



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική εργασία

**Μελέτη συστήματος επεξεργασίας θαλάσσιου έρματος με έμφαση
στα υλικά και τη συγκολλησιμότητα τους**

**Study of a marine ballast treatment system with an emphasis on materials and
their weldability**

Συγγραφέας:

ΝΙΚΗΤΑΣ ΤΑΜΠΑΚΗΣ

A.M.: 51116099

Επιβλέπων:

Δρ. Σταύρος Χιονόπουλος
Επίκουρος Καθηγητής, ΠΑ.Δ.Α.

Αιγάλεω, 2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική εργασία

**Μελέτη συστήματος επεξεργασίας θαλάσσιου έρματος με έμφαση
στα υλικά και την συγκολλησιμότητα τους**

Συγγραφέας

ΝΙΚΗΤΑΣ ΤΑΜΠΑΚΗΣ (Α.Μ.:51116099)

Επιβλέπων

Σταύρος Χιονόπουλος
Επίκουρος Καθηγητής, ΠΑ.Δ.Α.

Ημερομηνία εξέτασης

21/11/2023

Εξεταστική επιτροπή

Δρ. Σταύρος Κ. Χιονόπουλος
Επικ. Καθ. ΠΑ.Δ.Α

Δρ. Ισίδωρος Ιακωβίδης
Λέκτορας ΠΑ.Δ.Α

Δρ. Μιχαήλ Σέρρης
Λέκτορας ΠΑ.Δ.Α

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Ταμπάκης Νικήτας του Βασιλείου, με αριθμό μητρώου 51116099 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Ναυπηγών Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου».

Ο Δηλών



Νικήτας Ταμπάκης

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με θέμα «Μελέτη συστήματος επεξεργασίας θαλάσσιου έρματος με έμφαση στα υλικά και την συγκολλησιμότητά τους» πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο των προπτυχιακών μου σπουδών στο πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής στο τμήμα Ναυπηγών μηχανολόγων μηχανικών το έτος 2023.

Στο σημείο αυτό αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω ξεχωριστά όλους όσους συνέβαλλαν στην ολοκλήρωση της προσπάθειάς μου αυτής.

Πρώτιστος ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή Δρ. Σταύρο Χιονόπουλο για την άριστη συνεργασία που είχαμε τις πολύτιμες υποδείξεις του και την άριστη καθοδήγησή του. Η διαρκής διαθεσιμότητά του και η αγάπη του για το αντικείμενο ενίσχυσαν την προσπάθειά μου για την περάτωση της εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου και την κοπέλα μου για την υποστήριξή, την κατανόηση και την συμπαράστασή τους καθ' όλη την διάρκεια της προσπάθειάς μου αυτής.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω από καρδιάς τους γονείς μου για την ηθική και υλική υποστήριξη την αστείρευτη συμπαράσταση και την δυνατότητα που μου έδωσαν ώστε να αφοσιωθώ απερίσπαστα στην ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής καθώς επίσης και τα αδέρφια μου για την σημαντική τους βοήθεια και ψυχολογική υποστήριξη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής εργασίας είναι να εξεταστεί το πρόβλημα της επεξεργασίας του θαλασσίου έρματος αλλά και η μέθοδοι συγκόλλησης που χρησιμοποιούνται για την εγκατάσταση αυτών των συστημάτων.

Για τη καλύτερη κατανόηση και εξέταση του θέματος κρίθηκε σκόπιμο να γίνει αρχικά (1^ο κεφάλαιο), μια ανασκόπηση των διεθνών κανονισμών και προτύπων που αφορούν την επεξεργασία του έρματος.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, συζητούνται τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην ναυπηγική και αναλύονται οι μέθοδοι συγκόλλησης που έχουν την πιο ευρεία χρήση στον κλάδο.

Στο τρίτο κεφάλαιο, έχει γίνει μια περίληψη τριών έγγραφων τα οποία επιλέχτηκαν από επιστημονική βάση Διεθνών δημοσιεύσεων (ScienceDirect). Το πρώτο αφορά στον τρόπο με τον οποίο τα συστήματα νερού έρματος ταιριάζουν σε διαφορετικά πλοία χρησιμοποιώντας ένα συγκεκριμένο πρότυπο. Το δεύτερο συζητά τις προκλήσεις και τα αποτελέσματα της χρήσης και εγκατάστασης αυτών των συστημάτων. Η τρίτη είναι μια μελέτη που συγκρίνει τη σκοπιμότητα της προσθήκης συστήματος επεξεργασίας νερού έρματος σε ένα μεγάλο φορτηγό πλοίο.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, αναπτύσσονται οι μέθοδοι και διατάξεις των συστημάτων έρματος, παρουσιάζοντας λεπτομερέστερα αυτές που χρησιμοποιούνται ευρέως. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στο δεξαμενόπλοιο στο οποίο θα γίνει η εγκατάσταση των συστημάτων με υπεριώδη ακτινοβολία, καταλήγοντας στις μεθόδους συγκόλλησης που χρησιμοποιήθηκαν και το λόγο επιλεχτήκαν οι συγκεκριμένες μέθοδοι.

Κλείνοντας, στο πέμπτο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στο μέλλον των συστημάτων νερού έρματος, την πρόοδό τους στη νομοθεσία και τη συντήρηση και τις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν.

ABSTRACT

This thesis aims to examine the issue of ballast water treatment as well as the welding methods used for the installation of these systems.

To better understand and delve into the topic, it was deemed appropriate to initially review international regulations and standards concerning ballast water treatment (1st chapter).

In the second chapter, materials used in shipbuilding are discussed, and the most widely used welding methods in the industry are analyzed.

In the third chapter, a summary of three papers selected from ScienceDirect has been provided. The first deals with the way ballast water systems fit into various ships using a specific standard. The second discusses the challenges and outcomes of using and installing these systems. The third is a study comparing the feasibility of adding a ballast water treatment system to a large cargo ship.

The fourth chapter discusses the methods of ballast water systems and elaborates on those that are widely used. Subsequently, the focus shifts to the tanker where the UV (ultraviolet) radiation treatment systems will be installed, culminating in a discussion on the welding methods that were used and the reasons for selecting these methods.

The fifth chapter deals with the future of ballast water systems, their progress in legislation, and maintenance, and the challenges they face.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	5
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	8
ABSTRACT	9
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	11
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ	13
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2
1.1. ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΗ.....	2
1.2. ΣΥΜΒΑΣΗ BWM	3
1.2.1. ΤΑ ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΣΥΜΒΑΣΗΣ.....	3
1.3. ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ.....	7
1.4. Βασικές διαφορές μεταξύ των κανονισμών IMO και USCG για τα συστήματα διαχείρισης νερού έρματος.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΧΑΛΥΒΩΝ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ, ΚΑΙ ΚΟΙΝΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ	11
2.1. ΤΥΠΟΙ ΝΑΥΠΗΓΙΚΩΝ ΧΑΛΥΒΩΝ	11
2.1.1. Ναυπηγικοί χάλυβες	11
2.1.2. Ανοξειδωτοι χάλυβες	13
2.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ	14
2.2.1. Γενικά.....	14
2.2.2. Συγκόλληση με τήξη (fusion welding).....	15
2.2.3. Manual metal arc (MMA)/shielded metal arc welding (SMAW).....	15
2.2.4. Metal inert gas (MIG)/metal active gas (MAG)/gas metal arc welding (GMAW) .	19
2.2.5. Flux-cored arc welding (FCAW)	24
2.2.6. Tungsten inert gas (TIG)/gas tungsten arc welding (GTAW)	27
2.3. Σφάλματα συγκόλλησης.....	31
2.3.1. Πορώδες (porosity).....	31
2.3.2. Στερεά εγκλείσματα (solid inclusions):	32
2.3.3. Έλλειψη τήξης (lack of fusion):.....	33
2.3.4. Ατελής διείδυση ρίζας (incomplete root penetration):	34
2.3.5. Κουλότητα ρίζας (Root concavity).....	35
2.3.6. Υπερβολική διείδυση (Excessive root penetration).....	36
2.3.7. Επικάλυψη (Overlap).....	37
2.3.8. Υποπλήρωση (underfill).....	39

2.3.9. Υποκοπή (undercut)	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	42
3.1. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΝΕΡΟΥ ΕΡΜΑΤΟΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ ΤΥΠΟΥΣ ΠΛΟΙΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ D-2	42
3.1.1. Πληροφορίες δειγμάτων	42
3.1.2. Συλλογή και ανάλυση δειγμάτων	44
3.1.3. Αποτελέσματα	44
3.1.4. Παρατηρήσεις	49
3.1.5. Συμπεράσματα	50
3.2. Εγκατάσταση και χρήση συστημάτων επεξεργασίας νερού έρματος – Συνέπειες για τη συμμόρφωση και την επιβολή	50
3.2.1. Απόκτηση και ανάλυση δεδομένων BWTS	51
3.2.2. Αποτελέσματα	52
3.3.3. Συμπεράσματα	56
3.3. Συγκριτική μελέτη σκοπιμότητας για μετασκευή συστήματος επεξεργασίας νερού έρματος για φορτηγό χύδην φορτίου	57
3.3.1. Θέματα εγκατάστασης και λειτουργίας	57
3.3.2. Ανάλυση κόστους	59
3.3.3. Αποτελέσματα	61
3.3.4. Συμπεράσματα	64
3.4. Μέθοδοι επεξεργασίας νερού έρματος και εγκατάσταση συστήματος UV σε υπάρχον δεξαμενόπλοιο	65
3.4.1. Μέθοδοι επεξεργασίας	65
3.4.1.1. Διαδικασίες χωρισμού	68
3.4.1.2. Αποοξυγόνωση	69
3.4.1.3. Ηλεκτροχλωρίωση	70
3.4.1.4. Θεραπεία με όζον	71
3.4.1.5. Ακτινοβολία UV	72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ UV ΣΕ ΥΠΑΡΧΟΝ ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΟ	74
4.1. Στοιχεία πλοίου	74
4.2. Επιλογή συστήματος	76
4.3. Εγκατάσταση των συστημάτων	78
4.4. Μέθοδοι συγκόλλησης	85
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΕΡΜΑΤΟΣ	87
5.1. Πρόοδος στη νομοθεσία και τη διαχείριση	87
5.2. Προκλήσεις	89
Βιβλιογραφία	93

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Χρονοδιάγραμμα συμμόρφωσης (πηγή : (ABS, 2020))	5
Εικόνα 2: Σύγκριση του υποχρεωτικού προγράμματος συμμόρφωσης BWM του IMO και του USCG πηγή:(engineering, 2019))	10
Εικόνα 3:Διαδικασία συγκόλλησης MMA (πηγή: (hughes, 2009))	16
Εικόνα 4: διαδικασία συγκόλλησης MMA(πηγή: (hughes, 2009))	16
Εικόνα 5: εξοπλισμός συγκόλλησης MMA (πηγή: (hughes, 2009))	17
Εικόνα 6: Διαδικασία συγκόλλησης MIG/MAG (πηγή: (Δρ.Σ.Χιονόπουλος, 2021))	20
Εικόνα 7: Εξοπλισμός συγκόλλησης MIG/MAG (πηγή: (Δρ.Σ.Χιονόπουλος, 2021))	21
Εικόνα 8: Διαδικασία συγκόλλησης με αυτοθροακισμένο σύρμα(πηγή: (hughes, 2009))	25
Εικόνα 9 : Διαδικασία συγκόλλησης με δευτερεύον αέριο (πηγή: (hughes, 2009))	25
Εικόνα 10: Εξοπλισμός συγκόλλησης FCAW (πηγή: (hughes, 2009))	26
Εικόνα 11: Διαδικασία συγκόλλησης TIG (πηγή: (Δρ.Σ.Χιονόπουλος, 2021))	28
Εικόνα 12: Εξοπλισμός συγκόλλησης TIG (πηγή : (Δρ.Σ.Χιονόπουλος, 2021))	29
Εικόνα 13 : porosity (πηγή: (hughes, 2009))	32
Εικόνα 14: solid inclusions (πηγή: (hughes, 2009))	33
Εικόνα 15: Ατελής τήξη (πηγή: (hughes, 2009))	34
Εικόνα 16 : Ατελής διείσδυση ρίζας (πηγή: (hughes, 2009))	35
Εικόνα 17: Κουλοότητα ρίζας (πηγή : (Δρ.Σ.Χιονόπουλος, 2021))	36
Εικόνα 18: Υπερβολική διείσδυση (πηγή: (Δρ.Σ.Χιονόπουλος, 2021))	37
Εικόνα 19 : Επικάλυψη (πηγή: (Δρ.Σ.Χιονόπουλος, 2021))	38
Εικόνα 20 : Υποπλήρωση (πηγή : (hughes, 2009))	40
Εικόνα 21: Υποκοπή (πηγή : (Δρ.Σ.Χιονόπουλος, 2021))	41
Εικόνα 22: Θερμοκρασία νερού έρματος πριν και μετά την επεξεργασία.(πηγή: (Marine Pollution Bulletin, 2023))	44
Εικόνα 23: Αλατότητα, διαλυμένο οξυγόνο και PH νερού έρματος πριν και μετά την επεξεργασία.(πηγή: (Marine Pollution Bulletin, 2023))	45
Εικόνα 24: Διακυμάνσεις στις συγκεντρώσεις ζωντανών οργανισμών 0-50 μm.(πηγή: (Marine Pollution Bulletin, 2023))	46
Εικόνα 25: Διακυμάνσεις στις συγκεντρώσεις ζωντανών οργανισμών ≥ 50 μm.(πηγή: (Marine Pollution Bulletin, 2023))	46
Εικόνα 26: Διακυμάνσεις στις συγκεντρώσεις ζωντανών οργανισμών 10-50 μm(πηγή: (Marine Pollution Bulletin, 2023))	47
Εικόνα 27: Διακυμάνσεις στις συγκεντρώσεις ζωντανών οργανισμών ≥ 50 μm(πηγή: (Marine Pollution Bulletin, 2023))	47
Εικόνα 28: Διακυμάνσεις στις συγκεντρώσεις ζωντανών οργανισμών ≥ 50 μm(πηγή: (Marine Pollution Bulletin, 2023))	48
Εικόνα 29: Διακυμάνσεις στις συγκεντρώσεις ζωντανών οργανισμών 0-50 μm(πηγή: (Marine Pollution Bulletin, 2023))	48
Εικόνα 30: Αποτελεσματικότητα θεραπείας διαφορετικών τύπων BWS(πηγή: (Marine Pollution Bulletin, 2023))	49
Εικόνα 31: Αποτελεσματικότητα θεραπείας σε διαφορετικές εποχές(πηγή: (Marine Pollution Bulletin, 2023))	50
Εικόνα 32: Πληροφορίες για τους τύπους επεξεργασίας BWS (πηγή: (William A. Gerhard a, 2019))	52
Εικόνα 33: Μηνιαίο ποσοστό αφίξεων και εκκένωσης νερού έρματος(πηγή: (William A. Gerhard a, 2019))	53
Εικόνα 34: Μηνιαίες αφίξεις εξοπλισμένων σκαφών και εκκένωσης νερού έρματος για Αυστραλία και ΗΠΑ(πηγή: (William A. Gerhard a, 2019))	54

Εικόνα 35: Αριθμός αφίξεων για κάθε τύπο σκάφους και οι αναλογίες τους(πηγή: (William A. Gerhard a, 2019))	55
Εικόνα 36: Ροή έρματος άμεσης ροής(πηγή: (Jaehhon Jee, 2017))	57
Εικόνα 37: Ροή έρματος πλευρικής ροής(πηγή: (Jaehhon Jee, 2017))	58
Εικόνα 38: Ροή έρματος με επεξεργασία UV(πηγή: (Jaehhon Jee, 2017))	58
Εικόνα 39: Ροή έρματος με επεξεργασία όζοντος (πηγή: (Jaehhon Jee, 2017))	59
Εικόνα 40: CAPEX των BWTS(πηγή: (Jaehhon Jee, 2017))	62
Εικόνα 41: Κόστος λειτουργίας των συστημάτων(πηγή: (Jaehhon Jee, 2017))	63
Εικόνα 42: Συνολική εκτίμηση κόστους(πηγή: (Jaehhon Jee, 2017))	64
Εικόνα 43 Τεχνολογίες συστημάτων νερού έρματος πηγή:((Lloyd's Register, 2019))	66
Εικόνα 44 Τυπική διάταξη δυο σταδίων επεξεργασίας νερού έρματος πηγή : ((Lloyd's Register, 2019))	68
Εικόνα 45: Τύποι φίλτρων πηγή: (Lloyd's Register, 2019)	69
Εικόνα 46: Τυπική διάταξη διαδικασίας απολύμανσης.	70
Εικόνα 47 Aquarius UV (Wartsila, 2023)	76
Εικόνα 48 Aquarius UVX (Wartsila, 2023)	77
Εικόνα 49 Ex system arrangement 3D isometric view	79
Εικόνα 50 Ex system arrangement - deckhouse - top view	80
Εικόνα 51 Upper deck - deckhouse/port side /isometric view	80
Εικόνα 52 Upper deck isometric view off the deckhouse	81
Εικόνα 53 Deckhouse equipment	81
Εικόνα 54 APT system arrangement -3D isometric view	82
Εικόνα 55 APT system arrangement - looking port	82
Εικόνα 56 The new platform	83
Εικόνα 57 Machinery arrangement / engine room	83
Εικόνα 58 Engine room / new platform and the APT system	84
Εικόνα 59 Engine room / UV chamber	84

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Αποδεκτά όρια συγκέντρωσης μικροοργανισμών (πηγή: (ABS, 2020))	7
Πίνακας 2: Κατάλογος κατευθυντήριων γραμμών για την ομοιόμορφη εφαρμογή της σύμβασης (πηγή: (IMO (c), 2023))	8
Πίνακας 3: Χημική σύσταση κοινού χάλυβα (πηγή : (ASTM internationals, 2019))	11
Πίνακας 4: Χημική σύσταση χάλυβα υψηλής αντοχής (πηγή: (ASTM internationals, 2019))	12
Πίνακας 5 :Μηχανικές ιδιότητες χαλύβων (πηγή: (ASTM internationals, 2019))	13
Πίνακας 6: Πληροφορίες για τα δείγματα του νερού έρματος πηγή: (Marine Pollution Bulletin, 2023)	43
Πίνακας 7: Πληροφορίες πλοίου(πηγή: (Jaehhon Jee, 2017))	60
Πίνακας 8: Πληροφορίες για τους διαφορετικούς τύπους BWTS(πηγή: (Jaehhon Jee, 2017))	60
Πίνακας 9: Ανάλυση κόστους(πηγή: (Jaehhon Jee, 2017))	62
Πίνακας 10 Εξαρτήματα του συστήματος AQ-750-UVX	78
Πίνακας 11 Εξαρτήματα του συστήματος AQ-300-UV	78

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το θαλάσσιο έρμα χρησιμοποιείται από τα πλοία εδώ και εκατοντάδες χρόνια καθώς είναι απαραίτητο για την ασφαλή λειτουργία τους. Συμβάλλει στην επίτευξη ικανοποιητικού βυθίσματος στις διάφορες αλλαγές βάρους λόγω κατανάλωσης καυσίμου και νερού κατά την διάρκεια του ταξιδιού αλλά και σε διάφορες καταστάσεις φόρτωσης. Επίσης παίζει καθοριστικό ρόλο στην βελτίωση της ευστάθειας και στον έλεγχο της διαγωγής του.

Παρόλο που το νερό έρματος είναι απαραίτητο για τις σύγχρονες ναυτιλιακές δραστηριότητες μπορεί να δημιουργήσει σοβαρά οικολογικά, οικονομικά και υγειονομικά προβλήματα λόγω της πληθώρας θαλάσσιων ειδών που μεταφέρονται μέσω αυτού. Αυτά περιλαμβάνουν βακτήρια, μικρόβια, κύστεις και προνύμφες διαφόρων ειδών που καταφέρνουν να περνούν μέσα από τις αντλίες του έρματος του πλοίου κατά την διάρκεια του ballasting και deballasting. Τα μεταφερόμενα είδη μπορούν να επιβιώσουν στο περιβάλλον του ξενιστή και στην συνέχεια να δημιουργήσουν έναν αναπαραγωγικό πληθυσμό. Το πρόβλημα των υδρόβιων βιοεισβολών οφείλεται στον μεγάλο όγκο του εμπορίου τις τελευταίες δεκαετίες και δεδομένου ότι συνεχίζουν να αυξάνονται το πρόβλημα μπορεί να μην έχει φτάσει ακόμα στο αποκορύφωμά του.

Το 1903 σύμφωνα με τον IMO εντοπίστηκαν για πρώτη φορά από επιστήμονες σημάδια εισαγωγής επιβλαβών υδρόβιων οργανισμών στην βόρεια θάλασσα αλλά μόλις τη δεκαετία του 1970 η επιστημονική κοινότητα άρχισε να εξετάζει το πρόβλημα λεπτομερώς. Στα τέλη της δεκαετίας του 1980 έφεραν τις ανησυχίες τους στην προσοχή της Επιτροπής Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC) του IMO ο Καναδάς και η Αυστραλία που αντιμετώπιζαν ιδιαίτερα προβλήματα με χωροκατακτητικά είδη. (IMO (a), 2023)

1.1. ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΗ

Ο IMO βρίσκεται στο μέτωπο της διεθνούς προσπάθειας αναλαμβάνοντας ηγετικό ρόλο στην αντιμετώπιση της μεταφοράς υδρόβιων βιοεισβολών (IAS) μέσω της ναυτιλίας. Το 1991 η MEPC υιοθέτησε τις Διεθνείς Κατευθυντήριες Γραμμές για την πρόληψη της εισαγωγής ανεπιθύμητων υδρόβιων οργανισμών από τις εκροές έρματος και ιζημάτων των πλοίων. Η διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (UNCED), που πραγματοποιήθηκε στο Ρίο ντε Τζανέιρο το 1992, αναγνώρισε το ζήτημα ως κύρια διεθνή ανησυχία.

Τον Νοέμβριο του 1993, η Συνέλευση του IMO ενέκρινε το ψήφισμα A.774(18) με βάση τις κατευθυντήριες γραμμές του 1991, ζητώντας από το MEPC και το MSC να διατηρήσουν τις κατευθυντήριες γραμμές υπό εξέταση με σκοπό την ανάπτυξη διεθνώς εφαρμοστέων, νομικά δεσμευτικών διατάξεων. Ενώ συνέχιζε τις εργασίες του για την ανάπτυξη μιας διεθνούς συνθήκης, ο Οργανισμός ενέκρινε, τον Νοέμβριο του 1997, το ψήφισμα A.868(20) (Κατευθυντήριες γραμμές για τον έλεγχο και τη διαχείριση του έρματος των πλοίων για την ελαχιστοποίηση της μεταφοράς επιβλαβών υδρόβιων οργανισμών) καλώντας τα κράτη μέλη του να χρησιμοποιήσουν αυτές τις νέες κατευθυντήριες γραμμές κατά την αντιμετώπιση του ζητήματος. Μετά από περισσότερα από 14 χρόνια πολύπλοκων διαπραγματεύσεων μεταξύ των κρατών μελών του IMO, η Διεθνής Σύμβαση για τον έλεγχο και τη διαχείριση του έρματος και των ιζημάτων των πλοίων (Σύμβαση BWM) εγκρίθηκε με συναίνεση σε διπλωματική διάσκεψη που πραγματοποιήθηκε στα κεντρικά γραφεία του IMO στο Λονδίνο στις 13 Φεβρουαρίου 2004. (IMO (a), 2023)

1.2. ΣΥΜΒΑΣΗ BWM

Σύμφωνα με τη Σύμβαση, όλα τα πλοία σε διεθνή κυκλοφορία υποχρεούνται να διαχειρίζονται το νερό έρματος και τα ιζημάτά τους σύμφωνα με ένα συγκεκριμένο πρότυπο, σύμφωνα με ένα ειδικό σχέδιο διαχείρισης υδάτων έρματος για το πλοίο. Όλα τα πλοία θα πρέπει επίσης να φέρουν “βιβλίο ρεκόρ υδάτων έρματος” (έγγραφο που παρέχει σημαντικές πληροφορίες που αποδεικνύουν την ικανότητα του πλοίου να διαχειρίζεται αποτελεσματικά το νερό έρματος) και διεθνές πιστοποιητικό διαχείρισης υδάτων έρματος. Τα υπάρχοντα πλοία θα κληθούν να κάνουν το ίδιο, αλλά μετά από μια περίοδο σταδιακής εισαγωγής. Ως ενδιάμεση λύση θα πρέπει να ανταλλάσσουν νερό έρματος στη μέση του ωκεανού. Ωστόσο, τελικά τα περισσότερα πλοία θα χρειαστεί να εγκαταστήσουν ένα επί του σκάφους σύστημα επεξεργασίας νερού έρματος. Επίσης Έχουν αναπτυχθεί ορισμένες κατευθυντήριες γραμμές για τη διευκόλυνση της εφαρμογής της Σύμβασης. Η Σύμβαση χωρίζεται σε άρθρα και Παραρτήματα που περιλαμβάνουν τεχνικά πρότυπα και απαιτήσεις στους Κανονισμούς για τον έλεγχο και τη διαχείριση του έρματος και των ιζημάτων των πλοίων. (IMO (b), 2023)

1.2.1. ΤΑ ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΣΥΜΒΑΣΗΣ

Άρθρο 2 (Γενικές Υποχρεώσεις). Τα κράτη, αναλαμβάνουν να εφαρμόσουν πλήρως τις διατάξεις της Σύμβασης και του Παραρτήματος προκειμένου να ελαχιστοποιήσουν και τελικά να εξαλείψουν τη μεταφορά επιβλαβών υδρόβιων οργανισμών, μέσω του ελέγχου και της διαχείρισης του έρματος των πλοίων. Τα κράτη έχουν το δικαίωμα να λάβουν αυστηρότερα μέτρα όσον αφορά την πρόληψη, τη μείωση ή την εξάλειψη της μεταφοράς επιβλαβών υδρόβιων οργανισμών μέσω του ελέγχου και της διαχείρισης του έρματος με το διεθνές δίκαιο. Τα κράτη, θα πρέπει να διασφαλίζουν ότι οι πρακτικές διαχείρισης υδάτων έρματος δεν προκαλούν μεγαλύτερη βλάβη στην ανθρώπινη υγεία, την περιουσία ή τους πόρους τους από αυτή που αποτρέπουν στο περιβάλλον.

Άρθρο 5 (Εγκαταστάσεις παραλαβής ιζημάτων). Τα συμβαλλόμενα κράτη, αναλαμβάνουν να διασφαλίσουν ότι τα λιμάνια και οι τερματικοί σταθμοί όπου πραγματοποιείται καθαρισμός ή επισκευή δεξαμενών έρματος, διαθέτουν κατάλληλες εγκαταστάσεις υποδοχής για την παραλαβή ιζημάτων.

Άρθρο 6 (Έρευνα και παρακολούθηση). Καλεί τα κράτη, να προωθήσουν μεμονωμένα ή από κοινού την επιστημονική και τεχνική έρευνα για τη διαχείριση των υδάτων έρματος και να παρακολουθούν τις επιπτώσεις της διαχείρισης των υδάτων έρματος σε ύδατα υπό τη δικαιοδοσία τους.

Άρθρο 7 (Πιστοποίηση και επιθεώρηση). Τα πλοία, μπορούν να επιθεωρηθούν από αξιωματικούς ελέγχου από το κράτος λιμένα ώστε να επαληθεύσουν ότι το πλοίο διαθέτει έγκυρο πιστοποιητικό, Βιβλίο Εγγραφών του Ballast Water και δείγμα του νερού έρματος. Εάν υπάρχουν ανησυχίες, τότε μπορεί να διενεργηθεί λεπτομερής επιθεώρηση και θα λάβουν μέτρα που διασφαλίζουν ότι το πλοίο δεν θα απορρίψει νερό έρματος έως ότου μπορέσει να το πράξει χωρίς να παρουσιάσει κίνδυνο βλάβης στο περιβάλλον, την ανθρώπινη υγεία και την περιουσία.

Άρθρο 13 (Τεχνική Βοήθεια). Τα κράτη, αναλαμβάνουν την υποχρέωση άμεσα ή μέσω του οργανισμού και άλλων διεθνών φορέων να παρέχουν υποστήριξη για τα κράτη που ζητούν τεχνική βοήθεια για την εκπαίδευση του προσωπικού και την διασφάλιση της σχετικής τεχνολογίας εξοπλισμού και εγκαταστάσεων. Επίσης, υποχρεούνται να αναλάβουν άλλες ενέργειες που αποσκοπούν στην αποτελεσματική εφαρμογή της παρούσας Σύμβασης και της καθοδήγησης που αναπτύχθηκε από τον οργανισμό σχετικά με αυτήν.

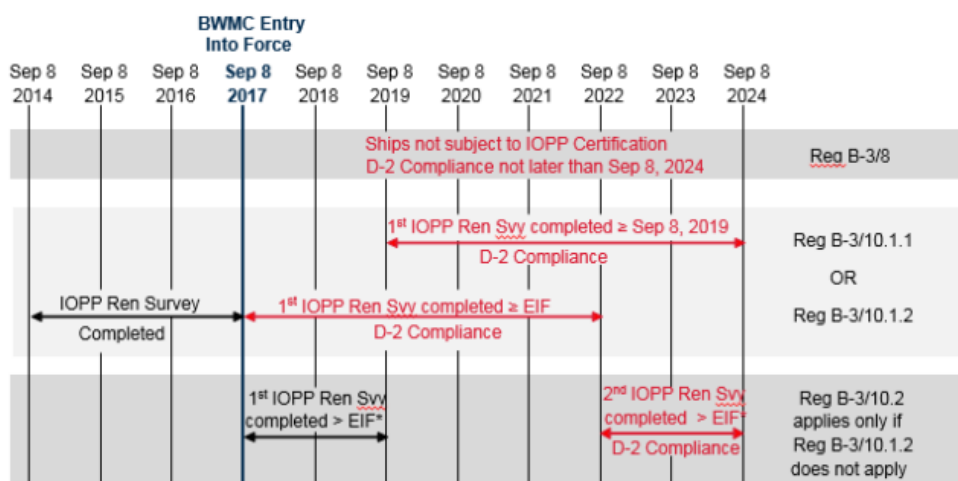
Παράρτημα - Τμήμα Α (Γενικές διατάξεις)

Περιλαμβάνει ορισμούς, εφαρμογές και εξαιρέσεις. Σύμφωνα με τον {Κανονισμό Α-2} η απόρριψη του έρματος θα πραγματοποιείται μόνο μέσω της διαχείρισης υδάτων έρματος, σύμφωνα με τις διατάξεις του παρόντος παραρτήματος.

Παράρτημα - Ενότητα Β (Απαιτήσεις Διαχείρισης και Ελέγχου για Πλοία)

- Κανονισμός Β-1
Τα πλοία πρέπει να έχουν επί του σκάφους και να εφαρμόζουν Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτων Έρματος εγκεκριμένο από την Αρχή. Το Σχέδιο Διαχείρισης Έρματος Νερού είναι συγκεκριμένο για κάθε πλοίο και περιλαμβάνει λεπτομερή περιγραφή των ενεργειών που πρέπει να γίνουν για την εφαρμογή των απαιτήσεων διαχείρισης υδάτων έρματος και των συμπληρωματικών πρακτικών διαχείρισης υδάτων έρματος.
- Κανονισμός Β-2
Τα πλοία πρέπει να διαθέτουν “Βιβλίο Ρεκόρ Νερού Έρματος” για να καταγράφεται πότε λαμβάνεται νερό έρματος επί του σκάφους. Θα πρέπει επίσης να καταγράφει πότε απορρίπτεται το Ballast Water σε μια εγκατάσταση υποδοχής ή άλλες έκτακτες εκκενώσεις έρματος.
- κανονισμός Β-3
Τα υπάρχοντα πλοία που ναυπηγήθηκαν πριν τις 8 Σεπτεμβρίου του 2017 την ημερομηνία που τέθηκε σε ισχύ η (σύμβαση ΒΜΜ) πρέπει να πληρούν το πρότυπο D1 ενώ τα πλοία που ναυπηγήθηκαν με τα τις 8 Σεπτεμβρίου πρέπει να πληρούν το πρότυπο D2. Μέχρι τις 8 Σεπτεμβρίου του 2024 όλα τα πλοία νέα και υπάρχοντα θα πρέπει να έχουν συμμορφωθεί με το πρότυπο D2. Για τα περισσότερα υπάρχοντα πλοία αυτό προϋποθέτει να εγκαταστήσουν ειδικό εξοπλισμό οπότε υπάρχει χρονοδιάγραμμα υλοποίησης για αυτά με βάση την τελευταία επιθεώρηση για το Διεθνές Πιστοποιητικό Πρόληψης Ρύπανσης από Πετρέλαιο (ΙΟΡΡC) η οποία πρέπει να πραγματοποιείται τουλάχιστον κάθε πέντε χρόνια.

Adopted Implementation Scheme (Regulation B-3) (1 June 2020)



Εικόνα 1 Χρονοδιάγραμμα συμμόρφωσης (πηγή : (ABS, 2020))

Άλλες μέθοδοι διαχείρισης υδάτων έρματος μπορούν επίσης να γίνουν δεκτές ως εναλλακτικές του προτύπου ανταλλαγής νερού έρματος και του προτύπου απόδοσης ύδατος έρματος, υπό την προϋπόθεση ότι αυτές οι μέθοδοι διασφαλίζουν τουλάχιστον το ίδιο επίπεδο προστασίας για το περιβάλλον, την ανθρώπινη υγεία, την ιδιοκτησία ή τους πόρους και είναι εγκεκριμένες κατ' αρχήν από την Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC) του IMO.

ο Κανονισμός B-4

Σύμφωνα με τον Κανονισμό B-4 όλα τα πλοία που χρησιμοποιούν ανταλλαγή νερού έρματος θα πρέπει να διεξάγεται ανταλλαγή νερού έρματος τουλάχιστον 200 ναυτικά μίλια από την πλησιέστερη ξηρά και σε νερό τουλάχιστον 200 μέτρα σε βάθος, λαμβάνοντας υπόψη τις κατευθυντήριες γραμμές που αναπτύχθηκαν από τον IMO. Σε περιπτώσεις όπου το πλοίο δεν μπορεί να πραγματοποιήσει ανταλλαγή νερού έρματος όπως παραπάνω, αυτό θα πρέπει να βρίσκεται όσο το δυνατόν πιο μακριά από την πλησιέστερη ξηρά και σε όλες τις περιπτώσεις τουλάχιστον 50 ναυτικά μίλια από την πλησιέστερη ξηρά και σε νερό τουλάχιστον 200 μέτρων σε βάθος.

Παράρτημα - Τμήμα Γ (Πρόσθετα μέτρα)

Ένα κράτος, μεμονωμένα ή από κοινού με άλλα κράτη, μπορεί να επιβάλει στα πλοία πρόσθετα μέτρα για την πρόληψη τη μείωση ή την εξάλειψη της μεταφοράς επιβλαβών υδρόβιων οργανισμών μέσω του έρματος και των ιζημάτων των πλοίων. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το κράτος ή τα κράτη θα πρέπει να διαβουλεύονται με γειτονικά κράτη που ενδέχεται να επηρεαστούν από αυτά τα πρότυπα. Επίσης θα πρέπει να κοινοποιούν την πρόθεσή τους να θεσπίσουν πρόσθετα μέτρα στον Οργανισμό τουλάχιστον για 6 μήνες πριν από την προβλεπόμενη ημερομηνία εφαρμογής τους. Τα κράτη θα πρέπει να λάβουν την έγκριση του IMO.

Παράρτημα - Ενότητα Δ (Πρότυπα για τη διαχείριση του νερού έρματος)

Υπάρχει ένα πρότυπο ανταλλαγής νερού έρματος και ένα πρότυπο απόδοσης νερού έρματος.

ο Κανονισμός D-1 (Πρότυπο Ανταλλαγής Νερού Έρματος)

Τα πλοία που εκτελούν ανταλλαγή νερού έρματος θα το κάνουν με απόδοση 95 % ογκομετρικής ανταλλαγής νερού έρματος. Για πλοία που ανταλλάσσουν νερό έρματος με τη μέθοδο άντλησης, η άντληση τριπλάσιου όγκου κάθε δεξαμενής νερού έρματος θεωρείται ότι πληροί το πρότυπο που περιγράφεται. Η άντληση σε λιγότερο από το τριπλάσιο όγκο μπορεί να γίνει αποδεκτή, υπό τον όρο ότι το πλοίο μπορεί να αποδείξει ότι πληρούνται τουλάχιστον το 95 % της ογκομετρικής ανταλλαγής.

ο Κανονισμός D-2 (Πρότυπο απόδοσης νερού έρματος)

Τα πλοία που εκτελούν διαχείριση νερού έρματος πρέπει να απορρίπτουν λιγότερους από 10 βιώσιμους οργανισμούς ανά κυβικό μέτρο μεγαλύτερους ή ίσους με 50 μικρόμετρα στην ελάχιστη διάσταση και λιγότερους από 10 βιώσιμους οργανισμούς ανά χιλιοστόλυτρο λιγότερο από 50 μικρόμετρα σε ελάχιστη διάσταση και μεγαλύτερη από ή ίση με 10 μικρόμετρα σε ελάχιστη διάσταση και η εκκένωση των μικροβίων δεικτών δεν πρέπει να υπερβαίνει τις καθορισμένες συγκεντρώσεις που περιγράφονται στην παράγραφο 2.

Τα δείγματα για μικροβιολογικούς δείκτες, ως πρότυπο για την υγεία του ανθρώπου, συλλέγονται και αναλύονται κατά την διάρκεια του αφερματισμού αφού έχουν δεχτεί επεξεργασία από ένα ειδικό σύστημα επεξεργασίας νερού έρματος και θα πρέπει να περιλαμβάνουν:

- i) Toxicogenic Vibrio Cholera (O1 και O135) με λιγότερο από μία μονάδα σχηματισμού αποικίας (c.f.u.) ανά 100 χιλιοστά του λίτρου ή λιγότερο από 1 c.f.u. ανά 1 γραμμάριο (υγρού νερού) δείγματος ζωοπλαγκτόν.
- ii) Escherichia coli: λιγότερο από 250 c.f.u. ανά 100 χιλιοστά του λίτρου.
- iii) Εντερόκοκκοι: λιγότερο από 100 c.f.u. ανά 100 χιλιοστά του λίτρου.

Το πρότυπο D2 είναι το «μέτρο» που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της αποτελεσματικότητας του συστήματος επεξεργασίας και ισχύει και για το σύστημα όπως αυτό έχει εγκατασταθεί επάνω στο πλοίο και χρησιμοποιείται πλέον σε πραγματικές συνθήκες. Όλα τα συστήματα επεξεργασίας θα πρέπει να έχουν λάβει έγκριση τύπου "Type Approval" (πιστοποίηση ότι πληρούν συγκεκριμένες τεχνικές προδιαγραφές και πρότυπα που έχουν θεσπιστεί από τον IMO) από μια Αρχή ύστερα από δοκιμές που γίνονται ακολουθώντας συγκεκριμένες διαδικασίες που επιβεβαιώνουν πως πληρούνται οι απαιτήσεις των ορίων του προτύπου D2 σε συνθήκες πλήρους λειτουργίας. Σε οποιοδήποτε λιμένα, ένας επιθεωρητής εξουσιοδοτημένος από κράτος μέλος της Σύμβαση μπορεί να επιβιβαστεί σε ένα σκάφος στο οποίο εφαρμόζεται η Σύμβαση και να ελέγξει εάν η λειτουργία του συστήματος επεξεργασίας συμμορφώνεται με τα όρια που αναφέρονται στο πρότυπο D2 με τη λήψη δειγμάτων.

Πίνακας 1: Αποδεκτά όρια συγκέντρωσης μικροοργανισμών (πηγή: (ABS, 2020))

Constituent	Discharge Limitation
Organisms $\geq 50 \mu\text{m}$	< 10 viable organisms per m^3 of ballast water
$50 \mu\text{m} >$ Organisms $\geq 10 \mu\text{m}$	< 10 viable organisms per ml of ballast water
Indicator Microbes	
Toxicogenic <i>Vibrio cholera</i> (serotypes O1 and O139)	< 1 colony-forming unit (cfu) per 100 ml
<i>Escherichia coli</i>	< 250 cfu per 100 ml
Intestinal Enterococci	< 100 cfu per 100 ml

- Κανονισμός D-3 (Απαιτήσεις έγκρισης για συστήματα διαχείρισης υδάτων έρματος). Ο κανονισμός D-3 της σύμβασης BWM απαιτεί ότι τα συστήματα διαχείρισης υδάτων έρματος που χρησιμοποιούνται για συμμόρφωση με τη Σύμβαση πρέπει να εγκρίνονται από την Αρχή λαμβάνοντας υπόψη τις Κατευθυντήριες γραμμές για την έγκριση συστημάτων διαχείρισης υδάτων έρματος (G8)
- κανονισμός D-4
καλύπτει τις Τεχνολογίες Επεξεργασίας Νερού Πρωτότυπου Ballast. Επιτρέπει στα πλοία που συμμετέχουν σε ένα πρόγραμμα εγκεκριμένο από την Αρχή να δοκιμάσουν και να αξιολογήσουν υποσχόμενες τεχνολογίες επεξεργασίας υδάτων έρματος ώστε να έχουν περιθώριο πέντε ετών προτού υποχρεωθούν να συμμορφωθούν με τις απαιτήσεις.
- κανονισμός D-5 (Αναθεώρηση προτύπων από τον Οργανισμό)
Ο IMO υποχρεούται να επανεξετάσει το Πρότυπο απόδοσης νερού έρματος, λαμβάνοντας υπόψη μια σειρά κριτηρίων, λαμβάνοντας υπόψη πτυχές που αφορούν την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητά των συστημάτων νερού έρματος. Αυτό γίνεται προκειμένου να διασφαλιστεί ότι τα συστήματα επεξεργασίας υδάτων έρματος πληρούν τα υψηλότερα πρότυπα ασφάλειας και αποτελεσματικότητας.

Παράρτημα- Τμήμα Ε (Απαιτήσεις έρευνας και πιστοποίησης για τη διαχείριση υδάτων έρματος).

Δίνει απαιτήσεις για αρχική ανανέωση, ετήσιες, ενδιάμεσες και ανανεωτικές έρευνες και απαιτήσεις πιστοποίησης. Τα προσαρτήματα δίνουν τη μορφή Πιστοποιητικού Διαχείρισης Έρματος Νερού και Έντυπο Βιβλίου Καταγραφής Νερού Έρματος.

1.3. ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ

Το ΜΕΡС, στην πεντηκοστή πρώτη σύνοδό του τον Απρίλιο του 2004, ενέκρινε ένα πρόγραμμα για την ανάπτυξη κατευθυντήριων γραμμών και διαδικασιών για ομοιόμορφη εφαρμογή της Σύμβασης BWM, που απαριθμείται στο ψήφισμα 1 της Διάσκεψης, συμπεριλαμβανομένης της πρόσθετης καθοδήγησης που απαιτείται αλλά δεν αναφέρεται στο ψήφισμα. Το πρόγραμμα επεκτάθηκε περαιτέρω στην πεντηκοστή τρίτη σύνοδο του

MEPC τον Ιούλιο του 2005 για να αναπτύξει και να εγκρίνει 14 σετ Κατευθυντήριων γραμμών, η τελευταία που εγκρίθηκε με το ψήφισμα MEPC.173(58) τον Οκτώβριο του 2008.

Πίνακας 2: Κατάλογος κατευθυντήριων γραμμών για την ομοιόμορφη εφαρμογή της σύμβασης (πηγή: (IMO (c), 2023))

Title	Status
Guidelines for sediment reception facilities (G1)	
Guidelines for ballast water sampling (G2)	
Guidelines for ballast water management equivalent compliance (G3)	
Guidelines for ballast water management and development of ballast water management plans (G4)	Amended by MEPC.306(73)
Guidelines for ballast water reception facilities (G5)	
2017 Guidelines for ballast water exchange (G6)	Revokes MEPC.124(53)
2017 Guidelines for risk assessment under regulation A-4 of the BWM Convention (G7)	Supersedes MEPC.162(56)
Guidelines for approval of ballast water management systems (G8)	Revokes MEPC.125(53) Superseded by MEPC.279(70)
2016 Guidelines for approval of ballast water management systems (G8)	Supersedes MEPC.174(58) Revoked by the BWMS Code
Procedure for approval of ballast water management systems that make use of active substances (G9)	Revokes MEPC.126(53)
Guidelines for approval and oversight of prototype ballast water treatment technology programmes (G10)	
Guidelines for ballast water exchange design and construction standards (G11)	
2012 Guidelines on design and construction to facilitate sediment control on ships (G12)	Revokes MEPC.150(55)
Guidelines for additional measures regarding ballast water management including emergency situations (G13)	
Guidelines on designation of areas for ballast water exchange (G14)	

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τους πλοιοκτήτες και τους κατασκευαστές έχουν οι απαιτήσεις για τη δειγματοληψία του θαλάσσιου έρματος που περιέχονται στην κατευθυντήρια οδηγία G2 καθώς έχουν επιπτώσεις στο σχεδιασμό και τη λειτουργία του συστήματος έρματος. Ο στόχος της κατευθυντήριας οδηγίας G2 είναι να παρέχει σε όλα τα εμπλεκόμενα μέρη πρακτικές και τεχνικές οδηγίες για τη δειγματοληψία και την ανάλυση του νερού έρματος, ώστε να προσδιοριστεί εάν το πλοίο βρίσκεται σε συμμόρφωση με τη Σύμβαση για τη διαχείριση του υδάτινου έρματος. Αξίζει να σημειωθεί ότι η κατευθυντήρια οδηγία G2 συζητά γενικές διαδικασίες δειγματοληψίας και δεν εξετάζει τις νομοθετικές διαδικασίες και τις νομικές απαιτήσεις που αφορούν σε βιολογικές δοκιμές καθώς αυτές διαφέρουν σημαντικά από χώρα σε χώρα. (IMO (c), 2023)

1.4. Βασικές διαφορές μεταξύ των κανονισμών IMO και USCG για τα συστήματα διαχείρισης νερού έρματος.

Εκτός από τις οδηγίες του I.M.O. για τη διαχείριση του θαλάσσιου έρματος, όπως είδαμε και παραπάνω αρκετές είναι και οι χώρες οι οποίες έχουν θεσπίσει και εθνικούς κανονισμούς για τη διαχείριση του θαλασσίου έρματος από τα πλοία που προσεγγίζουν τα λιμάνια τους όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Παρακάτω θα δούμε τις βασικές τους διαφορές.

Πεδίο εφαρμογής και δικαιοδοσία :

- IMO : Εφαρμόζει κανονισμούς BWM σε διεθνές επίπεδο, οι οποίοι τελικά εγκρίνονται από τα κράτη μέλη που έχουν υπογράψει το BWMC.
- ΗΠΑ : Ανέπτυξε την εθνική νομοθεσία BWM, που ισχύει για πλοία που εκτελούν δρομολόγια σε χωρικά ύδατα των ΗΠΑ, η οποία συνδυάζει τους κανονισμούς USCG και VGP της EPA. Μεμονωμένες πολιτείες των ΗΠΑ, όπως η Καλιφόρνια και η Νέα Υόρκη, μπορούν να εφαρμόσουν τις δικές τους αυστηρότερες διατάξεις για το BWM.

Δοκιμή και επαλήθευση BWMS :

- IMO: Διαθέτει οδηγίες G8/BWMS Code και G9 για έγκριση τύπου BWMS, που περιλαμβάνει ευελιξία στην επιλογή εργαστηρίων για δοκιμές. Οι αναθεωρημένες οδηγίες διασφαλίζουν ότι οι εγκαταστάσεις δοκιμών είναι ανεξάρτητες από τον κατασκευαστή.
- ΗΠΑ: Χρησιμοποιεί μια υποχρεωτική και λεπτομερή διαδικασία έγκρισης τύπου χωρίς καμία αξιολόγηση/έγκριση των δραστικών ουσιών που χρησιμοποιούνται στο BWMS. Οι δοκιμές στο πλοίο πρέπει να εκτελούνται από το πλήρωμα του πλοίου και όχι από το προσωπικό του κατασκευαστή.

