



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΤΙΚΩΝ, ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«Οργάνωση, Λειτουργία, Ανάπτυξη & Διοίκηση Λιμένων»**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θέμα:

«Ευφυείς Λιμένες: Η σύγχρονη πρόκληση του ψηφιακού μετασχηματισμού τους»

«Smart Ports: The modern challenge of their digital transformation»

Αλέξανδρος Βαρδής (Α.Μ.: ΔΛΜ-22002)

Επιβλέπων: Τσότσολας Νικόλαος

**ΑΘΗΝΑ,
ΜΑΪΟΣ, 2024**

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Βαρδής Αλέξανδρος του Ιωάννη με αριθμό μητρώου ΔΛΜ-22002 φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Οργάνωση, Λειτουργία, Ανάπτυξη & Διοίκηση Λιμένων του Τμήματος Διοίκησης Επιχειρήσεων της Σχολής Διοικητικών, Οικονομικών & Κοινωνικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

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

Ο Δηλών
Βαρδής Αλέξανδρος
a.vardis



Μέλη Τριμελούς Επιτροπής

1. Νικόλαος Τσότσολας

2. Φαίδων Κομισόπουλος

3. Αντώνιος Κάργας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο καθηγητή μου Δρ. Νικόλαο Τσότσολα για την καθοδήγηση και την υπομονή που επέδειξε όλο αυτό το διάστημα.

Επιπρόσθετα, ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της οικογένειάς μου και το φιλικό περιβάλλον για την πολύτιμη στήριξή τους στην εκπαιδευτική μου πορεία προς τη γνώση.

Ειλικρινά, τους ευχαριστώ όλους και καθέναν ξεχωριστά.

Βαρδής Αλέξανδρος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός. Η παρούσα εργασία σκοπεύει να καταγράψει στοιχεία σχετικά με τους “ευφυείς” λιμένες και τη σύγχρονη πρόκληση του ψηφιακού μετασχηματισμού τους.

Μεθοδολογία. Η παρούσα εργασία αποτελεί μια βιβλιογραφική ανασκόπηση η οποία εστιάζει στην ψηφιακή μετεξέλιξη των λιμένων ώστε να χαρακτηριστούν ως “ευφυείς”. Η εργασία δομικά απαρτίζεται από τέσσερα κεφάλαια τα οποία είναι αφιερωμένα στην μετεξέλιξη των λιμένων, στους “ευφυείς” λιμένες, στην πρόκληση του ψηφιακού μετασχηματισμού τους μέσω νέων τεχνολογιών και στην παράθεση “ευφυών” λιμένων ανά τον κόσμο.

Αποτελέσματα. Η ψηφιακή μετάβαση των συμβατικών λιμένων είναι μια δύσκολη διαδικασία και η τεχνολογική πρόοδος είναι αυτή που συμβάλλει στην επίτευξή της. Ο ψηφιακός μετασχηματισμός των λιμένων επιτυγχάνεται μέσω τεχνολογιών όπως η υπολογιστική νέφους, το διαδίκτυο των πραγμάτων, τα μεγάλα δεδομένα, η εκτέλεση ψηφιακών συναλλαγών, η τεχνητή νοημοσύνη και οι “έξυπνες” εφαρμογές για λιμένες.

Συμπεράσματα. Η μετάβαση των λιμένων στην ψηφιακή εποχή περνά μέσα από την καινοτομία των νέων τεχνολογιών αυτοματισμού και διαδικτύου. Αποτέλεσμα της πρόκλησης του ψηφιακού μετασχηματισμού είναι η διαμόρφωση “ευφυών” λιμένων που είναι ικανοί να εξυπηρετούν τη διακίνηση μεγάλων όγκων φορτίων, την επιτάχυνση των διαδικασιών, την αποσυμφόρηση των λιμένων, την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και τέλος την αύξηση της παραγωγικότητας και της αποτελεσματικότητας.

Λέξεις Κλειδιά: Λιμένας, “Ευφυής” Λιμένας, Ψηφιοποίηση, Υπολογιστική Νέφους, Διαδίκτυο των Πραγμάτων, Μεγάλα Δεδομένα, Blockchain, Τεχνητή Νοημοσύνη, Εφαρμογές

ABSTRACT

Purpose. This paper intends to capture data on intelligent ports and the contemporary challenge of their digital transformation.

Methodology. The present work is a literature review which focuses on the digital evolution of ports to be characterized as intelligent. The work is structurally made up of four chapters which are dedicated to the evolution of ports, intelligent ports, the challenge of the digital transformation of ports through technologies and the listing of intelligent ports around the world.

Results. The digital transition of conventional ports is a complicated process and technological progress is what helps to achieve it. Digital transformation of ports is achieved through technologies such as cloud computing, internet of things, big data, digital transaction execution, artificial intelligence, and smart applications for ports.

Conclusions. The transition of ports to the digital age goes through the innovation of new automation and internet technologies. The result of the challenge of digital transformation is the formation of intelligent ports capable of handling large volumes of cargo, speeding up procedures, decongesting ports, using renewable energy sources, reducing the environmental footprint, increasing productivity and efficiency.

Keywords: *Port, Intelligent Port, Digitization, Cloud Computing, Internet of Things, Big Data, Blockchain, Artificial Intelligence, Applications*

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT	6
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	9
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΜΕΤΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΛΙΜΕΝΩΝ.....	11
1.1. Εννοιολογικός Προσδιορισμός Λιμένων	11
1.2. Εξέλιξη Γενεών Λιμένων	14
1.3. Σύγχρονες Προκλήσεις για τους Λιμένες	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΕΥΦΥΕΙΣ ΛΙΜΕΝΕΣ – SMART PORTS.....	19
2.1. Εννοιολογικός Προσδιορισμός “Ευφύων” Λιμένων	19
2.2. Λιμενικές Λειτουργίες, “Εξυπνες” Υποδομές & Διασύνδεση Εφοδιαστικής Αλυσίδας ...	20
2.3. Διαχείριση Ενέργειας “Ευφύων” Λιμένων	23
2.4. Διαχείριση Περιβαλλοντικού Αποτυπώματος “Ευφύων” Λιμένων	24
2.5. Διαχείριση Ασφάλειας “Ευφύων” Λιμένων.....	26
2.6. Αυτοματοποίηση “Ευφύων” Λιμένων	29
2.7. Ανασταλτικοί Παράγοντες Ανάπτυξης “Ευφύων” Λιμένων	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Η ΠΡΟΚΛΗΣΗ ΤΟΥ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΕΥΦΥΩΝ ΛΙΜΕΝΩΝ	33
3.1. Ψηφιοποίηση Λιμένων.....	33
3.2. Ψηφιακές Τεχνολογίες Σε Τομείς Ενδιαφέροντος Λιμένων	35
3.3. Υπολογιστική Νέφους (Cloud Computing)	37
3.4. Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet Of Things, IoT).....	38

3.5. Μεγάλα Δεδομένα (Big Data)	40
3.6. Blockchain (Εκτέλεση Ψηφιακών Συναλλαγών)	42
3.7. Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence)	44
3.8. “Εξυπνες” Εφαρμογές Για Λιμένες (Smart Applications)	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΥΦΥΕΙΣ ΛΙΜΕΝΕΣ.....	48
4.1. Οι 10 Μεγαλύτεροι “Ευφυείς” Λιμένες Στον Κόσμο.....	48
4.1.1. Λιμάνι του Ρότερνταμ.....	48
4.1.2. Λιμάνι του Αμβούργου	50
4.1.3. Λιμάνι της Αμβέρσας.....	51
4.1.4. Λιμάνι της Σιγκαπούρης	53
4.1.5. Λιμάνι της Σαγκάης	55
4.1.6. Το λιμάνι της Χάβρης	56
4.1.7. Λιμάνι του Λος Άντζελες.....	57
4.1.8. Λιμάνι Μάλμε της Κοπεγχάγης - CPM	58
4.1.9. Λιμάνι της Βαλένθια	59
4.1.10. Λιμάνι της Βαρκελώνης.....	60
4.2. Οργανισμός Λιμένα Πειραιώς Α.Ε.....	61
4.3. Παγκόσμια Αγορά “Ευφυών” Λιμένων – Έρευνες GME & ESPO	63
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	67
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	69

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Λιμάνι του Ρότερνταμ	48
Εικόνα 2. Λιμάνι του Αμβούργου.....	50
Εικόνα 4. Λιμάνι της Αμβέρσας	52
Εικόνα 5. Λιμάνι της Σιγκαπούρης.....	54
Εικόνα 5. Λιμάνι της Σαγκάης.....	55
Εικόνα 6. Το λιμάνι της Χάβρης	56
Εικόνα 7. Λιμάνι του Λος Άντζελες	57
Εικόνα 8. Λιμάνι Μάλμε της Κοπεγχάγης - CPM.....	58
Εικόνα 9. Λιμάνι της Βαλένθια	59
Εικόνα 10. Λιμάνι της Βαρκελώνης	60
Εικόνα 11. Οργανισμός Λιμένα Πειραιώς Α.Ε.	61

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μετάβαση των λιμένων στην ψηφιακή εποχή περνά μέσα από την καινοτομία και την υιοθέτηση μιας νέας κουλτούρας προς τα ψηφιακά μέσα και των δυνητικών πλεονεκτημάτων της. Ο ψηφιακός μετασχηματισμός των λιμένων είναι μια δύσκολη και χρονοβόρα διαδικασία που πραγματοποιείται με αργούς ρυθμούς και σταδιακό τρόπο. Ο κύριος λόγος για τον οποίο τα λιμάνια εξετάζουν τις τεχνολογίες αυτοματισμού είναι γιατί προσπαθούν να αυξήσουν την παραγωγικότητα και την αποδοτικότητά τους, ικανοποιώντας τους χρήστες αλλά και τις συνεργαζόμενες ναυτιλιακές εταιρείες σε επίπεδο χρόνων, παράδοση φορτίων και συνολικής αξιοπιστίας.

Η έρευνα σχετικά με αυτό το θέμα έχει δώσει διφορούμενα αποτελέσματα, με ορισμένες μελέτες να δείχνουν ότι τα αυτοματοποιημένα τερματικά είναι λιγότερο παραγωγικά καθώς ο αυτοματισμός παρέχει χαμηλότερη παραγωγικότητα σε βάση ανά ώρα αλλά υψηλότερη συνολική παραγωγικότητα λόγω της σταθερής απόδοσής τους (Chu et al., 2018, Tsolakis et al., 2022), ενώ άλλες δείχνουν ότι η αυτοματοποίηση των λιμένων βελτιώνει την αποτελεσματικότητα των λειτουργιών των τερματικών σταθμών και ότι η αποτελεσματικότητα εξαρτάται περισσότερο από το μέγεθος του λιμένα, την εξειδίκευση και την τοποθεσία παρά το επίπεδο αυτοματισμού του (Ghiara & Tei, 2021, Merz et al., 2023).

Η παρούσα εργασία σκοπεύει να καταγράψει στοιχεία σχετικά με τους “ευφυείς” λιμένες και τη σύγχρονη πρόκληση του ψηφιακού μετασχηματισμού τους. Η εργασία διακρίνεται σε τέσσερα επιμέρους κεφάλαια σχετικά με την μετεξέλιξη των λιμένων, τους “ευφυείς” λιμένες, την πρόκληση του ψηφιακού μετασχηματισμού μέσω τεχνολογιών όπως η υπολογιστική νέφος (Cloud Computing), το διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet Of Things, IoT), τα μεγάλα δεδομένα (Big Data), το blockchain (εκτέλεση ψηφιακών συναλλαγών), η τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Intelligence) και οι “έξυπνες” εφαρμογές για λιμένες (Smart Applications). Κατόπιν παρατίθενται παραδείγματα “ευφύων” λιμένων ανά τον κόσμο όπως του Ρότερνταμ, του Αμβούργου, της Αμβέρσας, της Σιγκαπούρης, της Σαγκάης, της Χάβρης, του Λος Άντζελες, του Μάλμε της Κοπεγχάγης – CPM, της Βαλένθια, της Βαρκελώνης και του Πειραιά. Η εργασία ολοκληρώνεται με την παράθεση συμπερασμάτων και προτάσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΜΕΤΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΛΙΜΕΝΩΝ

1.1. Εννοιολογικός Προσδιορισμός Λιμένων

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έδωσε έναν πληρέστερο ορισμό ο οποίος αναφέρει ότι: «Οι λιμένες είναι εμπορικές επιχειρήσεις τοποθετημένες δίπλα σε νερό, το οποίο είναι αρκετά βαθύ ώστε να επιτρέπει την κίνηση πλωτών σκαφών. Σε αυτές τις περιοχές δραστηριοποιούνται λιμενικές επιχειρήσεις οι οποίες αξιοποιούν τη λιμενική υποδομή και ανωδομή, καθώς επίσης παρέχονται συμβατικές οδικές και σιδηροδρομικές υποδομές. Η λιμενική αγορά ρυθμίζεται ή διοικείται από κάποια Αρχή» (Ανακοίνωση Com, 2001). Σύμφωνα με το Νόμο 3622/2007 – ΦΕΚ 281/Α'/20.12.2007: *Ενίσχυση της ασφάλειας πλοίων, λιμενικών εγκαταστάσεων και λιμένων και άλλες διατάξεις*, ορίζεται ότι ο λιμένας αφορά μια «...προσδιορισμένη περιοχή ξηράς και ύδατος, στην οποία βρίσκονται μία ή περισσότερες λιμενικές εγκαταστάσεις, πλην στρατιωτικών, τα όρια της οποίας καθορίζονται σύμφωνα με το άρθρο 10 του παρόντος και δεν συμπίπτουν κατ' ανάγκη με τα όρια της ζώνης λιμένα, κατά την έννοια των διατάξεων του Ν. 2971/2001». Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ναυσιπλοΐας (International Maritime Organization, IMO) ως Λιμενική Εγκατάσταση θεωρείται η περιοχή όπου και πραγματοποιείται η διασύνδεση πλοίου - λιμένα και εμπεριέχει αγκυροβόλια, θέσεις αναμονής και προσέγγισης από τη θάλασσα, περιοχές φόρτωσης και εκφόρτωσης, αποθήκευσης εμπορευμάτων και διακίνησης επιβατών (IMO, 2005).

Οι λιμένες υποστηρίζουν το παγκόσμιο εμπόριο διασυνδέοντας τις θαλάσσιες με τις χερσαίες μεταφορές και συνεργήσαν στην διεθνή οικονομική ανάπτυξη. Η ζήτηση για λιμενικές υπηρεσίες προέρχεται από την ανάγκη για διακίνηση αγαθών από τον τόπο προέλευσης σε έναν τελικό προορισμό, ωστόσο συνήθως οι ίδιοι οι λιμένες δεν αποτελούν ούτε τον τόπο προέλευσης ούτε τον τελικό προορισμό τους. Ως εκ τούτου, οι λιμένες αποτελούν μόνο ένα μέρος μιας αλυσίδας υπηρεσιών που έχουν ως αποτέλεσμα την μετακίνηση ανθρώπων και αγαθών. Οι βασικότερες δραστηριότητες που επιτελούνται στο πλαίσιο ενός λιμένα ως μέρος μιας αλυσίδας μεταφορών, εμπορίου και εφοδιασμού είναι οι εξής (Παρδάλη, 2001, Sheng & Kim, 2021):

1. Αποθήκευση Εμπορευματοκιβωτίων / Εμπορευμάτων
2. Διακίνηση Επιβατών
3. Διοίκηση και Διαχείριση Λιμένα
4. Ελλιμενισμός Πλοίων
5. Κυκλοφορία Πεζών, Οχημάτων & Μηχανημάτων
6. Φορτοεκφόρτωση Εμπορευματοκιβωτίων με Ανυψωτικά Μέσα
7. Φορτοεκφόρτωση Χύδην Φορτίων

Με την ορολογία λιμένας καλείται κάθε προστατευόμενος όρμος που παρέχει ασφαλή πρόσβαση σε πλοία ώστε να πραγματοποιήσουν εμπορικές συναλλαγές. Η διάκριση που συναντά κανείς είναι εκείνη των φυσικών λιμένων (Harbour) / τεχνητών λιμένων (Port), των θαλάσσιων / παραθαλάσσιων, των ποτάμιων / παραποτάμιων και των λιμναίων / παραλιμναίων. Φυσικά, οι λιμένες που έχουν πρόσβαση για πολεμικά πλοία καλούνται ναύσταθμοι / ναυτικές βάσεις. Μια ακόμη καταγραφή αναφορικά με την ιστορική τους εξέλιξη θα μπορούσε να κατηγοριοποιήσει τους λιμένες σε φυσικούς θαλάσσιους χώρους προστασίας και αγκυροβόλησης πλοίων, σε παραδοσιακούς λιμένες που διασυνδέουν τις λιμενικές υποδομές φορτοεκφόρτωσης και αποθήκευσης των εμπορευμάτων και σε σύγχρονους λιμένες που διασυνδέουν τις θαλάσσιες και χερσαίες υποδομές εξυπηρετώντας το διατροφικό εμπόριο (Παρδάλη, 2001^α, 39-41). Ειδικότερα στην χώρα μας η κατηγοριοποίηση των λιμένων πραγματοποιείται με βάση την ΚΥΑ 8315.2/02/07 «Κατάταξη Λιμένων» (ΦΕΚ Β/202/16.02.2007) και ειδικότερα είναι αυτή του Διεθνούς Ενδιαφέροντος: (Κατηγορία Κ1), Εθνικής Σημασίας (Κατηγορία Κ2), Μείζονος Ενδιαφέροντος (Κατηγορία Κ3) και Τοπικής Σημασίας (Κατηγορία Κ4).

Το Παγκόσμιο Συμβούλιο Ναυτιλίας όρισε τα 10 κορυφαία λιμάνια παγκοσμίως με βάση τον όγκο της διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων που αντιπροσωπεύεται σε εκατομμύρια TEUs (2016 – 2020) και είναι τα εξής (Burns, 2018):

1. Σαγκάη - Κίνα - Δέλτα του ποταμού Γιανγκτσέ - Ανατολική Ασία - 3,619km²
2. Σιγκαπούρη - Σιγκαπούρη - Στενά της Σιγκαπούρης - Νοτιοανατολική Ασία - 6.200km²
3. Ningbo-Zhoushan - Κίνα - Δέλτα του ποταμού Γιανγκτσέ - Ανατολική Ασία - 9.365km²
4. Shenzhen - Κίνα - Δέλτα του ποταμού Περλ - Ανατολική Ασία - 3.730km²
5. Guangzhou - Κίνα - Δέλτα του ποταμού Περλ - Ανατολική Ασία - 6.879km²
6. Μπουσάν - Νότια Κορέα - Στενά της Κορέας - Ανατολική Ασία - 2.907km²
7. Qingdao - Κίνα - Κίτρινη Θάλασσα - Ανατολική Ασία - 6.133km²
8. Χονγκ Κονγκ - Χονγκ Κονγκ - Δέλτα του ποταμού Περλ - Ανατολική Ασία - 2.790km²
9. Tianjin - Κίνα - Κίτρινη Θάλασσα - Ανατολική Ασία - 131.0km²
10. Ρότερνταμ - Ολλανδία - Δέλτα του ποταμού Ρήνου - Ευρώπη - 127.1km²

Οι λιμένες στις μέρες μας διασυνδέονται με την βιομηχανία και το εμπόριο και συμβάλλουν στην οικονομική ανάπτυξη της χώρας στην οποία ανήκουν. Οι κοινωνικοοικονομικές συνθήκες που διαμορφώνουν το ελεύθερο παγκόσμιο εμπόριο και οι εξελίξεις στην ανάπτυξη των θαλάσσιων μεταφορών δημιουργούν μια νέα τάξη πραγμάτων που θέλουν τους λιμένες να πρέπει να ανταποκριθούν στις νέες τάσεις του νέου πολύπλοκου περιβάλλοντος και επιτάσσουν ριζικές αναδιατάξεις στο πέρας του χρόνου (Hlali & Hammami, 2017).

Οι λιμένες στις μέρες μας μεταβαίνουν σε ένα νέο πρότυπο λειτουργίας, που αποκαλείται «εποχή της ψηφιοποίησης». Ενδεικτικά παραδείγματα παρέχονται από εφαρμογές προηγμένης τεχνολογίας όπως η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI), το Big Data Analytics (BDA), το Cloud Computing και το Internet of Things (IoT) (Ichimura et al., 2022). Η Πληροφορική, από την αρχή της γέννησής της, έχει αποδειχθεί ότι είναι ένα ισχυρό εργαλείο για όσους θέλουν να βελτιώσουν το επιχειρηματικό τους μοντέλο καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ο κύριος στρατηγικός

παράγοντας για την ενσωμάτωση αλλαγών στην εσωτερική δομή και στις λειτουργίες. Η επιρροή του φαινομένου της “ψηφιοποίησης” στον κλάδο των θαλάσσιων μεταφορών και των σχετικών λιμενικών υποδομών εκτυλίσσεται με ταχύτερους ρυθμούς από τον αναμενόμενο, με στόχο τη βελτίωση της λειτουργικής αποτελεσματικότητας και παραγωγικότητας, καθώς και τη συμβολή σε έναν πιο βιώσιμο τρόπο λειτουργίας. Είναι απαραίτητο να σημειωθεί ότι τα λιμάνια διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στο παγκόσμιο εμπόριο διακινώντας περισσότερο από το 80% των εμπορευμάτων που μεταφέρονται σε όλο τον κόσμο, αντιμετωπίζοντας έτσι τις συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις παραγωγικότητας και λειτουργικής αποτελεσματικότητας και συμβάλλοντας ταυτόχρονα σε βιώσιμη ανάπτυξη σύμφωνα με την Ατζέντα των Ηνωμένων Εθνών 2030 για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη (Alamoush et al., 2021, Dalaklis et al., 2023).

1.2. Εξέλιξη Γενεών Λιμένων

Η εξέλιξη των λιμένων στην πορεία των ετών προέκυψε από γενιά σε γενιά. Κάθε γενιά λιμένων – από την πρώτη έως και την πέμπτη – έχει δημιουργηθεί ως απάντηση στις παγκόσμιες εξελίξεις της οικονομίας και του εμπορίου. Ξεκινώντας από το 1992, η Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Εμπόριο και την Ανάπτυξη (UNCTAD) ανέπτυξε ένα εννοιολογικό μοντέλο για να χαρακτηρίσει αυτές τις τρεις γενιές των λιμένων. Η **πρώτη γενιά** λιμένων κάλυψε την περίοδο πριν από τη δεκαετία του 1950 και αντιπροσώπευε βασικές λιμενικές δραστηριότητες, όπως η φόρτωση και η εκφόρτωση πλοίων, καθώς και η μεταφορά εμπορευμάτων και χύδην φορτίου. Οι λιμένες ουσιαστικά αποτελούσαν τη διασύνδεση ξηράς και θάλασσας. Για αυτή τη γενιά, το λιμάνι ήταν ανεξάρτητο και λειτουργούσε απομονωμένα από τις εμπορικές δραστηριότητες, όπως η προώθηση λιμένων και οι δραστηριότητες διεπαφής μεταξύ χερσαίων και θαλάσσιων μεταφορών. Επιπλέον, υπήρχε έλλειψη συντονισμού και σύνδεσης μεταξύ των πολλών λιμενικών υπηρεσιών. Η **δεύτερη γενιά** λιμανιών εμφανίστηκε μεταξύ της δεκαετίας του 1960 και του 1980 και χαρακτηρίστηκε από την έναρξη της μηχανογράφησης και της εκβιομηχάνισης μέσω της κατασκευής βιομηχανικών εγκαταστάσεων που συνέδεαν το λιμάνι με την εκάστοτε ενδοχώρα. Το λιμάνι έγινε κέντρο εξυπηρέτησης παρέχοντας υπηρεσίες με προστιθέμενη αξία μέσω της ενσωμάτωσης της εμπορικής και βιομηχανικής λειτουργίας. Ωστόσο, οι διάφορες λιμενικές δραστηριότητες δεν ήταν συντονισμένες, αν και είχε αναπτυχθεί στενή σχέση μεταξύ του λιμένα και των εμπορικών εταίρων. Αξίζει να σημειωθεί ότι η εποχή της εκβιομηχάνισης είχε αρνητικές

συνέπειες για το περιβάλλον. Με γνώμονα τη μεταφορά εμπορευμάτων σε εμπορευματοκιβώτια και τις συνδυασμένες μεταφορές, μια **τρίτη γενιά** εμφανίστηκε τη δεκαετία του 1980. Αυτή η γενιά κατέστησε δυνατή την υποστήριξη και την αύξηση του διεθνούς εμπορίου καθώς τα λιμάνια μετατράπηκαν σε κέντρα logistics που χαρακτηρίζονταν από την άνθηση των διατροφικών μεταφορών, όπου το λιμάνι και ο τερματικός σταθμός ενσωματώθηκαν. Οι προσφερόμενες υπηρεσίες αντιπροσώπευαν ένα πολύ ευρύ και διαφοροποιημένο φάσμα υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας όπως η συσκευασία, η αποθήκευση, ο χειρισμός και η διανομή. Η συγκεκριμένη περίοδος χαρακτηρίστηκε από την ταχεία ανάπτυξη της τεχνολογίας των πληροφοριών και την εμφάνιση ηλεκτρονικών συστημάτων ανταλλαγής δεδομένων οδηγώντας έτσι στην αρχή της διμερούς ηλεκτρονικής ανταλλαγής δεδομένων με τους πελάτες. Ήταν επίσης εκείνη τη στιγμή που ξεκίνησαν τα μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος στις λιμενικές επιχειρήσεις. Όλες αυτές οι αλλαγές συνέβαλαν στην αύξηση του μεταφερόμενου όγκου. Έτσι, το λιμάνι χρειαζόταν πρόσθετες οδικές και σιδηροδρομικές συνδέσεις, συνδέσεις με εγκαταστάσεις αποθήκευσης και βελτιστοποίηση πόρων για να απορροφήσει αυτόν τον πρόσθετο όγκο και να καλύψει καλύτερα τις ανάγκες των χρηστών. Η εφαρμογή ηλεκτρονικών συστημάτων ανταλλαγής δεδομένων είχε ως αποτέλεσμα την ανάγκη για επικοινωνία μέσω Διαδικτύου και υιοθέτηση κανονισμών για ασφαλείς λειτουργίες. Αξίζει να τονιστεί ότι το λιμάνι σε αυτή τη φάση αρχίζει να δημιουργήσει μια σχέση με τη γύρω πόλη για να υποστηρίξει τις δραστηριότητές του (Musolino et al., 2022).

