



ΕΛΛΗΝΙΚΗ
ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*Ανάπτυξη Διαχείρισης Κινδύνων σε ειδικό τεχνικό έργο
«Κατασκευή εγκατάστασης αποθήκευσης, εμφιάλωσης και
διακίνησης υγραερίου και μεταποίησης φιαλών υγραερίου»*

ΜΑΝΙΩΤΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΤΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΣΙΠΟΥΡΙΑΡΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ABSTRACT	9
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	12
1.1. Διακίνηση υγραερίου (βυτιοφόρο)	12
1.2. Δεξαμενές υγραερίου	13
1.2.1. Υπέργειες δεξαμενές	13
1.2.2. Υπόγεια δεξαμενή	14
1.3. Αντλιοστάσιο υγραερίου	14
1.4. Εμφιαλωτήριο και κτίριο μεταποίησης φιαλών	15
1.4.1. Εμφιαλωτήριο	15
1.4.2. Κτίριο μεταποίησης φιαλών	17
1.5. Χαρακτηριστικά των δεξαμενών και των σωληνώσεων υγραερίου	20
1.5.1. Δεξαμενές υγραερίου	20
1.5.2. Σωληνώσεις υγραερίου	21
1.6. Γραφεία	22
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	22
1.7. Περιγραφή της γεωγραφικής θέσης της εγκατάστασης	22
1.7.1. Θέση της εγκατάστασης - οδική και άλλη πρόσβαση	22
1.8. Φυσικό Περιβάλλον	23
1.8.1. Χλωρίδα και πανίδα	23
1.8.2. Γεωλογικά - υδρογεωλογικά - τεκτονικά στοιχεία	24
1.8.3. Μετεωρολογικά Δεδομένα	26

<i>1.9. Ανθρωπογενές περιβάλλον - χρήσεις γης - γειτονικές επιχειρήσεις</i>	<i>27</i>
Οικισμοί	27
Δίκτυα μεταφορών	27
2. ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ	29
<i>2.1. Εισαγωγή</i>	<i>29</i>
<i>2.2. Συνοπτικά χαρακτηριστικά του υγραερίου</i>	<i>30</i>
2.2.1. Φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά	30
2.2.2. Ένδειξη κινδύνων για τον άνθρωπο και το περιβάλλον	32
Κίνδυνοι έκρηξης ή φωτιάς	32
Κίνδυνοι για την υγεία	33
Κίνδυνοι για το περιβάλλον	33
2.2.3. Ουσίες που μπορεί να σχηματιστούν σε περίπτωση ατυχήματος	33
3. ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ	35
<i>3.1. Ανάλυση επικινδυνότητας και λειτουργικότητας (HAZOP) εξοπλισμού υγραερίου</i>	<i>35</i>
<i>3.2. Λέξεις-κλειδιά στην ανάλυση HAZOP</i>	<i>36</i>
<i>3.3. Λεπτομερής παρουσίαση της ανάλυσης HAZOP</i>	<i>37</i>
<i>3.4. Αναγνώριση κινδύνου για εξοπλισμό ηλεκτροστατικής βαφής</i>	<i>70</i>
3.4.1. Κίνδυνοι	70
Φωτιά / Έκρηξη σκόνης	70
Ηλεκτρικό σοκ	72
Έκθεση σε επικίνδυνες ουσίες	72
3.4.2. Προληπτικά μέτρα ασφάλειας	73
3.4.3. Συμπέρασμα	75
<i>3.5. Σενάρια διαφυγών υγραερίου</i>	<i>76</i>
3.5.1. Γενικευμένα σενάρια και αιτίες πρόκλησης τους για ανάλογες εγκαταστάσεις	76
Βυτιοφόρα	78

Αντλίες-συμπιεστές	78
Σωληνώσεις	78
3.5.2. Κατάλογος σεναρίων διαφυγών	79
4. Ανάλυση επιπτώσεων	83
<i>4.1. Δένδρα γεγονότων και κατηγορίες κινδύνων</i>	<i>83</i>
4.1.1. Δένδρα γεγονότων	83
4.1.2. Κατηγορίες κινδύνων	85
Φωτιά λίμνης	85
Πύρινη σφαίρα	85
Γλώσσα φωτιάς	86
Διασπορά και ανάφλεξη αερίου νέφους	86
Έκρηξη από διασπορά αερίου νέφους	87
<i>4.2. Μοντέλα υπολογισμού επιπτώσεων</i>	<i>87</i>
4.2.1. Μοντέλα ρυθμού διαρροής	87
4.2.2. Φωτιά λίμνης	88
4.2.3. Πύρινη σφαίρα	88
4.2.4. Γλώσσα φωτιάς (jet fire)	89
4.2.5. Διασπορά και ανάφλεξη αερίου νέφους	89
4.2.6. Έκρηξη από διασπορά αερίου νέφους	91
<i>4.3. Παραδοχές και παράμετροι σεναρίων και μοντέλων υπολογισμών επιπτώσεων</i>	<i>91</i>
4.3.1. Ρυθμοί διαρροής	91
4.3.2. Φωτιά λίμνης	93
4.3.3. Πύρινη σφαίρα	93
4.3.4. Γλώσσα φωτιάς (jet fire)	94
4.3.5. Διασπορά και ανάφλεξη αερίου νέφους	94
4.3.6. Έκρηξη από διασπορά αερίου νέφους	95
4.3.7. Όρια ζωνών προστασίας	97
<i>4.4. Όρια πρόκλησης πολλαπλασιαστικών φαινομένων (Domino)</i>	<i>99</i>

4.4.1.	Ζημιές σε εξοπλισμό από θερμική ακτινοβολία και υπερπίεση	99
	Υπερπίεση	100
4.4.2.	Ακτίνα πολλαπλασιαστικών φαινομένων	101
	Πύρινη σφαίρα (fireball)	101
	Φωτιά λίμνης	102
	Γλώσσα φωτιάς (jet fire)	102
	Φωτιά από ανάφλεξη αερίου νέφους (flash fire)	102
	Έκρηξη αερίου νέφους	102
4.5.	Μορφή αποτελεσμάτων και όρια υπολογισμών	103
4.5.1.	Φωτιά λίμνης	103
4.5.2.	Πύρινη σφαίρα	103
4.5.3.	Γλώσσα φωτιάς	103
4.5.4.	Διασπορά και ανάφλεξη αερίου νέφους	104
4.5.5.	Έκρηξη από διασπορά αερίου νέφους	104
4.5.6.	Πίνακες αποτελεσμάτων	104
5.	ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	113
5.1.	Τεχνικά μέτρα	113
5.1.1.	Διάταξη εγκατάστασης και κώδικες κατασκευής	113
5.1.2.	Αυτοματισμοί και ανίχνευση διαρροών-αερίων	113
5.1.3.	Δεξαμενές	115
5.1.4.	Σταθμός βυτιοφόρων και βυτιοφόρα	117
5.1.5.	Αντλιοστάσιο και σωληνώσεις εγκατάστασης	118
5.1.7.	Εξοπλισμός ηλεκτροστατικής βαφής	118
5.1.8.	Σύστημα αποστράγγισης	119
5.1.9.	Φύλαξη εγκατάστασης	119
5.1.10.	Αντικεραυνική προστασία	119
5.2.	Οργανωτικά μέτρα	119
6.	ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟ ΤΩΝ ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ	122

<i>6.1. Σύστημα πυροπροστασίας</i>	<i>122</i>
6.1.1. Πηγές νερού πυροπροστασίας	122
6.1.2. Αντλιοστάσιο νερού πυροπροστασίας	122
6.1.3. Συστήματα καταιονισμού (sprinkler)	123
Δεξαμενές υγραερίου	123
Εμφιαλωτήριο	123
Αντλιοστάσιο υγραερίου	124
Σταθμός βυτιοφόρων	124
6.1.4. Πυροσβεστικές φωλιές	124
6.1.5. Πυροσβεστήρες	124
6.1.6. Βοηθητικά μέσα πυρόσβεσης	125
6.1.7. Έλεγχος συστήματος πυροπροστασίας	125
6.1.8. Σύστημα συναγερμού	126
<i>6.2. Συστήματα έκτακτης ανάγκης και απομόνωσης εξοπλισμού</i>	<i>126</i>
6.2.1. Σύστημα διακοπής ρεύματος έκτακτης ανάγκης	126
<i>6.3. Σύστημα απομόνωσης εξοπλισμού εγκατάστασης</i>	<i>127</i>
Κύριος εξοπλισμός	127
6.3.1. Σύστημα απομόνωσης βυτιοφόρων	128
<i>6.4. Οργάνωση συναγερμού και επέμβασης</i>	<i>129</i>
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	131
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	132
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	134
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	136

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια τα θέματα υγείας και ασφάλειας αποτελούν αντικείμενο ευαισθητοποίησης των εργαζομένων σε όλους σχεδόν τους χώρους των επαγγελματικών δραστηριοτήτων τους. Οι περισσότερες ανθρώπινες δραστηριότητες διέπονται από κάποιον βαθμό αβεβαιότητας και είναι εκτεθειμένες σε μια ποικιλία από ανεπιθύμητες πηγές κινδύνου. Η κυρίαρχη επιδίωξη είναι να αναπτυχθούν διάφοροι μηχανισμοί ελέγχου, οι οποίοι να ελαχιστοποιούν τις αβεβαιότητες αυτές, με άλλα λόγια να μειώνουν την πιθανότητα πρόκλησης ανεπιθύμητων συμβάντων.

Ειδικότερα, η τεχνολογική και βιομηχανική ανάπτυξη εγκυμονεί τον κίνδυνο πρόκλησης κάποιου μεγάλου ατυχήματος, με συνέπειες ικανές να προκαλέσουν βλάβες σε ανθρώπινες ζωές, στο περιβάλλον, ή και στην οικονομία.

Ο κίνδυνος πρόκλησης ενός Βιομηχανικού Ατυχήματος Μεγάλης Έκτασης -BAME - συνίσταται στη δυνατότητα απελευθέρωσης μεγάλων ποσοτήτων επικίνδυνων ουσιών (π.χ. τοξικές, εύφλεκτες), που στη συνέχεια θα προκαλέσουν βλάβες στην υγεία των εργαζομένων και του κοινού, στο περιβάλλον καθώς και οικονομικές ζημιές. Για τα BAME εφαρμόζεται συγκεκριμένη νομοθεσία. Ιδιαίτερα για τις χώρες της ΕΕ ισχύει η οδηγία Seveso II με την οποία έχει εναρμονιστεί η χώρα μας με την ΚΥΑ 5697/590 του 2000. Η νομοθεσία (ανάλογα με τις ποσότητες των επικίνδυνων ουσιών) απαιτεί την ύπαρξη πολιτικής πρόληψης μεγάλων ατυχημάτων και την εκπόνηση μελέτης ασφάλειας, που θα περιλαμβάνει την εκτίμηση επικινδυνότητας και τα απαιτούμενα μέτρα πρόληψης. Προβλέπει επίσης την εκπόνηση εσωτερικών και εξωτερικών σχεδίων έκτακτης ανάγκης (για κάθε εγκατάσταση και για την ευρύτερη περιοχή), την ενημέρωση του κοινού, την αξιολόγηση των επιπτώσεων ενός BAME προκειμένου να σχεδιαστούν οι χρήσεις γης, την πρόληψη ενός φαινομένου ντόμινο (αλυσιδωτού ατυχήματος), την καταγραφή των μεγάλων ατυχημάτων κ.α.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η περιγραφή των βασικών στοιχείων της ανάλυσης της

επικινδυνότητας σε μια βιομηχανία αποθήκευσης, εμφιάλωσης και διακίνησης υγραερίου και μεταποίησης φιαλών υγραερίου. (Κεφ1 - Περιγραφή της Εγκατάστασης, Κεφ.2 - Επικίνδυνες Ουσίες)

Σύμφωνα με το άρθρο 9 παρ. 1b της οδηγίας Seveso II, οι εγκαταστάσεις που εμπίπτουν στις υποχρεώσεις της οδηγίας είναι υποχρεωμένες να παρουσιάσουν αποδείξεις ότι *"έχουν εντοπιστεί οι πηγές κινδύνου που μπορούν να προκαλέσουν ατυχήματα μεγάλης έκτασης και ότι έχουν ληφθεί όλα τα μέτρα για την πρόληψη των ατυχημάτων αυτών, αλλά και τον περιορισμό των συνεπειών τους στον ανθρώπινο παράγοντα και τον περιβάλλον"*.

Συνεπώς, έχει σημασία η χρήση μιας κατάλληλης τεχνικής αναγνώρισης πηγών κινδύνου οι οποίες θα μπορούσαν να προκαλέσουν ατύχημα μεγάλης έκτασης.

Η μέθοδος Hazard and Operability Study "HAZOP" αναπτύχθηκε στο τέλος της δεκαετίας του 1960 από την εταιρία Imperial Chemical Industries Ltd. Ορίζεται ως *"ο προσδιορισμός εκείνων των ανεπιθύμητων γεγονότων τα οποία μπορούν να είναι πηγές κινδύνου και η εκτίμηση των πιθανών επιβλαβών συνεπειών του"*.

Η ανάλυση της μεθόδου HAZOP για την συγκεκριμένη βιομηχανία γίνεται στα κεφάλαια 3 και 4, ενώ στα 5 και 6 γίνεται μια προσέγγιση στα μέτρα, για την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας εκδήλωσης ατυχήματος, και στα μέσα προστασίας για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων από ενδεχόμενο ατύχημα.

ABSTRACT

Health and security matters have recently sensitized workers in almost every field of their occupational activities. Most of human activities are conditioned by uncertainty, to some extent, and are exposed to a wide variety of unwanted danger sources. The main objective is to develop several control techniques which will minimize this uncertainty. In other words, these techniques will reduce the possibility of causing such unwanted events.

More specifically, the technological and industrial growth may cause a big accident and its consequences will be able to do harm to human lives, the environment and the economy as well.

The danger of causing an Industrial Accident of Great Extent consists in the possibility of releasing an enormous quantity of dangerous substances (for example, toxic and inflammable) which can harm the workers and public's health, the environment as well as the economy. There is a certain legislation as far as Industrial Accident of Great Extent are concerned. The Seveso II instruction stands particularly for the countries of the EU with which our country has been harmonized with the KYA 5697/590 of the year 2000. The legislation (depending on the amount of dangerous substances) call for political prevention of big accidents as well as a study concerning safety matters. Such a study will include both the risks and the safety measures needed. Moreover, this study foresees the elaboration of internal and external designs in case of emergency (in every building around the area), the familiarization of the public, the appreciation of the consequences of Industrial Accident of Great Extent in order to plan how to use the land, the

prevention of a domino phenomenon (a chain accident), the registration of big accidents e.t.c.

The purpose of this project is to describe the basic elements of the analysis about the dangers in an industry of storing, bottling and distributing gas as well as remarking the gas cylinders (Chapter 2 - Description of the Facility, Chapter 3 - Dangerous Substances).

According to article 9, paragraph 1b of the Seveco II guideline, the facilities which are under the responsibility of the guidance, have to present proof that "not only the danger sources which can cause accidents of big extent have been traced and that all precaution measures have been taken, but also the limitation of their consequences in the human factor and environment, as well.

Consequently, it is very important to use a suitable technique in order to identify sources of danger, which could cause an accident of great extent.

The Hazard and Operability Study "HAZOP" method was developed at the end of the 1960's by the Imperial Chemical Industries Ltd company. It is defined as "the specification of the unwanted facts which can be the sources of danger and the estimation of the possible harmful consequences".

The analysis of the HAZOP method concerning this particular industry takes place in Chapters 3 and 4, whereas in Chapters 5 and 6 there is an approach to the measures which help to reduce the possibility of an accident as well as to the safety measures in order to minimize the consequences of a potential accident.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία αναφέρεται στη μελέτη ανάλυσης και επικινδυνότητας σε ειδικό τεχνικό έργο με υψηλό βαθμό ασφάλειας. Η συγκεκριμένη εγκατάσταση αποθηκεύει, εμφιαλώνει, διακινεί υγραέριο και μεταποιεί φιάλες υγραερίου. Λόγω της φύσης της εγκατάστασης και των προηγούμενων συμβάντων ατυχημάτων από παρόμοιες χημικές βιομηχανίες, η προσέγγιση του θέματος της εργασίας γίνεται με μεγάλη λεπτομέρεια και προσοχή στο εφικτό πάντα επίπεδο.

Η Διπλωματική Εργασία έχει δομηθεί ως εξής: Αρχικά γίνεται μια περιγραφή της εγκατάστασης και του περιβάλλοντος χώρου όπου βρίσκεται, καθώς επίσης και του φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του υγραερίου με στόχο την εξοικείωση του αναγνώστη με το αντικείμενο της μελέτης.

Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζεται η μελέτη ανάλυσης και επικινδυνότητας (HAZOP) για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση σε αναλυτική μορφή. Μετά τον εντοπισμό των πιθανών περιπτώσεων αστοχιών που προκύπτουν από την συγκεκριμένη μελέτη, ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή και η μεθοδολογία εκτίμησης των επιπτώσεων που μπορεί να έχουν αυτές.

Στο τελευταίο και τρίτο μέρος περιγράφονται τόσο τα προληπτικά μέτρα, για την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας εκδήλωσης ατυχήματος, όσο και τα μέσα προστασίας για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων από ενδεχόμενο ατύχημα.

1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Στην εγκατάσταση θα αποθηκεύεται και διακινείται υγραέριο προπάνιο, και υγραέριο μίγμα προπανίου-βουτανίου (ονομαστικής κατά βάρος σύνθεσης 20% προπάνιο, 80% βουτάνιο, αντιστοιχεί σε κατά mole σύνθεση 24,8 % προπάνιο, 75,2 % βουτάνιο), καθώς και υγραέριο κίνησης (οι ιδιότητες του είναι παραπλήσιες με του υγραερίου μίγματος).

Ο κύριος κίνδυνος από την εγκατάσταση προκύπτει από τον εξαιρετικά εύφλεκτο χαρακτήρα του υγραερίου. Περισσότερες λεπτομέρειες για τα χαρακτηριστικά του υγραερίου δίδονται στο Κεφάλαιο 2. Ο μεγαλύτερος κίνδυνος ατυχήματος εντοπίζεται στις περιοχές με τις μεγαλύτερες ποσότητες υγραερίου όπως οι δεξαμενές και ο σταθμός φόρτωσης βυτιοφόρων.

Τα προληπτικά μέτρα για την ασφάλεια της εγκατάστασης αναπτύσσονται σε λεπτομέρεια στην ανάλυση HAZOP (Κεφάλαιο 3) και στο Κεφάλαιο 5.

1.1. Διακίνηση υγραερίου (βυτιοφόρο)

Το υγραέριο θα παραλαμβάνεται από βυτιοφόρα οχήματα.

Από το σταθμό βυτιοφόρων υπάρχει και η δυνατότητα φόρτωσης υγραερίου σε βυτιοφόρα για την κάλυψη τοπικών αναγκών σε χύμα υγραέριο.

Η συχνότητα επίσκεψης βυτιοφόρων οχημάτων προβλέπεται να είναι κατά μέσο 10 ανά ημέρα, εκ των οποίων τα 4 θα αφορούν σε βυτιοφόρα τροφοδοσίας της εγκατάστασης με υγραέριο, ενώ τα υπόλοιπα σε βυτιοφόρα διανομής υγραερίου χύμα σε πελάτες. Η μέγιστη χωρητικότητα βυτιοφόρου που εξυπηρετεί την εγκατάσταση θα είναι 20 tn.

Ο σταθμός βυτιοφόρων της εγκατάστασης θα διαθέτει δύο θέσεις φορτοεκφόρτωσης, είτε για φόρτωση είτε για εκφόρτωση. Για τη φόρτωση/εκφόρτωση των βυτιοφόρων στις υπέργειες δεξαμενές υγραερίου θα χρησιμοποιείται συμπιεστής της εγκατάστασης μέσω γραμμών υγρής φάσης και επιστροφής αέριας φάσης. Η μέση διάρκεια της φόρτωσης/εκφόρτωσης κάθε βυτιοφόρου 20 tn προβλέπεται σε περίπου 1 ώρα. Σε

περίπτωση διακοπής ρεύματος στην περιοχή για την εκφόρτωση βυτιοφόρου είναι δυνατό να χρησιμοποιούνται οι αντλίες των βυτιοφόρων.

Για την τροφοδότηση της υπόγειας δεξαμενής με υγραέριο προπάνιο θα χρησιμοποιούνται επίσης βυτιοφόρα. Η εκφόρτωση του βυτιοφόρου θα γίνεται με την αντλία του βυτιοφόρου μέσω γραμμής υγρής φάσης προς τη δεξαμενή. Η μέση διάρκεια πλήρωσης της δεξαμενής προβλέπεται σε περίπου 20 min.

Στα βυτιοφόρα υπάρχουν ογκομετρικοί δείκτες στάθμης για την παρακολούθηση της στάθμης του υγραερίου κατά τη φόρτωση, όπως και δείκτες μέγιστης στάθμης.

1.2. Δεξαμενές υγραερίου

1.2.1. Υπέργειες δεξαμενές

Η εγκατάσταση θα διαθέτει έξι (6) οριζόντιες κυλινδρικές δεξαμενές υγραερίου με χωρητικότητα εκάστης 100 m³. Όλες οι δεξαμενές θα λειτουργούν υπό πίεση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η απόσταση μεταξύ δεξαμενών είναι 2,7 m.

Δεξαμενές αποθήκευσης οξυγόνου ή άλλων επικίνδυνων ουσιών ή θερμαινόμενες δεξαμενές αποθήκευσης ή πηγές θερμότητας (π.χ. σωληνώσεις μεταφοράς ατμού) δεν υπάρχουν στην περιοχή των δεξαμενών.

Οι χωρητικότητες και διαστάσεις των δεξαμενών παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.5.1.

Η πίεση σχεδιασμού των δεξαμενών είναι 18 bar, που αντιστοιχεί στην τάση ατμών κεκορεσμένου προπανίου σε θερμοκρασία 50°C. Οι δεξαμενές έχουν υπολογιστεί, κατασκευαστεί και δοκιμαστεί με βάση αναγνωρισμένο κανονισμό δοχείων υπό πίεση (BS 5500 Cat II). Η πίεση δοκιμής των δεξαμενών είναι 27 bar. Η θερμοκρασιακή περιοχή σχεδιασμού των δεξαμενών είναι -20 °C έως 50 °C, έτσι ώστε τα υλικά κατασκευής των δεξαμενών να ικανοποιούν την ελάχιστη θερμοκρασία (-10 °C) στην οποία θα φτάσει η δεξαμενή σε λειτουργία λαμβανομένων υπόψη υψηλών ρυθμών εκκένωσης. Οι δεξαμενές θα επιθεωρούνται από πιστοποιημένο φορέα και θα εκδίδονται τα αντίστοιχα πιστοποιητικά.

Κάθε δεξαμενή θα είναι εξοπλισμένη με ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης (PRV) οι οποίες

ανοίγουν όταν η πίεση ξεπεράσει τα 17,65 bar. Οι ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης θα διαθέτουν πολλαπλά φυσίγγια (4 ports) με καπάκια για προστασία της εξόδου τους από βροχή ή χιόνι και θα είναι διασυνδεδεμένα (σύστημα interlock) έτσι ώστε να παραμένει πάντα σε λειτουργία τουλάχιστον ο αναγκαίος αριθμός φυσιγγίων (3) σε κάθε δεξαμενή. Λεπτομέρειες για τη δυναμικότητα των ασφαλιστικών δίδονται στην ενότητα 5.1.3.

Οι δεξαμενές θα διαθέτουν αποστραγγιστικά, ενδεικτικό όργανο στάθμης (μαγνητικό), μετρητική ράβδο στάθμης, όργανο ένδειξης μέγιστης στάθμης, ενδεικτικό όργανο θερμοκρασίας και μανόμετρο. Όλα τα παραπάνω θα πληρούν τις απαιτήσεις της ΚΥΑ Δ3/148538/1993.

Τα στόμια εισόδου-εξόδου των δεξαμενών θα διαθέτουν τηλεχειριζόμενες υδραυλικές βάνες απομόνωσης, τόσο σε ότι αφορά στα στόμια υγρής φάσης, όσο και στο στόμιο αέριας φάσης.

1.2.2. Υπόγεια δεξαμενή

Η εγκατάσταση θα διαθέτει και υπόγεια οριζόντια κυλινδρική δεξαμενή υγραερίου προπανίου χωρητικότητας 5m^3 για τροφοδοσία του φούρνου ηλεκτροστατικής βαφής φιαλών του συνεργείου επανελέγχου φιαλών. Η δεξαμενή είναι πακτωμένη σε σκυρόδεμα πάχους 30cm και είναι πλήρως καλυμμένη με χώμα. Η δεξαμενή είναι τοποθετημένη σε απόσταση 5m από το κτίριο μεταποίησης φιαλών.

Η υπόγεια δεξαμενή θα διαθέτει ενδεικτικό όργανο στάθμης (μαγνητικό), όργανο ένδειξης μέγιστης στάθμης και μανόμετρο. Όλα τα παραπάνω θα πληρούν τις απαιτήσεις της ΚΥΑ Δ3/148538/1993.

1.3. Αντλιοστάσιο υγραερίου

Η εγκατάσταση θα διαθέτει αντλιοστάσιο υγραερίου στο οποίο θα βρίσκονται 4 αντλίες υγραερίου και 1 συμπιεστής υγραερίου. Από τις αντλίες, η μία θα αφορά σε προπάνιο, η

μία σε υγραέριο μίγμα και οι άλλες δύο αντλίες θα είναι βοηθητικές. Οι αντλίες είναι αυτόματης αναρρόφησης και διαθέτουν κινητήρα αντiekρηκτικού τύπου, όπως και ο συμπιεστής υγραερίου.

1.4. Εμφιαλωτήριο και κτίριο μεταποίησης φιαλών

1.4.1. Εμφιαλωτήριο

Η εγκατάσταση θα διαθέτει εμφιαλωτήριο για εμφιάλωση φιαλών 0,5-30 kg. Αναλυτικότερα, προβλέπεται η εμφιάλωση των ακόλουθων τύπων φιαλών υγραερίου :

- Φιάλες υγραερίου προπανίου

- ο 13 kg,
- ο 15 kg,
- ο 25 kg,
- ο 50 kg

- Φιάλες υγραερίου μίγματος

- ο 0,5 kg,
- ο 2 kg,
- ο 3 kg,
- ο 3,5 kg,
- ο 10 kg,
- ο 14 kg

Η μέγιστη δυναμικότητα του εμφιαλωτηρίου είναι 8 tn/ημέρα. Το εμφιαλωτήριο διαθέτει 8 κεφαλές αυτόματης πλήρωσης και ζύγισης.

Το εμφιαλωτήριο περιλαμβάνει σύστημα ελέγχου στεγανότητας φιαλών, σύστημα μεταφοράς και σύστημα ελέγχου βάρους φιαλών.

Το κτίριο του εμφιαλωτηρίου είναι κατασκευασμένο από κολώνες οπλισμένου σκυροδέματος με μεταλλικό στέγαστρο και τοίχους από κυματοειδή ελάσματα

βιομηχανικού τύπου και είναι ανοικτό στις δυο πλευρές του για αερισμό του χώρου και διακίνηση των φιαλών. Το εμφιαλωτήριο είναι υπερυψωμένο από το έδαφος (1,00-1,35 m) και έχει διαστάσεις 13,0m X 20,0 m.

Γενικά το δάπεδο του εμφιαλωτηρίου δεν φέρει χαντάκια, οχετούς, κανάλια ή άλλα κοιλώματα στα οποία θα μπορούσε να εγκλωβιστεί ή συσσωρευτεί υγραέριο.

Όλα τα απαραίτητα κοιλώματα και χαντάκια για την εξυπηρέτηση των ταινιόδρομων μεταφοράς και των μηχανημάτων του εμφιαλωτηρίου, αερίζονται επαρκώς. Όλες οι επιφανειακές διατάξεις αποχέτευσης υδάτων κοντά στο κτίριο της εμφιάλωσης διαθέτουν υδατοπαγίδες (σιφώνια). Τα καλύμματα επιθεώρησης των φρεατίων αποχέτευσης αερίζονται επαρκώς.

Οι φιάλες είναι κατακόρυφα δοχεία κυλινδρικής μορφής με σπειροσφαιρικούς ή ελλειπτικούς πυθμένες. Στον κάτω πυθμένα υπάρχει συγκολλημένη στεφάνη βάσης για την ευσταθή στήριξη της φιάλης αλλά και για την προστασία του πυθμένα. Στην κεφαλή (άνω πυθμένα) υπάρχει συγκολλημένη η χειρολαβή η οποία χρησιμεύει επίσης και ως προστασία της στρόφιγγας, που είναι βιδωμένη σε ειδική υποδοχή συγκολλημένη στο πάνω μέρος της φιάλης.

Η στρόφιγγα είναι μια γωνιακή βαλβίδα από την οποία παραλαμβάνεται το υγραέριο σε αέρια φάση (όταν η φιάλη είναι όρθια), που διοχετεύεται μέσω ειδικού ρυθμιστή και αγωγού κάποιων άλλων εξαρτημάτων προς την κατανάλωση. Από την στρόφιγγα επίσης γίνεται και η πλήρωση της φιάλης στις ειδικές εγκαταστάσεις εμφιάλωσης.

Όλες οι φιάλες, πριν από την πλήρωση τους, επιθεωρούνται και κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Φιάλες που πρέπει να υποστούν περιοδικό επανέλεγχο.
- Ελαττωματικές φιάλες και φιάλες με ελαττωματικές βαλβίδες και εξαρτήματα (χειρολαβές, βάσεις).
- Καινούργιες φιάλες ή φιάλες που προέρχονται από συντήρηση με ανοιχτές βαλβίδες και άλλες φιάλες με υποψία για υπερβολική περιεκτικότητα σε ατμοσφαιρικό αέρα.
- Φιάλες που απαιτούν εξωτερική επιφανειακή συντήρηση ή καθαρισμό αλλά που

είναι κατάλληλες για πλήρωση.

- Φιάλες κατάλληλες για πλήρωση που δεν έχουν ανάγκη συντήρησης ή επανελέγχου.

Γενικά όλες οι φιάλες, καινούργιες ή μη, πριν από την πλήρωση τους εξετάζονται για την καταλληλότητα τους να υποδεχτούν υγραέριο. Αυτό φαίνεται κατ' αρχήν από τα εμφανή στοιχεία σήμανσης της κάθε φιάλης, ως επίσης και από το χαρακτηριστικό χρώμα ή την επιγραφή (στάμπα σφραγίδα) που αποδεικνύουν ότι η προς πλήρωση φιάλη ανήκει σε μία από ης εταιρείες Υγραερίων με νόμιμη άδεια εμπορίου υγραερίου.

Η ορθή πλήρωση και ο βαθμός πλήρωσης για κάθε τύπο φιάλης ελέγχεται κατά την πλήρωση σύμφωνα με το σχετικό Αναγνωρισμένο Κανονισμό.

Η ακρίβεια των ζυγών πλήρωσης θα ελέγχεται τουλάχιστον μία φορά ανά οκτάωρο λειτουργίας (μία βάρδια). Επιτρέπεται ανοχή 1% επί της προκαθορισμένης ποσότητας υγραερίου κάθε φιάλης ή φιαλιδίου μιας χρήσης. Με αυτό τον τρόπο θα αποτρέπονται οι κίνδυνοι από την υπερπλήρωση των φιαλών.

Μετά την πλήρωση, κάθε φιάλη ελέγχεται για διαρροές σε υδάτινο λουτρό (βούτα). Οι φιάλες που παρουσιάζουν διαρροές απομονώνονται χωρίς καθυστέρηση.

1.4.2. Κτίριο μεταποίησης φιαλών

Η εγκατάσταση θα περιλαμβάνει επίσης ανεξάρτητο κτίριο διαστάσεων 12,0 m x 30,0 m για την μεταποίηση φιαλών, στο οποίο θα λειτουργεί συνεργείο επανελέγχου φιαλών με προδιαγραφές που καλύπτουν τις απαιτήσεις της Νομοθεσίας.

Στο κτίριο μεταποίησης φιαλών θα εκτελούνται οι ακόλουθες εργασίες :

- Εξάρμωση στρόφιγγας.
- Υδραυλική δοκιμή.
- Αμμοβολή.
- Αποτύπωση σήματος και χρονολογίας.
- Ζύγιση απόβαρου.
- Εγχάραξη απόβαρου.

- Σύνταξη πρωτοκόλλου.
- Βίδωμα στρόφιγγας.
- Αφαίρεση ατμοσφαιρικού αέρα.
- Ηλεκτροστατική βαφή φιαλών.
- Ψήσιμο χρώματος φιαλών.

Η ηλεκτροστατική βαφή των φιαλών θα πραγματοποιείται σε θάλαμο ηλεκτροστατικής βαφής διαστάσεων 2,5 m x 1,4 m x 2,2 m (ΜxΠxΥ) με αυτόματα πιστόλια βαφής τύπου corona. Το αντικείμενο προς βαφή τοποθετείται σε ειδικά άγκιστρα, μέσω των οποίων γειώνεται, και με τα οποία εισάγεται στο θάλαμο βαφής. Ο χρόνος διέλευσης των φιαλών από το θάλαμο βαφής είναι περίπου 20 sec.

Η πούδρα επίστρωσης ηλεκτροστατικής βαφής τροφοδοτείται με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα στην έξοδο του πιστολιού, όπου φορτίζεται σε υψηλό δυναμικό 30-100kV και εκτοξεύεται προς το αντικείμενο. Η πούδρα κινείται λόγω του ηλεκτροστατικού φορτίου της προς το γειωμένο αντικείμενο στην επιφάνεια του οποίου επικάθεται και εκφορτίζεται. Η ένταση ρεύματος είναι εξαιρετικά χαμηλή (τυπικά στην περιοχή 1,5-100 μ A). Το πιστόλι βαφής είναι αυτόματο και διαθέτει αυτόματη ρύθμιση δυναμικού, παροχής αέρα και πούδρας. Σε περίπτωση υπέρβασης των παραμέτρων σχεδιασμού του πιστολιού, η λειτουργία του πιστολιού διακόπτεται αυτόματα.

Οι πούδρες ηλεκτροστατικής βαφής έχουν μέση διάμετρο στην περιοχή 20-50 μ m με φαινόμενη πυκνότητα 0,4-0,8 kg/lit.

Ο θάλαμος βαφής είναι τύπου τούνελ έχει ανοίγματα μόνο στην είσοδο και έξοδο του και διαθέτει σύστημα εξαερισμού με το οποίο εισάγεται αέρας στο θάλαμο βαφής μέσω ανεμιστήρα αναρρόφησης στην έξοδο του συστήματος εξαερισμού. Το σύστημα εξαερισμού λειτουργεί αυτόματα με την έναρξη λειτουργίας του πιστολιού βαφής. Σε περίπτωση διακοπής λειτουργίας του συστήματος εξαερισμού, διακόπτεται αυτόματα και η λειτουργία του λοιπού εξοπλισμού του θαλάμου βαφής (τροφοδοσία πούδρα, γεννήτρια δυναμικού). Ο αέρας εξαερισμού οδηγείται σε σύστημα συλλογής της σκόνης με κυκλώνες και σακκόφιλτρα και από εκεί στον ανεμιστήρα αναρρόφησης, από όπου

οδηγείται στην ατμόσφαιρα εκτός του κτιρίου.

