

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**στην
ΝΑΥΤΙΛΙΑ**

**Green Maritime Logistics: Problems and Solutions
for the Container Business**

Θωμάς Μιχαηλίδης

Διπλωματική Εργασία
που υποβλήθηκε στο Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών
του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως μέρος των
απαιτήσεων για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού
Διπλώματος Ειδίκευσης στη Ναυτιλία

Πειραιάς

Νοέμβριος 2013

ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ/ ΖΗΤΗΜΑΤΑ COPYRIGHT

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

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΔΙΩΝ

ΣΕΛΙΔΑ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

« Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίστηκε από τη ΓΣΕΣ του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών Πανεπιστημίου Πειραιώς σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ναυτιλία.

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Παπαδημητρίου Ευστράτιος (επιβλέπων)
- Τζαννάτος Ερνέστος
- Χλωμούδης Κωνσταντίνος

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

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η διαδικασία εκπόνησης της παρούσης διπλωματικής εργασίας απαιτήσε τρεις μήνες συνεχούς ενασχόλησης και συλλογής πληροφοριών, ώστε το τελικό αποτέλεσμα να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις του Μεταπτυχιακού Προγράμματος. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κύριο Παπαδημητρίου Ευστράτιο για την επικοινωνία μας και τη βοήθεια του κατά το συγκεκριμένο διάστημα, όπως επίσης και τα αξιότιμα μέλη της Επιτροπής, τους κυρίους Τζαννάτο Ερνέστο και Χλωμούδη Κωνσταντίνο για τα σχόλια και τις παρατηρήσεις τους.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ	4
1.1 Βασικοί όροι	4
1.2 Σύντομη βιβλιογραφική επισκόπηση	6
1.3 Νομοθετικό πλαίσιο-Πρόσφατες εξελίξεις	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ	12
2.1 Βέλτιστη ταχύτητα πλοίου	12
2.2 Βέλτιστο μέγεθος πλοίου	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ	24
3.1 Βέλτιστο μέγεθος και σύνθεση του στόλου	24
3.2 Υπολογισμός βέλτιστης διαδρομής & προγραμματισμός δρομολογίων	28
3.3 Υπολογισμός βέλτιστης διαδρομής βάσει καιρικών συνθηκών	34
3.4 Ο βέλτιστος τρόπος λειτουργικής ανάπτυξης του στόλου	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ	42
4.1 Σχεδιασμός συστήματος συνδυασμένων μεταφορών	42
4.2 Η κατανομή των μέσων μεταφοράς	48
4.3 Η διαδικασία της μεταφόρτωσης	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ	57
5.1 Η αναμονή των πλοίων στο λιμάνι	57
5.2 Το πρόβλημα της κατανομής θέσεων πλευρίσης	62
5.3 Η διοίκηση ενός τερματικού σταθμού εμπορευματοκιβωτίων	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ	75
6.1 Διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας	75
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	80
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	83
ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΟΡΩΝ	89

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1: Σύγκριση εκπομπών CO ₂ διαφορετικών μεθόδων μεταφοράς για χημικά προϊόντα	48
Πίνακας 2: Εκπομπές διαφόρων ειδών αερίων ρύπων στο λιμάνι του LA	61
Πίνακας 3: Τα προβλήματα ενός τερματικού σταθμού εμπορευματοκιβωτίων.....	71

ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 1: Καταμερισμός εκπομπών CO ₂ σε παγκόσμια κλίμακα	1
Σχήμα 2: Η σχέση μεταξύ εφοδιαστικής αλυσίδας, μεταφορικής αλυσίδας & logistics .3	
Σχήμα 3: Εκπομπές CO ₂ ανά κατηγορία πλοίου	8
Σχήμα 4: Μειώσεις στη κατανάλωση καυσίμου, στις εκπομπές CO ₂ και στο κόστος καυσίμου για πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, από τη μείωση της ταχύτητας 15	
Σχήμα 5: Εξέλιξη μεγέθους πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων	19
Σχήμα 6: Σχέση κατανάλωσης καυσίμων, ταχύτητας και μεγέθους πλοίου	20
Σχήμα 7: Βέλτιστο μέγεθος πλοίου συναρτήσει κόστους/τόνο φορτίου	22
Σχήμα 8: Παράδειγμα διαδρομής τύπου “pendulum”	29
Σχήμα 9: Παράδειγμα διαδρομής τύπου “round-the-world”	29
Σχήμα 10: Παράδειγμα διαδρομής τύπου “double dipping”	30
Σχήμα 11α: Υπόδειγμα ανάπτυξης στόλου σε ένα σύνολο διαφορετικών διαδρομών με ένα κοινό λιμάνι – κόμβο.....	38
Σχήμα 11β: Υπόδειγμα ανάπτυξης στόλου σε ένα σύνολο διαφορετικών διαδρομών με περισσότερα και διαφορετικά λιμάνια – κόμβους	38
Σχήμα 12: Πιθανές μορφές συμβατικών μεταφορικών δικτύων στη ναυτιλία τακτικών γραμμών	43
Σχήμα 13: Παράδειγμα συμβατικού δικτύου hub-and-spoke	44
Σχήμα 14: Παράδειγμα γραμμής μεταφόρτωσης σιδηροδρομικής - θαλάσσιας μεταφοράς	45
Σχήμα 15: Σχηματική απεικόνιση της θεωρίας των Meng & Wang	47

Σχήμα 16: Παράγοντες επηρεασμού της λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας του φορτωτή	50
Σχήμα 17: Ροές μεταφόρτωσης εμπορευματοκιβωτίων μεταξύ mother και feeder πλοίων.....	52
Σχήμα 18: Απεικόνιση των τριών σεναρίων μεταφόρτωσης σε λιμάνι πολλών σταθμών διαχείρισης εμπορευματοκιβωτίων	54
Σχήμα 19: Απεικόνιση της διαδικασίας εισόδου – εξόδου του πλοίου από το λιμάνι...58	
Σχήμα 20: Απλοποιημένη απεικόνιση ενός συστήματος αναμονής	59
Σχήμα 21: Σχηματική απεικόνιση των δύο διαστάσεων του BAP, χώρου και χρόνου ..64	
Σχήμα 22: Διάγραμμα ροής για το συνδυασμένο πρόβλημα BAP και QCAP	66
Σχήμα 23: Οι ροές των εμπορευματοκιβωτίων εντός ενός τερματικού σταθμού	68
Σχήμα 24: Διαχωρισμός του σταθμού σε υποσυστήματα	69
Σχήμα 25: Σημεία συμφόρησης στη λειτουργία του τερματικού σταθμού	70
Σχήμα 26: Η εξέλιξη στον τρόπο οργάνωσης και λειτουργίας των υπηρεσιών logistics.....	75
Σχήμα 27: Οι ‘‘πράσινες’’ πρακτικές βελτιώνουν την ανταγωνιστικότητα	77
Σχήμα 28: Παράδειγμα βιώσιμης εφοδιαστικής αλυσίδας	78

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανάγκη για την προστασία του περιβάλλοντος απασχολεί όλο και περισσότερο την ανθρωπότητα. Νέοι και αυστηρότεροι νόμοι θεσπίζονται συνεχώς. Η διεθνής ναυτιλιακή κοινότητα δεν θα μπορούσε φυσικά να μείνει ανεπηρέαστη από τα γεγονότα. Ύψιστη προτεραιότητα αποτελεί πλέον η προσπάθεια μείωσης των εκπομπών αερίων ρύπων των πλοίων. Το ζήτημα του σχεδιασμού και λειτουργίας μιας “πράσινης” εφοδιαστικής αλυσίδας και τα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν, αποτελεί το θέμα της εργασίας. Η ανάλυση γίνεται με θεωρητικό τρόπο στα πλαίσια της ναυτιλίας τακτικών γραμμών και αφορά ειδικότερα τις εταιρείες μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Στο κείμενο αναγνωρίζονται δεκατρία κύρια προβλήματα και προτείνονται βέλτιστες λύσεις και πρακτικές. Επιπλέον υπογραμμίζονται κενά, τα οποία θα ήταν χρήσιμο να καλύψουν οι μελλοντικές ερευνητικές προσπάθειες.

Λέξεις κλειδιά: ναυτιλία τακτικών γραμμών, “πράσινη” εφοδιαστική αλυσίδα, βελτιστοποίηση προβλημάτων, βέλτιστες πρακτικές

ABSTRACT

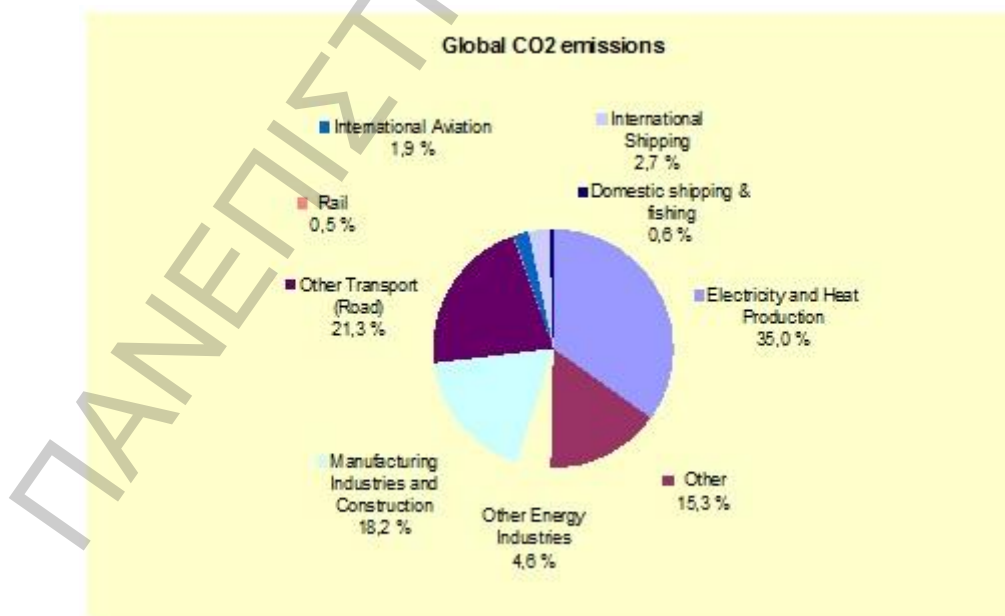
Humanity is more and more concerned about the need to protect the environment. New and stricter regulations are continuously being implemented. Naturally, the international maritime community could not avoid affection. The effort to reduce ship emissions is now of highest priority. The issue of designing and operating a green maritime logistics and supply chain is the subject of this dissertation. The theoretical analysis is limited within the context of liner shipping and especially container shipping companies. Thirteen main problems are identified and optimization solutions are being proposed, along with green best practices. In addition, a few gaps are being underlined in order to provide directions for future studies.

Keywords: liner shipping, green maritime logistics, problem optimization, best practices

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα, το οποίο καλείται άμεσα να αντιμετωπίσει η ανθρωπότητα, είναι αυτό της κλιματικής αλλαγής και των επιπτώσεων της. Το παγκόσμιο ενδιαφέρον έχει στραφεί προς τον έλεγχο του φαινομένου του θερμοκηπίου και των αερίων ρύπων (Greenhouse Gasses - GHGs) που το προκαλούν (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆). Από τους τύπους των ρύπων που αναφέρονται στην παρένθεση, το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί τη μεγαλύτερη απειλή. Μάλιστα, τα δυνητικά οφέλη από τη μείωση του CO₂ είναι μεγαλύτερα σε σχέση με τα αντίστοιχα από τη μείωση του επιπέδου των άλλων GHGs, όπως αναφέρεται και στην έρευνα για λογαριασμό του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) ‘‘2nd IMO GHG Study’’ (Buhaug και λοιποί, 2009).

Η Ναυτιλία, λόγω και του διεθνούς χαρακτήρα της, συμβάλλει και αυτή στην επιδείνωση της κατάστασης της ατμόσφαιρας. Είναι λοιπόν απολύτως φυσικό, τα περιβαλλοντικά προβλήματα να βρίσκονται υψηλά στη λίστα με τα θέματα που εσχάτως απασχολούν όλο και περισσότερο την παγκόσμια ναυτιλιακή κοινότητα.



Σχήμα 1: Καταμερισμός εκπομπών CO₂ σε παγκόσμια κλίμακα

Πηγή: 2nd IMO GHG Study, 2009

Σύμφωνα με την παραπάνω έρευνα ο IMO υπολογίζει, ότι ήδη από το 2008 περί το 90% του όγκου του παγκοσμίου εμπορίου διακινείται μέσω θαλάσσης. Παρά το γεγονός ότι η συμβολή της ναυτιλίας εκτιμάται μόλις στο 3,3% των συνολικών εκπομπών CO₂ από ανθρώπινες δραστηριότητες (βλέπε Σχήμα 1), τα τελευταία χρόνια υπάρχει σαφής στροφή προς αναζήτηση μεθόδων ελέγχου και περιορισμού των εκπομπών αερίων ρύπων από τα πλοία. Εκτός του CO₂, άλλοι αέριοι ρύποι που βρίσκονται στο στόχαστρο είναι τα οξείδια του θείου και τα οξείδια του αζώτου (SO_x, NO_x), για το γεγονός ότι συμβάλλουν στην υπερθέρμανση του πλανήτη και προκαλούν επικίνδυνα για τον άνθρωπο φαινόμενα, όπως αυτό της όξινης βροχής (Eyring και λοιποί, 2009, Gavrilescu, 2008).

Τον πλέον σημαντικό ρόλο στις τρέχουσες διαδικασίες ως εκπρόσωπος της παγκόσμιας ναυτιλίας, κατέχει φυσικά ο IMO. Στον οργανισμό αυτό, ανατέθηκε από το άρθρο 2.2 του Πρωτοκόλλου του Κιότο (1997) η αντιμετώπιση του ανωτέρω προβλήματος. Ο ρόλος του είναι αυτός της ρυθμιστικής αρχής, η οποία δίνει τις κατευθυντήριες γραμμές και παρέχει το νομικό πλαίσιο λειτουργίας.

Ίσως όμως, το μεγαλύτερο ενδιαφέρον προκαλεί η προσπάθεια που γίνεται για μια ολιστική προσέγγιση στο συγκεκριμένο πρόβλημα. Η ολιστική θεώρηση του εμπορίου και της αλυσίδας μεταφοράς είναι μια καινούργια αντίληψη σύμφωνα με την οποία οι δραστηριότητες μεταφοράς και διανομής θεωρούνται πλέον ως υποσύστημα του συνόλου του παραγωγικού συστήματος (Παπαδημητρίου και Σχινάς, 2004). Με βάση τα παραπάνω μπορεί εύκολα να γίνει αντιληπτό, ότι η στην πράξη εφαρμογή οποιουδήποτε μέτρου για την καταπολέμηση των εκπομπών αερίων ρύπων των πλοίων μπορεί να επηρεάσει, είτε θετικά είτε αρνητικά, κάποιο άλλο κομμάτι ή ακόμη και ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα (Ψαραύτης και Κοντοβάς, 2010).

Πόσο ισχυρή, λοιπόν, είναι η σύνδεση μεταξύ της στροφής προς περισσότερο φιλικών προς το περιβάλλον ιδεών και πρακτικών με τα συστήματα logistics; Ποιοί είναι οι κυριότεροι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψιν και ποιά είναι τα εμπόδια που πρέπει να υπερκεράσει κανείς στη προσπάθεια για δημιουργία μιας “πράσινης” εφοδιαστικής αλυσίδας; Ποιες οι πιθανές λύσεις που θα μπορούσαν να υιοθετηθούν; Οι συγκεκριμένοι προβληματισμοί είναι αυτοί, οι οποίοι οδήγησαν τον γράφοντα στην επιλογή του θέματος για διπλωματική εργασία.

Σκοπός, λοιπόν, της εργασίας είναι αρχικά η συλλογή και ομαδοποίηση των προβλημάτων που προκύπτουν στη διαδικασία επίτευξης των ‘‘πράσινων’’ στόχων μιας εφοδιαστικής αλυσίδας. Σε δεύτερο στάδιο επιχειρείται η πρόταση πιθανών λύσεων αλλά και η επισήμανση πεδίων προς τα οποία θα ήταν χρήσιμο να κατευθυνθούν μελλοντικές ερευνητικές προσπάθειες.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται για την προσέγγιση του αντικειμένου της εργασίας είναι η συλλογή πληροφοριών από έρευνες των τελευταίων ετών πάνω στο θέμα, το οποίο στην αγγλική βιβλιογραφία συναντάται με τον όρο ‘‘Green Maritime Logistics Problems’’.

Η ανάλυση περιορίζεται στην αγορά των τακτικών γραμμών, στην οποία έχει μεγαλύτερο νόημα η συζήτηση περί σχεδιασμού και λειτουργίας συστημάτων logistics. Επιπρόσθετα, σε αυτή την αγορά έχει επικεντρωθεί ο μεγαλύτερος αριθμός των υφιστάμενων ερευνητικών προσπαθειών λόγω της καλύτερης ποιότητας των διαθέσιμων στοιχείων και της κοινής παραδοχής ότι τα πλοία μεταφοράς E/K είναι από τα πλέον ρυπογόνα (Ψαράυτης και Κοντοβάς, 2009).

Όσον αφορά τη διάρθρωση της εργασίας, αυτή απαρτίζεται από 6 επιμέρους κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο έχει εισαγωγικό ρόλο, καθώς γίνεται μια σύντομη αναφορά στην υφιστάμενη βιβλιογραφία και τις νομοθετικές παρεμβάσεις για τον έλεγχο των αερίων του θερμοκηπίου, ενώ επίσης αναπτύσσονται βασικές έννοιες που θα απασχολήσουν τον αναγνώστη στη συνέχεια. Τα υπόλοιπα κεφάλαια αφορούν το σύνολο των προβλημάτων που θα εξεταστούν, όπως παρουσιάστηκαν το 2009 από τον καθηγητή Χαρίλαο Ψαράυτη στα πλαίσια του International Symposium on Maritime Logistics and Supply Chain Systems στη Σιγκαπούρη (MLOG Singapore).¹ Υπό το πρίσμα αυτό, η διπλωματική εργασία μπορεί να θεωρηθεί και ως ένα παρακλάδι της ανωτέρω έρευνας, καθώς προσπαθεί να δώσει απαντήσεις στα ερωτήματα που τίθενται. Το τελευταίο μέρος είναι αφιερωμένο στα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ανάλυση του θέματος. Την εργασία ολοκληρώνουν οι βιβλιογραφικές αναφορές και η επεξήγηση συντομογραφικών όρων που εμφανίζονται στο κείμενο.

¹ <http://www.martrans.org/docs/ws2009/GREEN%20MARITIME%20LOGISTICS.pdf>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

1.1 ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΟΙ

Πριν αναφερθούμε στη σχετική υπάρχουσα βιβλιογραφία, θα ήταν χρήσιμο να παρουσιάσουμε κάποιους βασικούς όρους που θα εμφανιστούν πολλές φορές στη συνέχεια του κειμένου. Ο όρος “logistics” είναι ένας από αυτούς. Στην ελληνική βιβλιογραφία, μεταξύ άλλων μπορεί να τον συναντήσει κανείς ως “ολοκληρωμένη διαχείριση μεταφορών” και ως “λογιστική των μεταφορών”. Για την διπλωματική εργασία θα χρησιμοποιείται ο διεθνής όρος. Η ιδιαιτερότητα στην περίπτωση αυτή είναι ότι υπάρχουν πολλοί ορισμοί, καθώς αποτελεί αντικείμενο επιχειρήσεων διαφορετικών κλάδων και καλύπτει διαφορετικές ανάγκες. Σύμφωνα με το CLM των ΗΠΑ έχουμε τον εξής ορισμό:

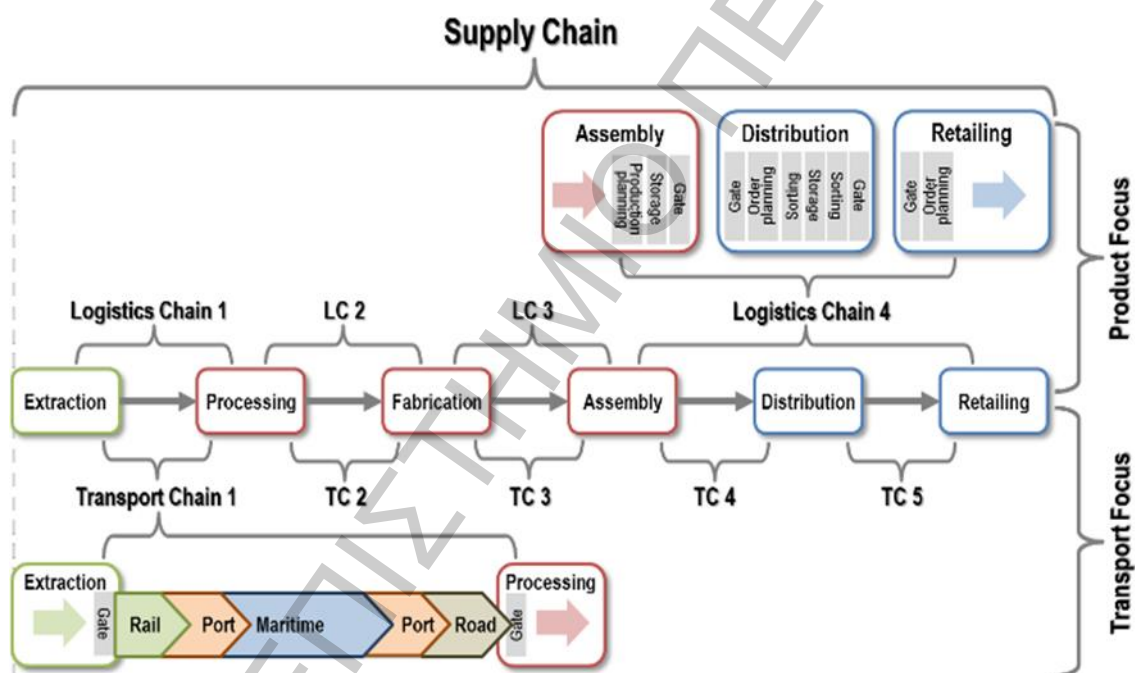
Ως logistics ορίζεται η ολοκλήρωση δύο ή και περισσότερων δραστηριοτήτων με σκοπό το σχεδιασμό, την εφαρμογή και τον έλεγχο της αποδοτικής ροής των πρώτων υλών, προϊόντων υπό κατασκευή και τελικών προϊόντων από το σημείο προέλευσης στο σημείο κατανάλωσης με σκοπό την πλήρη συμμόρφωση με τις απαιτήσεις του πελάτη. (Παπαδημητρίου και Σχοινάς, 2004)

Αποδεχόμενοι τον προηγούμενο ορισμό ως βάση, θα προσθέσουμε δύο ακόμη έννοιες ως συμπλήρωμα καθώς στον τομέα των ναυτιλιακών εταιρειών τακτικών γραμμών έχουν ιδιαίτερη σημασία. Οι έννοιες αυτές αφορούν την “αλυσίδα εφοδιασμού logistics” και την “ανάδραση υπηρεσιών logistics”. Πιο συγκεκριμένα:

Ως αλυσίδα εφοδιασμού (supply chain) ορίζεται η κλασική σύνδεση της παραγωγής με τη διανομή και περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες διαδικασίες, όπως η αγορά, η προμήθεια, η μεταφορά, η αποθήκευση του φυσικού προϊόντος. (Παπαδημητρίου και Σχοινάς, 2004)

Ως ανάδραση υπηρεσιών logistics (service response logistics) ορίζεται ο συντονισμός των διαδικασιών που δε σχετίζονται με τα υλικά και είναι απαραίτητες για την ποιοτική εξυπηρέτηση του πελάτη. (Παπαδημητρίου και Σχοινάς, 2004)

Από την παράθεση των ορισμών καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι, οι έννοιες των Logistics και της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι στενά συνδεδεμένες. Η συνύπαρξη των δύο εννοιών αποτυπώνεται καλύτερα στο Σχήμα 2 που ακολουθεί. Όπως φαίνεται, οι υπηρεσίες Logistics κατέχουν σημαντικό ρόλο στη σύνδεση των επιμέρους δραστηριοτήτων, οι οποίες συνθέτουν την εφοδιαστική αλυσίδα.



Σχήμα 2: Η σχέση μεταξύ εφοδιαστικής αλυσίδας, μεταφορικής αλυσίδας και logistics

Πηγή: Rodrigue, 2012

Ο δεύτερος και πλέον σημαντικός όρος, ο οποίος χρήζει ανάλυσης, είναι αυτός των "maritime logistics". Ακριβώς επειδή αφορά τα συστήματα logistics, υπάρχουν επίσης διάφορες ερμηνείες. Δύο από αυτές θα παραθέσουμε παρακάτω, θεωρώντας ότι καλύπτουν πλήρως τις ανάγκες της διπλωματικής εργασίας.

Οι Nam και Song (2011) αναφέρονται στα maritime logistics ως μια διαδικασία σχεδιασμού, εφαρμογής και διαχείρισης της κίνησης αγαθών και πληροφοριών, με τη

θαλάσσια μεταφορά να αποτελεί ενδιάμεσο κρίκο της μεταφορικής αλυσίδας. Από την πλευρά τους οι Guddehus και Kotzab (2012) εξηγούν τον όρο με βάση τις ανάγκες που καλύπτει. Θεωρούν, λοιπόν, τα maritime logistics ως μια ολιστική προσέγγιση στη σύγχρονη ναυτιλία, η οποία έχει σκοπό την μεταφορά του φορτίου μέσω ποταμιών, υδάτινων καναλιών και θαλασσιών οδών με το χαμηλότερο δυνατό κόστος, τη χαμηλότερη δυνατή κατανάλωση καυσίμου και το χαμηλότερο δυνατό επίπεδο εκπομπής αερίων ρύπων.

Εμβαθύνοντας λίγο ακόμη την ανάλυση, παρατηρούμε ότι τα maritime logistics αποτελούνται από τρεις βασικούς συνθετικούς παράγοντες: τις ναυτιλιακές εταιρείες, τα λιμάνια και τους διαμεταφορείς (Nam και Song, 2011). Οι ναυτιλιακές εταιρείες με τη λειτουργία τους δημιουργούν την ανάγκη για ύπαρξη υπηρεσιών logistics στα λιμάνια φορτώσης/εκφόρτωσης. Τα ίδια τα λιμάνια καλούνται να εγκαταλείψουν τον παραδοσιακό ρόλο τους που περιοριζόταν στις φορτοεκφορτώσεις και να ανταπεξέλθουν στις σύγχρονες ναυτιλιακές απαιτήσεις μέσω της προσφοράς υπηρεσιών προστιθέμενης αξίας (για παράδειγμα υπηρεσίες αποθήκευσης, στοιβασίας και σύνδεσης με τα χερσαία μέσα μεταφοράς). Οι διαμεταφορείς αποτελούν και αυτοί με τη σειρά τους έναν βασικό κρίκο των maritime logistics καθώς αναλαμβάνουν τον συντονισμό και διεκπεραίωση κρίσιμων ενεργειών, όπως για παράδειγμα την εύρεση χώρου στο πλοίο για μεταφορά του φορτίου, τη προετοιμασία απαραίτητων εγγράφων για την ολοκλήρωση της μεταφοράς και την εξασφάλιση της παροχής υπηρεσιών logistics.

1.2 ΣΥΝΤΟΜΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Στρέφοντας το ενδιαφέρον μας στην ήδη υπάρχουσα βιβλιογραφία, παρατηρούμε πως υπάρχει πλήθος πηγών που πραγματεύονται γενικά το ζήτημα των εκπομπών αερίων ρύπων από τα πλοία (ship emissions). Ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε τις προσπάθειες καταγραφής των αερίων ρύπων με βάση την κατανάλωση και το είδος των ναυτιλιακών καυσίμων από τους Corbet και Koehler (2003), Endresen και λοιποί (2003 και 2007), Eyging και λοιποί (2005). Σε κάθε περίπτωση οι υπολογισμοί έγιναν με βάση διαφορετική μεθοδολογία, όμως η κοινή λογική πίσω από

τις συγκεκριμένες έρευνες ήταν η άμεση εξάρτηση της ποσότητας CO₂ που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα, από την ποσότητα των καυσίμων που καταναλώνουν τα πλοία. Τα συμπεράσματα από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των προαναφερθέντων ερευνών, όπως και τα αντίστοιχα της προσωπικής τους έρευνας, μπορεί να τα βρεί κανείς ανατρέχοντας σε σχετική εργασία των Ψαραυτή και Κοντοβά (2009).

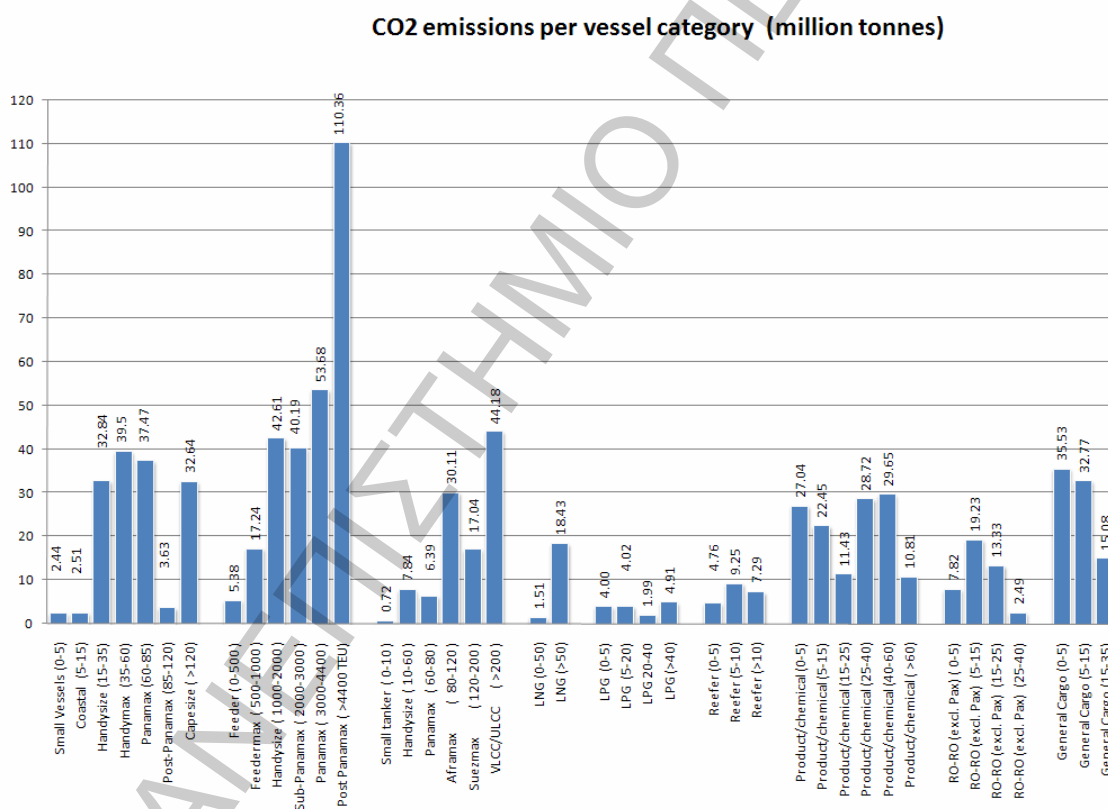
Η προσπάθεια με επικεφαλής το Ινστιτούτο MARINTEK από τη Νορβηγία για λογαριασμό του IMO (2nd IMO GHG Study, 2009) μπορεί να χαρακτηριστεί ως η πλέον ολοκληρωμένη έρευνα επάνω στο συγκεκριμένο ζήτημα, όσον αφορά τη περιβαλλοντική πλευρά του. Σκοπός της ήταν να εκτιμήσει σε μακροπρόθεσμη περίοδο τις εκπομπές αερίων ρύπων από τη Ναυτιλία, τις επιπτώσεις στο περιβάλλον, αλλά και να διερευνήσει τις πιθανότητες μείωσης των εκπομπών αυτών μέσω τεχνολογικών εφαρμογών και νομοθετικών μέτρων.

Με οδηγό τη συγκεκριμένη έρευνα, αλλά και σε συνδυασμό με τη διεθνή βιβλιογραφία μπορεί να βρεί κανείς ένα μεγάλο αριθμό προτεινόμενων μέτρων. Οι διάφορες προτάσεις ομαδοποιούνται σε τρεις κατηγορίες: τα τεχνικής φύσεως μέτρα (technical measures), αγορακεντρικά μέτρα (market-based measures – MBMs) και επιχειρησιακά μέτρα (operational measures). Στη πρώτη κατηγορία μπορεί να συμπεριλάβει κανείς δράσεις όπως τη καλύτερη σχεδίαση της γάστρας του πλοίου, τη κατασκευή λιγότερο ενεργοβόρων μηχανών ή τη χρήση βιοκαυσίμων. Στη δεύτερη κατηγορία έχουμε δύο κύριες ομάδες μέτρων, την εμπορία ρύπων (emissions trading scheme - ETS) και τις εισφορές ανάλογα με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (carbon levy scheme). Τα επιχειρησιακά μέτρα αφορούν κυρίως ζητήματα εφοδιαστικής αλυσίδας όπως βελτιστοποίηση ταχύτητας και σχεδιασμό βέλτιστων διαδρομών.

Το γενικό συμπέρασμα που προκύπτει από τη βιβλιογραφική αναζήτηση, είναι ότι υπάρχει ένα κενό όσον αφορά την άμεση σύνδεση μεταξύ των εκπομπών ρύπων των πλοίων και της έννοιας των maritime logistics. Μόλις τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να προσελκύει το ενδιαφέρον ερευνητών και επιστημόνων. Οι προσπάθειες αυτές αφορούν κυρίως το κλάδο των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Ο λόγος είναι διότι μέσα από έρευνες διαπιστώθηκε πως τα συγκεκριμένα πλοία εκπέμπουν περισσότερους αέριους ρύπους σε σχέση με τους άλλους τύπους πλοίων, ειδικά αυτά

άνω των 4,400 TEU (βλέπε Σχήμα 3). Η υψηλή ταχύτητα που πρέπει να διατηρούν είναι ο κύριος παράγοντας που οδηγεί σε αυτό το αποτέλεσμα. Παρόλαυτά, προσεγγίζουν έμμεσα το θέμα, καθώς εστιάζουν κυρίως στις οικονομικές προεκτάσεις της μείωσης της επιχειρησιακής ταχύτητας των πλοίων (slow steaming).

Πιο συγκεκριμένα, ο Andersson (2008) εξέτασε την περίπτωση μιας γραμμής μεταφοράς E/K (container line) όπου τα πλοία που την εξυπηρετούσαν κινούνταν με ταχύτητα πλεύσης 26 κόμβων. Σύμφωνα με το σενάριο της έρευνας, η ταχύτητα μειώθηκε στους 23 κόμβους και προστέθηκε ένα ακόμη πλοίο για να διατηρηθεί το επίπεδο παροχής υπηρεσιών. Το αποτέλεσμα ήταν η μείωση του δείκτη κόστος/εμπορευματοκιβώτιο κατά 28%.



