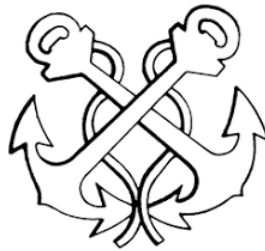




# ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΠΛΟΙΑΡΧΩΝ



**Δεξαμενόπλοια μεταφοράς χημικών φορτίων**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Του σπουδαστή

**ΦΙΛΙΠΠΙΔΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ 4268**

**Επιβλέπων :**

**Capt. Τσιγκουνάκης Ιωάννης**

**Νέα Μηχανιώνα, Ιούνιος 2021**

**Αφιερωμένη στον καθηγητή μου**

**Ευάγγελο Γεωργακή**

.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη .....	σελ. 5
Κεφάλαιο 1 Χημικά φορτία .....	σελ. 8
Εισαγωγή .....	σελ. 8
1.1 Τύποι δεξαμενόπλοιων (γενικά) .....	σελ. 8
Ειδικότερα .....	σελ. 8
Ορισμός .....	σελ. 8
1.2 Ιστορικά στοιχεία .....	σελ. 9
1.3 Διεθνείς κανονισμοί .....	σελ. 12
1.3.1 SOLAS .....	σελ. 12
1.3.2 Κώδικας IBC .....	σελ. 13
1.3.3 MARPOL 73/78 .....	σελ. 16
1.4 Ταξινόμηση χημικών δεξαμενόπλοιων .....	σελ. 17
1.4.1 Κατηγοριοποίηση μεγέθους .....	σελ. 17
1.4.2 Κατηγοριοποίηση γενικών τύπων .....	σελ. 18
1.4.3 Κατηγοριοποίηση τύπου πλοίου σύμφωνα με τον κώδικα IBC .....	σελ. 18
1.5 Ανάλυση στόλου .....	σελ. 19
Κεφάλαιο 2 χημικά φορτία .....	σελ. 21
2.1 Εισαγωγή .....	σελ. 21
2.2 Ταξινόμηση χημικών φορτίων .....	σελ. 22
2.2.1 Ταξινόμηση με βάση τη χημική σύνθεση .....	σελ. 22
2.2.2 Ταξινόμηση με βάση την προέλευση .....	σελ. 22
2.2.3 Κατηγορίες ρύπανσης .....	σελ. 24
2.3 Φυσικές ιδιότητες των χημικών .....	σελ. 25
2.4 Συμπεριφορά χημικών στο θαλάσσιο περιβάλλον .....	σελ. 28
2.5 Κίνδυνοι χημικών .....	σελ. 29
2.5.1 Ευφλεκτικότητα .....	σελ. 29
2.5.2 Κίνδυνοι για την υγεία .....	σελ. 30

2.5.2.1 Τοξικότητα .....	σελ. 30
2.5.2.2 Ασφυξία .....	σελ. 30
2.5.2.3 Αναισθησία .....	σελ. 31
2.5.2.4 Πρόσθετοι κίνδυνοι για την υγεία .....	σελ. 31
2.5.3 Δραστικότητα .....	σελ. 31
2.5.3.1 Αυτο-αντίδραση .....	σελ. 31
2.5.3.2 Αντίδραση με νερό .....	σελ. 31
2.5.3.3 Αντίδραση με αέρα .....	σελ. 31
2.5.3.4 Αντίδραση με άλλα φορτία .....	σελ. 32
2.5.3.5 Αντίδραση με άλλα υλικά .....	σελ. 32
2.5.4 Διαβρωτικότητα .....	σελ. 32
2.5.5 Αποσύνθεση .....	σελ. 32
2.6 Δελτίο δεδομένων πληροφοριών φορτίου (MSDS) .....	σελ. 33
2.7 Η επίδραση του φορτίου στο σχεδιασμό χημικών δεξαμενόπλοιων .....	σελ. 34
Κεφάλαιο 3 Αποστολές Φόρτο – εκφόρτωσης με ασφάλεια (Οδηγός) .....	σελ. 38
3.1 Εισαγωγή .....	σελ. 38
3.2 Αποστολές φόρτο – εκφόρτωσης χημικών δεξαμενόπλοιων .....	σελ. 38
3.3 Ειδικότερα για τα χημικά δεξαμενόπλοια .....	σελ. 39
3.3.1 πληροφορίες φορτίου .....	σελ. 39
3.3.2 Διαδικασία φόρτωσης .....	σελ. 40
3.3.3 Διαδικασία εκφόρτωσης .....	σελ. 40
3.3.4 Καθαρισμός δεξαμενών και αδρανοποίηση .....	σελ. 42
Βιβλιογραφία .....	σελ. 48

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς χημικών προϊόντων είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένα τεχνολογικά πλοία τα οποία χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά χημικών σε υγρή μορφή χύδην. Τα πλοία αυτά μοιάζουν, σε γενικές γραμμές, με άλλους τύπους δεξαμενοπλοίων, όπως είναι τα πετρελαιοφόρα και τα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου αερίου. Παρουσιάζουν ωστόσο και κάποια μοναδικά χαρακτηριστικά, όπως είναι το σχετικά μικρό τους μέγεθος, ο μεγάλος αριθμός δεξαμενών, καθώς και μία μεγάλη ποικιλία συστημάτων που αφορούν το φορτίο.

Η δομή της μεταλλικής κατασκευής των δεξαμενόπλοιων αυτών επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τα χημικά προϊόντα τα οποία το πλοίο προορίζεται να μεταφέρει. Τα χημικά προϊόντα είναι εκ φύσεως ιδιαίτερα επικίνδυνα και μπορεί να αποτελέσουν απειλή τόσο για τους ανθρώπους όσο και για το περιβάλλον. Για το λόγο αυτό, η σχεδίαση τους διέπεται από ένα μεγάλο εύρος κανονισμών οι οποίοι διασφαλίζουν την απαραίτητη ασφάλεια και αντοχή της κατασκευής. Επιπροσθέτως, ακολουθούνται επίσης συμβατικές μέθοδοι σχεδίασης που χρησιμοποιούνται για όλους τους τύπους εμπορικών πλοίων.

Σε αυτή την εργασία, εξηγούνται και αναλύονται οι βασικές αρχές λειτουργίας ενός δεξαμενόπλοιου μεταφοράς χημικών φορτίων.

Το πρώτο κεφάλαιο αυτής της εργασίας θέλει να εξοικειώσει τον αναγνώστη με την έννοια του δεξαμενόπλοιου μεταφοράς χημικών φορτίων ως τον καθ' αυτό όρο. Σε αυτή τη λογική γίνεται μία συνοπτική περιγραφή όλων των τύπων δεξαμενόπλοιων έτσι ώστε ο αναγνώστης να είναι σε θέση να διακρίνει το εν λόγω δεξαμενόπλοιο μεταφοράς χημικών φορτίων από τους υπόλοιπους τύπους δεξαμενοπλοίων. Επιπλέον, δίνεται ο ορισμός του δεξαμενόπλοιου μεταφοράς χημικών φορτίων, όπως αυτός ορίζεται από τη MARPOL Annex II.

Επιπλέον, γίνεται μία προσπάθεια να ανατρέξουμε πίσω στη γέννηση και την εξέλιξη αυτού του τύπου πλοίων, ξεκινώντας από τις αρχές του 20ου αιώνα, όταν έγινε η πρώτη εμφάνιση των δεξαμενόπλοιων μεταφοράς χημικών προϊόντων για να καλύψουν τις ανάγκες της αγοράς για χημικά προϊόντα που δημιουργούσε η συνεχώς αναπτυσσόμενη χημική βιομηχανία. Σε αυτό το τμήμα της πτυχιακής εργασίας γίνεται μία προσπάθεια να εξεταστεί η ανάπτυξη των δεξαμενόπλοιων σε σχέση με τις συνθήκες και τη ζήτηση της εποχής, καθώς και να παρουσιαστούν συγκεκριμένα πλοία τα οποία αποτελούν σημείο αναφοράς λόγω των τεχνολογικών καινοτομιών οι οποίες εφαρμόστηκαν σε αυτά.

Η ταχεία εξέλιξη των δεξαμενόπλοιων μεταφοράς χημικών προϊόντων οδήγησε στην ανάπτυξη μίας σειράς κανονισμών οι οποίοι διέπουν τη σχεδίαση τους τόσο σε κατασκευαστικά όσο και σε λειτουργικά θέματα. Είναι πολύ σημαντικό για κάποιον ο οποίος θα ήθελε να ασχοληθεί με αυτόν τον τύπο πλοίων να είναι εξοικειωμένος και να γνωρίζει αυτούς τους κανονισμούς. Για αυτό το λόγο αυτοί οι κανονισμοί παρουσιάζονται επιγραμματικά σε αυτό το κεφάλαιο.

Τέλος, κάποια επιπλέον στοιχεία όπως οι τρόποι κατηγοριοποίησης, οι τάσεις της αγοράς, και η ανάλυση του παγκόσμιου στόλου δίνονται στον αναγνώστη σαν εργαλείο έτσι ώστε να τον βοηθήσουν να καταλάβει και να αξιολογήσει καλύτερα τα στοιχεία που θα ακολουθήσουν.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μία προσπάθεια να εξοικειωθεί ο αναγνώστης με τα φορτία τα οποία μεταφέρουν τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς χημικών προϊόντων, τις ιδιότητές τους και τους πιθανούς κινδύνους που σχετίζονται με αυτά. Καθώς ο σχεδιασμός της μεταλλικής κατασκευής ενός δεξαμενόπλοιου συνδέεται άμεσα με τα προϊόντα τα οποία το πλοίο πρόκειται να μεταφέρει, θα ήταν άσκοπο να αναφερθούμε στη διαδικασία σχεδίασης του και τη διάταξη των δομικών του στοιχείων χωρίς πρώτα να εξετάσουμε τα προϊόντα αυτά.

Αρχικά γίνεται μία κατηγοριοποίηση των χημικών προϊόντων με βάση την προέλευσή τους, τη χημική τους σύσταση, καθώς και τη πιθανή μόλυνση που μπορούν να επιφέρουν στο περιβάλλον σύμφωνα με τη MARPOL. Στη συνέχεια παρουσιάζονται όλες οι φυσικές ιδιότητες που χαρακτηρίζουν τα χημικά προϊόντα, καθώς αυτές μπορούν να παίξουν καθοριστικό ρόλο στην επιλογή και τη σχεδίαση των συστημάτων φορτίου.

Στη συνέχεια γίνεται μία σύντομη παρουσίαση των κινδύνων που προκύπτουν από τα χημικά προϊόντα, καθώς και της συμπεριφοράς αυτών όταν αφεθούν στο θαλάσσιο περιβάλλον. Παρόλο που δεν υπάρχει άμεση συσχέτιση των πληροφοριών αυτών με τη διαδικασία σχεδίασης, είναι κομβικής σημασίας οποιοσδήποτε σχετίζεται με οποιοδήποτε τρόπο με τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς χημικών προϊόντων να είναι σωστά ενημερωμένος για τους κινδύνους αυτούς.

Κάθε χημικό προϊόν λοιπόν έχει τα δικά του ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, πιθανούς κινδύνους που μπορεί να εγκυμονεί, και χρίζει ιδιαίτερης μεταχείρισης. Όλες οι παραπάνω πληροφορίες μεταβιβάζονται στους ανθρώπους που χειρίζονται αυτά τα προϊόντα μέσω του Cargo Information Data Sheet, το οποίο παρουσιάζεται σε αυτό το κεφάλαιο.

Τέλος, γίνεται μία προσπάθεια να εξηγηθεί όσο πιο απλά γίνεται η επίδραση που έχει το είδος των χημικών προϊόντων στη διαδικασία σχεδίασης της μεταλλικής κατασκευής των δεξαμενόπλοιων μεταφοράς χημικών φορτίων. Η μεταφορά κάθε χημικού προϊόντος συνοδεύεται από κάποιες ελάχιστες απαιτήσεις. Οι απαιτήσεις αυτές καταγράφονται στον κεφάλαιο 17 του IBC Code. Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μία προσπάθεια να αναλυθεί το κεφάλαιο 17 του IBC Code και να εξεταστεί πως συγκεκριμένα προϊόντα μπορούν να επηρεάσουν τη σχεδίαση της μεταλλικής κατασκευής.

Το τρίτο και τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας αναφέρεται στη διαδικασία φορτοεκφόρτωσης. Ξεκινώντας με τα στοιχεία από ένα δυστύχημα που συνέβη σε ένα δεξαμενόπλοιο πίσω στο 1989, χρειάζεται να τονιστεί η ανάγκη κατανόησης ότι επρόκειτο για ξεχωριστά και ιδιαίτερα πλοία. Η διαδικασία χειρισμού τους δεν είναι απλή υπόθεση.

Για την αποφυγή τέτοιων ακραίων περιπτώσεων δίνονται στη συνέχεια στον αναγνώστη κάποιες πληροφορίες ως εφόδια. Πρόκειται για τις πληροφορίες του

φορτίου, τη διαδικασία χειρισμών φόρτωσης και εκφόρτωσης αντίστοιχα με έμφαση στις λεπτομέρειες ασφαλείας.

Αναφέρεται επίσης η διαδικασία πλυσίματος αμπαριών και δεξαμενών. Ο τρόπος χειρισμού του ειδικού εξοπλισμού απαλλαγής εύφλεκτων αερίων με άζωτο, η μέθοδος αποστράγγισης γραμμών φόρτωσης καθώς και οδηγοί ασφαλών καταμετρήσεων ατμόσφαιρας δεξαμενών.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα δεξαμενόπλοιο είναι, υπό την ευρεία έννοια, ένας γενικός όρος για ένα φορτηγό πλοίο που μεταφέρει υγρά φορτία χύμα, και σε μια μικρότερη έννοια, ένας όρος για ένα σκάφος που μεταφέρει είδη πετρελαίων και τα προϊόντα τους. Υγρά φορτία που μεταφέρονται χύμα από δεξαμενόπλοια περιλαμβάνουν τα ανωτέρω, προϊόντα αυτών, υγροποιημένα αέρια, πολλά και διάφορα είδη υγρών χημικών, πολτοποιημένες ουσίες κ.λπ.

### 1.1 Τύποι δεξαμενόπλοιων (γενικά)

Υπάρχουν κατηγοριοποιήσεις όσον αφορά τα κάθε είδους δεξαμενόπλοια όπως παρακάτω: Τα υγρού φορτίου διακρίνονται σε υγραεριοφόρα (LNG & LPG), σε οινοφόρα (alcohol ships) και σε πετρελαιοφόρα. Από τα οποία διακρίνουμε τα γενικής χρήσης (general purpose tanker) – που προκύπτουν και τα πλοία μεταφοράς προϊόντων αυτών (Product Carrier)– καθώς και τα χημικά (chemical tanker). Στη παρούσα πτυχιακή θα αναλύσουμε τη τελευταία κατηγορία, γνωρίζοντας κάποια βασικά στοιχεία.

#### Ειδικότερα

Τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς χημικών φορτίων είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένα τεχνολογικά πλοία τα οποία χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά χημικών προϊόντων σε υγρή μορφή χύδην. Τα πλοία αυτά μοιάζουν, σε γενικές γραμμές, με άλλους τύπους δεξαμενοπλοίων, όπως είναι τα πετρελαιοφόρα και τα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου αερίου. Παρουσιάζουν ωστόσο και κάποια μοναδικά χαρακτηριστικά, όπως είναι το σχετικά μικρό τους μέγεθος, ο μεγάλος αριθμός δεξαμενών, καθώς και μία μεγάλη ποικιλία συστημάτων που αφορούν στο χειρισμό και την επεξεργασία φορτίων.

Η δομή της μεταλλικής κατασκευής των δεξαμενόπλοιων αυτών επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τα χημικά τα οποία προορίζεται να μεταφέρει. Τα χημικά προϊόντα είναι εκ φύσεως ιδιαίτερα επικίνδυνα και μπορεί να αποτελέσουν απειλή τόσο για τους ανθρώπους όσο και για το περιβάλλον. Για το λόγο αυτό, η σχεδίαση τους διέπεται από ένα μεγάλο εύρος κανονισμών οι οποίοι διασφαλίζουν την απαραίτητη ασφάλεια και αντοχή της κατασκευής. Επιπροσθέτως ακολουθούνται οι συμβατικές μέθοδοι σχεδίασης που χρησιμοποιούνται για όλους τους τύπους εμπορικών πλοίων.

#### Ορισμός

Σύμφωνα με τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO), όπως ορίζεται στη σύμβαση MARPOL παράρτημα II, ένα χημικό δεξαμενόπλοιο είναι ένα πλοίο κατασκευασμένο ή προσαρμοσμένο και χρησιμοποιείται για τη μεταφορά χύδην οποιουδήποτε υγρού προϊόντος που αναφέρεται στο κεφάλαιο 17 του διεθνούς κώδικα χύδην χημικών (IBC code). Το κεφάλαιο 17 του κώδικα IBC περιέχει μια λίστα με όλες τις χημικές ουσίες που καλύπτονται από τον κώδικα. Ο IMO δημοσιεύει ετησίως μια λίστα



προσωρινής κατηγοριοποίησης υγρών ουσιών για να παρέχει οδηγίες σχετικά με νέα προϊόντα που πρέπει να καλύπτονται από τον εν λόγω κώδικα. Ακολουθεί η πρώτη σελίδα της λίστας κατηγοριοποίησης του κώδικα μιας παλαιότερης έκδοσης.

Materials of construction (column k)	N: see 6.2.2 Z: see 6.2.3 Y: see 6.2.4 A blank indicates no special guidance given for materials of construction
Respiratory and eye protection* (column l)	E: see 14.2.8

\* "No" indicates nil requirements.  
\*\* Temperature classes and apparatus groups as defined in International Electrotechnical Commission Publication 79 (part 1, parts 4, 8 and 12. A blank indicates that data are currently not available)

a Product name	b U N I N O.	c S h I P e	d T h n k k T T V e n t s	e T a n k E n v. C o n t.	f T. E n v. C o n t.	g Electrical Equipment			h g I n g	i a u t o m a t. e t.	j F l a m m a b l e	k M a t e r i a l	l Resp & Eye P r o t	m Special Requirement (See chapter 15)
						I'	I''	I'''						
Acetic acid	2789	3	2G	Cont	NO	T1	IIA	NO	R	F	A	Y1,Z	E	15.11.2-15.11.4 15.11.6-15.11.8
Acetic anhydride	1715	2	2G	Cont	NO	T2	IIA	NO	R	F-T	A	Y1	E	15.11.2-15.11.4 15.11.6-15.11.8
Acetone cyanohydrin	1541	2	2G	Cont	NO	T1	IIA	Yes	C	T	A	Y1	E	15.1,15.12, 15.17-15.19, 16.6.6
Acetonitrile	1048	2	2G	Cont	NO	T2	IIA	NO	C	F-T	A		NO	15.12
Acrylamide solution 50% or less		2	2G	Open	NO		NF		C	NO	NO		NO	15.12.3, 15.13, 15.16.1, 15.19.6, 16.6.1
Acrylic acid	2218	3	2G	Cont	NO	T2	IIA	NO	R	F-T	A	Y1	NO	15.13, 16.6.1
Acrylonitrile	1003	2	2G	Cont	NO	T1	IIIB	NO	C	F-T	A	N3,Z	E	15.12,15.13,15.17,15.19
Adiponitrile	2205	3	2G	Cont	NO		IIIB	Yes	C	T	A		NO	
alkylbenzene sulphonic acid	2584 2586	3	2G	Open	No			Yes	Open	No	A		No	
Allyl alcohol	1098	2	2G	Cont	No	T2	IIIB	No	C	F-T	A		E	15.12, 15.17, 15.19
Allyl chloride	1100	2	2G	Cont	No	T2	IIA	No	C	F-T	A		E	15.12, 15.17, 15.19
2-(2-Aminothoxy) ethanol		3	2G	Open	No			Yes	Open	NO	A,D	N2	NO	15.19.6

Εικόνα 1.1 Πρώτη σελίς κατηγοριοποίησης χημικών (IBC code, ch.17)

## 1.2 Ιστορικά στοιχεία

Το χημικό δεξαμενόπλοιο ως είδος πλοίου έχει τις ρίζες του στα τέλη της δεκαετίας του 1940 και στις αρχές της δεκαετίας του 1950. Τα πρώτα χημικά δεξαμενόπλοια αναπτύχθηκαν για να καλύψουν τις ανάγκες μιας αναπτυσσόμενης βιομηχανίας πετροχημικών στις ακτές του κόλπου των Ηνωμένων Πολιτειών.

Πριν από τη δεκαετία του 1920 - αλλά και μετέπειτα - οι χημικοί κατασκευαστές βασίστηκαν στις παραδοσιακές πρώτες ύλες όπως ζωική και φυτική ύλη. Ωστόσο, η έντονη χρήση υδρογονανθράκων ως πρώτες ύλες για τη σύνθεση οργανικών χημικών ξεκίνησαν στις ΗΠΑ περίπου αυτήν την περίοδο. Διασπώμενα αέρια, πλούσια σε ολεφίνες (αιθυλένιο, προπυλένιο και βουτυλένιο) θεωρήθηκαν αρχικά ως υποπροϊόντα διύλισης πετρελαίου, αλλά από τη δεκαετία του 1920 και μετά συνειδητοποιήθηκε ότι θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν κερδοφόρα ως πρώτη ύλη για χημική κατασκευή. Για παράδειγμα, μέχρι το 1930, το φυσικό αέριο είχε αντικατασταθεί σε μεγάλο βαθμό από αέρια οπτάνθρακα ως πρώτη ύλη για τη σύνθεση της αμμωνίας.

Αρχικά, οι αποστολές από χημικά εργοστάσια μεταφέρονταν σε τύμπανα και σε φορητές δεξαμενές οδικώς στο σύστημα διακρατικών αυτοκινητόδρομων των ΗΠΑ, καθώς και με σιδηροδρομικά οχήματα με δεξαμενή, προς τις ακτές του Ατλαντικού. Μεμονωμένες συσκευασμένες χημικές ουσίες είχαν επίσης μεταφερθεί σε γυάλινες νταμιτζάνες, τύμπανα και δεξαμενές σε συμβατικά πλοία, από ποτάμια και θάλασσες.

