

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ



ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΠΗΓΩΝ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΕΡΙΟΧΗ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

**«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη
Λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»**

Διπλωματική Εργασία

ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ ΜΑΝΟΛΗΣ

Ιανουάριος 2016

ΑΘΗΝΑ

ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ ΜΑΝΟΛΗΣ

**«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη
Λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»**

Ιανουάριος 2016

Διπλωματική Εργασία

Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών

Συγγραφέας: Οικονόμου Μανόλης

Επιβλέπων: Δημήτριος Β. Λυρίδης

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η υπερθέρμανση του πλανήτη, η ατμοσφαιρική ρύπανση και η μόλυνση του περιβάλλοντος, είναι ζητήματα τα οποία αποκτούν ολοένα και περισσότερη σημασία αφού έχουν έμμεσες αλλά και άμεσες συνέπειες στη ζωή μας. Έτσι και σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης η άσκηση της πολιτικής έχει αρχίσει να γίνεται και με γνώμονα τη βιωσιμότητα του περιβάλλοντος.

Ένας τομέας που παίζει μεγάλο ρόλο είναι οι μεταφορές. Γι' αυτό το λόγο μέσω του Διευρωπαϊκού Δικτύου, η ραχοκοκαλιά του οποίου είναι οι διάδρομοι φορτίων, επιχειρείται εκτός των άλλων, η αποφόρτιση των αστικών κέντρων και η εισαγωγή εναλλακτικών καυσίμων. Ένα από αυτά τα καύσιμα είναι το φυσικό αέριο λόγω της επάρκειας, της εμπειρίας χρήσης και των θετικών του χαρακτηριστικών ως καύσιμο.

Η παρούσα διπλωματική ασχολείται με αυτή ακριβώς την προοπτική του φυσικού αερίου· τα περιβαλλοντικά του οφέλη και την δυνατότητά του να εισχωρήσει στην αγορά. Το πεδίο εφαρμογής είναι ο μεγαλύτερος από τους διαδρόμους φορτίων, ο διάδρομος Σκανδιναβίας-Μεσογείου αλλά τα αποτελέσματα μπορούν να γενικευθούν.

Τα τέσσερα πρώτα κεφάλαια είναι θεωρητικά και περιλαμβάνουν την περιγραφή του διαδρόμου, νομικά στοιχεία και στοιχεία για το φυσικό αέριο. Στα επόμενα γίνεται ο υπολογισμός των ροών φορτίου, των εκπομπών συμβατικών καυσίμων και φυσικού αερίου, καθώς και μια μικρότερης έκτασης οικονομική μελέτη. Τέλος παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας σε σχέση με τις δυνατότητες του φυσικού αερίου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Δημήτρη Λυρίδη, καθηγητή του Ε.Μ.Π. στον τομέα «Μελέτης Πλοίου και Θαλασσιών Μεταφορών» της Σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών για την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας και τη συνεργασία μας.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω τη φίλη μου Αλκμήνη και τη μητέρα μου για την ουσιαστική αλλά κυρίως την ηθική τους συμπαράσταση κατά τη διάρκεια της εργασίας. Την οικογένειά μου, για την αγάπη και τη στήριξη καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής μου. Τέλος τους φίλους μου, που στάθηκαν πλάι μου στα σχολικά και φοιτητικά μου χρόνια.

Αθήνα, Ιανουάριος 2016

Μανόλης Οικονόμου

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Λέξεις-κλειδιά	7
Συνομογραφίες.....	8
Κατάλογος Πινάκων	11
Κατάλογος Εικόνων.....	15
Κατάλογος Γραφημάτων.....	16
Περίληψη	19
Κεφάλαιο 1	
Εισαγωγή.....	21
1.1. Το Διευρωπαϊκό Δίκτυο Μεταφορών	21
1.2. Κύριοι Πυλώνες του ΔΕΔ-Μ	21
1.3. Οι Διάδρομοι φορτίων και επιβατών.....	22
Κεφάλαιο 2	
Ο διάδρομος Σκανδιναβίας-Μεσογείου (Scanmed).....	27
2.1. Εισαγωγή.....	27
2.2. Μέσα μεταφοράς.....	30
2.3. Απαιτήσεις για τις υποδομές.....	31
2.3.1. Απαιτήσεις για τις οδικές μεταφορές	31
2.3.1.1. Απαιτήσεις για τις εγκαταστάσεις ανεφοδιασμού Φυσικού Αερίου στις χερσαίες μεταφορές	32
2.3.1.2. Στοιχεία για τις υποδομές και τα φορτηγά φυσικού αερίου.....	33
2.3.2. Απαιτήσεις για τις υποδομές λιμανιών	35
2.3.2.1. Εγκαταστάσεις ανεφοδιασμού καυσίμου LNG.....	37
Κεφάλαιο 3	
Νομική βάση	40
3.1. Η Λευκή Βίβλος	40
3.2. Τα Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών για τις οδικές μεταφορές	42
3.2.1. Στόχοι των Ευρωπαϊκών Κανονισμών για τις Εκπομπές βαρέων οχημάτων.....	47
3.3. Κανονισμοί για τη ναυτιλία.....	49
3.3.1. Πρόληψη της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης από τα Πλοία	49
3.3.2. Το αναθεωρημένο Παράρτημα VI της MARPOL	49

3.3.2.1. Οξείδια του Θείου (SO _x) – Κανονισμός 14	51
3.3.2.2. Οξείδια του Αζώτου (NO _x) - Κανονισμός 13	52
3.3.2.3. Ουσίες που καταστρέφουν το όζον (Ozone-depleting substances, ODS) – Κανονισμός 12.....	53
3.3.2.4. Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (VOC) – Κανονισμός 15	54
3.3.3. Εκπομπές Αερίων του Θερμοκηπίου	55
3.3.3.1. Μέτρα για την Ενεργειακή Απόδοση	55
Κεφάλαιο 4	
Στοιχεία για το Φυσικό Αέριο	58
4.1. Το φυσικό αέριο ως καύσιμο	58
4.2. Τεχνολογία Φυσικού Αερίου στα φορτηγά	60
4.2.1. Κινητήρες φορτηγών	60
4.2.2. Ωριμότητα της τεχνολογίας ΦΑ στα φορτηγά	62
4.3. Τεχνολογία Φυσικού Αερίου στα πλοία	64
4.3.1.Κινητήρες πλοίων.....	64
4.3.2.Δεξαμενές αποθήκευσης LNG σε πλοία	66
4.4. Επιλογή μεταξύ LNG και CNG	66
Κεφάλαιο 5	
Μεθοδολογία Υπολογισμού Εκπομπών.....	68
5.1. Υπολογισμός εκπομπών σε φορτηγά.....	68
5.1.1. Υπολογισμός όγκου φορτίου	68
5.1.2. Στοιχεία που προκύπτουν για τον διάδρομο.....	73
5.1.3. Κατηγοριοποίηση φορτηγών	75
5.1.4. Εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα ECOTRANSIT WORLD	82
5.1.5. Υπολογισμός εκπομπών CNG/LNG	83
5.1.5.1. Υπολογισμός εκπομπών και κατανάλωσης ενέργειας κατά τη φάση παραγωγής του καυσίμου CNG/LNG (WTT).....	84
5.1.5.2. Υπολογισμός εκπομπών και κατανάλωσης ενέργειας κατά τη φάση λειτουργίας του οχήματος με CNG/LNG (TTW)	87
5.2. Υπολογισμός εκπομπών σε πλοία.....	89
5.2.1. Υπολογισμός όγκου φορτίου	89
5.2.2. Στοιχεία που προκύπτουν για τον διάδρομο.....	93
5.2.3. Κατηγοριοποίηση πλοίων	96

5.2.4. Εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα ECOTRANSIT WORLD	100
5.2.5. Υπολογισμός εκπομπών με καύσιμο το MGO	102
5.2.5.1. Υπολογισμός εκπομπών και κατανάλωσης ενέργειας κατά τη φάση παραγωγής του καυσίμου MGO (WTT)	103
5.2.5.2. Υπολογισμός εκπομπών και κατανάλωσης ενέργειας κατά τη φάση λειτουργίας του πλοίου με MGO (TTW)	105
5.2.6. Υπολογισμός εκπομπών με καύσιμο το LNG	105
5.2.6.1. Υπολογισμός εκπομπών και κατανάλωσης ενέργειας κατά τη φάση παραγωγής του καυσίμου LNG (WTT)	106
5.2.6.2. Υπολογισμός εκπομπών και κατανάλωσης ενέργειας κατά τη φάση λειτουργίας του πλοίου με LNG (TTW)	107
5.2.7. Υπολογισμός εκπομπών με καύσιμο το HFO και προσθήκη συστήματος καθαρισμού αέρα	108
5.2.7.1. Υπολογισμός εκπομπών και κατανάλωσης ενέργειας κατά τη φάση παραγωγής του καυσίμου HFO (WTT)	108
5.2.7.2. Υπολογισμός εκπομπών και κατανάλωσης ενέργειας κατά τη φάση λειτουργίας του πλοίου με HFO (TTW)	110
Κεφάλαιο 6	
Αποτελέσματα	111
6.1. Αποτελέσματα για τα φορτηγά	111
6.1.1. Αποτελέσματα για κάθε κατηγορία φορτηγών	111
6.1.2. Αποτελέσματα για όλες τις διαδρομές	127
6.1.3. Σενάρια αλλαγής φορτηγών	132
6.2. Αποτελέσματα για τα πλοία	140
6.2.1. Αποτελέσματα για κάθε τύπο πλοίου	140
6.2.2. Αποτελέσματα για όλες τις διαδρομές μεταξύ των λιμανιών	150
6.2.3. Σενάρια αλλαγής πλοίων	157
Κεφάλαιο 7	
Οικονομική ανάλυση	167
7.1. Οικονομική μελέτη στα φορτηγά	167
7.2. Οικονομική μελέτη στα πλοία	173
7.2.1. Εκτίμηση κόστους ανά τονοχιλιόμετρο	173
7.2.2. Εκτίμηση χρόνου απόσβεσης	176
Συμπεράσματα	184

Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	186
Βιβλιογραφία	187
Παράρτημα	192
Α Το διαδικτυακό πρόγραμμα Ecotransit World	192
Β Ταξινόμηση NUTS.....	193
Γ Τεχνικές μείωσης των καυσαερίων	194
Δ Εκτίμηση Κύκλου Ζωής (LCA).....	195

Λέξεις-κλειδιά

ΦΑ Φυσικό Αέριο

LNG Liquefied natural gas (Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο)

CNG Compressed natural gas (Συμπιεσμένο Φυσικό Αέριο)

Συντομογραφίες

CO₂e: ισοδύναμα σε διοξείδιο του άνθρακα

DG Move: European Commission's Directorate-General for Mobility and Transport. (Γενική Διεύθυνση Κινητικότητας και Μεταφορών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής)

DMA: Danish Maritime Authority (Δανική Ναυτιλιακή Αρχή)

EC: European Commission (Ευρωπαϊκή Επιτροπή)

ECA: Emission Control Area(Περιοχή ελέγχου εκπομπών) (ΠΕΕ)

EFTA: European Free Trade Association (Ευρωπαϊκή Ζώνη Ελεύθερων Συναλλαγών)

ERTMS: European Railway Traffic Management System (Ευρωπαϊκό Σύστημα Διαχείρισης της Σιδηροδρομικής Κυκλοφορίας)

ETW:EcoTransit World

EU 28: Ευρώπη των 28 Κρατών Μελών

GHG: Green House Gases (αέρια του θερμοκηπίου)

GISIS: Global Integrated Shipping Information System (Παγκόσμιο Ολοκληρωμένο Σύστημα Ναυτικής Πληροφόρησης)

HFO: Heavy fuel oil (βαρύ πετρέλαιο)

IFEV: Institut Für Eisenbahnwesenund Verkehrssicherung (Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών και Ενεργειακών Μελετών)

IMO: International Maritime Organization, (Διεθνής Οργανισμός Ναυτιλίας)

INEA: Innovation and Networks Executive Agency (Εκτελεστικός Οργανισμός για την Καινοτομία και τα Δίκτυα)

INFRAS: Ελβετική Συμβουλευτική και Ερευνητική Ομάδα

ITS: Intelligence Transport System (Ευφυές Σύστημα Μεταφορών)

JRC: Joint Research Centre (Κοινό Κέντρο Ερευνών)

LBG: Liquefied Bio-Gas (Υγροποιημένο Βιο-Αέριο)

LCA: Life Cycle Assessment (Εκτίμηση Κύκλου Ζωής)

MEPC: Marine Environment Protection Committee
(Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος)

MGO: Marine Gas Oil (ντήζελ πλοίων)

MOS: Motorways of the Sea (Θαλάσσιες αρτηρίες)

MTMS: Multimodal Transport Market Study (Μελέτη Αγοράς Συνδυασμένων Μεταφορών)

NGVA: Natural and bio-Gas Vehicle Association
(Σύλλογος Οχημάτων Φυσικού και βίο-Αερίου)

NMHC: Non-Methane Hydrocarbons (Υδρογονάνθρακες εκτός μεθανίου)

OEM: Original Equipment Manufacturer
(Κατασκευαστής Αυθεντικού Εξοπλισμού)

PM: Particulate Matters (αιωρούμενα σωματίδια)

ScanMed: Scandinavian – Mediterranean Corridor
(Διάδρομος Σκανδιναβίας – Μεσογείου)

SECA: Sulfur Emission Control Area (Περιοχή Ελέγχου Εκπομπών Θείου) (ΠΙΕΕΘ)

SCR: Selective Catalytic Reduction (Επιλεκτική Καταλυτική Αναγωγή)

TTW: Tank to Wheel (από το ντεπόζιτο στον τροχό)

VECS: Vapour Emissions Control System (Σύστημα Ελέγχου Εκπομπών Ατμών)

VOC: Volatile Organic Compounds (Πτητικές Οργανικές Ενώσεις)

VTS: Vessel Traffic Service (Υπηρεσία Κυκλοφορίας Πλοίων)

WTT: Wheel to Tank (από τον τροχό στο ντεπόζιτο)

WTW: Well to Wheel (από την πηγή στον τροχό)

ΔΕΔ-Μ: Διευρωπαϊκό Δίκτυο Μεταφορών (TEN-T)

ΔΣΕ: Συνδέοντας την Ευρώπη

ΕΕ: Ευρωπαϊκή Ένωση

NMA: Ναυτιλία Μικρών Αποστάσεων (SSS)

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Κοινωνικό-οικονομικοί δείκτες για το διάδρομο Σκανδιναβίας-Μεσογείου. Πηγή: ScanMed Study,2014.....	27
Πίνακας 2: Ποσοτικά χαρακτηριστικά μεταφορών στο διάδρομο ScanMed. Πηγή: ScanMed Study,2014	30
Πίνακας 3: Τρέχων αριθμός σταθμών ανεφοδιασμού και οχημάτων φυσικού αερίου στην ΕΕ και τις χώρες ΕΦΤΑ. Πηγή: NVGA EUROPE, 2015	34
Πίνακας 4: Παράμετροι των λιμανιών του διαδρόμου ScanMed. Πηγή: ScanMed Study,2014.	36
Πίνακας 5: Ευρωπαϊκά Πρότυπα Εκπομπών για τους Ντίζελ Κινητήρες των Βαρέων Οχημάτων, g / kWh (καπνός σε m-1) Πηγή: TransportPolicy.net, 2015.....	46
Πίνακας 6: Ευρωπαϊκά Πρότυπα εκπομπών για κινητήρες ντίζελ και αερίου, Μεταβατική Δοκιμή, σε g / kWh. Πηγή: TransportPolicy.net, 2015.....	47
Πίνακας 7: Οδικές αλυσίδες, αριθμός φορτηγών ανά ημέρα, ποσοστό δρομολογίων χωρίς φορτίο και φορτωμένα δρομολόγια.....	69
Πίνακας 8: Μέσο βάρος φορτωμένων δρομολογίων, συνολικό φορτίο ανά έτος και τονοχιλιόμετρα.	72
Πίνακας 9: Χιλιόμετρα, μεταφερόμενο βάρος, τονοχιλιόμετρα ανά χώρα το 2015.....	74
Πίνακας 10: Εκατομμύρια τονοχιλιόμετρα ανά χώρα και ανά κατηγορία μέγιστου επιτρεπόμενου μεικτού βάρους. Πηγή: Eurostat 2013.....	76
Πίνακας 11: Ποσοστά επί % μεταφερόμενων τόνων ανά κατηγορία μέγιστου επιτρεπόμενου μεικτού βάρους. Πηγή: Eurostat 2013.....	76
Πίνακας 12: Ποσοστά επί % μεταφερόμενων τόνων ανά κατηγορία μέγιστου επιτρεπόμενου μεικτού βάρους (κλάσεις μεικτού βάρους ΕΕ).	77
Πίνακας 13: Τονοχιλιόμετρα ανά ηλικία οχήματος, Πηγή: Eurostat 2013.....	78
Πίνακας 14: Ποσοστό επί % οχημάτων που κινούνται στην Ευρώπη ανά κανονισμό Euro. Σε παρένθεση η χρονολογία στην οποία τέθηκαν σε ισχύ οι κανονισμοί.	79
Πίνακας 15: Βάρος φορτίου ανά κατηγορία φορτηγού στη διαδρομή Russian border – Hamina-Kotka. Τα μεγέθη είναι σε χιλιάδες τόνους.	79
Πίνακας 16: Βάρος φορτίου, χιλιόμετρα δραστηριοποίησης, τονοχιλιόμετρα ανά κατηγορία φορτηγού στο διάδρομο Σκανδιναβίας-Μεσογείου.	80
Πίνακας 17: Παράδειγμα αποτελεσμάτων ecotransit για φορτηγά.	83
Πίνακας 18: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές κατά τη φάση της εξόρυξης του ΦΑ.	85
Πίνακας 19: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές κατά τη φάση της υγροποίησης του ΦΑ....	86

Πίνακας 20: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές κατά τη φάση της θαλάσσιας μεταφοράς του LNG.	86
Πίνακας 21: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές κατά τη φάση της αποθήκευσης του LNG.	86
Πίνακας 22: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές κατά τη φάση της οδικής μεταφοράς του LNG.	87
Πίνακας 23: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές κατά τη φάση της εξάτμισης, συμπίεσης και διανομής του LNG/CNG.	87
Πίνακας 24: Στοιχεία των IVECO και SCANIA για εκπομπές ρύπων και θερμική αποδοτικότητα σε φορτηγά CNG/LNG EURO VI.	88
Πίνακας 25: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές κατά τη λειτουργία του φορτηγού LNG/CNG.	88
Πίνακας 26: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές από την πηγή στον τροχό για LNG/CNG ...	88
Πίνακας 27: Όγκοι φορτίου και αποστάσεις μεταξύ των λιμανιών του διαδρόμου Σκανδιναβίας-Μεσογείου.	92
Πίνακας 28: Μέσοι ετήσιοι ρυθμοί αύξησης για την ναυτιλία μικρών αποστάσεων. Πηγή: Eurostat (2013).	93
Πίνακας 29: Φορτία μέσω θάλασσας μεταξύ των χωρών του διαδρόμου. Τα μεγέθη είναι σε χιλιάδες τόνους.	94
Πίνακας 30: Εκατομμύρια τονοχιλιόμετρα μεταξύ των χωρών του διαδρόμου.	94
Πίνακας 31: Ποσοστό μεταφερόμενου βάρους ανά τύπο πλοίου σε Βαλτική και Μεσόγειο.	97
Πίνακας 32: Ποσοστό πλοίων ανά ηλικία στη Βαλτική. Πηγή: Det Norske Veritas (2010)	97
Πίνακας 33: Μεταφερόμενοι τόνοι ανά τύπο και ηλικία πλοίου από το λιμάνι του Ελσίνκι στο λιμάνι της Στοκχόλμης.	98
Πίνακας 34: Μεταφερόμενοι τόνοι ανά τύπο και ηλικία πλοίου μεταξύ όλων των λιμανιών του διαδρόμου.	99
Πίνακας 35: Παράδειγμα αποτελεσμάτων ecotransit για πλοία.	102
Πίνακας 36: Εκπομπές κατά την εξόρυξη του αργού πετρελαίου τη μεταφορά και τη διύλιση του σε MGO.	104
Πίνακας 37: Εκπομπές κατά τον ανεφοδιασμό με MGO.	104
Πίνακας 38: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές κατά την καύση του MGO.	105
Πίνακας 39: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές από την «πηγή στον τροχό» για MGO. ...	105
Πίνακας 40: Εκπομπές κατά τον ανεφοδιασμό με LNG.	107
Πίνακας 41: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές κατά την καύση του LNG.	107
Πίνακας 42: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές από την «πηγή στον τροχό» για LNG.	108

Πίνακας 43: Εκπομπές κατά την εξόρυξη του αργού πετρελαίου τη μεταφορά και τη διύλιση του σε HFO.	109
Πίνακας 44: Εκπομπές κατά τον ανεφοδιασμό με HFO.	110
Πίνακας 45: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές κατά την καύση του HFO με σύστημα καθαρισμού	110
Πίνακας 46: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές από την «πηγή στον τροχό» για HFO με σύστημα καθαρισμού	110
Πίνακας 47: Κατανάλωση ενέργειας, εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και ρύπων για την κατηγορία φορτηγών EURO VI 3.5-7.5T σε όλες τις διαδρομές του ScanMed.	112
Πίνακας 48: Κατανάλωση ενέργειας, εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και ρύπων για όλες τις κατηγορίες φορτηγών diesel.....	114
Πίνακας 49: Κατανάλωση ενέργειας, εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και ρύπων για όλες τις κατηγορίες φορτηγών diesel ανά τονοχλιόμετρο.	120
Πίνακας 50: Κατανάλωση ενέργειας, εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και ρύπων για όλες τις κατηγορίες φορτηγών CNG/LNG.....	121
Πίνακας 51: Επί % διαφορά φορτηγού diesel από την αντίστοιχη κατηγορία EURO VI CNG/LNG φορτηγού. (WTT-TTW).....	125
Πίνακας 52: Επί % διαφορά φορτηγού diesel από την αντίστοιχη κατηγορία EURO VI CNG/LNG φορτηγού. (WTW).....	126
Πίνακας 53: Συνολική κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές σε όλες τις διαδρομές.....	128
Πίνακας 54: Συνολική κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές ανά τονοχλιόμετρο σε όλες τις διαδρομές.	129
Πίνακας 55: Σενάριο αντικατάστασης των φορτηγών τεχνολογίας μέχρι και EURO II diesel...	135
Πίνακας 56: Σενάριο αντικατάστασης των φορτηγών τεχνολογίας μέχρι και EURO III diesel..	135
Πίνακας 57: Σενάριο αντικατάστασης των φορτηγών τεχνολογίας μέχρι και EURO IV diesel.	136
Πίνακας 58: Σενάριο αντικατάστασης των φορτηγών τεχνολογίας μέχρι και EURO V diesel. .	137
Πίνακας 59: Σενάριο αντικατάστασης των φορτηγών τεχνολογίας μέχρι και EURO VI diesel.	137
Πίνακας 60: Συνολικές εκπομπές και κατανάλωση ενέργειας για όλο το διάδρομο ανά τύπο πλοίου με καύσιμο HFO.....	140
Πίνακας 61: Εκπομπές και κατανάλωση ενέργειας ανά τονοχλιόμετρο για κάθε τύπο πλοίου με καύσιμο HFO.	141
Πίνακας 62: Εκπομπές και κατανάλωση ενέργειας ανά τονοχλιόμετρο για πλοία υγρού φορτίου.	142
Πίνακας 63: Εκπομπές και κατανάλωση ενέργειας ανά τονοχλιόμετρο για πλοία ξηρού φορτίου.	142

Πίνακας 64:Εκπομπές και κατανάλωση ενέργειας ανά τονοχιλιόμετρο για πλοία μεταφοράς container.	143
Πίνακας 65:Εκπομπές και κατανάλωση ενέργειας ανά τονοχιλιόμετρο για πλοία RO-RO.	144
Πίνακας 66:Εκπομπές και κατανάλωση ενέργειας ανά τονοχιλιόμετρο για πλοία γενικού φορτίου.	144
Πίνακας 67:Συνολικές εκπομπές και κατανάλωση ενέργειας σε όλο το διάδρομο με HFO.	152
Πίνακας 68:Συνολικές εκπομπές και κατανάλωση ενέργειας σε όλο το διάδρομο με MGO. .	155
Πίνακας 69:Μεγέθη ανά τονοχιλιόμετρο για πιθανά καύσιμα στον Scanmed.....	156
Πίνακας 70:Ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ των καυσίμων στον Scanmed.....	156
Πίνακας 71: Σενάριο αντικατάστασης των πλοίων άνω των 40 ετών από HFO και MGO σε LNG.	160
Πίνακας 72: Σενάριο αντικατάστασης των πλοίων άνω των 30 ετών από HFO και MGO σε LNG.	160
Πίνακας 73: Σενάριο αντικατάστασης των πλοίων άνω των 20 ετών από HFO και MGO σε LNG.	161
Πίνακας 74: Σενάριο αντικατάστασης των πλοίων άνω των 10 ετών από HFO και MGO σε LNG.	161
Πίνακας 75: Σενάριο αντικατάστασης όλων των πλοίων από HFO και MGO σε LNG.	162
Πίνακας 76: Κατανάλωση ενέργειας κατά τη λειτουργία των φορτηγών (MJ/tkm).....	168
Πίνακας 77: Κατανάλωση ενέργειας κατά τη λειτουργία των φορτηγών (litres(kg)/tkm).	169
Πίνακας 78: Τιμές καυσίμων στις χώρες του διαδρόμου.....	170
Πίνακας 79: Τιμές καυσίμων ανά τονοχιλιόμετρο για όλα τα φορτηγά και τις χώρες του διαδρόμου.....	171
Πίνακας 80: Επί % διαφορές τιμών diesel και CNG.....	168
Πίνακας 81: Επί % διαφορές τιμών diesel και LNG.....	172
Πίνακας 82: Σενάρια τιμών λιανικής σε €/τόνο. Πηγή:Danish Maritime Authority.....	174
Πίνακας 83: Σενάρια τιμών λιανικής σε €/τόνο και €/MJ καυσίμου.....	174
Πίνακας 84: Κόστος καυσίμου ανά τονοχιλιόμετρο για κάθε τύπο πλοίου.....	175
Πίνακας 85: Κόστος επενδύσεων σε χιλιάδες €.	176
Πίνακας 86: Εκατομμύρια τονοχιλιόμετρα για απόσβεση κεφαλαίου σε σχέση με MGO.	178
Πίνακας 87: Χιλιάδες χιλιόμετρα για απόσβεση κεφαλαίου σε σχέση με MGO.	178

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Σχηματική απεικόνιση του διαδρόμου Σκανδιναβίας-Μεσογείου. Πηγή: ScanMed Study,2014	29
Εικόνα 2: Κατάσταση υποδομών LNG στον διάδρομο ScanMed.Πηγή: ScanMed Study,2014..	39
Εικόνα 3: Μέσο ποσοστό χιλιομέτρων χωρίς φορτίο στις χώρες της Ε.Ε. -2008.Πηγή: Eurostat	70
Εικόνα 4: Μέσο ωφέλιμο φορτίο σε φορτωμένα δρομολόγια. Πηγή: Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο 2010 – Τμήμα Μεταφορών 2009.....	73
Εικόνα 5: Στάδια παραγωγής φυσικού αερίου. Πηγή: Bengtsson κ.ά, 2011.....	84
Εικόνα 6:Ποσοστό μεταφερόμενου βάρους ανά τύπο προϊόντος στις θαλάσσιες περιοχές τις Ευρώπης με NMA. Πηγή: Eurostat (2013)	96
Εικόνα 7: Στάδια παραγωγής Marine Gas Oil. Πηγή: Bengtsson κ.ά, 2011	103
Εικόνα 8: Στάδια παραγωγής LNG. Πηγή: Bengtsson κ.ά, 2011	106
Εικόνα 9: Στάδια παραγωγής HFO 1% S. Πηγή: Bengtsson κ.ά, 2011	109

Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 1: Ποσοστά χιλιομέτρων ανά χώρα.....	74
Γράφημα 2: Ποσοστά τονοχιλιόμετρων ανά χώρα.....	74
Γράφημα 3: Ποσοστά τονοχιλιόμετρων ανά κατηγορία EURO στο διάδρομο Σκανδιναβίας-Μεσογείου.	81
Γράφημα 4: Ποσοστά τονοχιλιόμετρων ανά κατηγορία βάρους στο διάδρομο Σκανδιναβίας-Μεσογείου.	81
Γράφημα 5: Ποσοστά μεταφερόμενων τόνων ανά χώρα εξαγωγών/εισαγωγών.....	95
Γράφημα 6: Ποσοστά τονοχιλιόμετρων ανά χώρα εξαγωγών/εισαγωγών.....	95
Γράφημα 7:Συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά κατηγορία EURO diesel.....	115
Γράφημα 8:Συνολικές εκπομπές CO2 ανά κατηγορία EURO diesel.	115
Γράφημα 9:Συνολικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κατηγορία EURO diesel.....	115
Γράφημα 10:Συνολικές εκπομπές NOx ανά κατηγορία EURO diesel.	116
Γράφημα 11:Συνολικές εκπομπές NMHC ανά κατηγορία EURO diesel.....	116
Γράφημα 12:Συνολικές εκπομπές SO2 ανά κατηγορία EURO diesel.....	116
Γράφημα 13:Συνολικές εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων ανά κατηγορία EURO diesel...	117
Γράφημα 14: Συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά κατηγορία βάρους diesel.....	117
Γράφημα 15:Συνολικές εκπομπές CO2 ανά κατηγορία βάρους diesel.	118
Γράφημα 16:Συνολικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κατηγορία βάρους diesel.....	118
Γράφημα 17:Συνολικές εκπομπές NOx ανά κατηγορία βάρους diesel.....	118
Γράφημα 18:Συνολικές εκπομπές NMHC ανά κατηγορία βάρους diesel.....	119
Γράφημα 19:Συνολικές εκπομπές SO2 ανά κατηγορία βάρους diesel.....	119
Γράφημα 20:Συνολικές εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων ανά κατηγορία βάρους diesel.	119
Γράφημα 21:Κατανάλωση ενέργειας ανά τονοχιλιόμετρο για όλες τις κατηγορίες φορτηγών.	121
Γράφημα 22: Εκπομπές CO2 ανά τονοχιλιόμετρο για όλες τις κατηγορίες φορτηγών.....	122
Γράφημα 23: Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά τονοχιλιόμετρο για όλες τις κατηγορίες φορτηγών.....	123
Γράφημα 24: Εκπομπές NOx ανά τονοχιλιόμετρο για όλες τις κατηγορίες φορτηγών.....	123
Γράφημα 25: Εκπομπές NMHC ανά τονοχιλιόμετρο για όλες τις κατηγορίες φορτηγών.....	124

Γράφημα 26: Εκπομπές SO ₂ ανά τονοχιλιόμετρο για όλες τις κατηγορίες φορτηγών.....	124
Γράφημα 27: Εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων ανά τονοχιλιόμετρο για όλες τις κατηγορίες φορτηγών.....	124
Γράφημα 28:Συνολική κατανάλωση ενέργειας στις χώρες του διαδρόμου.....	130
Γράφημα 29: Συνολικές εκπομπές CO ₂ στις χώρες του διαδρόμου.....	130
Γράφημα 30:Συνολικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου στις χώρες του διαδρόμου.....	131
Γράφημα 31:Συνολικές εκπομπές NO _x στις χώρες του διαδρόμου.....	131
Γράφημα 32:Συνολικές εκπομπές NMHC στις χώρες του διαδρόμου.....	131
Γράφημα 33:Συνολικές εκπομπές SO ₂ στις χώρες του διαδρόμου.....	132
Γράφημα 34:Συνολικές εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων στις χώρες του διαδρόμου.....	132
Γράφημα 35:Κατανάλωση ενέργειας μετά από αλλαγή σε φορτηγά ΦΑ.....	137
Γράφημα 36:Εκπομπές CO ₂ μετά από αλλαγή σε φορτηγά ΦΑ.	137
Γράφημα 37: Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου μετά από αλλαγή σε φορτηγά ΦΑ.....	138
Γράφημα 38:Εκπομπές NO _x μετά από αλλαγή σε φορτηγά ΦΑ.	138
Γράφημα 39: Εκπομπές NMHC μετά από αλλαγή σε φορτηγά ΦΑ.....	138
Γράφημα 40:Εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων μετά από αλλαγή σε φορτηγά ΦΑ.....	138
Γράφημα 41: Εκπομπές SO ₂ μετά από αλλαγή σε φορτηγά ΦΑ.....	139
Γράφημα 42: Κατανάλωση ενέργειας ανά τονοχιλιόμετρο για όλους τους τύπους πλοίων. ..	145
Γράφημα 43: Εκπομπές CO ₂ ανά τονοχιλιόμετρο για όλους τους τύπους πλοίων	146
Γράφημα 44: Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά τονοχιλιόμετρο για όλους τους τύπους πλοίων.....	146
Γράφημα 45: Εκπομπές NO _x ανά τονοχιλιόμετρο για όλους τους τύπους πλοίων.	147
Γράφημα 46: Εκπομπές NMHC ανά τονοχιλιόμετρο για όλους τους τύπους πλοίων.....	147
Γράφημα 47: Εκπομπές SO ₂ ανά τονοχιλιόμετρο για όλους τους τύπους πλοίων.....	148
Γράφημα 48: Εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων ανά τονοχιλιόμετρο για όλους τους τύπους πλοίων.....	148
Γράφημα 49 : Κατανάλωση ενέργειας μετά από αλλαγή σε πλοία LNG. (Μωβ και πράσινη γραμμή ταυτίζονται).....	159
Γράφημα 50: Εκπομπές CO ₂ μετά από αλλαγή σε πλοία LNG.....	159
Γράφημα 51: Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου μετά από αλλαγή σε πλοία LNG.	160
Γράφημα 52:Εκπομπές NO _x μετά από αλλαγή σε πλοία LNG.....	164

Γράφημα 53: Εκπομπές NMHC μετά από αλλαγή σε πλοία LNG από HFO.....	160
Γράφημα 54: Εκπομπές NMHC μετά από αλλαγή σε πλοία LNG από MGO.	164
Γράφημα 55: Εκπομπές SO ₂ μετά από αλλαγή σε πλοία LNG.	165
Γράφημα 56: Εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων μετά από αλλαγή σε πλοία LNG.	165
Γράφημα 57&58: Εκατομμύρια τονοχιλιόμετρα για απόσβεση μετατροπής(57) ή νέας κατασκευής(58) πλοίου υγρού φορτίου.....	179
Γράφημα 59&60: Εκατομμύρια τονοχιλιόμετρα για απόσβεση μετατροπής(59) ή νέας κατασκευής(60) πλοίου ξηρού φορτίου.	179
Γράφημα 61&62: Εκατομμύρια τονοχιλιόμετρα για απόσβεση μετατροπής(61) ή νέας κατασκευής(62) πλοίου μεταφοράς container.....	179
Γράφημα 63&64: Εκατομμύρια τονοχιλιόμετρα για απόσβεση μετατροπής(63) ή νέας κατασκευής(64) πλοίου RO-RO.	180
Γράφημα 65&66: Εκατομμύρια τονοχιλιόμετρα για απόσβεση μετατροπής(65) ή νέας κατασκευής(66) πλοίου γενικού φορτίου.	180
Γράφημα 67&68: Χιλιάδες χιλιόμετρα για απόσβεση μετατροπής(67) ή νέας κατασκευής(68) πλοίου υγρού φορτίου.....	180
Γράφημα 69&70: Χιλιάδες χιλιόμετρα για απόσβεση μετατροπής(69) ή νέας κατασκευής(70) πλοίου ξηρού φορτίου.	181
Γράφημα 71&72: Χιλιάδες χιλιόμετρα για απόσβεση μετατροπής(71) ή νέας κατασκευής(72) πλοίου μεταφοράς container.	181
Γράφημα 73&74: Χιλιάδες χιλιόμετρα για απόσβεση μετατροπής(73) ή νέας κατασκευής(74) πλοίου RO-RO.	181
Γράφημα 75&76: Χιλιάδες χιλιόμετρα για απόσβεση μετατροπής(75) ή νέας κατασκευής(76) πλοίου γενικού φορτίου.	182

Περίληψη

Η παρούσα εργασία καταπιάνεται με την προοπτική της εισαγωγής του φυσικού αερίου ως καύσιμο στις οδικές και θαλάσσιες μεταφορές. Συγκεκριμένα, μελετώνται οι επιπτώσεις της εν δυνάμει αντικατάστασης των συμβατικών καυσίμων με φυσικό αέριο στον μεγαλύτερο από τους Ευρωπαϊκούς διαδρόμους φορτίων, τον διάδρομο Σκανδιναβίας-Μεσογείου.

Η ανάλυση και για τα δύο μέσα μεταφοράς (πλοία, φορτηγά) χωρίζεται σε δύο μέρη. Πρώτα και εκτενέστερα, γίνεται η εκτίμηση των εκπομπών ρύπων, αερίων θερμοκηπίου και κατανάλωσης ενέργειας ενώ σε δεύτερο επίπεδο, αναλύονται οι οικονομικές επιπτώσεις μιας αλλαγής σε φυσικό αέριο.