Η **τέταρτη** γενιά ήταν η γέννηση των “Ευφυών” Λιμένων όπου το λιμάνι αποτελεί μέρος ενός διασυνδεδεμένου δικτύου λιμένων που μπορεί να περιγράψει και ως μια πλατφόρμα logistics που συλλέγει, αποθηκεύει, αναλύει και μοιράζεται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο. Παίζει επίσης το ρόλο ενός περιφερειακού λιμένα, που ονομάζεται λιμενικός κόμβος και μεταφέρει φορτίο σε μικρότερα περιφερειακά λιμάνια. Αυτός ο νέος ρόλος απαιτεί συνεργασία ιδιωτικού και δημόσιου τομέα. Το λιμάνι τέταρτης γενιάς κινητοποιεί “έξυπνες” τεχνολογίες και καινοτόμες διαχειριστικές πρακτικές. Επίσης το λιμάνι τέταρτης γενιάς διασυνδέεται με την εμφάνιση του Industry 4.0 και την επίτευξη στρατηγικών βιώσιμης ανάπτυξης, στοιχεία που διαφοροποιούν αυτή τη γενιά από τις προηγούμενες. Αυτή η ανάπτυξη λιμένα απαιτεί υψηλά καταρτισμένο προσωπικό και εφαρμογή συσκευών ασφάλειας για να διασφαλιστεί η σωστή λειτουργία του (Paixão & Bernard Marlow, 2003).

Το μοντέλο λιμένων τέταρτης γενιάς δεν αντικατοπτρίζει επαρκώς τις σύγχρονες λειτουργίες λιμένων και οι τελευταίες εξελίξεις οδήγησαν στην ανάγκη διαμόρφωσης μιας νέας γενιάς. Η **πέμπτη** γενιά λιμένων εμφανίστηκε τη δεκαετία του 2000. Σε αυτή τη γενιά, τα λιμάνια καινοτομούν συνεχώς και χρησιμοποιούν προηγμένες τεχνολογίες. Ειδικότερα, ο λιμένας πέμπτης γενιάς επικεντρώνεται στη συνολική ικανοποίηση των πελατών μέσω της απόδοσης των λιμενικών λειτουργιών, με αποτέλεσμα να έχει πελατοκεντρικό χαρακτήρα και να παρέχει υπηρεσίες υψηλής ποιότητας για την κάλυψη των αναγκών των πελατών του. Οι λιμένες πέμπτης γενιάς υποστηρίζουν μια σημαντική και στρατηγική οργανωτική αλλαγή που διαμορφώνει συνεργασίες μέσω ενός συστήματος αμοιβαίου σχεδιασμού και λήψης αποφάσεων δίνοντας έτσι έμφαση στην ικανοποίηση των πελατών. Οι Lee και Lam (2016) εξέτασαν τα μεγάλα λιμάνια εμπορευματοκιβωτίων στην Ασία, συγκεκριμένα το Busan, το Χονγκ Κονγκ, τη Σιγκαπούρη και τη Σαγκάη και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το λιμάνι πέμπτης γενιάς πρέπει να είναι σε θέση να διαχειρίζεται δομικά τις ανησυχίες της τοπικής και περιφερειακής κοινότητας πέρα από το να είναι μόνο πελατοκεντρικό. Επίσης ο λιμένας πέμπτης γενιάς δίνει έμφαση στην κοινότητα, στην προστιθέμενη αξία και στην πολυκριτηριακή λήψη αποφάσεων η οποία βασίζεται στις υπηρεσίες, στην τεχνολογία, στη βιώσιμη ανάπτυξη, στα κέντρα μεταφόρτωσης και στην αξιολόγηση της απόδοσής του. Στον τομέα των υπηρεσιών η πέμπτη γενιά λιμένων δίνει έμφαση στην ικανοποίηση των πελατών και στην αποτελεσματική διαχείριση των ενδιαφερομένων ενώ από άποψη τεχνολογίας, η ανθεκτικότητα του συστήματος και οι προηγμένες υποδομές, όπως το SWS και το RFID (Radio Frequency Identification), γίνονται πιο σημαντικά από ό,τι στην τέταρτη γενιά. Η πτυχή της βιωσιμότητας πρέπει να ευθυγραμμιστεί με τους νέους παγκόσμιους κανονισμούς και απαιτήσεις που επιβάλλονται στον ναυτιλιακό τομέα, καθώς και με το ενδιαφέρον της κοινότητας και της πόλης που περιβάλλει το λιμάνι (Lee et al., 2018). Ο Karas (2020) όρισε το λιμάνι πέμπτης γενιάς ως κόμβο logistics με τη μορφή μιας πλατφόρμας που συνδέει όλους τους ενδιαφερόμενους προκειμένου να ανταλλάσσουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για την παροχή αποτελεσματικών υπηρεσιών χειρισμού. Το λιμάνι πέμπτης γενιάς βασίζεται σε “έξυπνες” και βιώσιμες τεχνολογίες και εξοπλισμό για την υποστήριξη της ανταλλαγής δεδομένων και της συνεργασίας με πολλά λιμάνια. Για τον Karas (2020) τα λιμάνια του Ρότερνταμ, της Σαγκάης και της Σιγκαπούρης είναι αυτά που έχουν φτάσει στην πέμπτη γενιά μέχρι σήμερα.

Υπάρχουν αναφορές σχετικά με τη δυνατότητα επέκτασης σε μια νέα **έκτη** γενιά λιμένων. Ιδανικά, η έκτη γενιά λιμένων θα βασιζόταν στην επίτευξη εξυπηρέτησης πλοίων χωρητικότητας 50.000 TEUs, με μέγιστο βύθισμα 20 μ., στον πλήρη αυτοματισμό των λειτουργιών του λιμένα και στη διαχείριση διατροφικών διασυνδέσεων με την ενδοχώρα. Επιπλέον, η επαύξηση των αποθηκευτικών χώρων και των ναυπηγείων σε αυτά τα χαρακτηριστικά με τη βοήθεια νέων καινοτόμων τεχνολογιών θα είναι σημαντική ώστε ο λιμένας να χαρακτηριστεί ως λιμένας έκτης γενιάς (Belmoukari, Audy & Forget, 2023).

1.3. Σύγχρονες Προκλήσεις για τους Λιμένες

Οι σύγχρονες προκλήσεις τις οποίες αντιμετωπίζουν οι λιμένες είναι εκείνες που θα δώσουν την ώθηση για περαιτέρω ανάπτυξη από την πέμπτη στην έκτη γενιά. Συγκεκριμένα, μια γενικότερη αποδοχή έγκειται στο ότι η ψηφιοποίηση των λιμένων είναι μια στρατηγική πρόκληση με απαιτήσεις αλλά και πολλαπλά πλεονεκτήματα για τους καινοτόμους “έξυπνους” λιμένες. Ένα σύνολο από δράσεις όπως η διεθνής ανταγωνιστικότητα των θαλάσσιων μεταφορών και του εμπορίου, η βέλτιστη αξιοποίηση των πηγών ενέργειας, η ελαχιστοποίηση περιβαλλοντικού αποτυπώματος και η υιοθέτηση νέων τεχνολογιών διαχείρισης πληροφοριών, επικοινωνιών και ελέγχου (εφοδιαστική αλυσίδα, αυτοματοποίηση) αποτελούν τους κύριους άξονες που καθορίζουν τη διαμόρφωση της νέας τάξης πραγμάτων στους λιμένες (Molavi, Lim & Race, 2020).

Τα “έξυπνα” λιμάνια μπορούν να θεωρηθούν ως η λύση που αντιμετωπίζει τις νέες προκλήσεις του διεθνούς εμπορίου και των συστημάτων εφοδιαστικής αλυσίδας. Ενσωματώνοντας τις ψηφιακές τεχνολογίες, όπως το Διαδίκτυο (IoT), τα Big Data, το Cloud Computing και την τεχνητή νοημοσύνη (IA), τα “έξυπνα” λιμάνια θα επαυξήσουν την ικανότητά τους για “έξυπνη” λειτουργία και βέλτιστη κατανομή πόρων, γεγονός που θα επιτρέψει τη συνεχή βελτίωση της ανταγωνιστικότητάς τους, των δεικτών απόδοσης και των μελλοντικών τάσεων ανάπτυξης (Li et al., 2023). Παρά τις δυνατότητες που προσφέρουν οι νέες τεχνολογίες, η ψηφιοποίηση στους λιμένες αποτελεί μια σημαντική πρόκληση για τη διατήρηση της ανταγωνιστικότητάς τους. Η τεχνολογία από μόνη της δεν επαρκεί για την ενίσχυση της αποδοτικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας και της μακροχρόνιας κερδοφόρας βιωσιμότητας των λιμένων. Θα πρέπει να συνοδεύεται από την ικανότητά να δημιουργούν αξία στις παγκόσμιες

λιμενικές υπηρεσίες και στο θαλάσσιο εμπόριο. Οι προκλήσεις είναι το μέσο για την αναβάθμιση των λιμανιών η οποία όμως χαρακτηρίζεται από υψηλά κόστη υλοποίησης. Η αφομοίωση των προκλήσεων απαιτούν ιδιαίτερο στρατηγικό σχεδιασμό, προκειμένου, αφενός, να αποφευχθούν σφάλματα και αφετέρου, να ευνοηθεί η ανάπτυξη ενός λιμενικού συστήματος εστιασμένου στη βελτίωση των αλυσίδων αξίας και στη διαφύλαξη της ευημερίας των τοπικών κοινωνιών και του περιβάλλοντος (Heilig et al., 2017, Acciaro, Renken & El Khadiri, 2020).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΕΥΦΥΕΙΣ ΛΙΜΕΝΕΣ – SMART PORTS

2.1. Εννοιολογικός Προσδιορισμός “Ευφύων” Λιμένων

Έχουν γίνει προσπάθειες για την ανάπτυξη ενός ορισμού για τον “έξυπνο” λιμένα. Ωστόσο, ένας διεθνώς αποδεκτός και τυπικός ορισμός για τη λέξη “έξυπνος” δεν υπάρχει στο πλαίσιο της λιμενικής και ναυτιλιακής βιομηχανίας. Επίσης, η λέξη “έξυπνος” στην πορεία των ετών εμφανίστηκε για πρώτη φορά στον αστικό σχεδιασμό, κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990 ως μια ισχυρή αντίδραση που καθοδηγήθηκε από την τότε κοινωνική ανάγκη στις επιδεινούμενες τάσεις αναφορικά με την απώλεια ανοιχτού χώρου, την ατμοσφαιρική ρύπανση, την προστασία των ιστορικών μνημείων, την κυκλοφοριακή συμφόρηση και την αύξηση του κόστους των δημόσιων εγκαταστάσεων. Ο όρος “έξυπνος” βασιζόταν στις αρχές της αυτόματης αξιολόγησης, στην αυτο-διαμόρφωση, στην αυτό-προστασία, στην αυτό-αποκατάσταση και στην αυτό-βελτιστοποίηση. Ήταν μια προσέγγιση για τη διαχείριση της δημόσιας και ιδιωτικής ανάπτυξης που οδηγούσε σε οικονομική πρόοδο, σε βελτίωση διαχείρισης πόρων και υποδομών και σε περιβαλλοντική αναβάθμιση. Μάλιστα, στη σύγχρονη πραγματικότητα, οι κυβερνήσεις και οι οργανισμοί ενστερνίζονται την έννοια της “ευφυΐας” για να χαρακτηρίσουν τις νέες πολιτικές τους με στόχο τη βιώσιμη ανάπτυξη και την βελτίωση της ποιότητας ζωής για τους πολίτες. Ειδικότερα, η αποσαφήνιση της έννοιας “έξυπνος” συμπεριλαμβάνει στρατηγικές κατευθύνσεις και συνδέεται με την επιτυχία των πολιτικών εκείνων που σχετίζονται με τα “έξυπνα” κτίρια, αεροδρόμια, νοσοκομεία και λιμάνια που θα πρέπει να είναι εξοπλισμένα με σύγχρονες τεχνολογίες, συστήματα και υποδομές (Molavi, Lim & Race, 2020).

Επιπλέον, με βάση τη φιλοσοφία της λέξης “ευφυΐα” αναδεικνύεται πως τα “έξυπνα” λιμάνια, εμπεριέχουν την έννοια των ψηφιακών λιμένων που περιγράφει ένα λιμένα που συνδυάζει υποδομές ευρυζωνικών επικοινωνιών, ευέλικτες και προσανατολισμένες στις υπηρεσίες, στις υπολογιστικές υποδομές και τις καινοτόμες υπηρεσίες για την κάλυψη των σύγχρονων απαιτήσεων. Ένα “ευφύες” λιμάνι διαθέτει την υποδομή και ανωδομή και τις πιο πρόσφατες τεχνολογίες στις τηλεπικοινωνίες, στο διαδίκτυο, στα ηλεκτρονικά συστήματα και στον μηχανολογικό εξοπλισμό. Ένα “ευφύες” λιμάνι έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να ενθαρρύνει την καλλιέργεια της γνώσης και να δίδει πολλαπλές ευκαιρίες στην αξιοποίηση του ανθρώπινου

δυναμικού του οδηγώντας σε δημιουργικές διαδικασίες και ανάπτυξη. Ένα “ευφυές” λιμάνι συγκεντρώνει το κατάλληλα εξειδικευμένο προσωπικό, τις “έξυπνες” υποδομές και τον αυτοματισμό έτσι ώστε να διευκολύνει την ανάπτυξη και την ανταλλαγή γνώσεων για να βελτιστοποιήσει τις παραδοσιακές λειτουργίες, να ενισχύσει την ανθεκτικότητα του, να οδηγήσει σε βιώσιμη ανάπτυξη και να εγγυηθεί ασφαλείς δραστηριότητες. Τέλος, ένα να “ευφυές” λιμάνι μπορεί να θεωρηθεί ένας πλήρως αυτοματοποιημένος λιμένας μέσω της εκμετάλλευσης του IoT, ειδικότερα μέσα από ένα δίκτυο “έξυπνων” αισθητήρων και ενεργοποιητών, ασύρματων συσκευών και κέντρων δεδομένων ως βασικές υποδομές, που του επιτρέπουν να παρέχει τις βασικές υπηρεσίες του με ταχύτερο και πιο αποτελεσματικό τρόπο (Yang et al., 2018).

2.2. Λιμενικές Λειτουργίες, “Εξυπνες” Υποδομές & Διασύνδεση Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Οι κύριες δράσεις που πραγματοποιούνται στους λιμένες είναι μέσω πλοίων, δηλαδή τα Ακτοπλοία Εσωτερικού – Εξωτερικού, τα Αλιευτικά (Fishing), τα Αναψυχής (Leisure – Marinas), τα πλοία Γενικών Εμπορευμάτων (General Cargoes), τα πλοία Εμπορευματοκιβωτίων – Ε/Κ (Containers), τα πλοία Κρουαζιέρας (Cruise) και τα πλοία Φορτίων Χύδην (Dry and Liquid Bulk Cargoes). Ένα “ευφυές” λιμάνι χρησιμοποιεί τεχνολογίες με την ταυτόχρονη υιοθέτηση καινοτόμων και αποτελεσματικών μοντέλων διαχείρισης με σκοπό την αύξηση της παραγωγικότητας των λειτουργιών του και την ελαχιστοποίηση του σχετικού κόστους. Οι λειτουργίες των “ευφύων” λιμένων περιλαμβάνουν την παραγωγικότητα, τον αυτοματισμό και τις έξυπνες υποδομές. Τα “ευφυή” λιμάνια, ως λιμάνια υψηλών επιδόσεων, χρησιμοποιούν την τεχνολογία πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ) για να παρέχουν ένα ευρύ φάσμα “έξυπνων” εφαρμογών προκειμένου να επιτύχουν σημαντικά βελτιωμένη διαχείριση πλοίων και εμπορευματοκιβωτίων. Η ένταξη ΤΠΕ στις λειτουργίες του λιμένα οδηγεί στην βελτίωση του δείκτη ανταγωνιστικότητας και βιωσιμότητας του (Yau et al., 2020).

Οι “έξυπνες” υποδομές και τα “έξυπνα” συστήματα αποτελούν τα μέσα για την αύξηση της αποδοτικότητας και της βιωσιμότητας ενός λιμένα με τη συλλογή, επεξεργασία και κοινή χρήση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Αυτές οι υποδομές αξιοποιούνται με τη χρήση αισθητήρων, συστήματα εντοπισμού GPS, διαφορικά συστήματα εντοπισμού (DGPS), αναγνώστες ραδιοσυχνοτήτων (RFID), αναγνώστες οπτικής αναγνώρισης χαρακτήρων (OCR), δορυφορικά συστήματα εντοπισμού και πλοήγησης (GNSS και DGNSS), Συστήματα Διαχείρισης Τερματικού

(TOS), ασύρματες τεχνολογίες Bluetooth, διεπαφές WLAN, ασύρματη επικοινωνία και διασύνδεση των συσκευών, “έξυπνες” κινητές συσκευές, Cloud computing, συστήματα παρακολούθησης λιμένων, “έξυπνη” συντήρηση, διαχείριση της κυκλοφορίας των πλοίων, διαχείριση χώρων στάθμευσης καθώς και διαχείριση των πυλών του λιμένα (Rajabi et al., 2018).

Τα “έξυπνα” συστήματα εξάγουν πληροφοριακά δεδομένα σχετικά με τη λειτουργία του λιμένα αναφορικά με την κίνηση των πλοίων, των οχημάτων μεταφοράς στην ενδοχώρα, τον χρονικό προγραμματισμό και συνδέονται με τις υποδομές, τους τερματικούς σταθμούς εμπορευματοκιβωτίων και τις λοιπές εγκαταστάσεις (αποθήκες εμπορευματοκιβωτίων, δεξαμενές, χώροι στάθμευσης κ.ά.). Η ανακατεύθυνση και η ανατροφοδότηση των συστημάτων λήψης αποφάσεων με διαρκή και επικαιροποιημένα δεδομένα παρουσιάζεται μέσα από μια ταχεία και εύκολη ροή πληροφοριών που διευκολύνει τον εκάστοτε λιμένα να προσφέρει ποιοτικές υπηρεσίες και να οδηγήσει τελικά σε αυξημένη παραγωγικότητα, μικρότερα λειτουργικά κόστη, υψηλή διαπραγματευτική δύναμη έναντι του ανταγωνισμού, περιβαλλοντική ευσυνειδησία, απομειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα με μειωμένες εκπομπές αέριων ρύπων, αναβαθμισμένη ενεργειακή απόδοση και πέρασμα στην “πράσινη” διατροφική μεταφορά / logistics (Molavi, Lim & Race, 2020).

Οι “ευφυείς” λιμένες αποτελούν μέρος των διατροφικών μεταφορών και συμβάλλουν στα εξής (Mommens et al., 2020; Oudani, 2020):

1. Αποτελεσματικός τρόπος μείωσης κόστους μεταφορών
2. Αυξημένη ανταγωνιστικότητα
3. Αυξημένος όγκος δυνατικών μεταφορών
4. Αύξηση αποδοτικότητας με ταυτόχρονη μείωση κόστους
5. Μείωση σφαλμάτων που οδηγούν σε μακροπρόθεσμη μείωση του κόστους φόρτωσης
6. Μικρό διαχειριστικό κόστος
7. Οργάνωση των διατροφικών συστημάτων μεταφορών που διασφαλίζει την επιτυχία τους

8. Περιβαλλοντική ευαισθησία – χρήση εναλλακτικών μορφών ενέργειας και καυσίμων
9. Πληρότητα στις μεταφορές εξαιτίας του ολιστικού πλαισίου λειτουργίας τους
10. Συγκεντρώνει τα πλεονεκτήματα του κάθε μέσου μεταφοράς που χρησιμοποιεί
11. Ταχύτητα, αξιοπιστία και ασφάλεια στις μεταφορές

Το “ευφύες” λιμάνι έχει να αποκομίσει πολλαπλά οφέλη ως μέρος της διατροφικής εφοδιαστικής αλυσίδας, επιτυγχάνοντας συνδεσιμότητα με άλλους λιμένες και αποτελώντας τη δίοδο ώστε να υπάρξει ενσωμάτωση με τις χερσαίες μεταφορές και την πρόσβαση σε τελικούς προορισμούς στην ενδοχώρα. Οι επιχειρησιακές λειτουργίες του εκάστοτε λιμένα αυξάνονται με καλύτερη και βελτιωμένη αποδοτικότητα, παραγωγικότητα και υψηλή ταχύτητα ανταπόκρισης στις ανάγκες του εμπορίου. Ομοίως, η δυναμικότητα των διακινούμενων όγκων εμπορευματοκιβωτίων βελτιώνεται και έχει ως αποτέλεσμα την υψηλή κερδοφορία των λιμένων τα οποία προέρχονται από τα αυξημένα λιμενικά έσοδα και από τα μεταφορικά κόστη των logistics. Επίσης, οι “ευφύες” λιμένες πρωταγωνιστούν ως συνδετικός κρίκος στις μεταφορές μεταξύ θάλασσας και στεριάς, αναπτύσσουν στρατηγικό πλεονέκτημα, εντοπίζουν τις αγορές στις οποίες θα αναπτυχθούν τα νέα Διατροφικά Συστήματα Μεταφορών και προσφέρουν το έδαφος για την επικοινωνία των μερών και τον συντονισμό αυτών για να γίνει πράξη η διακίνηση φορτίων και ανθρώπων. Οι λιμένες μπορούν να χαρακτηριστούν ως “δίοδοι μεταφοράς” (Tadini & Borruso, 2022) παρέχοντας αποτελεσματικές και ψηφιοποιημένες ροές επικοινωνίας μεταξύ των φορέων που οδηγούν σε βελτιωμένη ευελιξία και αξιοπιστία. Έτσι, συμβάλλουν σε μια πιο ανταγωνιστική υπηρεσία και σε μια μεγαλύτερη χρήση των συνδυασμένων μεταφορών (Luíga & Wulfsberg, 2022). Επιπλέον, οι διατροφικές μεταφορές άνοιξαν τον δρόμο των επενδύσεων και της στρατηγικής εκμετάλλευσης των “ευφύων” λιμενικών εγκαταστάσεων και ανέδειξαν θέματα όπως η ασφάλεια και η προστασία των λιμένων (Sunitiyoso et al., 2022).

2.3. Διαχείριση Ενέργειας “Ευφυών” Λιμένων

Οι καταναλωτές ενέργειας στα λιμάνια μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες: άμεσους και έμμεσους καταναλωτές ενέργειας. Οι άμεσοι καταναλωτές ενέργειας περιλαμβάνουν το σύστημα φωτισμού του τερματικού χώρου του λιμανιού, τα κτίρια, τα γραφεία και άλλες εγκαταστάσεις όπως οι χώροι αποθήκευσης και στάθμευσης. Οι έμμεσοι καταναλωτές είναι εκείνοι που διακρίνονται από εποχιακά πρότυπα κατανάλωσης καθώς εξαρτώνται από τον όγκο των λιμενικών δραστηριοτήτων (γερανοί, στόλος λιμανιού κ.ά.) που διαφοροποιούν τη ζήτηση του ενεργειακού φορτίου αιχμής. Η βελτίωση των διαδικασιών και του εξοπλισμού για την απαίτηση λιγότερης ενεργειακής κατανάλωσης και την αποφυγή της απώλειας ενέργειας οδηγεί σε αποδοτικότερη κατανάλωση και συνοδεύεται από χαμηλότερο κόστος. Οι “ευφυείς” λιμένες πραγματοποιούν εξοικονόμηση ενέργειας μέσα από δράσεις για την καλύτερη ενεργειακή απόδοση και την μειωμένη ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων και των λοιπών χώρων τους. Τέτοια παραδείγματα είναι η χρήση συσκευών υψηλής ενεργειακής κλάσης, η συντήρηση ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων, η χρήση λαμπτήρων οικονομίας LED, η χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας αλλά και η συνεχής πληροφόρηση του προσωπικού και των χρηστών του λιμένα σε ζητήματα πρακτικών εξοικονόμησης ενέργειας (Lyridis et al., 2023).

Οι στρατηγικές διαχείρισης ενέργειας των “ευφυών” λιμένων περιλαμβάνουν την υιοθέτηση σύγχρονων τεχνολογικών συστημάτων και εγκατάσταση “έξυπνων” συσκευών, όπως μέσα αποθήκευσης ενέργειας, μπαταρίες, υπερπυκνωτές που λειτουργούν ως Συστήματα Αποθήκευσης Ενέργειας (ESS, Energy Storage Systems) και τα οποία σε συνδυασμό με ολοκληρωμένες βέλτιστες πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας μπορούν να αποτελέσουν ένα συνδυαστικό ενεργειακό πρότυπο και να οδηγήσουν σε μείωση του κόστους λειτουργίας τους. Το “ευφύες” λιμάνι καλείται να διερευνήσει τις προοπτικές για απομείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και την εύρεση λύσεων όπως την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος, την απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και την απομείωση των αερίων θερμοκηπίου μέσα από την χρήση πράσινων καυσίμων υλών. Επομένως, η διαχείριση της κατανάλωσης ενέργειας σε έναν “ευφυή” λιμένα συναρτάται από δύο βασικές συνιστώσες, τη χρήση και την παραγωγή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (αιολική με ανεμογεννήτριες, ηλιακή με φωτοβολταϊκά, κυματική, βιοντίζελ από βιομάζα) καθώς και την περιβαλλοντική συμμόρφωση σε κανονισμούς για την προστασία του περιβάλλοντος. Σε αυτούς εντάσσονται οι κανονισμοί στις

Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών Αερίων (ECAs), η Παγκόσμια Πρωτοβουλία για τη Διαχείριση των λιμένων για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου του IMO, η αποδοτική κατανάλωση της ενέργειας των δραστηριοτήτων και η υιοθέτηση Συστημάτων Διαχείρισης Ενέργειας όπως το ISO Διαχείριση Ενέργειας 50001:2018 από τη Lloyd's Register Quality Assurance για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, τη μείωση του ενεργειακού κόστους (Molavi et al., 2019) και το μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής (Iris & Lam, 2019).