Μεθοδολογία για την αποτελεσματικότητα του BWMS :

- IMO: Απαιτεί μέτρηση «βιώσιμων» οργανισμών και χρησιμοποιεί τη μέθοδο MPN (Most Probable Number), η οποία αξιολογεί την ικανότητα αναπαραγωγής των οργανισμών.
- USCG: Απαιτεί μέτρηση «ζωντανών» οργανισμών. Χρησιμοποιεί μεθόδους χρώσης (CMFDA και FDA) για τον προσδιορισμό των συνθηκών διαβίωσης. Δεν δέχεται τη μέθοδο MPN για έγκριση τύπου.

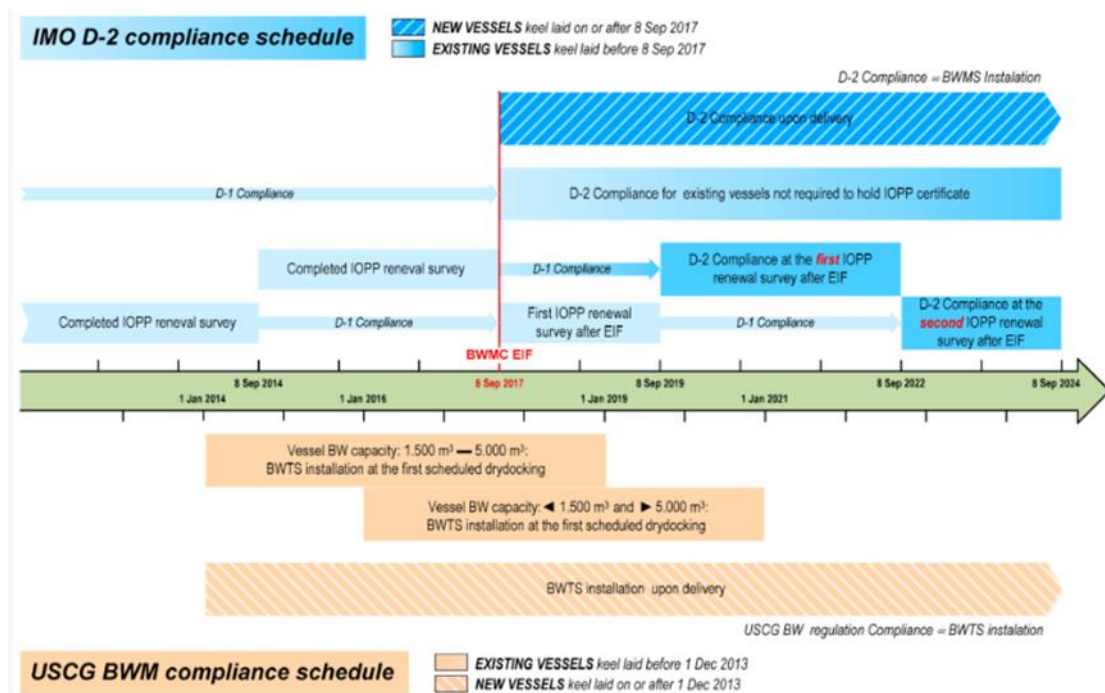
Πρότυπα απαλλαγής:

- USCG: Αρχικά πρότεινε ένα πρότυπο που ήταν 100 φορές πιο αυστηρό από το πρότυπο IMO D-2, αλλά ανέβαλε την εφαρμογή του μετά από μια αναθεώρηση πρακτικότητας το 2016, διαπιστώθηκε ότι η επίτευξη ενός τόσο αυστηρού προτύπου, καθώς και η αξιολόγηση των διαθέσιμων τεχνολογιών για την ικανοποίησή του, δεν ήταν τεχνικά εφικτή εκείνη τη στιγμή. Ως εκ τούτου, η εφαρμογή του αυστηρού προτύπου αναβλήθηκε.

Χρονοδιάγραμμα υλοποίησης:

- IMO: Η συμμόρφωση για τα υπάρχοντα πλοία βασίζεται στην έρευνα ανανέωσης πιστοποιητικού ΙΟΡΡ. Επιτρέπουν επίσης μια μεταβατική τυπική μέθοδο ανταλλαγής BW. Η υλοποίηση για τα υπάρχοντα πλοία καθυστέρησε κατά δύο χρόνια λόγω των σχολίων της βιομηχανίας.

- USCG: Βασίστηκε το χρονοδιάγραμμα συμμόρφωσής του στη χωρητικότητα της δεξαμενής BW του πλοίου και στο χρονοδιάγραμμα αποβάθμισης. Τα νέα πλοία πρέπει να διαθέτουν σύστημα εγκεκριμένο από την USCG κατά την παράδοση.



Εικόνα 2: Σύγκριση του υποχρεωτικού προγράμματος συμμόρφωσης BWM του IMO και του USCG πηγή:(engineering, 2019))

Εναλλακτική Συμμόρφωση στις ΗΠΑ:

- Τα πλοία μπορούν να ζητήσουν επεκτάσεις για εγκατάσταση BWMS ή μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα Συστήματα Εναλλακτικής Διαχείρισης (AMS) ως μέθοδο προσωρινής συμμόρφωσης.

Συνοπτικά, ενώ τόσο ο IMO όσο και το USCG είναι ευθυγραμμισμένοι στους στόχους τους για τη διαχείριση και τον έλεγχο των απορρίψεων υδάτων έρματος για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος, οι μεθοδολογίες, τα πρότυπα, τα πρωτόκολλα δοκιμών και τα χρονοδιαγράμματα υλοποίησης διαφέρουν σημαντικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΧΑΛΥΒΩΝ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ, ΚΑΙ ΚΟΙΝΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ

2.1. ΤΥΠΟΙ ΝΑΥΠΗΓΙΚΩΝ ΧΑΛΥΒΩΝ

2.1.1. Ναυπηγικοί χάλυβες

Ο χάλυβας όπως είναι γνωστό είναι κράμα σιδήρου-άνθρακα Fe-C το οποίο περιέχει λιγότερο από 1% κατά βάρος μαγγάνιο λιγότερο από 2,14% άνθρακα και περιέχει και πολύ μικρά ποσοστά από θείο, φώσφορο, πυρίτιο και οξυγόνο. Υπάρχουν παραπάνω από 3.500 είδη χαλύβων από τα οποία τα τρία τέταρτα από αυτά έχουν μόλις δημιουργηθεί τα τελευταία 20 χρόνια. Στην ναυπηγική βιομηχανία οι χάλυβες που χρησιμοποιούνται μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες με βάση το πρότυπο A131M της ASTM.

ΚΟΙΝΟΥΣ ΧΑΛΥΒΕΣ: Με τις κωδικές ονομασίες A, B, D και E όπου έχουν ελάχιστο όριο διαρροής 235 MPa.

ΧΑΛΥΒΕΣ ΥΨΗΛΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ: με τις κωδικές ονομασίες AH, DH, EH και FH όπου έχουν ελάχιστο όριο διαρροής 315 MPa με 390 MPa.

Οι ποιότητες των ναυπηγικών χαλύβων κοινών η υψηλής αντοχής καθορίζονται από τους νηογνώμονες μέσω πινάκων. Τα τελευταία χρόνια προτιμώνται οι χάλυβες υψηλής αντοχής λόγω των αρκετά βελτιωμένων μηχανικών ιδιοτήτων που έχουν με αποτέλεσμα να χρειάζονται μικρότερα πάχη στα διάφορα δομικά στοιχεία του πλοίου το οποίο αυτό συνεπάγεται σε μειωμένο βάρος κατασκευής.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα στοιχεία κραμάτωσης κοινού χάλυβα για τις 4 κωδικές ονομασίες με βάση το πρότυπο A131M της ASTM.

Πίνακας 3: Χημική σύσταση κοινού χάλυβα (πηγή : (ASTM internationals, 2019))

Element	Chemical Composition (heat analysis), % max unless otherwise specified ^A			
	Grade A	Grade B	Grade D	Grade E
	Deoxidation and Thickness (t), in. [mm]			
	Killed or Semi-Killed t ≤ 2.0 in. [50 mm] Killed t > 2.0 in. [50 mm]	Killed or Semi-Killed t ≤ 2.0 in. [50 mm] Killed t > 2.0 in. [50 mm]	Killed, Fine Grain Practice ^B	Killed, Fine Grain Practice ^B
C	0.21 ^C	0.21	0.21	0.18
Mn, min	2.5 × C	0.60	0.60	0.70
Si	0.50	0.35	0.10–0.35 ^D	0.10–0.35 ^D
P	0.035	0.035	0.035	0.035
S	0.035	0.035	0.035	0.035
Ni	E	E	E	E
Cr	E	E	E	E
Mo	E	E	E	E
Cu	E	E	E	E
C + Mn/6	0.40	0.40	0.40	0.40

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα στοιχεία κραμάτωσης χάλυβα υψηλής αντοχής για τις 4 κωδικές ονομασίες με βάση το πρότυπο A131M της ASTM.

Πίνακας 4: Χημική σύσταση χάλυβα υψηλής αντοχής (πηγή: (ASTM international, 2019))

Element	Chemical Composition ^A (heat analysis), % max unless otherwise specified	
	Grades AH/DH/EH32, AH/DH/EH36, and AH/DH/EH40	Grades FH32/36/40
	Deoxidation	
	Killed, Fine Grain Practice ^B	Killed, Fine Grain Practice ^B
C	0.18	0.16
Mn	0.90–1.60 ^C	0.90–1.60
Si	0.10–0.50 ^D	0.10–0.50 ^D
P	0.035	0.025
S	0.035	0.025
Al (acid soluble), min ^{E,G}	0.015	0.015
Cb (Nb) ^{F, G}	0.02–0.05	0.02–0.05
V ^G	0.05–0.10	0.05–0.10
Ti	0.02	0.02
Cu	0.35	0.35
Cr	0.20	0.20
Ni	0.40	0.80
Mo	0.08	0.08
Ca ^I	0.005	0.005
N	...	0.009 ^H

Σε σχέση με τον κοινό χάλυβα οι χάλυβες υψηλής αντοχής όπως φαίνεται και στον παραπάνω πίνακα οφείλουν τις καλύτερες μηχανικές ιδιότητές τους στην ύπαρξη περισσότερων στοιχείων κραμάτωσης αλλά και στις κατάλληλες θερμομηχανικές κατεργασίες που υφίστανται. Ανάμεσα στα στοιχεία προσθήκης όπως μπορεί να παρατηρήσει κάποιος κάποια από αυτά είναι :

- **Χαλκός (Cu)**
Βελτιώνει την αντοχή του χάλυβα στην διάβρωση και στον εφελκυσμό.
- **Νιόβιο (Nb)**
Βοηθά στην ενίσχυση του χάλυβα κατά τη διάρκεια της κυκλικής θέρμανσης και ενδέχεται να βελτιώνει την αντοχή στην κόπωση.
- **Βανάδιο (V):**
Βοηθά στη βελτίωση της αντοχής στην κόπωση του χάλυβα, το οποίο είναι ζωτικής σημασίας για τις εφαρμογές των πλοίων.
- **Τιτάνιο (Ti)**
Βελτιώνει τη σκληρότητα και την αντοχή του χάλυβα, καθιστώντας τον πιο ανθεκτικό σε διάφορες μορφές φθοράς. Βελτιώνει την αντοχή στην διάβρωση του χάλυβα.
- **Χρώμιο (Cr)**
Βελτιώνει την σκληρότητα και την αντοχή του χάλυβα. Και προσφέρει αυξημένη αντοχή στην διάβρωση.
- **Νικέλιο (Ni)**
Το νικέλιο βοηθά στη βελτίωση της αντοχής του χάλυβα σε χαμηλές θερμοκρασίες, διατηρώντας την ελαστικότητα και την αντοχή του.
- **Μολυβδένιο (Mo)**
Βοηθά στην αύξηση της αντοχής του χάλυβα στην κόπωση και τη θερμική κόπωση.

Στον πίνακα 5 μπορούμε να δούμε το όριο διαρροής και την αντοχή σε εφελκυσμό που έχουν οι διαφορετικοί τύποι των κοινών χαλύβων και των χαλύβων υψηλής αντοχής.

Πίνακας 5 :Μηχανικές ιδιότητες χαλύβων (πηγή: (ASTM internationals, 2019))

Ποιότητα χάλυβα	Αντοχή σε εφελκυσμό (Μρα)	Όριο διαρροής (Μρα)
Κοινοί χάλυβες		
A,B,D,E	400 με 520	235
Υψηλής αντοχής χάλυβες		
AH32,DH32,EH32,FH32	440 με 590	315
AH36,DH36,EH36,FH36	490 με 620	355
AH40,DH40,EH40,FH40	510 με 650	390

2.1.2. Ανοξειδωτοι χάλυβες

Οι ανοξειδωτοι χάλυβες οφείλουν την ανθεκτικότητά τους σε διάβρωση στο ότι περιέχουν χρώμιο. Το χρώμιο ως μέταλλο αντιδρά με το οξυγόνο πολύ γρήγορα και σχηματίζει ένα στρώμα οξειδίου, με πολύ καλές αντιδιαβρωτικές ιδιότητες. Όταν το ποσοστό του χρωμίου ξεπερνά το 12%, η αντίσταση σε διάβρωση είναι σημαντική και η σκουριά παύει να είναι πρόβλημα. Υπάρχουν βέβαια πολλοί τύποι ανοξειδωτων χαλύβων, οι οποίοι διακρίνονται κυρίως με βάση την περιεκτικότητα σε χρώμιο και νικέλιο. Όμως τα βασικά είδη είναι τρία:

- οι ωστενιτικοί,
- οι φερριτικοί
- και οι μαρτενσιτικοί χάλυβες.

Για τους σκοπούς της ναυπηγικής ευρεία χρήση έχουν οι ωστενιτικοί χάλυβες. Ο πλέον χρησιμοποιούμενος ωστενιτικός χάλυβας περιέχει 8% νικέλιο(Ni) 18% χρώμιο(Cr) και είναι γνωστός ως 18/8 η τύπος 304. Παρουσιάζει όμως δύο σημαντικά προβλήματα.

- Ευαισθητοποίηση. Πρόκειται ουσιαστικά για μείωση της αντίστασης κατά της διάβρωσης στην περιοχή της συγκόλλησης. Η μείωση αυτή οφείλεται στο ότι λωρίδες μετάλλου κοντά στη συγκόλληση γίνονται φτωχότερες σε περιεκτικότητα χρωμίου καθιστώντας το μέταλλο ευάλωτο στη διάβρωση. Το

πρόβλημα αυτό δεν μπορεί να παρατηρηθεί με γυμνό μάτι, αλλά και ένα τεστ αντοχής είναι δυνατό να μην το εντοπίσει. Μόνο μέσα σε έντονο διαβρωτικό περιβάλλον το πρόβλημα εμφανίζεται, δυστυχώς πολύ αργά.

- Διάβρωση με βελονισμούς. Το ισχυρό οξείδιο που δημιουργεί το χρώμιο διατηρείται από το οξυγόνο. Το οξυγόνο προέρχεται από τον αέρα ή από το νερό, αν ο χάλυβας είναι εμβαπτισμένος. Το πρόβλημα προκύπτει όταν το οξυγόνο δεν είναι αρκετό για να διατηρηθεί το οξείδιο προστασίας, και αυτό συμβαίνει συνήθως μέσα στο νερό. Τότε, μικρές επιφάνειες χάνουν το προστατευτικό στρώμα του οξειδίου και το γυμνό μέταλλο παραμένει εκτεθειμένο. Το αποτέλεσμα είναι οι μικρές αυτές επιφάνειες απροστάτευτου μετάλλου, λόγω γαλβανικής διάβρωσης, να φθείρονται πολύ γρήγορα και να δημιουργούνται βελονισμοί. Οι βελονισμοί μπορούν να διατρυπήσουν ένα λεπτό έλασμα σε διάστημα λίγων μηνών σε θαλάσσιο περιβάλλον.

Τα δύο αυτά προβλήματα καθιστούν τους ανοξειδωτους χάλυβες ακατάλληλους για χρήση κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Έτσι, χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές κυρίως στο κατάστρωμα. Επίσης, αν πρόκειται να γίνει συγκόλληση, καλό είναι να χρησιμοποιούνται τύποι με χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα ή να λαμβάνονται προληπτικά μέτρα για τη θερμότητα λόγω συγκόλλησης, διαφορετικά από τη φθορά λόγω συγκόλλησης θα προκύψει κατάρρευση ακόμα και για μικρές φορτίσεις.

2.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

2.2.1. Γενικά

Η συγκόλληση που αφορά στη σύνδεση μεταλλικών τμημάτων αποτελεί πεδίο μελέτης εδώ και αρκετές δεκαετίες, με σκοπό τη γνώση της συμπεριφοράς των συγκολλημένων τμημάτων στη διάρκεια της ζωής τους και την επάρκεια της αντοχής τους. Πέραν αυτών, η μελέτη έχει οδηγήσει σε καινοτόμες ιδέες και τρόπους συγκόλλησης, αλλά και σε προτάσεις για ασφαλέστερη και αποδοτικότερη συγκόλληση ανάλογα με τις ανάγκες μίας εφαρμογής.

Οι γενικές μέθοδοι σύνδεσης μετάλλων αναφέρονται παρακάτω.

- Συγκόλληση με τήξη (fusion welding), όπου θερμαίνονται τα μέταλλα μέχρι να λιώσουν και να ενωθούν. Αυτό μπορεί να γίνει με ή χωρίς προσθήκη υλικού για να γεμίσει το κενό μεταξύ τους και δεν απαιτείται εφαρμογή εξωτερικής πίεσης. Η συγκόλληση με τήξη είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη στη ναυπηγική και θα αναλυθεί περαιτέρω παρακάτω.
- Συγκόλληση με ηλεκτρική αντίσταση (Electric – resistance welding), όπου πρώτα προσδίδεται θερμότητα με τη βοήθεια ηλεκτρικού ρεύματος που περνάει από τα υπό ένωση μέταλλα (φαινόμενο Joule) και στη συνέχεια εφαρμόζεται εξωτερική πίεση.
- Συγκόλληση σε στερεά φάση (Solid – phase welding), όπου εφαρμόζεται εξωτερική πίεση χωρίς προηγούμενη τήξη των υπό συγκόλληση μετάλλων, εκτός από ένα πολύ λεπτό στρώμα κοντά στις επιφάνειες συγκόλλησης.
- Ετερογενής συγκόλληση ή ένωση σε υγρή – στερεή φάση (liquid – Solid phase joining), όπου τα υπό ένωση μέταλλα θερμαίνονται μέχρι να αποκτήσουν θερμοκρασία μικρότερη του σημείου τήξης τους και συγχρόνως προστίθεται διαφορετικό μέταλλο (χαμηλότερου σημείου τήξης) σε υγρή κατάσταση, έτσι ώστε μετά την απόψυξη να δημιουργηθεί η ένωση σε στερεή κατάσταση

- Ένωση με κόλλα (adhesive bonding), όπου οι ενώσεις δημιουργούνται σαν αποτέλεσμα της μοριακής έλξης μεταξύ των προς ένωση επιφανειών και της κόλλας.

2.2.2. Συγκόλληση με τήξη (fusion welding).

Η συγκόλληση με τήξη βασίζεται σε μια πηγή θερμότητας για την αύξηση της θερμοκρασίας των μετάλλων που συνδέονται. Οι κοινές πηγές θερμότητας περιλαμβάνουν ηλεκτρικά τόξα, φλόγες αερίου, λέιζερ και δέσμες ηλεκτρονίων. Η επιλογή της πηγής θερμότητας εξαρτάται από παράγοντες όπως ο τύπος των υλικών, η απαιτούμενη ακρίβεια και ο διαθέσιμος εξοπλισμός. Καθώς εφαρμόζεται η πηγή θερμότητας, οι μεταλλικές επιφάνειες θερμαίνονται μέχρι να φτάσουν στο σημείο τήξης τους. Τα άτομα στο μεταλλικό πλέγμα αυξάνουν την ενέργειά τους και μεταβαίνουν από στερεά σε υγρή κατάσταση. Σε ορισμένες περιπτώσεις, προστίθεται υλικό πλήρωσης για την ενίσχυση της αντοχής της συγκόλλησης, τη βελτίωση της ρευστότητας ή την προώθηση της μεταλλουργικής συμβατότητας μεταξύ των ενωμένων τεμαχίων.

Μόλις αφαιρεθεί η πηγή θερμότητας, το τηγμένο μέταλλο ψύχεται και στερεοποιείται. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας ψύξης, τα άτομα μέσα στη λιωμένη λίμνη αναδιατάσσονται σε μια κρυσταλλική δομή, σχηματίζοντας έναν μεταλλουργικό δεσμό μεταξύ των παρακείμενων τεμαχίων. Το ψυχρό μέταλλο ανακτά τις ιδιότητές του σε στερεά κατάσταση, ενώνοντας αποτελεσματικά τα δύο υλικά σε ένα ενιαίο κομμάτι.

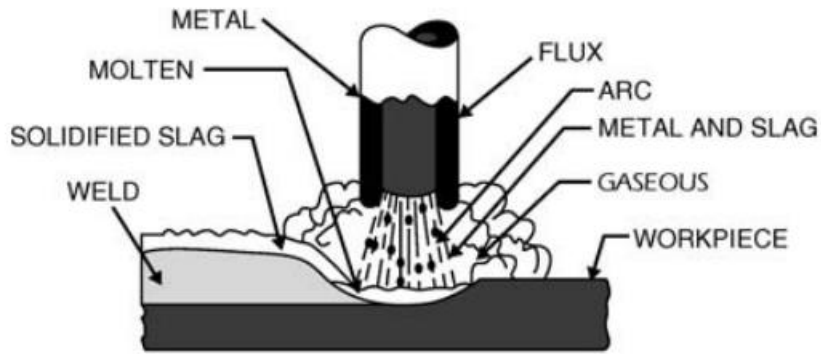
Η συγκόλληση με τήξη χρησιμοποιείται για τη δημιουργία διαφόρων διαμορφώσεων αρμών, όπως αρθρώσεις άκρων, γωνιακές αρθρώσεις, αρθρώσεις T, αρθρώσεις περιτύλιξης και αρθρώσεις ακμών. Αυτοί οι τύποι αρμών καθορίζουν τον προσανατολισμό και την ευθυγράμμιση των υλικών που συνδέονται, επηρεάζοντας την τεχνική συγκόλλησης και τις τελικές ιδιότητες του αρμού.

Η συγκόλληση με τήξη όχι μόνο συνδέει τα μέταλλα φυσικά αλλά δημιουργεί επίσης μια μεταλλουργική σύνδεση μεταξύ των ενωμένων υλικών. Αυτή η σύνδεση, γνωστή ως ζώνη συγκόλλησης ή ζώνη τήξης, μπορεί να παρουσιάζει διαφορετικές ιδιότητες σε σύγκριση με τα βασικά υλικά λόγω θερμικών κύκλων, ρυθμών ψύξης και επιδράσεων κράματος. Υπάρχουν αρκετές κοινές τεχνικές συγκόλλησης με τήξη, η καθεμία με τα δικά της πλεονεκτήματα και εφαρμογές. Παρακάτω θα δούμε τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μεθόδους.

2.2.3. Manual metal arc (MMA)/shielded metal arc welding (SMAW)

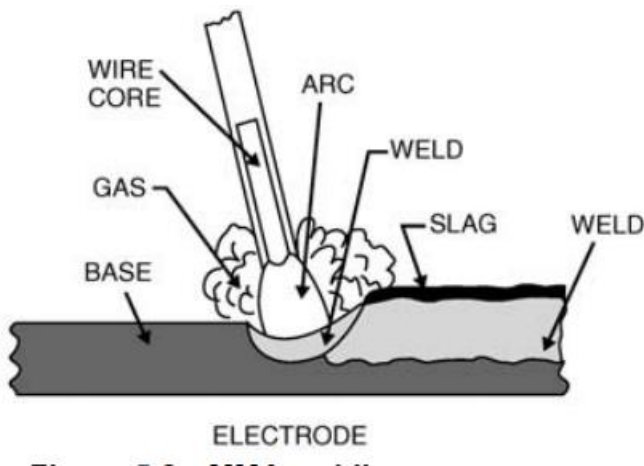
Η συγκόλληση θωρακισμένου τόξου μετάλλων (SMAW), επίσης γνωστή ως χειροκίνητη συγκόλληση μεταλλικού τόξου ή συγκόλληση με ραβδί. Αυτή η διαδικασία χρησιμοποιεί ένα αναλώσιμο ηλεκτρόδιο επικαλυμμένο με ροή για να σχηματίσει ένα τόξο με το τεμάχιο εργασίας και η ροή χρησιμεύει για την προστασία της συγκόλλησης η διαδικασία που ακολουθείτε είναι η εξής:

1. Εκκίνηση του τόξου: Το τόξο εκκινεί μεταξύ του επικαλυμμένου με ροή ηλεκτροδίου και του τεμαχίου εργασίας. Αυτό παράγει έντονη θερμότητα, ικανή να τήξει τόσο το ηλεκτρόδιο όσο και το τεμάχιο εργασίας στο σημείο επαφής.



Εικόνα 3: Διαδικασία συγκόλλησης MMA (πηγή: (hughes, 2009))

2. Σχηματισμός τηγμένης λίμνης συγκόλλησης: Η θερμότητα του τόξου τήκει τόσο την άκρη του ηλεκτροδίου όσο και μια εντοπισμένη περιοχή του τεμαχίου εργασίας, δημιουργώντας μια τηγμένη λίμνη.

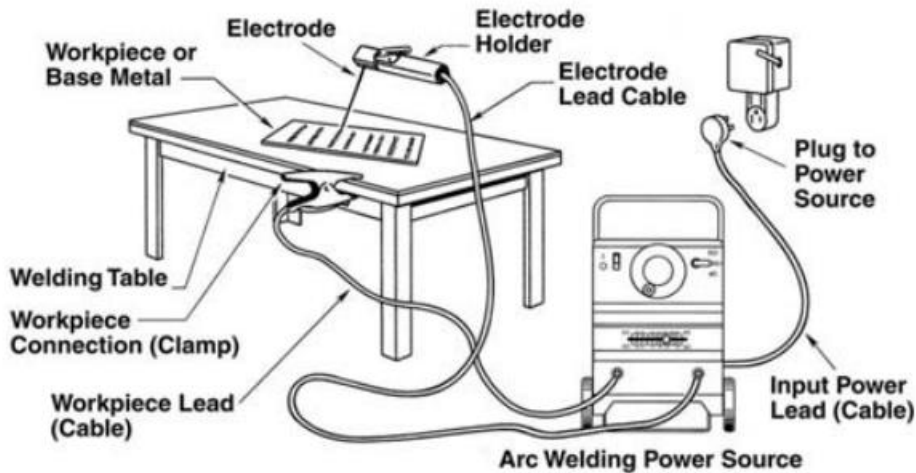


Εικόνα 4: διαδικασία συγκόλλησης MMA(πηγή: (hughes, 2009))

3. Προστασία και καθαρισμός: Η επικάλυψη ροής στο ηλεκτρόδιο τήκει, σχηματίζοντας ένα αέριο κάλυμμα που προστατεύει τη λίμνη συγκολλήσεων από ατμοσφαιρικά αέρια όπως το οξυγόνο και το άζωτο. Αυτό το κάλυμμα βοηθά στην πρόληψη της οξείδωσης και άλλων αντιδράσεων που μπορεί να αποδυναμώσουν τη συγκόλληση. Η ροή βοηθά επίσης στον καθαρισμό της συγκόλλησης δεσμεύοντας με ρύπους και σχηματίζοντας μια σκωρία (slag).
4. Σχηματισμός σκωρίας (slag): Η ροή σχηματίζει μια σκωρία που επιπλέει στην επιφάνεια της τηγμένης λίμνης συγκόλλησης. Αυτή η σκωρία πρέπει να αφαιρεθεί μετά την ολοκλήρωση της συγκόλλησης, καθώς μπορεί να προκαλέσει εγκλείσματα και άλλα ελαττώματα εάν αφεθεί στη θέση του.
5. Ψύξη και στερεοποίηση: Καθώς το τηγμένο μέταλλο ψύχεται, στερεοποιείται, σχηματίζοντας τη συγκόλληση και ενώνοντας τα τεμάχια εργασίας μεταξύ τους.
6. Αφαίρεση σκωρίας (slag): Η σκωρία αφαιρείται μετά από κάθε τρέξιμο συγκόλλησης χρησιμοποιώντας ένα σφυρί ή συρμάτινη βούρτσα. Αυτό διασφαλίζει ότι η σκωρία δεν παγιδεύεται στην ολοκληρωμένη συγκόλληση, όπου θα μπορούσε να προκαλέσει ελαττώματα.

7. Πρόσθετα περάσματα: Εάν η συγκόλληση απαιτεί πρόσθετο πάχος ή ενίσχυση, γίνονται περισσότερα περάσματα με την ίδια διαδικασία.

Στην εικόνα 5, απεικονίζεται ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται.



Εικόνα 5: εξοπλισμός συγκόλλησης MMA (πηγή: (hughes, 2009))

Επιλογή τύπου ρεύματος και πολικότητας

Αυτή είναι μια κρίσιμη πτυχή που επηρεάζει σημαντικά τα χαρακτηριστικά της συγκόλλησης.

1. Εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) έναντι συνεχούς ρεύματος (DC):
 - AC: Το εναλλασσόμενο ρεύμα αλλάζει κατεύθυνση περιοδικά. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη συγκόλληση, αλλά μπορεί να δημιουργήσει λιγότερο σταθερό τόξο σε σύγκριση με το DC.
 - DC: Το συνεχές ρεύμα ρέει σταθερά προς μία κατεύθυνση. Παρέχει πιο σταθερό τόξο και γενικά προτιμάται σε πολλές εφαρμογές συγκόλλησης.
2. Πολικότητα στη συγκόλληση συνεχούς ρεύματος:
 - DCEP (Direct Current Electrode Positive): Γνωστό και ως "αντίστροφη πολικότητα", αυτό σημαίνει ότι το ηλεκτρόδιο είναι συνδεδεμένο με τον θετικό ακροδέκτη. Αυτό δημιουργεί περισσότερη θερμότητα στο ηλεκτρόδιο, οδηγώντας σε ταχύτερη τήξη του ηλεκτροδίου και βαθύτερη διείσδυση.
 - DCEN (Direct Current Electrode Negative): Επίσης γνωστό ως "ευθεία πολικότητα", συνδέει το ηλεκτρόδιο με τον αρνητικό ακροδέκτη. Αυτό οδηγεί σε περισσότερη θερμότητα στο τεμάχιο εργασίας και λιγότερη θερμότητα στο ηλεκτρόδιο, με αποτέλεσμα πιο ρηχή διείσδυση.
3. Πίπτοντα χαρακτηριστικά (σταθερού ρεύματος):
 - Σε μια πηγή ισχύος με πίπτοντα χαρακτηριστικά (ή σταθερού ρεύματος), το ρεύμα παραμένει σχετικά σταθερό ανεξάρτητα από τις μεταβολές της τάσης. Αυτό είναι ευεργετικό στη συγκόλληση καθώς προσφέρει σταθερότητα στη διαδικασία συγκόλλησης.

- Καθώς το μήκος του τόξου αυξάνεται: Η τάση ανεβαίνει και το ρεύμα πέφτει ελαφρά. Αλλά λόγω του χαρακτηριστικού σταθερού ρεύματος, αυτή η μείωση του ρεύματος είναι ελάχιστη και δεν επηρεάζει σημαντικά τον ρυθμό καύσης του ηλεκτροδίου.
- Καθώς το μήκος του τόξου μειώνεται: Η τάση μειώνεται και το ρεύμα αυξάνεται ελαφρά. Και πάλι, αυτό έχει μόνο μια μικρή επίδραση στον ρυθμό καύσης του ηλεκτροδίου.

Η επιλογή AC ή DC και η επιλογή της πολικότητας επηρεάζουν άμεσα τη συμπεριφορά του τόξου, τη διεύθυνση της συγκόλλησης, την εμφάνιση της τελικής συγκόλλησης και τις μηχανικές ιδιότητες της συγκόλλησης. Επομένως, είναι σημαντικό να επιλεγθεί ο σωστός συνδυασμός για τη συγκεκριμένη εφαρμογή και τα υλικά που συγκολλούνται.

Τύποι ηλεκτροδίων

Στην συγκόλληση (SMAW) υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι ηλεκτροδίων οι οποίοι θα αναλυθούν παρακάτω.

1. Βασικά ηλεκτρόδια:

- Σύνθεση: Περιέχουν ενώσεις ασβεστίου όπως ανθρακικό ασβέστιο και φθοριούχο ασβέστιο στην επικάλυψη ροής.
- Ιδιότητες: Βοηθούν σε όλες τις τοπικές συγκολλήσεις με σκωρία ταχείας κατάψυξης και κυρίως παράγουν CO₂ ως προστατευτικό αέριο. Έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε υδρογόνο (H₂) μειώνοντας τον κίνδυνο ψυχρής πυρόλυσης που προκαλείται από το υδρογόνο (HICC).
- Χειρισμός: Απαιτεί προσεκτική διαχείριση της θερμοκρασίας για τη διατήρηση χαμηλών επιπέδων H₂.
- Εφαρμογές: Κατάλληλο για συγκολλήσεις υψηλής ποιότητας, ιδιαίτερα για συγκολλήσεις υψηλής αντοχής όπου η υψηλή συγκράτηση μπορεί να τις κάνει επιρρεπείς σε HICC.

2. Ηλεκτρόδια ρουτιλίου:

- Σύνθεση: Περιέχει οξείδιο του τιτανίου στην επίστρωση ροής.
- Ιδιότητες: Το προστατευτικό αέριο είναι κυρίως CO₂ και η επίστρωση ρουτιλίου εξασφαλίζει ευκολία στη χρήση, χαμηλά επίπεδα αναθυμιάσεων, χαμηλό πιτσίλισμα και λεία σφαιρίδια συγκόλλησης.
- Χειρισμός: Μπορεί να θερμανθούν για λίγο για να εξασφαλιστεί η ξηρότητα πριν από τη χρήση, αλλά δεν απαιτούν εκτεταμένη προθέρμανση ή ψήσιμο.
- Εφαρμογές: Η ευκολία χρήσης του το καθιστά κατάλληλο για διάφορες γενικές εργασίες συγκόλλησης.

3. Ηλεκτρόδια κυτταρίνης:

- Σύνθεση: Περιέχει κυτταρίνη στην επίστρωση flux.

- Ιδιότητες: Παράγει υψηλά επίπεδα H_2 , οδηγώντας σε θερμότερο τόξο, βαθύτερη διείσδυση και μεγαλύτερες ταχύτητες συγκόλλησης. Τα υψηλά επίπεδα υδρογόνου μπορούν να αυξήσουν τον κίνδυνο πυρόλυσης H_2 .
- Χειρισμός: Πρέπει να χρησιμοποιούνται ειδικές διαδικασίες, όπως χρονομετρημένα hot pass ή τεχνικές « H_2 soak», για να διαλυθεί το H_2 και να μειωθεί ο κίνδυνος ρωγμών.
- Εφαρμογές: Χρησιμοποιείται συνήθως σε περιπτώσεις όπου θέλουμε να πετύχουμε βαθιά διείσδυση και υψηλή ταχύτητα συγκόλλησης.

Αυτοί οι τρεις τύποι ηλεκτροδίων επιδεικνύουν το τεράστιο εύρος δυνατοτήτων στη συγκόλληση, επιτρέποντας στους συγκολλητές να επιλέξουν την καλύτερη επιλογή ανάλογα με τις συγκεκριμένες απαιτήσεις της εργασίας

Τυπικά ελαττώματα

1. Εγκλείσματα σκωρίας : Εάν η σκωρία που παράγεται κατά τη διαδικασία συγκόλλησης δεν αφαιρεθεί σωστά, μπορεί να παγιδευτεί στη συγκόλληση, οδηγώντας σε εγκλείσματα που μπορεί να αποδυναμώσουν τη δομή.
2. Πορώδες: Μπορεί να συμβεί λόγω ρύπων ή κακής θωράκισης και μπορεί να μειώσει την αντοχή και την ακεραιότητα της συγκόλλησης.
3. Υποκοπή: Αυτό το ελάττωμα μπορεί να μειώσει το πάχος της διατομής, οδηγώντας σε μειωμένη αντοχή σε αυτήν την περιοχή.
4. Έλλειψη τήξης: Συχνά οφείλεται σε λανθασμένες παραμέτρους συγκόλλησης, όπως πολύ χαμηλό ρεύμα.

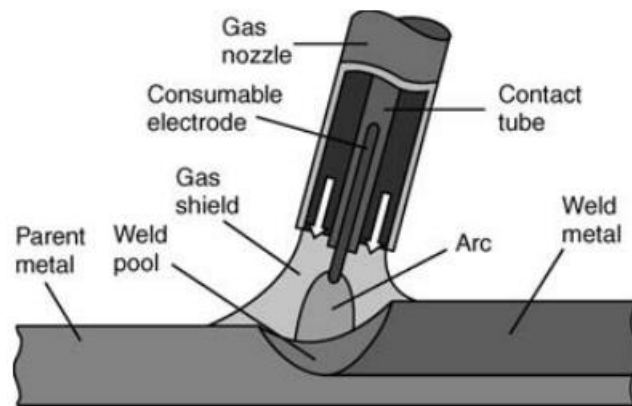
2.2.4. Metal inert gas (MIG)/metal active gas (MAG)/gas metal arc welding (GMAW)

Η συγκόλληση MIG είναι μια κοινή μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη σύνδεση μετάλλων και χρησιμοποιεί ένα ηλεκτρικό τόξο που σχηματίζεται μεταξύ ενός αναλώσιμου σύρματος στερεού ηλεκτροδίου που τροφοδοτείται συνεχώς και του τεμαχίου εργασίας. Ακολουθεί μια ανάλυση των βασικών εξαρτημάτων και των λειτουργιών τους:

1. Ηλεκτρικό τόξο: Δημιουργείται μεταξύ του αναλώσιμου σύρματος ηλεκτροδίου και του τεμαχίου εργασίας, παράγοντας τη θερμότητα που απαιτείται για την τήξη των υλικών και το σχηματισμό της συγκόλλησης.
2. Αναλώσιμο ηλεκτρόδιο: Το ηλεκτρόδιο του σύρματος όχι μόνο μεταφέρει το ρεύμα αλλά και τήκει στη συγκόλληση, παρέχοντας το υλικό πλήρωσης που ενώνει τα τεμάχια εργασίας μεταξύ τους.
3. Αέριο θωράκισης: Το τόξο, και συνεπώς η λίμνη συγκόλλησης, προστατεύεται από ένα προστατευτικό αέριο. Αυτό το αέριο μπορεί να είναι αδρανές (π.χ. αργό ή ήλιο) ή ενεργό (π.χ. CO_2).
 - Αδρανή αέριο: Αδρανή αέρια όπως το αργό ή το ήλιο δεν αντιδρούν με τη λίμνη συγκόλλησης, επομένως δεν επηρεάζουν τις ιδιότητες της

συγκόλλησης. Χρησιμοποιούνται κυρίως για την προστασία της περιοχής συγκόλλησης από ατμοσφαιρικά αέρια όπως το οξυγόνο και το άζωτο, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν ελαττώματα στη συγκόλληση.

- Ενεργό αέριο: Τα ενεργά αέρια όπως το CO₂ αντιδρούν με τη λίμνη συγκόλλησης και μπορούν να επηρεάσουν τις ιδιότητες της συγκόλλησης. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγές στην αντοχή, την εμφάνιση ή άλλα χαρακτηριστικά της συγκόλλησης.

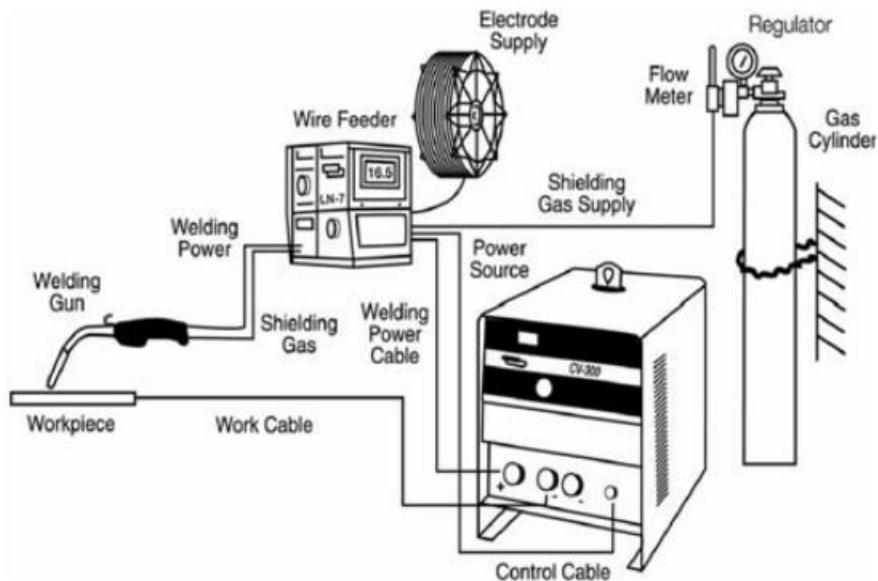


Εικόνα 6: Διαδικασία συγκόλλησης MIG/MAG (πηγή: (Δρ.Σ.Χιονόπουλος, 2021))

4. Ημιαυτόματη διαδικασία: Η συγκόλληση MIG αναφέρεται συχνά ως ημιαυτόματη επειδή, ενώ το μηχάνημα τροφοδοτεί συνεχώς το σύρμα συγκόλλησης από ένα καρούλι, ο συγκολλητής εξακολουθεί να ελέγχει την ταχύτητα και την κατεύθυνση διαδρομής. Αυτό δίνει στον συγκολλητή τον έλεγχο της διαδικασίας, ενώ επωφελείται από τη συνέπεια της τροφοδοσίας του μηχανήματος.

Στην εικόνα 7 απεικονίζεται ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται.

Τα κύρια μέρη που αποτελούν τον εξοπλισμό για την εφαρμογή της μεθόδου, είναι το όπλο της συγκόλλησης, η πηγή ρεύματος, το κύκλωμα παροχής προστατευτικού αερίου, το κύκλωμα παροχής ψυκτικού υγρού (όταν χρησιμοποιείται), και το σύστημα τροφοδοσίας του ηλεκτροδίου – σύρματος.



Εικόνα 7: Εξοπλισμός συγκόλλησης MIG/MAG (πηγή: (Δρ.Σ.Χιονόπουλος, 2021))

Η διαδικασία μπορεί να προσαρμοστεί ώστε να ταιριάζει σε διαφορετικά υλικά και απαιτήσεις επιλέγοντας τον κατάλληλο τύπο και διάμετρο του σύρματος, τη σύνθεση του προστατευτικού αερίου και προσαρμόζοντας τις ρυθμίσεις του μηχανήματος όπως η τάση και η ταχύτητα τροφοδοσίας καλωδίων.

Πολικότητα και σχέση μεταξύ μήκους τόξου, τάσης και ρεύματος.

1. Πολικότητα: Στη συγκόλληση MIG/MAG, η πολικότητα είναι σχεδόν πάντα θετικό σε ηλεκτρόδιο συνεχούς ρεύματος (DCEP). Αυτό σημαίνει ότι το αναλώσιμο ηλεκτρόδιο καλωδίου συνδέεται στον θετικό ακροδέκτη και το τεμάχιο εργασίας συνδέεται στον αρνητικό ακροδέκτη.
2. Χαρακτηριστικό σταθερής τάσης: Η πηγή ισχύος για τη συγκόλληση MIG/MAG έχει συνήθως χαρακτηριστικά σταθερής τάσης (CV). Αυτό διασφαλίζει ότι η τάση παραμένει αρκετά σταθερή, ενώ οι αλλαγές στο μήκος του τόξου θα έχουν ουσιαστική επίδραση στο ρεύμα συγκόλλησης.
3. Επίδραση του μήκους τόξου στο ρεύμα συγκόλλησης:
 - Αύξηση του μήκους τόξου: Εάν το μήκος του τόξου αυξάνεται, η τάση αυξάνεται επίσης και το ρεύμα μειώνεται. Εφόσον το ρεύμα ελέγχεται από την ταχύτητα τροφοδοσίας του καλωδίου, μια μείωση του ρεύματος σημαίνει ότι το καλώδιο θα καίγεται πιο αργά, επεκτείνοντας πίσω στο αρχικό του μήκος.
 - Μείωση του μήκους τόξου: Αντίθετα, εάν το μήκος του τόξου μειωθεί, η τάση πέφτει και το ρεύμα αυξάνεται. Αυτό κάνει το καλώδιο να καίγεται πιο γρήγορα μέχρι να επιστρέψει στο αρχικό του μήκος.
4. Αυτορρυθμιζόμενο τόξο: Η σχέση μεταξύ μήκους τόξου, τάσης και ρεύματος δημιουργεί ένα "αυτορρυθμιζόμενο" τόξο. Το μηχάνημα ελέγχει το μήκος του τόξου, επιτρέποντας μια σταθερή συγκόλληση, ακόμη και αν υπάρχουν μικρές

διακυμάνσεις στην απόσταση μεταξύ του πιστολιού συγκόλλησης και του τεμαχίου εργασίας. Αυτή η ικανότητα αυτορρύθμισης του μήκους τόξου βοηθά στο να γίνει η συγκόλληση MIG/MAG μια ευέλικτη και προσαρμόσιμη διαδικασία, κατάλληλη για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών.

Διαδικασία συγκόλλησης

Η διαδικασία συγκόλλησης MIG/MAG έχει πολλούς διαφορετικούς τρόπους μεταφοράς μετάλλου. Αυτοί οι τρόποι λειτουργίας καθορίζονται από παράγοντες όπως η ταχύτητα τροφοδοσίας του καλωδίου (που επηρεάζει το ρεύμα), η τάση και ο τύπος του προστατευτικού αερίου που χρησιμοποιείται. Οι κύριοι τρόποι μεταφοράς μετάλλων στη συγκόλληση MIG/MAG είναι:

1. Μεταφορά βραχυκυκλώματος:

- Περιγραφή: Σε αυτή τη λειτουργία, το ηλεκτρόδιο του σύρματος έρχεται σε περιοδική επαφή με το τεμάχιο εργασίας, δημιουργώντας βραχυκυκλώματα. Κάθε φορά που συμβαίνει βραχυκύκλωμα, το σύρμα τήκει, σχηματίζοντας ένα μικρό σταγονίδιο που μεταφέρεται στη λίμνη συγκόλλησης.
- Χαρακτηριστικά: Η μεταφορά βραχυκυκλώματος συνήθως περιλαμβάνει χαμηλότερες τάσεις και ρεύματα. Είναι κατάλληλο για συγκόλληση λεπτών υλικών και σε θέσεις που μπορεί να είναι δύσκολες με άλλες μεθόδους.

2. Σφαιρική μεταφορά:

- Περιγραφή: Αυτή η λειτουργία εμφανίζεται όταν το ρεύμα συγκόλλησης είναι κάπως υψηλότερο. Το τηγμένο μέταλλο στην άκρη του ηλεκτροδίου σχηματίζεται σε μεγαλύτερα σταγονίδια, ή «σφαιρίδια», τα οποία αποσπώνται και πέφτουν στη λίμνη συγκόλλησης.
- Χαρακτηριστικά: Η σφαιρική μεταφορά μπορεί να οδηγήσει σε λιγότερο σταθερό τόξο και περισσότερο πιτσιλίσμα σε σύγκριση με άλλες μεθόδους. Εμφανίζεται συνήθως σε ενδιάμεσα επίπεδα ρεύματος και τάσης. Η χρήση του είναι περιορισμένη, κυρίως λόγω των δυσκολιών στον έλεγχο του τόξου και των υψηλών επιπέδων πιτσιλίσματος. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως το γέμισμα μεγάλων κενών σε επίπεδη θέση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

3. Μεταφορά ψεκασμού:

- Περιγραφή: Στη μεταφορά με ψεκασμό, το μέταλλο μεταφέρεται ως ρεύμα μικροσκοπικών σταγονιδίων κατά μήκος του τόξου. Αυτή η λειτουργία απαιτεί συνήθως υψηλότερα επίπεδα ρεύματος και τάσης.
- Χαρακτηριστικά: Η μεταφορά με ψεκασμό παρέχει ένα σταθερό τόξο, με αποτέλεσμα ένα ομαλό και οπτικά ελκυστικό σφαιρίδιο συγκόλλησης. Συχνά συνδέεται με τη χρήση αδρανών προστατευτικών αερίων όπως το αργό. Η μεταφορά παλμών είναι ένας εξελιγμένος και ελεγχόμενος τρόπος συγκόλλησης που αξιοποιεί τα πλεονεκτήματα της μεταφοράς ψεκασμού,

ενώ παράλληλα ελαχιστοποιεί την εισροή θερμότητας για την αποφυγή προβλημάτων που σχετίζονται με την υπερθέρμανση.

