



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

---

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



Ανάλυση της πορείας του υγραερίου (LPG) από  
τους θύλακες μέχρι τον καταναλωτή και τα  
μέσα αποθήκευσής του.

Περεσιόλκιν Γιούρι  
Α.Μ.: 5314

*Επιβλέπων Καθηγητής:*  
Χρηστάκης Δημήτρης

# Περιεχόμενα

Περίληψη	6
Abstract	7
Ευχαριστίες	8
Εισαγωγή	9
<b>1. Προέλευση και παραγωγή</b>	<b>10</b>
1.1. Υδρογονάνθρακες	10
1.1.1. Σχηματισμός των υδρογονανθράκων	11
1.1.2. Χαρακτηριστικά των πετρωμάτων των κοιτασμάτων	13
1.1.3. Παγίδες πετρελαίου και φυσικού αερίου	14
1.2. Εντοπισμός κοιτασμάτων φυσικού αερίου και πετρελαίου	17
1.2.1. Μέθοδοι εντοπισμού υδρογονανθράκων	17
1.3. Εξόρυξη υδρογονανθράκων	21
1.3.1. Στάδια παραγωγής και σχέδιο εξόρυξης	21
1.3.2. Άνοιγμα του φρέατος της πετρελαιοπηγής (drilling)	24
1.4. Επεξεργασία υδρογονανθράκων	27
1.4.1. Επεξεργασία φυσικού αερίου	27
1.4.2. Διαδικασία απομάκρυνσης των συμπυκνωμάτων.	28
1.4.3. Επεξεργασία πετρελαίου	28
1.5. Υγραέριο	33
1.5.1. Περιεχόμενο μίας φιάλης ή δεξαμενής υγραερίου	33
1.5.2. Θερμοκρασία και Πίεση	35
1.5.3. Πυκνότητα	38
1.5.4. Ειδικός όγκος	39
1.5.5. Συμπιεστότητα	41
1.5.6. Καύση του υγραερίου	42
1.5.7. Όσμηση του υγραερίου (odorization)	43
1.5.8. Προπάνιο	44
1.5.9. Βουτάνιο	46
<b>2. Μεταφορά, αποθήκευση και εμφιάλωση στα εμφιαλωτήρια</b>	<b>50</b>
2.1. Μεταφορά υγραερίου στα εμφιαλωτήρια	50
2.1.1. Μεταφορά υγραερίου με αγωγό	50
2.1.2. Θαλάσσιες μεταφορές υγραερίου	51
2.1.3. Χερσαίες οδικές μεταφορές υγραερίου	53
2.1.4. Χερσαίες μεταφορές υγραερίου με χρήση σιδηροδρομικών γραμμών	54
2.1.5. Μετάγγιση του υγραερίου	56
2.2. Αποθήκευση στα εμφιαλωτήρια	59
2.2.1. Είδη δεξαμενών αποθήκευσης	59
2.2.2. Αποστάσεις ασφαλείας και διάταξη	60
2.2.3. Κατασκευή δεξαμενών	62
2.2.4. Εξοπλισμός δεξαμενών εμφιαλωτηρίου	63
2.2.5. Συντήρηση δεξαμενών	65
2.3. Εμφιάλωση του υγραερίου	66
2.3.1. Τα απαραίτητα στοιχεία για την εμφιάλωση	66
2.3.2. Διαδικασία εμφιάλωσης φιαλών 10 κιλών	68
<b>3. Αποθήκευση στους πελάτες</b>	<b>72</b>

<b>3.1. Δεξαμενές πελατών</b>	<b>72</b>
3.1.1. Είδη δεξαμενών αποθήκευσης	73
3.1.2. Κατασκευή δεξαμενών	73
3.1.3. Χωρητικότητες και διαστάσεις δεξαμενών	74
3.1.4. Εξοπλισμός δεξαμενής	75
3.1.5. Συντήρηση δεξαμενών	75
3.1.6. Προετοιμασία δεξαμενής για αποστολή σε πελάτη	76
3.1.7. Παράδειγμα συναρμολόγησης δεξαμενής 5000 [lt]	79
<b>3.2. Φιάλες</b>	<b>85</b>
3.2.1. Κατηγορίες φιαλών	85
3.2.2. Κατασκευή φιαλών	85
3.2.3. Συντήρηση φιαλών	86
3.2.4. Περιοδικός έλεγχος φιαλών	86
3.2.5. Σύνολο διαδικασιών περιοδικού ελέγχου φιαλών	86
3.2.6. Περιγραφή διαδικασιών επανελέγχου φιαλών	87
3.2.7. Παράδειγμα επανελέγχου χαλύβδινης συγκολλητής φιάλης	88
<b>4. Ανάλυση καταπονήσεων λόγω πίεσης σε δεξαμενή</b>	<b>93</b>
4.1. Δοχεία πίεσης	93
4.1.1. Θεωρία λεπτότοιχων δοχείων πίεσης	93
4.1.2. Θεωρητικός υπολογισμός πάχους ελάσματος δεξαμενής	96
4.2. Σχεδιασμός και προσομοίωση υπάρχουσας δεξαμενής στο λογισμικό SolidWorks	99
4.2.1. Σχεδιασμός δεξαμενής	99
4.2.2. Ανάλυση καταπονήσεων με χρήση λογισμικού πεπερασμένων στοιχείων (FEA) SolidWorks Simulation	104
<b>Συμπεράσματα</b>	<b>111</b>
<b>Αναφορές</b>	<b>112</b>
<b>Παραρτήματα</b>	<b>114</b>
Παράρτημα I - Πρότυπα και Νομοθεσίες	114
Παράρτημα II - Πρωτόκολλο παραλαβής και αποστολής δεξαμενής	120

# Εικόνες

Εικόνα 1. Σχηματισμός υδρογονανθράκων	11
Εικόνα 2.Φάσεις και τις ποσότητες των υδρογονανθράκων συναρτήσει τους βάθους και της θερμοκρασίας	12
Εικόνα 3.Το εσωτερικό των ιζηματογενών πετρωμάτων	14
Εικόνα 4.Μία παγίδα υδρογονανθράκων σε αντίκλινο	15
Εικόνα 5.Βασικά είδη των παγίδων υδρογονανθράκων	16
Εικόνα 6.Τρόπος λειτουργίας μίας σεισμικής μελέτης	18
Εικόνα 7.Διάταξη μικροφώνων σεισμικής μελέτης	19
Εικόνα 8.Γραφική αναπαράσταση των δεδομένων σεισμικής μελέτης	19
Εικόνα 9.Μελέτη ενσύρματης καταγραφής	20
Εικόνα 10.Περίπτωση λάθος εξόρυξης υδρογονανθράκων	21
Εικόνα 11.Δευτερογενής παραγωγή υδρογονανθράκων	22
Εικόνα 12.Τριτογενής παραγωγή υδρογονανθράκων	23
Εικόνα 13.Επιθαλάσσια εξόρυξη υδρογονανθράκων	24
Εικόνα 14.Άνοιγμα του φρέατος της πετρελαιοπηγής (drilling) σε στάδια	25
Εικόνα 15.Διάτρηση του περιβλήματος (casing) μίας γεώτρησης (well)	25
Εικόνα 16.Οριζόντια γεώτρηση πετρελαιοπηγής	26
Εικόνα 17.Πολυμερής γεώτρηση πετρελαιοπηγής (multilateral well)	26
Εικόνα 18.Πορεία επεξεργασίας φυσικού αερίου	27
Εικόνα 19.Ατμοσφαιρική απόσταση	30
Εικόνα 20.Απόσταση υπό κενό	30
Εικόνα 21.Διάγραμμα ροής επεξεργασίας αργού πετρελαίου	32
Εικόνα 22.Βραστήρας νερού που βράζει	34
Εικόνα 23.Δεξαμενή προπανίου	35
Εικόνα 24. Διάγραμμα πίεσης κεκορεσμένων ατμών υδρογονανθράκων, νερού και οσμοθέτη συναρτήσει της θερμοκρασίας της υγρής τους φάσης.	36
Εικόνα 25.Δομή ισοβουτανίου	37
Εικόνα 26.Διάγραμμα πυκνότητας αέριας και υγρής φάσης υδρογονανθράκων συναρτήσει της θερμοκρασίας	38
Εικόνα 27.Διάγραμμα μεταβολής όγκου συναρτήσει της θερμοκρασίας	40
Εικόνα 28.Μόριο προπανίου	44
Εικόνα 29.Μόριο βουτανίου	46
Εικόνα 30.Διάγραμμα μεταβολής της πίεσης των κεκορεσμένων ατμών προπανίου και βουτανίου συναρτήσει της θερμοκρασίας	49
Εικόνα 31.Αγωγός μεταφοράς υγραερίου	51
Εικόνα 32.Πλοίο μεταφοράς υγραερίου - πλήρους πίεσης	52
Εικόνα 33.Αντλίες υγραερίου	57
Εικόνα 34.Συμπιεστής υγραερίου	58
Εικόνα 35.Μηχανική ζυγαριά εμφιάλωσης υγραερίου	69
Εικόνα 36.Διάταξη ελέγχου στεγανότητας φιαλών	70
Εικόνα 37.Μηχάνημα εφαρμογής συρρικνωτικής μεμβράνης ασφαλείας	71
Εικόνα 38.Σκίτσο διαστάσεων δεξαμενών	74
Εικόνα 39.Βαλβίδα απομόνωσης ασφαλιστικής βαλβίδας ανακούφισης	80
Εικόνα 40.Στεγανοποιητικός δακτύλιος	80
Εικόνα 41.Ασφαλιστική βαλβίδα ανακούφισης	80
Εικόνα 42.Βαλβίδα λήψης υγρής φάσης	81
Εικόνα 43. Βαλβίδα πλήρωσης	81
Εικόνα 44.Πολυβαλβίδα λήψης αέριας φάσης χωρίς το σωληνάκι - δείκτη μέγιστης στάθμης	82
Εικόνα 45.Μαγνητικός δείκτης στάθμης	83
Εικόνα 46.Καπάκι στομίου αποστράγγισης	83
Εικόνα 47.Πιάστρα γείωσης δεξαμενής και ο κοχλίας με το περικόχλιο	84
Εικόνα 48.Πλαστικό καπάκι εξαρτημάτων δεξαμενής	84
Εικόνα 49.Φιάλη με διαβρωμένο πάτο	88
Εικόνα 50.Διάταξη εκκένωσης φιαλών	89
Εικόνα 51.Φιάλη που έχει περάσει το στάδιο της αμμοβολής	90
Εικόνα 52.Καταστραμμένη φιάλη	90
Εικόνα 53.Τοποθέτηση χειροκίνητης βαλβίδας στη φιάλη	92

Εικόνα 54.Στάδιο βαφής των φιαλών	92
Εικόνα 55.Τάσεις στο απειροελάχιστο κομμάτι ενός δοχείου πίεσης	94
Εικόνα 56.Διαμήκης τάσης	94
Εικόνα 57.Εγκάρσια τομή ενός δοχείου πίεσης	95
Εικόνα 58.Περιφεριακή τάση	95
Εικόνα 59.Δεξαμενή χωρητικότητας 5000 λίτρων με ημισφαιρικές κεφαλές	96
Εικόνα 60.Σχέδιο κυλίνδρου δεξαμενής χωρίς στόμια	99
Εικόνα 61. Σχέδιο κυλίνδρου δεξαμενής με στόμια	100
Εικόνα 62.Σχέδιο κεφαλής δεξαμενής τύπου torispherical	101
Εικόνα 63.Σχέδιο του χερουλιού και των ποδιών της δεξαμενής	101
Εικόνα 64.Σχέδιο συναρμολόγησης δεξαμενής	102
Εικόνα 65.Σχέδιο στομιών και τομής δεξαμενής	102
Εικόνα 66.Σχέδιο συναρμολόγησης δεξαμενής	103
Εικόνα 67.Η τελική Rendered εμφάνιση της δεξαμενής που σχεδιάστηκε	103
Εικόνα 68.Τάσεις στη δεξαμενή	105
Εικόνα 69.Μορφή που τείνει να πάρει η δεξαμενή	105
Εικόνα 70.Δεξαμενή σε τομή	106
Εικόνα 71.Στόμια δεξαμενής	106
Εικόνα 72.Γεωμετρία στην οποία αναπτύσσονται τάσεις ίσες ή μεγαλύτερες των 307 [MPa]	107
Εικόνα 73.Γεωμετρία της δεξαμενής που αναπτύσσει τάσεις ίσες ή μεγαλύτερες των 330 [MPa]	107
Εικόνα 74.Γεωμετρία του στομίου αποστράγγισης στην οποία αναπτύσσονται τάσεις ίσες ή μεγαλύτερες των 330 [MPa]	108
Εικόνα 75.Σημείο που αναπτύσσει τις μέγιστες τάσεις	108
Εικόνα 76.Κέλυφος δεξαμενής σε εγκάρσια τομή	109
Εικόνα 77.Μετατόπιση των σημείων της δεξαμενής	109
Εικόνα 78.Τάσεις σε δεξαμενή με ημισφαιρικές κεφαλές	110
Εικόνα 79.Τομή δεξαμενής με ημισφαιρικές κεφαλές	110

## Πίνακες

Πίνακας 1. Φυσικά χαρακτηριστικά του καθαρού προπανίου .....	45
Πίνακας 2. Φυσικά χαρακτηριστικά του εμπορικού προπανίου .....	46
Πίνακας 3. Φυσικά χαρακτηριστικά του καθαρού βουτανίου .....	47
Πίνακας 4. Φυσικά χαρακτηριστικά του εμπορικού βουτανίου .....	48
Πίνακας 5. Αποστάσεις μεταξύ στοιχείων εγκατάστασης .....	60
Πίνακας 6. Αποστάσεις δεξαμενών υγραερίου υπό πίεση σε εγκαταστάσεις αποθήκευσης, εμφιάλωσης, διακίνησης και διανομής υγραερίων .....	61
Πίνακας 7. Ελάχιστο πάχος χαλυβδοσωλήνων για σωλήνες με πίεση μέχρι 25 [bar] .....	66
Πίνακας 8. Διαστάσεις δεξαμενών .....	74
Πίνακας 9. Yield strength του <b>Grade P355GH (1.0473)</b> .....	97
Πίνακας 10. Tensile strength του <b>Grade P355GH (1.0473)</b> .....	97
Πίνακας 11. Elongation του <b>Grade P355GH (1.0473)</b> .....	97
Πίνακας 12. Συντελεστές απόδοσης συγκολλήσεων σύμφωνα με το πρότυπο <b>DIN EN 13445-3</b> .....	97

# Περίληψη

Στην παρούσα Πτυχιακή Εργασία περιγράφεται η μελέτη όλης της πορείας που ακολουθεί το Υγραέριο (LPG) από τα βάθη της γης όπου βρίσκεται μέχρι να φτάσει στον τελικό καταναλωτή. Γίνεται σύντομη περιγραφή των εργασιών που εκτελούνται και των σταδίων που περνάει το ορυκτό αυτό καύσιμο για να αποκτήσουμε την τελική του μορφή. Αναλύονται οι βασικές του ιδιότητες και η συμπεριφορά του κατά την αποθήκευση, την μεταφορά και την συσκευασία (εμφιάλωση). Περιγράφονται οι αρχές και μέθοδοι μετάγγισης του υγραερίου, οι τρόποι και κανονισμοί αποθήκευσης, μεταφοράς και διαχείρισης του καυσίμου αυτού, καθώς και τα μηχανήματα και εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για να γίνει αυτό με σωστό και ασφαλή τρόπο. Μεγάλη βάση δίνεται στην ισχύουσα νομοθεσία και τα πρότυπα που πρέπει να πληρούνται.

Στο τελευταίο κεφάλαιο, περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία υπολογισμού του θεωρητικά ελάχιστου απαιτούμενο πάχους κελύφους δεξαμενής ώστε αυτή να είναι ικανή να δουλεύει υπό την μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση που ορίζεται από τη νομοθεσία. Επίσης, γίνεται προσομοίωση καταπονήσεων σε μία υπάρχουσα δεξαμενή με τη βοήθεια πεπερασμένων στοιχείων (FEA) στο λογισμικό SolidWorks Simulation.

# *Abstract*

The present thesis describes the study of the entire route followed by the liquefied petroleum gas (LPG) from gas and oil reservoirs down deep in the earth, where it is found, to the final consumer. Procedures that are performed and the stages that liquefied petroleum gas passes through, so that the final form of it is acquired, are briefly described. LPG's basic properties and behavior during storage, transportation and bottling are analyzed. Besides, the thesis describes the principles and methods of transfusion of liquefied petroleum gas, the ways and regulations of storage, transportation and handling of this fossil fuel and the machinery and accessories that are used so that it can be executed in a proper and safe way. Great importance is given to the current legislation and standards that have to be met.

A detailed procedure of calculation of the theoretically minimum thickness of the shell of a storage tank, so that it can operate under the maximum pressure that is defined by the legislation, is described in the last chapter. In addition, a simulation of the induced stresses in an existent storage tank is set-up and run using finite element analysis in SolidWorks Simulation.



# *Ευχαριστίες*

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες πρώτα από όλα στους γονείς μου, στην αδερφή μου και στους φίλους μου που με κάθε τρόπο με στήριζαν όλα αυτά τα χρόνια και με βοήθησαν να τελειώσω τις σπουδές μου.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του ιδρύματος για την συμβολή στην εκπαίδευση μου και ιδιαίτερα τον κ. Δημήτρη Χρηστάκη για την άπειρη υποστήριξη, βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφερε όλα αυτά τα χρόνια.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ θα ήθελα να εκφράσω στην Πετρογκάζ Α.Ε. που μου παρείχε την ευκαιρία να εκπονήσω την πρακτική μου άσκηση και να έρθω σε κοντινή επαφή με το αντικείμενο του υγραερίου. Ειδικά στους Αγαπητό Βασίλη, Καστανάκη Βλάσιο-Νεκτάριο καθώς και όλο το προσωπικό του παραρτήματος του Ηρακλείου για την βοήθεια και υποστήριξη που μου προσέφεραν.

Με εκτίμηση,  
Γιούρι Περεσιόλκιν  
2015

# Εισαγωγή

Ένα τεράστιο ποσοστό στην παγκόσμια αγορά ενέργειας ανήκει στους υδρογονάνθρακες, ένας από τους οποίους είναι και το υγραέριο. Η κύρια πηγή απόκτησης του καυσίμου αυτού είναι τα συνοδευόμενα αέρια από την εξόρυξη του φυσικού αερίου και τα αέρια που προέρχονται από την λειτουργία των πετροχημικών εργοστασίων.

Το υγραέριο χρησιμοποιείται ευρέως σε κατοικημένες περιοχές αλλά και βιομηχανικές εγκαταστάσεις η οποίες είτε προτιμούν την χρήση αυτού του καυσίμου για διάφορους λόγους αντί άλλων, είτε απέχουν σημαντική απόσταση από τα κεντρικά δίκτυα παροχής ηλεκτρικής ή θερμικής ισχύος. Αυτό επιτρέπει στους ανθρώπους όχι μόνο να έχουν τη δυνατότητα να ικανοποιούν τις βασικές τους ανάγκες αλλά και να μην στερούνται των ανέσεων. Και στις βιομηχανίες προσφέρει την απαραίτητη, τις περισσότερες φορές, θερμική ισχύ. Από τα εργοστάσια αποθήκευσης και διάθεσης του υγραερίου, αυτό φτάνει στον καταναλωτή σε φιάλες ή ΧΥΜΑ με βυτιοφόρο όχημα στη δεξαμενή αποθήκευσης. Όπου λαμβάνει χώρα ο βρασμός της υγρής φάσης του υδρογονάνθρακα και η αέρια φάση κατευθύνεται μέσω του δικτύου σωληνώσεων και εξαρτημάτων στις συσκευές μορφοτροπή ενέργειας.

Η αύξηση της παραγωγής και κατανάλωσης αυτού του ορυκτού καυσίμου αυτού είχε ως συνέπεια την ανάγκη επίλυσης των τεχνικών προβλημάτων που έχουν σχέση με την παραγωγή, μεταφορά και αποθήκευση του αερίου αυτού. Ταυτόχρονα, αυτό οδήγησε σε ανάγκη κατασκευής μεγάλου φάσματος συστημάτων, συσκευών, εξαρτημάτων και υλικών για την χρήση της καυστικής αυτής ύλης.

Η χρήση του υγραερίου συμβάλει στην βελτίωση των συνθηκών υγιεινής των εργαζομένων, στην ελαχιστοποίηση της ρύπανσης του περιβάλλοντος με επικίνδυνες ουσίες, στην αύξηση απόδοσης λειτουργίας βιομηχανικών φούρνων, στην αυτοματοποίηση παραγωγικών διαδικασιών και στην γενική τεχνολογική ανάπτυξη και πρόοδο.

Σήμερα, το υγραέριο χρησιμοποιείται ευρέως σε όλο τον κόσμο για την ικανοποίηση αναγκών του πληθυσμού στις οικίες τους, στην χημική βιομηχανία σαν πρώτη ύλη για παραγωγή συνθετικών προϊόντων, σε φούρνους μικρής ισχύος, σε μηχανήματα όπου απαιτείται θερμική ισχύς, για την θερμική επεξεργασία μετάλλων όπως κοπή και συγκόλληση, σαν καύσιμο Μηχανών Εσωτερικής Καύσης ακόμα και στην γεωργία.

# 1. Προέλευση και παραγωγή

## 1.1. Υδρογονάνθρακες

Το Φυσικό αέριο, το Αργό πετρέλαιο και ο γαιάνθρακας αποτελούν τους υδρογονάνθρακες. Οι υδρογονάνθρακες είναι φτιαγμένοι από στοιχεία υδρογόνου, άνθρακα και διάφορα άλλα επιπρόσθετα στοιχεία.

Τα βασικά στοιχεία των υδρογονανθράκων, όπως είναι εύκολο να φανταστεί κανείς, είναι το υδρογόνο και ο άνθρακας. Σε μικρές ποσότητες όμως μπορεί να παρουσιάζονται και άλλα στοιχεία όπως το οξυγόνο, θείο, άζωτο, ήλιο και άλλα. Σήμερα γνωρίζουμε ένα μεγάλο φάσμα υδρογονανθράκων ο καθένας από τους οποίους σχηματίζεται από διαφορετικό αριθμό και αναλογία των δύο κυρίως στοιχείων τους. Όσο μικρότερος είναι ο αριθμός ατόμων άνθρακα σε έναν υδρογονάνθρακα, τόσο ελαφρύτερος είναι και τόσο μεγαλύτερες είναι οι πιθανότητες αυτός να βρεθεί σε αέρια μορφή. Το αργό πετρέλαιο για παράδειγμα έχει σχετικά μεγάλες αλυσίδες ατόμων άνθρακα σε σχέση με το φυσικό αέριο και έτσι συνήθως βρίσκεται σε υγρή μορφή. Ενώ ο γαιάνθρακας που αποτελείται από ακόμα μεγαλύτερες αλυσίδες ατόμων άνθρακα βρίσκεται σε στερεά μορφή. Ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας για το καθορισμό της φάσης στην οποία θα είναι ο υδρογονάνθρακας είναι η πίεση και η θερμοκρασία. Αυξημένη πίεση σημαίνει ότι τα μόρια να είναι πιο κοντά το ένα στο άλλο και έχει ως αποτέλεσμα τη μετατροπή από αέρια σε υγρή φάση. Το ίδιο συμβαίνει και με την μεταβολή της θερμοκρασίας, αλλά με αντίθετη φορά. Δηλαδή, όσο μεγαλύτερη η θερμοκρασία τόσο περισσότερες οι πιθανότητες ο υδρογονάνθρακας να είναι σε αέρια μορφή, ενώ όσο χαμηλότερη η θερμοκρασία τόσο αυξημένες είναι πιθανότητες, ο υδρογονάνθρακας να είναι σε υγρή μορφή. [1]

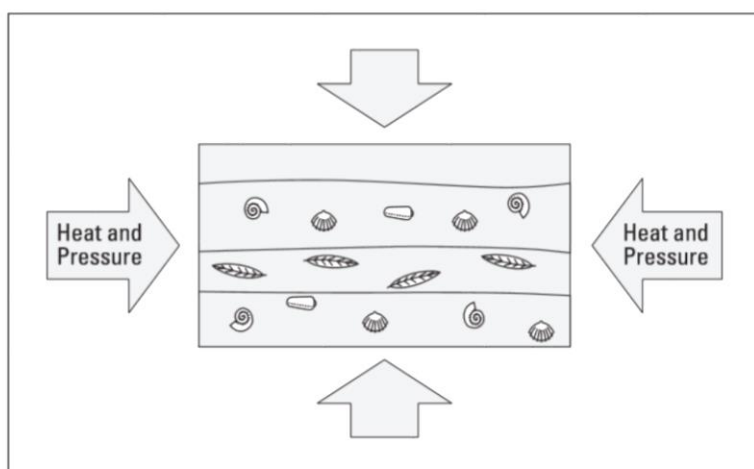
Πρέπει να αναφερθεί ότι το αν ένας υδρογονάνθρακας γενικά θεωρείται πτητικός ή υγρής μορφής εξαρτάται από την φάση στην οποία βρίσκεται σε πρότυπες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης τα οποία είναι 15,5° [C] για την θερμοκρασία και ατμοσφαιρική για την πίεση.

### 1.1.1. Σχηματισμός των υδρογονανθράκων

Παρά το ότι υπάρχουν διάφορες θεωρίες για την προέλευση των υδρογονανθράκων, αυτή που ισχυρίζεται πως οι υδρογονάνθρακες έχουν οργανική προέλευση είναι που επικρατεί. Υπέρ αυτής της θεωρίας είναι το γεγονός ότι η χημική σύσταση των υδατανθράκων που στην ουσία αποτελούνται από άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο είναι όμοια με αυτήν που βρίσκεται στις διάφορες μορφές ζωής. Επίσης, ο στερεός υδρογονάνθρακας, ο γαιάνθρακας, που όπως είναι γνωστό, προέρχεται από ύλη φυτών, συχνά βρίσκεται σε περιοχές με αργό πετρέλαιο και φυσικό αέριο και έχει παρόμοιες χημικές ιδιότητες

Μεγάλο ενδιαφέρον για τους επιστήμονες παρουσιάζουν τα ιζηματογενή πετρώματα, καθώς είναι αυτά που έχουν τις ιδιότητες που ευνοούν την δημιουργία, την μετακίνηση και την αποθήκευση των υδρογονανθράκων μεταξύ των πόρων τους. Τα ιζηματογενή πετρώματα συνήθως είναι συγκεντρωμένα σε περιβάλλον πλούσιο σε νερό, όπως λίμνες, θάλασσες και ωκεανούς όπου στοιβάζουν σαν τις σελίδες ενός βιβλίου για πολλά χιλιόμετρα. Όπως είναι γνωστό, οι ήπειροι στις οποίες σήμερα ζούμε πριν από εκατομμύρια χρόνια ήταν καλυμμένες με νερό. Με το πέρασμα του χρόνου, το νερό αποσύρθηκε αλλά οι μεγάλες αποθέσεις από σχιστόλιθους και ψαμμίτες παραμένουν βαθιά μέσα στη γη. Έτσι, μαζί με τον πηλό και τη λάσπη, οι διάφορες μορφές ζωής από μικροσκοπικούς οργανισμούς, πλαγκτόν μέχρι ψάρια που περιέχουν άτομα άνθρακα καθώς πεθαίνουν, καθιζάνουν στον πυθμένα της θάλασσας, λίμνης ή ωκεανού, με την πάροδο του χρόνου καταπλακώνονται από μεγάλα νέα στρώματα πηλού, λάσπης και οργανισμών μετατρέποντας έτσι σε πλούσια σε οργανική ύλη γνωστή ως σχιστή άργιλος. Αργότερα, αυτά αποσυνθέτουν για εκατομμύρια χρόνια υπό υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις διαμορφώνοντας τις ενώσεις υδρογονανθράκων. Μεγάλες συγκεντρώσεις τέτοιων ενώσεων με τη πάροδο του χρόνου διαμορφώνουν τα κοιτάσματα αργού πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Η παρακάτω εικόνα απεικονίζει την δημιουργία των υδρογονανθράκων

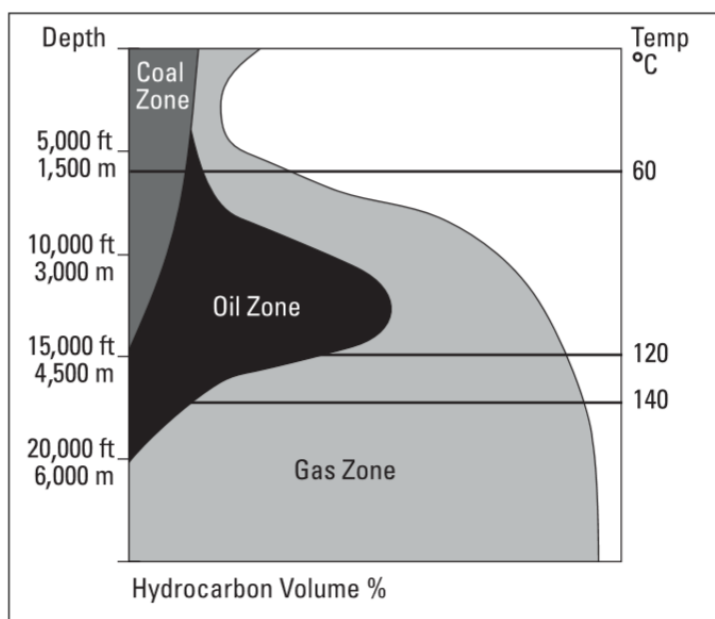


Εικόνα 1. Σχηματισμός υδρογονανθράκων

Ένα σημαντικό ποσοστό όλων των ανθράκων που βρίσκονται στη γη είναι ενσωματωμένο στα ιζηματογενή πετρώματα. Και μόλις λιγότερο από 0.01% εκτιμάται πως βρίσκεται σε αέρια ή υγρή φάση, όλο το υπόλοιπο είναι σε μορφή ορυκτών πλούσιων σε άνθρακα όπως ο λιγνίτης.

Η αύξηση της θερμότητας και της πίεσης συμβάλει στην αποσύνθεση των ανθρακικών ενώσεων. Δηλαδή με αυτό τον τρόπο μεγάλες οργανικές ενώσεις διασπώνται σε μικρότερες που είναι και πιο ελαφριές έχοντας έτσι σαν αποτέλεσμα τον διαχωρισμό πτητικών υδρογονανθράκων όπως το μεθάνιο από τους υγρούς που αποτελούνται από 13 άτομα άνθρακα και πάνω. Όπως είναι λογικό, όσο μικρότερο το βάθος στη γη και συνεπώς χαμηλότερη η θερμοκρασία, τόσο πιο βαριοί υδρογονάνθρακες δημιουργούνται. Εκτός από τους δύο παραπάνω, ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας είναι ο χρόνος που αυτές οι οργανικές ενώσεις θα εκτίθενται σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση. Αυτοί οι τρεις παράγοντες λοιπόν είναι αυτοί που καθορίζουν την αναλογία αέριων και υγρών υδρογονανθράκων που βρίσκονται σε μία συσσώρευση υδρογονανθράκων.

Παρακάτω απεικονίζεται ένα διάγραμμα που δείχνει τις φάσεις και τις ποσότητες των υδρογονανθράκων συναρτήσει τους βάθους και της θερμοκρασίας.



Εικόνα 2. Φάσεις και τις ποσότητες των υδρογονανθράκων συναρτήσει τους βάθους και της θερμοκρασίας

Οι υδρογονάνθρακες σε έναν θύλακα μπορεί να έχουν τις εξής μορφές

- Αυτή που έχει μόνο φυσικό αέριο ή αλλιώς μεθάνιο. Σε αυτή την περίπτωση το φυσικό αέριο λέγεται ξηρό και η συσσώρευση καλείται μη συνδυασμένη.
- Αυτή στην οποία το μεθάνιο συνοδεύεται από ελαφρούς υγρούς υδρογονάνθρακες (μέχρι το πεντάνιο) που αποτελούν τα NGLs (Natural Gas Liquids). Σε αυτή την περίπτωση το φυσικό αέριο λέγεται υγρό.

- Αυτή στην οποία το φυσικό αέριο βρίσκεται υπό υψηλή πίεση διαλυμένο στους υγρούς υδρογονάνθρακες (αργό πετρέλαιο) και η συσσώρευση σε αυτή την περίπτωση καλείται συνδυασμένη. Όταν η ποσότητα του φυσικού αερίου στους υγρούς υδρογονάνθρακες είναι μεγάλη, τότε λόγω της διαφοράς πυκνότητας, αυτό καταλαμβάνει το ανώτερο τμήμα της συσσώρευσης δημιουργώντας έτσι το λεγόμενο «καπάκι» της συσσώρευσης (gas-cap). Η εξόρυξη αερίου από το τμήμα «καπάκι», εφόσον είναι οικονομικά συμφέρουσα, γίνεται μόνο αφού ολοκληρωθεί η εξόρυξη από το υπόλοιπο τμήμα της συσσώρευσης καθώς η υψηλή ποσότητες ενέργειας σε μορφή πίεσης που είναι συγκεντρωμένες εκεί βοηθούν στην άντληση του πετρελαίου.[1]

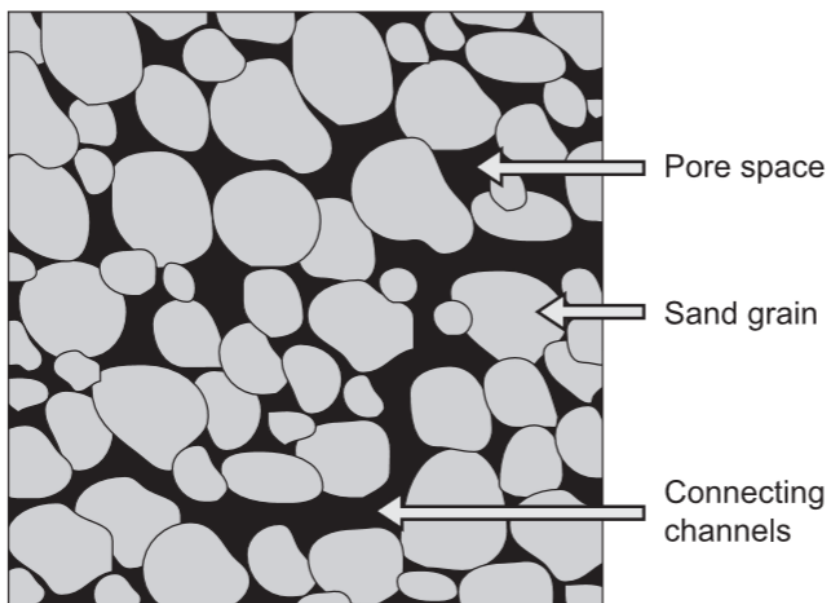
### 1.1.2. Χαρακτηριστικά των πετρωμάτων των κοιτασμάτων

Σε αντίθεση με την κοινή άποψη, το φυσικό αέριο και το αργό πετρέλαιο δεν βρίσκονται στη γη σε μορφή υπόγειας δεξαμενής. Αυτοί οι υδρογονάνθρακες, όπως και το νερό, βρίσκονται μέσα στα ιζηματογενή πετρώματα, ανάμεσα στους κόκκους. Για να γίνει αυτό κατανοητό αρκεί να φανταστούμε ένα σφουγγάρι που φαίνεται στερεό αλλά όταν το στύψουμε βγάζει νερό. Ένα άλλο παράδειγμα μπορεί να είναι ένας κουβάς με άμμο, ο οποίος παρά το ότι φαίνεται γεμάτος, όταν ρίξουμε ένα ποτήρι νερό μέσα, αυτός θα το απορροφήσει, καθώς το νερό θα πάει στον χώρο ανάμεσα στους κόκκους άμμου. Σε περίπτωση που συνεχίσουμε να βάζουμε νερό στον κουβά, κάποια στιγμή ο χώρος ανάμεσα στους κόκκους θα γεμίσει και ο κουβάς θα ξεχειλίσει. Η ιδιότητα αυτή ενός υλικού που επιτρέπει την αποθήκευση ρευστού ανάμεσα στους πόρους του λέγεται πορώδες του υλικού και μετριέται σε τις εκατό [%]. Εάν στη συνέχεια το κουβά τον κλείναμε με ένα στεγανό καπάκι και τον συμπιέζαμε, μέσα το νερό θα βρισκόταν υπό πίεση. Έπειτα, αν ανοίγαμε μια τρύπα στο κουβά αυτόν, τότε το νερό θα πεταγόταν έξω. Ακριβώς το ίδιο πράγμα συνέβη με το φυσικό αέριο και το αργό πετρέλαιο που βρίσκεται ανάμεσα στους πόρους στα ιζηματογενή στρώματα υπό πίεση, όταν μια γεώτρηση (well) δημιουργηθεί σε μία συσσώρευση υδρογονανθράκων. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα όμως η πτώση πίεσης των ίδιων των υδρογονανθράκων καθιστά απαραίτητη την χρήση μηχανικών αντλιών ή άλλων μεθόδων. Εκτός από το πορώδες μία πάρα πολύ σημαντική ιδιότητα στη γεωλογία είναι η διαπερατότητα. Διαπερατότητα ενός υλικού είναι αυτή που εκφράζει το πόσο οι πόροι μέσα σε ένα υλικό επικοινωνούν μεταξύ τους, με αποτέλεσμα να επιτρέπεται η ροή. Η διαπερατότητα μετριέται σε darcies ή millidarcies. Πολλές φορές μπορεί μία συσσώρευση να έχει μεγάλο πορώδες και μεγάλες ποσότητες υδρογονανθράκων αλλά λόγω χαμηλής διαπερατότητας να μην είναι δυνατή η εξόρυξη τους. Σε τέτοιες περιπτώσεις γίνεται χρήση κάποιων μεθόδων όπως «διάσπαση» (fracturing) όπου ένα άλλο ρευστό αντλείται μέσα στην συσσώρευση και με την πίεση του ανοίγει κανάλια επικοινωνίας μεταξύ των πόρων.

Τα ιζηματογενή πετρώματα παρουσιάζουν ιδιότητες που όχι μόνο ευνοούν την δημιουργία των υδρογονανθράκων αλλά, λόγω της πορώδους φύσης τους, την

αποθήκευση σε αυτά και συνήθως, λόγω μεγάλης διαπερατότητας, και οικονομικά συμφέροντα έργα εξόρυξης.

Παρακάτω παρουσιάζεται μία εικόνα που απεικονίζει το εσωτερικό των ιζηματογενών πετρωμάτων.[1]



Εικόνα 3. Το εσωτερικό των ιζηματογενών πετρωμάτων

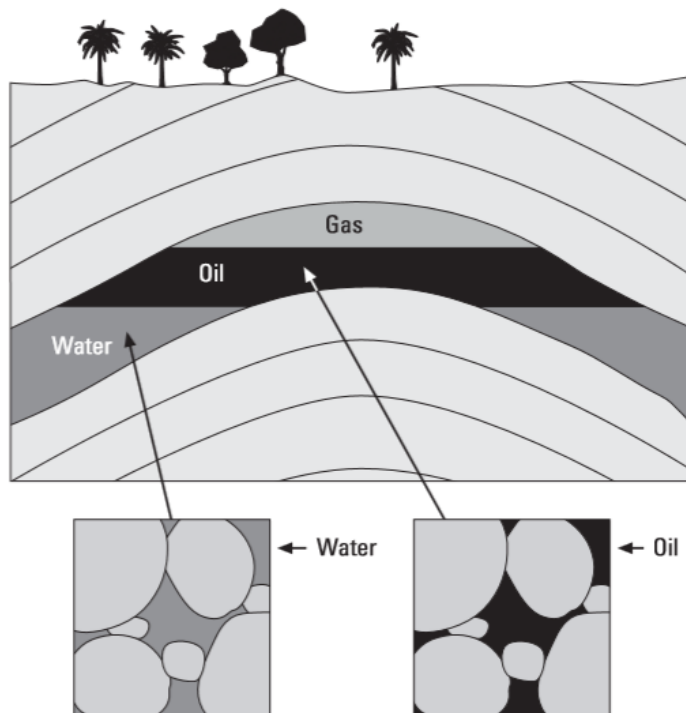
### 1.1.3. Παγίδες πετρελαίου και φυσικού αερίου

Οι υδρογονάνθρακες μαζί με το νερό, λόγω της πίεσης κινούνται μέσα στα ιζηματογενή πετρώματα και μετακινούνται σε άλλες στρωματικές διαμορφώσεις. Για να δημιουργηθεί μία συσσώρευση στην οποία να μπορεί να γίνει γεώτρηση, πρέπει τα ρευστά αυτά να παγιδευτούν κάπου και να παραμείνουν σταθερά στο χώρο. Αυτό συμβαίνει όταν συναντήσουν ένα πέτρωμα με χαμηλή διαπερατότητα όπως αργιλικό σχιστόλιθο (shale), άλατα ή λάσπη. Έτσι λοιπόν σχηματίζεται ένα στεγανό χωρίο, η λεγόμενη παγίδα πετρελαίου η φυσικού αερίου την οποία ψάχνουν οι γεωλόγοι. Για να δημιουργηθεί αυτή η παγίδα χρειάζονται τα εξής

- Ο «πηγαιός» λίθος (source rock), που περιλαμβάνει αρκετή οργανική ύλη που θα μετατραπεί σε υδρογονάνθρακες
- Ο «λίθος-ταμιευτήρας» (reservoir rock) με υψηλό πορώδες και διαπερατότητα. Συνήθως οι ψαμμίτες και οι κάποιοι ασβεστόλιθοι είναι οι καλύτεροι ταμιευτήρες.
- Ένα στρώμα ή λίθος «καπάκι» (cap rock) με χαμηλή διαπερατότητα, συνήθως πάνω από τον ταμιευτήρα, που θα σφραγίσει τα κοιτάσματα και δεν θα επιτρέπει την διαφυγή τους. Συνήθως αργιλικός σχιστόλιθος (shale), άλατα και λάσπη εξυπηρετούν αυτό τον σκοπό.

Λόγω της διαφοράς πυκνότητας, το φυσικό αέριο καταλαμβάνει το ανώτερο τμήμα της συσσώρευσης δημιουργώντας έτσι το λεγόμενο «καπάκι» της συσσώρευσης (gas-cap). Κάτω από το στρώμα φυσικού αερίου βρίσκεται το στρώμα πετρελαίου, και ακόμα πιο κάτω αυτό του νερού. Μέσα στο στρώμα του πετρελαίου, λόγω υψηλής πίεσης, μπορεί να βρίσκονται διαλυμένα συστατικά φυσικού αερίου τα οποία θα αποχωριστούν πάλι κατά την εξόρυξη όταν η πίεση μειωθεί.

Μία κλασσική περίπτωση παγίδας-αντίκλινο απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα.[1]



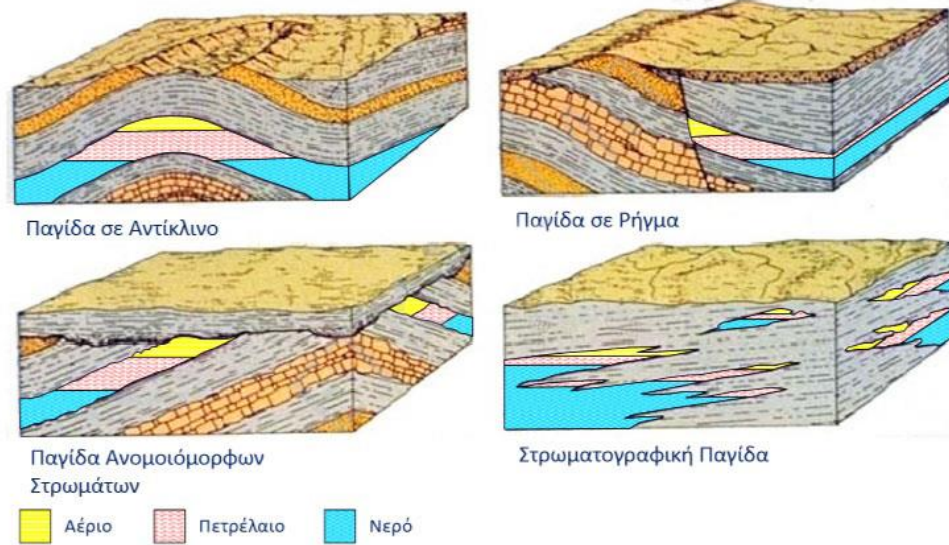
Εικόνα 4. Μία παγίδα υδρογονανθράκων σε αντίκλινο

Τα βασικά είδη των παγίδων είναι

- σε αντίκλινο
- σε ρήγμα
- ανομοιόμορφων στρωμάτων και
- στρωματογραφική

και απεικονίζονται στην παρακάτω εικόνα.[12]





Εικόνα 5. Βασικά είδη των παγίδων υδρογονανθράκων

## 1.2. Εντοπισμός κοιτασμάτων φυσικού αερίου και πετρελαίου

Η διαδικασία εντοπισμού των κοιτασμάτων του φυσικού αερίου και των κοιτασμάτων πετρελαίου είναι ακριβώς η ίδια. Συσσωρεύσεις και των δυο υδρογονανθράκων βρίσκονται μέσα στη γη σε βάθος από μερικές εκατοντάδες μέχρι αρκετές χιλιάδες μέτρα. Ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι πολλές φορές τα κοιτάσματα μπορεί να βρίσκονται κάτω από τη θάλασσα. Με την τεχνολογική εξέλιξη όμως, εκτός των προφανέστατων διαφορών όπως τα μέσα μεταφοράς, υπάρχει σχετικά μικρή διαφορά στην εξόρυξη στη ξηρά και στη θάλασσα.[1]

### 1.2.1. Μέθοδοι εντοπισμού υδρογονανθράκων

Οι σύγχρονες μέθοδοι εντοπισμού υδρογονανθράκων έπαιξαν τεράστιο ρόλο στην ανάπτυξη της βιομηχανίας του Πετρελαίου και Φυσικού αερίου. Στις αρχές ο εντοπισμός γινόταν από προφανή παρουσία και σημάδια των υδρογονανθράκων στην επιφάνεια. Με αυτό τον τρόπο εντοπίστηκαν πολλές συσσωρεύσεις σε σχήμα θόλου. Με την εξέλιξη της επιστήμης της γεωφυσικής, η οποία μελετά τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους είτε στην επιφάνεια είτε κάτω από αυτήν, ο τρόπος που εντοπίζονται τα κοιτάσματα υδρογονανθράκων άλλαξε δραματικά. Οι πρώτες μέθοδοι εντοπισμού των υδρογονανθράκων ήταν απλές και βασίζονται σε μελέτες βαρύτητας και μαγνητικών πεδίων πάνω στην επιφάνεια, αλλά με το πέρασμα του χρόνου εξελίχθηκαν σε μεθόδους που δουλεύουν κάτω από την επιφάνεια και μετράνε τη σεισμική ενέργεια, ραδιενέργεια και ηχητικές ιδιότητες.

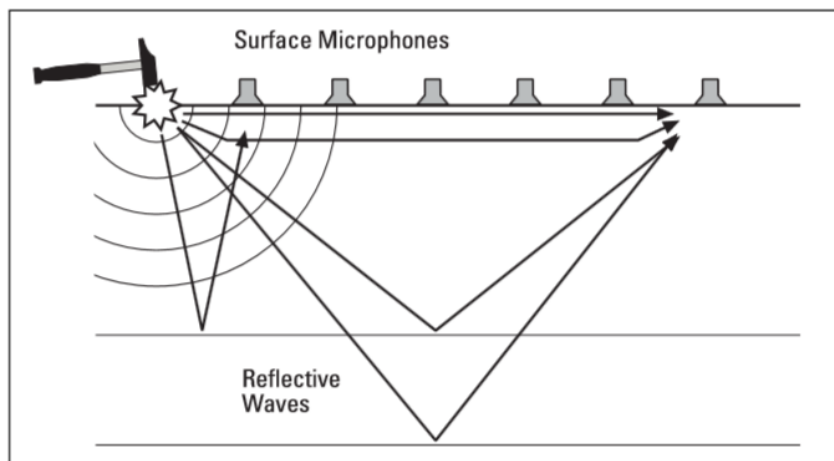
Οι κύριες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σήμερα στον εντοπισμό των κοιτασμάτων του πετρελαίου και φυσικού αερίου είναι

- Μελέτες βαρύτητας, οι οποίες μετράνε τις ελαφριές μεταβολές στις ενδείξεις βαρύτητας για να εντοπίσουν υπόγειους λίθους με διαφορετικές πυκνότητες.
- Μελέτες μαγνητικών πεδίων, οι οποίες μελετάνε τις μεταβολές των μαγνητικών πεδίων πάνω από μία περιοχή για να εντοπίσουν τα ιζηματογενή πετρώματα, τα οποία έχουν μαγνητικό πεδίο ασθενέστερο από αυτό των πυριγενών και μεταμορφωσιγενών πετρωμάτων.

