



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ

POST GRADUATE PROGRAM
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης
Master Thesis

Τεχνολογικά και NaTech Ατυχήματα και πως λαμβάνονται υπόψη στην ασφάλεια μιας εγκατάστασης. Μελέτη περίπτωσης σε εγκατάσταση διακίνησης, αποθήκευσης και εμφιάλωσης υγραερίου.

Technological and NaTech Accidents and how they are considered in the safety of an installation. Case study on a gas transportation, storage and bottling installation.

ΣΟΦΙΑ ΚΑΚΔΗ / SOFIA KAKDI

A.M. / R.N. : 18068

Ειδικές Εκδόσεις / Special Publications:

No. 2020118

Αθήνα, Ιούλιος 2020
Athens, July 2020



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ

POST GRADUATE PROGRAM
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης Master Thesis

Τεχνολογικά και NaTech Ατυχήματα και πως λαμβάνονται υπόψη στην ασφάλεια μιας εγκατάστασης. Μελέτη περίπτωσης σε εγκατάσταση διακίνησης, αποθήκευσης και εμφιάλωσης υγραερίου.

Technological and NaTech Accidents and how they are considered in the safety of an installation. Case study on a gas transportation, storage and bottling installation.

ΣΟΦΙΑ ΚΑΚΔΗ / SOFIA KAKDI

A.M. / R.N. : 18068

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Δρ. Χ. Κράνης,
Επίκ. Καθηγητής ΕΚΠΑ

Δρ. Σ. Λόζιος,
Επίκ. Καθηγητής ΕΚΠΑ

Δρ. Ε. Σκούρτσος,
ΕΔΙΠ ΕΚΠΑ

«Ειδική_Επ_Καθοδήγηση»

Γ. Μουζάκης
Χημικός Μηχανικός,- ΥΠΕΝ/ Διεύθυνση
Περιβαλλοντικής Αδειοδότησης

Ειδικές Εκδόσεις / Special
Publications:

No. 2020118

Αθήνα, Ιούλιος 2020
Athens, July 2020

Περιεχόμενα

| | |
|--|-----------|
| Περιεχόμενα | 1 |
| Περίληψη..... | 4 |
| Abstract..... | 5 |
| Ευχαριστίες | 6 |
| Κατάλογος Εικόνων..... | 7 |
| Κατάλογος Πινάκων | 8 |
| Κατάλογος Γραφημάτων..... | 9 |
| | |
| Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή | 10 |
| 1.1. Γενικά | 10 |
| 1.2. Μεθοδολογία | 11 |
| 1.3. Δομή της εργασίας..... | 12 |
| | |
| Κεφάλαιο 2. Καταστροφή- Εννοιολογική Προσέγγιση & Ταξινόμηση | 14 |
| 2.1. Η Έννοια της Καταστροφής | 14 |
| 2.1.1. Προέλευση της λέξης Καταστροφή (Ετυμολογία) | 14 |
| 2.1.2. Η Καταστροφή υπό το πρίσμα των διαφόρων σχολών σκέψεων | 15 |
| 2.1.3. Η Καταστροφή υπό το πρίσμα των φορέων αντιμετώπισης και διαχείρισής της | 16 |
| 2.2. Η Ταξινόμηση των Καταστροφών | 17 |
| 2.2.1. Φυσικές Καταστροφές..... | 17 |
| 2.2.2. Οι Ανθρωπογενείς Καταστροφές | 19 |
| | |
| Κεφάλαιο 3. Τεχνολογικά Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης..... | 21 |
| 3.1. Ορισμός..... | 21 |
| 3.2. Βιομηχανικά Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης (BAME)..... | 22 |
| 3.2.1. Ταξινόμηση των Βιομηχανικών Ατυχημάτων Μεγάλης Έκτασης)..... | 23 |
| 1.2.1.1. Εκρήξεις..... | 23 |
| 1.2.1.2. Πυρκαγιές..... | 26 |
| 1.2.1.3. Διαρροή Τοξικών ή/και Εύφλεκτων Ουσιών | 29 |
| 3.2.2. Διεθνείς βάσεις καταγραφής ατυχημάτων | 30 |
| 3.2.3. Ιστορική Αναδρομή BAME | 31 |
| 3.2.3.1. Oppau, Γερμανία 1921..... | 31 |
| 3.2.3.2. Feyzin, Γαλλία 1966..... | 32 |
| 3.2.3.3. Flixborough, Ηνωμένο Βασίλειο 1974..... | 33 |
| 3.2.3.4. Seveso, Ιταλία 1976..... | 33 |
| 3.2.3.5. Cubatão, Βραζιλία 1984..... | 34 |
| 3.2.3.6. San Juanico, Μεξικό 1984..... | 34 |
| 3.2.3.7. Bhopal, Ινδία 1984..... | 35 |
| 3.2.3.8. Ελευσίνα, Ελλάδα 1992 | 36 |
| 3.3. NaTech Καταστροφές..... | 37 |
| 3.3.1. Αίτια πρόκλησης NaTech ατυχημάτων..... | 38 |
| 3.3.2. Σημαντικά NaTech Ατυχήματα..... | 39 |
| 3.3.2.1. Σεισμός Kocaeli 1999, Τουρκία | 39 |
| 3.3.2.2. Τυφώνας Κατρίνα 2005, ΗΠΑ..... | 40 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3.2.3. Σεισμός Tohoku 2011, Ιαπωνία | 40 |
| Κεφάλαιο 4. Νομοθετικό πλαίσιο αντιμετώπισης κινδύνων από Β.Α.Μ.Ε. | 42 |
| 4.1. Η Ευρωπαϊκή Οδηγία SEVESO III (2012/18/ΕΕ) | 42 |
| 4.1.1. Ιστορικό της Οδηγίας Seveso | 42 |
| 4.1.2. Βασικά σημεία της οδηγίας Seveso III..... | 45 |
| 4.2. Εναρμόνιση της Ελληνικής Νομοθεσίας..... | 47 |
| Κεφάλαιο 5. Μελέτη Ασφαλείας | 49 |
| 5.1. Νομοθετικές απαιτήσεις (άρθ. 10 Οδηγίας SEVESO III, άρθ. 9 Κ.Υ.Α. 172058/2016) | 49 |
| 5.2. Σύνταξη Μελέτης Ασφαλείας..... | 52 |
| 5.2.1. Περιγραφή της Εγκατάστασης | 53 |
| 5.2.1.1. Γενικά | 53 |
| 5.2.1.2. Διαχείριση και Οργανωτικό Σχήμα..... | 53 |
| 5.2.1.3. Τοποθεσία..... | 54 |
| 5.2.1.4. Κάτοψη της εγκατάστασης..... | 54 |
| 5.2.1.5. Το φυσικό περιβάλλον και ο περιβάλλοντας χώρος της εγκατάστασης..... | 54 |
| 5.2.1.6. Επικίνδυνες Ουσίες..... | 55 |
| 5.2.1.7. Μονάδες & δραστηριότητες της εγκατάστασης που εγκλείουν κινδύνους..... | 56 |
| 5.2.1.8. Υπηρεσίες- Παροχές | 57 |
| 5.2.2. Προσδιορισμός Κινδύνου και Εκτίμηση της Επικινδυνότητας..... | 57 |
| 5.2.2.1. Προκαταρκτική Ανάλυση Κινδύνου | 64 |
| 5.2.2.2. Προσδιορισμός των πηγών κινδύνου | 64 |
| 5.2.2.3. Εκτίμηση Επιπτώσεων σε περίπτωση εκδήλωσης ατυχήματος μεγάλης έκτασης..... | 65 |
| 5.2.2.4. Προληπτικά μέτρα και μέτρα για τον έλεγχο και περιορισμό των επιπτώσεων..... | 66 |
| 5.2.3. Αναφορά στη Πολιτική Πρόληψης Μεγάλων Ατυχημάτων (ΠΠΜΑ) και το Σχεδιασμό Έκτακτης Ανάγκης | 67 |
| 5.2.3.1. Πολιτική Πρόληψης Ατυχήματος Μεγάλης Έκτασης και Σύστημα Διαχείρισης της Ασφάλειας..... | 67 |
| 5.2.3.2. Μέτρα προστασίας και παρέμβασης για την ελαχιστοποίηση επιπτώσεων από εκδήλωση ατυχήματος..... | 69 |
| 5.2.4. Ζώνες Προστασίας πληθυσμού και δυνάμεων επέμβασης | 70 |
| Κεφάλαιο 6. Το Υγραέριο (LPG)..... | 72 |
| 6.1. Γενικά χαρακτηριστικά | 72 |
| 6.2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του Υγραερίου (LPG) | 75 |
| 6.3. Εφαρμογές του Υγραερίου (LPG) | 77 |
| 6.4. Δεξαμενές αποθήκευσης Υγραερίου (LPG)..... | 79 |
| 6.5. Πιθανά σενάρια ατυχημάτων σε εγκαταστάσεις Υγραερίου (LPG)..... | 82 |
| Κεφάλαιο 7. Μελέτη περίπτωσης: Εγκατάσταση διακίνησης, αποθήκευσης και εμφιάλωσης υγραερίου (LPG) | 83 |
| 7.1. Γενικά στοιχεία περί εγκαταστάσεων υγραερίου (LPG) | 83 |
| 7.2. Τρόπος λειτουργίας Εγκατάστασης διακίνησης, αποθήκευσης και εμφιάλωσης υγραερίου (LPG)..... | 84 |

| | | |
|---|---|------------|
| 7.2.1. | Πλήρωση και Κένωση Δεξαμενών Αποθήκευσης..... | 84 |
| 7.2.2. | Εμφιάλωση Υγραερίου σε φιάλες..... | 86 |
| 7.2.3. | Μέτρα Πρόληψης και Προστασίας | 88 |
| 7.3. | Σενάρια ατυχημάτων και υπολογισμός ζωνών επικινδυνότητας..... | 89 |
| 7.3.1. | Παραδοχές σεναρίων..... | 91 |
| 7.3.2. | Σενάρια και Αποτελέσματα | 92 |
| Κεφάλαιο 8. Συμπεράσματα..... | | 100 |
| Βιβλιογραφία..... | | 104 |
| Παράρτημα Α. Στατιστικά δεδομένα από διεθνείς βάσεις καταγραφής ατυχημάτων | | 109 |
| Παράρτημα Β. Στοιχεία σχετικά με την εγκατάσταση της Kinetic Petrol & Gas Α.Ε. στο Δήμο Ι.Π. Μεσολογγίου | | 111 |
| Παράρτημα Γ Ενδεικτικό παράδειγμα δήλωση ατυχήματος, που συνέβη σε χώρα της Ε.Ε., στη βάση eMars..... | | 115 |

Περίληψη

Η αλματώδης εξέλιξη της τεχνολογίας και η εκτεταμένη εφαρμογή σε κλάδους όπως οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις επικίνδυνων ουσιών οδήγησε στη δημιουργία πρόσθετων κινδύνων από τεχνολογικά ατυχήματα, γνωστά ως Βιομηχανικά Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης (B.A.M.E). με σοβαρές και ποικιλότροπες συνέπειες, άμεσες ή έμμεσες, στον άνθρωπο και στο περιβάλλον.

Μια σειρά από βιομηχανικά και γενικότερα τεχνολογικά ατυχήματα που συνέβησαν παγκοσμίως και οι συνέπειές τους, οδήγησαν τους διεθνείς οργανισμούς στην έκδοση μιας σειράς Οδηγιών, Συμβάσεων και Κανονισμών με στόχο την προώθηση της ασφάλειας, της αποτροπής των ατυχημάτων και των διαδικασιών προστασίας των ανθρώπων και του περιβάλλοντος. Στον Ευρωπαϊκό χώρο οι Οδηγίες που θεσμοθετήθηκαν για το σκοπό αυτό είναι γνωστές ως Οδηγίες Seveso (I, II & III).

Μια ιδιαίτερη κατηγορία τεχνολογικών ατυχημάτων είναι εκείνα που προκαλούνται από φυσικές καταστροφές, γνωστά και ως NaTech καταστροφές. Η αυξανόμενη συχνότητα και σοβαρότητα των ακραίων φυσικών φαινομένων, που ενισχύεται και από την κλιματική αλλαγή, πρόσθεσε ακόμη μεγαλύτερη ανησυχία για την ασφάλεια των βιομηχανικών εγκαταστάσεων και για τις συνέπειες των σεναρίων μεγάλων ατυχημάτων που μπορούν να προκαλέσουν.

Στη παρούσα εργασία εξετάζεται ο τρόπος με τον οποίο τα Τεχνολογικά και NaTech Ατυχήματα λαμβάνονται υπόψη στην ασφάλεια μιας εγκατάστασης επικίνδυνων ουσιών και στη συνέχεια, αναφέρεται αναλυτικά στη περίπτωση εγκατάστασης διακίνησης, αποθήκευσης και εμφιάλωσης υγραερίου.

Στόχος της προσέγγισης αυτής είναι η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας ενός σχεδιασμού ασφάλειας στην αποφυγή εκδήλωσης μεγάλου ατυχήματος αλλά και στην διαχείριση κινδύνου σε περιπτώσεις εκδήλωσης ώστε να υπάρξει απαλοιφή ή μείωση των δυσμενών συνεπειών στον άνθρωπο και στο περιβάλλον.

Η μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί είναι η μελέτη της διεθνούς και ελληνικής βιβλιογραφίας και αρθρογραφίας, της νομοθεσίας και των στοιχείων για Τεχνολογικά και NaTech Ατυχήματα από τις Ευρωπαϊκές βάσεις δεδομένων. Όσον αφορά στη μελέτη περίπτωσης, θα πραγματοποιηθεί επίσκεψη και συζήτηση σε υφιστάμενη εγκατάσταση στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου Ι.Π. Μεσολογγίου.

Λέξεις κλειδιά: Καταστροφή, Τεχνολογικά Ατυχήματα, Βιομηχανικά Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης (BAME), NaTech Καταστροφές, Μελέτη Ασφαλείας, Επικίνδυνες ουσίες, Υγραέριο (LPG)

Abstract

The rapid development of technology and the extensive application in industries, such as industrial hazardous installations, have led to the creation of additional risks from technological accidents, known as Major Industrial Accidents with serious and varied consequences, direct or indirect, to humans and the environment.

A series of industrial and more general technological accidents that have occurred worldwide and their consequences have led international organizations to issue a series of Directives, Agreements and Regulations aimed at promoting safety, preventing accidents and protecting people and the environment. In Europe, the Directives for this purpose are known as Seveso Directives (I, II & III).

A special category of technological accidents are those caused by natural disasters, also known as NaTech disasters. The growing frequency and severity of extreme natural phenomena, that is being strengthened by climate change, has raised even greater concerns about the safety of industrial facilities and the consequences of major accident scenarios. This paper examines how Technological and NaTech Accidents are taken into account in the safety of a hazardous substance installation and then focuses on a gas (LPG) transportation, storage and bottling installation.

The aim of this approach is to investigate the effectiveness of a safety plan in avoiding a major accident but also in risk management of an event to eliminate or reduce adverse effects on humans and the environment.

The methodology to be followed is the study of international and Greek bibliography and articles, legislation and data on Technological and NaTech Accidents from European Databases. Regarding the case study, a visit and discussion will take place in an existing facility in the wider area of the Municipality of Sacred Town Of Messolonghi.

Keywords: Disaster, Technological Accidents, Major Industrial Accidents, NaTech Disasters, Safety Report, Hazardous Substances, Liquefied Petroleum Gas (LPG)

Ευχαριστίες

Η εκπόνηση της παρούσας υπήρξε ένα δύσκολο αλλά ταυτόχρονα όμορφο ταξίδι γνώσης και εμπειριών. Η βοήθεια κάποιων ανθρώπων ήταν καταλυτική για την ολοκλήρωση του ταξιδιού αυτού και τους οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Μουζάκη Γεώργιο που με εμπιστεύτηκε και δέχτηκε να επιβλέψει την εργασία μου. Η συνεχής καθοδήγησή του, οι συμβουλές του και η ενθάρρυνσή του οδήγησαν στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Πρόεδρο της KINETIC PETROL & GAS S.A. κ. Ρέγγα Χαράλαμπο που μου επέτρεψε να ασχοληθώ με την εγκατάσταση αποθήκευσης, εμφιάλωσης και διακίνησης υγραερίου που βρίσκεται στη Δ.Κ. Κατοχής του Δήμου Ι.Π. Μεσολογγίου, καθώς και τον μηχανολόγο μηχανικό κ. Ζαπαντιώτη Αθανάσιο για την παροχή στοιχείων της εγκατάστασης.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την υπομονή τους, τη συνεχή υποστήριξη και ενθάρρυνση.

Κατάλογος Εικόνων

| | | |
|--------------|--|----|
| Εικόνα 2.1. | Ταξινόμηση των φυσικών καταστροφών από το CRED, που υποστηρίζει τη βάση δεδομένων EM-DAT | 18 |
| Εικόνα 2.2. | Κατηγορίες Τεχνολογικών Καταστροφών | 20 |
| Εικόνα 3.1. | BLEVE σε δεξαμενή υγραερίου | 25 |
| Εικόνα 3.2. | Γλώσσα φωτιάς σε δεξαμενή υγραερίου..... | 27 |
| Εικόνα 3.3. | Σύμβολα επισήμανσης των τοξικών ουσιών σύμφωνα με τις οδηγίες 88/379 και 89/178 της Ευρωπαϊκής Ένωσης..... | 29 |
| Εικόνα 3.4. | Οι επιπτώσεις του ατυχήματος στη πόλη Ορραυ της Γερμανίας , Σεπτέμβριος 1921 | 32 |
| Εικόνα 3.5. | Το ατύχημα στο San Juanico του Μεξικού, Νοέμβριος 1984 | 35 |
| Εικόνα 3.6. | Φωτιά σε διυλιστήριο στην Ichihara της περιφέρειας Chiba της Ιαπωνίας τη μέρα του σεισμού στη Tohoku της Ιαπωνίας, Μάρτιος 2011..... | 41 |
| Εικόνα 5.1. | Διαδικασία ανάλυσης HAZOP..... | 59 |
| Εικόνα 5.2. | Τρόπος λειτουργίας της FMEA | 60 |
| Εικόνα 5.3. | Βασικά σύμβολα Δέντρου Σφαλμάτων (Fault Tree) | 61 |
| Εικόνα 5.4. | Απεικόνιση χάρτη με τρεις προστατευτικές Ζώνες..... | 70 |
| Εικόνα 6.1. | Μοριακή Δομή Βουτανίου και Προπανίου | 74 |
| Εικόνα 6.2. | Ενδεικτικό διάγραμμα εξαρτημάτων υπέργεια δεξαμενής..... | 81 |
| Εικόνα 7.1. | Σχηματική απεικόνιση μιας εγκατάστασης αποθήκευσης, διακίνησης και εμφιάλωσης υγραερίου..... | 86 |
| Εικόνα 7.2. | Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας καρουζέλ | 87 |
| Εικόνα 7.3. | Θέση εγκατάστασης Kinetic Petrol & Gas S.A. στη Κατοχή Δήμου Ι.Π. Μεσολογγίου | 91 |
| Εικόνα 7.4. | Αποτελέσματα BLEVE σε συνθήκες περιβάλλοντος D5 και F2..... | 93 |
| Εικόνα 7.5. | Αποτελέσματα Flash Fire σε συνθήκες περιβάλλοντος D5 | 94 |
| Εικόνα 7.6. | Αποτελέσματα Flash Fire σε συνθήκες περιβάλλοντος F2..... | 94 |
| Εικόνα 7.7. | Αποτελέσματα UVCE σε συνθήκες περιβάλλοντος D5 | 95 |
| Εικόνα 7.8. | Αποτελέσματα UVCE σε συνθήκες περιβάλλοντος F2 | 95 |
| Εικόνα 7.9. | Αποτελέσματα τοξικού νέφους ατμού σε συνθήκες περιβάλλοντος D5 ... | 96 |
| Εικόνα 7.10. | Αποτελέσματα τοξικού νέφους ατμού σε συνθήκες περιβάλλοντος F2 ... | 97 |
| Εικόνα 7.11. | Αποτελέσματα Jet Fire σε συνθήκες περιβάλλοντος D5 | 98 |
| Εικόνα 7.12. | Αποτελέσματα Jet Fire σε συνθήκες περιβάλλοντος F2 | 98 |
| Εικόνα 7.13. | Απεικόνιση σε χάρτη των Ζωνών Επικινδυνότητας μετά από jet fire (πρόγραμμα MARPLOT)..... | 99 |

Κατάλογος Πινάκων

| | | |
|--------------|---|----|
| Πίνακας 5.1. | Ζώνες Προστασίας πληθυσμού & δυνάμεων επέμβασης | 71 |
| Πίνακας 6.1. | Φυσικά Χαρακτηριστικά του υγραερίου..... | 74 |
| Πίνακας 6.2. | Αποστάσεις Δεξαμενών Υγραερίου υπό πίεση σε Εγκαταστάσεις Αποθήκευσης, Εμφιάλωσης, Διακίνησης και Διανομής Υγραερίου | 80 |
| Πίνακας 6.3. | Λίστα με τα σημαντικότερα ατυχήματα που περιλαμβάνουν φαινόμενο Domino..... | 82 |
| Πίνακας 7.1. | Σενάρια Πιθανών Ατυχημάτων σε εγκαταστάσεις αποθήκευσης υγραερίου και αερίων υπό πίεση | 90 |

Κατάλογος Γραφημάτων

| | |
|--|----|
| Γράφημα 3.1. Συνολικός αριθμός Τεχνολογικών Ατυχημάτων 1900-2019 | 22 |
| Γράφημα 3.2. Αίτια πρόκλησης NaTech ατυχημάτων 1990-2009 | 39 |
| Γράφημα 5.1. Βασικό Παράδειγμα Δέντρου Σφαλμάτων..... | 62 |
| Γράφημα 5.2. Παράδειγμα Δέντρου Γεγονότων με εναρκτήριο γεγονός ρήξη δεξαμενής σε εγκατάσταση υγραερίων | 63 |

Κεφάλαιο 1.

Εισαγωγή

1.1. Γενικά

Από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα έως και σήμερα έχουν καταγραφεί παγκοσμίως πλήθος μεγάλων και σοβαρών ατυχημάτων στο χώρο της Βιομηχανίας και ειδικά στον τομέα της Χημικής Βιομηχανίας. Τα Τεχνολογικά αυτά ατυχήματα, γνωστά στην Ελλάδα με τον όρο Βιομηχανικά Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης (Β.Α.Μ.Ε), είχαν δραματικές επιπτώσεις στον άνθρωπο και στο περιβάλλον, όχι μόνο στο χώρο της εγκατάστασης που εκδηλώθηκαν αλλά και στην ευρύτερη περιοχή, ξεπερνώντας κάποιες φορές και τα σύνορα της χώρας. Οι επιπτώσεις τους εκτείνονται από βραχυπρόθεσμες, όπως θάνατοι, τραυματισμοί, καταστροφή καλλιεργειών, ρύπανση των υδάτων κ.α., έως μακροπρόθεσμες, όπως σοβαρά προβλήματα υγείας στον πληθυσμό και μόλυνση του περιβάλλοντος. Τα ονόματα των πόλεων Feyzin (Γαλλία 1966), Flixborough (Ηνωμένο Βασίλειο 1974), Seveso (Ιταλία 1976), Bhopal (Ινδία 1984), San Juanito- Mexico City (Μεξικό 1984), Chernobyl (Ουκρανία 1986, πυρηνικό ατύχημα), Baia Mare (Ρουμανία 2000) κ.α. έχουν γίνει συνώνυμα των Τεχνολογικών Ατυχημάτων, αφού τα ατυχήματα που συνέβησαν σε αυτές άφησαν πίσω τους χιλιάδες νεκρούς και τραυματίες, επηρέασαν μακροπρόθεσμα την υγεία των ανθρώπων, προκάλεσαν σοβαρές περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις. Αντίστοιχα μεγάλα ατυχήματα που συνέβησαν στην Ελλάδα είναι η πυρκαγιά στις εγκαταστάσεις της JetOil (Θεσσαλονίκη 1986), το ατύχημα στις εγκαταστάσεις της ΠΕΤΡΟΛΑ (Ελευσίνα 1992), το ατύχημα στις εγκαταστάσεις της ΕΚΟ (Θεσσαλονίκη 1998), η πυρκαγιά στις εγκαταστάσεις της Χ.Υ.Μ.Α. Α.Ε. (Λαύριο 2006) κ.α.

Μια ιδιαίτερη κατηγορία των τεχνολογικών ατυχημάτων είναι τα φυσικο-τεχνολογικά ατυχήματα, εκείνα δηλ. που προκαλούνται από κάποιο φυσικό κίνδυνο (σεισμό, πλημμύρα, καταιγίδα κλπ), γνωστά στη διεθνή βιβλιογραφία ως NaTech ατυχήματα (**N**atural hazard triggering a **T**echnological disaster). Προκαλούν τεράστιες κοινωνικο-οικονομικές και περιβαλλοντικές συνέπειες και χαρακτηρίζονται από πολυπλοκότητα τόσο ως προς τη πρόληψη όσο και ως προς την αντιμετώπισή τους. Σημαντικές NaTech καταστροφές προκλήθηκαν από τον σεισμό στη πόλη Kocaeli της Τουρκίας το 1999, τον Τυφώνα Κατρίνα στις ΗΠΑ το 2005 και τον σεισμός Tohoku της Ιαπωνίας το 2011, με το επακόλουθο τσουνάμι και το πυρηνικό ατύχημα στη Fukushima.

Τα παραπάνω τεχνολογικά ατυχήματα συνέβησαν κατά τη διαχείριση, μεταφορά και αποθήκευση επικίνδυνων χημικών ουσιών (εύφλεκτων, εκρηκτικών, τοξικών) και κατέδειξαν με τον πιο δραματικό τρόπο την επιτακτική ανάγκη για συνεχή μελέτη και ανάλυση όλων των προβλημάτων που έχουν σχέση με την ασφάλεια των εγκαταστάσεων της χημικής βιομηχανίας.

Στον Ευρωπαϊκό χώρο οι πρώτες βάσεις για την αντιμετώπιση των βιομηχανικών ατυχημάτων τέθηκαν το 1967 με την Οδηγία για τις επικίνδυνες ουσίες «Directive 67/548/EEC». Τα ατυχήματα όμως, που συνέβησαν στις πόλεις Flixborough (Ηνωμένο Βασίλειο 1974) και Seveso (Ιταλία 1976) με τις σοβαρότατες επιπτώσεις τους έδειξαν ότι η μέχρι τότε νομοθεσία και κανονισμοί περιορίζονταν στο να διασφαλίζουν την προστασία των εργαζομένων και του περιβάλλοντος μόνο στις περιπτώσεις λειτουργίας των εγκαταστάσεων υπό κανονικές συνθήκες. Το γεγονός αυτό προέτρεψε την Ευρωπαϊκή Ένωση να προχωρήσει στην έκδοση της Οδηγίας SEVESO (Directive 82/501/EC) «περί μεγάλης έκτασης ατυχημάτων ορισμένων βιομηχανικών δραστηριοτήτων», λαμβάνοντας υπόψη την πολυπλοκότητα των σύγχρονων βιομηχανικών εγκαταστάσεων που διαχειρίζονται επικίνδυνες ουσίες, την συνεχόμενη οικιστική ανάπτυξη και την προστασία του περιβάλλοντος. Η Οδηγία SEVESO, που πήρε το όνομά της από την ομώνυμη πόλη της Ιταλίας όπου συνέβη το ατύχημα διαρροής μιας εξαιρετικά τοξικής ουσίας το 1976, είναι μία οδηγία με δυναμικό και όχι στατικό χαρακτήρα. Κατά τη διάρκεια των ετών, τα ατυχήματα που συνέβησαν αναλύθηκαν και μελετήθηκαν και τα διδάγματά τους αποτέλεσαν αφορμή για τις τροποποιήσεις της αρχικής Οδηγίας με σκοπό την ενίσχυση της αποτελεσματικότητάς της στην πρόληψη και αντιμετώπιση ατυχημάτων μεγάλης έκτασης. Από τον Αύγουστο του 2012 έως και σήμερα είναι σε εφαρμογή η Οδηγία SEVESO III (Directive 2012/18/EU). Η Ελλάδα εναρμόνισε την ελληνική νομοθεσία με την εν λόγω Οδηγία εκδίδοντας την Κ.Υ.Α. 172058/2016 (ΦΕΚ 354/Β/17-2-2016).

1.2. Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας έχει ως εξής:

Συνάντηση με τον επιβλέποντα καθηγητή για συζήτηση επί του θέματος της εργασίας. Δόθηκαν οι κατευθυντήριες γραμμές, οριστικοποιήθηκε η δομή της εργασίας και προτάθηκαν πηγές άντλησης πληροφοριών. Η καθοδήγηση του επιβλέποντα καθηγητή ήταν συνεχής σε όλα τα στάδια της εργασίας, κάνοντας τις απαραίτητες διευκρινήσεις και διορθώσεις για ένα πιο άρτιο αποτέλεσμα.

Συγκέντρωση της απαραίτητης βιβλιογραφίας σχετιζόμενη με Καταστροφές, Τεχνολογικά και NaTech ατυχήματα, η οποία περιλάμβανε ελληνικά και διεθνή επιστημονικά άρθρα, ευρωπαϊκή και ελληνική νομοθεσία, στοιχεία από διεθνείς βάσεις δεδομένων, άρθρα από τον εγχώριο και διεθνή τύπο, διδακτορικές διατριβές, ιστοσελίδες αλλά και διδακτικό υλικό από το ΠΜΣ, στα πλαίσια του οποίου γίνεται η παρούσα εργασία. Η αναζήτηση βιβλιογραφικών πηγών συνεχίστηκε καθ' όλη τη πορεία συγγραφής της εργασίας.

Στο επόμενο στάδιο μελετήθηκε η βιβλιογραφία και κατηγοριοποιήθηκε ανά θεματική ενότητα ακολουθώντας την δομή της εργασίας. Όσο αφορά στη νομοθεσία (Οδηγία SEVESO I, II, III και τροποποιήσεις αυτής), η μελέτη επικεντρώθηκε στα τμήματα που αφορούσαν την ασφάλεια των εγκαταστάσεων με επικίνδυνες ουσίες και ιδιαίτερος στη Μελέτη Ασφαλείας.

Το τελικό στάδιο περιλαμβάνει τη συγγραφή της εργασίας, με τις απαραίτητες διορθώσεις και τροποποιήσεις. Όσο αφορά στη μελέτη περίπτωσης, υπήρξε συνάντηση με τον τεχνικό ασφαλείας εγκατάστασης διακίνησης, αποθήκευσης και εμφιάλωσης υγραερίου που βρίσκεται στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου Ι.Π. Μεσολογγίου, ο οποίος και έδωσε σημαντικές πληροφορίες για τον τρόπο λειτουργίας και τα μέτρα ασφάλειας που λαμβάνονται σε παρόμοιες εγκαταστάσεις.

1.3. Δομή της εργασίας

Η παρούσα εργασία αναπτύσσεται σε οκτώ (8) κεφάλαια, εκ των οποίων το πρώτο αναφέρεται στην Εισαγωγή.

Το δεύτερο κεφάλαιο που ακολουθεί περιλαμβάνει την εννοιολογική προσέγγιση της Καταστροφής, όπως αυτή αποτυπώνεται από τις διάφορες σχολές σκέψεων αλλά και από τους διάφορους φορείς αντιμετώπισης και διαχείρισής της. Στο τέλος του κεφαλαίου αναφέρεται η ταξινόμηση των καταστροφών.

Το τρίτο κεφάλαιο περιλαμβάνει τα Τεχνολογικά Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης, ορισμούς, ταξινόμηση, περιγραφή των φαινομένων που προκαλούν αλλά και αναφορά στις διεθνείς βάσεις καταγραφή τους. Επίσης γίνεται μια ιστορική αναδρομή σε κάποια από τα σημαντικότερα τεχνολογικά ατυχήματα που έχουν συμβεί στη διεθνή κοινότητα. Το δεύτερο μέρος του κεφαλαίου αναφέρεται στις NaTech καταστροφές, τον ορισμό, τα χαρακτηριστικά και τα αίτια πρόκλησής τους. Στο τέλος, γίνεται αναφορά στις τρεις (3) από τις σημαντικότερες καταγεγραμμένες NaTech καταστροφές.

Το τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται στο ευρωπαϊκό νομοθετικό πλαίσιο που αφορά στον έλεγχο κινδύνων πρόκλησης ατυχημάτων μεγάλης έκτασης σε εγκαταστάσεις που διαχειρίζονται επικίνδυνες ουσίες. Ουσιαστικά, γίνεται μια ανασκόπηση της Οδηγίας SEVESO, από την αρχική της μορφή, τις τροποποιήσεις αυτής έως και την σημερινή της μορφή. Επίσης, γίνεται αναφορά στην εναρμόνισή της με το Ελληνικό Δίκαιο.

Το πέμπτο κεφάλαιο αναφέρεται αναλυτικά στη Μελέτη Ασφαλείας. Περιλαμβάνει όλες τις νομοθετικές απαιτήσεις, τον τρόπο σύνταξής της, τις μεθόδους προσδιορισμού και ανάλυσης της επικινδυνότητας, την Πολιτική Πρόληψης Μεγάλων Ατυχημάτων (ΠΠΜΑ), το Σύστημα Διαχείρισης της Ασφάλειας και τις Ζώνες Προστασίας πληθυσμού και δυνάμεων επέμβασης.

Το έκτο κεφάλαιο αναφέρεται στο Υγραέριο, τα χαρακτηριστικά του, τα πλεονεκτήματα και οι εφαρμογές του αλλά και στην επικινδυνότητά του. Η επιλογή του κεφαλαίου αυτού σχετίζεται με τη μελέτη περίπτωσης.

Το έβδομο κεφάλαιο αναφέρεται στη μελέτη περίπτωσης. Το πρώτο μέρος του περιλαμβάνει αναφορές στον τρόπο λειτουργίας εγκαταστάσεων διακίνησης, αποθήκευσης και εμφιάλωσης υγραερίου και στα μέτρα ασφάλειας που λαμβάνονται. Στο δεύτερο μέρος του κεφαλαίου, περιγράφεται συνοπτικά μια υπάρχουσα εγκατάσταση στην ευρύτερη περιοχή του

Δήμου Ι.Π. Μεσολογγίου. Λαμβάνονται υπόψη κάποια δεδομένα της εγκατάστασης και σχεδιάζονται σενάρια πιθανών ατυχημάτων. Με τη χρήση του λογισμικού προγράμματος Aloha προσδιορίζονται τα αποτελέσματα των σεναρίων και οι ζώνες επικινδυνότητας.

Στο όγδοο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα βασικά συμπεράσματα, όπως αυτά προκύπτουν από τα προηγούμενα κεφάλαια και τίθενται κάποιες προτάσεις για βελτιστοποίηση της πρόληψης των Τεχνολογικών και NaTech ατυχημάτων.

Κεφάλαιο 2.

Καταστροφή- Εννοιολογική Προσέγγιση & Ταξινόμηση

2.1. Η Έννοια της Καταστροφής

2.1.1. Προέλευση της λέξης Καταστροφή (Ετυμολογία)

Η λέξη «καταστροφή» έχει αρνητική χροιά και σύμφωνα με το λεξικό της αρχαίας ελληνικής γλώσσα αναφέρεται στην απόρροια του ρήματος «κατά-στρέφω», που ερμηνεύεται ως *αναταράσσω, ανατρέπω, γκρεμίζω, φθείρω, υποτάσσομαι*. Σε κείμενα του Σοφοκλή και του Θουκυδίδη λέγεται ακόμη και για το θάνατο.

Στο ίδιο περίπου εννοιολογικό πλαίσιο το λεξικό της νεοελληνικής γλώσσας ερμηνεύει εναλλακτικά τη λέξη καταστροφή ως : α) πρόκληση πολύ μεγάλων φθορών ή αλλοιώσεων σε κάτι ή και αφανισμός του (π.χ. Η πλημμύρα προξένησε τεράστιες υλικές καταστροφές) β) φαινόμενο, γεγονός με πολύ αρνητικές συνέπειες (π.χ. η αστυφιλία ήταν η βασική αιτία της καταστροφής των πόλεων), γ) αποδιοργάνωση και διάλυση, πλήρης αποτυχία ή δυστυχία (π.χ. Ο εθνικός διχασμός ήταν η αιτία της Μικρασιατικής Καταστροφής) και δ) πολύ αρνητική επίδραση στον χαρακτήρα, την προσωπικότητα κάποιου (π.χ. Τα ναρκωτικά είναι η καταστροφή της νεολαίας).

Διεθνώς, ο όρος που έχει επικρατήσει για την καταστροφή είναι ο αγγλικός όρος Disaster. Ο όρος αυτός έχει τις ρίζες του στη γαλλική μεσαιωνική λέξη *désastre*, η οποία προέρχεται από τις λατινικές λέξεις *dis astro*, που με τη σειρά τους έχουν τη βάση τους στην Ελληνική Γλώσσα συνενώνοντας το αρνητικό πρόθεμα *δυσ-* με τη λέξη *άστήρ* (δυσαστρία). Επομένως, η ρίζα του όρου Disaster είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την αστρολογική αντίληψη για την καταστροφή, στη βάση της αρνητικής ή δυσμενούς θέσης ενός άστρου ή ενός πλανήτη (Σαπουντζάκη and Δανδουλάκη, 2015). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα λόγια του Gloucester στο έργο του Σαίξπηρ (1605) «Βασιλιάς Ληρ»

" These late eclipses in the sun and moon portend no good to us we make guilty of our disasters the sun, the moon, and the stars"(ηράξη I, σκηνή 2).

Τοποθετημένη στο πλαίσιο των θρησκειών, η καταστροφή προέρχεται από τη θέληση του Θεού να εκδηλώσει το θυμό του, τη μήνιν του στα αρχαία ελληνικά, εξ 'ου και ο όρος

«θεομηνία». Ειδικά, στην εποχή πριν το Διαφωτισμό, η αντίληψη αυτή θεωρούνταν κανόνας. Σύμφωνα με τον Hall, ο κόσμος πριν τον Διαφωτισμό ήταν ένας κόσμος όπου τίποτα δεν συνέβαινε τυχαία και γεγονότα όπως οι σεισμοί και οι πλημμύρες πάντα έκρυβαν ένα μεγαλύτερο και βαθύτερο μήνυμα της θέλησης του Θεού.(Hall, 1990)

2.1.2. Η Καταστροφή υπό το πρίσμα των διαφόρων σχολών σκέψεων

Ο όρος Καταστροφή περιλαμβάνει ένα ευρύ και πολυποίκιλο περιεχόμενο και τις περισσότερες φορές είναι πιο εύκολο να την αναγνωρίσεις από ό,τι να την ορίσεις. Το πεδίο των καταστροφών κυριαρχείται από περιπτωσιολογικές αναλύσεις και υστερεί σε έρευνα σχετικά με τους βασικούς του όρους και τις έννοιες- κλειδιά, που θα εξασφάλιζαν την αυτονομία και τα γνωσιολογικά του θεμέλια.(Σαπουντζάκη and Δανδουλάκη, 2015).

Σύμφωνα με τους Λέκκα και Ανδρεαδάκη (2015) στη βιβλιογραφία εμφανίζονται τρεις προσεγγίσεις στον ορισμό της καταστροφής:

- Η προσέγγιση της κλασικής σχολής των κοινωνικών επιστημών, η οποία λαμβάνει υπόψη κυρίως την κοινωνική διαταραχή, τη διακοπή των κανονικών λειτουργιών της κοινωνίας, την αποδυνάμωση των μηχανισμών μείωσης των κοινωνικών εντάσεων, ενώ ταυτόχρονα αυτές αυξάνονται απότομα, την απώλεια ζωής και τις σωματικές βλάβες. (Λέκκας Ε. & Ανδρεαδάκης Ε., 2015). Χαρακτηριστικός είναι ο ορισμός της καταστροφής που δίνει ο Charles Fritz το 1961 *«είναι ένα γεγονός, επικεντρωμένο σε χρόνο και χώρο, στο οποίο μία κοινωνία ή μια σχετικά αυτοδύναμη υποδιαίρεσή της διατρέχει σοβαρό κίνδυνο και υφίσταται τέτοιες απώλειες στα μέλη της και στη περιουσία της, που η κοινωνική δομή διαταράσσεται και η εκπλήρωση όλων ή ορισμένων βασικών λειτουργιών της κοινωνίας εμποδίζεται.»* (Perry, 2007)
- Η προσέγγιση μέσω της συσχέτισης κινδύνου και καταστροφής, που αποτελεί κυρίως την οπτική γωνία των φυσικών επιστημών, της γεωγραφίας και των λοιπών συναφών κλάδων. Εδώ, οι καταστροφές εντάσσονται στις κυκλικές μεταβολές του περιβάλλοντος αφού ορίζονται ως μέρος των φυσικών περιβαλλοντικών διεργασιών, με μεγαλύτερη συχνότητα και ένταση από την αναμενόμενη, προκαλώντας ζημιές και δυσκολίες. Επίσης, στη προσέγγιση αυτή ο ορισμός της καταστροφής εντάσσει και την τρωτότητα της κοινωνίας απέναντι στους φυσικούς κινδύνους. (Λέκκας Ε. & Ανδρεαδάκης Ε., 2015). Ο David Alexander, στο βιβλίο του "Natural Disasters" (1993) επισημαίνει ότι *«οι φυσικές καταστροφές μπορούν να θεωρηθούν ως ταχείας εκδήλωσης γεγονότα του φυσικού περιβάλλοντος με σημαντικές επιπτώσεις πάνω στο κοινωνικο-οικονομικό σύστημα»*, ορισμό που ανέπτυξε το 2005 λέγοντας ότι *«οι καταστροφές δεν καθορίζονται από αμετάβλητα γεγονότα αλλά από κοινωνικές δομές και αυτές είναι επιρρεπείς στην αλλαγή»*. (Perry, 2007)
- Η καθαρά κοινωνιολογική προσέγγιση σύμφωνα με την οποία οι καταστροφές αντιπροσωπεύουν την τρωτότητα της κοινωνίας και αντικατοπτρίζουν τις αδυναμίες των κοινωνικών συστημάτων. Κύριος εκφραστής της προσέγγισης αυτής είναι ο Αμερικανός κοινωνιολόγος Enrico Quarantelli , πρωτοπόρος και θεμελιωτής της Κοινωνιολογίας των Καταστροφών, ο οποίος *ορίζει τις καταστροφές από την όψη μιας ποικιλίας καθοριστικών χαρακτηριστικών: i) είναι ξαφνικά γεγονότα, ii) διακόπτουν σοβαρά τις συνήθεις λειτουργίες των κοινωνικών ομάδων, iii) προκαλούν την υιοθέτηση μη προσχεδιασμένων ενεργειών για την αντιμετώπιση της διαταραχής, iv) έχουν*

απρόσμενες διαστάσεις στον κοινωνικό χώρο και χρόνο και ν) θέτουν σε κίνδυνο πολύτιμα κοινωνικά αγαθά. (Perry, 2007)

2.1.3. Η Καταστροφή υπό το πρίσμα των φορέων αντιμετώπισης και διαχείρισής της

Ο όρος καταστροφή, όταν περνά από το πεδίο του επιστημονικού και ερευνητικού ενδιαφέροντος στο πεδίο της αντιμετώπισης και διαχείρισης πραγματικών καταστάσεων θεσμικά, διοικητικά και επιχειρησιακά, οφείλει να είναι σαφής και ακριβής ώστε να εξυπηρετεί, με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, τη λειτουργικότητα του φορέα που τον χρησιμοποιεί. Παρακάτω παρουσιάζονται οι ορισμοί που αποδίδονται στον όρο «καταστροφή» από τους σημαντικότερους διεθνείς ή εθνικούς φορείς αντιμετώπισης και διαχείρισης καταστροφών:

Διεθνής Στρατηγική των Ηνωμένων Εθνών για Μείωση των Καταστροφών (UNISDR) «Καταστροφή είναι μια σοβαρή διατάραξη της λειτουργίας μιας κοινότητας ή μιας κοινωνίας οποιασδήποτε κλίμακας λόγω επικίνδυνων γεγονότων που αλληλοεπιδρούν με τις συνθήκες έκθεσης, τρωτότητας και ικανότητας και η οποία οδηγεί σε μία ή περισσότερες ακόλουθες απώλειες και επιπτώσεις : ανθρώπινες, υλικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές. Η επίδραση της Καταστροφής μπορεί να είναι άμεση και εντοπισμένη στο χώρο, αλλά είναι συχνά διαδεδομένη και μπορεί να διαρκέσει για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η επίδραση μπορεί να δοκιμάσει ή να υπερβεί την ικανότητα της κοινότητας ή της κοινωνίας να ανταπεξέλθει με τη χρήση των δικών της πόρων, και ως εκ τούτου, μπορεί να χρειασθεί βοήθεια από εξωτερικές πηγές σε περιφερειακό ή εθνικό και διεθνές επίπεδο.» (“Terminology - UNDRR”)

Κέντρο για την Έρευνα και Επιδημιολογία των Καταστροφών (CRED) «Καταστροφή είναι μία κατάσταση ή ένα γεγονός που υπερβαίνει την τοπική ικανότητα, καθιστώντας αναγκαίο το αίτημα για εξωτερική βοήθεια σε εθνικό ή διεθνές επίπεδο· ένα απρόβλεπτο και συχνά ξαφνικό συμβάν που προκαλεί μεγάλες ζημιές και ανθρώπινο πόνο.» (Natural Disasters 2018, 2019)

Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Διαχείρισης Καταστάσεων Εκτάκτου Ανάγκης Η.Π.Α. (F.E.M.A.) «Μεγάλη Καταστροφή είναι οποιαδήποτε φυσική καταστροφή (τυφώνες, καταιγίδες, τσουνάμι, σεισμοί, ηφαιστειακές εκρήξεις κλπ) ή ανεξαρτήτου αιτίας, οποιαδήποτε πυρκαγιά , πλημμύρα ή έκρηξη που επιφέρει σοβαρές και μεγάλου μεγέθους βλάβες και απαιτείται κυβερνητική βοήθεια για την ανακούφιση από τις ζημιές, τις απώλειες και τις δυσκολίες.» (Robert T. Stafford, 1988)

Διεθνή Ομοσπονδία Συλλόγων Ερυθρού Σταυρού και Ερυθράς Ημισελήνου (IFRC) «Καταστροφή είναι ένα ξαφνικό, ολέθριο γεγονός που διαταράσσει σοβαρά τη λειτουργία μιας κοινότητας ή κοινωνίας και προκαλεί ανθρώπινες, υλικές και οικονομικές ή περιβαλλοντικές απώλειες, οι οποίες υπερβαίνουν την ικανότητα της κοινότητας ή της κοινωνίας να ανταπεξέλθει με ιδίους πόρους. Αν και συχνά προκαλούνται από τη φύση, μπορούν να έχουν και ανθρώπινη προέλευση. {(Τρωτότητα + Κίνδυνος)/ Ικανότητα = Καταστροφή}.» (“What is a disaster? - IFRC”)

Στη χώρα μας, σύμφωνα με τον Ν.3013/2002 «Αναβάθμιση της Πολιτικής Προστασίας» και το Γενικό Σχέδιο Πολιτικής Προστασίας με τη συνθηματική λέξη «ΞΕΝΟΚΡΑΤΗΣ»: «Καταστροφή νοείται κάθε ταχείας ή βραδείας εξέλιξης φυσικό φαινόμενο ή τεχνολογικό συμβάν στο χερσαίο, θαλάσσιο και εναέριο χώρο, το οποίο προκαλεί εκτεταμένες δυσμενείς επιπτώσεις στον άνθρωπο, καθώς και στο ανθρωπογενές ή φυσικό περιβάλλον.» (Γ.Γ.Π.Π.)

2.2. Η Ταξινόμηση των Καταστροφών

Μία πρώτη ταξινόμηση των καταστροφών, με βάση τους γενεσιουργούς μηχανισμούς και τους τρόπους εκδήλωσης, είναι η διάκριση σε δύο μεγάλες κατηγορίες (Λέκκας Ε. & Ανδρεαδάκης Ε., 2015):

- **Φυσικές Καταστροφές**, όπου ο γενεσιουργός μηχανισμός έγκειται σε διεργασίες που γίνονται στη φύση με ή χωρίς την ανθρώπινη παρουσία.
- **Ανθρωπογενείς Καταστροφές**, όπου ο γενεσιουργός μηχανισμός έγκειται στην τεχνολογική ανάπτυξη ή/και την επιθετική συμπεριφορά του ανθρώπου.

Επισημαίνεται ότι, ο αυξανόμενος βαθμός επίδρασης της ανθρώπινης δραστηριότητας στο περιβάλλον κάνει τα όρια μεταξύ των δύο παραπάνω κατηγοριών όλο και πιο δυσδιάκριτα.

2.2.1. Φυσικές Καταστροφές

Ο όρος «φυσικές καταστροφές» αναφέρεται σε σοβαρά, δυσμενή γεγονότα που προκαλούνται από φυσικά φαινόμενα, γνωστά στην τεχνική ορολογία με το όρο «φυσικοί κίνδυνοι». Ως τέτοια νοούνται οι σεισμοί, οι πλημμύρες, οι ηφαιστειακές εκρήξεις, οι κυκλώνες κ.α. Μια φυσική καταστροφή μπορεί να προκαλέσει πολλαπλές συνέπειες, όπως απώλεια ζωών και περιουσιών, τραυματισμούς, βλάβες στο φυσικό και δομημένο περιβάλλον, οικονομικές και κοινωνικές απώλειες, των οποίων η σοβαρότητα και το μέγεθος εξαρτάται από τη τρωτότητα, τη προσαρμοστικότητα και την ικανότητα ανάκαμψης. (Σαπουντζάκη and Δανδουλάκη, 2015)

Πολλές φορές ο όρος «φυσική καταστροφή» αποδεικνύεται παραπλανητικός και αυτό διότι υπονοεί ότι είναι αποτέλεσμα μόνο ενός φυσικού κινδύνου, ενώ στη πραγματικότητα ο καθοριστικός ρόλος στη δημιουργία της ανήκει στην ανθρώπινη δραστηριότητα. Για παράδειγμα, αν οι άνθρωποι δεν έχτιζαν τις οικίες στους σε ένα πλημμυρικό πεδίο, οι πλημμύρες δεν θα προκαλούσαν καταστροφές.

Ένας άλλος τύπος φυσικής καταστροφής, που έκανε την εμφάνισή του τα τελευταία χρόνια, είναι η περιβαλλοντική υποβάθμιση. Πρόκειται για το αποτέλεσμα της υπερεκμετάλλευσης των φυσικών πόρων ή των ακατάλληλων χρήσεων ή της διατήρησης γαιών, που μεταβάλλουν την οικολογική ισορροπία και οδηγούν σε φαινόμενα όπως η ερημοποίηση, η αποψίλωση δασών, η διάβρωση, η απόθεση ιζημάτων ή οι πλημμύρες, φαινόμενα που συχνά προκαλούν καταστροφές.(Λέκκας Ε. & Ανδρεαδάκης Ε., 2015)

Οι φυσικές καταστροφές, σύμφωνα με τη διεθνή βάση δεδομένων της EM-DAT, ταξινομούνται σε έξι ομάδες :

Γεωφυσικές – γεγονότα που προέρχονται από το στερεό φλοιό της γης, όπως σεισμοί, ηφαιστειακές εκρήξεις, μετακινήσεις μαζών. Ο εναλλακτικός όρος που χρησιμοποιείται είναι «Γεωλογικές».

