

**ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ**  
**ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ**  
**ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΟΥ**  
**ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ**  
**ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ**  
**ΜΕΤΑΓΓΙΣΗΣ**  
**ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ**  
**ΣΕ ΔΕΞΑΜΕΝΗ**  
**ΠΡΑΤΗΡΙΟΥ**  
**ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ** Α΄ ΜΕΡΟΣ

ΤΟΥ ΠΥΡΑΡΧΟΥ  
**ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ ΤΙΑΓΚΟΥ**  
 ΔΙΟΙΚΗΤΗΣ ΔΙ.Π.Υ.Ν. ΔΡΑΜΑΣ  
 ΠΤΥΧΙΟΥΧΟΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΔΑΣΟΛΟΓΙΑΣ & ΦΥΣΙΚΟΥ  
 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ Α.Π.Θ.  
 ΕΠΙΘΕΩΡΗΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ SEVESO ΣΤΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ Π.Ε  
 ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΕΙΔΩΝ ΤΟΥ Υ.Π.ΕΝ.

Αφορμή για την εκπόνηση του άρθρου δόθηκε από το περιστατικό που αντιμετώπισε η Διοίκηση Πυροσβεστικών Υπηρεσιών Θεσσαλονίκης τον Μάιο του 2020 και αφορούσε διαρροή υγραερίου κατά τη διάρκεια μετάγγισης από βυτιοφόρο σε δεξαμενή σε πρατήριο ανεφοδιασμού οχημάτων με υγραέριο.

Σε ένα τέτοιο περιστατικό εύλογα γεννιούνται τα εξής ερωτήματα:

- Σε περίπτωση διαρροής υγραερίου, ποια είναι η ζώνη ασφαλούς προσέγγισης για τις πυροσβεστικές δυνάμεις;
- Σε ποια απόσταση από το περιστατικό θα πρέπει να αποκλειστεί η περιοχή για την ασφάλεια των πολιτών;
- Ποιες είναι οι ενέργειες αντιμετώπισης του περιστατικού από τις πυροσβεστικές δυνάμεις;

Στο παρόν άρθρο γίνεται μία προσπάθεια να δοθούν απαντήσεις στα ανωτέρω ερωτήματα με βάση τις Μελέτες Ασφαλείας των επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στην αποθήκευση και διακίνηση υγραερίου και υπάγονται στην οδηγία SEVESO III, στηριζόμενο στην εμπειρία του υπογράφοντα που αποκτήθηκε από την εκπαίδευσή του στην Ολλανδία, στο εκπαιδευτικό κέντρο της «Falk Fire Academy», με αντικείμενο την αντιμετώπιση περιστατικών υδρογονανθράκων.



φωτογραφία 1

**Η** ανάπτυξη και εφαρμογή Συστήματος Ασφαλούς Διαχείρισης περιστατικών διαρροής ή και πυρκαγιάς υγραερίου σε πρατήρια ανεφοδιασμού οχημάτων με υγραέριο, βασίζεται στην εκτίμηση της επικινδυνότητας που πηγάζει κυρίως από την διαδικασία μετάγγισης υγραερίου από το Β/Ο στην δεξαμενή του πρατηρίου, την υφιστάμενη υποδομή της εγκατάστασης τόσο σε κτίρια όσο και σε μηχανολογικό εξοπλισμό καθώς και από την εκπαίδευση και εμπειρία του προσωπικού που συμμετέχει στην διαδικασία.

**ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΑΓΓΙΣΗΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΒΥΤΙΟΦΟΡΟ ΣΕ ΔΕΞΑΜΕΝΗ**

Οι μεταγγίσεις του υγραερίου από το βυτιοφόρο στη δεξαμενή και αντίστροφα, γίνονται σε κλειστό κύκλωμα με μια ή δύο σωληνώσεις εύκαμπτες και λυόμενες, από τις οποίες η μια χρησιμοποιείται για το υγρό και η άλλη για το αέριο (υγρή φάση και αέρια φάση). Οι σωληνώσεις αυτές ανήκουν στο βυτιοφόρο αυτοκίνητο. Τα άκρα των σωληνώσεων, τα οποία συνδέονται με το στόμιο πλήρωσης της δεξαμενής, είναι εφοδιασμένα με φλάντζες ή ρακόρ ή με ειδικές συνδέσεις από αντισπινθηριστικό μέταλλο με την παρεμβολή χειροκίνητης βαλβίδας διακοπής της ροής του υγρού. Η σύνδεση μεταξύ σημείων (στόμια) πλήρωσης και βυτιοφόρου εξασφαλίζει την ηλεκτρική συνέχεια αυτών (κατάλληλοι ελαστικοί σωλήνες). Πλησίον των σημείων

