



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης

---

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ «ΚΥΚΛΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ  
ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ» ANRIM ΣΕ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ SEVESO. ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ  
ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ, ΠΕΤΡΟΓΚΑΖ  
ΧΑΝΙΩΝ.**

---

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΚΑΛΟΓΕΡΑΚΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ**

Χανιά, Οκτώβριος 2007



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	ΣΕΛ
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΥΚΛΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ANRIM.....	4
1.1 Εισαγωγή.....	4
1.2 Χρήσεις.....	4
1.3 Πλαίσιο εργασίας.....	5
1.4 Εκτίμηση ασφάλειας.....	9
1.5 Αναγνώριση Γραμμών Άμυνας.....	12
1.6 Γενικά Fault trees και σενάρια αστοχίας.....	14
1.7 Διαδικασία αναγνώρισης των γραμμών άμυνας.....	17
1.8 Κριτήρια για την αναγνώριση των γραμμών άμυνας.....	19
1.9 Πίνακας Κινδύνου.....	20
1.10 Εκτίμηση πιθανότητας ατυχήματος.....	25
1.11 Σύστημα διαχείρισης.....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΟ ΥΓΡΑΕΡΙΟ.....	37
2.1 ΓΕΝΙΚΑ .....	37
2.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ.....	40
2.3 Μειονεκτήματα του υγραερίου σε σχέση με τα υγρά και στερεά καύσιμα. ....	47
2.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : Περιγραφή εγκατάστασης ΠΕΤΡΟΓΚΑΖ ΧΑΝΙΩΝ.....	55
3.1 Γενικά.....	55
3.2 Διαχωρισμός Εργασιακών Χώρων και Θέσεων Εργασίας.....	58
3.3 Περιγραφή Εργασιών .....	61
3.4 Περιγραφή Διεργασιών και Διαδικασιών της Εγκατάστασης .....	67
3.5 Αναγκαίες συνθήκες για την δημιουργία ενός ατυχήματος.....	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Εφαρμογή του μοντέλου Anrim2 για την Πετρογκάζ. ....	73
4.1 Εναρκτήριοι πίνακες γεγονότων. ....	75
4.2 Fault trees.....	77
4.3 Σύστημα διαχείρισης .....	100
4.4 Αποτελέσματα.....	101
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	111
Βιβλιογραφία.....	113

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Σε αυτή τη εργασία θα μελετήσουμε τις πηγές κινδύνου με τις οποίες έρχεται αντιμέτωπη μία εγκατάσταση η οποία αποθηκεύει και διακινεί ένα επικίνδυνο υλικό, και στην περίπτωση μας το υγραέριο. Θα αναλύσουμε τον τρόπο με τον οποίο δουλεύει το μοντέλο «κύκλου ελέγχου και παρακολούθησης» AVRIM και θα το εφαρμόσουμε για τις αποθηκευτικές δεξαμενές της Πετρογκάζ Χανίων.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ AVRIM**

### **1.1 Γενικά**

Το Avrim2 είναι ένα εργαλείο υποστήριξης για την εκτίμηση και την επιθεώρηση της ασφάλειας σε εγκαταστάσεις μείζονος κινδύνου. Ο σχεδιασμός του στοχεύει στην παροχή μιας ομοιόμορφης και ολοκληρωμένης προσέγγισης θεμάτων μείζονος κινδύνου για το Labor Inspectorate.

Βρίσκει εφαρμογή στην εκτίμηση και επιθεώρηση των ελέγχων ασφάλειας για εταιρείες που διαχειρίζονται επικίνδυνα υλικά και πρέπει να αποτρέψουν την απώλεια περιεχομένου καθώς και στην εκτίμηση και επιθεώρηση των συστημάτων με τα οποία η εταιρεία παρακολουθεί την αποτελεσματικότητα αυτών των ελέγχων. Δίνεται έμφαση στα σχεδιαστικά θέματα ασφάλειας και στα συστήματα διαχείρισης κινδύνων.

### **1.2 Χρήσεις:**

Το Avrim2 χρησιμοποιείται για

- Τον έλεγχο της πληροφορίας που πρέπει να παρέχεται στις αρχές από τις οδηγίες Seveso II και συγκεκριμένα την αναφορά ασφάλειας και την πολιτική πρόληψης μεγάλων ατυχημάτων
- Πιστοποίηση της εφαρμογής των καθορισμένων συστημάτων ασφάλειας στη σχεδίαση και διοίκηση των εγκαταστάσεων μεγάλου κινδύνου της εταιρίας.
- Διαδοχικές περιοδικές επιθεωρήσεις ασφάλειας των εγκαταστάσεων

### 1.3 Πλαίσιο εργασίας

Το Avrim2 έχει έναν αριθμό συνιστωσών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παραχθούν σημεία εκτίμησης και επιθεώρησης για μία συγκεκριμένη εγκατάσταση. Τα στοιχεία που συγκεντρώνονται, στη συνέχεια μπορούν να συγκριθούν με τα κριτήρια εκτίμησης που παρέχονται. Τα σημεία εκτίμησης και επιθεώρησης καθώς και τα συσχετιζόμενα κριτήρια βασίζονται

- Στην ανάλυση των άμεσων και έμμεσων αιτιών για ατυχήματα απώλειας περιεχομένου (LOC) σε εγκαταστάσεις που διαχειρίζονται επικίνδυνα υλικά
- Σε μία risk-based προσέγγιση που καλύπτει όλα τα πιθανά σενάρια που οδηγούν στην απώλεια περιεχομένου, την πιθανότητα να συμβεί ένα τέτοιο ατύχημα και τις πιθανές επιπτώσεις του.
- Σε ένα μοντέλο του συστήματος διαχείρισης που περιλαμβάνει επαναλαμβανόμενους ελέγχους που χρησιμοποιείτε ως άμυνα εναντίον των κινδύνων

Έχουν αναπτυχθεί διάφορα μοντέλα για να «συλλάβουν» όλες τις γενικές αιτίες αστοχίας που θα μπορούσαν να έχουν σαν αποτέλεσμα απώλεια περιεχομένου, συμπεριλαμβανομένων των διαδρομών που οδηγούν στα σενάρια αστοχίας. Αυτά τα μοντέλα αφορούν την παρουσία και αξιοπιστία των γραμμών αμύνης (Lines Of Defence –LOD) που υιοθετούνται ενάντια στους κινδύνους που αντιλαμβανόμαστε, και στο σύστημα διαχείρισης που τις κρατάει σε ορθή λειτουργία.

Στο σχήμα 1 φαίνεται το βασικό μοντέλο ασφάλειας που χρησιμοποιείται από το Avrim2.

Αυτό το μοντέλο καλείτε το Control and Monitoring Loop. Το μοντέλο αυτό εφαρμόζεται στις παρακάτω λειτουργίες μιας εταιρίας

1. Σχεδιασμός (design)
2. Κατασκευή (construction)
3. Χειρισμός (operation)
4. Συντήρηση (maintenance)

Οι πρώτες γραμμές αμύνης είναι τα φυσικά συστήματα του περιεχομένου και ο εξοπλισμός ελέγχου των συσχετιζόμενων διεργασιών (box 9) και οι ανθρώπινες

αποφάσεις και δράσεις που επηρεάζουν το σχεδιασμό τους, την κατασκευή τους, το χειρισμό τους και την συντήρησή τους (box 7).

Με τη χρήση του Anrim2 οι διαδικασίες διαχείρισης κινδύνου από τις οποίες συνεπάγονται οι γραμμές αμύνης, μπορούν να κληθούν ανά πάσα στιγμή του κύκλου ζωής της εγκατάστασης. Αυτές οι διεργασίες αναφέρονται σαν κύκλος ενεργειών (block of activities) που φαίνεται στο κεντρικό block στο σχήμα 1

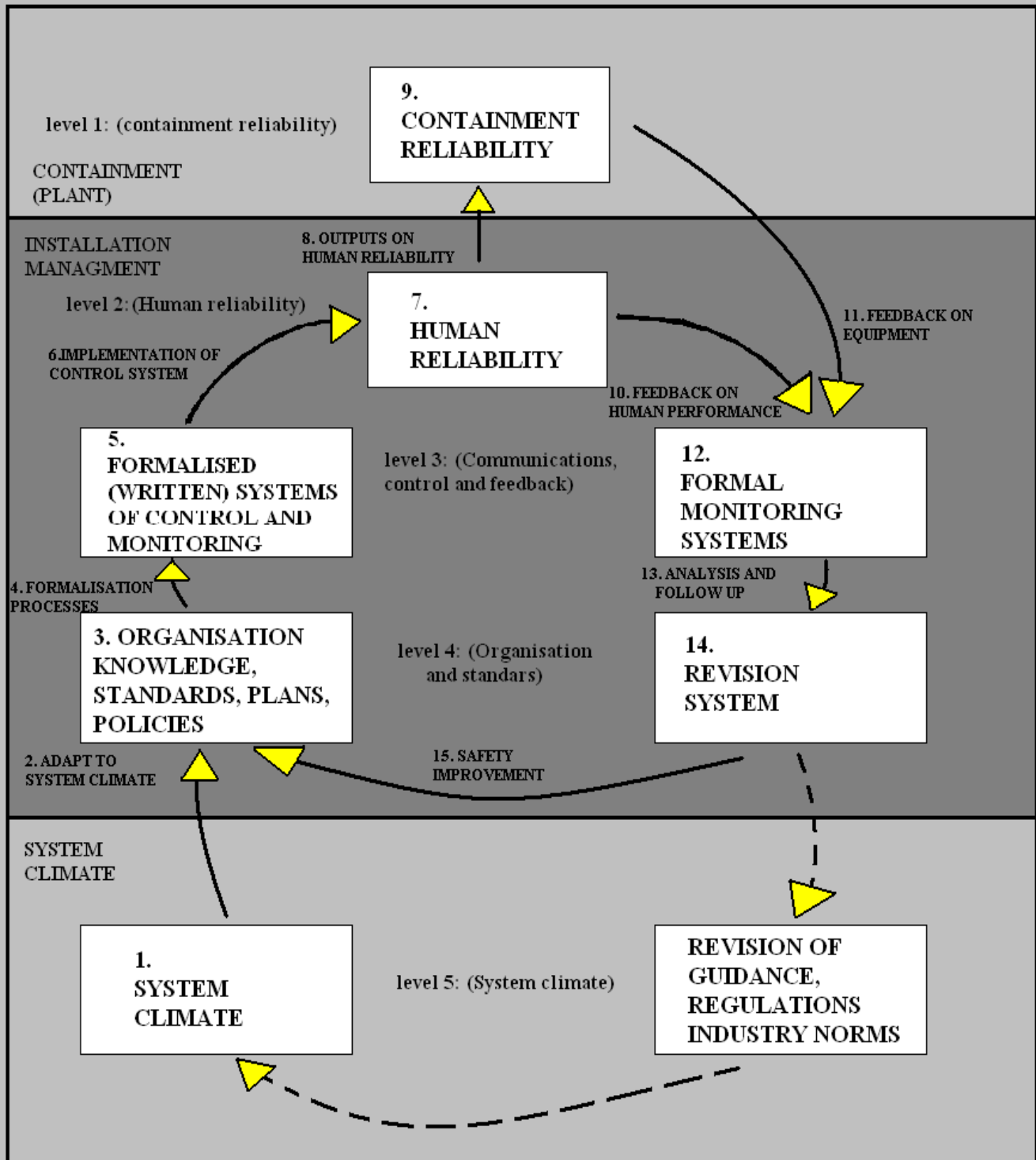
Το κλίμα του συστήματος μέσα στο οποίο η εγκατάσταση λειτουργεί, όπως οι τάσεις της οικονομίας ή η διαθεσιμότητα της γνώσης και των πόρων εντός της εταιρείας, λαμβάνονται υπ'όψιν και φαίνονται στο χαμηλότερο σημείο του σχήματος 1.

Μία εταιρία αναμένεται να παρέχει ενδείξεις ότι έχει ταυτοποιήσει τις γραμμές αμύνης ενάντια στην αστοχία , καθώς και αποδείξεις για την αξιοπιστία τους, τις συνέπειες αποτυχίας και ότι το σύστημα διαχείρισης κινδύνου είναι ολοκληρωμένο κατά την αναφορά του σε όλους τους παράγοντες ελέγχου και κύκλων παρακολούθησης.

Το βάρος έγκειται στην εταιρεία να επιδείξει ότι

1. Έχει άμυνες ενάντια σε όλες τις αναγνωρίσιμες αιτίες άμεσης απώλειας περιεχομένου
2. Έχουν αναλυθεί οι πιθανότητες αστοχίας μίας γραμμής άμυνας για κάθε άμεση αιτία και ότι έχουν ταυτοποιηθεί οι πιθανές επιπτώσεις.
3. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης των σεναρίων αστοχίας έχουν συγκριθεί με κριτήρια αποδοχής.
4. Ότι δεν υπάρχουν απαράδεκτοι κίνδυνοι και ότι υπάρχει σχέδιο για την μείωση των υψηλών κινδύνων
5. Ότι τα συστήματα διαχείρισης της ασφάλειας διασφαλίζουν την διαθεσιμότητα των γραμμών αμύνης, την διατήρηση της αξιοπιστίας τους και την παρακολούθηση της κατάστασής τους. Εν ολίγοις ότι τα συστήματα είναι πάντα στη θέση τους, διαθέσιμα και συναντούν τα παραδεκτά κριτήρια αξιοπιστίας

# ΣXHMA 1 CONTROL AND MONITORING LOOP



## 1.4 Εκτίμηση ασφάλειας

Το Anřim2 υποστηρίζει την εκτίμηση ασφάλειας σαν μία διαδικασία τριών σταδίων

1. Αποτίμηση των πρώτων γραμμών άμυνας. Τεχνολογικοί και ανθρώπινοι παράγοντες του συστήματος που διεκπεραιώνουν εργασίες ελέγχου.
2. Αποτίμηση του συστήματος διαχείρισης της εγκατάστασης
3. Αποτίμηση, επαλήθευση και επιθεώρηση της εγκατάστασης.

Επιθεώρηση

Αν μία εγκατάσταση εκτιμηθεί ως παραδεκτή εντός των κριτηρίων ασφάλειας του Anřim2, τότε ο περιοδικός επανέλεγχος πρέπει πρώτα να επιβεβαιώσει εάν το σύστημα διαχείρισης θα συνεχίσει να συντηρεί την εγκατάσταση στην παραδεκτή κατάσταση. Αυτή είναι μία διαδικασία δύο βημάτων:

1. Επιλογή τμήματος ή τμημάτων της εγκατάστασης για ανάλυση εις βάθος
2. Εις βάθος ανάλυση του συστήματος διαχείρισης για αυτό το τμήμα ή τμήματα.

### 1.4.1 Κριτήρια Εκτίμησης

Ο πίνακας εναρκτήριων γεγονότων:

Ταυτοποιεί κάθε πιθανό εναρκτήριο γεγονός σε μία εγκατάσταση. Ένα εναρκτήριο γεγονός οδηγεί κατευθείαν σε απώλεια περιεχομένου. Είναι συνδυασμός μιας άμεσης αιτίας και ενός εξαρτήματος του εξοπλισμού στον οποίο υπάρχει το περιεχόμενο. Οι αιτίες απώλειας περιεχομένου έχουν ταυτοποιηθεί για το Anřim2 και είναι αυτές που φαίνονται παρακάτω. Καλύπτουν όλες τις πιθανότητες ατυχήματος με αποτέλεσμα την απώλεια περιεχομένου και είναι αμοιβαία αποκλειόμενες.

- Διάβρωση ( Corrosion)
- Αποσάθρωση ( Erosion)
- Εξωτερικό φορτίο ( External Loading)
- Πρόσκρουση ( Impact)
- Πίεση ( Pressure)
- Δόνηση ( Vibration)



- Θερμοκρασία (Temperature)
- Λάθος εξοπλισμός/ τοποθέτηση αυτού (Wrong equipment/location)
- Λάθος χειριστή (όχι αστοχία στον εξοπλισμό που περιέχει το επικίνδυνο υλικό) (Operator error)

Όπως αναφέρθηκε, ο συνδυασμός μιας άμεσης αιτίας και ενός μέρους του εξοπλισμού που περιέχει το επικίνδυνο υλικό ονομάζεται Εναρκτήριο γεγονός. Για παράδειγμα

- Διάβρωση του σωλήνα
- Αποσάθρωση συνδετικού αρμού
- Εξωτερική φόρτιση σε έναν σωλήνα
- Πρόσκρουση ενός αμαξιδίου μεταφοράς
- Υπερπίεση δεξαμενής
- Δόνηση στη μάνικα
- Θερμική φόρτιση στη δεξαμενή, παγωμένη βαλβίδα
- Εγκατάσταση λάθος βαλβίδας/ εγκατεστημένη σε λάθος σημείο
- Λάθος χειριστή με την αντλία

Τα μόνα περιεχόμενα που παρουσιάζουν ενδιαφέρον είναι εκείνα που απώλειά τους οδηγεί σε μεγάλη πηγή κινδύνου σύμφωνα με την κατάταξη SEVESO II. Για κάθε εγκατάσταση όλοι οι πιθανοί τύποι περιεχομένου συνδυασμένοι με όλες τις πιθανές άμεσες αιτίες απώλειας συναρμολογούν τα εναρκτήρια γεγονότα για την εγκατάσταση. Αυτός ο συνδυασμός γεγονότων, αποκαλείτε Πίνακας Εναρκτήριων Γεγονότων και φαίνεται παρακάτω.

**Πίνακας 1: ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΝΑΡΚΤΗΡΙΩΝ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ**

Ενέργειες	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ (ΣΗΜΕΙΑ ΔΙΑΦΥΓΗΣ)	Διάβρωση	Αποσάθρωση	Εξωτερική φόρτιση	Πρόσκρουση	Πίεση (Υψηλή/ χαμηλή)	Δόνηση	(Υψηλή/ χαμηλή)	Λάθος εξοπλισμός/ τοποθέτηση αυτού	Λάθος χειριστή
<b>Αποθήκευση</b>										
	Ατμοσφαιρικά δοχεία									
	Δεξαμενές υπό πίεση									
<b>Μεταφορά εντός της εγκατάστασης</b>										
	Αντλίες									
	Κομπρεσέρ									
	Δίκτυο σωληνώσεων									
	Εργασία σε σωλήνωση									
<b>Δειγματοληψία</b>										
	Σημεία δειγματοληψίας									
	Περιέκτης δείγματος									
<b>Επεξεργασία</b>										
	Αντλίες									
	Κομπρεσέρ									
	Εναλλάκτες θερμότητας									
	Δίκτυο σωληνώσεων									
	Ατμοσφαιρικά δοχεία									
	Δεξαμενές υπό πίεση									
	Αντιδραστήρες									
	Φούρνοι									
<b>Συσκευασία</b>										
	Καταλύματα									
	Δίκτυο σωληνώσεων									
	Πεπιεσμένοι περιέκτες									
	Πακέτα									
	Τσάντες/ θήκες									
<b>Μεταφορά εκτός της εγκατάστασης</b>										
	Πεπιεσμένοι περιέκτες									
	Βαγόνια τρένου									
	Φορτηγά (road									
	Πλοία									
	Πλωτή									
	Ατμοσφαιρικά δοχεία									
	Βαγόνια τρένου									
	Φορτηγά (road									
	Πλοία									
	Πλωτή									
	Φορτωτικοί βραχίονες									
	Μόνικες									
	Δίκτυο σωληνώσεων									
	Αντλίες									
	Κομπρεσέρ									
<b>Σχεδιασμένα σημεία διαφυγής</b>										
	Βαλβίδες ανακούφισης									
	Πάνελ εκρήξεων									
	Σημεία αποστράγγισης									
	Δίσκοι εκτόξευσης									
	Αερανωνοί									



>> Τα προληπτικά συστήματα αμύνονται ενάντια σε τυχόν αποκλίσεις από τις σχεδιαστικές παραμέτρους. Για παράδειγμα για τον ελεγκτή θερμοκρασίας, τη γεννήτρια ή μία διαδικασία.

>> Τα προστατευτικά συστήματα αμύνονται ενάντια στα αποτελέσματα μιας τέτοιας απόκλισης, αν αυτή προκύψει, και επομένως ανταποκρίνονται μόνο μετά από απαίτηση. Για παράδειγμα μία διαδικασία έκτακτης ανάγκης.

Στο Anríim2, αυτά τα συστήματα ονομάζονται Γραμμές άμυνας.

Στη πραγματικότητα, για τα συστήματα διαχείρισης χαμηλού ρίσκου για μονάδες υψηλού κινδύνου, έχουν σχεδιαστεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε ακόμα και αν πολλαπλές τεχνικές αστοχίες ή ανθρώπινα λάθη προκύψουν, η πιθανότητα για την απώλεια περιεχομένου να είναι πολύ μικρή και ο κίνδυνος μεγάλης έκτασης να αποφευχθεί. Η στρατηγική βασίζεται σε πολλαπλές γραμμές άμυνας όπως:

1. Πλεονασμός και ποικιλία του εξοπλισμού ( έτσι ώστε αν κάποιο κομμάτι του αστοχήσει, να αναλάβει την εργασία κάποιο άλλο)
2. Εάν διαφύγει του ελέγχου, να μπορεί να παρακολουθηθεί μέσω της παρατήρησης των κρίσιμων παραμέτρων, όπως η θερμοκρασία ή η πίεση, για την έγκυρη διακοπή της διαδικασίας.
3. Αν η έκτακτη διακοπή αποτύχει, η ενέργεια ή η μάζα να μπορεί να ανακτηθεί ή να εκτραπεί σε ειδικά σχεδιασμένους χώρους.

Εάν τηρούνται τα παραπάνω, μόνο μία σύμπτωση από λάθη και σφάλματα που θα παραβιάζουν όλες τις γραμμές άμυνας θα οδηγούσαν σε μεγάλης κλίμακας ατύχημα. Έτσι η διαχείριση κινδύνου κατατοπίζεται στην κατάρτιση ενός αξιόπιστου συστήματος γραμμών άμυνας, και στη διατήρηση της αξιοπιστίας τους.

## 1.6 Γενικά Fault trees και σενάρια ατυχήματος

Στο Anrim2 η αστοχία μια γραμμής άμυνας για ένα συγκεκριμένο εναρκτήριο γεγονός καλείται «σενάριο». Είναι μια αλληλουχία αστοχιών στις γραμμές άμυνας που οδηγούν στη απώλεια περιεχομένου. Ένα σενάριο περιγράφει μόνο τις απαραίτητες και αναγκαίες συνθήκες προκειμένου να συμβεί απώλεια περιεχομένου.

Ένα εναρκτήριο γεγονός μπορεί να είναι ένας αριθμός σεναρίων λόγω των διαφορετικών τρόπων με τους οποίους οι γραμμές άμυνας μπορούν να αποτύχουν. Προκειμένου να βοηθήσει την ταυτοποίηση όλων των πιθανών σεναρίων το Anrim2 παρέχει ένα γενικό Fault tree για κάθε άμεση αιτία ατυχήματος.

Ένα Fault tree είναι ένα μοντέλο που αναπαριστά λογικά και γραφικά όλους τους πιθανούς συνδυασμούς πιθανών γεγονότων αστοχίας που μπορούν να οδηγήσουν σε ένα εναρκτήριο γεγονός. Η Fault tree analysis είναι μία γενικώς αποδεκτή τεχνική, πολύ καλή στο να βρίσκει συσχετισμούς αστοχιών.

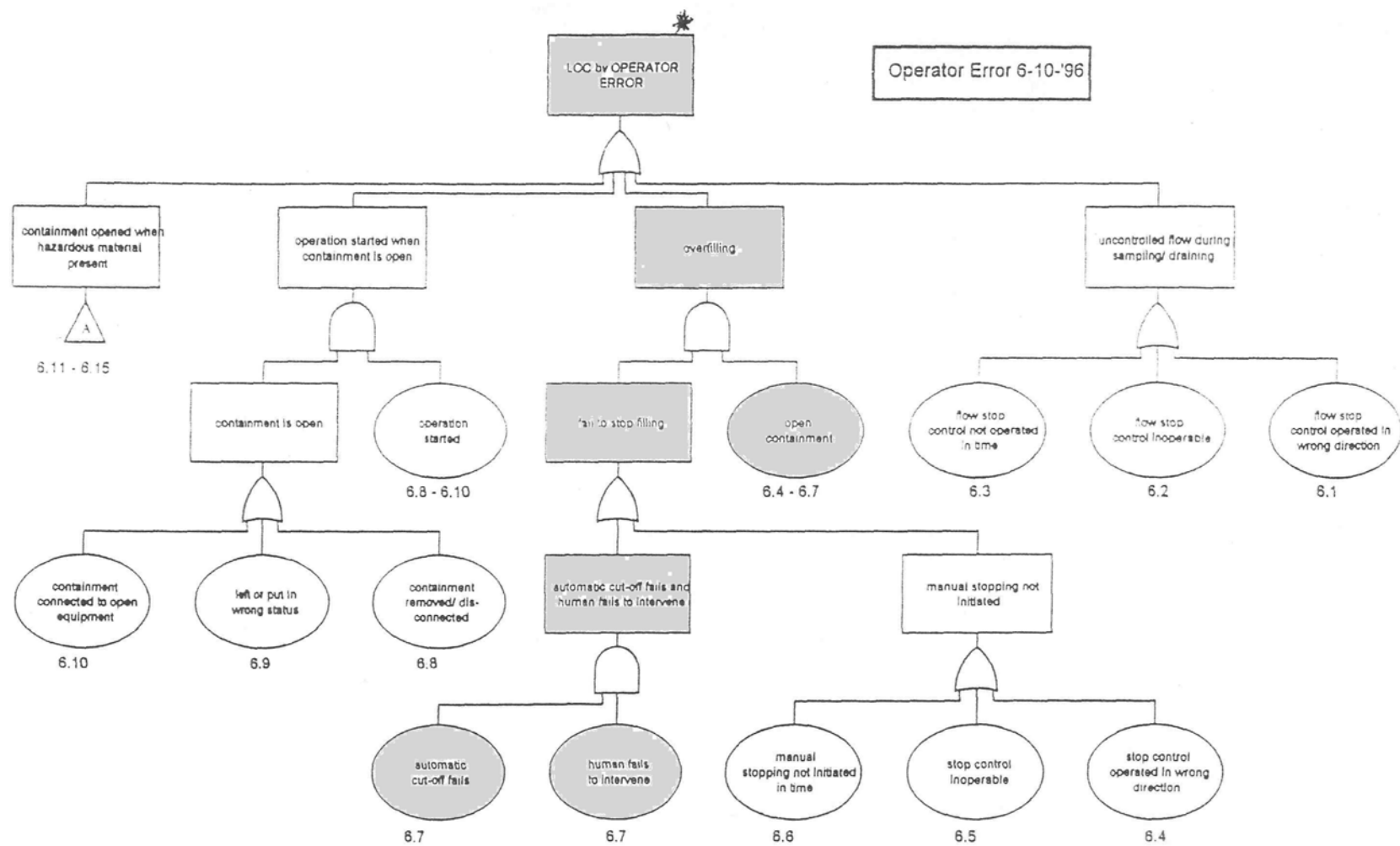
Το Anrim2 παρουσιάζει περίπου 100 γενικά σενάρια ατυχημάτων.

Το σχήμα 3 δείχνει ένα από γενικά Fault tree που αφορούν το λάθος χειριστή (operator error). Ένα σενάριο που οδηγεί στην υπερπλήρωση παρουσιάζεται για ένα ατμοσφαιρικό σύστημα πλήρωσης, που είναι ανοικτό κατά τη διάρκεια της πλήρωσης και έχει αυτόματο σύστημα διακοπής. Σε αυτό το παράδειγμα οι γραμμές άμυνας που απέτυχαν είναι :

- Αυτόματο σύστημα διακοπής
- Η αναγνώριση και αντίδραση του ατόμου που ελέγχει τη διαδικασία πλήρωσης και αναμένεται από αυτόν να σταματήσει τη διαδικασία δεδομένου ότι το αυτόματο σύστημα διακοπής απέτυχε.

Δεδομένου ότι το σύστημα είναι ανοικτό δεν υπάρχουν άλλες άμυνες και το υγρό περιεχόμενο διαχέεται.

Σχήμα 2: Παράδειγμα γενικού Fault tree.



### **1.7 Διαδικασία αναγνώρισης των γραμμών άμυνας**

Πρέπει να είναι δυνατό για κάθε εταιρία να είναι σε θέση να αναγνωρίσει τις γραμμές άμυνάς της.

Για παράδειγμα για το παραπάνω σενάριο «λάθος χειριστή» μία εταιρεία να γνωρίζει:

- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του αυτόματου συστήματος διακοπής και γιατί μπορεί να αποτύχει
- Εάν είναι πιθανόν κάποιος να το απενεργοποιήσει
- Εάν η δυσλειτουργία του γνωστοποιείται με κάποιο σύστημα συναγερμού προκειμένου να μπορέσει κάποιος να καταλάβει ότι δεν λειτουργεί σωστά ή καθόλου.
- Εάν θα είναι παρών κάποιο άτομο ( το οποίο θα είναι εκτεθειμένο στις συνέπειες του ατυχήματος ή που θα μπορούσε να παίξει κάποιο ρόλο στην χειροκίνητη παρέμβαση)
- Εάν υπάρχει εκπαίδευση για το τρόπο και τη διαδικασία αντίδρασης σε ένα τέτοιο συμβάν.
- Ποιες θα είναι οι συνέπειες, αν υπάρξει υπερπλήρωση
- Εάν το προσωπικό είναι προστατευμένο από τις συνέπειες
- Εάν υπάρχει έκτακτο σχέδιο απόκρισης για την περίπτωση της υπερπλήρωσης κλπ

Οι ερωτήσεις που πρέπει να απαντηθούν είναι:

- Εάν οι γραμμές άμυνας είναι στη θέση τους
- Ποιες είναι
- Εάν το προσωπικό είναι παρών και προστατευμένο από ένα ατύχημα.
- Εάν υπάρχει διαδικασία έκτακτης απόκρισης.

Η σειρά προτεραιότητας για τις γραμμές άμυνας είναι η ακόλουθη:



Πίνακας 1: Τύποι γραμμών άμυνας και σειρά προτεραιότητας

- α.** Αφαίρεση εστίας κινδύνου μεγάλης κλίμακας μεμιάς. ( Υψηλότερη προτίμηση)
- β.** Ελάττωση της εστίας κινδύνου μεγάλης κλίμακας σε χαμηλό επίπεδο
- γ.** Περιορισμός/ Έλεγχος εστίας κινδύνου μεγάλης κλίμακας με φυσικά μέσα
- δ.** Περιορισμός/ Έλεγχος εστίας κινδύνου μεγάλης κλίμακας με μέσα της εγκατάστασης
- ε.** Προστασία προσωπικού ενάντια στην έκθεση
  1. Το προσωπικό να μην είναι παρών στην επικίνδυνη ακτίνα
  2. Λήψη μέτρων που προστατεύουν πληθυσμιακές ομάδες.
  3. Ατομικά μέτρα προστασίας.
- ζ.** Ετοιμότητα για καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης.

Παρατηρούμε, ότι το πιο αποτελεσματικό μέτρο προστασίας για το προσωπικό, είναι να μην έχουμε καθόλου ανθρώπινη παρουσία ή η ελαχιστοποίηση της παρουσίας στις περιοχές της εγκατάστασης με τον υψηλότερο κίνδυνο.

Η διαδικασία για την παραγωγή συγκεκριμένων σεναρίων για μία εγκατάσταση είναι η ακόλουθη.

1. Επέλεξε μια άμεση αιτία από τον πίνακα εναρκτήριων γεγονότων. Ο πίνακας αυτός αποτελεί το πρώτο βήμα.
2. Αναγνώρισε όλα τα πιθανά σενάρια ατυχήματος για αυτή τη στήλη. Τα γενικά Fault trees παρέχουν μία βάση για την παραγωγή σεναρίων για τα εναρκτήρια γεγονότα.
3. Ομαδοποίησε τα εναρκτήρια γεγονότα για τα οποία υπάρχουν κοινές γραμμές άμυνας. Αυτό είναι πολύ χρήσιμο για περιπτώσεις

- εγκαταστάσεων στις οποίες συνυπάρχουν πολλά επικίνδυνα υλικά και εναρκτήρια γεγονότα.
4. Καθόρισε τις γραμμές άμυνας της εγκατάστασης για τα κοινά σενάρια, για κάθε γκρουπ εναρκτήριων γεγονότων. Οι γραμμές άμυνας πρέπει να εκφραστούν με συγκεκριμένους όρους για κάθε γεγονός. Παρόλα αυτά, πολλά εναρκτήρια γεγονότα θα έχουν κοινές γραμμές άμυνας, όπως συντήρηση του δικτύου σωληνώσεων, ελέγχους γενικούς και επιτόπιους.
  5. Επανέλαβε για την επόμενη άμεση αιτία.

