

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ



ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΠΜΣ 'Διοίκηση στη Ναυτική Επιστήμη και Τεχνολογία

«Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση φόρτωσης
container στους τερματικούς σταθμούς»..

Τσαντουλής Ευάγγελος

MNΣNΔ22055

Επιβλέπων :
Ευστράτιος Παπαδημητρίου

Διπλωματική Εργασία

που υποβλήθηκε στο Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών
του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως μέρος των
απαιτήσεων για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού
Διπλώματος Ειδίκευσης στην 'Διοίκηση
στη Ναυτική Επιστήμη και Τεχνολογία'

Πειραιάς



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“ Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης *container* στους τερματικούς σταθμούς ”

Απρίλιος 2024

ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ / ΖΗΤΗΜΑΤΑ COPYRIGHT

«Το άτομο το οποίο εκπονεί την Διπλωματική Εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στην βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (εμπορικός, μη κερδοσκοπικός ή εκπαιδευτικός), της φύσης του υλικού, που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες ή χάρτες), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος, που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή στη γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου».



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“ Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

«Η παρούσα διπλωματική εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από τη τριμελή εξεταστική επιτροπή που ορίστηκε από την ΕΔιΕ του ΔΠΜΣ σύμφωνα με το κανονισμό λειτουργίας του ΔΠΜΣ «Διοίκης στη ναυτική επιστήμη και τεχνολογία».

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΜΕΛΟΣ Α΄: Ευστράτιος Παπαδημητρίου

ΜΕΛΟΣ Β΄: Ιωάννης Λαγούδης

ΜΕΛΟΣ Γ΄: Ευάγγελος Τσιούμας

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα»



*“ Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“ Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”*

Περίληψη

Η παρούσα έρευνα εμβαθύνει στην εξέλιξη των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, εξετάζοντας την ανάπτυξη και τη διαφοροποίησή τους. Διερευνά διάφορους τύπους εμπορευματοκιβωτίων, καθώς και τις προκλήσεις κατά τις διαδικασίες φόρτωσης-εκφόρτωσης στους τερματικούς σταθμούς. Η μελέτη εξετάζει επίσης το σχεδιασμό της φόρτωσης και στοιβασίας (load & stowage Plan) των εμπορευματοκιβωτίων και των καινοτομιών και εξελίξεων στη συσκευασία του φορτίου. Διερευνάται ο σχεδιασμός στοιβαξης, με έμφαση στη βελτιστοποίηση της χρήσης του χώρου και της σταθερότητας. Η μελέτη εισάγει την αυτοματοποίηση στους τερματικούς σταθμούς μελετώντας και αναλύοντας νέες τεχνολογίες για την καλύτερη διαχείριση των εμπορευματοκιβωτίων (όπως η τεχνολογία RFID, AGV οχήματα κ.α), την αποφυγή συγκρούσεων οχημάτων καθώς και η συμβολή τους στη μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας και της αποθήκευσης εμπορευματοκιβωτίων.

Λέξεις κλειδιά :

Εμπορευματοκιβώτιο , Αυτοματοποίηση , Καινοτομία , Προκλήσεις , Τερματικοί σταθμοί



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

Περιεχόμενα

Περίληψη	4
Εισαγωγή	6
Κεφάλαιο 1 : Βασικές έννοιες και χρονολογική αναδρομή	8
1.1 Η ανάπτυξη των εμπορευματοκιβωτίων και η χρονολογική εξέλιξη των πλοίων μεταφοράς τους	8
1.2 Τύποι εμπορευματοκιβωτίων	11
Κεφάλαιο 2 : Προκλήσεις	15
2.1 Προκλήσεις στη διαδικασία φόρτωσης-εκφόρτωσης και στοιβασίας εμπορευματοκιβωτίων	15
Κεφάλαιο 3 : Load και Stowage Plan	18
3.1 Ορισμός Load Plan	18
3.2 STOWAGE PLAN	23
Κεφάλαιο 4 : Αυτοματισμοί και νέες τεχνολογίες	30
4.1 Εισαγωγή αυτοματισμού στα τερματικά	30
4.2 Παραδείγματα εφαρμογής των ανωτέρω τεχνολογιών σε δημοφιλείς λιμένες	33
Κεφάλαιο 5 : Συμπεράσματα	36
Βιβλιογραφία	39

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 1 :Εξέλιξη των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων,	9
Πίνακας 2 : Τύποι Εμπορευματοκιβωτίων	11
Πίνακας 3 : Σχέδιο στοιβασίας για εμπορευματοκιβώτια	23



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία εξετάζει τη φόρτωση, την εκφόρτωση και την αποθήκευση των εμπορευματοκιβωτίων, εστιάζοντας στις τις συνθήκες, προκλήσεις και τις νέες τεχνολογίες. Η διαδικασία φόρτωσης περιλαμβάνει προσεκτικό σχεδιασμό και εκτέλεση, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η κατανομή του βάρους, το τύπο του φορτίου και τη σταθερότητα του πλοίου. Η εργασία θα διερευνήσει τις τεχνικές φόρτωσης-εκφόρτωσης, τις προκλήσεις των δυσμενών καιρικών συνθηκών σε αυτές. Επιπλέον θα εξεταστούν οι βέλτιστες πρακτικές για την οργάνωση και τη διαχείριση του αποθέματος εμπορευματοκιβωτίων καθώς και η αυτοματοποίηση στους τερματικούς σταθμούς. Με την εξέταση αυτών των πτυχών, η έρευνα αποσκοπεί στην παροχή μιας ολοκληρωμένης κατανόησης όλης της λειτουργικής διαδικασίας αλλά και τη τάση που υπάρχει για αυτοματοποίηση και απλούστευση των διαδικασιών στους τερματικούς..

Η διαδικασία εκφόρτωσης περιλαμβάνει την εκφόρτωση εμπορευματοκιβωτίων από το πλοίο στον τερματικό σταθμό, τη διατήρηση της αποτελεσματικότητας του λιμένα και την ελαχιστοποίηση των χρόνων καθυστέρησης.

Στόχος εργασίας

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να διερευνήσει τις προκλήσεις όπως η συμφόρηση των λιμένων, προβλήματα υποδομών και ηχορύπανσης καθώς και στρατηγικές για τον μετριασμό αυτών των προβλημάτων και τη βελτιστοποίηση της απόδοσης του τερματικού σταθμού.

Πιο συγκεκριμένα :

1. Τον αντίκτυπο των προκλήσεων στη διαδικασία εκφόρτωσης και πώς μπορούν να διαταράξουν τις λιμενικές λειτουργίες και να οδηγήσουν σε καθυστερήσεις στην εκφόρτωση εμπορευματοκιβωτίων από τα πλοία.
2. Μελλοντικές τάσεις και αναδυόμενες τεχνολογίες στη διαχείριση του αποθέματος εμπορευματοκιβωτίων, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης συστημάτων παρακολούθησης (όπως το RFID) και αυτοματοποιημένου εξοπλισμού για τον



*“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς”*

εξ ορθολογισμό των εργασιών και πώς η αυτοματοποίηση των τερματικών σταθμών βοηθά στην αποτελεσματική βελτίωση και την ασφάλεια του χειρισμού των φορτίων.

3. Παραδείγματα επιτυχημένων στρατηγικών πλήρους αυτοματοποίησης που εφαρμόστηκαν από λιμένες βελτιώνοντας τις διαδικασίες φόρτωσης και εκφόρτωσης αλλά και της ενεργειακής απόδοσης των λιμένων.

1. Ο αντίκτυπος του εντοπισμού με RFID και της παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο στη μείωση των συμβάντων και ατυχημάτων στη ναυτιλιακή βιομηχανία.

2. Μελέτες περιπτώσεων που αναδεικνύουν την επιτυχή εφαρμογή της τεχνολογίας RFID στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της ασφάλειας στις λιμενικές λειτουργίες.

3. Προκλήσεις που αντιμετωπίζει η ναυτιλιακή βιομηχανία κατά την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών όπως η RFID για τη διαχείριση και αποθήκευση φορτίων.

4. Πιθανά οφέλη από την ενσωμάτωση του εντοπισμού RFID με άλλες προηγμένες τεχνολογίες, όπως η τεχνητή νοημοσύνη και το blockchain, για την ολοκληρωμένη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Ερευνητικά Ερωτήματα εργασίας

- Πώς και πόσο οι προκλήσεις επηρεάζουν τη διαδικασία φόρτωσης και εκφόρτωση φορτίου στους λιμενικούς τερματικούς
- Τρόποι-λύσεις αποτελεσματικής επίλυσης-αντιμετώπισης των προκλήσεων στους λιμενικούς τερματικούς σταθμούς.
- Αναδυόμενες τεχνολογίες και καινοτόμες λύσεις που ενισχύουν την ασφάλεια των διαδικασιών φορτω-εκφόρτωσης και συμβάλλουν στη μεγαλύτερη αυτοματοποίηση των τερματικών.



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“ Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

Κεφάλαιο 1 : Βασικές έννοιες και χρονολογική αναδρομή

1.1 Η ανάπτυξη των εμπορευματοκιβωτίων και η χρονολογική εξέλιξη των πλοίων μεταφοράς τους

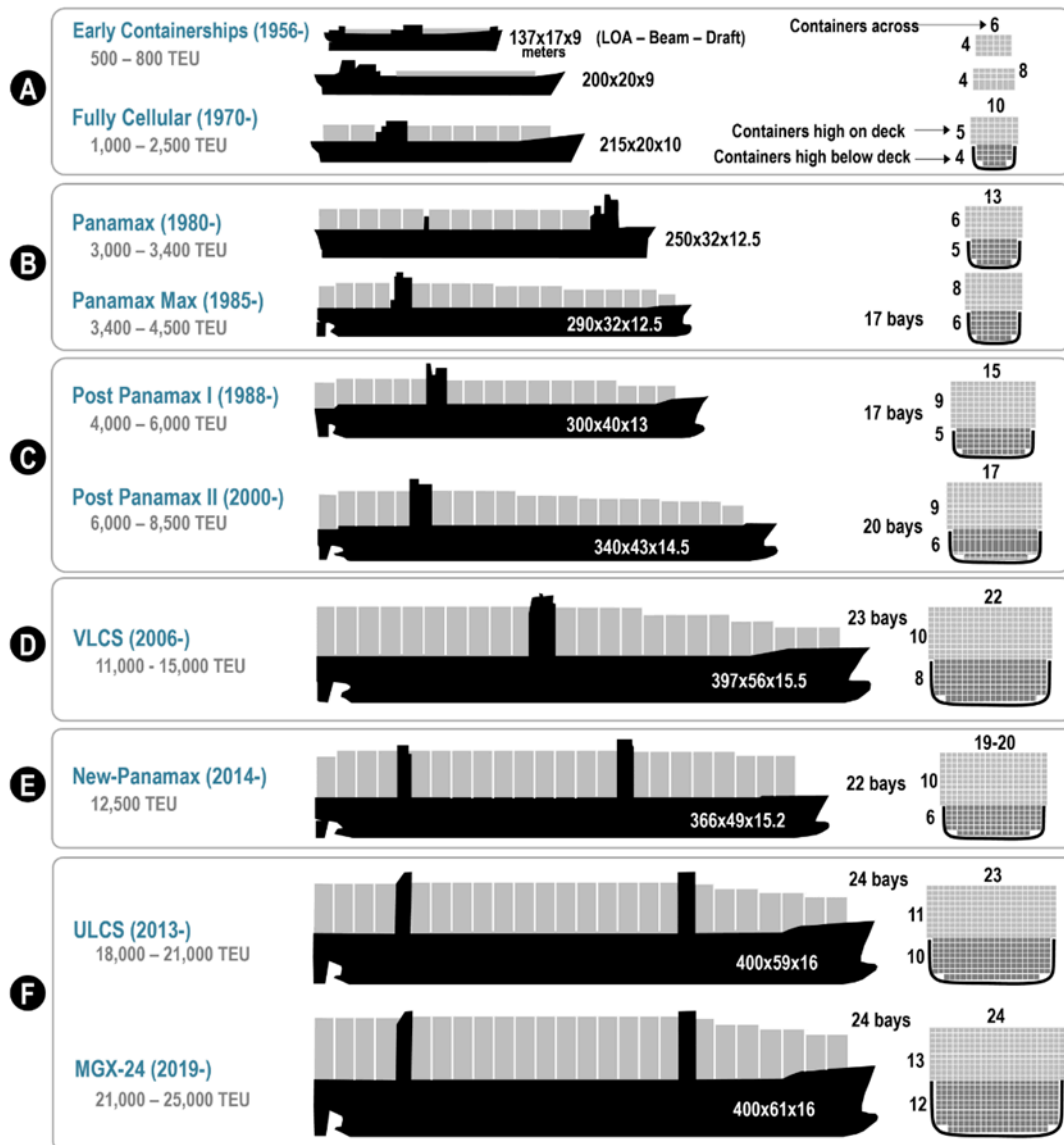
Η έννοια της μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων έφερε επανάσταση στο παγκόσμιο εμπόριο και τις μεταφορές, εισάγοντας τυποποιημένα εμπορευματοκιβώτια που μπορούσαν να μεταφέρονται απρόσκοπτα μεταξύ διαφορετικών τρόπων μεταφοράς, από πλοία έως φορτηγά και τρένα. Πρωτοεμφανίστηκε τη δεκαετία του 1950 και απέκτησε δυναμική τις επόμενες δεκαετίες.