Καθ' όλη τη δεκαετία του 1950 η ζήτηση για χημικά αυξήθηκε γρήγορα κι απαιτήθηκαν πιο εξελιγμένα μεταφορικά μέσα. Στο μεταξύ η δεξαμενή σε ξηρά φορτηγά πλοία μπόρεσε να αντικαταστήσει τις υπάρχουσες μεθόδους μεταφοράς, αλλά την εμφάνιση επικίνδυνων νέων χημικών τα οποία έπρεπε να αποσταλούν σε μεγάλα δέματα κατέστησε σαφές ότι απαιτείται ένας νέος τύπος πλοίου.

Το πλεόνασμα των δεξαμενόπλοιων T2 κατά τη διάρκεια του πολέμου εξασφάλισε άφθονη προσφορά πλοίων για τα οποία θα μπορούσε να επιτρέψει μεγάλη μεταφορά χημικών χύδην. Η μετατροπή τέτοιων σκαφών δεν ήταν τεχνολογικά απαιτητική, αλλά απαραίτητη, ώστε να επιτρέπεται ο διαχωρισμός φορτίου. Συνήθως η εργασία μετατροπής περιλαμβάνει τη πρόσθεση διαφραγμάτων για την παροχή περισσότερων και μικρότερων δεξαμενών, επέκταση του συστήματος γραμμών φόρτωσης και εγκατάσταση πρόσθετων αντλιών φορτίου.

Εκτός από αυτές τις μετατροπές σχετικά των μεγάλων χημικών πλοίων, μικρότερα δεξαμενόπλοια ειδικά σχεδιασμένα και κατασκευασμένα για τη μεταφορά "οξέων" - π.χ. θειικό οξύ, χτίστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1950, οι δεξαμενές φορτίου των οποίων ήταν κατασκευασμένες από ειδικό κράμα χάλυβα, ενισχυμένες για πυκνότητα φορτίου έως 2,0 κιλά / λίτρο.

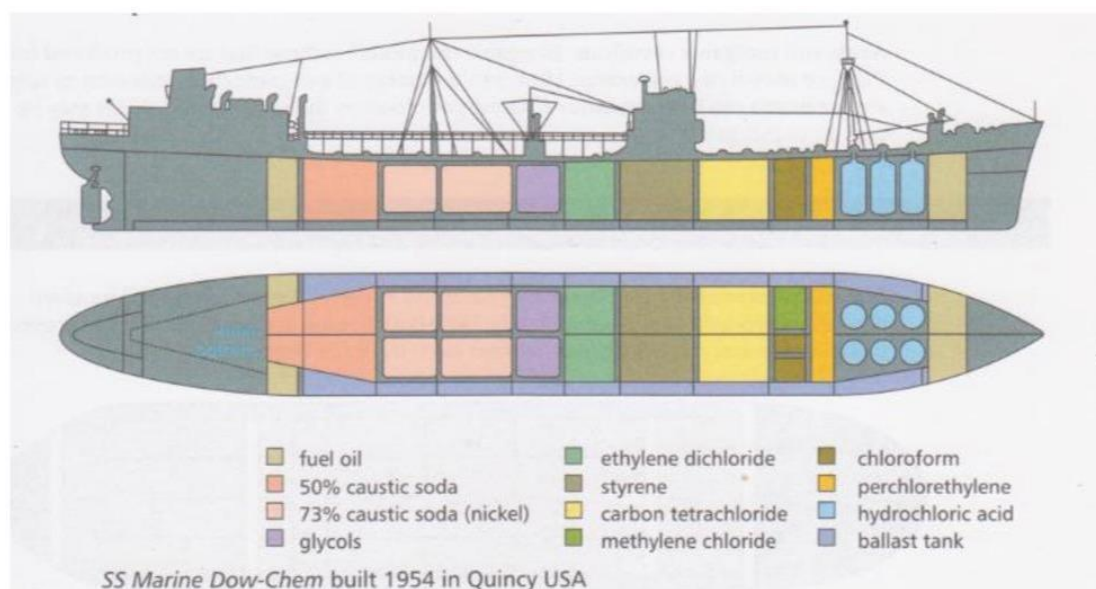
Στις Κάτω Χώρες, οι αδελφοί Broere έθεσαν σε λειτουργία το πρώτο δεξαμενόπλοιο χημικών μόνο 400 κ.ο.χ. τον Οκτώβριο του 1949 παραδίδοντας φορτία των ΗΠΑ σε λιμάνια της Βόρειας Θάλασσας. Αυτό το πλοίο ακολούθησε το 2.880 κ.ο.χ. Elizabeth Broere το 1954. Αυτά τα μικρά πλοία δεν μπορούσε να τα ανταγωνιστεί καμία οικονομική κλίμακα όπως μπορούσαν να προσφέρουν τα πολύ μεγαλύτερα πετρελαιοφόρα.

Οι συναλλαγές των δεξαμενόπλοιων χημικών δεμάτων δημιουργήθηκαν με την εισαγωγή των μεταφερόμενων φορτηγών πλοίων και πετρελαιοφόρων. Η ουσία αυτού του εμπορίου ήταν ότι επέτρεψε σε μια μικρή κοινότητα ιδιοκτητών έχοντας μικρές παρτίδες με υγρά χημικά - ή δέματα - να απολαύσουν την ένταξή τους στις μεγαλύτερες οικονομικές κλίμακες. Εκείνες που λειτουργούσαν δεξαμενόπλοια μεγαλύτερου μεγέθους και συχνότερης υπηρεσίας. Τα δέματα θα μπορούσαν να έχουν μέγεθος που εκτείνεται από μερικές εκατοντάδες έως μερικές χιλιάδες τόνους το καθένα καθώς και θα μπορούσαν να είναι οποιοδήποτε από πολλά προϊόντα. Ακόμη θα μπορούσαν να φορτωθούν ή / και εκφορτωθούν σε οποιοδήποτε από τα λιμάνια κατά μήκος μιας καθιερωμένης διαδρομής.

Δεδομένου ότι το εφεδρικό δεξαμενόπλοιο T2 κατά τη διάρκεια του πολέμου και τα φορτηγά πλοία C4 ήταν η αιτία για τη μετατροπή σε δεξαμενόπλοια χημικών, μια νέα ώθηση προήλθε από έναν άλλο περιφερειακό πόλεμο που είχε ως αποτέλεσμα το κλείσιμο του καναλιού του Σουέζ το 1957. Τα δεξαμενόπλοια πετρελαιοειδών της εποχής κρίθηκαν μη ανταγωνιστικά από μεγαλύτερα και νεότερα σκάφη, τα οποία

είχαν καλύτερες προοπτικές ναυσιπλοΐας περνώντας γύρω από το ακρωτήριο της καλής ελπίδας. Οι ιδιοκτήτες αυτής της πλεονάζουσας χωρητικότητας ήταν πρόθυμοι να επενδύσουν σε μετατροπές για να αποφύγουν την απόλυση και εξασφαλίσουν απασχόληση. Η μετατροπή των δεξαμενόπλοιων συνεπαγόταν συνήθως την προσθήκη μερικών διαφραγμάτων για την παροχή μικρότερων δεξαμενών, επικάλυψη μερικών από τις δεξαμενές με πυριτικό ψευδάργυρο, εγκατάσταση πρόσθετων αντλιών και αγωγών για διαχωρισμό και, εάν είναι απαραίτητο, προσθήκη δεύτερου αντλιοστασίου (rump room).

Το πρώτο δεξαμενόπλοιο που σχεδιάστηκε ειδικά για τη μεταφορά χημικών χύμα ήταν το Marine Dow-Chem, με δίδυμους στρόβιλους ατμού που κατασκευάστηκε το 1954 στις ΗΠΑ. Το πλοίο είχε διπλά διαφράγματα ώστε να διαχωρίσει τις δεξαμενές, καθένα με ξεχωριστά συστήματα μεταφοράς, σωλήνες και συνδέσεις. Ήταν συνηθισμένο να μεταφέρει έντεκα χημικά φορτία, το καθένα με τα δικά του διαφορετικά χαρακτηριστικά, από το Dow's Texas στα λιμάνια των ΗΠΑ, στην Καραϊβική και στην Κεντρική και Νότια Αμερική. Στα 168 μέτρα μήκος το Marine Dow Chem ήταν σε θέση να μεταφέρει ειδικά 16.000 τόνους χημικών με αυτή την δεξαμενική διάταξη.



Εικόνα 1.2 Το ιστορικό SS Marine dow-chem (structural basis – tank design)

Τα δεξαμενόπλοια δεμάτων ενσωμάτωσαν όλα τα χαρακτηριστικά των πρώτων δεξαμενόπλοιων αλλά και μερικά ακόμη. Περισσότερο τα διαφράγματα συμπεριλήφθηκαν για να δώσουν σε κάθε πλοίο περισσότερες από 40 δεξαμενές. Εκτός από επικαλύψεις, δεξαμενές από ανοξείδωτο ατσάλι τοποθετήθηκαν σε πολλά πλοία, επιτρέποντάς τους να μεταφέρουν διαβρωτικά φορτία ή φορτία που απαιτούν υψηλό βαθμό καθαρότητας προϊόντος (purity).

Οι ανοξείδωτες δεξαμενές ήταν ακριβές, αλλά πρόσφεραν σχετικά εύκολο καθαρισμό και επέτρεψαν τη μεταφορά ενός αριθμού φορτίων που δεν μπορούσαν να αποσταλούν σε συμβατικές, επικαλυμμένες δεξαμενές από μαλακό χάλυβα. Το πρώτο δεξαμενόπλοιο εξοπλισμένο με ανοξείδωτες δεξαμενές φορτίου ήταν το νορβηγικό M/T Lind, που κτίστηκε το 1960.

Τα επόμενα σαράντα χρόνια η βιομηχανία χημικών μεταφορών συνέχισε να επεκτείνεται και να εξελίσσεται. Οι καινοτομίες και οι εξελίξεις τροφοδοτήθηκαν από τις ανάγκες των φορτωτών και των φορτίων τους ως καθώς και από την επιθυμία των πλοιοκτητών να λειτουργούν πιο αποτελεσματικά πλοία. Αυτές οι καινοτομίες και οι τεχνολογίες αναπτύχθηκαν με κοινή προσπάθεια από τους πλοιοκτήτες και τους χειριστές χημικών δεξαμενόπλοιων, ναυπηγούς, κατασκευαστές εξοπλισμού, σχεδιαστές και νηογνώμονες. Το αναπτυσσόμενη δύναμη των διεθνών κανονισμών για το σχεδιασμό και τη λειτουργία των πλοίων παρείχαν πρόσθετη ώθηση.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1970 ο διεθνής έλεγχος των φορτίων χύδην χημικών ήταν de facto υπό την ευθύνη του Διεθνή Συμβουλευτικού Οργανισμού Ναυτιλίας με την υποστήριξη των Ηνωμένων Εθνών (IMCO). Ο IMCO δημοσίευσε έναν Χημικό Κώδικα Χύδην για την κατασκευή και τον εξοπλισμό των πλοίων που μεταφέρουν επικίνδυνα χημικά. Ο Κώδικας ισχύει για όλα τα πλοία που κατασκευάστηκαν ή μετατράπηκαν μετά τον Απρίλιο του 1972. Επιπλέον, μετά από εξαετή περίοδο χάριτος, ο Κώδικας θα επεκταθεί ώστε να συμπεριλάβει όλα τα χημικά δεξαμενόπλοια εν ενεργεία.

Ο κώδικας ανάγκασε τα δεξαμενόπλοια χημικών να υιοθετήσουν πολλές τεχνολογικές καινοτομίες σε σχέση με την ασφάλεια και προστασία του περιβάλλοντος. Στην πραγματικότητα, τα σύγχρονα δεξαμενόπλοια χημικών ήταν εξοπλισμένα με συστήματα ελέγχου δεξαμενών φορτίου και απελευθέρωσης αερίου, περιβαλλοντικό έλεγχο φορτίων, ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, πυροπροστασία και κατάσβεση.

Το μέγεθος των δεξαμενόπλοιων κυμαίνεται συνήθως μεταξύ μικρών (5.000 dwt ή λιγότερο) σε μεγαλύτερα (πάνω από 40.000 dwt), το οποίο είναι σημαντικά μικρότερο από ένα μέσο πετρελαιοφόρο ή product carrier λόγω των συνήθως μικρότερων ποσοτήτων χημικού φορτίου και των μερικές φορές πολύ μικρότερων λιμένων όπου το πλοίο φορτώνει ή εκφορτώνει. Ωστόσο, έχουν κατασκευαστεί και μεγαλύτερα πλοία τα τελευταία χρόνια. Το μεγαλύτερο χημικό δεξαμενόπλοιο που είναι γνωστό είναι το Bow Pioneer, ναυπηγήθηκε τον Απρίλιο του 2013 στο Daewoo της Κορέας. Το 75.000 dwt Bow Pioneer αντιπροσωπεύει μια νέα εξέλιξη στη βιομηχανία χημικών δεξαμενόπλοιων, και είναι ένα από τα μεγαλύτερα δεξαμενόπλοια μεταφοράς χημικών.

### **1.3 Διεθνείς κανονισμοί**

Όπως περιγράφεται στο "Σχεδιασμός και κατασκευή πλοίου, τόμος 2", ο σχεδιασμός και η λειτουργία χημικών δεξαμενόπλοιων διέπεται κυρίως από τρία έγγραφα που εκδίδονται από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO). Το πρώτο και πιο σημαντικό για τα χημικά δεξαμενόπλοια είναι ο Διεθνής Κώδικας για τη Κατασκευή και εξοπλισμό πλοίων που μεταφέρουν επικίνδυνα χημικά χύδην (κωδικός IBC)<sup>1</sup>. Η διεθνής σύμβαση για την ασφάλεια της ζωής στη θάλασσα 1974 (SOLAS)<sup>2</sup>, όπως

<sup>1</sup> International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk (IBC Code) as amended by MEPC.225(64) and MSC.340(91)- International Maritime Organization, London, June 2014

<sup>2</sup> SOLAS Consolidated Edition, 2009 Consolidated text of the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, and its Protocol of 1988: articles, annexes and certificates

τροποποιήθηκε και περιλαμβάνει περισσότερο γενικούς κανονισμούς που διέπουν το σχεδιασμό εμπορικών σκαφών. Τέλος, η Διεθνής Σύμβαση για την πρόληψη της ρύπανσης από τα πλοία 1973, και το πρωτόκολλο του 1978 (MARPOL 73/78)<sup>3</sup> παρέχει κανονισμούς που επηρεάζουν το σχεδιασμό και τη λειτουργία των χημικών δεξαμενόπλοιων σε σχέση με πρόληψη της ρύπανσης. Αυτοί οι διεθνείς κανονισμοί είναι τα θεμέλια για την πλειοψηφία κανονισμών της σημαίας κράτους και κανόνες κλάσης που σχετίζονται με το σχεδιασμό των εν λόγω δεξαμενόπλοιων.

### 1.3.1 SOLAS

Ο σκοπός της SOLAS είναι να παρέχει κανονισμούς που διέπουν το σχεδιασμό, την κατασκευή και τη λειτουργία εμπορικών σκαφών με έμφαση στη μεγιστοποίηση της ασφάλειας. Τα χημικά δεξαμενόπλοια πρέπει να πληρούν πολλούς από τους γενικούς κανονισμούς ασφαλείας που περιλαμβάνονται στη SOLAS και ισχύουν για όλους τους τύπους πλοίων, όπως εγκατάσταση GMDSS και εξοπλισμό πλοήγησης. Οι κανονισμοί SOLAS ειδικά για τα χημικά ο σχεδιασμός και η λειτουργία των δεξαμενόπλοιων βρίσκονται στο Κεφάλαιο VII μέρος Β, με τίτλο κατασκευή και εξοπλισμός πλοίων που μεταφέρουν επικίνδυνα υγρά χημικά χύμα. Αυτή η ενότητα δεν περιέχει συγκεκριμένες τεχνικές απαιτήσεις ή μια λίστα φορτίων στα οποία ισχύει, αλλά διαφέρει από τον κωδικό IBC. Το τμήμα απαιτεί ότι όλα τα δεξαμενόπλοια χημικών που κατασκευάστηκαν μετά την 1η Ιουλίου 1986 συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις του κώδικα IBC, καθώς και με τις ισχύουσες απαιτήσεις έρευνας που αναφέρονται στο Κεφάλαιο I της SOLAS. Το κείμενο του κεφαλαίου απαιτεί επίσης στα ναυπηγημένα χημικά δεξαμενόπλοια μετά την 1η Ιουλίου 1986 να επιθεωρηθούν και να πιστοποιηθούν σύμφωνα με τον κωδικό IBC.

### 1.3.2 Κώδικας IBC

Ο κώδικας IBC περιέχει τους κανονισμούς του IMO που διέπουν συγκεκριμένα το σχεδιασμό, την κατασκευή και εξαρτήματα νεόκτιστων ή μεταποιημένων χημικών δεξαμενόπλοιων. Ο κώδικας IBC εγκρίθηκε από τους IMO, Επιτροπή Θαλάσσιας Ασφάλειας (MSC) το 1983 και από την Επιτροπή Προστασίας του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος το 1985. Ο IBC αντικατέστησε τον Κώδικα Κατασκευής και Εξοπλισμού Πλοίων Μεταφοράς επικίνδυνων χημικών χύδην (κωδικός BCH), ο οποίος ισχύει για χημικά δεξαμενόπλοια κατασκευασμένα ή τροποποιημένα πριν από την 1η Ιουλίου 1986. Ο σκοπός του κώδικα IBC όπως αναφέρεται στο προοίμιο είναι:

«... Να παρέχει ένα διεθνές πρότυπο για την ασφαλή μεταφορά, χύδην από θαλάσσης, επικίνδυνες χημικές ουσίες και επιβλαβείς υγρές ουσίες που αναφέρονται στο κεφάλαιο 17 του κώδικα. Ο Κώδικας ορίζει τα πρότυπα σχεδιασμού και κατασκευής πλοίων, ανεξαρτήτως χωρητικότητας, που εμπλέκονται σε τέτοιες μεταφορές και τον εξοπλισμό που θα μεταφέρει για να ελαχιστοποιήσει τον κίνδυνο

---

<sup>3</sup> Articles, Protocols, Annexes, Unified Interpretations of the International Convention for the Prevention of Pollution from ships, 1973 as modified by the Protocol of 1978, Consolidated Edition 2002, International Maritime Organization, London ,2001

για το πλοίο, το πλήρωμά του και το περιβάλλον σχετικά με τη φύση των σχετικών προϊόντων. »

Ο κώδικας IBC ισχύει για οποιοδήποτε μέγεθος σκάφους που εκτελεί μεταφορά επικίνδυνων ή επιβλαβών υγρών χημικών ουσιών χύμα, εκτός από πετρέλαιο ή παρόμοια προϊόντα. Οι ουσίες που καλύπτονται από τον κωδικό ορίζονται ως:

- Προϊόντα που έχουν σημαντικούς κινδύνους πυρκαγιάς που υπερβαίνουν εκείνους των προϊόντων πετρελαίου ή παρόμοια εύφλεκτα προϊόντα, και
- Προϊόντα που παρουσιάζουν σημαντικούς κινδύνους εκτός από την ευφλεκτικότητα.

Με βάση αυτούς τους ορισμούς, τα περισσότερα προϊόντα πετρελαίου όπως βενζίνη, κηροζίνη, ντίζελ και διαλυτική νάφθα δεν απαιτείται να μεταφέρονται σε χημικά δεξαμενόπλοια όπως ορίζεται από τον κωδικό IBC. Τα προϊόντα που καλύπτονται από τον κωδικό IBC ορίζεται επίσης ότι διαθέτουν πίεση τάσης ατμών ίση ή μικρότερη από 2,8 bar απόλυτης τιμής σε θερμοκρασία 37,8 ° C. Αυτή η οδηγία εξαιρεί τα υγροποιημένα αέρια από το υπό την αιγίδα του κώδικα IBC καθώς καλύπτονται από τον Διεθνή Κώδικα Κατασκευής και Εξοπλισμός πλοίων μεταφοράς υγρών αερίων χύδη (κωδικός IGC).

Οι κίνδυνοι φορτίου εκτός από την ευφλεκτότητα που αναφέρονται στον τον κώδικα IBC αφορούν την υγεία, κινδύνους αντιδραστικότητας καθώς και προς τα ύδατα, αέρα και τη θαλάσσια ρύπανση. Ειδικοί κίνδυνοι για την υγεία θεωρούνται τα τοξικά κι ερεθιστικά αποτελέσματα του υλικού. Όσον αφορά την αντιδραστικότητα, λαμβάνονται υπόψη αυτή των υλικών, του νερού και άλλων προϊόντων. Όσον αφορά τη ρύπανση νερού οι κίνδυνοι που εξετάζονται είναι η τοξικότητα στον άνθρωπο, η διαλυτότητα στο νερό, η οσμή και η γεύση, και σχετική πυκνότητα υλικού. Οι κίνδυνοι ατμοσφαιρικής ρύπανσης που λαμβάνονται υπόψη περιλαμβάνουν τοξικότητα, πίεση ατμών, πυκνότητα ατμών, διαλυτότητα στο νερό και σχετική πυκνότητα του προϊόντος. Οι κίνδυνοι ρύπανσης της θάλασσας λαμβάνουν υπόψη τους κινδύνους βιοσυσσώρευσης, τη ζημία στους έμβιους πόρους, το κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία και τη μείωση των πόρων.