Η βαφή που δεν επικάθεται στο προς βαφή αντικείμενο συλλέγεται από το πάτωμα του θαλάμου βαφής από ειδικό ιμάντα και από τον κυκλώνα και απομακρύνεται συνεχώς για ανακύκλωση μέσω του συστήματος συλλογής σκόνης. Τα σακκόφιλτρα περιοδικά τινάζονται με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα για την αποτροπή συσσώρευσης σκόνης. Η σκόνη από τα σακκόφιλτρα απομακρύνεται από τους χειριστές ηλεκτροστατικής βαφής περίπου μία φορά το μήνα και ανακυκλώνονται στην τροφοδοσία της σκόνης.

Η ροή αέρα παρακολουθείται συνεχώς από διακόπτες διαφορικής πίεσης που διακόπτουν αυτόματα τη λειτουργία του θαλάμου σε περίπτωση χαμηλής ροής.

Οι φιάλες οδηγούνται κατόπιν σε φούρνο όπου παραμένουν σε θερμοκρασία περί τους 160-200 °C για επαρκή χρόνο (συνήθως 20 min) έτσι ώστε να ψηθεί και ακινητοποιηθεί η βαφή στο αντικείμενο.

Ο φούρνος ψησίματος της πούδρας έχει διαστάσεις 7 m x 3 m x 3 m (ΜxΠxΥ) και διαθέτει καυστήρα υγραερίου ο οποίος τροφοδοτείται από υπόγεια δεξαμενή υγραερίου προπανίου χωρητικότητας 5m³ μέσω ηλεκτροβάνας και ρυθμιστών πίεσης 1^{ου} και 2^{ου} σταδίου. Η υπόγεια δεξαμενή βρίσκεται εκτός του κτιρίου του συνεργείου, όπως και η παραπάνω ηλεκτροβάνα. Ο ρυθμιστής πίεσης 1^{ου} σταδίου (πίεση εξόδου 3 bar) βρίσκεται στην υπόγεια δεξαμενή μετά τη βάνα εξόδου, ενώ ο ρυθμιστής 2^{ου} σταδίου (πίεση εξόδου επιπέδου mbar) εντός του κτιρίου πριν τον καυστήρα. Τα καυσαέρια από τον καυστήρα θερμαίνουν μέσω εναλλάκτη ρεύμα αέρα το οποίο ανακυκλοφορεί στο εσωτερικό του φούρνου. Τα καυσαέρια κατόπιν απάγονται σε κλειστό κύκλωμα εκτός του κτιρίου μέσω καμινάδας.

Στο κτίριο μεταποίησης φιαλών και πλησίον του φούρνου του βαφείου και σε χαμηλό ύψος θα εγκατασταθεί ανιχνευτής υγραερίου καταλυτικού τύπου για την έγκαιρη ανίχνευση διαρροής υγραερίου στο χώρο του κτιρίου. Ο ανιχνευτής διακόπτει αυτόματα την τροφοδοσία του φούρνου με υγραέριο (απενεργοποίηση εξωτερικής ηλεκτροβάνας τροφοδοσίας από υπόγεια δεξαμενή), ενεργοποιεί τοπική φαροσειρήνα και παρέχει οπτικό και ηχητικό σήμα συναγερμού σε πίνακα ελέγχου κοντά στη θέση του

φύλακα.

Ο καυστήρας του φούρνου φέρει ανεξάρτητο ανιχνευτή εκρηκτικών μιγμάτων που ελέγχει τον αέρα του χώρου καύσης κατά την έναρξη λειτουργίας του φούρνου πριν την έναυση του καυστήρα, και διοχετεύει αέρα μέχρι να εξασφαλιστούν ασφαλείς συνθήκες για την έναυση, όπως και σύστημα εντοπισμού βλαβών στο σύστημα έναυσης, το οποίο διακόπτει την τροφοδοσία του φούρνου με υγραέριο κλείνοντας την ηλεκτροβάνα του καυστήρα (ανεξάρτητη από την ηλεκτροβάνα εξωτερικά του κτιρίου).

Κατά τη λειτουργία του φούρνου ο χώρος όπου βρίσκονται οι φιάλες παραμένει κλειστός. Όταν ανοίξουν οι πόρτες του φούρνου, αυτόματα λειτουργούν ανεμιστήρες που απάγουν τον αέρα από το εσωτερικό του φούρνου εξωτερικά του κτιρίου.

1.5. Χαρακτηριστικά των δεξαμενών και των σωληνώσεων υγραερίου

1.5.1. Δεξαμενές υγραερίου

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η εγκατάσταση θα διαθέτει έξι (6) υπέργειες κυλινδρικές δεξαμενές αποθήκευσης χωρητικότητας εκάστης 100m³ για την αποθήκευση υγραερίου προπανίου, μίγματος και κίνησης. Όλες οι δεξαμενές είναι κατάλληλες και για προπάνιο και ικανοποιούν το πρότυπο BS 5500 Cat II.

Τα χαρακτηριστικά των υπέργειων δεξαμενών (δυναμικότητα, διαστάσεις, τυπικό περιεχόμενο) παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα 1.5.1. Το είδος του υγραερίου που αποθηκεύεται στις δεξαμενές είναι δυνατό να μεταβάλλεται, ανάλογα με τις ανάγκες, καθώς όλες οι δεξαμενές είναι κατάλληλες για προπάνιο.

Εκτός των παραπάνω, η εγκατάσταση θα διαθέτει και υπόγεια δεξαμενή υγραερίου προπανίου χωρητικότητας 5 m³ (Δεξαμενή 7) για τροφοδοσία του φούρνου ηλεκτρο-στατικής βαφής φιαλών του συνεργείου επανελέγχου φιαλών.

Πίνακας 1.5.1. Χαρακτηριστικά δεξαμενών αποθήκευσης υγραερίου

Δεξαμενή	Τύπος δεξαμενής	Περιεχόμενο	Χωρητικότητα m ³	Διάμετρος m	Μήκος m
Δ.1	Υπέργεια οριζόντια κυλινδρική	Υγραέριο Μίγμα	100	3,2	13,26
Δ.2	Υπέργεια οριζόντια κυλινδρική	Υγραέριο Μίγμα	100	3,2	13,26
Δ.3	Υπέργεια οριζόντια κυλινδρική	Υγραέριο Κίνησης	100	3,2	13,26
Δ.4	Υπέργεια οριζόντια κυλινδρική	Υγραέριο Κίνησης	100	3,2	13,26
Δ.5	Υπέργεια οριζόντια κυλινδρική	Υγραέριο Προπάνιο	100	3,2	13,26
Δ.6	Υπέργεια οριζόντια κυλινδρική	Υγραέριο Προπάνιο	100	3,2	13,26
Δ.7	Υπόγεια οριζόντια κυλινδρική	Υγραέριο Προπάνιο	5	1,2	4,8

Όλες οι δεξαμενές λειτουργούν υπό πίεση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Η συνολική ποσότητα του υγραερίου στην εγκατάσταση, με βάση τις διαστάσεις των δεξαμενών της, αντιστοιχεί σε 277,5 tn, θεωρώντας το τυπικό περιεχόμενο για τις δεξαμενές Δ.1-Δ.6, υγραέριο προπάνιο για την υπόγεια δεξαμενή Δ.7 και πλήρωση των δεξαμενών στο 85% της χωρητικότητας κάθε δεξαμενής.

1.5.2. Σωληνώσεις υγραερίου

Οι σωληνώσεις υγραερίου είναι κατασκευασμένες από χάλυβα και ικανοποιούν το πρότυπο ANSI B5 B36.10 SCH 40 (ή SCH 80 για τις υπόγειες σωληνώσεις). Οι

σωληνώσεις από τις δεξαμενές στο αντλιοστάσιο υγραερίου είναι υπόγειες σε τμήμα τους, ενώ οι σωληνώσεις από το αντλιοστάσιο προς το σταθμό βυτιοφόρων και το εμφιαλωτήριο είναι εξολοκλήρου υπόγειες.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι διάμετροι των σωληνώσεων υγραερίου που απαντώνται στην εγκατάσταση. Σε περίπτωση σωληνώσεων με διάφορες διαμέτρους παρουσιάζεται η μέγιστη διάμετρος.

Πίνακας 1.5.2. Χαρακτηριστικά σωληνώσεων

Τμήμα	Σωλήνωση	Διάμετρος in
Υπέργειες Δεξαμενές	Είσοδος υγρού σε δεξαμενή από βυτιοφόρα	4
	Επιστροφή αερίου σε δεξαμενή από βυτιοφόρα	2
	Έξοδος υγρού από δεξαμενή προς βυτιοφόρα και αντλιοστάσιο	4
Υπόγεια Δεξαμενή	Είσοδος υγρού σε δεξαμενή από βυτιοφόρα	1 1/2
	Έξοδος υγρού από δεξαμενή προς φούρνο βαφείου	3/4
Φόρτωση βυτιοφόρων	Τροφοδοσία υγρού από/προς βυτιοφόρα	4
	Επιστροφή αερίου από βυτιοφόρα	2
	Ελαστικός σωλήνας φόρτωσης υγρού σε βυτιοφόρα	2
	Ελαστικός σωλήνας επιστροφής αερίου σε βυτιοφόρα	2
Εμφιάλωση	Είσοδος υγρού από αντλιοστάσιο σε εμφιάλωση	3
	Επιστροφή υγρού από εμφιάλωση σε δεξαμενές	2

1.6. Γραφεία

Η εγκατάσταση θα διαθέτει διώροφο κτίριο γραφείων πλησίον της κυρίας εισόδου της εγκατάστασης για την διοικητική υποστήριξη της λειτουργίας της εγκατάστασης.

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

1.7. Περιγραφή της γεωγραφικής θέσης της εγκατάστασης

1.7.1. Θέση της εγκατάστασης - οδική και άλλη πρόσβαση

Το οικόπεδο της εγκατάστασης καταλαμβάνει έκταση 8,152 m² στο οικόπεδο 4 ΒΙ.ΠΕ. Ιωαννίνων, 11 χλμ. ΒΑ της πόλης των Ιωαννίνων, πλησίον του οικισμού του Ροδοτοπίου.

Η πρόσβαση στη ΒΙ.ΠΕ. Ιωαννίνων γίνεται από την Επαρχιακή Οδό που οδηγεί από την Εθνική Οδό Ιωαννίνων - Ηγουμενίτσας στον οικισμό του Ροδοτοπίου. Η πρόσβαση στην εγκατάσταση πραγματοποιείται από τις οδούς 4^α, 11, 5 και 6 του οδικού δικτύου της ΒΙ.ΠΕ.

Η εγκατάσταση θα διαθέτει μία κύρια είσοδο στη δυτική πλευρά της και βοηθητική είσοδο στη βορειοανατολική πλευρά της. Η βοηθητική είσοδος θα παραμείνει κλειστή με λουκέτο και ανοίγει περιστασιακά για την είσοδο βυτιοφόρων ή κατά την αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών για την διέλευση πυροσβεστικών οχημάτων. Τα κλειδιά των λουκέτων των εισόδων παραμένουν στον Προϊστάμενο της Εγκατάστασης κατά τις εργάσιμες ώρες και στον φύλακα της εγκατάστασης κατά τις μη εργάσιμες ώρες.

1.8. Φυσικό Περιβάλλον

1.8.1. Χλωρίδα και πανίδα

Η περιοχή γύρω από την εγκατάσταση χαρακτηρίζεται έντονα από την ανάπτυξη της ΒΙ.ΠΕ., με αποτέλεσμα η χλωρίδα της περιοχής να αναπτύσσεται πρακτικά εκτός των ορίων της ΒΙ.ΠΕ.

Η ευρύτερη περιοχή περιλαμβάνει τα ακόλουθα είδη βλάστησης:

- Μωσαικό βλάστησης από φρυγανικές κοινότητες και σκληρόφυλλους θαμνώνες με κέδρο,
- Φρυγανική βλάστηση ποικίλων τύπων.

Τα φρύγανα απαντούν κυρίως στα κατώτερα υψομετρικά επίπεδα και πάνω σε επικλινείς πετρώδεις και άγονες κατά κανόνα θέσεις, συνήθως με την μορφή αμιγών φυτοκοινοτήτων, αλλά και σε μίξη με υποβαθμισμένη βλάστηση.

Η ερπετοπανίδα της ευρύτερης περιοχής του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων είναι εξαιρετικά πλούσια, ανερχόμενη σε 23 είδη, από τα 55 είδη χερσαίων ερπετών της χώρας (ποσοστό 42%).

Επίσης καταγράφηκαν 20 είδη θηλαστικών (τα οποία ανήκουν σε 12 συνολικά οικογένειες) από τα 115 είδη θηλαστικών της Ελλάδας (ποσοστό 17%).

Η ευρύτερη περιοχή του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων δεν χαρακτηρίζεται από την παρουσία ειδών προτεραιότητας χλωρίδας, σύμφωνα με τον κατάλογο του Παραρτήματος II της Οδηγίας 92/43/ΕΕC.

Επισημαίνεται ότι η περιοχή γύρω από την εγκατάσταση δεν διέπεται από κάποιο ιδιαίτερο καθεστώς προστασίας της φύσης και των βιοτόπων.

1.8.2. Γεωλογικά – υδρογεωλογικά – τεκτονικά στοιχεία

Η ευρύτερη περιοχή του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων αναπτύσσεται σε σχηματισμούς της Ιόνιας Ζώνης η οποία αποτελούσε μια υποθαλάσσια αύλακα. Η Ζώνη αυτή δυτικά επωθείται πάνω στους Παξούς, ενώ ανατολικά επωθείται πάνω η Πίνδος. Η αρχική νηριτική ιζηματογένεση από το Ανώτερο Τριαδικό ακολουθείται μετά το Ανώτερο Λιάσιο από πελαγική ιζηματογένεση λόγω παλαιογραφικής μεταβολής (βάθυνση) και η στρωματογραφική κολώνα κλείνει με φλύσχη (Ανώτερο – Κατώτερο Βουρδιγάλιο).

Τρεις είναι οι επιμέρους ζώνες:

- α) Η εξωτερική Ιόνια ζώνη (δυτική εξωτερική και ανατολική εξωτερική),
- β) Η κεντρική Ιόνια ζώνη,

γ) Η ανατολική Ιόνια ζώνη

Το πεδινό τμήμα της περιοχής ενδιαφέροντος καλύπτεται από αλλουβιακές αποθέσεις ποικίλης σύστασης και διαβάθμισης (άργιλοι άμμοι χαλίκια λιγνίτης κ.τ.π.). Στα πρηνή της ευρύτερης περιοχής εντοπίζονται εκτεταμένες εμφανίσεις όλης της σειράς των ανθρακικών σχηματισμών (ασβεστόλιθων) της Ιόνιας ζώνης.

Η περιοχή γύρω από την εγκατάσταση ανήκει υδρολογικά στην κλειστή λεκάνη (πόλη) Ιωαννίνων με αποτέλεσμα τα υδρογεωλογικά στοιχεία που παρατίθενται ακολούθως να καλύπτουν την ευρύτερη περιοχή του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων.

Η υπερχειλίση της λίμνης οδηγείτε στη τεχνητή τάφρο Λαψίστας. Ανατολικά αναπτύσσεται η υδρογεωλογική ενότητα του Μιτσικελίου που τροφοδοτεί πλευρικά τις αποθέσεις εντός της λεκάνης. Δυτικά εμφανίζεται το περίπλοκο σύστημα του αντικλινορίου των Ιωαννίνων το οποίο αναπτύσσεται στους ανθρακικούς σχηματισμούς εκτός του Μιτσικελίου και εκφορτίζεται κυρίως εκτός της λεκάνης των Ιωαννίνων (λεκάνες Κάλαμο, Λούρου Αράχθου).

Η αποστράγγιση της περιοχής Ροδοτοπίου γινόταν παλαιότερα από τις καταβόθρες Ροδοτοπίου και Μύλοι. Σήμερα η αποστράγγιση γίνεται μέσω της τάφρου και της σήραγγας Λαψίστας προς το ρεύμα Βελτσίστικο και τον Καλαμά ποταμό, ενώ οι καταβόθρες χρησιμοποιούνται εφεδρικά σε περίπτωση πλημμυρών. Οι καταβόθρες Ροδοτοπίου και μύλοι κατά πάσα πιθανότητα επικοινωνούν με την πηγή Κληματιάς. Στην ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος έχουμε ανορυχθεί αρκετές γεωτρήσεις που εκμεταλλεύονται κυρίως τον καρστικό υδροφόρο που αναπτύσσεται στους ασβεστόλιθους του Ανωτέρου Σενωνίου. Η κίνηση του υδροφόρου γίνεται κυρίως προς την πηγή Κληματιάς του ποταμού Καλαμά. Το βάθος των γεωτρήσεων στην περιοχή υπερβαίνει τα 100 m και στις περισσότερες από αυτές ξεπερνά τα 150 m.

Εντός της ΒΙ.ΠΕ. Ιωαννίνων βρίσκονται σε λειτουργία τρεις (3) γεωτρήσεις που εξυπηρετούν τις ανάγκες της, ενώ στα πλαίσια της διαδικασίας επέκτασης της έχουν ανορυχθεί και άλλες, εκ των οποίων οι δύο βρίσκονται στο στάδιο της αξιοποίησης.

1.8.3.Μετεωρολογικά Δεδομένα

Στην Ήπειρο λόγω της γεωγραφικής θέσης και της πολυμορφίας του ανάγλυφου παρουσιάζονται διαφορές στις κλιματολογικές συνθήκες. Έτσι στις ακτές του Ιονίου το κλίμα είναι μεσογειακό, ενώ προς το εσωτερικό, όπου βρίσκεται και το λεκανοπέδιο Ιωαννίνων, το κλίμα είναι ηπειρωτικό, που σημαίνει πολλές βροχοπτώσεις και χαμηλές θερμοκρασίες το χειμώνα και υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι.

Τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής προέρχονται από το σταθμό Ιωαννίνων της Ε.Μ.Υ. ο οποίος βρίσκεται σε ύψος 484,0 m από το επίπεδο της θάλασσας.

Κυρίαρχο στοιχείο της περιοχής είναι η άπνοια με ποσοστό 65,8%. Ως προς την κατεύθυνση, μεγαλύτερες συχνότητες εμφάνισης σε ετήσια βάση έχουν οι νότιοι και νοτιοδυτικοί άνεμοι (6,3% και 6,4% αντίστοιχα). Ως προς την ένταση του ανέμου, την υψηλότερη συχνότητα (28.5%) παρουσιάζουν οι άνεμοι εντάσεως 2-4 Bf.

Η μέση (mean) θερμοκρασία στην περιοχή είναι από 4,7 °C. Η μέση τιμή των μέγιστων τιμών της θερμοκρασίας (average max) κατά το καλοκαίρι είναι 30,8 °C (Ιούλιος και Αύγουστος), ενώ η μέση τιμή των ελάχιστων τιμών της θερμοκρασίας (average min) κατά το χειμώνα είναι 0,2 °C (Ιανουάριος). Η απόλυτα μέγιστη (abs max) θερμοκρασία είναι 42 °C (Ιούλιος), ενώ η απόλυτα ελάχιστη (abs min) θερμοκρασία είναι -13 °C (Ιανουάριος).

Ο μέσος αριθμός ημερών με ελάχιστη θερμοκρασία χαμηλότερη από 0 °C κατά το μήνα Ιανουάριο είναι ίσος με 15,1, ενώ για τους μήνες Δεκέμβριο και Φεβρουάριο οι αντίστοιχες τιμές είναι 11,3 και 11,6.

Η μέση μηνιαία υγρασία κυμαίνεται από 52,4% κατά το μήνα Δεκέμβριο. Το ύψος βροχόπτωσης παρουσιάζει τη μέγιστη τιμή κατά τη χειμερινή περίοδο και ειδικότερα κατά το Νοέμβριο (168 mm) και Δεκέμβριο (175 mm). Τα ελάχιστα ύψη βροχόπτωσης παρουσιάζονται κατά τη θερινή περίοδο και ειδικότερα κατά το μήνα Αύγουστο (31 mm). Ο μέγιστος αριθμός ημερών με χιονόπτωση παρατηρείται κατά το μήνα Φεβρουάριο (2,1 ημέρες) και Ιανουάριο (1,9 ημέρες).

1.9. Ανθρωπογενές περιβάλλον - χρήσεις γης - γειτονικές επιχειρήσεις

Οικισμοί

Οι πλησιέστεροι οικισμοί εγκαταστάσεις είναι οι οικισμοί του Ροδοτοπίου (700 m Δ), του Μεγάλου Γαρδικίου (1,3 km ΒΑ), και της Ζωοδόχου (2,6 km ΝΑ). Λίγο πιο μακριά (3,8 km Α) βρίσκεται ο οικισμός της Ελεούσας που είναι συγκριτικά μεγαλύτερος και πιο πυκνοκατοικημένος.

Ο πληθυσμός των πλησιέστερων οικισμών στην εγκατάσταση, κατά την απογραφή πληθυσμού του έτους 2001 είναι:

- Ροδοτόπι: 1108
- Μεγάλο Γαρδίκι: 211
- Ζωοδόχος: 387

Δίκτυα μεταφορών

Η ΒΙ.ΠΕ. διαθέτει εσωτερικό δίκτυο οδών, το οποίο συνδέεται μέσω των οδών 4^α και 6 της ΒΙ.ΠΕ. με την επαρχιακή οδό που συνδέει το Ροδοτόπι με την εθνική οδό Ιωαννίνων - Ηγουμενίτσας. Η παραπάνω επαρχιακή οδός διέρχεται σε απόσταση 600 m νότια από την εγκατάσταση, ενώ η Εθνική Οδός Ιωαννίνων - Ηγουμενίτσας διέρχεται σε απόσταση

1.200 m νότια από την εγκατάσταση.

Επισημαίνεται ότι με την έναρξη λειτουργίας της Εγνατία Οδού στο τμήμα Ηγουμενίτσα - Ιωάννινα, ο φόρτος κυκλοφορίας της Εθνικής Οδού Ιωαννίνων - Ηγουμενίτσας παρουσίασε σημαντική μείωση.

Η ΒΙ.ΠΕ. συνδέεται επίσης με την αγροτική περιοχή που βρίσκεται Β-ΒΔ αυτής με δρόμους στα αντίστοιχα όρια της ΒΙ.ΠΕ., ενώ τοπική οδός συνδέει την ΒΙ.ΠΕ. με τον οικισμό του Μεγάλου Γαρδικίου.

2. ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

2.1. Εισαγωγή

Οι επικίνδυνες ουσίες στην εγκατάσταση παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα και αφορούν σε διαφορετικά είδη υγραερίου.

Το υγραέριο ανήκει στις κατονομαζόμενες ουσίες της ΚΥΑ 12044/613/19-3-2007 (Μέρος 1, "Υγροποιημένα αέρια εξαιρετικά εύφλεκτα (συμπεριλαμβανομένου του υγραερίου) και φυσικό αέριο"). Το μίγμα υγραερίου αποτελείται από προπάνιο και βουτάνιο σε αναλογία κατά βάρος 20/80, ενώ ανάλογη σύσταση έχει και το υγραέριο κίνησης.

Πίνακας 2.1.1. Επικίνδυνες ουσίες της εγκατάστασης

Επικίνδυνες ουσίες	CAS Number*	Ποσότητα	
		m ³ **	tn***
Υγραέριο προπάνιο	74-98-6	205	87,1
Υγραέριο μίγμα	68476-85-7	200	95,2
Υγραέριο κίνησης	68476-85-7	200	95,2
ΣΥΝΟΛΟ		605	277,5

* αφορά στα κύρια συστατικά των υγραερίων

** χωρητικότητα αντίστοιχων δεξαμενών

*** ποσότητα με βάση πλήρωση των δεξαμενών κατά 85%.

Η εγκατάσταση θα διαθέτει:

- έξι (6) υπέργειες κυλινδρικές δεξαμενές αποθήκευσης (Δ.1-Δ.6) χωρητικότητας εκάστης 100m³ για την αποθήκευση υγραερίου προπανίου, υγραερίου μίγματος και υγραερίου κίνησης και
- μία (1) υπόγεια οριζόντια κυλινδρική δεξαμενή (Δ.7) υγραερίου προπανίου χωρητικότητας 5m³.

Οι δεξαμενές υγραερίου θα λειτουργούν υπό πίεση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Το είδος του υγραερίου που αποθηκεύεται στις δεξαμενές είναι δυνατό να μεταβάλλεται, ανάλογα με τις ανάγκες, καθώς όλες οι δεξαμενές είναι κατάλληλες για προπάνιο.

Η συνολική ποσότητα του υγραερίου στην εγκατάσταση, με βάση τις διαστάσεις των δεξαμενών της, αντιστοιχεί σε 277,5 tn, θεωρώντας το τυπικό περιεχόμενο για τις δεξαμενές Δ.1-Δ.6, υγραέριο προπάνιο για την υπόγεια δεξαμενή και πλήρωση των δεξαμενών στο 85% της χωρητικότητας κάθε δεξαμενής.

Στην εγκατάσταση δεν προβλέπεται η χρήση άλλων επικίνδυνων ουσιών, πλην αμελητέων ποσοτήτων πετρελαίου (ντίζελ) κίνησης (της τάξης των 25 kg σε μπετόνια, CAS Number 68334-30-5) για την εξυπηρέτηση της πετρελαιοκίνητης αντλίας πυρόσβεσης.

Σημειώνεται ότι στο βαφείο φιαλών της εγκατάστασης δεν θα χρησιμοποιούνται διαλύτες, καθώς σε αυτό θα εφαρμόζεται τεχνολογία ηλεκτροστατικής βαφής. Η πούδρα ηλεκτροστατικής βαφής δεν χαρακτηρίζεται ως επικίνδυνη ουσία/παρασκεύασμα.

Ακολούθως παρουσιάζονται συνοπτικά τα κυριότερα χαρακτηριστικά των ειδών υγραερίου που θα διακινούνται από την εγκατάσταση. Σημειώνεται ότι η μεγάλη πλειονότητα των χαρακτηριστικών των διαφόρων ειδών υγραερίου είναι κοινά.

2.2. Συνοπτικά χαρακτηριστικά του υγραερίου

2.2.1. Φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά

Τα υγραέριο αποτελείται από υδρογονάνθρακες με 3 ή 4 άτομα άνθρακα. Σε ατμοσφαιρικές συνθήκες είναι αέριο, βαρύτερο του αέρα. Υγροποιείται με εφαρμογή υψηλών πιέσεων και αποθηκεύεται και διακινείται σε υγρή μορφή. Σε καθαρή μορφή, τα συστατικά του υγραερίου είναι άοσμα, αλλά στα διυλιστήρια παραγωγής του προστίθενται

σε χαμηλή συγκέντρωση οσμητικά πρόσθετα (αιθυλομερκαπτάνη), ώστε να είναι εύκολα αντιληπτή τυχόν διαρροή του. Επομένως τα υγραέρια τυπικά αποτελούν παρασκευάσματα.

Στον Πίνακα 2.1.1. παρουσιάστηκαν οι αριθμοί CAS για τα διάφορα είδη υγραερίων, οι οποίοι αφορούν στα κύρια συστατικά τους, πλην του ιχνηθέτη τους.

Η τάση ατμών των συστατικών του υγραερίου σε 20 °C είναι για προπάνιο 8,2 bar, ενώ για το βουτάνιο η αντίστοιχη τιμή είναι 2,0 bar. Οι παραπάνω τιμές είναι δυνατό να είναι διαφέρουν λίγο στα εμπορικά προϊόντα, καθώς το εμπορικό προπάνιο περιέχει έως 5% βουτάνιο και βαρύτερα, ενώ το εμπορικό βουτάνιο είναι δυνατό να περιέχει έως 20% προπάνιο.

Η πυκνότητα του υγραερίου στους 20 °C είναι 0,5 kgf/lit για προπάνιο, 0,58 kgf/lit για βουτάνιο, ενώ για το μίγμα η τιμή είναι 0,56 kgf/lit.

Το υγραέριο αποτελείται από σταθερές ενώσεις με πολύ μικρή χημική δραστηριότητα. Αντιδρά βίαια με αλογόνα ενώ είναι ασύμβατο με ισχυρά οξειδωτικά. Είναι αδιάλυτο σε νερό (<0,1%), διαλύεται σε αιθέρα, χλωροφόρμιο, αιθάνιο. Είναι άριστος διαλύτης των προϊόντων του πετρελαίου και του καουτσούκ.

Τα όρια αναφλεξιμότητας στον αέρα των συστατικών των υγραερίων παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 2.2.1. Όριο αναφλεξιμότητας κύριων συστατικών υγραερίων (% κ.ο.)

	Κατώτερο (LFL)	Ανώτερο (UFL)
Προπάνιο	2,1	9,5
Βουτάνιο	1,8	8,4

Οι προδιαγραφές των υγραερίων προσδιορίζονται από την ΑΧΣ 300/2005 (ΦΕΚ1483 Β/6-10-2006) για το υγραέριο προπάνιο και υγραέριο μίγμα, ενώ για το υγραέριο κίνησης από την ΑΧΣ 264/2003 (ΦΕΚ 47Β/2004) που επιβάλλει τις προδιαγραφές του ΕΛΟΤ EN 589.

2.2.2. Ένδειξη κινδύνων για τον άνθρωπο και το περιβάλλον

Σε κανονικές συνθήκες αποθήκευσης και χρήσης, το υγραέριο δεν αποτελεί κίνδυνο για την υγεία. Σε περίπτωση διαρροών υγραερίου, υπάρχει πιθανότητα εισπνοής αέρα με υψηλή συγκέντρωση σε υγραέριο, η οποία είναι δυνατή να προκαλέσει βλάβες στην υγεία, όταν ο εκτιθέμενος είναι κοντά στην πηγή της διαρροής. Όμως, για τόσο υψηλές συγκεντρώσεις υγραερίου, ο σημαντικότερος κίνδυνος αφορά στην πιθανότητα πρόκλησης πυρκαγιάς ή έκρηξης λόγω του εξαιρετικά εύφλεκτου χαρακτήρα του υγραερίου.

Κίνδυνοι έκρηξης ή φωτιάς

Στην περίπτωση διαρροής υγραερίου, οι ατμοί του, επειδή είναι βαρύτεροι από τον αέρα, διασπείρονται σε μεγάλη απόσταση στο επίπεδο του εδάφους, σχηματίζοντας εύφλεκτο νέφος σε μεγάλη απόσταση. Εάν υπάρχουν πηγές έναυσης είναι πιθανό να συμβεί "επιστροφή" της φλόγας κατά μήκος του ίχνους του αερίου/ατμού, ενώ εάν υπάρχει και περιορισμός χώρου, το νέφος μπορεί να εκραγεί.

Έκρηξη είναι δυνατό να προκληθεί και κατά την έκθεση δοχείων/δεξαμενών υγραερίου σε φωτιά. Τα θραύσματα των δοχείων που αστοχούν είναι δυνατό να εκτοξευτούν σε μεγάλες αποστάσεις. Η έκθεση δεξαμενών υγραερίου σε φωτιά είναι δυνατό να οδηγήσει σε σφαίρα φωτιάς (fireball).

Σημειώνεται ότι, κατά την καύση υγραερίου, εάν αυτή είναι ατελής, είναι δυνατό να σχηματιστεί μονοξείδιο του άνθρακα, όμως ο κύριος παράγοντας κινδύνου από τη φωτιά εστιάζεται στην παραγόμενη θερμική ακτινοβολία.

Κίνδυνοι για την υγεία

Πέρα από τον κίνδυνο έκρηξης ή φωτιάς, οι κίνδυνοι για την υγεία εντοπίζονται κύρια στον κίνδυνο πρόκλησης κρουσπαγημάτων όταν υγραέριο σε υγρή φάση έρθει σε επαφή με το δέρμα ή τα μάτια, λόγω του μεγάλου ρυθμού εξάτμισης του σε ατμοσφαιρική πίεση.

Κίνδυνοι από εισπνοή ατμών υγραερίου υπάρχουν στην περίπτωση πολύ υψηλής συγκέντρωσης του στον αέρα (άνω των 10.000 ppm), οπότε και παρατηρείται καταστολή του κεντρικού νευρικού συστήματος. Σε εξαιρετικά υψηλές συγκεντρώσεις υγραερίου είναι δυνατό να προκληθεί και ασφυξία λόγω περιορισμού του διαθέσιμου οξυγόνου. Στις παραπάνω περιπτώσεις πάντως, ο σοβαρότερος κίνδυνος προέρχεται από τον κίνδυνο πυρκαγιάς ή έκρηξης αφού, οι εν λόγω συγκεντρώσεις, βρίσκονται στην περιοχή του κάτω ορίου αναφλεξιμότητας.

Κίνδυνοι για το περιβάλλον

Ο κίνδυνος για το περιβάλλον στην περίπτωση διαρροής υγραερίου είναι πολύ μικρός λόγω της ταχύτατης εξάτμισης του. Στον αέρα υφίσταται φωτοχημική αποσύνθεση αντιδρώντας με υδροξυλικές ρίζες. Δεν έχει βλαβερές συνέπειες στη χερσαία και υδρόβια πανίδα, ενώ αποικοδομείται άμεσα από τα βακτήρια του εδάφους. Είναι δυσδιάλυτο στο νερό. Από την καύση του παράγονται τυπικά προϊόντα καύσης υδρογονανθράκων.

2.2.3. Ουσίες που μπορεί να σχηματιστούν σε περίπτωση ατυχήματος

Σε περίπτωση ατυχήματος με διαρροή υγραερίου, και εφόσον το υγραέριο αναφλεχθεί με εκδήλωση είτε γλώσσας φωτιάς (jet flame), ή ανάφλεξης αερίου νέφους (flash fire), ή έκρηξης αερίου νέφους (UVCE), ή σφαίρας φωτιάς (fireball/BLEVE), σχηματίζονται τυπικά προϊόντα καύσης ελαφρών υδρογονανθράκων, όπως οξείδια του άνθρακα και του αζώτου.

3. ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

3.1. Ανάλυση επικινδυνότητας και λειτουργικότητας (HAZOP) εξοπλισμού υγραερίου

Η ανάλυση επικινδυνότητας και λειτουργικότητας (HAZOP) αποτελεί μία από τις πλέον αποτελεσματικές τεχνικές για τη μελέτη όλων των πιθανών αποκλίσεων, που μπορεί να συμβούν σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, την εκτίμηση των κινδύνων που προκύπτουν από αυτές, την υπόδειξη των αναγκαίων ενεργειών και, εάν είναι δυνατόν, των λύσεων που μειώνουν τις πιθανότητες εμφάνισης ή τις συνέπειες αυτών των κινδύνων.

Η ανάλυση HAZOP καλύπτει όλα τα τμήματα της εγκατάστασης που ενέχουν κινδύνους εκδήλωσης ατυχήματος από υγραέριο, δηλαδή :

- υπέργειες δεξαμενές αποθήκευσης,
- φόρτωση/εκφόρτωση βυτιοφόρων οχημάτων,
- εμφιάλωση,
- υπόγεια δεξαμενή/φούρνο βαφείου.

Στο πλαίσιο της διαδικασίας HAZOP αναλύθηκαν, με συστηματικό τρόπο, όλα τα τμήματα κάθε συστήματος.

Η ανάλυση HAZOP αφορά σε αποκλίσεις των ακολούθων παραμέτρων λειτουργίας που μπορεί να συμβούν σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας και να προκαλέσουν επικίνδυνες επιπτώσεις:

- πίεση,
- θερμοκρασία,
- παροχή,
- στάθμη,
- συστατικό ή είδος προϊόντος.