Σχεδιάζοντας χάρτες με βάση τις μελέτες βαρύτητας και μαγνητικών πεδίων και δημιουργώντας γεωτρήσεις στο ψηλότερο σημείο των ιζηματογενών πετρωμάτων, οι επιστήμονες ήλπιζαν να βρουν την κορυφή μίας παγίδας υδρογονανθράκων σε αντίκλινο. Αυτές οι μέθοδοι όμως ήταν αναξιόπιστες διότι ο εντοπισμός του υψηλότερου σημείου των ιζηματογενών πετρωμάτων δεν σήμαινε και τον εντοπισμό φυσικού αερίου ή πετρελαίου. Με αποτέλεσμα, τις περισσότερες φορές να γίνεται άσκοπη και ζημιοφόρα χρήση πόρων χωρίς κάποιο αποτέλεσμα.

- Οι σεισμικές μελέτες, οι οποίες μελετάνε τις αντανakλάσεις και διαθλάσεις κυμάτων ενέργειας χαμηλής συχνότητας στα διάφορα στρώματα πετρωμάτων. Τα ενεργειακά κύματα αυτά δημιουργούνται στην επιφάνεια του εδάφους από εκρηκτικά, πνευματικά όπλα και δονούμενες διατάξεις. Η ταχύτητα με την οποία τα κύματα ταξιδεύουν είναι άμεσα συνδεδεμένη με την πυκνότητα του κάθε είδους πετρώματος. Ο χρόνος που κάνει το κύμα για να επιστρέψει πάλι στην επιφάνεια στα πολύ ευαίσθητα μικρόφωνα μας προσδιορίζει το είδος πετρώματος που βρίσκεται μέσα στη γη.

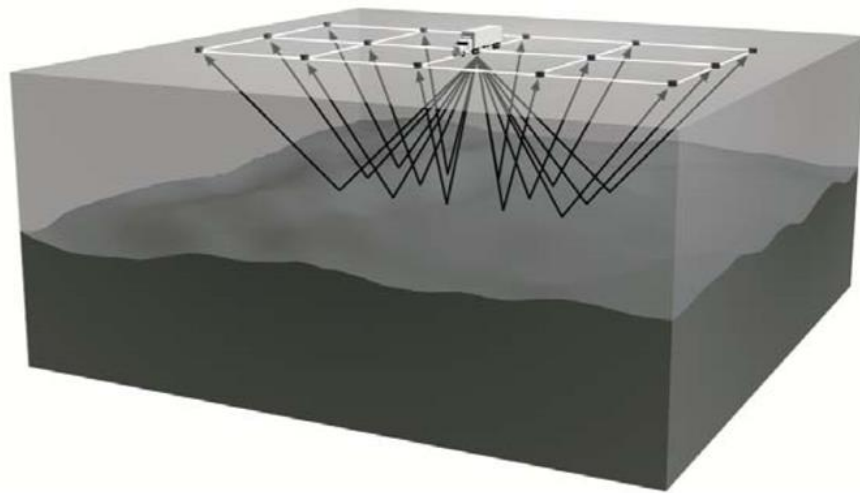
Παρακάτω απεικονίζεται ο τρόπος λειτουργίας μίας σεισμικής μελέτης.



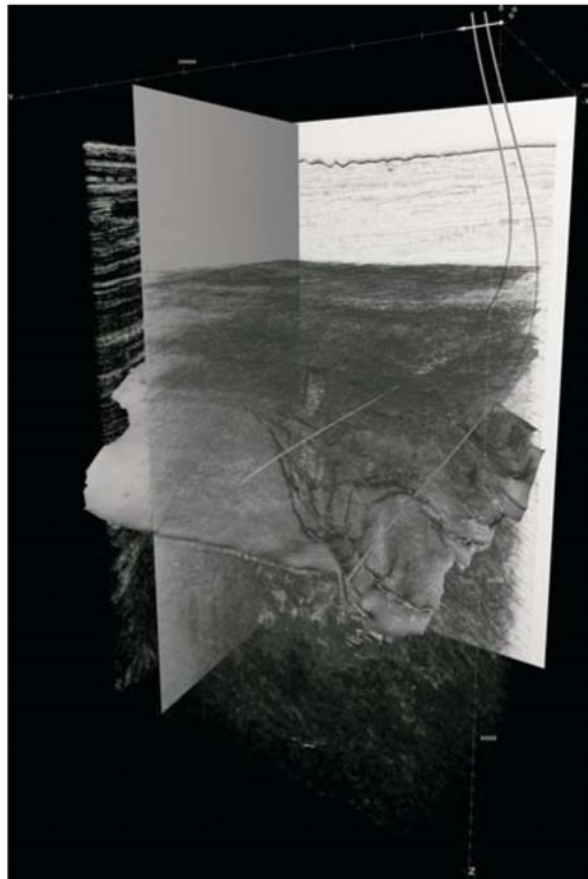
Εικόνα 6. Τρόπος λειτουργίας μίας σεισμικής μελέτης

Σε μία περιοχή μελέτης χρησιμοποιούνται εκατοντάδες τέτοια μικρόφωνα που είτε τοποθετούνται σε συγκεκριμένες θέσεις πάνω στην επιφάνεια της γης ή επιπλέον πάνω στην επιφάνεια της θάλασσας. Με την διασταύρωση των μετρήσεων από κάθε μικρόφωνο μπορεί να παραχθεί ένας χάρτης ακριβείας που να αναπαριστά τον υπόγειο χώρο. Μια δισδιάστατη σεισμική μελέτη, με χρήση απλών διατάξεων μικροφώνων μπορεί να δείξει μεγάλα υπόγεια χαρακτηριστικά. Μια τρισδιάστατη και πολύ πιο ακριβή μελέτη με πολύπλοκες διατάξεις μικροφώνων μπορεί να δώσει πιο αναλυτική περιγραφή του υπόγειου χώρου. Αυτά τα δεδομένα στη συνέχεια μπορούν να επεξεργαστούν και να αναπαραστήσουν γραφικά τη μορφολογία του εδάφους, τους υδρογονάνθρακες ή ακόμα και πιθανά σημεία που θα πρέπει να γίνει εξόρυξη.

Παρακάτω παρουσιάζονται δύο εικόνες οι οποίες απεικονίζουν μια διάταξη μικροφώνων και μία γραφική αναπαράσταση των δεδομένων που συλλέγονται από αυτά



*Εικόνα 7. Διάταξη μικροφώνων σεισμικής μελέτης*



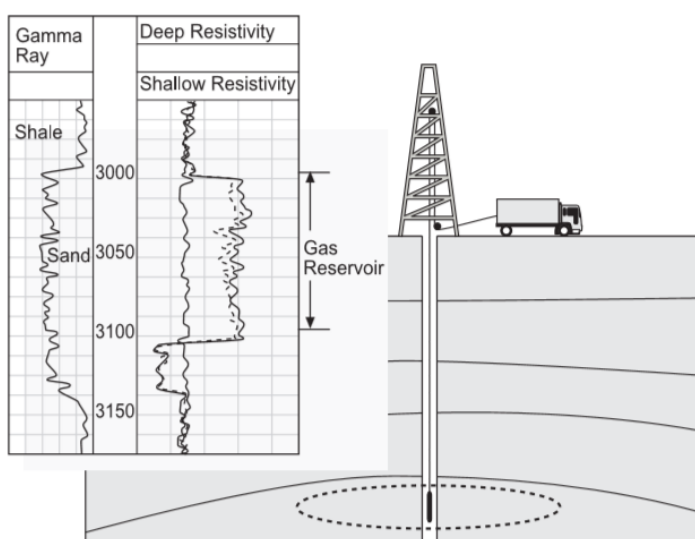
*Εικόνα 8. Γραφική αναπαράσταση των δεδομένων σεισμικής μελέτης*

Στην περίπτωση που εντοπιστεί κάποιος θύλακας υδρογονανθράκων, θα πρέπει να γίνει μια γεώτρηση εξερεύνησης (exploration well) είτε για να επιβεβαιώσει τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις μελέτες είτε το πιο πιθανόν να τα

καταρρίψει. Στις μέρες μας, η πιθανότητα να εντοπιστούν υδρογονάνθρακες, ακόμη και μετά από ολοκληρωτικές μελέτες, είναι γύρω στα 30%, ικανοποιητικό ποσοστό σε σχέση με τα 10% που ίσχυαν πριν 50 χρόνια. Η γεώτρηση εξερεύνηση (exploration well) είναι σχεδόν ίδια με την γεώτρηση παραγωγής (production well), με τη μόνη διαφορά τις πληροφορίες που είναι γνωστές πριν τη χρήση του γεωτρόπανου. Η πρώτη περίπτωση μεν είναι πιο ριψοκίνδυνή διότι η συνθήκες υπό τις οποίες βρίσκονται τα κοιτάσματα δεν είναι γνωστές και η ανεπιθύμητη και απροσδόκητη απελευθέρωση τους στην επιφάνεια θα μπορούσε να έχει τραγικές συνέπειες.

- Μελέτη ενσύρματης καταγραφής, η οποία εκτελείται μετά την ολοκλήρωση γεώτρησης εξερεύνησης (exploration well). Στη μελέτη αυτή χρησιμοποιούνται περίπλοκοι αισθητήρες οι οποίοι με τη βοήθεια ενός καλωδίου-μεταδότη δεδομένων εισχωρείται και κατεβαίνει στο φρεάτιο της πετρελαιοπηγής (well). Οι αισθητήρες, ενώ κατεβαίνουν, κάνουν μετρήσεις των διάφορων φυσικών και χημικών ιδιοτήτων των στρωμάτων των πετρωμάτων και των υγρών που βρίσκονται στους πόρους τους. Οι συνηθισμένες μετρήσεις περιλαμβάνουν μέτρηση αντίστασης, ηχητικού πορώδες, πυρηνικής ακτινοβολίας και πυκνότητας. Το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο παρουσιάζουν μεγαλύτερη ηλεκτρική αντίσταση από το νερό, επομένως μετρώντας την ανά διαστήματα παίρνουμε πληροφορίες για το υγρό στα πετρώματα. Με την μέτρηση της ηχητικής ιδιότητας μπορεί να γίνει γνωστό το είδος των πετρωμάτων. Με την μέτρηση της πυρηνικής ακτινοβολίας μπορεί να εντοπιστεί αργλικός σχιστόλιθος ο οποίος συνήθως είναι το «καπάκι» των κοιτασμάτων υδρογονανθράκων. Οι μελέτες ενσύρματης καταγραφής συνήθως γίνονται από εξειδικευμένες εταιρίες όπως Schlumberger and Halliburton τις οποίες τις προσλαμβάνουν οι εταιρίες παραγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται η διαδικασία της μελέτης ενσύρματης καταγραφής.[1]

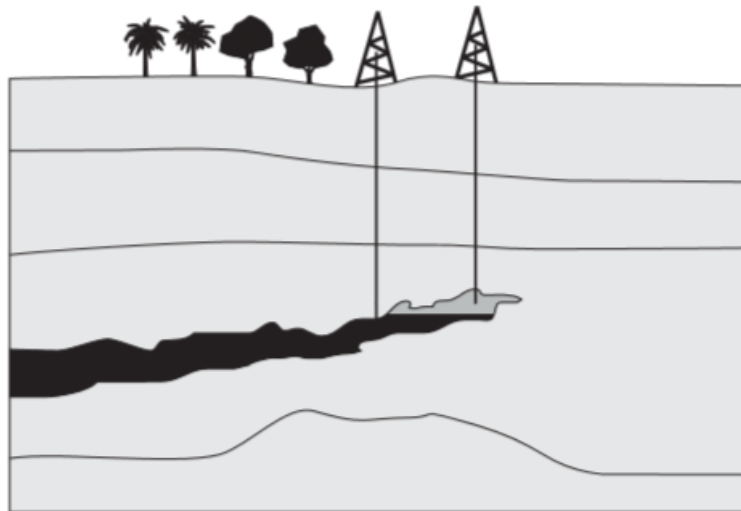


Εικόνα 9.Μελέτη ενσύρματης καταγραφής

## 1.3. Εξόρυξη υδρογονανθράκων

Η εξόρυξη των υδρογονανθράκων είναι μία διαδικασία που εξαρτάται από το είδος του θύλακα και το στάδιο παραγωγής στο οποίο βρίσκεται. Μία απλή συσσώρευση υδρογονανθράκων που περιέχει πετρέλαιο και φυσικό αέριο μπορεί στην αρχή να παράγει μεγάλο ποσό πετρέλαιο σε σχέση με το φυσικό αέριο, ενώ όσο η παραγωγή του πετρελαίου αλλά και η πίεση πέφτει, να παρατηρηθεί αύξηση παραγωγής του φυσικού αερίου. Συνήθως γίνεται εξόρυξη πρώτα του πετρελαίου και μετά του φυσικού αερίου, αυτό γιατί η εξόρυξη του φυσικού αερίου θα έριχνε την πίεση μέσα στον θύλακα πολύ πιο γρήγορα συνεπώς η παραγωγή με φυσικό τρόπο (πρωτογενής παραγωγή) θα σταματούσε. Αποτέλεσμα αυτού θα ή αναγκαία η χρήση δευτερογενών μεθόδων παραγωγής πιο σύντομα πράγμα το οποίο σημαίνει αυξημένες δαπάνες. Χωρίς την χρήση των δευτερογενών μεθόδων παραγωγής μπορεί να γίνει εξόρυξη μόνο του 20%-40% των συνολικών υδρογονανθράκων της συσσώρευσης, αφήνοντας έτσι ένα 60%-80% του πετρελαίου και φυσικού αερίου μέσα στη γη.

Η παρακάτω εικόνα απεικονίζει μία λανθασμένη περίπτωση εξόρυξης.[1]



Εικόνα 10. Περίπτωση λάθος εξόρυξης υδρογονανθράκων

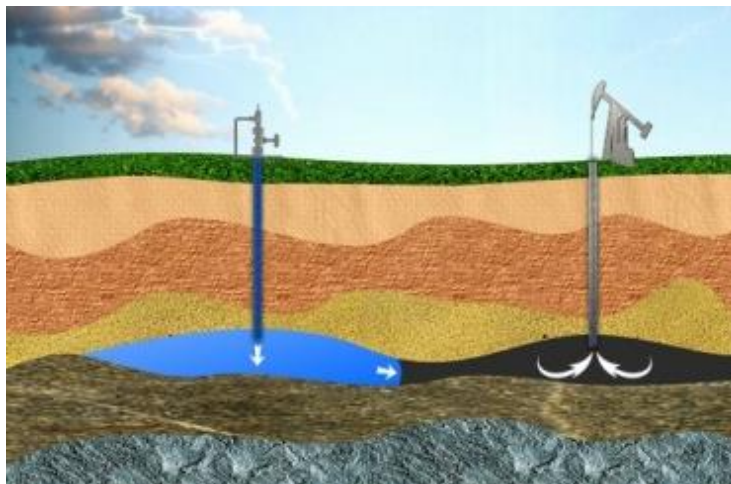
### 1.3.1. Στάδια παραγωγής και σχέδιο εξόρυξης

Επομένως, οι παραγωγή μπορεί να χωριστεί στα εξής στάδια

- Πρωτογενής παραγωγή (primary production), κατά την οποία χρησιμοποιείται μόνο η εσωτερική ενέργεια του συστήματος και δεν γίνεται καμία εξωτερική παρέμβαση. Δηλαδή τα κοιτάσματα μπορούν να ρέουν στην επιφάνεια με ώθηση από το νερό που υπάρχει στο κάτω μέρος της συσσώρευσης ή με ώθηση από τον σκούφο ή καπάκι αερίων (gas cap) που βρίσκεται στο πάνω μέρος της συσσώρευσης ή ώθηση από τα με τα διαλυμένα αέρια μέσα στο αργό πετρέλαιο τα οποία αεριοποιούνται όταν

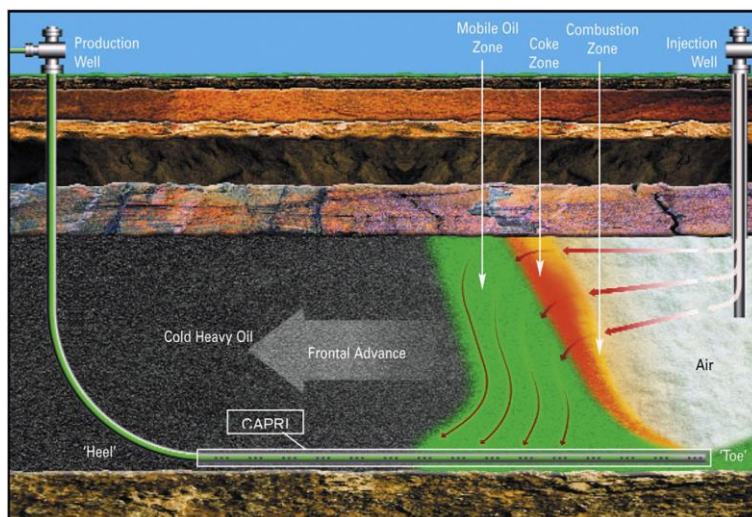
πέφτει η πίεση μέσα στον θύλακα ή με την βαρύτητα σε ένα θύλακα που παρουσιάζει κλίση.

- Δευτερογενής παραγωγή (secondary production), που χρησιμοποιείται μετά την πρωτογενή παραγωγή κατά την οποία γίνεται έγχυση νερού ή αερίων όπως μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ) ή διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) με σκοπό την αύξηση της πίεσης μέσα στον θύλακα.



Εικόνα 11. Δευτερογενής παραγωγή υδρογονανθράκων

- Τριτογενής παραγωγή (tertiary production), κατά την οποία οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι ίδιες με τις δευτερογενούς και γι' αυτό πλέον χρησιμοποιείται ο όρος της επαύξησης της απόληψης του αργού πετρελαίου (enhanced oil recovery). Σε γενικές γραμμές οι μέθοδοι επαύξησης της απόληψης υδρογονανθράκων μπορούν να χωριστούν σε
  - μεθόδους έγχυσης διαφόρων ρευστών όπως η έγχυση καυστικών διαλυμάτων (chemical flooding) και η έγχυση πολυμερών (polymer flooding) και τις
  - θερμικές μεθόδους που έχουν σκοπό την αύξηση της θερμοκρασίας των πετρωμάτων του ταμιευτήρα και των υγρών που εμπεριέχονται στους πόρους του σχηματισμού με αποτέλεσμα τη μείωση του ιξώδους και την αύξηση της κινητικότητας του αργού πετρελαίου. Τέτοιες μέθοδοι είναι η κυκλική έγχυση ατμού (cyclic steam stimulation), η ένχυση ατμού (steam flooding) και υπόγεια καύση (in-situ combustion).[1, 12, 20]



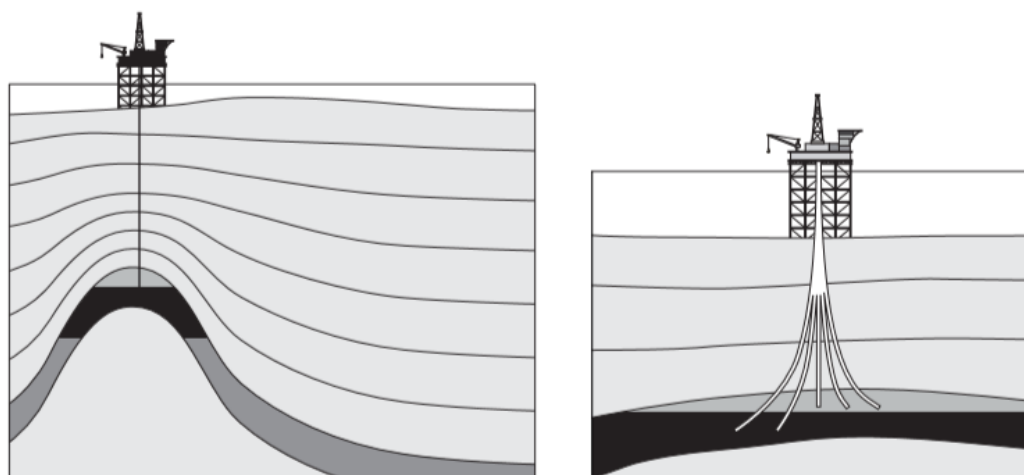
Εικόνα 12. Τριτογενής παραγωγή υδρογονανθράκων

Αφού ένας θύλακας εντοπιστεί και επιβεβαιωθεί, ξεκινάει ο σχεδιασμός του σχεδίου εξόρυξης υδρογονανθράκων από αυτόν. Λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα δεδομένα και τις πληροφορίες που έχουν συλλεχθεί, οι επιστήμονες δημιουργούν σχέδια εξόρυξης που περιλαμβάνουν αριθμό γεωτρήσεων (wells), απόσταση μεταξύ τους και την ακριβή θέση τους. Μεγάλο ρόλο κατά τη δημιουργία των σχεδίων παίζουν οι παράγοντες όπως επιθυμητός ρυθμός εξόρυξης, αναμενόμενος ρυθμός εξόρυξης, αναμενόμενη παραγωγικότητα της κάθε γεώτρησης, τα χαρακτηριστικά των υδρογονανθράκων, τοπική μορφολογία εδάφους, υποχρεώσεις απέναντι στην κυβέρνηση και η απόσταση από τις τοπικές υποδομές.

Τα σχέδια εξόρυξης σε ξηρά και στη θάλασσα διαφέρουν μεταξύ τους. Στη θάλασσα αν υπάρχουν περισσότερες από μία γεωτρήσεις (wells) συνήθως έχουν ένα κοινό σημείο έναρξης, την Εξέδρα ή Πλατφόρμα και διακλαδίζονται όσο πάνε προς τα κάτω. Με αυτό τον τρόπο εξοικονομούνται σημαντικά οι πόροι, αφού δεν υπάρχει ανάγκη ανέγερσης πολλών θαλασσινών εξεδρών που έχουν ένα πάρα πολύ υψηλό κόστος το οποίο ξεπερνάει τα 2.000.000 ευρώ.

Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται μία κανονική και μία διακλαδιζόμενη διάταξη γεωτρήσεων.[1]



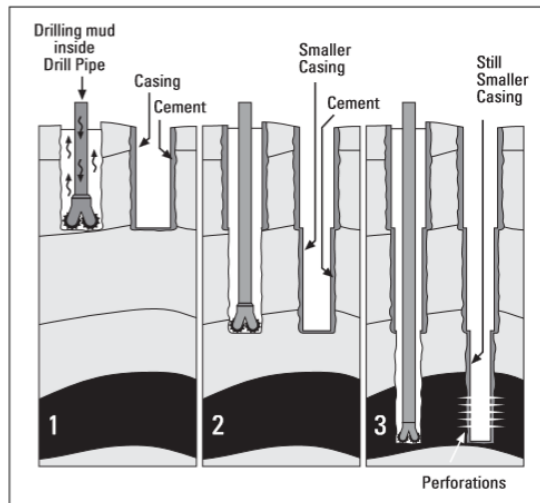


Εικόνα 13. Επιθαλάσσια εξόρυξη υδρογονανθράκων

### 1.3.2. Άνοιγμα του φρέατος της πετρελαιοπηγής (drilling)

Το άνοιγμα του φρέατος μίας πετρελαιοπηγής είναι μία πολύπλοκη και πολύ χρονοβόρα διαδικασία. Συνήθως οι γεωτρήσεις δημιουργούνται με ένα περιστροφικό γεωτρήσιμο που αποτελείται από μία περιστρεφόμενη στήλη με διάκενους σωλήνες στην άκρη των οποίων υπάρχει κεφαλή με κοπίδια που ανάλογα με τον τύπο τους σκάβουν, σμιλεύουν ή αλέθουν τα πετρώματα. Ανεξάρτητα από το αν τα γεωτρήσιμα αυτά έχουν σχεδιαστεί για επίγειες ή θαλάσσιες γεωτρήσεις, αποτελούνται από μονάδα μετάδοσης ισχύος, ανυψωτικούς και περιστροφικούς μηχανισμούς, τη γεωτρητική στήλη, το σύστημα κυκλοφορίας των γεωτρητικών ρευστών (ιλύς), το σύστημα στεγανοποίησης του φρεατίου και βοηθητικό εξοπλισμό. Καθώς το γεωτρήσιμο διεισδύει στη γη, σε αυτό συνεχώς προστίθενται διάκενοι σωλήνες και έτσι μπορεί να επιτευχθεί γεώτρηση μέχρι και 12 χιλιόμετρα σε βάθος. Για να αποφευχθεί η κατάρρευση των τοιχωμάτων της γεώτρησης αλλά και η εισροή στη γεώτρηση ρευστών που δεν προέρχονται από τον θύλακα, στο φρεάτιο τοποθετούνται μεγαλύτερες σωλήνες, τα λεγόμενα περιβλήματα (casings), τα οποία εδραιώνονται με μπετό. Όσο το βάθος αυξάνεται, τόσο η διάμετρος των σωλήνων αυτών μειώνεται. Αντίστοιχα σε κάθε στάδιο χρησιμοποιείται και άλλη κεφαλή μικρότερων διαστάσεων. Έτσι στον πάτο της γεώτρησης η διάμετρος του περιβλήματος συνήθως δεν ξεπερνάει τις 9 5/8". Μέσα στη γεώτρηση τοποθετείται μία παραγωγική σωλήνας 7" μέσω της οποίας οι υδρογονάνθρακες θα ρέουν στην επιφάνεια της γης για πολλές δεκαετίες.

Παρακάτω απεικονίζεται η διαδικασία δημιουργίας γεώτρησης σε στάδια.

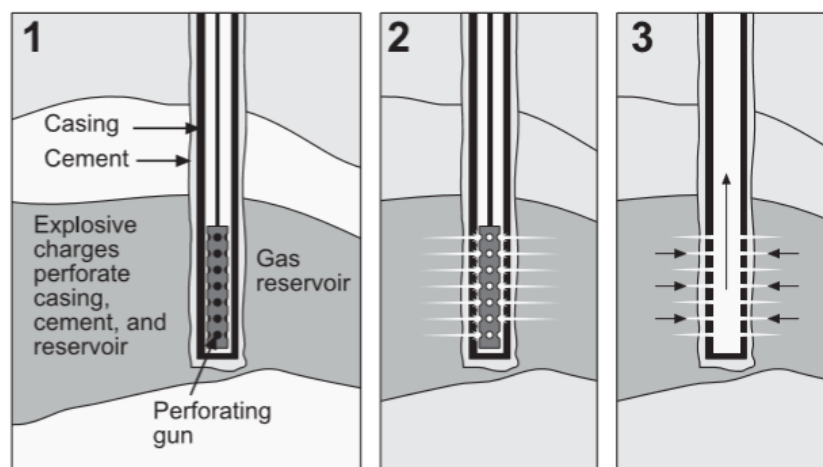


Εικόνα 14. Άνοιγμα του φρέατος της πετρελαιοπηγής (drilling) σε στάδια

Κατά όλη την διάρκεια της δημιουργίας της γεώτρησης, μέσα στην σωλήνα γεωτρώπανου αντλείται η λάσπη γεωτρήσεων, γνωστή ως ιλύς. Η ιλύς βγαίνει από την σωλήνα του γεωτρώπανου στο κάτω άκρο της - στην κεφαλή και ανυψώνεται πάλι πίσω στην επιφάνεια εξωτερικά, περιμετρικά της σωλήνα. Η ιλύς εξυπηρετεί τρεις σκοπούς, ψύχει την κεφαλή του γεωτρώπανου, φέρνει μαζί της στην επιφάνεια δείγματα εδάφους από το εκάστοτε βάθος και διατηρεί σταθερή την υδροστατική πίεση μέσα στη γεώτρηση, αποτρέποντας έτσι τα ρευστά της συσσώρευσης να ανέβουν στην επιφάνεια πρόωρα.

Όταν η γεώτρηση φτάσει στο επιθυμητό βάθος και τα περιβλήματα (casings), οι παραγωγική σωλήνας και η μόνωση έχουν τοποθετηθεί, γίνεται διάτρηση (perforation) του περιβλήματος με εκρηκτικά μέσα σε συγκεκριμένη επιθυμητή θέση και βάθος του φρεατίου (well). Σε μία γεώτρηση (well) γίνονται πάρα πολλές διατρήσεις σε διαφορετικές θέσεις, ταυτόχρονα ή με τη σειρά, ανάλογα τον ρυθμό παραγωγής που θέλουμε να πετύχουμε. Μέσω των οπών οι υδρογονάνθρακες αρχίζουν να ρέουν μέσα στη παραγωγική σωλήνα και στη συνέχεια πάνω στην επιφάνεια.

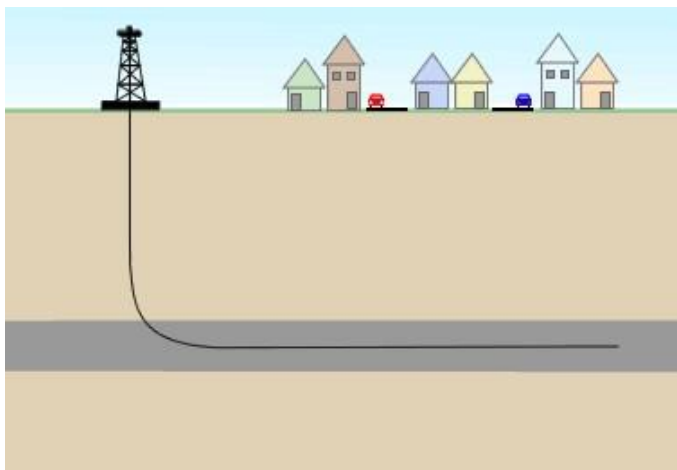
Παρακάτω απεικονίζεται η διαδικασία της διάτρησης του περιβλήματος (casing) μίας γεώτρησης (well).



Εικόνα 15. Διάτρηση του περιβλήματος (casing) μίας γεώτρησης (well)

Σύγχρονες τεχνικές και μέσα μετά το 2004 επιτρέπουν την δημιουργία όχι μόνο κάθετων γεωτρήσεων (well) αλλά και οριζόντιων. Με ειδικά εργαλεία και μηχανές είναι δυνατόν να μεταβάλλεται ο προσανατολισμός του άκρου του γεωτρήπανου σε επιθυμητή γωνία και να συνεχίζεται η γεώτρηση πλέον υπό την γωνία αυτή. Αποτέλεσμα αυτού του στριψίματος είναι να μπορεί το γεωτρήπανο αντί να διαπερνά διάφορα στρώματα εδάφους, να παραμείνει σε κάποιο συγκεκριμένο και να αυξηθεί έτσι η δυναμικότητα και αποτελεσματικότητα μίας γεώτρησης πετρελαιοπηγής (well). Τέτοιες γεωτρήσεις λέγονται οριζόντιες (horizontal wells).

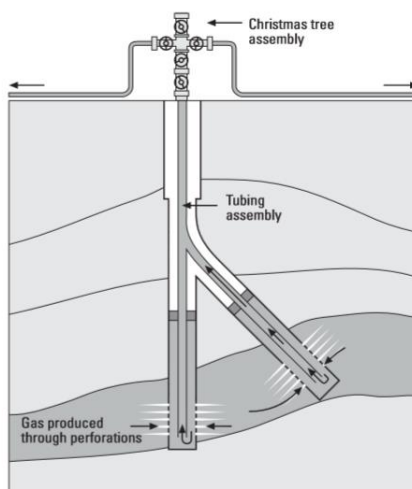
Παρακάτω απεικονίζεται το προφίλ μίας οριζόντιας γεώτρησης.



Εικόνα 16. Οριζόντια γεώτρηση πετρελαιοπηγής

Επίσης, μετά το 2005 αναπτύχθηκαν οι μέθοδοι και οι τεχνικές ώστε μία γεώτρηση να μπορεί να έχει διακλαδώσεις μέσα της και να γίνεται άντληση υδρογονανθράκων από μερικά σημεία ταυτόχρονα. Μία τέτοια γεώτρηση ονομάζεται πολυμερή γεώτρηση (multilateral well).

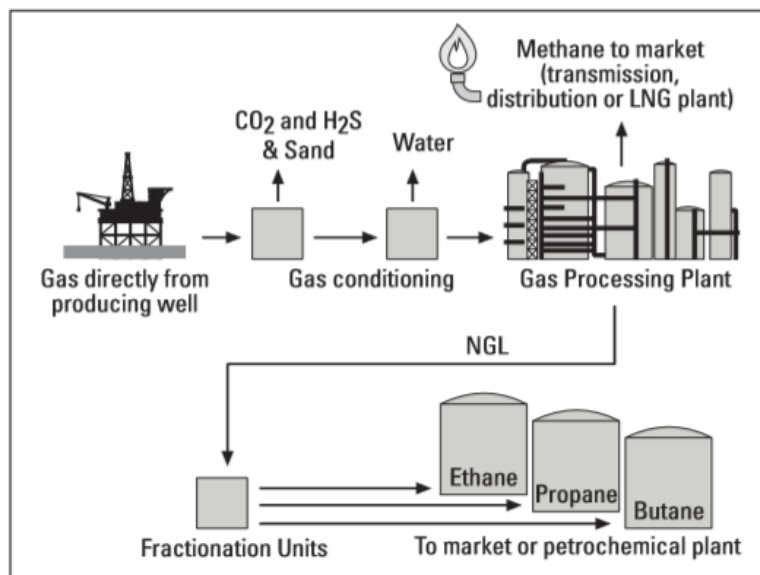
Περίπτωση μίας πολυμερή γεώτρησης (well) πετρελαιοπηγής απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα.[1]



Εικόνα 17. Πολυμερή γεώτρηση πετρελαιοπηγής (multilateral well)

## 1.4. Επεξεργασία υδρογονανθράκων

### 1.4.1. Επεξεργασία φυσικού αερίου



Εικόνα 18. Πορεία επεξεργασίας φυσικού αερίου

Το είδος της επεξεργασίας που θα υποστεί το φυσικό αέριο, εξαρτάται από την σύστασή του. Το 2006 υπήρχαν σχεδόν 2000 εργοστάσια επεξεργασίας φυσικού αερίου. Αυτά τα εργοστάσια αφαιρούν από το φυσικό αέριο αργό πετρέλαιο, νερό, τοξικές ουσίες καθώς και διάφορες ενώσεις υδρογονανθράκων. Το μεγαλύτερο κόστος κατά την επεξεργασία φυσικού αερίου οφείλεται στους συμπιεστές που μετακινούν το αέριο μεταξύ διαφόρων μονάδων επεξεργασίας.

Η επεξεργασία του φυσικού αερίου είναι απαραίτητη για του εξής λόγους

- Ιδιότητες του φυσικού αερίου, που φτάνει στον καταναλωτή πρέπει να είναι ίδιες ανεξαρτήτως της προέλευσης του και καθορίζονται από την νομοθεσία.
- Μεταφορά του φυσικού αερίου στους αγωγούς, για την οποία από το φυσικό αέριο πρέπει να αφαιρούνται οι διαβρωτικές ουσίες όπως το νερό, το διοξείδιο του άνθρακα και το υδρόθειο. Το νερό πρέπει να αφαιρείται και για αποφυγή διαμορφώσεων πάγου μέσα στους αγωγούς.
- Ανάκτηση των Υγρών του φυσικού αερίου (NGLs) και των συστατικών με οικονομική αξία, τα οποία πωλούνται ξεχωριστά λόγω της υψηλότερης αξίας τους. Στα Υγρά του φυσικού αερίου ανήκει και το Υγραέριο (LPG).
- Υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), για την δημιουργία του οποίου το φυσικό αέριο που θα ψυχθεί πρέπει να πληροί αυστηρές απαιτήσεις. Οποιαδήποτε παρουσία προσμειξεων θα επηρεάσει σημαντικά την ποιότητα του υγροποιημένου φυσικού αερίου.

Η διαδικασία που ακολουθείται για την επεξεργασία του φυσικού αερίου είναι η εξής

- Απομάκρυνση του νερού και των συμπυκνωμάτων από το φυσικό αέριο που έρχεται από το φρέαρ της πετρελαιοπηγής (well) με διεργασίες κρυογενικής αφυδάτωσης, αφυδάτωσης με απορρόφηση και αφυδάτωσης με προσρόφηση.
- Απομάκρυνση στοιχειακού θείου με διεργασίες πολυσουλφιδίων και απορρόφησης με διαλύτες.
- Απομάκρυνση των όξινων συστατικών με διεργασίες απορρόφησης, υγρής οξειδωσης, προσρόφησης και διεργασίες με μεμβράνες.[1, 11]

### **1.4.2. Διαδικασία απομάκρυνσης των συμπυκνωμάτων.**

Οι σχετικά βαριοί υδρογονάνθρακες του φυσικού αερίου συνήθως απομακρύνονται με την κρυογενική διαδικασία. Στην αρχή το μεθάνιο αποχωρίζεται από τους υπόλοιπους υδρογονάνθρακες και στη συνέχεια οι υπόλοιποι υδρογονάνθρακες αποχωρίζονται ο ένας από τον άλλον. Η ροή του φυσικού αερίου υπόκειται σε ψύξη σε στάδια σε θερμοκρασία στην οποία οι πιο βαριοί υδρογονάνθρακες, αιθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο και πεντάνιο υγροποιούνται με τη σειρά και παγιδεύονται σε μία παγίδα υγρής φάσης και απομακρύνονται από το μεθάνιο. Μία ακόμη μέθοδος είναι η μέθοδος προσρόφησης, η οποία βασίζεται σε χρήση ελαίων που έχουν την τάση να προσροφούν μόνο τα υγρά φυσικού αερίου (NGLs) αποχωρίζοντας τα έτσι και πάλι από το μεθάνιο. Η μέθοδος αυτή είναι όμως πολύ ακριβή και εφαρμόζεται πάρα πολύ σπάνια.

Τα συμπυκνώματα στη συνέχεια αποστέλλονται σε διωλιστήρια πετρελαίου όπου η θερμοκρασία τους αυξάνεται, με αποτέλεσμα να αρχίζουν να βράζουν και να απομακρύνονται ένα-ένα. Η σειρά που βράζουν καθορίζεται από τον αριθμό ατόμων άνθρακα που έχουν και συνεπώς το σημείο βρασμού. Δηλαδή, το πρώτο που βράζει είναι το αιθάνιο, ακολουθεί το προπάνιο και τελευταίο το βουτάνιο αφήνοντας σε υγρή μορφή το πεντάνιο και τους βαρύτερους υδρογονάνθρακες. Τα συστήματα κλασμάτωσης του κάθε υδρογονάνθρακα λέγονται αποαιθανιωτής, αποπροπανιωτής και αποβουτανιωτής αντίστοιχα.[1,11]

### **1.4.3. Επεξεργασία πετρελαίου**

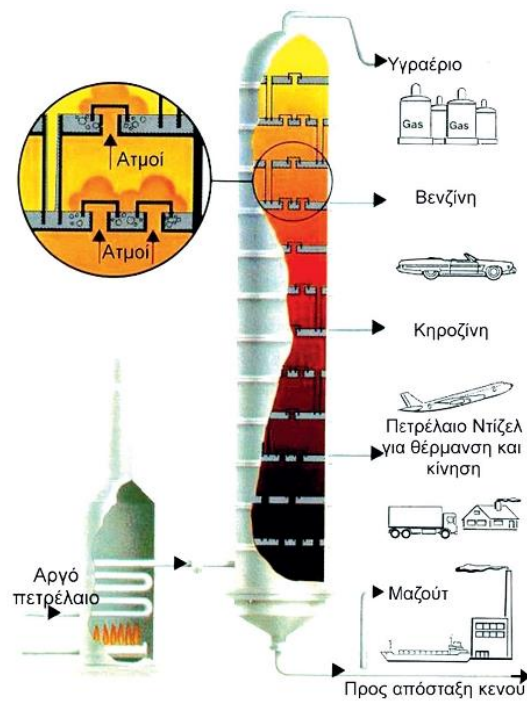
Σήμερα το σύνολο των διεργασιών που γίνονται για την επεξεργασία του αργού πετρελαίου είναι μεγάλο. Η μέθοδος που θα εφαρμοστεί εξαρτάται από το τελικό προϊόν που θέλουμε να αποκτήσουμε. Παρακάτω παρουσιάζονται οι πιο βασικές και κύριες διεργασίες επεξεργασίας αργού πετρελαίου που γίνονται σε όλα τα σύγχρονα διωλιστήρια

- Κλασματική απόσταξη αργού πετρελαίου, η οποία είναι και η παλαιότερη διεργασία επεξεργασίας πετρελαίου. Αποτελεί το πρώτο στάδιο της επεξεργασίας

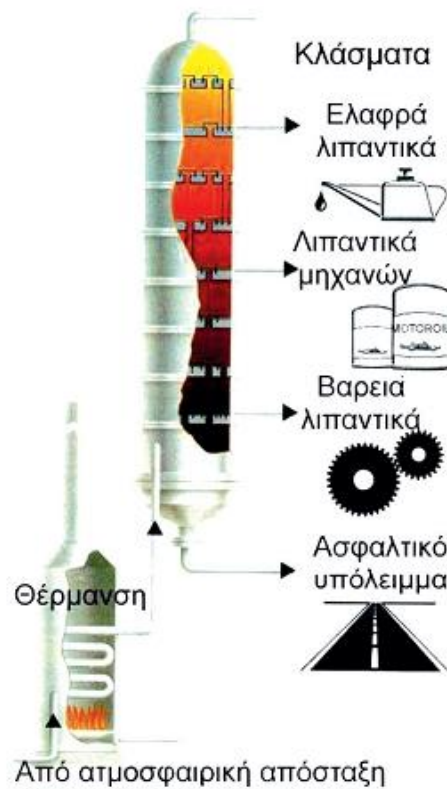
και ο σκοπός της είναι η ανάκτηση ελαφρών συστατικών και η κλασμάτωση σε κλάσματα συγκεκριμένων περιοχών βρασμού. Μπορεί να περιλαμβάνει έως και τρεις αποστακτικές στήλες, την στήλη αρχικής κλασμάτωσης στην οποία διαχωρίζονται τα ελαφρά κλάσματα, στήλη ατμοσφαιρικής απόσταξης και στήλη απόσταξης υπό κενό όπου επικρατεί μειωμένη πίεση και θερμοκρασίες κάτω από 345° [C] και επεξεργάζονται τα βαρέα κλάσματα πετρελαίου. Τα προϊόντα που παράγονται από την απόσταξη είναι

- Ελαφρά αέρια προπάνιο  $\text{C}_3\text{H}_8$ , και αιθάνιο  $\text{C}_2\text{H}_6$ , που χρησιμοποιούνται ως καύσιμο του διυλιστηρίου ή στα πετροχημικά
- Προπάνιο  $\text{C}_3\text{H}_8$ , που χρησιμοποιείται ως Υγραέριο (LPG) και στα πετροχημικά
- Βουτάνιο  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ , που χρησιμοποιείται ως Υγραέριο (LPG) και στα πετροχημικά
- Ελαφριά Νάφθα, που χρησιμοποιείται ως βενζίνη και στους διαλύτες
- Βαριά Νάφθα, που χρησιμοποιείται ως βενζίνη, στους διαλύτες και ως καύσιμα αεροπορίας
- Κηροζίνη, που χρησιμοποιείται ως καύσιμα αεροπορίας και στους διαλύτες
- Ελαφρύ Gasoil, που χρησιμοποιείται ως ντίζελ κίνησης και ως πετρέλαιο θέρμανσης
- Βαρύ Gasoil, που χρησιμοποιείται ως ντίζελ κίνησης και ως πετρέλαιο θέρμανσης
- Gasoil Κενού, που χρησιμοποιείται στη τροφοδοσία μονάδων πυρόλυσης και ως λιπαντικά
- Ατμοσφαιρικό υπόλειμμα που χρησιμοποιείται ως μαζούτ και στην τροφοδοσία απόσταξης υπό κενό και
- Υπόλειμμα κενού, που χρησιμοποιείται ως μαζούτ και στην ασφαλτο

Παρακάτω παρουσιάζονται εικόνες στις οποίες απεικονίζονται η ατμοσφαιρική και η υπό κενό αποστάξεις.