### **1.8 Κριτήρια για την αναγνώριση των γραμμών άμυνας**

Ο επιθεωρητής πρέπει να διεξάγει έναν έλεγχο πληρότητας για της πληροφορίες που παρέχονται από την εταιρία. Πρέπει να ελεγχθεί ότι:

- Όλοι οι πιθανοί τύποι σεναρίων έχουν αναγνωρισθεί, και έχουν καθοριστεί οι γραμμές άμυνας για καθένα
- Οι γραμμές άμυνας αποτρέπουν και προστατεύουν από όλα τα πιθανά γεγονότα στα σενάρια αποτυχίας
- Μία γραμμή άμυνας έχει όλα τις σχετικές αποτρεπτικές και προστατευτικές παραμέτρους για μία εις βάθος άμυνα.
  - Φυσικό περιεχόμενο
  - Αυτόματο σύστημα διακοπής εργασίας ή της εγκατάστασης για τυχόν διαφοροποιήσεις
  - Φυσικές μπάρες για την εκτροπή της μάζας ή της ενέργειας έτσι ώστε τα όρια του περιεχομένου να μην επεκταθούν.
  - Συστήματα λειτουργίας συμπεριλαμβανομένων συστημάτων αντίδρασης για την περίπτωση που προκύψει κάποια διαφοροποίηση
  - Προστασία του προσωπικού από την άμεση έκθεση

- Ετοιμότητα έκτακτης ανάγκης για την περίπτωση που αποτύχει ο έλεγχος της εστίας κινδύνου μεγάλης έκτασης
  - Οι γραμμές άμυνας που δεν υπάρχουν, πρέπει να ταυτοποιηθούν από την εταιρεία.
  - Οι όποιες ανακολουθίες στα συστήματα άμυνας πρέπει να ταυτοποιηθούν από την εταιρεία
  - Πρέπει να υπάρχει σχέδιο αντιμετώπισης για τις ταυτοποιημένες αδυναμίες.

## **1.9 Πίνακας Κινδύνου**

### **1.9.1 Κριτήρια Κινδύνου**

Το επόμενο στάδιο για την εταιρεία είναι να εκτιμήσει τον κίνδυνο για την πιθανότητα να πραγματοποιηθούν τα σενάρια. Αυτό παρέχει την πληροφορία στον επιθεωρητή που του δίνει την δυνατότητα να διεκπεραιώσει έναν ποιοτικό έλεγχο στις γραμμές άμυνας.

Ο κίνδυνος είναι μία εξίσωση της πιθανότητας να συμβεί και των συνεπειών ενός ατυχήματος. Στο Avirm2 οι ενδιαφέρουσες συνέπειες είναι για το προσωπικό που βρίσκεται εντός της επικίνδυνης ζώνης.

Υπάρχει μία διαφορά ανάμεσα σε ένα σύστημα διαχείρισης κινδύνου που περιγράφει κανόνες διεύθυνσης βασισμένους σε αιτίες παλαιότερων ατυχημάτων και σε ένα σύστημα διαχείρισης κινδύνου που παρακολουθεί και ελέγχει τις γραμμές άμυνας του. Ο πρώτος τύπος διαχείρισης, είναι λειτουργικός μόνο όταν η συχνότητα εμφάνισης ενός ατυχήματος είναι αρκετά υψηλή έτσι ώστε να παρέχει αρκετές πληροφορίες για ανάλυση και περιγραφή κανόνων. Ο δεύτερος τύπος εξαρτάται από τη γνώση της αποτελεσματικότητας των γραμμών αμύνης και λαμβάνοντας μέτρα όταν ο κίνδυνος είναι πολύ υψηλός.

Οπουδήποτε υπάρχουν γραμμές αμύνης, μπορεί να αποτύχουν. Δεν μπορεί για παράδειγμα μία εταιρία να πει ότι επειδή έχει ένα σύστημα ανακουφιστικής

βαλβίδας, μία δεξαμενή δεν μπορεί να υπερσυμπιεστεί. Η βαλβίδα μπορεί να αστοχήσει. Μπορεί να υποστεί πιέσεις πέρα από τις σχεδιαστικές της προδιαγραφές. Ή ακόμα ένα μέρος εξοπλισμού με μικρότερα χαρακτηριστικά αντοχής σε πίεση να έχει εγκατασταθεί. Επομένως, όπου υπάρχει μία γραμμή άμυνας, υπάρχει πάντα μία πιθανότητα, έστω και ελάχιστη, να αστοχήσει.

Για αυτό το λόγο η αξιοπιστία των γραμμών άμυνας για κάθε πιθανό σενάριο πρέπει να λαμβάνετε υπ'όψιν και να ταυτοποιούνται οι επιπτώσεις ενός ατυχήματος.

### **1.9.2 Διαδικασία εκτίμησης κινδύνου.**

Μία μερικώς ποσοτική προσέγγιση προτείνεται όπου ο υπολογισμός των πιθανοτήτων και των επιπτώσεων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε διάφορες κατηγορίες. Η εταιρεία πρέπει να παρέχει εκτίμηση της πιθανότητας και των επιπτώσεων ενός ατυχήματος για τα σενάρια ή την ομάδα σεναρίων κάθε εγκατάστασης. Θα πρέπει να εκτιμήσουν τα σενάρια σύμφωνα με τα κριτήρια. Τα κριτήρια πρέπει να αναπτυχθούν με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να δείχνουν τι είναι αποδεκτό και τι όχι από την εταιρεία.

Επειδή η εκτίμηση του κινδύνου είναι συνδυασμός της πιθανότητας απώλειας περιεχομένου και των συνεπειών αυτού του γεγονότος, τα κριτήρια εκτίμησης πρέπει να απευθύνονται και στους δύο αυτούς παράγοντες.

Το κριτήριο εκτίμησης, πρέπει να είναι ότι ο κίνδυνος απώλειας περιεχομένου επικίνδυνου υλικού πρέπει να είναι αποδεκτά χαμηλός. Εάν ένας κίνδυνος μεγάλης έκτασης είναι παρών, ο μόνος τρόπος για να επιτευχθεί μηδενική επικινδυνότητα είναι να τον αφαιρέσεις. Αυτό ουσιαστικά, σημαίνει ότι οπουδήποτε υπάρχει μεγάλης έκτασης πηγή κινδύνου, θα υπάρχει και πάντα κάποιο επίπεδο επικινδυνότητας.

Το Anrim2 παρέχει ένα σετ κριτηρίων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν οδηγός σύγκρισης για τα υπάρχοντα κριτήρια της εταιρείας. Αυτά φαίνονται στο σχήμα 4. Η αρχή που χρησιμοποιείται είναι ότι όσο πιο σοβαρές είναι οι επιπτώσεις τόσο πιο μεγάλο επίπεδο αξιοπιστίας γραμμής άμυνας ορίζει το αποδεκτό. Κάθε σενάριο ατυχήματος θα έχει τη θέση του στον πίνακα, δείχνοντας τη συσχέτιση με τα κριτήρια.

Οι τιμές που φαίνονται στο σχήμα 4 χρησιμοποιούνται ως σημεία αναφοράς στο πίνακα 3 ο οποίος προέρχεται από συγχωνευμένα δεδομένα δύο μεγάλων εταιρειών. Δεδομένου ότι η σοβαρότητα των επιπτώσεων εξαρτάται από έναν μεγάλο αριθμό παραγόντων, το παράδειγμα περιλαμβάνει σημαντικό αντίκτυπο για το προσωπικό. Οι εκτιμήσεις της σοβαρότητας των επιπτώσεων που γίνονται από μία εταιρεία θα πρέπει να συμπεριλαμβάνουν όλους τους πιθανούς παράγοντες.

**Πίνακας 2: Παράδειγμα κλίμακας Πιθανοτήτων – Επιπτώσεων.**

<u>Κλίμακα πιθανοτήτων</u>	<u>Κλίμακα επιπτώσεων</u>
<p><b>1. Πολύ χαμηλή</b> Δεν έχει ούτε καν ακουστεί παρόμοιο ατύχημα στην εταιρεία. Σχεδόν απίθανο για την εγκατάσταση. &lt;10<sup>-4</sup> ανά έτος</p> <p><b>2. Χαμηλή</b> Έχει ακουστεί στην εταιρεία στο παρελθόν Ελάχιστο αλλά πιθανό για την εγκατάσταση &lt;10<sup>-3</sup> ανά έτος</p> <p><b>3.Μέτριο</b> Παρόμοιο ατύχημα έχει παρουσιαστεί στην εταιρεία . Περιστασιακά θα μπορούσε να προκύψει στην εγκατάσταση. &lt;10<sup>-2</sup> ανά έτος</p> <p><b>4. Υψηλή</b> Το περιστατικό συμβαίνει αρκετές φορές το χρόνο στην εταιρεία. Μεγάλη πιθανότητα μεμονωμένων περιστατικών στην εγκατάσταση. &lt;10<sup>-1</sup> ανά έτος</p> <p><b>5. Πολύ υψηλή</b> Το περιστατικό συμβαίνει αρκετές φορές το χρόνο στην εγκατάσταση. Θα μπορούσε να είναι ένα επαναλαμβανόμενο περιστατικό στην εγκατάσταση. &gt;10<sup>-1</sup> ανά έτος</p>	<p><b>1. Αμελητέα</b> Ελάχιστος αντίκτυπος στο προσωπικό, κανένα χάσιμο χρόνου παραγωγής. &lt; £ 10.000 κόστος</p> <p><b>2. Ελάχιστη</b> Χρήση ιατρικής φροντίδας για το προσωπικό, ελάχιστες βλάβες, σύντομη διακοπή της παραγωγικής διαδικασίας &lt; £ 100.000 κόστος</p> <p><b>3. Σοβαρή</b> Σοβαρός τραυματισμός του προσωπικού, περιορισμένη ζημιά υγείας, μερικό κλείσιμο παραγωγικής διαδικασίας. &lt; £ 500.000 κόστος</p> <p><b>4.Μείζων</b> Μόνιμη βλάβη υγείας, σοβαρός αντίκτυπος στην υγεία, σημαντικός τραυματισμός, παύση παραγωγικής διαδικασίας &lt; £ 1.000.000 κόστος</p> <p><b>5. Σφοδρή</b> Ένας ή περισσότεροι θάνατοι, μεγάλης κλίμακας τραυματισμοί, μακροπρόθεσμη παύση παραγωγικής διαδικασίας. &gt; £ 1.000.000 κόστος</p>

Σχήμα 3: Παράδειγμα κριτηρίων βασισμένα στην επικινδυνότητα.

Πιθανότητα απώλειας περιεχομένου	Σοβαρότητα συνεπειών				
	5 ΣΦΟΔΡΗ	4 ΜΕΙΖΩΝ	3 ΣΟΒΑΡΗ	2 ΕΛΑΧΙΣΤΗ	1 ΑΜΕΛΗΤΕΑ
5. ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗ					
4. ΥΨΗΛΗ					
3. ΜΕΤΡΙΑ					
2.ΧΑΜΗΛΗ					
1. ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ					

ΚΕΥ	
	<b>ΑΠΑΡΑΔΕΚΤΑ ΜΕΓΑΛΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ</b> Η εταιρεία πρέπει να τον ελαττώσει με αποτρεπτικά και προστατευτικά μέσα
	<b>ΥΨΗΛΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ</b> Η εταιρεία πρέπει να λάβει ασφαλιστικά μέτρα ή να προχωρήσει σε περαιτέρω μείωση του κινδύνου. Ο επιθεωρητής θα πρέπει να ελέγχει ότι οι γραμμές άμυνας είναι σε άψογη λειτουργία πάντα
	<b>ΑΠΟΔΕΚΤΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ</b> Δεν χρειάζεται να ληφθεί κανένα πρόσθετο μέτρο προστασίας

### 1.10 Εκτίμηση πιθανότητας ατυχήματος

Για να εκτιμήσει την πιθανότητα ενός ατυχήματος η εταιρεία πρέπει να λάβει υπ' όψιν τόσο τις προστατευτικές γραμμές άμυνας όσο και τις αποτρεπτικές.

Ένα προστατευτικό σύστημα αμύνεται ενάντια στο κίνδυνο, όπως αυτός γίνεται αντιληπτός κάτω από ορισμένες συνθήκες και διαταραχές όπως για παράδειγμα ξαφνική αύξηση της θερμοκρασίας ή αυξήσεις στην πίεση πέρα από τα φυσιολογικά επίπεδα. Τα προστατευτικά συστήματα περιλαμβάνουν shutdown, βαλβίδες ανακούφισης της πίεσης, σχέδια δράσης σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης, προστατευτικό εξοπλισμό για το προσωπικό και φυσικά τις αντοχές και τα όρια του ίδιου του περιεχομένου σε συνθήκες διαφορετικές από τις φυσιολογικές.

Ένα αποτρεπτικό σύστημα αποτρέπει ορισμένες συνθήκες από το να συμβούν πάνω στα προστατευτικά συστήματα. Περιλαμβάνουν για παράδειγμα ελεγκτές θερμοκρασίας, διαδικαστικούς ελέγχους, προστασία από τη διάβρωση.

Η προβλεπόμενη πιθανότητα αστοχίας ενός αποτρεπτικού συστήματος μπορεί να εκφραστεί σαν συχνότητα (αριθμός φορών ανά έτος όπως 0,001 φορές/ έτος) = F

Η προβλεπόμενη πιθανότητα αστοχίας ενός προστατευτικού συστήματος εκφράζεται ως πιθανότητα για συγκεκριμένες συνθήκες (όπως πιθανότητα αστοχίας για συγκεκριμένες συνθήκες = 0,1) = P

Η συχνότητα αστοχιών του συνολικού συστήματος γραμμών άμυνας που οδηγεί στην απώλεια περιεχομένου μπορεί να εκφραστεί σαν  $F \times P$ .

Αυτή η σχέση φαίνεται και στα γενικά fault trees. Η λογική των fault tree δίνει τη δυνατότητα για τον υπολογισμό της συχνότητας του κορυφαίου γεγονότος εάν είναι γνωστές οι πιθανότητες και συχνότητες των γεγονότων της βάσης. Δεν είναι όμως η κεντρική ιδέα να χρησιμοποιούνται τα fault tree για ποσοτικοποίηση. Είναι

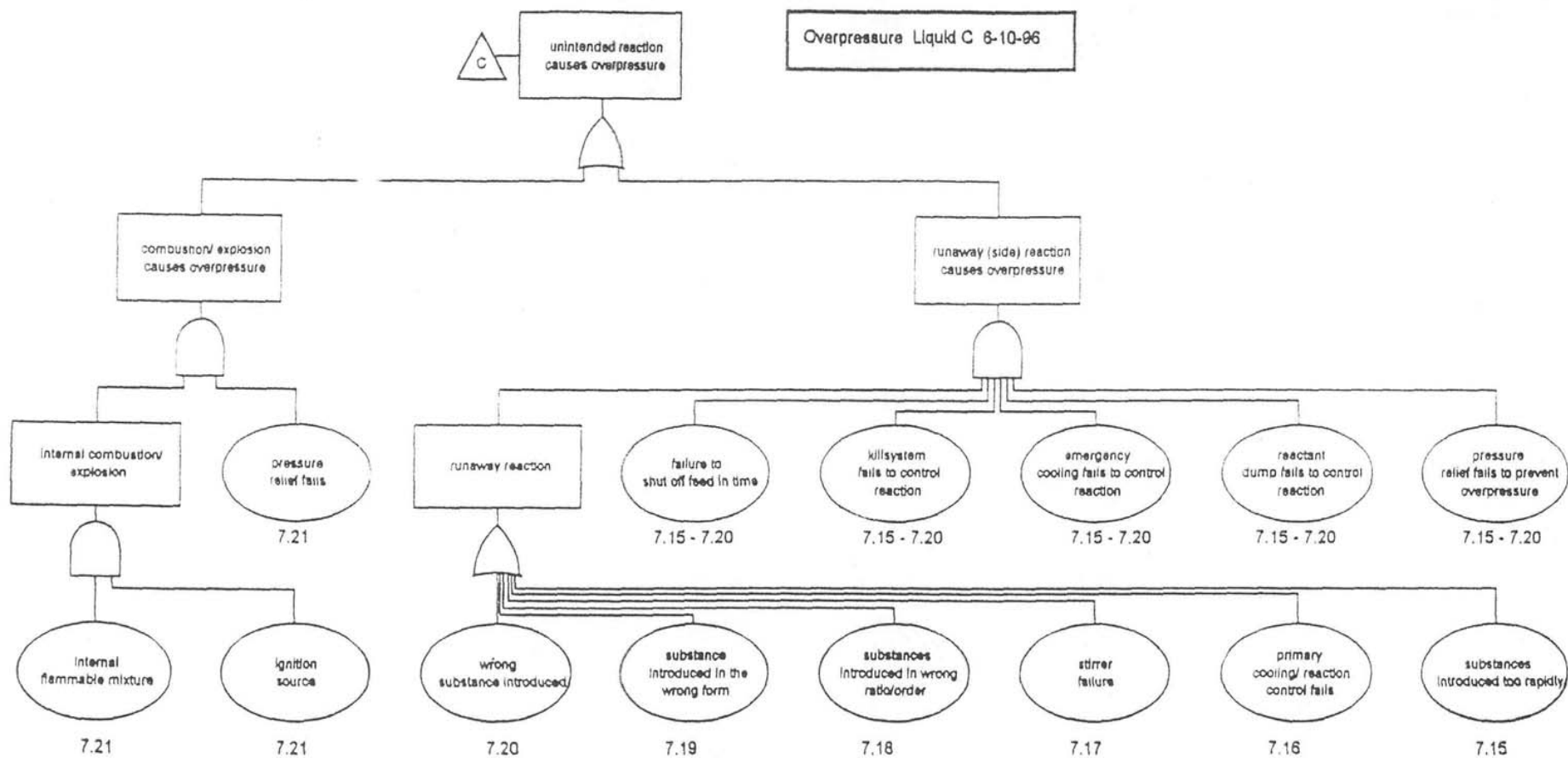


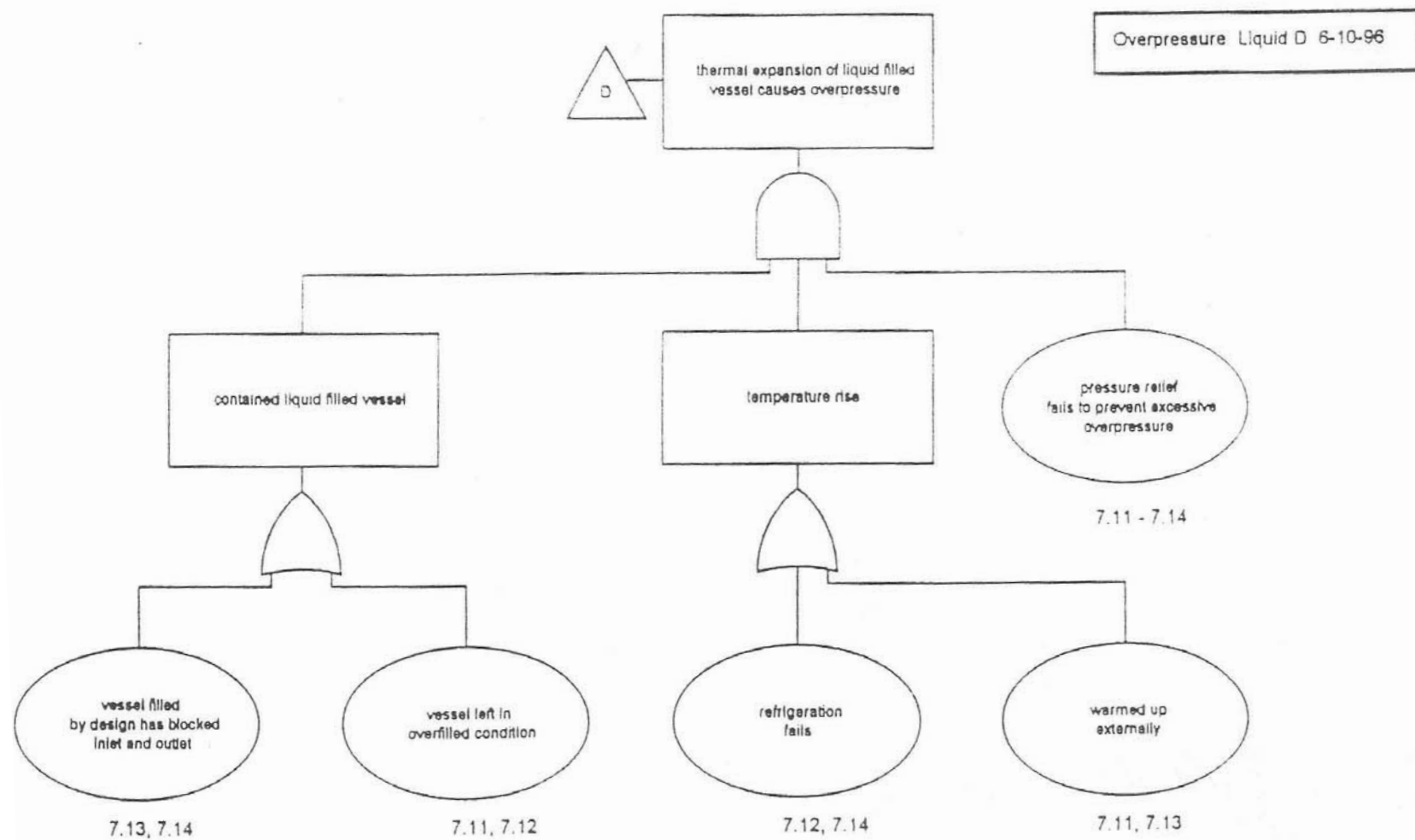
κυρίως ο ρόλος τους δεικτικός για το πόσο σημαντική είναι μια γραμμή άμυνας και το κατά πόσο διατηρείτε έτσι ώστε να διαβεβαιώνετε ότι δεν θα συμβεί κάποιο ατύχημα.

Τα fault trees κατασκευάζονται με «προς τα πίσω» λογική κάνοντας ερωτήσεις για τις αιτίες που θα μπορούσαν να προκαλέσουν το ατύχημα που περιγράφεται στο κορυφαίο γεγονός, μετά για τις αιτίες για τα υπογεγονότα κλπ. Συχνά πάνω από ένα είδος αστοχίας οδηγεί σε ατύχημα μεγάλης κλίμακας.

Στη συνέχεια παρατίθεται ένα παράδειγμα ενός τέτοιου δενδροδιαγράμματος

Σχήμα 4: Παράδειγμα δενδροδιαγράμματος, (Overpressure)





### **1.10.1 Κριτήρια εκτίμησης πιθανοτήτων.**

Ο επιθεωρητής πρέπει να μπορεί να πει πόσο καλή εκτίμηση της αξιοπιστίας έχει γίνει. Αν έχει από τη μία καλύψει όλα τα πιθανά σενάρια και αν θεωρείτε αξιόπιστος ο τρόπος με τον οποίο έχει εκτιμηθεί η αξιοπιστία.

Η εταιρεία πρέπει να είναι ξεκάθαρη για το τρόπο με τον οποίο πάρθηκαν οι αποφάσεις για την αξιοπιστία.

Για παράδειγμα, αν έχουν χρησιμοποιηθεί τα fault trees, ο έλεγχος της πληρότητας της λογική ενός ή δύο εξ αυτών, μπορεί να δείξει ότι έχουν γίνει κάποια λάθη. Αν συμβαίνει αυτό, η αξιοπιστία ολόκληρου του συστήματος ασφάλειας τίθεται υπό αμφισβήτηση.

Αυτή η προσέγγιση αποφεύγει την αναγκαιότητα να ελεγχθεί κάθε νούμερο. Είναι επομένως μια σημαντική διαδικασία.

Ακόμη ένας παράγοντας για εξέταση, είναι εάν στις γραμμές άμυνας, εμφανίζεται κάποιος κοινός τρόπος αστοχίας. Οι γραμμές άμυνας θα πρέπει να είναι ανεξάρτητες η μία από την άλλη. Κάποιοι κοινοί παράγοντες που πρέπει να ελεγχθούν είναι

- Κοινή πηγή ρεύματος
- ESD σήματα που διαχειρίζονται από έναν PLC χωρίς πλεονασμό/ ποικιλία
- Κοινός παράγοντας γήρανσης
- Κοινός χειριστής
- Κοινή συντήρηση
- Κοινή ρύπανση/ εμπόδια/ σκόνη
- Κοινό calibration αισθητήρων

- Να υπόκεινται σε κοινούς παράγοντες, λόγω εγκατάστασης, εκκίνησης ή παύσης

### **1.10.2 Εκτίμηση Επιπτώσεων**

Τα κριτήρια κινδύνου, συνήθως ισορροπούν ανάμεσα στην αξιοπιστία και τις επιπτώσεις. Όσο πιο σοβαρή είναι μια επίπτωση ενός ατυχήματος σε ένα σύστημα, τόσο πιο αξιόπιστο θέλουμε να είναι αυτό το σύστημα. Στην πράξη τα γεγονότα που αποφέρουν μεγάλες συνέπειες, είναι πιο καλά προστατευμένα από αυτά που αποφέρουν μικρότερες. Και εξ αυτού του γεγονότος, οι μεγαλύτεροι κίνδυνοι για το προσωπικό έρχονται από διαδικασίες με μικρότερες επιπτώσεις.

Μια σημαντική σκοπιά για την ανάλυση συνεπειών, είναι για την εταιρεία να εκτιμήσει ποιος θα ήταν ο αντίκτυπος για το προσωπικό εντός της εγκατάστασης, στην περίπτωση που πραγματοποιηθεί κάποιο σενάριο ατυχήματος.

Υπάρχουν κάποιο φυσικοί παράγοντες που επηρεάζουν τις συνέπειες που πρέπει να λαμβάνει υπ' όψιν η εταιρεία.

- Το ποσό περιεχομένου που θα απελευθερωθεί( ρυθμός και διάρκεια)
- Δυνατότητα εξάτμισης
- Τα ελάχιστα αποδεκτά όρια για θερμοκρασία, ακτινοβολία, τοξικότητα και υπερπίεση.
- Τα ελάχιστα αποδεκτά όρια συγκεντρώσεων

Ένας ακόμη πολύ σημαντικός παράγοντας είναι

- Εάν το ανθρώπινο δυναμικό, είναι εκτεθειμένο ή όχι.

Αυτό υπενθυμίζει τις γραμμές άμυνας ενάντια στη έκθεση που περιορίζουν τις επιπτώσεις στο προσωπικό. Στον πίνακα 1 φαίνονται κάποιες από αυτές.

Είναι καλύτερο να υπάρχει προστατευτικό σύστημα για μια ομάδα ανθρώπων, όπως το να εγκατασταθεί ένα δωμάτιο ελέγχου μακριά από την ακτίνα δράσης για

την προστασία από έκρηξη για παράδειγμα. Όπου το προσωπικό μπορεί να εκτεθεί, πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν μέτρα διαφυγής ή μέτρα για να μετριαστούν οι επιπτώσεις, όπως για παράδειγμα προστατευτικές ενδυμασίες, καθώς επίσης και η διαθεσιμότητα και προσβασιμότητα των μέτρων προστασίας. Αυτό για παράδειγμα πρέπει να περιλαμβάνει πιθανότητες εκτίμησης όπως

- συναγερμούς
- χειροκίνητο shutdown
- αποκοπή πηγών ανάφλεξης
- χρήση των διαδρομών έκτακτης ανάγκης
- πρόσβαση και χρήση προστατευτικού εξοπλισμού
- πρόσβαση του εξοπλισμού πυρόσβεσης
- η δυνατότητα να γίνουν όλα τα παραπάνω έγκαιρα

Οι γραμμές άμυνας, πρέπει να υπολογίζονται όταν εκτιμώνται οι επιπτώσεις, αλλά δεδομένης της πιθανότητας έκθεσης, όσο καλές και αν είναι οι γραμμές άμυνας, οι συνέπειες για το προσωπικό μπορεί να εμφανίζονται σε παραπάνω από μία κατηγορίες, και το ερώτημα που γεννάται είναι το πως να εκφραστεί αυτό το γεγονός με όρους επικινδυνότητας.

#### **1.10.12 Κριτήρια εκτίμησης των επιπτώσεων**

Ο επιθεωρητής πρέπει να ελέγξει εάν κατά τον υπολογισμό των επιπτώσεων η εταιρεία έχει λάβει υπ' όψιν της τα πιθανά χαρακτηριστικά μιας απώλειας περιεχομένου και τα πιθανά αποτελέσματα αυτού στο προσωπικό και στην ίδια την εγκατάσταση. Προσοχή πρέπει επίσης να δοθεί και στα μέτρα προστασίας για το προσωπικό ενάντια στην έκθεση, αλλά χωρίς μεγάλη ένταση, διότι αυτό θα κάλυπτε τα πιθανά αποτελέσματα ενός ατυχήματος που είναι πάντα υπαρκτής πιθανότητας, παρά τα μέτρα προστασίας για το προσωπικό. Το Avrim2 συγκεντρώνεται κυρίως στην αποφυγή της απώλειας περιεχομένου. Μας ενδιαφέρει κυρίως η ελαχιστοποίηση της συχνότητας απώλειας περιεχομένου.

Η ελάττωση της επικινδυνότητας μπορεί να συγκεντρωθεί σε περιοχές όπου ο κίνδυνος είναι μεγαλύτερος από τα αποδεκτά επίπεδα, μειώνοντας τις πιθανότητες

και τις επιπτώσεις. Τα αναμενόμενα μέτρα, φαίνονται στο σχήμα 4 και ένα χρονοδιάγραμμα για την ελάττωση του κινδύνου πρέπει να δίνεται για τις περιπτώσεις που ο κίνδυνος είναι εκτός των αποδεκτών περιοχών.

Στις περιπτώσεις που ο κίνδυνος είναι εκτός των αποδεκτών ορίων πρέπει να γίνεται έλεγχος συγκεντρωμένος στα μέτρα ελέγχου για την επιβεβαίωση ότι λειτουργούν κανονικά.

Επίσης, πρέπει να ταυτοποιείται το γεγονός ότι κάποιες ομάδες προσωπικού, μπορεί να είναι εκτεθειμένες σε περισσότερο κίνδυνο από ότι οι υπόλοιπες.

### **1.11 Σύστημα διαχείρισης**

Στο Avrim2 το σύστημα διαχείρισης έχει κοινή μέθοδο δράσης στις γραμμές άμυνας. Επομένως ως δράση θα μπορούσε να αυξηθεί η πιθανότητα εμφάνισης των σεναρίων, παράγοντας έτσι έναν απαράδεκτο κίνδυνο.

- Η απουσία ενός κατάλληλου συστήματος διαχείρισης, θα μπορούσε να έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του κινδύνου απώλειας περιεχομένου σε όλες τις γραμμές άμυνας.
- Ένα αδύναμο σύστημα διαχείρισης θα είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση του κινδύνου απώλειας περιεχομένου, κατά μήκος των γραμμών άμυνας που παρουσιάζονται οι αδυναμίες.
- Η παρουσία ενός ισχυρού και ομοιογενούς συστήματος διαχείρισης, θα έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση του κινδύνου κατά μήκος όλων των γραμμών άμυνας.

Το μοντέλο που υπογραμμίζει αυτή την αρχή είναι το Control and Monitoring Loop. (σχήμα 1)

Ο σκοπός του Control and Monitoring Loop είναι να παρέχει στους επιθεωρητές, υποστήριξη κατά την εκτίμηση του εάν όλα τα συστήματα είναι παρόντα και λειτουργικά.

Στο σχήμα 1, το σύστημα διαχείρισης φαίνεται στο κέντρο, του Control and Monitoring Loop.

Το αριστερό κομμάτι, έλεγχος (Control) , ελέγχει τις ανθρώπινες αποφάσεις και δράσεις που έχουν επίδραση στις γραμμές άμυνας.

Το δεξί κομμάτι, παρακολούθηση (Monitoring), είναι οι παράγοντες παρακολούθησης και διόρθωσης των διαφοροποιήσεων από τα απαιτούμενα στάνταρ για τις γραμμές άμυνας.