2.4. Διαχείριση Περιβαλλοντικού Αποτυπώματος “Ευφυών” Λιμένων

Τα λιμάνια μπορούν να αποτελέσουν πηγή περιβαλλοντικής ρύπανσης μέσω των χερσαίων και θαλάσσιων μεταφορών και των βιομηχανικών δραστηριοτήτων τους. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των λιμένων αφορούν σε εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, ηχορύπανσης, ρύπανσης, κατανάλωσης των υδάτων και παραγωγής απορριμμάτων. Αυτά τα περιβαλλοντικά ζητήματα χαρακτηρίζονται ως κρίσιμες προκλήσεις για τους λιμένες και αποτελούν απειλή για την βιωσιμότητα τους σε μια μελλοντική ανταγωνιστική εποχή (Issa Zadeh et al., 2023).

Τα “ευφυή” λιμάνια αναζητούν λύσεις στα υπάρχοντα περιβαλλοντικά προβλήματα, με τα Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης (Environmental Management Systems, EMS) να αποτελούν μια σημαντική κατεύθυνση σχετικά με την αξιολόγηση, την παρακολούθηση και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη λειτουργία τους. Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) έχει αναπτύξει το πρότυπο ISO 14001:2015, σύμφωνα με το οποίο, οι λιμένες δεσμεύονται, διαμορφώνουν πολιτικές, σχεδιάζουν, εφαρμόζουν, αξιολογούν και αναθεωρούν. Τα δύο πιο γνωστά EMS αποτελούν το Σύστημα Οικολογικής Διαχείρισης και Ελέγχου της ΕΕ (Eco-Management & Audit Scheme, EMAS) και το Σύστημα Περιβαλλοντικής Επισκόπησης (Port Environmental Review System, PERS). Το EMAS αναπτύχθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή ως μέσο αξιολόγησης, αναφοράς και βελτίωσης της περιβαλλοντικής επίδοσης για κάθε οργανισμό και τύπο οργανισμού. Το PERS είναι ένα πρότυπο περιβαλλοντικής διαχείρισης για συγκεκριμένο λιμάνι που αναπτύχθηκε από την EcoPorts. Το PERS ενσωματώνει τις κύριες απαιτήσεις γνωστών προτύπων περιβαλλοντικής διαχείρισης (π.χ. ISO 14001) σύμφωνα με τις ιδιαιτερότητες των λιμένων. Τα “ευφυή” λιμάνια δεσμεύονται σε περιβαλλοντικές πολιτικές, καταγράφουν

περιβαλλοντικούς κινδύνους και διαμορφώνουν Σχεδία Δράσεων για τη συνεχή βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσής τους μέσα από την διάγνωση των περιβαλλοντικών κινδύνων από τα ίδια τα λιμάνια και τη λήψη μέτρων περιφρούρησης και μείωσης του περιβαλλοντικού τους αποτυπώματός (Puig et al., 2022).

Επίσης, οι “ευφυείς” λιμένες καλούνται να διαμορφώσουν ένα ολιστικό πρόγραμμα περιβαλλοντικής διαχείρισης που περιλαμβάνει τη διαχείριση φυσικών πόρων και την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και των καταναλισκόμενων καυσίμων του λιμένα (Barberi et al., 2021). Επίσης, διαθέτουν Σχέδια Αντιμετώπισης Εκτάκτων Περιστατικών Θαλάσσιας Ρύπανσης με διεθνείς κανονισμούς και αρχές (Διεθνής Σύμβαση Ετοιμότητας, Συνεργασίας και Αντιμετώπισης Ρύπανσης της Θάλασσας από Πετρέλαιο OPRC, Διεθνής Σύμβασης Πρόληψης Ρύπανσης από Πλοία - MARPOL 73/78, Πρωτόκολλο Ετοιμότητας, Συνεργασίας και Αντιμετώπισης Περιστατικών Ρύπανσης της Θάλασσας από Επικίνδυνες και Επιβλαβείς Ουσίες OPRC - HNS 2000) για την διαφύλαξη του θαλάσσιου περιβάλλοντος και του θαλάσσιου οικοσυστήματος έτσι ώστε να μπορούν διαχειριστούν επιβαρυντικούς ρυπογόνους παράγοντες και περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο εσωτερικό τους (Lalla-Ruiz, Heilig & Vob, 2019).

Επιπλέον σημαντική είναι η διαχείριση αποβλήτων - διαχωρισμού και ανακύκλωσης υλικών - που προέρχονται από τις εγκαταστάσεις των γραφείων, των συνεργείων, των επιβατικών σταθμών, των αποθηκών και όλων των χώρων των λιμενικών εγκαταστάσεων. Κάθε λιμένας μεριμνά για τη συλλογή των αποβλήτων, τη διαφύλαξη της καθαριότητας και της υγιεινής στα σημεία συλλογής και την αδιάληπτη πληροφόρηση των εργαζομένων και των χρηστών του λιμένα σχετικά με την διαχείριση αποβλήτων, τις εναλλακτικές χρήσεις τους και την ανακύκλωση στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας. Η ανακύκλωση αποβλήτων περιλαμβάνει την κατάρτιση Σχέδιου Διαχείρισης Αποβλήτων Πλοίων από τους “ευφυείς” λιμένες για την παραλαβή αποβλήτων (υγρών, στερεών) και καταλοίπων φορτίου των πλοίων και τη μεταφορά τους σε Κέντρα Διαλογής Ανακυκλώσιμων Υλικών για την περαιτέρω διαχείριση τους. Έτσι, επιτυγχάνεται ο μετριασμός της αποβολής αποβλήτων, καταλοίπων φορτίων και απορριμμάτων των πλοίων στη θάλασσα και η ενδυνάμωση της υιοθέτησης μιας κουλτούρας εστιασμένης στην προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος (Di Vaio, Varriale & Trujillo, 2019).

Οι “ευφυείς” λιμένες πραγματοποιούν ελέγχους περιβαλλοντικής ποιότητας των συνθηκών και διαμορφώνουν αντίστοιχα μέτρα. Παραδείγματα αποτελούν τα προγράμματα ελέγχου της

ποιότητας του θαλασσίου, ακουστικού και ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος των λιμένων ώστε να καταγραφούν οι επιβαρυντικοί παράγοντες και να εκτελεστούν έργα όπως η εξάλειψη μικροβιολογικών, φυσικών και χημικών παραγόντων που επιβαρύνουν τον θαλάσσιο χώρο, έργα ηχο-απορρόφησης (τοποθέτηση ηχοπετασμάτων, δένδροφυτεύσεις) και εγκατάσταση συστημάτων για την καταγραφή ατμοσφαιρικών ρύπων από τις λιμενικές δραστηριότητες (CO₂, SO₂, NO_x, σωματίδια (PM_{2,5} και PM₁₀), HC, CO και VOC. πτητικές οργανικές ενώσεις) προκειμένου να περιοριστεί η ατμοσφαιρική ρύπανση. Φυσικά, οι “ευφυείς” λιμένες προχωρούν σε δράσεις κατά της κλιματικής αλλαγής για τη μείωση εκπομπών αερίων μέσω χρήσης εναλλακτικών καυσίμων, διαχείρισης φυσικών πόρων (πχ. νερού) και υιοθέτησης τεχνολογιών μηδενικών εκπομπών για πλοία και χερσαία μεταφορικά μέσα σε αυτούς (Costa et al., 2021).

2.5. Διαχείριση Ασφάλειας “Ευφυών” Λιμένων

Η διαχείριση της ασφάλειας των “ευφυών” λιμένων στοχεύει στη διαφύλαξη της ασφάλειας ανθρώπων, εξοπλισμών, υποδομών και εγκαταστάσεων έτσι ώστε να επιτυγχάνεται ένα μέγιστο επίπεδο προστασίας κατά απειλών και επικίνδυνων καταστάσεων, όπως η βία, η τρομοκρατία, η πειρατεία, το λαθρεμπόριο, οι κυβερνοαπειλές και οι εγκληματικές ενέργειες εντός της ζώνης του λιμένα. Η ασφάλεια των λιμένων διαμορφώθηκε από το 2002 και έπειτα, ειδικότερα μετά την κρίση στις Ηνωμένες Πολιτείες και την πτώση των δίδυμων πύργων, όπου τα αρμόδια όργανα του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού θεώρησαν πως πρέπει να υπάρχουν κάποιοι διεθνείς κανόνες ασφαλείας για τις θαλάσσιες μεταφορές που θα εγγυώνται την ασφάλεια τόσο στη θάλασσα όσο και στις λιμενικές εγκαταστάσεις από εγκληματικές πράξεις ή απειλές τρομοκρατίας. Ο αρμόδιος Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός, έκρινε σημαντική την επικαιροποίηση αντίμετρων και διεργασιών για τον μετριασμό των απειλητικών ενεργειών κατά της ασφάλειας πλοίων, φορτίων, επιβατών, πληρωμάτων καθώς και των λιμενικών εγκαταστάσεων και του προσωπικού τους όταν επιβιβάζονται στα πλοία ή εργάζονται στις διάφορες λιμενικές περιοχές. Επίσης αποφάσισε να υιοθετηθούν, νέα ειδικά μέτρα μετά τη Διπλωματική Διάσκεψη για την αναθεώρηση της Διεθνούς Σύμβασης του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού για την ασφάλεια της ζωής στη θάλασσα (SOLAS). Η Διπλωματική Διάσκεψη, στις 9-13 Δεκεμβρίου 2002, αποφάσισε να διαμορφώσει εκ νέου το Κεφάλαιο V για την Ασφάλεια της Ναυσιπλοΐας (Safety of Navigation) και του Κεφαλαίου XI της Διεθνούς Σύμβασης (SOLAS 1974). Το τελευταίο περιλαμβάνεται πλέον σε

αυτή τη ΔΣ ως Κεφάλαιο XI –1 με τον τίτλο «Ειδικά μέτρα για τη βελτίωση της ασφάλειας στη θάλασσα» (Special Measures to Enhance Maritime Security). Αυτό το νέο Κεφάλαιο XI - 1 ρητά αναφέρεται στην υποχρεωτική εφαρμογή του Διεθνούς Κώδικα στην Ασφάλεια και στις απαιτήσεις του εξοπλισμού ασφαλείας των Πλοίων και των Λιμενικών Εγκαταστάσεων (International Ship and Port Facility Security Code, ISPS Code), (Bichou, 2014).

Οι “ευφυείς” λιμένες απόλυτα εναρμονισμένοι με το ISPS Code διαμορφώνουν τη Μελέτη Αξιολόγησης Ασφάλειας, το Σχέδιο Ασφάλειας και καθορίζουν τον Υπεύθυνο Ασφάλειας των λιμενικών εγκαταστάσεων. Ο απώτερος σκοπός της διαχείρισης της ασφάλειας είναι αφενώς η ενδυνάμωση της προστασίας των διεθνών θαλάσσιων μεταφορών και των “ευφυών” λιμένων που τις χρησιμοποιούν και αφετέρου η προφύλαξη του θαλασσίου περιβάλλοντος από πιθανές επικίνδυνες καταστάσεις κατά πλοίων, φορτίων και λιμενικών πεδίων στα οποία έχουν πρόσβαση τα πλοία. Στόχος είναι οι επιπτώσεις να μην είναι επιζήμιες για τους ανθρώπους, το περιβάλλον και τις ίδιες τις λιμενικές υποδομές. Επίσης, ορίζονται επίπεδα ασφαλείας ανάλογα με το Σχέδιο Ασφαλείας του λιμένα. Τα επίπεδα ασφαλείας και τα μέτρα της λιμενικής εγκατάστασης χαρακτηρίζονται ως Κανονικό, Αυξημένο και Εξαιρετικό ανάλογα με την ένταση των απαιτούμενων μέτρων, ήτοι ελάχιστα, πρόσθετα και προστατευτικά αντίστοιχα για επικείμενη απειλή (Heilig, & Vob, 2016).

Η Αξιολόγηση της Ασφάλειας των Λιμενικών Εγκαταστάσεων (ΑΑΛΕ) (Port Facility Security Assessment, PFSA) βασίζεται στη συστηματική Μεθοδολογία Ανάλυσης και στην Αξιολόγηση Δυνητικών Κινδύνων (Risk Assessment Methodology) και περιέχει τον καθορισμό και την αξιολόγηση σημείων που η ασφάλεια μπορεί να δεχθεί κινδύνους. Έτσι, οι “ευφυείς” λιμένες καθορίζουν τα κύρια ενσώματα και ασώματα παγία, ανθρώπους και περιοχές (π.χ. χώροι πρόσβασης, εισόδου, προσέγγισης, προσόρμισης, αγκυροβόλησης, ελιγμών, εγκαταστάσεις φορτίων, συστήματα ατομικής προστασίας, συστήματα διαχείρισης ασφαλούς ναυσιπλοΐας, συστήματα ασφαλείας) που θέτουν σε κίνδυνο τη λειτουργία της λιμενικής εγκατάστασης, η προστασία των οποίων είναι σημαντική. Επίσης, πραγματοποιείται ορισμός και εκτίμηση των δυνητικών κινδύνων - πιθανών απειλών (possible threats) σε γεγονότα κατά της ασφάλειας ενσώματων και ασώματων παγίων και ανθρώπων όπως πειρατεία και η ζημιά ή καταστροφή της λιμενικής εγκατάστασης (εκρηκτικοί μηχανισμοί, εμπρησμός, δολιοφθορά, βανδαλισμός),

παράνομη χρήση πλοίου, παραβίαση φορτίου, λαθρεπιβίβαση, λαθρεμπόριο, αποκλεισμός εισόδων / σημείων προσέγγισης, ληστεία, παράνομη μεταφορά φορτίων και προσώπων και δολιοφθορά). Επιπρόσθετα, πραγματοποιείται εντοπισμός των μειονεκτημάτων των ενσώματων και ασώματων παγίων, των ανθρώπων, των εξοπλισμών, των διεργασιών και της οργάνωσης της λιμενικής εγκατάστασης και αξιολογείται η προσέγγιση / πρόσβαση / αναγνώριση / κυκλοφορία στη λιμενική εγκατάσταση, η αρτιότητα των παγίων – εξοπλισμών και το επίπεδο της εκπαίδευσης του προσωπικού ασφαλείας. Ακόμη, ορίζονται αντίμετρα και αντισταθμιστικές διαδικασίες για την εξάλειψη των αδύναμων σημείων της λιμενικής εγκατάστασης. Αφού ολοκληρωθεί η Μελέτη Αξιολόγησης Ασφάλειας Λιμενικής Εγκατάστασης ακολουθεί η εφαρμογή μιας εμπιστευτικής Αναφοράς που περιγράφει όλη τη διεργασία της αξιολόγησης και των ευρημάτων αυτής. Ο κάθε λιμένας διαμορφώνει ένα Σχέδιο Ασφαλείας της Λιμενικής Εγκατάστασης (ΣΑΛΕ) (Port Facility Security Plan, PSFP) για τη διαμόρφωση ενός πλαισίου εφαρμογής διαδικασιών και μέτρων για την περιφρούρηση της ασφάλειας στις εγκαταστάσεις. Τέλος, ορίζεται ο Υπεύθυνος Ασφαλείας Λιμενικής Εγκατάστασης (ΥΑΛΕ) (Port Facility Security Officer – PFSO) ως ένα πρόσωπο το οποίο επιφορτίζεται με όλη τη διαχείριση της ασφάλειας της λιμενικής εγκατάστασης, την διασφάλιση της επιτυχούς πραγματοποίησης όλων των διεργασιών που απαιτούνται, την επιτήρηση και καθοδήγηση του προσωπικού ασφαλείας και τον χειρισμό κρίσιμων πληροφοριών για την ασφάλεια (Koliouisis, 2020).

Ο Senarak (2021) αναφέρει πως οι “ευφυείς” λιμένες έχουν ενσωματώσει την κυβερνοτεχνολογία στις δραστηριότητές τους για να αυξήσουν την ανταγωνιστικότητά. Η ψηφιοποίηση γίνεται η κύρια ευπάθειά τους αναφορικά με τις αναδυόμενες κυβερνοαπειλές. Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής ασφαλείας αναπτύσσουν μέτρα κυβερνοασφάλειας ώστε να προφυλάξουν τις λιμενικές υπηρεσίες από τις επιθέσεις μέσω υπολογιστών κατά συστημάτων πληροφοριών, το χάκινγκ, τον χακτιβισμό, τον κυβερνοπόλεμο, την διαδικτυακή απάτη, την πλαστογραφία και το παράνομο διαδικτυακό περιεχόμενο (βία, κατασκοπεία, τρομοκρατία κ.ά.). Οι “ευφυείς” λιμένες είναι ευάλωτοι στην εγκληματικότητα στον κυβερνοχώρο αλλά ο Κώδικας μέσα από κατάρτιση και εκπαίδευση σε όλους τους εργαζόμενους, συμπεριλαμβανομένων των ανώτατων στελεχών, των διευθυντών και των εποπτών, μπορεί να διασφαλίσει μια κουλτούρα ευαισθητοποίησης για αυτές τις απειλές και την αντιμετώπισή τους σε όλα τα επίπεδα. Η βελτίωση του εξοπλισμού ασφαλείας για την αντιμετώπιση των κυβερνοαπειλών αποτρέπει τη μη

εξουσιοδοτημένη πρόσβαση σε δεδομένα των λιμενικών εγκαταστάσεων και διατηρεί ασφαλείς σημαντικές απόρρητες πληροφορίες ενώ παράλληλα οι διαδικασίες που βασίζονται στον κώδικα ISPS και στα άλλα προληπτικά μέτρα στοχεύουν στη μείωση του κινδύνου των κυβερνοαπειλών.

Επίσης, σημαντική θεωρείται η εκπαίδευση του ανθρώπινου δυναμικού στους “ευφυείς” λιμένες, ειδικά αν σκεφτεί κανείς ότι μια εγκληματική ενέργεια ή μια παράνομη διακίνηση φορτίου θα μπορούσε να διευκολυνθεί από την αμέλεια ή την υποστήριξη του προσωπικού. Συνεπώς, η εκπαίδευση του προσωπικού αναδεικνύει τη δέσμευση και την ανάγκη υιοθέτησης μιας κουλτούρας ασφάλειας από τους διαχειριστές των λιμένων. Αποτέλεσμα της εκπαίδευσης και της κατάρτισης του προσωπικού ασφαλείας αποτελεί η επαύξηση των δεξιοτήτων του στην καλύτερη διαχείριση επικίνδυνων καταστάσεων, στην επίδειξη ψυχραιμίας σε δύσκολα περιστατικά, στην αναγνώριση κινδύνων και συμβάντων ασφαλείας και στην αντιμετώπιση αυτών με γνώμονα την ασφαλή διαχείριση της λιμενικής εγκατάστασης (Urciuoli, 2016).

Θα ήταν παράλειψη αν δεν καταγράφονταν η σημαντικότητα των Συστημάτων Διαχείρισης Ασφάλειας και των Συστημάτων Εποπτείας και Βελτιστοποίησης που εφαρμόζουν οι “ευφυείς” λιμένες. Τα Συστήματα Διαχείρισης Ασφάλειας εντοπίζουν πιθανές απειλές για το λιμένα και καθιερώνουν, εφαρμόζουν, παρακολουθούν, αναθεωρούν και διατηρούν κατάλληλες ενέργειες για την αποτελεσματική αντιμετώπιση έναντι των κινδύνων αυτών. Η ανάπτυξη του ολοκληρωμένου Συστήματος Εποπτείας και Βελτιστοποίησης που βασίζεται σε πρόσφατο λογισμικό και υλικό, βελτιώνει την ασφάλεια στον λιμένα και περιλαμβάνει ειδικότερα την σύνδεση υλικού (κάμερες, ασύρματη τεχνολογία, αισθητήρες, ετικέτες RFID) με λογισμικό για τη συλλογή δεδομένων, την οπτικοποίηση, την ανάλυση και τη βελτιστοποίηση του. Η εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος διασφαλίζει την ανθεκτικότητα των λιμένων έναντι των κινδύνων και βελτιώνει τους δείκτες κόστους και απωλειών. Οι λιμένες πραγματοποιούν ανάλυση κινδύνων και διαχείριση αυτών, επαυξάνοντας την ετοιμότητά τους στη διαχείριση δύσκολων καταστάσεων (Cui, Sun & Zhan, 2023).

2.6. Αυτοματοποίηση “Ευφυών” Λιμένων

Η αυτοματοποίηση των λιμένων έχει ξεκινήσει από τη δεκαετία του 1990 και από τότε οι περισσότεροι λιμένες διαθέτουν αυτοματοποιημένες διαδικασίες στους τερματικούς σταθμούς. Η

πλήρης αυτοματοποίηση των λιμένων αποτελεί έργο υψηλών επενδύσεων και παρέχει τις τεχνολογικές λύσεις εκείνες που επιτρέπουν τη χρήση συστημάτων για τον έλεγχο του εξοπλισμού και των διαδικασιών, απομειώνοντας την παρουσία των ανθρώπων. Η αυτοματοποίηση στους “ευφυείς” λιμένες περιλαμβάνει νέες τεχνολογίες όπως το 5G, το βιομηχανικό IoT, τα κυβερνο-φυσικά συστήματα (CPS), την ηλεκτροδότηση από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, την ψηφιοποίηση, τον αυτοματισμό και την ρομποτοποίηση στις λιμενικές διαδικασίες logistics. Τα “ευφυή” λιμάνια διαθέτουν αυτοματοποιημένους σταθμούς διαχείρισης εμπορευματοκιβωτίων που οργανώνουν τις διαδικασίες μεταφοράς, πρόσβασης, αποθήκευσης, διανομής και διαλογής τους. Συνεπώς, η ιδέα της αυτοματοποίησης των “έξυπνων” λιμένων βασίζεται στην ψηφιοποίηση, στον αυτοματισμό των διαδικασιών και των τερματικών τους, καθώς και στη διασύνδεση όλων των παραγόντων της αλυσίδας εφοδιασμού διαμέσου της αυτοματοποιημένης μετάδοσης δεδομένων κινητής τηλεφωνίας σε πραγματικό χρόνο. Ως αποτέλεσμα, η ιδέα στοχεύει στην αύξηση της συνολικής ανταγωνιστικότητας των λιμένων και στην ενοποίηση της θαλάσσιας αλυσίδας εφοδιασμού (Douaioui et al., 2018).

Εδώ, θα πρέπει να σημειωθεί πως η επιτυχή αυτοματοποίηση ενός “ευφυούς” λιμένα απαιτεί την ύπαρξη “έξυπνων” πλοίων που θα διαθέτουν συστήματα δορυφορικής σύνδεσης, αισθητήρες, εξοπλισμό παρακολούθησης αλλά και ελέγχου μέσω ανταλλασσόμενων δεδομένων με το λιμένα, σε πραγματικό χρόνο. Ουσιαστικά, το “έξυπνο” πλοίο συνδέεται με το “ευφυές” λιμάνι, ώστε να διαδράσουν με αυτόματο τρόπο και να υπάρξει αυτόματη και άμεση σχεδίαση των κινήσεών τους μέσα στις αποβάθρες στοχεύοντας στη διαχείριση εργασιών, οργάνωσης και διακίνησης φορτίων σε πραγματικό χρόνο. Στοιχεία που βοηθούν στη διαχείριση των πλοίων και στην επίτευξη μικρότερων χρόνων εκτέλεσης διαδικασιών εντός των λιμένων αποδίδονται και σε οικονομικά κέρδη (Zhou et al., 2023). Επίσης, σημαντικά είναι τα “έξυπνα” ή διασυνδεδεμένα κοντέινερ τα οποία φέρουν αισθητήρες για τη συγκέντρωση στοιχείων όπως η γεωγραφική τοποθεσία, η υγρασία, η θερμοκρασία, οι δονήσεις, η πίεση κ.ά. σε ένα σύστημα πληροφοριών και επιτρέπουν την πρόσβαση σε τεχνικά έγγραφα σε πραγματικό χρόνο, την αναφορά ζημιών και τη διαχείριση προγράμματος συντήρησης. Τα συγκεκριμένα παρέχουν δυνατότητες αδιάληπτης ανατροφοδότησης της εικόνας των πλοίων και του εντοπισμού τους. Ωστόσο, είναι δυνατή η περαιτέρω εξέλιξή τους σε δίκτυα Cloud, Fog και IoT και ο σχεδιασμός πιο αποτελεσματικών χρονο-προγραμματισμών (Pérez de Prado et al., 2020). Ιδιαίτερη έμφαση είναι δυνατό να δοθεί στις αυτοματοποιημένες διεργασίες (operations) που αφορούν σε λειτουργίες όπως οι μεταφορές

(ηλεκτρονικά καθοδηγούμενες πλατφόρμες μεταφοράς), η αποθήκευση (γερανοί επί σιδηροτροχιών χωρίς χειριστή) και ο χειρισμός των εμπορευματοκιβωτίων σε έναν λιμένα (αυτόματα συστήματα παρακολούθησης, αυτοματοποιημένοι γερανοί αποβάθρας φόρτωση και εκφόρτωσης). Η αυτοματοποίηση των εργασιών των λιμένων μεταφράζεται σε απομειωμένους χρόνους αναμονής πλοίων και σε ελαχιστοποίηση της ενεργειακής σπατάλης καθιστώντας την μια μελλοντική προοπτική ως ουσιαστικής σημασίας (Baskin & Swoboda, 2023).

2.7. Ανασταλτικοί Παράγοντες Ανάπτυξης “Ευφυών” Λιμένων

Υπάρχουν ορισμένοι ανασταλτικοί παράγοντες της ανάπτυξης των “ευφυών” λιμένων που δυνητικά μπορούν να αποτελέσουν προοπτικές και πρέπει να ληφθούν υπόψη.