Αρχικά, στο πρώτο κεφάλαιο παρατίθενται γενικά στοιχεία σχετικά με το διευρωπαϊκό δίκτυο μεταφορών και των κύριων πολιτικών που απορρέουν από αυτό. Επίσης παρουσιάζεται η ραχοκοκαλιά του που δεν είναι άλλη από τους διαδρόμους φορτίων και επιβατών.

Στη συνέχεια, στο δεύτερο κεφάλαιο, περιγράφεται ο διάδρομος Σκανδιναβίας – Μεσογείου, τα κύρια χαρακτηριστικά του και οι απαιτήσεις –προγράμματα σχετικά με τις υποδομές του. Παρουσιάζονται επίσης ειδικά στοιχεία σε σχέση με τις υποδομές φυσικού αερίου κατά μήκος του, αλλά και γενικότερα στην Ευρώπη.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναγράφεται η νομική βάση κάτω από την οποία ανοίγει ο δρόμος για την δυναμική εισαγωγή του φυσικού αερίου ως καύσιμο. Ειδικότερα παρουσιάζονται στοιχεία της Λευκής Βίβλου για τις μεταφορές, τα Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών για τα οχήματα και οι κανονισμοί του Διεθνούς Οργανισμού Ναυτιλίας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται η περιγραφή των ιδιοτήτων του φυσικού αερίου και των τεχνολογιών των κινητήρων φυσικού αερίου σε φορτηγά και πλοία.

Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται η μεθοδολογία υπολογισμού των εκπομπών τόσο του φυσικού αερίου, όσο και των συμβατικών καυσίμων. Έτσι αρχικά υπολογίζονται οι ροές φορτίου, κατά μήκος του διαδρόμου για τις οδικές και μεταξύ των λιμανιών για τις θαλάσσιες μεταφορές. Αυτό φυσικά γίνεται για όλους τους τύπους φορτηγών και πλοίων που δραστηριοποιούνται στο διάδρομο οι οποίοι και περιγράφονται. Στη συνέχεια γίνεται η περιγραφή του προγράμματος που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των εκπομπών και της κατανάλωσης ενέργειας με τα συμβατικά καύσιμα, του EcoTransit World. Επίσης, αναλύεται ο τρόπος υπολογισμού των ίδιων μεγεθών για το φυσικό αέριο ή και άλλα καύσιμα στην περίπτωση των πλοίων.

Οι εκπομπές σ' όλες τις περιπτώσεις αναλύονται σε όλο τον κύκλο ζωής του καυσίμου, από την εξόρυξη ή παραγωγή μέχρι την κατανάλωση του καυσίμου από το πλοίο ή το φορτηγό. Συγκεκριμένα για το φυσικό αέριο, η διαδικασία αυτή θεωρήθηκε ότι

λαμβάνει χώρα στη Νορβηγία και τη Βόρεια θάλασσα διότι αυτό το «μονοπάτι» παραγωγής επηρεάζει περισσότερο τον διάδρομο.

Εν συνεχεία, στο έκτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας σε τρία επίπεδα. Σε πρώτο επίπεδο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για κάθε τύπο φορτηγού ή πλοίου του διαδρόμου. Στην περίπτωση των πλοίων εκτιμώνται και οι εκπομπές άλλων εναλλακτικών καυσίμων που μπορούν να συμβαδίσουν με τους νέους κανονισμούς. Σε δεύτερο επίπεδο παρατίθενται συνολικά αποτελέσματα για τις παρούσες εκπομπές στον διάδρομο, δηλαδή με τα τωρινά καύσιμα. Τέλος γίνονται κάποια σενάρια αντικατάστασης ή μετατροπής των συμβατικών πλοίων ή αυτοκινήτων και αναφέρονται οι συνέπειες των αλλαγών αυτών.

Στο έβδομο κεφάλαιο λαμβάνει χώρα η οικονομική ανάλυση. Όσον αφορά τα φορτηγά γίνεται απλά ο υπολογισμός του κόστους των καυσίμων (diesel, CNG, LNG) για κάθε τύπο φορτηγού. Για τα πλοία εκτός από την ανάλυση αυτή, γίνεται και μια εκτίμηση του χρόνου απόσβεσης πιθανών επενδύσεων, όπως σε LNG προκειμένου το πλοίο να συμβαδίζει με τους νέους κανονισμούς.

Τέλος σημειώνονται τα συμπεράσματα που απορρέουν από την εργασία σχετικά με το φυσικό αέριο στα πλοία και τα φορτηγά, τις επιπτώσεις του στη μείωση των εκπομπών, την οικονομική και γενικότερη βιωσιμότητά του.

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1. Το Διευρωπαϊκό Δίκτυο Μεταφορών

Η αποδοτική και καλά σχεδιασμένη υποδομή στις μεταφορές είναι απαραίτητη για να διατηρηθεί η ευφορία και ανταγωνιστικότητα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Τα 28 κράτη-μέλη της διαθέτουν εκατομμύρια χιλιόμετρα ασφαλτοστρωμένων δρόμων, περισσότερα από 215.000 χιλιόμετρα σιδηροδρομικών γραμμών και 41.000 χιλιόμετρα εσωτερικών πλωτών διαδρομών (EC,2015).

Η πολιτική για το Διευρωπαϊκό Δίκτυο Μεταφορών (ΔΕΔ-Μ) υποστηρίζει την ολοκλήρωση 30 σχεδίων μεταφορών πρώτης προτεραιότητας, που αντιπροσωπεύουν μεγάλη προστιθέμενη αξία για την Ευρώπη. Υποστηρίζει επίσης προγράμματα κοινού ενδιαφέροντος και συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας τα οποία θα διαδραματίσουν κομβικό ρόλο στην διευκόλυνση της κινητικότητας των αγαθών και των επιβατών μέσα στην Ε.Ε (EC, 2105).

1.2. Κύριοι Πυλώνες του ΔΕΔ-Μ

Από τον Ιανουάριο του 2014, η ΕΕ έχει χαράξει μια καινούργια πολιτική για την υποδομή των μεταφορών η οποία θα ενώνει την ήπειρο από την δύση στην Ανατολή και από τον Βορρά στο Νότο. Η πολιτική αυτή στοχεύει στο να κλείσει τα κενά μεταξύ των μεταφορικών δικτύων των διαφόρων κρατών-μελών, να εξαλείψει τη συμφόρηση που εμποδίζει την ομαλή λειτουργία της εσωτερικής αγοράς και να ξεπεράσει τα τεχνικά προβλήματα όπως ασύμβατα πρότυπα για τις σιδηροδρομικές μεταφορές. Προωθεί και ενισχύει την απρόσκοπτη λειτουργία των αλυσίδων μεταφοράς φορτίων και επιβατών, συμβάλλοντας με τις τελευταίες τεχνολογικές τάσεις. Η πολιτική αυτή είναι ζωτικής σημασίας προκειμένου η Ευρώπη να αναθερμάνει την οικονομία της και να δημιουργηθούν νέες θέσεις εργασίας (EC, 2105).

- Η ανάπτυξη των υποδομών του διευρωπαϊκού δικτύου είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την εκτέλεση και την προώθηση της πολιτικής της ΕΕ για τις μεταφορές. Η πολιτική για το ΔΕΔ-Μ από απλώς ένα μέσο χρηματοδότησης μεγάλων έργων στο παρελθόν, έχει μετατραπεί σε κύρια πολιτική η οποία σκοπεύει:

- Να ενισχύσει την προσέγγιση του δικτύου δημιουργώντας έτσι μια συνεκτική βάση για τον προσδιορισμό των έργων και την παροχή υπηρεσιών σύμφωνα με τους ευρωπαϊκούς στόχους.
- Να θέσει τις βάσεις για το δίκτυο – για τα υπάρχοντα και σχεδιαζόμενα μέρη του- οι οποίες θα ενσωματώνουν την ισχύουσα νομοθεσία της ΕΕ και θα ανοίξουν το δρόμο άσκησης της πολιτικής για τις υποδομές. Οι τωρινές βάσεις περιλαμβάνουν τους τομείς των σιδηροδρόμων, της τηλεματικής, των μεταφορών και της ασφάλειας. Η νέα πολιτική αποσκοπεί στους τομείς της καθαρής ενέργειας και άλλες καινοτόμες περιοχές όπως επίσης τη σύνδεση του ΔΕΔ-Μ με τα αστικά κέντρα προσφέροντας βιώσιμες και υψηλής ποιότητας υπηρεσίες για τη μεταφορά εμπορευμάτων και επιβατών.
- Να υπογραμμίσει την σημασία των κόμβων ως αναπόσπαστο τμήμα του δικτύου. Τους θαλάσσιους λιμένες και τα αεροδρόμια ως πύλες της Ευρώπης και τους λιμένες εσωτερικής ναυσιπλοΐας, τους σιδηροδρομικούς και οδικούς σταθμούς ως βασικές υποδομές για το Διευρωπαϊκό δίκτυο μεταφορών.
- Ειδικά μέσα από την προσέγγιση διαδρόμων κεντρικού δικτύου, προωθεί μεταφορικές λύσεις που οδηγούν στην επιτυχία της πολιτικής της ΕΕ σχετικά με τους μακροπρόθεσμους στόχους της. Οι στόχοι αυτοί έχουν να κάνουν κυρίως με την ικανοποίηση των μελλοντικών αναγκών στις μεταφορές διασφαλίζοντας την αποδοτικότητα των πόρων και την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

1.3. Οι Διάδρομοι φορτίων και επιβατών

Οι Διάδρομοι φορτίων και επιβατών εισήχθησαν προκειμένου να διευκολυνθεί η συντονισμένη υλοποίηση του κεντρικού δικτύου. Η συγχρηματοδότηση τους γίνεται από δημόσιους και ιδιωτικούς πόρους ενώ σ' αυτούς επικεντρώνεται η στήριξη της ΕΕ μέσω του προγράμματος «Συνδέοντας την Ευρώπη» (ΔΣΕ) προκειμένου:

- Να εξαλειφθούν τα σημεία συμφόρησης
- Να προωθηθούν καθαρά καύσιμα
- Άλλες καινοτόμες λύσεις για τις μεταφορές
- Προώθηση εφαρμογών τηλεματικής για την αποτελεσματική χρήση των υποδομών
- Την ενοποίηση των αστικών περιοχών στο ΔΕΔ-Μ

- Την ενίσχυση της ασφάλειας

Εννέα κεντρικοί διάδρομοι προσδιορίζονται στο παράρτημα του κανονισμού του ΔΣΕ, ο οποίος περιλαμβάνει ένα κατάλογο έργων για πιθανή χρηματοδότηση από την ΕΕ κατά την διάρκεια της περιόδου 2014-2020 με βάση την προστιθέμενη αξία τους για την ανάπτυξη του ΔΕΔ-Μ και το καθεστώς υλοποίησής τους.

Οι διάδρομοι αυτοί είναι οι εξής (EC,2015):

- i. *Ο Σκανδιναβικός – Μεσογειακός διάδρομος* είναι ένας κρίσιμος άξονας μεταξύ βορρά-νότου για την Ευρωπαϊκή οικονομία. Διασχίζει την Βαλτική θάλασσα από την Φινλανδία στη Σουηδία, περνά μέσα από τη Γερμανία τις Άλπεις και την Ιταλία, συνδέοντας σημαντικότερα αστικά κέντρα και λιμάνια της Σκανδιναβίας και της Βόρειας Γερμανίας. Συνεχίζει στα βιομηχανικά κέντρα υψηλής παραγωγικότητας της Νότιας Γερμανίας, της Αυστρίας και της Βόρειας Ιταλίας, καταλήγοντας στη Νότια Ιταλία και την Βαλέττα. Τα σημαντικότερα έργα σε αυτόν τον διάδρομο είναι η υποθαλάσσια σήραγγα Fehmarn belt και η σήραγγα Μπρενέρο.
- ii. *Ο διάδρομος Βόρειας Θάλασσας – Βαλτικής* ενώνει τα λιμάνια της δυτικής ακτής της Βαλτικής Θάλασσας με τα λιμάνια της Βόρειας Θάλασσας. Ο διάδρομος θα ενώσει την Φινλανδία και την Εσθονία με οχηματαγωγά πλοία, παρέχοντας σύγχρονες οδικές και μεταφορικές συνδέσεις μεταξύ των τριών κρατών της Βαλτικής από τη μία και μεταξύ Πολωνίας, Γερμανίας Ολλανδίας και Βελγίου από την άλλη. Περιλαμβάνει επίσης εσωτερικές πλωτές διαδρομές. Το σημαντικότερο έργο είναι η «Βαλτική Σιδηροδρομική Διαδρομή».
- iii. *Ο διάδρομος Βόρειας Θάλασσας – Μεσογείου* εκτείνεται από την Ιρλανδία και τη Βόρεια Βρετανία στην Ολλανδία, το Βέλγιο, το Λουξεμβούργο μέχρι την Νότια Γαλλία και την Μεσόγειο. Αυτός ο πολυτροπικός διάδρομος ο οποίος περιλαμβάνει εσωτερικές πλωτές διαδρομές, στοχεύει όχι μόνο στο να προσφέρει καλύτερες πολυτροπικές (οδικές, σιδηροδρομικές, θαλάσσιες) υπηρεσίες μεταξύ των λιμανιών της Βόρειας Θάλασσας, στις λεκάνες απορροής των ποταμών και στα λιμάνια της Νότιας Γαλλίας, αλλά επίσης στην καλύτερη διασύνδεση Βρετανίας-Ηπειρωτικής Ευρώπης.
- iv. *Ο διάδρομος Βαλτικής – Αδριατικής* είναι ένας απ' τους σημαντικότερους διευρωπαϊκούς άξονες οδικών και σιδηροδρομικών μεταφορών. Ενώνει τη Βαλτική με την Αδριατική Θάλασσα, μέσα από βιομηχανικές περιοχές μεταξύ της Νότιας Πολωνίας, Βιέννης, Μπρατισλάβα, της Ανατολικής Αλπικής περιοχής και της νότιας Ιταλίας. Περιλαμβάνει σημαντικά σιδηροδρομικά έργα και διασυννοριακά τμήματα στην Αυστρία, την Τσεχία, την Πολωνία και την Σλοβενία.
- v. *Ο διάδρομος Ανατολικής Μεσογείου* ενώνει τις θαλάσσιες διασυνδέσεις της Βόρειας, Βαλτικής, Μαύρης Θάλασσας και Μεσογείου, επιτρέποντας την βελτίωση της χρήσης των λιμανιών και των σχετιζόμενων με αυτά θαλάσσιες αρτηρίες. Εκτείνεται μέσω της θαλάσσης από την Ελλάδα στην Κύπρο.

- vi. *Ο διάδρομος Ρήνου – Άλπεων* αποτελεί μία από τις πιο πολυσύχναστες διαδρομές της Ευρώπης, συνδέοντας τα λιμάνια του Ρότερνταμ και της Αντβέρπης με την μεσογειακή λεκάνη της Γένοβας, μέσω σημαντικών οικονομικών κέντρων. Περιλαμβάνει επίσης τον ποταμό του Ρήνου ως πλωτή εσωτερική διαδρομή. Τα έργα-κλειδιά είναι σήραγγες, σχεδόν έτοιμες, στην Ελβετία και τα σημεία πρόσβασης από Γερμανία και Ιταλία.
- vii. *Ο διάδρομος του Ατλαντικού* ενώνει το Δυτικό κομμάτι της Ιβηρικής Χερσονήσου με τα λιμάνια της Χάβρης, του Ρουέν με το Παρίσι μέχρι το Μανχάιμ και το Στρασβούργο, με υπερταχείες και συμβατικές σιδηροδρομικές γραμμές. Περιλαμβάνει επίσης τον Σηκουάνα ως εσωτερική πλωτή διαδρομή. Ο θαλάσσιος παράγοντας παίζει ισχυρό ρόλο σ' αυτή τη διαδρομή.
- viii. *Ο διάδρομος Ρήνου-Δούναβη* με τον Δούναβη και τον Μάιν σαν ραχοκοκαλιά ενώνει κεντρικές περιοχές γύρω από το Στρασβούργο και τη Φρανκφούρτη, μέσω της Νότιας Γερμανίας, με την Βιέννη, την Μπρατισλάβα, τη Βουδαπέστη και τελικά την Μαύρη Θάλασσα, με ένα σημαντικό κλάδο από το Μόναχο στην Πράγα, τη Ζιλίνα, το Κόσιτσε και τα Ουκρανικά σύνορα.
- ix. *Ο διάδρομος Μεσογείου* ενώνει την Ιβηρική Χερσόνησο με τα Ούγγρο-Ουκρανικά σύνορα. Ακολουθεί τις Μεσογειακές ακτογραμμές της Ισπανίας και Γαλλίας, διασχίζει τις ανατολικές Άλπεις από την Βόρεια Ιταλία αφήνοντας τις Αδριατικές ακτές στη Σλοβενία και την Κροατία προς την Ουγγαρία. Εκτός από τον ποταμό Πάδο και κάποια άλλα κανάλια στην Βόρεια Ιταλία αποτελείται από οδικές και σιδηροδρομικές αρτηρίες. Βασικά σιδηροδρομικά έργα κατά μήκος του είναι οι σύνδεσμοι Λυών-Τορίνο και το τμήμα Βενετία-Λουμπλιάνα.

Οι διάδρομοι του κεντρικού δικτύου ανοίγουν τον δρόμο για την εφαρμογή της νέας διάστασης του ΔΕΔ-Μ όπως αυτή διαμορφώθηκε με τις κατευθυντήριες γραμμές το 2013. Αποτελούν ισχυρά μέσα για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή όχι μόνο για να ενισχύσει τις επενδύσεις, αλλά να προωθήσει και να αναδείξει την επιτυχία των ευρύτερων στόχων της ΕΕ για τις μεταφορές. Κάθε ένας από τους παραπάνω διαδρόμους παρουσιάζει πολλές ευκαιρίες για την προώθηση γενικών λύσεων. Ο απώτερος στόχος της ανάπτυξης υποδομών κατά μήκος αυτών των διαδρόμων – και στο κεντρικό δίκτυο στο σύνολό του είναι να ολοκληρωθούν οι αδιάλειπτες συνδέσεις για λόγους αποτελεσματικότητας με παροχή υψηλής ποιότητας υπηρεσιών για τους πολίτες και τους οικονομικούς φορείς.

Ο «Χάρτης Πορείας Για Έναν Ενιαίο Ευρωπαϊκό Χώρο Μεταφορών- Για Ένα Ανταγωνιστικό και Ενεργειακά Αποδοτικό Σύστημα Μεταφορών» της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (η Λευκή Βίβλος του 2011) ενισχύει την ευθυγράμμιση του ΔΕΔ-Μ με τις εξελίξεις στην πολιτική μεταφορών. Ο τομέας μεταφορών της Ευρώπης θα είναι σε θέση να παρακολουθεί τις οικονομικές, τεχνολογικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές φιλοδοξίες των επόμενων δεκαετιών μόνο εάν αναμετρηθούν με τις αλληλεπιδράσεις των διαφόρων ζητημάτων που διακυβεύονται. Επίσης για να αντιμετωπίσει την αύξηση

των επιπέδων κινητικότητας με προϋπόθεση την έξυπνη βιώσιμη και χωρίς αποκλεισμούς οικονομική ανάπτυξη, για να καλύψει τους φιλόδοξους στόχους μείωσης των εκπομπών άνθρακα και για να διαφυλάξει την παγκόσμια θέση της Ευρώπης, το σύστημα μεταφορών στο σύνολό του πρέπει να ενισχυθεί περαιτέρω.

Η Λευκή Βίβλος του 2011 παραθέτει μια σειρά μέτρων πολιτικής τα οποία, μεταξύ άλλων, στοχεύουν στην άρση των εμποδίων στην εσωτερική αγορά (με ιδιαίτερη έμφαση στο σιδηροδρομικό δίκτυο και το δίκτυο θαλασσίων μεταφορών) , βελτιώνοντας την ασφάλεια των μεταφορών, προωθώντας ποιοτικές υπηρεσίες εντός και μεταξύ των μεταφορικών μέσων, καινοτομώντας έτσι ώστε το σύστημα να καταστεί πιο αποτελεσματικό, βιώσιμο και φιλικό προς τον χρήστη. Διασφαλίζεται έτσι η προώθηση της παγκόσμιας ανταγωνιστικότητας στον κλάδο των μεταφορών και η αποτελεσματική διασύνδεσή του με τις παγκόσμιες αγορές.

Κανένα από αυτά τα μέτρα δεν μπορεί να εφαρμοστεί με συγκροτημένο τρόπο, χωρίς τις αντίστοιχες υποδομές. Η ανάπτυξη των υποδομών είναι αυτή που θα επιτρέψει την επιτυχία των ευρωπαϊκών στόχων, όπως αυτοί στα πεδία της διαλειτουργικότητας, της ασφάλειας ή ανεπτυγμένες υπηρεσίες. Αυτός είναι ο λόγος που για παράδειγμα το σύνολο των τεχνικών προδιαγραφών για τους σιδηροδρόμους, οι διατάξεις διαλειτουργικότητας των ευφών συστημάτων μεταφοράς, οι κανόνες για τη σύσταση των σιδηροδρομικών εμπορευματικών διαδρομών, όπως επίσης η ασφάλεια στις σήραγγες έχουν συστηματικά ληφθεί υπόψη στις κατευθυντήριες γραμμές του ΔΕΔ-Μ.

Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο συμφωνήθηκαν κατηγορίες υποδομής από διεθνείς οργανισμούς (όπως αυτές στον τομέα της εσωτερικής ναυσιπλοΐας που έχουν γίνει πρότυπα για τις κατευθυντήριες γραμμές)

Ενώ «ανταποκρίνεται», από πλευράς υποδομών, σε μια σειρά μέτρων προηγούμενης πολιτικής, η νέα πολιτική του ΔΕΔ-Μ έχει προβεί σε σημαντικές αλλαγές με σκοπό την ενεργή διαμόρφωση του μέλλοντος των μεταφορών. Εισαγάγει νέες διατάξεις σε τομείς όπως οι νέες τεχνολογίες και η καινοτομία, πολυτροπική ανάπτυξη υποδομών, βιώσιμες υπηρεσίες μεταφορών εμπορευμάτων και ανάπτυξη υποδομής στους σχετιζόμενους με το ΔΕΔ-Μ αστικούς κόμβους. Δίνεται επίσης μεγάλο βάρος στις υποδομές που αφορούν εναλλακτικές λύσεις καθαρών καυσίμων. Ενθαρρύνει ακόμα σημαντικά το πεδίο «έξυπνων» υποδομών για προηγμένα συστήματα ρύθμισης της κυκλοφορίας εντός και μεταξύ των μέσων μεταφοράς. Αυτό περιλαμβάνει «επικοινωνιακά συστήματα» μεταξύ υποδομών και οχημάτων που θα είναι λειτουργικά αδιαίρετα. Ένα τέτοιο σύστημα είναι το Ευρωπαϊκό Σύστημα Διαχείρισης της Σιδηροδρομικής Κυκλοφορίας (ERTMS) το οποίο αντικαθιστά τα συμβατικά συστήματα ελέγχου και διοίκησης στην οδική κυκλοφορία ή στην εφοδιαστική εμπορευμάτων. Οδηγούν έτσι την ποιότητα υπηρεσιών μπροστά και συμβάλλουν σημαντικά στην βελτίωση της αποδοτικής χρήσης των πόρων, όσον αφορά τις επενδύσεις.

Η σφαιρική δομή του νέου ΔΕΔ-Μ επιτρέπει ολοκληρωμένες προσεγγίσεις για την προώθηση της πολιτικής μεταφορών συνολικά. Η προσέγγιση δικτύου, με την διαχείριση των υποδομών σε πολυτροπικό επίπεδο καθώς επίσης και με «έξυπνο»

εξοπλισμό αποτελεί σταθερή βάση στο βελτιωμένο σύστημα κινητικότητας. Έτσι, μπορούν να αναμένονται πληθώρα μικρότερων έργων και πρωτοβουλιών, εκτός των μεγάλων επενδυτικών σχεδίων, τα οποία μπορούν να συμβάλουν στους στόχους της πολιτικής μεταφορών.

Η τεράστια πολυπλοκότητα των διαδρόμων αποτελεί πραγματική πρόκληση. Τα οφέλη όμως που αναμένονται από το πλήθος των αλληλεπιδράσεων και συνεργειών, τις τεχνολογικές δυνατότητες, θα πρέπει από την άλλη πλευρά να αποτελούν ισχυρά κίνητρα. Σ' αυτό αποσκοπεί και το καινοτόμο σύστημα διακυβέρνησης του κεντρικού δικτύου με ευρωπαϊούς συντονιστές και μια ισχυρή δομή υποστήριξης γύρω τους (θεματικές ομάδες εργασίας εμπειρογνομόνων, τακτικές ανταλλαγές πληροφοριών).

Ένα μεγάλο φάσμα παραγόντων – που έχει εμπλακεί ήδη στην ανάπτυξη υποδομών ή που επιθυμεί μελλοντικά να εμπλακεί – φαίνεται έτοιμο να αναμιχθεί πιο ενεργά. Δημόσιες και ιδιωτικές αρχές σε εθνικό, περιφερειακό ή τοπικό επίπεδο, επενδυτές, διαχειριστές υποδομής, χρήστες ή αντιπρόσωποι πολιτών. Οι στόχοι έχουν τεθεί σε επίπεδο ΕΕ και όσες πρωτοβουλίες μπορούν να συμβάλουν στην επίτευξή τους είναι ευπρόσδεκτες.

Με 26 δις ευρώ του προϋπολογισμού από το πρόγραμμα «Συνδέοντας την Ευρώπη» η Επιτροπή μπορεί να υποστηρίξει μια τέτοια ενέργεια. Στόχος είναι οι εννέα διάδρομοι του κεντρικού δικτύου να είναι πρόδρομοι ενός πλήρους πυρήνα που θα ολοκληρωθεί το 2030.

Δύο είναι οι πολιτικές κλειδιά οι οποίες είναι στενά συνδεδεμένες με την ανάπτυξη υποδομών. Η εγκαθίδρυση του ERTMS και η προώθηση των θαλάσσιων αρτηριών που αποσκοπούν στην ανακούφιση των χερσαίων διαδρομών.

Κεφάλαιο 2

Ο διάδρομος Σκανδιναβίας-Μεσογείου (Scanmed)

2.1. Εισαγωγή

Ο διάδρομος Σκανδιναβίας – Μεσογείου είναι ο μεγαλύτερος από τους εννέα διαδρόμους κεντρικού δικτύου του ΔΕΔ-Μ και ενώνει σημαντικά αστικά κέντρα της Γερμανίας, της Ιταλίας, της Σκανδιναβίας (Όσλο, Ελσίνκι, Στοκχόλμη, Κοπεγχάγη) και της Μεσογείου (Ιταλικά λιμάνια, Σικελία, Μάλτα). Καλύπτει επτά κράτη μέλη της ΕΕ και τη Νορβηγία και αντιπροσωπεύει ένα κρίσιμο άξονα για την Ευρωπαϊκή οικονομία, διασχίζοντας σχεδόν ολόκληρη την ήπειρο από τον Βορρά μέχρι το Νότο (ScanMed Study, December 2014).

Οι περιοχές κατά μήκος του διαδρόμου Scanmed αποτελούν μια απαραίτητη κοινωνικό-οικονομική περιοχή για την ΕΕ. Το 2011 οι περιοχές αυτές είχαν περίπου το 23% του πληθυσμού των 28 κρατών μελών της ΕΕ. Περιλαμβάνοντας περίπου το 16% του Ευρωπαϊκού εδάφους , παράγουν περίπου το 27% του Ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος της ΕΕ και ξεπερνούν τον ευρωπαϊκό μέσο έχοντας κατά κεφαλήν εισόδημα περίπου 30.000€.

	Area (km ²)	Inhabitants	GDP (million €)
EU28	4.383.136	504.990.610	12.675.264
ScanMed Corridor regions	687.323	113.975.409	3.478.339
	15,7%	22,6%	27,4%

Πίνακας 1: Κοινωνικό-οικονομικοί δείκτες για το διάδρομο Σκανδιναβίας-Μεσογείου. Πηγή: ScanMed Study, 2014

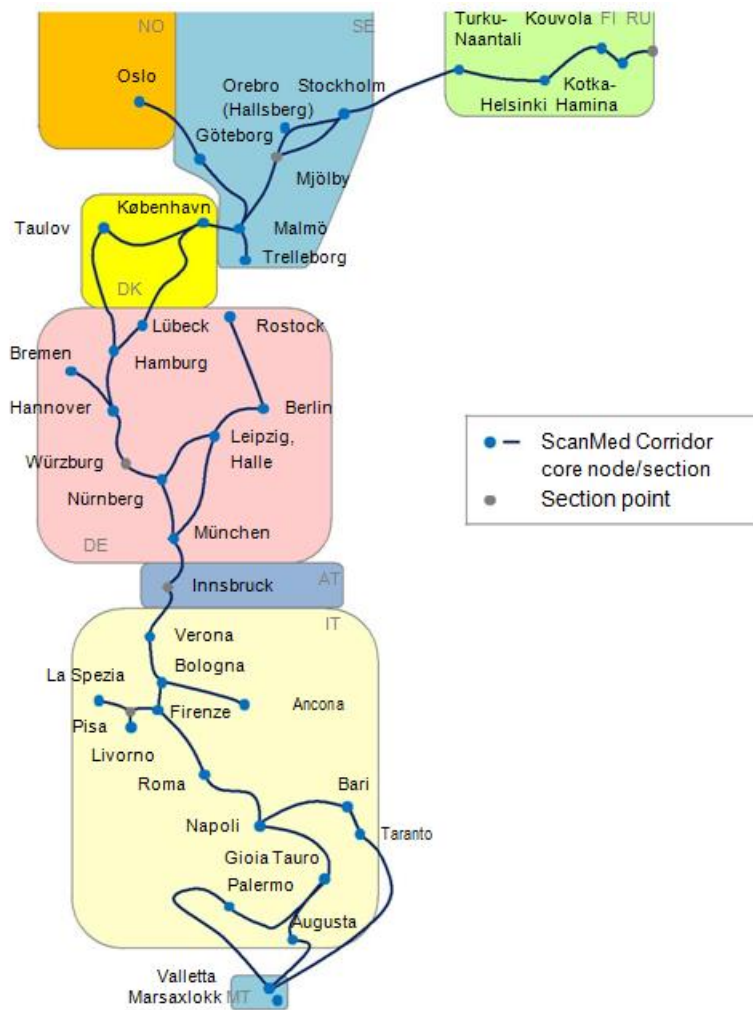
Στην εικόνα 1 παρουσιάζεται η σχηματική απεικόνιση του διαδρόμου με τους κεντρικούς κόμβους του σύμφωνα με τους κανονισμούς (ΕΕ) 1315/2013 και 1316/2013 (ScanMed Study, December 2014).

Στα περισσότερα τμήματα του σχήματος, τα μέσα μεταφοράς είναι κυρίως οδικά και σιδηροδρομικά. Μερικά τμήματα διασχίζουν τη θάλασσα. Συγκεκριμένα, τα τμήματα Φινλανδία-Σουηδία και τα τμήματα Ιταλία-Μάλτα. Επίσης ο διάδρομος περιλαμβάνει υποδομές αεροδρομίων, λιμανιών και οδικούς- σιδηροδρομικούς τερματικούς του κεντρικού δικτύου. Πολύ σημαντικά για την διασύνδεση των μέσων μεταφοράς αλλά και σύνδεση του διευρωπαϊκού δικτύου με τις υποδομές για τοπική και περιφερειακή κυκλοφορία, είναι οι αστικοί κόμβοι .

Σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΕ) 1315/2013, Παράρτημα II οι αστικοί κόμβοι του κεντρικού δικτύου του διαδρόμου Scanmed είναι οι εξής:

- Φινλανδία (FI): Ελσίνκι και Τούρκου
- Σουηδία (SE): Στοκχόλμη , Γκέτεμποργκ και Μάλμε
- Δανία (DK): Κοπεγχάγη
- Γερμανία (DE) : Αμβούργο, Βρέμη, Ανόβερο, Βερολίνο, Λειψία, Νυρεμβέργη και Μόναχο.
- Ιταλία (IT) : Μπολόνια, Ρώμη, Νάπολη , Παλέρμο.
- Μάλτα (MT) : Βαλέττα.

Εξαιτίας του γεγονότος ότι οι εσωτερικές πλωτές μεταφορές δεν είναι αντικείμενο ανάλυσης γι' αυτόν τον διάδρομο, η Κομισιόν και τα Κράτη μέλη έχουν συμφωνήσει να αγνοήσουν τα εσωτερικά λιμάνια από την ανάλυση.



Εικόνα 1: Σχηματική απεικόνιση του διαδρόμου Σκανδιναβίας-Μεσογείου. Πηγή: ScanMed Study,2014

Ποσοτικά Χαρακτηριστικά

Σε όρους μήκους σιδηροδρομικού δικτύου (>9300 χλμ) και οδικού δικτύου (>6300 χλμ), όπως επίσης και αριθμό λιμανιών, αεροδρομίων και οδικών- σιδηροδρομικών τερματικών (περίπου 90 συνολικά) ο διάδρομος Scanmed είναι ο μεγαλύτερος από τους διαδρόμους του ΔΕΔ-Μ. Παρακάτω ο πίνακας παρουσιάζει το πανόραμα των ποσοτικών χαρακτηριστικών του.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

Mode/ Node	Dimension	FI	NO	SE	DK	DE	AT	IT	MT	Total
Rail	network length [km]	518	169	1.462	476	3.532	127	3.053	-	9.337
Road		376	116	1.039	440	1.869	109	2.401	22	6.372
Airports	number	2	1	3	1	7	-	4	1	19
Seaports		4	1	4	1	4	-	9	2	25
RRT		5	1	7	2	16	0	13	-	44
Rail	Share of Corridor [%]	5,5%	1,8%	15,7%	5,1%	37,8%	1,4%	32,7%	n.a.	100,0%
Road		5,9%	1,8%	16,3%	6,9%	29,3%	1,7%	37,7%	0,3%	100,0%
Airports		10,5%	5,3%	15,8%	5,3%	36,8%	n.a.	21,1%	5,3%	100,0%
Seaports		16,0%	4,0%	16,0%	4,0%	16,0%	n.a.	36,0%	8,0%	100,0%
RRT		11,4%	2,3%	15,9%	4,5%	36,4%	0,0%	29,5%	n.a.	100,0%

Πίνακας 2: Ποσοτικά χαρακτηριστικά μεταφορών στο διάδρομο ScanMed. Πηγή: ScanMed Study, 2014

2.2. Μέσα μεταφοράς

Αναλογικά με το μέγεθος του δικτύου, τα σιδηροδρομικά και οδικά μέσα μεταφοράς είναι τα κύρια μέσα μεταφοράς. Ο διάδρομος έχει επίσης και θαλάσσια διάσταση, αρχικά λόγω των λιμανιών του και επίσης μέσω των τμημάτων του που διασχίζουν τη θάλασσα. Τέσσερα θαλάσσια τμήματα προκύπτουν από τη σχηματική απεικόνιση του και φαίνονται και στον χάρτη των διαδρόμων του ΔΕΔ-Μ. Τα τμήματα αυτά δεν πρέπει να συγχέονται με τις Θαλάσσιες Αρτηρίες και τις ναυτιλιακές υπηρεσίες (ναυτιλία μικρών αποστάσεων, οχηματαγωγά και άλλες τακτικές υπηρεσίες) μεταξύ των λιμανιών του διαδρόμου και μεταξύ άλλων λιμανιών είτε του ίδιου του διαδρόμου είτε άλλων (διαδρόμων, κεντρικού δικτύου, εκτεταμένου δικτύου, τρίτες χώρες). Μόνο τα έργα που έχουν λάβει την ετικέτα «MoS» και έχουν λάβει απόφαση χρηματοδότησης από το INEA αποτελούν θαλάσσιες αρτηρίες σύμφωνα με τους κανόνες ΕΕ 1315/2013 και 1316/2013. Απ' την άλλη μεριά αξίζει να αναφερθεί ότι οι θαλάσσιες αρτηρίες και άλλες ναυτιλιακές υπηρεσίες αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι των μεταφορών στην Ευρώπη αφού ενώνουν τους διαδρόμους του κεντρικού δικτύου μεταξύ τους, το κεντρικό και το εκτεταμένο δίκτυο, όπως επίσης με τρίτες χώρες και άλλα μέρη του κόσμου.

Παρ' ότι στην επίσημη απεικόνιση του διαδρόμου δεν υπάρχουν αρκετά θαλάσσια τμήματα, πολλά ενδιαφερόμενα μέρη θεωρούν ότι πρέπει να εξεταστούν, ιδιαίτερα αυτά μέσω των οποίων μεταφέρονται σταθερές και μεγάλες ποσότητες φορτίου. Τέτοια τμήματα είναι για παράδειγμα το τμήμα Τρέλεμποργκ-Ρόστοκ. Έτσι οι μεταφορές μέσω

θάλασσας συμπεριλήφθησαν στη μελέτη της αγοράς συνδυασμένων μεταφορών (MTMS) του διαδρόμου. Έτσι παρακάτω παρουσιάζεται το χαρτόγραμμα του διαδρόμου με κάποια υποδειγματικά θαλάσσια τμήματα.

2.3. Απαιτήσεις για τις υποδομές.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι απαιτήσεις για τις υποδομές των οδικών και των θαλάσσιων μεταφορών που είναι και οι τομείς που αφορούν αυτήν την εργασία. Επίσης παρουσιάζονται κάποια περαιτέρω στοιχεία για τις υποδομές που αφορούν το Φυσικό Αέριο ως καύσιμο.

