



Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας

Μεταπτυχιακό πρόγραμμα Σπουδών

Διαχείριση Αποβλήτων

Διπλωματική Εργασία

**Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων Πλοίων σε Λιμενικές
Εγκαταστάσεις:**

Μελέτη Περίπτωσης στο νησί της Καλύμνου

Πελεκάνου Υπαπαντή

Επιβλέπων καθηγητής: Κορνάρος Μιχαήλ

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2026

© Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 2026

Η παρούσα Εργασία καθώς και τα αποτελέσματα αυτής, αποτελούν συνιδιοκτησία του ΕΑΠ και του φοιτητή, ο καθένας από τους οποίους έχει το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης, αναπαραγωγής και αναδιανομής τους (στο σύνολο ή τμηματικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, σε κάθε περίπτωση αναφέροντας τον τίτλο και το συγγραφέα της Εργασίας καθώς και το όνομα του ΕΑΠ όπου εκπονήθηκε.



Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων Πλοίων σε Λιμενικές
Εγκαταστάσεις:

Μελέτη Περίπτωσης στο νησί της Καλύμνου

Πελεκάνου Υπαπαντή

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:
ΚΟΡΝΑΡΟΣ ΜΙΧΑΗΛ
ΠΑΝ. ΠΑΤΡΩΝ

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:
ΜΑΝΑΡΙΩΤΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
ΠΑΝ. ΠΑΤΡΩΝ

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2026

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ θερμά τον Πρόεδρο του Δημοτικού Λιμενικού Ταμείου Καλύμνου και την εταιρία ΑΡΓΩ Α.Ε, για την παροχή των στοιχείων που ήταν απαραίτητα για την ολοκλήρωση της εργασίας μου.

Επίσης, ευχαριστώ το Λιμεναρχείο Καλύμνου για τα στοιχεία κίνησης του Λιμένα Καλύμνου που μου χορηγήθηκαν.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια της προστασίας των θαλασσών και τις μείωσης απόρριψης αποβλήτων σε αυτές, τα πλοία υποχρεούνται από ευρωπαϊκούς και παγκόσμιους κανονισμούς να φροντίζουν για την σωστή διαχείριση και διάθεση των αποβλήτων τους. Αντίστοιχα, και οι λιμένες χωρών της ΕΕ υποχρεούνται να παρέχουν στα πλοία που προσεγγίζουν σε αυτούς δυνατότητες παραλαβής και διαχείρισης των αποβλήτων τους.

Το νησί της Καλύμνου, τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί σε συχνή στάση αρκετών εμπορικών και μη πλοίων στις θαλάσσιες διαδρομές του Ανατολικού Αιγαίου. Πράγμα που σε συνδυασμό με τον μεγάλο αλιευτικό στόλο που διαθέτει το λιμάνι της αυξάνει ακόμα περισσότερο τις ανάγκες σωστής διαχείρισης των αποβλήτων πλοίων.

Στην παρούσα εργασία, αναλύονται τα είδη και οι ροές υγρών αποβλήτων, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους σε κλειστές θαλάσσιες περιοχές και αποτυπώνονται οι υφιστάμενες πρακτικές διαχείρισης υγρών αποβλήτων στο λιμάνι του νησιού. Στην συνέχεια διερευνάται η ανάπτυξη μίας τοπικής μονάδας διαχείρισης και επεξεργασίας υγρών αποβλήτων πλοίων, με στόχο την αντιμετώπιση των προκλήσεων της γεωγραφικής απομόνωσης και της προστασίας των παράκτιων οικοσυστημάτων.

Προτείνεται μια αυτόνομη μονάδα μικρής κλίμακας, σχεδιασμένη για επιτόπια συλλογή, προσωρινή αποθήκευση και επεξεργασία διαφορετικών κατηγοριών αποβλήτων, μειώνοντας την ανάγκη μεταφοράς στην ηπειρωτική Ελλάδα. Η ανάλυση καλύπτει τα είδη και τα χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων, τις εποχικές τους μεταβολές, τις τεχνικές ελλείψεις της υφιστάμενης υποδομής και τους σχετικούς περιβαλλοντικούς κινδύνους. Ο σχεδιασμός της μονάδας βασίζεται σε διεθνείς και ευρωπαϊκούς κανονισμούς και ενσωματώνει συνδυασμό μηχανικών, φυσικοχημικών και βιολογικών διεργασιών .

Παράλληλα εξετάζεται εάν η ανάπτυξη μιας τέτοιας μονάδας είναι πραγματικά εφικτή και μπορεί να συμβάλει ουσιαστικά στην προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος, στη συμμόρφωση με διεθνείς κανονισμούς και στην ενίσχυση της λιμενικής υποδομής και της τοπικής οικονομίας.

Η υλοποίηση του συστήματος αναμένεται να συνεισφέρει στην άμεση μείωση της θαλάσσιας ρύπανσης, να ενισχύσει τη συμμόρφωση με τα πρότυπα ασφάλειας και να υποστηρίξει τη βιωσιμότητα του λιμένα προστατεύοντας όλες τις οικονομικές δραστηριότητες που εξαρτώνται από την ποιότητα του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

ΚΑΛΥΜΝΟΣ, ΑΠΟΒΛΗΤΑ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ, MARPOL, ΣΕΝΤΙΝΟΝΕΡΑ,
ΛΥΜΑΤΑ

ABSTRACT

Within the framework of marine protection and prevention of waste discharge into the seas, vessels are required by European and international regulations to ensure the proper management and disposal of their waste. Accordingly, ports of EU countries are obliged to provide approaching vessels with waste receiving and managing facilities.

In recent years Kalymnos island has developed into a frequent stop for numerous commercial and non-commercial vessels along the maritime routes of Eastern Aegean. Combined with the large fishing fleet based at its port, this has resulted in further increasing the need for proper ship waste management.

In this paper, the types and inflows of liquid waste are analyzed, along with their environmental impacts on enclosed marine areas, while current management practices on the island's port are mapped out. Subsequently, the development of a local management and treatment facility for liquid ship waste is investigated, aiming to address the challenges of geographical isolation and those of protection of coastal ecosystems.

A small-scale autonomous facility is proposed, designed for on-site collection, temporary storage and treatment of different waste categories, thereby reducing the need for transportation to mainland Greece. The analysis covers the types and characteristics of liquid waste, its seasonal variations, the technical deficiencies of existing infrastructure and the associated environmental risks. The design of the facility is based on international and EU regulations and incorporates a combination of mechanical, physicochemical and biological processes.

At the same time, it is examined whether the development of such a facility is indeed feasible and can substantially contribute to the protection of the marine environment, in compliance with the international regulations and the enhancement of port infrastructure and local economy.

The implementation of this system is expected to contribute to the immediate reduction of marine pollution, enhance compliance with safety standards and support sustainability by protecting all economic activities that depend on the quality of the marine environment.

KEY WORDS

KALYMNOS, WASTE, MANAGEMENT, MARPOL, BILGE WATERS, SEWAGE

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	v
ABSTRACT.....	vi
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	vii
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕ & ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	viii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	ix
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΠΛΟΙΩΝ.....	1
1.1 – ΕΙΔΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ.....	1
1.2 - ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΤΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	5
2.1 - ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ.....	5
2.2 - ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	6
2.3 - ΕΘΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ – ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ ΠΛΟΙΩΝ & ΛΙΜΕΝΩΝ	7
2.4 - ΣΧΕΔΙΑ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΗ ΣΤΗΝ ΚΑΛΥΜΝΟ	11
3.1 - ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΩΝ ΠΟΣΟΤΗΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	12
3.1.1 Απόβλητα Πετρελαιοειδών Μιγμάτων (πλην ΑΛΕ)	14
3.1.2 Απόβλητα Λιπαντικών Ελαίων (ΑΛΕ).....	18
3.1.3 Υγρά Απόβλητα Αστικού Τύπου - Λύματα	21
3.2 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ – ΤΡΕΧΟΥΣΑ ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ....	22
3.3 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΛΛΕΙΨΕΙΣ.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ.....	27
4.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: ΣΥΛΛΟΓΗ, ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ, ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ & ΔΙΑΘΕΣΗ	27
4.1.1 Σύλλογή	27
4.1.2 Αποθήκευση, επεξεργασία & Διάθεση.....	28
4.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	31
4.2.1 Μηχανικές μέθοδοι.....	31
4.2.2 Χημικές & Βιολογικές Μέθοδοι.....	33
4.3 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ.....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	37
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	39

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕ & ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

EMSA - European Maritime Safety Agency

ECA – Emissions Control Area

GT – Gross Tonnage

HFO - Heavy Fuel Oil

IMO - International Maritime Organization

OWS – Oil Water Separator

MARPOL - International Convention for the Prevention of Pollution from Ships

MGO - Marine Gas Oil

NLS – Noxious Liquid Substances

SOLAS – Safety of Life at Sea

UNCLOS – United Nations Convention on the Law of the Sea

A/K – Αλιευτικό σκάφος

ΑΛΕ – Απόβλητα Λιπαντικών Ελαίων

ΔΛΤ – Δημοτικό Λιμενικό Ταμείο

Δ/Ξ - Δεξαμενόπλοιο

Ε/Γ – Επιβατηγό πλοίο

Ε/Γ-Ο/Γ – Επιβατηγό και Οχηματαγωγό πλοίο

ΕΚΑ – Ευρωπαϊκός Κατάλογος Αποβλήτων

ΕΝΔΙΑΛΕ – Εναλλακτική Διαχείριση Αποβλήτων Λιπαντικών Ελαίων

ΗΜ/ΡΠΛ – Ημερόπλοιο

Κ/Ζ – Κρουαζιερόπλοιο

ΚΟΧ – Κόροι Ολικής Χωρητικότητας

Λ/Χ – Λιμεναρχείο

Ο/Γ – Οχηματαγωγό πλοίο

Ρ/Κ - Ρυμουλκό

Τ/Ρ – Τουριστικό σκάφος ή σκάφος αναψυχής

ΥΝΑΝΠ – Υπουργείο Ναυτιλίας και Νησιωτικής Πολιτικής

ΥΠΕΝ – Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας

Φ/Γ – Φορτηγό πλοίο

ΦΟΣΔΑ - Φορείς Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Κάλυμνος, ως ένα νησί με περιορισμένη πρόσβαση σε κεντρικές υποδομές διαχείρισης αποβλήτων, εντάσσεται στα παραδείγματα περιοχών όπου η ανάπτυξη ενός τοπικού, ολοκληρωμένου σχεδίου διαχείρισης υγρών αποβλήτων πλοίων μπορεί να προσφέρει μακροπρόθεσμη λύση σε περιβαλλοντικά και λειτουργικά προβλήματα. Η γεωγραφική της θέση συνεπάγεται αυξημένες δαπάνες και καθυστέρηση στη μεταφορά των αποβλήτων προς εγκαταστάσεις στην ηπειρωτική Ελλάδα, γεγονός που καθιστά την αυτάρκεια του νησιού σε θέματα διαχείρισης κρίσιμο παράγοντα.

Η ανάπτυξη μιας μονάδας επεξεργασίας συνδέεται άμεσα με τις τρέχουσες νομοθετικές απαιτήσεις και τις πρακτικές διαχείρισης που εφαρμόζονται διεθνώς και σε εθνικό επίπεδο, προστατεύοντας τόσο το περιβάλλον όσο και τη δημόσια υγεία μέσω εφαρμογής βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών. Σε διεθνές επίπεδο, η σύμβαση MARPOL αποτελεί τον κύριο θεσμικό μηχανισμό πρόληψης της ρύπανσης από πλοία. Οι απαιτήσεις αυτές επηρεάζουν άμεσα την τεχνολογική διαμόρφωση των μηχανημάτων επί των πλοίων και τις διαδικασίες διαχείρισης αποβλήτων στις λιμενικές εγκαταστάσεις. Επίσης, σύμφωνα με το πλαίσιο της εθνικής στρατηγικής για την κυκλική οικονομία, προτεραιότητα είναι όχι μόνο η πρόληψη δημιουργίας επικίνδυνων αποβλήτων αλλά και η δυνατότητα ανάκτησή τους και επαναχρησιμοποίηση πρώτων υλών μεγάλης ενεργειακής αξίας (πχ. λιπαντικά έλαια).

Η πρακτική εμπειρία από μεγάλα λιμάνια δείχνει ότι οι εγκαταστάσεις υποδοχής αποβλήτων (Port Reception Facilities - PRF) πρέπει να σχεδιάζονται με τρόπο που να ανταποκρίνεται στις ανάγκες των πλοίων χωρίς να προκαλείται καθυστέρηση, αλλά επίσης λαμβάνοντας υπόψη τη μορφολογία και την δυναμικότητα του κάθε λιμανιού (Khondoker & Hasan, 2020). Για την Κάλυμνο αυτό σημαίνει προσαρμογή σε μονάδα μικρής κλίμακας η οποία να αποτελέσει συνδυασμό επιμέρους σταδίων: συλλογής, διαχωρισμού και αποθήκευσης έως την τελική διάθεση ή επιτόπια επεξεργασία.

Η αξία μιας αυτάρκους μονάδας μικρής κλίμακας γίνεται εμφανής αν ληφθεί υπόψιν ο ρόλος που μπορεί να παίζει το λιμάνι της Καλύμνου ως κόμβος για την περιοχή. Διασφαλίζοντας την τοπική διαχείριση των υγρών αποβλήτων, μειώνεται ο όγκος μεταφερόμενων ποσοτήτων στην ηπειρωτική χώρα, ενώ αυξάνεται η πιθανότητα πλήρους συμμόρφωσης των διερχόμενων πλοίων στις απαιτήσεις της σύμβασης MARPOL.

Η δυναμική σχέση μεταξύ διεθνών συμβάσεων όπως MARPOL και εθνικών στρατηγικών κυκλικής οικονομίας ορίζει ένα πλαίσιο μέσα στο οποίο ο σχεδιασμός πρέπει να κινηθεί ώστε να είναι βιώσιμος τόσο οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά, καθώς οι επιπτώσεις από λάθος διαχείριση είναι ιδιαίτερα έντονες στο ευαίσθητο θαλάσσιο οικοσύστημα γύρω από το νησί. Τα ιζήματα και οι ακτές του Αιγαίου έχουν περιορισμένη φυσική αναγέννηση όταν επιβαρύνονται με πετρελαιοειδή και τοξικούς οργανικούς ρύπους, ενώ η απώλεια παραθαλάσσιων βιοτόπων όπως λιβάδια ποσειδωνίας μπορεί να έχει αλυσιδωτές συνέπειες στην αλιεία και στον τουρισμό.

Η εμπειρία από άλλες αντίστοιχες γεωγραφικές περιοχές δείχνει ότι η ύπαρξη αυστηρού ελέγχου, υποδομών υποδοχής αποβλήτων αλλά και κινήτρων παράδοσης αποβλήτων σε αυτές μπορεί να μειώσει δραστικά την παράνομη απόρριψη καταλοίπων στη θάλασσα. Στην περίπτωση της Καλύμνου, το θεσμικό πλαίσιο παρέχει τη δυνατότητα του συνδυασμού κυρώσεων για μη συμμόρφωση αλλά και οικονομικών προσαρμογών ώστε οι εταιρείες να θεωρούν συμφέρουσα την παράδοση των αποβλήτων τους στα τοπικά συστήματα (Amin et al., 2025). Αυτού του τύπου οι προσεγγίσεις ενισχύουν την αποτελεσματικότητα των πολιτικών περιβαλλοντικής προστασίας. Επιπλέον, οι κανονισμοί προβλέπουν διαφοροποίηση των τελών ανάλογα με το είδος και το μέγεθος του πλοίου, τη φύση του εμπορίου στο οποίο δραστηριοποιείται καθώς και την επικινδυνότητα των αποβλήτων που μεταφέρει ή παραδίδει για επεξεργασία.

Έτσι, ο σχεδιασμός της μονάδας δεν μπορεί να βασιστεί αποκλειστικά σε τεχνικά δεδομένα. Η συμμετοχή της τοπικής κοινωνίας, είτε μέσω ενημερωτικών δράσεων είτε μέσα από συνεργασία μεταξύ δημοτικών αρχών και ιδιωτικών φορέων είναι αναγκαία, καθώς ο συνδυασμός κοινωνικής ευαισθητοποίησης και επαγγελματικής κατάρτισης μπορεί να βοηθήσει στην έγκαιρη αντιμετώπιση περιστατικών ανεξέλεγκτης διάθεσης αποβλήτων και στην διασφάλιση της αειφορίας του έργου.

Παράλληλα, πρέπει να εξεταστεί και η οικονομική βιωσιμότητα του , με τα κόστη επένδυσης να μπορούν ενδεχόμενος να μειωθούν μέσω συγχρηματοδότησης από ευρωπαϊκά κονδύλια ή προγραμμάτων στήριξης περιοχών με μόνιμα γεωγραφικά μειονεκτήματα (EU DIRECTIVE 2019/883).

Θέτοντας ως στόχο τη βιωσιμότητα ενός τέτοιου έργου, απαιτείται αξιολόγηση όχι μόνο λειτουργικής επάρκειας αλλά και περιβαλλοντικών αποδόσεων, ευελπιστώντας ότι η ανάπτυξη μιας τέτοιας μονάδας στην Κάλυμνο να χρησιμεύσει ως παράδειγμα και για άλλα μικρά λιμάνια του Αιγαίου που βρίσκονται σε παρόμοιες απομακρυσμένες περιοχές από την ηπειρωτική Ελλάδα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΠΛΟΙΩΝ

1.1 – ΕΙΔΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

Τα υγρά απόβλητα των πλοίων περιλαμβάνουν ένα πολύπλοκο φάσμα ουσιών και παραπροϊόντων, τα οποία συνδέονται άμεσα με τις με τις λειτουργικές, μηχανολογικές και εμπορικές δραστηριότητές του εκάστοτε σκάφους. Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ναυτιλίας (IMO) ως υγρό απόβλητο αναφέρεται κάθε μίγμα, διάλυμα ή αιώρημα σε υγρή μορφή που προκύπτει από τις λειτουργικές διαδικασίες του πλοίου είτε από ατύχημα, έχοντας δυνητικά αρνητικές επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Τα απόβλητα διαφοροποιούνται ποσοτικά και ποιοτικά ανάλογα με τον τύπο του πλοίου, το μέγεθος, την ηλικία και τον σκοπό του ταξιδιού που εκτελεί. Με την Σύμβαση της MARPOL 73/78 διαχωρίζονται σαφώς οι κατηγορίες των αποβλήτων και ενσωματώνονται στα Παραρτήματα I, II και IV αντίστοιχα, με κάθε κατηγορία να προσδιορίζεται από συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, πηγές παραγωγής και απαιτήσεις διαχείρισης. Οι κύριοι τύποι αυτών περιλαμβάνουν:

1. Σεντινόνερα (Bilge Waters): Ελαιώδη ύδατα και κατάλοιπα πετρελαίου που συλλέγονται στις περιοχές του πλοίου όπου πραγματοποιούνται μηχανολογικές εργασίες, κυρίως το μηχανοστάσιο. Αυτά σχηματίζονται όταν θαλασσινό ή γλυκό νερό εισέρχεται στο εσωτερικό των υφάλων των πλοίων (σεντίνες) και αναμιγνύεται με λιπαντικά, καύσιμα ή άλλα πετρελαιοειδή κατάλοιπα από τη λειτουργία των μηχανών (CE Delft/ EMSA, 2017). (Boran, 2017). Η παρουσία τους είναι συνεχής καθ' όλη τη διάρκεια της χρήσης των κινητήρων, επομένως ο όγκος τους μπορεί να αυξάνεται με ρυθμούς που κυμαίνονται μεταξύ λίγων δεκάδων λίτρων την ημέρα για μικρά σκάφη έως χιλιάδων λίτρων για πλοία μεγάλης χωρητικότητας.
2. Ιλύς (Sludges): Αποτελεί προϊόν καθίζησης και συγκέντρωσης στερεών υπολειμμάτων μέσα στα συστήματα επεξεργασίας πετρελαίου και λιπαντικών. Δημιουργείται κυρίως κατά την καύση βαρέων καυσίμων όπως το HFO (Heavy Fuel Oil), όπου η παρουσία ασφάλτων, μετάλλων και βαρέων κλασμάτων οδηγεί σε στερεοποίηση ενός ποσοστού του καυσίμου (IMO, 2008). Περιέχουν συμπυκνωμένα στερεά και πετρελαιοειδή κατάλοιπα υψηλής πυκνότητας και μεγάλου ιξώδους και η αποθήκευσή τους σε ειδικές δεξαμενές λυμάτων εντός πλοίου είναι υποχρεωτική μέχρι να παραδοθούν σε εγκεκριμένες εγκαταστάσεις υποδοχής στον λιμένα.
3. Υγρά παραπροϊόντα καθαρισμού δεξαμενών φορτίου ή καυσίμου (Slops): Περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις πετρελαίου ή άλλων στοιχείων του φορτίου μαζί με διαλύτες και παράγωγα καθαρισμού. Παράγονται κυρίως στα δεξαμενόπλοια, αλλά και σε λοιπά φορτηγά πλοία μεταφοράς υγρών χύδην φορτίων, όταν χρησιμοποιείται νερό σε συνδυασμό με απορρυπαντικά και οργανικούς διαλύτες για τον καθαρισμό των δεξαμενών. Το παραγόμενο υδάτινο

μίγμα έχει υψηλό οργανικό φορτίο ή περιέχει επικίνδυνα συστατικά ανάλογα με το φορτίο. Λόγω των μεγάλων συγκεντρώσεων σε ρυπαντές αυτά τα ύδατα συνήθως παραμένουν σε ειδικές δεξαμενές αποθήκευσης επί του πλοίου και διατίθενται σε εγκαταστάσεις και λιμένες μεταφόρτωσης φορτίων.