Η εμπορευματοκιβωτιοποίηση εμφανίστηκε τη δεκαετία του 1950, όταν ο Αμερικανός φορτηγατζής Malcolm McLean ανέπτυξε την ιδέα της μεταφοράς εμπορευμάτων σε τυποποιημένα εμπορευματοκιβώτια. Αυτή η καινοτομία όχι μόνο αύξησε την αποδοτικότητα και μείωσε το κόστος, αλλά διευκόλυνε επίσης την ανάπτυξη του παγκόσμιου εμπορίου απλοποιώντας τον χειρισμό και τη μεταφορά φορτίων. Καθώς τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων έγιναν μεγαλύτερα και πιο εξειδικευμένα, η ναυτιλιακή βιομηχανία γνώρισε μια σημαντική μεταμόρφωση, με τα λιμάνια σε όλο τον κόσμο να επενδύουν σε υποδομές για να εξυπηρετήσουν την αυξανόμενη ζήτηση για τη μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων.

Η κλάση των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων καθορίζεται από το βύθισμα και τη χωρητικότητα σε TEUs. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1950, τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων έχουν υποστεί έξι κύματα αλλαγών, καθένα από τα οποία αντιπροσωπεύει νέες γενιές . [1,2].



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”



Πίνακας 1 :Εξέλιξη των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων,
Πηγή : Reporter.gr (2021)

Η πρώτη γενιά αποτελούνταν από τροποποιημένα πλοία χύδην φορτίου ή δεξαμενόπλοια ικανά να μεταφέρουν έως και 1.000 TEUs. Το πρώτο containership, το "Ideal-X", ήταν ένα μετασκευασμένο δεξαμενόπλοιο T2 του Β' Παγκοσμίου Πολέμου. Τα πλοία αυτά ήταν αργά και διέθεταν γερανούς επί του πλοίου, καθώς οι περισσότεροι λιμενικοί τερματικοί σταθμοί δεν ήταν εξοπλισμένοι για τη διαχείριση εμπορευματοκιβωτίων.



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

Στη δεκαετία του 1970, άρχισε η κατασκευή Fully Cellular Containerships (FCC), με την κλάση C7 να παρουσιάζεται το 1968. Τα πλοία αυτά αποτελούνταν από κελιά που μπορούσαν να στοιβάζουν εμπορευματοκιβώτια σε στοίβες διαφορετικού ύψους ανάλογα με τη χωρητικότητα του πλοίου. Προσέφεραν το πλεονέκτημα της χρήσης ολόκληρου του πλοίου για τη στοίβαξη εμπορευματοκιβωτίων, συμπεριλαμβανομένου του κάτω καταστρώματος. Οι γερανοί αφαιρέθηκαν από το σχεδιασμό του πλοίου για να φιλοξενήσουν περισσότερα εμπορευματοκιβώτια και η ταχύτητά τους έγινε η ταχύτητα αναφοράς στη ναυτιλία με εμπορευματοκιβώτια.

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1980, οι οικονομίες κλίμακας ώθησαν στην κατασκευή μεγαλύτερων πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, οδηγώντας στο πρότυπο Panamax, το οποίο επιτεύχθηκε το 1985 με χωρητικότητα περίπου 4.000 TEUs. Μια δεκαετία αργότερα, σχεδιάστηκε μια νέα γενιά μεγαλύτερων πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, γνωστή ως Panamax Max, εκμεταλλευόμενη στο έπακρο τον περιορισμό του πλάτους των ακτίνων της διώρυγας. Συνοπτικά, η κατηγορία των containerships εξελίχθηκε με την πάροδο του χρόνου, με το πρότυπο Panamax να αποτελεί τη σημαντικότερη εξέλιξη στην ιστορία της μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.

Τα containerships Post Panamax I και II εισήχθησαν το 1988, με την κλάση APL C10 να είναι η πρώτη που ξεπέρασε το όριο πλάτους 32,2 μέτρων της διώρυγας του Παναμά. Μέχρι το 1996, εισήχθησαν πλήρη πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων Post Panamax, με χωρητικότητα που έφθανε τα 6.600 TEUs. Οι πρώτες κλάσεις πλοίων Post-Panamax δεν ήταν πολύ μακρύτερες από την κλάση Panamax, αλλά φαρδύτερες, καθιστώντας τα πιο αποδοτικά. Η ραγδαία ανάπτυξη του παγκόσμιου εμπορίου κατέστησε μια τέτοια κατηγορία πλοίων εμπορεύσιμη πρόταση.

Μόλις ξεπεράστηκε το όριο του Panamax, το μέγεθος των πλοίων αυξήθηκε γρήγορα, με χωρητικότητες που έφτασαν τα 8.000 TEUs (Post Panamax II). Ως αποτέλεσμα αυτής της αυξημένης χωρητικότητας, πολλά λιμάνια αναγκάστηκαν να κατασκευάσουν ακριβότερους draughts και βαθύτερα βυθίσματα, γεγονός που αποτέλεσε πρόκληση για τις υποδομές. Οι περιορισμοί στα βυθίσματα άσκησαν πίεση



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

ώστε τα λιμάνια να βυθομετρήσουν για να φιλοξενήσουν τα containerships post-Panamax.

Η τρίτη γενιά πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων post-Panamax τέθηκε σε λειτουργία το 2006, όταν η ναυτιλιακή εταιρεία Maersk παρουσίασε το Emma Maersk (κλάση E) με χωρητικότητα μεταξύ 11.000 και 14.500 TEUs. Αυτή η νέα κλάση ήταν ιδιαίτερα απαιτητική για τις λιμενικές υποδομές, καθώς το βύθισμά τους ξεπερνούσε τα 15 μέτρα και το πλάτος τους τα 22 εμπορευματοκιβώτια κατά μήκος. Ο αριθμός των λιμένων που είναι σε θέση να διαχειρίζονται VLCS είναι περιορισμένος, ιδίως των λιμένων στα δέλτα ποταμών που μπορεί να αντιμετωπίζουν περιορισμούς στα κανάλια πρόσβασης.

Το New-Panamax ή Neo-Panamax (NPX) αναφέρεται στα πλοία που έχουν σχεδιαστεί για να χωράνε ακριβώς στις κλειδαριές της διευρυμένης διώρυγας του Παναμά, η οποία άνοιξε τον Ιούνιο του 2016. Τα πλοία αυτά έχουν χωρητικότητα περίπου 12.500 TEU, αλλά υπάρχουν διάφορες διαμορφώσεις όσον αφορά το μήκος (17 έως 22 θέσεις) και το πλάτος (19 ή 20 εμπορευματοκιβώτια κατά μήκος). Τα πλοία Neo-Panamax μπορούν και ορίζουν μια συγκεκριμένη κατηγορία πλοίων που θα είναι σε θέση να εξυπηρετούν την Αμερική και την Καραϊβική, είτε από την Ευρώπη είτε από την Ασία. [3,4,5].

1.2 Τύποι εμπορευματοκιβωτίων

Η ταξινόμηση των εμπορευματοκιβωτίων διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην αποτελεσματική και ασφαλή μεταφορά εμπορευμάτων στα διεθνή ύδατα. Τα εμπορευματοκιβώτια ταξινομούνται ανάλογα με το μέγεθος, τη δομή και τη συμβατότητά τους με διαφορετικούς τύπους φορτίου, προσφέροντας ένα ευρύ φάσμα επιλογών για την κάλυψη των ειδικών αναγκών.

Οι πιο βασικοί τύποι εμπορευματοκιβωτίων είναι :



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”



Πίνακας 2 : Τύποι Εμπορευματοκιβωτίων
Πηγή : Panmar Freight Forwarding & Shipping

Agencies

Standard Container

Ο όρος "τυποποιημένο εμπορευματοκιβώτιο" υποδηλώνει γενικά μια μορφή εμπορευματοκιβωτίου μεταφοράς που είναι παγκοσμίως αποδεκτή και χρησιμοποιείται στη διεθνή μεταφορά εμπορευμάτων. Συμμορφούμενα με τυποποιημένες διαστάσεις και προδιαγραφές που έχουν θεσπιστεί από οργανισμούς όπως ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO), τα εμπορευματοκιβώτια αυτά εγγυώνται τη συμβατότητα με οχήματα, πλοία και τρένα, μεταξύ άλλων. Τα είκοσι πόδια και τα σαράντα πόδια είναι οι επικρατέστερες διαστάσεις για τα τυποποιημένα εμπορευματοκιβώτια- τα μήκη αυτά συμβολίζονται ως TEU (Forty-foot Equivalent Unit) και FEU (Forty-foot Equivalent Unit), αντίστοιχα. Αυτά τα εμπορευματοκιβώτια διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στο διεθνές εμπόριο παρέχοντας μια τυποποιημένη και αποτελεσματική προσέγγιση για τη μεταφορά εμπορευμάτων πέρα από τα εθνικά σύνορα.

High Cube Container

Το εμπορευματοκιβώτιο αυτό είναι μια παραλλαγή του τυπικού εμπορευματοκιβωτίου μεταφοράς που διαθέτει μια πρόσθετη κατακόρυφη διάσταση(μεγαλύτερο ύψος). Σε αντίθεση με τα τυπικά εμπορευματοκιβώτια, τα οποία έχουν τυπικό ύψος 2,59 μέτρα (8 πόδια 6 ίντσες), αυτού του είδους εμπορευματοκιβώτια έχουν ύψος 2,89 μέτρα (9 πόδια 6 ίντσες). Το πρόσθετο ύψος του εμπορευματοκιβωτίου διευκολύνει τη μεγαλύτερη χωρητικότητα όγκου, καθιστώντας το κατάλληλο για τη μεταφορά αντικειμένων που ενδέχεται να μην



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

ανταποκρίνονται στον τυπικό περιορισμό ύψους. Παραδείγματα τέτοιων αντικειμένων είναι συγκεκριμένοι τύποι μηχανημάτων, υπερμεγέθη φορτία ή προϊόντα που στοιβάζονται με κάθετο τρόπο.

Κατά τη μεταφορά βαρέων ή ελαφρών φορτίων που δεν θα μπορούσαν να φιλοξενηθούν αποτελεσματικά σε ένα τυπικό εμπορευματοκιβώτιο, αλλά θα επωφελούνταν από τον πρόσθετο κατακόρυφο χώρο, προτιμώνται συχνά τα high cube container.

Reefer

Το "ψυγείο" είναι μια μορφή ψυχόμενου εμπορευματοκιβωτίου που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά φαρμακευτικών προϊόντων, χημικών ουσιών και τροφίμων που είναι ευαίσθητα στη θερμοκρασία. Ο όρος "reefer" προέρχεται από τη λέξη "refrigerated". Τα εμπορευματοκιβώτια είναι εφοδιασμένα με ενσωματωμένο σύστημα ψύξης που επιτρέπει την ακριβή ρύθμιση της θερμοκρασίας κατά τη μεταφορά.

Τα εμπορευματοκιβώτια-ψυγεία διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στη διατήρηση της ποιότητας και της φρεσκάδας των ευπαθών προϊόντων κατά τη μεταφορά, ιδίως εκείνων που απαιτούν συγκεκριμένα εύρη θερμοκρασίας για την αποφυγή της υποβάθμισης ή της αλλοίωσης. Η εσωτερική θερμοκρασία του εμπορευματοκιβωτίου ψυγείων μπορεί να τροποποιηθεί ώστε να φιλοξενεί διάφορους τύπους φορτίου, συμπεριλαμβανομένων των ψυχρών προϊόντων και των κατεψυγμένων προϊόντων.

Αυτά τα εμπορευματοκιβώτια χρησιμοποιούνται ευρέως σε όλη την παγκόσμια αλυσίδα εφοδιασμού, διευκολύνοντας την ασφαλή και αποτελεσματική μεταφορά ευπαθών προϊόντων σε μεγάλες αποστάσεις μέσω ξηράς, θάλασσας και περιστασιακά αεροπορικώς. Τα εμπορευματοκιβώτια ψυγείου είναι υψίστης σημασίας για τομείς όπως τα φαρμακευτικά προϊόντα, η γεωργία και η αλιεία, καθώς εγγυώνται την ασφαλή και βέλτιστη παράδοση των ευπαθών εμπορευμάτων.

Open Top Container

Όπως υποδηλώνει και το όνομά του, το εμπορευματοκιβώτιο ανοικτής οροφής είναι μια μορφή εμπορευματοκιβωτίου μεταφοράς που δεν διαθέτει στερεή οροφή, αλλά ανοικτή οροφή. Αυτή η διαμόρφωση διευκολύνει την εκφόρτωση και τη φόρτωση φορτίου που είναι υπερβολικά μεγάλο ή ογκώδες για να περάσει από τις πόρτες των



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

τυποποιημένων εμπορευματοκιβωτίων. Όταν το μέγεθος ή το σχήμα των προϊόντων που πρόκειται να μεταφερθούν, όπως ξυλεία, μηχανήματα, εξοπλισμός γεώτρησης και άλλα μεγάλα βιομηχανικά εξαρτήματα, καθιστούν τα τυπικά εμπορευματοκιβώτια ανέφικτα για φόρτωση, χρησιμοποιούνται συχνά εμπορευματοκιβώτια με ανοιχτή οροφή.