πλήρωσης υπάρχει υποδοχή γείωσης, όπου γειώνεται κατάλληλα το βυτιοφόρο καθ' όλη τη διάρκεια της μετάγγισης. Η μετάγγιση του υγραερίου από το βυτιοφόρο στη δεξαμενή (φωτ. 1) δεν αρχίζει πριν να διαπιστωθεί ότι:

- Τα ηλεκτροφόρα κυκλώματα του βυτιοφόρου έχουν διακοπεί.
- Οι τροχοί του αυτοκινήτου έχουν ασφαλιστεί με αναστολές (τάκους).
- Το βυτιοφόρο γειώθηκε ηλεκτρικά. Πλησίον των σημείων πλήρωσης υπάρχει υποδοχή γείωσης, όπου γειώνεται κατάλληλα το βυτιοφόρο καθ' όλη τη διάρκεια της μετάγγισης.
- Έγινε έλεγχος και βεβαιώθηκε η πλήρης εφαρμογή των ρακόρ και των συνδέσεων των ευκάμπτων ή βιδωτών σωληνώσεων, οι οποίες προορίζονται για τη μετάγγιση.

**ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ ΠΡΑΤΗΡΙΟΥ**

Σε δύο τουλάχιστον σημεία του πρατηρίου, εκ των οποίων το ένα στο Γραφείο ή στον χώρο προσωπικού του πρατηρίου και το άλλο κοντά στις συσκευές διανομής, πρέπει να υπάρχουν δύο κομβία έκτακτης ανάγκης. Με τον χειρισμό των ανωτέρω κομβίων, διακόπεται γενικά η λειτουργία του πρατηρίου και ενεργοποιείται το σύστημα έκτακτης ανάγκης. Σε περίπτωση κινδύνου (διαρροής υγραερίου, πυρκαγιάς, κ.λ.π) το προσωπικό του πρατηρίου πρέπει να πατήσει ένα από τα κομβία έκτακτης ανάγκης. Απαραίτητη είναι η ύπαρξη τηλεχειριζόμενων βανών οι οποίες τοποθετούνται στις εξής θέσεις στην περιοχή της δεξαμενής και όσο το δυνατό πιο κοντά σ' αυτή:



φωτογραφία 2



φωτογραφία 3



φωτογραφία 4



φωτογραφία 5

(α) στο σωλήνα πλήρωσης της δεξαμενής, (β) στο σωλήνα παροχής (αναρρόφησης) υγρής φάσης υγραερίου από δεξαμενή προς αντλίες, (γ) στο σωλήνα επιστροφής αέριας φάσης των συσκευών διανομής. Επίσης, τοποθετείται μια τηλεχειριζόμενη βάνα ασφαλείας στον σωλήνα παροχής υγραερίου στη συσκευή διανομής. Οι ανωτέρω βάνες κλείνουν με την ενεργοποίηση είτε του συστήματος πυρόσβεσης, είτε του συστήματος ανίχνευσης εκρηκτικού μείγματος, είτε με τον χειρισμό ενός κομβίου έκτακτης ανάγκης. Στο στόμιο πλήρωσης της δεξαμενής πρέπει να υπάρχει σύστημα που να μην επιτρέπει το άνοιγμα της τηλεχειριζόμενης βάνας, αν δεν έχει γειωθεί το βυτιοφόρο. Μεταξύ του συστήματος ασφαλείας του πρατηρίου και του συστήματος ασφαλείας του βυτιοφόρου πρέπει να τοποθετείται σύστημα δια-μανδάλωσης (INTER-LOCK), ώστε σε περίπτωση ανάγκης, η ενεργοποίηση του ενός συστήματος να συνεπάγεται την ενεργοποίηση και του άλλου συστήματος.

**ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ ΒΥΤΙΟΦΟΡΟΥ**

Στα συστήματα ασφαλείας του Β/Ο μεταφοράς υγραερίου συμπεριλαμβάνεται ο διακόπτης γενικού ρεύματος (φωτ. 2) και το κομβίο έκτακτης ανάγκης (φωτ.3). Σε περίπτωση διαρροής ή πυρκαγιάς ο οδηγός του Β/Ο πατώντας το κομβίο έκτακτης ανάγκης διακόπτει την ροή υγραερίου από το Β/Ο προς την δεξαμενή κατά την διάρκεια μετάγγισης. Οι ανωτέρω διακόπτες βρίσκονται στην καμπίνα οδηγού καθώς και σε διάφορα σημεία όπως απεικονίζονται στις φωτ. 4-8. Από τα ανωτέρω διαπιστώνεται πόσο σημαντική είναι η εκπαίδευση και η εμπειρία του προσωπικού (υπεύθυνου πρατηρίου και οδηγού Β/Ο), που συμμετέχει στη διαδικασία μετάγγισης υγραερίου από Β/Ο στην δεξαμενή πρατηρίου υγραερίου. Στην **εκτίμηση της επικινδυνότητας** σημαντικό ρόλο παίζει η αναγνώριση του κινδύνου (Hazard Identification) και η ανάλυση του κινδύνου (Hazard Analysis).



φωτογραφία 6



φωτογραφία 7



φωτογραφία 8

Στο **στάδιο αναγνώρισης του κινδύνου** πραγματοποιείται ο προσδιορισμός των πηγών του κινδύνου που πηγάζει από την διαδικασία μετάγγισης και διατυπώνονται τα σενάρια των πιθανών ατυχημάτων για τα οποία πρέπει να γίνει ποσοτικός υπολογισμός των συνεπειών τους.

Στο **στάδιο ανάλυσης του κινδύνου** γίνεται ο ποιοτικός προσδιορισμός και ο ποσοτικός υπολογισμός των συνεπειών για τα σενάρια των πιθανών ατυχημάτων που έχουν προσδιοριστεί στο προηγούμενο στάδιο.

**ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ-ΠΗΓΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ (HAZARD IDENTIFICATION)**

Η διάρρηξη ελαστικού σωλήνα (50 mm) αποτελεί ένα τυπικό κίνδυνο κατά τη διαδικασία μετάγγισης υγραερίου από B/O σε δεξαμενή του πρατηρίου. Αίτια και συνθήκες που μπορεί να οδηγήσουν σε διάρρηξη ελαστικού σωλήνα είναι:

- Αστοχία υλικού (γήρανση πολυμερούς), που εξαρτάται από το είδος της περιέλιξης (π.χ. ανοξείδωτο χάλυβα), το πρόγραμμα επιθεώρησης και τα μέτρα προφύλαξης και καθημερινού ελέγχου,
- Απώλεια σύνδεσης του βυτιοφόρου λόγω άκαιρης εκκίνησης του οχήματος από τον οδηγό ή κύλιση του οχήματος λόγω μη καλής ασφάλισης.

Η λειτουργία των βαλβίδων ασφαλείας θραύσης περιορίζει την ποσότητα έκλυσης σε αυτή που περιέχεται μέσα στον ελαστικό σωλήνα (-10 kg) και θα ελαχιστοποιήσει την έκταση των επιπτώσεων.

Η ενεργοποίηση της ποδοβαλβίδας του βυτιοφόρου (κομβίο απομόνωσης), περιορίζει σημαντικά την ποσότητα της διαρροής και την έκταση των επιπτώσεων.

Η ενεργοποίηση του κομβίου έκτακτης ανάγκης από το προσωπικό του πρατηρίου απομονώνει την δεξαμενή του πρατηρίου από διαφυγή υγραερίου. Άλλες πιθανές πηγές διαρροής θεωρούνται οι φλάντζες σύνδεσης στα σημεία κατάθλιψης των αντλιών και των συμπιεστών. Πιθανό αίτιο αστοχίας σωληνώσεων αποτελεί και η πρόσκρουση αντικειμένων σε αυτές, π.χ. διερχόμενα οχήματα.