Μετεωρολογικές – γεγονότα που προκαλούνται από βραχυπρόθεσμες (στιγμιαίες έως λίγων ημερών), μικρής έως μεσαίας κλίμακας ατμοσφαιρικές διαδικασίες, όπως οι τροπικές καταιγίδες και οι κυκλώνες.

Υδρολογικές- γεγονότα που προκαλούνται από εκτροπές και παρεκκλίσεις στον κανονικό και αναμενόμενο κύκλο νερού ή και υπερχειλίση υδάτινων υποδοχέων που προκαλείται από ανέμους, όπως πλημμύρες, κατολισθήσεις κλπ.

Κλιματολογικές- γεγονότα που προκαλούνται από μακροπρόθεσμες, μεσαίας έως και μεγάλης κλίμακας ατμοσφαιρικές διαδικασίες, που κυμαίνονται από ενδοεποχιακές μέχρι κλιματικές μεταβολές σε βάθος χρόνου, όπως ακραίες θερμοκρασίες, ξηρασίες και δασικές πυρκαγιές.

Βιολογικές- γεγονότα που προκαλούνται από την έκθεση ζωντανών οργανισμών σε παθογόνα μικρόβια και τοξικές ουσίες άλλων οργανισμών, όπως οι επιδημίες, οι επιδρομές εντόμων ή τρωκτικών και οι ασθένειες καλλιεργειών και ζώων.

Εξωγήινης Προέλευσης – γεγονότα που προκαλούνται όταν ένα εξωγήινο κομμάτι (μετεωρίτης ή αστεροειδής ή κομήτης) εισέρχεται στην ατμόσφαιρα της Γης ή/και προσκρούει στη Γη, προκαλώντας αλλαγές στις διαπλανητικές συνθήκες με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η μαγνητόσφαιρα, η ιονόσφαιρα και η θερμόσφαιρα της Γης.



Εικόνα 2.1. Ταξινόμηση των φυσικών καταστροφών από το CRED, που υποστηρίζει τη βάση δεδομένων EM-DAT

Πηγή : (Guha-Sapir and Vanderveken, 2016)

2.2.2. Οι Ανθρωπογενείς Καταστροφές

Ο όρος «Ανθρωπογενείς καταστροφές» αναφέρεται στις καταστροφές με κύριο αίτιο πρόκλησης τους ανθρωπογενείς κινδύνους. Οι ανθρωπογενείς καταστροφές μπορούν να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες (Λέκκας Ε. & Ανδρεαδάκης Ε., 2015):

➤ Ένοπλες συρράξεις- Επιθετικές Ενέργειες

Στη κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται οι πόλεμοι, η τρομοκρατία και η χρήση χημικών, βιολογικών και ραδιολογικών ουσιών. Πρόκειται για σημαντική κατηγορία καταστροφών που επιφέρει τεράστιες και επώδυνες συνέπειες. Η διαχείριση αυτού του είδους των καταστροφών ασχολείται με την προστασία και υποστήριξη των προσφύγων κατά τη διάρκεια της σύρραξης, τη φυσική και οικονομική ανασυγκρότηση και τη κοινωνική αποκατάσταση μετά τη σύρραξη.

➤ Τεχνολογικές Καταστροφές

Οι τεχνολογικές καταστροφές είναι συνήθως το αποτέλεσμα ατυχημάτων ή επεισοδίων που συμβαίνουν στους τομείς της βιομηχανίας, των μεταφορών ή των επικίνδυνων ουσιών (χημικά, εκρηκτικά, ραδιενεργά). Οφείλονται κυρίως σε τεχνολογικούς κινδύνους, οι οποίοι δεν αντιμετωπίζονται με τον κατάλληλο τρόπο ή σε τεχνολογικά συμβάντα που προκαλούνται από ανθρώπινα λάθη, παραλείψεις, αστοχίες εξοπλισμού, οργανωτικές ή διοικητικές δυσλειτουργίες, και ξεφεύγουν από τον έλεγχο. Ένας άλλος λόγος πρόκλησης των τεχνολογικών συμβάντων είναι η σκόπιμη ανθρώπινη ενέργεια (σαμποτάζ) και η τρομοκρατία. (Μουζάκης, 2018)

Στις περιπτώσεις εκείνες που οι τεχνολογικές καταστροφές προκαλούνται από φυσικές καταστροφές, όπως σεισμούς, τσουνάμι, πλημμύρες, κεραυνούς, τότε έχουμε μια ξεχωριστή κατηγορία καταστροφών τις φυσικο-τεχνολογικές, γνωστές στη διεθνή βιβλιογραφία ως NaTech (Natural disaster triggering a Technological disaster).

Οι τεχνολογικές καταστροφές προκαλούν ποικιλότητες και σοβαρές επιπτώσεις στον άνθρωπο και στο περιβάλλον. Ειδικά, όσο αφορά στα προβλήματα μόλυνσης που προκαλούν, τα συνεπαγόμενα αποτελέσματα στον ανθρώπινο οργανισμό και στο περιβάλλον διαρκούν πολύ περισσότερο απ'ότι στις φυσικές καταστροφές. Για παράδειγμα, η έκθεση σε τοξικές ουσίες ή ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει γενετικές δυσμορφίες που κληροδοτούνται σε επόμενες γενιές, ενώ η μόλυνση εδαφικών πόρων από τοξικά απόβλητα να καταστήσει τα εδάφη ακατάλληλα για πολλές δεκαετίες.

Σύμφωνα με τον Μουζάκη (2018) η συνήθης ταξινόμηση των ατυχημάτων είναι η εξής:

- Χημικά Ατυχήματα σε Βιομηχανικές Εγκαταστάσεις
- Ατυχήματα Μεταφοράς (οδικά, σιδηροδρομικά, θαλάσσια, εναέρια, αγωγοί)
- Κατάρρευση Φραγμάτων
- Πυρηνικά Ατυχήματα
- Χημικά Βιολογικά Ραδιολογικά Πυρηνικά (ΧΒΡΠ) Συμβάντα

Στη διεθνή βάση δεδομένων EM-DAT, οι τεχνολογικές καταστροφές που καταχωρούνται διακρίνονται σε τρεις βασικές κατηγορίες :

- Βιομηχανικά Ατυχήματα
- Ατυχήματα στις Μεταφορές
- Διάφορα Ατυχήματα



Εικόνα 2.2. Κατηγορίες Τεχνολογικών Καταστροφών

Πηγή : EM-DAT: The Emergency Events Database - Universite Catholique de Louvain (UCL) - CRED, www.emdat.be, Brussels, Belgium- Ιδία Επεξεργασία

➤ Αστικές Καταστροφές

Ο όρος «αστικές καταστροφές» αναφέρεται σε καταστροφές που δεν προκαλούνται από φυσικούς κινδύνους αλλά συμβαίνουν σε οικιστικά σύνολα. Κυριότερες είναι οι καταρρεύσεις κτηρίων και οι αστικές πυρκαγιές των οποίων οι συνέπειες στις υπανάπτυκτες χώρες είναι τραγικές λόγω των ακατάλληλων κατασκευών (ξύλινες, πρόχειρες και στρυμωγμένες) που ευνοούν την εξάπλωσή τους.(Λέκκας Ε. & Ανδρεαδάκης Ε., 2015)

Κεφάλαιο 3.

Τεχνολογικά Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης

3.1. Ορισμός

Η αλματώδης εξέλιξη της τεχνολογίας και η εκτεταμένη εφαρμογή της σε κλάδους όπως οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις επικίνδυνων ουσιών οδήγησε στη δημιουργία πρόσθετων κινδύνων από τεχνολογικά ατυχήματα με σοβαρές και ποικιλότητες συνέπειες, άμεσες ή έμμεσες, στον άνθρωπο και στο περιβάλλον.

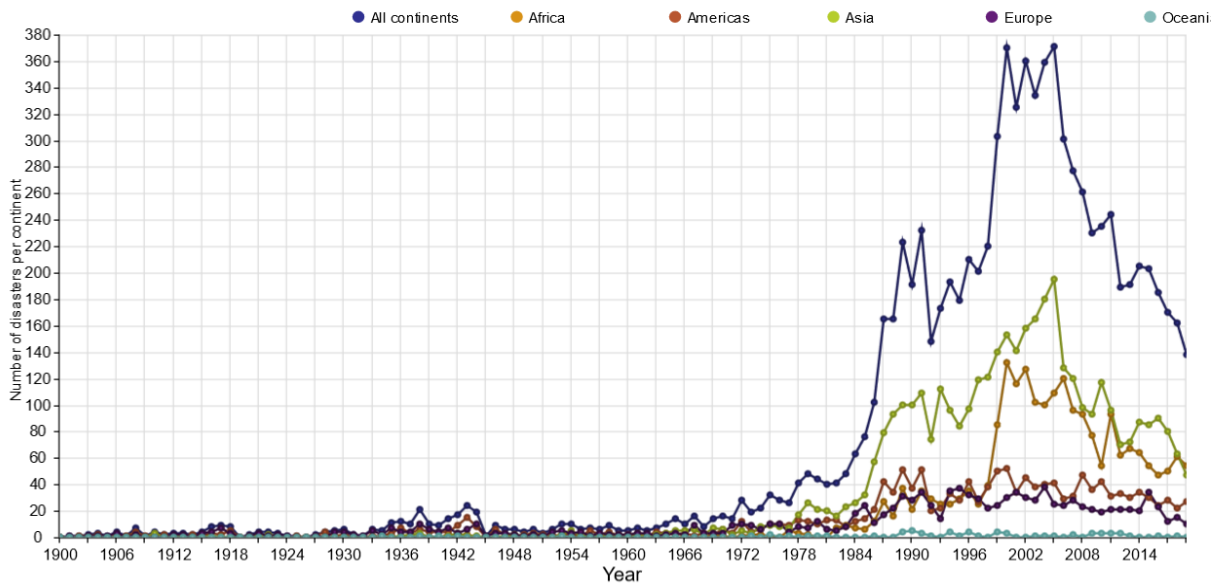
Ένα γεγονός μπορεί να χαρακτηριστεί ως «ατύχημα» όταν είναι *απρόβλεπτο, αναπόφευκτο και δεν εμπεριέχει πρόθεση*. Τα τρία αυτά χαρακτηριστικά αναφέρθηκαν από τον Suchman το 1961, ο οποίος έθεσε και τα εξής δευτερεύοντα χαρακτηριστικά : α) τον βαθμό προειδοποίησης , β) τη διάρκεια του συμβάντος, γ)τον βαθμό της αμέλειας και δ) τον βαθμό των λάθους υπολογισμών. Σύμφωνα με αυτά, ένα γεγονός είναι ατύχημα όταν προειδοποιεί ελάχιστα και συμβαίνει γρήγορα ή υπάρχει μεγάλος βαθμός αμέλειας και λανθασμένων υπολογισμών που οδηγούν σε αυτό.(Khan and Abbasi, 1999)

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2012/18/EE, γνωστή και ως Οδηγία SEVESO III, που αφορά στην αντιμετώπιση των κινδύνων μεγάλων ατυχημάτων σχετιζόμενων με επικίνδυνες ουσίες, ως **μεγάλο ατύχημα** (major accident) χαρακτηρίζεται : « *ένα συμβάν, όπως μεγάλη διαρροή, πυρκαγιά ή έκρηξη που προκύπτει από ανεξέλεγκτες εξελίξεις κατά τη λειτουργία οιασδήποτε μονάδας καλυπτόμενης από την παρούσα οδηγία, το οποίο προκαλεί μεγάλους κινδύνους, άμεσους ή απώτερους, για την ανθρώπινη υγεία, εντός ή εκτός της μονάδας, ή/και για το περιβάλλον, και σχετίζεται με μία ή περισσότερες επικίνδυνες ουσίες*»

Τα Τεχνολογικά Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης (TAME), στα οποία εμπλέκονται επικίνδυνες εύφλεκτες, εκρηκτικές και τοξικές ουσίες, μπορούν να συμβούν μεταξύ άλλων και στις εξής περιπτώσεις:

- Κατά τη διαδικασία διακίνησης των επικίνδυνων ουσιών (θαλάσσια, οδική ή σιδηροδρομική μεταφορά)
- Κατά τη διάρκεια αποθήκευσης των επικίνδυνων ουσιών σε δεξαμενές ή άλλους ειδικούς αποθηκευτικούς χώρους
- Κατά τη διαδικασία παραγωγής των επικίνδυνων ουσιών σε διάφορες εγκαταστάσεις.

Στο παρακάτω γράφημα βλέπουμε την αυξητική τάση των τεχνολογικών ατυχημάτων παγκοσμίως από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα έως και σήμερα, όπως αυτά έχουν καταγραφεί στη διεθνή βάση δεδομένων της EM-DAT. Την πρώτη θέση κατέχει η Ασία λόγω και της μεγάλης βιομηχανικής ανάπτυξής της. Σύμφωνα με στοιχεία των Ηνωμένων Εθνών κατέχει ποσοστό 40% της παγκόσμιας παραγωγής. (“How Asia transformed from the poorest continent in the world into a global economic powerhouse”)



Source: EM-DAT: The Emergency Events Database - Université catholique de Louvain (UCL) - CRED, D. Guha-Sapir - www.emdat.be, Brussels, Belgium

Γράφημα 3.1. Συνολικός αριθμός Τεχνολογικών Ατυχημάτων 1900-2019

Πηγή : EM-DAT: The Emergency Events Database - Université Catholique de Louvain (UCL) - CRED, www.emdat.be, Brussels, Belgium

Σύμφωνα με τον Μουζάκη (2017), τυπικά παραδείγματα TAME είναι :

- η διαρροή εύφλεκτου αερίου από δεξαμενή ή δοχείο ή σωλήνα το οποίο αναμειγνύεται με τον αέρα δημιουργώντας εύφλεκτο νέφος, το οποίο αναφλέγεται ή εκρήγνυται
- η διαρροή τοξικής αέριας ουσίας από δεξαμενή ή δοχείο ή σωλήνα η οποία δημιουργεί τοξικό νέφος, που ανάλογα με την ταχύτητα και τη διεύθυνση του ανέμου δύναται να μεταφερθεί ακόμη και σε αρκετά μακρινή απόσταση από το ατύχημα

3.2. Βιομηχανικά Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης (BAME)

Η σημαντικότερη υποκατηγορία των τεχνολογικών ατυχημάτων είναι τα **Βιομηχανικά Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης**. Ο κίνδυνος πρόκλησης τέτοιων ατυχημάτων συνίσταται στη δυνατότητα απελευθέρωσης μεγάλων ποσοτήτων τοξικών και εύφλεκτων ουσιών , οι οποίες εν συνεχεία δύναται να οδηγήσουν σε πρόκληση βλαβών στην υγεία των εργαζομένων, του ευρύτερου πληθυσμού, του περιβάλλοντος αλλά και οικονομικές ζημιές.

Τα βασικά χαρακτηριστικά των **Βιομηχανικών Ατυχημάτων Μεγάλης Έκτασης** είναι (Γεωργιάδου, 2001) :

- i. Μεγάλος αριθμός νεκρών (άμεσων ή με καθυστέρηση) και τραυματιών που χρήζουν ειδική νοσοκομειακή περίθαλψη. Οι συνέπειες ενός ΒΑΜΕ για τους εργαζόμενους μιας εγκατάστασης αλλά και τους κατοίκους της περιοχής συνίστανται σε θανάτους, χημικά εγκαύματα, δηλητηριάσεις, αναπνευστικά προβλήματα, κρουοπαγήματα, σοβαρούς τραυματισμούς από το ωστικό κύμα, μόλυνση από διείσδυση παθογόνων ουσιών στο σώμα, κλπ.
- ii. Μεγάλη πιθανότητα επέκτασης των επιπτώσεων και εκτός του χώρου της εγκατάστασης και δημιουργία πολλαπλασιαστικών φαινομένων (φαινόμενα Domino)
- iii. Συχνά απαιτείται εκκένωση εργαζομένων και πολιτών σε μεγάλη απόσταση από το σημείο του ατυχήματος, μερικές φορές και για μεγάλο χρονικό διάστημα.
- iv. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά ένα ΒΑΜΕ απαιτείται η συνεργασία πολλών ομάδων παρέμβασης (Πυροσβεστική, Τροχαία, Εθελοντικές Ομάδες, Τοπικές Αρχές, ασθενοφόρα).
- v. Καταστροφικές Επιπτώσεις για το περιβάλλον από τη ρύπανση της ατμόσφαιρας, τη μόλυνση των υδάτων και των εδαφικών πόρων από πετρέλαιο, τοξικά ή πυρηνικά απόβλητα. Οι επιπτώσεις αυτές έχουν μακροχρόνιο ορίζοντα αποκατάστασης.
- vi. Διατάραξη του κανονικού ρυθμού ζωής και ψυχολογικές επιπτώσεις, ιδιαίτερα σε ανθρώπους που απομακρύνονται από την εστία τους ή βιώνουν απώλεια αγαπημένων προσώπων
- vii. Οικονομικές επιπτώσεις από την καταστροφή του εξοπλισμού, των κτηριακών εγκαταστάσεων, διακοπή παραγωγής, απώλεια θέσεων εργασίας, καταστροφή περιουσιών της ευρύτερης περιοχής.

3.2.1. Ταξινόμηση των Βιομηχανικών Ατυχημάτων Μεγάλης Έκτασης)

Τα ΒΑΜΕ ταξινομούνται, ανάλογα με το φυσικό φαινόμενο που κυριαρχεί κατά τη διάρκεια του ατυχήματος, σε (Μουζάκης, 2017b):

- Έκρηξη
- Πυρκαγιά
- Διαρροή Τοξικών ή/και Εύφλεκτων Ουσιών

1.2.1.1. Εκρήξεις

Η έκρηξη αναφέρεται σε μία εξώθερμη αντίδραση σε εκρηκτικά μίγματα ή εκρηκτική ατμόσφαιρα παρουσία οξυγόνου. Ανάλογα με το ρυθμό της καύσης χρησιμοποιούνται οι όροι : καύση (combustion), κατάκαυση (deflagration), έκρηξη (explosion), έντονη έκρηξη (detonation).

Οι εκρήξεις απελευθερώνουν ενέργεια με ξαφνικό και βίαιο τρόπο. Τα είδη της ενέργειας που μπορεί να εκλυθεί από την έκρηξη διακρίνονται σε α) φυσική ενέργεια, β) χημική ενέργεια και γ) πυρηνική ενέργεια.(Γεωργιάδου, 2011)

Χαρακτηριστικά παραδείγματα βίαιης εκτόνωσης φυσικής ενέργειας είναι η έκρηξη ενός δοχείου λόγω υπερπίεσης ή η ξαφνική διάρρηξη του τοιχώματός του λόγω ύπαρξης αδύνατου σημείου που δημιουργήσε η φθορά (Γεωργιάδου, 2011). Όσο αφορά στις χημικές εκρήξεις, αυτές σχετίζονται με τη βίαιη αποσύνθεση μιας ασταθούς ένωσης ή ταχύτατης αντίδρασης μίγματος ενώσεων που ονομάζεται εκρηκτική ύλη (σε υγρή, αέρια ή στερεή μορφή). Τέλος, η ενέργεια που εκλύεται από τις πυρηνικές εκρήξεις προέρχεται από τη σχάση ή τη σύντηξη ατομικών πυρήνων (Ρήγας, 2005).

Οι εκρήξεις θεωρούνται ίσως τα σημαντικότερα ατυχήματα υπό το πρίσμα των ενδεχόμενων βλαβών που μπορούν να προκαλέσουν. Ειδικά τα ατυχήματα που αφορούν εκρήξεις αερίων χαρακτηρίζονται από τις ιδιαιτέρως σοβαρές συνέπειες και τη μικρή διάρκεια του φαινομένου, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει επαρκής χρόνος για την καταστολή ή τη μείωση των επιπτώσεων του ατυχήματος (Χριστόλης and Μαρκάτος, 2007).

Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά τα βασικότερα είδη μεγάλων ατυχημάτων που σχετίζονται με εκρήξεις και αφορούν σε αποθήκευση και διαχείριση επικίνδυνων ουσιών (εύφλεκτων ή εκρηκτικών).

Φαινόμενο “BLEVE”

Ο όρος BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ακαριαία διαφυγή και έκρηξη υγραερίου υπό τη μορφή εκτονούμενου νέφους αναβραζόντων υγρών υδρογονανθράκων. Το είδος αυτό του ατυχήματος είναι το σοβαρότερο που μπορεί να προκύψει στους χώρους αποθήκευσης υγραερίου, όταν μια μεγάλη φωτιά πλησιάζει και προσβάλλει το κέλυφος των δεξαμενών, ενώ παράλληλα υπάρχει ελλιπής ή καθόλου ψύξη. Το φαινόμενο BLEVE εξελίσσεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο εκδηλώνεται η φωτιά στους χώρους αποθήκευσης του υγραερίου και μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα, που δεν ξεπερνά τα 30 λεπτά, δημιουργούνται οι κατάλληλες συνθήκες για ολική ρήξη της δεξαμενής. Το δεύτερο στάδιο εξελίσσεται όταν η θερμοκρασία στο κέλυφος της δεξαμενής φτάσει τους 500-550 °C με αποτέλεσμα το μέταλλο να αρχίζει να χάνει την αντοχή του και να ακολουθεί η ολική ρήξη της δεξαμενής και η ακαριαία εκτόνωση του περιεχομένου της προς τα πάνω. Η άμεση ανάφλεξη του διεσταλμένου μίγματος αέρα και καυσίμου οδηγεί στη δημιουργία μιας πύρινης μπάλα (Fireball), το ύψος της οποίας κυμαίνεται από τα 100 έως και τα 600 μ., ανάλογα με το σχήμα της δεξαμενής.(Μουζάκης, 2017a)

Οι επιπτώσεις του φαινομένου BLEVE, όπως η δημιουργία ωστικού κύματος από την έκρηξη, η θερμική ακτινοβολία από τη φωτιά και ο εκσφενδονισμός θραυσμάτων της δεξαμενής, είναι πιθανό να επεκταθούν σε μεγάλη απόσταση από το ατύχημα.



Εικόνα 3.1. BLEVE σε δεξαμενή υγραερίου

Πηγή : (“Fire Rescue Pedia”)

Έκρηξη Αέριου Νέφους (VCE)

Η έκρηξη αερίου νέφους (Vapour Cloud Explosion) συμβαίνει στις περιπτώσεις που σημαντική ποσότητα εύφλεκτων ουσιών, κυρίως υγροποιημένων αερίων ή ατμών βενζίνης, διαρρέονται στην ατμόσφαιρα και αναμειγνύονται με αέρα δημιουργώντας ένα εκρηκτικό νέφος. Το νέφος αυτό, αν δεν αναφλεγεί άμεσα, διασπείρεται και εξαπλώνεται στη γύρω περιοχή (η εξάπλωση του επηρεάζεται από παράγοντες όπως η φορά και η ταχύτητα του ανέμου και η διαμόρφωση της γύρω περιοχής). Όταν το μίγμα συναντήσει πηγή ενέργειας αναφλέγεται ή εκρήγνυται (Βαγγέλογλου, 2009). Οι αρχικές συνθήκες για τη δημιουργία στιγμιαίας φωτιάς (flash fire) και έκρηξης (UVCE) είναι ίδιες, με τη βιβλιογραφία να δίνει πιθανότητες έκρηξης 2/3 και στιγμιαίας φωτιάς 1/3. Η εκδήλωση του φαινομένου προϋποθέτει τη διαρροή μιας ελάχιστης κρίσιμης μάζας και την επαρκή ανάμιξη της με τον αέρα ώστε να σχηματιστεί μίγμα με συγκέντρωση μέσα στα όρια ανάφλεξης. Σημειώνεται επίσης ότι, σύμφωνα με τα ιστορικά δεδομένα, αν το εκρηκτικό νέφος σχηματιστεί, τότε είναι βέβαιο ότι θα συναντήσει μια πηγή ανάφλεξης στη γύρω περιοχή (Μουζάκης, 2017b).

Ο χρόνος που μεσολαβεί από την έναρξη της διαρροής μέχρι την έκρηξη είναι ελάχιστος και κυμαίνεται από μερικά δευτερόλεπτα έως και λίγα λεπτά. Κατά συνέπεια, όσο αυξάνει το χρονικό διάστημα από τη διαρροή στην έκρηξη τόσο αυξάνεται η βαρύτητα των συνεπειών, διότι αυξάνεται η μάζα του νέφους και η καλυπτόμενη από αυτό έκταση (Βαγγέλογλου, 2009).

Σύμφωνα με τη Γεωργιάδου Π. (2011) οι εκρήξεις αερίου νέφους ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες : α) στις εκρήξεις αερίου χωρίς περιορισμό (unconfined vapour cloud explosion) και στις εκρήξεις με περιορισμό (π.χ. κτήρια, λέβητες). Όσο ο περιορισμός του νέφους αυξάνεται λόγω εμποδίων που συναντά , τόσο αυξάνεται η πιθανότητα έκρηξης και η βαρύτητα των επιπτώσεών της.

Οι εκρήξεις αερίου νέφους είναι από τα πλέον επικίνδυνα φαινόμενα στη διαχείρισή τους και οι επιπτώσεις τους στον άνθρωπο και στα υλικά αγαθά είναι αρκετά σοβαρές λόγω της θερμικής ακτινοβολίας , του ωστικού κύματος και της υπερπίεσης που δημιουργείται.

Έκρηξη Σκόνης

Οι εκρήξεις σκόνης συμβαίνουν όταν μικρής διαμέτρου σωματίδια σκόνης (από καύσιμα υλικά) αναμειχθούν πολύ καλά με τον αέρα δημιουργώντας εκρηκτικό νέφος σκόνης. Ο όρος σκόνη χρησιμοποιείται όταν το μέγιστο μέγεθος των σωματιδίων του στερεού μείγματος δεν ξεπερνά τα 500mm. Απαραίτητη προϋπόθεση για μία έκρηξη σκόνης είναι η ταυτόχρονη παρουσία στον αέρα νέφους σκόνης, με συγκέντρωση που να υποστηρίζει την καύση, και μιας κατάλληλης πηγής ενέργειας.(Vijayaraghavan, 2004)

Οι εκρήξεις νέφους σκόνης μπορεί να προκαλέσουν σημαντικές ζημιές στην εγκατάσταση. Τα υλικά τα οποία δημιουργούν εκρήξεις νέφους μπορεί να είναι από μέταλλα, άνθρακα, πλαστικά, φυτοφάρμακα έως και υλικά που δεν έχουν σχέση με επικίνδυνες ουσίες, όπως το αλεύρι και η ζάχαρη.(Γεωργιάδου, 2011)

1.2.1.2. Πυρκαγιές

Η πυρκαγιά ή καύση είναι μια χημική αντίδραση στην οποία συνυπάρχουν η καύσιμη ύλη, το οξυγόνο και η θερμότητα (το Τρίγωνο της Φωτιάς). Η ποσότητα της θερμότητας που απαιτείται για να προκαλέσει ανάφλεξη εξαρτάται από τη μορφή της καύσιμης ύλης. Για παράδειγμα, ένα αέριο ή ατμός μπορεί να αναφλεγεί με σπινθήρα ενώ ένα στέρεο υλικό απαιτεί μια εντονότερη πηγή ενέργειας (Vijayaraghavan, 2004).

Στις περιπτώσεις που η καύσιμη ύλη είναι εύφλεκτα υγρά και αέρια καύσιμα ή διάφορες τοξικές ουσίες, που χρησιμοποιούνται ή αποθηκεύονται στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις, τότε η πυρκαγιά μπορεί να προκαλέσει ατύχημα μεγάλης έκτασης με απρόβλεπτες και μεγάλης σοβαρότητας βλάβες στους εργαζόμενους, στις εγκαταστάσεις, στους κατοίκους της γειτνιαζουσας περιοχής και στο περιβάλλον.

Οι επιπτώσεις ενός τέτοιου ατυχήματος σχετίζονται με τη θερμική ακτινοβολία (heat radiation) που εκλύεται. Η θερμική ακτινοβολία εξαρτάται από το είδος και τις ποσότητες των ουσιών που αναφλέγονται και τις συνθήκες που επικρατούν αλλά και από το χρόνο έκθεσης των ανθρώπων και των υλικών σε αυτή. Σχετίζονται, επίσης, με την έκθεση σε επικίνδυνες ουσίες που δύναται να δημιουργηθούν κατά τη διάρκεια της καύσης, ανάλογα με το είδος της καύσιμης ύλης. (Γεωργιάδου, 2011)

Μια πυρκαγιά, ακόμη κι όταν δεν συνδέεται με επικίνδυνες ουσίες, δύναται να αποτελέσει το έναυσμα για δευτερογενή ατύχημα σε χώρους αποθήκευσης επικίνδυνων ουσιών (π.χ. εκρηκτικών, δεξαμενών καυσίμων, τοξικών ουσιών κλπ).

Στη συνέχεια, παρατίθενται τα βασικότερα είδη ατυχημάτων που δύνανται να δημιουργηθούν από μια πυρκαγιά σε εγκαταστάσεις εύφλεκτων αέριων και υγρών καυσίμων.

Γλώσσα Φωτιάς/Πυρός (Jet Fire)

Το φαινόμενο της Γλώσσας Φωτιάς δημιουργείται όταν συνεχής διαρροή αερίου υπό πίεση ή αερίου αναμειγμένου με σωματίδια υγρού (π.χ. υγραέριο), σε ελεύθερο χώρο μέσω ενός ακροφυσίου, αναφλεγεί. Η γλώσσα φωτιάς θεωρείται ότι καίει από το σημείο της διαρροής μέχρι το σημείο του χώρου που η συγκέντρωση του υγραερίου φτάνει στο κατώτατο όριο ανάφλεξης (προπάνιο 2,1%, βουτάνιο 1,8% κατ'όγκο). Η κατεύθυνση της φλόγας μπορεί να σχηματίζει οποιαδήποτε γωνία με το οριζόντιο επίπεδο (Μουζάκης, 2017b). Η οριζόντια φλόγα προκαλεί σοβαρότερες επιπτώσεις, με κυριότερη την λαμβανόμενη δόση θερμικής ακτινοβολίας (Βαγγέλογλου, 2009).

Η Γλώσσα Φωτιάς προκαλεί τις λιγότερο σοβαρές άμεσες επιπτώσεις από άλλα ατυχήματα (π.χ. λίμνη φωτιάς ή σπιγμιαία ανάφλεξη) όμως χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλές ροές θερμότητας που αν πλήξουν τον εξοπλισμό (π.χ. δεξαμενή ή αγωγό) μπορούν άμεσα να δημιουργήσουν καταστροφική αστοχία. Αυτό έχει ως συνέπεια τη δημιουργία μιας σειράς ατυχημάτων, όπως BLEVE , με καταστροφικές συνέπειες, γνωστά και ως «φαινόμενα domino». Σε έρευνα που έχει διεξαχθεί σε μια σειρά από καταγεγραμμένα σοβαρά ατυχήματα διαπιστώθηκε ότι, στο 50% των φαινομένων γλώσσας φωτιάς (Jet Fire) ακολούθησαν ατυχήματα με πολύ σοβαρές συνέπειες. (Gómez-Mares et al., 2008)



Εικόνα 3.2. Γλώσσα φωτιάς σε δεξαμενή υγραερίου

Πηγή : (“Disaster Management Institute, Bhopal”)

Στιγμιαία Ανάφλεξη Αερίου Νέφους (Flash Fire)

Η συνεχής διαρροή εύφλεκτου αερίου, όπως το υγραέριο, μπορεί να οδηγήσει σε «στιγμιαία ανάφλεξη του αερίου νέφους» (flash fire) που έχει σχηματιστεί, όταν αυτό συναντήσει μια πηγή ανάφλεξης, και επιστροφή της φλόγας στο σημείο διαρροής. Η φλόγα θα καλύψει την περιοχή στην οποία η συγκέντρωση είναι μεγαλύτερη από το κατώτερο όριο ανάφλεξης (LFL) (Μουζάκης, 2017a). Το σχήμα και η έκταση του νέφους πριν την ανάφλεξη είναι οι καθοριστικοί παράγοντες των ορίων της φωτιάς που προκαλείται (Γεωργιάδου, 2011).

Οι συνέπειες μιας στιγμιαίας ανάφλεξης αερίου νέφους προκαλούνται από την θερμική ακτινοβολία που παράγεται. Η ποσότητα της διαρρέουσας ουσίας και η έκταση της περιοχής που καλύπτει το νέφος καθορίζουν τη σοβαρότητα των επιπτώσεων. Έχει διαπιστωθεί ότι η θνησιμότητα εντός των ορίων του νέφους αγγίζει το 95% ενώ φωτιές προκαλούνται στα κτήρια που βρίσκονται στον ίδιο χώρο. Επιπτώσεις εκτός ορίων νέφους δεν αναμένονται (Βαγγέλογλου, 2009).

Συνήθεις πηγές ανάφλεξης είναι οι διεργασίες που γίνονται σε άλλα σημεία της εγκατάστασης, τα διερχόμενα αυτοκίνητα, ένα ηλεκτρικό βραχυκύκλωμα ή ο ανθρώπινος παράγοντας (Μουζάκης, 2017b). Η στιγμιαία ανάφλεξη, όπως και στη περίπτωση της γλώσσας φωτιάς, μπορεί να αποτελέσει το έναυσμα για έναρξη και εξάπλωση φωτιάς σε διπλανά κτήρια προκαλώντας με αυτό τον τρόπο αλυσιδωτά ατυχήματα με σοβαρές επιπτώσεις.

Φωτιά Λίμνης (Pool Fire)

Το φαινόμενο «φωτιά λίμνης» δημιουργείται όταν εύφλεκτο υγρό διαρρέεται στο έδαφος, από αστοχία της δεξαμενής ή του δοχείου στο οποίο είναι αποθηκευμένο, και σχηματίζει μία λίμνη η οποία αναφλέγεται.

Στη περίπτωση που γύρω από τη δεξαμενή/ δοχείο υπάρχει ανάχωμα ή παροχετεύεται η υγρή διαρροή πριν την ανάφλεξη, τότε σχηματίζεται μια περιορισμένη λίμνη (confined pool fire). Η διάρκεια και η ένταση του φαινομένου εξαρτώνται από τη διαρρέουσα ποσότητα του εύφλεκτου υγρού και τη διάμετρο της περιορισμένης λίμνης. Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι σημαντικό ενδιαφέρον έχει ο υπολογισμός της θερμικής ακτινοβολίας που παράγεται από την καύση (Βαγγέλογλου, 2009).








Η φωτιά λίμνης είναι από τα πιο συχνά φαινόμενα στη πετροχημική βιομηχανία σε σχέση με τα άλλα είδη πυρκαγιάς (γλώσσα φωτιάς, στιγμιαίας ανάφλεξης και πύρινης μπάλας), καλύπτοντας ποσοστό πάνω από το 60% των ατυχημάτων πυρκαγιάς. Μπορεί να είναι μεγάλες, επίμονες και δύσκολες στη κατάσβεση. Παράγουν έντονη θερμική ακτινοβολία και μεγάλες φλόγες προκαλώντας σημαντικές βλάβες στους εργαζόμενους, στον εξοπλισμό και τις εγκαταστάσεις. Επίσης, μπορούν να οδηγήσουν σε φαινόμενα BLEVE και εκρήξεις αερίου νέφους (Zhang et al., 2014).

1.2.1.3. Διαρροή Τοξικών ή/και Εύφλεκτων Ουσιών

Ένας σημαντικός κίνδυνος για τις βιομηχανίες, λόγω της αποθήκευσης και της χρήσης μεγάλων ποσοτήτων επικίνδυνων τοξικών ουσιών, είναι η διαρροή τους στην ατμόσφαιρα, κυρίως λόγω αστοχίας του περιβλήματος που τις εμπεριέχει (π.χ. δεξαμενή, δοχεία κλπ). Τοξικές ουσίες δύνανται επίσης να δημιουργηθούν κατά τη διάρκεια ατυχημάτων που σχετίζονται με πυρκαγιές, ως αποτέλεσμα καύσης επικίνδυνων ουσιών (Γεωργιάδου, 2011).

Οι τρόποι με τους οποίους οι τοξικές ουσίες εισέρχονται στον ανθρώπινο οργανισμό είναι : α) μέσω της κατάποσης, β) μέσω του δέρματος, γ) μέσω των ματιών και δ) μέσω της αναπνοής. Οι τοξικές αυτές ουσίες ονομάζονται και δηλητήρια, τα οποία σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να αποδειχθούν θανατηφόρα (Μουζάκης, 2017α). Διακρίνονται σε :

- ❖ Ερεθιστικά και διαβρωτικά δηλητήρια {π.χ.τα αζωτοξείδια (NOx), η αμμωνία (NH₃), το χλώριο (CL₂) } και
- ❖ Νευροτοξικά {π.χ. το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το υδροκυάνιο (HCN) και το βενζόλιο (C₆H₆) }.

| Σύμβολο | Εικόνα | Σημασία |
|----------------------------------|---|--|
| T |  | Τοξικό. Μπορεί να δηλητηριάσει τον άνθρωπο, τα ζώα, τα πουλιά και τα φυτά. Μπορεί να προκαλέσει σοβαρές αρρώστιες ακόμη και θάνατο. |
| X _n X _i |  | Επιβλαβές, Ερεθιστικό. Μπορεί να ερεθίσει το δέρμα και τα μάτια και να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στην υγεία του ανθρώπου. |
| C |  | Διαβρωτικό. Μπορεί να κάψει το δέρμα. Οι ατμοί τους μπορούν να μας κάψουν τα μάτια. Μπορεί ακόμη να καταστρέψει ένα άλλο προϊόν. |
| N |  | Επικίνδυνο για το περιβάλλον. Μπορεί να βλάψει το νερό, τον αέρα, έδαφος και τα ζώα έτσι και την υγεία του ανθρώπου. |
| E |  | Εκρηκτικό. Μπορεί εύκολα να δώσει έκρηξη και να προκαλέσει εγκαύματα. |
| F |  | Εύφλεκτο. Μπορεί να πάρει εύκολα φωτιά. Παράγει επικίνδυνους ατμούς που μπορούν να ερεθίσουν το δέρμα, τα μάτια και τα πνευμόνια μας. |
| O |  | Οξειδωτικό. Μπορεί να κάψει το δέρμα. Αντιδρά με άλλες ουσίες και δίνει επικίνδυνους ατμούς. Μπορεί να σκουριάσει μέταλλα. |

Εικόνα 3.3. Σύμβολα επισήμανσης των τοξικών ουσιών σύμφωνα με τις οδηγίες 88/379 και 89/178 της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Πηγή : (ΔΕΑΠΙ) <http://users.uoi.gr/deapi>

Οι επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό από την έκθεσή του σε τοξικές ουσίες εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες, όπως την ποσότητα που λαμβάνει, την τοξικότητα της ουσίας και την συγκέντρωσή της στην ατμόσφαιρα, τον χρόνο και τις συνθήκες έκθεσης. Σημαντικός, επίσης, παράγοντας είναι η ευαισθησία του οργανισμού που εκτίθεται και η οποία εξαρτάται από την ηλικία, το φύλο, τα προβλήματα υγείας κλπ (Γεωργιάδου, 2011).

Η έκθεση σε τοξικές ουσίες, εκτός από άμεσες επιπτώσεις έχει και επιπτώσεις μακροπρόθεσμες στην υγεία του ανθρώπινου οργανισμού. Με το πέρασμα του χρόνου και εφόσον οι τοξικές ουσίες έχουν απορροφηθεί, μπορεί να προκαλέσουν διάφορες μορφές καρκίνου και να επηρεάσουν την αναπαραγωγική λειτουργία προκαλώντας μέχρι και τερατογενέσεις.

Εκτός από τους εργαζόμενους στην περιοχή του ατυχήματος και τους περιοίκους, η διαρροή τοξικών ουσιών δύναται να επηρεάσει και πληθυσμό σε μεγάλη απόσταση από το ατύχημα. Ένα τοξικό νέφος έχει τη δυνατότητα, όταν οι μετεωρολογικές κυρίως συνθήκες το επιτρέψουν, να ταξιδέψει σε μεγάλη απόσταση από το ατύχημα(Γεωργιάδου, 2011).

3.2.2. Διεθνείς βάσεις καταγραφής ατυχημάτων

Η χημική βιομηχανία είναι ένα εξαιρετικά σύνθετο σύστημα με ποικίλο εξοπλισμό, συστήματα ελέγχου και λειτουργικές διαδικασίες. Στη περίπτωση μιας αστοχίας στον εξοπλισμό ή στη διαδικασία λειτουργίας τότε υπάρχει η πιθανότητα αυτή να κλιμακωθεί και να εξελιχθεί σε μεγάλο ατύχημα. Τέτοια ατυχήματα με καταστροφικές συνέπειες έχουν βιώσει παγκοσμίως πολλές χώρες στο παρελθόν και αντλούν διδάγματα από αυτά (Reddy and Yarrakula).

Από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα έχουν καταγραφεί παγκοσμίως σοβαρά ατυχήματα της χημικής βιομηχανίας, η μελέτη των οποίων είναι εξαιρετικής σημασίας για την διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τη βελτιστοποίηση πρόληψης και μετριασμού των ατυχημάτων και την μείωση των επιπτώσεων στον άνθρωπο και στο περιβάλλον. Οι σημαντικότερες βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή ατυχημάτων αναφέρονται παρακάτω :

- Η ευρωπαϊκή βάση eMARS (Major Accident Reporting System) στην οποία δηλώνονται τα ατυχήματα από τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης στα πλαίσια της Οδηγίας SEVESO. Είναι καταγεγραμμένα ατυχήματα από το 1984 έως και σήμερα. Η πρόσβαση στο κοινό είναι ελεύθερη. (“EUROPA - eMARS Accidents Search - European Commission”). Η βάση αυτή διατίθεται από την πύλη Minerva του Γραφείου Κινδύνων Μεγάλων Ατυχημάτων (Major Accident Hazards Bureau -MAHB) του Κοινού Κέντρου Ερευνών (Joint Research Center – JRC), που εδρεύει στη περιοχή Ispra της Βόρειας Ιταλίας.
- Η βάση MHIDAS (Major Hazard Incident Data System) του Ηνωμένου Βασιλείου. Δημιουργήθηκε το 1986 και την διαχειρίζεται η UK Health and Safety Executive (“HSE”).

- Η βάση FACTS (Failure and Accidents Technical information System) από τον Ολλανδικό Οργανισμό TNO (Εφαρμοσμένη Έρευνα Φυσικών Επιστημών). Περιέχει περίπου 25.700 βιομηχανικά ατυχήματα των τελευταίων 90 ετών (“FACTS”).
- Η βάση ARIA (Analysis, Research and Information on Accidents) της Γαλλίας. Περιέχει περίπου 46.000 ατυχήματα και συμβάντα που συνέβησαν στη Γαλλία και στον κόσμο (“The ARIA Database”).
- Η διεθνής βάση EM-DAT (The International Disasters Database) . Δημιουργήθηκε το 1988 από το Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) με την συμβολή του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ) και της Βελγικής κυβέρνησης. Έχει καταγεγραμμένες πάνω από 22.000 μεγάλες καταστροφές (φυσικές και τεχνολογικές) από το 1900 έως και σήμερα (“EM-DAT The International Disaster Database”).

3.2.3. Ιστορική Αναδρομή BAME

Μερικά από τα σημαντικότερα Βιομηχανικά Ατυχήματα Μεγάλης έκτασης αναφέρονται παρακάτω.

3.2.3.1. Ορραυ, Γερμανία 1921

Το απόγευμα της 21^{ης} Σεπτεμβρίου 1921, στο εργοστάσιο της Badische Aniline and Sodafabrik (BASF) στη πόλη Ορραυ της Γερμανίας σημειώθηκαν δύο εκρήξεις σε διάστημα 3 δευτερολέπτων. Το ατύχημα συνέβη όταν ένα μίγμα 4.500 τόνων θειικού αμμωνίου και νιτρικού αμμωνίου 50:50 εξερράγη. Η έκρηξη σημειώθηκε από την εκρηκτική σκόνη που χρησιμοποιούσαν για το καθάρισμα των χώρων αποθήκευσης από τα υλικά που είχαν πήξει. Η διαδικασία αυτή είχε πραγματοποιηθεί χωρίς κανένα πρόβλημα περίπου 16.000 φορές πριν το ατύχημα.

Οι εκρήξεις δημιούργησαν ένα τεράστιο κρατήρα 80 μ. , κατέστρεψαν το εργοστάσιο και περίπου τα 700 από τα 1000 σπίτια που βρίσκονταν στη περιοχή. Σε γειτονικές πόλεις τις αισθάνθηκαν ως μεγάλους σεισμούς, προκαλώντας σοβαρές ζημιές, ενώ ο ήχος και το ταρακούνημα έφτασε σε απόσταση 145 χλμ. στην πόλη Bayreuth. Περίπου 82’’ από την έκρηξη στις γειτονικές πόλεις Mannheim και Heidelberg (14 χλμ απόσταση) δημιουργήθηκε μια τεράστια ροή αέρα που προκάλεσε σημαντικές ζημιές σε σπίτια, δεξαμενές καυσίμων και φορτηγά πλοία. Ζημιές από τον αέρα προκλήθηκαν επίσης και στη Φρανκφούρτη, σε απόσταση 53 χλμ. από το σημείο της έκρηξης (Khan and Abbasi, 1999).

Το ατύχημα αυτό, σύμφωνα με στοιχεία της EM-DAT προκάλεσε 600 θανάτους και επηρέασε περίπου 1.500 ανθρώπους.



Εικόνα 3.4. Οι επιπτώσεις του ατυχήματος στη πόλη Orpau της Γερμανίας , Σεπτέμβριος 1921
Πηγή : (“Orpau Explosion - 1921 | Devastating Disasters”)

3.2.3.2. Feyzin, Γαλλία 1966

Το πρωί της 4^η Ιανουαρίου 1966 στα διυλιστήρια της εταιρείας ELF στη πόλη Feyzin της Γαλλίας σημειώθηκε μεγάλο ατύχημα έκρηξης και πυρκαγιάς υγραερίου (LPG) από ανθρώπινο λάθος.

Συγκεκριμένα, τρεις χειριστές άνοιξαν δύο βαλβίδες αποστράγγισης 2 ιντσών από τη βάση μιας σφαιρικής δεξαμενής προπανίου χωρητικότητας 1.200 μ³. Από λάθος χειρισμό μία βαλβίδα δεν επανασυνδέθηκε σωστά με αποτέλεσμα να «παγώσει» και μεγάλη ποσότητα του υγρού να διαρρεύσει. Δημιουργήθηκε νέφος ατμών προπανίου το οποίο επεκτάθηκε σε απόσταση 60 μ από το σημείο εκροής. Η κυκλοφορία στον αυτοκινητόδρομο είχε διακοπεί αλλά όχι και στον τοπικό δρόμο πλησίον της εγκατάστασης, με αποτέλεσμα το νέφος να αναφλεγεί από ένα διερχόμενο αυτοκίνητο. Η φωτιά μεταδόθηκε γρήγορα προς τη σφαίρα από όπου διέρρευσε το υγρό, την υπερθέρμανε και δημιουργήθηκε φαινόμενο BLEVE. Στη συνέχεια η φωτιά εξαπλώθηκε δημιουργώντας φαινόμενο BLEVE και στις πέντε δεξαμενές προπανίου που βρίσκονταν πλησίον. Καταστράφηκαν επίσης και δεξαμενές αργού πετρελαίου καθώς σημειώθηκαν και πολλές σοβαρές υλικές ζημιές στην εγκατάσταση. Από το ατύχημα καταγράφηκαν 18 θάνατοι και 81 τραυματισμοί και χρειάστηκαν 48 ώρες για να τεθεί υπό έλεγχο (Kobayashi and Tamura, 2006)

Οι σημαντικότεροι λόγοι για την εξέλιξη τους συμβάντος ήταν το γεγονός ότι δεν σήμανε συναγερμός αμέσως μετά τη διαρροή, η καθυστέρηση άφιξης των πυροσβεστών, η μη διακοπή της κυκλοφορίας στον παρακείμενο δρόμο και η ανεπάρκεια του συστήματος ύδρευσης (Γεωργιάδου, 2011).

Το ατύχημα της Feyzin αποτελεί ατύχημα ορόσημο για τα BAME. Ήταν η πρώτη φορά που παρατηρήθηκε και μελετήθηκε το φαινόμενο BLEVE, αναθεωρήθηκαν τα πρότυπα και οι

προδιαγραφές της βιομηχανίας υγραερίου και προτάθηκαν μέτρα πρόληψης έναντι έναρξης πυρκαγιάς και προστασίας από την εξάπλωσή της (Μουζάκης, 2017b).

3.2.3.3. Flixborough, Ηνωμένο Βασίλειο 1974

Το ατύχημα συνέβη το απόγευμα της 1^{ης} Ιουνίου 1974, ημέρα Σάββατο, στη χημική εγκατάσταση της Nygro Ltd στην Αγγλία από μία έκρηξη τεραστίων διαστάσεων που ισοδυναμούσε με 15 τόνους TNT (Takegawa and Kobayashi, 2006)

Μια τυχαία απελευθέρωση κυκλοεξανίου σε θερμοκρασία περίπου 0,96 MPa και 155°C οδήγησε σε έκρηξη νέφους ατμών (VCE) που προκάλεσε 28 θανάτους, τον τραυματισμό 104 ατόμων, σχεδόν πλήρη καταστροφή της εγκατάστασης των 24 ha, σοβαρές βλάβες στο κοινό, σημαντικές βλάβες σε πολλές δομές γύρω από την εγκατάσταση και διάσπαρτα συντρίμια μέχρι το Anlaby στις παρυφές του Hull, σε απόσταση 32 χιλιομέτρων (Venart, 2004).

Κάποιες μετατροπές που έγιναν στη μονάδα οξειδωσης του κυκλοεξανίου θεωρούνται ως αιτία του ατυχήματος. Δύο μήνες πριν το ατύχημα διαπιστώθηκε ρωγμή σε έναν από τους αντιδραστήρες εγκατάστασης, ο οποίος στάλθηκε για επισκευή. Προκειμένου να μην υπάρξει μείωση της παραγωγής αποφασίστηκε η αντικατάστασή του από ένα αγωγό “by pass” (Γεωργιάδου, 2011). Ο αγωγός αυτός λειτούργησε επιτυχώς μέχρι την μέρα του ατυχήματος όπου υπέστη ρωγμή και περίπου 30-50 τόνοι κυκλοεξανίου που περιείχε διέρρευσαν στην ατμόσφαιρα. Δημιουργήθηκε νέφος ατμών το οποίο ανεφλέγη, πιθανόν από έναν κλίβανο που βρισκόταν κοντά, και δημιούργησε μία τρομερή έκρηξη με συνέπειες που προαναφέρθηκαν.