Ειδικότερα (Chu et al., 2018, Tsolakis et al., 2022):

1. Υψηλό οικονομικό κόστος για επενδύσεις σε τεχνολογίες “έξυπνων” λιμένων (υποδομές, εξοπλισμός, λογισμικό, προσωπικό, εκπαίδευση, τεχνολογίες, τεχνογνωσία, τεχνητή νοημοσύνη)
2. Δύσκολη εύρεση πηγών χρηματοδότησης για επενδύσεις από δημόσιο και ιδιωτικό τομέα
3. Οργανωτικές και διοικητικές δυσκολίες μετάβασης παραδοσιακών λιμένων σε καθεστώς “smart port” (εταιρική κουλτούρα, στρατηγική και στάσεις)
4. Δυσκολία συνεχούς ακολουθίας τάσεων των νέων, “έξυπνων” και καινοτόμων τεχνολογιών
5. Συνεχής ανάγκη για επιμόρφωση προσωπικού σε νέες τεχνολογίες ψηφιοποίησης
6. Ανησυχία για τη διαφάνεια και τις “ανοικτές” πληροφορίες και δεδομένα που δυνητικά θα μπορούσαν να υπονομεύσουν τα οικονομικά συμφέροντα των λιμένων
7. Κοινωνική δυσπιστία ψηφιακού μετασχηματισμού λιμένων εξαιτίας του φόβου που προκαλεί η χρήση αυτοματοποιημένων τεχνολογιών που διασυνδέεται με πιθανή απομείωση θέσεων εργασίας και απομακρυσμένη εργασία
8. Ψυχολογικοί, κοινωνικοί, οργανωτικοί, επαγγελματικοί και εργονομικοί κίνδυνοι που επιβαρύνουν την υγεία και την ασφάλεια των χρηστών των λιμένων

9. Μη ώριμες τεχνολογικές καινοτομίες που συνεχώς εξελίσσονται σε επίπεδο λιμενικών εργασιών και λειτουργιών
10. Κυβερνοέγκλημα και κυβερνοασφάλεια, δύο προβλήματα της συνεχούς τεχνολογικής εξέλιξης η οποία απαιτεί την χρήση κατάλληλων εργαλείων για την αντιμετώπιση τρωτών σημείων που θέτουν σε κίνδυνο τα ψηφιακά δεδομένα και την επαύξηση της ασφάλειας από κυβερνοεπιθέσεις
11. Δυσκολία συνεργασιών των “ευφυών” λιμένων με εταιρίες και οργανισμούς εντός και εκτός των λιμένων εγκαταστάσεων
12. Δυσκολία εύρεσης κατάλληλα εξειδικευμένου προσωπικού σε τεχνολογίες διαδικτύου (IoT)
13. Υψηλό κόστος επιμόρφωσης προσωπικού στις νέες τεχνολογίες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Η ΠΡΟΚΛΗΣΗ ΤΟΥ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΕΥΦΥΩΝ ΛΙΜΕΝΩΝ

3.1. Ψηφιοποίηση Λιμένων

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός είναι υψίστης σημασίας στον επιχειρηματικό κόσμο με σημαντικές επιπτώσεις σε οποιονδήποτε από τους τομείς του. Τα λιμάνια και η εφοδιαστική στη θαλάσσια ναυτιλία αποτελούν παραδείγματα αυτών των εξελίξεων. Ως βασικοί παράγοντες στις παγκόσμιες αλυσίδες εφοδιασμού, οι λιμένες επηρεάζονται ιδιαίτερα από την τεχνολογική μετεξέλιξη. Συγκεκριμένα, λόγω των υψηλών απαιτήσεων στον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών οι λιμένες προκειμένου να παραμείνουν ανταγωνιστικοί υιοθετούν τη ψηφιακή καινοτομία στοχεύοντας στο απομειωμένο κόστος, την αποτελεσματικότητα, την ασφάλεια και την βιωσιμότητα. Οι παγκόσμιες τάσεις δείχνουν πώς η ψηφιακή καινοτομία μπορεί να διαμορφώσει τον εκσυγχρονισμό των λιμένων (Heilig, Schwarze & Vob, 2017).

Η ψηφιοποίηση ωθεί τους λιμένες να ξεπεράσουν τα παραδοσιακά τους όρια και τους παρέχει πολλές νέες ευκαιρίες για την ενίσχυση της παραγωγικότητας, της αποδοτικότητας και της βιωσιμότητας των logistics. Η έννοια των “ευφών” λιμένων στοχεύει στην υιοθέτηση σύγχρονων τεχνολογιών πληροφοριών οι οποίες επιτρέπουν έναν καλύτερο σχεδιασμό και διαχείριση των λιμενικών λειτουργιών. Η ψηφιοποίηση ενισχύεται από τις επενδύσεις στην τεχνολογία, τις συνεργασίες για την προώθηση της ανταλλαγής πληροφοριών και του καλύτερου συντονισμού. Σήμερα, για την ανάπτυξη “ευφών” λιμένων πρέπει να εφαρμοστούν λύσεις τεχνολογιών πληροφοριών που να διευκολύνουν την καλύτερη διαχείριση και την υιοθέτηση αυτής της ψηφιακής επανάστασης. Η υιοθέτηση νέων τεχνολογικών λύσεων θα βοηθήσει στη διατήρηση της ανταγωνιστικότητας και θα ενισχύσει την προοπτική της βιωσιμότητας και της αποτελεσματικότητας. Τέλος, θα συμβάλει στη μείωση του κόστους και στην κάλυψη των απαιτήσεων ασφάλειας (Heilig, Lalla-Ruiz & Vob, 2017).

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός αναδιαμορφώνει σε μεγάλο βαθμό τη δραστηριότητα των λιμένων, βελτιστοποιεί τις διαδικασίες και βελτιώνει την αποτελεσματικότητα τους σε όλες τις λειτουργίες. Η υιοθέτηση νέων τεχνολογιών όπως το Internet of Things (IoT), τα Big Data, η τεχνητή νοημοσύνη (AI) και ο αυτοματισμός επιφέρουν σημαντικό αντίκτυπο στον τρόπο με τον

οποίο οι λιμένες διαχειρίζονται τις λειτουργίες τους. Ωστόσο, ο ψηφιακός μετασχηματισμός φέρει αρκετές προκλήσεις που απαιτούν προσεκτικές προσεγγίσεις για να διασφαλιστεί η επιτυχής εφαρμογή του. Οι κύριες προκλήσεις του ψηφιακού μετασχηματισμού των λιμένων είναι οι εξής (Almeida, 2023):

1. Ενοποίηση των ετερογενών συστημάτων και πλατφορμών
2. Βελτίωση της προσβασιμότητας των εγκαταστάσεων
3. Εξάρτηση από ψηφιακά συστήματα και συνδεσιμότητα
4. Διαλειτουργικότητά μεταξύ αυτών των συστημάτων
5. Ενεργειακή/πράσινη αναβάθμιση των υποδομών
6. Απαιτήσεις επενδύσεων από άποψη χρόνου
7. Κυβερνοασφάλεια και κίνδυνος κυβερνοεπιθέσεων
8. Εξειδικευμένη τεχνογνωσία
9. Οργανωσιακή κουλτούρα
10. Υιοθέτηση νέων τεχνολογιών και πρακτικών εργασίας
11. Προσαρμογή σε νέες μορφές συνεργασίας και εργασιακών διαδικασιών
12. Υψηλό οικονομικό κόστος υλοποίησης, διατήρησης και εκπαίδευσης προσωπικού
13. Ψηφιοποίηση των υπηρεσιών των λιμένων

Η παγκόσμια αγορά “έξυπνων” λιμένων αποτιμήθηκε σε 2,0 δισεκατομμύρια δολάρια το 2022 και προβλέπεται να φτάσει τα 15,5 δισεκατομμύρια δολάρια έως το 2032, αυξάνοντας τον δείκτη CAGR (Compound annual growth rate – Σύνθετος ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης) στο 23,1% από το 2023 έως το 2032. Η οικονομική ανάπτυξη και η αύξηση του όγκου των εμπορικών συναλλαγών σε παγκόσμιο επίπεδο κατέστησαν αναγκαία την ανάγκη για αποδοτικά και τεχνολογικά προηγμένα λιμάνια. Οι “έξυπνες” λύσεις λιμένων έχουν προσφέρει ειδικά στους Ασιατικούς λιμένες τα μέσα για να χειριστούν αποτελεσματικά την αύξηση της εμπορικής ζήτησης. Επιπλέον, οι κυβερνήσεις και οι λιμενικές αρχές έχουν δώσει προτεραιότητα στις πρωτοβουλίες ψηφιακού μετασχηματισμού που στοχεύουν στον εξορθολογισμό των λιμενικών λειτουργιών, στη βελτίωση της διαχείρισης φορτίου και στην καλύτερη λήψη αποφάσεων με την παροχή πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μεγαλύτεροι λιμένες παγκοσμίως συνεργάζονται ήδη με κορυφαίους παίκτες της αγοράς στον τομέα παροχής

τεχνολογικών λύσεων όπως η Royal Dutch Shell, η Cisco System, Inc., η KONGSBERG, η ABB Ltd., η Huawei Technologies Co., Ltd., η Kaleris, η IBM Corporation, η Trelleborg και η Intel Corporation. Η (Karaś, 2020).

3.2. Ψηφιακές Τεχνολογίες Σε Τομείς Ενδιαφέροντος Λιμένων

Οι σύγχρονες ψηφιακές τεχνολογίες στοχεύουν στην λειτουργική βελτιστοποίηση και στην αυτοματοποίηση των λιμενικών διαδικασιών. Είναι γενικά παραδεκτό ότι τα λιμάνια έχουν αντιμετωπίσει ιδιαίτερα προβλήματα κατά τη διάρκεια της πανδημίας αλλά και της μεταπανδημικής εποχής. Γι' αυτό το λόγο, σε μια προσπάθεια ανάτασής τους εισαγάγουν δυναμικά καινοτόμες λύσεις προκειμένου να διατηρήσουν τη θέση τους στην αγορά. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι η καινοτομία είναι ο μόνος τρόπος για να διατηρηθεί μια υψηλή θέση στη διεθνή οικονομία και στο εμπόριο. Η ψηφιοποίηση άλλωστε είναι μια διαδικασία που μετατρέπει δραστηριότητες, πληροφορίες και αποτελέσματα σε δεδομένα που μπορούν να συγκεντρωθούν, να αναλυθούν και να κοινοποιηθούν (Kosiek et al., 2021).

Οι ψηφιακές τεχνολογίες που εφαρμόζονται στους λιμένες αποτελούν μέρος της διαδικασίας παροχής υπηρεσιών, αποδίδονται σε διάφορους τομείς ενδιαφέροντος και συμβάλλουν στη βελτίωση των λειτουργιών και της αποδοτικότητας του συστήματος. (Castellano et al., 2019).

Συγκεκριμένα:

1. **Ασφάλεια:** Οι ψηφιακές τεχνολογίες επιτρέπουν τον έλεγχο των συστημάτων προσέγγισης, κατόπτευσης, άμεσης προειδοποίησης του λιμένα και διασφαλίζουν την προστασία τους στον κυβερνοχώρο.
2. **Αυτοματοποίηση:** Η ψηφιοποίηση, οι αισθητήρες και οι αυτοματοποιημένες διαδικασίες θα βοηθήσουν στη βελτιστοποίηση της απόδοσης των λιμένων από τον απλό έλεγχο των καιρικών συνθηκών έως και τον δύσκολο συνδυασμό δρομολογίων σε πραγματικό χρόνο.
3. **Γραφειοκρατία:** Οι ψηφιακές τεχνολογίες βελτιώνουν την γραφειοκρατική εργασία στους λιμένες καθώς με την ψηφιοποίηση των δεδομένων επιτυγχάνεται απομειωμένη καθυστέρηση, αποφυγή σφαλμάτων στη διαχείριση φορτιών και μεταφορών αλλά και

απλοποίηση διαδικασιών πληρωμών, εμπορικών αδειών, εισαγωγών / εξαγωγών και εκτελωνισμών.

4. Διατροφική αλυσίδα μεταφορών: Ενοποίηση μεταφορών και διακίνησης φορτίων από το θαλάσσιο λιμενικό χώρο σε χερσαίους προορισμούς. Οι ψηφιακές τεχνολογίες επιτρέπουν στους λιμένες να καθοδηγούν οχήματα (φορτηγά, τρένα) με αποτελεσματικό τρόπο αποφεύγοντας τη συμφόρηση και τις καθυστερήσεις.
5. Ενεργειακή και περιβαλλοντική απόδοση: Οι ψηφιακές τεχνολογίες διασυνδέονται με την απομειωμένη ενεργειακή κατανάλωση, τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τη διαχείριση αποβλήτων / απορριμμάτων και την παρακολούθηση των παραγόντων που επιβαρύνουν το οικοσύστημα όπως οι εκπεμπόμενοι αέριοι ρύποι θερμοκηπίου, η ηχορύπανση, η μόλυνση των υδάτων και η μόλυνση του βυθού των λιμένων.
6. Νέες ψηφιακές τεχνολογίες και τεχνολογίες επικοινωνίας: Η υψηλότερη αυτοματοποίηση των λιμένων επιτυγχάνεται από την υιοθέτηση τεχνολογιών (IoT, Blockchain, Cloud Computing) που διασφαλίζουν την αυτόνομη και την ημι-αυτόνομη λειτουργία τόσο των εξοπλισμών όσο και των επιχειρησιακών κέντρων. Αυτό επιτρέπει την επαύξηση της στήριξης και του ελέγχου τους από τη στεριά σε πραγματικό χρόνο.
7. Υποδομή / Ανωδομή: Οι ψηφιακές τεχνολογίες βοηθούν στον έλεγχο της σωστής λειτουργίας των υποδομών και των αναδομών των λιμένων σε θέματα εντοπισμού, διαχείρισης, εποπτείας και συντηρήσεων.
8. Χειρισμός φορτίων: Οι ψηφιακές τεχνολογίες επιτρέπουν στους λιμένες να επαγρυπνούν και να διατηρούν τον έλεγχο σε όλες τις φάσεις διακίνησης των φορτίων, στοιχείο που βελτιώνει σημαντικά και τη συνολική αποδοτικότητά τους.

Συμπερασματικά, η ψηφιακή καινοτομία αποτελεί σημαντικό παράγοντα στη μεταμόρφωση του τομέα των λιμένων, προσφέροντας δυνατότητες εξοικονόμησης κόστους, αύξησης της ποιότητας και περαιτέρω ανάπτυξης. Παρόλα αυτά, η εφαρμογή της ψηφιακής καινοτομίας στον τομέα των λιμένων εξελίσσεται με χαμηλότερους ρυθμούς σε σύγκριση με άλλες βιομηχανίες.

3.3. Υπολογιστική Νέφος (Cloud Computing)

Η Υπολογιστική Νέφος (Cloud Computing) εσωκλείει τη διάθεση υπολογιστικών πόρων μέσω του διαδικτύου όπως υποδομές (διακομιστές, αποθήκευση), πλατφόρμες (βάσεις δεδομένων και προγράμματα) και εφαρμογές (applications). Το Cloud Computing έχει παρεισφρήσει στην εφοδιαστική αλυσίδα των λιμένων διασυνδέοντας όλους τους εμπλεκόμενους φορείς, με σκοπό την καλύτερη χρήση των υπηρεσιών, τους καλύτερους χρόνους παράδοσης και την οικονομικότερη απόδοση των επενδύσεων. Η εισαγωγή συστημάτων διαχείρισης και επεξεργασίας ψηφιακών δεδομένων λαμβάνουν μορφή εικονικής αποθήκευσης μέσω της οποίας παρέχεται πρόσβαση σε υπηρεσίες με καταναμημένο και επεκτάσιμο τρόπο. Το Cloud Computing αποτελεί τη τεχνολογική απάντηση που χρειάζεται κάθε λιμένας καθώς είναι επεκτάσιμη, εξατομικευμένη, ενημερωμένη και φθηνή υποδομή πληροφορικής κατ' απαίτηση και παράλληλα μπορεί να προσπελαστεί με απλό και διάχυτο τρόπο μέσω απομακρυσμένων υπολογιστικών πόρων “σύννεφου”. Για τους λιμένες, το Cloud Computing αποτελεί ένα καταναμημένο μοντέλο που διευκολύνει την πρόσβαση και την επεξεργασία των δεδομένων που προέρχονται από τα πλοία σε πραγματικό χρόνο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται καλύτερη διακίνηση πλοίων και φορτιών, να απομειώνεται η συμφόρηση στους λιμένες, να ελαχιστοποιούνται οι καθυστερήσεις, να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις για ευρυζωνικότητα, να μειώνονται οι ενεργειακές καταναλώσεις και να εξασφαλίζεται η ευελιξία και η προσβασιμότητα. Επιπλέον, το Cloud Computing χρησιμοποιείται από τους λιμένες για να επιτύχουν άριστη διαχείριση τόσο των οικονομικών όσο και των πελατειακών σχέσεων. Οι λιμένες μέσω της επένδυσης και της ευθυγράμμισης τους με τις τεχνολογίες Cloud Computing εντάσσουν την πληροφορική στους κόλπους τους ενισχύοντας την ανταγωνιστικότητά τους (Min, 2022).

Οι εφαρμογές δεδομένων και ανάλυσης παίζουν ολοένα και πιο σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της ασφάλειας των λιμένων. Η προληπτική αντίδραση στους κινδύνους είναι πολύ σημαντική για τη διαχείριση των “έξυπνων” λιμένων και οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να τους παράσχουν την αναγκαία εξοπλισμένη υποδομή για την αντιμετώπισή τους.

Στο παράδειγμα της Σιγκαπούρης, η χρήση εργαλείων πρόβλεψης κυκλοφορίας με χρήση δεδομένων μπορεί να βοηθήσει στον χρονικό προγραμματισμό των λειτουργιών του λιμένα βελτιώνοντας έτσι τη ροή του εμπορίου και μειώνοντας το κόστος των καθυστερήσεων. Επίσης,

η χρήση αναλυτικών δεδομένων στο λιμάνι του Αμβούργου επιτρέπει τη βελτιστοποίηση των εσωτερικών λειτουργιών αυξάνοντας την αποδοτικότητα και τη διαχείριση των πόρων. Η χρήση τεχνολογιών όπως το cloud computing επιτρέπει την ανάλυση μεγάλων όγκων δεδομένων με μεγαλύτερη ακρίβεια και ταχύτητα, ενώ η ρομποτική αυτοματοποίηση μπορεί να βελτιώσει τις λειτουργίες όπως η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας καθώς και των υπηρεσιών υποστήριξης, μειώνοντας τον ανθρώπινο κόπο και τον κίνδυνο σφαλμάτων. Αυτή η εφαρμογή μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην αποτελεσματικότητα και στην ασφάλεια λιμένων (Bouhlal, Aitabdelouahid & Marzak, 2022).

3.4. Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet Of Things, IoT)

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) αποτελεί ένα δίκτυο στοιχείων που περιλαμβάνει αισθητήρες και ενσωματωμένα συστήματα τα οποία συνδέονται στο Διαδίκτυο και επιτρέπουν σε φυσικά αντικείμενα να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα. Καθώς το IoT αναπτύσσεται, οι αισθητήρες διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στη μέτρηση των φυσικών χαρακτηριστικών των αντικειμένων και στη μετατροπή τους σε αριθμητικές τιμές που μπορούν να διαβαστούν μέσω μιας άλλης συσκευής ή κάποιον άλλο χρήστη. Στις μέρες μας, η παγκόσμια αγορά αισθητήρων επεκτείνεται και αναμένεται να διατηρήσει υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης βρίσκοντας κυρίαρχη εφαρμογή στους “ευφυείς” λιμένες. Σε αυτούς διαμορφώνεται η πλήρης αυτοματοποίηση όπου όλες οι συσκευές διασυνδέονται μέσω του IoT. Ένα δίκτυο “έξυπνων” αισθητήρων, ενεργοποιητών, ασύρματων συσκευών και κέντρων δεδομένων αποτελούν τη βασική υποδομή που επιτρέπει στις λιμενικές αρχές να παρέχουν τις βασικές υπηρεσίες με ταχύτερο και αποτελεσματικότερο τρόπο αυξάνοντας παράλληλα το περιθώριο κέρδους και τον δείκτη παραγωγικότητας και αποδοτικότητας. Διάφοροι αισθητήρες όπως αισθητήρες αδράνειας, αισθητήρες υπερήχων, αισθητήρες δινορευμάτων, ραντάρ, αισθητήρες απεικόνισης, αναγνώστες RFID και ετικέτες χρησιμοποιούνται για τη συλλογή των απαιτούμενων πληροφοριών προκειμένου να λάβει μορφή το IoT (Yang et al., 2018).

Η εφαρμογή του IoT στους λιμένες συνεπάγεται (Bouhlal, Aitabdelouahid & Marzak, 2022):

1. Πλήρης αυτοματοποίηση
2. Απομειωμένο λειτουργικό κόστος

3. Απομειωμένη μισθοδοσία
4. Ανεξάρτητοι γερανοί για φόρτωση / εκφόρτωση εμπορευματοκιβωτίων
5. Αυτόνομα οχήματα για τη μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων
6. Έλεγχος, εντοπισμός και διαχείριση φορτίων σε πραγματικό χρόνο
7. Ασφάλεια φορτίων
8. Διασύνδεση εφοδιαστικής αλυσίδας (πλοία, οχήματα)
9. Έλεγχος λιμένων και αποβάθρων σε πραγματικό χρόνο όλο το 24ωρο
10. Χρήση applications από προσωπικό ώστε να αυξηθεί η αποδοτικότητα

Παραδειγματικά αναφέρεται ο ψηφιακός μετασχηματισμός της ναυτιλιακής βιομηχανίας του Λιμένα του Ρότερνταμ. Μέσω της ψηφιοποίησης και της εφαρμογής λύσεων Internet of Things (IoT) ο Λιμένας του Ρότερνταμ συλλέγει δεδομένα από αισθητήρες που μετρούν πολλαπλές παραμέτρους, όπως οι παλίρροιες, η θερμοκρασία, η ταχύτητα του ανέμου και άλλα. Αυτά τα δεδομένα που αναλύονται μέσω της τεχνητής νοημοσύνης, παρέχουν στους χειριστές τις απαραίτητες πληροφορίες προκειμένου να λαμβάνουν αποφάσεις πιο αποτελεσματικά και γρήγορα. Έτσι, οι χρόνοι αναμονής μειώνονται, καθορίζονται οι βέλτιστοι χρόνοι για την φόρτωση και την εκφόρτωση πλοίων, ενώ ενεργοποιούνται περισσότερα πλοία στον διαθέσιμο χώρο. Αυτός ο ψηφιακός μετασχηματισμός επιφέρει αποτελεσματικότητα και αποδοτικότητα, βελτιώνοντας τη λειτουργία του λιμένα, εξυπηρετώντας τις ανάγκες των επιχειρήσεων και των πολιτών που τον χρησιμοποιούν. (Jonic et al., 2019).

Η εφαρμογή της τεχνολογίας του Internet of Things (IoT) στο λιμάνι του Ρότερνταμ αποτελεί ένα σημαντικό βήμα προς την ψηφιοποίηση και την αύξηση της αποτελεσματικότητας στις λιμενικές δραστηριότητες. Με τη δημιουργία ενός ψηφιακού διδύμου που περιλαμβάνει λεπτομερείς πληροφορίες για τις κινήσεις των πλοίων, τις καιρικές συνθήκες, και τα δεδομένα βάθους νερού, οι αρμόδιοι μπορούν να λαμβάνουν αποφάσεις με βάση ακριβή και ενημερωμένα στοιχεία. Επιπρόσθετα, οι σημαδούρες και οι “έξυπνοι” τοίχοι αποβάθρας εξοπλισμένοι με αισθητήρες δημιουργούν δεδομένα που παρέχουν πληροφορίες για την κατάσταση και το περιβάλλον τους, βοηθώντας έτσι στη βελτίωση της ασφάλειας και στη βέλτιστη λειτουργία του λιμένα (Heikkilä, Saarn & Saurama, 2022).

Η εξοικονόμηση χρόνου μεταφράζεται σε σημαντικές εξοικονομήσεις για τους χειριστές πλοίων, καθώς και σε μεγαλύτερη δυνατότητα ελλιμενισμού περισσότερων πλοίων καθημερινά. Με την ενεργή χρήση της τεχνολογίας IBM IoT, εξυπηρετούνται περισσότερα από 140.000 πλοία κάθε χρόνο, ενώ ο συντονισμός του ελλιμενισμού κάθε σκάφους εκτελείται με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα, διασφαλίζοντας τη σωστή λειτουργία του λιμένα. Με συνολική κοστολόγηση που φτάνει περίπου τα 80.000 δολάρια ΗΠΑ σε εξοικονόμηση για τους χειριστές πλοίων, αυτή η πρωτοβουλία αποτελεί ένα παράδειγμα του πώς η τεχνολογία μπορεί να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα και την οικονομική απόδοση σε μια κρίσιμη βιομηχανία όπως η ναυτιλία (D'Amico et al., 2021).

Είναι γεγονός ότι οι συσκευές IoT έχουν γίνει διάχυτες και καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα τεχνολογιών και προτύπων. Στα αυτοματοποιημένα λιμάνια, η τάση για “ασύρματη σύνδεση” είναι όλο και πιο εμφανής λόγω του πλεονεκτήματος της ευέλικτης ανάπτυξης. Ωστόσο, εξακολουθούν να υπάρχουν ορισμένα προβλήματα κατά την εφαρμογή της ασύρματης μετάδοσης. Το πιο εμφανές είναι ότι αυτές οι ασύρματες συσκευές είναι επιρρεπείς στο να επηρεαστούν από μεγάλα μεταλλικά μέρη και ηλεκτρικές συσκευές υψηλής ισχύος. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το ζήτημα, αναπτύσσονται τεχνολογίες κεραίας κατά της παρεμβολής, οι οποίες έχουν την δυνατότητα να ρυθμίζονται αυτόματα ανάλογα με την κατάσταση των υφιστάμενων παρεμβολών. Με την ανάπτυξη τεχνολογιών αντίπλοκαρίσματος, η εφαρμογή της ασύρματης επικοινωνίας θα γίνει ολοένα και πιο ευρύτερη (Yang et al., 2018).