2.3.1. Απαιτήσεις για τις οδικές μεταφορές

Σύμφωνα με τον κανονισμό ΕΕ 1315/2013 οι απαιτήσεις για τις οδικές μεταφορές είναι οι εξής:

- Ελάχιστα πρότυπα ποιότητας οδών (άρθρο 19)
 - Οδοί ταχείας κυκλοφορίας ή αυτοκινητόδρομοι
- Χώροι στάθμευσης (άρθρο 39)
 - Δημιουργία χώρων ανάπαυσης το λιγότερο ανά 100 χιλιόμετρα με ενδεδειγμένο επίπεδο ασφάλειας και προστασίας
- Διαχείριση κυκλοφορίας (άρθρο 18)
 - Παροχή ευφυούς συστήματος μεταφορών (ITS)
 - Παροχή συστημάτων διοδίων συμβατών με άλλα συστήματα.
- Εναλλακτικά καύσιμα (άρθρο 39)
 - Διασφάλιση διαθεσιμότητας υποδομής στον επαρκή βαθμό.

Ο ορισμός των εναλλακτικών καυσίμων στο άρθρο 3 του κανονισμού (ΕΕ) 1315/2013 περιλαμβάνει διάφορα καύσιμα. Τα εναλλακτικά καύσιμα και οι σταθμοί ανεφοδιασμού δεν αποτελούν τεχνικά προβλήματα όπως άλλα, ωστόσο η έλλειψη σταθμών ανεφοδιασμού με το κατάλληλο καύσιμο περιορίζει τη δυνατότητα στα οχήματα να χρησιμοποιούν το καύσιμο σε όλο το διάδρομο κι έτσι μπορεί να χαρακτηριστεί ως τεχνικό πρόβλημα. Ακόμα χειρότερα μπορεί να είναι τα κενά μεταξύ του σταθμού του δικτύου ή ασύνδετα τμήματα στο διάδρομο.

Υπάρχουν διάφορες πρωτοβουλίες που αναπτύσσουν την εφαρμογή και την υποδομή διαφόρων εναλλακτικών. Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο σταθμών ανεφοδιασμού

εξαρτάται από το καύσιμο ή τις τεχνολογικές προδιαγραφές. Ο κανονισμός του Διεθνούς Οργανισμού Ναυτιλίας (IMO) σχετικά με τις εκπομπές θείου στην Βαλτική – Βόρεια Θάλασσα έχει οδηγήσει σε ανάπτυξη των υποδομών LNG σε λιμάνια. Αυτό ίσως ενισχύσει την ενδεχόμενη χρήση LNG/LBG σε οχήματα.

Δεν είναι σαφές ποιόν ρόλο θα έχουν η ΕΕ και τα κράτη – μέλη σχετικά με τα οικονομικά κίνητρα (φορολογικά οφέλη για εναλλακτικά καύσιμα) και τους κανονισμούς όπως το σύστημα Euroclass για βαρέα οχήματα ή περιορισμούς σε αστικές περιοχές (επίπεδα των εκπομπών στην οδήγηση για κάποιες Γερμανικές πόλεις). Παρ' όλα αυτά, τα συγκεκριμένα μέτρα είναι πολύ γενικά και δεν αφορούν συγκεκριμένους διαδρόμους. Η χρήση διοδίων σε ένα διάδρομο μπορεί ενδεχομένως να χρησιμοποιηθεί για την προώθηση οχημάτων διαφορετικής ταξινόμησης, π.χ. μέσω μειωμένων κομιστρών. Απ' την άλλη μεριά τα μέτρα αυτά μπορεί να είναι αντιπαραγωγικά για κάποια νέα τμήματα αυτοκινητοδρόμων.

2.3.1.1. Απαιτήσεις για τις εγκαταστάσεις ανεφοδιασμού Φυσικού Αερίου στις χερσαίες μεταφορές

Οι βασικές απαιτήσεις για τις υποδομές φυσικού αερίου για τις οδικές μεταφορές, απορρέουν από την οδηγία 2014/94/ΕΕ. Στην οδηγία αυτή διαβάζουμε τα εξής:

- Άρθρο 1: «Η παρούσα οδηγία θεσπίζει κοινό πλαίσιο μέτρων για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων στην Ένωση, προκειμένου να τερματισθεί η εξάρτηση των μεταφορών από το πετρέλαιο, και ορίζει ελάχιστες απαιτήσεις σχετικά με τη δημιουργία υποδομών εναλλακτικών καυσίμων, καθώς και κοινές τεχνικές προδιαγραφές, συμπεριλαμβανομένων σημείων επαναφόρτισης για ηλεκτρικά οχήματα και σημείων ανεφοδιασμού με φυσικό αέριο (LNG και CNG) και υδρογόνο».
- Το άρθρο 6 απαιτεί την παροχή επαρκούς αριθμού σημείων ανεφοδιασμού με CNG, σε μέγιστες αποστάσεις, για να καταστεί δυνατή η κυκλοφορία των οχημάτων CNG σε ολόκληρη την Ένωση και καθορίζει κοινές τεχνικές προδιαγραφές που πρέπει να πληρούν τα σημεία ανεφοδιασμού με CNG. Συγκεκριμένα, απαιτεί τα κράτη μέλη συνεργάζονται ώστε να εξασφαλίσουν ότι τα βαρέα επαγγελματικά μηχανοκίνητα οχήματα που λειτουργούν με LNG μπορούν να κινούνται σε όλο το μήκος του κύριου δικτύου ΔΕΔ-Μ. Για τους σκοπούς αυτούς, τα δημοσίως προσβάσιμα σημεία ανεφοδιασμού για LNG θα έχουν εγκατασταθεί σε αποστάσεις που δεν υπερβαίνουν τα 400 km το αργότερο έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020. Ακόμα απαιτεί τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε να είναι διαθέσιμος επαρκής αριθμός δημοσίως προσβάσιμων σημείων ανεφοδιασμού, με μέγιστες αποστάσεις 150 km, για να καθιστούν δυνατή την κυκλοφορία των οχημάτων που κινούνται με CNG σε ολόκληρη την Ένωση το αργότερο έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020.

- Τέλος το παράρτημα III της οδηγίας καθορίζει τις τεχνικές προδιαγραφές των σημείων ανεφοδιασμού με φυσικό αέριο (LNG και CNG).

2.3.1.2. Στοιχεία για τις υποδομές και τα φορτηγά φυσικού αερίου

Υπάρχουν περίπου 1,2 εκατομμύρια οχήματα στην Ευρώπη που λειτουργούν με CNG, αντιπροσωπεύοντας το 0,7% του στόλου των EU 28 οχημάτων συμπεριλαμβανομένης της Ελβετίας, και το 75% της αγοράς είναι στην Ιταλία. Περισσότεροι από 3.000 σταθμοί ανεφοδιασμού είναι διαθέσιμοι, τα 2/3 των οποίων βρίσκονται στη Γερμανία και την Ιταλία ενώ 18 εκατομμύρια είναι τα οχήματα που κινούνται στον κόσμο, αντιπροσωπεύοντας το 1,2% του παγκόσμιου στόλου οχημάτων. Η κατανομή των οχημάτων και των υποδομών παρουσιάζονται στον Πίνακα 3 για την ΕΕ και χώρες της EFTA (European Free Trade Association= Iceland, Liechtenstein, Norway, and Switzerland).

Το φυσικό αέριο είναι η προτιμώμενη εναλλακτική λύση καυσίμου από Ευρωπαίους κατασκευαστές. Η τρέχουσα προσφορά οχημάτων CNG από εργοστάσια περιλαμβάνει περισσότερα από 30 επιβατικά αυτοκίνητα και ελαφρά επιβατηγά οχήματα (από την Fiat, Lancia, Mercedes, Iveco, VW, Audi, Seat, Skoda, Opel και Volvo), και συνεχίζει να επεκτείνεται. Επιπλέον όλοι οι μεγάλοι κατασκευαστές λεωφορείων και φορτηγών υιοθετούν λύσεις CNG, EURO VI. CNG λεωφορεία προσφέρονται από την Iveco, Scania, MAN, Mercedes (το 2015) και διάφορους μικρότερους κατασκευαστές. Οι Iveco, Volvo, Renault, Mercedes και MAN Euro προσφέρουν επιπλέον Euro VI CNG φορτηγά. Στην ΕΕ η τρέχουσα προσφορά σε οχήματα LNG εξακολουθεί να είναι περιορισμένη, αλλά συνεχίζει να επεκτείνεται. Οι Iveco, Scania και η Mercedes προσφέρουν ήδη, φορτηγά EURO VI. Οι Volvo, η Renault και η MAN θα ακολουθήσουν (DG MOVE, 2015).

Υπάρχουν περίπου 1.500 EURO V και EURO VI φορτηγά LNG και 55 σταθμοί ανεφοδιασμού.. Τα στοιχεία αυτά έρχονται σε αντίθεση με τον υψηλό ρυθμό ανάπτυξης στην Κίνα (240.000 LNG φορτηγά και 2.400 σταθμοί) και στις ΗΠΑ (πάνω από 100 σταθμούς και 5.000 φορτηγά LNG). Η πιο σημαντικές εξελίξεις στην ΕΕ λαμβάνουν χώρα στο Ηνωμένο Βασίλειο, Ολλανδία, Ισπανία και Σουηδία.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

	CNG stations	LNG/LCNG stations	Gas Driven Vehicles
Austria	175	0	8.323
Belgium	20	3	1.033
Bulgaria	108	0	61.320
Croatia	3	0	329
Cyprus	-	0	-
Czech Republic	81	0	7.488
Denmark	7	0	104
Estonia	5	0	340
Finland	23	1	1.689
France	37	3	13.550
Germany	919	0	98.172
Greece	10	0	1.000
Hungary	5	0	5.118
Iceland	5	0	1.371
Ireland	0	0	3
Italy	1.010	2	885.300
Latvia	1	0	29
Lichtenstein	3	0	143
Lithuania	1	0	380
Luxemburg	7	0	270
Malta	0	0	-
Netherlands	133	7	7.573
Norway	17	0	667
Poland	25	0	3.600
Portugal	3	3	586
Romania	0	0	-
Slovakia	10	0	1.426
Slovenia	3	1	58
Spain	45	15	3.990
Sweden	161	11	46.715
Switzerland	134	0	11.640
United Kingdom	7	13	718
Total EU+EFTA	2.953	55	1.156.687

Πίνακας 3: Τρέχων αριθμός σταθμών ανεφοδιασμού και οχημάτων φυσικού αερίου στην ΕΕ και τις χώρες ΕFTA. Πηγή: NVGA EUROPE, 2015

Μία από τις κύριες πρωτοβουλίες της ΕΕ για την προώθηση της υιοθέτησης, από την αγορά, του υγροποιημένου φυσικού αερίου στις οδικές μεταφορές είναι το

«Πρόγραμμα των Μπλε Διαδρόμων LNG», που περιλαμβάνει τη συνεργασία μεταξύ των κατασκευαστών βαρέων επαγγελματικών οχημάτων, προμηθευτές καυσίμων, διανομείς καυσίμων και οργανισμών διαχείρισης στόλων οχημάτων. Το έργο περιλαμβάνει ένα πρώτο ορισμό των Μπλε Διαδρόμων LNG, με στρατηγικά σημεία ανεφοδιασμού υγροποιημένου φυσικού αερίου, προκειμένου να διασφαλιστεί η διαθεσιμότητα LNG για τις οδικές μεταφορές. Ο πυρήνας του έργου είναι η ανάπτυξη και επίδειξη των τεσσάρων LNG Μπλε Διαδρόμων με την συμμετοχή περίπου 14 νέων σταθμών L-CNG και LNG σε κρίσιμα σημεία / θέσεις των Μπλε διαδρόμων και ένα στόλο αποτελούμενο από 100 βαρέα οχήματα που λειτουργούν κατά μήκος τους. Οι ήδη εγκατεστημένοι σταθμοί LNG μπορεί να βρεθούν στην ιστοσελίδα των μπλε διαδρόμων: <http://lngbc.eu/>.

2.3.2. Απαιτήσεις για τις υποδομές λιμανιών

Αρχικά οι παράμετροι των λιμανιών του διαδρόμου Scanned φαίνονται στον πίνακα 3. Ο πίνακας περιέχει στοιχεία για τον όγκο των επιβατών και των εμπορευμάτων και καταδεικνύουν την πρόσβαση στις υποδομές από τη θάλασσα (μέγιστο βύθισμα) καθώς και δυνατότητες διατροφικών μεταφορών στην ξηρά (εγκαταστάσεις μεταφόρτωσης) . Τα στοιχεία αυτά επιβεβαιώνουν τις απαιτήσεις υποδομής για τα 25 λιμάνια του διαδρόμου, καθώς όλα τα λιμάνια προσφέρουν πλήρη προσβασιμότητα μέσω θαλάσσης, έχουν συγκεκριμένη σημασία λόγω του χειρισμού εμπορευμάτων και επιβατών και προσφέρουν υπηρεσίες μεταφόρτωσης , εκτός και αν γεωγραφικοί ή χωροταξικοί λόγοι δεν το επιτρέπουν (Αυγούστα, Μαλτέζικα λιμάνια).

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

Country	Port	Maximum Draught (m) - natural or dredged	Passenger traffic flow (pax per year)	Freight traffic flow (tons per year)	Maritime Chamber Lock (width/ length)	Transshipm. facilities for intermodal rail/ road transport
FI	Helsinki	11	11.556.525	10.537.957	No	Yes
	Kotka	max. 15,3	1.366	14.009.655	No	Yes
	Hamina	12		see Kotka	No	Yes
	Naantali	15,3	143.011	7.046.689	No	Yes
	Turku	10	2.916.312	2.612.732	No	Yes
SE	Stockholm	11,4	9.400.000	5.000.000	No	Yes
	Göteborg	21	1.692.000	38.900.000	No	Yes
	Malmö	13,5	67.000*	8.740.000	No	Yes
	Trelleborg	7,6	1.617.563	9.965.669	No	Yes
NO	Oslo	11			No	Yes
DK	København	12	1.897.000	5.877.000	No	No
DE	Bremen	10,7	0	12.595.000	12,50m x 225m	Yes
	Hamburg	15,1	555.000	138.500.000	No	Yes
	Lübeck	9,5	490.000	23.100.000	No	Yes
	Rostock	max. 13	2.400.000	21.360.000	No	Yes
IT	Livorno	13	2.557.826	27.952.887	No	Yes
	La Spezia	15 (dredging 15,5)	213.900	15.546.312	No	Yes
	Ancona	14	1.174.054	6.974.533	No	Yes
	Bari	14,3			No	Yes
	Taranto	23			No	Yes
	Gioia Tauro	12,50 - 18		28.209.000	No	Yes
	Napoli	13,2	1.632.320		No	Yes
	Palermo	12		6.506.558	No	Yes
	Augusta	19,8		29.937.000	No	No
MT	Marsaxlokk	15	0		No	No
	Valletta	13,4			No	No

Πίνακας 4: Παράμετροι των λιμανιών του διαδρόμου ScanMed. Πηγή: ScanMed Study, 2014

Σημείωση: Λόγω των περιορισμών που τέθηκαν από το σύστημα πληροφοριών Tentec της Ευρωπαϊκής Επιτροπής το «μέγιστο βύθισμα» του πίνακα πρέπει να καταδεικνύει το μέγιστο δυνατό βύθισμα σε κάθε λιμάνι, ακόμα και αν δεν ισχύει σε όλο το λιμάνι αλλά σε συγκεκριμένες προβλήτες.

Τα παρακάτω άρθρα του κανονισμού (Ε.Ε. /1315/2013) αντιπροσωπεύουν τη βάση για την περιγραφή των χαρακτηριστικών των κύριων λιμανιών του διαδρόμου ως εξής:

Άρθρο 21 : Θαλάσσιες Αρτηρίες

Άρθρο 22 : Απαιτήσεις υποδομών μεταφορών

Άρθρο 23 : Προτεραιότητες για την ανάπτυξη θαλάσσιων υποδομών.

Ενώ τα άρθρα 21 και 22 περιέχουν αριθμούς και τις κύριες απαιτήσεις, το άρθρο 23 ορίζει τις προτεραιότητες για την ανάπτυξη των θαλάσσιων υποδομών και τις απαιτήσεις που τις διέπουν.

Βασισμένες στον κανονισμό, έχουν αναγνωριστεί δώδεκα παράμετροι υποδομών για τρεις διαφορετικές κατηγορίες υποδομών ώστε να περιγράφουν και να αξιολογούν τις κύριες απαιτήσεις. Η πρώτη κατηγορία «υποδομές δικτύου μεταφορών» περιλαμβάνει τις παραμέτρους για την προσβασιμότητα από την θάλασσα (θαλάσσια κανάλια) και τη σύνδεση με την ενδοχώρα (οδικώς, σιδηροδρομικώς, ή με εσωτερική ναυσιπλοΐα). Η δεύτερη κατηγορία «υποδομές λιμανιών και εφοδιασμού» περιλαμβάνει τις παραμέτρους για την πρόσβαση χωρίς διακρίσεις σε τερματικούς, την ύπαρξη εμπορευματικών χωριών και παραμέτρους σχετικούς με την περιβαλλοντική συμβατότητα του λιμανιού (Γραμματειακές υποδομές, εγκαταστάσεις ανεφοδιασμού, καυσίμων LNG, τροφοδότηση ενέργειας από ξηρά) Η τρίτη κατηγορία «τεχνολογίες μέτρησης και ελέγχου» περιλαμβάνουν τις παραμέτρους Υπηρεσίας κυκλοφορίας πλοίων (VTS) safe-sea-net και ηλεκτρονικών θαλάσσιων υπηρεσιών.

2.3.2.1. Εγκαταστάσεις ανεφοδιασμού καυσίμου LNG

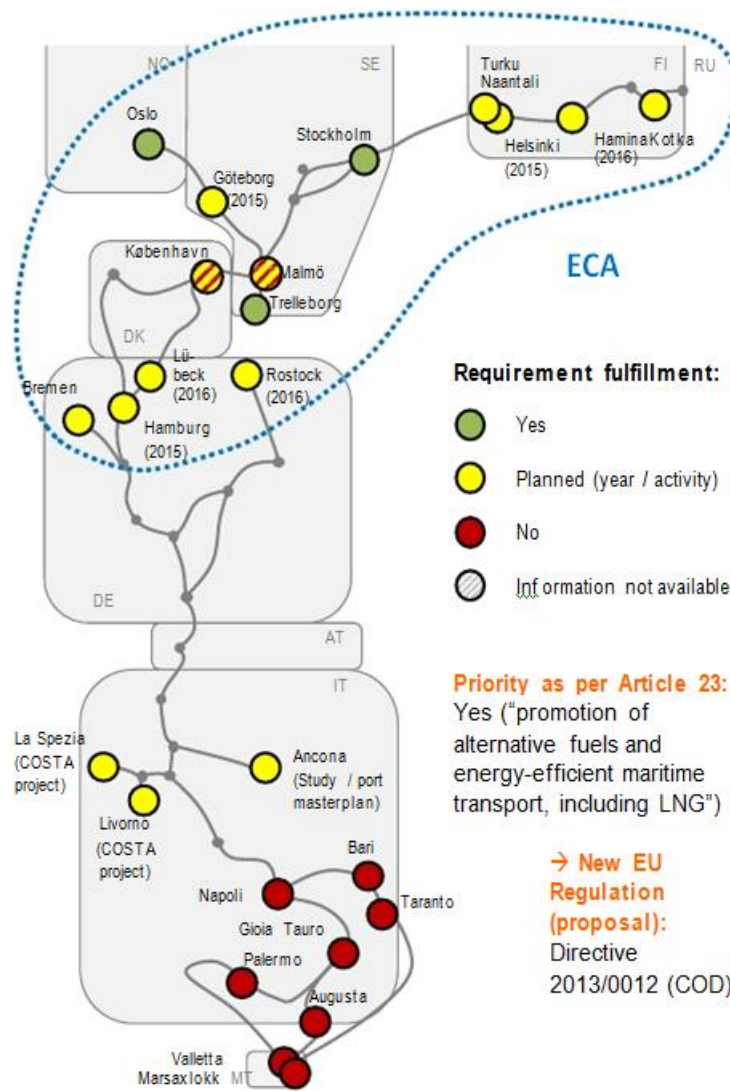
Η βασική απαίτηση σχετικά με τις εγκαταστάσεις ανεφοδιασμού LNG ορίζεται επίσης από το άρθρο 22 κανονισμός ΕΕ 1315/2013 που αναφέρεται ότι «τα κράτη Μέλη θα πρέπει να διασφαλίσουν ότι τα λιμάνια θα περιλαμβάνουν τον κατάλληλο εξοπλισμό που θα συμβάλλει στις περιβαλλοντικές επιδόσεις των πλοίων στα λιμάνια».

Τα κύρια στοιχεία σχετικά με τη συμμόρφωση/απόκλιση των λιμανιών του Scanmed από αυτή την απαίτηση είναι:

- Πολλά λιμάνια στην Περιοχή Ελέγχου Εκπομπών (ΠΕΕ) στη Βόρεια και τη Βαλτική Θάλασσα έχουν εγκαταστήσει ή σχεδιάζουν εγκαταστάσεις ανεφοδιασμού με LNG. Συγκεκριμένα, τα λιμάνια της Στοκχόλμης, του Όσλο και του Τρέλεμποργκ παρέχουν ήδη LNG σε πλοία και οχηματαγωγά. Στο Τρέλεμποργκ αν και δεν υπάρχει τερματικός ανεφοδιασμού LNG, παρέχεται LNG σε συνεργασία με άλλα λιμάνια είτε μέσω φορτηγών είτε μέσω πλοίων ανεφοδιασμού. Τα λιμάνια Χαμίνα/Κότκα, Τούρκου, Ελσίνκι, Γκέτεμποργκ και άλλα Γερμανικά λιμάνια, σχεδιάζουν ή εγκαθιστούν ήδη εγκαταστάσεις LNG. Το λιμάνι του Γκέτεμποργκ μαζί με το λιμάνι του Ρόττερταμ εμπλέκεται σε ένα πρόγραμμα LNG, χρηματοδοτούμενο από την ΕΕ, για την εξασφάλιση εγκαταστάσεων ανεφοδιασμού LNG στη Βόρεια Ευρώπη. Λιμάνια στο νότιο κομμάτι του διαδρόμου έχουν ξεκινήσει να σχεδιάζουν ενέργειες σχετικές με το LNG. Συγκεκριμένα το Ιταλικό λιμάνι του Λιβόρνο και της Λα Σπέτσια.
- Επί του παρόντος αρκετά λιμάνια δραστηριοποιούνται σχετικά με την ανάπτυξη εγκαταστάσεων ανεφοδιασμού LNG.

- Τα λιμάνια Κοπεγχάγης, Μάλμε, Ελσίνκι, Στοκχόλμης και Τούρκου έχουν συμμετάσχει στο πρόγραμμα «LNG στα λιμάνια της Βαλτικής» το οποίο είναι συγχρηματοδοτούμενο από το ΔΕΔ-Μ πολυετές πρόγραμμα της ΕΕ. Ο στόχος του προγράμματος είναι να προωθήσει μια εναρμονισμένη προσέγγιση για την πλήρωση των υποδομών LNG σε πλοία της Βαλτικής. Μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος τα συμμετέχοντα λιμάνια προσδοκούν να αναπτύξουν τις δικές τους εγκαταστάσεις LNG από το 2015 και μετά, εκτός από τα λιμάνια της Κοπεγχάγης και του Μάλμε.
- Γενικά στην Φινλανδία δεν υπάρχουν έως τώρα εγκαταστάσεις ωστόσο έχουν προγραμματιστεί για όλα τα λιμάνια του διαδρόμου, Ναντάλι, Τούρκου, Ελσίνκι και Χαμίνα-Κότκα.
- Το λιμάνι του Αμβούργου έχει ήδη τελειώσει τα σχέδια για ένα νέο σταθμό ανεφοδιασμού LNG. Επίσης τα λιμάνια της Βρέμης, του Ροστόκ και του Λούμπεκ σχεδιάζουν να χτίσουν και αυτά τις δικές τους. Στο Λούμπεκ για παράδειγμα ο σταθμός θα έχει ολοκληρωθεί στα τέλη του 2016. Έως το 2030 οι εγκαταστάσεις θα επεκτείνονται συνεχώς. Στη Βρέμη υπάρχει η θέληση να ξεκινήσουν οι παροχές υπηρεσιών LNG με πλοία του λιμανιού.
- Τα λιμάνια Λα Σπέτσια και Λιβόρνο συμμετέχουν στο πρόγραμμα EU COSTA. Η Λα Σπέτσια για παράδειγμα σχεδιάζει εγκαταστάσεις LNG για τη ναυτιλία (ανεφοδιασμός πλοίων, ρυμουλκών), για τις λειτουργίες του λιμανιού (χρησιμοποίηση LNG για γερανούς, φορτωτές και άλλος εξοπλισμός) και στην ξηρά (χρησιμοποίηση LNG για τρένα ελιγμών, τρένα μεταφοράς LNG σε χερσαίο τερματικό σταθμό και φορτηγά LNG).
- Το λιμάνι της Ανκόνα έχει ήδη πραγματοποιήσει μελέτη για την παροχή ενέργειας στην ξηρά.
- Η φράση «εγκαταστάσεις εφοδιασμού LNG» δεν σημαίνει απαραίτητα σταθμό παροχής LNG αλλά αναφέρεται στα προαπαιτούμενα και τις εγκαταστάσεις για τον ανεφοδιασμό LNG. Η παροχή του σε πλοία μπορεί να πραγματοποιείται είτε από φορτηγά είτε από φορτηγίδες.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»



Εικόνα 2: Κατάσταση υποδομών LNG στον διάδρομο ScanMed. Πηγή: ScanMed Study, 2014

Κεφάλαιο 3

Νομική βάση

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται νομικά στοιχεία που αφορούν τις οδικές και τις θαλάσσιες μεταφορές και που αποτελούν τη βάση για την εισαγωγή και διάδοση εναλλακτικών καυσίμων, όπως το LNG/CNG, στην αγορά. Στην πρώτη ενότητα παρατίθενται οι κύριοι άξονες της Λευκής Βίβλου, του σημαντικότερου ίσως εγγράφου της ΕΕ για τις μεταφορές. Στην δεύτερη ενότητα του κεφαλαίου παρουσιάζονται τα Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών. Στην τρίτη παρατίθενται κανονισμοί που αφορούν τις θαλάσσιες μεταφορές.

3.1. Η Λευκή Βίβλος

Η Λευκή Βίβλος είναι από τα πιο σημαντικά έγγραφα της πολιτικής μεταφορών της ΕΕ όπως περιγράφεται στις προβλέψεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για το μέλλον της μετακίνησης και τη στρατηγική για την επόμενη δεκαετία (White Paper,2011).

Το πιο πρόσφατο έγγραφο «Λευκή Βίβλος για τις Μεταφορές» εκδόθηκε το 2011 και περιέχει τις προοπτικές της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για τις μελλοντικές μεταφορές για:

«ένα σύστημα που υποστηρίζει την Ευρωπαϊκή και Οικονομική διαδικασία, ενισχύει την ανταγωνιστικότητα και προσφέρει υψηλή ποιότητα κινητών υπηρεσιών, ενώ χρησιμοποιεί τις πηγές πιο αποτελεσματικά. Ο περιορισμός της κινητικότητας δεν είναι επιλογή. Σχέδια νέων μεταφορών πρέπει να προκύψουν, σύμφωνα με κάποιους μεγαλύτερους όγκους εμπορευμάτων που μεταφέρονται από κοινού στον προορισμό τους από τον πιο αποτελεσματικό συνδυασμό των μέσων μεταφοράς. Προτιμάται η χρήση μοναδιαίας μεταφοράς για τα τελικά μίλια του ταξιδιού και εκτελείται από «καθαρά» οχήματα. Η τεχνολογία πληροφοριών παρέχεται για απλούστερες και πιο αξιόπιστες μεταφορές. Η χρήστες συγκοινωνιών πληρώνουν ολόκληρο το κόστος μεταφοράς σε αντάλλαγμα λιγότερη συμφόρηση, περισσότερες πληροφορίες, καλύτερες υπηρεσίες και μεγαλύτερη ασφάλεια» (White Paper,2011).

Για να βρεθεί ο παγκόσμιος στόχος του περιορισμού της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής σε 2°C η Λευκή Βίβλος του 2011 θέτει τους σκοπούς της μείωσης των μεταφορών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (το 2050) στο 60%, σε σύγκριση με το 1990 της δραστηρικής μείωσης της εξάρτησης σε πετρέλαιο από τις μεταφορές στην ΕΕ πάνω στην ίδια περίοδο και της περιεκτικότητας της ανάπτυξης της συμφόρησης/συνωστισμού. Αυτοί οι σκοποί επιδιώκονται μέσω ενός σχεδίου δράσης/οδικού χάρτη με 40 πρωτοβουλίες που οργανώνονται στα ακόλουθα τρία μονοπάτια και τα 10 σημεία αναφοράς που αντιστοιχούν.

- Βελτιώνοντας την ενεργειακή αποτελεσματικότητα σε όλα τα μέσα μεταφοράς: εξελίσσοντας καθαρά καύσιμα και βιώσιμα συστήματα προώθησης.
 1. Μείωση κατά 50% της χρήσης συμβατικά τροφοδοτούμενων αυτοκινήτων στις πόλεις μέχρι το 2030 και καταργώντας τα σταδιακά μέχρι το 2050, επιτυγχάνοντας διοικητική μέριμνα για τα αστικά κέντρα χωρίς διοξείδιο του άνθρακα έως το 2030.
 2. Αύξηση της χρήσης των χαμηλών σε άνθρακα βιώσιμων καυσίμων στην αεροπορία κατά 40% μέχρι το 2050, μειώνοντας τις εκπομπές στην Ευρωπαϊκή Ένωση από ναυτιλιακά καταφύγια καυσίμων κατά 50% εντός της ίδιας περιόδου.
- Βελτιστοποιώντας τις επιδόσεις των πολύ τυπικών υλικοτεχνικών αλληλουχιών , αυξάνοντας την χρήση περιβαλλοντικά φιλικότερων μέσων ανάμεσα σε άλλα.
 3. Πράσινοι διάδρομοι φορτίων πρέπει να συνεισφέρουν στην αλλαγή του 30% της διαδρομής του φορτίου πάνω από 300 χιλιόμετρα για σιδηροδρόμους ή πλωτές μεταφορές μέχρι το 2030 και περισσότερο από το 50% μέχρι το 2050.
 4. Ολοκλήρωση του υψηλής ταχύτητας Ευρωπαϊκού δικτύου μέχρι το 2050. Μέχρι το 2030 το σιδηροδρομικό δίκτυο υψηλής ταχύτητας θα πρέπει να έχει τριπλασιαστεί σε μήκος. Η πλειοψηφία των μεσαίας απόστασης διαδρομών θα πρέπει να γίνεται με σιδηρόδρομους.
 5. Ένα ολοκληρωμένο λειτουργικά δίκτυο ΔΕΔ-Μ στην ΕΕ θα πρέπει να έχει ολοκληρωθεί μέχρι το 2030.
 6. Σύνδεση όλων των κεντρικών δικτύων αεροδρομίων με το σιδηροδρομικό δίκτυο μέχρι το 2050, σύνδεση όλων των κεντρικών θαλάσσιων λιμανιών με το σιδηροδρομικό δίκτυο φορτίου και τις οδούς εσωτερικής ναυσιπλοΐας.
- Χρησιμοποίηση τις πιο αποτελεσματικές υποδομές μεταφορών μέσω κατάλληλα έξυπνων συστημάτων πληροφόρησης , συστημάτων τιμολόγησης και αναβαθμισμένης διοικητικής μέριμνας, αφαίρεση των εναπομεινάντων περιορισμών στις ενδομεταφορές αντιμετωπίζοντας διοικητικά εμπόδια στη ναυτιλία μικρών αποστάσεων κτλ

7. Ολοκλήρωση του ευρωπαϊκού εναέριου χώρου μέχρι το 2020 μέσω της εξέλιξης ενός σύγχρονου συστήματος διοίκησης για την εναέρια κυκλοφορία. Εφαρμογή έξυπνων εφαρμογών τεχνολογίας πληροφορικής και επικοινωνιών (ICT) και για τις επίγειες και για τις πλωτές μεταφορές που εκμεταλλεύονται το δορυφορικό σύστημα «Γαλιλαίος».
8. Ολοκλήρωση του σκελετού για την Ευρωπαϊκή πολυτροπική διαχείριση πληροφοριών και συστήματος πληρωμών μέχρι το 2020.
9. Προοδευτική μείωση των χερσαίων μεταφορών κοντά στο μηδέν μέχρι το 2050.
10. Πλήρης εφαρμογή των αρχών «χρεώσεις χρήστη» και « χρεώσεις ρυπαίνοντας».

Για την επίτευξη αυτών των στόχων υιοθετήθηκε μια στρατηγική που απαρτίζεται από τέσσερις πυλώνες

Εσωτερική αγορά : εξάλειψη όλων των υπολειπόμενων και εθνικών εμποδίων ανάμεσα σε λειτουργίες και εθνικά συστήματα για να δημιουργηθεί μια αυθεντική μοναδιαία Ευρωπαϊκή Περιοχή Μεταφορών

Καινοτομία : Η Ευρωπαϊκή έρευνα πρέπει να αντιμετωπίσει ολόκληρο τον κύκλο της έρευνας, καινοτομίας και ανάπτυξης με ολοκληρωμένο τρόπο.

Υποδομές : Δημιουργία κοινού οράματος και επαρκών πηγών που χρειάζονται για την πολιτική του Ευρωπαϊκού συστήματος μεταφορών . Η διαδικασία μεταφορών θα πρέπει να αντανακλά τα έξοδα με ένα μη διαστρεβλωμένο τρόπο.

Παγκοσμίως : Άνοιγμα αγορών τρίτων χωρών σε υπηρεσίες μεταφορών προϊόντων και επενδύσεων.

Έτσι η Λευκή Βίβλος του 2011 πάνω στις μεταφορές έχει ενσωματώσει τους πράσινους διάδρομους του FTLAP στην στρατηγική που θα εφαρμοστεί κατά τη διάρκεια της επόμενης δεκαετίας, ώστε να επιτευχθούν οι φιλόδοξοι στόχοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Herrero Pinilla, 2015).

3.2. Τα Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών για τις οδικές μεταφορές

Η Ευρώπη εισήγαγε για πρώτη φορά πρότυπα για τις εκπομπές βαρέων επαγγελματικών οχημάτων το 1988. Το “Ευρωπαϊκό” στοιχείο καθιερώθηκε στις αρχές του 1992 με όλο και πιο αυστηρά πρότυπα να εφαρμόζονται κάθε λίγα χρόνια. Οι Ευρωπαϊκές προδιαγραφές για τα βαρέα είναι αριθμημένα με ρωμαϊκούς αριθμούς (π.χ. Euro I,

II...V), ενώ τα πρότυπα για τα ελαφρά οχήματα χρησιμοποιούν αραβικούς αριθμούς (π.χ. Euro 1,2...5). Η δοκιμή πραγματοποιείται σε κινητήρες και μόνο και όχι σε πλήρη οχήματα, και οι οριακές τιμές εκφράζονται σε γραμμάρια ανά κιλοβατώρα (g/KWh) αντί γραμμάρια ανά χιλιόμετρο (g/km).

Πολλές χώρες έχουν αναπτύξει έκτοτε κανονισμούς που ευθυγραμμίζονται σε μεγάλο βαθμό με τα Ευρωπαϊκά πρότυπα, τα παρακάτω είναι μερικά από τα πιο σημαντικά βήματα για τη θέσπιση κανόνων στους κανονισμούς για τους κινητήρες βαρέων επαγγελματικών οχημάτων. (TransportPolicy.net, 2015)

Ευρωπαϊκά Πρότυπα I και III

Τα Ευρωπαϊκά πρότυπα I εισήχθησαν το 1992, ακολουθούμενα από την εισαγωγή των Ευρωπαϊκών κανονισμών II το 1996. Αυτά τα πρότυπα εφαρμόστηκαν και σε κινητήρες φορτηγών αλλά και σε κινητήρες αστικών λεωφορείων, τα πρότυπα αστικών λεωφορείων, ωστόσο, ήταν εθελοντικά.