Το ατύχημα του Flixborough αποτέλεσε το έναυσμα για θεσμοθέτηση αυστηρών κανόνων ασφαλείας για τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις τόσο στο Ηνωμένο βασίλειο όσο και στην υπόλοιπη Ευρώπη (Μουζάκης, 2017a).

3.2.3.4. Seveso, Ιταλία 1976

Το πρωί του Σαββάτου της 10^{ης} Ιουλίου 1976, στις εγκαταστάσεις της βιομηχανίας φαρμάκων Icmesa Chemical Company στην πόλη Seveso των 17.000 κατοίκων στη Βόρεια Ιταλία, προκλήθηκε ένα από τα σοβαρότερα ατυχήματα της χημικής βιομηχανίας. Το ατύχημα προκλήθηκε από την αστοχία μίας βαλβίδας ασφαλείας ενός αντιδραστήρα με αποτέλεσμα τη διαφυγή στην ατμόσφαιρα περίπου 2kg της εξαιρετικά τοξικής ουσίας TCDD (2,3,7,8-tetrachloro dibenzoparadioxin). Ένα λευκό τοξικό νέφος εξαπλώθηκε πάνω από την πόλη που λόγω ισχυρής βροχής επικάθησε στο χώμα (Khan and Abbasi, 1999).

Το γεγονός υποτιμήθηκε και δεν υπήρξε άμεση επικοινωνία της εταιρείας με τις αρμόδιες αρχές. Χρειάστηκε περίπου μία εβδομάδα για να προχωρήσουν οι αρχές στην εκκένωση της περιοχής. Στο διάστημα αυτό, παρουσιάστηκαν περίπου 250 περιπτώσεις δερματικών παθήσεων (χλωρακμής) ενώ η βλάστηση άρχισε να μολύνεται και τα ζώα άρχισαν να πεθαίνουν. Σημειώνεται ότι περίπου 77.000 ζώα θανατώθηκαν προκειμένου να προστατευτεί η τροφική αλυσίδα. Πάνω από 600 άτομα εκκένωσαν την περιοχή και περίπου 2.000 άτομα χρειάστηκαν ειδική ιατρική φροντίδα λόγω της έκθεσης στη διοξίνη. Η επιχείρηση για την

αποκατάσταση της περιοχής αποδείχτηκε δύσκολη υπόθεση αφού η συγκεκριμένη διοξίνη (TCDD) είναι αδιάλυτη στο νερό (Γεωργιάδου, 2011).

Δεν υπήρχαν άμεσα ανθρώπινες απώλειες αλλά οι επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων από την έκθεση στη διοξίνη είναι μακροχρόνιες και ακόμη, δεκαετίες μετά, διερευνώνται.

Τα ατυχήματα στη Seveso και στο Flixborough αφύπνισαν την κοινή γνώμη και τις αρχές και ανέδειξαν την ανάγκη αναβάθμισης της ασφάλειας των εγκαταστάσεων οδηγώντας την Ευρωπαϊκή Ένωση στη λήψη μέτρων με την έκδοση της Οδηγίας Seveso.

3.2.3.5. Cubatão, Βραζιλία 1984

Στις 25 Φεβρουαρίου 1984 στη πόλη Cubatão της πολιτείας Σάο Πάολο της Βραζιλίας συνέβη ένα από τα πιο θανατηφόρα βιομηχανικά ατυχήματα, στο οποίο δεν δόθηκε ιδιαίτερη δημοσιότητα, αν και πάνω από 500 άτομα σκοτώθηκαν.

Το ατύχημα συνέβη όταν μια τεράστια διαρροή 700.000 λίτρων βενζίνης προκάλεσε μια καταστροφική φωτιά σε μια παραγκούπολη της πόλης Cubatão. Η διαρροή προήλθε από έναν αγωγό 18 ιντσών της εταιρείας «PETROBAS» που περνούσε δίπλα από μία βαλτώδη περιοχή Vila Soco, στην οποία είχαν έμειναν περίπου 8.000 άνθρωποι. Η φωτιά ξεκίνησε νωρίς το πρωί, διήρκεσε περίπου 10 ώρες και κατέστρεψε ολοσχερώς μια έκταση 100.000 m², περίπου το 75% της περιοχής (De Souza, 2000).

Το ατύχημα προκάλεσε το φρικτό θάνατο τουλάχιστον 508 ανθρώπων, κυρίως παιδιών. Η αιτία της αστοχίας του αγωγού δεν αναφέρθηκε από την εταιρεία, αν και θεωρείται ότι προκλήθηκε από πίεση πάνω από τα όρια ασφαλείας. Ειπώθηκε επίσης ότι δεν υπήρχε τρόπος παρακολούθησης της πίεσης του αγωγού (Khan and Abbasi, 1999).

3.2.3.6. San Juanico, Μεξικό 1984

Στις 05.40 π.μ. της 19^{ης} Νοεμβρίου 1984 στις εγκαταστάσεις υδροποιημένου αερίου (LPG) της εταιρείας PEMEX στη πόλη San Juan Ixhuatpec του Μεξικού, εκδηλώθηκε πυρκαγιά προκαλώντας μία από τις πιο θανατηφόρες καταστροφές στη παγκόσμια βιομηχανική ιστορία.

Το ατύχημα οφείλεται σε διάρρηξη 8" σε σωλήνα υγραερίου με αποτέλεσμα τη διαρροή μεγάλης ποσότητας αερίου στην ατμόσφαιρα. Το αέριο νέφος ανεφλέγη δημιουργώντας μια εστία φωτιάς κοντά στον σπασμένο σωλήνα. Η φωτιά υπερθέρμανε τη δεξαμενή και προκάλεσε φαινόμενο BLEVE. Το γεγονός αυτό οδήγησε σε απανωτές εκρήξεις και φαινόμενα BLEVE και στις υπόλοιπες δεξαμενές της εγκατάστασης (Μουζάκης, 2017b). Συνολικά, 54 δεξαμενές που περιείχαν εκατομμύρια λίτρα βουτάνιο και προπάνιο εξερράγησαν και τυλίχτηκαν στις φλόγες, με τους πυροσβέστες να προσπαθούν επί 14 ώρες να θέσουν την κατάσταση υπό έλεγχο. Οι εκρήξεις εκτόξευαν πυρωμένα μεταλλικά κομμάτια των δεξαμενών σε απόσταση μέχρι και 1.500μ μακριά πυροδοτώντας νέες πυρκαγιές στα σπίτια της γύρω περιοχής. Εδώ, αξίζει να

σημειωθεί ότι ο οικισμός ήταν σε πολύ κοντινή απόσταση από την εγκατάσταση.(Johnson, 1985)

Οι επιπτώσεις του ατυχήματος ήταν καταστροφικές. Εκτιμάται ότι έχασαν τη ζωή τους 500-600 άνθρωποι και τραυματίστηκαν πάνω από 4.000, ενώ έμειναν άστεγοι αρκετές χιλιάδες αφού περίπου 2.150 σπίτια είτε καταστράφηκαν εντελώς είτε υπέστησαν σοβαρές ζημιές. (Johnson, 1985)

Το ατύχημα αυτό κατέδειξε τη σοβαρότητα των επιπτώσεων των «πολλαπλασιαστικών φαινομένων» (domino effects) και τη σημασία της μελέτης τους.



Εικόνα 3.5. Το ατύχημα στο San Juanico του Μεξικού, Νοέμβριος 1984

Πηγή : (“Alchetron, The Free Social Encyclopedia”)

3.2.3.7. Bhopal, Ινδία 1984

Στις 3 Δεκεμβρίου του 1984 πάνω από 40 τόνους ισχυρού τοξικού αερίου με την ονομασία *ισοκυανικό μεθύλιο* (MIC) διέρρευσαν στην ατμόσφαιρα από μία βιομηχανία παρασιτοκτόνων της Union Carbide Corporation στη πόλη Bhopal της Ινδίας, προκαλώντας τον άμεσο θάνατο πάνω από 3.800 ατόμων καθώς και σοβαρές ασθένειες και πρόωρους θανάτους σε πολλές χιλιάδες άλλους. Το ατύχημα θεωρείται το χειρότερο βιομηχανικό ατύχημα στη παγκόσμια ιστορία και το όνομα Bhopal έγινε συνώνυμο της βιομηχανικής καταστροφής.

Το ατύχημα ξεκίνησε περίπου στις 11 μ.μ. της 2ας Δεκεμβρίου, όταν ένας χειριστής διαπίστωσε μία μικρή διαρροή μεθυλο-ισοκυανούχου (MIC) αερίου και αυξημένη πίεση στο εσωτερικό της δεξαμενής. Μια αστοχία σε βαλβίδα επέτρεψε την εισροή ενός τόνου νερού στη δεξαμενή του ισοκυανούχου μεθυλίου και καθώς πολλοί από τους μηχανισμούς ασφαλείας δεν λειτουργούσαν το τοξικό αέριο διέρρευσε στην ατμόσφαιρα την ώρα που οι κάτοικοι κοιμόνταν, δηλητηριάζοντάς τους στον ύπνο. Μέσα σε λίγες ώρες οι δρόμοι της Bhopal γέμισαν ανθρώπινα

πτώματα και κουφάρια ζώων. Εκτιμάται ότι πέθαναν άμεσα περίπου 3.800 άνθρωποι, κυρίως από τις φτωχοσυνοικίες γύρω από την εγκατάσταση. Η Ινδική κυβέρνηση ανέφερε ότι περίπου μισό εκατομμύριο κάτοικοι εκτέθηκαν στο τοξικό αέριο (Broughton, 2005). Στη βιβλιογραφία αναφέρονται διαφορετικοί αριθμοί, το σίγουρο όμως, είναι ότι οι αριθμοί αυτοί είναι πολύ μεγάλοι. Επίσης, οι άνθρωποι που απέκτησαν σοβαρά προβλήματα υγείας, όπως τύφλωση, γενετικές ανωμαλίες, αναπνευστικά κλπ., είναι δεκάδες χιλιάδες.

Η εγκατάσταση της Union Carbide Corporation (συνιδιοκτησία της ομώνυμης αμερικανικής εταιρείας), λόγω σημαντικής μείωσης των πωλήσεων, ήταν προς πώληση τον Ιούλιο του 1984. Όταν δεν βρέθηκε κανένας αγοραστής ετοιμαζόταν να μεταφέρει σε άλλη χώρα τη γραμμή παραγωγής. Στο ενδιάμεσο, η βιομηχανία λειτουργούσε με μειωμένο εξοπλισμό και επίπεδα ασφαλείας πολύ χαμηλότερα από τα επιτρεπόμενα. Το γεγονός αυτό ήταν εις γνώση των τοπικών αρχών, που από φόβο να μην χάσουν έναν μεγάλο εργοδότη, δεν επέβαλαν καμία κύρωση και κανένα μέτρο για την ασφάλεια και την μόλυνση του περιβάλλοντος. Κανένα μέτρο δεν είχαν λάβει επίσης για το γεγονός της δημιουργίας μεγάλων συνοικιών σε απόσταση πολύ μικρή από την εγκατάσταση (Broughton, 2005).

Αξίζει να αναφερθεί ότι δεν υπήρχε κανένα προστατευτικό μέτρο για τους κατοίκους, παρόλο που υπήρχε χρόνος για να προειδοποιηθούν. Αφέθηκαν στην τύχη τους να τρέχουν προς τα νοσοκομεία για βοήθεια, μη γνωρίζοντας ότι ακολουθούσαν τη πορεία του τοξικού νέφους. Το ατύχημα ανέδειξε με το χειρότερο τρόπο, την ανάγκη για βελτιστοποίηση του Σχεδιασμού Εκτάκτου Ανάγκης, των χρήσεων γης καθώς και την ανάγκη για ενημέρωση και εκπαίδευση του κοινού. Επίσης, συνέβαλε στην τροποποίηση της Οδηγίας Seveso το 1987 και 1988 (Γεωργιάδου, 2011).

3.2.3.8. Ελευσίνα, Ελλάδα 1992

Ένα από τα σοβαρότερα ατυχήματα μεγάλης έκτασης στην Ελλάδα συνέβη στις εγκαταστάσεις της ΠΕΤΡΟΛΑ στη Ελευσίνα την 1^η Σεπτεμβρίου του 1992. Το ατύχημα προκλήθηκε από τη διάρρηξη ενός σωλήνα κατά τη διαδικασία ξεκινήματος της μονάδας απόσταξης με αποτέλεσμα ελαφρά κλάσματα υδρογονοανθράκων (μίγμα υγραερίου και ελαφριάς νάφθας) να διαρρεύσουν στη γύρω περιοχή. Ακολούθησε ανάφλεξη και έκρηξη του μίγματος προκαλώντας τον θάνατο 14 εργαζομένων ενώ άλλοι 20 τραυματίστηκαν. Η κατάσβεση της φωτιάς, η οποία επικεντρώθηκε στο σημείο διαρροής, διήρκεσε 4 ώρες και έγινε από τη συντονισμένη δράση των δυνάμεων του διυλιστηρίου, της Πυροσβεστικής και των άλλων διυλιστηρίων της χώρας, βάσει σχεδίου αμοιβαίας βοήθειας σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης (Μουζάκης, 2018).

Το ατύχημα της ΠΕΤΡΟΛΑ αποτελεί το σοβαρότερο που έχει συνέβη στην Ελλάδα, από την άποψη αριθμού των θυμάτων, αλλά και ένα από τα σοβαρότερα στην Ευρωπαϊκή Ένωση μετά την εφαρμογή της Οδηγίας Seveso (Γεωργιάδου, 2011).

3.3. NaTech Καταστροφές

Οι φυσικοί κίνδυνοι (π.χ. πλημμύρα, σεισμός, καταιγίδες, κατολισθήσεις) αποτελούν σημαντική απειλή στην ασφάλεια των βιομηχανικών εγκαταστάσεων και εν γένει των υποδομών που διαχειρίζονται, αποθηκεύουν και μεταφέρουν επικίνδυνες χημικές ουσίες. Μπορούν να προκαλέσουν φαινόμενα όπως, εκρήξεις, πυρκαγιές και διαρροή επικίνδυνων τοξικών και εκρηκτικών ουσιών δημιουργώντας ατυχήματα με τεράστιες κοινωνικές, περιβαλλοντικές και οικονομικές συνέπειες. Τα ατυχήματα αυτά είναι γνωστά διεθνώς ως NaTech ατυχήματα (**N**atural hazard triggering a **T**echnological disaster) και αποτελούν μια ιδιαίτερη κατηγορία των τεχνολογικών ατυχημάτων μεγάλης έκτασης. (Μουζάκης, 2018; Girgin et al., 2019)

Ο κίνδυνος των NaTech ατυχημάτων υφίσταται σε όλες τις χώρες, αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες, όπου επικίνδυνες χημικές δραστηριότητες είναι εγκατεστημένες σε περιοχές επιρρεπείς σε φυσικούς κινδύνους. Η αυξανόμενη εκβιομηχάνιση (ιδίως στις αναπτυσσόμενες χώρες), η κλιματική αλλαγή και η αυξημένη τρωτότητα του πληθυσμού (κυρίως λόγω του μη σχεδιασμού χρήσεων γης) αποτελούν σημαντικούς παράγοντες αύξησης των NaTech ατυχημάτων. (Girgin et al., 2019)

Οι επιπτώσεις των NaTech ατυχημάτων χαρακτηρίζονται από πολυπλοκότητα και η διαχείρισή τους αποτελεί μια πρόκληση αφού απαιτεί ειδικό σχεδιασμό πρόληψης, ετοιμότητας και απόκρισης. Ένα από τα κύρια προβλήματά τους είναι η ταυτόχρονη εμφάνιση μίας φυσικής καταστροφής και ενός τεχνολογικού ατυχήματος, τα οποία απαιτούν ταυτόχρονη προσπάθεια απόκρισης σε μια κατάσταση όπου οι απαραίτητες υποδομές για τη πρόληψη και τον μετριασμό των επιπτώσεων, δεν είναι διαθέσιμες λόγω της φυσικής καταστροφής. Επιπλέον, οι πολλαπλές απελευθερώσεις επικίνδυνων ουσιών σε μεγάλη έκταση μπορεί να απαιτούν την εκτροπή των πόρων διαχείρισης έκτακτης ανάγκης που απασχολούνται στην αντιμετώπιση της φυσικής καταστροφής. Δυστυχώς μέχρι και σήμερα, παρόλο που έχουν καταγραφεί αρκετές NaTech καταστροφές με σοβαρές επιπτώσεις, οι πολιτικές μείωσης φυσικών καταστροφών δεν λαμβάνουν υπόψη τους τεχνολογικούς κινδύνους και οι φυσικοί κίνδυνοι δεν συνεξετάζονται στην εκτίμηση της ασφάλειας των βιομηχανικών εγκαταστάσεων λόγω έλλειψης εργαλείων και μεθοδολογίας. Αποτέλεσμα αυτών είναι η έλλειψη ανάλυσης σεναρίων NaTech ατυχημάτων από τις Μελέτες Ασφαλείας των εγκαταστάσεων. (Μουζάκης, 2018; Girgin et al., 2019)

Οι μεγάλοι κίνδυνοι που απορρέουν από τα NaTech ατυχήματα απασχολούν εδώ και χρόνια την παγκόσμια κοινότητα και για το λόγο αυτό το 2003, με πρωτοβουλία του ερευνητικού κέντρου JRC ISPRA, διοργανώθηκε συνάντηση εργασίας με εκπροσώπους από 13 χώρες της ΕΕ και εμπειρογνώμονες από διεθνείς οργανισμούς και από την Ιαπωνία και τις ΗΠΑ. Στη συνάντηση αυτή συμφωνήθηκαν οι παρακάτω άξονες στρατηγικής για την αντιμετώπιση των NaTech ατυχημάτων (Χριστόλης and Μαρκάτος, 2007):

- Ο σχεδιασμός αντιμετώπισής τους θα αφορά αποκλειστικά και μόνο NaTech ατυχήματα, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητές τους σε όλες τις φάσεις αντιμετώπισης (πρόληψη, καταστολή, προετοιμασία υποδομών)
- Κρίνεται απαραίτητη η ειδική εκπαίδευση των υπευθύνων σχεδιασμού αντιμετώπισης και η ευαισθητοποίηση του κοινού
- Σημαντικό παράγοντα αποτελεί η συμμετοχή του κοινού στο σχεδιασμό αντιμετώπισης

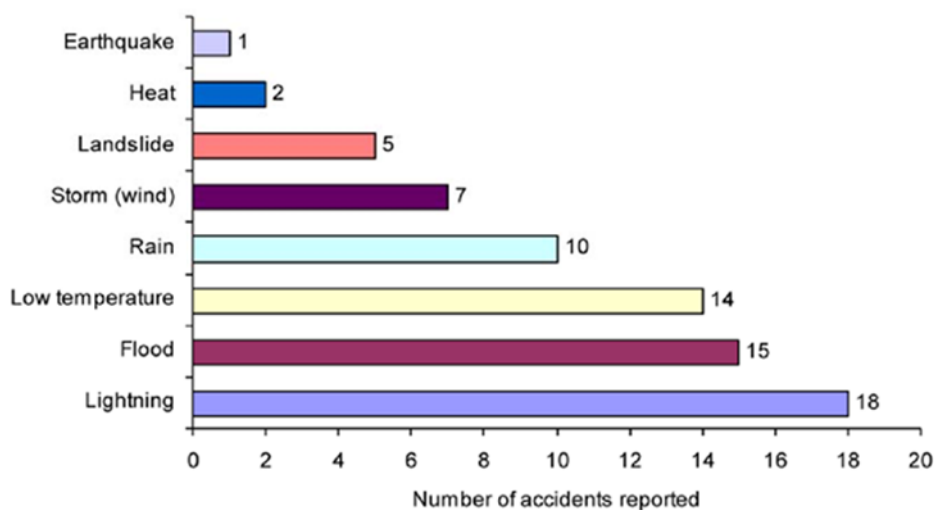
- Κρίνεται ως άμεση προτεραιότητα της ΕΕ η αναπροσαρμογή των κανονισμών για την εκτίμηση της επικινδυνότητας και των σχεδίων έκτακτης ανάγκης των βιομηχανικών εγκαταστάσεων
- Ο σχεδιασμός χρήσεων γης αποτελεί ιδιαίτερος αποτελεσματικό εργαλείο για το διαχωρισμό ασύμβατων χρήσεων.

Από την σκοπιά των NaTech ατυχημάτων η Οδηγία Seveso αποτελεί την πιο σημαντική νομοθετική ρύθμιση της Ε.Ε. για την αντιμετώπιση των κινδύνων μεγάλων ατυχημάτων. Τριάντα χρόνια από την εφαρμογή της, απαιτείται πλέον οι περιβαλλοντικοί κίνδυνοι όπως, πλημμύρες και σεισμοί, να αναγνωρίζονται και να εκτιμώνται στη Μελέτη Ασφάλειας μιας εγκατάστασης.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, διάφοροι διεθνείς οργανισμοί ασχολήθηκαν με τη διαχείριση κινδύνου NaTech ατυχημάτων. Για παράδειγμα, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) αναγνωρίζοντας τη σοβαρότητα των επιπτώσεων στην υγεία από την πρόκληση τέτοιων ατυχημάτων, εξέδωσε οδηγίες προς τις δημόσιες αρχές υγείας για την αντιμετώπιση περιστατικών από τη διαρροή επικίνδυνων ουσιών έπειτα από σεισμό ή πλημμύρα. Επίσης, κατά τη δημιουργία του Πλαισίου Sendai 2015-2030, η UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction-UNDRR) συγκρότησε μια επιτροπή ειδικών επιστημόνων, οι οποίοι συνέταξαν κατευθυντήριες οδηγίες για την μείωση κινδύνου των καταστροφών, όπου στις τεχνολογικές καταστροφές περιλαμβάνει κεφάλαια με οδηγίες για τη μείωση κινδύνου NaTech ατυχημάτων. Τέλος, ο ΟΟΣΑ το 2015 εξέδωσε ένα προσάρτημα στις κατευθυντήριες αρχές τους σχετικά με την πρόληψη, ετοιμότητα και αντίδραση σε χημικά ατυχήματα, ώστε να παρέχει καθοδήγηση στους ενδιαφερομένους σχετικά με την καλύτερη αντιμετώπιση NaTech ατυχημάτων.(UNDRR, 2019)

3.3.1. Αίτια πρόκλησης NaTech ατυχημάτων

Πολλά είδη φυσικών φαινομένων μπορούν να προκαλέσουν NaTech ατυχήματα, όμως τα συχνότερα αίτια πρόκλησης είναι οι κεραυνοί, οι πλημμύρες και οι χαμηλές θερμοκρασίες. Αυτό προκύπτει από έρευνα που διεξήγαγε το JRC (European Commission Joint Research Centre) για περιστατικά NaTech ατυχημάτων το διάστημα 1990-2009, στην οποία πέντε χώρες ανέφεραν 72 περιστατικά εκ των οποίων το 65% οφείλονταν στις προαναφερόμενες αιτίες. Οι απαντήσεις αποτυπώνονται στο παρακάτω διάγραμμα.(Krausmann and Baranzini, 2012)



Γράφημα 3.2. Αίτια πρόκλησης NaTech ατυχημάτων 1990-2009

Πηγή : Journal of Risk Research (<https://www.tandfonline.com/loi/rjrr20>)

Όπως διαπιστώνεται από την ανάλυση του διαγράμματος, την πρώτη θέση στη πρόκληση NaTech ατυχημάτων κατέχουν οι κεραυνοί και την τελευταία οι σεισμοί.

Από την ανάλυση των ατυχημάτων που έχουν συμβεί στο παρελθόν προκύπτει ότι, οι κεραυνοί αποτελούν έναν ισχυρό μηχανισμό που προκαλεί άμεση ή έμμεση διαρροή επικίνδυνων ουσιών από τις χημικές εγκαταστάσεις. Ειδικά στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης εύφλεκτων υλικών αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για πυρκαγιά και έκρηξη. Οι κεραυνοί επίσης, μπορούν να προκαλέσουν τη διακοπή λειτουργίας των συστημάτων ελέγχου, να καταστρέψουν ευαίσθητες συσκευές, πρόκληση λανθασμένων σημάτων συναγερμού και προβλήματα ηλεκτροδότησης σε απόσταση μέχρι και 3 χλμ. Σε μία ανάλυση ατυχημάτων προκαλούμενων από κεραυνούς σε 604 δεξαμενές αποθήκευσης εύφλεκτων ουσιών, διαπιστώθηκε ότι οι 163 υπέστησαν καταστροφή στο εξωτερικό περιβάλλον τους και υπήρξε διαρροή του υλικού, οι 228 ανεφλέγησαν άμεσα και οι 223 υπέστησαν βλάβες στα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά κυκλώματα. (Renni et al., 2010)

3.3.2. Σημαντικά NaTech Ατυχήματα

3.3.2.1. Σεισμός Kocaeli 1999, Τουρκία

Ο σεισμός στη περιοχή Kocaeli στις 17 Αυγούστου 1999 M 7.4 ήταν μια από τις σοβαρότερες φυσικές καταστροφές στη σύγχρονη ιστορία της Τουρκίας. Συνέβη στις 03: 02 π.μ. και προκάλεσε περίπου 17.500 θανάτους, 44.000 τραυματισμούς, οι πληγέντες έφτασαν τα 15 εκατομμύρια και είχε ως αποτέλεσμα συνολική ζημιά σε περιουσίες άνω των 15

δισεκατομμυρίων δολαρίων. Η περιοχή που έπληξε ο σεισμός είναι πυκνοκατοικημένη και βαριά βιομηχανοποιημένη, αντιπροσωπεύοντας το 35% του ΑΕΠ. Ο σεισμός προκάλεσε πολλά NaTech ατυχήματα, από μικρού μεγέθους απελευθέρωση επικίνδυνων ουσιών έως τεράστιες πυρκαγιές. Από τις 19 βιομηχανικές εγκαταστάσεις οι 14 ανέφεραν διαρροή επικίνδυνων ουσιών. Μερικά παραδείγματα είναι η διαρροή 50.000 kg αργού πετρελαίου στον κόλπο της Σμύρνης, η διαρροή 1.2 εκατομ. Kg κρυογονικού οξυγόνου, η διαρροή 100.000 kg φωσφορικού οξέος, η διαρροή 6.500 τόνων ακρυλονιτριλίου (AKSA) και οι φωτιές στα διυλιστήρια (TURPAS) που χρειάστηκαν 5 ημέρες για την κατάσβεσή τους. (Arellano Vetere et al., 2004; Girgin, 2011; Krausmann and Baranzini, 2012)

3.3.2.2. Τυφώνας Κατρίνα 2005, ΗΠΑ

Ο τυφώνας Katrina έφτασε στην ξηρά στις 29 Αυγούστου 2005 ως τυφώνας κατηγορίας 3 και κατέστρεψε τις ακτές του Κόλπου των Ηνωμένων Πολιτειών, ιδιαίτερα κατά μήκος των ακτών της Λουιζιάνα, του Μισισιπή και της Αλαμπάμα. Τις κυριότερες ζημιές υπέστη η πόλη της Νέας Ορλεάνης, η οποία και πλημμύρισε σε ποσοστό 80%. Ο τυφώνας Katrina θεωρείται η πιο κοστοβόρα και μία από τις πέντε πιο θανατηφόρες φυσικές καταστροφές που έπληξαν τις Η.Π.Α. (Tees et al., 2010).

Η περιοχή που έπληξε ο τυφώνας είναι έντονα βιομηχανοποιημένη με διυλιστήρια πετρελαίων, εγκαταστάσεις φυσικού αερίου, τερματικούς σταθμούς πετρελαίου, πετροχημικές εγκαταστάσεις κ.α. Από στοιχεία που αντλήθηκαν από πολλές μελέτες και βάσεις δεδομένων προκύπτει ότι, η διαρροή πετρελαϊκών προϊόντων ήταν τεράστια, ξεπερνώντας τα 8 εκατομμύρια γαλόνια, περίπου το 75% της διαρροής του Exxon Valdez. Κυρίως αφορούσε αργό πετρέλαιο από τις δεξαμενές που υπέστησαν ζημιά από τον τυφώνα. Όσο για τις υπόλοιπες επικίνδυνες ουσίες που απελευθερώθηκαν από τις χημικές εγκαταστάσεις, σύμφωνα με τη βάση IRIS ανέρχονται σε 100 γαλόνια, ενώ σύμφωνα με τη βάση HSEES το ποσοστό αυξάνεται κατά 30%. Οι σοβαρές επιπτώσεις του τυφώνα Κατρίνα στη πετρελαϊκή βιομηχανία αποτέλεσαν ίσως και το λόγο της ελλιπούς πληροφόρησης για τις υπόλοιπες χημικές ουσίες που απελευθερώθηκαν. (Santella et al., 2010)

3.3.2.3. Σεισμός Tohoku 2011, Ιαπωνία

Ο μεγάλος σεισμός της Ιαπωνίας της 11^{ης} Μαρτίου 2011 μεγέθους 9 R και το συνακόλουθο τσουνάμι άγγιξαν απροσδόκητα μεγέθη σοβαρών επιπτώσεων σε μία τεράστια περιοχή, αφήνοντας πίσω τους 16.000 θανάτους, 3.000 αγνοουμένους και οικονομικές ζημιές που άγγιξαν τα 210 δισεκατομμύρια δολάρια, χωρίς να υπολογίζεται το πυρηνικό ατύχημα της Fukushima. Αποτελεί τη μεγαλύτερη ως σήμερα καταγεγραμμένη καταστροφή. (Krausmann and Cruz, 2013)

Σεισμός και τσουνάμι προκάλεσαν ζημιές και κατέστρεψαν πολλές βιομηχανικές εγκαταστάσεις επικίνδυνων ουσιών, όπως διυλιστήρια, πετροχημικές και άλλες χημικές βιομηχανίες. Αποτέλεσμα ήταν να υπάρξουν τεράστιες διαρροές επικίνδυνων τοξικών και εύφλεκτων ουσιών, να προκληθούν πυρκαγιές και εκρήξεις, φαινόμενα που έθεσαν σε μεγαλύτερο ακόμη κίνδυνο το πληθυσμό και τους διαχειριστές της έκτακτης ανάγκης.

Σύμφωνα με έρευνα που διεξήγαγε η Υπηρεσία Διαχείρισης Πυρκαγιών και Καταστροφών (Fire and Disaster Management Agency-FDMA), σε σύνολο 211.877 εγκαταστάσεων επικίνδυνων ουσιών, ο σεισμός προκάλεσε ζημιές σε 3.324. Από αυτές οι 1.404 υπέστησαν ζημιά λόγω του ισχυρού ταρακουνήματος του εδάφους, οι 1.807 από το τσουνάμι και στις υπόλοιπες 113 τα αίτια παραμένουν άγνωστα. Σε 42 εγκαταστάσεις εκδηλώθηκαν πυρκαγιές και σε 122 διαρροή πετρελαίου.(Nishi, 2012)

Δύο μεγάλα NaTech ατυχήματα δεν συνέβησαν ούτε από το σεισμό ούτε από το τσουνάμι, αλλά από φαινόμενο Domino κατά τη διάρκεια πυρκαγιάς στα διυλιστήρια Chiba. Ένα σύννεφο ατμών υγραερίου αναφλέγηκε, προκάλεσε έκρηξη στη δεξαμενή υγραερίου που με τη σειρά της προκάλεσε πυρκαγιά σε δύο γειτονικές χημικές εγκαταστάσεις.(Krausmann and Cruz, 2013)



Εικόνα 3.6. Φωτιά σε διυλιστήριο στην Ichihara της περιφέρειας Chiba της Ιαπωνίας τη μέρα του σεισμού στη Tohoku της Ιαπωνίας, Μάρτιος 2011

Πηγή : (“Japan tsunami: Fukushima Fifty ‘on suicide mission’ to battle nuclear meltdown | Daily Mail Online”)

Κεφάλαιο 4.

Νομοθετικό πλαίσιο αντιμετώπισης κινδύνων από Β.Α.Μ.Ε.

4.1. Η Ευρωπαϊκή Οδηγία SEVESO III (2012/18/ΕΕ)

4.1.1. Ιστορικό της Οδηγίας Seveso

SEVESO I

Οι βάσεις της ευρωπαϊκής νομοθεσίας για την αντιμετώπιση ατυχημάτων σε βιομηχανίες που διαχειρίζονται, αποθηκεύουν και παράγουν επικίνδυνες ουσίες, τέθηκαν με την Κοινοτική Οδηγία του 1967 (Directive 67/548/EEC). Τα σοβαρά βιομηχανικά ατυχήματα στο Flixbourgh του Ηνωμένου Βασιλείου το 1974 (έκρηξη υδρογονοανθράκων σε διυλιστήριο) και στο Beek της Ολλανδίας το 1975 (διαρροή προπυλενίου) οδήγησαν την Ευρωπαϊκή Κοινότητα στη χρηματοδότηση μελέτης των κινδύνων που έχουν σχέση με επικίνδυνες βιομηχανικές δραστηριότητες. Από τη μελέτη αυτή προέκυψε ότι, το υφιστάμενο νομοθετικό και κανονιστικό πλαίσιο που σχετίζεται με τις επικίνδυνες βιομηχανικές δραστηριότητες περιορίζεται μόνο στις περιπτώσεις λειτουργίας των εγκαταστάσεων υπό κανονικές συνθήκες, μη λαμβάνοντας υπόψη την περίπτωση μη κανονικής λειτουργίας ανεξάρτητα από το γενεσιουργό αίτιο. (Βαγγέλογλου, 2009)

Μετά τον Ιούλιο του 1976 και το ατύχημα στη Seveso της Ιταλίας (διαρροή επικίνδυνης διοξίνης TCDD) διαπιστώνεται πλέον το μέγεθος των επιπτώσεων από τα ατυχήματα των χημικών εγκαταστάσεων, όχι μόνο στους εργαζόμενους αλλά στον γενικό πληθυσμό και στο περιβάλλον σε περιοχές αρκετά απομακρυσμένες από το ατύχημα. Η Ευρωπαϊκή Ένωση, λαμβάνοντας υπόψη την πολυπλοκότητα των νέων βιομηχανιών και με στόχο τον έλεγχο των κινδύνων μεγάλων ατυχημάτων σε βιομηχανίες επικίνδυνων ουσιών, προχώρησε τον Ιούνιο του 1982 στη δημιουργία της Οδηγίας 82/501/ΕΟΚ « για τον κίνδυνο ατυχημάτων μεγάλης έκτασης που περικλείουν ορισμένες βιομηχανικές δραστηριότητες». Η Οδηγία αυτή, γνωστή ως Οδηγία SEVESO , από την ομώνυμη Ιταλική πόλη που συνέβη το ατύχημα του 1976, αποτελεί την πρώτη νομοθετική πράξη διεθνώς, που περιλάμβανε αρχές για μια ολοκληρωμένη διαχείριση της επικινδυνότητας των χημικών εγκαταστάσεων. (Βαγγέλογλου, 2009) Τέθηκε σε εφαρμογή τον Ιανουάριο του 1984 και περιλάμβανε απαιτήσεις στη λήψη μέτρων αποφυγής μεγάλων ατυχημάτων τόσο από την πλευρά των βιομηχανιών όσο και από την πλευρά των κρατών μελών της ΕΕ. Η καταληκτική προθεσμία συμμόρφωσης των κρατών μελών με την Οδηγία είχε οριστεί η 8/1/1986.

Η Οδηγία SEVESO τροποποιήθηκε δύο φορές, το 1987 (Οδηγία 87/216/ΕΟΚ) και το 1988 (Οδηγία 88/610/ΕΟΚ). Η αφορμή δόθηκε α) από το σοβαρό ατύχημα στη Bhopal της Ινδίας , που ανέδειξε ότι η μη ενημέρωση του κοινού για τους κινδύνους μιας χημικής εγκατάστασης και των τρόπων αντιμετώπισης σε πιθανό ατύχημα πολλαπλασιάζει κατά πολύ τον αριθμό των θυμάτων και β) από το ατύχημα στη Βασιλεία της Ελβετίας το 1986¹ , που ανέδειξε την ανάγκη ένταξης στην Οδηγία και των χώρων αποθήκευσης επικίνδυνων ουσιών. Στις τροποποιήσεις αυτές εντάχθηκε η αποθήκευση επικίνδυνων ουσιών, καθώς επίσης ορίστηκαν οι διαδικασίες για τη διασφάλιση της άμεσης ενημέρωσης των περιοίκων που κινδύνευαν σε περίπτωση ατυχήματος.(Χαροκόπου, 2003)

SEVESO II

Στην δεκαετία που ακολούθησε από την θέσπιση της Οδηγίας SEVESO, παρόλο που αυτή κρίθηκε ως επιτυχής, σημειώθηκαν στην Ευρώπη πάνω από 130 ατυχήματα μεγάλης έκτασης. Το γεγονός αυτό οδήγησε την Ευρωπαϊκή Ένωση, στις αρχές της δεκαετίας του '90, στην εκκίνηση συζητήσεων για επανεξέταση της Οδηγίας ώστε να είναι περισσότερο αποτελεσματική στην πρόληψη μεγάλων ατυχημάτων. Τον Ιανουάριο του 1994 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή κατέθεσε πρόταση για αντικατάσταση της Οδηγίας SEVESO με μία νέα οδηγία, η οποία θα στηριζόταν στις αρχές της προηγούμενης αλλά θα περιλάμβανε επιπρόσθετα μέτρα για τη διαχείριση της επικινδυνότητας αλλά και διατάξεις για την αποτελεσματικότερη εφαρμογή της. Μετά από προτάσεις και τροποποιήσεις, τον Δεκέμβριο του 1996 εκδόθηκε η νέα Οδηγία 96/82/ΕΚ, γνωστή ως Οδηγία SEVESO II, *«για την πρόληψη των κινδύνων ατυχημάτων μεγάλης έκτασης στα οποία εμπλέκονται επικίνδυνες ουσίες και τον περιορισμό των συνέπειών τους στον άνθρωπο και στο περιβάλλον»*. Η νέα Οδηγία τέθηκε σε εφαρμογή τον Φεβρουάριο του 1997 και τα Κράτη Μέλη είχαν προθεσμία εναρμόνισης των νέων διατάξεών της τον Φεβρουάριο του 1999 (Βαγγέλογλου, 2009). Η Οδηγία, εκτός από την Ευρωπαϊκή Ένωση, υιοθετήθηκε από την Νορβηγία, την Ισλανδία και την Ελβετία. Επίσης, η υιοθέτησή της αποτελούσε μία από τις προϋποθέσεις ένταξης των νέων Κρατών Μελών.(Duijm and Hagen, 2008)

Η νέα Οδηγία δεν περιορίζεται σε κατονομαζόμενες δραστηριότητες αλλά διευρύνει το πεδίο εφαρμογής της σε όλες τις εγκαταστάσεις στις οποίες υπάρχουν επικίνδυνες ουσίες σε συγκεκριμένες ποσότητες. Επίσης, δίνει μεγαλύτερη έμφαση σε θέματα διαχείρισης της ασφάλειας, σε αντίθεση με την προηγούμενη που εστίαζε περισσότερο σε τεχνικής φύσεως ασφάλεια. Αυτό προέκυψε από τη μελέτη προηγούμενων ατυχημάτων, η οποία ανέδειξε ότι η πλειονότητα τους είχε ως γενεσιουργό αιτία θέματα διαχείρισης της ασφάλειας.

Η Οδηγία SEVESO II καθιερώνει σημαντικούς θεσμούς στην αντιμετώπιση μεγάλων ατυχημάτων όπως :

- Πολιτική Πρόληψης Μεγάλων Ατυχημάτων
- Πολλαπλασιαστικά Φαινόμενα (Domino Effects)

¹ Την 1/11/1986 στις εγκαταστάσεις Sandoz στη Βασιλεία της Ελβετίας, κατά τη διαδικασία πυρόσβεσης πυρκαγιάς έγινε διάχυση νερού πυρόσβεσης με χημικά στον ποταμό Ρήνο προκαλώντας τεράστια περιβαλλοντική καταστροφή.

- Σύστημα Διαχείρισης της Ασφάλειας
- Σχεδιασμό Χρήσεων Γης
- Επιθεωρήσεις και Ελέγχους
- Πληροφορίες για Μέτρα Ασφάλειας- Ενημέρωση Κοινού

Άλλες βασικές αλλαγές που επιφέρει η νέα Οδηγία SEVESO II σε σχέση με την προηγούμενη είναι (Duijm and Hagen, 2008; Βαγγέλογλου, 2009):

- ❖ Ο διαχωρισμός των βιομηχανικών εγκαταστάσεων με επικίνδυνες ουσίες α) σε εγκαταστάσεις κατώτερης βαθμίδας (lower tier establishments) και β) σε εγκαταστάσεις ανώτερης βαθμίδας (upper tier establishments). Η πρώτη κατηγορία υποχρεούται στην υποβολή έκθεσης, στην οποία θα αναφέρεται η Πολιτική Πρόληψης Μεγάλου Ατυχήματος (ΠΠΜΑ) καθώς και οι μέθοδοι διασφάλισης της ορθής εφαρμογής της. Η δεύτερη κατηγορία υποχρεούται στην υποβολή Μελέτης Ασφαλείας, όπου θα καταδεικνύεται η εφαρμογή μιας ΠΠΜΑ και ενός Συστήματος Διαχείρισης Ασφάλειας (ΣΔΑ) προς υλοποίησής της.
- ❖ Έχει άμεση σχέση με την Οδηγία 89/391/ΕΟΚ για την προστασία της ασφάλειας και της υγιεινής των εργαζομένων
- ❖ Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, προκειμένου να υποστηρίξει την ομοίμορφη εφαρμογή της Οδηγίας, προγραμματίζει συνεδριάσεις της Επιτροπής Αρμόδιων Αρχών, ανά δύο χρόνια, για την ανασκόπηση των εμπειριών των Κρατών Μελών και την ανάπτυξη κατευθυντήριων γραμμών στα κύρια θέματα της Οδηγίας.
- ❖ Το Joint Research Center (JRC) ιδρύει το Major Accident Hazard Bureau (MAHB) με σκοπό την συλλογή, ταξινόμηση και διάθεση στις αρμόδιες αρχές των κρατών μελών πληροφοριών σχετικά με πρόληψη μεγάλων ατυχημάτων, όπως διδάγματα από ατυχήματα, εκθέσεις ασφαλείας και κώδικες πρακτικής. Έτσι δημιουργείται και η ευρωπαϊκή βάση eMARS (Major Accident Reporting System).

Η Οδηγία SEVESO II τροποποιείται με την Οδηγία 2003/105/ΕΚ με αφορμή τα ατυχήματα στη Baia Mare² της Ρουμανίας (30 Ιανουαρίου 2000), στη Enschede³ της Ολλανδίας (Μάιος 2000) και στη Toulouse⁴ της Γαλλίας (21 Σεπτεμβρίου 2001). Η τροποποίηση αυτή είχε στόχο (Γεωργιάδου, 2011):

- την διεύρυνση του πεδίου εφαρμογής της Οδηγίας ώστε να συμπεριλάβει και τους κινδύνους από εξορυκτικές δραστηριότητες
- τη βελτίωση του ορισμού των πυροτεχνικών και εκρηκτικών ουσιών

² Κατάρρευση φράγματος τελμάτων επεξεργασίας χρυσού με κύανωση, με αποτέλεσμα την απελευθέρωση 120.000 tn κυανούχου ενώσεως με βαρέα μέταλλα στον ποταμό Tisza και από κει στον Δούναβη.

³ Σε εγκατάσταση κατασκευής και αποθήκευσης πυροτεχνημάτων σημειώθηκε έκρηξη προκαλώντας τον θάνατο 20 ανθρώπων και τον τραυματισμό σε πάνω από 300.

⁴ Έκρηξη σε εργοστάσιο λιπασμάτων, μόλις 3 χλμ απόσταση από την πόλη, που προκάλεσε τον θάνατο 30 ανθρώπων και εκτεταμένες ζημιές.

- την εισαγωγή νέων διατάξεων για την αποθήκευση νιτρικού αμμωνίου και των λιπασμάτων με βάση το νιτρικό αμμώνιο.

SEVESO III

Στις 4 Ιουλίου 2012, η Οδηγία SEVESO II αντικαθίσταται από τη νέα Οδηγία 2012/18/ΕΕ «για την αντιμετώπιση των κινδύνων μεγάλων ατυχημάτων σχετιζόμενων με επικίνδυνες ουσίες και για την τροποποίηση και στη συνέχεια την κατάργηση της οδηγίας 96/82/ΕΚ του Συμβουλίου», γνωστή ως Οδηγία SEVESO III.

Η επανεξέταση της προηγούμενης Οδηγίας έγινε κυρίως, λόγω των αλλαγών στη ταξινόμηση των επικίνδυνων ουσιών. Συγκεκριμένα, με τον κανονισμό 1272/2008/ΕΚ “για την ταξινόμηση, επισήμανση και συσκευασία των χημικών ουσιών και των μειγμάτων τους (CLP)”, εφαρμόστηκε εντός της Ε.Ε. το παγκοσμίως εναρμονισμένο σύστημα ταξινόμησης και επισήμανσης των χημικών προϊόντων που είχε εγκριθεί από τον Ο.Η.Ε. Με τον κανονισμό αυτό ορίστηκαν νέες τάξεις και κατηγορίες κινδύνου που δεν αντιστοιχούσαν πλήρως με όσα αναφέρονταν στις προηγούμενες Οδηγίες. Οπότε, κρίθηκε αναγκαίο να τροποποιηθεί το Παράρτημα Ι της οδηγίας 96/82/ΕΚ για να ευθυγραμμιστεί με τον εν λόγω κανονισμό, διατηρώντας παράλληλα το υφιστάμενο επίπεδο προστασίας που προβλέπονται στην ίδια οδηγία ή αυξάνοντάς το περαιτέρω. (ΕΕ, 2012)

4.1.2. Βασικά σημεία της οδηγίας Seveso III

Η νέα Οδηγία SEVESO III τέθηκε σε εφαρμογή στις 13 Αυγούστου του 2012 και τα Κράτη Μέλη είχαν προθεσμία εναρμόνισης των νέων διατάξεων της την 31^η Μαΐου του 2015.

Βασικός στόχος της Οδηγίας είναι ένα αποτελεσματικό θεσμικό πλαίσιο για την πρόληψη μεγάλων ατυχημάτων σχετιζόμενων με επικίνδυνες ουσίες και η διασφάλιση ενός υψηλού επιπέδου προστασίας της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος.

Πεδίο εφαρμογής της Οδηγίας είναι όλες οι «μονάδες» όπου υπάρχουν επικίνδυνες ουσίες σε ποσότητες ίσες ή ανώτερες από αυτές που αναφέρονται στο Παράρτημα Ι αυτής. Σύμφωνα με το άρθρο 2, εξαιρούνται της εφαρμογής της οι στρατιωτικές εγκαταστάσεις, οι κίνδυνοι από ιοντίζουσα ακτινοβολία, η μεταφορά των επικίνδυνων ουσιών εκτός μονάδων που καλύπτονται από την οδηγία, η μεταφορά επικίνδυνων ουσιών μέσω αγωγών, οι εξορυκτικές και μεταλλευτικές δραστηριότητες, η αναζήτηση και εκμετάλλευση ορυκτών στη θάλασσα, συμπεριλαμβανομένων και των υδρογονοανθράκων και οι χώροι υγειονομικής ταφής αποβλήτων.(ΕΕ, 2012)

Τα βασικά σημεία της Οδηγίας SEVESO III που αφορούν στις μελέτες που συντάσσουν και υποβάλλουν οι μονάδες που υπάγονται σε αυτή, προς έλεγχο από τις αρμόδιες αρχές, είναι (Βαγγέλογλου, 2009; Μουζάκης, 2017α):

- Επικίνδυνες Ουσίες: Απαιτείται η πλήρη καταγραφή των επικίνδυνων ουσιών που υπάρχουν ή που δύναται να υπάρξουν σε μια εγκατάσταση, είτε ως πρώτες ή βοηθητικές ύλες, είτε ως προϊόντα ή παραπροϊόντα κλπ. Η καταγραφή αυτή είναι ποσοτική και ποιοτική, περιλαμβάνοντας τα χαρακτηριστικά της επικίνδυνης ουσίας (εύφλεκτη, τοξική, εκρηκτική, επικίνδυνη για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον). Βάση αυτής της πληροφόρησης αποτελούν τα φύλλα ασφαλούς χειρισμού (Safety Data Sheets) των ουσιών. Στο Παράρτημα Ι της Οδηγίας περιλαμβάνονται κατάλογοι με κατονομαζόμενες επικίνδυνες ουσίες και κατηγορίες επικίνδυνων ουσιών, βάσει των οποίων προσδιορίζεται ο κίνδυνος σε μια χημική εγκατάσταση.
- Διαδικασίες: απαιτείται η επαρκής γνώση της παραγωγικής διαδικασίας και των φυσικοχημικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα κατά την κανονική λειτουργία μιας εγκατάστασης. Η απαίτηση αυτή αυξάνεται όσο αφορά στις παράπλευρες και αλυσιδωτές αντιδράσεις που δύνανται να συμβούν σε περίπτωση ανωμαλίας στην εγκατάσταση.
- Προσδιορισμός κινδύνου: Προκειμένου να μειωθεί η επικινδυνότητα της εγκατάστασης θα πρέπει να υπάρχει προσδιορισμός του κινδύνου. Αυτό επιτυγχάνεται με διάφορους μεθόδους όπως, η μελέτη κινδύνου και λειτουργικότητας HAZOP (HAZardous and OPerability analysis), η ανάλυση «τί θα συμβεί εάν» (what if analysis) και ο κατάλογος ελέγχου (check list).
- Πολλαπλασιαστικά Φαινόμενα (Domino Effects): Η αδειοδοτούσα αρχή, βασιζόμενη σε πληροφορίες από τον ασκούντα την εκμετάλλευση της εγκατάστασης, οφείλει να καθορίζει τις εγκαταστάσεις ή ομάδες εγκαταστάσεων, όπου η πιθανότητα ενός μεγάλου ατυχήματος μπορεί να αυξάνεται λόγω της θέσης ή της γειννίας με αυτές. Οι πρωτογενείς πηγές κινδύνου, που δύνανται να προκαλέσουν πολλαπλασιαστικά φαινόμενα, μπορεί να βρίσκονται εντός της εγκατάστασης ή εκτός.
- Εκτίμηση Επιπτώσεων: Με τη χρήση εξειδικευμένων μαθηματικών μοντέλων σε Η/Υ για την ανάλυση της ευπάθειας του συστήματος περίξ της εγκατάστασης σε συνδυασμό με τα πιθανά σενάρια ατυχημάτων, τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής και τη χωροθέτηση της εγκατάστασης, γίνεται ο προσδιορισμός της έκτασης των επιπτώσεων στον άνθρωπο και στο περιβάλλον.
- Πολιτική Πρόληψης Μεγάλων Ατυχημάτων – ΠΠΜΑ (Major Accident Prevention Policy-MAPP): Η ΠΠΜΑ περιλαμβάνει τους γενικούς στόχους και τις δράσεις που καθορίζει ο «ασκών την εκμετάλλευση» για την πρόληψη και τον περιορισμό των συνεπειών μεγάλων ατυχημάτων. Στόχος της είναι η δέσμευση από τη πλευρά των φορέων εκμετάλλευσης για ένα αποτελεσματικό σύστημα διαχείρισης της ασφάλειας. Η ΠΠΜΑ υποβάλλεται υποχρεωτικά από όλες τις εγκαταστάσεις που έχουν επικίνδυνες ουσίες ίσες ή μεγαλύτερες από συγκεκριμένα όρια.
- Σύστημα Διαχείρισης της Ασφάλειας-ΣΔΑ (Safety Management System-SMS): Αποτελεί το εργαλείο επίτευξης της ασφαλούς λειτουργίας της εγκατάστασης και της αποτελεσματικής ΠΠΜΑ. Περιλαμβάνει την οργανωτική δομή της επιχείρησης, την επάρκεια και εκπαίδευση του προσωπικού, τις διαδικασίες ελέγχου ασφαλούς λειτουργίας, την αναγνώριση κινδύνων και εκτίμηση της επικινδυνότητας, τη διαχείριση των αλλαγών, το σχεδιασμός εκτάκτου ανάγκης και την επανεξέταση και αναθεώρηση του συστήματος.