Σχήμα 3: εκπομπές CO₂ ανά κατηγορία πλοίου (σε εκατ. τόνους)

Πηγή: Ψαραύτης και Κοντοβάς, 2009

Από την πλευρά του ο Eefsen (2008) διερεύνησε επίσης τις οικονομικές επιπτώσεις μιας μείωσης της ταχύτητας στα containerships, συμπεριλαμβάνοντας όμως

και το κόστος των αποθεμάτων. Μια άλλη προσέγγιση είναι αυτή του Cerup-Simonsen (2008), ο οποίος ανέπτυξε ένα απλοποιημένο μοντέλο ανάλυσης κόστους, θέλοντας να εξηγήσει πώς ένα πλοίο θα μπορούσε να μεγιστοποιήσει τα κέρδη από τη λειτουργία του, σε ευνοϊκές ή μη συνθήκες στην αγορά, μειώνοντας την κατανάλωση καυσίμων μέσω μιας μείωσης της ταχύτητας. Τέλος, από την εργασία των Corbet και λοιποί (2009), μπορεί να μελετήσει κανείς τη σχέση μεταξύ τιμής καυσίμων και βέλτιστης ταχύτητας. Επίσης, μπορεί να βρει βασικές μαθηματικές εξισώσεις, οι οποίες περιγράφουν τη σχέση της ταχύτητας με την κατανάλωση ενέργειας.

Γίνεται, λοιπόν, εύκολα αντιληπτό ότι η κλασική ανάλυση κόστους-ωφέλειας δεν ευνοεί την ανάδειξη των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Βεβαίως υπάρχουν και μερικές εξαιρέσεις στην τάση αυτή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το άρθρο των Notteboom και Vernimmen (2009), όπου παρουσιάζεται ο τρόπος εναρμόνισης των εταιρειών τακτικών γραμμών (liner companies) στα αυξημένα κόστη καυσίμων λόγω των αυστηρότερων προδιαγραφών σχετικά με τη περιεκτικότητα σε θείο. Μια επίσης σοβαρή προσπάθεια για να ανατραπεί αυτή η εικόνα γίνεται από τους Ψαραύτη και Κοντοβά (2010) ως μια συνέχεια της παρουσίασης του 2009 στο MLOG Singapore. Στην εργασία με τίτλο "Ship emissions, costs and their tradeoffs" παραθέτουν κάποια κύρια προβλήματα των maritime logistics και επιχειρούν να διερευνήσουν πιθανές λύσεις και συμβιβασμούς που μπορούν να προσδώσουν έναν περισσότερο "πράσινο" χαρακτήρα στο σύστημα logistics. Τα προβλήματα αυτά θα μας απασχολήσουν στα επόμενα κεφάλαια. Επιγραμματικά αφορούν:

- Την βέλτιστη ταχύτητα του πλοίου (optimal ship speed),
- Το βέλτιστο μέγεθος του πλοίου (optimal ship size),
- Την επιλογή της βέλτιστης διαδρομής και του βέλτιστου προγραμματισμού των δρομολογίων (routing & scheduling),
- Την επιλογή της βέλτιστης διαδρομής βάσει συγκεκριμένων καιρικών συνθηκών (weather routing),
- Το βέλτιστο συνδυασμό μεγέθους και σύνθεσης του στόλου (optimal fleet size & mix),
- Το βέλτιστο τρόπο λειτουργικής ανάπτυξης του στόλου (optimal fleet deployment),

- Το σχεδιασμό ενός δικτύου συνδυασμένων μεταφορών (intermodal network design),
- Τον τρόπο κατανομής των μέσων μεταφοράς (modal split),
- Τη διαδικασία της μεταφόρτωσης (transshipment),
- Το ζήτημα της αναμονής στα λιμάνια (queuing at ports),
- Τον τρόπο διοίκησης ενός τερματικού σταθμού εμπορευματοκιβωτίων (container terminal management),
- Το πρόβλημα κατανομής των θέσεων πλευρίσης (berth allocation) και τέλος,
- Τον τρόπο οργάνωσης και λειτουργίας του συνόλου της εφοδιαστικής αλυσίδας (supply chain management).

1.3 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ – ΠΡΟΣΦΑΤΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ

Κλείνοντας το πρώτο κεφάλαιο, θεωρούμε ότι δεν πρέπει να αφήσουμε εκτός αναφοράς τα όσα λαμβάνουν χώρα σε νομοθετικό επίπεδο. Αν και οι προσπάθειες βρίσκονται σε αρχικό στάδιο θα πρέπει να υπογραμμιστεί το γεγονός ότι, οι όποιες πρωτοβουλίες λαμβάνουν χώρα εστιάζουν γύρω από τη λειτουργία του πλοίου και εν γένει της θαλάσσιας μεταφοράς (ship-centered approach). Αποτέλεσμα αυτού είναι να μην δίνεται η δέουσα σημασία στο σύνολο της εφοδιαστικής αλυσίδας και σε σημαντικούς κρίκους αυτής, όπως για παράδειγμα τα λιμάνια (Κοντοβάς και Ψαραύτης, 2011). Αυτό όμως δεν σημαίνει στο ελάχιστο, ότι οι αποφάσεις αυτές αφήνουν ανεπηρέαστα τα υπόλοιπα κομμάτια της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Το πρώτο μεγάλο βήμα πραγματοποιήθηκε τον Νοέμβριο του 2008, όταν η επιτροπή του IMO για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος (MEPC) υιοθέτησε τροποποιήσεις στο παράρτημα VI της MARPOL 73/78² σχετικά με τους αέριους ρύπους SO_x και NO_x. Αφενός μεν έθεσε παγκόσμιο ανώτατο όριο 4,5% σε περιεκτικότητα των ναυτιλιακών καυσίμων σε θείο, αφετέρου επέβαλε αυστηρότερες προδιαγραφές στην κατασκευή των ναυτικών μηχανών. Σε δεύτερη φάση, δημιούργησε

² Το παράρτημα VI της Συνθήκης τιτλοφορείται “ Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships” και αποτελεί τμήμα της από το 1997

τις περιοχές SECA (Βαλτική, Βόρεια θάλασσα) για πιο αποτελεσματικό έλεγχο των εκπομπών οξειδίων του θείου στην ατμόσφαιρα, όπου οι απαιτήσεις σχετικά με τη περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο ορίστηκαν μόλις στο 1,5%. Το σχέδιο του IMO έχει ως στόχο σταδιακά τη χρησιμοποίηση ακόμη καθαρότερων καυσίμων. Ήδη από το 2010 τα ανωτέρω όρια έχουν μειωθεί στο 3,5% και 1% αντίστοιχα, ενώ στις περιοχές SECA έχουν προστεθεί η περιοχή των ΗΠΑ-Καραϊβικής και η Βόρεια Αμερική (ανατολική και δυτική ακτή).

Από την άλλη πλευρά, στο ζήτημα του ελέγχου των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα παρατηρείται μια σχετική στασιμότητα. Αποτέλεσμα αυτού είναι η ύπαρξη πολιτικής αντιπαράθεσης μεταξύ του IMO και διαφόρων περιφερειακών θεσμικών οργάνων όπως η ΕΕ. Η αντιπαράθεση αυτή δεν αποτελεί αντικείμενο διερεύνησης της παρούσας εργασίας, αλλά είναι αρκετή για να τονίσει την πολυπλοκότητα του θέματος και την επιτακτική ανάγκη για άμεση δράση.

Παρόλαυτά, το αποτέλεσμα της 62^{ης} Συνόδου της MEPC το καλοκαίρι του 2011 επεφύλασσε μια άκρως θετική εξέλιξη. Μετά από μακροχρόνιες συζητήσεις αποφασίστηκε η υποχρεωτική εφαρμογή του Σχεδιαστικού Δείκτη Ενεργειακής Επίδοσης (EEDI) για τα νεότευκτα πλοία και η υποχρεωτική εφαρμογή του Σχεδίου Διαχείρισης Ενεργειακής Επίδοσης Πλοίου (SEEMP) για όλα τα πλοία. Η απόφαση αυτή είναι η πρώτη σε διεθνές επίπεδο, η οποία αφορά τη ναυτιλία και την ενεργή συμμετοχή της στη αντιμετώπιση των αερίων του θερμοκηπίου.

Ο δείκτης EEDI είναι μια μαθηματική σχέση και εκφράζεται σε γραμμάρια διοξειδίου του άνθρακα ανά τονομίλι ($\text{g-CO}_2/\text{ton mile}$). Εξαρτάται από τον τύπο και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κάθε πλοίου. Το σκεπτικό πίσω από την εφαρμογή του είναι να αφήσει ελεύθερη την επιλογή του τρόπου σχεδίασης ενός πλοίου, αρκεί αυτό να επιτυγχάνει στις απαιτούμενες ενεργειακές επιδόσεις.

Από την άλλη πλευρά, το SEEMP σκοπεύει στο να βοηθήσει τη ναυτιλιακή βιομηχανία στην ενεργειακά αποδοτικότερη λειτουργία των πλοίων. Απώτερος σκοπός είναι η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μέσω της μείωσης της κατανάλωσης καυσίμων σε κάθε πλοίο. Με άλλα λόγια, το SEEMP αποτελεί ένα εργαλείο βέλτιστων πρακτικών που θα προσαρμόζεται στα χαρακτηριστικά και στις ανάγκες της κάθε επιχείρησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Από το σημείο αυτό θα ξεκινήσει η παρουσίαση των προβλημάτων που θα μας απασχολήσουν και τα οποία αναφέρθηκαν επιγραμματικά στο προηγούμενο κεφάλαιο. Η ομαδοποίηση τους θεωρούμε πως θα είναι εις όφελος του αναγνώστη, καθώς με τον τρόπο αυτό θα τονιστεί περισσότερο ο βαθμός αλληλεξάρτησης και αλληλεπίδρασης. Κριτήριο για την ομαδοποίηση δεν αποτέλεσαν κάποια συγκεκριμένα επιστημονικά κριτήρια, αλλά η προσωπική άποψη του συγγραφέα αναφορικά με τον βαθμό συσχέτισης συγκεκριμένων προβλημάτων, η οποία διαμορφώθηκε κατά την μελέτη της διεθνούς βιβλιογραφίας.

Ακόμη, θα πρέπει να γίνει σαφές ότι η προσέγγιση των προβλημάτων θα γίνει με τρόπο θεωρητικό. Σκοπός μας είναι να αναλυθεί το κάθε πρόβλημα και να τονιστούν οι προτάσεις εκείνες, οι οποίες σύμφωνα με την προσωπική άποψη του συγγραφέα επιλύουν το εκάστοτε πρόβλημα με το βέλτιστο τρόπο ή θέτουν τις βάσεις για την επίτευξη του συγκεκριμένου σκοπού. Στην προσπάθεια αυτή, η μεγαλύτερη προσοχή θα δοθεί σε όσο το δυνατόν νεότερες έρευνες, με τη προσδοκία οι όποιες προτεινόμενες λύσεις να συμβαδίζουν με τις σύγχρονες ανάγκες της ναυτιλιακής βιομηχανίας. Η μαθηματική απόδειξη των όσων ακολουθήσουν είναι εκτός του αντικειμένου της εργασίας. Ο ενδιαφερόμενος αναγνώστης καλείται να ανατρέξει στις βιβλιογραφικές αναφορές για περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τις μαθηματικές φόρμουλες που επιβεβαιώνουν τα εκάστοτε αποτελέσματα. Στο παρόν κεφάλαιο θα αναφερθούμε στα προβλήματα βελτιστοποίησης της ταχύτητας και του μεγέθους του πλοίου.

2.1 ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΛΟΙΟΥ (OPTIMAL SHIP SPEED)

Αφού, λοιπόν, ο τελικός στόχος είναι η δημιουργία ενός περισσότερο φιλικού προς το περιβάλλον συστήματος logistics, η ανάλυση σχετικά με την ταχύτητα του πλοίου θα αφορά τη μείωση της και όχι το αντίθετο. Όπως έγινε αντιληπτό από το προηγούμενο κεφάλαιο και την επισκόπηση της βιβλιογραφίας, ένας σημαντικός αριθμός ερευνών ασχολείται με τη μεταβολή της ταχύτητας του πλοίου ως ένα μέτρο

αντιμετώπισης των εκπομπών αερίων ρύπων. Να επαναλάβουμε ότι, με την μείωση της ταχύτητας (slow steaming) επιτυγχάνεται η μείωση της κατανάλωσης καυσίμων και κατά συνέπεια η μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης.

Με μια πρώτη ματιά αυτό μοιάζει ως μια win-win λύση, καθώς πέρα από την επίτευξη του “πράσινου” στόχου, έχουμε και μείωση του κόστους. Όμως τα πράγματα ίσως να μην είναι τόσο απλά. Όπως θα δούμε στη συνέχεια, η επιλογή της βέλτιστης ταχύτητας πλεύσης θα πρέπει να ικανοποιεί ταυτόχρονα περιβαλλοντικά και οικονομικά κριτήρια. Εάν για το πρώτο σκέλος η κατάσταση είναι κάπως πιο ξεκάθαρη, για το δεύτερο σκέλος μπορούμε με σιγουριά να πούμε πως ισχύει το αντίθετο.

Το ύψος των ναύλων και η τιμή των καυσίμων είναι οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν την ταχύτητα ενός πλοίου, εκτός φυσικά από τα τεχνικά του χαρακτηριστικά. Ειδικότερα, το κόστος των καυσίμων μπορεί να φτάσει περίπου το 40% των συνολικών εξόδων για πλοία μεταφορικής ικανότητας έως 9,500 TEU (Notteboom και Vernimmen, 2009). Τα τελευταία χρόνια, όταν η κρίση έπληξε και τον ναυτιλιακό κλάδο με αποτέλεσμα χαμηλά επίπεδα ναύλων και υψηλές τιμές καυσίμων, το slow steaming έκανε αισθητή την εμφάνιση του στην αγορά των εμπορευματοκιβωτίων. Αν και η πραγματική αιτία ήταν η προσπάθεια των ναυτιλιακών εταιρειών να μειώσουν τα έξοδα τους για να επιβιώσουν σε δύσκολους καιρούς και όχι πιθανοί περιβαλλοντικοί λόγοι, εν τούτοις δημιουργήθηκαν οι κατάλληλες προϋποθέσεις για την ενίσχυση και προώθηση της έννοιας “βιώσιμη ανάπτυξη - sustainability” εντός της ναυτιλιακής κοινότητας (Κοντοβάς και Ψαραύτης, 2011).

Η μείωση της ταχύτητας αποτελεί επιχειρησιακό μέτρο (operational measure) και περιλαμβάνεται μέσα στις προτάσεις της τελευταίας μεγάλης έρευνας του IMO για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου (Buhaug και λοιποί, 2009). Η εφαρμογή του είναι άμεση και φυσικά το γεγονός ότι κάθε επιχείρηση προσπαθεί εντός των δικών της πλαισίων να μειώσει το κόστος των καυσίμων, αποτελεί ένα μεγάλο κίνητρο για την αποδοχή του.

Για να τεκμηριώσει επιστημονικά τη σχέση κατανάλωσης καυσίμων και αερίων εκπομπών, ο IMO στην ανωτέρω έρευνα στηρίζεται στην έννοια του συντελεστή εκπομπών (emissions factor). Σύμφωνα με τη θεωρία του συντελεστή, μπορεί κανείς να υπολογίσει την ποσότητα CO₂ που εκλύεται στην ατμόσφαιρα πολλαπλασιάζοντας τον κατάλληλο συντελεστή με τη ποσότητα καυσίμων που καταναλώνεται.

Η τιμή του συντελεστή για το διοξείδιο του άνθρακα F_{CO_2} υπολογίστηκε στο 3,082 για τα καύσιμα MDO και MGO, ενώ για τα HFO η τιμή του είναι στο 3,021³. Το αποτέλεσμα της πράξεως μετράται σε kg CO₂/ kg καυσίμου. Ο αντίστοιχος συντελεστής για τον υπολογισμό των εκπομπών διοξειδίου του θείου F_{SO_2} λαμβάνει την τιμή 0,02 και προκύπτει με βάση τη χημική αντίδραση του θείου με το οξυγόνο. Επειδή όμως οι συγκεκριμένες εκπομπές εξαρτώνται από τον τύπο του καυσίμου που χρησιμοποιείται, στον πολλαπλασιασμό θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και το ποσοστό περιεκτικότητας του εκάστοτε καυσίμου σε θείο. Τέλος, ο συντελεστής F_{NOx} αναφέρεται στις εκπομπές οξειδίων του αζώτου, οι οποίες εξαρτώνται από τον τύπο της μηχανής. Η τιμή του κυμαίνεται από 0,087 για αργόστροφες μηχανές μέχρι 0,057 για τις μεσόστροφες μηχανές.

Παρόλαυτά, η απόφαση για μείωση της ταχύτητας δεν είναι τόσο απλή υπόθεση. Η κατάσταση περιπλέκεται ακόμη περισσότερο από τη στιγμή που μπαίνουν στην εξίσωση ο συνολικός χρόνος ταξιδιού και το κόστος αποθεμάτων. Για μια εταιρεία τακτικών γραμμών όπως αποδεικνύεται, τα δύο αυτά στοιχεία παίζουν σημαίνοντα ρόλο στη καθορισμό της βέλτιστης ταχύτητας πλεύσης καθώς μπορούν να επηρεάσουν το σύνολο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Για να διαπιστώσουμε με ποιόν τρόπο συμβαίνει αυτό, θα αναλύσουμε το καθένα ξεχωριστά.

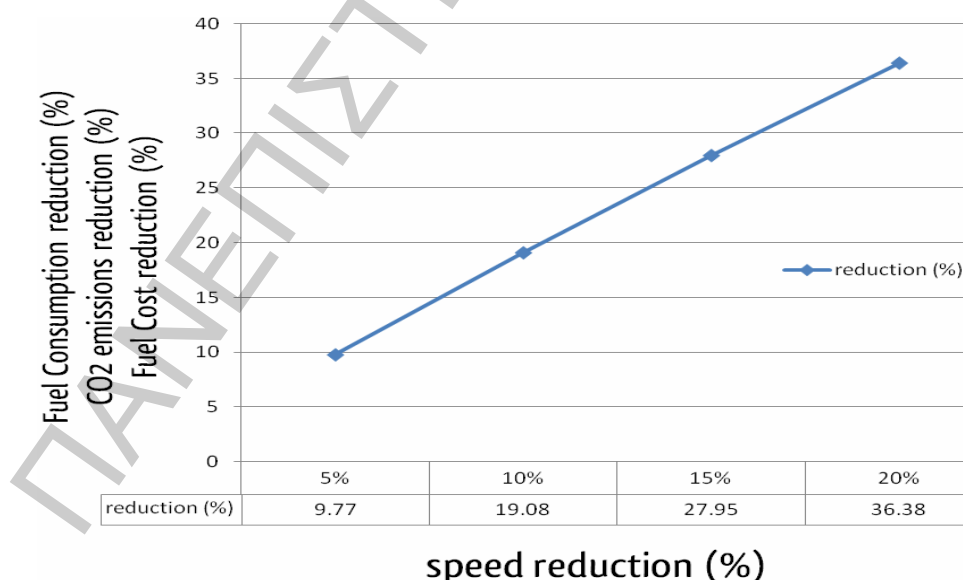
Αρχικά θα πρέπει να διαχωρίσουμε τον συνολικό χρόνο ταξιδιού, στο χρόνο που το πλοίο βρίσκεται στη θάλασσα (time at sea) και στο χρόνο που βρίσκεται στο λιμάνι (time at port). Ο πρώτος είναι ο χρόνος που εξαρτάται από την ταχύτητα πλεύσης και αναμένουμε να αυξηθεί αναλογικά με τη μείωση αυτής. Ο δεύτερος χρόνος εξαρτάται από διάφορους άλλους παράγοντες, όπως για παράδειγμα την αναμονή μέχρι την πρόσδεση του πλοίου (queuing) ή τον ρυθμό φορτοεκφόρτωσης του φορτίου. Όπως γίνεται αντιληπτό, έχουμε να αντιμετωπίσουμε ένα πολυδιάστατο πρόβλημα. Αναλυτικότερες αναφορές στο queuing και στη διαχείριση της λειτουργίας του τερματικού σταθμού (terminal management) θα γίνουν στη συνέχεια της εργασίας, καθώς αποτελούν ξεχωριστά προβλήματα.

Εάν υποθεθεί ότι ο χρόνος που το πλοίο παραμένει στο λιμάνι μείνει αμετάβλητος, τότε ενδεχόμενη μείωση της ταχύτητας πλεύσης θα αυξήσει το συνολικό

³ Αρχικά, σε ανάλογες εργασίες η τιμή του F_{CO_2} ήταν στο 3,17 (EMEP/CORINAIR, 2002 και Endresen, 2007). Η πρώτη εργασία του IMO το 2000 είχε δώσει ένα εύρος τιμών μεταξύ 3,159 και 3,175.

χρόνο ταξιδιού. Για να καταφέρει μια εταιρεία τακτικών γραμμών να διατηρήσει σταθερή τη τακτικότητα και τη συχνότητα των δρομολογίων στη γραμμή (service) στην οποία θα επιβληθεί η νέα ταχύτητα, θα πρέπει να προσθέσει νέα πλοία. Από περιβαλλοντικής απόψεως, το αποτέλεσμα θα είναι πάντα θετικό. Η συνολική κατανάλωση καυσίμων θα είναι πάντα μικρότερη, άρα και οι συνολικές εκπομπές αερίων ρύπων που εκλύονται από τα πλοία θα μειώνονται.

Στο αποτέλεσμα αυτό καταλήγουν οι Ψαραύτης και Κοντοβάς (2009), εξετάζοντας ένα παρόμοιο θεωρητικό σενάριο για έναν στόλο 100 πλοίων μεταφοράς Ε/Κ μεγέθους panamax. Μια ακόμη έρευνα (Ψαραύτης και λοιποί, 2009), με βάση πραγματικά δεδομένα από το ταξίδι ενός panamax containership, ενισχύει ακόμη περισσότερο τα προηγούμενα ευρήματα. Μάλιστα, όπως αποτυπώνεται και στο παρακάτω στο Σχήμα 4, όσο μεγαλύτερη είναι η αρχική ταχύτητα πλεύσης, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η μείωση των εκπομπών αερίων ρύπων που θα επιτευχθεί μέσω της μείωσης της ταχύτητας. Η συγκεκριμένη έρευνα προχωράει την ανάλυση ένα βήμα περισσότερο, εστιάζοντας στο χρόνο που το πλοίο περνάει στο λιμάνι. Απώτερος σκοπός η διερεύνηση της δυνατότητας μείωσης του χρόνου αυτού, ώστε να αποτραπεί η χρήση επιπρόσθετου αριθμού πλοίων και να επιτευχθεί περαιτέρω μείωση των αερίων ρύπων.



Σχήμα 4: Μειώσεις στη κατανάλωση καυσίμων, στις εκπομπές CO₂ και στο κόστος καυσίμων για πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, από τη μείωση της ταχύτητας

Πηγή: Ψαραύτης και λοιποί, 2009

Τι γίνεται, όμως, από οικονομικής απόψεως; Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει το πώς διαφοροποιείται το παραπάνω αποτέλεσμα όταν συμπεριλάβουμε και το κόστος των αποθεμάτων (inventory cost). Τα containerships κινούνται με μεγάλες ταχύτητες διότι μεταφέρουν εμπορεύματα μεγάλης αξίας, όπως για παράδειγμα ηλεκτρονικά είδη. Συνεπώς, κάθε καθυστέρηση στην ολοκλήρωση της μεταφοράς μεταφράζεται σε έξτρα κόστος, το οποίο ονομάζεται “κόστος αποθεμάτων σε μεταφορά” (in-transit inventory cost) και υπολογίζεται σε δολάρια ανά τόνο φορτίου και ανά ημέρα καθυστέρησης. Με άλλα λόγια, αντιπροσωπεύει τα χρήματα που χάνονται από την καθυστερημένη πώληση του προϊόντος (Ψαράτης και Κοντοβάς, 2010).

Για να καταλήξουμε σε ασφαλές συμπέρασμα είναι απαραίτητο να συγκρίνουμε τα κέρδη από τη μειωμένη κατανάλωση καυσίμων με τα πρόσθετα κόστη αποθεμάτων και λοιπών λειτουργικών δαπανών των πλοίων, λόγω του αυξημένου χρόνου παραμονής τους στη θάλασσα. Για να είναι εφικτή η σύγκριση, θα πρέπει να εκφράσουμε τα ποσά σε δολάρια ανά ημέρα. Εάν το σύνολο των πρόσθετων εξόδων είναι μεγαλύτερο από το κέρδος της μειωμένης κατανάλωσης καυσίμου τότε δεν συμφέρει από οικονομικής απόψεως η μείωση της ταχύτητας. Σε ένα τέτοιο ενδεχόμενο, έχουμε αντιστάθμιση των θετικών περιβαλλοντικών επιδράσεων. Φυσικά αυτό το σενάριο δεν είναι το μοναδικό, καθώς με διαφορετικής αξίας φορτία, διαφορετική μεταβολή ταχύτητας και τιμή καυσίμων μπορεί να έχουμε διαφορετικά αποτελέσματα.

Ένα εργαλείο που μπορεί να φανεί χρήσιμο στην βέλτιστη επιλογή ανάμεσα σε διαφορετικά σενάρια μείωσης των αερίων εκπομπών, είναι το κριτήριο CATC (Cost to Avert one Tone of CO₂). Ουσιαστικά είναι μια μαθηματική φόρμουλα, σκοπός της οποίας είναι να απαντήσει στο εξής ερώτημα: “Κατά πόσο είναι διατεθειμένοι, η ναυτιλιακή κοινότητα και η κοινωνία, να πληρώσουν για να επιτευχθεί η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου;”. Ο μαθηματικός τύπος υπολογισμού του CATC είναι ένα κλάσμα, όπου ο αριθμητής εκφράζει το συνολικό κόστος που προκαλείται από τη λειτουργία ενός στόλου σε μειωμένη ταχύτητα, ενώ ο παρονομαστής εκφράζει τη ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα που αποτρέπεται από το να διοχετευθεί στην ατμόσφαιρα λόγω της προηγούμενης μείωσης της ταχύτητας. Οι τιμές μπορεί να είναι είτε θετικές είτε αρνητικές (Ψαράτης και Κοντοβάς, 2010).

Όταν λοιπόν υπάρχει η δυνατότητα επιλογής ανάμεσα σε διαφορετικά σενάρια μείωσης της ταχύτητας, τα οποία έρχονται με κάποιο κόστος, τότε υπολογίζεται το CATC για καθεμιά από τις διαθέσιμες επιλογές. Εν τέλει, η επιλογή που προκρίνεται είναι αυτή που δίνει το χαμηλότερο (θετικό) αποτέλεσμα. Σε διαφορετική περίπτωση, όταν το κριτήριο λάβει αρνητική τιμή τότε σημαίνει πως συμφέρει και από οικονομικής απόψεως η υιοθέτηση της μειωμένης ταχύτητας. Αξίζει να σημειωθεί ότι, η φιλοσοφία πίσω από το προαναφερθέν κριτήριο μπορεί να γενικευθεί και να βρει εφαρμογή στην αξιολόγηση περισσότερων μέτρων.

Ολοκληρώνοντας την ενότητα για το πρόβλημα της βέλτιστης ταχύτητας, αφήσαμε για το τέλος την ειδική περίπτωση των περιοχών SECA. Όπως έχει αναφερθεί, οι θαλάσσιες αυτές περιοχές χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη εξειδικευμένων συνθηκών για τη λειτουργία των πλοίων που τις διασχίζουν, με τελικό σκοπό τον έλεγχο και περιορισμό των εκπομπών οξειδίων του θείου και του αζώτου. Οι αυστηρότεροι κανονισμοί που ισχύουν στις ελεγχόμενες περιοχές θεσπίστηκαν ακριβώς επειδή η μορφολογία τους, σε συνδυασμό με την ιδιαίτερα αυξημένη ναυτιλιακή δραστηριότητα εντός των ορίων τους, εγκυμονεί σοβαρούς κινδύνους για το θαλάσσιο περιβάλλον αλλά και για τις παράκτιες περιοχές.

Η ανάλυση των επιπτώσεων μιας μείωσης της ταχύτητας εντός των περιοχών SECA είναι εξίσου πολύπλοκη. Από περιβαλλοντικής πλευράς, τα επίπεδα των αερίων ρύπων θα μειώνονται εντός της ελεγχόμενης περιοχής, με τρόπο παρόμοιο όπως και στην περίπτωση του CO₂ (Ψαραύτης και Κοντοβάς, 2010).

Το μεγάλο ερώτημα που δύσκολα βρίσκει απάντηση, είναι το κατά πόσο μπορεί να αποδώσει το μέτρο της μειωμένης ταχύτητας, όταν συμπεριλαμβάνει τις συγκεκριμένες περιοχές. Εάν τα πλοία που διασχίζουν τις περιοχές SECA μειώνουν την ταχύτητα τους για να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις για μείωση των αερίων ρύπων, τότε για να παραμείνει σταθερός ο συνολικός χρόνος ταξιδιού και να αποτραπεί η πρόσθεση νέων πλοίων, θα πρέπει να αυξήσουν την ταχύτητα τους έξω από αυτές. Εν τέλει, το μόνο που θα επιτευχθεί θα είναι ένα υψηλότερο επίπεδο ατμοσφαιρικής μόλυνσης, καθώς οι αρνητικές επιδράσεις εκτός των SECA θα ξεπεράσουν κατά πολύ τις θετικές εντός αυτών (Ψαραύτης και Κοντοβάς, 2010).

Σε περίπτωση που η νέα μειωμένη ταχύτητα δεν περιορίζεται μόνο εντός των ελεγχόμενων περιοχών, τότε ο συνολικός χρόνος ταξιδιού αυξάνεται, εμφανίζονται τα

κόστη αποθεμάτων και η ανάλυση είναι ίδια με αυτή που παρουσιάστηκε σε προηγούμενες παραγράφους. Σχετικά με τις οικονομικές επιπτώσεις, μπορεί να στηριχθεί κανείς στα ανάλογα εργαλεία, τα κριτήρια CATS⁴ (cost to avert a tone of SO₂) και CATN (Cost to Avert a tone of NO_X). Η εφαρμογή τους γίνεται με τον ίδιο τρόπο που παρουσιάσαμε προηγουμένως το κριτήριο CATC.

2.2 ΒΕΛΤΙΣΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΠΛΟΙΟΥ (OPTIMAL SHIP SIZE)

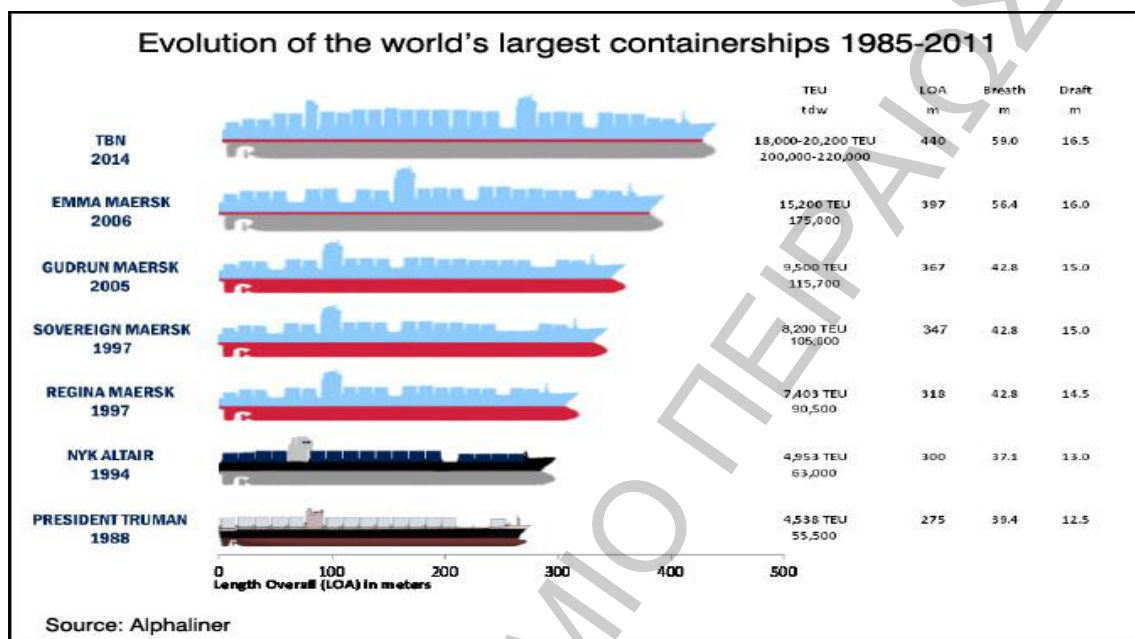
Ως πλοίο βέλτιστου μεγέθους ορίζουμε εκείνο, το οποίο θα μεταφέρει ένα συγκεκριμένο είδος φορτίου, για συγκεκριμένο δρομολόγιο, με το ελάχιστο κόστος ανά τόνο φορτίου για τον πλοιοκτήτη/διαχειριστή του πλοίου (Christiansen και λοιποί, 2007).

Η επιλογή του μεγέθους καθίσταται ένα πολύπλοκο ζήτημα, καθότι αποτελεί μια απόφαση δεσμευτική. Θεωρητικά, οι πιθανές μετατροπές δεν είναι κάτι το ακατόρθωτο, όμως τα κόστη που συνεπάγεται μια τέτοια κίνηση δεν είναι διόλου ευκαταφρόνητα. Για τον σωστό υπολογισμό του, όπως θα δούμε στη συνέχεια, προτείνεται η διερεύνηση ενός συνόλου παραγόντων. Το μήκος της διαδρομής, το εκτιμώμενο ποσοστό αξιοποίησης της συνολικής χωρητικότητας του πλοίου, τα χαρακτηριστικά των επισκεπτόμενων λιμανιών (βύθισμα, υποδομή, ρυθμός φορτοεκφόρτωσης), η διαθεσιμότητα φορτίου, η απαιτούμενη συχνότητα των δρομολογίων, η ταχύτητα πλεύσης είναι ορισμένα παραδείγματα. Επιπροσθέτως, η απόφαση αυτή βασίζεται σε προβλέψεις σχετικά με τη μελλοντική κατάσταση των ναυλαγορών, τις οποίες χαρακτηρίζουν η υψηλή μεταβλητότητα και οι συνεχείς διακυμάνσεις.

Στην περίπτωση των πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, το μέγεθος τους αυξάνει διαχρονικά. Αρκεί να ρίξει κανείς μια ματιά στο Σχήμα 5, και θα διαπιστώσει την χρωτική διαφορά του σήμερα συγκριτικά με δύο δεκαετίες πριν. Τα containerships, όπως παρατηρήσαμε στην προηγούμενη ενότητα, είναι από τα πλέον ρυπογόνα μεταξύ των διάφορων τύπων πλοίου που συγκροτούν τον παγκόσμιο εμπορικό στόλο.

⁴ Να μην συγχέεται με την έννοια CATS (cost to avert a tone of oil spilled), η οποία εντάσσεται στα πλαίσια του FSA (Formal Safety Assessment).

Αποτελέσματα ερευνών σχετικά με τη συμβολή των πλοίων στις παγκόσμιες εκπομπές αερίων ρύπων επιβεβαιώνουν ότι, μεταξύ των παραγόντων εκείνων που σχετίζονται με την ποσότητα των αερίων ρύπων που εκλύει κάθε πλοίο είναι και το μέγεθος του (Dalsøren και λοιποί, 2009; Endresen και λοιποί, 2003).