3.5. Μεγάλα Δεδομένα (Big Data)

Τα Μεγάλα Δεδομένα (Big Data) αποτελούν έναν τεχνολογικό κλάδο που επικεντρώνεται στη μελέτη και τη λειτουργία υπολογιστικών αρχιτεκτονικών, τεχνολογιών αποθήκευσης, επεξεργασίας δεδομένων καθώς και πληροφοριών σε όγκο που ξεπερνά τα περιθώρια επεξεργασίας των παραδοσιακών συστημάτων. Η τεχνολογία των Big Data βοηθά στην καταγραφή πληροφοριών προερχόμενες από αισθητήρες ή/και συσκευές οι οποίες υποβάλλονται σε κατεργασία σε πραγματικό χρόνο, με μαζικό τρόπο, επιτρέποντας τις διαδικασίες αποθήκευσης, διαμοίρασης και ελέγχου των στατιστικών και των πληροφοριών που προκύπτουν από τα δεδομένα (Pai, Chattopadhyay & Karmakar, 2023).

Κατά την εφαρμογή της τεχνολογίας των Big Data σε ένα ευρύ φάσμα λειτουργιών των λιμένων επιτυγχάνεται η αποθήκευση πληροφοριών από διαφορετικές ροές είτε προέρχονται από τα logistics και τους αισθητήρες είτε από τα δίκτυα εντοπισμού θέσης. Η επεξεργασία αυτών των πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο επιτρέπει στους λιμένες να δημιουργούν πολυδιάστατα μοντέλα τα οποία στη συνέχεια βοηθούν στη βελτιστοποίηση των logistics, μειώνοντας τις καθυστερήσεις, τη συμφόρηση και αυξάνοντας παράλληλα την αποδοτικότητα (Agatić & Kolanović, 2020, Feng et al., 2024).

Η αναλυτική των Big Data στους λιμένες συνεπάγεται (Lee et al., 2022):

1. Ακρίβεια και διαθεσιμότητα δεδομένων
2. Βελτιστοποίηση διαδικασιών, λειτουργιών και ρόλων
3. Διαχείριση κινδύνων
4. Διαχείριση τεράστιων όγκων δεδομένων
5. Έλεγχος και βελτίωση οργανωτικής απόδοσης τροποποιώντας τα δεδομένα σε πληροφορίες
6. Ευελιξία και συνδεσιμότητα
7. Λειτουργική αποτελεσματικότητα των πληροφοριακών συστημάτων των λιμένων
8. Συγκέντρωση εσωτερικών και εξωτερικών δεδομένων
9. Υποστήριξη από προγνωστικά μοντέλα και συστήματα ανάλυσης για την αναβάθμιση των επιχειρηματικών αποφάσεων

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το λιμάνι της Βαλένθια στην Ισπανία. Συγκεκριμένα, η συλλογή δεδομένων λειτουργίας από αισθητήρες τοποθετημένους σε μηχανήματα του λιμανιού καθιστά δυνατή την πρόβλεψη για το πότε ένα μέρος του εξοπλισμού μπορεί να χαλάσει, ανοίγοντας έτσι τον δρόμο για ένα πιο αποτελεσματικό πρόγραμμα συντήρησης εν αντιθέση με την τήρηση του προγράμματος συντήρησης που συνιστά ο κατασκευαστής. Μια τέτοια προσέγγιση, επιτρέπει την έγκαιρη αντικατάσταση, προλαμβάνοντας τις καταστροφικές επιπτώσεις που προκύπτουν από την διακοπή των λειτουργιών λόγω ελλειψιακών ανταλλακτικών.

Η ψηφιοποίηση και η χρήση αισθητήρων στις εγκαταστάσεις του λιμένα της Βαλένθια έχουν το δυναμικό να επαναπροσδιορίσουν τον τρόπο λειτουργίας τους. Η τεχνολογία των Big Data

οδηγεί σε αποτελεσματικότερη και ασφαλέστερη λειτουργία του λιμανιού ενώ επίσης μπορεί να μειώσει την ενεργειακή κατανάλωση που προκύπτει από τις δραστηριότητες του. Ωστόσο, είναι σημαντικό να δοθεί έμφαση στην ασφάλεια των συστημάτων και των λειτουργιών, προκειμένου να αντιμετωπιστεί η απειλή των κυβερνοεπιθέσεων.

Ανακεφαλαιώνοντας, η ανάλυση των δεδομένων με τη χρήση τεχνολογίας big data μπορεί να παρέχει σημαντικές ενδείξεις για τη βελτιστοποίηση των λειτουργιών, τη μείωση του κόστους και τη αύξηση του ρυθμού εξυπηρέτησης πλοίων και των επιβατών. Αυτή η πρωτοβουλία αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό βήμα προς την κατεύθυνση της ψηφιακής μετάβασης και της βελτίωσης της λειτουργίας των λιμένων με την χρήση των πιο σύγχρονων τεχνολογιών (Nikolakopoulos et al., 2023).

3.6. Blockchain (Εκτέλεση Ψηφιακών Συναλλαγών)

Η τεχνολογία Blockchain (Εκτέλεση Ψηφιακών Συναλλαγών) αποτελεί ένα έγκυρο και απόλυτα ασφαλές σύστημα καταγραφής συναλλαγών. Το Blockchain χρησιμοποιείται στην εφαρμογή ψηφιακών συναλλαγών σε πραγματικό χρόνο, με αλάνθαστο και διαμοιρασμένο τρόπο και επιτρέπει τη βελτίωση των διαδικασιών που εμπλέκονται στις Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνιών. Με το Blockchain αυξάνεται ο αριθμός των συναλλαγών που πραγματοποιούνται σε επιχειρήσεις εξωτερικού εμπορίου ενώ μειώνεται παράλληλα το κόστος και ο χρόνος που απαιτείται για αυτές τις συναλλαγές. Στους λιμένες, η τεχνολογία έχει χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και τη διευκόλυνση των διαπραγματεύσεων μεταξύ χρηστών και λιμένων με ηλεκτρονικά αρχεία που δεν εμπλέκονται τρίτα μέρη. Επίσης, η τεχνολογία Blockchain επιτρέπει τις ασφαλείς συναλλαγές δεδομένων που μπορούν να πραγματοποιηθούν χωρίς κίνδυνο απώλειας αφού αποθηκεύονται με τρόπο τέτοιο που σχηματίζουν μια απόλυτα κρυπτογραφημένη αλυσίδα. Οι αποκεντρωμένες συναλλαγές διατηρούνται, αυξάνοντας έτσι την ταχύτητα μετάδοσης και την διατήρηση της ανωνυμίας όλων των συμμετεχόντων στο δίκτυο με την δημιουργία ενός νέου μπλοκ στην αλυσίδα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι όλοι οι κόμβοι στο δίκτυο θα πρέπει να συμμετέχουν στη διαδικασία επικύρωσης χρησιμοποιώντας ένα πρωτόκολλο συναίνεσης. Όταν οι πληροφορίες επικυρωθούν από το δίκτυο, προστίθενται στην υπάρχουσα αλυσίδα και δεν μπορούν να τροποποιηθούν (Czachorowski, Solesvik & Kondratenko, 2019).

Με την τεχνολογία Blockchain, η επικοινωνία μεταξύ των πρακτόρων μπορεί να γίνει πιο ασφαλής, εξασφαλίζοντας παράλληλα διαφάνεια διαδικασιών και δραστηριοτήτων που εμπλέκονται σε κάθε σύνδεσμο εμπορίου. Άλλα οφέλη σχετίζονται με το γεγονός ότι είναι δυνατή η αποτελεσματική αποστολή πολλαπλών πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο με την χρησιμοποίηση “έξυπνων” συμβολαίων. Αυτό το στοιχείο βελτιώνει το επίπεδο ελέγχου σε κάθε έναν από τους συνδέσμους στη λιμενική βιομηχανία, καταγράφει όλα τα χαρακτηριστικά των προϊόντων ή αγαθών που μεταφέρονται και εντοπίζει / παρακολουθεί τα κοντέινερ και τη ροή των εισαγωγών και εξαγωγών των εμπορευματοκιβωτίων στην εφοδιαστική αλυσίδα (Czachorowski, Solesvik & Kondratenko, 2019, Durán et al., 2021).

Οι πλατφόρμες Tradelens και GSBN είναι δύο από τις κορυφαίες πλατφόρμες Blockchain που εφαρμόζονται στον τομέα των λιμενικών δραστηριοτήτων. Ειδικότερα (Durán et al., 2021):

1. Tradelens: Αναπτύχθηκε από την IBM και τη Maersk και συγκεντρώνει σημαντικούς φορείς της εμπορικής ναυτιλίας, όπως οι MSC, CMA CGM, ZIM, APM Terminals, PSA, Yilport, CEVA και Pamco. Η Tradelens χρησιμοποιείται για την ψηφιοποίηση και τη βελτιστοποίηση των εμπορικών διαδικασιών, παρέχοντας διαφάνεια, ασφάλεια και αποτελεσματικότητα.
2. GSBN (Global Shipping Business Network): Αναπτύχθηκε από κορυφαίους παράγοντες της εμπορικής ναυτιλίας, συμπεριλαμβανομένων των Cosco, Harag-Lloyd, OOCL, DPWorld, PSA, Hutchison Ports, σε συνεργασία με την Cargosmart. Η GSBN στοχεύει στη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου οικοσυστήματος για τη διαχείριση των εμπορικών διαδικασιών μέσω της τεχνολογίας Blockchain.

Το Blockchain έχει το δυναμική να αλλάξει ριζικά τον τρόπο λειτουργίας του θαλάσσιου εμπορίου, προσφέροντας ασφάλεια, διαφάνεια και αξιοπιστία στις διαδικασίες. Ωστόσο, η υιοθέτηση του δεν έχει επιτευχθεί στον αναμενόμενο βαθμό και αυτό οφείλεται σε πολλούς παράγοντες. Ένας από τους βασικούς λόγους για την αργή υιοθέτηση της τεχνολογίας αυτής στο θαλάσσιο εμπόριο είναι η έλλειψη εμπιστοσύνης λόγω των απειλών των κυβερνοεπιθέσεων. Επιπλέον, η αντιστοίχιση του Blockchain με την παράνομη δραστηριότητα που σχετίζεται με την ανταλλαγή κρυπτονομισμάτων μπορεί να δημιουργήσει αρνητική αντίληψη. Αξίζει να σημειωθεί ότι το θεσμικό και νομικό πλαίσιο παραμένει ανεπαρκές για την αντιμετώπιση τέτοιων

προκλήσεων και η αίσθηση ότι τα επιχειρησιακά δεδομένα βρίσκονται σε μία δομή διαμοιρασμένα με ανταγωνιστές μπορεί να προκαλέσει ανησυχία και αντίσταση.

Παραδειγματικά αναφέρεται η χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας στο λιμάνι της Αμβέρσας και η αξιοποίηση τσπον χειρισμό των εμπορευματοκιβωτίων στο συγκεκριμένο λιμάνι. Το σύστημα επιτρέπει τη δημιουργία αρχείων με ασφαλή, αξιόπιστο και διαφανή τρόπο, βάση του οποίου όλα τα διαφορετικά μέρη μπορούν να ελέγχουν τις πληροφορίες χωρίς να υπάρχει δυνατότητα να ακυρωθεί οτιδήποτε έχει κοινοποιηθεί. Το γεγονός αυτό βελτιστοποίησε τις διοικητικές δραστηριότητες του λιμανιού της Αμβέρσας (δηλ. εγγράφων, συμβάσεων) και οδήγησε στην παράκαμψη καθυστερήσεων που συνδέονται με τις ροές τεκμηρίωσης (π.χ. πληροφορίες / λεπτομερείς φορτίου, τοποθέτηση φορτίου, “έξυπνες” συμβάσεις, έλεγχοι, εκτίμηση κινδύνου). Το εν λόγω πιλοτικό έργο δείχνει τη δυνατότητα αξιοποίησης της τεχνολογίας blockchain σε πραγματικές λιμενικές εφαρμογές και αποτελεί παράδειγμα προς μίμηση για άλλους λιμένες προκειμένου να βελτιώσουν την απόδοση, την ασφάλεια και τον δείκτη μέτρησης της αποτελεσματικότητας (Esser et al., 2020).

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η τεχνολογία του blockchain είναι μία καινοτομία που ουσιαστικά απαιτεί επενδύσεις χαμηλού κεφαλαίου για τον συμμετέχοντα - σε έναν κλάδο όπου υφίσταται υψηλή ένταση κεφαλαίου – και η υιοθέτηση της θεωρείται ως ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Χάρη τη συγκεκριμένη τεχνολογία, μπορούν να αυτοματοποιηθούν διάφορες διαδικασίες, να εξαλειφθούν οι ανεπιθύμητες απώλειες χρόνου και να βελτιωθεί η ακρίβεια και η ασφάλεια των συναλλαγών.

3.7. Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence)

Η τεχνητή νοημοσύνη (Artificial Intelligence, AI) αναφέρεται στην προσομοίωση της ανθρώπινης νοημοσύνης σε μηχανές που έχουν προγραμματιστεί να σκέφτονται σαν τους ανθρώπους και να μιμούνται τις ενέργειές τους. Η AI και η αυτόνομη ναυτιλία είναι ζωτικής σημασίας στον κόσμο των λιμένων καθώς ψηφιοποιεί τις μεταφορές σε θάλασσα, ξηρά και αέρα ενώ παράλληλα επιτρέπει τη μετατόπιση της ανθρώπινης εργασίας προς τις ψηφιακές πλατφόρμες. Κατόπιν αυτού, οι λιμένες μπορούν να εκμεταλλευτούν την τεχνολογία AI, γνωστή για τις

περίπλοκες διαδικασίες της και το απομειωμένο ποσοστό ανθρώπινης παρέμβασης στην εργασία. Το διαδίκτυο αφού ανταλλάξει, μεταδώσει κα εκδώσει οδηγίες ή/και εντολές στη συσκευή, στη συνέχεια διεξάγει πρόβλεψη για την λήψη αποφάσεων αξιοποιώντας τη τεχνητή νοημοσύνη (AI) μέσα από την ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων. Το σύστημα αυτό ονομάζεται σύστημα AI of Things (AIoT) (Kuo, Huang & Chen, 2022).

Στο πλαίσιο των “έξυπνων” λιμένων, η τεχνητή νοημοσύνη αναμένεται να προσφέρει νέες δυνατότητες στη διαχείριση των λιμένων. Αυτό περιλαμβάνει την εφαρμογή κατάλληλων αλγορίθμων μηχανικής μάθησης για την ανάπτυξη γνωστικών εφαρμογών στον τομέα των “έξυπνων” λιμένων (Kuo, Huang & Chen, 2022).

Συγκεκριμένα, η AI έχει τη δυνατότητα να (Ghazaleh, 2023):

1. Αναβαθμίζει την εξυπηρέτηση πελατών
2. Αναβαθμίζει τις πωλήσεις και τις συναλλαγές
3. Βελτιώνει τα χρηματοοικονομικά αποτελέσματα
4. Ελαττώνει τα ανθρώπινα λάθη
5. Ελαττώνει τις εκπομπές ρύπων
6. Επισπεύδει τις λιμενικές λειτουργίες
7. Ψηφιοποιεί τις εργασίες

Η επένδυση σε τεχνητή νοημοσύνη αποτελεί σημαντικό βήμα για το λιμάνι του Ρότερνταμ προς την ψηφιακή του μετάβαση. Η εφαρμογή "Pronto" αντιπροσωπεύει ένα παράδειγμα που εξηγεί πως η τεχνολογία μπορεί να βελτιώσει τις λιμενικές λειτουργίες και να μειώσει τους χρόνους αναμονής εξυπηρέτησης των πλοίων. Με τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης και τη συλλογή δεδομένων από διάφορες πηγές, όπως ναυτιλιακές εταιρίες αλλά και το ίδιο το λιμάνι, το σύστημα "Pronto" είναι σε θέση να αναλύει και να επεξεργάζεται δεδομένα έτσι ώστε να προβλέψει τις αφίξεις και τις αναχωρήσεις των πλοίων.

Η επένδυση σε τεχνητή νοημοσύνη επιτρέπει στο λιμάνι να προχωρήσει πέρα από τις παραδοσιακές μεθόδους διαχείρισης και να εξελίξει τις λειτουργίες του με προορατικό τρόπο. Αυτό, αποδεικνύει τον τρόπο με τον οποίο η ψηφιακή τεχνολογία μπορεί να επαναπροσδιορίσει τον τρόπο λειτουργίας των λιμανιών και να συμβάλει στην αύξηση της αποτελεσματικότητάς τους (Gurzhiy et al., 2021).

3.8. “Έξυπνες” Εφαρμογές Για Λιμένες (Smart Applications)

Η χρήση “έξυπνων” εφαρμογών (smart applications) είναι μια τεχνολογική καινοτομία που ενυπάρχει σε πολλές δραστηριότητες στήριξης με σημαντικό αντίκτυπο στους λιμένες. Επιπλέον, οι ψηφιακές τεχνολογίες και ο εξοπλισμός που απαιτείται, όπως οι σταθμοί παρακολούθησης, οι αισθητήρες, τα συστήματα παρακολούθησης, οι κάμερες παρακολούθησης, τα βίντεο, τα δίκτυα κ.ά. υιοθέτουν προτύπα και πρωτόκολλα για να διασφαλίζεται η διαφάνεια των δεδομένων και των πληροφοριών που ανταλλάσσονται μέσω αυτών των εφαρμογών (Caldeirinha et al., 2020). Ως εκ τούτου, η ψηφιοποίηση μέσω των εφαρμογών στοχεύει να μετατρέψει τα λιμάνια σε καινοτόμα και πολυλειτουργικά συστήματα με τη διάδοση κινητών και σταθερών συσκευών ικανών να συλλέγουν, να παρακολουθούν, να αναλύουν και να ερμηνεύουν ένα ευρύ φάσμα δεδομένων και πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο με αποτελεσματικό τρόπο (Senarak, 2020).

Οι μεγάλοι λιμένες ανά τον κόσμο δημιουργούν “έξυπνες” εφαρμογές που αναδεικνύουν τα δυνατά τους σημεία και αποτελούν μέρος του ανταγωνιστικού τους πλεονεκτήματος. Οι λιμένες λειτουργούν με πολλαπλές εξειδικευμένες εφαρμογές, καθεμία για μια διακριτή δραστηριότητα. Οι εφαρμογές των λιμένων αποτυπώνουν τη διαφοροποίηση μεταξύ τους με βάση τις υπηρεσίες που παρέχουν και των οικονομικών επιδόσεών τους. Αξίζει να σημειωθεί ότι αποτελούν επιπροσθέτως ψηφιακές λύσεις που υιοθετούνται από λιμάνια σε όλο τον κόσμο για να συμβάλλουν στην αυτοματοποίηση, στη βιωσιμότητα και στην ενθάρρυνση των συνεργασιών. (Heikkilä, Saarni & Saurama, 2022).

Μια νέα smart application αποτελεί η εφαρμογή των Ψηφιακών Διδύμων στους λιμένες που μπορεί να προσομοιώσει διάφορα σενάρια και να βελτιστοποιήσει τις λειτουργίες τους σε πραγματικό χρόνο. Το λιμάνι του Ρότερνταμ, της Σιγκαπούρης, του Λιβόρνο, της Βαρκελώνης και της Βαλένθια έχουν υιοθετήσει την παρούσα εφαρμογή καθώς θα βοηθήσει στην αύξηση της

αποτελεσματικότητας, της ασφάλειας και της βιωσιμότητας τους. Επιπλέον, η χρήση των ψηφιακών διδύμων μπορεί να συμβάλει στην εξοικονόμηση πόρων και στη μείωση του χρόνου αναμονής των πλοίων, βελτιώνοντας έτσι την εμπειρία των χρηστών και την οικονομική απόδοση των λιμένων. Με την αυξανόμενη ψηφιοποίηση στον τομέα της ναυτιλίας, η εφαρμογή των ψηφιακών διδύμων στους λιμένες αναμένεται να γίνει ακόμη πιο ευρέως διαδεδομένη, προσφέροντας πολλαπλά οφέλη για τη βελτίωση της λειτουργίας τους και την αντιμετώπιση των προκλήσεων που αντιμετωπίζουν. Η συγκεκριμένη τεχνολογία συνδυάζει πολλαπλά εργαλεία και τεχνολογίες όπως η τρισδιάστατη προσομοίωση, η απόκτηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, η τεχνητή νοημοσύνη και το cloud computing. Αυτός ο συνδυασμός επιτρέπει τη δημιουργία εικονικών αναπαραστάσεων των φυσικών στοιχείων και επιτρέπει την χρήση τους για προσομοίωση και ανάλυση σε πραγματικό χρόνο. Η τεχνολογία Digital Twin υπερβαίνει τις απλές προσομοιώσεις και βοηθά τις λιμενικές αρχές να κατανοήσουν και να αντιμετωπίσουν πραγματικά προβλήματα που συμβαίνουν στον πραγματικό κόσμο αλλά και να λάβουν προληπτικά μέτρα για τη βελτίωση της απόδοσής τους και τη μείωση των πιθανών κινδύνων. Επιπλέον, η εφαρμογή της τεχνολογίας DT μπορεί να οδηγήσει σε πιο αποδοτική χρήση των πόρων και σε μεγαλύτερη οικονομική απόδοση (Wang et al., 2021).

Συμπερασματικά, όλες οι παραπάνω τεχνολογίες που αναφέρθηκαν στο συγκεκριμένο κεφάλαιο διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και βιωσιμότητα των “έξυπνων” λιμανιών. Βέβαια, η υιοθέτηση αυτών, απαιτεί υψηλά κεφάλαια σε ορισμένες περιπτώσεις και συνήθως τις εντοπίζουμε σε μεγάλους -σε όγκο κίνησης- εμπορευματοκιβωτίων τερματικούς. Παράλληλα, η υιοθέτηση αυτών από μεσαία λιμάνια κρίνεται απαραίτητη έτσι ώστε να καταστούν ανταγωνιστικότερα και να επιβιώσουν στο μέλλον. Παρόλα αυτά, μια από τις βασικές προκλήσεις στην υιοθέτηση των συγκεκριμένων τεχνολογιών, είναι η ενσωμάτωση όλων αυτών μέσα στον τερματικό. Ειδικότερα, είναι απαραίτητο να υπάρχει ένα σαφές πλάνο σχετικά με την ενσωμάτωσή τους, από την μεριά των διαχειριστών τερματικών, έτσι ώστε να επιτευχθεί ο μετασχηματισμός σε “έξυπνο” λιμάνι (Wang et al., 2021).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΥΦΥΕΙΣ ΛΙΜΕΝΕΣ

4.1. Οι 10 Μεγαλύτεροι “Ευφυείς” Λιμένες Στον Κόσμο

Οι 10 μεγαλύτεροι “ευφυείς” λιμένες στον κόσμο παρουσιάζονται παρακάτω με κριτήριο το επίπεδο του “ευφυούς” προφίλ τους και καθοδηγούνται από 3 βασικές προκλήσεις:

1. Το επίπεδο της λειτουργικής αρτιότητας του τερματικού
2. Τις προκλήσεις από την εξωτερική αγορά
3. Τις νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες που δημιουργούνται

Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών πληροφοριών και επικοινωνιών ενισχύει την ικανότητα επεξεργασίας πληροφοριών κάθε λιμένα, βελτιστοποιεί την κατανομή των πόρων και επιτρέπει τη δημιουργία ενός οικολογικού λιμανιού που χαρακτηρίζεται από “ευφυή” εποπτεία, υπηρεσίες και αυτόνομη φόρτωση και εκφόρτωση (Yeo et al., 2019).

4.1.1. Λιμάνι του Ρότερνταμ

Το λιμάνι του Ρότερνταμ στην Ολλανδία δημιουργήθηκε το 1283. Είναι το μεγαλύτερο ευρωπαϊκό λιμάνι, διαθέτει ηλεκτρική ενέργεια από την ξηρά για θαλάσσια πλοία έως το 2030 και είναι ένα από τα ασφαλέστερα λιμάνια που δεν απελευθερώνει αέριους ρύπους.



Εικόνα 1. Λιμάνι του Ρότερνταμ

Το Ρότερνταμ είναι πράγματι ένα από τα σημαντικότερα λιμάνια στον κόσμο και ένας κρίσιμος κόμβος για τη διεθνή εμπορία. Βρίσκεται στην πόλη του Ρότερνταμ στην Ολλανδία και

έχει ιστορία που χρονολογείται αιώνες πίσω. Με την αύξηση του εμπορίου και των διεθνών ανταλλαγών, το Ρότερνταμ έχει αναπτυχθεί σε ένα από τα πιο σημαντικά λιμάνια στην Ευρώπη και παγκοσμίως. Από το 1962 έως το 2004, ήταν το πιο πολυσύχναστο λιμάνι στον κόσμο, πριν ξεπεραστεί από τη Σιγκαπούρη και τη Σαγκάη. Παρ' όλα αυτά, παραμένει ένα από τα πιο σημαντικά λιμάνια και απασχολεί σημαντικό μέρος του παγκόσμιου εμπορίου. Η τεχνολογική πρόοδος και η χρήση νέων τεχνολογιών, συμπεριλαμβανομένου του Internet of Things (IoT), έχουν βελτιώσει τη λειτουργία των μεγάλων λιμανιών όπως του Ρότερνταμ. Η εφαρμογή τεχνολογιών IoT στη διαχείριση της κίνησης, της ασφάλειας, της διαχείριση των πόρων και άλλους τομείς επιτρέπει την αύξηση της αποδοτικότητας και τη μείωση των κινδύνων και των καθυστερήσεων. Έτσι, το Ρότερνταμ και άλλα μεγάλα λιμάνια μπορούν να διατηρήσουν την ανταγωνιστικότητά τους στο παγκόσμιο σκηνικό του εμπορίου.

Το 2017, η μεγάλης κλίμακας παγκόσμια κυβερνοεπίθεση που έλαβε χώρα με ransomware (NotPetya) που είχε ως συνέπεια να «πληγούν» χιλιάδες ηλεκτρονικοί υπολογιστές ευρωπαϊκών και αμερικανικών πολυεθνικών εταιρειών, καθώς και κρατικών υποδομών (μεταξύ των οποίων και ένας τερματικός σταθμός εμπορευματοκιβωτίων στο λιμάνι του Ρότερνταμ), στάθηκε αφορμή για περαιτέρω ευαισθητοποίηση και την προώθηση μιας σειράς μέτρων όπως η δημιουργία και λειτουργία τηλεφωνικής γραμμής (Port Cyber Hotline) και Γραφείου Κυβερνοανθεκτικότητας (Cyber Resilience Desk) για την καταγγελία και διαχείριση περιστατικών κυβερνοεπίθεσης. Αφορά όλες τις εταιρείες που είναι εγκατεστημένες στο λιμάνι του Ρότερνταμ και την βιομηχανική περιοχή γύρω από αυτό ή συνεργάζονται με αυτές. Οι εταιρείες εφεξής θα είναι υποχρεωμένες να αναφέρουν στην εν λόγω γραμμή ανάλογα περιστατικά και μια ομάδα ειδικών θα συνδράμει στην αντιμετώπισή τους (Port of Rotterdam Annual Report, 2018).