Η ανάλυση HAZOP περιγράφεται στα φύλλα εργασίας που ακολουθούν, τμήμα προς τμήμα, με βάση τις αποκλίσεις. Αναφέρονται δηλαδή όλα τα σενάρια αποκλίσεων που εξετάστηκαν από την ομάδα εργασίας ακόμα και στην περίπτωση που δεν εντοπίστηκε καμία ανάγκη για περαιτέρω ενέργειες.

3.2. Λέξεις-κλειδιά στην ανάλυση HAZOP

Για την ανάλυση HAZOP χρησιμοποιήθηκαν όπου ήταν εφικτό "λέξεις κλειδιά", για τη μελέτη των αποκλίσεων.

Στη συνέχεια δίνεται αναλυτική επεξήγηση του νοήματος καθεμιάς από τις "λέξεις κλειδιά":

- Όχι, μηδέν (NO, NOT, DON'T)

Μη πραγματοποίηση της προβλεπόμενης ενέργειας. Η λέξη αυτή εφαρμόζεται κυρίως στις παραμέτρους που αφορούν σε ροή (π.χ. απουσία ροής).

- Υψηλό (MORE)

Αύξηση της ποσότητας κάθε σημαντικής φυσικοχημικής ιδιότητας, σε σχέση με την αναμενόμενη. Η λέξη αυτή εφαρμόζεται στις συνήθεις παραμέτρους λειτουργίας (π.χ. υψηλή θερμοκρασία, μεγαλύτερη παροχή, μεγαλύτερη πίεση).

- Χαμηλό (LESS)

Μείωση της ποσότητας κάθε σημαντικής φυσικοχημικής ιδιότητας σε σχέση με την αναμενόμενη. Η λέξη αυτή εφαρμόζεται στις συνήθεις παραμέτρους λειτουργίας (π.χ. χαμηλή θερμοκρασία, μικρότερη παροχή, μικρότερη πίεση).

- Αντίθετο (REVERSE)

Το λογικό αντίθετο από αυτό που επιδιώκεται (π.χ. αντίστροφη ροή)

Επίσης χρησιμοποιήθηκε η λέξη κλειδί "απώλεια προϊόντος" που σχετίζεται με διάφορες αιτίες απώλειας περιβλήματος (loss of containment) στον εξοπλισμό όπως π.χ. διάρρηξη σωληνώσεων ή αστοχία φραγών αντλιών καθώς και η λέξη κλειδί "λάθος προϊόν".

3.3. Λεπτομερής παρουσίαση της ανάλυσης HAZOP

Ακολουθεί η λεπτομερής παρουσίαση των πινάκων της ανάλυσης HAZOP.

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: **Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου**

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Δεξαμενές Αποθήκευσης (Υπέργειες)

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
Δ-1	Δεξαμενή Αποθήκευσης	Αντιστροφή ροής	Χαμηλή πίεση βυτιοφόρου τροφοδοσίας δεξαμενής.	Κίνδυνος υπερπλήρωσης βυτιοφόρου.	Αντεπιστροφή βάνα (check valve) στη γραμμή τροφοδοσίας δεξαμενής από το σταθμό		
Δ-2	Δεξαμενή Αποθήκευσης	Υψηλή πίεση	Υπερπίεση στις δεξαμενές αποθήκευσης εξαιτίας τροφοδοσίας ή υπερπλήρωσης ή υψηλής θερμοκρασίας ή αυξημένης πίεσης από το συμπιεστή.	Διαφυγή από ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης (PRV), με πιθανή ανάφλεξη. Αν αστοχήσει η ανακουφιστική βαλβίδα πίεσης, υπάρχει πιθανότητα διάρρηξης της δεξαμενής (BLEVE).	Παρουσία ενδεικτικού πίεσης (PI) στη δεξαμενή βυτιοφόρο. Ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης (PRVs) στη δεξαμενή και στις γραμμές σύνδεσης, όπως και στο συμπιεστή, οι οποίες ανοίγουν παρέχοντας άμεση προειδοποίηση. Μέτρα αποτροπής υπερπλήρωσης (Δ-4). Η μέγιστη πίεση που αναπτύσσει ο συμπιεστής είναι χαμηλότερη από την πίεση δοκιμής της δεξαμενής.		

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: **Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου**

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Δεξαμενές Αποθήκευσης (Υπέργειες)

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
Δ-3	Δεξαμενή Αποθήκευσης	Υψηλή Θερμοκρασία	Υπερθέρμανση εξαιτίας πυρκαγιάς στο εξωτερικό της δεξαμενής (εντός της εγκατάστασης ή σε γειτονικές εγκαταστάσεις).	Ανάπτυξη υπερπίεσης. Πιθανότητα διάρρηξης της δεξαμενής, καταστροφική διαρροή υγραερίου, BLEVE.	Παρουσία ενδεικτικού Θερμοκρασίας (ΤΙ). Σύστημα καταιονισμού νερού στις δεξαμενές, σχέδια έκτακτης ανάγκης. Η λειτουργία των ανακουφιστικών βαλβίδων πίεσης των δεξαμενών αυξάνει τη δυνατότητα κατάσβεσης.	ΕΔ-3.1. Το σύστημα πυρόσβεσης καλύπτει τις απαιτήσεις της νομοθεσίας; ΕΔ-3.2. Πόσο απέχουν οι δεξαμενές μεταξύ τους; Υπάρχει εξοπλισμός, π.χ. αντλίες, κάτω από την "σκιά" της δεξαμενής;	ΑΔ-3.1. Ο σχεδιασμός του πυροσβεστικού δικτύου είναι σύμφωνος με το σχετικό ελληνικό κανονισμό. ΣΔ-3.2. Οι δεξαμενές απέχουν μεταξύ τους περισσότερο από 3/4 της διαμέτρου τους, ενώ δεν υπάρχει εξοπλισμός κάτω από την σκιά των δεξαμενών.

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Δεξαμενές Αποθήκευσης (Υπέργειες)

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
Δ-4	Δεξαμενή Αποθήκευσης	Υψηλή στάθμη	Λάθος χειρισμός, υπερπλήρωση δεξαμενής.	Υγρή φάση οδηγείται στην αναρρόφηση του συμπιεστή. Ανάπτυξη υπερπίεσης στην περίπτωση αστοχίας όλων των ασφαλιστικών.	Παρουσία ενδεικτικού στάθμης (LI) και δείκτης μέγιστης στάθμης. Παρακολούθηση της στάθμης από τους χειριστές μέσω της μετρητικής ράβδου, που πρέπει να χρησιμοποιείται πριν και μετά το πέρας κάθε πλήρωσης. Η είσοδος υγρής φάσης στην αναρρόφηση του συμπιεστή ανοίγει το ασφαλιστικό του παρέχοντας άμεση προειδοποίηση πριν την ανάπτυξη υπερπίεσης. Μέτρα πρόληψης υπερπίεσης (Δ-2).		
Δ-5	Δεξαμενή Αποθήκευσης	Χαμηλή στάθμη	Άδειασμα δεξαμενής κατά τη διαδικασία μεταφοράς προϊόντος σε βυτιοφόρο ή εμφιαλωτήριο.	Πιθανότητα σπηλαιώσης (cavitation) και βλάβης των αντλιών προς το εμφιαλωτήριο, με αποτέλεσμα διαρροή LPG μετά από παρατεταμένη διάρκεια του φαινομένου.	Παρακολούθηση της στάθμης από τους χειριστές. Παρουσία ενδεικτικού στάθμης (LI).	ΕΔ-5. Μπορεί η λειτουργία των αντλιών χωρίς προϊόν να είναι επικίνδυνη;	ΑΔ-5. Το πρόβλημα θα γίνει αμέσως αντιληπτό από το προσωπικό, εξαιτίας του έντονου θορύβου που προκαλείται όταν η αντλία "ξεπιάνει".

Ανάπτυξη Διαχείρισης Κινδύνων σε ειδικό τεχνικό έργο «Κατασκευή εγκατάστασης αποθήκευσης, εμφιάλωσης και διακίνησης υγραερίου και μεταποίησης φιαλών υγραερίου»

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Δεξαμενές Αποθήκευσης (Υπέργειες)

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
Δ-6	Δεξαμενή Αποθήκευσης	Απώλεια προϊόντος	Διαρροή δεξαμενής, λόγω αστοχίας υλικού (κόπωσης μετάλλου, διάβρωσης), αστοχία στηριγμάτων δεξαμενής, σεισμός.	Διαρροή LPG σε υγρή ή αέρια φάση, που μπορεί να οδηγήσει σε καταστροφή της δεξαμενής.	Προγράμματα εξωτερικής επιθεώρησης και συντήρησης και εσωτερικού ελέγχου, σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία. Συστήματα καταιονισμού νερού.		ΣΔ-6. Σχεδιασμός σύμφωνα με αναγνωρισμένους κανονισμούς. Η διαρροή θα γίνει σχεδόν αμέσως αντιληπτή από το προσωπικό.
Δ-7	Δεξαμενή Αποθήκευσης	Απώλεια προϊόντος	Πρόσκρουση μεγάλου θραύσματος ή ανάπτυξη υπερπίεσης από ατύχημα εντός της εγκατάστασης ή σε γειτονική εγκατάσταση	Διαρροή υγρής/αέριας φάσης.			
Δ-8	Δεξαμενή Αποθήκευσης	Απώλεια προϊόντος	Διάρρηξη γραμμής (line rupture) τροφοδοσίας ή εξόδου από δεξαμενή, λόγω αστοχίας υλικού ή πρόσκρουσης μεγάλου θραύσματος ή ανάπτυξης υπερπίεσης από ατύχημα εντός της εγκατάστασης ή σε γειτονική εγκατάσταση	Διαρροή υγρής/αέριας φάσης.	Τηλεχειριζόμενες βάνες (remote operated block valves) απομόνωσης στις γραμμές εισόδου/εξόδου από δεξαμενές (υγρή/αέρια φάση).		ΣΔ-8. Οι τηλεχειριζόμενες βάνες ελέγχονται λεπτομερώς κατά την επιθεώρηση των δεξαμενών και είναι πολύ αξιόπιστες, όπως έχει αποδειχθεί από τη χρήση τους και σε άλλες εγκαταστάσεις.

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Δεξαμενές Αποθήκευσης (Υπέργειες)

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
Δ-9	Δεξαμενή Αποθήκευσης	Απώλεια προϊόντος	Οι βάνες παγώνουν ανοικτές κατά την διάρκεια της απομάκρυνσης του νερού.	Μεγάλη διαρροή υγρού που μπορεί να οδηγήσει σε πυρκαγιά κάτω από την δεξαμενή και BLEVE.	Διαδικασίες εξυδάτωσης.		ΣΔ-9. Το σύστημα εξυδάτωσης καλύπτει πλήρως της απαιτήσεις του σχετικού κανονισμού.
Δ-10	Δεξαμενή Αποθήκευσης	Απώλεια προϊόντος	Προσβολή δεξαμενής από όχημα	Διαρροή υγρής/αέριας φάσης.	Υπάρχει σχετική εντολή που προβλέπει τα της κυκλοφορίας οχημάτων εντός της εγκατάστασης, απαγορεύοντας την προσέγγιση της περιοχής των δεξαμενών. Οι δεξαμενές περιβάλλονται από κολωνάκια.	ΕΔ-10. Είναι δυνατή η προσβολή των δεξαμενών από κίνηση του βυτιοφόρου ;	ΑΔ-10. Στο ΕΒ-13 περιγράφονται πρόσθετα μέτρα σχετικά με την ακούσια κίνηση βυτιοφόρων από το σταθμό βυτιοφόρων.
Δ-11	Δεξαμενή Αποθήκευσης	Λάθος προϊόν	Λάθος χειρισμού κατά την φόρτωση της δεξαμενής.	Πιθανότητα φόρτωσης προπανίου σε δεξαμενή η οποία χρησιμοποιείται για μίγμα ή υγραέριο κίνησης, με συνέπεια αύξησης της πίεσης.	Διαδικασίες λειτουργίας. Όλες οι δεξαμενές είναι κατάλληλες και για προπάνιο.		
Δ-12	Ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης στις δεξαμενές αποθήκευσης	Χαμηλή ροή	Ανεπαρκής δυναμικότητα ανακούφισης	Ανάπτυξη υπερπίεσης με ενδεχόμενο την καταστροφή της δεξαμενής.	Οι ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης έχουν σχεδιασθεί σωστά για φωτιά, σύμφωνα με τα νομογραφήματα του κατασκευαστή.		ΣΔ-12. Οι ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης υπερκαλύπτουν τις απαιτήσεις του σχετικού κανονισμού.

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Δεξαμενές Αποθήκευσης (Υπέργειες)

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
Δ-13	Ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης στις δεξαμενές αποθήκευσης	Χαμηλή ροή	Αστοχία των ανακουφιστικών βαλβίδων πίεσης να ανακουφίσουν όποτε απαιτείται, εξαιτίας διάβρωσης ή παγώματος του νερού που τυχόν έχει μαζευτεί.	Πιθανότητα για ανάπτυξη υπερπίεσης και καταστροφή της δεξαμενής.	Ελαφρά πλαστικά "καπάκια" στις εξόδους των ανακουφιστικών βαλβίδων πίεσης. Σύστημα interlock στις ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης ώστε να διασφαλίζεται ότι ο αναγκαίος αριθμός φυσιγγίων παραμένει πάντα σε λειτουργία.		ΣΔ-13. Τα ασφαλιστικά επιθεωρούνται σύμφωνα με τις απαιτήσεις της νομοθεσίας, ενώ ελέγχονται παράλληλα και με τις δεξαμενές στις τακτικές επιθεωρήσεις.
Δ-14	Δεξαμενές αποθήκευσης και σωληνώσεις	Απώλεια προϊόντος	Οποιαδήποτε διαρροή	Ενδεχόμενες επιπτώσεις έξω από τα όρια της εγκατάστασης.	Διαδικασίες συντήρησης και λειτουργίας.		ΣΔ-14. 24ωρη φύλαξη της εγκατάστασης από κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό εξασφαλίζει την άμεση εφαρμογή του εσωτερικού σχεδίου έκτακτης ανάγκης και την άμεση ειδοποίηση και κινητοποίηση των δυνάμεων καταστολής των Αρχών.

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Σταθμός Φόρτωσης / Εκφόρτωσης Βυτιοφόρων

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
B-1	Σταθμός φόρτωσης βυτιοφόρων, σωληνώσεις	Μηδενική ροή	Λάθος συνδεσμολογία βανών, κλείσιμο βάνας μετά την κατάθλιψη του συμπιεστή ή πριν την αναρρόφηση του, σφάλμα στο σύστημα ελέγχου του συμπιεστή	Σε περίπτωση κλεισίματος βάνας μετά την κατάθλιψη του συμπιεστή, ανάπτυξη υπερπίεσης στη γραμμή ή στον εύκαμπτο σωλήνα (hose), με αποτέλεσμα πιθανή διαρροή. Σε περίπτωση κλεισίματος βάνας πριν την αναρρόφηση του συμπιεστή, διακοπή της λειτουργίας του συμπιεστή χωρίς περαιτέρω συνέπειες.	Λειτουργικές διαδικασίες. Ασφαλιστικά γραμμής σε όλα τα τμήματα σωληνώσεων. Η πίεση δοκιμής των σωληνώσεων και του εύκαμπτου σωλήνα είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη πίεση που μπορεί να αναπτύξει ο συμπιεστής.		
B-2	Σταθμός φόρτωσης βυτιοφόρων, σωληνώσεις	Υψηλή πίεση	Πιθανότητα για ανάπτυξη υψηλής πίεσης στη περίπτωση που οι βάνες του συστήματος έκτακτης διακοπής λειτουργίας της εγκατάστασης (ESD) κλείνουν απότομα	Ανάπτυξη υπερπίεσης στη γραμμή ή στον εύκαμπτο σωλήνα (hose), με αποτέλεσμα πιθανή διαρροή.	Όπως B-1.	ΕΒ-2. Μπορεί το απότομο κλείσιμο των βανών του συστήματος έκτακτης απομόνωσης του σταθμού φόρτωσης ή των βυτιοφόρων να οδηγήσει σε ανάπτυξη πίεσης ανώτερης της πίεσης σχεδιασμού των σωληνώσεων ή των εύκαμπτων σωλήνων;	ΑΒ-2. Όχι.

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Σταθμός Φόρτωσης / Εκφόρτωσης Βυτιοφόρων

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
B-3	Σταθμός φόρτωσης βυτιοφόρων, σωληνώσεις	Απώλεια προϊόντος	Διαρροή από τον εύκαμπτο σωλήνα, φλάντζα ή μικρή γραμμή.	Διαφυγή υγρού ή αερίου LPG.	Οπτικές ενδείξεις αλλά και παρουσία οσμών. Κατά την φόρτωση βυτιοφόρων υπάρχει πάντοτε επίβλεψη από προσωπικό της εταιρίας. Ο σταθμός είναι εξοπλισμένος με τηλεχειριζόμενες βάνες απομόνωσης, στις γραμμές της υγρής και της (επιστροφής) αέριας φάσης, Επιπρόσθετα, τα βυτιοφόρα που έρχονται στην εγκατάσταση είναι εξοπλισμένα με τηλεχειριζόμενες πνευματικές βάνες απομόνωσης που η ενεργοποίησή τους γίνεται με μπουτόν από σημείο εύκολα προσπελάσιμο (σημείο σύνδεσης μανικών, καμπίνα οδηγού -σε ορισμένα και στο πίσω τμήμα του βυτιοφόρου-).		ΣΒ-3. Ο παρεχό- μενος εξοπλισμός τόσο στο σταθμό, όσο και στα βυτιοφόρα, επιτρέπει την άμεση απομόνωση της διαρροής.

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Σταθμός Φόρτωσης / Εκφόρτωσης Βυτιοφόρων

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
B-4	Σταθμός φόρτωσης βυτιοφόρων-ελαστικοί σωλήνες φόρτωσης	Απώλεια προϊόντος	Διάρρηξη ελαστικού σωλήνα λόγω αστοχίας υλικού ή υπερπίεσης.	Διαρροή υγρού/αερίου LPG.	Οι ελαστικοί σωλήνες φόρτωσης της εγκατάστασης ελέγχονται σε καθημερινή βάση και αντικαθίστανται όποτε απαιτείται. Ισχύουν και τα σχετικά μέτρα του B-1. Επιπρόσθετα τα βυτιοφόρα διαθέτουν βάνες υπερβολικής ροής στη γραμμή εξόδου.		ΣB-4. Όπως ΣB-3.
B-5	Βυτιοφόρο	Αντιστροφή ροής	Χαμηλότερη πίεση κατά την εκφόρτωση του βυτιοφόρου και μέχρι την έναρξη λειτουργίας του συμπιεστή.	Ροή από τη δεξαμενή προς το βυτιοφόρο με κίνδυνος υπερπλήρωσης του βυτιοφόρου.	Αντεπιστροφή βάνα (check valve) στη γραμμή υγρής φάσης από την πλευρά της εγκατάστασης.		

Ανάπτυξη Διαχείρισης Κινδύνων σε ειδικό τεχνικό έργο «Κατασκευή εγκατάστασης αποθήκευσης, εμφιάλωσης και διακίνησης υγραερίου και μεταποίησης φιαλών υγραερίου»

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Σταθμός Φόρτωσης / Εκφόρτωσης Βυτιοφόρων

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
B-6	Βυτιοφόρο	Υψηλή πίεση	Υπερπίεση στις δεξαμενές αποθήκευσης εξαιτίας τροφοδοσίας ή υπερπλήρωσης ή υψηλής θερμοκρασίας ή αυξημένης πίεσης από το συμπιεστή.	Διαφυγή από ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης (PRV), με πιθανή ανάφλεξη. Αν αστοχήσει η ανακουφιστική βαλβίδα πίεσης, υπάρχει πιθανότητα διάρρηξης του βυτιοφόρου (BLEVE).	Ενδεικτικό πίεσης (PI) στο βυτιοφόρο. Μέτρα αποτροπής υπερπλήρωσης (B-8). Ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης (PRVs) στο βυτιοφόρο και στις γραμμές σύνδεσης, όπως και στο συμπιεστή, οι οποίες ανοίγουν παρέχοντας άμεση προειδοποίηση. Η μέγιστη πίεση που αναπτύσσει ο συμπιεστής είναι χαμηλότερη από την πίεση δοκιμής της δεξαμενής.		
B-7	Βυτιοφόρο	Υψηλή θερμοκρασία	Πυρκαγιά σε εξοπλισμό εντός ή εκτός εγκατάστασης.	Ανάπτυξη υπερπίεσης και διάρρηξης βυτιοφόρου (BLEVE).	Σύστημα καταιονισμού βυτιοφόρων στο σταθμό φόρτωσης., σχέδια έκτακτης ανάγκης. Η λειτουργία της ανακουφιστικής βαλβίδας πίεσης του βυτιοφόρου αυξάνει τη δυνατότητα κατάσβεσης.		

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Σταθμός Φόρτωσης / Εκφόρτωσης Βυτιοφόρων

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
B-8	Βυτιοφόρο	Υψηλή στάθμη	Το βυτιοφόρο είναι μερικώς φορτωμένο κατά την είσοδο του στο σταθμό, χωρίς τούτο να παρατηρηθεί (π.χ. λόγω αστοχίας της γεφυροπλάστιγγας), και έτσι γεμίζει με το σύνηθες πλήρες φορτίο του.	Υγρή φάση οδηγείται στην αναρρόφηση του συμπιεστή. Ανάπτυξη υπερπίεσης στην περίπτωση αστοχίας όλων των ασφαλιστικών.	Ενδεικτικό στάθμης και δείκτης μέγιστης στάθμης στο βυτιοφόρο. Μετρήσεις στάθμης με μετρητική ράβδο στο βυτίο, πριν, κατά την διάρκεια και μετά την φόρτωση. Η είσοδος υγρής φάσης στην αναρρόφηση του συμπιεστή ανοίγει το ασφαλιστικό του παρέχοντας άμεση προειδοποίηση πριν την ανάπτυξη υπερπίεσης.		ΣΒ-8. Το σύστημα της ελέγχου της στάθμης του βυτιοφόρου αλλά και της γεφυροπλάστιγγας είναι αξιόπιστο και αποτελεσματικό, όπως έχει αποδειχθεί και άλλες εγκαταστάσεις. Η γεφυροπλάστιγγα ελέγχεται από τους αρμόδιους φορείς κάθε χρόνο και χρησιμοποιείται κυρίως για λογιστικούς λόγους.
B-9	Βυτιοφόρο	Χαμηλή στάθμη	Το βυτίο αδειάζει πλήρως κατά την εκφόρτωση.	Πιθανότητα σπηλαίωσης (cavitation) και φθοράς των αντλιών μετάγγισης, με αποτέλεσμα διαφυγή LPG.	Ενδεικτικό στάθμης στο βυτιοφόρο και συνεχής παρουσία του προσωπικού στο σταθμό βυτιοφόρων. Για τη φόρτωση και εκφόρτωση βυτιοφόρων χρησιμοποιείται ο συμπιεστής της εγκατάστασης και μόνο σε σπάνια περίπτωση διακοπής ρεύματος οι αντλίες των βυτιοφόρων.	ΕΒ-9. Εάν χρησιμοποιηθούν αντλίες, η λειτουργία τους χωρίς προϊόν είναι επικίνδυνη;	ΑΒ-9. Το πρόβλημα θα γίνει αμέσως αντιληπτό από το προσωπικό, εξαιτίας του έντονου θορύβου που προκαλείται όταν η αντλία "ξεπιάνει".

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Σταθμός Φόρτωσης / Εκφόρτωσης Βυτιοφόρων

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
B-10	Βυτιοφόρο	Απώλεια προϊόντος	Διαρροή βυτιοφόρου, λόγω αστοχίας υλικού (κόπωσης μετάλλου, διάβρωσης),.	Διαρροή LPG σε υγρή ή αέρια φάση.	Προγράμματα εξωτερικής επιθεώρησης και συντήρησης και εσωτερικού ελέγχου, σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία. Συστήματα καταιονισμού νερού στο σταθμό βυτιοφόρων.		
B-11	Βυτιοφόρο	Απώλεια προϊόντος	Προσβολή από διερχόμενο όχημα εντός της εγκατάστασης	Διάρρηξη του ελαστικού σωλήνα ή και διάτρηση του βυτίου, με αποτέλεσμα τη διαφυγή του περιεχομένου του βυτίου.	Υπάρχει σχετική εντολή που προβλέπει τα της κυκλοφορίας οχημάτων εντός της εγκατάστασης, απαγορεύοντας την προσέγγιση των φορτηγών μεταφοράς φιαλών στο σταθμό φόρτωσης βυτιοφόρων. Κανένα άλλο όχημα δεν επιτρέπεται να πλησιάζει την περιοχή του σταθμού βυτιοφόρων.		
B-12	Βυτιοφόρο	Απώλεια προϊόντος	Προσβολή από άλλο όχημα κατά την είσοδο / έξοδο στην εγκατάσταση.	Πιθανή διάτρηση του βυτίου, με αποτέλεσμα τη διαφυγή του περιεχομένου του βυτίου.	Οδηγίες για την κίνηση των οχημάτων κατά την είσοδο / έξοδο στην εγκατάσταση.		ΣΒ-11. Η εγκατάσταση βρίσκεται στο ΒΔ όριο της ΒΙ.ΠΕ. με αποτέλεσμα η κυκλοφορία να είναι μειωμένη.

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Σταθμός Φόρτωσης / Εκφόρτωσης Βυτιοφόρων

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
B-13	Βυτιοφόρο	Απώλεια προϊόντος	Το βυτιοφόρο απομακρύνεται ενώ εξακολουθεί να είναι συνδεδεμένο με τον ελαστικό σωλήνα του σταθμού φόρτωσης.	Διάρρηξη του ελαστικού σωλήνα ή/και σωληνώσεων του σταθμού φόρτωσης.	Λειτουργικές διαδικασίες (χρήση τάκων , χειρόφρενου και γείωσης στο βυτιοφόρο). Αποτελεσματική στερέωση των σωληνώσεων του σταθμού φόρτωσης σε σημείο κοντά στην φλάντζα του ελαστικού σωλήνα φόρτωσης, ώστε σε περίπτωση απομάκρυνσης του βυτιοφόρου να μην υπάρξει διάρρηξη της σωλήνωσης, από την πλευρά της εγκατάστασης, όπου είναι τοποθετημένες οι τηλεχειριζόμενες βάνες απομόνωσης.	ΕΒ-12. Είναι δυνατή η προσβολή των δεξαμενών από κίνηση του βυτιοφόρου ;	ΑΒ-12. Όχι, καθώς οι δεξαμενές περιβάλλονται από κολωνάκια. Επιπρόσθετα, η κλίση του εδάφους στην περιοχή του σταθμού βυτιοφόρων είναι τέτοια που τυχόν ακούσια απομάκρυνση του βυτιοφόρου από το σταθμό θα έχει ως συνέπεια την κίνηση σε κατεύθυνση μακριά από τις δεξαμενές (ανατολικά).
B-14	Βυτιοφόρο	Απώλεια προϊόντος	Πρόσκρουση μεγάλου θραύσματος ή ανάπτυση υπερπίεσης από ατύχημα εντός της εγκατάστασης ή σε γειτονική εγκατάσταση.	Πιθανή διάτρηση του βυτίου με διαφυγή υγραερίου.			

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Σταθμός Φόρτωσης / Εκφόρτωσης Βυτιοφόρων

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
B-15	Βυτιοφόρο	Λάθος συστατικό	Λάθος χειρισμός κατά τη φόρτωση του βυτιοφόρου.	Πιθανότητα φόρτωσης υγραερίου προπανίου ή μίγματος ή κίνησης σε βυτιοφόρο σχεδιασμένο για υγραέριο βουτάνιο, με συνέπεια αύξηση της πίεσης.	Όλα τα βυτιοφόρα είναι σχεδιασμένα για μεταφορά προπανίου.		
B-16	Ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης (PRVs) στα βυτιοφόρα	Χαμηλή ροή	Ανεπαρκής δυναμικότητα ανακούφισης	Πιθανότητα ανάπτυξης υπερπίεσης και καταστροφής του βυτιοφόρου.	Οι ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης έχουν σχεδιασθεί σωστά, σύμφωνα με τα νομογραφήματα του κατασκευαστή.	ΕΒ-16. Πόσο συχνά ελέγχονται οι ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης του βυτιοφόρου;	ΑΒ-16. Οι ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης του βυτίου ελέγχονται, σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στην ελληνική νομοθεσία. Τα βυτιοφόρα επιθεωρούνται από ανεξάρτητο φορέα στα προβλεπόμενα από τη Νομοθεσία χρονικά διαστήματα.

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Εμφιάλωση - Ανλαιοστάσιο

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
E-1	Τροφοδοσία στο εμφιαλωτήριο	Υψηλή πίεση	Αστοχία του συστήματος ελέγχου πλήρωσης των φιαλών ή κλείσιμο βανών μετά την κατάθλιψη των αντλιών.	Ανάπτυξη πίεσης υψηλότερης της κανονικής πίεσης λειτουργίας, αστοχία των σωληνώσεων ή των φιαλών, με πιθανό αποτέλεσμα την διαφυγή υγραερίου.	Ασφαλιστικά στις αντλίες και στις σωληνώσεις σε κάθε τμήμα μεταξύ βανών. Αυτόματη διαφορική βαλβίδα (by-pass) που διατηρεί σταθερή την πίεση κατάθλιψης της αντλίας και επιστρέφει το επιπλέον LPG στη δεξαμενή.		
E-2	Τροφοδοσία στο εμφιαλωτήριο	Χαμηλή πίεση	Άδειασμα δεξαμενής κατά τη διαδικασία μεταφοράς προϊόντος στο εμφιαλωτήριο ή κλείσιμο βανών από δεξαμενή έως ανλαιοστάσιο.	Πιθανότητα σπηλαίωσης (cavitation) και βλάβης των αντλιών προς το εμφιαλωτήριο, με αποτέλεσμα διαρροή LPG μετά από παρατεταμένη διάρκεια του φαινομένου.	Παρακολούθηση της στάθμης από τους χειριστές. Παρουσία ενδεικτικού στάθμης (LI) στις δεξαμενές και πίεσης (P I) στη γραμμή αναρρόφησης των αντλιών.	ΕΔ-2. Μπορεί η λειτουργία των αντλιών χωρίς προϊόν να είναι επικίνδυνη;	ΑΔ-2. Το πρόβλημα θα γίνει αμέσως αντιληπτό από το προσωπικό, εξαιτίας του έντονου θορύβου που προκαλείται όταν η αντλία "ξεπιάνει".
E-3	Πλήρωση φιαλών	Υψηλή στάθμη	Αστοχία του συστήματος ζυγίσματος των φιαλών.	Υπερπλήρωση και υπερπίεση των φιαλών και της γραμμής τροφοδοσίας.	Όπως E-1.	ΕΕ-3. Πόσο αξιόπιστο είναι το σύστημα πληρώσεως των φιαλών;	ΑΕ-3. Το σύστημα είναι αξιόπιστο και ελέγχεται σε τακτικά διαστήματα κατά τη διάρκεια της ημέρας.

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Εμφιάλωση - Ανλτιοστάσιο

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
E-4	Πλήρωση φιαλών	Απώλεια προϊόντος	Μικρή διαρροή από γραμμή, η αστοχία του ελαστικού σωλήνα πλήρωσης.	Διαφυγή υγρού ή/και αερίου LPG.	Επιθεώρηση και πρόγραμμα ελέγχου των ελαστικών σωλήνων, σε καθημερινή βάση. Συνεχής παρουσία προσωπικού. Τηλεχειριζόμενες βάνες απομόνωσης στις σωληνώσεις τροφοδοσίας του εμφιαλωτηρίου. Το εμφιαλωτήριο απομονώνεται από τις σχετικές βάνες τις μη εργάσιμες ώρες.		
E-5	Πλήρωση φιαλών	Απώλεια προϊόντος	Αστοχία υλικού φιάλης	Διαφυγή υγρού ή/και αερίου LPG.	Συντήρηση και πρόγραμμα ελέγχου των φιαλών. Έλεγχος διαρροών σε όλες τις πληρωμένες φιάλες. Το απόθεμα πληρωμένων φιαλών είναι το ελάχιστο, καθώς η πλήρωση φιαλών γίνεται με βάση το ημερήσιο πρόγραμμα παραδόσεων και οι πληρωμένες φιάλες παραμένουν σε ανοικτό στεγασμένο χώρο.		

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Εμφιάλωση - Ανλτιοστάσιο

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
E-6	Πλήρωση φιαλών	Λάθος προϊόν	Λάθος στην αποστολή προϊόντος για την πλήρωση των φιαλών.	Πιθανότητα για φόρτωση προπανίου ή μίγματος σε φιάλες σχεδιασμένες μόνο για βουτάνιο.	Όλες οι φιάλες είναι σχεδιασμένες για προπάνιο.		
E-7	Διακίνηση φιαλών	Απώλεια προϊόντος	Πτώση φιάλης.	Αστοχία φιάλης.	Κατά τη διακίνηση των φιαλών τηρούνται όλες οι προβλεπόμενες διαδικασίες. Οι φιάλες είναι εξοπλισμένες με δακτυλίους (χειρολαβές) που προστατεύουν την στρόφιγγα.		
E-8	Αποθήκευση φιαλών	Πρόσκρουση αντικειμένων	Πρόσκρουση θραύσματος ή έκρηξη στην εγκατάσταση ή σε γειτονικές εγκαταστάσεις.	Η πρόσκρουση αντικειμένων στις αποθηκευμένες φιάλες, μπορεί να οδηγήσει σε διαρροή και πυρκαγιά/έκρηξη.	Σε περίπτωση πυρκαγιάς η περιοχή του εμφιαλωτηρίου προστατεύεται με σύστημα καταιονισμού.		

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Εμφιάλωση - Ανλτιοστάσιο

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
E-9	Αποθήκευση φιαλών	Υψηλή Θερμοκρασία	Έκθεση των φιαλών στην ηλιακή ακτινοβολία.	Αύξηση της πίεσης στις αποθηκευμένες φιάλες με αποτέλεσμα διαφυγή υγραερίου.	Οι προς πλήρωση φιάλες όπως και οι πληρωμένες φιάλες, παραμένουν σε στεγασμένο ανοικτό χώρο του εμφιαλωτηρίου. Το απόθεμα φιαλών είναι επίσης το ελάχιστο δυνατό, καθώς η εμφιάλωση πραγματοποιείται με βάση το ημερήσιο πρόγραμμα παραδόσεων.		
E-10	Αποθήκευση φιαλών	Υψηλή Θερμοκρασία	Πυρκαγιά εντός της εγκατάστασης ή σε γειτονικές εγκαταστάσεις.	Αύξηση της πίεσης στις αποθηκευμένες φιάλες με αποτέλεσμα διαφυγή υγραερίου.	Σε περίπτωση πυρκαγιάς η περιοχή που αποθηκεύονται προσωρινά οι φιάλες καλύπτονται από το σύστημα πυροπροστασίας, παρέχοντας επαρκή ψύξη στις φιάλες.		