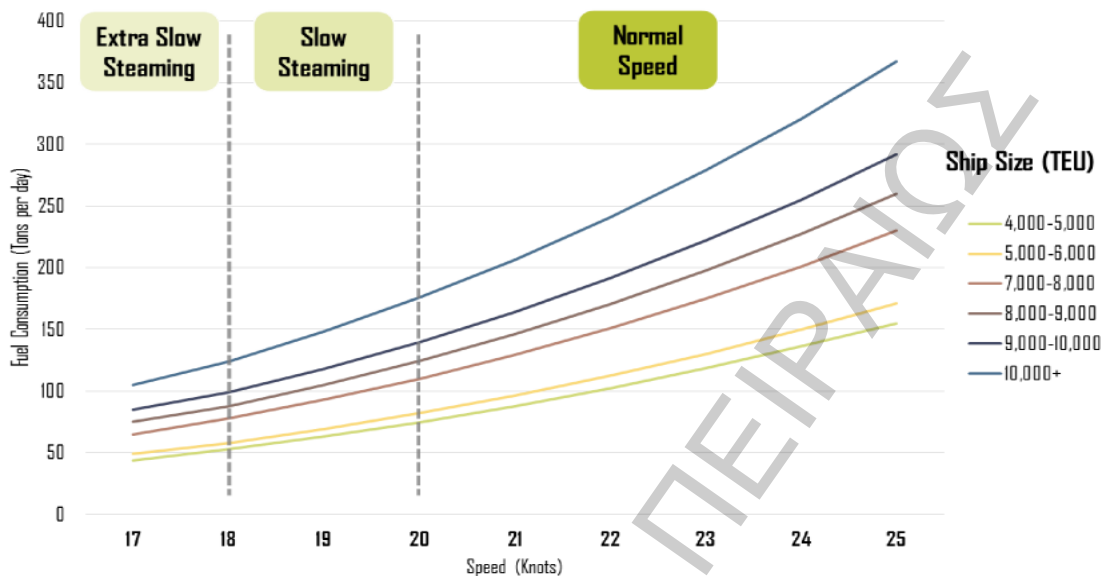
Σχήμα 5: Εξέλιξη μεγέθους πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων

Πηγή: Alphaliner, 2011

Πιο συγκεκριμένα, η σχέση μεγέθους και εκπομπών αερίων ρύπων είναι θετική. Δηλαδή, όσο μεγαλύτερο είναι το πλοίο, τόσο υψηλότερα είναι και τα επίπεδα εκπομπών ρύπων για δεδομένη ταχύτητα πλεύσης. Μάλιστα, η διαφορά στα επίπεδα ρύπων μεγαλώνει με αυξάνοντας ρυθμό. Ο συνδετικός κρίκος είναι η κατανάλωση καυσίμων. Η σχέση αυτή αποτυπώνεται ξεκάθαρα στο Σχήμα 6. Εκεί γίνεται αντιληπτό το γεγονός ότι, σε όλο το φάσμα των πιθανών ταχυτήτων πλεύσης, η κατανάλωση καυσίμων τείνει να αυξάνει με τη αύξηση του μεγέθους του πλοίου. Για παράδειγμα, στις υψηλότερες ταχύτητες πλεύσης των 24-25 κόμβων, η διαφορά στην κατανάλωση καυσίμων ενός πλοίου 10,000 TEU με ένα αντίστοιχο 4-5,000 TEU είναι αισθητά μεγαλύτερη από ότι σε χαμηλότερες ταχύτητες της τάξης των 17-18 κόμβων.

Σε γενικές γραμμές, όσο αυξάνει η απόσταση που πρέπει να καλύψει το πλοίο, τόσο θα αυξάνει και το χρονικό διάστημα που θα βρίσκεται στη θάλασσα, επομένως θα πρέπει να περιμένουμε ένα μεγαλύτερο βέλτιστο μέγεθος (Christiansen και λοιποί,

2007). Αυτό συμβαίνει για λόγους αξιοποίησης οικονομιών κλίμακας, όπως θα δούμε παρακάτω.



Σχήμα 6: Σχέση κατανάλωσης καυσίμων, ταχύτητας και μεγέθους πλοίου

Πηγή: Notteboom και Carriou, 2009

Πριν, όμως, κατηγορηθούν τα ευμεγέθη πλοία ως “άκρως ρυπογόννα” θα πρέπει να αναλογιστούμε τα δρομολόγια στα οποία δραστηριοποιούνται, πόσα μικρότερα πλοία αντικατέστησαν στη συγκεκριμένη διαδρομή και φυσικά κατά πόσο αποδίδουν οι νέες τεχνολογίες που εφαρμόζονται κατά την κατασκευή τους. Εάν, για παράδειγμα, σε μια συγκεκριμένη γραμμή (service), ένα πλοίο μεταφορικής ικανότητας 15,000 TEU συγκριτικά με τρία των 5,000 TEU έκαστο, εκτός της οικονομικότερης ανά TEU μεταφοράς πετυχαίνει και μείωση των συνολικών εκπομπών αερίων ρύπων, τότε σίγουρα το μέγεθος των 5,000 TEU δεν είναι το βέλτιστο.

Ένα ακόμη σημαντικό δεδομένο που θα πρέπει να αξιολογηθεί είναι και η μορφή που έχουν τα σύγχρονα μεταφορικά δίκτυα στην αγορά των τακτικών γραμμών. Τα δίκτυα hub and spoke (σύστημα κόμβου – ακτινών) έχουν κυριαρχήσει, με την εξυπηρέτηση των γραμμών να γίνεται αρχικά μέσω κύριων λιμανιών-κόμβων (main ports-hubs) και στη συνέχεια το φορτίο να μοιράζεται σε μικρότερα λιμάνια (feeder ports-spokes). Όπως γίνεται αντιληπτό, διαφορετικού μεγέθους πλοία απαιτούνται αναλόγως το κομμάτι του δικτύου στο οποίο δραστηριοποιούνται. Επομένως

διαφορετικό θα είναι και το βέλτιστο μέγεθος. Περισσότερα για τα δίκτυα αυτά θα ακολουθήσουν σε επόμενο κεφάλαιο.

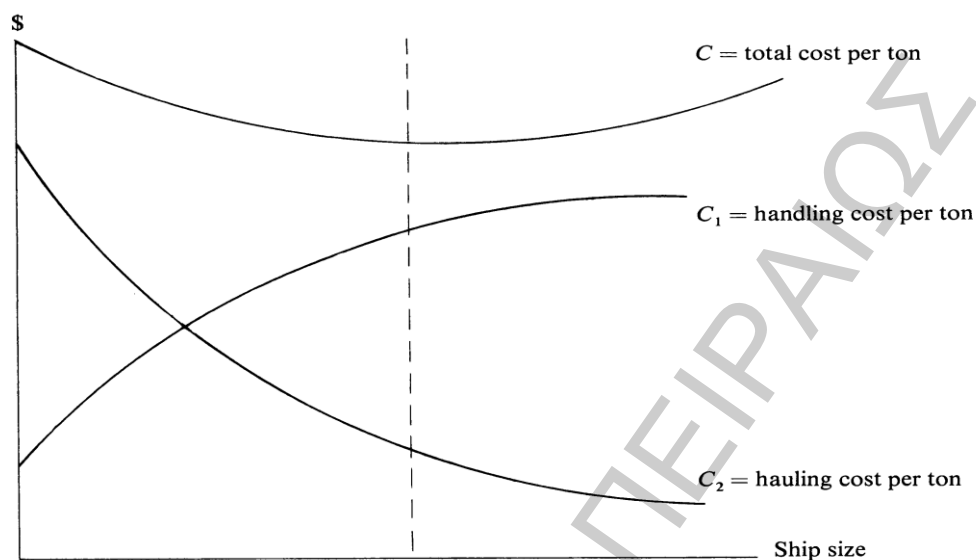
Το πρώτο, απλουστευμένο, μαθηματικό μοντέλο ανάλυσης κόστους αναπτύχθηκε από τους Jansson και Shneerson (1982) σε μια σχετική με το θέμα έρευνα, χωρίς όμως εξειδίκευση σε συγκεκριμένο τύπο πλοίου και είδος φορτίου. Επίσης δεν συμπεριλαμβάνει ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά ενός δρομολογίου, όπως για παράδειγμα το βύθισμα του λιμένα, τα οποία όπως προαναφέραμε επηρεάζουν το μέγεθος ενός πλοίου ως περιοριστικός παράγοντας. Παρόλαυτά, αξίζει να τονιστεί η σημασία του διότι αποτέλεσε για μεταγενέστερους αναλυτές τη βάση για περαιτέρω έρευνες.

Ο συλλογισμός των Jansson και Shneerson στηρίχθηκε στην ιδέα ότι, το μέγεθος του πλοίου προσφέρεται για δημιουργία οικονομιών κλίμακας στην ανοιχτή θάλασσα και αντίστοιχων αντιοικονομιών κλίμακας εντός του λιμανιού. Με άλλα λόγια, ένα μεγάλο μέγεθος θα καταστήσει οικονομικότερη τη διαδικασία της μεταφοράς, αυξάνοντας τη μεταφορική ικανότητα και ταυτόχρονα μειώνοντας το κόστος ανά τόνο μεταφερόμενου φορτίου. Από την άλλη πλευρά όμως, αποτελεί λόγο αύξησης του χρόνου παραμονής στο λιμάνι για την ολοκλήρωση της φορτοεκφόρτωσης, άρα αύξησης του κόστους που συνδέεται με τον παράγοντα χρόνο (lay-time cost) και του κόστους χρήσης των λιμενικών υπηρεσιών (port charges).

Η διαγραμματική απεικόνιση της θεωρίας αυτής αποτυπώνεται στο Σχήμα 7, όπου φαίνεται η προσπάθεια αντιστάθμισης του κόστους που σχετίζεται με τη διαδικασία της μεταφοράς, με το κόστος που σχετίζεται με τη παρουσία του πλοίου εντός του λιμένα. Το σημείο όπου οι εφαπτομένες στις καμπύλες C1 και C2 έχουν την ίδια απόλυτη τιμή, δείχνει το ζητούμενο βέλτιστο μέγεθος του πλοίου. Στο ίδιο σημείο έχουμε το ελάχιστο συνολικό κόστος ανά τόνο φορτίου.

Αργότερα βέβαια, το 1985, το μοντέλο βελτιώθηκε ώστε να αποδίδει μια πληρέστερη ανάλυση της αγοράς των εμπορευματοκιβωτίων. Με την προσθήκη του κόστους των αποθεμάτων (συμπεριλαμβανομένου των αποθεμάτων ασφαλείας – safety stock), κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το μέγεθος και το κόστος αυτών είναι μια συνάρτηση της συχνότητας του δρομολογίου, η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από το μέγεθος του πλοίου και τον όγκο του εμπορίου. Μεταγενέστερες προσεγγίσεις στο

συγκεκριμένο πρόβλημα βελτιστοποίησης δίνουν περισσότερες πληροφορίες για τον τρόπο επίλυσης του.



Σχήμα 7: Βέλτιστο μέγεθος πλοίου συναρτήσει κόστους/τόνο φορτίου

Πηγή: Jansson και Shneerson, 1982

Από την πλευρά τους οι Özen και Güler (2001) προσπάθησαν να παρουσιάσουν μια ολοκληρωμένη ανάλυση συμπεριλαμβάνοντας τη θεωρία των αποθεμάτων. Εστιάζοντας στην αγορά των τακτικών γραμμών κατασκεύασαν ένα μαθηματικό μοντέλο, σύμφωνα με το οποίο το βέλτιστο μέγεθος προκύπτει από τη διαδικασία της ταυτόχρονης με αυτό βελτιστοποίησης της συχνότητας των δρομολογίων και του κόστους, το οποίο αφορά τη διαχείριση του φορτίου. Το αποτέλεσμα των παραπάνω θα είναι η ελαχιστοποίηση του μακροχρόνιου μέσου κόστους. Η μαθηματική σχέση στην οποία κατέληξαν δείχνει ότι, το μέγεθος του πλοίου είναι ανάλογο του κόστους κεφαλαίου (capital cost), του κόστους συντήρησης-επισκευής (maintenance-repairment cost), του κόστους επάνδρωσης (crew cost), της απόστασης, της αναμονής στο λιμάνι και του χρόνου φορτοεκφόρτωσης. Ακόμη, τόνισαν ότι το μέγεθος ενός πλοίου εξαρτάται και από τον αριθμό των πλοίων που λειτουργούν σε μια συγκεκριμένη γραμμή (traffic load).

Ίσως η πλέον ενδιαφέρουσα θέση είναι αυτή, σύμφωνα με την οποία το πρόβλημα της βελτιστοποίησης συνδέεται άρρηκτα με την ταχύτητα (Wong και λοιποί, 2007). Από οικονομικής πλευράς, το πρόβλημα αντιπροσωπεύει την προσπάθεια του

καλύτερου δυνατού αντισταθμίσιματος (tradeoff) μεταξύ κόστους και εσόδων. Τα δεδομένα αυτά διαφοροποιούνται, ανάλογα με το ποιός συνδυασμός μεγέθους - ταχύτητας επιλέγεται για την εξυπηρέτηση της γραμμής. Όμως στην συγκεκριμένη έρευνα κατακρίνεται η επιμονή στην προσπάθεια βελτιστοποίησης με βάση την ελαχιστοποίηση του μοναδιαίου κόστους, καθώς θεωρείται ότι τα αποτελέσματα δεν εξασφαλίζουν τη μεγιστοποίηση των κερδών για τους πλοιοκτήτες/διαχειριστές της γραμμής. Οι ερευνητές όχι μόνο κατάφεραν να καταλήξουν σε ένα μαθηματικό μοντέλο, αλλά παρουσίασαν και τα πρακτικά αποτελέσματα της εφαρμογής του σε μια πραγματική γραμμή (Kaoshiung – Los Angeles).

Οι λόγοι για τους οποίους προκρίνεται η δημιουργία μοντέλου που να στηρίζεται στην ταχύτητα του πλοίου αφορούν: (1) την διαφορετική τιμή κτήσης (ακριβότερο) ενός containership που έχει δυνατότητα για υψηλότερη ταχύτητα πλεύσης από ένα αντίστοιχο μεγέθους που δεν μπορεί όμως να φτάσει τις ίδιες ταχύτητες, (2) το ότι ένα γρηγορότερο containership σε μια δεδομένη διαδρομή μπορεί να ολοκληρώσει περισσότερα κυκλικά ταξίδια, άρα να μεταφέρει περισσότερα εμπορευματοκιβώτια, το οποίο μεταφράζεται σε μεγαλύτερο εισόδημα, και (3) την κατανάλωση ενός τέτοιου πλοίου, η οποία αναμένεται να είναι υψηλότερη εντός ενός δεδομένου χρονικού διαστήματος, κάτι το οποίο θα αυξήσει και το κόστος.

Η συγκεκριμένη προσέγγιση φαντάζει πληρέστερη από όσες αναφέρθηκαν. Εξάλλου, ο ρόλος της ταχύτητας στην περιβαλλοντική επιβάρυνση τονίστηκε στην προηγούμενη ενότητα. Το γεγονός ότι στην έρευνα αυτή καταλαμβάνει εξέχουσα θέση η ταχύτητα πλεύσης, αποτελεί τη βάση για επέκταση της, ώστε να διερευνηθεί το κατά πόσο η υιοθέτηση και εφαρμογή του μοντέλου σε ένα στόλο πλοίων θα δημιουργήσει ένα φιλικότερο προς το περιβάλλον μεταφορικό σύστημα.

Εν κατακλείδι, από την έως τώρα ανάλυση αντιλαμβάνεται κανείς ότι, το ζήτημα της δημιουργίας μιας πράσινης εφοδιαστικής αλυσίδας εξαρτάται από την επίλυση πολύπλοκων επιμέρους προβλημάτων. Ο ιεραρχικός τρόπος επίλυσης σίγουρα δεν μοιάζει ικανός να φέρει το επιθυμητό αποτέλεσμα, λόγω του υψηλού βαθμού αλληλεπίδρασης, κάτι το οποίο θα διαπιστώνεται συνεχώς όσο θα προχωράει η παρουσίαση και των υπολοίπων προβλημάτων. Η τάση ενοποίησης των επιμέρους προβλημάτων φαντάζει ως ο αποδοτικότερος τρόπος αντιμετώπισης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Το τρίτο κεφάλαιο της εργασίας μπορεί να θεωρηθεί ως η φυσική συνέχεια του προηγούμενου. Η προσοχή μας συνεχίζει να περιστρέφεται γύρω από ζητήματα της εφοδιαστικής αλυσίδας που σχετίζονται με το πλοίο. Η ανάλυση που ακολουθεί αφορά τέσσερα επιμέρους προβλήματα, τα οποία στην ουσία συνθέτουν ένα μεγαλύτερο. Το γενικότερο πρόβλημα έχει να κάνει με τη βελτιστοποίηση της αξιοποίησης του πλοίου (optimal ship planning) και κατά συνέπεια του στόλου.

Σύμφωνα με τους Christiansen και λοιποί (2004), τα επιμέρους προβλήματα που πρέπει να επιλυθούν σχετίζονται με το μέγεθος και τη σύνθεση του στόλου (optimal fleet size and mix), με τις βέλτιστες διαδρομές και τον προγραμματισμό των δρομολογίων που αντιστοιχούν στα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του στόλου (optimal routing and scheduling), αλλά και στις εκάστοτε καιρικές συνθήκες που επικρατούν στις ευρύτερες γεωγραφικές περιοχές δραστηριοποίησης (weather routing). Τέλος, υπάρχει και το ζήτημα της επιλογής του κατάλληλου πλοίου για μια δεδομένη διαδρομή (optimal fleet deployment). Όπως γίνεται αντιληπτό, το φάσμα των προβλημάτων αυτών εκτείνεται από το επιχειρησιακό (operational - tactical planning) έως το στρατηγικό επίπεδο σχεδιασμού (strategic planning).

3.1 ΒΕΛΤΙΣΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΣΤΟΛΟΥ (OPTIMAL FLEET SIZE AND MIX)

Στη διεθνή βιβλιογραφία συχνά συναντάται ο όρος “σχεδιασμός του στόλου” (fleet design). Το ίδιο ακριβώς ζήτημα μπορεί να αποδοθεί και με διαχωρισμό των εννοιών του μεγέθους και της σύνθεσης. Η πρώτη έννοια (fleet size) μπορεί να αφορά είτε τη διαδικασία καθορισμού των τύπων των πλοίων που θα λειτουργήσουν στη γραμμή, είτε τον καθορισμό του αριθμού κάθε τύπου πλοίου. Από την άλλη πλευρά, η δεύτερη έννοια (fleet mix/composition) αφορά και τα δύο αυτά επιμέρους προβλήματα (Etezadi και Beasley, 1983). Για τις ανάγκες της παρούσης διπλωματικής θα

αρκεστούμε στον πρώτο τρόπο περιγραφής του προβλήματος, ως σχεδιασμός του στόλου.

Οι αποφάσεις σχετικά με το μέγεθος και τη σύνθεση του στόλου αποτελούν βασικό στοιχείο για το σχεδιασμό μιας γραμμής μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, καθορίζοντας τον αριθμό και τον τύπο των διαθέσιμων πλοίων. Η επιλογή των διαδρομών, ο προγραμματισμός των δρομολογίων και ο τρόπος διάθεσης των πλοίων αποτελούν επόμενα στάδια. Βεβαίως, εάν στοχεύει κανείς στη βελτιστοποίηση των προαναφερθέντων, θα πρέπει να εκτιμήσει με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια την ζήτηση για μεταφορικές υπηρεσίες. Αυτό για να επιτευχθεί, προϋποθέτει προηγούμενη ανάλυση ορισμένων αντιπροσωπευτικών διαδρομών (Christiansen και Fagerholt, 2002).

Ο αντικειμενικός σκοπός του βέλτιστου σχεδιασμού του στόλου είναι η ελαχιστοποίηση του σταθερού και του μεταβλητού κόστους όλων των πλοίων που δραστηριοποιούνται στη γραμμή (Christiansen και λοιποί, 2007). Η σχέση με τους “πράσινους στόχους” που μας ενδιαφέρουν είναι έμμεση. Ένα σημαντικό μέρος του κόστους, όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, είναι και αυτό των καυσίμων. Η μείωση αυτού συνεπάγεται μειωμένη κατανάλωση, άρα και μειωμένες εκπομπές αερίων ρύπων.

Στη σχετική με το ζήτημα βιβλιογραφία, μεγάλη σημασία δίνεται στην εργασία των Fagerholt και Lindstad (2000). Το πρόβλημα που κλήθηκαν να αντιμετωπίσουν ήταν ο βέλτιστος σχεδιασμός ενός στόλου για τον εβδομαδιαίο εφοδιασμό επτά πετρελαϊκών εγκαταστάσεων στη Βόρεια Θάλασσα. Παρόλαυτά, ο αλγόριθμος που κατασκεύασαν αποτέλεσε τη βάση, πάνω στην οποία αναπτύχθηκαν μεταγενέστερα μαθηματικά μοντέλα. Ένας λόγος που βοήθησε ήταν σίγουρα η περίπου επτά εκατομμυρίων δολαρίων ετήσια μείωση εξόδων στο ανωτέρω εγχείρημα, ως αποτέλεσμα της πρακτικής εφαρμογής του συγκεκριμένου αλγορίθμου.

Αντλώντας έμπνευση από τη συγκεκριμένη προσπάθεια, σε μετέπειτα έρευνα των Christiansen και λοιποί (2007) αναλύεται ένα σενάριο, όπου μια εταιρεία τακτικών γραμμών καλείται να βρει τη βέλτιστη σύνθεση στόλου για να καλύψει τις γνωστές εκ των προτέρων ανάγκες ενός συνόλου πελατών της, με την απαιτούμενη συχνότητα (επίσης θεωρείται γνωστή). Οι διαδρομές που θα ακολουθηθούν μοιράζονται μεταξύ διαφόρων ζεύγων λιμανιών (λιμάνι - αφητηρία και λιμάνι - προορισμός), ενώ το επίπεδο ζήτησης ορίστηκε ως ένας ελάχιστος αριθμός δρομολογίων για το κάθε ζεύγος. Ο

στόλος των πλοίων της εταιρείας είναι ετερογενής, το οποίο πρακτικά σημαίνει ότι τα πλοία είναι διαφορετικού τύπου και η λειτουργία τους έχει διαφορετικό κόστος. Επίσης είναι και διαφορετικού μεγέθους, επομένως δεν μπορεί κάθε πλοίο να λειτουργήσει σε οποιαδήποτε διαδρομή λόγω των οικονομικών κλίμακας. Με βάση τα παραπάνω, ορίστηκε ένα μαθηματικό μοντέλο, το οποίο εκφράζει την ελαχιστοποίηση του αθροίσματος του μεταβλητού και σταθερού κόστους.

Ίσως ο πλέον ενδιαφέρον τρόπος προσέγγισης του συγκεκριμένου προβλήματος προτείνεται από τους Lun και λοιποί (2010). Η βάση της έρευνας τους είναι η παραδοχή ότι, για τις εταιρείες μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων η διαδικασία σχεδιασμού του βέλτιστου στόλου συνδέεται με τη εταιρική επίδοση. Σκοπός ήταν να διερευνήσουν τη σχέση μεταξύ της εταιρικής επίδοσης και ορισμένων ανεξάρτητων μεταβλητών όπως της μεταφορικής ικανότητας, του μεγέθους του πλοίου και του αριθμού των πλοίων που λειτουργεί μια εταιρεία, στοιχείων δηλαδή που αφορούν τον σχεδιασμό του στόλου.

Το μοντέλο που δημιούργησαν βασίστηκε σε εμπειρικά δεδομένα από τους εκατό μεγαλύτερους μεταφορείς Ε/Κ. Τα δεδομένα αυτά αφορούσαν τη συνολική μεταφορική ικανότητα (total carrying capacity), τον αριθμό των πλοίων τους και το μέσο μέγεθος αυτών. Στη στατιστική ανάλυση που ακολούθησε, επιβεβαιώθηκε ότι η μεταφορική ικανότητα είναι ένας παράγοντας-κλειδί στην όλη διαδικασία. Επιπρόσθετα, ο αριθμός των πλοίων φαίνεται να επηρεάζει περισσότερο το σχεδιασμό του στόλου συγκριτικά με το μέγεθος τους. Το αποτέλεσμα αυτό δεν θα πρέπει να μας προκαλεί καμιά έκπληξη. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαθέσιμη μεταφορική ικανότητα της εταιρείας, τόσο μεγαλύτερο το μέγεθος της εταιρείας και η δυνατότητα γεωγραφικής επέκτασης των δραστηριοτήτων της. Επίσης, δίνεται η ευκαιρία για εμφάνιση οικονομικών κλίμακας και μείωσης του κόστους, στοιχεία που ενισχύουν την ανταγωνιστικότητα μιας εταιρείας και που παράλληλα αποτελούν υψηλότατο εμπόδιο για νεοεισερχόμενους παίκτες στην αγορά.

Η συμβολή της έρευνας όμως δεν περιορίζεται μόνο στο να δώσει ορισμένες κατευθυντήριες γραμμές μέσω της ανωτέρω στατιστικής ανάλυσης. Στο δεύτερο κομμάτι της προτείνεται η εφαρμογή ενός εργαλείου για την επίλυση του προβλήματος, το οποίο πρώτοι δημιούργησαν οι Lun και Browne (2009) και θεωρούμε ότι είναι εξαιρετικά χρήσιμη η αναφορά του. Η ονομασία του είναι SCOPE και συμπεριλαμβάνει τις έννοιες της συχνότητας της εξυπηρέτησης (service frequency), του βέλτιστου

μεγέθους πλοίου (optimal vessel size), της αξίας που απολαμβάνει ο πελάτης (customer value), των λιμανιών που επισκέπτονται τα πλοία της γραμμής (ports of call) και της εκτεταμένης κάλυψης της αγοράς (extensive market coverage).

Η καθεμιά από τις πέντε έννοιες έχει τη δική της ξεχωριστή σημασία. Η υψηλή συχνότητα εξυπηρέτησης είναι επιθυμητή από την πλευρά των φορτωτών, κάτι που είναι εφικτό με τα πλοία μικρού μεγέθους. Για τον μεταφορέα όμως, η επιθυμία του είναι η χρησιμοποίηση μεγαλύτερων πλοίων για να εκμεταλλευτεί τις οικονομίες κλίμακας και να μειώσει το κόστος. Επομένως πρέπει να βρεθεί ο βέλτιστος συμβιβασμός για την ικανοποίηση των αναγκών και των δύο πλευρών. Αναφορικά με το βέλτιστο μέγεθος του πλοίου, έγινε εκτενής ανάλυση στο προηγούμενο κεφάλαιο (Κεφάλαιο 2).

Η αξία που απολαμβάνει ο πελάτης των εταιρειών τακτικών γραμμών απορρέει από τις υψηλής αξιοπιστίας υπηρεσίες που του παρέχονται, οι οποίες επικεντρώνονται στην ικανοποίηση των αναγκών του και όχι μόνο στη μείωση του κόστους (customer - oriented approach). Σε αυτή την αλλαγή συμπεριφοράς των εταιρειών έχει βοηθήσει η επικράτηση των μεταφορικών συστημάτων hub-and-spokes, όπως θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο (Κεφάλαιο 3).

Ο αριθμός των λιμανιών που θα συμπεριληφθούν στη γραμμή επηρεάζει το χρόνο του κυκλικού ταξιδιού και τον συνολικό αριθμό αυτών ανά έτος. Όπως γίνεται αντιληπτό, λιγότερα λιμάνια σημαίνει μικρότερες ανάγκες σε πλοία, μικρότερος χρόνος για κάθε κυκλικό ταξίδι, άρα περισσότερα κυκλικά ταξίδια ανά έτος. Από την άλλη βέβαια δυσχεραίνει η πρόσβαση σε περισσότερες αγορές και σε περισσότερα πιθανά φορτία προς μεταφορά. Οπότε και στο κομμάτι αυτό πρέπει να επικεντρωθούν οι προσπάθειες για έναν βέλτιστο συμβιβασμό, μεταξύ της επιθυμίας των εταιρειών για μείωση του κόστους της γραμμής και της επιθυμίας των φορτωτών για μεγαλύτερη ευελιξία στις επιλογές τους με ταυτόχρονη μείωση του χρόνου μεταφοράς.

Τέλος, η αναφορά στην εκτεταμένη κάλυψη της αγοράς γίνεται διότι είναι ένας σίγουρος τρόπος για μια εταιρεία να συμβαδίσει με τις εξελίξεις στην αγορά που δραστηριοποιείται. Η σύγχρονη εποχή επιτάσσει στενή σχέση με τους πελάτες (δηλαδή τους φορτωτές) και παροχή υψηλής ποιότητας υπηρεσιών. Οι ανάγκες αναδιαμορφώνονται με ταχύτατο ρυθμό και για να επιβιώσει μια εταιρεία τακτικών γραμμών θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να αντιδρά ταχύτατα. Αυτό σημαίνει ότι, είτε

θα πρέπει να αποκτήσει το μέγεθος εκείνο που θα της εξασφαλίσει την δυνατότητα εξυπηρέτησης διεθνών γραμμών εμπορίου, είτε θα πρέπει να εξειδικευτεί στην εξυπηρέτηση περιφερειακών αγορών. Ο πλέον αποδοτικός τρόπος για την υιοθέτηση των στρατηγικών αυτών φαντάζει η συνεργασία με άλλες ανταγωνίστριες εταιρείες και η αξιοποίηση των κοινών τους πόρων.

3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ & ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ (OPTIMAL ROUTING & SCHEDULING)

Από τη στιγμή που έχει σχεδιαστεί ο στόλος και έχουν προσδιορισθεί όλα τα διαθέσιμα πλοία που τον απαρτίζουν, το επόμενο βήμα είναι ο υπολογισμός των βέλτιστων διαδρομών και ο προγραμματισμός των δρομολογίων σε αυτές. Ο διεθνής όρος που υπάρχει για να περιγράψει το πρόβλημα είναι ‘‘routing and scheduling’’. Όπως είδαμε στην προηγούμενη ενότητα, πολλές φορές τα δύο αυτά στάδια σχεδιασμού λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα, ώστε να εξασφαλιστεί το βέλτιστο αποτέλεσμα. Η σημασία που δίνεται στο συγκεκριμένο ζήτημα είναι τεράστια, αφού οι αποφάσεις στο συγκεκριμένο στάδιο επηρεάζουν την παραγωγικότητα όλου του στόλου (Christiansen και λοιποί, 2013). Πριν, όμως, προχωρήσουμε στην ανάλυση του προβλήματος, είναι απαραίτητο να ξεκαθαρίσουμε τα διαφορετικά είδη διαδρομών που υπάρχουν στη ναυτιλία τακτικών γραμμών. Η διαδρομή μπορεί να οριστεί ως μια σειρά από επισκεπτόμενα λιμάνια. Το πρώτο λιμάνι ορίζεται ως λιμένας – αφετηρία (origin port) και το τελευταίο λιμάνι ορίζεται ως λιμένας – προορισμός (destination port). Ενδιάμεσα το πλοίο μπορεί να επισκέπτεται έναν αριθμό λιμανιών. Η χρονική περίοδος που το πλοίο επισκέπτεται το εκάστοτε λιμάνι είναι προκαθορισμένη (Tran και Haasis, 2013). Αναλόγως με τον τρόπο σύνδεσης των αγορών, μια διαδρομή μπορεί να ενταχθεί σε διάφορες κατηγορίες.

Στην εργασία τους οι Lun και λοιποί (2010) παρουσιάζουν τρεις κύριες κατηγορίες διαδρομών. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τις τακτικές συνδέσεις μεταξύ δύο λιμανιών (port-to-port service route). Το μεγάλο μειονέκτημα αυτής της κατηγορίας είναι ότι έχει περιορισμένη συνδεσιμότητα με τις αγορές. Η δεύτερη κατηγορία παρομοιάζεται με την κίνηση που κάνει ένα εκκρεμές (pendulum service

route). Στη περίπτωση αυτή το πλοίο επισκέπτεται μια σειρά λιμένων σε μια ευρύτερη γεωγραφική περιοχή και στη συνέχεια διασχίζει έναν ωκεανό, όπως στο Σχήμα 8. Τέλος, η τρίτη γενική κατηγορία περιλαμβάνει τις παγκόσμιες διαδρομές (round-the-world service route). Χαρακτηριστικό των διαδρομών αυτών είναι ότι το πλοίο εξυπηρετεί μια σειρά λιμένων με τέτοιο τρόπο ώστε να κάνει τον περίπλου της γης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 9.



Σχήμα 8: Παράδειγμα διαδρομής τύπου ‘pendulum’

Πηγή: Ducruet και Notteboom, 2012



Σχήμα 9: Παράδειγμα διαδρομής τύπου ‘round-the-world’

Πηγή: Ducruet και Notteboom, 2012

Συμπληρωματικά, οι Tran και Haasis (2013) αναφέρουν δύο ακόμη κύριες κατηγορίες, την τριγωνική διαδρομή (triangular route) και έναν τύπο διαδρομής που σε ελεύθερη μετάφραση ονομάζεται “διπλής επίσκεψης” (double dipping route). Η πρώτη συναντάται όταν μια εταιρεία θέλει να εξυπηρετήσει τρεις διαφορετικές αγορές, λειτουργώντας τα πλοία της σε μια μόνο κατεύθυνση, προσπαθώντας να αποφύγει τις μεταξύ τους ανισοροπίες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η διαδρομή Ευρώπη – Ωκεανία - Ασία. Η δεύτερη κατηγορία διαδρομών αποτυπώνεται στο Σχήμα 10. Στη περίπτωση αυτή το πλοίο κινείται και στις δύο κατευθύνσεις και επισκέπτεται ενδιάμεσα λιμάνια με στόχο να εξυπηρετήσει ταυτόχρονα κινήσεις μικρών και μεγάλων αποστάσεων. Για την καλύτερη εφαρμογή συνδυάζεται πάντα με άλλα είδη διαδρομών.



Σχήμα 10: Παράδειγμα διαδρομής τύπου “double dipping”

Πηγή: Tran και Haasis, 2013

Η επίλυση του προβλήματος της βέλτιστης διαδρομής αποσκοπεί στο να βρεθεί ο συντομότερος δρόμος και χρόνος για την ολοκλήρωση του ταξιδιού. Ταυτόχρονα, επιζητείται η μεγαλύτερη δυνατή κάλυψη των μεταφορικών αναγκών μεταξύ των λιμανιών και η μεγαλύτερη δυνατή αξιοποίηση της μεταφορικής ικανότητας του πλοίου. Μεγάλο ρόλο παίζει η επιλογή των λιμανιών, καθώς όσο περισσότερα λιμάνια ενταχθούν στο ταξίδι τόσο περισσότερο θα μεγαλώσει ο συνολικός χρόνος πλεύσης του πλοίου, συνεπώς και το κόστος για τη εταιρεία. Από την άλλη πλευρά, τα περισσότερα

λιμάνια σημαίνουν μεγαλύτερη κάλυψη της αγοράς και πιο άμεση εξυπηρέτηση μεγαλύτερου αριθμού πελατών (Tran και Haasis, 2013).

Στη βιβλιογραφία το πρόβλημα του σχεδιασμού της βέλτιστης διαδρομής έχει απασχολήσει πολλούς ερευνητές. Μάλιστα, συνήθως γίνεται διαχωρισμός ανάλογα με την περίπτωση βελτιστοποίησης μιας και μόνο διαδρομής (optimal single route) ή ενός συνόλου διαδρομών (optimal multiple routes). Σε άλλες περιπτώσεις συναντάμε διαφοροποίηση ανάλογα με τον χρονικό ορίζοντα σχεδιασμού (single period planning - multiple periods planning). Αυτό που παρατηρεί κανείς είναι ότι, η συντριπτική πλειοψηφία των ερευνών εστιάζει στο κομμάτι της θαλάσσιας μεταφοράς και στη ελαχιστοποίηση του κόστους (σταθερού, μεταβλητού και κόστους αποθεμάτων). Ελάχιστες είναι οι προσπάθειες να ενταχθεί η όποια πρόταση επίλυσης στο γενικότερο πλαίσιο της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Οι Hsu και Hsieh (2006) δημιούργησαν ένα μοντέλο, σύμφωνα με το οποίο τα κόστη αποθεμάτων (inventory costs) και τα κόστη που επιβαρύνουν τη ναυτιλιακή εταιρεία (shipping costs) ελαχιστοποιούνται ξεχωριστά. Η συγκεκριμένη προσέγγιση είναι διαφορετική από τη συνηθισμένη πρακτική, που θέλει την ελαχιστοποίηση του αθροίσματος του κόστους. Όπως έχουμε εξηγήσει, η πρώτη κατηγορία κόστους σχετίζεται με τους φορτωτές/πελάτες και αφορά το κόστος που προκαλείται από την καθυστερημένη παράδοση του φορτίου. Η ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση τους δεν είναι εφικτή, από τη στιγμή που η αύξηση του ενός συνεπάγεται μείωση του άλλου.