4. Απόβλητα Λιπαντικών Ελαίων (ΑΛΕ): Λιπαντικά κύριων και βοηθητικών μηχανών, και υδραυλικά έλαια που έχουν καταστεί ακατάλληλα για την αρχική τους χρήση. Απαγορεύεται αυστηρά η απευθείας απόρριψη τους στη θάλασσα και αποθηκεύονται επί του πλοίου για επανεπεξεργασία και ανακύκλωση.
5. Υγρά φορτία επικίνδυνων χύδην ουσιών (NLS) τα οποία μεταφέρονται με δεξαμενόπλοια ή άλλους τύπους πλοίων και μπορεί να απελευθερωθούν είτε λόγω εμπορικής διαδικασίας είτε έπειτα από ατύχημα. Οι ουσίες αυτές, ταξινομημένες στις Κατηγορίες X, Y και Z σύμφωνα με τον Κανονισμό 6 της MARPOL, παρουσιάζουν διαφορετικού βαθμού κινδύνους για τους θαλάσσιους πόρους: η Κατηγορία X περιλαμβάνει τις πιο επιβλαβείς ουσίες που απαγορεύεται να απορριφθούν στη θάλασσα υπό οποιεσδήποτε συνθήκες (IMO, 2008).
6. Λύματα (Sewage): Τα λύματα αυτά περιλαμβάνουν ανθρώπινα οργανικά απόβλητα μαζί με νερά χρήσης (grey waters) -νερά κουζίνας και καθαρισμού - αλλά και πιθανώς προϊόντα προσωπικής φροντίδας ή καθαριστικά που εισέρχονται στο δίκτυο αποχέτευσης του πλοίου από τους χώρους διαμονής του πληρώματος και των επιβατών (Dabrowska et al., 2021). Η παραγωγή τους είναι σχεδόν αδιάλειπτη κατά τη διάρκεια ενός ταξιδιού και επηρεάζεται από τον αριθμό επιβαινόντων, την κατανάλωση νερού και τη διάρκεια του δρομολογίου.

Η παραγωγή όλων αυτών των διαφορετικών ρευμάτων μπορεί να αυξομειώνεται ανάλογα με τις φάσεις λειτουργίας του πλοίου. Για παράδειγμα, πριν την αλλαγή φορτίου γίνεται εκτεταμένος καθαρισμός δεξαμενών αυξάνοντας τον όγκο των slops. Αντίστοιχα, στα ταξίδια μικρής διάρκειας με πολλά ενδιάμεσα λιμάνια μπορεί να υπάρχει μεγαλύτερη συγκέντρωση σεντινόνερων λόγω συχνότερης αλλαγής των συνθηκών του μηχανοστασίου. Τέλος δύναται να υπάρχει μια διάκριση μεταξύ προβλέψιμων ροών, όπως τα καθημερινά λύματα ή τα σεντινόνα, και περιστασιακών/έκτακτων ροών, όπως διαρροή καυσίμου λόγω βλάβης, τα οποία απαιτούν ένα αμεσότερο μηχανισμό αντιμετώπισης ώστε να περιορίζεται η έκταση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αυτών (Amin et al., 2025).

Σε ορισμένες περιπτώσεις η ανεπαρκής καταγραφή ή έλεγχος σωστής διάθεσης των υγρών αποβλήτων πλοίων οδηγεί σε παράνομη απόρριψη τους στην θάλασσα, πρακτική που καταγράφεται διεθνώς λόγω χαμηλών προστίμων και αδυναμίας επιβολής κανόνων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, ανάλογα με το μέγεθος της ρύπανσης, την διατάραξη της ισορροπίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος και των οικοσυστημάτων αυτού. (EU DIRECTIVE 2019/883).

1.2 - ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΤΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Οι επιπτώσεις των υγρών αποβλήτων στο θαλάσσιο περιβάλλον συνδέονται άμεσα με τη χημική και φυσική τους σύσταση, τον τρόπο απόρριψης τους και την δυναμικότητα των οικοσυστημάτων που δέχονται το ρυπαντικό φορτίο.

Τα ελαιώδη ύδατα δημιουργούν μία λεπτή στρώση στην επιφάνεια του νερού η οποία περιορίζει την ανταλλαγή οξυγόνου μεταξύ ατμόσφαιρας και θάλασσας. Η μείωση της διάχυσης οξυγόνου μπορεί να οδηγήσει σε υποξικές συνθήκες, ιδιαίτερα σε περιοχές με περιορισμένη κυκλοφορία ρευμάτων (CE Delft/ EMSA, 2017). Παράλληλα, οι υδρογονάνθρακες και άλλες οργανικές ενώσεις που περιέχονται στα μίγματα αυτά μπορούν να απορροφηθούν από το πλαγκτόν ή να προσκολληθούν σε ιζήματα, προκαλώντας μακροχρόνια τοξικότητα και διαταραχή στην τροφική αλυσίδα. Συνεχείς μικρές εκφορτώσεις bilge water ενδέχεται να αυξήσουν σταδιακά το επίπεδο των ισότοπων καϊσίου και κοβαλτίου, Cs^{137} και Co^{60} , σε περιοχές κοντά σε σημαντικά θαλάσσια δρομολόγια (Dabrowska et. al, 2021). Αν και οι ποσότητες ανά περιστατικό μπορεί να φαίνονται μικρές, η περιοδικότητα ανατροφοδοτεί την ρύπανση λόγω της μακράς ημιζωής αυτών των ραδιοϊσοτόπων.

Τόσο τα bilge waters όσο και η ιλύς περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων όπως αρσενικό, κάδμιο, χρώμιο, μόλυβδος, σελήνιο, νικέλιο, βανάδιο και μόλυβδο τα οποία βιοσυσσωρεύονται στους θαλάσσιους οργανισμούς με αποτέλεσμα την εισχώρηση τους στην τροφική αλυσίδα και την μακροχρόνια τοξικολογική επιβάρυνση όλων των ανώτερων οργανισμών (Boran, 2017).

Τα επικίνδυνα υγρά φορτία των πλοίων, όταν απελευθερωθούν στην θάλασσα προκαλούν άμεσες και συχνά μη αναστρέψιμες επιπτώσεις. Ορισμένες ενώσεις είναι τοξικές ακόμη και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις και μπορούν να επηρεάσουν τη λειτουργία ενζύμων εντός των κυττάρων ή να προκαλέσουν οσμωτικές ανισορροπίες στους οργανισμούς που έρχονται σε επαφή με αυτές (Boran, 2017). Έτσι, παρατηρείται μαζική θνησιμότητα πλαγκτονικών πληθυσμών ή ψαριών κοντά στη ζώνη απόρριψης. Ακόμα, οι ουσίες αυτές μπορεί να είναι ασταθείς ή να αντιδρούν με το θαλασσινό νερό δημιουργώντας νέα προϊόντα με άγνωστη συμπεριφορά στο οικοσύστημα. (Dabrowska et. al., 2021). Επιπλέον, επειδή πολλές από αυτές είναι λιποδιαλυτές, υπάρχει έντονη τάση συκέντρωσης τους στους ιστούς ψαριών και άλλων θαλάσσιων οργανισμών με αποτέλεσμα μακροχρόνια έκθεση σε χαμηλές δόσεις να οδηγεί σε χρόνια προβλήματα όπως μειωμένη γονιμότητα ή αλλοίωση φυσιολογικών διεργασιών (MARPOL, 1973).

Τα slops που προέρχονται από πλύσεις δεξαμενών, εκτός από κατάλοιπα πετρελαιοειδών, μπορούν να περιέχουν μίγματα απορρυπαντικών και οργανικών διαλυτών που αλλάζουν τις επιφανειακές ιδιότητες του νερού. Η παρουσία επιφανειοδραστικών ενώσεων από τα καθαριστικά έχει ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό μικροφουσαλίδων που επηρεάζουν τη διαλυτότητα των ελαίων και αυξάνουν τη

βιοδιαθεσιμότητά τους για τους μικροοργανισμούς, παρεμβαίνοντας ενδεχομένως και στους μηχανισμούς πρόσληψης τροφής τους (CE Delft/ EMSA, 2017).

Τα λύματα των επιβατικών αλλά και των εμπορικών πλοίων είναι πλούσια σε οργανικό φορτίο (BOD) και θρεπτικά νιτρικά και φωσφορικά άλατα. Σε κλειστά ή ημι-κλειστά υδάτινα σώματα η εισαγωγή αυτών των ουσιών μπορεί να οδηγήσει σε ευτροφισμό (Dabrowska et al., 2021). Αν αυτό το φαινόμενο ξεπεράσει το κρίσιμο σημείο ισορροπίας της τροφικής αλυσίδας, είναι πιθανό να προκληθούν εκτεταμένες υποξικές συνθήκες και απελευθέρωση αμμωνίας και μεθανίου, με αποτέλεσμα την καταστροφή των βιότοπων των ψαριών και άλλων θαλάσσιων οργανισμών. Επιπλέον, τα λύματα παρουσιάζουν κίνδυνο λόγω του μικροβιακού φορτίου τους. Βακτήρια όπως *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. ή ιοί εντερικής προέλευσης μπορούν να μεταφερθούν μέσω μολυσμένου θαλασσινού νερού στην ανθρώπινη τροφή (Dabrowska et al., 2021).

Εκτός των άλλων, οι επιπτώσεις της ρύπανσης δεν περιορίζονται μόνο στη χημική δομή των παραπάνω ουσιών αλλά επεκτείνονται και στα φυσικά χαρακτηριστικά τους. Χαρακτηριστικότερο παράδειγμα αποτελούν οι πετρελαιοκηλίδες, οι οποίες μπορούν να καλύψουν εκτεταμένες θαλάσσιες και παραθαλάσσιες εκτάσεις, εγκλωβίζοντας όλους τους οργανισμούς που επικαλύπτουν και καταστρέφοντας τα ενδιαίτηματα των ειδών που εξαρτώνται από αυτά για αναπαραγωγή ή τροφή (Amin et al., 2025). Επίσης, σε περιοχές όπου τέτοιες απορρίψεις έχουν ρυπάνει παράκτιες ζώνες, οι κάτοικοι εμφανίζουν αυξημένα περιστατικά δερματικών ερεθισμών και αλλεργικών αντιδράσεων λόγω επαφής με νερά ή άμμο που περιέχουν υπολείμματα πετρελαίου ή διαλυτών. (Amin et al., 2025).

Οι συνέπειες δεν περιορίζονται γεωγραφικά και η περιβαλλοντική αλλοίωση δεν παραμένει πάντα στα όρια μιας περιοχής. Ακόμη κι αν η διάθεση γίνεται μακριά από ακτές, τα θαλάσσια ρεύματα ή και οι ίδιοι οι θαλάσσιοι οργανισμοί δύνανται να μεταφέρουν τους ρυπαντές προς ευαίσθητες περιοχές μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα, δημιουργώντας δευτερογενείς δομές έκθεσης.

Τέλος, όλα τα παραπάνω δεν αφορούν μόνο την ποιότητα των υδάτων και των οικοσυστημάτων αλλά έχουν και έμμεσο οικονομικό αντίκτυπο στην αλιεία, στον τουρισμό και στη γενικότερη εικόνα μιας περιοχής ως περιβαλλοντικά ασφαλούς προορισμού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Αναγνωρίζοντας την επικινδυνότητα και τις επιπτώσεις της ανεξέλεγκτης διάθεσης των αποβλήτων των πλοίων, κατά τα χρόνια έχουν θεσπιστεί διεθνείς και κρατικές συμβάσεις και νομοθεσίες για την διαχείριση και τον περιορισμό της θαλάσσιας ρύπανσης, οι οποίες αποτελούν τον θεσμικό γνώμονα στον οποίο οφείλει να συμμορφώνεται οποιαδήποτε πλοίο και εγκατάσταση υποδοχής και επεξεργασίας επικίνδυνων υγρών αποβλήτων.

2.1 - ΔΙΕΘΝΕΙΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ

Η Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία - MARPOL 73/78, αποτελεί το θεμέλιο του διεθνούς κανονιστικού πλαισίου για την πρόληψη της ρύπανσης από πλοία, καλύπτοντας τόσο τυχαία περιστατικά όσο και λειτουργικές εκροές. Η MARPOL συνδυάζει δύο συνθήκες της δεκαετίας του 1970 και έχει τροποποιηθεί επανειλημμένα ώστε να ενσωματώνει τις εξελίξεις στη ναυτιλία και στην περιβαλλοντική επιστήμη (Khondoker & Hasan, 2020). Αποτελείται από έξι τεχνικά Παραρτήματα, εκ των οποίων τα πιο συναφή με το θέμα των επικίνδυνων υγρών αποβλήτων είναι τα I, II και IV.

- **Παράρτημα I (Annex I)** : Το συγκεκριμένο παράρτημα ρυθμίζει τη διαχείριση πετρελαιοειδών αποβλήτων και καταλοιπών (bilge waters, sludges, slops και ΑΛΕ) εισάγοντας ανώτατα όρια συγκέντρωσης ελαιωδών ουσιών που απορρίπτονται στη θάλασσα. Συγκεκριμένα, προβλέπει τη χρήση εγκεκριμένων συστημάτων διαχωρισμού πετρελαίου-νερού που να επιτυγχάνουν επίπεδα κάτω των 15 ppm πριν από οποιαδήποτε διάθεση του σε θάλασσα ανοικτής έκτασης (CE Delft/ EMSA, 2017).

Ορίζει επίσης την υποχρέωση ύπαρξης ειδικών δεξαμενών αποθήκευσης sludges, κατάλληλης χωρητικότητας για κάθε πλοίο άνω των 400 K.O.X ώστε να παραλαμβάνουν τις ιλύες καύσης βαρέων καυσίμων (MARPOL, 1973). Τα sludges αναγνωρίζονται ως κατάλοιπα χωρίς δυνατότητα απευθείας διάθεσης στη θάλασσα η οποία απαγορεύεται αυστηρά. Η μόνη δυνατότητα εξουδετέρωσης επί του πλοίου είναι η καύση τους σε ειδικούς κλιβάνους με τήρηση των προδιαγραφών εκπομπών ή η συλλογή τους σε ειδικούς χώρους του πλοίου έως ότου παραδοθούν σε εγκατάσταση υποδοχής στον λιμένα (Khondoker & Hasan, 2020).

- **Παράρτημα II (Annex II)**: Ασχολείται με τις επικίνδυνες χύδην υγρές ουσίες που μεταφέρονται από τα πλοία. Ο Κανονισμός 6 ταξινομεί αυτές τις ουσίες σε τρεις κατηγορίες X, Y και Z, ανάλογα με την επικινδυνότητα τους. Οι ουσίες της κατηγορίας X θεωρούνται ιδιαίτερα επιβλαβείς για το θαλάσσιο περιβάλλον και απαγορεύεται οποιοδήποτε ίχνος τους να απορριφθεί στη θάλασσα. Για τις κατηγορίες Y ή Z υπάρχει δυνατότητα διάθεσης υπό αυστηρές προϋποθέσεις καθαρισμού δεξαμενών και αραιώσεων. Η MARPOL απαιτεί καταγραφή όλων των

φορτίων NLS στο ειδικό Oil/Cargo Record Book καθώς και πλήρη τεκμηρίωση διαδικασιών καθαρισμού ώστε οι αρχές του λιμένα ή του υπευθύνου κράτους να μπορούν να επαληθεύσουν ότι δεν έχει γίνει παράνομη διάθεση (MARPOL, 1973).

- **Παράρτημα IV (Annex IV)** : Αφορά τα λύματα, θέτοντας συγκεκριμένα πρότυπα ποιότητας για την απόρριψή τους, όπως μέγιστες συγκεντρώσεις αιωρούμενων στερεών και Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (BOD). Τα λύματα απαιτούν ιδιαίτερη μεταχείριση λόγω του μικροβιακού φορτίου και της πιθανής παρουσίας διαλυμένων ουσιών όπως φάρμακα ή προϊόντα καθαρισμού. Απαιτεί η βιολογική ή άλλη κατάλληλη επεξεργασία πριν τη διάθεση ή την αποθήκευσή τους σε εγκατάσταση υποδοχής στον λιμένα (Dabrowska et al., 2021). Τα πλοία δεσμεύονται να έχουν πιστοποιητικά συμμόρφωσης εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων επί του σκάφους, ενώ οι λιμένες πρέπει να διαθέτουν κατάλληλες εγκαταστάσεις παραλαβής (EU DIRECTIVE 2019/883).