Εικόνα 19.Ατμοσφαιρική απόσταξη



Εικόνα 20.Απόσταξη υπό κενό

- Θερμική πυρόλυση, στην οποία γίνεται αναβάθμιση του υπολείμματος που προέρχεται από την απόσταξη του αργού πετρελαίου. Περιλαμβάνει τις διεργασίες προσθήκης υδρογόνου, απομάκρυνσης άνθρακα, εκχύλισης και

μερικής οξειδωσης. Τα κλάσματα του πετρελαίου διαχωρίζονται με βάση τα διαφορετικά σημεία βρασμού τους. Κατά την διεργασία αυτή παράγονται

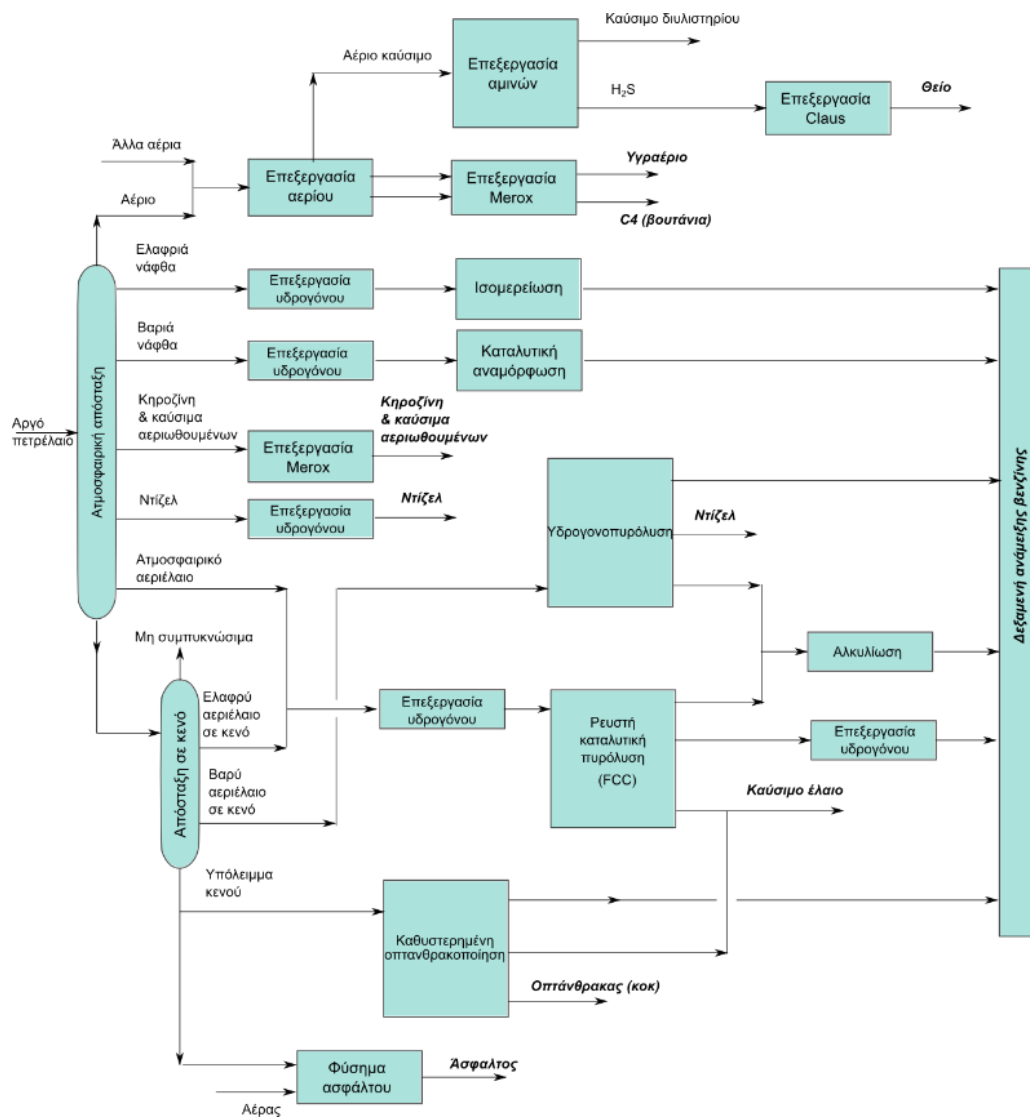
- Αέρια (C4-), από τα οποία μπορεί να γίνει απομάκρυνση θείου και ανάκτηση υγραερίων (LPG)
- Ελαφριά Νάφθα, που χρησιμοποιείται στην επεξεργασία για την απομάκρυνση μερκαπτανών και ως συστατικό ανάμιξης βενζίνης
- Βαριά Νάφθα, που υφίσταται υδρογονοκατεργασία και τροφοδοτείται σε μονάδα αναδιαμόρφωσης για παραγωγή βενζίνης
- Ελαφρύ Gasoil, που υφίσταται υδρογονοκατεργασία για αποθέωση και βελτίωση σταθερότητας και χρησιμοποιείται για την παραγωγή ντίζελ και
- Βαρύ Gasoil, που χρησιμοποιείται για τροφοδοσία καταλυτικής πυρόλυσης ή υδρογονοπυρόλυσης

Κατά την διεργασία αυτή η θερμοκρασία θα πρέπει να διατηρείται στους 450°-500° [C] για τους βαρύτερους υδρογονάνθρακες και η πίεση στα 2-3 [bar]

- Καταλυτική πυρόλυση, η οποία αποτελεί τη βασική διεργασία επεξεργασίας αργού πετρελαίου στα περισσότερα σύγχρονα διωλιστήρια. Είναι μία από τις πιο σημαντικές και σύνθετες συμβολές στην τεχνολογία επεξεργασίας πετρελαίου. Έχει τη δυνατότητα επεξεργασίας του Gasoil και τα προϊόντα της μπορούν να υποστούν περαιτέρω επεξεργασία όπως υδρογονοπυρόλυση και αλκυλίωση για την αύξηση της παραγωγής συστατικών βενζίνης υψηλού αριθμού οκτανίων. Ο κύριος στόχος της είναι η παραγωγή βενζίνης και εν συνέχεια μέσω κλασμάτων. Η βενζίνη καταλυτικής πυρόλυσης αποτελεί το συστατικό ανάμιξης για την παραγωγή βενζίνης με τη μεγαλύτερη διαθεσιμότητα. Στη διαδικασία αυτή ως καταλύτες χρησιμοποιούνται ζεόλιθοι Y, A και σοδαλίτης. Προϊόντα που παράγονται κατά την καταλυτική πυρόλυση είναι
  - Αέρια, που χρησιμοποιούνται στην τροφοδοσία πολυμερισμού, στην αλκύωση και ως αέριο καύσιμο
  - Νάφθα, που χρησιμοποιείται ως βενζίνη
  - Light Cycle Oil, που χρησιμοποιείται στο πετρέλαιο θέρμανσης και μαζούτ
  - Heavy Cycle Oil, που ανακυκλώνεται και χρησιμοποιείται στη θερμική πυρόλυση
  - Υπόλειμμα, που χρησιμοποιείται στη θερμική πυρόλυση και
  - Κοκ, που καίγεται στον αναγεννητή

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα σχηματικό διάγραμμα ροής επεξεργασίας ενός τυπικού διωλιστηρίου πετρελαίου.[2, 3, 11, 25, 26, 27]





Εικόνα 21. Διάγραμμα ροής επεξεργασίας αργού πετρελαίου

## 1.5. Υγραέριο

Με τον όρο υγραέριο, που χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναγκών των καταναλωτών στην Ελλάδα, εννοούνται κυρίως οι υδρογονάνθρακες προπάνιο ( $C_3H_8$ ) και βουτάνιο ( $C_4H_{10}$ ) ή το μίγμα τους, τα οποία σε συνηθισμένες συνθήκες περιβάλλοντος βρίσκονται σε αέρια φάση, ενώ με σχετικά μικρή αύξηση της πίεσης ή με σχετικά μικρή ελάττωση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος τους, αλλάζουν φάση, δηλαδή υγροποιούνται. Το υγραέριο μπορεί να παραχθεί είτε από επεξεργασία του αργού πετρελαίου μέσω της διαδικασίας διύλισης ή από το φυσικό αέριο μέσω της ξήρανης φυσικού αερίου. Το 70% του παγκοσμίως παραγόμενου υγραερίου προέρχεται από την ξήρανη φυσικού αερίου και το υπόλοιπο 30% του από τη διύλιση πετρελαίου. Στην Ελλάδα όμως συναντάμε μόνο υγραέριο από τα διυλιστήρια πετρελαίου.

Όταν το υγραέριο βρίσκεται εγκλωβισμένο σε ένα δοχείο, ανεξαρτήτως του μεγέθους του δοχείου, είτε αυτό είναι μία δεξαμενή 200.000 λίτρων ή ένας μικρός αναπτήρας, στην ίδια θερμοκρασία και σύσταση οι υδρογονάνθρακες βρίσκονται ακριβώς υπό την ίδια πίεση. Επίσης, σε αέρια μορφή το υγραέριο καταλαμβάνει 250 φορές μεγαλύτερο χώρο από ότι σε υγρή μορφή γι' αυτό ακριβώς τον λόγο η μεταφορά και η αποθήκευσή του γίνεται σε υγρή μορφή.

Στην αέρια φάση, το υγραέριο έχει χαρακτηριστικά που μοιάζουν με αυτά του φυσικού αερίου. Στην υγρή φάση μοιάζει με τη βενζίνη, ως προς τον τρόπο της μεταφοράς, της αποθήκευσης και της μέτρησης, με τη βασική διαφορά όμως ότι για να διατηρηθεί το υγραέριο σε υγρή κατάσταση πρέπει να βρίσκεται υπό πίεση.[6, 7, 8, 17, 19, 23, 24]

### 1.5.1. Περιεχόμενο μίας φιάλης ή δεξαμενής υγραερίου

Αυτό που συχνά προκαλεί μπερδεμα είναι το τι άραγε έχει μέσα μία φιάλη ή δεξαμενή υγραερίου, υγρό ή αέριο;

Το υγραέριο σε ένα κλειστό δοχείο, υπάρχει συγχρόνως σε υγρή και σε αέρια κατάσταση. Για να γίνει κατανοητό τι συμβαίνει μέσα στο δοχείο πρέπει να ληφθεί υπόψη το σημείο βρασμού των υγρών.

Το σημείο βρασμού κάποιου υγρού σε κανονικές συνθήκες, είναι η θερμοκρασία στην οποία αρχίζει ο βρασμός όταν η πίεση είναι η ατμοσφαιρική (1,01bar απόλυτη πίεση). Στο σημείο αυτό καλό είναι να διευκρινιστούν ορισμένες έννοιες:

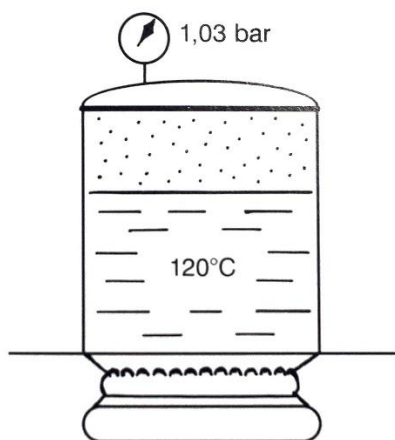
- Το σημείο βρασμού κάποιου υγρού είναι η θερμοκρασία στην οποία η εσωτερική τάση των ατμών είναι ίση με την εξωτερική πίεση που ασκείται στην επιφάνεια του υγρού. Δηλαδή για κάθε πίεση η αντίστοιχη θερμοκρασία στην οποία πρακτικά έχουμε την απελευθέρωση της πρώτης φυσαλίδας αερίου.

- Η ατμοσφαιρική πίεση βέβαια είναι 760mmHg ή 1,0133 bar στο υψόμετρο της θάλασσας αλλά είναι μικρότερη σε μεγαλύτερα υψόμετρα και μετριέται με ειδικά όργανα.
- Μανομετρική πίεση (hauge pressure) είναι η πίεση που δείχνουν τα συνήθη μανόμετρα. Είναι η πίεση δηλαδή που επικρατεί γενικά σε κάποιον κλειστό χώρο και είναι επιπλέον της ατμοσφαιρικής.
- Απόλυτη πίεση (absolute pressure) είναι η συνολική πίεση ή το άθροισμα της ατμοσφαιρικής και της μανομετρικής.

Οι αναφερόμενες στη παρούσα εργασία πιέσεις είναι μανομετρικής εκτός αν αναφέρεται σαφώς κάτι άλλο.

Σε ατμοσφαιρική λοιπόν πίεση, το νερό βράζει στους 100° [C] αλλά σε ένα ανοικτό δοχείο σε μεγάλο υψόμετρο πάνω από την θάλασσα, το νερό θα βράσει σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Αν το νερό θερμανθεί σε ένα κλειστό δοχείο, η πίεση των ατμών ανεβαίνει όσο ανεβαίνει η θερμοκρασία. Μια μορφή ισορροπίας αποκαθίσταται όταν η απώλεια θερμότητας από το δοχείο γίνεται ίση με το ποσό της θερμότητας που προσδίνεται σ' αυτό. Αν απελευθερώσουμε μια ποσότητα ατμού, η πίεση θα πέσει και ο βρασμός θα συνεχίσει, δηλαδή θα παραχθεί επιπλέον ατμός, μέχρι να ξαναεπιτευχθεί ισορροπία. Αν αντιθέτως προσθέσουμε ατμό και η πίεση ανέβει στα 1,5 [bar] μια ποσότητα ατμού θα συμπυκνωθεί και η πίεση βαθμιαία θα πέσει πάλι στα 1,03 [bar], αν βέβαια η θερμοκρασία είναι 120° [C].

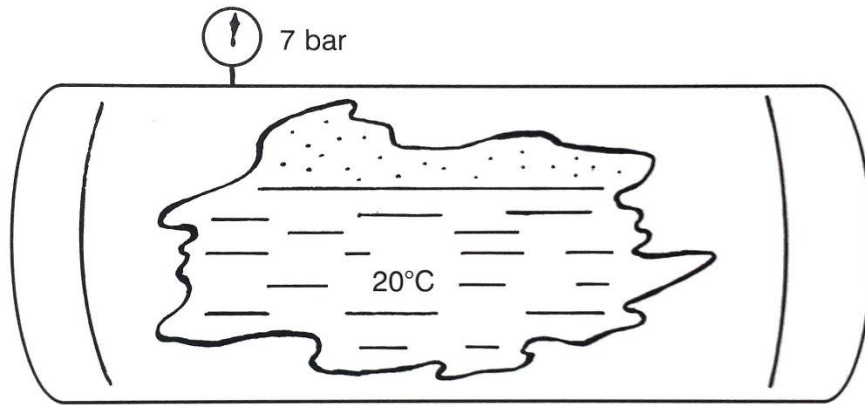
Παρακάτω απεικονίζεται ο βραστήρας νερού με το νερό που βράζει



Εικόνα 22. Βραστήρας νερού που βράζει

Το ίδιο ακριβώς συμβαίνει και σε μια δεξαμενή που περιέχει προπάνιο. Η μόνη διαφορά είναι ότι με σημείο βρασμού στους -42,1° [C] (για καθαρό προπάνιο υπό ατμοσφαιρική πίεση) η θερμότητα προσδίνεται από την ατμόσφαιρα που έχει θερμοκρασία π.χ. 20° [C] δηλαδή περίπου 62° [C] μεγαλύτερη από το σημείο βρασμού. Γενικά, όταν σε μια φιάλη ή δεξαμενή υγραερίου βρίσκεται υγραέριο υγρό και αέριο για μια ορισμένη θερμοκρασία θα επικρατεί και μια ορισμένη πίεση. Η πίεση αυτή λέγεται «πίεση κεκορεσμένων ατμών».

Παρακάτω απεικονίζεται μία δεξαμενή προπανίου στην οποία λόγω βρασμού έχει αυξηθεί η πίεση.



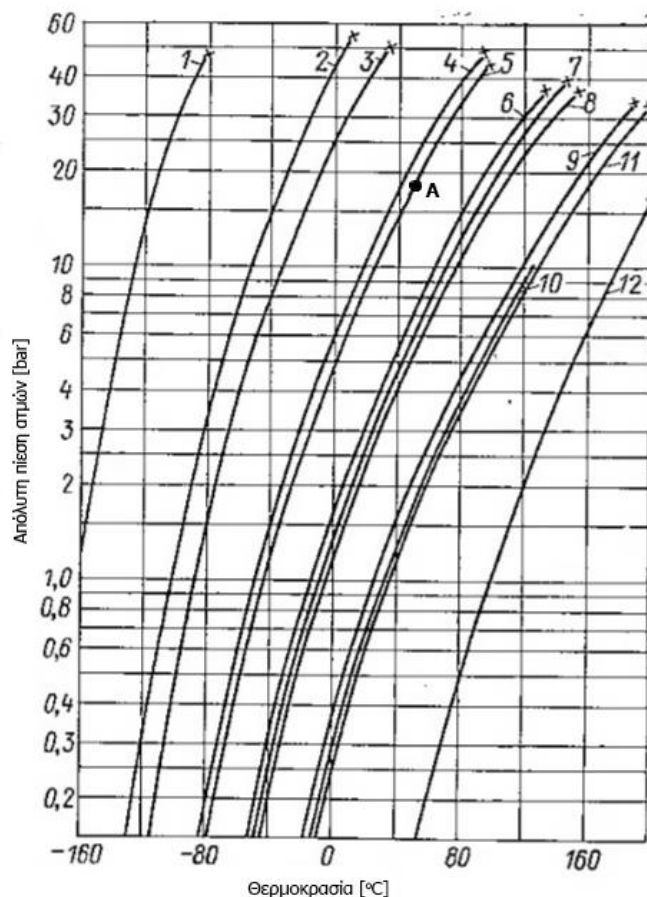
Εικόνα 23. Δεξαμενή προπανίου

Το σημείο βρασμού σε ατμοσφαιρική πίεση 760 [mmHg] ή 1,0133 [bar] είναι - 42,1° [C] και - 0,5° [C] για το καθαρό προπάνιο και το καθαρό βουτάνιο (n-βουτάνιο) αντίστοιχα.[14, 15]

### 1.5.2. Θερμοκρασία και Πίεση

Η πίεση του αερίου είναι το συνολικό αποτέλεσμα των κρούσεων των μορίων του στα τοιχώματα του χωρίου που το περιβάλλει. Ενώ η θερμοκρασία του μας δείχνει την ένταση των ταλαντώσεων των μορίων του. Και τα δύο αποτελούν τους σημαντικότερα μεγέθη του αερίου. Η πίεση και η θερμοκρασία παρουσιάζουν μια αυστηρή αντιστοιχία μεταξύ τους και το κάθε ζεύγος τους είναι μοναδικό.

Το παρακάτω γράφημα απεικονίζει την σχέση της πίεσης της αέριας φάσης των Μεθανίου, Αιθανίου, Προπανίου και Βουτανίου, που βρίσκονται εγκλωβισμένα σε ένα κλειστό δοχείο, με την θερμοκρασία.



Εικόνα 24. Διάγραμμα πίεσης κορεσμένων ατμών υδρογονανθράκων, νερού και οσμοθέτη συναρτήσει της θερμοκρασίας της υγρής τους φάσης.

1-μεθάνιο, 2 – αιθυλένιο, 3 – αιθάνιο, 4 – προπυλένιο, 5 – προπάνιο, 6 – ισοβουτάνιο, 7 – ισοβουτυλένιο, 8 – καθαρό βουτάνιο, 9 – ισοπεντάνιο, 10 – αιθυλομερκαπτάνη, 11 – καθαρό πεντάνιο, 12 - νερό

Στο σχήμα απεικονίζονται η καμπύλες οι οποίες δείχνουν την εξάρτηση της πίεσης των κορεσμένων ατμών υγραερίων και όχι μόνο, που βρίσκονται εγκλωβισμένοι σε κάποιο χώρο, από την θερμοκρασία της υγρής τους φάσης. Οι συντεταγμένες που βρίσκονται αριστερά από κάθε καμπύλη αντιστοιχούν στην υγρή φάση ενώ αυτές που βρίσκονται στα δεξιά στην αέρια φάση του εκάστοτε υδρογονάνθρακα. Ενώ η ίδια η καμπύλη μας καθορίζει της συνθήκες στις οποίες βρίσκεται το υγραέριο. Τα «X» πάνω στο γράφημα μας δείχνουν τις συνθήκες στις οποίες εξαφανίζεται η διαφορά ανάμεσα στις δύο φάσεις του, τα λεγόμενα κρίσιμα σημεία. Για να υγροποιηθεί το υγραέριο πρέπει η θερμοκρασία του να είναι πιο κάτω από την κρίσιμη καθώς καμία πίεση δεν θα αναγκάσει το υγραέριο να αλλάξει την φάση του σε υγρή όταν αυτό βρίσκεται στην κρίσιμη ή υψηλότερη θερμοκρασία.

Από το σχήμα προκύπτει ότι οι υδρογονάνθρακες σε συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης έχουν τα τις εξής θερμοκρασίες βρασμού:

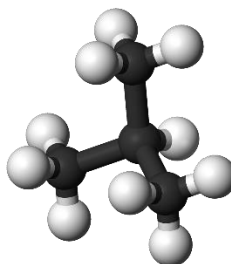
- Μεθάνιο - (-161,5)° [C]
- Αιθάνιο - (-88,5)° [C]

- Προπάνιο -  $(-42,1)^{\circ}$  [C]
- Βουτάνιο -  $(-0, 5)^{\circ}$  [C] και
- Πεντάνιο -  $(36,1)^{\circ}$  [C]

Το σημείο Α δείχνει την μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση λειτουργίας υγραερίου που επιτρέπει η νομοθεσία στους  $50^{\circ}$  [C]. Επομένως, οι πιο πρακτικά κατάλληλοι για χρήση σε κανονικές συνθήκες θεωρούνται να είναι το Προπάνιο και το Βουτάνιο. Σε περιοχές με χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος κατά τη χρήση στα παραπάνω αέρια προστίθεται και Αιθάνιο για τον εμφανέστατο λόγο της αύξησης πίεσης.

Η σύνθεση του μίγματος και το ποσοστό του κάθε αερίου καθορίζεται από την νομοθεσία μέσα στην **Φ.Ε.Κ. 824/Β/30.8.77** σύμφωνα με την οποία η πίεση των ατμών μέσα στο χωρίο δεν πρέπει να ξεπερνάει την τιμή των 17,5 [bar] υπό την θερμοκρασία των 50 [C]. Επίσης, η σύνθεση του μίγματος πρέπει να είναι τέτοια ώστε τον χειμώνα όταν η θερμοκρασίες του περιβάλλοντος είναι χαμηλές η πίεση μέσα στην δεξαμενή ή την φιάλη να είναι αρκετή για την ορθή λειτουργία των ρυθμιστών πίεσης, αλλά και το καλοκαίρι να μην ξεπερνά την μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση λειτουργίας που έχει καθοριστεί από των κατασκευαστή των δεξαμενών η φιαλών. Όπως είναι λογικό, λόγω των διαφορών θερμοκρασίας στις εποχές του χρόνου, υπάρχει η αντίστοιχη νομοθεσία μέσα στην **Φ.Ε.Κ. 824/Β/30.8.77**, που ορίζει τις ελάχιστες ποσότητες του εκάστοτε αερίου στο μίγμα για χρήση το χειμώνα, το λεγόμενο Χειμερινό μίγμα και για το καλοκαίρι, το λεγόμενο Θερινό μίγμα.

Εκτός από τους κανονικούς κορεσμένους υδρογονάνθρακες στο μίγμα μπορεί να συμπεριλαμβάνονται τα ισομερή τους αλλά και ακόρεστοι υδρογονάνθρακες που διαφέρουν στον τρόπο που ενώνονται τα άτομα του άνθρακα με τα άτομα του υδρογόνου μέσα στα μόρια. Παράδειγμα ισομερών μπορεί να παρθεί το ισοβουτάνιο (συντά λέγεται και μεθυλοπροπάνιο), που αντί να είναι όλα τα άτομα του άνθρακα στη σειρά συνδεδεμένα, η αλυσίδα τους διακλαδίζεται.



Εικόνα 25. Δομή ισοβουτανίου

Ενώ παράδειγμα ακόρεστων υδρογονανθράκων τα αιθυλένιο, προπυλένιο και βουτυλένιο. Ο γενικός τύπος των μη κορεσμένων υδρογονανθράκων με διπλό δεσμό είναι  $C_nH_{2n}$ . [9, 10]

### 1.5.3. Πυκνότητα

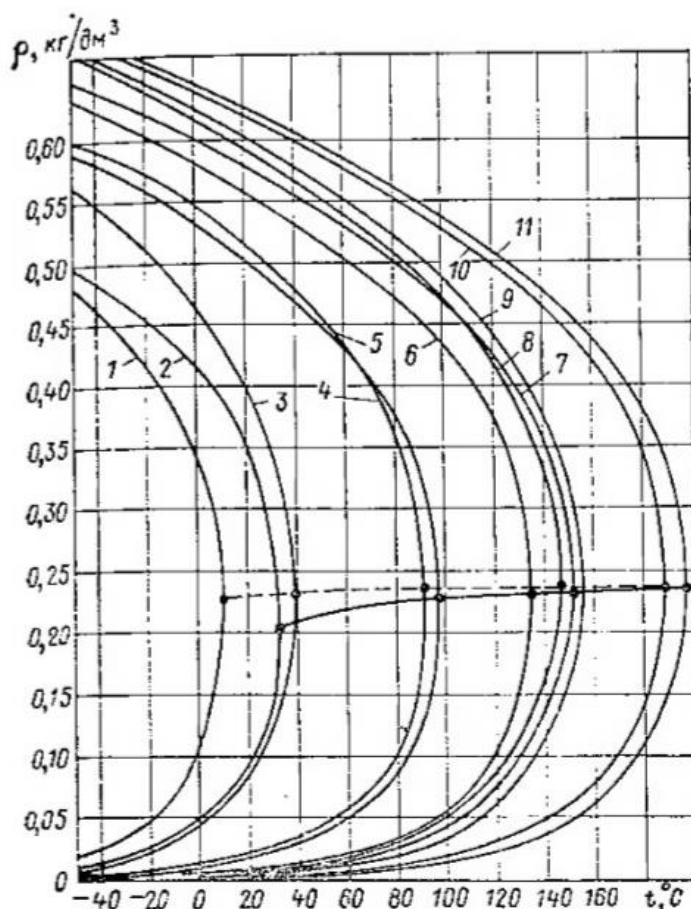
Ένα πολύ σημαντικό μέγεθος του υγραερίου είναι η πυκνότητα του, που αν και λανθασμένα, έχει επικρατήσει να λέγεται Ειδικό Βάρος. Οι μονάδες μέτρησης της πυκνότητας του υγραερίου στο S.I. είναι  $[\text{kg}/\text{m}^3]$  συνήθως όμως αυτές που χρησιμοποιούνται είναι  $[\text{kg}/\text{lt}]$ . Ο συνηθισμένος τύπος που μας δίνει την πυκνότητα είναι ο

$$\rho = \frac{\Delta m}{\Delta V}$$

αλλά σε περίπτωση κίνησης υγραερίου που περιέχει και τις δύο φάσεις θα έπρεπε να χρησιμοποιείται ο τύπος

$$\rho = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \left( \frac{\Delta m}{\Delta V} \right) = \frac{dm}{dV}$$

Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα με τις καμπύλες που δείχνουν την εξάρτηση της πυκνότητας της κορεσμένης υγρής και αέριας φάσης των κύριων συστατικών του υγραερίου από την θερμοκρασία.



Εικόνα 26. Διάγραμμα πυκνότητας αέριας και υγρής φάσης υδρογονανθράκων συναρτήσει της θερμοκρασίας

Με τη μαύρη τελεία πάνω σε κάθε καμπύλη βλέπουμε την κρίσιμη πυκνότητα. Το σημείο καμψής αυτό αντιστοιχεί στην κρίσιμη θερμοκρασία στην οποία η πυκνότητα της αέριας φάσης του υγραερίου ισούται με την πυκνότητα της υγρής φάσης. Το τμήμα της καμπύλης που βρίσκεται πιο πάνω από το κρίσιμο σημείο μας δίνει τις τιμές πυκνότητας της κορεσμένης υγρής φάσης, ενώ το τμήμα καμπύλης που βρίσκεται προς τα κάτω μας δίνει τις τιμές πυκνότητας των κορεσμένων ατμών. Τα κρίσιμα σημεία των κορεσμένων υδρογονανθράκων είναι ενωμένα με τη συνεχή καμπύλη, ενώ των ακόρεστων με διακεκομμένη. Κατά τις μεταβολές θερμοκρασιών, ο θεωρητικός τύπος που μπορεί να μας δώσει την πυκνότητα σε κάθε θερμοκρασία είναι

$$\rho_T = \rho_{T_0} + \alpha(T - T_0)$$

όπου  $\alpha$  για προπάνιο = 1,354,

$\alpha$  για βουτάνιο = 1,068 και

$\alpha$  για ισοβουτάνιο = 1,145

Τα βασικά συστατικά του υγραερίου σε αέρια μορφή είναι 1,5-2,1 φορές πιο βαριά από τον ατμοσφαιρικό αέρα, γι' αυτό τον λόγο σε περίπτωση διαρροής το υγραέριο εξαπλώνεται πάνω στην επιφάνεια του εδάφους και πατώματος πιθανώς να πάει σε χώρους χαμηλού υψομέτρου όπως υπόγεια και υπόνομοι, να βρίσκεται στάσιμο εκεί και προκαλέσει μεγάλη ζημιά σε περίπτωση εμφάνισης φλόγας ή σπινθήρα. Όταν όμως το υγραέριο βρίσκεται σε υγρή μορφή είναι σχεδόν 2 φορές ελαφρύτερο από το νερό, γι' αυτόν ακριβώς τον λόγο δεν αποτελεί μεγάλο πρόβλημα για την θαλάσσια χλωρίδα και πανίδα σε περίπτωση διαρροής του στην θάλασσα καθώς επιπλέει πάνω στην επιφάνεια του νερού και εξατμίζεται με ρυθμό που εξαρτάται από τέτοιους παράγοντες όπως η θερμοκρασία του περιβάλλοντος και του νερού και η ταχύτητα του ανέμου που επικρατεί στην περιοχή εκείνη. [9, 10]

#### 1.5.4. Ειδικός όγκος

Ο ειδικός όγκος του υγραερίου είναι ακριβώς το αντίστροφο της πυκνότητας, έχει μονάδες μέτρησης στο S.I. [kg/m<sup>3</sup>] και δίνεται από τον τύπο

$$\rho = \frac{\Delta V}{\Delta m}$$

Αυτό που αξίζει να σημειωθεί εδώ είναι ότι σε αντίθεση με τα περισσότερα υγρά που μεταβάλλουν ελάχιστα τον όγκο τους με την αύξηση της θερμοκρασίας, η υγρή φάση του υγραερίου μεταβάλλει τον όγκο της σε ένα αρκετά μεγάλο βαθμό (16 φορές



περισσότερο από το νερό). Γι' αυτό και κατά την πλήρωση των δεξαμενών ή φιαλών με υγραέριο πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν και η διαστολή του.

Η μεταβολή του ειδικού όγκου (ή όγκου) του υγραερίου υπολογίζεται ως εξής

$$v_2 = v_1[1 + \varphi(t_2 - t_1)]$$

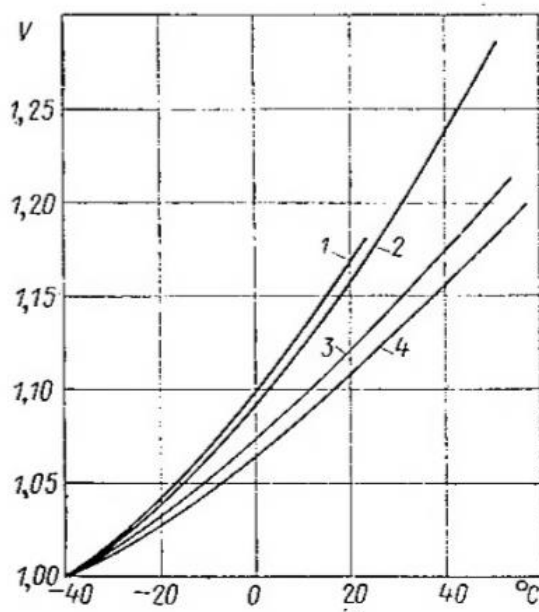
όπου  $v_1$  είναι ο ειδικός όγκος (ή όγκος) της υγρής φάσης στη θερμοκρασία  $t_1$ ,

$v_2$  είναι ο ειδικός όγκος (ή όγκος) της υγρής φάσης στη θερμοκρασία  $t_2$  και

$\varphi$  είναι ο συντελεστής χωρητικής διαστολής που στο εύρος των θερμοκρασιών από -20ο μέχρι 10ο [C]  $\varphi_{\text{προπανίου}} = 0,0029$  και

$\varphi_{\text{βουτανίου}} = 0,00209$ , ενώ στο εύρος των θερμοκρασιών από 10ο μέχρι 40ο [C]  $\varphi_{\text{προπανίου}} = 0,00372$  και  $\varphi_{\text{βουτανίου}} = 0,0022$

Παρακάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα που μας δείχνει τις μεταβολές του ειδικού όγκου (ή όγκου) συναρτήσει της θερμοκρασίας. [9, 10]



Εικόνα 27. Διάγραμμα μεταβολής όγκου συναρτήσει της θερμοκρασίας

1- προπυλένιο, 2 – προπάνιο, 3 – ισοβουτάνιο, 4 – καθαρό βουτάνιο

### 1.5.5. Συμπιεστότητα

Η συμπιεστότητα εκφράζεται με τον συντελεστή χωρητικής συμπίεσης που έχει μονάδες [m<sup>2</sup>/Nt] και δίνεται από την σχέση

$$\beta_p = -\frac{1}{V} \times \frac{dV}{dp}$$

Η συμπιεστότητα των υδρογονανθράκων σε σχέση με άλλα ρευστά είναι αρκετά σημαντική. Έτσι όταν η συμπιεστότητα του νερού είναι 48,33\*10<sup>-9</sup> [m<sup>2</sup>/Nt], η συμπιεστότητα του αργού πετρελαίου, βενζίνης και προπανίου είναι 75,56\*10<sup>-9</sup> [m<sup>2</sup>/Nt], 92,79\*10<sup>-9</sup> [m<sup>2</sup>/Nt] και 727,44\*10<sup>-9</sup> [m<sup>2</sup>/Nt] αντιστοίχα.

Έτσι, αν η υγρή φάση του υγραερίου καταλαμβάνει όλο τον χώρο του χωρίου που βρίσκεται, με την αύξηση της θερμοκρασίας της υγρής φάσης θα έχουμε αύξηση και όγκου της, το οποίο θα έχει σαν συνέπεια το υγραέριο να αρχίσει να συμπιέζεται και η πίεση του να αυξάνεται και αυτή κατά ποσό που μας δίνεται από τη σχέση

$$\Delta p = \frac{\varphi}{\beta_p} \Delta t$$

όπου Δt είναι η μεταβολή της θερμοκρασίας της υγρής φάσης.

Το συνολικό άθροισμα της αρχικής πίεσης και της επιπρόσθετης πίεσης λόγω της μεταβολής της θερμοκρασίας αυτό, δεν πρέπει να ξεπερνάει την μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση λειτουργίας δεξαμενής ή φιάλης που έχει καθοριστεί από τον κατασκευαστή ή εμπειρογνώμονα κατά τον επανέλεγχο. Γι' αυτό κατά την πλήρωση χωρίων πρέπει πάντα να αφήνεται κενός χώρος. Για να υπολογίσουμε τη μέγιστη ποσότητα που μπορούμε αποθηκεύσουμε σε ένα χωρίο, ή τον βαθμό πλήρωσης, χρησιμοποιούμε την εξής σχέση

$$\sigma = \frac{v_1}{v_2}$$

ή

$$\sigma = \frac{1}{[1 + \varphi(t_2 - t_1)]}$$

ή

$$\sigma = \frac{1}{[1 + \varphi \Delta t]}$$

και αν επιθυμούμε να υπολογίσουμε την επιτρεπόμενη μεταβολή θερμοκρασίας λύνοντας ως προς  $\Delta t$  έχουμε

$$\Delta t = \frac{1 - \sigma}{\sigma * \varphi}$$

Για απλοποίηση της διαδικασίας υπάρχουν πίνακες στους οποίους με απλό τρόπο αντιστοίχισης μπορεί κανείς να προσδιορίσει τη μέγιστη επιτρεπτή ποσότητα υγραερίου που μπορεί να βρίσκεται σε μια δεξαμενή ή φιάλη με δεδομένη τη θερμοκρασία της υγρής φάσης. [9, 10]

Οι πίνακες αυτοί βρίσκονται στην νομοθεσία **Κ.Υ.Α. Δ3/14858 8 Ιουνίου 1993 (ΦΕΚ 477/Β 1 Ιουλίου 1993)** στους Πίνακες **Π.2.3.β** και **Π.2.3.γ**

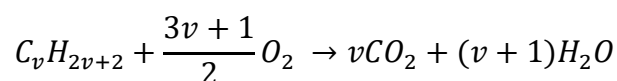
### 1.5.6. Καύση του υγραερίου

Το υγραέριο, όπως εξ' άλλου και τα λοιπά καύσιμα, καίγεται στην αέρια φάση, σε θερμοκρασίες υψηλότερες του σημείου ανάφλεξης (flash point), δηλαδή της θερμοκρασίας εκείνης στην οποία πρέπει να φθάσει το καύσιμο για να εξατμισθεί αρκετή ποσότητα και να υπάρξει έναυση με την παρουσία κάποιας φλόγας. Στη θερμοκρασία δε του περιβάλλοντος, η οποία είναι υψηλότερη του σημείου ανάφλεξης, εξαεριώνεται επαρκής ποσότητα υγραερίου για την αρχική τροφοδότηση της φλόγας, ενώ με τη θερμότητα από την καύση παράγεται πρόσθετο αέριο ή ατμός από το υγρό καύσιμο. Απαραίτητη προϋπόθεση δημιουργίας φλόγας βέβαια είναι η ύπαρξη οξυγόνου. Για να σχηματιστεί αναφλέξιμο μίγμα πρέπει να υπάρχει ένα 2% - 10% αέριας φάσης υγραερίου και 98% - 90% ατμοσφαιρικού αέρα. Λόγω της υψηλής ταχύτητας έκλυσης θερμικής ενέργειας και διάδοσης φλόγας, η καύση που παρουσιάζει το υγραέριο είναι εκρηκτικής μορφής και σε αποθηκευτικά μέσα που αστοχούν και εκτίθενται σε πηγή φλόγας η σπινθήρα μάλιστα λαμβάνει χώρα μία έκρηξη τύπου BLEVE's που συνοδεύεται κατά κανόνα από πύρινη σφαίρα.

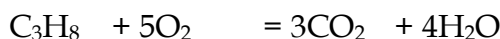
Κατά την καύση του το υγραέριο εκπέμπει μόνο Διοξείδιο του Άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), Οξείδια του Αζώτου ( $\text{NO}_x$ ) και υδρατμούς ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Τα επίπεδα εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα είναι πολύ κατώτερα σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα, ενώ και οξείδια του αζώτου παρουσιάζονται σχεδόν 30 φορές χαμηλότερα σε σχέση πάλι με τα συμβατικά καύσιμα. Τα καυσαέρια που εκπέμπονται από την καύση του πετρελαίου και του μαζούτ περιέχουν επίσης Μονοξείδιο του Άνθρακα ( $\text{CO}$ ), Διοξείδιο του Θείου ( $\text{SO}_2$ ) και αιθάλη (αιωρούμενα σωματίδια).

Το υγραέριο δεν περιέχει βαρέα μέταλλα που συναντάμε στα υγρά παράγωγα του αργού πετρελαίου (ντίζελ και μαζούτ), όπως Ψευδάργυρος ( $\text{Zn}$ ), ο Μόλυβδος ( $\text{Pb}$ ), το Βανάδιο ( $\text{Vn}$ ) και το Νικέλιο ( $\text{Ni}$ ). Σε υψηλές θερμοκρασίες καύσης, αυτές οι ουσίες ευθύνονται για την οξειδωση των μετάλλων σε λέβητες, σωληνώσεις κτλ., ενώ είναι βλαβερές και για το περιβάλλον και τον ανθρώπινο οργανισμό. Το υγραέριο γενικά είναι καύσιμο υψηλής απόδοσης.[14, 15, 18]

Οι κορεσμένοι υδρογονάνθρακες καίγονται με περίσσεια οξυγόνου (ή αέρα) προς διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Ο γενικός τύπος της καύσης τους είναι



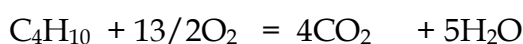
Επομένως οι εξισώσεις καύσης του προπανίου είναι



$$1[\text{kg}] + 3.63[\text{kg}] = 3[\text{kg}] + 1.63[\text{kg}]$$

$$1[\text{m}^3] + 5[\text{m}^3] = 3[\text{m}^3] + 4[\text{m}^3] \quad \text{και}$$

οι εξισώσεις καύσης του βουτανίου είναι



$$1[\text{kg}] + 3.58[\text{kg}] = 3,03[\text{kg}] + 1.55[\text{kg}]$$

$$1[\text{m}^3] + 6,5[\text{m}^3] = 4[\text{m}^3] + 5[\text{m}^3]$$

### 1.5.7. Οσμηση του υγραερίου (odorization)

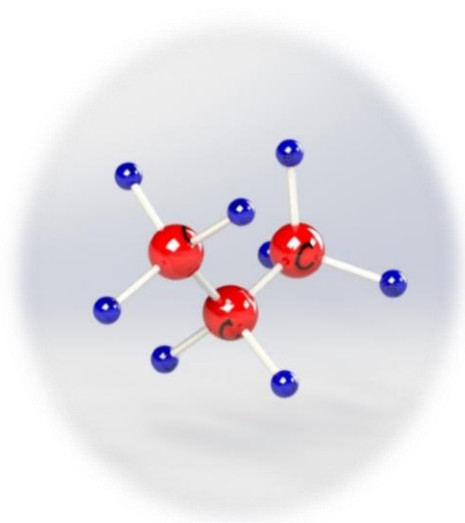
Το υγραέριο από την φύση του είναι άοσμο και έτσι στο αυτό, που προορίζεται για κοινή, συνηθισμένη χρήση (καύση), γίνεται προσθήκη οσμογόνου ουσίας (οσμοθέτη) όπως η αιθυλομερκαπτάνη ή το διμεθυλοσουλφίδιο, για να καταστεί δυνατή η ανίχνευσή του με την όσφρηση, σε συγκεντρώσεις μικρότερες του κατώτερου ορίου αναφλεξιμότητας. Η αιθυλομερκαπτάνη έχει πυκνότητα μεγαλύτερη του υγραερίου, 0,840 [kg/lit] με αποτέλεσμα ένα μεγάλο μέρος της να κατακαθίζει στο πάτο της φιάλης ή δεξαμενής πράγμα το οποίο δικαιολογεί την εξαιρετικά έντονη και δυσάρεστη οσμή που έχει το υγραέριο όταν η φιάλη τελειώνει ή η στάθμη της υγρής φάσης είναι πολύ κοντά στον πάτο της δεξαμενής. Όταν το υγραέριο χρησιμοποιείται ως προωθητικό αέριο όπως στα διάφορα σπρέι, σε αυτό δεν προστίθεται καμία οσμογόνος ουσία. [9, 10]

Το υγραέριο που διατίθεται στους καταναλωτές στην Ελλάδα είναι το εμπορικό Προπάνιο και το εμπορικό Βουτάνιο. Το ποσοστό συμμετοχής του κάθε αερίου πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να εξασφαλίζεται ο πλήρης βρασμός της υγρής φάσης του μίγματος με φυσικό είτε εξαναγκασμένο τρόπο με χρήση των εξαεριωτών. Για τα μίγματα Προπανίου-Βουτανίου είναι χαρακτηριστικός ο κλασματικός βρασμός που αποτελεί και το κυρίως ελάττωμά τους.

## 1.5.8. Προπάνιο

Το προπάνιο είναι ο ένας από τους δύο υδρογονάνθρακες που κυκλοφορούν στο εμπόριο στην Ελλάδα με την ονομασία Υγραέριο (LPG). Είναι ο τρίτος κατά σειρά κορεσμένος υδρογονάνθρακας. Οι κορεσμένοι υδρογονάνθρακες είναι γνωστοί επίσης ως αλκάνια. Τα αλκάνια εμφανίζουν τετραεδρική διάταξη στο χώρο. Δηλαδή, στο κέντρο του τετραέδρου τοποθετείται ένα άτομο άνθρακα και στις κορυφές τοποθετούνται οι υποκαταστάτες του. Το προπάνιο έχει τρία άτομα άνθρακα και οκτώ άτομα υδρογόνου, με χημικό τύπο  $C_3H_8$ . Ο UN αριθμός του προπανίου που ορίζεται από το United Nations Model Regulations και είναι ενταγμένος στις **ADR**, **RID** και **IMDG**, είναι 1978.

Στην πιο κάτω εικόνα απεικονίζεται ένα μόριο προπανίου



*Εικόνα 28. Μόριο προπανίου*

Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας με τα φυσικά χαρακτηριστικά του καθαρού προπανίου

	Προπάνιο	Μονάδες
Χημικός τύπος	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	
Μοριακό βάρος	44,094	
Σημείο πήξης υγρού σε 760 [mmHg]	-187,7	[°C]
Σημείο βρασμού υγρού σε 760 [mmHg]	-42,1	[°C]
Ειδικό βάρος υγρού σε S.C.	0,507	[kg/lt]
Σχετική πυκνότητα αερίου (αέρας = 1) σε S.C.	1,522	
Κρίσιμη θερμοκρασία	96,8	[°C]
Κρίσιμη πίεση - απόλυτη	42,6	[bar]
Λόγος όγκου αερίου προς υγρό σε S.C.	272,7	
Λανθάνουσα θερμότητα στο σημείο βρασμού υπό 760 [mmHg]	101,7	[Kcal/kg]
	51,5	[Kcal/lt]
Ανώτερη Θερμογόνος δύναμη σε S.C.	12048	[Kcal/kg]
	22766	[Kcal/m <sup>3</sup> ]
Απαιτούμενος αέρας καύσης σε S.C.	23,82	[m <sup>3</sup> αέρα/1m <sup>3</sup> αερίου]
	15,71	[kg αέρα/1kg αερίου]
Ειδική θερμότητα αερίου σε S.C.	C <sub>p</sub>	0,388 [Kcal/kg°C]
	C <sub>v</sub>	0,343 [Kcal/kg°C]
Σημείο ανάφλεξης - Flash point	-105	[°C]
Σημείο αυτανάφλεξης - Ignition point	470	[°C]
Όρια εκρηκτικότητας μίγματος	Κατώτερο	2,37 [Vol-%]
	Ανώτερο	9,50 [Vol-%]
Αριθμός οκτανίων	125	[Octane No]

Πίνακας 1. Φυσικά χαρακτηριστικά του καθαρού προπανίου

Πρέπει να σημειωθεί ότι με τον διεθνώς αναφερόμενο όρο Πρότυπες Συνθήκες (S.C.) εννοούνται η θερμοκρασία περιβάλλοντος 15,5° [C] και πίεση 760 [mmHg].

Στην Ελληνική αγορά σαν Προπάνιο εννοούμε το Εμπορικό Προπάνιο που στην ουσία είναι μίγμα περίπου 80% Προπανίου και 20% Βουτανίου. Πιο συγκεκριμένα τα ποσοστά ορίζονται στην νομοθεσία στην **Φ.Ε.Κ. 824/Β/30.8.77** και το πρότυπο **ΕΛΟΤ EN 437**.

Το εμπορικό προπάνιο θεωρείται το ιδανικότερο αέριο, αλλά η περιορισμένες ποσότητες του έχουν ως συνέπεια την ανάγκη αύξησης του ποσοστού του Βουτανίου στο μίγμα ή την χρήση μεθόδων και συσκευών που κάνουν δυνατή την χρήση του Βουτανίου για κάλυψη των αναγκών.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο πίνακας με τα φυσικά χαρακτηριστικά του εμπορικού προπανίου. [9, 10, 14, 15]

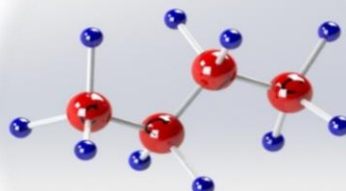
		Εμπορικό Προπάνιο	Μονάδες
Πίεση κεκορεσμένων ατμών	20° [C]	7,8	[bar]
	50° [C]	17,5	[bar]
Ειδικό βάρος σε υγρά κατάσταση	20° [C]	0,502	[kg/lt]
	50° [C]	0,454	[kg/lt]
Ειδικό βάρος σε αέρια κατάσταση σε S.C.		1,85	[kg/m <sup>3</sup> ]
Θερμογόνος δύναμη υγρού	Κατώτερη	11000	[Kcal/kg]
	Ανώτερη	11900	[Kcal/kg]
Θερμογόνος δύναμη αερίου	Κατώτερη	20400	[Kcal/kg]
	Ανώτερη	22000	[Kcal/kg]
Λανθάνουσα θερμότητα για την εξαερίωση 1 [kg] υγραερίου		99,8	[Kcal/kg]
Ανωτέρα θερμοκρασία φλόγας	σε καύση με αέρα	1920	[°C]
	σε καύση με οξυγόνο	2820	[°C]
Θεωρητικά απαιτούμενος ελάχιστος αέρας για καύση 1 [kg]		11,7	[m <sup>3</sup> ]
Θεωρητικά απαιτούμενος ελάχιστος αέρας για καύση 1 [NM <sup>3</sup> ]		24,94	[m <sup>3</sup> ]

Πίνακας 2. Φυσικά χαρακτηριστικά του εμπορικού προπανίου

## 1.5.9. Βουτάνιο

Το βουτάνιο είναι ο δεύτερος από τους δύο υδρογονάνθρακες που κυκλοφορούν στο εμπόριο στην Ελλάδα με την ονομασία Υγραέριο (LPG). Είναι ο τέταρτος κατά σειρά κορεσμένος υδρογονάνθρακας ή αλκάνιο με τέσσερα άτομα άνθρακα και δέκα άτομα υδρογόνου, με χημικό τύπο C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>. Ο UN αριθμός του βουτανίου που ορίζεται από το United Nations Model Regulations και είναι ενταγμένος στις **ADR**, **RID** και **IMDG**, είναι 1075.

Στην πιο κάτω εικόνα απεικονίζεται ένα μόριο βουτανίου



Εικόνα 29. Μόριο βουτανίου

Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας με τα φυσικά χαρακτηριστικά του καθαρού βουτανίου.