- Σχεδιασμός Έκτακτης Ανάγκης : Οι υπεύθυνοι της εγκατάστασης υποχρεούνται στη σύνταξη σχεδίου έκτακτης ανάγκης για τον εσωτερικό χώρο αυτής (on site emergency plan) και οι αρμόδιες τοπικές αρχές το εξωτερικό ΣΑΤΑΜΕ (off site emergency plan). Τα δύο αυτά σχέδια θα πρέπει να συμβαδίζουν και να συνεργάζονται.
- Επιθεωρήσεις και Έλεγχοι των Εγκαταστάσεων : Σύμφωνα με το άρθρο 20 της Οδηγίας τα Κράτη Μέλη μεριμνούν ώστε όλες οι μονάδες να καλύπτονται από σχέδιο τακτικών επιθεωρήσεων σε εθνικό, περιφερειακό ή τοπικό επίπεδο. Το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών επισκέψεων χώρων δεν υπερβαίνει το ένα έτος για μονάδες ανώτερης βαθμίδας και τα τρία έτη για μονάδες κατώτερης βαθμίδας.
- Ενημέρωση Κοινού- Πληροφοριακά Στοιχεία : Η αρμόδια υπηρεσία, στην οποία υπάγεται η εγκατάσταση, θα πρέπει να συντάσσει τις απαραίτητες πληροφορίες που θα πρέπει να γνωρίζει το κοινό της περιοχής και να τις προωθή με κάθε πρόσφορο μέσο, ακόμη και σε ηλεκτρονική μορφή. Το κοινό έχει πρόσβαση στην έκθεση ασφαλείας και στον κατάλογο των επικίνδυνων ουσιών, με τις επιφυλάξεις του άρθρου 22 της Οδηγίας.
- Σχεδιασμός Χρήσεων Γης (Land Use Planning) : Η Οδηγία υποχρεώνει τα Κράτη Μέλη να λαμβάνουν υπόψη τους στόχους πρόληψης μεγάλων ατυχημάτων και του περιορισμού των συνεπειών τους, κατά τη διαδικασία σχεδιασμού χρήσεων γης και έγκρισης περιβαλλοντικών όρων. Για την επίτευξη των στόχων θα πρέπει να ελέγχονται η ίδρυση νέων εγκαταστάσεων επικίνδυνων ουσιών, οι μετατροπές των υφιστάμενων εγκαταστάσεων, τα νέα έργα και κάθε δραστηριότητα που λόγω της θέσης ή της εγγύτητάς τους με αυτές, ενδέχεται να αυξήσουν τον κίνδυνο μεγάλου ατυχήματος ή να αυξήσουν τις συνέπειές τους. Στις χώρες τις ΕΕ έχουν αναπτυχθεί χρήσιμα εργαλεία που στηρίζονται στη πολυκριτηριακή ανάλυση.
- Καθορισμός κριτηρίων για καθορισμό των ΤΑΜΕ: καθορίστηκαν κριτήρια που χαρακτηρίζουν ένα ατύχημα ως μεγάλης έκτασης. Βασικοί παράμετροι είναι οι επιπτώσεις του στην ανθρώπινη υγεία, στο περιβάλλον και στην κοινωνικοοικονομική ζωή.

4.2. Εναρμόνιση της Ελληνικής Νομοθεσίας

Η Ελλάδα, ως κράτος μέλος της Ε.Ε. από το 1981, εναρμόνισε το Εθνικό της Δίκαιο με τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες SEVESO, εκδίδοντας τις κάτωθι Κοινές Υπουργικές Αποφάσεις (Κ.Υ.Α.):

- ❖ Την Κ.Υ.Α. 18187/272/1988 (ΦΕΚ 126 Β/3-3-1988) περί «Καθορισμού μέτρων και περιορισμών για την αντιμετώπιση κινδύνων από ατυχήματα μεγάλης έκτασης που περικλείουν ορισμένες βιομηχανικές δραστηριότητες», με την οποία εναρμονίζεται με τις Οδηγίες 82/501/Ε.Ο.Κ. και 87/216/Ε.Ο.Κ
- ❖ Την Κ.Υ.Α. 77119/4607/1993 (ΦΕΚ 532 Β/19-7-1993) περί τροποποίησης και συμπλήρωσης της Κ.Υ.Α.18187/272/1988, για την εναρμόνιση με την Οδηγία 88/610/ΕΟΚ (τροποποίηση της Οδηγίας SEVESO)

- ❖ Την Κ.Υ.Α. 5697/590/2000 (ΦΕΚ 405 Β/2-3-2000) περί «καθορισμού μέτρων και όρων για την αντιμετώπιση των κινδύνων από ατυχήματα μεγάλης έκτασης σε εγκαταστάσεις ή μονάδες λόγω της ύπαρξης επικίνδυνων ουσιών», με την οποία εναρμονίζεται με την Οδηγία 96/82/ΕΚ (Οδηγία SEVESO II)
- ❖ Την Κ.Υ.Α. 12044/613/2007 (ΦΕΚ 376 Β/19-3-2007) , με την οποία αντικαθίσταται η Κ.Υ.Α. 5697/590/2000, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2003/105/ΕΚ (τροποποίηση της Οδηγίας SEVESO II)
- ❖ Την Κ.Υ.Α. 172058/2016 (ΦΕΚ 354 Β/ 17-2-2016) περί «καθορισμού κανόνων, μέτρων και όρων για την αντιμετώπιση κινδύνων από ατυχήματα μεγάλης έκτασης σε εγκαταστάσεις ή μονάδες, λόγω της ύπαρξης επικίνδυνων ουσιών, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2012/18/ΕΕ «για την αντιμετώπιση των κινδύνων μεγάλων ατυχημάτων σχετιζόμενων με επικίνδυνες ουσίες και για την τροποποίηση και στη συνέχεια την κατάργηση της οδηγίας 96/82/ΕΚ του Συμβουλίου». Η συγκεκριμένη Κ.Υ.Α. , που αφορά στην εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με την Οδηγία SEVESO III, ισχύει μέχρι και σήμερα.

Σύμφωνα με τις διατάξεις της ισχύουσας Κ.Υ.Α. 172058/2016⁵ , τα Υπουργεία που εμπλέκονται στην εφαρμογή της είναι (Μουζάκης, 2017b):

- ✓ Υπουργείο Προστασίας του Πολίτη (Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας- Πυροσβεστική Υπηρεσία)
- ✓ Υπουργείο Εσωτερικών (Υπηρεσίες Πολιτικής Προστασίας των ΟΤΑ Α' και Β' βαθμού)
- ✓ Υπουργείο Οικονομικών (Γενικό Χημείο του Κράτους – περιφερειακές Χημικές Υπηρεσίες)
- ✓ Υπουργείο Ανάπτυξης και Επενδύσεων
- ✓ Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας
- ✓ Υπουργείο Εργασίας και Κοινωνικών Υποθέσεων
- ✓ Υπουργείο Υγείας

Την ευθύνη συντονισμού όλων των εμπλεκόμενων Υπουργείων έχει το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ), το οποίο εκπροσωπεί και τη χώρα μας στην Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων.

⁵ σε συνδυασμό με τις αλλαγές στις ονομασίες και στις αρμοδιότητες των υπουργείων από την έκδοσή της μέχρι και σήμερα

Κεφάλαιο 5.

Μελέτη Ασφαλείας

5.1. Νομοθετικές απαιτήσεις (άρθ. 10 Οδηγίας SEVESO III, άρθ. 9 Κ.Υ.Α. 172058/2016⁶)

Η Μελέτη Ασφαλείας είναι το κύριο μέσο επίτευξης του στόχου της οδηγίας SEVESO III για την αντιμετώπιση των κινδύνων μεγάλων ατυχημάτων σχετιζόμενων με επικίνδυνες ουσίες. Ο φορέας εκμετάλλευσης εγκατάστασης ανώτερης βαθμίδας (upper tier establishment)⁷, προκειμένου να του χορηγηθεί άδεια εγκατάστασης, ανανέωσης ή τροποποίηση της άδειας αυτής, άδεια λειτουργίας ή εκμετάλλευσης ή άλλης σχετικής έγκρισης, θα πρέπει να υποβάλλει Μελέτη Ασφαλείας με την οποία καταδεικνύεται ότι :

- i. Εφαρμόζεται, σύμφωνα με τα στοιχεία του Παραρτήματος III της Οδηγίας και της ΚΥΑ, μια Πολιτική Πρόληψης Μεγάλων Ατυχημάτων (ΠΠΜΑ) και ένα Σύστημα Διαχείρισης της Ασφάλειας προς υλοποίησή της.
- ii. Έχουν επισημανθεί οι κίνδυνοι μεγάλου ατυχήματος και τα σενάρια πιθανών μεγάλων ατυχημάτων και έχουν ληφθεί τα απαραίτητα μέτρα για την πρόληψη και τον περιορισμό των συνέπειών τους στη δημόσια υγεία και στο περιβάλλον.
- iii. Ο σχεδιασμός, η κατασκευή, η λειτουργία και η συντήρηση των εγκαταστάσεων, των χώρων αποθήκευσης, εξοπλισμού και υποδομής, που συνδέονται με τη λειτουργία της και έχουν σχέση με τους κινδύνους μεγάλου ατυχήματος, εντός της εγκατάστασης, παρέχουν επαρκή αξιοπιστία και ασφάλεια.
- iv. Έχουν καταρτιστεί εσωτερικά σχέδια έκτακτης ανάγκης και παρέχονται οι απαραίτητες πληροφορίες που επιτρέπουν την εκπόνηση των εξωτερικών σχεδίων έκτακτης ανάγκης (ΣΑΤΑΜΕ)
- v. Έχει εξασφαλισθεί η επαρκής πληροφόρηση των αρμοδίων αρχών ώστε να δύνανται να λαμβάνουν αποφάσεις σχετικά με τη χωροθέτηση νέων δραστηριοτήτων ή έργων κοντά σε υφιστάμενες εγκαταστάσεις.
- vi. Σε περίπτωση εγγύτητας της εγκατάστασης με άλλες επικίνδυνες εγκαταστάσεις, που υπάγονται στην ίδια οδηγία, έχει συνεκτιμηθεί δεόντως η φύση και η έκταση ενός συνολικού κινδύνου ατυχήματος μεγάλης έκτασης(φαινόμενο Domino)

⁶ Στο άρθρο 10 της Οδηγίας Seveso III χρησιμοποιείται ο όρος «Έκθεση Ασφαλείας». Στη παρούσα εργασία χρησιμοποιείται ο όρος που αναφέρεται στο άρθρ. 9 της Κ.Υ.Α. 172058/2016 «Μελέτη Ασφαλείας»

⁷ Αφορά τις εγκαταστάσεις του Παραρτήματος 1 (στήλες 1 και 3) της οδηγίας και της Κ.Υ.Α.

Η Μελέτη Ασφαλείας που κατατίθεται για έγκριση θα πρέπει να περιέχει τουλάχιστον (Κ.Υ.Α. 172058/2016):

- ❖ τα στοιχεία και τις πληροφορίες που αναφέρονται στα Παραρτήματα II και III της οδηγίας. Συγκεκριμένα :
- πληροφορίες σχετικά με το σύστημα διαχείρισης και την οργάνωση της εγκατάστασης⁸ με σκοπό την πρόληψη μεγάλων ατυχημάτων
- παρουσίαση του περιβάλλοντος της εγκατάστασης
- περιγραφή της εγκατάστασης
- προσδιορισμός και ανάλυση επικινδυνότητας ατυχήματος και μέθοδοι πρόληψης
- μέτρα προστασίας και παρέμβασης για τον περιορισμό των συνεπειών μεγάλου ατυχήματος

Επίσης, θα αναφέρονται ονομαστικά τα φυσικά και νομικά πρόσωπα καθώς και οι φορείς που συμμετέχουν στην εκπόνησή της.

- ❖ τα σενάρια ατυχημάτων, όπως αυτά αναφέρονται στο Παράρτημα ΙΧ⁹, και τα οποία προκύπτουν από την εκτίμηση επικινδυνότητας της εγκατάστασης.
- ❖ το αρχικό εσωτερικό σχέδιο έκτακτης ανάγκης, το οποίο οριστικοποιείται αργότερα με τη θετική γνωμοδότηση της οικείας Πυροσβεστικής Υπηρεσίας.
- ❖ την απαιτούμενη τεκμηρίωση όλων των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της Μελέτης Ασφαλείας, συμπεριλαμβανομένων και των επιστημονικών παραδοχών.

Η Μελέτη Ασφαλείας υποβάλλεται μαζί με την αίτηση ή/και τα προαπαιτούμενα για τη χορήγηση ή τροποποίηση της άδειας λειτουργίας, σε δύο(2) αντίγραφα σε έντυπη μορφή και σε δώδεκα (12) αντίγραφα σε ψηφιακή μορφή.

Η αδειοδοτούσα αρχή, εφόσον διαπιστώσει, κατόπιν τυπικού ελέγχου, ότι η Μελέτη Ασφαλείας περιλαμβάνει όλα τα απαιτούμενα στοιχεία που ορίζονται από την ΚΥΑ, ως αναφέρθηκαν παραπάνω, διαβιβάζει μέσα σε ένα (1) μήνα από τη παραλαβή της αντίγραφα με όλα τα συνοδευτικά στοιχεία στις συναρμόδιες υπηρεσίες προκειμένου να γνωμοδοτήσουν επί του περιεχομένου της. Ως συναρμόδιες υπηρεσίες ορίζονται: α) Η Γενική Δ/ση Περιβαλλοντικής Πολιτικής του ΥΠΕΝ, β) η Γενική Γραμματεία Βιομηχανίας του Υπουργείου Ανάπτυξης και Επενδύσεων, γ) το Υπουργείο Εργασίας και Κοινωνικών Υποθέσεων και η Περιφερειακή Επιθεώρηση Ασφάλειας και Υγείας στην Εργασία του Σ.Ε.Π.Ε., δ) η οικεία Πυροσβεστική Υπηρεσία. Αντίγραφο της Μελέτης αποστέλλεται και στην Δ/ση Ανάπτυξης της οικείας Περιφέρειας προς ενημέρωσή της.

⁸ Οι πληροφορίες θα είναι σύμφωνες με τα όσα αναφέρονται στο Παράρτημα III της Οδηγίας.

⁹ Στο Παράρτημα ΙΧ της ΚΥΑ δίνονται πιθανά σενάρια ανά είδος επικίνδυνης ουσίας που υπάρχει εντός της εγκατάστασης.

Οι συναρμόδιες υπηρεσίες έχουν προθεσμία δύο(2) μηνών από τη παραλαβή της Μελέτης Ασφαλείας και των συνοδευτικών της στοιχείων να αποστείλουν στην αδειοδοτούσα αρχή τις γνωμοδοτήσεις τους επί των όσων αναφέρονται σε θέματα αρμοδιότητάς τους.

Ειδική αξιολόγηση του περιεχομένου της Μελέτης Ασφαλείας και των συνοδευτικών της στοιχείων διενεργείται από δύο φορείς :

α) από τη Γενική Γραμματεία Βιομηχανίας του Υπουργείου Ανάπτυξης και Επενδύσεων, η οποία γνωμοδοτεί και επί των σεναρίων ατυχημάτων και την ασφαλή λειτουργία του μηχανολογικού εξοπλισμού, καθώς επίσης επί των προληπτικών και κατασταλτικών μέτρων που λαμβάνονται, και

β) από την οικεία Πυροσβεστική Υπηρεσία, η οποία γνωμοδοτεί επί των αρχικών εσωτερικών σχεδίων έκτακτης ανάγκης, σύμφωνα με τα όσα ορίζονται στη παράγραφο Α3 του άρθρου 11 της ΚΥΑ.

Σε περίπτωση που κάποιος από τους συναρμόδιους φορείς, κατά τη διαδικασία αξιολόγησης της μελέτης, κρίνει ότι απαιτούνται συμπληρωματικά στοιχεία ή διευκρινήσεις ενημερώνει την αδειοδοτούσα αρχή, με κοινοποίηση στους υπόλοιπους φορείς. Η αδειοδοτούσα αρχή, μέσα στη δίμηνη προθεσμία συγκεντρώνει όλα τα τυχόν αιτήματα των συναρμόδιων φορέων και ενημερώνει τον φορέα εκμετάλλευσης να προσκομίσει τα απαιτούμενα στοιχεία εντός εύλογου διαστήματος. Τα στοιχεία αυτά ενσωματώνονται στην αρχική Μελέτη Ασφαλείας και υποβάλλονται σε ψηφιακή μορφή στην αδειοδοτούσα αρχή, προκειμένου να τα διαβιβάζει στους συναρμόδιους φορείς για την τελική αξιολόγηση.

Οι γνωμοδοτήσεις των συναρμόδιων φορέων θα πρέπει να είναι πλήρεις και σαφείς ως προς την πληρότητα της Μελέτης Ασφαλείας. Δύνανται δε, να περιλαμβάνουν την επιβολή πρόσθετων όρων, καθώς επίσης και πρόβλεψη μέτρων για την πρόληψη ατυχημάτων μεγάλης έκτασης και περιορισμό των συνέπειών τους στη δημόσια υγεία και στο περιβάλλον.

Η καταχώρηση της Μελέτης Ασφαλείας γίνεται από την αδειοδοτούσα αρχή μέσα σε ένα (1) μήνα από την παρέλευση της προθεσμίας κατάθεσης των γνωμοδοτήσεων των συναρμόδιων φορέων. Αν κάποιος από τους συναρμόδιους φορείς δεν γνωμοδοτήσει εμπροθέσμως, τότε η καταχώρηση της μελέτης γίνεται και ελλείψει των γνωμοδοτήσεων αυτών. Στην περίπτωση όμως, που υπάρχει αρνητική γνωμοδότηση από κάποιον συναρμόδιο φορέα, τότε δεν γίνεται καταχώρηση της μελέτης και η εγκατάσταση δεν μπορεί να λειτουργήσει. Η καταχώρηση της Μελέτης Ασφαλείας και η θεώρηση του φακέλου Κοινοποίησης αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για την έκδοση άδειας λειτουργίας, εκμετάλλευσης ή άλλης σχετικής έγκρισης. Η μη καταχώρηση της μελέτης και η μη θεώρηση του φακέλου Κοινοποίησης θα πρέπει να είναι επαρκώς αιτιολογημένη από την αδειοδοτούσα αρχή, η οποία άμεσα προχωρά στην έγγραφη ενημέρωση του φορέα εκμετάλλευσης και των συναρμόδιων φορέων. Η ίδια διαδικασία ενημέρωσης ακολουθείται και στη περίπτωση καταχώρησης της μελέτης.

Η καταχώρηση της Μελέτης Ασφαλείας δεν συνιστά έγκριση του περιεχομένου της, δεδομένου ότι τα στοιχεία αυτής τελούν υπό διαρκή έλεγχο, συμπλήρωση και βελτίωση.

Εφόσον η Μελέτη Ασφαλείας καταχωρηθεί, η αδειοδοτούσα αρχή, μέσα σε προθεσμία ενός (1) μηνός από τη καταχώρηση, διαβιβάζει από ένα (1) αντίγραφο της μελέτης σε ψηφιακή μορφή στους κάτωθι φορείς για δικές τους ενέργειες :

α) στην Αυτοτελή Δ/ση Πολιτικής Προστασίας της οικείας Περιφέρειας προκειμένου να μεριμνήσει για την ενημέρωση και πληροφόρηση του κοινού¹⁰ καθώς και για την κατάρτιση του εξωτερικού σχεδίου έκτακτης ανάγκης (ΣΑΤΑΜΕ) και

β) στην Δ/ση Σχεδιασμού και Αντιμετώπισης Εκτάκτων Αναγκών της ΓΓΠΠ, η οποία μεριμνά για την διάθεση της Μελέτης Ασφαλείας στην Υποστηρικτική Ομάδα Διαχείρισης Κρίσεων, στην Δ/ση Πολιτικής Προστασίας της οικείας Αποκεντρωμένης Διοίκησης και στο Γραφείο Πολιτικής Προστασίας του οικείου Δήμου.

Η Μελέτη Ασφαλείας δεν έχει στατικό χαρακτήρα αλλά δυναμικό. Τα στοιχεία της επανεξετάζονται περιοδικά από τον φορέα εκμετάλλευσης, ο οποίος και επικαιροποιεί τη μελέτη τουλάχιστον ανά πενταετία. Επικαιροποίηση της Μελέτης Ασφαλείας δύναται να γίνει:

- με πρωτοβουλία του φορέα εκμετάλλευσης οποτεδήποτε ή μετά από μεγάλο ατύχημα στην εγκατάσταση και
- κατόπιν αιτήματος της αδειοδοτούσας ή άλλης συναρμόδιας αρχής, όταν νέα δεδομένα το απαιτούν, ή προκειμένου να ληφθούν υπόψη οι νέες τεχνολογικές γνώσεις που σχετίζονται με την ασφάλεια, όπως γνώσεις από την ανάλυση ατυχημάτων, ή στο μέτρο του δυνατού, των «παρ' ολίγον ατυχημάτων», καθώς και η εξέλιξη των γνώσεων σχετικά με την εκτίμηση κινδύνων.
- σε περίπτωση μετατροπής της εγκατάστασης, μονάδας ή αποθήκης (εφαρμογή του άρθρου 10)

5.2. Σύνταξη Μελέτης Ασφαλείας

Η Μελέτη Ασφαλείας αποτελεί τον οδικό χάρτη λειτουργίας μιας εγκατάστασης που υπάγεται στην Οδηγία Seveso III. Τα βασικά τμήματα της μελέτης ασφαλείας, προκειμένου αυτή να θεωρείται επαρκής βάσει των προαναφερόμενων νομοθετικών απαιτήσεων, καθορίστηκαν από εγχειρίδιο με κατευθυντήριες οδηγίες για την Έκθεση Ασφάλειας¹¹. Τα τμήματα αυτά αποτελούν η επαρκής περιγραφή της εγκατάστασης, η εκτίμηση της επικινδυνότητας και η

¹⁰ Άρθρο 13 παρ. 3 της ΚΥΑ 172058/2016

¹¹ «Κατευθυντήριες Οδηγίες για τη σύνταξη της Έκθεσης Ασφάλειας σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Οδηγίας 96/2/ΕΚ, όπως αυτή τροποποιήθηκε με την Οδηγία 2003/105/ΕΚ». Οι οδηγίες αυτές έχουν εφαρμογή και στην Οδηγία Seveso III.

5.2.1. Περιγραφή της Εγκατάστασης

5.2.1.1. Γενικά

Η περιγραφή της εγκατάστασης που θα περιλαμβάνεται στη Μελέτη Ασφαλείας, για να είναι επαρκής, θα πρέπει να παρέχει εκείνα τα στοιχεία, τα οποία θα επιτρέπουν στις αρμόδιες αρχές να έχουν μια σαφή εικόνα της εγκατάστασης αναφορικά με τον σκοπό της, την τοποθεσία της, τις δραστηριότητές της, τους κινδύνους, τις υπηρεσίες της καθώς και τον τεχνολογικό εξοπλισμό που χρησιμοποιεί. Η έκταση της περιγραφής θα πρέπει να είναι ανάλογη με τους κινδύνους της εγκατάστασης. Θα πρέπει να στοχεύει δε, στη διασαφήνιση των αλληλεξαρτήσεων μεταξύ των διάφορων μονάδων και συστημάτων μέσα στο χώρο της εγκατάστασης, λαμβάνοντας υπόψη τις τεχνικές παραμέτρους καθώς και τη συνολική διαχείριση της εγκατάστασης.

Σε εισαγωγικό σημείωμα θα πρέπει να περιλαμβάνονται γενικές πληροφορίες σχετικά με την εγκατάσταση, όπως (Fabbri et al., 2005) :

- Ο σκοπός της εγκατάστασης
- Οι κύριες δραστηριότητες και η παραγωγή
- Το ιστορικό και η εξέλιξη των διάφορων δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένων και των σταδίων στα οποία βρίσκονται οι διάφορες εγκρίσεις λειτουργίας που είναι υπό έλεγχο και/ή έχουν χορηγηθεί
- Τον αριθμό των εργαζομένων στην εγκατάσταση (π.χ. το προσωπικό της εγκατάστασης, το προσωπικό των υπεργολάβων, τα ωράρια εργασίας, η πιθανότητα ύπαρξης επισκεπτών κ.λ.π)
- Γενικές αναφορές που χαρακτηρίζουν την εγκατάσταση σχετικά με τους σημαντικότερους κινδύνους λόγω των ουσιών που χρησιμοποιεί ή παράγει και των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα εντός αυτής.

5.2.1.2. Διαχείριση και Οργανωτικό Σχήμα

Η οργανωτική δομή μιας εγκατάστασης αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του συστήματος ασφαλείας της. Για το λόγο αυτό, στη Μελέτη Ασφαλείας θα πρέπει να περιγράφεται αναλυτικά το οργανωτικό σχήμα, συμπεριλαμβανομένης της κατανομής των λειτουργιών και των αρμοδιοτήτων που σχετίζονται με την ασφαλή λειτουργία τόσο της εγκατάστασης όσο και των επιμέρους μονάδων της.(Papadakis and Amendola, 1997)

5.2.1.3. Τοποθεσία

Στην περιγραφή της εγκατάστασης θα πρέπει να περιλαμβάνονται πληροφορίες σχετικά με την τοπογραφία και την προσβασιμότητα στο χώρο της εγκατάστασης. Οι πληροφορίες αυτές θα πρέπει να είναι ανάλογες με την έκταση των κινδύνων και την ευαισθησία του περιβάλλοντος χώρου.

Ο φορέας εκμετάλλευσης θα πρέπει να υποβάλλει στις αρμόδιες αρχές τοπογραφικούς χάρτες, οι οποίοι θα είναι κατάλληλης κλίμακας και θα περιλαμβάνουν την εγκατάσταση και τις υποδομές γύρω από αυτή, καλύπτοντας μια περιοχή που εκτείνεται όσο και οι πιθανές επιπτώσεις των ατυχημάτων. Οι χάρτες αυτοί θα πρέπει να περιλαμβάνουν με σαφήνεια τις χρήσεις γης (π.χ. βιομηχανικές εγκαταστάσεις, γεωργικές εκτάσεις, αστικές υποδομές, περιβαλλοντικά ευαίσθητες περιοχές κλπ), τις τοποθεσίες των σημαντικότερων κτηρίων και υποδομών (π.χ. νοσοκομεία, σχολεία, άλλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις, οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα, αεροδρόμια, λιμάνια κλπ), όλους τους δρόμους έκτακτης πρόσβασης προς την εγκατάσταση και τους δρόμους διαφυγής από την εγκατάσταση, καθώς και όλα τα κυκλοφοριακά δίκτυα που θεωρούνται σημαντικά σε περίπτωση διάσωσης και σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης.

5.2.1.4. Κάτοψη της εγκατάστασης

Το διάγραμμα κάλυψης της εγκατάστασης και οι απεικονίσεις (φωτογραφίες) των επιμέρους μονάδων αυτής θα πρέπει να παρουσιάζονται σε σχέδια κατάλληλης κλίμακας, ακόμη και με κατάλληλη μεγέθυνση όταν αφορά σε ιδιαίτερα τμήματα ή εξοπλισμό.

Στο διάγραμμα κάλυψης θα πρέπει να σημειώνονται με τον κατάλληλο τρόπο οι μονάδες και οι δραστηριότητες της εγκατάστασης και να περιλαμβάνονται τα κάτωθι:

- Οι κύριοι αποθηκευτικοί χώροι
- Οι μονάδες όπου γίνονται οι διεργασίες
- Η θέση και οι ποσότητες των σχετικών ουσιών
- Ο εξοπλισμός (συμπεριλαμβανομένων των αγωγών και των δεξαμενών)
- Οι αποστάσεις μεταξύ των διαφόρων μονάδων και των τμημάτων αυτών
- Οι τροφοδοσίες, οι υπηρεσίες και η υποδομή του εσωτερικού εξοπλισμού
- Οι αίθουσες ελέγχου και οι χώροι γραφείων
- Οι υπόλοιπες μονάδες που σχετίζονται με την ασφάλεια

5.2.1.5. Το φυσικό περιβάλλον και ο περιβάλλοντας χώρος της εγκατάστασης

Από την περιγραφή της εγκατάστασης θα πρέπει να προκύπτει ότι, ο φορέας εκμετάλλευσης έχει εξετάσει επαρκώς το φυσικό περιβάλλον αλλά και τον περιβάλλοντα χώρο της εγκατάστασης ώστε να είναι δυνατός ο προσδιορισμός των κινδύνων που παρουσιάζουν

τόσο για την ασφαλή λειτουργία αυτής όσο και για την ευαισθησία της γύρω περιοχής ως προς τις επιπτώσεις, σε περίπτωση εκδήλωσης ατυχήματος μεγάλης έκτασης.

Οι πληροφορίες που αφορούν τον περιβάλλοντα χώρο της εγκατάστασης είναι πολύ σημαντικές για τη λήψη μέτρων καταστολής από τις αρμόδιες αρχές σε περίπτωση εκδήλωσης μεγάλου ατυχήματος. Για τον λόγο αυτό είναι απαραίτητο να δίνονται πληροφορίες σχετικά με (Fabbri et al., 2005) :

- τις κατοικημένες περιοχές
- τις πάσης φύσεως υποδομές όπου γίνονται συναθροίσεις κοινού (περιστασιακά ή τακτικά) καθώς και τους χώρους αναψυχής
- τα ευαίσθητα δημόσια κτήρια (π.χ. νοσοκομεία, σχολεία, γηροκομεία κλπ)
- οι προστατευόμενες και ιδιαίτερης περιβαλλοντικής ευαισθησίας περιοχές, τα ιστορικά μνημεία και οι περιοχές με τουριστικό ενδιαφέρον
- τα δίκτυα κοινής ωφελείας που μπορεί να επηρεαστούν (δίκτυα ηλεκτρικού, ύδρευσης, αερίου, αποχέτευσης, τηλεφώνου κλπ)
- βιομηχανικές δραστηριότητες στον περιβάλλοντα χώρο της εγκατάστασης (η απόσταση από αυτές, το είδος της δραστηριότητας κλπ)
- συγκοινωνιακά δίκτυα και κομβικά σημεία συγκοινωνίας (δρόμοι, σιδηροδρομικές γραμμές, λιμάνια, αεροδρόμια, σταθμοί κλπ)

Καθώς το φυσικό περιβάλλον μιας εγκατάστασης μπορεί να παρουσιάζει πιθανές πηγές κινδύνου, οι οποίες δύνανται να επηρεάσουν την ανάπτυξη και τις επιπτώσεις ενός μεγάλου ατυχήματος, απαιτούνται στη περιγραφή της εγκατάστασης δεδομένα που αφορούν τους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Τα δεδομένα αυτά αφορούν :

- Μετεωρολογικά δεδομένα (κατώτατες και μέγιστες θερμοκρασίες, καταιγίδες, χαλάζι, παγετός, πιθανότητα κεραυνών, ομίχλη, άνεμοι)
- Γεωλογικά, Υδρολογικά και Υδρογραφικά δεδομένα (γενικό γεωλογικό υπόβαθρο, τύπος και συνθήκες εδάφους, σεισμολογικά δεδομένα, πλημμύρες και καθιζήσεις)
- Άλλοι περιβαλλοντικοί παράγοντες (επιφανειακά και υπόγεια ύδατα, ποιότητα και χρήση υδάτων, παράκτιο και θαλάσσιο περιβάλλον, περιοχές ειδικού περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος)

5.2.1.6. Επικίνδυνες Ουσίες

Σημαντικό κομμάτι της Μελέτης Ασφαλείας είναι οι πληροφορίες σχετικά με τους τύπους και τις ποσότητες των επικίνδυνων ουσιών που διαχειρίζεται η εγκατάσταση, οι οποίες αποτελούν και τον λόγο υπαγωγής της στην Οδηγία Seveso III. Οι επικίνδυνες ουσίες μπορεί να χρησιμοποιούνται από την εγκατάσταση ως πρώτες ύλες, ως ενδιάμεσα και τελικά προϊόντα, ως παραπροϊόντα, ως απόβλητα και βοηθητικά προϊόντα, ή ως προϊόντα που προέκυψαν από την απώλεια ελέγχου μιας χημικής διεργασίας.

Οι πληροφορίες για τις επικίνδυνες ουσίες, ως αυτές περιγράφονται στο Παράρτημα I της Οδηγίας Seveso III, θα πρέπει να περιλαμβάνουν :

- ταυτότητα της επικίνδυνης ουσίας (χημική ονομασία, αριθμός CAS, ονομασία κατά IUPAC, χημική σύνθεση, βαθμός καθαρότητας κλπ)
- η μέγιστη ποσότητα των επικίνδυνων ουσιών που υπάρχουν στην εγκατάσταση ή που είναι πιθανό να υπάρξουν
- οι φυσικοχημικές ιδιότητες της επικίνδυνης ουσίας (χαρακτηριστικές θερμοκρασίες και πιέσεις, δεδομένα που αφορούν τις αλλαγές φάσεων, σημεία εκτόνωσης, θερμοκρασία ανάφλεξης , όρια και συνθήκες έκρηξης, φυσικοχημική συμπεριφορά υπό κανονικές συνθήκες και υπό προβλέψιμες συνθήκες ατυχήματος κλπ)
- τα χαρακτηριστικά των εύφλεκτων και εκρηκτικών ουσιών και τα τοξικολογικά χαρακτηριστικά (τοξικότητα, ανθεκτικότητα, συνέπειες ερεθισμού, μακροχρόνιες συνέπειες, επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον κλπ)
- άλλα χαρακτηριστικά (όπως το υλικό των δεξαμενών και δοχείων που περιέχουν τις επικίνδυνες ουσίες και τα στοιχεία διάβρωσής του)

Οι περισσότερες από τις προαναφερόμενες πληροφορίες βρίσκονται στα Φύλλα Ασφαλούς Χειρισμού (Safety Data Sheets) που συντάσσει η εγκατάσταση.

5.2.1.7. Μονάδες & δραστηριότητες της εγκατάστασης που εγκλείουν κινδύνους

Η περιγραφή της εγκατάστασης θα πρέπει να περιλαμβάνει αναλυτικά τις δραστηριότητες (διεργασίες/ αποθήκευση) και τον εξοπλισμό που εγκλείουν κινδύνους, παρουσιάζοντας το σκοπό και τα βασικά χαρακτηριστικά των σχετικών λειτουργιών. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι σημαντικά για την ασφάλεια της εγκατάστασης και ενδέχεται να αποτελούν πηγές υψηλού κινδύνου (Fabbri et al., 2005).

Η περιγραφή των δραστηριοτήτων θα πρέπει να περιλαμβάνει :

- τις βασικές λειτουργίες της εγκατάστασης
- τις χημικές αντιδράσεις, τις φυσικές και βιολογικές διεργασίες και μετασχηματισμούς
- τους χώρους προσωρινής αποθήκευσης
- τις άλλες δραστηριότητες σχετικά με την αποθήκευση (φόρτωση-εκφόρτωση, μεταφορές, σωληνώσεις κλπ)
- την απόρριψη, επανάκτηση, επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση ή διάθεση των καταλοίπων και αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων και των αέριων αποβλήτων
- τα υπόλοιπα στάδια διεργασιών, ειδικά λειτουργίες επεξεργασίας και κατεργασίας

Στη Μελέτη Ασφαλείας θα πρέπει επίσης να περιλαμβάνεται μια γενική περιγραφή των διαδικασιών ασφαλούς λειτουργίας σε όλα τα στάδια διεργασιών. Συγκεκριμένα, θα πρέπει να περιγράφονται :

- ✓ οι φάσεις λειτουργίας (λειτουργία υπό κανονικές συνθήκες, έναρξη και διακοπή λειτουργίας, λειτουργία υπό ειδικές συνθήκες, διαδικασίες έκτακτης ανάγκης και διαδικασίες ασφάλειας)
- ✓ τα ειδικά μέτρα προφύλαξης κατά την αποθήκευση, μεταφορά και χειρισμό λόγω ειδικών χαρακτηριστικών της ουσίας (π.χ. προστασία από δονήσεις ή από την υγρασία του χώρου)

5.2.1.8. Υπηρεσίες- Παροχές

Τα βασικά χαρακτηριστικά των υπηρεσιών της μονάδας θα πρέπει να περιγράφονται με σαφή τρόπο στη Μελέτη Ασφαλείας. Η περιγραφή αυτή αφορά στις εξωτερικές τροφοδοσίες της μονάδας, στις εσωτερικές υπηρεσίες/ παροχές στη μονάδα, στα συστήματα επεξεργασίας αποβλήτων καθώς και στα συστήματα παρακολούθησης και ανίχνευσης.

5.2.2. Προσδιορισμός Κινδύνου και Εκτίμηση της Επικινδυνότητας

Συχνά στην καθημερινότητα ο όρος κίνδυνος συγχέεται με τον όρο επικινδυνότητα, ενώ στη πραγματικότητα διαφέρουν σημαντικά. Όπως αναφέρεται και στο άρθρο 3 της Οδηγίας Seveso III , αλλά και στην εναρμονισμένη ελληνική νομοθεσία, ο πραγματικός ορισμός τους είναι:

- ✓ «*Κίνδυνος (Hazard)*» - η εγγενής ιδιότητα επικίνδυνης ουσίας ή φυσικής κατάστασης που μπορεί να βλάψει τον άνθρωπο και το περιβάλλον
- ✓ «*Επικινδυνότητα (Risk)*»- η πιθανότητα συγκεκριμένης επίδρασης εντός δεδομένης χρονικής περιόδου ή υπό συγκεκριμένες συνθήκες»

Σύμφωνα με τους Assael and Kakosimos (2010) η Επικινδυνότητα μπορεί να ορισθεί με τον τύπο:

$$\text{Επικινδυνότητα} = \text{Συχνότητα Συμβάντος} \times \text{Επιπτώσεις Συμβάντος}$$

Η Μελέτη Ασφαλείας θα πρέπει να καταδεικνύει ότι ο φορέας εκμετάλλευσης έχει προσδιορίσει τους κινδύνους εκδήλωσης μεγάλου ατυχήματος και έχει εκτιμήσει επαρκώς την επικινδυνότητα, η οποία σχετίζεται με τις μονάδες και τις άλλες δραστηριότητες της εγκατάστασής του. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης κινδύνου και της εκτίμησης της επικινδυνότητας που υλοποιήθηκαν από τον φορέα εκμετάλλευσης θα πρέπει να αποτυπώνονται στη Μελέτη Ασφαλείας. Η ανάλυση- εκτίμηση της επικινδυνότητας πρέπει να τεκμηριώνει επαρκώς τον προσδιορισμό των πηγών κινδύνου, την σχετική πιθανότητα εκδήλωσης μεγάλου ατυχήματος μέσω σεναρίων και τις συνέπειες αυτών στον άνθρωπο και στο περιβάλλον.

Υπάρχουν διάφορες μεθοδολογικές προσεγγίσεις για την ανάλυση και εκτίμηση της επικινδυνότητας, τόσο ποιοτικές όσο και ποσοτικές, οι οποίες συμβάλλουν σημαντικά στην εικόνα ασφάλειας μιας εγκατάστασης, όταν η εφαρμογή τους είναι συνεπής. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου, η οποία τεκμηριώνεται στη Μελέτη Ασφαλείας, γίνεται με βάση τα χαρακτηριστικά της κάθε μονάδας ή την επικινδυνότητα αυτής. Σημαντικό βάρος θα πρέπει επίσης να δοθεί και στην εκτίμηση των επιπτώσεων ενός ατυχήματος με τη χρήση κατάλληλων μοντέλων εκτίμησης.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι πιο γνωστές μέθοδοι ανάλυσης κινδύνου, όπως αυτές προτείνονται και στο Παράρτημα ΙΧ της Οδηγίας Seveso III (Assael and Kakosimos, 2010):

➤ **Η μέθοδος «Τί θα συμβεί αν» (What if analysis)**

Η μέθοδος «Τί θα συμβεί αν» αποτελεί την πιο απλή τεχνική για την αναγνώριση κινδύνου. Βασίζεται στο ερώτημα τί θα συμβεί αν κάποιο βασικό συστατικό μιας διαδικασίας ή μιας μονάδας δεν λειτουργήσει σύμφωνα με τον σχεδιασμό του. Η επιτυχία της συγκεκριμένης ανάλυσης στηρίζεται στην σύσταση της ομάδας που θα την εφαρμόσει. Η ομάδα αυτή θα πρέπει να αποτελείται από άτομα έμπειρα στο σχεδιασμό, τη λειτουργία και τη συντήρηση του εξοπλισμού που υπάρχει στην εγκατάσταση, να έχουν γνώση των προτύπων σχεδίασης, των κανονιστικών κωδίκων, των παρελθόντων ή πιθανών λειτουργικών σφαλμάτων καθώς και των δυσκολιών συντήρησης. Επίσης, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν και οι διαθέσιμες πληροφορίες που πρέπει να έχουν στη διάθεσή τους, όπως τα διαγράμματα των σωληνώσεων και του εξοπλισμού, ο σχεδιασμός, οι λειτουργικές διαδικασίες και οι διαδικασίες συντήρησης.

Το μεγάλο πλεονέκτημα της «What if analysis» είναι η μεγάλη ευελιξία της. Μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε στάδιο μιας διαδικασίας ή μιας μονάδας χρησιμοποιώντας την οποιαδήποτε διαθέσιμη πληροφορία σε συνάρτηση με τις διαθέσιμες γνώσεις. Από την άλλη πλευρά, το μειονέκτημά της είναι η απαίτησή της για προσωπικό με πλήρη και λεπτομερή γνώση των διαδικασιών και της εγκατάστασης και το οποίο θα είναι ικανό να συλλάβει και να προβλέψει αποκλίσεις από την κανονική λειτουργία.

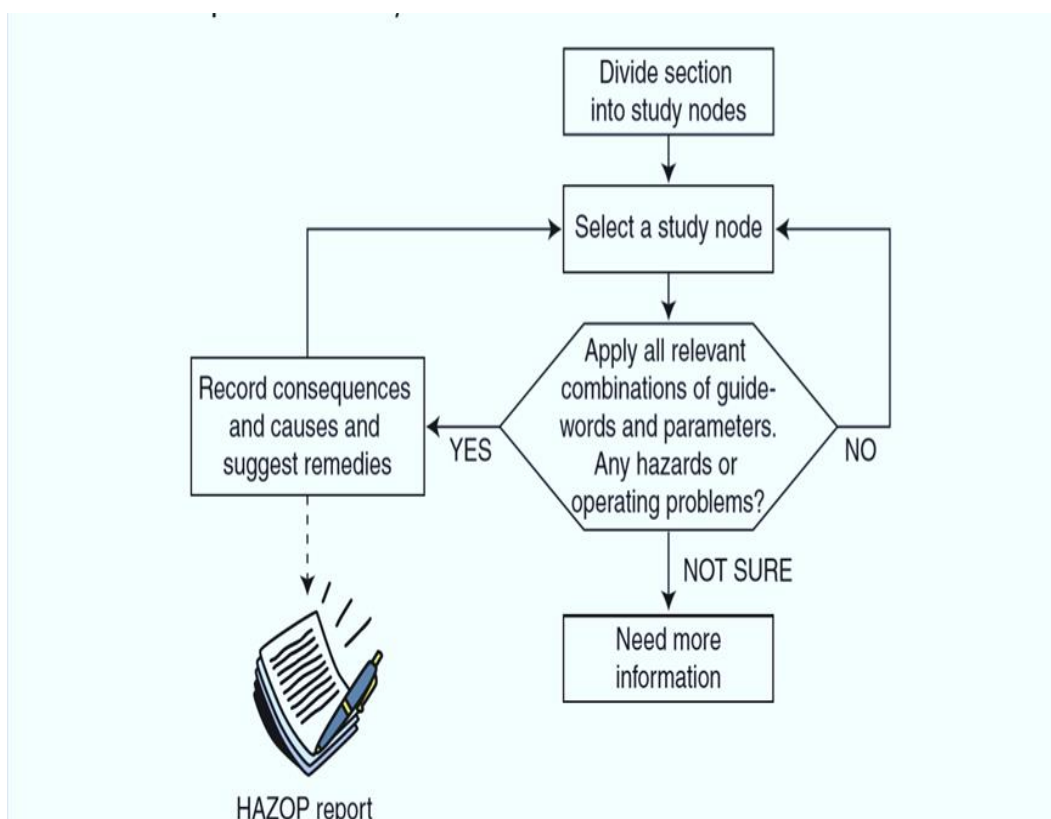
➤ **Η μέθοδος «Ανάλυση Κινδύνου και Λειτουργικότητας» (HAZOP)**

Η μέθοδος HAZOP (HAzard and OPerability Study) είναι ίσως η πιο διαδεδομένη τεχνική ανάλυσης κινδύνου. Δημιουργήθηκε στα μέσα του 1970 από τους μηχανικούς της ICI Chemicals στο Ηνωμένο Βασίλειο και έκτοτε επεκτάθηκε σε πολλούς τομείς, όπως π.χ. των εξορυκτικών δραστηριοτήτων. Πρόκειται για τη πιο δομημένη ποιοτική μέθοδο εντοπισμού κινδύνων σε χημικές εγκαταστάσεις και έχει στόχο τον εντοπισμό όλων των πιθανών αποκλίσεων των λειτουργικών παραμέτρων από την κανονική τους λειτουργία. Η περιγραφή των αποκλίσεων των λειτουργικών παραμέτρων γίνεται με λέξεις-κλειδιά, οι οποίες εφαρμόζονται σε όλες τις παραμέτρους ή μεταβλητές της διαδικασίας που μελετάται. Βάση της ανάλυσης αποτελεί ένα διάγραμμα ροής, το οποίο ξεκινά από την είσοδο της ουσίας στην εγκατάσταση και προχωρά σε όλη τη γραμμή της διεργασίας. Καθ'όλη τη διαδρομή, ο αναλυτής συγκεντρώνει πληροφορίες σχετικές με τις αιτίες απόκλισης των παραμέτρων από τις ονομαστικές τους τιμές, τα αποτελέσματα των αποκλίσεων, τα μέσα ανίχνευσής τους, τα συστήματα ελέγχου και πρόληψης καθώς και τις εξωτερικές επιδράσεις. (Γεωργιάδου, 2001)

Η ανάλυση HAZOP μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις διαδικασίες και βασίζεται στην υπόθεση ότι οποιοδήποτε πρόβλημα λειτουργίας προκύπτει από τον εξοπλισμό, θα είναι η αιτία ή θα έχει ως συνέπεια την απόκλιση από την κανονική λειτουργία μιας παραμέτρου, που συνδέεται με τον σχετικό εξοπλισμό. Κατά προτίμηση θα πρέπει να διεξάγεται κατά τη φάση σχεδιασμού της μονάδας ώστε να λαμβάνεται υπόψη κατά τη σχεδίαση. Από την άλλη όμως, για τη διεξαγωγή της ανάλυσης HAZOP απαιτείται ένας σχετικά ολοκληρωμένος σχεδιασμός. Συμβιβαστικά λοιπόν, η HAZOP εκτελείται συνήθως ως τελικός έλεγχος όταν ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός. Μπορεί επίσης να διεξαχθεί σε μία ήδη υπάρχουσα εγκατάσταση ώστε να προσδιοριστούν οι τροποποιήσεις που πρέπει να εφαρμοστούν για τη μείωση των προβλημάτων κινδύνου και λειτουργικότητας.(Rausand, 2011)

Μία ανάλυση HAZOP θα μπορούσε εκτενέστερα να χρησιμοποιηθεί στις εξής φάσεις:

- Στην αρχική φάση σχεδιασμού, όταν τα σχέδια είναι διαθέσιμα
- Στη φάση που ολοκληρώνονται τα σχέδια των σωληνώσεων και του εξοπλισμού
- Στη διάρκεια κατασκευής της εγκατάστασης ώστε να διασφαλιστεί η εφαρμογή των συστάσεων
- Στην έναρξη της λειτουργίας
- Κατά τη διάρκεια λειτουργίας ώστε να διασφαλίζεται ότι οι διαδικασίες έκτακτης ανάγκης και οι διαδικασίες λειτουργίας της εγκατάστασης ελέγχονται και ενημερώνονται τακτικά



Εικόνα 5.1. Διαδικασία ανάλυσης HAZOP

Πηγή : (Rausand, 2011)

➤ **Μέθοδος Αστοχίας και Συνέπειας (FMEA: Failure Mode and Effects Analysis)**

Η μέθοδος FMEA στοχεύει στην αξιολόγηση των τρόπων αστοχίας του εξοπλισμού και των συνεπειών των αστοχιών στο σύστημα. Η περιγραφή των αστοχιών αυτών δίνει στους αναλυτές τη βάση για τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού του συστήματος. Κάθε μεμονωμένη βλάβη θεωρείται ως ανεξάρτητο φαινόμενο που δεν σχετίζεται με άλλες αστοχίες του συστήματος, εκτός από τις επακόλουθες επιπτώσεις που μπορεί να προκαλέσει. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε συστήματα, υποσυστήματα, εξαρτήματα, διαδικασίες κ.α. Είναι η πλέον κατάλληλη για εγκαταστάσεις στις οποίες ο κίνδυνος προέρχεται κυρίως από τον μηχανικό εξοπλισμό και τις ηλεκτρικές βλάβες και όχι από τη δυναμική των διαδικασιών.