Συνήθως, τα εμπορευματοκιβώτια ανοικτής οροφής είναι εξοπλισμένα με αποσπώμενα τόξα οροφής και καλύμματα μουςαμάδων που εξυπηρετούν τον σκοπό της προστασίας του φορτίου από τις περιβαλλοντικές συνθήκες κατά την κίνηση. Επιπλέον, ορισμένα εμπορευματοκιβώτια ανοικτής οροφής μπορεί να διαθέτουν αποσπώμενα πλαίσια οροφής, τα οποία αυξάνουν την προσαρμοστικότητα των διαδικασιών φόρτωσης και εκφόρτωσης.

Σε τομείς όπως οι κατασκευές, η εξόρυξη και η μεταποίηση, όπου πρέπει να μεταφέρονται με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα υπερμεγέθη ή ακανόνιστου σχήματος φορτία, χρησιμοποιούνται συχνά αυτά τα εμπορευματοκιβώτια. Παρέχουν μια προσαρμόσιμη λύση για τη μεταφορά αντικειμένων που θα ήταν δύσκολο ή ανέφικτο να χειριστούν με συμβατικά εμπορευματοκιβώτια.

Flat Rack Container

Όταν τα τυποποιημένα εμπορευματοκιβώτια δεν μπορούν να φιλοξενήσουν υπερμεγέθη ή μη συμβατικά φορτία λόγω των διαστάσεών τους, χρησιμοποιείται εναλλακτικά ένα εμπορευματοκιβώτιο με επίπεδη σχάρα. Τα Flat Rack containers, σε αντίθεση με τα τυποποιημένα εμπορευματοκιβώτια με συμπαγείς πλευρές, διαθέτουν αποσπώμενα ή πτυσσόμενα πλευρικά τοιχώματα που διευκολύνουν τη φόρτωση και εκφόρτωση του φορτίου από τις πλευρές. Επιπλέον, τα Flat Rack containers χαρακτηρίζονται από την επίπεδη βάση τους που δεν διαθέτει δάπεδο, η οποία προσφέρει προσαρμοστικότητα για φορτία που περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα διαστάσεων, σχημάτων και βάρους.

Για τη μεταφορά βαρέων συσκευών, μεγάλων οχημάτων, βιομηχανικού εξοπλισμού, οικοδομικών υλικών και υπερμεγέθων αντικειμένων, όπως σωλήνες και δοκάρια, χρησιμοποιούνται συχνά εμπορευματοκιβώτια με επίπεδη σχάρα. Είναι ιδιαίτερα



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

επωφελείς για φορτία που απαιτούν εξειδικευμένο χειρισμό ή ξεπερνούν τις διαστάσεις ή τους περιορισμούς βάρους των τυποποιημένων εμπορευματοκιβωτίων.

Υπάρχουν διάφορα μεγέθη και διαμορφώσεις αυτών των εμπορευματοκιβωτίων, συμπεριλαμβανομένων των πτυσσόμενων και των ποικιλιών με σταθερό άκρο. Αυτά τα εμπορευματοκιβώτια παρέχουν μια πολυλειτουργική λύση για τη μεταφορά υπερμεγέθους ή ακανόνιστου σχήματος φορτίου, εξασφαλίζοντας ασφάλεια και σταθερότητα καθ' όλη τη διάρκεια του ταξιδιού, ενώ παράλληλα διευκολύνουν τις απλοποιημένες διαδικασίες φόρτωσης και εκφόρτωσης. Η μεταφορά μεγάλων και βαριών αντικειμένων σε όλο τον κόσμο διευκολύνεται από την κρίσιμη λειτουργία των επίπεδων εμπορευματοκιβωτίων με ράφια σε βιομηχανίες όπως οι κατασκευές, τα ορυχεία, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο και η βαριά μεταποίηση. [5,6,7,8]

Κεφάλαιο 2 : Προκλήσεις

2.1 Προκλήσεις στη διαδικασία φόρτωσης-εκφόρτωσης και στοιβάσας εμπορευματοκιβωτίων

Οι τερματικοί σταθμοί εμπορευματοκιβωτίων διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στη διεθνή αλυσίδα μεταφορών βοηθώντας με άμεσο τρόπο και στην ανάπτυξη της οικονομίας μιας χώρας.

Σχεδόν το 90% των εμπορευμάτων που μετακινούνται παγκοσμίως μεταφέρονται δια θαλάσσης σε κάποιο σημείο, πράγμα που σημαίνει ότι αυτά τα εμπορεύματα πρέπει να διέρχονται από δύο λιμάνια (αναχώρηση και άφιξη) προτού μεταφερθούν στον προορισμό τους με τρένο, φορτηγό ή αεροπλάνο.

Ωστόσο, συχνά αντιμετωπίζουν προκλήσεις που εμποδίζουν την επιχειρησιακή τους αποτελεσματικότητα και ειδικότερα οι μικρότερης κλίμακας λιμένες οι οποίοι διαδραματίζουν το ρόλο του διαμεσολαβητή μεταξύ ηπείρων. Επομένως, εάν ένα λιμάνι αντιμετωπίζει οποιουδήποτε είδους λειτουργική δυσκολία (συμφόρηση, χωρητικότητα, ελλείψεις εργατικού δυναμικού, κ.λπ.) τότε αυτομάτως θα επηρεάσει τις θαλάσσιες δραστηριότητες.



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

Πριν εντοπίσουμε τομείς όπου ο ψηφιακός μετασχηματισμός μπορεί να έχει αντίκτυπο, ας εξετάσουμε τις κύριες προκλήσεις που συναντάμε στους τερματικούς σταθμούς εμπορευματοκιβωτίων και θα αναλύσουμε αργότερα τις δυνατότητες βελτίωσης της τεχνολογίας.

1. **Συμφόρηση λιμένων** : αποτελεί μια σημαντική πρόκληση που αντιμετωπίζει το παγκόσμιο εμπόριο , πνίγοντας την εφοδιαστική αλυσίδα. Μπορεί να οδηγήσει σε καθυστερήσεις στις αφίξεις και τις αναχωρήσεις πλοίων. Αυτό συμβαίνει καθώς τα πλοία δε μπορούν να φορτώσουν ή να ξεφορτώσουν φορτίο επειδή οι εγκαταστάσεις του λιμανιού είναι υπερφορτωμένες . Αυτό οδηγεί σε αύξηση του λειτουργικού κόστους και επιβολή πολλές φορές προστίμων λόγω καθυστερήσεων στις εταιρείες που διαχειρίζονται τα πλοία εμπορευματοκιβωτίων. Ειδικότερα τη περίοδο του COVID-19 η συμφόρηση σε πολλά λιμάνια ήταν τόσο μεγάλη που τα πλοία παρέμεναν στην ανοιχτή θάλασσα για μέρες ή και εβδομάδες πριν μπορέσουν να ξεφορτώσουν το φορτίο τους. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να αυξάνονται οι απαιτήσεις και για το πλήρωμα (σε τρόφιμα, είδη πρώτης ανάγκης κ.ά).[9]
2. **Ηχορύπανση** : πολλοί από τους τερματικούς σταθμούς βρίσκονται κοντά σε αστικές ζώνες. Έτσι με τη χρήση του ήδη υπάρχοντος εξοπλισμού ο οποίος δεν ανανεώνεται δημιουργείται θόρυβος ο οποίος επηρεάζει τους κατοίκους γύρω από το τερματικό.
3. **Περιβαλλοντικές προκλήσεις** : όλη αυτή η συμφόρηση στους τερματικούς έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Συγκεκριμένα προκειμένου να εξυπηρετηθεί όλος αυτός ο όγκος εμπορευματοκιβωτίων χρησιμοποιούνται περισσότερα φορτηγά και οχήματα στο λιμένα με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ατμοσφαιρικοί ρύποι. Επιπλέον υπάρχει υψηλή κατανάλωση ενέργειας στους τερματικούς σταθμούς εμπορευματοκιβωτίων καθώς συχνά λειτουργούν 24 ώρες το 24ωρο λόγω της ύπαρξης εμπορευματοκιβωτίων ψυγείων (reefers) , τα οποία χρησιμοποιούν είτε γεννήτριες diesel ή ηλεκτρικούς κινητήρες. Επιπροσθέτως, τα πλοία πολλές φορές προκειμένου να αποφύγουν τη συμφόρηση των λιμένων χρησιμοποιούν διαδρομές μεγαλύτερης διάρκειας αυξάνοντας έτσι τη περιβαλλοντική μόλυνση. Επιπλέον, η παραμονή τους ορισμένες φορές στο λιμάνι χωρίς να εμπλέκονται ενεργά στη φόρτωση και εκφόρτωση επηρεάζει σημαντικά τη λειτουργική παραγωγικότητα και τη σχέση αποτελεσματικότητας κόστους. Τα πλοία τα οποία χρησιμοποιούν ως



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

καύσιμο το diesel αποτελούν μία ακόμα σημαντική πηγή ατμοσφαιρικών ρύπων διοχετεύοντας στην ατμόσφαιρα σωματίδια ,οξειδία του θείου (SOx) αλλά και του αζώτου (NOx).Τέλος πολλές φορές οι περιβαλλοντική περιορισμοί που επιβάλλονται το Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) συνεπάγονται μεγάλο κόστος συμμόρφωσης για πολλούς μικρούς τερματικούς σταθμούς λόγω της περιορισμένης κλίμακας τους. [10,12,13,14].

4. **Περιορισμοί υποδομής και χώρου :** πολλοί τερματικοί σταθμοί, αλλά κατά κύριο λόγο τα μικρότερα τερματικά , εξαιτίας του μεγέθους τους δε διαθέτουν τις απαραίτητες υποδομές ,λειτουργούν με περιορισμένες θέσεις υποδοχής πλοίων και μικρότερος χώρους για τη φιλοξενία περισσότερων εμπορευματοκιβωτίων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να καθίστανται ανεπαρκής για την κάλυψη των τρεχουσών αναγκών του κλάδου.
5. **Πολυπλοκότητα γραφειοκρατικών διαδικασιών :** σε κάποιες χώρες οι γραφειοκρατικές διαδικασίες είναι πολύπλοκες με αποτέλεσμα υπερβολικές καθυστερήσεις και τη δημιουργία συμφόρησης στους λιμένες με μεγάλο οικονομικό αντίκτυπο στις εταιρείες.[15,16]
6. **Λειτουργική αποτελεσματικά και χειρισμός φορτίου :** Η αναποτελεσματικότητα των μικρών κυρίως τερματικών αποτυπώνεται και από τα στοιχεία του Journal of Commerce σύμφωνα με τα οποία τα μικρά τερματικά έχουν 25% χαμηλότερο ποσοστό χειρισμού και εξυπηρέτησης εμπορευματοκιβωτίων σε σχέση με τα μεγάλα. Όλες αυτές οι γραφειοκρατικές διαδικασίες ωθούν παρότι εν μέρη έχουν απλουστευθεί με τις νέες τεχνολογικές εξελίξεις , υπάρχουν πτυχές στο τομέα των χερσαίων λειτουργιών οι οποίες δεν έχουν ανανεωθεί με αποτέλεσμα να βασίζονται σε απαρχαιωμένα συστήματα , αδυνατώντας έτσι να εξυπηρετήσουν τα μεγαλύτερα σε μέγεθος containerships ,αλλά και τον ολοένα αυξανόμενο αριθμό εμπορευματοκιβωτίων που αυτά μεταφέρουν. Επιπρόσθετα σε ένα πολύ μεγάλο ποσοστό η ζημιές που προκαλούνται στα φορτία οφείλονται στην ακατάλληλη συσκευασία , είτε στο μη σωστό τρόπο αποθήκευσης ή ακόμα και στην έλλειψη επαγγελματισμού κατά τη διάρκεια της φόρτωσης από το υπεύθυνο προσωπικό.[17,18,19].
7. **Έλλειψη καταρτισμένου εργατικού δυναμικού :** η έλλειψη εργατικού δυναμικού στο κλάδο των logistics δεν δημιουργήθηκε από τη μία μέρα στην άλλη. Στην πραγματικότητα αυτή η διαφαινόμενη έλλειψη εργατικού δυναμικού μπορούσε να εντοπιστεί πριν από χρόνια, καθώς



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“ Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

το εργατικό δυναμικό στα τερματικά αλλά και στις υποστηρικτικές λειτουργίες (όπως οι οδηγοί φορτηγών) είχε άτομα μεγάλης ηλικίας και λιγότεροι νέοι εργαζόμενοι ενδιαφέροντα να αναλάβουν θέσεις στον κλάδο . Ωστόσο η πανδημία covid 19 επιτάχυνε σημαντικά την έλλειψη εργατικού δυναμικού οδηγώντας το κλάδο σε κρίση. Ειδικότερα μεγάλο μέρος της οικονομίας κατέρρευσε. Οι καταναλωτές μείωσαν τις δαπάνες με αποτέλεσμα η επιχειρήσεις να μειώσουν τις παραγγελίες. Έτσι πολύ λίγες παραγγελίες εμπορευμάτων έφτανε στα λιμάνια. Όμως η ζήτηση θα επέστρεφε γρήγορα σε ποσά ρεκόρ για το κλάδο. Την ίδια στιγμή όμως τα λιμάνια δεν είχαν αρκετούς εργάτες για να ξεφορτώσουν εμπορευματοκιβώτια. Αυτό είχε ως φυσικό επακόλουθο να υπάρχουν καθυστερήσεις και ελλείψεις κοντέινερ. Με την αύξηση της ζήτησης του κλάδου δυστυχώς η πρόσληψη ανθρώπινου δυναμικού δεν ήταν εύκολη καθώς κάποιοι εργαζόμενοι οι οποίοι είχαν απολυθεί ως λόγω της πανδημίας δεν μπορούσαν εύκολα να επαναπροσληφθούν. Επιπλέον η πρόσληψη νέων εργαζομένων απαιτούσε χρόνο για την κατάλληλη εκπαίδευση τους κάτι που ο κλάδος δεν διέθετε εκείνη την περίοδο.[20-24].