Η επιλογή του τρόπου μεταφοράς μετάλλου εξαρτάται από παράγοντες όπως το υλικό που συγκολλάτε, τα επιθυμητά χαρακτηριστικά συγκόλλησης, τη θέση και τις συνολικές απαιτήσεις της εργασίας συγκόλλησης. Προσαρμόζοντας τις παραμέτρους όπως η ταχύτητα τροφοδοσίας σύρματος, η τάση και το προστατευτικό αέριο, οι συγκολλητές μπορούν να ελέγχουν τον τρόπο μεταφοράς ανάλογα με τις συγκεκριμένες ανάγκες τους, καθιστώντας τη συγκόλληση MIG/MAG μια ευέλικτη και προσαρμόσιμη διαδικασία.

Αναλώσιμα σε συγκόλληση MIG/MAG

Στη διαδικασία συγκόλλησης MIG/MAG, το καλώδιο πλήρωσης και το αέριο προστασίας παίζουν ουσιαστικό ρόλο στον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών της συγκόλλησης.

1. Στερεά καλώδια:

- **Εύρος διαμέτρου:** Τα συμπαγή σύρματα χρησιμοποιούνται ως αναλώσιμο ηλεκτρόδιο, με διάμετρο από 0,6 έως 2,4 mm.

2. Προστατευτικά αέρια:

Τα προστατευτικά αέρια είναι ζωτικής σημασίας για την προστασία της λίκνης συγκόλλησης από την ατμοσφαιρική μόλυνση και την επιρροή των χαρακτηριστικών της συγκόλλησης. Ακολουθούν μερικά αξιοσημείωτα σημεία σχετικά με διάφορα αέρια:

- **CO₂ (διοξείδιο του άνθρακα):**
 - Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με χάλυβες περιεκτικότητας έως και 0,4% σε άνθρακα και χάλυβες χαμηλού κράματος.
 - Δεν χρησιμοποιείται συνήθως στη λειτουργία μεταφοράς ψεκασμού.
- **Αργόν (Ar):**
 - Παράγει καλύτερο τόξο στη λειτουργία μεταφοράς ψεκασμού.
 - Προτιμάται με μη σιδηρούχα μέταλλα και κράματα.
- **Μείγματα αργού/οξυγόνου (Ar/O₂):**
 - Περιέχει 1% ή 2% οξυγόνο, που χρησιμοποιείται για ανοξειδωτους χάλυβες.
- **Ήλιο (He):**
 - Συχνά αναμιγνύεται με αργό, οξυγόνο ή CO₂.
 - Η υψηλότερη περιεκτικότητα σε ήλιο παράγει υψηλότερες τάσεις τόξου και εισροές θερμότητας, οδηγώντας σε βαθύτερη διείσδυση και υψηλότερες ταχύτητες συγκόλλησης.
- **Μείγματα αργού/CO₂:**
 - Κυμαίνεται από 5% έως λιγότερο από 20% CO₂.

- Συνδυασμός καλής διείδυσης, σταθερού τόξου και πιο επίπεδου προφίλ συγκόλλησης.
- Χαμηλότερο 5% CO₂ χρησιμοποιείται σε λειτουργία ψεκασμού για μειωμένη εισροή θερμότητας, ενώ υψηλότερο 20% CO₂ χρησιμοποιείται σε λειτουργία βραχυκυκλώματος για καλύτερη διείδυση.

Η επιλογή των αναλωσίμων, συμπεριλαμβανομένου τόσο του συμπαγούς σύρματος όσο και του τύπου και του μείγματος του προστατευτικού αερίου, επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τα χαρακτηριστικά της διαδικασίας συγκόλλησης MIG/MAG. Διαφορετικά αέρια και μείγματα καλύπτουν συγκεκριμένα μέταλλα, τρόπους μεταφοράς και επιθυμητές ιδιότητες συγκόλλησης, όπως διείδυση, έλεγχος πιτσιλίσματος και σταθερότητα τόξου.

Τυπικά ελαττώματα στη συγκόλληση MIG/MAG

Η συγκόλληση MIG/MAG είναι μια ευέλικτη διαδικασία που χρησιμοποιείται σε διάφορες εφαρμογές και μπορεί να παρουσιάσει ορισμένα τυπικά ελαττώματα εάν δεν εκτελεστεί σωστά.

1. Πορώδες: Αυτό μπορεί να συμβεί όταν το προστατευτικό αέριο είναι μολυσμένο ή εάν υπάρχει παρουσία λαδιού, χρώματος ή σκουριάς στο υλικό βάσης.
2. Έλλειψη ελαττωμάτων τήξης: Αυτό οφείλεται συχνά σε ακατάλληλες παραμέτρους συγκόλλησης, όπως η ανεπαρκής εισροή θερμότητας.
3. Ρηγμάτωση στερεοποίησης σε λειτουργία ψεκασμού: Αυτό είναι πιο συνηθισμένο στη λειτουργία μεταφοράς ψεκασμού και μπορεί να επηρεαστεί από την επιλογή των υλικών, την ταχύτητα συγκόλλησης και τον έλεγχο θερμοκρασίας.
4. Ρωγμές ή συρίγγια κρατήρα: Εμφανίζονται όταν η λίμνη συγκόλλησης στερεοποιείται πριν γεμίσει ο κρατήρας και μπορεί να γίνουν σημεία έναρξης ρωγμών.

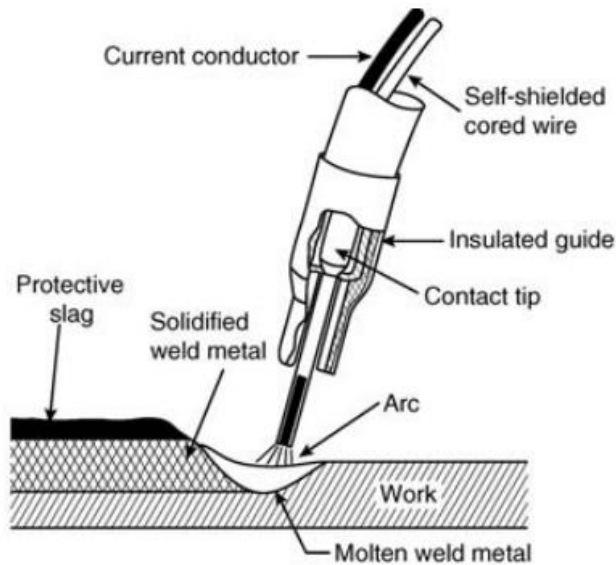
Η προσαρμοστικότητα και η ικανότητα της συγκόλλησης MIG/MAG να παρέχει υψηλούς ρυθμούς εναπόθεσης την καθιστούν μια προτιμώμενη μέθοδο για μια ποικιλία εφαρμογών σε διαφορετικούς κλάδους και απαιτήσεις κατασκευής. Ωστόσο, όπως όλες οι διαδικασίες συγκόλλησης, μπορεί να είναι επιρρεπής σε συγκεκριμένα ελαττώματα εάν δεν εκτελεστεί με προσοχή και σωστό έλεγχο.

2.2.5. Flux-cored arc welding (FCAW)

Είναι μια διαδικασία συγκόλλησης τόξου (FCAW), η οποία είναι παρόμοια με τη συγκόλληση MIG/MAG, αλλά χρησιμοποιεί ένα σωληνωτό σύρμα αντί για ένα συμπαγές σύρμα.

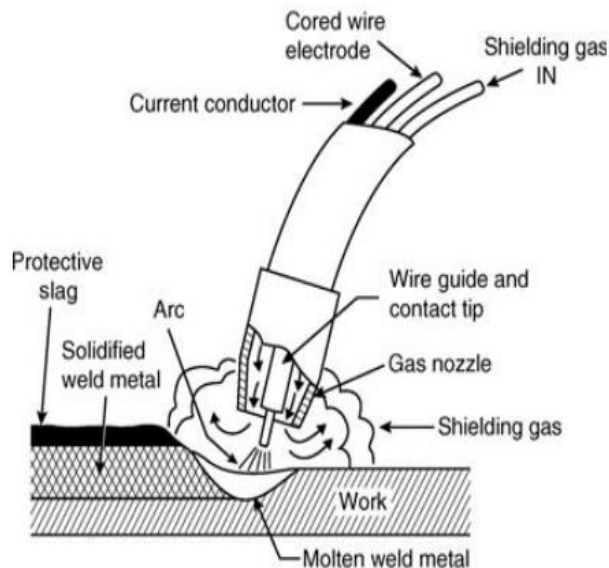
Εξοπλισμός και διαδικασία

- Σωληνωτό σύρμα ηλεκτροδίου: Σε αντίθεση με το συμπαγές σύρμα που χρησιμοποιείται στη συγκόλληση MIG/MAG, το FCAW χρησιμοποιεί ένα σωληνοειδές σύρμα συνεχούς τροφοδοσίας γεμάτο με ροή.



Εικόνα 8: Διαδικασία συγκόλλησης με αυτοθρακισμένο σύρμα(πηγή: (hughes, 2009))

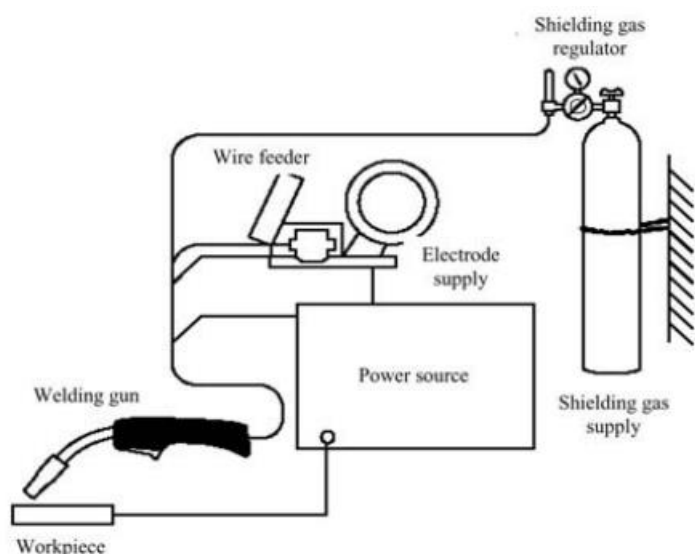
- Σχηματισμός τόξου: Το τόξο σχηματίζεται μεταξύ του σύρματος με πυρήνα ροής και του τεμαχίου εργασίας.
- Αέριο προστασίας: Υπάρχει ροή μέσα στο σύρμα που τήκεται για να δημιουργήσει ένα αέριο κάλυμμα που προστατεύει τη λίμνη συγκόλλησης. Ένα εξωτερικό δευτερεύον αέριο προστασίας (όπως CO₂ ή αργό) μπορεί επίσης να τροφοδοτηθεί μέσω του ακροφυσίου για πρόσθετη προστασία.



Εικόνα 9 : Διαδικασία συγκόλλησης με δευτερεύον αέριο (πηγή: (hughes, 2009))

Η συγκόλληση αυτή τόξου είναι μια ευέλικτη και στιβαρή διαδικασία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ποικίλες εφαρμογές, ιδιαίτερα όπου απαιτείται συγκόλληση σε εξωτερικούς χώρους ή όπου είναι επιθυμητά συγκεκριμένα στοιχεία κράματος. Προσφέρει ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως αυξημένους ρυθμούς εναπόθεσης και προσαρμοστικότητα σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες.

Στην εικόνα 10 απεικονίζεται ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται.



Εικόνα 10: Εξοπλισμός συγκόλλησης FCAW (πηγή: (hughes, 2009))

Πολικότητα

Στη συγκόλληση τόξου με πυρήνα ροής (FCAW), η επιλογή μεταξύ θετικού ηλεκτροδίου συνεχούς ρεύματος (DCEP) ή αρνητικού ηλεκτροδίου συνεχούς ρεύματος (DCEN) εξαρτάται από το συγκεκριμένο καλώδιο που χρησιμοποιείται, καθώς και από τα επιθυμητά χαρακτηριστικά της συγκόλλησης.

Θετικό ηλεκτρόδιο συνεχούς ρεύματος (DCEP):

- Το DCEP παρέχει βαθύτερη διείσδυση και γενικά χρησιμοποιείται με ασπίδα αερίου. Μπορεί να παρέχει σταθερό τόξο και αποτελεσματική μεταφορά μετάλλου.

Αρνητικό ηλεκτρόδιο συνεχούς ρεύματος (DCEN):

- Αποτελέσματα: Το DCEN συνήθως έχει ως αποτέλεσμα λιγότερη διείσδυση και ευρύτερο σφαιρίδιο συγκόλλησης. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με αυτοθωρακισμένα καλώδια με πυρήνα ροής.

Αναλώσιμα σε συγκόλληση FCAW

Η συγκόλληση τόξου με πυρήνα ροής (FCAW) χρησιμοποιεί σύρματα με πυρήνα και συγκεκριμένα προστατευτικά αέρια για την εκτέλεση της συγκόλλησης. Η επιλογή των αναλώσιμων είναι αναπόσπαστο στοιχείο για την επίτευξη των επιθυμητών χαρακτηριστικών συγκόλλησης.

1. Σύρματα με πυρήνα:

Αυτά είναι ειδικά σωληνωτά σύρματα. Ανάλογα με την εφαρμογή και τα επιθυμητά χαρακτηριστικά, τα καλώδια με πυρήνα μπορεί να είναι:

- Αυτο-προστατευτικά: Αυτά τα σύρματα περιέχουν ροή που παράγει το δικό του προστατευτικό αέριο όταν καίγεται, εξαλείφοντας την ανάγκη για εξωτερικό

προστατευτικό αέριο. Χρησιμοποιείται συνήθως σε εξωτερικές εφαρμογές όπου ο άνεμος μπορεί να διασκορπίσει εξωτερικά προστατευτικά αέρια.

- Προστασία με αέριο: Αυτά τα σύρματα βασίζονται σε ένα εξωτερικό προστατευτικό αέριο για την προστασία της λίμνης συγκόλλησης. Αυτό συνήθως παρέχει μια καθαρότερη συγκόλληση με λιγότερες ακαθαρσίες.

2. Προστατευτικά αέρια:

Η επιλογή του προστατευτικού αερίου παίζει ζωτικό ρόλο στον προσδιορισμό των ιδιοτήτων της συγκόλλησης:

- CO₂: Χρησιμοποιείται για τα χαρακτηριστικά βαθιάς διείσδυσής του, είναι μια οικονομικά αποδοτική επιλογή, αλλά μπορεί να οδηγήσει σε πιο ασταθές τόξο και αυξημένο πιτσίλισμα.
- Μείγματα Ar/CO₂: Η ανάμειξη αργού με CO₂ βοηθά στη σταθεροποίηση του τόξου, στη μείωση του πιτσίλισματος και στη βελτίωση της συνολικής ποιότητας συγκόλλησης. Η αναλογία του CO₂ μπορεί να ποικίλλει για να επηρεάσει τα χαρακτηριστικά διείσδυσης και τόξου.
- Μείγματα Ar/O₂: Συχνά χρησιμοποιούνται για την αντικατάσταση μειγμάτων Ar/CO₂ κατά τη συγκόλληση ανοξείδωτου χάλυβα ή υλικών με υψηλή περιεκτικότητα σε κράμα. Η προσθήκη οξυγόνου βοηθά στη σταθεροποίηση του τόξου, ενώ το αργό βοηθά στη μείωση της περιεκτικότητας σε άνθρακα στη συγκόλληση, η οποία μπορεί να είναι ζωτικής σημασίας κατά τη συγκόλληση υλικών ευαίσθητων στον άνθρακα.

Η επιλογή των αναλώσιμων στο FCAW είναι απαραίτητη για την επίτευξη των επιθυμητών χαρακτηριστικών συγκόλλησης. Τα διαφορετικά καλώδια με πυρήνα και οι συνδυασμοί θωρακισμένων αερίων προσφέρουν ποικίλα οφέλη και προκλήσεις:

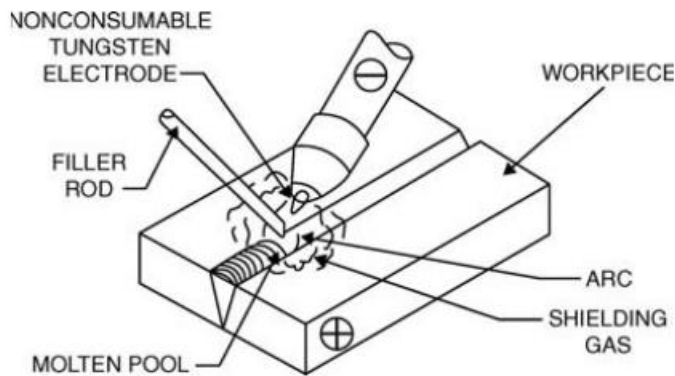
- Σύρματα αυτό-προστασίας: Παρέχουν ευελιξία, ειδικά σε δύσκολα περιβάλλοντα, αλλά ενδέχεται να μην προσφέρουν την καθαρότερη συγκόλληση.
- Σύρματα με προστατευτικό αέριο CO₂: Προσφέρει βαθιά διείσδυση αλλά μπορεί να είναι πιο δύσκολο να ελεγχθεί.
- Σύρματα με προστατευτικό αέριο μειγμάτων Ar/CO₂ ή Ar/O₂: Παρέχουν ισορροπία μεταξύ διείσδυσης, σταθερότητας τόξου και ελέγχου άνθρακα, ιδιαίτερα χρήσιμα για ανοξείδωτους χάλυβες και υλικά υψηλής κραματοποίησης.

2.2.6. Tungsten inert gas (TIG)/gas tungsten arc welding (GTAW)

Η συγκόλληση TIG ή συγκόλληση τόξου βολφραμίου αερίου (GTAW), χρησιμοποιεί ένα μη-αναλώσιμο ηλεκτρόδιο βολφραμίου και ένα αδρανές προστατευτικό αέριο, συχνά καθαρό αργό. Η λίμνη συγκόλλησης σχηματίζεται από τηγμένο βασικό μέταλλο, με ξεχωριστή ράβδο πλήρωσης που χρησιμοποιείται όταν είναι απαραίτητο.

1. Σχηματισμός ηλεκτροδίων και τόξου: Στο GTAW, ένα μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο βολφραμίου χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ηλεκτρικού τόξου. Αυτό το ηλεκτρόδιο είναι κατασκευασμένο από βολφράμιο, ένα υλικό με εξαιρετικά υψηλό σημείο τήξης. Το τόξο σχηματίζεται μεταξύ του ηλεκτροδίου βολφραμίου και του τεμαχίου εργασίας που πρόκειται να συγκολληθεί.

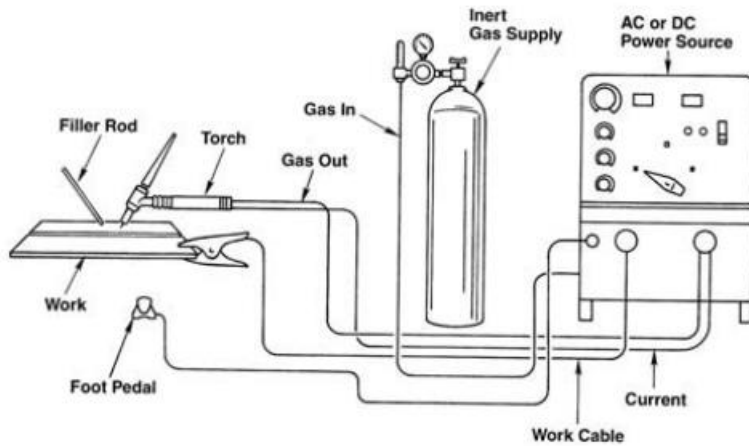
2. Παραγωγή θερμότητας: Το ηλεκτρικό τόξο δημιουργεί μια τεράστια ποσότητα θερμότητας, φτάνοντας σε θερμοκρασίες περίπου 3.000 έως 20.000°C. Αυτή η θερμότητα χρησιμοποιείται για την τήξη των βασικών μετάλλων στο σημείο συγκόλλησης, δημιουργώντας μια λίμνη συγκόλλησης.
3. Προστασία αερίου: Για να αποφευχθεί η μόλυνση από τη γύρω ατμόσφαιρα, ένα προστατευτικό αέριο (συνήθως ένα αδρανές αέριο όπως αργό ή ήλιο) παρέχεται μέσω του φακού συγκόλλησης. Αυτό προστατεύει το τηγμένο μέταλλο, το τόξο και το ηλεκτρόδιο βολφραμίου από την οξείδωση και άλλη ατμοσφαιρική μόλυνση.
4. Υλικό πλήρωσης: Σε ορισμένες εφαρμογές GTAW, ένα μέταλλο πλήρωσης εισάγεται στη λίμνη συγκόλλησης για να διευκολυνθεί η ένωση των μετάλλων. Αυτό το υλικό πλήρωσης, που παρέχεται ως ξεχωριστή ράβδος ή σύρμα, τήκεται στη λίμνη συγκόλλησης για να εξασφαλίσει μια ισχυρή ένωση με τις επιθυμητές μηχανικές ιδιότητες.



Εικόνα 11: Διαδικασία συγκόλλησης TIG (πηγή: (Δρ.Σ.Χιονόπουλος, 2021))

5. Αυτογενής συγκόλληση: Εάν δεν χρησιμοποιείται μέταλλο πλήρωσης, η διαδικασία συγκόλλησης αναφέρεται ως "αυτογενής" συγκόλληση. Σε αυτό το σενάριο, η τήξη των βασικών μετάλλων επιτυγχάνεται αποκλειστικά μέσω της τήξης και της επακόλουθης στερεοποίησης των ίδιων των τεμαχίων εργασίας χωρίς την προσθήκη εξωτερικού υλικού.
6. Ψύξη και στερεοποίηση: Μόλις δημιουργηθεί η λίμνη συγκόλλησης και προστεθεί η επιθυμητή ποσότητα υλικού πλήρωσης (εάν υπάρχει), το τηγμένο υλικό ψύχεται και στερεοποιείται, δημιουργώντας έναν ισχυρό και μόνιμο δεσμό μεταξύ των τεμαχίων εργασίας.

Στην εικόνα 12 απεικονίζεται ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται σε αυτή τη διαδικασία.



Εικόνα 12: Εξοπλισμός συγκόλλησης TIG (πηγή : (Δρ.Σ.Χιονόπουλος, 2021))

Πολικότητα

Η επιλογή των σωστών χαρακτηριστικών πολικότητας και ισχύος είναι απαραίτητη για την επίτευξη ισχυρών και χωρίς ελαττώματα συγκολλήσεων στη συγκόλληση TIG. Επιτρέπει στον συγκολλητή να ανταποκρίνεται στις ειδικές απαιτήσεις των υλικών που ενώνονται, εξασφαλίζοντας βέλτιστο έλεγχο θερμότητας, διείσδυση και καθαρισμό της επιφάνειας.

1. Αρνητικό ηλεκτρόδιο συνεχούς ρεύματος (DCEN):

- Με το DCEN, περίπου τα δύο τρίτα της θερμότητας του τόξου εστιάζονται στο τεμάχιο εργασίας, ενώ το ένα τρίτο στο ηλεκτρόδιο. Αυτό βοηθά στη συγκέντρωση περισσότερης θερμότητας στο βασικό μέταλλο, καθιστώντας το να τήκει πιο εύκολα.
- Η αρνητική σύνδεση διατηρεί το ηλεκτρόδιο σχετικά δροσερό, αποτρέποντας έτσι την υπερθέρμανση ή την τήξη του.

2. Εναλλασσόμενο ρεύμα (AC):

- Το εναλλασσόμενο ρεύμα μετατοπίζεται μεταξύ θετικών και αρνητικών κύκλων, παρέχοντας μοναδικά πλεονεκτήματα για τη συγκόλληση συγκεκριμένων υλικών.
- Θετικός κύκλος : Κατά τη διάρκεια του θετικού κύκλου, πραγματοποιείται καθοδικός καθαρισμός, ο οποίος βοηθά στην αφαίρεση του στρώματος οξειδίου υψηλής θερμοκρασίας που βρίσκεται συνήθως σε υλικά όπως το αλουμίνιο. Αυτή η καθαριστική δράση επιτρέπει καλύτερη διείσδυση και τήξη.
- Αρνητικός κύκλος : Το αρνητικό μέρος του κύκλου κατευθύνει περισσότερη θερμότητα στο τεμάχιο εργασίας και λιγότερη στο ηλεκτρόδιο, παρόμοια με το DCEN, βοηθώντας στο να μην τήξει το ηλεκτρόδιο.
- Η συγκόλληση εναλλασσόμενου ρεύματος επιτρέπει την απομάκρυνση των επιφανειακών οξειδίων και παρέχει σωστή κατανομή θερμότητας μεταξύ του ηλεκτροδίου και του τεμαχίου εργασίας.

Αναλώσιμα TIG

Στη διαδικασία συγκόλλησης με τόξο αερίου βολφραμίου (GTAW) ή αδρανούς αερίου βολφραμίου (TIG), χρησιμοποιούνται πολλά αναλώσιμα που θα δούμε παρακάτω.

1. Προστατευτικά αέρια:

- Αδρανή αέρια : Το αργό και το ήλιο είναι τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα αέρια στη συγκόλληση TIG. Είναι αδρανείς, που σημαίνει ότι δεν αντιδρούν χημικά με τη λίμνη συγκόλλησης, διασφαλίζοντας μια καθαρή και μη μολυσμένη συγκόλληση.
- Μείγματα ενεργών αερίων : Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα μείγμα ενεργών αερίων όπως 95% αργό (Ar) και 5% υδρογόνο (H₂). Αυτός ο συνδυασμός μπορεί να προσφέρει συγκεκριμένα οφέλη κατά τη συγκόλληση ανοξείδωτου χάλυβα ή κραμάτων νικελίου.

2. Υλικό πλήρωσης:

- Σύρμα ή ράβδος: Στις περισσότερες εφαρμογές συγκόλλησης TIG, το υλικό πλήρωσης χρησιμοποιείται για την πλήρωση του συνδέσμου και την παροχή πρόσθετης αντοχής και σταθερότητας. Αυτό το πληρωτικό μπορεί να είναι σε μορφή σύρματος ή ράβδου, ανάλογα με τις συγκεκριμένες ανάγκες της εφαρμογής.
- Εύτηκτα ένθετα (EB): Τα εύτηκτα ένθετα είναι προ-τοποθετημένα πληρωτικά που χρησιμοποιούνται για τη ρίζα σε συγκολλήσεις άκρων σωλήνων. Αυτά χρησιμοποιούνται συχνά σε εξειδικευμένες εφαρμογές, όπως στην πυρηνική βιομηχανία. Παρέχουν σταθερή παροχή υλικού πλήρωσης και συμβάλλουν στη διασφάλιση της ομοιομορφίας στις κρίσιμες συγκολλήσεις.

3. Ηλεκτρόδιο βολφραμίου:

- Αν και ονομάζεται "μη αναλώσιμο", το ηλεκτρόδιο βολφραμίου αποικοδομείται με την πάροδο του χρόνου. Κατά τη διαδικασία συγκόλλησης, το ηλεκτρόδιο μπορεί να μολυνθεί ή να χάσει το σχήμα του. Η λείανση και η αναμόρφωση είναι συνήθως απαραίτητα για τη διατήρηση της βέλτιστης απόδοσης, με αποτέλεσμα την αργή κατανάλωση του ηλεκτροδίου.

Συνοπτικά, τα αναλώσιμα στη συγκόλληση TIG περιλαμβάνουν προστατευτικά αέρια (αδρανή και ενεργά μείγματα), υλικά πλήρωσης (σε διάφορες μορφές) και το ίδιο το ηλεκτρόδιο βολφραμίου. Η κατανόηση αυτών των αναλώσιμων και των ειδικών ρόλων και εφαρμογών τους είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη των επιθυμητών αποτελεσμάτων στη συγκόλληση TIG.

Ελαττώματα στη συγκόλληση TIG:

1. Εγκλείσματα βολφραμίου: Μπορεί να οδηγήσει σε εγκλείσματα σωματιδίων βολφραμίου στη συγκόλληση, μειώνοντας την αντοχή.
2. Πορώδες: Η απώλεια της θωράκισης του αερίου ή η μόλυνση της επιφάνειας μπορεί να οδηγήσει σε πορώδες εντός της συγκόλλησης.

3. Οξείδωση: Ανεπαρκές αέριο καθαρισμού μπορεί να οδηγήσει σε οξείδωση της λίμνης συγκόλλησης, επηρεάζοντας την εμφάνιση και τις μηχανικές ιδιότητες της συγκόλλησης.

Η συγκόλληση TIG ευνοείται για εφαρμογές που απαιτούν υψηλή ακρίβεια και ποιότητα συγκόλλησης.

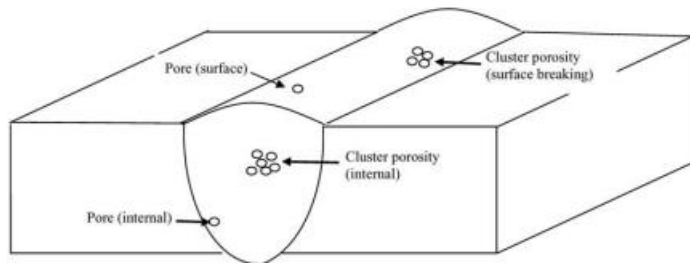
2.3. Σφάλματα συγκόλλησης

Τα σφάλματα στη συγκόλληση μπορεί να οδηγήσουν σε μείωση της δομικής ακεραιότητας της συγκόλλησης, η οποία μπορεί να προκαλέσει αστοχίες όπως ρωγμές, σπασίματα ή παραμορφώσεις. Αυτά τα σφάλματα μπορεί να προκληθούν από πολλούς παράγοντες, όπως ανθρώπινο λάθος, δυσλειτουργία μηχανής, εσφαλμένη διαδικασία ή περιβαλλοντικές συνθήκες. Παρακάτω, διερευνούμε ορισμένα κοινά σφάλματα, τις υποκείμενες αιτίες τους και τρόπους μετριασμού τους.

2.3.1. Πορώδες (porosity)

Το πορώδες είναι ένα κοινό ελάττωμα στις συγκολλήσεις και εμφανίζεται όταν αέριο παγιδεύεται στο στερεοποιούμενο μέταλλο συγκόλλησης. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της αντοχής και της ακεραιότητας της συγκόλλησης

1. Απώλεια Ασπίδας Αερίου: Τα προστατευτικά αέρια όπως το αργό ή το ήλιο χρησιμοποιούνται για την προστασία της λίμνης συγκόλλησης από μόλυνση με ατμοσφαιρικά αέρια (οξυγόνο, άζωτο, κ.λπ.). Εάν υπάρξει απώλεια αυτής της ασπίδας αερίου, η μόλυνση μπορεί να οδηγήσει σε πορώδες στη συγκόλληση. Ζητήματα όπως ρεύματα ρεύματος, διαρροές στον εύκαμπτο σωλήνα αερίου ή λανθασμένοι ρυθμοί ροής μπορεί να προκαλέσουν αυτήν την απώλεια θωράκισης.
1. Υγρά ηλεκτρόδια ή ροές: Μπορεί να υπάρχει υγρασία σε ηλεκτρόδια συγκόλλησης ή ροές που δεν έχουν στεγνώσει σωστά. Αυτή η υγρασία μπορεί να διασπαστεί σε αέριο υδρογόνο κατά τη συγκόλληση, το οποίο μπορεί να παγιδευτεί στη συγκόλληση, οδηγώντας σε πορώδες.
2. Πολύ μεγάλο μήκος τόξου: Εάν το μήκος του τόξου (η απόσταση μεταξύ του ηλεκτροδίου και του τεμαχίου εργασίας) είναι πολύ μεγάλο, μπορεί να προκαλέσει αστάθεια στη διαδικασία συγκόλλησης. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ακανόνιστη ροή αερίου και παγίδευση αερίων μέσα στη συγκόλληση, οδηγώντας και πάλι σε πορώδες.
3. Κατεστραμμένη ροή ηλεκτροδίων: Η ροή ηλεκτροδίων, η οποία χρησιμοποιείται σε ορισμένες διαδικασίες συγκόλλησης, μπορεί να καταστραφεί ή να μολυνθεί. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία και παγίδευση αερίων όπως το υδρογόνο στη λίμνη συγκόλλησης, με αποτέλεσμα το πορώδες.
4. Υγρασία ή μόλυνση στο μητρικό υλικό ή στα αναλώσιμα : Η μόλυνση των υλικών που συγκολλούνται, όπως υγρασία, γράσο, μπογιά ή λάδι, μπορεί επίσης να οδηγήσει στο σχηματισμό αερίων κατά τη διαδικασία συγκόλλησης. Εάν αυτά τα αέρια παγιδευτούν στο στερεοποιούμενο μέταλλο συγκόλλησης, θα προκαλέσουν πορώδες.



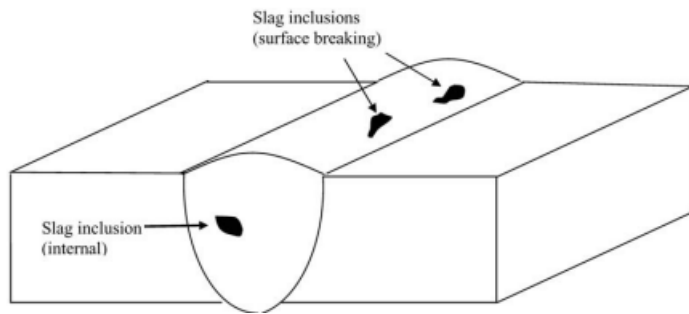
Εικόνα 13 : porosity (πηγή: (hughes, 2009))

Για να ελαχιστοποιηθεί ή να αποφευχθεί το πορώδες, είναι απαραίτητος ο προσεκτικός έλεγχος της διαδικασίας συγκόλλησης. Αυτό περιλαμβάνει σωστή επιλογή και χειρισμό αναλώσιμων, σωστή ρύθμιση των παραμέτρων συγκόλλησης, σωστή προετοιμασία και καθαρισμό του υλικού βάσης και χρήση κατάλληλων προστατευτικών αερίων και τεχνικών. Η τακτική επιθεώρηση και ο ποιοτικός έλεγχος μπορούν επίσης να βοηθήσουν στον εντοπισμό και την αντιμετώπιση του πορώδους, διατηρώντας την ποιότητα και την ακεραιότητα των συγκολλήσεων.

2.3.2. Στερεά εγκλείσματα (solid inclusions):

Τα συμπαγή εγκλείσματα είναι ανεπιθύμητοι ρύποι σε μια συγκόλληση που μπορεί να δημιουργήσουν αδύναμα σημεία ή ελαττώματα, επηρεάζοντας αρνητικά την ακεραιότητα και την απόδοση της συγκόλλησης.

1. Ανεπαρκής καθαρισμός της σκωρίας που προέρχεται από τη ροή συγκόλλησης : Η ροή συγκόλλησης συχνά περιέχει σκωρία, η οποία πρέπει να καθαριστεί σωστά και να αφαιρεθεί από την περιοχή συγκόλλησης. Εάν δεν καθαριστεί σωστά, η σκωρία μπορεί να παγιδευτεί στη συγκόλληση, οδηγώντας σε εγκλείσματα.
2. Ανεπαρκής αφαίρεση εγκλεισμάτων πυριτίου σε φερριτικούς χάλυβες κατά τη συγκόλληση MAG (μεταλλικό ενεργό αέριο) ή TIG (αδρανές αέριο βολφραμίου) : Οι φερριτικοί χάλυβες μπορεί να έχουν εγκλείσματα πυριτίου που πρέπει να αφαιρεθούν σωστά κατά τη συγκόλληση. Εάν δεν το κάνετε αυτό, μπορεί να ενσωματωθούν αυτά τα εγκλείσματα στη συγκόλληση.
3. Άγγιγμα του βολφραμίου στη λίμνη συγκόλλησης κατά τη συγκόλληση TIG : Στη συγκόλληση TIG, εάν το ηλεκτρόδιο βολφραμίου αγγίζει κατά λάθος τη λίμνη συγκόλλησης, σωματίδια βολφραμίου μπορεί να σπάσουν και να ενσωματωθούν στη συγκόλληση, οδηγώντας σε μεταλλικά εγκλείσματα.
4. Τήξη του σωλήνα επαφής χαλκού στη λίμνη συγκόλλησης κατά τη συγκόλληση MIG/MAG (Μεταλλικό αδρανές αέριο/μέταλλο ενεργό αέριο) : Εάν ο σωλήνας επαφής χαλκού έρθει σε επαφή με τη λίμνη συγκόλλησης, μπορεί να τήξει και να συνεισφέρει σωματίδια χαλκού στη συγκόλληση. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μεταλλικά εγκλείσματα μέσα στη συγκόλληση.



Εικόνα 14: solid inclusions (πηγή: (hughes, 2009))

Η πρόληψη αυτών των αιτιών απαιτεί προσεκτικό έλεγχο της διαδικασίας συγκόλλησης, συμπεριλαμβανομένης της προετοιμασίας των υλικών, της επιλογής των κατάλληλων παραμέτρων συγκόλλησης και της χρήσης κατάλληλων τεχνικών συγκόλλησης. Μέθοδοι επιθεώρησης και δοκιμών, όπως οπτική επιθεώρηση, ακτινογραφία ή δοκιμή υπερήχων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση εγκλεισμάτων, έτσι ώστε οι προσβεβλημένες συγκολλήσεις να μπορούν να επισκευαστούν ή να αντικατασταθούν όπως απαιτείται.

2.3.3. Έλλειψη τήξης (lack of fusion):

Η έλλειψη τήξης είναι ένα κοινό ελάττωμα στη συγκόλληση που εμφανίζεται όταν το μέταλλο συγκόλλησης δεν συγκολλάται πλήρως με το μητρικό μέταλλο ή το προηγούμενο σφαιρίδιο συγκόλλησης. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αδύναμες αρθρώσεις και πιθανή αστοχία της συγκόλλησης. Κάποιες από τις κύριες αιτίες της έλλειψης φαίνονται παρακάτω.

Λανθασμένη προετοιμασία της άρθρωσης:

- *Στενό διάκενο ρίζας*: Εάν το διάκενο είναι πολύ στενό, μπορεί να μην υπάρχει αρκετός χώρος για να διεισδύσει πλήρως το μέταλλο συγκόλλησης και να συγκολληθεί με τα υλικά βάσης.
- *Large Root Face*: Εάν η όψη της ρίζας είναι πολύ μεγάλη, μπορεί επίσης να εμποδίσει τη σωστή διείσδυση και τη τήξη.

2. Λανθασμένες παράμετροι συγκόλλησης:

- *Πολύ χαμηλό ρεύμα*: Το ανεπαρκές ρεύμα θα οδηγήσει σε ανεπαρκή θερμότητα, εμποδίζοντας το μέταλλο της συγκόλλησης να τήξει αρκετά ώστε να συγκολληθεί με τα υλικά βάσης.

3. Κακή τεχνική οξυγονοκολλητή:

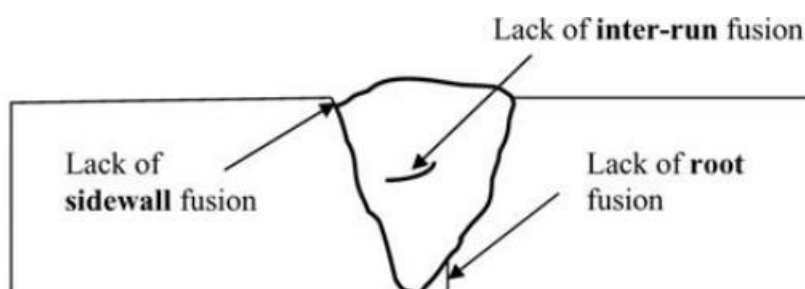
- *Λανθασμένες γωνίες κλίσης ή κλίσης ηλεκτροδίου*: Η γωνία του ηλεκτροδίου επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο η θερμότητα κατευθύνεται στον σύνδεσμο. Οι εσφαλμένες γωνίες μπορεί να οδηγήσουν σε έλλειψη διείσδυσης και ατελή σύνδεση των μετάλλων.

4. Φύσημα με μαγνητικό τόξο:

- Αυτό το φαινόμενο συμβαίνει όταν τα μαγνητικά πεδία γύρω από το τόξο συγκόλλησης το εκτρέπουν από την προβλεπόμενη διαδρομή του. Μπορεί να οδηγήσει σε ασυνέπεια στο σφαιρίδιο συγκόλλησης και έλλειψη τήξης σε ορισμένες περιοχές.

Άλλες πιθανές αιτίες ή παράγοντες που συμβάλλουν στην έλλειψη τήξης μπορεί να περιλαμβάνουν:

- Μολυσμένα υλικά ή αναλώσιμα συγκόλλησης: Η παρουσία βρωμιάς, λαδιού, σκουριάς ή άλλων ρύπων μπορεί να αποτρέψει τη σωστή τήξη.
- Λανθασμένη τεχνική συγκόλλησης, συμπεριλαμβανομένης της ταχύτητας ταξιδιού : Η πολύ γρήγορη ή πολύ αργή συγκόλληση μπορεί να οδηγήσει σε έλλειψη τήξης. Μια λανθασμένη αλληλουχία συγκόλλησης μπορεί επίσης να συμβάλει σε αυτό το πρόβλημα.
- Ακατάλληλο προστατευτικό αέριο ή ρυθμός ροής: Η εσφαλμένη επιλογή ή ο ρυθμός ροής του προστατευτικού αερίου μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τη σταθερότητα της λίμνης συγκόλλησης και να οδηγήσει σε έλλειψη τήξης.
- Περιβαλλοντικοί παράγοντες: Ο άνεμος ή τα ρεύματα μπορεί να ψύχουν πολύ γρήγορα τη λίμνη συγκόλλησης ή να επηρεάσουν την κάλυψη του προστατευτικού αερίου, οδηγώντας σε έλλειψη τήξης.
- Ζητήματα εξοπλισμού: Η δυσλειτουργία ή η ακατάλληλη συντήρηση του εξοπλισμού συγκόλλησης μπορεί να οδηγήσει σε ασυνεπή θερμότητα ή άλλα προβλήματα που προκαλούν έλλειψη τήξης.



Εικόνα 15: Ατελής τήξη (πηγή: (hughes, 2009))

Η πρόληψη της έλλειψης τήξης απαιτεί προσεκτική προσοχή στις διαδικασίες συγκόλλησης, συμπεριλαμβανομένου του κατάλληλου σχεδιασμού αρμών, της σωστής επιλογής των παραμέτρων συγκόλλησης, της καλής τεχνικής συγκόλλησης και της διατήρησης καθαρών και στεγνών υλικών βάσης και πλήρωσης. Η τακτική επιθεώρηση και η δοκιμή μπορούν επίσης να βοηθήσουν στον εντοπισμό και τη διόρθωση τυχόν έλλειψης τήξης προτού γίνει κρίσιμο πρόβλημα.

2.3.4. Ατελής διείσδυση ρίζας (incomplete root penetration):

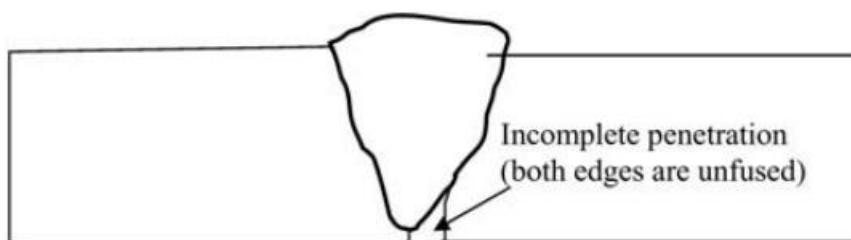
Η ατελής διείσδυση ρίζας αναφέρεται σε ένα ελάττωμα όπου οι άκρες των όψεων της ρίζας μιας ένωσης συγκόλλησης δεν συγχωνεύονται σωστά μεταξύ τους. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αδύναμη άρθρωση και τελικά αποτυχία υπό πίεση

Λανθασμένη προετοιμασία της άρθρωσης:

- Στενό διάκενο ρίζας: Εάν ο χώρος μεταξύ των τεμαχίων που συγκολλούνται είναι πολύ στενός, το μέταλλο συγκόλλησης μπορεί να μην διεισδύσει πλήρως στη ρίζα του αρμού.

- Μεγάλη επιφάνεια ρίζας: Μια μεγάλη επιφάνεια ρίζας μπορεί επίσης να εμποδίσει το υλικό συγκόλλησης να διεισδύσει πλήρως στη ρίζα.
2. Λανθασμένες παράμετροι συγκόλλησης:
 - Πολύ χαμηλό ρεύμα: Το ρεύμα συγκόλλησης σχετίζεται άμεσα με τη θερμότητα του τόξου συγκόλλησης. Εάν το ρεύμα είναι πολύ χαμηλό, το τόξο μπορεί να μην είναι αρκετά ζεστό για να τήξει σωστά το βασικό μέταλλο, οδηγώντας σε ατελή τήξη.
 3. Κακή τεχνική συγκολλητή:
 - Λανθασμένες γωνίες κλίσης ή κλίσης ηλεκτροδίου: Η γωνία στην οποία συγκρατείται το ηλεκτρόδιο μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την κατεύθυνση και το σχήμα της λίμνης συγκόλλησης. Οι εσφαλμένες γωνίες μπορεί να οδηγήσουν σε ακατάλληλη κατανομή του μετάλλου συγκόλλησης.
 4. Φύσημα μαγνητικού τόξου: Αυτό το φαινόμενο συμβαίνει όταν τα μαγνητικά πεδία διαταράσσουν τη σταθερότητα του ηλεκτρικού τόξου. Μπορεί να προκαλέσει την περιπλάνηση του τόξου, οδηγώντας σε ασυνεπή τήξη και διείσδυση.
 5. Κακός καθαρισμός επιφάνειας: Οι ρύποι όπως η σκουριά, η βρωμιά, το λάδι ή το χρώμα μπορούν να αποτρέψουν τη σωστή τήξη. Ο σωστός καθαρισμός και η προετοιμασία των προς συγκόλληση επιφανειών είναι απαραίτητα για την επίτευξη πλήρους διείσδυσης.

Η κατανόηση και ο έλεγχος αυτών των παραγόντων είναι το κλειδί για την παραγωγή ισχυρών συγκολλήσεων χωρίς ελαττώματα. Μέθοδοι επιθεώρησης, όπως οπτική εξέταση, ακτινογραφική εξέταση ή δοκιμή υπερήχων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση ατελούς διείσδυσης και θα πρέπει να λαμβάνονται διορθωτικά μέτρα με βάση τη συγκεκριμένη αιτία του ελαττώματος.



Εικόνα 16 : Ατελής διείσδυση ρίζας (πηγή: (hughes, 2009))

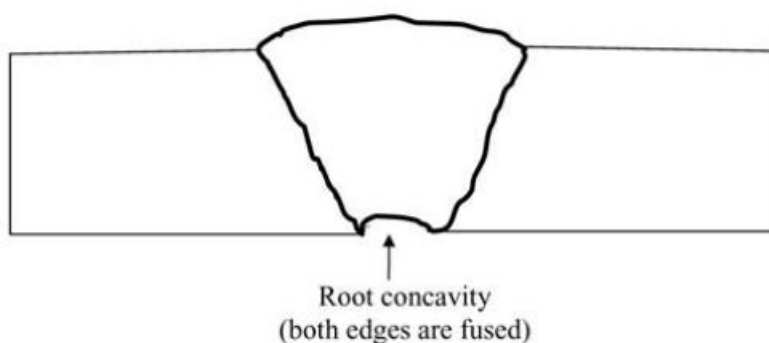
2.3.5. Κοιλότητα ρίζας (Root concavity)

Η κοιλότητα της ρίζας είναι μια εσοχή που μοιάζει με αυλάκωση στην πλευρά της ρίζας της άρθρωσης συγκόλλησης και μπορεί να έχει ορισμένες δυσμενείς επιπτώσεις στη συγκόλληση, όπως μείωση της διατομής της συγκόλλησης, οδηγώντας ενδεχομένως σε μειωμένη αντοχή και άλλα προβλήματα ποιότητας.