	Βουτάνιο	Μονάδες
Χημικός τύπος	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	
Μοριακό βάρος	58,120	
Σημείο πήξης υγρού σε 760 [mmHg]	-138,3	[°C]
Σημείο βρασμού υγρού σε 760 [mmHg]	-0,5	[°C]
Ειδικό βάρος υγρού σε S.C.	0,582	[kg/lt]
Σχετική πυκνότητα αερίου (αέρας = 1) σε S.C.	2,006	
Κρίσιμη θερμοκρασία	152,0	[°C]
Κρίσιμη πίεση - απόλυτη	38,0	[bar]
Λόγος όγκου αερίου προς υγρό σε S.C.	237,8	
Λανθάνουσα θερμότητα στο σημείο βρασμού υπό 760 [mmHg]	92,3	[Kcal/kg]
	53,1	[Kcal/lt]
Ανώτερη Θερμογόνος δύναμη σε S.C.	11851	[Kcal/kg]
	29875	[Kcal/m <sup>3</sup> ]
Απαιτούμενος αέρας καύσης σε S.C.	30,97	[m <sup>3</sup> αέρα/1 m <sup>3</sup> αερίου]
	15,49	[kg αέρα/1 kg αερίου]
Ειδική θερμότητα αερίου σε S.C.	C <sub>p</sub>	0,397 [Kcal/kg°C]
	C <sub>v</sub>	0,361 [Kcal/kg°C]
Σημείο ανάφλεξης - Flash point	-60	[°C]
Σημείο αυτανάφλεξης - Ignition point	365	[°C]
Όρια εκρηκτικότητας μίγματος	Κατώτερο	1,86 [Vol-%]
	Ανώτερο	8,41 [Vol-%]
Αριθμός οκτανίων	91	[Octane No]

Πίνακας 3. Φυσικά χαρακτηριστικά του καθαρού βουτανίου

Στην Ελληνική αγορά σαν βουτάνιο, που πολλές φορές λέγεται και μίγμα, εννοούμε το εμπορικό βουτάνιο που στην ουσία είναι μίγμα περίπου 80% βουτανίου και 20% προπανίου. Πιο συγκεκριμένα τα ποσοστά ορίζονται στην νομοθεσία στην **Φ.Ε.Κ. 824/Β/30.8.77** και το πρότυπο **ΕΛΟΤ EN 437**.

Το εμπορικό βουτάνιο παρουσιάζει ατελή βρασμό ακόμα και σε θερμοκρασίες άνω του μηδενός βαθμού Κελσίου που έχουν συνέπεια το υπόλοιπο στις δεξαμενές και φιάλες, που δεν μετατρέπεται από υγρή σε αέρια φάση. Σε τέτοιες περιπτώσεις γίνεται υποχρεωτική η χρήση του προπανίου ή χρήση εξαεριστών.

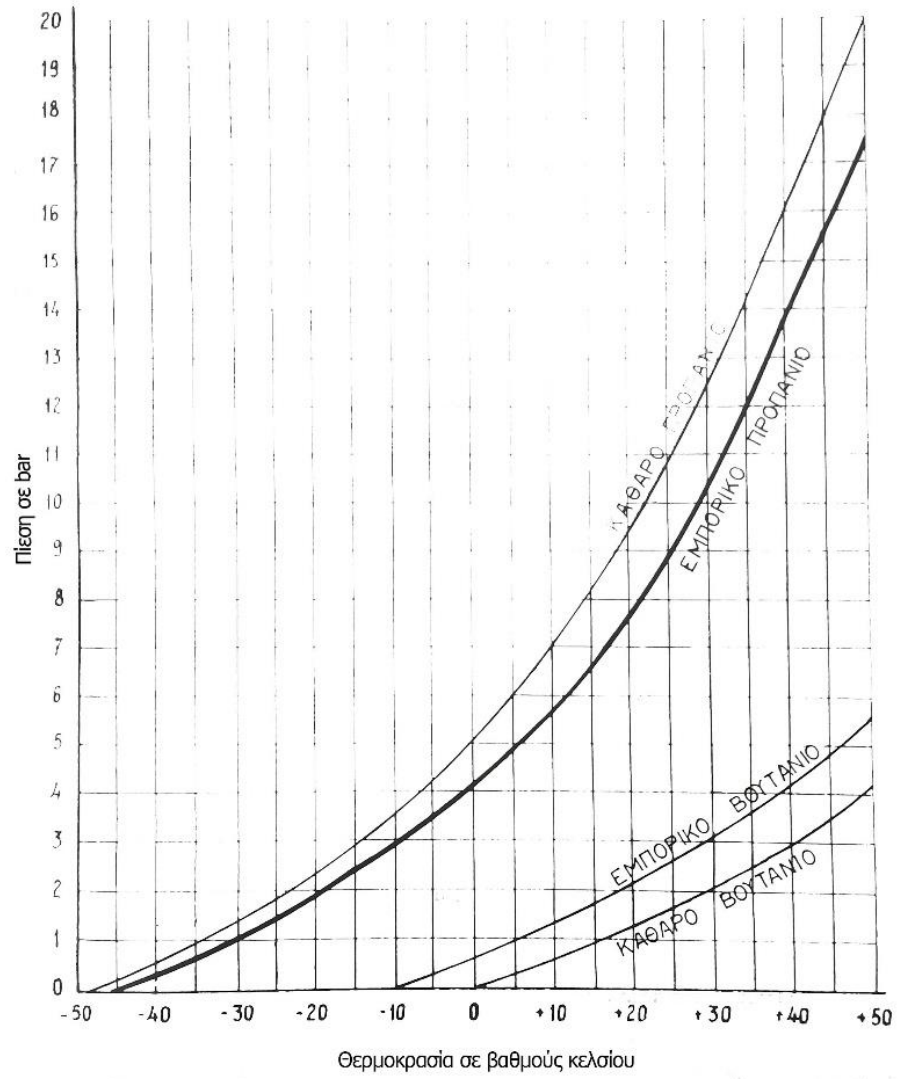
Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο πίνακας με τα φυσικά χαρακτηριστικά του εμπορικού βουτανίου, γνωστού και ως μίγμα.



		Εμπορικό Βουτάνιο	Μονάδες
Πίεση κεκορεσμένων ατμών	20° [C]	2,4	[bar]
	50° [C]	5,7	[bar]
Ειδικό βάρος σε υγρά κατάσταση	20° [C]	0,573	[kg/lt]
	50° [C]	0,537	[kg/lt]
Ειδικό βάρος σε αέρια κατάσταση σε S.C.		2,4	[kg/m <sup>3</sup> ]
Θερμογόνος δύναμη υγρού	Κατώτερη	10900	[Kcal/kg]
	Ανώτερη	11800	[Kcal/kg]
Θερμογόνος δύναμη αερίου	Κατώτερη	26200	[Kcal/kg]
	Ανώτερη	28300	[Kcal/kg]
Λανθάνουσα θερμότητα για την εξαερίωση 1 [kg] υγραερίου		94,18	[Kcal/kg]
Ανωτέρα θερμοκρασία φλόγας	σε καύση με αέρα	1920	[°C]
	σε καύση με οξυγόνο	2820	[°C]
Θεωρητικά απαιτούμενος ελάχιστος αέρας για καύση 1 [kg]		11,5	[m <sup>3</sup> ]
Θεωρητικά απαιτούμενος ελάχιστος αέρας για καύση 1 [NM <sup>3</sup> ]		29,15	[m <sup>3</sup> ]

Πίνακας 4. Φυσικά χαρακτηριστικά του εμπορικού βουτανίου

Παρακάτω απεικονίζεται ένα διάγραμμα στο οποίο είναι εύκολο να διακριθούν οι διαφορές πίεση, η οποία εξαρτάται αυστηρά από την θερμοκρασία, που παρουσιάζουν μεταξύ τους τα καθαρό προπάνιο, καθαρό βουτάνιο, εμπορικό προπάνιο και εμπορικό βουτάνιο. [9, 10, 14, 15]



Εικόνα 30. Διάγραμμα μεταβολής της πίεσης των κεκορεσμένων ατμών προπανίου και βουτανίου συναρτήσει της θερμοκρασίας

# 2. Μεταφορά, αποθήκευση και εμφιάλωση στα εμφιαλωτήρια

## 2.1. Μεταφορά υγραερίου στα εμφιαλωτήρια

Στα εργοστάσια επεξεργασίας αργού πετρελαίου ή φυσικού αερίου, το υγραέριο που παράγεται, μέσω σωληνώσεων διοχετεύεται και αποθηκεύεται σε τεράστιες δεξαμενές αποθήκευσης. Για να φτάσει το υγραέριο στον πελάτη πρέπει να μεταφερθεί σε αντίστοιχα εργοστάσια αποθήκευσης και συσκευασίας (εμφιάλωσης) του. Για να γίνει αυτό εφικτό, χρησιμοποιούνται διάφορα ειδικά σχεδιασμένα και κατασκευασμένα μέσα μεταφοράς τα οποία θα περιγραφούν σε αυτή την ενότητα. Οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του υγραερίου είναι οριστικοί παράγοντες κατά τον σχεδιασμό, κατασκευή και χρήση των μέσων μεταφοράς αυτών. Ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας που λαμβάνεται υπόψη είναι οι συνθήκες περιβάλλοντος που επικρατούν. Η μεταφορά των αερίων πάντα γίνεται σε υγρή μορφή για τον προφανέστατο λόγο ότι κατ' αυτόν τον τρόπο σε δεδομένο όγκο μπορεί να χωρέσει περίπου 250 φορές περισσότερο φορτίο από ότι θα χώραγε σε αέρια μορφή.

Κατά την επιλογή μέσου μεταφοράς υγροποιημένων αερίων καθοριστικό κριτήριο αποτελεί το κόστος μεταφοράς μίας μονάδας υγραερίου σε δεδομένες συνθήκες το οποίο πρέπει να είναι το ελάχιστο δυνατόν.

Η μεταφορά και διακίνηση φορτίων υγροποιημένου αερίου ενέχει σημαντικούς πιθανούς κινδύνους, συμπεριλαμβανομένου του κινδύνου τραυματισμού ή θανάτου και απειλές για το περιβάλλον. Κάθε πρόσωπο που εργάζεται σε μεταφορά υγραερίου και τερματικούς σταθμούς στην ξηρά θα πρέπει να κατανοήσει τους πιθανούς κινδύνους, να λαμβάνει την απαραίτητη εκπαίδευση και να λαμβάνει όλα τα αναγκαία προληπτικά μέτρα.[14, 15, 18]

### 2.1.1. Μεταφορά υγραερίου με αγωγό

Σε μεγάλους καταναλωτές ή εμφιαλωτήρια υγραερίου όταν βρίσκονται κοντά στα διυλιστήρια η μεταφορά του υγραερίου συνήθως γίνεται με αγωγό.



*Εικόνα 31. Αγωγός μεταφοράς υγραερίου*

Δηλαδή, το δίκτυο εκτός από τον ίδιο τον αγωγό, αποτελείται από δύο κύριες αποφρακτικές διατάξεις (βάνες) στα δύο «άκρα» του αγωγού, μηχανήματα που εκτελούν την μεταφορά όπως αντλίες και συμπιεστές, ασφαλιστικές διατάξεις όπως ασφαλιστικές βαλβίδες ανακούφισης και παρακαμπτήριιοι κλάδοι, όργανα μέτρησης πίεσης στην αρχή και στο τέλος της διαδρομής και τα όργανα μέτρησης μεταφερόμενης ποσότητας υδρογονανθράκων. Σε αγωγούς που εκτείνονται για μεγάλες αποστάσεις, υπάρχουν και ενδιάμεσοι σταθμοί με το πλήρες σύνολο μηχανημάτων, οργάνων και εξαρτημάτων που υποστηρίζουν την μεταφορά. Από τους πιο σημαντικούς τεχνολογικούς παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την μεταφορά υδροποιημένων αερίων με αγωγούς για μεγάλες αποστάσεις είναι το ότι για αποφυγή βρασμού του υγραερίου, η πίεση μέσα στον αγωγό δεν πρέπει να είναι μικρότερη από την πίεση των κεκορεσμένων ατμών στην επικρατούσα θερμοκρασία της υγρής φάσης του. Όπως δείχνει η εμπειρία, όταν πρόκειται για αγωγούς μήκους έως και 1000 χιλιομέτρων, μία υπεροχή της πίεσης του αγωγού από την θεωρητική πίεση των κεκορεσμένων ατμών της τάξης των 6-8 [bar] (στο σημείο του παραλήπτη), που εξασφαλίζεται από αυτοματοποιημένα συστήματα, είναι αρκετή για την ομαλή και σταθερή μεταφορά υγραερίου.

Κατά την μεταφορά υγραερίου με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται όλη η διαδικασία φορτοεκφόρτωσης δεξαμενών βυτιοφόρων ή άλλων μέσων μεταφοράς και συνεπώς σώζονται χρόνος και σε μακροπρόθεσμη βάση οικονομικοί πόροι.[9, 10]

### **2.1.2. Θαλάσσιες μεταφορές υγραερίου**

Οι θαλάσσιες μεταφορές που θεωρούνται από τις φτηνότερους τρόπους μεταφοράς υδροποιημένου αερίου παγκοσμίως, εφαρμόζονται σε πολύ μεγάλο βαθμό και στην Ελλάδα για την μεταφορά υγραερίου, όπου εξυπηρετούν τα πολυάριθμα νησιά της χώρας.



Εικόνα 32. Πλοίο μεταφοράς υγραερίου - πλήρους πίεσης

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, η μεταφορά του υγραερίου γίνεται πάντα σε υγρή μορφή και όχι σε αέρια. Έτσι τα φορτία των πλοίων λόγω των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων τους μεταφέρονται σε

- πιέσεις μεγαλύτερες από την ατμοσφαιρική ή
- θερμοκρασίες κάτω του περιβάλλοντος ή
- ένα συνδυασμό των δύο παραπάνω

Ως συνέπεια αυτού και τα πλοία που μεταφέρουν υγροποιημένα αέρια ομαδοποιούνται στις εξής κατηγορίες

- πλήρους πίεσης, τα οποία αποτελούν το μικρότερο είδος μεταφοράς υγραερίου, συνήθως με δύο ή τρεις χαλύβδινες κυλινδρικές ή σφαιρικές δεξαμενές συνολικής χωρητικότητας από 3.500 [m<sup>3</sup>] έως 7.500 [m<sup>3</sup>] και η μεταφορά του φορτίου γίνεται σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος και πιέσεις των κεκορεσμένων ατμών του υγραερίου που αντιστοιχούν στις εκάστοτε θερμοκρασίες. Το φορτίο βρίσκεται στα δοχεία πίεσης που έχουν μέγιστη πίεση λειτουργίας τα 17,5 [bar], τα οποία αντιστοιχούν στην πίεση που μπορεί να έχουν οι ατμοί του προπανίου εάν το υγραέριο αυτό ζεσταθεί μέχρι την θεωρητικά μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος των 45° [C]. Στην πραγματικότητα όμως η πίεση πολύ σπάνια θα ξεπεράσει την τιμή των 10 [bar].
- ημιπίεσως και με ψύξη, τα οποία και αυτά έχουν κυλινδρικές ή σφαιρικές δεξαμενές, σχεδιασμένες μεν για λειτουργία με χαμηλότερες πιέσεις από τις δεξαμενές στα πλοία πλήρους πίεσης. Ως μέγιστη πίεση λειτουργίας στις δεξαμενές των πλοίων ημιπίεσως ορίζεται η πίεση των 8,5 [bar] και η συνολική χωρητικότητα τους συνήθως είναι έως και 5000 [m<sup>3</sup>]. Σε ορισμένες περιπτώσεις όμως η χωρητικότητα μπορεί να φτάσει τα 15000 [m<sup>3</sup>]. Τα πλοία αυτά είναι εξοπλισμένα με μία εγκατάσταση η οποία μπορεί να ψύχει ή να θερμαίνει το φορτίο όταν αυτό είναι απαραίτητο όπως ψύξη για ρήξη πίεσης ή θέρμανση κατά την εκφόρτωση.
- με πλήρη ψύξη, τα οποία είναι σχεδιασμένα για να μεταφέρουν τα φορτία σε χαμηλή θερμοκρασία και πίεση κοντά στην ατμοσφαιρική και είναι εφοδιασμένα με μονάδα ψύξης. Διαθέτουν δεξαμενές πρισματικού σχήματος, κατασκευασμένες από νικελιούχο χάλυβα 3,5% οι οποίες επιτρέπουν την

μεταφορά υγραερίου σε θερμοκρασία της τάξης των  $-48^{\circ}$  [C] που είναι ελάχιστα χαμηλότερη από το σημείο βρασμού του καθαρού προπανίου. Η μέγιστη πίεση λειτουργίας των δεξαμενών αυτών ορίζεται περίπου στα 0,28 [bar]. Το πρισματικό σχήμα των δεξαμενών επιτρέπει την καλύτερη εκμετάλλευση του χώρου του πλοίου με αποτέλεσμα οι συνολική χωρητικότητα των δεξαμενών στα πλοία πλήρους ψύξης να κυμαίνεται από τα 20.000 [m<sup>3</sup>] έως και τα 100.000 [m<sup>3</sup>], με τρία κοινά τυποποιημένα μεγέθη για μεταφορά υγραερίου να είναι τα 30.000 [m<sup>3</sup>], 52.000 [m<sup>3</sup>] και 80.000 [m<sup>3</sup>].

Όλες μεταφορές επικίνδυνων φορτίων που γίνονται στη θάλασσα και τα μέσα που χρησιμοποιούνται γι' αυτό το σκοπό ρυθμίζονται με τον **Κώδικα Μεταφοράς Επικίνδυνων Υλικών Από τη Θάλασσα (International Maritime Dangerous Goods) ή IMDG**, ο οποίος σκοπεύει να προστατέψει τα μέλη του πληρώματος, να εξασφαλίσει την ασφαλή μεταφορά των επικίνδυνων υλικών μέσα σε δοχεία στη θάλασσα και να αποτρέψει την θαλάσσια ρύπανση. Ο κώδικας IMDG ενημερώνεται από τον Διεθνή Θαλάσσιο Οργανισμό (International Maritime Organization) κάθε δύο έτη.[9, 10, 18, 22]

### 2.1.3. Χερσαίες οδικές μεταφορές υγραερίου

Κατά τις οδικές μεταφορές υγραερίου στη ξηρά γίνεται χρήση βυτιοφόρων οχημάτων.



Βυτιοφόρα οχήματα θεωρούνται τα φορτηγά που φέρουν δεξαμενή ενσωματωμένη στο πλαίσιο τους και είναι σχεδιασμένα για τη μεταφορά συγκεκριμένων εμπορευμάτων όπως καύσιμα, υγροποιημένα αέρια κτλ. Η χωρητικότητα της δεξαμενής των βυτιοφόρων οχημάτων που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά υγραερίου μπορεί να φτάνει και τα 43900 [lt]. Οι δεξαμενές των βυτιοφόρων οχημάτων που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά του υγραερίου, όσον αφορά τα υλικά κατασκευής, εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται και τα μέτρα ασφαλείας, πρέπει

να πληρούν παρόμοιες απαιτήσεις που πληρούν και οι σταθερές δεξαμενές. Η διαφορά οφείλεται στο ότι όλες η οδικές μεταφορές στην Ελλάδα μετά το 1999, συμπεριλαμβανομένου των απαιτήσεων ως προς τον εξοπλισμό, τα μέσα και το προσωπικό, ρυθμίζονται από τον ευρωπαϊκό κώδικα με την ονομασία «**Ευρωπαϊκή Συμφωνία για την Διεθνή Οδική Μεταφορά Επικινδύνων Εμπορευμάτων ADR** (*European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road*)», ευρέως γνωστή ως απλά **ADR**. Σκοπός της συμφωνίας αυτής είναι η διασφάλιση της ασφαλούς μεταφοράς των επικινδύνων εμπορευμάτων, όταν αυτά διέρχονται από μία ή περισσότερες χώρες. Εάν οι μεταφορές πληρούν τις απαιτήσεις της **ADR**, τότε απαλλάσσονται από την τήρηση της εθνικής νομοθεσίας των συμβαλλομένων κρατών που σήμερα ανέρχονται στον αριθμό των 48. Οι μεταφορείς έτσι είναι υποχρεωμένοι να έχουν πιστοποιητικό **ADR** για την καταλληλότητα της επαγγελματικής τους δράσης, το οποίο εκδίδεται από ειδικές Σχολές Επαγγελματικής Κατάρτισης Οδηγών Οχημάτων Μεταφοράς Επικινδύνων Εμπορευμάτων (Σ.Ε.Κ.ΟΟ.Μ.Ε.Ε.) καθώς και το ομώνυμο πιστοποιητικό για την καταλληλότητα των βυτιοφόρων οχημάτων τους. Έτσι το πιστοποιημένο προσωπικό είναι εκπαιδευμένο στο να αναγνωρίζει τους κινδύνους που υπάρχουν κατά τη μεταφορά, να ελαχιστοποιεί τις πιθανότητες να συμβεί ατύχημα και να έχει την γνώση να λαμβάνει μέτρα για την προστασία του εαυτού του, των γύρω του και του περιβάλλοντος σε περίπτωση ατυχήματος. Το πιστοποιητικό καταλληλότητας βυτιοφόρων οχημάτων εκδίδεται από τα ΚΤΕΟ με βάση φύλλο δοκιμών που εκδίδεται από πιστοποιημένους φορείς ελέγχου **ADR**, ύστερα από έλεγχο του οχήματος. Η συμφωνία **ADR** αναθεωρείται και τροποποιείται κάθε δύο χρόνια, μετά από εξετάσεις των εξελίξεων στην τεχνολογία της μεταφοράς επικινδύνων εμπορευμάτων.[9, 10, 19, 28]

#### 2.1.4. Χερσαίες μεταφορές υγραερίου με χρήση σιδηροδρομικών γραμμών

Σε περιπτώσεις που είναι επιθυμητή ή απαραίτητη μεταφορά υγραερίου σε πολύ μεγάλες χερσαίες αποστάσεις, οι οποίες μπορεί να φτάνουν και τις 2000 χιλιόμετρα, γίνεται χρήση σιδηροδρομικών γραμμών.



Η μεταφορά υγροποιημένων αερίων στις σιδηροδρομικές γραμμές γίνεται σε φορτάμαξες<sup>1</sup> (wagons) που περιλαμβάνουν μία οριζόντια κυλινδρική δεξαμενή, προσδεμένη με ιμάντες σε ειδικά διαμορφωμένες βάσεις στο πλαίσιο της σιδηροδρομικής πλατφόρμας, η οποία στηρίζεται σε τέσσερις άξονες. Στο πάνω μέρος της δεξαμενής υπάρχει η ανθρωποθυρίδα πάνω στην οποία είναι εγκατεστημένα όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα της δεξαμενής. Επίσης περιλαμβάνονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την πρόσβαση στα εξαρτήματα αυτά όπως σκάλες και κάγκελα ασφαλείας. Η βυτιοφόρος φορτάμαξα<sup>2</sup> είναι εξοπλισμένη με μηχανισμού φρεναρίσματος και σύμπλεξης για πρόσδεση σε άλλη πλατφόρμα ή άμαξα. Σήμερα η χωρητικότητα των δεξαμενών που χρησιμοποιούνται στην μεταφορά υγραερίου με τη χρήση σιδηροδρομικών γραμμών δεν ξεπερνά 130.000 [lt]. Τα υλικά κατασκευής, εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται και τα μέτρα ασφαλείας στις δεξαμενές αυτές πρέπει να πληρούν παρόμοιες απαιτήσεις που πληρούν και οι σταθερές δεξαμενές. Όλα τα παραπάνω όπως και άλλοι κανονισμοί που αφορούν τις μεταφορές επικινδύνων υλικών με χρήση σιδηροδρομικών γραμμών περιγράφονται αναλυτικά μέσα στον κώδικα «**Κανονισμοί για την Διεθνή Σιδηροδρομική Μεταφορά Επικινδύνων Εμπορευμάτων** (*Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail*)», ευρέως γνωστό ως **RID**. Ο **Κανονισμός RID** αποτελεί το βασικό νομοθέτημα για τη διεθνή σιδηροδρομική μεταφορά επικινδύνων εμπορευμάτων Σκοπός του κανονισμού αυτού όπως και της **ADR**, είναι η διασφάλιση της ασφαλούς μεταφοράς των επικινδύνων εμπορευμάτων, όταν αυτά διέρχονται από μία ή περισσότερες χώρες. Οι Μηχανοδηγοί των φορταμαξοστοιχείων και οι Σύμβουλοι Ασφαλούς Μεταφοράς Επικινδύνων Εμπορευμάτων (ΣΑΜΕΕ) είναι υποχρεωμένοι να έχουν το αντίστοιχο πιστοποιητικό **RID** για την καταλληλότητα της επαγγελματικής τους κατάρτισης, το οποίο εκδίδεται είτε από τον διοριζόμενο από το Υπουργείο Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων (ΥΠ.Υ.ΜΕ.ΔΙ.) εξεταστικό Φορέα, είτε από την αρμόδια Υπηρεσία του ΥΠ.Υ.ΜΕ.ΔΙ. Οι βυτιοφόρες φορτάμαξες πρέπει να διαθέτουν και αυτές την αντίστοιχη πιστοποίηση. Η Κανονισμός **RID** αναθεωρείται και τροποποιείται κάθε δύο χρόνια, με στόχο την ταχεία προσαρμογή του στην τεχνική πρόοδο.

Πρέπει να σημειωθεί ότι ο Κανονισμός **RID** για τις διεθνείς σιδηροδρομικές μεταφορές επικινδύνων εμπορευμάτων καθώς και η Ευρωπαϊκή Συμφωνία **ADR** θεσπίζουν ενιαίους κανόνες για την ασφαλή διεθνή μεταφορά επικινδύνων εμπορευμάτων. Οι δύο παραπάνω Κανονισμοί **RID** και **ADR** αποτελούν ξεχωριστά **Παραρτήματα** της **Κ.Υ.Α. Γ1/20655/2897/2015** και της **Οδηγίας 2008/68/ΕΚ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 24ης Σεπτεμβρίου 2008 σχετικά με τις εσωτερικές μεταφορές επικινδύνων εμπορευμάτων.[9, 10, 16, 29]

---

<sup>1</sup> Σύμφωνα με τον RID και την Κ.Υ.Α. Γ1/20655/2897/2015:  
«φορτάμαξα» (wagon) - κάθε σιδηροδρομικό όχημα χωρίς δικά του μέσα προώθησης, το οποίο κινείται με δικούς του τροχούς επάνω σε σιδηροδρομικές γραμμές και χρησιμοποιείται για τη μεταφορά εμπορευμάτων

<sup>2</sup> Σύμφωνα με τον RID και την Κ.Υ.Α. Γ1/20655/2897/2015:  
«βυτιοφόρος φορτάμαξα» (Tank – wagon) - φορτάμαξα κατασκευασμένη για τη μεταφορά υγρών, αερίων ή ουσιών σε σκόνη ή σε κόκκους και περιλαμβάνει μία ή περισσότερες σταθερές δεξαμενές. Επιπλέον του κυρίως βαγονιού, ή των κινητών μονάδων που χρησιμοποιούνται αντ' αυτού, η βυτιοφόρος φορτάμαξα περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα περιβλήματα, τα είδη εξοπλισμού τους και τα εξαρτήματα για την πρόσδεσή τους στη φορτάμαξα ή τις κινητές μονάδες.



## 2.1.5. Μετάγγιση του υγραερίου

Η μετάγγιση αποτελεί μία από τις πιο βασικές διεργασίες που εκτελούνται στους υδρογονάνθρακες. Είναι υποχρεωτική σε κάθε ένα από τους τρόπους μεταφοράς, αποθήκευσης, διανομής, εμφιάλωση και γενικά διακίνησης των υγροποιημένων αερίων. Οι φυσικές ιδιότητες του υγραερίου παίζουν καθοριστικό ρόλο στον σχεδιασμό και εφαρμογή των μεθόδων, συστημάτων και εξοπλισμού που χρησιμοποιούνται. Για παράδειγμα, για να μπορεί το υγροποιημένο αέριο να μεταφέρεται με ορθό τρόπο και συνεχή ροή μέσω των σωληνώσεων, πρέπει η πίεση μέσα σε αυτές να είναι μεγαλύτερη από την πίεση των κεκορεσμένων ατμών στην θερμοκρασία της υγρής φάσης του. Εάν στο δίκτυο των σωληνώσεων η πίεση είναι μικρότερη από αυτήν των κεκορεσμένων ατμών στην δεδομένη θερμοκρασία, μέσα στη σωλήνωση λαμβάνει χώρα βρασμός της υγρής φάσης του υγραερίου με αποτέλεσμα να σχηματίζεται αέρια φάση η οποία καθιστά την λειτουργία ορισμένου εξοπλισμού, όπως φυγοκεντρικών αντλιών, μη αποτελεσματική.

Η μετάγγιση μεταξύ δύο χωρίων μπορεί να γίνει είτε μέσω σταθερά στερεωμένων δικτύων σωληνώσεων που πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις της **§2.3.1 1<sup>η</sup>(●)** της παρούσας πτυχιακής εργασίας, είτε μέσω εύκαμπτων ελαστικών σωλήνων υψηλής πίεσης αντοχής μέχρι 25 [bar], ή συνδυασμό των δύο παραπάνω. Σε κάθε περίπτωση η σύνδεση των σωλήνων με τις δεξαμενές γίνεται με ειδικά προσαρμοσμένα εξαρτήματα, που είναι σχεδιασμένα και κατασκευασμένα για λειτουργία με υγραέριο, όπως ρακόρ, μαστοί, μούφες και φλάντζες τα οποία είτε βιδώνονται ή προσδένονται με τη βοήθεια κοχλιών και περικοχλιών. Οι διατάξεις σωληνώσεων πρέπει να διαθέτουν τα απαραίτητα συστήματα και εξοπλισμό ασφαλείας όπως ασφαλιστικές βαλβίδες ανακούφισης, αυτόματες ή τηλεχειριζόμενες διατάξεις ταχείας διακοπής της ροής. Σε περίπτωση χρήσης εύκαμπτων ελαστικών σωλήνων υψηλής πίεσης είναι υποχρεωτική η εγκατάσταση βαλβίδων διακοπής υπερβολικής ροής ή και breakaway valves. Πιο αναλυτικά οι απαιτήσεις προς τα συστήματα μετάγγισης περιγράφονται στην **§2.7.4** της **Κ.Υ.Α. Δ3/14858/1993**.

Οι κύριες μέθοδοι μετάγγισης υγροποιημένων αερίων είναι τρεις και περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω. Συγκεκριμένα:

- Μετάγγιση με χρήση αντλιών, η οποία μπορεί να θεωρηθεί ως η πιο διαδεδομένη και η πιο συχνά εφαρμοζόμενη μέθοδος μετάγγισης υγροποιημένων αερίων κατά την φόρτωση δεξαμενών. Οι αντλίες που χρησιμοποιούνται είναι ειδικά σχεδιασμένες και κατασκευασμένες για χρήση με υγραέριο και τις περισσότερες περιπτώσεις είναι φυγοκεντρικού τύπου. Οι απαιτήσεις ως προς αυτές και τον τρόπο που τοποθετούνται περιγράφονται στην **§2.3.1 2<sup>η</sup>(●)** της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Η αρχή λειτουργίας αυτής της μεθόδου είναι πολύ απλή. Δηλαδή, η υγρή φάση του υγραερίου, λόγω της διαφοράς πίεσης ανάμεσα στην δεξαμενή και στην αναρρόφηση της αντλίας, ρέει μέσω των σωληνώσεων μέχρι την αντλία, όπου της προσδίδεται ενέργεια για να συνεχίσει την ροή παρακάτω με μεγαλύτερη πίεση. Το κύριο πρόβλημα των αντλιών είναι η ανικανότητα ολοκληρωτικής εκφόρτωσης υγραερίου από την δεξαμενή και το ότι κατά την έναρξη λειτουργίας τους, στην αναρρόφηση λόγω της πτώσης πίεσης μερικές φορές μπορεί να δημιουργηθούν σημαντικές ποσότητες αέριας φάσης. Το

τελευταίο όμως διορθώνεται εύκολα με κατάλληλα τοποθετημένες διατάξεις εξαέρωσης και παρακαμπτήριους κλάδους που επιτρέπουν εισροή υγρής φάσης στην αντλία από άλλη κατεύθυνση. Επίσης, όλες οι αντλίες πρέπει να είναι εξοπλισμένες με ασφαλιστικές διατάξεις όπως παρακαμπτήριους κλάδους με αποφρακτικές διατάξεις (βάνες) ή διαφορικές βαλβίδες. [9, 10]



*Εικόνα 33. Αντλίες υγραερίου*

- Μετάγγιση με χρήση συμπιεστή, κατά την οποία ο συμπιεστής ρουφάει την αέρια φάση υγραερίου από την προς γέμισμα δεξαμενή και την εκτονώνει στον τμήμα αέριας φάσης της δεξαμενής τροφοδοσίας. Με αυτό τον τρόπο, λόγω της αναρρόφησης αέριας φάσης, η πίεση στην προς γέμισμα δεξαμενή πέφτει με αποτέλεσμα να δημιουργείται μία διαφορά πιέσεων που αναγκάζει την υγρή φάση να κινηθεί. Η εκτόνωση της αέριας φάσης στην δεξαμενή τροφοδοσίας έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση πίεσης στην δεξαμενή αυτή και συνεπώς δημιουργία μίας επιπρόσθετης διαφοράς πιέσεων και αύξηση ρυθμού μετάγγισης. Στην αύξηση διαφοράς πιέσεων ανάμεσα στις δύο δεξαμενές συμβάλουν και άλλοι παράγοντες όπως η υψηλή θερμοκρασία των ατμών εκτόνωσης, που όταν έρχονται σε επαφή με την επιφάνεια της υγρής φάσης στην δεξαμενή τροφοδοσίας, προκαλούν εντονότερο βρασμό και συνεπώς επιπλέον αύξηση πίεσης στην δεξαμενή αυτήν και ο υψηλός ρυθμός αναρρόφησης της αέριας φάσης, που επιταχύνει τον ρυθμό εξάτμισης, ο οποίος με την σειρά του αναγκάζει την θερμοκρασία της υγρής φάσης στην προς γέμισμα δεξαμενή να πέφτει προκαλώντας έτσι επιπλέον πτώση πίεσης. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η δυνατότητα σχεδόν ολοκληρωτικής εκκένωσης των δεξαμενών. Οι συμπιεστές που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι ειδικά σχεδιασμένοι και κατασκευασμένοι για λειτουργία με υγραέριο και σε αντίστοιχες μέγιστες πιέσεις. Οι απαιτήσεις ως προς αυτούς και τον τρόπο που τοποθετούνται περιγράφονται στην §5.5.2 της Κ.Υ.Α. 31856/2003. Οι συμπιεστές πρέπει να εξοπλίζονται με ασφαλιστικές διατάξεις όπως παγίδες υγρής φάσης

πριν την αναρρόφηση και ασφαλιστικές βαλβίδες ανακούφισης στην εκτόνωση.  
[9, 10]



*Εικόνα 34. Συμπιεστής υγραερίου*

- Μετάγγιση με «φυσική ροή», κατά την οποία μετάγγιση υγροποιημένων αερίων γίνεται με την επικρατούσα διαφορά πίεσης ανάμεσα στις δύο δεξαμενές. Η διαφορά πίεσης μπορεί να υπάρχει λόγω υψομετρικής διαφοράς, λόγω ελλιπή ποσότητας υγραερίου στην προς γέμισμα δεξαμενή ή λόγω διαφορετικής χημικής σύστασης αερίων. Αποτελεί την πιο απλή μέθοδο μετάγγισης υγροποιημένων αερίων αλλά η εφαρμογή της είναι πάρα πολύ σπάνια γιατί απαιτεί συνδυασμό πολλών συνθηκών. [9, 10]

## 2.2. Αποθήκευση στα εμφιαλωτήρια

Τα εμφιαλωτήρια υγραερίου όπως αυτό καθορίζει η **Κ.Υ.Α. Δ3/14858 8 Ιουνίου 1993 (ΦΕΚ 477/Β 1 Ιουλίου 1993)** ανήκουν στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις «Αποθήκευσης, εμφιάλωσης, διακίνησης και διανομής υγραερίου» των οποίων η συνολική χωρητικότητα αποθήκευσης υγραερίου είναι άνω των 600 [m<sup>3</sup>] ή η χωρητικότητα της μεγαλύτερης δεξαμενής ξεπερνά τα 200 [m<sup>3</sup>]. Οι κανόνες λειτουργίας τέτοιων εγκαταστάσεων περιγράφονται αναλυτικά στο **Κεφάλαιο 2** της **Κ.Υ.Α. Δ3/14858/1993**. [21]

### 2.2.1. Είδη δεξαμενών αποθήκευσης

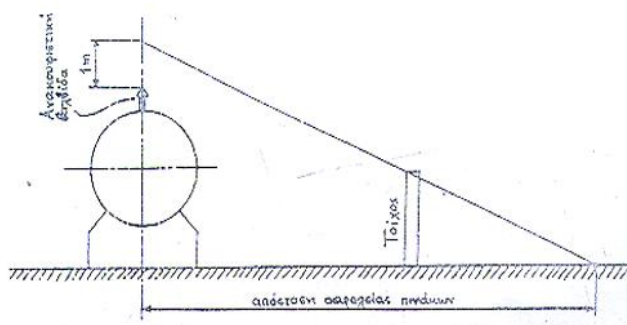
Σύμφωνα με την **Κ.Υ.Α. Δ3/14858/1993** τα είδη των δεξαμενών των εμφιαλωτηρίων ανάλογα τον τρόπο που τοποθετούνται ως προς το έδαφος, μπορούν να διακριθούν στις

- υπέργειες, οι οποίες τοποθετούνται πάνω από το επίπεδο του εδάφους σε στηρίγματα από σκυρόδεμα, λιθοδομή ή δομικό χάλυβα τα οποία πρέπει να κατασκευάζονται ή να προστατεύονται έτσι ώστε να έχουν τυπική αντοχή στη φωτιά διάρκειας τουλάχιστον δύο ορών. Συνήθως βάζονται με αντιδιαβρωτικά υλικά λευκού χρώματος για αποφυγή μεγάλων μεταβολών θερμοκρασίας λόγω ηλιακής ακτινοβολίας (μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάθε άλλη αποδεδειγμένα κατάλληλη γι' αυτό το σκοπό μέθοδος)
- υπόγειες, οι οποίες εγκαθίστανται σε βάσεις από σκυρόδεμα ή λιθοδομή που δεν πρέπει να περιέχουν μεγάλες πέτρες ή άλλα υλικά που προκαλούν εκδορές, σε μία εκοκαφή που βρίσκεται κάτω από το επίπεδο του εδάφους. Οι υπόγειες δεξαμενές περνάνε μία διαδικασία αντιδιαβρωτικής προστασίας από τις συνθήκες στο έδαφος δηλαδή βάζονται με μαύρο ανθεκτικό επίστρωμα και ύστερα καλύπτονται ολόπλευρα από ένα στρώμα άμμου ή χαλικιών αρκετό ώστε να γεμίσει πλήρως τον περιμετρικό χώρο της δεξαμενής που θα διαμορφώνεται από ένα καθαρό άνοιγμα τουλάχιστον 0,5 [m] μεταξύ του κελύφους της δεξαμενής και των τοιχωμάτων της εκοκαφής. Εάν το περιβάλλον είναι άκρως διαβρωτικό τοποθετείται καθοδική προστασία της δεξαμενής. Οι υπόγειες δεξαμενές απαγορεύεται να εγκαθιστούνται σε υπόγειους στεγασμένους χώρους.
- Επιχωματωμένες (mounded), οι οποίες αποτελούν μια ενδιάμεση περίπτωση ανάμεσα στις υπέργειες και τις υπόγειες δεξαμενές. Δηλαδή, τοποθετούνται πάνω από το επίπεδο του εδάφους αλλά καλύπτονται με ένα αδρανές υλικό επιχωμάτωσης που να μην έχει διαβρωτικές επιδράσεις επί της δεξαμενής και να την καλύπτει περιμετρικά κατά τουλάχιστον 600 [mm].

## 2.2.2. Αποστάσεις ασφαλείας και διάταξη

Σύμφωνα με την **Κ.Υ.Α. Δ3/14858/1993** οι δεξαμενές μέσα στην εγκατάσταση πρέπει να τηρούν κάποιες αποστάσεις ασφαλείας μεταξύ τους αλλά και μεταξύ άλλων στοιχείων της εγκατάστασης. Οι δεξαμενές μπορούν να τοποθετούνται και σε ομάδες. Ο αριθμός των δεξαμενών σε μία ομάδα δεν μπορεί να υπερβαίνει τον αριθμό των 6. Εάν καμία δεξαμενή της ομάδας δεν ξεπερνά την χωρητικότητα των 300 [m<sup>3</sup>] οι αποστάσεις μπορούν να μειωθούν με παρεμβολή μεταξύ τους ειδικού διαχωριστικού τοίχου από άκαυστα υλικά όπως τούβλα, μπετόν κτλ.

Το ύψος των διαχωριστικών τοίχων, που επιτρέπεται να είναι το πολύ δύο, είτε απέναντι ή συνεχόμενοι υπό γωνία, καθορίζεται από το παρακάτω σχήμα



Στους παρακάτω πίνακες περιγράφονται οι ελάχιστες οριζόντιες αποστάσεις που πρέπει να ισχύουν μεταξύ των σφαιρικών και κυλινδρικών δεξαμενών και άλλων στοιχείων της εγκατάστασης.

ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	Μονάδες παραγωγής ή επεξεργασίας, εργαστήρια, συνεργεία αποθήκες, κτίρια γραφείων, εσωτερ. δρόμοι με πυκνή κυκλοφορία μη ελεγχόμενη, όρια ιδιοκτησίας σταθερές πηγές	Σημεία εμφιάλωσης υγραερίου	Σημεία μετάγγισης υγραερίου σε ή από βυτιοφόρα οχήματα, πλοία, σιδηροδρομικά βαγόνια (1)	Φιάλες υγραερίου αποθηκευμένες σε ομάδες (2)	Αντλίες και συμπίεστες διακίνησης υγραερίου.
Μονάδες παραγωγής ή επεξεργασίας, εργαστήρια, συνεργεία αποθήκες, κτίρια γραφείων, εσωτερ. δρόμοι με πυκνή κυκλοφορία μη ελεγχόμενη, όρια ιδιοκτησίας σταθερές πηγές	0	Q ≤ 70 : 10 [m] 70 < Q ≤ 600 : 15 [m] 600 < Q : 20 [m]	Q ≤ 70: 7,5[m] 70 < Q ≤ 600: 10 [m] 600 < Q: 15 [m]	Q ≤ 70: 7,5 [m] 70 < Q: 10 [m]	Q ≤ 5: 3 [m] 5 < Q ≤ 70: 7,5 [m] 70 < Q ≤ 600: 10 [m] 600 < Q: 15 [m]
Σημεία εμφιάλωσης υγραερίου	Q ≤ 70 : 10 [m] 70 < Q ≤ 600 : 15 [m] 600 < Q : 20 [m]	0	10 [m]	10 [m]	10 [m]
Σημεία μετάγγισης υγραερίου σε ή από βυτιοφόρα οχήματα, πλοία, σιδηροδρομικά βαγόνια (1)	Q ≤ 70: 7,5[m] 70 < Q ≤ 600: 10 [m] 600 < Q: 15 [m]	10 [m]	0	Q ≤ 70 : 5 [m] 70 < Q ≤ 600 : 7,5 [m] 600 < Q : 10 [m]	Q ≤ 70 : 5 [m] 70 < Q ≤ 600 : 7,5 [m] 600 < Q : 10 [m]
Φιάλες υγραερίου αποθηκευμένες σε ομάδες (2)	Q ≤ 70: 7,5 [m] 70 < Q: 10 [m]	10 [m]	Q ≤ 70 : 5 [m] 70 < Q ≤ 600 : 7,5 [m] 600 < Q : 10 [m]	0	Q ≤ 70 : 5 [m] 70 < Q ≤ 600 : 7 [m] 600 < Q : 10 [m]
Αντλίες και συμπίεστες διακίνησης υγραερίου	Q ≤ 5: 3 [m] 5 < Q ≤ 70: 7,5 [m] 70 < Q ≤ 600: 10 [m] 600 < Q: 15 [m]	10 [m]	Q ≤ 70 : 5 [m] 70 < Q ≤ 600 : 7,5 [m] 600 < Q : 10 [m]	Q ≤ 70 : 5 [m] 70 < Q ≤ 600 : 7,5 [m] 600 < Q : 10 [m]	0

Πίνακας 5. Αποστάσεις μεταξύ στοιχείων εγκατάστασης

Από άλλη δεξαμενή υγραερίου υπό πίεση	0,75 d, όπου d η διάμετρος της μεγαλύτερης δεξαμενής, αλλά τουλάχιστον 1,5μ.				
Από ψυχόμενη δεξαμενή υγραερίου υπό χαμηλή πίεση.	d της μεγαλύτερης σε διάμετρο δεξαμενής, αλλά τουλάχιστο 30m. Επί πλέον: 15m από την κορυφή της λεκάνης ασφαλείας της ψυχόμενης δεξαμενής				
Από μονάδες παραγωγής ή επεξεργασίας, εργαστήρια, συνεργεία, αποθήκες, κτίρια γραφείων, εσωτερικούς δρόμους με πυκνή κυκλοφορία μη ελεγχόμενη, όρια ιδιοκτησίας και σταθερές πηγές εναύσεως	Χωρητικότητα της μεγαλύτερης δεξαμενής σε μια ομάδα	Μέγιστη χωρητικότητα της ομάδας	Υπέργειες δεξαμενές	Υπόγειες δεξαμενές	Επιχωματωμένες δεξαμενές
	[m3]	[m3]	[m]	[m]	[m]
	έως και 0,5	1,5	1,5	1,5	2,5
	πάνω από 0,5 έως και 2,5	5	3	3	3
	πάνω από 2,5 έως και 9	27	7,5	3	3
	πάνω από 9 έως και 9	600	15	3	5
	πάνω από 200 έως και 200	1200	22,5	5	10
πάνω από 300 έως και 300	2250	30	7,5	10	
Από σημεία εμφιάλωσης υγραερίου	για δεξαμενές έως και 9m3	: 7,5 [m]			
	για δεξαμενές πάνω από 9m3 έως και 200 m3	: 15 [m]			
	για δεξαμενές πάνω από 200 m3	: 25 [m]			
Από σημεία μετάγγισης (φόρτωσης ή εκφόρτωσης) υγρών καυσίμων ή υγραερίων σε ή από βυτιοφόρα οχήματα, πλοία και σιδηρ. βαγόνια. Αν δεν υπάρχει σημείο μετάγγισης, τότε η απόσταση νοείται από τις παρειές του μεταφορικού μέσου	για δεξαμενές πάνω από 70m3 έως και 70 m3	: 7,5 [m]			
	για δεξαμενές πάνω από 70m3 έως και 1000 m3	: 10 [m]			
	για δεξαμενές πάνω από 100m3	: 15 [m]			
Από φιάλες υγραερίου αποθηκευμένες σε ομάδες που είναι εκτός εμφιαλωτηρίου και αποτελούν χωριστή αποθήκη φιαλών	για δεξαμενές έως και 70m3	: 15 [m]			
	για δεξαμενές πάνω από 70m3	: 10 [m]			
Από λεκάνη ασφαλείας αποθήκης εύφλεκτων υγρών στην ίδια εγκατάσταση	20m και όταν η μια αποθήκη είναι υπόγεια 10m. Επί πλέον όταν η αποθήκη υγραερίου έχει συνολική χωρητικότητα πάνω από 4.000m3 τότε η απόσταση μεταξύ δεξαμενής υγραερίου και δεξαμενής εύφλεκτου υγρού με σημείο ανάφλεξης μέχρι και 55oC: 40m με σημείο ανάφλεξης πάνω από 55oC: 25m.				
Από σταθερές αντλίες πυρόσβεσης	για δεξαμενές έως και 70m3	: 10 [m]			
	για δεξαμενές πάνω από 70m3	: 30 [m], εκτός εάν το αντλιοστάσιο προστατεύεται επαρκώς έναντι ακτινοβολίας από πυρκαγιά, οπότε η απόσταση μειώνεται στα 10m.			
Μεταξύ παρειών υπέργειας και υπόγειας δεξαμενής υγραερίου	2 [m]				
Μεταξύ παρειών υπόγειων δεξαμενών υγραερίου	1 [m]				
Μεταξύ παρειάς υπέργειας και στομίου εξόδου βαλβίδας ασφαλείας υπόγειας δεξαμενής	για υπόγεια δεξαμενή έως και 200m3	: 5 [m]			
	για υπόγεια δεξαμενή πάνω από 200m3	: 10 [m]			

Πίνακας 6.Αποστάσεις δεξαμενών υγραερίου υπό πίεση σε εγκαταστάσεις αποθήκευσης, εμφιάλωσης, διακίνησης και διανομής υγραερίων

(1) Αν δεν υπάρχει σημείο μετάγγισης, τότε η απόσταση νοείται από τις παρειές του μεταφορικού μέσου

(2) Στην κατηγορία αυτή των φιαλών οι φιάλες που είναι αποθηκευμένες εκτός του χώρου του εμφιαλωτηρίου και αποτελούν χωριστή αποθήκη φιαλών.