Κεφάλαιο 3 : Load και Stowage Plan

Παρόλο που οι προκλήσεις που έχουν προαναφερθεί , δημιουργούν σημαντικά εμπόδια στη πρόοδο υπάρχουν καινοτόμες λύσεις που μπορούν να απαντήσουν σε αυτές. Η σύσταση ενός ορθολογικού πλάνου φόρτωσης (Load Planning) και εφαρμογή ενός σωστού σχεδίου στοιβασίας (Stowage planning) είναι ένα βέλος στη φαρέτρα των ναυτιλιακών εταιρειών και των τερματικών σταθμών για τη καταπολέμηση της συμφόρησης στους λιμένες και την αύξηση της αποτελεσματικότητας στις διαδικασίες φορτώ-εκφόρτωσης. Τέλος ενσωματώνοντας νέες τεχνολογίες αυτοματοποίησης χαράζεται η πορεία για την δημιουργία έξυπνων τερματικών τα οποία περιορίζουν την ανάγκη ύπαρξης εξειδικευμένου προσωπικού, βοηθούν στη πρόληψη ατυχημάτων και αυξάνουν συνολικά την αποδοτικότητα. Σκοπός είναι , όχι μόνο η αντιμετώπιση των προκλήσεων αλλά και η δημιουργία ενός βιώσιμου και πράσινου πλαισίου μελλοντικής ανάπτυξης.



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

3.1 Ορισμός Load Plan

Στόχος του σχεδιασμού φορτίου είναι η μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας με την οποία χρησιμοποιείται ο διαθέσιμος χώρος σε ένα εμπορευματοκιβώτιο. Απαιτεί τη στρατηγική διευθέτηση των προϊόντων με συνεκτίμηση ορισμένων κρίσιμων παραγόντων. Για παράδειγμα, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι διαστάσεις και το βάρος κάθε προϊόντος, να επινοηθεί μια στρατηγική για την ομοιόμορφη κατανομή του βάρους και να εξασφαλιστεί η σταθερότητα του φορτίου. Επιπλέον, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τυχόν υλικοτεχνικοί ή άλλοι ειδικοί περιορισμοί που μπορεί να υπάρχουν. [26,27]

Αν και η χειροκίνητη διαδικασία μπορεί να απαιτεί σημαντική επένδυση χρόνου, το εξελεγμένο λογισμικό μπορεί να προτείνει αβίαστα τα βέλτιστα σχέδια. Οι κρίσιμες παράμετροι και οι περιορισμοί για μια συγκεκριμένη αποστολή εισάγονται σε αυτές τις εφαρμογές. Στη συνέχεια, εφαρμόζουν εξελεγμένους αλγόριθμους σε αυτές τις πληροφορίες προκειμένου να καθορίσουν τη βέλτιστη διευθέτηση του φορτίου. Οι αλγόριθμοι λαμβάνουν υπόψη κάθε πιθανή πτυχή προκειμένου να δημιουργήσουν πρακτικές προτάσεις για την αποτελεσματική συσκευασία του φορτίου.

Αναγνωρίζοντας την κρισιμότητα του σχεδιασμού φορτίου κάθε οργανισμός που ασχολείται με τη διαχείριση εμπορευμάτων πρέπει να δίνει προτεραιότητα στον προγραμματισμό φορτίου για τους ακόλουθους λόγους:

Βελτιωμένη αξιοποίηση του χώρου: : ο πρόχειρος σχεδιασμός και η τυχαία διάταξη των εμπορευματοκιβωτίων έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργείται κενός-ανεκμετάλλευτος χώρος.. Αντίθετα, ο ευφυής σχεδιασμός φορτίου μεγιστοποιεί τη χρήση του προσβάσιμου χώρου σύμφωνα με τις διαστάσεις, τη διαμόρφωση και το ύψος των αντικειμένων. Οι οργανισμοί μπορούν να μειώσουν τη συχνότητα των ταξιδιών ελαχιστοποιώντας τους αχρησιμοποίητους κενούς χώρους. Με το κέρδος να είναι μειωμένα έξοδα, βελτιωμένη αξιοποίηση των πόρων και αυξημένη παραγωγικότητα.

Μείωση του κόστους: Οι οργανισμοί που εφαρμόζουν αναποτελεσματικές στρατηγικές σχεδιασμού φορτίου αποτυγχάνουν να μεγιστοποιήσουν τη χρήση της



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

χωρητικότητας του φορτίου τους, με αποτέλεσμα να απαιτούνται συμπληρωματικές παραδόσεις για τη μεταφορά της ίδιας ποσότητας προϊόντων. Αυτό προκαλεί πρόσθετο κόστος για τον οργανισμό. Με τον προγραμματισμό φορτίου, ωστόσο, μπορείτε να μεταφέρετε μεγαλύτερη ποσότητα προϊόντος ανά ταξίδι. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση κόστους σε καύσιμα, εργασία και συντήρηση.

Ενισχυμένη σταθερότητα και ασφάλεια φορτίου: Ο έξυπνος σχεδιασμός φορτίου εγγυάται την ομοιόμορφη κατανομή του βάρους σε όλο το πλοίο. Οι αλγόριθμοι εξασφαλίζουν τη σταθερότητα και την ασφάλεια των αντικειμένων κατά τη διάρκεια της μεταφοράς. Έτσι αποφεύγονται επικίνδυνες καταρρεύσεις ή προσαρμογές. Με την ενσωμάτωση περιορισμών, απαιτήσεων ισορροπίας και ορίων, μειώνεται ο κίνδυνος για το φορτίο και τον χειριστή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα προϊόντα να ταξιδεύουν με ασφαλέστερο τρόπο.

Ικανοποίηση των πελατών: Φανταστείτε τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει η ναυτιλιακή βιομηχανία ως αποτέλεσμα του ανεπαρκούς σχεδιασμού φορτίου. Είναι ανεπιθύμητο για τους πελάτες να αντιμετωπίζουν καθυστερήσεις παράδοσης ως αποτέλεσμα ανεπαρκούς σχεδιασμού φορτίου. Επιπλέον, οι πελάτες απεχθάνονται να παραλαμβάνουν προϊόντα που έχουν υποστεί ζημιές ως αποτέλεσμα ασταθούς φόρτωσης. Ο σχεδιασμός φορτίου καθίσταται κρίσιμος σε τέτοιες περιπτώσεις για να διασφαλιστεί η ικανοποίηση των πελατών. Οι πελάτες έχουν εμπιστοσύνη στην ικανότητα της εταιρείας ότι θα παραδώσει τα προϊόντα τους με ασφάλεια και σιγουριά. Αυτό ενισχύει την αφοσίωση των καταναλωτών και καλλιεργεί μια ευνοϊκή εικόνα για την εταιρεία.

Περιβαλλοντικά ζητήματα: Επιπλέον, ο αναποτελεσματικός σχεδιασμός φορτίου από τις επιχειρήσεις μπορεί να οδηγήσει σε αδικαιολόγητες περιβαλλοντικές ανησυχίες από τις ρυθμιστικές επιτροπές. Ενδεικτικά, μια αλυσίδα παντοπωλείων που παραμελεί τον προγραμματισμό φορτίου μπορεί να αναγκαστεί να πραγματοποιήσει πολυάριθμες μετακινήσεις, με αποτέλεσμα την κλιμάκωση της χρήσης καυσίμων και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η τοπική κυβέρνηση παρακολουθεί επιμελώς τις εταιρείες logistics για να διασφαλίσει ότι δεν ξεπερνούν το προβλεπόμενο μέγιστο όριο ανθρακικού αποτυπώματος. Το αποτύπωμα άνθρακα διευρύνεται όταν



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

πραγματοποιούνται πρόσθετες μετακινήσεις με οχήματα χωρίς πρόθεση. Παρ' όλα αυτά, διευκολύνοντας τον αποτελεσματικό προγραμματισμό των φορτίων, οι εταιρείες logistics μπορούν εύκολα να αντιμετωπίσουν αυτά τα εμπόδια, προωθώντας έτσι μια ισχυρή αφοσίωση στην περιβαλλοντική ευθύνη.

Σημαντικές οικονομικές μειώσεις σε καύσιμα και ανθρώπινους πόρους: Ο αποτελεσματικός σχεδιασμός φορτίου συμβάλλει άμεσα στην εξοικονόμηση κόστους για τον οργανισμό. Τα καύσιμα, τα εργατικά και το κόστος συντήρησης μειώνονται καθώς μειώνεται ο αριθμός των ταξιδιών και το μέγεθος των εμπορευματοκιβωτίων- η εξοικονόμηση αυτή προκύπτει από περιττά ταξίδια ή υπερμεγέθη οχήματα. Με την ελαχιστοποίηση των ταξιδιών, μπορεί κανείς να μετριάσει αποτελεσματικά τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Τέλος, ο χρόνος που εξοικονομείται από τις καλά σχεδιασμένες διαδρομές επιτρέπει τον προγραμματισμό πρόσθετων ταξιδιών ανά ημέρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα χαμηλή αναλογία σταθερών και μεταβλητών δαπανών σε μηνιαία βάση.

Ανώτερη λειτουργική αποδοτικότητα: Οι οργανισμοί μπορούν να επιτύχουν υψηλό επίπεδο αποδοτικότητας βελτιστοποιώντας την κατανομή του βάρους των φορτίων και των εκφορτώσεων, μειώνοντας έτσι το χρόνο που απαιτείται για πρόσθετα ταξίδια. Επιπλέον, τα εργαλεία σχεδιασμού φορτίου συνιστούν τη βέλτιστη σειρά με την οποία θα φορτωθούν και θα εκφορτωθούν τα αντικείμενά . Συνιστά, για παράδειγμα, να φορτώνονται πρώτα τα αντικείμενα που παραδίδονται τελευταία, ώστε να διευκολύνεται και να επιταχύνεται η εκφόρτωση. Κατά συνέπεια, χάνεται η βέλτιστη στιγμή για την προετοιμασία του επόμενου ταξιδιού.

Βελτιωμένη ασφάλεια για τα οχήματα και τους μεταφορείς: Όταν όλα τα αντικείμενα είναι τοποθετημένα με τη βέλτιστη κατανομή βάρους, τόσο το εμπορευματοκιβώτιο όσο και το πλοίο διατηρούν τη σταθερότητά τους.

Τήρηση των κανονιστικών προτύπων: Οι ναυτιλιακές εταιρείες που δεν τηρούν την κανονιστική συμμόρφωση όσον αφορά τα φορτία αξόνων ή τα μέγιστα όρια βάρους υπόκεινται σε σημαντικές οικονομικές κυρώσεις που επιβάλλονται από το ρυθμιστικό συμβούλιο. Ωστόσο, με την ευσυνείδητη τήρηση του σχεδιασμού φορτίου, όχι μόνο



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

αποκτούν κατανόηση των κανονιστικών περιορισμών, αλλά γίνονται και υποστηρικτές της ασφαλούς και υπεύθυνης μεταφοράς μεταξύ των ανταγωνιστών τους. [28-32].

Πλήρης βελτιστοποίηση πόρων: Ο σχεδιασμός φορτίου βελτιστοποιεί κάτι περισσότερο από τον χώρο του φορτίου. Βελτιστοποιεί την αποτελεσματική αξιοποίηση πρόσθετων πόρων, όπως το προσωπικό, τα εμπορευματοκιβώτια και τα οχήματα, εφαρμόζοντας γνώσεις που βασίζονται σε δεδομένα. Τελικά, η εφαρμογή της βέλτιστης κατανομής πόρων έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των περιόδων αδράνειας και την αύξηση της επιχειρησιακής αποτελεσματικότητας.

Manual Load Planning - Automatic Load Planning

Manual Load Planning

- Λήψη αποφάσεων: Περιορίζεται στην ανθρώπινη νοημοσύνη και τα δεδομένα.
- Κόστος-αποτελεσματικότητα: Για επιχειρήσεις μικρής κλίμακας.
- Επεκτασιμότητα: Κλιμάκωση: Προβλήματα λόγω ανθρώπινης νοημοσύνης, όγκου αποστολών και πολυπλοκότητας.
- Αποδοτικότητα: Λιγότερο αποτελεσματική λόγω χρονοβόρων διαδικασιών και ανθρώπινων σφαλμάτων.
- Διαχείριση χρόνου: Χρονοβόρα για πολύπλοκα φορτία και μεγάλους όγκους.
- Ενσωμάτωση συστήματος: Χειροκίνητος χειρισμός δεδομένων από πολλαπλές πηγές.
- Προσαρμογές σε πραγματικό χρόνο: Αργές και λιγότερο αποτελεσματικές.
- Ανάλυση δεδομένων: Περιορισμένη εμβέλεια των γνώσεων που βασίζονται σε δεδομένα.

Automatic Load Planning

- Λήψη αποφάσεων: Διευκολύνει την έγκαιρη λήψη αποφάσεων με την ενσωμάτωση της ανθρώπινης εισροής με αλγορίθμους που βασίζονται σε δεδομένα και προωθούνται από τεχνητή νοημοσύνη.