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: **Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου**

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Υπόγεια Δεξαμενή Υγραερίου

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
Υ-1	Υπόγεια δεξαμενή	Αντιστροφή ροής	Χαμηλή πίεση βυτιοφόρου τροφοδοσίας δεξαμενής σε σχέση με την δεξαμενή μέχρι την έναρξη λειτουργίας της αντλίας.	Κίνδυνος υπερπλήρωσης βυτιοφόρου.	Αντεπιστροφή βάνα (check valve) στη γραμμή τροφοδοσίας της δεξαμενής από το βυτιοφόρο (εσωτερικά της δεξαμενής). Η δεξαμενή είναι υπόγεια επομένως το περιεχόμενο της είναι ψυχρότερο από το περιεχόμενο του βυτιοφόρου, και επομένως έχει μικρότερη πίεση από το βυτιοφόρο.		

Ανάπτυξη Διαχείρισης Κινδύνων σε ειδικό τεχνικό έργο «Κατασκευή εγκατάστασης αποθήκευσης, εμφιάλωσης και διακίνησης υγραερίου και μεταποίησης φιαλών υγραερίου»

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Υπόγεια Δεξαμενή Υγραερίου

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
Υ-2	Υπόγεια δεξαμενή	Υψηλή πίεση	Υπερπίεση στη δεξαμενή (εξαιτίας τροφοδοσίας ή υπερπλήρωσης ή υψηλής θερμοκρασίας).	Διαφυγή από ανακουφιστική βαλβίδα πίεσης (PRV), με πιθανή ανάφλεξη. Αν αστοχήσει η ανακουφιστική βαλβίδα πίεσης, υπάρχει πιθανότητα διάρρηξης της δεξαμενής.	Οι διαδικασίες λειτουργίας προστατεύουν από το ενδεχόμενο υπερπλήρωσης της δεξαμενής. Ενδεικτικό πίεσης (PI). Το βυτιοφόρο φέρει βαλβίδα διαφορικής πίεσης που επιστρέφει το υγραέριο στο βυτιοφόρο σε περίπτωση αύξησης της πίεσης στην κατάθλιψη της αντλίας. Μέτρα αποτροπής υπερπλήρωσης (Υ-4). Ανακουφιστική βαλβίδα πίεσης (PRV) στη δεξαμενή η οποία ανοίγει παρέχοντας άμεση προειδοποίηση. Ο τύπος της δεξαμενής (υπόγεια) και η κάλυψή της με χώμα αποτρέπουν τη θέρμανσή της.	ΕΥ-2. Αν αστοχήσει η ανακουφιστική βαλβίδα πίεσης, υπάρχει πιθανότητα διάρρηξης της δεξαμενής και εκδήλωση BLEVE ;	ΑΥ-2. Δεν υπάρχει περίπτωση BLEVE διότι η δεξαμενή είναι υπόγεια και καλυμμένη με χώμα.

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: **Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου**

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Υπόγεια Δεξαμενή Υγραερίου

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
Υ-3	Υπόγεια δεξαμενή	Υψηλή Θερμοκρασία	Υπερθέρμανση εξαιτίας πυρκαγιάς στο εξωτερικό της δεξαμενής (εντός της εγκατάστασης ή σε γειτονικές εγκαταστάσεις).	Πιθανότητα διάρρηξης της δεξαμενής, καταστροφική διαρροή υγραερίου, BLEVE.	Η δεξαμενή είναι υπόγεια και σκεπασμένη με χώμα . Επομένως ο σχετικός κίνδυνος υπερθέρμανσης και BLEVE δεν υφίσταται. Εκτός αυτού, η δεξαμενή διαθέτει ανακουφιστική βαλβίδα για τυχόν ανάπτυξη υπερπίεσης.		
Υ-4	Υπόγεια δεξαμενή	Υψηλή στάθμη	Λάθος χειρισμός, υπερπλήρωση δεξαμενής.	Ανάπτυξη υπερπίεσης στην περίπτωση αστοχίας του ασφαλιστικού της δεξαμενής και της βαλβίδας διαφορικής πίεσης του βυτιοφόρου.	Παρουσία ενδεικτικού στάθμης (LI) και δείκτης μέγιστης στάθμης. Παρακολούθηση της στάθμης από τους χειριστές. Μέτρα πρόληψης υπερπίεσης (Υ-2).		
Υ-5	Υπόγεια δεξαμενή	Χαμηλή στάθμη	Άδειασμα δεξαμενής κατά τη χρήση της	Διακοπή τροφοδοσίας φούρνου βαφείου με υγραέριο, χωρίς περαιτέρω συνέπειες.	Παρακολούθηση της στάθμης από τους χειριστές. Παρουσία ενδεικτικού στάθμης (LI).		ΣΥ-5, Η τροφοδοσία του φούρνου με προπάνιο δεν γίνεται με αντλία ή συμπιεστή, αλλά με ρυθμιστές πίεσης σε σωλήνωση αέριας φάσης.

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Υπόγεια Δεξαμενή Υγραερίου

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
Υ-6	Υπόγεια δεξαμενή	Απώλεια προϊόντος	Διαρροή δεξαμενής, λόγω κόπωσης μετάλλου, διάβρωσης, σεισμού.	Διαρροή LPG	Πρόγραμμα επιθεώρησης και συντήρησης σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία με υδραυλική δοκιμή ανά 10 έτη. Σύστημα συνεχούς παχυμέτρησης. Σύστημα προστασίας με ανόδια. Εξωτερική προστατευτική επίστρωση.		ΥΣ-6. Η διαρροή θα γίνει σχεδόν αμέσως αντιληπτή από το προσωπικό, λόγω της χαρακτηριστικής οσμής του υγραερίου.
Υ-7	Υπόγεια δεξαμενή	Απώλεια προϊόντος	Πρόσκρουση μεγάλου θραύσματος ή ανάπτυξη υπερπίεσης από ατύχημα εντός της εγκατάστασης ή σε γειτονική εγκατάσταση	Διαρροή υγρής/αέριας φάσης.	Η δεξαμενή είναι υπόγεια και καλυμμένη με χώμα, επομένως ο κίνδυνος αστοχίας της δεξαμενής είναι πολύ μικρός. Πιθανότερη είναι αστοχία στις σωληνώσεις σύνδεσης της.		

Ανάπτυξη Διαχείρισης Κινδύνων σε ειδικό τεχνικό έργο «Κατασκευή εγκατάστασης αποθήκευσης, εμφιάλωσης και διακίνησης υγραερίου και μεταποίησης φιαλών υγραερίου»

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Υπόγεια Δεξαμενή Υγραερίου

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
Υ-8	Υπόγεια δεξαμενή	Απώλεια προϊόντος	Διάρρηξη γραμμής (line rupture) τροφοδοσίας ή εξόδου από δεξαμενή, λόγω αστοχίας υλικού ή πρόσκρουσης μεγάλου θραύσματος ή ανάπτυξης υπερπίεσης από ατύχημα εντός της εγκατάστασης ή σε γειτονική εγκατάσταση.	Διαρροή υγρής/αέριας φάσης.	Αντεπιστροφή βάνα στη γραμμή πλήρωσης της δεξαμενής στο εσωτερικό της δεξαμενής. Βαλβίδα υπερβολικής ροής στη γραμμή εξόδου αέριας φάσης προς το φούρνο στο εσωτερικό της δεξαμενής. Ο ελαστικός σωλήνας βυτιοφόρου συνδέεται άμεσα με το στόμιο εισόδου της δεξαμενής.		ΣΥ-8. Τα μέτρα προστασίας απομονώνουν τη δεξαμενή.
Υ-9	Υπόγεια δεξαμενή	Απώλεια προϊόντος	Οι βάνες παγώνουν ανοικτές κατά την διάρκεια της απομάκρυνσης του νερού.	Μεγάλη διαρροή υγρού που μπορεί να οδηγήσει σε πυρκαγιά.	Διαδικασίες εξυδάτωσης.		ΣΥ-9. Το σύστημα εξυδάτωσης καλύπτει πλήρως της απαιτήσεις του σχετικού κανονισμού.
Υ-10	Υπόγεια δεξαμενή	Απώλεια προϊόντος	Προσβολή δεξαμενής από όχημα	Διαρροή υγρής/αέριας φάσης.	Η δεξαμενή είναι υπόγεια. Υπάρχει σχετική εντολή που προβλέπει τα της κυκλοφορίας οχημάτων εντός της εγκατάστασης. Η δεξαμενή βρίσκεται πολύ κοντά στο κτίριο μεταποίησης φιαλών και φέρει περίφραξη από κολωνάκια.		

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Υπόγεια Δεξαμενή Υγραερίου

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
Υ-11	Υπόγεια δεξαμενή	Λάθος προϊόν	Λάθος χειρισμού κατά την φόρτωση της δεξαμενής.	Πιθανότητα φόρτωσης προπανίου σε δεξαμενή σχεδιασμένη μόνο για βουτάνιο, με συνέπεια αύξησης της πίεσης.	Η κανονική λειτουργία της δεξαμενής είναι με προπάνιο.		
Υ-12	Ανακουφιστική βαλβίδα πίεσης στην υπόγεια δεξαμενή	Χαμηλή ροή	Ανεπαρκής ταχύτητα ανακούφισης.	Ανάπτυξη υπερπίεσης με ενδεχόμενο την καταστροφή της δεξαμενής.	Η ανακουφιστικής βαλβίδα πίεσης έχει σχεδιασθεί σωστά, σύμφωνα με τα νομογραφήματα του κατασκευαστή.		ΣΥ-12. Η ανακουφιστική βαλβίδα πίεσης υπερκαλύπτει τις απαιτήσεις του σχετικού κανονισμού.
Υ-13	Ανακουφιστική βαλβίδα πίεσης στην υπόγεια δεξαμενή	Χαμηλή ροή	Αστοχία της ανακουφιστικής βαλβίδας πίεσης να ανακουφίσει όποτε απαιτείται, εξαιτίας διάβρωσης ή παγώματος του νερού που τυχόν έχει μαζευτεί.	Πιθανότητα για ανάπτυξη υπερπίεσης και καταστροφή της δεξαμενής.	Ελαφρύ πλαστικό "καπάκι" στην έξοδο της ανακουφιστικής βαλβίδας πίεσης.		ΣΥ-13. Τα ασφαλιστικά επιθεωρούνται σύμφωνα με τις απαιτήσεις της νομοθεσίας, ενώ ελέγχονται παράλληλα και με τις δεξαμενές στις τακτικές επιθεωρήσεις.

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Υπόγεια Δεξαμενή Υγραερίου

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
Υ-14	Σημείο πλήρωσης υπόγειας δεξαμενής, σωληνώσεις	Μηδενική ροή	Κλείσιμο βάνας μετά την κατάθλιψη της αντλίας του βυτιοφόρου	Σε περίπτωση κλεισίματος βάνας μετά την κατάθλιψη της αντλίας του βυτιοφόρου, ανάπτυξη υπερπίεσης στη γραμμή ή στον εύκαμπτο σωλήνα (hose), με αποτέλεσμα πιθανή διαρροή.	Λειτουργικές διαδικασίες. Μέτρα αποτροπής υπερπίεσης (Υ-15).		
Υ-15	Σημείο πλήρωσης υπόγειας δεξαμενής σωληνώσεις	Υψηλή πίεση	Κλείσιμο βάνας μετά την κατάθλιψη της αντλίας του βυτιοφόρου	Ανάπτυξη υπερπίεσης στη γραμμή ή στον εύκαμπτο σωλήνα (hose), με αποτέλεσμα πιθανή διαρροή.	Η αντλία του βυτιοφόρου διαθέτει βαλβίδα διαφορικής πίεσης που 'επιστρέφει στο βυτιοφόρο το υγραέριο σε περίπτωση αύξησης της πίεσης στην κατάθλιψη της αντλίας.		
Υ-16	Σημείο πλήρωσης υπόγειας δεξαμενής σωληνώσεις	Απώλεια προϊόντος	Διαρροή από τον εύκαμπτο σωλήνα, φλάντζα ή μικρή γραμμή.	Διαφυγή υγρού ή αερίου LPG.	Οπτικές ενδείξεις αλλά και παρουσία οσμών. Κατά την πλήρωση της δεξαμενής υπάρχει πάντα επίβλεψη από προσωπικό της εταιρίας. Η δεξαμενή διαθέτει αντεπιστροφή βάνας στη γραμμή πλήρωσης.		ΣΥ-16. Ο παρεχόμενος εξοπλισμός τόσο στη δεξαμενή, όσο και στο βυτιοφόρο, επιτρέπει την άμεση απομόνωση της διαρροής.

Ανάπτυξη Διαχείρισης Κινδύνων σε ειδικό τεχνικό έργο «Κατασκευή εγκατάστασης αποθήκευσης, εμφιάλωσης και διακίνησης υγραερίου και μεταποίησης φιαλών υγραερίου»

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Υπόγεια Δεξαμενή Υγραερίου

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
Υ-17	Σημείο πλήρωσης υπόγειας δεξαμενής, σωληνώσεις	Απώλεια προϊόντος	Διάρρηξη ελαστικού σωλήνα	Διαρροή υγρού LPG.	Οι ελαστικοί σωλήνες φόρτωσης της εγκατάστασης ελέγχονται σε καθημερινή βάση και αντικαθίστανται όποτε απαιτείται. Ισχύουν και τα σχετικά μέτρα του Υ-16. Επιπρόσθετα τα βυτιοφόρα διαθέτουν βάνες υπερβολικής ροής στη γραμμή εξόδου.		ΣΥ-17. Όπως ΣΥ- 16.
Υ-18	Βυτιοφόρο	Υψηλή πίεση	Υψηλή θερμοκρασία.	Διαφυγή από ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης (PRV), με πιθανή ανάφλεξη. Αν αστοχήσει η ανακουφιστική βαλβίδα πίεσης, υπάρχει πιθανότητα διάρρηξης της βυτιοφόρου (BLEVE).	Ενδεικτικό πίεσης (PI) στο βυτιοφόρο. Μέτρα αποτροπής υπερπλήρωσης (Υ-8). Ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης (PRVs) στο βυτιοφόρο και στις γραμμές σύνδεσης, όπως και στο συμπιεστή, οι οποίες ανοίγουν παρέχοντας άμεση προειδοποίηση. Η μέγιστη πίεση που αναπτύσσει ο συμπιεστής είναι χαμηλότερη από την πίεση δοκιμής της δεξαμενής.		

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Υπόγεια Δεξαμενή Υγραερίου

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
Υ-19	Βυτιοφόρο	Υψηλή Θερμοκρασία	Πυρκαγιά σκ εξοπλισμό εντός ή εκτός εγκατάστασης.	Ανάπτυξη υπερπίεσης και διάρρηξης βυτιοφόρου (BLEVE).	Η περιοχή καλύπτεται από πυροσβεστική φωλεά. Η λειτουργία της ανακουφιστικής βαλβίδας πίεσης του βυτιοφόρου αυξάνει τη δυνατότητα κατάσβεσης.		
Υ-20	Βυτιοφόρο	Υψηλή στάθμη	Αντιστροφή ροής από τη δεξαμενή.	Κίνδυνος υπερπλήρωσης βυτιοφόρου.	Μέτρα αποτροπής αντιστροφής ροής (Υ-1).		
Υ-21	Βυτιοφόρο	Χαμηλή στάθμη	Το βυτίο αδειάζει πλήρως κατά την εκφόρτωση.	Πιθανότητα σπηλαίωσης (cavitation) και φθοράς των αντλιών μετάγγισης, με αποτέλεσμα διαφυγή LPG.	Ενδεικτικό στάθμης στο βυτιοφόρο και συνεχής παρουσία του προσωπικού κατά την εκφόρτωση του βυτιοφόρου.	ΕΥ-21. Η λειτουργία της αντλίας χωρίς προϊόν είναι επικίνδυνη;	Α Υ-21. Το πρόβλημα θα γίνει αμέσως αντιληπτό από το προσωπικό, εξαιτίας του έντονου θορύβου που προκαλείται όταν η αντλία "ξεπιάνει".
Υ-22	Βυτιοφόρο	Απώλεια προϊόντος	Διαρροή βυτιοφόρου, λόγω αστοχίας υλικού (κόπωσης μετάλλου, διάβρωσης).	Διαρροή LPG σε υγρή ή αέρια φάση..	Προγράμματα εξωτερικής επιθεώρησης και συντήρησης και εσωτερικού ελέγχου, σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία. Η περιοχή καλύπτεται από πυροσβεστική φωλεά.		

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Υπόγεια Δεξαμενή Υγραερίου

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
Υ-23	Βυτιοφόρο	Απώλεια προϊόντος	Προσβολή από διερχόμενο όχημα εντός της εγκατάστασης	Διάρρηξη του ελαστικού σωλήνα ή και διάτρηση του βυτίου, με αποτέλεσμα τη διαφυγή του περιεχομένου του βυτίου.	Υπάρχει σχετική εντολή που προβλέπει τα της κυκλοφορίας οχημάτων εντός της εγκατάστασης. Η δεξαμενή βρίσκεται σε σημείο στο οποίο δεν θα γίνεται διέλευση αυτοκινήτων πλην του βυτιοφόρου πλήρωσης της.		
Υ-24	Βυτιοφόρο	Απώλεια προϊόντος	Το βυτιοφόρο απομακρύνεται ενώ εξακολουθεί να είναι συνδεδεμένο με τον ελαστικό σωλήνα του σταθμού φόρτωσης.	Διάρρηξη του ελαστικού σωλήνα ή/και σωληνώσεων της δεξαμενής.	Λειτουργικές διαδικασίες (χρήση τάκων , χειρόφρενου και γείωσης στο βυτιοφόρο). Ο ελαστικός σωλήνας συνδέεται άμεσα με το στόμιο εισόδου της δεξαμενής. Αντεπιστροφή βάνα στη γραμμή πλήρωσης της δεξαμενής στο εσωτερικό της δεξαμενής. Βαλβίδα υπερβολικής ροής στη γραμμή εξόδου αέριας φάσης προς το φούρνο στο εσωτερικό της δεξαμενής.	ΕΥ-24. Είναι δυνατή η προσβολή της δεξαμενής από κίνηση του βυτιοφόρου ;	ΑΥ-24. Όχι, καθώς η δεξαμενή είναι υπόγεια. Κίνδυνο διατρέχουν μόνο οι συνδετήριες σωληνώσεις. Η αντεπιστροφή βάνα στη γραμμή υγρής φάσης και η βαλβίδα υπερβολικής ροής στη γραμμή αέριας φάσης βρίσκονται στο εσωτερικό της δεξαμενής.

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Υπόγεια Δεξαμενή Υγραερίου

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
Υ-25	Βυτιοφόρο	Απώλεια προϊόντος	Πρόσκρουση μεγάλου θραύσματος ή ανάπτυξη υπερπίεσης από ατύχημα εντός της εγκατάστασης ή σε γειτονική εγκατάσταση.	Πιθανή διάτρηση του βυτίου με διαφυγή υγραερίου.			
Υ-26	Βυτιοφόρο	Λάθος συστατικό	Λάθος χειρισμός κατά τη φόρτωση του βυτιοφόρου.	Πιθανότητα φόρτωσης προπανίου ή μίγματος ή κίνησης σε βυτιοφόρο σχεδιασμένο για βουτάνιο, με συνέπεια αύξηση της πίεσης.	Όλα τα βυτιοφόρα είναι σχεδιασμένα για μεταφορά προπανίου.		
Υ-27	Ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης (PRVs) στα βυτιοφόρα.	Χαμηλή ροή.	Ανεπαρκής δυναμικότητα ανακούφισης.	Πιθανότητα ανάπτυξης υπερπίεσης και καταστροφής του βυτιοφόρου.	Οι ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης έχουν σχεδιασθεί σωστά, σύμφωνα με τα νομογραφήματα του κατασκευαστή.	ΕΥ-27. Πόσο συχνά ελέγχονται οι ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης του βυτιοφόρου;	ΣΥ-27. Οι ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης του βυτίου ελέγχονται, σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στην ελληνική νομοθεσία.

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: **Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου**

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Συνεργείο επανελέγχου φιαλών (φούρνος βαφείου)

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
Σ-1	Γραμμή προς φούρνο βαφείου	Μηδενική ροή	Κλείσιμο κάποιας βάνας από τη δεξαμενή έως το φούρνο ή αστοχία των μειωτήρων πίεσης σε κλειστή θέση.	Διακοπή της τροφοδοσίας υγραερίου προς το φούρνο χωρίς άλλες συνέπειες.			ΣΣ-1. Η τροφοδότηση του φούρνου δεν γίνεται με αντλία αλλά με απλή σύνδεση της αέριας φάσης της δεξαμενής με το φούρνο μέσω 2 μειωτήρων πίεσης.
Σ-2	Γραμμή προς φούρνο βαφείου	Υψηλή ροή	Αστοχία των μειωτήρων πίεσης προς το φούρνο	Πιθανή σβέση του καυστήρα και διαρροή υγραερίου στο θάλαμο καύσης.	Βάνα υπερβολικής ροής στη γραμμή αέριας φάσης από τη δεξαμενή. Λειτουργία 2 μειωτήρων πίεσης σε σειρά.		
Σ-3	Γραμμή προς φούρνο βαφείου	Υψηλή πίεση	Αστοχία του 1 ^{ου} ρυθμιστή πίεσης.	Διακοπή ροής από το 2 ^ο μειωτήρα πίεσης χωρίς περαιτέρω συνέπειες.			
Σ-4	Γραμμή προς φούρνο βαφείου	Υψηλή πίεση	Αστοχία του 2 ^{ου} ρυθμιστή πίεσης ή και των 2 ρυθμιστών πίεσης παραμένοντας σε ανοικτή θέση.	Υπερβολική ροή	Όπως Σ-2.		
Σ-5	Γραμμή προς φούρνο βαφείου	Απώλεια προϊόντος	Αστοχία σωλήνωσης από δεξαμενή έως φούρνο εξωτερικά του κτιρίου	Διαρροή αέριας φάσης	Όπως Σ-2.		

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Συνεργείο επανελέγχου φιαλών (φούρνος βαφείου)

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
Σ-5	Γραμμή προς φούρνο βαφείου	Απώλεια προϊόντος	Αστοχία σωλήνωσης εσωτερικά του κτιρίου	Διαρροή αέριας φάσης. Σχηματισμός εκρηκτικού μίγματος εντός του κτιρίου, έκρηξη στο κτίριο με επιπτώσεις εντός του κτιρίου.	Ανιχνευτής υγραερίου στο χώρο του κτιρίου, κοντά στο φούρνο. Ο ανιχνευτής κλείνει αυτόματα την ηλεκτροβάννα τροφοδοσίας υγραερίου εξωτερικά του κτιρίου, σε περίπτωση υπέρβασης του όριου συναγερμού του , ενεργοποιεί τοπική φαροσειρήνα και παρέχει οπτικό και ηχητικό σήμα συναγερμού σε πίνακα ελέγχου κοντά στη θέση του φύλακα. Συνεχής λειτουργία του ανιχνευτή, ακόμα και όταν δεν λειτουργεί ο φούρνος. Σε περίπτωση διακοπής ρεύματος ο ανιχνευτής τροφοδοτείται από μπαταρίες.		ΣΣ-5. Οι εκρήξεις σε κτίρια θεωρούνται γενικά ότι δεν έχουν επιπτώσεις εκτός εγκαταστάσεων. Οι επιπτώσεις περιορίζονται στο κτίριο για το οποίο είναι πιθανές βλάβες ή καικατάρρευση του με τηνανάπτυξη της υπερπίεσης.

Ανάπτυξη Διαχείρισης Κινδύνων σε ειδικό τεχνικό έργο «Κατασκευή εγκατάστασης αποθήκευσης, εμφιάλωσης και διακίνησης υγραερίου και μεταποίησης φιαλών υγραερίου»

HAZARD AND OPERABILITY STUDY

Μονάδα: **Αποθήκευση και Διακίνηση Υγραερίου**

Διεργασία/Εξοπλισμός:

Συνεργείο επανελέγχου φιαλών (φούρνος βαφείου)

A/A	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΟΝΟΜΑ	ΑΠΟΚΛΙΣΗ	ΑΙΤΙΑ	ΣΥΝΕΠΕΙΑ / ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΕΝΔΕΙΞΗ / ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ / ΣΧΟΛΙΑ
Σ-6	Φούρνος βαφείου	Διαρροή υγραερίου στο χώρο καύσης πριν την έναρξη λειτουργίας του φούρνου.	Όλες οι χειροκίνητες βάνες από τη δεξαμενή έως το ανοικτή θέση και οι ηλεκτροβάνες από τη δεξαμενή έως το φούρνο αστοχούν παραμένοντας σε ανοικτή θέση πριν την έναρξη έναυσης.	Σχηματισμός εκρηκτικού μίγματος στο χώρο καύσης πριν την έναρξη λειτουργίας του φούρνου και έκρηξη κατά την έναυση.	Η ηλεκτροβάνα της γραμμής τροφοδοσίας του φούρνου εξωτερικά του κτίριο τίθεται σε κλειστή θέση όταν δεν λειτουργεί ο φούρνος, όπως και όλες οι χειροκίνητες βάνες από τη δεξαμενή έως το φούρνο. Ανιχνευτής εκρηκτικού μίγματος στον καυστήρα ελέγχει την ύπαρξη εκρηκτικού μίγματος στο χώρο έναυσης, πριν την έναυση του καυστήρα και διοχετεύει αέρα πλύσης έως ότου εξασφαλιστούν ασφαλείς συνθήκες για την έναυση του φούρνου.		ΣΣ-6. Ο μικρός όγκος του χώρου καύσης έχει ως συνέπεια τόσο η ποσότητα υγραερίου όσο και η διαθέσιμη ποσότητα οξυγόνου στο χώρο καύσης να είναι περιορισμένη, με αποτέλεσμα η τυχόν έκρηξη να έχει περιορισμένες επιπτώσεις.
Σ-7	Φούρνος βαφείου	Σβέση φλόγας ή διαρροή υγραερίου από άλλο λόγο στο χώρο καύσης κατά τη λειτουργία του φούρνου.	Αστοχία συστήματος έναυσης του καυστήρα του φούρνου	Σχηματισμός εκρηκτικού μίγματος στο χώρο καύσης. Έκρηξη στο χώρο καύσης.	Σύστημα αυτοματισμών που ελέγχει το σύστημα έναυσης που διακόπτει αυτόματα την τροφοδοσία υγραερίου του φούρνου από την ηλεκτροβάνα του καυστήρα σε περίπτωση σβέσης της φλόγας ή βλάβης στο σύστημα έναυσης.		ΣΣ-7. Όπως ΣΣ-6.

3.4. Αναγνώριση κινδύνου για εξοπλισμό ηλεκτροστατικής βαφής

Για τον εξοπλισμό ηλεκτροστατικής βαφής, η αναγνώριση κινδύνου δεν είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί με μία από τις τυποποιημένες μεθόδους της βιβλιογραφίας. Για αυτό το λόγο παρουσιάζονται οι κύριοι παράγοντες κινδύνου, όπως αυτοί προκύπτουν από τη βιβλιογραφία ([7],[8],[9],[10],[11],[12],[13]) καθώς και τα προληπτικά μέτρα ασφάλειας που λαμβάνονται και με τα οποία ελέγχονται αποτελεσματικά οι κίνδυνοι από τον εξοπλισμό ηλεκτροστατικής βαφής.

3.4.1. Κίνδυνοι

Οι κίνδυνοι που σχετίζονται με διεργασίες ηλεκτροστατικής βαφής είναι οι ακόλουθοι:

- φωτιά / έκρηξη σκόνης,
- ηλεκτρικό σοκ,
- έκθεση σε επικίνδυνες ουσίες.

Φωτιά / Έκρηξη σκόνης

Η πούδρα επίστρωσης που χρησιμοποιείται σε ηλεκτροστατική βαφή είναι γνωστό ότι μπορεί να αναφλέγει προκαλώντας έκρηξη, εφόσον υπάρχει περιορισμός χώρου. Για την εκδήλωση της έκρηξης απαιτείται η ταυτόχρονη ύπαρξη όλων των ακόλουθων παραμέτρων :

- αναφλέξιμος χαρακτήρας πούδρας επίστρωσης,
- διασπορά της πούδρας στον αέρα,
- συγκέντρωση πούδρας υψηλότερη από το κάτω όριο εκρηξιμότητας (LEL),
- πηγές έναυσης με επαρκή ενέργεια για ενεργοποίηση έκρηξης.

Το φαινόμενο της έκρηξης από ανάφλεξη υλικών με χαρακτηριστικά σκόνης είναι γνωστό από πολύ παλαιά, και ατυχήματα τέτοιου τύπου συναντώνται συχνά σε βιομηχανίες που χειρίζονται υλικά με χαρακτηριστικά σκόνης (άλευρα, ζάχαρη, μέταλλα) και μάλιστα σε μεγάλες ποσότητες (π.χ. σιλό σιτηρών) με αποτέλεσμα και οι επιπτώσεις να είναι

σημαντικές. Τα ατυχήματα οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στην άγνοια του σχετικού κινδύνου καθώς δεν αναφέρεται πάντα στα Δελτία Δεδομένων Ασφάλειας των σχετικών υλικών, σε συνδυασμό με την εφαρμογή ακατάλληλων πρακτικών χειρισμού των υλικών (περισσότερα αναφέρονται παρακάτω).

Σε σχέση με την πούδρα ηλεκτροστατικής βαφής, η πούδρα έχει οργανική βάση και επομένως είναι γενικά αναφλέξιμη. Σημειώνεται πάντως ότι η θερμοκρασία έναυσης της πούδρας επίστρωσης ηλεκτροστατικής βαφής είναι αρκετά υψηλή (τυπικά στη περιοχή των 450-600 °C), τιμή πολύ υψηλότερη ακόμα και από τη συνήθη θερμοκρασία λειτουργίας των φούρνων ψησίματος της ηλεκτροστατικής βαφής (συνήθως στην περιοχή των 200 °C) και πολύ υψηλότερη από την αντίστοιχη τιμή για μίγματα διαλυτών/αέρα σε συμβατικές μεθόδους βαφής (30-40 °C).

Κατά την ηλεκτροστατική βαφή, η διασπορά πούδρας στον αέρα είναι εγγενές χαρακτηριστικό της διεργασίας στο θάλαμο βαφής, καθώς η βαφή παρασύρεται από πεπιεσμένο αέρα, φορτίζεται και εκτοξεύεται από το πιστόλι βαφής προς το γειωμένο αντικείμενο προς βαφή εντός του θαλάμου.

Εκτός αυτού διασπορά σκόνης στον αέρα είναι πιθανή και σε περίπτωση χρήσης ακατάλληλου εξοπλισμού καθαρισμού των περιοχών γύρω από θαλάμους βαφής (απλές σκούπες χειρός) ή από αναδιασπορά συσσωρευμένης πούδρας σε χώρους που δεν είναι άμεσα ελέγξιμοι (π.χ. χώροι ψευδοροφών). Τέτοιες περιπτώσεις έχουν αναγνωριστεί ως αιτίες εκδήλωσης περιστατικών έκρηξης σκόνης σε διάφορους βιομηχανικούς κλάδους (όπως βιομηχανίες τροφίμων, πλαστικών, μετάλλων) [13].

Η συνήθης τιμή για το χαμηλό όριο εκρηξιμότητας (LEL) πούδρας επίστρωσης ηλεκτροστατικής βαφής είναι στην περιοχή 20-90 gr/m³. Για τον λόγο αυτό ο σχετικός εξοπλισμός των θαλάμων βαφής σχεδιάζεται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ότι η συγκέντρωση της σκόνης στον αέρα δεν υπερβαίνει το 1/2 του ελάχιστου LEL (10 gr/m³). Οι χαμηλότερες τιμές LEL αναμένονται συνήθως σε πούδρες εποξικής ή πολυεστερικής ρητίνης, ενώ οι

υψηλότερες τιμές LEL αναμένονται για ακρυλικές πούδρες.

Με δεδομένο ότι δεν υπάρχουν πάντα λεπτομερή στοιχεία για κάθε τύπο χρώματος, συντηρητικά οι παραγωγοί χρωμάτων προτείνουν η συγκέντρωσης σκόνης στον αέρα να διατηρείται μικρότερη από 10 gr/m για την αποτροπή εκρήξεων. Σημειώνεται ότι το άνω όριο εκρηξιμότητας (UEL) για πούδρες επίστρωσης ηλεκτροστατικής βαφής είναι στην περιοχή των αρκετών kg/m³ και γι' αυτό το λόγο συνήθως η παράμετρος αυτή αγνοείται και κάθε συγκέντρωση σκόνης άνω του LEL θεωρείται γενικά εκρήξιμη.

Τυπικές πηγές έναυσης σε διεργασίες ηλεκτροστατικής βαφής είναι οι ακόλουθες :

- σπινθήρες μεταξύ πιστολιού βαφής και γειωμένων τμημάτων του εξοπλισμού (π.χ. γειωμένα τοιχώματα θαλάμου βαφής),
- σπινθήρας μεταξύ πιστολιού και αντικειμένου προς βαφή,
- σπινθήρας από εκφόρτιση ηλεκτροστατικών φορτίων από τριβή,
- αστοχία ηλεκτρολογικού εξοπλισμού,
- θερμές επιφάνειες,
- φλόγες.

Η ενέργεια έναυσης νέφους σκόνης χρώματος (συνήθως 10-40 mJ) είναι 100 έως 1000 υψηλότερη από την αντίστοιχη για έναυση νέφους οργανικού διαλύτη/αέρα, γεγονός που αποτελεί πλεονέκτημα της ηλεκτροστατικής βαφής σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους με ψεκασμό υγρών χρωμάτων με διαλύτες.

Ηλεκτρικό σοκ

Είναι πιθανό κατά την επαφή εργαζόμενων με εξοπλισμό υψηλού δυναμικού ή με ανεπαρκώς γειωμένο ή ελαττωματικό εξοπλισμό (π.χ. υπερθερμασμένα καλώδια).

Έκθεση σε επικίνδυνες ουσίες

Οι κύριες κατηγορίες πούδρας επίστρωσης ηλεκτροστατικής βαφής αφορούν σε εποξικές ρητίνες, πολυεστερικές ρητίνες, πολυουρεθανικές ρητίνες, ακρυλουρεθανικές ρητίνες, και δεν χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνες, λόγω της σύστασης τους. Παλαιότερα οι πούδρες επίστρωσης περιείχαν ουσίες όπως Pb και TGIC (triglycidyl-isocyanurate) με τοξικό ή καρκινογόνο χαρακτήρα, οι οποίες όμως δεν χρησιμοποιούνται πλέον.

Στην εγκατάσταση θα χρησιμοποιηθεί πούδρα επίστρωσης πολυεστερικής ρητίνης, η οποία δεν χαρακτηρίζεται ως επικίνδυνη ουσία.

Η επικινδυνότητα της πούδρας ηλεκτροστατικής βαφής αφορά κυρίως στη γενική συμπεριφορά της ως αδρανή σκόνη, σε περίπτωση εισπνοής της. Κίνδυνος υπάρχει γενικά και για πρόκληση ερεθισμών από επαφή με το δέρμα.

3.4.2. Προληπτικά μέτρα ασφάλειας

Στον εξοπλισμό ηλεκτροστατικής βαφής εφαρμόζεται σειρά προληπτικών μέτρων, τα οποία περιγράφονται ακολούθως και τα οποία στοχεύουν στον έλεγχο όλων των παραμέτρων που απαιτούνται για την εκδήλωση έκρηξης δηλαδή :

- συγκέντρωσης πούδρας στον αέρα,
- πηγές έναυσης.