**ΣΕΝΑΡΙΑ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ**

Η διαδικασία αναγνώρισης κινδύνων υπέδειξε «σενάρια ατυχήματος», από τα οποία μπορεί να υπάρχουν διάφορες επιπτώσεις (διαρροής-πυρκαγιάς). Σκοπός της ανάλυσης των επιπτώσεων είναι να εκτιμηθεί η ένταση των φαινομένων και να αξιολογηθούν οι επιπτώσεις.

Κατά τη διάρκεια μετάγγισης υγραερίου από B/O σε δεξαμενή πρατηρίου με βάση τα ανωτέρω μπο-



φωτογραφία 9



φωτογραφία 10

ρεί να προκύψει διαρροή υγραερίου:

- από φλάντζα σύνδεσης στα σημεία κατάθλιψης των αντλιών ή σωληνώσεων (μέγεθος οπής 20mm)
- από διάρρηξη ελαστικού σωλήνα φόρτωσης υγρού LPG από B/O σε δεξαμενή (μέγεθος οπής 50mm)
- από διάρρηξη ελαστικού σωλήνα φόρτωσης αερίου LPG από B/O σε δεξαμενή (μέγεθος οπής 38mm)

**ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΩΝ**

Διαρροή υγραερίου από εξοπλισμό υπό πίεση μπορεί να οδηγήσει στις εξής επιπτώσεις όπως απεικονίζονται σχηματικά στο παρακάτω «δέντρο γεγονότων»:

Οι επιπτώσεις από τις διαφυγές εξαρτώνται από την ποσότητα και τη μορφή του εκλυόμενου υλικού. Για τον υπολογισμό των ρυθμών διαρροής, σημαντική παραδοχή είναι αυτή που αφορά στη διάμετρο της οπής μέσω της οποίας θεωρείται ότι διαφεύγει το υλικό.

Με βάση το κατωτέρω «δέντρο γεγονότων» μία πιθανή διαρροή υγραερίου κατά τη διαδικασία μετάγγισης υγραερίου από B/O σε δεξαμενή, εξελίσσεται ως εξής:

**ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΑΕΡΙΟΥ**

**A) Μη ανάφλεξη**

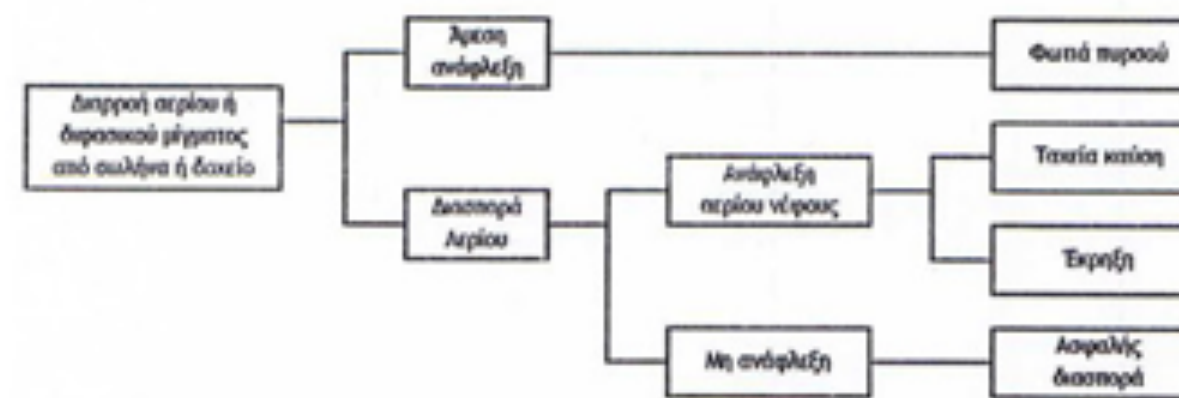
Οι διαρροές υγραερίου, αν δεν αναφλεχθούν αμέσως, θεωρείται ότι διασπείρονται ως νέφη πυκνού αερίου

(φωτ. 9). Όπου η συγκέντρωση στο νέφος βρίσκεται μεταξύ του κατώτερου και του ανώτερου ορίου εκρηκτικότητας (PROPANE LFL = 2.1% UFL = 9.5% - BUTANE LFL = 1.8% UFL = 8.4%) υπάρχει πιθανότητα ανάφλεξης με αποτέλεσμα πυρκαγιά ή έκρηξη. Διαφορετικά θα έχουμε μία ασφαλής διασπορά. Σημειώνεται ότι οι επιπτώσεις λόγω τοξικότητας του υγραερίου είναι συγκριτικά πολύ μικρές.