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

- Αποδοτικότητα κόστους: Ενώ οι λειτουργίες μεγάλης κλίμακας απαιτούν μεγαλύτερη αρχική επένδυση, αποδίδουν γρήγορα την επένδυση.
- Επεκτασιμότητα: Εξαιρετικά επεκτάσιμη σύμφωνα με τον όγκο των αντικειμένων και την ποικιλομορφία του φορτίου.
- Αποδοτικότητα: Οπτικά αποδοτική όταν διαμορφώνεται για αυτοματοποίηση με τον κατάλληλο τρόπο.
- Διαχείριση χρόνου: Οι αυτοματοποιημένες διαδικασίες τεχνητής νοημοσύνης και μηχανικής μάθησης το καθιστούν απίστευτα γρήγορο.
- Διαχείριση πολυπλοκότητας: Ικανή στη διαχείριση εκτεταμένων και περίπλοκων λειτουργιών εφοδιαστικής.
- Ενσωμάτωση συστημάτων: Απλή ενσωμάτωση με πρόσθετα συστήματα επεξεργασίας δεδομένων.

Συμπερασματικά, το automatic load planning αναδεικνύεται ως η προτιμώμενη επιλογή για τη διαχείριση κοντέινερ, προσφέροντας σημαντικά πλεονεκτήματα όπως αυξημένη ακρίβεια, ταχύτητα και αποτελεσματικότητα. Με την ικανότητά του να βελτιστοποιεί τη χρήση του χώρου και να ελαχιστοποιεί τα λειτουργικά έξοδα, συμβάλλει στη συνολική αποδοτικότητα των μεταφορών. Επιπλέον, η ευελιξία που παρέχει στην προσαρμογή σε μεταβαλλόμενες συνθήκες καθιστά το αυτόματο σχέδιο φόρτωσης έναν αναγκαίο σύμμαχο για τις σύγχρονες επιχειρήσεις που επιθυμούν να παραμείνουν ανταγωνιστικές και βιώσιμες στην αγορά.[33-35].

3.2 STOWAGE PLAN



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”



Πίνακας 3 : Σχέδιο στοιβασίας για εμπορευματοκιβώτια

Πηγή : Lotus-Containers.com (2024)

Η αξιοποίηση του χώρου απαιτεί ένα σχέδιο στοιβασίας για τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, στο οποίο τα εμπορευματοκιβώτια φορτώνονται και στοιβάζονται σχολαστικά. Αφού τοποθετηθούν και στοιβαχτούν με ακρίβεια, τα θαλάσσια πλοία είναι έτοιμα να ξεκινήσουν ταξίδια σε διεθνή ύδατα. Προκειμένου να αποφευχθεί η ζημία του φορτίου που προκαλείται από την ολίσθηση των εμπορευματοκιβωτίων στα πλοία, η στρατηγική στοιβασίας απαιτεί την πρόσδεση των εμπορευματοκιβωτίων στα πλοία. Ένα σχέδιο στοιβασίας για πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων λειτουργεί ως ένα λεπτομερές σχέδιο που καθορίζει τη διάταξη των εμπορευματοκιβωτίων φορτίου στο πλοίο. Λαμβάνει υπόψη διάφορους παράγοντες, όπως το λιμάνι προορισμού, τον τύπο του εμπορευματοκιβωτίου, τις διαστάσεις του εμπορευματοκιβωτίου και το βάρος του εμπορευματοκιβωτίου. Η εφαρμογή μιας συστηματικής διαμόρφωσης των εμπορευματοκιβωτίων είναι κρίσιμη για τη βελτιστοποίηση των λιμενικών λειτουργιών και την αύξηση των εσόδων. [35,36]

Η στοιβασία αναφέρεται στη μεθοδική και προμελετημένη διαδικασία συσκευασίας και αποθήκευσης εμπορευμάτων. Ένα σχέδιο στοιβασίας εφαρμόζεται από τους



*“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”*

εμπορικούς τομείς προκειμένου να διαχειριστούν αποτελεσματικά και να μεγιστοποιήσουν τον χώρο που προορίζεται για την αποθήκευση και τη συσκευασία. Επιπλέον, βοηθά στη μείωση της πιθανότητας σπατάλης χώρου. Οι εμπορικές επιχειρήσεις βελτιστοποιούν τη χρήση του χώρου και συμβάλλουν στην ασφάλεια του φορτίου με την ακριβή ευθυγράμμιση των προϊόντων.

Για παράδειγμα, κατά τη διαδικασία προετοιμασίας και αποθήκευσης φορτίου για μεταφορά, οι πρόσθετοι χώροι συχνά θέτουν σε κίνδυνο την ακεραιότητα των εμπορευμάτων μέσω συγκρούσεων που προκαλούνται από αναταράξεις. Η απουσία στήριξης από όλες τις πλευρές μπορεί να οδηγήσει σε ζημιές στο φορτίο και να προκαλέσει την ανατροπή των εναπομεινάντων στοίβων εμπορευμάτων από τις θέσεις τους λόγω της χαλαρής συσκευασίας. Ως αποτέλεσμα, τροποποιείται ένα σχέδιο στοιβασίας προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η αξιοποίηση του διαθέσιμου χώρου με τον καθορισμό των διαστάσεων, των αποστάσεων και της ευθυγράμμισης των προϊόντων.

Υπάρχουν δύο επίπεδα στον σχεδιασμό στοιβασίας εμπορευματοκιβωτίων. Αρχικά, εποπτεύεται η φόρτωση φορτίου σε εμπορευματοκιβώτια αποστολής, ώστε το εμπορευματοκιβώτιο να μπορεί να αξιοποιηθεί και να γεμίσει. Δεύτερον, το container στοιβάξετε σε ένα containership με απώτερο σκοπό να εξυπηρετηθεί ο μέγιστος αριθμός σε ένα ενιαίο ταξίδι. Αυτό βοηθά στη βελτιστοποίηση του χώρου φορτίου στα containerships, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η χρήση του διαθέσιμου χώρου και να αποφευχθούν οι οικονομικές απώλειες που προκύπτουν από την ακατάλληλη ευθυγράμμιση των εμπορευματοκιβωτίων.

Ενδεικτικά, τα εμπορευματοκιβώτια που χρησιμοποιούνται για αποστολές LCL (Less than Container Load, ένωση φορτίων που ταξιδεύουν με διαφορετικές φορτωτικές) επιτρέπουν την ενοποίηση του φορτίου προκειμένου να αποφευχθεί η σπατάλη αποθηκευτικού χώρου καθ' όλη τη διάρκεια του ταξιδιού. Μέσω της ενοποίησης φορτίου, οι ναυτιλιακές εταιρείες εγγυώνται ότι οι ελεύθεροι χώροι εντός του εμπορευματοκιβωτίου μπορούν να καταλαμβάνονται από πολλαπλές αποστολές. Αυτό προάγει την οικονομικά αποδοτική ναυτιλία. Ομοίως, τα εμπορευματοκιβώτια στα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων μπορεί να καταλαμβάνουν υπερβολικά



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

μεγάλο χώρο εάν είναι τοποθετημένα με λάθος μοτίβο, χωρίς να αφήνουν χώρο για τα εμπορευματοκιβώτια που δεν έχουν ακόμη φορτωθεί.

Ακολουθούν οι διάφορες μορφές σχεδίων στοιβασίας για πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, οι οποίες ποικίλλουν ανάλογα με τη θέση των εμπορευματοκιβωτίων:

Η πλειονότητα των φορτηγών πλοίων που απασχολούνται από τους θαλάσσιους μεταφορείς είναι πλοία **κυψελωτής στοιβασίας**, τα οποία είναι ειδικά σχεδιασμένα για την αποτελεσματική αποθήκευση εμπορευματοκιβωτίων. Η επικρατούσα τεχνική για την ασφάλιση των εμπορευματοκιβωτίων στο κατάστρωμα είναι η κυψελωτή στοιβασία, η οποία περιλαμβάνει την εισαγωγή των εμπορευματοκιβωτίων στους οδηγούς κυψελών. Οι κυψέλες παρέχουν πρόσθετη στήριξη στις στήλες των εμπορευματοκιβωτίων που βρίσκονται σε κάθετες κυψέλες, αποτρέποντας τη μετατόπισή τους κατά τη διάρκεια του ταξιδιού. [39]

Bay Stowage-τα εμπορευματοκιβώτια μπορούν επίσης να αποθηκεύονται σε κόλπους, οι οποίοι μοιάζουν με διαμερίσματα. Τα εμπορευματοκιβώτια ναυτιλίας ευθυγραμμίζονται κάθετα στο μήκος του φορτηγού πλοίου σύμφωνα με το σχέδιο ελλιμενισμού(κόλπου). Αυτή η μέθοδος στοιβασίας ωφελεί περισσότερο τα oversized containers, όπως για παράδειγμα τα κυβικά εμπορευματοκιβώτια (high cube) ύψους 53 ποδών(feet), τα οποία απαιτούν αυξημένη σταθερότητα κατά το προγραμματισμό αποθήκευσης. [40]

Hatch Cover Stowage-To hatch cover stowage αναφέρεται στη διαδικασία αποθήκευσης και διαχείρισης των καλυμμάτων των ανοιγμάτων σε πλοία, η οποία είναι κρίσιμη για την προστασία του φορτίου από καιρικές συνθήκες και διαρροές. Η στρατηγική αποθήκευσής τους πρέπει να διασφαλίζει ότι τα καλύμματα είναι εύκολα προσβάσιμα και δεν εμποδίζουν άλλες διαδικασίες στο πλοίο. Επιπλέον, η σωστή τοποθέτηση τους επηρεάζει την κατανομή του βάρους, συμβάλλοντας στη σταθερότητα και την ασφάλεια κατά τη διάρκεια της πλεύσης. Η τακτική συντήρηση και ο έλεγχος των hatch covers είναι απαραίτητοι για τη διασφάλιση της λειτουργικότητάς τους, ενώ η τήρηση κανονισμών από οργανισμούς όπως ο Διεθνής



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) εξασφαλίζει την ασφαλή χρήση τους. Συνολικά, η ορθή διαδικασία hatch cover stowage είναι ζωτικής σημασίας για την αποτελεσματική και ασφαλή μεταφορά φορτίου.[41]

Reefer Stowage -τα εμπορευματοκιβώτια ψυγείου είναι μηχανοκίνητα εμπορευματοκιβώτια που χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση ψυχρού περιβάλλοντος. Όταν συμβαίνει αυτό, τα σχέδια στοιβασίας εμπορευματοκιβωτίων ψυγείων πρέπει να είναι αρκετά αποτελεσματικά ώστε να τοποθετούνται τα εμπορευματοκιβώτια σε θέση όπου οι επισκευές τους, η συντήρησή τους και μια υποδοχή για τις επεκτάσεις καλωδίων για την τροφοδοσία των εμπορευματοκιβωτίων είναι εύκολα προσβάσιμες. [42]

Δεδομένα απαραίτητα για τη δημιουργία ενός αποδοτικού stowage plan

Ο σχεδιασμός, οι διαστάσεις και οι μεταφορικές ικανότητες των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων που θα χρησιμοποιηθούν για τη μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων πρέπει να είναι γνωστά.

Πρέπει να προσδιοριστούν όλοι οι ενδιαμέσσοι λιμένες από τους οποίους πρέπει να περάσει το πλοίο κατά τη διαδρομή προς τον τελικό προορισμό του.

Ο τύπος, το ύψος, το βάρος, το μέγεθος και ο αριθμός των εμπορευματοκιβωτίων είναι όλα τα χαρακτηριστικά των εμπορευματοκιβωτίων μεταφοράς που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την ανάπτυξη μιας στρατηγικής στοιβασίας. [43]

Επιπλέον, πρέπει να απαριθμούνται τα εμπορευματοκιβώτια που μεταφέρουν επικίνδυνα υλικά που απαιτούν ειδικό χειρισμό και τα εμπορευματοκιβώτια που απαιτούν ηλεκτρική υποστήριξη, συμπεριλαμβανομένων των εμπορευματοκιβωτίων ψυγείων, προκειμένου να διευκολυνθεί η σωστή διευθέτησή τους.

Πριν από την άφιξη του πλοίου σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία, απαιτείται κατάλογος των εμπορευματοκιβωτίων που βρίσκονται ήδη στο πλοίο, ώστε να είναι δυνατή η προσθήκη εμπορευματοκιβωτίων μεταξύ εκείνων που έχουν ήδη φορτωθεί στα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

Η σωστή τοποθέτηση των εμπορευματοκιβωτίων εντός των containerships είναι ζωτικής σημασίας για την αποτελεσματική φόρτωση και εκφόρτωση του φορτίου. Βοηθά στην πρόληψη ζημιών στο φορτίο που προκαλούνται από την ανατροπή των εμπορευματοκιβωτίων από το πλοίο κατά τη μεταφορά.

Προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η αξιοποίηση κάθε καταστρώματος και κυβικού μέτρου του αποθηκευτικού χώρου, καθώς και να διασφαλιστεί η σταθερή κατανομή των εμπορευματοκιβωτίων κατά μήκος και πλάτος του πλοίου, απαιτείται μια ολοκληρωμένη ανάλυση του σχεδιασμού του πλοίου.

Το γραφείο καταστρώματος καθορίζει την κατακόρυφη ή οριζόντια ευθυγράμμιση των εμπορευματοκιβωτίων μεταφοράς σύμφωνα με τον σχεδιασμό του πλοίου.