Ο κωδικός IBC ορίζει τρεις τύπους πλοίων, ST1, ST2 και ST3. Ο τύπος πλοίου καθορίζει τον τύπο φορτίου, όσον αφορά την ασφάλεια και τους περιβαλλοντικούς κινδύνους, το οποίο μπορεί να μεταφέρει ένα πλοίο, βάσει του σχεδιασμού και εξοπλισμού του σκάφους. Περιλαμβάνεται κατάλογος φορτίων που μπορούν να μεταφερθούν από δεξαμενόπλοιο χημικών στο Κεφάλαιο 17 του κώδικα IBC. Για καθένα από τα χημικά που περιλαμβάνονται σε αυτήν τη λίστα, ο κωδικός αντιστοιχεί σε έναν από τους τρεις τύπους πλοίων. Μια χημική ουσία που αποδίδεται στο ST1 στο Κεφάλαιο 17 θεωρείται ότι παρουσιάζει τη μεγαλύτερη συνδυασμένη απειλή για την ασφάλεια και το περιβάλλον. Καθώς ο αριθμός τύπου πλοίου αυξάνει αναφορικά με τη συνολική απειλή της εκάστοτε χημικής ουσίας, οι κανόνες που διέπουν το σχεδιασμό του πλοίου γίνονται λιγότερο αυστηροί.

Για κάθε τύπο πλοίου υπάρχουν συγκεκριμένα κριτήρια σχεδιασμού που πρέπει να πληρούνται, όπως ύψος διπλού πυθμένα και διπλό πλάτος. Ο κατάλογος που περιλαμβάνεται στο Κεφάλαιο 17 προσδιορίζει επίσης έντεκα διαφορετικές

κατηγορίες απαιτήσεων που πρέπει να ενσωματωθούν στο σχεδιασμό ή/και στη λειτουργία του πλοίου, ώστε να μπορεί να μεταφέρει ένα δεδομένο φορτίο. Αυτές οι απαιτήσεις κυμαίνονται από συστήματα μέτρησης δεξαμενών έως απαιτήσεις για υλικό κατασκευής. Επομένως, ο τύπος του πλοίου από μόνος του δεν επιτρέπει σε ένα πλοίο να μεταφέρει ένα συγκεκριμένο φορτίο. Εκτός από τον τύπο του πλοίου, το σκάφος πρέπει επίσης να φέρει τον εξοπλισμό που απαιτείται από τον κώδικα για το συγκεκριμένο φορτίο. Στην λίστα του κεφαλαίου 17 περιλαμβάνονται κατηγορίες κινδύνου προϊόντος και προσδιορισμοί κατηγορίας ρύπανσης. Οι κατηγορίες ρύπανσης (A, B, C, D) προέρχονται από κανονισμούς που αναφέρονται στη MARPOL 73/78, παράρτημα II. Δεδομένου ότι ο συνολικός κίνδυνος, ανθρώπου και περιβάλλοντος, λαμβάνεται υπόψη κατά την ανάθεση ενός τύπου πλοίου σε ένα φορτίο, δεν υπάρχει καμία άμεση συσχέτιση μεταξύ τύπου πλοίου και κατηγορίας ρύπανσης MARPOL.

Το κεφάλαιο 18 του κώδικα IBC περιλαμβάνει μια λίστα με προϊόντα για τα οποία ο παρών δεν ισχύει. Δεν ισχύει για αυτά τα φορτία καθώς έχει καθοριστεί ότι δεν παρουσιάζουν επαρκή κίνδυνο ώστε να δικαιολογηθεί η συμπερίληψή τους. Αυτό δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχει ειδική μεταφορά ή απαιτήσεις χειρισμών που σχετίζονται με το φορτίο, αλλά μάλλον λόγω της φύσης του, οι κανόνες που διέπουν τη μεταφορά τους αφήνεται στη διακριτική ευχέρεια των κρατών σημαίας και των νηογνομόνων.

Ο κωδικός IBC περιλαμβάνει κανονισμούς που διέπουν τους ακόλουθους τομείς σχεδιασμού χημικών δεξαμενόπλοιων:

- Ανέπαφη ευστάθεια και ύψος εξάλων
- Ευστάθεια ζημιών
- Θέση των δεξαμενών φορτίου
- Ρυθμίσεις σκάφους
- Εμπορευματοκιβώτια
- Μεταφορά φορτίου
- Κατασκευαστικά υλικά
- Εξαερισμός δεξαμενών φορτίου και απελευθέρωση αερίου
- Περιβαλλοντικός έλεγχος φορτίων
- Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις
- Πυροπροστασία και κατάσβεση
- Μηχανικός εξαερισμός στις δεξαμενές φορτίου
- Όργανα
- Προστασία προσωπικού
- Απαιτήσεις χειρισμών

Τέλος, ο κώδικας IBC απαιτεί δύο εξαιρετικά έγγραφα για τα δεξαμενόπλοια χημικών. Το πρώτο έγγραφο είναι το διεθνές πιστοποιητικό καταλληλότητας για τη μεταφορά επικίνδυνων υγρών χημικών χύδην ή COF. Το COF παρέχει μια λίστα με όλα τα χημικά φορτία που είναι το σκάφος εγκεκριμένο να μεταφέρει, βάσει του σχεδιασμού και του εξοπλισμού του. Προκειμένου ένα σκάφος να μεταφέρει οποιοδήποτε συγκεκριμένο φορτίο που αναφέρεται στο Κεφάλαιο 17 του κώδικα IBC ή οποιοδήποτε φορτίο έχει χαρακτηριστεί ως κατηγορία ρύπανσης D και αναφέρεται στο Κεφάλαιο 18, πρέπει να αναγράφεται στο πιστοποιητικό. Το COF συνήθως εκδίδεται και διατηρείται από τον νηογνώμονα για λογαριασμό του κράτους σημαίας του σκάφους. Το COF είναι ένα διεθνώς αποδεκτό έγγραφο που δείχνει ότι ένα σκάφος πληροί τις απαιτήσεις του κώδικα IBC. Το δεύτερο έγγραφο που απαιτείται είναι το Εγχειρίδιο Ενεργειών και Διατάξεων (P&A) του πλοίου, του οποίου ο σκοπός και η απαιτούμενη μορφή περιγράφεται στους κανονισμούς του παραρτήματος II της MARPOL 73/78.

### **1.3.3 MARPOL 73/78**

Ο σκοπός της σύμβασης MARPOL είναι:

«Να επιτευχθεί η πλήρης εξάλειψη της σκόπιμης ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος από το πετρέλαιο και άλλες επιβλαβείς ουσίες και η ελαχιστοποίηση της συμπτωματικής απόρριψης τέτοιων ουσιών. »

Το Παράρτημα II της σύμβασης είναι οι «Κανονισμοί για τον έλεγχο της ρύπανσης από βλαβερές ουσίες χύμα » και ισχύει για το σχεδιασμό και χειρισμό χημικών δεξαμενόπλοιων. Το παράρτημα προβλέπει ειδικούς κανονισμούς που αποσκοπούν στην πρόληψη της ρύπανσης από την απόρριψη των δύο χημικών φορτίων και υπολείμματα αυτών και υπολείμματα πλύσης δεξαμενών φορτίου. Οι κανονισμοί αυτοί αφορούν τόσο τις επιχειρησιακές διαδικασίες όσο και τις ενέργειες εκφόρτωσης των σκαφών. Οι κανονισμοί εφαρμόζονται βάσει συστήματος κατηγοριοποίησης φορτίου. Αυτό το σύστημα τοποθετεί κάθε επιβλαβές υγρό φορτίο σε μία από τις τέσσερις κατηγορίες (A, B, C και D) με βάση την απειλή που θέτει το φορτίο στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Το παράρτημα περιλαμβάνει κανονισμούς σχετικά με την ποσότητα καταλοίπων φορτίου που μπορεί να παραμείνει σε δεξαμενή αφού ολοκληρωθεί η εκφόρτωση. Αυτή η απαίτηση επηρεάζει το σχεδιασμό των δεξαμενών φορτίου πλοίων, τα συστήματα σωληνώσεων και άντλησης. Για να προωθηθεί αυτή η απαίτηση, το Παράρτημα ζητά τη δοκιμή του συστήματος προς εκτέλεση και έγκριση από το κράτος σημαίας. Η διαδικασία δοκιμής και οι σχετικές μέθοδοι υπολογισμού περιλαμβάνονται στο προσάρτημα των κανονισμών του παραρτήματος II. Απαιτήσεις για τις θέσεις και το μέγεθος των υποθαλάσσιων θυρών εκκένωσης για πλύσεις δεξαμενών ορίζονται επίσης από το παράρτημα.

Το παράρτημα απαιτεί ότι κάθε σκάφος που μεταφέρει επιβλαβείς υγρές ουσίες φέρει ορισμένα έγγραφα που αποδεικνύουν τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς. Κάθε σκάφος πρέπει να συντηρεί ένα Βιβλίο εγγραφής φορτίου που παραθέτει όλες τις δραστηριότητες που σχετίζονται με το φορτίο και πραγματοποιούνται σε ένα μεμονωμένο φορτίο βάσει δεξαμενής. Οι δραστηριότητες που πρέπει να αναφέρονται



περιλαμβάνουν τη φόρτωση, μεταφορά και εκφόρτωση, καθαρισμού δεξαμενών, διάθεση καταλοίπων στην ακτή και εκφόρτωση κατάλοιπων πλυσίματος δεξαμενών στη θάλασσα. Το παράρτημα απαιτεί επίσης να παρέχεται σε κάθε σκάφος εγχειρίδιο ενεργειών και διατάξεων (Εγχειρίδιο P&A) που παρέχει συγκεκριμένες οδηγίες για τον τρόπο λειτουργίας του σκάφους για να διασφαλιστεί η συμμόρφωση με τους κανονισμούς που παρατίθενται στο παράρτημα. Αυτό το εγχειρίδιο είναι ένα έγγραφο σχεδιασμού που δημιουργείται είτε από τον σχεδιαστή πλοίου είτε από τον κατασκευαστή πλοίων και έχει εγκριθεί από το κράτος σημαίας. Συνήθως η κλάση θα επανεξετάσει και θα εγκρίνει το εγχειρίδιο P&A εκ μέρους του κράτους σημαίας διαχειριστή. Το παράρτημα απαιτεί επίσης να εφοδιάζονται τα δεξαμενόπλοια χημικών με Σχέδιο έκτακτης ανάγκης θαλάσσιας ρύπανσης (SMPEP), το οποίο παρέχει καθοδήγηση στους χειριστές επί το συμβάν ρύπανσης.

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα περισσότερα δεξαμενόπλοια χημικών είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να μπορούν να μεταφέρουν προϊόντα πετρελαίου καθώς και χημικά. Αυτά τα σκάφη πρέπει να πληρούν τις ισχύουσες απαιτήσεις και των δύο Παράρτημα Ι και Παράρτημα ΙΙ της MARPOL 73/38.

## **1.4 Ταξινόμηση χημικών δεξαμενόπλοιων**

### **1.4.1 Κατηγοριοποίηση μεγέθους**

Τα χημικά δεξαμενόπλοια μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με διάφορους τρόπους. Σε αντίθεση με τα πετρελαιοφόρα και προϊόντων πετρελαίου δεν υπάρχει καθολικά αποδεκτή κατηγοριοποίηση μεγέθους των χημικών δεξαμενόπλοιων, αλλά και των σύγχρονων πλοίων συνήθως εμπίπτουν σε μία από τις ακόλουθες τρεις κατηγορίες:

#### **▪ Χημικά δεξαμενόπλοια εσωτερικών υδάτων:**

500 έως 4.000 τόνοι DWT. Συνήθως με τη μορφή αυτοκινούμενων φορτηγίδων. Περισσότερο χρησιμοποιούνται στα ποτάμια της βορειοδυτικής Ευρώπης για τη φόρτωση από μεγαλύτερα βυτιοφόρα ή παράκτιους τερματικούς σταθμούς και μεταφέροντας τα υλικά σε εσωτερικές βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

#### **▪ Παράκτια χημικά δεξαμενόπλοια:**

3.000 έως 10.000 τόνους DWT. Αυτά τα μικρά δεξαμενόπλοια, που αναφέρονται επίσης ως δεξαμενόπλοια μικρών αποστάσεων, χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά χημικών στα παράκτια και για τη μεταφορά φορτίων σε λιμάνια και τερματικούς σταθμούς στα οποία τα μεγαλύτερα δεξαμενόπλοια δεν μπορούν να εισέλθουν λόγω οποιουδήποτε περιορισμού (μέγεθος, βύθισμα). Αυτά τα βυτιοφόρα μπορούν να φορτώσουν ή να εκφορτώσουν φορτία από έναν τερματικό σταθμό στην ξηρά ή απευθείας από ένα μεγαλύτερο σκάφος. Αυτά τα σκάφη χρησιμοποιούνται συνήθως στην ενδο-ευρωπαϊκή, ενδο-νοτιοανατολική Ασία αλλά και στην αγορά της Βόρειας - Κεντρικής Αμερικής.

#### **▪ Βυτιοφόρα ανοιχτής θαλάσσης:**

10.000 έως 50.000 τόνοι DWT. Αυτά τα σκάφη που πηγαίνουν στον ωκεανό έχουν συνήθως μεγάλο αριθμό διαχωρισμών δεξαμενής και είναι είτε κατασκευασμένες από ανοξείδωτο χάλυβα είτε με επίστρωση. Αυτά τα σκάφη λειτουργούν σχετικά με τις

κύριες εμπορικές οδούς μεταξύ Βόρειας και Νότιας Αμερικής, Ευρώπης, Μέσης Ανατολής και Ασίας.

#### **1.4.2 Κατηγοριοποίηση γενικών τύπων**

Ένα μοντέρνο χημικό δεξαμενόπλοιο έχει σχεδιαστεί κυρίως για να μεταφέρει μερικές από τις εκατοντάδες επικίνδυνων προϊόντων που καλύπτονται από τον κώδικα IMO χύδην χημικών. Οι ακόλουθοι γενικοί τύποι χημικών έχουν αναπτυχθεί από την έναρξη του εμπορίου:

- **Εξελιγμένα δεξαμενόπλοια χημικών δεμάτων:**

Συνήθως έως και 40.000 τόνοι νεκρού βάρους με πολλαπλές δεξαμενές μικρών φορτίων - έως 54 - το καθένα με ατομική αντλία και ειδικό αγωγό, για να μεταφέρει μικρές ποσότητες χημικών ουσιών υψηλού βαθμού. Αυτά τα πλοία έχουν σημαντικό ποσοστό των δεξαμενών φορτίου κατασκευασμένες με ανοξειδωτο ατσάλι, επιτρέποντας τη μέγιστη ευελιξία για τη μεταφορά φορτίων που χρειάζονται ποιοτική μεταχείριση.

- **Δεξαμενόπλοια προϊόντων πετρελαίου / χημικών:**

Παρόμοιου μεγέθους με δεξαμενόπλοια μικρών ποσοτήτων αλλά με λιγότερες δεξαμενές φορτίου, κυρίως από επικαλυμμένο χάλυβα παρά ανοξειδωτες και λιγότερο εξελιγμένες ρυθμίσεις αντλίας και γραμμών φόρτωσης. Τέτοια πλοία μεταφέρουν τις λιγότερο δύσκολες χημικές ουσίες, καθώς επίσης και εκτενείς συναλλαγές με προϊόντα καθαρού πετρελαίου.

- **Εξειδικευμένοι χημικά δεξαμενόπλοια:**

Μικρά έως μεσαία πλοία, συχνά σε ειδικό εμπόριο και συνήθως μεταφέρουν ένα και μόνο φορτίο όπως οξύ, λιωμένο θείο, λιωμένο φωσφόρο, μεθανόλη, χυμό φρούτων, φοινικέλαιο και κρασί. Οι δεξαμενές φορτίου είναι επικαλυμμένες ή ανοξειδωτες σύμφωνα με το εμπόριο.

#### **1.4.3 Κατηγοριοποίηση τύπου πλοίου σύμφωνα με τον κώδικα IBC**

Τα χημικά δεξαμενόπλοια μπορούν επίσης να ομαδοποιηθούν ανάλογα με το επίπεδο περιορισμού φορτίου που έχει σχεδιαστεί στο σκάφος γνωστό ως Τύπο Πλοίου (ST). Ο κώδικας IBC ορίζει τρεις συγκεκριμένους τύπους πλοίων, με το ST 1 να παρέχει το μεγαλύτερο επίπεδο περιορισμού για τη μεταφορά των πιο επικίνδυνων φορτίων. Αντίθετα, το ST 3 παρέχει ελάχιστο περιορισμό για τη μεταφορά των λιγότερο επικίνδυνων φορτίων που καλύπτονται από τον κώδικα.

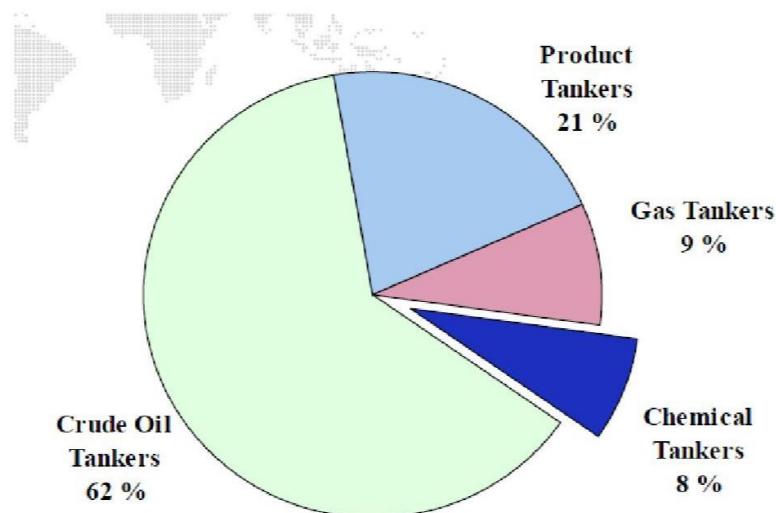
Τα σχέδια χημικών δεξαμενόπλοιων συνήθως εμπίπτουν σε μία από τις τρεις κατηγορίες τύπου πλοίου:

1. ST 1/2
2. ST 2
3. ST 2/3

## 1.5 Ανάλυση στόλου

Σύμφωνα με στοιχεία που ελήφθησαν από το Odfjell, τα δεξαμενόπλοια χημικών φορτίων αντιπροσωπεύουν το 8% του παγκόσμιου στόλου.

Ο στόλος με αριθμούς, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα:



Εικόνα 1.5 Tanker fleet distribution (2020)

Οι πλοιοκτήτες αγοράζουν δεξαμενόπλοια μεταφοράς χημικών είτε μέσω της σύναψης ενός, είτε μιας σειράς νεότευκτων ή με την αγορά ενός ή περισσότερων σκαφών στην αγορά μεταχειρισμένων. Όταν τα νεότευκτα παραδίδονται, ο παγκόσμιος στόλος ή η προσφορά αυξάνεται, όπως επίσης και όταν ένα πετρελαιοφόρο απορρίπτεται, ο παγκόσμιος στόλος ή ο εφοδιασμός μειώνεται. Ο ρυθμός αύξησης της προσφοράς στην αγορά χημικών δεξαμενόπλοιων μπορεί ως εκ τούτου να καθορίζεται από την ισορροπία μεταξύ των παραδόσεων και της διάλυσης των δεξαμενόπλοιων χημικών στην αγορά.

Ο παγκόσμιος στόλος χημικών δεξαμενόπλοιων αυξήθηκε κατά 25% μεταξύ του 2008 και του 2011, ωστόσο ο ρυθμός της ανάπτυξης του στόλου συνεχίζει να επιβραδύνεται με 4.651.058 DWT και 3.358.465 DWT που προστέθηκαν το 2011 και το 2012 αντίστοιχα. Ο λόγος για αυτό μπορεί να είναι η μεγάλη μέση ηλικία του στόλου, στο τέλος του 2012 5,9 εκατομμύρια DWT ή 8% του παγκόσμιου στόλου ήταν 20 ετών και άνω. Αυτό αφήνει περιθώρια για περαιτέρω διάλυση, εάν οι τιμές του χάλυβα παραμείνουν σταθερές.

Σε μια επισκόπηση της ναυτιλιακής αγοράς που εκδόθηκε από τη δανική Skibskredit τον Οκτώβριο του 2012, ο στόλος των χημικών δεξαμενόπλοιων αναμένεται να αυξηθεί μόνο κατά 3% το 2012. Οι παραδόσεις ήταν στο χαμηλότερο επίπεδο σε δέκα χρόνια, ως αποτέλεσμα ακυρώσεων, μόνο το 49% των αναμενόμενων παραδόσεων πράγματι παραδόθηκαν. Περίπου το 40% των σκαφών που παραδόθηκαν ήταν δεξαμενόπλοια υψηλής εξειδίκευσης με ανοξειδώτες δεξαμενές και με επικάλυψη από χάλυβα. Το υπόλοιπο 60% ήταν πλοία με λιγότερο από 13 εξελιγμένες δεξαμενές, επικαλυμμένες είτε με ψευδάργυρο ή εποξειδικό. Η δραστηριότητα διάλυσης παρέμεινε αρκετά υψηλή σε σύγκριση με προηγούμενα

χρόνια. Κατά τους πρώτους οκτώ μήνες του 2012 η διάλυση ανήλθε σε 0,5 εκατομμύρια dwt. Με μέση ηλικία διάλυσης 27 ετών.

Ογδόντα από τα συνολικά 151 πλοία στο βιβλίο παραγγελιών παραδόθηκαν το 2012, όλα προέρχονται από ναυπηγεία της Κίνας, συμπεριλαμβανομένων πολλών που πιστεύεται ότι έχουν ακυρωθεί. Από αυτά τα 80 πλοία, τα 68 είναι παρακάτω των 20.000 dwt και οι περισσότεροι είναι στην τάξη των 5.000 έως 10.000 dwt, με πολλούς τώρα να διαπραγματεύονται φοινικέλαιο. Τα ναυπηγεία της Κορέας παρέδωσαν 28 πλοία, όλα εκτός από ένα που είναι πάνω από 37.000 dwt. Τα Ιαπωνικά ναυπηγεία παρέδωσαν 24 πλοία με μεγέθη που κυμαίνονται από 1.231 dwt έως πάνω από 50.000 dwt.

Ο μέσος όρος των πλοίων προς παραγγελία είναι τώρα 32.015 τόνοι έναντι 23.934 τόνων πριν από ένα χρόνο. Νέες παραγγελίες έλκονται προς μεγαλύτερα μεγέθη 38.000 dwt και άνω για παραδόσεις έως το 2016. Η κίνηση προς τα δεξαμενόπλοια MR και Handysize προήλθε από καλύτερη αποδοτικότητα καυσίμων και φιλικότερους προς το περιβάλλον κινητήρες κύριας πρόωσης.