Άλλες διεθνείς συμφωνίες άξιες αναφοράς είναι η Διεθνής Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS 1974) και η Συνθήκη των Ηνωμένων Εθνών για το Δίκαιο της Θάλασσας (UNCLOS 1994). Η συνθήκη SOLAS παρότι δεν έχει άμεσο στόχο την περιβαλλοντική προστασία, επηρεάζει τις επιχειρησιακές απαιτήσεις που συνδέονται με τον χειρισμό επικίνδυνων ουσιών και ορίζει κανόνες για τα συστήματα ασφαλείας επί του πλοίου που μειώνουν τον κίνδυνο ατυχημάτων και συνεπώς την πιθανότητα ανεπιθύμητης διαρροής υγρών αποβλήτων στο περιβάλλον. Παρόμοια η συνθήκη UNCLOS παρέχει ευρύτερο πλαίσιο δικαιοδοσίας για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Προβλέπει ότι τα συμβαλλόμενα κράτη πρέπει να λαμβάνουν μέτρα για τον περιορισμό της ρύπανσης από διάφορες πηγές, συμπεριλαμβανομένης της ναυτιλιακής δραστηριότητας, και προσδιορίζει τα όρια στην άσκηση δικαιοδοσίας σε παράκτια ύδατα ή διεθνείς θαλάσσιες ζώνες.

2.2 - ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει επιδιώξει την εναρμόνιση του νομοθετικού πλαισίου με τη MARPOL 73/78 μέσω οδηγιών όπως η 2005/35/EK για τη Ρύπανση από τα Πλοία και η 2008/98/EK για τη Διαχείριση Αποβλήτων.

Οι οδηγίες αυτές ενσωματώνουν αρχές όπως «ο ρυπαίνων πληρώνει» και καθιερώνουν την ιεραρχία στην διαχείριση αποβλήτων, όπου δίνεται προτεραιότητα στην πρόληψη, μετά στην επαναχρησιμοποίηση/ανακύκλωση, στην ανάκτηση ενέργειας και τέλος στην διάθεση. Αποτελούν εργαλεία εφαρμογής των διεθνών κανόνων σε ενωσιακό επίπεδο και προσφέρουν σαφή πλαίσιο λειτουργίας για τους λιμένες και τα πλοία που πλέουν εντός των ευρωπαϊκών θαλασσών.

Όσο αναφορά την διαχείριση υγρών αποβλήτων πλοίων, θεμέλιο αποτελεί η Οδηγία 2000/59/EK η οποία εισάγει υποχρέωση για όλα τα λιμάνια της Ευρωπαϊκής Ένωσης να διαθέτουν επαρκείς εγκαταστάσεις υποδοχής αποβλήτων που να καλύπτουν τις ανάγκες

των πλοίων χωρίς να προκαλούν καθυστερήσεις (EU DIRECTIVE 2019/883). Αυτό μεταφράζεται σε υποδομές που να μπορούν να παραλαμβάνουν, διαχωρίζουν και επεξεργάζονται το πλήρες φάσμα των αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων των ελαιωδών μιγμάτων, των καταλοίπων ορυκτελαίων, των λυμάτων των και των επικίνδυνων χύδην ουσιών.

Η Οδηγία 2019/883/EK αντικατέστησε την 2000/59/EK και εισάγαγε ενισχυμένες απαιτήσεις για τις λιμενικές εγκαταστάσεις υποδοχής, αποβλέποντας στη μείωση των λειτουργικών εκροών από πλοία μέσω πλήρους κάλυψης των αναγκών τους σε υποδομές παραλαβής και διαχείρισης (EU DIRECTIVE 2019/883). Τέλος προβλέπει επίσης την ανάπτυξη και υλοποίηση «Σχεδίου Παραλαβής και Διαχείρισης Αποβλήτων» για κάθε λιμάνι, το οποίο πρέπει να επικαιροποιείται τακτικά και να περιλαμβάνει μηχανισμούς ελέγχου και συμμόρφωσης (ΥΠΕΝ, 2024).

Η ευρωπαϊκή νομοθεσία, επιπλέον, θέτει ιδιαίτερο βάρος στην απαγόρευση διάθεσης αποβλήτων από συστήματα καθαρισμού καυσασερίων πλοίων ανοικτού κύκλου εντός χωρικών υδάτων κρατών μελών (EU DIRECTIVE 2019/883). Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται για τον περιορισμό εκπομπών οξειδίων του θείου (SO_x) παράγοντας όμως ταυτόχρονα υγρά απόβλητα που περιέχουν βαρέα μέταλλα και θειούχα άλατα. Αυτά τα παραπροϊόντα σε αρκετές χώρες απαγορεύεται να απορρίπτονται, γεγονός που απαιτεί οι αντίστοιχοι λιμένες να έχουν σύστημα παραλαβής και αυτή της ειδικής ροής αποβλήτων.

Υπάρχουν επίσης ειδικές προβλέψεις για τα επικίνδυνα απόβλητα μέσω της Οδηγίας 2012/18/EE (Seveso III) όταν αυτά έχουν επιπτώσεις στη δημόσια ασφάλεια ή στην ανθρώπινη υγεία κατά τη διαχείρισή τους. Αν ένα φορτίο κατατάσσεται στις πιο επικίνδυνες κατηγορίες MARPOL (π.χ. Κατηγορία X NLS), η ευρωπαϊκή νομοθεσία απαιτεί αυστηρή καταγραφή και ασφαλείς διαδικασίες μέχρι την τελική διάθεση ή εξουδετέρωση.

2.3 - ΕΘΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ – ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ ΠΛΟΙΩΝ & ΛΙΜΕΝΩΝ

Η εθνική νομοθεσία για τη διαχείριση επικίνδυνων υγρών αποβλήτων πλοίων στην Ελλάδα έχει αναπτυχθεί σε συνάρτηση με τις υποχρεώσεις από διεθνείς συμβάσεις και σε εναρμόνισή με το ευρωπαϊκό πλαίσιο. Η νεότερες προσθήκες στο κανονιστικό πλαίσιο θεσμοθετήθηκαν με το Π.Δ 13/2023 και μέσω της ΚΥΑ 3122.3-15/71164/2021 (ΦΕΚ Β' 4790/2021). Ωστόσο, η εθνική νομοθεσία διαθέτει και ιδιόμορφα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τις ιδιαίτερες γεωγραφικές και οικονομικές συνθήκες της χώρας. Σε επίπεδο θεσμικό, οι αρμοδιότητες κατανέμονται μεταξύ του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ), του Υπουργείου Ναυτιλίας και Νησιωτικής Πολιτικής (ΥΝΑΝΠ) και περιφερειακών φορέων όπως οι Φορείς Διαχείρισης Στερεών Αποβλήτων (ΦΟΔΣΑ), ενώ η υγειονομική επιτήρηση υπάγεται στις Υγειονομικές Περιφέρειες.

Το εθνικό πλαίσιο επιβάλλει στον φορέα διαχείρισης ενός λιμένα να εξασφαλίζει επαρκείς υποδομές υποδοχής όλων των τύπων αποβλήτων που καλύπτονται από τις σχετικές συμβάσεις και οδηγίες, καθώς και να εφαρμόζει διαδικασίες ελέγχου και καταγραφής των παραλαμβανόμενων ποσοτήτων. Επίσης, σε συνέχεια της ευρωπαϊκής νομοθεσίας απαιτεί από τα λιμάνια να διαθέτουν εγκεκριμένο Σχέδιο Παραλαβής και Διαχείρισης Αποβλήτων, το οποίο να περιγράφει τα διαθέσιμα τεχνικά μέσα, της λειτουργικές διαδικασίες και τα μέτρα ασφάλειας. Στα ειδικά αυτά σχέδια πρέπει να ενσωματώνονται και μηχανισμοί που επιτρέπουν τον έλεγχο συμμόρφωσης των πλοίων πριν την εκφόρτωση των αποβλήτων τους. Αυτό σημαίνει ότι ο φορέας διαχείρισης του λιμένα ή η εκάστοτε λιμενική αρχή θα πρέπει να έχει αρμοδιότητα διενέργειας επιθεωρήσεων στα πλοία, είτε μέσω δικών του πιστοποιημένων επιθεωρητών είτε μέσω αναγνωρισμένων οργανισμών που μπορούν να επιβεβαιώσουν την κατάσταση των δεξαμενών αποθήκευσης αποβλήτων των πλοίων. Επιπλέον, η διοίκηση του λιμένα είναι υποχρεωμένη να προβλέπει διαδικασίες για περιπτώσεις όπου τα εισερχόμενα απόβλητα δεν συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις ποιότητας ή εμπεριέχουν επικίνδυνες ουσίες πέραν των ορίων. Σε αυτές τις περιπτώσεις η παράδοση μπορεί να ανασταλεί και το πλοίο να παραπεμφθεί σε άλλη καταλληλότερη κοντινή υποδομή.

Όμως, οι νομικές υποχρεώσεις δεν περιορίζονται μόνο στη συλλογή, αφορούν και τη σωστή τήρηση αρχείων. Η ελληνική νομοθεσία προβλέπει ότι κάθε παράδοση αποβλήτων πρέπει να συνοδεύεται από αποδεικτικό έντυπο παραλαβής (waste delivery receipt), στην οποία καταγράφονται λεπτομέρειες όπως το είδος του αποβλήτου, οι ποσότητες, το όνομα του πλοίου και η ημερομηνία. Αυτή η καταγραφή είναι σημαντική όχι μόνο για λόγους συμμόρφωσης αλλά και για στατιστική ανάλυση που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην βελτιστοποίηση των εγκαταστάσεων.

Τέλος, οι λιμένες έχουν νομική υποχρέωση εφαρμογής οικονομικών πολιτικών οι οποίες να διευκολύνουν τη συμμόρφωση των πλοίων. Αυτό μπορεί να γίνει είτε με μειωμένα τέλη ή με δωρεάν παραλαβή συγκεκριμένων τύπων αποβλήτων όταν αυτά παραδίδονται σε καθαρή μορφή χωρίς ανάμιξη (EU DIRECTIVE 2019/883).

Αντίστοιχα, και σε άμεση σύνδεση με τις απαιτήσεις των φορέων διαχείρισης λιμένων, τα πλοία που διέρχονται από ελληνικά ύδατα ή προσεγγίζουν ελληνικούς λιμένες πρέπει να συμμορφώνονται με τους κανονισμούς. Η πρώτη βασική υποχρέωση ενός πλοίου είναι η παράδοση όλων των παραγόμενων υγρών καταλοίπων στις εγκαταστάσεις υποδοχής του λιμένα πριν από τον απόπλου. Εξάιρεση σε αυτό αποτελεί η δυνατότητα των πλοίων να απορρίπτουν τα ανεπεξέργαστα λύματα σε θαλάσσια περιοχή με απόσταση μεγαλύτερη των 12 ναυτικών μιλίων από την πλησιέστερη ακτή (MARPOL Παράρτημα IV, Ν. 1269/1982).

Επιπρόσθετα, από τις υποχρεώσεις της ΚΥΑ 3122.3-15/2023 εξαιρούνται και ορισμένες κατηγορίες πλοίων:

- Σκάφη αναψυχής με μήκος κύτους μικρότερο των 2,5 μέτρων

- Πλοία που εκτελούν λιμενικές υπηρεσίες όπως δεξαμενόπλοια, μπάριζες, καβοδετικά, λάντζες, πλοία πιλότων και ρυμουλκά
- Πολεμικά πλοία και βοηθητικά σκάφη

με την προϋπόθεση πως υπάρχει επαρκής ικανότητα αποθήκευσης των αποβλήτων στο πλοίο, πριν την αναχώρηση για τον επόμενο λιμένα. Αυτό σημαίνει ότι το πλοίο πρέπει να διαθέτει τεκμηριωμένα στοιχεία για την χωρητικότητα δεξαμενών όπου κατακρατούνται πετρελαιοειδείς ιλύες, σεντινόνερα ή λύματα, καθώς και αντίστοιχη ένδειξη της τρέχουσας πληρότητας. Η υποχρέωση είναι άμεση και εάν δεν υπάρχει επαρκής χώρος, το φορτίο πρέπει να παραδοθεί στο λιμάνι. Οποιαδήποτε προσπάθεια απόκρυψης πραγματικών δεδομένων ή παράλειψη στην αναφορά συνιστά παράβαση.

Τα πλοία επίσης οφείλουν να τηρούν πλήρες ημερολόγιο διαχείρισης αποβλήτων (Garbage Record Book ή Oil Record Book κατά MARPOL) στο οποίο καταγράφονται λεπτομερώς όλες οι διαδικασίες συλλογής, μεταφοράς και διάθεσης επικίνδυνων υγρών καταλοίπων (MARPOL, 1973). Τα πλοία πρέπει να ταξινομούν τα υγρά απόβλητα σύμφωνα με τις προβλέψεις της MARPOL, Annex I για πετρελαιοειδή κατάλοιπα, Annex IV για λύματα, Annex II για επικίνδυνα χημικά φορτία, ώστε η εγκατάσταση να γνωρίζει εκ των προτέρων ποια τεχνολογική διαδικασία θα εφαρμόσει.

2.4 - ΣΧΕΔΙΑ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Όπως προαναφέρθηκε στα πλαίσια της Οδηγίας 2019/883/EK, προβλέπεται ότι κάθε λιμένας πρέπει να διαθέτει Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων το οποίο να περιγράφει λεπτομερώς τα είδη των αποβλήτων που συλλέγονται, τις διαδικασίες παραλαβής και τα μέτρα παρακολούθησης της συμμόρφωσης. Σύμφωνα με το Αρ.5 παρ.5 της ΚΥΑ 3122.3-15/71164/2021 η έγκριση του Σχεδίου Αποβλήτων για όλα τα λιμάνια και τις λιμενικές εγκαταστάσεις της χώρας εκδίδεται με απόφαση του Γενικού Γραμματέα Λιμένων, Λιμενικής Πολιτικής και Ναυτιλιακών Επενδύσεων του ΥΝΑΝΠ.

Εντός του Σχεδίου θα πρέπει να εμπεριέχεται τεχνική περιγραφή των ευκολιών υποδοχής αποβλήτων και των διαδικασιών που ακολουθούνται, συμπεριλαμβανομένων και των γραμμών συλλογής, των δεξαμενών προσωρινής αποθήκευσης, του εξοπλισμού διαχωρισμού ή καθαρισμού και των μηχανισμών παρακολούθησης, εφόσον υπάρχουν. Αυτό παρέχει σαφή εικόνα στους χρήστες του λιμανιού για το πώς θα γίνεται η παραλαβή και ποια διαδικασία ακολουθείται από τη στιγμή σύνδεσης μέχρι την τελική διάθεση

Ένα κρίσιμο σημείο στο περιεχόμενο είναι οι διαδικασίες ταξινόμησης, καθώς το σχέδιο θα πρέπει να διαθέτει πίνακα αντιστοίχισης τύπων αποβλήτων σύμφωνα με τα Παραρτήματα της MARPOL 73/78 (Annexes I, II, IV) ή βάση του Ευρωπαϊκού Καταλόγου Αποβλήτων – ΕΚΑ (Οδηγία 2014/955/ΕΕ)

Για κατάλοιπα Annex II το σχέδιο ορίζει ειδικά πρωτόκολλα ασφαλούς μεταφοράς σε αδρανή δεξαμενή προσωρινής αποθήκευσης ή άμεση χημική εξουδετέρωση στο πεδίο

αν πληρούνται οι συνθήκες. (MARPOL,1973) Τέτοια τυποποίηση είναι βασική σε περιορισμένο περιβάλλον καθώς μειώνει τον κίνδυνο ανεπιθύμητων αντιδράσεων μεταξύ διαφορετικών φορτίων. Επιπλέον, όταν η επεξεργασία δεν είναι εφικτή στις υποδομές του λιμένα, προβλέπονται και εναλλακτικές γραμμές επεξεργασίας σε συνεργασία με ιδιώτες που μπορούν να παραλάβουν τα συγκεκριμένα είδη αποβλήτων.

Στα πλαίσια της ασφάλειας το σχέδιο θα πρέπει να περιλαμβάνει διαδικασίες πρόληψης διαρροών ή αστοχιών κύριου εξοπλισμού και μηχανισμούς αντιμετώπισης μαζικής προσέλευσης ή άμεσης διακοπής εκροής.

Παράλληλα, διευκρινίζονται και οι καταβολές των τελών ευκολιών παραλαβής από τους χρήστες των λιμένων, οι οποίες είναι ανεξάρτητες από τον όγκο αποβλήτων που παραδίδουν, επιδιώκοντας να μειωθεί το κίνητρο για παράνομη απόρριψη τους στη θάλασσα (Khondoker & Hasan, 2020). Το σχέδιο θα πρέπει να ορίζει επίσης και τρόπους ενημέρωσης της τοπικής κοινωνίας, ενισχύοντας της διαφάνεια και αυξάνοντας την εμπιστοσύνη των κατοίκων προς τον εκάστοτε τρόπο λειτουργίας.

Τέλος η δομή ολοκληρώνεται με έναν κύκλο αναθεώρησης και επικαιροποίησης κάθε πέντε χρόνια ή νωρίτερα αν υπάρξουν σημαντικές αλλαγές στη νομοθεσία ή στην υποδομή του λιμανιού (EU DIRECTIVE 2019/883). Η αναθεώρηση γίνεται βάσει ανάλυσης των προηγούμενων καταγραφών φορτίων, των περιστατικών συμμόρφωσης/μη συμμόρφωσης και των αποτελεσμάτων περιβαλλοντικής παρακολούθησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΗ ΣΤΗΝ ΚΑΛΥΜΝΟ

Το νησί της Καλύμνου χαρακτηρίζεται από μακρά ιστορία σύνδεσης με την θάλασσα, καθώς αυτή αποτελούσε πάντα την πρωταρχική πηγή πλούτου και βιοπορισμού των κατοίκων της. Από την σπογγαλιεία και την αλιεία έως τις εμπορικές συναλλαγές, την προμήθεια των αναγκών αγαθών αλλά και την γενικότερη διασύνδεση με την υπόλοιπη Ελλάδα, κάθε πτυχή της καθημερινής ζωής του νησιού είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την θάλασσα και τις θαλάσσιες μετακινήσεις.

Ως αποτέλεσμα, η Κάλυμνος διαθέτει έναν από τους μεγαλύτερους αλιευτικούς στόλους της χώρας και το κύριο λιμάνι της να φιλοξενεί καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου πάνω από 400 μόνιμα ελλιμενιζόμενα σκάφη διαφόρων ειδών και μεγεθών. (ΔΛΤΚ, 2025) Σε αυτά περιλαμβάνονται πλοία όπως μικρά σκάφη αναψυχής και ερασιτεχνικά αλιευτικά, επαγγελματικά αλιευτικά, μεγαλύτερα επαγγελματικά σκάφη αναψυχής/ημερόπλοια, επιβατηγά και οχηματαγωγά πλοία, μέχρι και ρυμουλκά και μικρά δεξαμενόπλοια.

Ο κεντρικός λιμένας της Καλύμνου διαθέτει επίσης μόνιμη διασύνδεση με δρομολογιακά επιβατηγά πλοία τόσο από και προς τον Πειραιά όσο και προς τα γύρω νησιά και αποτελεί ένα ασφαλές καταφύγιο για πληθώρα διερχόμενων τουριστικών σκαφών, κυρίως τους θερινούς μήνες. Εκτός αυτών, στην ευρύτερη περιοχή του όρμου της Καλύμνου (πλησίον του κεντρικού λιμένα) υπάρχουν εγκαταστάσεις ανεφοδιασμού και μεταφόρτωσης πλοίων με καύσιμα, που προσελκύουν και εμπορικά πλοία διεθνών πλοών, αυξάνοντας ακόμα περισσότερο την θαλάσσια κίνηση στην περιοχή.