Στο λιμάνι εφαρμόζονται κανόνες όπως η απαγόρευση του καπνίσματος κοντά σε τερματικούς σταθμούς ορυκτών καυσίμων. Η οικονομική δραστηριότητα του λιμένα αντιπροσωπεύει το 6,2% του ολλανδικού ΑΕΠ. Το λιμάνι διαθέτει μια εξ ολοκλήρου ψηφιακή έκδοσή, το Digital Twin, που δίδει πληροφορίες για το πώς λειτουργεί ο εξοπλισμός στο λιμάνι και επιπλέον επιτρέπει στους χρήστες να παρακολουθούν όλες τις λειτουργίες του σε πραγματικό χρόνο. Επίσης, το λιμάνι διαθέτει αισθητήρες IoT που μετρούν την κίνηση, την θολότητα και την πίεση των υδάτων έτσι ώστε να διασφαλίσουν ότι οι δραστηριότητές του συμμορφώνονται με τα περιβαλλοντικά πρότυπα. Αξίζει να τονιστεί ότι το λιμάνι χάρη στην ψηφιοποίησή του, μπορεί να

δεχθεί και να εξυπηρετήσει και αυτόνομα πλοία. Το λιμάνι είναι ευαισθητοποιημένο ως προς την εταιρική διακυβέρνηση και είναι σημαντικό να αναφερθεί πως διαθέτει το **Haven Leer Werk Plaats**, ένα κτίριο που έχει κατασκευαστεί για λιμενικούς, εργαζόμενους και άτομα που αναζητούν εργασία στο λιμάνι δίδοντας τους έτσι την ευκαιρία να διαμείνουν στο χώρο με χαμηλό κόστος. Τέλος, το λιμάνι εργάζεται για τη μετάβαση της ενεργειακής κατανάλωσης μόνο από χρήση ανανεώσιμων και πράσινων πηγών ενέργειας (Dooms, Van Der Lugt & De Langen, 2013).

4.1.2. Λιμάνι του Αμβούργου

Το λιμάνι του Αμβούργου της Γερμανίας εκκίνησε τις δράσεις του στις 7 Μαΐου του 1189. Είναι το μεγαλύτερο γερμανικό λιμάνι και το 2^ο μεγαλύτερο της Ευρώπης που μπορεί να εξυπηρετήσει όλους τους τύπους πλοίων παρέχοντας περίπου 300.000 θέσεις εργασίας στην περιοχή του Αμβούργου. Αποτελεί επίσης το πρώτο λιμάνι με τις περισσότερες εμπορικές συνδιαλλαγές με την Κίνα. Η περιοχή του HafenCity αποτελεί μέρος αυτού του μεγάλου λιμανιού και έχει μετατραπεί σε έναν δυναμικό πολιτιστικό και τουριστικό προορισμό. Με 100 τετραγωνικά χιλιόμετρα παλιρροιακού λιμανιού, το λιμάνι του Αμβούργου είναι ένας σημαντικός κόμβος για το εμπόριο και τις μεταφορές στην περιοχή. Επιπλέον, η περιοχή του HafenCity έχει μετατραπεί σε έναν ζωντανό πολιτιστικό και ψυχαγωγικό χώρο, με πολλά τουριστικά αξιοθέατα, εστιατόρια, καφετέριες και καταστήματα. Οι κάτοικοι και οι επισκέπτες απολαμβάνουν την ατμόσφαιρα της περιοχής, καθώς περπατούν κατά μήκος του λιμανιού και εξερευνούν τα διάφορα αξιοθέατα που προσφέρει. Είναι μια ζωντανή και δυναμική περιοχή που προσελκύει επισκέπτες από όλο τον κόσμο.



Εικόνα 2. Λιμάνι του Αμβούργου

Το λιμάνι του Αμβούργου έχει αναπτύξει πρόσφατα πρωτοβουλίες για να χαρακτηριστεί ως “Ευφυές” Λιμάνι καθώς έχει δρομολογήσει ένα **Σχέδιο IoT** για την παρακολούθηση διαφορετικών ειδών ρύπανσης. Επιρόσθετα, έχει αναλάβει άλλα έργα όπως το smartPORT που εστιάζει στη μείωση της ακουστικής του νερού και στην αντικατάσταση πλοίων με άλλα σύγχρονα χαμηλών εκπομπών αέριων ρύπων. Η διοίκηση του λιμένα εργάζεται πάνω σε “έξυπνες” λύσεις για την ασφάλεια σε πραγματικό χρόνο και την κατανάλωση πράσινης ηλεκτρικής ενέργειας ενώ έχει διαμορφώσει μια κουλτούρα σύμφωνα με την οποία οι συντηρήσεις εκτελούνται σε πρώιμο στάδιο χάρη στη χρήση νέων τεχνολογιών οι οποίες ενημερώνουν για την ανάγκη επισκευών σε άμεσο χρόνο. Στα γεωγραφικά όρια του λιμανιού έχουν εγκατασταθεί αισθητήρες καιρού ενώ το λιμάνι διαθέτει συστήματα πληροφορικής για τη συντήρηση και την κοινή παρακολούθηση των πυλών προσφέροντας ενημέρωση στους χρήστες σε πραγματικό χρόνο. Τέλος, ο λιμένας διαθέτει συστήματα για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ διαφορετικών πρακτόρων που εμπλέκονται στην αλυσίδα εφοδιασμού. Τα συστήματα αυτά για το εμπόριο ακολουθούν την μορφή “**single window**” και λειτουργούν παρόμοια με τα συστήματα πληροφοριών ενός αεροδρομίου. Μια από τις πιο χρήσιμες λειτουργίες ενός συστήματος λιμενικών επικοινωνιών είναι η δυνατότητα αυτόματης εξαγωγής των δεδομένων που απαιτούνται από τις τελωνειακές αρχές μέσα από ροές πληροφοριών που προέρχονται από ιδιωτικούς φορείς εκμετάλλευσης λιμένων. Η σύγχρονη υποδομή επιτρέπει στο λιμάνι του Αμβούργου να επιλύσει μια σειρά προβλημάτων, όπως η αναγνώριση εργαζομένων, πλοίων και οχημάτων εντός της εγκατάστασης καθώς και η παρακολούθηση της κίνησης εμπορευματοκιβωτίων, φορτηγών και τρένων γύρω από το λιμάνι (Karakaeva et al., 2021).

4.1.3. Λιμάνι της Αμβέρσας

Το λιμάνι της Αμβέρσας στο Βέλγιο εκκίνησε τις λειτουργίες του το 1811 και αποτελεί το μεγαλύτερο λιμάνι της Βόρειας Ευρώπης σε όγκο φορτίου. Είναι ο μεγαλύτερος οικονομικός πόρος του Βελγίου και η Λιμενική Αρχή εργάζεται για την δημιουργία του πιο βιώσιμου λιμανιού της Ευρώπης. Το λιμάνι είναι ελκυστικό για τους κατοίκους της περιοχής με το Λιμεναρχείο να είναι ένα μοναδικό κυβερνητικό κτίριο υψηλής αισθητικής.

Το λιμάνι της Αμβέρσας είναι πράγματι ένα από τα μεγαλύτερα και πιο σημαντικά λιμάνια στον κόσμο. Βρίσκεται στη βόρεια πλευρά του Βελγίου και είναι ο κύριος λιμένας της χώρας. Η Αμβέρσα έχει πολύ μακρά ιστορία ως σημαντικός οικονομικός και πολιτιστικός κόμβος. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο παρελθόν ήταν μια σημαντική πόλη των Κάτω Χωρών, καταλαμβάνοντας μια εξέχουσα θέση στο εμπόριο και στην πολιτιστική ζωή της περιοχής.



Εικόνα 4. Λιμάνι της Αμβέρσας

Αν και η Αμβέρσα έχει βιώσει πολλές περιπέτειες κατά τη διάρκεια της ιστορίας της, σήμερα αποτελεί έναν από τους κύριους οικονομικούς και εμπορικούς κόμβους της Ευρώπης, με το λιμάνι να αποτελεί κέντρο δραστηριοτήτων εμπορίου και ναυτιλίας που εξυπηρετεί πολλούς προορισμούς σε όλο τον κόσμο. Ένα βιώσιμο μέλλον σχεδιάζεται για το λιμάνι για το πώς θα μπορούσε να επηρεάσει τις γύρω περιοχές. Οι επεκτάσεις και οι κατασκευές γίνονται με παράλληλη αύξηση της ασφάλειας του λιμανιού μέσω ενός ολοκληρωμένου δικτύου ψηφιακών συστημάτων. Η σύνδεση με διεθνείς εταιρείες στον κλάδο παραμένει μία από τις κορυφαίες προτεραιότητές του. Οι υπεύθυνοι του λιμανιού αποσκοπούν στο να δημιουργήσουν θέσεις εργασίας διασυνδέοντας την κοινότητα με τις λιμενικές δραστηριότητες διασφαλίζοντας έτσι ανάπτυξη σε αρμονία με την κοινωνία και το περιβάλλον. Ειδικότερα, συμμετέχει στην πρωτοβουλία κυκλικής οικονομίας χαμηλών εκπομπών άνθρακα έως το 2030 που αποτελεί βασικό μέρος της στρατηγικής για τον χαρακτηρισμό του ως “Smart Port”. Ακόμα, το λιμάνι διαμόρφωσε ένα επιχειρηματικό σχέδιο γύρω από τους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών για το 2030 και ανέλαβε σχετικές πρωτοβουλίες έρευνας και ανάπτυξης που θα βοηθήσουν την Αμβέρσα να γίνει πιο φιλική προς το περιβάλλον. Τέλος, οι εργαζόμενοι βρίσκονται στο επίκεντρο της στρατηγικής του (Esser et al., 2020).

Ένα παράδειγμα “έξυπνης” τεχνολογίας που χρησιμοποιεί το λιμάνι είναι το σύστημα Advanced Port Information & Control Assistant (APICA). Το APICA αποτελεί ένα εξαιρετικό σύστημα που υποστηρίζει τους λιμενικούς στο να παρακολουθούν τα αγκυροβόλια με μεγαλύτερη ακρίβεια και να εντοπίζουν περιστατικά πιο γρήγορα. Μέσω της συλλογής και ανάλυσης δεδομένων από διάφορες πηγές, όπως αισθητήρες και κάμερες παρακολούθησης, το APICA μπορεί να παρέχει στους λιμενικούς έγκαιρα ακριβείς πληροφορίες για την κίνηση των πλοίων και τις συνθήκες στο που επικρατούν στο λιμάνι. Με την εκμετάλλευση των δεδομένων που παρέχει το σύστημα APICA, οι λιμενικοί μπορούν να λαμβάνουν γρήγορες αποφάσεις για τη διαχείριση της κυκλοφορίας στο λιμάνι, να αποφεύγουν συγκρούσεις μεταξύ πλοίων και να αυξάνουν την ασφάλεια γενικότερα. Επιπλέον, το APICA, βοηθά στην ομαλή ροή της κυκλοφορίας στο λιμάνι μειώνοντας τον χρόνο αναμονής των πλοίων και βελτιώνοντας την αποδοτικότητα των λιμενικών διαδικασιών. Συνολικά, το APICA συμβάλλει στη βελτίωση της λειτουργίας του λιμανιού και της ασφάλειας των ναυτιλιακών εργασιών (Veenstra & Harmelink, 2022).

4.1.4. Λιμάνι της Σιγκαπούρης

Το λιμάνι της Σιγκαπούρης ιδρύθηκε επίσημα την 1^η Απριλίου του 1964. Η Σιγκαπούρη θεωρείται ως η πιο γνωστή και κορυφαία ναυτιλιακή πρωτεύουσα στον κόσμο και το λιμάνι της είναι το δεύτερο πιο πολυσύχναστο λιμάνι στον κόσμο από άποψη χωρητικότητας. Μεταφορτώνει τόσο διατροφικού τύπου αποστολές όσο και το 50% της παγκόσμιας διακίνησης αργού πετρελαίου, αποτελώντας έτσι το πιο πολυσύχναστο λιμάνι μεταφόρτωσης στον κόσμο. Αξίζει να σημειωθεί ότι το λιμάνι αποτελεί τον κύριο οικονομικό πόρο της χώρας καθώς είναι τμήμα του ιστορικού θαλάσσιου “δρόμου του μεταξιού”. Επίσης είναι το μεγαλύτερο δημόσιο λιμάνι στον κόσμο, διασυνδεδεμένο με περισσότερα από 600 λιμάνια σε 123 χώρες, απασχολεί περίπου 200.000 εργαζόμενους και συνεισφέρει στο 7% στο ΑΕΠ της Σιγκαπούρης.

Το Tuas Megaport είναι ένα έργο που αναμένεται να ολοκληρωθεί έως το 2040 και για το οποίο έχει ήδη απονεμηθεί ο τίτλος του μεγαλύτερου αυτοματοποιημένου τερματικού σταθμού εμπορευματοκιβωτίων στον κόσμο. Για να διασφαλιστεί η πλήρης αυτοματοποίηση, οι λιμενικές

αρχές αναπτύσσουν ένα Σύστημα Διαχείρισης Κυκλοφορίας Πλοίων Επόμενης Γενιάς ικανό να παρέχει ακριβή καταγραφή της ναυτιλιακής κίνησης.



Εικόνα 5. Λιμάνι της Σιγκαπούρης

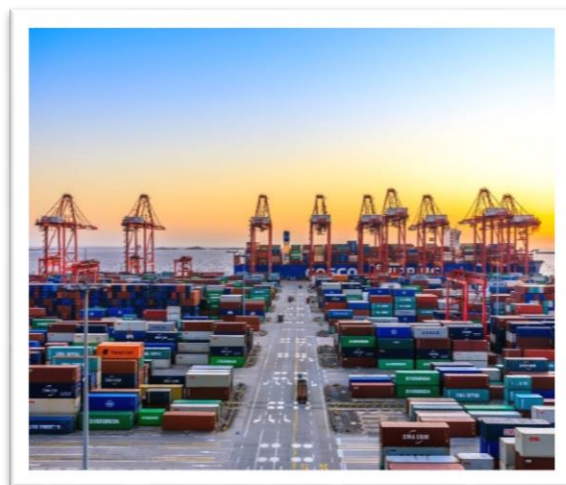
Το λιμάνι βασίζεται σε ένα δίκτυο κάλυψης 5G για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της λειτουργίας των επιμέρους λιμένων και για τη μείωση του χρόνου εξυπηρέτησης των πλοίων. Ο αυτοματισμός του Tuas Megaport θα πραγματοποιηθεί σε πολλά επίπεδα, όπως γερανοί και εμπορευματοκιβώτια φορτίου ενώ θα υπάρχουν “έξυπνα” συστήματα ελέγχου αξιοποιώντας βιώσιμη τεχνολογία. Τα μη επανδρωμένα οχήματα και οι αυτοματοποιημένοι γερανοί θα βοηθήσουν στην ασφάλεια και θα μειώσουν σημαντικά τη συμφόρηση διευκολύνοντας την κυκλοφορία. Ο λιμένας της Σιγκαπούρης διαθέτει ένα σχέδιο διαχείρισης των υδάτων με ψηφιακά συστήματα για τη καταμέτρηση βασικών δεικτών ποιότητας του νερού και εργάζεται με τις δράσεις του για τη συνολική ασφάλεια χάρη στην τεχνολογία και τα διασυνδεδεμένα συστήματα που διαθέτει. Επιπρόσθετα, οι υπεύθυνοι του λιμένα σχεδιάζουν να δημιουργήσουν θέσεις εργασίας και παράλληλα να εκπαιδεύσουν τους σημερινούς εργαζομένους σε νέες τεχνολογίες ώστε να ενισχύσουν την επαγγελματική τους εξέλιξη (Clemente et al., 2023).

Το σύστημα GPS που χρησιμοποιεί το λιμάνι είναι ένα από τα βασικά εργαλεία για την παρακολούθηση της κυκλοφορίας από τους ιδιοκτήτες φορτιών. Ειδικότερα, παρέχονται ακριβείς πληροφορίες για την τοποθεσία των πλοίων και των εμπορευματοκιβωτίων επιτρέποντάς τη λήψη γρήγορων αποφάσεων. Το σύστημα Sense-making Analytics for Maritime Event Recognition (SAFER) που αναπτύσσεται από τη Ναυτιλιακή και Λιμενική Αρχή της Σιγκαπούρης είναι ένα ακόμα σημαντικό εργαλείο για τη βελτίωση της ναυτιλίας και της λειτουργίας των επιμέρους λιμένων. Το SAFER εφαρμόζει τεχνητή νοημοσύνη και αναλύει δεδομένα για τη διαχείριση της

κυκλοφορίας πλοίων. Μέσω αυτού του συστήματος με τη χρήση σύγχρονων τεχνολογιών και αναλυτικών μεθόδων, η διαχείριση της αυξανόμενης κυκλοφορίας πλοίων γίνεται πιο αποτελεσματική ενώ παρέχονται νέες δυνατότητες για την αυτοματοποίηση και την αύξηση της ακρίβειας των εργασιών που προηγουμένως βασίζονταν στην ανθρώπινη παρατήρηση και αναφορά (Yeo et al., 2019).

4.1.5. Λιμάνι της Σαγκάης

Το λιμάνι της Σαγκάης στην Κίνα ιδρύθηκε το 1842 και αποτελεί ένα από τα πιο πολυσύχναστα και μεγαλύτερα λιμάνια εμπορευματοκιβωτίων στον κόσμο. Κατηγοριοποιείται επάξια ως η μεγάλη λιμενική μεγαλούπολη λόγω της αυξημένης κίνησης και του πυκνού πληθυσμού του. Αξίζει να σημειωθεί ότι εκτείνεται κατά μήκος του Δρόμου του Μεταξιού του 21ου αιώνα και διαθέτει ένα βαθύ λιμάνι που εκτείνεται σε ποταμό με πολλαπλές πύλες.



Εικόνα 5. Λιμάνι της Σαγκάης

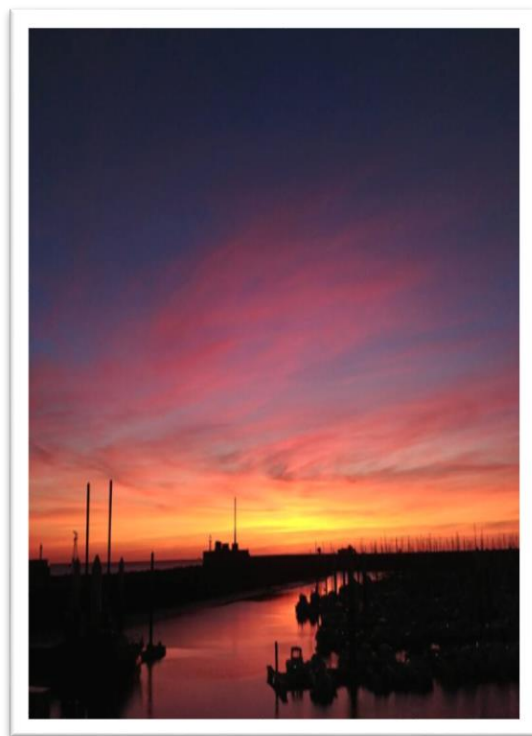
Η Σαγκάη έχει πράγματι επιδείξει εντυπωσιακή ανάπτυξη και επιρροή στον τομέα της ναυτιλίας καθώς η αύξηση στην κίνηση εμπορευμάτων στο λιμάνι καταδεικνύει το πόσο σημαντική είναι η οικονομική ανάπτυξη και η εξέλιξη της περιοχής ως παγκόσμιο εμπορικό κέντρο. Η καταγραφή ρεκόρ στον όγκο των εμπορευμάτων που διαχειρίστηκε το λιμάνι της Σαγκάης το 2016, όπου ξεπέρασε τα 37 εκατομμύρια TEUs, αποτελεί απόδειξη της συνεχούς ανάπτυξης και της επιτυχίας του λιμανιού στην εξυπηρέτηση των εμπορικών αναγκών της Ν.Α. Ασίας και του παγκόσμιου εμπορίου γενικότερα.

Ο Λιμένας διαθέτει τον μεγαλύτερο αυτοματοποιημένο τερματικό σταθμό εμπορευματοκιβωτίων στον κόσμο, τον **Yangshan Deep Water**, με αυτοματισμούς γερανών, φορτηγών και οχημάτων χρησιμοποιώντας 5G δίκτυο ως μια βασική τεχνολογία Smart Port. Επίσης, θεωρείται ένα από τα πιο προηγμένα τεχνολογικά λιμάνια που στοχεύει στη δημιουργία πράσινων τερματικών σταθμών και υψηλής τεχνολογίας (Wang et al., 2016).

4.1.6. Το λιμάνι της Χάβρης

Το λιμάνι της Χάβρης στη Γαλλία ιδρύθηκε το 524 και είναι το κορυφαίο γαλλικό λιμάνι για το εξωτερικό εμπόριο και το μεγαλύτερο λιμενικό συγκρότημα στη Γαλλία. Είναι η κύρια δίοδος για την άφιξη των εμπορευμάτων στο Παρίσι και τη Νορμανδία και έχει καταχωρηθεί ως μνημείο παγκόσμιας κληρονομιάς της UNESCO. Αξίζει να σημειωθεί ότι είναι το πρώτο λιμάνι εμπορευματοκιβωτίων στη χώρα και θεωρείται ως ένα από τα μεγαλύτερα λιμάνια της Βόρειας Ευρώπης σε χωρητικότητα (Duvallet, Bertelle & Goint, 2023).

Στο λιμάνι χρησιμοποιούνται “έξυπνα” δεδομένα και εργαλεία για να υποστηρίξουν τις λειτουργίες “Smart Port”. Με δέσμευση για την ασφάλεια, οι υπεύθυνοι του λιμένα εργάζονται για ένα “έξυπνο”, συνδεδεμένο, υψηλών επιδόσεων, βιώσιμο, συνεργατικό και καινοτόμο λιμάνι, βασισμένο στην πληροφορική και στην ψηφιακή τεχνολογία καθώς έχουν στόχους να μειώσουν την κυκλοφορία των πλοίων και να επιτύχουν την ελαχιστοποίηση της συμφόρησης. Ο φορέας διαχείρισης φιλοδοξεί να αναπτύξει ένα νέο μοντέλο αστικού και βιομηχανικού λιμανιού που μέσω της καινοτομίας ο στόχος θα είναι να αυξήσει την οικονομική του ικανότητα και να μειώσει τις περιβαλλοντικές του επιπτώσεις.



Εικόνα 6. Το λιμάνι της Χάβρης

Η “έξυπνη” τεχνολογία έχει εντρυφήσει στο λιμάνι της Χάβρης με το έργο CLASSE που είναι ένα βήμα μπροστά ώστε να το μετατρέψει σε “έξυπνο”. Το έργο χρησιμοποιεί δεδομένα του Automatic Identification System (AIS) ως κύρια πηγή πληροφοριών (Rajabi et al., 2018) για την εξυπηρέτηση των δραστηριοτήτων των λιμενικών εγκαταστάσεων.

4.1.7. Λιμάνι του Λος Άντζελες

Το λιμάνι του Λος Άντζελες στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ ιδρύθηκε στις 9 Δεκεμβρίου του 1907. Το λιμάνι είναι το μεγαλύτερο λιμάνι εμπορευματοκιβωτίων στη Βόρεια Αμερική καθώς φιλοξενεί όλους τους τύπους πλοίων. Ενδιαφέρεται για την επίτευξη και τη διατήρηση μιας βιώσιμης αλυσίδας εφοδιασμού. Συγκεκριμένα, διαθέτει πλάνο χειρισμών φορτίων για να έχει τον πλήρη έλεγχο τους και να διαχειρίζεται την επιχειρησιακή κατάσταση τους, σε πραγματικό χρόνο. Επίσης ο φορέας διαχείρισης ελέγχει μέσω “έξυπνων” τεχνολογιών όλες τις κινήσεις των πλοίων μέσα στο λιμάνι καθώς και όλες τις δραστηριότητες στις αποβάθρες.



Εικόνα 7. Λιμάνι του Λος Άντζελες

Το 2020 το λιμάνι του Λος Άντζελες και η IBM αποφάσισαν να συνάψουν μια συμφωνία για τη δημιουργία ενός κέντρου κυβερνοασφάλειας. Αυτό το σύστημα θα βοηθούσε στη μείωση των κινδύνων σε ζητήματα ασφάλειας στον κυβερνοχώρο με την ανταλλαγή φορτίων και πληροφοριών. Σκοπός του κέντρου θα ήταν να ενισχύσει το λιμάνι ώστε να πραγματοποιούνται πιο αποτελεσματικά και με ασφάλεια οι λειτουργίες του. Το λιμάνι εργάζεται επίσης για τη δημιουργία μιας ψηφιακής πλατφόρμας, γνωστή ως “**Έργο Smart Port**” σε συνεργασία με τη General Electric, η οποία θα φέρει περισσότερη διαφάνεια στο λιμάνι φιλοδοξώντας να βελτιώσει τον προγραμματισμό και την αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Αξιοσημείωτες είναι και οι περιβαλλοντικές πρωτοβουλίες της πολιτείας της Καλιφόρνια σε συνεργασία με τη Λιμενική Αρχή για προγράμματα προστασίας του υδάτινου περιβάλλοντος. Η ανάλυση που έγινε για αυτή τη μελέτη δείχνει ότι παρά τις συνεχιζόμενες προσπάθειες των λιμένων του Λος Άντζελες και του Λονγκ Μπιτς για την βελτίωση του δείκτη περιβαλλοντικής διαχείρισης, επί του παρόντος δεν υπάρχει σαφής πορεία για τα λιμάνια της Καλιφόρνια να επιτύχουν μια πλήρη μετάβαση σε εξοπλισμό χειρισμού φορτίου μηδενικών εκπομπών. Ενώ το λιμάνι του Λος Άντζελες και το Λονγκ Μπιτς κάνουν μερικά βήματα προς τη σωστή κατεύθυνση προς ένα μέλλον μηδενικών εκπομπών, οι περισσότερες προσπάθειες είναι εστιασμένες στην ανάπτυξη τεχνολογιών για εξυπηρέτηση μεγάλου όγκου εμπορευματοκιβωτίων. Το γεγονός αυτό υπογραμμίζει την αδυναμία να αντιμετωπιστούν ζητήματα όπως οι κανονισμοί και η ανθεκτικότητα του δικτύου σε τοπικό επίπεδο. Η αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, οι οποίες είναι απαραίτητες για μια επιτυχημένη μετάβαση, πρέπει να προέρχεται από ένα υψηλότερο επίπεδο εξουσίας, όπως μια κρατική ρυθμιστική υπηρεσία (Densberger & Bachkar, 2022).