όπως και στον έλεγχο της παρουσίας πούδρας εκτός του θαλάμου βαφής, και στην προστασία της υγείας των εργαζομένων.

Ο θάλαμος βαφής διαθέτει σύστημα εξαερισμού με σκοπό :

- τη διατήρηση αρνητικής πίεσης στο θάλαμο βαφής για την αποτροπή διασποράς σκόνης έξω από αυτό,
- τη διατήρηση ασφαλούς συγκέντρωσης σκόνης στον αέρα εντός του θαλάμου ($\max 10\text{gr/m}^3$),
- τον επαρκή εξαερισμό του χώρου γύρω από το θάλαμο βαφής.

Ταχύτητα αέρα 0,5-1 m/s στις ανοικτές πλευρές του θαλάμου θεωρείται επαρκής για τον αποτελεσματικό έλεγχο της συγκέντρωσης σκόνης στο θάλαμο βαφής και την αποτροπή εξόδου πούδρας από το θάλαμο.

Το σύστημα εξαερισμού του θαλάμου βαφής λειτουργεί αυτόματα με την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στον εξοπλισμό ηλεκτροστατικής βαφής και με την τροφοδοσία πούδρας. Ο αέρας από την έξοδο του συστήματος εξαερισμού, παρ' ότι είναι καθαρός, απορρίπτεται στην ατμόσφαιρα εξωτερικά του κτιρίου.

Αντίστοιχα και στο φούρνο του βαφείου, όταν ανοίξουν οι πόρτες του φούρνου, ο αέρας από το εσωτερικό του φούρνου αναρροφάται συνεχώς από ανεμιστήρες που τον οδηγούν στην ατμόσφαιρα εξωτερικά του κτιρίου.

Στο εσωτερικό του θαλάμου βαφής δεν υπάρχει ηλεκτρικός ή ηλεκτρολογικός εξοπλισμός (εκτός από το πιστόλι βαφής που είναι πιστοποιημένο για λειτουργία σε πιθανώς εκρήξιμο περιβάλλον, Class 21). Εξωτερικά του θαλάμου βαφής και έως κατάλληλη απόσταση, ο ηλεκτρολογικός/ηλεκτρονικός εξοπλισμός είναι αντιαεκρηκτικού τύπου.

Ο εξοπλισμός είναι γειωμένος σε επαρκή απόσταση από το θάλαμο βαφής και ελέγχεται τακτικά, ενώ όλα τα εξαρτήματα του συστήματος ηλεκτροστατικής βαφής διαθέτουν ισοδυναμικούς συνδέσμους. Η γείωση του εξοπλισμού γίνεται μέσω μεταλλικής ράβδου επαρκούς μήκους εντός του εδάφους (2,5-3,0 m).

Ο θάλαμος βαφής έχει ομαλές επιφάνειες χωρίς προεξοχές στις οποίες είναι δυνατό να παρακρατείται σκόνη. Οι σωληνώσεις στο σύστημα συλλογής σκόνης είναι κατάλληλα διαμορφωμένες (απουσία απότομων αλλαγών διευθύνσεων ή διαστάσεων για την αποτροπή επικαθήσης και συσσώρευσης σκόνης σε αυτές).

Το σύστημα ανάκτησης σκόνης του θαλάμου βαφής διαθέτει ηλεκτροδιακόπτες διαφορικής πίεσης, που διακόπτουν αυτόματα τη λειτουργία του λειτουργία των πιστολιών σε περίπτωση

υπερπίεσης στα φίλτρα ή μικρότερης από την ελάχιστη απαιτούμενη παροχή αέρα αναρρόφησης (π.χ. λόγω αστοχίας του ανεμιστήρα αναρρόφησης).

Οι θερμοκρασίες εξωτερικών επιφανειών στην περιοχή γύρω από το θάλαμο βαφής δεν υπερβαίνουν το ασφαλές όριο των 270°C ενώ απαγορεύεται η ύπαρξη γυμνής φλόγας.

Ο θάλαμος βαφής διαθέτει αυτόματα πιστόλια βαφής, με αποτέλεσμα οι εργαζόμενοι να μην εκτίθενται σε σκόνη χρώματος κατά τη λειτουργία του θαλάμου και να μην έρχονται σε επαφή με τα πιστόλια βαφής που έχουν υψηλό δυναμικό.

Η πούδρα επίστρωσης δεν είναι επικίνδυνη. Γύρω από τον εξοπλισμό ηλεκτροστατικής βαφής απαγορεύεται το κάπνισμα, όπως και η κατανάλωση φαγητού ή ποτών.

Οι χειριστές του εξοπλισμού ηλεκτροστατικής βαφής οι εργαζόμενοι δεν φέρουν μονωτικά γάντια ή παπούτσια, ενώ φέρουν αντιστατικά παπούτσια. Ο χειρισμός πούδρας επίστρωσης (π.χ. τροφοδοσία πούδρας στο θάλαμο βαφής, συλλογή από φίλτρα) γίνεται με εξασφάλιση επαρκούς αερισμού στην περιοχή, και ο εργαζόμενος φέρει μάσκα σκόνης ολόκληρου προσώπου ή μάσκα σκόνης ημίσεως προσώπου και γυαλιά ασφαλείας, όπως και αντιστατικό προστατευτικό ρουχισμό με μακριά μανίκια. Για την απομάκρυνση της σκόνης από τον ρουχισμό δεν χρησιμοποιείται πεπιεσμένος αέρας.

Οι επιφάνειες στους χώρους γύρω από το θάλαμο βαφής διατηρούνται καθαρές με κατάλληλη βιομηχανική σκούπα (κενού) με αντiekρηκτικό ηλεκτρικό κινητήρα ή με υγρό σκούπισμα. Το απλό (ξηρό) σκούπισμα των χώρων γύρω από τον εξοπλισμό ηλεκτροστατικής βαφής απαγορεύεται. Το εσωτερικό του θαλάμου βαφής καθαρίζεται κατάλληλη βιομηχανική σκούπα (κενού) με αντiekρηκτικό ηλεκτρικό κινητήρα, έχοντας σε λειτουργία το σύστημα εξαερισμού του θαλάμου βαφής και χωρίς να εισέρχεται ο εργαζόμενος στο εσωτερικό του θαλάμου.

3.4.3. Συμπέρασμα

Τα προληπτικά μέτρα που λαμβάνονται είναι πολλαπλά και στοχεύουν σε όλες τις παραμέτρους που σχετίζονται με τον κίνδυνο έκρηξης. Εκτός των παραπάνω, τα ανοίγματα στην είσοδο και έξοδο του θαλάμου εκτονώνουν την πίεση της τυχόν έκρηξης (vented explosion). Λαμβάνοντας υπόψη τη γεωμετρία του θαλάμου βαφής και τα ανοίγματα του, η μέγιστη υπερπίεση που μπορεί να αναπτυχθεί σε αυτόν είναι 100 mbar, καθιστώντας αδύνατη την πρόκληση πολ/κών φαινομένων από έκρηξη σκόνης. Επιπρόσθετα, ο θάλαμος βαφής έχει πολύ μικρό μέγεθος (7,7 m³) με αποτέλεσμα η ποσότητα σκόνης στο εσωτερικό του να είναι εξαιρετικά μικρή (77 gr), καθιστώντας τον κίνδυνο και τις επιπτώσεις από τυχόν έκρηξη πούδρας πολύ περιορισμένες.

Με βάση όλα τα παραπάνω, ο κίνδυνος από τη διαδικασία της ηλεκτροστατικής βαφής εκτιμάται ότι είναι μικρός και αποτελεσματικά ελεγχόμενος και ως εκ τούτου πιθανές επιπτώσεις από έκρηξη σκόνης δεν εξετάζονται.

3.5. Σενάρια διαφυγών υγραερίου

3.5.1. Γενικευμένα σενάρια και αιτίες πρόκλησης τους για ανάλογες εγκαταστάσεις

Παρακάτω παρατίθενται γενικευμένες πληροφορίες για τα διάφορα πιθανά συμβάντα σε εγκαταστάσεις υγραερίου και τα αίτια πρόκλησης τους. Τα ειδικά αίτια για την συγκεκριμένη εγκατάσταση έχουν καταγραφεί στην ανάλυση HAZOP.

Δεξαμενές

Ατυχήματα μεγάλης έκτασης που σχετίζονται με την αποθήκευση εύφλεκτων υγροποιημένων αερίων έχουν αναφερθεί ως αποτέλεσμα καταστροφικών αστοχιών δεξαμενών αποθήκευσης με εκδήλωση του φαινομένου BLEVE. Ο όρος BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ταχεία απώλεια περιεχομένου, ενός υγρού

που βρίσκεται σε θερμοκρασία υψηλότερη από το κανονικό σημείο βρασμού τη χρονική στιγμή της αστοχίας.

Διάφορες αιτίες μπορεί να οδηγήσουν μία δεξαμενή αποθήκευσης σε αστοχία όπως η παραπάνω. Πρόσκρουση αντικειμένων μπορεί να προκαλέσει ρωγμή η οποία ακολούθως, μπορεί να επεκταθεί ως αποτέλεσμα είτε της εσωτερικής πίεσης, είτε της ψαθυρότητας του υλικού του δοχείου, είτε και των δύο. Εξασθένηση του μετάλλου του δοχείου πέρα από το σημείο αντοχής στην εσωτερική πίεση, μπορεί επίσης να προκαλέσει μεγάλες ρωγμές, ή ακόμα και να προκαλέσει διάρρηξη του δοχείου σε δύο ή περισσότερα κομμάτια. Εξασθένηση μπορεί να προκληθεί από διάβρωση, εσωτερική υπερθέρμανση, κατασκευαστικές ατέλειες, κ.λ.π.

Όταν μια δεξαμενή εγκλωβίζεται σε πυρκαγιά, το μέταλλο της θερμαίνεται και χάνει τη μηχανική αντοχή του. Στο τμήμα της επιφάνειας δεξαμενής που διαβρέχεται από υγρό, η παρεχόμενη θερμότητα μεταφέρεται προς το υγρό και αυξάνει τη θερμοκρασία του, αλλά το τμήμα της διαβρεχόμενης επιφάνειας του δοχείου διατηρείται σχετικά ψυχρό. Η ειδική θερμοχωρητικότητα της αέριας φάσης είναι ωστόσο πολύ χαμηλότερη από αυτή του υγρού. Επιπροσθέτως, ο ατμός είναι σχετικά μέτριο μέσο μεταφοράς θερμότητας. Επομένως, η θερμότητα που παρέχεται στη μη διαβρεχόμενη περιοχή της δεξαμενής (χώρος ατμού) αυξάνει τη θερμοκρασία του τοιχώματος και εξασθενίζει το μέταλλο του.

Οι "γλώσσες φωτιάς" (jet fires) είναι δυνατό να επηρεάσουν τη μηχανική αντοχή του μετάλλου ακόμα και κάτω από τη στάθμη του υγρού. Η βαλβίδα ασφαλείας, ακόμη και αν έχει σχεδιαστεί κατάλληλα και λειτουργεί σωστά, δεν θα αποτρέψει το φαινόμενο BLEVE.

Η παραπάνω περίπτωση αστοχίας αποτελεί τη χειρότερη δυνατή για δεξαμενή. Μικρότερης κλίμακας αστοχίες χωρίς την καταστροφική διάρρηξη της δεξαμενής είναι δυνατό να συμβούν, εάν η ένταση των αιτίων της δεν είναι ισχυρή και σαν αποτέλεσμα η ρωγμή που δημιουργείται είναι μικρού μεγέθους. Μικρής κλίμακας ρωγμές είναι δυνατό να προκληθούν από διάβρωση εάν η συντήρηση (τακτικοί έλεγχοι) και προστασία (βαφή) της δεξαμενής είναι ανεπαρκής.

Σημειώνεται ότι και σε αστοχίες περιορισμένης κλίμακας, η εκδήλωση πυρκαγιάς είναι δυνατό να προκαλέσει κλιμάκωση της αστοχίας μέσω των μηχανισμών που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Βυτιοφόρα

Τα σενάρια που αφορούν σε βυτιοφόρα και τα αίτια πρόκλησης τους είναι παρόμοια με αυτά των δεξαμενών. Επιπρόσθετα, αστοχίες σε σταθμούς φόρτωσης είναι δυνατό να συμβούν στους ελαστικούς σωλήνες φόρτωσης/εκφόρτωσης. Αιτίες για αστοχίες τέτοιου είδους μπορεί να αποτελέσουν η ανεπαρκής συντήρηση των σωλήνων ή η μετακίνηση των βυτιοφόρων κατά τη διαδικασία φόρτωσης.

Αντλίες-συμπιεστές

Ιστορικά, συχνές εστίες διαρροών αποτελούν τα μηχανήματα με περιστροφική και παλινδρομική λειτουργία, στα οποία χρησιμοποιούνται φραγές για την αποτροπή πιθανής διαρροής των περιεχομένων ρευστών. Η τεχνική μελέτη των μηχανημάτων αυτού του τύπου, και ειδικότερα των επιλεγέντων συστημάτων στεγανοποίησης, έχει οδηγήσει στην εκτίμηση ότι δεν μπορεί να αναμένεται μαζική διαρροή προς την ατμόσφαιρα από τον εξοπλισμό αυτό. Πιθανές αιτίες διαφυγών από αντλίες-συμπιεστές είναι κατασκευαστικές ατέλειες, λάθος τύπος ή τοποθέτηση ή γήρανση παρεμβύσματος, ανεπαρκής συντήρηση, καταπόνηση από πίεση και εκδήλωση φαινομένου σπηλαίωσης λόγω χαμηλής πίεσης αναρρόφησης.

Σωληνώσεις

Αστοχία σωληνώσεων μπορεί να οδηγήσει σε διάφορα είδη διαφυγής, τα οποία μπορεί να συμπεριληφθούν σε δύο κύριες κατηγορίες :

- μικρές διαρροές από σωληνογραμμές,
- σοβαρές ζημιές (διαρρήξεις, μερικές ή ολικές) σωληνογραμμών.

Η έκταση των ζημιών εξαρτάται σημαντικά από το πάχος και τη διαβάθμιση (rating) των σωληνώσεων. Οι μικρές διαρροές από σωληνογραμμές, είναι πιο πιθανά περιστατικά απ' ότι οι διαρρήξεις σωληνογραμμών.

Ολικές διαρρήξεις σωληνογραμμών παρατηρούνται συνήθως κατά τις εργασίες

φόρτωσης/εκφόρτωσης προϊόντων ή πρώτων υλών, ως αποτέλεσμα σφαλμάτων χειρισμού. Ωστόσο, ιστορικά στοιχεία αναφέρουν ότι καταστροφικές διαρρήξεις αφορούν και σε αστοχίες σωληνώσεων μικρής διαμέτρου (π.χ. <2 1/2") λόγω κόπωσης ή μηχανικής καταπόνησης.

Μικρές διαρροές από σωληνογραμμές μπορεί να προκληθούν από διάφορες αιτίες, όπως, καταπόνηση από θερμοκρασία και πίεση, δονήσεις, διάβρωση, κ.λ.π. Τέτοια περιστατικά συμβαίνουν, συνήθως, στις συνδέσεις των σωληνώσεων και του σχετικού εξοπλισμού, με εξαίρεση τη διάβρωση pitting (σπηλαίωση), η οποία μπορεί να προσβάλει οποιοδήποτε τμήμα του συστήματος. Καταπόνηση λόγω πίεσης και δονήσεων παρουσιάζεται συνήθως στα σημεία σύνδεσης των σωληνώσεων με αντλίες-συμπιεστές. Επομένως, οι φλάντζες σύνδεσης στα σημεία κατάθλιψης των αντλιών και των συμπιεστών θεωρούνται ως οι πλέον πιθανές πηγές διαρροής. Πιθανό αίτιο αστοχίας σωληνώσεων αποτελεί και η πρόσκρουση αντικειμένων σε αυτές, π.χ. διερχόμενα οχήματα.

3.5.2. Κατάλογος σεναρίων διαφυγών

Οι περιπτώσεις διαφυγής που μελετήθηκαν αφορούν στις δεξαμενές υγραερίου, τις σωληνώσεις διασύνδεσης των διαφόρων στοιχείων του εξοπλισμού και των περιστρεφόμενου αντλιών-συμπιεστών και αποτελούν τις πλέον αντιπροσωπευτικές για εγκαταστάσεις υγραερίων.

Η επιλογή των σεναρίων διαφυγής βασίζεται:

- στα αποτελέσματα της αναγνώρισης κινδύνου,
- σε πληροφορίες από τη βιβλιογραφία για σχετικά ατυχήματα σε όλο τον κόσμο,
- στην κρίση της ομάδας μελέτης,
- στα σενάρια που ζητούνται από τις Αρχές για ανάλογες εγκαταστάσεις.

Με βάση όλα τα παραπάνω, τα σενάρια που εξετάστηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.5.2. και καλύπτουν όλα τα τμήματα της εγκατάστασης.

Οι επιπτώσεις από τις διαφυγές εξαρτώνται από την ποσότητα και τη μορφή του

εκλυόμενου υλικού. Για τον υπολογισμό των ρυθμών διαρροής, σημαντική παράμετρος είναι αυτή που αφορά στη διάμετρο της οπής μέσω της οποίας θεωρείται ότι διαφεύγει το υλικό.

Πίνακας 3.5.1. Μεγέθη οπής διαφυγής

Τύπος διαφυγής	Μέγεθος οπής διαφυγής, mm
Διαρροή λόγω διάβρωσης ή διαρροή από φλάντζες	ως 20 mm
Διαρροές από κύριες σωληνογραμμές	ως το 20% της διαμέτρου του σωλήνα
Καταστροφική αστοχία σωληνώσεων	100% της διαμέτρου του σωλήνα (FBR-Full Bore Rupture)
Διάτρηση δεξαμενής αποθήκευσης	ως 50 mm
Υπερπλήρωση δεξαμενής	Διάμετρος συνδετήριας φλάντζας δεξαμενής με ασφαλιστικό
Υπερπλήρωση βυτιοφόρου	Διάμετρος ασφαλιστικού βυτιοφόρου

Τα σενάρια είναι εξαιρετικά συντηρητικά, λαμβάνοντας υπόψη τα προληπτικά μέτρα που καταγράφονται στην ανάλυση HAZOP και στο Κεφάλαιο 3, και η εκδήλωση τους απαιτεί συνήθως πολλαπλή αστοχία των σχετικών προληπτικών μέτρων.

Πίνακας 3.5.2 .Σενάρια Διαφυγής LPG

Περιοχή	A/A σεναρίου	Περιγραφή	Μέγεθος οπής
Δεξαμενές (υπέργειες ή υπόγεια)	Δ1	Διαρροή/μηχανική αστοχία στη γραμμή τροφοδοσίας	20
	Δ2	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή τροφοδοσίας	100
	Δ3	Διαρροή/μηχανική αστοχία στη γραμμή εξόδου υγρού	20
	Δ4	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή εξόδου υγρού	100
	Δ5	Διαρροή/μηχανική αστοχία στη γραμμή επιστροφής	10
	Δ6	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή επιστροφής αερίου	50
	Δ7	Διαρροή λόγω διάβρωσης σε δεξαμενή	20
	Δ8	Διάτρηση ή μηχανική αστοχία σε δεξαμενή	50
	Δ9	Ακαριαία διάρρηξη δεξαμενής (100 τη')	-
	Δ10	Διαρροή από υπέργεια δεξαμενή λόγω υπερπλήρωσης	100
Βυτιοφόρο	B1	Αστοχία των φραγών στο συμπιεστή μεταφοράς LPG	20
	B2	Διαρροή/μηχανική αστοχία στη γραμμή υγρού LPG	20
	B3	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή υγρού LPG προς/από	100
	B4	Διαρροή/μηχανική αστοχία στη γραμμή επιστροφής	10
	B5	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή επιστροφής αερίου	50
	B6	Πλήρης διάρρηξη ελαστικού σωλήνα φόρτωσης	50
	B7	Πλήρης διάρρηξη ελαστικού σωλήνα επιστροφής	50
	B8	Διάτρηση ή μηχανική αστοχία βυτιοφόρου	50
	B9	Ακαριαία διάρρηξη βυτιοφόρου	-
	B10	Διαφυγή από βυτιοφόρο λόγω υπερπλήρωσης	75
	B11	Πλήρης διάρρηξη ελαστικού σωλήνα πλήρωσης υγρού LPG υπόγειας δεξαμενής από βυτιοφόρο	38

Πίνακας 3.5.2 .Σενάρια Διαφυγής LPG (συνέχειας)

Εμφιάλωση	E1	Αστοχία των φραγών στις αντλίες μεταφοράς	20
	E2	Διαρροή/μηχανική αστοχία στη γραμμή φόρτωσης	15
	E3	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή φόρτωσης υγρού LPG	75
	E4	Διαρροή/μηχανική αστοχία στη γραμμή επιστροφής	10
	E5	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή επιστροφής υγρού LPG	50
Συνεργείο επανελέγχου φιαλών	Σ1	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή αερίου LPG προς φούρνο βαφείου	19

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα, αρκετά σενάρια είναι ταυτόσημα ως προς το μέγεθος της οπής διαφυγής και συνεπώς οι ρυθμοί διαρροής και οι αντίστοιχες επιπτώσεις είναι κοινές. Οι συνέπειες των διαφόρων σεναρίων αναλύονται στο Κεφάλαιο 4.1 με βάση τα αντίστοιχα δένδρα γεγονότων.

4. Ανάλυση επιπτώσεων

Στο Κεφάλαιο 3 δόθηκε η περιγραφή των πιθανών περιπτώσεων αστοχιών που αφορούν στην εγκατάσταση. Το κεφάλαιο 4 περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο τα σενάρια διαφυγής μπορεί να οδηγήσουν σε διάφορα ατυχήματα. Παρουσιάζεται επίσης η μεθοδολογία για την εκτίμηση των επιπτώσεων αυτών.

4.1. Δένδρα γεγονότων και κατηγορίες κινδύνων

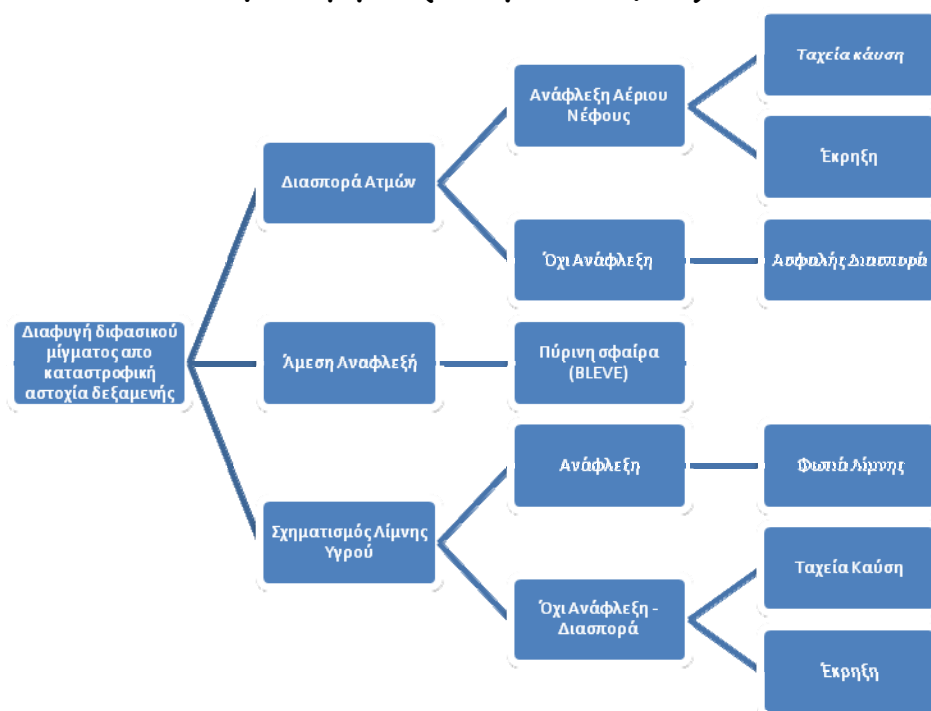
4.1.1. Δένδρα γεγονότων

Η διαδικασία αναγνώρισης των πηγών κινδύνου υπέδειξε σενάρια διαφυγής τα οποία μπορεί να οδηγήσουν σε διάφορα επικίνδυνα γεγονότα. Με τη βοήθεια των Δένδρων Γεγονότων (Event Tree) των Σχημάτων 4.1.1 και 4.1.2 αναλύονται οι πιθανές επιπτώσεις για κάθε ένα από τα σενάρια διαφυγής.

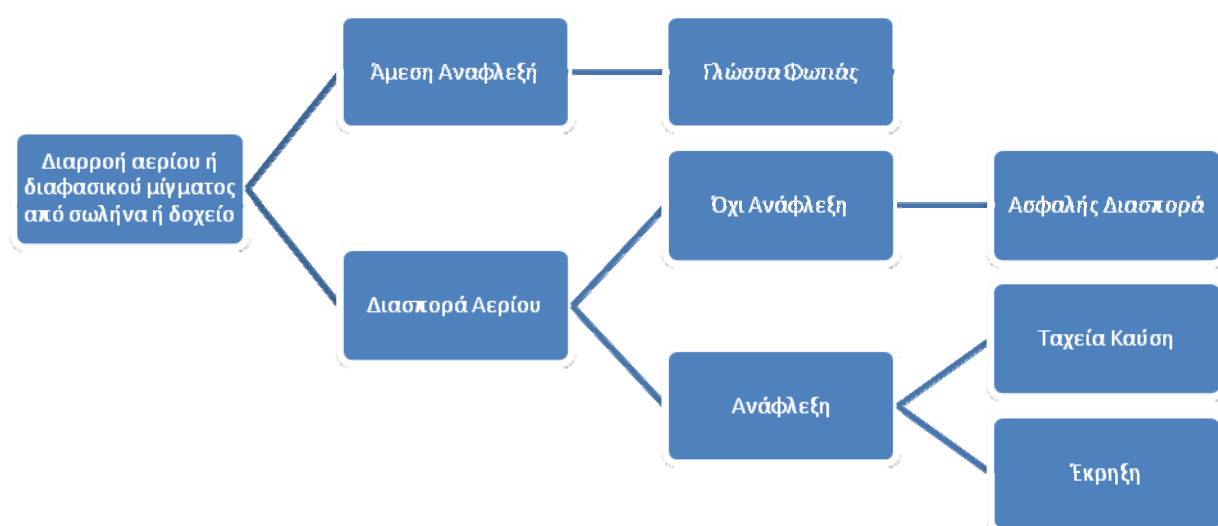
Οι πιθανοί κίνδυνοι που συνδέονται με τη διαφυγή υγραερίου είναι οι ακόλουθοι και αναλύονται στο Κεφάλαιο 4.1.2 :

- φωτιά λίμνης (pool fire)
- πύρινη σφαίρα (fireball, BLEVE)
- γλώσσα φωτιάς (jet flame)
- διασπορά αερίου νέφους και ανάφλεξη (flash fire)
- έκρηξη αερίου νέφους (UVCE, unconfined vapour cloud explosion)

Σχήμα 4.1.1. Δένδρο Γεγονότων για καταστροφική αστοχία δεξαμενής η βυτιοφόρου (Σενάρια Δ9 ή Β9)



Σχήμα 4.1.2. Δένδρο Γεγονότων για διαρροή υγραερίου από σωλήνωση η δοχείο (Όλα τα σενάρια πλην των Δ9 και Β9)



4.1.2. Κατηγορίες κινδύνων

Παρακάτω περιγράφονται οι διάφοροι κίνδυνοι που σχετίζονται με τα παραπάνω δένδρα γεγονότων.

Φωτιά λίμνης

Φωτιά λίμνης από ανάφλεξη υγρού μπορεί να συμβεί όταν έχει διαφύγει σημαντική ποσότητα υγρού και αναφλέγεται ακαριαία. Η περίπτωση αυτή δεν αφορά, πρακτικά, διαφυγές από σωληνώσεις ή φραγές καθώς οι διαρρέουσες ποσότητες είναι μικρές για τον σχηματισμό λίμνης (λόγω της διαμέτρου της οπής και της άμεσης απομόνωσης των σχετικών διαρροών μέσω των βανών απομόνωσης). Επομένως η φωτιά λίμνης, σχετίζεται μόνο με περιστατικά διαφυγών σε δεξαμενές ή βυτιοφόρα.

Ο μεγαλύτερος κίνδυνος από την εκδήλωση φωτιάς λίμνης είναι η εκπομπή θερμικής ακτινοβολίας προς τους ανθρώπους. Εάν υπάρχει λεκάνη ασφαλείας, η έκτασης της λίμνης περιορίζεται από αυτή. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει λεκάνη ασφαλείας, το μέγεθος της λίμνης εξαρτάται από τον ρυθμό διαρροής και τη θερμοκρασία (άμεσα συσχετιζόμενη με το ποσοστό της διαρρέουσας ουσίας που εξαερώνεται -flashing- καθώς διαφεύγει).

Πύρινη σφαίρα

Μια μεγάλη διαρροή υγραερίου σε υγρή κατάσταση, αν αναφλεχθεί ακαριαία, μπορεί να καεί ως πύρινη σφαίρα. Οι πύρινες σφαίρες αφορούν κυρίως καταστροφικές αστοχίες δεξαμενών γνωστές ως BLEVEs. Ο όρος BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ξαφνική απώλεια περιεχομένου ενός υγρού, που βρίσκεται σε θερμοκρασία υψηλότερη από το κανονικό σημείο βρασμού τη στιγμή της αστοχίας. Εάν αυτό οφείλεται σε φωτιά, η αστοχία της δεξαμενής θα οδηγήσει μάλλον στο σχηματισμό πύρινης σφαίρας.

Το φαινόμενο έχει μικρή διάρκεια (συνήθως τάξη μεγέθους 30 sec) αλλά η παραγόμενη θερμική ακτινοβολία είναι πολύ ισχυρή. Η υπερπίεση που παράγεται κατά την εκδήλωση φαινομένων BLEVE είναι αμελητέα σε σχέση με τις επιπτώσεις από την αντίστοιχη θερμική ακτινοβολία.

Επισημαίνεται ότι από την εκδήλωση φαινομένων BLEVE είναι πιθανή η πρόκληση θραυσμάτων τα οποία είναι δυνατό να διανύσουν μεγάλες αποστάσεις. Οι επιπτώσεις από τα θραύσματα δεν είναι δυνατό να ποσοτηθούν καθώς εξαρτώνται από παραμέτρους (όπως μέγεθος και σχήμα θραύσματος), οι οποίες είναι σε μεγάλο βαθμό στοχαστικές.

Γλώσσα φωτιάς

Διαρροή υγραερίου υπό πίεση, αν αναφλεχθεί άμεσα, θα καεί ως "γλώσσα" φωτιάς (jet fire). Ο εξοπλισμός στον οποίο προσπίπτει η "γλώσσα" φωτιάς, υπόκειται σε υψηλά θερμικά φορτία, που πολλές φορές υπερβαίνουν τη δυναμικότητα των εγκατεστημένων συστημάτων πυροπροστασίας με διαβροχή νερού (water spray).

Εκτός των ορίων της "γλώσσας", οι κίνδυνοι από ακτινοβολία είναι ελάχιστοι. Κατά συνέπεια, η ζώνη κινδύνου ορίζεται από το μήκος και το πλάτος της "γλώσσας".

Διασπορά και ανάφλεξη αερίου νέφους

Οι διαρροές υγραερίου, αν δεν αναφλέγουν, θεωρείται ότι διασπείρονται ως νέφη βαρέως αερίου. Όταν η συγκέντρωση στο νέφος είναι μεγαλύτερη από το Κατώτερο Όριο Αναφλεξιμότητας (Lower Flammability Limit , LFL), υπάρχει πιθανότητα ανάφλεξης με συνέπεια φωτιά ή έκρηξη. Το μέγεθος του κινδύνου εξαρτάται από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, δηλαδή, ατμοσφαιρική σταθερότητα και ταχύτητα ανέμου.

Η ατμοσφαιρική σταθερότητα, σύμφωνα με την κατάταξη κατά Pasquill, μεταβάλλεται από Α (πολύ τυρβώδης) σε D (ουδέτερη) έως G (πολύ σταθερή). Σταθερότητα Α και υψηλή ταχύτητα ανέμου ευνοούν τη διάχυση, καθώς το βαρύ αέριο διαλύεται γρήγορα στην

ατμόσφαιρα, ενώ σταθερότητα G και χαμηλή ταχύτητα ανέμου δεν είναι ευνοϊκές. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται αφορούν στις ακόλουθες αντιπροσωπευτικές συνθήκες D5 (σταθερότητα D , ταχύτητα ανέμου 5 m/s) και F2 (σταθερότητα F , ταχύτητα ανέμου 2 m/s).

Έκρηξη από διασπορά αερίου νέφους

Αν η μάζα του διεσπαρμένου αερίου νέφους από διαρροή υγραερίου είναι μεγαλύτερη των 1000 kg, η ανάφλεξη της μπορεί να οδηγήσει σε έκρηξη. Για την εκδήλωση έκρηξης απαιτείται η ύπαρξη περιορισμού (confinement) στο χώρο, γεγονός που δεν είναι αναμενόμενο για εγκαταστάσεις υγραερίου που βρίσκονται σε ανοικτούς χώρους.

4.2. Μοντέλα υπολογισμού επιπτώσεων

4.2.1. Μοντέλα ρυθμού διαρροής

Για τον προσδιορισμό των επιπτώσεων των σεναρίων πρέπει, κατ' αρχή, να εκτιμηθεί ο ρυθμός διαρροής. Οι συνθήκες διαρροής εμπίπτουν στις ακόλουθες τρεις κατηγορίες:

- Διαρροή αερίου υπό πίεση.
- Διαρροή υγρού υπό πίεση, η οποία καταλήγει σε διφασική ή τύπου ακροφυσίου (jet).
- Καταστροφική αστοχία δεξαμενής.

Στην περίπτωση διαρροής υγραερίου το οποίο βρίσκεται σε αέρια φάση, υπολογίσθηκε η μέγιστη ροή με τη βοήθεια μοντέλου ροής αερίου υπό πίεση για στραγγαλιστική (choked) ή μη ροή.

Σε περιπτώσεις διαρροής υγραερίου το οποίο βρίσκεται σε υγρή φάση, το υγρό εκτονώνεται στην περιοχή της οπής της διαφυγής. Το ακριβές σημείο εκτόνωσης επηρεάζει άμεσα το ρυθμό διαρροής καθώς στην οπή είναι δυνατό να υπάρχουν ή όχι συνθήκες ισορροπίας.

Καθώς η διφασική ροή εκτονώνεται, στο εκτονωμένο ρεύμα (jet) συμπαρασύρεται το απομένον υγρό με τη μορφή μικρών σταγονιδίων (aerosol). Σε διαρροές μεγάλης κλίμακας, κάποιο ποσοστό της διαρρέουσας ποσότητας, είναι δυνατό να εκλυθεί ως υγρό το οποίο μπορεί να σχηματίσει λίμνη στο έδαφος.