Σε σημερινά δεδομένα, από το 2017 έως το 2019 παραδόθηκαν 73 χημικά δεξαμενόπλοια έως 19.000 dwt, 15 τέθηκαν εκτός λειτουργίας (προς διάλυση), ενώ προς παραγγελία ο αριθμός ανέρχεται στα 31 μέχρι το 2022. Αντίστοιχα για μεγέθη άνω των 19.000 dwt έως και 45.000 dwt, οι αριθμοί μιλούν από μόνοι τους. Καθώς 111 χημικά δεξαμενόπλοια παραδόθηκαν από τα εν λόγω ναυπηγεία, μόνο 6 τέθηκαν εκτός λειτουργίας και εκτιμάται ότι προς παραγγελία ζητήθηκαν 37 νεότευκτα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΧΗΜΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ

#### 2.1 Εισαγωγή

Στο δεύτερο κεφάλαιο αυτής της εργασίας έχει γίνει προσπάθεια να εξοικειωθεί ο αναγνώστης με τα χημικά φορτία των δεξαμενόπλοιων, τις ιδιότητές τους και τους πιθανούς κινδύνους. Η διαδικασία δομικού σχεδιασμού ενός χημικού δεξαμενόπλοιου σχετίζεται άμεσα με τα φορτία που προορίζεται να μεταφέρει.

Πρώτα απ' όλα, έγινε ταξινόμηση των φορτίων ανάλογα με την προέλευσή τους, τη χημική σύνθεση και την απειλή ρύπανσης που θέτουν στο περιβάλλον σύμφωνα με τη MARPOL. Επιπλέον όλες οι φυσικές ιδιότητες που χαρακτηρίζουν ένα χημικό υλικό παρατίθενται και ορίζονται καθεμία επειδή παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαδικασία επιλογής και σχεδιασμού διαφόρων συστημάτων φορτίου.

Ακολουθεί μια σύντομη παρουσίαση των κινδύνων που σχετίζονται με τα χημικά φορτία και τις χημικές ουσίες καθώς και τη συμπεριφορά τους όταν απελευθερωθούν στο θαλάσσιο περιβάλλον. Υπάρχει άμεση επιρροή αυτών των πληροφοριών κι είναι ζωτικής σημασίας για όποιον επανδρώνει κι ασχολείται με τα χημικά δεξαμενόπλοια και τα φορτία που μεταφέρουν. Γι' αυτό κάποιος θα πρέπει να είναι καλά ενημερωμένος για αυτούς τους κινδύνους.

Στην πραγματικότητα, κάθε φορτίο έχει τα δικά του χαρακτηριστικά, πιθανούς κινδύνους και ειδικές απαιτήσεις για χειρισμό. Όλες αυτές οι πληροφορίες μεταφέρονται στα άτομα που χειρίζονται χημικά φορτία μέσω του δελτίου δεδομένων πληροφοριών φορτίου (MSDS).

Τέλος, έγινε προσπάθεια να εξηγηθεί όσο το δυνατόν απλοϊκά η επίδραση των χημικών προϊόντων στη διαδικασία σχεδιασμού χημικών δεξαμενόπλοιων για τη μεταφορά τους. Μερικά πρέπει να πληρούν συγκεκριμένες δομικές απαιτήσεις. Αυτές οι απαιτήσεις παρατίθενται στο Κεφάλαιο 17 του Κωδικός IBC. Αυτό το κεφάλαιο στοχεύει στην ανάλυση του Κεφαλαίου 17 του κώδικα και στη διερεύνηση του τρόπου μεμονωμένων προϊόντων που ενδέχεται να επηρεάσουν τη διαδικασία σχεδιασμού.

## 2.2 Ταξινόμηση χημικών φορτίων

### 2.2.1 Ταξινόμηση με βάση τη χημική σύνθεση

Τα φορτία που μεταφέρονται με χημικά δεξαμενόπλοια μπορούν να ταξινομηθούν με διάφορους τρόπους. Μπορούν να διαιρεθούν με βάση τη χημική τους σύνθεση, όπως ανόργανες και οργανικές ενώσεις.

- Οργανική ένωση:

οποιαδήποτε από μια μεγάλη κατηγορία χημικών ενώσεων στις οποίες ένα ή περισσότερα άτομα άνθρακα είναι ομοιοπολικά συνδεδεμένα με άτομα άλλων στοιχείων, συνήθως υδρογόνο, οξυγόνο ή άζωτο.

- Ανόργανη ένωση:

οποιαδήποτε ουσία στην οποία συνδυάζονται δύο ή περισσότερα χημικά στοιχεία εκτός του άνθρακα, σχεδόν πάντα σε συγκεκριμένες αναλογίες. Οι ενώσεις του άνθρακα ταξινομούνται ως οργανικές εκτός από τα καρβίδια, τα ανθρακικά, τα κυανίδια και μερικά άλλα.

### 2.2.2 Ταξινόμηση με βάση την προέλευση

Όπως περιγράφεται στο «Chemical Tankers: Η αθόρυβη εξέλιξη», τα χημικά φορτία μπορούν να διαιρεθούν στις ακόλουθες τέσσερις ομάδες με βάση την προέλευσή τους, και μια συγκεκριμένη βαριά ομάδα:

- Πετροχημικά προϊόντα:

Οι ενώσεις άνθρακα υπάρχουν φυσικά σε αφθονία. Αυτά που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν το συντομότερο όπως εκχυλίζονται και καθαρίζονται παρέχονται ως αρχικά υλικά για άλλες χρήσιμες ενώσεις. Τα παραδοσιακά φορτία χύδην υγρού «προϊόντος» είναι οι παραφίνες, που λαμβάνονται από αργό πετρέλαιο και κλασματική απόσταξη. Αυτοί είναι οι «κορεσμένοι» υδρογονάνθρακες. Από χημική άποψη, είναι σχετικά μη αντιδραστικοί και δεν αποτελούν τα καταλληλότερα αρχικά υλικά για την κατασκευή άλλων ουσιών. Αυτές οι ενώσεις, ωστόσο, καίγονται εύκολα, κάποιες μάλιστα τόσο εκρηκτικά όταν εξατμίζονται και αναμιγνύονται με αέρα, γι' αυτό αποτελούν τη βάση της αξίας τους ως καύσιμα.

Θερμικές και καταλυτικές «διαδικασίες πυρόλυσης» χρησιμοποιούνται για την απόκτηση περισσότερων πτητικών καυσίμων καθώς και ενώσεις από τα υπόλοιπα κλάσματα βαρέων καυσίμων πρωτογενούς απόσταξης ενώ πολλά παράγονται επίσης από αέριο υδρογονάνθρακα. Τα τελευταία είναι κυρίως οι ακόρεστοι υδρογονάνθρακες, οι οποίοι έχουν υψηλότερη χημική αντιδραστικότητα από τους κορεσμένους ομολόγους τους και που αποτελούν τη βάση της ταχέως αναπτυσσόμενης βιομηχανίας πετροχημικών.

Ο τυπικός υδρογονάνθρακας ολεφίνης, δει αιθυλένιο, ο οποίος παράγεται σε μεγάλη ποσότητα κατά τη διάρκεια διάσπασης, είναι μια τέτοια ένωση. Μπορεί να αντιδρά με "προσθήκη" ατόμων, μια ιδιότητα που είναι εξαιρετικά σημαντική στο σχηματισμό πολυμερών, (ουσίες που αποτελούνται από γιγαντιαία μόρια που σχηματίζονται από την ένωση ενός σημαντικού αριθμού απλούστερων μορίων).

Το καουτσούκ που λαμβάνεται από το δέντρο *Hevea Brasiliensis* είναι ένα φυσικό πολυμερές σαν τις φυτικές ίνες όπως το βαμβάκι (που αποτελείται από την πολυμερή κυτταρίνη), τα μαλλιά των ζώων, το κέρας, τα νύχια, μαλλί κ.λπ. που αποτελούνται από γιγαντιαία μόρια πρωτεΐνης. Οι τρεις γνωστές μορφές συνθετικών πολυμερών είναι τα πλαστικά, τεχνητά ελαστικά και ίνες. Ένα παράδειγμα της ποικιλίας πλαστικών είναι το πολυαιθυλένιο που παράγεται με θέρμανση αιθυλενίου σε υψηλές πιέσεις παρουσία καταλύτη, έτσι ώστε τα μόρια του να προστίθενται στον εαυτό τους, ή να «πολυμερίζονται». Το αιθυλένιο είναι επίσης κύρια πηγή αιθανόλης (αιθυλική αλκοόλη) η οποία χρησιμοποιείται ως καύσιμο και βιομηχανικός διαλύτης. P.V.C. (πολυβινυλοχλωρίδιο) παράγεται με πολυμερισμό μονομερούς χλωριούχου βινυλίου, που μπορεί να ληφθεί με χλωρίωση του αιθυλενίου ή προέρχεται από ακετυλένιο – άλλος ακόρεστος υδρογονάνθρακας. Οι μηχανικές χρήσεις του ακετυλενίου αέριας κατάστασης είναι, φυσικά, ήδη γνωστές στους ναυπηγούς.

Είναι επίσης δυνατό να μετατραπούν μεγάλες ποσότητες μεθανίου σε μεθανόλη (διαφορετικά γνωστή ως μεθυλική αλκοόλη, καύσιμο μεθυλίου ή αλκοόλη ξύλου) για μεταφορά χύμα ως εναλλακτική λύση για μεταφορά ως υγροποιημένο αέριο.

- Προϊόντα πίσσας άνθρακα:

Άλλη βιομηχανική πηγή υδρογονανθράκων είναι η υπολειμματική πίσσα άνθρακα που προέρχεται από παραγωγή αερίου άνθρακα. Οι αρωματικές ενώσεις βενζόλιο, τολουίνη και ξυλίνη, από τα οποία προέρχονται ορισμένα πολύ σημαντικά προϊόντα, μπορούν να ληφθούν ως πίσσα ανθρακικού προϊόντος. Το καρβολικό οξύ (φαινόλη) ήταν το πρώτο αντισηπτικό, αν και δεν χρησιμοποιείται άμεσα. Οι ουσίες που χρησιμοποιούνται, ωστόσο, προέρχονται κυρίως από φαινόλη ή παρόμοιες ενώσεις, όπως είναι πολλά απολυμαντικά, απορρυπαντικά, χρωστικές ουσίες και επιλεκτικά ζιζανιοκτόνα. Η φαινόλη χρησιμοποιείται επίσης στην κατασκευή ορισμένων από τους τύπους νάιλον και φαρμακευτικών προϊόντων. Ήταν μαζί με το "Bakelite", τη σκληρή, συνθετική ρητίνη που παράγεται από την αντίδραση της φαινόλης και της φορμαλδεΐδης που προήλθε από τη βιομηχανία πλαστικών.

- Παράγωγα υδατανθράκων:

Αυτές περιλαμβάνουν μελάσα και αλκοόλες που παράγονται με ζύμωση. Τα τελευταία, φυσικά, σχετίζονται με τη ζυθοποιία και τα πλοία που μεταφέρουν τα τελικά προϊόντα (π.χ. κρασί) χύμα, στην πραγματικότητα, ειδικεύονται ως χημικά δεξαμενόπλοια. Οι πιο κοινές αλκοόλες είναι η αιθανόλη, κυρίως από τη βιομηχανία πετροχημικών, τη μεθανόλη και την προπανόλη. Οι αλκοόλες μπορεί να οξειδώνονται σε αλδεΐδες και μετά σε καρβοξυλικά οξέα, με τα οποία επίσης αντιδρούν δημιουργώντας εστέρες. Με αυτόν τον τρόπο, το οξικό οξύ προέρχεται από αιθανόλη για χρήση ως διαλύτης και, αντιδρώντας με αιθανόλη, για την παραγωγή οξικού αιθυλεστέρα. Η οξείκη κυτταρίνη, γνωστή ως θερμοπλαστική ένωση χύτευσης (τηλέφωνα, συσκευασίες, φιλμ και κουμπιά), ως τεχνητές ίνες (Tricel) και ως βερνίκι, είναι ένας εστέρας που σχηματίζεται από κυτταρίνη και οξικό οξύ

- Ζωικά και φυτικά έλαια:

Οι εστέρες εμφανίζονται στη φύση με τη μορφή φυτικών ή ζωικών ελαίων και λιπών. Η σύνθεσή τους είναι αρκετά διαφορετική από αυτή του πετρελαίου (ορυκτών

ελαίων) που σχεδόν αποτελούνται από υδρογονάνθρακες. Αν και τα έλαια είναι υγρά σε θερμοκρασία δωματίου και τα λίπη είναι στερεά, και τα δύο είναι, γενικά, εστέρες μιας αλκοόλης που ονομάζεται γλυκερόλη και μια ποικιλία οργανικών οξέων γνωστά ως «λιπαρά οξέα» (π.χ. παλμιτικό, στεατικό, ελαϊκό).

Τα ζωικά και φυτικά έλαια χρησιμοποιούνται στην κατασκευή τέτοιων ευρέως ποικίλων εμπορευμάτων όπως σαπούνι, απορρυπαντικό, μαργαρίνη, κ.λπ., μεταφέρονται σε πλοία εδώ και πολλά χρόνια, με το κύριο πρόβλημα να είναι αυτό της διατήρησης της ποιότητας φορτίου.

- **Βαρέα χημικά:**

Τα βαριά χημικά είναι κοινές χημικές ουσίες που παράγονται ευρέως για βιομηχανική χρήση. Ο όρος βαρέα προκύπτει από τις υψηλές ειδικές βαρύτητες των χημικών. Παραδείγματα βαρέων χημικών είναι τα ακόλουθα: θειικό οξύ, καυστική σόδα, καυστική ποτάσα, φωσφορικό οξύ, νιτρικό οξύ και θείο.

### **2.2.3 Κατηγορίες ρύπανσης**

Η MARPOL Παράρτημα II 'Κανονισμοί για τον έλεγχο της ρύπανσης από επιβλαβείς υγρές ουσίες χύδην' καθορίζει ένα σύστημα κατηγοριοποίησης της ρύπανσης για επιβλαβείς υγρές ουσίες. Οι τέσσερις κατηγορίες είναι:

- **Κατηγορία X:**

Βλαβερές υγρές ουσίες από τον καθαρισμό των δεξαμενών ή διαδικασίας αφερματισμού οι οποίες αν απορρίπτονται στη θάλασσα θεωρείται ότι αποτελούν σημαντικό κίνδυνο είτε για τους θαλάσσιους πόρους είτε για την ανθρώπινη υγεία και, ως εκ τούτου, δικαιολογεί την απαγόρευση της απόρριψης στο θαλάσσιο περιβάλλον.

- **Κατηγορία Y:**

Βλαβερές υγρές ουσίες από καθαρισμό δεξαμενών ή διαδικασίας αφερματισμού οι οποίες αν απορρίπτονται στη θάλασσα θεωρείται ότι αποτελούν κίνδυνο είτε προς τους θαλάσσιους πόρους είτε για την ανθρώπινη υγεία ή μπορούν να προκαλέσουν αλλαγές στον υδροβιότοπο καθώς επηρεάζουν άλλες νόμιμες χρήσεις της θάλασσας και, ως εκ τούτου, δικαιολογούν περιορισμό της ποιότητας και της ποσότητας απόρριψής τους στο θαλάσσιο περιβάλλον.

- **Κατηγορία Z:**

Βλαβερές υγρές ουσίες οι οποίες, εάν απορρίπτονται στη θάλασσα από τον καθαρισμό της δεξαμενής ή εργασίες αφερματισμού, θεωρείται ότι αποτελούν μικρό κίνδυνο για τους θαλάσσιους πόρους ή την ανθρώπινη υγεία και, ως εκ τούτου, δικαιολογούν λιγότερο αυστηρούς περιορισμούς στην ποιότητα και την ποσότητα της απόρριψής τους στο θαλάσσιο περιβάλλον.

- **Άλλες ουσίες:**

Ουσίες που έχουν αξιολογηθεί και βρεθεί ότι δεν εμπίπτουν στην κατηγορία X, Y ή Z επειδή θεωρείται ότι δεν προκαλούν βλάβη στους θαλάσσιους πόρους, στην



ανθρώπινη υγεία, τον υδροβιότοπο ή σε άλλες νόμιμες χρήσεις της θάλασσας όταν απορρίπτονται έπειτα από καθαρισμό δεξαμενών ή διαδικασία αφερματισμού. Η απόρριψη κατάλοιπων του υδροσυλλέκτη ή δεξαμενών έρματος ή άλλων υπολειμμάτων ή μείγματα που περιέχουν αυτές τις ουσίες δεν υπόκεινται σε καμία απαίτηση Παραρτήματος II της MARPOL

### 2.3 Φυσικές ιδιότητες των χημικών

Είναι εξαιρετικά σημαντικό να γνωρίζουμε τις φυσικές ιδιότητες των χημικών φορτίων που μεταφέρονται στα πλοία. Μία σύντομη επεξήγηση αυτών των ιδιοτήτων δίνεται παρακάτω, όπως ορίζεται στον κώδικα IBC, και όπως βρέθηκε σε άλλες πηγές 5,6,7,8:

- Ειδική βαρύτητα:

Οι δεξαμενές φορτίου σε ένα δεξαμενόπλοιο χημικών είναι συνήθως σχεδιασμένες να μεταφέρουν φορτία υψηλότερου ειδικού βάρους από ένα πετρελαιοφόρο. Μερικές φορές η ισχύς του σχεδιασμού διαφέρει ακόμη μεταξύ δεξαμενών στο ίδιο πλοίο. Οι πληροφορίες σχετικά με την αντοχή των δεξαμενών μπορούν να βρεθούν στις πιστοποιήσεις από την κλάση του πλοίου και ο πλοίαρχος πρέπει να είναι εξοικειωμένος με τυχόν περιορισμούς που θα πρέπει να επιβληθούν στη φόρτωση βαρέων φορτίων. Ιδιαίτερα σημαντικό είναι ο κίνδυνος ανεπαρκούς φόρτωσης δεξαμενής γιατί αυτό μπορεί να οδηγήσει σε δυνάμεις χαλάρωσης που μπορεί να προκαλέσουν ζημιά στη δομή της ή στον εξοπλισμό. Ομοίως, η ικανότητα σχεδιασμού της δεξαμενής πρέπει να τηρείται αυστηρά: η υπέρβαση είναι επικίνδυνη. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι το ειδικό βάρος του φορτίου και η πίεση ατμών του πρέπει να εξετάζονται από κοινού.

- Σημείο ανάφλεξης:

Το σημείο ανάφλεξης ενός υγρού είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία θα εκκρίνει το υγρό επαρκή ποσότητα ατμών για να σχηματίσει ένα εύφλεκτο αέριο μείγμα με αέρα, κοντά στην επιφάνειά του.

- Κορεσμένη τάση (πίεση) ατμών:

Η διαδικασία εξάτμισης σε κλειστό δοχείο συνεχίζεται έως ότου υπάρχουν τόσα μόρια που επιστρέφουν στο υγρό όσα εξίσου με αυτά που δραπετεύουν. Σε αυτό το σημείο ο ατμός λέγεται κορεσμένος και η πίεση αυτού του ατμού (συνήθως εκφράζεται σε mmHg) ονομάζεται πίεση κορεσμένων ατμών.

- Πίεση ατμών / σημείο βρασμού:

Σε οποιαδήποτε δεδομένη θερμοκρασία κάθε υγρό ασκεί πίεση που ονομάζεται πίεση ατμών. Το υγρό θα βράσει όταν η τάση ατμών ισούται με την εξωτερική ατμοσφαιρική πίεση. Σε μια κλειστή δεξαμενή φορτίου ένα υγρό θα βράσει όταν η πίεση ατμών είναι ίση με την εξωτερική πίεση ατμών συν τη ρύθμιση πίεσης της βαλβίδας πίεσης / κενού (P / V). Οι δεξαμενές και τα συστήματα εξαερισμού έχουν σχεδιαστεί για να αντέχουν αυτήν την πίεση, συν την υδροστατική πίεση του φορτίου. Φορτία που υπερβαίνουν την κανονική ατμοσφαιρική πίεση συν στους 37,8 ° C (100 ° F) δεν πρέπει να φορτωθούν σε δεξαμενή που δεν είναι ειδικά σχεδιασμένη

για αυτό το καθήκον. Όπου το σημείο ρύθμισης της βαλβίδας P/V μπορεί να μεταβληθεί, πρέπει να επιβεβαιωθεί η σωστή ρύθμιση. Συστήματα γραμμής εξαερισμού πρέπει να ελέγχονται για σωστή λειτουργία σε τακτά χρονικά διαστήματα, καθώς η δομική βλάβη μπορεί εύκολα να προκύψει από δυσλειτουργία ή φραγή λόγω παγώματος ατμών φορτίου, συσσώρευσης πολυμερούς, ατμοσφαιρική σκόνη ή πάγο σε αντίξοες καιρικές συνθήκες. Τα φίλτρα είναι επίσης ευαίσθητα να φραγούν, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν παρόμοια προβλήματα. Όσο υψηλότερη είναι η πίεση ατμών τόσο περισσότερος ατμός θα απελευθερώνεται, γεγονός που μπορεί να απαιτεί χρήση εξοπλισμού ατομικής προστασίας.

- Κυβική επέκταση:

Τα υγρά θα διαστέλλονται καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία ή θα συστέλλονται όταν η θερμοκρασία πέφτει. Επαρκής χώρος πρέπει να επιτρέπεται στη δεξαμενή για να φιλοξενήσει οποιαδήποτε κυβική επέκταση αναμένεται κατά τη διάρκεια του ταξιδιού. Τα συστήματα γραμμής εξαερισμού πρέπει να ελέγχονται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Η ικανότητα σχεδιασμού τους βασίζεται μόνο στη ροή ατμών. Μπορεί να προκληθεί δομική βλάβη εάν τα συστήματα εξαερισμού γεμίσουν με υγρό φορτίο λόγω θερμικής διαστολής.