1. Όψη ρίζας ή διάκενο ρίζας Πολύ μεγάλο: Εάν η επιφάνεια ρίζας ή το διάκενο της ρίζας είναι πολύ μεγάλο, μπορεί να οδηγήσει σε έλλειψη διείσδυσης και στήριξης για το μέταλλο συγκόλλησης, προκαλώντας κοιλότητα.
2. Υπερβολική πίεση καθαρισμού στη συγκόλληση TIG: Η συγκόλληση TIG (συγκόλληση αδρανούς αερίου βολφραμίου) χρησιμοποιεί ένα αδρανές προστατευτικό αέριο για

να αποτρέψει τη μόλυνση της λίμνης συγκόλλησης. Η υπερβολική πίεση καθαρισμού μπορεί να διώξει το τηγμένο μέταλλο, οδηγώντας σε κοιλότητα της ρίζας.

3. Υπερβολική λείανση με σφαιρίδια ρίζας: Η υπερβολική λείανση του σφαιριδίου ρίζας πριν από την εφαρμογή του δεύτερου περάσματος συγκόλλησης μπορεί να δημιουργήσει ένα κοίλο σχήμα που μπορεί να μην γεμίσει επαρκώς κατά το επόμενο πέρασμα συγκόλλησης.
4. Λανθασμένες παράμετροι συγκόλλησης: Αυτό περιλαμβάνει τη χρήση υπερβολικής ή πολύ μικρής θερμότητας, εσφαλμένες γωνίες ηλεκτροδίων ή εσφαλμένη ταχύτητα διαδρομής. Όλα αυτά μπορεί να οδηγήσουν σε ανισορροπία στη λίμνη συγκόλλησης και να οδηγήσουν σε κοιλότητα.
5. Ακατάλληλο μέγεθος ή τύπος ηλεκτροδίου: Η χρήση ακατάλληλου ηλεκτροδίου μπορεί να οδηγήσει σε έλλειψη ελέγχου της λίμνης συγκόλλησης, οδηγώντας σε αυτό το ελάττωμα.
6. Ανεπαρκές υλικό πλήρωσης: Εάν δεν χρησιμοποιείται αρκετό υλικό πλήρωσης, μπορεί να προκαλέσει την κοίλη άρθρωση καθώς η συγκόλληση ψύχεται και στερεοποιείται.
7. Λανθασμένη τεχνική συγκόλλησης: Η ικανότητα και η τεχνική είναι ζωτικής σημασίας στη συγκόλληση. Η κακή τεχνική μπορεί να οδηγήσει σε ανομοιόμορφη κατανομή του μετάλλου συγκόλλησης, με αποτέλεσμα την κοιλότητα.
8. Θέση συγκόλλησης: Η συγκόλληση σε ορισμένες θέσεις, όπως το πάνω μέρος, μπορεί μερικές φορές να προκαλέσει τη βαρύτητα να τραβήξει το τηγμένο μέταλλο συγκόλλησης μακριά από τη ρίζα, οδηγώντας σε κοιλότητα.



Εικόνα 17: Κοιλότητα ρίζας (πηγή : (Δρ.Σ.Χιονόπουλος, 2021))

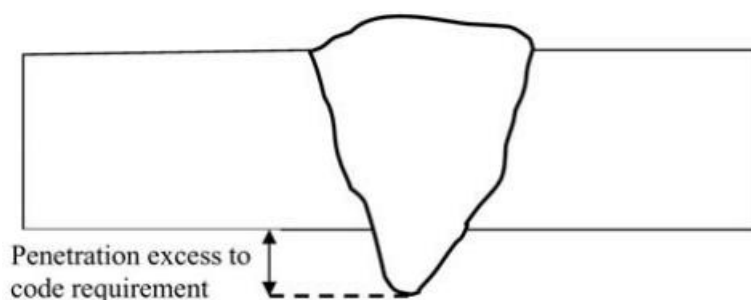
Η κοιλότητα της ρίζας μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα όπως μειωμένη αντοχή συγκόλλησης και πιθανή αστοχία σε εφαρμογές πίεσης ή φέρουσας πίεσης. Είναι σημαντικό να ελέγχεται τους παραπάνω παράγοντες μέσω του κατάλληλου σχεδιασμού, επιλογής υλικών και εξειδικευμένων τεχνικών συγκόλλησης για την αποφυγή αυτού του ελαττώματος. Η παρακολούθηση και η επιθεώρηση της συγκόλλησης μπορεί επίσης να βοηθήσει στον εντοπισμό και τη διόρθωση της κοιλότητας της ρίζας.

2.3.6. Υπερβολική διείσδυση (Excessive root penetration)

Η υπερβολική διείσδυση αναφέρεται στην κατάσταση όπου το μέταλλο συγκόλλησης διεισδύει βαθύτερα από ό,τι απαιτείται. Αυτή η συνθήκη γενικά δεν είναι αποδεκτή και

μπορεί να οδηγήσει σε ελαττώματα συγκόλλησης που θέτουν σε κίνδυνο την ακεραιότητα, την ποιότητα και την απόδοση της συγκόλλησης.

1. Κακή γεωμετρία ακμών συγκόλλησης: μπορεί να προκαλέσει το υλικό συγκόλλησης να διεισδύσει πολύ βαθιά.
2. Πολύ μεγάλα κενά ρίζας: Το διάκενο ρίζας είναι η απόσταση μεταξύ των τεμαχίων που συγκολλούνται στη ρίζα. Εάν αυτό το κενό είναι πολύ μεγάλο, μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη διείσδυση από ό,τι απαιτείται, καθώς το μέταλλο συγκόλλησης προσπαθεί να γεμίσει τον χώρο.
3. Υπερβολικό ρεύμα: Η χρήση υψηλότερου ρεύματος από αυτό που χρειάζεται μπορεί να οδηγήσει σε βαθύτερη διείσδυση. Όσο μεγαλύτερο είναι το ρεύμα, τόσο περισσότερη θερμότητα παράγεται, επιτρέποντας στο μέταλλο της συγκόλλησης να διεισδύσει περαιτέρω στο υλικό βάσης.
4. Ταχύτητα πρόωσης ηλεκτροδίου πολύ αργή: Εάν το ηλεκτρόδιο μετακινηθεί πολύ αργά κατά μήκος του τεμαχίου εργασίας, αφιερώνει περισσότερο χρόνο σε μια περιοχή, γεγονός που παράγει περισσότερη θερμότητα. Αυτό μπορεί επίσης να προκαλέσει τη διείσδυση του μετάλλου συγκόλλησης βαθύτερα από όσο χρειάζεται.



Εικόνα 18: Υπερβολική διείσδυση (πηγή: (Δρ.Σ.Χιονόπουλος, 2021))

Αυτοί οι παράγοντες είναι κρίσιμοι για τον έλεγχο σε μια διαδικασία συγκόλλησης για την επίτευξη της επιθυμητής ποιότητας και απόδοσης συγκόλλησης. Η σωστή κατανόηση των προδιαγραφών, των ρυθμίσεων και των συνθηκών που οδηγούν είτε σε υπερβολική είτε σε υπερβολική διείσδυση είναι ζωτικής σημασίας τόσο για τον επαγγελματία συγκόλλησης όσο και για τον επιθεωρητή συγκόλλησης. Βοηθά να διασφαλιστεί ότι η συγκόλληση εκτελείται σύμφωνα με τους ισχύοντες κώδικες και πρότυπα και ότι θα αποδώσει ικανοποιητικά στην προβλεπόμενη εφαρμογή της.

2.3.7. Επικάλυψη (Overlap)

Η επικάλυψη συμβαίνει όταν το μέταλλο πλήρωσης εναποτίθεται στην επιφάνεια του μητρικού μετάλλου αλλά δεν συγχωνεύεται σωστά με αυτό. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μια αδύναμη άρθρωση που μπορεί να αποτύχει υπό πίεση.

Λανθασμένη ταχύτητα συγκόλλησης:

- Εάν ο συγκολλητής μετακινήσει το πιστόλι συγκόλλησης πολύ γρήγορα κατά μήκος της άρθρωσης, το μέταλλο πλήρωσης μπορεί να μην έχει αρκετό χρόνο για να τήξει σωστά και να συγκολληθεί με το βασικό μέταλλο, οδηγώντας σε επικάλυψη.

- Αντίθετα, η κίνηση του φακού πολύ αργά μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολική απόθεση μετάλλου πλήρωσης στην επιφάνεια χωρίς σωστή τήξη, οδηγώντας επίσης σε επικάλυψη.

2. Λανθασμένη τεχνική συγκόλλησης:

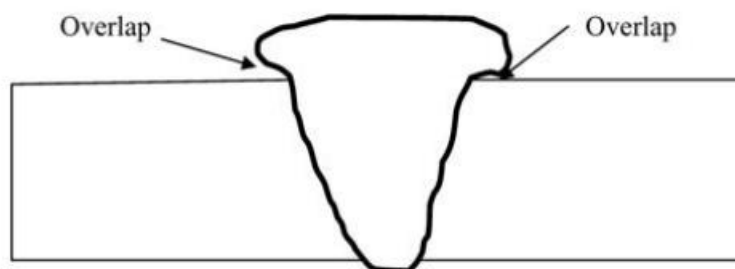
- Το κράτημα του φακού σε λάθος γωνία ή η χρήση ασυνεπούς κίνησης μπορεί να οδηγήσει σε ακατάλληλη κατανομή του υλικού πλήρωσης, προκαλώντας το να βρίσκεται στην επιφάνεια αντί να διεισδύσει στην άρθρωση.
- Η χρήση λανθασμένου τύπου ή μεγέθους υλικού πλήρωσης μπορεί επίσης να συμβάλει στην επικάλυψη. Το υλικό πρέπει να είναι συμβατό με το μητρικό μέταλλο και το σωστό μέγεθος για τη συγκεκριμένη διαδικασία σύνδεσης και συγκόλλησης που χρησιμοποιείται.

3. Χαμηλή ένταση ρεύματος:

- Η συγκόλληση με πολύ χαμηλό ρεύμα δεν θα παράγει αρκετή θερμότητα για να τήξει σωστά το μέταλλο πλήρωσης και τα άκρα του βασικού μετάλλου. Αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα το μέταλλο πλήρωσης απλώς να βρίσκεται πάνω από το μητρικό μέταλλο αντί να συντήκεται με αυτό.

Πρόσθετοι παράγοντες που μπορεί να προκαλέσουν επικάλυψη περιλαμβάνουν:

- Μολυσμένες επιφάνειες: Εάν το μητρικό μέταλλο δεν έχει καθαριστεί σωστά και δεν έχει ρύπους όπως λάδι, χρώμα ή σκουριά, μπορεί να εμποδίσει τη σωστή τήξη.
- Λανθασμένη επιλογή ή προετοιμασία ηλεκτροδίου: Η χρήση λανθασμένου τύπου ηλεκτροδίου ή κάποιου που δεν έχει προετοιμαστεί σωστά μπορεί επίσης να οδηγήσει σε επικάλυψη.
- Ακατάλληλο προστατευτικό αέριο ή περιβάλλον: Εάν το προστατευτικό αέριο δεν είναι κατάλληλο για τη συγκεκριμένη διαδικασία συγκόλλησης ή εάν η συγκόλληση γίνεται σε περιβάλλον με αέρα, μπορεί να οδηγήσει σε διαταραγμένη πύση συγκόλλησης και ακατάλληλη τήξη.



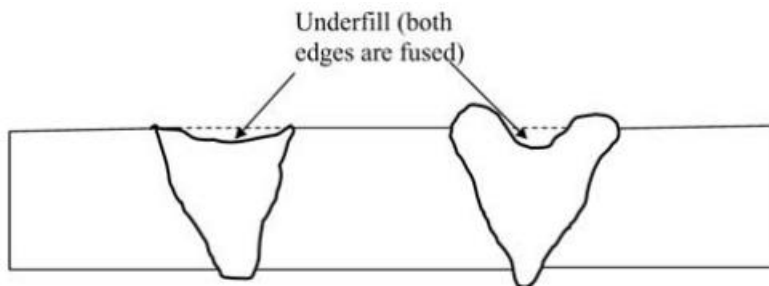
Εικόνα 19 : Επικάλυψη (πηγή: (Δρ.Σ.Χιονόπουλος, 2021))

Η κατανόηση και ο έλεγχος αυτών των μεταβλητών είναι απαραίτητος για την παραγωγή ισχυρών και χωρίς ελαττώματα συγκολλήσεων. Η σωστή εκπαίδευση και πρακτική, μαζί με την τήρηση των καθιερωμένων διαδικασιών και οδηγιών συγκόλλησης, μπορούν να βοηθήσουν στην αποφυγή επικαλύψεων και άλλων ελαττωμάτων συγκόλλησης.

2.3.8. Υποπλήρωση (underfill)

Η υποπλήρωση είναι ένα συνηθισμένο ελάττωμα συγκόλλησης, όπου το μέταλλο συγκόλλησης δεν γεμίζει πλήρως την άρθρωση, με αποτέλεσμα μια κοιλότητα κάτω από το επιδιωκόμενο επίπεδο σύνδεσης

1. Πολύ μικρό ηλεκτρόδιο: Η χρήση ενός ηλεκτροδίου που είναι πολύ μικρό για τη συγκεκριμένη εφαρμογή μπορεί να οδηγήσει σε ανεπαρκή απόθεση υλικού πλήρωσης στην άρθρωση συγκόλλησης. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αδυναμία σωστής πλήρωσης της άρθρωσης στο επίπεδο του μητρικού υλικού.
2. Πολύ λίγες διαδρομές συγκόλλησης: Οι διαδρομές συγκόλλησης αναφέρονται στα μεμονωμένα περάσματα συγκόλλησης κατά μήκος του αρμού. Εάν γίνουν πολύ λίγες διαδρομές συγκόλλησης, ενδέχεται να μην έχει εναποτεθεί αρκετό υλικό πλήρωσης για να γεμίσει πλήρως την άρθρωση. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε υποπλήρωση, ειδικά σε αρθρώσεις που απαιτούν πολλαπλά περάσματα για να γεμίσουν.
3. Κακή τεχνική συγκόλλησης: Η ικανότητα και η τεχνική του συγκολλητή παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση μιας σωστής συγκόλλησης. Ο κακός χειρισμός του τόξου συγκόλλησης, η λανθασμένη γωνία ή η ακατάλληλη ταχύτητα διαδρομής μπορεί να οδηγήσει σε υποπλήρωση. Ο συγκολλητής πρέπει να κατανοήσει τις ειδικές απαιτήσεις της συγκόλλησης, συμπεριλαμβανομένου του σωστού συνδυασμού ρεύματος, τάσης, ταχύτητας και επιλογής ηλεκτροδίων, για να αποφευχθεί η υποπλήρωση.
4. Λανθασμένες παράμετροι συγκόλλησης: Αυτό περιλαμβάνει παράγοντες όπως εσφαλμένη τάση, ρεύμα ή ταχύτητα διαδρομής. Αυτές οι παράμετροι πρέπει να ρυθμιστούν σωστά ανάλογα με το υλικό, τον τύπο της άρθρωσης και τη διαδικασία συγκόλλησης που χρησιμοποιείται. Εάν δεν βελτιστοποιηθούν, μπορεί να οδηγήσουν σε ανεπαρκή τήξη και εναπόθεση του υλικού πλήρωσης, με αποτέλεσμα την υποπλήρωση.
5. Ανεπαρκής προετοιμασία της άρθρωσης: Εάν η άρθρωση δεν προετοιμαστεί σωστά, συμπεριλαμβανομένου του καθαρισμού, της λοξότμησης (αν απαιτείται) και της ευθυγράμμισης, μπορεί να είναι δύσκολο να γεμίσετε πλήρως την άρθρωση. Η σωστή προετοιμασία της άρθρωσης διασφαλίζει ότι το μέταλλο συγκόλλησης έχει πλήρη πρόσβαση στο χώρο της άρθρωσης και ότι υπάρχει αρκετός χώρος για την απαιτούμενη ποσότητα υλικού πλήρωσης.
6. Παρουσία ρύπων: Μερικές φορές, μολυσματικές ουσίες όπως η σκουριά, το χρώμα ή το λίπος μπορεί να επηρεάσουν τη ροή του τηγμένου μετάλλου, οδηγώντας σε υποπλήρωση. Ο σωστός καθαρισμός και η προετοιμασία της περιοχής συγκόλλησης μπορεί να μετριάσει αυτό το πρόβλημα.



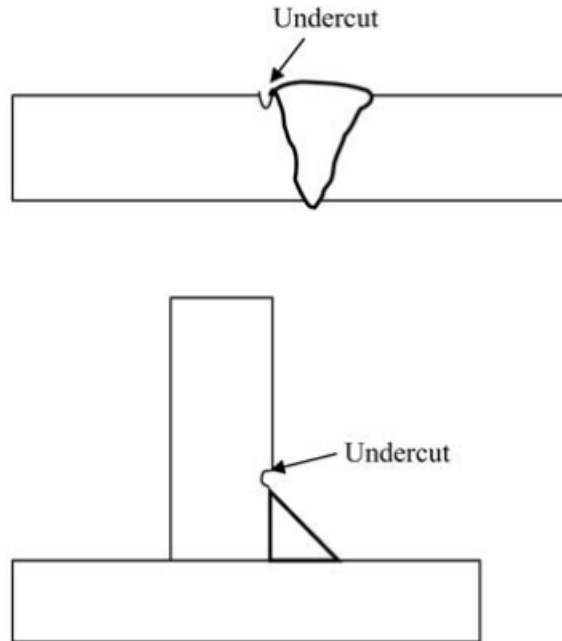
Εικόνα 20 : Υποπλήρωση (πηγή : (hughes, 2009))

Η κατανόηση και ο έλεγχος αυτών των παραγόντων είναι το κλειδί για την αποφυγή υποπλήρωσης και την επίτευξη μιας ισχυρής, υψηλής ποιότητας συγκόλλησης. Η επιθεώρηση, τόσο οπτική όσο και με χρήση μη καταστροφικών μεθόδων δοκιμών, μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό της υποπλήρωσης, ώστε να μπορούν να γίνουν οι απαραίτητες επισκευές.

2.3.9. Υποκοπή (undercut)

Η υποκοπή, είναι μια μη γεμάτη αυλάκωση που αφήνεται στο δάκτυλο της συγκόλλησης, προκαλώντας μείωση του πάχους του υλικού και σχηματίζοντας συγκέντρωση τάσης. Αυτό το ελάττωμα μπορεί να διαδώσει αστοχίες όπως κατάγματα κόπωσης.

1. Υπερβολικά αμπέρ/βολτ: Το υπερβολικό ρεύμα ή τάση μπορεί να δημιουργήσει ένα επιθετικό τόξο που σκάβει στο υλικό βάσης, προκαλώντας την υποχώρηση των άκρων της συγκόλλησης και τη δημιουργία υποκοπής.
2. Υπερβολική ταχύτητα συγκόλλησης: Εάν ο συγκολλητής μετακινήσει τον φακό πολύ γρήγορα, μπορεί να μην έχει εναποτεθεί αρκετό υλικό πλήρωσης για να γεμίσει το αυλάκι. Αυτό αφήνει μια κοιλότητα στο σφαιρίδιο συγκόλλησης που υπόκειται σε αυξημένη πίεση.
3. Λανθασμένη γωνία ηλεκτροδίου: Η γωνία του ηλεκτροδίου επηρεάζει την κατεύθυνση και τη συγκέντρωση της θερμότητας και του υλικού πλήρωσης. Εάν η γωνία είναι λανθασμένη, μπορεί να οδηγήσει σε ανομοιόμορφη τήξη και να οδηγήσει σε υποκοπή.
4. Λανθασμένη τεχνική συγκόλλησης: Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει πολλά ζητήματα, όπως λανθασμένη ταλάντωση, λανθασμένο χειρισμό του ηλεκτροδίου ή αστοχία στον σωστό έλεγχο της λίμνης συγκόλλησης. Όλοι αυτοί οι παράγοντες μπορούν να συμβάλουν στην υποτίμηση.
5. Πολύ μεγάλο ηλεκτρόδιο: Ένα μεγαλύτερο ηλεκτρόδιο μπορεί να δημιουργήσει μια λίμνη συγκόλλησης που είναι πολύ μεγάλη ή πολύ ζεστή, οδηγώντας σε τήξη στα άκρα της συγκόλλησης και σχηματισμό υποκοπής.



Εικόνα 21: Υποκοπή (πηγή : (Δρ.Σ.Χιονόπουλος, 2021))

Η αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων συχνά περιλαμβάνει σωστή εκπαίδευση, προσεκτική επιλογή εξοπλισμού και υλικών και τήρηση της σωστής διαδικασίας συγκόλλησης. Η παρακολούθηση και η επιθεώρηση είναι επίσης κρίσιμες για την ανίχνευση υπολειμμάτων και τη λήψη διορθωτικών μέτρων εάν είναι απαραίτητο. Τα διαφορετικά πρότυπα συγκόλλησης και οι κώδικες σχεδίασης θα έχουν συγκεκριμένα κριτήρια αποδοχής για την υποκοπή, τα οποία μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με την εφαρμογή, το υλικό και τις συνθήκες συντήρησης.

Τα σφάλματα συγκόλλησης δεν είναι απλώς ενοχλήσεις. Μπορούν να θέτουν σημαντικούς κινδύνους τόσο για τη λειτουργικότητα όσο και για την ασφάλεια των συγκολλημένων κατασκευών. Η βαθιά κατανόηση αυτών των κοινών ελαττωμάτων συγκόλλησης, των βαθύτερων αιτιών τους και των μεθόδων πρόληψης ή μετριασμού τους είναι ζωτικής σημασίας για οποιονδήποτε ασχολείται με τη συγκόλληση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Στη ναυτιλιακή βιομηχανία, η διαχείριση του νερού έρματος αποτελεί ένα κεντρικό ζήτημα, ιδιαίτερα όταν λαμβάνουμε υπόψη τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τις συνεχώς αυξανόμενες διεθνείς προδιαγραφές. Σε αυτό το κεφάλαιο, θα αναλυθούν τρία ερευνητικά άρθρα που εξετάζουν διαφορετικές πτυχές της διαχείρισης του νερού έρματος. Πιο συγκεκριμένα, θα εστιάσουμε στην αξιολόγηση της συμμόρφωσης των συστημάτων διαχείρισης του νερού έρματος σε διάφορα είδη λειτουργικών πλοίων βάσει του προτύπου D-2, την εγκατάσταση και χρήση συστημάτων επεξεργασίας νερού έρματος, καθώς και τις επιπτώσεις αυτών για τη συμμόρφωση και την εφαρμογή τους. Τέλος, θα καταλήξουμε στη συγκριτική μελέτη για την εφαρμογή συστημάτων επεξεργασίας νερού έρματος σε ένα φορτηγό πλοίο. Μέσα από αυτή τη συνολική προσέγγιση, ελπίζουμε να παρέχουμε μια εις βάθος εποπτεία των τρεχόντων προκλήσεων και λύσεων σχετικά με τη διαχείριση του νερού έρματος στην ναυτιλία.

3.1. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΝΕΡΟΥ ΕΡΜΑΤΟΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΟΥΣ ΤΥΠΟΥΣ ΠΛΟΙΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ D-2

Η μελέτη στοχεύει να διερευνήσει εάν οι υδρόβιοι ζωντανοί μικροοργανισμοί (≥ 50 μm ζωντανοί οργανισμοί, 10-50 μm ζωντανοί οργανισμοί και μικροοργανισμοί) στο νερό έρματος διαφορετικών τύπων πλοίων (Cargo, LNG, Container) πληρούν το πρότυπο D-2 μετά την επεξεργασία με εξοπλισμό BWMS. Επιπλέον προσπαθεί να εντοπίσει τους λόγους μη συμμόρφωσης με το πρότυπο D2 και να προτείνει μέτρα για την βελτίωση της αποτελεσματικότητας των συστημάτων ballast water.

3.1.1. Πληροφορίες δειγμάτων

Από το 2020 έως το 2022, συλλέχθηκαν 28 δείγματα νερού έρματος πλοίων διαφορετικών τύπων σκαφών στο λιμάνι της Σαγκάης. Τα σκάφη επιλέχθηκαν τυχαία και έπρεπε να μεταφέρουν νερό έρματος επεξεργασμένο με BWMS, ώστε να μπορέσουμε να συλλέξουμε αντιπροσωπευτικά δείγματα επί του σκάφους. Έχουμε δυο ειδών δείγματα αυτά που συλλέχθηκαν πριν την επεξεργασία του νερού από το BWS (νερό πρόσληψης έρματος) και τα δείγματα νερού εκκένωσης έρματος.

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε Τα χαρακτηριστικά των δειγμάτων νερού έρματος, συμπεριλαμβανομένου

- του έτους δειγματοληψίας
- της περιόδου δειγματοληψίας,
- του τύπου πλοίου,
- του μοντέλου BWMS
- του τύπου απολύμανσης BWMS ,
- και το αποτέλεσμα σε σύγκριση με το πρότυπο D-2

Πίνακας 6: Πληροφορίες για τα δείγματα του νερού έρματος πηγή: (Marine Pollution Bulletin, 2023)

Sample number	Year	Season	Ship type	BWMS model	BWMS disinfection type	Result
S1	2020	Winter	Cargo	HEADWAY Ocean Guard® BWMS:26	Filtration + electrolysis + neutralize	Pass
S2	2020	Summer	Cargo	ERMA FIRST FIT1X3000	Filtration + electrolysis + neutralize	Pass
S3	2020	Summer	Cargo	TEHCROSS ECS-2600B × 2	Electrolysis + neutralize	Pass
S4	2020	Summer	Cargo	TEHCROSS ECS-2600B × 2	Electrolysis + neutralize	Pass
S5	2020	Autumn	LNG	ALFA LAVAL PUREBALLAST 3.1	Filtration + UV	Pass
S6	2020	Autumn	LNG	ALFA LAVAL PUREBALLAST 3.1	Filtration + UV	Pass
S7	2020	Autumn	LNG	ALFA LAVAL PUREBALLAST 3.1	Filtration + UV	Pass
S8	2020	Winter	LNG	TEHCROSS ECS-2000	Electrolysis + neutralize	Pass
S9	2021	Winter	Cargo	TEHCROSS ECS1200B	Electrolysis + neutralize	Pass
S10	2021	Winter	LNG	ALFA LAVAL PUREBALLAST-2 3.2	Filtration + UV	Pass
S11	2021	Winter	LNG	LEE's FUDA LS-250	Filtration + UV	Pass
S12	2021	Winter	Cargo	Headway HMT-3000	Filtration + electrolysis + neutralize	Pass
S13	2021	Winter	Cargo	Headway HMT-3000	Filtration + electrolysis + neutralize	Pass
S14	2021	Winter	Cargo	Techcross ECS 3000B	Electrolysis + neutralize	Pass
S15	2021	Winter	Cargo	Techcross ECS 1800	Electrolysis + neutralize	Pass
S16	2021	Spring	Cargo	Sunrui BC-3000	Filtration + electrolysis + neutralize	Fail
S17	2021	Spring	LNG	Sunrui BC-3000	Filtration + electrolysis + neutralize	Pass
S18	2021	Spring	LNG	Sunrui BC-1000	Filtration + electrolysis + neutralize	Pass
S19	2021	Summer	Cargo	Headway HMT-600	Electrolysis + neutralize	Fail
S20	2021	Summer	LNG	BIO-SEA B10-1500	Filtration + electrolysis + neutralize	Pass
S21	2021	Summer	Container	BIO-SEA B14-1500	Filtration + UV	Pass
S22	2021	Summer	Container	Sunrui BC-3000	Filtration + UV	Pass
S23	2021	Summer	LNG	Headway HMT-600	Filtration + electrolysis + neutralize	Pass
S24	2021	Autumn	Container	Sunrui BC-2500	Filtration + UV	Pass
S25	2021	Autumn	LNG	Headway HMT-600	Filtration + electrolysis + neutralize	Pass
S26	2021	Winter	Container	BIO-UV BSEA-1500	Filtration + UV	Pass
S27	2022	Winter	LNG	Sunrui BC-3000X1	Filtration + electrolysis + neutralize	Pass
S28	2022	Winter	Container	BIO-SEA B14-1500 FX	Filtration + UV	Pass

3.1.2. Συλλογή και ανάλυση δειγμάτων

Τα δείγματα νερού πρόσληψης έρματος και τα δείγματα νερού έρματος εκκένωσης συλλέχθηκαν για κάθε πλοίο με αβιοτικές παραμέτρους για ζωντανούς οργανισμούς 10-50μm και για ζωντανούς οργανισμούς ≥ 50 μm.

Για ζωντανούς οργανισμούς ≥ 50 μm, τα δείγματα διηθήθηκαν και συλλέχθηκαν μέσω ενός διχτυού πλαγκτόν και για την ταυτοποίηση των ειδών χρησιμοποιήθηκε το μικροσκόπιο Olymrus SZX16 (ιδανικό για παρατήρηση δειγμάτων σε τρεις διαστάσεις).

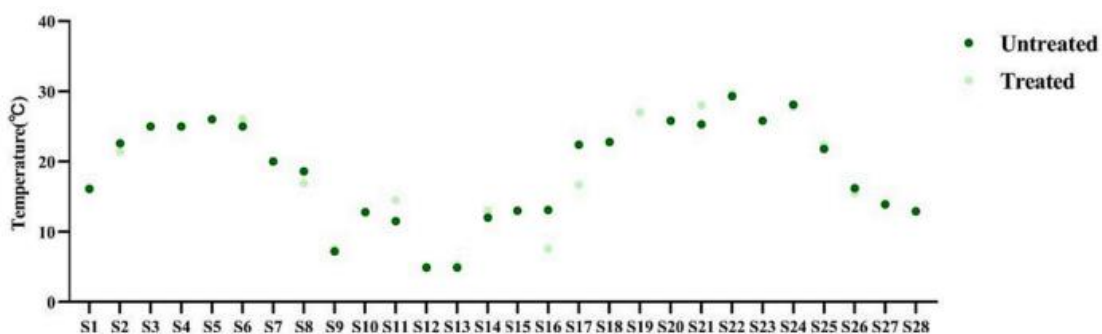
Οι αβιοτικές παράμετροι που περιλαμβάνουν τη θερμοκρασία (T) την αλατότητα (Sal), το διαλυμένο οξυγόνο (DO) και το pH αναλύθηκαν με φορητό ηλεκτρονικό αναλυτή και τα δείγματα εξετάστηκαν επί τόπου.

Για τα δείγματα ζωντανών οργανισμών 10-50μm χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι χρώσης FDA/CMFDA και για τον εντοπισμό του αριθμού τους και την ταυτοποίηση των ειδών τους χρησιμοποιήθηκε μικροσκόπιο φθορισμού.

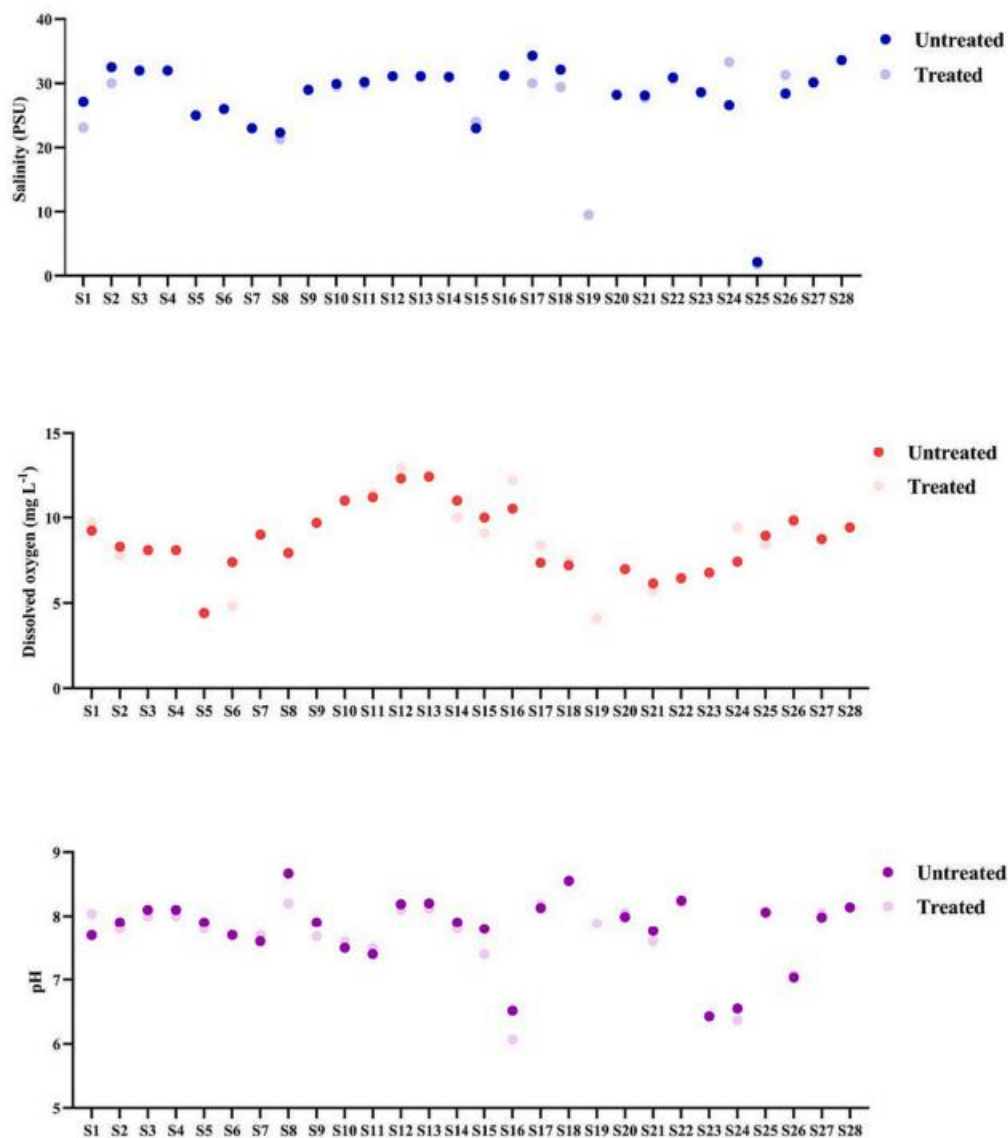
3.1.3. Αποτελέσματα

Παράμετροι ποιότητας νερού

Τα δείγματα νερού έρματος αναλύθηκαν και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μέση θερμοκρασία ήταν 18,6 °C για το μη επεξεργασμένο νερό και 18,7 °C για το νερό εκκένωσης. Το εύρος αλατότητας ήταν 2,2 PSU(μονάδα μέτρησης της αλατότητας) έως 34,3 PSU (με μέσο όρο 28,1 PSU) για το νερό πρόσληψης και 1,8 PSU έως 33,6 PSU (με μέσο όρο 27,3 PSU) για το νερό εκκένωσης. Στα περισσότερα δείγματα, δεν υπήρχε σημαντική διαφορά στην αλατότητα μεταξύ του νερού πρόσληψης και εκροής. Οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου (DO) υπολογίστηκαν ότι είναι κατά μέσο όρο 8,7 mg L⁻¹ (δηλώνει τα χιλιοστά του γραμμαρίου που περιέχονται ανά λίτρο υγρού) για το νερό πρόσληψης και κατά μέσο όρο 8,6 mg L⁻¹. Η μέση τιμή pH ήταν 7,8 για το νερό πρόσληψης και κατά μέσο όρο 7,1 για το νερό εκκένωσης. Όλα αυτά απεικονίζονται στις εικόνες 22 και 23.



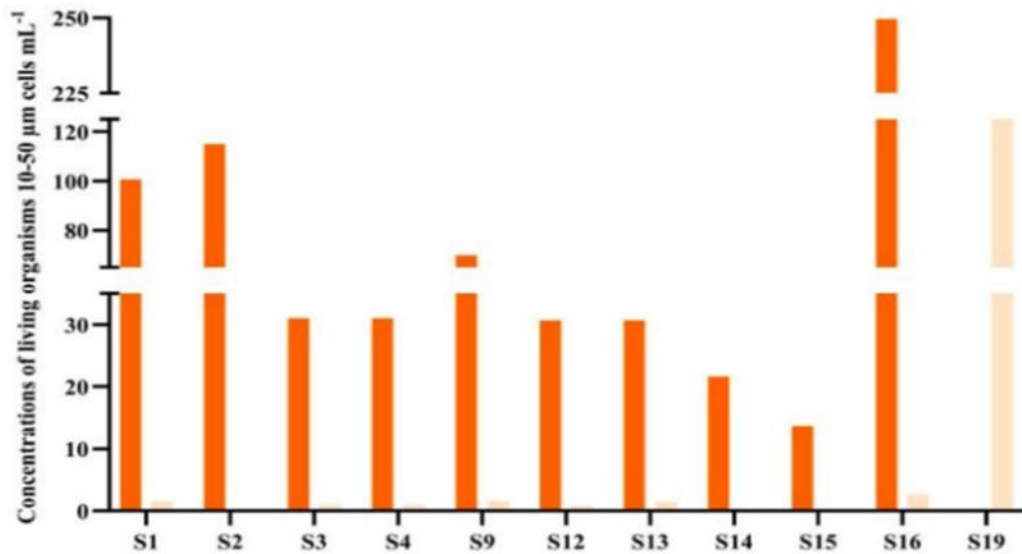
Εικόνα 22: Θερμοκρασία νερού έρματος πριν και μετά την επεξεργασία. (πηγή: (Marine Pollution Bulletin, 2023))



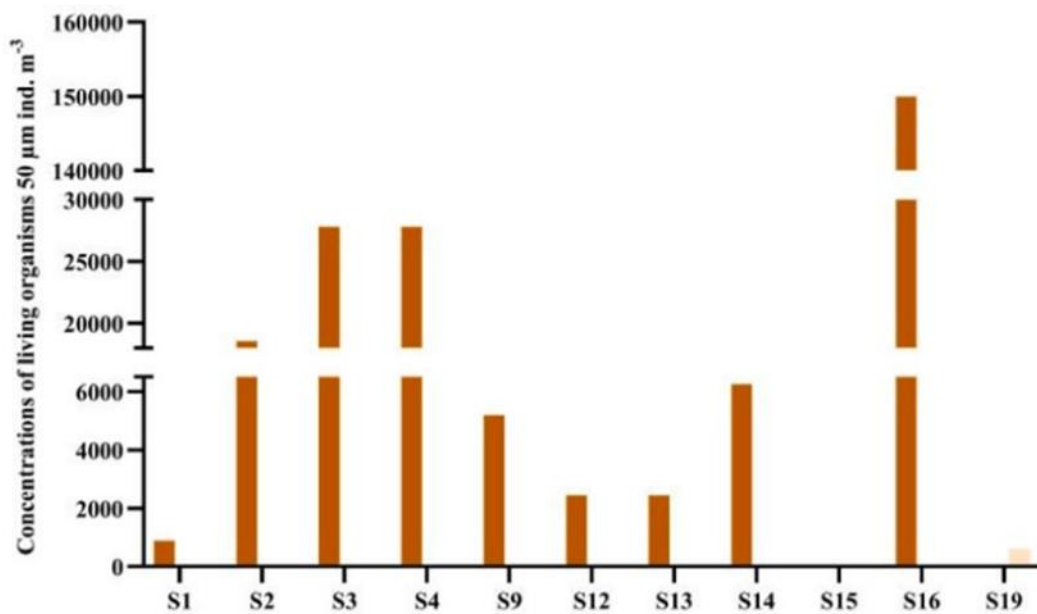
Εικόνα 23: Αλατότητα, διαλυμένο οξυγόνο και PH νερού έρματος πριν και μετά την επεξεργασία. (πηγή: (Marine Pollution Bulletin, 2023))

Φορηγά πλοία

Σε δείγματα νερού έρματος φορητών πλοίων το εύρος συγκεντρώσεων 10–50 μm ζωντανών οργανισμών στο νερό έρματος πρόσληψης ήταν 13,7–249,7 κύτταρα ανά χιλιοστό λίτρου mL⁻¹ ενώ στο νερό εκκένωσης έρματος κυμαινόταν από 0,0 έως 193,3 κύτταρα ανά χιλιοστό λίτρου mL⁻¹, με μόνο ένα δείγμα να υπερβαίνει το πρότυπο απόδοσης νερού έρματος D-2. (δείγμα S19). Η συγκέντρωση για οργανισμούς ≥50 μm στα δείγματα νερού έρματος κυμάνθηκε από 0,0 ind. m⁻³ (οργανισμούς ανά κυβικό μέτρο όγκου) έως 150.000,0 ind. m⁻³. Ενώ το εύρος στο επεξεργασμένο νερό έρματος ήταν 0,0-600,0 ind. m⁻³. Τα πλοία που υπερέβησαν το πρότυπο D-2 για ζωντανούς οργανισμούς ≥50 μm ήταν 2. (δείγμα S16,S19).



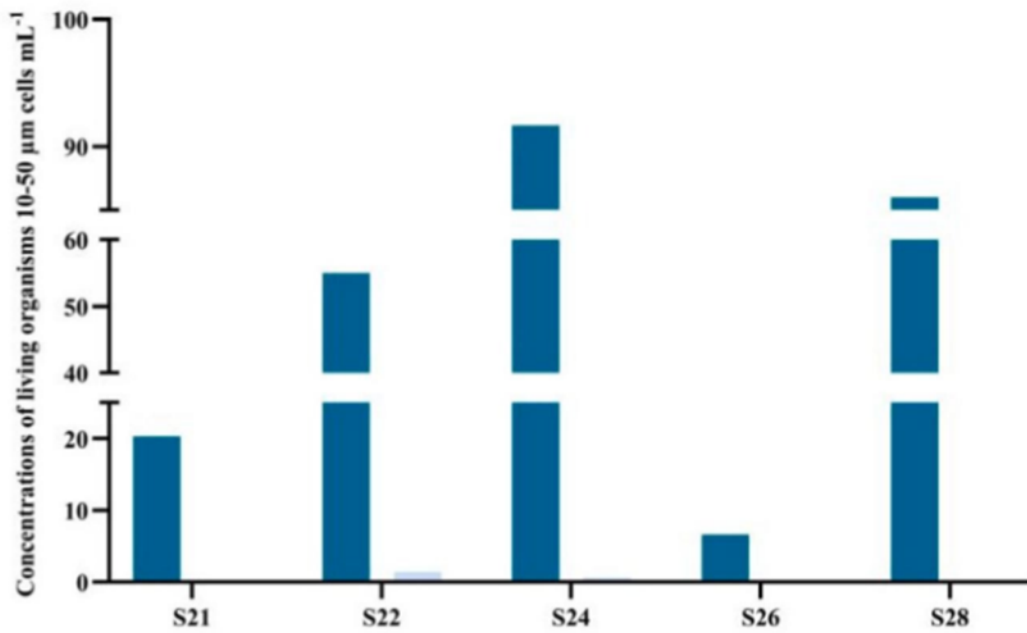
Εικόνα 24: Διακυμάνσεις στις συγκεντρώσεις ζωντανών οργανισμών 0-50 µm.(πηγή: (Marine Pollution Bulletin, 2023))



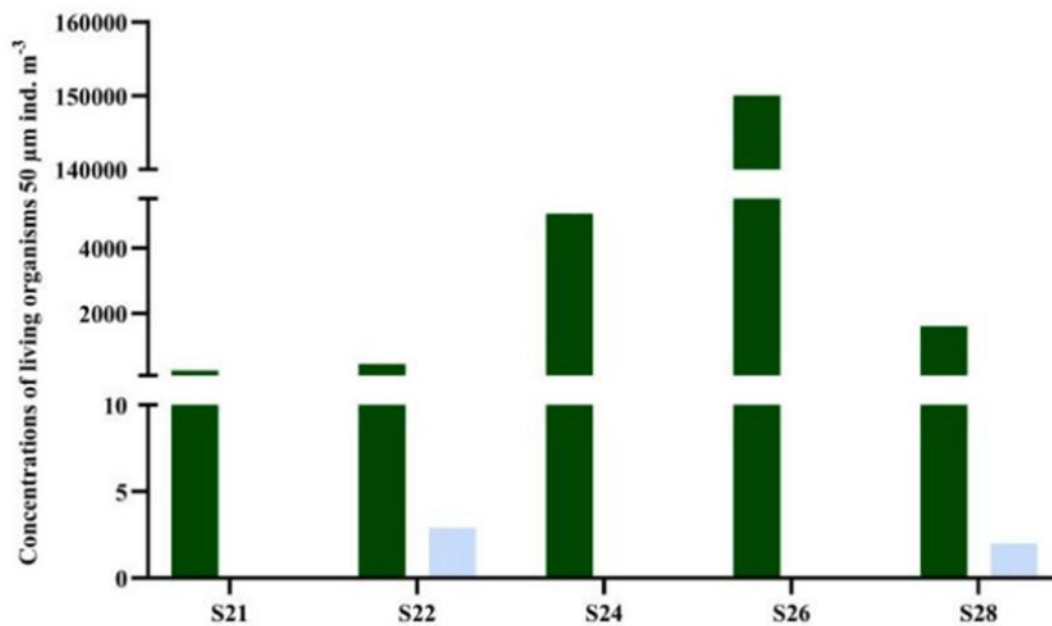
Εικόνα 25: Διακυμάνσεις στις συγκεντρώσεις ζωντανών οργανισμών ≥ 50 µm.(πηγή: (Marine Pollution Bulletin, 2023))

Πλοία εμπορευματοκιβωτίων

Σε πέντε δείγματα νερού έρματος από πλοία εμπορευματοκιβωτίων, το εύρος συγκεντρώσεων 10-50 µm ζωντανών οργανισμών του νερού έρματος πρόσληψης ήταν 6,7-91,7 κύτταρα ανά χιλιοστό λίτρου mL⁻¹ ενώ το εύρος συγκεντρώσεων του νερού εκκένωσης ήταν 0,0-1,4 κύτταρα ανά χιλιοστό λίτρου mL⁻¹. Όλα αυτά πληρούσαν τις απαιτήσεις του προτύπου D-2. Για τους ζωντανούς οργανισμούς ≥50 µm στο δείγμα νερού έρματος πρόσληψης ήταν 250,0–150.000,0 ind. m⁻³ και το εύρος συγκεντρώσεων στο νερό έρματος εκκένωσης ήταν 0,0–2,9 ind. m⁻³. Παρατηρούμε ότι και εδώ πληρούσαν τις απαιτήσεις του προτύπου D-2.