Σε διαρροές υγραερίου, το οποίο βρίσκεται σε υγρή φάση, θεωρήθηκε ότι το υγρό εκτονώνεται στην οπή (η οποία λειτουργεί ως διάφραγμα), καταλήγοντας σε στραγγαλιστική (choked) εκτόνωση ή διφασική ροή μη-ισορροπίας για την περίπτωση διαρροών από σωληνώσεις, ή σε ασυμπίεστη ροή για την περίπτωση διαρροών από τοιχώματα δεξαμενών. Ο αρχικός ρυθμός διαρροής υπολογίζεται με χρήση μοντέλου διφασικής ροής. Ακολούθως, με τη χρήση μοντέλου διφασικής εκτόνωσης υπολογίζεται το ποσοστό του υγρού.

4.2.2. Φωτιά λίμνης

Τα σενάρια φωτιάς λίμνης υπολογίστηκαν με βάση τον κώδικα λογισμικού SUPERCHEMS της Arthur D. Little. Το μοντέλο μπορεί να υπολογίσει φωτιές λίμνης σε περιορισμένους χώρους (λεκάνες ασφάλειας) και σε ελεύθερες επιφάνειες. Το μοντέλο λαμβάνει υπόψη του κατά τον υπολογισμό της έκτασης της λίμνης, όχι μόνο την αρχική εξάτμιση (flashing) του υγραερίου κατά την απελευθέρωση του στην ατμόσφαιρα αλλά και την παράσυρση υγρού στην αέρια φάση. Για τον υπολογισμό της παραγόμενης θερμικής ακτινοβολίας συνυπολογίζονται οι ρυθμοί διάδοσης, βρασμού και εξάτμισης του υγρού στη λίμνη.

4.2.3. Πύρινη σφαίρα

Η θερμική ακτινοβολία από πύρινη σφαίρα υπολογίζεται με βάση το μοντέλο solid flame που προτείνεται από το AIChE. Το μοντέλο θεωρεί ότι, σε όλη τη διάρκεια του φαινομένου, η πύρινη σφαίρα έχει τη μέγιστη δυνατή διάμετρο και βρίσκεται στο έδαφος.

Η συσχέτιση της έντασης της παραγόμενης θερμικής ακτινοβολίας με την απόσταση έγινε μέσω του κατάλληλου συντελεστή θέασης (view factor) για όρθιο παρατηρητή. Μέρος της

μεταδιδόμενης θερμικής ακτινοβολίας απορροφάται από την ατμοσφαιρική υγρασία. Ο συντελεστής μεταφοράς (transmissivity) που χρησιμοποιήθηκε για τον συνυπολογισμό του παραπάνω φαινομένου εξαρτάται από την απόσταση και την ατμοσφαιρική υγρασία.

4.2.4.Γλώσσα φωτιάς (jet fire)

Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε εντάσσεται στο πρόγραμμα SUPERCHEMS της Arthur D. Little. Το μέγεθος της γλώσσας εξαρτάται από την πίεση του δοχείου από το οποίο διαρρέει το υγραέριο και τη διάμετρο της οπής διαφυγής. Το μοντέλο θεωρεί ότι η γλώσσα φλόγας καίει μέχρι του σημείου όπου η συγκέντρωση υδρογονανθράκων φθάνει το κατώτερο όριο ανάφλεξης (lower flammable limit - LFL).

4.2.5.Διασπορά και ανάφλεξη αερίου νέφους

Οι υπολογισμοί διασποράς γίνονται με βάση τον κώδικα SLAB. Το μοντέλο αυτό έχει αναπτυχθεί από το Lawrence Livermore National Laboratory για την προσομοίωση της ατμοσφαιρικής διασποράς διαρροών βαρύτερων του αέρα. Αφορά σε συνεχείς, ορισμένης διάρκειας, και ακαριαίες εκλύσεις, από τεσσάρων ειδών πηγές: εξατμιζόμενη λίμνη, οριζόντια διαρροή τύπου jet, κάθετη διαρροή από καμινάδα ή τύπου jet, και ακαριαία έκλυση όγκου .

Εκτός από την περίπτωση εξατμιζόμενης λίμνης όπου η ποσότητα που διασπείρεται είναι σε αέρια φάση, όλες οι άλλες διαρροές μπορεί να είναι είτε αέριες είτε μίγμα αερίου και σταγονιδίων υγρού. Ενώ το μοντέλο έχει σχεδιαστεί για την προσομοίωση διαρροών βαρύτερων του αέρα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την προσομοίωση της διασποράς ουδέτερων (neutral) διαρροών.

Η διασπορά της διαφυγής στην ατμόσφαιρα υπολογίζεται με την επίλυση των εξισώσεων διατήρησης μάζας, ορμής και ενέργειας. Οι εξισώσεις διατήρησης σταθμίζονται στο χώρο ώστε να είναι δυνατή η μοντελοποίηση του νέφους είτε σε συνθήκες μόνιμης κατάστασης

(plume), ή σε συνθήκες μεταβατικής κατάστασης (puff), ή σε συνδυασμό των δύο με βάση τη διάρκεια της διαρροής.

Μια συνεχής διαρροή (πολύ μεγάλης διάρκειας) περιγράφεται ως πλούμιο σε μόνιμη κατάσταση. Στην περίπτωση διαρροής ορισμένης διάρκειας, η διασπορά του νέφους περιγράφεται με χρήση του μοντέλου πλουμίου μόνιμης κατάστασης για όσο χρόνο διαρκεί η διαρροή. Ακολούθως, μόλις η διαρροή διακοπεί, η διασπορά του νέφους υπολογίζεται με το μοντέλο μεταβατικής κατάστασης (puff). Για ακαριαία έκλυση, οι υπολογισμοί γίνονται εξ' ολοκλήρου με το μοντέλο μεταβατικής κατάστασης (puff).

Η μαθηματική περιγραφή των φυσικών φαινομένων της διασποράς βαρέως αερίου καθώς και η περιγραφή της συνήθους ατμοσφαιρικής μεταφοράς και της τυρβώδους διάχυσης περιλαμβάνονται εν γένει στις εξισώσεις διατήρησης. Η θερμοδυναμική του σχηματισμού σταγονιδίων υγρού και εξάτμισης υπολογίζεται θεωρώντας θερμοδυναμική ισορροπία τοπικά. Η μεταφορά του μίγματος ατμών-σταγονιδίων υπολογίζεται θεωρώντας "ένα" ρευστό και αγνοώντας πιθανή εναπόθεση σταγονιδίων στο έδαφος. Επίσης, λαμβάνεται υπόψη η επίδραση της θέρμανσης του εδάφους, όταν το νέφος είναι πιο ψυχρό από την επιφάνεια του εδάφους.

Η συγκέντρωση (time averaged volume fraction), που προβλέπει το μοντέλο, εξαρτάται όχι μόνο από τα διάφορα φυσικά φαινόμενα που σχετίζονται με τις εξισώσεις διασποράς, αλλά και από τον καθορισμένο χρόνο "δειγματοληψίας" (concentration averaging time). Επισημαίνεται πως για διασπορά εύφλεκτων ουσιών ο χρόνος αυτός δεν πρέπει να υπερβαίνει τα μερικά δευτερόλεπτα.

Το μοντέλο SLAB έχει δοκιμασθεί με χρήση ευρείας κλίμακας δεδομένων, που έχουν ληφθεί τόσο από εργαστηριακής όσο και πραγματικής κλίμακας πειράματα διασποράς βαρέων αερίων. Ο χρόνος εκτέλεσης του προγράμματος είναι πολύ μικρός και οι αριθμητικοί αλγόριθμοι πολύ ακριβείς. Το SLAB περιλαμβάνεται στα μοντέλα που προτείνονται από την Environmental Protection Agency για τις μελέτες ανάλυσης επιπτώσεων που απαιτούνται

από τη νομοθεσία των Η.Π.Α. (CAA section 112r).

4.2.6. Έκρηξη από διασπορά αερίου νέφους

Αν η μάζα του αερίου νέφους είναι μεγαλύτερη των 1000 kg, η ανάφλεξη μιας συσσωρευμένης ποσότητας είναι δυνατό να οδηγήσει σε έκρηξη. Η μάζα του εύφλεκτου νέφους υπολογίζεται με βάση το σχετικό ρυθμό διαρροής και το χρόνο που απαιτείται, ώστε η συγκέντρωση να φτάσει στο κατώτερο όριο αναφλεξιμότητας LFL. Το παραπάνω όριο υπολογίστηκε από τον κώδικα SLAB.

Η παραγόμενη υπερπίεση υπολογίζεται με χρήση της μεθόδου του ισοδύναμου TNT, όπως περιγράφεται από το AIChE. Το κέντρο του νέφους μπορεί να βρίσκεται είτε στα όρια της εγκατάστασης (όπου είναι περισσότερο πιθανή η ύπαρξη αιτίας έναυσης) ή στο μέσο της απόστασης από το σημείο της διαρροής ως το κατώτερο όριο αναφλεξιμότητας.

4.3. Παραδοχές και παράμετροι σεναρίων και μοντέλων υπολογισμών επιπτώσεων

Οι παραδοχές που έγιναν κατά τους υπολογισμούς ήταν προς τη συντηρητική κατεύθυνση έτσι ώστε να υπολογίζεται η μέγιστη πιθανή ακτίνα επιπτώσεων. Σημειώνεται ότι σε όλα τα σενάρια "ακαριαίας" διάρρηξης δεξαμενής/βυτιοφόρου, θεωρήθηκε ότι αυτή πραγματοποιείται σε χρόνο 3 min με σταθερό ρυθμό διαρροής. Στα παραπάνω σενάρια θεωρήθηκε συντηρητικά ότι η δεξαμενή/βυτιοφόρο είναι πλήρως γεμάτα (100% της χωρητικότητας τους).

4.3.1. Ρυθμοί διαρροής

Οι καταστροφικές αστοχίες δεξαμενών/βυτιοφόρων θεωρήθηκε ότι πραγματοποιούνται "ακαριαία", με χρόνο διαρροής του συνόλου του περιεχομένου τους, τρία λεπτά. Ως εκ τούτου, στις περιπτώσεις των ακαριαίων διαρρήξεων δεξαμενών/βυτιοφόρων ο ρυθμός διαρροής εκτιμήθηκε με διαίρεση της δυναμικότητας της δεξαμενής/βυτιοφόρου με το χρόνο των 180 δευτερολέπτων.

Σε όλα τα σενάρια διαρροών από σωληνώσεις και φραγές, η διαρροή κατά τον υπολογισμό της ανάφλεξης αερίου νέφους (όπως και στους υπολογισμούς της γλώσσας φωτιάς) θεωρήθηκε συντηρητικά συνεχής, αν και στα παραπάνω σενάρια, η δυνατότητα ταχείας απομόνωσης των σωληνώσεων έχει ως συνέπεια την ταχεία διακοπή της διαφυγής και επομένως, πολύ μικρότερη έκταση του αερίου νέφους που προκύπτει. Στο σενάριο καταστροφικής αστοχίας σωλήνωσης αερίου προπανίου προς τον φούρνο του βαφείου θεωρήθηκε συντηρητικά ότι το σημείο αστοχίας είναι πριν τον 1^ο μειωτήρα πίεσης, χρησιμοποιώντας ως πίεση στη σωλήνωση την πίεση της υπόγειας δεξαμενής.

Σε όλα τα σενάρια διαρροών υγρής φάσης από σωληνώσεις θεωρήθηκε εξαιρετικά συντηρητικά ότι το σημείο διαρροής είναι πολύ κοντά σε δεξαμενή ή βυτιοφόρο (Θεωρούμενη απόσταση 1 mm, μικρότερη από το όριο των 10 cm), με αποτέλεσμα ο ρυθμός διαρροής να υπολογίζεται από μοντέλο διφασικής ροής μη-ισορροπίας και όχι από μοντέλο στραγγαλιστικής (choked) ροής (ισχύει για μήκος διαδρομής μέχρι το σημείο διαφυγής μεγαλύτερο των 10 cm).

Για το σενάριο αστοχίας φραγών αντλιών, χρησιμοποιήθηκε συντηρητικά μοντέλο ροής διφασικής ροής μη-ισορροπίας (θεωρώντας ότι διατηρείται η πίεση στο εσωτερικό της αντλίας, δηλαδή λειτουργία της αντλίας). Η παραδοχή αυτή είναι συντηρητική, καθώς με την εντοπισμό της διαρροής, η άμεση διακοπή λειτουργίας της αντλίας θα έχει ως συνέπεια εκροή με στραγγαλιστική ροή.

Στα σενάρια διαρροής λόγω διάβρωσης ή διάτρησης ή μηχανικής αστοχίας σε δεξαμενή ή βυτιοφόρο θεωρήθηκε ότι οι αστοχίες συμβαίνουν σε σημείο υγρής φάσης, παραδοχή που είναι συντηρητική.

Για το σενάριο υπερπλήρωσης δεξαμενής χρησιμοποιήθηκε μοντέλο στραγγαλιστικής ροής, καθώς θεωρήθηκε ότι το υγρό διανύει μήκος μεγαλύτερο των 10 cm από το τοίχωμα της δεξαμενής μέχρι το σημείο διαρροής του (έξοδος ασφαλιστικού). Για το σενάριο

υπερπλήρωσης βυτιοφόρου χρησιμοποιήθηκε μοντέλο στραγγαλιστικής ροής, καθώς θεωρήθηκε ότι το ασφαλιστικό του βυτιοφόρου παραμένει πλήρως ανοικτό και το υγρό εκτονώνεται μέσω αυτού (μήκος διαδρομής περίπου 10 cm).

4.3.2. Φωτιά λίμνης

Για τη φωτιά λίμνης, η διάμετρος της λίμνης υπολογίστηκε θεωρώντας, το ποσοστό εξάτμισης είναι μηδενικό. Η παραδοχή αυτή είναι συντηρητική, καθώς έτσι μεγιστοποιείται η ποσότητα που συμμετέχει στη λίμνη. Επιπλέον, σε θερμοκρασία 5°C (χαμηλότερη μέση θερμοκρασία κατά το χειμώνα) το ποσοστό εξάτμισης του υγραερίου μίγματος είναι μικρό (κάτω του 10%), με συνέπεια κατά τους υπολογισμούς να θεωρηθεί ότι συμμετέχει όλη η διαρρέουσα ποσότητα (μηδενική εξάτμιση).

Ο χρόνος έκθεσης του παρατηρητή κατά τον υπολογισμό των δόσεων θερμικής ακτινοβολίας θεωρήθηκε ίσος με 40 sec, σύμφωνα με το Τεχνικό Υπόμνημα του ΕΜΠ.

Κατά τον υπολογισμό του σεναρίου ακαριαίας διάρρηξης δεξαμενής, θεωρήθηκε ότι η δεξαμενή περιέχει υγραέριο μίγμα, η οποία είναι συντηρητική παραδοχή, καθώς λόγω της υψηλότερης πυκνότητας του μίγματος σε σχέση με το προπάνιο, ο ρυθμός διαρροής είναι υψηλότερος και τελικά οι ζώνες προστασίας είναι μεγαλύτερες.

4.3.3. Πύρινη σφαίρα

Η ένταση της παραγόμενης ακτινοβολίας στην επιφάνεια της σφαίρας θεωρήθηκε ότι είναι ίση με 350 kW/m². Η παραπάνω τιμή είναι συντηρητική, καθώς σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, σε φαινόμενα πύρινης σφαίρας, έχουν παρατηρηθεί και σημαντικά χαμηλότερες τιμές, ενώ υπερκαλύπτονται και οι τιμές έντασης που υπολογίζονται με βάση τη μέγιστη πίεση σχεδιασμού των δεξαμενών.

Η σχετική υγρασία που χρησιμοποιήθηκε κατά τους υπολογισμούς είναι 52% και αντιστοιχεί

στη χαμηλότερη μέση μηνιαία υγρασία (Ιούλιος μήνας). Η παραπάνω παραδοχή είναι συντηρητική, καθώς η απορρόφηση της ακτινοβολίας αυξάνει με την ατμοσφαιρική υγρασία.

Για τον υπολογισμό της δόσης θερμικής ακτινοβολίας, ο χρόνος έκθεσης θεωρήθηκε ίσος με τη διάρκεια του φαινομένου BLEVE, όπως καθορίζεται από το Τεχνικό Υπόμνημα του ΕΜΠ.

Κατά τον υπολογισμό του σεναρίου ακαριαίας διάρρηξης δεξαμενής, θεωρήθηκε ότι η δεξαμενή περιέχει υγραέριο μίγμα, η οποία είναι συντηρητική παραδοχή, καθώς λόγω της υψηλότερης πυκνότητας του μίγματος σε σχέση με το προπάνιο, η ποσότητα που συμμετέχει είναι μεγαλύτερη όπως και οι αντίστοιχες ζώνες προστασίας.

4.3.4.Γλώσσα φωτιάς (jet fire)

Κατά τους υπολογισμούς της γλώσσας φωτιάς θεωρήθηκε ότι διαρρέει προπάνιο. Η παραδοχή αυτή είναι συντηρητική καθώς για το προπάνιο αντιστοιχεί η μεγαλύτερη τάση ατμών σε σχέση με το υγραέριο μίγμα.

Οι υπολογισμοί εκτελέστηκαν για τη μέγιστη μέση μηνιαία θερμοκρασία (25°C, Ιούλιος) έτσι ώστε η αντίστοιχη πίεση και το μέγεθος της γλώσσας φωτιάς να είναι το μέγιστο δυνατό.

Η κατεύθυνση της φλόγας μπορεί να σχηματίζει οποιαδήποτε γωνία με το οριζόντιο επίπεδο. Κατά τους υπολογισμούς θεωρήθηκε ότι οι φωτιές αυτού του τύπου συμβαίνουν από οριζόντια διαρροή, η οποία και δίδει το μεγαλύτερο εύρος επικινδυνότητας.

4.3.5.Διασπορά και ανάφλεξη αερίου νέφους

Οι υπολογισμοί διασποράς έγιναν σε κάθε περίπτωση για προπάνιο. Η παραπάνω παραδοχή είναι συντηρητική καθώς τότε προκύπτουν οι μεγαλύτεροι ρυθμοί διαρροής και σαν τελική συνέπεια, το μεγαλύτερο εύρος νέφους.

Η κατεύθυνση της διαρρέουσας ποσότητας στο σημείο αστοχίας θεωρείται ότι είναι ότι είναι οριζόντια, παραδοχή που είναι συντηρητική. Το σημείο διαρροής θεωρήθηκε συντηρητικά ότι εντοπίζεται σε χαμηλό ύψος (1m), ενώ η συγκέντρωση προσδιορίζεται για κάθε απόσταση x, ψ από το σημείο διαρροής στο ύψος που δίδει τη μέγιστη συγκέντρωση, και το οποίο πρακτικά αντιστοιχεί σε ύψος 0 m για μικρή απόσταση μετά από το σημείο διαρροής. Οι υπολογισμοί εκτελέστηκαν για ατμοσφαιρικές συνθήκες D5 (σταθερότητα D, ταχύτητα ανέμου 5 m/s) και F2 (σταθερότητα F, ταχύτητα ανέμου 2 m/s).

Η θερμοκρασία θεωρήθηκε ίση με τη μέγιστη μέση μηνιαία κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (25°C), έτσι ώστε η αντίστοιχη πίεση για προπάνιο και ο ρυθμός διαρροής να είναι ο μέγιστος. Κατά τους υπολογισμούς θεωρήθηκε επίσης τραχύτητα εδάφους (surface roughness height) $Z_0=0,3$ m.

Ο χρόνος "δειγματοληψίας" (concentration averaging time) θεωρήθηκε συντηρητικά ίσος με 1 sec. Η τραχύτητα εδάφους θεωρήθηκε ίση με 0,3 m, που αντιστοιχεί σε στοιχεία εξοπλισμού ή κτίρια με ύψος 0,1 m - 6 m με μέση τιμή 3 m. Επομένως, η τιμή τραχύτητας είναι συμβατή με τα χαρακτηριστικά του εξοπλισμού και κτιρίων στην περιοχή.

4.3.6. Έκρηξη από διασπορά αερίου νέφους

Για τους υπολογισμούς της διασποράς του νέφους αερίου έγιναν οι παραδοχές που περιγράφηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Ο παράγοντας αποτελεσματικότητας (yield factor) του μοντέλου ισοδύναμου TNT θεωρήθηκε ίσος με 0,03.

Ο προσδιορισμός της ποσότητας του νέφους έγινε με βάση τη διαρρέουσα ποσότητα σε αέρια φάση (λαμβάνοντας υπόψη και την παράσυρση σταγονιδίων υγρού για διφασικές διαρροές) και την εκτιμώμενη διάρκεια της διαρροής ή τον χρόνο έναυσης του νέφους σε σχέση με τον υπολογιζόμενο χρόνο t_{LFL} (χρόνο για τον οποίο, μεγιστοποιείται η απόσταση στην οποία η συγκέντρωση αερίου, κατά το διαμήκη άξονα του νέφους, είναι ίση με LFL).

Εάν η διάρκεια της διαρροής ή ο χρόνος έναυσης του νέφους είναι μεγαλύτερος από το

χρόνο t_{LFL} , τότε λαμβάνεται υπόψη η ποσότητα που διέρρευσε από την έναρξη της διαρροής μέχρι τον υπολογιζόμενο χρόνο t_{LFL} , αφού, κατά το χρόνο t_{LFL} , το νέφος έχει το μεγαλύτερο εύρος του.

Εάν η διάρκεια της διαρροής ή ο χρόνος έναυσης του νέφους είναι μικρότερος από το χρόνο t_{LFL} , το νέφος δεν έχει αναπτυχθεί πλήρως κατά το χρόνο που εκδηλώνεται η έκρηξη, και επομένως, κατά τους υπολογισμούς των επιπτώσεων της έκρηξης, λαμβάνεται υπόψη η ποσότητα που έχει διαρρεύσει από την έναρξη της διαρροής μέχρι τη στιγμή που συμβαίνει η έκρηξη.

Η παραπάνω θεώρηση για την ποσότητα της διαρρέουσας ουσίας που συμμετέχει στην έκρηξη είναι συντηρητική, καθώς λαμβάνει υπόψη ακόμα και τμήμα του αερίου νέφους το οποίο βρίσκεται εκτός των ορίων ανάφλεξης.

Η διάρκεια της διαρροής σε ακαριαίες διαρρήξεις δεξαμενής ή βυτιοφόρου λαμβάνεται ίση με 180 sec, σε λοιπές αστοχίες δεξαμενών ή βυτιοφόρου, η διαρροή θεωρείται συνεχής (καθώς η αστοχία είναι μη απομονώσιμη. Η υπερπλήρωση βυτιοφόρων ή δεξαμενών θεωρείται ότι διαρκεί 60 sec, χρόνος στη συντηρητική κατεύθυνση, καθώς η διαρροή από τα ασφαλιστικά γίνεται άμεσα αντιληπτή και η διακοπή της διακίνησης υγραερίου από/προς δεξαμενές και βυτιοφόρα γίνεται άμεσα από τις τηλεχειριζόμενες βάνες απομόνωσης της εγκατάστασης και των βυτιοφόρων.

Σε αστοχίες/διαρρήξεις σωληνώσεων η διάρκεια της διαρροής θεωρήθηκε ίση με 60 sec. Το παραπάνω διάστημα θεωρείται συντηρητικό, με δεδομένο ότι αστοχίες σωληνώσεων είναι άμεσα αντιληπτές και άμεσα απομονώσιμες από το προσωπικό με ενεργοποίηση των τηλεχειριζόμενων βανών απομόνωσης της εγκατάστασης και των βυτιοφόρων. Ειδικά για αστοχίες στο σταθμό βυτιοφόρων, η απομόνωση εκτιμάται ότι είναι δυνατή σε πολύ μικρότερο διάστημα λόγω της συνεχούς παρουσίας προσωπικού στο χώρο κατά τη διάρκεια φορτοεκφόρτωσης βυτιοφόρων. Σημειώνεται ότι όλες οι ελαιοβάνες δεξαμενών παραμένουν σε κλειστή θέση σε μη εργάσιμες ώρες, με αποτέλεσμα οι σωληνώσεις να είναι πλήρως

απομονωμένες από δεξαμενές και τυχόν διαρροές από σωληνώσεις να διαρκούν ελάχιστο διάστημα και η εκλυόμενη ποσότητα υγραερίου να είναι πολύ μικρή.

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις ο χρόνος έναυσης θεωρήθηκε ότι είναι ίσος ή μεγαλύτερος από τη διάρκεια της διαρροής, παραδοχή στη συντηρητική κατεύθυνση.

4.3.7. Όρια ζωνών προστασίας

Οι υπολογισμοί των ζωνών προστασίας για θερμική ακτινοβολία και υπερπίεση έγιναν σύμφωνα με τα όρια του Τεχνικού Υπομνήματος του ΕΜΤ τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.3.1. Για τις επιπτώσεις από θερμική ακτινοβολία χρησιμοποιείται το μέγεθος της δόσης ακτινοβολίας, ενώ για τις επιπτώσεις από ωστικό κύμα έκρηξης η παραγόμενη υπερπίεση.

Οι ζώνες έχουν καθοριστεί με βάση τη μεθοδολογία της Ολλανδικής Πυροσβεστικής Υπηρεσίας. Η ζώνη Ι αποτελεί τη ζώνη προστασίας δυνάμεων καταστολής και αντιστοιχεί στη ζώνη πιθανών θανάτων. Η ζώνη ΙΙ είναι η ζώνη προστασίας πληθυσμού για σοβαρές επιπτώσεις. Εντός της παραπάνω ζώνης είναι δυνατό να προκληθούν σοβαροί τραυματισμοί. Η ζώνη ΙΙΙ αποτελεί τη ζώνη προστασίας πληθυσμού για μέτριες επιπτώσεις και αντιστοιχεί σε πρόκληση μικρών τραυματισμών.

Πίνακας 4.3.1. Όρια ζωνών προστασίας (Τεχνικό Υπόμνημα ΕΜΠ-Νοέμβριος 1998)

	Ζώνη I Προστασίας Δυνάμεων	Ζώνη II Προστασίας Πληθυσμού Σοβαρές	Ζώνη III Προστασίας Πληθυσμού Μέτριες
Θερμική ακτινοβολία	1500 TDU	450 TDU	170 TDU
Ωστικό κύμα (υπερπίεση)	350 mbar	170 mbar	50 mbar

Η δόση ακτινοβολίας ορίζεται ως $D=q t^{4/3}$ όπου q η ένταση της θερμικής ακτινοβολίας (kW/m^2) και t ο χρόνος έκθεσης (sec). Η μονάδα μέτρησης της δόσης θερμικής ακτινοβολίας είναι $\text{TDU}=\text{kW/m}^2\text{-sec}^{4/3}$. Στην περίπτωση φωτιάς λίμνης ο χρόνος έκθεσης λαμβάνεται ίσος με 40 sec ενώ στην περίπτωσης πύρινης σφαίρας ο χρόνος έκθεσης λαμβάνεται ίσος με τη διάρκεια της πύρινης σφαίρας.

Σε ότι αφορά στην προστασία από θερμική ακτινοβολία, η ζώνη I αντιστοιχεί σε πρόκληση εγκαυμάτων γ' βαθμού (με συνέπεια θάνατο) σε ποσοστό άνω του 50% των εκτιθεμένων, η ζώνη II σε εγκαύματα γ' βαθμού στο 1% των εκτιθεμένων, ενώ η ζώνη III σε εγκαύματα α' βαθμού σε σημαντικό τμήμα του πληθυσμού.

Στην περίπτωση των γλωσσών φωτιάς, η ζώνη I αντιστοιχεί στο εύρος της γλώσσας.

Στην περίπτωση της ανάφλεξης αερίου νέφους, οι αντίστοιχες ζώνες κινδύνου οριοθετούνται από τις μέγιστες αποστάσεις, κατά και κάθετα στη φορά του ανέμου, εντός των οποίων η συγκέντρωση υπερβαίνει το κατώτερο όριο αναφλεξιμότητας, είναι δηλαδή, αρκετά υψηλή για να προκαλέσει φωτιά. Επομένως, η ζώνη I αντιστοιχεί στο όριο του αναφλέξιμου αερίου νέφους το οποίο καθορίζεται από το LFL.

Σε ότι αφορά στην πρόκληση επιπτώσεων από υπερπίεση, οι παραπάνω ζώνες έχουν καθοριστεί με δεδομένο ότι οι άμεσες επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό (βλάβες στα αυτιά ή πνεύμονες) λόγω της υπερπίεσης αντιστοιχούν σε σημαντικά υψηλότερες τιμές υπερπίεσης από εκείνες στις οποίες προκαλούνται ζημιές σε κτίρια. Η ζώνη I αντιστοιχεί σε σοβαρές και μη επισκευάσιμες ζημιές στο φέροντα οργανισμό και τους τοίχους κτιρίων. Η ζώνη II αντιστοιχεί σε ζημιές στο φέροντα οργανισμό και σε εξωτερικούς ή εσωτερικούς τοίχους, ενώ η ζώνη III σε ελαφρές ρηγματώσεις σε τοίχους και ζημιές σε πόρτες και παράθυρα.

4.4. Όρια πρόκλησης πολλαπλασιαστικών φαινομένων (Domino)

Τα πολλαπλασιαστικά φαινόμενα αφορούν στην πρόκληση ατυχήματος (δευτερογενές) λόγω των επιπτώσεων ενός πρωτογενούς ατυχήματος. Η ακτίνα πολλαπλασιαστικών επιπτώσεων θεωρείται η απόσταση από το σημείο του πρωτογενούς ατυχήματος μέχρι το σημείο που αντιστοιχεί σε χαρακτηριστική τιμή θερμικής ακτινοβολίας ή υπερπίεσης, η οποία είναι δυνατό να προκαλέσει σοβαρή ζημιά σε εξοπλισμό και κατά συνέπεια, δευτερογενές ατύχημα.

4.4.1. Ζημιές σε εξοπλισμό από θερμική ακτινοβολία και υπερπίεση

Θερμική ακτινοβολία

Η παραγόμενη θερμική ακτινοβολία κατά τη διάρκεια ενός ατυχήματος μπορεί να προκαλέσει σημαντικές ζημιές στον εξοπλισμό βιομηχανικών μονάδων. Το μέγεθος της ζημιάς εξαρτάται από την ένταση της θερμικής ακτινοβολίας, τη διάρκεια της έκθεσης, το υλικό (είδος υλικού, σύσταση και πάχος επιφάνειας, θέση και γεωμετρία), την ύπαρξη πρωτογενών πηγών ακτινοβολίας σε επαφή ή μη με την επιφάνεια του υλικού, καθώς και συστημάτων προστασίας (καταιονισμός).

Το AIChE θεωρεί θερμική ακτινοβολία $37,5 \text{ kW/m}^2$ ως το όριο πρόκλησης σοβαρών

ζημιών σε εξοπλισμό βιομηχανικών μονάδων (η αντίστοιχη τιμή για κτίρια είναι $12,5 \text{ kW/m}^2$). Ως εμπειρικός κανόνας, αναφέρεται ότι εύφλεκτα υλικά σε βιομηχανικές μονάδες θα υποστούν σοβαρές ζημιές μετά από έκθεση 1000 s στην ανωτέρω θερμική ακτινοβολία.

Το ΤΝΟ περιγράφει τις ζημιές από θερμική ακτινοβολία με βάση τη συμπεριφορά διαφόρων αντιπροσωπευτικών υλικών (ξύλο, συνθετικά υλικά, γυαλί, και χάλυβας). Σε ότι αφορά το χάλυβα, αύξηση της θερμοκρασίας λόγω της προσπίπτουσας θερμικής ακτινοβολίας μπορεί να προκαλέσει ταχεία μείωση της αντοχής του υλικού και επομένως, αστοχία δομικών στοιχείων. Διακρίνονται δύο επίπεδα ζημιών, το επίπεδο 1 που αφορά σε πλήρη διάρρηξη και το επίπεδο 2 που αφορά σε απλή παραμόρφωση των δομικών στοιχείων.

Η κρίσιμη τιμή θερμικής ακτινοβολίας για την πρόκληση ζημιών επιπέδου 1 είναι 100 kW/m^2 (όπως υπολογίζεται με βάση θερμοκρασία αστοχίας του χάλυβα 500°C). Η κρίσιμη τιμή θερμικής ακτινοβολίας για την πρόκληση ζημιών επιπέδου 2 είναι 25 kW/m^2 (θερμοκρασία παραμόρφωσης χάλυβα 200°C). Γενικά, οι τιμές αυτές αναφέρονται σε εκθέσεις διάρκειας $15\text{-}20 \text{ min}$, αλλά μπορεί να ισχύουν και για φαινόμενα μικρότερης διάρκειας (εξαρτάται από τη γεωμετρία και τη θέση του στοιχείου). Συγκριτικά αναφέρεται ότι οι κρίσιμες τιμές θερμικής ακτινοβολίας για ζημιές επιπέδου 1 σε ξύλο και γυαλί είναι 15 kW/m^2 και 4 kW/m^2 , αντίστοιχα, ενώ η μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία είναι 1 kW/m^2 .

Υπερπίεση

Οι επιπτώσεις μιας έκρηξης σε βιομηχανικό εξοπλισμό μπορούν να εκτιμηθούν σε σχέση με την αναπτυσσόμενη υπερπίεση ως ακολούθως :

- Καταστροφή της κατασκευής στήριξης σφαιρικής δεξαμενής : 100 kPa
- Μετακίνηση κυλινδρικής δεξαμενής, αστοχία σωληνώσεων σύνδεσης : $50\text{—}100 \text{ kPa}$
- Ζημιά σε αποστακτική στήλη : $35\text{—}80 \text{ kPa}$
- Καταστροφή γέφυρας σωληνογραμμών : $40\text{—}55 \text{ kPa}$
- Ρήγμα σε κενή δεξαμενή πετρελαίου : $20\text{—}30 \text{ kPa}$
- Καταστροφή οροφής δεξαμενής : 7 kPa

Συγκριτικά, σε ότι αφορά κτίρια, υπερπίεση 70-83 kPa θεωρείται ότι προκαλεί ολική καταστροφή, υπερπίεση 35-50 kPa προκαλεί μερική καταστροφή, υπερπίεση 15-20 kPa προκαλεί σοβαρές αλλά επισκευάσιμες ζημιές, και υπερπίεση 3,5-5 kPa προκαλεί μικρές ζημιές (σπάσιμο παραθύρων, μικρά ρήγματα στους τοίχους).

4.4.2. Ακτίνα πολλαπλασιαστικών φαινομένων

Με βάση τα παραπάνω και τα απαιτούμενα από τις Αρχές, τα όρια πολλαπλασιαστικών επιπτώσεων, παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα, λαμβάνοντας υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε φαινομένου και τις πιθανές ζημιές σε εξοπλισμό τα οποία αναλύονται και παρακάτω.

Πίνακας 4.4.1. Ακτίνες πολλαπλασιαστικών φαινομένων

Φαινόμενο	Ακτίνα πολλαπλασιαστικών φαινομένων
Πύρινη σφαίρα	Ακτίνα πύρινης σφαίρας
Φωτιά λίμνης	Απόσταση για θερμική ακτινοβολία 37,5 kW/m ²
Γλώσσα φωτιάς	Μήκος φλόγας
Έκρηξη αερίου νέφους	Απόσταση για υπερπίεση 700 mbar

Πύρινη σφαίρα (fireball)

Το φαινόμενο της πύρινης σφαίρας μπορεί να προκληθεί από εκτεταμένη διαρροή υγρού LPG, εάν συμβεί ακαριαία ανάφλεξη. Η φωτιά διαδίδεται ως σφαίρα που μεγαλώνει και κινείται προς τα πάνω λόγω ανώσεως. Η χρονική διάρκεια μιας τέτοιας φωτιάς είναι μικρή (<40 sec), τα επίπεδα ακτινοβολίας όμως είναι εξαιρετικά υψηλά (της τάξης των 200 kW/m²). Η ακτίνα της πύρινης σφαίρας θεωρείται συμβατικά η ακτίνα πολλαπλασιαστικών επιπτώσεων. Εντός των ορίων της σφαίρας μπορεί να συμβούν σημαντικές καταστροφές εξοπλισμού και κτιρίων. Εκτός των ορίων της σφαίρας, ο κίνδυνος αφορά κυρίως τους ανθρώπους λόγω πιθανών τραυματισμών από τη θερμική ακτινοβολία.