Η ανάλυση ατυχημάτων απώλειας περιεχομένου, δείχνει ότι η διαχείριση θα μπορούσε να είχε αποφύγει ή να διορθώσει αυτές τις διαφοροποιήσεις που προέρχονται από:

- Σχεδίαση (Design)
- Κατασκευή (Construction)
- Χειρισμό (Operation)
- Συντήρηση (Maintenance)

Αυτές οι διαχειριστικές μέθοδοι, που αποτρέπουν την εμφάνιση διαφοροποιήσεων, ομαδοποιούνται σε τέσσερις περιοχές κλειδιά

- Μελέτη επικινδυνότητας (Hazard review)
- Έλεγχος και επιθεώρηση εργασιών (Checking and supervision of tasks)
- Έλεγχοι ρουτίνας και δοκιμές (Routine inspection and testing)
- Μελέτη ανθρώπινου παράγοντα (Human factors review)

Ο συνδυασμός αυτών των μέτρων μαζί με τους παραπάνω κύκλους ζωής μας δίνουν τον παρακάτω πίνακα. Αυτές οι περιοχές καλύπτουν όλο το σύστημα διαχείρισης με όρους πιθανών πηγών ατυχήματος απώλειας περιεχομένου



**Πίνακας 4. Σημαντικές περιοχές στην διαχείριση μεγάλων κινδύνων**

	<b>HAZARD REVIEW</b>	<b>CHEKING AND SUPERVISION</b>	<b>ROUTINE INSPECTION AND CHECKING</b>	<b>HUMAN FACTOR REVIEW</b>
<b>DESIGN</b>	Σχεδίαση, κωδικοί, μελέτη επικινδυνότητας / μελέτη ασφάλειας και συνεχής ενημέρωση στα νέα γεγονότα			
<b>CONSTRUCTION</b>		Έλεγχος και επίβλεψη ότι η κατασκευή των LOD είναι σύμφωνη με τις προδιαγραφές		
<b>MAINTENANCE</b>	Εκτίμηση σφαλμάτων συντήρησης στη μελέτη επικινδυνότητας-μελέτη ασφάλειας	Επίβλεψη των ζητημάτων συντήρησης και έλεγχος των ολοκληρωμένων ενεργειών για την διαπίστωση του σωστού-ασφαλές για σχετικά LOD ζητήματα	Έλεγχος ρουτίνας και επιθεώρηση του εξοπλισμού του LOD για τη διαπίστωση της σωστής λειτουργίας του και εξακολουθητική συντήρηση κατά τις απαιτήσεις	Αναγνώριση ότι οι πιθανότητες για σφάλμα συντήρησης ελαχιστοποιούνται κατά τη συντήρηση των LOD μέσα από κατάλληλες εργονομικές διαδικασίες/ σχεδιασμό/ εκπαίδευση
<b>OPERATION</b>	Εκτίμηση σφαλμάτων χειρισμού- διαχείρισης στη μελέτη επικινδυνότητας-μελέτη ασφάλειας	Επίβλεψη και έλεγχος των ζητημάτων χειρισμού για σχετικές LOD		Αναγνώριση ότι οι πιθανότητες για σφάλμα χειρισμού ελαχιστοποιούνται κατά τη συντήρηση των LOD μέσα από κατάλληλες εργονομικές διαδικασίες/ σχεδιασμό/ εκπαίδευση

### 1.11.1 Διαδικασία για την περιγραφή του συστήματος διαχείρισης

Η εταιρεία πρέπει να δώσει περιγραφή του συστήματος διαχείρισης σύμφωνα με τα υποδείγματα του Avrim2.

Για ένα συγκεκριμένο θέμα, όπως η επιλογή και εκπαίδευση του προσωπικού που θα διεκπεραιώνει τις συντηρήσεις, πρέπει να αναφέρεται στο μοντέλο Control and Monitoring Loop, όπως:

- Ταυτοποίηση των αναγκών συντήρησης της εγκατάστασης για τον έλεγχο των κινδύνων , και των κινδύνων που σχετίζονται με την συντήρηση, όπως αναφέρονται στις γραμμές άμυνας.
- Διαθεσιμότητα του προσωπικού συντήρησης
- Επιλογή και εκπαίδευση στην πολιτική της συντήρησης
- Τα στάνταρ της επιλογής και εκπαίδευσης, κριτήρια ασφάλειας
- Ευθύνες και ανάγκες του οργανισμού για την επιλογή και εκπαίδευση του προσωπικού συντήρησης
- Επιστημοποίηση των απαιτήσεων και του περιεχομένου εκπαίδευσης ( π.χ εκπαιδευτικό εγχειρίδιο)
- Καθορισμός επιπέδου ικανοποίησης για τις διαδικασίες συντήρησης για διαφορετικές εργασίες συντήρησης.
- Υλοποίηση της εκπαίδευσης και υλοποίηση αρχείου εκπαίδευσης και επιδόσεων.
- Παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας της εκπαίδευσης, όπως αξιολόγηση της συνειδητότητας όσο αφορά τους κινδύνους, χρήση των διαδικασιών κλπ
- Σύστημα επανελέγχου της επιλογής και εκπαίδευσης του προσωπικού συντήρησης
- Προγραμματισμός ετήσιων σεμιναρίων ασφάλειας για ενημέρωση στις βελτιώσεις των στάνταρ.

### 1.11.2 Στρατηγική Επανελέγχου

Το σύστημα διαχείρισης της εταιρείας πρέπει να δίνει την δυνατότητα μιας γενικότερης άποψης για τις τέσσερις περιοχές του Control and Monitoring Loop. Όσο περισσότερη αβεβαιότητα υπάρχει για μία περιοχή για το πως λειτουργεί το σύστημα, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να χρειαστεί εμβάθυνση σε αυτή. Δεν είναι απαραίτητο να διερευνηθούν τα πάντα.

Ο σκοπός είναι να εξακριβωθεί εάν το σύστημα είναι πλήρες στις περιοχές που εμφανίζονται οι αδυναμίες. Αυτή η προσέγγιση βασίζεται στη εύρεση των ατυχημάτων μεγάλης κλίμακας που εντοπίζονται σε επικοινωνιακές αποτυχίες και που τείνουν να εκκολάπτονται στο πέραςμα του χρόνου, και μπορεί να οδηγήσουν σε παρεξήγηση μεταξύ του τρόπου με τον οποίο ο έλεγχος κινδύνων λειτουργεί και του τρόπου με τον οποίο γίνεται αντιληπτό ότι δουλεύουν.

Η στρατηγική επανελέγχου, πρέπει να γίνεται σε δύο στάδια.

1. Ένας γενικός έλεγχος της παρουσίας όλων των απαιτούμενων διαχειριστικών παραγόντων, σε ένα σύστημα διαχείρισης
2. Παραγωγή των συγκεκριμένων απόψεων που πρέπει να ακολουθούνται στην εγκατάσταση.
3. Επικύρωση της επιθεώρησης

Οι σκοποί της επικύρωσης της επιθεώρησης είναι:

1. Να εμπλουτιστούν με περισσότερες λεπτομέρειες ορισμένοι τομείς ενδιαφέροντος
2. Να εξακριβωθεί η ακρίβεια των περιγραφών στην μελέτη ασφάλειας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΟ ΥΓΡΑΕΡΙΟ

Οι εγκαταστάσεις που διαχειρίζονται υγραέριο θεωρούνται SEVESO, λόγω της εύφλεκτης φύσης του και του γεγονότος ότι η μεταφορά και αποθήκευση του γίνονται υπό πίεση. Παρακάτω περιγράφεται αναλυτικά η φύση του υγραερίου έτσι ώστε να γίνουν κατανοητοί οι κίνδυνοι που προκύπτουν από αυτό και την διαχείριση του.

### 2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το υγραέριο LPG είναι ο γενικός όρος που χρησιμοποιείται για να περιγραφούν τα υγροποιημένα αέρια που αποτελούνται κυρίως από κορεσμένους υδρογονάνθρακες ( $C_nH_{2n+2}$ ) με τρία ή τέσσερα άτομα άνθρακα ( $n=3$  και  $n=4$ ). Αυτοί οι υδρογονάνθρακες, σε συνήθεις θερμοκρασίες και ατμοσφαιρικής πίεσης, είναι αέριοι. Υγροποιούνται με αύξηση της πίεσης τους εντός κατάλληλων δεξαμενών ή με μείωση της θερμοκρασίας τους. Στην υγρή φάση, καταλαμβάνουν μόλις το 1/250 του όγκου που θα χρειαζόνταν αν τους αποθηκεύαμε ως αέρια.

Στην Ελληνική αγορά τα είδη υγραερίου που κυκλοφορούν είναι: Το εμπορικό βουτάνιο ( $C_4H_{10}$ ), το εμπορικό προπάνιο ( $C_3H_8$ ) και το μίγμα τους (περίπου 80% βουτάνιο και 20% προπάνιο). Τα χαρακτηριστικά των προϊόντων αυτών καθορίζονται από τις σχετικές ελληνικές προδιαγραφές στο ΦΕΚ 824/Β/30.8.77

Το υγραέριο σε υγρή φάση είναι άχρωμο και άοσμο, και το βάρος του περίπου ίσο με το μισό βάρος ίσου όγκου νερού. Οι ατμοί του υγραερίου είναι βαρύτεροι από τον αέρα. Το βουτάνιο έχει περίπου διπλάσιο βάρος από ίσο όγκο αέρα και το προπάνιο εμπορίου είναι περίπου μιάμιση φορά βαρύτερο από ίσο όγκο αέρα. Για το λόγο αυτό η αέρια φάση του υγραερίου «ρέει» στο έδαφος και στις αποχετεύσεις, συσσωρευόμενη στο χαμηλότερο σημείο της περιοχής. Σε συνθήκες άπνοιας κάθε συγκέντρωση υγραερίου απαιτεί αρκετό χρονικό διάστημα για να διασκορπιστεί.

Η κατ'όγκον αναλογία αέριας φάσης υγραερίου προς ατμοσφαιρικό αέρα για να υπάρξει σχηματισμός αναφλέξιμου μίγματος είναι 2% έως 10% περίπου. Η ανάφλεξη του μίγματος αυτού παρουσιάζει χαρακτηριστικά έκρηξης όταν γίνει σε περιορισμένο χώρο λόγω της ταχύτατης έκλυσης θερμικής ενέργειας (απότομη διαστολή του αέρα). Όταν το παραπάνω μίγμα υγραερίου και αέρα είναι εκτός της παραπάνω περιοχής είναι πολύ πλούσιο ή πολύ φτωχό για να αναφλεγεί. Διαρροή μικρής σχετικά ποσότητας υγρού υγραερίου μπορεί να δημιουργήσει μεγάλο όγκο αέριας φάσης και συνεπώς μεγάλο όγκο αναφλέξιμου μίγματος. Για τον έλεγχο ύπαρξης υγραερίου στον αέρα και μάλιστα σε αναφλέξιμη αναλογία χρησιμοποιούνται κατάλληλα όργανα. Επίσης, στο υγραέριο προστίθεται οσμή πριν διατεθεί στην κατανάλωση. Η οσμογόνος ουσία είναι συνήθως αιθυλομερκαπτάνη ή διμεθυλοσουλφίδιο. Με τη μέθοδο της οσμής, είναι δυνατόν να εντοπιστούν συγκεντρώσεις μικρότερες από το 1/5 του κάτω ορίου αναφλεξιμότητας (δηλ περίπου 0,4% κατ'όγκο αέρια φάση/ αέρα). Λόγω των παραπάνω ιδιοτήτων, οποιοδήποτε μίγμα υγραερίου, μπορεί να αναφλεγεί σε κάποια απόσταση από το σημείο διαφυγής και να επιστρέψει προς τα πίσω, δηλαδή προς την κατεύθυνση και μέχρι την πηγή της διαρροής.

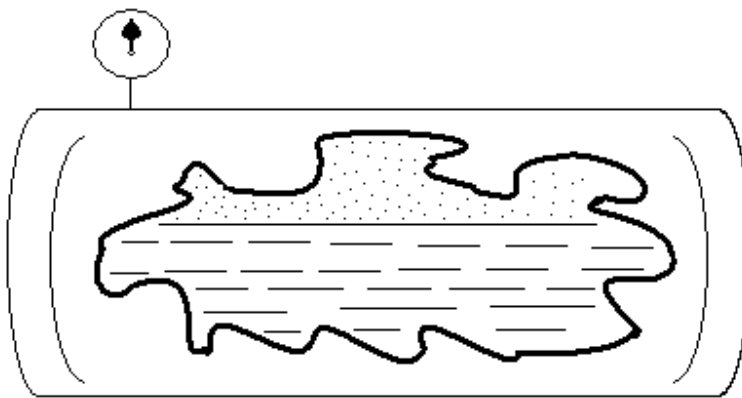
Το υγραέριο δεν είναι τοξικό. Εισπνοή μικρής ποσότητας αέριας φάσης δεν προκαλεί κανένα σύμπτωμα. Εισπνοή μεγαλύτερης ποσότητας για μικρό χρονικό διάστημα προκαλεί κάποια δυσφορία ενώ τα αποτελέσματα εισπνοής αρκετά μεγάλης ποσότητας μοιάζουν με εκείνα που προκαλεί η εισπνοή αιθυλικής αλκοόλης (οινόπνευμα). Όταν το υγρό όμως αεριοποιείται, η ψυκτική επίδραση στον περιβάλλοντα αέρα προκαλεί συμπύκνωση, ακόμα και ψύξη των υδρατμών του αέρα. Επομένως το υγραέριο μπορεί να προκαλέσει σοβαρά εγκαύματα εάν έρθει σε επαφή με το ανθρώπινο δέρμα. Οι χειριστές πρέπει να χρησιμοποιούν προστατευτικά μέσα όπως γάντια και γυαλιά.

Ένα δοχείο που περιέχει υγραέριο, ακόμα και αν εκκενωθεί μπορεί να περιέχει υγραέριο σε αέρια μορφή και μπορεί να είναι επικίνδυνο.

Στην αέρια κατάσταση το υγραέριο έχει χαρακτηριστικά που μοιάζουν με αυτά του φυσικού αερίου. Στην υγρή κατάσταση μοιάζει με τη βενζίνη, ως προς τον τρόπο

μεταφοράς, της αποθήκευσης, της μέτρησης, με τη βασική διαφορά όμως, ότι για να διατηρηθεί το υγραέριο σε υγρή κατάσταση πρέπει να βρίσκεται υπό πίεση.

Το υγραέριο σε ένα δοχείο υπάρχει συγχρόνως σε υγρή και αέρια φάση. Αν αφαιρέσουμε μία ποσότητα αέριας φάσης από το δοχείο, η πίεση θα μειωθεί και μια ποσότητα υγρής φάσης θα εξατμισθεί (εξαερωθεί) για να παραχθεί ατμός μέχρι να ξαναεπιτευχθεί ισορροπία, δηλ να αναπτυχθεί η πίεση που αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη θερμοκρασία.



Γενικά όταν σε μία δεξαμενή υγραερίου βρίσκεται υγραέριο υγρό και αέριο για μία ορισμένη θερμοκρασία θα επικρατεί και ορισμένη πίεση. Η πίεση αυτή λέγεται πίεση κεκορεσμένων ατμών ή τάση κεκορεσμένων ατμών. Οι πιέσεις αυτές είναι διαφορετικές για το προπάνιο το βουτάνιο ή τα μίγματα τους.

Επομένως, σε μία δεξαμενή με υγραέριο όπου πάντα συνυπάρχει η υγρή με την αέρια φάση (και για αυτό το λόγο ποτέ μία δεξαμενή δεν πρέπει να πληρώνεται 100% με υγρό) η πίεση μέσα στη δεξαμενή θα είναι η πίεση κεκορεσμένων ατμών για τη θερμοκρασία εκείνης της στιγμής του περιβάλλοντος, δεδομένου ότι έχει επιτευχθεί θερμική ισορροπία.

Στον παρακάτω πίνακα, αναγράφονται οι πιέσεις των κεκορεσμένων ατμών αμιγούς βουτανίου και προπανίου συναρτήσει της θερμοκρασίας.

Πίνακας 2.1

Θερμοκρασία (°C)	ΠΙΕΣΗ(bar)	
	ΒΟΥΤΑΝΙΟ	ΠΡΟΠΑΝΙΟ
0	0,1	4,0
10	0,5	5,3
20	1,2	7,0
35	2,3	11,1
45	3,5	14,5
60	5,4	20,1

Οι παραπάνω πιέσεις αφορούν καθαρό βουτάνιο ή προπάνιο. Το βουτάνιο ή προπάνιο του εμπορίου όμως δεν είναι καθαρό και για αυτό το λόγο οι πιέσεις στη πραγματικότητα είναι λίγο μεγαλύτερες από αυτές του πίνακα για τη περίπτωση του βουτανίου και λίγο μικρότερες από αυτές του πίνακα για τη περίπτωση του προπανίου. Ανάλογα κυμαίνονται και οι τιμές για το μίγμα που κυκλοφορεί στο εμπόριο.

## 2.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ

Οι αέριες καύσιμες ύλες, συνεπώς και τα υγραέρια, αποτελούν εξανειδικευμένα καύσιμα διότι είναι έτοιμα για καύση, δηλ πληρούν τις ιδεώδεις συνθήκες καύσης που. Παραθέτουμε στη συνέχεια τα συγκριτικά πλεονεκτήματα του υγραερίου έναντι των υγρών καυσίμων τα οποία κυρίως καλείται να υποκαταστήσει.

### 2.2.1 Καλύτερος ενεργειακός βαθμός απόδοσης

Η αυξημένη ενεργειακή απόδοση και συνεπώς η εξοικονόμηση ενέργειας οφείλεται στα παρακάτω.

Η έλλειψη θείου από το υγραέριο και συνεπώς η έλλειψη οξειδίων του θείου στα καυσάερια επιτρέπει τη χρήση συστημάτων ανάκτησης θερμότητας χωρίς τον κίνδυνο διαβρώσεων. Επίσης τα οξείδια του θείου είναι οι αμέσως επόμενοι πιο

σημαντικοί παράγοντες, μετά το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Οι επιφάνειες εναλλαγής θερμότητας είναι καθαρότερες απ' ότι κατά τη χρήση diesel παραγώγων λόγω έλλειψης αποθέσεων τέφρας και ενώσεων του θείου. Και συνεπώς η μετάδοση θερμότητας είναι καλύτερη. Όταν το υγρό καύσιμο βρεθεί επί αρκετό χρόνο σε περιοχές μεγάλων θερμοκρασιών χωρίς να καεί τελείως τότε σχηματίζεται εξανθράκωμα ή κατάλοιπα κωκ. Το φαινόμενο αυτό που είναι γνωστό σαν πυρόλυση (Crack) αρχίζει περίπου στους  $360^\circ\text{C}$ . Το υγρό καύσιμο αφού διασκορπιστεί, καίγεται σε αιώρηση. Κάθε σταγονίδιο του καύσιμου είναι εκτεθειμένο σε μεγάλες θερμοκρασίες που μπορούν να οδηγήσουν σε φαινόμενα πυρόλυσης και σχηματισμό κωκ αν για οποιονδήποτε λόγο το σταγονίδιο δεν έλθει επαφή με το οξυγόνο.

Η περίσσεια αέρα κατά την καύση υγραερίων είναι μικρότερη από εκείνην που απαιτείται κατά την καύση πετρελαίου, γεγονός που μειώνει τις απώλειες θερμότητας στην καπνοδόχο. Το όφελος από την αυξημένη ενεργειακή απόδοση εξαρτάται από το είδος της κατανάλωσης και γίνεται έντονα αντιληπτό σε περιπτώσεις που το κόστος του καύσιμου συμμετέχει σε μεγάλο ποσοστό στη διαμόρφωση του συνολικού κόστους της δραστηριότητας.

### **2.2.2 Άνεση στον έλεγχο και χειρισμό:**

- Παροχής ώστε αυτή να ανταποκρίνεται στη ζήτηση θερμότητας
- Μεταβολής της θερμότητας
- Επίτευξης οξειδωτικής, ουδέτερης ή αναγωγικής ατμόσφαιρας
- Μήκους και γενικότερα μορφής της φλόγας.

Γενικότερα λόγω της φύσης του το υγραέριο αναμιγνύεται πλήρως με τον αέρα καύσης και παρουσιάζει ομοιομορφία της θέρμανσης και σταθερότητα των απαιτούμενων ρυθμίσεων.



### **2.2.3 Χαμηλό κόστος διαχείρισης καύσιμου**

Η χρήση του υγραερίου ελαχιστοποιεί τα παρακάτω έξοδα που έχουν σχέση με τα υγρά καύσιμα

Προθέρμανση

Το μαζούτ, για την εύκολη τροφοδοσία του στον καυστήρα απαιτεί τρία στάδια προθέρμανσης ( με ατμό ή ηλεκτρικές αντιστάσεις)

- Στη δεξαμενή αποθήκευσης σε θερμοκρασία 30°C
- Πριν την άντληση σε θερμοκρασία 60-70 °C
- Πριν την καύση σε θερμοκρασία 130 °C

Για το υγραέριο αντίστοιχα, στις περιπτώσεις μεγάλων καταναλώσεων, χρειάζεται μόνο 100Kcal/kg για να εξαεριώσουμε την ποσότητα που απαιτείται στη μονάδα του χρόνου.

Άντληση και διασκορπισμό (εκνέφωση).

Για να γίνει η καύση των υγρών καυσίμων αποδοτικά απαιτείται η εκνέφωσή τους. Ειδικά για το μαζούτ ο διασκορπισμός είναι μηχανικός και υποβοηθείται από συμπιεσμένο αέρα ή ατμό. Τυπική κατανάλωση ατμού για εκνέφωση είναι 80-150kg ατμού ανά τόνο μαζούτ.

### **2.2.4 Χαμηλό κόστος συντήρησης του εξοπλισμού.**

Κατά την καύση των υγρών καυσίμων δημιουργούνται αποθέσεις στους καυστήρες, στις επιφάνειες εναλλαγής θερμότητας και στην καπνοδόχο, που δημιουργούν σε τακτά χρονικά διαστήματα την ανάγκη καθαρισμού και συντήρησης του εξοπλισμού για να μην πέφτει ο ενεργειακός βαθμός απόδοσης των εγκαταστάσεων και να μην επηρεάζεται η ποιότητα των προϊόντων. Κατά την καύση του υγραερίου τα παραγόμενα καυσαέρια είναι πολύ καθαρά και η απαιτούμενη συντήρηση του εξοπλισμού είναι αμελητέα κοστολογικά.

### 2.2.5 Περιβαλλοντική διάσταση

Το υγραέριο είναι σαφώς φιλικότερο προς το περιβάλλον από τα υγρά καύσιμα. Παρακάτω, παρατίθεται η Διακήρυξη που έχει υιοθετήσει η Ευρωπαϊκή Ένωση Εταιρειών Εμπορίας Υγραερίων

1. Το περιβάλλον και η προστασία του έχει εξελιχθεί σε μείζον ζήτημα με πολιτικές κοινωνικές και οικονομικές επιπλοκές. Οι κυβερνήσεις έχουν αναγνωρίσει ότι χρειάζονται νομοθετικές ρυθμίσεις για την ελαχιστοποίηση της κακοποίησης του περιβάλλοντος. Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα έχει κάνει βήματα για την εισαγωγή οδηγιών που θα επιδιώκουν τη προστασία του περιβάλλοντος
2. Τα προερχόμενα από τα πετρέλαια υδροποιημένα αέρια ( L.P.G) δηλ προπάνιο και βουτάνιο, αντιπροσωπεύουν εξαιρετικά καθαρά καύσιμα και η χρησιμοποίησή τους πρέπει να αυξηθεί στο βαθμό που η απαίτηση για μείωση της ρύπανσης της ατμόσφαιρας αυξάνεται. Πρόκειται για το καθαρότερο ορυκτό καύσιμο λόγω του ότι είναι απαλλαγμένο από όλα τα στερεά κατάλοιπα και δίνεται η δυνατότητα για σχεδιασμό συσκευών και μονάδων με πολύ υψηλούς βαθμούς απόδοσης. Με το τρόπο αυτό οι ανεπιθύμητες εκπομπές μειώνονται ακόμα περισσότερο.
3. Υπάρχουν διάφορα μείζονα περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας, η Όξινη βροχή, η καταστροφή του στρώματος του όζοντος και η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα. Η χρήση των υγραερίων μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην αντιμετώπιση όλων των παραπάνω περιβαλλοντικών επιπτώσεων, διότι κατά την καύση του παράγει σημαντικά μικρότερα ποσά ρυπαντικών ουσιών.

Τα υγραέρια, έχουν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε άνθρακα και είναι εντελώς απαλλαγμένα από ενώσεις του θείου σε σχέση με τους υγρούς υδρογονάνθρακες και τα στερεά καύσιμα και συνεπώς παράγουν λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) και καθόλου διοξείδιο του θείου ( $\text{SO}_2$ ) ανά μονάδα παραγόμενης θερμικής ενέργειας, αέριοι ρύποι που είναι κύριοι υπεύθυνοι για το φαινόμενο του θερμοκηπίου που προκαλεί την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.

Σαν εναλλακτική επίσης λύση στη θέρμανση χώρων με ηλεκτρική ενέργεια, το υγραέριο παρουσιάζει σημαντική βελτίωση στη μείωση των εκπομπών  $\text{CO}_2$  λόγω του χαμηλού βαθμού απόδοσης στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα ορυκτά καύσιμα.

Η όξινη βροχή, που έχει σαν κύριο παράγωγο τις εκπομπές διοξειδίου του θείου ( $\text{SO}_2$ ) και οξείδια του αζώτου ( $\text{NO}_2$ ) που παράγονται κατά την καύση των ορυκτών καυσίμων αποτρέπεται σε μεγάλο βαθμό με τη χρήση υγραερίου που όπως προείπαμε περιέχουν αμελητέες ποσότητες θείου και πολύ χαμηλά επίπεδα ενώσεις του αζώτου.

Η καταστροφή του στρώματος του όζοντος προκαλείται από τα CFC (χλωροφθοροάνθρακες) και τα Halon. Επομένως το υγραέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν προωθητικό αέριο στη θέση των CFC.

Όσο αφορά την ποιότητα του Ατμοσφαιρικού αέρα τα όξινα αέρια όπως το διοξείδιο του θείου και τα οξείδια του αζώτου δεν ευθύνονται μόνο για την όξινη βροχή αλλά προκαλούν και προβλήματα υγείας αν βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα. Για το λόγο αυτό και οι εκπομπές των οχημάτων είναι μεγάλο ζήτημα ειδικά στις αστικές περιοχές. Το φωτοχημικό νέφος, του οποίου το πιο σημαντικό συστατικό είναι το όζον, σχηματίζεται από τα οξείδια του αζώτου και τις πτητικές οργανικές ενώσεις που εκπέμπονται από τα αυτοκίνητα με την ταυτόχρονη παρουσία του ηλιακού φωτός. Οι υπόλοιπες επιβλαβείς εκπομπές περιλαμβάνουν το τοξικό μονοξείδιο του άνθρακα, τις ενώσεις του μολύβδου και την ιπτάμενη τέφρα.

Η σύγκριση των αέριων εκπομπών των αυτοκινήτων που καταναλώνουν βενζίνη και των προωθημένων συστημάτων καύσης υγραερίων σε σχέση με τα στάνταρτ του 1983 των ΗΠΑ δείχνουν ότι όταν χρησιμοποιούνται τα σύγχρονης τεχνολογίας συστήματα μετατροπής σε υγραεριοκίνηση, οι κινητήρες δεν ικανοποιούν απλά και μόνο εύκολα τα αυστηρά επιτρεπόμενα standard εκπομπών αλλά επιτυγχάνουν και καλύτερες επιδόσεις από τους diesel κινητήρες.

<b>Ρυπαντής</b>	<b>Standards 1983 ΗΠΑ</b>	<b>Βενζίνη (εκπομπές σε gr/km)</b>	<b>Υγραέριο</b>
CO	2.11	1.60	0.75
HC	0.25	0.17	0.12
NO	0.62	0.20	0.19

Επίσης το υγραέριο έχει το πλεονέκτημα ότι πάντοτε αποθηκεύεται και χρησιμοποιείτε σε σύστημα κλειστού κυκλώματος και δεν έχουμε απώλειες από εξάτμιση. Οι εκπομπές όμως υδρογονανθράκων λόγω εξάτμισης από την αναπνοή των δεξαμενών βενζίνης στα αντίστοιχα οχήματα, η εκτόπιση δηλ των ατμών καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται και η δεξαμενή γεμίζει, έχει σαν αποτέλεσμα να εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα σημαντικές ποσότητες πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) που δημιουργούν προβλήματα νέφους και θεωρούνται καρκινογόνες ενώσεις. Έχει υπολογιστεί ότι το 30% της συνολικής ρύπανσης από τα αυτοκίνητα οφείλεται στο παραπάνω γεγονός. Η εκπομπή ατμών βενζίνης αυξάνεται κατά τους θερινούς μήνες. Οι diesel κινητήρες λοιπόν, ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα ακόμη και όταν δεν λειτουργούν.

Σαν καύσιμο κίνησης οχημάτων το υγραέριο εξατμίζεται για να καεί σαν αέριο καύσιμο καθαρά και αμέσως με το ψυχρό ξεκίνημα, σε αντίθεση με τα υγρά καύσιμα όπως η βενζίνη, που παράγουν, ακόμα και με καταλύτη, πολύ περισσότερες εκπομπές κατά τη διάρκεια της προθέρμανσης της μηχανής από ότι κατά τη λειτουργία της στη συνέχεια.

Τέλος το υγραέριο σε συνήθεις συνθήκες περιβάλλοντος μετατρέπεται σε αέριο. Για το λόγο αυτό δεν προκαλείται μόλυνση της ξηράς ή των υδάτων σε περίπτωση διαρροής.

Εκείνο που πρέπει να σημειωθεί είναι ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, πέρα από την οικολογική διάσταση, το πρόβλημα ανάγεται και σε επίπεδο επιβίωσης κάποιων επιχειρήσεων που λειτουργούν σε ήδη βεβαρημένες περιβαλλοντικά περιοχές και

κινδυνεύουν με πρόστιμα κλπ, αν δεν πάρουν ριζικά μέτρα περιορισμού της ρύπανσης που προκαλούν.

#### **2.2.6 Αποκέντρωση ενεργειακών χρήσεων**

Το υγραέριο, λόγω κυρίως της ευχέρειας που παρέχει στο χειρισμό του και των καθαρών καυσαερίων του, μπορεί να αντικαταστήσει άλλα συστήματα έμμεσης θέρμανσης. Δηλαδή σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να καταργηθεί ο ατμός ή το ζεστό λάδι σαν θερμικό ενδιάμεσο. Με τον τρόπο αυτό αντιμετωπίζεται το εξής μειονέκτημα: Ο χαμηλός συνολικός βαθμός απόδοσης που απαρτίζεται από τους βαθμούς απόδοσης του λέβητα, του δικτύου διανομής του θερμικού ενδιάμεσου και της τελικής χρησιμοποίησης του. Έτσι ενώ η απόδοση των λεβήτων φτάνει σε ποσοστά από 70-90%, ο συνολικός βαθμός απόδοσης του συστήματος πέφτει στο 40 με 50% χαμηλότερα. Συνεπώς ένας κεντρικός ατμοπαραγωγός ή ένας λέβητας ζεστού νερού ή λαδιού μπορεί αν αντικατασταθεί από τοπική ή τοπικές μονάδες άμεσης καύσης υγραερίου, καταργώντας έτσι το θερμικό ενδιάμεσο.

#### **2.2.7 Άμεσες θερμικές χρήσεις – Ποιότητα προϊόντος.**

Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός θερμικών διεργασιών όπου γίνεται άμεση χρήση πυρός. Εκεί το υγραέριο λόγω της καθαρότητας των καυσαερίων του και της ευκολίας χειρισμού και ελέγχου του, συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας του προϊόντος, στη μείωση της ειδικής καταναλώσεως καύσιμου και στην αύξηση της παραγωγικότητας της μονωδός.

Ένα ακόμα πολύ βασικό πλεονέκτημα είναι το γεγονός της έλευσης του Φυσικού αερίου στην Ελλάδα. Ακόμα και αν το υγραέριο δεν μπορέσει να ανταγωνισθεί το φυσικό αέριο από άποψη τιμής, είναι γνωστό ότι ανά χρονικές περιόδους το δίκτυο του φυσικού αερίου δεν μπορεί να καλύψει τη ζήτηση και τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εναλλακτικό καύσιμο το υγραέριο. Η έλλειψη φυσικού αερίου θα μπορούσε να οδηγήσει στο πάγωμα κάποιας παραγωγικής διαδικασίας για όσο διάστημα η ζήτηση δεν καλύπτεται με μεγάλη οικονομική ζημία.

Όλα τα παραπάνω πλεονεκτήματα, ισχύουν και σε σύγκριση με τα στερεά καύσιμα, και σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό μάλιστα. Βέβαια οι εφαρμογές στις οποίες τα στερεά καύσιμα που μπορούν και είναι σκόπιμο να αντικατασταθούν από το υγραέριο είναι ανύπαρκτες στην Ελλάδα.

### **2.3 Μειονεκτήματα του υγραερίου σε σχέση με τα υγρά και στερεά καύσιμα.**

Ουσιαστικά το μόνο μειονέκτημα που παρουσιάζει το υγραέριο σε σχέση με τα υγρά και στερεά καύσιμα είναι ο μεγάλος λόγος C/H και κατά συνέπεια στη μεγαλύτερη περιεκτικότητα ελεύθερου άνθρακα στη φλόγα. Ο αριθμός και το μέγεθος των σωματιδίων του άνθρακα προσδιορίζουν την ικανότητα ακτινοβολίας της φλόγας. Αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν σε κάθε περίπτωση μετάβασης από άλλο καύσιμο (υγρό ή στερεό) στο υγραέριο. Διότι η μετάδοση θερμότητας κατά την καύση του υγραερίου γίνεται κύρια δια μεταφοράς και λιγότερο δια ακτινοβολίας. Οπότε σε περιπτώσεις ήδη υπάρχοντος εξοπλισμού στον οποίο το καύσιμο (υγρό ή στερεό) θερμαίνει το προϊόν κύρια δια ακτινοβολίας, θα πρέπει να υπάρχει επιφυλακτικότητα και να προηγηθεί σοβαρή μελέτη και επαφή με τον κατασκευαστή του εξοπλισμού πριν επιχειρηθεί η μετάβαση.