Εικόνα 26: Διακυμάνσεις στις συγκεντρώσεις ζωντανών οργανισμών 10-50 µm(πηγή: (Marine Pollution Bulletin, 2023))

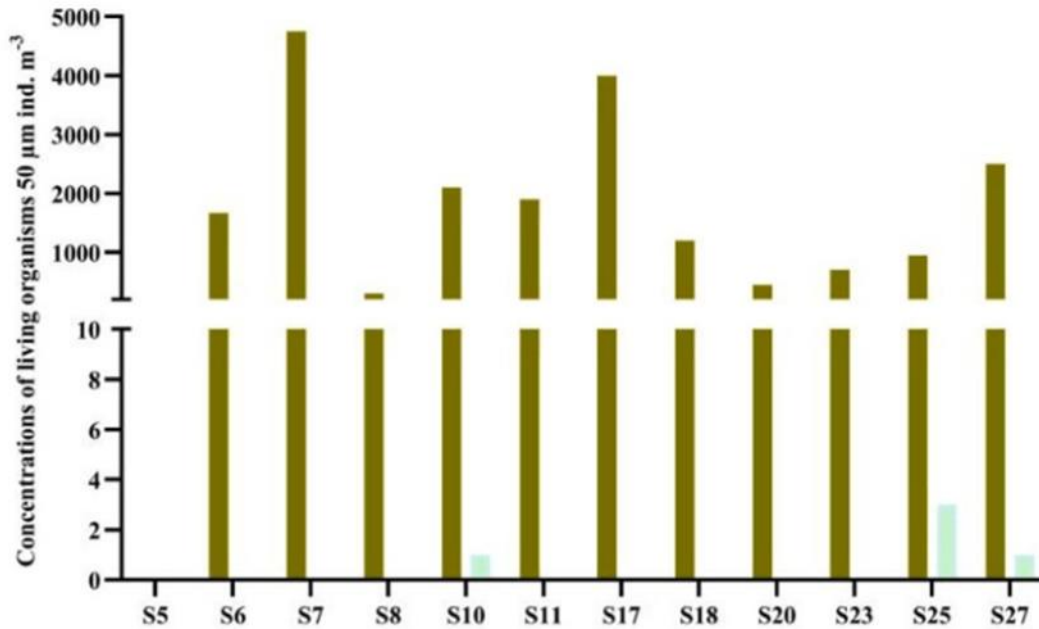


Εικόνα 27: Διακυμάνσεις στις συγκεντρώσεις ζωντανών οργανισμών ≥ 50 µm(πηγή: (Marine Pollution Bulletin, 2023))

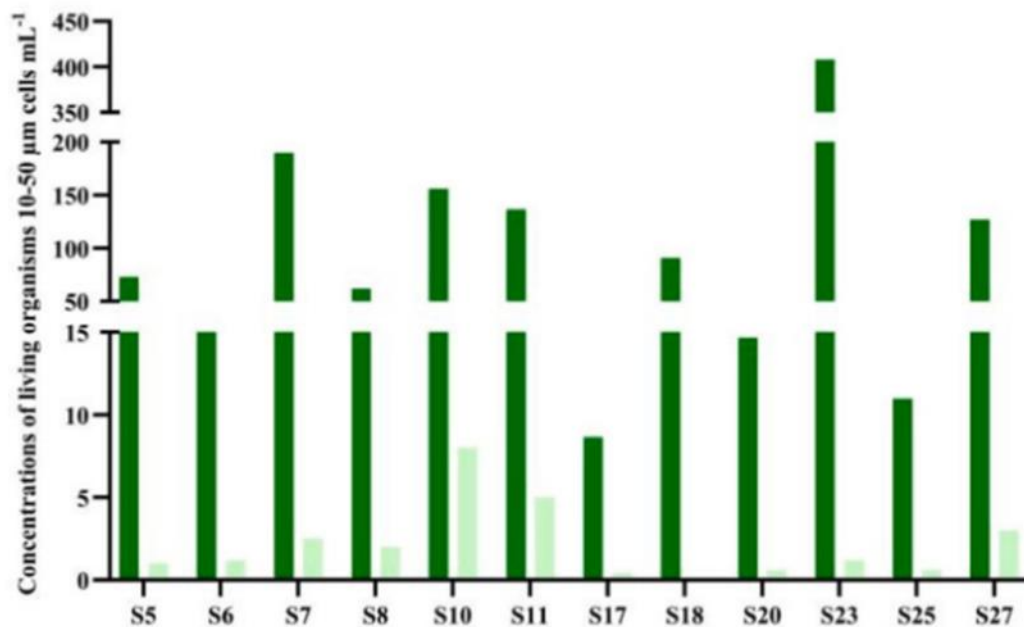
Πλοία LNG

Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις ζωντανών οργανισμών 10–50 µm στο δείγμα νερού έρματος πρόσληψης των πλοίων LNG ήταν 408,0 οργανισμοί ανά χιλιοστό λίτρου mL⁻¹ και το εύρος συγκεντρώσεων στο έρμα εκκένωσης ήταν 0,0–8,0 οργανισμοί mL⁻¹. Σε δείγματα νερού

έρματος $\geq 50 \mu\text{m}$ ζωντανών οργανισμών για το νερό έρματος εισαγωγής και το νερό έρματος εκκένωσης το εύρος συγκεντρώσεων ήταν $0,0-4750,0 \text{ ind.m}^{-3}$ και $0,0-3,0 \text{ ind.m}^{-3}$ αντίστοιχα. Όλα αυτά πληρούσαν τις απαιτήσεις του προτύπου D-2.



Εικόνα 28: Διακυμάνσεις στις συγκεντρώσεις ζωντανών οργανισμών $\geq 50 \mu\text{m}$ (πηγή: (Marine Pollution Bulletin, 2023))



Εικόνα 29: Διακυμάνσεις στις συγκεντρώσεις ζωντανών οργανισμών $0-50 \mu\text{m}$ (πηγή: (Marine Pollution Bulletin, 2023))

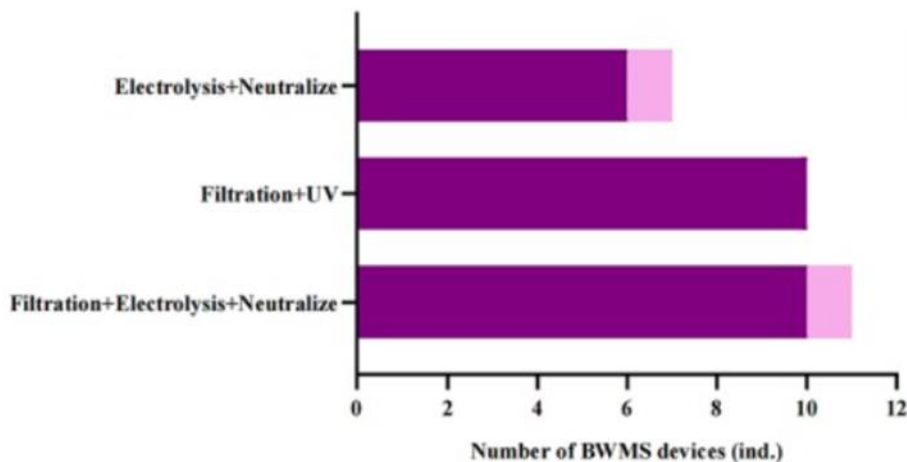
3.1.4. Παρατηρήσεις

Έρευνες για την αποτελεσματικότητα του BWMS στα πλοία έχει διεξαχθεί από ξένους μελετητές για πάνω από μια δεκαετία. Πολυάριθμες μελέτες έχουν δείξει ότι ο αριθμός και οι συγκεντρώσεις των οργανισμών 10–50 μm και ≥50 μm είναι χαμηλότερες από ό,τι σε μη επεξεργασμένο νερό έρματος. Ωστόσο, παρά αυτές τις προσπάθειες, εξακολουθούν να υπάρχουν περιπτώσεις όπου τα πλοία εξοπλισμένα με BWMS υπερβαίνουν το πρότυπο D-2 για το νερό έρματος.

Στη μελέτη υπήρχε διακύμανση στη συμμόρφωση των δεικτών μεταξύ διαφορετικών τύπων πλοίων.

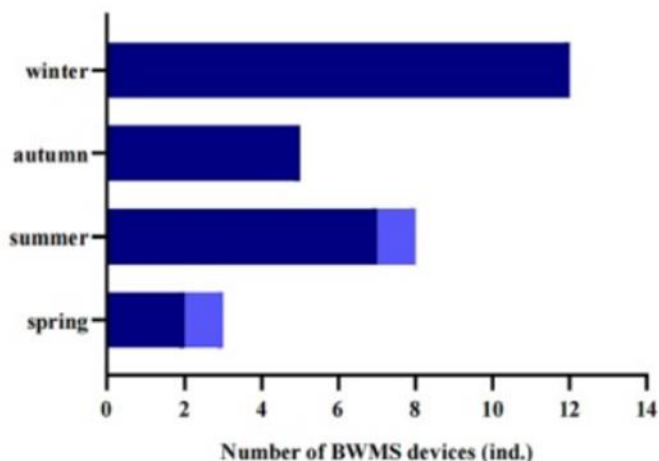
1. Φορτηγά πλοία: 81,8% συμμόρφωση για ζωντανούς οργανισμούς με μέγεθος ≥50 μm και 90,9% για 10–50 μm
2. Πλοία LNG: 100% συμμόρφωση σε όλους τους δείκτες.
3. Πλοιοεμπορευματοκιβωτίων: 100% συμμόρφωση με όλους τους δείκτες.

Στη μελέτη επιλέξαμε τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες επεξεργασίας νερού έρματος στην αγορά, που περιλαμβάνουν κυρίως Filtration + Electrolytic + Neutralization (11 δείγματα), Filtration + UV (10 δείγματα) και Electrolytic + Neutralization (7 δείγματα). Παρατηρήθηκε ότι στα δυο μοντέλα που δεν πληρούσαν το πρότυπο D-2 η χρησιμοποιούμενη μέθοδος φαίνεται παρακάτω



Εικόνα 30: Αποτελεσματικότητα θεραπειών διαφορετικών τύπων BWS(πηγή: (Marine Pollution Bulletin, 2023))

Υπάρχει επίσης μια διαφορά στην αποτελεσματικότητα του BWMS σε διαφορετικές εποχές. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ένα δείγμα την άνοιξη και ένα δείγμα το καλοκαίρι δεν πληρούσαν τις απαιτήσεις του προτύπου D-2, ενώ όλα τα δείγματα νερού έρματος το χειμώνα και το φθινόπωρο πληρούσαν τις απαιτήσεις του προτύπου D-2.



Εικόνα 31: Αποτελεσματικότητα θεραπείας σε διαφορετικές εποχές(πηγή: (Marine Pollution Bulletin, 2023))

Άλλοι λόγοι μη συμμόρφωσης είναι

- Ο χρόνος επεξεργασίας του νερού έρματος είναι πολύ μικρός.
- Μέρος του μη επεξεργασμένου έρματος αναμίχθηκε με το επεξεργασμένο νερό έρματος και απορρίφθηκε.
- Η ευνοϊκή θερμοκρασία προάγει την ανάπτυξη φυτοπλαγκτόν.

3.1.5. Συμπεράσματα

Η μελέτη δείχνει ότι η αποτελεσματικότητα των μεθόδων επεξεργασίας νερού έρματος επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως ο τύπος πλοίου χωρητικότητα λίμνης έρματος παράγοντες διαδρομής (π.χ. περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά του λιμένα έρματος, διαδρομή, χρόνος έρματος, θερμοκρασία) και χαρακτηριστικά συστήματος (π.χ. μέθοδος απολύμανσης BWMS, απαιτήσεις κατανάλωσης ενέργειας, απαιτήσεις χώρου για εξοπλισμό, διάβρωση εξοπλισμού). Η ανάλυση αποκάλυψε επίσης ότι τα φορτηγά πλοία με μη συμμορφούμενα δείγματα νερού έρματος έχουν υψηλές βιολογικές συγκεντρώσεις πρόσληψης νερού. Οι σκληρές συνθήκες νερού και η υψηλή βιολογική συγκέντρωση πρόσληψης νερού είναι οι σημαντικοί λόγοι που συμβάλλουν στην αποτυχία τήρησης του προτύπου D-2. Τέλος οι κύριοι λόγοι για τη μη συμμόρφωση επικεντρώθηκαν κυρίως στην εσφαλμένη χρήση του BWMS. Ως απάντηση στην εμφάνιση του φαινομένου μη συμμόρφωσης, συνιστάται η αντιμετώπιση του προβλήματος με την ανάπτυξη τόσο του πληρώματος όσο και της αναβάθμισης του εξοπλισμού.

3.2. Εγκατάσταση και χρήση συστημάτων επεξεργασίας νερού έρματος – Συνέπειες για τη συμμόρφωση και την επιβολή

Η διαχείριση του νερού έρματος στα πλοία είναι ένα ζήτημα που έχει προκαλέσει ανησυχίες στη διεθνή ναυτιλιακή κοινότητα λόγω των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η Σύμβαση του IMO για τη Διαχείριση του Νερού έρματος τέθηκε σε ισχύ το 2017, αποτελώντας ένα σημαντικό βήμα προς τη διασφάλιση της βιωσιμότητας των θαλασσίων οικοσυστημάτων. Μέσα από την ανάλυση των δεδομένων, παρατηρείται μια αυξανόμενη χρήση συστημάτων επεξεργασίας νερού έρματος (BWTS) σε Αυστραλία και ΗΠΑ, ενώ η προτίμηση των

συστημάτων αυτών καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τις ρυθμίσεις και τις εγκρίσεις των καθεστώτων των δύο χωρών. παρά την αυξανόμενη υιοθέτηση των BWTS, η πλειονότητα των πλοίων εξακολουθεί να επικαλείται τη μέθοδο ανταλλαγής νερού έρματος (BWE) για τη διαχείρισή του.

3.2.1. Απόκτηση και ανάλυση δεδομένων BWTS

Οι πληροφορίες σχετικά με τα διαφορετικά BWTS ελήφθησαν από επίσημα Πιστοποιητικά Έγκρισης Τύπου για κάθε BWTS στα οποία υπάρχει πρόσβαση από τον ιστότοπο του IMO. Από κάθε Πιστοποιητικό Έγκρισης Τύπου, ελήφθησαν οι ακόλουθες πληροφορίες: Όνομα συστήματος, χρήση δραστικών ή μη δραστικών ουσιών, ημερομηνία έγκρισης του IMO, όνομα χορήγησης και χώρα, τύπος θεραπείας, κατασκευαστής, κατανάλωση ενέργειας (εάν υπάρχει) και χώρα προέλευση. Αυτή η μελέτη περιλαμβάνει 65 συστήματα με type approval (πιστοποίηση ότι πληρούν συγκεκριμένες τεχνικές προδιαγραφές και πρότυπα που έχουν θεσπιστεί από τον IMO). Οι αναβαθμίσεις σε υπάρχοντα συστήματα δεν συμπεριλήφθηκαν σε αυτήν την ανάλυση. Συμπληρωματικές εκτιμήσεις κατανάλωσης ενέργειας για τους διαφορετικούς τύπους επεξεργασίας ελήφθησαν από αναλύσεις και αποτελέσματα ερευνών που έχουν διεξαχθεί από το Lloyd's Register.

BWTS εγκατάσταση και λήψη δεδομένων χρήσης

Τα δεδομένα για το νερό έρματος για τις Ηνωμένες Πολιτείες και την Αυστραλία συγκεντρώθηκαν για τη χρονική περίοδο από 1 Νοεμβρίου 2016 έως 31 Οκτωβρίου 2017. Οι πληροφορίες των Ηνωμένων Πολιτειών συλλέχθηκαν μέσω ηλεκτρονικής πρόσβασης του Εθνικού Κέντρου Εκκαθάρισης Πληροφοριών Ballast (NBIC). Τα δεδομένα της Αυστραλίας αποκτήθηκαν μέσω αιτήματος προς αξιωματούχους του Υπουργείου Γεωργίας και Υδάτινων Πόρων της Αυστραλίας.

Ανάλυση δεδομένων εγκατάστασης και χρήσης BWTS

Η μελέτη καταγράφει πόσες διαφορετικές φορές ένα πλοίο φτάνει σε ΗΠΑ και Αυστραλία μέσα σε ένα χρονικό διάστημα. Στις ΗΠΑ χρησιμοποιούν έναν κωδικό (IMO), ενώ στην Αυστραλία υπάρχει ένα αναγνωριστικό για κάθε πλοίο. Στόχος είναι να μην υπάρχει διπλή καταγραφή για πλοία που επισκέπτονται πολλές φορές. Οι επαναλαμβανόμενες αφίξεις συμπεριλήφθηκαν στην ανάλυση του όγκου εκροής νερού έρματος.

Αρκετοί τύποι BWTS δεν είχαν υψηλά ποσοστά εγκατάστασης ή χρήσης. Ως εκ τούτου, συνδυάστηκαν σε μια κατηγορία. Αυτά τα συστήματα περιλαμβάνουν: 1) Διήθηση, 2) Θερμότητα & Αποοξυγόνωση, 3) Αποοξυγόνωση, 4) Όζον και 5) Προηγμένη Οξειδωση.

Όλες οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν για κάθε χώρα εκτός από τις αναλύσεις σχετικά με τους τύπους σκαφών, κάτι που δεν ήταν δυνατό με την ανώνυμη βάση δεδομένων της Αυστραλίας. Οι συγκρίσεις σε αυτή τη μελέτη περιλαμβάνουν: 1) το ποσοστό των σκαφών με εγκατεστημένο BWTS. 2) το ποσοστό των σκαφών που είναι εξοπλισμένα με BWTS και χρησιμοποιούν το σύστημα. 3) το ποσοστό της συνολικής εκκένωσης έρματος που αποτελείται από έρμα που έχει υποστεί επεξεργασία με BWTS. και 4) τον αριθμό των μοναδικών αφίξεων με κάθε τύπο BWTS. Όλες αυτές οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας προσαρμοσμένο κώδικα.

Συνεντεύξεις για τον προσδιορισμό των βασικών παραμέτρων για την επιλογή ενός BWTS

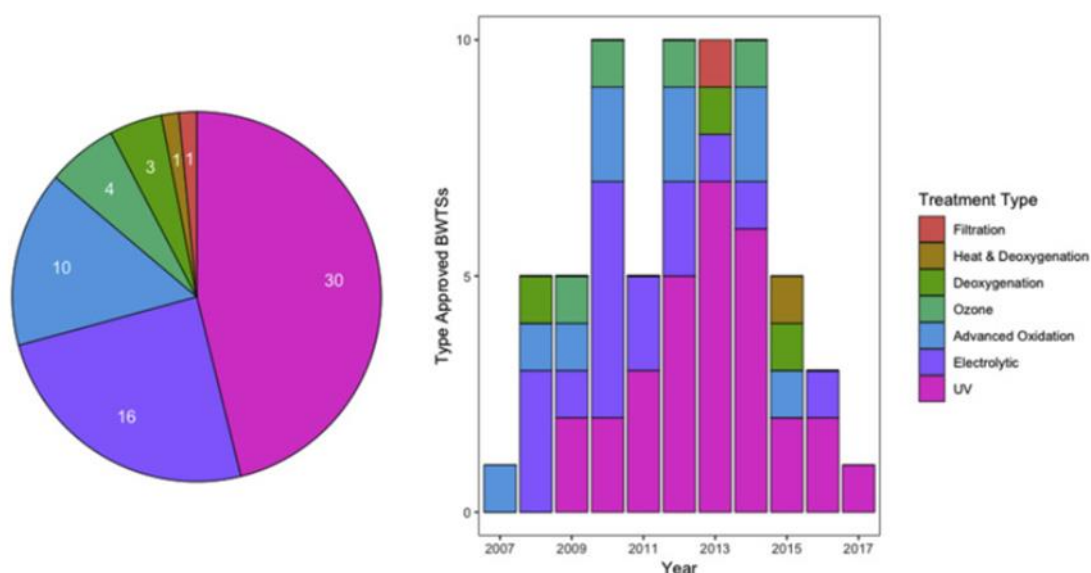
Οι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή των BWTS συγκεντρώθηκαν τον Οκτώβριο του 2018 με τη συμβολή ενός σημαντικού συμβούλου νερού έρματος. Αυτοί οι παράγοντες

επιβεβαιώθηκαν από συνεντεύξεις που πραγματοποιήθηκαν με δύο εταιρείες – μια παγκόσμια γραμμή εμπορευματοκιβωτίων που εκμεταλλεύεται 65 πλοία εξοπλισμένα με BWTS και μια μεγάλη ευρωπαϊκή εταιρεία πορθμείων που εκμεταλλεύεται πλοία εξοπλισμένα με BWTS.

3.2.2. Αποτελέσματα

Τύποι BWTS με τελική και έγκριση τύπου IMO

Από το 2007 έως το 2017, συνολικά 65 συστήματα επεξεργασίας έλαβαν Έγκριση Τύπου και αναφέρθηκαν στον IMO. Τα δεδομένα μας δείχνουν ότι το κυρίαρχο σύστημα επεξεργασίας ήταν η υπεριώδης ακτινοβολία που περιλάμβανε το 46% των εγκεκριμένων συστημάτων επεξεργασίας, ακολουθούμενη από ηλεκτρολυτικά και προηγμένα συστήματα επεξεργασίας οξειδωσης που αποτελούνταν από 25 και 15%, αντίστοιχα. Τα υπόλοιπα συστήματα, συμπεριλαμβανομένης της διήθησης, της θερμότητας και της αποξυγόνωσης, της αποξυγόνωσης και του όζοντος αποτελούν συνολικά το 14% των εγκεκριμένων συστημάτων.

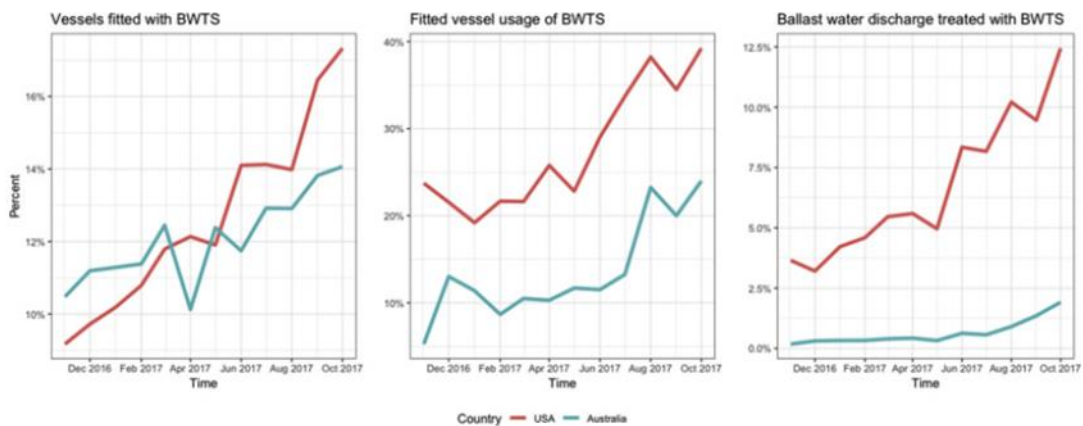


Εικόνα 32: Πληροφορίες για τους τύπους επεξεργασίας BWS (πηγή: (William A. Gerhard a, 2019))

Το πρώτο σύστημα εγκρίθηκε το 2007 και ακολούθησε αύξηση του αριθμού των εγκεκριμένων συστημάτων έως το 2013 με έως και δέκα εγκρίσεις ετησίως. Από το 2015 έως το 2017, εγκρίθηκαν μόνο εννέα συνολικά συστήματα με μείωση στον αριθμό των εγκρίσεων από πέντε το 2015 σε μία το 2017. Η έγκριση συστημάτων επεξεργασίας UV αυξήθηκε σταδιακά και κυριάρχησε στον αριθμό των εγκρίσεων μέχρι το 2013. Η έγκριση των συστημάτων επεξεργασίας ηλεκτρολυτικής, προηγμένης οξειδωσης, όζοντος και αποξυγόνωσης κατανεμήθηκε σχεδόν ομοιόμορφα κατά τη διάρκεια αυτής της χρονικής περιόδου με κυριαρχία των συστημάτων ηλεκτρολυτικής επεξεργασίας που ακολουθούνται από προηγμένη οξειδωση, όζον και αποξυγόνωση. Ένα σύστημα επεξεργασίας διήθησης εγκρίθηκε το 2013 και ένα σύστημα θερμότητας και αποξυγόνωσης εγκρίθηκε το 2015.

Εξαρτήματα και χρήση για Ηνωμένες Πολιτείες και Αυστραλία

Κατά την περίοδο από τον Νοέμβριο του 2016 έως τον Οκτώβριο του 2017, οι Ηνωμένες Πολιτείες και η Αυστραλία παρατήρησαν και οι δύο αύξηση στο ποσοστό των αφίξεων πλοίων που ήταν εφοδιασμένα με BWTS. Το ποσοστό των σκαφών με BWTS που φτάνουν στις Ηνωμένες Πολιτείες αυξήθηκε από 9,2 σε 17% και η Αυστραλία αυξήθηκε από 11 σε 14%. Και οι δύο χώρες ανέφεραν αυξήσεις στο ποσοστό των εξοπλισμένων σκαφών που χρησιμοποιούν το εγκατεστημένο BWTS τους στο ταξίδι πριν από την άφιξη κατά τη διάρκεια αυτής της χρονικής περιόδου, με τις Ηνωμένες Πολιτείες να αυξάνονται από 24 σε 39% και την Αυστραλία να αυξάνονται από 5,3 σε 24%. Τέλος, και οι δύο χώρες ανέφεραν αύξηση στο ποσοστό της συνολικής απόρριψης νερού έρματος που υποβλήθηκε σε επεξεργασία με χρήση BWTS, με το ποσοστό στις Ηνωμένες Πολιτείες να αυξάνεται από 3,7 σε 12% και στην Αυστραλία να αυξάνεται από 0,2 σε 1,9%.



Εικόνα 33: Μηνιαίο ποσοστό αφίξεων και εκκένωσης νερού έρματος (πηγή: (William A. Gerhard a, 2019))

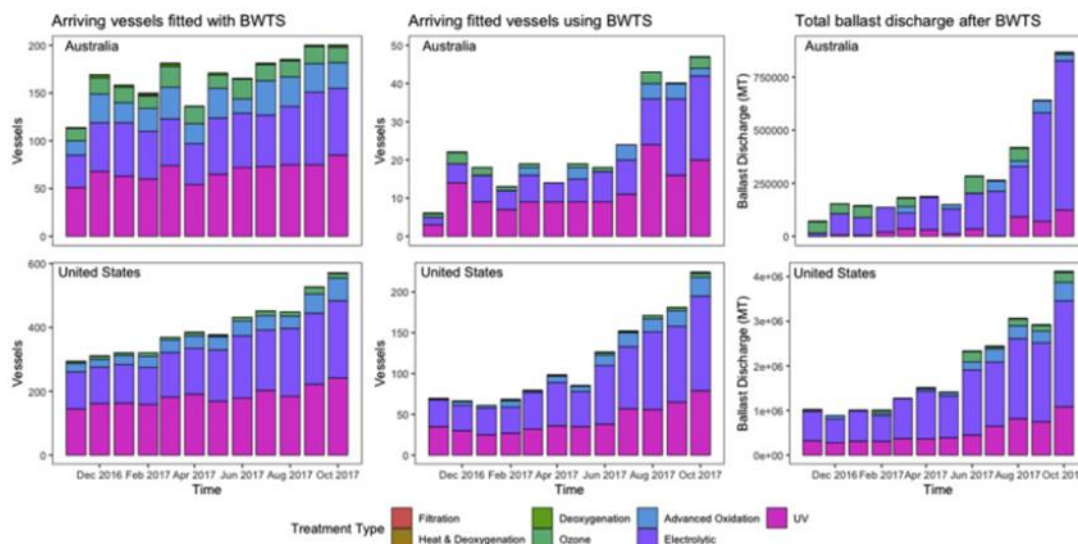
Τύποι BWTS που χρησιμοποιούνται στις ΗΠΑ και την Αυστραλία

Ο συνολικός αριθμός μηνιαίων αφίξεων με εγκατεστημένο BWTS αυξήθηκε σε κάθε χώρα από τον Νοέμβριο του 2016 έως τον Οκτώβριο του 2017, με την Αυστραλία να αυξάνεται από 114 σε 200 και τις Ηνωμένες Πολιτείες να αυξάνεται από 293 σε 571. Ο τύπος θεραπείας BWTS και στις δύο χώρες κυριαρχούνταν από δύο συστήματα: 1) UV. και 2) Ηλεκτρολυτικό. Αναφερόμαστε στα υπόλοιπα συστήματα ως «λιγότερο κοινά» BWTS.

Η Αυστραλία παρουσίασε αύξηση στον αριθμό των μηνιαίων αφίξεων με BWTS που χρησιμοποιούν UV (51–85), ηλεκτρολυτικά (34–70) και όλα τα λιγότερο κοινά BWTS (29–45). Το ποσοστό κάθε τύπου θεραπείας BWTS δεν άλλαξε σημαντικά. Οι Ηνωμένες Πολιτείες παρουσίασαν παρόμοια αύξηση στα BWTS χρησιμοποιώντας UV (145–242), ηλεκτρολυτικά (116–242) και λιγότερο κοινά BWTS (32–87). Το ποσοστό κάθε τύπου επεξεργασίας BWTS άλλαξε ελαφρώς με τη μεγαλύτερη μείωση να παρατηρείται στα συστήματα UV (50–42%) και τη μεγαλύτερη αύξηση να παρατηρείται σε λιγότερο συνηθισμένους τύπους θεραπείας (11–15%).

Ο αριθμός των μηνιαίων αφίξεων που χρησιμοποιούν BWTS αυξήθηκε δραματικά και για τις δύο χώρες (Αυστραλία, 6 σε 49, Ηνωμένες Πολιτείες, 69 σε 224). Η ανάπτυξη κυριαρχήθηκε από την αύξηση των ηλεκτρολυτικών (Αυστραλία, 2 έως 22· Ηνωμένες Πολιτείες, 33 έως 116) και των συστημάτων UV (Αυστραλία, 3 έως 20· Ηνωμένες Πολιτείες, 35 έως 79). Μεταξύ των

τύπων επεξεργασίας που έφτασαν στις Ηνωμένες Πολιτείες, η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρήθηκε στα προηγμένα συστήματα οξειδωσης (1,4–10%) και η μεγαλύτερη μείωση παρατηρήθηκε στα συστήματα UV (51–35%). Μεταξύ των μηνιαίων αφίξεων της Αυστραλίας που χρησιμοποιούν BWTS, η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρήθηκε στα ηλεκτρολυτικά συστήματα (26–45%) και η μεγαλύτερη μείωση παρατηρήθηκε στα συστήματα UV (74–41%).



Εικόνα 34: Μηνιαίες αφίξεις εξοπλισμένων σκαφών και εκκένωσης νερού έρματος για Αυστραλία και ΗΠΑ(πηγή: (William A. Gerhard a, 2019))

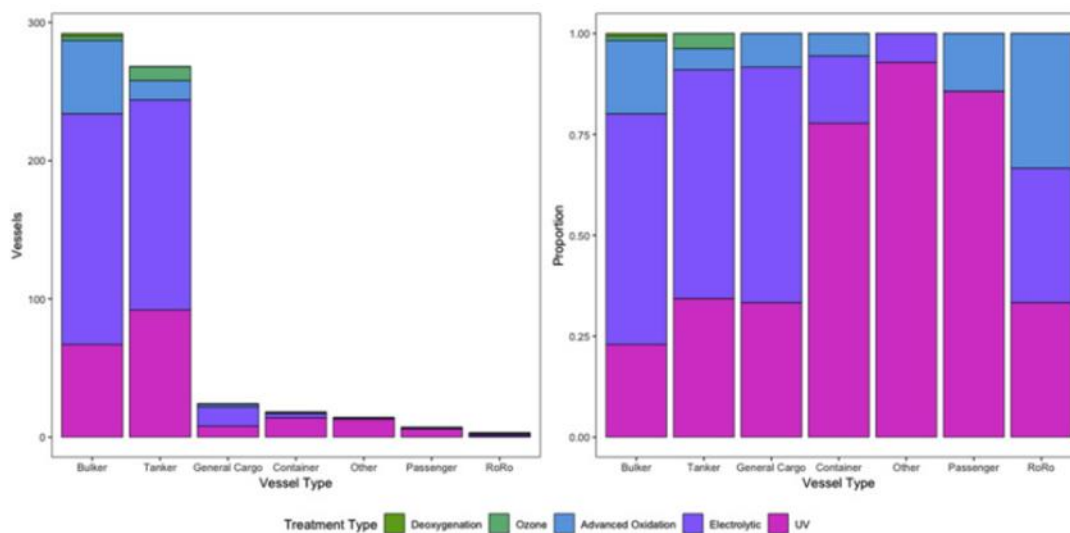
Τέλος, ο συνολικός όγκος του εισερχόμενου έρματος που προοριζόταν για απόρριψη που υποβλήθηκε σε επεξεργασία με χρήση BWTS υποβλήθηκε κυρίως σε επεξεργασία είτε με ηλεκτρολυτικά είτε με υπεριώδη συστήματα και στις δύο χώρες (Αυστραλία, 84%, ΗΠΑ , 89%). Επιπλέον, η ποσότητα του νερού έρματος που προοριζόταν για απόρριψη που υποβλήθηκε σε επεξεργασία με χρήση BWTS αυξήθηκε δραματικά και στις δύο χώρες με αύξηση πάνω από 790 χιλιάδες μετρικούς τόνους ανά μήνα στην Αυστραλία και αύξηση άνω των 3 εκατομμυρίων μετρικών τόνων ανά μήνα στις Ηνωμένες Πολιτείες. Παρά τη μεγάλη αυτή αύξηση, η σύνθεση των τύπων επεξεργασίας νερού έρματος παρέμεινε σε μεγάλο βαθμό η ίδια καθ' όλη τη διάρκεια της παρατηρούμενης χρονικής περιόδου.

Αριθμός αφίξεων τύπων σκαφών με χρήση BWTS

Η ανάλυση των τύπων σκαφών ήταν δυνατή μόνο με τη χρήση της βάσης δεδομένων των Ηνωμένων Πολιτειών, επειδή οι πληροφορίες σχετικά με τους τύπους σκαφών αφαιρέθηκαν από την αναγνωρισμένη βάση δεδομένων της Αυστραλίας. Ο αριθμός των σκαφών με BWTS που έφτασαν στις Ηνωμένες Πολιτείες από τον Νοέμβριο του 2016 έως τον Δεκέμβριο του 2017 ήταν 626. Κατά φθίνουσα σειρά επικράτησης, τα BWTS που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη χρονική περίοδο της μελέτης ήταν: ηλεκτρολυτικά (338, 54% του συνόλου), UV (201, 32%), προχωρημένη οξείδωση (72, 12%), όζον (13, 2,1%) και αποοξυγόνωση (2, 0,3%). Τα φορτηγά και τα δεξαμενόπλοια (n = 560) αποτελούσαν το 90% των αφίξεων σκαφών με BWTS εγκατεστημένο στις Ηνωμένες Πολιτείες από τον Νοέμβριο του 2016 έως τον Δεκέμβριο του 2017.

Οι κύριοι τύποι BWTS για φορτηγά (n = 292) και βυτιοφόρα (n = 268) ήταν ηλεκτρολυτική επεξεργασία (319, 57%) και επεξεργασία UV (159, 28%). Τα πλοία γενικού φορτίου (n = 24) παρουσιάζουν παρόμοια αναλογία τύπων BWTS με τα δεξαμενόπλοια. Σε

εμπορευματοκιβώτια (n = 18), επιβατηγά (n = 7) και άλλους τύπους πλοίων (n = 14), ο κυρίαρχος τύπος επεξεργασίας ήταν η επεξεργασία UV (33, 85%). Για τα RoRo (n = 3), η επεξεργασία κατανεμήθηκε εξίσου μεταξύ UV, ηλεκτρολυτικής και προχωρημένης οξειδωσης. Σε αντίθεση με την Αυστραλία, κανένα από τα πλοία που έφτασαν στις Ηνωμένες Πολιτείες κατά τη διάρκεια της καθορισμένης χρονικής περιόδου δεν ήταν εφοδιασμένο με BWTS που βασιζόταν μόνο σε διήθηση ή αποοξυγόνωση και θερμότητα.



Εικόνα 35: Αριθμός αφίξεων για κάθε τύπο σκάφους και οι αναλογίες τους(πηγή: (William A. Gerhard a, 2019))

Χρήση BWTS στις Ηνωμένες Πολιτείες και την Αυστραλία

Κατά το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα, η εγκατάσταση των BWTSs στο πλοίο δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των ΗΠΑ και της Αυστραλίας. Υπήρξε παρόμοια αύξηση στο ποσοστό των πλοίων που είχαν εγκαταστήσει και χρησιμοποιούσαν τα συστήματα και στις δύο χώρες (ΗΠΑ: 15%, Αυστραλία: 19%). Παρόλα αυτά, τα πλοία που φθάνουν στην Αυστραλία είχαν ελαφρώς μεγαλύτερη αύξηση στη χρήση των εγκατεστημένων συστημάτων, αλλά το ποσοστό πλοίων που χρησιμοποιούσαν το BWTS πριν την άφιξη ήταν πολύ υψηλότερο στις ΗΠΑ (ΗΠΑ: 39%, Αυστραλία: 24%). Τα κίνητρα για τις διαφορές στη χρήση εξηγούνται από τους διαφορετικούς κανόνες για την χρήση των εγκατεστημένων BWTS. Επίσης οι Γενικές Άδειες Πλοίων στις Ηνωμένες Πολιτείες ενθαρρύνουν τη χρήση εγκατεστημένων BWTS και παρά το αυστηρό καθεστώς επιβολής στην Αυστραλία και τις Ηνωμένες Πολιτείες, φαίνεται ότι οι βαριές κυρώσεις στις Ηνωμένες Πολιτείες υποστηρίζουν τη συμμόρφωση.

Το συνολικό ποσοστό του επεξεργασμένου νερού εκκένωσης με BWTSs ήταν 12% στις ΗΠΑ και 1,9% στην Αυστραλία. Όταν το ποσοστό του επεξεργασμένου νερού είναι μεγαλύτερο από το ποσοστό των πλοίων που χρησιμοποιούν τα συστήματα, αυτό υποδεικνύει ότι τα πλοία μεταφέρουν περισσότερο έρμα ανά σκάφος. Αυτές οι διαφορές μπορεί να οφείλονται στο γεγονός ότι τα μεγαλύτερα πλοία στις ΗΠΑ υιοθετούν τα BWTS νωρίτερα, νέες κατασκευές πλοίων εφοδιάζονται με BWTS, και οι μεγάλες εταιρείες προτιμούν την εγκατάστασή τους στις ΗΠΑ παρά στην Αυστραλία.

Επιπτώσεις για τη μελλοντική χρήση των τύπων BWTS – παρακολούθηση συμμόρφωσης και επιβολή

Ενώ η διαδικασία έγκρισης τύπου διασφαλίζει ότι τα BWTS ελέγχονται σθεναρά έναντι των τυπικών συνθηκών που περιγράφονται στην τεκμηρίωση καθοδήγησης (Κωδικός BWMS/G8,

G9) η διαδικασία δεν διασφαλίζει ότι τα συστήματα θα εργάζονται ανά πάσα στιγμή και για κάθε τύπο νερού που φορτώνεται στις δεξαμενές νερού έρματος. Επιπλέον, τα τρέχοντα πρότυπα απόδοσης περιλαμβάνουν μόνο επιλεγμένους οργανισμούς-δείκτες, οι οποίοι μπορεί να μην επαρκούν για να χαρακτηρίσουν πλήρως τον κίνδυνο του έρματος στο υδάτινο περιβάλλον. Η αναθεώρηση των κατευθυντήριων γραμμών του G8 δημοσίευσε την έννοια του λειτουργικού περιορισμού (αλατότητα και θερμοκρασία) και των περιορισμών σχεδιασμού συστημάτων (ανάλογα με τις τεχνολογίες επεξεργασίας) που πρέπει να αναφέρονται στο πιστοποιητικό έγκρισης τύπου για κάθε νέο εγκεκριμένο σύστημα. Τα περισσότερα συστήματα έχουν εγκριθεί χωρίς χρόνο αναμονής. Οι διεθνείς οργανισμοί μπορεί να εγκρίνουν ένα BWTS χωρίς όμως να αναφέρουν ελάχιστο χρόνο διατήρησης που χρειάζεται η συγκεκριμένη θεραπεία για την αποτελεσματικότητά της. Αυτή η έλλειψη πληροφοριών δημιουργεί μια δύσκολη θέση για τους πλοιοκτήτες που πρέπει να λάβουν τεκμηριωμένη απόφαση. Άλλοι περιορισμοί ενδέχεται να αναφέρονται στο έγγραφο "type approval" (π.χ. ελάχιστη αλατότητα, θερμοκρασία, Διαπερατότητα UV).

Οι διαφορές μεταξύ των διοικητικών οργάνων δημιουργούν περαιτέρω δυσκολίες για τους ενδιαφερόμενους που προσπαθούν να συμμορφωθούν με τους κανονισμούς. Αυτή η απόκλιση είναι ιδιαίτερα εμφανής στον αρνητικό αντίκτυπο των διαδικασιών επικύρωσης USCG στον πολλαπλασιασμό των τεχνολογιών επεξεργασίας με υπεριώδη ακτινοβολία – τη μεγαλύτερη αναλογική μείωση του τύπου BWTS σε μοναδικές αφίξεις τόσο στην Αυστραλία όσο και στις ΗΠΑ κατά τη διάρκεια της υπό μελέτη χρονικής περιόδου. Οι μελλοντικοί κανονισμοί και οι μέθοδοι επικύρωσης, ειδικά εκείνες που θεσπίζονται από κυβερνητικούς φορείς που εκπροσωπούν μεγάλες αγορές θαλάσσιων μεταφορών, πρέπει να συντονίζονται προσεκτικά και να εξετάζονται πριν από την έγκριση για να αποφευχθεί η δημιουργία ασαφούς λειτουργικού περιβάλλοντος για τα ενδιαφερόμενα μέρη που μπορεί ακούσια να καταργήσουν τα κίνητρα της προληπτικής συμμόρφωσης.

3.3.3. Συμπεράσματα

Η επιβολή της Σύμβασης BWM του IMO τον Σεπτέμβριο του 2017 έπαιξε καθοριστικό ρόλο στις θαλάσσιες πρακτικές σχετικά με την επεξεργασία υδάτων έρματος. Αυτός ο κανονισμός οδήγησε σε αξιοσημείωτη άνοδο στην υιοθέτηση και χρήση του BWTS τόσο στην Αυστραλία όσο και στις Ηνωμένες Πολιτείες.

Μέχρι τον Δεκέμβριο του 2018, ήταν εμφανής μια σημαντική διαφορά στον αριθμό και τον τύπο των BWTS που εγκρίθηκαν από τον IMO και το USCG, με το τελευταίο να εγκρίνει μόνο 13 από τα 65, κυρίως με βάση την υπεριώδη ακτινοβολία και τις ηλεκτρολυτικές διεργασίες. Αυτή η επιλεκτική έγκριση έχει προφανώς επηρεάσει την πλειονότητα της επεξεργασίας νερού έρματος και στις δύο χώρες. Ωστόσο, από το τελευταίο μας σημείο δεδομένων, ένας σημαντικός αριθμός σκαφών εξακολουθούν να χρησιμοποιούν κυρίως Ballast Water Exchange (BWE) για τη διαχείριση του νερού έρματος. Καθώς η Σύμβαση BWM προβλέπει ευρύτερη εφαρμογή, Η επιρροή των ποικίλων κυβερνητικών πολιτικών θα καθορίσει τις παγκόσμιες τάσεις υιοθέτησης και χρήσης BWTS. Οι επικείμενες αποφάσεις πολιτικής κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης εφαρμογής πλήρους κλίμακας είναι έτοιμες να διαμορφώσουν τις επιλογές των πλοιοκτητών στους τύπους BWTS. Για οποιοδήποτε ρυθμιστικό πλαίσιο, η δημιουργία ισχυρών μηχανισμών παρακολούθησης και επιβολής της συμμόρφωσης είναι πρωταρχικής σημασίας. Οι πλοιοκτήτες μπορούν να αξιοποιήσουν τις εντολές της Γενικής Άδειας Πλοίου (VGP) για να διαμορφώσουν αποτελεσματικά πρωτόκολλα αυτοελέγχου, διασφαλίζοντας τη συμμόρφωση με αυτά τα εξελισσόμενα πρότυπα.

3.3. Συγκριτική μελέτη σκοπιμότητας για μετασκευή συστήματος επεξεργασίας νερού έρματος για φορτηγό χύδην φορτίου

Σε αυτήν την μελέτη θα γίνει μια λεπτομερής ανάλυση των οικονομικών πτυχών της εγκατάστασης και λειτουργίας τεσσάρων τύπων BWTS. Με βάση τα δεδομένα και τις αναλύσεις, θα παρουσιαστούν τα κύρια συμπεράσματα και οι προτεινόμενες κατευθύνσεις για την επιλογή και την εφαρμογή BWTS σε πλοία.

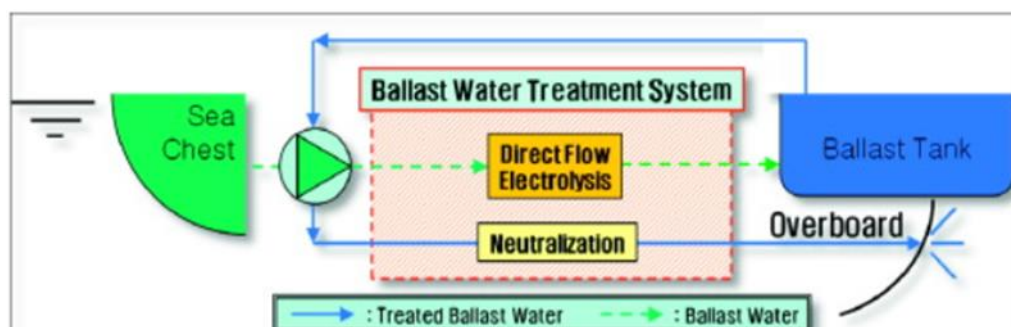
3.3.1. Θέματα εγκατάστασης και λειτουργίας

Ηλεκτρόλυση τύπου BWTS

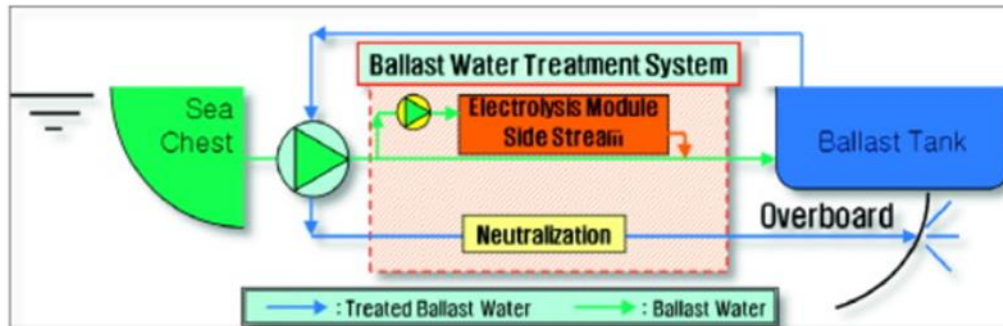
Τα χαμηλά επίπεδα αλατότητας στη λίμνη ή στο ποτάμι γενικά δεν είναι κατάλληλα για την ηλεκτρολυτική παραγωγή χλωρίου στη φυσική τους κατάσταση. Αυτό το ζήτημα μπορεί να επιλυθεί με τη χρήση άλμης που είναι αποθηκευμένη επί του σκάφους σε συνδυασμό με το σύστημα ηλεκτρόλυσης. Αυτό θα απαιτήσει την εγκατάσταση μιας δεξαμενής άλμης, αντλίες και συστήματα σωληνώσεων ανθεκτικά στη διάβρωση εκτός από το BWTS. Τα συστήματα ηλεκτρόλυσης απαιτούν συνήθως θερμοκρασία νερού τουλάχιστον 15 °C για να είναι αποτελεσματική η διαδικασία ηλεκτροχλωρίωσης. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να ξεπεραστεί με θέρμανση του συστήματος ηλεκτρόλυσης όταν απαιτείται.

Η διαδικασία της ηλεκτρολυτικής παραγωγής χλωρίου παράγει αέρια υδρογόνου που είναι εκρηκτικά και αέρια χλωρίου που είναι τοξικά. Πολλά πλοία έχουν ξεπεράσει τον πιθανό κίνδυνο εγκαθιστώντας/αναβαθμίζοντας υπάρχοντα συστήματα εξαερισμού για να διασφαλιστεί ότι τα αέρια που δημιουργούνται αραιώνονται επαρκώς και απομακρύνονται με ασφάλεια. Ενσωματώνονται επίσης συστήματα παρακολούθησης αερίου.

Οι εργασίες συντήρησης του BWTS θα πρέπει να διασφαλίζουν ότι τα ηλεκτρόδια είναι καθαρά και χωρίς συσσώρευση αλάτων και ότι το μηχανικό φίλτρο παραμένει καθαρό και απαλλαγμένο από ιζήματα λάσπης. Πολλά συστήματα ενσωματώνουν αυτοκαθαριζόμενα ηλεκτρόδια και φίλτρα πλύσης που παρακολουθούν την απόδοση και λειτουργούν όταν απαιτείται. Παρακάτω βλέπουμε την ροή επεξεργασίας αυτού του τύπου με ηλεκτρόλυση άμεσης ροής και ηλεκτρόλυση πλευρικής ροής αντίστοιχα. Όπου στην πρώτη περίπτωση υφίσταται επεξεργασία ολόκληρης της ροής του νερού έρματος ενώ στην πλευρική ροή περίπου το 1 έως 2 % της ροής του νερού έρματος υφίσταται επεξεργασία και εγχέεται εκ νέου στη ροή του νερού έρματος.