Προκειμένου να προσδιοριστεί η ποσότητα των εμπορευματοκιβωτίων που μπορούν να στοιβαχτούν σε μία μόνο βαθμίδα, πραγματοποιείται ανάλυση όλων των διαθέσιμων δεδομένων που αφορούν την ποσότητα, το βάρος και τις διαστάσεις των εμπορευματοκιβωτίων.

Κατά τη διαδικασία στοιβαξης, τα εμπορευματοκιβώτια που μεταφέρουν φορτία FCL ή βαρύ φορτίο τοποθετούνται κάτω από τα εμπορευματοκιβώτια φορτίου χαμηλού βάρους. [44]

Πλεονεκτήματα που παρέχει μια αποτελεσματική στρατηγική στοιβασίας πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων για τα λιμάνια και τις εταιρείες μεταφορών

Η εφαρμογή ενός σχεδίου στοιβασίας για τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων ενισχύει την ασφάλεια του φορτίου και δημιουργεί έσοδα για τις εταιρείες μεταφορών. Επιπλέον, βοηθά στην ενίσχυση της λειτουργικής αποτελεσματικότητας των θαλάσσιων λιμένων.



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“ Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

Ναυτιλιακές επιχειρήσεις

Μια αποτελεσματική στρατηγική στοιβασίας εγγυάται ότι η χωρητικότητα του πλοίου βελτιστοποιείται και αξιοποιείται πλήρως, χωρίς περιττή σπατάλη χώρου. Με την ακριβή φόρτωση των εμπορευματοκιβωτίων στα πλοία, οι ναυτιλιακές εταιρείες έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρουν μεγαλύτερο αριθμό εμπορευματοκιβωτίων ανά ταξίδι, αυξάνοντας κατά συνέπεια τα έσοδά τους.

Ένα συστηματικό σχέδιο στοιβασίας παίζει ρόλο στην πράσινη πρωτοβουλία του IMO και βοηθά στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, μειώνοντας έτσι την κατανάλωση καυσίμων. Η βέλτιστη φόρτωση των πλοίων έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της χωρητικότητας των εμπορευματοκιβωτίων, η οποία με τη σειρά της μειώνει την ανάγκη για πρόσθετα ταξίδια μετ' επιστροφής και προάγει την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Τα περιθώρια κέρδους των ναυτιλιακών εταιρειών αυξάνονται ως αποτέλεσμα των μειωμένων δαπανών για ταξίδια και καύσιμα.

Ταχύτερη διαμετακόμιση-Τα εμπορευματοκιβώτια μπορούν να φορτωθούν και να εκφορτωθούν από τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων με ελάχιστη προσπάθεια, εάν εφαρμόζεται η κατάλληλη στρατηγική στοιβασίας. Με τη μείωση του χρόνου ανακύκλωσης των πλοίων, διευκολύνεται η βελτιστοποίηση των εργασιών των θαλάσσιων λιμένων. Οι παραδόσεις που πραγματοποιούνται άμεσα από μια μεταφορική εταιρεία αυξάνουν την απόκτηση πελατών.

Χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου- Ένα συστηματικό σχέδιο αποθήκευσης συμβάλλει στη πράσινη πρωτοβουλία του IMO και στη μείωση των εκπομπών άνθρακα. Όταν τα πλοία φορτώνονται με ορθό τρόπο μπορούν να φορτώσουν περισσότερα εμπορευματοκιβώτια, μειώνουν την ανάγκη για παραπάνω ταξίδια που χρειάζονται επιστροφή και συμβάλλουν στη περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Με αυτό



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

το τρόπο οι ναυτιλιακές επιχειρήσεις εξοικονομούν χρήματα σε ταξίδια και καύσιμα αυξάνοντας το περιθώριο κέρδους.

Οι ναυτιλιακές εταιρείες που γεμίζουν τα εμπορευματοκιβώτια σύμφωνα με τα σχέδια στοιβασίας εγγυώνται ότι το φορτίο των εμπορευματοκιβωτίων είναι κατάλληλα ισορροπημένα στα πλοία, ενισχύοντας έτσι την ασφάλεια του φορτίου. Με την ασφαλή στερέωση των εμπορευματοκιβωτίων στο πλοίο, μειώνεται σημαντικά η πιθανότητα ολίσθησης ή ζημίας του φορτίου. Η ενισχυμένη προστασία του φορτίου μετριάξει τις απώλειες φορτίου και προσελκύει περισσότερους μεταφορείς.

Ναυτιλιακοί Λιμένες

Μειώνει τη συμφόρηση στα λιμάνια- Οι ταχείες διαδικασίες εκφόρτωσης και φόρτωσης στα ναυπηγεία εμπορευματοκιβωτίων εξαρτώνται από τη στοιβασία των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων σύμφωνα με το καθορισμένο σχέδιο. Η εφαρμογή μιας μεθοδικής διάταξης εμπορευματοκιβωτίων διευκολύνει την ανάκτηση των εμπορευματοκιβωτίων και μειώνει τη συμφόρηση των λιμένων που προκύπτει από τον πρόσθετο χρόνο που απαιτείται για τον ελλιμενισμό. Διευκολύνει τις λιμενικές αρχές στην έγκαιρη τήρηση των δρομολογίων απόπλου.

Εάν τα εμπορευματοκιβώτια φορτώνονται σύμφωνα με το βάρος τους, τις απαιτήσεις για τον εξοπλισμό χειρισμού και τον λιμένα προορισμού, εξασφαλίζεται η ασφάλεια του λιμένα. Οι εργαζόμενοι είναι σε θέση να εκφορτώσουν τα εμπορευματοκιβώτια γρήγορα και χωρίς να υποστούν τραυματισμούς.. Η εφαρμογή ενός σχεδίου στοιβασίας από τις λιμενικές αρχές εγγυάται την προστασία του προσωπικού και των μηχανημάτων τους.

Μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων- Ένα πλοίο με ταχύτερο χρόνο ανακύκλωσης χρησιμοποιεί τα καύσιμα πιο αποτελεσματικά και αποτρέπει τη σπατάλη καυσίμων. Το σχέδιο στοιβασίας διευκολύνει τη ρύθμιση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και επιτρέπει στους λιμένες να τηρήσουν τον στόχο τους για επίτευξη ουδετερότητας ως προς το διοξείδιο του άνθρακα έως το 2050. [45]



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

Κεφάλαιο 4 : Αυτοματισμοί και νέες τεχνολογίες

Ο αυτοματισμός στους τερματικούς σταθμούς έχει αναδειχθεί ως μια από τις πιο κρίσιμες καινοτομίες στη ναυτιλία και τη διαχείριση εμπορευματοκιβωτίων. Με την αυξανόμενη ζήτηση για γρήγορη και αποδοτική μεταφορά εμπορευμάτων, οι λιμένες παγκοσμίως ενσωματώνουν αυτοματοποιημένα συστήματα για να βελτιστοποιήσουν τις λειτουργίες τους, να μειώσουν το κόστος και να αυξήσουν την παραγωγικότητα. Οι νέες τεχνολογίες επιτρέπουν την πιο αποτελεσματική διαχείριση των διαδικασιών, από τη μεταφόρτωση των κοντέινερ έως τη διαχείριση των αποθηκευτικών χώρων, προσφέροντας ταχύτερες και πιο ασφαλείς λύσεις για τις εφοδιαστικές αλυσίδες.

Ο αυτοματισμός ενσωματώνει συστήματα όπως οι αυτοματοποιημένοι γερανοί κατακόρυφης κίνησης (Ship-to-Shore Cranes), τα αυτόνομα οχήματα μεταφοράς (AGVs) και η χρήση συστημάτων αναγνώρισης μέσω ραδιοσυχνοτήτων (RFID). Κάθε τεχνολογία έχει τη δική της σημασία στη βελτιστοποίηση της λειτουργίας των τερματικών σταθμών. Στα επόμενα υποκεφάλαια θα αναλυθούν οι συγκεκριμένες τεχνολογίες και τα πλεονεκτήματά τους.

4.1 Εισαγωγή αυτοματισμού στα τερματικά

Αυτοματοποιημένοι γερανοί κατακόρυφης κίνησης στο λιμένα (Automated Ship to Shore Cranes)

Οι γερανοί STS καθορίζουν το ρυθμό για ολόκληρο το τερματικό και η παραγωγικότητα των γερανών STS είναι εξαιρετικά σημαντική για την εμπορική επιτυχία ολόκληρου του τερματικού σταθμού εμπορευματοκιβωτίων. Αποτελούν ουσιαστικά τους κύριους μηχανισμούς που χρησιμοποιούνται για την ανύψωση και τη μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων από τα πλοία στους τερματικούς σταθμούς. Η σύγχρονη έκδοση αυτών των γερανών, γνωστή ως ultra post-Panamax, έχει την ικανότητα να χειρίζεται μεγαλύτερα πλοία, ακόμα και τα μεγαλύτερα της κατηγορίας,



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“ Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

με ανυψωτική ικανότητα που φτάνει μέχρι τους 120 τόνους. Αυτός ο τύπος γερανού επιτρέπει τη διαχείριση πολλαπλών κοντέινερ ταυτόχρονα, αυξάνοντας δραστικά την ταχύτητα εκφόρτωσης και φόρτωσης.

Οι γερανοί αυτοί είναι εξοπλισμένοι με εξελιγμένα ηλεκτρονικά συστήματα και χρησιμοποιούν τεχνολογίες όπως ψηφιακή μετατροπή συχνότητας AC και ελεγκτές PLC, προσφέροντας υψηλή ακρίβεια στις κινήσεις τους και βελτιστοποίηση των λειτουργιών. Επιπλέον, με τη βοήθεια της τεχνολογίας τεχνητής νοημοσύνης (AI) και της μηχανικής μάθησης, οι γερανοί μπορούν να αυτοματοποιούν πολλές από τις διαδικασίες ανύψωσης και μεταφοράς, εξαλείφοντας έτσι την ανάγκη για ανθρώπινη παρέμβαση και μειώνοντας το περιθώριο λάθους.

Σημαντικό χαρακτηριστικό τους είναι επίσης η αντικραδαστική λειτουργία (anti-sway technology), που διασφαλίζει ότι οι κινήσεις των εμπορευματοκιβωτίων κατά την ανύψωση και μετακίνηση παραμένουν σταθερές, ελαχιστοποιώντας τον κίνδυνο ατυχημάτων ή ζημιών. Η αυτοματοποίηση της διαδικασίας αυτής συμβάλλει στην ταχύτερη εξυπηρέτηση μεγαλύτερου όγκου πλοίων και εμπορευμάτων, μειώνοντας τον χρόνο παραμονής των πλοίων στους τερματικούς σταθμούς.[46,47,48]

Αυτοματοποιημένα καθοδηγούμενα οχήματα (Automated Guided Vehicles-AGVs)

Τα AGV συμβάλλουν στη βελτίωση της απόδοσης των τερματικών σταθμών, επιτρέποντας τη γρήγορη και αποτελεσματική διακίνηση των εμπορευμάτων χωρίς να παρεμποδίζονται από την ανθρώπινη παρέμβαση. Επιπλέον, παρέχουν αυξημένη ευελιξία, καθώς μπορούν να επαναπρογραμματιστούν σε πραγματικό χρόνο, προσαρμοζόμενα στις ανάγκες του τερματικού σταθμού και τη ροή εργασίας. Αυτό μειώνει τις πιθανότητες συμφόρησης και καθυστερήσεων, ενώ παράλληλα βελτιώνει την αξιοπιστία της λειτουργίας των σταθμών.



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

Επιπλέον, τα AGV είναι φιλικά προς το περιβάλλον, καθώς μπορούν να λειτουργούν με ηλεκτρική ενέργεια, μειώνοντας τις εκπομπές ρύπων και το ενεργειακό κόστος. Η λειτουργία τους 24/7 χωρίς ανάγκη για ξεκούραση ή αλλαγή βάρδιας συμβάλλει στην αύξηση της παραγωγικότητας του τερματικού σταθμού, ενώ η εξάλειψη του ανθρώπινου παράγοντα μειώνει τα ατυχήματα και τα λάθη που συχνά προκύπτουν κατά τη χειροκίνητη διακίνηση των φορτίων. [49,50].

Συστήματα Παρακολούθησης και Διαχείρισης (RFID Systems)

Η χρήση της τεχνολογίας RFID (Radio Frequency Identification) στους τερματικούς σταθμούς ενισχύει τη διαφάνεια και την ασφάλεια στη διαχείριση των εμπορευματοκιβωτίων. Τα RFID συστήματα επιτρέπουν την ταυτοποίηση και παρακολούθηση των εμπορευμάτων σε πραγματικό χρόνο, προσφέροντας άμεση πρόσβαση σε κρίσιμες πληροφορίες, όπως η τοποθεσία, η κατάσταση και η πορεία των κοντέινερ.

Αυτή η τεχνολογία βασίζεται στη χρήση μικρών ετικετών RFID που τοποθετούνται στα εμπορευματοκιβώτια. Οι ετικέτες αυτές επικοινωνούν με αναγνώστες μέσω ραδιοκυμάτων, επιτρέποντας την ταυτοποίηση κάθε εμπορευματοκιβωτίου χωρίς την ανάγκη άμεσης οπτικής επαφής ή χειροκίνητης παρέμβασης. Οι πληροφορίες που συλλέγονται από τα συστήματα RFID ενσωματώνονται στα κεντρικά συστήματα διαχείρισης του λιμανιού, διευκολύνοντας τον έλεγχο των αποθεμάτων, τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας και την παρακολούθηση της κίνησης των φορτίων.