Φωτιά λίμνης

Οι επιπτώσεις από φωτιά λίμνης είναι σημαντικά μικρότερες από αυτές της πύρινης σφαίρας. Το επίπεδο ακτινοβολίας στην επιφάνεια της φλόγας LPG είναι της τάξης των 100 kW/m^2 . Η ακτίνα πολλαπλασιαστικών επιπτώσεων είναι η απόσταση από το κέντρο της λίμνης ως το σημείο του κύκλου που αντιστοιχεί σε τιμή θερμικής ακτινοβολίας $37,5 \text{ kW/m}^2$.

Γλώσσα φωτιάς (jet fire)

Οι ζώνες κινδύνου από φωτιά τύπου jet είναι μικρές και αφορούν κυρίως σε γειτονικό εξοπλισμό που έρχεται σε επαφή με τη γυμνή φλόγα και κατά συνέπεια εκτίθεται σε πολύ υψηλά θερμικά φορτία τα οποία μπορεί να ξεπερνούν τη δυναμικότητα των συστημάτων καταιονισμού νερού. Το μήκος της φλόγας θεωρείται ως η ακτίνα πρόκλησης πολλαπλασιαστικών φαινομένων.

Φωτιά από ανάφλεξη αερίου νέφους (flash fire)

Εκτεταμένη διαρροή και διασπορά υγραερίου μπορεί, αν αναφλεχθεί, να οδηγήσει σε φωτιά αερίου νέφους ή έκρηξη. Σε περίπτωση φωτιάς, αυτή θα καλύψει το τμήμα του νέφους που βρίσκεται εντός των ορίων αναφλεξιμότητας και θα επιστρέψει ταχύτατα στην πηγή της διαρροής. Εντός του καιγόμενου νέφους υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης εξοπλισμού. Ωστόσο, ο κίνδυνος πρόκλησης πολλαπλασιαστικών φαινομένων είναι μικρός λόγω της μικρής χρονικής διάρκειας του φαινομένου (μερικά δευτερόλεπτα).

Έκρηξη αερίου νέφους

Εκτεταμένη διαρροή, διασπορά και καθυστερημένη ανάφλεξη υγραερίου μπορεί να οδηγήσει σε έκρηξη αερίου νέφους. Οι ζώνες κινδύνου προσδιορίζονται από την υπερπίεση που δημιουργεί η έκρηξη και την απόσταση από το κέντρο του αερίου νέφους, δηλαδή την πηγή

του ωστικού κύματος.

Υπερπίεση ίση με 700 mbar μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ζημιές σε βαρύ εξοπλισμό και θεωρείται ως το όριο πρόκλησης πολλαπλασιαστικών φαινομένων. Ωστόσο, για την πρόκληση έκρηξης απαιτούνται συνήθως σημαντικές ποσότητες αερίου (>1 tn) και κάποια μορφή περιορισμού του νέφους, όπως σε μονάδες με πολύ εξοπλισμό σε μικρή επιφάνεια. Στις περιπτώσεις αυτές, το κέντρο του αερίου νέφους μπορεί να θεωρηθεί ότι βρίσκεται πολύ κοντά στο χώρο που συμβαίνει το ατύχημα.

4.5. Μορφή αποτελεσμάτων και όρια υπολογισμών

4.5.1. Φωτιά λίμνης

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 4.5.6. υπό μορφή πίνακα, στον οποίο παρουσιάζονται οι τιμές των αποστάσεων για δόσεις ακτινοβολίας 1500, 450, 170 και 40 TDU, καθώς και η απόσταση για την πρόκληση πολλαπλασιαστικών φαινομένων.

4.5.2. Πύρινη σφαίρα

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 4.5.6. σε μορφή πίνακα που περιέχει τις τιμές των αποστάσεων για δόσεις ακτινοβολίας 1500, 450, 170 και 40 TDU, την ακτίνα και διάρκεια της πύρινης σφαίρας, καθώς και την ακτίνα πρόκλησης πολλαπλασιαστικών φαινομένων.

4.5.3. Γλώσσα φωτιάς

Στο Κεφάλαιο 4.5.6. παρουσιάζονται, σε μορφή πίνακα, οι τιμές του μήκους και ακτίνας της γλώσσας φωτιάς, οι οποίες αποτελούν το όριο της ζώνης προστασίας I και το όριο πρόκλησης πολλαπλασιαστικών φαινομένων.

4.5.4. Διασπορά και ανάφλεξη αερίου νέφους

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 4.5.6. σε μορφή πίνακα που περιέχει τις τιμές των αποστάσεων, κατά το διαμήκη και εγκάρσιο άξονα του νέφους (downwind-DW και crosswind-CW αντίστοιχα), για τις οποίες η συγκέντρωση του αερίου είναι ίση με LFL καθώς και οι αντίστοιχες τιμές για συγκέντρωση αερίου ίση με 1/2 LFL ως ένδειξη των ζωνών ασφάλειας σε περιπτώσεις πιθανών μεταβολών της συγκέντρωσης λόγω τυρβώδους ανάμιξης.

4.5.5. Έκρηξη από διασπορά αερίου νέφους

Στο Κεφάλαιο 4.5.6. παρουσιάζεται πίνακας αποτελεσμάτων ο οποίος περιέχει τις αποστάσεις από το κέντρο του νέφους για τιμές υπερπίεσης 350, 140, 50 mbar και 10 mbar. Ο παραπάνω πίνακας περιέχει επίσης και την τιμή της απόστασης για το όριο πρόκλησης πολλαπλασιαστικών φαινομένων (700 mbar). Το κέντρο του νέφους μπορεί να βρίσκεται είτε στα όρια της εγκατάστασης όπου είναι πιθανή η ύπαρξη πηγής έναυσης ή στο μέσο της απόστασης από το σημείο της διαρροής ως το κατώτερο όριο αναφλεξιμότητας.

4.5.6. Πίνακες αποτελεσμάτων

Ακολουθεί η παρουσίαση των επιπτώσεων των εξεταζόμενων σεναρίων υπό μορφή πινάκων για περιστατικά φωτιάς λίμνης, πύρινης σφαίρας, γλώσσας φωτιάς, και διασποράς με ανάφλεξη ή έκρηξη αερίου νέφους.

Πίνακας 4.5.1. Επιπτώσεις σεναρίων - Φωτιά λίμνης (pool fire)

Σενάριο	Περιγραφή	Ποσότητα διαρροής kg	Ρυθμός διαρροής kg/s	Ακτίνα λίμνης m	Δόση θερμικής ακτινοβολίας				Ακτίνα πολλ/κών φαινομένων * m
					1500 TDU	450 TDU	170 TDU	40 TDU	
					Ζώνη I, m	Ζώνη II, m	Ζώνη III, m		
Δ9	Ακαριαία διάρρηξη δεξαμενής (100 m ³)	56,000	311	32	129	196	275	453	85
B9	Ακαριαία διάρρηξη βυτιοφόρου (20 tn)	20,000	111	18	86	130	183	301	56

* Όριο πολλ/κών φαινομένων για ένταση θερμικής ακτινοβολίας 37,5 kW/m²

Πίνακας 4.5.2. Επιπτώσεις σεναρίων - Πύρινη σφαίρα (fireball, BLEVE)

Σενάριο	Περιγραφή	Ποσότητα διαρροής kg	Ακτίνα σφαίρας m	Διάρκεια σφαίρας sec	Δόση θερμικής ακτινοβολίας				Ακτίνα πολλ/κών φαινομένων * m
					1500 TDU	450 TDU	170 TDU	40 TDU	
					Ζώνη I, m	Ζώνη II, m	Ζώνη III, m	-	
Δ9	Ακαριαία διάρρηξη δεξαμενής (100 m ³)	56,000	110	16	250	435	654	1109	110
B9	Ακαριαία διάρρηξη βυτιοφόρου (20 tn)	20,000	78	12	159	277	425	723	78

* Όριο πολλ/κών φαινομένων η ακτίνα της πύρινης σφαίρας

Πίνακας 4.5.3. Επιπτώσεις σεναρίων - Γλώσσα φωτιάς (flame jet)

Γεγονός	Περιγραφή	Διάμετρος διαρροής m	Διαστάσεις φλόγας *	
			Μήκος**, m	Ακτίνα, m
ΔΙ	Διαρροή/μηχανική αστοχία στη γραμμή τροφοδοσίας υπέργεια δεξαμενής με υγρό LPG από βυτιοφόρο	0,020	3,6	9,2
Δ2	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή τροφοδοσίας υπέργεια δεξαμενής με υγρό LPG από βυτιοφόρο	0,100	17,9	45,8
Δ3	Διαρροή/μηχανική αστοχία στη γραμμή εξόδου υγρού LPG από υπέργεια δεξαμενή προς βυτιοφόρο ή αντλιοστάσιο	0,020	3,6	9,2
Δ4	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή εξόδου υγρού LPG από υπέργεια δεξαμενή προς βυτιοφόρο ή αντλιοστάσιο	0,100	17,9	45,8
Δ5	Διαρροή/μηχανική αστοχία στη γραμμή επιστροφής αερίου LPG σε υπέργεια δεξαμενή από βυτιοφόρο	0,010	1,8	4,6
Δ6	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή επιστροφής αερίου LPG σε υπέργεια δεξαμενή από βυτιοφόρο	0,050	8,9	22,9
Δ7	Διαρροή λόγω διάβρωσης σε δεξαμενή (υπέργεια ή υπόγεια)	0,020	3,6	9,2
Δ8	Διάτρηση ή μηχανική αστοχία σε δεξαμενή (υπέργεια ή υπόγεια)	0,050	8,9	22,9
Δ10	Διαρροή από κυλινδρική δεξαμενή λόγω υπερπλήρωσης	0,100	17,9	45,8
B1	Αστοχία των φραγών στο συμπιεστή μεταφοράς προς/από σταθμό φόρτωσης	0,020	3,6	9,2
B2	Διαρροή/μηχανική αστοχία στη γραμμή υγρού LPG προς/από σταθμό φόρτωσης	0,020	3,6	9,2
B3	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή υγρού LPG προς/από σταθμό φόρτωσης	0,100	17,9	45,8
B4	Διαρροή/μηχανική φθορά στη γραμμή επιστροφής αερίου LPG προς/από σταθμό φόρτωσης βυτιοφόρων	0,010	1,8	4,6
B5	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή επιστροφής αερίου LPG	0,050	8,9	22,9

* Όριο ζώνης προστασίας Ι ** Όριο πολλών/κών φαινομένων

Πίνακας 4.5.3. (συνέχεια)

Γεγονός	Περιγραφή	Διάμετρος διαρροής m	Διαστάσεις φλόγας *	
			Μήκος**, m	Ακτίνα, m
B6	Πλήρης διάρρηξη ελαστικού σωλήνα φόρτωσης υγρού LPG στο σταθμό φόρτωσης βυτιοφόρων	0,050	8,9	22,9
B7	Πλήρης διάρρηξη ελαστικού σωλήνα επιστροφής αερίου LPG στο σταθμό φόρτωσης βυτιοφόρων	0,050	8,9	22,9
B8	Διάτρηση ή μηχανική αστοχία βυτιοφόρου	0,050	8,9	22,9
B10	Διαφυγή από βυτιοφόρο λόγω υπερπλήρωσης	0,075	17,9	45,8
B11	Πλήρης διάρρηξη ελαστικού σωλήνα πλήρωσης υγρού LPG υπόγειας δεξαμενής από βυτιοφόρο	0,0375	6,8	17,3
E1	Αστοχία των φραγών στις αντλίες μεταφοράς	0,020	3,6	9,2
E2	Διαρροή/μηχανική αστοχία στη γραμμή φόρτωσης υγρού LPG από αντλιοστάσιο προς εμφιάλωση	0,015	2,7	6,9
E3	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή φόρτωσης υγρού LPG από αντλιοστάσιο προς	0,075	13,4	34,4
E4	Διαρροή/μηχανική αστοχία στη γραμμή επιστροφής LPG από εμφιάλωση σε δεξαμενή	0,010	1,8	4,6
E5	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή επιστροφής LPG από εμφιάλωση σε δεξαμενή	0,050	8,9	22,9
Σ1	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή αερίου LPG προς φούρνο βαφείου	0,019	3,4	8,8

* Όριο ζώνης προστασίας I

** Όριο πολλ/κών φαινομένων

Πίνακας 4.5.4α. Επιπτώσεις σεναρίων - Φωτιά από ανάφλεξη αερίου νέφους (διαρροή από αέρια φάση)

Σενάριο	Περιγραφή	Ρυθμός διαρροής kg/sec	Ατμοσφ. Συνθήκες	Αποστάσεις διασποράς (m)			
				LFL *		$\frac{1}{2}$ LFL	
				DW	CW**	DW	CW**
Δ5	Διαρροή/μηχανική αστοχία στη γραμμή επιστροφής αερίου LPG σε υπέργεια δεξαμενή	0,2	D5	2	11	3	12
			F2	9	11	13	14
Δ6	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή επιστροφής αερίου LPG σε υπέργεια δεξαμενή	5	D5	24	13	42	18
			F2	46	62	90	95
B1	Αστοχία των φραγών στο συμπιεστή μεταφοράς	0,8	D5	8	6	14	7
			F2	16	23	29	33
B4	Διαρροή/μηχανική φθορά στη γραμμή επιστροφής αερίου LPG προς/από σταθμό φόρτωσης βυτιοφόρων	0,2	D5	2	11	3	12
			F2	9	11	13	14
B5	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή επιστροφής αερίου LPG προς/από σταθμό φόρτωσης βυτιοφόρων	5	D5	24	13	42	18
			F2	46	62	90	95
B7	Πλήρης διάρρηξη ελαστικού σωλήνα επιστροφής αερίου LPG στο σταθμό φόρτωσης βυτιοφόρων	5	D5	24	13	42	18
			F2	46	62	90	95
Σ1	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή αερίου LPG προς φούρνο βαφείου	0,73	D5	6	4	12	6
			F2	15	22	27	31

* Όριο ζώνης Ι

** Πλάτος νέφους

Πίνακας 4.5.4.β. Επιπτώσεις σεναρίων - Φωτιά από ανάφλεξη αερίου νέφους (διφασική διαρροή)

Σενάριο	Περιγραφή	Ρυθμός διαρροής kg/sec	Ατμοσφ. Συνθήκες	Αποστάσεις διασποράς (m)			
				LFL*		$\frac{1}{2}$ LFL	
				DW	CW**	DW	CW**
Δ1	Διαρροή/μηχανική αστοχία στη γραμμή τροφοδοσίας υπέργεια δεξαμενής με υγρό LPG από βυτιοφόρο	3,3	D5	16	13	29	16
			F2	30	51	58	77
Δ2	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή τροφοδοσίας υπέργεια δεξαμενής με υγρό LPG από βυτιοφόρο	83	D5	128	67	204	99
			F2	276	300	516	497
Δ3	Διαρροή/μηχανική αστοχία στη γραμμή εξόδου υγρού LPG από υπέργεια δεξαμενή προς βυτιοφόρο ή αντλιοστάσιο	3,3	D5	16	13	29	16
			F2	30	51	58	77
Δ4	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή εξόδου υγρού LPG από υπέργεια δεξαμενή προς βυτιοφόρο ή αντλιοστάσιο	83	D5	128	67	204	D5
			F2	276	300	516	497
Δ7	Διαρροή λόγω διάβρωσης σε δεξαμενή (υπέργεια ή υπόγεια)	9,2	D5	28	22	51	28
			F2	61	80	121	128
Δ8	Διάτρηση ή μηχανική αστοχία σε δεξαμενή (υπέργεια ή υπόγεια)	57	D5	108	38	173	63
			F2	199	118	385	269
Δ9	Ακαριαία διάρρηξη δεξαμενής (100 m ³)	278	D5	265	112	420	174
			F2	371	394	500	582
Δ10	Διαρροή από υπέργεια δεξαμενή λόγω υπερπλήρωσης	8,8	D5	28	21	50	28
			F2	52	83	104	132

* Όριο ζώνης Ι

** Πλάτος νέφους

Πίνακας 4.5.4.β. (συνέχεια 1)

Σενάριο	Περιγραφή	Ρυθμός διαρροής kg/sec	Ατμοσφ. συνθήκες	Αποστάσεις διασποράς (m)			
				LFL*		$\frac{1}{2}$ LFL	
				DW	CW**	DW	CW**
B2	Διαρροή/μηχανική αστοχία στη γραμμή υγρού LPG προς/από σταθμό φόρτωσης βυτιοφόρων	3,3	D5	16	13	29	16
			F2	30	51	58	77
B3	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή υγρού LPG προς/από σταθμό φόρτωσης βυτιοφόρων	83	D5	128	67	204	99
			F2	276	300	516	497
B6	Πλήρης διάρρηξη ελαστικού σωλήνα φόρτωσης υγρού LPG στο σταθμό φόρτωσης βυτιοφόρων	21	D5	59	27	94	40
			F2	108	107	201	193
B8	Διάτρηση ή μηχανική αστοχία βυτιοφόρου	57	D5	108	38	173	63
			F2	199	118	385	269
B9	Ακαριαία διάρρηξη βυτιοφόρου (20 tn)	111	D5	159	60	253	97
			F2	266	206	352	374
B10	Διαφυγή από βυτιοφόρο λόγω υπερπλήρωσης	5	D5	20	15	36	19
			F2	34	54	69	89
B11	Πλήρης διάρρηξη ελαστικού σωλήνα πλήρωσης υγρού LPG υπόγειας δεξαμενής από βυτιοφόρο	12	D5	33	25	59	32
			F2	63	102	126	158

* Όριο ζώνης I

** Πλάτος νέφους

Πίνακας 4.5.4.β. (συνέχεια 2)

Σενάριο	Περιγραφή	Ρυθμός διαρροής kg/sec	Ατμοσφ. συνθήκες	Αποστάσεις διασποράς (m)			
				LFL *		$\frac{1}{2}$ LFL	
				DW	CW**	DW	CW**
Ε1	Αστοχία των φραγών στις αντλίες μεταφοράς	3,3	D5	16	13	29	16
			F2	30	51	58	77
Ε2	Διαρροή/μηχανική αστοχία στη γραμμή φόρτωσης υγρού LPG από αντλιοστάσιο προς εμφιάλωση	1,8	D5	12	9	21	12
			F2	21	35	39	53
Ε3	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή φόρτωσης υγρού LPG από αντλιοστάσιο προς εμφιάλωση	46	D5	93	46	148	66
			F2	186	197	349	338
Ε4	Διαρροή/μηχανική αστοχία στη γραμμή επιστροφής υγρού LPG από εμφιάλωση σε δεξαμενή	0,8	D5	5	12	9	13
			F2	13	21	24	33
Ε5	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή επιστροφής υγρού LPG από εμφιάλωση σε δεξαμενή	21	D5	59	27	94	40
			F2	108	107	201	193

* Όριο ζώνης Ι

** Πλάτος νέφους

Πίνακας 4.5.5. Επιπτώσεις σεναρίων - Έκρηξη αερίου νέφους σε μη περιορισμένο χώρο (Unconfmed Vapour Cloud Explosion)

Σενάριο	Περιγραφή	Ρυθμός διαρροής kg/s	Ατμ. συνθήκες	Υπερπίεση (mbar)				Ακτίνα πολλ/κών φαινομένων * m
				350 mbar	140	50 mbar	10 mbar	
				Ζώνη I m	Ζώνη II m	Ζώνη III m		
Δ2	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή τροφοδοσίας υπέργεια δεξαμενής με υγρό LPG από βυτιοφόρο	83	D5 F2	64	116	240	913	43
				64	116	240	913	43
Δ4	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή εξόδου υγρού LPG από υπέργεια δεξαμενή προς βυτιοφόρο ή αντλιοστάσιο	83	D5 F2	64	116	240	913	43
				64	116	240	913	43
Δ7	Διαρροή λόγω διάβροχης σε δεξαμενή	9.2	D5**	-	-	-	-	-
			F2	47	84	174	664	31
Δ8	Διάτρηση ή μηχανική αστοχία σε δεξαμενή	57	D5	53	95	197	749	35
			F2	89	160	330	1258	59
Δ9	Ακαριαία διάρρηξη δεξαμενής (100 m ³)	278	D5	118	212	437	1663	79
			F2	140	251	518	1976	93
B3	Καταστροφική αστοχία στη γραμμή υγρού LPG προς/από σταθμό φόρτωσης βυτιοφόρων	83	D5	64	116	240	913	43
			F2	64	116	240	913	43
B8	Διάτρηση ή μηχανική αστοχία βυτιοφόρου	57	D5	53	95	197	749	35
			F2	89	160	330	1258	59
139	Ακαριαία διάρρηξη βυτιοφόρου (20 in)	111	D5	74	133	275	1051	49
			F2	103	186	384	1461	69

* Όριο για υπερπίεση 700 mbar

** Η μάζα νέφους δεν επαρκεί για πρόκληση έκρηξης (< 1000 Kg)

5. ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Η ασφάλεια της εγκατάστασης διασφαλίζεται με προληπτικά μέτρα, για την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας εκδήλωσης ατυχήματος, και με μέσα προστασίας για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων από ενδεχόμενο ατύχημα. Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται τα προληπτικά μέτρα ασφαλείας τα οποία υπερκαλύπτονται οι απαιτήσεις της Νομοθεσίας.

5.1. Τεχνικά μέτρα

Τα κύρια τεχνικά προληπτικά μέτρα παρουσιάζονται ακολούθως.

5.1.1. Διάταξη εγκατάστασης και κώδικες κατασκευής

Η γενική διάταξη της εγκατάστασης είναι σύμφωνη με τις απαιτήσεις της Νομοθεσίας (αποστάσεις δεξαμενών ή άλλων στοιχείων εξοπλισμού). Όλος ο εξοπλισμός είναι κατασκευασμένος με βάση διεθνή πρότυπα (π.χ. δεξαμενές κατά BS 5500 Cat II, χαλυβδοσωλήνες κατά ANSI B35.10 SCH 40) και καλύπτει τις απαιτήσεις της Νομοθεσίας.

Οι κώδικες κατασκευής του εξοπλισμού και τα υλικά κατασκευής επιλέγονται με βάση, όχι μόνο την κανονική λειτουργία, αλλά και τις συνθήκες έκτακτης ανάγκης. Όλος ο εξοπλισμός (δεξαμενές, σωληνώσεις, βυτιοφόρα, φιάλες) είναι κατάλληλος και για προπάνιο, έτσι ώστε να μην δημιουργηθούν προβλήματα εάν διακινηθεί από λάθος προπάνιο σε εξοπλισμό που προορίζεται σε κανονική λειτουργία για τη διακίνηση μίγματος ή υγραερίου κίνησης. Ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός είναι κατάλληλου τύπου, ανάλογα με την περιοχή της εγκατάστασης και τους κινδύνους εμφάνισης εκρήξιμων ατμοσφαιρών (Οδηγία ATEX).

5.1.2. Αυτοματισμοί και ανίχνευση διαρροών-αερίων

Ο σχεδιασμός του εξοπλισμού της εγκατάστασης έχει γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε, σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, να παραμένει σε ασφαλείς συνθήκες (βαλβίδες διακοπής,

ασφαλής θέση βαλβίδων σε περίπτωση αστοχίας υδραυλικού δικτύου βαλβίδων απομόνωσης ή διακοπής ρεύματος, κ.λ.π.).

Στην εγκατάσταση υπάρχει πάντα διαθέσιμος φορητός ανιχνευτής εκρηκτικών αερίων.

Εσωτερικά στο κτίριο μεταποίησης φιαλών, πλησίον του φούρνου του βαφείου φιαλών, λειτουργεί ανιχνευτής υγραερίου για τον έγκαιρο εντοπισμό διαρροών υγραερίου στο χώρο του κτιρίου. Σε περίπτωση υπέρβασης του ορίου συναγερμού του ανιχνευτή (πολύ χαμηλότερο από το κάτω όριο αναφλεξιμότητας), ο ανιχνευτής διακόπτει την τροφοδοσία του φούρνου με υγραέριο, με αυτόματο κλείσιμο της ηλεκτροβάνας της γραμμής τροφοδοσίας από την υπόγεια δεξαμενή που βρίσκεται εξωτερικά του κτιρίου, ενεργοποιεί τοπική φαροσειρήνα, ενώ παρέχει και οπτικό και ηχητικό σήμα συναγερμού σε πίνακα ελέγχου στη θέση του φύλακα. Ο ανιχνευτής υγραερίου λειτουργεί συνεχώς (και κατά τα διαστήματα που δεν λειτουργεί το βαφείο), και σε περίπτωση διακοπής ρεύματος τροφοδοτείται από μπαταρία.

Ο καυστήρας του φούρνου διαθέτει κατάλληλο σύστημα αυτοματισμών με ανιχνευτή εκρηκτικών μιγμάτων, και εντοπισμό βλαβών στο σύστημα έναυσης ή τυχόν ακούσιας σβέσης της φλόγας στον καυστήρα, για την ασφαλή έναυση και λειτουργία του φούρνου. Ο ανιχνευτής εκρηκτικών μιγμάτων ελέγχει τον αέρα του χώρου καύσης κατά την έναρξη λειτουργίας του φούρνου, πριν την έναυση του καυστήρα, και διοχετεύει αέρα μέχρι να εξασφαλιστούν ασφαλείς συνθήκες για την έναυση του καυστήρα. Ο καυστήρας εντοπίζει άμεσα τυχόν ακούσια σβέση της φλόγας ή άλλη βλάβη στο σύστημα έναυσης (π.χ. δυσλειτουργία ακίδας ιονισμού) και διακόπτει αυτόματα τη λειτουργία του φούρνου, κλείνοντας την ηλεκτροβάνα του καυστήρα (ανεξάρτητη από την ηλεκτροβάνα εξωτερικά του κτιρίου) η οποία διακόπτει την τροφοδοσία του φούρνου με υγραέριο.

Κατά την εμφιάλωση, μετά την πλήρωση των φιαλών, κάθε φιάλη ελέγχεται για διαρροές με εμβάπτιση της σε υδάτινο λουτρό. Οι φιάλες που παρουσιάζουν διαρροές απομονώνονται χωρίς καθυστέρηση και αφαιρείται άμεσα το περιεχόμενό τους.

5.1.3. Δεξαμενές

Όλες οι δεξαμενές της εγκατάστασης είναι κατάλληλες και για προπάνιο αποτρέποντας έτσι τους κινδύνους από λανθασμένη διοχέτευση προπανίου σε δεξαμενή μίγματος (αύξηση της πίεσης).

Το έδαφος κάτω από τις υπέργειες δεξαμενές είναι επενδυμένο με σκυρόδεμα και κεκλιμένο, ώστε να παρεμποδίζεται η συγκέντρωση οποιουδήποτε υγρού κάτω από τις δεξαμενές, να εξασφαλίζεται η διοχέτευση υγραερίου μακριά από τις δεξαμενές και κάθε επικίνδυνη περιοχή και σε περίπτωση πυρκαγιάς το νερό ψύξης να απομακρύνεται από τις δεξαμενές και κάθε άλλη επικίνδυνη περιοχή.

Ο χώρος γύρω από τις υπέργειες δεξαμενές υγραερίου είναι ελεύθερος από αύλακες, κοιλότητες ή ανοίγματα, ώστε να αποφεύγεται ο σχηματισμός θυλάκων αερίου, που θα μπορούσαν να επηρεάσουν δυσμενώς την ασφάλεια της εγκατάστασης.

Για την αποτροπή υπερπλήρωσης των υπέργειων και της υπόγειας δεξαμενών υπάρχουν τοπικά ενδεικτικά όργανα στάθμης στη δεξαμενή, όπως και δείκτες μέγιστης στάθμης.

Κάθε δεξαμενή διαθέτει ανακουφιστική βαλβίδα ασφάλειας (PRV, ασφαλιστικό) με πίεση ανοίγματος 17,65 bar.

Ο σκοπός των ανακουφιστικών βαλβίδων πίεσης είναι να προστατεύσει τον εξοπλισμό από υπερπίεση που είναι δυνατόν να προκύψει από περιστατικά όπως :

- εξωτερική πυρκαγιά,
- δυσλειτουργίες ή αστοχίες οργάνων,
- λοιπές αιτίες.

Οι ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης διαθέτουν ελαφρά καπάκια (πλαστικά) στα φυσίγγια

τους για να προστατεύονται από τη βροχή ή το χιόνι.

Κάθε ανακουφιστική βαλβίδα πίεσης φέρει μόνιμη σήμανση με τα παρακάτω στοιχεία :

- Όνομα του κατασκευαστή, αριθμό και τύπο κατασκευής.
- Πίεση έναρξης εκτόνωσης (λειτουργίας).
- Βεβαιωμένη δυναμικότητα σε παροχή αέρα στους 15 °C και ατμοσφαιρική πίεση.

Κάθε ανακουφιστική βαλβίδα πίεσης των υπέργειων δεξαμενών διαθέτει 4 διασυνδεδεμένα φυσιγγία. Μόνο ένα από τα φυσιγγία μπορεί να απομακρυνθεί (σύστημα interlock) για έλεγχο ή συντήρηση, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται πάντα η λειτουργία 3 φυσιγγίων. Η δυναμικότητα παροχής των παροχής ανακουφιστικών βαλβίδων πίεσης αφορά στα 3 φυσιγγία (ελάχιστος αριθμός φυσιγγίων σε λειτουργία) και υπερκαλύπτει τις απαιτήσεις της Νομοθεσίας (ΚΥΑ Δ3/148538/1993).

Η υπόγεια δεξαμενή διαθέτει αντεπιστροφή βάνα στη γραμμή πλήρωσης της από βυτιοφόρο και βάνα υπερβολικής ροής στη γραμμή τροφοδοσίας του φούρνου του βαφείου φιαλών του κτιρίου μεταποίησης φιαλών. Και οι δύο παραπάνω βάνες βρίσκονται στο εσωτερικό της δεξαμενής και αποτρέπουν τη διαρροή υγραερίου από την πλευρά της υπόγειας δεξαμενής βυτιοφόρου στην περίπτωση αστοχίας του ελαστικού σωλήνα φόρτωσης και της γραμμής τροφοδοσίας του φούρνου.

Η συντήρηση και επιθεώρηση των δεξαμενών πραγματοποιείται σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Νομοθεσίας από πιστοποιημένο φορέα που εκδίδει και τα αντίστοιχα πιστοποιητικά. Οι ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης επιθεωρούνται μαζί με τις δεξαμενές, ενώ ο έλεγχος των φυσιγγίων τους πραγματοποιείται περιοδικά κάθε 2 έτη.

Για τη διευκόλυνση των περιοδικών εσωτερικών ελέγχων, οι δεξαμενές φέρουν ανθρωποθυρίδες. Οι υπέργειες δεξαμενές και τα στηρίγματα τους προστατεύονται αποτελεσματικά από τη διάβρωση, με βαφή. Οι υπέργειες δεξαμενές βάφονται με λευκό χρώμα για να αυξάνεται η ανάκλαση της ακτινοβολίας και να ελαχιστοποιείται η άνοδος της

Θερμοκρασίας του περιεχομένου τους.

Η υπόγεια δεξαμενή διαθέτει σύστημα προστασίας με θυσιαζόμενο ανόδια, φέρει εξωτερική προστατευτική επίστρωση και σύστημα συνεχούς παχυμέτρησης της, ενώ υπόκειται σε υδραυλική δοκιμή στα προβλεπόμενα από τη Νομοθεσία διαστήματα.

Οι υπέργειες δεξαμενές περιβάλλονται από κολωνάκια για την αποτροπή προσέγγισης οχημάτων σε αυτές, ενώ υπάρχει και σχετική εντολή απαγόρευσης προσέγγισης της περιοχής των δεξαμενών από οχήματα.

5.1.4. Σταθμός βυτιοφόρων και βυτιοφόρα

Τα βυτιοφόρα επιθεωρούνται σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Νομοθεσίας και η καταλληλότητά τους πιστοποιείται από ανεξάρτητο φορέα.

Τα βυτιοφόρα διαθέτουν επίσης ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης και φέρουν αντεπιστροφές βαλβίδες όπως και βαλβίδες υπερβολικής ροής για την αποτροπή διαρροής υγραερίου από την πλευρά του βυτιοφόρου στην περίπτωση αστοχίας του ελαστικού σωλήνα φόρτωσης ή των σωληνώσεων από την πλευρά του σταθμού.

Η διαδικασία φόρτωσης των βυτιοφόρων περιλαμβάνει τη λήψη μέτρων για την αποτροπή επικίνδυνων καταστάσεων. Τα κυριότερα από αυτά είναι:

- Γείωση του οχήματος στην σταθερή εγκατάσταση.
- Τοποθέτηση τάκων ακινητοποίησης του οχήματος.
- Το όχημα πρέπει να έχει δεμένο το χειρόφρενο.

Για την αποτροπή υπερπλήρωσης των βυτιοφόρων, τα βυτιοφόρα φέρουν ογκομετρικό δείκτη στάθμης και δείκτη μέγιστης στάθμης. Η κλίση του εδάφους στην περιοχή του σταθμού είναι τέτοια που τυχόν ακούσια κίνηση των βυτιοφόρων από το σταθμό έχει ως συνέπεια την κίνηση τους μακριά από τις δεξαμενές (ανατολικά).

Για τα βυτιοφόρα οχήματα της εταιρίας υπάρχει ειδική διαδικασία ελέγχου και συντήρησης στο πλαίσιο του συστήματος διασφάλισης ποιότητας, η οποία περιγράφει λεπτομερώς τη συχνότητα και το είδος των ελέγχων, ενώ προβλέπει και την λεπτομερή καταγραφή των ενεργειών συντήρησης.

5.1.5. Αντλιοστάσιο και σωληνώσεις εγκατάστασης

Οι αντλίες της εγκατάστασης, όπως και ο συμπιεστής υγραερίου διαθέτουν ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης. Όλες οι σωληνώσεις υγραερίου της εγκατάστασης με υγρή φάση διαθέτουν ανακουφιστικές βαλβίδες πίεσης σε όλα τα τμήματα τους μεταξύ βανών.

5.1.6. Εμφιαλωτήριο- Αποθήκες προϊόντων

Το δάπεδο του εμφιαλωτηρίου είναι υπερυψωμένο σε σχέση με την επιφάνεια του περιβάλλοντος εδάφους 1,00-1,35 m. Γενικά το δάπεδο του εμφιαλωτηρίου δεν φέρει χαντάκια, οχετούς, κανάλια ή άλλα κοιλώματα στα οποία θα μπορούσε να εγκλωβιστεί ή συσσωρευτεί υγραέριο.