Εικόνα 36: Ροή έρματος άμεσης ροής(πηγή: (Jaehhon Jee, 2017))



Εικόνα 37: Ροή έρματος πλευρικής ροής(πηγή: (Jaehhon Jee, 2017))

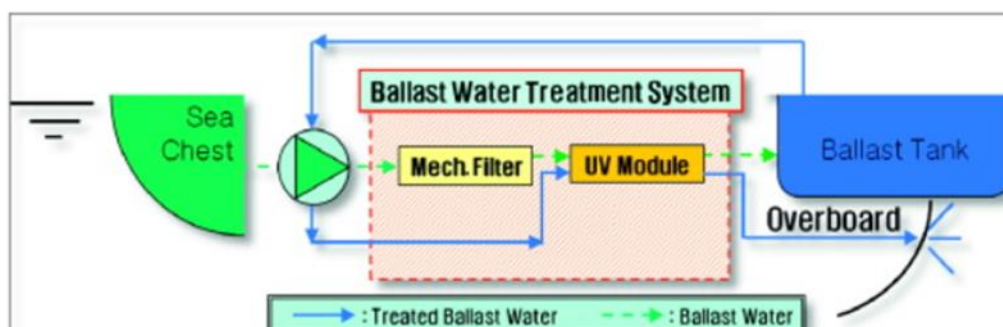
UV τύπου BWTS

Όλο το νερό έρματος πρέπει να περάσει τόσο από τα μηχανικά φίλτρα όσο και από τις μονάδες UV για επεξεργασία, δίνοντας ένα δυνητικά λιγότερο ευέλικτο προφίλ εγκατάστασης από τα συστήματα ηλεκτρόλυσης ή όζοντος, τα οποία μπορούν να χωριστούν σε μέρη και να τοποθετηθούν σε άλλες περιοχές του σκάφους.

Πολλά συστήματα ενσωματώνουν ένα αυτόματο σύστημα σκουπίσματος για τις λάμπες UV και τα μηχανικά φίλτρα διαθέτουν μηχανισμό πλύσης που παρακολουθεί την απόδοση, λειτουργώντας όπως και όταν απαιτείται κατά τη διάρκεια του έρματος.

Οι λαμπτήρες UV μέσης πίεσης που βρίσκονται συνήθως στο BWTS έχουν αναμενόμενη διάρκεια ζωής περίπου 5000 ώρες λειτουργίας και οι κατασκευαστές προτείνουν επίσης την αντικατάσταση κάθε 5 χρόνια για να διασφαλιστεί η διατήρηση της αποτελεσματικής απόδοσης.

Η έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία μπορεί να είναι επικίνδυνη και πρέπει να λαμβάνονται προφυλάξεις κατά τη λειτουργία και τη συντήρηση. Το σύστημα πρέπει να χρησιμοποιείται και να συντηρείται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Παρακάτω βλέπουμε την ροή έρματος αυτού του τύπου.



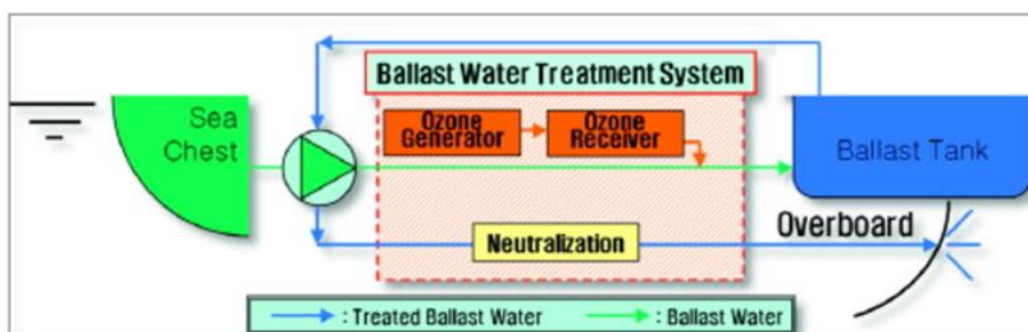
Εικόνα 38: Ροή έρματος με επεξεργασία UV(πηγή: (Jaehhon Jee, 2017))

Τύπος όζοντος BWTS

Τα συστήματα όζοντος παρέχουν ένα ευέλικτο προφίλ εγκατάστασης λόγω της έλλειψης μηχανικού φίλτρου και της μεθόδου πλευρικής ροής που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά του αερίου όζοντος στις κύριες γραμμές έρματος. Αυτό δυνητικά επιτρέπει σε μέρη του συστήματος να διαχωριστούν και να τοποθετηθούν σε διαθέσιμες θέσεις σε όλο το σκάφος χωρίς να χρειάζονται σημαντικές τροποποιήσεις σε μεγάλες γραμμές έρματος.

Ωστόσο, τα συστήματα όζοντος έχουν συνήθως μεγαλύτερο χωρικό αποτύπωμα από τα συστήματα ηλεκτρόλυσης και υπεριώδους ακτινοβολίας λόγω των πολλαπλών διεργασιών που εμπλέκονται στην παραγωγή και αραίωση αερίου όζοντος και των ενσωματωμένων δεξαμενών αποθήκευσης αέρα και οξυγόνου.

Τα συστήματα όζοντος συνήθως απαιτούν πολλά βοηθητικά συστήματα για την υποστήριξη της λειτουργίας τους, όπως: εξαερισμός για την παραγωγή των απαιτούμενων ποσοτήτων οξυγόνου και αραίωση/εξάντληση ανεπιθύμητου όζοντος, πεπιεσμένος αέρας για βαλβίδες ελέγχου και σύνδεση θαλασσινού νερού για ψυκτικές μονάδες. Το BWTS είναι εξοπλισμένο με συστήματα ασφαλείας για την πρόληψη της έκθεσης στο δυνητικά τοξικό αέριο. Αυτά περιλαμβάνουν συστήματα αραίωσης/καταστροφής αερίου, παρακολούθηση αερίου και γραμμή παροχής όζοντος υπό αρνητική πίεση για την αποφυγή διαρροής. Το όζον BWTS ενσωματώνει έναν θάλαμο απαερίωσης που χρησιμοποιεί αέρα διαμερίσματος για να αραιώσει τυχόν περίσσεια αερίου όζοντος που παράγεται. Η απαίτηση για επαρκή αερισμό είναι απαραίτητη τόσο για την παραγωγή όσο και για την ασφαλή διάθεση του αερίου όζοντος. Παρακάτω βλέπουμε την ροή έρματος αυτού του τύπου.



Εικόνα 39: Ροή έρματος με επεξεργασία όζοντος (πηγή: (Jaehhon Jee, 2017))

3.3.2. Ανάλυση κόστους

Το πλοίο-στόχος είναι ένα πλοίο μεταφοράς χύδην φορτίου που συνήθως μεταφέρει στερεά φορτία διεθνώς. Το πλοίο είναι ηλικίας 3 ετών με μέγεθος 230 m LOA και 83.000t DWT. Το πλοίο διαθέτει 14 δεξαμενές έρματος με συνολική χωρητικότητα έρματος 23.000 m³. Το πλοίο δεν διαθέτει αντλιοστάσιο φορτίου ή αντλιοστάσιο έρματος που είναι χαρακτηριστικό για πετρελαιοφόρα ή δεξαμενόπλοια χημικών. Αντίθετα, 2 αντλίες έρματος είναι εγκατεστημένες στο πάτωμα του μηχανοστασίου, καθεμία από τις οποίες έχει ρυθμό αντλίας 1000 m³ / h για την παροχή και το νερό έρματος στη θάλασσα από και προς τις δεξαμενές έρματος. Οι λεπτομερείς πληροφορίες του σκάφους φαίνονται στον πίνακα 8.

Πίνακας 7: Πληροφορίες πλοίου(πηγή: (Jaehhon Jee, 2017))

Είδος	αξία
LOA	230 μ
Πλάτος	33 μ
DWT	83.000 τ
Χωρητικότητα φορτίου	97.000 m ³
Αριθμός δεξαμενών έρματος	14
Χωρητικότητα έρματος	23.000 m ³
Αντλίες έρματος	2 × 1000 m ³ /h

Το πλοίο έχει προγραμματιστεί για 11 φορές διεθνές ταξίδι με επιστροφή ανά έτος κατά μέσο όρο. Το πρόγραμμα λειτουργίας για το BWTS θεωρήθηκε ως μία λειτουργία έρματος και αφαίρεσης έρματος σε κάθε ταξίδι.

Προκειμένου να αποφευχθεί οποιαδήποτε καθυστέρηση στη διακίνηση φορτίου λόγω της λειτουργίας του BWTS, ο ρυθμός ροής του νερού έρματος θα διατηρείται ο ίδιος όπως πριν από την εγκατάσταση του BWTS. Για το σκοπό αυτό, θα εγκατασταθεί ένα BWTS σύμφωνα με τη χωρητικότητα της αντλίας έρματος.

Όλα τα πλοία θα αντιμετωπίσουν κάποια μείωση της χωρητικότητας φορτίου που προκαλείται από το πρόσθετο βάρος του BWTS. Στον παρακάτω Πίνακα βλέπουμε το μέγεθος και το εκτιμώμενο βάρος διαφορετικών BWTS.

Πίνακας 8: Πληροφορίες για τους διαφορετικούς τύπους BWTS(πηγή: (Jaehhon Jee, 2017))

Τύπος	Ηλεκτρόλυση άμεσης ροής	Ηλεκτρόλυση πλευρικού ρεύματος	UV	Οξο
Χωρητικότητα (m ³ /h)	1 × 2000	2 × 1000	2 × 1000	1 × 2000
Συνολικό εκτιμώμενο βάρος (t)	6.2	2.9	6.2	9.9
Αλλαγή βάρους (% DWT)	0,007	0,004	0,007	0,012
Αποτύπωμα (m ²)	2.9	8.4	6.3	16.8
Ισχύς (kW)	24	35	30	199
Απώλεια πίεσης (bar)	0,5–1,0	0,5–1,0	0,5	0.2

Όπως φαίνεται στον πίνακα 9 η αναμενόμενη απώλεια χωρητικότητας φορτίου λόγω εγκατάστασης BWTS κυμαίνεται μεταξύ 0,004 και 0,012% του DWT, το οποίο είναι αμελητέο

να συμπεριληφθεί στην ανάλυση. Ο χώρος μηχανών του πλοίου μπορεί να φιλοξενήσει εγκατάσταση BWTS και οι απαιτήσεις ισχύος είναι εντός της υπάρχουσας χωρητικότητας του συστήματος. Η προσθήκη οποιουδήποτε BWTS σε ένα υπάρχον σύστημα έρματος οδηγεί σε αύξηση της πτώσης πίεσης και οι κύριες αντλίες έρματος πρέπει να το ξεπεράσουν για να διατηρήσουν τον αρχικό ρυθμό έρματος. Η αναμενόμενη απώλεια πίεσης λόγω κάθε BWTS φαίνεται στον Πίνακα.

Το συνολικό κόστος που εξετάζεται σε αυτή τη μελέτη αποτελείται κυρίως από δύο κατηγορίες

- κεφαλαιουχικές δαπάνες (CAPEX).

Το CAPEX μπορεί να οριστεί ως αρχικές δαπάνες, συμπεριλαμβανομένων των δαπανών για την αγορά μη αναλώσιμων εξαρτημάτων των προτεινόμενων προϊόντων ή συστημάτων

- λειτουργικές δαπάνες (OPEX).

το OPEX αναφέρεται στο άθροισμα του τρέχοντος κόστους για τη λειτουργία ενός συστήματος κατά την περίοδο του έργου.

Για τους σκοπούς αυτής της μελέτης, CAPEX σημαίνει το αρχικό κόστος για το προϊόν και την εγκατάσταση. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι ενώ το κόστος του προϊόντος είναι σχετικά σταθερό, το κόστος εγκατάστασης μπορεί να κυμαίνεται από σύστημα σε σύστημα λόγω της πολυπλοκότητας και της δυσκολίας των εγκαταστάσεων BWTS επί του σκάφους που είναι δύσκολο να προβλεφθεί. Αυτό το έργο επομένως λαμβάνει υπόψη το γενικό κόστος εγκατάστασης για κάθε τύπο BWTS. Οι πληροφορίες κόστους του BWTS για αυτήν τη μελέτη ελήφθησαν γενικά σε συνεργασία με ορισμένους κατασκευαστές. Το κόστος των σχετικών εργασιών, όπως νέα δομή και διαμερίσματα, συστήματα εξαερισμού (εάν είναι απαραίτητο), ηλεκτρικές καλωδιώσεις, πίνακες και πίνακες διανομής, λήφθηκαν εντός του συνήθους εύρους της πρακτικής του κλάδου που αποκτάται σε σχέση με τις σχετικές εργασίες.

Η περίοδος του έργου είναι μια άλλη σημαντική παράμετρος για την αξιολόγηση της πραγματικής βιωσιμότητας ενός έργου. Το προσδόκιμο ζωής ενός πλοίου θεωρείται γενικά 30 χρόνια. Δεδομένου ότι η ηλικία του πλοίου-στόχου είναι 3, η περίοδος λειτουργίας του έργου BWTS είναι 27 χρόνια.

Όσον αφορά την πρόσθετη κατανάλωση καυσίμου, είναι πολύ δύσκολο να προβλεφθεί με σιγουριά η μελλοντική τιμή του πετρελαίου καθώς η τιμή του πετρελαίου καθορίζεται από ποικίλες παραμέτρους όπως πολιτικούς, κοινωνικούς και οικονομικούς παράγοντες. Επομένως, για απλότητα εκτίμησης, αυτή η μελέτη υιοθέτησε την τρέχουσα τιμή του πετρελαίου ως μέση τιμή πετρελαίου κατά την περίοδο του έργου – δηλαδή, με τιμή 240 \$ ανά μετρικό τόνο.

Για όλες τις δραστηριότητες χρησιμοποιήθηκε ένα σταθερό εργατικό ποσοστό 80 \$ ανά ώρα. Επιπλέον, η διάρκεια για την εγκατάσταση BWTS υποτέθηκε ότι είναι 8 ημέρες για ηλεκτρόλυση άμεσης ροής, 7 ημέρες για ηλεκτρόλυση πλευρικής ροής, 7 ημέρες για τύπο UV και 4 ημέρες για τύπο όζοντος.

3.3.3. Αποτελέσματα

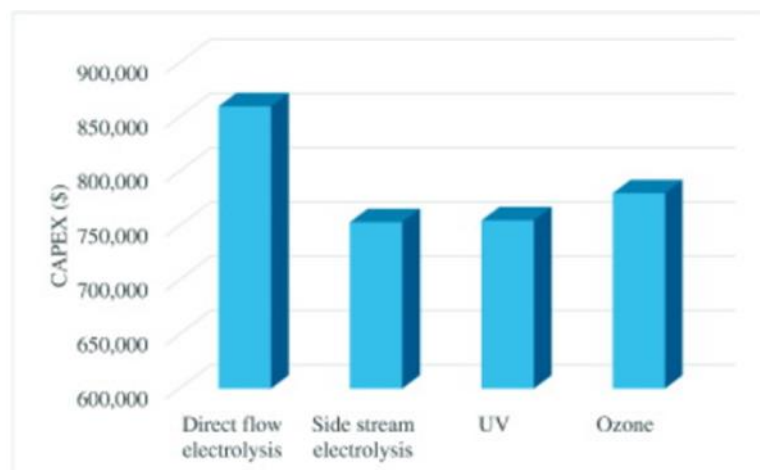
Μια περίληψη της ανάλυσης κόστους δίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 9: Ανάλυση κόστους(πηγή: (Jaehhon Jee, 2017))

Τύπος	CAPEX				OPEX
	BWTS	Εργασίες υποστήριξης εγκατάστασης	Επιπλέον κόστος εγκατάστασης	CAPEX σύνολο	Ετήσιο κόστος λειτουργίας
Ηλεκτρόλυση άμεσης ροής	600.000	100.920	159.000	859.920	9538
Ηλεκτρόλυση πλευρικού ρεύματος	450.000	110.960	192.400	753.360	9601
UV	500.000	110.000	145.000	755.000	6934
Οζο	580.000	80.000	120.000	780.000	11.151

Πρόσθετο κόστος εξοπλισμού προστίθεται για ηλεκτρόλυση τύπου BWTS λαμβάνοντας υπόψη το ταξίδι στην περιοχή χαμηλής αλατότητας. Οι ηλεκτρολογικές και μηχανικές εργασίες εκτιμώνται ως εργασίες υποστήριξης εγκατάστασης. Το πρόσθετο κόστος εγκατάστασης περιλαμβάνει τροποποίηση δομικού και υπάρχοντος συστήματος, μηχανική (σχέδιο, κ.λπ.), αντικατάσταση επιμετάλλωσης καταστρώματος, αναλώσιμα συγκόλλησης, χάλυβας για την τοποθέτηση κατασκευών κ.λπ. Το ετήσιο κόστος λειτουργίας αποτελείται από καύσιμα, αναλώσιμα, εργασία και υλικά.

Το CAPEX κάθε BWTS δίνεται στο παρακάτω σχήμα.

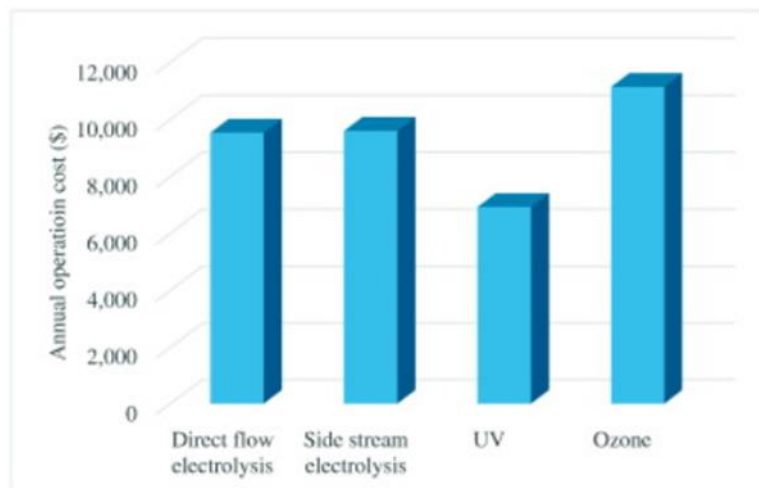


Εικόνα 40: CAPEX των BWTS(πηγή: (Jaehhon Jee, 2017))

Μπορεί να φανεί ότι ο τύπος άμεσης ηλεκτρολυτικής παραγωγής χλωρίου έχει το υψηλότερο συνολικό CAPEX. Η ηλεκτρόλυση πλευρικού ρεύματος BWTS εκτιμήθηκε ότι έχει το χαμηλότερο CAPEX λόγω της χαμηλότερης βασικής τιμής του συστήματος. Ο τύπος όζοντος BWTS έδειξε παρόμοια CAPEX με την ηλεκτρόλυση πλευρικού ρεύματος επειδή αυτά τα δύο έχουν παρόμοιο τρόπο επεξεργασίας του νερού έρματος ως τύπου έγχυσης. Το UV Type BWTS δεν έδειξε πολύ υψηλότερο CAPEX από την ηλεκτρολυτική παραγωγή χλωρίου

πλευρικής ροής και τον τύπο όζοντος λόγω της σχετικά απλής εγκατάστασης, της έλλειψης ανάγκης συστήματος επεξεργασίας χαμηλής αλατότητας και της χαμηλής βασικής τιμής του ίδιου του BWTS.

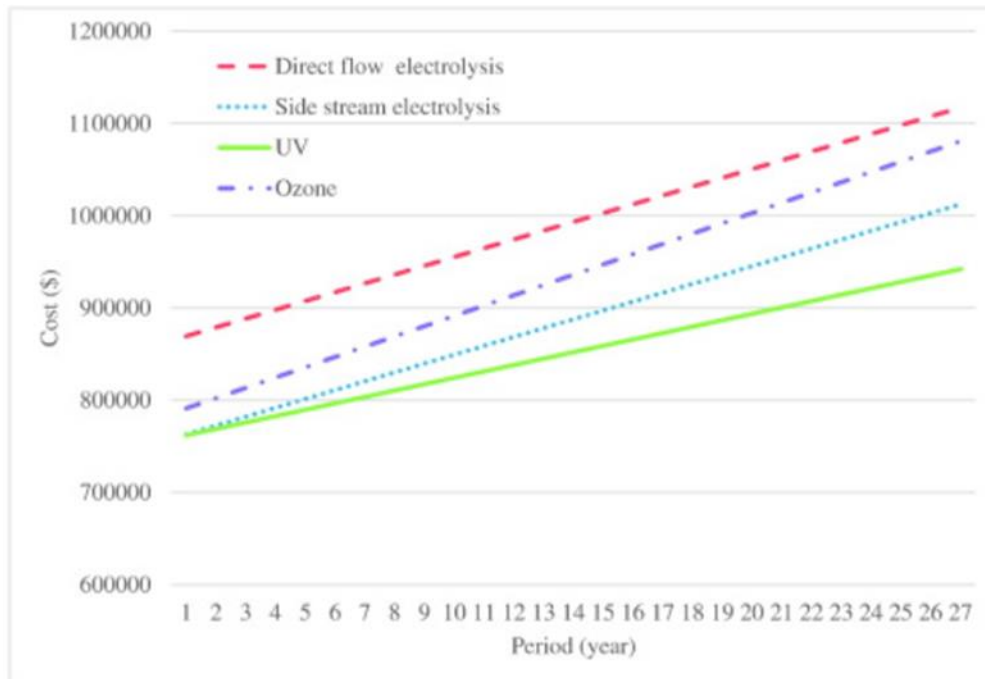
Στην παρακάτω φωτογραφία βλέπουμε το ετήσιο κόστος λειτουργίας κάθε BWTS.



Εικόνα 41: Κόστος λειτουργίας των συστημάτων(πηγή: (Jaehhon Jee, 2017))

Ο τύπος UV εκτιμήθηκε ότι έχει το χαμηλότερο ετήσιο κόστος λειτουργίας. Αυτό συμβαίνει επειδή το BWTS τύπου UV έχει χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και δεν χρειάζεται υλικά για επεξεργασία και εξουδετέρωση. Ωστόσο, τα συστήματα με χρήση όζοντος παρουσίασαν το υψηλότερο ετήσιο κόστος λειτουργίας. Ο λόγος για αυτό είναι η υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας και η παροχή χημικών ουσιών για την επεξεργασία και την εξουδετέρωση του υπολειπόμενου όζοντος.

Τελειώνοντας Η συνολική εκτίμηση κόστους για την περίοδο του έργου απεικονίζεται στο επόμενο σχήμα το οποίο αποτελείται από CAPEX και OPEX. Μπορεί να φανεί ότι ο τύπος UV BWTS έχει το χαμηλότερο άθροισμα του κόστους εγκατάστασης και του σωρευτικού ετήσιου κόστους λειτουργίας.



Εικόνα 42: Συνολική εκτίμηση κόστους(πηγή: (Jaehhon Jee, 2017))

3.3.4. Συμπεράσματα

Πραγματοποιήθηκε ενδεδειγμένη οικονομική αξιολόγηση για τη μετασκευή τεσσάρων τύπων BWTS σε φορητό μεταφοράς χύδην φορτίου, με ιδιαίτερη έμφαση στο κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας.

Μεταξύ των εξεταζόμενων συστημάτων όσον αφορά το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας καθ' όλη τη διάρκεια του έργου, το BWTS τύπου UV είναι το πιο οικονομικό.

Το μοντέλο πλοίου για αυτήν τη μελέτη είναι πλοίο μεταφοράς χύδην φορτίου, πράγμα που σημαίνει ότι τα προκύπτοντα συμπεράσματα ενδέχεται να μην ισχύουν άμεσα για πλοία άλλων ταξινομήσεων ή για πλοία με διαφορετικές προδιαγραφές.

Οι κρίσιμοι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα περιλαμβάνουν τον τύπο του σκάφους, το μέγεθος, το βάρος, το πρόγραμμα ταξιδιού, την ικανότητα ισχύος, τις δυνατότητες έρματος, την αρχιτεκτονική διάταξη, τις δεξαμενές έρματος και τον διαθέσιμο χώρο φορτίου.

Η μετασκευή ενός πλοίου με BWTS είναι μια διαφοροποιημένη διαδικασία, με πολλές μεταβλητές που επηρεάζουν την επιλογή του συστήματος και το κόστος που προκύπτει. Αυτή η μελέτη υπογραμμίζει τη σημασία του σχολαστικού σχεδιασμού και της αξιολόγησης πριν από τη λήψη αποφάσεων.

3.4. Μέθοδοι επεξεργασίας νερού έρματος και εγκατάσταση συστήματος UV σε υπάρχον δεξαμενόπλοιο

Κατά τη διαδικασία ανάπτυξης της Σύμβασης(Σύμβαση BWM), καταβλήθηκαν σημαντικές προσπάθειες για τη διαμόρφωση κατάλληλων προτύπων για τη διαχείριση των υδάτων έρματος. Είναι το πρότυπο ανταλλαγής νερού έρματος (BWE) και το πρότυπο απόδοσης νερού έρματος. Η μέθοδος ανταλλαγής νερού έρματος αντιμετωπίζει αρκετές προκλήσεις και περιορισμούς όπως:

- Ορισμένα σκάφη δεν έχουν σχεδιαστεί βέλτιστα για ανταλλαγή έρματος στη θάλασσα. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε ανεπαρκή υδραυλικά δίκτυα, κακή διάταξη δεξαμενής ή έλλειψη επαρκούς ικανότητας άντλησης.
- Τα σκάφη που εμπλέκονται σε συχνά σύντομα ταξίδια δεν έχουν τον απαιτούμενο χρόνο για να πραγματοποιήσουν πλήρη ανταλλαγή έρματος. Αυτή είναι μια πρακτική πρόκληση που δεν μπορεί να ξεπεραστεί εύκολα χωρίς να αλλάξει το πρόγραμμα του πλοίου.
- Για πλοία που πρέπει να αντιμετωπίσουν δύσκολες συνθήκες στη θάλασσα, η διαδικασία ανταλλαγής νερού έρματος μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τη σταθερότητα του πλοίου. Αυτή είναι μια ανησυχία για την ασφάλεια που δεν μπορεί να αγνοηθεί.
- Ακόμη και όταν ανταλλάσσεται έως και το 99% του όγκου μιας δεξαμενής, η πραγματική βιολογική απόδοση ποικίλλει. Ο σχηματισμός ιζημάτων, ειδικά σε μέρη της δεξαμενής που είναι δύσκολο να προσπεραστούν και να καθαριστούν, μπορεί να φιλοξενήσει θαλάσσιους οργανισμούς. Εάν αυτοί οι οργανισμοί δεν αφαιρεθούν, μπορούν να εισαχθούν σε νέα περιβάλλοντα, ακυρώνοντας τον σκοπό της ανταλλαγής νερού έρματος.

Για όλους τους παραπάνω λόγους υιοθετήθηκε και το πρότυπο απόδοσης νερού έρματος το οποίο απαιτεί από τα πλοία να επεξεργάζονται το νερό έρματος με συστήματα διαχείρισης νερού έρματος.

3.4.1. Μέθοδοι επεξεργασίας

Τα συστήματα επεξεργασίας νερού έρματος καθορίζονται από τον IMO ως:

‘... το σύστημα που με μηχανικές, φυσικές, χημικές ή βιολογικές διεργασίες, είτε μεμονωμένα ή σε συνδυασμό, καθιστά αβλαβή ή οδηγεί στην αποφυγή της πρόσληψης ή της απόρριψης επιβλαβών οργανισμών ή παθογόνων οργανισμών. Το σύστημα επεξεργασίας μπορεί να λειτουργήσει είτε κατά την πρόσληψη είτε κατά την εκφόρτωση του έρματος κατά τον πλου.

Οι δύο κύριες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα επεξεργασίας του νερού έρματος είναι:

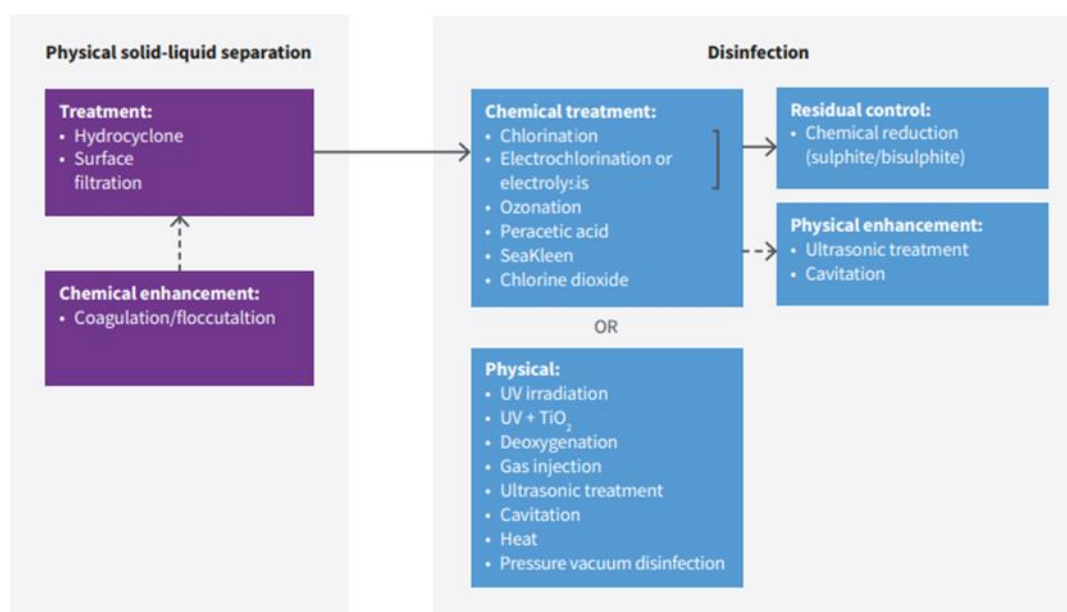
Διαχωρισμός στερεού-υγρού:

Ο διαχωρισμός στερεού-υγρού στοχεύει στον διαχωρισμό των αιωρούμενων στερεών υλικών, συμπεριλαμβανομένων των αιωρούμενων μικροοργανισμών, από το έρμα. Η διαδικασία μπορεί να επιτευχθεί είτε με καθίζηση, είτε με διήθηση. Οι διαδικασίες αυτές παράγουν απόβλητα που περιέχουν τα αιωρούμενα στερεά, τα οποία χρειάζονται περαιτέρω διαχείριση.

Απολύμανση:

Η απολύμανση αποσκοπεί στον θάνατο ή την αδρανοποίηση των μικροοργανισμών. Μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω:

- χημικής επεξεργασίας
 - ❖ Χλωρίωση: Χρησιμοποιεί χλώριο ή υποχλωριώδες άλας για την απολύμανση του νερού.
 - ❖ Οζονισμός: Χρησιμοποιεί το αέριο όζον για να οξειδώσει και να σκοτώσει οργανισμούς.
 - ❖ Ηλεκτρολυτική παραγωγή χλωρίου: Χρησιμοποιεί ηλεκτρικό ρεύμα για την παραγωγή χλωρίου από το θαλασσινό νερό για την απολύμανση.
 - ❖ Υπεροξικό οξύ (PAA): Απολυμαντικό που οξειδώνει και σκοτώνει οργανισμούς.
 - ❖ Χημικά απολυμαντικά: Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και άλλες χημικές ουσίες όπως η menadione(2-μεθυλο, ναφθοκινόνη) με τύπο $C_6H_4(CO)_2C_2H(CH_3)$ και η glutaraldehyde(πεντανοδιόλη) με τύπο $(CH_2)_3(CHO)_2$.
- Φυσικής θεραπείας
 - ❖ Φιλτράρισμα: Αφαιρεί μεγαλύτερους οργανισμούς χρησιμοποιώντας μηχανικά φίλτρα.
 - ❖ UV ακτινοβολία: Χρησιμοποιεί το υπεριώδες φως για να σκοτώσει ή να απενεργοποιήσει οργανισμούς.
 - ❖ Θερμική επεξεργασία: Αυξάνει τη θερμοκρασία του νερού σε επίπεδο που σκοτώνει τους οργανισμούς.
 - ❖ Σπηλαιώση: δημιουργία φυσαλίδων όπου κατά την κατάρρευσή τους δημιουργούνται περιοχές υψηλής πίεσης που σκοτώνουν οργανισμούς.
 - ❖ Αποοξυγόνωση: Αφαιρεί το διαλυμένο οξυγόνο για να σκοτώσει αερόβιους οργανισμούς.

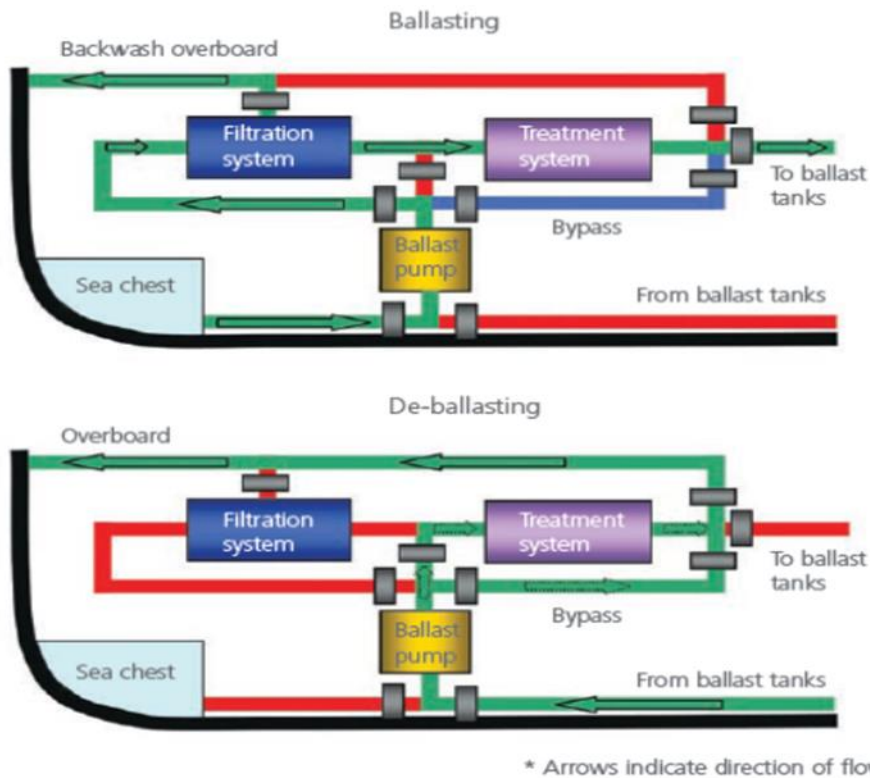


Εικόνα 43 Τεχνολογίες συστημάτων νερού έρματος πηγή:((Lloyd's Register, 2019))

Όλες οι παραπάνω μέθοδοι απολύμανσης έχουν εφαρμοστεί σε συστήματα επεξεργασίας νερού έρματος. Τα περισσότερα εμπορικά συστήματα περιλαμβάνουν δύο στάδια επεξεργασίας, ένα στάδιο διαχωρισμού στερεού-υγρού το οποίο ακολουθείται από την απολύμανση, αν και ορισμένες τεχνολογίες απολύμανσης χρησιμοποιούνται και μεμονωμένα. Με βάση αρκετές μελέτες που έχουν διεξαχθεί πάνω στο θέμα και με βάση αρκετές εταιρίες που εξειδικεύονται πάνω στο θέμα οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μέθοδοι και αυτές που θα αναλύσω περισσότερο στην συνέχεια είναι οι εξής:

- Διήθηση + Ακτινοβολία UV
Διήθηση: Αφαιρεί μεγαλύτερα αιωρούμενα στερεά και οργανισμούς.
Ακτινοβολία UV: Χρησιμοποιεί το υπεριώδες φως για να καταστήσει τους μικροοργανισμούς μη βιώσιμους.
- Ηλεκτροχλωρίωση
Παράγει υποχλωριώδες νάτριο επί τόπου περνώντας ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του θαλασσινού νερού για την απολύμανση του νερού έρματος.
- Διήθηση + Ηλεκτροχλωρίωση
Διήθηση: Λειτουργεί ως προ επεξεργασία για την αφαίρεση μεγαλύτερων οργανισμών και ιζημάτων.
Ηλεκτροχλωρίωση: Ακολουθεί διήθηση για την απολύμανση του νερού έρματος.
- Διήθηση + Θεραπεία με Όζον
Φιλτράρισμα: Αφαιρεί μεγαλύτερα σωματίδια και οργανισμούς.
Θεραπεία με Όζον: Χρησιμοποιεί το όζον για την αποτελεσματική εξουδετέρωση διαφόρων μικροοργανισμών.
- Αποοξυγόνωση
Μειώνει τα επίπεδα οξυγόνου στο νερό του έρματος, το οποίο μπορεί να είναι επιβλαβές ή θανατηφόρο για πολλούς αερόβιους θαλάσσιους οργανισμούς.

Στην εικόνα 44 παρατίθεται μια τυπική διάταξη των συστημάτων.



Εικόνα 44 Τυπική διάταξη δυο σταδίων επεξεργασίας νερού έρματος πηγή : (Lloyd's Register, 2019)

3.4.1.1. Διαδικασίες χωρισμού

Το φιλτράρισμα αποτελεί βασική μέθοδο στην επεξεργασία του νερού έρματος και φημίζεται για την περιβαλλοντική του βιωσιμότητα. Λειτουργεί με την προϋπόθεση του διαχωρισμού στερεών και οργανισμών από το νερό του έρματος. Οι τρόποι διήθησης που χρησιμοποιούνται στα συστήματα επεξεργασίας νερού έρματος είναι αυτόματου τύπου επανάπλυσης, χρησιμοποιώντας είτε δίσκους είτε σταθερά φίλτρα.

Τύποι φίλτρων

Διήθηση με άμμο:

Το φιλτράρισμα με άμμο είναι μια συμβατική, καθιερωμένη τεχνική που χρησιμοποιείται τόσο στην επεξεργασία πόσιμου νερού όσο και στην επεξεργασία λυμάτων για τη μείωση του αριθμού των οργανισμών και της θολότητας πριν από περαιτέρω απολύμανση.

Διήθηση με πλέγμα από χάλυβα:

Δεδομένου ότι οι κανόνες που αφορούν την επεξεργασία του νερού έρματος έχουν σα βάση το μέγεθος των μικροοργανισμών Το φιλτράρισμα με πλέγμα από χάλυβα είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο. Επικεντρώνεται στη συγκράτηση οργανισμών μεταξύ 10-50 μm χωρίς ενσωμάτωση χημικών ουσιών. Προσφέρει ένα αποτελεσματικό μέσο για τη διαχείριση σωματιδίων μεσαίου μεγέθους, αν και με περιορισμούς στην αντιμετώπιση μικρότερων οντοτήτων.

Ειδικές μεμβράνες:

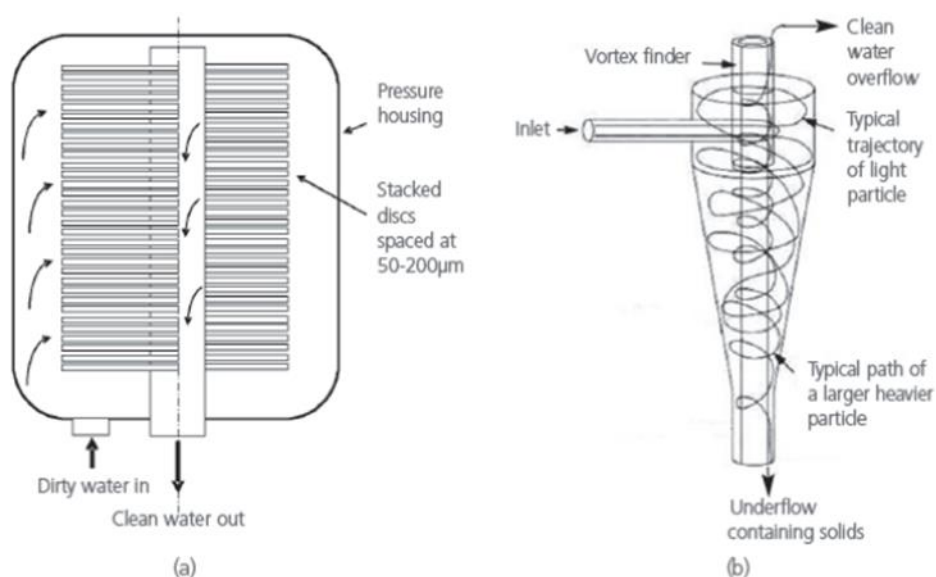
Οι ειδικές μεμβράνες ξεχωρίζουν για την ικανότητά τους να συγκρατούν ακόμη και βακτήρια. Αυτές οι μεμβράνες, που χαρακτηρίζονται από πόρους μεγέθους 0,2 μm, απαιτούν μια

αρχική φάση διήθησης για την απομάκρυνση των στερεών και των αποβλήτων από το νερό. Παρά την υψηλή τους απόδοση, το σχετικό κόστος είναι σημαντικά υψηλό λόγω της περίπλοκης τεχνολογίας που εμπλέκεται.

Για τη διατήρηση της ομαλής ροής απαιτείται ότι το φίλτρο θα πρέπει να καθαρίζεται τακτικά και πως η ισορροπία μεταξύ της παροχής, της πίεσης λειτουργίας και της συχνότητας καθαρισμού είναι αυτή που καθορίζει την αποτελεσματικότητα της διήθησης

Τεχνολογία διαχωρισμού υδροκυκλώνων:

Ο διαχωρισμός υδροκυκλώνων αναδεικνύεται ως μια αξιοσημείωτη εναλλακτική λύση σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους διήθησης. Τονίζει την καθίζηση με έγχυση νερού σε υψηλές ταχύτητες, προκαλώντας περιστροφική κίνηση και, στη συνέχεια, φυγόκεντρη δύναμη, η οποία ενισχύει την ταχύτητα του σωματιδίου σε σχέση με το νερό. Η αποτελεσματικότητα του διαχωρισμού των υδροκυκλώνων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η διαφορά πυκνότητας μεταξύ του σωματιδίου και του νερού, το μέγεθος των σωματιδίων, η ταχύτητα περιστροφής και ο χρόνος παραμονής εντός του υδροκυκλώνα. Οι εγγενείς προκλήσεις αυτού του συστήματος υπογραμμίζονται από τη συγκριτική του αναποτελεσματικότητα στην αφαίρεση σε σύγκριση με τα φίλτρα. Πολυάριθμοι μικροσκοπικοί υδρόβιοι οργανισμοί παρουσιάζουν πυκνότητες παρόμοιες με το θαλασσινό νερό, καθιστώντας την εξαγωγή τους μέσω υδροκυκλώνων περίπλοκη.

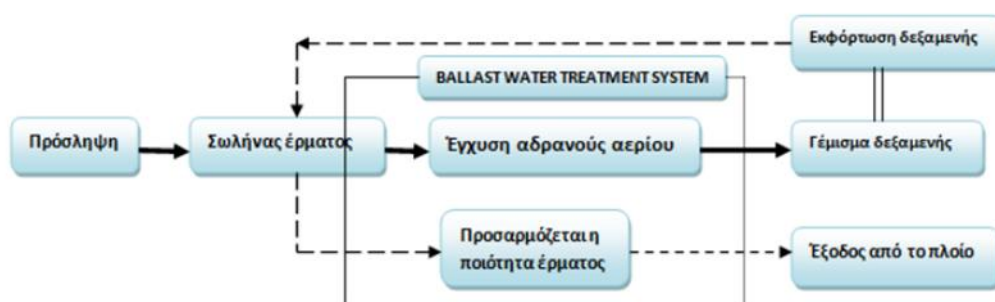


Εικόνα 45: Τύποι φίλτρων πηγή: (Lloyd's Register, 2019)

3.4.1.2. Αποοξυγόνωση

Η μέθοδος επεξεργασίας έρματος με αποοξυγόνωση περιλαμβάνει την απομάκρυνση του οξυγόνου από τις δεξαμενές ύδατος έρματος για την πρόκληση ασφυξίας των οργανισμών. Αυτό γίνεται συνήθως με την έγχυση ανόργανων αερίων, κυρίως αζώτου και αργού, στο νερό, καθιστώντας το περιβάλλον ανοστικό για τους περισσότερους οργανισμούς. Καθώς τα επίπεδα οξυγόνου μειώνονται, οι περισσότεροι αερόβιοι οργανισμοί δεν μπορούν να επιβιώσουν. Η εφαρμογή της αποοξυγόνωσης εκτελείται κυρίως είτε κατά το ταξίδι είτε κατά

την πρόσληψη του έρματος, όπου και πάλι χρειάζεται ορισμένες μέρες έως ότου να ολοκληρωθεί . Χρειάζεται γενικά περίπου 2-4 ημέρες για το αδρανές αέριο να οδηγήσει σε ασφυξία τους οργανισμούς. Αυτή η μέθοδος συνήθως δεν είναι κατάλληλη για πλοία που έχουν σύντομα ταξίδια αλλά κυρίως για πλοία που κάνουν μακρύτερα ταξίδια σε ψυχρά περιβάλλοντα . Η αποξυγόνωση είναι ευνοϊκή για το περιβάλλον και έχει τη δυνατότητα εξοικονόμησης χρημάτων μέσω της πρόληψης της σκουριάς επί του πλοίου, ειδικά όταν χρησιμοποιείται αέριο άζωτο, καθώς υπάρχει το πρόσθετο πλεονέκτημα του εμπλουτισμού της περιεκτικότητας σε άζωτο του νερού έρματος και της μείωσης της διάβρωσης που προκαλείται παρουσία του οξυγόνου. Οι μελέτες αποξυγόνωσης δείχνουν καλή επιτυχία στη θανάτωση μιας ποικιλίας ξένων οργανισμών. Παρόλα αυτά , ορισμένα είδη, όπως αυτά που βρίσκονται υπό μορφή κύστης ή τα αναερόβια βακτήρια (τα οποία δε χρειάζονται οξυγόνο για να επιβιώσουν), είναι πιθανό να είναι σε θέση να επιβιώσουν στις συνθήκες που βρίσκονται σε μια δεξαμενή έρματος που έχει υποστεί αγωγή με άζωτο.



Εικόνα 46: Τυπική διάταξη διαδικασίας απολύμανσης.

Πλεονεκτήματα:

- Χωρίς τη χρήση χημικών ουσιών, διατηρείται το οικοσύστημα και προστατεύεται η θαλάσσια βιοποικιλότητα.
- Η απουσία επικίνδυνων χημικών σημαίνει ότι υπάρχει λιγότερος κίνδυνος για το πλήρωμα και το περιβάλλον.
- Η απουσία χρήσης χημικών μπορεί να συμβάλει στη μείωση των λειτουργικών κόστων.

Μειονεκτήματα:

- Το αρχικό κόστος εγκατάστασης και εξοπλισμού μπορεί να είναι υψηλό.
- Τα υψηλά επίπεδα ενέργειας που απαιτούνται μπορούν να αυξήσουν τα λειτουργικά κόστη.
- Η διαχείριση και η συντήρηση των συστημάτων αποξυγόνωσης μπορεί να είναι περίπλοκες.

3.4.1.3. Ηλεκτροχλωρίωση

Κατά τη διαδικασία της ηλεκτροχλωρίωσης, το νερό υποβάλλεται σε ηλεκτρόλυση, δηλαδή, στην εφαρμογή ηλεκτρικού ρεύματος μέσω ειδικών ηλεκτροδίων απευθείας στο θαλασσινό νερό που παράγει ελεύθερο χλώριο (Cl_2), υποχλωριώδες νάτριο ($NaOCl$) και υποβρωμιδές οξύ ($HOBr$). Η ηλεκτροχλωρίωση (EC) απαιτεί ελάχιστα επίπεδα αλατότητας στο νερό του έρματος ή επιπλέον αλάτι θα απαιτηθεί. Η ηλεκτρολυτική χλωρίωση μπορεί να είναι είτε εν

σειρά όπου υφίσταται επεξεργασία ολόκληρης της ροής του νερού έρματος είτε σε πλευρική ροή όπου περίπου το 1 έως 2 τοις εκατό της ροής του νερού έρματος κατευθύνεται μέσω των ηλεκτρολυτικών στοιχείων και εγχέεται εκ νέου στη ροή του νερού έρματος. Τα συστήματα ηλεκτροχλωρίωσης είναι ελκυστικά και παρέχουν οικονομικά αποδοτικές λύσεις, ιδιαίτερα σε υπάρχοντα πλοία όταν η υψηλή χωρητικότητα νερού έρματος, ο περιορισμένος διαθέσιμος χώρος στο σκάφος και η περιορισμένη διαθεσιμότητα ισχύος περιορίζουν άλλες επιλογές.