Πιο αναλυτικά οι κανόνες τοποθέτησης των δεξαμενών περιγράφονται στις **Κ.Υ.Α. Δ3/14858 8 Ιουνίου 1993 (ΦΕΚ 477/Β 1 Ιουλίου 1993) §2.2.1**

### 2.2.3. Κατασκευή δεξαμενών

Μετά το 2002 οι δεξαμενές που διατίθενται στην αγορά πρέπει να είναι κατασκευασμένες ώστε να ικανοποιούν τις απαιτήσεις της **Οδηγίας 97/23/ΕΕ (PED)** η οποία είναι εναρμονισμένη με τα πρότυπα **DIN EN 13445 - Unfired Pressure Vessels** και **DIN EN 12542 LPG equipment and accessories**. Η **Οδηγία 97/23/ΕΕ** προβλέπει τις απαιτήσεις ως προς

- την επιλογή των υλικών
- τη κατασκευαστική διαμόρφωση
- τον υπολογισμό αντοχής
- τις μεθόδους και το προσωπικό που θα εκτελέσει την κατασκευή
- τις μεθόδους και το προσωπικό που θα εκτελέσει τις δοκιμές

Έτσι, η **Οδηγία 97/23/ΕΕ** αποσκοπεί στη δημιουργία δεξαμενών που

- η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας τους να μην ξεπερνάει τους 50° [C]
- η ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας τους να μην ξεπερνάει τους -20° [C]
- η μέγιστη πίεση λειτουργίας τους να είναι τα 17,5 [bar]
- θα διαθέτουν η όχι χειροθυρίδα ή ανθρωποθυρίδα ανάλογα με τον όγκο τους

Η κατασκευή των δεξαμενών όμως γινόταν και πριν κυκλοφορήσει η **Οδηγία 97/23/ΕΕ (PED)** και γινόταν με τη τήρηση των απαιτήσεων που καθορίζονται από τα Ευρωπαϊκά ή Διεθνή Πρότυπα. Δηλαδή τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν, ο τρόπος σχεδιασμού που θα εφαρμοστεί, οι διαδικασίες παραγωγής που πρέπει να διεξαχθούν και η σειρά τους, οι μέθοδοι επιθεώρησης και δοκιμής των τελικών προϊόντων καθώς και η εξειδίκευση που θα πρέπει να έχει το προσωπικό καθορίζονται από τα παρακάτω πρότυπα

- **DIN EN 13445**
- **DIN EN 12542**
- **AD 2000 Merkblätter**
- **AD-2000 / HP0**
- **AD-2000 / W0**
- **BS EN 287-1**
- **BS EN 288**
- **BS EN 10028**
- **BS EN 12285**
- **ISO 3834**

- **ASME BPVC**

ή άλλα ισοδύναμα τους.

Κάθε δεξαμενή πρέπει να διαθέτει τον φάκελό της ο οποίος περιέχει το Πιστοποιητικό Κατασκευής το οποίο στην ουσία αποτελεί την ταυτότητα της όπου αναγράφονται

- ο κατασκευαστής
- το έτος κατασκευής
- ο αριθμός σειράς
- η χωρητικότητα
- τα υλικά κατασκευής
- ο Κανονισμός ή το Πρότυπο που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή της
- οι δοκιμές του
- εάν η δεξαμενή κατασκευάστηκε μετά την έναρξη ισχύος της **Οδηγίας 97/23/ΕΕ**, πόσο συμμορφώνεται με αυτή

καθώς και το ιστορικό της, που περιλαμβάνει τις επαναληπτικές δοκιμές και κάθε πιθανή εξαιρετική δοκιμή ή επέμβαση στη δεξαμενή.

## 2.2.4. Εξοπλισμός δεξαμενών εμφιαλωτηρίου

Σύμφωνα με τις **Κ.Υ.Α. Δ3/14858/1993** και την **Οδηγία 97/23/ΕΕ** κάθε δεξαμενή εγκατάστασης που ανήκει στην κατηγορία του **Κεφαλαίου 2** της **Κ.Υ.Α. Δ3/14858/1993** πρέπει να είναι εξοπλισμένη με τα εξής εξαρτήματα

- μια τουλάχιστον ασφαλιστική βαλβίδα ανακούφισης της πίεσης, η οποία ανοίγει αυτόματα ή οδηγούμενα από μία βαλβίδα οδηγό (pilot operated) όταν η πίεση μέσα στην δεξαμενή ξεπεράσει την μέγιστη επιτρεπόμενη από τη νομοθεσία πίεση λειτουργίας των 17,5 [bar]. Η ελάχιστη παροχή των ανακουφιστικών βαλβίδων ασφαλείας υπολογίζεται όπως αυτό αναγράφεται στο **Παράρτημα Ι** της **Κ.Υ.Α. Δ3/14858/1993**. Σε περίπτωση που στο εμπόριο η βαλβίδα με τη μέγιστη δυναμικότητα δεν αρκεί για κάποια συγκεκριμένη δεξαμενή, τοποθετείται συστοιχία ασφαλιστικών βαλβίδων ανακούφισης. Σε κάθε δεξαμενή πρέπει να υπάρχει ένας μηχανισμός απομόνωσης της ή των βαλβίδων ανακούφισης ώστε να είναι δυνατή η αφαίρεση τους για έλεγχο ή συντήρηση χωρίς την ανάγκη εκκένωσης δεξαμενής. Κάθε ασφαλιστική βαλβίδα ή συστοιχία βαλβίδων ανακούφισης πρέπει να έχει πλαστικό κάλυμμα (καπάκι), ενώ σε δεξαμενές χωρητικότητας μεγαλύτερης των 9 [m<sup>3</sup>] πρέπει να προσαρμόζονται μέσω σωλήνων εξαερισμού με κατάλληλη στήριξη και με στόμια εξόδου σε ύψος



τουλάχιστον 1,8 [m]. Κάθε ασφαλιστική βαλβίδα ανακούφισης πρέπει να είναι σχεδιασμένη και κατασκευασμένη σύμφωνα με τα πρότυπα **DIN EN 1268-1 (1995-03)**, ή **API RP 520 part I** ή **RP 521** ή άλλο ισοδύναμό τους, πρέπει να εγκαθίστανται σύμφωνα με τις απαιτήσεις της **§2.3.7** της **Κ.Υ.Α. Δ3/14858/1993** και του πρότυπου **ISO 4126-9** ή άλλου αντίστοιχου και μόνο υπό την παρουσία ενός πιστοποιημένου εμπειρογνώμονα.

- ένα εξάρτημα που θα επιτρέπει την αφαίρεση ακαθαρσιών δεξαμενής και υγραερίου ή θα δίνει την δυνατότητα αποστράγγισης των υπολειμμάτων του υγραερίου σε περίπτωση που η δεξαμενή πρέπει να εκκενωθεί. Το εξάρτημα αυτό πρέπει πάντα να βρίσκεται στο χαμηλότερο σημείο της δεξαμενής και να φέρει μία βαλβίδα διακοπής (βάννα) διάμετρος της οποίας να μην ξεπερνά τις 2'' και η οποία θα αποτελεί τη βαλβίδα ταχείας διακοπής, για παράδειγμα σφαιρική βάννα. Η βαλβίδα αυτή, με σωλήνα επαρκούς μήκους, πρέπει να συνδέεται με μία άλλη βαλβίδα διακοπής (βάννα) ονομαστικής διαμέτρου κατά προτίμηση 1'' που θα είναι στραγγαλιστική. Η δεύτερη βαλβίδα με τη σειρά της πρέπει να συνδέεται με σωλήνα τέτοιου μήκους εξασφαλίζεται ότι η εκτόνωση του υγραερίου δεν θα γίνεται κάτω από τη δεξαμενή. Η σωλήνες περιοδικά κατά όλο το μήκος τους πρέπει να είναι στερεωμένες ώστε να αποφεύγεται κάθε είδους κίνηση που πιθανόν να προκαλέσει μηχανικές ζημιές κατά την εκτόνωση. Πιο αναλυτικά οι απαιτήσεις του εξαρτήματος αποστράγγισης περιγράφονται στις **§2.3.8.3**, **§2.3.8.4** και **§2.3.8.5**.
- ένα όργανο ένδειξης στάθμης της υγρής φάσης μέσα στη δεξαμενή ή και δείκτη μέγιστης στάθμης. Όργανο μέτρησης μπορεί να είναι ένας μαγνητικός δείκτης στάθμης με πλωτήρα, ΜΙΑ ΒΕΡΓΑ ή ένα αυτόματο, ηλεκτρονικό σύστημα ένδειξης στάθμης που συνδέεται με ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή και μπορεί να δώσει εκτός από το επίπεδο στάθμης και άλλες πληροφορίες. Μπορεί να εγκατασταθεί και συνδυασμός των δυο ή ακόμα και τριών παραπάνω οργάνων.
- ένα όργανο ένδειξης πίεσης – ένα μανόμετρο, συνδεδεμένο άμεσα με τον χώρο της αέριας φάσης του υγραερίου προσαρμοσμένο μέσω εξαρτήματος μείωσης της διατομής σε διάμετρο όχι μεγαλύτερη από 1,4 [mm] ή μέσω κατάλληλης βαλβίδας διακοπής (βάννας) ή με μία κατάλληλη βαλβίδα διακοπής υπερβολικής ροής (excess flow valve).
- σε περίπτωση που δεν υπάρχει όργανο ένδειξης μέγιστης στάθμης ή η δεξαμενή έχει χωρητικότητα μεγαλύτερη των 70 [m<sup>3</sup>] πρέπει να εγκαθίσταται ένα θερμόμετρο για την μέτρηση της θερμοκρασίας της υγρής φάσης του υγραερίου.
- σε δεξαμενές χωρητικότητας μεγαλύτερης των 9 [m<sup>3</sup>] η δεξαμενή πρέπει να έχει ανθρωποθυρίδα ή χειροθυρίδα για την διευκόλυνση της εσωτερικής επιθεώρησης κατά τον περιοδικό έλεγχο.
- όλες οι συνδέσεις σε υγρή και σε αέρια φάση, εκτός ασφαλιστικών βαλβίδων ανακούφισης, ταπωμένων και αυτών των οποίων η διάμετρος δεν ξεπερνά τα 1,4 [mm], πρέπει να φέρουν, όσο το δυνατόν πλησιέστερα προς τη δεξαμενή, βαλβίδα διακοπής (βάννα) που πρέπει να κατασκευάζεται από χάλυβα ή οξώδη χυτοσίδηρο (nodular iron) που πληροί τις απαιτήσεις του προτύπου **BS 2789** ή άλλο ισοδύναμο. Επίσης, οι συνδέσεις της δεξαμενής σε υγρή φάση, εκτός από

αυτές της αποστράγγισης, τις ταπωμένες και αυτές που έχουν διάμετρο ίση ή μικρότερη των 1,4 [mm] πρέπει να είναι εφοδιασμένες με βαλβίδες διακοπής έκτακτης ανάγκης.

Πρέπει να σημειωθεί ότι όλα τα παραπάνω εξαρτήματα πρέπει να είναι κατασκευασμένα για λειτουργία με υγραέριο και για πίεση τουλάχιστον 17,5 [bar] και να φέρουν τη σήμανση «CE» που δηλώνει ότι πληρούν τις απαιτήσεις της **Οδηγίας 97/23/ΕΕ**.

## 2.2.5. Συντήρηση δεξαμενών

Γενικά, οι επιφάνειες των δεξαμενών πρέπει να ελέγχονται ανά τακτικά χρονικά διαστήματα και εάν υπάρχει κάποιο ίχνος διάβρωσης, να καθαρίζεται και να επιδιορθώνεται ή να ανανεώνεται η βαφή. Υπάρχουν όμως και καθορισμένα από την νομοθεσία - **Κ.Υ.Α. Δ3/14858/1993 και Κ.Υ.Α. 31856/2003** χρονικά διαστήματα ανά τα οποία πρέπει να γίνεται υποχρεωτικός έλεγχος και να εκτελείται μία συγκεκριμένη σειρά διεργασιών έκτος από αυτές που αναφέρθηκαν παραπάνω. Δηλαδή

- Ανά πενταετία, πρέπει να γίνεται έλεγχος της πίεσης ανοίγματος των ασφαλιστικών βαλβίδων ανακούφισης, εάν υπάρχουν υποψίες εσωτερικών διαβρώσεων για λόγους ποιότητας καυσίμου, μπορεί να γίνει και παχυμέτρηση των ελασμάτων της δεξαμενής με συσκευή υπέρηχων. Στις υπόγειες ή επιχωματωμένες δεξαμενές αντί τις εξωτερικής επιθεώρησης μπορεί να ελεγχθεί η κατάσταση της αντιδιαβρωτικής επικάλυψης με την μέθοδο επιβολής ηλεκτρικού ρεύματος (impressed current test) από εξιδεικευμένο μηχανικό. Αν τα αποτελέσματα είναι καλά δεν απαιτείται η αφαίρεση του χρώματος για περαιτέρω εξέταση. Σε αυτές από τις υπόγειες η επιχωματωμένες δεξαμενές που προστατεύονται με καθοδική προστασία δεν χρειάζεται να εφαρμοστούν οι παραπάνω ενέργειες αν γίνεται τακτικός έλεγχος της καθοδικής προστασίας και καταγράφονται όλα τα αποτελέσματα. Ο έλεγχος ανά πενταετία πρέπει να πιστοποιείται από μηχανολόγο μηχανικό.
- Ανά δεκαετία, εκτός από όλα τα παραπάνω της πενταετίας πρέπει οπωσδήποτε να γίνει είτε πλήρης εσωτερική επιθεώρηση και έλεγχος για διαβρώσεις και φθορές, είτε υδραυλική δοκιμασία ή παχυμέτρηση των ελασμάτων της δεξαμενής και σύγκριση με το αρχικό τους πάχος. Κατά τον έλεγχο αυτόν πρέπει να πληρούνται τα προβλεπόμενα από τα **άρθρα 6 και 10 της Υ.Α. 14165/Φ17.4/373 (ΦΕΚ 673/Β/2-9-93)**. Ο έλεγχος δεκαετίας πρέπει να πιστοποιείται από Ανεξάρτητο Αναγνωρισμένο Φορέα και η ημερομηνία του πρέπει να σημειώνεται (χαράσσεται) πάνω στην δεξαμενή.

## 2.3. Εμφιάλωση του υγραερίου

Με τον όρο εμφιάλωση εννοούμε την καταχώρηση του υγραερίου στις φιάλες αποθήκευσης του. Η διαδικασία αυτή πρέπει να γίνεται μόνο από εμφιαλωτήρια που είναι κάτοχοι της κατά Νόμο άδειας λειτουργίας και μόνο από εξειδικευμένο και εξουσιοδοτημένο προσωπικό. Οι φιάλες αποθήκευσης υγραερίου στις οποίες γίνεται εμφιάλωση ποικίλουν ανάλογα τη χωρητικότητα και το υλικό κατασκευής τους. Πιο αναλυτικά το θέμα των φιαλών αναπτύσσεται στην §3.2 της παρούσας εργασίας.

### 2.3.1. Τα απαραίτητα στοιχεία για την εμφιάλωση

Σύμφωνα με τις **Κ.Υ.Α. Δ3/14858 8 Ιουνίου 1993 (ΦΕΚ 477/Β 1 Ιουλίου 1993)**, **Κ.Υ.Α. 31856/2003 (Φ.Ε.Κ. 1257/Β' 3 Σεπτεμβρίου 2003)**, για να γίνει εμφιάλωση υγραερίου, εκτός από τις δεξαμενές αποθήκευσης, χρειάζονται

- δίκτυο σωληνώσεων, που υποχρεούται να ικανοποιεί τις απαιτήσεις της **Οδηγίας 97/23/ΕΚ** και μπορεί να αποτελείται από χαλυβδοσωλήνες που πληρούν τα πρότυπα EN 10216-1 χωρίς ραφή, EN 10216-2 χωρίς ραφή, EN 10217-1 με ραφή, EN 10217-2 με ραφή και ΕΛΟΤ EN 10208-2 και αποφρακτικές διατάξεις που πρέπει να είναι κατάλληλες για λειτουργία με υγραέριο και αντίστοιχο εύρος πιέσεων και να είναι πιστοποιημένες από αναγνωρισμένο Οργανισμό Πιστοποίησης κράτους-μέλους της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το ελάχιστο πάχος τοιχώματος των σωληνώσεων που θα χρησιμοποιηθούν καθορίζεται από την §7.2.1.1 και τον Πίνακα 7.3 της **Κ.Υ.Α. 31856/2003**. Ο πίνακας αυτός παρουσιάζεται παρακάτω.

DN	s [mm]	DN	s [mm]	DN	s [mm]
15	3,6	40	3,6	100	3,6
20	3,6	50	3,6	125	4,0
25	3,6	65	3,6	150	4,5
32	3,6	80	3,6	200	6,3

Πίνακας 7. Ελάχιστο πάχος χαλυβδοσωλήνων για σωλήνες με πίεση μέχρι 25 [bar]

Οι σωλήνες του δικτύου θα πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους σταθερό ή λυόμενο τρόπο. Στην περίπτωση του σταθερού τρόπου, οι συγκολλήσεις πρέπει να εκτελούνται σύμφωνα με τα πρότυπα **ΕΛΟΤ EN 288-1** και **ΕΛΟΤ EN 288-2** και μόνο από πιστοποιημένους συγκολλητές, αξιολογημένους κατά **ΕΛΟΤ EN 287-1**. Στην περίπτωση του λυόμενου τρόπου είτε με χαλύβδινα εξαρτήματα για συγκολλητές συνδέσεις που συμφωνούν με το πρότυπο **ΕΛΟΤ EN 10253-1** και η ποιότητα του υλικού κατασκευής τους πρέπει να αντιστοιχεί τουλάχιστον σε χάλυβα Fe 360 B κατά **ΕΛΟΤ EN 10020** ή με εξαρτήματα για κοχλιωτές συνδέσεις όπως εξαρτήματα από μαλακτικοποιημένο χυτοσίδηρο που συμφωνεί με το πρότυπο **ΕΛΟΤ EN 10242** και χαλύβδινα εξαρτήματα με σπείρωμα **ΕΛΟΤ EN 10241**. Επίσης, εάν οι σωλήνες λειτουργούν υπό πίεση μέχρι **PN 40** μπορούν να

συνδέονται με φλάντζες με χρήση κοχλιών και περικοχλιών που ικανοποιούν τις απαιτήσεις του προτύπου **ISO 898** και υλικά παρεμβυσμάτων (τσόντες) που ικανοποιούν τις απαιτήσεις των προτύπων **ΕΛΟΤ EN 682** και **ΕΛΟΤ EN 549** για συνδέσεις εντός εδάφους και εκτός εδάφους αντίστοιχα. Η σωλήνες του δικτύου περιοδικά κατά όλο το μήκος τους πρέπει να είναι στερεωμένες ώστε να αποφεύγεται κάθε είδους κίνηση που πιθανόν να προκαλέσει μηχανικές ζημιές κατά την εκτόνωση. Τέλος, το δίκτυο σωληνώσεων πρέπει να προστατεύεται έναντι διάβρωσης όπως αυτό αναγράφεται στις **§7.2.5.1.1, §7.2.5.1.3 και §7.2.5.2.2 της Κ.Υ.Α. 31856/2003**

- αντλίες, οι οποίες πρέπει να είναι κατάλληλες για λειτουργία με υγραέριο και τη μέγιστη πίεση κατάθλιψης που αναπτύσσεται κατά την λειτουργία τους. Πρέπει να είναι εγκαταστημένες επί του εδάφους σε ελεύθερο χώρο η διαφορά στάθμης του οποίου να μην ξεπερνά τα 1,20 [m] από το περιβάλλον έδαφος και να τηρούνται οι αποστάσεις ασφαλείας που ορίζονται από τον Πίνακα 5 της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Η αντλίες αυτές απαγορεύεται να βρίσκονται μέσα σε κτίριο πλην της περίπτωσης που το κτίριο χρησιμοποιείται αποκλειστικά για διανομή και διακίνηση υγραερίου. Οι απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούν τα αντίστοιχα κτίρια περιγράφονται αναλυτικά στην **§5.5.1.4 της Κ.Υ.Α. 31856/2003**.
- εξαρτήματα και διατάξεις ασφαλείας, που να προστατεύουν το δίκτυο σωληνώσεων, τις αντλίες και τα μηχανήματα εμφιάλωσης από υπερπίεσεις που θα μπορούσαν να επιφέρουν μια πιθανή αστοχία υλικών. Τέτοια εξαρτήματα είναι οι ασφαλιστικές βαλβίδες ανακούφισης που τοποθετούνται ανά τακτικά διαστήματα στις σωληνώσεις και πρέπει να είναι σχεδιασμένη και κατασκευασμένη σύμφωνα με τα πρότυπα **DIN EN 1268-1 (1995-03)**, ή **API RP 520 part I** ή **RP 521** ή άλλο ισοδύναμό τους, καθώς και να εγκαθίστανται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου **ISO 4126-9** ή άλλου αντίστοιχου. Παράδειγμα ασφαλιστικών διατάξεων αποτελούν οι παρακαμπτήριοι κλάδοι (by-pass) στις αντλίες που συνήθως περιλαμβάνουν διαφορικές βαλβίδες και βαλβίδες διακοπής (βάνες) για την ρύθμιση της πίεσης στους αγωγούς.
- τα μηχανήματα εμφιάλωσης, οι λεγόμενες ζυγαριές εμφιάλωσης που μπορεί να είναι είτε συμβατικές - μηχανικές ή νέου τύπου - ηλεκτρονικές με τις οποίες μπορούν να επιτευχθούν προχωρημένα αυτόνομα συστήματα εμφιάλωσης.
- λοιπές διατάξεις και μηχανήματα, η ύπαρξη των οποίων είναι αναγκαία για την διεξαγωγή των απαιτούμενων διεργασιών που περιγράφονται από τις **§6.2.6, §6.2.7, §6.2.8, §6.2.9, §6.2.10 της Κ.Υ.Α. Δ3/14858/1993**. Τέτοιες διατάξεις και μηχανήματα μπορεί να είναι
  - μηχανήματα προετοιμασίας των φιαλών για την πλήρωση
  - αλυσίδες μεταφοράς φιαλών με τα συστήματα μετάδοσης ισχύος και κίνησης
  - ζυγαριές για τον έλεγχο ορθότητας πλήρωσης των φιαλών από τις ζυγαριές εμφιάλωσης
  - δεξαμενές με νερό για τον έλεγχο στεγανότητας των φιαλών και

- ο μηχανήματα για την εφαρμογή πωματισμών και εμπορικών σημάτων στις φιάλες

και

- κτίριο, που πρέπει να είναι ειδικά σχεδιασμένο για αυτό τον σκοπό. Κατασκευασμένο από άκαυστα υλικά όπως οπλισμένο σκυρόδεμα, τούβλα, αμιαντοσιμέντο, χάλυβα κτλ., με δάπεδο στην επιφάνεια ή υπερυψωμένο σε σχέση με το περιβάλλον έδαφος και χωρίς χαντάκια, οχετούς κανάλια ή άλλα κοιλώματα στα οποία θα μπορούσε να εγκλωβιστεί ή συσσωρευθεί αέριο υγραερίου. Επίσης, κτίρια και οι περιοχές πλήρωσης αυτές πρέπει να έχουν επαρκώς υπολογισμένα ανοίγματα αερισμού σε χαμηλό ύψος και να τηρούν τις αποστάσεις που ορίζονται στον Πίνακα 5 της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Πιο αναλυτικά οι απαιτήσεις προς τους χώρους εμφιάλωσης περιγράφονται στην §6.1 της Κ.Υ.Α. Δ3/14858/1993.

Πρέπει να τονιστεί ότι οι ηλεκτρικές συσκευές και οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις γενικά, οι γειώσεις και γεφυρώσεις πρέπει να είναι σύμφωνες με σχετικό κανονισμό εθνικό ή κανονισμό της ΕΟΚ ή μιας των χωρών της ΕΟΚ ή των ΗΠΑ και ο εγκαθιστάμενος μέσα στις Ζώνες ηλεκτρολογικός εξοπλισμός πρέπει να είναι αντιεκρηκτικού τύπου και να συμφωνεί με τα απαιτήσεις της Κ.Υ.Α. Β17081/2964/96, (ΦΕΚ 157/Β/13.3.96).

### 2.3.2. Διαδικασία εμφιάλωσης φιαλών 10 κιλών

Σε αυτή την ενότητα περιγράφεται το σύνολο των διαδικασιών που περνά μία άδεια φιάλη σε ένα εμφιαλωτήριο ώστε να παραχθεί το τελικό προϊόν που όλοι βλέπουμε να χρησιμοποιείται για την κάλυψη του μεγάλου φάσματος καθημερινών αναγκών. Σαν παράδειγμα θα παρθούν οι διαδικασίες που εκτελούνται στο εμφιαλωτήριο της εταιρίας XXXXXX Α.Ε. με σκοπό την εμφιάλωση υγραερίου βάρους 10 κιλών και η σειρά που ακολουθούν αυτές είναι:

- όταν κάποιος πελάτης φέρνει φιάλες για εμφιάλωση, αυτές ξεφορτώνονται στη βάση του εμφιαλωτηρίου και καταμετριοούνται. Σε πρώτη φάση γίνεται ένας οπτικός έλεγχος και διαλογή των φιαλών με τη μέθοδο και κριτήρια που περιγράφονται στην §3.2.6 1<sup>η</sup>(●) της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Οι φιάλες που κριθούν κατάλληλες για εμφιάλωση περνάνε από στάδιο πλύσης με χρήση διάφορων μέσων καθαρισμού και πλυστικού μηχανήματος για απομάκρυνση βρωμιών και ακαθαρσιών από την εξωτερική επιφάνεια τους.
- στις καθαρές πλέον άδειες φιάλες τοποθετούνται έντυπα με τις πληροφορίες για το περιεχόμενο τους και τις σχετικές οδηγίες εγκατάστασης και λειτουργίας τους. Στη συνέχεια αυτές τοποθετούνται στην αλυσίδα μεταφοράς φιαλών, που απλώνεται στο χώρο που εμφιαλωτηρίου και αναλαμβάνει την μετακίνηση των φιαλών από το πρώτο στάδιο μέχρι και το τελευταίο, τον χώρο φόρτωσης στα μεταφορικά οχήματα των πελατών. Η αλυσίδα κατά όλο το μήκος της, πλην μερικών σημείων, διαθέτει προστατευτικές μπάρες για αποφυγή πτώσης φιαλών.

Πάνω στην αλυσίδα οι φιάλες φτάνουν μέχρι την θέση φόρτωσης τους στο καρουζέλ, το οποίο φέρνει πάνω του 9 ζυγαριές εμφιάλωσης και σταματάνε με ένα αυτόματο μηχανισμό φρεναρίσματος και προώθησης των φιαλών οδηγούμενο από δύο πνευματικά έμβολα διαμέτρου θαλάμου 40 [mm]. Όταν το καρουζέλ τεθεί σε λειτουργία, περιστρέφεται με την βοήθεια ενός ηλεκτρικού κινητήρα και τροχού. Ταχύτητα περιστροφής του τροχού και συνεπώς του καρουζέλ ρυθμίζεται ανάλογα τον ρυθμό εμφιάλωσης που θέλουμε να πετύχουμε και τα δεδομένα που έχουμε, όπως το μέγεθος της φιάλης, συνεπώς ποσότητα υγραερίου που θα εμφιαλωθεί και η πίεση στο δίκτυο σωληνώσεων υγραερίου. Καθώς το καρουζέλ περιστρέφεται, ένας πνευματικός διακόπτης ανιχνεύει της παρουσία ή μη φιάλης πάνω στη ζυγαριά που έρχεται προς το σημείο φόρτωσης φιαλών. Εάν η ζυγαριά είναι διαθέσιμη, ενεργοποιείται ο μηχανισμός ώθησης και μία φιάλη ωθείται πάνω στη ζυγαριά. Ένα εξιδεικευμένο άτομο, το οποίο βρίσκεται σε μία ειδική εξέδρα δίπλα στο σημείο φόρτωσης φιαλών στη ζυγαριά, προσαρτά την πνευματική κεφαλή γεμίσματος (filling head) της ζυγαριάς πάνω στο στόμιο της χειροκίνητης βαλβίδας της φιάλης, ανοίγει την βαλβίδα, ορίζει το απόβαρο της φιάλης στην αντίστοιχη κλίμακα της ζυγαριάς και ενεργοποιεί την βαλβίδα έναρξης πλήρωσης. Έτσι η φιάλη γεμίζει ενώ κάνει το κύκλο του καρουζέλ μέχρι να φτάσει στο σημείο εκφόρτωσης της.



*Εικόνα 35. Μηχανική ζυγαριά εμφιάλωσης υγραερίου*

- στο σημείο εκφόρτωσης των φιαλών από το καρουζέλ, ένας υπάλληλος ελέγχει αν η διαδικασία εμφιάλωσης υγραερίου έχει ολοκληρωθεί και σε καταφατική περίπτωση κλείνει την χειροκίνητη βαλβίδα της φιάλης, αφαιρεί την κεφαλή πλήρωσης (filling head) και προωθεί την φιάλη πάλι πάνω στην αλυσίδα μεταφοράς. Σε περίπτωση που η διαδικασία εμφιάλωσης δεν έχει ολοκληρωθεί, η φιάλη αφήνεται να κάνει μία επιπλέον περιστροφή πάνω στο καρουζέλ.

- σε επόμενο στάδιο η φιάλη φτάνει στο χώρο όπου στο στόμιο της χειροκίνητης βαλβίδας της, με ένα ειδικά διαμορφωμένο πνευματικό έμβολο τοποθετείται μία πλαστική τάπα ασφαλείας με το λογότυπο της εταιρίας που εμφιαλώνει και εμπορεύεται την φιάλη. Με την τάπα αυτή εξασφαλίζεται ένα καλύτερο επίπεδο στεγανότητας της βαλβίδας. Μετά την ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας η φιάλη πάνω στην αλυσίδα μεταφοράς προωθείται για έλεγχο στεγανότητας.
- ο έλεγχος στεγανότητας της φιάλης γίνεται με μία διάταξη που περιλαμβάνει μία δεξαμενή γεμάτη με νερό, δύο μηχανισμούς φρεναρίσματος φιαλών, ένα μεταλλικό πλαίσιο οδηγούμενο από δύο πνευματικά έμβολα διαμέτρου θαλάμου 110 [mm]. Καθώς οι φιάλες μεταφέρονται πάνω στην αλυσίδα μεταφοράς, μπαίνουν μέσα στο μεταλλικό πλαίσιο, όταν ο αριθμός των φιαλών φτάσει στο οκτώ, ένας εξιδεικευμένος υπάλληλος μέσω ενός μοχλού-βαλβίδας ενεργοποιεί το φρένο που βρίσκεται πριν το πλαίσιο με αποτέλεσμα οι επόμενες φιάλες να σταματάνε. Στην συνέχεια ενεργοποιείται το δεύτερο φρένο που εγκλωβίζει τις οκτώ φιάλες μέσα στο μεταλλικό πλαίσιο. Με ένα μοχλό-βαλβίδα ενεργοποιούνται τα δύο έμβολα που περιστρέφοντας το πλαίσιο, το ανατρέπουν στη δεξαμενή με αποτέλεσμα οι φιάλες να βυθίζονται στο νερό. Όταν η επιφάνεια του νερού ηρεμήσει, επιθεωρείται η στεγανότητα των φιαλών, καθώς μέσα στο νερό οποιαδήποτε παραμικρή διαρροή υγραερίου γίνεται εύκολα αντιληπτή. Όταν ολοκληρωθεί ο έλεγχος, με τη βοήθεια του μοχλού-βαλβίδας το μεταλλικό πλαίσιο και οι φιάλες επαναφέρονται στην θέση τους πάνω στην αλυσίδα μεταφοράς. Απενεργοποιούνται οι μηχανισμοί φρεναρίσματος και οι φιάλες συνεχίζουν παρακάτω όπου αυτές που δεν πέρασαν επιτυχώς τον έλεγχο στεγανότητας, αφαιρούνται από την αλυσίδα μεταφοράς και αποστέλλονται για εκκένωση όπως αυτό περιγράφεται στην §3.2.7 2<sup>η</sup>(•) της παρούσας πτυχιακής εργασίας και ύστερα για επισκευή ή καταστροφή. Οι φιάλες που πέρασαν επιτυχώς τον έλεγχο προχωρούν στο επόμενο στάδιο.



Εικόνα 36. Διάταξη ελέγχου στεγανότητας φιαλών

- στο επόμενο στάδιο, κάθε φιάλη με την σειρά της περνάει από ένα αυτοματοποιημένο σύστημα που περιλαμβάνει πνευματικούς διακόπτες, σιαγόνες συγκράτησης οδηγούμενες από πνευματικό έμβολο με διάμετρο θαλάμου 100 [mm] και ένα πνευματικό έμβολο διαμέτρου θαλάμου 50 [mm]. Πριν το σύστημα αυτό υπάρχει ένας μηχανισμός φρεναρίσματος οδηγούμενος από πνευματικό έμβολο διαμέτρου θαλάμου 40 [mm] που εξασφαλίζει την

τροφοδοσία φιαλών μια-μια και δίνει την ευκαιρία και τον χρόνο σε έναν υπάλληλο να τοποθετεί πάνω στην χειροκίνητη βαλβίδα της φιάλης μία συρρικνωτική μεμβράνη ασφαλείας με το λογότυπο της εταιρίας όπως αυτό προβλέπεται από το **Άρθρο 129 §1B της Κ.Υ.Α. Α2 - 861/14.8.2013 (ΦΕΚ Β 2044/2013)** και **§6.2.10 της Κ.Υ.Α. Δ3/14858/1993**. Καθώς η φιάλη εισέρχεται στο χώρο του αυτοματοποιημένου συστήματος, με τη βοήθεια ενός πνευματικού διακόπτη, αυτόματα ενεργοποιείται το πνευματικό έμβολο που κλείνει τις σιαγόνες που συγκρατούν την φιάλη. Συγχρόνως ενεργοποιείται ένα άλλο πνευματικό έμβολο που διαθέτει ένα θερμικό στοιχείο προσαρμοσμένο στην άκρη του άξονα του, το οποίο κατεβαίνει και «αγκαλιάζει» την χειροκίνητη βαλβίδα της φιάλης με την συρρικνωτική μεμβράνη ασφαλείας. Η υψηλή θερμοκρασία αναγκάζει την μεμβράνη να συρρικνωθεί εφαρμόζοντας πάνω στη γεωμετρία της βαλβίδας. Αφού περάσει ο προγραμματισμένος χρόνος, το θερμικό στοιχείο ανεβαίνει, οι σιαγόνες ανοίγουν και η φιάλη συνεχίζει την πορεία της δίνοντας σήμα στον μηχανισμό φρεναρίσματος να αφήσει την επόμενη φιάλη να περάσει.



*Εικόνα 37. Μηχάνημα εφαρμογής συρρικνωτικής μεμβράνης ασφαλείας*

- στο τελευταίο στάδιο, οι φιάλες φτάνουν στο σημείο που αφαιρούνται από την αλυσίδα και είτε φορτώνονται κατευθείαν σε μεταφορικό όχημα πελάτη ή τοποθετούνται σε κάποιο μέρος στην άκρη για να φορτωθούν αργότερα.



# 3. Αποθήκευση στους πελάτες

Οι εγκαταστάσεις υγραερίου, ανάλογα με τη δυναμικότητά τους χωρίζονται στις εξής κατηγορίες

- Κατηγορία 0, στην οποία εντάσσονται εγκαταστάσεις που τροφοδοτούνται μόνο από φιάλες, αριθμός των οποίων δεν ξεπερνά τις 3 και 4 για οικιακή και επαγγελματική χρήση αντίστοιχα. Επίσης, στις οικιακές εγκαταστάσεις η συνολική αποθηκευόμενη ποσότητα υγραερίου δεν είναι μεγαλύτερη των 30, ενώ στις επαγγελματικές των 100 κιλών.
- Κατηγορία I, στην οποία εντάσσονται εγκαταστάσεις που τροφοδοτούνται μόνο από φιάλες οι οποίες μεν είναι συνδεδεμένες σε συστοιχία και διαθέτουν μόνιμο δίκτυο σωληνώσεων. Για τις οικιακές εγκαταστάσεις ο συνολικός αριθμός των φιαλών είναι μεγαλύτερος του 3 και η συνολική αποθηκευόμενη ποσότητα υγραερίου μεγαλύτερη των 30 κιλών. Ενώ για τις επαγγελματικές εγκαταστάσεις ο συνολικός αριθμός των φιαλών είναι μεγαλύτερος του 4 και η συνολική αποθηκευόμενη ποσότητα υγραερίου μεγαλύτερη των 100 κιλών.
- Κατηγορία II, στην οποία εντάσσονται εγκαταστάσεις που τροφοδοτούνται από δεξαμενές υγραερίου χωρητικότητας εκάστης μικρότερης ή ίσης με 9 [m<sup>3</sup>] και συνολικής χωρητικότητας της ομάδας μικρότερης ή ίσης των 27 [m<sup>3</sup>]. Οι εγκαταστάσεις αυτές δεν έχουν εξαεριωτή, αντλία ή συμπιεστή και το δίκτυο σωληνώσεων τους μεταφέρει μόνο αέρια φάση υγραερίου.
- Κατηγορία III, στην οποία εντάσσονται εγκαταστάσεις που τροφοδοτούνται από δεξαμενές υγραερίου από τις οποίες μία τουλάχιστον είναι μεγαλύτερη από 9 [m<sup>3</sup>], είτε η συνολική χωρητικότητα της ομάδας είναι μεγαλύτερη των 27 [m<sup>3</sup>], είτε το δίκτυο σωληνώσεων μεταφέρει υγρή φάση υγραερίου ή η εγκατάσταση έχει εξαεριωτή, αντλία ή συμπιεστή.

## 3.1. Δεξαμενές πελατών

Στο σημείο αυτό πρέπει να διευκρινιστεί ότι με τον όρο «δεξαμενή πελάτη» από εδώ και στο εξής θα εννοείται δεξαμενή αποθήκευσης υγραερίου που χρησιμοποιείται για βιομηχανική, βιοτεχνική, οικιακή ή άλλη επαγγελματική χρήση από εγκαταστάσεις

οι οποίες δεν εντάσσονται στο **Κεφάλαιο 2** της **Κ.Υ.Α. Δ3/14858 8 Ιουνίου 1993 (ΦΕΚ 477/Β 1 Ιουλίου 1993)**.

### **3.1.1. Είδη δεξαμενών αποθήκευσης**

Σύμφωνα με τις **Κ.Υ.Α. Δ3/14858/1993** και **Κ.Υ.Α. 31856/2003**, τα είδη των δεξαμενών πελατών ανάλογα τον τρόπο που τοποθετούνται ως προς το έδαφος, μπορούν να διακριθούν στις

- υπέργειες, οι οποίες τοποθετούνται πάνω από το επίπεδο του εδάφους είτε μπορούν να τοποθετηθούν σε ταρατσες μόνο αμιγών βιομηχανιών, βιοτεχνιών και εμπορικών κτηρίων το πολύ τριών ορόφων όταν δεν υπάρχει άλλος διαθέσιμος χώρος και συνήθως βάφονται με αντιδιαβρωτικά υλικά λευκού χρώματος για αποφυγή μεγάλων μεταβολών θερμοκρασίας λόγω ηλιακής ακτινοβολίας (μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάθε άλλη αποδεδειγμένα κατάλληλη γι' αυτό το σκοπό μέθοδος)
- υπόγειες, οι οποίες εγκαθίστανται σε βάσεις από σκυρόδεμα σε μία εκσκαφή που βρίσκεται κάτω από το επίπεδο του εδάφους και περνάνε μία διαδικασία αντιδιαβρωτικής προστασίας δηλαδή βάφονται με μαύρο ανθεκτικό επίστρωμα και ύστερα καλύπτονται ολόπλευρα από ένα στρώμα άμμου ή χαλικιών τουλάχιστον 30 εκατοστών.
- επιχωματωμένες ή ημιεπιχωματωμένες, οι οποίες αποτελούν μια ενδιάμεση περίπτωση ανάμεσα στις υπέργειες και τις υπόγειες δεξαμενές. Δηλαδή, τοποθετούνται πάνω από το επίπεδο του εδάφους άλλα ένα μέρος τους ή ολόκληρες καλύπτονται με υλικό επιχωμάτωσης

όλα τα είδη δεξαμενών πρέπει να τηρούν τις αποστάσεις ασφαλείας, να εξασφαλίζεται ελεύθερος αερισμός τους και απαγορεύεται να τοποθετούνται σε στεγασμένους χώρους. Πιο αναλυτικά οι κανόνες τοποθέτησης των δεξαμενών περιγράφονται στις **Κ.Υ.Α. Δ3/14858 8 Ιουνίου 1993 (ΦΕΚ 477/Β 1 Ιουλίου 1993) §2.2.1, §3.2** και **Κ.Υ.Α. 31856/2003 (Φ.Ε.Κ. 1257/Β' 3 Σεπτεμβρίου 2003) §5.2.1**.

### **3.1.2. Κατασκευή δεξαμενών**

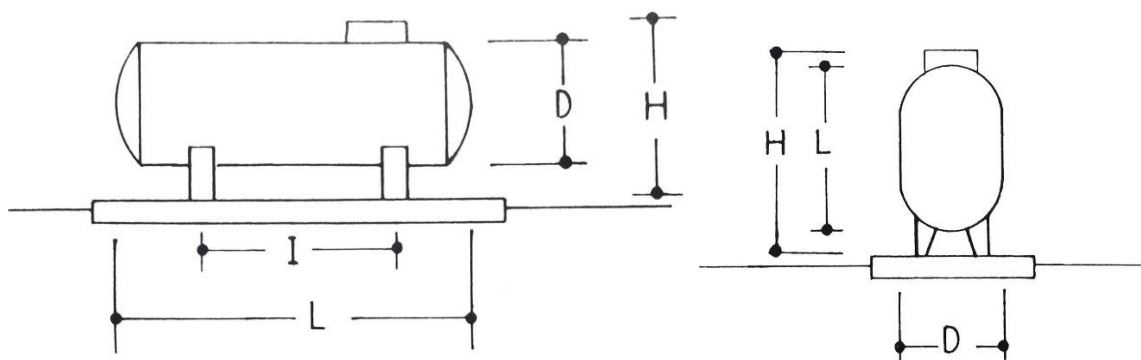
Στην κατασκευή δεξαμενών πελατών και δεξαμενών εμφιαλωτηρίων δεν υπάρχουν διαφορές ως προς τις απαιτήσεις της νομοθεσίας και των προτύπων που πρέπει να τηρούνται όσον αφορά την επιλογή υλικών, την κατασκευαστική διαμόρφωση, τον υπολογισμό αντοχής κ.ο.κ.. Συνεπώς, ισχύουν οι ίδιοι κανονισμοί και απαιτήσεις που περιγράφονται στην **§2.2.3** της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

### 3.1.3. Χωρητικότητες και διαστάσεις δεξαμενών

Στην αγορά γενικά, κυκλοφορούν δεξαμενές διαφόρων διαστάσεων και γεωμετρικών παραμέτρων, αλλά υπάρχουν κάποιες δεξαμενές συγκεκριμένων διαστάσεων και χωρητικότητων που έχουν επικρατήσει. Στον παρακάτω πίνακα είναι καταγραμμένες οι συνηθισμένες χωρητικότητες δεξαμενών πελατών, καθώς και μεγέθη και αναλογίες των διαστάσεών τους που απεικονίζονται στις πιο κάτω εικόνες.

Χωρητικότητα δεξαμενής [lt]	Μήκος L [m]	Διάμετρος D [m]	Ύψος H [m]	Απόσταση ποδιών I [m]
500	1,20	0,80	1,50	---
1000	2,20	0,80	1,31	1,20
1750	2,45	1,00	1,38	1,37
2500	2,50	1,20	1,56	1,40
3000	2,90	1,20	1,56	1,40
5000	4,70	1,20	1,56	3,23
7300	7,00	1,20	1,56	4,40
9000	5,46	1,50		
	8,32	1,20		
18000	9,50	1,60		
25000	9,45	1,95		
30000	12,70	1,80		
50000	11,25	2,50	3,35	6,00
60000	13,30	2,50		
80000	17,00	2,50		
100000	21,00	2,50	17,80	2,80

Πίνακας 8. Διαστάσεις δεξαμενών



Εικόνα 38. Σκίτσο διαστάσεων δεξαμενών

### 3.1.4. Εξοπλισμός δεξαμενής

Σύμφωνα με τις **Κ.Υ.Α. Δ3/14858/1993 και Κ.Υ.Α. 31856/2003** και την **Οδηγία 97/23/ΕΕ** κάθε δεξαμενή πρέπει να είναι εξοπλισμένη με τα εξής εξαρτήματα

- μια τουλάχιστον ασφαλιστική βαλβίδα ανακούφισης της πίεσης, η οποία ανοίγει αυτόματα ή οδηγούμενα από μια βαλβίδα οδηγό (pilot operated) όταν η πίεση μέσα στην δεξαμενή ξεπεράσει την μέγιστη επιτρεπόμενη από τη νομοθεσία πίεση λειτουργίας των 17,5 [bar].
- μια βαλβίδα πλήρωσης, μέσω της οποίας το υγραέριο μεταγγίζεται από τα βυτιοφόρα οχήματα στη δεξαμενή
- ένα όργανο στάθμης το οποίο δείχνει το επίπεδο στάθμης της υγρής φάσης στην δεξαμενή, όπως ένα μαγνητικό δείκτη στάθμης με πλωτήρα η αυτόματο ηλεκτρονικό δείκτη στάθμης ή άλλο ενδεδειγμένο δείκτη στάθμης
- μία βαλβίδα λήψης αέριας φάσης, η οποία στην ουσία είναι αυτή που τροφοδοτεί το δίκτυο με υγραέριο, εκτός από τις περιπτώσεις που η ζήτηση ισχύος είναι μεγαλύτερη των 25 [kg/h] και στην τροφοδοσία συμμετέχει ένας ή περισσότεροι εξαεριστές.
- ένα όργανο ένδειξης πίεσης – ένα μανόμετρο, που θα δείχνει την υφιστάμενη πίεση στη δεξαμενή
- ένα δείκτη μέγιστης στάθμης, που ενημερώνει όταν η στάθμη της υγρής φάσης έχει ξεπεράσει τη μέγιστη επιτρεπτή και
- μία βαλβίδα εκκένωσης υγρού (drain), η οποία βρίσκεται στο χαμηλότερο μέρος της δεξαμενής και χρησιμοποιείται για αποστράγγιση.

Πρέπει να σημειωθεί ότι όλα τα παραπάνω εξαρτήματα πρέπει να είναι κατασκευασμένα για λειτουργία με υγραέριο και για πίεση τουλάχιστον 17,5 [bar] και να φέρουν τη σήμανση «CE» που δηλώνει ότι πληρούν τις απαιτήσεις της **Οδηγίας 97/23/ΕΕ**.