Η πρόταση των Hsu και Hsieh λοιπόν, είναι η κατά Pareto βέλτιστη λύση⁵. Τα αποτελέσματα της ελαχιστοποίησης των δύο συναρτήσεων συγκρίνονται, ώστε να αποδειχθεί ποιά στρατηγική θα ακολουθηθεί. Συγκεκριμένα, το ερώτημα έχει να κάνει με το εάν είναι προτιμότερο να μετακινηθεί το φορτίο μέσω ενός λιμένα – κόμβου (hub port) ή μέσω απευθείας σύνδεσης μεταξύ του λιμένα – αφετηρία και του λιμένα – προορισμός. Εκτός αυτού, το μοντέλο αποσκοπεί και στο να δώσει απαντήσεις στα προβλήματα του μεγέθους του πλοίου και της συχνότητας των δρομολογίων. Η αξιοπιστία του δοκιμάστηκε μέσα από την πρακτική εφαρμογή του σε ένα απλοποιημένο σύστημα hub-and-spoke. Παράλληλα, εφαρμόστηκε και ανάλυση ευαισθησίας (sensitivity analysis), η οποία κατέδειξε τη σημασία της αποδοτικότητας

⁵ Σύμφωνα με την οικονομική θεωρία, όταν η λύση του προβλήματος της ανταγωνιστικής ισορροπίας είναι άριστη κατά Pareto δεν υπάρχει τρόπος να βελτιωθεί η ευημερία έστω και ενός ατόμου της οικονομίας χωρίς να μειωθεί η ευημερία κάποιου άλλου ατόμου.

του λιμένα - κόμβου (port operating efficiency) και του ύψους των χρεώσεων που αυτό επιβάλλει (port charges). Ειδικότερα, όσο η αποδοτικότητα αυξάνεται ή όσο οι χρεώσεις μειώνονται, τόσο πιο πιθανό θα είναι να επιλεγεί διαδρομή που θα συμπεριλαμβάνει το συγκεκριμένο λιμάνι. Η πρόταση των Hsu και Hsieh μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιαδήποτε διαδρομή.

Την πολύπλοκη εκδοχή του προβλήματος, όπου θα πρέπει να βρεθεί η βέλτιστη λύση για ένα σύνολο διαδρομών στη μακροχρόνια περίοδο (multiple routes – multiple time periods), την εξετάζουν μεταξύ άλλων οι Song και Dong (2012). Η πλειοψηφία των περιπτώσεων σε πραγματικές συνθήκες συναντάται με αυτή τη μορφή. Μάλιστα, η ανάλυση συμπεριλαμβάνει και τη διαχείριση των άδειων εμπορευματοκιβωτίων. Ο στόχος των δύο ερευνητών είναι να ελαχιστοποιήσουν το συνολικό κόστος της διαδικασίας αυτής, το οποίο αποτελείται από το κόστος φορτοεκφόρτωσης των εμπορευματοκιβωτίων στα λιμάνια, το κόστος αποθεμάτων των πελατών, το κόστος της μεταφόρτωσης (transshipment), το κόστος μεταφοράς των άδειων εμπορευματοκιβωτίων και το κόστος αποθήκευσης αυτών. Ανάλογα με την έκταση του μεταφορικού δικτύου, σχεδιάστηκαν δύο διαφορετικά μαθηματικά μοντέλα.

Από την πλευρά του ο Tran (2011) προχώρησε την έρευνα ένα επίπεδο περισσότερο. Διατύπωσε την άποψη ότι το πρόβλημα που εξετάζουμε πρέπει να αναλυθεί σε ένα ευρύτερο πλαίσιο, το οποίο θα περιλαμβάνει όλα τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας και όχι μόνο το κομμάτι της θαλάσσιας μεταφοράς. Ο ρόλος των λιμανιών έχει αλλάξει και πλέον αποτελούν διαμεταφορικούς κόμβους καθώς συνδέονται με τα χερσαία μεταφορικά μέσα και δίκτυα. Ο Tran σχεδίασε ένα μαθηματικό μοντέλο, το οποίο ελαχιστοποιεί το συνολικό κόστος για τη θαλάσσια και χερσαία μεταφορά ενός μεταφορικού συστήματος, όπως επίσης το ύψος των χρεώσεων από τη χρήση λιμενικών υπηρεσιών και το κόστος αποθεμάτων. Η παραπάνω θεωρία εφαρμόστηκε σε μια πραγματική περίπτωση μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων από τις ΗΠΑ στην Ευρώπη και οι υποθέσεις του Tran αποδείχθηκαν στην πράξη.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, το κόστος της θαλάσσιας μεταφοράς είναι απλά ένα μέρος του συνολικού μεταφορικού κόστους. Επομένως η βέλτιστη λύση δεν θα βρεθεί μόνο από την προσπάθεια ελαχιστοποίησης αυτού. Η επιλογή των λιμανιών, άρα και της διαδρομής, εξαρτάται και από τη σύνδεση με τα χερσαία μεταφορικά δίκτυα. Λιγότερα λιμάνια μπορεί να σημαίνει μείωση του κόστους

της θαλάσσιας μεταφοράς, αλλά ταυτόχρονα γίνεται δυσκολότερη η πρόσβαση στην ενδοχώρα, κάτι το οποίο αυξάνει το κόστος της χερσαίας μεταφοράς.

Η δουλειά που έγινε από τον Tran θέτει νέες βάσεις για τις μελλοντικές προσεγγίσεις στο συγκεκριμένο θέμα. Ειδικότερα από περιβαλλοντικής πλευράς, η σημασία είναι πολύ μεγάλη διότι μπορούμε να συσχετίσουμε τους αέριους ρύπους που εκλύουν τα πλοία με τους αντίστοιχους που εκλύουν τα χερσαία μέσα μεταφοράς, πάντα στα πλαίσια της ίδιας εφοδιαστικής αλυσίδας. Η προσπάθεια περιορισμού τους θα είναι αμφιβόλου αποτελέσματος εάν δεν συνδυαστεί αρμονικά και στα δύο τμήματα της.

Ο προγραμματισμός των δρομολογίων είναι το δεύτερο σκέλος του προβλήματος. Ο λόγος που κάνει επιτακτική τη βέλτιστη λύση και σε αυτό το πρόβλημα έχει να κάνει με τον παράγοντα “αβεβαιότητα”. Η αβεβαιότητα παίζει σημαντικότατο ρόλο στη ναυτιλία τακτικών γραμμών, ειδικότερα στην αγορά των εμπορευματοκιβωτίων. Αυτό συμβαίνει διότι τα δρομολόγια και οι χρόνοι άφιξης είναι προκαθορισμένα και δημοσιευμένα αρκετό καιρό πριν. Κάθε καθυστέρηση λοιπόν, πλήττει την αξιοπιστία των εταιρειών και την ανταγωνιστικότητα των προσφερόμενων υπηρεσιών τους. Οι λόγοι εμφάνισης της μπορεί να είναι τυχόν καιρικά φαινόμενα που να επηρεάζουν τη θαλάσσια μεταφορά, η υψηλή κίνηση στα λιμάνια ή πιθανές επιπλοκές κατά τη χρήση των λιμενικών υπηρεσιών (Qi και Song, 2012).

Ένας κακός προγραμματισμός θα έχει αρνητικές επιπτώσεις στην αξιοπιστία και τη φήμη της εταιρείας, στην κατανάλωση καυσίμων και στις εκπομπές αερίων ρύπων. Εάν ένα πλοίο φτάσει σε ένα λιμάνι καθυστερημένα τότε είναι πολύ πιθανόν να αντιμετωπίσει προβλήματα με τη διαδικασία πλαγιοδέτησης (berth allocation problem), καθώς με βάση την προκαθορισμένη ώρα άφιξης το κάθε λιμάνι κάνει τον δικό του προγραμματισμό για τη διάθεση των μέσων του. Η συνέπεια αυτού θα είναι η ακόμη μεγαλύτερη καθυστέρηση στη διαδικασία φορτοεκφόρτωσης, κάτι το οποίο θα δημιουργήσει με τη σειρά του προβλήματα στα υπόλοιπα τμήματα της εφοδιαστικής αλυσίδας, δηλαδή στα χερσαία μέσα μεταφοράς. Ο αντίκτυπος όλων αυτών θα είναι η αύξηση του κόστους για τον πελάτη. Οι αρνητικές επιπτώσεις ενός κακού προγραμματισμού όμως δεν σταματούν εδώ, καθώς το πλοίο για να καλύψει το χαμένο χρόνο στο υπόλοιπο της διαδρομής θα πρέπει να αυξήσει την ταχύτητα πλεύσης του, το

οποίο σημαίνει αυξημένη κατανάλωση καυσίμων και αυξημένες εκπομπές αερίων ρύπων.

Οι Qi και Song (2012) δίνουν λύση στο πρόβλημα, κατασκευάζοντας ένα μοντέλο το οποίο σε μια δεδομένη διαδρομή υπολογίζει τον καλύτερο δυνατό προγραμματισμό των δρομολογίων λαμβάνοντας υπόψιν την αβεβαιότητα που πιθανώς να εμφανιστεί κατά τη διαδικασία προσέγγισης του λιμανιού και χρήσης των λιμενικών υπηρεσιών. Μέσω του μοντέλου αυτού επιτυγχάνεται η ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης καυσίμων και ταυτόχρονα η χαμηλότερη δυνατή περιβαλλοντική επιβάρυνση από τη λειτουργία των πλοίων. Και σε αυτή τη περίπτωση, η χρησιμότητα του μοντέλου ελέγχθηκε μέσω της εφαρμογής του σε πραγματικές συνθήκες.

3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΒΑΣΕΙ ΚΑΙΡΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ (WEATHER ROUTING)

Ο υπολογισμός της βέλτιστης διαδρομής βάσει των καιρικών συνθηκών είναι μια συγκεκριμένη υποπερίπτωση του γενικότερου προβλήματος που εξετάστηκε στην προηγούμενη ενότητα. Στη διεθνή βιβλιογραφία μπορεί να συναντήσει κανείς και την ορολογία “environmental routing”. Αν και οι δύο αυτές έννοιες συχνά χρησιμοποιούνται ενναλλάξ, πρακτικά το πρόβλημα που θα μας απασχολήσει αποτελεί υποκατηγορία του environmental routing. Οι καιρικές συνθήκες είναι απλά ένα μέρος του περιβάλλοντος και επηρεάζουν τις θαλάσσιες οδούς, στις οποίες ταξιδεύουν τα πλοία (Christiansen και λοιποί, 2007).

Η βέλτιστη λύση του προβλήματος σκοπεύει στον καθορισμό της καλύτερης δυνατής διαδρομής για ταξίδια που συμπεριλαμβάνουν διέλευση ωκεανών, βάσει των καιρικών προβλέψεων, των γενικότερων θαλάσσιων συνθηκών και των προδιαγραφών του πλοίου. Σε ταξίδια που πραγματοποιούνται σε θάλασσες με γεωγραφικούς περιορισμούς (για παράδειγμα στη Βαλτική) δεν υπάρχει η δυνατότητα για ενναλακτική πορεία, οπότε το weather routing δεν μπορεί να εφαρμοστεί αποδοτικά.

Μέσα από αυτή τη διαδικασία επιχειρείται η επίτευξη της μέγιστης ασφάλειας και άνεσης για το πλήρωμα του πλοίου, της ελάχιστης δυνατής κατανάλωσης καυσίμων και της ελαχιστοποίησης του χρόνου που απαιτείται για την ολοκλήρωση του ταξιδιού

(NIMA⁶, 2002). Σύμφωνα με τη NIMA, η διαδικασία αυτή φέρνει καλύτερα αποτελέσματα όταν: (1) εφαρμόζεται σε διαδρομές μεγαλύτερες των 1,500 ναυτικών μιλίων, (2) όταν δεν υπάρχουν περιορισμοί στη θαλάσσια οδό και είναι δυνατή η χρησιμοποίηση ενναλακτικής πορείας και τέλος, (3) όταν τα καιρικά φαινόμενα είναι τέτοια, ώστε να αποτελούν έναν από τους καθοριστικούς παράγοντες προσδιορισμού της πορείας του πλοίου.

Τα σημαντικότερα στοιχεία που λαμβάνονται υπόψιν για τη βέλτιστη λύση του προβλήματος είναι το ύψος των κυμάτων και ο άνεμος. Τα κύματα είναι αυτά που επηρεάζουν περισσότερο την απόδοση του πλοίου, καθώς ευθύνονται για τις όποιες διορθωτικές αλλαγές απαιτούνται στην πορεία του. Ακόμη και όταν τα κύματα έχουν ευνοϊκή κατεύθυνση, μετά από ένα σημείο επιδρούν αρνητικά στην ώθηση που δίνει η προπέλα (NIMA, 2002). Επίσης, τα υψηλά κύματα απειλούν την ασφάλεια του πλοίου, του πληρώματος και του φορτίου. Για να ανταπεξέλθει το πλοίο και να διατηρήσει σταθερή την ταχύτητά του θα πρέπει να καταναλώσει περισσότερο καύσιμο, αυξάνοντας όχι μόνο το κόστος, αλλά και τις εκπομπές αερίων ρύπων.

Η επίδραση του ανέμου είναι κάπως δυσκολότερο να εκτιμηθεί με ακρίβεια, διότι είναι άμεση και έμμεση. Από τη μια πλευρά, οι υψηλής έντασης άνεμοι ευθύνονται για τη δημιουργία κυμάτων, επηρεάζοντας έμμεσα την πλεύση. Από την άλλη πλευρά όμως, οι άνεμοι συναντούν και την επιφάνεια του πλοίου. Όσο μεγαλύτερη επιφάνεια εκτίθεται στους ανέμους, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η επίδρασή τους (NIMA, 2002). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι και τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Ακριβώς επειδή το φορτίο εξέρχεται από το ύψος του καταστρώματος, όταν το πλοίο είναι πλήρως φορτωμένο τότε η συνολική επιφάνεια που δέχεται τις ριπές του ανέμου αυξάνει σημαντικά.

Άλλα στοιχεία που λαμβάνονται υπόψιν είναι ο πάγος και η πιθανότητα εμφάνισης ομίχλης. Ο κίνδυνος από τον πάγο είναι διπλός. Πιθανή σύγκρουση με κομμάτια πάγου που επιπλέουν στη θάλασσα μπορεί να προκαλέσει ανεπανόρθωτη ζημιά. Επίσης, ενδέχεται να σχηματιστεί πάγος επάνω στο πλοίο, κάτι το οποίο επηρεάζει τη σταθερότητα του, κυρίως βέβαια σε αυτά με μικρότερο μέγεθος. Αναφορικά με την ομίχλη, η εμφάνισή της έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της

⁶ Αμερικανικός κυβερνητικός οργανισμός. Εθνική Υπηρεσία Εικονογράφησης και Χαρτογράφησης – National Imagery and Mapping Agency.

ταχύτητας για λόγους ασφάλειας, γεγονός το οποίο μπορεί να προκαλέσει καθυστερήσεις στη προκαθορισμένη ώρα άφιξης στο επόμενο λιμάνι.

Μικρότερης σημασίας στοιχεία είναι το γεωγραφικό πλάτος που κινείται το πλοίο και τα ρεύματα των ωκεανών. Ο γενικός κανόνας είναι χειρότερες καιρικές συνθήκες όσο μεγαλύτερο είναι το γεωγραφικό πλάτος στο οποίο κινείται το πλοίο. Σχετικά με τα ρεύματα των ωκεανών, αυτά παίζουν το ρόλο τους στην επιλογή μιας εναλλακτικής πορείας.

Τα οφέλη από ένα αποδοτικό weather routing είναι πολύ σημαντικά. Εκτός από τη μείωση του κόστους που σχετίζεται με την κατανάλωση καυσίμων, η εταιρεία αποφεύγει πιθανές δαπάνες για την αποκατάσταση ζημιών ή απαιτήσεων τρίτων, ενώ μειώνει τη φθορά του πλοίου και αυξάνει το κύκλο ζωής του. Παράλληλα διατηρεί την αξιοπιστία της, ολοκληρώνοντας το ταξίδι στον προβλεπόμενο χρόνο με τη μέγιστη ασφάλεια για το φορτίο (NIMA, 2002). Από περιβαλλοντικής σκοπιάς, η σημασία του τονίστηκε και από τον IMO, ο οποίος το συμπεριέλαβε στους τρόπους με τους οποίους μπορεί να επιτευχθεί η βελτιστοποίηση των συνθηκών ταξιδιού (voyage optimization). Η μείωση στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά τονομίλι μπορεί να φτάσει έως και το 10% (2nd IMO GHG Study, 2009).

Υπηρεσίες weather routing προσφέρονται πλέον από πολλά κράτη και εξειδικευμένες εταιρείες. Με τα εξελιγμένα δορυφορικά συστήματα παρακολούθησης του καιρού, οι προβλέψεις γίνονται όλο και πιο αξιόπιστες. Διάφορα τεχνικά μέσα ανάλυσης του καιρού και των κυμάτων βρίσκονται εγκατεστημένα πάνω στα πλοία. Από το σύνολο των προβλημάτων που εξετάζονται στην παρούσα διπλωματική εργασία, μπορεί να ειπωθεί πως για το συγκεκριμένο η βέλτιστη λύση αποτελεί τη συνήθη πρακτική.

3.4 Ο ΒΕΛΤΙΣΤΟΣ ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥ ΣΤΟΛΟΥ (OPTIMAL FLEET DEPLOYMENT)

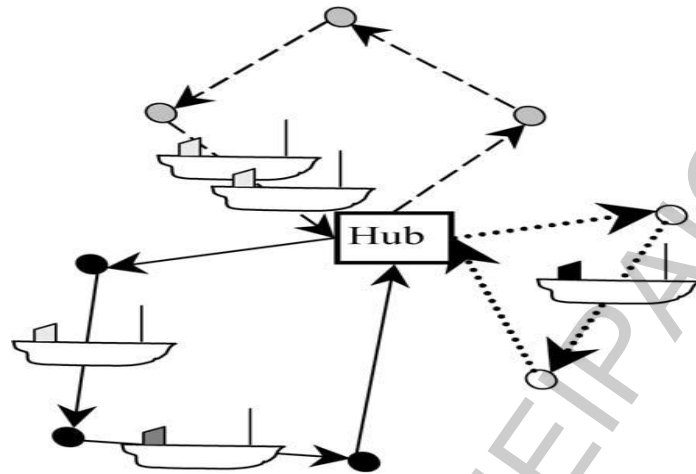
Το πρόβλημα που θα μας αποσχολήσει στην ενότητα αυτή είναι ο τρόπος διάθεσης των πλοίων στις προκαθορισμένες διαδρομές. Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται με τον όρο “fleet deployment”. Ο αριθμός των σχετικών με το θέμα αυτό ερευνών δεν είναι μεγάλος. Μάλιστα, η πλειοψηφία των ερευνητών ασχολείται με περιπτώσεις που δεν αφορούν τη ναυτιλία τακτικών γραμμών και τη μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων. Μόλις τα τελευταία χρόνια έχει αλλάξει η τάση αυτή, συγκεντρώνοντας την προσοχή όλο και περισσότερων επιστημόνων.

Ο στόλος μιας εταιρείας τακτικών γραμμών που μεταφέρει εμπορευματοκιβώτια είναι κατά κανόνα ετερογενής. Αυτό μεταφράζεται σε ένα σύνολο πλοίων διαφορετικού μεγέθους, μεταφορικής ικανότητας και ταχύτητας, τα οποία δεν είναι κατάλληλα για να καλύψουν τις ανάγκες της οποιασδήποτε διαδρομής (Christiansen και λοιποί, 2007). Ο λόγος είναι απλός. Η κάθε διαδρομή διασχίζει διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές, όπου τα νομικά ή τα περιβαλλοντικά κριτήρια που πρέπει να πληρούν τα πλοία διαφέρουν σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό (Gelareh και Meng, 2009).

Σε κάθε μια από τις προκαθορισμένες διαδρομές πρέπει να διατεθεί ένας ορισμένος αριθμός πλοίων με τα χαρακτηριστικά εκείνα, τα οποία θα τους επιτρέψουν να πραγματοποιήσουν τον ελάχιστο απαιτούμενο αριθμό επισκέψεων στο εκάστοτε λιμάνι σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα. Οι εταιρείες προχωρούν σε αναδιάταξη (re-deployment) του στόλου τους μετά την πάροδο 3 – 6 μηνών, προσαρμοζόμενες στις αλλαγές της ζήτησης για μεταφορικές υπηρεσίες (Wang και Meng, 2011). Η βέλτιστη λύση στο συγκεκριμένο πρόβλημα στοχεύει στην ελαχιστοποίηση του λειτουργικού κόστους για τη ναυτιλιακή εταιρεία και του κόστους συντήρησης και επισκευών (lay-up cost) που είναι αναπόφευκτο να χρειαστούν κάποια από τα πλοία στη μακροχρόνια περίοδο (Christiansen και λοιποί, 2007).

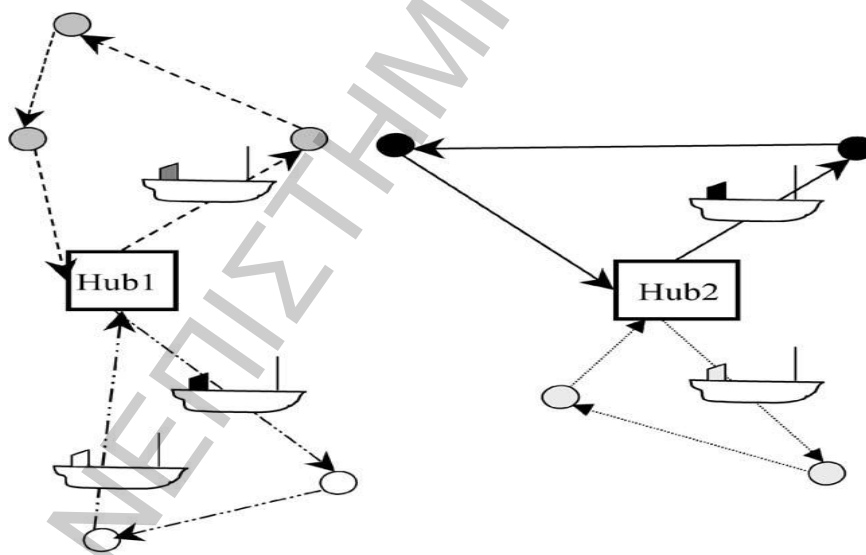
Στις παλαιότερες βιβλιογραφικές αναφορές, τα μοντέλα επίλυσης του προβλήματος άφηναν εκτός τον παράγοντα “βέλτιστη ταχύτητα” και το γεγονός ότι αυτή διέφερε ανάλογα με τα φυσικά και τεχνικά χαρακτηριστικά του κάθε πλοίου. Ο προσδιορισμός της ελάμβανε χώρα εξωγενώς και με υπολογισμούς ανεξάρτητους από

το μαθηματικό μοντέλο. Ακριβώς αυτή είναι μια από τις εξελίξεις που σηματοδοτεί τη μεγάλη πρόοδο των νεότερων ερευνητικών προσπαθειών.



Σχήμα 11α: Υπόδειγμα ανάπτυξης στόλου σε ένα σύνολο διαφορετικών διαδρομών με ένα κοινό λιμάνι – κόμβο.

Πηγή: Christiansen και λοιποί, 2007



Σχήμα 11β: Υπόδειγμα ανάπτυξης στόλου σε ένα σύνολο διαφορετικών διαδρομών με περισσότερα και διαφορετικά λιμάνια – κόμβους

Πηγή: Christiansen και λοιποί, 2007

Στην εργασία τους οι Christiansen και λοιποί (2007) παρουσιάζουν σχηματικά τον τρόπο διάθεσης ενός στόλου πλοίων με διαφορετικά χαρακτηριστικά σε ένα σύνολο διαδρομών (Σχήμα 11α και 11β). Οι περιπτώσεις που εξετάζονται αφορούν δίκτυα hub-

and-spoke, μιας και η συγκεκριμένη μορφή δικτύων έχει επικρατήσει στην αγορά των εμπορευματοκιβωτίων. Το μοντέλο τους βασίζεται στην ελαχιστοποίηση του άθροισματος του κόστους λειτουργίας και του κόστους συντήρησης - επισκευής των επιλεγμένων πλοίων. Ο χρονικός ορίζοντας σχεδιασμού είναι το ένα έτος.

Μια ακόμη σημαντική συνεισφορά είναι η λύση που προτείνουν οι Gelareh και Meng (2009). Το μοντέλο τους είναι σύνθετο και πιο ρεαλιστικό, καθώς εντάσσει στην ανάλυση και τις αποφάσεις αυξομείωσης του στόλου, ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη λύση. Εστιάζουν στην βραχυχρόνια περίοδο σχεδιασμού και εκτός της ταχύτητας λαμβάνουν επίσης υπόψιν τις μεταβολές της συνολικής χωρητικότητας του στόλου μέσω της διαδικασίας ναύλωσης – εκναύλωσης πλοίων (charter-in και charter-out), ανάλογα με τις μεταφορικές ανάγκες. Επιπρόσθετα, μέσα από την υπολογιστική διαδικασία καθορίζεται η συχνότητα των δρομολογίων και παράλληλα στοχεύεται η πλήρης εναρμόνιση με τα προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα άφιξης του πλοίου στο λιμάνι (time windows). Η αντικειμενική συνάρτηση που ελαχιστοποιείται αφορά το άθροισμα του κόστους μεταφοράς των εμπορευματοκιβωτίων, του κόστους συντήρησης των πλοίων, του κόστους ναύλωσης νέων πλοίων (αν υπάρχει) μείον το όφελος από την εκναύλωση πλοίων του υπάρχοντος στόλου (αν υπάρχει).

Το ανωτέρω μοντέλο βελτιώθηκε δύο χρόνια μετά από τους Wang και λοιποί (2011). Οι τροποποιήσεις αφορούσαν τον μέγιστο αριθμό ταξιδίων που δύναται να πραγματοποιηθούν από ένα πλοίο στο βραχυπρόθεσμο ορίζοντα σχεδιασμού, όπως και μερικές βελτιώσεις στην υπολογιστική διαδικασία.

Οι Wang και Meng (2011) σε μια συνέχεια των ερευνών που παρουσιάστηκαν νωρίτερα, υπογραμμίζουν τη σημασία της μεταφόρτωσης των εμπορευματοκιβωτίων και το γεγονός ότι πρακτικά αυτή μπορεί να λάβει χώρα σε οποιοδήποτε λιμάνι, άσχετα εάν αποτελεί λιμάνι – κόμβο ή όχι. Ως παράδειγμα αναφέρουν τα φορτία που αναχωρούν από ένα μικρό λιμάνι με προορισμό ένα άλλο μικρό λιμάνι, τα οποία δύναται να μεταφορτωθούν τρεις ή και τέσσερις φορές. Βασιζόμενοι στη παραπάνω θεωρητική προσέγγιση δημιούργησαν ένα μοντέλο ελαχιστοποίησης του συνολικού κόστους, το οποίο δέχεται τη διαδικασία της μεταφόρτωσης σε κάθε λιμάνι, χωρίς συγκεκριμένο περιορισμό στον αριθμό των εμπορευματοκιβωτίων που θα μεταφορτωθούν.

Ο χρόνος που κάθε πλοίο περνάει εντός του λιμανιού είναι ανάλογος του αριθμού των εμπορευματοκιβωτίων που προορίζονται για φορτοεκφόρτωση. Συνεπώς στην προσπάθεια ελαχιστοποίησης του συνολικού κόστους για το στόλο, σημαντικό ρόλο κατέχουν τα κόστη μεταφόρτωσης (transshipment costs) σε κάθε λιμάνι, οι εκάστοτε χρεώσεις για τις κινήσεις φόρτωσης (loading charges) των εμπορευματοκιβωτίων και εκφόρτωσης τους (unloading charges). Εκτός των προαναφερθέντων στοιχείων, η αντικειμενική συνάρτηση προς ελαχιστοποίηση περιλαμβάνει και το κόστος λειτουργίας των πλοίων, το κόστος για τη ναύλωση νέων πλοίων (εάν υπάρχει) μείον το όφελος από την εκναύλωση ήδη διαθέσιμων πλοίων (εάν υπάρχει).

Τέλος, ο Wang (2013) διευρύνει τη μέχρι στιγμής προσέγγιση του προβλήματος, προσθέτοντας πέντε έννοιες, οι οποίες σπανίως συνδέονται με την επίλυση του, τουλάχιστον όχι ταυτόχρονα και στο σύνολο τους. Η πρώτη έννοια είναι η αγορά χωρητικότητας (slot-purchasing) από τις άλλες εταιρείες της συμμαχίας. Η συγκεκριμένη τακτική είναι πολύ συνηθισμένη όταν μια εταιρεία δεν μπορεί να καλύψει τη ζήτηση για μεταφορικές υπηρεσίες χρησιμοποιώντας δικά της μέσα.

Η δεύτερη έννοια είναι ένα πρακτικό ζήτημα και αφορά τον ακέραιο αριθμό των εμπορευματοκιβωτίων (integer number of containers). Γενικά τα υπολογιστικά μοντέλα δεν το λαμβάνουν αυτό υπόψη, παρουσιάζοντας αποτελέσματα που δεν βγάζουν νόημα στην πράξη. Για παράδειγμα, δεν μπορεί να ισχυριστεί κανείς ότι θα μεταφέρει κατά μέσο όρο 100,5 κιβωτίων. Αποτέλεσμα είναι να μην γίνεται ακριβής πρόβλεψη σχετικά με τις αναμενόμενες ροές εμπορευματοκιβωτίων.

Η τρίτη έννοια έχει να κάνει με τον διαφορετικό τύπο των εμπορευματοκιβωτίων. Στα μαθηματικά μοντέλα κυριαρχεί η μονάδα μέτρησης σε TEU. Στην πραγματικότητα όμως, ένα πλοίο μπορεί να μεταφέρει διάφορους τύπους κιβωτίων, οι οποίοι χρεώνονται διαφορετικά σε κάθε κίνηση φόρτωσης ή εκφόρτωσης στο λιμάνι. Κατά συνέπεια αλλοιώνεται το μέγεθος του σχετικού κόστους και επηρεάζεται η βέλτιστη λύση του προβλήματος.

Η τέταρτη έννοια σχετίζεται με την αναδιάταξη των άδειων εμπορευματοκιβωτίων (empty container repositioning), τα οποία είναι αποτέλεσμα της ανισορροπίας του παγκόσμιου εμπορίου. Εάν αγνοήσει κανείς το κόστος για τη μεταφόρτωση των άδειων και την εκ νέου αξιοποίηση τους, τότε η βέλτιστη λύση στο

πρόβλημα δεν θα επιτευχθεί. Η συσσώρευση τους σε ένα λιμάνι κάνει ακόμη πιο δύσκολη την διαδικασία μεταφόρτωσης και αποστολής τους στα σημεία του δικτύου που υπάρχει ανάγκη. Σε τέτοιες περιπτώσεις ο κίνδυνος αδυναμίας εξυπηρέτησης μιας διαδρομής είναι υπαρκτός.

Η τελευταία έννοια που παρουσιάζει ο Wang είναι η αναδιάταξη των πλοίων (ship repositioning). Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η κάθε εταιρεία αλλάζει τακτικά τα πλάνα της (με συχνότητα 3 – 6 μηνών) στον τρόπο ανάπτυξης του στόλου της. Εάν ένα πλοίο αποφασιστεί να αλλάξει διαδρομή, αυτό δεν μπορεί να συμβεί άμεσα. Η όλη διαδικασία επιβαρύνει την εταιρεία, καθώς το πλοίο βρίσκεται ουσιαστικά “εκτός υπηρεσίας” από τη στιγμή που εγκαταλείπει την προηγούμενη διαδρομή (phase-out) μέχρι τη στιγμή που επανέρχεται (phase-in).

Όπως γίνεται αντιληπτό, ο Wang δημιούργησε ένα εξαιρετικά σύνθετο και πολύπλοκο μαθηματικό μοντέλο συμπεριλαμβάνοντας όλα τα προηγούμενα στοιχεία. Ο στόχος του μοντέλου είναι να ελαχιστοποιήσει το άθροισμα από τα επιμέρους κόστη που σχετίζονται με τις έννοιες που αναφέρθηκαν, συν φυσικά τα κόστη από τη λειτουργία των πλοίων.

Το πρόβλημα της βέλτιστης λειτουργικής ανάπτυξης του στόλου είναι δυναμικής φύσεως και γίνεται όλο και πιο σύνθετο, λόγω της συνεχούς αύξησης του μεγέθους των πλοίων και της μεταφορικής τους ικανότητας. Οι έρευνες στο συγκεκριμένο πεδίο έχουν προχωρήσει, όμως η σύνδεση με την επίτευξη “πράσινων” στόχων δεν φαίνεται να είναι άμεση.

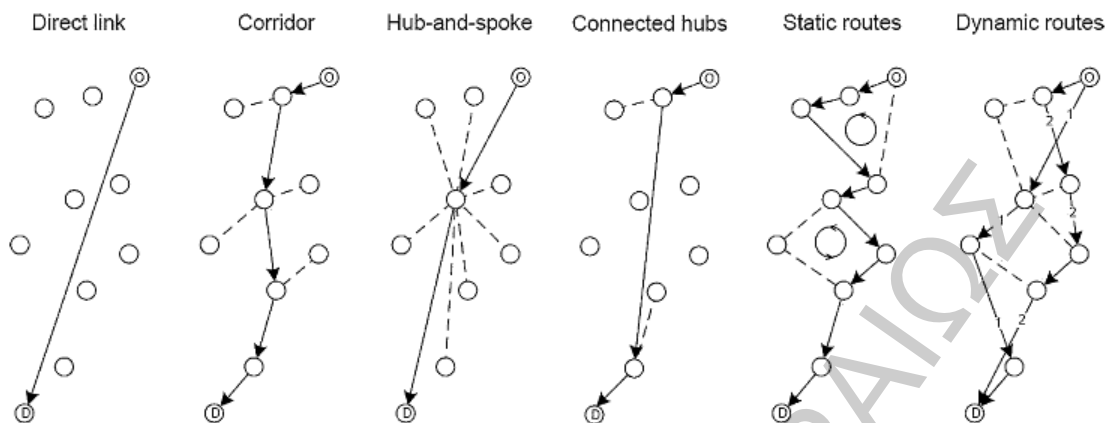
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Στο τέταρτο κεφάλαιο το ενδιαφέρον μας θα μετατοπιστεί σε ζητήματα στρατηγικής φύσεως. Τα επιμέρους προβλήματα που θα μας απασχολήσουν σχετίζονται με τον σχεδιασμό ενός δικτύου συνδυασμένων μεταφορών (intermodal network design) και τον τρόπο κατανομής των συνδυαζόμενων μεταφορικών μέσων (modal split). Επίσης θα αναλύσουμε και τη διαδικασία μεταφόρτωσης (transshipment), η οποία αποτελεί σημαντικό παράγοντα όχι μόνο για τον σχεδιασμό του μεταφορικού δικτύου, αλλά και για την εύρυθμη λειτουργία του.