**B) Ανάφλεξη αερίου νέφους**

Εκτεταμένη διαρροή και διασπορά υγραερίου μπορεί, αν αναφλεχθεί, να οδηγήσει σε φωτιά αερίου νέφους (φωτ. 10). Η φωτιά θα καλύψει το τμήμα του νέφους που βρίσκεται εντός των ορίων εκρηκτικότητας και θα επιστρέψει ταχύτατα στην πηγή της διαρροής. Προς τούτο, το φαινόμενο αναφέρεται και ως «ταχεία καύση». Οι επιπτώσεις του φαινομένου αφορούν στους ανθρώπους που θα βρεθούν εντός του καιγόμενου νέφους, καθώς οι επιπτώσεις από θερμική ακτινοβολία εκτός του νέφους είναι μικρές. Επίσης, υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης εξοπλισμού, αν και ο κίνδυνος πολλαπλασιαστικών επιπτώσεων θεωρείται μικρός, λόγω της μικρής χρονικής διάρκειας του φαινομένου.

Οι ζώνες επιπτώσεων οριοθετούνται από τις μέγιστες αποστάσεις, κατά και κάθετα στη φορά του ανέμου,





εντός των οποίων η συγκέντρωση υπερβαίνει το όριο LFL, είναι δηλαδή, αρκετά υψηλή για να προκαλέσει ανάφλεξη. Ως ζώνες ασφαλείας μπορεί ωστόσο να θεωρηθούν οι αποστάσεις ως το ½ LFL, ώστε να υπάρχει πρόβλεψη για περιπτώσεις πιθανών τοπικών διακυμάνσεων της συγκέντρωσης. Τα μήκη και πλάτη του νέφους προσδιορίζονται από τους υπολογισμούς διασποράς.

Ανάφλεξη ενός αερίου νέφους υγραερίου μπορεί, εκτός από πυρκαγιά, να οδηγήσει και σε έκρηξη. Το ενδεχόμενο πρόκλησης έκρηξης είναι μικρότερο, εκτός αν υπάρξει συσσώρευση του νέφους π.χ. σε κτίρια ή εγκαταστάσεις. Επίσης, η ποσότητα του εύφλεκτου νέφους πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη, ώστε η ανάφλεξη να οδηγήσει σε έκρηξη. Η βιβλιογραφία αναφέρει ότι η ελάχιστη ποσότητα για την πρόκληση έκρηξης είναι 100 kg (DCMS, 2000), ενώ σε

«συνθήκες συμβάντος μεγάλης έκτασης» η ποσότητα έκρηξης υπερβαίνει τα -1000 kg (AIChE, 1994).

#### ΑΜΕΣΗ ΑΝΑΦΛΕΞΗ

Διαρροή υγραερίου υπό πίεση π.χ. από σωληνώσεις και βαλβίδες, αν συναντήσει εστία ανάφλεξης, θα καεί ως φωτιά πυρσού (φωτ. 11). Ο εξοπλισμός στον οποίο προσπίπτει η φλόγα, υπόκειται σε υψηλά θερμικά φορτία, που πολλές φορές υπερβαίνουν τη δυναμικότητα των συστημάτων καταιονισμού νερού, με αποτέλεσμα να μπορεί να αστοχήσει. Πέρα από τα όρια της φλόγας, υπάρχουν κίνδυνοι για το προσωπικό από τη θερμική ακτινοβολία. Οι κίνδυνοι από φωτιές πυρσού είναι μεγαλύτεροι από διαρροές διφασικού μίγματος παρά αερίου, όταν η κατεύθυνση της φλόγας δεν είναι ελεγχόμενη (π.χ. όπως πιθανόν σε διάρρηξη ελαστικού σωλήνα) και όταν η φλόγα προσπίπτει σε δεξαμενή.

#### ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ (HAZARD ANALYSIS)

##### Α) Επιπτώσεις από φωτιά αερίου νέφους

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Επιπτώσεις από φωτιά από ανάφλεξη αερίου νέφους (διφασική ροή)  
Αποστάσεις (m) κατά και κάθετα στην φορά του ανέμου ως τα όρια LFL και 1/2 LFL  
ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Επιπτώσεις από φωτιά από ανάφλεξη αερίου νέφους (διαρροή σε αέρια φάση)  
Αποστάσεις (m) κατά και κάθετα στην φορά του ανέμου ως τα όρια LFL και 1/2 LFL



φωτογραφία 11

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΡΥΘΜΟΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ KG/SEC	ΑΤΜΟΣ. ΣΥΝ/ΚΕΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ m			
			LFL *		½ LFL	
			Μήκος	Πλάτος	Μήκος	Πλάτος
Αστοχία των φραγών στις αντλίες μεταφοράς	3,3	D5	16	13	29	16
		F2	30	51	58	77
Πλήρης διάρρηξη ελαστικού σωλήνα φόρτωσης υγρού LPG στο σταθμό φόρτωσης βυτιοφόρων	21	D5	59	27	94	40
		F2	108	107	201	193

\* Όριο ζώνης I (προστασία δυνάμεων καταστολής)  
Ουδέτερες συνθήκες D5 (σταθερότητα D, ταχύτητα ανέμου 5 m/s) και σταθερές συνθήκες F2 (σταθερότητα F, ταχύτητα ανέμου 2 m/s)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΡΥΘΜΟΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ KG/SEC	ΑΤΜΟΣ. ΣΥΝ/ΚΕΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ m			
			LFL *		½ LFL	
			Μήκος	Πλάτος	Μήκος	Πλάτος
Πλήρης διάρρηξη ελαστικού σωλήνα φόρτωσης αερίου LPG στο σταθμό φόρτωσης βυτιοφόρων	2,9	D5	14	11	28	14
		F2	29	42	59	66

\* Όριο ζώνης I (προστασία δυνάμεων καταστολής)  
Ουδέτερες συνθήκες D5 (σταθερότητα D, ταχύτητα ανέμου 5 m/s) και σταθερές συνθήκες F2 (σταθερότητα F, ταχύτητα ανέμου 2 m/s)

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ M	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΦΛΟΓΑΣ *	
		Μήκος m **	Ακτίνα m
Αστοχία των φραγών στις αντλίες μεταφοράς	0,020	3,6	9,3
Πλήρης διάρρηξη ελαστικού σωλήνα φόρτωσης αερίου LPG στο σταθμό φόρτωσης B/O	0,038	6,9	17,6
Πλήρης διάρρηξη ελαστικού σωλήνα φόρτωσης υγρού LPG στο σταθμό φόρτωσης B/O	0,050	9,1	23,1

\* Όριο ζώνης προστασίας I (προστασία δυνάμεων καταστολής)  
\*\* Όριο πολλών/κων φαινομένων

Από τους ανωτέρω ΠΙΝΑΚΕΣ 1 ΚΑΙ 2 διαπιστώνεται ότι το χειρότερο σενάριο είναι η πλήρης διάρρηξη ελαστικού σωλήνα φόρτωσης υγρής φάσης υγραερίου από το B/O στην δεξαμενή του πρατηρίου και μάλιστα στις δυσμενέστερες ατμοσφαιρικές συνθήκες (σταθερότητα ατμόσφαιρας F με ταχύτητα ανέμου 2m/sec). Η απόσταση αυτή έχει υπολογιστεί στα 200m από το B/O και αντιστοιχεί στο ½ του κατώτερου ορίου (LFL) εκρηκτικότητας του υγραερίου. Έξω από τα όρια αυτά το μείγμα είναι πολύ φτωχό ή πολύ πλούσιο για να αναφλεγεί.

##### Β) Επιπτώσεις από άμεση ανάφλεξη

ΠΙΝΑΚΑΣ 3. Επιπτώσεις από φωτιά πυρσού (jet flame)  
Οι ζώνες επιπτώσεων προσδιορίζονται από τις αποστάσεις από το κέντρο της φλόγας ως τις χαρακτηριστικές τιμές θερμικής ακτινοβολίας. Ζώνη πολλαπλασιαστικών επιπτώσεων θεωρείται το μήκος της φλόγας, θεωρώντας ότι η διεύθυνση της είναι οριζόντια, και τα 37.5 kw/m<sup>2</sup> σε περίπτωση κατακόρυφης φλόγας. 🚒