Επιπλέον, τα RFID συστήματα συμβάλλουν στην ενίσχυση της ασφάλειας των εμπορευματοκιβωτίων, καθώς παρέχουν πληροφορίες για την κατάσταση των φορτίων, ανιχνεύοντας πιθανές παρεμβάσεις ή μη εξουσιοδοτημένες μετακινήσεις. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την προστασία ευαίσθητων ή υψηλής αξίας εμπορευμάτων. Ταυτόχρονα, η παρακολούθηση της θερμοκρασίας, της υγρασίας και



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“ Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης *container* στους τερματικούς σταθμούς ”

άλλων περιβαλλοντικών συνθηκών είναι εφικτή μέσω της χρήσης αισθητήρων, κάτι που είναι ζωτικής σημασίας για την ασφαλή μεταφορά ευαίσθητων προϊόντων, όπως φαρμακευτικά προϊόντα ή τρόφιμα.[51,52,53].

4.2 Παραδείγματα εφαρμογής των ανωτέρω τεχνολογιών σε δημοφιλείς λιμένες

Λιμένας του Αμβούργου, Γερμανία

Ο Λιμένας του Αμβούργου είναι γνωστός για τον υψηλό βαθμό αυτοματοποίησης του, ιδιαίτερα στο Container Terminal Altenwerder (CTA). Το CTA διακρίνεται παγκοσμίως για την παραγωγικότητά του, κάτι που αποδίδεται κυρίως στη χρήση Αυτόνομων Οχημάτων Μεταφοράς (AGVs). Η πλήρης αυτοματοποίηση των μεταφορών εντός του τερματικού επιτρέπει την ελαχιστοποίηση των χειριστών και τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών φόρτωσης και εκφόρτωσης. Ένα σημαντικό ορόσημο ήταν η ολοκλήρωση της αναβάθμισης του στόλου των AGVs σε ηλεκτροκίνητα οχήματα με μπαταρία, μειώνοντας το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και βελτιώνοντας την ενεργειακή απόδοση του τερματικού.[54]

Λιμένας της Σαγκάης, Κίνα

Ο Λιμένας της Σαγκάης, και συγκεκριμένα το Yangshan Deep Water Port, είναι το μεγαλύτερο και πολυάσχολο λιμάνι εμπορευματοκιβωτίων στον κόσμο. Η αυτοματοποίηση αποτελεί βασικό στοιχείο των λειτουργιών του λιμανιού, με τα AGVs να παίζουν κεντρικό ρόλο στη διαχείριση του μεγάλου όγκου πλοίων που



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“ Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης *container* στους τερματικούς σταθμούς ”

επισκέπτονται το λιμάνι καθημερινά. Τα AGVs συνδέονται με ένα προηγμένο σύστημα διαχείρισης του λιμένα, το οποίο επιτρέπει προσαρμογές σε πραγματικό χρόνο και διασφαλίζει τη μέγιστη αποδοτικότητα κατά τη διακίνηση των εμπορευματοκιβωτίων. Αυτό το επίπεδο αυτοματισμού επιτρέπει στο λιμάνι της Σαγκάης να διαχειρίζεται με επιτυχία τον τεράστιο όγκο φορτίων και να παραμένει ηγέτης στην παγκόσμια εφοδιαστική αλυσίδα. [55].

Λιμένας της Σιγκαπούρης

Η Σιγκαπούρη άρχισε να ενσωματώνει τα AGVs στις λειτουργίες της το 2016, με το τερματικό Pasir Panjang της PSA Singapore να λειτουργεί ως χώρος δοκιμών για τις μελλοντικές εξελίξεις. Στην αρχική φάση, δοκιμάστηκε ένας στόλος από 30 AGVs, ο οποίος βοήθησε στην προετοιμασία για την ανάπτυξη των AGVs στο μέλλον. Οι δοκιμές αυτές αποτέλεσαν το θεμέλιο για τη λειτουργία του νέου τερματικού στην περιοχή Tuas, όπου η Σιγκαπούρη σχεδιάζει να συγκεντρώσει όλες τις επιχειρήσεις εμπορευματοκιβωτίων. Η Φάση 1 του Tuas άνοιξε τον Σεπτέμβριο του 2022, και το έργο αναμένεται να ολοκληρωθεί το 2040. Μέχρι τον Φεβρουάριο του 2024, περισσότεροι από 200 ηλεκτροκίνητοι AGVs με μπαταρία βρίσκονταν σε πλήρη λειτουργία στο νέο τερματικό, διασφαλίζοντας υψηλή απόδοση και συνεχή εξέλιξη των λιμενικών δραστηριοτήτων της χώρας. [56].

Λιμένας του Ρότερνταμ, Ολλανδία

Ο Λιμένας του Ρότερνταμ είναι από τους πιο προηγμένους τεχνολογικά λιμένες στον κόσμο, και το ECT Delta στο Maasvlakte υπήρξε ένας από τους πρωτοπόρους στη χρήση Αυτόνομων Οχημάτων Μεταφοράς (AGVs). Το τερματικό λειτουργεί για πάνω από 20 χρόνια, θέτοντας τα θεμέλια για τη σημερινή αυτοματοποίηση λιμένων σε διεθνές επίπεδο. Τα τελευταία χρόνια, η προσθήκη νέων αυτοματοποιημένων



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

τερματικών όπως το Rotterdam World Gateway (RWG) και το APM Terminals Maasvlakte II έχει ενισχύσει περαιτέρω την αποδοτικότητα του λιμένα.

Τα νέα αυτά τερματικά παρουσιάζουν σημαντικές βελτιώσεις στην ταχύτητα διαχείρισης των εμπορευματοκιβωτίων και μειώσεις στον χρόνο αναμονής των πλοίων, κάτι που αναδεικνύει τα απτά οφέλη από την εκτεταμένη χρήση των AGVs. Επιπλέον, και τα δύο τερματικά βρίσκονται σε φάση επέκτασης, με στόχο την αύξηση της χωρητικότητας και τη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας του λιμένα. Ο Λιμένας του Ρότερνταμ παραμένει ηγέτης στην αυτοματοποίηση λιμενικών εργασιών, προσφέροντας ένα πρότυπο για τα παγκόσμια λιμάνια που επιδιώκουν τη βελτίωση της παραγωγικότητας μέσω της καινοτομίας.

Ο αυτοματισμός στους τερματικούς σταθμούς προσφέρει πολυάριθμα πλεονεκτήματα που επηρεάζουν θετικά τόσο τη λειτουργία όσο και την αποδοτικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι αυτοματοποιημένοι γερανοί, τα AGV και τα συστήματα RFID είναι παραδείγματα τεχνολογιών που βελτιώνουν τη διαχείριση των κοντέινερ, μειώνουν το κόστος και αυξάνουν την ταχύτητα εξυπηρέτησης των πλοίων και των πελατών. Μέσω της ενσωμάτωσης αυτών των τεχνολογιών, οι τερματικοί σταθμοί μπορούν να ανταποκριθούν στις αυξανόμενες απαιτήσεις της διεθνούς εμπορικής δραστηριότητας, ενισχύοντας παράλληλα τη βιωσιμότητα και την ασφάλεια.[57].



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“ Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

Κεφάλαιο 5 : Συμπεράσματα

Ο τομέας των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων έχει υποστεί σημαντική εξέλιξη, καθώς οι απαιτήσεις του παγκόσμιου εμπορίου αυξάνονται ραγδαία. Με την παγκοσμιοποίηση και την ταχεία αύξηση του όγκου των εμπορευμάτων, οι ναυτιλιακές εταιρείες καλούνται να ανταποκριθούν σε μια αγορά που απαιτεί μεγαλύτερη αποδοτικότητα, ταχύτητα και ασφάλεια. Για να επιτευχθεί αυτό, έχουν αναπτυχθεί σύγχρονες λύσεις που στηρίζονται στην τεχνολογία και την αυτοματοποίηση, προσφέροντας βελτιστοποιημένες διαδικασίες και εξασφαλίζοντας τη βιωσιμότητα των λειτουργιών. Κεντρικός πυλώνας αυτής της βελτιστοποίησης είναι ο σωστός σχεδιασμός φορτίου και φόρτωσης, που πλέον υλοποιείται με τη βοήθεια καινοτόμων λογισμικών και αυτοματοποιημένων συστημάτων.

Η Σημασία του Σχεδιασμού Φορτίου

Ο σχεδιασμός φορτίου παίζει κρίσιμο ρόλο στη βελτιστοποίηση της διαχείρισης των μεταφορών. Μέσω του σωστού σχεδιασμού, επιτυγχάνεται η καλύτερη αξιοποίηση του χώρου στα πλοία και στα φορτηγά, μειώνοντας τις ανάγκες για επιπλέον δρομολόγια. Αυτή η στρατηγική προσέγγιση βοηθά τις επιχειρήσεις να μειώσουν τις μεταφορικές δαπάνες, κάτι που συντελεί όχι μόνο στην εξοικονόμηση κόστους αλλά και στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος λόγω της μικρότερης κατανάλωσης καυσίμων.

Ο σωστός σχεδιασμός φορτίου περιλαμβάνει τη βελτιστοποίηση της τοποθέτησης των εμπορευμάτων ώστε να εξασφαλίζεται η ασφάλειά τους κατά τη διάρκεια της μεταφοράς. Η κατάλληλη διαχείριση του φορτίου μειώνει τον κίνδυνο ζημιών ή απώλειας προϊόντων, διασφαλίζοντας ότι οι πελάτες λαμβάνουν τα προϊόντα τους σε άριστη κατάσταση. Η μείωση των ζημιών και των καθυστερήσεων λόγω κακής τοποθέτησης συμβάλλει σημαντικά στην αύξηση της ικανοποίησης των πελατών, ενισχύοντας την εμπιστοσύνη και τη φήμη των επιχειρήσεων στην αγορά.

Επιπλέον, η χρήση προηγμένων λογισμικών σχεδιασμού φορτίου επιτρέπει τον έλεγχο και την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο. Με την εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών, οι επιχειρήσεις μπορούν να παρακολουθούν τη διαδικασία μεταφοράς, να προβλέπουν πιθανές καθυστερήσεις και να προσαρμόζουν τις στρατηγικές τους ανάλογα με τις συνθήκες. Αυτό προσφέρει μεγαλύτερη ευελιξία και καλύτερο έλεγχο της εφοδιαστικής αλυσίδας, εξασφαλίζοντας ταχύτερες και πιο αποδοτικές παραδόσεις.



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“ Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

Ο Σχεδιασμός Φόρτωσης και η Βέλτιστη Χρήση Πόρων

Ο σχεδιασμός φόρτωσης (stowage planning) είναι μία εξίσου σημαντική διαδικασία που επιτρέπει την οργάνωση του φορτίου με τέτοιο τρόπο ώστε να αξιοποιείται ο διαθέσιμος χώρος στο μεταφορικό μέσο στο μέγιστο. Αυτό σημαίνει λιγότερα ταξίδια για τη μεταφορά των ίδιων ποσοτήτων εμπορευμάτων, κάτι που όχι μόνο μειώνει το λειτουργικό κόστος αλλά επιτρέπει και ταχύτερες παραδόσεις, εξασφαλίζοντας ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στην αγορά.

Η αποτελεσματική διαχείριση της φόρτωσης προσφέρει τη δυνατότητα συνδυασμού διαφορετικών φορτίων, διευκολύνοντας τη μεταφορά πολλαπλών εμπορευμάτων σε ένα ταξίδι, κάτι που συμβάλλει στη μείωση του κόστους ανά μονάδα φορτίου και στην αύξηση της συνολικής αποδοτικότητας. Η βέλτιστη διαχείριση της φόρτωσης, σε συνδυασμό με την τεχνολογία, επιτρέπει την ελαχιστοποίηση των κενών χώρων μεταξύ των φορτίων, εξασφαλίζοντας ότι δεν θα υπάρχουν αχρησιμοποίητοι πόροι και ότι η διαδικασία μεταφοράς είναι πλήρως βελτιστοποιημένη.

Αυτοματοποίηση και Τεχνολογικές Εξελίξεις στους Τερματικούς Σταθμούς

Η αυτοματοποίηση στους τερματικούς σταθμούς εμπορευματοκιβωτίων αποτελεί μία από τις σημαντικότερες εξελίξεις στη ναυτιλιακή βιομηχανία. Τα αυτοματοποιημένα συστήματα καθοδήγησης οχημάτων και τα ρομποτικά συστήματα φόρτωσης και εκφόρτωσης βελτιώνουν τη συνολική αποδοτικότητα και μειώνουν τον κίνδυνο ατυχημάτων. Αυτά τα συστήματα μπορούν να αναγνωρίσουν και να αποφύγουν πιθανές συγκρούσεις, διασφαλίζοντας την ασφάλεια του προσωπικού και την προστασία του φορτίου.

Παράλληλα, η ενσωμάτωση των αυτοματοποιημένων συστημάτων με λογισμικά σχεδιασμού φορτίου και φόρτωσης παρέχει στις επιχειρήσεις τη δυνατότητα για μια ολιστική διαχείριση του φορτίου τους. Οι ναυτιλιακές εταιρείες μπορούν να ελαχιστοποιήσουν τα λειτουργικά τους κόστη και να επιταχύνουν τις διαδικασίες μεταφόρτωσης, μειώνοντας τους χρόνους αναμονής στα λιμάνια. Αυτό έχει άμεσο αντίκτυπο στη βελτίωση της συνολικής εφοδιαστικής αλυσίδας, επιτρέποντας ταχύτερη κυκλοφορία των εμπορευμάτων και μεγαλύτερη ανθεκτικότητα απέναντι σε απρόβλεπτες διαταραχές, όπως καθυστερήσεις ή διακοπές στις μεταφορές.