4.1.8. Λιμάνι Μάλμε της Κοπεγχάγης - CPM

Πριν συγχωνευθούν στο CPM το 2001, το λιμάνι της Κοπεγχάγης της Δανίας και το λιμάνι του Μάλμε της Σουηδίας ιδρύθηκαν χωριστά τον 12^ο αιώνα. Το λιμάνι του CPM είναι το μεγαλύτερο λιμάνι της Δανίας αφού συγχώνευσε τα δύο λιμάνια που λειτουργούσαν σε κάθε πλευρά του Όρεσουντ: το λιμάνι της Κοπεγχάγης και το Μάλμε και αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα λιμάνια της λεκάνης της Βαλτικής Θάλασσας.

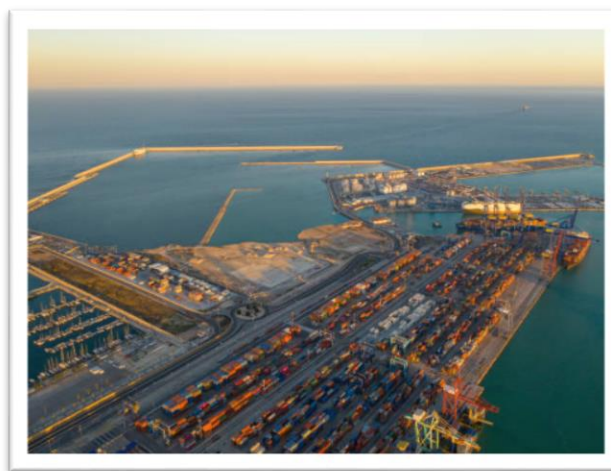


Εικόνα 8. Λιμάνι Μάλμε της Κοπεγχάγης - CPM

Το λιμάνι δημιούργησε υποδομές για την υποδοχή όλων των τύπων πλοίων και επικεντρώθηκε στο να βασίσει τις λιμενικές του δραστηριότητες στο σεβασμό του περιβάλλοντος, και στην ανάπτυξη της τοπικής κοινότητας. Διαθέτει μεγάλους οικιστικούς και εμπορικούς χώρους καθώς και χώρους αναψυχής για πολίτες και τουρίστες. Διακρίνεται επίσης για τις “ευφυείς” λειτουργίες του καθώς όλες οι αφίξεις και οι αναχωρήσεις μπορούν να προβληθούν σε πραγματικό χρόνο στον ιστότοπο της CMP. Επιπλέον το λιμάνι επικεντρώνεται στη μείωση της ηχορύπανσης, των εκπομπών ρύπων των αποβλήτων, της κατανάλωσης ενέργειας και στην χρήση drones για την επιθεώρηση της αποβάθρας δίνοντας έτσι έμφαση στην αρμονική συνύπαρξη της πόλης και του λιμένα. Φιλοδοξία του είναι να αποτελέσει ένα βιώσιμο λιμάνι που θα προσαρμοστεί με τους στόχους που έχει θέσει ο ΟΗΕ για τη βιώσιμη ανάπτυξη το 2030 (Bruns-Berentelg, Noring & Grydehøj, 2022).

4.1.9. Λιμάνι της Βαλένθια

Το λιμάνι της Βαλένθια της Ισπανίας ιδρύθηκε το 1483 και είναι το 5^ο πιο πολυσύχναστο λιμάνι στην Ευρώπη και το μεγαλύτερο λιμάνι στην Ισπανία σε επίπεδο διακινούμενου όγκου φορτίων. Απασχολεί περίπου 15.000 εργαζόμενους, συμβάλλοντας έτσι σημαντικά στην οικονομία της πόλης.



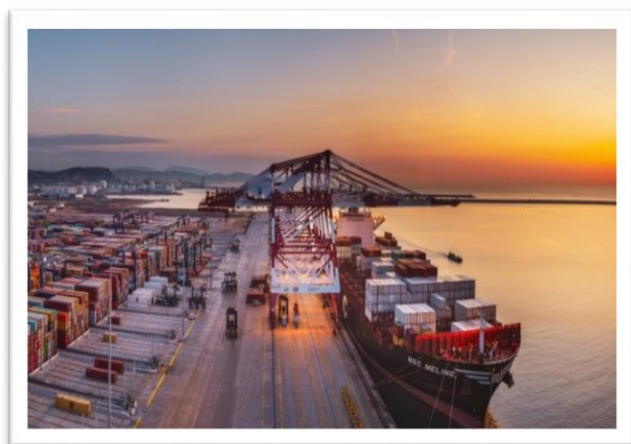
Εικόνα 9. Λιμάνι της Βαλένθια

Το smart port της Βαλένθια είναι βασισμένο στην τεχνολογία **blockchain** για την επίτευξη της διαφάνειας της εφοδιαστικής αλυσίδας από άκρο σε άκρο εξαλείφοντας έτσι την ανάγκη για χρήση έγγραφων εγγράφων για την παρακολούθηση της αλυσίδας εφοδιασμού. Παράλληλα, η χρήση των νέων “έξυπνων” συστημάτων του λιμανιού αυξάνουν την αποτελεσματικότητα, τη

διαφάνεια και μειώνουν την εκπομπή ρύπων. Το λιμάνι επιδιώκει τη συμμόρφωση των δραστηριοτήτων του με τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης του ΟΗΕ για το 2030. Έτσι, οι υπεύθυνοι του λιμένα προσανατολίζονται στην προστασία της ποιότητας του νερού, στην αντιμετώπιση της ηχορύπανσης, στην εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, στη χρήση εναλλακτικών καυσίμων και στην ενίσχυση της σχέσης του λιμανιού με την πόλη (Lin et al., 2022).

4.1.10. Λιμάνι της Βαρκελώνης

Το λιμάνι της Βαρκελώνης της Ισπανίας ιδρύθηκε το 1378 και είναι το 9^ο μεγαλύτερο λιμάνι εμπορευματοκιβωτίων της Ευρώπης. Έχει στρατηγικό σχέδιο για την περίοδο 2021-2025 να αντιμετωπίσει τις αλλαγές στον ναυτιλιακό κλάδο ενώ όραμά του είναι να αποτελέσει έως το 2040 ένα λιμένα με “έξυπνες” υπηρεσίες εφοδιαστικής αλυσίδας (Smart Logistics Hub).



Εικόνα 10. Λιμάνι της Βαρκελώνης

Το λιμάνι της Βαρκελώνης είναι ένας ισχυρός οικονομικός παράγοντας για τη χώρα με ιδιαίτερη περιβαλλοντική συνείδηση. Συγκεκριμένα, αναγνωρίζει τις επιπτώσεις των λειτουργιών του στην πόλη που αφορούν την ποιότητα του αέρα, των υδάτων, της ατμόσφαιρας και της συμφόρησης και έχει αναπτύσσει τεχνολογίες πληροφοριών για την εξάλειψή τους προσδίδοντας έτσι αξία στην τοπική κοινωνία. Ο μετασχηματισμός του λιμένα σε Smart Port ξεκίνησε το 2010, με μια εφαρμογή παρακολούθησης των κοντέινερ. Ο λιμένας είναι αφοσιωμένος στην επίτευξη διαφάνειας απέναντι στους πελάτες – χρήστες του λιμένα και σχεδιάζει να ενσωματώσει νέα τεχνολογικά συστήματα ώστε να παρακολουθείται κάθε φορτίο.

Το λιμάνι της Βαρκελώνης είναι πρωτοπόρο στην εφαρμογή τεχνολογικών λύσεων τόσο στον εμπορικό όσο και στον δημόσιο τομέα καθώς ευνοεί τις τεχνολογίες της πληροφορίας για να

βελτιώσει τις υπηρεσίες που προσφέρει στους πελάτες του. Από τον αυτόματο φωτισμό μέχρι την αυτοματοποιημένη διαχείριση των πυλών εισόδου και εξόδου στους τερματικούς σταθμούς. Τέλος, η παρακολούθηση και η διαχείριση ουρών φορτηγών χωρίς τη χρήση χάρτινων εγγράφων, επιβεβαιώνει τις προσπάθειες του λιμένα για συνεχή εφαρμογή νέων λύσεων που διευκολύνουν τη ζωή ιδιωτών και επιχειρήσεων (Henríquez et al., 2022).

4.2. Οργανισμός Λιμένα Πειραιώς Α.Ε.

Το λιμάνι του Πειραιά ή «Οργανισμός Λιμένος Πειραιώς Α.Ε.» (ΟΛΠ ΑΕ, Piraeus Port Authority SA) που ιδρύθηκε πριν από 93 έτη ως Νομικό Πρόσωπο Δημοσίου Δικαίου (Ν. 4748/1930), εκτός από το κύριο λιμάνι της Ελλάδας, αποτελεί και σημαντικό κόμβο στη Μεσόγειο. Βρίσκεται στη 9^η θέση του Δείκτη Ναυτιλιακών Κέντρων Xinhua – Baltic (ISCD) παγκοσμίως, και θεωρείται ένας από τους πιο ελκυστικούς λιμένες αναφορικά με τις λιμενικές υποδομές, τις ναυτιλιακές υπηρεσίες και τη περιβαλλοντική συνείδηση που επιδεικνύει. Ο ΟΛΠ ΑΕ απασχολούσε 962 εργαζομένους το 2022 (824 άνδρες, 138 γυναίκες) και έχει αναλάβει σημαντικές δράσεις για να εξαλείψει τις όποιες δυσκολίες πρόσβασης ατόμων με ειδικές ανάγκες στις λιμενικές υπηρεσίες (ΟΛΠ ΑΕ, 2023).



Εικόνα 11. Οργανισμός Λιμένα Πειραιώς Α.Ε.

Ο Λιμένας του Πειραιά έχει στραφεί στη Βιώσιμη Ανάπτυξη με σκοπό τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος, την ισχυροποίηση των κανόνων ασφάλειας και υγιεινής, την προαγωγή κοινωνικών δράσεων και την εστίαση στη διαφάνεια με δεσμεύσεις εφαρμογής προτύπων ESG. Έχει πιστοποιηθεί με τρία Πρότυπα ISO 9001:2015 για τη Διαχείριση Ποιότητας,

ISO 14001:2015 για την Περιβαλλοντική Διαχείριση, ISO 50001:2018 για την Ενεργειακή Διαχείριση από τον Lloyd's Register Quality Assurance (LRQA) και δραστηριοποιείται με βάση το Σύστημα Περιβαλλοντικής Αναθεώρησης Λιμένων (Port Environmental Review System, PERS Version 5) του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Θαλάσσιων Λιμένων (European Sea Ports Organization, ESPO) (Puig et al., 2022).

Ο ΟΛΠ ΑΕ ανήκει στο δίκτυο ευρωπαϊκών λιμένων με «EcoPorts status» καθώς έχει αξιολογηθεί για την περιβαλλοντική πολιτική που ασκεί βάση των κριτηρίων της Ecoport Self Diagnosis Method (SDM) του ESPO. Η ESPO σκοπεύει στην αυτοδιάγνωση των περιβαλλοντικών κινδύνων από τα ίδια τα λιμάνια και τη λήψη μέτρων περιφρούρησης του περιβάλλοντος μειώνοντας έτσι το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα. Αξίζει να σημειωθεί ότι το λιμάνι διαθέτει Σύστημα Διαχείρισης Αποβλήτων και Πρόγραμμα Ελέγχου Ποιότητας Θαλασσιού, Ακουστικού και Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος ενώ προωθεί παράλληλα την εξοικονόμηση ενέργειας μέσα από τη χρήση Ανανεώσιμων Πηγών και την συνεχή πληροφόρηση του προσωπικού και των χρηστών του λιμένα σε ζητήματα πρακτικών εξοικονόμησης ενέργειας (Lyridis et al., 2023).

Το 2021 σε συνεργασία με τη Vodafone σχεδιάστηκε και παραδόθηκε σε χρήση το πρώτο ιδιωτικό mobile δίκτυο στην Ελλάδα, για λογαριασμό του Σταθμού Εμπορευματοκιβωτίων Πειραιά (ΣΕΠ) και του ΟΛΠ.

Χάρη στην υψηλής απόκρισης και μηδενικής καθυστέρησης αρχιτεκτονική του δικτύου αυτού είναι εφικτή η συνεχόμενη μετάδοση δεδομένων και η επεξεργασία τους σε πραγματικό χρόνο κάτι που ανοίγει τον δρόμο για τις τεχνολογικές εφαρμογές του μέλλοντος. Μέσα από επιπρόσθετα πρωτόκολλα ασφαλείας και χάρη στην κλειστή δομή του πρώτου ιδιωτικού mobile δικτύου, επιτυγχάνεται κορυφαία ασφάλεια στα δεδομένα που αυτό μεταφέρει (www.vodafone.gr, 2021).

4.3. Παγκόσμια Αγορά “Ευφυών” Λιμένων – Έρευνες GME & ESPO

Η έρευνα της GME με αντικείμενο «Μέγεθος, τάσεις και ανάλυση της παγκόσμιας αγοράς “έξυπνων” λιμένων - Προβλέψεις για το 2026» αποδίδει πολλαπλά στοιχεία σχετικά με την αγορά των “ευφυών” λιμένων. Ειδικότερα η παγκόσμια αγορά “έξυπνων” λιμένων προβλέπεται να αυξηθεί από 1,7 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ το 2021 και να φτάσει τα 6,8 δισεκατομμύρια δολάρια έως το 2026 με τον δείκτη του σύνθετου ετήσιου ρυθμού ανάπτυξης CAGR να αυξάνεται στο 24,8% από το 2021 έως το 2026. Οι κύριοι παράγοντες που συμβάλλουν στην ανάπτυξη της αγοράς περιλαμβάνουν τη σημαντική άνοδο του τομέα των logistics και την αύξηση της ζήτησης για αυτοματισμούς στα λιμάνια. Σημαντική άνοδος στον τομέα των logistics έχει σημειωθεί στις ανεπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες λόγω των αυξανόμενων διεθνών εμπορικών συναλλαγών και της ευρείας χρήσης ηλεκτρονικού εμπορίου. Λόγω της αύξησης των διασυνοριακών πωλήσεων ηλεκτρονικού εμπορίου, η ζήτηση για θαλάσσιες μεταφορές έχει αυξηθεί σημαντικά με τα χρόνια. Οι διασυνοριακές πωλήσεις από επιχείρηση σε καταναλωτή (B2C) ανήλθαν σε περίπου 412 δισεκατομμύρια δολάρια το 2023, το οποίο αντιπροσωπεύει σχεδόν το 11% του συνολικού ηλεκτρονικού εμπορίου B2C, αύξηση 4% σε σύγκριση με το 2022.

Οι δέκα πρώτες χώρες σε πωλήσεις ηλεκτρονικού εμπορίου B2C περιλαμβάνουν την Κίνα, τις ΗΠΑ, το Ηνωμένο Βασίλειο και την Ιαπωνία με σχεδόν 1.062 δισεκατομμύρια δολάρια, 753 δισεκατομμύρια δολάρια, 206 δισεκατομμύρια δολάρια και 147 δισεκατομμύρια δολάρια, αντίστοιχα. Το διασυνοριακό ηλεκτρονικό εμπόριο απαιτεί συνήθως μεταφορές μεγάλων αποστάσεων, γεγονός που συμβάλλει στη ζήτηση για θαλάσσιες μεταφορές. Σύμφωνα με τη Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Εμπόριο και την Ανάπτυξη, σχεδόν το 80% του διεθνούς εμπορίου πραγματοποιείται από την εμπορική ναυτιλία. Αυτό, με τη σειρά του, αυξάνει την ανάγκη των λιμενικών τερματικών σταθμών να διεξάγουν τις μεταφορικές εργασίες πιο αποτελεσματικά.

Λόγω της αύξησης του παγκόσμιου εμπορίου, υπάρχει μια εστίαση των φορέων εκμετάλλευσης λιμένων να προσθέτουν προηγμένες τεχνολογίες για να κάνουν τις λειτουργίες αυτόματες ή ημιαυτόματες. Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός θαλάσσιων λιμένων που χρησιμοποιούν τεχνολογικά εργαλεία για αυτοματοποίηση στις λιμενικές δραστηριότητες. Αυτά τα λιμάνια κυμαίνονται από το Ρότερνταμ και το Yangshan (Σαγκάη, στην Κίνα) έως το Lázaro

Cárdenas (στο Μεξικό). Τα συγκεκριμένα εργαλεία επιτρέπουν την καλύτερη διαχείριση και έλεγχο των διαδικασιών εργασίας που εκτελούνται στο τερματικό, με πραγματικές, έγκαιρες πληροφορίες για όλες τις λειτουργίες που πραγματοποιούνται. Επιπρόσθετα, οι πλατφόρμες IoT επιτρέπουν στους φορείς εκμετάλλευσης λιμένων να διαχειρίζονται και να παρακολουθούν καλύτερα τα εμπορευματοκιβώτια, καθώς και να μειώνουν το λειτουργικό τους κόστος και τα ανθρώπινα λάθη.

Αναφορικά με την τμηματοποίηση της παγκόσμιας αγοράς “έξυπνων” λιμένων, αυτή κατηγοριοποιείται με βάση τον τύπο του λιμανιού, τη χωρητικότητα διακίνησης και την τεχνολογία. Ανάλογα με τον τύπο του λιμανιού, η αγορά ταξινομείται σε λιμένες φορτίου και θαλάσσιους λιμένες ενώ με βάση τη χωρητικότητα διακίνησης ταξινομείται σε πολύ απασχολημένη (πάνω από 18 εκατομμύρια Teu), μέτρια απασχολημένη (5-18 εκατομμύρια Teu) και ελάχιστα απασχολημένη (κάτω από 5 εκατομμύρια Teu). Τέλος με βάση την τεχνολογία η αγορά κατηγοριοποιείται σε IoT, Blockchain, τεχνητή νοημοσύνη (AI) και τεχνολογία αυτοματοποίησης διαδικασιών.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί πως οι “έξυπνες” λύσεις βρίσκουν σημαντική εφαρμογή στα λιμάνια φορτίου. Οι ψηφιακές τεχνολογίες αποκτούν μεγάλη σημασία στα λιμάνια φορτίου λόγω της τάσης για αύξηση του μεγέθους των πλοίων και της ανάγκης για διακίνηση μεγαλύτερου όγκου εμπορευμάτων. Οι “έξυπνες” τεχνολογίες περιλαμβάνουν συστήματα που ενθαρρύνουν τη βασική υποδομή καθώς προσφέρουν εργαλεία για τη διαχείριση του φορτίου, τη διαχείριση της κυκλοφορίας, τη διασφάλιση της ασφάλειας, την αντιμετώπιση των τελωνείων και την παρακολούθηση της χρήσης ενέργειας. Για να διατηρήσουν ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, οι φορείς εκμετάλλευσης λιμένων εφαρμόζουν “έξυπνες” τεχνολογίες λιμένων για να γίνουν περισσότερο παραγωγικοί, ανταγωνιστικοί, αποδοτικοί και φιλικόι προς τους πελάτες.

Σύμφωνα με τη γεωγραφική ανάλυση, η αγορά μπορεί να ταξινομηθεί σε Βόρεια Αμερική (ΗΠΑ, Καναδάς και Μεξικό), Ασία-Ειρηνικό (Ινδία, Κίνα, Ιαπωνία, Μαλαισία, Σιγκαπούρη και Υπόλοιπο Ασία-Ειρηνικού), Ευρώπη (Γερμανία, Ηνωμένο Βασίλειο), Ιταλία, Γαλλία, Ισπανία, Ολλανδία και Υπόλοιπη Ευρώπη), Μέση Ανατολή και Αφρική (Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, Σαουδική Αραβία, Υπόλοιπο Μέσης Ανατολής και Αφρική) και Κεντρική και Νότια Αμερική (Βραζιλία, Περού, Χιλή και Υπόλοιπο Κεντρικό & Νότια Αμερική).

Η περιοχή της Βόρειας Αμερικής αναμένεται να κατέχει τη μερίδα του λέοντος στα παγκόσμια έσοδα που παράγονται στην αγορά. Είναι γεγονός ότι τα υπερβολικά κυβερνητικά μέτρα, η έναρξη ανάπτυξης λογισμικού που βασίζεται στο cloud και οι τεχνολογικές ανακαλύψεις συμβάλλουν στην ανάπτυξη του κλάδου. Επιπλέον, η αναμενόμενη επέκταση του αριθμού των mega-ports θα ωφελήσει σημαντικά την διακίνηση φορτίου κατά την περίοδο πρόβλεψης.

Κατά τη διάρκεια της περιόδου πρόβλεψης, η περιοχή της Ασίας-Ειρηνικού αναμένεται να αναπτυχθεί γρήγορα λόγω της αύξησης της ποικιλίας μεταβλητών όπως η διεθνική τμηματική παραγωγή, τα παγκόσμια δίκτυα εφοδιασμού, το φθινό κόστος παραγωγής και τα αναπτυξιακά σχέδια κάθε χώρας που καθοδηγούνται από τις εξαγωγές.

Στην Ευρώπη, το Ρότερνταμ, το Αμβούργο και η Αμβέρσα διατηρούν τις θέσεις τους ως τα τρία κορυφαία λιμάνια της περιοχής το 2023, ως προς τον όγκο των εμπορευματοκιβωτίων που διακινούνται στα λιμάνια και ως προς το μεικτό βάρος των διακινούμενων εμπορευμάτων. Αυτά τα λιμάνια φορτίου χρησιμοποιούν “έξυπνες” λύσεις για την ανάλυση των καιρικών συνθηκών και των δεδομένων ποιότητας νερού.

Αξίζει να σημειωθεί, ειδικά για την Ευρώπη, ότι έρευνα της ESPO (European Sea Ports Organization) που πραγματοποιήθηκε τον 04/2024 αποκαλύπτει ότι οι επενδυτικές ανάγκες των ευρωπαϊκών φορέων διαχείρισης λιμένων ανέρχονται σε 80 δισεκατομμύρια ευρώ για τα επόμενα 10 χρόνια, έως το 2034 καθιστώντας την ανάγκη για επενδύσεις στη βιωσιμότητα και την ενεργειακή μετάβαση την δεύτερη σημαντικότερη κατηγορία επενδύσεων για τις λιμενικές αρχές. Η μελέτη είναι μοναδική σε αντιπροσώπευση, καθώς βασίζεται σε ανάλυση των επενδυτικών αναγκών 84 φορέων διαχείρισης λιμένων, αντανακλώντας τη γεωγραφική εξάπλωση και τη λειτουργική ποικιλομορφία των λιμανιών της Ευρώπης.

Οι λιμένες στην Ευρώπη κάνουν περισσότερα από πριν. Από πολυτροπικοί κόμβοι στην αλυσίδα εφοδιασμού που συνδέει τη θάλασσα με την ενδοχώρα, οι λιμένες εξελίσσονται σε κόμβους και διευκολυντές βιώσιμων πηγών ενέργειας, συνεργατικούς σχηματισμούς βιομηχανίας και κυκλικής οικονομίας, καθώς και σημαντικούς πυλώνες γεωπολιτικής και γεωοικονομικής ανθεκτικότητας. Οι νέες λειτουργίες των λιμένων έρχονται να προστεθούν – όχι αντ' αυτού – στους παραδοσιακούς τους ρόλους. Οι αγωγοί επενδύσεων των λιμένων της Ευρώπης αντικατοπτρίζουν αυτόν τον μεταβαλλόμενο και πολυδιάστατο ρόλο (ESPO, 2024).

Σύμφωνα με το India Brand Equity Foundation (IBEF), η Ινδία κατέχει τη δέκατη έκτη θέση στις θαλάσσιες χώρες σε όλο τον κόσμο, με ακτογραμμή σχεδόν 7.517 km και με την κυβέρνηση της να διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στον εκσυγχρονισμό των λιμένων και στην τόνωση των λιμενικών δραστηριοτήτων. Ως αποτέλεσμα, στο πλαίσιο της αυτόματης διαδρομής, η ινδική κυβέρνηση επέτρεψε Άμεσες Ξένες Επενδύσεις (ΑΞΕ) έως και 100% για την κατασκευή και τη συντήρηση λιμενικών υποδομών προωθώντας παράλληλα την ψηφιοποίησή τους.

Στην παγκόσμια αγορά “ευφών” λιμένων δραστηριοποιούνται σημαντικοί παίκτες όπως οι IBM Corp., ABB Ltd., General Electric Co., Telefonaktiebolaget LM Ericsson και Nokia Corp. Οι εταιρείες αυτές υιοθετούν ορισμένες κρίσιμες στρατηγικές, όπως συγχωνεύσεις, εξαγορές, λανσαρίσματα προϊόντων και συνεργασίες με στόχο να επεκτείνουν το μερίδιο αγοράς και να αποκτήσουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα έναντι των ανταγωνιστών τους. Για παράδειγμα, τον Φεβρουάριο του 2019, η Ericsson και η China Unicom, εταιρεία τηλεπικοινωνιών, δήλωσαν την ανάπτυξη δικτύου 5G στο λιμάνι Qingdao στην Κίνα. Με την επιτόπια δοκιμή, αναφέρθηκαν τα κύρια ευρήματα, ότι δηλαδή σχεδόν το 70% του εργατικού κόστους ενός λιμανιού μπορεί να μειωθεί με τη χρήση αναβάθμισης αυτοματισμού 5G, σε σύγκριση με τα συμβατικά λιμάνια. Ως εκ τούτου, η China Unicom, η Ericsson και άλλοι συνεργάτες αποφάσισαν να διερευνήσουν αμοιβαία τη χρήση δικτύων 5G σε λιμενικές υποδομές.