Τέλος, όσον αφορά την υποκατάσταση του ηλεκτρισμού από το υγραέριο οι ωφέλειες είναι προφανείς, κύρια σε ότι αφορά το συνολικό βαθμό απόδοσης των εφαρμογών και την οικονομικότητα του εγχειρήματος της μετάβασης. Στα μειονεκτήματα βέβαια θα πρέπει να συμπεριληφθεί η αντικατάσταση/μετατροπή μεγάλου τμήματος του υπάρχοντος εξοπλισμού και η τοπική επιβάρυνση του περιβάλλοντος (τοπική και όχι ολική, γιατί ας μην ξεχνάμε ότι στην Ελλάδα το ρεύμα παράγεται σε ατμοηλεκτρικούς και λιγνιτικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής).

## **2.4 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**

Το υγραέριο πλεονεκτεί σημαντικά έναντι των άλλων καυσίμων και μπορεί να καλύψει σχεδόν όλους τους τομείς χρησιμοποίησης της ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα:

### **2.4.1 Βιομηχανικός τομέας**

Ιστορικά, το κυριότερο καύσιμο για τη βιομηχανία ήταν το κάρβουνο. Κυρίως τροφοδοτούσε λέβητες για την παραγωγή ατμού που επαναχρησιμοποιείτο για τη παραγωγή ισχύος( σε ατμοστρόβιλους) ή σαν πηγή θερμότητας. Εφαρμογή επίσης βρήκε σε παραγωγικές διαδικασίες που απαιτούσαν υψηλές θερμοκρασίες οπότε χρησιμοποιείτο για απευθείας θέρμανση (π.χ. τσιμεντοβιομηχανία) ή για έμμεση πρόσδοση θερμότητας όταν το προϊόν δεν έπρεπε να έρθει σε επαφή με τα προϊόντα της καύσης του κάρβουνου.

Όταν αργότερα έγινε δυνατή η χρήση των βαρέων κλασμάτων πετρελαίου (μαζούτ), το κάρβουνο ήταν εύκολο να αντικατασταθεί γιατί η σύσταση των καυσαερίων ( τέφρα  $SO_x$  ,  $NO_x$  ,και άκαυστοι HC) είναι παρόμοιες. Ένα πλεονέκτημα βέβαια του μαζούτ είναι η υγρή κατάσταση και η μικρότερη περιεκτικότητά του σε τέφρα.

Στις μικρότερες βιομηχανίες υπήρχε μία τάση να χρησιμοποιούνται ελαφρότερα κλάσματα του πετρελαίου (diesel) αν και τα καύσιμα αυτά είναι συνήθως πιο ακριβά ανά θερμίδα από το κάρβουνο και το μαζούτ. Η χρήση του ηλεκτρισμού σαν πηγή θερμότητας υπήρξε ανέκαθεν περιορισμένη στη βιομηχανία.

Όταν το υγραέριο άρχισε να διεισδύει στην Ελληνική αγορά αντικατέστησε στις περισσότερες περιπτώσεις το diesel και τις βενζίνες ( κυρίως για λόγους άμεσα οικονομικούς). Ο ανταγωνισμός με το κάρβουνο και το μαζούτ είναι διαφορετικής φύσεως. Το κάρβουνο και το μαζούτ χρησιμοποιούνται κυρίως σε λέβητες για την παραγωγή ατμού που είναι ένας καθαρός φορέας ενέργειας, μπορεί εύκολα να μεταφερθεί, να διανεμηθεί και να χρησιμοποιηθεί. Η χρήση του κάρβουνου και του μαζούτ δεν είναι δυνατή στις περισσότερες άμεσες εφαρμογές.

Αν το υγραέριο πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για ατμοπαραγωγή έχει μερικά αλλά περιορισμένα πλεονεκτήματα έναντι του μαζούτ και του κάρβουνου όπως:

Ένας λέβητας υγραερίου είναι οικονομικότερος από τους αντίστοιχους λέβητες για κάρβουνο ή μαζούτ

- Η αναλογία αερίου/ αέρα μπορεί να ελεγχθεί ευκολότερα
- Τα καυσαέρια μπορούν να απαχθούν σε χαμηλότερη θερμοκρασία( λόγω της απουσίας  $\text{SO}_2$ ) γεγονός που συνεπάγεται μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης.
- Ελαχιστοποίηση του κόστους συντήρησης(κυρίως καθαρισμού).
- Παραμένουν όλα τα μειονεκτήματα που υπάρχουν σε ένα σύστημα ατμού , που είναι δαπανηρό και έχει συχνά υψηλές ενεργειακές απώλειες.

Η υπεροχή του υγραερίου βρίσκεται στην ίδια του τη φύση (αέρια) άρα μπορεί εύκολα και οικονομικά να διανεμηθεί στα σημεία χρήσης και όντας ένα καθαρό καύσιμο τα καυσαέρια του μπορούν συχνότατα να χρησιμοποιηθούν άμεσα χωρίς την ανάγκη ύπαρξης του καθαρού ενδιάμεσου (του ατμού). Σε αυτές τις περιπτώσεις η υπεροχή του υγραερίου έναντι του μαζούτ και του κάρβουνου είναι σαφής.

Τα καυσαέρια του υγραερίου είναι τόσο καθαρά που σπάνια δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άμεση πρόσδοση θερμότητας (με απευθείας επαφή). Όπου βέβαια επιτρέπονται και τα καυσαέρια του μαζούτ και του κάρβουνου, το μόνο πιθανό πλεονέκτημα είναι η βελτιωμένη ποιότητα του προϊόντος (π.χ. αναθέρμανση χαλύβων)

Το υγραέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη βιομηχανία σαν πηγή θερμικής ενέργειας, είτε σε έμμεσες θερμικές χρήσεις είτε σε άμεσες. Σε θερμικές χρήσεις που έχουμε έμμεση πρόσδοση θερμότητας, η ενέργεια που παράγεται κατά την καύση μεταφέρεται με ενδιάμεσα θερμιδοφόρα ρευστά στις διάφορες καταναλώσεις που υπάρχουν στη βιομηχανική μονάδα. Συνεπώς έχουμε κάποιους λέβητες που παράγουν ατμό ή ζεστό λάδι σε υψηλή θερμοκρασία τα οποία στη συνέχεια διοχετεύονται στη τελική χρήση.



Τα θερμιδοφόρα ρευστά συνήθως χρησιμοποιούνται ως εξής:

Υπέρθερμος ατμός: Ζωντανός ατμός για τροφοδότηση στροβίλων

Κορεσμένος ατμός: Διάφορες παραγωγικές διαδικασίες είτε μέσω εναλλακτών είτε ζωντανός ατμός

Ζεστό νερό: Θέρμανση χώρων και θερμικές εναλλαγές για κάποιες παραγωγικές διεργασίες

Ζεστό λάδι ή άλλα οργανικά: Θέρμανση σε υψηλές θερμοκρασίες

Λέβητες Θέρμανσης χώρων και παραγωγής ζεστού νερού χρήσης υπάρχουν σε όλες σχεδόν τις βιομηχανίες. Σε πολλές επίσης υπάρχει έμμεση κατανάλωση ενέργειας και στην παραγωγική διαδικασία.

Ατμός Θέρμανσης συχνά απαιτείται στις βιομηχανίες τροφίμων και ποτών( για αποστείρωσεις, θέρμανση πρώτων υλών, ξήρανση κλπ) στην κλωστοϋφαντουργία (στα βαφεία υφασμάτων, παραγωγή συνθετικών ινών κλπ) στις βιομηχανίες καπνού (στην ξήρανση των φύλλων) χημικών προϊόντων(στην παραγωγή χρωμάτων, συνθετικών ρητινών, φαρμακευτικών προϊόντων) χαρτιού, πλαστικών κλπ.

Όταν κάνουμε άμεση θερμική χρήση, η καύση συντελείτε στους χώρους τελικής κατανάλωσης της ενέργειας. Αυτές οι χρήσεις ( άμεσες) είναι συνήθως ενεργοβόρες και αναφέρονται στις βιομηχανίες μετάλλων (κλίβανοι τήξης, ανόπτησης, βαφής κλπ) γυαλιού (κλίβανοι παραγωγής γυαλιού) οικοδομικών υλικών (παραγωγής τούβλων, κεραμικών, μεταλλικών κατασκευών) ηλεκτρικών συσκευών και σε διάφορες βιομηχανίες για εξειδικευμένες ξηράνσεις ή ψήσιμο (βιομηχανίες τροφίμων κλπ)

Γενικά οι βιομηχανίες που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον σαν καταναλωτές υγραερίου μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

### **Βιομηχανίες Ειδών Διατροφής - Αγροτικές επιχειρήσεις**

Γάλα	Ξήρανση Δημητριακών
Τυροκομικά	Μούστους
Σφαγεία	Λάδια
Αλλαντοποιεία	Ζάχαρη
Ζωοτροφές	Άλευρα
Πτηνοτροφεία	Μεγάλοι φούρνοι
Κονσερβοποιεία	Ζαχαροπλαστική
Ζυμαρικά	Παγωτά
Σοκολάτες	Καταψύκτες
Έτοιμα φαγητά	

### **Βιομηχανίες Ποτών**

Χυμοί  
Αεριούχα ποτά  
Κρασιά  
Οινοπνευματώδη

### **Βιομηχανίες τσιγάρων**

Διαλογή  
Ξήρανση  
Ανάμιξη  
Συσκευασία

### **Βιομηχανίες τσιγάρων**

Διαλογή  
Ξήρανση  
Ανάμιξη  
Συσκευασία

### **Βιομηχανίες Υφασμάτων –Κλωστοϋφαντουργίας**

Πλεκτήρια  
Παραγωγή τιλμάτων, υποπροϊόντων βάμβακος και κλωστοϋφαντουργίας  
Νήματα υφαντουργίας και πλεκτικής

Κουβέρτες, μοκέτες χαλιά  
Ακρυλικά και πολυεστερικά υφάσματα  
Σύμμεικτα υφάσματα, καμβάδες, κουρτίνες  
Τυποβαφία υφασμάτων  
Κάλτσες, καλσόν  
Εκκόκκιση βαμβακιού  
Βαφεία, φινιριστήρια

#### **Βιομηχανίες ξύλου και φελλού- Επιπλοποιία**

Καπλαμάδες και πλάκες για έπιπλα  
Μοριοσανίδες, πριστή ξυλεία  
Ξύλινες επενδύσεις  
Ξυλότυποι, κόντρα πλακέ, ινοσανίδες, πλακάτ, νοβοπάν, μελαμίνη  
Παρκέτα, ξύλινα κιβώτια, παλέτες κλπ

#### **Βιομηχανίες χάρτου και ειδών από χαρτί**

Χαρτοκιβώτια, χαρτομάζα, χαρτόσακοι  
Κυτιοποιία  
Χαρτοπετσέτες, χαρτί υγείας, βρεφικές πάνες, σερβιέτες  
Τετράδια, φάκελοι κλπ

#### **Βιομηχανίες Εκτυπώσεων και Εκδόσεων – Γραφικές Τέχνες**

Λιθογραφικές εκτυπώσεις	Βαθυτυπία
Offset	Μεταξοτυπικές εκτυπώσεις
Φωτοστοιχειοθεσία	Φλεξογραφία κλπ

#### **Βιομηχανίες δέρματος και γούνας**

Βυρσοδεψία, δέρματα και γούνες, γάντια, τσάντες, είδη υπόδησης, ένδυσης κλπ

#### **Βιομηχανίες Πλαστικών και Ελαστικού**

Πλαστικά οικιακής χρήσεως  
Πολυεστερικές κατασκευές

Είδη από PVC, πολυαιθυλένιο, πολυπροπυλαίνιο, πολυστερίνη  
Ελαστικά κλπ

### **Χημικές Βιομηχανίες**

Φαρμακευτικά, καλλυντικά, απορρυπαντικά, μπογιές, φυτοφάρμακα.  
Λιπάσματα, κόλλες, βιομηχανικά αέρια, σαπουνία, ειδικές χημικές ουσίες κλπ

### **Βιομηχανίες μη Μεταλλικών Ορυκτών**

Τούβλα, κεραμίδια, πυρότουβλα, πλάκες

### **Βιομηχανίες Αντικειμένων από Μέταλλο**

Χυτήρια αλουμινίου, ορειχάλκου, γαλβανηστήρια, μεταλλικά σκεύη κουζίνας κλπ

## **2.4.2 ΕΜΠΟΡΙΚΟΣ/ ΒΙΟΤΕΧΝΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ**

Στον εμπορικό τομέα το υγραέριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση χώρων, παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, μαγείρεμα και άλλες εξειδικευμένες χρήσεις

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης υγραερίου στον εμπορικό τομέα είναι τα παρακάτω:

1. Οι συσκευές και οι χώροι όπου γίνεται χρήση του υγραερίου είναι καθαροί.  
Τα έξοδα και οι χρόνοι συντήρησης των συσκευών ελαχιστοποιούνται.
2. Αποκεντρώνονται οι ενεργειακές χρήσεις
3. Προστατεύεται το περιβάλλον
4. Στον τομέα αυτό εντάσσονται μεταξύ άλλων οι παρακάτω καταναλωτές που έχουν ενδιαφέρον στον Ελλαδικό χώρο.

### **Νοσοκομεία**

Υποκαθιστά κυρίως το diesel και τον ηλεκτρισμό στη θέρμανση χώρων, παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, μαγείρεμα, πλύσιμο μαγειρικών σκευών, πλύσιμο στέγνωμα σιδέρωμα ιματισμού.

### **Αρτοποιεία, εργαστήρια αρτοσκευασμάτων και ζαχαροπλαστικής**

Υποκαθιστά το diesel και τον ηλεκτρισμό στο ψήσιμο ψωμιού και το μαγείρεμα

### **Εκπαιδευτικά ιδρύματα**

Υποκαθιστά το diesel και τον ηλεκτρισμό στη θέρμανση χώρων και τα εργαστήρια

### **Μεγάλοι χώροι, χώροι αναψυχής**

Υποκαθιστά το diesel και τον ηλεκτρισμό στη θέρμανση χώρων, το μαγείρεμα και το πλύσιμο των μαγειρικών σκευών

### **Καθαριστήρια, πλυντήρια, στεγνωτήρια**

Υποκαθιστά το diesel και τον ηλεκτρισμό στο πλύσιμο στέγνωμα σιδέρωμα ρούχων

### **Αθλητικά κέντρα**

Υποκαθιστά το diesel και τον ηλεκτρισμό στη θέρμανση χώρων, παραγωγή ζεστού νερού χρήσης και ενδεχομένως θέρμανση νερών κολυμβητηρίων.

### **Βαφεία αυτοκινήτων**

Υποκαθιστά το diesel και τον ηλεκτρισμό στους φούρνους βαφής (συσκευές υπέρυθρων ακτίνων)

### **Θερμοκήπια**

Η χρήση υγραερίου είναι ιδιαίτερα ελκυστική στα θερμοκήπια διότι εκτός από τα γνωστά πλεονεκτήματα που ισχύουν στις περισσότερες περιπτώσεις δίνει και τη δυνατότητα εμπλουτισμού του αέρα με διοξείδιο του άνθρακα.

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : Περιγραφή εγκατάστασης ΠΕΤΡΟΓΚΑΖ ΧΑΝΙΩΝ**

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η εγκατάσταση της Πετρογκάζ Χανίων και οι εργασίες που λαμβάνουν χώρα εντός της. Επίσης μελετώνται γενικά ο τρόπος και οι αναγκαίες συνθήκες που απαιτούνται για το ατύχημα της έκρηξης, λόγω διαρροής υγραερίου και παρουσίας σπινθήρα

#### **3.1 Γενικά**

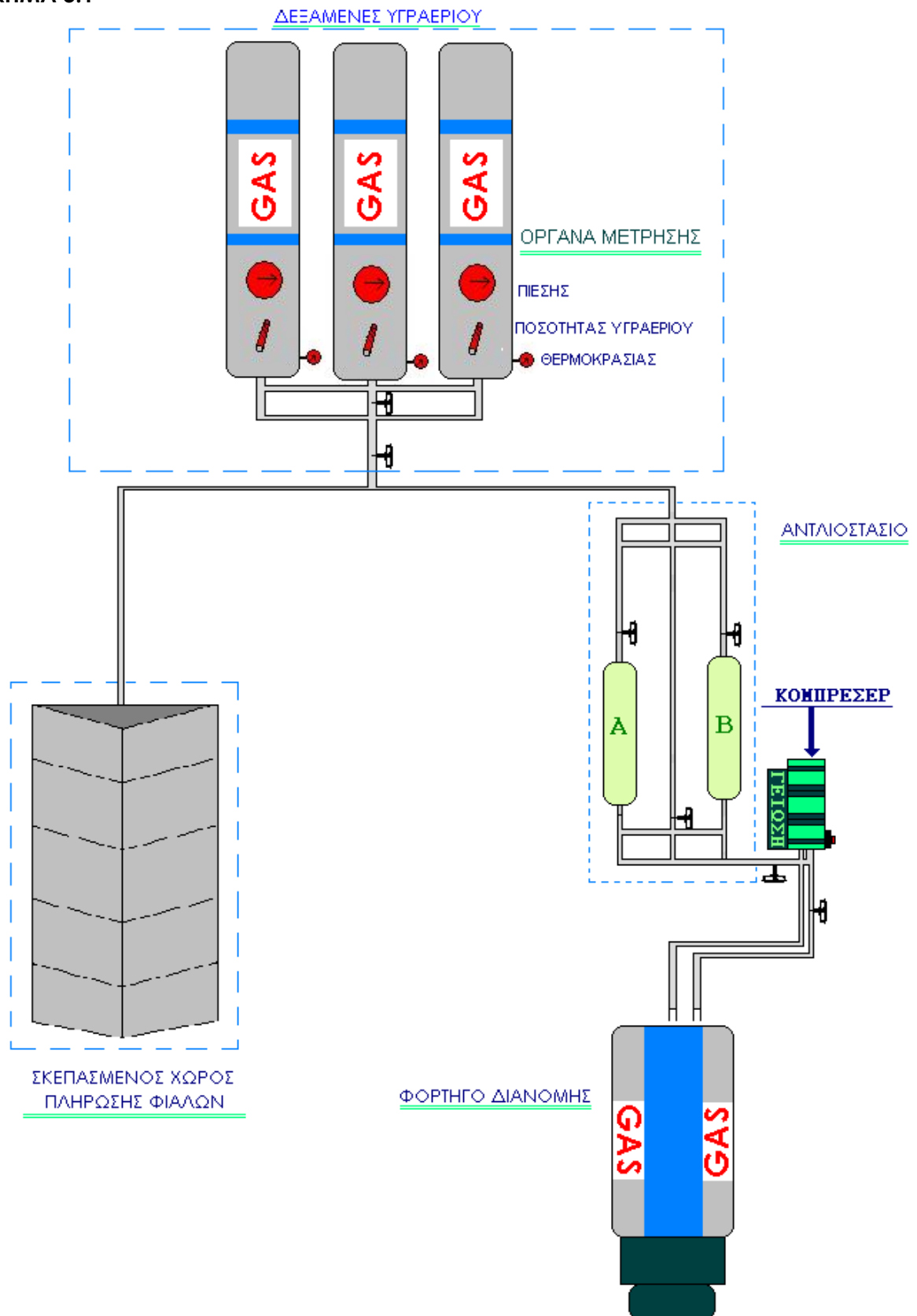
Η εγκατάσταση της ΠΕΤΡΟΓΚΑΖ Α.Ε. βρίσκεται στην Αγία Κυριακή Χανίων 2.5 περίπου χιλιόμετρα βορειοανατολικά της πόλης των Χανίων. Ο σκοπός της εγκατάστασης είναι η αποθήκευση, εμφιάλωση και διακίνηση υγραερίου υπό πίεση και θερμοκρασία περιβάλλοντος (Liquefied Petroleum Gas - LPG under pressure) και συγκεκριμένα υγραέριο μίγμα (ονομαστικής μέσης σύνθεσης 10% προπάνιο-  $C_3H_8$ , 90% βουτάνιο  $C_4H_{10}$ ) και εμπορικό προπάνιο. Η αποθήκευση, εμφιάλωση και διακίνηση υγραερίου εξυπηρετεί τις βιομηχανικές, εμπορικές και οικιστικές ανάγκες σε υγραέριο της Δυτικής Κρήτης, Νομού Χανίων και Ρεθύμνου. Δεν υπάρχει άλλη εγκατάσταση αποθήκευσης και διακίνησης υγραερίου στη Δυτική Κρήτη. Η ετήσια ποσότητα διακίνησης υγραερίου από την εγκατάσταση είναι περίπου 3000 τόνοι (MT).

Το υγραέριο παραλαμβάνεται περίπου 2 φορές το μήνα με πλοίο της εταιρείας μέσω αγωγού και αποθηκεύεται σε 3 οριζόντιες κυλινδρικές δεξαμενές, συνολικής χωρητικότητας 399 m<sup>3</sup> (148, 148 και 102 m<sup>3</sup>). Το προπάνιο αποθηκεύεται κατά περιόδους (όποτε υπάρχει ζήτηση) στη μικρότερη δεξαμενή. Η εμφιάλωση πραγματοποιείται στο εμφιαλωτήριο της εγκατάστασης σε φιάλες 0.5, 2, 3, 3.5, 10, 13, 14, και 25 kg με μέγιστη δυναμικότητα 3.5 MT/ώρα. Η διακίνηση υγραερίου με ειδικό βυτιοφόρο της εταιρείας (χωρητικότητας 11 τόνων) καλύπτει μερικώς τις εμπορικές χρήσεις στη Δυτική Κρήτη και η πλήρωση του βυτιοφόρου λαμβάνει χώρα στην εγκατάσταση με μέση συχνότητα 15 φορές το μήνα.

Η εγκατάσταση απασχολεί μόνιμο προσωπικό 7 άτομα με πλήρη και συνεχή απασχόληση.

Στο σκαρίφημα που ακολουθεί φαίνεται αναλυτικά η διάταξη της εγκατάστασης:

**ΣΧΗΜΑ 3.1**



Οι **δεξαμενές υγραερίου** οι οποίες είναι οι αποθηκευτικές μονάδες της εγκατάστασης. Επάνω σε κάθε δεξαμενή, υπάρχουν τρία όργανα από τα οποία παίρνουμε ενδείξεις για την πίεση του υγραερίου εντός της δεξαμενής, για την θερμοκρασία του καθώς και για τη ποσότητα του υγραερίου που περιέχεται στη δεξαμενή. Από τις δεξαμενές, ξεκινά συνδεσμολογία με όλο τον υπόλοιπο χώρο, αφού αποτελούν και τον αποθηκευτικό χώρο του καυσίμου για την εγκατάσταση.



Οι δεξαμενές συνδέονται με το στεγασμένο αντλιοστάσιο στο οποίο συνδέεται το φορτηγό διανομής για τον ανεφοδιασμό του. Μέσα στο αντλιοστάσιο υπάρχουν δύο αντλίες η Α και η Β καθώς και ο πίνακας ελέγχου που θέτει τις αντλίες σε λειτουργία. Χρησιμοποιούνται για τη διακίνηση καυσίμου στην εγκατάσταση. Χρησιμοποιείτε κυρίως η αντλία Α ενώ η Β έχει κυρίως εφεδρικό ρόλο. Όταν είναι σε λειτουργία η αντλία, θέτει σε κίνηση το αέριο με φορά από την δεξαμενή στο όχημα. Για την λειτουργία της αντλίας απαιτείτε η κατανάλωση καυσίμου (diesel).

Εξωτερικά αυτού υπάρχει σύστημα κομπρεσέρ (συμπιεστή) το οποίο και χρησιμοποιείτε κατά κύριο λόγο για την εργασία του ανεφοδιασμού του φορτηγού. Το κομπρεσέρ αφαιρεί τον ατμοσφαιρικό αέρα μέσα από το όχημα, και λόγω της διαφοράς πίεσεως, το υγραέριο κυκλοφορεί με προορισμό το όχημα, γεμίζοντας το. Και το κομπρεσέρ καταναλώνει καύσιμο.



Ο δεύτερος τρόπος προτιμάτε έναντι του πρώτου. Αυτό γιατί ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι αυτός ο οποίος συμπιέζεται μέσα στις σωληνώσεις για να κυκλοφορήσει ενώ το υγραέριο κυκλοφορεί αβίαστα. Έτσι, σε περίπτωση εμπλοκής είτε διακόπτη είτε του ίδιου του κομπρεσέρ, αυτό που θα απελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα θα είναι αέρας και η κυκλοφορία υγραερίου απλά θα σταματήσει. Ενώ με τον πρώτο τρόπο, ο υγραέριο θα προσπαθήσει να διαφύγει, αποσκοπώντας σε εκτόνωση, με πιθανότητα ατυχήματος αν αποτύχουν τα ενδιάμεσα μέτρα ασφαλείας.

Από το αντλιοστάσιο απολήγουν δύο ελεύθερες σωλήνες (όχι άκαμπτες μεταλλικές όπως της υπόλοιπης εγκατάστασης, αλλά εύκαμπτες) οι οποίες συνδέονται με το πίσω μέρος του φορτηγού.

Υπάρχει επίσης κατάλληλη συνδεσμολογία με τις δεξαμενές με το δίκτυο πλήρωσης φιαλών, στο οποίο ως προς τη συνδεσμολογία με τις δεξαμενές, ισχύουν τα παραπάνω, με τη διαφορά ότι το υγραέριο κινείται σε δίκτυο σωληνώσεων πληρώνοντας πολλαπλό αριθμό φιαλών κάθε φορά .

### **3.2 Διαχωρισμός Εργασιακών Χώρων και Θέσεων Εργασίας**

Ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή και καταγραφή αφενός ολόκληρης της παραγωγικής διαδικασίας και αφετέρου των επιμέρους εργασιών ανά θέση εργασίας.

Οι μονάδες της εγκατάστασης έχουν χωριστεί σε διακριτά τμήματα και συστήματα όπου λαμβάνουν χώρα οι εργασίες που σχετίζονται με τις συσκευές και τα συστήματα σε κάθε τμήμα και μονάδα. Τα τμήματα που έχουν αναγνωρισθεί είναι τα εξής :

- 1. Δεξαμενές αποθήκευσης**
- 2. Εμφιαλωτήριο (φόρτωση / εκφόρτωση φιαλών-εμφιάλωση-ζύγιση-έλεγχος)**
- 3. Κτίριο διοίκησης και προσωπικού**
- 4. Τροφοδοσία υγραερίου από πλοίο (Προβλήτα)**
- 5. Φόρτωση Βυτιοφόρου οχήματος – Αντλιοστάσιο – Τροφοδοσία  
εμφιαλωτηρίου**
- 6. Βοηθητικά συστήματα**
- 7. Είσοδος – έξοδος (Δίοδοι κινδύνου)**
- 8. Υπαίθριοι / ημιυπαίθριοι αποθηκευτικοί χώροι – ακάλυπτοι χώροι**
- 9. Συνεργείο – άλλοι αποθηκευτικοί χώροι**

Συνολικά στην εγκατάσταση Χανίων έχουν αναγνωρισθεί 20 διακριτές θέσεις εργασίας πώς αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα.

A/A	ΘΕΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ
1	Δεξαμενές υγραερίου LPG
2	Ράμπα παραλαβής -εκφόρτωσης άδειων φιαλών
3	Γεμιστήρια (Ζυγοί) φιαλών 10 και 25 kg
4	Συσκευές ελέγχου (Τοποθέτηση τάπας, Βούτα)
5	Ράμπα φόρτωσης γεμάτων φιαλών σε φορτηγά
6	Γραφεία (διοίκηση)
7	Χώρος Προσωπικού (αποδυτήρια, κουζίνα, φυλάκιο)
8	Αποθήκη ανταλλακτικών -εξαρτημάτων
9	Προβλήτα / Σύνδεση Αγωγού - Πλοίου
10	Φόρτωση Βυτιοφόρου, Αντλιοστάσιο LPG
11	Συντήρηση Εξοπλισμού
12	Συντήρηση Χώρων
13	Περίμετρος Εγκατάστασης (Φύλακας)
14	Υπαίθρια Αποθήκη φιαλών
15	Χώρος στάθμευσης φορτηγών όπισθεν του εμπορευτηρίου
16	Χώρος στάθμευσης οχημάτων Ι.Χ.
17	Καθαριότητα χώρων με μάνικα νερού.
18	Χώρος επισκευής φιαλών
19	Κεντρική Αποθήκη αναλώσιμων
20	Γεμιστήριο μικρών φιαλών (0.5, 2, 3, 3.5 kg), Μετάγγιση ελαττωματικών φιαλών

Όλες οι θέσεις εργασίας της εγκατάστασης διακρίνονται ανάλογα με το είδος της εργασίας, το τμήμα που λαμβάνει χώρα η εργασία και τις συσκευές, υλικά και συστήματα που συμμετέχουν στην εκτέλεση των απαραίτητων εργασιών σε κάθε θέση.

### 3.3 Περιγραφή Εργασιών

Στην ενότητα αυτή πραγματοποιείται συνοπτική περιγραφή των εργασιών που λαμβάνουν χώρα στην εγκατάσταση.

#### 3.3.1 Δεξαμενές Αποθήκευσης

Η πρώτη θέση εργασίας αναγνωρίζεται στο χώρο όπου είναι εγκατεστημένες οι δεξαμενές αποθήκευσης και σχετίζεται με όλες εκείνες τις τακτικές και περιστασιακές εργασίες που πραγματοποιούνται στο τμήμα αυτό της εγκατάστασης.

Στην εγκατάσταση υπάρχουν 3 οριζόντιες κυλινδρικές δεξαμενές αποθήκευσης 148.33, 148.05 και 102.45 m<sup>3</sup> που λειτουργούν σε πίεση 2.5-8 barg και θερμοκρασία περιβάλλοντος. Τα κατασκευαστικά δεδομένα των δεξαμενών συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Δεξαμενές Εγκατάστασης	Τύπος	Κατασκευαστής	Διαστάσεις
ΔΕΞ 1	Οριζόντια κυλινδρική με ημισφαιρικούς πυθμένες	MARIO MARALDI S.N. 1509	Ολικό μήκος: 17700mm Διάμετρος: 3400mm
ΔΕΞ 2	Οριζόντια κυλινδρική με ημισφαιρικούς πυθμένες	MARIO MARALDI S.N. 1511	Ολικό μήκος: 17700mm Διάμετρος: 3400mm
ΔΕΞ 3	Οριζόντια κυλινδρική με ημισφαιρικούς πυθμένες	MARIO MARALDI S.N. 1512	Ολικό μήκος: 17700mm Διάμετρος: 2800mm

Η απόσταση μεταξύ των δεξαμενών είναι ίση με μία διάμετρο. Οι δεξαμενές είναι εγκατεστημένες στο βόρειο τμήμα του πεδίου και είναι εξοπλισμένες με ασφαλιστικές βαλβίδες ανακούφισης που ανοίγουν όταν η πίεση στις δεξαμενές ξεπεράσει το ανώτερο όριο των 12 barg για τις δεξαμενές των 148 m<sup>3</sup> και 18 barg για τη δεξαμενή των 102 m<sup>3</sup>.

Η μέτρηση της στάθμης του υγρού γίνεται με σύστημα μετρητικών βεργών. Κατασκευαστικά στοιχεία και άλλες λεπτομέρειες για τις δεξαμενές (π.χ. μέγιστη

πίεση αντοχής, πάχος και είδος ελάσματος, χρονολογία κατασκευής, πρότυπα κατασκευής κλπ) όπως και στοιχεία πιστοποίησης υδραυλικών δοκιμών είναι διαθέσιμα από την εταιρία.

Στο χώρο των δεξαμενών εργάζεται μόνο ειδικευμένο προσωπικό που εκτελεί

**περιστασιακά** τις εξής εργασίες:

- χειρισμός βανών / βαλβίδων
- έλεγχος στάθμης
- συντήρηση δεξαμενών / σωληνώσεων
- συντήρηση δικτύου υγραερίου
- συντήρηση πυροσβεστικού δικτύου
- δειγματοληψία
- ενυδάτωση

### **3.3.2 Εμφιαλωτήριο (Φόρτωση/Εκφόρτωση Φιαλών-Εμφιάλωση-Ζύγιση-Έλεγχος)**

Ο εργασιακός χώρος του εμφιαλωτηρίου παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον εφόσον σε αυτόν διενεργείται η πλειοψηφικά των εργασιών που σχετίζονται με την παραλαβή, την πλήρωση και τον έλεγχο των φιαλών.

Ο χώρος του εμφιαλωτηρίου αποτελείται από οκτώ (8) σημεία εμφιάλωσης. Τα σημεία εμφιάλωσης είναι στατικοί ζυγοί πάνω στους οποίους οι χειριστές τοποθετούν τις φιάλες προς πλήρωση. Οι έλεγχοι που γίνονται για τυχόν διαρροές στις φιάλες είναι δύο. Ο πρώτος αφορά τον έλεγχο διαρροής από τις στρόφιγγες των φιαλών με την τοποθέτηση σαπουνάδας και ο δεύτερος την εμβάπτιση των φιαλών σε ειδική δεξαμενή με νερό (Βούτα).