Εικόνα 1. Όρμος Καλύμνου, ο κεντρικός λιμένας και οι παρακείμενες εγκαταστάσεις ανεφοδιασμού καυσίμων

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται ο αριθμός ανά είδος σκαφών που προσέγγισαν στην ευρύτερη περιοχή του όρμου της Καλύμνου ή ελλιμενίζονται στον κεντρικό λιμένα, για τα έτη 2023-2024.

	2023		2024	
	MONIMA	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΑ	MONIMA	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΑ
A/K	305	29	320	34
E/Γ-O/Γ	2	7	3	4
E/Γ	3	2	3	2
K/Z		2		2
Φ/Γ		99		87
HM/ΡΠΛ	8	18	10	10
T/P	115	941	131	1040
Δ/Ξ	2	5	2	6
P/K	5		4	
O/Γ & ΑΛΛΑ		3		

Πίνακας 1. Αριθμός μόνιμων και διερχόμενων πλοίων βάση στοιχείων του ΔΛΤ και Λ/Χ Καλύμνου.

Όπως παρατηρείται ο αριθμός σκαφών δεν είναι αμελητέος, ειδικά εάν αναλογισθεί κανείς τα διαφορετικά τύπου και ποσότητας υγρά απόβλητα που παράγει η κάθε κατηγορία πλοίου. Η εκτίμηση των παραγόμενων αυτών ποσοτήτων και της πιθανότητας ανάγκης παράδοσης τους στο νησί της Καλύμνου, αποτελεί πρωταρχικό παράγοντα τόσο για την λήψη των απαραίτητων μέτρων αντιμετώπισης, όσο για τον ορθό σχεδιασμό μιας πιθανής εγκατάστασης διαχείρισης και επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.

3.1 - ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΩΝ ΠΟΣΟΤΗΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Για την εκτίμηση των ποσοτήτων παραγόμενων αποβλήτων λαμβάνονται υπόψιν μια σειρά παραμέτρων, όπως η συχνότητα κατάπλου των πλοίων στην Κάλυμνο, το μέγεθος του σκάφους, ο αριθμός του πληρώματος ή/και των επιβατών του, τύπος και η ιπποδύναμη των μηχανών του, ο τύπος καυσίμου του, η χωρητικότητα σε δεξαμενές προσωρινής αποθήκευσης επί του πλοίου και άλλα.

	2023								
ΜΗΚΟΣ (m)	<8	8-10	10-14	14-20	20-40	40-60	60-100	100-200	200-300
A/K	122	76	61	31	44				
ΚΑΤΑΠΛΟΙ	1267	788	617	308	445				
E/Γ-O/Γ						4	2	3	
ΚΑΤΑΠΛΟΙ						1072	524	786	
E/Γ					5				
ΚΑΤΑΠΛΟΙ					1324				
K/Z						2			
ΚΑΤΑΠΛΟΙ						32			

ΜΗΚΟΣ (m)	<8	8-10	10-14	14-20	20-40	40-60	60-100	100-200	200-300
ΗΜ/ΡΠΛ				3	23				
ΚΑΤ				170	1245				
Τ/Ρ	110	258	446	189	53				
ΚΑΤΑΠΛΟΙ	118	276	477	202	57				
Φ/Γ						28	26	44	1
ΚΑΤΑΠΛΟΙ						101	93	46	1
Ο/Γ-ΑΛΛΑ						1	1	1	
ΚΑΤΑΠΛΟΙ						1	1	1	
Δ/Ξ							4	3	
ΚΑΤΑΠΛΟΙ							77	9	
Ρ/Κ					5				
ΚΑΤΑΠΛΟΙ					300				

Πίνακας 2. Καταγεγραμμένα πλοία και κατάπλοι ανά τύπο και μήκος πλοίου 2023 (ΔΛΤ & Λ/Κ Καλύμνου)

2024

ΜΗΚΟΣ (m)	<8	8-10	10-14	14-20	20-40	40-60	60-100	100-200	200-300
Α/Κ	122	85	65	33	49				
ΚΑΤΑΠΛΟΙ	1451	900	706	368	501				
Ε/Γ-Ο/Γ						3	1	3	
ΚΑΤΑΠΛΟΙ						1052	342	998	
Ε/Γ					5				
ΚΑΤΑΠΛΟΙ					1328				
Κ/Ζ						2			
ΚΑΤΑΠΛΟΙ						27			
Φ/Γ						24	23	39	1
ΚΑΤΑΠΛΟΙ						90	87	42	1
ΗΜ/ΡΠΛ				3	17				
ΚΑΤΑΠΛΟΙ				216	1224				
Τ/Ρ	122	286	495	209	59				
ΚΑΤΑΠΛΟΙ	131	306	529	224	63				
Δ/Ξ							4	4	
ΚΑΤΑΠΛΟΙ							77	12	
Ρ/Κ					4				
ΚΑΤΑΠΛΟΙ					240				

Πίνακας 3. Καταγεγραμμένα πλοία και κατάπλοι ανά τύπο και μήκος πλοίου 2024

Δεδομένης της κίνησης και της ποικιλίας των πλοίων δεν μπορεί να αποκλειστεί κάποιο αίτημα παράδοσης οποιασδήποτε κατηγορίας υγρών αποβλήτων.

3.1.1 Απόβλητα Πετρελαιοειδών Μιγμάτων (πλην ΑΛΕ)

Η πλειοψηφία των σκαφών που επισκέπτονται την Κάλυμνο διαθέτουν μηχανές εσωτερικής καύσης και ως εκ τούτου εκτιμάται ότι η κύρια ποσότητα πετρελαιοειδών αποβλήτων θα είναι τα σεντινόνερα (bilge waters), χωρίς όμως να παραβλέπονται και τα λοιπά πετρελαιοειδή απόβλητα.

Οι ιλύες (sludges), τα εκπλύματα δεξαμενών (slops) και τα ακάθαρτα έρματα (dirty ballast water) παράγονται κυρίως στα μεγαλύτερα διερχόμενα εμπορικά πλοία και η συνηθής πρακτική είναι η αποθήκευσή τους σε δεξαμενές επί του πλοίου έως ότου γίνει προσέγγιση σε κατάλληλα διαμορφωμένο λιμένα για την παράδοσή τους. Παρόλα αυτά θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η πιθανότητα έκτακτης ανάγκης παράδοσης τέτοιων αποβλήτων.

Οι κατηγορίες πετρελαιοειδών αποβλήτων οι οποίες είναι δυνατόν να παραδοθούν κατηγοριοποιούνται και βάση του Ευρωπαϊκού Καταλόγου Αποβλήτων – ΕΚΑ (Οδηγία 2014/955/ΕΚ) όπως φαίνονται στον Πίνακα 4.

ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΚΑ	ΕΙΔΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ
12 03	Απόβλητα από διεργασίες απολίπανσης με νερό και ατμό (εκτός από το κεφάλαιο 11)
12 03 01*	Υδατικά υγρά πλυσίματος
13 05	Περιεχόμενα διαχωριστή ελαίου/νερού
13 05 02*	Λάσπες διαχωριστή ελαίου/νερού
13 05 03*	Λάσπες υποδοχέα
13 05 06*	Έλαια από διαχωριστές ελαίου/νερού
13 05 07*	Ελαιώδη ύδατα από διαχωριστές ελαίου/νερού
13 05 08*	Μίγματα αποβλήτων από θαλάμους υπολειμμάτων και διαχωριστές ελαίου/νερού
13 07	Απόβλητα υγρών καυσίμων
13 07 01*	Καύσιμο πετρέλαιο και πετρέλαιο ντίζελ
13 07 02*	Βενζίνη
13 07 03*	Άλλα καύσιμα (περιλαμβανομένων μειγμάτων)
13 08	Απόβλητα ελαίων μη προδιαγραφόμενα άλλως
13 08 02*	Άλλα γαλακτώματα
13 08 99*	Απόβλητα μη προδιαγραφόμενα άλλως
16 07	Απόβλητα από τον καθαρισμό δεξαμενών μεταφοράς και αποθήκευσης καθώς και βαρελιών (εκτός από τα κεφάλαια 05 και 13)
16 07 08*	Απόβλητα που περιέχουν πετρέλαιο

Πίνακας 4. Πετρελαιοειδή απόβλητα βάση του Ευρωπαϊκού Καταλόγου Αποβλήτων

Για τον υπολογισμό, κατά προσέγγιση, των μέσων ετήσιων ποσοτήτων που παράγονται από τα σκάφη, πρέπει να ληφθούν υπόψιν παράγοντες όπως ο τύπος μηχανής και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κίνησης των λιμένων. Η συνολική ποσότητα πετρελαιοειδών αποβλήτων αποτελεί άθροισμα των ποσοτήτων των σεντινόνερων και των ιλύων στους χώρους των μηχανοστασίων, οι οποίες αποτελούν συναρτήσεις της ημερήσιας παραγωγής αποβλήτων, των κατάπλων των σκαφών και της μέσης διάρκειας του εκάστοτε ταξιδιού, ακολουθώντας την Εξίσωση 1 (ΔΛΤΚ,2025):

$$Q_t = Q_m + Q_{sl} \quad (l/y) \quad (1)$$

$$Q_m = N_1 * P_m * T \quad (l/y) \quad (2) \quad \text{και} \quad Q_{sl} = N_2 * P_{sl} * T \quad (l/y) \quad (3)$$

Όπου:

Q_t : Ετήσια παραγωγή πετρελαιοειδών καταλοίπων μηχανοστασίου πλοίου (l/y)

Q_m : Ετήσια παραγωγή bilge waters (l/y)

N_1 : Αριθμός κατάπλων πλοίων χωρίς κατάλληλους διαχωριστήρες πετρελαίου-νερού ανά έτος

P_m : Ημερήσια παραγωγή bilge waters (l/d)

Q_{sl} : Ετήσια παραγωγή sludges (l/y)

N_2 : Αριθμός κατάπλων πλοίων για το έτος

P_{sl} : Ημερήσια παραγωγή sludges (l/d)

T : Μέση ημερήσια διάρκεια πλεύσης

Επίσης, βάση των στοιχείων που παραχωρήθηκαν από το ΔΛΤ και το Λ/Χ Καλύμνου και την έρευνας στο νησί, γίνονται οι παρακάτω παραδοχές που αφορούν τα πλοία:

1. Τα μικρά σκάφη αναψυχής και τουριστικά σκάφη (< 8 μέτρων) θεωρείται πως δεν παράγουν πετρελαιοειδή μίγματα καθώς διαθέτουν κατά την πλειονότητα τους εξωλέμβιες μηχανές.
2. Τα τουριστικά σκάφη διαχωρίζονται σε 45% μηχανοκίνητα και 55% ιστιοπλοϊκά.
3. Τα μεγάλα διερχόμενα δρομολογιακά επιβατηγά πλοία (>100 m) παραδίδουν τα απόβλητα στους τερματικούς λιμένες και όχι στα ενδιάμεσα λιμάνια.
4. Οι μέσες ημερήσιες διάρκειες πλεύσης σκαφών πριν την άφιξη στο λιμάνι της Καλύμνου, θεωρούνται:
 - 6/24 ώρες για τα Α/Κ
 - 8/24 ώρες για τα Ε/Γ-Ο/Γ
 - 4/24 ώρες για τα Τ/Ρ και ΗΜ/ΡΠΛ
 - 12/24 ώρες για τα Ρ/Κ
 - 5/24 ώρες για τα Ε/Γ και Κ/Ζ
 - 30/24 ώρες για τα εμπορικά πλοία διεθνών πλοών

Για τα Σεντινόνερα (Bilge Waters)

Βάση της Οδηγίας MARPOL τα πλοία άνω των 400 ΚΟΧ θα πρέπει να διαθέτουν διαχωριστήρα πετρελαίου-νερού για μία αρχική επεξεργασία των σεντινόνερων εν πλω

και δύναται να απορρίπτουν τα επεξεργασμένα νερά με περιεκτικότητα έως 5 ppm στην θάλασσα και να παραδίδουν το πλούσιο σε πετρελαιοειδή μίγμα σε υποδοχές λιμένων. Πλοία και σκάφη που δεν διαθέτουν τον απαραίτητο εξοπλισμό ή εάν αυτός ο εξοπλισμός δεν λειτουργεί σωστά πρέπει να παραδίδουν το σύνολο των bilge waters σε λιμενικές εγκαταστάσεις αυξάνοντας κατά πολύ τις παραδοτέες ποσότητες.

Επίσης, ο ημερήσιος όγκος παραγωγής bilge waters είναι ανάλογος του τύπου και του μεγέθους των πλοίων και δίνεται στον Πίνακα 5 :

BILGE WATER (lt/d)

ΜΗΚΟΣ (m)	Τ/Ρ ΜΗΧ/ΤΑ	Τ/Ρ ΙΣΤ/ΚΑ	Α/Κ	ΗΜ/ΠΛ.	Ε/Γ-Ο/Γ	Ε/Γ	Φ/Γ	Ο/Γ - ΑΛΛΑ	Δ/Ξ	Ρ/Κ
<8	-	-	3							
8-9,99	3	2	6							
10-13,99	6	4	12	10						
14-19,99	12	6	20	15						
20-39,99	20	10	50	20		25,5				20
40-59,99					75		50	50		
60-99,99					100		100	100	100	
100-199,99					-		150	150	150	
200-300							200			

Πίνακας 5. Ημερήσιες παραγωγές bilge waters ανά τύπο πλοίου (CE DELFT/ EMSA,2017)

Χρησιμοποιώντας την Εξίσωση (2) και λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα παραπάνω για τα έτη 2023-2024, υπολογίζονται τα εξής:

BILGE WATERS (LT/Y) 2023

ΜΗΚΟΣ (m)	Α/Κ	Ε/Γ-Ο/Γ	Ε/Γ	ΗΜ/ΡΠΛ	Κ/Ζ	Φ/Γ	Ο/Γ- ΑΛΛΑ	Δ/Ξ	Ρ/Κ	Τ/Ρ ΜΗΧ/ΤΑ	Τ/Ρ ΙΣΤ/ΚΑ
<8	950,3									0	0,0
8-10	1182,0									62	50,7
10-14	1851,0									215	174,7
14-20	1540,0			425						182	111,3
20-40	5562,5		7033,8	4151					3000	86,7	51,7
40-60		26809			170	6308	62,5				
60-100		17475				11635	125	9625			
100-200		0				8625	187,5	1688			
200-300						250					
ΣΥΝΟΛΟ	11085,8	44284	7033,8	4575	170	26818	375	11313	3000	545,7	388,3

Πίνακας 6. Εκτιμώμενες ποσότητες σεντινόνερων για το 2023.

BILGE WATERS (LT/Y) 2024

ΜΗΚΟΣ (m)	Α/Κ	Ε/Γ-Ο/Γ	Ε/Γ	ΗΜ/ΡΠΛ	Κ/Ζ	Φ /Γ	Δ/Ξ	Ρ/Κ	Τ/Ρ ΜΗΧ/ΤΑ	Τ/Ρ ΙΣΤ/ΚΑ
<8	1089								0	0
8-10	1350								69	56
10-14	2117								238	194
14-20	1841			540					202	123
20-40	6262		7055,0	4080				2400	95	58
40-60		26293			143,4	5642				
60-100		11397				10841	9625			
100-200		0				7875	2250			
200-300						250				
ΣΥΝΟΛΟ	12658	37691	7055,0	4620	143,4	24608	11875	2400	603	431

Πίνακας 7. Εκτιμώμενες ποσότητες σεντινόνερων για το 2024

Άρα, η συνολική ποσότητα παραγόμενων και δυνητικά παραδοτέων σεντινόνερων για το 2023 κυμαίνεται στα 109.587,7 lt/y ή **109,6 m³/y** και για το 2024 στα 102.084 lt/y ή **102,1 m³/y**

Για τις Ιλύες (Sludges)

Τα πλοία άνω των 400 ΚΟΧ εκτιμάται ότι παράγουν 0,8% της ημερήσιας κατανάλωσης καυσίμου σε sludge, ανάλογα και με τον τύπο του καυσίμου. Για παράδειγμα, η χρήση μαζούτ οδηγεί σε μεγαλύτερη ποσότητα παραγόμενων καταλοίπων. Όμως, καθώς η Μεσόγειος Θάλασσα συγκαταλέγεται στις περιοχές ECA (Emissions Control Areas) του IMO το μόνο καύσιμο που χρησιμοποιείται για πλεύση σε αυτήν είναι το πετρέλαιο ναυτιλίας (MGO), για το οποίο η παραγωγή σε sludge ισούται με το 0,5% της ημερήσιας κατανάλωσης του πλοίου (IMO (b),2021).

SLUDGE (lt/d)

ΜΗΚΟΣ	Τ/Ρ ΜΗΧ/ΤΑ	Τ/Ρ ΙΣΤ/ΚΑ	Α/Κ	ΗΜ/ΡΠΛ	Ε/Γ-Ο/Γ	Ε/Γ	Φ/Γ	Ρ/Κ	Ο/Γ +ΑΛΛΑ	Δ/Ξ
<8	0	0	0,083							
8-10m	0,2	0,2	0,2							
10-14m	0,4	0,4	0,4							
14-20m	0,7	0,7	0,7	1,7						
20-40m	1,9	1,9	1,9	3,3		4,2		1,2		
40-60m					5,0		6,7		5,0	
60-100m					9,2		10,0		9,2	13,3
100-200m							26,7		26,7	26,7
200-300μ							38,3			

Πίνακας 8. Ημερήσια παραγωγή sludge ανά τύπο πλοίου (CE DELFT/EMSA, 2017)

Επιλύοντας την Εξίσωση (3) όμοια με πριν, προκύπτει:

SLUDGE (lt/d) 2023

ΜΗΚΟΣ	Α/Κ	Ε/Γ- Ο/Γ	Ε/Γ	Κ/Ζ	ΗΜ/ΕΠΛ	Φ/Γ	Ο/Γ – ΑΛΛΑ	Δ/Ξ	Ρ/Κ	Τ/Ρ ΜΗΧ/ΤΑ	Τ/Ρ ΙΣΤ/ΚΑ
<8	26,4									0	0,0
8-10 m	32,8									3,4	4,2
10-14m	64,3									14,9	18,2
14-20m	51,3				47					10,1	12,4
20-40m	211,4		1149,3		692				175	8,2	9,8
40-60		1787		27,78		841	6,3		175		
60-100		1602		27,78		1164	11,5	1283,3			
100-200						1533	33,3	300			
200-300								48			
ΣΥΝΟΛΟ	386,2	3389	1149,3	27,78	739	3586	51,04	1583	175	36,7	44,6

Πίνακας 9. Εκτιμώμενες ποσότητες sludge για το 2023

SLUDGE (lt/d) 2024

ΜΗΚΟΣ	Α/Κ	Ε/Γ-Ο/Γ	Ε/Γ	Κ/Ζ	Φ/Γ	ΗΜ/ΡΠΛ	Δ/Ξ	Ρ/Κ	Τ/Ρ ΜΗΧ/ΤΑ	Τ/Ρ ΙΣΤ/ΚΑ
<8	30,2								0	0
8-10 m	37,5								3,8	4,7
10-14m	73,5								16,5	20,2
14-20m	61,4					60			11,2	13,7
20-40m	238,0		1152,8			680		140	9,0	11,0
40-60		1752,9		23,4	752					
60-100		1044,7			1084		1283,3			
100-200		0,0			1400		400			
200-300					48					
ΣΥΝΟΛΟ	441	278	1152,8	23,4	3284	740	1683,3	140	41	50

Πίνακας 10. Εκτιμώμενες ποσότητες sludge για το 2024

Άρα, η συνολική ποσότητα παραγόμενων και δυνητικά παραδοτέων sludges για το 2023 κυμαίνεται στα 11.167,8 lt/y ή **11,2 m³/y** και για το 2024 στα 10.352,1 lt/y ή **10,4 m³/y**

3.1.2 Απόβλητα Λιπαντικών Ελαίων (ΑΛΕ)

Ένα ακόμα από τα κύρια υπολείμματα που παράγονται και αναμένεται να παραδίδονται είναι τα Απόβλητα Λιπαντικών Ελαίων (ΑΛΕ). Σύμφωνα με τις προδιαγραφές των κατασκευαστών μηχανών τα λιπαντικά θα πρέπει να αντικαθίστανται ανά ορισμένο αριθμό ωρών λειτουργίας του κινητήρα. Καθώς ο αριθμός των μόνιμα ελλιμενισμένων σκαφών στην Κάλυμνο είναι μεγάλος και

θεωρώντας ότι κάθε σκάφος αλλάζει τα λιπαντικά του τουλάχιστον δύο φορές τον χρόνο, γίνεται κατανοητό ότι η παραγόμενη ποσότητα των ΑΛΕ δεν είναι αμελητέα.