Προκειμένω να προσδιοριστούν και να καθοριστούν οι προτεραιότητες χρησιμοποιούνται τα κάτωθι τρία κριτήρια (Assael and Kakosimos, 2010):

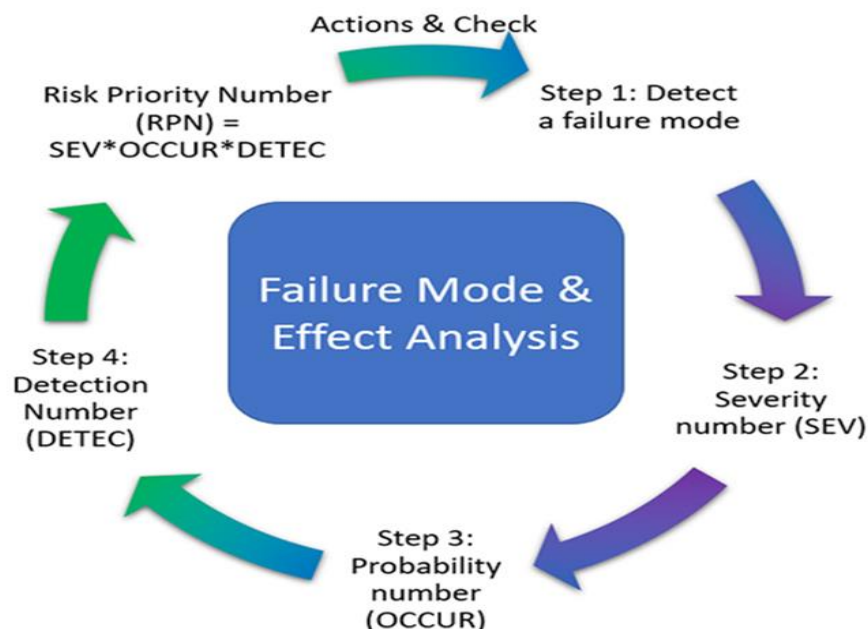
S : Σοβαρότητα των επιπτώσεων

P : Πιθανότητα εμφάνισης του συμβάντος σε περίοδο ενός έτους

b : Δυσκολία αναγνώρισης του συγκεκριμένου συμβάντος

Τα τρία αυτά κριτήρια καθορίζουν τον αριθμό προτεραιότητας της επικινδυνότητας (Risk Priority Number) με τον τύπο **RPN = S x P x b**

Στην ανάλυση προσδιορίζονται οι ελάχιστες τιμές **RPN** , ως μέτρο σύγκρισης για περαιτέρω ανάλυση και έρευνα.




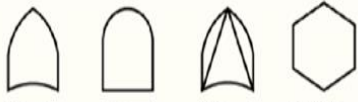
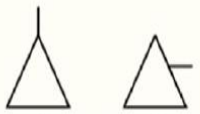
Εικόνα 5.2. Τρόπος λειτουργίας της FMEA

Πηγή : www.ansys.com/blog/what-is-dfmea

Η μέθοδος Αστοχίας και Συνέπειας απαιτεί πολύ καλή γνώση της λειτουργίας της εγκατάστασης και έχει ως μειονέκτημα το ότι εξετάζει μόνο τον εξοπλισμό και όχι την ανθρώπινη αστοχία. Επίσης, παρόλο που δεν είναι δύσκολη στην εφαρμογή της, είναι αρκετά χρονοβόρα διότι για να αναπτυχθεί πλήρως η ανάλυση πρέπει να διερευνηθούν και οι δύο τύποι αστοχιών, εκείνοι που θα προκαλέσουν και εκείνοι που δεν θα προκαλέσουν μεγάλη ζημιά.

➤ **Δέντρα Σφαλμάτων (Fault Tree Analysis- FTA)**

Το Δέντρο Σφαλμάτων είναι η γραφική απεικόνιση ανεπιθύμητων συμβάντων που μπορούν να οδηγήσουν σε ένα «γεγονός κορυφής». Η ανάλυση της αποτυχίας ξεκινά από το γεγονός κορυφής και χρησιμοποιώντας την τεχνική της επαγωγικής λογικής αναλύονται οι αιτίες που μπορεί να το προκαλέσουν, μαζί με τη λογική τους συσχέτιση. Οι αιτίες συνδέονται με το κορυφαίο γεγονός μέσω λογικών πυλών, οι σημαντικότερες των οποίων είναι η πύλη «Η΄» (OR) και η πύλη «ΚΑΙ» (AND). Στη πύλη «ΚΑΙ» όλοι οι είσοδοι πρέπει να συμβούν για να συμβεί η έξοδος, σε αντίθεση με την πύλη «Η΄» όπου μία και μόνο από τις εισόδους αρκεί για την έξοδο. Μέσω των λογικών πυλών αποσυντίθεται το γεγονός κορυφής σε όλο και πιο απλά γεγονότα, μέχρι να επιτευχθεί ένα επίπεδο γεγονότων για το οποίο υπάρχουν ποσοτικά δεδομένα και δεν αναλύονται περαιτέρω. Τα γεγονότα αυτά ονομάζονται «βασικά γεγονότα» και αποτελούν τη βάση του δέντρου.

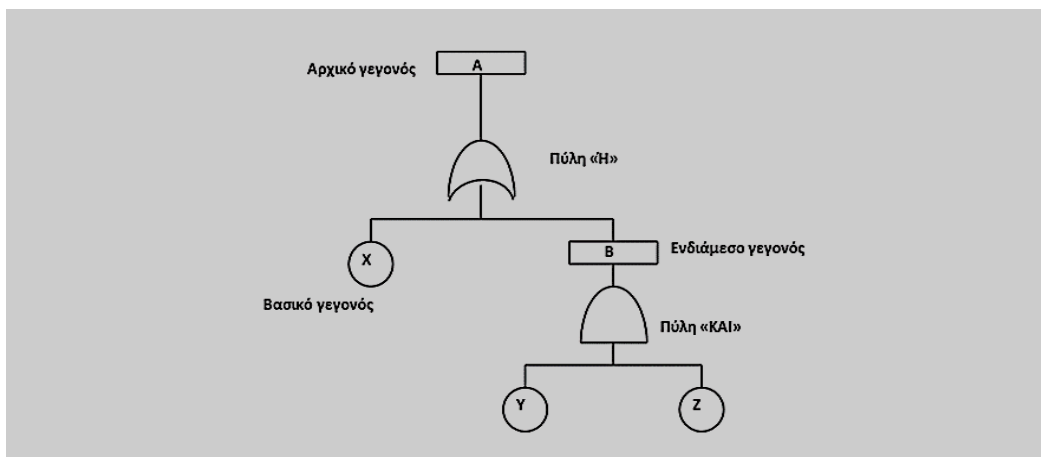
| | |
|---|--------------------------------------|
|  <p>Basic event Undeveloped event Intermediate event Normal event Conditioning event</p> | <p>Σύμβολα Γεγονότων</p> |
|  <p>OR gate AND gate XOR gate INHIBIT gate</p> | <p>Σύμβολα Λογικής Πύλης</p> |
|  <p>Transfer In Transfer Out</p> | <p>Σύμβολα Μεταφοράς</p> |

Εικόνα 5.3. Βασικά σύμβολα Δέντρου Σφαλμάτων (Fault Tree)

Πηγή : (Kabir, 2017)

Ένα Δέντρο Σφαλμάτων δεν αποτελεί πρότυπο για όλες τις πιθανές βλάβες του συστήματος ή τις αιτίες των βλαβών αυτών. Είναι προσαρμοσμένο στο γεγονός που αναφέρεται στη κορυφή του, το οποίο αντιστοιχεί σε κάποιο συγκεκριμένο τρόπο αστοχίας του συστήματος και περιλαμβάνει μόνο εκείνα τα σφάλματα που συμβάλλουν στο συγκεκριμένο γεγονός. (Assael and Kakosimos, 2010)

Παρόλο που το Δέντρο Σφαλμάτων είναι μια ποσοτική ανάλυση κινδύνου παρέχει σημαντικές πληροφορίες ποιοτικού χαρακτήρα για τους πιθανούς μηχανισμούς αστοχίας ενός πολύπλοκου συστήματος, τη λογική δομή του, καθώς και τυχόν αδυναμίες του στη φάση σχεδιασμού. Μέσω της διαδικασίας «Ανάλυση των Θεμελιωδών Ομάδων Διαχωρισμού (Minimal Cut Set Analysis) προσδιορίζονται όλοι οι ικανοί και αναγκαίοι συνδυασμοί γεγονότων που οδηγούν στο γεγονός κορυφής. Στη συνέχεια ακολουθεί η ποσοτικοποίηση του γεγονότος κορυφής, δηλαδή η πιθανότητα να συμβεί.(Γεωργιάδου, 2001)

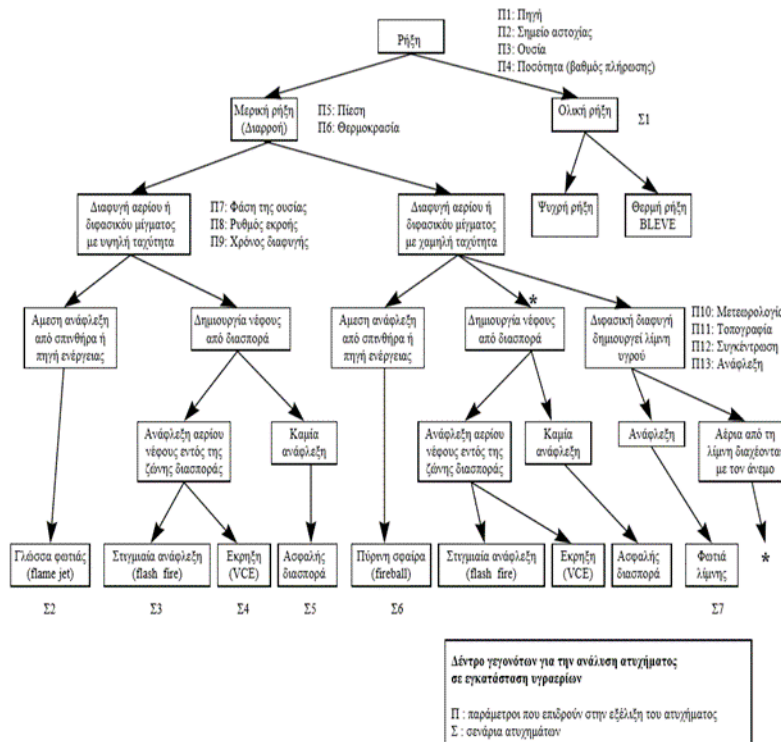


Γράφημα 5.1. Βασικό Παράδειγμα Δέντρου Σφαλμάτων

Πηγή : (Γεωργιάδου, 2011)

➤ Δέντρα Γεγονότων (Event Tree Analysis- ETA)

Η ανάλυση με τη Μέθοδο του Δένδρου Γεγονότων (Event Tree Analysis- ETA) αξιολογεί πιθανά αποτελέσματα ατυχημάτων που μπορεί να προκύψουν από αστοχία στον εξοπλισμό ή σε κάποια διεργασία (εναρκτήριο γεγονός). Με τη μέθοδο αυτή καθορίζεται η απόκριση της εγκατάστασης σε κάθε εναρκτήριο γεγονός. Το Δέντρο απαρτίζεται από κόμβους και κλάδους. Οι κόμβοι είναι τόσοι όσοι και τα συστήματα απόκρισης της εγκατάστασης στη συγκεκριμένη φάση. Κάθε κόμβος διακλαδίζεται σε κλάδους, τόσους όσες και οι δυνατές καταστάσεις του συστήματος για τον συγκεκριμένο κόμβο. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί καταστάσεων των συστημάτων σαν «μονοπάτια» (paths) και «κλάδους» (branches) του δέντρου. Αφού αναπτυχθεί το Δέντρο καθορίζεται για κάθε μονοπάτι αν το εναρκτήριο γεγονός, συνδυασμένο με τη συγκεκριμένη ακολουθία καταστάσεων των συστημάτων, οδηγεί σε επιτυχή απόκριση της εγκατάστασης ή σε ατύχημα. Τα μονοπάτια που οδηγούν σε ατύχημα ονομάζονται «ακολουθίες γεγονότων». Όσο για τη ποσοτικοποίηση του Δέντρου Γεγονότων, η πιθανότητα κάθε κλάδου υπολογίζεται από τη συχνότητα εμφάνισης του εναρκτήριου γεγονότος και από τις επιμέρους πιθανότητες των καταστάσεων των συστημάτων που συμμετέχουν στην ακολουθία.(Γεωργιάδου, 2011)



Γράφημα 5.2. Παράδειγμα Δέντρου Γεγονότων με εναρκτηρίο γεγονός ρήξη δεξαμενής σε εγκατάσταση υγραερίων

Πηγή : (Μουζάκης, 2017b)

Το Δέντρο Γεγονότων¹² είναι από τις πιο δύσκολες μεθόδους στη πράξη και αρκετά εξαντλητική και διεξοδική με δύο μόνο θεωρητικά όρια : α) τα τεκμήρια ότι έχουν διερευνηθεί όλα τα γεγονότα του συστήματος και β) τα τεκμήρια ότι έχουν διερευνηθεί όλες οι συνέπειες των γεγονότων αυτών. Η επιτυχής εφαρμογή της απαιτεί επίσημη μελέτη για μια συγκεκριμένη περίοδο συνδυασμένη με πρακτική εμπειρία και λεπτομερής καταγραφή δεδομένων.(Assael and Kakosimos, 2010)

Ανεξάρτητα από τη μέθοδο ανάλυσης κινδύνου που θα επιλέξει η κάθε εγκατάσταση, βάσει των χαρακτηριστικών της, οι στόχοι που θα πρέπει να επιτυγχάνονται μέσω αυτής είναι οι κάτωθι τέσσερις (Paradakis and Amendola, 1997):

- Ο προσδιορισμός των τμημάτων ή μονάδων της εγκατάστασης που σχετίζονται με την ασφάλεια
- Ο εντοπισμός των πηγών κινδύνου
- Η εκτίμηση των επιπτώσεων από πιθανό ατύχημα μεγάλης έκτασης
- Ο βαθμός εφαρμογής και αξιολόγησης των μέτρων πρόληψης, ελέγχου και μετριασμού

¹² Οι μέθοδοι «Δέντρο Σφαλμάτων» και «Δέντρο Γεγονότων» πολλές φορές χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικές ή και ως συνέχεια των προαναφερθέντων μεθόδων ανάλυσης κινδύνου.

Από το εγχειρίδιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης προτείνεται μια πιθανή διαδικασία ανάλυσης της επικινδυνότητας, η οποία συνοψίζεται σε τρία στάδια :

1. Την προκαταρκτική ανάλυση κινδύνου
2. Τον προσδιορισμό των πηγών κινδύνου και των επιπτώσεων σε περίπτωση εκδήλωσης ατυχήματος μεγάλης έκτασης
3. Τα μέτρα πρόληψης, ελέγχου και μετριασμού των επιπτώσεων

5.2.2.1. Προκαταρκτική Ανάλυση Κινδύνου

Η προκαταρκτική ανάλυση κινδύνου θα πρέπει να εντοπίζει εκείνα τα τμήματα της εγκατάστασης που θεωρούνται σημαντικά για την ασφάλεια λόγω των επικίνδυνων ουσιών που υπάρχουν σε αυτά , είτε σε ποσότητα είτε σε ιδιότητα, καθώς επίσης και των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα σε αυτά. Για τα συγκεκριμένα τμήματα απαιτείται πιο εμπειριστατωμένη και λεπτομερής ανάλυση κινδύνου με τη χρήση μεθόδων Δείκτη Κινδύνου μέσω του καθορισμού κριτηρίων. Τα κριτήρια αυτά πρέπει να εξειδικεύονται κατά περίπτωση με βάση τις φυσικές και χημικές ιδιότητες κάθε ουσίας, καθώς και την πιθανή έκταση των επιπτώσεων από ατυχήματα που δύνανται να συμβούν κατά τη διάρκεια των διεργασιών.

Εξαιρετικά χρήσιμα στην εφαρμογή και στα αποτελέσματα της επιλεγμένης μεθοδολογίας εξέτασης κινδύνου είναι τα διδάγματα από τα παρελθόντα περιστατικά/ατυχήματα. Για το λόγο αυτό επιβάλλεται η ενημέρωση από τις βάσεις δεδομένων που καταχωρούνται τα περιστατικά ατυχημάτων, ώστε να λαμβάνονται υπόψη τα διδάγματα από τις αναλύσεις ατυχημάτων σε μονάδες με παρεμφερής δραστηριότητα (ίδιες ουσίες και διεργασίες).

Στη Μελέτη Ασφαλείας η μεθοδολογία που θα επιλεγεί για την προκαταρκτική ανάλυση κινδύνου πρέπει να τεκμηριώνεται επαρκώς. Τα δε κριτήρια, τα οποία χρησιμοποιούνται προς εξαγωγή συμπερασμάτων και λήψη αποφάσεων, πρέπει να αναλύονται με σαφήνεια.

5.2.2.2. Προσδιορισμός των πηγών κινδύνου

Ως πηγές κινδύνου μιας εγκατάστασης που υπάγεται στην Οδηγία Seveso III ορίζονται οι συνθήκες ή τα γεγονότα εκείνα που αποτελούν απειλή για την ασφαλή λειτουργία του συνόλου της εγκατάστασης ή τμήματος αυτής. Οι πηγές αυτές, οι οποίες πρέπει να εντοπίζονται καθ' όλες τις φάσεις λειτουργίας της εγκατάστασης, είτε υπό κανονικές είτε υπό ανώμαλες συνθήκες, συνήθως συνδέονται με (Papadakis and Amendola, 1997) :

➤ την λειτουργία

όπως, ανθρώπινα λάθη κατά τη λειτουργία, τον έλεγχο και τη συντήρηση, δυσλειτουργία και αστοχία του τεχνικού εξοπλισμού και των συστημάτων, αστοχία των χώρων που εμπεριέχουν επικίνδυνες ουσίες (δοχεία, δεξαμενές), πολλαπλασιαστικά αποτελέσματα από άλλο εξοπλισμό, λάθη κατά τη τροφοδοσία, ανάπτυξη ηλεκτροστατικού φορτίου και άλλων πηγών ανάφλεξης.

➤ τα εξωτερικά γεγονότα

όπως, επιπτώσεις από ατυχήματα σε ανεξάρτητες μονάδες εντός της εγκατάστασης ή σε γειτονικές εγκαταστάσεις (φαινόμενα domino), μεταφορά επικίνδυνων ουσιών εντός και εκτός της εγκατάστασης, αλληλεξαρτήσεις με γειτονικές εγκαταστάσεις (αγωγοί, κοινές εγκαταστάσεις κλπ), φυσικοί κίνδυνοι¹³.

➤ την ασφάλεια στην εγκατάσταση

αναφέρεται στις επιπτώσεις που δύνανται να προκύψουν από μη εξουσιοδοτημένες παρεμβάσεις τρίτων στους χώρους της εγκατάστασης.

➤ Άλλες αιτίες που σχετίζονται με το σχεδιασμό, τη κατασκευή και τη διαχείριση της ασφάλειας

αναφέρεται σε εκείνες τις πηγές κινδύνου που σχετίζονται με ολόκληρο το κύκλο λειτουργίας της εγκατάστασης, όπως σφάλματα στον σχεδιασμό, την κατασκευή και την εγκατάσταση του εξοπλισμού, ελλιπής συντήρηση κ.α.

5.2.2.3. Εκτίμηση Επιπτώσεων σε περίπτωση εκδήλωσης ατυχήματος μεγάλης έκτασης

Σημαντικό κομμάτι της ανάλυσης κινδύνου αποτελεί η εκτίμηση των επιπτώσεων ενός ατυχήματος στον άνθρωπο και στο περιβάλλον¹⁴. Αυτό συμβαίνει διότι :

- ❖ η εκτίμηση των επιπτώσεων με τη χρήση ποιοτικών ή απλοποιημένων μοντέλων, ή ακόμη και με ακριβής ποσοτικοποίηση όπου απαιτείται, ανάλογα με τη κρίση των εμπειρογνομόνων, οδηγεί στην καθιέρωση τεχνικών και οργανωτικών διασφαλίσεων για την πρόληψη εκδήλωσης των κινδύνων και τον μετριασμό των επιπτώσεων των ατυχημάτων,
- ❖ η εκτίμηση των επιπτώσεων με τη χρήση ποσοτικών μοντέλων περιγράφει τα συμπεράσματα μιας σειράς σεναρίων ατυχημάτων, παρέχοντας με αυτόν τον τρόπο σημαντικές πληροφορίες για τον γενικό έλεγχο του κινδύνου, για τα σχέδια έκτακτης ανάγκης (εσωτερικά και εξωτερικά), καθώς επίσης και για τον σχεδιασμό της χρήσης γης στον περιβάλλοντα χώρο της εγκατάστασης

Στη Μελέτη Ασφαλείας πρέπει να αποτυπώνονται με σαφή και επεξηγηματικό τρόπο όλες οι αναφορές σε υπολογιστικούς κώδικες, οι παραδοχές και τα πειραματικά αποτελέσματα, τα οποία χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των επιπτώσεων ατυχήματος στον άνθρωπο και στο περιβάλλον.

¹³ Φυσικοί κίνδυνοι : καταιγίδες, άνεμοι, τυφώνες, μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες, κεραυνοί, σεισμοί, πλημμύρες, καθιζήσεις, πυρκαγιά κ.α

¹⁴ Υπάρχουν διάφορα υπολογιστικά προγράμματα για την εκτίμηση των επιπτώσεων, όπως π.χ. το CAMEO/ALOHA και το ADORA (μοντέλα διασποράς), το BLEVE Incident Stimulator (για επιπτώσεις από σενάρια ατυχημάτων που οδηγούν σε BLEVE), το SOCRATES (του ΕΚΕΦΕ ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ (για ολοκληρωμένη εκτίμηση επιπτώσεων) κ.α.

5.2.2.4. Προληπτικά μέτρα και μέτρα για τον έλεγχο και περιορισμό των επιπτώσεων

Οι κίνδυνοι σε μία εγκατάσταση πρέπει να αποφεύγονται ή να μετριάζονται στη πηγή τους με την εφαρμογή των κατάλληλων πρακτικών εγγενούς ασφάλειας. Στις περιπτώσεις όμως, που οι πρακτικές αυτές αποτύχουν και οι κίνδυνοι παραμένουν, δύναται να χρησιμοποιηθούν αρχές επικινδυνότητας για τον καθορισμό του βαθμού των κατάλληλων μέτρων που απαιτούνται για τη πρόληψη δυσλειτουργίας της εγκατάστασης, την αποτροπή της μη κανονικής λειτουργίας που μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλο ατύχημα και τον μετριασμό των συνεπειών ενός μεγάλου ατυχήματος στον άνθρωπο και στο περιβάλλον (Papadakis and Amendola, 1997).

Τα μέτρα για την πρόληψη, τον έλεγχο και τον μετριασμό των επιπτώσεων σε μια εγκατάσταση δύνανται να περιλαμβάνουν :

- βασικά και εφεδρικά συστήματα διεργασίας
- συστήματα προστασίας από φωτιά και έκρηξη
- συσκευές για τον περιορισμό της έκτασης των διαρροών
- συστήματα συναγερμού, συμπεριλαμβανομένης και της ανίχνευσης αερίων
- αυτόματα συστήματα τερματισμού λειτουργίας
- συστήματα αδρανοποίησης
- διαδικασίες ταχείας διακοπής λειτουργίας και άλλες διαδικασίες έκτακτης ανάγκης
- ειδικές προφυλάξεις κατά μη εξουσιοδοτημένων ενεργειών που σχετίζονται με την ασφάλεια της εγκατάστασης

Τα παραπάνω μέτρα αξιολογούνται σε συνδυασμό με τη συνολική εκτίμηση της επικινδυνότητας της εγκατάστασης. Η αξιολόγηση δύναται να γίνει με την χρήση ποιοτικών ή πιθανολογικών κριτηρίων και τεχνικών ανάλυσης αξιοπιστίας.

Εφόσον αναλυθούν με σαφήνεια τα μέτρα πρόληψης, ελέγχου και μετριασμού των επιπτώσεων από ενδεχόμενο ατύχημα μεγάλης έκτασης της εγκατάστασης και τεκμηριωθούν επαρκώς τα κριτήρια αξιολόγησής τους, η Μελέτη Ασφαλείας πρέπει να παρουσιάζει τα αποτελέσματα της ανάλυσης κινδύνου και εκτίμησης της επικινδυνότητας, κάνοντας αναφορά στα στοιχεία-τεκμήρια που χρησιμοποιήθηκαν. Ειδικά για τα σενάρια εκδήλωσης ατυχήματος που χρησιμοποιούνται κατά την ανάλυση κινδύνου, τις συνέπειές τους και τη πιθανότητα εμφάνισής τους, πρέπει να υπάρχει επαρκή τεκμηρίωση ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για λήψη αποφάσεων κατά τη διαδικασία σχεδιασμού των σχεδίων έκτακτης ανάγκης και των χρήσεων γης. Οι αναλύσεις και εκτιμήσεις της Μελέτης Ασφαλείας πρέπει να είναι διαθέσιμες προς τις αρμόδιες υπηρεσίες, εφόσον αυτές ζητηθούν.

5.2.3. Αναφορά στη Πολιτική Πρόληψης Μεγάλων Ατυχημάτων (ΠΠΜΑ) και το Σχεδιασμό Έκτακτης Ανάγκης

5.2.3.1. Πολιτική Πρόληψης Ατυχήματος Μεγάλης Έκτασης και Σύστημα Διαχείρισης της Ασφάλειας

Σύμφωνα με το άρθρο 9 της Κ.Υ.Α. 172058/2016 (άρθρο 10 της οδηγίας 2012/18/ΕΕ) η Μελέτη Ασφαλείας θα πρέπει να καταδεικνύει ότι εφαρμόζεται μια Πολιτική Πρόληψης Μεγάλου Ατυχήματος (ΠΠΜΑ), η οποία περιλαμβάνει τους γενικούς στόχους και τις δράσεις που καθορίζει ο «ασκών την εκμετάλλευση» για την πρόληψη και τον περιορισμό των συνεπειών μεγάλων ατυχημάτων. Μέσο για την υλοποίηση και την αποτελεσματικότητα της ΠΠΜΑ αποτελεί το Σύστημα Διαχείρισης της Ασφάλειας.

Σύστημα Διαχείρισης της Ασφάλειας (ΣΔΑ)

Το Σύστημα Διαχείρισης της Ασφάλειας αποτελεί μέρος του συνολικού πλαισίου διαχείρισης της εγκατάστασης και περιλαμβάνει την οργανωτική δομή, τις ευθύνες, τις πρακτικές, τις διαδικασίες, τους κατάλληλους πόρους και τις διαθέσιμες τεχνολογικές λύσεις για τον καθορισμό και την εφαρμογή της πολιτικής πρόληψης μεγάλων ατυχημάτων. Συγκεκριμένα, οι τομείς που περιλαμβάνει είναι (Mitchison and Porter, 1997):

α)Οργάνωση της επιχείρησης και προσωπικό

Ο τομέας αυτός αφορά στους ρόλους, στις αρμοδιότητες, στην ευθύνη και στην αλληλεξάρτηση του προσωπικού που εμπλέκεται στη διαχείριση μεγάλων κινδύνων σε όλα τα επίπεδα της εγκατάστασης. . Ο «ασκών την εκμετάλλευση» θα πρέπει να προσδιορίζει τις ικανότητες και δεξιότητες που απαιτούνται για αυτό το προσωπικό και να το παρέχει. Ειδικά, το προσωπικό που είναι υπεύθυνο για την παροχή των πόρων (υλικών και ανθρώπινων), τον εντοπισμό των αναγκών κατάρτισης και παροχή αυτής, την ταυτοποίηση, καταγραφή και παρακολούθηση των διορθωτικών ή βελτιωτικών ενεργειών, τον έλεγχο ανώμαλων καταστάσεων, συμπεριλαμβανομένων και των καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, τον συντονισμό της εφαρμογής του συστήματος ασφάλειας και την υποβολή εκθέσεων στην ανώτατη διοίκηση. Επίσης, ο «ασκών την εκμετάλλευση» θα πρέπει να εξασφαλίζει τη συμμετοχή τόσο των εργαζομένων όσο και του προσωπικού των υπεργολάβων κατά τον καθορισμό της πολιτικής ασφάλειας και κατά την εφαρμογή της.

β)Προσδιορισμός και αξιολόγηση κινδύνου

Αφορά την υιοθέτηση και εφαρμογή διαδικασιών για τον συστηματικό εντοπισμό των μεγάλων κινδύνων που προκύπτουν από κανονική και μη φυσιολογική λειτουργία της εγκατάστασης, συμπεριλαμβανομένων και των δραστηριοτήτων που ανατίθενται σε υπεργολαβία, και εκτίμηση της πιθανότητας και σοβαρότητάς τους. Οι διαδικασίες προσδιορισμού του κινδύνου θα πρέπει να είναι επίσημες, συστηματικές και κρίσιμες. Επίσης,

θα πρέπει να υπάρχουν συστηματικές διαδικασίες για τον καθορισμό των μέτρων τόσο για την πρόληψη των ατυχημάτων όσο και για τον περιορισμό των συνεπειών τους.

γ) Έλεγχος λειτουργίας

Αφορά την υιοθέτηση και εφαρμογή διαδικασιών και οδηγιών για την ασφαλή λειτουργία, συμπεριλαμβανομένης της συντήρησης, των εγκαταστάσεων, των διεργασιών και του εξοπλισμού, καθώς επίσης και για διαχείριση του συναγερμού και των προσωρινών διακοπών λειτουργίας. Όλες οι διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με βέλτιστες πρακτικές παρακολούθησης και ελέγχου θα πρέπει να αξιοποιούνται ώστε να μειώνεται ο κίνδυνος αστοχίας του συστήματος. Επίσης, θα πρέπει να υπάρχει συγκεκριμένη στρατηγική και μεθοδολογία για τον έλεγχο κατάστασης του εξοπλισμού για αποφυγή προβλημάτων από παλαιότητα, διάβρωση κλπ. Ο «ασκών την εκμετάλλευση» θα πρέπει να διασφαλίζει ότι οι διαδικασίες, οδηγίες και μεθοδολογίες εφαρμόζονται και είναι στη διάθεση όλων των υπαλλήλων που άμεσα ή έμμεσα εμπλέκονται στη λειτουργία. Οι διαδικασίες αυτές θα πρέπει να υπόκεινται σε περιοδική επανεξέταση ώστε να διασφαλίζεται ότι είναι τρέχουσες, ακριβείς και τηρούνται πραγματικά.

δ) Διαχείριση των αλλαγών

Ο τομέας αυτός αφορά στην υιοθέτηση και εφαρμογή διαδικασιών για τον προγραμματισμό μετατροπών των υφιστάμενων εγκαταστάσεων, διεργασιών και χώρων αποθήκευσης ή για τον σχεδιασμό νέων.

ε) Πρόγραμμα αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης

Αφορά στην υιοθέτηση και εφαρμογή διαδικασιών εντοπισμού προβλέψιμων έκτακτων καταστάσεων μέσω συστηματικής ανάλυσης και στην προετοιμασία, τη δοκιμή και την επανεξέταση των σχεδίων έκτακτης ανάγκης για την αντιμετώπιση των καταστάσεων αυτών. Επίσης, ο φορέας εκμετάλλευσης θα πρέπει να παρέχει την απαραίτητη κατάρτιση στο σύνολο του εμπλεκόμενου προσωπικού (εργαζόμενους και προσωπικό υπεργολαβίας).

στ) Παρακολούθηση επιδόσεων

Ο τομέας αυτός αφορά στην υιοθέτηση και εφαρμογή διαδικασιών για τη συνεχή αξιολόγηση της συμμόρφωσης με τους στόχους που θέτει η ΠΠΜΑ του φορέα εκμετάλλευσης και το ΣΔΑ, καθώς επίσης και των μηχανισμών διερεύνησης και διορθωτικών ενεργειών σε περιπτώσεις μη συμμόρφωσης. Οι διαδικασίες πρέπει να καλύπτουν το σύστημα του φορέα εκμετάλλευσης για την αναφορά σοβαρών ή παρ'ολίγον ατυχημάτων, ιδίως εκείνων που αφορούν την αποτυχία των μέτρων προστασίας, καθώς και της διερεύνησης και της παρακολούθησής τους με βάση τα διδάγματα που αντλήθηκαν.

ζ) Έλεγχος και επανεξέταση

Ο έλεγχος αποσκοπεί στο να εξασφαλίσει ότι η οργάνωση και οι διαδικασίες, όπως ορίζονται και εφαρμόζονται πραγματικά, είναι σύμφωνες με το ΣΔΑ. Θα πρέπει δε να διεξάγεται

από άτομα που είναι ανεξάρτητα από την επιχειρησιακή διαχείριση της ελεγχόμενης μονάδας, ώστε να διασφαλιστεί η αντικειμενικότητα της εκτίμησής τους. Τα αποτελέσματα ενός τέτοιου ελέγχου θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τις βελτιώσεις που πρέπει να γίνουν στα στοιχεία του ΣΔΑ και στην εφαρμογή του.

Η επανεξέταση είναι μια θεμελιώδη μελέτη σχετικά με τη συνοχή του Συστήματος Διαχείρισης της Ασφάλειας με την Πολιτική Πρόληψης Μεγάλων Ατυχημάτων του φορέα εκμετάλλευσης. Μπορεί δε να επεκταθεί στην εξέταση τροποποίησης της ΠΠΜΑ.

5.2.3.2. Μέτρα προστασίας και παρέμβασης για την ελαχιστοποίηση επιπτώσεων από εκδήλωση ατυχήματος.

Στη Μελέτη Ασφαλείας θα πρέπει να περιλαμβάνονται σαφείς πληροφορίες που να προσδιορίζουν τα σημαντικά μέτρα για τον μετριασμό των επιπτώσεων από ενδεχόμενη εκδήλωση ατυχήματος μεγάλης έκτασης, όπως αυτά προκύπτουν από την ανάλυση της επικινδυνότητας. Οι πληροφορίες αυτές αφορούν (Fabbri et al., 2005):

- ❖ στην περιγραφή του υπάρχοντα εγκατεστημένου εξοπλισμού στην εγκατάσταση με σκοπό τον μετριασμό των επιπτώσεων από την εκδήλωση ατυχήματος μεγάλης έκτασης, περιλαμβάνοντας και τις συνθήκες κάτω από τις οποίες ο εξοπλισμός αυτός δύναται να χρησιμοποιηθεί,
- ❖ στην οργάνωση συναγερμού και επέμβασης και συγκεκριμένα :
 - στην οργανωτική δομή, στις αρμοδιότητες και διαδικασίες για άμεση επέμβαση σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης,
 - στην εκπαίδευση/κατάρτιση του προσωπικού και των ομάδων που έχουν άμεση ευθύνη σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης,
 - στην ετοιμότητα των συστημάτων ενεργοποίησης και συναγερμού για το προσωπικό της εγκατάστασης, για τις γειτνιάζουσες εγκαταστάσεις, για τις εξωτερικές αρχές, ακόμη και για το κοινό όπου αυτό κρίνεται αναγκαίο,
 - στον εντοπισμό των μονάδων που χρήζουν προστασία ή επεμβάσεις διάσωσης,
 - στον εντοπισμό όλων των δρόμων διαφυγής και διάσωσης, καταφύγια, κέντρα ελέγχου και
 - στην πρόβλεψη για τη διακοπή λειτουργίας μονάδων ή διεργασιών που μπορεί να επιδεινώσουν και επεκτείνουν τις συνέπειες
- ❖ στην περιγραφή των κινητοποιήσιμων μέσων σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, τόσο της εσωτερικής απόκρισης της εγκατάστασης όσο και της εξωτερικής απόκρισης (συμφωνίες με γειτνιάζουσες εγκαταστάσεις, μονάδες καταστολής κλπ)
- ❖ στην περιγραφή των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν για την κατάρτιση του εσωτερικού σχεδίου έκτακτης ανάγκης, όπως αυτό προβλέπεται από την ισχύουσα νομοθεσία.

5.2.4. Ζώνες Προστασίας πληθυσμού και δυνάμεων επέμβασης

Η αποτελεσματική διαχείριση βιομηχανικών ατυχημάτων απαιτεί την υιοθέτηση ειδικών ζωνών προστασίας γύρω από την περιοχή του συμβάντος, ανάλογα με την ένταση των επιπτώσεων στον άνθρωπο, καθώς επίσης και τον καθορισμό των αντίστοιχων ορίων για τον προσδιορισμό κάθε ζώνης.

Στα πλαίσια σχεδιασμού έκτακτης ανάγκης για την αντιμετώπιση βιομηχανικών ατυχημάτων μεγάλης έκτασης στην Ελλάδα χρησιμοποιείται το μοντέλων των τριών (3) ζωνών, όπως αυτές προτάθηκαν από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο -Τμήμα Χημικών Μηχανικών. Ο προσδιορισμός των ζωνών αυτών βασίστηκε στη μεθοδολογία της Ολλανδικής Πυροσβεστικής Ακαδημίας και αφορούν στην προστασία του πληθυσμού και των δυνάμεων επέμβασης. Τα χαρακτηριστικά τους έχουν ως ακολούθως (Μουζάκης, 2017a):

Ζώνη I : Σοβαροί τραυματισμοί και θάνατοι σε σημαντικό ποσοστό.

Ζώνη II : Αναμένονται μη ανατάξιμες βλάβες στην υγεία για την πλειοψηφία των ατόμων και πιθανοί θάνατοι σε μικρό ποσοστό του πληθυσμού. Εντός της ζώνης αυτής γίνονται συστηματικές ενέργειες διάσωσης από τα σωστικά συνεργεία.

Ζώνη III : Δεν αναμένονται θάνατοι παρά μόνο βλάβες στην υγεία ενός σχετικά μικρού ποσοστού ατόμων. Η διάσωση γίνεται κατά βάση από τον ίδιο τον πληθυσμό και όπου απαιτείται από σωστικά συνεργεία.



Εικόνα 5.4. Απεικόνιση χάρτη με τρεις προστατευτικές Ζώνες

Πηγή : (Μουζάκης, 2017b)

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται οι τρεις Ζώνες προστασίας με τα χαρακτηριστικά τους και τις αντίστοιχες επιπτώσεις :

Πίνακας 5.1. Ζώνες Προστασίας πληθυσμού & δυνάμεων επέμβασης

| Ζώνες προστασίας πληθυσμού και δυνάμεων επέμβασης | | | |
|--|--|--|--|
| | Τοξικές ουσίες* Συγκέντρωση (mg/m ³) | Θερμική Ακτινοβολία** Δόση (TDU) | Ωστικό Κύμα Υπερπίεση (mbar) |
| Ζώνη I Προστασίας Δυνάμεων Επέμβασης | LC₅₀ (Lethal Concentration 50): Ορίζεται ως η συγκέντρωση μιας τοξικής ουσίας στον αέρα στην οποία είναι πιθανόν να συμβεί θάνατος στο 50% του πληθυσμού, με εισπνοή της ουσίας αυτής για καθορισμένο χρόνο έκθεσης. | Θερμική δόση 1500 TDU : Αντιστοιχεί σε εγκαύματα τρίτου (3ου) βαθμού σε ποσοστό άνω του 50 % του πληθυσμού. | Υπερπίεση 350 mbar : Αντιστοιχεί σε σοβαρές και μη επισκευάσιμες ζημιές στο φέροντα οργανισμό και τους τοίχους κτιρίων. |
| Ζώνη II Προστασίας Πληθυσμού Σοβαρές Επιπτώσεις | LC₁ (Lethal Concentration 1): Ορίζεται ως η συγκέντρωση μιας τοξικής ουσίας στον αέρα στην οποία είναι πιθανόν να συμβεί θάνατος στο 1% του πληθυσμού, με εισπνοή της ουσίας αυτής για καθορισμένο χρόνο έκθεσης. | Θερμική δόση 450 TDU : Αντιστοιχεί σε εγκαύματα τρίτου (3ου) βαθμού στο 1% του πληθυσμού. | Υπερπίεση 140 mbar : Αντιστοιχεί σε ζημιές στο φέροντα οργανισμό και σε εξωτερικούς ή εσωτερικούς τοίχους. |
| Ζώνη III Προστασίας Πληθυσμού Μέτριες Επιπτώσεις | IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health): Ορίζεται ως η μέγιστη συγκέντρωση μιας τοξικής ουσίας στον αέρα στην οποία μπορεί να εκτεθεί ένας υγιής εργαζόμενος για 30 min και να διαφύγει χωρίς να υποστεί μη-ανάταξιμες βλάβες στην υγεία του ή τραυματισμούς που να εμποδίζουν τη διαφυγή του (κυρίως ερεθισμούς των ματιών ή των πνευμόνων). | Θερμική δόση 170 TDU : Αντιστοιχεί σε εγκαύματα πρώτου (1ου) βαθμού σε σημαντικό τμήμα του πληθυσμού. | Υπερπίεση 50 mbar : Αντιστοιχεί σε ζημιές σε πόρτες και παράθυρα, ελαφρές ρηγματώσεις σε τοίχους. |

* Ως μέγιστος χρόνος έκθεσης ακίνητου παρατηρητή θεωρείται t=30min.

** Για φαινόμενο BLEVE ο χρόνος έκθεσης ακίνητου παρατηρητή λαμβάνεται ίσος με τη διάρκεια του φαινομένου, ενώ για πυρκαγιά λίμνης (pool fire) ίσος με 40 sec, οπότε η ένταση ακτινοβολίας για ακίνητο παρατηρητή είναι 15 KW/m² για τη Ζώνη I, 6 KW/m² για τη Ζώνη II και 3 KW/m² για τη Ζώνη III.

Πηγή : (Αρχηγείο Πυροσβεστικού Σώματος Α' Κλάδος Πυροσβεστικών Επιχειρήσεων Διεύθυνση Πυρόσβεσης - Διάσωσης, 2010), www.fireservice.gr

Στο Παράρτημα ΙΧ της ΚΥΑ 172058/2016 περιέχεται ο πίνακας με τα πιθανά σενάρια ατυχημάτων, τα οποία θα πρέπει να εξετάζονται από τη Μελέτη Ασφαλείας, ανάλογα με τον τύπο της εγκατάστασης. Για κάθε πιθανό σενάριο που θα αναπτύσσεται στη Μελέτη Ασφαλείας θα πρέπει να υπάρχει η αποτύπωση των προστατευτικών Ζωνών σε χάρτες, βάσει των επιπτώσεων που αναφέρθηκαν στον παραπάνω Πίνακα.

Κεφάλαιο 6.

Το Υγραέριο (LPG)

6.1. Γενικά χαρακτηριστικά

Ο όρος «Υγροποιημένο Αέριο Πετρελαίου» (Liquefied Petroleum Gas -LPG), γνωστός και ως «υγραέριο», είναι ο γενικός όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τα υγροποιημένα αέρια, τα οποία αποτελούνται κυρίως από κορεσμένους υδρογονάνθρακες (C_nH_{2n+2}) με τρία ή τέσσερα άτομα άνθρακα. Οι υδρογονάνθρακες αυτοί, υπό συνήθεις θερμοκρασίες και ατμοσφαιρικές πιέσεις, είναι αέριοι ενώ υγροποιούνται υπό μέσες πιέσεις. Όταν η πίεση μειωθεί οι υδρογονάνθρακες επιστρέφουν στην αέρια μορφή τους (ΚΥΑ Δ3/14858, 1993).

Το LPG έχει διπλή προέλευση. Το 60% της παγκόσμιας παραγωγής του προέρχεται από τη ξήρανση του φυσικού αερίου, είναι δηλαδή τα αέρια κλάσματα υδρογονανθράκων που αφαιρούνται από το φυσικό αέριο πριν αυτό οδεύσει προς κατανάλωση, και το 40% της παραγωγής του προέρχεται από τη διύλιση του αργού πετρελαίου. (“What is LPG? - WLPGA”)

Οι παραπάνω υδρογονάνθρακες, όταν βρίσκονται σε υγρή φάση καταλαμβάνουν μόλις το 1/250 του όγκου που θα χρειαζόνταν για την αποθήκευσή τους ως αέρια. Οπότε, από εμπορική άποψη, είναι προτιμότερη η αποθήκευση και διακίνησή τους σε υγρή φάση απ’ότι σε αέρια.

Το υγραέριο μπορεί να αποθηκεύεται σε υγρή φάση είτε σε θερμοκρασία περιβάλλοντος υπό μερική πίεση ή υπό ψύξη σε χαμηλότερη πίεση. Μπορεί επίσης να αποθηκευτεί σε ατμοσφαιρική πίεση, όταν η θερμοκρασία αποθήκευσης είναι επαρκώς χαμηλή.

Το υγραέριο είναι άοσμο όταν βρίσκεται σε υγρή φάση και το βάρος του είναι περίπου το μισό του βάρους ίσου όγκου νερού. Σε αέρια φάση, οι ατμοί του υγραερίου είναι βαρύτεροι από τον αέρα. Συγκεκριμένα, το εμπορικό βουτάνιο έχει περίπου διπλάσιο βάρος από ίσο όγκο αέρα, ενώ το εμπορικό προπάνιο είναι μιάμιση φορά βαρύτερο από ίσο όγκο αέρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η αέρια φάση του υγραερίου να κατακάθεται κοντά στο έδαφος και να συγκεντρώνεται στις χαμηλότερες περιοχές, καθιστώντας δυσκολότερη τη διασπορά του, ειδικά σε συνθήκες άπνοιας.

Το υγραέριο, όπως και όλοι οι υδρογονάνθρακες είναι ένα εξαιρετικά εύφλεκτο προϊόν. Η ανάμειξή του με τον αέρα, υπό συγκεκριμένες συνθήκες, σχηματίζει ένα εκρηκτικό μίγμα. Η αναλογία κατ'όγκο αέριας φάσης υγραερίου στον ατμοσφαιρικό αέρα για να υπάρξει σχηματισμός εκρηκτικού μίγματος είναι 2% έως 10% περίπου. Η ανάφλεξη του μίγματος αυτού σε περιορισμένο χώρο παρουσιάζει χαρακτηριστικά έκρηξης λόγω της ταχύτατης έκλυσης θερμικής ενέργειας (απότομη διαστολή του αέρα- αερίων). Όταν το μίγμα υγραερίου – αέρα είναι εκτός της παραπάνω περιοχής είναι ή πολύ φτωχό ή πολύ πλούσιο για να αναφλεγεί. Διαρροή μικρής σχετικά ποσότητας υγρού υγραερίου μπορεί να δημιουργήσει μεγάλο όγκο αέριας φάσης, συνεπώς μεγάλο όγκο εκρηκτικού μίγματος. Για τον έλεγχο ύπαρξης υγραερίου στον αέρα, και ειδικά σε εκρηκτικό μίγμα, χρησιμοποιούνται κατάλληλα όργανα ανίχνευσης εκρηκτικού μίγματος.

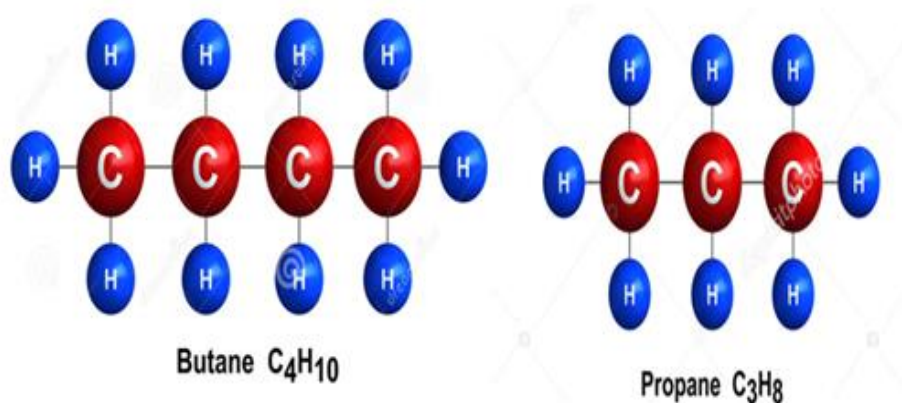
Λόγω των προαναφερθέντων χαρακτηριστικών του υγραερίου, οποιοδήποτε μίγμα αερίου υγραερίου και αέρα, που δημιουργείται είτε από διαρροή είτε από άλλη αιτία, μπορεί να αναφλεγεί σε κάποια απόσταση από το σημείο διαφυγής και η φλόγα να επιστρέψει προς τα πίσω, στην αρχική πηγή διαρροής. (ΚΥΑ Δ3/14858, 1993)

Αν και το υγραέριο δεν είναι τοξικό, η εισπνοή στην αέρια φάση του μπορεί να προκαλέσει ελαφρά αναισθησία, ακόμη και ασφυξία λόγω έλλειψης οξυγόνου, όταν υπάρχει σε αρκετά υψηλές συγκεντρώσεις. Επίσης, λόγω της ταχείας εξαερίωσης της υγρής φάσης και της συνακόλουθης πτώσης της θερμοκρασίας, το υγραέριο μπορεί να προκαλέσει σοβαρά εγκαύματα (ψυχρά εγκαύματα) αν έρθει σε επαφή με το ανθρώπινο δέρμα. Στη δε επαφή με τα μάτια προκαλεί ερεθισμό, θάμβωση και πόνο. Για το λόγο αυτό οι χειριστές οφείλουν να είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί και να χρησιμοποιούν όλα τα απαραίτητα προστατευτικά μέσα, όπως γυαλιά και γάντια.

Επειδή το υγραέριο είναι εντελώς άοσμο, πριν τη διάθεσή του στη κατανάλωση προστίθεται σε αυτό οσμογόνος ουσία (αιθυλομερκαπτάνη $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{SH}$ ή διμεθυλοσουλφίδιο CH_3SCH_3) σε συγκεντρώσεις μικρότερες από το 1/5 του κάτω ορίου εκρηκτικότητας (δηλ. περίπου 0,4% κατ'όγκο αέριο στον αέρα), ώστε να καταστεί δυνατή η ανίχνευση του αερίου μέσω της όσφρησης, με σκοπό τη διευκόλυνση του εντοπισμού των διαρροών. Στο υγραέριο δεν προστίθεται οσμή στις περιπτώσεις που η οσμογόνος ουσία είναι βλαπτική για ορισμένη παραγωγική διαδικασία ή δεν εξυπηρετεί σαν προειδοποίηση. Πλην της οσμής, η διαφυγή του υγραερίου ανιχνεύεται και με άλλον τρόπο. Όταν το υγρό αεριοποιείται, η ψυκτική επίδραση στον περιβάλλοντα αέρα προκαλεί συμπύκνωση και ακόμη και ψύξη των υδρατμών στον αέρα. Αυτό μπορεί να γίνει φανερό ως δρόσος στο σημείο διαφυγής με αποτέλεσμα να διαπιστώνεται πιο εύκολα η διαρροή.

Ακόμη κι αν ένα δοχείο που περιέχει υγραέριο εκκενωθεί, υπάρχει περίπτωση να περιέχει ακόμη υγραέριο σε αέρια μορφή, γεγονός που το καθιστά επικίνδυνο. Στη μορφή αυτή η εσωτερική πίεση είναι περίπου ίδια με την ατμοσφαιρική και στην περίπτωση που η βαλβίδα παρουσιάζει διαρροή ή αφεθεί ανοιχτή, ο αέρας μπορεί να εισέλθει μέσα στο δοχείο σχηματίζοντας εκρηκτικό μίγμα και δημιουργώντας κίνδυνο έκρηξης, ενώ το υγραέριο μπορεί να διαφύγει προς την ατμόσφαιρα.