- Πυκνότητα ατμών:

Η πυκνότητα ατμών εκφράζεται σε σχέση με την πυκνότητα του αέρα, ως βαρύτερη ή ελαφρύτερη. Πλέον οι χημικοί ατμοί ενός φορτίου είναι βαρύτεροι από τον αέρα. Επομένως, πρέπει να δίνεται προσοχή κατά τη διάρκεια εργασιών φορτίου, καθώς οι συγκεντρώσεις ατμών είναι πιθανό να συμβούν σε επίπεδα καταστρώματος ή σε χαμηλότερα μέρη του αντλιοστασίου.

- Κατώτερα και ανώτερα όρια ανάφλεξης / έκρηξης

Τα όρια αυτά είναι οι ελάχιστες και μέγιστες συγκεντρώσεις εύφλεκτου αερίου ή ατμών στον αέρα μεταξύ των οποίων μπορεί να προκληθεί ανάφλεξη. Η ελάχιστη συγκέντρωση ατμών είναι γνωστή ως:

Το κατώτερο όριο ανάφλεξης (LFL)

Το κατώτερο όριο έκρηξης (LEL)

Η μέγιστη συγκέντρωση ατμών είναι γνωστή ως:

Το ανώτερο όριο ανάφλεξης (UFL)

Το ανώτερο όριο έκρηξης (UEL)

- Θερμοκρασία αυτανάφλεξης:

Η θερμοκρασία αυτό- ανάφλεξης ενός στερεού, υγρού ή αερίου είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία πρέπει αυτό να φτάσει για να υποστηριχθεί η αυτό- καύση.

- Αυθόρμητη καύση:

Ένας τύπος καύσης που συμβαίνει με αυτοθέρμανση (αύξηση της θερμοκρασίας λόγω εξωθερμικής εσωτερικής αντίδρασης), ακολουθούμενη από θερμική έξοδο

(αυτοθέρμανση που γρήγορα επιταχύνεται σε υψηλές θερμοκρασίες) και τέλος, ανάφλεξη.

- Σημείο πήξης / Σημείο τήξεως:

Τα περισσότερα υγρά έχουν καθορισμένο σημείο πήξης, μερικές φορές περιγράφονται ως σημείο τήξης. Μερικοί προϊόντα, όπως πρόσθετα λιπαντικών, φυτικά και ζωικά έλαια, πολυέλαια κλπ. δεν έχουν καθορισμένο σημείο πήξης, αλλά ένα θερμικό εύρος πήξης (τήξης) ή δεν διαθέτουν καθόλου. Το ιξώδες χρησιμοποιείται αντ' αυτού ως μέτρηση της ρευστότητας ή του χειρισμού των χαρακτηριστικών. Προϊόντα με σημείο πήξης υψηλότερο από την εξωτερική θερμοκρασία στην οποία το πλοίο συνηθίζει να εμπορεύεται θα πρέπει να θερμανθεί για να παραμείνει υγρό.

- Σημείο ροής:

Το σημείο ροής ενός υγρού είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία το υγρό ρέει. Θα έπρεπε να σημειωθεί ότι το φορτίο με θιξοτροπικές ιδιότητες (οι ιδιότητες της εμφάνισης μιας προσωρινούς μείωσης του ιξώδους όταν ανακινείται ή αναδεύεται) μπορεί να αντληθεί σε θερμοκρασίες πολύ κάτω το σημείου ροής του, αλλά σε πολύ περιορισμένες τιμές.

- Ιξώδες:

Το ιξώδες είναι ένα μέτρο της ικανότητας ροής υγρών και συνήθως προσδιορίζεται με τη μέτρηση του χρόνου που απαιτείται για τη ροή ενός σταθερού όγκου υπό τη βαρύτητα μέσω ενός λεπτού σωλήνα σταθερής θερμοκρασίας. Μπορεί επίσης να περιγράφει ως μέτρο της εσωτερικής τριβής ενός υγρού. Πρέπει να γίνει σαφής διάκριση μεταξύ ιξώδους και σημείου ροής. Το λάδι παύει να ρέει κάτω τη θερμοκρασία του σημείου ροής του όταν το περιεχόμενο κεριού στερεοποιείται. Το ιξώδες ενός φορτίου καθορίζει πόσο εύκολο είναι να αντλείται, και το ποσό των υπολειμμάτων που θα μείνει μετά την εκφόρτωση. Το ιξώδες σχετίζεται με τη θερμοκρασία και, γενικά, μια ουσία θα έχει λιγότερο ιξώδες σε υψηλότερες θερμοκρασίες, αλλά ορισμένα φορτία (όπως πρόσθετα λιπαντικών) δείχνουν αυξημένο ιξώδες όταν θερμαίνονται. Τα πρότυπα του IMO ορίζουν υψηλού και ουσίες χαμηλού ιξώδους και απαιτούν οι δεξαμενές φορτίου που περιέχουν ουσίες με υψηλό ιξώδες θα πρέπει να πλένονται και τα υπολείμματα να απορρίπτονται στις εγκαταστάσεις υποδοχής στην ακτή.

- Ηλεκτροστατικό φορτίο:

Ορισμένα φορτία είναι γνωστά ως στατικοί συσσωρευτές και φορτίζονται ηλεκτροστατικά κατόπιν διαδικασίας χειρισμού. Μπορούν να συσσωρεύσουν αρκετή φόρτιση για να απελευθερώσουν έναν σπινθήρα που θα μπορούσε να ανάψει σε κατάσταση εύφλεκτης ατμόσφαιρας μιας δεξαμενής.

- Διαλυτότητα:

Η διαλυτότητα εκφράζεται με διαφορετικούς τρόπους: είτε απλά αν ένα χημικό διαθέτει ή όχι, ως ελαφρά ή ως ποσοστό, αλλά πάντα σε σχέση με το νερό. Η διαλυτότητα εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Ένα φορτίο με χαμηλή διαλυτότητα θα

σχηματίζει ένα στρώμα πάνω ή κάτω από ένα στρώμα νερού ανάλογα με τη συγκεκριμένη βαρύτητα. Οι περισσότερες μη διαλυτές χημικές ουσίες είναι ελαφρύτερες από το νερό και θα επιπλέουν στην κορυφή αλλά μερικές άλλες όπως οι χλωριωμένοι διαλύτες, είναι βαρύτεροι και θα βυθιστούν στον πυθμένα. Χημικά που είναι βαρύτερα από το νερό μπορούν να προκαλέσουν κίνδυνο ασφάλειας στα αντλιοστάσια (φίλτρα αυτών) όταν το υπερκείμενο νερό είναι αναμειγμένο. Επίσης και στις δεξαμενές φορτίου μπορεί να παγιδευτούν πηγαδάκια κάτω από το νερό στην αντλία και ενέχουν κίνδυνο ακόμη και μετά τη δοκιμή της ατμόσφαιρας δεξαμενής όπως εκείνη βρεθεί ασφαλής για είσοδο.

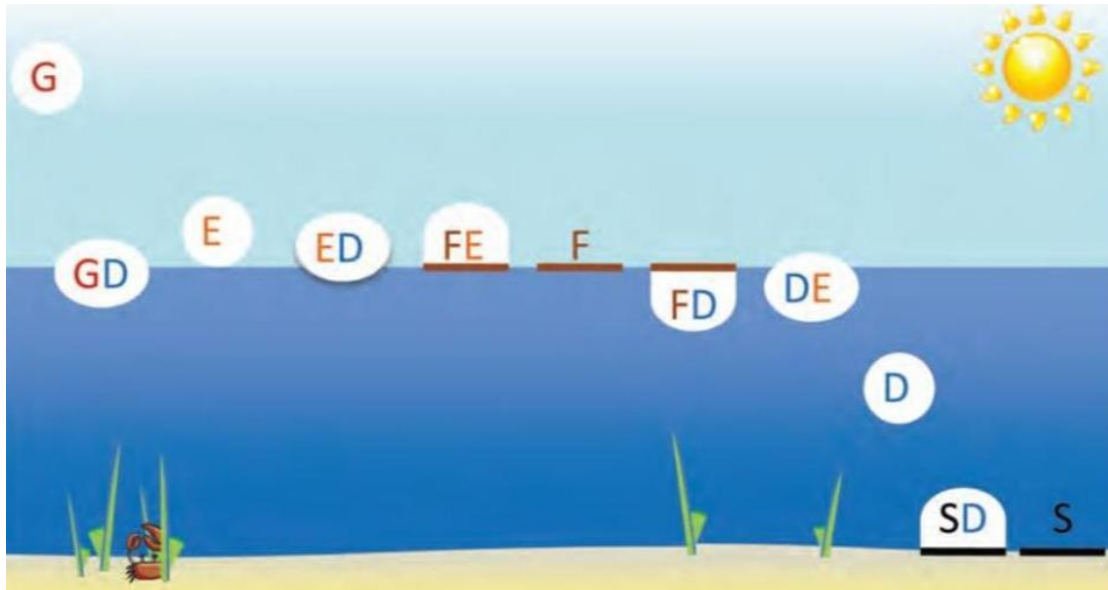
## 2.4 Συμπεριφορά χημικών στο θαλάσσιο περιβάλλον

Οι διάφορες χημικές ουσίες συμπεριφέρονται με διαφορετικούς τρόπους όταν απελευθερώνονται στη θάλασσα. Μπορούν να εξατμιστούν, να επιπλέουν, να διαλύονται ή να βυθίζονται. Η συμπεριφορά εξαρτάται από τις φυσικές ιδιότητες του χημικού και επίσης από τις περιβαλλοντικές συνθήκες της θάλασσας. Οι ουσίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε ομάδες φυσικής κατάστασης από ορισμένα όρια τάσης ατμών, πυκνότητας, διαλυτότητας και ιξώδους. Χρησιμοποιούνται διαφορετικά όρια για ουσίες σε διαφορετική φυσική κατάσταση, με άλλα λόγια για αέρια, υγρά και στερεά χημικά. Οι κατηγορίες βοηθούν το πλήρωμα σε περίπτωση διαρροής ή ατυχήματος, καθώς τα χημικά στην ίδια καταστατική ομάδα συμπεριφέρονται με παρόμοιους τρόπους.

Στην πραγματικότητα, οι ουσίες που απελευθερώνονται στο νερό συμπεριφέρονται συχνά με πιο περίπλοκο τρόπο από το να εξατμίζονται, επιπλέουν, διαλύονται ή να βυθίζονται. Μια χημική ουσία μπορεί να συμπεριφέρεται με πολλούς τρόπους ταυτόχρονα, για παράδειγμα μπορεί να εξατμίζεται στον αέρα και να διαλύεται στο νερό. Υπάρχουν 12 καταστατικές ομάδες σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό σύστημα ταξινόμησης συμπεριφοράς της συμφωνίας της Βόννης (2006).

Behaviour category		Examples
Gas	G	propane, butane, vinyl chloride
Gas/dissolver	GD	ammonia
Evaporator	E	benzene, hexane
Evaporator/dissolver	ED	methyl-t-butyl ether, vinyl acetate
Floater	F	phthalates, vegetable oils, animal oils
Floater/evaporator	FE	heptane, toluene, xylene
Floater/dissolver	FD	butanol, butyl acrylate
Floater/evaporator/dissolver	FED	butyl acetate, isobutanol, ethyl acrylate
Dissolver	D	some acids and bases, some alcohols, glycols
Dissolver/evaporator	DE	acetone
Sinker	S	coal tar, butyl benzyl phthalate
Sinker/dissolver	SD	dichloroethane

Εικόνα 2.1 – Κατηγορίες συμπεριφοράς χημικών (πίνακας)



Εικόνα 2.2 - Κατηγορίες συμπεριφοράς χημικών (ανά το περιβάλλον)

Αυτό το απλό σύστημα ταξινόμησης λαμβάνει υπόψη μόνο μία χημική ουσία κάθε φορά. Αυτό είναι προβληματικό, επειδή τα μεγάλα δεξαμενόπλοια χημικών μεταφέρουν πολλά διαφορετικά φορτία ταυτόχρονα, και σε περίπτωση ατυχήματος, υπάρχει κίνδυνος ανάμιξης. Μια νέα ένωση μπορεί να έχει τελείως διαφορετικές ιδιότητες και συμπεριφορά από τα αρχικά, πρωτογενή χημικά. Σε κάθε περίπτωση, οι εμπλεκόμενες χημικές ουσίες σε ένα ατύχημα πρέπει να είναι απόλυτα κατανοητές προτού ξεκινήσει οποιαδήποτε ενέργεια διάσωσης.

## 2.5 Κίνδυνοι χημικών

Στον οδηγό ασφάλειας χημικών δεξαμενόπλοιων, μπορεί κανείς να βρει επίσης μια σύντομη περιγραφή των σχετικών κινδύνων για χημικά φορτία. Η γνώση και κατανόηση αυτών των κινδύνων είναι πολύ σημαντική προκειμένου κάποιος να τους εξαλείψει.

### 2.5.1 Ευφλεκτικότητα

Ο ατμός που εκπέμπεται από ένα εύφλεκτο υγρό θα καεί όταν αναφλεγεί υπό τον όρο ότι αναμιγνύεται με ορισμένη αναλογία αέρα ή ακριβέστερα με το οξυγόνο στον αέρα. Αλλά αν υπάρχει λίγος ή πολύς ατμός σε σύγκριση με τον αέρα, έτσι ώστε το μείγμα ατμών και αέρα να είναι είτε ελαφρύ ή πλούσιο, δεν θα καεί. Η καύση ενός μείγματος οδηγεί σε μια πολύ σημαντική διόγκωση των αερίων η οποία, εάν περιοριστεί σε κλειστό χώρο, μπορεί να αυξήσει γρήγορα την πίεση στο σημείο της έκρηξης.

Επιπροσθέτως, ένα εύφλεκτο υγρό πρέπει να βρίσκεται στη δεδομένη θερμοκρασία ή υψηλότερη αυτής ώστε να εκπέμπει επαρκή ατμό για ανάφλεξη. Αυτή η θερμοκρασία είναι γνωστή ως σημείο ανάφλεξης. Μερικά φορτία βγάζουν εύφλεκτους ατμούς (αναθυμιάσεις) σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος, ενώ άλλα μόνο σε υψηλότερες θερμοκρασίες ή όταν θερμαίνονται. Οι διαδικασίες ασφαλούς χειρισμού εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά ευφλεκτικότητας του καθενός προϊόντος. Τα μη εύφλεκτα φορτία είναι εκείνα που δεν εκλύουν εύφλεκτους ατμούς.

Όπως αναφέρθηκε, ο κίνδυνος πυρκαγιάς που παρουσιάζεται από ένα εύφλεκτο φορτίο εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε οξυγόνο της ατμόσφαιρας πάνω από αυτό. Συμπληρώνοντας το χώρο της δεξαμενής σε δεξαμενή φορτίου με αδρανές αέριο όπως άζωτο ή τα εξατμιστικά μιας γεννήτριας αδρανούς αερίου πετρελαίου, η περιεκτικότητα σε οξυγόνο μπορεί να μειωθεί σε επίπεδο τέτοιο που η ατμόσφαιρα δεν θα υποστηρίζει πλέον την καύση εύφλεκτων ατμών.

Αυτό είναι γνωστό ως αδρανοποίηση μιας δεξαμενής. Αλλά είναι σημαντικό να θυμόμαστε ότι μια αδρανής ατμόσφαιρα μπορεί να γίνει εύφλεκτη ξανά εάν εισαχθεί αέρας, για παράδειγμα κατά τη διάρκεια της ρουτίνας μέτρησης ή κατά τον εξαερισμό του μείγματος στην ατμόσφαιρα ή κατά την απελευθέρωση αερίου (gas freeing).

Μια αδρανής ατμόσφαιρα δεν πρέπει να θεωρείται ακίνδυνη, διότι χωρίς αρκετό οξυγόνο δεν θα μπορεί να υποστηρίξει τη ζωή. Οποιοδήποτε άτομο εισέρχεται σε δεξαμενή που έχει αδρανοποιηθεί πρέπει να ακολουθεί πάντα αυστηρές διαδικασίες για είσοδο σε κλειστούς χώρους.

## **2.5.2 Κίνδυνοι για την υγεία**

### **2.5.2.1 Τοξικότητα**

Τοξικό σημαίνει το ίδιο με δηλητηριώδες. Τοξικότητα είναι η ικανότητα μιας ουσίας, όταν εισπνέεται, καταπίνεται, ή απορροφάται από το δέρμα, να προκαλέσει βλάβη στον ζώντα ιστό, βλάβη του κεντρικού νευρικού συστήματος, σοβαρή ασθένεια ή, σε ακραίες περιπτώσεις, θάνατο. Τα ποσά έκθεσης που απαιτούνται για την παραγωγή αυτών των αποτελεσμάτων ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό ανάλογα με τη φύση της ουσίας και τη διάρκεια της έκθεσης σε αυτήν.

Η οξεία δηλητηρίαση συμβαίνει όταν λαμβάνεται μεγάλη δόση από έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις βραχείας διάρκειας, δηλαδή μια σύντομη έκθεση. Η χρόνια δηλητηρίαση συμβαίνει μέσω της έκθεσης σε χαμηλά επίπεδα συγκεντρώσεις για μεγάλο χρονικό διάστημα, δηλαδή επαναλαμβανόμενες ή παρατεταμένες εκθέσεις. Η τοξικότητα αξιολογείται αντικειμενικά με βάση τις δοσολογικές δοκιμές υπό ελεγχόμενες συνθήκες, και εκφράζεται ως κατώτατη οριακή τιμή (threshold limit value TLV).

Η πρόληψη της έκθεσης επιτυγχάνεται μέσω ενός συνδυασμού περιορισμών φορτίου, ο οποίος αποτρέπει τοξικές αναθυμιάσεις ή υγρά από τη μόλυνση του χώρου εργασίας και επιβάλλει τη χρήση ατομικού εξοπλισμού προστασίας (PPE).

### **2.5.2.2 Ασφυξία**

Η ασφυξία είναι ουσιαστικά η αναισθησία που προκαλείται από έλλειψη οξυγόνου. Οποιοσδήποτε ατμός μπορεί να προκαλέσει ασφυξία, τοξικός ή όχι, απλώς αποκλείοντας οξυγόνο στον αέρα. Οι περιοχές κινδύνου περιλαμβάνουν δεξαμενές φορτίου, κενοί χώροι και αντλιοστάσια. Αλλά η ατμόσφαιρα ενός διαμερίσματος μπορεί επίσης να έχει έλλειψη οξυγόνου μέσω φυσικών αιτιών, όπως αποσύνθεση ή σήψη οργανικών ενώσεων ή σκουριά από χάλυβα σε κενούς χώρους όπως cofferdams και δεξαμενές forepeak, aftpeak.

### 2.5.2.3 Αναισθησία

Ορισμένοι ατμοί προκαλούν απώλεια συνείδησης λόγω της επίδρασής τους στο νευρικό σύστημα. Επιπλέον, ο αναισθητικός ατμός μπορεί να είναι ή να μην είναι τοξικός.

### 2.5.2.4 Πρόσθετοι κίνδυνοι για την υγεία

Πρόσθετοι κίνδυνοι για την υγεία μπορεί να παρουσιαστούν από υλικά εκτός φορτίου που χρησιμοποιούνται επί του σκάφους κατά τη διάρκεια του χειρισμού. Ένας κίνδυνος είναι αυτός του κρυσπαγήματος από υγρό άζωτο που αποθηκεύεται επί του σκάφους για χρήση ατμοσφαιρικού ελέγχου στις δεξαμενές φορτίου. Ένας άλλος κίνδυνος είναι αυτό των εγκαυμάτων από τυχαία επαφή με τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται κατά το χειρισμό θερμαινόμενων φορτίων.

## 2.5.3 Δραστικότητα

Μια χημική ουσία μπορεί να αντιδράσει με διάφορους τρόπους. Με τον εαυτό του, με νερό, με αέρα, με άλλες χημικές ουσίες ή με άλλα υλικά.

### 2.5.3.1 Αυτο-αντίδραση

Η πιο κοινή μορφή αυτό-αντίδρασης είναι ο πολυμερισμός. Ο πολυμερισμός γενικά οδηγεί στη μετατροπή αερίων ή υγρών σε ιξώδη υγρά ή στερεά. Μπορεί να είναι μια αργή, φυσική διαδικασία η οποία υποβαθμίζει το προϊόν, χωρίς να δημιουργεί κινδύνους για την ασφάλεια στο πλοίο ή στο πλήρωμα. Μπορεί να είναι μια ταχεία, εξώθερμη αντίδραση που εκλύει μεγάλες ποσότητες θερμότητας και αερίων γεγονός που την επιταχύνει. Μια τέτοια αντίδραση ονομάζεται απορροφητικός πολυμερισμός και αποτελεί σοβαρό κίνδυνο τόσο για το πλοίο όσο και για το προσωπικό του. Προϊόντα που είναι ευαίσθητα στον πολυμερισμό και που μεταφέρονται με προστιθέμενα περιοριστικά μέτρα για να αποφευχθεί η έναρξη της αντίδρασης.

Πριν από τη μεταφορά φορτίου πρέπει να παρέχεται πιστοποιητικό εμποδισμένου φορτίου. Η δράση πρέπει να ληφθεί σε περίπτωση εμφάνισης καταστάσεων πολυμερισμού κατά τη διάρκεια του φορτίου καλύπτεται από το σχέδιο έκτακτης ανάγκης του πλοίου.

### 2.5.3.2 Αντίδραση με νερό

Ορισμένα φορτία αντιδρούν με νερό με τρόπο που θα μπορούσε να αποτελέσει κίνδυνο τόσο για το πλοίο όσο και για το προσωπικό. Μπορεί να εξελιχθούν σε τοξικά αέρια. Τα πιο αξιοσημείωτα παραδείγματα είναι τα ισοκυανικά. Τέτοια φορτία μεταφέρονται σε ξηρή και αδρανή κατάσταση. Άλλα φορτία αντιδρούν με αργό τρόπο που δεν δημιουργούν κινδύνους για την ασφάλεια, αλλά η αντίδραση μπορεί να παράγει μικρές ποσότητες χημικών προκαλώντας ζημιά σε εξοπλισμό ή υλικά δεξαμενής ή μπορεί να προκαλέσει εξάντληση οξυγόνου.