Ευρωπαϊκά Πρότυπα III, IV και V

Η Ε.Ε. εξέδωσε την Οδηγία 1999/96/ΕΚ το 1999, η οποία εισήγαγε το Ευρωπαϊκό πρότυπο III (2000), καθώς και τα Ευρωπαϊκά πρότυπα IV/V (2005/2008). Η οδηγία όρισε τα εθελοντικά όρια εκπομπών που είναι ελαφρώς πιο αυστηρά από τα Ευρωπαϊκά πρότυπα V για τα ‘βελτιωμένο, φιλικό προς το περιβάλλον όχημα’ ή αλλιώς EEVs. (TransportPolicy.net, 2015)

Οι ακόλουθες οδηγίες αποτελούν σημαντικές προσθήκες ή τροποποιήσεις στα αρχικά πρότυπα:

- Ελαττωματικές Συσκευές – Το 2001, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υιοθέτησε την Οδηγία 2001/EC η οποία απαγορεύει την χρήση εκπομπών ‘ελαττωματικών συσκευών’ και ‘παράλογων’ στρατηγικών ελέγχου εκπομπών, και η οποία θα μείωνε την αποτελεσματικότητα των συστημάτων ελέγχου των εκπομπών, όταν τα οχήματα λειτουργούν υπό κανονικές συνθήκες οδήγησης σε επίπεδα κάτω από αυτά που προσδιορίζονται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας δοκιμής των εκπομπών.
- Τροποποιημένα Ευρωπαϊκά Πρότυπα IV και V–Η Οδηγία 2005/55/EC που εγκρίθηκε από το Κοινοβούλιο της ΕΕ το 2005 εισήγαγε τις απαιτήσεις σχετικά με την ανθεκτικότητα και το ενσωματωμένο σύστημα διάγνωσης (on-board diagnostics/OBD) καθώς και επανέλαβε τα όρια εκπομπών για τα Ευρωπαϊκά Πρότυπα IV και V, που είχαν αρχικά δημοσιευθεί το 1999/96/EC. Σε μία ρυθμιστική προσέγγιση ‘πολλαπλών επιπέδων’, οι τεχνικές απαιτήσεις για την αντοχή και το OBD – συμπεριλαμβανομένων των διατάξεων για τα συστήματα

εκπομπών που χρησιμοποιούν τα αναλώσιμα αντιδραστήρια – έχουν περιγραφεί από την Επιτροπή στην Οδηγία 2005/78/EC. (TransportPolicy.net, 2015)

- Όταν υιοθετήθηκαν τα Ευρωπαϊκά πρότυπα IV και V, οι ρυθμιστικές αρχές ανέμεναν οι αυστηρότερες προδιαγραφές εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων (Particulate Matters, PA) να απαιτούν τη χρήση Φίλτρων Σωματιδίων Ντίζελ (Diesel Particulate Filters, DPFs) σε εμπορικά βαρέα οχήματα. Ωστόσο, συντονίζοντας τους κινητήρες για υψηλούς δείκτες Διοξειδίων του Αζώτου (NOx), οικονομία υψηλών καυσίμων, και σχετικά χαμηλές εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων (PA), οι κατασκευαστές είναι σε θέση να συμμορφωθούν με τα Ευρωπαϊκά πρότυπα εκπομπών IV και V χωρίς τη χρήση DPFs. Αυτοί οι κατασκευαστές χρησιμοποιούν επιλεκτική καταλυτική αναγωγή ώστε να μειώσουν τις εκπομπές NOx στον σωλήνα εξαγωγής ώστε να πληρούν τα Ευρωπαϊκά πρότυπα IV και V. Ωστόσο αυτή η στρατηγική συμμόρφωσης δεν μειώνει τις εκπομπές των μικρότερων και πιο επικίνδυνων σωματιδίων στον ίδιο βαθμό όπως με τα DPFs. (TransportPolicy.net, 2015)

Ευρωπαϊκό πρότυπο VI

Το Ευρωπαϊκό πρότυπο εκπομπών EURO VI υιοθετήθηκε με τον Κανονισμό 595/2009, ο οποίος δημοσιεύτηκε στις 18 Ιουλίου 2009 (με Διορθωτικά της 31^{ης} Ιουλίου 2009). Τα νέα όρια εκπομπών, συγκρινόμενα αυστηρά με τα πρότυπα των Ηνωμένων Πολιτειών 2010, τέθηκε σε ισχύ το 2013 για τις νέου τύπου εγκρίσεις και για όλες τις καταχωρήσεις στο 2014.

Οι Συμπληρωματικές διατάξεις του Ευρωπαϊκού Κανονισμού VI περιλαμβάνουν:

- Ένα όριο συγκέντρωσης της αμμωνίας (NH₃) 10 ppm που εφαρμόζεται σε κινητήρες ντίζελ και αερίου.
- Ένα ανώτατο όριο για το στοιχείο NO₂ των εκπομπών NOx μπορεί να καθοριστεί στον κανονισμό εφαρμογής.
- Νέες απαιτήσεις δοκιμών για τις εκπομπές εκτός κύκλου (OCE) και της εν χρήσει συμμόρφωσης (δοκιμές κατά τη χρήση). (TransportPolicy.net, 2015)
- Τα Κράτη Μέλη της ΕΕ έχουν το δικαίωμα να χρησιμοποιήσουν φορολογικά κίνητρα για την τόνωση του μάρκετινγκ και της αγοράς των οχημάτων που πληρούν τα νέα πρότυπα πριν από τις κανονιστικές προθεσμίες. Ωστόσο, η χρήση των κινήτρων εξαρτάται από τα παρακάτω:
 - Ισχύουν για όλα τα νέα οχήματα που προσφέρονται προς πώληση στην αγορά των Κρατών Μελών της ΕΕ τα οποία συμμορφώνονται εκ των προτέρων με τις υποχρεωτικές οριακές τιμές που έχουν καθοριστεί από την οδηγία.

- Τερματίζονται όταν οι νέες οριακές τιμές τίθενται σε ισχύ.
- Δεν πρέπει να υπερβαίνουν το πρόσθετο κόστος των τεχνικών λύσεων που επιβάλλονται για κάθε τύπο οχήματος. Αυτό γίνεται για να εξασφαλιστεί η συμμόρφωση με τις οριακές τιμές. (TransportPolicy.net, 2015)

Τεχνικά Πρότυπα

Ευρωπαϊκά Πρότυπα I-IV

Ο παρακάτω πίνακας περιλαμβάνει μια περίληψη των προτύπων εκπομπών και τις ημερομηνίες εφαρμογής τους. Οι ημερομηνίες στον πίνακα αναφέρονται σε εγκρίσεις νέων τύπων κινητήρων. Οι ημερομηνίες για όλες τις πωλήσεις και τις άδειες κυκλοφορίας των οχημάτων, είναι στις περισσότερες περιπτώσεις ένα χρόνο αργότερα (σε αντίθεση με το πρόγραμμα των ΗΠΑ όπου τα μοντέλα του κινητήρα πρέπει να πιστοποιούνται κάθε χρόνο, οι εγκρίσεις Ευρωπαϊκού τύπου δίδονται μόνο μια φορά σε κάθε επίπεδο εκπομπών π.χ. Ευρωπαϊκό πρότυπο V). Στο πλαίσιο του Κανονισμού Ευρωπαϊκού προτύπου VI, προστέθηκαν τα όρια του αριθμού των σωματιδίων (PN) που πρέπει να πληρούνται επιπλέον των ορίων βασιζόμενων στη μάζα του αριθμού των σωματιδίων (PN). (TransportPolicy.net, 2015)

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

Βαθμίδα/Tier	Ημερομηνία	CO	HC	NOx	PM	Καπνός/Smoke
Euro I	1992 (< 85 kW)	4.5	1.1	8.0	0.612	
	1992 (> 85 kW)	4.5	1.1	8.0	0.36	
Euro II	Οκτώβριος 1996	4.0	1.1	7.0	0.25	
	Οκτώβριος 1998	4.0	1.1	7.0	0.15	
Euro III	Εθελοντικό EEV (βελτιωμένο, φιλικό προς το περιβάλλον όχημα)	1.5	0.25	2.0	0.02	0.15
	Οκτώβριος 2000	2.1	0.66	5.0	0.10 0.13 ^a	0.8
Euro IV	Οκτώβριος 2005	1.5	0.46	3.5	0.02	0.5
Euro V	Οκτώβριος 2008	1.5	0.46	2.0	0.02	0.5
Euro VI	Ιανουάριος 2013	1.5	0.13	0.4	0.01	

Σημείωση: a: Για κινητήρες κάτω των 0,75 dm³ όγκο σάρωσης ανά κύλινδρο και στροφές ονομαστικής ισχύος άνω των 3000 min⁻¹.

Πίνακας 5: Ευρωπαϊκά Πρότυπα Εκπομπών για τους Ντίζελ Κινητήρες των Βαρέων Οχημάτων, g / kWh (καπνός σε m⁻¹) Πηγή: *TransportPolicy.net*, 2015.

Επίπεδο	Ημερομηνία	CO	NMHC	CH ₄ , α	NO _x	PM,β
Euro III	Εθελοντικά όρια εκπομπών (EVS)- Οκτώβριος 1999 έως Ιανουάριος 2013	3.0	0.40	0.65	2.0	0.02
	Οκτώβριος 2000	5.45	0.78	1.6	5.0	0.16 0.21, γ
Euro IV	Οκτώβριος 2005	4.0	0.55	1.1	3.5	0.03
Euro V	Οκτώβριος 2008	4.0	0.55	1.1	2.0	0.03
Euro VI	Ιανουάριος 2013	4.0	0.16, δ	0.5	0.46	0.01

α: για κινητήρες αερίου μόνο (Euro III-V: NG μόνο, Euro VI: NG + LPG)

β: Δεν ισχύει για κινητήρες αερίου στα στάδια Euro III-IV

γ: για κινητήρες με όγκο σάρωσης κυλίνδρου ανά κύλινδρο <0,75 dm³ και στροφές ονομαστικής ισχύος> 3000 min⁻¹

δ: THCγια κινητήρες ντίζελ

Πίνακας 6: Ευρωπαϊκά Πρότυπα εκπομπών για κινητήρες ντίζελ και αερίου, Μεταβατική Δοκιμή, σε g / kWh. Πηγή: TransportPolicy.net, 2015.

Ποιότητα Καυσίμου

Πριν τις προδιαγραφές Euro III και Euro IV είχε προηγηθεί η εισαγωγή αυστηρότερων κανονισμών καυσίμου που απαιτούσαν έναν ελάχιστο αριθμός κετανίου ντίζελ των 51 (2000), μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο του ντίζελ των 350 ppm το 2000 και των 50 ppm το 2005, και ανώτατο όριο βενζίνης (περιεκτικότητα της βενζίνης) σε θείο 150 ppm το 2000 και 50 ppm το 2005. Το ντίζελ και τα καύσιμα βενζίνης «χωρίς θείο» (≤ 10 ppm S) έγιναν διαθέσιμα το 2005 και έγιναν υποχρεωτικά από το 2009.

3.2.1. Στόχοι των Ευρωπαϊκών Κανονισμών για τις Εκπομπές βαρέων οχημάτων

Η βελτίωση της υγείας και η ευημερία του πληθυσμού της Ευρώπης αποτελεί σημαντικούς στόχους για τις Ευρωπαϊκές Αρχές. Οι Ευρωπαϊκοί Κανονισμοί IV, V και VI για τα εκπομπές βαρέων οχημάτων θέτουν τα όρια εκπομπών για τα μηχανοκίνητα οχήματα και τους συγκεκριμένους στόχους τους, που είναι οι ακόλουθοι:

- Να θέσουν εναρμονισμένους κανόνες για την κατασκευή μηχανοκίνητων οχημάτων. Η ορθή λειτουργία της ενιαίας αγοράς στην Ευρωπαϊκή Ένωση απαιτεί κοινά πρότυπα που να περιορίζουν την εκπομπή ατμοσφαιρικών ρύπων από μηχανοκίνητα οχήματα. Η δράση σε κοινοτικό επίπεδο προλαμβάνει την εμφάνιση διαφορετικών προτύπων για τα προϊόντα στα Κράτη Μέλη που έχει ως αποτέλεσμα τον κατακερματισμό της εσωτερικής αγοράς και την επιβολή περιττών φραγμών στο ενδοκοινοτικό εμπόριο. Επίσης, μέσω εναρμονισμένων προτύπων είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν οι οικονομίες κλίμακας καθώς μπορούν να δημιουργηθούν σειρές παραγωγής για το σύνολο της ευρωπαϊκής αγοράς. (RSA, 2015)
- Να βελτιωθεί η ποιότητα του αέρα μειώνοντας τους ρύπους που εκπέμπονται από τον τομέα των οδικών μεταφορών με καθορίζοντας τις οριακές τιμές εκπομπών για όλες τις κατηγορίες οχημάτων με μάζα αναφοράς άνω των 2,610kg*. Τα Κράτη Μέλη και οι πολίτες τους ανησυχούν για τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Παρά το γεγονός ότι η ποιότητα του αέρα έχει βελτιωθεί κατά την τελευταία δεκαετία, εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικά προβλήματα ποιότητας του αέρα σε ολόκληρη την Ευρωπαϊκή Ένωση, ιδίως στις αστικές περιοχές και σε πυκνοκατοικημένες περιφέρειες.
- Να εισαγάγει μέτρα για την πρόσβαση σε πληροφορίες επισκευής και συντήρησης οχημάτων. Η εύκολη και ελεύθερη πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με την επισκευή και συντήρηση των οχημάτων αποτελεί ουσιαστικό στοιχείο που εξασφαλίζει τον ελεύθερο ανταγωνισμό στην αγορά ανταλλακτικών και εξαρτημάτων αυτοκινήτων. Για το σκοπό αυτό, οι κατασκευαστές πρέπει να εξασφαλίζουν ότι οι ανεξάρτητοι φορείς που δραστηριοποιούνται στην αγορά ανταλλακτικών και εξαρτημάτων αυτοκινήτων έχουν εύκολη, απεριόριστη και τυποποιημένη πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με την επισκευή και συντήρηση των οχημάτων, χωρίς διακρίσεις όσον αφορά τους εξουσιοδοτημένους πωλητές και τα συνεργεία επισκευής. (RSA, 2015)
- Μάζα αναφοράς νοείται η μάζα του οχήματος σε τάξη πορείας χωρίς την ενιαία μάζα του οδηγού των 75kg και προσαυξημένη κατά μια ενιαία μάζα 100kg.

3.3. Κανονισμοί για τη ναυτιλία

3.3.1. Πρόληψη της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης από τα Πλοία

Παρά το γεγονός ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση από τα πλοία δεν έχει άμεση σχέση με το άμεσο αίτιο-αποτέλεσμα το οποίο συνδέεται, για παράδειγμα, με ένα περιστατικό πετρελαιοκηλίδας, προκαλεί ωστόσο μια σφραγιστική επίδραση που συμβάλλει στα συνολικά προβλήματα ποιότητας του αέρα που αντιμετωπίζουν οι πληθυσμοί σε πολλές περιοχές, και επηρεάζει επίσης και το φυσικό περιβάλλον, όπως για παράδειγμα η όξινη βροχή.

Το Παράρτημα VI της MARPOL, που εκδόθηκε για πρώτη φορά το 1997, περιορίζει τους κύριους ατμοσφαιρικούς ρύπους που περιέχονται στα αέρια της εξάτμισης των πλοίων, συμπεριλαμβανομένων των οξειδίων του θείου (SO_x) και οξειδίων του αζώτου (NO_x), και απαγορεύει ηθελημένες εκπομπές ουσιών που καταστρέφουν το όζον (ODS). Το Παράρτημα VI της MARPOL ρυθμίζει επίσης την αποτέφρωση του πλοίου, καθώς και τις εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) από δεξαμενόπλοια. (IMO, 2015)

Κατόπιν της έναρξης ισχύος του παραρτήματος VI της MARPOL στις 19 Μαΐου 2005, η Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC), κατά την 53η σύνοδό της (Ιούλιος 2005), συμφώνησε να αναθεωρήσει το παράρτημα VI της MARPOL με στόχο την σημαντική ενίσχυση των ορίων των εκπομπών υπό το φως των τεχνολογικών βελτιώσεων και την εμπειρία της εφαρμογής. Ως αποτέλεσμα των τριών ετών εξέτασης, η MEPC 58 (Οκτώβριος 2008), υιοθέτησε το αναθεωρημένο παράρτημα VI της MARPOL και το σχετικό Τεχνικό Κώδικα NO_x το 2008, που τέθηκε σε ισχύ την 1η Ιουλίου 2010. (IMO, 2015)

3.3.2. Το αναθεωρημένο Παράρτημα VI της MARPOL

Οι κύριες αλλαγές στο παράρτημα VI της MARPOL είναι η σταδιακή μείωση των εκπομπών SO_x (οξείδιο του θείου), NO_x (οξείδιο του αζώτου) και αιωρούμενων σωματιδίων παγκοσμίως και η θέσπιση των περιοχών ελέγχου των εκπομπών (ΠΕΕ) για τη μείωση των εκπομπών των αερίων ρύπων περαιτέρω σε καθορισμένες θαλάσσιες περιοχές.

Σύμφωνα με το αναθεωρημένο παράρτημα VI της MARPOL, το παγκόσμιο ανώτατο όριο περιεκτικότητας σε θείο θα μειωθεί από το σημερινό 3,50% σε 0,50%, με ισχύ από τη 1η Ιανουαρίου 2020, και υπόκειται σε επανεξέταση σκοπιμότητας που θα ολοκληρωθεί το αργότερο μέχρι το 2018. Τα όρια που ισχύουν στις ΠΕΕ για τα SO_x (οξείδια του θείου) και τα αιωρούμενα σωματίδια, μειώθηκαν στο 0,10%, από 1ης Ιανουαρίου 2015. (IMO, 2015)

Οι προοδευτικές μειώσεις των εκπομπών οξειδίων του αζώτου (NO_x) από τους κινητήρες ντίζελ που έχουν εγκατασταθεί στα πλοία, περιλαμβάνονται, επίσης, με μια «Βαθμίδα II» όριο εκπομπών για τους κινητήρες που τοποθετούνται σε ένα πλοίο που έχει κατασκευαστεί την ή μετά την 1η Ιανουαρίου, 2011 και μια πιο αυστηρή "Βαθμίδα III" για όριο τιμών εκπομπών για μηχανές εγκατεστημένες σε πλοίο που έχει κατασκευαστεί την ή μετά την 1η Ιανουαρίου 2016, στις ΠΕΕ (Περιοχή Ελέγχου Εκπομπών Βόρειας Αμερικής και Περιοχή Ελέγχου των Εκπομπών Καραϊβικής Θάλασσας- ΗΠΑ). Οι μηχανές πετρελαιοκινητήρων (diesel) εγκατεστημένες σε ένα πλοίο που έχει κατασκευαστεί την ή μετά την 1η Ιανουαρίου 1990, αλλά πριν από την 1η Ιανουαρίου 2000 οφείλουν να συμμορφώνονται με τη "Βαθμίδα I" για τα όρια εκπομπών, εάν μια εγκεκριμένη μέθοδος για τη συγκεκριμένη μηχανή έχει πιστοποιηθεί από μια Αρχή.(IMO, 2015)

Ο αναθεωρημένος Τεχνικός Κώδικα NO_x (οξείδιο του αζώτου) για το 2008 περιλαμβάνει ένα νέο κεφάλαιο βασισμένο στη συμφωνημένη προσέγγιση για τη ρύθμιση των υφιστάμενων (προ του 2000) κινητήρων που ορίζονται στο Παράρτημα VI της MARPOL, διατάξεις για την άμεση μέτρηση και τη μέθοδο παρακολούθησης, μια διαδικασία πιστοποίησης για υπάρχοντες κινητήρες και τους κύκλους δοκιμών που πρόκειται να εφαρμοστούν σε κινητήρες Βαθμίδας II και Βαθμίδας III.

Η MEPC 66 (Απρίλιος 2014) ενέκρινε τις τροποποιήσεις του κανονισμού 13 του παραρτήματος VI της MARPOL όσον αφορά την ημερομηνία έναρξης ισχύος των προτύπων NO_x (οξείδιο του αζώτου) Βαθμίδας III.(IMO, 2015)

Οι τροποποιήσεις προβλέπουν για τα πρότυπα NO_x Βαθμίδας III την εφαρμογή τους σε ένα κινητήρα ντίζελ που είναι εγκατεστημένος σε ένα πλοίο το οποίο έχει κατασκευαστεί την ή μετά την 1η Ιανουαρίου 2016 και το οποίο δραστηριοποιείται στην Περιοχή Ελέγχου των Εκπομπών Βόρειας Αμερικής ή την Περιοχή Ελέγχου των Εκπομπών Καραϊβικής Θάλασσας- ΗΠΑ, που έχουν οριστεί για τον έλεγχο των εκπομπών NO_x.

Επιπλέον, οι απαιτήσεις Βαθμίδας III θα εφαρμόζονται σε εγκατεστημένους κινητήρες ντίζελ όταν λειτουργούν σε άλλες περιοχές ελέγχου των εκπομπών που μπορούν να οριστούν στο μέλλον για έλεγχο Βαθμίδας III των εκπομπών NO_x. Η Βαθμίδα III θα εφαρμόζεται σε πλοία που κατασκευάστηκαν την ή μετά την ημερομηνία έγκρισης από την Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος ενός τέτοιου χώρου ελέγχου των εκπομπών, ή σε μεταγενέστερη ημερομηνία που ενδεχομένως να καθορίζεται στην τροπολογία που ορίζει την περιοχή ελέγχου των εκπομπών NO_x , Βαθμίδας III.(IMO, 2015)

Επιπλέον, οι απαιτήσεις Βαθμίδας III δεν ισχύουν για τους κινητήρες ντίζελ που είναι εγκατεστημένοι σε ένα πλοίο που έχει κατασκευαστεί πριν από την 1η Ιανουαρίου 2021 κάτω των 500 κόντων ολικής χωρητικότητας, 24ων μέτρων και άνω σε μήκος, το οποίο έχει σχεδιαστεί ειδικά και χρησιμοποιείται αποκλειστικά για ψυχαγωγικούς σκοπούς.

Οι τροποποιήσεις αναμένεται να τεθούν σε ισχύ την 1η Σεπτεμβρίου 2015.

Αναθεωρήσεις του κανονισμού σχετικά με καταστροφικές για το όζον ουσίες, πτητικές οργανικές ενώσεις, αποτέφρωση του πλοίου, εγκαταστάσεις υποδοχής και ποιότητα του καυσίμου, έγιναν επίσης με την προσθήκη των κανονισμών σχετικά με τη διαθεσιμότητα καυσίμων.

Τα αναθεωρημένα μέτρα αναμένεται να έχουν σημαντική ωφέλιμη επίπτωση στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία, ιδιαίτερα για εκείνους τους ανθρώπους που ζουν σε πόλεις-λιμάνια και σε παράκτιες κοινότητες. (IMO, 2015)

3.3.2.1. Οξειδία του Θείου (SO_x) - Κανονισμός 14

Τα SO_x και οι έλεγχοι των εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων εφαρμόζονται σε όλα τα καύσιμα, όπως ορίζεται στον κανονισμό 2.9, και στον εξοπλισμό και τις συσκευές καύσης επί του πλοίου και περιλαμβάνει και τις κύριες και όλες τις βοηθητικές μηχανές, μαζί με τα αντικείμενα όπως λέβητες και γεννήτριες αδρανούς αερίου. Οι έλεγχοι αυτοί χωρίζονται μεταξύ εκείνων που εφαρμόζονται στις Περιοχές Ελέγχου των Εκπομπών (Emission Control Areas, ECA), που συστάθηκαν για τον περιορισμό των εκπομπών SO_x και των αιωρούμενων σωματιδίων και εκείνων που εφαρμόζονται εκτός των περιοχών αυτών και επιτυγχάνονται κυρίως με τον περιορισμό του μαζούτ (με μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο), όπως φορτώθηκαν, αποθηκεύτηκαν, και στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν επί του σκάφους. Αυτά τα όρια του θείου στο μαζούτ (εκφραζόμενο σε% m / m - κατά μάζα) υπόκεινται σε μια σειρά από σταδιακές αλλαγές όλα αυτά τα χρόνια, σύμφωνα με τους κανονισμούς 14.1 και 14.4:

Εκτός των ΠΕΕ/ECA που δημιουργήθηκαν για να περιορίσουν τα SO _x και τις εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων	Εντός των ΠΕΕ/ECA που δημιουργήθηκαν για να περιορίσουν τα SO _x και τις εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων
4,50% m / m πριν από την 1η Ιανουαρίου, 2012	1,50% m / m πριν από την 1 Ιουλίου του 2010
3,50% m / m επί και μετά την 1 Ιανουαρίου 2012	1,00% m / m επί και μετά την 1 Ιουλίου 2010
0,50% m / m επί και μετά την 1 Γενάρη του 2020 *	0,10% m / m επί και μετά την 1 του Ιανουαρίου του 2015

* Ανάλογα με την έκβαση της επανεξέτασης, η οποία θα ολοκληρωθεί έως το 2018, ως προς τη διαθεσιμότητα του απαιτούμενου μαζούτ, η ημερομηνία αυτή θα μπορούσε να μετατεθεί για την 1η Ιανουαρίου του 2025. (IMO, 2015)

3.3.2.2. Οξείδια του Αζώτου (NO_x) - Κανονισμός 13

Ο έλεγχος των εκπομπών NO_x των κινητήρων ντίζελ επιτυγχάνεται μέσω των απαιτήσεων επιθεώρησης και πιστοποίησης που οδήγησαν στην ενός Πιστοποιητικού Κινητήρων για την Πρόληψη της Ρύπανσης του Αέρα (EIAPP) και την επακόλουθη επίδειξη συμμόρφωσης των υπηρεσιών, σύμφωνα με τις απαιτήσεις των δεσμευτικών κανονισμών 13.8 και 5.3.2 αντίστοιχα, Τεχνικός Κώδικας NO_x 2008 (ψήφισμα MEPC.177 (58), όπως τροποποιήθηκε με την απόφαση MEPC.251. (66)).

Οι απαιτήσεις ελέγχου των NO_x του παραρτήματος VI, εφαρμόζονται σε εγκατεστημένους κινητήρες με ισχύ εξόδου άνω των 130kW, διαφορετικών από αυτούς που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά και μόνο για λόγους έκτακτης ανάγκης, ανεξάρτητα από την χωρητικότητα του πλοίου πάνω στο οποίο έχουν εγκατασταθεί τέτοιες μηχανές. Οι ορισμοί των ‘εγκατεστημένων’ και ‘κινητήρας ντίζελ’ δίνονται στους κανονισμούς 2.12 και 2.14 αντίστοιχα. Διαφορετικές βαθμίδες ελέγχου (Tiers) εφαρμόζονται βάσει της ημερομηνίας κατασκευής του πλοίου, όρος που διευκρινίζεται στους κανονισμούς 2.19 και ως εκ τούτου 2.2, και μέσα σε κάθε επίπεδο (tier), η πραγματική οριακή τιμή προσδιορίζεται με βάση την ονομαστική ταχύτητα του κινητήρα: (IMO, 2015)

Βαθμίδα/Tier	Ημερομηνία κατασκευής επί ή μετά την	Όριο εκπομπών (g/kWh)		
		N= ονομαστική ταχύτητα κινητήρα (rpm)		
		n < 130	n = 130 - 1999	n ≥ 2000
I	1 ^η Ιανουαρίου 2000	17.0	45·n(-0.2) π.χ., 720 rpm – 12.1	9.8
II	1 ^η Ιανουαρίου 2011	14.4	44·n(-0.23) π.χ., 720 rpm – 9.7	7.7
III	1 ^η Ιανουαρίου 2016*	3.4	9·n(-0.2) π.χ., 720 rpm – 2.4	2.0

(IMO, 2015)

Οι έλεγχοι Tier III ισχύουν μόνο για τα συγκεκριμένα πλοία που δραστηριοποιούνται σε Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών (ΠΕΕ, ECA) οι οποίες καθιερώθηκαν για τον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του αζώτου (NO_x) ενώ έξω από αυτές τις περιοχές ισχύουν οι έλεγχοι Βαθμίδας II. Σύμφωνα με τον κανονισμό 13.5.2, για ορισμένα μικρά πλοία δεν θα απαιτείται η εγκατάσταση κινητήρων Βαθμίδας III. Ένας κινητήρας ντίζελ που είναι εγκατεστημένος σε ένα πλοίο που κατασκευάστηκε επί ή μετά την 1^η Ιανουαρίου 2016 και δραστηριοποιείται στην ΠΕΕ της Βόρειας Αμερικής και στην ΠΕΕ της Καραϊβικής θάλασσας – ΗΠΑ θα πρέπει να συμμορφώνεται με τα πρότυπα Βαθμίδας III για τις εκπομπές διοξειδίου του αζώτου (NO_x). (IMO, 2015).

3.3.2.3. Ουσίες που καταστρέφουν το όζον (Ozone-depleting substances, ODS) – Κανονισμός 12

Μέσα στον ορισμό των ODS συμπεριλαμβάνονται οι χλωροφθοράνθρακες (CFC) και οι αλλογονωμένοι υδρογονάνθρακες που χρησιμοποιήθηκαν αντίστοιχα σε παλαιότερα συστήματα ψύξης και πυρόσβεσης και σε φορητό εξοπλισμό. Τα ODS επίσης χρησιμοποιούνται ως παράγοντες φουσκώματος σε ορισμένους αφρούς μόνωσης. Οι υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC) εισήχθησαν ως ενδιάμεσος αντικαταστάτης των CFC, αλλά είναι ακόμα οι ίδιοι κατηγοριοποιημένοι ως ODS. Ως μέρος ενός παγκόσμιου κινήματος, η παραγωγή και η χρήση όλων αυτών των υλικών καταργείται σταδιακά σύμφωνα με τις διατάξεις του πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ. (IMO, 2015)

Οι έλεγχοι του παρόντος κανονισμού δεν ισχύουν για τον μόνιμα σφραγισμένο εξοπλισμό χωρίς τέλη σύνδεσης ή αφαιρούμενα εξαρτήματα. Αυτό τυπικά καλύπτει στοιχεία όπως τα μικρά, οικιακού τύπου, ψυγεία, κλιματιστικά καθώς και ψύκτες νερού.

Κανένα σύστημα που περιέχει CFC ή αλλογονωμένους υδρογονάνθρακες δεν επιτρέπεται να εγκαθίσταται σε πλοία που κατασκευάστηκαν στις ή μετά τις 19 Μαΐου 2005 και καμία τέτοια νέα εγκατάσταση δεν επιτρέπεται κατά ή μετά την ημερομηνία αυτή στα υπάρχοντα πλοία. Ομοίως, κανένα σύστημα ή εξοπλισμός που περιέχει HCFC δεν επιτρέπεται να εγκαθίσταται σε πλοία που κατασκευάστηκαν την ή μετά την 1η Ιανουαρίου 2020 και καμία νέα εγκατάσταση του ίδιου τύπου δεν επιτρέπεται κατά ή μετά την ημερομηνία αυτή για τα υπάρχοντα πλοία. (IMO, 2015)

Τα υπάρχοντα συστήματα και ο εξοπλισμός επιτρέπεται να συνεχίσουν να λειτουργούν και μπορούν να τους επιβληθούν τέλη ξανά εάν και όπου είναι απαραίτητο. Ωστόσο, η εσκεμμένη απόρριψη ODS στην ατμόσφαιρα απαγορεύεται. Κατά τη συντήρηση ή παρόπλιση συστημάτων ή εξοπλισμού που περιέχουν ODS, τα αέρια πρέπει να συλλέγονται κατάλληλα με ελεγχόμενο τρόπο και, αν δεν πρέπει να επαναχρησιμοποιηθούν επί του σκάφους, πρέπει να εκφορτωθούν σε κατάλληλες εγκαταστάσεις υποδοχής για αποθήκευση ή καταστροφή. Κάθε πλεονάζον εξοπλισμός ή υλικά που περιέχουν ODS πρέπει να εκφορτωθούν στην ξηρά για παροπλισμό ή

απόρριψη. Το τελευταίο ισχύει επίσης όταν ένα πλοίο αποσυναρμολογηθεί στο τέλος της διάρκειας ζωής του.

Επιπλέον, για τα πλοία που περιέχουν συστήματα ή εξοπλισμό που περιέχει ODS και τα οποία απαιτείται να έχουν ένα Διεθνές Πιστοποιητικό Πρόληψης Ρύπανσης του Αέρα (International Air Pollution Prevention System – IAPP), πρέπει να διατηρείται ένα Βιβλίο Καταγραφής ODS στο οποίο καταγράφεται κάθε σχετικός εφοδιασμός, επαναφόρτιση, επισκευή, απαλλαγή ή απόρριψη. (IMO, 2015)

3.3.2.4. Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (VOC) – Κανονισμός 15

Ο παρών κανονισμός εφαρμόζεται μόνο σε δεξαμενόπλοια. Παρ' όλα αυτά εφαρμόζεται επίσης και σε πλοία μεταφοράς φυσικού αερίου μόνο εάν οι τύποι του συστήματος φόρτωσης και συγκράτησης επιτρέπουν την ασφαλή διατήρηση των πτητικών οργανικών ενώσεων (ΠΟΕ, VOC) πλην μεθανίου επί του σκάφους ή την ασφαλή επιστροφή τους στην ξηρά. (IMO, 2015).

Υπάρχουν δύο πτυχές του ελέγχου των πτητικών οργανικών ενώσεων στα πλαίσια του παρόντος κανονισμού. Κατά την πρώτη, οι κανονισμοί 15.1-15.5 και 15.7, ο έλεγχος ΠΟΕ (VOC) που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα σε σχέση με ορισμένους λιμένες ή τερματικούς σταθμούς, επιτυγχάνεται με την απαίτηση να χρησιμοποιούν ένα σύστημα ελέγχου των εκπομπών των ατμών (VECS). Εφόσον απαιτείται, τόσο οι ρυθμίσεις του πλοίου όσο και της ξηράς πρέπει να είναι σύμφωνες με την εγκύκλιο MSC/Circ.585 "Πρότυπα για τα συστήματα ελέγχου εκπομπών των ατμών". Ένα μέρος μπορεί να επιλέξει να εφαρμόσει τέτοιους ελέγχους μόνο σε συγκεκριμένα λιμάνια ή τερματικούς σταθμούς που υπάγονται στην δικαιοδοσία τους, και μόνο σε ορισμένα μεγέθη δεξαμενόπλοιων ή τύπους φορτίου. Σε περίπτωση που οι εν λόγω έλεγχοι απαιτούνται σε συγκεκριμένα λιμάνια ή τερματικούς σταθμούς, τα δεξαμενόπλοια που δεν είναι τόσο εξοπλισμένα μπορεί να γίνουν δεκτά για μια περίοδο έως 3 έτη από την ημερομηνία εφαρμογής. Όταν τα συστήματα ελέγχου εκπομπών των ατμών (VECS) έχουν λάβει τέτοια εντολή, το σχετικό τρίτος συμμετέχων πρέπει να ενημερώσει τον IMO για την συγκεκριμένη απαίτηση και την ημερομηνία έναρξης της εφαρμογής της. Ένας τρίτος συμμετέχων που ρυθμίζει τα δεξαμενόπλοια για τις εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) πρέπει να υποβάλλει κοινοποίηση στον IMO. Οι κοινοποιήσεις των ΠΟΕ/VOC από τα Μέρη είναι διαθέσιμες μέσω του GISIS (οι Δημόσιοι χρήστες πρέπει να εγγραφούν ώστε να χρησιμοποιήσουν το GISIS). (IMO, 2015).

Η δεύτερη πτυχή του συγκεκριμένου κανονισμού, ο κανονισμός 15.6, ορίζει ότι όλα τα δεξαμενόπλοια που μεταφέρουν αργό πετρέλαιο πρέπει να έχουν ένα εγκεκριμένο και αποτελεσματικά εφαρμοσμένο, συγκεκριμένο για πλοία, Σχέδιο Διαχείρισης για τις ΠΟΕ/VOC που να καλύπτει τουλάχιστον τα σημεία που αναφέρονται στον κανονισμό. Κατευθυντήριες γραμμές όσον αφορά την ανάπτυξη των σχεδίων αυτών, δίδονται με το ψήφισμα MEPC. 185 (59) και οι σχετικές τεχνικές πληροφορίες για τα συστήματα και

τη λειτουργία των ρυθμίσεων αυτών δίδονται με την εγκύκλιο MEPC.1 /Circ.680. (IMO, 2015).

3.3.3. Εκπομπές Αερίων του Θερμοκηπίου

Η έκθεση MEPC 67, ενέκρινε την τρίτη έρευνα του IMO για τα αέρια του θερμοκηπίου 2014, παρέχοντας επικαιροποιημένες εκτιμήσεις για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις που παρουσιάζονται σε αυτή τη μελέτη, η διεθνής ναυτιλία εξέπεμψε 796 εκατομμύρια τόνους CO₂ το 2012, δηλαδή περίπου 2,2% του συνόλου των παγκόσμιων εκπομπών CO₂ για το έτος αυτό. Αντίθετα, το 2007, πριν από την παγκόσμια οικονομική ύφεση, η διεθνής ναυτιλία εκτιμάται ότι εξέπεμψε 885 εκατ. τόνους CO₂, δηλαδή, 2,8% του συνόλου των παγκόσμιων εκπομπών CO₂ για το έτος αυτό. (IMO,2015)

Η Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος του IMO (MEPC) έχει εξετάσει ενδελεχώς τον έλεγχο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τα πλοία και ολοκλήρωσε τον Ιούλιο του 2009 μια δέσμη συγκεκριμένων τεχνικών και λειτουργικών μέτρων μείωσης. Τον Μάρτιο του 2010 η MEPC ξεκίνησε να εξετάζει το ενδεχόμενο να καταστήσει υποχρεωτικά τα τεχνικά και λειτουργικά μέτρα για όλα τα πλοία ανεξαρτήτως σημαίας και ιδιοκτησίας. Το έργο αυτό ολοκληρώθηκε τον Ιούλιο του 2011 με την καινοτόμα θέσπιση τεχνικών μέτρων για τα νέα πλοία και επιχειρησιακά μέτρα μείωσης για όλα τα πλοία, τα οποία αποτελούν κατά συνέπεια, το πρώτο υποχρεωτικό καθεστώς παγκόσμιας μείωσης των αερίων θερμοκηπίου για έναν ολόκληρο τομέα της βιομηχανίας. Τα μέτρα που εγκρίθηκαν προσθέτουν στο παράρτημα VI της MARPOL ένα νέο κεφάλαιο (4) με τίτλο "Κανονισμοί για την ενεργειακή απόδοση των πλοίων", το οποίο καθιστά υποχρεωτικό τον Δείκτη Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης (ΔΣΕΑ/EEDI) για τα νέα πλοία και το σχέδιο Απόδοσης Ενέργειας Πλοίων (SEEMP) για όλα τα πλοία. Οι κανονισμοί τέθηκαν σε ισχύ μέσω της διαδικασίας σιωπηρής αποδοχής από την 1η Ιανουαρίου του 2013 και εφαρμόζονται σε όλα τα πλοία ολικής χωρητικότητας 400 τόνων και άνω. (IMO, 2015)

3.3.3.1. Μέτρα για την Ενεργειακή Απόδοση

Ο Δείκτης Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης (ΔΣΕΑ/EEDI), καθίσταται υποχρεωτικός για τα νέα πλοία και το Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης των Πλοίων (Ship Energy Efficiency Management Plan, SEEMP) για όλα τα πλοία στη MEPC 62 (Ιούλιος 2011) με την έγκριση των τροποποιήσεων του παραρτήματος VI της Διεθνούς Σύμβασης για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία (MARPOL), (ψήφισμα MEPC.203 (62)), από τα συμβαλλόμενα μέρη στο παράρτημα VI της ΔΣΠΡΠ (MARPOL). Αυτή ήταν η πρώτη νομικά δεσμευτική συνθήκη για την αλλαγή του κλίματος που θα υιοθετηθεί μετά το Πρωτόκολλο του Κιότο. (IMO, 2015).