Αντίστοιχα με τα λοιπά πετρελαιοειδή, τα ΑΛΕ που δύνανται να συλλέγονται κατηγοριοποιούνται και αυτά βάση του Ευρωπαϊκού Καταλόγου Αποβλήτων – ΕΚΑ:

ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΚΑ	ΕΙΔΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΟΥ
13 01	Απόβλητα Λιπαντικών Ελαίων
13 01 04*	Χλωριωμένα γαλακτώματα
13 01 05*	Μη χλωριωμένα γαλακτώματα
13 01 09*	Χλωριωμένα υδραυλικά έλαια με βάση τα ορυκτά
13 01 10*	Χλωριωμένα υδραυλικά έλαια με βάση τα ορυκτά
13 01 11*	Συνθετικά υδραυλικά έλαια
13 01 12*	Άμεσα βιοαποικοδομήσιμα υδραυλικά έλαια
13 01 13*	Άλλα υδραυλικά έλαια
13 02	Απόβλητα έλαια μηχανής κιβωτίου ταχυτήτων και λίπανσης
13 02 04*	Χλωριωμένα έλαια μηχανής, κιβωτίου ταχυτήτων και λίπανσης με βάση τα ορυκτά
13 02 05*	Μη χλωριωμένα έλαια μηχανής, κιβωτίου ταχυτήτων και λίπανσης με βάση τα ορυκτά
13 02 06*	Συνθετικά έλαια μηχανής, κιβωτίου ταχυτήτων και λίπανσης
13 02 07*	Άμεσα βιοαποικοδομήσιμα έλαια μηχανής, κιβωτίου ταχυτήτων και λίπανσης
13 02 08*	Άλλα έλαια μηχανής, κιβωτίου ταχυτήτων και λίπανσης
13 03	Απόβλητα έλαια μόνωσης και μεταφοράς θερμότητας
13 03 06*	Χλωριωμένα έλαια μόνωσης ή μεταφοράς θερμότητας με βάση τα ορυκτά εκτός εκείνων που περιλαμβάνονται στο σημείο 13 03 01
13 03 07*	Μη χλωριωμένα έλαια μόνωσης και μεταφοράς θερμότητας με βάση τα ορυκτά
13 03 08*	Συνθετικά έλαια μόνωσης και μεταφοράς θερμότητας
13 03 09*	Άμεσα βιοαποικοδομήσιμα έλαια μόνωσης και μεταφοράς θερμότητας
13 03 10*	Άλλα έλαια μόνωσης και μεταφοράς θερμότητας
13 04	Έλαια υδροσυλλεκτών πλοίων
13 04 01*	Έλαια υδροσυλλεκτών πλοίων εσωτερικής ναυσιπλοΐας
13 04 02*	Έλαια υδροσυλλεκτών πλοίων από αποχετεύσεις προκυμαίων
13 04 03*	Έλαια υδροσυλλεκτών πλοίων άλλης ναυσιπλοΐας

Πίνακας 11. ΑΛΕ βάση του Ευρωπαϊκού Καταλόγου Αποβλήτων

Και σε αυτήν την περίπτωση ισχύουν αντίστοιχες παραδοχές:

1. Τα μόνιμα ελλιμενισμένα σκάφη αλλάζουν λιπαντικά 2 φορές τον χρόνο.
2. Τα μικρά σκάφη αναψυχής και τουριστικά σκάφη (< 8 μέτρων) παράγουν ΑΛΕ, καθώς και οι εξωλέμβιες μηχανές χρησιμοποιούν λιπαντικά.

3. Τα μόνιμα ελλιμενισμένα τουριστικά σκάφη και σκάφη αναψυχής είναι κατά 99% μηχανοκίνητα.
4. Τα μεγαλύτερα μεγέθους επιβατηγά σκάφη (> 20m) διαθέτουν δυο κινητήρες.
5. Οι μέσες ποσότητες λιπαντικών που χρειάζονται τα σκάφη, ανάλογα την μηχανή, σε κάθε αλλαγή λαδιών είναι:

ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΛΙΠΑΝΤΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΑ (lt)							
ΜΗΚΟΣ (m)	Τ/Ρ ΜΗΧ/ΤΑ	Α/Κ	ΗΜ/ΡΠΛ.	Ε/Γ-Ο/Γ	Ε/Γ	Ρ/Κ	Δ/Ξ
<8	5	5					
8-10	6	6					
10-14	10	10					
14-20	15	15	15				
20-40	50	50	50		50	50	
40-60				80			
60-100				100			100

Πίνακας 12. Μέση κατανάλωση λιπαντικών ανά τύπο σκάφους

Λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα παραπάνω υπολογίζονται οι εκτιμώμενες ποσότητες των παραγόμενων και δυνητικά παραδοτέων ΑΛΕ για το 2023-2024.

ΑΛΕ (lt/y) 2023

ΜΗΚΟΣ (m)	Α/Κ	Ε/Γ-Ο/Γ	Ε/Γ	ΗΜ/ΡΠΛ	Δ/Ξ	Ρ/Κ	Τ/Ρ ΜΗΧ/ΤΑ
<8	1220						520
8-10	912						360
10-14	1220						440
14-20	930			180			300
20-40	1500		600	1000		1000	100
40-60		320					
60-100		400			400		
ΣΥΝΟΛΟ	5782	720	600	1180	400	1000	1720

Πίνακας 13. Εκτιμώμενες ποσότητες ΑΛΕ για το 2023

ΑΛΕ (lt/y) 2024

ΜΗΚΟΣ (m)	Α/Κ	Ε/Γ-Ο/Γ	Ε/Γ	ΗΜ/ΡΠΛ	Δ/Ξ	Ρ/Κ	Τ/Ρ ΜΗΧ/ΤΑ
<8	1220						630
8-10	1020						396
10-14	1300						500
14-20	990			180			270
20-40	1500		600	1400		800	100
40-60		640					
60-100		400			400		
ΣΥΝΟΛΟ	6030	1040	600	1580	400	800	1896

Πίνακας 14. Εκτιμώμενες ποσότητες ΑΛΕ για το 2024

Άρα, η συνολική ποσότητα ΑΛΕ για το 2023 κυμαίνεται στα 11.402 lt/y ή **11,4** m³/y και για το 2024 στα 12.346 lt/y ή **12,4** m³/y

3.1.3 Υγρά Απόβλητα Αστικού Τύπου - Λύματα

Η τελευταία κατηγορία υγρών αποβλήτων που αναμένεται να παράγεται συστηματικά είναι τα λύματα. Η κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνει τόσο τα παράγωγα της αποχέτευσης (sewage-black water) όσο και τις απορροές πλύσεων-γκρίζα νερά (grey water).

Για την εκτίμηση των ποσοτήτων αυτών θα πρέπει ληφθούν υπόψιν ο μέσος αριθμός επιβατών ανά δρομολόγιο σκάφους και το γεγονός πως η Καλύμνος βρίσκεται σε τέτοιο γεωγραφικό σημείο ώστε να μην μπορεί να ξεπεραστεί το όριο απόρριψης μη επεξεργασμένων λυμάτων των 12 ναυτικών μιλίων από την στεριά. Στην πραγματικότητα το πλησιέστερο τέτοιο γεωγραφικό σημείο βρίσκεται στο Ικάριο Πέλαγος, με αποτέλεσμα τα μόνο πλοία που να μπορούν να κάνουν νόμιμη χρήση του ορίου των 12 ν.μ να είναι εκείνα εκτελούν μεγάλους πλους. Σε αυτά περιλαμβάνονται τα μεγάλα αλιευτικά (>20 m), μεγάλα δρομολογιακά επιβατηγά πλοία (>100m) ή κρουαζιερόπλοια και τα μεγάλα εμπορικά πλοία και πλοία διεθνών πλοών.

Βάση των στοιχείων που παραχωρήθηκαν από το ΔΛΤ και Λ/Χ Καλύμνου, ο μέσος αριθμός επιβατών ανά ταξίδι και τύπο σκάφους είναι:

ΕΠΙΒΑΤΕΣ/ΤΑΞΙΔΙ

ΜΗΚΟΣ (m)	A/K	T/P	E/Γ-Ο/Γ	E/Γ	ΗΜ/ΡΠΛ	K/Z	Φ/Γ	Δ/Ξ	P/K
<8	1	2							
8-10 m	1	4							
10-14m	2	6							
14-20m	4	8			60				
20-40m	6	15		66	140				5
40-60			100			45	8		
60-100			150				8	12	
100-200							10	20	

Πίνακας 15. Μέσος αριθμός επιβατών ανά τύπο σκάφους και ταξίδι

Επίσης, για την εκτίμηση των παραγόμενων ποσοτήτων, θεωρούνται οι εξής παραδοχές:

1. Ο μέσος ημερήσιο ρυθμός παραγωγής ανά άτομο είναι 70lt/d
2. Τα μικρά τουριστικά σκάφη και σκάφη αναψυχής (<8 m) και τα αλιευτικά κάτω των 10 μέτρων δεν διαθέτουν τουαλέτες.
3. Οι μέσες ημερήσιες διάρκειες πλεύσης σκαφών σε απόσταση <12 ν.μ πριν την άφιξη στο λιμάνι της Καλύμνου, θεωρούνται:
 - 6/24 ώρες για τα A/K
 - 4/24 ώρες για τα T/P και ΗΜ/ΡΠΛ
 - 5/24 ώρες για τα E/Γ και K/Z
 - 6/24 ώρες για τα E/Γ-Ο/Γ
 - 10/24 ώρες για τα P/K

- 8/24 ώρες για τα εμπορικά πλοία διεθνών πλοών

Λαμβάνοντας υπόψιν όλα τα παραπάνω υπολογίζονται οι εκτιμώμενες ποσότητες των παραγόμενων και δυνητικά παραδοτέων Λυμάτων για το 2023-2024.

ΛΥΜΑΤΑ (lt/y) 2023

ΜΗΚΟΣ (m)	A/K	Ε/Γ-Ο/Γ	Ε/Γ	Κ/Ζ	ΗΜ/ΡΠΛ	Ρ/Κ	Τ/Ρ ΜΗΧ/ΤΑ	Τ/Ρ ΙΣΤ/ΚΑ
<8	0						0	0
8-10 m	0						5787	7096
10-14m	21595						15050	18354
14-20m	21560				8400		8493	10385
20-40m	>12 ν.μ		1274350		150267	21875	4550	5377
40-60		1876613		21000				
60-100		1376183						
100-200		>12ν.μ						
ΣΥΝΟΛΟ	43155	3252795	1274350	21000	158667	21875	33880	41212

Πίνακας 16. Εκτιμώμενες ποσότητες λυμάτων για το 2023

ΛΥΜΑΤΑ (lt/y) 2024

ΜΗΚΟΣ (m)	A/K	Ε/Γ-Ο/Γ	Ε/Γ	Κ/Ζ	ΗΜ/ΡΠΛ	Ρ/Κ	Τ/Ρ ΜΗΧ/ΤΑ	Τ/Ρ ΙΣΤ/ΚΑ
<8	0						0	0
8-10 m	0						6426	7854
10-14m	24692						16664	27155
14-20m	25778				8400		9408	14373
20-40m	>12 ν.μ		1278200		111067	17500	4961	5660
40-60		1840543		17719				
60-100		897522						
100-200		>12ν.μ						
ΣΥΝΟΛΟ	50470	2738065	1278200	17719	119467	17500	37459	55042

Πίνακας 17. Εκτιμώμενες Ποσότητες Λυμάτων για το 2024

Άρα, η συνολική ποσότητα Λυμάτων για το 2023 κυμαίνεται στα 4.846.934 lt/y ή **4.847** m³/y και για το 2024 στα 4.313.922 lt/y ή **4.314** m³/y

3.2 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΕΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ – ΤΡΕΧΟΥΣΑ ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Κατά την περίοδο συγγραφής της τρέχουσας εργασίας δεν υπάρχει κάποια ανεξάρτητη εγκατάσταση/μονάδα παραλαβής και διαχείρισης αποβλήτων πλοίων στο νησί της Καλύμνου. Η μοναδικές παροχές που είναι διαθέσιμες αφορούν τις ευκολίες υποδοχής αποβλήτων που διαθέτει το Δημοτικό Λιμενικό Ταμείο Καλύμνου.

Σύμφωνα με το Σχέδιο Παραλαβής Αποβλήτων του ΔΛΤ Καλύμνου, για τα πετρελαιοειδή απόβλητα (πλην των ΑΛΕ) διατίθεται ένα φορητό σύστημα παραλαβής που αποτελείται από μπακαζιέρα με ντιζελοκίνητη αντλία και δεξαμενή 0,5 m³. Τα απόβλητα που συλλέγονται με το εν λόγω σύστημα, έπειτα από ειδικό αίτημα του πλοίου, μεταφέρονται σε κυλινδρική δεξαμενή χωρητικότητας 25 m³, η οποία βρίσκεται στον χώρο του Βιολογικού Καθαρισμού Καλύμνου, λόγω έλλειψης χώρου στον λιμένα και ώστε να μην προκαλούνται οχλήσεις στο τουριστικό τμήμα του.



Εικόνα 2. Η δεξαμενή αποθήκευσης πετρελαιοειδών αποβλήτων στον χώρο του Βιολογικού.

Για τα ΑΛΕ διατίθενται τρεις (3) μεταλλικές δεξαμενές χωρητικότητας 1m³ έκαστη, τοποθετημένες σε διάσπαρτα κρίσιμα σημεία του λιμένα για την εξυπηρέτηση των πλοιοκτητών. Σε αυτή την περίπτωση οι πλοιοκτήτες πρέπει να μεταφέρουν μόνοι τους τα απόβλητα στις δεξαμενές.

Βάση του Σχεδίου Παραλαβής και λόγω του ότι δεν υπάρχει κάποια τοπική μονάδα διαχείρισης, το ΔΛΤ Καλύμνου υποχρεούται να συνάψει συμβάσεις συνεργασίας με πιστοποιημένους φορείς διαχείρισης όλων των ειδών αποβλήτων, για την παραλαβή, μεταφορά και τελική διάθεση τους είτε εντός είτε εκτός του νησιού.

Σε περίπτωση κατά την οποία όλες οι προαναφερόμενες δεξαμενές γεμίσουν ή κάποιο πλοίο αιτηθεί την παράδοση μεγαλύτερης ποσότητας αποβλήτου από αυτή που είναι ικανή να αποθηκευτεί, καλείτε αντίστοιχος ανάδοχος παραλαβής αποβλήτων για την απευθείας παραλαβή τους και μεταφοράς τους στην Ηπειρωτική Ελλάδα και σε εγκεκριμένες εγκαταστάσεις επεξεργασίας.



Εικόνα 3. Δεξαμενές αποθήκευσης ΑΛΕ στον λιμένα Καλύμνου.

Τέλος, όσο αναφορά τα λύματα, έπειτα από αντίστοιχη αίτηση του πλοίου, καλείται ο τοπικός ανάδοχος παραλαβής λυμάτων, οποίος με την χρήση ειδικών βυτιοφόρων οχημάτων μεταφέρει τα λύματα στον Βιολογικό Καθαρισμό Καλύμνου για την επεξεργασία τους.



Εικόνα 4. Ο Βιολογικός Καθαρισμός Καλύμνου

Παρόμοια πρακτική ακολουθείτε από παρακείμενη εγκατάσταση ανεφοδιασμού καυσίμων πλοίων, όπου γίνεται προσωρινή αποθήκευση μικρών ποσοτήτων αποβλήτων και σε περίπτωση αιτήματος παράδοσης μεγαλύτερων ποσοτήτων καλείται ο αντίστοιχος για την παραλαβή και διάθεση τους.

3.3 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΛΛΕΙΨΕΙΣ

Όπως είναι φανερό οι διαθέσιμες ευκολίες παραλαβής αποβλήτων είναι ελλείψεις και δεν εξυπηρετούν πρακτικά τα πλοία. Ένα από τα πιο εμφανή προβλήματα εντοπίζεται στην ανεπάρκεια αποθηκευτικών χώρων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην γίνεται σχεδόν ποτέ παράδοση υγρών αποβλήτων πλοίων στο λιμάνι της Καλύμνου, ειδικά από μεγαλύτερα εμπορικά πλοία, προσπερνώντας την Κάλυμνο για κάποιον άλλο καλύτερα εξοπλισμένο λιμένα.

Επιπλέον, η απουσία σταθερού δευτερογενούς συστήματος συγκράτησης (λεκάνη συλλογής διαρροών) γύρω από τις δεξαμενές προσωρινής αποθήκευσης αυξάνει τον κίνδυνο άμεσης διάχυσης στο λιμάνι σε περίπτωση αστοχίας του εκάστοτε δοχείου.

Επίσης, καθώς η διαδικασίες που ακολουθούνται δεν είναι εύχρηστες και ελκυστικές ούτε για τα σκάφη που ελλιμενίζονται μόνιμα στην Κάλυμνο, συχνά οι αλιείς υποπίπτουν παράνομα στην απόρριψη των υγρών αποβλήτων – κυρίως σεντινόνερων- στην θάλασσα κατά την έξοδο τους από τον λιμένα. Μάλιστα δεν είναι λίγες οι φορές που η επιφάνεια της θάλασσας εντός του λιμένα είναι καλυμμένο από λεπτό στρώμα πετρελαιοειδών και λαδιών.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι στο Σχέδιο Αποβλήτων του ΔΛΤ Καλύμνου δεν έχει γίνει πρόβλεψη για παράδοση slops, sludges και ακάθαρτου έρματος (dirty ballast water) καθώς θεωρείται ότι η πιθανότητα παράδοσης τέτοιων αποβλήτων είναι μηδαμινή για το νησί της Καλύμνου. Παρόλα αυτά, θα ήταν συνετό για τον σχεδιασμό μια ολοκληρωμένης εγκατάστασης διαχείρισης / επεξεργασίας να ληφθούν υπόψιν και αυτού του είδους οι ροές.