Το αποκορύφωμα της ψηφιακής τεχνολογίας στα λιμάνια θα μπορούσε να θεωρηθεί το ghost terminal ή αλλιώς τερματικό φάντασμα. Ένα τέτοιο τερματικό αποτελείται από ένα πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα το οποίο απαιτεί ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση για να εκτελέσει όλες τις λειτουργίες του. Αυτό συμπεριλαμβάνει φόρτωση, εκφόρτωση, διαχείριση, στοιβασία καθώς και τις υπόλοιπες από τις απαραίτητες λειτουργίες του λιμένα (Global Market Estimates, 2024).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στο σύγχρονο περιβάλλον των τεχνολογικών εξελίξεων και της υιοθέτησης της αναγκαιότητας της κλιματικής αλλαγής, η συνεισφορά των λιμένων στην απομείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος, στην ανάδειξη των πράσινων πηγών ενέργειας και στην υιοθέτηση νέων τεχνολογικών εργαλείων ώστε να επιτυγχάνονται οι προκλήσεις της αυξημένης ανταγωνιστικότητας στον χώρο των θαλάσσιων μεταφορών είναι αδιαμφισβήτητη.

Η παρούσα εργασία αναδεικνύει τη σπουδαιότητα της ανάπτυξης των “ευφών” λιμένων με κύριο γνώρισμα την αυτοματοποίηση των διαδικασιών και τη χρήση τεχνολογιών διαδικτύου. Η μετάβαση των παραδοσιακών λιμένων στο μοντέλο των “ευφών” λιμένων εσωκλείει την πλήρη αυτοματοποίηση, την περιβαλλοντική ουδετερότητα, την αδιάλειπτη λειτουργία και τη διασύνδεση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ένα “ευφές” λιμάνι αξιολογεί απολύτως τη δυναμική των σύγχρονων ψηφιακών τεχνολογιών με θετικές επιπτώσεις στην διαφάνεια, στην οικονομική βιωσιμότητα, στην προστασία του περιβάλλοντος, στην υιοθέτηση πράσινων μορφών ενέργειας και στην αρμονική συνύπαρξη λιμένα και πόλης.

Η πρόκληση του ψηφιακού μετασχηματισμού των λιμένων είναι μια συνθήκη που πραγματοποιείται μέσα από τη διασύνδεση των λιμενικών λειτουργιών, των “έξυπνων” υποδομών και της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η ψηφιοποίηση των λιμένων μέσω χρήσης της υπολογιστικής νέφους (cloud computing), των τεχνολογιών διαδικτύου των πραγμάτων (IoT), των μεγάλων δεδομένων (big data), της τεχνολογίας blockchain, της τεχνητής νοημοσύνης και των “έξυπνων” εφαρμογών για λιμένες (smart applications) επιτρέπει την επεξεργασία όλων των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη με σκοπό την αύξηση της αποδοτικότητας και της αποτελεσματικότητας τους.

Είναι γεγονός ότι τα “ευφυή” λιμάνια θεωρούνται στρατηγικά κέντρα οικονομικής δραστηριότητας που συνδέουν τις θαλάσσιες με τις χερσαίες μεταφορές και λόγω του αυξανόμενου όγκου των συναλλαγών, μακροπρόθεσμα, απαιτείται η βιώσιμη διαχείρισή τους τόσο για περιβαλλοντικά όσο και για οικονομικά ζητήματα. Ο “ευφυής” λιμένας θα επιτύχει την ολιστική διαχείριση της ενέργειας, του περιβαλλοντικού αποτυπώματος, της ασφάλειας και της αυτοματοποίησης και η αναπτυξή του αντιμετωπίζει εμπόδια που οφείλονται σε ανασταλτικούς

παράγοντες. Τέτοιοι παράγοντες είναι το υψηλό οικονομικό κόστος των επενδύσεων σε “έξυπνες” τεχνολογίες, υποδομές και εξοπλισμό, η δυσκολία χρηματοδοτήσεων, η μετάβαση σε οργανωτικό και διοικητικό επίπεδο, η μη ωριμότητα των τεχνολογιών, το κυβερνοέγκλημα, η κυβερνοασφάλεια, η δυσκολία των συνεργασιών και η υψηλού επιπέδου εξειδίκευση του προσωπικού.

Μια προσπάθεια ψηφιακού μετασχηματισμού είναι πολύτιμη και δύσκολη στην πράξη αλλά έχει πολλές προοπτικές και οφέλη. Αν και τα λιμάνια είναι συνήθως ανθεκτικά στις αλλαγές, η εμφάνιση νέων τεχνολογιών και συστημάτων που δίνουν λύσεις στα πολλά προβλήματα που αντιμετωπίζουν, κάνουν την αντίληψη σταδιακά να αλλάζει, οδηγώντας τον λιμενικό τομέα σε ένα μέλλον ψηφιοποίησης και αυτοματοποίησης. Η ψηφιοποίηση των λιμένων και η μετάβασή τους σε ένα “ευφυές” πρότυπο απαιτεί την εκμετάλλευση τεχνολογικών λύσεων αιχμής για τον εντοπισμό περιοχών υψηλής κατανάλωσης ενέργειας των λιμενικών λειτουργιών, την εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (αιολική ενέργεια, κυματική ενέργεια, ηλεκτρική ενέργεια, ηλιακή ενέργεια, ενέργεια από βιομάζα) και την εγκατάσταση “έξυπνων” δικτύων καλύτερης ενεργειακής διαχείρισης.

Παράλληλα όμως, επικρατεί αρκετός προβληματισμός και αβεβαιότητα σχετικά με το μέλλον της λιμενικής εργασίας. Αυτό δικαιολογείται, από την εκτεταμένη αυτοματοποίηση των λειτουργιών του τερματικού και την εισροή καινοτόμων τεχνολογιών. Λόγω των παραπάνω, οι απαιτήσεις για του εργαζόμενους θα αυξηθούν καθώς για να παραμείνουν ανταγωνιστικοί στο επάγγελμά τους, θα χρειαστεί να “αναπτύξουν” νέες hard και soft δεξιότητες. Σε πολλές περιπτώσεις κάτι τέτοιο, μπορεί να αποβεί μοιραίο για την επαγγελματική πορεία πολλών που ήδη εργάζονται και είναι αντίθετοι σε μια τέτοια αλλαγή. Βέβαια, σε μια τέτοια περίπτωση, οι ενέργειες του λιμανιού είναι υψίστης σημασίας, καθώς έχουν την ευκαιρία και την δυνατότητα να αναπτύξουν εκπαιδευτικά προγράμματα και σεμινάρια που απευθύνονται στους εργαζομένους.

Προτείνεται να υπάρξει ένα μελλοντικό ερευνητικό μέλημα για τη πραγματοποίηση συγκρίσεων μεταξύ λιμένων από την άποψη της ψηφιοποίησης ώστε να προκύψουν προτάσεις για την αξιολόγηση των τρόπων εκμετάλλευσης των νέων τεχνολογιών καθώς και του επιπέδου εκσυγχρονισμού τους.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Acciaro, M., Renken, K., & Dirzka, C. (2020). *Integrated port cities: The case of Hamburg. European Port Cities in Transition: Moving Towards More Sustainable Sea Transport Hubs*. Springer, 287-301.
- Port of Rotterdam Annual Report (2018). <https://www.portofrotterdam.com/en>
- Acciaro, M., Renken, K., & El Khadiri, N. (2020). Technological change and logistics development in European ports. *European Port Cities in Transition: Moving Towards More Sustainable Sea Transport Hubs*, 73-88.
- Agatić, A., & Kolanović, I. (2020). Improving the seaport service quality by implementing digital technologies. *Pomorstvo*, 34(1), 93-101.
- Alamouh, A. S., Ballini, F., & Dalaklis, D. (2021). Port sustainable supply chain management framework: Contributing to the United Nations' sustainable development goals. *Maritime Technology and Research*, 3(2), 137–161.
- Almeida, F. (2023). Challenges in the Digital Transformation of Ports. *Businesses*, 3(4), 548-568.
- Baskin, A., & Swoboda, M. (2023). Automated port operations: The future of port governance. In *Smart Ports and Robotic Systems: Navigating the Waves of Techno-Regulation and Governance* (pp. 149-165). Cham: Springer International Publishing.
- Belmoukari, B., Audy, J. F., & Forget, P. (2023). Smart port: a systematic literature review. *European Transport Research Review*, 15(1), 1-12.
- Bichou, K. (2014). The ISPS code and the cost of port compliance: an initial logistics and supply chain framework for port security assessment and management. *Maritime Economics & Logistics*, 6(1), 322-348.
- Bouhlal, A., Aitabdelouahid, R., & Marzak, A. (2022). The internet of things for smart ports. *Procedia Computer Science*, 203(1), 819-824.

- Bracke, V., Sebrechts, M., Moons, B., Hoebeke, J., De Turck, F., & Volckaert, B. (2021). Design and evaluation of a scalable Internet of Things backend for smart ports. *Software: Practice and Experience*, 51(7), 1557-1579.
- Bruns-Berentelg, J., Noring, L., & Grydehøj, A. (2022). Developing urban growth and urban quality: Entrepreneurial governance and urban redevelopment projects in Copenhagen and Hamburg. *Urban Studies*, 59(1), 161-177.
- Burns, M. G. (2018). *Port management and operations*. CRC press. p. 3.
- Caldeirinha, V., Felício, J. A., Salvador, A. S., Nabais, J., & Pinho, T. (2020). The impact of port community systems (PCS) characteristics on performance. *Research in Transportation Economics*, 80(1), 100818.
- Castellano, R., Fiore, U., Musella, G., Perla, F., Punzo, G., Risitano, M., ... & Zanetti, P. (2019). Do digital and communication technologies improve smart ports? A fuzzy DEA approach. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(10), 5674-5681.
- Chu, F., Gailus, S., Liu, L., & Ni, L. (2018). The future of automated ports. *McKinsey & Company*, 1-13.
- Clemente, D., Cabral, T., Rosa-Santos, P., & Taveira-Pinto, F. (2023). Blue Seaports: The Smart, Sustainable and Electrified Ports of the Future. *Smart Cities*, 6(3), 1560-1588.
- Costa, J. P., LaCalle, I., Llorente, M. A., LE BRUN, O. L. I. V. I. E. R., Ptsikas, L., de Marco, G., ... & ŠIR, M. (2021). Advantages of a Green and Smart Port of the Future. *WIT Transactions on The Built Environment*, 204(1), 203-217.
- Cui, D., Sun, G., & Zhan, X. (2023). Security Risk Management System for the Construction and Operation of Smart Port Area Based on BP Neural Network Algorithm. *Procedia Computer Science*, 228(1), 838-846.
- Cunha, D. R., Cutrim, S. S., de Santana Porte, M., & Diniz, N. V. (2023). Innovations and smart technologies at Brazilian ports. *Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review)*, 14(5), 7373-7390.

- Czachorowski, K., Solesvik, M., & Kondratenko, Y. (2019). The application of blockchain technology in the maritime industry. *Green IT Engineering: Social, Business and Industrial Applications*, 561-577.
- D'Amico, G., Szopik-Depczyńska, K., Dembińska, I., & Ioppolo, G. (2021). Smart and sustainable logistics of Port cities: A framework for comprehending enabling factors, domains, and goals. *Sustainable Cities and Society*, 69, 102801.
- Dalaklis, D., Nikitakos, N., Papachristos, D., & Dalaklis, A. (2023). Opportunities and challenges in relation to big data analytics for the shipping and port industries. *Smart Ports and Robotic Systems: Navigating the Waves of Techno-Regulation and Governance*, 267-290.
- Densberger, N. L., & Bachkar, K. (2022). Towards accelerating the adoption of zero emissions cargo handling technologies in California ports: Lessons learned from the case of the Ports of Los Angeles and Long Beach. *Journal of Cleaner Production*, 347, 131255.
- Di Vaio, A., Varriale, L., & Trujillo, L. (2019). Management Control Systems in port waste management: Evidence from Italy. *Utilities Policy*, 56(2), 127-135.
- Dooms, M., Van Der Lugt, L., & De Langen, P. W. (2013). International strategies of port authorities: The case of the Port of Rotterdam Authority. *Research in Transportation Business & Management*, 8(1), 148-157.
- Douaioui, K., Fri, M., Mabrouki, C., & Semma, E. A. (2018). Smart port: Design and perspectives. In *4th International Conference on Logistics Operations Management (GOL)*. IEEE, 1–6.
- Durán, C. A., Fernández-Campusano, C., Carrasco, R., Vargas, M., & Navarrete, A. (2021). Boosting the decision-making in smart ports by using blockchain. *IEEE Access*, 9(1), 128055-128068.
- Duvallet, C., Bertelle, C., & Goint, M. (2023). Blockchains for smart ports. In *Maritime Ports, Supply Chains and Logistics Corridors* (pp. 164-174). Routledge.
- Esser, A., Sys, C., Vanelslander, T., & Verhetsel, A. (2020). The labor market for the port of the future. A case study for the port of Antwerp. *Case Studies on Transport Policy*, 8(2), 349-360.

- Feng, H., Lin, Q., Zhang, X., Lam, J. S. L., & Yap, W. Y. (2024). Port selection by container ships: A big AIS data analytics approach. *Research in Transportation Business & Management*, 52, 101066.
- Ghazaleh, M. A. (2023). Smartening up Ports Digitalization with Artificial Intelligence (AI): A Study of Artificial Intelligence Business Drivers of Smart Port Digitalization. *Management and Economics Review*, 8(1), 78-97.
- Ghiara, H., & Tei, A. (2021). Port activity and technical efficiency: determinants and external factors. *Maritime Policy & Management*, 48(5), 711-724.
- GME (2024). Global Smart Ports Market Size, Trends & Analysis - Forecasts to 2026 By Element, [Global Smart Ports Market Analysis | Size & Forecasts \(globalmarketestimates.com\)](https://www.globalmarketestimates.com/global-smart-ports-market-analysis-size-forecasts)
- Gurzhiy, A., Kalyazina, S., Maydanova, S., & Marchenko, R. (2021). Port and city integration: transportation aspect. *Transportation Research Procedia*, 54(1), 890-899.
- Heikkilä, M., Saarni, J., & Saurama, A. (2022). Innovation in smart ports: Future directions of digitalization in container ports. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(12), 1925.
- Heikkilä, M., Saarni, J., & Saurama, A. (2022). Innovation in Smart Ports: Future Directions of Digitalization in Container Ports. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(12), 1925.
- Heilig, L., & Voß, S. (2016, May). A holistic framework for security and privacy management in cloud-based smart ports. In *15th International Conference on Computer and IT Applications in the Maritime Industries-COMPIT '16, Lecce Italy*.
- Heilig, L., Lalla-Ruiz, E., & Voß, S. (2017). Digital transformation in maritime ports: analysis and a game theoretic framework. *Netnomics: Economic research and electronic networking*, 18(2-3), 227-254.
- Heilig, L., Schwarze, S., & Voß, S. (2017). An analysis of digital transformation in the history and future of modern ports. In *Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences HICSS*, (pp. 1341–1350).
- Henríquez, R., de Osés, F. X. M., & Marín, J. E. M. (2022). Technological drivers of seaports' business model innovation: An exploratory case study on the port of Barcelona. *Research in Transportation Business & Management*, 43(1), 100803.

- Hirata, E., Watanabe, D., Lambrou, M., Banyai, T., Banyai, A., & Kaczmar, I. (2022). Shipping digitalization and automation for the smart port. In *Supply chain—recent advances and new perspectives in the industry 4.0 era*. IntechOpen.
- Hlali, A., & Hammami, S. (2017). Seaport concept and services characteristics: Theoretical test. *The Open Transportation Journal*, *11*(1), 1-10.
- Ichimura, Y., Dalaklis, D., Kitada, M., & Christodoulou, A. (2022). Shipping in the era of digitalization: Mapping the future strategic plans of major maritime commercial actors. *Digital Business*, *2*(1), 100022.
- Ilin, I., Jahn, C., Weigell, J., & Kalyazina, S. (2019, September). Digital technology implementation for smart city and smart port cooperation. In *International Conference on Digital Technologies in Logistics and Infrastructure (ICDTLI 2019)* (pp. 493-496). Atlantis Press.
- Inkinen, T., Helminen, R., & Saarikoski, J. (2019). Port digitalization with open data: Challenges, opportunities, and integrations. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, *5*(2), 1-16.
- Iris, Ç., & Lam, J. S. L. (2019). A review of energy efficiency in ports: Operational strategies, technologies, and energy management systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *112*, 170-182.
- Issa Zadeh, S. B., Esteban Perez, M. D., López-Gutiérrez, J. S., & Fernández-Sánchez, G. (2023). Optimizing Smart Energy Infrastructure in Smart Ports: A Systematic Scoping Review of Carbon Footprint Reduction. *Journal of Marine Science and Engineering*, *11*(10), 1921.
- Jahn, C., & Nellen, N. (2022). Smart Port Concept: Strategic Development, Best Practices, Perspectives of Development. In *Arctic Maritime Logistics: The Potentials and Challenges of the Northern Sea Route* (pp. 81-93). Cham: Springer International Publishing.
- Jović, M., Tijan, E., Aksentijević, S., & Čišić, D. (2019, May). An overview of security challenges of seaport IoT systems. In *2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)* (pp. 1349-1354). IEEE.

- Kapkaeva, N., Gurzhiy, A., Maydanova, S., & Levina, A. (2021). Digital platform for maritime port ecosystem: Port of Hamburg case. *Transportation Research Procedia*, *54*(1), 909-917.
- 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), 27-31.
- Khader, M. (2021). Rotterdam Resilience Strategy, Rotterdam. Urban Planning for Transitions, *1*(1), 1-18.
- Koliouisis, I. (2020). A conceptual framework that monitors port facility access through integrated Port Community Systems and improves port and terminal security performance. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, *12*(4), 251-283.
- Kosiek, J., Kaizer, A., Salomon, A., & Sacharko, A. (2021). Analysis of modern port technologies based on literature review. *TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, *15*(3), 667-674.
- Kuo, S. Y., Huang, X. R., & Chen, L. B. (2022). Smart ports: Sustainable smart business port operation schemes based on the Artificial Intelligence of Things and blockchain technologies. *IEEE Potentials*, *41*(6), 32-37.
- Kupriyanovsky, Y., Kupriyanovsky, V., Klimov, A., Namiot, D., Dolbnev, A., Sinyagov, S., ... & Larin, O. (2018). Smart container, smart port, BIM, Internet Things and blockchain in the digital system of world trade. *International Journal of Open Information Technologies*, *6*(3), 49-94.
- Lee, P. T. W., & Lam, J. S. L. (2016). Developing the fifth-generation ports model. In P.T.-W. Lee & K. Cullinane (Eds.), *Dynamic Shipping and Port Developments in the Globalized Economy: Emerging Trends in Ports* (Vol. 2, pp. 186–210). Palgrave MacMillan.
- Lee, P. T. W., Lam, J. S. L., Lin, C. W., Hu, K. C., & Cheong, I. (2018). Developing the fifth-generation port concept model: an empirical test. *The international journal of logistics management*, *29*(3), 1098-1120.
- Lee, W., Kim, S. H., Oh, S. H., & Kim, W. J. (2022). The Smart Port Management System Based on Big data. *The Journal of the Korea institute of electronic communication sciences*, *17*(1), 167-172.

- Li, K. X., Li, M., Zhu, Y., Yuen, K. F., Tong, H., & Zhou, H. (2023). Smart port: A bibliometric review and future research directions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 174(2023), 103098.
- Li, Y., Li, S., Zhang, Q., Xiao, B., & Sun, Y. (2022). Application of Big Data Technology in Ship-to-Shore Quay Cranes at Smart Port. *Infrastructures*, 7(5), 73.
- Lin, S. C., Chang, H. K., & Chung, Y. F. (2022). Exploring the Impact of Different Port Governances on Smart Port Development Strategy in Taiwan and Spain. *Sustainability*, 14(15), 9158.
- Luiga, N., & Wulfsberg, A. (2022). A Gateway to Intermodal Communication Flows: A case study on implications following digitalized communication flows within ports. Master of Science Thesis, Stockholm: KTH Royal Institute of Technology.
- Lyridis, D. V., Prousalidis, J. M., Lekka, A. M., Georgiou, V., & Nakos, L. (2023). *Holistic Energy Transformation of Ports: The Proteus plan*. *IEEE Electrification Magazine*, 11(1), 8-17.
- Magnan, M., & van der Horst, M. (2020). Involvement of port authorities in inland logistics markets: the cases of Rotterdam, Le Havre and Marseille. *Maritime Economics & Logistics*, 22(1), 102-123.
- Merz, M., Grøtli, E. I., Mørkrid, O. E., Tangstad, E., Fossøy, S., & Nordahl, H. (2023). A gap analysis for automated cargo handling operations with geared vessels frequenting small sized ports. *Maritime Transport Research*, 5, 100098.
- Min, H. (2022). Developing a smart port architecture and essential elements in the era of Industry 4.0. *Maritime Economics & Logistics*, 24(2), 189-207.
- European Sea Ports Organization,
- Molavi, A., Lim, G. J., & Race, B. (2020). A framework for building a smart port and smart port index. *International Journal of Sustainable Transportation*, 14(9), 686-700.
- Musolino, G., Cartisano, A., Chilà, G., Fortugno, G., & Trecozzi, M. R. (2022). Evaluation of structural factors in a third-generation port: methods and applications. *International Journal of Transport Development and Integration*, 6(4), 347-362.

- Nikolakopoulos, A., Julian Segui, M., Pellicer, A. B., Kefalogiannis, M., Gizelis, C. A., Marinakis, A., ... & Varvarigou, T. (2023). BigDaM: Efficient Big Data Management and Interoperability Middleware for Seaports as Critical Infrastructures. *Computers*, 12(11), 218.
- Pai, R., Chattopadhyay, G., & Karmakar, G. (2023). Maintenance and asset management practices of industrial assets: importance of tribological practices and digital tools. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, 13(2), 233-256.
- Paixão, A. C., & Bernard Marlow, P. (2003). Fourth generation ports – a question of agility? *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 33(4), 355-376.
- Pérez de Prado, R., García-Galán, S., Muñoz-Expósito, J. E., Marchewka, A., & Ruiz-Reyes, N. (2020). Smart containers schedulers for microservices provision in cloud-fog-IoT networks. Challenges and opportunities. *Sensors*, 20(6), 1714.
- Platias, C., & Spyrou, D. (2023). EU-Funded Energy-Related Projects for Sustainable Ports: Evidence from the Port of Piraeus. *Sustainability*, 15(5), 4363.
- Puig, M., Azarkamand, S., Wooldridge, C., Selén, V., & Darbra, R. M. (2022). Insights on the environmental management system of the European port sector. *Science of the Total Environment*, 806(3), 150550.
- Rajabi, A., Saryazdi, A. K., Belfkih, A., & Duvallet, C. (2018, June). Towards smart port: An application of AIS data. In *2018 IEEE 20th International Conference on High Performance Computing and Communications; IEEE 16th International Conference on Smart City; IEEE 4th International Conference on Data Science and Systems (HPCC/SmartCity/DSS)* (pp. 1414-1421). IEEE.
- Rolán, A., Manteca, P., Oktar, R., & Siano, P. (2019). Integration of cold ironing and renewable sources in the Barcelona smart port. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 55(6), 7198-7206.
- Senarak, C. (2020). Shipping-collaboration model for the new generation of container port in innovation district: A case of Eastern Economic Corridor. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 36(2), 65-77.

- Senarak, C. (2021). Port cybersecurity and threat: A structural model for prevention and policy development. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 37(1), 20-36.
- Sunitiyoso, Y., Nuraeni, S., Pambudi, N., Inayati, T., Nurdayat, I., Hadiansyah, F. and Tiara, A., 2022. Port performance factors and their interactions: A systems thinking approach. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 38(2), 107-123.
- Tadini, M., & Borruso, G. (2022, July). Sea-rail intermodal transport in Italian gateway ports: a sustainable solution? The examples of La Spezia and Trieste. In *Computational Science and Its Applications–ICCSA 2022 Workshops: Malaga, Spain, July 4–7, 2022, Proceedings, Part V* (pp. 156-172). Cham: Springer International Publishing.
- Tsolakis, N., Zissis, D., Papaefthimiou, S., & Korfiatis, N. (2022). Towards AI driven environmental sustainability: an application of automated logistics in container port terminals. *International Journal of Production Research*, 60(14), 4508-4528.
- Urciuoli, L. (2016). Port security training and education in Europe—a framework and a roadmap to harmonization. *Maritime Policy & Management*, 43(5), 580-596.
- Wang, K., Hu, Q., Zhou, M., Zun, Z., & Qian, X. (2021). Multi-aspect applications and development challenges of digital twin-driven management in global smart ports. *Case Studies on Transport Policy*, 9(3), 1298-1312.
- Wang, W., Yuan, Y., Wang, X., & Archer, N. (2006). RFID implementation issues in China: Shanghai port case study. *Journal of Internet Commerce*, 5(4), 89-103.
- Yang, Y., Zhong, M., Yao, H., Yu, F., Fu, X., & Postolache, O. (2018). Internet of things for smart ports: Technologies and challenges. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, 21(1), 34-43.
- Yau, K. L. A., Peng, S., Qadir, J., Low, Y. C., & Ling, M. H. (2020). Towards smart port infrastructures: Enhancing port activities using information and communications technology. *IEEE Access*, 8(1), 83387-83404.
- Zhou, Z., Xu, H., Feng, H., & Li, W. (2023). A game theory-based fusion algorithm for autonomous navigation of smart ships. *Measurement*, 216(1), 112897.

ΟΛΠ ΑΕ (2023). *Έκθεση Εταιρικής Υπευθυνότητας και Βιώσιμης Ανάπτυξης 2022*.

https://www.olp.gr/el/etairiki-ypethynotita/koinoniki-efthyni/item/download/12873_33c0b2987fedcba117e2f0a2a397ff45

Vodafone - Πάναφον Α.Ε.Ε.Τ. (2021), (www.vodafone.gr)

ESPO (2024), European Sea Ports Organization, (www.espo.be)