Δείκτης Σχεδιασμού Ενεργειακής Απόδοσης (Energy Efficiency Design Index-EEDI)

Ο ΔΣΕΑ (EEDI) για τα νέα πλοία είναι το πιο σημαντικό τεχνικό μέτρο το οποίο στοχεύει στην προώθηση της χρήσης των ενεργειακά αποδοτικότερων (λιγότερο ρυπογόνων) εξοπλισμών και κινητήρων. Ο ΔΔΣΕΑ (EEDI) απαιτεί ένα ελάχιστο επίπεδο ενεργειακής απόδοσης ανά μίλι χωρητικότητας (π.χ. τονομίλια) για διαφορετικό μέγεθος τμημάτων και τύπου των πλοίων. Από την 1^η Ιανουαρίου 2013, μετά από μια αρχική μηδαμινή φάση 2 ετών, ο νέος σχεδιασμός πλοίου θα πρέπει να πληροί το επίπεδο αναφοράς για τον συγκεκριμένο τύπο πλοίου. Το επίπεδο θα πρέπει να καθίσταται αυστηρότερο κάθε πέντε χρόνια, και έτσι το ΔΣΕΑ (EEDI) αναμένεται να τονώσει τη συνεχή καινοτομία και την τεχνολογική ανάπτυξη όλων των συνιστωσών που επηρεάζουν την απόδοση των καυσίμων του πλοίου ξεκινώντας από την φάση σχεδιασμού του. Το ΔΣΕΑ (EEDI) είναι ένας μη δεσμευτικός μηχανισμός που βασίζεται στην απόδοση, ο οποίος επιτρέπει μέσω της τεχνολογίας να χρησιμοποιηθεί σε ένα συγκεκριμένο σχεδιασμό πλοίων στη βιομηχανία. Εφ' όσον το απαιτούμενο επίπεδο ενεργειακής απόδοσης επιτυγχάνεται, σχεδιαστές και κατασκευαστές πλοίων είναι ελεύθεροι να χρησιμοποιούν τις πιο οικονομικά αποδοτικές λύσεις για το πλοίο ώστε να συμμορφωθεί με τους κανονισμούς. Το ΔΣΕΑ (EEDI) παρέχει ένα συγκεκριμένο στοιχείο για έναν ατομικό σχεδιασμό του πλοίου, που εκφράζεται σε γραμμάρια του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ανά ικανότητα μιλίων του πλοίου (όσο μικρότερος είναι ο ΔΣΕΑ τόσο πιο ενεργειακά αποδοτικός είναι ο σχεδιασμός του πλοίου) και υπολογίζεται από τον τύπο με βάση τις παραμέτρους του τεχνικού σχεδιασμού για ένα δεδομένο πλοίο. (IMO, 2015)

Το επίπεδο μείωσης των εκπομπών του CO₂ (γραμμάρια CO₂ τονομίλια) για την πρώτη φάση έχει οριστεί σε 10% και θα γίνεται αυστηρότερο κάθε 5 χρόνια ώστε να συμβαδίζει με τις τεχνολογικές εξελίξεις των νέων μέτρων αποτελεσματικότητας και μείωσης. Οι ρυθμοί μείωσης έχουν θεσπιστεί μέχρι την περίοδο 2025 και μετά, όταν μια μείωση κατά 30% θα είναι υποχρεωτική για τους τύπους πλοίων στους οποίους εφαρμόζεται. Η μείωση αυτή υπολογίζεται από τη γραμμή αναφοράς που αντιπροσωπεύει τη μέση απόδοση για τα πλοία που κατασκευάστηκαν μεταξύ 2000 και 2010. Ο ΔΣΕΑ (EEDI) έχει αναπτυχθεί για τους μεγαλύτερους και πιο ενεργοβόρους τομείς του παγκόσμιου εμπορικού στόλου και θα καλύπτει τις εκπομπές από τα νέα πλοία. Ο ΔΣΕΑ καλύπτει τους ακόλουθους τύπους πλοίων: τα πετρελαιοφόρα, πλοία μεταφοράς φορτίου χύδην, πλοία γενικού φορτίου, πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, πλοία μεταφοράς φορτίου υπό ψύξη και πλοία συνδυαστικών μεταφορών. Το 2014, το MEPC ενέκρινε τροποποιήσεις στους κανονισμούς του ΔΣΕΑ (EEDI) για την επέκταση του σχεδίου εφαρμογής του ΔΣΕΑ (EEDI): πλοία μεταφοράς LNG, Ro-Ro φορτηγά πλοία (μεταφορείς οχήματος), Ro-Ro φορτηγά πλοία, Ro-Ro οχηματαγωγά επιβατηγά πλοία και κρουαζιερόπλοια με μη-συμβατική πρόωση. Οι τροποποιήσεις αυτές σημαίνουν ότι οι τύποι πλοίων που ευθύνονται για περίπου το 85% των εκπομπών CO₂ από τη διεθνή ναυτιλία, έχουν ενσωματωθεί βάσει του διεθνούς ρυθμιστικού καθεστώτος. (IMO, 2015)

Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης του Πλοίου (ΣΔΕΑΠ, SEEMP) και Επιχειρησιακός Δείκτης Ενεργειακής Αποτελεσματικότητας (ΕΔΕΑ, ΕΕΟΙ)

Το Σχέδιο Διαχείρισης Ενεργειακής Απόδοσης του Πλοίου (ΣΔΕΑΠ, SEEMP) είναι ένα επιχειρησιακό μέτρο που καθιερώνει ένα μηχανισμό για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης ενός πλοίου με οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Το ΣΔΕΑΠ/SEEMP παρέχει επίσης μια προσέγγιση για τις ναυτιλιακές εταιρείες ώστε να διαχειρίζονται το βαθμό απόδοσης του πλοίου και του στόλου στην πάροδο του χρόνου, χρησιμοποιώντας, για παράδειγμα, τον Επιχειρησιακό Δείκτη Ενεργειακής Αποτελεσματικότητας (ΕΔΕΑ/ΕΕΟΙ) ως εργαλείο παρακολούθησης. Οι κατευθυντήριες γραμμές σχετικά με την ανάπτυξη του ΣΔΕΑΠ/SEEMP για τα νέα και τα υπάρχοντα πλοία, ενσωματώνει τις βέλτιστες πρακτικές για τη λειτουργική απόδοση καυσίμου του πλοίου, καθώς και κατευθυντήριες γραμμές για την εθελοντική χρήση της ΕΔΕΑ/ΕΕΟΙ για τα νέα και τα υπάρχοντα πλοία (MEPC.1 / Circ.684). Ο ΕΔΕΑ/ΕΕΟΙ επιτρέπει στους χειριστές να μετρούν την αποδοτικότητα των καυσίμων του πλοίου σε λειτουργία και να αξιολογούν τις επιπτώσεις των οποιονδήποτε αλλαγών στη λειτουργία, π.χ. βελτίωση του σχεδιασμού ταξιδιού ή συχνότερος καθαρισμός της προπέλας, ή την εισαγωγή τεχνικών μέτρων όπως τα συστήματα ανάκτησης θερμότητας ή μια νέα προπέλα. Το ΣΔΕΑΠ/SEEMP παροτρύνει τον ιδιοκτήτη του πλοίου και το χειριστή να εξετάζουν τις νέες τεχνολογίες και πρακτικές σε κάθε στάδιο του σχεδίου όταν προσπαθούν να βελτιστοποιήσουν την απόδοση ενός πλοίου. (IMO, 2015)

Κεφάλαιο 4

Στοιχεία για το Φυσικό Αέριο

Στο παρόν κεφάλαιο παρατίθενται κάποιες πληροφορίες σχετικά με το φυσικό αέριο. Το κεφάλαιο χωρίζεται σε τέσσερα κομμάτια. Στο πρώτο αναγράφονται γενικά στοιχεία για το φυσικό αέριο και τα χαρακτηριστικά του ως καύσιμο. Στο δεύτερο και τρίτο, αναλύονται οι διάφορες τεχνολογίες αιχμής φυσικού αερίου για τα πλοία και τα φορτηγά. Τέλος στο τέταρτο εξετάζονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του LNG και του CNG.

4.1. Το φυσικό αέριο ως καύσιμο

Το Φυσικό αέριο και το Βιομεθάνιο θεωρούνται ένα ενιαίο καύσιμο (CH₄, μεθάνιο). Μπορεί να προέρχεται από ορυκτό φυσικό αέριο και ως Βιομεθάνιο να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ή πρώτες ύλες μη βιολογικής (αεριοποίηση) και βιολογικής (αναερόβια χώνευση και αεριοποίηση) προέλευσης, όπως ενεργειακές καλλιέργειες, γεωργικά απόβλητα και κατάλοιπα, ζωικά περιττώματα, οργανικό κλάσμα αστικών αποβλήτων, ιλύ καθαρισμού λυμάτων. Εκτός από την αεριοποίηση οργανικών και μη οργανικών πρώτων υλών, μπορεί επίσης να παραχθεί ως συνθετικό αέριο μέσω της μεθανιοποίησης υδρογόνου που δημιουργείται από ηλεκτρόλυση του καταναλωμένου ηλεκτρισμού (e-gas)(European Commission, 2015).

Το Βιομεθάνιο από οργανική ύλη προσφέρει μια επεκτεινόμενη και σταδιακά αυξανόμενη υποκατάσταση του ορυκτού φυσικού αερίου. Μπορεί να αναμιχθεί σε οποιαδήποτε αναλογία με φυσικό αέριο όταν χρησιμοποιείται σε οχήματα φυσικού αερίου. Επί του παρόντος, το έργο της τυποποίησης είναι σε εξέλιξη στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (πρόγραμμα εργασίας CEN TC 408). Το έργο εξετάζει τόσο το βιομεθάνιο για έγχυση στο δίκτυο φυσικού αερίου, όσο και την ποιότητα του βιομεθανίου και του φυσικού αερίου στο σταθμό ανεφοδιασμού σύμφωνα με τις προδιαγραφές των καυσίμων αυτοκινήτων. Το πρότυπο της αυτοκινητοβιομηχανίας πρέπει να εξασφαλίζει την ποιότητα του αερίου στο σημείο ανεφοδιασμού που είναι κατάλληλο για χρήση σε τρέχουσες και μελλοντικές τεχνολογίες κινητήρων φυσικού αερίου. Οι εργασίες εναρμόνισης με τις απαιτήσεις καθαρότητας του μεθανίου ως καύσιμο για τις μεταφορές, συμπεριλαμβανομένων των ορίων θείου, βρίσκονται σε εξέλιξη σε επίπεδο βιομηχανίας (European Commission, 2015).

Το φυσικό αέριο είναι ένα φυσικό καύσιμο το οποίο περιέχει ελάχιστο θείο, πολύ μικρές εκπομπές NO_x και μειωμένες εκπομπές CO₂. Από την άλλη δεν είναι συμφέρον να μεταφέρεται στην φυσική του μορφή διότι καταλαμβάνει πολύ μεγάλο όγκο.

Το φυσικό αέριο και το Βιομεθάνιο μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κινητήρες εσωτερικής καύσης και δηλαδή ως καύσιμο στις μεταφορές σε μορφή είτε συμπιεσμένου φυσικού αερίου (CNG), είτε ως υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), με επιδόσεις που ισοδυναμούν με μονάδες βενζίνης ή ντίζελ και καθαρότερες εκπομπές καυσαερίων. Το φυσικό αέριο και το Βιομεθάνιο δεν δημιουργούν κανένα πρόβλημα στην ποιότητα του αέρα και οι κινητήρες αερίου είναι κυρίως πιο αθόρυβοι από εκείνους που λειτουργούν με συμβατικά καύσιμα. Στην περίπτωση του CNG το αέριο συμπιέζεται μεταξύ 200 και 250 bar, ενώ στην περίπτωση του φυσικού αερίου ψυχαίνεται στους -162 Βαθμούς Κελσίου όπου και υγροποιείται. Το LNG σε ατμοσφαιρική πίεση καταλαμβάνει το 1/600 του χώρου που καταλαμβάνει το φυσικό αέριο σε μορφή αερίου – ή θέτοντάς το αλλιώς απαιτεί 3 φορές λιγότερο όγκο από το CNG στα 200 bar. Έτσι τα LNG οχήματα θα έχουν γενικά μεγαλύτερη ακτίνα δράσης από τα CNG (Chris Le Fevre, 2014).

Ένα λίτρο ντίζελ έχει ίση ενέργεια με περίπου 1,7 λίτρα LNG. Σε δοκιμαστικές εφαρμογές σε φορτηγά καταναλώνεται περίπου 13.500 btu/km φυσικό αέριο ή 11.000 btu/km ντίζελ.

Σε γενικές γραμμές το LNG προτιμάται σε ναυτιλιακές και μεγάλων αποστάσεων βαρέα οχήματα ενώ το CNG είναι καταλληλότερο για μικρότερα οχήματα και αποστάσεις.

Το φυσικό αέριο και το Βιομεθάνιο μπορούν να διανεμηθούν μέσω της υπάρχουσας υποδομής αγωγών φυσικού αερίου, ως συμπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG) στην Ευρώπη ή μπορούν να διανεμηθούν μέσω δεξαμενόπλοιων με τη μορφή LNG. Πρόσθετες υποδομές, ωστόσο, θα ήταν αναγκαίες ώστε να ενοποιηθούν βασικά δίκτυα σταθμών ανεφοδιασμού της ΕΕ (European Commission, 2015).

Οι ανάγκες σε υποδομές για CNG και LNG είναι διαφορετικές. Για το CNG, το φυσικό αέριο θα πρέπει να συμπιεστεί σε 200 bar και να διανεμηθεί από το ρεύμα του δικτύου. Για το LNG, το φυσικό αέριο πρέπει να αντιμετωπιστεί ως ένα κρυογονικό υγρό, και θα μπορούσε να προέρχεται από τους τερματικούς σταθμούς LNG ή να παράγεται σε εγκαταστάσεις υγροποίησης. Οι σταθμοί L-CNG και LNG που είναι σε θέση να εφοδιάζουν το LNG και το CNG πρέπει να τροφοδοτούνται με LNG μέσω βαρέων βυτιοφόρων φορτηγών εξοπλισμένων για τον χειρισμό κρυογόνων υγρών (European Commission, 2015). Το LNG τυπικά θα διανέμεται και θα αποθηκεύεται σε θερμοκρασίες λίγο μεγαλύτερες από -162 Βαθμούς Κελσίου και έτσι ένα ποσοστό του υγρού θα αρχίσει να μετατρέπεται σε αέριο. Αυτό ονομάζεται ατμοποίηση του υγρού και οδηγεί στην αύξηση της πίεσης στην δεξαμενή. Το θερμότερο LNG αναφέρεται ως κορεσμένο ή υπέρ-κορεσμένο LNG και ένας βαθμός κορεσμού πολλές φορές απαιτείται στα οχήματα και πλοία LNG. Ο λόγος είναι ότι σε όλους τους κινητήρες το LNG πριν καταναλωθεί πρέπει να μετατραπεί σε αέριο. Αν όμως η ατμοποίηση ξεπεράσει τις απαιτήσεις του οχήματος ή του πλοίου για καύσιμο, για παράδειγμα το πλοίο είναι στο λιμάνι ή το φορτηγό δεν μετακινείται, τότε το αέριο διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα το οποίο προφανώς δεν είναι επιθυμητό. Η αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου είναι πολύ σημαντική για το LNG.

Η χρήση του φυσικού αερίου από κοινού με το Βιομεθάνιο ως καύσιμο μεταφορών ενέχει δυνατότητες για μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Για να επιτευχθεί η δυνατότητα πλήρους μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, είναι απαραίτητο να αυξηθεί σταδιακά το μερίδιο του βιομεθανίου ως πρόσθετο στο φυσικό αέριο, καθώς η χρήση του φυσικού αερίου και μόνο συνεπάγεται περιορισμένη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου GTW σε σύγκριση με τη χρήση π.χ. καυσίμων ντίζελ, αλλά παρ' όλα αυτά προσφέρει σημαντική εξοικονόμηση σε σύγκριση με τη βενζίνη. Από την άλλη πλευρά, η χρήση του βιομεθανίου θα συνεπάγεται πολύ χαμηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που παράγονται π.χ. μέσω της αεριοποίησης βιομάζας (συγκρίσιμη με προηγμένα βιοκαύσιμα) ή ακόμη και αρνητικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, όταν παράγονται από πρώτες ύλες οι οποίες διαφορετικά θα εξέπεμπαν μεθάνιο κατά τη διαδικασία αποσύνθεσης τους, όπως η κοπριά. Η κινητικότητα ουδέτερου ισοζυγίου άνθρακα μπορεί να επιτευχθεί κατά τη χρήση βιολογικού και συνθετικού μεθανίου χωρίς να θυσιάζει τα πλεονεκτήματα ενός σημερινού συμβατικού οχήματος σε σχέση με την άνετη λειτουργικότητα και τον χρόνο ανεφοδιασμού. (European Commission, 2015)

4.2. Τεχνολογία Φυσικού Αερίου στα φορτηγά

4.2.1. Κινητήρες φορτηγών

Τα οχήματα φυσικού αερίου μπορούν αν χωριστούν στις επόμενες 3 κατηγορίες:

- Μονού καυσίμου: οχήματα αποκλειστικά φυσικού αερίου σχεδιασμένα να λειτουργούν με φυσικό αέριο/βιομεθάνιο μόνο.
- Δύο καυσίμων: λειτουργώντας είτε μόνο με ΦΑ είτε μόνο με βενζίνη: επειδή το ΦΑ αποθηκεύεται σε ντεπόζιτα υψηλής πίεσης τα οχήματα δύο καυσίμων απαιτούν δύο ξεχωριστά ντεπόζιτα.
- Οχήματα διπλού καυσίμου: λειτουργώντας με ΦΑ αλλά χρησιμοποιώντας το ντίζελ για υποβοήθηση στην ανάφλεξη. Επιτρέπουν στον χρήστη να επωφεληθεί από την αποδοτικότητα της μηχανής ντίζελ χωρίς ρίσκα που συνδέονται με την εξάντληση και δυσκολία ανεφοδιασμού με ΦΑ. Οι τεχνολογίες διπλού καυσίμου υπάρχουν σε διάφορες μορφές.

Τα ελαφρά οχήματα συνήθως λειτουργούν με κινητήρες δύο ή ενός καυσίμου ενώ τα βαρέα οχήματα με κινητήρες ενός ή διπλού καυσίμου. Επίσης τα οχήματα τα οποία έχουν ένα βοηθητικό ντεπόζιτο διαφορετικού καυσίμου το οποίο όμως δεν ξεπερνά τα 15 λίτρα λογίζεται επίσης ως ενός καυσίμου.

Επίσης υπάρχει ένα εύρος συστημάτων μετατροπών στην αγορά. Τα συστήματα αυτά μπορούν να τοποθετηθούν σε φορτηγά ντίζελ μετατρέποντάς τα σε διπλού καυσίμου. Παρ' όλα αυτά δεν είναι επίσημα εγκεκριμένο από τους κατασκευαστές.

Δύο είναι οι κύριοι τύποι κινητήρων που είναι διαθέσιμοι στην αγορά σήμερα: κινητήρες ανάφλεξης με σπινθηριστή και κινητήρες διπλού καυσίμου ανάφλεξης με συμπίεση.

Ένας κινητήρας που είναι σχεδιασμένος να λειτουργεί 100% με ΦΑ απαιτεί ανάφλεξη με σπινθηριστή και έτσι γενικά χρησιμοποιείται είτε σε οχήματα αποκλειστικά ΦΑ είτε σε οχήματα που είναι σχεδιασμένα να λειτουργούν είτε με ΦΑ είτε με βενζίνη (δύο καυσίμων). Τα οχήματα δύο καυσίμων με δεξαμενές βενζίνης και CNG έχουν το πλεονέκτημα της μεγαλύτερης ακτίνας δράσης μαζί με την ευελιξία στην περίπτωση που οι υποδομές ανεφοδιασμού CNG δεν είναι διαθέσιμες. Για εμπορικά οχήματα προτιμώνται συνήθως κινητήρες με ανάφλεξη σπινθηριστή που λειτουργεί αποκλειστικά με ΦΑ χωρίς την ανάγκη βενζίνης σε επείγουσες καταστάσεις εξαιτίας του οριοθετημένου δρομολογίου και της ύπαρξης κεντρικών σταθμών ανεφοδιασμού. Σε αυτή την περίπτωση είναι εφικτή η μεγιστοποίηση της εκμετάλλευσης του ΦΑ σε όρους απόδοσης κινητήρα. Οι κινητήρες ντίζελ τείνουν να είναι πιο αποδοτικοί από τους κινητήρες βενζίνης αφού χρησιμοποιούν τον κύκλο ανάφλεξης με συμπίεση και όχι τον κύκλο Otto. Τα οχήματα ΦΑ διπλού καυσίμου μπορούν να χρησιμοποιούν τον κύκλο ανάφλεξης με συμπίεση χρησιμοποιώντας ένα ποσοστό ντίζελ σαν πιλοτικό καύσιμο για να ξεκινήσει η καύση (χρησιμοποιώντας την θερμότητα που ενεργοποιείται από την συμπίεση) αλλά αντικαθιστώντας το υπόλοιπο ποσοστό με ΦΑ. Το επίπεδο ΦΑ που χρησιμοποιείται σε αυτούς τους κινητήρες εξαρτάται από την φόρτιση του κινητήρα και τα προβλήματα θορύβου λόγω του υψηλού βαθμού συμπίεσης. (Souito κ.ά., 2014)

Για τα βαρέα οχήματα υπάρχουν πολλές τεχνολογίες από κατασκευαστές όπως:

1. Στοιχειομετρική καύση κύκλου Otto
2. Καύση φτωχού μίγματος κύκλου Otto
3. Ψεκασμού ΦΑ κύκλου ντίζελ (διπλού καυσίμου)
4. Άμεσου ψεκασμού φυσικού αερίου υψηλής πίεσης (300 bar) κύκλου ντίζελ

Τα κύρια μειονεκτήματα των κινητήρων διπλού καυσίμου είναι η απευθείας εκπομπή άκαυστου μεθανίου η οποία οδηγεί σε αυξημένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (Broman κ.α. 2010). Επίσης σε περιπτώσεις μεγάλης φόρτισης του κινητήρα η αναλογία του ντίζελ σε σχέση με το ΦΑ μεγαλώνει αρκετά με αποτέλεσμα την αύξηση των ρύπων και της μη-ικανοποίησης των τελευταίων κανονισμών Euro. Με την νέα γενιά κινητήρων διπλού καυσίμου με ψεκασμό υψηλής πίεσης τα προβλήματα αυτά αναμένεται να ξεπεραστούν (Olofsson κ.ά., 2014).

Από την άλλη μεριά, κινητήρες μονού καυσίμου είναι εύκολο να συμβαδίσουν με τα πρότυπα Euro, ωστόσο έχουν προβλήματα αποδοτικότητας. Επίσης, οι κινητήρες πτωχού μίγματος έχουν αυξημένες εκπομπές NOx σε σχέση με τους κινητήρες στοιχειομετρικής καύσης.

Τέλος με τα παρόντα δεδομένα οι μετατροπές κινητήρων δεν μπορούν να συμβαδίσουν με τα τελευταία πρότυπα Euro, αντίθετα μπορεί σε κάποιες περιπτώσεις να αυξάνουν

τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Ως εκ τούτου, μπορούν να εκλαμβάνονται ως εναλλακτική μόνο ίσως για οικονομικά οφέλη (Olofsson κ.α., 2014).

4.2.2. Ωριμότητα της τεχνολογίας ΦΑ στα φορτηγά

Τα Οχήματα Φυσικού Αερίου και όλα τα εξαρτήματα είναι ώριμα και ανεπτυγμένα από τους κατασκευαστές (OEM-developed). Τα οχήματα LNG διαφέρουν ελαφρώς από τα οχήματα CNG από τα οποία έχουν διαφορετικές δεξαμενές αποθήκευσης και έναν ψεκαστήρα για να μετατρέψει το LNG σε αέριο για χρήση στον κινητήρα. Το φυσικό αέριο δεν διαβρώνει τον κινητήρα όσο η βενζίνη και έτσι παρέχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής στον κινητήρα. Το βιομεθάνιο είναι μια ανανεώσιμη έκδοση του φυσικού αερίου και εντελώς εναλλάξιμο με το φυσικό αέριο σε ένα κινητήρα που έχει σχεδιαστεί για να καίει μεθάνιο. Είναι επίσης δυνατή η μετατροπή κινητήρων ανάφλεξης με σπινθηριστή και κινητήρων ανάφλεξης με συμπίεση ώστε να κινούνται με φυσικό αέριο (κινητήρες διπλού καυσίμου). Η δυνατότητα για περαιτέρω απαλλαγή από υδρογονάνθρακες είναι σημαντική, καθώς οι υπάρχουσες τεχνολογίες κινητήρων βασίζονται σε κινητήρες βενζίνης και ντίζελ, οι οποίοι δεν είναι ακόμη πλήρως βελτιστοποιημένοι για να λειτουργούν με φυσικό αέριο, καθαρό ή σε μείγμα με βιομεθάνιο. Κατά συνέπεια, η περαιτέρω βελτίωση της αποτελεσματικότητας αναμένεται για τα ελαφρά, μεσαία και ειδικά για τα βαρέα επαγγελματικά οχήματα στις επόμενες γενιές των κινητήρων και τα επόμενα χρόνια.

Το μεθάνιο, αναμειγμένο με βιομεθάνιο, προσφέρει το ταχύτερο και πιο αποδοτικό τρόπο για τους κατασκευαστές αυτοκινήτων ώστε να μειώσουν τις εκπομπές CO₂ του στόλου τους. Ωστόσο, οι κατασκευαστές OEM θα μπορούσαν να εκμεταλλευτούν περισσότερο από το καύσιμο φυσικού αερίου υψηλού αριθμού οκτανίων, το οποίο θα μπορούσε να επιτρέψει ειδικούς κινητήρες, που λειτουργούν καθαρά με φυσικό αέριο, δεδομένου ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν υψηλότερες αναλογίες συμπίεσης. Για το σκοπό αυτό, υπάρχουν τα πρώτα αποτελέσματα και η συνεχιζόμενη τάση για να επιτευχθεί περαιτέρω βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την υιοθέτηση της υπερπλήρωσης και της άμεσης έγχυσης, η οποία μπορεί να προσφέρει την καλύτερη καμπύλη πίεσης υπερπλήρωσης τόσο όταν λειτουργεί και με CNG / βιομεθάνιο όσο και με βενζίνη. Εκτός από αυτό, οι προσπάθειες σε τομείς όπως η μείωση της τριβής, η διαχείριση θερμότητας, και η βελτιστοποίηση της καύσης έχουν τη δυνατότητα να επιτύχουν συνολική βελτίωση της απόδοσης κατά 10% ή περισσότερο, οι οποίες προσθέτουν στο σύστημα ισχύος οφέλη όταν χρησιμοποιούν το φυσικό αέριο. Κινητήρες βενζίνης μειωμένου κυβισμού, που χρησιμοποιούν υπερσυμπιεστή αποτελούν τον τέλειο τρόπο για να επιτευχθεί υψηλό επίπεδο απόδοσης με κινητήρες χαμηλού κυβισμού. Η έρευνα θα επικεντρωθεί σε μεγάλο βαθμό στην περαιτέρω βελτιστοποίηση των κινητήρων αερίου βαρέως τύπου που χρησιμοποιούνται στα λεωφορεία και φορτηγά. (European Commission, 2015)

Οι μελλοντικές λύσεις θα περιλαμβάνουν βελτιστοποιημένους κινητήρες αερίου και υβρίδια που χρησιμοποιούν μεθάνιο (αστικά λεωφορεία στη Μαδρίτη και στο Malmö, καθώς και τα ήδη υπάρχοντα από την Volkswagen LDV), αλλά η έλλειψη υποδομών ανεφοδιασμού CNG εξακολουθεί να απαιτεί την συνύπαρξη των τριών καυσίμων (βενζίνη / πετρέλαιο, φυσικό αέριο και ηλεκτρική ενέργεια). Λόγω της έλλειψης χώρου για την υποβολή των σχετικών συστημάτων αποθήκευσης στα σημερινά οχήματα, είναι θεμελιωδώς σημαντικό ότι τα οχήματα θα πρέπει να λειτουργούν αποκλειστικά με αέριο, πριν να γίνουν εμπορικά εφικτά τα CNG-υβρίδια. Ως εκ τούτου, η εστίαση στη βελτίωση της υποδομής ανεφοδιασμού μεθανίου θα διευκολύνει την επέκταση και τη βελτιστοποίηση των οχημάτων φυσικού αερίου τόσο για επιβατικές όσο και για εμπορευματικές μεταφορές σε μικρές, (αστικές και περιφερειακές), μεσαίες (μεταξύ πόλεων και σε ολόκληρη τη χώρα) και σε μεγάλες αποστάσεις (διασυνοριακές και βαρέων φορτηγών) μεταφοράς. (European Commission, 2015)

Η κατάσταση της τεχνολογίας είναι ώριμη για τους ειδικούς κινητήρες φυσικού αερίου στα αυτοκίνητα, ημιφορτηγά, λεωφορεία και φορτηγά. Για μεσαίες / μεγάλες αποστάσεις και τη μεταφορά βαρέων αγαθών, οι Μπλε Διάδρομοι LNG σήμερα καταδεικνύουν τη νέα τεχνολογία Euro VI. (European Commission, 2015)

Η τεχνολογία που εφαρμόζεται στους κινητήρες αερίου των φορτηγών από την IVECO (100% αέριο) καταδεικνύει πως η στοιχειομετρική καύση με ένα καταλύτη τριών μέσων μπορεί να φτάσει τα όρια Euro VI, ακόμα και κατά την εξέταση των κύκλων χαμηλής θερμοκρασίας. Χάρη στις δεξαμενές LNG / BIOLNG που έχουν τοποθετηθεί στα φορτηγά, η ενεργειακή πυκνότητα του φυσικού αερίου και η ικανότητα αποθήκευσης είναι 5 φορές υψηλότερη από ό, τι για το CNG. Όλες αυτές οι ιδιότητες ισχύουν επίσης και για το Υγρό Βιομεθάνιο (bio-LNG) ή μείγματα αυτού με φυσικό αέριο. (European Commission, 2015)

Το πρόγραμμα LNG Μπλε Διάδρομοι υποστηρίζει την ανάπτυξη της τεχνολογίας του Euro VI, τόσο σε ειδικούς κινητήρες αερίου όσο και σε κινητήρες διπλού καυσίμου- (ντίζελ και αέριο την ίδια στιγμή), προκειμένου να καταδείξει ότι το LNG (με σημαντικά υψηλότερο εύρος σε σύγκριση με CNG) είναι κατάλληλο ως καύσιμο για την αντικατάσταση του ντίζελ σε μεγάλη κλίμακα. Ωστόσο, η εξέλιξη της τεχνολογίας των επιδόσεων του κινητήρα φυσικού αερίου έχει απόδοση το μέγιστο 340 HP και 1300 Nm. Η μετακίνηση μεγάλων αποστάσεων, όπως παρουσιάζεται σε ένα πρόγραμμα πραγματικής λειτουργίας και χάρη στη στενή συνεργασία με τους διάφορους χειριστές του στόλου που συμμετέχουν στο πρόγραμμα, απαιτεί πιο ισχυρούς κινητήρες, άνω των 400 HP. Οι νέοι κινητήρες (ανάφλεξης με σπινθήρα και ανάφλεξη συμπίεσης χρησιμοποιώντας HPDI) είναι προς το παρόν υπό ανάπτυξη και θα είναι έτοιμοι το 2016. (European Commission, 2015)

Η χρήση LNG καθίσταται μια σημαντική ζήτηση από τους φορείς εκμετάλλευσης του στόλου, και η ανάπτυξη της αναγκαίας υποδομής βρίσκεται σε εξέλιξη, επίσης, με σημαντική υποστήριξη από τα ταμεία μεταφορών CEF. Η υψηλή αποδοχή από τον πελάτη και η ικανοποίησή του, δύο εγγενείς στόχοι του έργου, θα εξασφαλίσουν την ισχυρή διείσδυση φορτηγών LNG γύρω από τους διαδρόμους κατά τις επόμενες δεκαετίες, και ως εκ τούτου, τη μείωση των εισαγωγών πετρελαίου και των εκπομπών

CO₂ συγχρόνως. Τα επόμενα χρόνια η χρήση των λύσεων μεθανίου / ντίζελ του Euro VI, όπως αυτή που προτείνεται από τη Volvo Trucks, ως μέρος του προγράμματος και άλλων εταιρειών, θα βελτιώσει περαιτέρω την προσφορά εφαρμογών υψηλής ιπποδύναμης του οχήματος (> 400 HP). Η ταχεία ανάπτυξη των υποδομών LNG θα δημιουργήσει εμπιστοσύνη τόσο σε επίπεδο χρήστη / αγοραστή των μεταφορών αλλά και σε επίπεδο κατασκευαστή, καθώς μια ισχυρή δέσμευση και από τους δύο είναι αναγκαία ώστε να εξασφαλιστεί μια καθαρότερη κινητικότητα.(European Commission, 2015)

Όπως συμβαίνει με όλες τις νέες τεχνολογίες, οι πελάτες αντιμετωπίζουν προβλήματα στο να πουλήσουν φορτηγά στην αγορά μεταχειρισμένων, καθώς και να καθορίσουν μια υπολειμματική αξία για τα φορτηγά τους.