Πλεονεκτήματα:

- Είναι εξαιρετικά αποτελεσματική στην καταπολέμηση των παθογόνων οργανισμών και των βακτηρίων.
- Παρέχει έναν οικονομικά αποδοτικό τρόπο επεξεργασίας νερού, ειδικά όταν το νερό περιέχει αλάτι.
- Μπορεί να παρέχει απομένουσα απολυμαντική ουσία στις δεξαμενές έρματος για προστασία από την επανα-ενεργοποίηση των οργανισμών.
- Καθώς το υποχλωριώδες νάτριο παράγεται από το ίδιο το θαλασσινό νερό μέσω της ηλεκτρόλυσης, δεν υπάρχει ανάγκη χειρισμού και αποθήκευσης επί του πλοίου επιβλαβών βιοκτόνων, ενώ η αποκλειστική χρήση επί του πλοίου διασφαλίζει ότι η παραγωγή περιορίζεται μόνο στην ικανοποίηση της ζήτησης που μειώνει την απαίτηση κατανάλωσης ενέργειας.

Μειονεκτήματα και Επίδραση διαφόρων παραμέτρων

- Η αποτελεσματικότητα της ηλεκτροχλωρίωσης επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το pH του θαλασσινού νερού.
- Η εξάρτηση από τη θερμοκρασία σημαίνει ότι η αποτελεσματικότητα της ηλεκτροχλωρίωσης μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με τις εποχιακές και γεωγραφικές αλλαγές στη θερμοκρασία του θαλασσινού νερού.
- Η παρουσία διαφόρων ιόντων στο θαλασσινό νερό μπορεί να μειώσει την αποτελεσματικότητα της ηλεκτροχλωρίωσης και μπορεί επίσης να οδηγήσει στο σχηματισμό επιβλαβών υποπροϊόντων. Αυτά μπορεί να απαιτούν πρόσθετες θεραπείες ή εξέταση για περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- Ο κίνδυνος διάβρωσης λόγω οξειδωτικών παραγόντων ασκεί πρόσθετη πίεση στη δομική ακεραιότητα του εξοπλισμού και απαιτεί τακτική συντήρηση και προληπτικά μέτρα, τα οποία αυξάνουν το λειτουργικό κόστος και την πολυπλοκότητα.
- Η παραγωγή επιθετικών χημικών ουσιών όπως το υποχλωριώδες νάτριο απαιτεί κατάλληλο χειρισμό και εξουδετέρωση για την αποφυγή δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
- Η απαίτηση συγκεκριμένου επιπέδου αλατότητας περιορίζει την εφαρμογή αυτής της μεθόδου σε συγκεκριμένους τύπους νερού και απαιτεί πρόσθετο εξοπλισμό και κατανάλωση ενέργειας σε περιπτώσεις γλυκού ή υφάλμυρου νερού.

3.4.1.4. Θεραπεία με όζον

Το όζον, ένας ασταθής αλλά ισχυρός οξειδωτικός παράγοντας μπορεί να σκοτώσει βακτήρια και ιούς όταν χρησιμοποιείται ως απολυμαντικό στην επεξεργασία του νερού. Το όζον παράγεται επιτόπου μέσω της διάλυσης του οξυγόνου, συνήθως με τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας (ηλεκτρικής διασπάσεως). Το παραγόμενο όζον εισάγεται στο νερό, όπου αντιδρά

με τους διάφορους οργανισμούς και τις χημικές ουσίες. Όσο το θαλασσινό νερό παραμένει στις δεξαμενές κατά τη διάρκεια του ταξιδιού, το όζον συνεχίζει να ενεργεί στους πιθανώς εναπομείναντες οργανισμούς. Κατά την διάρκεια του αφερματισμού ενδέχεται να χρησιμοποιηθεί επιπλέον όζον ή άλλες μέθοδοι απολύμανσης, εάν είναι απαραίτητο, προτού το νερό απελευθερωθεί στη θάλασσα για να διασφαλίσει ότι κανένας ζωντανός οργανισμός δεν θα απελευθερωθεί στο περιβάλλον. Η βασική διάταξη του συστήματος περιλαμβάνει μια γεννήτρια όζοντος, μια μονάδα έγχυσης, ένα φίλτρο γραμμής και ένα εξουδετεροτή. Το φίλτρο γραμμής τοποθετείται πριν από τη γεννήτρια όζοντος και τη μονάδα έγχυσης το οποίο διαχωρίζει από το έρμα είτε οργανισμούς είτε αντικείμενα μεγαλύτερου όγκου ενώ ο εξουδετερωτής τοποθετείται στη γραμμή αφερματισμού του συστήματος έρματος. Η επεξεργασία με όζον είναι μια βιώσιμη επιλογή για την επεξεργασία του νερού έρματος, ιδιαίτερα στο θαλασσινό νερό, λόγω των υψηλών οξειδωτικών και απολυμαντικών δυνατοτήτων της. Ωστόσο, η εφαρμογή του χρειάζεται σχολαστικό σχεδιασμό, εξέταση διαφόρων παραγόντων, όπως η ασφάλεια, η διάβρωση και η συμμόρφωση με τους κανονισμούς, και ενδελεχής αξιολόγηση των οικονομικών και λειτουργικών επιπτώσεων. Η πρόσθετη χρήση χημικών εξουδετέρωσης, συστημάτων παρακολούθησης και εξειδικευμένης εκπαίδευσης συμβάλλει επίσης στο συνολικό κόστος και τη λειτουργική πολυπλοκότητα του συστήματος, η οποία πρέπει να δικαιολογείται έναντι των οφελών που επιτυγχάνονται όσον αφορά την αποτελεσματική επεξεργασία του νερού και τη συμμόρφωση με τα περιβαλλοντικά πρότυπα.

3.4.1.5. Ακτινοβολία UV

Η υπεριώδης ακτινοβολία (UV) είναι μια ισχυρή και καθιερωμένη μέθοδος επεξεργασίας νερού, που χρησιμοποιείται ευρέως σε βιομηχανικές εφαρμογές. Η τεχνολογία βασίζεται στη χρήση λαμπτήρων αμαλγάματος που περικλείονται σε χιτώνια χαλαζία. Αυτοί οι λαμπτήρες παράγουν υπεριώδες φως που μετουσιώνει το DNA των μικροοργανισμών, εμποδίζοντάς τους αποτελεσματικά από την αναπαραγωγή. Τα συστήματα υπεριώδους ακτινοβολίας είναι απαλλαγμένα από χημικά, αλλά, παρόμοια με τα χημικά συστήματα, λειτουργούν με βάση μια δόση, η οποία σε αυτή την περίπτωση είναι η ποσότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας στην οποία εκτίθενται οι οργανισμοί.

Παρά την ευρεία χρήση τους, η αποτελεσματικότητα των συστημάτων υπεριώδους ακτινοβολίας εξαρτάται από τη διαύγεια του υπό επεξεργασία νερού. Παράγοντες όπως τα αιωρούμενα σωματίδια στο νερό έρματος, που συχνά προέρχονται από λιμάνια και εκβολές ποταμών ή προκύπτουν από χημικές διεργασίες σε δεξαμενές πλοίων, μπορούν να μειώσουν σημαντικά τη μετάδοση της υπεριώδους ακτινοβολίας, στο υπό επεξεργασία θαλασσινό νερό. Επιπλέον, η θεραπεία με υπεριώδη ακτινοβολία, αν και είναι αρκετά αποτελεσματική κατά των μικροοργανισμών, δεν είναι εξίσου αποτελεσματική έναντι όλων των οντοτήτων όπως ανώτερους οργανισμούς, πρωτόζωα, μύκητες, κ.λπ. Ο συνδυασμός θεραπείας με υπεριώδη ακτινοβολία με διήθηση ή/και φυσικό διαχωρισμό αποδεικνύεται εξαιρετικά ευεργετικός σε αυτά τα σενάρια. Το φιλτράρισμα μπορεί να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά μεγαλύτερους οργανισμούς, συμπληρώνοντας τον αγώνα της μεθόδου UV ενάντια σε μικρότερους μικροοργανισμούς.

Επιπλέον, οι ρυθμιστικές προοπτικές για τις θεραπείες UV διαφέρουν παγκοσμίως. Για παράδειγμα, ο IMO, ο οποίος καλύπτει σχεδόν το 95% των λιμανιών του κόσμου, ορίζει τους

«εξουδετερωμένους» οργανισμούς είτε νεκρούς είτε ως ανίκανους να αναπαραχθούν. Αντίθετα, η Αμερικανική Ακτοφυλακή (USCG) κατηγοριοποιεί αυστηρά τους εξουδετερωμένους οργανισμούς ως νεκρούς. Αν και στην πράξη, η παρεμπόδιση της αναπαραγωγής των οργανισμών είναι ένα αποτελεσματικό μέτρο κατά των χωροκατακτητικών ειδών, αυτοί οι ορισμοί οδηγούν σε διαφορές στις εγκρίσεις τύπου και στους χρόνους διατήρησης. Σύμφωνα με τους κανονισμούς USCG, ο χρόνος διατήρησης απαιτείται για να πεθάνουν οι οργανισμοί μετά την έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία. Για να μειωθεί αυτή η περίοδος διατήρησης, υπάρχει ανάγκη είτε να μειωθεί η ροή είτε να ενταθεί η δόση UV, οδηγώντας σε αυξημένη κατανάλωση ενέργειας.

Δεδομένου του τεχνολογικού και ρυθμιστικού τοπίου, ενώ η θεραπεία με υπεριώδη ακτινοβολία είναι μια πολλά υποσχόμενη λύση για την καταπολέμηση χωροκατακτητικών ειδών, μια ολιστική και ολοκληρωμένη προσέγγιση που τη συνδυάζει με άλλες μεθόδους φαίνεται να είναι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για να προχωρήσουμε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ UV ΣΕ ΥΠΑΡΧΟΝ ΔΕΞΑΜΕΝΟΠΛΟΙΟ

4.1. Στοιχεία πλοίου

Το προς μελέτη πλοίο, στο οποίο θέλουμε να εξετάσουμε τι μέθοδο συγκόλλησης που χρησιμοποιήθηκε για την εγκατάσταση του συστήματος επεξεργασίας έρματος, είναι ένα double hull δεξαμενόπλοιο (oil/chemical product tanker). Τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι:

Τύπος πλοίου: Chemical/Oil Products Tanker

Σημαία : Greece

Port of Registry: Piraeus

Classification: LR

Built by: Hyundai Mipo Dockyard Co Ltd

Keel Laying Date: 24 Oct 2005

Length O.A.: 184.22 m

Length B.P.: 176.00 m

Breadth: 27.40 m

Depth: 17.20 m

Draught: 11.316 m

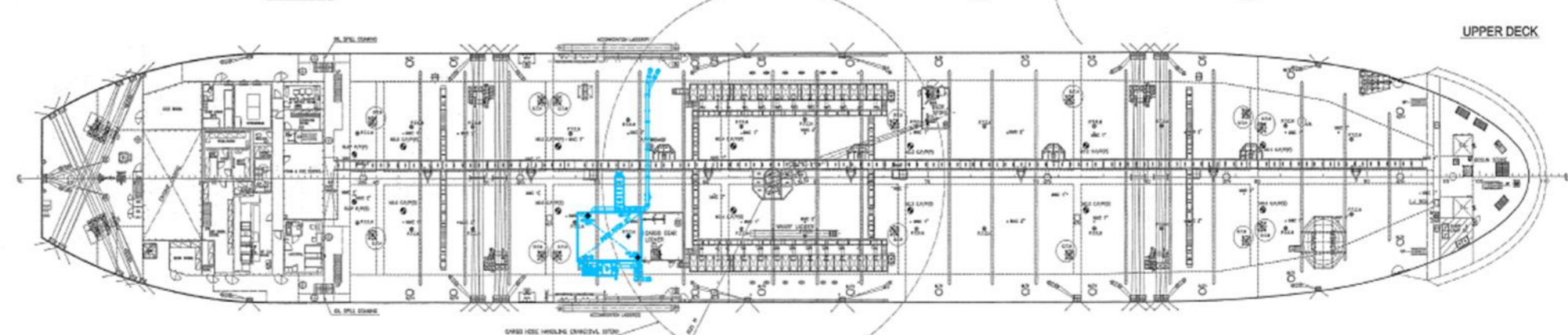
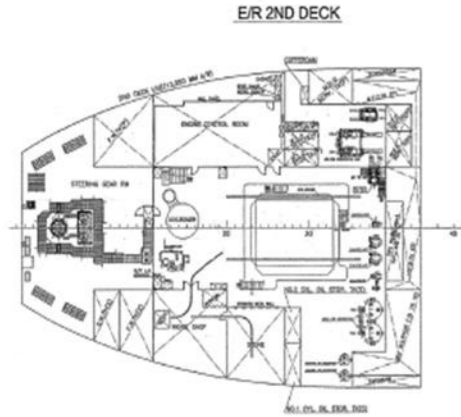
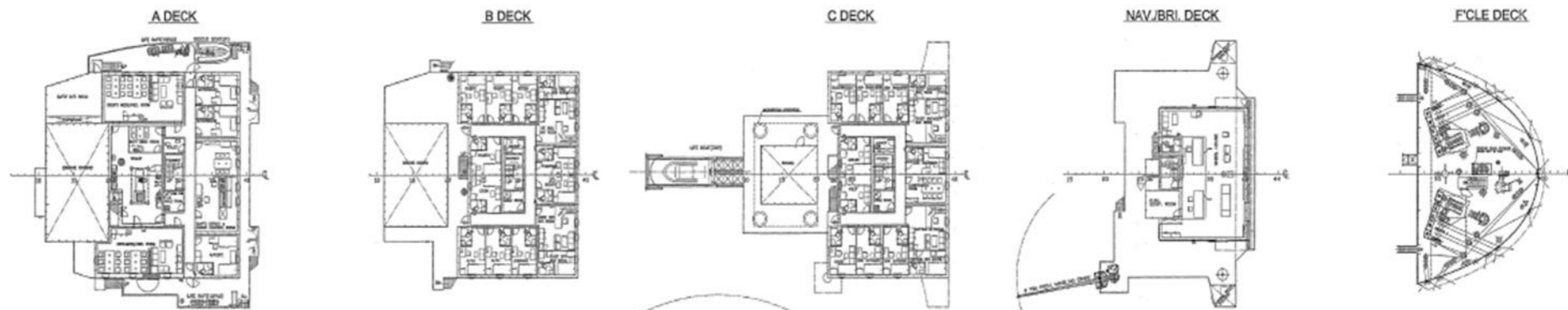
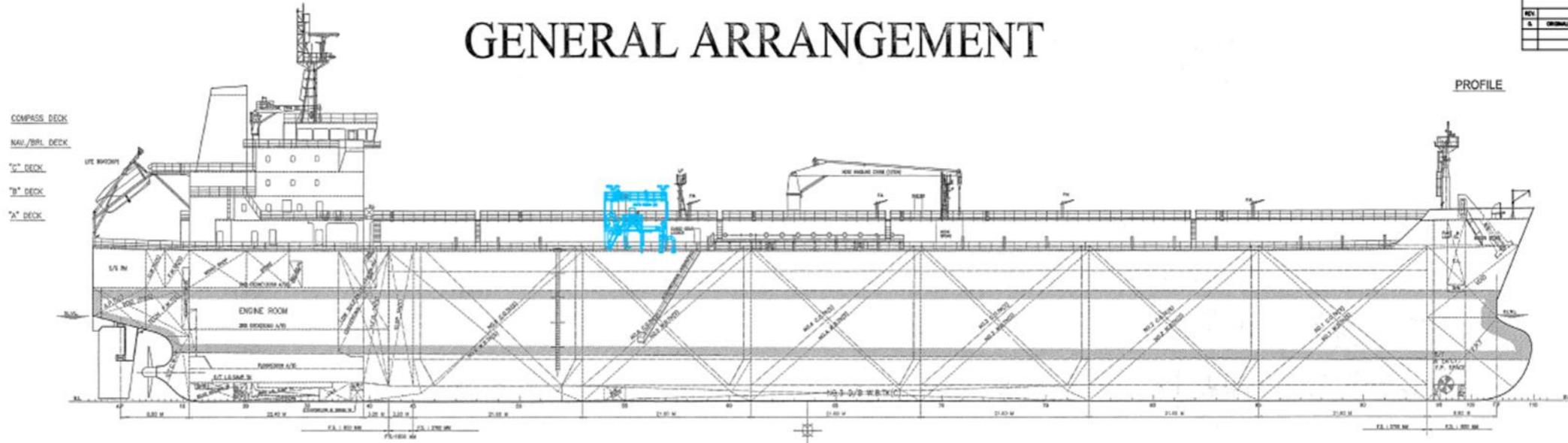
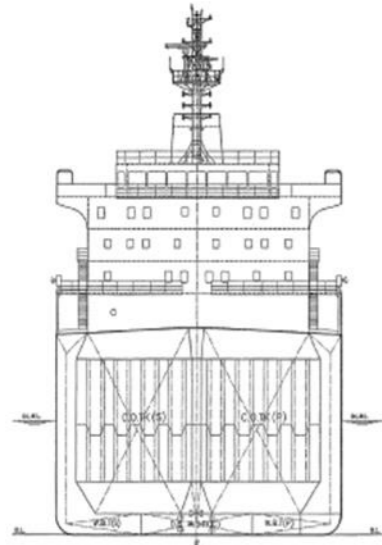
Max speed: 14kn

Deadweight: 37620 t

Cross tonnage: 23270 t

GENERAL ARRANGEMENT

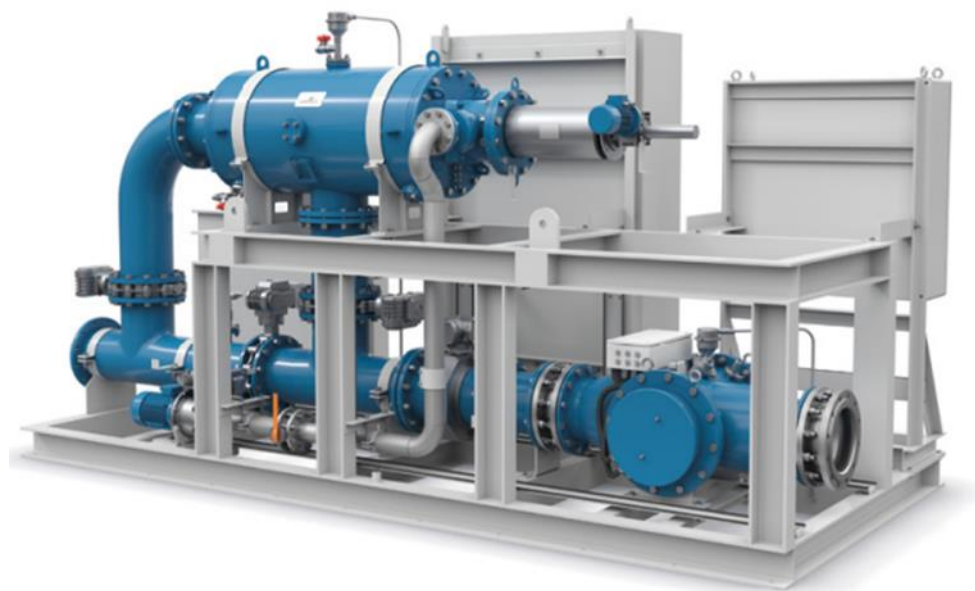
PLAN HISTORY		
REV	DESCRIPTION	DATE
1	ORIGINALLY PREPARED FOR APPROVAL	07/20/20



4.2. Επιλογή συστήματος

Στην σύγχρονη ναυτιλιακή βιομηχανία, η επιλογή και εγκατάσταση των κατάλληλων συστημάτων είναι ουσιαστικής σημασίας για την αποδοτική και ασφαλή λειτουργία των πλοίων. Σε αυτό το πλαίσιο, μετά από εκτενή έρευνα και ανάλυση των διαθέσιμων επιλογών, επιλέχθηκαν τα συγκεκριμένα συστήματα της Wartsila, AQ-750-UVX και AQ-300-UV, για την εγκατάστασή τους στο δεξαμενόπλοιο SIKINOS. Η επιλογή αυτή βασίστηκε στην αξιοπιστία, την απόδοση και τις προδιαγραφές που προσφέρουν αυτά τα συστήματα, ενώ ταυτόχρονα πληρούν τις απαιτήσεις των ναυτιλιακών κανονισμών και πρακτικών. Στην παρούσα εργασία δεν θα ασχοληθούμε με την επιλογή του συστήματος αλλά με τις μεθόδους συγκόλλησης που χρησιμοποιήθηκαν ώστε να εγκατασταθούν τα παραπάνω συστήματα.

Το Aquarius UV είναι ένα υπεριώδες BWMS που παρέχει μια ασφαλή, ευέλικτη και στιβαρή διαδικασία επεξεργασίας. Χρησιμοποιεί μια απλή και αποτελεσματική διαδικασία δύο σταδίων κατά την οποία το θαλασσινό νερό διέρχεται πρώτα από ένα φίλτρο οπισθόπλυσης πριν περάσει από έναν θάλαμο UV, όπου το υπεριώδες φως χρησιμοποιείται για την απολύμανση του νερού πριν εισέλθει στις δεξαμενές έρματος. Κατά την εκκένωση, το νερό από τις δεξαμενές διέρχεται από τον θάλαμο UV για δεύτερη φορά. Το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλο το φάσμα των συνθηκών λειτουργίας του πλοίου και του περιβάλλοντος. Τα συστήματα UV Aquarius δεν χρησιμοποιούν δραστικές ουσίες ή χημικές ουσίες και είναι εύκολο να ενσωματωθούν, να λειτουργήσουν και να διατηρηθούν. Το σύστημα έχει έγκριση τύπου σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα πρότυπα IMO και USCG, υπογραμμίζοντας την ποιότητα και την αποτελεσματικότητά του. Το σύστημα εγκαθίσταται συνήθως στο μηχανοστάσιο του πλοίου.



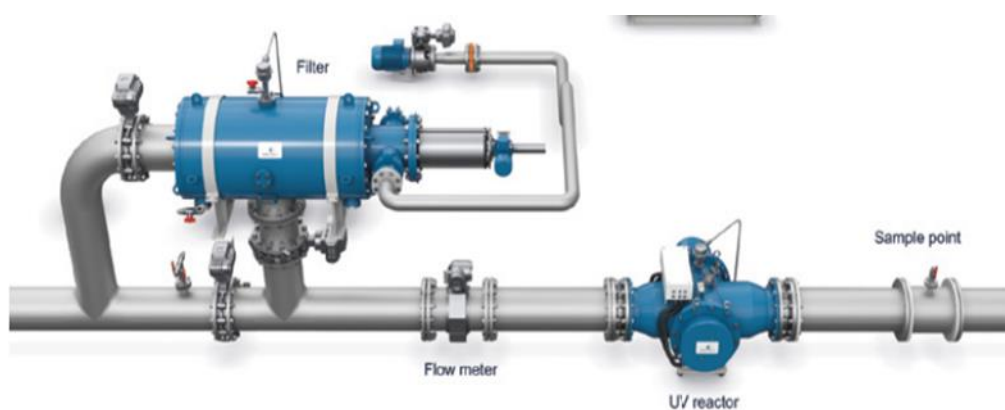
Εικόνα 47 Aquarius UV (Wartsila, 2023)

Στον ναυτιλιακό τομέα, ορισμένα πλοία λειτουργούν σε περιβάλλοντα ή μεταφέρουν φορτίο που ενέχει αυξημένο κίνδυνο εκρήξεων, απαιτώντας εξειδικευμένο εξοπλισμό που μπορεί να λειτουργεί με ασφάλεια σε αυτές τις επικίνδυνες ζώνες. Το σύστημα έχει σχεδιαστεί

σύμφωνα με την Οδηγία 2014/34/ΕΕ και ακολουθεί τους κανόνες του συστήματος IECEx αυτά τα πρότυπα διασφαλίζουν ότι ο εξοπλισμός πληροί αυστηρές απαιτήσεις ασφαλείας και μπορεί να λειτουργεί αξιόπιστα σε επικίνδυνα περιβάλλοντα. Το σύστημα UVX λειτουργεί πανομοιότυπα με το τυπικό σύστημα UV της Wärtsilä όσον αφορά τη λειτουργία.

Αυτό που διακρίνει το σύστημα UVX από την τυπική παραλλαγή UV είναι η συμμόρφωσή του με τις οδηγίες Ex και IECEx. Τα εξαρτήματα αυτού του συστήματος υποβάλλονται σε αυστηρές δοκιμές και αξιολογούνται για να επιβεβαιωθεί ότι μπορούν να αντέξουν τις προκλήσεις που παρουσιάζονται από επικίνδυνες περιοχές.

Συγκεκριμένα εξαρτήματα του BWMS, δηλαδή το φίλτρο, ο θάλαμος UV, το ροόμετρο και οι σχετικές βαλβίδες, έχουν σχεδιαστεί σχολαστικά για τοποθέτηση σε επικίνδυνες Περιοχές του σκάφους διασφαλίζοντας ότι θα παραμένουν λειτουργικά και ασφαλή, ακόμη και σε δυναμικά εκρηκτικά περιβάλλοντα.



Εικόνα 48 Aquarius UVX (Wartsila, 2023)

Στο δεξαμενόπλοιο SIKINOS εγκαταστήσαμε δυο μονάδες AQ-750-UVX και μια μονάδα AQ-300-UV καθώς και τα κύρια εξαρτήματά τους.

- Φίλτρο Back-Washing : Αυτό αφαιρεί μεγαλύτερους οργανισμούς και ιζήματα από το νερό έρματος στο αρχικό στάδιο της επεξεργασίας.
- Θάλαμος/αντιδραστήρας UV : Χρησιμοποιώντας λαμπτήρες μέσης πίεσης, αυτός ο θάλαμος διασφαλίζει την αποτελεσματική απολύμανση του νερού έρματος εκπέμποντας υπεριώδη ακτινοβολία, καταστρέφοντας το DNA των μικροοργανισμών και εμποδίζοντας την αναπαραγωγή τους.
- Ροόμετρο : Μετρά τον ρυθμό ροής του νερού έρματος, διασφαλίζοντας ότι το σύστημα λειτουργεί εντός της ονομαστικής του χωρητικότητας.
- Συσχετισμένες βαλβίδες : Είναι κρίσιμες για τον έλεγχο της ροής και της κατεύθυνσης του νερού έρματος μέσα στο σύστημα.
- Μονάδα τροφοδοσίας : Τροφοδοτεί τις λάμπες UV και άλλα ηλεκτρονικά εξαρτήματα του συστήματος.
- Κύριος Πίνακας Ελέγχου : Λειτουργεί ως ο εγκέφαλος του συστήματος, ελέγχει και παρακολουθεί όλες τις λειτουργίες και διασφαλίζει τη βέλτιστη απόδοση.
- Αισθητήρες και εργαλεία παρακολούθησης : Παρακολουθούν συνεχώς την απόδοση του συστήματος, διασφαλίζοντας ότι λειτουργεί όπως προβλέπεται και ότι το νερό έρματος πληροί τα απαιτούμενα πρότυπα.

Πίνακας 6 Εξαρτήματα του συστήματος AQ-750-UVX

Wartsila 2 x AQ-750-UVX Main components	Qty	Location
EX FILTER MODULE (BW50196-310)	2	BWTS Room / Upper Deck (S) / Fr.55-57
EX UV MODULE (H0750UVX-01A-151)	2	BWTS Room / Upper Deck (S) / Fr.54-55
SAMPLE POINT (AQ0750-SP-004)	2	Upper Deck / Fwd of Fr.55 (S) & Fwd of Fr.57 (P)
AQ-750 440V/3PH/60Hz UV POWER SUPPLY (6742000106)	4	Engine Room / 2 nd Deck (S) / Store Room/ Fr.20-26
UV CONTROL PANEL (BWCP-GA-01)	2	Engine Room / 2 nd Deck (S) / Store Room/ Fr.21-25
UV REMOTE CONSOLE – ENCLOSURE (BWCP-GA-06)	2	C.C.R. / "A" Deck / Fr.33-39
EX BARRIER JUNCTION BOX 5 (BWCP-GA-04)	2	Engine Room / 2 nd Deck (S) / Store Room/ Fr.25-27

Πίνακας 7 Εξαρτήματα του συστήματος AQ-300-UV

Wartsila 1 x AQ-300-UV Main components	Qty	Location
FILTER KIT (H0300FCK-01A-171)	1	Engine Room / Stringer (P) / Fr.31-35
UV KIT (H0300UVK-01B-172)	1	Engine Room / Floor (P) / Fr.33-34
SAMPLE POINT (AQ0300-SP-002)	1	Engine Room / Tank Top (P) / Fr.31-32
AQ-300 440V/3PH/60Hz UV POWER SUPPLY (6742000102)	1	Engine Room / 2 nd Deck (S) / Store Room/ Fr.20-22
UV CONTROL PANEL (BWCP-GA-01)	1	Engine Room / 2 nd Deck (S) / Store Room/ Fr.25-27
UV REMOTE CONSOLE – ENCLOSURE (BWCP-GA-06)	1	C.C.R. / "A" Deck / Fr.33-39

4.3. Εγκατάσταση των συστημάτων

ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗΣ

Όπως είδαμε παραπάνω, δύο συστήματα Wartsila AQ-750-UVX και ένα σύστημα Wartsila AQ 300-UV θα τοποθετηθούν στο συγκεκριμένο σκάφος. Δύο μονάδες φίλτρου EX και δύο μονάδες EX UV θα τοποθετηθούν εντός του νέου καταστρώματος, που κατασκευάστηκε για να φιλοξενήσει τον εξοπλισμό EX BWTS, στο επάνω κατάστρωμα στο Starboard Side. Ένα κιτ φίλτρου που εξυπηρετεί το σύστημα APT θα τοποθετηθεί σε μια νεόδμητη πλατφόρμα, στο μηχανοστάσιο, μαζί με το κιτ UV. Ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός και για τα δύο συστήματα, θα τοποθετηθεί στο μηχανοστάσιο στο 2ο κατάστρωμα μέσα στο δωμάτιο αποθήκης. Τέλος, δύο κονσόλες UV Remote για το σύστημα EX και μία UV Remote Console για το σύστημα APT θα τοποθετηθούν μέσα στο κεντρικό δωμάτιο ελέγχου στο κατάστρωμα.

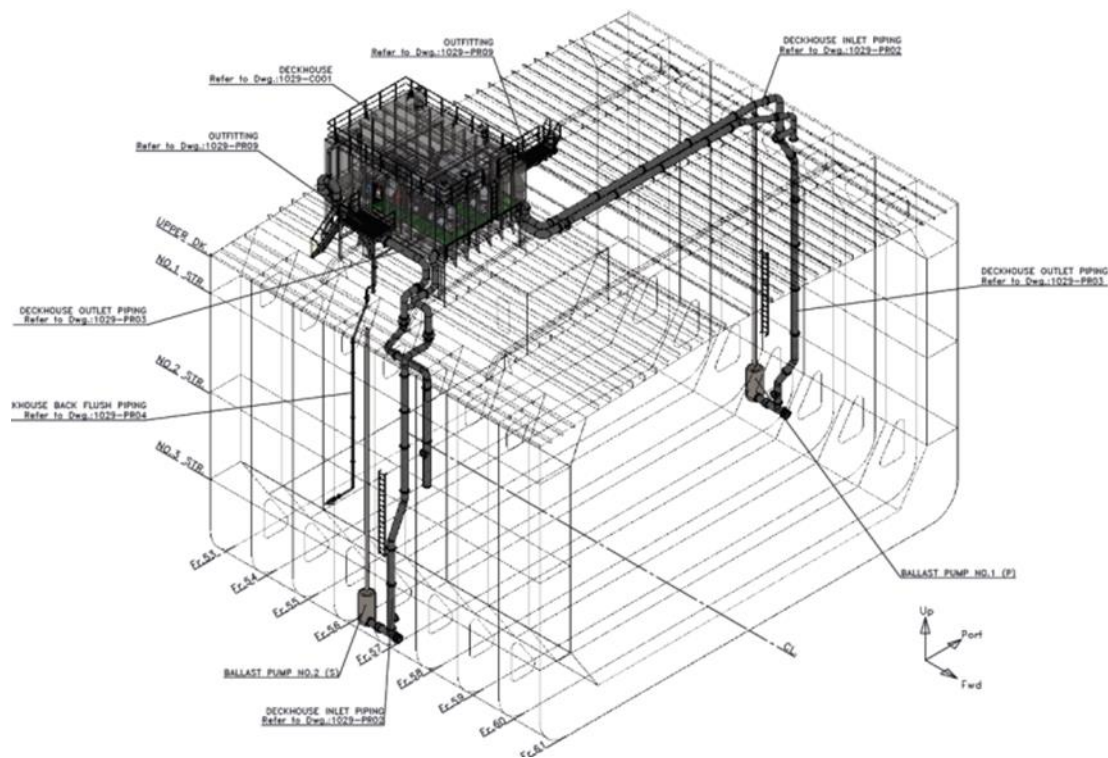
Για τα συστήματα AQ-750-UVX

Τροποποίηση κύριας γραμμής έρματος :

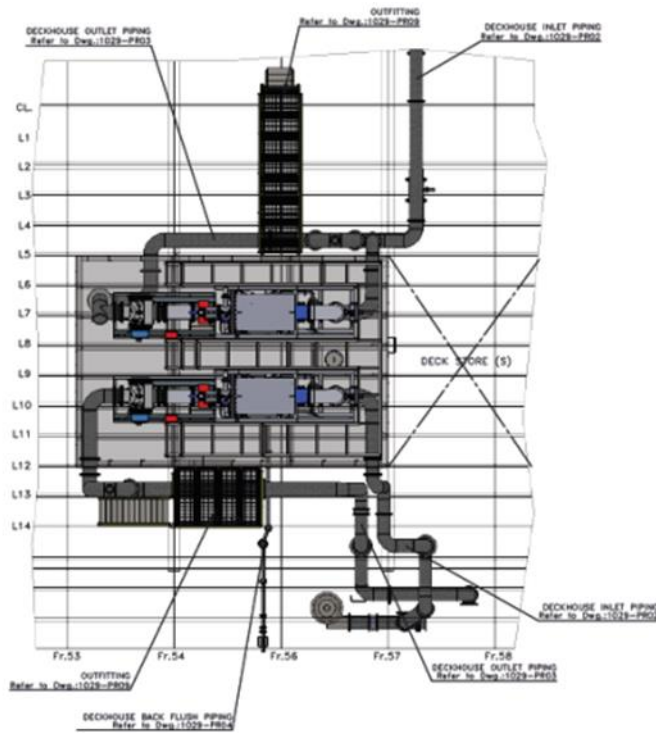
- Στην έξοδο κάθε αντλίας έρματος, μέρος της κύριας γραμμής έρματος αντικαθίσταται με χαλύβδινο σωλήνα.
- Ο νέος σωλήνας WB (DN300) συνδέεται στη γραμμή εκκένωσης κάθε αντλίας έρματος.
- Ο σωλήνας της αντλίας No.1 ανεβαίνει στο Upper Deck, επεκτείνεται στο DN350 και συνδέεται με τη μονάδα φίλτρου EX στο δωμάτιο BWTS.
- Ο σωλήνας της αντλίας No.2 φθάνει επίσης στο Upper Deck, μετακινείται από τη δεξιά πλευρά στη θύρα, επεκτείνεται στο DN350 και συνδέεται με τη μονάδα φίλτρου EX στο deckhouse.

Σωληνώσεις εξόδου Deckhouse :

- Στο EX UV Module, συνδέεται ένας νέος σωλήνας DN350 που οδηγεί έξω από το deckhouse.
- Ο σωλήνας DN350 του No.1 συστήματος μειώνεται σε DN300 και συνδέεται με ένα υπάρχον κομμάτι διείδυσης στο επάνω κατάστρωμα.
- Ο σωλήνας DN350 του No.2 συστήματος πηγαίνει στη δεξιά πλευρά, μειώνεται σε DN300, πηγαίνει κάτω από το Upper Deck προς το επίπεδο της θάλασσας. Υπάρχει επίσης μια σύνδεση με μια υπάρχουσα γραμμή καθαρισμού δεξαμενής.



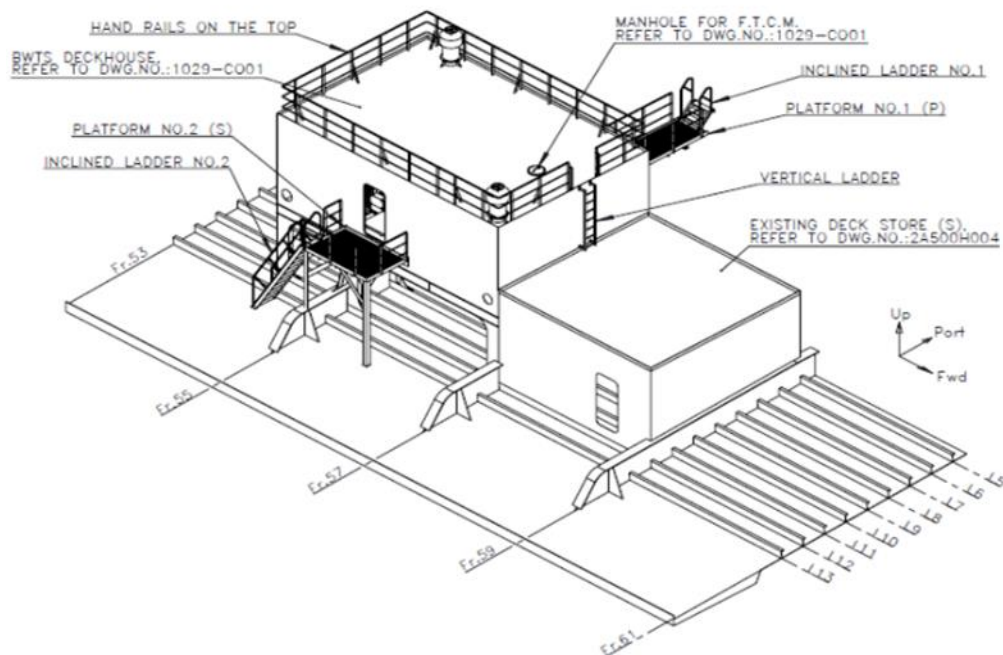
Εικόνα 49 Ex system arrangement 3D isometric view



Εικόνα 50 Ex system arrangement - deckhouse - top view

Τροποποιήσεις εγκατάστασης

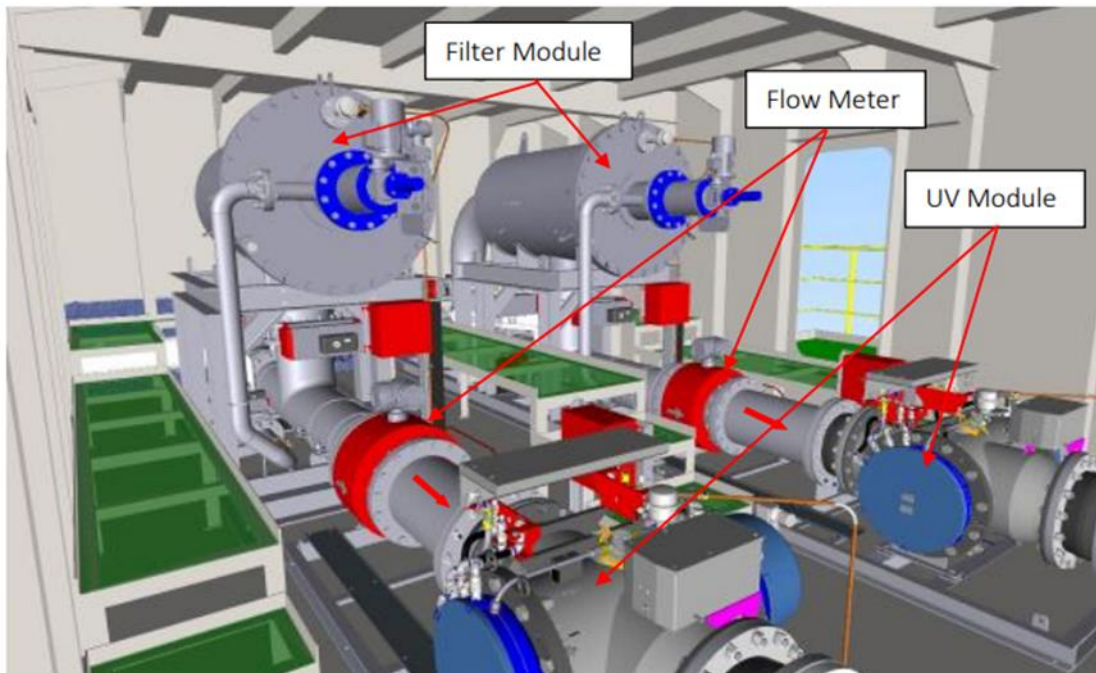
Για την εγκατάσταση κατασκευάστηκε ένα καινούριο deckhouse στο κατάστρωμα του πλοίου στην δεξιά πλευρά του από νομέα 54 έως 57. Η κατασκευή αποτελείται από χαλύβδινες πλάκες 12 χιλιοστών και γωνιακές ράβδους L 150x90x12, ενώ οι κατάλληλες ενισχύσεις, FB 150x12, θα χρησιμοποιηθούν για την στηρίξει των εξαρτημάτων του συστήματος. Παρακάτω βλέπουμε το deckhouse και τις βάσεις όπου θα στηριχτούν τα εξαρτήματα των συστημάτων.



Εικόνα 51 Upper deck - deckhouse/port side /isometric view



Εικόνα 52 Upper deck isometric view off the deckhouse

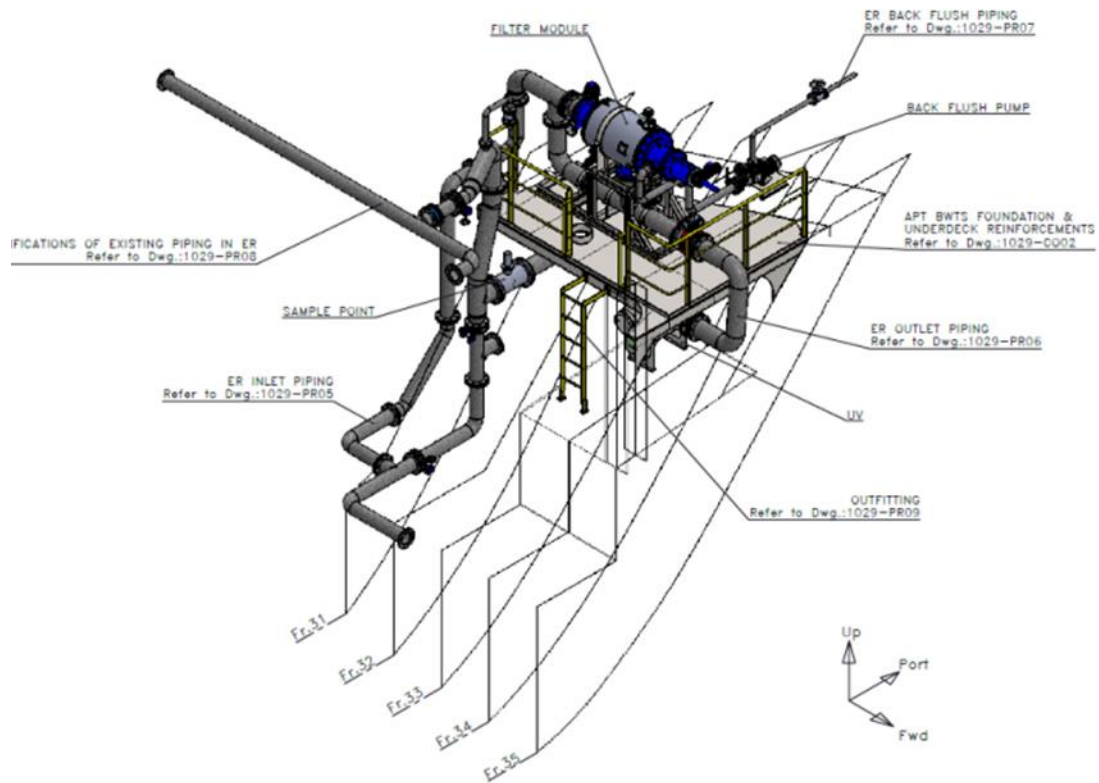


Εικόνα 53 Deckhouse equipment

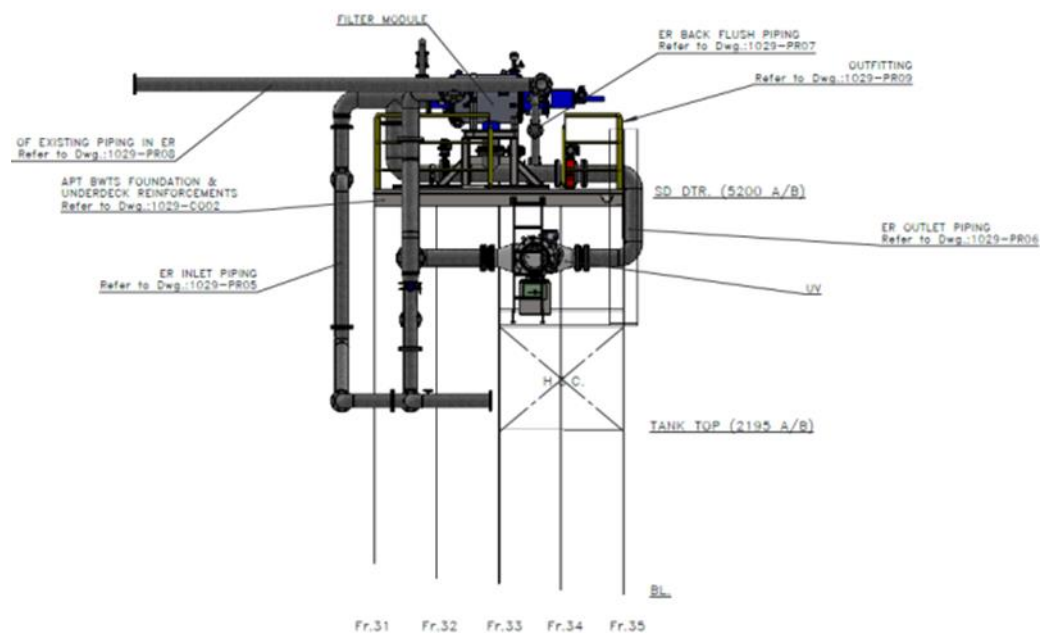
Για το σύστημα AQ 300-UV

- Ένας νέος σωλήνας έρματος νερού (WB) με διάμετρο (DN) 150 mm (DN150) συνδέεται με την υπερθαλάσσια γραμμή.
- Αυτός ο σωλήνας στη συνέχεια ανεβαίνει, αυξάνεται σε μέγεθος σε DN200 και συνδέεται με την είσοδο του φίλτρου AP.
- Ένας σωλήνας DN200, ο οποίος είναι συνδεδεμένος στην έξοδο του φίλτρου AP, κατεβαίνει προς τα κάτω και συνδέεται με την είσοδο του AP UV στο ύψος του sea chest.