### 2.5.3.3 Αντίδραση με αέρα

Ορισμένα χημικά φορτία, κυρίως αιθέρες και αλδεΐδες, μπορούν να αντιδράσουν με το οξυγόνο στον αέρα ή τη χημική ουσία για να σχηματίσουν ασταθείς ενώσεις οξυγόνου (υπεροξειδία). Από τις οποίες, εάν επιτρέπεται να συσσωρευτούν, θα

μπορούσαν να προκαλέσουν έκρηξη. Τέτοια φορτία μπορούν είτε να ανασταλούν από ένα αντιοξειδωτικό είτε να μεταφερθούν υπό αδρανής συνθήκη.

#### 2.5.3.4 Αντίδραση με άλλα φορτία

Μερικά φορτία αντιδρούν επικίνδυνα το ένα με το άλλο. Τέτοια φορτία πρέπει να αποθηκεύονται μακριά από το καθένα (όχι σε γειτονικές δεξαμενές) ώστε στη φορτοεκφόρτωση να εμποδιστεί η ανάμιξή τους. Γι' αυτό θα πρέπει να εκτελείται ξεχωριστή φόρτωση κι εκφόρτωση με τα συστήματα εξαερισμού. Κατά τον προγραμματισμό της αποθήκευσης φορτίου, ο πλοίαρχος πρέπει να χρησιμοποιήσει τον αναγνωρισμένο οδηγό συμβατότητας για να διασφαλιστεί ότι τα φορτία που αποθηκεύονται το ένα δίπλα στο άλλο είναι συμβατά.

#### 2.5.3.5 Αντίδραση με άλλα υλικά

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή συστημάτων φορτίου πρέπει να είναι συμβατά με τα υπάρχοντα φορτία που επρόκειτο να μεταφερθούν και πρέπει να ληφθεί μέριμνα για να διασφαλιστεί ότι δεν χρησιμοποιούνται ή εισάγονται ασύμβατα υλικά κατά τη συντήρηση (π.χ. από το υλικό που χρησιμοποιείται για την αντικατάσταση των τσιμουχών). Ορισμένα υλικά ενδέχεται να ενεργοποιήσουν μια αυτο-αντίδραση μέσα στο προϊόν. Σε άλλες περιπτώσεις, η αντίδραση με ορισμένα κράματα δεν θα είναι επικίνδυνη προς το πλοίο ή πλήρωμα, αλλά μπορεί να επηρεάσει την εμπορική ποιότητα του φορτίου ή να το καταστήσει άχρηστο.

### 2.5.4 Διαβρωτικότητα

Τα οξέα, οι ανυδρίτες και τα αλκάλια είναι από τις πιο συχνά μεταφερόμενες διαβρωτικές ουσίες. Τα ανωτέρω μπορούν να καταστρέψουν γρήγορα τον ανθρώπινο ιστό και να προκαλέσουν ανεπανόρθωτες βλάβες. Μπορούν επίσης να διαβρώσουν τα δομικά υλικά και δημιουργούν κίνδυνο για το πλοίο. Τα οξέα ειδικότερα αντιδρούν με τα περισσότερα μέταλλα, εκλύοντας αέριο υδρογόνο που είναι πολύ εύφλεκτο. Οι κώδικες IMO αντιμετωπίζουν αυτό το πρόβλημα και φροντίζουν να διασφαλιστεί ότι τα ακατάλληλα υλικά δεν περιλαμβάνονται στο σύστημα φορτίου. Το προσωπικό που ενδέχεται να εκτεθεί σε αυτά τα προϊόντα χρήζει κατάλληλου προσωπικού προστατευτικού εξοπλισμού.

### 2.5.5 Αποσύνθεση

Τα περισσότερα ζωικά και φυτικά έλαια υφίστανται αποσύνθεση με την πάροδο του χρόνου, μια φυσική διαδικασία γνωστή ως σήψη (putrefaction), που παράγει αποκρουστικούς και τοξικούς ατμούς εξαντλώντας το οξυγόνο στη δεξαμενή. Οι δεξαμενές που περιέχουν τέτοια προϊόντα πρέπει να αερίζονται προσεκτικά και η ατμόσφαιρα να δοκιμάζεται πριν από την είσοδο.

Δεν πρέπει να υποτεθεί ότι όλοι οι ατμοί που παράγονται από φορτία που ενδέχεται να αντιδράσουν στην πραγματικότητα θα είναι λόγω της σήψης. Μερικοί μπορεί να μην είναι προφανείς, είτε μέσω της μυρωδιάς ή της εμφάνισης τους στο φορτίο. Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) για παράδειγμα, είναι άχρωμο και άοσμο και μπορεί να παραχθεί όταν το φυτικό ή ζωικό έλαιο υπερθερμαίνεται.



## 2.6 Δελτίο δεδομένων πληροφοριών φορτίου (material safety data sheet MSDS)

Όπως περιγράφεται στο Tanker Safety Guide Chemicals, είναι απαίτηση IMO για τον αποστολέα ενός υγρού χημικού φορτίου χύμα για την παροχή ενός δελτίου δεδομένων. Έτσι ώστε να διασφαλιστεί ότι τα πλοία έχουν τις απαραίτητες πληροφορίες για την ασφαλή αποθήκευση του φορτίου και την επείγουσα δράση που πρέπει να ληφθεί σε περίπτωση πυρκαγιάς, διαρροής (μικρής ή μείζονος) ή προσωπικής επαφής με το υγρό. Στην περίπτωση φορτίων που είναι σταθεροποιημένα ή περιορισμένα, το πλοίο θα πρέπει να έχει επαρκείς λεπτομέρειες για τον σταθεροποιητικό ή τον ανασταλτικό παράγοντα, και τα αποτελέσματά τους.

Όσοι παρέχουν τις πληροφορίες πρέπει να λάβουν υπόψη ότι ενδέχεται να προκύψουν επείγουσες καταστάσεις που σχετίζονται με το φορτίο όταν το πλοίο είναι στη θάλασσα καθώς και στο λιμάνι. Επομένως, δεν αρκεί να ενημερώνουμε ότι το πλήρωμα να καλέσει την τοπική πυροσβεστική σε περίπτωση πυρκαγιάς, ή να στείλει ένα θύμα στο νοσοκομείο σε περίπτωση προσωπικής επαφής. Χρειάζεται ρεαλιστικό και χρήσιμο αλλά σύντομο συμβουλευτικό υλικό.

Οι διαφορετικοί κατασκευαστές είναι πιθανό να έχουν και διαφορετικά στυλ παρουσίασης τεχνικών χημικών δεδομένων για ένα προϊόν, που συχνά σχετίζεται με μια καθορισμένη αγορά ή περιοχή συναλλαγών. Ωστόσο, πρέπει να είναι προτεραιότητα στην παρουσίαση των φορτίων με την απαραίτητη καθοδήγηση ασφάλειας με ομοιόμορφο τρόπο στον οποίο μπορεί κανείς να ανατρέξει αμέσως σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.

Ο κανονισμός 16.2.3.1 του IBC Code ορίζει ότι οι πληροφορίες πρέπει να είναι επί του σκάφους και διαθέσιμες προς όλους τους ενδιαφερόμενους, δίνοντας τα απαραίτητα δεδομένα για την ασφαλή μεταφορά τους. Οι πληροφορίες αυτές πρέπει συμπεριλαμβάνουν ένα σχέδιο αποθήκευσης φορτίου, το οποίο πρέπει να φυλάσσεται σε προσιτό μέρος, αναφέροντας όλο το φορτίο (μαζί με τις ιδιότητές του), συμπεριλαμβανομένων για κάθε μεταφερόμενο επικίνδυνο χημικό τα εξής:

1. Πλήρης περιγραφή των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της αντιδραστικότητας, απαραίτητο για την ασφαλή κράτηση και μεταφορά του φορτίου.
2. Δράση που πρέπει να ληφθεί σε περίπτωση διαρροής ή υπερχειλίσης.
3. Αντίμετρα έναντι τυχαίας προσωπικής επαφής.
4. Διαδικασίες πυρόσβεσης και μέσα πυρόσβεσης (πυροπροστασία και κατάλληλα μέσα κατάσβεσης).
5. Διαδικασίες μεταφοράς φορτίου, καθαρισμού δεξαμενών, απελευθέρωσης αερίου και έρματος.

## **2.7 Η επίδραση του φορτίου στο σχεδιασμό χημικών δεξαμενόπλοιων**

Ο σχεδιασμός και η κατασκευή χημικών δεξαμενόπλοιων εξαρτάται - περισσότερο από οποιοδήποτε άλλο τύπο σκάφους – έντονα από τον τύπο φορτίου που προορίζεται να μεταφέρει. Η ποικιλία των φορτίων που το πλοίο θα μεταφέρει ορίζεται από τον πλοιοκτήτη, πριν από την έναρξη της διαδικασίας σχεδιασμού. Έπειτα, ο σχεδιασμός πραγματοποιείται με βάση τις ελάχιστες απαιτήσεις που έχουν καθοριστεί για τα συγκεκριμένα προϊόντα.

Αυτή η διαδικασία είναι πολύ σημαντική, καθώς καθορίζει τη λειτουργική ευελιξία του σκάφους. Όταν το πλοίο είναι κατασκευασμένο για τη μεταφορά ορισμένων προϊόντων, δεν θα μπορεί να μεταφέρει προϊόντα με υψηλότερα επίπεδα απαίτησης, εκτός εάν γίνουν επαρκείς τροποποιήσεις. Αυτές οι τροποποιήσεις όμως δεν είναι πάντα εύκολο να γίνουν πραγματικότητα διότι το κόστος τους μπορεί να είναι εξαιρετικά υψηλό.

Το Κεφάλαιο 17 του IBC Code παρέχει μια λίστα προϊόντων που, προκειμένου να μεταφερθούν από χημικά δεξαμενόπλοια, τα σκάφη πρέπει να πληρούν ορισμένες ελάχιστες απαιτήσεις. Αυτή η λίστα αποτελείται από 15 στήλες, καθεμία από τις οποίες παρέχει πληροφορίες σχετικά με το μεμονωμένο προϊόν και τις απαιτήσεις που πρέπει να εκπληρωθούν.

Οι στήλες αυτής της λίστας θα αναλυθούν μία προς μία, για να καταστεί σαφές ποιες απαιτήσεις έχουν τεθεί για τη μεταφορά κάθε προϊόντος.

### **Στήλη a - Όνομα προϊόντος**

Εδώ αναφέρεται το όνομα του προϊόντος. Το όνομα θα χρησιμοποιηθεί στο έγγραφο αποστολής για οποιοδήποτε φορτίο προσφέρεται για μαζικές αποστολές. Οποιοδήποτε πρόσθετο όνομα μπορεί να συμπεριληφθεί σε αγκύλες μετά το κύριο.

### **Στήλη c - Κατηγορία ρύπανσης**

Το γράμμα X, Y ή Z δηλώνει την κατηγορία ρύπανσης του προϊόντος σύμφωνα με το παράρτημα II της MARPOL. Οι κατηγορίες X, Y και Z εξηγούνται στην Ενότητα 2.2.3 αυτής της εργασίας.

### **Στήλη d - Κίνδυνοι**

Οι ενδείξεις "S" και "P", δηλώνουν το λόγο που το συγκεκριμένο προϊόν περιλαμβάνεται στον κώδικα. Το γράμμα "S" σημαίνει ότι το προϊόν περιλαμβάνεται στον κώδικα λόγω των κινδύνων στην ασφάλεια. Το "P" σημαίνει ότι το προϊόν περιλαμβάνεται στον κώδικα λόγω των κινδύνων ρύπανσης. Τα "S / P" σημαίνει ότι το προϊόν περιλαμβάνεται στον κώδικα λόγω τόσο της ασφάλειας όσο και των κινδύνων ρύπανσης.

### **Στήλη e - Τύπος πλοίου**

Ο αριθμός 1, 2 ή 3, υποδεικνύει εάν το πλοίο που θα μεταφέρει το σχετικό προϊόν πρέπει να είναι τύπος πλοίου 1, 2 ή 3 όπως ορίζονται στις Ενότητες 3.3.1 και 3.3.2 της παρούσας.

## **Στήλη f - Τύπος δεξαμενής**

Ο αριθμός 1 ή 2, και η ένδειξη "G" ή "P", δίδουν τον τύπο της δεξαμενής που απαιτείται για τη μεταφορά του κάθε προϊόντος. Το 1 σημαίνει ανεξάρτητη δεξαμενή και 2 σημαίνει ενσωματωμένη ή ακέραια, όταν το "G" σημαίνει δεξαμενή βαρύτητας και "P" σημαίνει δεξαμενή πίεσης.

## **Στήλη g - Αεραγωγοί δεξαμενών**

Ο τύπος συστήματος εξαερισμού που απαιτείται δηλώνεται σε αυτήν τη στήλη. Το αναγραφόμενο 'Cont' δείχνει ένα σύστημα ελεγχόμενης δεξαμενής εξαερισμού και το "Open" δηλώνει ένα ανοιχτό σύστημα.

## **Στήλη h - Περιβαλλοντικός έλεγχος δεξαμενής**

Αυτή η στήλη δηλώνει εάν το μεταφερόμενο προϊόν απαιτεί σύστημα αδρανούς αερίου ή οποιοδήποτε άλλο σύστημα περιβαλλοντικού ελέγχου (κατάσταση ατμόσφαιρας), που θα εγκατασταθεί στη δεξαμενή. Το "Inert" δείχνει ότι ένα σύστημα αδρανούς αερίου απαιτείται, ενώ τα "Pad", "Dry" και "Vent", αντιπροσωπεύουν ένα σύστημα υγρών ή αερίων, ένα στεγνό και ένα φυσικό ή εξαναγκασμένο σύστημα εξαερισμού αντίστοιχα. Το «No» δηλώνει ότι δεν υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις σχετικά με τον περιβαλλοντικό έλεγχο της δεξαμενής για συγκεκριμένα προϊόντα.

## **Στήλη i - Ηλεκτρικός εξοπλισμός**

Οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις σε δεξαμενόπλοια χημικών πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος πυρκαγιάς και έκρηξης από εύφλεκτα προϊόντα. Όταν συγκεκριμένο φορτίο ενδέχεται να προκαλέσει ζημιά στα υλικά που συνήθως χρησιμοποιείται σε ηλεκτρικές συσκευές, πρέπει να λαμβάνεται δεόντως υπόψη τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των υλικών που επιλέγονται για αγωγούς, μόνωση, μεταλλικά μέρη κ.λπ. Καθορίζονται οι προδιαγραφές του ηλεκτρικού εξοπλισμού, που απαιτείται για κάθε τύπο φορτίου στις στήλες i' και i''. Η στήλη i' υποδεικνύει την τάξη θερμοκρασίας που πρέπει να έχει ο εξοπλισμός, από T1 έως T6, καθώς δείχνει την ομάδα συσκευών IIA, IIB ή IIC, στην οποία ο εξοπλισμός πρέπει να ανήκει. Και στις δύο στήλες το κενό "-" υποδεικνύει ότι δεν υπάρχουν απαιτήσεις για τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, και εάν το πεδίο παραμένει κενό, αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες για το συγκεκριμένο προϊόν. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις τάξεις θερμοκρασίας και τις ομάδες συσκευών δόθηκαν από τη Διεθνή Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή<sup>4</sup>

Όταν ο ηλεκτρικός εξοπλισμός είναι εγκατεστημένος σε επικίνδυνες τοποθεσίες, θα πρέπει να είναι εγγενώς ασφαλής οποιοσδήποτε τύπος (intrinsically safe).

Οι επικίνδυνες θέσεις, σε σχέση με τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, εξαρτώνται από το σημείο ανάφλεξης του μεταφερόμενου προϊόντος. Οι επικίνδυνες τοποθεσίες για δεξαμενόπλοια χημικών που μεταφέρουν φορτία με σημείο ανάφλεξης όχι άνω των 60 ° C έχουν ως εξής:

<sup>4</sup> International Electrotechnical Commission, Publication IEC 60092-502, 1999

- Δεξαμενές και σωληνώσεις φορτίου
  - Κενό σε απόσταση δίπλα, πάνω ή κάτω από ενσωματωμένες δεξαμενές.
  - Χώροι αμπαριών που περιέχουν ανεξάρτητες δεξαμενές φορτίου.
  - Χώροι αντλίας φορτίου (αντλιοστάσια) και αίθουσες αντλιών στην περιοχή φορτοεκφόρτωσης.
  - Ζώνες σε ανοιχτό κατάστρωμα ή ημι-κλειστούς χώρους, σε απόσταση 3 m από οποιαδήποτε έξοδο δεξαμενής φορτίου, έξοδος αερίου ή ατμού, φλάντζα σωλήνα φορτίου, βαλβίδα φορτίου ή είσοδος και άνοιγμα εξαερισμού σε αντλιοστάσια. Χώροι φορτίου σε ανοιχτό κατάστρωμα πάνω από όλες τις δεξαμενές φορτίου και συμπεριλαμβανομένων όλων των δεξαμενών έρματος και των cofferdams, έως στο πλήρες πλάτος του πλοίου, συν 3m πλώρα και πρύμα με ύψος 2,4m πάνω από το κατάστρωμα.
  - Κλειστούς ή ημι-κλειστούς χώρους στους οποίους βρίσκονται σωλήνες που περιέχουν φορτίο. Κλειστούς ή ημι-κλειστούς χώρους ακριβώς πάνω από τους χώρους αντλίας φορτίου ή άνω κατακόρυφα cofferdams που γειτνιάζουν με δεξαμενές φορτίου, εκτός εάν διαχωρίζονται από αεροστεγές κατάστρωμα και κατάλληλο εξαερισμό καθώς και τα εξαρτήματα αυτών.
- Οι επικίνδυνες τοποθεσίες για δεξαμενόπλοια χημικών που μεταφέρουν φορτία με σημείο ανάφλεξης άνω των 60 ° C είναι μόνο δεξαμενές φορτίου και οι σωληνώσεις - γραμμές φορτίου.

Το εύρος σημείων ανάφλεξης κάθε προϊόντος αναφέρεται στη στήλη i'''. Το "Yes" σημαίνει ότι το σημείο ανάφλεξης υπερβαίνει 60 ° C και το "No" σημαίνει ότι το σημείο ανάφλεξης δεν υπερβαίνει τους 60 ° C. Το "NF" δείχνει ότι το προϊόν δεν είναι εύφλεκτο.

### **Στήλη j - Μετρήσεις**

Η παρακολούθηση φορτίου μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω ανοικτών συσκευών μέτρησης - όπου ο μετρητής μπορεί να εκτεθεί στο φορτίο ή στους ατμούς του - για λιγότερο επικίνδυνα φορτία ή μέσω κλειστού τύπου συσκευές μέτρησης - οι οποίες αποτελούν μέρος ενός κλειστού συστήματος και εμποδίζουν την απελευθέρωση του περιεχομένου της δεξαμενής - για πιο επικίνδυνα φορτία.

Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν περιορισμένες συσκευές μέτρησης, οι οποίες διεισδύουν στη δεξαμενή και, όταν χρησιμοποιούνται, επιτρέπουν μια μικρή ποσότητα ατμών ή υγρού φορτίου να εκτεθεί στην ατμόσφαιρα. Όταν δεν χρησιμοποιούνται οι συσκευές είναι εντελώς κλειστές.

Το "O" σε αυτήν τη στήλη υποδεικνύει ότι το προϊόν απαιτεί ανοιχτή μέτρηση, το "R" περιορισμένη και το "C" είναι για κλειστές συσκευές μέτρησης.

### **Στήλη k - Ανίχνευση ατμών**

Για ορισμένα επικίνδυνα προϊόντα, απαιτείται σύστημα ανίχνευσης ατμών στο πλοίο. Το "F" σημαίνει εύφλεκτο σύστημα ανίχνευσης ατμών και το "T" για τοξικούς ατμούς. Το "No" δείχνει ότι δεν απαιτείται σύστημα ανίχνευσης ατμών.

### **Στήλη l - Πυροπροστασία**

Σε αυτήν τη στήλη αναφέρεται ο τύπος του συστήματος πυροπροστασίας {αφρός ανθεκτικός σε αλκοόλη ή αφρός πολλαπλών χρήσεων ("A"), κανονικός αφρός ("B"), ψεκασμός νερού ("C") ή ξηρή χημική σκόνη ("D")} που απαιτείται για κάθε προϊόν ξεχωριστά.

### **Στήλη n - Εξοπλισμός έκτακτης ανάγκης**

Η ανάγκη ή όχι του εξοπλισμού έκτακτης ανάγκης (αναπνευστική προστασία, προστασία των ματιών κ.λπ.) σε διαθεσιμότητα προς το κοινό δημοσιευμένο σε πίνακια, υποδεικνύεται σε αυτήν τη στήλη.

### **Στήλη o - Ειδικές και λειτουργικές απαιτήσεις**

Για ορισμένα μεμονωμένα προϊόντα, οι ειδικές απαιτήσεις παρέχονται από τον κώδικα IBC. Σε αυτήν τη στήλη, γίνεται αναφορά στην ενότητα του κώδικα όπου μπορούν να βρεθούν οι ειδικές αυτές απαιτήσεις. Οι περισσότερες είναι απαιτήσεις λειτουργικές και όσον αφορά τη διαχείριση φορτίου. Κάποιες από αυτές, ωστόσο, μπορούν να επηρεάσουν τη κατασκευή του πλοίου. Για παράδειγμα οι δεξαμενές φορτίου - και ο συναφής εξοπλισμός αυτών - που προορίζονται τα διαλύματα υπεροξειδίου του υδρογόνου να μεταφερθούν πρέπει να είναι είτε από καθαρό αλουμίνιο (99,5%) είτε από συμπαγές ανοξείδωτο ατσάλι. Το αλουμίνιο όμως δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για σωληνώσεις στο κατάστρωμα. Για δεξαμενές φορτίου σχεδιασμένες προς τη μεταφορά φωσφόρου, κίτρινο ή λευκό, πρέπει να είναι κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται η διεπιφανειακή περιοχή μεταξύ του φωσφόρου και του στρώματος νερού. Επιπλέον οι ρυθμίσεις θέρμανσης δεξαμενής πρέπει να είναι εξωτερικά αυτών και να διαθέτουν κατάλληλη μέθοδο ελέγχου θερμοκρασίας για να διασφαλίζεται ότι η θερμοκρασία του φωσφόρου δεν υπερβαίνει τους 60 ° C. Όλες οι ειδικές απαιτήσεις για κάθε προϊόν ξεχωριστά μπορούν να βρεθούν στο κεφάλαιο 15 του Κώδικα IBC.