Σε γενική χρήση, τα ευρέως γνωστά είδη υγραερίου είναι : α) το Βουτάνιο (C_4H_{10}), β) το εμπορικό προπάνιο (C_3H_8) και γ) τα μίγματα αυτών (συνήθως 80% βουτάνιο και 20% προπάνιο). Τα χαρακτηριστικά των προϊόντων αυτών καθορίζονται από τις ελληνικές σχετικές προδιαγραφές στο ΦΕΚ 824/Β'/30.8.77. Στην Ελλάδα, η παραγωγή του LPG γίνεται από τα διυλιστήρια των ΕΛ.ΠΕ. και της Motor Oil. Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής καταναλώνεται επί τόπου για τις ανάγκες των διυλιστηρίων (θέρμανση των φυσικών και χημικών διεργασιών, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας) και το υπολειπόμενο διατίθεται στην αγορά ή εξάγεται.



Εικόνα 6.1. Μοριακή Δομή Βουτανίου και Προπανίου

Πηγή : <https://depositphotos.com/136542904/stock-photo-3d-render-of-molecular-structure.html>

Παρόλο που το προπάνιο και το βουτάνιο έχουν παρόμοια σύσταση, διαφέρουν κατά πολύ στις συνθήκες αποθήκευσής τους. Το προπάνιο έχει χαμηλότερο σημείο βρασμού ($-42\text{ }^\circ\text{C}$) σε σχέση με το βουτάνιο ($-0,5\text{ }^\circ\text{C}$). Αυτό σημαίνει ότι μετατρέπεται σε αέριο σε χαμηλότερη θερμοκρασία και επομένως χρειάζεται υψηλότερη πίεση αποθήκευσης. Σε θερμοκρασία $20\text{ }^\circ\text{C}$ το βουτάνιο του εμπορίου έχει τάση ατμών περίπου 2 BAR (28 PSIG) και το βουτάνιο του εμπορίου 7 BAR (100 PSIG). Η μίξη προπανίου και βουτανίου έχει καλύτερες ενεργειακές αποδόσεις και ιδιότητες. ("What is LPG? - WLPGA"; ΚΥΑ Δ3/14858, 1993)

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται τα φυσικά χαρακτηριστικά του βουτανίου και του προπανίου, όπως αυτά αποτυπώνονται στη ΚΥΑ Δ3/14858/1993 (ΦΕΚ 477/ Β'/1993) .

Πίνακας 6.1. Φυσικά Χαρακτηριστικά του υγραερίου¹⁵

| Φυσικά Χαρακτηριστικά | Προπάνιο | Βουτάνιο |
|--|----------|-------------|
| Χημικός Τύπος | C_3H_8 | C_4H_{10} |
| Μοριακό Βάρος | 44,094 | 58,120 |
| Σημείο πήξης υγρού σε 760mmHg (CC) | -187,7 | -138,3 |
| Σημείο βρασμού υγρού σε 760mmHg ($^\circ\text{C}$) | -42,1 | -0,5 |

¹⁵ Τα χαρακτηριστικά ισχύουν για το καθαρό προπάνιο (Pure Propane) και το καθαρό n-βουτάνιο (Pure n Butane). Οι συνθήκες περιβάλλοντος $15,5^\circ\text{C}$ (60°F) και 760 mmHg είναι οι διεθνώς αναφερόμενες σαν Standard Conditions και στον πίνακα χρησιμοποιείται η συντομογραφία: S.C.

| | | |
|---|-------|-------|
| Ειδικό βάρος υγρού σε 15,5°C (kg/lit) | 0,507 | 0,583 |
| Σχετική πυκνότητα αερίου (αέρας = 1) σε S.C. | 1,522 | 2,006 |
| Κρίσιμη θερμοκρασία (°C) | 96,8 | 152,0 |
| Κρίσιμη πίεση-απόλυτη (bar) | 42,6 | 38,0 |
| Λόγος όγκου αερίου προς υγρό σε S.C. | 272,7 | 237,8 |
| Λανθάνουσα θερμότητα στο σημείο βρασμού και 760mmHg | | |
| (Kcal/kg) | 101,7 | 92,3 |
| (Kcal/lit) | 51,5 | 53,1 |
| Ανώτερη θερμογόνος δύναμη σε S.C. | | |
| (Kcal/kg) | 12048 | 11851 |
| (Kcal/m ³) | 22766 | 29875 |
| Απαιτούμενος αέρας καύσης σε S.C. | | |
| (m ³ αέρα/1 m ³ αερίου) | 23,82 | 30,97 |
| (kg αέρα/1 kg αερίου) | 15,71 | 13,49 |
| Ειδική θερμότητα αερίου σε S.C. | | |
| C _p (Kcal/kg °C) | 0,388 | 0,397 |
| C _v (Kcal/kg °C) | 0,343 | 0,361 |
| Σημείο ανάφλεξης - Flash Point (°C) | -105 | -60 |
| Σημείο αυτανάφλεξης - Ignition Point (°C) | 470 | 365 |
| Όρια εκρηκτικότητας μίγματος αερίου-αέρα (Vol-%) | | |
| Κατώτερο | 2,37 | 1,86 |
| Ανώτερο | 9,50 | 8,41 |
| Αριθμός Οκτανίων (Oktane No) | 125 | 91 |

Πηγή : (ΚΥΑ Δ3/14858, 1993) και ίδια επεξεργασία

6.2. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του Υγραερίου (LPG)

Το υγραέριο (LPG) αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ενεργειακά καύσιμα με ευρύ πεδίο εφαρμογών και η ζήτησή του αυξάνεται σημαντικά κάθε χρόνο. Οι σημαντικότεροι εισαγωγείς είναι οι Η.Π.Α., οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και οι χώρες της βορειοανατολικής Ασίας (Κίνα, Ιαπωνία και Νότιος Κορέα), με τη Κίνα να προπορεύεται αφού για το 2013 εισήγαγε 4,1 εκατομμύρια τόνους LPG και το 2014 αύξησε την εισαγωγή σε 7,1 εκατομμύρια τόνους. Από την άλλη πλευρά, οι μεγαλύτεροι εξαγωγείς είναι η Μέση Ανατολή, η Δυτική Αφρική και η Νορβηγία, με τις χώρες του Αραβικού Κόλπου να έχουν το μερίδιο του λέοντος αφού το 2013 κατείχαν το 47% της παγκόσμιας εξαγωγής LPG. (Shimul Hossain et al., 2019)

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του υγραερίου (LPG) έναντι των άλλων καυσίμων είναι τα κάτωθι :

Φιλικό προς το περιβάλλον : Το LPG είναι «καθαρό καύσιμο» αφού η καύση του έχει τις χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου συγκριτικά με άλλα καύσιμα. Ειδικότερα, ανά μονάδα παραγόμενης θερμικής ενέργειας οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) είναι κατά 20% λιγότερες από το πετρέλαιο θέρμανσης, κατά 50% λιγότερες από τον άνθρακα και 70% λιγότερες από το ξύλο. Επίσης, το LPG παράγει αμελητέο διοξείδιο του θείου (SO₂) και οξειδία του αζώτου (NO_x), αποτρέποντας σε μεγάλο βαθμό την Όξινη Βροχή. Τέλος, λόγω του ότι η παραγωγή του LPG προέρχεται κυρίως από το φυσικό αέριο, δεν είναι τοξικό και σε περίπτωση διαρροής του δεν προκαλεί ρύπανση του εδάφους και των υδάτινων αποδεκτών.

Υψηλότερη ενεργειακή απόδοση : Το LPG είναι μια πηγή καυσίμου πλούσια σε ενέργεια με υψηλότερη ανά μονάδα θερμογόνου δύναμη συγκριτικά με τα κοινά καύσιμα, όπως το ντίζελ, το φυσικό αέριο και η βενζίνη. Είναι ένα καύσιμο ιδιαίτερα αποδοτικό αφού η ενεργειακή του απόδοση μπορεί να είναι ακόμη και πέντε (5) φορές μεγαλύτερη από τα άλλα ορυκτά καύσιμα, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας, μείωση του κόστους αλλά και καλύτερη χρήση των πόρων του πλανήτη. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι ένα (1) kg υγραέριο δίνει ίση ενέργεια με :1,60 lt πετρελαίου, 1,39 kg Μαζούτ 1500, 1,40 kg Μαζούτ 1300 και 1,375 m³ φυσικού αερίου. (Σύγκριση του Υγραερίου με άλλα καύσιμα)

Ευελιξία αποθήκευσης και μεταφοράς : Το LPG είναι ένα εξαιρετικά «ευέλικτο» καύσιμο δεδομένο ότι μπορεί να μεταφερθεί μέσω θαλάσσης και μέσω σιδηροδρομικών και οδικών αξόνων σε όλες τις περιοχές του κόσμου. Επίσης, διατίθεται σε μεγάλη ποικιλία συσκευασίας και αποθήκευσης, που κυμαίνεται από κυλίνδρους με δυνατότητα επαναπλήρωσης μέχρι υπόγειες δεξαμενές.

Χαμηλότερο κόστος συντήρησης του εξοπλισμού : Κατά την καύση του υγραερίου τα παραγόμενα καυσαέρια είναι καθαρά και δεν υπάρχουν αποθέσεις στον λέβητα, τον καυστήρα ή τη καπνοδόχο, καθιστώντας έτσι την ανάγκη καθαρισμού και συντήρησης αυτών σε πιο αραιά διαστήματα.

Ως προς τα μειονέκτημα του υγραερίου, αυτά είναι ελάχιστα. Το σημαντικότερο είναι ότι αποτελεί εξαιρετικά επικίνδυνη ουσία και η συγκέντρωσή της σε μεγάλες ποσότητες εγκυμονεί κινδύνους για τον άνθρωπο σοβαρότερους από κάθε άλλη ουσία που προέρχεται από το αργό πετρέλαιο. Η ορθή και ασφαλής διαχείρισή του υγραερίου απαιτεί την εφαρμογή και τήρηση αυστηρών κανόνων ασφαλείας κατά τη χρήση και αποθήκευσή του αλλά και ειδικά μέσα μεταφοράς.

6.3. Εφαρμογές του Υγραερίου (LPG)

Το υγραέριο έχει ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών, οι οποίες ξεπερνούν τις 1.000 σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγραερίου (World LPG Association-WLPGA). Για το λόγο αυτό είναι γνωστό ως η πιο πολυχρηστική/ πολυδύναμη ενέργεια στο κόσμο. Εκατοντάδες εκατομμύρια άνθρωποι το χρησιμοποιούν και εξαρτώνται από αυτό στο σπίτι, στη βιομηχανία, στη γεωργία έως και στη ψυχαγωγία. Το υγραέριο τροφοδοτεί ακόμη και την Ολυμπιακή Φλόγα. Παρακάτω θα περιγράψουμε συνοπτικά τις σημαντικότερες εφαρμογές του (“LPG Apps - Versatility, eco-friendly nature, robustness makes LPG useful”).

Βιομηχανία : Το υγραέριο είναι ένα ευέλικτο και καθαρό καύσιμο που υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα βιομηχανικών διεργασιών και υπηρεσιών, όπως θέρμανση του χώρου και του νερού, την επεξεργασία μετάλλων, τη ξήρανση, τη παραγωγή τροφίμων, την παραγωγή πετροχημικών, την τροφοδοσία βιομηχανικών φούρνων και πολλές άλλες. Σημαντικό πλεονέκτημά του είναι η υψηλή θερμογόνος δύναμη, οι εξαιρετικά ελεγχόμενες θερμοκρασίες, το ομοιογενές περιεχόμενο και η εύκολη διαθεσιμότητά του. Οι κυριότερες βιομηχανίες που χρησιμοποιούν υγραέριο είναι :

- Βιομηχανίες αερολυμάτων
- Χημικές Βιομηχανίες
- Βιομηχανίες πλαστικού και ελαστικών
- Βιομηχανίες οικοδομικών υλικών
- Βιομηχανίες μετάλλων
- Βιομηχανίες τροφίμων
- Βιομηχανίες ξύλου και επιπλοποιίας
- Βιομηχανίες γυαλιού και κεραμικών
- Βιομηχανίες κλωστοϋφαντουργίας
- Βιομηχανίες δέρματος
- Βιομηχανίες χάρτου και προϊόντων χαρτιού

Γεωργία: Το υγραέριο είναι μία εναλλακτική, φιλική προς το περιβάλλον και ευέλικτη πηγή ενέργειας που μπορεί να προσφέρει μια οργανική και αποτελεσματική γεωργία. Κανένα άλλο καύσιμο δεν προσφέρει συνδυασμό φορητότητας, προσβασιμότητας και ευκολίας στη χρήση. Το υγραέριο χρησιμοποιείται για την αύξηση της παραγωγής και την ποιότητα των γεωργικών προϊόντων μέσω της συγκομιδής των καλλιεργειών, της ξήρανσης, της καταπολέμησης των ζιζανίων, του ελέγχου των θερμοκρασιών στα θερμοκήπια κ.λ.π. Ειδικά για τα θερμοκήπια, η υγρή θερμότητα σε συνδυασμό με το διοξείδιο του άνθρακα CO₂ που παράγεται από τη καύση του υγραερίου συμβάλλει στη καλύτερη απόδοση των καλλιεργειών.

Επαγγελματικός/ Εμπορικός Τομέας : Εκατομμύρια επιχειρήσεις σε όλο το κόσμο, από εστιατόρια έως ξενοδοχεία, από μικρούς επαγγελματίες έως μεγάλες επιχειρήσεις στηρίζονται στο υγραέριο ως πηγή ενέργειας με πολλαπλές εφαρμογές. Είναι η ιδανική επιλογή για επιχειρήσεις που βρίσκονται εκτός δικτύου φυσικού αερίου. Η φορητότητα και η διαθεσιμότητα

του υγραερίου επιτρέπει στις επιχειρήσεις σε κάθε γωνιά του κόσμου να λειτουργούν χρησιμοποιώντας καθαρή και ασφαλή ενέργεια, πιο οικονομική και με περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα άλλα ορυκτά καύσιμα. Οι κυριότεροι καταναλωτές υγραερίου στον τομέα αυτό είναι :

- Αεροδρόμια
- Νοσοκομεία
- Αρτοποιεία
- Εστιατόρια & Μπαρ
- Ξενοδοχεία
- Κατασκευαστικές εταιρείες
- Αποτεφρωτήρια
- Αθλητικές εγκαταστάσεις
- Καθαριστήρια, Πλυντήρια, Στεγνωτήρια
- Καντίνες
- Σιδηρουργεία
- Βαφεία Αυτοκινήτων

Ενέργεια: Το υγραέριο, χάρη στην ευελιξία, την υψηλή απόδοση, τη χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα και τη καθαρή καύση, συμπληρώνει τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τις τεχνολογίες που εξαρτώνται από τις μεταβλητές καιρικές συνθήκες ή το φως της ημέρας.

Κίνηση- Μεταφορές : Το υγραέριο είναι σήμερα το πιο αποδεκτό εναλλακτικό καύσιμο στο τομέα της αυτοβιομηχανίας και χρησιμοποιείται σε πάνω από 23 εκατομμύρια οχήματα παγκοσμίως. Σημαντικό πλεονέκτημα του Autogas(ο όρος που χρησιμοποιείται για το υγραέριο ως καύσιμο οχημάτων) έναντι των άλλων ορυκτών καυσίμων, είναι οι χαμηλότερες εκπομπές ρύπων που συμβάλλουν στην προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας καθώς και στον μετριασμό της απειλής της κλιματικής αλλαγής. Επίσης, το υγραέριο χρησιμοποιείται από διάφορα άλλα οχήματα, όπως φορτηγά, αμαξάκια του γκόλφ, ανυψωτικά οχήματα, οχήματα καθαρισμού δρόμων κλπ. Εκτός της ξηράς, το υγραέριο χρησιμοποιείται ως καύσιμο και στις θαλάσσιες και στις εναέριες μεταφορές, όπως π.χ. από μικρά σκάφη αναψυχής, από μεγάλα πλοία, από αερόστατα και μικρά αεροσκάφη.

Οικιακή Χρήση: Αρκετά δισεκατομμύρια άνθρωποι χρησιμοποιούν το υγραέριο σε διάφορες εφαρμογές σχετικές με την κατοικία. Οι πιο γνωστές από αυτές είναι η θέρμανση, η ψύξη, το μαγείρεμα και η παραγωγή ζεστού νερού. Τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί κατά πολύ η δημοτικότητα των συσκευών οικιακής χρήσης που λειτουργούν με υγραέριο λόγω του ότι είναι πιο οικονομικές, αποδοτικές, φιλικές προς το περιβάλλον και δεν επηρεάζονται από τις διακοπές δικτύων, όπως του ρεύματος και του φυσικού αερίου.

6.4. Δεξαμενές αποθήκευσης Υγραερίου (LPG)

Το υγραέριο αποθηκεύεται σε δεξαμενές, σταθερά μεταλλικά δοχεία πίεσης, που φέρουν κυλινδρικό ή σφαιρικό σχήμα και ικανοποιούν τις απαιτήσεις της Οδηγίας 97/23/EK περί εξοπλισμού υπό πίεση. Οι δεξαμενές αυτές διακρίνονται σε υπέργειες, υπόγειες και επιχωματωμένες¹⁶. Η τοποθέτηση δεξαμενών αποθήκευσης υγραερίου απαγορεύεται σε στεγασμένους χώρους και σε ταράτσες κτηρίων.

Το έδαφος κάτω από τις δεξαμενές πρέπει να επενδύεται με σκυρόδεμα ή να είναι συμπαγές και να είναι κεκλιμένο, ώστε να παρεμποδίζεται η συγκέντρωση οποιουδήποτε υγρού κάτω από αυτές και να εξασφαλίζεται η διοχέτευση υγραερίου μακριά από τις δεξαμενές και κάθε επικίνδυνη περιοχή. Ο χώρος γύρω από τις δεξαμενές θα πρέπει να είναι ελεύθερος από αύλακες, κοιλότητες ή ανοίγματα, εκτός από τα απαιτούμενα για τη συγκέντρωση διαρροής, ώστε να αποφεύγεται ο σχηματισμός θυλάκων αερίου που θα μπορούσαν να επηρεάσουν δυσμενώς την ασφάλεια των δεξαμενών.

Οι υπόγειες δεξαμενές αποθήκευσης υγραερίου πριν τοποθετηθούν θα πρέπει η επιφάνειά τους να καθαριστεί με αμμοβολή ή χημική επεξεργασία και έπειτα να επικαλυφθεί με προστατευτικό επίστρωμα, ανθεκτικό σε συνθήκες διάβρωσης από το έδαφος. Το μέγεθος της εκσκαφής θα πρέπει να είναι αρκετό για την άνετη τοποθέτηση της υπόγειας δεξαμενής, η οποία πρέπει να γίνει με μεγάλη προσοχή ώστε να αποφευχθούν οι ζημιές στο επίστρωμά της. Όταν τοποθετηθεί στη τελική της θέση το επίστρωμα ελέγχεται και επιδιορθώνονται τυχόν ασυνέχειές του. Οι υπόγειες δεξαμενές πρέπει να στηρίζονται σε στηρίγματα από σκυρόδεμα ή λιθοδομή και το υλικό επιχωμάτωσης δεν πρέπει να περιέχει μεγάλες πέτρες ή άλλα υλικά που μπορούν να προκαλέσουν εκδορές.

Οι επιχωματωμένες δεξαμενές θα πρέπει να μελετιούνται ώστε να αντέχουν εκτός από τις εσωτερικές καταπονήσεις και σε εξωτερικές, όπως η πίεση από το έδαφος και το υλικό επιχωμάτωσης, η υδροστατική πίεση, η επίδραση γειτονικών δεξαμενών, οι τριβές με το υλικό επιχωμάτωσης λόγω διαστολών της δεξαμενής και αλλοίωσης της αντιδιαβρωτικής προστασίας. Το υλικό επιχωμάτωσης θα πρέπει να έρχεται σε κατευθείαν επαφή με τη δεξαμενή και να τη καλύπτει κατά 600 mm τουλάχιστον. Επίσης, οι δεξαμενές θα πρέπει να προστατεύονται από τη διάβρωση με κατάλληλο τρόπο, όπως και οι υπόγειες.

Οι δεξαμενές αποθήκευσης υγραερίου, είτε υπέργειες είτε υπόγειες, πρέπει να διατάσσονται με τέτοιο τρόπο ώστε να διατηρούνται οι αποστάσεις ασφαλείας που περιγράφονται στο Κεφάλαιο 2 της ΚΥΑ Δ3/14858/1993 (ΦΕΚ 477/ Β'/1993).

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι ελάχιστες επιτρεπόμενες αποστάσεις ασφαλείας και αναφέρονται στην οριζόντια απόσταση σε κάτοψη μεταξύ των πλησιέστερων σημείων του

¹⁶ Επιχωματωμένες είναι οι δεξαμενές που τοποθετούνται πάνω από το επίπεδο του εδάφους και είναι κατάλληλα καλυμμένες με χώμα ή άλλο αδρανές άφλεκτο υλικό.

κελύφους της δεξαμενής και ενός χαρακτηριστικού σημείου της εγκατάστασης (γειτονική δεξαμενή, κτήριο, όριο ιδιοκτησίας κλπ). Οι αποστάσεις αυτές αφορούν τόσο τις κυλινδρικές όσο και τις σφαιρικές δεξαμενές.

Πίνακας 6.2. Αποστάσεις Δεξαμενών Υγραερίου υπό πίεση σε Εγκαταστάσεις Αποθήκευσης, Εμφιάλωσης, Διακίνησης και Διανομής Υγραερίου

| | | | | | | |
|---|---|----------------------|----------------------------------|----------------------|--------------------|---|
| Από άλλη δεξαμενή υγραερίου υπό πίεση | 0,75 d, όπου d η διάμετρος της μεγαλύτερης δεξαμενής, αλλά τουλάχιστον 1,5m. | | | | | |
| Από ψυχόμενη δεξαμενή υγραερίου υπό χαμηλή πίεση. | d της μεγαλύτερης σε διάμετρο δεξαμενής, αλλά τουλάχιστο 30m. Επί πλέον: 15m από την κορυφή της λεκάνης ασφαλείας της ψυχόμενης δεξαμενής | | | | | |
| Από μονάδες παραγωγής ή επεξεργασίας, εργαστήρια, συνεργεία, αποθήκες, κτίρια γραφείων, εσωτερικούς δρόμους με πυκνή κυκλοφορία μη ελεγχόμενη, όρια ιδιοκτησίας και σταθερές πηγές εναύσεως. | Χωρητικότητα της μεγαλύτερης δεξαμενής σε μια ομάδα | | Μεγίστη χωρητικότητα της ομάδας. | Υπέργειες δεξαμενές | Υπόγειες δεξαμενές | Επιχωματωμένες δεξαμενές |
| | Από(m ³) | Έως(m ³) | m ³ | m | m | m |
| | 0 | 0,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 2,5 |
| | 0,5 | 2,5 | 5 | 3 | 3 | 3 |
| | 2,5 | 9 | 27 | 7,5 | 3 | 3 |
| | 9 | 9 | 600 | 15 | 3 | 5 |
| | 200 | 200 | 1250 | 22,5 | 5 | 10 |
| 200 | 30 | 2250 | 30 | 7,5 | 10 | |
| Από σημεία εμφιάλωσης υγραερίου | Για δεξαμενές | Από(m ³) | | Έως(m ³) | | m |
| | | 0 | | 9 | | 7,5 |
| | | 9 | | 200 | | 15 |
| | | 200 | | | | 25 |
| Από σημεία μετάγγισης (φόρτωσης ή εκφόρτωσης) υγρών καυσίμων ή υγραερίων σε ή από βυτιοφόρα οχήματα, πλοία και σιδηροδρομικά βαγόνια. Αν δεν υπάρχει σημείο μετάγγισης, τότε η απόσταση νοείται από τις παρειές του μεταφορικού μέσου | Για δεξαμενές | Από(m ³) | | Έως(m ³) | | m |
| | | 70 | | 70 | | 7,5 |
| | | 70 | | 1000 | | 10 |
| | | 1000 | | | | 15 |
| Από φιάλες υγραερίου αποθηκευμένες σε ομάδες που είναι εκτός εμφιαλωτηρίου και αποτελούν χωριστή αποθήκη φιαλών | Για δεξαμενές | Από(m ³) | | Έως(m ³) | | m |
| | | 0 | | 70 | | 15 |
| | | 70 | | | | 10 |
| Από λεκάνη ασφαλείας αποθήκης εύφλεκτων υγρών στην ίδια εγκατάσταση | 20m και όταν η μια αποθήκη είναι υπόγεια 10m. Επί πλέον όταν η αποθήκη υγραερίου έχει συνολική χωρητικότητα πάνω από 4.000m ³ τότε η απόσταση μεταξύ δεξαμενής υγραερίου και δεξαμενής εύφλεκτου υγρού με σημείο ανάφλεξης μέχρι και 55°C: 40m με σημείο ανάφλεξης πάνω από 55°C: 25m. | | | | | |
| Από σταθερές αντλίες Πυρόσβεσης | Για δεξαμενές | Από(m ³) | | Έως(m ³) | | m |
| | | 0 | | 70 | | 10 |
| | | 70 | | | | 30 (εκτός εάν το αντλιοστάσιο προστατεύεται επαρκώς έναντι ακτινοβολίας από πυρκαγιά, οπότε η απόσταση μειώνεται στα 10m.) |
| Μεταξύ παρειών υπέργειας και υπόγειας δεξαμενής υγραερίου | 2m | | | | | |
| Μεταξύ παρειών υπόγειων δεξαμενών υγραερίου | 1m | | | | | |
| Μεταξύ παρειάς υπέργειας και στομίου εξόδου βαλβίδας ασφαλείας υπόγειας δεξαμενής | Για υπέργειες δεξαμενές | Από(m ³) | | Έως(m ³) | | m |
| | | 0 | | 200 | | 5 |
| | | 200 | | | | 10 |

Πηγή : (ΚΥΑ Δ3/14858, 1993)

Οι παραπάνω αναγραφόμενες χωρητικότητες νοούνται για κάθε μία δεξαμενή, εκτός αν αναφέρεται ρητά η έννοια της ομάδας. Κάθε ομάδα μπορεί να έχει το μέγιστο 6 δεξαμενές.

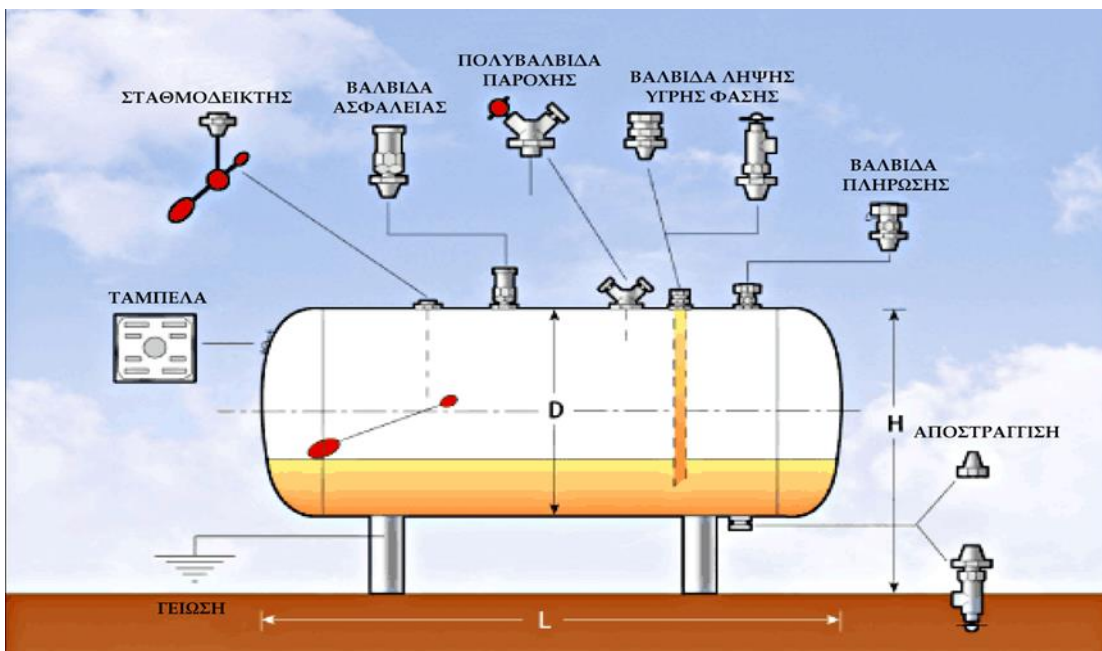
Εάν μεταξύ της δεξαμενής και ενός χαρακτηριστικού στοιχείου της εγκατάστασης παρεμβάλλονται διαχωριστικοί άκαυστοι τοίχοι οι αποστάσεις ασφαλείας μπορούν να ελαττωθούν, εφόσον η δεξαμενή υγραερίου είναι χωρητικότητας μέχρι και 300m³.

Καμία δεξαμενή αποθήκευσης δεν πρέπει να εγκαθίσταται πλησιέστερα των 6 μέτρων από δεξαμενή που περιέχει εύφλεκτο υγρό με σημείο ανάφλεξης κάτω των 65 °C. Επίσης, θα πρέπει να τοποθετείται αρκετά μακριά από δεξαμενές που περιέχουν υγρό οξυγόνο ή άλλες επικίνδυνες ουσίες.

Απαγορεύεται δεξαμενή υγραερίου να τοποθετείται μέσα σε περιφραγμένη από τοίχους περιοχή όπου υπάρχει μία μόνιμη πηγή θερμότητας (π.χ. αγωγοί ατμού) ή όπου υπάρχει οποιαδήποτε θερμαινόμενη δεξαμενή (π.χ. δεξαμενή μαζούτ).

Κάθε δεξαμενή αποθήκευσης θα πρέπει να φέρει τουλάχιστον από ένα από τα κάτωθι εξαρτήματα, κατάλληλα προσαρμοσμένα στα χαρακτηριστικά του υγραερίου και τις συνθήκες λειτουργίας :

- Ανακουφιστική βαλβίδα πίεσης
- Αποστράγγιση ή άλλα μέσα αφαίρεσης ακαθαρσιών του υγρού υγραερίου
- Όργανο ένδειξης ποσότητας περιεχομένου ή δείκτη μέγιστης στάθμης
- Όργανο ένδειξης πίεσης (μανόμετρο)
- Όργανο μέτρησης θερμοκρασίας



Εικόνα 6.2. Ενδεικτικό διάγραμμα εξαρτημάτων υπέργειας δεξαμενής

Πηγή : <https://www.andrianos.gr>

6.5. Πιθανά σενάρια ατυχημάτων σε εγκαταστάσεις Υγραερίου (LPG)

Το υγραέριο, όπως και τα άλλα ορυκτά καύσιμα (π.χ. βενζίνη, ντίζελ, κηροζίνη) είναι εξαιρετικά εύφλεκτο. Εκτός όμως της ευφλεξιμότητάς του φέρει και τον σοβαρό κίνδυνο της έκρηξης, λόγω του ότι αποθηκεύεται υπό πίεση και οποιαδήποτε αστοχία στη δεξαμενή αποθήκευσης μπορεί να προκαλέσει σοβαρό ατύχημα μεγάλης έκτασης.

Τα πιο κοινά ατυχήματα σε εγκαταστάσεις που διαχειρίζονται υγραέρια, τα οποία αναλύονται και ως πιθανά σενάρια στη Μελέτη Ασφαλείας σύμφωνα με την Οδηγία SEVESO III (Κ.Υ.Α. 172058/2016 -ΦΕΚ 354 Β/ 17-2-2016) είναι (Μουζάκης, 2017b):

- ✓ Ολική ρήξη της δεξαμενής που οδηγεί σε BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) με τη δημιουργία πύρινης σφαίρας (Fireball)
- ✓ Έκρηξη Αέριου Νέφους (Unconfined Vapour Cloud Explosion UVCE)
- ✓ Γλώσσα Φωτιάς (Jet Fire)
- ✓ Στιγμιαία Ανάφλεξη Αερίου Νέφους (Flash Fire)
- ✓ Σχηματισμός Λίμνης και Ανάφλεξής της (Pool Fire) ¹⁷
- ✓ Διασπορά νέφους χωρίς ανάφλεξη εύφλεκτου ή τοξικού (Dispersion)

Οι εγκαταστάσεις που διαχειρίζονται υγραέρια είναι ιδιαίτερες επικίνδυνες γιατί, όπως έχει αποδειχτεί στο παρελθόν, τις περισσότερες φορές ένα από τα προαναφερόμενα ατυχήματα γίνεται η αιτία πρόκλησης πολλαπλασιαστικών φαινομένων (φαινόμενο Domino). Σημαντικό παράδειγμα αποτελεί το ατύχημα στα διυλιστήρια της εταιρείας ELF στη πόλη Feyzin της Γαλλίας το 1966, όπου για πρώτη φορά μελετήθηκε το φαινόμενο BLEVE.

Πίνακας 6.3. Λίστα με τα σημαντικότερα ατυχήματα που περιλαμβάνουν φαινόμενο Domino

| Location | Chemical | Date | Deaths | Injury |
|-----------------------|-------------------------------|-----------------|--------|------------|
| Texas City, USA | Ammonium nitrate | April, 1947 | 552 | 3000 |
| Nigata, Japan | Natural gas | June, 1964 | 3 | |
| Feyzin, France | Propane | January, 1966 | 18 | 81 |
| Texas City, USA | Butadiene | October, 1969 | 13 | 5 |
| Crescent City, USA | Liquefied petroleum gas (LPG) | June, 1970 | 0 | 66 |
| Beek, The Netherlands | Pressurized Naptha | November, 1975 | 14 | 104 |
| Westwego, USA | Grain | December, 1977 | 36 | 10 |
| Galveston, USA | Grain | December, 1977 | 15 | 5 |
| Texas City, Texas | Liquefied petroleum gas (LPG) | November, 1978 | 7 | 10 |
| Borger, USA | Light hydrocarbons | January, 1980 | 0 | 41 |
| Livingston, US | Petrochemicals | September, 1982 | | No details |
| Mexico City, Mexico | LPG | November, 1984 | 650 | 6400 |
| Antwerp, Belgium | Ethylene oxide | July, 1987 | | No details |
| Antwerp, Belgium | Ethylene oxide | March, 1989 | 2 | 5 |
| Pasadena, USA | Isobutane | October, 1989 | 23 | 103 |
| Nagothane, India | Ethane and propane | November, 1990 | 31 | 63 |
| Bradford, UK | Azodiisobutyronitrile (AZDN) | July, 1992 | | No details |
| Vishakhapatnam, India | LPG | September, 1997 | 60 | |

Πηγή : (Khan and Abbasi, 1998)

¹⁷ Τα φαινόμενα αυτά αναλύονται στο Κεφάλαιο 3 της παρούσας εργασίας.

Κεφάλαιο 7.

Μελέτη περίπτωσης: Εγκατάσταση διακίνησης, αποθήκευσης και εμφιάλωσης υγραερίου (LPG)

7.1. Γενικά στοιχεία περί εγκαταστάσεων υγραερίου (LPG)

Οι εγκαταστάσεις διακίνησης, αποθήκευσης και εμφιάλωσης υγραερίου (LPG) εντάσσονται στο πεδίο εφαρμογής της Οδηγία Seveso III (άρθρο 2) και διαχωρίζονται σε κατώτερης βαθμίδας (low tier establishments) όταν οι ποσότητες των επικίνδυνων ουσιών που διαχειρίζονται είναι ≤ 50 ton και σε ανώτερης βαθμίδας (upper tier establishments) όταν αυτές είναι ≥ 200 ton.

Οι κύριες διαδικασίες οι οποίες λαμβάνουν χώρα στις εγκαταστάσεις αυτές είναι οι κάτωθι:

- Πλήρωση των δεξαμενών με υγραέριο μέσω βυτιοφόρων οχημάτων ή αγωγών ή πλοίων μεταφοράς ή βυτιοφόρων βαγονιών
- Πλήρωση των βυτιοφόρων οχημάτων με υγραέριο από τις δεξαμενές της εγκατάστασης
- Εμφιάλωση μικρών ή μεγάλων φιαλών με υγραέριο για οικιακή ή επαγγελματική χρήση

Το υγραέριο, όπως έχει προαναφερθεί, είναι μία εξαιρετικά εύφλεκτη ουσία και οι εγκαταστάσεις που τη διαχειρίζονται οφείλουν να τηρούν και να συμμορφώνονται με τους θεσπισμένους κανονισμούς για την πρόληψη και αντιμετώπιση των κινδύνων, οι οποίοι δύνανται να προκαλέσουν ατυχήματα μεγάλης έκτασης.

Το Joint Research Center (JRC) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής ανέλυσε 88 ατυχήματα στα οποία εμπλέκεται υγραέριο (LPG) και έχουν καταγραφεί σε διάφορες βάσεις δεδομένων (e-MARS, ARIA, Chemical Safety Board, National Safety Transportation Board, ZEMA και Health and Safety Executive). Συμπεριελήφθησαν ατυχήματα για τα οποία υπήρχαν πληροφορίες για τα αίτια πρόκλησης. Η πλειοψηφία των ατυχημάτων συνέβησαν στην Ευρωπαϊκή Ένωση και τη Βόρεια Αμερική και αφορούσαν στο διάστημα 1966 έως 2019. Από τη μελέτη αυτή προέκυψε ότι το 51% των ατυχημάτων (45 ατυχήματα) συνέβησαν σε εγκαταστάσεις διακίνησης και αποθήκευσης LPG και το 20% σε εγκαταστάσεις παραγωγής LPG. Μόνο από τα 34 ατυχήματα προκλήθηκαν 600 θάνατοι και 7.000 τραυματισμοί, ενώ οι οικονομικές συνέπειες ήταν αρκετά μεγάλες. Το θετικό στοιχείο που προκύπτει από την ανάλυση είναι ότι με το πέρασμα των δεκαετιών τα ατυχήματα είχαν όλο και μικρότερη επίπτωση στην ανθρώπινη υγεία, αφού σημειώθηκαν λιγότεροι θάνατοι και τραυματισμοί. (MAH Bulletin, 2019)

Στις εγκαταστάσεις διακίνησης, αποθήκευσης και εμφιάλωσης υγραερίου η πλειοψηφία των ατυχημάτων συμβαίνει κατά τη διαδικασία πλήρωσης και εκκένωσης των δεξαμενών και οφείλονται είτε σε αστοχία εξοπλισμού είτε σε ανθρώπινο λάθος.

7.2. Τρόπος λειτουργίας Εγκατάστασης διακίνησης, αποθήκευσης και εμφιάλωσης υγραερίου (LPG)

Οι εγκαταστάσεις διακίνησης, αποθήκευσης και εμφιάλωσης υγραερίου διαχωρίζονται κυρίως στα κάτωθι τμήματα :

- δεξαμενές αποθήκευσης
- κτηριακές εγκαταστάσεις διοίκησης και προσωπικού
- εμφιαλωτήριο
- αποθηκευτικοί χώροι φιαλών και φιαλιδίων
- λοιποί βοηθητικοί χώροι (υπαίθριοι ή ημιυπαίθριοι)

Η προμήθεια των εγκαταστάσεων με υγραέριο γίνεται μέσω αγωγών¹⁸, μέσω ειδικών φορητών πλοίων¹⁹, μέσω βυτιοφόρων φορητών ειδικά κατασκευασμένα για μεταφορά υγροποιημένων αερίων και μέσω βυτιοφόρων βαγονιών.

Παρακάτω θα αναφέρουμε συνοπτικά τις βασικές διεργασίες μιας εγκατάστασης διακίνησης, αποθήκευσης και εμφιάλωσης υγραερίου, η οποία προμηθεύεται το υγραέριο από ειδικά βυτιοφόρα οχήματα (χερσαία οδική μεταφορά).

7.2.1. Πλήρωση και Κένωση Δεξαμενών Αποθήκευσης

Η πλήρωση και κένωση των δεξαμενών αποθήκευσης υγραερίου αποτελούν τις σημαντικότερες ίσως διεργασίες στις εν λόγω εγκαταστάσεις.

Οι δεξαμενές και το δίκτυο σωληνώσεων ως προς την κατασκευή, την τοποθέτηση και τα εξαρτήματά τους, θα πρέπει να τηρούν τους όρους και τις προϋποθέσεις που ορίζει το άρθρο 2 της ΚΥΑ Δ3/14858/1993 και η Οδηγία 97/23/ΕΕ περί εξοπλισμού υπό πίεση (Οδηγία 97/23/ΕΕ).

Από τις δεξαμενές ξεκινά ένα δίκτυο σωληνώσεων που τις συνδέει με τους υπόλοιπους χώρους της εγκατάστασης. Τα ειδικά βυτιοφόρα οχήματα σταθμεύουν στον ειδικό χώρο μετάγγισης και μέσω του αντλιοστασίου γίνεται η πλήρωση και η κένωση των δεξαμενών είτε μέσω σταθερών σωληνώσεων είτε μέσω εύκαμπτων ελαστικών σωλήνων είτε μέσω συνδυασμού σταθερών και εύκαμπτων ελαστικών σωλήνων. Οι σωλήνες συνδέονται με τις δεξαμενές με ειδικά προσαρμοσμένα εξαρτήματα, τα οποία έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί ώστε να είναι ανθεκτικά στη δράση του υγραερίου σε συνθήκες λειτουργίας. Τα εξαρτήματα

¹⁸ Μέσω αγωγών γίνεται συνήθως η προμήθεια των εγκαταστάσεων που βρίσκονται κοντά σε διυλιστήρια.

¹⁹ Μέσω φορητών πλοίων γίνεται συνήθως η προμήθεια των εγκαταστάσεων που βρίσκονται κοντά σε ακτές.

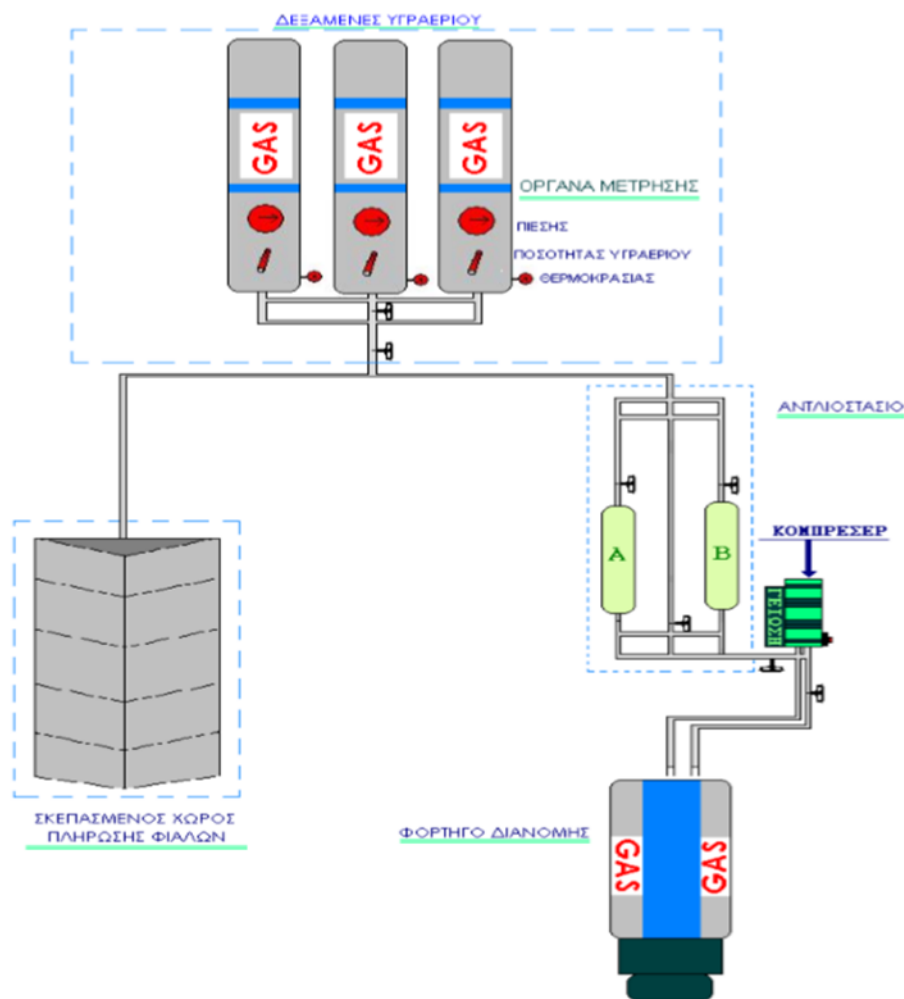
αυτά (π.χ. ρακόρ, μούφες, φλάντζες, μαστοί) βιδώνονται ή προσδένονται με χρήση κοχλιών και περικοχλίων. Στη περίπτωση των ελαστικών σωλήνων απαραίτητη είναι η εγκατάσταση αυτόματων ή τηλεχειριζόμενων βαλβίδων διακοπής υπερβολικής ροής για αποφυγή διαρροής υγραερίου από αστοχία του ελαστικού σωλήνα ή της σύνδεσής του. Η μετάγγιση επιτυγχάνεται με τρεις τρόπους (ΚΥΑ Δ3/14858, 1993).

- Με τη χρήση αντλιών : το υγραέριο στην υγρή του φάση ρέει μέσω των σωληνώσεων μέχρι την αντλία όπου του δίδεται η απαιτούμενη ενέργεια για να συνεχίσει τη ροή του παρακάτω με μεγαλύτερη πίεση, εξισορροπώντας τη διαφορά πίεσης ανάμεσα στην αναρρόφηση της αντλίας και στη δεξαμενή. Όλες οι αντλίες θετικής εκτόπισης θα πρέπει να διαθέτουν παρακαμπτήριους κλάδους (by pass διάταξη) ή οποιαδήποτε άλλη προστασία από την υπερπίεση, η οποία θα εκτονώνεται στην αναρρόφηση της αντλίας ή σε άλλη ασφαλή θέση.
- Με τη χρήση συμπιεστών : κατά τη διαδικασία αυτή ο συμπιεστής ρουφάει την αέρια φάση του υγραερίου από την δεξαμενή προς πλήρωση και την μεταφέρει στο τμήμα αέριας φάσης της δεξαμενής τροφοδοσίας. Με τη διαδικασία αυτή μειώνεται η πίεση στην προς πλήρωση δεξαμενή και λόγω της απουσίας της αέριας φάσης δημιουργείται διαφορά πιέσεων αναγκάζοντας την υγρή φάση σε κίνηση. Από την άλλη μεριά, στη δεξαμενή τροφοδοσίας λόγω της μεταφοράς σε αυτή της αέριας φάσης αυξάνεται η πίεση με αποτέλεσμα την αύξηση του ρυθμού μετάγγισης. Με τη χρήση των συμπιεστών επιτυγχάνεται η πλήρης εκκένωση των δεξαμενών. Κάθε συμπιεστής θα πρέπει να είναι εξοπλισμένος με ανακουφιστικές της πίεσης διατάξεις όπως παγίδα υγρής φάσης πριν τη διαδικασία της αναρρόφησης και ασφαλιστική βαλβίδα ανακούφισης κατά τη διαδικασία της εκτόνωσης.
- Με «φυσική ροή» : η μέθοδος αυτή αποτελεί τον απλούστερο τρόπο μετάγγισης υγραερίου και γίνεται με την παρούσα διαφορά πίεσης ανάμεσα στις δεξαμενές τροφοδοσίας και υπό πλήρωσης. Δεν χρησιμοποιείται συχνά γιατί απαιτεί συνδυασμό πολλών μεταβλητών προκειμένου να είναι επιτυχής και ασφαλής.

Η πλήρωση των δεξαμενών έχει ανώτατο όριο το 82% του συνολικού τους όγκου όταν πρόκειται για προπάνιο και το 85% όταν πρόκειται για βουτάνιο ή μίγμα. Ο έλεγχος του ορίου ασφαλείας γίνεται με τη χρήση αριθμημένης βέργας από εξειδικευμένο τεχνικό προσωπικό.

Οι σημαντικότερες ενέργειες που απαιτούνται κατά τη διαδικασία πλήρωσης και κένωσης των δεξαμενών είναι :

- Γείωση του βυτιοφόρου μέσω ειδικού αγωγού γείωσης
- Σύνδεση των σωληνώσεων φόρτωσης (υγρής και αέριας φάσης)
- Μηδενισμός λιτρόμετρου βυτιοφόρου
- Προτοποθέτηση της μέγιστης ποσότητας σε λίτρα μέσω του ειδικού λιτρόμετρου
- Άνοιγμα βαλβίδων παροχής υγραερίου
- Συνεχής παρακολούθηση για ασφαλή πλήρωση
- Κλείσιμο αντλίας ή συμπιεστή υγραερίου
- Κλείσιμο βαλβίδων παροχής υγραερίου



Εικόνα 7.1. Σχηματική απεικόνιση μιας εγκατάστασης αποθήκευσης, διακίνησης και εμφιάλωσης υγραερίου

Πηγή : (Καλογεράκου, 2007)

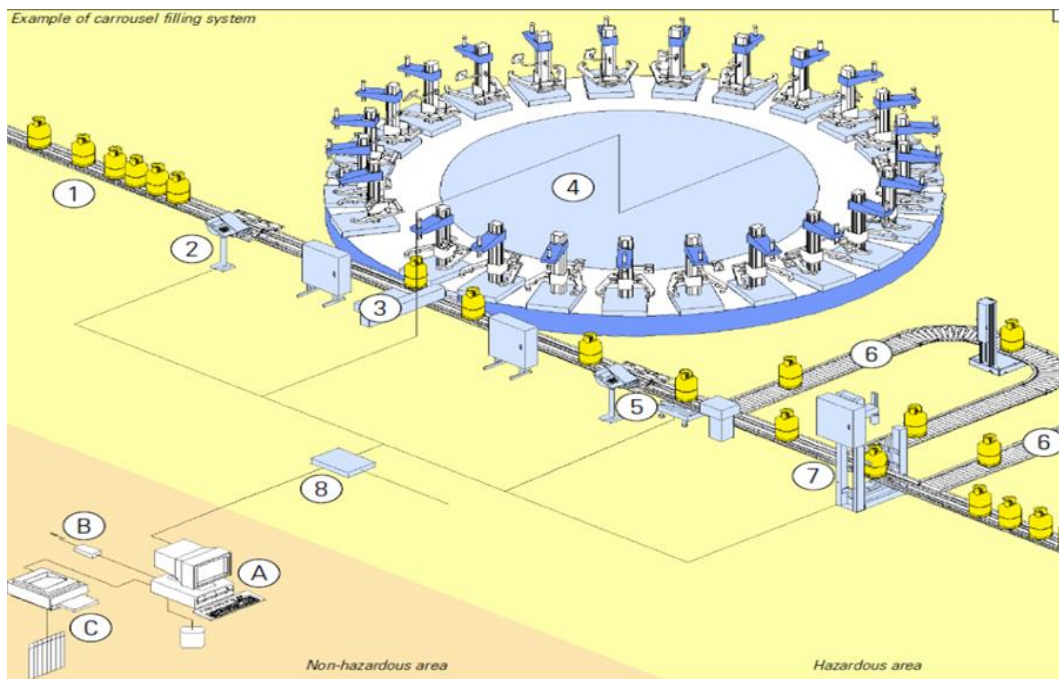
7.2.2. Εμφιάλωση Υγραερίου σε φιάλες

Οι χώροι εμφιάλωσης πρέπει να είναι κατασκευασμένοι, εξοπλισμένοι και να λειτουργούν σύμφωνα με τους όρους και τις προϋποθέσεις που αναφέρονται στο άρθρο 6 της ΚΥΑ Δ3/14858/1993. Το υγραέριο μέσω αντλιών και σωληνώσεων μεταφέρεται από τις δεξαμενές αποθήκευσης στο εμφιαλωτήριο για την πλήρωση των κενών φιαλών. Η διαδικασία πλήρωσης ακολουθεί τα κάτωθι βήματα (Shimul Hossain et al., 2019) :

- Οπτικός έλεγχος των φιαλών. Αν κάποια φιάλη χρήζει επισκευής αφαιρείται και οι υπόλοιπες κατάλληλες φιάλες μεταφέρονται στο χώρο πλήρωσης.
- Πλύση των φιαλών και έλεγχος ελαστικού δακτυλίου. Με τη χρήση συνήθως πλυστικών μηχανημάτων απομακρύνονται τυχόν σκόνες, λάσπες και ακαθαρσίες από την εξωτερική επιφάνεια των φιαλών. Στη συνέχεια, ελέγχεται ο ελαστικός δακτύλιος ("O" ring) που απαιτείται για την αποφυγή διαρροής υγραερίου και οι φιάλες τοποθετούνται στην αλυσίδα

μεταφοράς τους, η οποία εκτείνεται σε όλο τον χώρο του εμφιαλωτηρίου και τις μετακινεί από το αρχικό στάδιο πλήρωσης ως το τελευταίο (φόρτωση σε μεταφορικά μέσα).