Οι χώροι παραγωγής και αποθήκευσης πρώτων υλών και προϊόντων διαθέτουν επαρκή φυσικό ή τεχνητό αερισμό, όπως και όλα τα απαραίτητα κοιλώματα και χαντάκια για την εξυπηρέτηση ταινιόδρομων μεταφοράς και των μηχανημάτων του εμφιαλωτηρίου, αερίζονται επαρκώς.

5.1.7. Εξοπλισμός ηλεκτροστατικής βαφής

Τα προληπτικά μέτρα που λαμβάνονται αποσκοπούν στην αποτροπή

- εκδήλωσης έκρηξης σκόνης,
- έκθεσης των εργαζομένων στη σκόνη χρώματος,
- εκδήλωση ηλεκτρικού σοκ.

5.1.8. Σύστημα αποστράγγισης

Οι επιφανειακές διατάξεις αποχέτευσης υδάτων μέσα ή κοντά στο κτίριο εμφιάλωσης είναι εφοδιασμένες με υδατοπαγίδες (σιφώνια). Τα καλύμματα επιθεώρησης των φρεατίων αποχέτευσης κλείνουν στεγανά.

5.1.9. Φύλαξη εγκατάστασης

Η εγκατάσταση διαθέτει επαρκές σύστημα ηλεκτροφωτισμού και περίφραξη σύμφωνα με την ΚΥΑ Δ3/148538/1993. Κατά τις μη εργάσιμες ώρες φυλάσσεται από εκπαιδευμένους φύλακες.

Η εγκατάσταση διαθέτει μία κύρια είσοδο στη δυτική πλευρά της. Η εγκατάσταση διαθέτει άλλη μία βοηθητική είσοδο στην βορειοανατολική πλευρά της. Η βοηθητική είσοδος παραμένει κλειστή με λουκέτο και ανοίγει περιστασιακά για την είσοδο βυτιοφόρων ή κατά την αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών για τη διέλευση πυροσβεστικών οχημάτων. Τα κλειδιά των λουκέτων των εισόδων παραμένουν στον Προϊστάμενο της Εγκατάστασης κατά τις εργάσιμες ώρες και στον φύλακα της εγκατάστασης κατά τις μη εργάσιμες ώρες.

Η κύρια είσοδος της εγκατάστασης παραμένει κλειστή, και ανοίγει μόνο μετά από έλεγχο των εισερχόμενων. Η εγκατάσταση επιτηρείται από κάμερες.

5.1.10. Αντικεραυνική προστασία

Για την προστασία του εξοπλισμού των εγκαταστάσεων, η εγκατάσταση διαθέτει ένα αλεξικέραυνο σε ύψος 16 m από το έδαφος με ακτίνα προστασίας 1000 m και καλύπτει πλήρως την εγκατάσταση. Αντίστοιχο αλεξικέραυνο διαθέτει και η γειτονική εγκατάσταση.

5.2. Οργανωτικά μέτρα

Πέρα από τα παραπάνω τεχνικά μέτρα, στην εγκατάσταση εφαρμόζονται και διάφορα οργανωτικά προληπτικά μέτρα μεταξύ των οποίων και τα παρακάτω :

Η εγκατάσταση φυλάσσεται από φύλακες (ένας στη μεσημβρινή βάρδια και ένας στη βραδινή βάρδια για τις εργάσιμες ημέρες, 3 φύλακες σε 8ωρες βάρδιες τις αργίες).

Η εγκατάσταση επιθεωρείται σε τακτική βάση, ακόμα και κατά τις μη εργάσιμες ώρες, για την επισήμανση και εξάλειψη τυχόν κινδύνων πρόκλησης πυρκαγιάς.

Οι δεξαμενές και λοιπός εξοπλισμός της εγκατάστασης επιθεωρούνται στα προβλεπόμενα από τη Νομοθεσία διαστήματα. Τα δρομολόγια των βυτιοφόρων προς και από τις θέσεις φόρτωσης έχουν διαμορφωθεί με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μην προσεγγίζουν τις δεξαμενές.

Τα τυχόν εύφλεκτα υλικά διατηρούνται μακριά από φλόγες ή σπινθήρες, ενώ όλα τα άχρηστα υλικά συλλέγονται σε τακτική βάση και τοποθετούνται σε ασφαλές σημείο. Ειδικότερα, σε ακτίνα 8 m γύρω από τις δεξαμενές υγραερίου απομακρύνονται ξερά χόρτα και οποιαδήποτε εύφλεκτα υλικά. Κατά τη χρήση ζιζανιοκτόνων δίδεται προσοχή στην αποφυγή χρήσης υλικών τα οποία είναι δυνατό να αποτελέσουν εστία έναυσης (π.χ. χλωρικό νάτριο).

Σε κλειστούς χώρους απαγορεύεται η ύπαρξη οποιασδήποτε πηγής έναυσης, ενώ στους χώρους απαγόρευσης πηγών έναυσης απαγορεύεται η συντήρηση φιαλών ή εξαρτημάτων τους. Η αποστράγγιση/εκκένωση υγραερίου απαγορεύεται σε οποιοδήποτε σύστημα αποστράγγισης.

Ο εξοπλισμός που δεν είναι απαραίτητο να λειτουργεί τις μη εργάσιμες ημέρες και ώρες τίθεται εκτός τάσης και οι βάνες απομόνωσης που διαθέτουν τα διάφορα τμήματα της εγκατάστασης παραμένουν σε κλειστή θέση.

Σε όλες τις εισόδους της εγκατάστασης υπάρχει κατάλληλη σήμανση για την απαγόρευση του

καπνίσματος και της χρήσης φλόγας, ενώ σε όλη την εγκατάσταση υπάρχουν ανηρτημένες πινακίδες με οδηγίες για την πρόληψη εκδήλωσης πυρκαγιάς. Υπάρχει επισήμανση του πυροσβεστικού εξοπλισμού, των εξόδων κινδύνου και των οδών διαφυγής.

6. ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟ ΤΩΝ ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ

Τα μέτρα προστασίας και επέμβασης αφορούν στον περιορισμό των συνεπειών τυχόν ατυχημάτων. Τα τεχνικά μέτρα αφορούν κύρια στα συστήματα διακοπής ρεύματος έκτακτης και απομόνωσης του εξοπλισμού, το σύστημα πυροπροστασίας και το σύστημα συναγερμού και επέμβασης.

6.1. Σύστημα πυροπροστασίας

6.1.1. Πηγές νερού πυροπροστασίας

Το πυροσβεστικό δίκτυο της εγκατάστασης τροφοδοτείται από το δίκτυο νερού της περιοχής με ξεχωριστή παροχή (3"-6 bar) από αυτή της ύδρευσης. Η βάνα της παραπάνω παροχής παραμένει πάντα ανοικτή. Η εγκατάσταση διαθέτει και τσιμεντένια υπόγεια δεξαμενή νερού πυροπροστασίας με χωρητικότητα 180 m³.

Η εγκατάσταση διαθέτει, επίσης, ένα δίδυμο σύστημα κρουνών 2 1/2" με το οποίο, μέσω αντεπιστροφής βάνας και σωλήνωσης 4", είναι δυνατή η σύνδεση του πυροσβεστικού δικτύου της εγκατάστασης με οχήματα της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας.

6.1.2. Αντλιοστάσιο νερού πυροπροστασίας

Το αντλιοστάσιο πυρόσβεσης διαθέτει:

- Δύο αντλίες, μία ηλεκτροκίνητη 40 kW (53,5 HP) 120m³/h-61m, και μία πετρελαιοκίνητη 50 HP, 120m³/h-61m που τροφοδοτούν το δίκτυο του νερού πυρόσβεσης. Οι δύο αντλίες είναι εγκατεστημένες παράλληλα και κάθε μία μπορεί να καλύψει τις συνολικές ανάγκες της εγκατάστασης σε περίπτωση πυρκαγιάς.
- Πίνακα αυτοματισμού μεταλλικό, στεγανό προστασίας IP 65. Για αυτόματη και χειροκίνητη λειτουργία του ηλεκτροκινητήρα. Ο πίνακας διαθέτει όλα τα απαραίτητα

(διακόπτες, αυτόματους, λυχνίες κλπ.) και είναι έτοιμος για λειτουργία. Υπάρχει επίσης σύστημα εκκίνησης του πετρελαιοκινητήρα, σύστημα φόρτισης και συντήρησης μπαταριών.

- Όργανα ελέγχου όπως, πιεσοστάτες οθόνης για τον έλεγχο της λειτουργίας των πυροσβεστικών αντλιών., μανόμετρα 10atm/Φ100 με κρουνό απομόνωσης, αντεπιστροφές βαλβίδες, βάνες στους συλλέκτες κατάθλιψης και αναρρόφησης.

Η πετρελαιοκίνητη αντλία είναι δυνατό να εκκινήσει και μέσω κομβίων που βρίσκονται στις πυροσβεστικές φωλιές.

6.1.3.Συστήματα καταιονισμού (sprinkler)

Όλα τα κρίσιμα σημεία της εγκατάστασης προστατεύονται με σύστημα καταιονισμού νερού, το οποίο είναι σύμφωνα με τις διατάξεις της Νομοθεσίας.

Σύμφωνα με την παραπάνω ΚΥΑ, σε περίπτωση πυρκαγιάς σε κυλινδρική δεξαμενή ψύχονται με καταιονισμό και οι γειτονικές δεξαμενές της σε απόσταση μικρότερη των 10 m από τις παρειές της. Επομένως, σε πυρκαγιά σε κάποια από τις δεξαμενές της εγκατάστασης ενεργοποιείται ο καταιονισμός σε όλες τις δεξαμενές της εγκατάστασης.

Η ελάχιστη παροχή ανά ακροφύσιο καταιονισμού είναι 1 m³/h.

Δεξαμενές υγραερίου

Η κάθε δεξαμενή υγραερίου 100 m προστατεύεται από 3 κλάδους που φέρουν 20 συνολικά καταιονιστήρες 14" ανοικτού τύπου. Η διάταξη των καταιονιστήρων εξασφαλίζει την ομοιόμορφη κατανομή του νερού πυροπροστασίας σε όλη την επιφάνεια της δεξαμενής. Η απαιτούμενη παροχή νερού σε κάθε μία από τις δεξαμενές είναι 20 m³/h.

Εμφιαλωτήριο

Το σύστημα καταιονισμού περιλαμβάνει 10 καταιονιστήρες 1/2" ανοικτού τύπου. Το σύστημα αποτελείται από κεντρικό διανομέα και 2 κλάδους που οδεύουν στην οροφή του εμφιαλωτηρίου.

Αντλιοστάσιο υγραερίου

Το αντλιοστάσιο υγραερίου διαθέτει δύο κλάδους με 3 καταιονιστήρες 1/2" ανοικτού τύπου σε κάθε κλάδο.

Σταθμός βυτιοφόρων

Ο σταθμός βυτιοφόρων διαθέτει δύο κλάδους με 3 καταιονιστήρες 1/2" ανοικτού τύπου σε κάθε κλάδο.

6.1.4. Πυροσβεστικές φωλιές

Το δίκτυο νερού πυροπροστασίας διαθέτει 10 πυροσβεστικές φωλιές, η διάταξη των οποίων εξασφαλίζει την πλήρη κάλυψη των εγκαταστάσεων.

Η κάθε φωλιά διαθέτει τα ακόλουθα :

- γωνιακός κρουνός 2 1/2" ,
- ταχυσύνδεσμους 2 1/2"
- εύκαμπτος πυροσβεστικός σωλήνας 2 1/2" (μάνικα) 20 m,
- διπλωτήρας για τη μάνικα,
- ρυθμιζόμενο ακροφύσιο εκτόξευσης νερού, ελάχιστης παροχής ακροφύσιου 22,8 m³/h και ελάχιστης πίεσης νερού από το ακροφύσιο 4,4 bar,
- μετρητές πίεσης στην αρχή και τέλος των μανικών,
- κομβίο τηλεεκκίνησης της πετρελαιοκίνητης αντλίας νερού πυροπροστασίας,
- ερμάριο από στραντζαριστή λαμαρίνα που περιέχει όλα τα παραπάνω.

6.1.5. Πυροσβεστήρες

Συνολικά η εγκατάσταση διαθέτει:

- 17 φορητούς πυροσβεστήρες ξηράς κόνεως των 6 Kg,
- 19 φορητούς πυροσβεστήρες ξηράς κόνεως των 12 Kg,
- 1 τροχήλατο πυροσβεστήρα ξηράς κόνεως των 50 Kg,
- 13 φορητούς πυροσβεστήρες CO₂ των 6 Kg.

6.1.6. Βοηθητικά μέσα πυρόσβεσης

Η εγκατάσταση διαθέτει ένα πυροσβεστικό σταθμό, ο οποίος διαθέτει:

- 1 λοστό,
- 1 φτυάρι,
- 1 τσεκούρι,
- 2 φακούς,
- 1 αντιπυρική κουβέρτα,
- 2 ατομικές μάσκες πλήρους προσώπου με φίλτρο,
- 2 προστατευτικά κράνη,
- 2 ζεύγη αντιπυρικά γάντια.

6.1.7. Έλεγχος συστήματος πυροπροστασίας

Το σύστημα πυροπροστασίας ελέγχεται κάθε εβδομάδα από τον Προϊστάμενο της Εγκατάστασης σε συνεργασία με τον Αρχηγό ή Υπαρχηγό του Αγήματος.

Ο έλεγχος περιλαμβάνει επιθεώρηση των σταθερών στοιχείων του πυροσβεστικού συστήματος (δεξαμενές νερού πυροπροστασίας, πυροσβεστικό δίκτυο, καταιονιστήρες, αντλιοστάσιο νερού πυροπροστασίας, πυροσβεστικές φωλιές) για τον εντοπισμό φθορών. Οι πυροσβεστήρες επιθεωρούνται για την πιστοποίηση πιθανών φθορών ή απωλειών και αναγομώνονται στα προβλεπόμενα διαστήματα.

Ο έλεγχος του συστήματος πυροπροστασίας αφορά και στα βοηθητικά μέσα των πυροσβεστικών σημείων.

Πέρα από την επιθεώρηση του εξοπλισμού πυροπροστασίας, πραγματοποιείται εκκίνηση των πυροσβεστικών αντλιών και ενεργοποίηση των φωλεών και των καταιονιστήρων για την πιστοποίηση της καλής λειτουργίας του συστήματος του πυροσβεστικού δικτύου.

Σε περίπτωση που εντοπιστούν φθορές, απώλειες ή δυσλειτουργίες του εξοπλισμού, δίδεται άμεση προτεραιότητα για την αποκατάστασή τους.

6.1.8. Σύστημα συναγερμού

Το σύστημα συναγερμού περιλαμβάνει ηλεκτρική σειρήνα, τοποθετημένη στο κτίριο των γραφείων. Η σειρήνα ενεργοποιείται αυτόματα κατά την ενεργοποίηση του συστήματος διακοπής έκτακτης ανάγκης και έχει εξασφαλισμένη τροφοδοσία ρεύματος (πριν τα όρια του συστήματος διακοπής ρεύματος έκτακτης ανάγκης). Η σειρήνα ενεργοποιείται επίσης και από μπουτόν βρίσκεται στα γραφεία.

Στο κτίριο μεταποίησης φιαλών βρίσκεται εγκατεστημένη φαροσειρήνα, η οποία ενεργοποιείται αυτόματα από ανιχνευτή υγραερίου στο κτίριο. Ο ανιχνευτής παρέχει επίσης οπτικό και ηχητικό σήμα συναγερμού σε πίνακα ελέγχου κοντά στη θέση του φύλακα.

6.2. Συστήματα έκτακτης ανάγκης και απομόνωσης εξοπλισμού

6.2.1. Σύστημα διακοπής ρεύματος έκτακτης ανάγκης

Η εγκατάσταση διαθέτει σύστημα διακοπής έκτακτης ανάγκης για την αντιμετώπιση αντίστοιχων περιστατικών. Το σύστημα ενεργοποιείται από 5 διακόπτες στα ακόλουθα σημεία :

- εμφιαλωτήριο,
- αντλιοστάσιο υγραερίου,
- τις δεξαμενές υγραερίου,

- το σταθμό βυτιοφόρων,
- γραφεία.

Με την ενεργοποίηση του συστήματος έκτακτης ανάγκης πραγματοποιείται γενική διακοπή του ρεύματος, ενώ παράλληλα τροφοδοτείται απ' ευθείας με ρεύμα η ηλεκτροκίνητη αντλία πυροπροστασίας και ενεργοποιείται η σειρά της εγκατάστασης.

6.3. Σύστημα απομόνωσης εξοπλισμού εγκατάστασης

Κύριος εξοπλισμός

Το σύστημα απομόνωσης του κύριου εξοπλισμού της εγκατάστασης περιλαμβάνει υδραυλικές βάνες (ελαιοβάνες) απομόνωσης σε :

- στόμια σωληνώσεων εισόδου και εξόδου των δεξαμενών (υγρή και αέρια φάση) από/προς σταθμό βυτιοφόρων, αντλιοστάσιο και συμπιεστή,
- σωλήνωση τροφοδοσίας εμφιαλωτήριου,
- γραμμές υγρής και αέριας φάσης σταθμού βυτιοφόρων.

Οι παραπάνω υδραυλικές βάνες απομόνωσης βάνες τύπου N.C. (normally closed) και τροφοδοτούνται από χειραντλία στο χώρο του αντλιοστασίου υγραερίου. Οι ελαιοβάνες συνδέονται παράλληλα μεταξύ τους.

Η ενεργοποίηση του συστήματος απομόνωσης του εξοπλισμού της εγκατάστασης πραγματοποιείται με χειρισμό από απόσταση από οποιαδήποτε βάνα του δικτύου του υδραυλικού λαδιού, με αποτέλεσμα η πίεση στο δίκτυο του υδραυλικού λαδιού να πέφτει και κλείνουν όλες οι βάνες απομόνωσης παρέχοντας πλήρη απομόνωση των δεξαμενών και των βασικών σωληνώσεων της εγκατάστασης.

Βάνες ενεργοποίησης των ελαιοβανών απομόνωσης βρίσκονται κοντά στο μπουτόν διακοπής ηλεκτρικού ρεύματος στα ακόλουθα σημεία :

- στην περιοχή των υπέργειων δεξαμενών υγραερίου,
- στο αντλιοστάσιο υγραερίου,
- στο εμφιαλωτήριο και στο σταθμό βυτιοφόρων

Επιπρόσθετα ο σταθμός φόρτωσης βυτιοφόρων φέρει αντεπιστροφή βάνα στη γραμμή τροφοδοσίας των δεξαμενών με υγρή φάση από το σταθμό βυτιοφόρων.

Για την απομόνωση της υπόγειας δεξαμενής υγραερίου προπανίου, η υπόγεια δεξαμενή διαθέτει αντεπιστροφή βάνα στη γραμμή πλήρωσης της από βυτιοφόρο και βάνα υπερβολικής ροής στη γραμμή τροφοδοσίας του φούρνου του βαφείου του συνεργείου επανελέγχου φιαλών με τις οποίες επιτυγχάνεται αποτροπή διαρροής υγραερίου από την πλευρά της υπόγειας δεξαμενής βυτιοφόρου στην περίπτωση αστοχίας του ελαστικού σωλήνα φόρτωσης ή διάρρηξης της γραμμής τροφοδοσίας του φούρνου.

Σε ότι αφορά στην τροφοδοσία του φούρνου του συνεργείου επανελέγχου φιαλών με υγραέριο από την υπόγεια δεξαμενή, αυτή διακόπτεται αυτόματα μέσω ηλεκτροβάνας τύπου N.C. (normally closed) στη γραμμή τροφοδοσίας του φούρνου εκτός του κτιρίου του συνεργείου, από τον ανιχνευτή υγραερίου του χώρου καύσης του φούρνου. Η διακοπή ηλεκτρικού ρεύματος από το αντίστοιχο σύστημα έκτακτης ανάγκης έχει επίσης ως συνέπεια την παροχή υγραερίου προς του φούρνο.

Σημειώνεται ότι, όταν η εγκατάσταση δεν λειτουργεί, όλες οι ελαιοβάνες απομόνωσης της εγκατάστασης παραμένουν σε κλειστή θέση, και διακόπτεται η τροφοδοσία ρεύματος στον εξοπλισμό της. Επίσης κλείνουν όλες οι βάνες χειρός από την έξοδο της υπόγειας δεξαμενής έως τον φούρνο (μία στη δεξαμενή, μία πριν την ηλεκτροβάνα εξωτερικά του κτιρίου) και οι μειωτήρες πίεσης τίθενται σε κλειστή θέση.

6.3.1. Σύστημα απομόνωσης βυτιοφόρων

Όσον αφορά στην απομόνωση των βυτιοφόρων, αυτά διαθέτουν αντεπιστροφές βαλβίδες και τηλεχειριζόμενες πνευματικές βάνες απομόνωσης, η ενεργοποίηση των οποίων γίνεται με

μποτούν από σημείο εύκολα προσπελάσιμο (σημείο σύνδεσης μανικών, καμπίνα οδηγού -σε ορισμένα και στο πίσω τμήμα του βυτιοφόρου-).

6.4. Οργάνωση συναγερμού και επέμβασης

Η οργάνωση του συναγερμού και της επέμβασης περιγράφεται λεπτομερώς στο Εσωτερικό Σχέδιο Έκτακτης Ανάγκης της εγκατάστασης.

Υπεύθυνος για την εφαρμογή του Εσωτερικού Σχεδίου Έκτακτης Ανάγκης (ΕΣΣΕΑ) είναι ο Προϊστάμενος της Εγκατάστασης, τον οποίο αναπληρώνει, σε περίπτωση απουσίας του, ο Τεχνικός Προϊστάμενος της Εγκατάστασης. Ο βασικός πυρήνας για την αντιμετώπιση των έκτακτων περιστατικών είναι το Άγημα Πυροπροστασίας. Αρχηγός του αγήματος είναι ο Τεχνικός Προϊστάμενος της Εγκατάστασης.

Το άγημα πυροπροστασίας αποτελείται από το σύνολο των εργαζομένων στο συνεργείο επανελέγχου φιαλών, την εμφιάλωση και τις εγκαταστάσεις διακίνησης υγραερίου (δεξαμενές, σταθμό φόρτωσης βυτιοφόρων, αντλιοστάσιο). Στο άγημα δεν συμμετέχουν οι οδηγοί των βυτιοφόρων υγραερίου και οι εργαζόμενοι στα γραφεία της εγκατάστασης.

Κατά τις μη εργάσιμες ώρες, τα καθήκοντα πυρόσβεσης και ειδοποίησης των Αρχών εκτελεί ο φύλακας της εγκατάστασης, ο οποίος ειδοποιεί άμεσα τον Υπεύθυνο Εφαρμογής του ΕΣΣΕΑ και τα μέλη του αγήματος να σπεύσουν στην εγκατάσταση.

Με την εκδήλωση διαρροής υγραερίου ή πυρκαγιάς από οποιοδήποτε λόγο στην εγκατάσταση ο πρώτος που την αντιληφθεί, πραγματοποιεί διακοπή του ρεύματος από τον από τα αντίστοιχα μπουτόν, ενεργοποιώντας αυτόματα την αντλία νερού πυροπροστασίας και τη σειρήνα της εγκατάστασης, και παράλληλα ενεργοποιεί το σύστημα απομόνωσης του εξοπλισμού (ελαιοβάνες απομόνωσης) από τα αντίστοιχα μπουτόν.

Διακόπτονται οι κάθε είδους εργασίες στην εγκατάσταση και οι επισκέπτες συγκεντρώνονται στην είσοδο της εγκατάστασης σύμφωνα με τη διαδικασία μερικής εκκένωσης της

εγκατάστασης σύμφωνα με τις προβλέψεις του Εσωτερικού Σχεδίου Έκτακτης Ανάγκης.

Τα μέλη του Αγήματος σπεύδουν στην περιοχή του περιστατικού και προχωρούν στην αντιμετώπιση του περιστατικού του σύμφωνα με τις προβλέψεις του Εσωτερικού Σχεδίου Έκτακτης Ανάγκης με ενεργοποίηση των αντίστοιχων μέσων (καταιονιστήρων, φωλιών, πυροσβεστήρων).

Με την έλευση του Πυροσβεστικού Σώματος το άγημα τίθεται στη διάθεση του επικεφαλής αξιωματικού της Πυροσβεστικής υπηρεσίας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση επικινδυνότητας και λειτουργικότητας αποτελεί αναμφισβήτητα σημαντικό εργαλείο στο γενικότερο κεφάλαιο της Διαχείρισης Κινδύνων και μπορεί να διασφαλίσει την ομαλή λειτουργία μίας διεργασίας, με την πρόληψη και τον έλεγχο των παραγόντων εκείνων που είναι ικανοί να απειλήσουν την επίτευξη των στόχων αυτής.

Με την παρούσα διπλωματική εργασία επιχειρήθηκε η ανάπτυξη μίας ανάλυσης HAZOP σε μία εγκατάσταση αποθήκευσης, εμφιάλωσης και διακίνησης υγραερίου και μεταποίησης φιαλών υγραερίου. Μέσα από την μελέτη αναγνωρίστηκαν οι πιθανοί κίνδυνοι της εγκατάστασης και οι εκτιμήθηκαν οι επιπτώσεις αυτών.

Η σημαντικότητα της ανάλυσης αυτής προκύπτει από τις επιπτώσεις ενός πιθανού ατυχήματος όπως τραυματισμοί και θάνατοι ανθρώπων τόσο μέσα στο χώρο των διεργασιών, όσο και τις περιοχές γύρω από την εγκατάσταση των διεργασιών, διαφυγή χημικών ουσιών στο περιβάλλον, ζημία στο οικοσύστημα της περιοχής, ζημίες στις εγκαταστάσεις, διακοπή επιχειρηματικής δραστηριότητας στις εγκαταστάσεις, βλάβη στο γόητρο και το όνομα της επιχείρησης.

Αξιοσημείωτο είναι να τονιστεί ότι η ανάλυση HAZOP που παρατίθεται στην εργασία αυτή είναι αυστηρά δομημένη στην εγκατάσταση που περιγράφηκε. Οποιαδήποτε αλλαγή στην διεργασία στο σύνολο ή και σε τμήμα της, απαιτεί νέα μελέτη.

Τελικά τα μέτρα τόσο της πρόληψης για την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας εκδήλωσης ατυχήματος, όσο και της προστασίας για την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων από ενδεχόμενο ατύχημα που παρατίθενται, είναι απαραίτητο να τηρούνται αυστηρά και να υπάρχει συνεχής ενημέρωση και εκπαίδευση του προσωπικού για αυτά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Δελτία Δεδομένων Ασφαλείας Υγραερίων ΕΛΠΕ Α.Ε. Αναθ.4, Σεπτ. 2004.
- International Chemical Safety Cards, WHO-IPCS, 1993.
- NIOSH Guide to Chemical Safety Hazards, NIOSH Publications 99-115, 1999.
- 2000 Emergency Response Guidebook, US DOT Transportation Canada, 2000.
- Δελτίο Δεδομένων Ασφάλειας Πούδρας Επίστρωσης Ηλεκτροστατικής Βαφής (Akzo Nobel).
- Mounded and buried LPG tanks, Richard Robinson AEA Technology, The Safe Handling of Pressurised Liquified Flammable Gases Conference, 16-17 Nov 1995, London.
- Whitehouse, Powder Coating Hazards, IEE Colloquium on Electrostatic Problems during Material Handling, 15 Feb 2004.
- Akzo Nobel, Complete Guide to Powder Coating, Issue 1, Nov 1999.
- Akzo Nobel, Concise Guide to Powder Coating, Issue 1, April 1999.
- Code of Practice for the application of coatings by spraying of electrostatic powders, Occupational Safety and Health Service, Department of Labour, New Zealand, 2004.
- HSE, Working safely with coating powders, 2000.
- CEPE, Safe Powder Coating Guideline, 7th Ed., 2005.
- U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board, Combustible Dust Hazard Study, Report 2006-H-1, November 2006.
- Α. Αρβανιτογεώργος: Ανάλυση Επικινδυνότητας στη Βιομηχανία, ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε. (1997).
- Προστασία του Περιβάλλοντος από τη Βιομηχανική Δραστηριότητα - Πρόληψη Βιομηχανικών Ατυχημάτων Μεγάλης Έκτασης, ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε. (2000).
- Α. Λαζαρίδου: Διαχείριση επικινδυνότητας στη χημική βιομηχανία, ΤΕΕ, Ημερίδα "Επικινδυνότητα Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων", Αθήνα, 1999.

- Ι. Παπάζογλου: Ποσοτικός καθορισμός επικινδυνότητας και ορθολογική διαχείριση της ασφάλειας βιομηχανικών εγκαταστάσεων, ΤΕΕ, Ημερίδα "Επικινδυνότητα Βιομηχανικών Εγκαταστάσεων", Αθήνα, 1999.

Ιστοσελίδες

- <http://hazop.com>
- http://tx.technion.ac.il/~dlewin/054402/LECTURE_12.pdf
- http://www.acusafe.com/Hazard_Analysis/HAZOP_Technique.pdf
- http://www.knovel.com/web/portal/browse/display?_EXT_KNOVEL_DISPLAY_bookid=280
- <http://www.ygeiasprototypon.gr/Presentations/AnalusnEpikindunotntas.pdf>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Σχετική Νομοθεσία για την Υγιεινή και Ασφάλεια της Εργασίας στα Εργοτάξια.

- **ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ 42/2003**

Σχετικά με τις ελάχιστες απαιτήσεις για τη βελτίωση της προστασίας της υγείας και της ασφάλειας των εργαζομένων οι οποίοι είναι δυνατόν να εκτεθούν σε κίνδυνο από εκρηκτικές ατμόσφαιρες σε συμμόρφωση με την οδηγία 1999/92/ΕΚ της 16^{ης} Δεκεμβρίου 1999 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (Ε.Ε. L 23/57/28-01-2000).
(ΦΕΚ 44/Α/21-02-2003)

- **ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ 338/2001**

"Προστασία της υγείας και ασφαλείας των εργαζομένων κατά την εργασία από κινδύνους οφειλόμενους σε χημικούς παράγοντες"
(Φ.Ε.Κ. 227/Α/9-10-2001)

- **ΝΟΜΟΣ 1568/1985**

"Υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων"
(Φ.Ε.Κ. 177/Α/18-10-1985)

(Σημειώνεται, ότι για όλες τις επιχειρήσεις, συμπεριλαμβανομένων και αυτών που απασχολούν λιγότερους από 50 εργαζόμενους, ο παρόν νόμος συμπληρώνεται με τις διατάξεις του Π.Δ. 17/96 (ΦΕΚ 11/Α/960) "Μέτρα για την βελτίωση της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων κατά την εργασία σε συμμόρφωση με τις οδηγίες 89/391/ΕΟΚ και 91/383/ΕΟΚ")

- **ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ 17/1996**

"Μέτρα για την βελτίωση της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων κατά την εργασία σε συμμόρφωση με τις οδηγίες 89/391/ΕΟΚ και 91/383/ΕΟΚ"
(ΦΕΚ 11/Α/18-1-96)

[σημειώνεται ότι το παρόν διάταγμα συμπληρώνεται με το Π.Δ. 159/1999 (ΦΕΚ 157/Α/3-8-99)]

- **ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ 105/1995**

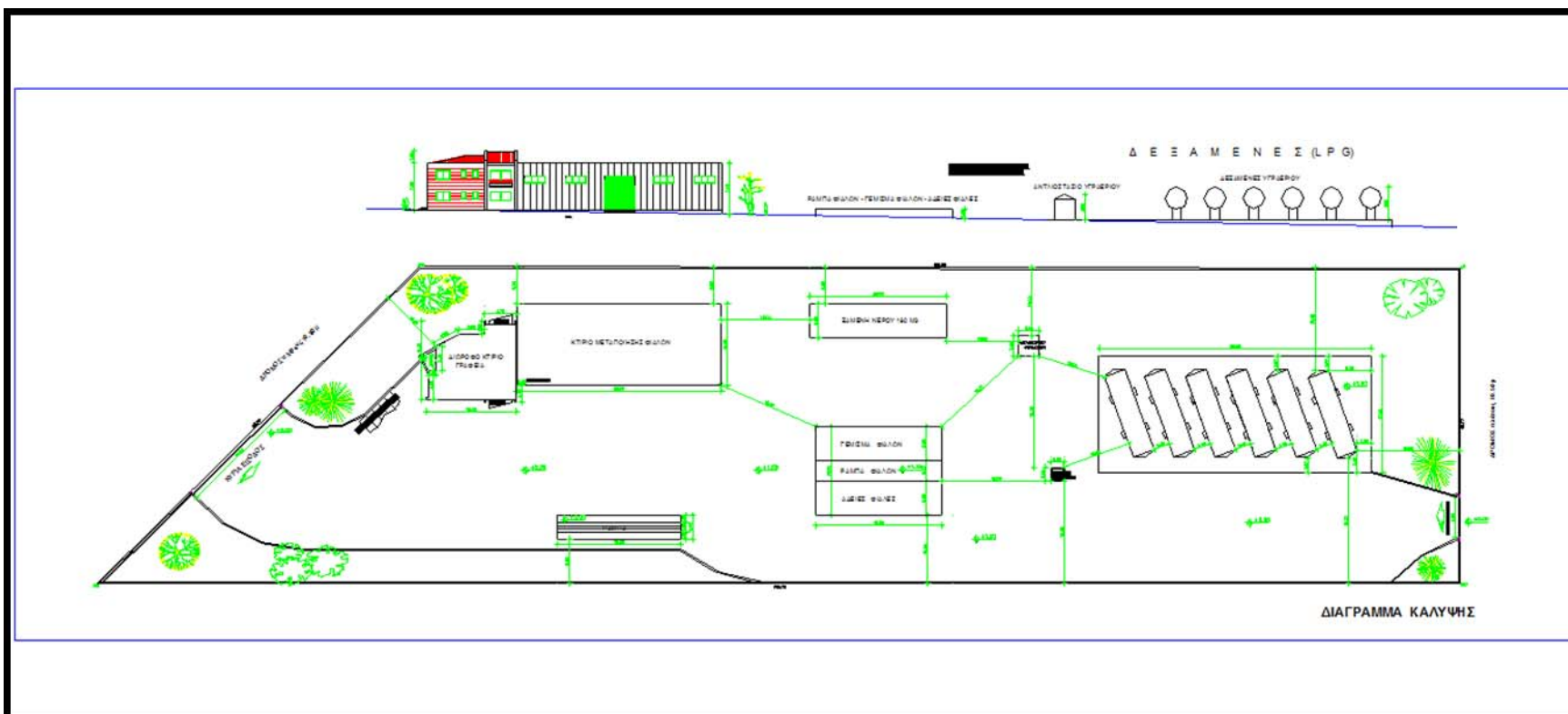
"Ελάχιστες προδιαγραφές για την σήμανση ασφάλειας ή/ και υγείας στην εργασία σε συμμόρφωση με την Οδηγία 92/58/ΕΟΚ"

(Φ.Ε.Κ. 67/Α/10-4-1995)

- **ΚΥΑ ΦΕΚ 405 Β'/29-3-2000 - Οδηγία Seveso II**

- **Οδηγία 2003/105/ΕΚ για τη τροποποίηση της οδηγίας 96/82/ΕΚ - Οδηγία SEVESO II**

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β



Ανάπτυξη Διαχείρισης Κινδύνων σε ειδικό τεχνικό έργο «Κατασκευή εγκατάστασης αποθήκευσης, εμφιάλωσης και διακίνησης υγραερίου και μεταποίησης φιαλών υγραερίου»