Κατά την τρέχουσα πρακτική, η απουσία ολοκληρωμένων εγκαταστάσεων επεξεργασίας οδηγεί τους δήμους μικρών νησιών να βασίζονται σε προσωρινή αποθήκευση και μεταφορά προς μεγαλύτερα κέντρα επεξεργασίας, πράγμα που συνεπάγεται υψηλό κόστος και περιορισμένη ιχνηλασιμότητα ροών. Το θαλάσσιο μεταφορικό στάδιο απαιτεί ειδικά σχεδιασμένα μέσα τόσο για λόγους ασφαλείας όσο και λόγω συμμόρφωσης με τις διεθνείς και εθνικές προδιαγραφές IMO και ADR για μεταφορά επικινδύνων ουσιών (EU DIRECTIVE 2019/883). Επιπρόσθετα, οι γεωμορφολογικοί περιορισμοί των λιμενικών χώρων δεν επιτρέπουν εκτεταμένες χερσαίες αποθηκευτικές λύσεις χωρίς προσεκτική χωροθέτηση ώστε να διατηρούνται οι παράκτιες χρήσεις γης που συνδέονται με την τουριστική και αλιευτική δραστηριότητα.

Η αξιολόγηση των τεχνικών ελλείψεων στις υφιστάμενες πρακτικές και υποδομές του λιμανιού της Καλύμνου αναδεικνύει ένα πλέγμα προβλημάτων που συνδέονται άμεσα με την προσαρμογή τεχνολογιών μικρής κλίμακας σε ένα απομονωμένο νησιωτικό περιβάλλον. Οι περιορισμοί χώρου και η εγγύτητα των εγκαταστάσεων στον αστικό ιστό δημιουργούν ασυνήθιστες συνθήκες, όπου ακόμη και μικρές αστοχίες στους χειρισμούς μπορούν να επιφέρουν δυσανάλογες συνέπειες.

Το πρόβλημα δεν είναι μόνο πρακτικό αλλά επεκτείνεται και στην απώλεια εμπιστοσύνης στη διοίκηση και τη μειωμένη προθυμία συμμόρφωσης από πλευράς χρηστών του λιμανιού όταν βλέπουν ανεπαρκή μέτρα προστασίας. Οι περιβαλλοντικοί κίνδυνοι που συνδέονται με τη διαχείριση επικίνδυνων υγρών αποβλήτων στα πλοία και στο λιμάνι της Καλύμνου σχετίζονται τόσο με την άμεση ρύπανση του θαλάσσιου περιβάλλοντος όσο και με τις έμμεσες επιπτώσεις στις τοπικές κοινωνίες και οικονομικές δραστηριότητες. Για ένα νησί που βασίζεται στον καθαρό θαλάσσιο χώρο για αλιευτικές και τουριστικές δραστηριότητες, ακόμη και μικρές ποσότητες πετρελαϊκών καταλοίπων μπορούν να μεταφραστούν σε σοβαρή περιβαλλοντική ζημία.

Η εφαρμογή μιας μικρής κλίμακας αντάρκους μονάδας επεξεργασίας επικίνδυνων υγρών αποβλήτων στο νησί της Καλύμνου μειώνει αυτούς τους κινδύνους σχεδόν άμεσα, περιορίζει τη μεταφορά προς τρίτους προορισμούς όπου υπάρχει πιθανότητα απώλειας ελέγχου· προσφέρει τοπική λύση ώστε ακόμη και κατάλοιπα ειδικών τύπων να τυγχάνουν ασφαλούς διάθεσης· επιτρέπει την παραγωγή δεδομένων επί τόπου ώστε να τεκμηριώνονται ποσότητες και είδη αποβλήτων χωρίς καθυστέρηση. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται και μια βάση για βελτίωση των σχέσεων μεταξύ χρηστών του λιμανιού και φορέων διοίκησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

Με την ανάπτυξη μίας τοπικής μονάδας στο νησί μειώνεται τόσο η εξάρτηση από τρίτες υποδομές όσο και η καθυστέρηση στη διαχείριση επικίνδυνων φορτίων. Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα εφαρμογής προηγμένων τεχνολογιών προτού υπάρξει κίνδυνος επιβλαβών εκπομπών ή διαρροών. Η δομή της μονάδας θα πρέπει να επιτρέπει την συλλογή, αποθήκευση, διαχωρισμό και επεξεργασία κάθε κατηγορίας αποβλήτου που εμπίπτει στα Παραρτήματα I, II και IV της MARPOL.

Η παρουσία διαφορετικών τύπων αποβλήτων ταυτόχρονα στον ίδιο λιμένα απαιτεί σωστό σχεδιασμό χωριστής συλλογής ανά αγωγό ή γραμμή παραλαβής ώστε να μην υπάρχει επιμόλυνση μεταξύ φορτίων. Η δυναμικότητα, επίσης θα πρέπει να προσδιορισθεί βάση των εκτιμώμενων ποσοτήτων παραγωγής, συμπεριλαμβανομένου και εφεδρικού χώρου για την κάλυψη περιόδων αιχμής και έκτακτων περιστατικών ή μαζικών παραδόσεων. Τα στατιστικά των πλοίων δείχνουν ότι η κίνηση κατανέμεται άνισα μέσα στο έτος, με περιόδους αυξημένης προσέλευσης τους θερινούς μήνες. Σε αυτό το πλαίσιο, η μονάδα υποδοχής πρέπει να προσαρμόζεται σε αιχμές ζήτησης χωρίς να μειώνεται η απόδοση ή να δημιουργούνται καθυστερήσεις για τα πλοία.

Η βέλτιστη θέση εγκατάστασης μίας τέτοια μονάδας θα ήταν παραθαλάσσια, εκτός του κεντρικού λιμένα Καλύμνου αλλά παρακείμενα σε αυτόν, με την ανάπτυξη και αντίστοιχης προβλήτας. Με τον τρόπο αυτό θα μπορούν να προσεγγίσουν τόσο τα διερχόμενα πλοία που αιτούνται παράδοση των αποβλήτων, όσο και τα μόνιμα ελλιμενιζόμενα σκάφη. Η μορφολογία της λιμενικής ζώνης όμως, εμφανίζει ανοικτές προβλήτες εκτεθειμένες στους ανέμους του Αιγαίου, που δημιουργούν πρακτικές δυσκολίες στην ασφαλή σύνδεση σωληνώσεων παραλαβής κατά τη διάρκεια επιβαρυνμένων θαλάσσιων συνθηκών. Επίσης η εγγύτητα δομών κατοικίας είναι σημαντικός παράγοντας καθώς περιορίζει τις επιλογές για μονάδες που προκαλούν οχλήσεις μέσω θορύβου ή οσμών.

Μία άλλη εναλλακτική είναι η παραλαβή των αποβλήτων με χρήση φορητών μέσων, πχ βυτιών ή φορητών δεξαμενών, κατά την διάρκεια ελλιμενισμού των σκαφών στις άλλες προβλήτες. Με αυτό τον τρόπο, η διαδικασία παραλαβής δεν εμποδίζει άλλες δραστηριότητες του πλοίου, όπως εκφόρτωση εμπορευμάτων ή επιβίβαση επιβατών, ενώ η χρήση φορητών δεξαμενών βοηθά όταν η κύρια γραμμή υπερφορτώνεται ή όταν πρόκειται για φορτία μικρών σκαφών που δεν απαιτούν άμεση επεξεργασία. Σε αυτή την περίπτωση η μονάδα δεν είναι αναγκαίο να βρίσκεται παραθαλάσσια.

4.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: ΣΥΛΛΟΓΗ, ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ, ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ & ΔΙΑΘΕΣΗ

4.1.1 Συλλογή

Και στις δύο περιπτώσεις χωροθέτησης της μονάδας, η συλλογή πρέπει να είναι οργανωμένη με τρόπο ώστε να ελαχιστοποιεί τον χρόνο παραμονής του πλοίου στο

εκάστοτε λιμάνι και παράλληλα να διασφαλίζει ότι δεν συμβαίνουν ανεπιθύμητες εκροές κατά τη φάση μεταφοράς από το σημείο παραλαβής στο σύστημα επεξεργασίας ή αποθήκευσης.

Η λογική μεταβλητού (modular) σχεδιασμού των γραμμών υποδοχής επιτρέπει την κατασκευή πολλαπλών σημείων σύνδεσης για διαφορετικά είδη αποβλήτων, πετρελαιοειδή, λύματα, χημικά κατάλοιπα Annex II, ώστε η συλλογή να γίνεται ταυτόχρονα χωρίς κίνδυνο ανάμιξης. (Amin et al., 2025). Η εμπειρία από άλλες μόνιμες λιμενικές εγκαταστάσεις υποδοχής δείχνει ότι η χωριστή συλλογή ρευμάτων αποβλήτων μέσω διαφορετικών πολλαπλών βανών (manifold) ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο επιμόλυνσης μεταξύ φορτίων (Khondoker & Hasan, 2020). Αυτό διευκολύνει την επεξεργασία κάθε τύπου αποβλήτου με τη μέθοδο που είναι πιο κατάλληλη για τη σύνθεσή του, αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα και την συμμόρφωση με νομοθετικά πρότυπα.

Η σύνδεση μεταξύ πλοίου και εγκατάστασης υποδοχής γίνεται μέσω εγκεκριμένων γραμμών εκφόρτωσης που πληρούν τα πρότυπα ISO για ασφαλή χειρισμό υγρών φορτίων. Για τα σεντινόνερα, οι εύκαμπτοι σωλήνες πρέπει να είναι ανθεκτικοί σε πετρελαϊκά προϊόντα και διαλυτικά, ενώ για επικίνδυνα υπολείμματα φορτίων, NLS Κατηγορίας X, απαιτείται πλήρης στεγανότητα και δυνατότητα αδρανοποίησης με άζωτο N₂, ώστε να προληφθεί ανάφλεξη ή αντιδράσεις. (IBC Code, 1990) Επίσης, τα βυτιοφόρα πρέπει να πληρούν προδιαγραφές ADR για επικίνδυνα εμπορεύματα, με διπλό περίβλημα δεξαμενής και σύστημα κατακράτησης διαρροών στον χώρο φόρτωσης/εκφόρτωσης.

Σημαντική είναι και η ύπαρξη σημείων ελέγχου των ροών (part flow control) προς αποφυγή λαθών ή αναμίξεων. Με αυτόν τον τρόπο ένα τμήμα της ροής πχ. κατά την παράδοση πετρελαιοειδών οδηγείται σε σημείο οπτικής επιθεώρησης πριν συνεχίσει στη γραμμή επεξεργασίας, παρέχοντας πρόσθετη ασφάλεια (Khondoker & Hasan, 2020). Παρομοίως, η συνεχής παρακολούθηση της ροής γίνεται μέσω οργάνων μέτρησης παροχής και αισθητήρων περιεκτικότητας πετρελαίου (OCM) για τα ελαιώδη μίγματα. (Dabrowska et al., 2021). Στο κομμάτι παρακολούθησης, η εγκατάσταση μπορεί να διαθέτει ψηφιακό σύστημα αναφοράς συνδεδεμένο με τις εθνικές βάσεις δεδομένων αποβλήτων. Αυτοματοποιημένοι αισθητήρες καταγράφουν συγκεντρώσεις ελαίου, θολότητα στα λύματα και αγωγιμότητα για έλεγχο αλατότητας (EU DIRECTIVE 2019/883).

4.1.2 Αποθήκευση, επεξεργασία & Διάθεση

Τόσο για λόγους εξομάλυνσης της ροής προς τα συστήματα επεξεργασίας, όσο και για την προσωρινή αποθήκευση αποβλήτων, τα οποία χρήζουν εξειδικευμένης επεξεργασίας που δεν είναι εφικτή σε μία τέτοια μονάδα μικρής κλίμακας, προβλέπεται η ύπαρξη δεξαμενών αποθήκευσης για τους διάφορους τύπους υγρών αποβλήτων.

Αυτές οι δεξαμενές μπορεί να είναι υπέργειες ή υπόγειες, πλήρως στεγανές και ανθεκτικές στη χημική διάβρωση ανάλογα με τη φύση του φορτίου με επενδύσεις από υλικά

ανθεκτικά σε πετρελαιοειδή ή χημικά. Για παράδειγμα, για ελαιώδη μίγματα χρησιμοποιούνται χαλύβδινες δεξαμενές με εσωτερική επίστρωση εποξικής ρητίνης, ενώ για όξινα ή αλκαλικά απόβλητα καθαρισμού δεξαμενών προτιμώνται υλικά όπως πολυπροπυλένιο ή ενισχυμένα πλαστικά. (Khondoker & Hasan, 2020)

Η τοποθέτηση συστήματος μέτρησης στάθμης και θερμοκρασίας επιτρέπει την παρακολούθηση συνθηκών εντός της δεξαμενής. Σε φορτία με τάση εξάτμισης πτητικών οργανικών ενώσεων μπορεί να ενσωματωθεί κάλυμμα αερίων προς μονάδα ενεργού άνθρακα ή σύστημα καύσης αερίων για τον περιορισμό εκπομπών (MARPOL, 1973). Απαραίτητη είναι η ύπαρξη λεκανών ασφαλείας γύρω από τις υπέργειες δεξαμενές, με δυνατότητα συγκράτησης 110% του όγκου της μεγαλύτερης δεξαμενής που περιέχουν (SEVESO III), ώστε να περιορίζεται πιθανή διαρροή ακόμη και σε περίπτωση αστοχίας τοιχώματος.

Η ανάλυση των δυνατοτήτων αποθήκευσης για την Κάλυμνο, συνδέεται άμεσα με τις ποσότητες που εκτιμήθηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Η γεωγραφική ιδιαιτερότητα του νησιού, σε συνδυασμό με τον περιορισμένο διαθέσιμο χώρο, επιβάλλει σχεδιασμό δεξαμενών και άλλων υποδομών αποθήκευσης που να ανταποκρίνεται στις κλιμακούμενες ανάγκες ανά εποχή. Η αξιολόγηση εποχικότητας δείχνει ότι η χωρητικότητα των δεξαμενών πρέπει να υπολογίζεται βάσει μέγιστης αναμενόμενης ποσότητας εντός λίγων ημερών. Όμως, αν μετά από μακρό ταξίδι επιστρέψουν πολλά αλιευτικά ταυτόχρονα λόγω κακοκαιρίας ή κλείσιμο ψαρότοπων, η εισροή μπορεί να φτάσει επίπεδα αποκλειστικής χρήσης όλων των γραμμών υποδοχής επί ώρες, γεγονός που απαιτεί λειτουργικές εφεδρείες.

Για τα bilge water, βάση των εκτιμήσεων της ενότητας 3.1.1, η μέση ετήσια ποσότητα είναι 105 m³/y, από την οποία το 60% αντιστοιχεί στην αιχμή της θερινής περιόδου. Έτσι προτείνεται η ύπαρξη μίας δεξαμενής χωρητικότητας τουλάχιστον 50m³ για την προσωρινή αποθήκευση των σεντινόνερων πριν την αναμενόμενη διοχέτευση τους στον διαχωριστήρα πετρελαίου- νερού για την επεξεργασία τους. Προς διευκόλυνση και των υπόλοιπων ροών, ο απαιτούμενος όγκος των 50 m³ θα μπορούσε να διαχωριστεί σε δύο δεξαμενές των 25 m³ έκαστην, ώστε σε περιόδους χαμηλής κίνησης ή έκτακτης ανάγκης η μία από αυτές να χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση άλλων αποβλήτων.

Για τα sludges, η μέση ετήσια ποσότητα που εκτιμήθηκε κυμαίνεται στα 10,8 m³/y. Καθώς όμως οι ιλύες απαιτούν εξειδικευμένη επεξεργασία προτιμάται η προσωρινή αποθήκευση τους έως την συλλογή σημαντικής ποσότητας και η μεταφορά τους σε ειδικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας στην ηπειρωτική Ελλάδα. Για την κάλυψη της τοπικά παραγόμενης ποσότητας αλλά και τυχόν έκτακτης πιθανότητας παράδοσης ποσότητας από διερχόμενα πλοία, προτείνεται η ύπαρξη μιας δεξαμενής 15m³. Επίσης, για αυτές τις δεξαμενές συχνά εφαρμόζεται συνεχής ανάδευση μέσω μηχανικών αναδευτήρων ή ανακυκλοφορίας με αντλίες προκειμένου να αποτραπεί η καθίζηση βαρέων στερεών στον πυθμένα που μπορεί να δυσκολέψει την άντληση πριν την διάθεση.

Για τα ΑΛΕ, καθώς είναι εκ νέου αξιοποιήσιμα και μπορούν μέσω αναγέννησης και επαναδιύλισης να ανακυκλωθούν, γίνεται μόνο προσωρινή αποθήκευση έως την συλλογή σημαντικής ποσότητας και της διάθεσης σε ένα από τα Κέντρα συλλογής του ΕΝΔΙΑΛΕ. Βάση των εκτιμώμενων ποσοτήτων για το 2023-2024, με μέση τιμή τα 11,9 m³/y και λαμβάνοντας υπόψιν την πιθανότητα έκτακτης παράδοσης από διερχόμενο πλοίο, προτείνεται η ύπαρξη δεξαμενής τουλάχιστον 25m³. Με αυτό τον τρόπο και με σκοπό την μείωση του κόστους μεταφοράς στην ηπειρωτική Ελλάδα, δεν θα είναι αναγκαία η κένωση της δεξαμενής ανά ένα έτος.

Για την σφαιρική ανάπτυξη της μονάδας και στην έκτακτη περίπτωση αιτήματος παράδοσης από διερχόμενα εμπορικά πλοία ποσότητας slops, προβλέπεται η ύπαρξη αντίστοιχης δεξαμενής αποθήκευσης με τον μέγιστο αναμενόμενο όγκο από ένα μικρό δεξαμενόπλοιο. Σύμφωνα με τους κανονισμούς της MARPOL (Annex I), η συνολική χωρητικότητα των δεξαμενών slop ενός πλοίου πρέπει να είναι 3% της συνολικής μεταφορικής ικανότητας του πλοίου σε φορτίο. Βάση των στοιχείων των πλοίων που προσεγγίζουν το νησί της Καλύμνου τα ανωτέρω μεταφράζονται σε μία δεξαμενή γύρω στα 20m³.

Αντίστοιχα στην περίπτωση παραλαβής Annex II καταλοίπων NSL κατηγορίας X ή Y οι αγωγοί είναι αφιερωμένοι αποκλειστικά σε αυτά και οδηγούν απευθείας στην αδρανή δεξαμενή προσωρινής αποθήκευσης. Η θερμοκρασία και το pH παρακολουθούνται συνεχώς κατά τη μεταφορά μέσω αισθητήρων εσωτερικά των γραμμών για εντοπισμό πιθανών αντιδράσεων. (MARPOL, 1973) Η χωρητικότητα δεν χρειάζεται να είναι μεγάλη, δεδομένων των σπάνιων αφίξεων τέτοιων φορτίων, αλλά πρέπει να επαρκεί για ένα τυπικό περιστατικό εκφόρτωσης από μέσο εμπορικό πλοίο.