4.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ (INTERMODAL NETWORK DESIGN)

Η θαλάσσια μεταφορά αποτελεί ενδιάμεσο κρίκο στη μεταφορική αλυσίδα. Ειδικότερα για την περίπτωση που μας ενδιαφέρει, δηλαδή τις μεταφορές εμπορευματοκιβωτίων, η προσεκτική επιλογή των λιμένων και των σταθμών μεταφόρτωσης αποτελούν βασική στρατηγική επιλογή στη προσπάθεια της εταιρείας για σύνδεση με περισσότερες αγορές και για παροχή ολοκληρωμένων (door-to-door) και υψηλού επιπέδου υπηρεσιών (Nam και Song, 2011). Όμως, το πρόβλημα του σχεδιασμού ενός συστήματος συνδυασμένων μεταφορών δεν θα πρέπει να συγχέεται με το σχεδιασμό ενός συμβατικού ναυτιλιακού μεταφορικού δικτύου. Ο λόγος είναι απλός, διότι στην πρώτη περίπτωση θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν και το χερσαίο μεταφορικό δίκτυο.

Ο σχεδιασμός ενός συμβατικού μεταφορικού δικτύου στη ναυτιλία τακτικών γραμμών έχει να κάνει αρχικά με την επιλογή των λιμένων που θα εξυπηρετήσουν τα πλοία. Το μεταφορικό δίκτυο μπορεί να πάρει διάφορες μορφές (βλέπε Σχήμα 12). Από αυτές, η μορφή δικτύων που έχει επικρατήσει είναι των hub-and-spokes. Η δομή τους έχει ως εξής: Ορισμένα από τα λιμάνια του δικτύου λειτουργούν ως κόμβοι (hub ports) και καλύπτουν κυρίως ανάγκες μεταφόρτωσης. Τα υπόλοιπα λιμάνια συνθέτουν τους διάφορους συνδυασμούς αφετηρίας - προορισμού εμπορευματοκιβωτίων (origin-destination pairs, spoke-spoke pairs).



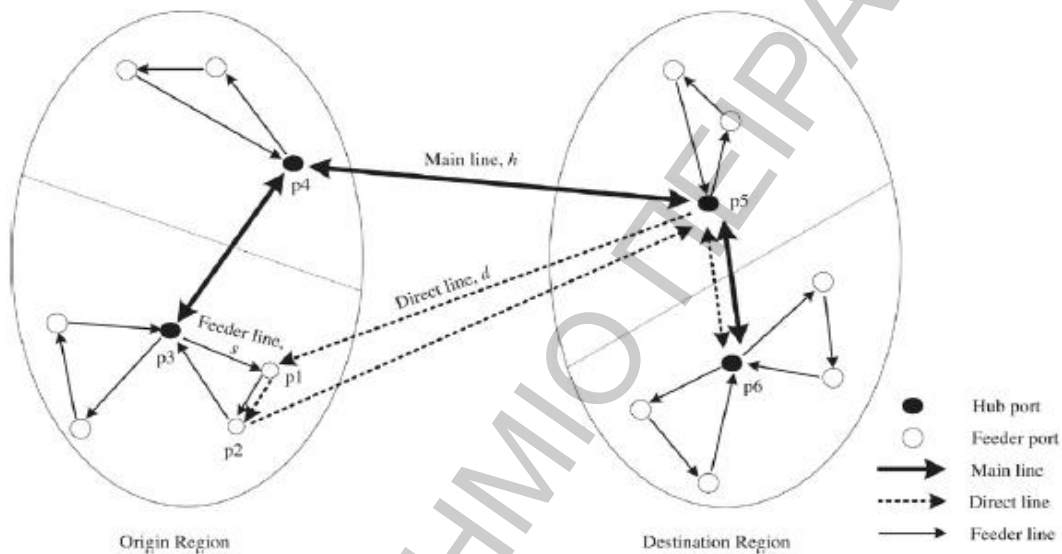
Σχήμα 12: Πιθανές μορφές συμβατικών μεταφορικών δικτύων στη ναυτιλία τακτικών γραμμών

Πηγή: Caris και λοιποί, 2013

Το δεύτερο στάδιο του σχεδιασμού περιλαμβάνει τη σύνδεση των λιμανιών μέσω ενός συνόλου κύριων (main lines) και τοπικών διαδρομών (feeder lines), όπως φαίνεται παρακάτω στο Σχήμα 13. Ο διαχωρισμός αυτός είναι αναγκαίος, διότι στις κύριες διαδρομές επιχειρούν τα μεγαλύτερου μεγέθους πλοία (mother vessels), λόγω των αυξημένων μεταφορικών αναγκών και των οικονομιών κλίμακας που προσφέρει το μέγεθος τους. Στις τοπικές διαδρομές επιχειρούν τα μικρότερα πλοία του στόλου (feeder vessels), τα οποία διανέμουν το φορτίο σε κάθε άκρη του μεταφορικού δικτύου (Gudehus και Kotzab, 2012). Το πρόβλημα λοιπόν που καλείται να λύσει η εταιρεία είναι να επιλέξει από ένα σύνολο δεδομένων και προκαθορισμένων διαδρομών εκείνες, οι οποίες θα συνδέσουν τα λιμάνια με ένα τρόπο που θα μεγιστοποιεί το ποσοστό αξιοποίησης του κάθε πλοίου και τα συνολικά κέρδη (ή θα ελαχιστοποιήσει το συνολικό κόστος) από τη λειτουργία του δικτύου.

Από την άλλη πλευρά οι Meng και Wang (2011) τονίζουν ότι, ο σχεδιασμός ενός συστήματος συνδυασμένων μεταφορών αποσκοπεί όχι μόνο στην ελαχιστοποίηση του κόστους μεταφοράς των εμπορευματοκιβωτίων (transportation cost), αλλά και του κόστους λειτουργίας των σταθμών μεταφόρτωσης (hub operational cost). Ειδοποιός διαφορά το γεγονός ότι, ως μεταφορά του φορτίου εννοούμε τη συνολική απόσταση που θα καλύψει με τη βοήθεια των χερσαίων και θαλασσίων μέσων. Επίσης οι σταθμοί μεταφόρτωσης μπορεί να είναι λιμάνια ή κέντρα συγκέντρωσης και διανομής του φορτίου στο εσωτερικό κάποιας χώρας. Σημεία – κλειδιά στη διαδικασία του

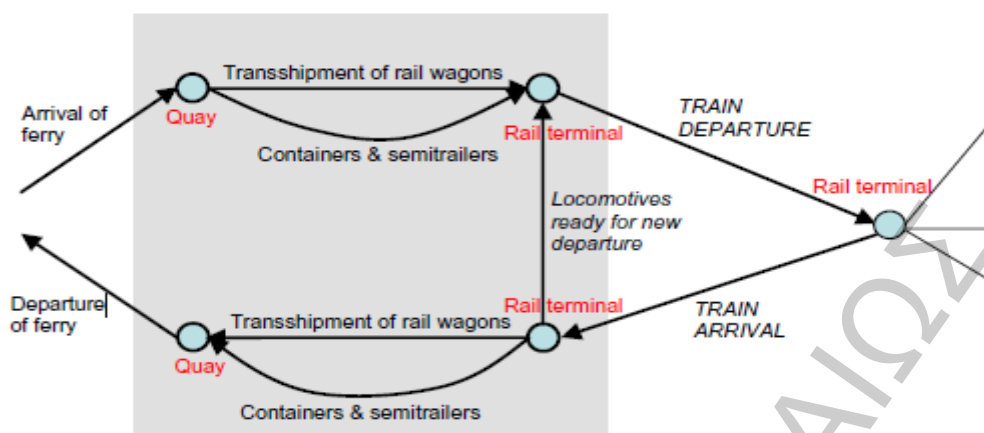
σχεδιασμού είναι η τοποθεσία των σταθμών μεταφόρτωσης και ο συνδυασμός των διαφορετικών μεταφορικών μέσων για τη συγκρότηση της βέλτιστης γραμμής μεταφόρτωσης (βλέπε Σχήμα 14). Μια τέτοια γραμμή αποτελείται από όλα εκείνα τα μέσα που απαιτούνται, ώστε να γίνει η μεταφόρτωση ενός εμπορευματοκιβωτίου σε ένα άλλο μεταφορικό μέσο. Ως παραδείγματα μπορούμε να αναφέρουμε τους γερανούς φορτοεκφόρτωσης στις αποβάθρες και τα οχήματα στοιβασίας και μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων εντός του λιμένα.



Σχήμα 13: Παράδειγμα συμβατικού δικτύου hub-and-spoke

Πηγή: Hsu και Hsieh, 2007

Η ισορροπία που πρέπει να επιτευχθεί κατά τον σχεδιασμό ενός συμβατικού συστήματος hub-and-spoke εξαρτάται από τις επιθυμίες των φορτωτών/πελατών για απευθείας και συχνή κάλυψη όσο το δυνατόν περισσότερων λιμανιών, οι οποίες έρχονται σε αντίθεση με τις επιθυμίες και τα συμφέροντα της ναυτιλιακής εταιρείας για μειωμένο κόστος. Υπάρχουν δηλαδή αντικρουόμενα συμφέροντα από δύο πλευρές, οι οποίες καλούνται να βρουν τη χρυσή τομή. Στο δίκτυο των συνδυασμένων μεταφορών η κατάσταση περιπλέκεται ακόμη περισσότερο, από τη στιγμή που ο αριθμός των εμπλεκόμενων στη μεταφορική διαδικασία αυξάνεται κατά πολύ.



Σχήμα 14: Παράδειγμα γραμμής μεταφόρτωσης σιδηροδρομικής - θαλάσσιας μεταφοράς

Πηγή: Andersen και λοιποί, 2009

Σύμφωνα με τους Meng και Wang (2011), στη περίπτωση που εξετάζουμε οι ενδιαφερόμενοι είναι: (1) ο σχεδιαστής του δικτύου (network planner), (2) οι διαφορετικής φύσεως συνεργαζόμενες μεταφορικές εταιρείες (carriers), (3) οι υπεύθυνοι για τη λειτουργία των σταθμών μεταφόρτωσης (hub operators), και τέλος (4) οι χρήστες των υπηρεσιών συνδυασμένης μεταφοράς (intermodal operators).

Ο σχεδιαστής του δικτύου μπορεί να έχει διάφορες νομικές μορφές, από εθνικός ή διεθνής κυβερνητικός οργανισμός μέχρι ιδιωτική εταιρεία. Μάλιστα, στη περίπτωση που ισχύει το τελευταίο είναι πολύ πιθανόν η ίδια εταιρεία να είναι υπεύθυνη για το σύνολο των παρεχόμενων υπηρεσιών, δηλαδή τη μεταφορά και τη μεταφόρτωση σε άλλα μέσα. Οι χρήστες των υπηρεσιών μπορεί να είναι απευθείας οι φορτωτές ή εκπρόσωποι αυτών, όπως εταιρείες logistics ή κάποιος ενδιάμεσος μεσίτης. Όπως είναι λογικό, τα τέσσερα αυτά μέρη εμφανίζουν διακριτές συμπεριφορές και η βελτιστοποίηση της λειτουργίας του δικτύου θα πρέπει να ικανοποιεί τις επιθυμίες και τα συμφέροντα της κάθε πλευράς ξεχωριστά.

Μέσα σε όλα αυτά, θα πρέπει να διασφαλιστεί ο βέλτιστος συγχρονισμός στις ανταποκρίσεις των διαφορετικών μέσων μεταφοράς, ώστε να μην αυξηθεί ο συνολικός χρόνος και το κόστος που απαιτείται για τη μεταφορά των εμπορευματοκιβωτίων μέχρι τον τελικό τους προορισμό. Ο σκοπός είναι η διατήρηση της ανταγωνιστικότητας απέναντι σε δίκτυα που χρησιμοποιούν ένα και μόνο μεταφορικό μέσο. Για να συμβεί αυτό, απαραίτητη είναι η συνεχής ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των εταιρειών που

απαρτίζουν το δίκτυο των συνδυασμένων μεταφορών. Το κύριο εμπόδιο που πρέπει να ξεπεραστεί είναι αυτό της ασυμβατότητας των επιμέρους πληροφοριακών συστημάτων.

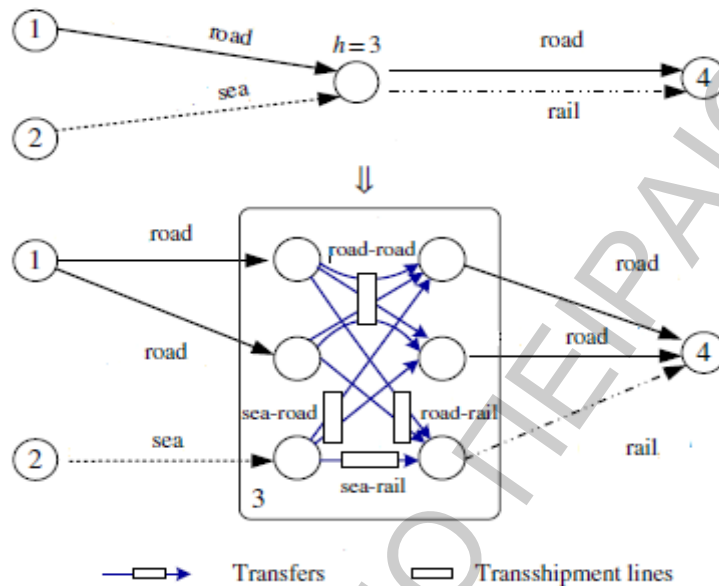
Υψιστης σημασίας, λοιπόν, είναι η ύπαρξη ενός ενιαίου πληροφοριακού συστήματος, το οποίο θα διασφαλίζει την απρόσκοπτη επικοινωνία και ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των διαφόρων πλευρών που δραστηριοποιούνται στο μεταφορικό δίκτυο (Caris και λοιποί, 2013). Η συνεχής ροή πληροφοριών είναι απαραίτητη για την αντιμετώπιση προβλημάτων, τη καθημερινή διαχείριση και την ομαλή λειτουργία του δικτύου. Το συγκεκριμένο ζήτημα ελάχιστα έχει ερευνηθεί ως σήμερα, με τους επιστήμονες να σημειώνουν πως οι δυνατότητες εφαρμογής καινοτόμων ιδεών και πρακτικών φαντάζουν απεριόριστες.

Η έκταση των αναλύσεων και ο αριθμός των προσπαθειών επίλυσης του προβλήματος είναι γενικά περιορισμένα. Επομένως και οι όποιες προτεινόμενες λύσεις αφήνουν περιθώρια για κριτική. Η πλειοψηφία των ερευνητών περιορίζονται στα πλαίσια του συνδυασμού χερσαίων μέσων (σιδηροδρομικές και οδικές μεταφορές). Ένας πιθανός λόγος εξήγησης είναι το γεγονός ότι η εξάπλωση των δικτύων συνδυασμένων μεταφορών με τη συμμετοχή της ναυτιλίας σε αυτά είναι μια σχετικά πρόσφατη εξέλιξη.

Μια έρευνα που συμπεριλαμβάνει τη θαλάσσια μεταφορά και προσεγγίζει με ρεαλιστικό τρόπο το ζήτημα είναι αυτή των Meng και Wang (2011). Η ανάλυση τους βασίζεται στο διαχωρισμό του δικτύου σε δύο συσχετιζόμενα δίκτυα: (1) το δίκτυο υποδομών που περιλαμβάνει στοιχεία όπως οι κόμβοι και οι γραμμές μεταφόρτωσης (physical network), και (2) το λειτουργικό δίκτυο (operational network), το οποίο αντιπροσωπεύει τη μεταφορική διαδικασία και τη διαχείριση των ροών των εμπορευματοκιβωτίων, ενώ βασίζεται στην ύπαρξη του πρώτου (βλέπε Σχήμα 15). Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη θεωρία, ο σχεδιαστής του δικτύου στοχεύει στη βελτιστοποίηση του πρώτου, τη στιγμή που οι χρήστες των υπηρεσιών βασίζονται τις αποφάσεις τους στην ύπαρξη του δεύτερου.

Το μαθηματικό μοντέλο που δημιουργήθηκε με βάση τα παραπάνω μπορεί να προσαρμοστεί είτε για την ελαχιστοποίηση του κόστους παροχής των υπηρεσιών (μεταφορά και μεταφόρτωση σε άλλα μέσα), είτε για τη μεγιστοποίηση του αντίστοιχου κέρδους. Παρόλο που οι δύο ερευνητές παρουσίασαν αποτελέσματα της πρακτικής εφαρμογής του μοντέλου αυτού σε ένα δίκτυο συνδυασμένων μεταφορών στην

ανατολική Ασία, υπογραμμίζουν την ανάγκη για περαιτέρω βελτίωση του. Εντούτοις, παραμένει από τις πρώτες και άκρως σημαντικές προσπάθειες στο συγκεκριμένο πεδίο έρευνας.



Σχήμα 15: Σχηματική απεικόνιση της θεωρίας των Meng & Wang

Πηγή: Meng και Wang, 2011

Οι εκτιμήσεις για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την λειτουργία των δικτύων συνδυασμένων μεταφορών με συμμετοχή της ναυτιλίας είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν. Κατά τη διάρκεια της συλλογής πληροφοριών για τη συγγραφή της διπλωματικής εργασίας δεν εντοπίστηκε κάποια ερευνητική προσπάθεια που να εστιάζει στο συγκεκριμένο ζήτημα. Επομένως είναι δύσκολη η εκτίμηση του ποσοστού μείωσης τους από τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού ενός παρόμοιου δικτύου. Προς αυτή την κατεύθυνση θα ήταν χρήσιμο να κατευθυνθούν οι επόμενες ερευνητικές προσπάθειες.

4.2 Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΜΕΣΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ (MODAL SPLIT)

Το ζήτημα της κατανομής των μέσων μεταφοράς ανακύπτει όταν αναφερόμαστε στο ποσοστό εκείνο του παγκοσμίου εμπορίου, το οποίο μεταφέρεται με περισσότερα του ενός μεταφορικά μέσα. Στην αγορά των εμπορευματοκιβωτίων το φαινόμενο αυτό αποτελεί πλέον κομμάτι της καθημερινής λειτουργίας των ναυτιλιακών επιχειρήσεων. Ο συγκεκριμένος τρόπος μεταφοράς προωθείται από διάφορες κυβερνήσεις ανά τον κόσμο, σε μια προσπάθεια να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας και τις παρακείμενες αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον από τις εμπορευματικές μεταφορές (McKinnon, 2012).

Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα που δίνει η ΕΕ, η οποία μέσω της Λευκής Βίβλου του 2011 θέτει ως στόχο μέχρι το 2050 την εξυπηρέτηση του 30% των οδικών εμπορευματικών μεταφορών στα εδάφη της, μέσω των σιδηροδρομικών και θαλασσιών δικτύων της (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2011). Στα πλαίσια της προσπάθειας αυτής είναι και η περαιτέρω ανάπτυξη και ενίσχυση της ναυτιλίας μικρών αποστάσεων (short sea shipping). Ο ρόλος που της αποδίδεται είναι ο συνδετικός κρίκος μεταξύ των υπερωκεάνιων μεταφορών (deep sea/ocean shipping) και της διανομής του φορτίου στην ευρωπαϊκή ενδοχώρα (Grosso και λοιποί, 2010).

Transport mode	gCO ₂ /tkm
Pipelines	5
Deep-sea tanker	5
Deep-sea container	8
Short sea shipping	16
Intermodal road/short sea	21
Rail transport	22
Intermodal road/rail	26
Barge transport on inland waterway	31
Intermodal road/barge	34
Road transport— heavy truck	62
Airfreight	600

Πίνακας 1: Σύγκριση εκπομπών CO₂ διαφορετικών μεθόδων μεταφοράς για χημικά προϊόντα

Πηγή: McKinnon, 2012

Η σκέψη πίσω από την προώθηση των συνδυασμένων (ή αλλιώς και πολυτροπικών) μεταφορών είναι η μείωση των αερίων που συμβάλλουν στην εμφάνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Στο πρώτο κεφάλαιο έγινε η ανάλυση της σχέσης της

ταχύτητας με τις εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων, κυρίως του διοξειδίου του άνθρακα. Επομένως, μια ενδεχόμενη μείωση της συμμετοχής των ταχύτερων μεταφορικών μέσω στις εμπορευματικές μεταφορές, θα προσδώσει στην εφοδιαστική αλυσίδα έναν περισσότερο “πράσινο” χαρακτήρα. Για του λόγου το αληθές, στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα μιας έρευνας για τη μεταφορά χημικών εντός του ευρωπαϊκού χώρου. Ο συνδυασμός διαφορετικών μεταφορικών μέσω αποδεικνύεται περισσότερο φιλικός προς το περιβάλλον.

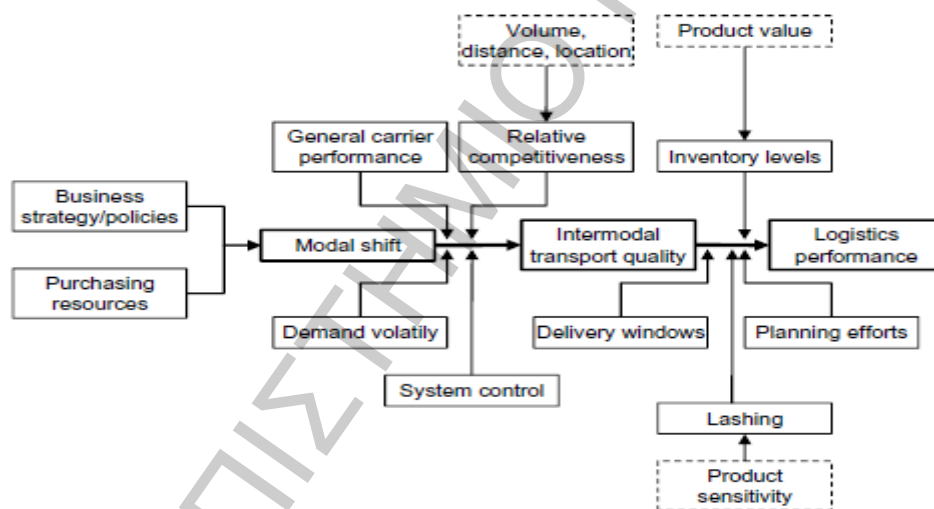
Ενδιαφέρον παρουσιάζει η έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τον Janic (2007), σχετικά με τη σύγκριση του κόστους ενός δικτύου συνδυασμένων (σιδηροδρομικών και οδικών) μεταφορών και ενός ισοδύναμου δικτύου οδικών μεταφορών. Ο Janic διαιρεί το κόστος σε εσωτερικό και εξωτερικό. Το πρώτο συνδέεται με τη λειτουργία του εκάστοτε δικτύου και προέρχεται από τη μεταφορική διαδικασία, τη διαχείριση του φορτίου στους κόμβους αλλά και την αξία των αποθεμάτων σε μεταφορά. Το δεύτερο προέρχεται από τις επιπτώσεις της λειτουργίας των μεταφορικών δικτύων στην κοινωνία και στο περιβάλλον (μόλυνση, θόρυβος, ατυχήματα).

Με βάση ένα μαθηματικό μοντέλο που δημιούργησε, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το συνολικό κόστος στη περίπτωση του πολυτροπικού δικτύου μειώνεται με μειούμενο ρυθμό όσο το μεταφερόμενο φορτίο αυξάνεται. Αντίθετα, στην περίπτωση του δικτύου οδικών μεταφορών το κόστος αυτό παραμένει σταθερό. Ειδικά για το ζήτημα της απόστασης, όσο αυτή αυξάνεται μεταξύ του σημείου αφετηρίας και του σημείου προορισμού, τόσο θα μειώνεται το συνολικό κόστος. Μάλιστα για το πολυτροπικό δίκτυο αυτό θα γίνεται με αύξοντα ρυθμό. Αν και απουσιάζει η θαλάσσια μεταφορά από την ανάλυση αυτή, εντούτοις τα ευρήματα είναι άκρως σημαντικά και δικαιώνουν τουλάχιστον την άποψη ότι ο διαχωρισμός των μεταφορικών μέσω είναι ένας από τους τρόπους μείωσης της μόλυνσης του περιβάλλοντος.

Στη προηγούμενη ενότητα προσεγγίσαμε το θέμα των συνδυασμένων μεταφορών από τη σκοπιά του μεταφορέα και εστίασαμε στην πολυπλοκότητα του σχεδιασμού ενός τέτοιου δικτύου. Οι δυσκολίες, όμως, που πρέπει να ξεπεραστούν για να καθιερωθούν οι πολυτροπικές μεταφορές δεν αφορούν μόνο τις εταιρείες μεταφορών, αλλά και την πλευρά των φορτωτών. Σύμφωνα με τους Eng-Larsson και Kohn (2012), ο μεγαλύτερος ενδοιασμός των φορτωτών είναι η διατάραξη της εφοδιαστικής τους αλυσίδας. Ειδικότερα, ως κύριοι ανασταλτικοί παράγοντες

θεωρούνται οι μεγαλύτεροι χρόνοι μεταφοράς, η λιγότερη ακρίβεια στους χρόνους παράδοσης του φορτίου (δηλαδή αναξιοπιστία), η ευελιξία και ζητήματα ασφάλειας. Αυτά είναι προβλήματα που επηρεάζουν και αυξάνουν το κόστος αποθεμάτων. Αποτέλεσμα αυτής της ανασφάλειας είναι να προκρίνεται η επιλογή της ενιαίας μεταφοράς από το ίδιο μεταφορικό μέσο και όχι η ανάθεση της σε περισσότερα μέσα.

Ο τρόπος σκέψης και λήψης αποφάσεων των φορτωτών/χρηστών των υπηρεσιών συνδυασμένων μεταφορών δεν έχει αναλυθεί επαρκώς στην υπάρχουσα βιβλιογραφία. Οι Eng-Larsson και Kohn (2012) καλύπτουν το κενό αυτό παρουσιάζοντας ένα μοντέλο, το οποίο καταγράφει τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την εφοδιαστική αλυσίδα ενός φορτωτή κατά την υιοθέτηση πολυτροπικής μεταφοράς του φορτίου του (Σχήμα 16). Οι παράγοντες εντός των διακεκομμένων γραμμών θεωρούνται δευτερεύουσας σημασίας.



Σχήμα 16: Παράγοντες επηρεασμού της λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας του φορτωτή

Πηγή: Eng-Larsson και Kohn, 2012

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι βασικό στοιχείο στην ποιότητα των συνδυασμένων μεταφορών αποτελεί ο τρόπος οργάνωσης και λειτουργίας του μεταφορέα και όχι το είδος του μεταφορικού μέσου (general carrier performance). Ένα ακόμη ενδιαφέρον εύρημα είναι ότι, μεταξύ διαφορετικών μεταφορικών μέσων με την ίδια ποιότητα παρεχόμενων υπηρεσιών, δεν λαμβάνεται σε τέτοιο βαθμό υπόψιν η τιμή αγοράς της υπηρεσίας, αλλά προτιμάται κυρίως το μέσο εκείνο για το οποίο είναι λιγότερο πολύπλοκη και χρονοβόρα η διαδικασία επιλογής του (purchase convenience).

Επιπρόσθετα, η σταθερότητα της ζήτησης αποδεικνύεται περισσότερο σημαντική από ότι ο όγκος της. Η εξήγηση είναι ότι μειώνει την αβεβαιότητα και ο φορτωτής μπορεί να αξιοποιήσει αποδοτικότερα το μεταφορικό δίκτυο.

Τέλος, ιδιαίτερη σημασία δίνεται στην ανάγκη προσαρμογής από την πλευρά του φορτωτή στα νέα δεδομένα και στις νέες απαιτήσεις των συνδυασμένων μεταφορών. Με άλλα λόγια, για να είναι επιτυχημένη η απόφαση για υιοθέτηση πολυτροπικής μεταφοράς θα πρέπει να υποστηριχθεί από αλλαγές στην υπάρχουσα οργάνωση της εφοδιαστικής του αλυσίδας, ειδικότερα όσον αφορά την αύξηση των αποθεμάτων (inventory level) και την αναθεώρηση των χρονικών διαστημάτων παράδοσης του φορτίου (delivery windows).

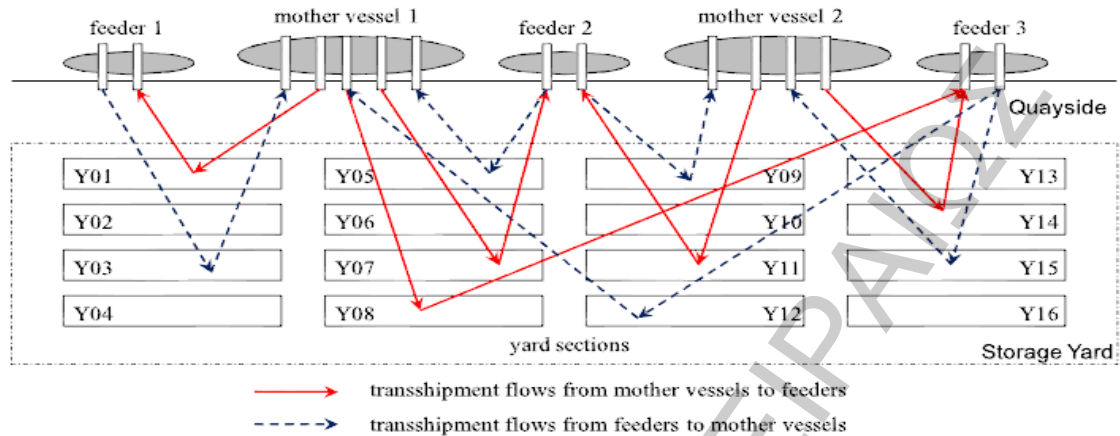
Από τη ανάλυση που προηγήθηκε, έγινε αντιληπτό ότι η χρησιμοποίηση διαφορετικών μέσων μεταφοράς μπορεί να συμβάλλει στη δημιουργία μιας “πράσινης” εφοδιαστικής αλυσίδας. Όμως, απαραίτητη προϋπόθεση για την επίτευξη αυτού του σκοπού είναι η συνεργασία μεταξύ μεταφορέα (carrier) – φορτωτή (shipper).

4.3 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΤΩΣΗΣ (TRANSSHIPMENT)

Η τάση για χρησιμοποίηση όλο και μεγαλύτερου μεγέθους πλοίων έχει καθιερώσει τα μεταφορικά δίκτυα hub-and-spoke. Λόγω των διαστάσεων τους, τα πολύ μεγάλα πλοία (mother vessels) επισκέπτονται ένα περιορισμένο αριθμό λιμανιών – κόμβων (hub ports), επομένως η συντριπτική πλειοψηφία των εμπορευματοκιβωτίων στα συγκεκριμένα λιμάνια προορίζεται για μεταφόρτωση σε μικρότερου μεγέθους πλοία (feeder vessels) και το αντίστροφο (βλέπε Σχήμα 17). Με τον τρόπο αυτό τα εμπορευματοκιβώτια φθάνουν στα περιφερειακά λιμάνια του δικτύου (spokes), όπου λαμβάνει χώρα μια νέα διαδικασία μεταφόρτωσης, αυτή τη φορά από και προς τα χερσαία μεταφορικά μέσα (Σχήμα 14, ενότητα 4.1).

Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι, ο όγκος του φορτίου που χειρίζονται τα λιμάνια – κόμβοι είναι τεράστιος. Όσο πιο γρήγορα ολοκληρωθεί η μεταφόρτωση από και προς τα μεγάλα πλοία, τόσο περισσότερο αποτελεσματικό θα είναι το λιμάνι – κόμβος (Nishimura και λοιποί, 2009). Η διαδικασία της μεταφόρτωσης, λοιπόν, είναι

ένα καθοριστικό κομμάτι της εφοδιαστικής αλυσίδας και επηρεάζει τη ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών logistics στο λιμάνι.



Σχήμα 17: Ροές μεταφόρτωσης εμπορευματοκιβωτίων μεταξύ mother και feeder πλοίων

Πηγή: Lee και Jin, 2013

Οι Cordeau και λοιποί (2007) τονίζουν ότι, το πιο σημαντικό πρόβλημα σε ένα σταθμό εμπορευματοκιβωτίων είναι ο συντονισμός μεταξύ της φορτοεκφόρτωσης του φορτίου, της αποθήκευσης του στο χώρο του λιμανιού (yard) και της μεταφοράς του από και προς τα χερσαία μέσα. Επομένως η μεταφόρτωση των εμπορευματοκιβωτίων σχετίζεται και με την επίλυση άλλων βασικών προβλημάτων που ανακύπτουν κατά τη καθημερινή λειτουργία του λιμανιού.

Όσον αφορά τη διαδικασία φορτοεκφόρτωσης, το εμπόδιο που πρέπει να ξεπεραστεί σχετίζεται με τη λειτουργία των γερανών στην αποβάθρα (Nishimura και λοιποί, 2009). Συχνά οι γερανοί αναγκάζονται να σταματήσουν προσωρινά τη λειτουργία τους, περιμένοντας τα οχήματα επιφάνειας (trailers) να παραλάβουν το εμπορευματοκιβώτιο που μόλις εναπόθεσαν στην αποβάθρα ή αναμένοντας τα οχήματα να φέρουν το επόμενο εμπορευματοκιβώτιο προς φόρτωση στο πλοίο. Το δε πρόβλημα της αποθήκευσης αφορά κυρίως την περίπτωση των εμπορευματοκιβωτίων προς μεταφόρτωση σε κάποιο άλλο πλοίο. Η προσωρινή αποθήκευση είναι απαραίτητη λόγω πιθανής διαφοράς στην ώρα άφιξης των πλοίων, λόγω αναδιάταξης στη στοιβασία του πλοίου ή τροποποιήσεων στη προγραμματισμένη σειρά διαχείρισης των εμπορευματοκιβωτίων (Nishimura και λοιποί, 2009).

Οι ναυτιλιακές εταιρείες τακτικών γραμμών, σε μια προσπάθεια να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά το πρόβλημα της μεταφόρτωσης, ζητούν από τα λιμάνια να τους παραχωρούν συγκεκριμένες περιοχές στην αποβάθρα και στους χώρους αποθήκευσης (favorite area). Το πρόβλημα της εύρεσης και διάθεσης αυτών των περιοχών συναντάται στη διεθνή βιβλιογραφία ως "Service Allocation Problem" (SAP) και εντάσσεται στο γενικότερο πλαίσιο της διαχείρισης του αποθηκευτικού χώρου (yard management) του εκάστοτε σταθμού εμπορευματοκιβωτίων (Cordeau και λοιποί, 2007).

Στην πράξη, το SAP αρχικά αφορά τη μεταφορά των εισερχόμενων (incoming) εμπορευματοκιβωτίων στη δεσμευμένη για το λόγο αυτό περιοχή, ενώ στη συνέχεια έχει να κάνει με τη μεταφορά τους ως εξερχόμενα (outgoing) στην αντίστοιχη περιοχή. Το ζητούμενο στην όλη διαδικασία είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους διαχείρισης των εμπορευματοκιβωτίων στην περίπτωση που οι δύο προαναφερθείσες δεσμευμένες περιοχές απέχουν μεταξύ τους κάποια δεδομένη απόσταση.