Οι παραπάνω απαιτήσεις ισχύουν για όλα τα προϊόντα εκτός από λίγα που μεταφέρονται μέσω χημικών δεξαμενόπλοιων. Για ορισμένα προϊόντα που δεν παρουσιάζουν κινδύνους για την ασφάλεια ή τη ρύπανση, δεν υπάρχει ανάγκη καθορισμού απαιτήσεων. Ακόμα και για αυτά τα προϊόντα, ωστόσο, πρέπει να ληφθούν ορισμένες προφυλάξεις ασφαλείας προς τη μεταφορά τους. Η λίστα αυτών των προϊόντων παρατίθεται στο κεφάλαιο 18 του κώδικα IBC.

## Κεφάλαιο 3

### Αποστολές Φόρτο – εκφόρτωσης με ασφάλεια (Οδηγός)

#### 3.1 Εισαγωγή

Η επιπτώσεις που μπορεί να προκαλέσει ένα ατύχημα χημικού δεξαμενόπλοιου.

Στις 13 Μαρτίου 1989 ένα Λιβεριανό χημικό δεξαμενόπλοιο υπέστη μεγάλη έκρηξη στο χώρο του μηχανοστασίου κοντά στις ακτές της κεντρικής Ιαπωνίας. Αποτέλεσμα ήταν το πλοίο να τυλιχτεί τάχιστα στις φλόγες. Κουβαλούσε 25.700 τόνους χημικών ουσιών συμπεριλαμβανομένων 7.000 τόνων ακρυλονιτριλίου (υψηλό σε τοξικά επίπεδα) καθώς και διάφορες ποσότητες καυστικής σόδας, στερίνης και μεθανόλης. Η έκρηξη ήταν τέτοιου μεγέθους που το πλήρωμα αδυνατούσε να εκπέμψει σήμα κινδύνου (distress) και οι ομάδες διάσωσης δεν μπορούσαν να επιβιβαστούν λόγω των τοξικών αερίων από τη καύση. Φωτιά και συνεχείς εκρήξεις με το δεξαμενόπλοιο να καίει για πέντε ημέρες ώσπου να βυθιστεί. 23 άτομα πλήρωμα ήταν όλοι νεκροί.

Ο ασφαλής χειρισμός των νιτριλίων είναι κρίσιμα σημαντικός για οποιονδήποτε εργάζεται γύρο από την φόρτο- εκφόρτωση και μεταφορά (operation) τέτοιων φορτίων. Τα συμπτώματα στην υγεία σχετιζόμενα με την έκθεση κάποιου μη ορθά προστατευμένου, σε αυτού του είδους τις χημικές ουσίες είναι αρκετά σοβαρά και επικίνδυνα για την ίδια του τη ζωή. Όπως σε κάθε επικίνδυνη κατάσταση που αντιμετωπίζουμε μπορούμε να περιορίσουμε ή και να εξαλείψουμε εντελώς το ρίσκο εφόσον γνωρίζουμε καλά όλους τους παράγοντες που οδηγούν σε επίφοβες συνθήκες.

Είθε να μη φτάσει ποτέ κανένα πλοίο σε τέτοιες δυσμενής συνθήκες. Για να αποφευχθεί μια τέτοια λοιπόν επικίνδυνη κατάσταση όλο το πλήρωμα θα πρέπει να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένο – πιστοποιημένο σε κάθε σενάριο έκτακτης ανάγκης.

#### 3.2 Αποστολές φόρτο – εκφόρτωσης χημικών δεξαμενόπλοιων.

Οι αποστολές φόρτο – εκφόρτωσης χημικών δεξαμενόπλοιων απαιτούν επιπλέον και ειδική φροντίδα καθώς η φύση των κινδύνων είναι διαφορετική και μάλιστα αυξημένη σε σύγκριση με άλλους τύπους πλοίων.

Κίνδυνοι όπως είναι οι παρακάτω:

1. Φωτιά και εκρήξεις
2. Διαρροή ή υπερχειλίση
3. Τοξικότητα και κίνδυνος διάβρωσης προς τον άνθρωπο
4. Αντιδραστικότητα του φορτίου ως προς:
  - A) αέρα
  - B) νερό
  - Γ) άλλα φορτία
  - Δ) μέταλλα
  - E) με τον εαυτό του
  - ΣΤ) επικαλύψεις δεξαμενών

Οι προειδοποιήσεις ασφαλείας πρέπει να τοποθετούνται σε εμφανή σημεία με προειδοποιητικές πινακίδες ώστε να είναι εφαρμόσιμες κι εκτελέσιμες.

## ΠΡΩΤΑ Η ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπόψη. Πριν τον ελλιμενισμό πρέπει να ληφθούν πληροφορίες σχετικά με τους κανόνες και κανονισμούς του σκάφους που ισχύουν σε αυτόν τον τερματικό σταθμό ώστε να ακολουθούνται τυχόν επιπλέον διαδικασίες.

Πριν την φόρτωση θα πρέπει να κατανοηθούν πλήρως οι προδιαγραφές του φορτίου, συμφώνως του MSDS έτσι ώστε το σχέδιο να είναι καλά προετοιμασμένο. Λίστες ελέγχου πλοίου – ξηράς πρέπει να συμπληρωθούν. Ο κάθε αξιωματικός πρέπει να βρίσκεται στο κατάλληλο πόστο. Όλες οι δεξαμενές πρέπει να είναι αδρανείς όπως απαιτείται και να διατηρείται το επίπεδο οξυγόνου. Το φορτίο πρέπει να φορτωθεί σύμφωνα με το σχέδιο φόρτωσης για να διασφαλιστούν ο διαχωρισμός του, η συμβατότητα, η επίστρωση δεξαμενής κ.λπ. Ο ρυθμός φόρτο – εκφόρτωσης πρέπει να ελέγχεται τακτικά για ασφάλεια. Κατά τη διάρκεια του ταξιδιού πρέπει να διατηρηθεί η σωστή θερμοκρασία φορτίου. Οι λειτουργίες εκφόρτωσης απαιτούν παρόμοιες προφυλάξεις με ειδική φροντίδα για την αποφυγή διαρροών σε περίπτωση ακατάλληλου συντονισμού με το τερματικό σταθμό π.χ. ξαφνικό κλείσιμο βαλβίδων ακτής.

### 3.3 Ειδικότερα για τα χημικά δεξαμενόπλοια

#### 3.3.1 πληροφορίες φορτίου

Οι πληροφορίες του φορτίου είναι σημαντικές για την ασφάλεια του πλοίου και του πληρώματος.

- Τέτοιες πληροφορίες μπορούν να βρεθούν στον ICS (International Chemical Safety guides) ή σε άλλα Φύλλα Δεδομένων Φορτίου MSDS κάθε προϊόντος.
- Τα οποία περιλαμβάνουν επίσης όλα τα απαραίτητα δεδομένα για τον ασφαλή χειρισμό και μεταφορά φορτίου για τα περισσότερα φορτηγά βυτιοφόρα και διατηρούνται επί του σκάφους. Διαθέσιμα για όλους τους ενδιαφερόμενους.
- Το φορτίο δεν θα φορτωθεί εκτός εάν δεν είναι διαθέσιμες οι επαρκείς απαιτούμενες πληροφορίες για τον ασφαλή χειρισμό και μεταφορά.
- Ο υπεύθυνος αξιωματικός θα φροντίσει να είναι οι απαραίτητες πληροφορίες φορτίου δημοσιευμένες στον πίνακα ανακοινώσεων πριν από τις εργασίες φορτίου.
- Όλο το προσωπικό που ασχολείται με τις εμπορευματικές μεταφορές πρέπει να εξοικειωθεί με τα φορτία.
- Μελετώντας τον ICS ή άλλων φύλλων δεδομένων MSDS, μπορεί να επιτευχθεί ταυτόχρονη φόρτωση, εκφόρτωση και καθαρισμός δεξαμενών.

### 3.3.2 Διαδικασία φόρτωσης

Όλο το προσωπικό θα πρέπει να ακολουθεί τις μόνιμες οδηγίες κάθε στιγμή, είτε το φορτίο που επρόκειτο να φορτωθεί είναι επικίνδυνο είτε όχι. Οι αξιωματικοί που εμπλέκονται στην αποστολή ή το βαρδιούχο πλήρωμα οφείλει να φέρει πάντοτε τον κατάλληλο προσωπικό προστατευτικό εξοπλισμό, όπως προβλέπει ο ICS ή τα MSDS. Καθώς επίσης χρειάζεται απαραίτητη προσοχή στον χειρισμό επικίνδυνων φορτίων, να αποθηκεύονται σύμφωνα με το πλάνο το οποίο έχει μελετηθεί από τον αξιωματικό κι έχει υπογραφεί από τον πλοίαρχο και τους λοιπούς αξιωματικούς.

- Πριν τη φόρτωση, ελέγχονται οι δεξαμενές ξεχωριστά για καθαριότητα και συμβατότητα συμφώνως του αποθηκευτικού πλάνου.
- Πριν την εισαγωγή φορτίων που ενέχουν τον υψηλότερο κίνδυνο πυρκαγιάς, οι δεξαμενές αδρανοποιούνται με άζωτο. Δημιουργώντας ένα αόρατο πέπλο για την καλύτερη μεταφορά του.
- Κάποιες δεξαμενές πρέπει να είναι αεροστεγείς, δηλαδή πρέπει να αφαιρεθεί ο αέρας έτσι ώστε η ατμόσφαιρα να είναι φιλική προς το φορτίο.
- Τα φορτία οδηγούνται από τα manifold προς τις δεξαμενές σε ξεχωριστές γραμμές.
- Τα φορτία που εκπέμπουν αναθυμιάσεις, τα οποία παρουσιάζουν μείζων κίνδυνο στην υγεία, φορτώνονται σε κλειστό κύκλωμα.
- Αξιοποιώντας την γραμμή επιστροφής αναθυμιάσεων (Vapour return line) ελέγχουμε αν το φορτίο μας είναι ακαθάριστο. Αυτό επιτυγχάνεται παίρνοντας δείγματα από τις γραμμές κατόπιν φόρτωσης.
- Η διαγωγή του πλοίου, η κλίση και η ευστάθεια θα πρέπει να διορθώνονται, όπου χρειάζεται, με την αξιοποίηση των δεξαμενών έρματος.
- Όλα τα γεγονότα κατά τη διάρκεια της φορτοεκφόρτωσης, καταγράφονται επίσημα. (χειρόγραφα, σε υπολογιστή, στα επίσημα ημερολόγια του πλοίου και του φορτίου, κ.λπ.).

### 3.3.3 Διαδικασία εκφόρτωσης

Όλο το προσωπικό θα πρέπει να ακολουθεί πιστά τις μόνιμες οδηγίες σε κάθε περίπτωση κατόπιν εκφόρτωσης, είτε το φορτίο είναι επικίνδυνο, είτε όχι. Επίσης θα πρέπει το πλήρωμα να είναι κατάλληλα προετοιμασμένο με γνώσεις (βλ. ICS, MSDS) για το φορτίο που πρόκειται να εκφορτωθεί, καθώς και να φέρει τον κατάλληλο προσωπικό προστατευτικό εξοπλισμό. Η εκφόρτωση επιτυγχάνεται μέσω μίας οργανωμένης αλληλουχίας αδειάσματος δεξαμενών.

Όπως και στην φόρτωση έτσι κι εδώ παίρνονται δείγματα από τις δεξαμενές και τις γραμμές για να αναλυθεί το φορτίο σε περίπτωση αλλοίωσης από το ταξίδι.



## **Οδηγός ασφαλούς εκφόρτωσης χημικού δεξαμενόπλοιου**

Προτού αρχίσει η εκφόρτωση, ο υπεύθυνος αξιωματικός οφείλει να ελέγξει το line up. Το εν λόγω line up δεν είναι τίποτε άλλο από την σωστή παράταξη των γραμμών σε σύνδεση με τις δεξαμενές και τα manifold. Ανοίγοντας ή κλείνοντας (ρυθμίζοντας) τις κατάλληλες βαλβίδες, και επιβεβαιώνοντας ότι το σύστημα εξαερισμού λειτουργεί κατάλληλα. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στον εξοπλισμό εκφόρτωσης όπως είναι οι αντλίες και τα εξαεριστικά αντλιοστασίου.

Όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ισοζύγιο ατμών επιστρέφοντας αδρανές αέριο που έχει εξατμιστεί από τη δεξαμενή παραλαβής της ακτής στο πλοίο, η πίεση στη δεξαμενή φορτίου πρέπει να παρακολουθείται προσεκτικά και να λαμβάνονται τα απαραίτητα μέτρα για την αποφυγή υπερβολικής ή ελάχιστης πίεσης. Στην αρχή κάθε εκφόρτωσης και σε τακτικά χρονικά διαστήματα καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας, πρέπει να γίνονται έλεγχοι για να διασφαλιστεί ότι το φορτίο δεν διαρρέει.

### **Χρησιμοποιώντας άζωτο για τη διαχείριση αυξημένου ποσοστού πίεσης**

Κατά την εκφόρτωση φορτίων που πρέπει να μεταφέρονται κάτω από μια κουβέρτα αζώτου, μπορεί να είναι απαραίτητο να διασφαλιστεί ότι δεν εισέρχεται αέρας στη δεξαμενή. Ως εκ τούτου θα πρέπει να διατηρείται υπερτασική (μόνιμα θετική) πίεση του αζώτου καθώς πέφτει η στάθμη του υγρού. Το άζωτο μπορεί να τροφοδοτείται από αποθηκευμένο συμπιεσμένο αέριο ή από γεννήτρια επί του σκάφους και να εισαχθεί στο χώρο της δεξαμενής. Αλλά αν είναι απαραίτητο για την απόκτηση αζώτου από την ακτή, είναι σημαντικό η συζήτηση πριν από τη μεταφορά να περιλαμβάνει συμφωνία σχετικά με το ρυθμό ροής του αζώτου και τη πίεση που πρέπει να χρησιμοποιηθεί.

Αν και η απαιτούμενη υπερπίεση δεν είναι μεγαλύτερη από περίπου 0,2 bar, είναι συνηθισμένο για το σύστημα παροχής αζώτου στην ξηρά να είναι πολύ πάνω από αυτό τη τιμή, ίσως τόσο ψηλά όσο 7 bar. Ιδιαίτερα στα αρχικά στάδια, όταν ο χώρος των κατάλοιπων είναι ακόμα μικρός, είναι πιθανό ο ρυθμός ροής να υπερβεί το όριο των εξαεριστικών, κι έτσι να αναπτυχθεί μια υπερπίεση. Η ασφαλής διαδικασία είναι να χρησιμοποιηθεί μια συσκευή μείωσης πίεσης στη γραμμή τροφοδοσίας αζώτου, και να έχει βαθμονομημένο μανόμετρο που δείχνει την πίεση στον αγωγό. Θα έπρεπε να υπάρχει άμεση επικοινωνία με τον τερματικό σταθμό και το πλοίο πρέπει να παρακολουθεί τη πίεση του χώρου της δεξαμενής καθ' όλο το μήκος του πλοίου.

### **Καθαρισμός αποθήκευση και διαχείριση υπολειμμάτων**

Μετά τη μεταφορά ζωικών και φυτικών ελαίων και λιπών, ο χειροκίνητος καθαρισμός στις δεξαμενές φορτίου είναι συνήθως απαραίτητος για την ώθηση των ημι-υγρών υπολειμμάτων προς την αναρρόφηση της αντλίας για την ολοκλήρωση της εκφόρτωσης και πριν έναρξη καθαρισμού δεξαμενών. (Η διαδικασία καλείται μερικές φορές, «squeeging» ή «puddling».) Παρά τη φυσική προέλευση του φορτίου, είναι σημαντικό να τηρούνται προφυλάξεις ασφαλείας σε κάθε περίπτωση που αποστέλλεται προσωπικό σε κλειστό χώρο.

Η δεξαμενή πρέπει να αερίζεται μηχανικά για τουλάχιστον 1 ώρα, ταυτόχρονα με την εκφόρτωση, για να διασφαλιστεί ότι η ατμόσφαιρα είναι ασφαλής για είσοδο χωρίς αναπνευστική συσκευή πριν ξεκινήσει το σκούπισμα. Απαραίτητη είναι η

έκδοση άδειας εισόδου κλειστού χώρου πριν το προσωπικό να εισέλθει στη δεξαμενή. Ο εξαερισμός πρέπει να συνεχιστεί κατά τη διάρκεια του σκουπίσματος. Ένα υπεύθυνο άτομο πρέπει να παραμείνει παρευρισκόμενο στη πόρτα εισόδου δεξαμενής καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας καθαρισμού, διατηρώντας το προσωπικό υπό παρακολούθηση.

Εάν οποιαδήποτε στιγμή το επίπεδο οξυγόνου πέσει κάτω από το 21%, η δεξαμενή πρέπει να εκκενωθεί έως ότου αποκατασταθεί το επίπεδο οξυγόνου με εξαερισμό.

### **Ολοκλήρωση εκφόρτωσης**

Είναι απαραίτητο να μειωθεί στο ελάχιστο τα κατάλοιπα φορτίου στις δεξαμενές. Οι οποίες πρέπει να αποστραγγιστούν σύμφωνα με τις απαιτήσεις του εγχειριδίου P&A του πλοίου.

Όταν ολοκληρωθεί η εκφόρτωση ενός προϊόντος, ενεργοποιείται η σχετική βαλβίδα στο πλοίο και η ακτή πρέπει να την έχει κλειστή. Αυτό θα παρέχει διαχωρισμό του πλοίου και ξηράς από αστοχία ή απροσδόκητη δράση. Όλα τα ανοίγματα στις δεξαμενές φορτίου που χρησιμοποιούνται για αυτό το προϊόν πρέπει τελικά να κλείσουν και να ασφαλίσουν.

Μετά την ολοκλήρωση της εκφόρτωσης, οι γραμμές και οι σωλήνες πρέπει να καθαρίζονται στην ακτή. Οι σωλήνες ή οι βραχίονες φορτίου πρέπει να αποσυνδέονται αποκλειστικά μόνο από τα manifold αφού έχουν πρώτα αποστραγγιστεί από υπολείμματα φορτίου και έχουν απαλλαγεί από κάθε πίεση.

### **3.3.4 Καθαρισμός δεξαμενών και αδρανοποίηση**

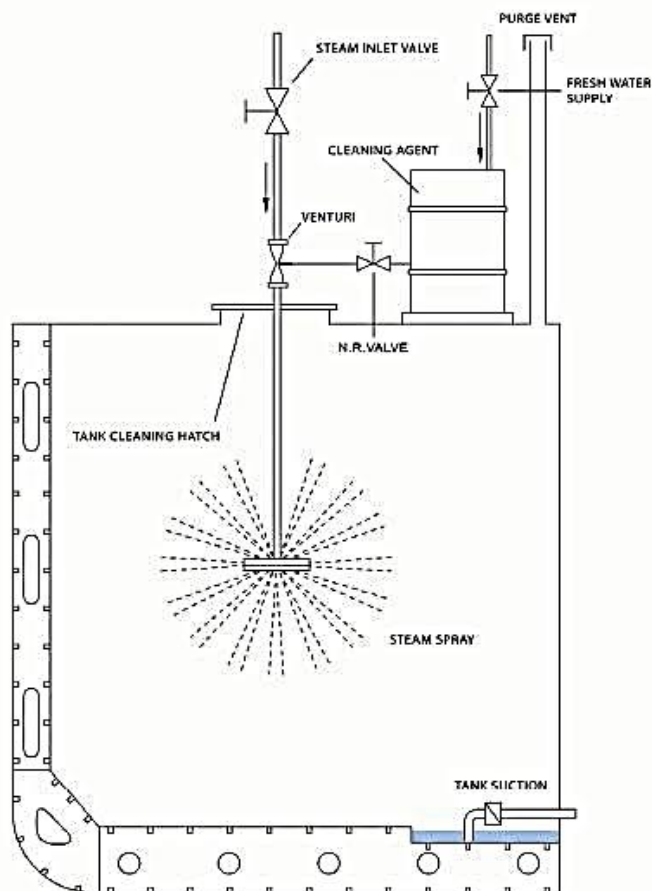
#### **Διαδικασία καθαρισμού δεξαμενών για χημικά δεξαμενόπλοια**

Οι δεξαμενές χημικών μπορούν να κατασκευαστούν ή να επικαλυφθούν με διαφορετικούς τύπους υλικών. Είναι σημαντικό να εξεταστούν το P&A εγχειρίδιο και η λίστα αντοχής επιστρώσεων χρωμάτων του κατασκευαστή πριν από τις εργασίες καθαρισμού δεξαμενών. Έτσι ώστε να εξακριβώσουμε τα υλικά επίστρωσης και τυχόν περιορισμούς όσον αφορά τη θερμοκρασία, τη χρήση χημικών καθαριστικών κ.λπ. που ενδέχεται να ισχύουν για το πλοίο.

Ο καθαρισμός των δεξαμενών είναι συνήθως ευθύνη του πλοίου. Η σχετική καθαριότητα έχει διαφορετικά πρότυπα ανάλογα με το προηγούμενο φορτίο και το φορτίο που πρόκειται να φορτωθεί. Αλλά το ζήτημα μπορεί να είναι ακόμη περισσότερο περίπλοκο, καθώς η καθαριότητα για κάποιο ή το ίδιο προϊόν μπορεί να διαφέρει, ανάλογα με το ποιος είναι ο παραλήπτης και για ποιο σκοπό προορίζεται τελικά το φορτίο.