Η αγορά μεταχειρισμένων NGV μόλις άρχισε να εμφανίζεται σε γενικές γραμμές, η οποία σε μια μεταβατική περίοδο, μπορεί να παρεμποδίσει τις επενδυτικές αποφάσεις, εφόσον παραμένει ασαφές το πώς και πού μπορούν να πωλούν μεταχειρισμένα επαγγελματικά οχήματα.(European Commission, 2015)

Ένα ευρύτερο δίκτυο θα στηρίζει την ανάπτυξη της αγοράς φορτηγών CNG και LNG. Ταυτόχρονα μια πυκνή υποδομή CNG στις πόλεις, θα διευκολύνει και θα υποστηρίζει μια αύξηση του μεριδίου της στα λεωφορεία CNG, τα απορριματοφόρα, τα φορτηγά παράδοσης και τα ταξί (22.000 μονάδες HDV ήδη σε ευρωπαϊκές πρωτεύουσες). Τα επιβατικά αυτοκίνητα και τα φορτηγά χρειάζονται πρόσβαση στο φυσικό αέριο όχι μόνο σε ορισμένες πόλεις και περιοχές της Ευρώπης, αλλά η ευρύτερη αποδοχή της αγοράς μπορεί να εξασφαλιστεί μόνο εάν τουλάχιστον το 10% της υπάρχουσας υποδομής για τα συμβατικά καύσιμα θα περιλαμβάνει, επίσης, εγκαταστάσεις ανεφοδιασμού CNG, τουλάχιστον κατά μήκος του κεντρικού δικτύου TEN-T (μέχρι σήμερα λιγότερο από το 7% της διείσδυσης στην αγορά στις περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες, όπως η Ιταλία και η Γερμανία και σχεδόν καθόλου στους σταθμούς π.χ. Γαλλία και Πολωνία).(European Commission, 2015)

4.3. Τεχνολογία Φυσικού Αερίου στα πλοία

4.3.1.Κινητήρες πλοίων

Τα προωθούμενα με LNG πλοία που λειτουργούν στην Νορβηγία είτε είναι εξοπλισμένα με κινητήρες αερίου πτωχού μίγματος καυσίμου, είτε με κινητήρες διπλού καυσίμου. Οι κινητήρες μονού καυσίμου διατίθενται από την Rolls Royce και οι κινητήρες διπλού καυσίμου από την Wärtsilä και MAN. Είναι επίσης πιθανόν να χρησιμοποιηθούν ατμολέβητες σε συνδυασμό με ατμοστρόβιλους για την πρόωση με LNG. Αυτό είναι το κυρίαρχο για την πρόωση των πλοίων μεταφοράς LNG σήμερα. Οι τουρμπίνες ατμού είναι λιγότερο αποτελεσματικές από τους κινητήρες ντίζελ και η τάση πρόωσης για νέα πλοία μεταφοράς LNG είναι προς κινητήρες ντίζελ ή διπλού καυσίμου. (Bengtsson, Andersson, Fridell, 2011)

Οι κινητήρες που χρησιμοποιούν αέριο καύσης φτωχού μίγματος κινούνται μόνο με αέριο και το πτωχό μείγμα αναφέρεται στο ότι η αναλογία αέρα-καυσίμου είναι υψηλή. Τα εξαιρετικά πτωχά μείγματα αέρα-καυσίμου οδηγούν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες καύσης και επομένως σε χαμηλότερο σχηματισμό NOx. Ο κινητήρας λειτουργεί σύμφωνα με τον κύκλο Otto και η καύση ενεργοποιείται με ανάφλεξη σπινθήρων. Το αέριο εγχύεται σε χαμηλή πίεση. Η Rolls-Royce (δηλαδή η νορβηγική θυγατρική της Μπέργκεν Diesel) ξεκίνησε την ανάπτυξη των κινητήρων που χρησιμοποιούν αέριο καύσης φτωχού μίγματος στη δεκαετία του 1980 για την παραγωγή ενέργειας. Σήμερα χρησιμοποιούνται επίσης για την πρόωση μερικών από τα πλοία καυσίμου LNG στη Νορβηγία. Το σύστημα καύσης πτωχού μίγματος βασίζεται στην ανάφλεξη με μπουζί σε ένα προ-θάλαμο όπου το καθαρό αέριο αναμιγνύεται με το πτωχό μίγμα στον κύλινδρο, σχηματίζοντας έτσι ένα πλούσιο μίγμα το οποίο είναι εύκολα αναφλέξιμο. Η καύση του φτωχού μίγματος στον κύλινδρο ενισχύεται από την απαλλαγή ανάφλεξης στον προθάλαμο. Η Wärtsilä έχει έναν παρόμοιο κινητήρα με επιβαλλόμενη ανάφλεξη πτωχού μίγματος καυσίμου με έναν προθάλαμο, αλλά αυτή τη στιγμή δεν υπάρχει καμία πρόθεση να χρησιμοποιηθεί για ναυτικές εφαρμογές.

Οι κινητήρες διπλού καυσίμου μπορούν να λειτουργούν είτε σε ρύθμιση αερίου είτε σε ρύθμιση υγρού καυσίμου – ντίζελ. Ο κινητήρας λειτουργεί σύμφωνα με την αρχή Otto για καύση πτωχού μίγματος σε λειτουργία αερίου, αλλά το πτωχό μίγμα αέρα αναφλέγεται με την έκχυση μιας μικρής ποσότητας καυσίμου ντίζελ στο θάλαμο καύσης αντί της χρήσης σπινθήρων. Η έκχυση καυσίμου ντίζελ είναι συνήθως λιγότερο από 1% του συνόλου των καυσίμων. Στη λειτουργία ντίζελ, οι μηχανές λειτουργούν σύμφωνα με τον κανονικό κύκλο ντίζελ με έκχυση καυσίμου ντίζελ σε υψηλή πίεση, λίγο πριν το άνω νεκρό σημείο. Η εισδοχή του αερίου ενεργοποιείται αλλά το πιλοτικό καύσιμο ντίζελ εξακολουθεί να εγχέεται. (Bengtsson, Andersson, Fridell, 2011)

Η MAN έχει αναπτύξει μια νέα σειρά δίχρονων κινητήρων διπλού καυσίμου (ME-GI διπλού καυσίμου MAN B &W κινητήρες). Είναι ειδικά σχεδιασμένη για πλοία μεταφοράς LNG, αλλά μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και σε άλλους τομείς, όπως το LPG, τα Ro-Ro και πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Η αρχή λειτουργίας είναι παρόμοια με τους παραδοσιακούς δίχρονους κινητήρες MAN, αλλά με τη διαφορά ότι η διαδικασία της καύσης βασίζεται στο υψηλότερο πλεόνασμα αέρα και σε ένα σύστημα υπό πίεση έγχυσης αερίου, με έγχυση πεπιεσμένου αερίου με μέγιστη πίεση περίπου 250 bar. Η MAN αναμένει να εκπληρώσει τις απαιτήσεις Επιπέδου III NOx σε συνδυασμό με ένα σύστημα επανακυκλοφορίας καυσαερίων.

Οι κινητήρες αερίου και ντίζελ λειτουργούν με διάφορα μείγματα αερίου και ντίζελ ή εναλλακτικά μόνο με ντίζελ. Οι μηχανές χρησιμοποιούν τον κύκλο ντίζελ, καταναλώνοντας ένα μίγμα αερίου, ντίζελ και αέρα και το αέριο εγχέεται σε υψηλή πίεση. Η μετατροπή των υφιστάμενων κινητήρων σε λειτουργία με φυσικό αέριο μπορεί να γίνει με μικρές τροποποιήσεις. Οι εκπομπές NOx είναι υψηλότερες από αυτή τη μηχανή σε σύγκριση με κινητήρες καύσης πτωχού μίγματος ή διπλού καυσίμου. Ο κινητήρας ντίζελ μπορεί ως εκ τούτου να μην συμμορφώνεται με το Επίπεδο (Tier) III των Κανονισμών. Οι εκπομπές από κινητήρες καύσης πτωχού μίγματος και διπλού καυσίμου Wärtsilä έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά. (Bengtsson, Andersson, Fridell, 2011)

4.3.2. Δεξαμενές αποθήκευσης LNG σε πλοία

Οι δεξαμενές LNG στα πλοία είναι ένα στοιχείο υψίστης σημασίας για τους πλοιοκτήτες για πολλούς λόγους. Το LNG απαιτεί περίπου διπλάσιο όγκο για να προσφέρει την ίδια ενέργεια με το HFO. Επιπλέον οι δεξαμενές που χρησιμοποιούνται σήμερα για τα πλοία καυσίμου LNG χρειάζονται επιπλέον χώρο και προσθέτουν επιπλέον βάρος.

Υπάρχουν 3 τύποι δεξαμενών που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε πλοία LNG. Ακόμα, οι δεξαμενές μεμβράνης θα μπορούσαν να είναι μια εναλλακτική. Αυτός ο τύπος δεξαμενών χρησιμοποιείται σήμερα σε πλοία μεταφοράς LNG αλλά δεν επιτρέπεται ακόμα σε πλοία που χρησιμοποιούν ως καύσιμο το LNG. Τα ήδη υπάρχοντα πλοία LNG έχουν εγκατεστημένες δεξαμενές IMO τύπου C. Οι διάφορες δεξαμενές έχουν τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους και οι διάφοροι τύποι πλοίων έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά τα οποία οδηγούν στην επιλογή των κατάλληλων δεξαμενών.

Έτσι για παράδειγμα πλοία τα οποία έχουν περίσσια χώρου στο κατάστρωμα θα ήταν θεμιτό οι δεξαμενές να εγκατασταθούν σε αυτό ώστε να μην καταλαμβάνουν χώρο φορτίου. Μια τέτοια εναλλακτική όμως δεν είναι δυνατή σε πλοία μεταφοράς container για προφανείς λόγους (Koers & Vaart B.V,2015).

4.4. Επιλογή μεταξύ LNG και CNG

Στο κομμάτι αυτό του κεφαλαίου παρατίθενται οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της μορφής του φυσικού αερίου στα φορτηγά. Αρχικά πρέπει να πούμε ότι η προοπτική του CNG σε ναυτικές εφαρμογές δεν έχει και λογικά δεν θα βρει ανταπόκριση λόγω της απαίτησης για μεγάλο όγκο αποθήκευσης. Έτσι ειδικότερα στην ναυτιλία μικρών αποστάσεων που είναι και ο τομέας που εξετάζει η παρούσα εργασία δεν υπάρχει η προοπτική της χρησιμοποίησης του ΦΑ σε μορφή CNG αφού οι τύποι πλοίων δεν έχουν περίσσια κενών χώρων. Επίσης δεν υπάρχει κάποιο πλάνο σταθμών ανεφοδιασμού από το πρόγραμμα ΔΕΔ-Μ.

Στα φορτηγά ωστόσο η εναλλακτική του CNG αυτή τη στιγμή είναι πολύ πιο διαδεδομένη. Οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν την επιλογή της μορφής αποθήκευσης του ΦΑ σε ένα φορτηγό είναι οι εξής (John Howell, Jim Harger, 2013):

- Το μέγεθος του ντεπόζιτου· το CNG απαιτεί περίπου διπλάσιο χώρο από το LNG για να έχουμε το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο την ώρα που ο χώρος που απαιτείται για το LNG είναι περίπου ίδιος με το ντίζελ. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι το LNG είναι προτιμότερο για μεγάλες αποστάσεις και ακτίνες δράσης όπου χρειάζονται και μεγαλύτερα ντεπόζιτα.
- Το βάρος της δεξαμενής το οποίο είναι περίπου 1,5 μεγαλύτερο για το CNG.

- Τα διαστήματα μεταξύ των ανεφοδιασμών όπως επίσης και ο χρόνος ανεφοδιασμού. Το LNG πρακτικά πρέπει να καταναλωθεί εντός περίπου 5 ημερών ώστε να μην έχουμε φαινόμενα αεριοποίησης και έκκλησής του στην ατμόσφαιρα. Έτσι προτιμάται για φορτηγά συνεχούς και εκτεταμένης χρήσης. Επίσης το CNG απαιτεί πολύ μεγαλύτερο χρόνο για ανεφοδιασμό (περίπου 3-6 ώρες).
- Το τρέχον δίκτυο ανεφοδιασμού. Οι σταθμοί ανεφοδιασμού CNG είναι αρκετά περισσότεροι από τους σταθμούς LNG αυτή τη στιγμή. Το εμπόδιο αυτό αναμένεται να υπερκεραστεί στα επόμενα χρόνια σύμφωνα με αποφάσεις της ΕΕ.
- Το κόστος καυσίμου.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι για μεγάλα φορτηγά και αποστάσεις το LNG είναι προτιμότερο. Το CNG κρίνεται προτιμότερο ως λύση εντός αστικών κύκλων και μεγαλύτερων διαστημάτων μεταξύ των ανεφοδιασμών.

Κεφάλαιο 5

Μεθοδολογία Υπολογισμού Εκπομπών

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η μεθοδολογία με την οποία υπολογίστηκαν οι εκπομπές ρύπων για πλοία και φορτηγά που είναι και τα μέσα μεταφοράς για τα οποία υπάρχει η προοπτική να αντικατασταθεί το καύσιμό τους, με LNG στα πλοία και με LNG/CNG στα φορτηγά.

Αρχικά υπολογίζεται και για τα δύο μέσα ο όγκος φορτίου που μεταφέρεται από περιοχή σε περιοχή. Στα μεν φορτηγά αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας στοιχεία από την «Μελέτη του Διαδρόμου Κεντρικού Δικτύου Σκανδιναβίας-Μεσογείου» (ScanMed Study, December 2014) από το ETIS plus (2010) και από το SWIFTLYGREEN. Για τα πλοία αυτό ο υπολογισμός του όγκου φορτίου από λιμάνι σε λιμάνι έγινε χρησιμοποιώντας δεδομένα από το πρόγραμμα TRANSTOOLS.

Στη συνέχεια έγινε αναγωγή των φορτίων αυτών σε φορτία για το έτος 2015. Τα φορτία αυτά χωρίστηκαν σε κατηγορίες βάρους για τα φορτηγά και τύπων πλοίου για τα πλοία. Επίσης χωρίστηκαν σε κατηγορίες Euro για τα φορτηγά και ηλικίας για τον κάθε τύπο πλοίου.

Τα δεδομένα που προέκυψαν μαζί με κάποιες ακόμα πληροφορίες εισήχθησαν στο πρόγραμμα ECOTRANSITWORLD το οποίο παρείχε αποτελέσματα σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας αερίων θερμοκηπίου και άλλων εκπομπών ρύπων από την πηγή έως τον τροχό (well-to-wheels).

Τέλος χρησιμοποιώντας την ίδια μεθοδολογία, από την πηγή στον τροχό υπολογίστηκαν τα ίδια μεγέθη ανά τονοχιλιόμετρο χρησιμοποιώντας αντί για συμβατικά καύσιμα καύσιμο φυσικού αερίου.

5.1. Υπολογισμός εκπομπών σε φορτηγά

Όπως προαναφέρθηκε, για τον υπολογισμό των εκπομπών ρύπων, αερίων θερμοκηπίου και κατανάλωσης ενέργειας αρχικά υπολογίστηκαν οι όγκοι φορτίου ανά τις περιοχές του διαδρόμου. Στη συνέχεια παρουσιάζονται λεπτομερώς οι όγκοι φορτίου από περιοχή σε περιοχή, η κατηγοριοποίηση των φορτίων αυτών σε κατηγορίες Euro και σε κατηγορίες βάρους και τελικά τα δεδομένα που εισήχθησαν στο πρόγραμμα EcoTransit World.

5.1.1. Υπολογισμός όγκου φορτίου

Αρχικά, στη δεύτερη στήλη του παρακάτω πίνακα, παρουσιάζονται οι οδικές αλυσίδες του διαδρόμου Σκανδιναβίας-Μεσογείου μεταξύ των οποίων θα υπολογιστούν οι όγκοι

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

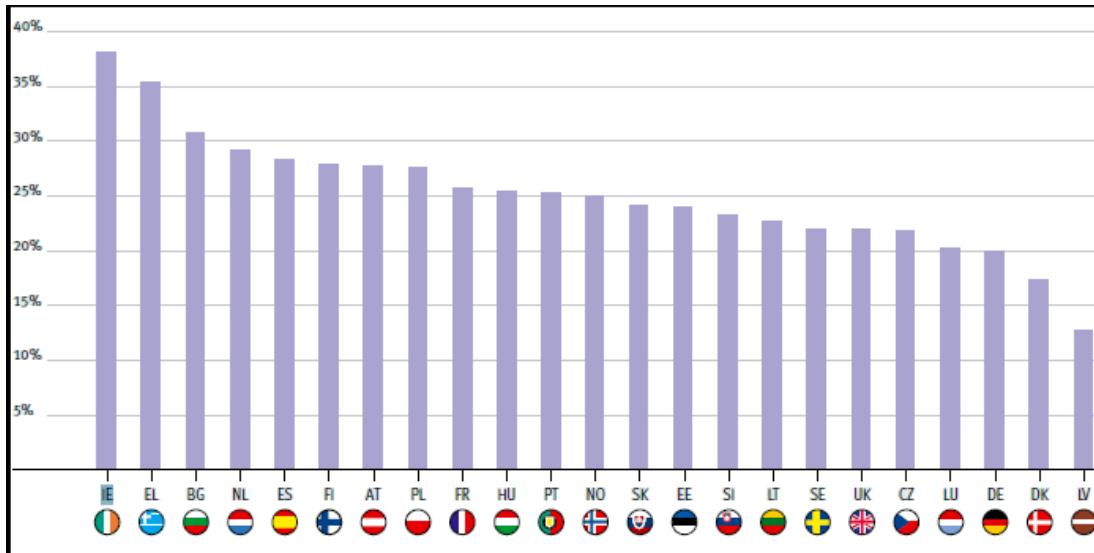
φορτίου (ScanMed Study, December 2014).

ΧΩΡΑ	ΔΙΑΔΡΟΜΗ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (km)	ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΟΡΤΗΓΩΝ ΑΝΑ ΗΜΕΡΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΔΕΙΩΝ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ	ΦΟΡΤΩΜΕΝΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΑ
FI	Russian border – Hamina-Kotka	65	1663	0.28	1198
FI	Kotka-Hamina - Helsinki	134	1816	0.28	1308
FI	Helsinki – Turku/Naantali	169	2233	0.28	1608
SE	Stockholm – Mjölby	230	3664.66023	0.22	2858
SE	Mjölby – Helsingborg	329	3826.545964	0.22	2985
SE	Helsingborg – Malmö	64.3	6779.066913	0.22	5288
NO/SE	Oslo – Göteborg	293	2489.804861	0.22	1942
SE	Göteborg – Helsingborg	215	4308.712176	0.22	3361
SE	Malmö – Vellinge	16.4	3455.084205	0.22	2695
SE	Vellinge - Trelleborg	18.6	3068.655923	0.22	2394
SE/DK	Malmö – København	41.3	2976.382187	0.22	2322
DK	København - Ringsted	66.4	3950	0.175	3259
DK	Ringsted - Taulov	156	5350	0.175	4414
DK/DE	Taulov - Hamburg	251.73	6589.6	0.175	5436
DE	Lübeck – Hamburg	67.8	7651	0.2	6121
DE	Hamburg – Hannover	151	11692	0.2	9354
DE	Bremen – Hannover	123	5669.5	0.2	4536
DE	Hannover – Würzburg	364.15	8840.8	0.2	7073
DE	Würzburg - Nürnberg	109	12193.5	0.2	9755
DE	Rostock - Berlin	233	3982.666667	0.2	3186
DE	Berlin - Leipzig	190	7942.333333	0.2	6354
DE	Leipzig – Nürnberg	285	9323.5	0.2	7459
DE	Nürnberg - München	169	10694.83333	0.2	8556
DE	München – Rosenheim	69.6	6803.428571	0.2	5443
DE/AT	Rosenheim – Kufstein	37.7	7162.5	0.2	5730
AT	Kufstein - Wörgl	13.9	11694.48298	0.28	8420
AT	Wörgl – Baumkirchen	48.39	8077.666667	0.28	5816
AT	Baumkirchen – Innsbruck	15.3	8077.666667	0.28	5816
AT	Innsbruck - Patsch	9.2	6500	0.28	4680
AT/IT	Patsch Fortezza (via Brenner)	67.4	7304.463106	0.28	5259
IT	Fortezza - Verona	201	16360.50187	0.2	13088
IT	Verona - Bologna	144	8721.440553	0.2	6977
IT	Bologna - Ancona	232	7927.377186	0.2	6342
IT	Bologna - Firenze	111	8493.429035	0.2	6795
IT	Firenze - Livorno	91	4114.812506	0.2	3292
IT	Livorno – La Spezia	97.4	4311.008463	0.2	3449
IT	Firenze - Roma	275.87	8132.539971	0.2	6506
IT	Roma - Napoli	226	8202.95639	0.2	6562
IT	Napoli – Bari	262	2090.547462	0.2	1672
IT	Bari – Taranto	87.1	711.8731687	0.2	569
IT	Salerno - Sicignano	63.9	1738.812663	0.2	1391
IT	Firno - Sicignano	176	7757.745568	0.2	6206
IT	Firno – Sant Eufernia Lamezia	124	2861.395939	0.2	2289
IT	Sant Eufernia Lamezia - Cannitello	113	5182.207273	0.2	4146
IT	Caltanissetta - Buonfornello	91.6	3530.986137	0.2	2825
IT	Buonfornello – Palermo Est	49.4	6719.594278	0.2	5376
IT	Caltanissetta – Catania South	152	4011.414042	0.2	3209
IT	Catania South - Catania	13.2	10471.30535	0.2	8377

Πίνακας 7: Οδικές αλυσίδες, αριθμός φορτηγών ανά ημέρα, ποσοστό δρομολογίων χωρίς φορτίο και φορτωμένα δρομολόγια.

Στην πρώτη στήλη του παραπάνω πίνακα αναγράφεται η χώρα ή οι χώρες οι οποίες περιλαμβάνουν τις αντίστοιχες οδικές αλυσίδες. Στην τρίτη στήλη αναγράφονται οι αποστάσεις των διαδρομών οι οποίες ήταν διαθέσιμες στο Google Maps. Στην τέταρτη στήλη του Πίνακα 7 αναγράφεται ο αριθμός των φορτηγών που διέρχεται σε καθημερινή βάση από τις αντίστοιχες διαδρομές. Τα δεδομένα αυτής της στήλης προέρχονται από την «Μελέτη του Διαδρόμου Κεντρικού Δικτύου Σκανδιναβίας-Μεσογείου» (ScanMed Study, December 2014) και έχει γίνει αναγωγή στο έτος 2015, αφού ήταν διαθέσιμος ο ετήσιος ρυθμός αύξησης των φορτηγών. Όπου υπήρχαν δύο ή και τρεις διαφορετικές εκτιμήσεις του αριθμού των φορτηγών υπολογίστηκε ο μέσος όρος τους. Επίσης σε ορισμένες αλυσίδες δεν υπήρχαν δεδομένα για τον αριθμό αυτό κυρίως στην Γερμανία. Για τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα ETIS plus (2010) και συγκεκριμένα το ETIS – Netter καθώς και η Έκθεση του Swiftly Green (Παράρτημα 1, Νοέμβριος 2014). Στην τέταρτη στήλη του πίνακα αναγράφεται το ποσοστό των διερχόμενων φορτηγών τα οποία δεν έχουν φορτίο. Τα ποσοστά αυτά φαίνονται στην παρακάτω εικόνα (Eurostat 2008).

Να σημειωθεί ότι σε διαδρομές οι οποίες βρίσκονται σε δύο χώρες χρησιμοποιείται ο συντελεστής της χώρας της πρώτης περιοχής δηλαδή για παράδειγμα στην διαδρομή Malmö – Κόπενχαγη όπου το Μάλμε βρίσκεται στην Σουηδία και η Κοπεγχάγη στη Δανία, χρησιμοποιούμε τον συντελεστή άδειων δρομολογίων 0.22 που είναι ο συντελεστής της Σουηδίας σύμφωνα με την εικόνα 3.



Εικόνα 3: Μέσο ποσοστό χιλιομέτρων χωρίς φορτίο στις χώρες της Ε.Ε. -2008. Πηγή: Eurostat

Με βάση τα ποσοστά αυτά δημιουργείται η τελευταία στήλη του πίνακα όπου παρουσιάζονται τα δρομολόγια ανά ημέρα που περιέχουν φορτίο σε κάθε διαδρομή. Για παράδειγμα τα φορτωμένα δρομολόγια στη διαδρομή Russian border – Hamina Kotka είναι $1663 \times (1-0.28) = 1198$.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο Πίνακας 8 ο οποίος αφορά τις ίδιες διαδρομές με τις διαδρομές του Πίνακα 7 .

Στη δεύτερη στήλη του Πίνακα 8 αναγράφεται το μέσο βάρος κάθε φορτωμένου δρομολογίου το οποίο ήταν διαθέσιμο από στοιχεία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου που φαίνονται στην εικόνα 8.

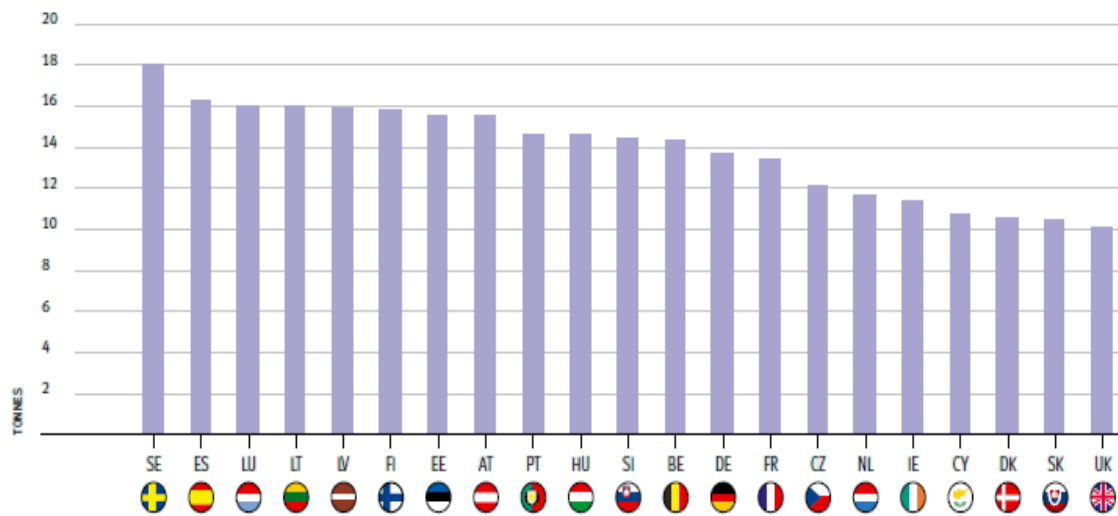
Να σημειωθεί και εδώ ότι σε διαδρομές που βρίσκονται σε δύο χώρες χρησιμοποιήθηκε το μέσο ωφέλιμο φορτίο της πρώτης χώρας, δηλαδή για παράδειγμα στην διαδρομή Taulov – Hamburg όπου το Taulov βρίσκεται στη Δανία και το Αμβούργο στην Γερμανία χρησιμοποιείται ο συντελεστής 10.5 τόνοι ωφέλιμου φορτίου ανά φορτωμένο δρομολόγιο που είναι για τη Δανία. Με πολλαπλασιασμό της στήλης αυτής με τα φορτωμένα δρομολόγια του προηγούμενου πίνακα προκύπτει το μεταφερόμενο βάρος ανά ημέρα σε κάθε διαδρομή.

Η τρίτη στήλη του Πίνακα 8 είναι το βάρος αυτό επί 365, δηλαδή το μεταφερόμενο βάρος ανά χρόνο σε κάθε διαδρομή. Η τελευταία στήλη είναι τα τονοχιλιόμετρα ανά διαδρομή τα οποία προκύπτουν με πολλαπλασιασμό του μεταφερόμενου βάρους ανά χρόνο επί τα χιλιόμετρα κάθε διαδρομής.

**«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»**

ΔΙΑΔΡΟΜΗ	ΜΕΣΟ ΒΑΡΟΣ ΦΟΡΤΩΜΕΝΩΝ (Τ)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ ΤΟ ΧΡΟΝΟ (1000Τ)	ΤΟΝΟΧΙΛΙΟΜΕΤΡΑ (1000tkm)
Russian border – Hamina-Kotka	15.9	6952.593	451918.545
Kotka-Hamina - Helsinki	15.9	7590.978	1017191.052
Helsinki – Turku/Naantali	15.9	9332.028	1577112.732
Stockholm – Mjölby	18	18777.06	4318723.8
Mjölby – Helsingborg	18	19611.45	6452167.05
Helsingborg – Malmö	18	34742.16	2233920.888
Oslo – Göteborg	18	12758.94	3738369.42
Göteborg – Helsingborg	18	22081.77	4747580.55
Malmö – Vellinge	18	17706.15	290380.86
Vellinge - Trelleborg	18	15728.58	292551.588
Malmö – København	18	15255.54	630053.802
København - Ringsted	10.5	12490.1175	829343.802
Ringsted - Taulov	10.5	16916.655	2638998.18
Taulov - Hamburg	10.5	20833.47	5244409.403
Lübeck – Hamburg	13.9	31054.8935	2105521.779
Hamburg – Hannover	13.9	47457.519	7166085.369
Bremen – Hannover	13.9	23013.396	2830647.708
Hannover – Würzburg	13.9	35884.8655	13067473.77
Würzburg - Nürnberg	13.9	49491.9925	5394627.183
Rostock - Berlin	13.9	16164.171	3766251.843
Berlin - Leipzig	13.9	32237.019	6125033.61
Leipzig – Nürnberg	13.9	37843.2365	10785322.4
Nürnberg - München	13.9	43408.866	7336098.354
München – Rosenheim	13.9	27615.0605	1922008.211
Rosenheim – Kufstein	13.9	29071.155	1095982.544
Kufstein – Wörgl	15.5	47636.15	662142.485
Wörgl – Baumkirchen	15.5	32904.02	1592225.528
Baumkirchen – Innsbruck	15.5	32904.02	503431.506
Innsbruck - Patsch	15.5	26477.1	243589.32
Patsch Fortezza (via Brenner)	15.5	29752.7925	2005338.215
Fortezza - Verona	15.6	74523.072	14979137.47
Verona - Bologna	15.6	39727.038	5720693.472
Bologna - Ancona	15.6	36111.348	8377832.736
Bologna - Firenze	15.6	38690.73	4294671.03
Firenze - Livorno	15.6	18744.648	1705762.968
Livorno – La Spezia	15.6	19638.606	1912800.224
Firenze - Roma	15.6	37045.164	10219649.39
Roma - Napoli	15.6	37364.028	8444270.328
Napoli – Bari	15.6	9520.368	2494336.416
Bari – Taranto	15.6	3239.886	282194.0706
Salerno - Sicignano	15.6	7920.354	506110.6206
Firmo - Sicignano	15.6	35336.964	6219305.664
Firmo – Sant Eufernia Lamezia	15.6	13033.566	1616162.184
Sant Eufernia Lamezia - Cannitello	15.6	23607.324	2667627.612
Caltanissetta - Buonfornello	15.6	16085.55	1473436.38
Buonfornello – Palermo Est	15.6	30610.944	1512180.634
Caltanissetta – Catania South	15.6	18272.046	2777350.992
Catania South - Catania	15.6	47698.638	629622.0216

Πίνακας 8: Μέσο βάρος φορτωμένων δρομολογίων, συνολικό φορτίο ανά έτος και τονοχιλιόμετρα.



Εικόνα 4: Μέσο ωφέλιμο φορτίο σε φορτωμένα δρομολόγια. Πηγή: Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο 2010 – Τμήμα Μεταφορών 2009.

5.1.2. Στοιχεία που προκύπτουν για τον διάδρομο

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτουν τα εξής:

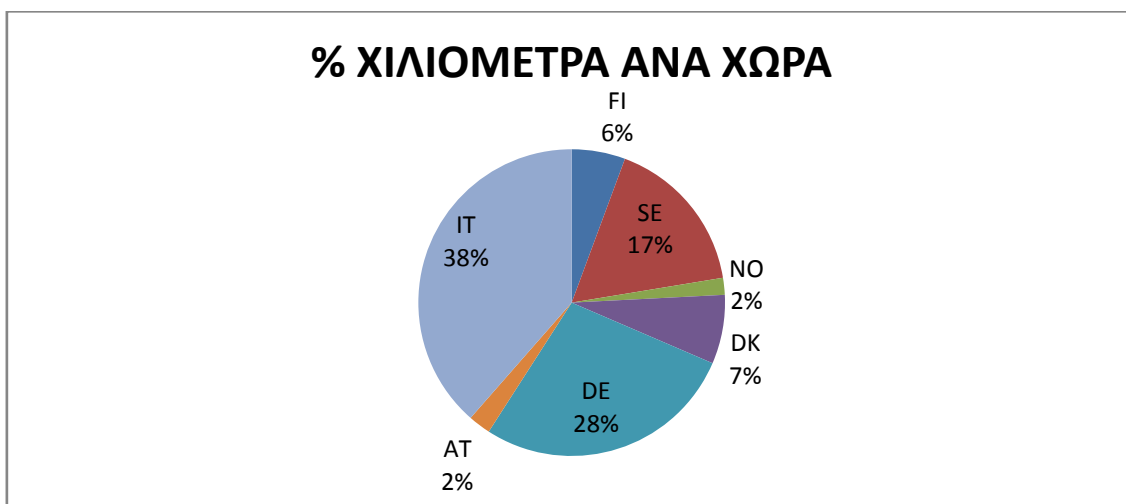
- Συνολικά ο διάδρομος είναι 6514 χιλιόμετρα. Η εκτίμηση αυτή είναι ελαφρώς διαφορετική από αυτή της «Μελέτης του Διαδρόμου Κεντρικού Δικτύου Σκανδιναβίας-Μεσογείου» (6372 χλμ). Η μέγιστη απόσταση συναντάται στην αλυσίδα Hannover – Würzburg και είναι 364 χλμ, ενώ η ελάχιστη στη διαδρομή Innsbruck – Patsch και είναι 9,2 χλμ. Κατά μέσο όρο οι αποστάσεις των διαδρομών είναι 136 χλμ.
- Το μεταφερόμενο βάρος για το έτος 2015 είναι 1280864 χιλιάδες τόνοι με μέγιστο (74523 χιλιάδες) στη διαδρομή Fortezza – Verona και ελάχιστο (3240 χιλιάδες) στη διαδρομή Bari – Taranto. Κατά μέσο όρο το μεταφερόμενο βάρος σε κάθε διαδρομή είναι 26685 χιλιάδες τόνοι.
- Τα συνολικά τονοχιλιόμετρα για το έτος 2015 είναι 176898 εκατομμύρια με μέγιστο στη διαδρομή Fortezza – Verona (14979 εκ.) και το ελάχιστο στη διαδρομή Innsbruck – Patsch (244 εκ.). Κατά μέσο όρο έχουμε 3685 εκ. ανά διαδρομή.
- Η χώρα με τα περισσότερα χιλιόμετρα, μεταφερόμενο βάρος και τονοχιλιόμετρα του διαδρόμου είναι η Ιταλία (2510 χλμ, 507170 χιλιάδες τόνοι, 75833 εκ. αντίστοιχα). Η χώρα με τα λιγότερα χιλιόμετρα και μεταφερόμενο βάρος είναι η

Νορβηγία (116 χλμ, 12759 χιλ. τόνοι) ενώ η χώρα με τα λιγότερα τονοχιλιόμετρα είναι η Φινλανδία (3046 εκ.)

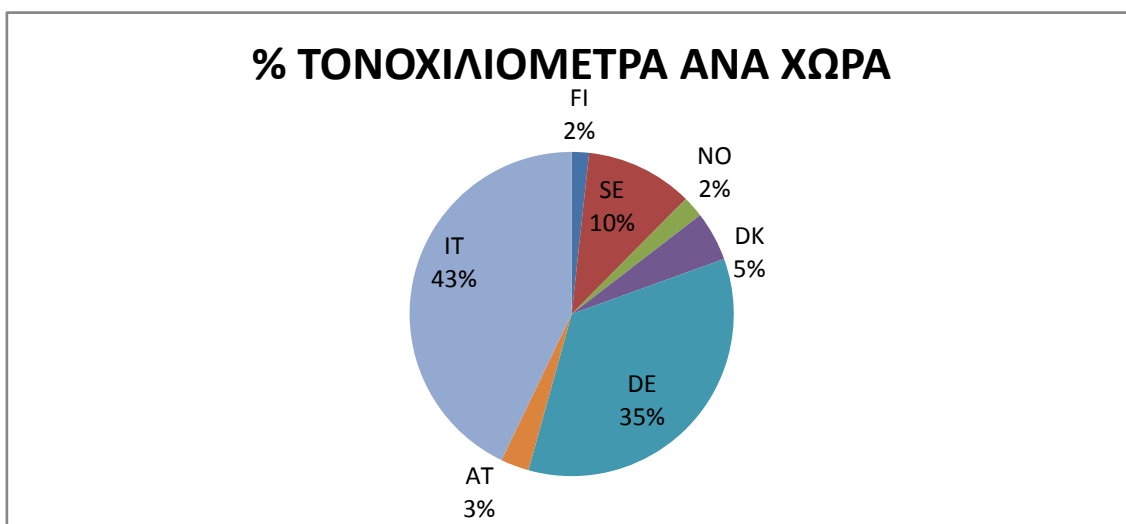
Παρακάτω παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στοιχεία για τις χώρες του διαδρόμου:

	ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΑ	ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ (1000Τ)	ΤΟΝΟΧΙΛΙΟΜΕΤΡΑ(10 ⁶ t*km)
Φινλανδία (FI)	368	23875.599	3046.222329
Σουηδία (SE)	1091.6	143902.71	18965.37854
Νορβηγία (NO)	116	12758.94	3738.36942
Δανία (DK)	474.13	50240.2425	8712.751385
Γερμανά (DE)	1799.25	373242.1745	61595.05277
Αυστρλία (AT)	154.19	169674.0825	5006.727053
Ιταλία (IT)	2510.47	507170.274	75833.14422

Πίνακας 9: Χιλιόμετρα, μεταφερόμενο βάρος, τονοχιλιόμετρα ανά χώρα το 2015.



Γράφημα 1: Ποσοστά χιλιομέτρων ανά χώρα.



Γράφημα 2: Ποσοστά τονοχιλιομέτρων ανά χώρα.

5.1.3. Κατηγοριοποίηση φορτηγών

Στην ενότητα αυτή γίνεται η κατηγοριοποίηση των φορτηγών σε κλάσεις βάρους και κλάσεις Euro ανάλογα με την ηλικία τους. Θα καθοριστεί δηλαδή τι ποσοστό των φορτίων κάθε διαδρομής της προηγούμενης ενότητας μεταφέρεται με κάθε τύπο φορτηγού. Γίνεται η παραδοχή ότι η συντριπτική πλειοψηφία των βαρέων οχημάτων για την μεταφορά φορτίων που κινούνται αυτή τη στιγμή στην Ευρώπη, έχουν ως καύσιμο το ντίζελ (diesel). Οι κατηγορίες βάρους στις οποίες θα χωριστούν τα φορτηγά, οι οποίες αποτελούν και τις βασικές κατηγορίες βάρους της Ευρωπαϊκής Ένωσης, είναι αυτές οι οποίες υπάρχουν και στο πρόγραμμα ECOTRANSIT WORLD. Η κάθε κατηγορία αναφέρεται στο μέγιστο μεικτό βάρος το οποίο μπορεί να μεταφερθεί, δηλαδή στην κατηγορία 3.5-7.5 τόνοι ανήκουν τα φορτηγά με μέγιστο μεικτό βάρος από 3.5-7.5 τόνους. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι εξής:

1. 3.5-7.5 τόνοι.
2. 7.5-12 τόνοι.
3. 12-20 τόνοι.
4. 20-26 τόνοι.
5. 26-40 τόνοι.
6. >40 τόνοι.