Τα δύο αυτά προβλήματα είναι αλληλένδετα, καθώς για να ξεκινήσει χωρίς καθυστέρηση η διαδικασία φόρτωσης σε ένα πλοίο, θα πρέπει πρώτα να έχει ολοκληρωθεί εντός του προβλεπόμενου χρόνου η συγκέντρωση των εμπορευματοκιβωτίων στο χώρο προσωρινής αποθήκευσης. Όμως, αν αυτό έχει συμβεί αλλά ακόμη λαμβάνει χώρα η διαδικασία εκφόρτωσης του συγκεκριμένου πλοίου, τότε πάλι θα υπάρξει καθυστέρηση. Το ανεπιθύμητο αποτέλεσμα κάθε χρονικής καθυστέρησης είναι η αύξηση του κόστους για το λιμάνι (κόστος λειτουργίας), για τους φορτωτές (κόστος αποθεμάτων) και για τις ναυτιλιακές εταιρείες, οι οποίες βλέπουν τα πλοία τους να παραμένουν περισσότερο χρόνο εντός του λιμένα.

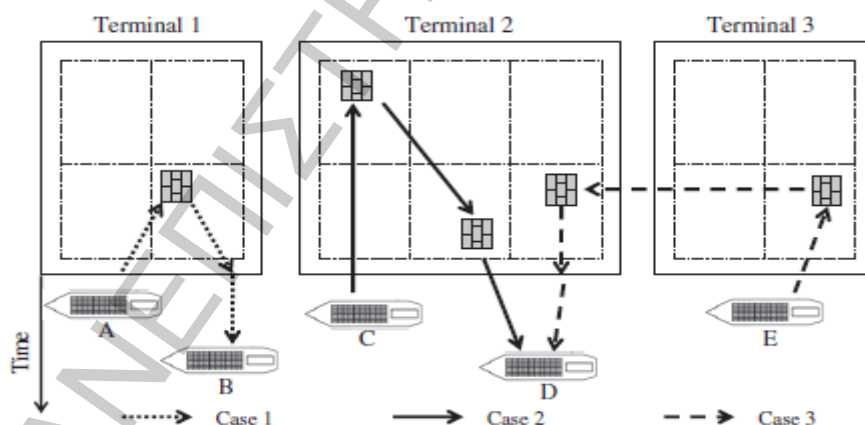
Οι προσπάθειες επίλυσης του προβλήματος της μεταφόρτωσης έχουν απασχολήσει ένα μεγάλο αριθμό ερευνητών, με αποτέλεσμα να είναι διαθέσιμο ένα σύνολο πολλών και διαφορετικών τρόπων λύσης. Η τάση που επικρατεί είναι η ενοποίηση των επιμέρους προβλημάτων και η ταυτόχρονη βελτιστοποίηση τους (Lee και Jin, 2013).

Μια ενδιαφέρουσα προσέγγιση, η οποία καλύπτει τις σύγχρονες ανάγκες της ναυτιλίας, έρχεται από τους Lee και λοιποί (2012). Η προσπάθεια τους επεκτείνει την έρευνα εξετάζοντας τη περίπτωση λιμένων - κόμβων με περισσότερους από έναν σταθμούς διαχείρισης εμπορευματοκιβωτίων. Σκοπός είναι η βελτιστοποίηση του

προβλήματος της μεταφόρτωσης μέσω της ενοποίησης των επιμέρους προβλημάτων της επιλογής του τερματικού σταθμού που θα εξυπηρετήσει το εισερχόμενο πλοίο και της διαχείρισης – αποθήκευσης των εμπορευματοκιβωτίων.

Στο Σχήμα 18 απεικονίζονται τρία διαφορετικά σενάρια: (1) η απλή περίπτωση όπου η μεταφόρτωση δεν απαιτεί μετακίνηση των εμπορευματοκιβωτίων εντός του σταθμού, (2) η περίπτωση όπου η μεταφόρτωση απαιτεί επανατοποθέτηση των εμπορευματοκιβωτίων εντός του συγκεκριμένου σταθμού για λόγους επίσπευσης της διαδικασίας, και (3) η περίπτωση όπου η μεταφόρτωση απαιτεί την προηγούμενη μεταφορά των εμπορευματοκιβωτίων από έναν σταθμό σε έναν άλλον, διότι τα πλοία εξυπηρετούνται σε διαφορετικούς τερματικούς σταθμούς εντός του ίδιου λιμένα.

Από την τελευταία περίπτωση μπορεί να εντοπίσει κανείς τη σχέση με ένα ακόμη επιμέρους πρόβλημα, το οποίο θα αναλυθεί εκτενέστερα στο επόμενο κεφάλαιο. Αναφερόμαστε στη κατανομή των θέσεων πλεύρισης (Berth Allocation Problem – BAP) για τα εισερχόμενα πλοία. Εξάλλου, η θέση που θα δέσει το πλοίο θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στον αντίστοιχο χώρο αποθήκευσης των εμπορευματοκιβωτίων, ώστε η απόσταση που θα διανύσουν τα εμπορευματοκιβώτια προς μεταφόρτωση να είναι η ελάχιστη δυνατή (Lee και Jin, 2013).



Σχήμα 18: Απεικόνιση των τριών σεναρίων μεταφόρτωσης σε λιμάνι πολλών σταθμών διαχείρισης εμπορευματοκιβωτίων

Πηγή: Lee και λοιποί, 2012

Από τη μια πλευρά, η μετακίνηση των εμπορευματοκιβωτίων για την επανατοποθέτησή τους εντός του ίδιου σταθμού συνεπάγεται κάποιο κόστος (intra-

terminal cost). Από την άλλη πλευρά, κόστος έχει και η μεταφορά τους μεταξύ διαφορετικών σταθμών (inter-terminal cost). Φυσικά υπάρχει και το κόστος της φορτοεκφόρτωσης και της μεταφοράς από την αποβάθρα προς τον εκάστοτε χώρο αποθήκευσης και το αντίστροφο. Σε όλες τις περιπτώσεις, όσο αυξάνει η απόσταση μεταφοράς, τόσο περισσότερο αυξάνει και το κόστος.

Όπως γίνεται αντιληπτό, το μαθηματικό μοντέλο γραμμικού προγραμματισμού που αναπτύχθηκε αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση του αθροίσματος του κόστους από τις προαναφερθείσες λειτουργίες. Λόγω της δυσκολίας στην υπολογιστική διαδικασία, οι ευριστικές μέθοδοι αποδείχθηκαν ως ο αποτελεσματικότερος τρόπος επίλυσης. Η τελική σύγκριση με τις συμβατικές λύσεις αποδεικνύει ότι η εφαρμογή της προτεινόμενης μεθόδου βελτιώνει το τελικό αποτέλεσμα κατά τουλάχιστον 20%.

Οι Lee και Jin (2013) προτείνουν μια μέθοδο επίλυσης, η οποία βασίζεται στην ενοποίηση ακόμη περισσότερων λειτουργιών. Στην έρευνα τους ο σχεδιασμός της διαδικασίας κατάπλου των πλοίων (berth template), ο προγραμματισμός των χρονικών περιόδων που θα τους επιτραπεί να δέσουν στην αποβάθρα (schedule template) και ο σχεδιασμός των κινήσεων και της αποθήκευσης των εμπορευματοκιβωτίων (yard template) αντιμετωπίζονται ως ενιαίο πρόβλημα και η βελτιστοποίηση τους γίνεται ταυτόχρονα. Βασική προϋπόθεση για τη επιτυχή εφαρμογή της προτεινόμενης λύσης είναι ο καθορισμός του χρονικού διαστήματος εξυπηρέτησης (service time) των μικρότερων πλοίων (feeder vessels) από την πλευρά της λιμενικής αρχής. Η προτεραιότητα εξυπηρέτησης θα δίνεται στα μεγαλύτερα πλοία (mother vessels), ενώ στις υπόλοιπες περιπτώσεις θα είναι εφικτή μια χρονική τροποποίηση, δίχως όμως να παραβιάζεται το προκαθορισμένο χρονικό περιθώριο που έχει δοθεί στο κάθε πλοίο για τις επισκέψεις του στο λιμάνι (time window).

Το μαθηματικό μοντέλο των δύο ερευνητών λαμβάνει υπόψιν τις χωρικές και χρονικές διαστάσεις του προβλήματος της μεταφόρτωσης. Με άλλα λόγια, ελαχιστοποιεί την απόσταση (άρα και κόστος) που θα διανύσουν τα μεταφερόμενα εμπορευματοκιβώτια κατά τη διαδικασία της φορτοεκφόρτωσης - αποθήκευσης τους, ταυτόχρονα με την ελαχιστοποίηση της ανισορροπίας στο φόρτο εργασίας των γερανών της αποβάθρας. Οι ευριστικές μέθοδοι επίλυσης του προβλήματος εφαρμόστηκαν πειραματικά σε τέσσερα διαφορετικά σενάρια σε τερματικό σταθμό της Σιγκαπούρης.

Το αποτέλεσμα ήταν η αύξηση κατά 30-50% της αποδοτικότητας του θερματικού σταθμού μεταφόρτωσης.

Η σχέση των ανωτέρω με τη περιβαλλοντική πλευρά του προβλήματος είναι έμμεση. Η βελτιστοποίηση της λειτουργίας των θερματικών σταθμών μεταφόρτωσης μειώνει τις απαιτούμενες κινήσεις κατά τη διαδικασία διαχείρισης των εμπορευματοκιβωτίων. Άμεσο επακόλουθο είναι η μείωση περιπτώσεων συμφόρησης και η ομαλοποίηση της λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας. Το τελικό αποτέλεσμα είναι η μείωση των εκπομπών αερίων ρύπων από τις δραστηριότητες στους κόμβους μεταφόρτωσης.

Τέλος, δε θα πρέπει να ξεχνάμε τη σχέση με το συνολικό χρόνο ταξιδιού και τη μείωση της ταχύτητας. Όπως αναφέρθηκε στο πρώτο κεφάλαιο, η μείωση της ταχύτητας αυξάνει το συνολικό χρόνο ταξιδιού. Ένας τρόπος για να περιοριστεί η επίδραση αυτή είναι η μείωση του χρόνου παραμονής στο λιμάνι (Ψαραύτης και Κοντοβάς, 2010). Εν μέρει αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της βελτιστοποίησης των προβλημάτων που συνθέτουν το παρόν κεφάλαιο. Εκτενέστερη ανάλυση στο συγκεκριμένο τομέα ακολουθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

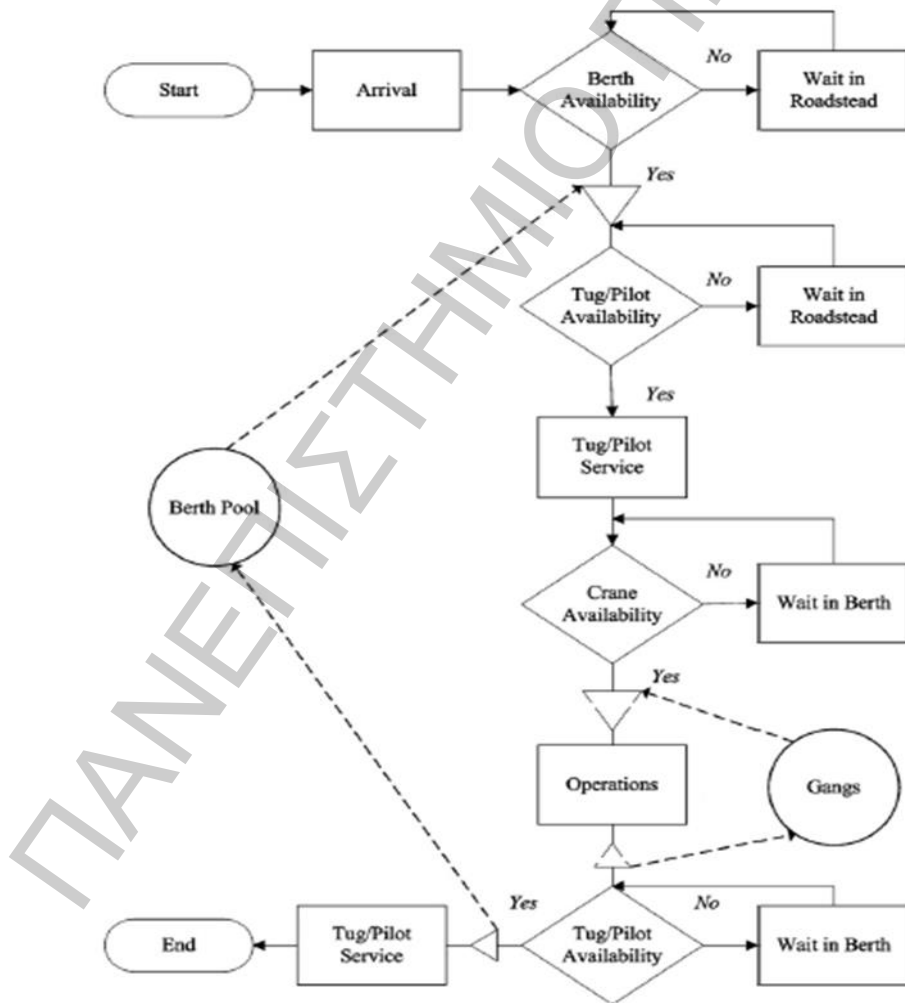
Το συγκεκριμένο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο σε μια ομάδα επιμέρους προβλημάτων, τα οποία σχετίζονται με τη λειτουργία του λιμένα και του τερματικού σταθμού εμπορευματοκιβωτίων. Το λιμάνι και ο τερματικός σταθμός αποτελούν σημεία – κλειδιά κατά τη διαδικασία της μεταφοράς των εμπορευματοκιβωτίων. Επομένως η βελτιστοποίηση των προβλημάτων που ανακύπτουν μπορεί να επηρεάσει ριζικά τον τρόπο λειτουργίας και την αποδοτικότητα του συνόλου της εφοδιαστικής αλυσίδας. Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη ενότητα αφορά το ζήτημα της αναμονής των πλοίων (queuing) κατά τις προγραμματισμένες επισκέψεις τους στα λιμάνια. Στη συνέχεια ακολουθεί η ανάλυση του προβλήματος της κατανομής θέσεων πλευρίσης για κάθε πλοίο (berth allocation problem). Τέλος, παρουσιάζεται το γενικότερο πρόβλημα της διοίκησης ενός τερματικού σταθμού εμπορευματοκιβωτίων (container terminal management).

5.1 Η ΑΝΑΜΟΝΗ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ (QUEUING AT PORTS)

Στη σχετική περιβαλλοντική έκθεση ο IMO αναφέρει ξεκάθαρα ότι, η μείωση του χρόνου παραμονής των πλοίων στο λιμάνι μέσω εφαρμογής συστημάτων ελέγχου και διαχείρισης της κυκλοφορίας τους, θα μπορούσε κάλλιστα να βοηθήσει στη μείωση των θερμοκηπιακών αερίων (2nd IMO GHG Study, 2009). Ο χρόνος της αναμονής μέχρι να εξυπηρετηθεί ένα πλοίο είναι ένα από τα σημαντικά προβλήματα που καλείται να λύσει η λιμενική αρχή, καθώς επηρεάζει σημαντικά το συνολικό χρόνο παραμονής κάθε πλοίου εντός των ορίων του λιμένα. Εκτός από τα περιβαλλοντικά οφέλη, η λιμενική αρχή έχει έναν επίσης σοβαρό λόγο για να στοχεύει στη μείωση του. Με τον τρόπο αυτό της δίνεται η δυνατότητα να εξυπηρετήσει περισσότερα πλοία, άρα να αποκομίσει και μεγαλύτερα οικονομικά οφέλη (Κοντοβάς και Ψαραύτης, 2011).

Οι Canopaco και λοιποί (2008) παρουσιάζουν τη διαδικασία άφιξης – αναχώρησης ενός πλοίου χρησιμοποιώντας ένα διάγραμμα ροής, όπως στο Γράφημα 18. Διαστήματα αναμονής είναι πιθανόν να εμφανιστούν σε διάφορα στάδια κατά την παραμονή του πλοίου στο λιμάνι. Το πρώτο σημείο όπου είναι πιθανό να αναγκαστεί

ένα πλοίο να περιμένει είναι πριν την παραχώρηση θέσης πλεύρισης. Βέβαια αυτό εξαρτάται και από την ύπαρξη ή μη συμφωνιών (contractual agreements) μεταξύ της εταιρείας τακτικών γραμμών και του λιμανιού, οι οποίες μπορούν να δώσουν τη δυνατότητα σε ένα πλοίο να προσπεράσει την ουρά αναμονής και να προχωρήσει κατευθείαν στη θέση πλεύρισης. Ένα ακόμη σημείο όπου δύναται να προκληθούν καθυστερήσεις είναι η διαθεσιμότητα πιλότων και ρυμουλκών για την ασφαλή πρόσδεση στην αποβάθρα. Το τρίτο σημείο όπου υπάρχει πιθανότητα αναμονής σχετίζεται με τη διαθεσιμότητα γερανών για την εκκίνηση της φορτοεκφόρτωσης. Τέλος, η διαθεσιμότητα πιλότων και ρυμουλκών για την ασφαλή απομάκρυνση του πλοίου από την αποβάθρα και την έξοδο του από το λιμάνι είναι μια ακόμη αιτία αναμονής.

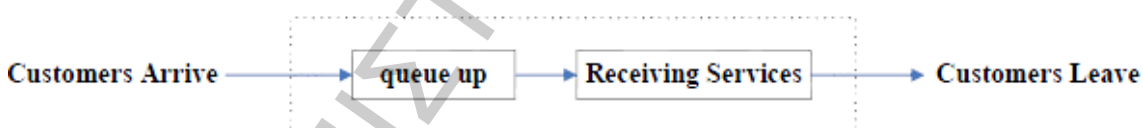


Σχήμα 19: Απεικόνιση της διαδικασίας εισόδου – εξόδου του πλοίου από το λιμάνι

Πηγή: Canopaco και λοιποί, 2008

Από τη ανωτέρω ανάλυση προκύπτει ότι, ο τρόπος κατανομής του λιμενικού εξοπλισμού στη αποβάθρα, δηλαδή των γερανών και των οχημάτων μεταφοράς και στοιβασίας εμπορευματοκιβωτίων (straddle carriers), είναι ύψιστης σημασίας κατά την προσπάθεια ελαχιστοποίησης του χρόνου αναμονής. Ένα ακόμη σημαντικό συμπέρασμα από την ανάλυση του Σχήματος 19 είναι ότι, το πρόβλημα της αναμονής έχει άμεση σχέση με τον τρόπο αντιμετώπισης του προβλήματος κατανομής των θέσεων πλευρίσης. Η βελτιστοποίηση του δεύτερου θα επιδράσει θετικά στη προσπάθεια μείωσης του συνολικού χρόνου αναμονής. Αυτό είναι άλλη μια απόδειξη ότι, η αλληλεξάρτηση των επιμέρους προβλημάτων που αποτελούν το αντικείμενο διερεύνησης της εργασίας είναι τόσο ισχυρή, ώστε κάνει επιτακτική την ανάγκη για μια ολιστική προσέγγιση.

Προς αυτή την κατεύθυνση κινούνται οι Jingjing και Dong (2012), σύμφωνα με τους οποίους μια διαδικασία που συμπεριλαμβάνεται χρόνο αναμονής μπορεί σχηματικά να διαιρεθεί σε τέσσερα βασικά στάδια, όπως στο Σχήμα 20. Τα πλοία προσεγγίζουν το λιμάνι (customers arrive) και αναμένουν (queue up) μέχρι να ξεκινήσει η εξυπηρέτησή τους (receiving services). Μόλις αυτή ολοκληρωθεί, μπορούν να αναχωρήσουν (customers leave). Το σύνολο αυτής της αλληλουχίας συμβάντων ονομάζεται σύστημα αναμονής (queuing system).



Σχήμα 20: Απλοποιημένη απεικόνιση ενός συστήματος αναμονής

Πηγή: Jingjing και Dong, 2012

Οι Jingjing και Dong επιχειρούν να αναγνωρίσουν τα κύρια στοιχεία που συνθέτουν ένα παρόμοιο σύστημα. Αρχικά είναι ο αριθμός των πλοίων που αναμένουν να εξυπηρετηθούν (queue length) και ο αντίστοιχος που ήδη κάνει χρήση του λιμενικού εξοπλισμού και των υπηρεσιών (team length). Μεγάλης σημασίας είναι και το στοιχείο του χρόνου. Από τη μια πλευρά, υπάρχει ο χρόνος αναμονής (waiting time) και αφορά το χρονικό διάστημα από τη στιγμή της άφιξης του πλοίου στο λιμάνι μέχρι τη στιγμή που θα ξεκινήσει η διαδικασία χειρισμού του φορτίου του. Από την άλλη πλευρά,

υπολογίζεται και ο συνολικός χρόνος της παραμονής του πλοίου εντός του λιμένα (sojourn time), ο οποίος αντιπροσωπεύει το χρονικό διάστημα από τη στιγμή της άφιξης του πλοίου μέχρι τη στιγμή που τερματίζεται η χρήση του λιμενικού εξοπλισμού. Τέλος, προστίθενται ο αριθμός των αφίξεων πλοίων στη μονάδα του χρόνου (average rate of ships arriving) και ο αριθμός πλοίων που εξυπηρετούνται στη μονάδα του χρόνου (average rate of handling service).

Η λύση που προτείνεται από τους δύο ερευνητές βασίζεται στην αύξηση της αποδοτικότητας στη λειτουργία του λιμανιού μέσω της βελτίωσης του επιπέδου των παρεχόμενων υπηρεσιών χειρισμού του φορτίου. Το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα είναι η μείωση του χρόνου αναμονής, άρα και του σχετικού κόστους (waiting cost). Για να συμβεί όμως αυτό θα υπάρξει μια αναμενόμενη αύξηση του κόστους χρήσης του λιμενικού εξοπλισμού για το χειρισμό του φορτίου (service cost). Επομένως βρισκόμαστε σε μια κατάσταση όπου στόχος είναι ο καλύτερος δυνατός συμβιβασμός μεταξύ των δύο ανωτέρω τύπων κόστους.

Από τη στιγμή που η ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση δεν είναι εφικτή, το μοντέλο που δημιουργήθηκε για την επίλυση του προβλήματος στοχεύει στην ελαχιστοποίηση του αθροίσματος αυτών. Η πολυπλοκότητα των υπολογισμών ξεπεράστηκε χρησιμοποιώντας υπολογιστικά προγράμματα του εμπορίου. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών δίνουν το βέλτιστο αριθμό πλοίων που πρέπει να εξυπηρετούνται στη μονάδα του χρόνου (optimal service rate of handling) και το βέλτιστο αριθμό των διαθέσιμων μέσων εξυπηρέτησης (optimal number of service desks), ώστε να επιτυγχάνεται η ελαχιστοποίηση του συνολικού κόστους.

Στα σύγχρονα λιμάνια όμως, η αναμονή δεν αφορά μόνο τα πλοία. Ο νέος ρόλος των λιμανιών είναι η σύνδεση της θαλάσσιας μεταφοράς με τα χερσαία δίκτυα, συνεπώς η παρουσία των χερσαίων μεταφορικών μέσων (τραίνα και φορτηγά) εντός του λιμένα είναι ιδιαίτερα αυξημένη. Όπως είναι επόμενο, ο σχηματισμός ουρών και η συμφόρηση που προκαλείται επιβαρύνει αρνητικά το τοπικό περιβάλλον. Η αντιμετώπιση του προβλήματος απασχολεί όλο και περισσότερο τους επιστήμονες.

Κατά τους Chen και λοιποί (2013), οι πηγές έκλυσης αερίων ρύπων σε ένα λιμάνι είναι τα πλοία που το επισκέπτονται, τα βοηθητικά σκάφη του λιμανιού, η λειτουργία κάθε είδους εξοπλισμού για τον χειρισμό των φορτίων και τα χερσαία μέσα στα οποία γίνεται η μεταφόρτωση. Σύμφωνα με έρευνα που διεξήχθη σε ένα σημαντικό

λιμάνι – κόμβο, όπως το λιμάνι του Los Angeles, αποδείχθηκε ότι το 80% των αερίων ρύπων προέρχεται από τους χρήστες του λιμανιού (πλοία, τράινα, φορτηγά). Μόλις το 20% των ρύπων προέρχεται από το ίδιο το λιμάνι (βοηθητικά πλοία, εξοπλισμός χειρισμού φορτίων). Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Category	PM ₁₀	PM _{2.5}	DPM	NO _x	SO _x	CO	HC	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
Ocean-going vessels	178	143	154	3944	1325	449	218	230,618	13	4
Harbour craft	40	36	40	950	1	364	75	50,881	2	1
Cargo handling equipment	20	19	19	804	2	594	35	142,555	3	3
Rail locomotives	30	27	30	996	7	177	54	60,988	2	5
Heavy-duty trucks	30	27	28	1523	4	352	71	371,505	3	3
Total	298	253	271	8216	1339	1936	452	856,547	23	16

Πίνακας 2: Εκπομπές διαφόρων ειδών αερίων ρύπων στο λιμάνι του LA (short tons⁷)

Πηγή: Chen και λοιποί, 2013

Διάφοροι μηχανισμοί έχουν εφαρμοστεί για τον έλεγχο της κίνησης και των εκπομπών αερίων ρύπων που προκαλούνται από την είσοδο των χερσαίων μεταφορικών μέσων στο λιμάνι. Η συντριπτική πλειοψηφία τους αφορά τα φορτηγά, διότι συγκριτικά με τα τράινα είναι πολύ πιο ρυπογόνα.

Σε διάφορα λιμάνια έχουν εφαρμοστεί κατά καιρούς τα εξής (Chen και λοιποί, 2013): (1) Σύστημα των “ραντεβού” (Terminal Appointment System – TAS). Ο τερματικός σταθμός ανακοινώνει μέσω ενός διαδικτυακού πληροφοριακού συστήματος τις ώρες που θα είναι ανοιχτές οι πύλες για τα φορτηγά και την ωριαία κίνηση που μπορεί να δεχθεί. Από την πλευρά τους οι μεταφορικές εταιρείες προγραμματίζουν την είσοδο των οχημάτων μέσω του συστήματος αυτού. Η αποτελεσματικότητα όμως αυτής της επιλογής έχει αμφισβητηθεί έντονα. (2) Συστήματα διοδίων/εισόδου επί πληρωμής (Toll/Tariff Pricing Policies – TTPP). Η λογική είναι η χρέωση υψηλότερου τιμήματος για την είσοδο σε ώρες αιχμής. Η συγκεκριμένη επιλογή τουλάχιστον ομαλοποιεί την κατάσταση σε περιόδους αιχμής. (3) Σύστημα ομαδοποίησης (Vessel-Dependent Time Windows – VDTW). Στη περίπτωση αυτή γίνεται ομαδοποίηση των οχημάτων που πρόκειται να εισέλθουν στον τερματικό σταθμό. Κάθε ομάδα οχημάτων εισέρχεται σε διαφορετική ώρα.

⁷ Μονάδα μέτρησης που χρησιμοποιείται στις ΗΠΑ. Αντιστοιχεί σε περίπου 907 κιλά.

Λαμβάνοντας τα ανωτέρω υπόψιν, οι Chen και λοιποί (2013) προχωρούν στη διαπίστωση ότι, οι προηγούμενες προσπάθειες επίλυσης του προβλήματος δεν εστιάζουν καθόλου στη δυνατότητα σχηματισμού ενός υποδείγματος που να δίνει μια εκτίμηση της χρονικής άφιξης των οχημάτων, δεδομένου ότι αυτή μπορεί να διαφέρει από την προγραμματισμένη ώρα που έχει δηλωθεί. Η ανάλυση τους επιδιώκει στο να καλύψει αυτό το κενό, ενώ παράλληλα στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των εκπομπών αερίων ρύπων από την αναμονή των οχημάτων στην πύλη εισόδου του τερματικού σταθμού ή στους χώρους αποθήκευσης των εμπορευματοκιβωτίων (idle truck emissions).

Το μοντέλο, λοιπόν, που δημιουργήθηκε έχει δύο επιμέρους στόχους. Σε πρώτη φάση βελτιστοποιείται η άφιξη των οχημάτων στην πύλη του τερματικού σταθμού και η είσοδος τους στις διάφορες αποθηκευτικές ζώνες (yard zones). Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της ελαχιστοποίησης των αλλαγών στις προκαθορισμένες ώρες εισόδου (shifted arrivals) των φορτηγών και της ελαχιστοποίησης του συνολικού χρόνου αναμονής των φορτηγών, ώστε να μειωθούν και οι εκπομπές αερίων ρύπων. Σε δεύτερη φάση, υπολογίζεται το μέγεθος των εκπομπών αυτών όταν τα φορτηγά είναι ακινητοποιημένα στις ουρές αναμονής. Μέσα από πολύπλοκες υπολογιστικές διαδικασίες αποδεικνύεται ότι μια μετατόπιση μόλις ενός 4% των συνολικών αφίξεις οχημάτων από τις ώρες αιχμής μπορεί να μειώσει κατά το ένα τρίτο τις συνολικές εκπομπές αερίων των φορτηγών κατά τη διάρκεια αναμονής τους.

5.2 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΘΕΣΕΩΝ ΠΛΕΥΡΙΣΗΣ (BERTH ALLOCATION PROBLEM - BAP)

Το θέμα της ενότητας αυτής έχει αποτελέσει αντικείμενο έρευνας πλήθους επιστημόνων. Το πρόβλημα αφορά τη παραχώρηση θέσης πλευρίσης στην αποβάθρα για τα εισερχόμενα στο λιμάνι πλοία (εφεξής BAP). Η μεγάλη σημασία που έχει δοθεί στο συγκεκριμένο ζήτημα είναι δικαιολογημένη, διότι οι θέσεις πλευρίσης είναι περιορισμένες, ενώ ο αριθμός των πλοίων που επισκέπτονται τα λιμάνια σε καθημερινή βάση αυξάνεται διαρκώς. Ο στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του χρονικού διαστήματος μεταξύ της άφιξης του πλοίου στο λιμάνι και της ολοκλήρωσης της εξυπηρέτησης του

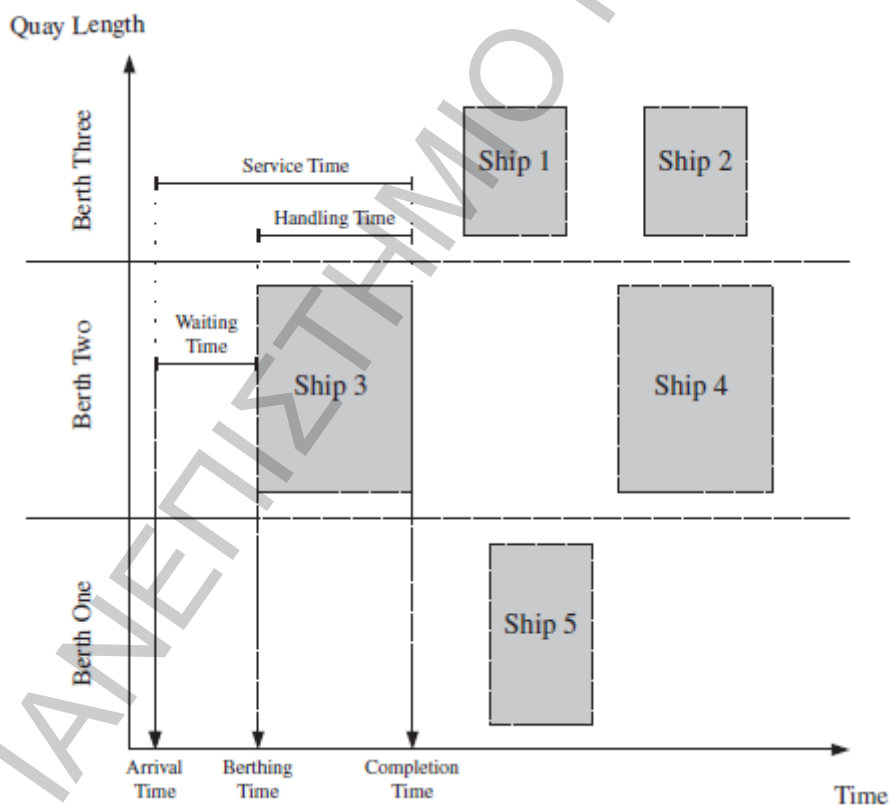
(Cordeau και λοιποί, 2005). Ένα ακόμη σημαντικό χαρακτηριστικό είναι ότι, η αύξηση των θέσεων αυτών είναι ένα δύσκολο εγχείρημα λόγω του υψηλότερου κόστους κατασκευής και των πιθανών χωρικών περιορισμών. Από τη στιγμή λοιπόν που αποτελούν τις ακριβότερες επενδύσεις ενός λιμανιού, η βέλτιστη αξιοποίησή τους είναι ο κύριος στόχος.

Δεν πρέπει να διαφεύγει της προσοχής μας ότι, στη σύγχρονη εποχή τα λιμάνια έχουν έναν σύνθετο ρόλο, καθώς συνδέουν διάφορα μέσα μεταφοράς. Επομένως η αποτελεσματική λειτουργία τους βελτιώνει τη λειτουργία του συνόλου της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ένας κρίσιμος παράγοντας στο σύστημα αυτό είναι και η διαδικασία κατάπλου. Όπως αναλύσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, όσο καλύτερα οργανωθεί η συνολική εξυπηρέτηση των πλοίων, τόσο περισσότερο θα μειωθεί ο χρόνος αναμονής τους και ο συνολικός χρόνος παραμονής στο λιμάνι. Αυτό με τη σειρά του συμβάλλει στην αύξηση της παραγωγικότητας και της ανταγωνιστικότητας του λιμανιού, αλλά και στην αύξηση των εσόδων του λόγω των περισσότερων πλοίων που θα μπορεί να εξυπηρετήσει (Elwany και λοιποί, 2013).

Στην υπάρχουσα βιβλιογραφία το BAP αναλύεται σε υποκατηγορίες (Buhrkal και λοιποί, 2011). Σε πρώτο στάδιο ο διαχωρισμός γίνεται μεταξύ στατικού (static - SBAP) και δυναμικού (dynamic - DBAP) προβλήματος. Το SBAP αφορά την περίπτωση στην οποία όλα τα πλοία για τα οποία πρέπει να βρεθεί μια θέση πλεύρισης έχουν ήδη φτάσει στο λιμάνι. Το DBAP είναι πολυπλοκότερο και ανταποκρίνεται περισσότερο στην πραγματικότητα, καθώς αφορά την περίπτωση στην οποία τα πλοία συνεχώς καταφθάνουν στο λιμάνι και για κάθε νέο πλοίο πρέπει να βρεθεί μια θέση στην αποβάθρα. Σε δεύτερο στάδιο ο διαχωρισμός έχει να κάνει με τις θέσεις στην αποβάθρα. Ειδικότερα, η πρώτη περίπτωση (discrete) αφορά την παρουσία ενός μόνο πλοίου σε μια συγκεκριμένη θέση στην αποβάθρα και για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, χωρίς να λαμβάνεται υπόψιν το μέγεθος του. Η δεύτερη περίπτωση (continuous) επιτρέπει την παρουσία περισσότερων πλοίων. Με άλλα λόγια, στη δεύτερη περίπτωση τα πλοία επιτρέπεται να προσεγγίσουν οποιοδήποτε σημείο κατά μήκος της αποβάθρας και να μοιραστούν τις θέσεις πλεύρισης.

