16%
TK-11	2,7	2,1	1,6	0,52	68%	47	24	49%
TK-12	3,3	2,5	1,9	0,61	68%	52	27	49%

SECTION	Business Interruption (BI) (€M)	Business Interruption (BI) After Measures (€M)	TOTAL LOSS (€M)	TOTAL LOSS AFTER MEASURES (€M)	ΜΕΙΩΣΗ
TK-1	0,3	0,1	6,2	1,5	75%
TK-2	0,3	0,1	5,5	1,4	75%
TK-3	0,3	0,1	5,4	1,3	75%
TK-4	0,1	0,0	0,3	0,2	24%
TK-5	0,1	0,0	0,3	0,2	24%
TK-6	0,0	0,0	0,3	0,2	24%
TK-7	0,0	0,0	0,3	0,2	24%
TK-8	0,1	0,0	0,3	0,2	24%
TK-9	0,1	0,0	0,3	0,2	24%
TK-10	0,0	0,0	0,3	0,2	24%
TK-11	0,2	0,1	1,8	0,6	66%
TK-12	0,2	0,1	2,1	0,7	66%