Στον Πίνακα 10 ο οποίος προκύπτει από στοιχεία της Eurostat παρουσιάζονται τα τονοχιλιόμετρα και τα αντίστοιχα ποσοστά για κατηγορίες μέγιστου μεικτού βάρους σε φορτηγά χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και κάποιες επιπλέον. Οι συγκεκριμένες κατηγορίες δεν συμπίπτουν με τις κατηγορίες που αναφέραμε παραπάνω. Για τον λόγο αυτό τα ποσοστά του Πίνακα 10 προσαρμόζονται στις κατηγορίες 1-6.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

	0 - 6 tonnes		6.1 - 10.0 tonnes		10.1 - 20.0 tonnes		20.1 - 30.0 tonnes		30.1 - 40.0 tonnes		> 40.0 tonnes		Total Million tkm
	Million tkm	% of total	Million tkm	% of total	Million tkm	% of total	Million tkm	% of total	Million tkm	% of total	Million tkm	% of total	
EU-28 ⁽¹⁾	879	0,1%	8 599	0,5%	149 061	8,6%	96 879	5,6%	839 663	48,5%	635 043	36,7%	1 730 765
BE	:c	-	188	0,6%	1 433	4,4%	1 355	4,1%	15 862	48,4%	13 957	42,6%	32 796
BG	:c	-	286	1,1%	1 036	3,8%	2 388	8,8%	16 896	62,4%	6 479	23,9%	27 097
CZ	156	0,3%	795	1,4%	1 513	2,8%	1 470	2,7%	11 623	21,2%	39 336	71,7%	54 893
DK	:	-	32	0,2%	468	2,9%	775	4,8%	3 753	23,4%	11 044	68,7%	16 072
DE	2	0,0%	405	0,1%	8 962	2,9%	16 236	5,3%	239 973	78,5%	40 166	13,1%	305 744
EE	:	-	2	0,0%	72	1,2%	206	3,4%	34	0,6%	5 672	94,8%	5 986
IE	22	0,2%	122	1,3%	217	2,4%	533	5,8%	1 511	16,4%	6 811	73,9%	9 215
EL	:c	-	206	1,1%	1 866	9,7%	1 539	8,0%	15 133	78,8%	454	2,4%	19 198
ES	:c	-	305	0,2%	4 379	2,3%	6 263	3,3%	176 186	91,5%	5 464	2,8%	192 597
FR	:	-	:c	-	211	0,1%	1 395	0,8%	2 100	1,2%	167 767	97,8%	171 472
HR	:c	-	57	0,6%	359	3,9%	358	3,9%	357	3,9%	8 001	87,6%	9 133
IT	:	-	230	0,2%	97 795	76,9%	24 318	19,1%	4 280	3,4%	:c	-	127 241
CY	:	-	43	6,8%	49	7,7%	29	4,6%	88	13,9%	425	67,0%	634
LV	:	-	21	0,2%	206	1,6%	266	2,1%	8 225	64,2%	4 097	32,0%	12 816
LT	:	-	65	0,2%	1 750	6,6%	1 809	6,9%	20 588	78,2%	2 125	8,1%	26 338
LU	:	-	1	0,0%	68	0,8%	52	0,6%	254	3,0%	8 230	95,6%	8 606
HU	:	-	109	0,3%	1 485	4,1%	2 272	6,3%	28 357	79,2%	3 595	10,0%	35 818
NL	31	0,0%	216	0,3%	1 591	2,3%	735	1,0%	507	0,7%	67 103	95,6%	70 184
AT	6	0,0%	47	0,2%	818	3,4%	1 557	6,4%	1 724	7,1%	20 060	82,8%	24 213
PL	96	0,0%	1 738	0,7%	9 688	3,9%	13 248	5,4%	210 486	85,0%	12 337	5,0%	247 594
PT	15	0,0%	165	0,5%	719	2,0%	1 856	5,1%	32 868	89,9%	932	2,5%	36 555
RO	:c	-	87	0,3%	3 860	11,3%	2 659	7,8%	7 302	21,5%	20 119	59,1%	34 026
SI	4	0,0%	56	0,4%	349	2,2%	328	2,1%	5 089	32,0%	10 078	63,4%	15 905
SK	364	1,2%	496	1,6%	937	3,1%	631	2,1%	2 706	9,0%	25 011	83,0%	30 147
FI	105	0,4%	42	0,2%	418	1,7%	1 494	6,1%	1 909	7,8%	20 462	83,8%	24 429
SE	:	-	:c	-	636	1,9%	1 304	3,9%	488	1,5%	31 097	92,7%	33 529
UK ⁽²⁾	78	0,0%	2 885	1,8%	8 176	5,2%	11 803	7,4%	31 364	19,8%	104 221	65,7%	158 527
LI	:	-	:	-	:	-	:	-	:	-	:	-	:
NO	:	-	4	0,0%	941	4,4%	3 451	16,2%	454	2,1%	16 466	77,2%	21 317
CH	8	0,1%	59	0,5%	344	2,7%	494	3,9%	9 837	76,7%	2 075	16,2%	12 817

(1) EU-28: provisional data.

(2) UK: 2012 data was used for reference year 2013.

Πίνακας 10: Εκατομμύρια τονοχιλιόμετρα ανά χώρα και ανά κατηγορία μέγιστου επιτρεπόμενου μεικτού βάρους. Πηγή: Eurostat 2013

Με βάση τον Πίνακα 10 προκύπτει ο παρακάτω πίνακας για τις χώρες του διαδρόμου.

	0-6T	6.1-10T	10.1-20T	20.1-30T	30.1-40T	>40T
FI	0.4	0.2	1.7	6.1	7.8	83.8
SE	0	0	1.9	3.9	1.5	92.7
NO	0	0	4.4	16.2	2.1	77.2
DK	0	0.2	2.9	4.8	23.4	68.7
DE	0	0.1	2.9	5.3	78.5	13.1
AT	0	0.2	3.4	6.4	7.1	82.8
IT	0	0.2	76.9	19.1	3.4	0

Πίνακας 11: Ποσοστά επί % μεταφερόμενων τόνων ανά κατηγορία μέγιστου επιτρεπόμενου μεικτού βάρους. Πηγή: Eurostat 2013

Τέλος με βάση τον Πίνακα 11 προκύπτει ο Πίνακας 12 στον οποίο περιλαμβάνονται οι κατηγορίες 1-6 και τα ποσοστά των φορτίων που μεταφέρουν στις χώρες του διαδρόμου. Τα δεδομένα του Πίνακα 12 προκύπτουν με την εξής διαδικασία:

1. Η κατηγορία 3.5-7.5 τόνοι είναι τα 2.5/6 του ποσοστού της πρώτης στήλης του Πίνακα 11 συν 1.5/4 του ποσοστού της δεύτερης στήλης.
2. Η κατηγορία 7.5-12 τόνοι είναι τα 3.5/4 του ποσοστού της δεύτερης στήλης του Πίνακα 11 συν τα 2/10 του ποσοστού της τρίτης στήλης.
3. Η κατηγορία 12-20 τόνοι είναι τα 8/10 του ποσοστού της τρίτης στήλης του Πίνακα 11.
4. Η κατηγορία 20-26 τόνοι είναι τα 6/10 του ποσοστού της τέταρτης στήλης του Πίνακα 11.
5. Η κατηγορία 26-40 τόνοι είναι τα 4/10 του ποσοστού της τέταρτης στήλης του Πίνακα 11 συν το ποσοστό της πέμπτης στήλης.
6. Η κατηγορία >40 τόνων είναι το ποσοστό της έκτης στήλης του Πίνακα 11.

	3.5-7.5T	7.5-12T	12-20T	20-26T	26-40T	>40T
FI	0.00475	0.00465	0.0136	0.0366	0.1024	0.838
SE	0	0.0038	0.0152	0.0234	0.0306	0.927
NO	0	0.0088	0.0352	0.0972	0.0858	0.772
DK	0.00075	0.00705	0.0232	0.0288	0.2532	0.687
DE	0.000375	0.006425	0.0232	0.0318	0.8062	0.131
AT	0.00075	0.00805	0.0272	0.0384	0.0966	0.828
IT	0.00075	0.15505	0.6152	0.1146	0.1104	0

Πίνακας 12: Ποσοστά επί % μεταφερόμενων τόνων ανά κατηγορία μέγιστου επιτρεπόμενου μεικτού βάρους (κλάσεις μεικτού βάρους EE).

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η περαιτέρω κατηγοριοποίηση σε κλάσεις EURO. Όπως έχει αναφερθεί στο Κεφάλαιο 3, οι κανονισμοί Euro είναι κανονισμοί που αφορούν τις εκπομπές οχημάτων. Εισήχθησαν για πρώτη φορά στα βαρέα οχήματα το 1992 με την κατηγορία Euro I. Από το 1996 και έπειτα έχουμε τον κανονισμό Euro II, από το 2000 τον κανονισμό Euro III, από το 2005 τον κανονισμό Euro IV, από το 2008 τον κανονισμό Euro V και από το 2013 τίθεται σε ισχύ ο κανονισμός Euro VI. Οι κανονισμοί αυτοί αφορούν οχήματα με καύσιμο ντίζελ (diesel) αφού υπενθυμίζεται η παραδοχή ότι η συντριπτική πλειοψηφία των βαρέων οχημάτων για την μεταφορά φορτίων που κινούνται αυτή τη στιγμή στην Ευρώπη, έχουν ως καύσιμο το ντίζελ. Έτσι

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

με βάση τον Πίνακα 13 της Eurostat θα υπολογίσουμε τα ποσοστά των φορτηγών, που κινούνται στην Ευρώπη και κατ' επέκταση στον διάδρομο Σκανδιναβίας – Μεσογείου, ανά κατηγορία Euro.

Age of vehicle	2009	2010	2011	2012	2013	Change 2009-2012	Change 2012-2013
< 2 years	300 098	184 782	207 655	270 209	273 288	-10%	1%
2 years	296 389	306 139	167 099	173 538	252 980	-41%	46%
3 years	240 317	281 788	260 650	148 481	141 846	-38%	-4%
4 years	188 877	228 162	247 562	215 156	117 522	14%	-45%
5 years	155 768	176 648	195 997	207 781	196 524	33%	-5%
6 years	107 252	137 930	160 463	169 615	199 657	58%	18%
7 years	92 707	96 478	123 059	127 812	142 944	38%	12%
8 years	81 009	79 167	84 035	93 248	106 465	15%	14%
9 years	65 414	68 315	75 463	65 928	77 330	1%	17%
10 to 14 years	132 808	157 744	184 218	181 700	175 524	37%	-3%
≥ 15 years	38 725	37 666	38 012	38 676	45 819	0%	18%
Unknown	124	227	230	256	861	106%	236%
Total	1 699 507	1 755 061	1 744 457	1 692 397	1 730 765	0%	2%

EU-28: provisional data.

Πίνακας 13: Τονοχιλιόμετρα ανά ηλικία οχήματος, Πηγή: Eurostat 2013

Με βάση τον Πίνακα 13 η κατηγοριοποίηση σε βαθμίδες Euro γίνεται ως εξής:

- Στην κατηγορία Euro II, η οποία ήταν σε ισχύ από το 1996 έως το 2000 όπου εισήχθη η κατηγορία Euro III, συμπεριλαμβάνονται τα οχήματα 15 ετών και άνω του Πίνακα 13. Έτσι το ποσοστό των Ευρωπαϊκών οχημάτων κλάσης Euro II είναι $(45819+861)/1730765=0.027=2.69\%$
- Στην κατηγορία Euro III, η οποία ήταν σε ισχύ από το 2000 έως το 2005, συμπεριλαμβάνονται τα οχήματα 10-14 ετών του Πίνακα 13.
- Στην κατηγορία Euro IV, η οποία ήταν σε ισχύ από το 2005 έως το 2008, συμπεριλαμβάνονται τα οχήματα 7,8,9 ετών του Πίνακα 13.
- Στην κατηγορία Euro V, η οποία ήταν σε ισχύ από το 2008 έως το 2013, τα οχήματα 3,4,5 και 6 ετών.
- Στην κατηγορία Euro VI, η οποία είναι σε ισχύ από το 2013, συμπεριλαμβάνονται τα οχήματα 2 και <2 ετών του Πίνακα 13.
- Για την κατηγορία Euro I δεν υπάρχουν στοιχεία και γι' αυτό δεν συμπεριλαμβάνεται στους υπολογισμούς μας.

Έτσι προκύπτει ο παρακάτω πίνακας:

EURO II(1996)	EURO III(2000)	EURO IV(2005)	EURO V(2008)	EURO VI(2013)
2.69	10.14	18.88	37.88	30.41

Πίνακας 14: Ποσοστό επί % οχημάτων που κινούνται στην Ευρώπη ανά κανονισμό Euro. Σε παρένθεση η χρονολογία στην οποία τέθηκαν σε ισχύ οι κανονισμοί.

Με βάση όλα τα παραπάνω γίνεται η κατηγοριοποίηση των φορτηγών σε 5 κατηγορίες EURO και σε 6 βάρους. Ανάλογα με το ποσοστό κάθε κατηγορίας προκύπτει και το μεταφερόμενο βάρος ανά χρόνο με τη συγκεκριμένη κατηγορία φορτηγού. Αυτή η διαδικασία γίνεται για όλες τις διαδρομές του διαδρόμου, όπως αυτές αναφέρθηκαν σε προηγούμενους πίνακες. Έτσι για παράδειγμα στην πρώτη διαδρομή, Russian border – Hamina-Kotka, όπου το μεταφερόμενο βάρος ανά έτος είναι 6952.593 χιλιάδες τόνοι, τα μεταφερόμενα βάρη ανά κατηγορία φορτηγού είναι τα εξής:

1000 τόνοι		ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΑΡΟΥΣ					
		3.5-7.5 T	7.5-12T	12-20T	20-26T	26-40T	>40T
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ EURO	EURO II	0.89	0.87	2.55	6.85	19.18	156.94
	EURO III	3.35	3.28	9.59	25.81	72.2	590.87
	EURO IV	6.23	6.1	17.85	48.04	134.4	1099.9
	EURO V	12.51	12.25	35.81	96.38	269.66	2206.77
	EURO VI	10.04	9.83	28.75	77.37	216.48	1771.58

Πίνακας 15: Βάρος φορτίου ανά κατηγορία φορτηγού στη διαδρομή Russian border – Hamina-Kotka. Τα μεγέθη είναι σε χιλιάδες τόνους.

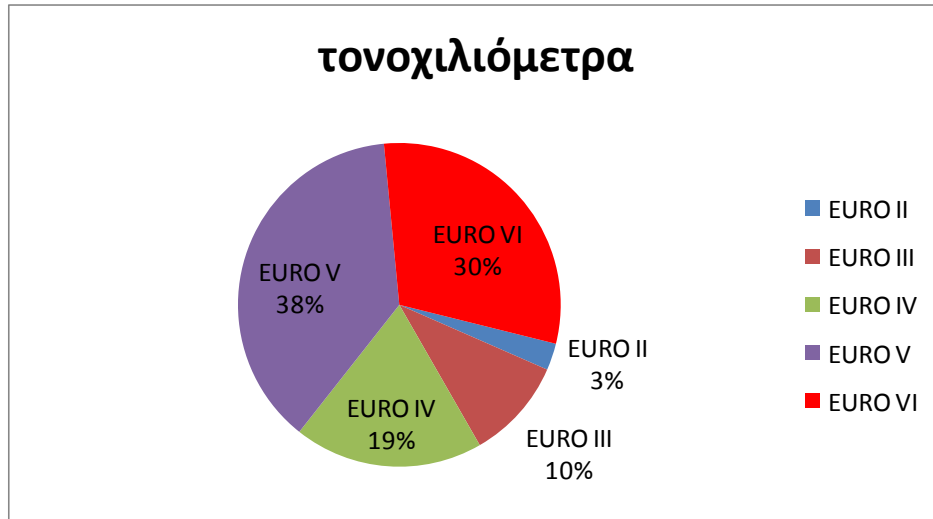
Ακολουθώντας, στον πίνακα 16 παρουσιάζονται αθροιστικά στοιχεία για όλες τις οδικές αλυσίδες του διαδρόμου. Η στήλη «ΦΟΡΤΙΟ» είναι το άθροισμα, για την εκάστοτε κατηγορία, των φορτίων όλων των αλυσίδων. Στην τέταρτη στήλη αναγράφονται τα χιλιόμετρα δραστηριοποίησης κάθε κατηγορίας. Έτσι για την κατηγορία βάρους 3.5-7.5T τα χιλιόμετρα δραστηριοποίησης είναι λιγότερα διότι η κατηγορία αυτή δεν δραστηριοποιείται (μεταφέρει αμελητέο φορτίο) σε διαδρομές που ανήκουν στη Σουηδία και τη Νορβηγία, όπως αναφέρεται στον Πίνακα 12. Αντίστοιχα για την κατηγορία >40T στην Ιταλία. Στην τελευταία στήλη παρουσιάζονται τα τονοχιλιόμετρα, τα οποία είναι το άθροισμα των γινομένων απόστασης-φορτίου σε όλες τις οδικές αλυσίδες και όχι το γινόμενο της 3^{ης} με την 4^η στήλη του Πίνακα 16.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

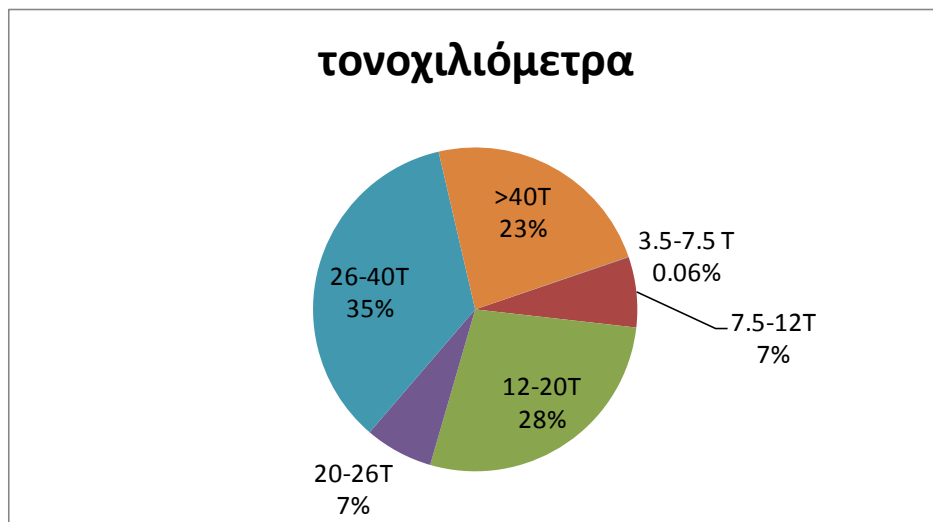
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ EURO	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΒΑΡΟΥΣ	ΦΟΡΤΙΟ (1000t)	ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΑ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ	ΤΟΝΟΧΙΛΙΟΜΕΤΡΑ (ΕΚ/ΡΙΑ t*km)
EURO II	3.5-7.5 T	21.51352225	5306.04	2.821072569
	7.5-12T	2249.835776	6513.64	333.3213515
	12-20T	8873.069348	6513.64	1316.666342
	20-26T	2247.398737	6513.64	323.5301014
	26-40T	10611.56513	6513.64	1668.222073
	>40T	10428.44274	4003.17	1110.300419
EURO III	3.5-7.5 T	80.99827284	5306.04	10.62132007
	7.5-12T	8470.617219	6513.64	1254.952743
	12-20T	33407.049	6513.64	4957.240304
	20-26T	8461.441784	6513.64	1218.08875
	26-40T	39952.47443	6513.64	6280.845369
	>40T	39263.01982	4003.17	4180.273934
EURO IV	3.5-7.5 T	150.7787805	5306.04	19.7716523
	7.5-12T	15768.10578	6513.64	2336.10221
	12-20T	62187.42612	6513.64	9227.933159
	20-26T	15751.02566	6513.64	2267.479661
	26-40T	74371.77561	6513.64	11691.83209
	>40T	73088.35163	4003.17	7781.605506
EURO V	3.5-7.5 T	302.5132561	5306.04	39.66862509
	7.5-12T	31636.15601	6513.64	4687.011553
	12-20T	124769.0205	6513.64	18514.35658
	20-26T	31601.88749	6513.64	4549.331499
	26-40T	149214.9487	6513.64	23457.77159
	>40T	146639.9659	4003.17	15612.53388
EURO VI	3.5-7.5 T	242.854533	5306.04	31.84556454
	7.5-12T	25397.18091	6513.64	3762.684706
	12-20T	100163.2874	6513.64	14863.13519
	20-26T	25369.6705	6513.64	3652.156573
	26-40T	119788.2273	6513.64	18831.65796
	>40T	117721.0576	4003.17	12533.58175
EURO II	ΟΛΕΣ	34431.82526	6513.64	4754.861359
EURO III		129635.6005	6513.64	17902.02242
EURO IV		241317.4636	6513.64	33324.72428
EURO V		484164.4919	6513.64	66860.67373
EURO VI		388682.2783	6513.64	53675.06173
ΟΛΕΣ		798.6583647	5306.04	104.7282346
ΟΛΕΣ	3.5-7.5 T	798.6583647	5306.04	104.7282346
	7.5-12T	83521.8957	6513.64	12374.07256
	12-20T	329399.8524	6513.64	48879.33157
	20-26T	83431.42417	6513.64	12010.58658
	26-40T	393938.9912	6513.64	61930.32908
	>40T	387140.8377	4003.17	41218.29549

Πίνακας 16: Βάρος φορτίου, χιλιόμετρα δραστηριοποίησης, τονοχιλιόμετρα ανά κατηγορία φορτηγού στο διάδρομο Σκανδιναβίας-Μεσογείου.

Από τα δεδομένα του πίνακα προκύπτουν και οι δύο επόμενες εικόνες:



Γράφημα 3: Ποσοστά τονοχιλιόμετρων ανά κατηγορία EURO στο διάδρομο Σκανδιναβίας-Μεσογείου.



Γράφημα 4: Ποσοστά τονοχιλιόμετρων ανά κατηγορία βάρους στο διάδρομο Σκανδιναβίας-Μεσογείου.

5.1.4. Εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα ECOTRANSIT WORLD

Στην ενότητα αυτή εξηγείται ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιήθηκε το διαδικτυακό πρόγραμμα EcoTransit World. Αρχικά στην ιστοσελίδα του προγράμματος (<http://ecotransit.org/index.en.html>) επιλέγετε η καρτέλα “calculation” και στο πεδίο “input mode” η επιλογή “extended”. Στη συνέχεια στο πεδίο “freight” πληκτρολογείται η ποσότητα του φορτίου που θα μεταφερθεί σε τόνους. Στα πεδία “origin” και “destination” επιλέγονται οι περιοχές ,μεταξύ των οποίων, θα μεταφερθεί το φορτίο. Στο πεδίο “transport service” επιλέγεται το μέσο μεταφοράς, στην προκειμένη περίπτωση “truck”, την κατηγορία βάρους και την κατηγορία EURO. Για τον συντελεστή φόρτωσης, επιλέχθηκε ο συντελεστής του προγράμματος για μεσαίου βάρους αγαθά ο οποίος προέρχεται από εκτιμήσεις του Ινστιτούτου Ενέργειας και Περιβαλλοντικών Ερευνών (IFEU) και είναι 60%. Τέλος όσον αφορά τον συντελεστή «άδειου» δρομολογίου χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα του πίνακα 7.

Έτσι, για τον υπολογισμό για παράδειγμα των εκπομπών και της κατανάλωσης ενέργειας στη διαδρομή Russian border – Hamina-Kotka των φορτηγών EURO II και 3.5-7.5T αναγράφουμε το φορτίο που θα μεταφέρεται σε τόνους (890 τόνοι Πίνακας 15) την κατηγορία EURO και βάρους, τον συντελεστή «άδειου» δρομολογίου 0.28 και την αφετηρία-προορισμό. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για όλες τις κατηγορίες και τις διαδρομές προκειμένου να υπολογιστούν οι εκπομπές για ολόκληρο τον διάδρομο Σκανδιναβίας-Μεσογείου. Αξίζει να αναφερθεί, σύμφωνα με τη μεθοδολογία του προγράμματος (EcoTransIT World: Methodology and Data, December 2014), ότι:

- Στην κατηγορία 3.5-7.5T του προγράμματος χρησιμοποιείται φορτηγό 7.5 τόνων μεικτού βάρους με ωφέλιμο φορτίο 3.5 τόνους. Άρα χρησιμοποιώντας τον συντελεστή φόρτωσης 60%, σε κάθε δρομολόγιο μεταφέρεται φορτίο 2.1 τόνων.
- Στην κατηγορία 7.5-12T χρησιμοποιείται φορτηγό 12 τόνων μεικτού βάρους με ωφέλιμο φορτίο 6 τόνους. Άρα χρησιμοποιώντας τον συντελεστή φόρτωσης 60%, σε κάθε δρομολόγιο μεταφέρεται φορτίο 3.6 τόνων.
- Στην κατηγορία 12-20T χρησιμοποιείται φορτηγό 20 τόνων μεικτού βάρους με ωφέλιμο φορτίο 11 τόνους. Άρα χρησιμοποιώντας τον συντελεστή φόρτωσης 60%, σε κάθε δρομολόγιο μεταφέρεται φορτίο 6.6 τόνων.
- Στην κατηγορία 20-26T χρησιμοποιείται φορτηγό 26 τόνων μεικτού βάρους με ωφέλιμο φορτίο 17 τόνους. Άρα χρησιμοποιώντας τον συντελεστή φόρτωσης 60%, σε κάθε δρομολόγιο μεταφέρεται φορτίο 10.2 τόνων.
- Στην κατηγορία 26-40T χρησιμοποιείται φορτηγό 40 τόνων μεικτού βάρους με ωφέλιμο φορτίο 26 τόνους. Άρα χρησιμοποιώντας τον συντελεστή φόρτωσης 60%, σε κάθε δρομολόγιο μεταφέρεται φορτίο 15.6 τόνων.

- Στην κατηγορία 44-60T χρησιμοποιείται φορτηγό 60 τόνων μεικτού βάρους με ωφέλιμο φορτίο 41 τόνους. Άρα χρησιμοποιώντας τον συντελεστή φόρτωσης 60%, σε κάθε δρομολόγιο μεταφέρεται φορτίο 24.6 τόνων. Με την κατηγορία αυτή θα «μεταφερθούν» τα φορτία της κατηγορίας >40T που έχουμε υπολογίσει.

Το καύσιμο σε όλες τις περιπτώσεις είναι το diesel με κατώτερη θερμογόνο δύναμη 43.1 MJ/kg καυσίμου.

Πατώντας την επιλογή “calculation”, εμφανίζονται τα αποτελέσματα. Επιλέγεται το πεδίο “WTT-TTW” και τα αποτελέσματα εμφανίζονται για τη διαδρομή από την «πηγή έως το ντεπόζιτο» (WTT), και για τη διαδρομή από το «ντεπόζιτο στον τροχό» (TTW). Τα αποτελέσματα είναι τα εξής: κατανάλωση ενέργειας (Megajoule), διοξείδιο του άνθρακα (τόνοι), αέρια του θερμοκηπίου σε ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα(CO₂, τόνοι), οξείδια του αζώτου (NO_x, κιλά), υδρογονάνθρακες εκτός μεθανίου (NMHC, κιλά), διοξείδιο του θείου(SO₂,κιλά) και αιωρούμενα σωματίδια (PM,κιλά).Ο πίνακας 17 παρουσιάζει τα αποτελέσματα του Ecotransit για το παράδειγμα στη διαδρομή Russian border – Hamina-Kotka που προαναφέρθηκε.

Energy consumption (MJ)		CO ₂ (Tonnes)		GHG as CO ₂ e (Tonnes)		Nox (kg)		NM (kg)		SO ₂ (kg)		PM (kg)	
WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
38463.6715	163517.84	2.59326	11.39	2.9514447	11.573675	7.88007	127.8606	5.716633	3.470097	16.1871	0.077368	0.994322	1.871159

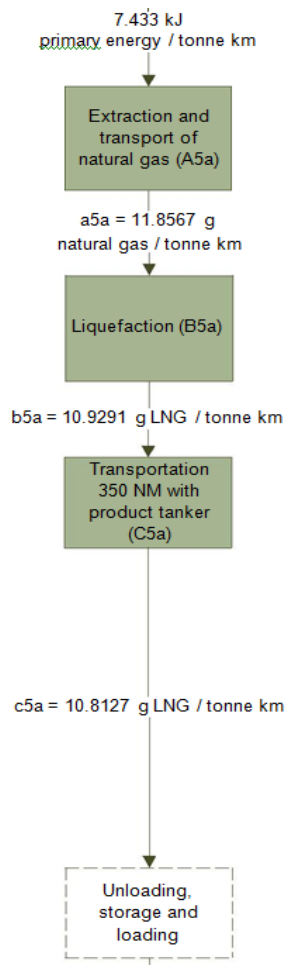
Πίνακας 17:Παράδειγμα αποτελεσμάτων ecotransit για φορτηγά.

5.1.5. Υπολογισμός εκπομπών CNG/LNG

Η ίδια διαδικασία που εκτελέστηκε για τον υπολογισμό των εκπομπών, χρησιμοποιώντας ως καύσιμο το diesel, θα εκτελεστεί και για τα καύσιμα CNG και LNG που αποτελούν τις δύο πιο επικρατούσες εναλλακτικές καυσίμων και όπως έχει αναφερθεί, προωθούνται με ποικίλες ενέργειες από την ΕΕ. Επειδή στην περίπτωση των καυσίμων αυτών δεν υπάρχει κάποιο υπολογιστικό πρόγραμμα, όπως το ecotransit για το diesel, για τον υπολογισμό των εκπομπών, θα δημιουργηθεί ένας αλγόριθμος υπολογισμού τους με βάση τη μελέτη των Bengtsson κ.ά. (Bengtsson et al, 2011). Έτσι, θα υπολογιστούν οι εκπομπές κατά τη φάση «από την πηγή στον ντεπόζιτο» (WTT), αλλά και κατά τη φάση της λειτουργίας του οχήματος, «από το ντεπόζιτο στον τροχό» (TTW). Επειδή με τη διαδρομή που επιλέγουμε για την παραγωγή των δύο καυσίμων οι διαφορές είναι πολύ μικρές στις εκπομπές και την κατανάλωση ενέργειας, τα δύο καύσιμα εξετάζονται ως το ίδιο καύσιμο.

5.1.5.1. Υπολογισμός εκπομπών και κατανάλωσης ενέργειας κατά τη φάση παραγωγής του καυσίμου CNG/LNG (WTT)

Στην εικόνα 5 παρουσιάζεται το «μονοπάτι» παραγωγής του φυσικού αερίου και η κατανάλωση ενέργειας, σύμφωνα με τη μελέτη των Bengtsson κ.ά. Η μελέτη αυτή αφορά τη χρήση του φυσικού αερίου ως ναυτιλιακό καύσιμο και γι αυτό θα ακολουθήσουν ορισμένες τροποποιήσεις.



Εικόνα 5: Στάδια παραγωγής φυσικού αερίου. Πηγή: Bengtsson κ.ά, 2011

Στα στάδια της εικόνας 5 προστίθεται το στάδιο της μεταφοράς από τον τερματικό σταθμό εκφόρτωσης στον σταθμό ανεφοδιασμού με φορτηγό μεταφοράς LNG και το στάδιο της συμπίεσης, εξάτμισης και διανομής στα καταστήματα λιανικής. Έτσι, συγκεντρωτικά, τα στάδια παραγωγής του CNG/LNG είναι τα εξής:

1. Εξόρυξη και μεταφορά του φυσικού αερίου.(Bengtsson et al, 2011)
2. Υγροποίηση. (Bengtsson et al, 2011)
3. Θαλάσσια μεταφορά με δεξαμενόπλοιο. (Bengtsson et al, 2011)
4. Αποθήκευση στον τερματικό εκφόρτωσης.(JEC WTW study version 4a, 2013)
5. Οδική μεταφορά με φορτηγό στο σταθμό ανεφοδιασμού. (JEC WTW study version 4a, 2013)
6. Εξάτμιση του LNG , συμπίεση σε CNG και διανομή στο όχημα. (JEC WTW study version 4a, 2013)

Για την παραγωγή του LNG το μόνο στάδιο το οποίο παραλείπεται είναι το 6^ο. Έτσι το LNG μετά τη μεταφορά του στο στάδιο 5 διανέμεται απευθείας στο κατάστημα λιανικής. Στη συνέχεια παρουσιάζονται η κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές σε κάθε στάδιο παραγωγής ανά τόνο παραγόμενου καυσίμου. Από τη μελέτη γίνεται η παραδοχή ότι οι υδρογονάνθρακες που παράγονται είναι μεθάνιο (CH₄) γι αυτό οι υπόλοιποι υδρογονάνθρακες είναι μηδενικοί (NMHC=0). Σε όλους τους υπολογισμούς χρησιμοποιείται η κατώτερη θερμογόνος δύναμη του φυσικού αερίου 48 MJ/kg.

Εξόρυξη και μεταφορά του φυσικού αερίου

Στον πίνακα 18 τα δεδομένα είναι ανά τόνο φυσικού αερίου αφού δεν έχει γίνει ακόμα η υγροποίηση και άρα δεν έχουμε LNG. Στην τρίτη στήλη αναγράφεται η ποσότητα των αερίων θερμοκηπίου σε ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα. Αυτό γίνεται ως εξής:

$$\text{GHG as CO}_2\text{e}=\text{CO}_2+25*\text{CH}_4+298*\text{NO}_2$$

Αφού το μεθάνιο είναι 25 φορές πιο ισχυρό και το υποξείδιο του αζώτου 298 από το διοξείδιο του άνθρακα ως προς το δυναμικό υπερθέρμανσης.

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MJ/τόνο ΦΑ)	CO ₂ (τόνοι/τόνο ΦΑ)	GHG as CO ₂ e (τόνοι/τόνο ΦΑ)	NO _x (kg/ τόνο ΦΑ)	NMHC (kg/ τόνο ΦΑ)	SO ₂ (kg/ τόνο ΦΑ)	CH ₄ (τόνοι/τόν ο ΦΑ)	N ₂ O (τόνοι/τόν ο ΦΑ)
626.871	0.06763	0.114764	0.04284	0.09021	0.09893	9.5*10 ⁽⁻⁵⁾	0.00015

Πίνακας 18: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές κατά τη φάση της εξόρυξης του ΦΑ.

Υγροποίηση

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MJ/τόνο LNG)	CO2 (τόνοι/τόνο LNG)	GHG as CO2e (τόνοι/τόνο LNG)	NOx (kg/ τόνο LNG)	NMHC (kg/ τόνο LNG)	SO2 (kg/ τόνο LNG)	PM (kg/ τόνο LNG)	CH4 (τόνοι/τόν ο LNG)	N2O (τόνοι/τόν ο LNG)
4073.60832	0.2279	0.27859957	0.1866	0.01244	0.001268	0.001244	0.001939	7.5*10 ⁽⁻⁶⁾

Πίνακας 19: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές κατά τη φάση της υγροποίησης του ΦΑ.

Θαλάσσια μεταφορά με δεξαμενόπλοιο

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MJ/τόνο LNG)	CO2 (τόνοι/τόνο LNG)	GHG as CO2e (τόνοι/τόνο LNG)	NOx (kg/ τόνο LNG)	PM (kg/ τόνο LNG)	CH4 (τόνοι/τό νο LNG)
517.005696	0.02947	0.03311	0.09015	0.004825	0.000146

Πίνακας 20: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές κατά τη φάση της θαλάσσιας μεταφοράς του LNG.

Αποθήκευση στον τερματικό εκφόρτωσης

Στο στάδιο αυτό τα δεδομένα προέρχονται από το Κοινό Κέντρο Ερευνών της ΕΕ και αφορούν μόνο τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και την κατανάλωση ενέργειας.

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MJ/τόνο LNG)	CO2 (τόνοι/τόνο LNG)	GHG as CO2e (τόνοι/τόνο LNG)
480	0.03264	0.0336

Πίνακας 21: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές κατά τη φάση της αποθήκευσης του LNG.

Οδική μεταφορά με φορτηγό στο σταθμό ανεφοδιασμού

Από το Κοινό Κέντρο Ερευνών έχουμε ότι κατά τη οδική μεταφορά του LNG δαπανώνται 0.02 MJ ενέργειας ανά MJ LNG. Άρα χρησιμοποιώντας την κατώτερη θερμογόνο δύναμη 48 MJ/kg δαπανώνται 960 MJ ανά τόνο LNG. Από τη μεθοδολογία

του ecotransit world (EcoTransIT World, December 2014) για μεταφορά βαρέων αγαθών με φορτηγό 40 τόνων μεικτού βάρους (συντελεστής φόρτωσης 100%, συντελεστής «άδειου» δρομολογίου 60%) και κατανάλωση 960 MJ προκύπτουν οι εξής τιμές:

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MJ/τόνο LNG)	CO2 (τόνοι/τόνο LNG)	GHG as CO2e (τόνοι/τόνο LNG)	NOx (kg/ τόνο LNG)	NMHC (kg/τόνο LNG)	SO2 (kg/ τόνο LNG)	PM (kg/ τόνο LNG)
960	0.066923993	0.06786218	0.1845101	0.003065	0.000438	0.0030335

Πίνακας 22: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές κατά τη φάση της οδικής μεταφοράς του LNG.