Παραδείγματα είναι: η γλυκόλη που προορίζεται για καλλυντικά ή φαρμακευτικούς σκοπούς. Απαιτεί καθαρότερες και εντελώς άοσμες δεξαμενές από ό,τι η γλυκόλη που προορίζεται για αντιψυκτικά. Η καυστική σόδα για την παραγωγή χαρτιού είναι

πιο ευαίσθητη στη μόλυνση από σίδηρο παρά της καυστικής σόδας, προοριζόμενη για βιομηχανία αλουμινίου.



Εικόνα 3.3.4 Modern Chemical tanker tank cleaning process using steam spray

Πρέπει να αναφερθεί πρώτα ότι η πλειονότητα των εργασιών καθαρισμού επί ενός σκάφους μεταφοράς χημικών πραγματοποιούνται μόνο με τη χρήση νερού. Απαιτείται περαιτέρω χημική παρέμβαση μόνο για περιορισμένο αριθμό φορτίων, αλλά αυτές οι περιπτώσεις μπορεί να είναι πολύ σημαντικές.

Κάποιος πρέπει να λάβει υπόψη τη φύση του προηγούμενου φορτίου και του επόμενου προς φόρτωση, το συντελεστή χρόνου, τον διαθέσιμο εξοπλισμό, τα χημικά καθαρισμού κ.λπ. Δηλώνεται επίσης ο απαραίτητος βαθμός καθαριότητας για ορισμένα προϊόντα, σύμφωνα με αυτό που συνήθως απαιτούν οι επιθεωρητές φορτίου.

Σε γενικές γραμμές κάποιος πρέπει να χρησιμοποιεί μηχανικές μεθόδους καθαρισμού δεξαμενών, δηλαδή συνήθως πλύσεις με νερό, πριν εφαρμοστεί πιο ακριβής μέθοδος με χημικά καθαριστικά. Η πιο κοστοβόρα και λιγότερο ασφαλής μέθοδος είναι ο χειροκίνητος καθαρισμός, ο οποίος πρέπει να περιοριστεί στο ελάχιστο.

Είναι σημαντικό να αδειάσουν οι δεξαμενές όσο το δυνατόν περισσότερο για να παραδοθεί όσο το δυνατόν περισσότερο φορτίο (αν όχι όλο) αλλά και για τη μείωση της ρύπανσης των θαλασσών στο απόλυτο ελάχιστο.

### **Παραδείγματα για την καλύτερου δυνατή μέθοδο αποστράγγισης φορτίου:**

- i) Λαμβάνοντας υπόψη την κλίση και τη διαγωγή του πλοίου.
- ii) Τα ιξώδη φορτία μπορούν πρώτα να αφαιρεθούν από τις διάφορες δεξαμενές σε μία δεξαμενή κοντά στην αντλία και από εκεί να αντλούνται από την ξηρά.
- iii) Διατηρήστε τη θερμοκρασία φορτίου αρκετά υψηλή, έτσι ώστε το φορτίο να αποστραγγίζεται από τις απομακρυσμένες γωνίες των δεξαμενών, ειδικά σε κρύα κλίματα.
- iv) Οι κηρώδεις εναποθέσεις κάτω από τα θερμαντικά πηνία μπορεί μερικές φορές να λιώσουν μέσω της συμπλήρωσης με νερό και έτσι να προσφέρουν πρόσθετη απαγορευτική θερμότητα.
- v) Μερικές φορές επιτρέπεται ο ατμός κατά την εκφόρτωση μελάσσας, η οποία διευκολύνει την αποστράγγιση από τα διαφράγματα.
- vi) Οι δεξαμενές φυτικών ελαίων μπορούν να τεθούν σε κυκλωτικό σύστημα, στην τελευταία φάση εκφόρτωσης, ώστε να αφαιρούνται τα υπολείμματα λαδιού που λαμβάνονται από την πλευρά παράδοσης της ξηράς. Ομοίως το φωσφορικό οξύ μπορεί να ανακυκλοφορήσει για να χαλαρώσει τα ιζήματα στο κάτω μέρος της δεξαμενής.
- vii) Αποστραγγίστε τις γραμμές φορτίου που οδηγούν στην ακτή. Είναι χρήσιμο να υπάρχει εν λειτουργία μια μικρή αντλία αποστράγγισης με πάχος γραμμής των 50 mm στο σύνδεσμο γραμμών (manifold) που οδηγούν στο τερματικό σταθμό.
- viii) Πριν από τη φόρτωση ευαίσθητων φορτίων, είναι απαραίτητο τα δοχεία λάσπης, οι βαλβίδες και τα περιβλήματα αντλιών να αποστραγγίζονται ανοίγοντας τα πώματα (λαμβάνοντας δεόντως υπόψη τη προσωπική ασφάλεια).

### **Πρακτικά παραδείγματα επίλυσης προβλημάτων**

Το ακόλουθο κείμενο προορίζεται ως γενικός οδηγός δίνοντας κάποια πρακτικά παραδείγματα για προβλήματα και μεθόδους επίλυσης. Οι πληροφορίες που δίνονται δεν έρχονται να αντικαταστήσουν κάποιες ήδη υπάρχουσες αποδεδειγμένες μεθόδους άλλων ! Συμβουλευτείτε επίσης φορτωτές και επιθεωρητές δεξαμενών.

Αναλύστε τις ιδιότητες του προηγούμενου φορτίου και επωφεληθείτε από τα «αδύναμα» σημεία του, π.χ. ως εξής:

- i) Διαλυτό στο νερό; Εάν το φορτίο είναι εύλογα διαλυτό στο νερό τότε τα χημικά καθαριστικά δεν είναι απαραίτητα στις περισσότερες περιπτώσεις.
- ii) Η αυξημένη θερμοκρασία καθαρισμού θα προκαλέσει ευεργετική μείωση ιξώδους φορτίου και χαμηλότερη επιφανειακή τάση ή θα μπορούσε να προκαλέσει το αντίθετο: κάποια υπολείμματα φορτίου πολυμερίζονται ή οξειδώνονται ("ξηρά"). Ο πολυμερισμός και η ξήρανση πρέπει να αποφεύγονται, επομένως η πρώτη εργασία καθαρισμού πρέπει να πραγματοποιείται σε κρύο περιβάλλον.
- iii) Το προϊόν θα επηρεαστεί από αλκάλια; Η καυστική σόδα είναι σχετικά φθηνή και εύκολα διαθέσιμη αλκαλική χημική ουσία.

iv) Το προϊόν θα διαλυθεί σε άλλα εύκολα διαθέσιμα προϊόντα με τα οποία τα τοιχώματα της δεξαμενής είναι επιστρωμένα; (Διαδοχική μέθοδος "αναβάθμισης" ή "floatation").

v) Τα κατάλοιπα φορτίου εξατμίζονται χωρίς να αφήνουν ίχνη;

vi) Μπορούν τα εναπομείναντα φορτία να αναμιχθούν με ασφάλεια με το φορτίο που θα φορτωθεί; Σε πολλές περιπτώσεις δεν είναι γνωστό ποιο θα είναι το επόμενο φορτίο, αλλά μερικές φορές αυτή η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί.

## **Οσμή**

Μερικά προϊόντα είναι πολύ ευαίσθητα στις ξένες οσμές, συνήθως προέρχονται από προηγούμενα φορτία στην ίδια δεξαμενή. Παραδείγματα ευαίσθητων φορτίων είναι: γλυκόλες, γλυκερίνη, φυτικά και ζωικά έλαια, μελάσα.

Οι οσμές που απομένουν μετά από ενδελεχή καθαρισμό της δεξαμενής συνήθως απομακρύνονται καλύτερα με ατμό ή/και αερισμό της δεξαμενής. Οι γραμμές φορτίου μπορεί επίσης να πρέπει να εξατμιστούν. Οι εποξικές επικαλύψεις δεν πρέπει να θερμαίνονται πάνω από 60 – 80 °C, και ο πυριτικός ψευδάργυρος ανέχεται κάπως υψηλότερες θερμοκρασίες. Τα λεγόμενα αποσμητικά ψεκασμού καθαρού αέρα έχουν επίδραση μόνο στην ατμόσφαιρα της δεξαμενής. Συνήθως οι μυρωδιές προέρχονται από κατάλοιπα φορτίου στους πραγματικούς τοίχους των δεξαμενών και επομένως θα επιστρέψουν σύντομα. Η μέθοδος ψεκασμού έχει μεγαλύτερη συμβολική αξία όσον αφορά τη φροντίδα του φορτίου.

### **Ασφαλής μέθοδος απελευθέρωσης αερίου μετά από καθαρισμό δεξαμενών χημικών δεξαμενόπλοιων**

Για την είσοδο σε δεξαμενές φορτίου για θερμές εργασίες ή πλύσιμο και καθαρισμό δεξαμενών έρματος, απαιτείται απαλλαγή αερίου. Η απελευθέρωση αερίου είναι μια από τις περισσότερες επικίνδυνες ενέργειες που πραγματοποιούνται συνήθως πάνω σε ένα δεξαμενόπλοιο. Ο πρόσθετος κίνδυνος που δημιουργείται από τα αέρια φορτίου που εκλύθηκαν από τις δεξαμενές, μπορεί να είναι τοξικότητα, ευφλεκτικότητα και διαβρωτικότητα, δεν μπορούν να μην αναφερθούν.

Είναι επομένως εξαιρετικά σημαντικό να ασκείται όλη η προσοχή κατά τη διάρκεια απελευθέρωσης αποφεύγοντας τις συνέπειες ενός ακούσιου σοβαρού σφάλματος για το προσωπικό και το περιβάλλον.

Ένας χώρος θεωρείται χωρίς αέριο «gas free» όταν η συγκέντρωση εύφλεκτου αέρια στην ατμόσφαιρά του είναι λιγότερο από 0% LEL, η συγκέντρωση τοξικών αερίων (συμπεριλαμβανομένων των συστατικών IG) είναι μικρότερη από το TLV και η συγκέντρωση οξυγόνου δεν είναι μικρότερη από 20,8%.

Ενδέχεται να αντιμετωπιστούν κίνδυνοι σε διάφορα στάδια. Οι ακόλουθες συστάσεις ισχύουν γενικά για την απελευθέρωση αερίου δεξαμενών φορτίου. Ο κώδικας IBC περιέχει συμβουλές σχετικά με την απελευθέρωση στις δεξαμενές φορτίου.

Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τι είδους ατμός μπορεί να δημιουργηθεί: μπορεί να είναι εύφλεκτος ή/και τοξικός ή/και διαβρωτικός:

α) Ο εξαερισμός τοξικών και εύφλεκτων αερίων κατά την απελευθέρωση πρέπει να πραγματοποιηθεί στις εγκεκριμένες εξόδους απελευθέρωσης αερίου του πλοίου, και συνεπώς η ταχύτητα εξόδου θα πρέπει να είναι επαρκής για τη μεταφορά των ατμών μακριά από το κατάστρωμα. Δεν πρέπει να διαφύγουν οι ατμοί από το επίπεδο καταστρώματος πριν από τη συγκέντρωση εντός της δεξαμενής αν έχει πέσει κάτω από το 30% LFL και το σχετικό TLV. Στη συνέχεια, ο τελικός διαχωρισμός του μείγματος ατμών μπορεί να συνεχιστεί από το επίπεδο καταστρώματος δεξαμενής μέχρι άλλα μεγαλύτερα ανοίγματα καταστρώματος.

β) Εάν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί φορητός εξοπλισμός εξαερισμού για την εκτόξευση αέρα στη δεξαμενή, τα ανοίγματα πρέπει να διατηρούνται κλειστά μέχρι να ολοκληρωθεί η εργασία σε αυτήν τη δεξαμενή και να ξεκινήσει η επιθεώρηση.

γ) Όταν οι δεξαμενές φορτίου απελευθερώνονται με αέριο μέσω μόνιμων εγκατεστημένων ανεμιστήρων, εισάγεται αέρας στη δεξαμενή μέσω των γραμμών φορτίου. Ολόκληρη η γραμμή πρέπει να αποστραγγιστεί καλά πριν εξαεριστεί για να αποφευχθεί απόφραξη της ροής του αέρα ή να μην εισαχθούν υπολείμματα νερού ή φορτίου στη δεξαμενή. Οι βαλβίδες στα συστήματα, εκτός από αυτά που απαιτούνται για εξαερισμό, πρέπει να είναι κλειστές και ασφαλισμένες. Οι ανεμιστήρες πρέπει κανονικά να είναι παγωμένοι ή αποσυνδεδεμένοι από το σύστημα δεξαμενής φορτίου όταν δεν χρησιμοποιούνται.

δ) Ο σταθερός εξοπλισμός δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για την απελευθέρωση αερίου δεξαμενής ενώ ταυτόχρονα χρησιμοποιείται για αερισμό μιας άλλης δεξαμενής όπου το πλύσιμό της βρίσκεται σε εξέλιξη, ανεξάρτητα από τη χωρητικότητα του εξοπλισμού.

ε) Οι φορητοί ανεμιστήρες θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο εάν κινούνται με νερό ή υδραυλικά ή πνευματικά. Τα δομικά υλικά τους πρέπει να είναι τέτοια ώστε να μην δημιουργείται κίνδυνος σπινθήρα εάν, για οποιονδήποτε λόγο, τα πτερύγια αγγίζουν το εσωτερικό του περιβλήματος. Πρέπει να ακολουθούνται οι συστάσεις για τη συντήρηση σύμφωνα με το κατασκευαστή. Προστατευτικά καλύμματα θα πρέπει να υπάρχουν για την αποφυγή τυχαίας επαφής με τις λεπίδες του ανεμιστήρα.

στ) Οι φορητοί ανεμιστήρες, όπου χρησιμοποιούνται, θα πρέπει να τοποθετούνται σε τέτοιες θέσεις έτσι ώστε όλα τα μέρη της δεξαμενής να αερίζονται κατάλληλα και να απελευθερώνονται αποτελεσματικά από τοξικά αέρια. Οι συσκευές θα πρέπει γενικά να είναι όσο το δυνατόν απομακρυσμένες από τις εξόδους εξαερισμού.

ζ) Οι φορητοί ανεμιστήρες πρέπει να είναι συνδεδεμένοι στο κατάστρωμα ώστε να είναι υπάρχει αποτελεσματικός ηλεκτρικός δεσμός. Αυτό αφορά την λειτουργία τους και τυχόν απώλειας ρεύματος.

η) Η κατεύθυνση του ανέμου μπορεί να προκαλέσει τη διέλευση ατμών φορτίου κοντά στις εισόδους αέρα στους χώρους ενδιαίτησης ή εξαερισμού μηχανοστασίου, και απαιτούνται πρόσθετες προφυλάξεις. Κεντρικός κλιματισμός ή μηχανικός αερισμός θα πρέπει να ρυθμίζονται ώστε να αποτρέπεται η είσοδος αερίου, εάν είναι δυνατόν με τη χρήση ανακυκλοφορίας αέρα εντός των χώρων.

θ) Εάν ανά πάσα στιγμή υπάρχει υποψία ότι εισέρχεται αέριο στο χώρο ενδιαίτησης, ο κεντρικός κλιματισμός και κάθε μηχανικό σύστημα εξαερισμού πρέπει να σταματήσουν καθώς και οι είσοδοι να καλυφθούν ή να κλείσουν. Είναι γεγονός ότι τα περισσότερα πλοία χρησιμοποιούν εξαεριστικά συστήματα τύπου παράθυρου τα οποία λαμβάνουν αέρα έξω από την υπερκατασκευή. Όμως υπάρχουν και άλλα τα οποία δεν είναι πιστοποιημένα ως ασφαλή για την ύπαρξη εύφλεκτων αερίων και γι' αυτό θα πρέπει να είναι αποσυνδεδεμένα με όλες τις υποδοχές κλειστές.

ι) Εάν οι δεξαμενές συνδέονται με κοινό σύστημα εξαερισμού, κάθε δεξαμενή πρέπει να απομονωθεί για να αποφευχθεί η μεταφορά αερίου προς ή από άλλες δεξαμενές.

κ) Όταν μια δεξαμενή φαίνεται να έχει απελευθερωθεί από αέρια και όλος ο μηχανικός εξαερισμός έχει σταματήσει, θα πρέπει να παρέλθει περίοδος περίπου δέκα λεπτών πριν από τη λήψη τελικών μετρήσεων αερίου. Αυτό επιτρέπει σχετικά σταθερές συνθήκες για το χώρο της δεξαμενής. Οι δοκιμές πρέπει στη συνέχεια να γίνουν σε διάφορα επίπεδα και, όπου η δεξαμενή υποδιαιρείται με διάφραγμα πλύσης, σε κάθε διαμέρισμα της δεξαμενής. Σε μεγάλα διαμερίσματα τέτοιες δοκιμές πρέπει να γίνονται σε ευρέως ξεχωριστές θέσεις. Εάν δεν είναι ικανοποιητικές οι μετρήσεις, η δεξαμενή πρέπει να ελεγχθεί για κατάλοιπα φορτίου και στη συνέχεια ο εξαερισμός να συνεχιστεί.

λ) Με την ολοκλήρωση όλης της διαδικασίας απελευθέρωσης αερίου και πλύσης δεξαμενών, το σύστημα εξαερισμού αερίου θα πρέπει να ελεγχθεί προσεκτικά, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στην αποτελεσματική λειτουργία των βαλβίδων P/V και των βαλβίδων εξαερισμού υψηλής ταχύτητας. Εάν οι βαλβίδες ή οι ανυψωτήρες εξαερισμού είναι εξοπλισμένοι με συσκευές σχεδιασμένες για να αποτρέπουν τη διέλευση φλόγας, αυτά θα πρέπει επίσης να ελεγχθούν και να καθαριστούν εάν κριθεί απαραίτητο. Τα εξαεριστικά και οι ανυψωτήρες με τους αγωγούς τους πρέπει να ελέγχονται για να διασφαλιστεί ότι είναι αποφραγμένοι.

μ) Τέλος με την ολοκλήρωση της απελευθέρωσης αερίου, πρέπει να δοθεί προσοχή σε όλο τον εξοπλισμό που έχει χρησιμοποιηθεί και σε κλειστούς ή μερικώς κλειστούς χώρους που μπορούν να διατηρούν ή να περιέχουν υπολείμματα φορτίου ή αναθυμιάσεις, έτσι ώστε να μην υπάρχουν υποψίες κινδύνου. Μέρη όπου ενδέχεται να υπάρχουν ίχνη φορτίου περιλαμβάνουν τις γραμμές φόρτωσης, τις βαλβίδες, αντλίες, γραμμές αποστράγγισης καθώς και βαλβίδες, γραμμές εξαερισμού και βαλβίδες P /V, γραμμές επιστροφής ατμών, μπουσάδες και καταμετρικά συστήματα, πηνία θέρμανσης, αποθήκες εξοπλισμού χειρισμού φορτίου, αποθήκες PPE και τέλος χώροι αποθήκευσης δειγμάτων φορτίου.

## Βιβλιογραφία

1. The Outline of Chemical Tankers, Class NK, January 2002, pp. 2-3.
2. International Convention for the Prevention of Pollution for Ships – MARPOL, IMO, April 2000, Annex II of MARPOL 73/78, Regulation 1.
3. Werner M.R., Ship Design and Construction Volume 2, SNAME New York, 2003, Edited by Thomas Lamb, Chapter 31, pp. 31-6, 31-9.
4. Murphy H., Tenold S., “Strategy and Hegemony in Chemical Tanker Shipping, 1960-1985”, Discussion Paper, Norwegian School of Economics and Business Administration, January 2007, pp. 3-5.
5. Wijnolst N., Wergeland T., Shipping Innovation, Amsterdam, January 2009, pp. 265.
6. Tanker Safety Guide Chemicals, International Chamber of Shipping, Third edition, London, 2002, pp. xxi.
7. Werner M.R., Ship Design and Construction Volume 2, SNAME New York, 2003, Edited by Thomas Lamb, Chapter 31, pp. 31-7.
8. Webpage: [www.spillresponse.nl/index.php/Chemical\\_tanker](http://www.spillresponse.nl/index.php/Chemical_tanker).
9. Seol-Hui Kang, “Big and Beautiful – The world’s largest chemical tanker – BOW PIONEER”, ODFJELL Quarterly Magazine, July 2013.
10. Webpage: [www.chemicaltankerguide.com/types.html](http://www.chemicaltankerguide.com/types.html).
11. “The chemical tankers market”, Odjfell, Online Slide Presentation, Webpage: [www.fonasba.com/wp-content/uploads/2012/10/Chemical-Market-Report.pdf](http://www.fonasba.com/wp-content/uploads/2012/10/Chemical-Market-Report.pdf).
12. Webpage: [www.britannica.com](http://www.britannica.com).
13. Farrel, T.R., “Chemical Tankers – The Quiet Evolution”, Transactions, Royal Institution of Naval Architects, 117, 1975.
14. International Convention for the Prevention of Pollution for Ships – MARPOL, IMO, April 2000, Annex II of MARPOL 73/78, Regulation 3.
15. International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk (IBC Code) as amended by MEPC.225(64) and MSC.340(91)- International Maritime Organization, London, June 2014, Chapter 1, pp. 5-8.
16. Webpage: [www.chemicaltankerguide.com](http://www.chemicaltankerguide.com).
17. “Response to marine chemical incidents”, Technical Information Paper 17, ITOPI, Canterbury, 2012.
18. Tanker Safety Guide Chemicals, International Chamber of Shipping, Third edition, London, 2002, pp. 6-7.



19. Webpage: [en.wikipedia.org/wiki/Spontaneous\\_combustion](http://en.wikipedia.org/wiki/Spontaneous_combustion).
20. Luhtala H., "Maritime Transport of Chemicals in the Baltic Sea", Centre for Maritime Studies University of Turku, 2010, pp. 5-7.
21. Tanker Safety Guide Chemicals, International Chamber of Shipping, Third edition, London, 2002, Appendix M.
22. International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk (IBC Code) as amended by MEPC.225(64) and MSC.340(91)- International Maritime Organization, London, June 2014, Section 16.2.3.1, pp. 67.
23. International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk (IBC Code) as amended by MEPC.225(64) and MSC.340(91)- International Maritime Organization, London, June 2014, pp. 69-70.
24. The Outline of Chemical Tankers, Class NK, January 2002, pp. 37. 14. Wijnolst N., Wergeland T., Shipping Innovation, Amsterdam, January 2009, pp. 267.