### 3.1.5. Συντήρηση δεξαμενών

Γενικά, οι επιφάνειες των δεξαμενών πρέπει να ελέγχονται ανά τακτικά χρονικά διαστήματα και εάν υπάρχει κάποιο ίχνος διάβρωσης, να καθαρίζεται και να επιδιορθώνεται ή να ανανεώνεται η βαφή. Υπάρχουν όμως και καθορισμένα από την νομοθεσία - **Κ.Υ.Α. Δ3/14858/1993 και Κ.Υ.Α. 31856/2003** χρονικά διαστήματα ανά τα οποία πρέπει να γίνεται υποχρεωτικός έλεγχος και να εκτελείται μία συγκεκριμένη σειρά διεργασιών εκτός από αυτές που αναφέρθηκαν παραπάνω. Δηλαδή

- Ανά πενταετία, πρέπει να γίνεται έλεγχος της πίεσης ανοίγματος των ασφαλιστικών βαλβίδων ανακούφισης, εάν υπάρχουν υποψίες εσωτερικών διαβρώσεων για λόγους ποιότητας καυσίμου, μπορεί να γίνει και παχυμέτρηση

των ελασμάτων της δεξαμενής με συσκευή υπέρηχων. Στις υπόγειες ή επιχωματωμένες δεξαμενές αντί τις εξωτερικής επιθεώρησης μπορεί να ελεγχθεί η κατάσταση της αντιδιαβρωτικής επικάλυψης με την μέθοδο επιβολής ηλεκτρικού ρεύματος (impressed current test) από εξιδεικευμένο μηχανικό. Αν τα αποτελέσματα είναι καλά δεν απαιτείται η αφαίρεση του χρώματος για περαιτέρω εξέταση. Σε αυτές από τις υπόγειες η επιχωματωμένες δεξαμενές που προστατεύονται με καθοδική προστασία δεν χρειάζεται να εφαρμοστούν οι παραπάνω ενέργειες αν γίνεται τακτικός έλεγχος της καθοδικής προστασίας και καταγράφονται όλα τα αποτελέσματα. Ο έλεγχος ανά πενταετία πρέπει να πιστοποιείται από μηχανολόγο μηχανικό.

- Ανά δεκαετία, εκτός από όλα τα παραπάνω της πενταετίας πρέπει οπωσδήποτε να γίνει είτε πλήρης εσωτερική επιθεώρηση και έλεγχος για διαβρώσεις και φθορές, είτε υδραυλική δοκιμασία ή παχυμέτρηση των ελασμάτων της δεξαμενής και σύγκριση με το αρχικό τους πάχος. Κατά τον έλεγχο αυτόν πρέπει να πληρούνται τα προβλεπόμενα από τα **άρθρα 6 και 10 της Υ.Α. 14165/Φ17.4/373 (ΦΕΚ 673/Β/2-9-93)**. Ο έλεγχος δεκαετίας πρέπει να πιστοποιείται από Ανεξάρτητο Αναγνωρισμένο Φορέα και η ημερομηνία του πρέπει να σημειώνεται (χαράσσεται) πάνω στην δεξαμενή.

### 3.1.6. Προετοιμασία δεξαμενής για αποστολή σε πελάτη

Σύμφωνα με τις **Κ.Υ.Α. Δ3/14858, Κ.Υ.Α. 31856/2003, την Οδηγία 97/23/ΕΕ** που είναι εναρμονισμένη με τα **DIN EN 13445 και DIN EN 12542** καθώς και σύμφωνα με κάποια άλλα Ευρωπαϊκά και Διεθνή πρότυπα όπως **BS EN 12285, DIN EN 12817, DIN EN 1268, BS EN ISO 13341:2010+A1:2015, DIN EN 13175, DIN EN 14570, DIN EN 14912, ISO 10464, ISO 10691, ISO 4126-9, BS EN ISO 8504-1, BS 5493**, ή άλλα αντίστοιχα, κάθε δεξαμενή πριν φύγει για να εγκατασταθεί σε κάποιο πελάτη πρέπει να περάσει από μία σειρά διαδικασιών προετοιμασίας και δοκιμασίας. Παρακάτω περιγράφεται το σύνολο των διαδικασιών που γίνονται σε μία δεξαμενή που περνάει επανέλεγχο ή ετοιμάζεται για να αποσταλεί σε πελάτη:

- Σε περίπτωση που πολύ μεγάλο ποσοστό της επιφάνειας της δεξαμενής έχει ουσίες που πρέπει να αφαιρεθούν η δεξαμενή καθαρίζεται με αμμοβολή. Στην περίπτωση όμως που η δεξαμενή παρουσιάζει σημειακές ατέλειες που πρέπει να καθαριστούν, συνήθως το πρόβλημα λύνεται με τη βοήθεια ενός γωνιακού τροχού και συρματόβουρτσας γωνιακού τροχού - καμπάνας. Με αυτό τον τρόπο από την επιφάνεια της δεξαμενής αφαιρούνται διάφορες ανεπιθύμητες ουσίες όπως σκουριά και υπολείμματα χρώματος ή αυτοκόλλητων σημάτων.
- Στην καθαρισμένη πλέον επιφάνεια της δεξαμενής γίνεται μία εξωτερική επιθεώρηση και σε περίπτωση που αυτό κριθεί απαραίτητο, μπορεί να γίνει παχυμέτρηση των ελασμάτων της δεξαμενής. Εάν κατά την επιθεώρηση δεν προκύψει κανένα ελάττωμα, η δεξαμενή προχωράει σε απόμενες διεργασίες. Σε αντίθετη περίπτωση, η δεξαμενή αποσύρεται και καταστρέφεται.

- Σε επόμενο στάδιο στην επιφάνεια της δεξαμενής εφαρμόζεται στρώμα μίνιου που ικανοποιεί τις απαιτήσεις της **2004/42/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 21ης Απριλίου 2004**. Σε σημεία που υπήρχε προηγουμένως ανάπτυξη σκουριάς συνίσταται εφαρμογή παραπάνω από μίας στρώσης μίνιου.
- Επάνω από το μίνιο, εφαρμόζεται η βαφή που θα αποτελέσει την κυρίως ασπίδα της δεξαμενής από τους εξωτερικούς παράγοντες που τείνουν να υποβιβάσουν τις μηχανικές ιδιότητες της και εν τέλει να την καταστρέψουν. Το χρώμα με το οποίο θα βαφτεί η δεξαμενή θα πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις της **2004/42/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 21ης Απριλίου 2004** και κάποιου από τα Ευρωπαϊκά ή Διεθνή πρότυπα όπως **ISO 12944-5, ISO 2811** ή άλλα αντίστοιχα. Για καλύτερη προστασία συνίσταται εφαρμογή μερικών στρώσεων βαφής.
- Σε επόμενη φάση εγκαθίστανται τα εξαρτήματα που προβλέπονται για κάθε δεξαμενή σύμφωνα με τις **Κ.Υ.Α. Δ3/14858 και Κ.Υ.Α. 31856/2003** όπως
  - ασφαλιστική βαλβίδα ανακούφισης που πρέπει να είναι σχεδιασμένη και κατασκευασμένη σύμφωνα με τα πρότυπα **DIN EN 1268-1 (1995-03)**, ή **API RP 520 part I** ή **RP 521** ή άλλο ισοδύναμό τους. Ο τρόπος εγκατάστασης των ανακουφιστικών βαλβίδων καθορίζεται από το πρότυπο **ISO 4126-9** ή άλλο αντίστοιχο. Κάθε ασφαλιστική βαλβίδα ανακούφισης έχει πλαστικό κάλυμμα (καπάκι) που δεν επιτρέπει να μπαίνουν διάφορα σκουπίδια, νερά ή έντομα στο εσωτερικό της καθώς και ένα μοναδικό σειριακό αριθμό ο οποίος τελευταία χρόνια περνιέται στον φάκελο της δεξαμενής. Η εγκατάσταση της ασφαλιστικής βαλβίδας ανακούφισης γίνεται μόνο με την παρουσία του πιστοποιημένου εμπειρογνώμονα και την επίβλεψή του και μόνο μετά από δοκιμές και επιβεβαίωση των τεχνικών απαιτήσεων της βαλβίδας.
  - βαλβίδα πλήρωσης δεξαμενής η οποία έχει στο εσωτερικό της, στο κάτω μέρος ένα διάφραγμα που με τη βοήθεια ενός ελατηρίου και τις πίεσης μέσα στη δεξαμενή κρατάει την βαλβίδα κλειστή. Όταν πάνω στη βαλβίδα αυτή βιδωθεί η μάνικας πλήρωσης και αρχίσει ο ανεφοδιασμός, το διάφραγμα αυτό εκτοπίζεται προς τα κάτω με τη ροή της υγρής φάσης του υγραερίου με αποτέλεσμα η βαλβίδα να ανοίγει. Εσωτερικά, στο πάνω μέρος της βαλβίδας υπάρχει μέσα ένα δακτύλιο στεγανοποίησης από λάστιχο εσωτερικής και εξωτερικής διαμέτρου 24 και 34 [mm] αντίστοιχα. Κάθε βαλβίδα πλήρωσης πρέπει να καλύπτεται με ένα πλαστικό βιδωτό καπάκι. Επίσης, στην αγορά κυκλοφορούν και κλειδαριές ασφαλείας για τη συγκεκριμένη βαλβίδα, χρήση των οποίων όμως δεν είναι υποχρεωτική.
  - βαλβίδα υγρής φάσης ή στρόφιγγα λήψης υγρής φάσης, η οποία εξασφαλίζει τη λήψη υγρής φάσης από τον πάτο της δεξαμενής με μία σωλήνα, π.χ. σε δεξαμενή 5000 λίτρων σωλήνα 1 ¼", που κατεβαίνει μέχρι το επίπεδο των μερικών εκατοστών από το κατώτερο σημείο της. Στο εσωτερικό της βαλβίδας αυτής, στο κάτω μέρος βρίσκεται ένα διάφραγμα που με τη βοήθεια ενός ελατηρίου και τις πίεσης μέσα στη δεξαμενή

κρατάει την βαλβίδα κλειστή. Όταν στο εσωτερικό της βιδωθεί κάποιο εξάρτημα, το διάφραγμα αυτό εκτοπίζεται προς τα κάτω με αποτέλεσμα η βαλβίδα να ανοίγει.

- δείκτης επιπέδου υγρής φάσης, που αποτελείται από δύο ράβδους, μία σταθερή κολλημένη στο ρολόι του οργάνου και μία με ένα βαθμό ελευθερίας (περιστροφής). Η σταθερή ράβδος φέρει έναν άξονα στο εσωτερικό της ο οποίος συνδέεται με την δεύτερη ράβδο με ένα ζεύγος γωνιακών γραναζιών. Η κάτω ράβδος, στην κάτω της άκρη έχει έναν πλαστικό πλωτήρα ο οποίος με την μεταβολή της στάθμης της υγρής φάσης μέσα στη δεξαμενή αναγκάζει την ράβδο να περιστραφεί γύρο από το κάτω άκρο της άλλης ράβδου προκαλώντας έτσι με την επαφή των γραναζιών την περιστροφή του άξονα μέσα στην σταθερή ράβδο. Η περιστροφή αυτή του άξονα που στην πάνω του άκρη έχει ένα μαγνήτη έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή ένδειξης του δείκτη πάνω στην κλίμακα του οργάνου. Στην αγορά κυκλοφορούν και ηλεκτρονικοί δείκτες επιπέδου υγρής φάσης, χρήση των οποίων είναι πολύ σπάνια λόγω του πολύ υψηλού κόστους τους.
- βαλβίδα λήψης αέριας φάσης, που συνήθως είναι μία πολυβαλβίδα που είναι εξοπλισμένη με ένα μανόμετρο, μια βαλβίδα υπερβολικής ροής (excess flow valve) η οποία κλείνει όταν η ροή σε αυτήν ξεπεράσει κάποια συγκεκριμένη μέγιστη επιτρεπτή ή συμβεί απότομο άνοιγμά της και ένα δείκτης μέγιστης στάθμης με τον οποίο γίνεται αντιληπτό όταν η στάθμη της υγρής φάσης στη δεξαμενή φτάσει στη μέγιστη επιτρεπτή. Επίσης είναι σχεδιασμένη με τέτοιο τρόπο ώστε με βίδωμα/ξεβίδωμα μία βίδας να γίνεται εύκολη αντικατάσταση του μανομέτρου της σε περίπτωση φθοράς του.
- βαλβίδα εκκένωσης υγρού (drain), η οποία βρίσκεται στο χαμηλότερο μέρος της δεξαμενής και χρησιμοποιείται για αποστράγγιση των υγρών που δεν είναι δυνατόν να εκκενωθούν με οποιαδήποτε άλλη βαλβίδα. Επίσης, μέσω αυτής αφαιρούνται οι βρωμιές που μπορεί να εμφανιστούν μετά από χρήση της δεξαμενής για μεγάλο χρονικό διάστημα, αυτές μπορεί να είναι από την ίδια δεξαμενή ή να έχουν έρθει με το υγραέριο.
- στη δεξαμενή συνήθως τοποθετείται και βαλβίδα απομόνωσης ασφαλιστικής βαλβίδας ανακούφισης (check lock valve), χάρη στην οποία μπορεί ανά πάσα στιγμή να γίνει αλλαγή της ασφαλιστικής βαλβίδας ανακούφισης χωρίς να χρειάζεται να εκκενώνεται η δεξαμενή από υγραέριο. Στο εσωτερικό της βαλβίδας αυτής, στο κάτω μέρος βρίσκεται ένα διάφραγμα που με τη βοήθεια ενός ελατηρίου και τις πιέσης μέσα στη δεξαμενή κρατάει την βαλβίδα κλειστή. Όταν στο εσωτερικό της βιδωθεί η ασφαλιστική βαλβίδα ανακούφισης, το διάφραγμα αυτό εκτοπίζεται προς τα κάτω με αποτέλεσμα η βαλβίδα απομόνωσης να ανοίγει και η ύπαρξή της να μην επηρεάζει την λειτουργικότητα της ασφαλιστικής βαλβίδας ανακούφισης.

Πρέπει να τονιστεί ότι όλα τα παραπάνω εξαρτήματα πρέπει να υπακούν στις απαιτήσεις του προτύπου **DIN EN 12542** ή άλλου αντίστοιχου.

Το επίπεδο στεγανότητας μεταξύ της δεξαμενής και των εξαρτημάτων πρέπει να υπακούει στα πρότυπα **ISO 228-1:2000 Ed 4 (R11)**, **BS EN 10226:2004** ή άλλων ισοδύναμων. Αυτό μπορεί να εξασφαλιστεί με χρήση PTFE ταινιών που πληρούν το πρότυπο **BS EN 751-3** ή άλλο αντίστοιχο. Ένα από αυτά είναι το ευρέως γνωστό TEFLON. Άλλος ένας τρόπος εξασφάλισης στεγανότητας είναι τα o-rings, τα οποία πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις του πρότυπου **ISO 6149** ή άλλου αντίστοιχου.

- Τελευταίο στάδιο του ελέγχου της δεξαμενής είναι η πλήρωση της με συμπιεσμένο αέρα μέχρι τουλάχιστον την πίεση μελλοντικής λειτουργίας της και έλεγχος στεγανότητας των εξαρτημάτων της με απλή σαπουνάδα είτε με ειδικό υγρό ανίχνευσης διαρροών – Leakage detector. Ένας συμπληρωματικός τρόπος επιβεβαίωσης στεγανότητας δεξαμενής είναι να σημειωθεί η ένδειξη του μανομέτρου της και να συγκριθεί με την ένδειξη μετά από ένα χρονικό διάστημα π.χ. μίας μέρας. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν η μικρή μεταβολή πίεσης λόγω μεταβολών θερμοκρασίας.

Εάν κατά τον έλεγχο δε παρουσιάστηκαν διαρροές, τότε η δεξαμενή είναι έτοιμη να αποσταλεί σε πελάτη. Σε αντίθετη περίπτωση, το μη στεγανό εξάρτημα αφαιρείται και είτε το σπείρωμά του καθαρίζεται, εφαρμόζεται εκ νέου στρώση λεπτού φιλμ στεγάνωσης σπειρωμάτων – TEFLON είτε σε περίπτωση που δεν υπάρχει σπείρωμα, απλά εξαλείφεται το αίτιο μη στεγάνωσης. Το εξάρτημα αυτό τοποθετείται ξανά στη δεξαμενή και ξαναγίνεται έλεγχος στεγανότητας. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρι να εξασφαλιστεί η πλήρη στεγανότητα της δεξαμενής.

### 3.1.7. Παράδειγμα συναρμολόγησης δεξαμενής 5000 [lt]

Παρακάτω περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία τοποθέτησης των απαραίτητων εξαρτημάτων σε μία οριζόντια δεξαμενή χωρητικότητας 5000 λίτρων:

- στο στόμιο 2", με ένα γερμανικό ή γερμανοπολύγωνο κλειδί μεγέθους 60 [mm] που πληροί ένα από τα πρότυπα **DIN 894/ISO 3318** ή **DIN 3113/ISO 3318** και **ISO 7738** ή άλλο ισοδύναμο, εγκαθίσταται η βαλβίδα απομόνωσης ασφαλιστικής βαλβίδας ανακούφισης (check lock valve) τύπου OMECA ST32, κατασκευής από ορείχαλκο, με ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας -40° [C], με ένα εξωτερικό σπείρωμα 2" και ένα εσωτερικό σπείρωμα 1 ¼" NPSM. Για εξασφάλιση καλύτερης στεγανότητας πάνω στο εξωτερικό σπείρωμα της βαλβίδας εφαρμόζεται λεπτό φιλμ στεγάνωσης σπειρωμάτων – TEFLON.





Εικόνα 39.Βαλβίδα απομόνωσης ασφαλιστικής βαλβίδας ανακούφισης

- επάνω στην βαλβίδα τοποθετείται ορειχάλκινος στεγανοποιητικός δακτύλιος με εσωτερική και εξωτερική διάμετρο 41,5 [mm] και 57 [mm]. Περιμετρικά της εσωτερικής διαμέτρου υπάρχει μία επένδυση από λάστιχο πάχους 2 [mm] για καλύτερη εφαρμογή.



Εικόνα 40.Στεγανοποιητικός δακτύλιος

- μέσα στην βαλβίδα απομόνωσης ασφαλιστικής βαλβίδας ανακούφισης, με ένα γερμανικό ή γερμανοπολύγωνο κλειδί μεγέθους 60 [mm] που πληροί ένα από τα πρότυπα **DIN 894/ISO 3318** ή **DIN 3113/ISO 3318** και **ISO 7738** ή άλλο ισοδύναμο, βιδώνεται η ασφαλιστική βαλβίδα ανακούφισης τύπου **OMECA EU30**, με εξωτερικό σπείρωμα 1 ¼ " NPSM, ορειχάλκινης κατασκευής, με ρυθμισμένη πίεση έναρξης λειτουργίας στα 17,65 [bar], ελάχιστη παροχή υγραερίου τα 129 [m<sup>3</sup>/min] και σήμανση CE 0029 που σημαίνει ότι ο αριθμός αναγνώρισης του κοινοποιημένου οργανισμού, που παρεμβαίνει στην φάση ελέγχου της παραγωγής αυτού του εξαρτήματος είναι 001/2014/0029. Η ασφαλιστική βαλβίδα ανακούφισης φέρει έναν μοναδικό σειριακό αριθμό που καταχωρείται στον φάκελο της δεξαμενής. Για εξασφάλιση καλύτερης στεγανότητας πάνω στο σπείρωμα της βαλβίδας εφαρμόζεται λεπτό φιλμ στεγάνωσης σπειρωμάτων - TEFLON.



Εικόνα 41.Ασφαλιστική βαλβίδα ανακούφισης

- στο στόμιο της λήψης υγρής φάσης, με ένα γερμανικό ή γερμανοπολύγωνο κλειδί μεγέθους 46 [mm] που πληροί ένα από τα πρότυπα **DIN 894/ISO 3318** ή **DIN 3113/ISO 3318** και **ISO 7738** ή άλλο ισοδύναμο, βιδώνεται η βαλβίδα λήψης υγρής φάσης τύπου OMECA VL25, με εξωτερικό σπείρωμα 1 ¼" - 14 NPT, εσωτερικό σπείρωμα M25x1,5, κατασκευής από ορείχαλκο, μέγιστη πίεση λειτουργίας 2,5 [MPa], και σήμανση CE 0029 που σημαίνει ότι ο αριθμός αναγνώρισης του κοινοποιημένου οργανισμού, που παρεμβαίνει στην φάση ελέγχου της παραγωγής αυτού του εξαρτήματος είναι 001/2014/0029. Για εξασφάλιση καλύτερης στεγανότητας πάνω στο σπείρωμα της βαλβίδας εφαρμόζεται λεπτό φιλμ στεγάνωσης σπειρωμάτων - TEFLON.



Εικόνα 42. Βαλβίδα λήψης υγρής φάσης

- στο στόμιο πλήρωσης, με ένα γερμανικό ή γερμανοπολύγωνο κλειδί μεγέθους 1 3/4" που πληροί το πρότυπο **ASME B 107-100** ή άλλο ισοδύναμο, βιδώνεται η βαλβίδα πλήρωσης δεξαμενών, τύπου OMECA VRN20 ή REGO FI7579, με εξωτερικό σπείρωμα 1 ¼" NPT, εξωτερικό σπείρωμα 1 ¼" ACME, ορειχάλκινης κατασκευής, μέγιστη πίεση λειτουργίας 25 [bar], με σήμανση CE 0029 που σημαίνει ότι ο αριθμός αναγνώρισης του κοινοποιημένου οργανισμού, που παρεμβαίνει στην φάση ελέγχου της παραγωγής αυτού του εξαρτήματος είναι 001/2014/. Για εξασφάλιση καλύτερης στεγανότητας πάνω στο σπείρωμα της βαλβίδας εφαρμόζεται λεπτό φιλμ στεγάνωσης σπειρωμάτων - TEFLON.



Εικόνα 43. Βαλβίδα πλήρωσης

- στο στόμιο λήψης αέριας φάσης, με ένα γερμανικό κλειδί μεγέθους 30 [mm] που πληροί το πρότυπο **DIN 894/ISO 3318** ή άλλο ισοδύναμο, βιδώνεται η πολυβαλβίδα τύπου OMECA GS50, ορειχάλκινης κατασκευής, με εξωτερικό σπείρωμα  $\frac{3}{4}$  NPT για σύνδεση με τη δεξαμενή, εξωτερικό σπείρωμα W20 – sin. (αριστερόστροφο) για σύνδεση με το δίκτυο, μέγιστη πίεση λειτουργίας 2,5 [MPa], ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας  $-4^{\circ}$  [C] και σήμανση CE 0029 που σημαίνει ότι ο αριθμός αναγνώρισης του κοινοποιημένου οργανισμού, που παρεμβαίνει στην φάση ελέγχου της παραγωγής αυτού του εξαρτήματος είναι 001/2014/0029. Η πολυβαλβίδα αυτή είναι εξοπλισμένη με ένα μανόμετρο με δείκτη και κλίμακα μέτρησης  $0 \div 25$  [bar] εμβαπτισμένα σε γλυκερίνη, καθώς και μια βαλβίδα υπερβολικής ροής (excess flow valve) η οποία κλείνει όταν η ροή σε αυτήν φτάσει στα  $37,5 \div 45$  [Kg/h]. Στην βαλβίδα αυτή πρέπει προηγουμένως να έχει βιδωθεί το ορειχάλκινο σωληνάκι εξωτερικής διαμέτρου 3 [mm], πάχους τοιχώματος 0,75 [mm] και μήκους 365 [mm] που λειτουργεί ως δείκτης μέγιστης στάθμης με τον οποίο γίνεται αντιληπτό όταν η στάθμη της υγρής φάσης φτάσει στη μέγιστη επιτρεπτή. Για εξασφάλιση καλύτερης στεγανότητας πάνω στο σπείρωμα της βαλβίδας εφαρμόζεται λεπτό φιλμ στεγάνωσης σπειρωμάτων – TEFLON.



Εικόνα 44. Πολυβαλβίδα λήψης αέριας φάσης χωρίς το σωληνάκι - δείκτη μέγιστης στάθμης

- στην εσωτερική αυλάκωση που έχει το στόμιο του δείκτη αλλά και στην πάνω επιφάνεια του στομίου εφαρμόζεται ένα λεπτό στρώμα γράσου σιλικόνης (και σε καμία περίπτωση με βάση ορυκτέλαιο καθώς το ορυκτέλαιο αντιδρά με τις τοιμούχες και τα o-rings και τα καταστρέφει). Μέσα στην αυλάκωση τοποθετείται το o-ring εσωτερικής διαμέτρου 35 [mm]. Με προσεκτικές κινήσεις στο εσωτερικό της δεξαμενής τοποθετείται ο μαγνητικός δείκτης στάθμης με πλωτήρα τύπου 2072/I A, με ένδειξη Ø1200H που σημαίνει ότι προορίζεται για οριζόντια δεξαμενή με διάμετρο 1200 [mm], μέγιστη πίεση λειτουργίας 25 [bar], κατασκευής από ορείχαλκο ή zamac<sup>3</sup>, με το πάνω μέρος που περιλαμβάνει τον δείκτη να έχει επένδυση από πλαστικό ή ένα από τα παραπάνω μέταλλα. Ο δείκτης προσδένεται πάνω στην δεξαμενή με τη βοήθεια τεσσάρων ανοξειδωτών (Inox) κοχλιών άλλων A2 M06x25 [mm] που πληρούν τις απαιτήσεις του

<sup>3</sup> zamak ή zamac – οικογένεια κραμάτων με βασικό μέταλλο το ψευδάργυρο με επιπρόσθετα στοιχεία αλουμινίου, μαγνησίου και χαλκού.

προτύπου **DIN 912/ISO 4762**, πάνω στο σπείρωμα των οποίων εφαρμόζεται λεπτό στρώμα γράσου (δεν υπάρχει κάποια απαίτηση από το είδος γράσου) για διευκολυνθεί το τυχόν ξεβίδωμα στο μέλλον. Οι κοχλίες βιδώνονται με ένα εξαγωνικό κλειδί άλλην μεγέθους 5 [mm] που πληροί το πρότυπο **DIN 911/ISO 2936** ή άλλο ισοδύναμο. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στον προσανατολισμό του δείκτη, καθώς σε περίπτωση λάθους ο πλωτήρας θα βρίσκει στην σωλήνα υγρής φάσης με αποτέλεσμα ο μαγνητικός δείκτης να μην λειτουργεί σωστά. Στο καπάκι του οργάνου διακρίνεται η σήμανση CE.



*Εικόνα 45. Μαγνητικός δείκτης στάθμης*

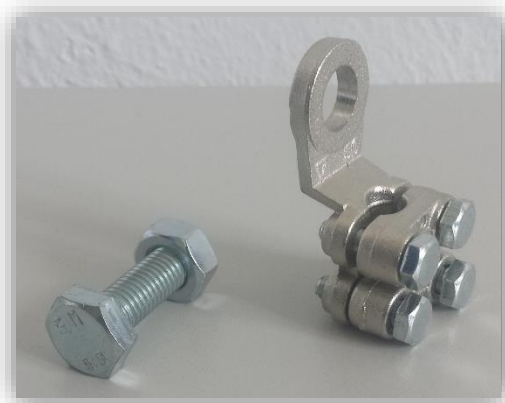
- στο στόμιο αποστράγγισης στο κάτω μέρος της δεξαμενής, με ένα γερμανικό ή γερμανοπολύγωνο κλειδί μεγέθους 60 [mm] που πληροί ένα από τα πρότυπα **DIN 894/ISO 3318** ή **DIN 3113/ISO 3318** και **ISO 7738** ή άλλο ισοδύναμο, βιδώνεται το καπάκι τύπου MF13 εξωτερικής διαμέτρου 1 ¼", κατασκευής από οξωδή χυτοσίδηρο (σύμφωνα με το πρότυπο **BS 2789** ή κάποιο ισοδύναμο). Για εξασφάλιση καλύτερης στεγανότητας πάνω στο σπείρωμα της βαλβίδας εφαρμόζεται λεπτό φιλμ στεγάνωσης σπειρωμάτων – TEFLON.



*Εικόνα 46. Καπάκι στομίου αποστράγγισης*

- στην οπή σε ένα από τα τέσσερα πόδια της δεξαμενής, με δύο γερμανικά ή γερμανοπολύγωνα κλειδιά μεγέθους 17 [mm] που πληρούν ένα από τα πρότυπα **DIN 894/ISO 3318** ή **DIN 3113/ISO 3318** και **ISO 7738** ή άλλο ισοδύναμο, ένας εξαγωνικός γαλβανιζέ κοχλίας 8.8 M10x35 [mm] **DIN 933/ISO 4017** και ένα

εξάγωνο γαλβάνιζέ περικόχλιο που πληροί το πρότυπο M10 **DIN 934/BS 3692** ή άλλο αντίστοιχο, προσδένεται η πιάστρα γείωσης στην οποία θα συνδεθεί το καλώδιο γείωσης ώστε ο στατικός ηλεκτρισμός που παράγεται κατά την κίνηση του υγραερίου να διαφεύγει με ασφάλεια στη γη. Το σύστημα γείωσης των δεξαμενών πρέπει να είναι σύμφωνα με τα πρότυπα **ΕΛΟΤ HD 384, BS EN 60079** και **BS 6651**.



*Εικόνα 47. Πιάστρα γείωσης δεξαμενής και ο κοχλίας με το περικόχλιο*

- Τελευταίο, με τη βοήθεια ενός γερμανικού ή γερμανοπολύγωνου κλειδιού μεγέθους 10 [mm] που πληροί ένα από τα πρότυπα **DIN 894/ISO 3318** ή **DIN 3113/ISO 3318** και **ISO 7738** ή άλλο ισοδύναμο και τεσσάρων εξάγωνων γαλβάνιζέ περικοχλίων M10 που πληρούν το πρότυπο **DIN 934/BS 3692** ή άλλο αντίστοιχο, τοποθετείται το καπάκι δεξαμενής διαστάσεων 550 x 280 x 235 [mm], με κλειδαριά που καλύπτει τα εξαρτήματα και αποτρέπει την επέμβαση σε αυτά από μη εξουσιοδοτημένο προσωπικό.[13]



*Εικόνα 48. Πλαστικό καπάκι εξαρτημάτων δεξαμενής*

Αντί για λεπτό φιλμ στεγάνωσης σπειρωμάτων – TEFLON, μπορεί κάλλιστα να χρησιμοποιηθεί ασφαλιστική κόλλα ή πάστα σπειρωμάτων που πληροί τις απαιτήσεις του προτύπου **ISO 10964** ή άλλου ισοδύναμου, όπως το ευρέως γνωστό Loctite Threadlocker. Χρήση των υλικών αυτών στα εξαρτήματα των δεξαμενών όμως δεν συνηθίζεται λόγω των δυσκολιών που αντιμετωπίζονται κατά το ξεβίδωμά τους στον μελλοντικό επανέλεγχο της δεξαμενής.

## 3.2. Φιάλες

Σύμφωνα με την **Κ.Υ.Α. 31856/2003 (Φ.Ε.Κ. 1257/Β' 3 Σεπτεμβρίου 2003)** ως φιάλη εννοείται κάθε κινητό επαναπληρούμενο δοχείο πίεσης, αποθήκευσης υγραερίου, χωρητικότητας μέχρι και 150 λίτρων, κυλινδρικού σχήματος, το οποίο ικανοποιεί τις απαιτήσεις της **Οδηγία 2010/35 ΕΚ της 16 Ιουνίου 2010** για το μεταφερόμενο εξοπλισμό υπό πίεση.

### 3.2.1. Κατηγορίες φιαλών

Οι φιάλες ανάλογα με το είδος υγραερίου και την ποσότητα του σε βάρος που περιέχουν διακρίνονται σε:

- Βουτάνιο
  - 0,5 [kg] - Εμπορικού βουτανίου
  - 2 [kg] - Εμπορικού βουτανίου
  - 3 [kg] - Εμπορικού βουτανίου
  - 3,5 [kg] - Εμπορικού βουτανίου
  - 10 [kg] - Εμπορικού βουτανίου
  - 14 [kg] - Εμπορικού βουτανίου
  - 14 [kg] - Εμπορικού βουτανίου για χρήση στα Περονοφόρα ανυψωτικά μηχανήματα
  - 25 [kg] - Εμπορικού βουτανίου
- Προπάνιο
  - 13 [kg] - Εμπορικού προπανίου
  - 25 [kg] - Εμπορικού προπανίου

### 3.2.2. Κατασκευή φιαλών

Ο σχεδιασμός, η κατασκευή και αρχική επιθεώρηση και δοκιμή των φιαλών πρέπει να γίνεται ακολουθώντας ένα από τα πρότυπα **ISO 9809:2010, ISO 7866:2012, ISO 4706:2008, ISO 18172-1:2007, ISO 20703:2006, ISO 11119:2002** ή άλλου αντίστοιχου. Επίσης, όσες φιάλες έχουν κατασκευαστεί μετά από την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου 1999, πρέπει να συμφωνούν με τα πρότυπα **BS EN 1442:2008 + A1:2012** ή **BS EN 13322-1:2003+A1:2006** ή **Παράρτημα Ι μέρη 1 έως 3 της οδηγίας του συμβουλίου 84/527/EEC** όπως ισχύουν σύμφωνα με τον πίνακα **6.2.4 της ADR**. Επιπλέον, θα πρέπει να ελέγχεται η καταλληλότητα υλικών φιάλης και βαλβίδας με το αέριο που επρόκειτο να χρησιμοποιηθεί με την βοήθεια του προτύπου **ISO 11114-1:2012**. Τέλος, όλες οι απαιτήσεις σχετικά με την κατασκευή και τις δοκιμές των φιαλών περιγράφονται αναλυτικά στην **§6.2 της ADR**.

### 3.2.3. Συντήρηση φιαλών

Σύμφωνα με την Υ.Α. 12436/706/2011 (ΦΕΚ 2039/Β/13.9..2011) και την ADR οι εργασίες ελέγχου, επισκευής ή συντήρησης και γενικά οποιαδήποτε επέμβαση σε φιάλη υγραερίου γίνονται σύμφωνα με το πρότυπο **BS EN 1440:2008 + A1:2012** και τους κανονισμούς που περιγράφει η ADR και μόνο από εταιρίες που κατέχουν την αντίστοιχη νόμιμη άδεια. Φορείς επιθεώρησης πρέπει να είναι ανεξάρτητοι από κατασκευαστικές επιχειρήσεις και κατάλληλοι για να εκτελούν τις δοκιμές, επιθεωρήσεις και εγκρίσεις που απαιτούνται. Πιο αναλυτικά οι απαιτήσεις προς τους φορείς περιγράφονται στην §6.2.2.5.2.4 της ADR.

### 3.2.4. Περιοδικός έλεγχος φιαλών

Γενικά ο περιοδικός έλεγχος γίνεται με κύριο οδηγό το πρότυπο **BS EN 1440:2008 + A1:2012**. Και η σχετική νομοθεσία περιγράφεται αναλυτικά στη §6.2.1.6 της ADR. Η συχνότητα επανελέγχου των φιαλών εξαρτάται από το υλικό κατασκευής της φιάλης. Δηλαδή

- Χαλύβδινες συγκολλητές φιάλες και συγκολλητές φιάλες από κράμα αλουμινίου πρέπει να επανελέγχονται ανά 10 χρόνια.
- Οι συνθετικές φιάλες ελέγχονται με βάση της ακολουθούμενης τεκμηριωμένης γραπτής διαδικασίας, με την έγκριση της εποπτεύουσας αρχής που μπορεί να είναι οργανισμός ή φορέας. Εάν ακολουθούνται οι οδηγίες στο Παράρτημα Z του **BS EN 1440:2008 + A1:2012** μπορεί να ελέγχονται και ανά 10 χρόνια.

### 3.2.5. Σύνολο διαδικασιών περιοδικού ελέγχου φιαλών

Το σύνολο των διαδικασιών που πρέπει να γίνουν σε μία φιάλη κατά τον επανελέγχο εξαρτάται από το υλικό κατασκευής του και εκτελείται σύμφωνα με το πρότυπο **BS EN 1440:2008 + A1:2012** και την §6.2.1.6 της ADR. Δηλαδή

- Για τις χαλύβδινες συγκολλητές φιάλες:
  - Εξωτερικός έλεγχος όπως περιγράφεται στην §5.2 του **BS EN 1440:2008 + A1:2012** και
  - τουλάχιστον ένα από τα :
    - Υδραυλική δοκιμή
    - Εσωτερική οπτική επιθεώρηση
    - Πνευματική δοκιμή και έλεγχος διαρροών
- Συγκολλητές φιάλες αλουμινίου και συνθετικές φιάλες:
  - Εξωτερικός οπτικός έλεγχος όπως περιγράφεται στην §5.2 του **BS EN 1440:2008 + A1:2012**

- Εσωτερική οπτική επιθεώρηση όπως περιγράφεται στην **§5.3.3.2** του **BS EN 1440:2008 + A1:2012**
- και τουλάχιστον ένα από τα :
  - Υδραυλική δοκιμή
  - Πνευματική δοκιμή και έλεγχος διαρροών

### 3.2.6. Περιγραφή διαδικασιών επανελέγχου φιαλών

Στην ενότητα αυτή περιγράφεται το σύνολο των διαδικασιών που μπορούν να εκτελεστούν κατά τον επανέλεγχο φιαλών

- Αρχικός εξωτερικός οπτικός έλεγχος, σε πρώτη φάση εξετάζεται η εξωτερική επιφάνεια φιάλης και η βαλβίδα χειρός για βουλιάγματα, κοψίματα, αιχμηρά χτυπήματα, διόγκωση, αποστρωμάτωση, ρωγμές κτλ. Με μεγαλύτερη προσοχή επιθεωρούνται τα σημεία που σχετικά εύκολα εγκλωβίζεται νερό όπως στην βάση της φιάλης, στην περιοχή ένωσης του κορμού της φιάλης με την στεφάνη βάσης, στην περιοχή ένωσης του κορμού της φιάλης με το προστατευτικό της βαλβίδας ή τη χειρολαβή. Δίνεται μεγάλη βαρύτητα στην ανάλυση των στοιχείων που φέρνει πάνω της και κατά πόσο το σύνολό τους και ο τρόπος που είναι τυπωμένα η σφραγισμένα συμφωνεί με το πρότυπο **BS EN 14894:2013**.
- Υδραυλική δοκιμή, κατά την οποία οι φιάλες τοποθετούνται ώστε οι ραφές να είναι ορατές και εφαρμόζεται η πίεση δοκιμής σύμφωνα με τη ADR που πρέπει να είναι ίση με 1,5 φορά την πίεση λειτουργίας στους 50o [C], με ελάχιστη πίεση να είναι στα 10 [bar]. Η πίεση θα πρέπει να διατηρείται για όσο χρόνο χρειάζεται για να ελεγχτεί όλη η επιφάνεια της δεξαμενής και οπωσδήποτε όχι λιγότερο από 15 δευτερόλεπτα.
- Ακουστική εκπομπή η δοκιμή με υπέρηχους, αντί για υδραυλική δοκιμή μπορεί να εφαρμοστεί μία ισοδύναμη μέθοδος που θα βασίζεται στη δοκιμή της ακουστικής εκπομπής η δοκιμής με υπέρηχους η ένα συνδυασμό τους. Σαν οδηγός σε τέτοια περίπτωση θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί το **ISO 16148:2006**.
- Εσωτερική οπτική επιθεώρηση, κατά την οποία με μία κατάλληλη και ασφαλή πηγή φωτός εξετάζεται το εσωτερικό της φιάλης. Εάν εντοπιστεί κάποια ελαφριά επιφανειακή οξείδωση, πρέπει να καθαριστεί με προσοχή και με κατάλληλα μέσα ώστε να μην πειραχτούν τα τοιχώματα. Σε περίπτωση που ανιχνευτεί σημαντική διάβρωση, σύμφωνα με την οδηγία της ADR η φιάλη καταστρέφεται.
- Πνευματική δοκιμή και έλεγχος διαρροών, κατά την οποία η φιάλη γεμίζεται με το αέριο δοκιμής και εφαρμόζεται η αναγραφόμενη στην φιάλη πίεση δοκιμής. Η πίεση διατηρείται και γίνεται ένας σχολαστικός έλεγχος όλης της φιάλης για τυχόν διαρροές.
- Έλεγχος σπειρωμάτων φιαλών, κατά τον οποίο γίνεται οπτική επιθεώρηση των σπειρωμάτων για τυχόν εγκοπές, κοψίματα και άλλες ζημιές. Σε περίπτωση που εντοπιστεί ελαττωματικό σπείρωμα, όπου είναι δυνατόν, επισκευάζεται από κατάλληλα εκπαιδευμένο πρόσωπο, αν δεν είναι δυνατή η επισκευή, η φιάλη καταστρέφεται.



- Καταστροφή των φιαλών, κατά την οποία η φιάλη θα πρέπει να περνάει μία διαδικασία μετά από την οποία η περαιτέρω χρήση της να μην είναι δυνατή. Αυτό θα μπορούσε να γίνει είτε με μηχανικό είτε με θερμικό ή με οποιονδήποτε άλλο τρόπο που να έχει ως αποτέλεσμα την ακρήστευση της φιάλης.

### 3.2.7. Παράδειγμα επανελέγχου χαλύβδινης συγκολλητής φιάλης

Όλες οι φιάλες που είναι ελαττωματικές ή πρέπει να περάσουν επανέλεγχο περνάνε από ένα σύνολο διαδικασιών που έχουν σκοπό την επιδιόρθωση ελαττωμάτων που πιθανόν να έχουν, την επιβεβαίωση στεγανότητας και ασφαλούς λειτουργίας τους και την καταχώρηση των στοιχείων τους στα αρχεία και κράτηση αναλυτικών φακέλων. Παρακάτω περιγράφεται η σειρά των διαδικασιών που εκτελούνται για να επανελεγχτεί μία χαλύβδινη συγκολλητή φιάλη:

- Σε πρώτη φάση γίνεται ένας οπτικός έλεγχος της φιάλης. Η επιφάνεια του κορμού της φιάλης αλλά και των επιμέρους τμημάτων της όπως της στεφάνης βάσης, της χειρολαβής, της βαλβίδας-βάνας χειρός εξετάζεται για τυχόν διαβρώσεις, κοψίματα, χτυπήματα, διογκώσεις, βουλιάγματα και ρωγμές. Επίσης, εξετάζεται η χρονολογία κατασκευής και τελευταίου επανελέγχου. Σύμφωνα με τη νομοθεσία **Κ.Υ.Α. Δ3/14858 8 Ιουνίου 1993 (ΦΕΚ 477/Β 1 Ιουλίου 1993)**, **Κ.Υ.Α. 31856/2003 (Φ.Ε.Κ. 1257/Β' 3 Σεπτεμβρίου 2003)** και **ADR**, όλες τις φιάλες πρέπει να επανελέγχονται το πολύ ανά δεκαετία, με εξαίρεση κάποιες περιπτώσεις που μπορούν να επεκταθούν σε δεκαπενταετία. Οπότε όταν μία φιάλη είτε έχει έστω ένα από τα ελαττώματα που ξεπερνά σε βαθμό το μέγιστο επιτρεπτό ή έχει συμπληρώσει δέκα χρόνια λειτουργίας, αποστέλλεται για επανέλεγχο.



Εικόνα 49. Φιάλη με διαβρωμένο πάτο

- Η φιάλη που πρέπει να περάσει επανέλεγχο, πρέπει οπωσδήποτε να εκκενωθεί από υγραέριο προτού ακολουθήσει οποιοδήποτε άλλη διεργασία. Αυτό γίνεται με μία διάταξη που περιλαμβάνει δύο δεξαμενές χωρητικότητας 1000 λίτρων η κάθε μία, συνδεδεμένες σε ένα δίκτυο χαλυβδοσωλήνων διαμέτρου 1", το οποίο περιέχει ασφαλιστικές βαλβίδες ανακούφισης, βάνες εμβόλου, βάνες μαχαιρωτές

και σωλήνες υψηλής πίεσης με ορειχάλκινο ρουζούνι και ρακόρ στην άκρη με εσωτερικό σπειρώμα W 21,8 x 1/14" (αριστερόστροφο) με τα οποία συνδέονται οι φιάλες προς άδειασμα. Λόγω της διαφοράς στην πίεση, η οποία δημιουργείται είτε με ένα συμπιεστή (κομπρεσέρ) ο οποίος ρουφάει την πίεση από τις δεξαμενές, είτε όταν οι δεξαμενές είναι άδειες και η χωρητικότητα τους κατά πάρα πολύ μεγαλύτερη των φιαλών, συνεπώς η ποσότητα της αέριας φάσης μέσα σε μία ή ακόμα και μερικές φιάλες δεν είναι αρκετή για να σηκώσει πίεση σε αυτές, το υγραέριο ρέει από τις φιάλες στις δεξαμενές μέχρι αυτές να αδειάσουν.



*Εικόνα 50. Διάταξη εκκένωσης φιαλών*

- Από την άδεια πλέον φιάλη, με ένα πνευματικό ή χειροκίνητο εξάρτημα που έχει την αντιστοιχη θηλυκή υποδοχή για την βαλβίδα-βάννα χειρός, η βαλβίδα αυτή αφαιρείται. Ύστερα, η φιάλη γεμίζεται μέχρι τέλος με νερό, το οποίο θα εκτοπίσει προς τα έξω τις τελευταίες μικρές ποσότητες υγραερίου που είχαν απομείνει μέσα. Αφού όλο το απομένον υγραέριο ανέβει προς τα πάνω και εξατμιστεί, η φιάλη εκκενώνεται από νερό και αφήνεται να στεγνώσει.
- Η στεγνή φιάλη, μεταφέρεται στη αμμοβολή όπου αφαιρούνται όλες οι ουσίες πάνω από την επιφάνειά της. Αυτές μπορεί να είναι σκουριά, βαφή, αυτοκόλλητα, βρωμιά κτλ. Αφού καθαριστεί, η φιάλη επανεξετάζεται οπτικά. Εάν δεν βρεθούν σημαντικές διαβρώσεις, αιχμηρά χτυπήματα ή κοψίματα κτλ., η φιάλη προχωράει σε επόμενο στάδιο όπου περνάει υδραυλική δοκιμή. Σε αντίθετη περίπτωση τοποθετείται στην άκρη όπου θα εξεταστεί για τελική έγκριση καταστροφής και καταγραφή των στοιχείων της.



*Εικόνα 51. Φιάλη που έχει περάσει το στάδιο της αμμοβολής*

- Στο στάδιο της υδραυλικής δοκιμής, η φιάλη γεμίζεται πάλι με νερό και είτε με αντλία χειρός ή με ηλεκτρική αντλία εφαρμόζεται η σύμφωνη με το πρότυπο **BS EN 1440:2008 + A1:2012** και αναγραφόμενη πάνω στην φιάλη πίεση δοκιμής για χρόνο τουλάχιστον 15 δευτερολέπτων. Ενώ η φιάλη βρίσκεται υπό πίεση, εξετάζεται όλη η επιφάνεια και οι ραφές τις για τυχόν διαρροές. Εάν δεν εντοπιστούν ίχνη νερού αλλά και πτώση πίεσης πάνω στη κλίμακα του μανομέτρου, η φιάλη εκκενώνεται από νερό, αφήνεται να στεγνώσει και προχωράει σε επόμενο στάδιο όπου καταγράφονται τα στοιχεία της. Σε αντίθετη περίπτωση τοποθετείται στην άκρη όπου θα εξεταστεί για τελική έγκριση καταστροφής και καταγραφή των στοιχείων της.