Όσο αναφορά τα λύματα, η δυνατότητα αποθήκευσης αφορά κυρίως την κατακράτηση μέχρι την επεξεργασία, αφού οι ροές λυμάτων σε περιόδους χαμηλής κίνησης μπορούν να υποβληθούν απευθείας σε επεξεργασία. Ωστόσο, σε περιόδους αιχμής η ύπαρξη εφεδρικών δεξαμενών επιτρέπει την κατακράτηση μεγάλων ποσοτήτων χωρίς υπερφόρτωση των βιοαντιδραστήρων. Οι ίδιες αυτές δεξαμενές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ενδιάμεσα στάδια για εφαρμογή χημικών διαδικασιών εξουδετέρωσης παθογόνων ή ρύπων όταν αυτό είναι αναγκαίο. Για την Κάλυμνο θεωρείται ότι την συνολική εκτιμώμενη ποσότητα λυμάτων, επεξεργάζεται ο Βιολογικός Καθαρισμός Καλύμνου και άρα δεν υπάρχει ανάγκη για επιπλέον δεξαμενή στην Μονάδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων Πλοίων.

Τέλος, η σχεδιαστική πρόκληση εντοπίζεται στο γεγονός ότι οι διαθέσιμες εγκαταστάσεις δεν μπορούν να καλύψουν όλες τις κατηγορίες ταυτόχρονα σε πλήρη χωρητικότητα χωρίς υψηλό κόστος. Η λύση βρίσκεται στη δημιουργία πολυλειτουργικών δεξαμενών με δυνατότητα γρήγορης απολύμανσης και αλλαγής χρήσης μέσω διαδικασιών καθαρισμού (Amin et al., 2025). Αυτό μειώνει τον αριθμό συνολικών υποδομών και τον χώρο που θα καταλαμβάνει η μονάδα.

4.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Σε περιβάλλον περιορισμένων πόρων όπως η Κάλυμνος, η επιλογή κατάλληλων τεχνικών επεξεργασίας πρέπει να στοχεύει σε υψηλή απόδοση, με χαμηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας και με χρήση διεργασιών που δεν απαιτούν υπερβολική ενέργεια ή συνεχή εξειδικευμένη επίβλεψη.

Βέλτιστη κρίνεται η εφαρμογή τόσο μηχανικών μεθόδων πρωτοβάθμιας επεξεργασίας όσο και η διαδοχή τους από χημικές ή βιολογικές διεργασίες δευτεροβάθμιας επεξεργασίας, όπου απαιτείται, για την διασφάλιση της συμμόρφωσης με τα επιτρεπτά όρια τελικής διάθεσης των διεθνών κανονισμών.

4.2.1 Μηχανικές μέθοδοι

Όσο αναφορά τα ελαιώδη ύδατα και σεντινόνερα η πρώτη φάση περιλαμβάνει μηχανικό διαχωρισμό νερού-πετρελαίου σε κατάλληλους διαχωριστές (Oil-Water Separators – OWS). Αρχή λειτουργίας των διαχωριστών, αποτελεί η διαφορά πυκνοτήτων των προϊόντων πετρελαίου και του νερού. Έτσι, ένας πρώτος βαρυτικός διαχωρισμός γίνεται ακόμα και στην δεξαμενή προσωρινής αποθήκευσης και εξομάλυνσης ροής.

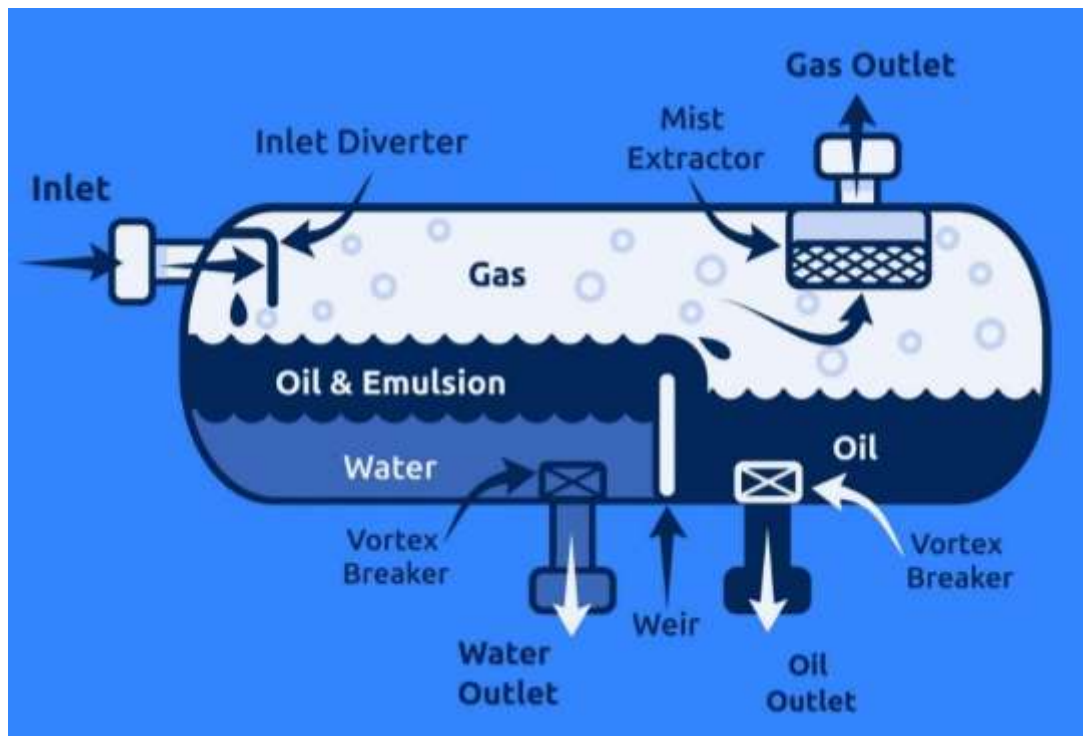
Στην συνέχεια μπορεί να ακολουθήσει είτε σύστημα API, για τον διαχωρισμό μέσω της αργής ροής σε κανάλια καθορισμένων διαστάσεων. Αυτός ο τρόπος διαχωρισμού ενδείκνυται για την διαχείριση μεγάλων όγκων αποβλήτων με υψηλή συγκέντρωση πετρελαίου και λάσπης. Δεν μπορεί όμως να διαχωρίσει αποτελεσματικά γαλακτώματα λαδιού-νερού και επιτυγχάνει διαχωρισμό έως 100 ppm. (Pan America, 2022)

Για αυτόν τον λόγο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί συμπληρωματικά και ένας χερσαίου τύπου ναυτιλιακός διαχωριστής OWS με φίλτρα συνένωσης (coalesce filters). Αυτοί οι διαχωριστές χρησιμοποιούνται κυρίως από τα μεγαλύτερα πλοία για τον εν πλω καθαρισμό των σεντινόνερων από πετρελαιοειδή κατάλοιπα και λάδια και μπορούν αποδεδειγμένα να επιτυγχάνουν μείωση της περιεκτικότητας πετρελαίου κάτω από τα 15 ppm, όπως απαιτείται από το Παράρτημα I της MARPOL (CE Delft/ EMSA, 2017).

Η εισαγωγή ενός OWS μικρής ισχύος με δυνατότητα αυτόματης παρακολούθησης μέσω ενσωματωμένων μετρητών περιεκτικότητας πετρελαίου (OCM) θα επιτρέπει άμεσο έλεγχο των αποβλήτων εισόδου και εξόδου. Επίσης τα συστήματα αυτά μπορούν να λειτουργούν σε κύκλους συλλογής και επεξεργασίας ώστε να ανταποκρίνονται στις μεταβαλλόμενες ποσότητες σεντινόνερων που φέρνουν τα πλοία.

Το πετρέλαιο που ανακτάται μπορεί να συγκεντρώνεται σε ξεχωριστές δεξαμενές για πιθανή περαιτέρω αξιοποίηση ως καύσιμο ύστερα από διύλιση ή καθαρισμό. Το νερό που προκύπτει δεν μπορεί να διατεθεί αυτούσιο σε κάποιο υδάτινο σώμα και πρέπει να υποβληθεί σε δευτερογενή κατεργασία μέσω φίλτρων, μονάδων ενεργού άνθρακα ή άλλης διεργασίας για την απομάκρυνση τυχόν μικροπλαστικών, μικροσταγονιδίων και διαλυμένων οργανικών ενώσεων. Έτσι, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αραίωση του

υψηλού οργανικού φορτίου των λυμάτων πριν τον βιολογικό καθαρισμό, στον οποίο θα υποστεί και αυτό την απαιτούμενη κατεργασία.



Εικόνα 5. OIL WATER SEPARATOR - OWS

Η διαχείριση των καταλοίπων φορτίων δεξαμενών (tank washings) μπορεί να γίνει αποτελεσματικά μέσω φυγοκέντρισης. Οι φυγοκεντρικοί διαχωριστές μπορούν να απομακρύνουν μικρά σταγονίδια πετρελαίου ή άλλων υγρών επικίνδυνων ουσιών κι έχουν πλεονέκτημα στη χωριστή συλλογή καθαρών νερών και πυκνής φάσης ρυπαντών (MARPOL, 1973). Σε μικρές εγκαταστάσεις είναι δυνατή η χρήση φορητών μονάδων φυγοκέντρισης που αναπτύσσονται όταν απαιτείται, μειώνοντας τα κόστη συντήρησης.

Για λύματα, οι μηχανικές μέθοδοι περιλαμβάνουν την πρωτοβάθμια καθίζηση στερεών ώστε να μειώνεται το φορτίο που θα υποβληθεί σε βιολογική επεξεργασία. Μια δεξαμενή καθίζησης τριών σταδίων με ρυθμιζόμενη ροή μπορεί να εγκατασταθεί στην μονάδα για την επιλεκτική απομάκρυνση κοκκώδους υλικού και αιωρούμενων σωματιδίων. Αυτή η διαδικασία όχι μόνο προετοιμάζει τα λύματα για τις επόμενες φάσεις αλλά μειώνει την πιθανότητα φραγμάτων στους αγωγούς και στις αντλίες (CE Delft/ EMSA, 2017).

Για τις ιλύες, συνήθης πρακτικής αποτελεί η αφυδάτωση τους ή μέσω θερμικής επεξεργασίας (evaporators) είτε με πρέσες φίλτρων (filter presses), μειώνοντας δραστικά τον προς διάθεση όγκο και καθιστώντας δυνατή την ενεργειακή αξιοποίηση τους στα πλαίσια της αποτέφρωσης σε ειδικούς βιομηχανικούς καυστήρες. Όμως, πριν την αφυδάτωση, θα πρέπει να προηγηθεί φυγοκέντρωση με σκοπό την ανάκτηση όσο το δυνατό μεγαλύτερης ποσότητας πετρελαίου, το οποίο τυχόν εμπεριέχεται σε αυτά. Για την διευκόλυνση αυτού του διαχωρισμού, τα sludges θερμαίνονται στους 50-60°C ώστε

να μειωθεί το ιξώδες τους και να είναι ευκολότερος ο χειρισμός τους. (CE Delft/ EMSA, 2017)

Μικροπλαστικά και αιωρούμενα σωματίδια που τυχόν εμπεριέχονται στα υγρά απόβλητα μπορούν να αντιμετωπιστούν με μηχανικά φίλτρα υψηλής ακρίβειας. Ειδικά στο παράκτιο περιβάλλον της Καλύμνου, όπου οι απορροές μπορεί να περιέχουν πλαστικά υπολείμματα λόγω διάβρωσης σωληνώσεων και χρήσης συνθετικών προϊόντων καθαρισμού, μια σειρά φίλτρων με μέγεθος πόρου κάτω των 50 μm δύναται να περιορίσει την είσοδο τέτοιων σωματιδίων στη θάλασσα (Dabrowska et al., 2021). Η εγκατάσταση φίλτρων λεπτής σήτας ή διπλού σταδίου δίνει τη δυνατότητα συλλογής αυτών των στερεών χωρίς σημαντική ενεργειακή κατανάλωση.

Καθώς οι μέθοδοι αυτές απαιτούν λιγότερη εξειδικευμένη τεχνική γνώση σε σχέση με χημικές διεργασίες, η εκπαίδευση τοπικού προσωπικού γίνεται πιο εύκολα, δημιουργώντας θέσεις εργασίας που μπορούν να καλυφθούν άμεσα από κατοίκους του νησιού. Αυτό ενισχύει τη βιωσιμότητα όχι μόνο τεχνικά αλλά και κοινωνικά, αφού μειώνει την εξάρτηση από εξωτερικούς φορείς για βασικές λειτουργίες συντήρησης.

Τέλος, η εφαρμογή μηχανικών μεθόδων ως πρώτο στάδιο επεξεργασίας παρέχει τη δυνατότητα συλλογής δεδομένων σχετικά με τους τύπους και τις ποσότητες των καταλοίπων πριν αυτά υποστούν περαιτέρω επεξεργασία. Η καταγραφή αυτών των στοιχείων δίνει εργαλεία σχεδιασμού πολιτικής και προβλέψεων φόρτου εργασίας στην μονάδα υποδοχής, στοιχείο σημαντικό για ένα λιμάνι μικρής κλίμακας που θέλει να συνεχίσει απρόσκοπτα τη λειτουργία του χωρίς υπερφόρτωση συστημάτων.

4.2.2 Χημικές & Βιολογικές Μέθοδοι

Οι χημικές μέθοδοι επεξεργασίας επιτρέπουν την απομάκρυνση ή εξουδετέρωση ρυπαντών που δεν μπορούν να απομακρυνθούν πλήρως με μηχανικές διαδικασίες και αποτελούν κρίσιμο εργαλείο για την επίτευξη των ορίων εκροής που απαιτούν οι διεθνείς συμβάσεις.

Σε συνθήκες νησιωτικής μονάδας χαμηλής κατανάλωσης χώρου και ενέργειας μπορούν να εφαρμοστούν φίλτρα ενεργού άνθρακα σε σειρά μετά τον μηχανικό διαχωρισμό ελαίου–νερού. Ο ενεργός άνθρακας δεσμεύει μικρά οργανικά μόρια, επιφανειοδραστικές ενώσεις ακόμη και πολυχλωριωμένες οργανικές ενώσεις που δεν αφαιρούνται μηχανικά, μειώνοντας τη βιοδιαθεσιμότητα τους στο περιβάλλον (Dabrowska et al., 2021). Η αναγέννηση του υλικού μπορεί να γίνεται τοπικά μέσω θερμικής επεξεργασίας σε μικρούς φούρνους εφόσον υπάρχει δυνατότητα ασφαλούς καύσης.

Στην περίπτωση επικίνδυνων χημικών ουσιών NLS που ταξινομούνται ως X ή Y κατά MARPOL Annex II, οι μέθοδοι χημικής εξουδετέρωσης αποτελεί εναλλακτική λύση όταν η άμεση μεταφορά τους εκτός νησιού δεν είναι εφικτή (MARPOL, 1973). Για τέτοια φορτία, προβλέπεται μικρή χημική μονάδα εξουδετέρωσης ώστε τα προϊόντα αντίδρασης

να καθιζάνουν και να συλλέγονται μαζί με στερεά απόβλητα στις περιοδικές μεταφορές εκτός νησιού. Τα όξινα απόβλητα μπορούν να εξουδετερωθούν με προσθήκη βάσεων, π.χ. καυστικού νατρίου (NaOH), ώστε να μετατραπούν σε άλατα χαμηλής επικινδυνότητας και αντιστοίχως τα βασικά απόβλητα μπορούν να αντιδράσουν με θειικό οξύ (H_2SO_4) ή υδροχλωρίο (HCl) υπό αυστηρό έλεγχο pH, για την ασφαλή μεταβολή της χημικής συμπεριφοράς τους πριν την διάθεση. Σημειώνεται ότι, τα παραγόμενα υγρά μετά την αντίδραση θα πρέπει να οδηγούνται σε βιολογική ή φυσικοχημική κατεργασία ανάλογα με τη σύνθεση τους.

Όσο αναφορά τον έλεγχο ποιότητας, κρίσιμη είναι η συνεχής δειγματοληψία εισόδου/εξόδου κάθε σταδίου ώστε να πιστοποιείται ότι οι παραγόμενες εκροές πληρούν τις νομοθετικές απαιτήσεις. Οι παράμετροι που εξετάζονται περιλαμβάνουν περιεκτικότητα πετρελαίου, BOD, COD, TSS, pH, παρουσία βαρέων μετάλλων και ειδικών τοξικών ουσιών ανάλογα με τον τύπο του αρχικού φορτίου. Ειδικότερα σε περίπτωση φορτίων προερχόμενα από scrubbers ανοικτού κύκλου εξετάζεται η συγκέντρωση θεικών αλάτων και βαρέων μετάλλων πριν εγκριθεί οποιαδήποτε διάθεση.

Τέλος, οι βιολογικές μέθοδοι αφορούν κυρίως στην επεξεργασία των λυμάτων με την διεργασία της ενεργούς ιλύος. Αυτό το τμήμα της επεξεργασίας καλύπτεται πλήρως από τον υπάρχοντα βιολογικό καθαρισμό της Καλύμνου. Έτσι, όλες οι εκτιμώμενες ποσότητες παράδοσης λυμάτων μπορούν να μεταφέρονται απευθείας για επεξεργασία εκεί, μαζί με το νερό που παράγεται από τον διαχωρισμό ελαιωδών μιγμάτων.

4.3 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΙ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ

Η λειτουργία μιας τέτοιας εγκατάστασης υποδοχής επικίνδυνων υγρών αποβλήτων παρουσιάζει δομικές και πρακτικές αδυναμίες και προκλήσεις, οι οποίες μπορούν να περιορίσουν την αποτελεσματικότητα της διαχείρισης και να δημιουργήσουν πρόσθετους κινδύνους για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία.

Αρχικά, ανάγκη της συνεχούς συμμόρφωσης με διαφορετικά θεσμικά πλαίσια είναι κομβική. Οι λιμένες της Ε.Ε. οφείλουν να εφαρμόζουν τις οδηγίες 2019/883 και 2000/59/EK, ενώ βρίσκονται και υπό τον έλεγχο των διεθνών συμβάσεων, πράγμα που για μικρά νησιά όπως η Κάλυμνος σημαίνει ότι πρέπει να προσαρμόζουν τις λειτουργίες τους σε αυστηρούς κανόνες σχεδιασμένους για μεγαλύτερα λιμάνια. Αυτό απαιτεί την ύπαρξη τεχνολογιών υψηλού κόστους σε περιοχές όπου οι πόροι είναι περιορισμένοι και ο όγκος παράδοσης αποβλήτων χαμηλός, μια δυσαναλογία που δυσκολεύει τη βιώσιμη λειτουργία της εγκατάστασης. Επίσης οι συνεχείς τροποποιήσεις των θεσμικών πλαισίων για την ενσωμάτωση νέων προδιαγραφών ή ρευμάτων αποβλήτων ή και νέων τεχνολογιών, προσδίδουν έναν ακόμα βαθμό δυσκολίας, καθώς μία εγκατάσταση που δεν προσαρμόζεται γρήγορα κινδυνεύει από κυρώσεις ή απώλεια πιστοποίησης, μειώνοντας την αξιοπιστία της.