Κλείνοντας, η ναυτιλιακή βιομηχανία βρίσκεται σε μια φάση σημαντικών αλλαγών, όπου η τεχνολογία και η αυτοματοποίηση διαδραματίζουν πρωταρχικό ρόλο στη διαμόρφωση των μελλοντικών προοπτικών. Ο σχεδιασμός φορτίου και φόρτωσης, σε συνδυασμό με τις τεχνολογικές καινοτομίες στους τερματικούς σταθμούς, ενισχύουν την αποδοτικότητα, μειώνουν το κόστος και αυξάνουν την ασφάλεια. Οι επιχειρήσεις που επενδύουν σε αυτές τις τεχνολογίες έχουν την ευκαιρία να ενισχύσουν την ανταγωνιστικότητά τους, προσφέροντας βελτιωμένες υπηρεσίες στους πελάτες τους,



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“ Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης *container* στους τερματικούς σταθμούς ”

ενώ παράλληλα συμβάλλουν στη δημιουργία μιας πιο βιώσιμης και αποδοτικής αλυσίδας εφοδιασμού.



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

Βιβλιογραφία

1. Kaukiainen, Y. (2009). The container revolution and liner freights. *International Journal of Maritime History*, 21(2), 43-74.
2. Fleming, D. K. (2003). Reflections on the history of US cargo liner service (Part II). *Maritime Economics & Logistics*, 5, 70-89.
3. Cullinane, K., & Khanna, M. (2000). Economies of scale in large containerships: optimal size and geographical implications. *Journal of transport geography*, 8(3), 181-195.
4. Cullinane, K., & Khanna, M. (2000). Economies of scale in large container ships. *Journal of transport economics and policy*, 185-207.
5. Hoogendijk, P., & De Moor, O. (2000). Container types categorically. *Journal of functional programming*, 10(2), 191-225.
6. Kurpel, D. V., Scarpin, C. T., Junior, J. E. P., Schenekemberg, C. M., & Coelho, L. C. (2020). The exact solutions of several types of container loading problems. *European Journal of Operational Research*, 284(1), 87-107.
7. South, D. B., Harris, S. W., Barnett, J. P., Hains, M. J., & Gjerstad, D. H. (2005). Effect of container type and seedling size on survival and early height growth of *Pinus palustris* seedlings in Alabama, USA. *Forest Ecology and Management*, 204(2-3), 385-398.
8. Monios, J., & Wilmsmeier, G. (2014). The impact of container type diversification on regional British port development strategies. *Transport reviews*, 34(5), 583-606.
9. Song, D. (2021). A literature review, container shipping supply chain: Planning problems and research opportunities. *Logistics*, 5(2), 41.
10. Felski, A., & Zwolak, K. (2020). The ocean-going autonomous ship—Challenges and threats. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(1), 41.
11. Akpan, F., Bendiab, G., Shiaeles, S., Karamperidis, S., & Michaloliakos, M. (2022). Cybersecurity challenges in the maritime sector. *Network*, 2(1), 123-138.
12. Aiello, G., Giallanza, A., & Mascarella, G. (2020). Towards Shipping 4.0. A preliminary gap analysis. *Procedia Manufacturing*, 42, 24-29.
13. Van Hoecke, L., Laffineur, L., Campe, R., Perreault, P., Verbruggen, S. W., & Lenaerts, S. (2021). Challenges in the use of hydrogen for maritime applications. *Energy & Environmental Science*, 14(2), 815-843.



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

14. Mallouppas, G., & Yfantis, E. A. (2021). Decarbonization in shipping industry: A review of research, technology development, and innovation proposals. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(4), 415.
15. Gunnarsson, B. (2021). Recent ship traffic and developing shipping trends on the Northern Sea Route—Policy implications for future arctic shipping. *Marine Policy*, 124, 104369.
16. Romano, A., & Yang, Z. (2021). Decarbonisation of shipping: A state of the art survey for 2000–2020. *Ocean & Coastal Management*, 214, 105936.
17. Ichimura, Y., Dalaklis, D., Kitada, M., & Christodoulou, A. (2022). (Journal of Commerce)Shipping in the era of digitalization: Mapping the future strategic plans of major maritime commercial actors. *Digital Business*, 2(1), 100022.
18. Xia, T., Wang, M. M., Zhang, J., & Wang, L. (2020). Maritime internet of things: Challenges and solutions. *IEEE Wireless Communications*, 27(2), 188-196.
19. Pasha, J., Dulebenets, M. A., Fathollahi-Fard, A. M., Tian, G., Lau, Y. Y., Singh, P., & Liang, B. (2021). An integrated optimization method for tactical-level planning in liner shipping with heterogeneous ship fleet and environmental considerations. *Advanced Engineering Informatics*, 48, 101299.
20. Caprolu, M., Di Pietro, R., Raponi, S., Sciancalepore, S., & Tedeschi, P. (2020). Vessels cybersecurity: Issues, challenges, and the road ahead. *IEEE Communications Magazine*, 58(6), 90-96.
21. Lim, S. J., & Shin, Y. J. (2022). A Study on the Changes in Functions of Ship Officer and Manpower Training by the Introduction of Maritime Autonomous Surface Ships. *Journal of Navigation and Port Research*, 46(1), 1-10.
22. Md Hanafiah, R., Menhat, M., Mohd Zaideen, I. M., Mohd Yusof, J., Mokhtar, K., & Ahmad, M. S. (2021). Alternative to shortage of local shore-based skilful workers in Malaysia. *Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs*, 13(1), 12-22.
23. Vukić, L., Mihanović, V., Fredianelli, L., & Plazibat, V. (2021). Seafarers' perception and attitudes towards noise emission on board ships. *International journal of environmental research and public health*, 18(12), 6671.
24. Ajayi, F. A., & Udeh, C. A. (2024). A comprehensive review of talent management strategies for seafarers: Challenges and opportunities. *International Journal of Science and Research Archive*, 11(2), 1116-1131.
25. Lee, B. K., & Low, J. M. (2022). A constraint programming approach to capacity planning in container vessels. *Maritime Economics & Logistics*, 24(2), 415-438.



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“ Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

26. Li, J., Zhang, Y., Ji, S., Zheng, L., & Xu, J. (2020). Multi-stage hierarchical decomposition approach for stowage planning problem in inland container liner shipping. *Journal of the Operational Research Society*, 71(3), 381-399.
27. Olsson, J., Larsson, T., & Quttineh, N. H. (2020). Automating the planning of container loading for Atlas Copco: Coping with real-life stacking and stability constraints. *European Journal of Operational Research*, 280(3), 1018-1034.
28. Tahiri, H., Khadidja, Y., & Bouamrane, K. (2022). Towards a Multi-Criteria Decision Approach to Solving the Container Storage Problem: Container Ship Loading Component. *International Journal of Organizational and Collective Intelligence (IJOICI)*, 12(1), 1-21.
29. Yu, H., Zhang, M., He, J., & Tan, C. (2020). Choice of loading clusters in container terminals. *Advanced Engineering Informatics*, 46, 101190.
30. Zhang, X., Li, J., Yang, Z., & Wang, X. (2022). Collaborative optimization for loading operation planning and vessel traffic scheduling in dry bulk ports. *Advanced Engineering Informatics*, 51, 101489.
31. Kim, M., Jeong, Y., & Moon, I. (2021). Efficient stowage plan with loading and unloading operations for shipping liners using foldable containers and shift cost-sharing. *Maritime Policy & Management*, 48(6), 877-894.
32. Yi, W., Phipps, R., & Wang, H. (2020). Sustainable ship loading planning for prefabricated products in the construction industry. *Sustainability*, 12(21), 8905.
33. Xia, M., Li, Y., Shen, Y., & Zhao, N. (2020). Loading sequencing problem in container terminal with deep Q-learning. *Journal of Coastal Research*, 103(SI), 817-821.
34. Mahpour, A., Nazifi, A., & Mohammadian Amiri, A. (2021). Development of optimization model to reduce unloading and loading time at berth in container ports. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 1-10.
35. Himaya, A. N., Sano, M., Suzuki, T., Shirai, M., Hirata, N., Matsuda, A., & Yasukawa, H. (2022). Effect of the loading conditions on the maneuverability of a container ship. *Ocean Engineering*, 247, 109964.
36. van Twiller, J., Sivertsen, A., Pacino, D., & Jensen, R. M. (2023). Literature survey on the container stowage planning problem. *European Journal of Operational Research*.



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

37. Parreño-Torres, C., Çalik, H., Alvarez-Valdes, R., & Ruiz, R. (2021). Solving the generalized multi-port container stowage planning problem by a matheuristic algorithm. *Computers & Operations Research*, 133, 105383.
38. El Yaagoubi, A., Charhbili, M., Boukachour, J., & Alaoui, A. E. H. (2022). Multi-objective optimization of the 3D container stowage planning problem in a barge convoy system. *Computers & Operations Research*, 144, 105796.
39. Ambrosino, D., & Sciomachen, A. (2021). A shipping line stowage-planning procedure in the presence of hazardous containers. *Maritime Economics & Logistics*, 23, 49-70.
40. Li, J., Zhang, Y., Ji, S., & Zheng, L. (2020). Solving inland container ship stowage planning problem on full route through a two-phase approach. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 12(1-2), 65-91.
41. Helo, P., Paukku, H., & Sairanen, T. (2021). Containership cargo profiles, cargo systems, and stowage capacity: key performance indicators. *Maritime Economics & Logistics*, 23, 28-48.
42. Liu, Z., Qian, H., & Yan, J. (2021). Collaborative Optimization of Ship Stowage Plan and Yard Container Unloading for Container Terminal. *Journal of System Simulation*, 33(7), 1689-1698.
43. Zhang, D., Qu, Z., Wang, W., Yu, J., & Yang, Z. (2020). New uncertainty modelling for cargo stowage plans of general cargo ships. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 144, 102151.
44. Pratama, A., Mukhlash, I., & Nugroho, S. (2020, March). Design and application of reuse stage algorithm of case-based reasoning method on container stowage planning. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1490, No. 1, p. 012014). IOP Publishing.
45. Wang, S., Zhang, T., Xing, Z., & Wu, W. (2021, December). A Decision-support Framework for Port Container Stowage Plan. In *2021 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC)* (Vol. 1, pp. 1-6). IEEE.
46. Starykov, M., & Kokoshko, E. (2022). Approach for measuring a ship to shore crane actual wheel load. *European Journal of Maritime Research*, 1(1), 25-28.
47. Utami, S. S., Setyonugroho, W., Islami, M. Z., Permana, I., Srihandono, J., & Muljoko, T. (2024). Safety Perceptions among Ship-to-Shore (STS) Crane Operators at PT Terminal Teluk Lamong. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 13(1), 53-64.



“Ευάγγελος Τσαντουλής”,
“Καινοτομία και προκλήσεις στην αυτοματοποίηση
φόρτωσης container στους τερματικούς σταθμούς ”

48. Cao, Y., & Li, T. (2020). Review of anti-swing control of shipboard cranes. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 7(2), 346-354.
49. Jeong, B., & Kim, C. Y. (2024). Containership size and quay crane productivity: empirical evidence from Busan New Port. *Maritime Economics & Logistics*, 1-11.
50. Singh, N., Dang, Q. V., Akcay, A., Adan, I., & Martagan, T. (2022). A matheuristic for AGV scheduling with battery constraints. *European Journal of Operational Research*, 298(3), 855-873.
51. Karanika, A., Filippopoulos, I., Kokkinaki, A., Efstathiadis, P., Tsilikas, I., & Kiouvrekis, Y. (2020). Extensive use of rfid in shipping. In *Information Systems: 17th European, Mediterranean, and Middle Eastern Conference, EMCIS 2020, Dubai, United Arab Emirates, November 25–26, 2020, Proceedings 17* (pp. 796-805). Springer International Publishing.
52. Kim, S., Kang, J. G., Choi, B., Lee, D., & Kang, H. J. (2020). RFID-and MEMS-based onboard crew location recognition system for incident response. *Journal of Advanced Marine Engineering and Technology (JAMET)*, 44(2), 181-188.
53. Munoz-Ausecha, C., Ruiz-Rosero, J., & Ramirez-Gonzalez, G. (2021). RFID applications and security review. *Computation*, 9(6), 69.
54. Shakeel, A., Kirichek, A., & Chassagne, C. (2020). Rheological analysis of mud from Port of Hamburg, Germany. *Journal of Soils and Sediments*, 20, 2553-2562.
55. Xiao, G., Wang, Y., Wu, R., Li, J., & Cai, Z. (2024). Sustainable maritime transport: A review of intelligent shipping technology and green port construction applications. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(10), 1728.
56. Ershov, M. A., Savelenko, V. D., Makhmudova, A. E., Rekhletskaia, E. S., Makhova, U. A., Kapustin, V. M., ... & Abdellatief, T. M. (2022). Technological potential analysis and vacant technology forecasting in properties and composition of low-sulfur marine fuel oil (VLSFO and ULSFO) bunkered in key world ports. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(12), 1828.
57. Karaś, A. (2020). Smart port as a key to the future development of modern ports. *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 14(1).