Στο χώρο του εμφιαλωτηρίου εργάζεται μόνο ειδικευμένο προσωπικό που εκτελεί τακτικά τις εξής εργασίες:

- παραλαβή άδειων φιαλών από φορηγό
- τοποθέτηση στη ράμπα παραλαβής άδειων φιαλών (εισόδου)

- έλεγχος άδειων φιαλών
- γέμισμα - ζύγιση
- έλεγχος γεμάτων φιαλών
- τοποθέτηση στη ράμπα παράδοσης γεμάτων φιαλών (εξόδου)
- παράδοση γεμάτων φιαλών
- καθαρισμός / housekeeping

### **3.3.3 Κτίριο Διοίκησης και Προσωπικού**

Η εγκατάσταση διαθέτει κεντρικό κτίριο γραφείων και προσωπικού όπου στεγάζονται οι διοικητικοί χώροι, οι χώροι ανάπαυσης προσωπικού, τα αποδυτήρια και αποθήκη ευαίσθητων ανταλλακτικών και εξαρτημάτων. Οι χώροι των γραφείων εξυπηρετούν εκτός από τις συνήθεις εργασίες και ως σημείο συγκέντρωσης σε περίπτωση έκτακτου περιστατικού. Εκεί βρίσκονται επίσης ο διακόπτης γενικού συναγερμού. Στο χώρο των γραφείων έχει άδεια εισόδου μόνο εξουσιοδοτημένο προσωπικό που εκτελεί τακτικά τις εξής εργασίες:

- διοικητικές εργασίες (διεύθυνση, λογιστήριο ταμείο, κλπ)
- ενδιαίτηση / ανάπαυση προσωπικού
- διακίνηση ανταλλακτικών / απογραφή υλικού
- καθαρισμός
- συντήρηση

### **3.3.4 Τροφοδοσία Υγραερίου από Πλοίο (Προβλήτα)**

Η πλήρωση των δεξαμενών με υγραέριο γίνεται από ειδικό υγραεριοφόρο πλοίο της εταιρείας το οποίο προσεγγίζει την ακτή δίπλα στην εγκατάσταση. Οι εύκαμπτες σωληνώσεις (μάνικες) τροφοδοσίας της εγκατάστασης από το πλοίο φτάνουν με βάρκα σε ειδικά διαμορφωμένο σημείο της ακτής και η ένωση τους με τους σταθερούς αγωγούς ξηράς γίνεται από το προσωπικό της εγκατάστασης. Η ένωση αυτή είναι δυνατή όταν ο καιρός (άνεμος) το επιτρέπει, διαφορετικά δεν είναι δυνατή η πλήρωση των δεξαμενών. Οι αγωγοί μέσω των οποίων γίνεται η πλήρωση των δεξαμενών, διαμέτρου 3" (υγρή φάση) και 2" (αέρια φάση),

συνολικού μήκους 80 m, είναι κατά το πλείστον υπέργειοι και διατρέχουν μία απόσταση από την προβλήτα μέχρι την εγκατάσταση. Η πλήρωση των δεξαμενών πραγματοποιείται με τη βοήθεια των αντλιών του πλοίου και ορισμένες φορές υποβοηθείται από τον συμπιεστή υγραερίου της εγκατάστασης. Το υγραέριο για να εισέλθει στις δεξαμενές περνά από φίλτρο και ανεπίστροφη βαλβίδα. Όλη η διαδικασία πλήρωσης των δεξαμενών παρακολουθείται ανελλιπώς από το πλήρωμα του πλοίου και από 2 υπεύθυνους της εγκατάστασης. Στην προβλήτα κατά την εκφόρτωση του πλοίου εργάζεται μόνο ειδικευμένο προσωπικό που εκτελεί περιστασιακά (όταν προσεγγίζει πλοίο) τις εξής εργασίες:

- επικοινωνίας και συντονισμός για προσέγγιση και σύνδεση με αγωγό
- σύνδεση αγωγού
- άνοιγμα / κλείσιμο βανών
- παρακολούθηση / έλεγχος εκφόρτωσης υγραερίου από πλοίο
- έλεγχος ροής/ πίεσης/ στάθμης
- κένωση αγωγού
- αποσύνδεση αγωγού
- συντήρηση δικτύου / βανών

### **3.3.5 Φόρτωση Βυτιοφόρου - Αντλιοστάσιο – Τροφοδοσία Εμφιαλωτηρίου**

Η κένωση της δεξαμενής πραγματοποιείται προς το εμφιαλωτήριο και το βυτιοφόρο με ένα σύστημα σωληνώσεων και δύο αντλίες η μία εκ των οποίων είναι εφεδρική. Το σύστημα σωληνώσεων προς το εμφιαλωτήριο αποτελείται από δύο σωληνώσεις υγραερίου σε υγρή φάση διαμέτρων 3" και 2". Η σωλήνα των 3" τροφοδοτεί το εμφιαλωτήριο και το βυτιοφόρο ενώ εκείνη των 2" επιστρέφει την ποσότητα που δεν χρησιμοποιήθηκε στο εμφιαλωτήριο μέσω ειδικής βαλβίδας παράκαμψης (by-pass valve). Για τη φόρτωση των βυτιοφόρων οχημάτων, υπάρχει συμπιεστής υγραερίου ο οποίος χρησιμοποιείται και για τη μετάγγιση υγραερίου μέσω των αγωγών αέριας φάσης 2" μεταξύ των δεξαμενών και την υποβοήθηση της τροφοδοσίας από το πλοίο. Υγραέριο αποθηκεύεται στην εγκατάσταση μόνο στις δεξαμενές. Δεν παραμένει αποθηκευμένο υγραέριο σε άλλες συσκευές.

Στη θέση φόρτωσης του βυτιοφόρου και στο αντλιοστάσιο εργάζεται μόνο ειδικευμένο προσωπικό που εκτελεί περιστασιακά (όταν φορτώνει το βυτιοφόρο) τις εξής εργασίες:

- συντονισμός για σύνδεση βυτιοφόρου με τον εύκαμπτο αγωγό
- διαδικασίες σύνδεσης εύκαμπτου αγωγού
- θέσει σε λειτουργία – παρακολουθήση – παύση λειτουργίας των αντλιών
- άνοιγμα / κλείσιμο βανών
- παρακολουθήση / έλεγχος φόρτωσης
- έλεγχος ροής/ πίεσης/ στάθμης
- διαδικασίες αποσύνδεσης εύκαμπτου αγωγού
- συντήρηση

### **3.3.6 Βοηθητικά Συστήματα**

Η εγκατάσταση είναι συνδεδεμένη με το δίκτυο της ΔΕΗ. Στην εγκατάσταση, υπάρχει επίσης βοηθητική γεννήτρια παραγωγής ρεύματος σε περίπτωση διακοπής της παροχής από τη ΔΕΗ. Τα κύρια σημεία του ηλεκτρικού δικτύου (πίνακας διανομής, γενικοί διακόπτες κλπ) σημειώνονται στο τοπογραφικό της εγκατάστασης. Υπάρχει επίσης ένα σύστημα πυρόσβεσης που αποτελείται από μια πέτρινη δεξαμενή νερού χωρητικότητας 80 κυβικών μέτρων, μια μεταλλική δεξαμενή νερού χωρητικότητας επίσης 80 κυβικών μέτρων, και δύο αντλίες νερού (μία ηλεκτρική και μία πετρελαιοκίνητη). Η πετρελαιοκίνητη είναι διαρκώς συνδεδεμένη με το δίκτυο και ενεργοποιείται από όλα τα πυροσβεστικά σημεία της εγκατάστασης, ενώ η ηλεκτρική ενεργοποιείται χειροκίνητα μέσω διακόπτη. Το σύστημα πυρόσβεσης έχει αυτονομία τουλάχιστον 1.5 ώρας, τροφοδοτείται από τις δεξαμενές νερού και με απευθείας ειδική πυροσβεστική παροχή 3” από το δίκτυο της πόλης. Στις θέσεις εργασίας των βοηθητικών συστημάτων λαμβάνουν χώρα περιστασιακές εργασίες χειρισμού κυρίως του δικτύου πυρόσβεσης και συντήρησης:

- άνοιγμα / κλείσιμο βανών
- έλεγχος δικτύων



- συντήρηση πυροσβεστικού δικτύου και άλλων δικτύων
- συντήρηση μονάδων όταν δεν λαμβάνουν χώρα λειτουργίες

### **3.3.7 Είσοδος – Έξοδος (Δίοδοι Κινδύνου)**

Η πρόσβαση και διαφυγή προς και από τη κεντρική είσοδο / έξοδο και από/προς τα σημεία ελέγχου της εγκατάστασης, μπορεί να πραγματοποιηθεί άμεσα από οποιοδήποτε σημείο της, λόγω του ότι το πεδίο είναι μικρής έκτασης και υπάρχει επαρκής χώρος μεταξύ όλων των μονάδων για δίοδο οχημάτων, ανθρώπων και μέσων επέμβασης. Στη θέση φύλακα (πρόσβασης στη μονάδα) εργάζεται ο φύλακας που εκτελεί τακτικά τις εξής εργασίες:

- παρακολούθηση / έλεγχος μη εξουσιοδοτημένων ενεργειών και προσβάσεων
- έλεγχος χώρων
- ενεργοποίηση έκτακτης ανάγκης / διαδικασίες συναγερμού

### **3.3.8 Υπαιθριοι / Ημιυπαίθριοι Αποθηκευτικοί Χώροι - Ακάλυπτοι Χώροι**

Όλοι οι ακάλυπτοι χώροι είναι καλυμμένοι με ασφαλοτάπητα για να διεξάγεται απρόσκοπτα η κυκλοφορία των οχημάτων (σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας ή έκτακτης ανάγκης), η αποφυγή πιθανών πηγών ανάφλεξης και δημιουργία ζωνών πυροπροστασίας και η αποφυγή διάβρωσης του εδάφους από βροχοπτώσεις. Οι χώροι αυτοί χρησιμοποιούνται από όλο το προσωπικό σε τακτά χρονικά διαστήματα καθ' όλη την ημέρα. Στις θέσεις εργασίας που έχουν αναγνωρισθεί στους χώρους αυτούς λαμβάνουν χώρα τακτικές και περιστασιακές εργασίες αποθήκευσης άδειων φιαλών, κίνησης και στάθμευσης εξουσιοδοτημένων οχημάτων:

- αποθήκευση και δια χειρός μεταφορά άδειων φιαλών
- διακίνηση άδειων μικρών δεξαμενών χύμα
- κίνηση/ στάθμευση οχημάτων
- συντήρηση εξοπλισμού και χώρων
- καθαριότητα / housekeeping

### **3.3.9 Συνεργείο - Άλλοι Αποθηκευτικοί Χώροι**

Η εγκατάσταση διαθέτει εξοπλισμένο συνεργείο και άλλους αποθηκευτικούς χώρους. Οι χώροι αυτοί χρησιμοποιούνται από ειδικευμένο προσωπικό περιστασιακά (όταν απαιτείται). Το συνεργείο χρησιμοποιείται κυρίως για την αλλαγή των ελαττωματικών ρουμπινέτων (στρόφιγγας) και δεν είναι εξοπλισμένο για θερμές εργασίες (ηλεκτροσυγκολλήσεις κλπ.). Στις θέσεις εργασίας που έχουν αναγνωριστεί στους χώρους αυτούς λαμβάνουν χώρα τακτικές και περιστασιακές εργασίες:

- μετακίνηση φιαλών
- μετάγγιση υγραερίου από φιάλες με διαρροή
- αλλαγή στρόφιγγας
- διακίνηση αναλώσιμων παραγωγής π.χ. τάπες
- γενικές επισκευές μικρής κλίμακας
- βασική συντήρηση εξοπλισμού
- καθαριότητα / housekeeping

### **3.4 Περιγραφή Διεργασιών και Διαδικασιών της Εγκατάστασης**

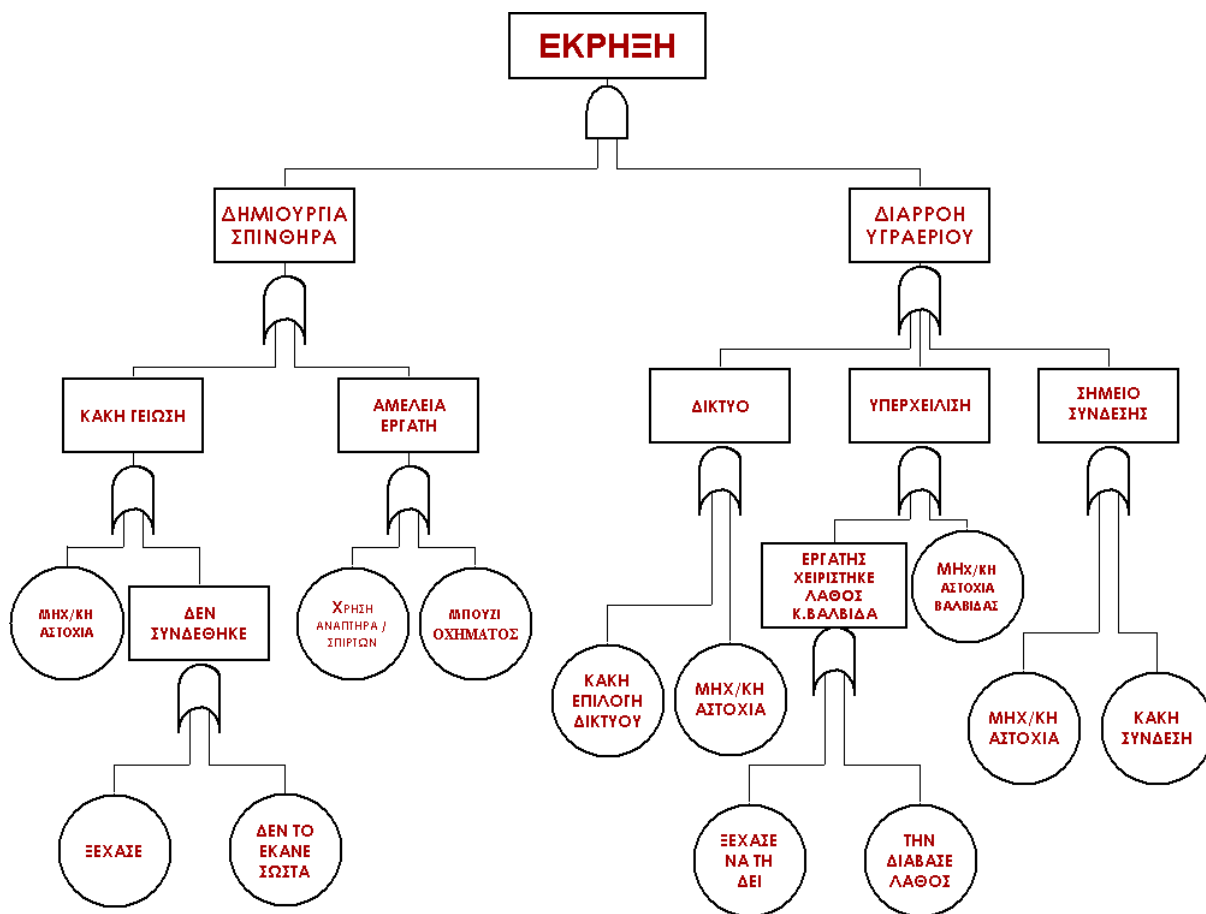
Η εγκατάσταση περιλαμβάνει τις μονάδες αποθήκευσης σε οριζόντιες κυλινδρικές δεξαμενές, την μονάδα εμφιάλωσης και την πλήρωση βυτιοφόρου οχήματος μεταφοράς υγραερίου. Οι βασικές λειτουργίες της μονάδας είναι η πλήρωση των δεξαμενών από το πλοίο μέσω αγωγού, η μεταφορά με άντληση υγραερίου από τις δεξαμενές στο εμφιαλωτήριο μέσω αγωγού και η φόρτωση του βυτιοφόρου οχήματος μεταφοράς υγραερίου από τις δεξαμενές. Όλες οι λειτουργίες λαμβάνουν χώρα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και σε πίεση (2.5-8 barg). Άλλες ειδικές λειτουργίες δεν λαμβάνουν χώρα στην εγκατάσταση. Παρακάτω ακολουθεί συνοπτική περιγραφή των διαδικασιών εκφόρτωσης του πλοίου ενώ στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά όλες οι διεργασίες και οι διαδικασίες οι οποίες ακολουθούνται σε όλα τα στάδια από την παραλαβή των κενών φιαλών στην εγκατάσταση μέχρι και την παράδοση των γεμάτων φιαλών προς διάθεση στο εμπόριο.

### **3.4.1 Συνοπτική Περιγραφή Διαδικασιών Εκφόρτωσης του Πλοίου**

Η εταιρία ενημερώνει την εγκατάσταση για την ημέρα και ώρα άφιξης του πλοίου και η εγκατάσταση ενημερώνει τις τοπικές αρχές, λιμεναρχείο και το ρυμουλκό επιφυλακής. Το πλοίο βρίσκεται σε επικοινωνία με την εγκατάσταση στα 10 ναυτικά μίλια. Ειδοποιείται ο αρμόδιος για την πρόσδεση που φροντίζει για ασφαλές αγκυροβόλιο δίπλα στους αγωγούς. Στη συνέχεια ανελκύνονται τα ελαστικά μέρη του αγωγού που είναι ποδισμένα με τη συνεργασία του αρμόδιου πρόσδεσης και του πληρώματος και συνδέονται με τους αντίστοιχους του δεξαμενοπλοίου τηρώντας πάντα τα προβλεπόμενα από τους κανονισμούς (επιθεώρηση σημείων σύνδεσης, συνεχής επικοινωνία πλοίου με την εγκατάσταση) και αρχίζει η εκφόρτωση του πλοίου. Κατά την ώρα της μετάγγισης γίνεται συνεχής οπτικός έλεγχος στους ελαστικούς αγωγούς, επιθεώρηση δεξαμενών πλοίου και εγκατάστασης. Οι διαδικασίες έκτακτης ανάγκης είναι γνωστές και στις δύο πλευρές, πράγμα που βεβαιώνεται με την συμπλήρωση των σχετικών εντύπων. Μετά το πέρας της εκφόρτωσης το δεξαμενόπλοιο για να παραδώσει τον υποθαλάσσιο αγωγό χωρίς υγραέριο πιέζει με ατμούς αερίων τον αγωγό έως ότου αδειάσει προς τις δεξαμενές της εγκατάστασης. Οι εργασίες αποσύνδεσης γίνονται πάντα με συνεννόηση με τον τεχνικό της εγκατάστασης και αφού εξαερωθεί μέρος των αγωγών. Μετά την αποσύνδεση τοποθετούνται στις φλάντζες των ελαστικών αγωγών τυφλές φλάντζες και ποδίζονται στο ίδιο σημείο.

### **3.5 Αναγκαίες συνθήκες για την δημιουργία ενός ατυχήματος**

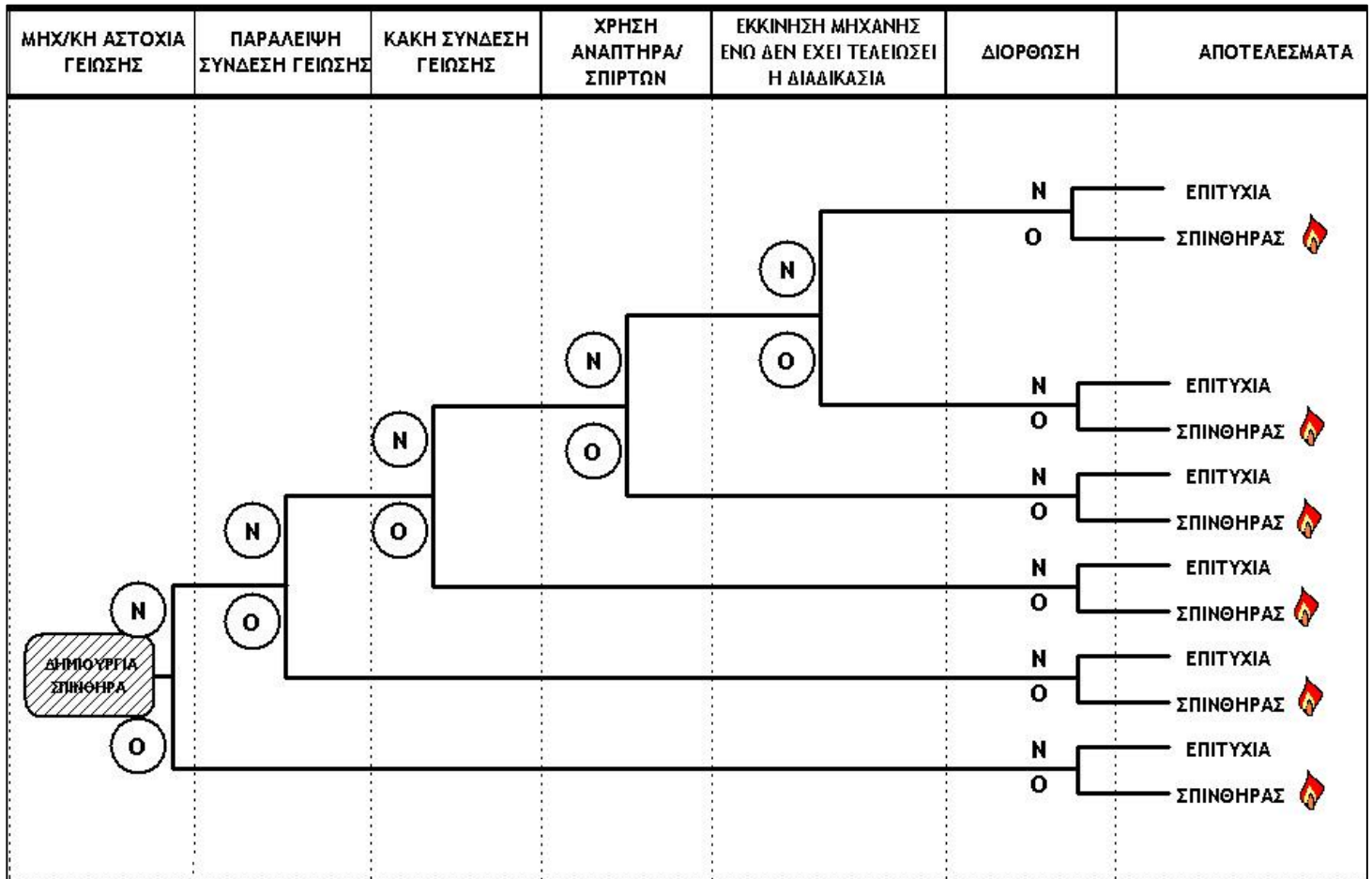
Σε αυτή την ενότητα θα προσπαθήσουμε να κατανοήσουμε το τρόπο με τον οποίο μπορεί να συμβεί ένα μεγάλο ατύχημα. Για να οδηγηθούμε στο ακραίο ατύχημα της έκρηξης, πρέπει να υπάρξει πρώτα ατύχημα απώλειας περιεχομένου, το οποίο να συνδυαστεί με την παρουσία κάποιας πηγής ανάφλεξης. Στο fault tree του επόμενου σχήματος φαίνονται τα βήματα οργανωμένα στη λογική δενδροδιαγράμματος που μπορούν να οδηγήσουν σε αυτό το ατύχημα



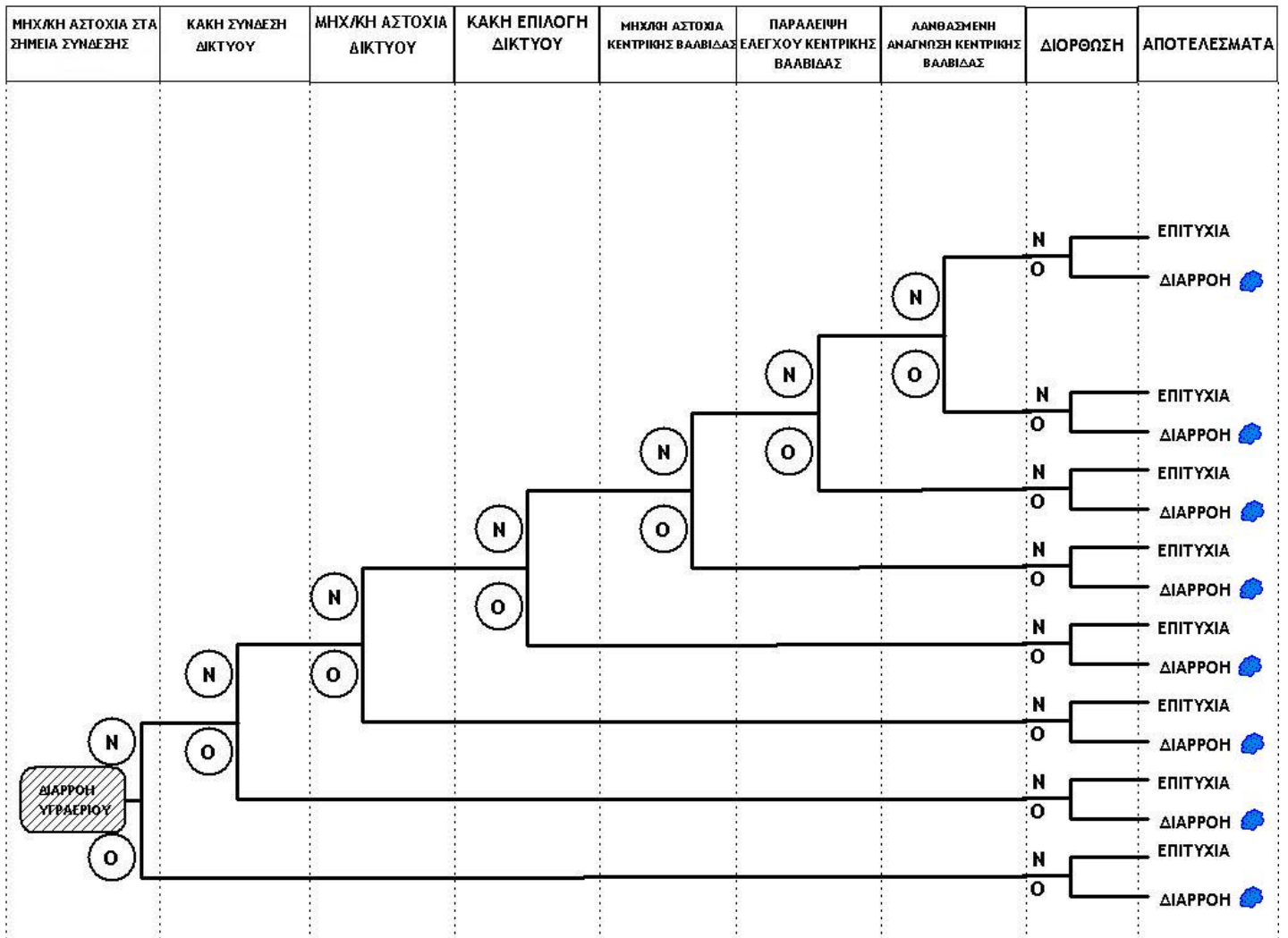
Με τετράγωνα απεικονίζονται τα πιθανά γεγονότα ενώ σε κύκλο βρίσκονται τα πιθανά αποτελέσματα.

Στη συνέχεια ακολουθούν δύο event trees τα οποία μας δείχνουν την ακολουθούμενη διαδρομή που απαιτείται, προκειμένου να οδηγηθούμε στην δημιουργία σπινθήρα (event tree 1) και σε απώλεια περιεχομένου (event tree 2)

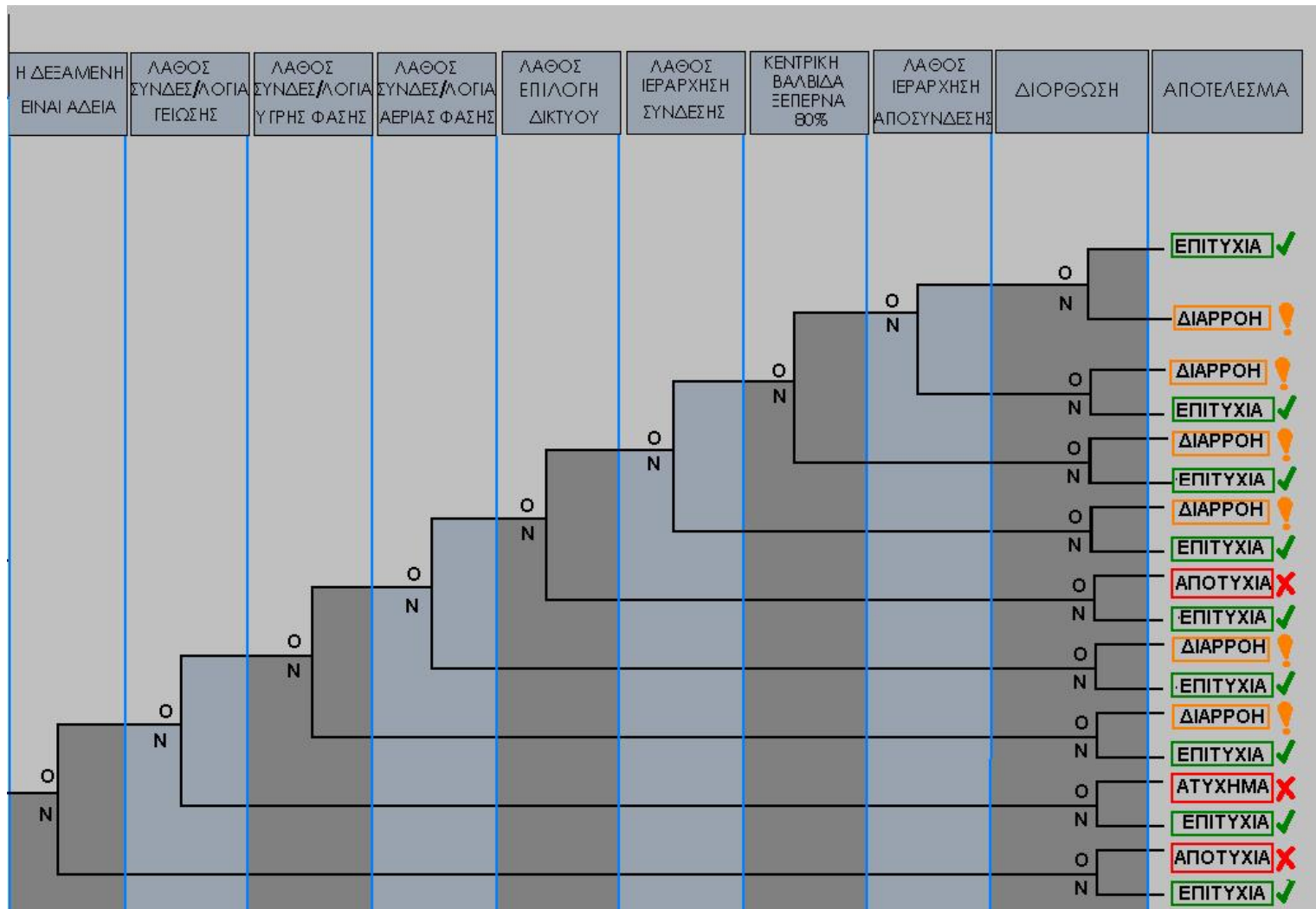
Event tree 1, δημιουργία σπινθήρα.



## Event tree 2, Απώλεια περιεχομένου.



Στο διάγραμμα που ακολουθεί, αναλύετε η παρουσία του ανθρώπινου παράγοντα και η τυχόν συμβολή του, (Operator error) για τη δημιουργία κάποιας διαρροής που θα είχε σαν αποτέλεσμα την απώλεια περιεχομένου ή της ορθή περάτωση της εργασίας.



Σε αυτό το σχήμα, με κόκκινο χρώμα σημειώνονται τα κρίσιμα μονοπάτια, που οδηγούν σε μεγάλο κίνδυνο την εγκατάσταση. Με πράσινο χρώμα δέχονται τα αποτελέσματα ορθού χειρισμού και με πορτοκαλί σημειώνονται τα αποτελέσματα διαρροής, που αν δεν αντιμετωπισθεί σύμφωνα με τις γραμμές άμυνας της εγκατάστασης, υπάρχει μεγάλος κίνδυνος για πολύ αρνητικές συνέπειες, τόσο στο υπάρχων προσωπικό, όσο και στην ίδια την εγκατάσταση.

#### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Εφαρμογή της μεθόδου Anrím2 για την Πετρογκάζ.**

Στη συνέχεια θα προσπαθήσουμε να εφαρμόσουμε τα βήματα, όπως αυτά περιγράφονται στα προηγούμενα κεφάλαια, του μοντέλου «κύκλου ελέγχου και παρακολούθησης» Anrím2 για την πετρογκάζ, προκειμένου να βρούμε τις πιθανές αιτίες για το ατύχημα απώλειας περιεχομένου.

Για την συγκεκριμένη εγκατάσταση, οι χώροι στους οποίους θα μπορούσε να προκύψει κάποια διαρροή, είναι οι δεξαμενές αποθήκευσης, ο σταθμός πλήρωσης του βυτιοφόρου οχήματος με υγραέριο, κατά την εργασία της πλήρωσης, ο σταθμός πλήρωσης φιαλών, όλο το δίκτυο σωληνώσεων κατά την διάρκεια εκτέλεσης κάποιας εκ των παραπάνω εργασιών.

Εμείς σε αυτή την εργασία, θα ασχοληθούμε με τις αποθηκευτικές δεξαμενές.

Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνονται τα βασικά σημεία μια δεξαμενής.

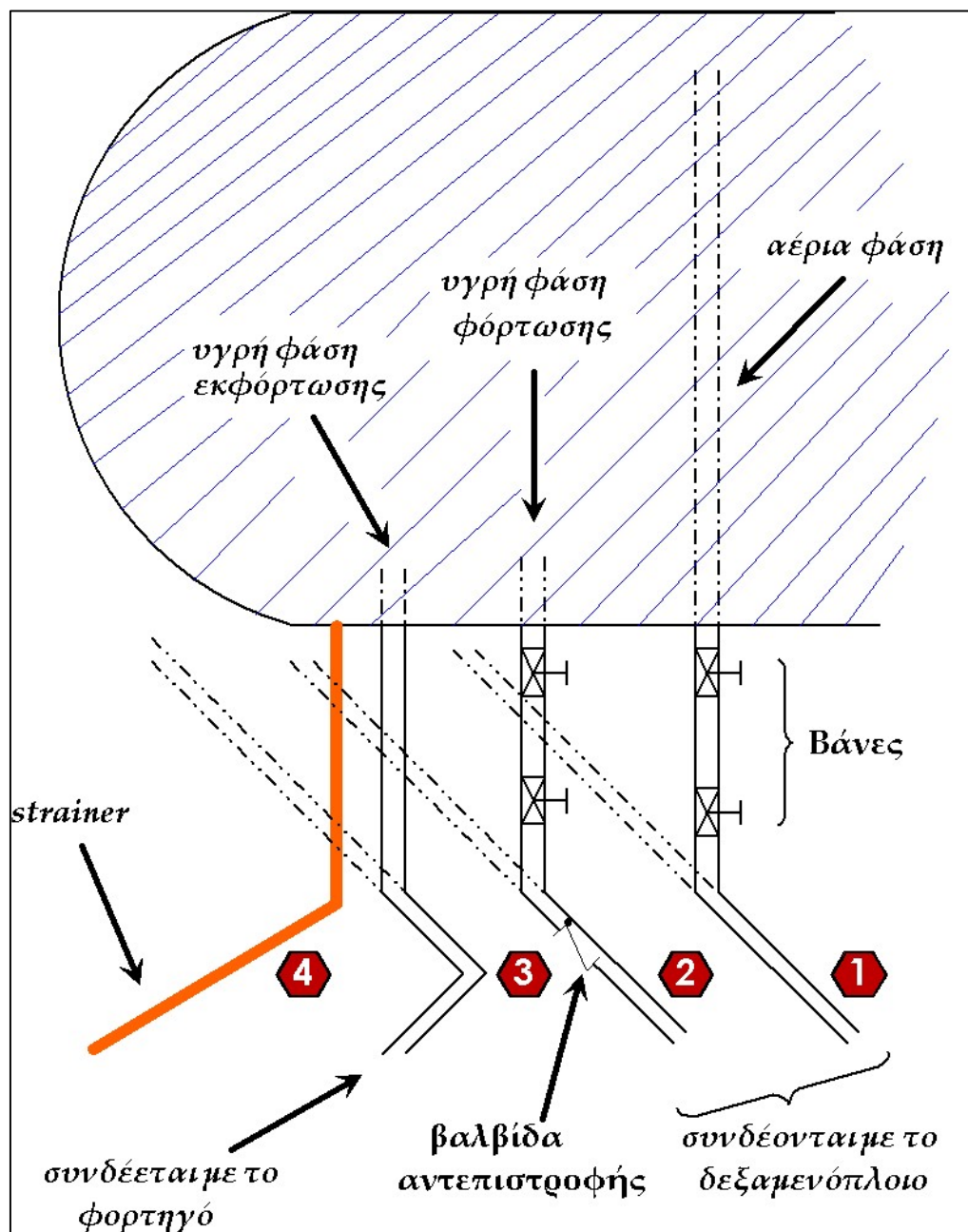
Η βασική δικτύωση που ξεκινά από μία δεξαμενή είναι, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σκαρίφημα

1. Αέρια φάση
2. Υγρή φάση, που χρησιμοποιείται για την πλήρωση της αποθηκευτικής δεξαμενής από το ειδικό υγραεριοφόρο πλοίο
3. Υγρή φάση εκφόρτωσης υγραερίου από τις δεξαμενές με προορισμό είτε το δίκτυο του βυτιοφόρου οχήματος είτε του σταθμού πλήρωσης φιαλών
4. Ένας σωλήνας αποστράγγισης υπολειμμάτων υγραερίου για όταν αυτός χρειαστεί.

Επίσης, στο πάνω μέρος της δεξαμενής υπάρχουν ειδικοί μετρητές για την στάθμη του υγραερίου μέσα στη δεξαμενή και την επικρατούσα πίεση εντός. Μετρητές θερμοκρασίας δεν υπάρχουν για τον λόγο ότι θεωρείτε θερμοκρασία περιβάλλοντος.



Τέλος, υπάρχει ένα ειδικό κομμάτι κελύφους, το οποίο σε έκτακτες περιπτώσεις όπου οι επικρατούσες συνθήκες θα οδηγούσαν σε Υπερπίεση του υγραερίου και άρα βίαιη ρήξη του κελύφους, εκρήγνυται πρώτο, ανακουφίζοντας την υπερπιεσμένη δεξαμενή.



#### 4.1 Εναρκτήριοι πίνακες γεγονότων.

Σε αυτό το πρώτο βήμα, υπό τη μορφή πίνακα, σημειώνονται όλα τα πιθανά σενάρια που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε απώλεια περιεχομένου για την εγκατάσταση των αποθηκευτικών δεξαμενών

Ενέργειες	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ (ΣΗΜΕΙΑ ΔΙΑΦΥΓΗΣ)	Διάβρωση	Αποσάθρωση	Εξωτερική φόρτιση	Πρόσκρουση	Πίεση (Υψηλή/ χαμηλή)	Δόνηση	Θερμοκρασία (Υψηλή/ χαμηλή)	Λάθος εξοπλισμός/ τοποθέτηση αυτού	Λάθος χειριστή
Αποθήκευση										
	Ατμοσφαιρικά δοχεία									
	Δεξαμενές υπό πίεση					Case study				Case study
Μεταφορά εντός της εγκατάστασης										
	Αντλίες									
	Κομπρεσέρ									
	Δίκτυο σωληνώσεων									
	Εργασία σε σωλήνωση									
Δειγματοληψία										
	Σημεία δειγματοληψίας									
	Περίεκτης δείγματος									
Επεξεργασία										
	Αντλίες									
	Κομπρεσέρ									
	Εναλλάκτες θερμότητας									
	Δίκτυο σωληνώσεων									
	Ατμοσφαιρικά δοχεία									
	Δεξαμενές υπό πίεση									
	Αντιδραστήρες									
	Φούρνοι									
Συσκευασία										
	Καταλύματα									
	Δίκτυο σωληνώσεων									
	Πεπιεσμένοι περιέκτες									
	Πακέτα									
	Τσάντες/ θήκες									

Ενέργειες	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ (ΣΗΜΕΙΑ ΔΙΑΦΥΓΗΣ)	Διάβρωση	Αποσάθρωση	Εξωτερική φόρτιση	Πρόσκρουση	Πίεση (Υψηλή/ χαμηλή)	Δόνηση	Θερμοκρασία (Υψηλή/ χαμηλή)	Λάθος εξοπλισμός/ τοποθέτηση αυτού	Λάθος χειριστή
Μεταφορά εκτός της εγκατάστασης										
	Πεπιεσμένοι περιέκτες πάνω σε:									
	Βαγόνια τρένου									
	Φορητά (road tankers)									
	Πλοία									
	Πλωτή φορηγίδα									
	Ατμοσφαιρικά δοχεία πάνω σε:									
	Βαγόνια τρένου									
	Φορητά (road tankers)									
	Πλοία									
	Πλωτή φορηγίδα									
	Φορτωτικοί βραχίονες									
	Μάνικες									
	Δίκτυο σωληνώσεων									
	Αντλίες									
	Κομπρεσέρ									
Σχεδιασμένα σημεία διαφυγής										
	Βαλβίδες ανακούφισης									
	Πάνελ εκρήξεων									
	Σημεία αποστράγγισης									
	Δίσκοι εκτόξευσης									
	Αεραγωγοί									
Ειδικές περιπτώσεις										
	Ντόμινο ( σε άλλες τοποθεσίες)									
	Πρόσκρουση αεροπλάνου									
	Τρομοκρατία/ Βανδαλισμοί									
Γενικά										
	Φλάντζες									
	Εργαλεία									
	Βαλβίδες									
	Τσιμούχες									
	Μανόμετρα									
	Σύνδεσμοι επέκτασης									
	Συστήματα ψύξης									
	Συστήματα θέρμανσης									

	Αδρανή συστήματα									
	Συστήματα αέρα									
	Συστήματα νερού									

## 4.2 Fault trees

Ένα εναρκτήριο γεγονός μπορεί να είναι ένας αριθμός σεναρίων λόγω των διαφορετικών τρόπων με τους οποίους οι γραμμές άμυνας μπορούν να αποτύχουν. Προκειμένου να βοηθήσει την ταυτοποίηση όλων των πιθανών σεναρίων το Anrim2 παρέχει ένα γενικό Fault tree για κάθε άμεση αιτία αστοχίας.

Σε αυτή την εργασία, τα εναρκτήρια γεγονότα που θα μελετήσουμε είναι η περίπτωση της υπερπίεσης της αποθηκευτικής δεξαμενής και το λάθος χειριστή. Το Fault tree που παίρνουμε από το Anrim2 για αυτά τα σενάρια φαίνονται στα παρακάτω σχήματα. Φαίνονται επίσης οι κλάδοι των διαγραμμάτων που έχουν διαγραφεί, ως μη συγγενικοί με την υπό μελέτη εγκατάσταση. Οι κλάδοι αυτοί περιέχουν γεγονότα και αστοχίες τα οποία δεν σχετίζονται με το σχεδιασμό και τη λειτουργία των διαδικασιών της μονάδας υγραερίου και συνεπώς με τους κινδύνους που σχετίζονται με αυτές τις λειτουργίες.

### Σενάριο 1: Overpressure

Ορισμός: Η διαφορά της εξωτερικής- εσωτερικής πίεσης, υπερβαίνει τη μηχανική αντοχή της δεξαμενής.

Παραδείγματα αιτιών: υπερπλήρωση, υδροστατική πίεση, ανεπαρκής ανακούφιση πίεσης κλπ.

Η υπερπίεση συμβαίνει κατά 42,2% σε δεξαμενές, κατά 12,1% σε δίκτυα σωληνώσεων και κατά 13,4% σε φορτωτικούς αρμούς και μάνικες, σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία που παρέχονται από το Anrim2.

Το διάγραμμα έχει τρεις βασικούς κλάδους, Υγρά, Αέρια και Στερεά που υποδεικνύουν τον τύπο του επικίνδυνου υλικού στην εγκατάσταση.

Οι κλάδοι υποδιαιρούνται, όπως φαίνεται σε

υγρά: Υπερπλήρωση, Άντληση, Ακούσια αντίδραση, Θερμική διαστολή, back pressure wave και roll-over.

αέρια: Υπερσυμπίεση, Εσωτερική πηγή υψηλής πίεσης, Εξωτερική πηγή υψηλής πίεσης, Αέρια έκρηξη.

στερεά: Έκρηξη σκόνης, Έκρηξη ασταθούς στερεού.

Στην δεξαμενή αποθήκευσης υγραερίου όπως έχει προαναφερθεί, συνυπάρχει η υγρή με την αέρια φάση, επομένως και οι κλάδοι Liquid και Gas αναλύονται, ενώ ο κλάδος solid παραλείπεται ως μη σχετικός με την εγκατάστασή μας.

Οι κλάδοι που έχουν διαγραφεί είναι :

7.3 , 7.29 Ολόκληρος ο κλάδος που αφορά στερεά υλικά.

Για τα υγρά υλικά, έχουν διαγραφεί οι κλάδοι:

7.22 pump causes overpressure γιατί οι αντλίες της εγκατάστασης δεν έχουν την απαραίτητη δυναμική ώστε να υπερσυμπιέσουν το περιεχόμενο υγραέριο στις δεξαμενές. Επιπλέον οι εργασίες πλήρωσης, γίνονται ως επί το πλείστον με το κομπρεσέρ, το οποίο δημιουργεί φυσική ροή υγρού υγραερίου εντός των δεξαμενών.

7.15 , 7.21 unintended reaction causes overpressure, γιατί το υγραέριο δεν αντιδρά χημικά με κάποιο άλλο παράγοντα εντός της εγκατάστασης.

Για τα αέρια υλικά, έχουν διαγραφεί οι κλάδοι:

7.5 , 7.7 overcompression causes overpressure, γιατί όπως προαναφέρθηκε ούτε οι αντλίες ούτε το κομπρεσέρ έχουν τη μηχανική δυνατότητα να δημιουργήσουν αυτό το ενδεχόμενο, χωρίς να καταστραφούν.

7.4 Internal high pressure source causes overpressure, γιατί δεν υπάρχουν εσωτερικές πηγές πίεσης

Οι κλάδοι που εξετάζονται, όπως φαίνεται και στα παρακάτω διαγράμματα, είναι:

Για τα υγρά υλικά:

**Απώλεια περιεχομένου λόγω υπερπλήρωσης (7.23 , 7.26 overfilling vessel causes overpressure.)**

Από αυτό το τμήμα έχει διαγραφεί ο κλάδος της υπερπλήρωσης συνεχούς συστήματος (7.24, 7.23 overfilling of continuous system), μιας και το δικό μας σύστημα είναι batch, και τα γεγονότα 7.25 insufficient capacity available γιατί δεν έχουμε συγκεκριμένη ποσότητα περιεχομένου που πρέπει να μεταγγίσουμε στην δεξαμενή, αλλά σε συγκεκριμένης χωρητικότητας δεξαμενή, προσδίδουμε περιεχόμενο μέχρις ότου αυτή γεμίσει, γεγονός που αποφασίζεται κατά τη διάρκεια της εργασίας, σύμφωνα με τους μετρητές που υπάρχουν ενσωματωμένοι στις δεξαμενές. Επίσης έχουν διαγραφεί τα γεγονότα 7.23 – 7.26 high level protection fails to prevent overpressure και 7.23 - 7.26 high pressure protection fails to prevent overpressure, γιατί δεν υπάρχουν αυτά τα συστήματα.

Τα γεγονότα που εξετάζονται ως πιθανά είναι:

7.26 excessive liquid transfer, για το ενδεχόμενο που εντός του δικτύου η ροή υγρού περιεχομένου είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από αυτήν που υπολογίζεται ΚΑΙ  
7.23 – 7.26 failure to detect rising level, από αστοχία των μετρητών για παράδειγμα ή αν η μέτρηση δε γίνει στην ώρα της ΚΑΙ

7.23 – 7.26 pressure relief fails to prevent excessive overpressure, το σύστημα ανακούφισης της πίεσης δεν λειτουργήσει, τότε θα οδηγηθούμε σε απώλεια περιεχομένου λόγω υπερπλήρωσης.

**Απώλεια περιεχομένου λόγω θερμικής διαστολής (7.11-7.14 thermal expansion of liquid filled vessel causes overpressure).**

Από το διάγραμμα αυτού του σεναρίου έχουν διαγραφεί τα γεγονότα

7.13, 7.14 vessel filled by design has blocked inlet and outlet

7.12, 7.14 refrigeration fails γιατί δεν υπάρχει τέτοιο σύστημα.

Επομένως για το σενάριο «Απώλεια περιεχομένου λόγω θερμικής διαστολής του υγρού υγραερίου» τα γεγονότα που εξετάζονται είναι:

**7.11, 7.12** vessel left in overfilled condition, να έχει περισσότερο περιεχόμενο από τα δεδομένο μέγιστο όριο **KAI**

**7.11, 7.13** warmed up externally, να υπάρχει κάποια εξωτερική πηγή θερμότητας, έστω ακραία καιρικά φαινόμενα ή κάποια εστία φωτιάς κοντά στην δεξαμενή **KAI**

**7.11, 7.14** pressure relief fails to prevent excessive overpressure, το σύστημα ανακούφισης της πίεσης να μη λειτουργήσει, τότε θα οδηγηθούμε σε απώλεια περιεχομένου λόγω θερμικής διαστολής.

**Κύμα ανάντι πίεσης (7.27, 7.28 Back pressure wave causes overpressure)**

Για να πραγματοποιηθεί αυτό το σενάριο, τα γεγονότα που πρέπει να πραγματοποιηθούν είναι:

Να δημιουργηθεί κάποιο ξαφνικό εμπόδιο είτε από γρήγορο κλείσιμο κάποιας βαλβίδας ( 7.28 rapid valve closure) **ή** από εμπόδιο που θα δημιουργηθεί από ίζημα (7.27 sudden sediment blockage) **KAI** το σύστημα ανακούφισης της πίεσης να μην λειτουργήσει (7.27 7.28 pressure relief fails to prevent excessive overpressure)

**Κύλιση των περιεχομένων της δεξαμενής να προκαλέσει Υπερπίεση (2.8 – 7.10 roll over of vessel contents causes overpressure)**

Για να πραγματοποιηθεί αυτό το σενάριο πρέπει να υπάρξει κύλιση του υγραερίου εντός της δεξαμενής, οποία δημιουργείται από διαστρωμάτωση εντός της δεξαμενής (7.8 – 7.10 stratification potential in vessel) **ΚΑΙ** από το γεγονός ότι δεν υπάρχει ανάδευση εντός της δεξαμενής (7.8 -7.10 no mixing in vessel) **ΚΑΙ** επειδή υπάρχει θερμοκρασιακή αναστροφή εντός της δεξαμενής (difference in temperature levels between levels) η οποία μπορεί να προέλθει **είτε** λόγω του ότι το άνω στρώμα εξατμίζεται (7.10 evaporating upper level) **είτε** επειδή θερμάνθηκε το κάτω στρώμα (7.9 warmed up lower level) **είτε** λόγω της εργασίας της πλήρωσης (7.8 filling of a vessel). Η διαστρωμάτωση εντός της δεξαμενής είναι δεδομένη, γιατί όπως προείπαμε συνυπάρχει η υγρή με την αέρια φάση. Αν συμβεί η κύλιση **ΚΑΙ** το σύστημα ανακούφισης της πίεσης να μην λειτουργήσει (7.8 7.10 pressure relief fails to prevent excessive overpressure) τότε θα οδηγηθούμε σε απώλεια περιεχομένου λόγω κύλισης.

Για τα αέρια υλικά

Οι κλάδοι που έχουν διαγραφεί από το σενάριο απώλειας περιεχομένου από υπερπίεση σε αέρια υλικά είναι οι

7.5- 7.7 overcompression causes overpressure γιατί το υγραέριο που κυκλοφορεί στο δίκτυο και υπάρχει στη δεξαμενή ήδη είναι στην συμπιεσμένη φάση του, την υγρή. Επομένως όλοι οι υπολογισμοί ροής έχουν γίνει για το υγραέριο σε συμπιεσμένη φάση.

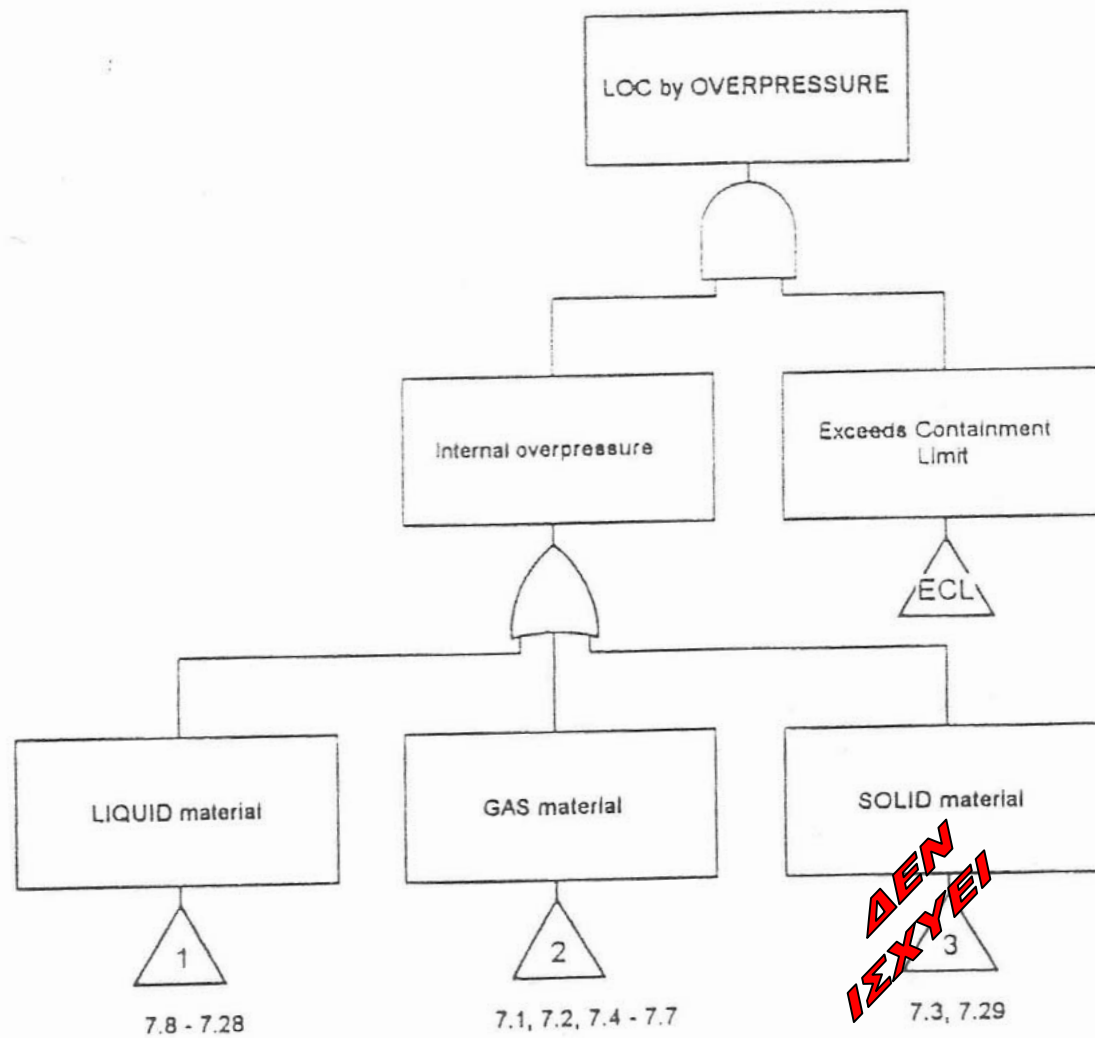
7.4 internal high pressure source causes over pressure γιατί δεν υπάρχει πηγή εσωτερικής πίεσης εντός της δεξαμενής.

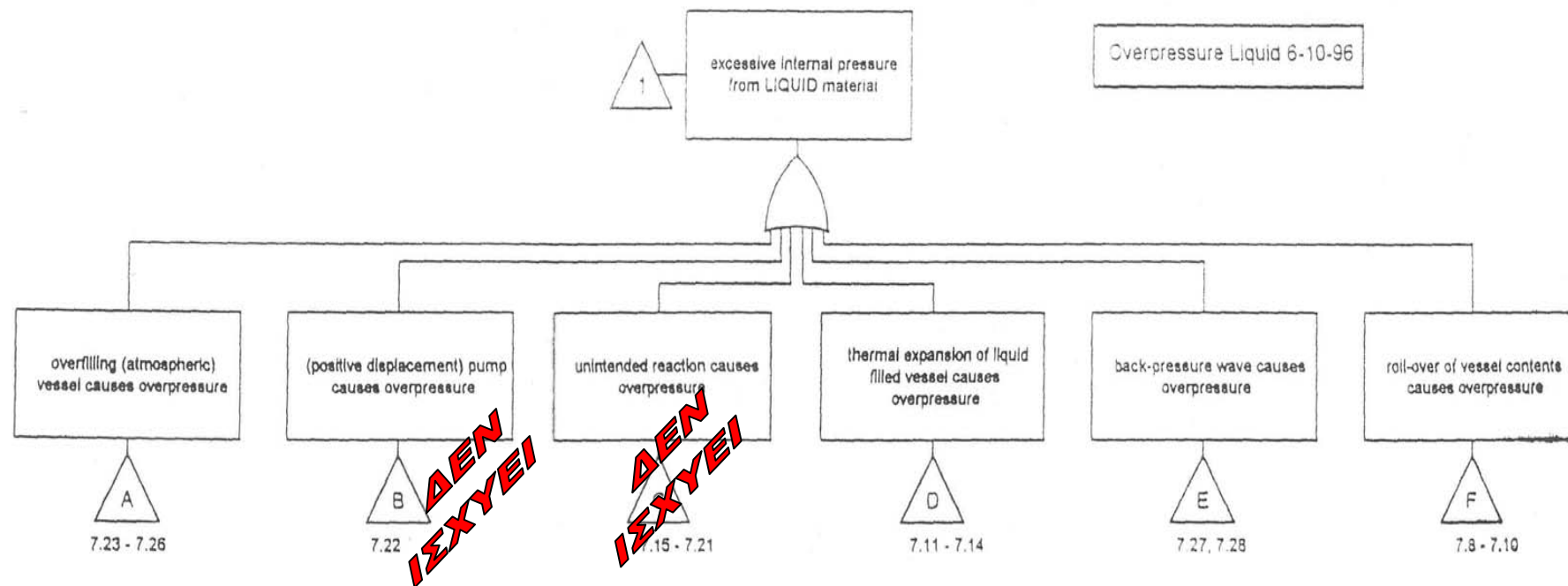
Επομένως, για να πραγματοποιηθεί το σενάριο πρέπει **είτε** να υπάρχει κάποια εξωτερική πηγή υψηλής πίεσης συνδεδεμένη (όπως για παράδειγμα το υγραεριοφόρο πλοίο)( 7.2 external HP source connected, causes overpressure)

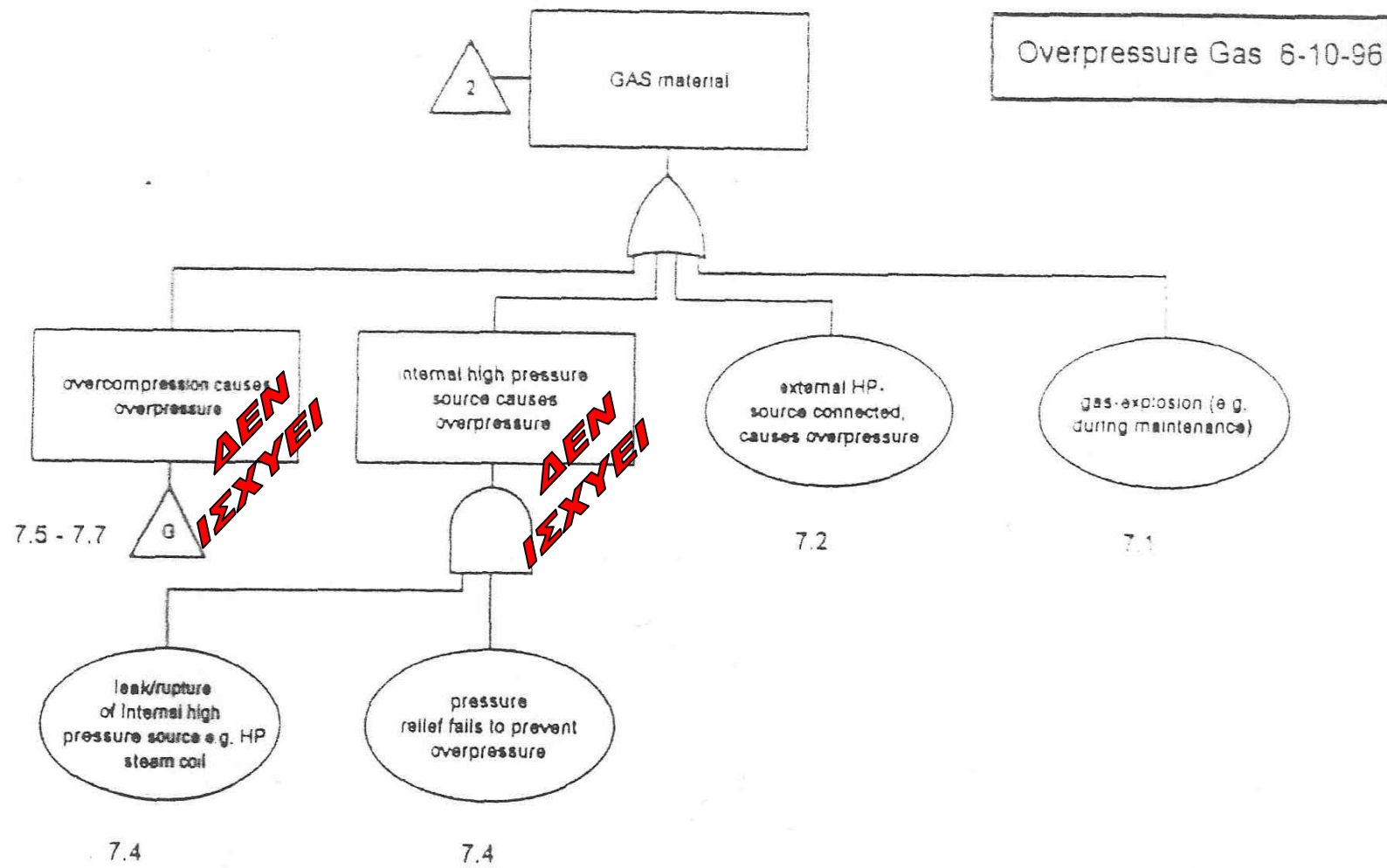


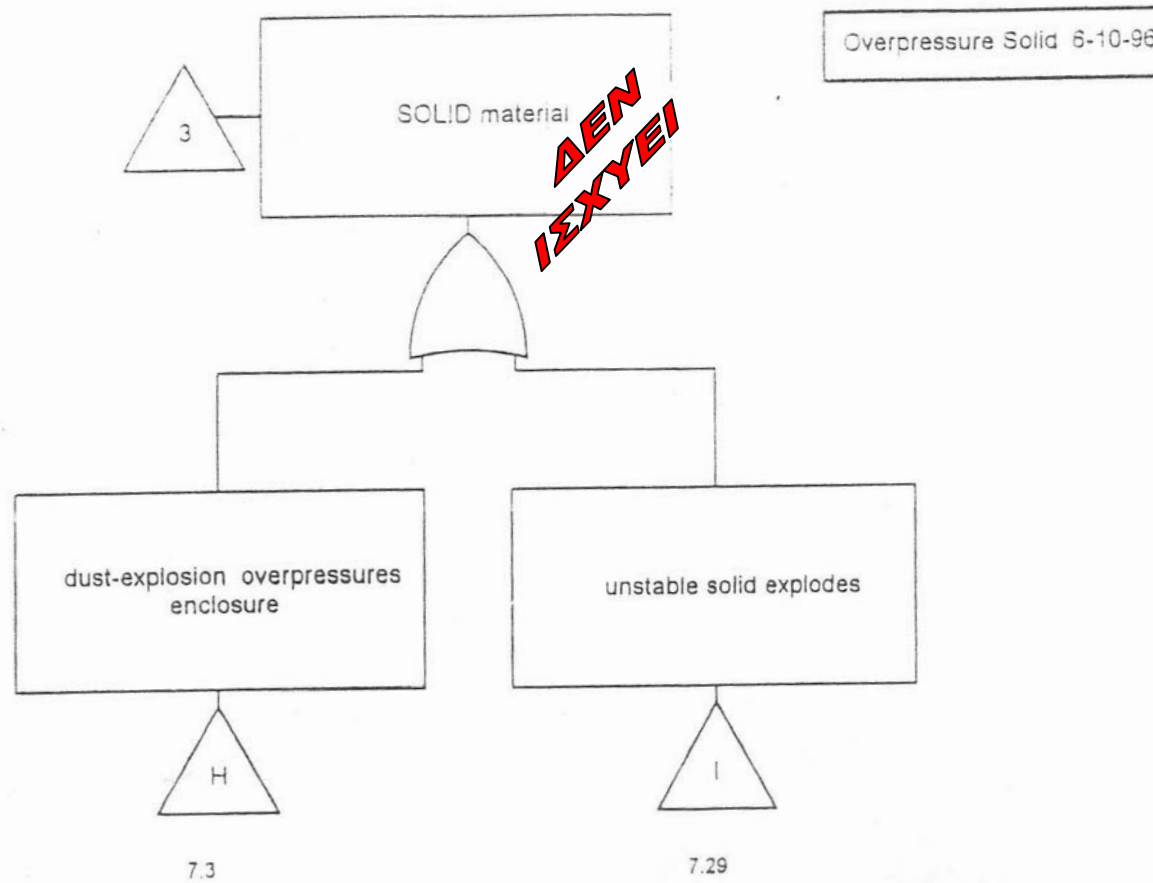
**είτε** να συμβεί έκρηξη αερίου κατά της διάρκεια της συντήρησης για παράδειγμα (7.1 gas explosion).