- Ο σωλήνας DN200 που συνδέεται με την έξοδο AP UV χωρίζεται σε δύο κλάδους:
 Πρώτη διακλάδωση : Αυτός ο σωλήνας DN200 ταξιδεύει προς τα πάνω, στενεύει στο DN150 και συνδέεται με την υπάρχουσα γραμμή AP.
 Δεύτερη διακλάδωση : Αυτός ο σωλήνας DN200 κατεβαίνει προς τα κάτω, στενεύει στο DN150 και συνδέεται με τη γραμμή υπερθαλάσσιας αντλίας



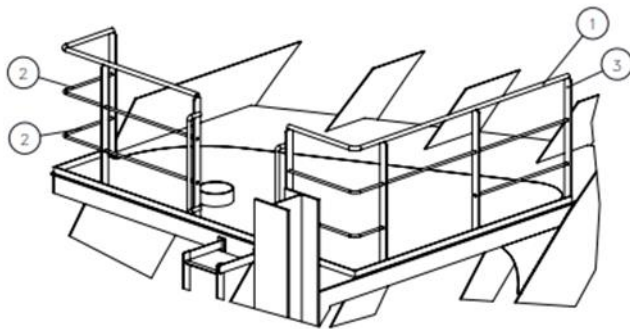
Εικόνα 54 APT system arrangement -3D isometric view



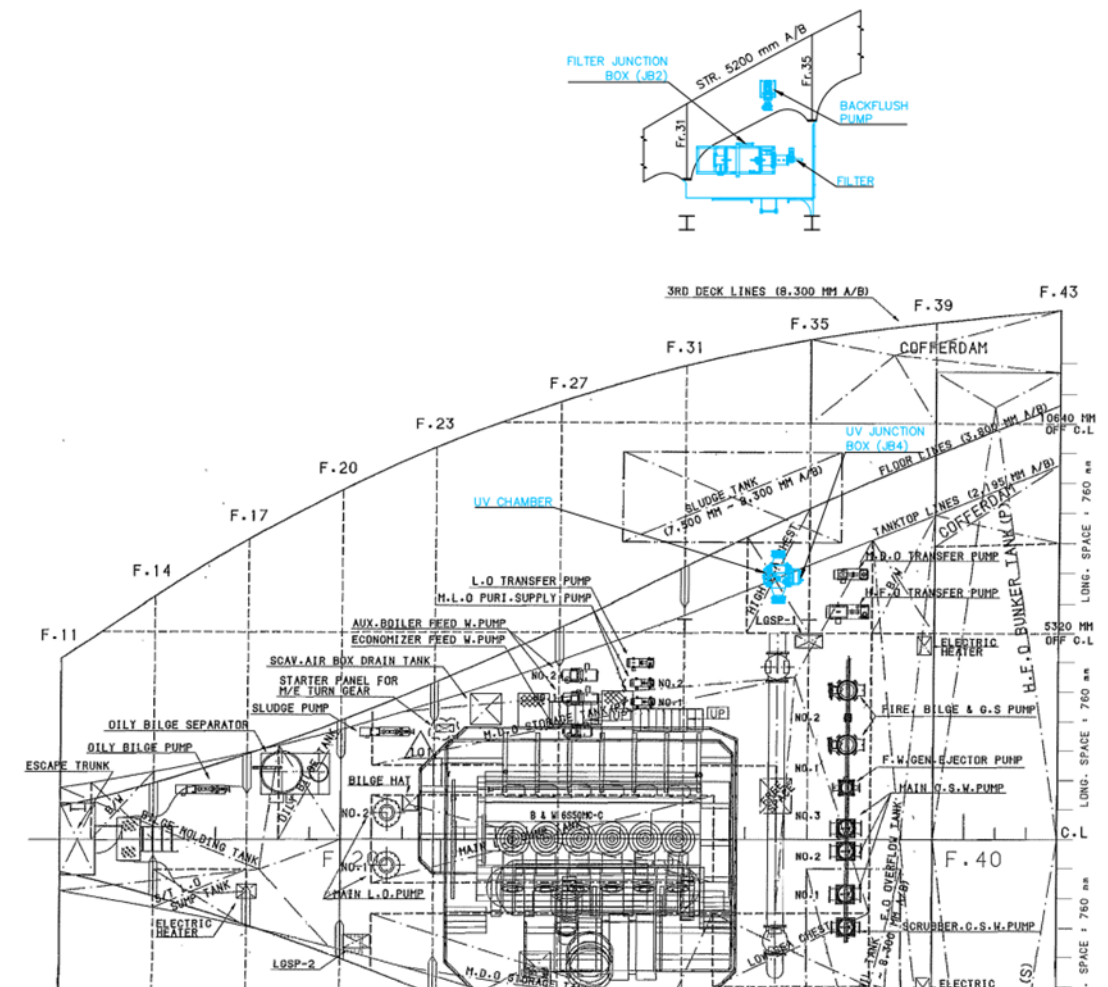
Εικόνα 55 APT system arrangement - looking port

Τροποποιήσεις εγκατάστασης

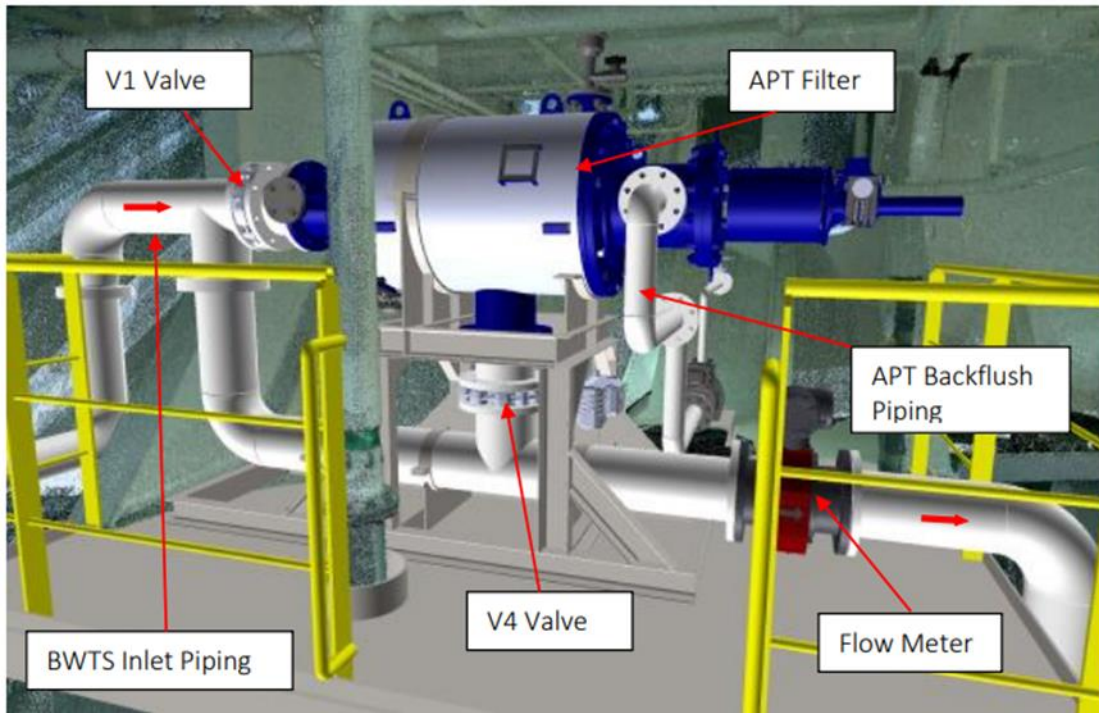
Για την εγκατάσταση κατασκευάστηκε μια νέα πλατφόρμα στο μηχανοστάσιο του πλοίου μεταξύ των νομέων 31 έως 35. Η νέα πλατφόρμα θα κατασκευαστεί από γωνιακές ράβδους 150X150X9 , ασάλινη πλάκα 10mm, ενώ επίπεδες ράβδοι διαστάσεων 50x10 θα πρέπει να τοποθετηθούν γύρω από τη νέα πλατφόρμα, σχηματίζοντας αυλάκωση. Παρακάτω θα δούμε την πλατφόρμα την βάση στήριξης του συστήματος και την ακριβή τοποθεσία της νέας πλατφόρμας.



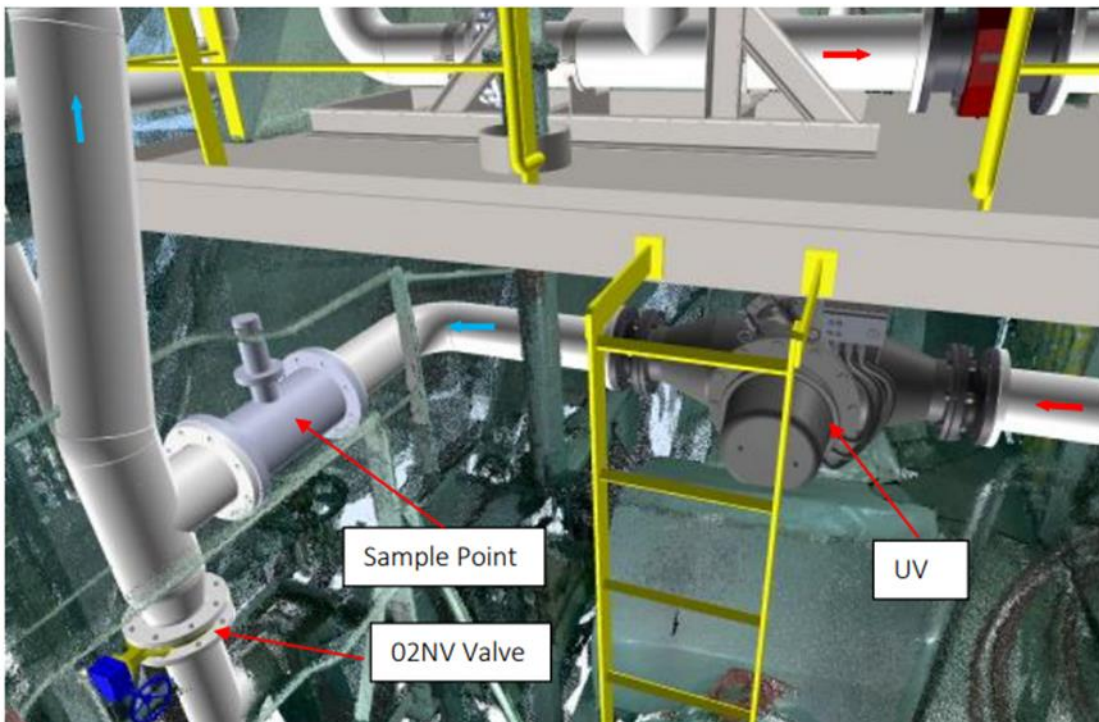
Εικόνα 56 The new platform



Εικόνα 57 Machinery arrangement / engine room



Εικόνα 58 Engine room / new platform and the APT system



Εικόνα 59 Engine room / UV chamber

4.4. Μέθοδοι συγκόλλησης

Για την εγκατάσταση των συστημάτων AQ-750-UVX που τοποθετήθηκαν στο κατάστρωμα καθώς επίσης και για την εγκατάσταση του deckhouse που κατασκευάστηκε ώστε να φιλοξενήσει τα συστήματα αυτά χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Manual metal arc (MMA)/shielded metal arc welding (SMAW). Η συγκόλληση με ραβδί, είναι μια διαδικασία κατά την οποία χρησιμοποιείτε ένα ηλεκτρόδιο επικαλυμμένο με ροή όπου το ηλεκτροδίου λειτουργεί ως υλικό πλήρωσης, ενώ η επίστρωση ροής παρέχει θωράκιση από την ατμοσφαιρική μόλυνση. Παρακάτω παρατίθενται οι κύριοι λόγοι επιλογής αυτής της μεθόδου.

- Σε αντίθεση με τη συγκόλληση MIG ή TIG, δεν χρειάζονται εξωτερικές φιάλες αερίου θωράκισης, καθιστώντας την πιο βολική σε απομακρυσμένες τοποθεσίες.
- Η συγκόλληση MMA μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεγάλη ποικιλία μετάλλων, όπως χάλυβας, ανοξείδωτος χάλυβας, χυτοσίδηρος και πολλά άλλα.
- Σε εξωτερικές συνθήκες, η ασπίδα ροής είναι λιγότερο επιρρεπής στο να παρασυρθεί από τον άνεμο σε σύγκριση με το προστατευτικό αέριο που χρησιμοποιείται σε άλλες διεργασίες, καθιστώντας το MMA πιο κατάλληλο για εφαρμογές σε εξωτερικούς χώρους.
- Αν και είναι πάντα καλύτερο να συγκολλάτε καθαρά υλικά, το MMA μπορεί να είναι πιο επιεικής όταν πρόκειται για τη συγκόλληση ελαφρώς σκουριασμένων ή βαμμένων επιφανειών από ορισμένες άλλες διαδικασίες.
- Διατίθεται ένα ευρύ φάσμα ηλεκτροδίων για διαφορετικές εφαρμογές, υλικά και επιθυμητές ιδιότητες στη συγκόλληση.
- Χωρίς την ανάγκη για φιάλες αερίου, υπάρχει μειωμένος κίνδυνος που σχετίζεται με διαρροές αερίου ή ατυχήματα που σχετίζονται με φιάλες.

Ενώ το MMA έχει τα πλεονεκτήματά του, είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε ότι μπορεί να μην είναι η καλύτερη επιλογή για όλες τις εφαρμογές. Η συγκεκριμένη μέθοδος επιλέχτηκε κυρίως λόγω του ότι η συγκόλληση έπρεπε να πραγματοποιηθεί σε εξωτερικό χώρο στο κατάστρωμα του πλοίου.

Για την εγκατάσταση του συστήματος AQ 300-UV που τοποθετήθηκε στο μηχανοστάσιο του πλοίου καθώς επίσης και για την εγκατάσταση της νέας πλατφόρμας χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος metal active gas (MAG)/gas metal arc welding (GMAW). Είναι μια διαδικασία συγκόλλησης τόξου που χρησιμοποιεί ένα σύρμα συνεχούς τροφοδοσίας τόσο ως ηλεκτρόδιο όσο και ως πληρωτικό υλικό και ένα εξωτερικά παρεχόμενο προστατευτικό αέριο. Παρακάτω παρατίθενται οι κύριοι λόγοι επιλογής αυτής της μεθόδου.

- Η συγκόλληση MAG έχει ταχύτερο ρυθμό εναπόθεσης από πολλές άλλες διαδικασίες συγκόλλησης, οδηγώντας σε αυξημένη παραγωγικότητα.
- Η διαδικασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη συγκόλληση μεγάλης ποικιλίας μετάλλων και κραμάτων. Είναι κατάλληλο τόσο για χοντρά όσο και για λεπτά υλικά.
- Επειδή χρησιμοποιεί ένα ηλεκτρόδιο σύρματος που τροφοδοτείται συνεχώς, μπορούν να γίνουν μακριές συγκολλήσεις χωρίς στάσεις και εκκινήσεις, οδηγώντας σε υψηλότερη παραγωγικότητα και σταθερές ιδιότητες συγκόλλησης.
- Με την κατάλληλη θωράκιση αερίου, η διαδικασία παράγει λιγότερη σκωρία από μεθόδους όπως η SMAW (συγκόλληση με ραβδί), που σημαίνει ότι ο καθαρισμός μετά τη συγκόλληση ελαχιστοποιείται.

- Η συγκόλληση MAG παράγει συνήθως συγκολλήσεις με χαμηλή περιεκτικότητα σε υδρογόνο, μειώνοντας τον κίνδυνο ρωγμών που προκαλείται από το υδρογόνο.
- Σε σύγκριση με ορισμένες άλλες διαδικασίες, ειδικά SMAW, η συγκόλληση MAG μπορεί να παράγει λιγότερους καπνούς.

Αξίζει να σημειωθεί ότι ενώ η συγκόλληση MAG έχει πολλά πλεονεκτήματα, η καταλληλότητα της διαδικασίας εξαρτάται από τη συγκεκριμένη εφαρμογή και τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Αυτή η μέθοδος επιλέχτηκε λόγω της υψηλής παραγωγικότητά της καθώς επίσης και για το λόγο του ότι παράγει λιγότερους καπνούς συγκριτικά με άλλες μεθόδους. Λόγω του ότι η συγκόλληση πραγματοποιείται εντός του μηχανοστασίου είναι απαραίτητη η χρήση κατάλληλου εξοπλισμού για την απαγωγή των καπναερίων της συγκόλλησης.

Τελειώνοντας για τις συγκολλήσεις των σωληνώσεων και για τα δυο συστήματα χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Tungsten inert gas (TIG)/gas tungsten arc welding (GTAW). Η συγκόλληση τόξου βολφραμίου αερίου (GTAW), χρησιμοποιεί ένα μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο βολφραμίου και ένα αδρανές προστατευτικό αέριο, συχνά καθαρό αργό. Η λίμνη συγκόλλησης σχηματίζεται από τηγμένο βασικό μέταλλο, με ξεχωριστή ράβδο πλήρωσης που χρησιμοποιείται όταν είναι απαραίτητο. παρακάτω θα δούμε τους λόγους επιλογής αυτής της μεθόδου.

- Η συγκόλληση TIG παράγει ακριβείς και υψηλής ποιότητας συγκολλήσεις.
- Το TIG είναι κατάλληλο για περίπλοκες και λεπτομερείς εργασίες, προσφέροντας υψηλή ακρίβεια. Χρησιμοποιείται συνήθως για λεπτά υλικά και λεπτές συγκολλήσεις.
- Εφόσον η συγκόλληση TIG δεν χρησιμοποιεί ροή, δεν υπάρχει σκωρία για καθαρισμό μετά τη συγκόλληση, οδηγώντας σε καθαρότερες συγκολλήσεις και μειώνοντας τον καθαρισμό μετά τη συγκόλληση.
- Λόγω των χρησιμοποιούμενων προστατευτικών αερίων και της απουσίας ροής, η συγκόλληση TIG παράγει πολύ καθαρές συγκολλήσεις με ελάχιστη μόλυνση.

Ο κύριος λόγος επιλογής αυτής της μεθόδου είναι το ότι χρειαζόμαστε πλήρης διείσδυση καθώς δεν υπάρχει πρόσβαση και από τις δυο πλευρές της συγκόλλησης. για την συγκόλληση των σωληνώσεων που βρίσκονται στο κατάστρωμα του πλοίου για να επιτύχουμε υψηλή παραγωγικότητα ο χώρος προστατεύετε κατάλληλα ώστε να μην υπάρχει απαγωγή του αερίου προστασίας της συγκόλλησης και συνεπώς σφάλματα συγκόλλησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΙΟΥ ΕΡΜΑΤΟΣ

Οι δυνατότητες των συστημάτων επεξεργασίας θαλάσσιου έρματος για τον μετριάσμό των θεμάτων που σχετίζονται με την εξάπλωση χωροκατακτητικών ειδών και την ικανοποίηση των κανονιστικών απαιτήσεων είναι πολλά υποσχόμενη. Η πρόοδος της τεχνολογίας, η αυξανόμενη ευαισθητοποίηση σε θέματα βιωσιμότητας και η αυξημένη διεθνής συνεργασία είναι βασικοί παράγοντες που συμβάλλουν στην ανάπτυξη πιο αποτελεσματικών, περιβαλλοντικά συνειδητοποιημένων και διασυνδεδεμένων συστημάτων. Η λειτουργία των συστημάτων επεξεργασίας θαλάσσιου έρματος θα είναι υψίστης σημασίας για την εγγύηση της ασφάλειας των πλοίων, τη διαφύλαξη των οικοσυστημάτων και την προώθηση της βιωσιμότητας του παγκόσμιου εμπορίου καθώς η ναυτιλιακή βιομηχανία υφίσταται συνεχείς μετασχηματισμούς. Η πορεία που ακολουθεί συνεπάγεται την ανάγκη προσαρμογής, καινοτομίας και επίδειξης ακλόνητης αφοσίωσης για την προώθηση ενός θαλάσσιου μέλλοντος που χαρακτηρίζεται από ενισχυμένη καθαριότητα, ασφάλεια και υπευθυνότητα.

5.1. Πρόοδος στη νομοθεσία και τη διαχείριση

Το φαινόμενο της ταχείας οικονομικής παγκοσμιοποίησης έχει οδηγήσει σε μεγάλη αύξηση του όγκου του εμπορίου που εμφανίζεται σε όλο τον κόσμο. Επειδή αντιπροσωπεύει περίπου το 80-90% του συνόλου του διεθνούς εμπορίου, οι θαλάσσιες μεταφορές αποτελούν βασικό συστατικό αυτού του κλάδου. Παρά τα σημαντικά οικονομικά οφέλη που συνδέονται με το θαλάσσιο εμπόριο, το τελευταίο θέτει μια παγκόσμια περιβαλλοντική πρόκληση λόγω της ζημίας που προκαλεί στον φυσικό κόσμο. Αυτές οι συνέπειες περιλαμβάνουν τη μόλυνση τόσο του αέρα όσο και του νερού, καθώς και προβλήματα σχετικά με την επεξεργασία και τη διαχείριση του θαλάσσιου έρματος. Ο ιστότοπος του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) εκτιμά ότι η ποσότητα του θαλάσσιου έρματος που μεταφέρεται σε όλο τον κόσμο κάθε χρόνο ανέρχεται σε περίπου 10 δισεκατομμύρια τόνους. Οι υδρόβιοι βιοισβολείς έχουν τη δυνατότητα να εξαπλωθούν σε νέα υδάτινα περιβάλλοντα μέσω του θαλάσσιου έρματος, το οποίο αποτελεί απειλή για τα οικοσυστήματα των ιθαγενών θαλάσσιων οικοτόπων. Αυτός είναι ένας από τους πιο σοβαρούς κινδύνους που συνδέεται με το θαλάσσιο έρμα (Gollasch, 2019).

Από το δεύτερο μισό του 20ου αιώνα, ορισμένες χώρες, ιδίως οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, η Νέα Ζηλανδία και η Σιγκαπούρη, έχουν θέσει σε εφαρμογή ρυθμιστικά μέτρα για τον έλεγχο του έρματος. Η κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών (ΗΠΑ) εξέδωσε μια δημοσίευση τον Μάρτιο του 2012 με τίτλο "Πρότυπα για ζωντανούς οργανισμούς στο θαλάσσιο έρμα πλοίων που εκκενώνεται στα ύδατα των ΗΠΑ" και ο Τελικός Κανόνας της Ακτοφυλακής των Ηνωμένων Πολιτειών (USCG) τέθηκε σε ισχύ τον Ιούνιο του ίδιου έτους και ισχύει για όλα τα σκάφη που εκτελούν δραστηριότητες εντός των χωρικών υδάτων των Ηνωμένων Πολιτειών, ανεξάρτητα από το εάν είναι νηολογημένα ή όχι στο USCG (Verna, 2016).

Κατά τα πρώτα χρόνια του 21ου αιώνα, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) είχε την ιδέα για τη Διεθνή Σύμβαση για τον Έλεγχο και τη Διαχείριση του Νερού και των Ιζημάτων του Έρματος Πλοίων. Αυτή η σύμβαση δημοσιεύτηκε το 2004. Η σύμβαση μπορεί να αναλυθεί σε πέντε βασικά μέρη, τα οποία φέρουν την ένδειξη Α έως Ε. Κατά τη διάρκεια

αυτής της έρευνας, θα επικεντρώσουμε την προσοχή μας στην Ενότητα Δ, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στον Πρώτο και τον Δεύτερο Κανονισμό της (επίσης γνωστά ως D-1 και D-2, αντίστοιχα). Τα πρότυπα που πρέπει να τηρούνται για την ανταλλαγή του νερού έρματος και οι απαιτήσεις για την απόρριψή του ελέγχονται από δύο ξεχωριστές οδηγίες. Σύμφωνα με τις απαιτήσεις για την ανθρώπινη υγεία που ορίζονται από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO), αυτές οι συστάσεις επιβάλλουν περιορισμούς στον αριθμό των μικροβίων δεικτών και στα μεγέθη των μικροοργανισμών (Verna, 2016).

Λόγω των αναθεωρήσεων που έγιναν στη Σύμβαση και στα παραρτήματά της, είναι πλέον δυνατή η χρήση της ενημερωμένης έκδοσης αυτών των εγγράφων. Παρέχονται διευκρινίσεις σχετικά με διάφορα βασικά ζητήματα στις κατευθυντήριες γραμμές και στα παραρτήματα, όπως δειγματοληψία, ανάλυση, επεξεργασία, εκτιμήσεις κινδύνου και τεκμηρίωση συστημάτων διαχείρισης και επεξεργασίας υδάτων έρματος. Τα πρωτόκολλα δειγμάτων που χρησιμοποιούνται για συστήματα διαχείρισης θαλάσσιου έρματος παρουσιάζονται λεπτομερώς στις συστάσεις για δειγματοληψία νερού έρματος (G2) που δημοσιεύθηκαν το 2008 και το 2015. Επιπλέον, οι κανονισμοί που κυκλοφόρησαν το 2015 περιλαμβάνουν αναλυτικές μεθόδους για τη διερεύνηση των οργανισμών που μπορεί να υπάρχουν στο νερό έρματος. Οδηγίες για την έγκριση συστημάτων διαχείρισης υδάτων έρματος (G8) δημοσιεύθηκαν από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) το 2008 και ένα ενισχυμένο παράρτημα δημοσιεύθηκε το 2016.

Ο κώδικας BWMS δημοσιεύθηκε επίσημα το 2018 και τέθηκε σε ισχύ τον Οκτώβριο του 2019, που καλύπτει ένα ευρύ φάσμα θεμάτων, όπως εγκατάσταση, απόδοση, δοκιμές, περιβαλλοντική αποδοχή και τεχνικές διαδικασίες. Το 2019, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) συνέταξε μια λεπτομερή λίστα που περιελάμβανε πιστοποιημένες τεχνολογίες διαχείρισης νερού έρματος καθώς και τους κατασκευαστές αυτών των συστημάτων. Από τις 8 Σεπτεμβρίου 2017, η συμμόρφωση με τη σύμβαση διαχείρισης υδάτων έρματος του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO), η οποία έχει γίνει αποδεκτή από 80 κράτη, είναι απαραίτητη για τα πλοία που έχουν πρόσφατα ναυπηγηθεί σύμφωνα με τη συμφωνία. Μετά την υπογραφή της συμφωνίας, όλα τα νεότευκτα σκάφη θα πρέπει να διαθέτουν συστήματα επεξεργασίας θαλάσσιου έρματος στα οποία έχουν δοθεί οι κατάλληλες εγκρίσεις. Στις 8 Σεπτεμβρίου 2019, η συνθήκη έγινε δεσμευτική για όλα τα προϋπάρχοντα πλοία σε όλο τον κόσμο. Ελπίζεται ότι η διαδικασία εγκατάστασης νεότευκτων ή ενημερωμένων συστημάτων σε προηγούμενα υπάρχοντα πλοία θα ολοκληρωθεί επιτυχώς εντός χρονικής περιόδου πέντε ετών. Αυτή είναι μια αισιόδοξη προσδοκία που αντιμετωπίστηκε με διάχυτη αισιοδοξία.

Οι συμβάσεις για τη διαχείριση των υδάτων έρματος που δημιουργήθηκαν από την Ακτοφυλακή των Ηνωμένων Πολιτειών (USCG) και τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) είναι τα δύο νομικά πρότυπα που γενικά αναγνωρίζεται ότι είναι τα πιο αυστηρά στον κλάδο. Παρόλα αυτά, είναι παράνομο για πλοία στα οποία έχει χορηγηθεί πιστοποιητικό από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) να απορρίπτουν νερό έρματος εντός των χωρικών υδάτων των Ηνωμένων Πολιτειών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχουν ορισμένες αποκλίσεις μεταξύ των κανονισμών που έχουν θεσπιστεί από τον IMO και εκείνων που έχουν θεσπιστεί από την Ακτοφυλακή των Ηνωμένων Πολιτειών (USCG). Οι παραλλαγές στις εγκεκριμένες μεθοδολογίες δοκιμών, η εμπλοκή εργαστηρίων δοκιμών που συνδέονται ή όχι

με τον κατασκευαστή και τα ισχύοντα πρότυπα απόρριψης είναι όλοι παράγοντες που συμβάλλουν στις αποκλίσεις (Verna, 2016).

Η θεμελιώδης διαφορά μεταξύ των κανονισμών της Ακτοφυλακής των Ηνωμένων Πολιτειών (USCG) και του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) όσον αφορά την αποτελεσματικότητα της θεραπείας και την ανάλυση είναι η αναντιστοιχία στα κριτήρια απόρριψης που υπάρχει μεταξύ των δύο οργανισμών. Ενώ τα αριθμητικά όρια εκφόρτισης είναι τα ίδια και στις δύο περιπτώσεις, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το πρότυπο IMO D-2 οριοθετεί τους περιορισμούς απόρριψης αξιολογώντας την παρουσία «βιώσιμων» οργανισμών, ενώ η USCG υποστηρίζει την αξιολόγηση των «ζωντανών» πλασμάτων. Οι οργανισμοί θεωρούνται βιώσιμοι εάν είναι σε θέση να κινούνται, να αντιδρούν σε διαφορετικά ερεθίσματα και να παράγουν απογόνους. Η δυσκολία στη διάκριση μεταξύ οργανισμών που είναι ικανοί να επιβιώσουν και εκείνων που δεν μπορούν να πιστωθεί ότι συνέβαλε στο χάσμα μεταξύ των δύο κριτηρίων (Verna, 2016).

Επιπλέον, είναι σημαντικό να έχουμε κατά νου ότι οι μη βιώσιμοι οργανισμοί έχουν μηχανισμούς επιδιόρθωσης, πράγμα που σημαίνει ότι έχουν τη δυνατότητα να ανακτήσουν την αναπαραγωγική τους λειτουργία παρά το γεγονός ότι έχουν υποστεί βλάβη. Αυτό το φαινόμενο έχει τη δυνατότητα να μειώσει την ακρίβεια και την αξιοπιστία της μέτρησης που εκτελείται αυτήν τη στιγμή. Η αδυναμία επίτευξης συναίνεσης σχετικά με τα πρότυπα απαλλαγής έχει επιπτώσεις στις μεθόδους ανάλυσης που είναι γενικά αναγνωρισμένες, γεγονός που υπογραμμίζει μια σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο κανόνων. Σύμφωνα με την έρευνα του Campara και των συνεργατών του από το 2019, η Ακτοφυλακή των Ηνωμένων Πολιτειών (USCG) συνιστά τη χρήση της προσέγγισης χρώσης με διοξική φλουορεσκεΐνη (FDA), επειδή αναγνωρίζει τους ζωντανούς οργανισμούς με τρόπο μοναδικό από άλλες μεθόδους. Από την άλλη πλευρά, η προσέγγιση του MPN δεν θεωρείται κατάλληλη για χρήση στη διαδικασία ποσοτικοποίησης, επειδή υπάρχουν ανησυχίες σχετικά με την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων που παράγει.

5.2. Προκλήσεις

Μία από τις κύριες ανησυχίες που εγείρονται αφορά τον Κανονισμό D-2, και συγκεκριμένα το Πρότυπο απόδοσης θαλάσσιου έρματος. Συγκεκριμένα, το Πρότυπο D-2 στερείται ολοκληρωμένου περιορισμού για την παρουσία βακτηρίων και άλλων μικροοργανισμών με μέτρηση μικρότερη από 10 μm. Τόσο η Σύμβαση του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) όσο και οι κανονισμοί της Ακτοφυλακής των Ηνωμένων Πολιτειών επιβάλλουν περιορισμούς με βάση ορισμένα είδη δεικτών σε σχέση με την ανθρώπινη υγεία για σκάφη αυτής της συγκεκριμένης κατηγορίας μεγέθους. Ωστόσο, η παρουσία αυτών των μικροοργανισμών δεικτών σε δείγματα νερού έρματος που δεν έχει υποστεί επεξεργασία δεν παρατηρείται συχνά. Αντίθετα, οι δεξαμενές έρματος φιλοξενούν μια σημαντική ποικιλία μικροβιακών κοινοτήτων, συμπεριλαμβανομένων παθογόνων και ιών. Ως εκ τούτου, μπορεί να υποστηριχθεί ότι το να βασιζόμαστε αποκλειστικά σε οργανισμούς δείκτες ως βάση για τα πρότυπα μπορεί να μην είναι αρκετό όταν εξετάζονται παράγοντες όπως η ανθρώπινη υγεία, η επιχείρηση υδατοκαλλιέργειας και η επισιτιστική ασφάλεια (Petersen, 2019).

Η μετέπειτα ανησυχία αφορά την προσέγγιση που θα χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση της τήρησης του κανονισμού D-2. Η συμπερίληψη περιοριστικών κριτηρίων που σχετίζονται

με τη βιωσιμότητα και την παρουσία οργανισμών στο νερό έρματος θέτει σημαντικές προκλήσεις στη διερεύνηση μικροοργανισμών μικρότερων από 10 μm. Επιπλέον, οι υπάρχουσες μεθοδολογίες για την εξέταση των μικροοργανισμών δεν ικανοποιούν πλήρως τις πρωταρχικές απαιτήσεις για τη διαχείριση του νερού έρματος όσον αφορά την ακρίβεια, την πρακτικότητα και την αξιοπιστία (Bailey, 2022).

Το θέμα της προσέγγισης αφορά επίσης οργανισμούς στην κατηγορία μεγέθους ≥ 10 έως < 50 μm, αλλά σε μικρότερο βαθμό για οργανισμούς μικρότερους από 10 μm. Στη μελέτη τους, οι (Casas-Monroy, 2022) διεξήγαγε μια συγκριτική ανάλυση μεταξύ ενδεικτικών αναλυτικών συσκευών και μικροσκοπίας προκειμένου να προσδιορίσει την κατηγορία μεγέθους των οργανισμών που κυμαίνεται από ≥ 10 έως < 50 μm. Ωστόσο, τα ευρήματα από τη χρήση ενδεικτικών συσκευών είχαν περιορισμένη σχέση με τη μικροσκοπία, όπως υποδεικνύεται από αριθμητικές εκτιμήσεις. Επιπλέον, παρατηρήθηκε μεγαλύτερο επίπεδο αβεβαιότητας για αφθονίες που ήταν είτε κάτω είτε σε κοντινή απόσταση από το πρότυπο D-2 (Casas-Monroy, 2022).

Σε συνδυασμό με μεθοδολογικές ανησυχίες, το ζήτημα της επαναποικισμού αποτελεί μια πρόσθετη πρόκληση που χρήζει εξέτασης. Σύμφωνα με τους (Hess-Erga, 2019), η διαδικασία απολύμανσης έχει τη δυνατότητα να ενισχύσει τη βιολογική προσβασιμότητα της οργανικής ύλης. Επιπλέον, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ακόμη και μετά από μια επιτυχημένη διαδικασία απολύμανσης, υπάρχει πιθανότητα επαναποικισμού. Τα αποτελέσματα των δοκιμών έγκρισης τύπου δείχνουν ότι η συγκέντρωση μικροοργανισμών στις επεξεργασμένες απορρίψεις είναι σημαντικά υψηλότερη, έως και τρεις τάξεις μεγέθους, σε σύγκριση με τις μη επεξεργασμένες απορρίψεις. Αυτά τα ευρήματα δείχνουν ότι η εφαρμογή συστημάτων επεξεργασίας επί του σκάφους έχει τη δυνατότητα να μετατρέψει τις δεξαμενές έρματος σε περιβάλλοντα που ευνοούν την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό των βακτηρίων. Επιπλέον, είναι σημαντικό να διερευνηθεί ο μηχανισμός επούλωσης έναντι βλαβών που προκαλούνται από την υπεριώδη ακτινοβολία καθώς η πλειοψηφία των εγκεκριμένων συστημάτων διαχείρισης ύδατος έρματος (BWMS) βασίζεται στην απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία.

Το υπάρχον σύνολο γνώσεων σχετικά με τις επιπτώσεις, τα οφέλη και τα μειονεκτήματα των Συστημάτων Επεξεργασίας Νερού Ballast (BWTS) προέρχεται κυρίως από εργαστηριακές έρευνες. Η συνολική αξιολόγηση των τεχνολογιών επεξεργασίας νερού έρματος είναι απαραίτητη λόγω των περίπλοκων χαρακτηριστικών που εμπλέκονται στη διαδικασία (Hess-Erga, 2019). (Bailey, 2022) διεξήγαγε μια μελέτη για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των συσκευών ελέγχου του θαλάσσιου έρματος που εφαρμόζονται σε επιχειρησιακά πλοία. Αυτή η έρευνα παρέχει πολύτιμες γνώσεις για την προοπτική τροχιά του ζητήματος του έρματος. Η μελέτη που διεξήχθη από τους Bailey et al. (2022) περιλάμβανε την αξιολόγηση δειγμάτων νερού έρματος που ελήφθησαν από συνολικά 29 διαφορετικά πλοία που πραγματοποίησαν δρομολόγια σε λιμάνια στον Καναδά.

Τα ευρήματα έδειξαν ότι το 48% των δειγμάτων που εξετάστηκαν ξεπέρασαν τα καθιερωμένα κριτήρια για οργανισμούς με ελάχιστη διάσταση 50 μm ή μεγαλύτερη. Σύμφωνα με τους (Bailey, 2022), η ακατάλληλη εγκατάσταση συστημάτων και οι ελλείψεις που προέκυψαν κατά τη λειτουργία και τη συντήρηση των εν λόγω συστημάτων μπορεί να συμβάλλουν στην

υπέρβαση των ορίων εκκένωσης νερού έρματος. Παρατηρήθηκε ότι αναφέρθηκαν λειτουργικές προκλήσεις στο 10% των δοκιμών όπου σημειώθηκε υπέρβαση των ορίων εκκένωσης.

Στη μελέτη τους, οι (Briski, 2015) διεξήγαγαν πειράματα σε τρία διαφορετικά σκάφη εξοπλισμένα με διάφορους τύπους συστημάτων επεξεργασίας. Οι ερευνητές διεξήγαγαν ένα πείραμα για να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα δύο διαχείρισης στρατηγικές: «επεξεργασία νερού έρματος μόνο» και «επεξεργασία νερού έρματος σε συνδυασμό με ανταλλαγή νερού έρματος». Σύμφωνα με τους (Briski, 2015), σημειώθηκε ότι ο συνδυασμός ανταλλαγής νερού έρματος είχε αξιοσημείωτη συμπληρωματική επίδραση στη μείωση του πλαγκτόν.

Επιπλέον, το ιζήμα του έρματος μπορεί να έχει σημαντικές διακλαδώσεις ως αποτέλεσμα των βιοτικών και αβιοτικών χαρακτηριστικών του. Τα περισσότερα από τα συστήματα επεξεργασίας νερού έρματος που έχουν εγκριθεί είναι εξοπλισμένα με πρωτογενή επεξεργασία. Αναμένεται ότι θα μειώσουν την ποσότητα της λάσπης που συσσωρεύεται σε κάποιο βαθμό, ωστόσο είναι πιθανό να εξαλείψουν αποτελεσματικά τη συσσώρευση. Τα σωματίδια ιζήματος της δεξαμενής έρματος αποτελούνται κυρίως από μορφές πηλού (2 μm ή μικρότερη) και λάσπης (2–63 μm), όπως υποδεικνύεται από τους (Maglić, 2016). Αυτά τα μεγέθη σωματιδίων είναι μικρότερα σε μέγεθος από τα φίλτρα που χρησιμοποιούν τα πλοία, τα οποία συνήθως χρησιμοποιούν πλέγματα μεγέθους 40-50 μm. Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί ότι ορισμένα εξουσιοδοτημένα συστήματα δεν διαθέτουν στάδιο προεπεξεργασίας.

Στη μελέτη τους, οι (Bailey, 2022) παρατήρησαν την παρουσία λεπτού ιζήματος στο 33% περίπου των δειγμάτων που ελήφθησαν από ένα μέγεθος δείγματος 29 πλοίων που κατασκευάστηκαν με συστήματα διαχείρισης υδάτων έρματος (BWMS), μερικά από τα οποία δεν είχαν στάδιο Προ επεξεργασίας. Αυτό το εύρημα δείχνει ότι η συσσώρευση λάσπης στον πυθμένα της δεξαμενής μπορεί να συμβεί παρά την εφαρμογή των BWMS στα σκάφη. Το ιζήμα που βρίσκεται στον πυθμένα των υδάτινων περιβαλλόντων έχει τη δυνατότητα να υποστηρίξει μια ποικιλία οργανισμών. Μεταξύ αυτών των οργανισμών, ορισμένα είδη έχουν επιδείξει αξιοσημείωτη ανθεκτικότητα και έχουν την ικανότητα να βλαστήσουν υπό ευνοϊκές συνθήκες (Shang, 2019) (Dong, 2021) (Tang, 2022).

Σύμφωνα με τους (Maglić, 2016), είναι σημαντικό να προσέχουμε όταν αντιμετωπίζουμε συσσωρευμένα ιζήματα. Έχουν διεξαχθεί αρκετές μελέτες για τη διερεύνηση μεθόδων για τον μετριασμό της συσσώρευσης ιζημάτων και την ενίσχυση της απομάκρυνσης των ιζημάτων. Αυτές οι μελέτες έχουν δείξει την αποτελεσματικότητα των προτεινόμενων συστημάτων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα σε διάφορους βαθμούς.

Ένα σημαντικό ποσοστό των συστημάτων επεξεργασίας θαλάσσιου έρματος χρησιμοποιεί ενεργές χημικές ουσίες για σκοπούς απολύμανσης. Η σύνθεση των παραπροϊόντων απολύμανσης (DBPs) που παράγονται κατά τη διαδικασία απολύμανσης επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου του συγκεκριμένου απολυμαντικού που χρησιμοποιείται, καθώς και από την παρουσία άλλων ενώσεων, επίπεδα pH και συνθήκες θερμοκρασίας (Moreno-Andrés, 2019). Η διαχείριση και η επιτήρηση των απολυμαντικών υποπροϊόντων εξακολουθεί να αποτελεί σημαντική ανησυχία, ιδιαίτερα σε περιβάλλοντα

υποδοχής και σε περιοχές διανομής, παρά την εφαρμογή μέτρων εξουδετέρωσης σε πολλά συστήματα. Σύμφωνα με τους (Maas, 2019), ορισμένες ουσίες έχουν τη δυνατότητα να φτάσουν σε συγκεντρώσεις που μπορεί να αποτελούν απειλή για τα υδρόβια πλάσματα, όπως τονίζεται από τις τρέχουσες βιβλιογραφίες.

Βιβλιογραφία

- ABS. (2020, Ιουνιος). *ballast water exchange*. Ανάκτηση από https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/rules-and-guides/current/other/171_ballast_Water_Exchange_2016/bwe-guide-june20.pdf
- ABS. (2023). *ballast water managment*. Ανάκτηση από <https://ww2.eagle.org/en/Products-and-Services/sustainability/ballast-water-management.html>
- ASTM internationals. (2019). Ανάκτηση από https://www.googleadservices.com/pagead/aclk?sa=L&ai=DChcSEwiY-9_s3u2AAxXEPAYAHcosDjoYABAAGgJ3cw&ase=2&gclid=CjwKCAjwloynBhBbEiwAGY25dIYnC30TJrfrUjgUyCfAO3VV1Dj3M6BqunE1C92sphp2B7FnnllDnRoCOroQAvD_BwE&ohost=www.google.com&cid=CAESbOD2uXT4ZLCJLEdGJrBppG6rm
- Bailey, S. A.-M. (2022). *first evaluation of ballast water management systems on operational ships for minimizing introductions of nonindigenous zooplankton*. Ανάκτηση από pollution bulletin.
- Briski, E. G.-M. (2015). *enviromental science and technology*. Ανάκτηση από combining ballast water exchange and treatment to maximaze prevention of species introductions to freshwater ecosystems.
- Casas-Monroy, O. K. (2022). *Journal of Environmental Management*. Ανάκτηση από Assessing the performance of four indicative analysis devices for ballast water compliance monitoring, considering organisms in the size range ≥ 10 to $< 50 \mu\text{m}$.
- Dong, Y. Z. (2021). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. Ανάκτηση από Invasion risk to Yangtze River Estuary posed by resting eggs in ballast sediments from transoceanic ships.
- engineering, m. s. (2019, Αυγουστος 22). Ανάκτηση από <https://www.mdpi.com/journal/jmse>
- Gollasch, S. &. (2019). *Academic Press*. Ανάκτηση από Ballast water: problems and management. In World seas: An environmental evaluation.
- Güney, C. B. (2020). *Ocean Engineering*. Ανάκτηση από Reduction of ballast tank sediment: Evaluating the effect of minor structural changes and developing a pneumatic cleaning system. .
- Güney, C. B. (2022). *Ocean Engineering*. Ανάκτηση από Optimization of operational parameters of pneumatic system for ballast tank sediment reduction with experimental and ANN applications.
- Hess-Erga, O. K.-A. (2019). *Science of the Total Environment*. Ανάκτηση από Microorganisms in ballast water: disinfection, community dynamics, and implications for management.
- hughes, s. (2009). A quick guide to welding and inspection. Three Park Avenue, New York, USA.

- IMO (a). (2023). *IMO*. Ανάκτηση από ballast water management:
<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/BallastWaterManagement.aspx>
- IMO (b). (2023). *IMO*. Ανάκτηση από International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments (BWM):
[https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships'-Ballast-Water-and-Sediments-\(BWM\).aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships'-Ballast-Water-and-Sediments-(BWM).aspx)
- IMO (c). (2023). *IMO*. Ανάκτηση από BWM Convention and Guidelines:
<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/BWMConventionandGuidelines.aspx>
- Jaehhon Jee, S. L. (2017, Ιούνιος 30). *Comparative feasibility study on retrofitting ballast water treatment system for a bulk carrier*. Ανάκτηση από ScienceDirect:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X17302631/pdf?md5=97bc1b8c675b8fdd884af28e80c7e29f&pid=1-s2.0-S0025326X17302631-main.pdf>
- Lloyd's Register. (2019). Ανάκτηση από Understanding ballast water management:
https://www.lr.org/?creative=670721163072&keyword=lloyd%27s%20register&matchtype=p&network=g&device=c&utm_source=google&utm_campaign=brand&utm_medium=cpc&utm_content=brand-phrase&utm_term=lloyd%27s%20register
- Maas, J. T. (2019). *Ocean Science*,. Ανάκτηση από Simulating the spread of disinfection by-products and anthropogenic bromoform emissions from ballast water discharge in Southeast Asia.
- Maglič, L. Z. (2016). *Marine Pollution Bulletin*, . Ανάκτηση από Ballast water sediment elemental analysis. .
- Marine Pollution Bulletin. (2023, ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 09). Ανάκτηση από SCIEDIRECT:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X23008159>
- materia, T. (2010, Αυγουστός). Ανάκτηση από shipbuilding steels:
<https://www.totalmateria.com/page.aspx?ID=CheckArticle&site=kts&NM=287>
- Moreno-Andrés, J. &. (2019). *Chemosphere*. Ανάκτηση από Operational and environmental factors affecting disinfection byproducts formation in ballast water treatment systems.
- Mr.Jaz. (2014, Μάιος 16). *Marine Engineering Study Materials*. Ανάκτηση από Grades of Steel for Ship Building: <https://marineengineeringonline.com/grades-steel-ship-building/>
- Pereira, L. S. (2022). *Marine Pollution Bulletin*. Ανάκτηση από Experimental and numerical studies of sediment removal in double bottom ballast tanks.
- Petersen, N. B. (2019). *science of the total enviroment*. Ανάκτηση από Ballast water treatment and bacteria: Analysis of bacterial activity and diversity after treatment of simulated ballast water by electrochlorination and UV exposure.
- Shang, L. H. (2019). *Microorganisms*. Ανάκτηση από Metagenomic sequencing identifies highly diverse assemblages of dinoflagellate cysts in sediments from ships' ballast tanks.

- Tang, Y. Z. (2022). *Harmful Algae*. Ανάκτηση από Measuring viability of dinoflagellate cysts and diatoms with stains to test the efficiency of facsimile treatments possibly applicable to ships' ballast water and sediment. .
- Verna, D. E. (2016). *Marine Policy*. Ανάκτηση από Review of ballast water management policy and associated implications for Alaska.
- Wartsila. (2023). *Water and Waste a Wartsila business*. Ανάκτηση από Ballast water management the right BWMS for each ship.
- Wei Feng a b, Y. C. (2023, Σεπτέμβριος). *Evaluate the compliance of ballast water management system on various types of operational vessels based on the D-2 standard*. Ανάκτηση από ScienceDirect:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X23008159>
- wikipedia. (2023 (a)). *wikipedia*. Ανάκτηση από Χάλυβας:
<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A7%CE%AC%CE%BB%CF%85%CE%B2%CE%B1%CF%82>
- William A. Gerhard a, K. L. (2019, Νοέμβριος 01). *Installation and use of ballast water treatment systems – Implications for compliance and enforcement*. Ανάκτηση από ScienceDirect:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964569119303412/pdf?md5=1e33079e32bfd1486242df713603b56b&pid=1-s2.0-S0964569119303412-main.pdf>
- Zhu, Y. L. (2020). *Science of The Total Environment*. Ανάκτηση από Formation of emerging iodinated disinfection by-products during ballast water treatment based on ozonation processes. .
- Δρ.Σ.Χιονόπουλος. (2021, Οκτωβριος 29). Ναυπηγικές συγκολλήσεις.

(William A. Gerhard a, 2019) (Jaehhon Jee, 2017) (Mr.Jaz, 2014) (Wei Feng a b, 2023)

(hughes, 2009)