Για να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά το BAP θα πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι το πρόβλημα αφορά δύο διαστάσεις, αυτές του χώρου (space) και του χρόνου (time). Η διάσταση του χώρου αφορά το μήκος της αποβάθρας (quay length) και τη θέση στην

οποία θα δέσει το πλοίο. Εξάλλου κάθε πλοίο έχει την λεγόμενη ‘‘προτιμώμενη’’ θέση πλευρίσης (desired berth position). Σύμφωνα με τη θέση αυτή έχουν αποθηκευτεί και τα εμπορευματοκιβώτια που πρόκειται να φορτωθούν στο εκάστοτε πλοίο. Εάν το πλοίο δέσει σε διαφορετική θέση, όσο μεγαλύτερη είναι η σχετική απόσταση, τόσο χαμηλότερη θα είναι η παραγωγικότητα του λιμανιού κατά τη διαδικασία της φορτοεκφόρτωσης. Επομένως, στο σχεδιασμό από πλευράς λιμανιού θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν η συγκεκριμένη επιθυμία και να καταβάλλεται προσπάθεια για την ικανοποίηση της στο μέτρο του δυνατού. Από την άλλη πλευρά, η διάσταση του χρόνου αφορά τον χρονικό ορίζοντα προγραμματισμού (temporal decision horizon), μέσα στον οποίο θα πρέπει να έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία χειρισμού του φορτίου. Στο Σχήμα 21 που ακολουθεί, απεικονίζεται η σχέση των δύο αυτών χαρακτηριστικών και το πώς δύναται να διαφέρει ανάλογα με το πλοίο και τη θέση την οποία προσεγγίζει.



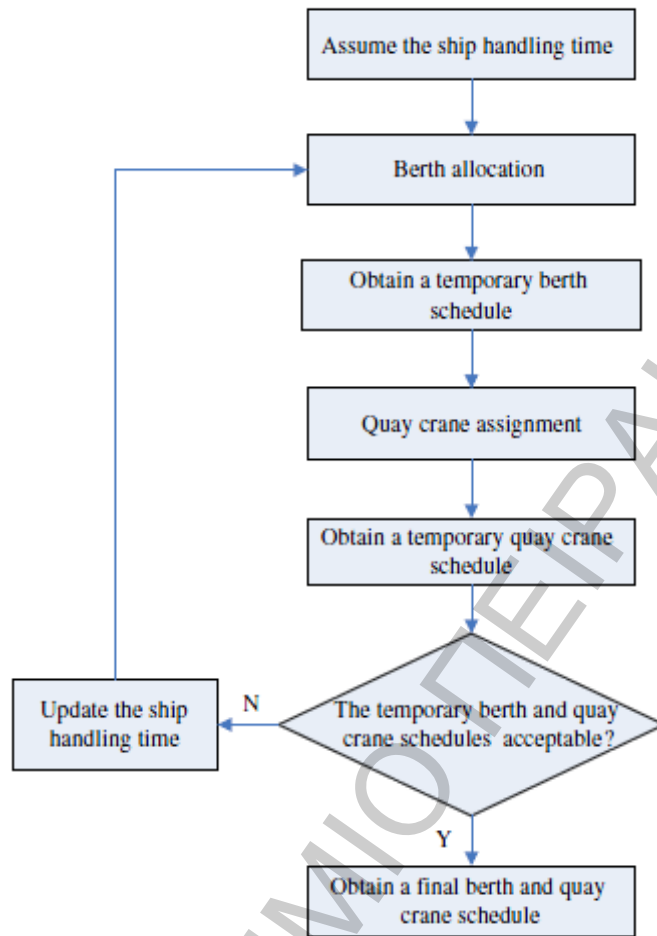
Σχήμα 21: Σχηματική απεικόνιση των δύο διαστάσεων του BAP, χώρος και χρόνος

Πηγή: Buhrkal και λοιποί, 2011

Οι Yang και λοιποί (2012) τονίζουν ότι, η νέα τάση στην αντιμετώπιση του BAP θέλει την ενοποίηση του με το πρόβλημα της βέλτιστης κατανομής των γερανών στην αποβάθρα (quay crane assignment problem – QCAP). Η ξεχωριστή αντιμετώπιση των δύο αυτών προβλημάτων μειονεκτεί, επειδή δεν λαμβάνει υπόψιν τη σχέση αλληλεξάρτησης που υφίσταται. Για παράδειγμα, εάν ο χρόνος που απαιτείται για τον κατάπλου ενός πλοίου είναι μεγάλος, τότε η ανάγκη για δέσμευση γερανών θα είναι μικρή. Όμως, εάν από την αρχή έχει δεσμευτεί ένας συγκεκριμένος αριθμός γερανών για το πλοίο αυτό, τότε ενδέχεται να έχουμε λανθασμένη κατανομή πόρων. Φυσικά μπορεί να ισχύει και το αντίθετο. Στην περίπτωση που ο χρόνος κατάπλου είναι μικρός, τότε η ανάγκη για την χρησιμοποίηση γερανών θα είναι άμεση. Για να ικανοποιηθεί το αίτημα αυτό, θα απαιτηθεί η παραχώρηση επιπλέον γερανών για την φορτοεκφόρτωση. Ο εξοπλισμός αυτός θα πρέπει να απομακρυνθεί από την εξυπηρέτηση άλλων πλοίων, επομένως μπορεί και πάλι να προκύψει πρόβλημα στην ομαλή λειτουργία του λιμανιού.

Επιπρόσθετα, οι γερανοί είναι από τα ακριβότερα περιουσιακά στοιχεία ενός λιμανιού, μαζί με την υποδομή στην αποβάθρα. Από τη στιγμή, λοιπόν, που για τη αγορά και συντήρηση τους δαπανώνται μεγάλα χρηματικά ποσά, η βέλτιστη κατανομή τους στα εισερχόμενα πλοία και η μεγαλύτερη δυνατή αξιοποίηση τους αποτελούν έναν διαρκή στόχο για τον προγραμματισμό του λιμανιού. Συν τοις άλλοις το αποτέλεσμα των ανωτέρω, δηλαδή ο μειωμένος χρόνος εξυπηρέτησης για κάθε πλοίο, είναι προς συμφέρον του λιμανιού όπως αναφέραμε και στο ξεκίνημα της ενότητας.

Το διάγραμμα ροής, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 22, είναι η βάση της θεωρίας του συνδυασμένου προβλήματος της κατανομής θέσεων πλεύρισης και της ανάθεσης γερανών στα πλοία που βρίσκονται στην αποβάθρα. Εξετάζοντας το διάγραμμα ροής καταλαβαίνει κανείς ότι, από την επίλυση του BAP υπολογίζεται προσωρινά ο εκτιμώμενος χρόνος ολοκλήρωσης της διαδικασίας κατάπλου. Αυτό το δεδομένο χρησιμοποιείται στην πορεία για να υπολογιστεί ο τρόπος ανάθεσης των γερανών παράλληλα με το χρονικό διάστημα στο οποίο πρέπει να ολοκληρωθεί και αυτή η διαδικασία, επίσης σε προσωρινή βάση. Στη συνέχεια το σύστημα ανατροφοδοτείται και το σύνολο των επιμέρους υπολογισμών επαναλαμβάνεται όσες φορές χρειαστεί μέχρι να προκύψει το επιθυμητό αποτέλεσμα.



Σχήμα 22: Διάγραμμα ροής για το συνδυασμένο πρόβλημα BAP και QCAP

Πηγή: Yang και λοιποί, 2012

Για την μαθηματική επίλυση του υποδείγματος οι Yang και λοιποί (2012) χρησιμοποιούν έναν πολύπλοκο αλγόριθμο. Η μεταβλητή – κλειδί είναι ο χρόνος χειρισμού του φορτίου των πλοίων (handling time) και συνδέει τα δύο επιμέρους προβλήματα. Μέσα από δοκιμαστικές εφαρμογές επιβεβαιώνεται η αξιοπιστία της προτεινόμενης μεθόδου, στην προσπάθεια για την ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση του χρόνου εξυπηρέτησης των πλοίων (service time) και των αλλαγών στις θέσεις των γερανών στην αποβάθρα (quay crane shifts).

5.3 Η ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΝΟΣ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ (CONTAINER TERMINAL MANAGEMENT)

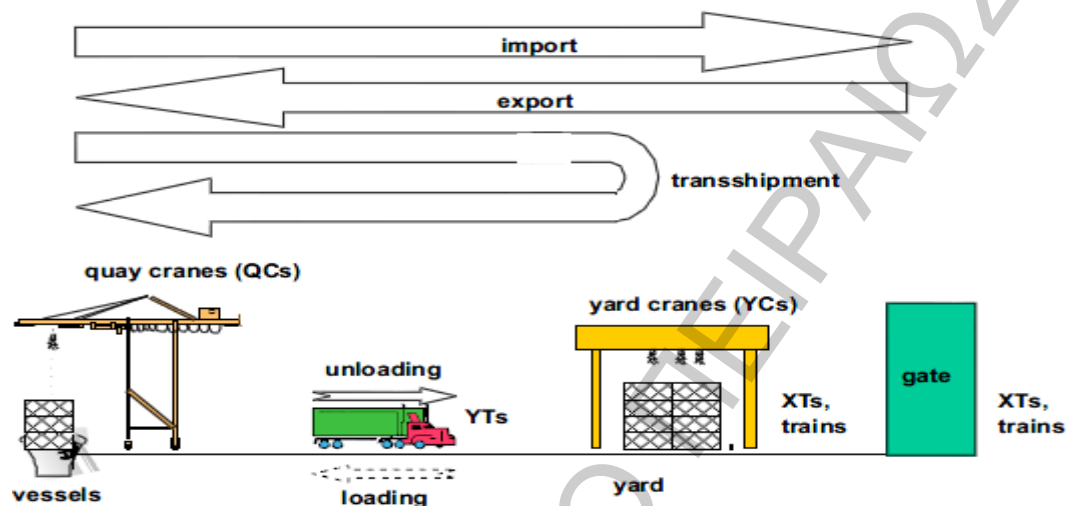
Η χρήση των εμπορευματοκιβωτίων έχει επικρατήσει για τη μεταφορά κάθε είδους έτοιμων αγαθών, από ηλεκτρικά είδη και ηλεκτρονικούς υπολογιστές μέχρι τρόφιμα και είδη ένδυσης. Στα πλαίσια του διεθνούς εμπορίου τα λιμάνια καλούνται να λειτουργήσουν ως πύλες (gateways) για το εσωτερικό των χωρών και να αποτελέσουν πλέον αναπόσπαστο κομμάτι της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αυτό μεταφράζεται σε δημιουργία αξίας μέσω της παροχής υψηλού επιπέδου υπηρεσιών Logistics, όπως για παράδειγμα η αποθήκευση και οι τελωνειακές υπηρεσίες. Αυτός ο σύνθετος ρόλος έχει αυξήσει κατά πολύ τη σημασία των σταθμών εμπορευματοκιβωτίων.

Η λειτουργία τους όμως υπόκειται σε ορισμένους περιορισμούς, τους οποίους το μάνατζμεντ του σταθμού δεν δύναται να αγνοήσει (Rodrigue και Browne, 2008). Ίσως ο μεγαλύτερος εξ αυτών είναι ο χωρικός περιορισμός. Το πρόβλημα έγκειται στο γεγονός ότι, η ύπαρξη διαθέσιμων χώρων για την αποθήκευση εμπορευματοκιβωτίων έχει αυξηθεί μαζί με την αύξηση της χωρητικότητας των πλοίων που επισκέπτονται τα λιμάνια. Ένας ακόμη σημαντικός περιορισμός αφορά το βάθος του λιμένα. Το μεγαλύτερο μέγεθος των πλοίων απαιτεί μεγαλύτερα βάθη, καθώς σε διαφορετική περίπτωση δεν είναι δυνατή η προσέγγιση της αποβάθρας και η εξυπηρέτηση του.

Επίσης, οι επενδύσεις στις υποδομές του τερματικού σταθμού θα επηρεάσουν και το επίπεδο των προσφερόμενων υπηρεσιών. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας των πλοίων οι ανάγκες χειρισμού του φορτίου τους απαιτούν και τον ανάλογο σύγχρονο εξοπλισμό. Η ποσότητα του εργατικού δυναμικού δεν παίζει πλέον ιδιαίτερο ρόλο, αλλά το βάρος συγκεντρώνει η ποιότητα του και οι ικανότητες του στον αποδοτικό χειρισμό του λιμενικού εξοπλισμού. Με απλά λόγια, αναφερόμαστε σε επενδύσεις εντάσεως κεφαλαίου. Τέλος, ένας ακόμη περιοριστικός παράγοντας είναι η συνδεσιμότητα με τα χερσαία μεταφορικά μέσα/δίκτυα και η πρόσβαση στην ενδοχώρα. Εάν αυτή δεν εξασφαλίζεται τότε ο ανταγωνισμός από τα κοντινότερα λιμάνια στα οποία υπάρχουν αυτές οι δυνατότητες θα είναι ένα αξεπέραστο εμπόδιο.

Από τη συγκεκριμένη ανάλυση γίνεται αντιληπτό ότι, οι σταθμοί εμπορευματοκιβωτίων αποτελούν πολυσύνθετες κατασκευές, οι οποίες απαιτούν μεγάλα χρηματικά κεφάλαια για την ολοκλήρωσή τους. Επιπρόσθετα, οι αποφάσεις που

λαμβάνονται στο αρχικό επίπεδο σχεδιασμού έχουν δεσμευτικό χαρακτήρα και διαμορφώνουν την εικόνα του σταθμού στο μακροπρόθεσμο ορίζοντα. Διότι δεν είναι καθόλου εύκολο να ανακατασκευαστεί η αποβάθρα ή να γίνει εκβάθυνση του λιμένα, όπως δεν είναι εύκολη και η απόφαση για την απόκτηση επιπλέον αριθμού γερανών.

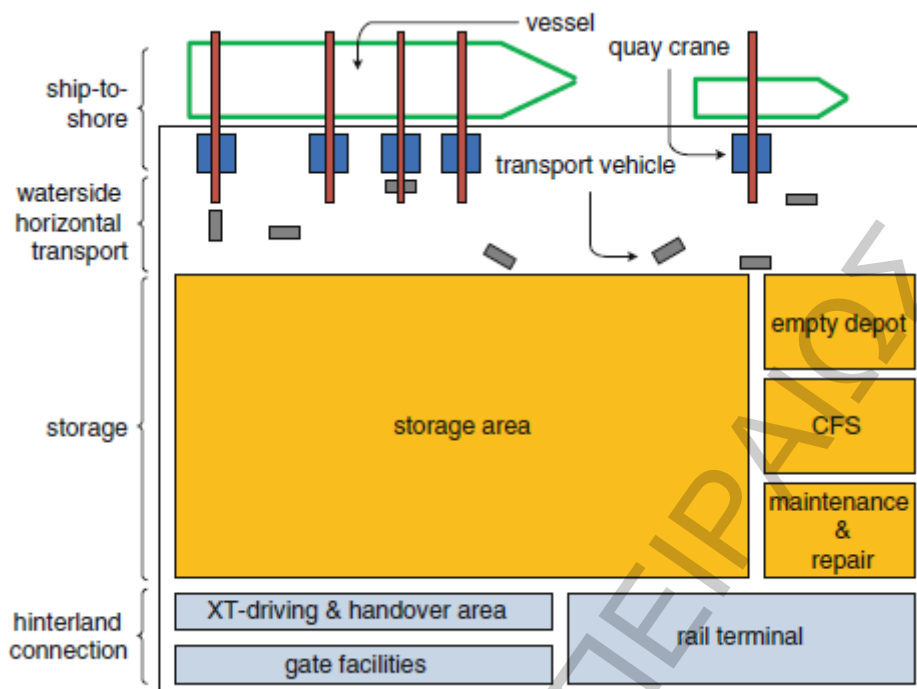


Σχήμα 23: Οι ροές των εμπορευματοκιβωτίων εντός ενός τερματικού σταθμού

Πηγή: Petering και Murty, 2009

Αυτό που λαμβάνει χώρα εντός των τερματικών σταθμών είναι η ταυτόχρονη εφαρμογή ενός συνόλου διαφορετικών και αλληλοεξαρτώμενων διαδικασιών. Για να αντιληφθεί κανείς τον βαθμό πολυπλοκότητας που χαρακτηρίζει τη λειτουργία τους, αρκεί να σκεφτεί τις πιθανές ροές των εμπορευματοκιβωτίων. Στο Σχήμα 23 αποτυπώνονται οι προαναφερθείσες ροές και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται σε κάθε περίπτωση.

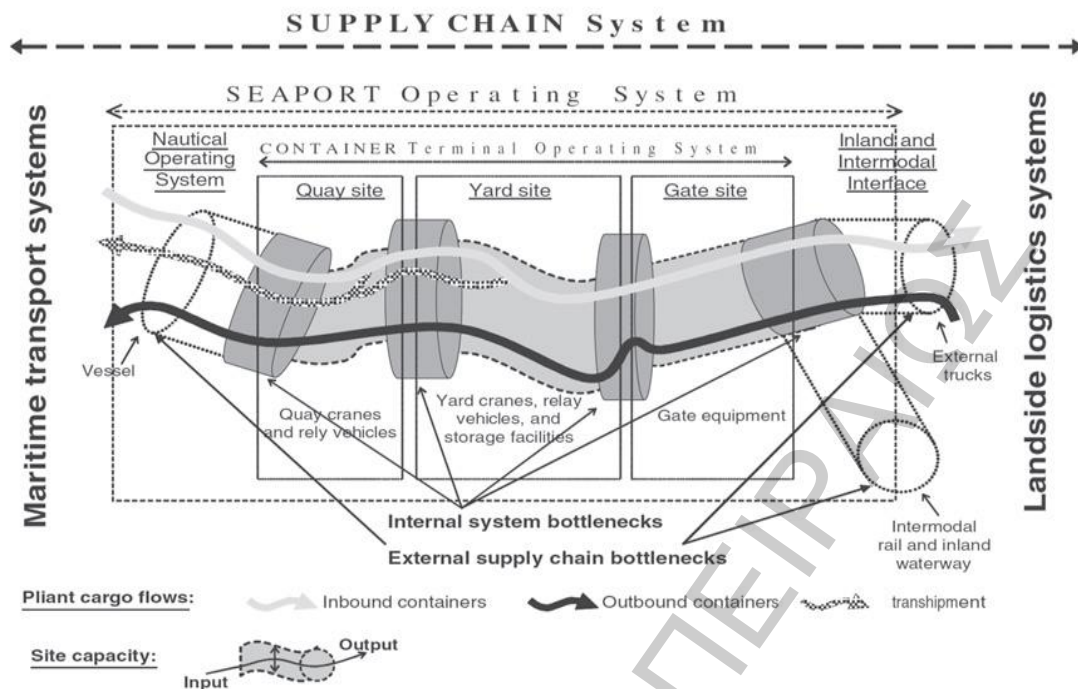
Κατά τη διαδικασία “εισαγωγής”, το εμπορευματοκιβώτιο ξεφορτώνεται από το εισερχόμενο πλοίο με τη βοήθεια των γερανών στην αποβάθρα. Ακολούθως μεταφέρεται με οχήματα στο χώρο αποθήκευσης, όπου ειδικά μηχανήματα στοιβασίας το παραλαμβάνουν και το τοποθετούν προσωρινά μαζί με τα υπόλοιπα εμπορευματοκιβώτια. Στη συνέχεια μεταφορτώνεται σε κάποιο χερσαίο μέσο, εξέρχεται του τερματικού σταθμού και συνεχίζεται τη διαδρομή του μέχρι τον τελικό παραλήπτη. Η διαδικασία “εξαγωγής” ακολουθεί ακριβώς την αντίστροφη πορεία. Όσον αφορά τη μεταφόρτωση, το εμπορευματοκιβώτιο παραμένει στο χώρο αποθήκευσης μέχρι την άφιξη του επόμενου πλοίου στο οποίο θα μεταφορτωθεί.



Σχήμα 24: Διαχωρισμός του σταθμού σε υποσυστήματα

Πηγή: Kemme, 2013

Προσπαθώντας να κατανοήσουμε τη δομή ενός τερματικού σταθμού εμπορευματοκιβωτίων, μπορούμε να υιοθετήσουμε τη θεωρία των υποσυστημάτων. Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη προσέγγιση, η δομή του σταθού μπορεί να αναλυθεί ως ένα άθροισμα τεσσάρων υποσυστημάτων (Kemme, 2013). Στο Σχήμα 24 διακρίνονται τα υποσυστήματα και οι λειτουργίες που περιλαμβάνει το καθένα. Το πρώτο υποσύστημα (ship-to-shore) αποτελείται από τις διαδικασίες της φορτοεκφόρτωσης από τα πλοία. Το δεύτερο υποσύστημα (waterside horizontal transport) αφορά την μεταφορά των εμπορευματοκιβωτίων από τους γερανούς της αποβάθρας προς τους αποθηκευτικούς χώρους και το αντίστροφο. Το τρίτο υποσύστημα (storage) αποτελείται από τους χώρους αποθήκευσης έμφορτων και κενών εμπορευματοκιβωτίων, τους χώρους συντήρησης/επισκευής και από το χώρο όπου τα εμπορευματοκιβώτια αδειάζονται ή γεμίζονται (Container Freight Station – CFS). Τέλος, το τέταρτο υποσύστημα (hinterland connection) είναι αυτό το οποίο συνδέεται με τα χερσαία μεταφορικά δίκτυα. Γίνεται επομένως αντιληπτό ότι, οι διοικούντες θα πρέπει να μεριμνήσουν για την ομαλή λειτουργία όλων των υποσυστημάτων, καθώς η συμφόρηση σε ένα από αυτά μπορεί πολύ γρήγορα να επεκταθεί και στα υπόλοιπα.



Σχήμα 25: Σημεία συμφόρησης στη λειτουργία του τερματικού σταθμού

Πηγή: Κοντοβάς και Ψαράτης, 2011

Σε ένα τόσο πολύπλοκο σύστημα όπως αυτό των τερματικών σταθμών εμπορευματοκιβωτίων, υπάρχουν πολλά πιθανά σημεία, στα οποία μια δυσλειτουργία έχει τη δυνατότητα να επηρεάσει αρνητικά το σύνολο των επιμέρους υποσυστημάτων. Σχηματικά, τα σημεία στα οποία υπάρχει πιθανότητα να εμφανιστούν προβλήματα κατά τη λειτουργία ενός σύγχρονου τερματικού σταθμού απεικονίζονται στο Σχήμα 25 και χωρίζονται σε εσωτερικά (internal) και εξωτερικά (external). Τα εξωτερικά σημεία αφορούν τη φορτοεκφόρτωση στα πλοία και την επικοινωνία με τα χερσαία μέσα μεταφοράς. Τα εσωτερικά σημεία προστριβών αφορούν την συνεργασία των υποσυστημάτων. Η στενή τους σχέση και αλληλεπίδραση έγκειται στο γεγονός ότι το προϊόν (output) της λειτουργίας του καθενός αποτελεί δεδομένο (input) που επηρεάζει την ομαλή λειτουργία των υπολοίπων. Το τελικό αποτέλεσμα όλης αυτής της συμφόρησης είναι η χαμηλή παραγωγικότητα του τερματικού σταθμού και η αύξηση του χρόνου παραμονής των πλοίων στο λιμάνι. Αυτό κοστίζει και στους χρήστες του λιμανιού αλλά και στο ίδιο το λιμάνι, όπως έχει τονίσει στις δύο προηγούμενες ενότητες του κεφαλαίου. Παράλληλα όμως, υπάρχει και το περιβαλλοντικό κόστος, καθώς αυξάνονται οι εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων.

	hinterland connection	storage	waterside horizontal transport	ship-to-Shore
terminal design	type of hinterland connections	equipment type	vehicle type	QC type
	equipment numbers	number of stacking machines	number of vehicles	number of QCs
		stack dimensions	size of transport area	quay length
operational planning	equipment scheduling	container stacking	horizontal-transport-vehicle dispatching	stowage planning
		scheduling of stacking machines	horizontal-transport-vehicle routing	berth allocation
				QC split

Πίνακας 3: Τα προβλήματα ενός τερματικού σταθμού εμπορευματοκιβωτίων

Πηγή: Kemme, 2013

Ένα αναλυτικό πλαίσιο των προβλημάτων που καλούνται να λύσουν τα διοικητικά στελέχη του τερματικού παρουσιάζεται από τον Kemme (2013). Στον Πίνακα 3 λίγο πιο πάνω, τα προβλήματα κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το επίπεδο ανάλυσης και το υποσύστημα, τη λειτουργία του οποίου αφορούν. Στο αρχικό επίπεδο σχεδιασμού (terminal design) οι προκλήσεις για το μανάτζμεντ ποικίλουν, από το μήκος της αποβάθρας και τις διαστάσεις των αποθηκευτικών χώρων μέχρι το είδος και τον αριθμό των διαφόρων οχημάτων και γερανών που αποτελούν τον λιμενικό εξοπλισμό. Μετέπειτα, στο επιχειρησιακό επίπεδο σχεδιασμού (operational planning) οι αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν αφορούν κυρίως την κατανομή των πόρων του τερματικού σταθμού, όπως για παράδειγμα των θέσεων πλευρίσης, αλλά και τον βέλτιστο προγραμματισμό της λειτουργίας όλων των ειδών εξοπλισμού που εμπλέκονται στην παροχή των υπηρεσιών που προσφέρει το τερματικό.

Από τη μία πλευρά, ο αριθμός των βιβλιογραφικών πηγών που πραγματεύονται την βελτιστοποίηση της λειτουργίας των τερματικών σταθμών εμπορευματοκιβωτίων είναι μεγάλος. Πλήθος ερευνών έχει διεξαχθεί προσεγγίζοντας από οικονομικής πλευράς κάθε ένα από τα προβλήματα που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3. Σκοπός τους είναι να ελαχιστοποιήσουν το κόστος της εκάστοτε λειτουργίας που αποτελεί το αντικείμενο έρευνας. Μάλιστα, δύο από τα κυριότερα επιχειρησιακά προβλήματα μας απασχόλησαν στην προηγούμενη ενότητα, το BAP και το QCAP.

Δεν λείπουν φυσικά και οι αναφορές σε δείκτες μέτρησης της επίδοσης ενός τερματικού σταθμού (Kemme, 2013). Οι δείκτες αυτοί αποτελούν εργαλεία τα οποία βοηθούν στον τρόπο διοίκησης και καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα θεμάτων. Όταν κάποιος δείκτης είναι χαμηλός, αυτομάτως υπογραμμίζεται η ανάγκη για διορθωτικές παρεμβάσεις από τα διοικητικά στελέχη. Οι κυριότερες κατηγορίες δεικτών είναι: (1) οι δείκτες του επιπέδου παρεχόμενων υπηρεσιών (service-level indicators), οι οποίοι σχετίζονται με την ανταπόκριση στις επιθυμίες των πελατών/χρηστών του τερματικού σταθμού, (2) οι δείκτες αποδοτικότητας του τερματικού σταθμού (terminal-efficiency indicators), οι οποίοι αξιολογούν τις δυνατότητες του τερματικού σταθμού, όπως τον αριθμό εξυπηρετούμενων πλοίων ανά έτος ή τον αριθμό των φορτίων που χειρίζεται το τερματικό ανά ώρα και ανά έτος (3) οι δείκτες αποδοτικότητας του εξοπλισμού (equipment-efficiency indicators), οι οποίοι σχετίζονται με την παραγωγικότητα των μηχανημάτων που χρησιμοποιούνται για τον κάθε είδους χειρισμό των εμπορευματοκιβωτίων και (4) οι δείκτες κόστους (cost-efficiency indicators), οι οποίοι παρέχουν τη δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ διαφορετικών τερματικών σταθμών.

Από την άλλη πλευρά, σχεδόν ανύπαρκτες είναι οι αναφορές που συνδέουν το μάνατζμεντ με το θέμα της περιβαλλοντικής προστασίας. Το κενό αυτό έρχεται να καλύψει μια λεπτομερή μελέτη περίπτωσης (case study) αναφορικά με την εφαρμογή “πράσινων” πρακτικών διοίκησης (green management practices - GMP) σε έναν τερματικό σταθμό εμπορευματοκιβωτίων στο Χονκ Κονγκ, συμφερόντων του Ομίλου Hutchison Port Holdings - HPH (Lun, 2011).

Η συγκεκριμένη έρευνα προσπαθεί να αποδείξει ότι, η υιοθέτηση παρόμοιων πρακτικών αποτελεί συγκριτικό πλεονέκτημα και μπορεί να βελτιώσει τη συνολική επίδοση του τερματικού σταθμού. Η συνεργασία με τα υπόλοιπα μέρη κατά μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας (cooperation with supply chain partners), η με σεβασμό προς το περιβάλλον καθημερινή λειτουργία (environmentally friendly operations) και η υποστήριξη αυτής της φιλοσοφίας από όλα τα κλιμάκια στην ιεραρχία (internal management support) είναι τα τρία βασικά συστατικά μέρη ενός GMP. Στη συγκεκριμένη περίπτωση που εξετάζεται, δίνονται παραδείγματα επιτυχημένης εφαρμογής των “πράσινων” πρακτικών.

Ένα πρώτο σημαντικό βήμα αποτελεί η ανταλλαγή δεδομένων με τους συνεργάτες του τερματικού σε ηλεκτρονική μορφή. Αυτό έχει βελτιώσει την

επικοινωνία και έχει υπερκεράσει το εμπόδιο της ασυμβατότητας μεταξύ των διαφορετικών πληροφοριακών συστημάτων που χρησιμοποιούνται. Αποτέλεσμα αυτής της μεταστροφής ήταν η μείωση της κατανάλωσης χαρτιού κατά 21% το έτος 2007. Ακόμη, στα συμβόλαια συνεργασίας που υπογράφει η διοίκηση του τερματικού σταθμού υπάρχουν ειδικοί όροι που υποχρεώνουν τους συνεργάτες να χρησιμοποιούν ανακυκλώμενα υλικά και να μεριμνούν για την ασφαλή απομάκρυνση επικίνδυνων υλικών.

Η μείωση της ενέργειας που καταναλώνεται για την καθημερινή λειτουργία του τερματικού σταθμού είναι ένα δεύτερο παράδειγμα περιβαλλοντικά ευαίσθητης πολιτικής. Η εγκατάσταση ειδικού συστήματος φωτισμού στα κτίρια, το οποίο έχει χαμηλότερη κατανάλωση ρεύματος, είναι ένα απλό παράδειγμα μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας. Επίσης, η στροφή σε καθαρότερα καύσιμα για τα οχήματα που χρησιμοποιούνται στη μεταφορά και στοιβασία των εμπορευματοκιβωτίων, είτε ακόμη η χρησιμοποίηση ηλεκτρικής ενέργειας και μπαταριών για την κίνηση τους, μπορούν να μειώσουν την εκπομπή CO₂ έως και 90%.

Η δέσμευση και η συνεχής υποστήριξη των ανωτέρω από τα διοικητικά στελέχη είναι απαραίτητη, διότι από εκεί καθορίζεται η πολιτική που θα ακολουθήσει ο τερματικός σταθμός. Αυτό επιτυγχάνεται αρχικά μέσω της συμμόρφωσης με τους περιβαλλοντικούς νόμους και της θέσπισης οδηγιών για την τήρησή τους. Η διενέργεια εσωτερικών και εξωτερικών ελέγχων (audits) για τη συνεχή παρακολούθηση στο κατά πόσο εφαρμόζονται οι “πράσινες” πρακτικές και πετυχαίνονται οι στόχοι που έχουν τεθεί, όπως επίσης η προσπάθεια μετάδοσης αυτής της φιλοσοφίας στο εξωτερικό περιβάλλον λειτουργίας του τερματικού σταθμού, είναι δύο ακόμη δράσεις που χαρακτηρίζουν έναν φιλικότερο προς το περιβάλλον τρόπο διοίκησης.

Η αποδοχή και υιοθέτηση ενός τρόπου λειτουργίας όπως αυτός που παρουσιάστηκε, προϋποθέτει την ανάληψη κάποιου κόστους. Η εκπαίδευση των στελεχών και των εργαζομένων, οι τροποποιήσεις στα μηχανήματα και στις κτιριακές εγκαταστάσεις, η δέσμευση πόρων για την εκπόνηση σχεδίων δράσης, είναι διαδικασίες που δεσμεύουν χρόνο και χρήμα. Τα αποτελέσματα των “πράσινων” πρακτικών μπορούν να αξιολογηθούν σε όρους ροής εμπορευματοκιβωτίων (terminal throughput), κερδοφορίας (profitability) και οικονομικά αποτελεσματικής λειτουργίας (cost-effective

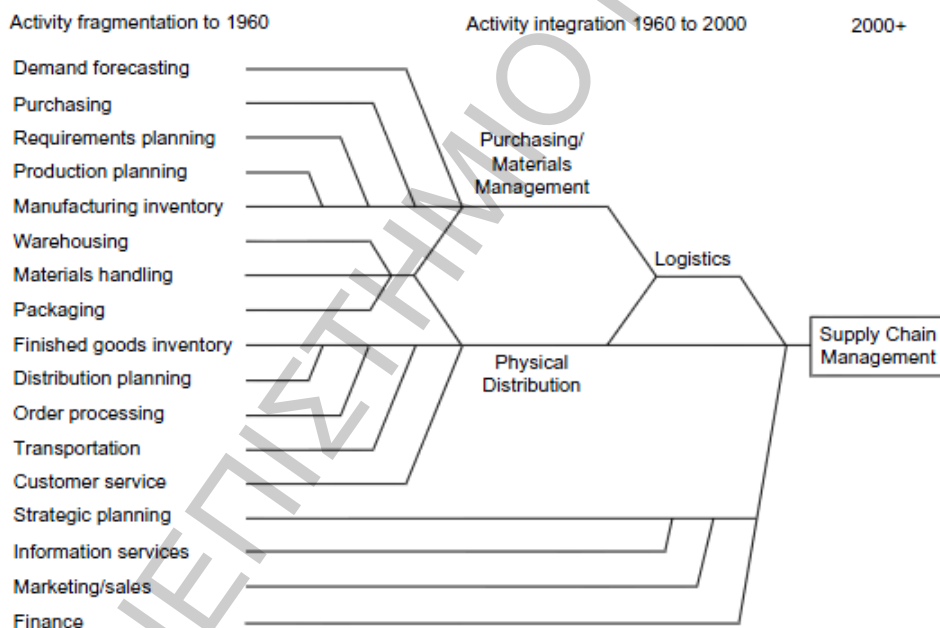
operation). Τα στοιχεία αυτά καθορίζουν την τελική επίδοση (performance) του τερματικού σταθμού συγκριτικά με τους ανταγωνιστές του.

Σύμφωνα με τα ευρήματα της έρευνας, η σχέση μεταξύ της εφαρμογής ενός GMP και της εταιρικής επίδοσης φαίνεται πως είναι θετική. Ο τερματικός σταθμός που αποτελεί αντικείμενο εξέτασης, ταυτόχρονα με τους περιβαλλοντικούς στόχους πετυχαίνει και τους οικονομικούς. Τα στοιχεία δείχνουν ότι εμφανίζει υψηλά νούμερα στη ροή εμπορευματοκιβωτίων και στην κερδοφορία μετά την εφαρμογή των “πράσινων” πρακτικών, ενώ τα λειτουργικά κόστη δεν επηρεάζουν αρνητικά την αποτελεσματικότητα. Το τελικό συμπέρασμα είναι ότι, μέσω παρόμοιων πρακτικών υπάρχει η πιθανότητα να ενισχυθεί η θέση και το μερίδιο αγοράς ενός τερματικού σταθμού. Για να εκτιμηθεί σωστά αυτή η πιθανότητα, το συγκεκριμένο πεδίο έρευνας θα πρέπει να προσελκύσει περισσότερους επιστήμονες, οι οποίοι θα επεκτείνουν τις προσπάθειες τους και σε άλλα τερματικά για την εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

6.1 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ (SUPPLY CHAIN MANAGEMENT - SCM)

Το τελευταίο κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας είναι αφιερωμένο στο γενικότερο πρόβλημα της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Όπως αποδείχθηκε, η μεταφορική δραστηριότητα αποτελεί καταλυτικό παράγοντα στην ομαλή της λειτουργία (βλέπε Σχήμα 2, ενότητα 1.1). Επομένως και ο ρόλος της ναυτιλίας τακτικών γραμμών είναι ιδιαίτερα σημαντικός, από τη στιγμή που το 90% του παγκοσμίου όγκου εμπορίου διακινείται μέσω θαλάσσης (IMO, 2008).