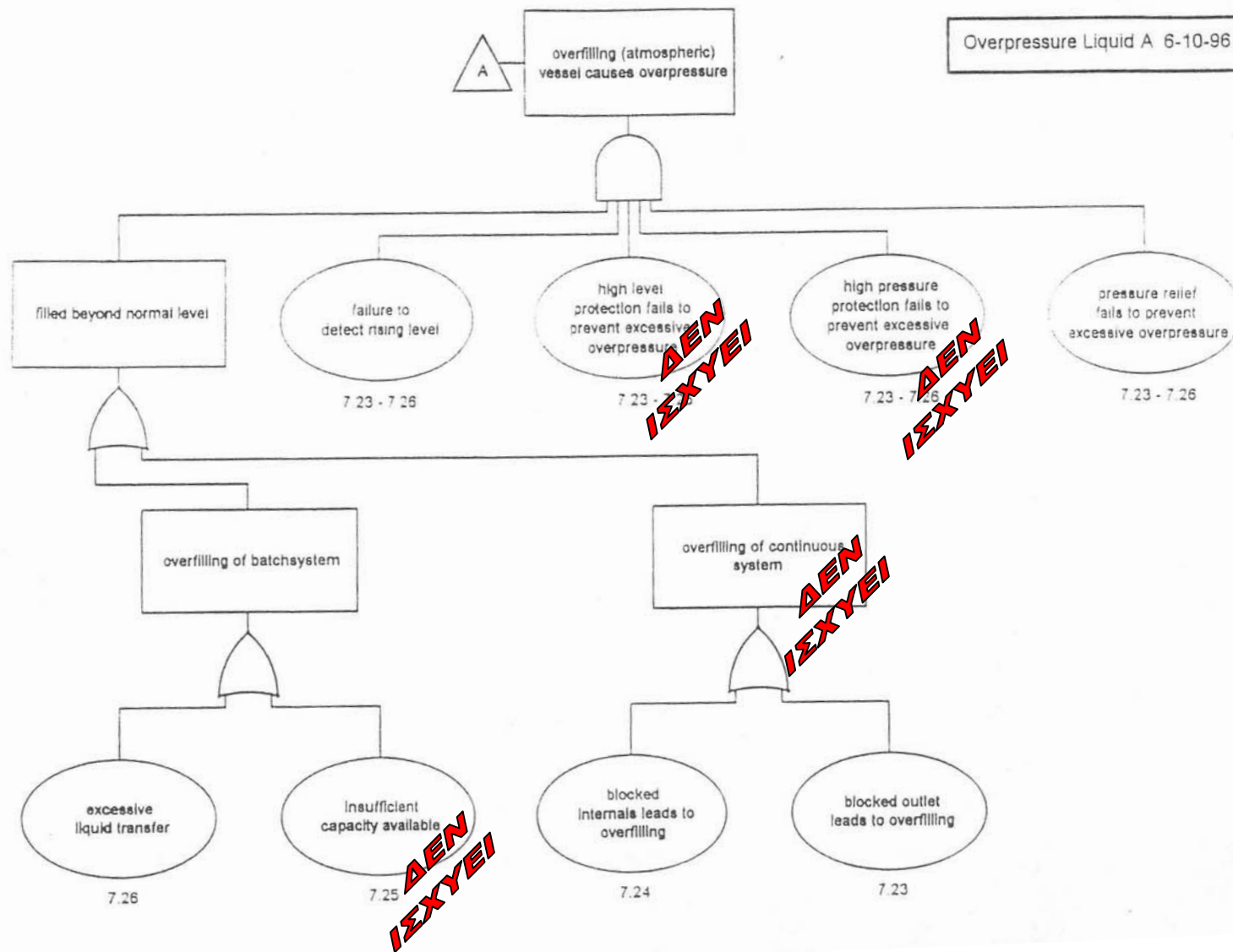
Στη συνέχεια παρατίθενται τα δενδροδιαγράμματα των πιθανών σεναρίων απώλειας περιεχομένου λόγω υπερπίεσης.

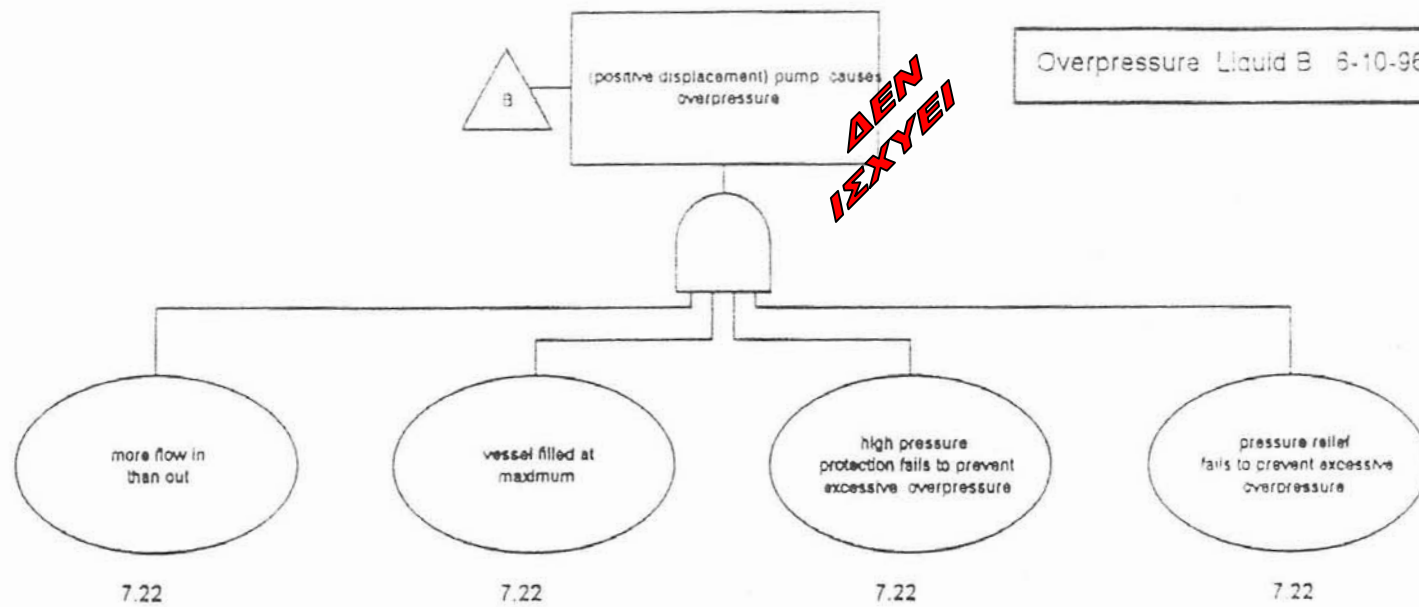


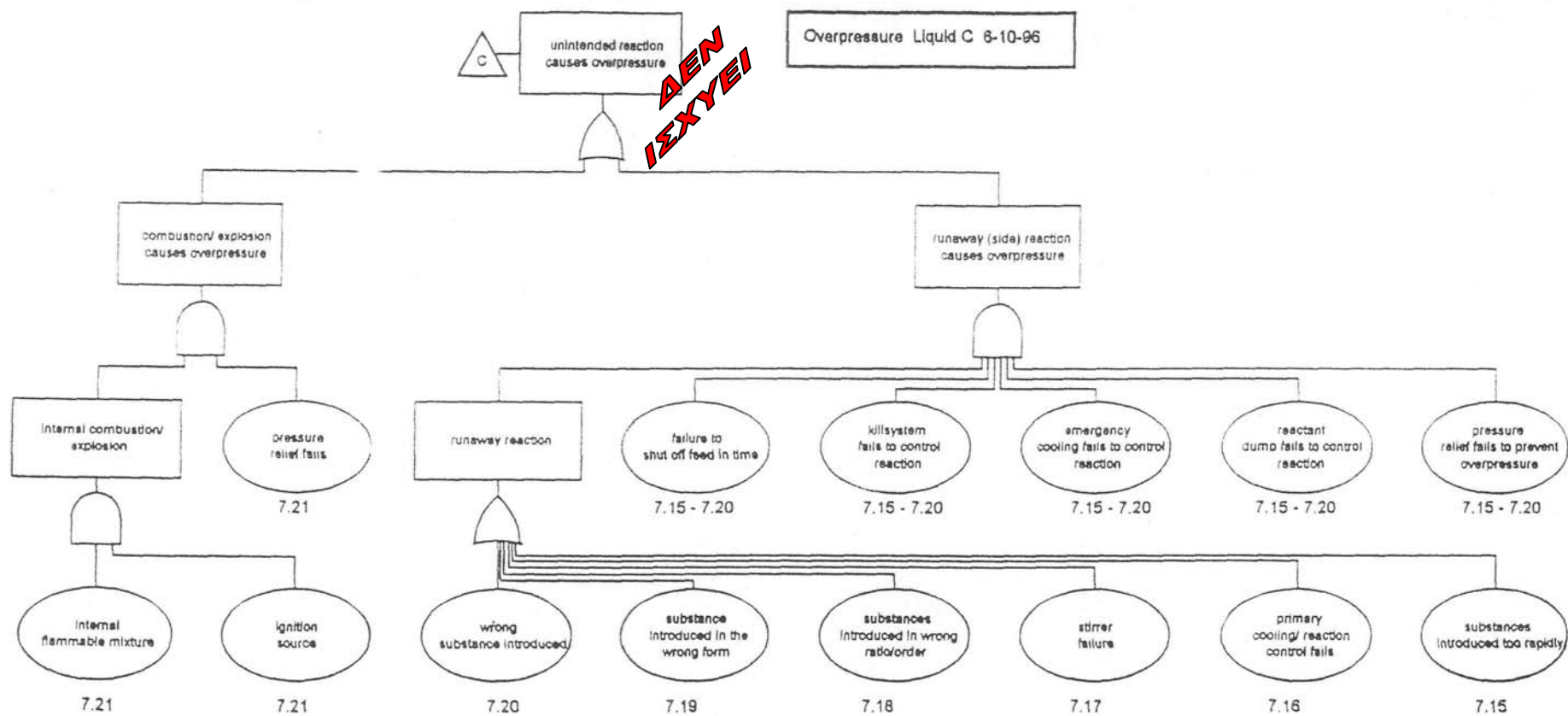




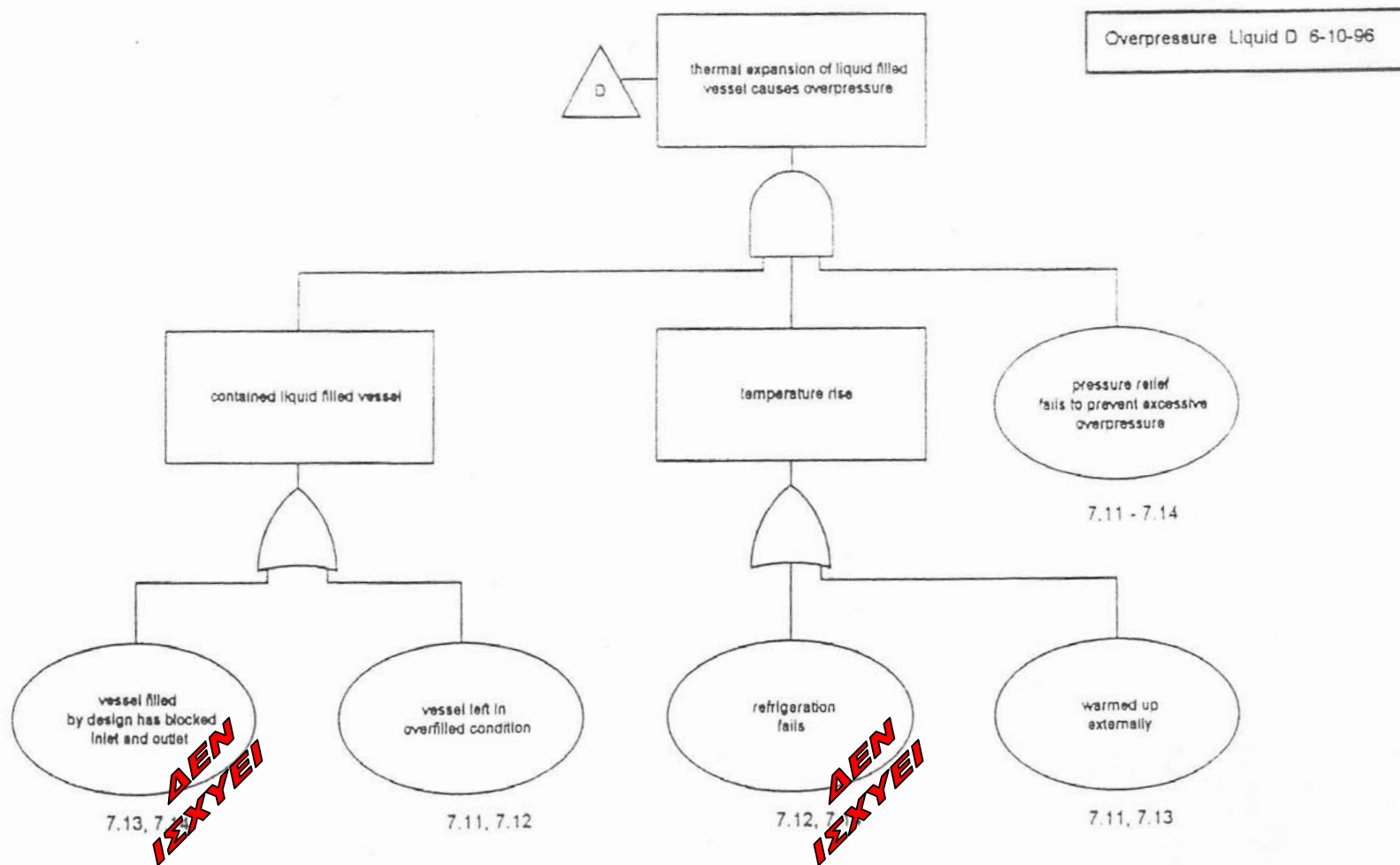


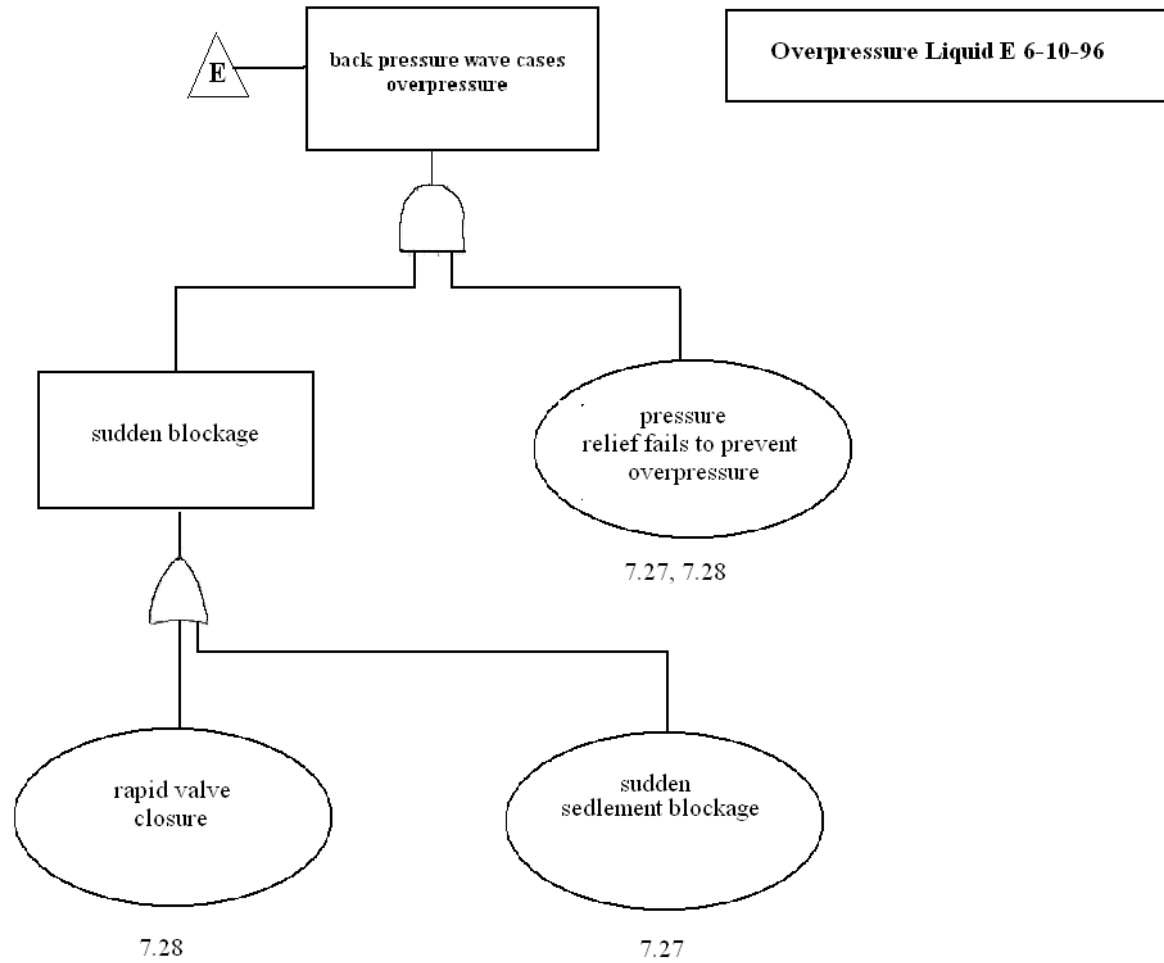


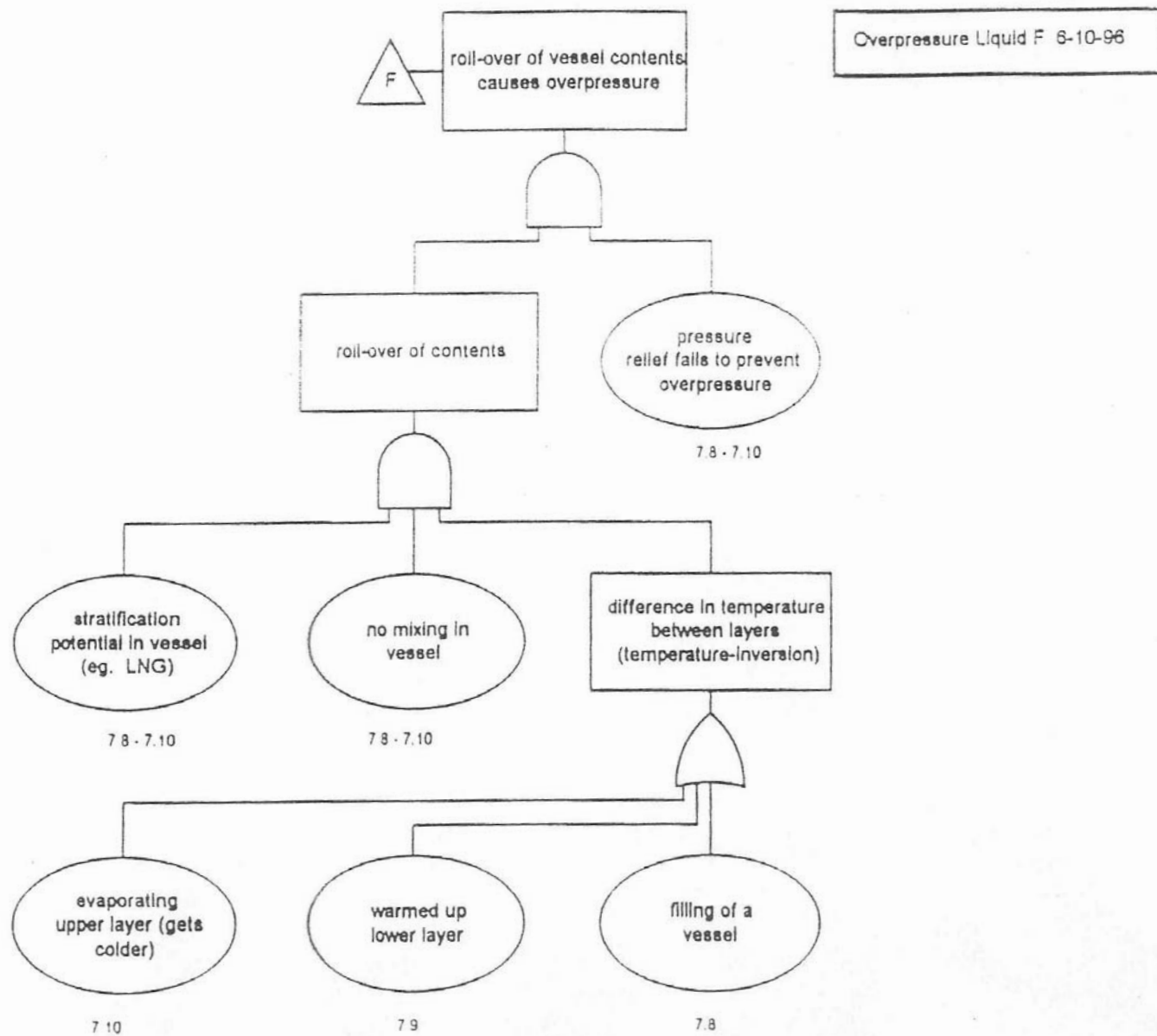


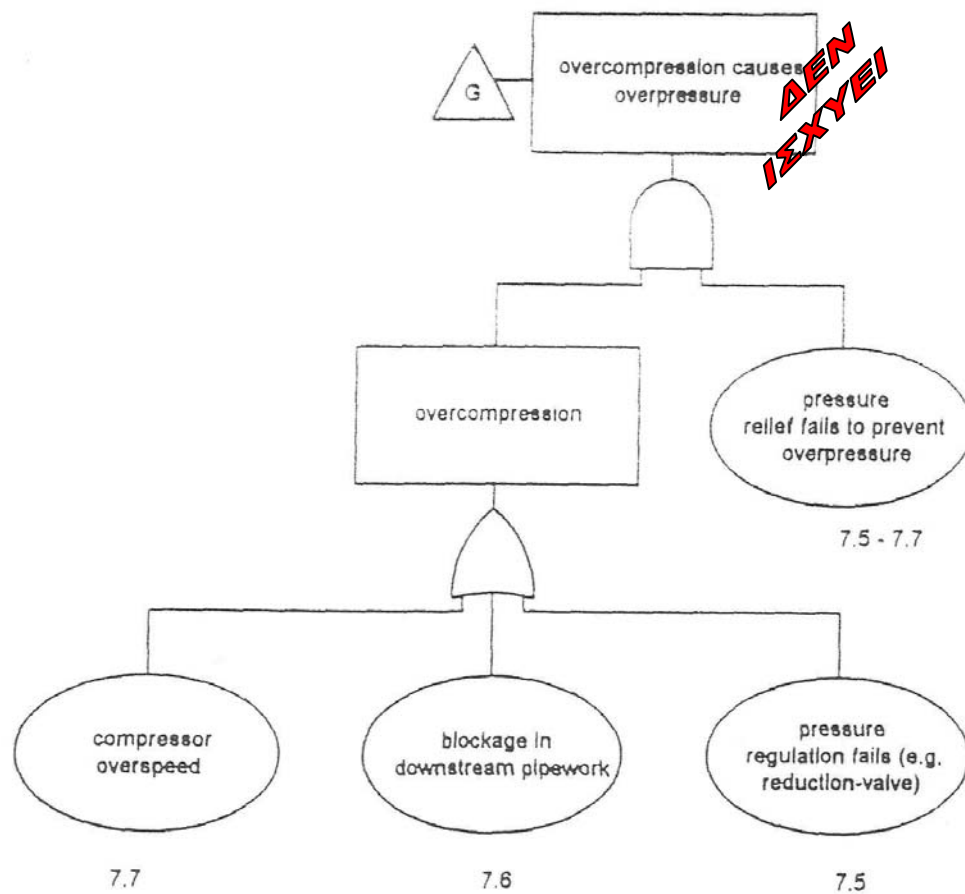




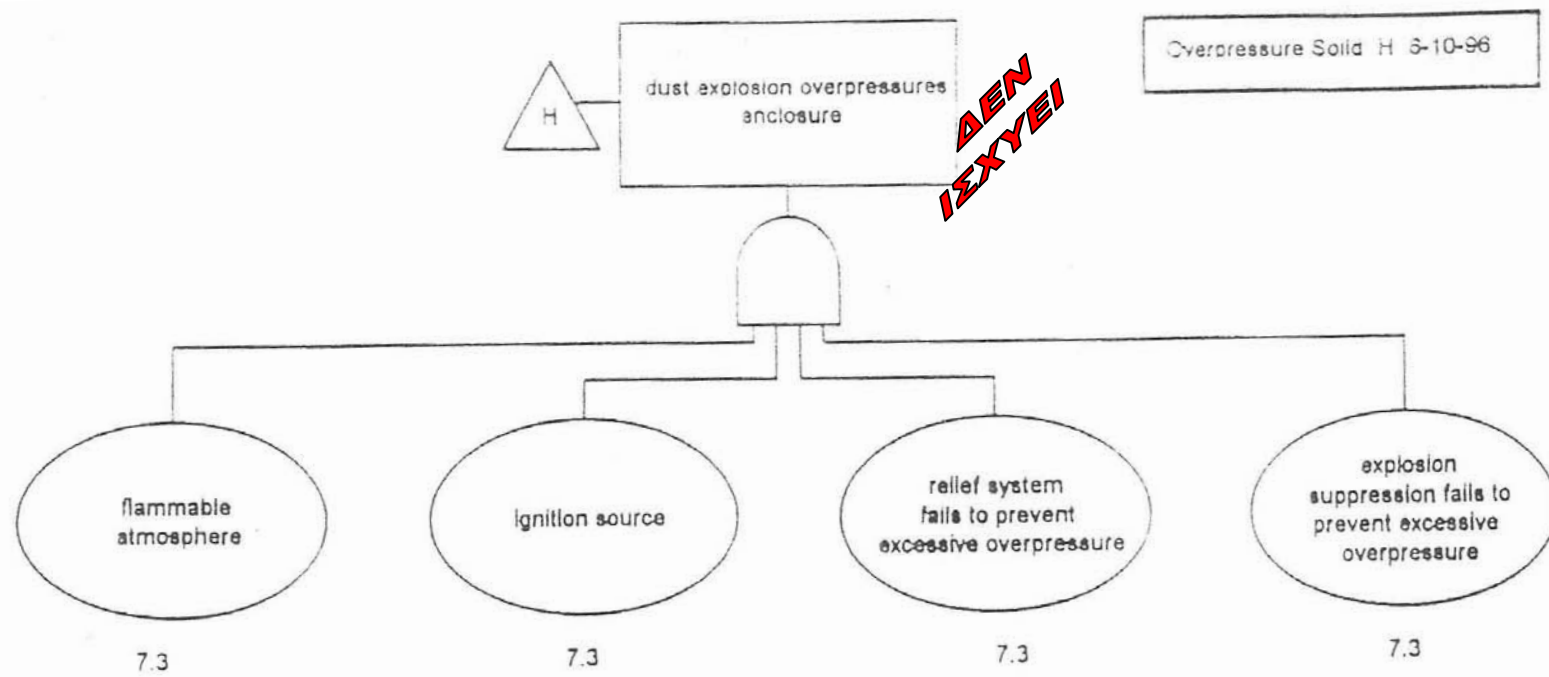


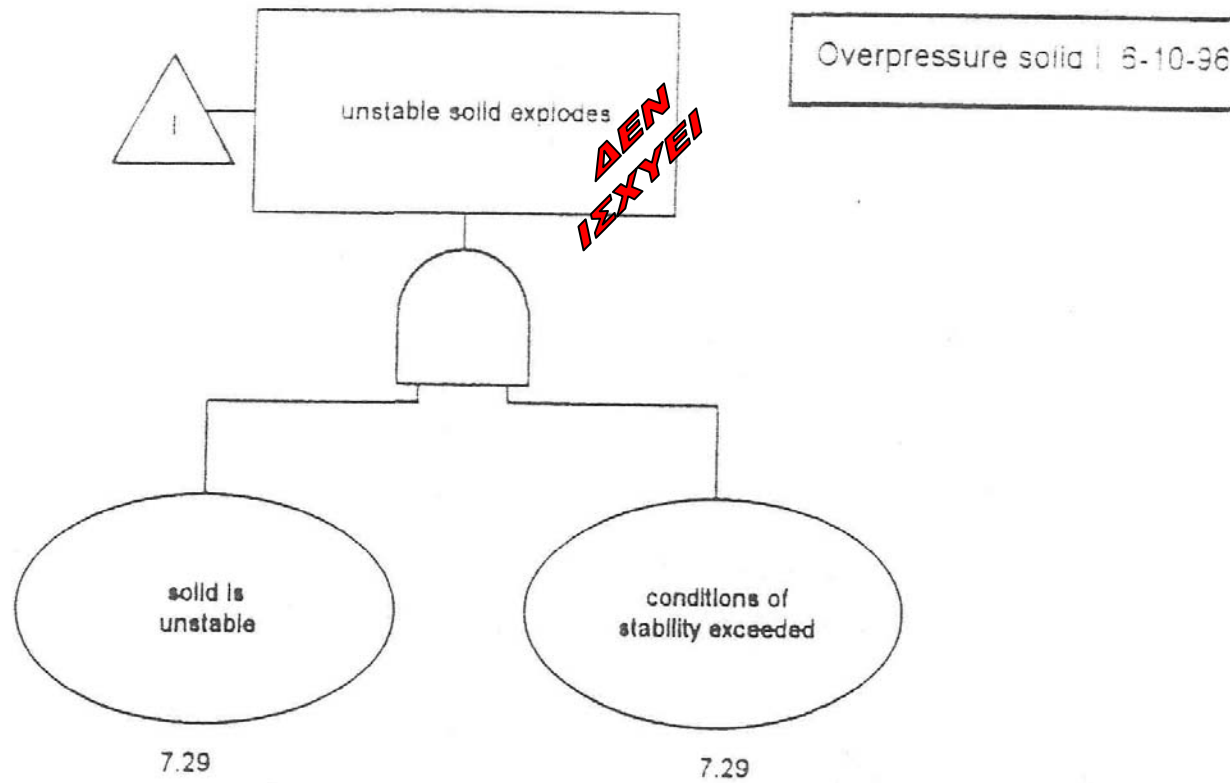






Overpressure Gas G 6-10-96





## Σενάριο 2: Operator error

Ορισμός: Αφορά ατυχήματα που συμβαίνουν από άμεση ανθρώπινη παρέμβαση χωρίς να αστοχήσει κανένα τμήμα εξοπλισμού. Παράδειγμα να ανοιχτεί η λάθος βαλβίδα, να μην απομονωθεί κάποιο τμήμα του συστήματος πριν να ανοιχτεί κάποιο άλλο, να ξεχαστεί ένα τμήμα σωλήνωσης ανοικτό, να υπερπληρωθεί μία δεξαμενή.

Παραδείγματα αιτιών: Υπερπλήρωση, πλήρωση λάθος δεξαμενής, λάθος χειρισμός βαλβίδας κλπ.

Τέτοιου είδους ατυχήματα συμβαίνουν κατά 24,5% σε δεξαμενές, κατά 30,9% στα δίκτυα σωληνώσεων και κατά 48,6% σε μάνικες και φορτωτικούς αρμούς, σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία που παρέχονται από το Anrim2.

Παρακάτω, ακολουθούν τα διαγράμματα που αφορούν το σενάριο του λάθους χειριστή, με διαγεγραμμένα τα τμήματα που κρίνεται πως δεν αφορούν την υπό μελέτη εγκατάσταση.

Από το παρακάτω σενάριο έχει διαγραφεί ο κλάδος της υπερπλήρωσης (6.4- 6.7 overfilling) όχι γιατί δεν είναι δυνατό από λάθος χειριστή να οδηγηθούμε σε υπερπλήρωση αλλά γιατί το να οδηγηθούμε σε απώλεια περιεχομένου από υπερπλήρωση πρέπει να έχουμε ανοικτού τύπου δεξαμενές που δεν ισχύει στην περίπτωση μας και η υπερπλήρωση θα μας οδηγούσε στην υπερπίεση που περιγράφεται στο παραπάνω σενάριο.