- Έλεγχος απόβαρου φιαλών. Απαραίτητη διαδικασία για την ακριβή πλήρωση κάθε φιάλης με υγραέριο. Στη συνέχεια οι φιάλες μεταφέρονται στο καρουζέλ.
- Πλήρωση φιαλών. Οι φιάλες μεταφέρονται στο καρουζέλ προς πλήρωση. Το καρουζέλ είναι ένα σύγχρονο μηχάνημα για πλήρωση φιαλών σε ομάδες. Αποτελείται από ένα πλαίσιο με τροχούς κίνησης, ράγες, μια κεντρική στήλη για LPG και αέρα και μια μονάδα οδήγησης γύρω από την κεντρική στήλη. Η κύρια αρχή λειτουργίας του συνίσταται στη χρήση κεφαλών πλήρωσης διαμορφωμένων σε κυκλικό τρόπο ώστε η κάθε φιάλη που εισέρχεται γεμίζει καθώς περιστρέφεται και αφού γεμίσει αφήνεται στο σημείο που εισήλθε.



Εικόνα 7.2. Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας καρουζέλ

Πηγή : (Guidelines for Good Industry Practices LPG Cylinder Filling, 2017)

- Έλεγχος βάρους των φιαλών. Στο στάδιο αυτό ελέγχεται το μικτό βάρος των γεμισμένων φιαλών. Αν η εμφιάλωση ολοκληρώθηκε οι φιάλες περνάνε στο επόμενο στάδιο, διαφορετικά αφήνονται για ένα ακόμη κύκλο στο καρουζέλ.
- Έλεγχος διαρροών. Στο στάδιο αυτό οι φιάλες ελέγχονται για τυχόν διαρροές από οποιοδήποτε σημείο (σώμα, βαλβίδα, εξαρτήματα). Ο συνήθης τρόπος ανίχνευσης διαρροών είναι η βύθιση των φιαλών στο νερό. Οι μεγάλες βιομηχανίες χρησιμοποιούν ειδικούς αυτόματους ανιχνευτές διαρροών από τη βαλβίδα και τη κεφαλή, ενώ για το σώμα της φιάλης ο ασφαλής τρόπος παραμένει η βύθιση σε νερό. Οι φιάλες που παρουσιάζουν διαρροές απομονώνονται άμεσα.
- Πωματισμός βαλβίδας. Όσες φιάλες πέρασαν με επιτυχία τον έλεγχο των διαρροών, περνούν στο στάδιο τοποθέτησης ειδικού προστατευτικού καλύμματος της βαλβίδας, ασφαρίζοντάς τη από τυχόν διαρροές.

Με την ολοκλήρωση όλων των παραπάνω σταδίων οι φιάλες είναι έτοιμες για φόρτωση σε μεταφορικά μέσα και διάθεση ή για αποθήκευση σε ειδικούς χώρους της εγκατάστασης και διάθεση σε μεταγενέστερο χρόνο.

Η διαδικασία της εμφιάλωσης ενέχει σοβαρούς κινδύνους ατυχημάτων και για το λόγω απαιτείται η τήρηση όλων των μέτρων ασφαλείας. Το προσωπικό που εργάζεται θα πρέπει να είναι εξειδικευμένο και να φορά προστατευτικό εξοπλισμό (γάντια, κράνη, ειδικά παπούτσια, μάσκες προσώπου κλπ). Απαραίτητος είναι ο αυστηρός έλεγχος του εξοπλισμού πριν τη χρησιμοποίησή του αλλά και των φιαλών πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την πλήρωσή τους.

7.2.3. Μέτρα Πρόληψης και Προστασίας

Οι εγκαταστάσεις διακίνησης, αποθήκευσης και εμφιάλωσης υγραερίου, λόγω της αυξημένης επικινδυνότητάς τους, εφαρμόζουν μια σειρά μέτρων για τον περιορισμό των συνεπειών ατυχημάτων μεγάλης κλίμακας και την μεγαλύτερη δυνατή εξάλειψη των αιτών δημιουργίας τους. Τα σημαντικότερα μέτρα ασφαλείας που λαμβάνουν αφορούν κυρίως τις κρίσιμες υποδομές της εγκατάστασης, όπως τις δεξαμενές αποθήκευσης, τους χώρους φόρτωσης – εκφόρτωσης βυτιοφόρων, τις σωληνώσεις, το αντλιοστάσιο και το εμφιαλωτήριο. Τα μέτρα αυτά περιλαμβάνουν :

- Πρόγραμμα συντήρησης όλου του εξοπλισμού της εγκατάστασης, συμπεριλαμβανομένων και των δεξαμενών αποθήκευσης, από πιστοποιημένο φορέα. Ο έλεγχος των δεξαμενών περιλαμβάνει οπτικό εσωτερικό και εξωτερικό έλεγχο, έλεγχο πάχους ελασμάτων με τη μέθοδο υπερήχων, επίβλεψη υδραυλικής δοκιμής και τοποθέτησης ασφαλιστικών.
- Κατασκευή των δεξαμενών και των σωληνώσεων σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά και διεθνή πρότυπα.²⁰
- Κεκλιμένο έδαφος στο χώρο των δεξαμενών για αποφυγή συσσώρευσης υγρών.
- Ενδεικτικά πίεσης στην οροφή των δεξαμενών.
- Μέτρηση στάθμης δεξαμενών μέσω ηλεκτρονικού συστήματος με ένδειξη στο χώρο εκφόρτωσης των βυτιοφόρων και σε σημείο εντός της παραγωγής.
- Συστήματα καταιονισμού για την ψύξη των δεξαμενών, αυτόματα και χειροκίνητα.
- Ηλεκτρονικός μετρητής θερμοκρασίας. Όταν η θερμοκρασία υπερβεί τους 39°C , γίνεται αυτόματη εκκίνηση του καταιονισμού και δίνεται ηχητικό σήμα εντός της εγκατάστασης. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, ο καταιονισμός τίθεται προληπτικά σε λειτουργία από τους υπεύθυνους της εγκατάστασης για την ψύξη των δεξαμενών.
- Ανιχνευτές υγραερίου κάτω από τις δεξαμενές, οι οποίοι σε περίπτωση διαρροής πάνω από τα ρυθμιζόμενα όρια σηματοδοτούν συναγερμό στο χώρο των δεξαμενών και της εγκατάστασης.
- Ασφαλιστικές βαλβίδες στην οροφή των δεξαμενών με ειδικό καπάκι για προστασία από βροχή και ρυθμισμένες να ενεργοποιούνται όταν η πίεση στο εσωτερικό των δεξαμενών ξεπεράσει το επιτρεπόμενο όριο.
- Ανακουφιστικές βαλβίδες στους αγωγούς παραλαβής (υγρή-αέρια φάση) καθώς και στη γραμμή εξόδου των δεξαμενών.

²⁰ Από το 2002 οι δεξαμενές αποθήκευσης και οι σωληνώσεις θα πρέπει να κατασκευάζονται σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 97/23/ΕΕ περί εξοπλισμού υπό πίεση.

- Χρήση γείωσης πριν την έναρξη φόρτωσης- εκφόρτωσης βυτιοφόρων.
- Η πλήρωση και κένωση των δεξαμενών γίνεται πάντα με παρουσία και επίβλεψη εξειδικευμένου προσωπικού.
- Η εκτέλεση της εξυδάτωσης γίνεται μόνο από κατάλληλο εκπαιδευμένο προσωπικό και παρουσία του υπευθύνου της εγκατάστασης.
- Συστήματα πυρανίχνευσης, πυροσβεστικές φωλιές και φορητά συστήματα πυρόσβεσης και συστήματα καταιονισμού στις δεξαμενές, στο σημείο φόρτωσης- εκφόρτωσης των βυτιοφόρων και στο εμφιαλωτήριο.
- Ευκρινής σήμανση στην είσοδο του χώρου των δεξαμενών αποθήκευσης σχετικά με την επικινδυνότητα του υγραερίου.
- Τα βυτιοφόρα οχήματα φέρουν πιστοποίηση ADR²¹
- Ρείθρο από σκυρόδεμα περιμετρικά των δεξαμενών, των σωληνώσεων, του αντλιοστασίου και του σημείου μετάγγισης ώστε να αποφεύγεται η τυχαία πρόσκρουση από οχήματα και άλλα μηχανήματα.
- Σύστημα αντικεραυνικής προστασίας της εγκατάστασης.
- Περίφραξη και φύλαξη της εγκατάστασης για αποφυγή μη εξουσιοδοτημένων ενεργειών και εισόδου.
- Χρήση κατάλληλων μέσων ατομικής προστασίας από το προσωπικό της εγκατάστασης.
- Συνεχής κατάρτιση του προσωπικού σε ζητήματα ασφάλειας.
- Σχέδια Έκτακτης Ανάγκης²² για την αντιμετώπιση εκτάκτων καταστάσεων.
- Μελέτη εκτίμησης επαγγελματικού κινδύνου.

7.3. Σενάρια ατυχημάτων και υπολογισμός ζωνών επικινδυνότητας

Σύμφωνα με την ΚΥΑ 172058/2016 (Οδηγία Seveso III) στη Μελέτη Ασφαλείας που κατατίθεται για κάθε εγκατάσταση, η οποία εντάσσεται στο πλαίσιο εφαρμογής της, απαραίτητη είναι η εξέταση πιθανών σεναρίων ατυχημάτων ανάλογα με τον τύπο της εγκατάστασης. Τα σενάρια αυτά περιγράφονται στο Παράρτημα ΙΧ της ως άνω ΚΥΑ. Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται τα πιθανά σενάρια ατυχημάτων που πρέπει να εξετάζονται στις εγκαταστάσεις αποθήκευσης υγραερίου και αερίων υπό πίεση.

²¹ Ευρωπαϊκή Συμφωνία για τη διεθνή μεταφορά επικίνδυνων εμπορευμάτων μέσω εσωτερικών πλωτών οδών, γνωστή ως ADR

²² Σχέδια Έκτακτης Ανάγκης για α) Παροχή Α' Βοηθειών, β) για αντιμετώπιση διαρροής υγραερίου, γ) για αντιμετώπιση σεισμού, δ) για αντιμετώπιση πυρκαγιάς, ε) για εκκένωση κλπ.

Πίνακας 7.1. Σενάρια Πιθανών Ατυχημάτων σε εγκαταστάσεις αποθήκευσης υγραερίου και αερίων υπό πίεση

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ LPG / ΥΓΡΑΕΡΙΟ & ΑΕΡΙΩΝ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ.

| ΠΙΘΑΝΑ ΣΕΝΑΡΙΑ | ΑΡΧΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ | ΑΣΤΟΧΙΑ |
|---|--|--|
| BLEVE - Πύρινη σφαίρα (Fireball) Γλώσσα Φωτιάς (Jet fire) Στιγμαία ανάφλεξη (Flash fire) Έκρηξη αερίου νέφους (VCE / UVCE) Διασπορά τοξικών χωρίς ανάφλεξη σε συνθήκες που τεκμηριώνονται από τις συνθήκες λειτουργίας και περιβάλλοντος της εγκατάστασης ή ενδεικτικά D5 και F2 Λίμνη Φωτιάς (Pool fire) Ανατροπή φάσεων (Roll over)(για καταψυχόμενα προϊόντα μόνο) | Εσωτερική (λάθος χειρισμός, αστοχία υλικών κλπ) Εξωτερική (σεισμός, ακραία καιρικά φαινόμενα κλπ) | Μερική θραύση της δεξαμενής Καταστροφική θραύση της δεξαμενής και διαφυγή όλου του περιεχομένου Δεξαμενή / Αποθήκη Φιαλών / Βυτιοφόρα Σύνδεσμοι Αγωγού- Δεξαμενής - Βαλβίδας Γραμμή τροφοδοσίας – αγωγοί (μικρή, μερική και καταστροφική θραύση) Διαχείριση προϊόντος Αντλίες |

Πηγή : (Κ.Υ.Α. 172058/2016)

Στη συνέχεια θα εξετασθούν πιθανά σενάρια ατυχημάτων σε μια υπάρχουσα εγκατάσταση διακίνησης, αποθήκευσης και εμφιάλωσης υγραερίου, τα οποία θα μοντελοποιήσουμε με τη χρήση του λογισμικού προγράμματος ALOHA για τη διεξαγωγή αποτελεσμάτων σχετικά με την εκτίμηση των επιπτώσεών τους.

Η εγκατάσταση που έχει επιλεγεί είναι η Kinetic Gas S.A. , η οποία βρίσκεται στη θέση Προφήτης Ηλίας της Δ.Κ. Κατοχής του Δήμου Ι.Π. Μεσολογγίου στο νομό Αιτωλοακαρνανίας. Το γήπεδο στο οποίο βρίσκεται η εγκατάσταση είναι σε αγροτική περιοχή, εκτός σχεδίου πόλης και εκτός ορίων οικισμού και έχει έκταση 12.520 m².



Εικόνα 7.3. Θέση εγκατάστασης Kinetic Petrol & Gas S.A. στη Κατοχή Δήμου Ι.Π. Μεσολογίου

Πηγή: Μελέτη Ασφαλείας Kinetic Petrol & Gas S.A

Η Kinetic Petrol & Gas S.A, σύμφωνα με την Οδηγία Seveso, ανήκει στις εγκαταστάσεις ανώτερης βαθμίδας αφού οι επικίνδυνες ουσίες που διαχειρίζεται είναι ≥ 200 ton. Συγκεκριμένα η εγκατάσταση διαθέτει πέντε (5) υπέργειες οριζόντιες κυλινδρικές δεξαμενές αποθήκευσης υγραερίου συνολικής χωρητικότητας 503 m^3 , εκ των οποίων οι τρεις (3) είναι χωρητικότητας 125 m^3 έκαστην, η μία (1) χωρητικότητας 120 m^3 και μία (1) μικρότερη χωρητικότητας 17 m^3 .

7.3.1. Παραδοχές σεναρίων

Η δεξαμενή που επιλέχθηκε για τον σχεδιασμό των πιθανών σεναρίων αστοχίας είναι οριζόντια κυλινδρική δεξαμενή προπανίου²³ μήκους 20 m, χωρητικότητας 125 m^3 με πληρότητα 80%. Το προπάνιο έχει υγροποιηθεί υπό πίεση και είναι αποθηκευμένο σε ατμοσφαιρικές συνθήκες.

Όσο αφορά στις υπόλοιπες παραδοχές, τα πιθανά σενάρια ατυχημάτων τοποθετούνται τον μήνα Αύγουστο με μέση θερμοκρασία περιβάλλοντος στη περιοχή των Ονιαδών τους $33 \text{ }^\circ\text{C}$

²³ Επιλέγεται το προπάνιο διότι το λογισμικό πρόγραμμα ALOHA έχει τη δυνατότητα να μοντελοποιεί και να δίνει αποτελέσματα μόνο για καθαρές χημικές ουσίες και μερικά διαλύματα αυτών και όχι μείγματα όπως το LPG (βουτάνιο-προπάνιο).

και μέση σχετική υγρασία 55% ("World Weather Online") Για τις συνθήκες περιβάλλοντος επιλέχθηκαν η D5 (ουδέτερη ευστάθεια με ταχύτητα ανέμου 5m/sec, ως η πλέον πιθανή) και η F2 (σταθερή ευστάθεια με ταχύτητα ανέμου 2m/sec, ως η δυσμενέστερη), όπως ορίζονται στο Παράρτημα ΙΧ της ΚΥΑ 172058/2016 . Οι άνεμοι πνέουν από ανατολή.

7.3.2. Σενάρια και Αποτελέσματα

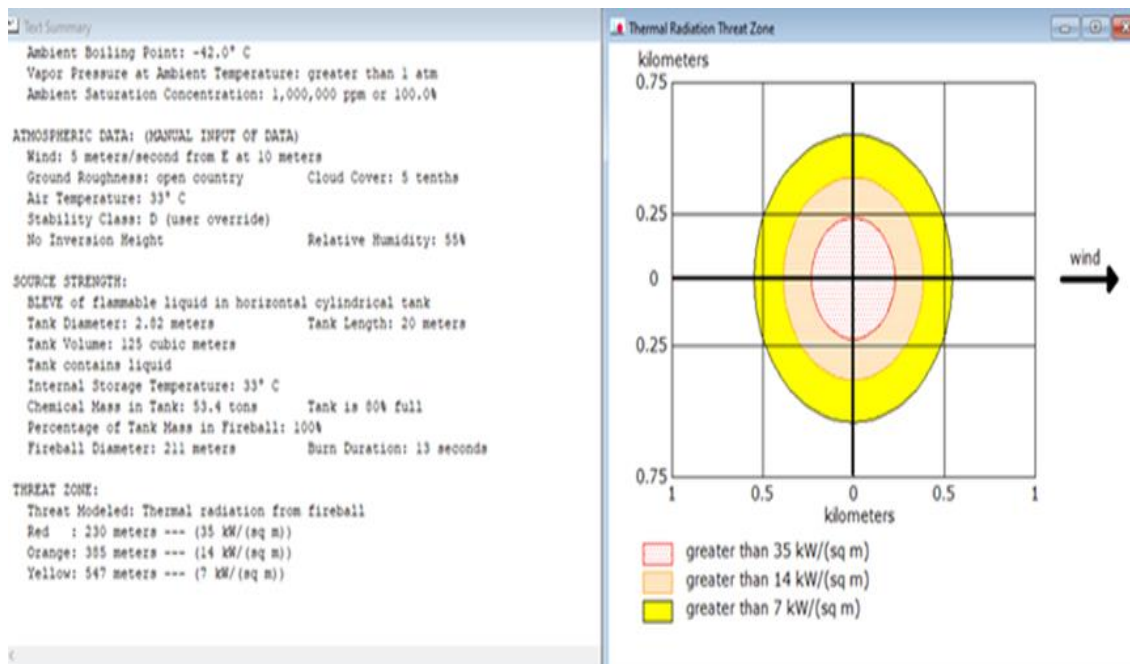
Τα χαρακτηριστικά στοιχεία της χημικής ουσίας του προπανίου, όπως προκύπτουν από το λογισμικό ALOHA

| | | |
|--|-------------------------------|----------------------------|
| SITE DATA: | | |
| Location: KATOCHI MESSOLONGHIU, GREECE | | |
| Building Air Exchanges Per Hour: 0.90 (unsheltered single storied) | | |
| Time: April 24, 2020 1446 hours DST (using computer's clock) | | |
| CHEMICAL DATA: | | |
| Chemical Name: PROPANE | | |
| CAS Number: 74-98-6 | Molecular Weight: 44.10 g/mol | |
| AEGL-1 (60 min): 5500 ppm | AEGL-2 (60 min): 17000 ppm | AEGL-3 (60 min): 33000 ppm |
| IDLH: 2100 ppm | LEL: 21000 ppm | UEL: 95000 ppm |
| Ambient Boiling Point: -42.0° C | | |
| Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm | | |
| Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0% | | |

Σενάριο 1^ο : Ολική ρήξη δεξαμενής που οδηγεί σε **BLEVE** με δημιουργία πύρινης σφαίρας (Fireball)

Στο 1^ο σενάριο μελετάται μια καταστροφική αστοχία , η οποία έχει ως αποτέλεσμα την ολική ρήξη της δεξαμενής και οδηγεί σε φαινόμενο BLEVE. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι :

- Το φαινόμενο θα διαρκέσει 13 δευτερόλεπτα.
- Η διάμετρος της πύρινης σφαίρας θα φτάσει τα 211 μέτρα
- Οι επιπτώσεις από την έκρηξη θα φτάσουν τα 547 μέτρα (ακτίνα Ζώνης III)
- Τα πολλαπλασιαστικά φαινόμενα μπορούν να προκληθούν μέχρι την απόσταση των 230 μέτρων
- Τα αποτελέσματα του BLEVE είναι ίδια στις συνθήκες περιβάλλοντος D5 και F2



Εικόνα 7.4. Αποτελέσματα BLEVE σε συνθήκες περιβάλλοντος D5 και F2

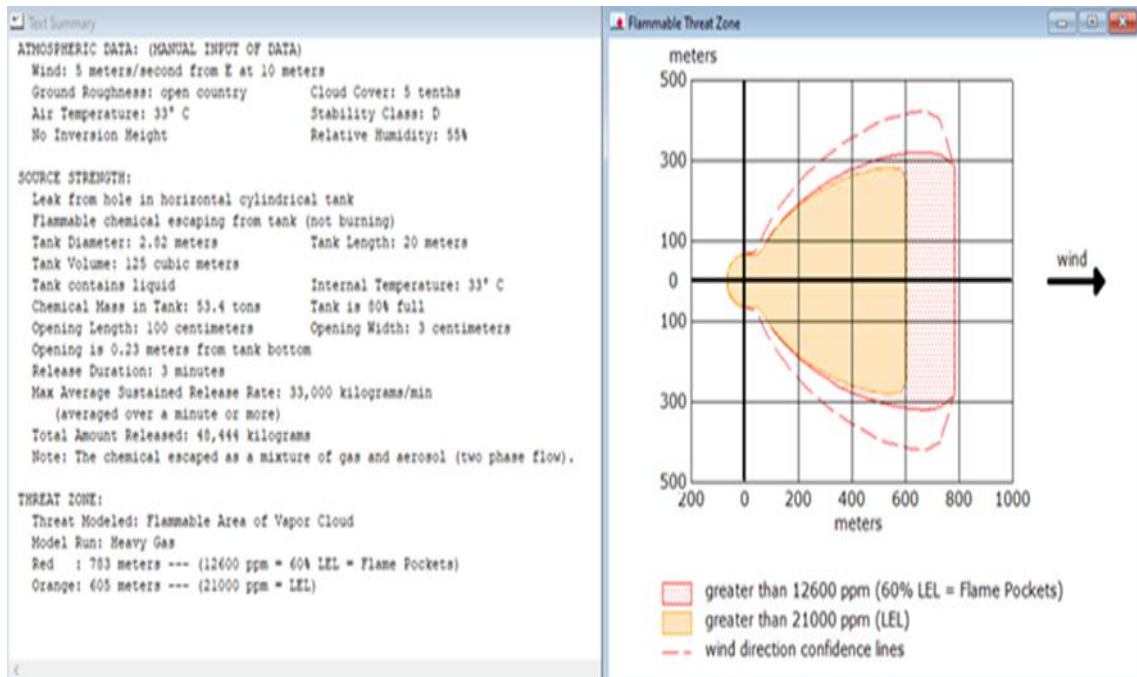
Σενάριο 2^ο : Διαρροή από αστοχία στη ραφή της δεξαμενής που δημιουργεί ορθογώνια τρύπα μήκους 1 m και πλάτους 3 cm. Το προπάνιο διαρρέει στην ατμόσφαιρα χωρίς να καίγεται.

Στο 2^ο σενάριο θα μελετηθούν τρεις περιπτώσεις α) η διαρροή να οδηγήσει σε Φωτιά Αέριου Νέφους (Flash Fire) , β) η διαρροή να οδηγήσει σε έκρηξη νέφους ατμών προπανίου (UVCE) και γ) η διαρροή να σχηματίσει τοξικό νέφος.

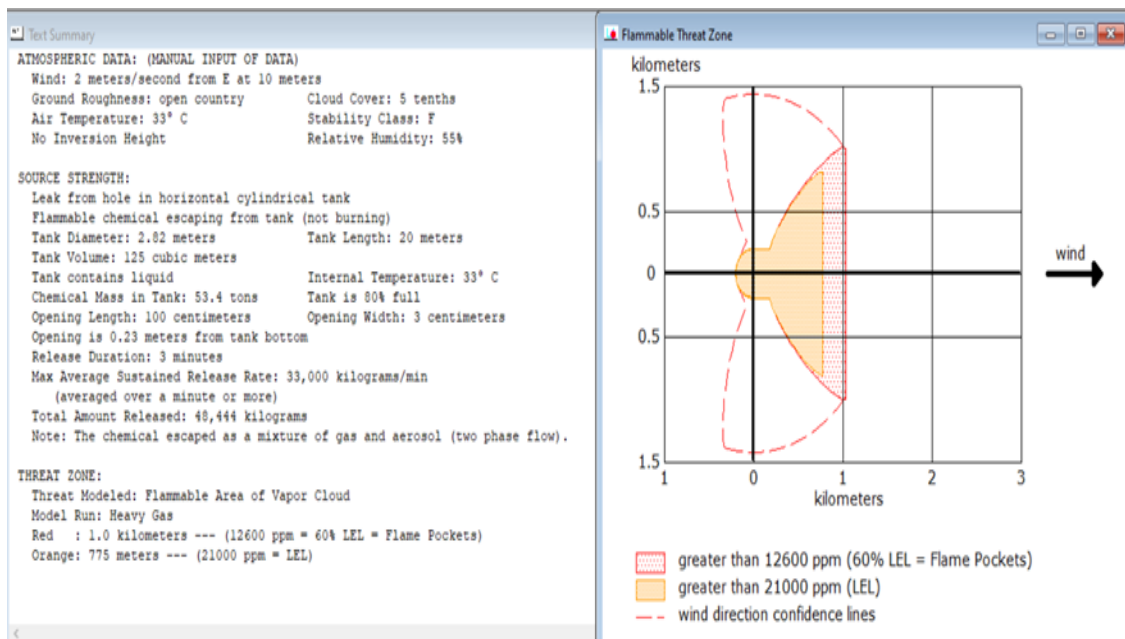
α) Φωτιά Αέριου Νέφους (Flash Fire)

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι:

- Η διαρροή θα διαρκέσει 3 λεπτά
- Θα απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα 48,444 τόνοι υγραερίου
- Η συγκέντρωση του αερίου που διέρρευσε υπερβαίνει το χαμηλότερο όριο αναφλεξιμότητας (LEL- Lower Explosivity Limit) για μια απόσταση 783 μέτρων σε συνθήκες περιβάλλοντος D5 ενώ αντίστοιχα για F2 η απόσταση είναι μεγαλύτερη και αγγίζει το 1 χλμ.



Εικόνα 7.5. Αποτελέσματα Flash Fire σε συνθήκες περιβάλλοντος D5



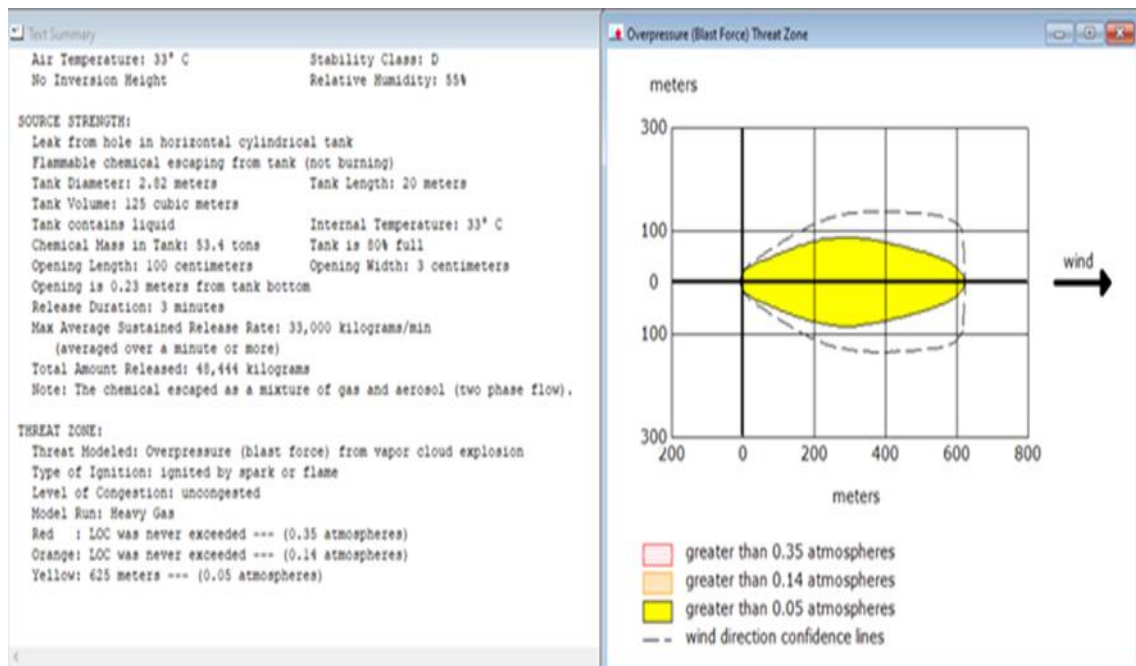
Εικόνα 7.6. Αποτελέσματα Flash Fire σε συνθήκες περιβάλλοντος F2

β) Έκρηξη νέφους ατμών (UVCE)

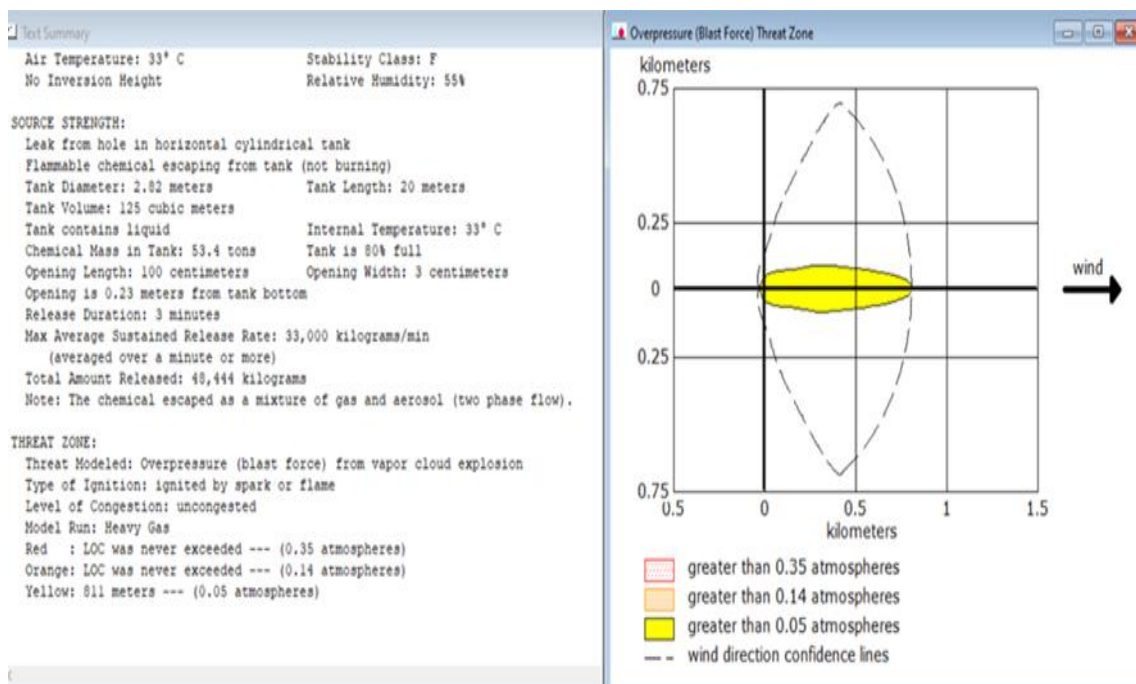
Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι :

- Η διαρροή θα διαρκέσει 3 λεπτά
- Θα απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα 48,444 τόνοι υγραερίου

- Το ωστικό κύμα θα φτάσει σε απόσταση 625 μέτρων (Ζώνη III) σε συνθήκες περιβάλλοντος D5, ενώ αντίστοιχα για F2 η απόσταση είναι μεγαλύτερη φτάνοντας τα 811 μέτρα.



Εικόνα 7.7. Αποτελέσματα UVCE σε συνθήκες περιβάλλοντος D5

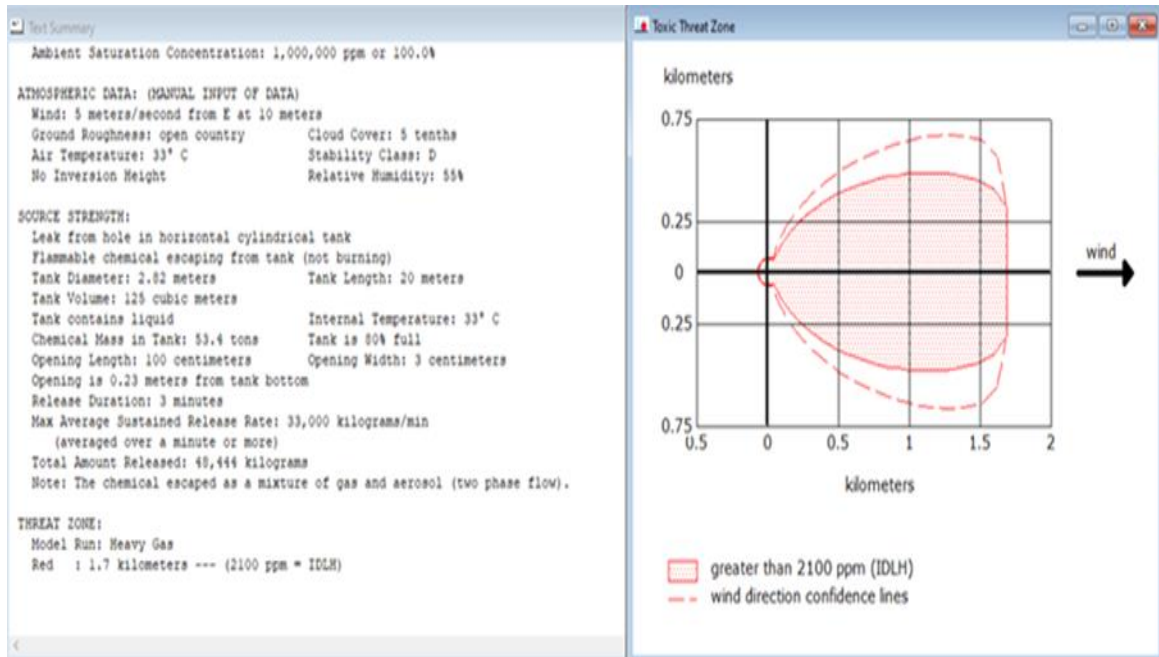


Εικόνα 7.8. Αποτελέσματα UVCE σε συνθήκες περιβάλλοντος F2

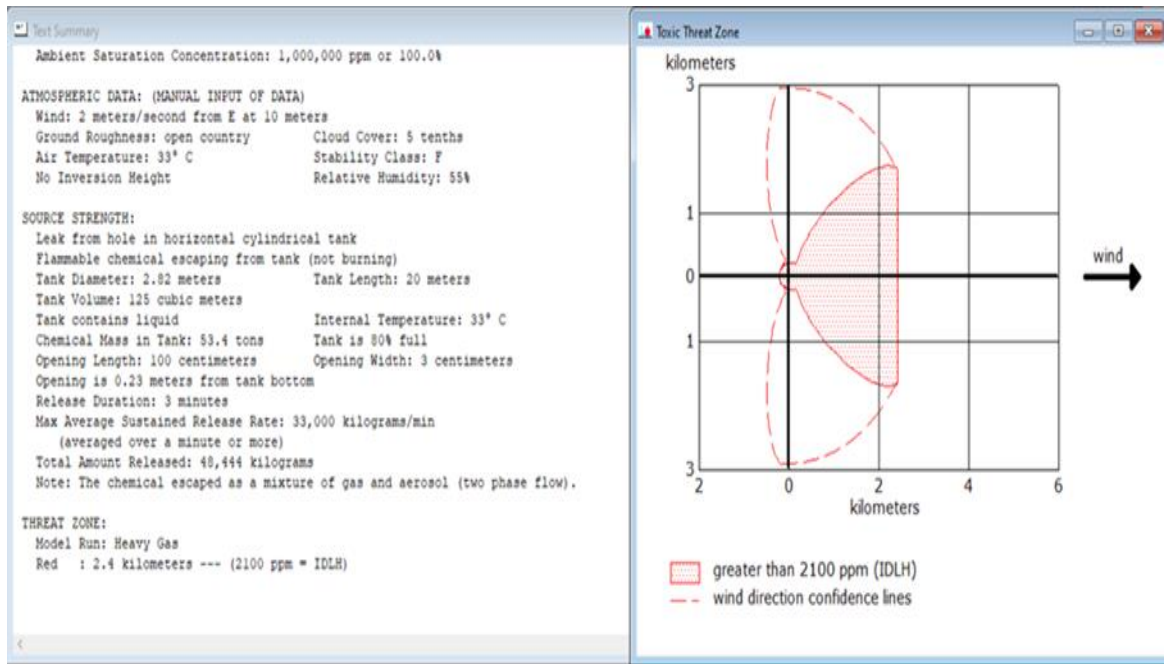
γ) Τοξικό νέφος ατμού

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι :

- Η διαρροή θα διαρκέσει 3 λεπτά
- Θα απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα 48,444 τόνοι υγραερίου
- Η απόσταση μέχρι το επίπεδο συγκέντρωσης IDLH (Immediately Dangerous to Life and Health) είναι 1,7 χλμ σε συνθήκες περιβάλλοντος D5, ενώ παρατηρείται ότι σε F2 η απόσταση αυξάνεται κατά πολύ και συγκεκριμένα στα 2,4 χλμ.



Εικόνα 7.9. Αποτελέσματα τοξικού νέφους ατμού σε συνθήκες περιβάλλοντος D5

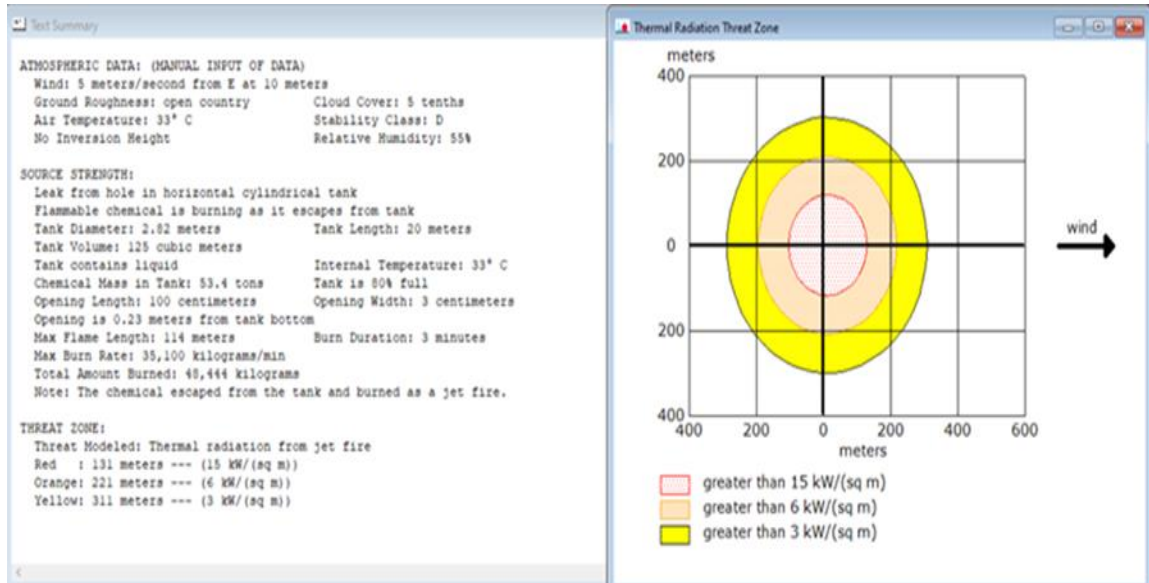


Εικόνα 7.10. Αποτελέσματα τοξικού νέφους ατμού σε συνθήκες περιβάλλοντος F2

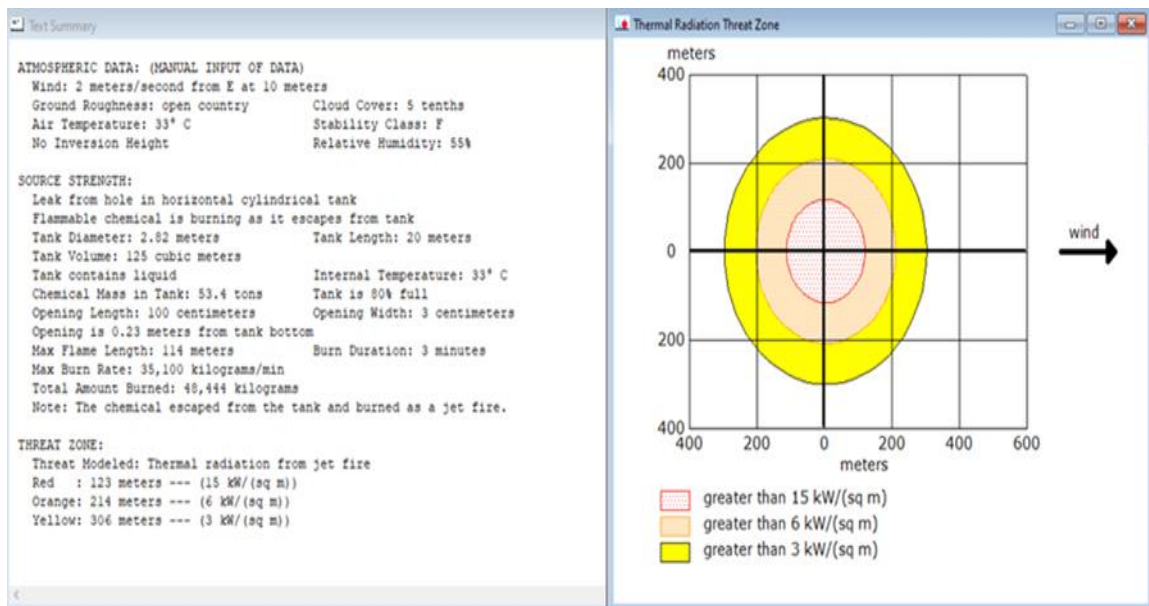
Σενάριο 3^ο : Διαρροή από αστοχία στη ραφή της δεξαμενής που δημιουργεί ορθογώνια τρύπα μήκους 1 m και πλάτους 3 cm. Το προπάνιο διαρρέει από τη δεξαμενή φλεγόμενο σχηματίζοντας **Γλώσσα Φωτιάς- Jet Fire**

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι :

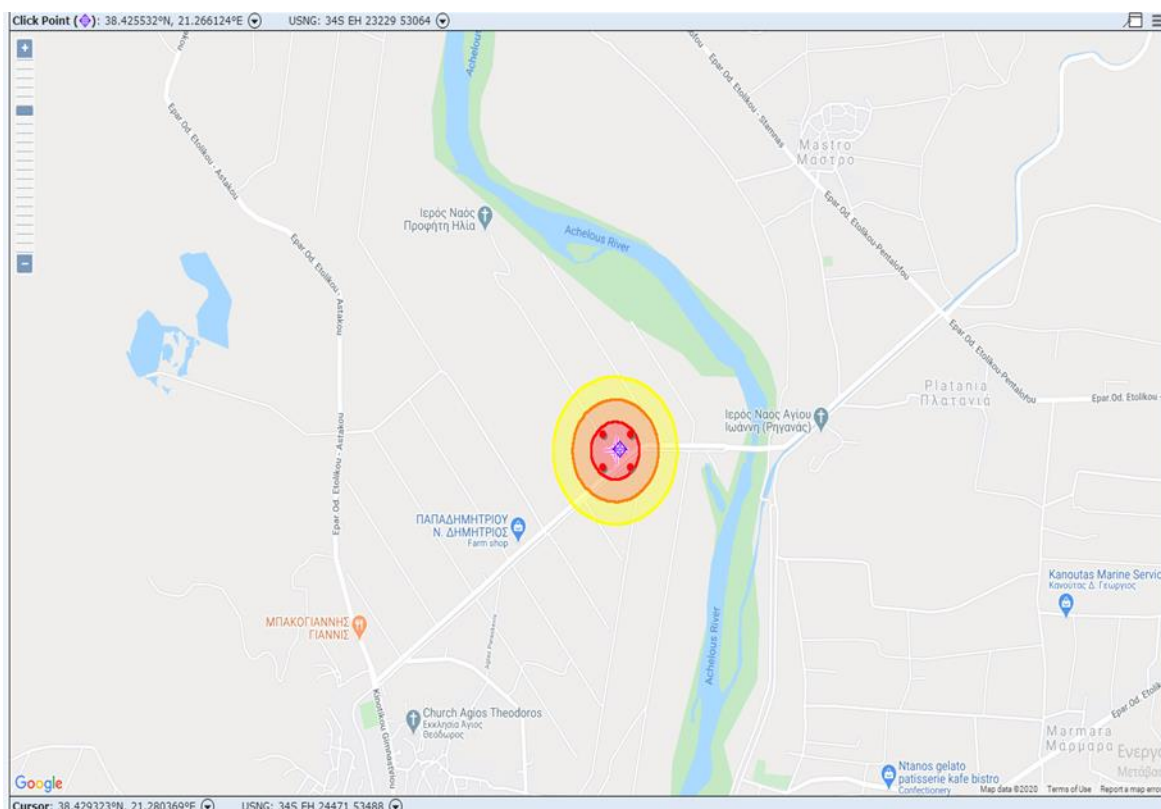
- Η διαρροή θα διαρκέσει 3 λεπτά
- Το μεγαλύτερο μήκος φλόγας θα φτάσει τα 114 μέτρα
- Θα καούν 48,444 τόνοι υγραερίου
- Οι επιπτώσεις θα φτάσουν τα 311 μέτρα (Ζώνη III) σε συνθήκες περιβάλλοντος D5, ενώ αντίστοιχα για F2 η απόσταση είναι λίγο μικρότερη και φτάνει τα 306 μέτρα.



Εικόνα 7.11. Αποτελέσματα Jet Fire σε συνθήκες περιβάλλοντος D5



Εικόνα 7.12. Αποτελέσματα Jet Fire σε συνθήκες περιβάλλοντος F2



Εικόνα 7.13. Απεικόνιση σε χάρτη των Ζωνών Επικινδυνότητας μετά από jet fire (πρόγραμμα MARPLOT)

Μελετώντας τα αποτελέσματα των σεναρίων πιθανών ατυχημάτων μεγάλης έκτασης που εξετάστηκαν παραπάνω, παρατηρείται ότι τα δυσμενέστερα είναι το φαινόμενο BLEVE και η έκρηξη αερίου νέφους ατμών (UVCE), διότι η θερμική ακτινοβολία από την πύρινη σφαίρα και το ωστικό κύμα ξεπερνούν τα όρια της εγκατάστασης. Πολλαπλασιαστικά φαινόμενα δεν αναμένονται να υπάρξουν λόγω του ότι η εγκατάσταση βρίσκεται σε αγροτική περιοχή και δεν υπάρχουν πλησίον εγκαταστάσεις που να διαχειρίζονται επικίνδυνες ουσίες. Ο πλησιέστερος οικισμός βρίσκεται σε απόσταση > 1 χλμ και πλησίον δεν υπάρχουν σημεία ενδιαφέροντος (σχολεία, νοσοκομεία, αρχαιολογικοί χώροι κλπ). Οι ενδεχόμενες επιπτώσεις αφορούν κυρίως τους εργαζομένους, τον εξοπλισμό και τις κτηριακές υποδομές της εγκατάστασης καθώς επίσης και τους διερχόμενους από την οδό γειτνίασης με τον χώρο της εγκατάστασης της Kinetic Petrol & Gas S.A.

Κεφάλαιο 8.

Συμπεράσματα

Η ανάπτυξη του βιομηχανικού τομέα προσέφερε ευμάρεια και καλυτέρευσε την ποιότητα ζωής του ανθρώπου. Η πορεία όμως, προς την ανάπτυξη δεν ήταν ανώδυνη αφού έκρυβε σοβαρούς κινδύνους. Τα τεχνολογικά ατυχήματα από τις αρχές του 20ο αιώνα έως και σήμερα, σε παγκόσμιο επίπεδο, προκάλεσαν τον θάνατο σε 308.062 ανθρώπους και επηρέασαν τη ζωή 7.874.317 ανθρώπων. Το μεγαλύτερο μερίδιο ανήκει στην Ασία, που κατέχει ποσοστό 48% στους συνολικούς θανάτους και 44% στο σύνολο των ατυχημάτων. Η Ευρώπη αντίστοιχα, κατέχει ποσοστό περίπου 13% τόσο στο σύνολο των θανάτων όσο και στο σύνολο των ατυχημάτων. (“emdat_db”)

Ατυχήματα που συνέβησαν στις πόλεις Flixborough του Ηνωμένου Βασιλείου (1974) και Seveso της Ιταλίας (1976), με τεράστιες επιπτώσεις στον άνθρωπο και στο περιβάλλον, αφύπνισαν την Ευρωπαϊκή Κοινότητα σε σχέση με την πολυπλοκότητα και επικινδυνότητα της χημικής βιομηχανίας. Θέτοντας ως πρωταρχικό στόχο την διασφάλιση της ανθρώπινης ζωής και την προστασία του περιβάλλοντος, προχώρησαν στη θεσμοθέτηση ενός νομοθετικού πλαισίου για την πρόληψη ατυχημάτων μεγάλης έκτασης που δύνανται να προκληθούν από ορισμένες βιομηχανίες και τον περιορισμό των συνεπειών τους. Το νομοθετικό αυτό πλαίσιο είναι η Οδηγία 82/501/EC, η οποία είναι ευρύτερα γνωστή ως Οδηγία SEVESO, παίρνοντας την ονομασία της από τη γνωστή πόλη της Βόρειας Ιταλίας. Τέθηκε σε εφαρμογή τον Ιανουάριο του 1984 και όλα τα κράτη μέλη εναρμόνισαν το εθνικό τους δίκαιο με την Οδηγία αυτή. Η Οδηγία SEVESO υπήρξε διεθνώς το πρώτο νομοθετικό πλαίσιο για μια συνολική διαχείριση της επικινδυνότητας εγκαταστάσεων που διαχειρίζονται επικίνδυνες ουσίες. Από την αρχική της έκδοση μέχρι και σήμερα, η Οδηγία SEVESO αξιολογήθηκε και τροποποιήθηκε αρκετές φορές με βάση τις εμπειρίες και τα διδάγματα που προέκυψαν από την ανάλυση τεχνολογικών ατυχημάτων που συνέβησαν στη διάρκεια των ετών. Στόχος των τροποποιήσεων αυτών ήταν η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αποτελεσματικότητάς της. Τελευταία τροποποίησή της είναι η Οδηγία 2012/18/EE, γνωστή ως SEVESO III.