Σχήμα 26: Η εξέλιξη στον τρόπο οργάνωσης και λειτουργίας των υπηρεσιών logistics

Πηγή: Dey και λοιποί, 2011

Η ιδιαίτερη σημασία που δίνεται στο συγκεκριμένο ζήτημα σχετίζεται άμεσα με την εξέλιξη στον τρόπο οργάνωσης και λειτουργίας των υπηρεσιών logistics (Σχήμα 26). Από τον πλήρη διαχωρισμό των επιμέρους δραστηριοτήτων, σταδιακά και μέσω μιας διαρκούς διαδικασίας ενοποίησης, τα logistics αποτελούν πλέον έναν ολοκληρωμένο τρόπο διαχείρισης σχεδόν του συνόλου της εφοδιαστικής αλυσίδας. Το

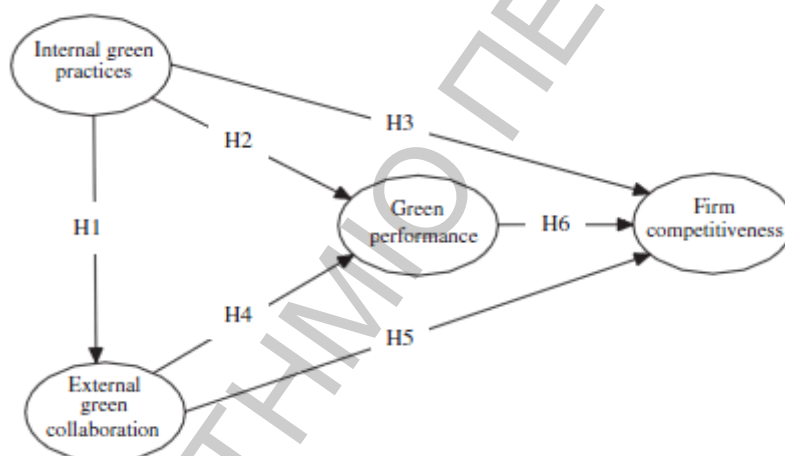
φαινόμενο αυτό παρατηρείται ιδιαίτερα στις εταιρείες τακτικών γραμμών, οι οποίες εμπλέκονται όλο και περισσότερο με τη παροχή υπηρεσιών logistics, στη προσπάθεια τους να μειώσουν το κόστος, να διαφοροποιήσουν το προϊόν των υπηρεσιών τους και να αποκτήσουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα (Tran και Haasis, 2013).

Αυτό που συνιστά τη μεγαλύτερη πρόκληση κατά τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι η ενσωμάτωση της έννοιας της βιώσιμης ανάπτυξης (sustainable development) κατά τον στρατηγικό σχεδιασμό της εταιρείας. Ο συγκεκριμένος όρος αφορά μεν την οικονομική ανάπτυξη και την επίτευξη των οικονομικών στόχων της εκάστοτε εταιρείας, αλλά με γνώμονα πάντα την προστασία του περιβάλλοντος και τη διατήρηση των φυσικών πόρων για τις μελλοντικές γενιές.

Για να προχωρήσει μια τέτοια διαδικασία χρειάζονται ισχυρά κίνητρα. Οι Dey και λοιποί (2011) δίνουν μερικούς σημαντικούς λόγους: (1) ενίσχυση της εμπορικής αξίας μέσω της καλής φήμης της εταιρείας. Η οικολογική συνείδηση και συμπεριφορά του σύγχρονου καταναλωτή επιβραβεύει τις εταιρείες εκείνες που μεριμνούν για τις μακροχρόνιες επιπτώσεις της λειτουργίας τους, όσον αφορά το περιβάλλον και την κοινωνία. (2) βέλτιστη αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων. Ιδιαίτερα μη ανανεώσιμοι πόροι όπως τα ορυκτά καύσιμα είναι περιορισμένοι και κοστίζουν ακριβά. Οι στρατηγικές βιώσιμης ανάπτυξης εστιάζουν σε νέες πηγές (ανανεώσιμης) ενέργειας, των οποίων η χρήση είναι περισσότερο φιλική προς το περιβάλλον. (3) κυβερνητικές παρεμβάσεις και διεθνείς κανονισμοί. Όπως τονίστηκε και στο πρώτο κεφάλαιο, περιφερειακοί και διεθνείς θεσμικοί παράγοντες επιβάλλουν σταδιακά όλο και αυστηρότερους κανόνες για την προστασία του περιβάλλοντος. Επιχειρήσεις σαν τις ναυτιλιακές, οι οποίες δραστηριοποιούνται σε παγκόσμια κλίμακα, οφείλουν να προσαρμοστούν στα νέα δεδομένα εάν θέλουν να διατηρήσουν τη θέση τους στην αγορά και να επιβιώσουν του σκληρού ανταγωνισμού.

Σε μια σχετική με το ζήτημα έρευνα βασισμένη σε εμπειρικά δεδομένα από 163 εταιρείες μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων στην Ταϊβάν, οι Yang και λοιποί (2013) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι, η εφαρμογή ‘‘πράσινων’’ πρακτικών στην εφοδιαστική τους αλυσίδα επηρεάζει θετικά τις επιδόσεις και την ανταγωνιστικότητα τους. Το αποτέλεσμα αυτό είναι παρόμοιο με την περίπτωση των τερματικών σταθμών εμπορευματοκιβωτίων που εξετάστηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Η θεωρητική τους προσέγγιση απεικονίζεται στο Σχήμα 27.

Οι τρόποι με τους οποίους ενσωματώνονται “πράσινοι” στόχοι στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας (green supply chain management – GSCM) είναι δύο. Ο πρώτος είναι μέσω της εφαρμογής εσωτερικών πρακτικών (internal green practices). Ως παραδείγματα μπορούμε να αναφέρουμε την ενθάρρυνση των εργαζομένων για “πράσινη” συμπεριφορά κατά την εργασία τους, την εγκατάσταση νέου τύπου μηχανών στα πλοία, την αποφυγή τοξικών υλικών για τη βαφή των πλοίων, την εγκατάσταση συστημάτων διαχείρισης του έρματος, τα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο καύσιμα, την προώθηση “πράσινων” μηνυμάτων μέσω διαφημίσεων και τη δημιουργία μιας εικόνας προς τους πελάτες, σύμφωνα με την οποία η εταιρεία παρέχει φιλικές προς το περιβάλλον υπηρεσίες (green marketing).



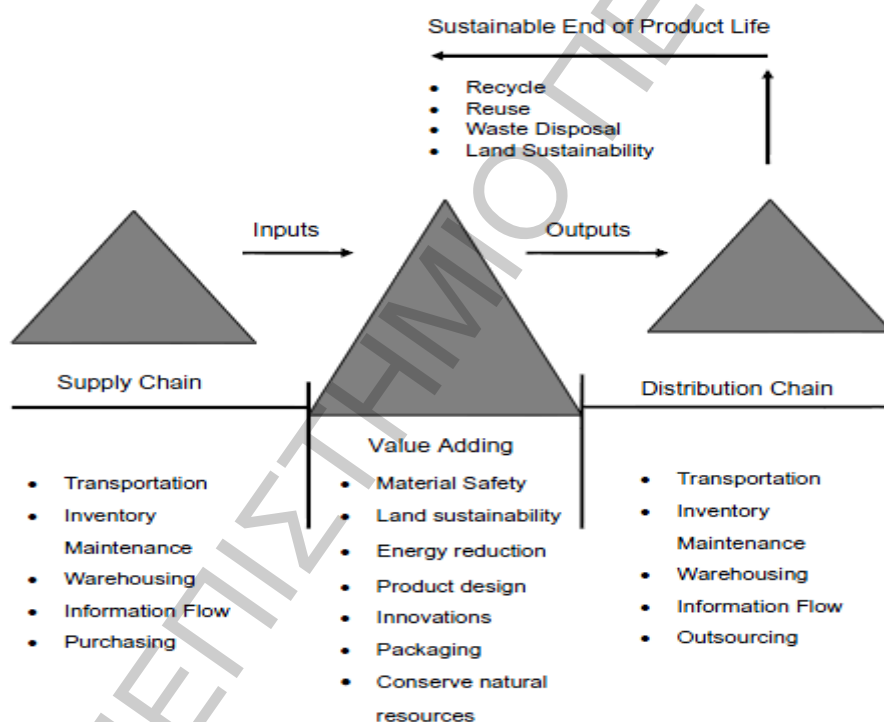
Σχήμα 27: Οι “πράσινες” πρακτικές βελτιώνουν την ανταγωνιστικότητα

Πηγή: Yang και λοιποί, 2013

Ο δεύτερος τρόπος είναι μέσω της συμμετοχής των άμεσων εξωτερικών συνεργατών της εταιρείας (external green collaboration). Ως άμεσοι συνεργάτες στα πλαίσια της εφοδιαστικής αλυσίδας μπορούν να θεωρηθούν οι τερματικοί σταθμοί εμπορευματοκιβωτίων, οι χερσαίες μεταφορικές εταιρείες, τα ναυπηγεία, οι προμηθευτές καυσίμων, όπως επίσης οι φορτωτές και οι διαμεταφορείς. Αυτό που απαιτείται είναι η επικοινωνία με τον καθένα ξεχωριστά, ώστε να τεθούν κοινói περιβαλλοντικοί στόχοι και να σχεδιαστεί ένας κοινός προγραμματισμός κατά τη συνεργασία τους. Ο τελικός στόχος να μειωθεί από κοινού η επίπτωση των δραστηριοτήτων τους στο περιβάλλον.

Όπως γίνεται αντιληπτό, κρίσιμο ρόλο παίζει η διάθεση και ο βαθμός δέσμευσης της εταιρείας στο να πετύχει ένα καλύτερο περιβαλλοντικό αποτέλεσμα. Εάν καταφέρει να προσαρμόσει τη λειτουργία της στη νέα αυτή φιλοσοφία, τότε είναι πιο εύκολο να περάσει το συγκεκριμένο μήνυμα και στα υπόλοιπα μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας. Μακροπρόθεσμα κερδισμένοι από μια τέτοια κατάσταση δεν θα είναι μόνο η κοινωνία ή το φυσικό περιβάλλον, αλλά και η ίδια η εταιρεία.

Τέλος, θα ολοκληρώσουμε το κεφάλαιο παρουσιάζοντας ένα απλοποιημένο παράδειγμα βιώσιμης εφοδιαστικής αλυσίδας (Σχήμα 28). Το παράδειγμα δεν αφορά συγκεκριμένα τη ναυτιλιακή βιομηχανία, αλλά μπορεί να λειτουργήσει ως ένα γενικό υπόδειγμα.



Σχήμα 28: Παράδειγμα βιώσιμης εφοδιαστικής αλυσίδας

Πηγή: Dey και λοιποί, 2011

Όπως φαίνεται στο Σχήμα, την εφοδιαστική αλυσίδα την αποτελούν τέσσερις επιμέρους αλυσίδες. Η πρώτη (supply chain) αφορά τις ενέργειες που απαιτούνται για να μπορέσει να παραχθεί το αγαθό ή η υπηρεσία. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα στα πλαίσια της ναυτιλίας τακτικών γραμμών είναι η απόκτηση των πλοίων. Η δεύτερη (value adding chain) σχετίζεται με την εταιρεία και όλες τις διαδικασίες που λαμβάνουν

χώρα και είναι απαραίτητες για την παροχή της υπηρεσίας ή της κατασκευής του αγαθού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα στα πλαίσια της μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων είναι οι τερματικοί σταθμοί και οι υπηρεσίες logistics που προσφέρουν. Η τρίτη επιμέρους αλυσίδα (distribution chain) αφορά τις ενέργειες διανομής του προϊόντος στους τελικούς καταναλωτές/παραλήπτες. Το σχετικό παράδειγμα στη περίπτωση αυτή θα μπορούσε να είναι οι εταιρείες χερσαίας μεταφοράς των εμπορευματοκιβωτίων. Τέλος, η τέταρτη αλυσίδα αφορά την αντίστροφη εφοδιαστική (reverse logistics). Η συγκεκριμένη έννοια σχετίζεται με ενέργειες όπως η ανακύκλωση, η επαναχρησιμοποίηση προϊόντων και η ασφαλής διαχείριση επικίνδυνων υλικών. Παραδείγματα σχετικά με την αντίστροφη εφοδιαστική είναι η επαναχρησιμοποίηση άδειων εμπορευματοκιβωτίων και η περιβαλλοντικά ασφαλής διάλυση των πλοίων που έχουν φτάσει στο τέλος της οικονομικής τους ζωής.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα διπλωματική εργασία είναι αφιερωμένη στη ναυτιλία τακτικών γραμμών και ειδικότερα στις εταιρείες μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Κατά τη συγγραφή της επιχειρήθηκε η παρουσίαση και ανάλυση ορισμένων κύριων προβλημάτων, τα οποία πρέπει να ξεπεραστούν για να γίνει εφικτή η δημιουργία μιας ‘‘πράσινης’’ εφοδιαστικής αλυσίδας στη συγκεκριμένη ναυτιλιακή αγορά. Το γεγονός ότι επικεντρωθήκαμε σε δεκατρία (13) συγκεκριμένα επιμέρους προβλήματα δεν αποκλείει την ύπαρξη περισσότερων.

Πιο συγκεκριμένα, τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν στο κείμενο είναι τα εξής: (1) η βέλτιστη ταχύτητα του πλοίου, (2) το βέλτιστο μέγεθος του πλοίου, (3) η επιλογή της βέλτιστης διαδρομής και του βέλτιστου προγραμματισμού των δρομολογίων, (4) η επιλογή της βέλτιστης διαδρομής βάσει συγκεκριμένων καιρικών συνθηκών, (5) ο βέλτιστος συνδυασμός μεγέθους και σύνθεσης του στόλου, (6) ο βέλτιστος τρόπος λειτουργικής ανάπτυξης του στόλου, (7) ο σχεδιασμός ενός δικτύου συνδυασμένων μεταφορών, (8) ο τρόπος κατανομής των μέσων μεταφοράς, (9) η διαδικασία της μεταφόρτωσης, (10) το ζήτημα της αναμονής στα λιμάνια, (11) ο τρόπος διοίκησης ενός τερματικού σταθμού εμπορευματοκιβωτίων, (12) το πρόβλημα κατανομής των θέσεων πλεύρισης, και τέλος (13) ο τρόπος οργάνωσης και λειτουργίας του συνόλου της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Από τη μια πλευρά προέκυψαν ορισμένα γενικά συμπεράσματα. Ένα πρώτο είναι ότι, η ολιστική προσέγγιση αποτελεί βασική προϋπόθεση για την αποτελεσματική επίλυση του συνόλου των προβλημάτων. Κατά την προσωπική εκτίμηση του συγγραφέα, η προσπάθεια επίλυσης του κάθε προβλήματος ξεχωριστά είναι καταδικασμένη να αποτύχει. Συνεπώς, θεωρούμε πως η επιτυχημένη προσέγγιση μπορεί να είναι μόνο η ομαδοποίηση τους και η ταυτόχρονη αντιμετώπιση τους. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του συνδυασμού των προβλημάτων της κατανομής θέσεων πλεύρισης (BAP) και της αναμονής στα λιμάνια (queuing).

Μια δεύτερη γενική διαπίστωση αφορά την έκταση και το βάθος των ερευνών, στοιχεία τα οποία διαφέρουν ανάμεσα στα προβλήματα που εξετάστηκαν. Για παράδειγμα στο ζήτημα του weather routing καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι, η

βελτιστοποίηση του έχει ουσιαστικά επιτευχθεί και έχει ενσωματωθεί στη καθημερινή λειτουργία των εταιρειών, κάτι που αποτελεί την εξαίρεση. Στα υπόλοιπα προβλήματα, σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό ανάλογα με την περίπτωση, οι υφιστάμενες έρευνες δεν έχουν δώσει την αναμενόμενη σημασία στην περιβαλλοντική πλευρά τους. Προτεραιότητα παραμένει η ανάλυση με βάση την οικονομική διάσταση. Ακριβώς αυτό το κενό οφείλουν να καλύψουν οι μελλοντικές ερευνητικές προσπάθειες. Μια μέθοδος που θα μπορούσε να αποφέρει αποτελέσματα είναι η εμπειρική ανάλυση δεδομένων, μέσα από την οποία θα ήταν εφικτή η ποσοτικοποίηση των προβλημάτων.

Επίσης, άκρως σημαντική κατά την άποψη μας είναι η διαπίστωση σύμφωνα με την οποία η λειτουργία που ενσωματώνει “πράσινες” πρακτικές είναι μακροπρόθεσμα προς όφελος και της ίδιας της εταιρείας. Αυτό και μόνο είναι ικανό να κάμψει τις όποιες δεύτερες σκέψεις προκαλεί το αρχικό κόστος μιας τέτοιας προσπάθειας. Βέβαια, ένας μεγαλύτερος αριθμός ερευνών που να επιβεβαιώνει το συγκεκριμένο αποτέλεσμα θα ήταν χρήσιμος για την εξαγωγή ακόμη πιο ασφαλούς συμπεράσματος.

Από την άλλη πλευρά, προέκυψαν και επιμέρους συμπεράσματα μέσα από την ανάλυση της κάθε ομάδας προβλημάτων ξεχωριστά, τα οποία και θα παρουσιάσουμε ένα προς ένα.

Σχετικά με τα πρώτα δύο προβλήματα, η αλληλεξάρτηση τους είναι πολύ ισχυρή. Η τάση στις έρευνες που πραγματεύονται το βέλτιστο μέγεθος είναι να συμπεριλαμβάνουν και την έννοια της ταχύτητας, κάτι που αποδεικνύει τον ανωτέρω ισχυρισμό. Φυσικά, η όποια απόφαση ληφθεί για τη βέλτιστη ταχύτητα των πλοίων θα επηρεάσει άμεσα το σύνολο της εφοδιαστικής αλυσίδας και τις εκπομπές αερίων ρύπων. Συνεπώς το ζήτημα της ταχύτητας είναι κομβικής σημασίας και ίσως το πλέον σημαντικό από το σύνολο των δεκατριών. Κατά την άποψη μας, στις μελλοντικές έρευνες για την επίτευξη “πράσινων” στόχων η βελτιστοποίηση των δύο αυτών προβλημάτων θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως ένα ενιαίο.

Αναφορικά με τη δεύτερη ομάδα προβλημάτων (3-6) που αποτέλεσαν το θέμα του τρίτου κεφαλαίου, ισχύει εν πολλοίς ό,τι ειπώθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο. Η ανάλυση τους από περιβαλλοντικής πλευράς δεν είναι ακόμη ολοκληρωμένη, όμως το θετικό είναι ότι προσελκύουν όλο και περισσότερο την προσοχή των επιστημόνων. Εξαίρεση αποτελεί, όπως ήδη τονίσαμε, το ζήτημα της

επιλογής της βέλτιστης διαδρομής βάσει συγκεκριμένων καιρικών συνθηκών (weather routing).

Η επόμενη ομάδα (7-9) είναι κυρίως στρατηγικής φύσεως προβλήματα, τα οποία μάλιστα εμφανίστηκαν μόλις τα τελευταία χρόνια, με την επικράτηση των συστημάτων hub-and-spokes. Επομένως, η έλλειψη επαρκών ποσοτικών δεδομένων και το γεγονός ότι οι έρευνες για τη βελτιστοποίηση τους βρίσκονται σε σχετικά πρώιμο στάδιο και αφορούν ως επί το πλείστον την οικονομική τους πλευρά, δε μας επιτρέπουν να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα. Επειδή όμως συνδέονται έμμεσα με την περιβαλλοντική επίδοση της εταιρίας, η βελτιστοποίηση τους θα δημιουργήσει μια win-win κατάσταση, καθώς θα αποφέρει ταυτόχρονα οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.

Η σύνδεση με τις εκπομπές θερμοκηπιακών αερίων είναι αμεσότερη για την επόμενη ομάδα προβλημάτων (10-12). Στο συγκεκριμένο κομμάτι της εργασίας αναφερόμαστε στις λειτουργίες που σχετίζονται με τους τερματικούς σταθμούς εμπορευματοκιβωτίων. Ο ρόλος τους ως σύνδεσμοι διαφορετικών μεταφορικών μέσων έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία συνωστισμού εντός των ορίων τους, άρα και τη πρόκληση οικολογικής επιβάρυνσης. Η ταυτόχρονη αντιμετώπιση και βελτιστοποίηση των συγκεκριμένων προβλημάτων αποδεικνύεται ότι ενισχύει την αποδοτικότητα του τερματικού σταθμού, ενώ παράλληλα μειώνει τα επίπεδα εκπομπών αερίων ρύπων.

Τέλος, το γενικότερο πρόβλημα της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας σχετίζεται με “πράσινες” πρακτικές. Οι λόγοι που δικαιολογούν την εφαρμογή τους αναδεικνύουν την σημασία της επίτευξης των “πράσινων” στόχων. Ο στόχος των μελλοντικών ερευνών θα πρέπει να είναι το “χτίσιμο” της θεωρίας σύνδεσης μεταξύ των οικονομικών και των περιβαλλοντικών στόχων που οφείλει να εκπληρώνει μια “πράσινη” εφοδιαστική αλυσίδα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2011) ‘Λευκή Βίβλος, Χάρτης πορείας για έναν Ενιαίο Ευρωπαϊκό Χώρο Μεταφορών – Για ένα ανταγωνιστικό και ενεργειακά αποδοτικό σύστημα μεταφορών’,

<http://eurlex.europa.eu/Notice.do?mode=dbl&lang=el&ihmlang=el&lng1=el,en&lng2=bg,cs,da,de,el,en,es,et,fi,fr,hu,it,lt,lv,mt,nl,pl,pt,ro,sk,sl,sv,&val=562473:cs>

τελευταία επισκεψη: 15/10/2013

Παπαδημητρίου, Ε. και Σχινάς, Ο. (2002/2004) *Εισαγωγή στα Logistics*, Αθήνα: 2004, Εκδ. Σταμούλη

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Andersen, J. et al (2009) ‘Service network design with management and coordination of multiple fleets’, *European Journal of Operational Research*, 193, pp. 377–389.

Andersson, L. (2008) ‘Economies of scale with ultra large container vessels’, *MBA assignment no 3, The Blue MBA*, Copenhagen Business School.

Buhaug, Ø. et al (2009) ‘Second IMO GHG Study’, *International Maritime Organization (IMO)*, London, UK, April 2009.

Buhrkal, K. et al (2011) ‘Models for the discrete berth allocation problem: A computational comparison’, *Transportation Research Part E*, 47, pp. 461–473.

Canonaco, P. et al (2008) ‘A queuing network model for the management of berth crane operations’, *Computers and Operations Research*, 35, pp. 2432 – 2446.

Caris, A. et al (2013) ‘Decision support in intermodal transport: A new research agenda’, *Computers in Industry*, 64, pp. 105–112.

Cerup-Simonsen, Bo. (2008) ‘Effects of energy cost and environmental demands on future shipping markets’, *MBA assignment no 3, The Blue MBA*, Copenhagen Business School.

Chen, G. et al (2013) ‘Reducing truck emissions at container terminals in a low carbon economy: Proposal of a queueing-based bi-objective model for optimizing truck arrival pattern’, *Transportation Research Part E*, 55, pp. 3–22.

- Christiansen, M. et al (2004) 'Ship routing and scheduling-status and perspectives', *Transportation Science*, Vol. 38, Issue 1, February 2004.
- Christiansen, M. et al (2007) 'Maritime Transportation', in C. Barnhart and G. Laporte (Eds.), *Handbook in OR & MS*, Vol. 14.
- Christiansen, M. et al (2013) 'Ship routing and scheduling in the new millennium', *European Journal of Operational Research*, 228, pp. 467-483.
- Corbett, J.J. and Koehler, H.W. (2003) 'Updated emissions from ocean shipping', *Journal of Geophysical Research*, 108, 4650.
- Cordeau, J.F. et al (2005) 'Models and Tabu-search Heuristics for the Berth-Allocation Problem', *Transportation Science*, Vol. 39, No 4, pp. 526-538.
- Cordeau, J.F. et al (2007) 'The service allocation problem at the Gioia Tauro Maritime Terminal', *European Journal of Operational Research*, 176, pp. 1167–1184.
- Dalsøren, S.B. et al (2009) 'Update on emissions and environmental impacts from the international fleet of ships: the contribution from major ship types and ports', *Atmos. Chem. Phys.*, 9, pp. 2171–2194.
- Dey, A. et al (2011) 'Building sustainability in logistics operations: a research agenda', *Management Research Review*, Vol. 34, No. 11, pp. 1237-1259.
- Ducruet C., Notteboom T.E. (2012) 'Developing liner service networks in container shipping', in Song, D.W. and Panayides, P. (Eds.) *Maritime Logistics: Logistics Management of Shipping and Ports*, Kogan Page, London, pp. 77-100.
- Eefsen, T. (2008) 'Container shipping: Speed, carbon emissions and supply chain', *MBA assignment no 2, The Blue MBA*, Copenhagen Business School.
- Elwany, M.H. et al (2013) 'A heuristics-based solution to the continuous berth allocation and crane assignment problem', *Alexandria Eng. J.*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.aej.2013.09.001>.
- Endresen, Ø. et al (2003) 'Emission from international sea transportation and environmental impact', *Journal of Geophysical Research*, 108 (D17), 4560.
- Eng-Larsson, F. and Kohn, C. (2012) 'Modal shift for greener logistics - the shipper's Perspective', *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 42, Issue 1, pp. 36 – 59.
- Eyring, V. et al (2005a), 'Emissions from international shipping, Part 1: The last 50 years', *Journal of Geophysical Research*, Vol. 110, D17306.

- Eyring, V. et al (2005b), 'Emissions from international shipping: 2. Impact of Future Technologies on Scenarios Until 2050', *Journal of Geophysical Research*, Vol. 110, D17306.
- Eyring, V. et al (2007) 'Multi-model simulations of the impact of international shipping on Atmospheric Chemistry and Climate in 2000 and 2030', *Atmos. Chem. Phys.*, 7, pp. 757-780.
- Gavrilescu, D. (2008) 'Energy from Biomass in pulp and paper mills', *Environmental Engineering and Management Journal*, Vol.7, No.5, pp. 537-546.
- Gelareh, S. and Meng, Q. (2010) 'A novel modeling approach for the fleet deployment problem within a short-term planning horizon', *Transportation Research Part E*, 46, pp. 76–89.
- Grosso, M. et al (2010) 'Short Sea Shipping, intermodality and parameters influencing pricing policies: The Mediterranean case', *NETNOMICS: Economic Research and Electronic Networking*, Vol. 11, Issue 1, pp. 47-67.
- Gudehus, T. and Kotzab H. (2012) 'Maritime Logistics' in *Comprehensive Logistics*, 2nd ed., Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012.
- Hsu, C.I. and Hsieh, Y.P. (2007) 'Routing, ship size, and sailing frequency decision-making for a maritime hub-and-spoke container network', *Mathematical and Computer Modelling*, 45, pp. 899–916.
- Janic, M. (2007) 'Modelling the full costs of an intermodal and road freight transport network', *Transportation Research Part D*, 12, pp. 33–44.
- Jansson, J.O. and Shneerson, D. (1982) 'The optimal ship size', *Journal of transport economics and policy*, Vol 16, No 3, pp. 217-238.
- Jingjing, X. and Dong, L. (2012) 'Queuing Models to Improve Port Terminal Handling Service', *Systems Engineering Procedia*, 4, pp. 345 – 351.
- Kemme, N. (2013) 'Container-Terminal Logistics', in Kemme, N. *Design and Operation of Automated Container Storage Systems, Contributions to Management Science*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013.
- Kontovas, C.A. and Psaraftis, H.N. (2011a) 'The link between economy and environment in the post-crisis era: lessons learned from slow steaming', *Int. J. Decision Sciences, Risk and Management*, Vol. 3, Nos. 3/4.

- Kontovas, C.A. and Psaraftis, H.N. (2011b) 'Climate Change Policy in Shipping Focusing on Emission Standards and Technology Measures', *Environmental Engineering and Management Journal*, Vol.10, No. 10, pp. 1589-1596.
- Kontovas C.A. and Psaraftis H.N. (2011c) 'Reduction of emissions along the maritime intermodal container chain: operational models and policies', *Maritime Policy & Management*, 38:4, pp. 451-469.
- Lee, D.H. et al (2012) 'Terminal and yard allocation problem for a container transshipment hub with multiple terminals', *Transportation Research Part E*, 48, pp. 516–528.
- Lee, D.H. and Jin, J.G. (2013) 'Feeder vessel management at container transshipment terminals', *Transportation Research Part E*, 49, pp. 201–216.
- Liu, Z. et al (2012) 'Parallel computing method for intermodal shipping network design', *T-LOG 2012: The 4th International Conference on Transportation and Logistics*, pp. 1-10.
- Lun, Y.H.V. et al (2010) 'Fleet Mix Decision', in *Shipping and Logistics Management*, eds. Springer 2010, pp. 89-100.
- Lun, Y.H.V. (2011) 'Green management practices and firm performance: A case of container terminal operations', *Resources, Conservation and Recycling*, 55, pp. 559–566.
- Lun, Y.H.V. and Browne, M. (2009) 'Fleet mix in container shipping operations', *Int. J. Shipp. Transp. Logist.* 1(2):103–118.
- McKinnon, A. (2012) 'Reducing Energy Consumption and Emissions in the Logistics Sector', in Inderwildi O. and Sir King, D. (eds.), *Energy, Transport, & the Environment*, Springer-Verlag London 2012.
- Meng, Q. and Wang, X. (2011) 'Intermodal hub-and-spoke network design: Incorporating multiple stakeholders and multi-type containers', *Transportation Research Part B*, 45, pp. 724–742.
- Nam, HS & Song, DW (2011) 'Defining maritime logistics hub and its implication for container port', *Maritime Policy & Management: The flagship journal of international shipping and port research*, 38:3, pp. 269-292.

- National Imagery and Mapping Agency (2002) 'Weather Routing-Principles of weather routing', in Bowditch N. *The American Practical Navigator*, pub. No 9, 2002 bicentennial edition.
- Nishimura, E. et al (2009) 'Container storage and transshipment marine terminals', *Transportation Research Part E*, 45, pp. 771–786.
- Notteboom, T. and Cariou, P. (2009) 'Fuel surcharge practices of container shipping lines: is it about cost recovery or revenue-making?' *Proceedings of the International Association of Maritime Economists (IAME) 2009 Conference*, Copenhagen, June 2009
- Notteboom, T.E. and Vernimmen, B. (2009) 'The effect of high fuel costs on liner service configuration in container shipping', *Journal of Transport Geography*, 17, pp. 325–337.
- Özen, S. and Güler, N. (2001) 'Determining optimum ship capacity by application of inventory theory in freight management', *Pomorski zbornik*, 39, 1, pp. 249-266.
- Petering, M. and Murty, K. (2009) 'Effect of block length and yard crane deployment systems on overall performance at a seaport container transshipment terminal', *Computers and Operations Research*, 36, pp. 1711 – 1725.
- Psaraftis, H.N. (2009) 'Green Maritime Logistics', <http://www.martrans.org/docs/ws2009/GREEN%20MARITIME%20LOGISTICS.pdf>, τελευταία επίσκεψη: 10/09/2013.
- Psaraftis, H.N. et al. (2009) 'Speed reduction as an emissions reduction measure for fast ships', *10th International Conference on Fast Sea Transportation FAST 2009*, Athens, Greece, October 2009.
- Psaraftis, H.N. & Kontovas, C.A. (2009) CO₂ 'Emissions Statistics for the World Commercial Fleet', *WMU Journal of Maritime Affairs*, 8(1), pp.1-25.
- Psaraftis, H.N., Kontovas, C.A., (2010) 'Ship Emissions, Costs and their Tradeoffs', in *Advances in Maritime Logistics and Supply Chain Systems*, World Scientific Publishing, Singapore, 2010.
- Qi, X. and Song DP. (2012) 'Minimizing fuel emissions by optimizing vessel schedules in liner shipping with uncertain port times', *Transportation Research Part E*, 48, pp. 863–880.

- Rodrigue, J.P. and Browne, M. (2008) 'International Maritime Freight Transport and Logistics', in Richard Knowles, Jon Shaw and Iain Docherty (eds.) *Transport Geographies: An Introduction*, Blackwell Publishing, pp. 156-178.
- Rodrigue, J.P. (2012) 'Supply Chain Management, Logistics Changes and the Concept of Friction', in P.V. Hall and M. Hesse *Cities, Regions and Flow*, (eds) (2012) London: Routledge.
- Tran, N.K. (2011) 'Studying port selection on liner routes: An approach from logistics perspective', *Research in Transportation Economics*, 32, pp. 39-53
- Tran, N.K. and Haasis H.D. (2013) 'Literature survey of network optimization in container liner shipping', *Flex Serv Manuf J*, DOI 10.1007/s10696-013-9179-2.
- Vacca, I. et al (2010) 'Optimization of operations in container terminals: hierarchical vs integrated approaches', *Swiss Transport Research Conference 2010*.
- Vitsounis, T.K and Pallis, A.A. (2012) 'Creating Value in Seaports: Port Value Chains and the role of Interdependencies', in Song D.W. and Panayides P. (eds.) *Maritime Logistics: Contemporary Issues*, London: Emerald, pp. 155-174.
- Wang, S. et al (2011) 'A note on liner ship fleet deployment', *Flex Serv Manuf J.*, 23, pp. 422-430.
- Wang, S. and Meng, Q. (2012) 'Liner ship fleet deployment with container transshipment operations', *Transportation Research Part E*, 48, pp. 470-484.
- Wang, S. (2013) 'Essential elements in tactical planning models for container liner shipping', *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol. 54, pp. 84-99.
- Wong, HL et al (2007) 'Optimizing Containership Size and Speed: Model Formulation and Implementation', *WSEAS TRANSACTIONS on BUSINESS and ECONOMICS*, Issue 7, Vol. 4, pp. 111-116.
- Yang, C. et al (2012) 'An optimization approach for coupling problem of berth allocation and quay crane assignment in container terminal', *Computers & Industrial Engineering*, 63, pp. 243-253.
- Yang, C.S. et al (2013) 'The effect of green supply chain management on green performance and firm competitiveness in the context of container shipping in Taiwan', *Transportation Research Part E*, 55, pp. 55-73.

ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΟΡΩΝ

CLM: Council of Logistics Management

EEDI: Energy Efficiency Design Index

MARPOL 73/78: Marine Pollution (International Convention for the Prevention of Pollution From Ships, 1973 as modified by the Protocol of 1978)

MEPC: Marine Environment Protection Committee

SECA: Sulphur Emissions Control Area

SEEMP: Ship Energy Efficiency Management Plan

CH₄: Methane (μεθάνιο)

HFCs: Hydrofluorocarbons (υδροφθοράνθρακες)

N₂O: Nitrous Oxide (νιτρώδες οξείδιο)

PFCs: Perfluorinated Compounds (υπερφθοριωμένες χημικές ουσίες)

SF₆: Sulfur Hexafluoride (εξαφθοριούχο θείο)

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