Επομένως, για να οδηγηθούμε σε απώλεια περιεχομένου από λάθος χειριστή πρέπει

**Είτε** να ανοιχτεί ο περιέκτης όταν είναι παρών κάποιο επικίνδυνο υλικό (6.11- 6.15 containment opened when hazardous material present) **είτε** να ξεκινήσει μία

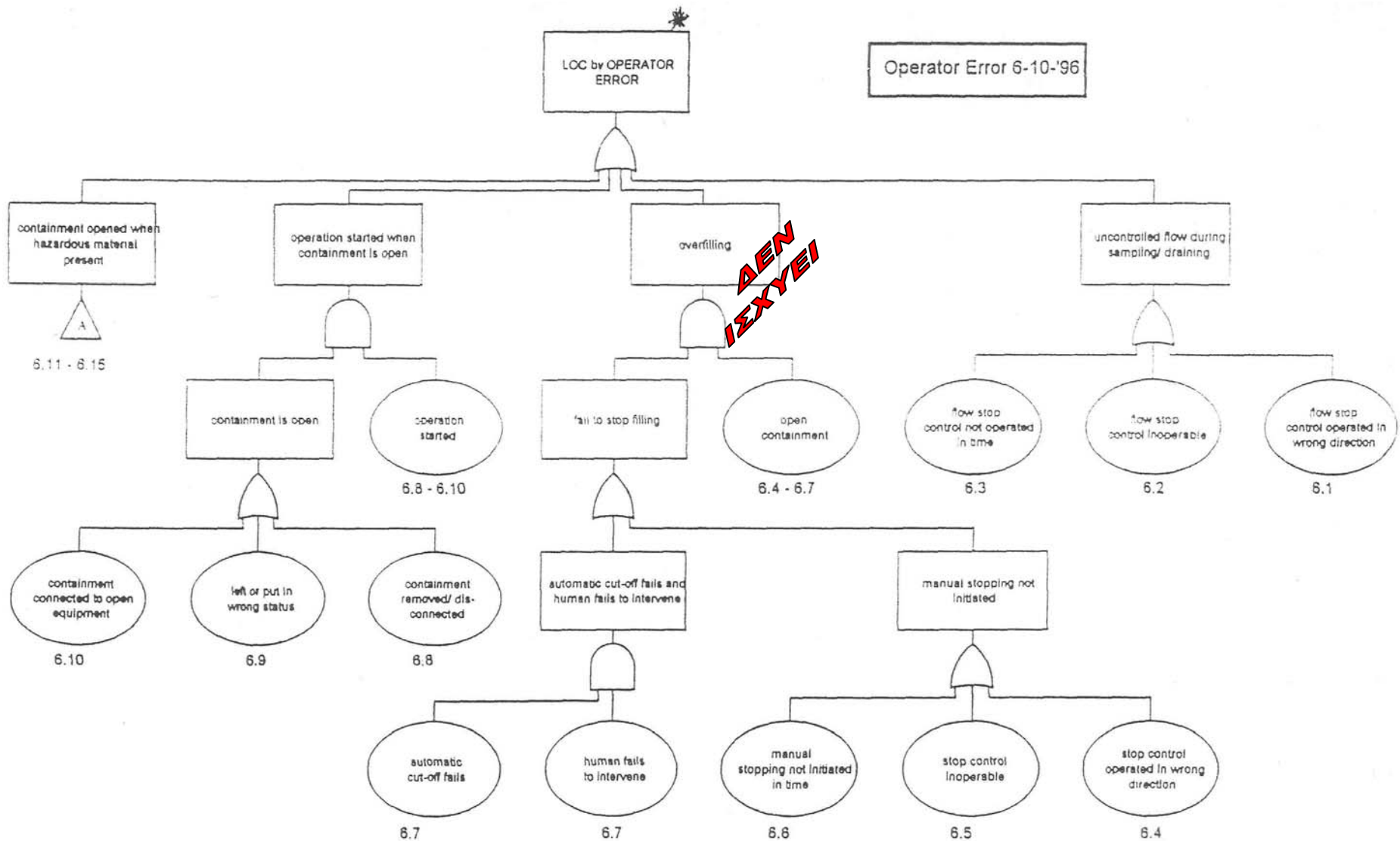
διαδικασία όταν είναι ανοικτός ο περιέκτης (6.8-6.10 operation started when containment is open), **είτε** να έχουμε ανεξέλεγκτη ροή κατά τη διάρκεια του δειγματοσμού ή της αποστράγγισης ( 6.1- 6.3 uncontrolled flow during sampling/ draining).

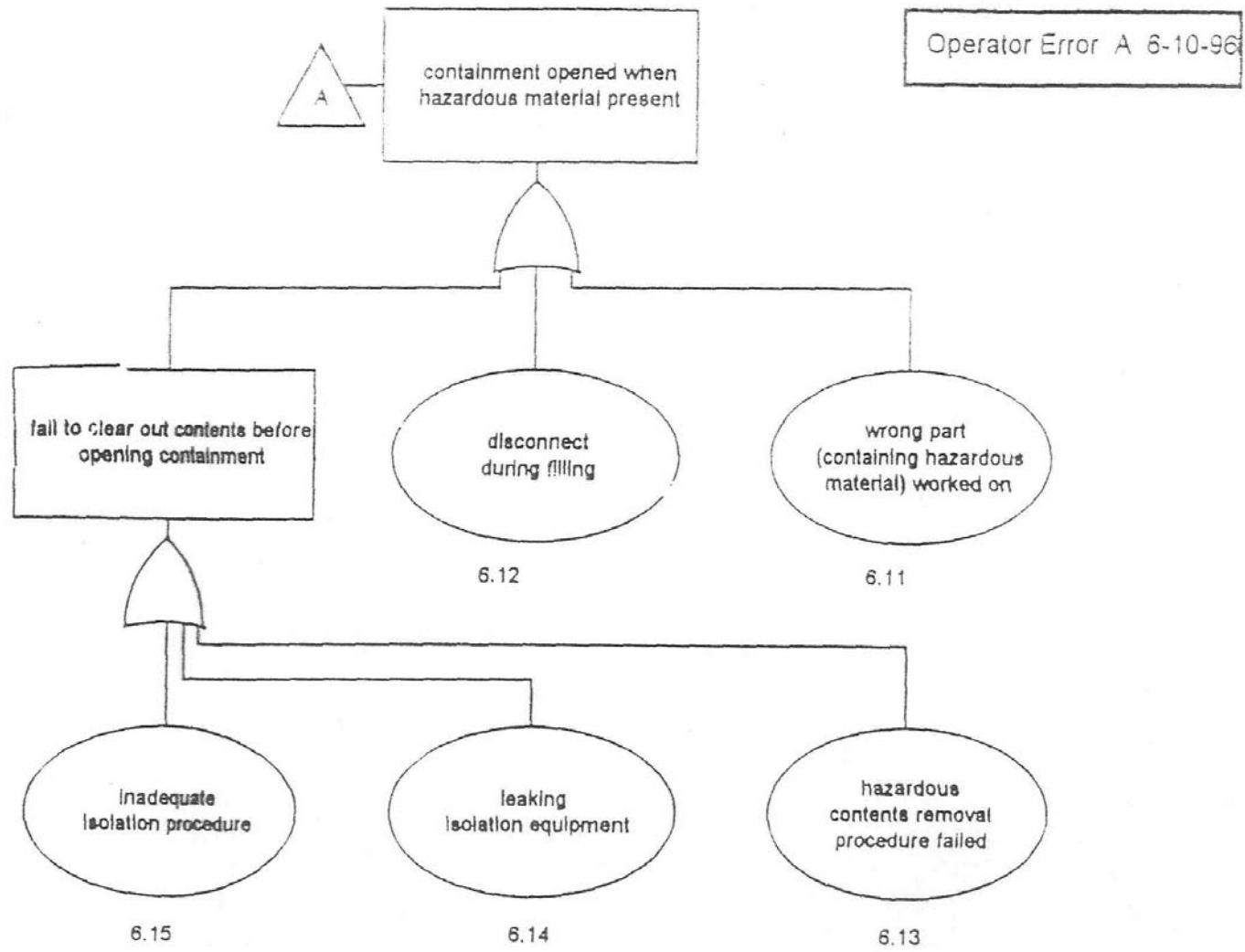
Για να ανοικτεί ο περιέκτης όταν είναι παρών κάποιο επικίνδυνο υλικό πρέπει **είτε** να γίνεται εργασία σε λάθος εξάρτημα/ κομμάτι το οποίο περιέχει το επικίνδυνο υλικό (6.13 wrong part worked on) **είτε** να γίνει κάποια αποσύνδεση κατά τη διάρκεια της εργασίας της πλήρωσης ( 6.12 disconnect during filling) **είτε** να μην γίνει ο καθαρισμός της επικίνδυνης ουσίας πριν ανοιχτεί ο περιέκτης ( 6.13- 6.15 fail to clear out contents before opening containment) το οποίο με τη σειρά του για να συμβεί πρέπει **είτε** η διαδικασία της απομόνωσης να είναι ανεπαρκής ( 6.15 inadequate isolation procedure) **είτε** να έχει διαρροή ο εξοπλισμός της απομόνωσης ( 6.14 leaking isolation equipment) **είτε** να αποτύχει η διαδικασία της απομάκρυνσης του επικίνδυνου υλικού ( 6.13 hazardous material removal procedure failed)

Για το υποσενάριο απώλειας περιεχομένου από λάθος χειριστή επειδή ξεκίνησε κάποια διαδικασία ενώ είναι ανοικτός ο περιέκτης ( 6.8- 6.10 operation started when containment is open) πρέπει ο περιέκτης να είναι ανοικτός **είτε** επειδή ο περιέκτης είναι συνδεδεμένος με ανοικτό τμήμα του εξοπλισμού ( 6.10 containment connected to open equipment) **είτε** επειδή κάποιος τον άφησε έτσι (6.9 left or put in wrong status) **είτε** επειδή μετακινήθηκε/ αποσυνδέθηκε ( 6.8 containment removed/ disconnected) **ΚΑΙ** ξεκίνησε μία εργασία ( 6.8 – 6.10 operation started).

Για το υπό σενάριο απώλειας περιεχομένου από λάθος χειριστή λόγω ανεξέλεγκτης ροής κατά τη διάρκεια του δειγματοσμού / αποστράγγισης ( 6.1- 6.3 uncontrolled flow during sampling/ draining) πρέπει **είτε** να μην διακοπεί έγκαιρα η ροή ( 6.3 flow stop control not operated in time) **είτε** να είναι χαλασμένη η βαλβίδα διακοπής της ροής ( 6.2 flow stop control inoperable) **είτε** να χειριστεί προς τη λάθος κατεύθυνση η βαλβίδα διακοπής της ροής ( 6.1 flow stop control operated in wrong direction)







### 4.3 Σύστημα διαχείρισης

Η ανάλυση ατυχημάτων απώλειας περιεχομένου, δείχνει ότι η διαχείριση θα μπορούσε να είχε αποφύγει ή να διορθώσει αυτές τις διαφοροποιήσεις που προέρχονται από:

- Σχεδίαση (Design)
- Κατασκευή (Construction)
- Χειρισμό (Operation)
- Συντήρηση (Maintenance)

Αυτές οι διαχειριστικές μέθοδοι, που αποτρέπουν την εμφάνιση διαφοροποιήσεων, ομαδοποιούνται σε τέσσερις περιοχές κλειδιά

- Μελέτη επικινδυνότητας (Hazard review)
- Έλεγχος και επιθεώρηση εργασιών (Checking and supervision of tasks)
- Έλεγχοι ρουτίνας και δοκιμές (Routine inspection and testing)
- Μελέτη ανθρώπινου παράγοντα (Human factors review)

Ο συνδυασμός αυτών των μέτρων μαζί με τους παραπάνω κύκλους ζωής μας δίνουν τον παρακάτω πίνακα. Αυτές οι περιοχές καλύπτουν όλο το σύστημα διαχείρισης με όρους πιθανών πηγών ατυχήματος απώλειας περιεχομένου

Στους πίνακες που ακολουθούν, κατηγοριοποιούνται οι αιτίες ατυχήματος που προκύπτουν από τα προηγούμενα δενδροδιαγράμματα για τα σενάρια που αναλύσαμε δείχνοντας το τμήμα διαχείρισης που θα μπορούσε να αποφύγει ή να διορθώσει τις διαφοροποιήσεις, και την διαχειριστική μέθοδο που αποτρέπει την εμφάνιση τους.

#### 4.4 Αποτελέσματα

Έτσι για το σενάριο της υπερπίεσης έχουμε:

**Overpressure,**

**Liquid material,**

**Excessive internal pressure:**

<b>OVERFILLING</b>		
1.1.1	Failure to detect rising level	<b>OP/ HF OP/HAZ</b>
1.1.2	Pressure relief fails to prevent excessive overpressure	<b>DES/ HAZ</b>

<b>THERMAL EXPANSION</b>		
1.1.3	Contained liquid filled vessel because vessel was left in overfilling condition	<b>OP/ HF OP/HAZ</b>
1.1.4	Temperature rises because vessel warmed up externally	<b>DES/ HAZ</b>

<b>BACK PRESSURE WAVE</b>		
1.1.5	Sudden blockage due to sudden valve closure	<b>MAIN/ ROUT</b>
1.1.6	Sudden blockage due to sediment blockage	<b>MAIN/ CHE</b>

<b>ROLL OVER OF VESSEL CONTENT</b>		
1.1.7	Stratification potential in vessel	<b>DES/ HAZ</b>
1.1.8	No mixing in vessel	<b>DES/ HAZ</b>
1.1.9	Temperature inversion due to evaporating upper level	<b>OP/ CHE DES/HAZ</b>
1.1.10	Temperature inversion due to warmed up lower layer	<b>OP/ CHE DES/HAZ</b>
1.1.11	Temperature inversion due to filling of vessel	<b>OP/ HAZ DES/HAZ</b>

**Overpressure,  
Gas material,**

1.2.1	External HP source connected causes overpressure	<b>OP/ HAZ DES/HAZ</b>
1.2.2	Gas explosion (e g during maintenance)	<b>MAIN/ HF OP/HAZ</b>

Για το σενάριο λάθος χειριστή οι πίνακες έχουν ως εξής:

**Operator error  
Containment opened when hazardous material present**

2.1	Fail to clear out content before opening containment due to inadequate isolation procedure	<b>OP/ HF OP/HAZ</b>
2.2	Fail to clear out content before opening containment due to leaking isolation equipment	<b>MAIN/ HF</b>
2.3	Fail to clear out content before opening containment because hazardous contents removal failed	<b>OP/ HF OP/HAZ</b>
2.4	Disconnect during filling	<b>OP/ HF OP/HAZ</b>
2.5	Wrong part worked on	<b>OP/ HF OP/HAZ</b>

**Operator error  
Operation started when containment is open**

2.6	Containment connected to open equipment and operation started	<b>OP/ HF OP/HAZ</b>
2.7	Left or put in wrong status and operation started	<b>OP/ HF OP/HAZ</b>
2.8	Containment removed/ disconnected and operation started	<b>OP/ HF OP/HAZ</b>

**Operator error****Uncontrolled flow during sampling draining**

2.9	Flow stop control, not operated in time	<b>OP/ HF</b> <b>OP/HAZ</b>
2.10	Flow stop control inoperable	<b>MAIN/ HF</b>
2.11	Flow stop control operated in wrong direction	<b>OP/ HF</b> <b>OP/HAZ</b>

Για τις αιτίες που διαφαίνονται στα παραπάνω σενάρια, οι γραμμές άμυνας εντοπίζονται σύμφωνα με τη κατηγορία στην οποία ανήκουν:

	<b>HAZARD REVIEW</b>	<b>CHEKING AND SUPERVISION</b>	<b>ROUTINE INSPECTION AND CHECKING</b>	<b>HUMAN FACTOR REVIEW</b>
<b>DESIGN</b>	Σχεδίαση, κωδικοί, μελέτη επικινδυνότητας/ μελέτη ασφάλειας και συνεχής ενημέρωση στα νέα γεγονότα			
<b>CONSTRUCTION</b>		Έλεγχος και επίβλεψη ότι η κατασκευή των LOD είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές		
<b>MAINTENANCE</b>	Εκτίμηση σφαλμάτων συντήρησης στη μελέτη επικινδυνότητας- μελέτη ασφάλειας	Επίβλεψη των ζητημάτων συντήρησης και έλεγχος των ολοκληρωμένων ενεργειών για την διαπίστωση του σωστού- ασφαλές για σχετικά LOD ζητήματα	Έλεγχος ρουτίνας και επιθεώρηση του εξοπλισμού LOD για τη διαπίστωση της σωστής λειτουργίας του και εξακολουθητική συντήρηση κατά τις απαιτήσεις	Αναγνώριση ότι οι πιθανότητες για σφάλμα συντήρησης ελαχιστοποιούνται κατά τη συντήρηση των LOD μέσα από κατάλληλες εργονομικές διαδικασίες/ σχεδιασμό/ εκπαίδευση
<b>OPERATION</b>	Εκτίμηση σφαλμάτων χειρισμού- διαχείρισης στη μελέτη επικινδυνότητας- μελέτη ασφάλειας	Επίβλεψη και έλεγχος των ζητημάτων χειρισμού για σχετικές LOD		Αναγνώριση ότι οι πιθανότητες για σφάλμα χειρισμού ελαχιστοποιούνται κατά τη συντήρηση των LOD μέσα από κατάλληλες εργονομικές διαδικασίες/ σχεδιασμό/ εκπαίδευση

Οι παραπάνω αστοχίες λοιπόν, κατηγοριοποιούνται ως εξής:

	HAZARD REVIEW	CHEKING AND SUPERVISION	ROUTINE INSPECTION AND CHECKING	HUMAN FACTOR REVIEW
<b>DESIGN</b>	1.1.2, 1.1.4, 1.1.7, 1.1.8, 1.1.9, 1.1.10, 1.1.11, 1.2.1			
<b>CONSTRUCTION</b>				
<b>MAINTENANCE</b>		1.1.6, 2.10	1.1.5	1.1.2, 2.2,
<b>OPERATION</b>	1.1.1, 1.1.3, 1.2.1, 1.2.2, 2.1, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.11	1.1.9, 1.1.10,		1.1.1, 1.1.3, 1.1.11, 2.1, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.11

Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι οι δράσεις και προβλέψεις του ΣΔΑ που εντοπίζονται σαν κρίσιμες και πρέπει να πλαισιωθούν από αναλύσεις επάρκειας και πιθανόν βελτιωτικές ενέργειες είναι :

Για την υπερπλήρωση που οδηγεί σε απώλεια περιεχομένου λόγω υπερπίεσης (OVERFILLING) τα κρίσιμα γεγονότα είναι η μη αναγνώριση της αυξανόμενης στάθμης(Failure to detect rising level ) που κατατάσσεται στην κατηγορία OP/HAZ η οποία προτείνει την εκτίμηση σφαλμάτων χειρισμού- διαχείρισης στη μελέτη επικινδυνότητας- μελέτη ασφάλειας και ανάλογα με τις εκτιμήσεις, σχεδιασμός κατάλληλων γραμμών άμυνας και του επιπέδου αξιοπιστίας τους. Επίσης κατατάσσεται στην κατηγορία του συστήματος διαχείρισης OP/ HF, και προτεινόμενα μέτρα για την αποφυγή του γεγονότος είναι ο κατάλληλος εργονομικός σχεδιασμός των διεργασιών και των γραμμών άμυνας, η εκπαίδευση των χειριστών για αυτό το φαινόμενο και σχεδιασμός και εκπαίδευση πάνω στις λειτουργίες των γραμμών άμυνας.



Το συμπληρωματικό γεγονός του συστήματος ανακούφισης της πίεσης που αποτυγχάνει στη λειτουργία του (Pressure relief fails to prevent excessive overpressure) κατατάσσεται στην κατηγορία DES/ HAZ και αυτό σημαίνει ότι πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν αυτό το γεγονός κατά τη σχεδίαση, στη μελέτη επικινδυνότητας/ μελέτη ασφάλειας και να γίνεται συνεχής ενημέρωση στα νέα γεγονότα που αφορούν το ζήτημα.

Κατά τον ίδιο τρόπο στην κατηγορία DES/ HAZ, η οποία συστήνει να ληφθεί υπ' όψιν αυτό το γεγονός κατά τη σχεδίαση, στη μελέτη επικινδυνότητας/ μελέτη ασφάλειας και να γίνεται συνεχής ενημέρωση στα νέα γεγονότα που αφορούν το ζήτημα εντάσσονται τα κρίσιμα γεγονότα:

Που οδηγούν στο σενάριο της απώλειας περιεχομένου λόγω υπερπίεσης

- θερμική διαστολή του περιεχομένου λόγω εξωτερικού παράγοντα θέρμανσης (Temperature rises because vessel warmed up externally)
- πιθανή διαστρωμάτωση στο περιεχόμενο (Stratification potential in vessel)
- δεν υπάρχει ανάμιξη στο περιεχόμενο (No mixing in vessel)
- θερμοκρασιακή αναστροφή λόγω εξάτμισης του πάνω στρώματος (Temperature inversion due to evaporating upper level)
- θερμοκρασιακή αναστροφή λόγω θέρμανσης του κάτω στρώματος (Temperature inversion due to warmed up lower layer)
- θερμοκρασιακή αναστροφή λόγω εργασίας πλήρωσης της δεξαμενής (Temperature inversion due to filling of vessel)
- εξωτερική πηγή υψηλής πίεσης (External HP source connected causes overpressure)

Στην κατηγορία OP/HAZ η οποία προτείνει την εκτίμηση σφαλμάτων χειρισμού- διαχείρισης στη μελέτη επικινδυνότητας- μελέτη ασφάλειας και ανάλογα με τις εκτιμήσεις και σχεδιασμό κατάλληλων γραμμών άμυνας και του επιπέδου αξιοπιστίας τους εντάσσονται τα κρίσιμα γεγονότα:

- Να αφεθεί η δεξαμενή σε κατάσταση υπερπλήρωσης (liquid filled vessel left in overfilling condition)

- Θερμοκρασιακή αναστροφή λόγω εργασίας πλήρωσης δεξαμενής (Temperature inversion due to filling of vessel)
- εξωτερική πηγή υψηλής πίεσης External HP source connected causes overpressure
- Έκρηξη αερίου κατά τη διάρκεια συντήρησης (Gas explosion (e.g. during maintenance))

Επίσης εντάσσονται τα κρίσιμα γεγονότα που οδηγούν σε απώλεια περιεχομένου λόγω λάθους χειριστή

- Αδυναμία να καθαριστεί επικίνδυνο υλικό πριν ανοιχτεί ο περιέκτης λόγω ανεπαρκούς διαδικασίας απομόνωσης (Fail to clear out content before opening containment due to inadequate isolation procedure)
- Αδυναμία να καθαριστεί επικίνδυνο υλικό πριν ανοιχτεί ο περιέκτης (Fail to clear out content before opening containment because hazardous contents removal failed)
- Αποσύνδεση της δεξαμενής κατά τη διάρκεια της πλήρωσης (Disconnect during filling)
- Εργασία σε λάθος εξάρτημα (Wrong part worked on)
- Σύνδεση του περιέκτη σε ανοικτό μέρος εξοπλισμού (Containment connected to open equipment and operation started)
- Ξεχασμένο σε λάθος κατάσταση και έναρξη εργασίας (Left or put in wrong status and operation started)
- Αποσύνδεση του περιέκτη και έναρξη εργασίας (Containment removed/disconnected and operation started)
- Η βαλβίδα κλεισίματος της ροής δεν χειρίστηκε έγκαιρα (Flow stop control, not operated in time)
- Η βαλβίδα κλεισίματος της ροής χειρίστηκε λανθασμένα (Flow stop control operated in wrong direction)

Στην κατηγορία OP/ HF, όπου προτεινόμενα μέτρα για την αποφυγή του γεγονότος είναι ο κατάλληλος εργονομικός σχεδιασμός των διεργασιών και των γραμμών άμυνας, η εκπαίδευση των χειριστών για αυτό το φαινόμενο και εκπαίδευση πάνω στις λειτουργίες των γραμμών άμυνας εντάσσονται τα κρίσιμα γεγονότα:

Που οδηγούν στο σενάριο της απώλειας περιεχομένου λόγω υπερπίεσης

- Να αφεθεί η δεξαμενή σε κατάσταση υπερπλήρωσης (liquid filled vessel left in overfilling condition)

Και τα κρίσιμα γεγονότα που οδηγούν σε απώλεια περιεχομένου λόγω λάθους χειριστή

- Αδυναμία να καθαριστεί επικίνδυνο υλικό πριν ανοιχτεί ο περιέκτης λόγω ανεπαρκούς διαδικασίας απομόνωσης (Fail to clear out content before opening containment due to inadequate isolation procedure)
- Αδυναμία να καθαριστεί επικίνδυνο υλικό πριν ανοιχτεί ο περιέκτης (Fail to clear out content before opening containment because hazardous contents removal failed)
- Αποσύνδεση της δεξαμενής κατά τη διάρκεια της πλήρωσης (Disconnect during filling)
- Εργασία σε λάθος εξάρτημα (Wrong part worked on)
- Σύνδεση του περιέκτη σε ανοικτό μέρος εξοπλισμού (Containment connected to open equipment and operation started)
- Ξεχασμένο σε λάθος κατάσταση και έναρξη εργασίας (Left or put in wrong status and operation started)
- Αποσύνδεση του περιέκτη και έναρξη εργασίας (Containment removed/ disconnected and operation started)
- Η βαλβίδα κλεισίματος της ροής δεν χειρίστηκε έγκαιρα (Flow stop control, not operated in time)

- Η βαλβίδα κλεισίματος της ροής χειρίστηκε λανθασμένα (Flow stop control operated in wrong direction)

Στην κατηγορία MAIN/ CHE που προτείνει την επίβλεψη των ζητημάτων συντήρησης και έλεγχος των εργασιών που ολοκληρώνονται για την διαπίστωση της ορθής και ασφαλούς διεκπεραίωσης εντάσσεται το κρίσιμο γεγονός που οδηγεί σε απώλεια περιεχομένου λόγω υπερπίεσης:

- Ξαφνικό εμπόδιο λόγω ιζηματογενούς εναπόθεσης (Sudden blockage due to sediment blockage)

Στην κατηγορία MAIN/ ROUT που προτείνει έλεγχους ρουτίνας και επιθεώρηση του εξοπλισμού καθώς επίσης και τήρηση του προγράμματος συντήρησης εντάσσεται το κρίσιμο γεγονός που οδηγεί σε απώλεια περιεχομένου λόγω υπερπίεσης:

- Ξαφνικό εμπόδιο λόγω απότομου κλεισίματος της βαλβίδας (Sudden blockage due to sudden valve closure)

Στην κατηγορία MAIN/ HF που προτείνει την ταυτοποίηση των πιθανοτήτων για λάθη στη συντήρηση και την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας αυτής μέσω κατάλληλου εργονομικού σχεδιασμού και εκπαίδευσης εντάσσονται τα κρίσιμα γεγονότα που οδηγούν σε απώλεια περιεχομένου λόγω υπερπίεσης:

- Έκρηξη αερίου κατά τη συντήρηση (Gas explosion e g during maintenance)

Και αυτά που προέρχονται από λάθος χειριστή

- Αδυναμία να καθαριστεί το περιεχόμενο λόγω διαρροής του εξοπλισμού απομόνωσης (Fail to clear out content before opening containment due to leaking isolation equipment)

- Η βαλβίδα παύσης ροής είναι εκτός λειτουργίας (Flow stop control inoperable)

Στην κατηγορία OP/ CHE που προτείνει επίβλεψη και έλεγχο των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα εντάσσονται τα κρίσιμα γεγονότα που οδηγούν σε απώλεια περιεχομένου λόγω υπερπίεσης:

Θερμοκρασιακή αναστροφή λόγω εξάτμισης του πάνω στρώματος  
(Temperature inversion due to evaporating upper level )

Θερμοκρασιακή αναστροφή λόγω θέρμανσης του κάτω στρώματος  
(Temperature inversion due to warmed up lower layer)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το Anrim2 είναι ένα εργαλείο υποστήριξης για την εκτίμηση και την επιθεώρηση της ασφάλειας σε εγκαταστάσεις μείζονος κινδύνου. Βρίσκει εφαρμογή στην εκτίμηση και επιθεώρηση των ελέγχων ασφάλειας για εταιρείες που διαχειρίζονται επικίνδυνα υλικά και πρέπει να αποτρέψουν την απώλεια περιεχομένου καθώς και στην εκτίμηση και επιθεώρηση των συστημάτων με τα οποία η εταιρεία παρακολουθεί την αποτελεσματικότητα αυτών των ελέγχων. Δίνετε έμφαση στα σχεδιαστικά θέματα ασφάλειας και στα συστήματα διαχείρισης κινδύνων. Η λογική που ακολουθείται είναι ο επιθεωρητής να «συλλάβει» όλες τις γενικές αιτίες ατυχήματος που θα μπορούσαν να έχουν σαν αποτέλεσμα απώλεια περιεχομένου, συμπεριλαμβανομένων των διαδρομών που οδηγούν στα σενάρια ατυχήματος.

Με τον πίνακα εναρκτήριων γεγονότων που η εταιρεία καλείται να συμπληρώσει, άμεσα λαμβάνεται μια γενική εικόνα των πηγών κινδύνου για την κάθε εγκατάσταση που μελετάται. Αυτό δρα και ως «αυτοκριτική» της εταιρείας πάνω στα συστήματα ασφάλειας που έχει εδραιώσει στις εγκαταστάσεις της, αλλά και πάνω στην αντίληψη των διαφόρων πηγών κινδύνου στις οποίες υπόκειται.

Κατά την εφαρμογή της μεθόδου για την Πετρογκάζ και την εγκατάσταση των αποθηκευτικών της δεξαμενών, επικεντρωθήκαμε σε δύο σενάρια ατυχημάτων που εκτιμώνται ζωτικής σημασίας. Το σενάριο απώλειας περιεχομένου λόγω υπερπίεσης των αποθηκευτικών δεξαμενών και το σενάριο του λάθους χειριστή. Διαμορφώνοντας κατάλληλα τα αντίστοιχα δένδροδιαγράμματα της μεθόδου, λάβαμε πληροφορίες για τις πιθανές αιτίες που θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην πραγματοποίηση αυτών των σεναρίων και στη συνέχεια εντοπίσαμε τα σημεία του συστήματος διαχείρισης που οφείλουν να αποτρέπουν και να προστατεύουν την εγκατάσταση από τα ενδεχόμενα σενάρια.

Τα αποτελέσματα κατέδειξαν ότι για τα σενάρια που ο ανθρώπινος παράγοντας ήταν υπεύθυνος για την πραγματοποίηση των κρίσιμων γεγονότων που

οδηγούσαν σε κάποιο σενάριο αποτυχίας, κύριοι παράγοντες πρόληψης και προστασίας, είναι η εκπαίδευση των εργαζομένων τόσο για τη φύση και τις πηγές των κινδύνων, αλλά και για τα μέτρα και τις διαδικασίες προστασίας τους από αυτούς, κατάλληλη και εργονομική σχεδίαση των εργασιών. Επίσης, υπολογισμός των επιπτώσεων και των πιθανοτήτων αυτών των σφαλμάτων στις μελέτες ασφάλειας και κατάλληλος σχεδιασμός γραμμών άμυνας.

Όταν το κρίσιμο γεγονός προερχόταν από κάποιο τμήμα του εξοπλισμού τότε κύριοι παράγοντες πρόληψης και προστασίας, είναι εκπόνηση ελέγχων ρουτίνας για τα σημεία του εξοπλισμού που φαίνονται και από την ανάλυση να είναι ευάλωτα, κατασκευή και τήρηση πλάνου συντήρησης για τα τμήματα της εγκατάστασης και φυσικά ενημέρωση της μελέτης ασφάλειας της εγκατάστασης για νέα δεδομένα, από όπου θα προκύψουν οι διαδικασίες, ο εξοπλισμός κλπ για την αποφυγή και προστασία της εγκατάστασης από ατυχήματα.

Επίσης η μελέτη ασφάλειας της εγκατάστασης και η εκτίμηση των λαθών που μπορούν να προκύψουν στις διάφορες εργασίες είναι οι σημαντικότερες πηγές πρόληψης και προστασίας από τα περισσότερα κρίσιμα γεγονότα

Το Anrim2 είναι ένα εργαλείο εκτίμησης επικινδυνότητας, το οποίο είναι αρκετά γενικευμένο με την πρώτη ματιά, ικανό όμως να εμβαθύνει στις πιθανές αιτίες ενός ατυχήματος, επισημαίνοντας της γραμμές άμυνας που πρέπει να διατηρούνται άριστα λειτουργικές και πάντοτε παρούσες και έχει την δυνατότητα επέκτασης για ειδικές περιπτώσεις που πιθανόν να μην συμπεριλαμβάνονται.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- 1) Εγχειρίδιο εφαρμογής Avrim2
- 2) Ridley J., Safety at work, Butterworths, 1983.
- 3) Kletz T.A., What went wrong: case histories of process plant disasters, Gulf Publishing Co, Texas, 1985.
- 4) Kletz T.A., Plant design for safety: a user-friendly approach, Hemisphere Publishing Co, 1991.
- 5) Proceedings of the Annual International Industrial Ergonomics and Safety Conference held in Cincinnati, Advances in industrial ergonomics and safety I, Ohio, 1989.
- 6) Παπαδάκης Γ., Διαχείριση Βιομηχανικής Ασφάλειας, Σημειώσεις μεταπτυχιακού μαθήματος.
- 7) ΣΥΝΘΕΤΙΚΗ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ Μεθοδολογία Εκτίμησης Επαγγελματικού Κινδύνου σε Μονάδες Υψηλού Κινδύνου: Εφαρμογή σε Εγκαταστάσεις Εμφιάλωσης και Διακίνησης Υγραερίου, ΦΡΑΓΚΙΑΔΑΚΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ, 2005

Ηλεκτρονικές Πηγές:

[www.elinyae.gr](http://www.elinyae.gr)  
[www.petrogaz.gr](http://www.petrogaz.gr)  
[www.ypergka.gr](http://www.ypergka.gr)  
[www.ypakp.gr](http://www.ypakp.gr)