*Εικόνα 52. Καταστραμμένη φιάλη*

- Σε επόμενο στάδιο γίνεται καταγραφή στοιχείων, η φιάλη εξετάζεται λεπτομερώς για τυχόν ελαττώματα και για ακεραιότητα σήμανσης που πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του προτύπου **BS EN 14894:2013**. Στους φακέλους, για κάθε φιάλη, καταγράφονται:
  - κατασκευαστής, ο οποίος είναι γραμμένος με τη μεγαλύτερη γραμματοσειρά σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα στοιχεία
  - σειριακός αριθμός
  - έτος κατασκευής. Στην φιάλη πρέπει να υπάρχει μόνο ένα έτος κατασκευής. Σε περίπτωση, που για παράδειγμα, στον λαιμό της φιάλης και στη χειρολαβή υπάρχουν δύο έστω και ίδια έτη κατασκευής, είναι ένδειξη επέμβασης στη φιάλη από μη πιστοποιημένο προσωπικό, οργανισμό ή φορέα και η φιάλη πρέπει να καταστραφεί.
  - χωρητικότητα σε λίτρα
  - απόβαρο που αναγράφεται πάνω στη φιάλη
  - πραγματικό απόβαρο, που προκύπτει από τη ζύγιση της φιάλης με μία βαλβίδα χειρός. Σύμφωνα με εμπειρικό κανόνα, η απόκλιση του πραγματικού απόβαρου από το αναγραφόμενο στη φιάλη δεν επιτρέπεται να ξεπερνά το 3%. Σε αντίθετη περίπτωση εξετάζεται το εσωτερικό της φιάλης και αν εντοπιστούν σημάδια διάβρωσης, καταστρέφεται.
  - η σήμανση «π» και η σήμανση «E» με τον αριθμό της, αν υπάρχουν πάνω στη φιάλη. Σε οποιαδήποτε περίπτωση, σφραγίζεται στη χειρολαβή το σήμα «E» με την ένδειξη του τρεχούμενου έτους που θα αποτελέσει την ημερομηνία τελευταίου επανελέγχου της φιάλης. Αν η φιάλη δεν φέρει την σήμανση «π» η οποία σημαίνει την συμμόρφωση του μεταφερόμενου εξοπλισμού υπό πίεση στις απαιτήσεις της νομοθεσίας **ADR και Υ.Α. 12436/706/2011 (ΦΕΚ 2039/Β/13.9.2011)**, αυτή τοποθετείται σύμφωνα με το **παράρτημα ΙΙΙ της Υ.Α. οικ. 12436/706/2011**. Εάν φέρει τη σήμανση «π», δεν σφραγίζεται ξανά.
  - ο λόγος για τον οποίο η φιάλη αποσύρεται και πάει για καταστροφή, εάν υπάρχει
- Στη συνέχεια γίνεται ένας τελευταίος έλεγχος της επιφάνειας της φιάλης αλλά και του σπειρώματός της και αν δεν εντοπιστεί κάποιο ελάττωμα, η φιάλη τοποθετείται και στερεώνεται σε μία διάταξη με πνευματική μέγγενη με κατάλληλης γεωμετρίας σιαγόνες και με ένα πνευματικό εξάρτημα που έχει την αντίστοιχη θηλυκή υποδοχή βιδώνεται μία καινούρια βαλβίδα-βάνα χειρός τύπου OMECA 80.1059 με σπείρωμα DIN 477 GROSS, η οποία πληροί τις απαιτήσεις του προτύπου **BS EN 13153:2002** ή **BS EN 13152:2002** ή άλλου αντίστοιχου. Στο σπείρωμα της βαλβίδας χειρός, προτού αυτή τοποθετηθεί, εφαρμόζεται λεπτή στρώση πάστας στεγάνωσης σπειρωμάτων (liquid gasket) που ικανοποιεί τις απαιτήσεις του **ISO 10123** ή άλλου αντίστοιχου.



Εικόνα 53. Τοποθέτηση χειροκίνητης βαλβίδας στη φιάλη

- Επόμενο στάδιο είναι το στάδιο βαφής της φιάλης. Σε πρώτη φάση η φιάλη γυρίζεται ανάποδα και βάφεται ο πάτος της. Όταν στεγνώσει η βαφή που εφαρμόστηκε, η φιάλη τοποθετείται σε μία βάση με ένα περιστρεφόμενο δίσκο και βάφεται το υπόλοιπο της επιφάνειάς της. Να σημειωθεί, ότι κατά τη διαδικασία βαφής γίνεται χρήση ενός εξαρτήματος για κάλυψη της βαλβίδας-βάνας χειρός. Όταν το χρώμα στεγνώσει, επάνω στην φιάλη γίνεται στάμπα με χρώμα το λογότυπο της εταιρίας και το καθαρό βάρος του υγραερίου που πρέπει να περιέχει η φιάλη.



Εικόνα 54. Στάδιο βαφής των φιαλών

- Σε τελευταίο στάδιο, η φιάλη στη τελική μορφή της ζυγίζεται ξανά και το απόβαρό της γράφεται ή τυπώνεται πάνω στην επιφάνεια της ανεξιτηλα.

Πρέπει να τονιστεί, ότι όλες οι παραπάνω διεργασίες πρέπει να εκτελούνται μονό από εξειδικευμένο και εξουσιοδοτημένο προσωπικό. Επίσης, στο εσωτερικό της φιάλης βρίσκεται εγκλωβισμένος ατμοσφαιρικός αέρας, ο οποίος θα πρέπει να αφαιρεθεί. Αυτό γίνεται κατά την εμφιάλωση ανοίγοντας απλά την βαλβίδα χειρός για ένα μικρό χρονικό διάστημα όταν η φιάλη θα έχει ήδη υγραέριο μέσα. Λόγω της διαφοράς πυκνοτήτων, ο αέρας ανεβαίνει προς τα πάνω και έτσι θα είναι ο πρώτος που θα απελευθερωθεί.

# 4. Ανάλυση καταπονήσεων λόγω πίεσης σε δεξαμενή

## 4.1. Δοχεία πίεσης

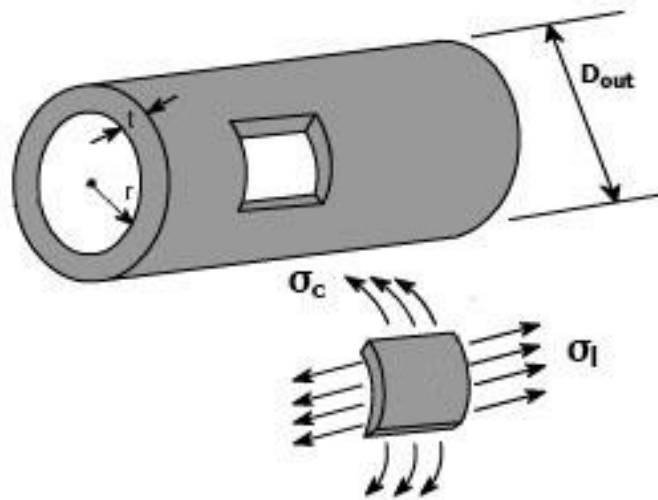
Όλα τα δοχεία και οι δεξαμενές αποθήκευσης υγρών ή αερίων τα οποία βρίσκονται υπό πίεση μέσα σε αυτές αποτελούν τα λεγόμενα δοχεία πίεσης. Το σχήμα των δοχείων πίεσης κυμαίνεται σε ένα μεγάλο εύρος και θεωρητικά μπορεί να είναι οποιοδήποτε. Συνήθως όμως αποτελείται από ολόκληρα ή τομείς τέτοιων σχημάτων όπως σφαίρα, κύλινδρος και κώνος. Όσον αφορά τα «καπάκια» ή «κεφαλές» των δοχείων πίεσης, έχουν επικρατήσει αυτά με ημισφαιρικό ή ελλειπτικό ή κυρτό σχήμα (dished – torispherical). Τα δοχεία πίεσης στο μεγαλύτερο ποσοστό των περιπτώσεων χρησιμοποιούνται για να συγκρατούν εσωτερικά κάποια πίεση, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιούνται για να αντιστέκονται σε εξωτερικές πιέσεις. Χαρακτηριστικά παραδείγματα δοχείων πίεσης είναι οι σωλήνες του νερού, τα κουτάκια αναψυκτικών, τα καζάνια ή ακόμα και η επένδυση των υποβρυχίων και αεροσκαφών. Οι πιο σημαντικοί παράγοντες που καθορίζουν την αντοχή και συνεπώς την συμπεριφορά των δοχείων πίεσης είναι το πάχος του ελάσματος τους και το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένα. Λόγω του ότι τα δοχεία πίεσης χρησιμοποιούνται και για αποθήκευση επικίνδυνων υλικών ή πολλές φορές ακόμα και ζώες ανθρώπων εξαρτούνται από αυτά, η αστοχία του υλικού τους θα μπορούσε να έχει τραγικές συνέπειες. Γι' αυτό η κατασκευή των δοχείων πίεσης γίνεται με αυστηρή τήρηση των απαιτήσεων που βρίσκονται στα Διεθνή, Ευρωπαϊκά ή τοπικά πρότυπα. Τα πρότυπα αυτά αναφέρονται στην §2.2.3 της παρούσας πτυχιακής εργασίας.[32]

### 4.1.1. Θεωρία λεπτότοιχων δοχείων πίεσης

Στην προκύπτουσα ενότητα περιγράφεται η θεωρία που εφαρμόζεται στα δοχεία πίεσης που έχουν κυλινδρικό σχήμα τα οποία είναι αυτά που μοιάζουν περισσότερο με τις συνηθισμένες δεξαμενές αποθήκευσης υγραερίου. Η θεωρία που περιγράφεται παρακάτω μεν, ισχύει μόνο για τα λεπτότοιχα δοχεία πίεσης. Για να θεωρηθεί ένα δοχείο πίεση λεπτότοιχο πρέπει ο λόγος της ακτίνας του προς το πάχος του ελάσματος από το οποίο είναι κατασκευασμένο να είναι μεγαλύτερος του δέκα,  $R/t > 10$ . Επίσης,

μία ακόμη προϋπόθεση για να ισχύει η παρακάτω θεωρία είναι ότι το φορτίο πρέπει να είναι συμμετρικά κατανεμημένο.

Σε κάθε απειροελάχιστο τμήμα του κυλινδρικού δοχείου πίεσης που εξετάζεται μελετιούνται δύο τάσεις.

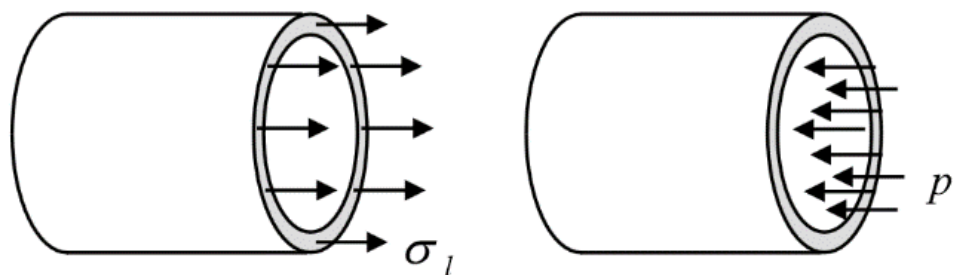


Εικόνα 55. Τάσεις στο απειροελάχιστο κομμάτι ενός δοχείου πίεσης

Οι δύο τάσεις αυτές είναι η διαμήκης τάση  $\sigma_l$  (longitudinal), η οποία τείνει να παραμορφώσει την δεξαμενή κατά μήκος του άξονά της και η περιφερειακή τάση  $\sigma_c$  (circumferential), η οποία τείνει να μεταβάλλει την διάμετρο της δεξαμενής.

Από το διάγραμμα ελευθέρου σώματος, παίρνοντας κάθε φορά την αντίστοιχη τομή, για την κάθε μία από τις τάσεις προκύπτει

- Διαμήκης τάση  $\sigma_l$ ,



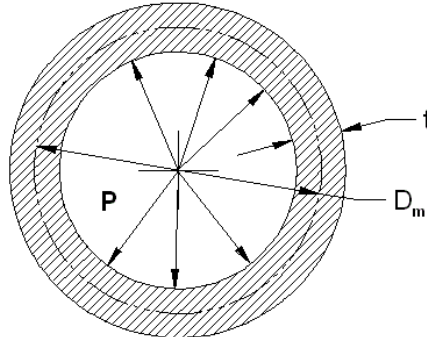
Εικόνα 56. Διαμήκης τάσης

εάν παρθεί η τομή κάθετα στον άξονα του κυλίνδρου, η οποία απεικονίζεται παραπάνω και αφού το σώμα βρίσκεται σε ισορροπία πρέπει:

Κάθε τάση δίνεται από τον τύπο  $\sigma = \frac{F}{A}$ , όπου

- ο  $A$  είναι η κάθετη επιφάνεια του κελύφους της δεξαμενής και δίνεται από την σχέση

$$A = \pi * D_m * t, \text{ όπου}$$



Εικόνα 57. Εγκάρσια τομή ενός δοχείου πίεσης

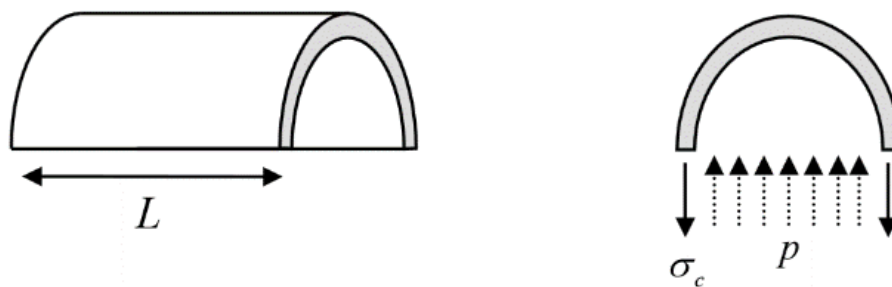
$D_m$  είναι η μέση διάμετρος και δίνεται από τη σχέση  $D_m = D_{out} - t$ , και

- ο  $F$  είναι η δύναμη που προέρχεται από την πίεση  $P$  που εφαρμόζεται στην κάθετη επιφάνεια της τομής της δεξαμενής και δίνεται από τον τύπο

$$A_F = \frac{\pi * D_m^2}{4}, \text{ τελικά προκύπτει}$$

$$\sigma_l = \frac{P * \frac{\pi * D_m^2}{4}}{\pi * D_m * t} \Rightarrow \sigma_l = \frac{P * D_m}{4 * t}$$

- Περιφερειακή τάση  $\sigma_c$ ,



Εικόνα 58. Περιφερειακή τάση

εάν παρθεί η τομή κατά τον άξονα του κυλίνδρου, η οποία απεικονίζεται παραπάνω και αφού το σώμα βρίσκεται σε ισορροπία πρέπει:



Κάθε τάση δίνεται από τον τύπο  $\sigma = \frac{F}{A}$ , όπου

- $A$  είναι η επιφάνεια του κελύφους της δεξαμενής και δίνεται από την σχέση

$$A = 2 * L * t, \text{ όπου}$$

$L$  είναι το μήκος του κομματιού που μελετάται

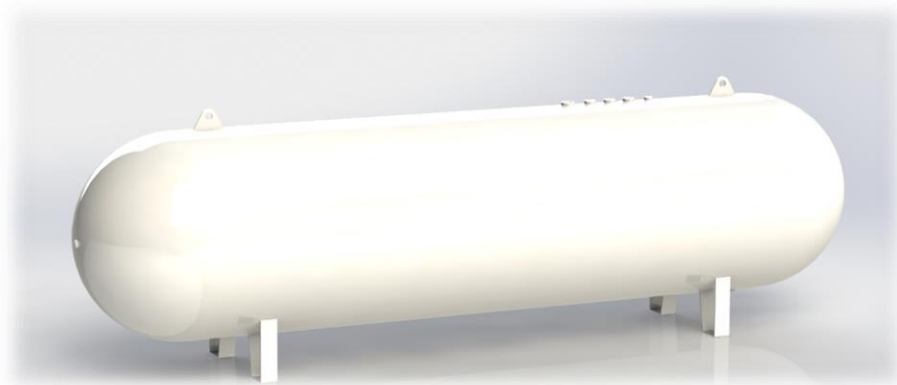
- $F$  είναι η δύναμη που προέρχεται από την πίεση  $P$  που εφαρμόζεται στην κάθετη επιφάνεια της δεξαμενής και δίνεται από τον τύπο

$$A_F = L * D_m, \text{ τελικά προκύπτει}$$
$$\sigma_c = \frac{P * L * D_m}{2 * L * t} \Rightarrow \sigma_c = \frac{P * D_m}{2 * t}$$

Όπως είναι εύκολο να παρατηρήσει κανείς οι διαμήκεις τάσεις  $\sigma_l$  είναι δύο φορές μικρότερες από τις περιφερειακές τάσεις  $\sigma_c$ . Για τον λόγο αυτό κατά τον υπολογισμό του απαιτούμενου πάχους ελασμάτων δοχείων πίεσης λαμβάνονται υπόψιν μόνο οι περιφερειακές τάσεις  $\sigma_c$ . [4, 5]

#### 4.1.2. Θεωρητικός υπολογισμός πάχους ελάσματος δεξαμενής

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω λόγω της πολύ μεγάλης σημασίας της λειτουργίας των δοχείων πίεσης, η κατασκευή τους γίνεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις που ορίζονται από τα Διεθνή, Ευρωπαϊκά και τοπικά πρότυπα και νομοθεσίες. Αυτά που εφαρμόζονται πιο συχνά είναι τα **ASME Boiler and Pressure Vessel Code (BPVC), AD 2000 Merkblatter, DIN EN 13445** και η **Οδηγία 97/23/ΕΕ (PED) ANNEX 1**. Παρακάτω θα γίνει ένας υπολογισμός του ελάχιστου απαιτούμενου πάχους ελάσματος δεξαμενής με ημισφαιρικές κεφαλές (hemispherical ends) με τη χρήση των τύπων και οδηγιών του προτύπου **DIN EN 13445** το οποίο είναι εναρμονισμένο με την **Οδηγία 97/23/ΕΕ**.



Εικόνα 59. Δεξαμενή χωρητικότητας 5000 λίτρων με ημισφαιρικές κεφαλές

Για την συγκεκριμένο υπολογισμό θα ληφθούν τα εξής δεδομένα:

- Το υλικό κατασκευής δεξαμενής θα είναι το σύμφωνο με το πρότυπο **EN 10028-2, Grade P355GH (1.0473)**, το Yield strength του οποίου, δίνεται από τον παρακάτω πίνακα.[31]

Nominal thickness (mm):	to 16	16 - 40	40 - 60	60 - 100	100 - 150	150 - 250
ReH - Minimum yield strength (MPa) (+N)	355	345	335	315	295	280

Πίνακας 9. Yield strength του Grade P355GH (1.0473)

και Tensile strength που δίνεται από τον πιο κάτω πίνακα.[31]

Nominal thickness (mm):	to 60	60 - 100	100 - 150	150 - 250
Rm - Tensile strength (MPa) (+N)	510-650	490-630	480-630	470-630

Πίνακας 10. Tensile strength του Grade P355GH (1.0473)

- Η επιθυμητή εξωτερική διάμετρος δεξαμενής θα είναι **1,200 [m]**
- Η μέγιστη πίεση λειτουργίας θα είναι ίση με **17,5 [bar]**

Σύμφωνα με την **§7.4.2** της **DIN EN 13445-3**, το ελάχιστο απαιτούμενο πάχος του κελύφους της δεξαμενής δίνεται από τον τύπο

$$e = \frac{P * D_e}{4 * f * z + P}$$

όπου

- P είναι η μέγιστη πίεση λειτουργίας της δεξαμενής, που ορίζεται από τα δεδομένα,
- D<sub>e</sub> είναι η εξωτερική διάμετρος της δεξαμενής, που ορίζεται από τα δεδομένα,
- f είναι η ονομαστική σχεδιαστική τάση (design stress) για κανονικές συνθήκες λειτουργίας που σύμφωνα με τη μηχανική ιδιότητα του υλικού.[31]

A - Min. elongation at fracture (%) (+N)	20-21
--	-------

Πίνακας 11. Elongation του Grade P355GH (1.0473)

και την **§6.2.1** της **DIN EN 13445-3** είναι ο ελάχιστος από τους δύο λόγους - (Yield strength/1,5) ή (Tensile strength/2,4) και στην προκυμμένη περίπτωση βγαίνει να είναι ίσο με **212,5 [MPa]** και

- z είναι ο συντελεστής απόδοσης συγκολλήσεων, που στην προκυμμένη περίπτωση για testing group 1 στο οποίο ανήκει το υλικό κατασκευής που ορίζεται από τα δεδομένα, από τον **Πίνακα 5.6-1** της **DIN EN 13445-3**

z	1	0,85	0,7
Testing Group	1, 2	3	4

Πίνακας 12. Συντελεστές απόδοσης συγκολλήσεων σύμφωνα με το πρότυπο **DIN EN 13445-3**

προκύπτει να είναι ίσος με 1.

Οπότε

$$e = \frac{P * D_e}{4 * f * z + P} = \frac{17,5 * 10^5 [Pa] * 1,2 [m]}{4 * 212,5 * 10^6 [Pa] * 1 + 17,5 * 10^5 [Pa]} \Rightarrow$$

$$e = 0,00247 [m] \quad \text{ή} \quad e = 2,47 [mm]$$

Και έτσι, αφού όπως ορίστηκε στην αρχή της ενότητας, η δεξαμενή που μελετάται έχει ημισφαιρικές κεφαλές (hemispherical ends) συνεπώς σύμφωνα με την **§7.5.2** της **DIN EN 13445-3**, και τα ελάσματα των κεφαλών θα έχουν ελάχιστο απαιτούμενο πάχος ίσο με **2,74 [mm]**.

Το αποτέλεσμα που βρέθηκε φαίνεται απολύτως λογικό για τον λόγο ότι το πάχος των ελασμάτων των δεξαμενών που κυκλοφορούν στην αγορά ξεκινάει από τα **5,5-6 [mm]**, μέσα στα οποία συμπεριλαμβάνεται το ελάχιστο απαιτούμενο πάχος ελάσματος για την εξασφάλιση αντοχής στην μέγιστη πίεση λειτουργίας και οι λοιπές προσαυξήσεις για λόγους αύξησης συντελεστή ασφαλείας, τυχόν λείπτυνση κατά την παραγωγή καθώς και περιθώριο μείωσης πάχους από τυχόν μελλοντική διάβρωση.

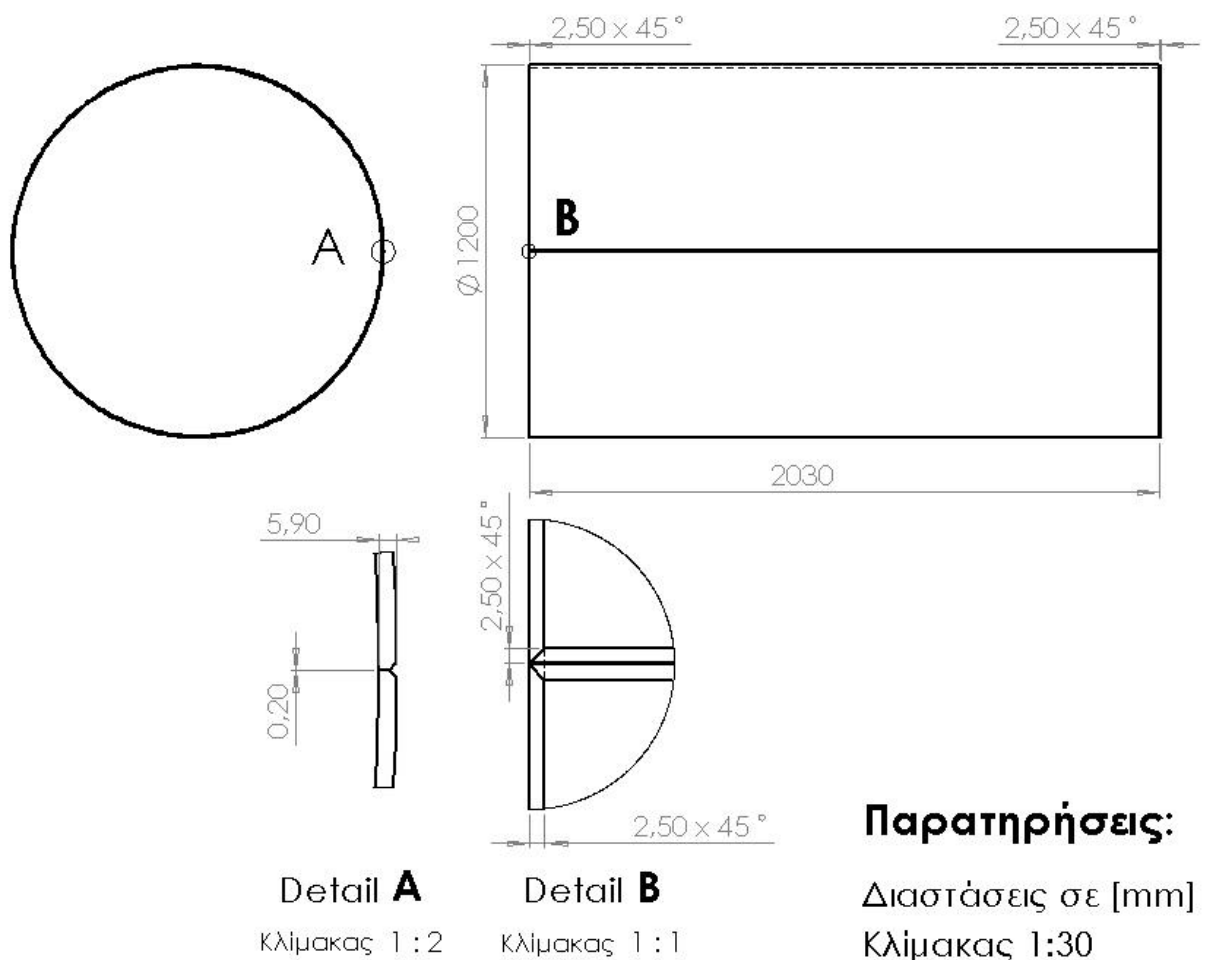
## 4.2. Σχεδιασμός και προσομοίωση υπάρχουσας δεξαμενής στο λογισμικό SolidWorks

### 4.2.1. Σχεδιασμός δεξαμενής

Τα σχέδια της δεξαμενής που παρουσιάζεται στην παρούσα ενότητα βρέθηκαν στο Εγχειρίδιο υγραερίου της Πετρογκάζ Α.Ε. [13]. Ο τρισδιάστατος σχεδιασμός έγινε με την χρήση λογισμικού παραμετρικής σχεδίασης SolidWorks.

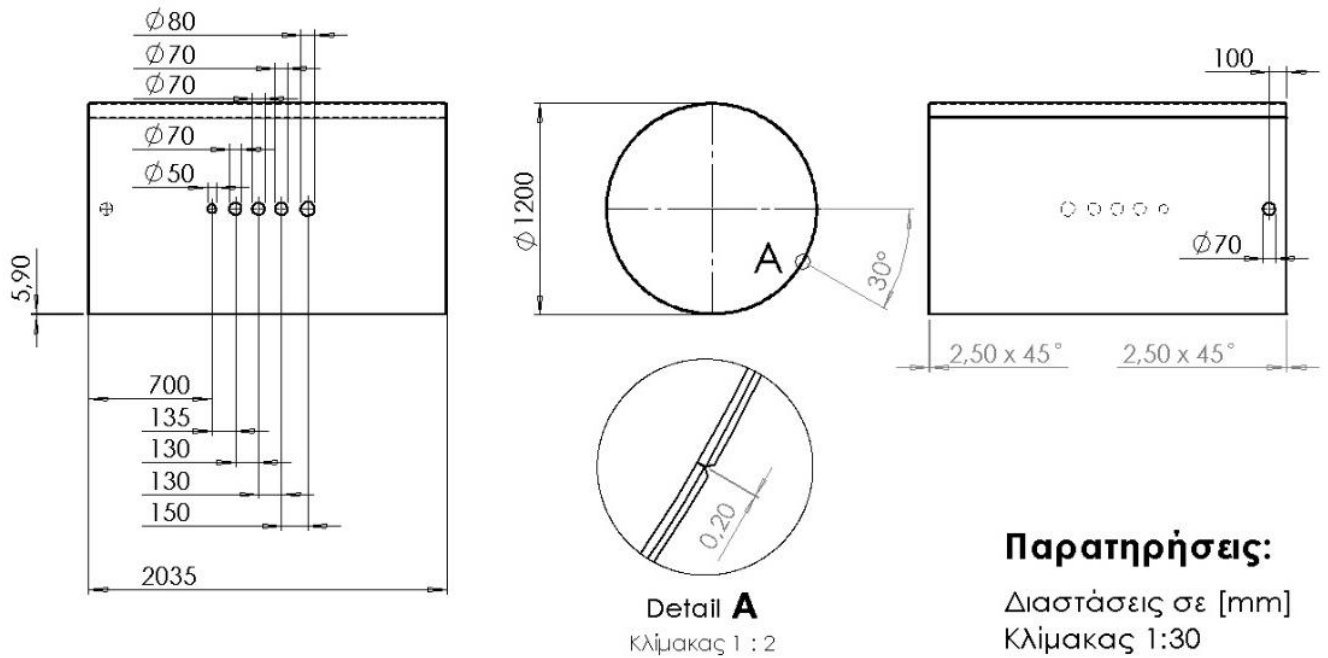
Τα επιμέρους τμήματα της δεξαμενής 5000 λίτρων με κεφαλές τύπου torispherical, που σχεδιάστηκαν είναι τα εξής

- ο πρώτος κύλινδρος που σχεδιάστηκε με τις εντολές **Extruded Boss/Base**, **Extruded Cut**, **Chamfer** και τις διαστάσεις που απεικονίζονται παρακάτω



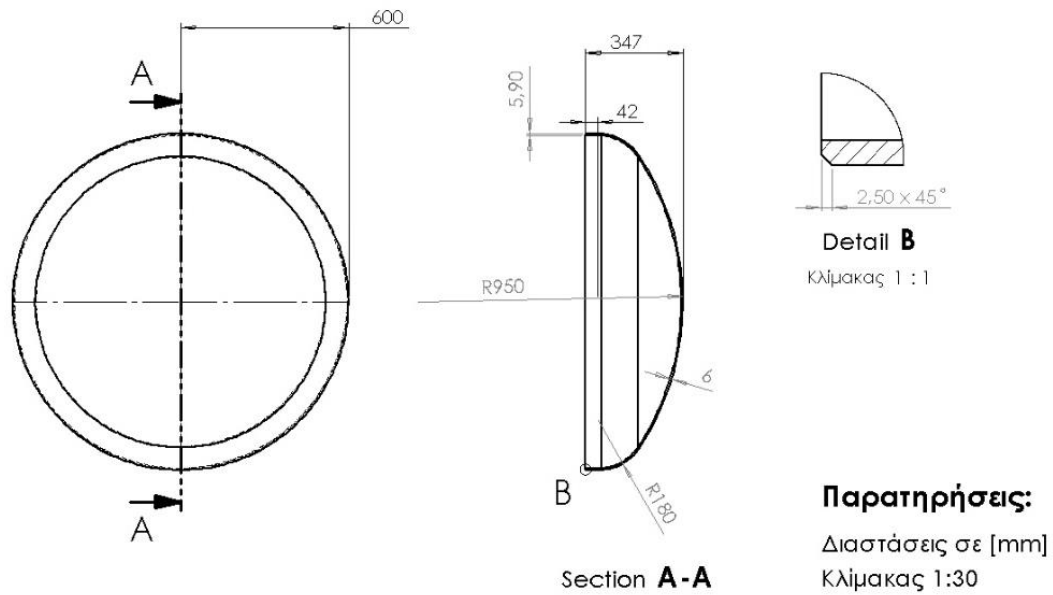
Εικόνα 60. Σχέδιο κυλίνδρου δεξαμενής χωρίς στόμα

- ο δεύτερος κύλινδρος που σχεδιάστηκε με τις εντολές **Extruded Boss/Base**, **Extruded Cut**, **Chamfer** και τις διαστάσεις που απεικονίζονται παρακάτω



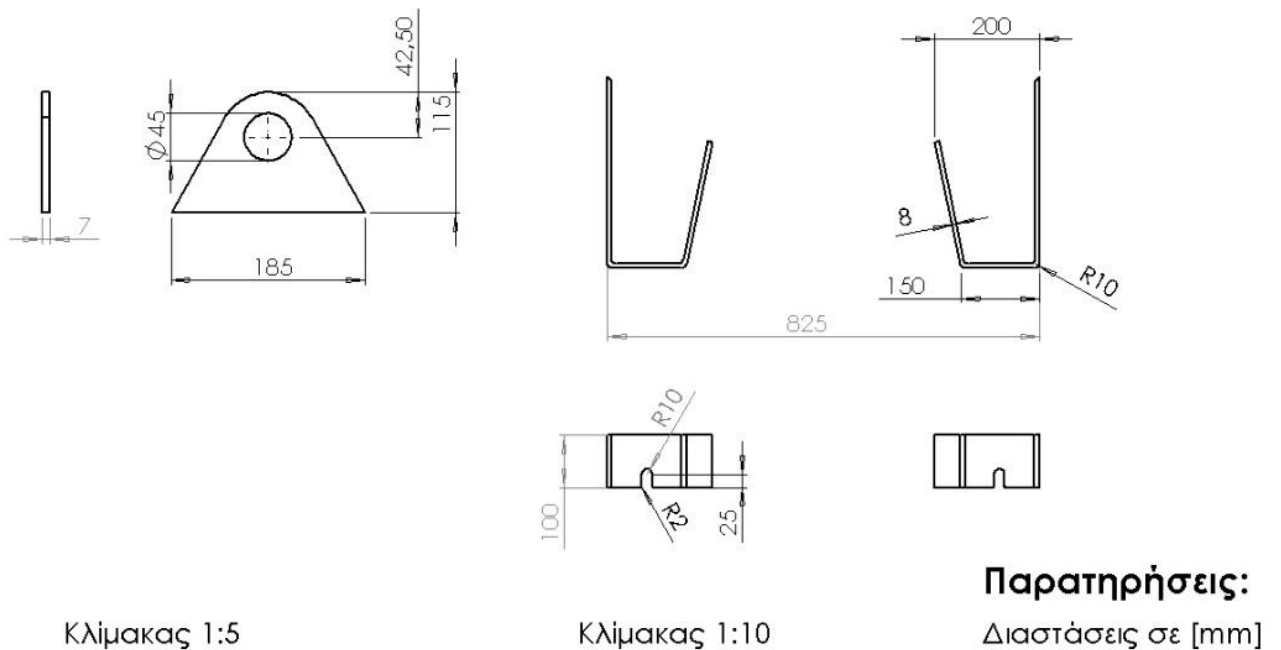
Εικόνα 61. Σχέδιο κυλίνδρου δεξαμενής με στόμια

- η κεφαλή τύπου torispherical, που σχεδιάστηκε με τις εντολές **Revolved Boss/Base**, **Chamfer** και τις διαστάσεις που απεικονίζονται παρακάτω



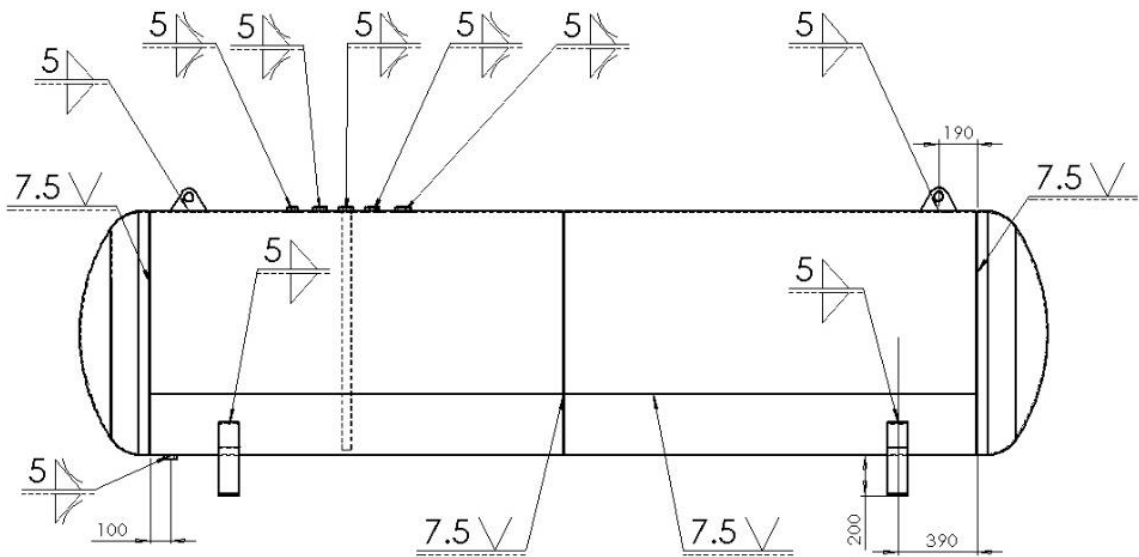
Εικόνα 62. Σχέδιο κεφαλής δεξαμενής τύπου torispherical

- το χερούλι και τα πόδια, που σχεδιάστηκε με τις εντολές **Extruded Boss/Base**, **Extruded Cut**, **Chamfer** και τις διαστάσεις που απεικονίζονται παρακάτω



Εικόνα 63. Σχέδιο του χερουλιού και των ποδιών της δεξαμενής

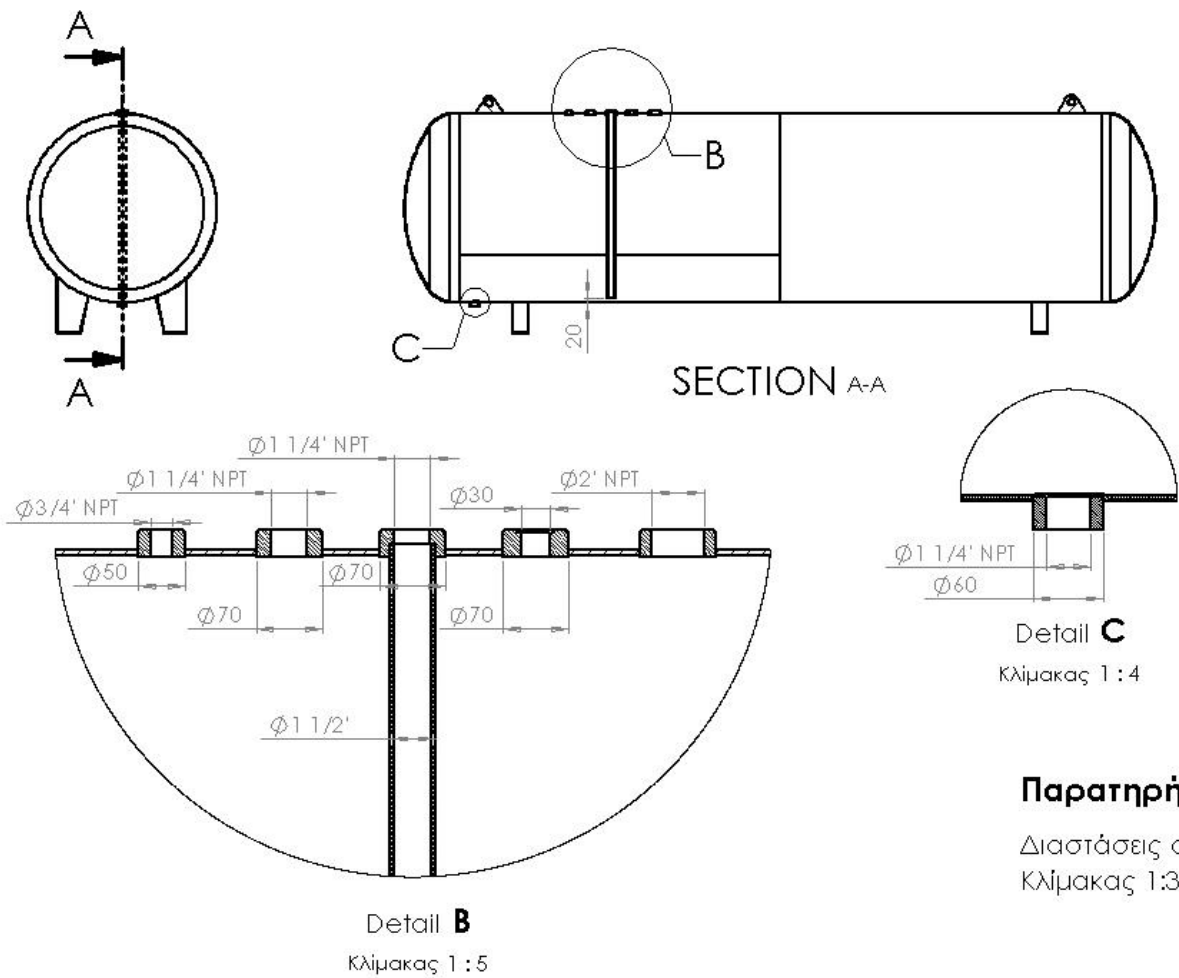
στο τέλος έγινε η συναρμολόγηση των επιμέρους τμημάτων και σχόλιων με την βοήθεια εντολών **Mate** και **Weld Bead**. Τα σχέδια της συναρμολόγησης παρουσιάζονται παρακάτω



**Παρατηρήσεις:**

Διαστάσεις σε [mm]  
Κλίμακας 1:20

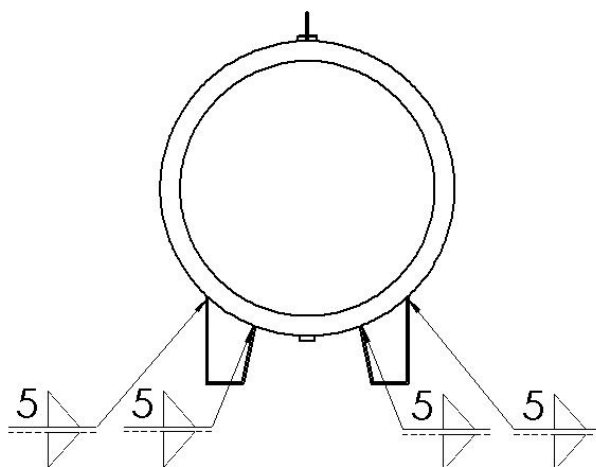
Εικόνα 64. Σχέδιο συναρμολόγησης δεξαμενής



**Παρατηρήσεις:**

Διαστάσεις σε [mm]  
Κλίμακας 1:30

Εικόνα 65. Σχέδιο στομιών και τομής δεξαμενής

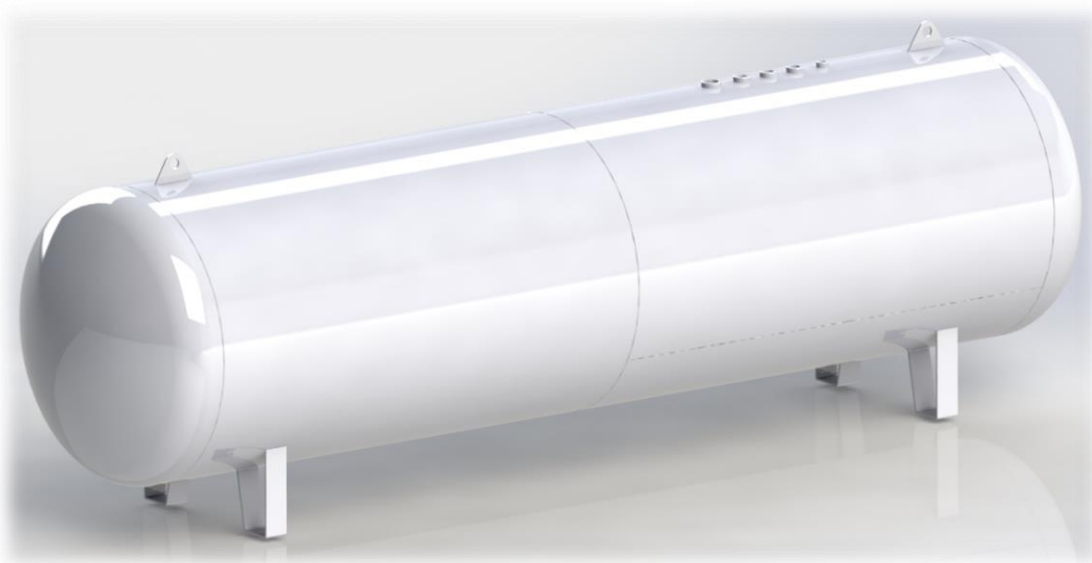


**Παρατηρήσεις:**

Διαστάσεις σε [mm]

Κλίμακας 1:20

*Εικόνα 66. Σχέδιο συναρμολόγησης δεξαμενής*



*Εικόνα 67. Η τελική Rendered εμφάνιση της δεξαμενής που σχεδιάστηκε*



## 4.2.2. Ανάλυση καταπονήσεων με χρήση λογισμικού πεπερασμένων στοιχείων (FEA) SolidWorks Simulation

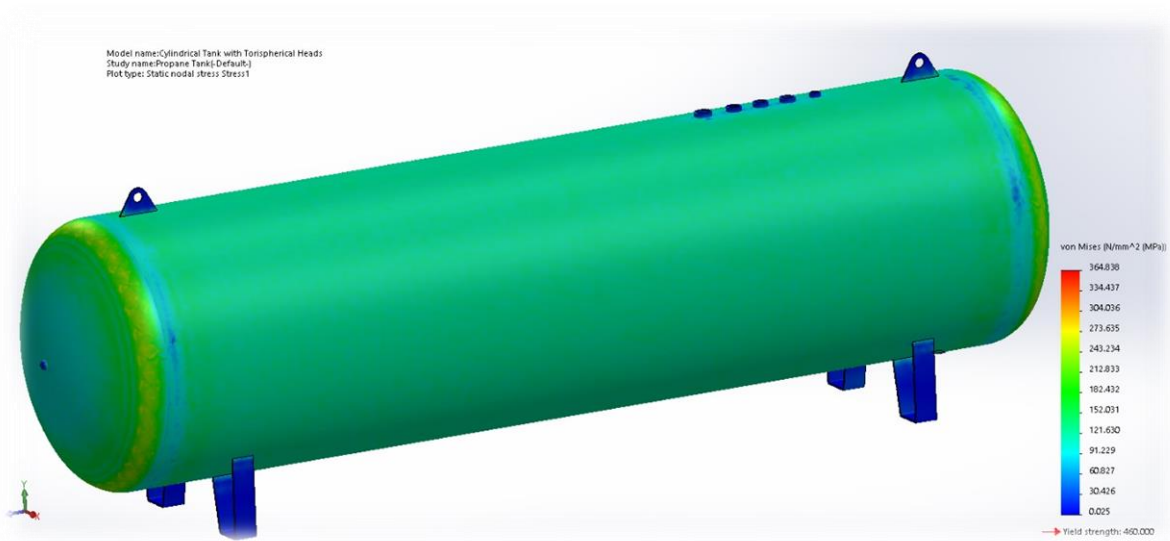
Η δεξαμενή που σχεδιάστηκε όπως περιγράφεται στην §4.2.1 της παρούσας πτυχιακή εργασίας, στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε στο λογισμικό ανάλυσης καταπονήσεων με χρήση πεπερασμένων στοιχείων (FEA) **SolidWorks Simulation**

Οι ορισμοί της στατικής μελέτης (static study) που διεξήχθη είναι

- υλικό κατασκευής δεξαμενής σύμφωνα με το πρότυπο **EN 10028-2, Grade 15NiCuMoNb5-6-4 (1.6368)**
- επαφή των τμημάτων μεταξύ τους (Component contacts), λόγω του ότι σύμφωνα με το πρότυπο **DIN EN 13445-3**, ο συντελεστής απόδοσης συγκολλήσεων μπορεί να παρθεί ίσος με μονάδα, ορίζεται ως **Bonded**
- τα στηρίγματα (fixtures) ορίζονται ως **Fixed** στο ένα ζεύγος ποδιών και ως **Roller/Slider** στο δεύτερο ζεύγος ποδιών ώστε να επιτρέπουν την ολίσθηση κατά την διαστολή
- τα φορτία που εφαρμόστηκαν είναι
  - πίεση ίση με **17,5 [bar]**, που είναι η μέγιστη πίεση λειτουργίας όπως ορίζεται από την νομοθεσία
  - θερμοκρασία των **50° [C]**, που επίσης ορίζεται από την νομοθεσία ως μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας και
  - βαρύτητα
- το μέγεθος στοιχείου του συμπλέγματος (**mesh element**) που χρησιμοποιήθηκε είναι 61,1 [mm]. Ενώ σε σημεία που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον εφαρμόστηκε **Mesh Control** με μέγεθος στοιχείου του συμπλέγματος (**mesh element**) 5 [mm] και 10 [mm].