Αυτό σημαίνει ότι η λειτουργία της χρειάζεται να εγκριθεί σε πολλαπλά επίπεδα, ενσωματώνοντας κανονισμούς ασφαλείας, περιβαλλοντικά πρότυπα και επιχειρησιακές

οδηγίες. Πρότυπα όπως τα OHSAS 18001 ή ISO 45001 για επαγγελματική υγεία και ασφάλεια πρέπει να ενσωματωθούν στην καθημερινή λειτουργία της μονάδας ώστε οι χειριστές να ακολουθούν συγκεκριμένα πρωτόκολλα όταν επεξεργάζονται ουσίες με δυνητικά υψηλό κίνδυνο. Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο είναι η ενσωμάτωση προτύπων διαχείρισης κινδύνου (risk management), όπως προβλέπεται από δομές τύπου ISO 31000. Για ένα μικρό λιμάνι/εγκατάσταση, οι κίνδυνοι μπορεί να αφορούν τόσο την αστοχία εξοπλισμού όσο και έκτακτες περιπτώσεις όπου πολλαπλά φορτία διαφορετικών καταλοίπων φτάνουν μαζί. Η ύπαρξη διαδικασιών άμεσης εκτροπής αυτών των φορτίων στις ασφαλείς δεξαμενές προσωρινής αποθήκευσης περιορίζει την πιθανότητα μόλυνσης πριν ολοκληρωθεί η κατάλληλη επεξεργασία.

Στον τεχνικό τομέα, μια πρόκληση αφορά στην επάρκεια χωρητικότητας των δεξαμενών υποδοχής. Σε περιόδους αυξημένης κίνησης πλοίων ή όταν παραδοθεί μεγάλο φορτίο ελαιωδών μιγμάτων ή NLS, οι εγκαταστάσεις μπορεί να φτάσουν στα όρια τους, αναγκάζοντας είτε σε προσωρινή αποθήκευση εκτός προδιαγραφών είτε σε καθυστέρηση παραλαβής. Ειδικά για τα NLS Κατηγορίας X, οποιαδήποτε ακούσια μίξη με άλλα ρεύματα στην εγκατάσταση υποδοχής οδηγεί σε απώλεια δυνατότητας ασφαλούς επεξεργασίας και επιβάλλει την προσωρινή παύση λειτουργίας μέχρι τον καθαρισμό δεξαμενών, κάτι που συνιστά επιχειρησιακή αλλά και νομοθετική αστοχία.

Ένα ακόμα κρίσιμο σημείο έγκειται στη συντήρηση του εξοπλισμού. Τα συστήματα προεπεξεργασίας όπως οι διαχωριστές ξηράς χρειάζονται σχολαστική παρακολούθηση και τακτική αντικατάσταση εξαρτημάτων. Η αστοχία αισθητήρων περιεκτικότητας πετρελαίου (OCM) ή αντλιών μεταφοράς μπορεί να περάσει απαρατήρητη αν δεν υπάρχει συστηματικός έλεγχος, με αποτέλεσμα εκροές να υπερβαίνουν τα νομοθετικά όρια. Ομοίως, δεξαμενές χωρίς σωστή επένδυση ή λεκάνη ασφαλείας κινδυνεύουν από διαρροές που μολύνουν το έδαφος γύρω από τον λιμένα.

Προβλήματα μπορούν να εμφανιστούν και στην επιχειρησιακή συνεργασία μεταξύ πλοίων και εγκατάστασης. Σε περίπτωση όπου η προ-αναγγελία των αποβλήτων δεν γίνεται σύμφωνα με το τυποποιημένο έντυπο του IMO, η εγκατάσταση είναι απροετοίμαστη για το είδος φορτίου που θα παραλάβει. Τέτοιο ενδεχόμενο σε συνδυασμό με την τυχόν απουσία αξιόπιστου μηχανισμού ελέγχου των χημικών χαρακτηριστικών της ροής ή αστοχίας αυτού, μεταφράζεται σε ανάγκη επεξεργασίας άγνωστου φορτίου το οποίο μπορεί να είναι επιμολυσμένο με κάθε είδους αποβλήτου. Αυτό αλλάζει πλήρως τις απαιτήσεις επεξεργασίας και διάθεσης, καθώς οι επιμολύνσεις μπορεί κάλλιστα να καταστρέψουν βιολογικούς αντιδραστήρες ή να δημιουργήσουν επικίνδυνα παραπροϊόντα κατά τη χημική κατεργασία.

Σε σχέση με την κοινωνική αποδοχή του έργου, η εγκατάσταση πρέπει να έχει τέτοιο σχεδιασμό ώστε να ελαχιστοποιούνται οσμές και θορύβους κατά την επεξεργασία. Σε ένα μικρό νησί, όπου οι κατοικίες βρίσκονται κοντά στο λιμάνι αλλά και στις «βιομηχανικές» περιοχές, αυτά τα στοιχεία καθορίζουν μεγάλο μέρος της αποδοχής από τους κατοίκους.

Παράλληλα η ορατή καθαριότητα των χώρων υποδοχής (χωρίς στάσιμα μολυσμένα νερά ή ίχνη πετρελαιοειδούς) ενισχύει την εικόνα του λιμανιού στους επισκέπτες.

Τέλος, οι οικονομικές προκλήσεις συνδέονται με το κόστος λειτουργίας και την πολιτική χρέωσης υπηρεσιών υποδοχής. Υπερβολικά τέλη μπορούν να λειτουργήσουν ως αποτρεπτικός παράγοντας για παράδοση αποβλήτων στον λιμένα, ενώ χαμηλά τέλη μπορεί να μην καλύπτουν τις δαπάνες συντήρησης προηγμένου εξοπλισμού. Η ισορροπία εδώ είναι δύσκολη αλλά αναγκαία διαφορετικά το σύστημα είτε θα γίνει μη βιώσιμο είτε θα οδηγήσει σε αύξηση περιβαλλοντικού κινδύνου λόγω μη χρήσης της υποδομής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Συνοψίζοντας, η ύπαρξη μιας αυτόνομης μονάδας διαχείρισης επικίνδυνων υγρών αποβλήτων στο νησί της Καλύμνου αναδεικνύεται σε μια δομημένη απάντηση στις πολυδιάστατες προκλήσεις της περιοχής. Η ανάπτυξη της βασίζεται σε ένα συνεκτικό πλαίσιο που συνδυάζει τεχνικές προδιαγραφές υψηλής απόδοσης, αυστηρή συμμόρφωση με διεθνείς και εθνικούς κανονισμούς και βαθιά κατανόηση των ιδιαίτερων γεωγραφικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών του απομακρυσμένου περιβάλλοντος του νησιού.

Η προτεινόμενη προσέγγιση ενσωματώνει τεχνολογίες μικρής κλίμακας με απώτερο σκοπό την πλήρη κάλυψη των λειτουργικών αναγκών και την ουσιαστική μείωση των περιβαλλοντικών κινδύνων. Λαμβάνοντας υπόψιν όλα όσα αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, συμπεραίνουμε πως σε ένα νησί όπως η Κάλυμνος είναι σκοπιμότερη η ύπαρξη ενός υβριδικού μοντέλου, δηλαδή μιας μικρής κλίμακας μόνιμης εγκατάστασης επεξεργασίας για τα βασικά ρεύματα αποβλήτων, συμπληρωμένη από δεξαμενές προσωρινής αποθήκευσης και μετέπειτα διαμετακίνηση στην ηπειρωτική Ελλάδα για τα περιστασιακά και εξειδικευμένα φορτία. Ο βασικός τύπος των υγρών αποβλήτων που μπορεί να επεξεργαστεί με αποτελεσματικότητα σε μία τέτοια μονάδα είναι αυτός τον ελαιωδών μιγμάτων νερού (bilge water). Από την άλλη, τα λύματα μεταφέρονται στον βιολογικό καθαρισμό, τα λιπαντικά οδηγούνται για ανακύκλωση, ενώ τα NLS απαιτούν εξειδικευμένους τρόπους επεξεργασίας που δεν είναι εύκολο να εγκατασταθούν για τόσο μικρές πιθανότητες παράδοσης.

Ένα τέτοιο σχήμα μειώνει το αρχικό κεφάλαιο επένδυσης ενώ καλύπτει αιχμιακά γεγονότα χωρίς να επιβαρύνεται η καθημερινή λειτουργία. Από τεχνικής πλευράς, η εγκατάσταση βασίζεται σε ένα συνδυασμό φυσικοχημικών και βιολογικών μεθόδων για την επεξεργασία των διαφορετικών κατηγοριών αποβλήτων πλοίων. Η δομή είναι ευέλικτη, με ικανότητα διαχείρισης των έντονων εποχικών διακυμάνσεων στον όγκο και τη σύσταση των εισερχόμενων ρευμάτων, όπως τα αυξημένα οργανικά φορτία λυμάτων το καλοκαίρι ή οι υψηλότερες συγκεντρώσεις πετρελαιοειδών από νερά μηχανοστασίου ή λιπαντικά τον χειμώνα. Ακόμα, η εποχικότητα της κίνησης συνεπάγεται ότι μέρος του έτους η μονάδα θα υπολειτουργεί σε σύγκριση με την πλήρη δυναμικότητα. Για λόγους βιωσιμότητας, αυτή η περίοδος μπορεί να αξιοποιηθεί για την συντήρηση του εξοπλισμού.

Ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον σημείο είναι ότι η χωρητικότητα επεξεργασίας μπορεί να επιτρέψει όχι μόνο την εξυπηρέτηση της τοπικής κίνησης αλλά και την προσέλκυση πλοίων που διαφορετικά δεν θα απέδιδαν ασφαλώς τα απόβλητά τους λόγω έλλειψης υποδομών. Σύμφωνα με τα σχέδια αποβλήτων των φορέων διαχείρισης των λιμένων τους, η συντριπτική πλειοψηφία των ελληνικών νησιών με μεγάλη απόσταση από την ενδοχώρα (Μύκονος, Νάξος, Χίος, Κως, Σάμος, Θήρα κ.α.) ακολουθεί την πρακτική της προσωρινής αποθήκευσης και διάθεσης σε εξουσιοδοτημένους αναδόχους για την διαχείριση των επικίνδυνων υγρών αποβλήτων. Μόνο η Κρήτη αποτελεί εξαίρεση,

πράγμα που συνάδει με το μέγεθος του νησιού και τις δυνατότητες και ευκολίες που αυτό προσφέρει. Έτσι, η ύπαρξης αυτής της μονάδας στην Κάλυμνο, μπορεί να αποτελέσει πόλο έλξης για την διαχείριση αποβλήτων και των γύρω νησιών, μειώνοντας αισθητά το κόστος αποστολής τους στην ηπειρωτική Ελλάδα.

Επιτυγχάνοντας τον σκοπό της, η λειτουργία αυτής της μονάδας θα συμβάλει αποφασιστικά στη μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης στην Κάλυμνο. Θα περιορίσει την εισροή υδρογονανθράκων, βαρέων μετάλλων και τοξικών χημικών ουσιών στο θαλάσσιο περιβάλλον, προλαμβάνοντας φαινόμενα όπως η υποβάθμιση της βιοποικιλότητας και οι χρόνιες τοξικολογικές επιπτώσεις στην παράκτια ζώνη. Με αυτόν τον τρόπο, θα προστατευθούν τα οικολογικά και κοινωνικοοικονομικά αγαθά του νησιού, υποστηρίζοντας τους κύριους τομείς της τοπικής οικονομίας, τον τουρισμό και την αλιεία. Τα περιβαλλοντικά οφέλη είναι άμεσα αισθητά, καθώς καθαρές θάλασσες σημαίνουν καλύτερες συνθήκες για την άγρια ζωή, οδηγώντας σε σταθερότερες ή αυξημένες αλιευτικές αποδόσεις.

Στο πλαίσιο της κοινωνίας και της οικονομίας, η υλοποίηση της μονάδας ενισχύει την τοπική απασχόληση μέσω της δημιουργίας θέσεων εργασίας στον τομέα της λειτουργίας, της συντήρησης και της διαχείρισης της εγκατάστασης. Μια εγκατάσταση τέτοιου τύπου απαιτεί τεχνικούς μηχανημάτων, χημικούς για τον έλεγχο της ποιότητας νερού καθώς και διοικητικό προσωπικό, ενώ μπορεί να επιφέρει τόνωση στη ζήτηση σχετικών υπηρεσιών υποστήριξης, από μεταφορικές έως συντηρητικές εργασίες. Επιπλέον, προάγει τη συνεργασία και την εμπλοκή μεταξύ των λιμενικών αρχών, των πλοιοκτητών και της τοπικής κοινότητας, καλλιεργώντας μια συλλογική συνείδηση για τις περιβαλλοντικές υποχρεώσεις. Η διαφάνεια στις επιχειρησιακές διαδικασίες και η συνεχής ενημέρωση του ευρύτερου κοινού οδηγούν σε αυξημένη δημόσια αποδοχή και εμπιστοσύνη, μεταμορφώνοντας τη διαχείριση των αποβλήτων από ένα ενδεχόμενο κόστος σε ένα κοινωνικό περιουσιακό στοιχείο.

Φυσικά, για την εξασφάλιση της μακροπρόθεσμης επιτυχίας και βιωσιμότητας ενός τέτοιου έργου, απαιτείται η διεξοδικότερη και πιο εξειδικευμένη τεχνοοικονομική ανάλυση του κόστους, των περιορισμών και των κινδύνων που προαναφέρθηκαν. Όμως, η εφαρμογή αυτής της δομής στην Κάλυμνο μπορεί να αποδείξει ότι η δημιουργία αποτελεσματικών και βιώσιμων λύσεων είναι εφικτή ακόμα και σε πλαίσια με περιορισμένους χωρικούς και οικονομικούς πόρους. Τέλος, δημιουργεί ένα λειτουργικό και προσαρμόσιμο πρότυπο διαχείρισης που μπορεί να εμπνεύσει και να καθοδηγήσει παρόμοιες πρωτοβουλίες σε άλλες νησιωτικές και παράκτιες περιοχές του Αιγαίου, συμβάλλοντας σε ένα πλαίσιο ορθής πρακτικής και ρυθμιστικής συμμόρφωσης για τη διαχείριση ναυτιλιακών αποβλήτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Amin, A. D. N., Rashdan, U., Mahadi, W. N. F. H. W., Rani, M. H. A., 2025. International Journal of Research and Innovation in Social Science (IJRISS), 3559. <https://doi.org/10.47772/IJRISS.2024.8120297>

Boran, M, 2017. Pollution of Marine Environment by Ship. Cercetari Marine, Issue 47, p244–248

Dabrowska, J., Sobota, M., Swiader, M., Borowski, P., Moryl, A., Stodolak, R., Kucharczak, E., Zioba, Z., & Kazak, J. K., 2021. Marine Waste - Sources, Fate, Risks, Challenges and Research Needs. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18, 433. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020433>

Delft & CHEW, 2017. The Management of Ship-Generated Waste On-board Ships, EMSA/OP/02/2016, European Maritime Safety Agency. Publication code: 16.7I85.130

EU DIRECTIVE 2019/883, DIRECTIVE (EU) 2019/883 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 17 April 2019 on port reception facilities for the delivery of waste from ships, amending Directive 2010/65/EU and repealing Directive 2000/59/EC , Parliament & Council of the European Union.

IBC Code, 1990, International Code for the Construction and Equipment of Ships carrying Dangerous Chemicals in Bulk (IBC Code), IMO

IMO, 2008, Revised Guidelines for Systems for handling Oily Wastes in Machinery spaces of Ships incorporating Guidance Notes for an Integrated Bilge Water Treatment System (IBTS), MEPC.1/Circ.642, London: International Maritime Organization (IMO)

IMO (b), 2021, Fourth IMO GHG Study 2020, International Maritime Organization, 4 Albert Embankment, London SE1 7SR

Khondoker, M. R. H., Hasan, K. R., 2020. Waste Management of a Maritime Port: The Case of Mongla Port, Journal of Naval Architecture and Marine Engineering. <https://doi.org/10.3329/jname.v17i2.48925>

MARPOL, 1973, International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, IMO

Pan America Environmental Inc., 2022, API Oil water Separators, Industrial Wastewater Engineering Solutions, <https://www.panamenv.com/wp-content/uploads/2022/06/API-OIL-WATER-SEPARATOR-DISCUSSION.pdf>

SOLAS, 1974. International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), IMO

UNCLOS, 1994. United Nations Convention on the Law of the Sea, United Nations

Κ.Υ.Α. 3122.3-15/71164/2021/2021 (ΦΕΚ 4790/Β` 18.10.2021), Προσαρμογή της ελληνικής νομοθεσίας προς την Οδηγία (ΕΕ) 2019/883 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 17ης Απριλίου 2019 σχετικά με τις λιμενικές εγκαταστάσεις παραλαβής για την παράδοση αποβλήτων από πλοία, για την τροποποίηση της Οδηγίας 2010/65/ΕΕ και την κατάργηση της Οδηγίας 2000/59/ΕΚ

Νόμος 1269 ΦΕΚ Α`89/21.7.1982, Για την κύρωση της Διεθνούς Σύμβασης "περί προλήψεως της ρυπάνσεως της θαλάσσης από πλοία" του 1973 και του Πρωτοκόλλου του 1978, που αναφέρεται σ' αυτή τη Σύμβαση.

Οδηγία 2000/59/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 27ης Νοεμβρίου 2000, σχετικά με τις λιμενικές εγκαταστάσεις παραλαβής αποβλήτων πλοίου και καταλοίπων φορτίου.

Οδηγία 2005/35/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 7ης Σεπτεμβρίου 2005, σχετικά με τη ρύπανση από τα πλοία και τη θέσπιση κυρώσεων για παραβάσεις.

Οδηγία 2008/98/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 19ης Νοεμβρίου 2008 , για τα απόβλητα και την κατάργηση ορισμένων οδηγιών.

Οδηγία 2012/18/ΕΕ (SEVESO III) του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 4ης Ιουλίου 2012, για την αντιμετώπιση των κινδύνων μεγάλων ατυχημάτων σχετιζόμενων με επικίνδυνες ουσίες και για την τροποποίηση και στη συνέχεια την κατάργηση της οδηγίας 96/82/ΕΚ του Συμβουλίου.

2014/955/ΕΕ, Απόφαση της Επιτροπής, της 18ης Δεκεμβρίου 2014 , για την τροποποίηση της απόφασης 2000/532/ΕΚ όσον αφορά τον κατάλογο των αποβλήτων σύμφωνα με την οδηγία 2008/98/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου.

Οδηγία 2019/883 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 17ης Απριλίου 2019, σχετικά με τις λιμενικές εγκαταστάσεις παραλαβής για την παράδοση αποβλήτων από πλοία, για την τροποποίηση της οδηγίας 2010/65/ΕΕ και την κατάργηση της οδηγίας 2000/59/ΕΚ

Π.Δ. 13/2023 (ΦΕΚ 28/Α` 15.2.2023), Αποδοχή τροποποιήσεων στο Παράρτημα του Πρωτοκόλλου του 1997 περί τροποποίησης της Διεθνούς Σύμβασης για την Πρόληψη Ρύπανσης από Πλοία, 1973, όπως τροποποιήθηκε από το σχετικό επί αυτής Πρωτόκολλο του 1978 (Αναθεωρημένο Παράρτημα VI της Διεθνούς MARPOL 2021).

Δημοτικό Λιμενικό Ταμείο Καλύμνου, 2025, Σχέδιο Παραλαβής και Διαχείρισης Αποβλήτων Πλοίων, ΜΕΤΟΠΗ Σύμβουλοι Προστασίας Περιβάλλοντος

ΥΠΕΝ 2024, Κ.Υ.Α.ΥΠΕΝ/ΔΔΑ/124219/1717/2024, Φ.Ε.Κ. 6412/Β` 22.11.2024, Έγκριση αναθεωρημένου Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Επικίνδυνων Αποβλήτων (ΕΣΔΕΑ).