Η Οδηγία SEVESO συνέβαλλε σημαντικά στη σταδιακή μείωση των μεγάλων ατυχημάτων και κυρίως στην μείωση των επιπτώσεών τους στον άνθρωπο και το περιβάλλον. Περιλάμβανε σημαντικές απαιτήσεις ως προς τα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης μεγάλων ατυχημάτων, σημαντικότερη εκ των οποίων ήταν η απαίτηση για υποβολή Μελέτης Ασφαλείας (Safety Report) από τις εγκαταστάσεις που διαχειρίζονταν επικίνδυνες ουσίες²⁴ ίσες ή άνω συγκεκριμένων ορίων (upper tier establishments). Η Μελέτη Ασφαλείας περιέχει σημαντικές

²⁴ Όπως αυτές περιγράφονται στο Παράρτημα I της Οδηγίας 2012/18/EE- SEVESO III

πληροφορίες για την εγκατάσταση, τις κατηγορίες και τις ποσότητες των επικίνδυνων ουσιών που διαχειρίζεται, την εφαρμογή μεθόδων ανάλυσης κινδύνου, τις χρήσεις γης, τα πολλαπλασιαστικά φαινόμενα και την *Πολιτική Πρόληψης Μεγάλων Ατυχημάτων* (ΠΠΜΑ) μέσω ενός *Συστήματος Διαχείρισης της Ασφάλειας* (ΣΔΑ). Ειδικά η ΠΠΜΑ αποτελεί σημαντικό μέρος της Μελέτης Ασφαλείας για την ασφαλή λειτουργία της εγκατάστασης και τη διαχείριση της επικινδυνότητάς της. Πλεονέκτημά της είναι η εξοικείωση που παρέχει στους ιθύνοντες της εγκατάστασης με την πιθανότητα ενός μεγάλου ατυχήματος, γεγονός που τους ωθεί στο σχεδιασμό στρατηγικών για την αποφυγή συμβάντων που μπορεί να οδηγήσουν σε αυτό.

Τα Τεχνολογικά ατυχήματα λαμβάνονται υπόψη από τις εγκαταστάσεις, οι οποίες υπόκεινται στην Οδηγία SEVESO, μέσω της Μελέτης Ασφαλείας και συγκεκριμένα, μέσω προσδιορισμού των κινδύνων, των μεθόδων ανάλυσης της επικινδυνότητας και των μέτρων πρόληψης. Οι εγκαταστάσεις αυτές υποχρεούνται στην αναλυτική περιγραφή σεναρίων ατυχημάτων που δύνανται να συμβούν, τις πιθανότητές τους αλλά και τις συνθήκες που δύνανται να οδηγήσουν σε αυτά. Κάθε σενάριο θα πρέπει να συνοδεύεται από μία συνοπτική έκθεση εκείνων των συμβάντων τα οποία δύνανται να το προκαλέσουν, είτε αφορούν λειτουργικά αίτια, είτε εξωτερικά είτε φυσικά. Επίσης, μέσω ειδικών λογισμικών προγραμμάτων (π.χ. ALOHA, ADORA κ.α.) θα πρέπει να γίνεται εκτίμηση της έκτασης και της σοβαρότητας των επιπτώσεων και να προσδιορίζονται οι Ζώνες Προστασίας για κάθε σενάριο δυνητικού μεγάλου ατυχήματος. Στο Παράρτημα ΙΧ της ΚΥΑ 172058/2016 (ΦΕΚ 354/τ. Β'/17-2-2016), που αποτελεί την εναρμόνιση της Ελληνικής Νομοθεσίας με την Οδηγία SEVESO III, αναφέρονται τα πιθανά σενάρια που πρέπει να εξετάζονται ανά είδος εγκατάστασης.

Τα NaTech ατυχήματα, αν και τα τελευταία χρόνια παρουσιάζουν αυξητική τάση λόγω της βιομηχανικής ανάπτυξης, της κλιματικής αλλαγής και της αυξανόμενης τρωτότητας του πληθυσμού, σπάνια λαμβάνονται υπόψη στις πολιτικές πρόληψης μεγάλων ατυχημάτων της χημικής βιομηχανίας. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην έλλειψη επαρκούς γνώσης της δυναμικής τους, στην έλλειψη μεθοδολογίας και εργαλείων προσδιορισμού των κινδύνων NaTech στις χημικές βιομηχανίες καθώς και στα μη επαρκή δεδομένα της ευπάθειας του εξοπλισμού απέναντι στους φυσικούς κινδύνους. (Girgin et al., 2017) Η διαχείριση κινδύνου NaTech αποτελεί μεγάλη πρόκληση λόγω της πολυπλοκότητάς της και μέχρι σήμερα, στη βιβλιογραφία υπάρχουν πολλές σχετικές μελέτες και έρευνες αλλά μένουν ακόμη πολλά κενά να καλυφθούν.

Οι τεράστιες επιπτώσεις στον άνθρωπο και το περιβάλλον από NaTech ατυχήματα, όπως οι τυφώνες Katrina, Rita (2005) και Sandy (2012) στις Η.Π.Α., ο σεισμός στις πόλεις Kochoeli (1999) στη Τουρκία και Tohoku (2011) στην Ιαπωνία με το επακόλουθο τσουνάμι, προκάλεσαν το παγκόσμιο ενδιαφέρον για την εξεύρεση στρατηγικών πρόληψης και μείωσης των επιπτώσεών τους. Η UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction-UNDRR), κατά τη δημιουργία του Πλαισίου Sendai 2015-2030, συγκρότησε μια επιτροπή ειδικών επιστημόνων, οι οποίοι συνέταξαν κατευθυντήριες οδηγίες για την μείωση κινδύνου των καταστροφών, όπου στις τεχνολογικές καταστροφές περιλαμβάνει κεφάλαια με οδηγίες για τη μείωση κινδύνου NaTech ατυχημάτων. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, μέσω του Κοινού Κέντρου Ερευνών (Joint Research Center – JRC) δημιούργησε τη βάση δεδομένων eNatech (<https://enatech.jrc.ec.europa.eu>), όπου συγκεντρώνονται πληροφορίες για ατυχήματα NaTech που συμβαίνουν σε παγκόσμιο επίπεδο με σκοπό να μελετηθούν και να αναλυθούν αποκομίζοντας διδάγματα για την αντιμετώπιση μελλοντικών ατυχημάτων.

Σημαντικό βήμα για τον προσδιορισμό κινδύνων NaTech είναι η δημιουργία του υπολογιστικού εργαλείου εκτέλεσης ημι-ποσοτικής ανάλυσης κινδύνου RAPID-N (<https://rapidn.jrc.ec.europa.eu>) . Πρόκειται για ένα διαδικτυακό σύστημα ανάλυσης και χαρτογράφησης κινδύνων που δύνανται να προκαλέσουν ατύχημα σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις λόγω των επιπτώσεων ενός φυσικού κινδύνου. Δημιουργήθηκε το 2012 και αρχικά εστίαζε σε σεισμούς ενώ σήμερα έχει επεκταθεί και σε πλημμύρες.(Girgin and Necci, 2018)

Η Οδηγία SEVESO III θεωρείται ως «καλή πρακτική» αναφορικά με τους κινδύνους NaTech αφού απαιτεί ρητά από τις εγκαταστάσεις που εντάσσονται στο πεδίο εφαρμογής της να περιλαμβάνουν στη Μελέτη Ασφαλείας τον προσδιορισμό και την εκτίμηση κινδύνων από σεισμούς και πλημμύρες.

Όσο αφορά στις εγκαταστάσεις διακίνησης, αποθήκευσης και εμφιάλωσης υγραερίου, υπάγονται στο πεδίο εφαρμογής της Οδηγίας SEVESO III, είναι ανώτερης βαθμίδας εγκαταστάσεις και είναι υποχρεωτική η υποβολή Μελέτης Ασφαλείας. Αποτελούν εγκαταστάσεις υψηλού κινδύνου λόγω του ότι το υγραέριο είναι εξαιρετικά εύφλεκτο και αποθηκεύεται σε μεγάλες ποσότητες υπό πίεση. Η διαρροή υγραερίου από τις δεξαμενές αποθήκευσης, είτε λόγω αστοχίας του εξοπλισμού είτε από ανθρώπινο λάθος, μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλα ατυχήματα, σοβαρότερα εκ των οποίων είναι το φαινόμενο BLEVE και η Έκρηξη Αερίου Νέφους (UVCE), τα οποία έχουν μεγάλη πιθανότητα να προκαλέσουν φαινόμενα Domino. Μελετώντας παρόμοια ατυχήματα του παρελθόντος διαπιστώνεται η μεγάλη έκταση των επιπτώσεων στον άνθρωπο και στο περιβάλλον. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το ατύχημα στη πόλη του Μεξικού το 1984 που είχε ως αποτέλεσμα τον θάνατο περίπου 600 ανθρώπων και τον τραυματισμό 7.000.

Με στόχο την αποφυγή παρόμοιων ατυχημάτων και την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων τους, πολλά κράτη προέβησαν στη θέσπιση κανονισμών ως προς τη διαμόρφωση, σχεδίαση και κατασκευή των εγκαταστάσεων αποθήκευσης, διακίνησης και εμφιάλωσης υγραερίου αλλά και αυστηρών προδιαγραφών ως προς τον εξοπλισμό τους. Οι κανονισμοί αυτοί προσδιορίζουν με ακρίβεια την διάταξη των δεξαμενών αποθήκευσης, τις μεταξύ τους αποστάσεις, τον εξοπλισμό τους, τα δίκτυα σωληνώσεων κ.α προκειμένου να επιτευχθεί η ασφαλής λειτουργία των εγκαταστάσεων αυτών. Στην Ελλάδα, οι αντίστοιχοι κανονισμοί περιλαμβάνονται στη ΚΥ.Α. Δ3/14858/1997 (ΦΕΚ 477/τ.Β'/1-7-1993) σε συνδυασμό με την Οδηγία 97/23/ΕΕ για τον εξοπλισμό υπό πίεση. Παρόμοιοι κανονισμοί σε άλλες χώρες είναι : NFPA 58/2008 (National Fire Prevention Association) και OSHA - 1910.110/ 2007 (Occupational Safety and Health Administration) στις Η.Π.Α., OISD 144/2005 (Oil Industries Safety Directorate guidelines) στην Ινδία, CAN/CSA-B149.2/ 2007 (Canadian Standards Association Code) στον Καναδά κ.α. (Tauseef et al., 2017)

Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης, διακίνησης και εμφιάλωσης υγραερίου είναι υποχρεωμένες να τηρούν αυστηρούς κανονισμούς λειτουργίας, γεγονός που οδήγησε στη σταδιακή μείωση των ανθρώπινων απωλειών. Σε έρευνα που διεξήγαγε το Joint Research Center (JRC) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής σε 88 ατυχήματα, στα οποία εμπλέκεται υγραέριο (LPG), στο διάστημα 1966 έως 2019 διαπιστώθηκε ότι από το 2000 και μετά σημειώθηκαν μόνο 21 θάνατοι και 62 τραυματισμοί, σχετικά μικρός αριθμός αναλογικά με τα παρελθόντα

ατυχήματα. (MAHBulletin, 2019) Επίσης, σημαντική συμβολή στη μείωση των επιπτώσεων από ατυχήματα στις εγκαταστάσεις αυτές αποτελούν οι απαιτήσεις της Οδηγίας SEVESO III. Στα σενάρια ατυχημάτων για την εγκατάσταση της Kinetic Petrol& Gas S.A. στη περιοχή του Δήμου Ι.Π. Μεσολογγίου, που εξετάστηκαν στο Κεφάλαιο 7, διαπιστώθηκε πόσο σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η σωστή χωροθέτηση της εγκατάστασης (χρήσεις γης) . Η εν λόγω εγκατάσταση βρίσκεται σε μια αγροτική περιοχή, σε απόσταση άνω του 1 χλμ από οικισμούς, χωρίς να γειτνιάζει με άλλες εγκαταστάσεις και με σημεία ενδιαφέροντος. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μη πρόκληση πολλαπλασιαστικών φαινομένων και τη μείωση των επιπτώσεων στον άνθρωπο και στο περιβάλλον.

Τα κυριότερα φυσικά φαινόμενα που δύνανται να προκαλέσουν ατυχήματα σε εγκαταστάσεις αποθήκευσης, διακίνησης και εμφιάλωσης υγραερίου είναι τα υδρομετεωρολογικά και κυρίως οι κεραυνοί, οι πλημμύρες και οι χαμηλές και υψηλές θερμοκρασίες. Ιδιαίτερα οι κεραυνοί αποτελούν την βασική αιτία πρόκλησης ατυχημάτων διότι, εκτός των πυρκαγιών και των εκρήξεων, μπορούν να προκαλέσουν και διακοπή λειτουργίας των συστημάτων ελέγχου, να καταστρέψουν ευαίσθητες συσκευές και να δημιουργήσουν προβλήματα ηλεκτροδότησης. Για το λόγο αυτό οι εγκαταστάσεις αυτές είναι εξοπλισμένες με ισχυρή αντικεραυνική προστασία. Επίσης, όπως προαναφέρθηκε, η Μελέτη Ασφαλείας απαιτεί προσδιορισμό και εκτίμηση κινδύνου από σεισμούς και πλημμύρες.

Προτάσεις

Μελετώντας όλα τα προαναφερθέντα στη παρούσα εργασία, προκύπτει ότι υπάρχει το θεσμικό πλαίσιο για την πρόληψη και αντιμετώπιση μεγάλων ατυχημάτων στις εγκαταστάσεις που διαχειρίζονται επικίνδυνες ουσίες και αυτό είναι η Οδηγία SEVESO III. Μια Οδηγία με δυναμικό χαρακτήρα που προσαρμόζεται στις ανάγκες της εξελισσόμενης τεχνολογίας μέσα από τη μελέτη και ανάλυση ατυχημάτων, προκειμένου να αυξήσει την αποτελεσματικότητά της στη μείωση των ατυχημάτων και των μετριασμό των επιπτώσεών τους.

Οι εγκαταστάσεις που διαχειρίζονται επικίνδυνες ουσίες θα πρέπει να εφαρμόζουν πιστά τις απαιτήσεις της Οδηγία SEVESO III και όλων των επιπλέον κανονισμών που υφίστανται, ανάλογα με το είδος της εγκατάστασης, ώστε να διασφαλίζεται η ασφαλής λειτουργία τους.

Οι ιθύνοντες των εγκαταστάσεων αυτών θα πρέπει να προβαίνουν στο σωστό σχεδιασμό στρατηγικών για την πρόληψη και αποφυγή συμβάντων που δύνανται να οδηγήσουν σε ατυχήματα μεγάλης έκτασης, λαμβάνοντας υπόψη και τους κινδύνους NaTech.

Τα περισσότερα τεχνολογικά ατυχήματα οφείλονται σε αστοχία εξοπλισμού και σε ανθρώπινο λάθος. Για τους λόγους αυτούς θα πρέπει ο εξοπλισμός να πληροί τις προδιαγραφές των ευρωπαϊκών και διεθνών προτύπων, να συντηρείται συχνά και να αντικαθίσταται όταν απαιτείται. Όσο για το ανθρώπινο λάθος, αν και δεν μπορεί να εξαλειφθεί, μπορεί να μετριαστεί μέσα από την επιλογή του κατάλληλου και ειδικευμένου προσωπικού, τη συνεχή κατάρτιση και επιμόρφωση του σε θέματα που αφορούν το αντικείμενο της εργασίας του αλλά και την συνολική ασφαλή λειτουργία της εγκατάστασης.

Βιβλιογραφία

- Alchetron, The Free Social Encyclopedia, <https://alchetron.com/San-Juanico-disaster> (accessed April 2020).
- Arellano Vetere, A.-L., Cruz, A.-M., Nordvik, J.-P., and Pisano, F., 2004, Analysis of Natech (Natural Hazard Triggering Technological Disasters) Disaster Management NEDIES Workshop Proceedings.:
- Assael, M.J., and Kakosimos, K.E., 2010, Fires, Explosions, and Toxic Gas Dispersions: Effects Calculation and Risk Analysis: Boca Raton, FL , CRC Press, 349 p.
- Broughton, E., 2005, The Bhopal disaster and its aftermath: A review: Environmental Health: A Global Access Science Source, v. 4, doi:10.1186/1476-069X-4-6.
- Disaster Management Institute, Bhopal, <http://www.hrdp-idrm.in/e5783/e17327/e27015/e27713/>.
- Duijm, N., and Hagen, H., 2008, THE SEVESO II DIRECTIVE AND DANISH ACTIVITIES SUPPORTING ITS APPLICATION IN SOME EASTERN EUROPEAN COUNTRIES.:
- EM-DAT The International Disaster Database, <https://www.emdat.be/> (accessed November 2019).
- emdat_db, https://emdat.be/emdat_db/ (accessed May 2020).
- EUROPA - eMARS Accidents Search - European Commission, <https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/eMARS/accident/search?bfd=1> (accessed November 2019).
- Fabrizi, L., Struckl, M., and Wood, M., 2005, Guidance on the Preparation of a Safety Report to meet the requirements of Council Directive 96/82/EC as Amended by the Directive 2003/105/EC (Seveso II) (Report EUR 22113).:
- FACTS, <http://www.factsonline.nl/Home/AboutFacts> (accessed November 2019).
- Fire Rescue Pedia, <https://www.fire.gr/?p=47190>.
- Girgin, S., 2011, The natech events during the 17 August 1999 Kocaeli earthquake: Aftermath and lessons learned: Natural Hazards and Earth System Science, doi:10.5194/nhess-11-1129-2011.
- Girgin, S., and Necci, A., 2018, Introduction to RAPID-N for Natech risk analysis and mapping: a beginner's guide.: Ispra, European Commission Joint Research Center, 124 p., doi:10.2760/78743.
- Girgin, S., Necci, A., and Krausmann, E., 2019, Dealing with cascading multi-hazard risks in national risk assessment: The case of Natech accidents: International Journal of Disaster Risk Reduction, doi:10.1016/j.ijdr.2019.101072.

- Girgin, S., Necci, A., and Krausmann, E., 2017, Natech Hazard and Risk Assessment, *in* The United Nations Office for Disaster Risk Reduction ed., *Words Into Action Guidelines: National Disaster Risk Assessment - Governance System, Methodologies and Use of Results*, Genrva, UNISDR, p. 90–97, https://www.unisdr.org/files/52828_nationaldisasterriskassessmentwiagu.pdf.
- Gómez-Mares, M., Zárate, L., and Casal, J., 2008, Jet fires and the domino effect: *Fire Safety Journal*, doi:10.1016/j.firesaf.2008.01.002.
- Guha-Sapir, D., and Vanderveken, A., 2016, *Annual Disaster Statistical Review 2015: The numbers and trends*, doi:10.13140/RG.2.2.10378.88001.
- Guidelines for Good Industry Practices LPG Cylinder Filling, 2017, France, WLPGA, 60 p., <https://www.wlpga.org>.
- Hall, D.D., 1990, *Worlds of wonder, days of judgment: popular religious belief in early New England*: Harvard University Press, 316 p., <https://www.hup.harvard.edu/catalog.php?isbn=9780674962163> (accessed October 2019).
- How Asia transformed from the poorest continent in the world into a global economic powerhouse, <https://theconversation.com> (accessed November 2019).
- HSE, <http://www.hse.gov.uk/comah/> (accessed November 2019).
- Japan tsunami: Fukushima Fifty “on suicide mission” to battle nuclear meltdown | Daily Mail Online, <https://www.dailymail.co.uk/news/article-1367125/Japan-tsunami-Fukushima-Fifty-suicide-mission-battle-nuclear-meltdown.html> (accessed April 2020).
- Johnson, K., 1985, State and community during the aftermath of Mexico City's November 19, 1984 Gas Explosion, http://scholarcommons.usf.edu/fmhi_pubhttp://scholarcommons.usf.edu/fmhi_pub/58.
- Kabir, S., 2017, An overview of Fault Tree Analysis and its application in model based dependability analysis: *Expert Systems with Applications*, v. 77, p. 114–135, doi:10.1016/j.eswa.2017.01.058.
- Khan, F.I., and Abbasi, S.A., 1999, Major accidents in process industries and an analysis of causes and consequences, www.elsevier.com/locate/jlp.
- Khan, F.I., and Abbasi, S.A., 1998, Models for Domino Effect Analysis in Chemical Process Industries: *Process Safety Progress (AIChE)*, v. 17, p. 107–123.
- Kobayashi, M., and Tamura, M., 2006, Failure Knowledge Database / 100 SelecCases Fire and Explosion of LPG Tanks at Feyzin, France.:
- Krausmann, E., and Baranzini, D., 2012, Natech risk reduction in the European Union: *Journal of Risk Research*, v. 15, p. 1027–1047, doi:10.1080/13669877.2012.666761.
- Krausmann, E., and Cruz, A.M., 2013, Impact of the 11 March 2011, Great East Japan earthquake and tsunami on the chemical industry: *Natural Hazards*, v. 67, p. 811–828, doi:10.1007/s11069-013-0607-0.
- LPG Apps - Versatility, eco-friendly nature, robustness makes LPG useful, <https://lpg-apps.org/why-lpg> (accessed January 2020).
- MAH Bulletin, 2019, Chemical Accident Prevention and Preparedness -Learning from incidents involving liquefied petroleum gas (LPG) on fixed sites, <https://minerva.jrc.ec.europa.eu>.

- Mitchison, N., and Porter, S., 1997, Guidelines on a major a accident prevention policy and safety management system, as required by Council Directive 96/82/EC (Seveso II).: EUR 18123 EN.
- Natural Disasters 2018, 2019, <https://www.emdat.be/publications>.
- Nishi, H., 2012, DAMAGE ON HAZARDOUS MATERIALS FACILITIES, *in* International Symposium on Engineering Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Earthquake, March 1-4, Tokyo, Japan.
- Oppau Explosion - 1921 | Devastating Disasters, <https://devastatingdisasters.com/oppau-explosion-1921/> (accessed April 2020).
- Papadakis, G.A., and Amendola, A., 1997, Guidance on the preparation of a Safety Report to meet the requirements of Council Directive 96/82/EC (SEVESO II) EUR 17690 EN.:
- Perry, W.R., 2007, What Is a Disaster?, *in* Rodriguez, H., Quarantelli, E., and Dynes, R. eds., Handbook of Disaster Research, Springer, p. 1–15, doi:9780387739526.
- Rausand, M., 2011, Risk Assessment Theory, Methods, and Applications: Hoboken, NJ, Wiley, 664 p., <http://www.ntnu.edu/ross/>.
- Reddy, K., and Yarrakula, K. Analysis of Accidents in Chemical Process Industries in the period 1998-2015.; <http://www.emdat.be/>.
- Renni, E., Basco, A., Busini, V., Cozzani, V., Krausmann, E., Rota, R., and Salzano, E., 2010, Awareness and mitigation of NaTech accidents: Toward a methodology for risk assessment, *in* Chemical Engineering Transactions, Associazione Italiana Di Ingegneria Chimica (AIDIC), p. 383–389 vol.19, doi:10.3303/CET1019063.
- Robert T. Stafford, 1988, Disaster Relief and Emergency Assistance Act, Public Law 93-288, as amended, 42 U.S.C. 5121 et seq., and Related Authorities.; <https://www.fema.gov/about-agency>.
- Santella, N., Steinberg, L.J., and Sengul, H., 2010, Petroleum and hazardous material releases from industrial facilities associated with hurricane katrina: Risk Analysis, v. 30, p. 635–649, doi:10.1111/j.1539-6924.2010.01390.x.
- Shimul Hossain, M., Golam Muntasir Shehab, M., Mahmood Leon, S., Kumar Pal, S., Rafi, R., Alom Emon, R., Kumar Gain, S., and Shaheen Shah, M., 2019, Liquefied Petroleum Gas (LPG) Bottling Process and Required Safety During Bottling: A Case Study: Petroleum Science and Engineering, v. 3, p. 5, doi:10.11648/j.pse.20190301.12.
- De Souza, A.B., 2000, Emergency Planning for Hazardous Industrial Areas: A Brazilian Case Study.; <http://www.unepie.org/apell/>.
- Takegawa, T., and Kobayashi, H., 2006, Failure Knowledge Database / 100 Selected Cases Disaster of Chemical Plant at Flixborough.:
- Tauseef, S.M., Abbasi, T., Thiruselvi, D., and Abbasi, S.A., 2017, The risk of domino effect associated with the storage of liquefied petroleum gas (LPG) and the safety codes for accident prevention by: International Journal of Engineering, Science and Mathematics , v. 9, p. 465–471, <http://www.ijesm.co.in>.
- Tees, M.T., Harville, E.W., Xiong, X., Buekens, P., Pridjian, G., and Elkind-Hirsch, K., 2010, Hurricane Katrina-related maternal stress, maternal mental health, and Early Infant Temperament: Maternal and Child Health Journal, v. 14, p. 511–518, doi:10.1007/s10995-009-0486-x.

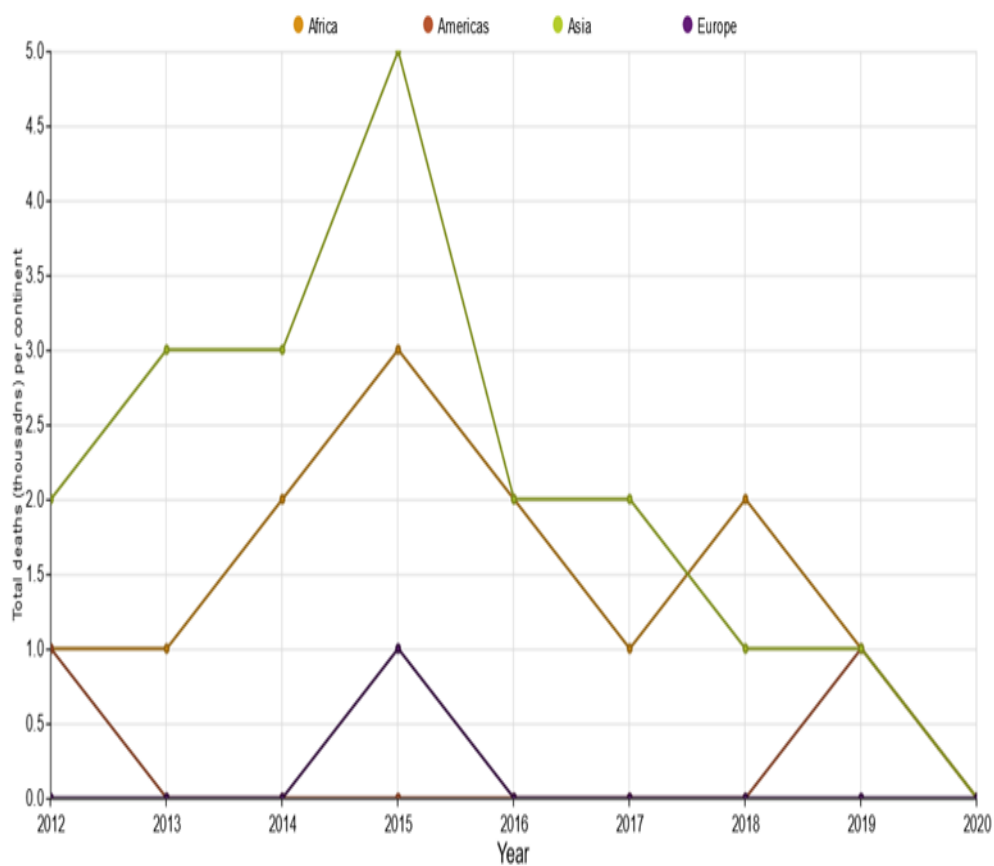
- Terminology - UNDRR, <https://www.unisdr.org/we/inform/terminology> (accessed October 2019).
- The ARIA Database, <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/the-barpi/the-aria-database/?lang=en> (accessed November 2019).
- UNDRR, 2019, Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction:, <https://gar.unisdr.org>.
- Venart, J.E.S., 2004, Flixborough: The explosion and its aftermath: Process Safety and Environmental Protection, v. 82, p. 105–127, doi:10.1205/095758204322972753.
- Vijayaraghavan, G., 2004, Impact assessment, modeling, and control of dust explosions in chemical process industries: Coimbatore Institute of Technology, https://www.academia.edu/9198446/Impact_assessment_modeling_and_control_of_dust_explosions_in_chemical_process_industries?email_work_card=view-paper (accessed November 2019).
- What is a disaster? - IFRC, <https://www.ifrc.org/en/what-we-do/disaster-management/about-disasters/what-is-a-disaster/> (accessed October 2019).
- What is LPG? - WLPGA, <https://www.wlpga.org/about-lpg/what-is-lpg/> (accessed January 2020).
- World Weather Online, <https://www.worldweatheronline.com/neochorion-weather-averages/west-greece/gr.aspx> (accessed April 2020).
- Zhang, M., Song, W., Wang, J., and Chen, Z., 2014, Accident consequence simulation analysis of pool fire in fire dike, *in* Procedia Engineering, Elsevier Ltd, v. 84, p. 565–577, doi:10.1016/j.proeng.2014.10.469.
- Αρχηγείο Πυροσβεστικού Σώματος Α' Κλάδος Πυροσβεστικών Επιχειρήσεων Διεύθυνση Πυρόσβεσης - Διάσωσης (Ed.), 2010, Εγχειρίδιο Αντιμετώπισης Ατυχημάτων με Επικίνδυνα Υλικά: Αθήνα, <http://www.fireservice.gr>.
- Βαγγέλογλου, Ε., 2009, Ανάλυση Ευαισθησίας Παραμέτρων Επικινδυνότητας για τον καθορισμό των Ζωνών Επιπτώσεων και της Τρωτότητας των Εργαζομένων από Βιομηχανικά Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης (BAME) σε δομημένους χώρους εργασίας»: Πολυτεχνείο Κρήτης Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης Τομέας Οργάνωσης και Διοίκησης, 210 p.
- Γ.Γ.Π.Π. Γενικό Σχέδιο Πολιτικής Προστασίας |:, <https://www.civilprotection.gr/el/γενικό-σχέδιο-πολιτικής-προστασίας> (accessed October 2019).
- Γεωργιάδου, Ε., 2001, Βιομηχανικά Ατυχήματα Μεγάλης Έκτασης-Μεθοδολογικός και Πληροφοριακός Οδηγός: Αθήνα, Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας, 360 p., <http://www.dct.tudelft.nl/part/explosion>.
- Γεωργιάδου, Π., 2011, Μεθοδολογία Υποστήριξης Αποφάσεων Αντιμετώπισης Ατυχημάτων Μεγάλης Έκτασης με Χρήση Πολυκριτηριακών Εξελικτικών Αλγορίθμων: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ). Σχολή Χημικών Μηχανικών. Τομέας II : Ανάλυσης, Σχεδιασμού και Ανάπτυξης Διεργασιών και Συστημάτων, 302 p., doi:10.12681/eadd/27009.
- ΔΕΑΠΙ Ταξινόμηση και Επισήμανση Επικίνδυνων Ουσιών: Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, <http://users.uoi.gr/deapi/index.files/Page1730.htm> (accessed November 2019).
- ΕΕ, 2012, Οδηγία 2012-18-ΕΕ (SEVESO III):

- Ζαπαντιώτης, Α., 2019, Φάκελος Κοινοποίησης και Μελέτη Ασφαλείας για τη μονάδα αποθήκευσης ,εμφιάλωσης και διακίνησης υγραερίου της Kinetic Petrol and Gas ΑΕ στη θέση Προφήτης Ηλία ΔΚ Κατοχής ΔΕ Οινιαδών Δήμου Ι.Π. Μεσολογγίουσης.:
- Κ.Υ.Α. 172058/2016 Καθορισμός κανόνων, μέτρων και όρων για την αντιμετώπιση κινδύνων από ατυχήματα μεγάλης έκτασης σε εγκαταστάσεις ή μονάδες, λόγω της ύπαρξης επικίνδυνων ουσιών, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2012/18/ΕΕ για την αντιμετώπιση των κινδύνων μεγάλων ατυχημάτων σχετιζόμενων με επικίνδυνες ουσίες και για την τροποποίηση και στη συνέχεια την κατάργηση της οδηγίας 96/82/ΕΚ του Συμβουλίου του Ε.Κ και του Συμβουλίου της 4ης Ιουλίου 2012.:
- Καλογεράκου, Β., 2007, Εφαρμογή του μοντέλου «Κύκλου Ελέγχου και Παρακολούθησης» AVRIM σε εγκαταστάσεις SEVESO. Το παράδειγμα της μονάδας αποθήκευσης και διακίνησης υγραερίου, ΠΕΤΡΟΓΚΑΖ Χανίων.: Πολυτεχνείο Κρήτης - Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, 112 p.
- ΚΥΑ Δ3/14858, 1993, Καθορισμός τεχνικών προδιαγραφών διαμόρφωσης, σχεδίασης, κατασκευής, ασφαλούς λειτουργίας και πυροπροστασίας εγκαταστάσεων αποθήκευσης, εμφιάλωσης, διακίνησης και διανομής υγραερίου καθώς και εγκαταστάσεων για τη χρήση αυτού σε βιομηχανικές, βιοτεχνικές και επαγγελματικές δραστηριότητες:
- Λέκκας Ε. & Ανδρεαδάκης Ε., 2015, Εισαγωγή Στη Θεωρία Της Διαχείρισης Καταστροφών Και Κρίσεων. Σημειώσεις Μαθήματος ΠΜΣ ΕΚΠΑ, Αθήνα.:
- Μουζάκης, Γ., 2017a, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΜΕΓΑΛΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ-σημειώσεις μαθήματος ΠΜΣ ΕΚΠΑ: Αθήνα, 74 p.
- Μουζάκης, Γ., 2017b, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΜΕΓΑΛΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ-Σημειώσεις μαθήματος ΠΜΣ ΕΚΠΑ: Αθήνα, 92 p.
- Μουζάκης, Γ., 2018, ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΝΑΤΕΧΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ, Σημειώσεις Μαθήματος ΠΜΣ ΕΚΠΑ, Αθήνα: Αθήνα, 72 p.
- Οδηγία 97/23/ΕΕ ΟΔΗΓΙΑ 97/23/ΕΟΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 29ης Μαΐου 1997 για την προσέγγιση των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με τον εξοπλισμό υπό πίεση:
- Ρήγας, Φ., 2005, Βιομηχανική Ασφάλεια: Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
- Σαπουνιζάκη, Κ., and Δανδουλάκη, Μ., 2015, Κίνδυνοι και Καταστροφές- Έννοιες και Εργαλεία Αξιολόγησης, Προστασίας, Διαχείρισης: Αθήνα, Σύνδεσμος Έλληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, www.kallipos.gr.
- Σύγκριση του Υγραερίου με άλλα καύσιμα [ugraerio.gr](http://www.ugraerio.gr)., <http://www.ugraerio.gr> (accessed January 2020).
- Χαροκόπου, Α., 2003, Αντιμετώπιση κινδύνων από ατυχήματα μεγάλης έκτασης που περικλείουν ορισμένες βιομηχανικές δραστηριότητες (Οδηγία Σεβέζο), *in* Διαχείριση επικινδυνότητας: η εφαρμογή των οδηγιών Seveso I & II στη χώρα μας, ΤΕΕ, Αθήνα, 4-5 Νοεμβρίου, p. 9.
- Χριστόλης, Μ.-Ν., and Μαρκάτος, Ν.-Χ., 2007, ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΑ ΜΕΓΑΛΗΣ ΕΚΤΑΣΗΣ ΚΑΙ Η ΟΔΗΓΙΑ SEVESO II, *in* ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ ΤΟΥ ΧΘΕΣ ΚΑΙ ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΤΟΥ ΑΥΡΙΟΥ, Αθήνα, ΤΥΠΩΘΗΤΩ-ΔΑΡΔΑΝΟΣ, https://www.researchgate.net/publication/277239223_TECHNOLOGIKA_ATYCHEMATA_MEGALES_EKTASES_KAI_ODEGIA_SEVESO_II Major_technological_accidents_and_the_SEVESO_II_Directive.

Παράρτημα Α.

Στατιστικά δεδομένα από διεθνείς βάσεις καταγραφής ατυχημάτων

Συνολικοί θάνατοι από αναφερθέντα τεχνολογικά ατυχήματα 2012-2020

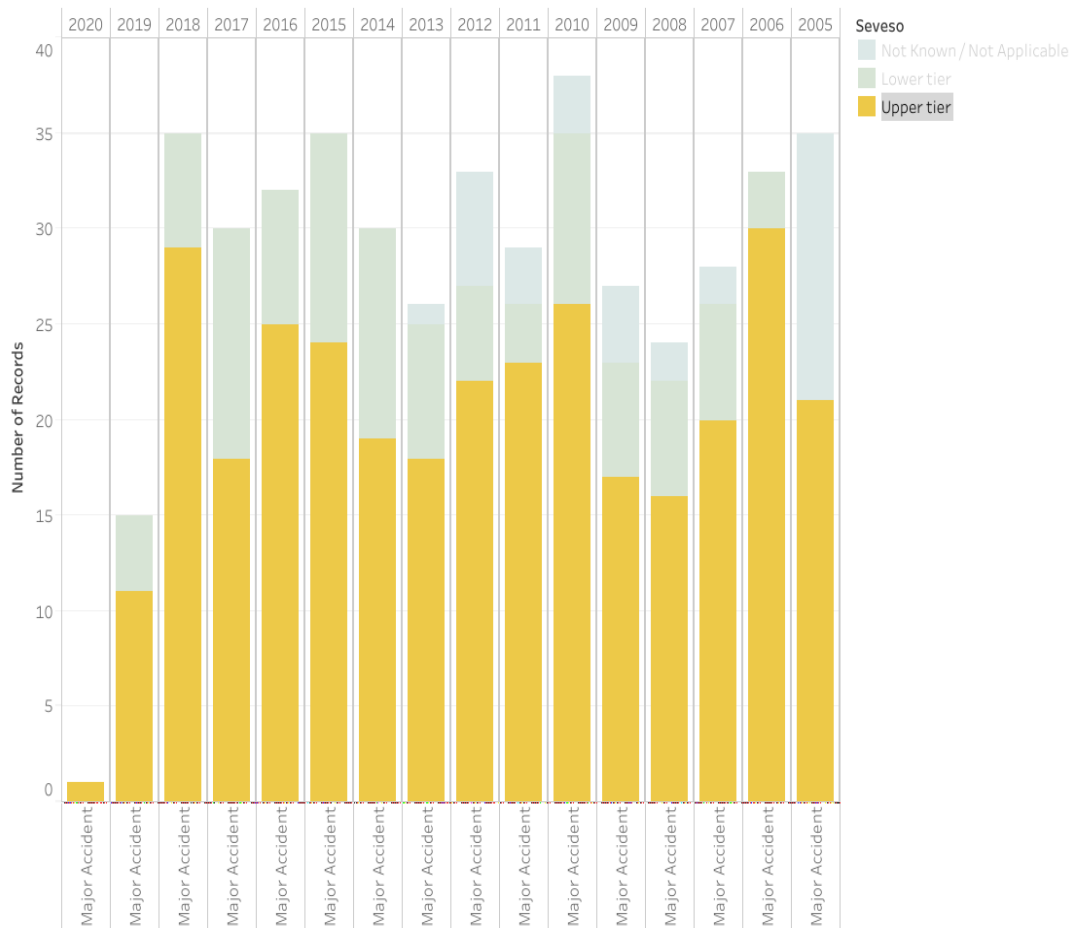


Source: EM-DAT: The Emergency Events Database - Université catholique de Louvain (UCL) - CRED, D. Guha-Sapir - www.emdat.be, Brussels, Belgium

Πηγή : EM-DAT: The Emergency Events Database - Université catholique de Louvain (UCL) - CRED, D. Guha-Sapir - www.emdat.be, Brussels, Belgium

Αριθμός Ατυχημάτων Εγκαταστάσεων SEVESO (ανώτερης βαθμίδας) 2005-2020

Number of Accidents per Seveso Tier Status



Πηγή: <https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/statistics/statistics>

Παράρτημα Β.

Στοιχεία σχετικά με την εγκατάσταση της Kinetic Petrol & Gas Α.Ε. στο Δήμο Ι.Π. Μεσολογγίου

Η εγκατάσταση



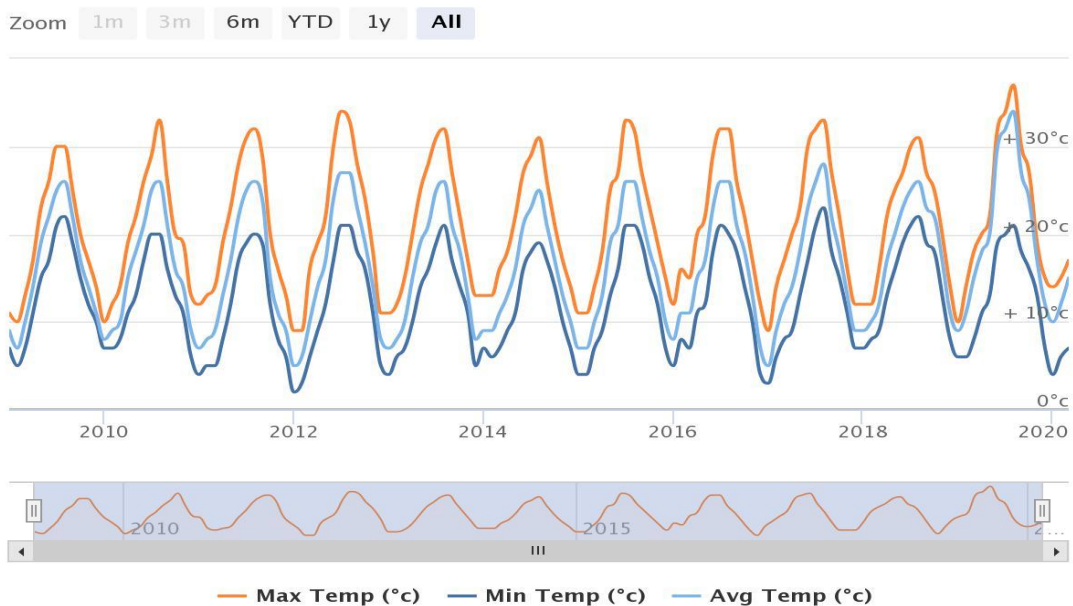


Πηγή: <https://kineticpetrolgas.com>

Μετεωρολογικά Δεδομένα της περιοχής

Neochorion

Max, Min and Average Temperature (°c)



WorldWeatherOnline.com

Neochorion

Average and Max Wind Speed and Gust (kmph)

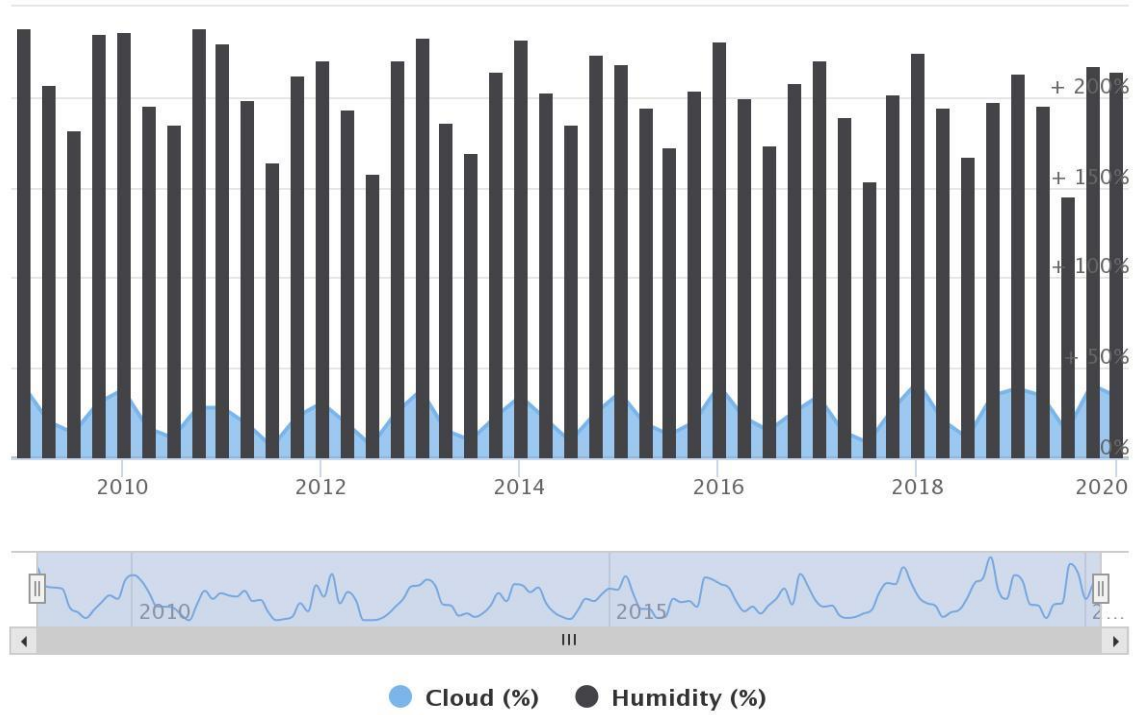


WorldWeatherOnline.com

Neochorion

Average Cloud and Humidity (%)

Zoom 1m 3m 6m YTD 1y All



WorldWeatherOnline.com

Πηγή : <https://www.worldweatheronline.com>

Παράρτημα Γ

Ενδεικτικό παράδειγμα δήλωση ατυχήματος, που συνέβη σε χώρα της Ε.Ε., στη βάση eMars

Accident Profile

Title

Emission of LNG

Date/Time of Major Occurrence

Start Date 29-10-2017

End Date 29-10-2017

Accident Type

Major Accident

Reported under

EU Seveso II Directive

Seveso II Status

Upper tier

Industrial Activity

LNG storage and distribution

Reasons for Reporting

Substances involved: greater than 5% of quantity in Column 3 of Annex I

Injury to persons: >= 1 fatalities, >= 6 hospitalizing injuries etc.

Immediate damage to the environment (according to Annex VI)

Damage to property: on-site >2M €, off-site > 0.5M €

Cross-border damage: transboundary accidents

Interesting for lessons learned.

Accident Report

Accident description

Strong winds (up to 150 km/h) caused an uncontrolled movement of a gantry crane located on the roof of the LNG storage tank.

The crane damaged the fixture/armature of Tank Gauging System (TGS) and then dropped from a tank on the pipeline overpass damaging its elements. Gas emission occurred.

Accident involving

Domino effects

Natech events

Transboundary effects

Contractors

Release

Major Occurrences

gas/vapour/mist/etc release to air

Site and installation

Site description

The technological processes and services provided by the LNG Terminal include: unloading LNG from a LNG carriers at the unloading jetty, LNG process storage in cryogenic tanks, LNG regasification and send-out of natural gas to the National Transmission System, LNG transshipment onto tanker trucks and ISO containers.

The annual regasification capacity of the LNG Terminal is 5 bcm. The facility includes two cryogenic process storage tanks with the capacity of 160 000 m³ each.

Installation/Unit description

A tank for LNG process storage with a capacity of 160,000 m³.

Storage

| Major occurrences | Equipment Type |
|--|--|
| process-associated (stockholding, etc. on-site of manufacture) | valves/controls/monitoring devices/drain cocks |

Substances

Substances Involved

Liquified natural gas (LNG)

Substances Classification

02. NAMED SUBSTANCE

Substances detail

| Substance | CAS Number | Quantities (t) | |
|-----------------------------|------------|----------------|-----------|
| | | Involved | Potential |
| Liquified natural gas (LNG) | 99046-41-6 | 27.80000 | |

Causes

Direct cause: strong winds (up to 150 km/h)

- Crane's break system was not suitably designed and did not work properly.
- Investigation on safety management abilities (design, testing procedures, etc.).

Organizational

| Causative Factor | Type |
|------------------------------------|------|
| management organization inadequate | none |

Plant/Equipment

| Causative Factor | Type |
|--|------|
| vessel/container/containment-equipment failure | none |

External

| Causative Factor | Type |
|--|------|
| natural event (weather, temperature, earthquake, etc.) | none |

Consequences

Direct casue: strong winds (up to 150 km/h)

- Crane's break system was not suitably designed and did not work properly.
- Investigation on safety management abilities (design, testing procedures, etc.).

Cost

| On site | Quantity | Quantity/Effect |
|-----------------|----------|-------------------------------------|
| material losses | | damage to property c.a. 1,8 mln EUR |

Emergency Response

Immediate actions taken:

1. Internal emergency plan activated;
2. Protection of the damaged parts and elaboration of safety zones;
3. Emission stoppage:
 - Local inspection of pipelines to identify the threat;
 - Dismantling of the damaged valve gear of TGS;
 - Closure of the valve and gas emission stoppage to the atmosphere;
4. After the failure, part of the pipeline on the damaged overpass were put out of exploitation;
5. Part of the pipeline which has been deformed was assessed to be safe, because of relatively small deformations of the surface and no lack of micro-cracks on the surface;
6. Deformed pipeline section to be replaced;
7. Removal of the tank crane from overpassing;
8. Protection of the other tank;
9. Assessment of the technical state of the equipment and pipelines.

Other actions taken:

1. Non-destructive laboratory test of the pipelines;
2. Laboratory expertise and material analysis of the selected elements of the protection system of two tank cranes;
3. Reconstruction pipeline's overpass;
4. Reconstruction of the tank's barriers;
5. Reconstruction of the pipeline's insulation;
6. Stub-pipe repair.

| Emergency Response | Quantity | Quantity/Effect |
|----------------------------|----------|--------------------|
| On-site systems | | workers |
| Off-site external services | 1 | State Fire Service |
| Sheltering | | |
| Evacuation | | |
| Other | | |
| Remedial Measure | Quantity | Quantity/Effect |
| Decontamination | | |

| | | |
|-------------|--|--|
| Restoration | | |
| Other | | |

Lessons Learned

Theme of the Lessons Learned

Causes - Plant/Equipment

Causes - External

Lessons Learned

In order to prevent such accidents in the future the operator considers the following:

1. Purchase of new gantry cranes followed by a detailed analysis of average and maximum wind speeds at the height of 60 m. This analysis shall cover the period of the next 50 years and include the potential climate change.

The competent authority's recommendations for the operator:

1. Installation of gantry cranes on the roofs of LNG storage tanks: with the assurance of design and construction solutions, taking into account extreme weather conditions, guaranteeing a high level of safety;
2. Conducting systematic inspections of installations ensuring its maintenance in a proper technical condition, guaranteeing its safe operation and update the instructions and procedures for inspections and maintenance of installations to ensure that defects and faults can be identified at an early stage and corrective action taken.

Moreover the competent authority obliged the operator to:

1. Perform detailed analysis of the impact of atmospheric factors (strong winds, other extreme weather events) on the entire infrastructure of the LNG Terminal;
2. Include the results of the above analysis in the safety report in a way that allows assessing their impact on the risk of a major accident.