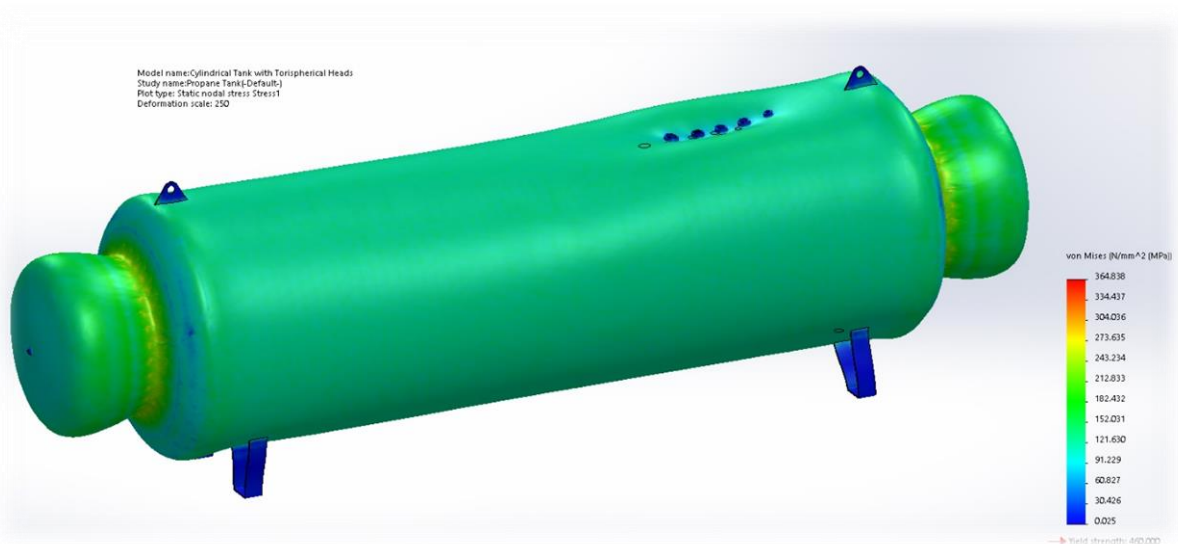
Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ότι στο κυρίως κέλυφος της δεξαμενής οι τάσεις βρίσκονται σε σχετικά χαμηλό επίπεδο, ενώ στα σημεία όπου υπάρχει αλλαγή καμπυλότητας οι τάσεις είναι αυξημένες.



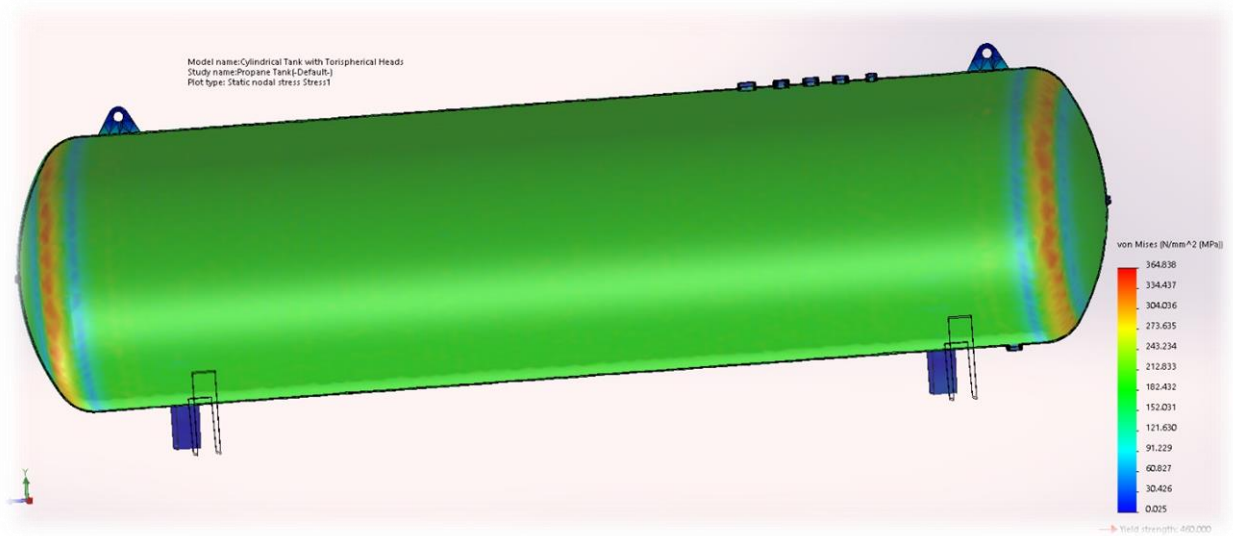
Εικόνα 68. Τάσεις στη δεξαμενή

Στην πιο κάτω εικόνα σε κλίμακα 250:1 απεικονίζεται η μορφή που τείνει να πάρει η δεξαμενή λόγω καταπονήσεων.



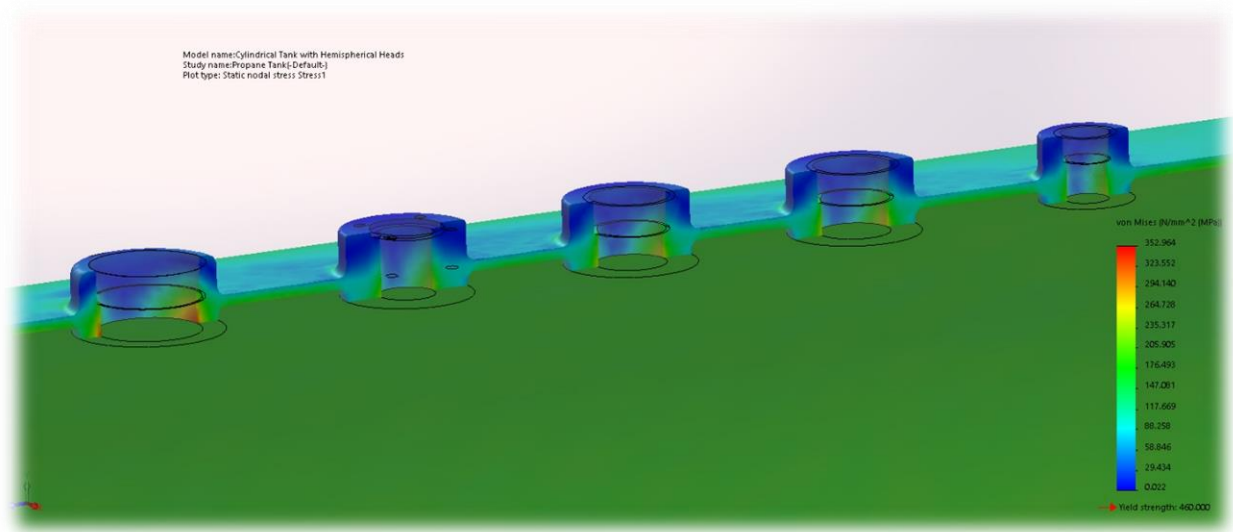
Εικόνα 69. Μορφή που τείνει να πάρει η δεξαμενή

Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζεται η δεξαμενή σε τομή παράλληλα στον άξονά της



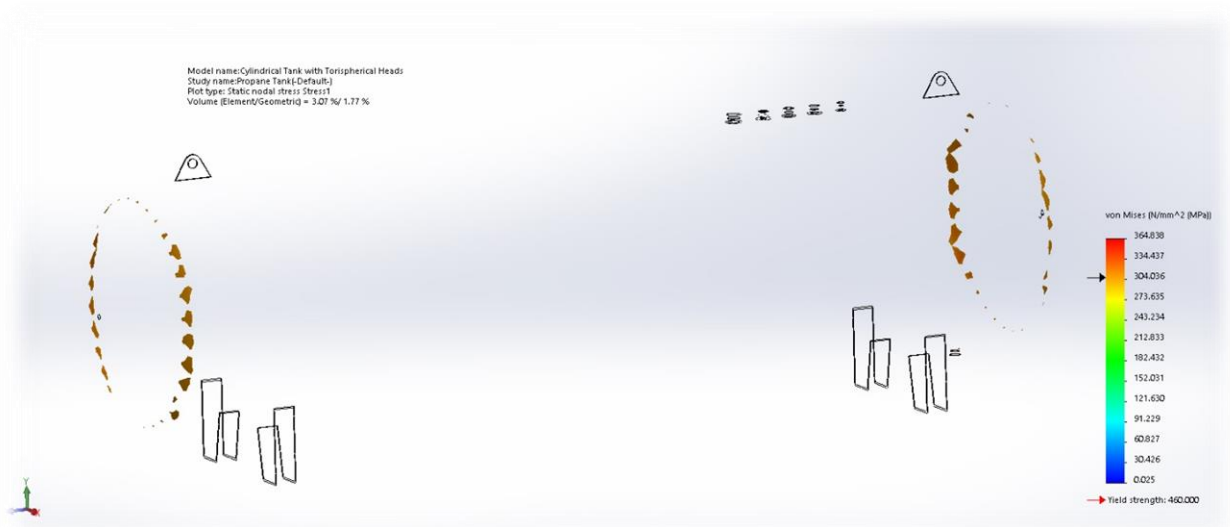
Εικόνα 70. Δεξαμενή σε τομή

Στην πιο κάτω εικόνα απεικονίζονται τα στόμια στα οποία παρατηρείται ότι αναπτύσσονται σχετικά υψηλές τάσεις και είναι ξεκάθαρο ότι αυτό οφείλεται σε αλλαγές γεωμετρίας.



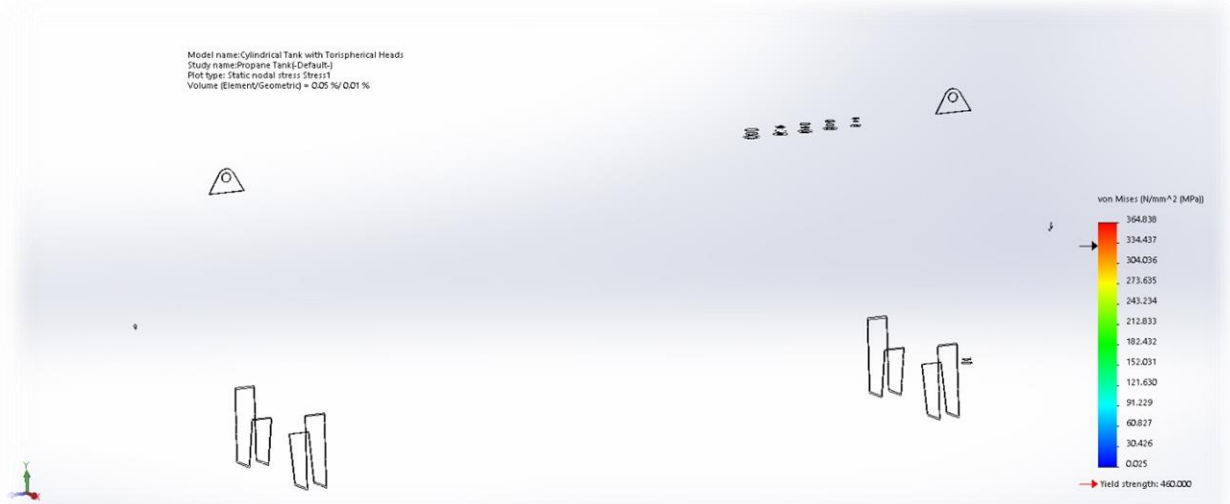
Εικόνα 71. Στόμια δεξαμενής

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ότι το **1,77%** της ολικής γεωμετρίας της δεξαμενής αναπτύσσονται τάσεις ίσες ή μεγαλύτερες των **307 [MPa]** τα οποία αντιστοιχούν σε ένα συντελεστή ασφαλείας ίσο με **1,5**.

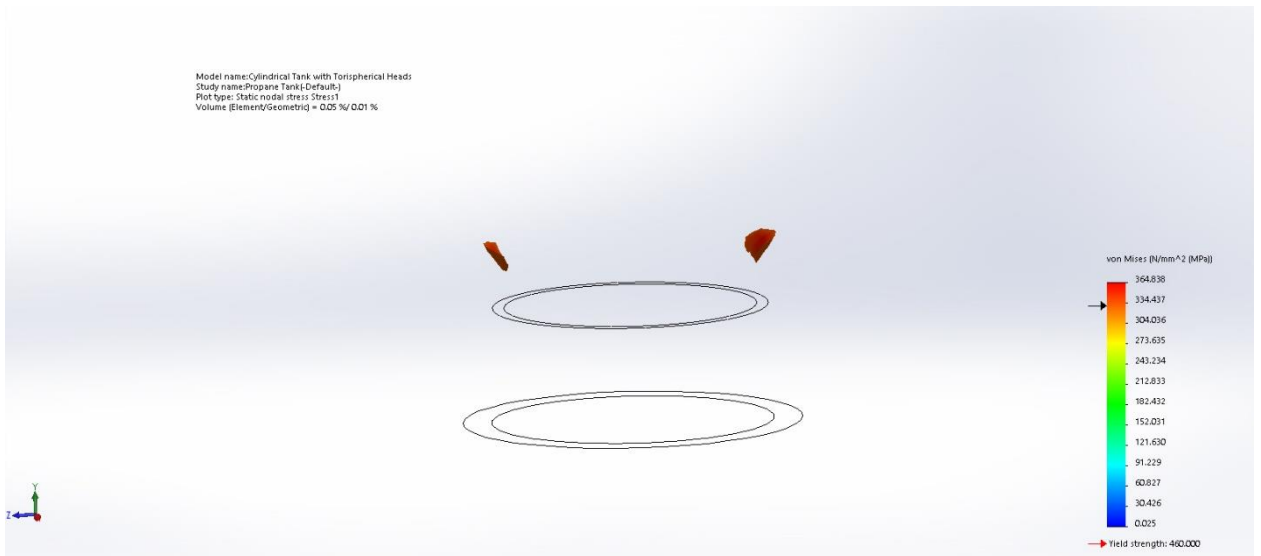


Εικόνα 72. Γεωμετρία στην οποία αναπτύσσονται τάσεις ίσες ή μεγαλύτερες των 307 [MPa]

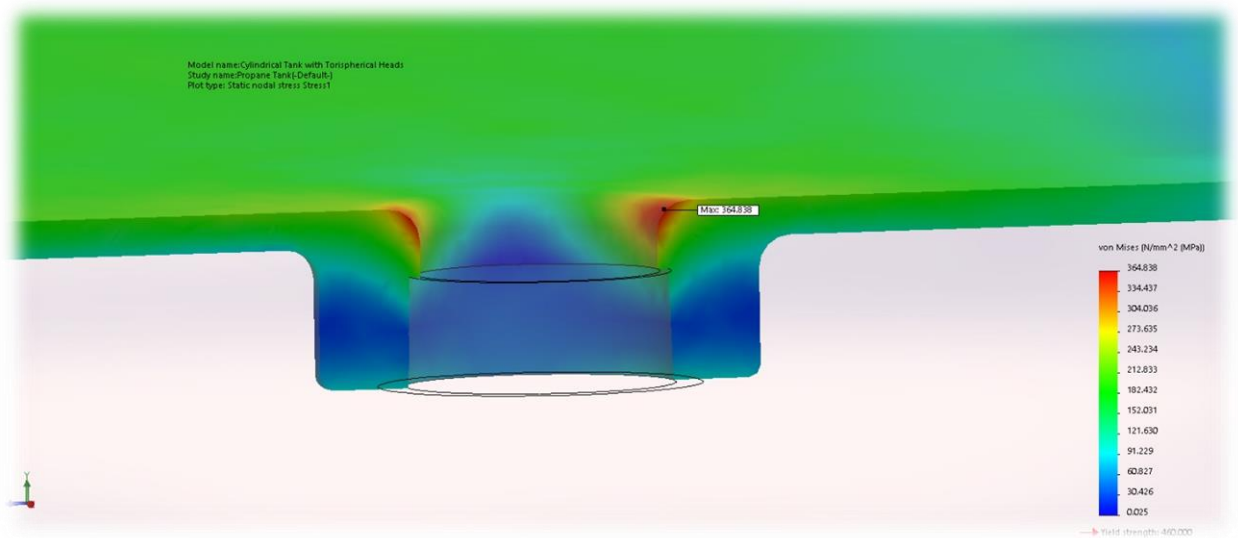
Σύμφωνα με τις δύο εικόνες που ακολουθούν, υπό τις προκύπτουσες συνθήκες, που περιγράφονται στην αρχή της ενότητας, μόλις σε ένα **0,01%** της συνολικής γεωμετρίας της δεξαμενής, που μάλιστα ανήκει στο στόμιο της αποστράγγισης, αναπτύσσονται τάσεις ίσες ή μεγαλύτερες των **330 [MPa]** και συνεπώς μπορεί να ειπωθεί ότι η κατασκευή λειτουργεί με ένα συντελεστή ασφαλείας ίσο με **1,4**.



Εικόνα 73. Γεωμετρία της δεξαμενής που αναπτύσσει τάσεις ίσες ή μεγαλύτερες των 330 [MPa]

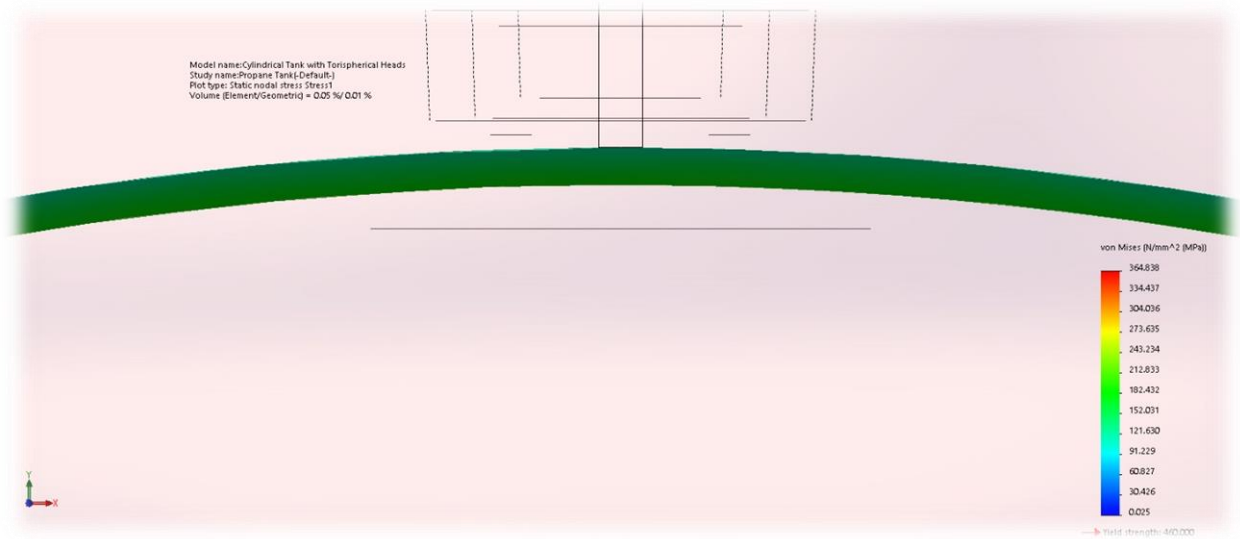


Εικόνα 74. Γεωμετρία του στομίου αποστράγγισης στην οποία αναπτύσσονται τάσεις ίσες ή μεγαλύτερες των 330 [MPa]



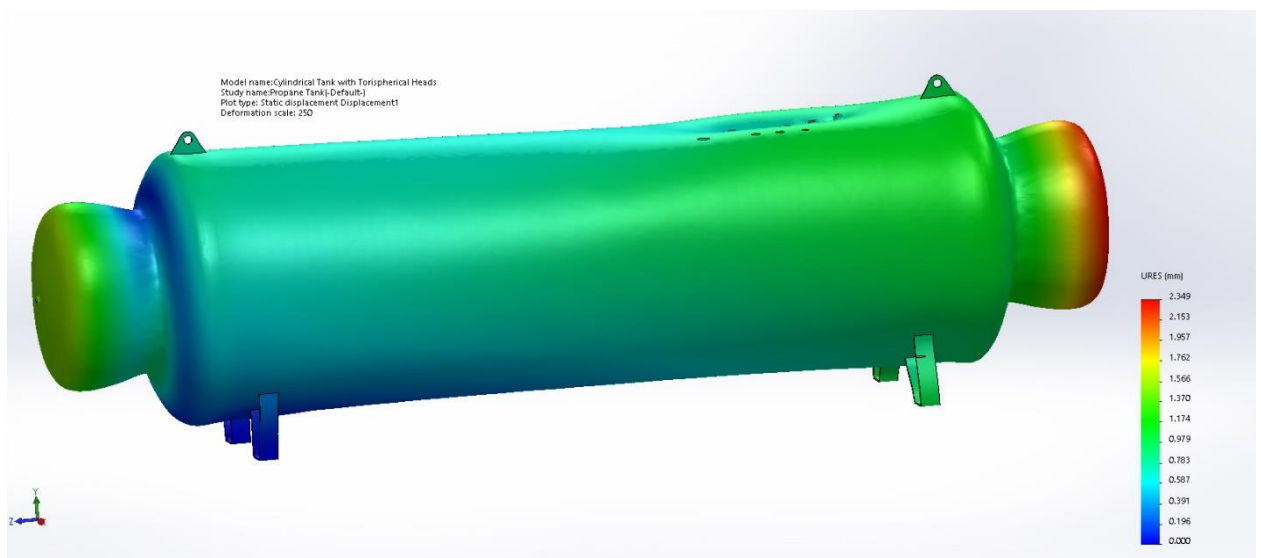
Εικόνα 75. Σημείο που αναπτύσσει τις μέγιστες τάσεις

Στη παρακάτω εικόνα φαίνεται το κέλυφος της δεξαμενής σε εγκάρσια τομή.



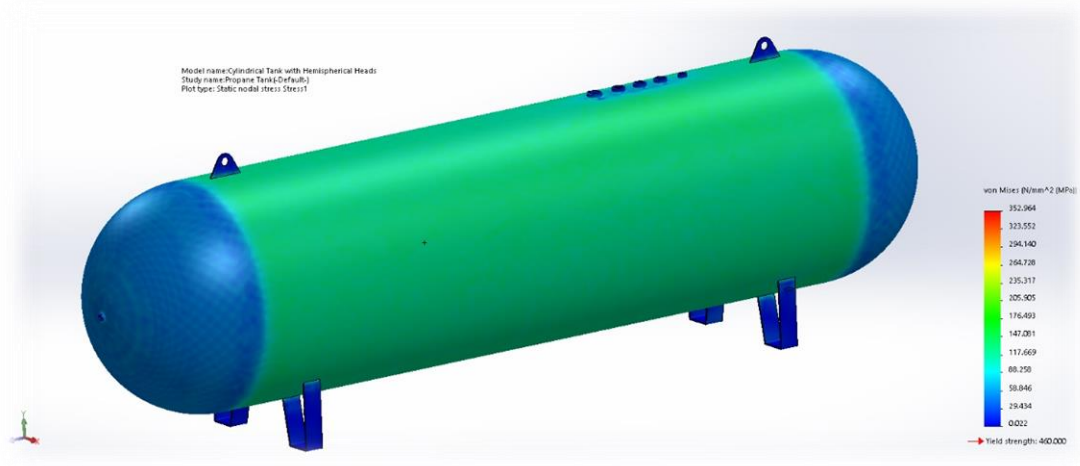
Εικόνα 76. Κέλυφος δεξαμενής σε εγκάρσια τομή

Στην πιο κάτω εικόνα σε κλίμακα 250:1 απεικονίζεται η μετατόπιση των σημείων της δεξαμενής που συμβαίνει λόγω παραμόρφωσης.

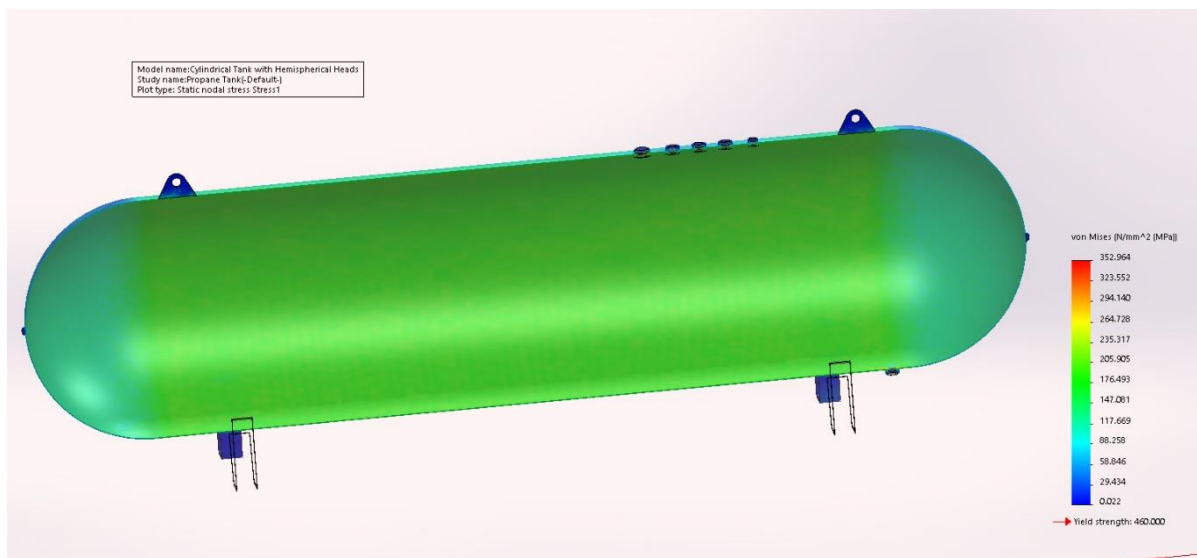


Εικόνα 77. Μετατόπιση των σημείων της δεξαμενής

Παρακάτω παρουσιάζονται δύο εικόνες που δείχνουν τι συμπεριφορά θα είχε η παραπάνω δεξαμενή εάν οι κεφαλές της δεν ήταν τύπου torispherical, αλλά ημισφαιρικές (hemispherical).



Εικόνα 78. Τάσεις σε δεξαμενή με ημισφαιρικές κεφαλές



Εικόνα 79. Τομή δεξαμενής με ημισφαιρικές κεφαλές

Παρατηρείται, ότι στην περίπτωση των ημισφαιρικών (hemispherical) κεφαλών η τάσεις που αναπτύσσονται σε αυτές είναι πολύ μικρότερες.

# Συμπεράσματα

Μετά από τη μελέτη που πραγματοποιήθηκε για την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας προκύπτουν κάποια συμπεράσματα τα οποία βοηθούν να κατανοηθεί καλύτερα το υγραέριο αλλά και η βιομηχανία που σχετίζεται με αυτό. Πρώτο και κυριότερο θα μπορούσε να θεωρηθεί το γεγονός ότι το υγραέριο είναι ένα καύσιμο με αξιοσημείωτες ιδιότητες που βρίσκει ευρεία χρήση στην ικανοποίηση ενός πολύ μεγάλου φάσματος αναγκών. Οι ιδιαίτερες ιδιότητες και συμπεριφορά του υπήρξε ως αίτιο και κίνητρο για τον σχεδιασμό και κατασκευή ενός τεράστιου αριθμού νέων μηχανημάτων και εξαρτημάτων και συνέβαλε στην ουσία στην ανάπτυξη ενός νέου κλάδου βιομηχανίας του φυσικού αερίου και πετρελαίου. Οι διαδικασίες που απαιτούνται για να παραχθεί το τελικό προϊόν του υγραερίου είναι πολύπλοκες και απαιτούν υψηλό επίπεδο τεχνογνωσίας και εξοπλισμού. Ως το σημαντικότερο συμπέρασμα θα μπορούσε κανείς να θεωρήσει το ότι παρά την επικινδυνότητα που παρουσιάζει το καύσιμο αυτό, όλες η διαδικασίες που σχετίζονται με αυτό όπως παραγωγή, μεταφορά, αποθήκευση, συσκευασία (εμφιάλωση) και χρήση του είναι απολύτως ασφαλείς αφού και εφόσον τηρούνται τα πλαίσια εκτέλεσης τους που περιγράφονται πολύ αυστηρά και συγκεκριμένα από την νομοθεσία και τα πρότυπα. Όσον αφορά τις δεξαμενές αποθήκευσης του υγραερίου, συμπεραίνεται ότι είναι πολύ αξιόπιστα μέσα αποθήκευσης, αφού ο σχεδιασμός και κατασκευή τους γίνεται με τήρηση των απαιτήσεων που προβλέπονται από τα Διεθνή, Ευρωπαϊκά και τοπικά πρότυπα και νομοθεσίες που περιγράφουν αναλυτικά τις απαιτήσεις ως προς όλο το σύνολο των διαδικασιών που εκτελούνται ξεκινώντας από το πρώτο στάδιο της επιλογής των υλικών μέχρι και την τελική δοκιμασία της κατασκευής. Από την προσομοίωση καταπονήσεων λόγω πίεσης σε δεξαμενή με κεφαλές τύπου torispherical στο SolidWorks Simulation συμπεραίνεται ότι η εταιρία Merloni, της οποίας σχέδιο χρησιμοποιήθηκε για τον σχεδιασμό της δεξαμενής, είτε χρησιμοποιεί άλλο κράμα υψηλότερων μηχανικών ιδιοτήτων είτε κατασκευάζει τις δεξαμενές της με χρήση άλλου προτύπου αντί του DIN EN 13445. Αυτό το συμπέρασμα οφείλεται στο ότι η κατασκευή, υπό την μέγιστη επιτρεπτή πίεση, λειτουργεί με συντελεστή ασφαλείας μικρότερο από αυτό που απαιτεί το πρότυπο DIN EN 13445 δηλαδή 1,4 αντί για 1,5. Επίσης, όπως ήταν αναμενόμενο, οι υψηλότερες τάσεις φαίνεται να αναπτύσσονται στα σημεία που υπάρχει απότομη αλλαγή καμπυλότητας όπως στο κυρίως σώμα της δεξαμενής - στις κεφαλές, στο σημείο ακτίνας άρθρωσης (knuckle radius) και στις γωνίες των στομιών. Τέλος, από την προσομοίωση καταπονήσεων δεξαμενής με ημισφαιρικές αντί για κεφαλές τύπου torispherical, συμπεραίνεται ότι στην περίπτωση των ημισφαιρικών κεφαλών οι μέγιστες τάσεις στο κυρίως σώμα της δεξαμενής είναι αυτές που αναπτύσσονται στο κυλινδρικό τμήμα της δεξαμενής και συνεπώς η κατασκευή λειτουργεί με ένα μεγαλύτερο συντελεστή ασφαλείας.



# Αναφορές

- [1] – Vivek Chandra – Fundamentals of Natural Gas, an international perspective. 2006
- [2] – Jones D.S.J. - Elements of Petroleum Processing. 1995
- [3] – Gary J.H., Handwerk G.E. - Petroleum Refining: Technology and Economics. 2005
- [4] – Associate Professor Piaras Kelly - Solid Mechanics Part I: An Introduction to Solid Mechanics – 7.3 Pressure Vessels
- [5] – William A. Nash – Αντοχή των Υλικών. 1988
- [6] – Νικόλαος Κιούρου – Φυσικό Αέριο. 1996
- [7] – Κωνσταντίνος Χ. Λέφα – Εισαγωγή στην τεχνολογία του Φυσικού Αερίου. 1993
- [8] – Δημήτρης Γ. Παπανίκας – Τεχνολογία Φυσικού Αερίου. 2007
- [9] – Н.Л. Стаскевич, Д.Я. Виждорчик – Справочник по сжиженным углеводородным газам. 1986
- [10] – Н.И. Преображенский – Сжиженные углеводородные газы. 1975
- [11] – Антонова Е.О., Крылов Г.В., Прохоров А.Д., Степанов О.А.- Основы нефтегазового дела. 2003
- [12] – Διδακτικές σημειώσεις του Εργαστηρίου Τεχνολογίας Καυσίμων και Λιπαντικών του ΕΜΠ
- [13] – Cavagna Group LPG valves and tank equipment. Europe Catalogue. 2010
- [14] – Πετρογκάζ Α.Ε.- Οδηγίες εγκατάστασης υγραερίου ΧΥΜΑ
- [15] – Πετρογκάζ Α.Ε.- Εγχειρίδιο υγραερίου
- [16] – PROTEAS - Πρωτόκολλο REACH για εκπομπές και σεναρία ατυχημάτων κατά την τροφοδοσία και διακίνηση καυσίμων και πετροχημικών προϊόντων - Νομοθετικές απαιτήσεις ομάδων-στόχων - Κανονισμός RID για τις διεθνείς σιδηροδρομικές μεταφορές επικίνδυνων εμπορευμάτων (Οδηγία 2008/68/ΕΚ)
- [17] – Αφροδίτη Π. Μαράβα - Διπλωματική εργασία – Ενεργειακή πολιτική Ελλάδας στο υγραέριο. 2008
- [18] – Ρέπρας Παναγιώτης – Διπλωματική εργασία – Μέτρα ασφαλείας κατά τη διαδικασία προσέγγισης, φορτοεκφόρτωσης και αναχώρησης πλοίων μεταφοράς καυσίμων υδρογονανθράκων. 2014
- [19] – Θεοχαρίδης Κυριάκος – Πτυχιακή εργασία – Παραγωγή και χρήση του υγραερίου σε βιομηχανικό και οικιακό τομέα. 2013
- [20] – Σεϊτανίδης Ιωάννης – Πτυχιακή εργασία – Δευτερογενής εκμετάλλευση κοιτασμάτων υδρογονανθράκων με την μέθοδο εισπίεσης αερίου και εισπίεσης CO<sub>2</sub>

- [21] - <http://www.elinyae.gr/el/index.jsp>
- [22] - [https://en.wikipedia.org/wiki/Gas\\_carrier](https://en.wikipedia.org/wiki/Gas_carrier)
- [23] - <https://el.wikipedia.org/wiki/Υγραέριο>
- [24] - [https://en.wikipedia.org/wiki/Liquefied\\_petroleum\\_gas](https://en.wikipedia.org/wiki/Liquefied_petroleum_gas)
- [25] - <https://en.wikipedia.org/wiki/Petroleum>
- [26] - [https://en.wikipedia.org/wiki/Extraction\\_of\\_petroleum](https://en.wikipedia.org/wiki/Extraction_of_petroleum)
- [27] - [https://el.wikipedia.org/wiki/Διωλιστήριο\\_πετρελαίου](https://el.wikipedia.org/wiki/Διωλιστήριο_πετρελαίου)
- [28] - [https://en.wikipedia.org/wiki/Tank\\_truck](https://en.wikipedia.org/wiki/Tank_truck)
- [29] - [https://en.wikipedia.org/wiki/Tank\\_car](https://en.wikipedia.org/wiki/Tank_car)
- [30] - [https://en.wikipedia.org/wiki/International\\_Maritime\\_Dangerous\\_Goods\\_Code](https://en.wikipedia.org/wiki/International_Maritime_Dangerous_Goods_Code)
- [31] - [http://www.steelnumber.com/en/steel\\_composition\\_eu.php?name\\_id=440](http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=440)
- [32] - [https://en.wikipedia.org/wiki/Pressure\\_vessel](https://en.wikipedia.org/wiki/Pressure_vessel)

# Παράρτημα

## Παράρτημα Ι - Πρότυπα και Νομοθεσίες

### BS

**BS 2789:1985**

Specification for spheroidal graphite or nodular graphite cast iron

**BS 3692:2014**

ISO metric precision hexagon bolts, screws and nuts.

**BS 5493:1977**

Code of practice for protective coating of iron and steel structures against corrosion

**BS 6651:1999**

Protection against Lightning

**BS EN 287-1:2011**

Qualification test of welders — . Fusion welding — . Part 1: Steels

**BS EN 288:1992**

Specification and Approval of Welding Procedures for Metallic Materials

**BS EN 1440:2008 + A1:2012**

LPG equipment and accessories. Periodic inspection of transportable refillable LPG cylinders

**BS EN 1442:2006 + A1:2008**

LPG equipment and accessories. Transportable refillable welded steel cylinders for LPG. Design and construction

**BS EN 10028:2009**

Flat products made of steels for pressure purposes

**BS EN 10226-1:2004**

Pipe threads where pressure tight joints are made on the threads. Taper external threads and parallel internal threads - dimensions, tolerances and designation

**BS EN 12285:2005**

Workshop fabricated steel tanks

**BS EN 13153:2002**

Specification and testing of LPG cylinder valves. Manually operated

**BS EN 13152:2002**

Specification and testing of LPG cylinder valves. Self-closing

**BS EN 13322-1:2003+A1:2006**

Transportable gas cylinders. Refillable welded steel gas cylinders. Design and construction. Carbon steel

**BS EN 14894:2013**

LPG equipment and accessories. Cylinder and drum marking

**BS EN 60079:2014**

Hazardous Area Electrical Inspections

**BS EN ISO 13341:2010+A1:2015**

Gas cylinders. Fitting of valves to gas cylinders

**BS EN ISO 8504-1:2001**

Preparation of steel substrates before application of paints and related products. Surface preparation methods. General principles.

## ISO

**ISO 228-1:2000 Ed 4 (R11)**

Pipe threads where pressure-tight joints are not made on the threads Part 1 :  
Dimensions, tolerances and designation

**ISO 898-1:2013**

Mechanical properties of fasteners made of carbon steel and alloy steel -- Part 1: Bolts, screws and studs with specified property classes -- Coarse thread and fine pitch thread

**ISO 2811:2011**

Paints and varnishes

**ISO 2936:2014**

Assembly tools for screws and nuts -- Hexagon socket screw keys

**ISO 3318:2009**

Assembly tools for screws and nuts -- Double-headed open-ended wrenches, double-headed box wrenches and combination wrenches -- Maximum widths of heads

**ISO 3834:2005**

Quality requirements for fusion welding of metallic materials

**ISO 4017:2011**

Hexagon head screws -- Product grades A and B

**ISO 4126-9:2008**

Safety devices for protection against excessive pressure -- Part 9: Application and installation of safety devices excluding stand-alone bursting disc safety devices

**ISO 4706:2008**

Gas cylinders -- Refillable welded steel cylinders -- Test pressure 60 bar and below

**ISO 4762:2004**

Hexagon socket head cap screws

**ISO 6149:2006**

Connections for hydraulic fluid power and general use -- Ports and stud ends with ISO 261 metric threads and O-ring sealing

**ISO 7738:2015**

Assembly tools for screws and nuts -- Combination wrenches -- Lengths of wrenches and maximum thickness of heads

**ISO 7866:2012**

Gas cylinders -- Refillable seamless aluminium alloy gas cylinders -- Design, construction and testing

**ISO 9809:2010**

Gas cylinders -- Refillable seamless steel gas cylinders -- Design, construction and testing

**ISO 10123:2013**

Adhesives -- Determination of shear strength of anaerobic adhesives using pin-and-collar specimens

**ISO 10464:2004**

Gas cylinders -- Refillable welded steel cylinders for liquefied petroleum gas (LPG) -- Periodic inspection and testing

**ISO 10691:2004**

Gas cylinders -- Refillable welded steel cylinders for liquefied petroleum gas (LPG) -- Procedures for checking before, during and after filling

**ISO 11114-1:2012**

Gas cylinders -- Compatibility of cylinder and valve materials with gas contents -- Part 1: Metallic materials

**ISO 11119:2002**

Gas cylinders of composite construction - Specification and test methods

**ISO 12944-5:2007**

Paints and varnishes -- Corrosion protection of steel structures by protective paint systems -- Part 5: Protective paint systems

**ISO 16148:2006**

Gas cylinders -- Refillable seamless steel gas cylinders -- Acoustic emission testing (AT) for periodic inspection

**ISO 18172-1:2007**

Gas cylinders -- Refillable welded stainless steel cylinders -- Part 1: Test pressure 6 MPa and below

**ISO 20703:2006**

Gas cylinders -- Refillable welded aluminium-alloy cylinders -- Design, construction and testing

**BS EN ISO 8504-1:2001**

Preparation of steel substrates before application of paints and related products. Surface preparation methods. General principles.

**BS EN ISO 13341:2010+A1:2015**

Gas cylinders. Fitting of valves to gas cylinders

**DIN**

**DIN 894**

Assembly tools for screws and nuts -- Double-headed open-ended wrenches, double-headed box wrenches and combination wrenches -- Maximum widths of heads

**DIN 911**

Assembly tools for screws and nuts -- Hexagon socket screw keys

**DIN 912**

Hexagon socket head cap screws

**DIN 933**

Hexagon head screws

**DIN 934**

ISO metric precision hexagon bolts, screws and nuts.

**DIN 3113**

Assembly tools for screws and nuts -- Double-headed open-ended wrenches, double-headed box wrenches and combination wrenches -- Maximum widths of heads

**DIN EN 1268-1 (1995-03)**

Safety Devices For The Protection Against Excessive Pressure - Part 1: Safety Valves.

**DIN EN 12542:2010-12**

LPG equipment and accessories - Static welded steel cylindrical tanks, serially produced for the storage of Liquefied Petroleum Gas (LPG) having a volume not greater than 13 m<sup>3</sup> - Design and manufacture.

**DIN EN 12817:2010-06**

LPG Equipment and accessories - Inspection and requalification of LPG tanks up to and including 13 m<sup>3</sup>

**DIN EN 13175:2010-06**

LPG Equipment and accessories - Specification and testing for Liquefied Petroleum Gas (LPG) tank valves and fittings

**DIN EN 13445:2014-12**

Unfired pressure vessels

**DIN EN 14570:2014-07**

LPG equipment and accessories - Equipping of overground and underground LPG vessels

**DIN EN 14912:2015-05**

LPG equipment and accessories - Inspection and maintenance of LPG cylinder valves at time of periodic inspection of cylinders

## ΕΛΟΤ

ΕΛΟΤ EN 287-1  
ΕΛΟΤ EN 288-1  
ΕΛΟΤ EN 288-2  
ΕΛΟΤ EN 437  
ΕΛΟΤ EN 549  
ΕΛΟΤ EN 682  
ΕΛΟΤ EN 10020  
ΕΛΟΤ EN 10241  
ΕΛΟΤ EN 10242  
ΕΛΟΤ EN 10253-1  
ΕΛΟΤ HD 384

### Νομοθεσίες και λοιπά πρότυπα

#### Κ.Υ.Α. Δ3/14858/1993

Καθορισμός τεχνικών προδιαγραφών διαμόρφωσης, σχεδίασης, κατασκευής, ασφαλούς λειτουργίας και πυροπροστασίας εγκαταστάσεων αποθήκευσης, εμφιάλωσης, διακίνησης, και διανομής υγραερίου καθώς και εγκαταστάσεων για τη χρήση αυτού σε βιομηχανικές, βιοτεχνικές και επαγγελματικές δραστηριότητες

#### Κ.Υ.Α. 31856/2003

Τεχνικός κανονισμός εγκαταστάσεων υγραερίου στα κτίρια (πλην βιομηχανιών - βιοτεχνιών)

#### Κ.Υ.Α. 14165/Φ 17.4/373/1993

Θέσπιση κανονισμού για την ασφαλή κατασκευή και κυκλοφορία των δοχείων πίεσης και συσκευών αερίου

#### Κ.Υ.Α. Β17081/2964/1996

Συσκευές και συστήματα προστασίας που προορίζονται για χρήση σε εκρηξιμες ατμόσφαιρες

#### Κ.Υ.Α. 12436/706/2011

Συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 2010/35/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Ιουνίου 2010 σχετικά με τον μεταφερόμενο εξοπλισμό υπό πίεση και την κατάργηση των οδηγιών του Συμβουλίου 76/767/ΕΟΚ, 84/525/ΕΟΚ, 84/526/ΕΟΚ, 84/527/ΕΟΚ και 1999/36/ΕΚ

#### Κ.Υ.Α. Α2 - 861/2013

Κανόνες Διακίνησης και Εμπορίας Προϊόντων και Παροχής Υπηρεσιών (ΔΙ.Ε.Π.Π.Υ.)

#### Κ.Υ.Α. Γ1/20655/2897/2015

Προσαρμογή της ελληνικής νομοθεσίας προς τις διατάξεις της Οδηγίας 2014/103/ΕΕ της Επιτροπής της 21ης Νοεμβρίου 2014 για την τρίτη προσαρμογή στην επιστημονική και τεχνική πρόοδο των παραρτημάτων της Οδηγίας 2008/68/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με τις εσωτερικές μεταφορές επικίνδυνων εμπορευμάτων και κωδικοποίηση των κ.υ.α. 35043/2524 (ΦΕΚ 1385/Β'/2010), 52280/4720 (ΦΕΚ 2640/Β'/2011), 52167/4683 (ΦΕΚ 37/Β'/2012) και 40955/4862 (ΦΕΚ 2514/Β'/2013)

**Οδηγίας 97/23/ΕΕ (PED)**

Οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 29ης Μαΐου 1997 για την προσέγγιση των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με τον εξοπλισμό υπό πίεση

**Οδηγία 2010/35/ΕΚ**

Οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16 Ιουνίου 2010 σχετικά με τον μεταφερόμενο εξοπλισμό υπό πίεση

**Οδηγία 2008/68/ΕΚ**

Οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 24ης Σεπτεμβρίου 2008, σχετικά με τις εσωτερικές μεταφορές επικίνδυνων

**AD 2000 Merkblätter**

Pressure vessel equipment - Accessories - Equipment, installation and marking of pressure vessels

**PED ANNEX 1**

Essential Safety Requirements

**AD-2000 / HP0**

General principles of design, manufacture and associated tests of pressure vessels.

**ASME B 107-100**

Flat Wrenches

**ASME BPVC**

Boiler and Pressure Vessel Code

**API RP 520 part I**

Sizing, Selection, and Installation of Pressure-relieving Devices - Part I – Sizing and Selection

**RP 521**

Pressure-relieving and Depressuring Systems



# Παράρτημα ΙΙ - Πρωτόκολλο παραλαβής και αποστολής δεξαμενής

(ΕΝ3-9.2.4.)

ΑΥΞΩΝ ΑΡΙΘ. 0000691

ΣΕΛΙΔΑ 1 ΑΠΟ \_\_\_\_

Ηράκλειο, 31 Δεκεμβρίου 2008

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 71 500

Π Ρ Ω Τ Ο Κ Ο Λ Λ Ο

ΠΑΡΑΔΟΣΕΩΣ - ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ

ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΥΓΡΑΕΡΙΟΥ "ΧΥΜΑ"

Ο υπογεγραμμένος ( ) παρέλαβε προς χρήση του την 18 του μηνός Δεκεμβρίου έτους 2008 παρά της Α.Ε. " " τον παρακάτω εξοπλισμό, ο οποίος αποτελεί ιδιοκτησία της εν λόγω Εταιρίας " " και θα τοποθετηθεί εντός του/ της ΟΙΚΙΑΣ επί της οδού περιοχή ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

Ο εν λόγω εξοπλισμός παρελήφθη απολύτως σε άριστη κατάσταση. Αποτελείται δε από τα παρακάτω μηχανήματα, εξαρτήματα και υλικά.

ΚΩΔΙΚΟΣ	Π Ε Ρ Ι Γ Ρ Α Φ Η	ΜΟΝ. ΜΕΤΡ.	ΠΟΣΟΤΗΤΑ
	ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ 2500LIT. Serial Numbers Δεξαμενών	ΤΕΜΑΧΙΑ	1,00

Ο ΠΑΡΑΔΟΥΣ

Ο ΠΑΡΑΛΑΒΩΝ

(ΥΠΟΓΡΑΦΗ) \_\_\_\_\_

ΣΦΡΑΓΙΔΑ "Η ΟΝΟΜ/ΜΟ ΥΠΟΓΡΑΦΟΝΤΟΣ