Εξάτμιση του LNG , συμπίεση σε CNG και διανομή στο όχημα

Από τα στοιχεία του Κοινού Κέντρου Ερευνών έχουμε:

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MJ/τόνο LNG)	CO2 (τόνοι/τόνο LNG)	GHG as CO2e (τόνοι/τόνο LNG)
1440	0.07392	0.0768

Πίνακας 23: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές κατά τη φάση της εξάτμισης, συμπίεσης και διανομής του LNG/CNG.

Όπως αναφέρθηκε το στάδιο αυτό δεν περιλαμβάνεται στη διαδικασία παραγωγής του LNG, πλην της διανομής η οποία όμως κατέχει πολύ μικρό ποσοστό ενέργειας και εκπομπών (JEC, 2013).

5.1.5.2. Υπολογισμός εκπομπών και κατανάλωσης ενέργειας κατά τη φάση λειτουργίας του οχήματος με CNG/LNG (TTW)

Τα στοιχεία για το διοξείδιο του άνθρακα και τα αέρια του θερμοκηπίου κατά τη φάση της λειτουργίας του οχήματος, δηλαδή κατά την καύση του CNG/LNG, προέρχονται από το Κοινό Κέντρο Ερευνών. Για τις εκπομπές ρύπων (NOx, NMHC, PM) χρησιμοποιούνται τα στοιχεία των κατασκευαστικών εταιριών IVECO (2014) και SCANIA (2014) και εκλαμβάνεται ο μέσος όρος τους. Τα φορτηγά LNG/CNG είναι τελευταίας τεχνολογίας και ικανοποιούν τα πρότυπα εκπομπών ρύπων EURO VI. Τέλος για την κατανάλωση ενέργειας χρησιμοποιήθηκε η εκτίμηση της SCANIA για θερμική αποδοτικότητα 40% στα φορτηγά CNG EURO VI έναντι 43% στα φορτηγά EURO VI που έχουν ως καύσιμο το diesel. Έτσι ένα φορτηγό CNG/LNG EURO VI καταναλώνει

7.5% περισσότερη ενέργεια απ' ότι το αντίστοιχο diesel EURO VI. Οι εκπομπές διοξειδίου του θείου είναι αμελητέες σύμφωνα με τη μελέτη των Meyer κ.ά. (Meyer et al, 2011).

	Nox	NMHC	PM	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ
	g/kwh	g/kwh	mg/kwh	
IVECO	0.2	0.01	0.4	0.4
SCANIA	0.28	0.01	3.2	0
average	0.24	0.01	1.8	0.4

Πίνακας 24: Στοιχεία των IVECO και SCANIA για εκπομπές ρύπων και θερμική αποδοτικότητα σε φορτηγά CNG/LNG EURO VI.

Για να μετατρέψουμε τα γραμμάρια ανά kwh παραγόμενης ενέργειας (ενέργεια καυσίμου χωρίς της απώλειες θερμότητας) σε γραμμάρια αν MJ καυσίμου διαιρούμε με την θερμική αποδοτικότητα (0.4) και με 3.6 (για την μετατροπή kwh σε MJ). Έτσι έχουμε:

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MJ)	CO2 (τόνοι/τόνο ο LNG)	GHG as CO2e (τόνοι/τόνο LNG)	NOx (kg/ τόνο LNG)	NMHC (kg/ τόνο LNG)	SO2 (kg/ τόνο LNG)	PM (kg/ τόνο LNG)
1.075*MJ DIESEL	2.61	2.6448	1.0667	0.05333	αμελητέο	0.0096

Πίνακας 25: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές κατά τη λειτουργία του φορτηγού LNG/CNG.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω προκύπτει ο συγκεντρωτικός πίνακας για τις εκπομπές των καυσίμων CNG και LNG από την «πηγή στο ντεπόζιτο» (WTT) και από το «ντεπόζιτο στον τροχό» (TTW).

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (MJ/MJ καυσίμου)		CO2 (τόνοι/MJ καυσίμου)		GHG as CO2e (τόνοι/MJ καυσίμου)			
WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
0.168692711	1.075 MJ DIESEL	$1.0385 \cdot 10^{-5}$	$5.437 \cdot 10^{-5}$	$1.2598 \cdot 10^{-5}$	$5.51 \cdot 10^{-5}$		
NOx (kg/ MJ καυσίμου)		NMHC (kg/MJ καυσίμου)		SO2 (kg/MJ καυσίμου)		PM (kg/MJ καυσίμου)	
WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
$1.05 \cdot 10^{-5}$	$2.22 \cdot 10^{-5}$	$2.202 \cdot 10^{-6}$	$1.111 \cdot 10^{-6}$	$2.097 \cdot 10^{-6}$	0	$1.896 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-7}$

Πίνακας 26: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές από την πηγή στον τροχό για LNG/CNG.

5.2. Υπολογισμός εκπομπών σε πλοία

Όπως και στα φορτηγά έτσι και στα πλοία προκειμένου να υπολογιστούν οι εκπομπές και η κατανάλωση ενέργειας, θα πρέπει πρώτα από όλα να προσδιοριστούν οι όγκοι φορτίου μεταξύ των λιμανιών του διαδρόμου Σκανδιναβίας-Μεσογείου. Παρακάτω παρουσιάζονται λεπτομερώς οι όγκοι φορτίου μεταξύ όλων των λιμανιών του διαδρόμου διαφορετικών χωρών και η κατηγοριοποίησή τους στους διάφορους τύπους πλοίων.

5.2.1. Υπολογισμός όγκου φορτίου

Όπως έχει αναφερθεί, για τον υπολογισμό των φορτίων που μεταφέρονται από λιμάνι σε λιμάνι χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από το πρόγραμμα TRANSTOOLS (JRC, European Commission, 2009). Στο συγκεκριμένο αρχείο του προγράμματος (freight base matrix v6) οι περιοχές είναι σε επίπεδο NUTS (Κοινή ονοματολογία των εδαφικών στατιστικών μονάδων). Στην Γερμανία χρησιμοποιούνται NUTS 3 περιοχές, στις Σουηδία, Νορβηγία, Φινλανδία, Ιταλία NUTS 2, στη Δανία και στη Μάλτα NUTS 1. Έτσι έγινε η παραδοχή ότι το φορτίο μεταξύ δύο λιμανιών είναι το φορτίο μεταξύ των περιοχών NUTS στις οποίες ανήκουν. Υπήρχαν περιπτώσεις όπου οι NUTS περιοχές περιείχαν δύο από τα λιμάνια που μας ενδιαφέρουν. Για παράδειγμα στην Φινλανδία, στην περιοχή ‘Νότια Φινλανδία’ υπάρχουν και το λιμάνι Hamina-Kotka και το λιμάνι Turku-Naantali. Στις περιπτώσεις αυτές θεωρήσαμε μία ροή φορτίου και για τα δύο λιμάνια και για την απόστασή τους από ένα τρίτο λιμάνι πήραμε τον μέσο όρο των αποστάσεων. Έτσι για παράδειγμα, η Hamina-Kotka απέχει από την Στοκχόλμη 561 χμ και η Turku-Naantali απέχει από την Στοκχόλμη 304 χμ. Για την απόστασή τους, επομένως, παίρνουμε τον μέσο όρο που είναι 432,5 χμ. Για τον υπολογισμό των αποστάσεων μεταξύ των λιμανιών χρησιμοποιήθηκε το διαδικτυακό πρόγραμμα sea-distances.org. Ακόμα, για να βρούμε σε ποιες περιοχές NUTS ανήκουν τα λιμάνια του διαδρόμου χρησιμοποιήσαμε στοιχεία της Eurostat (Regions in the European Union-Nomenclature of territorial units for statistics NUTS 2010/EU-27, 2011).

Στον Πίνακα 27 παρουσιάζονται οι διασυνδέσεις μεταξύ των λιμανιών του διαδρόμου Σκανδιναβίας-Μεσογείου. Στην πρώτη στήλη αναγράφεται η χώρα της αφετηρίας/η χώρα προορισμού. Στην δεύτερη και στην τρίτη στήλη σημειώνονται το λιμάνι αφετηρίας και το λιμάνι προορισμού. Η τέταρτη στήλη περιέχει την ποσότητα του φορτίου που μεταφέρθηκε ανάμεσα στα δύο λιμάνια το 2005 σύμφωνα με τα δεδομένα του TRANSTOOLS. Έτσι, για να υπολογίσουμε το φορτίο για το έτος 2015, στην πέμπτη στήλη αναγράφεται το ποσοστό αύξησης ή μείωσης του φορτίου κάθε χρόνο σύμφωνα με στοιχεία της Eurostat (Πίνακας 28). Το ποσοστό αυτό καθορίζεται από την χώρα προέλευσης. Για παράδειγμα στην διαδρομή Helsinki-Stockholm το ετήσιο ποσοστό αύξησης του φορτίου είναι 1% που είναι το ποσοστό αύξησης της Φινλανδίας

την περίοδο 2005-2013. Συνεπώς, το φορτίο μεταξύ των δύο λιμανιών που το 2005 ήταν 320980 τόνοι, το 2015 είναι $320980 \times (1.01)^{10} = 354561$ τόνοι.

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, ιδιαίτερη έμφαση γίνεται μεταξύ των λιμανιών της Βαλτικής και Βόρειας θάλασσας, καθώς εκεί βρίσκονται τα περισσότερα λιμάνια του διαδρόμου και επίσης εκεί εστιάζεται το μεγαλύτερο πρόβλημα σχετικά με τις εκπομπές ρύπων και εφαρμόζονται οι πιο αυστηροί κανονισμοί του Διεθνούς Οργανισμού Ναυτιλίας (IMO). Για την περίπτωση της Ιταλίας-Μάλτας υπολογίστηκαν οι όγκοι φορτίου μόνο για βασικές διασυνδέσεις λιμανιών, που είναι είτε θαλάσσιες αρτηρίες (motorways of the sea, ScanMed Study, December 2014), είτε απορρέουν από τον ορισμό του διαδρόμου (Κεφάλαιο 2).

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

	ΑΦΕΤΗΡΙΑ	ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ(km)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΟ ΦΟΡΤΙΟ ΤΟ 2005 (tonnes)	ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΦΟΡΤΙΟΥ %	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΟ ΦΟΡΤΙΟ ΤΟ 2015 (tonnes)
FI/SE	Hamina-Kotka/ Turku-Naantali	Stockholm	429.201	348523	1	384986.217
	Helsinki	Stockholm	438.924	320980	1	354561.6098
	Hamina-Kotka/ Turku-Naantali	Malmö/ Trelleborg	1011.655	478642	1	528718.5434
	Helsinki	Malmö/ Trelleborg	988.968	206051	1	227608.4936
	Hamina-Kotka/ Turku-Naantali	Göteborg	1274.639	691012	1	763307.1441
	Helsinki	Göteborg	1272.324	265632	1	293422.9844
SE/FI	Stockholm	Hamina-Kotka/ Turku-Naantali	429.201	441277	0.8	477877.5331
	Stockholm	Helsinki	438.924	385019	0.8	416953.3647
	Malmö/ Trelleborg	Hamina-Kotka/ Turku-Naantali	1011.655	521144	0.8	564368.8864
	Malmö/ Trelleborg	Helsinki	988.968	215070	0.8	232908.4023
	Göteborg	Hamina-Kotka/ Turku-Naantali	1274.639	920607	0.8	996964.2698
	Göteborg	Helsinki	1272.324	347772	0.8	376617.0125
	FI/DK	Hamina-Kotka/ Turku-Naantali	København	1027.937	601735	1
Helsinki		København	1027.86	257022	1	283912.1879
DK/FI	København	Hamina-Kotka/ Turku-Naantali	1027.937	866661	-1	783792.6735
	København	Helsinki	1027.86	383375	-1	346717.478
FI/NO	Hamina-Kotka/ Turku-Naantali	Oslo	1520.029	79013	1	87279.508
	Helsinki	Oslo	1516.788	48381	1	53442.72305
NO/FI	Oslo	Hamina-Kotka/ Turku-Naantali	1520.029	318402	1	351713.894
	Oslo	Helsinki	1516.788	142931	1	157884.745
FI/DE	Helsinki	Lübeck	1151.944	870936	1	962055.1754
	Hamina-Kotka/ Turku-Naantali	Lübeck	1157.963	1497568	1	1654246.747
	Helsinki	Rostock	1074.16	148853	1	164426.3172
	Hamina-Kotka/ Turku-Naantali	Rostock	1075.549	368453	1	407001.336
	Helsinki	Hamburg	1335.292	76546	1	84554.40521
	Hamina-Kotka/ Turku-Naantali	Hamburg	1341.311	91513	1	101087.2846
	Helsinki	Bremen	1972.38	23155	1	25577.52531
	Hamina-Kotka/ Turku-Naantali	Bremen	1974.695	33695	1	37220.24252
	Lübeck	Helsinki	1151.944	818389	-0.5	778378.0686
	DE/FI	Lübeck	Hamina-Kotka/ Turku-Naantali	1157.963	726605	-0.5
Rostock		Helsinki	1074.16	97907	-0.5	93120.33954
Rostock		Hamina-Kotka/ Turku-Naantali	1075.549	112164	-0.5	106680.3167
Hamburg		Helsinki	1335.292	157621	-0.5	149914.9299
Hamburg		Hamina-Kotka/ Turku-Naantali	1341.311	103114	-0.5	98072.76999
Bremen		Helsinki	1972.38	27712	-0.5	26357.16394
Bremen		Hamina-Kotka/ Turku-Naantali	1974.695	20453	-0.5	19453.0555
DE/SE		Hamburg	Malmö/ Trelleborg	445.406	45580	-0.5
	Hamburg	Stockholm	1087.124	215810	-0.5	205259.0773
	Hamburg	Göteborg	603.752	113140	-0.5	107608.6002
	Lübeck	Malmö/ Trelleborg	259.28	298047	-0.5	283475.5211
	Lübeck	Stockholm	918.592	210170	-0.5	199894.8161
	Lübeck	Göteborg	518.56	298470	-0.5	283877.8406
	Rostock	Malmö/ Trelleborg	175.014	153674	-0.5	146160.8982
	Rostock	Stockholm	840.808	41486	-0.5	39457.75487
	Rostock	Göteborg	444.48	216231	-0.5	205659.4946
	Bremen	Malmö/ Trelleborg	1000.08	138988	-0.5	132192.8948
	Bremen	Stockholm	1735.324	89350	-0.5	84981.69016
	Bremen	Göteborg	755.616	590118	-0.5	561267.208

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

	ΑΦΕΤΗΡΙΑ	ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ(km)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΟ ΦΟΡΤΙΟ ΤΟ 2005 (tonnes)	ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΦΟΡΤΙΟΥ %	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΟ ΦΟΡΤΙΟ ΤΟ 2015 (tonnes)
SE/DE	Malmö/ Trelleborg	Hamburg	445.406	54790	0.8	59334.40908
	Stockholm	Hamburg	1087.124	247680	0.8	268223.151
	Göteborg	Hamburg	603.752	124420	0.8	134739.682
	Malmö/ Trelleborg	Lübeck	259.28	430486	0.8	466191.5026
	Stockholm	Lübeck	918.592	372450	0.8	403341.8628
	Göteborg	Lübeck	518.56	430700	0.8	466423.2523
	Malmö/ Trelleborg	Rostock	175.014	189474	0.8	205189.411
	Stockholm	Rostock	840.808	121262	0.8	131319.7502
	Göteborg	Rostock	444.48	386627	0.8	418694.7359
	Malmö/ Trelleborg	Bremen	1000.08	214055	0.8	231809.2158
	Stockholm	Bremen	1735.324	127467	0.8	138039.4072
	Göteborg	Bremen	755.616	928961	0.8	1006011.17
	DE/DK	Hamburg	København	466.704	329430	-0.5
Lübeck		København	277.8	237630	-0.5	226012.3003
Rostock		København	200.016	498872	-0.5	474482.213
Bremen		København	953.78	249413	-0.5	237219.231
DK/DE	København	Hamburg	466.704	417040	-0.5	396650.9688
	København	Lübeck	277.8	366260	-0.5	348353.5964
	København	Rostock	200.016	560382	-0.5	532984.9971
	København	Bremen	953.78	341823	-0.5	325111.3181
DE/NO	Hamburg	Oslo	824.14	184560	-0.5	175536.8857
	Lübeck	Oslo	740.8	46530	-0.5	44255.15437
	Rostock	Oslo	713.02	113930	-0.5	108359.9772
	Bremen	Oslo	857.476	226234	-0.5	215173.4493
NO/DE	Oslo	Hamburg	824.14	972650	1	1074410.71
	Oslo	Lübeck	740.8	1131510	1	1249890.981
	Oslo	Rostock	713.02	944523	1	1043341.004
	Oslo	Bremen	857.476	1796423	1	1984368.592
DK/SE	København	Malmö/ Trelleborg	64.82	677830	-1	613017.3019
	København	Stockholm	790.804	1549120	-1	1400996.36
	København	Göteborg	253.724	416440	-1	376620.8713
SE/DK	Malmö/ Trelleborg	København	64.82	705080	0.8	763560.9629
	Stockholm	København	790.804	1654080	0.8	1791273.214
	Göteborg	København	253.724	487390	0.8	527815.2517
DK/NO	København	Oslo	503.744	568728	-1	514347.4088
NO/DK	Oslo	København	503.744	1975067	1	2181702.707
SE/NO	Malmö/ Trelleborg	Oslo	301.876	61950	0.8	67088.27601
	Stockholm	Oslo	1285.288	127110	0.8	137652.7968
	Göteborg	Oslo	301.876	181880	0.8	196965.5471
NO/SE	Oslo	Malmö/ Trelleborg	301.876	78780	1	87022.13104
	Oslo	Stockholm	1285.288	258110	1	285114.0168
	Oslo	Göteborg	301.876	133970	1	147986.2261
IT/MT- MT/IT	Gioia Tauro	Palermo	305	393879	-2.1	318558.9012
	Palermo	Gioia Tauro	305	516446	-2.1	417687.8439
	Augusta	Valletta/ Marsaxlokk	187.052	34803	-2.1	28147.74446
	Valletta/ Marsaxlokk	Augusta	187.052	7488	-1.9	6180.959665
	Taranto	Valletta/ Marsaxlokk	598.196	46296	-2.1	37442.9784
	Valletta/ Marsaxlokk	Taranto	598.196	9542	-1.9	7876.43124
	Palermo	Valletta/ Marsaxlokk	446.332	34803	-2.1	28147.74446
	Valletta/ Marsaxlokk	Palermo	446.332	7491	-1.9	6183.436011

Πίνακας 27: Όγκοι φορτίου και αποστάσεις μεταξύ των λιμανιών του διαδρόμου Σκανδιναβίας-Μεσογείου

**«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»**

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013			Growth rate 2012-2013 (%)	Average annual growth rate 2005-2013 (%)
	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Total	Inwards	Outwards	Total		
EU-28 ⁽¹⁾	1 808.0	1 834.8	1 865.2	1 862.6	1 691.7	1 765.5	1 787.8	1 778.4	1 377.1	997.1	1 746.4	-1.8	-0.4
BELGIUM (BE) ⁽¹⁾	108.7	113.1	121.6	128.7	111.7	130.1	125.6	123.9	70.8	56.0	126.6	+2.2	+1.9
BULGARIA (BG)	17.9	20.0	19.4	20.9	18.2	18.9	21.2	22.1	10.8	13.3	24.1	+9.1	+3.8
DENMARK (DK)	71.6	74.8	76.8	76.7	65.2	66.8	67.7	66.2	39.7	31.5	66.3	+0.1	-1.0
GERMANY (DE) ⁽¹⁾	178.6	186.7	192.8	189.9	156.0	157.7	168.3	170.4	109.5	65.2	171.9	+0.9	-0.5
ESTONIA (EE)	34.9	37.4	30.0	22.9	22.6	28.3	31.2	25.5	9.5	19.0	28.3	+11.2	-2.6
IRELAND (IE)	37.2	39.6	40.5	38.1	35.0	37.1	36.1	37.0	23.7	14.5	37.1	+0.2	-0.0
GREECE (EL)	89.0	90.9	93.3	89.4	83.3	81.5	78.0	90.5	61.5	53.4	94.6	+4.5	+0.8
SPAIN (ES)	192.5	194.0	191.8	187.3	174.5	176.6	186.9	191.4	124.5	90.8	188.3	-1.7	-0.3
FRANCE (FR) ⁽¹⁾⁽²⁾	215.2	216.6	215.6	222.1	194.9	194.2	194.3	171.0	89.0	52.1	138.7	-18.9	-5.3
CROATIA (HR)	16.1	15.4	19.2	18.5	16.3	15.5	13.2	12.1	7.0	5.7	12.1	+0.1	-3.5
ITALY (IT)	322.8	323.6	329.8	334.0	308.5	310.7	298.7	285.5	216.6	131.1	272.3	-4.6	-2.1
CYPRUS (CY) ⁽²⁾	3.9	2.3	2.3	2.7	2.5	2.6	4.4	5.7	4.3	2.4	6.7	+17.7	+7.0
LATVIA (LV)	45.8	46.4	49.4	49.2	48.8	47.0	53.4	61.0	7.0	49.5	56.3	-7.7	+2.6
LITHUANIA (LT)	20.7	21.6	23.3	28.6	25.4	28.3	32.2	32.4	14.5	16.8	31.3	-3.3	+5.3
MALTA (MT)	3.2	3.3	3.0	3.1	3.0	3.5	3.0	3.0	2.6	0.2	2.8	-9.5	-1.9
NETHERLANDS (NL) ⁽¹⁾	253.5	253.0	259.3	250.8	243.8	275.9	242.3	267.6	187.7	75.3	262.8	-1.8	+0.5
POLAND (PL)	42.4	41.6	44.5	39.4	37.7	49.5	48.1	48.7	27.2	25.4	52.0	+6.7	+2.6
PORTUGAL (PT)	35.4	36.5	36.6	35.2	29.3	35.4	35.7	34.7	24.4	19.9	39.2	+13.2	+1.3
ROMANIA (RO) ⁽²⁾	22.1	21.2	19.4	22.8	22.6	24.0	24.6	23.9	9.7	16.7	26.4	+10.2	+2.2
SLOVENIA (SI)	7.3	6.7	8.8	8.7	7.8	7.8	7.9	8.8	4.6	4.6	9.2	+4.3	+2.9
FINLAND (FI)	83.3	90.9	95.9	97.7	79.0	91.2	94.7	88.0	49.9	44.3	90.2	+2.5	+1.0
SWEDEN (SE)	137.2	139.1	144.3	148.0	130.4	148.7	148.0	142.1	80.4	70.0	145.8	+2.6	+0.8
UNITED KINGDOM (UK)	355.2	369.3	365.6	348.4	313.4	316.3	320.1	311.0	201.9	139.6	306.7	-1.4	-1.8
ICELAND (IS) ⁽⁴⁾	:	:	:	:	1.9	2.0	2.1	2.1	:	:	:	:	:
NORWAY (NO)	140.2	142.2	144.9	138.9	126.5	140.1	145.4	147.4	52.8	113.8	152.3	+3.3	+1.0
TURKEY (TR)	:	:	:	211.4	214.5	242.6	256.9	254.6	159.5	126.8	264.0	+3.7	:

The columns "total" excludes double counting. These totals may therefore differ from the sum of inward and outward declarations (see methodological notes on "elimination of double counting" in "Data sources and availability").

(1) See methodological notes on "structural changes between 2005 and 2006" and "between 2006 and 2007" ("Data sources and availability").

(2) Please note that the 2012 and 2013 figures for France are Eurostat estimates based on partial data for French ports.

(3) See methodological notes by country in "Data sources and availability".

(4) Data available only for the port of Reykjavik 2009-2012

Πίνακας 28: Μέσοι ετήσιοι ρυθμοί αύξησης για την ναυτιλία μικρών αποστάσεων. Πηγή: Eurostat (2013)

5.2.2. Στοιχεία που προκύπτουν για τον διάδρομο

Από τα παραπάνω στοιχεία προκύπτουν τα εξής:

- Το μεταφερόμενο φορτίο μεταξύ όλων των λιμανιών του διαδρόμου Σκανδιναβίας-Μεσογείου για το έτος 2015 είναι 38660 χιλιάδες τόνοι με μέγιστο (2182 χιλιάδες) στη διαδρομή Oslo – København και ελάχιστο (6.18 χιλιάδες) στη διαδρομή Valletta/Marsaxlokk – Augusta. Κατά μέσο όρο το μεταφερόμενο βάρος σε κάθε διαδρομή είναι 394 χιλιάδες τόνοι.
- Τα συνολικά τονοχιλιόμετρα για το έτος 2015 είναι 30191.6 εκατομμύρια με μέγιστο στη διαδρομή Helsinki – Lubeck (1915.5 εκ.) και το ελάχιστο στη διαδρομή Valletta/Marsaxlokk – Augusta (1.156 εκ.). Κατά μέσο όρο έχουμε 308 εκ. ανά διαδρομή. Τα περισσότερα είναι εμφανώς μεταξύ των λιμανιών της Βόρειας-Βαλτικής θάλασσας είναι 29918 εκ.
- Οι μεγαλύτερες ποσότητες φορτίου μεταφέρονται από τη Νορβηγία στη Γερμανία (5352 χιλιάδες τόνοι, 4257 εκ. τονοχιλιόμετρα). Οι μικρότερες από τη Φινλανδία στη Νορβηγία (141 χιλιάδες τόνοι, 214 εκ. τονοχιλιόμετρα).

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

- Η χώρα με τις μεγαλύτερες εξαγωγές σε τόνους είναι η Σουηδία (10479 χιλιάδες) ενώ σε τονοχιλιόμετρα η Φινλανδία (7656 εκ.). Η χώρα με τις μικρότερες εξαγωγές και σε τόνους και σε τονοχιλιόμετρα είναι η Μάλτα (24.5 χιλιάδες, 10.4 εκ/ρια αντίστοιχα)
- Η χώρα με τις εισαγωγές και σε τόνους και σε τονοχιλιόμετρα είναι η Γερμανία (10884.4 χιλιάδες, 7652 εκ/ρια αντίστοιχα), ενώ με τις μικρότερες η Μάλτα (116 χιλιάδες τόνοι, 49.7 εκ/ρια τονοχιλιόμετρα)

Παρακάτω παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στοιχεία για τις χώρες του διαδρόμου:

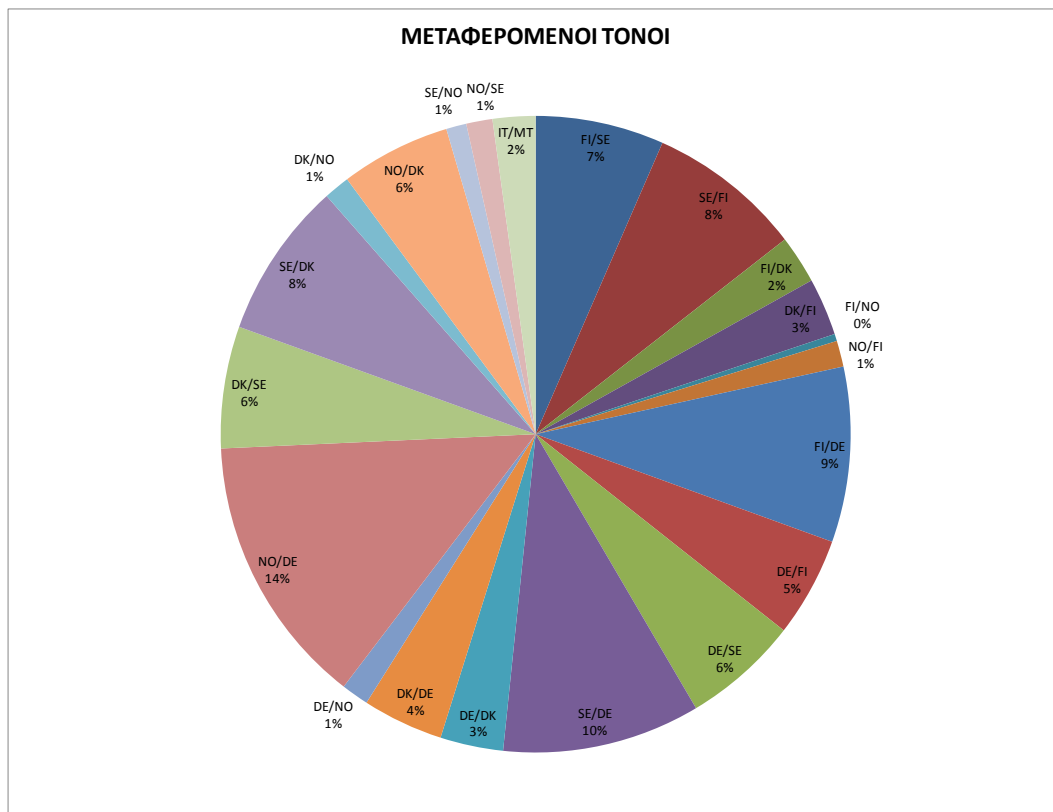
		ΧΩΡΑ ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΥ							
		ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	ΣΟΥΗΔΙΑ	ΔΑΝΙΑ	ΝΟΡΒΗΓΙΑ	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	ΙΤΑΛΙΑ	ΜΑΛΤΑ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ
ΧΩΡΑ ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ	ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	-	2552.605	948.602	140.7222	3436.169	-	-	7078.0982
	ΣΟΥΗΔΙΑ	3065.68947	-	3082.649	401.7066	3929.318	-	-	10479.363
	ΔΑΝΙΑ	1130.51015	2390.635	-	514.3474	1603.101	-	-	5638.593
	ΝΟΡΒΗΓΙΑ	509.598639	520.1224	2181.703	-	5352.011	-	-	8563.435
	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	1963.05802	2293.187	1251.038	543.3255	-	-	-	6050.6088
	ΙΤΑΛΙΑ	-	-	-	-	-	910.325	115.902	1026.227
	ΜΑΛΤΑ	-	-	-	-	-	24.521	-	24.521
	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	6668.85628	5203.944	6515.39	1459.379	10884.43	934.846	115.902	

Πίνακας 29: Φορτία μέσω θάλασσας μεταξύ των χωρών του διαδρόμου. Τα μεγέθη είναι σε χιλιάδες τόνους.

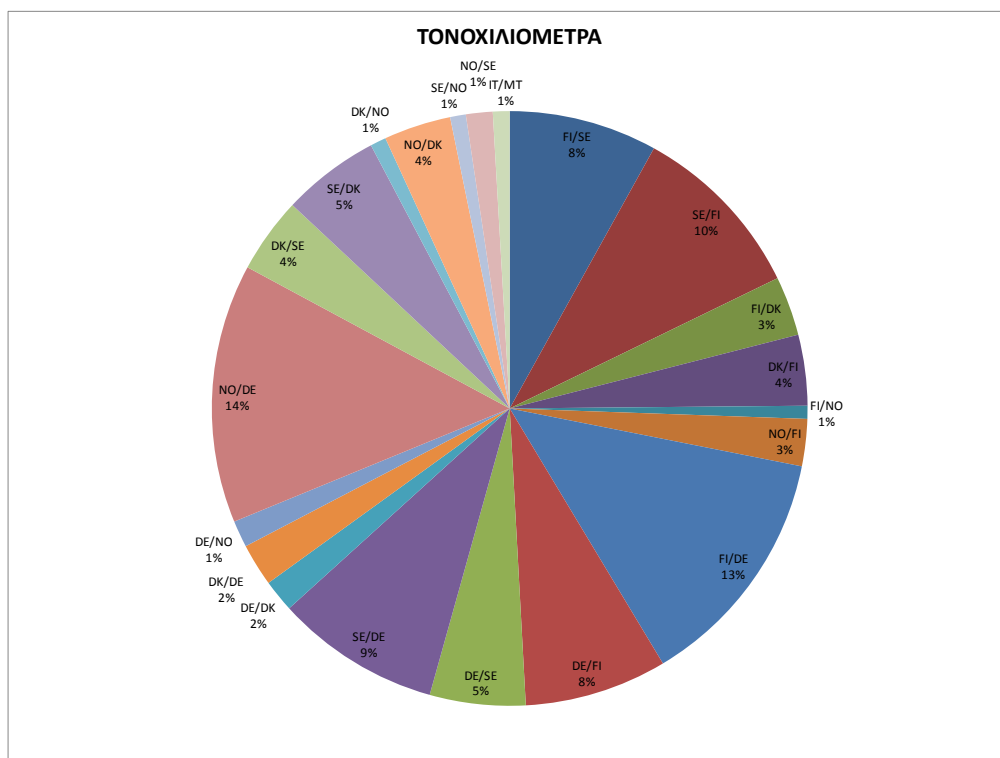
		ΧΩΡΑ ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΥ							
		ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	ΣΟΥΗΔΙΑ	ΔΑΝΙΑ	ΝΟΡΒΗΓΙΑ	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	ΙΤΑΛΙΑ	ΜΑΛΤΑ	ΑΘΡΟΙΣΜΑ
ΧΩΡΑ ΑΦΕΤΗΡΙΑΣ	ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	-	2427.111	975.0812	213.7287	4010.602	-	-	7626.5222
	ΣΟΥΗΔΙΑ	2939.35	-	1599.959	256.635	2696.574	-	-	7492.5192
	ΔΑΝΙΑ	1162.067	1243.207	-	259.0994	698.5814	-	-	3362.9544
	ΝΟΡΒΗΓΙΑ	774.093	437.397	1099.02	-	4256.856	-	-	6567.3652
	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	2333.787	1565.694	530.1749	439.2201	-	-	-	4868.876
	ΙΤΑΛΙΑ	-	-	-	-	-	277.64913	49.73775	327.38687
	ΜΑΛΤΑ	-	-	-	-	-	10.452105	-	10.452105
	ΑΘΡΟΙΣΜΑ	7209.297	3246.298	3229.154	954.9545	7652.011	288.10123	49.73775	

Πίνακας 30: Εκατομμύρια τονοχιλιόμετρα μεταξύ των χωρών του διαδρόμου.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»



Γράφημα 5: Ποσοστά μεταφερόμενων τόνων ανά χώρα εξαγωγών/εισαγωγών.

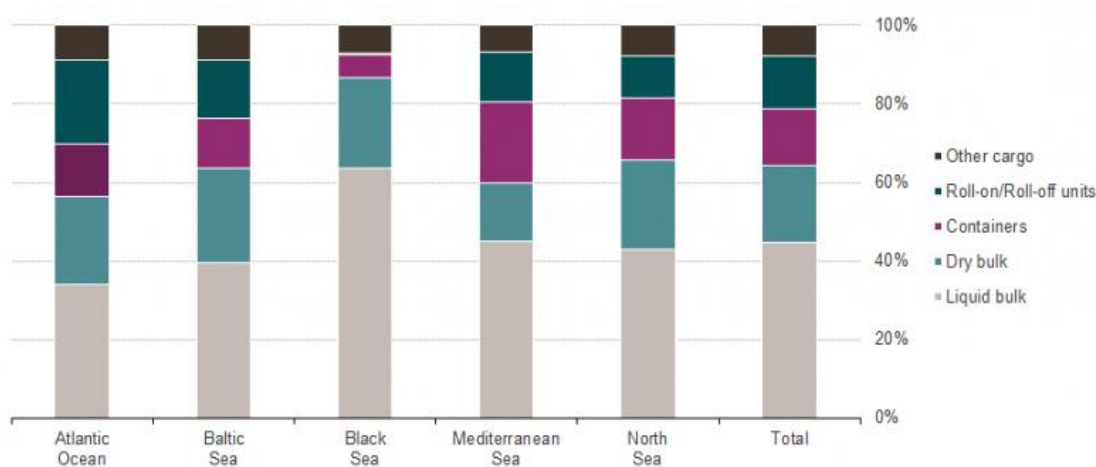


Γράφημα 6: Ποσοστά τονοχιλιόμετρων ανά χώρα εξαγωγών/εισαγωγών.

5.2.3. Κατηγοριοποίηση πλοίων

Στην ενότητα αυτή, όπως και στην αντίστοιχη των φορτηγών, θα γίνει η κατηγοριοποίηση των πλοίων που μεταφέρουν τις διάφορες ποσότητες φορτίων. Θα αποσαφηνιστεί δηλαδή με τι ακριβώς πλοία μεταφέρονται τα φορτία της προηγούμενης ενότητας. Η διαφορά εδώ είναι ότι η κατηγοριοποίηση των πλοίων δε θα γίνει με βάση το βάρος τους αλλά με βάση τον τύπο τους. Επίσης η κατηγοριοποίηση σε ηλικίες που θα γίνει δεν έχει κάποια επίπτωση στην κατανάλωση ενέργειας ή τις εκπομπές, όπως στα φορτηγά, που βάση της ηλικίας τους χωρίστηκαν και σε κατηγορίες EURO. Γίνεται δηλαδή η παραδοχή ότι οι διάφοροι τύποι πλοίων έχουν ίδιες καταναλώσεις και εκπομπές είτε είναι καινούργια πλοία είτε πλοία μεγαλύτερα των σαράντα ετών. Όσον αφορά τη μεταφορική ικανότητα κάθε τύπου πλοίου, χρησιμοποιήθηκαν μέσα μεγέθη τα οποία συμφωνούσαν και με τις επιλογές μεγεθών που υπάρχουν από το πρόγραμμα EcoTransit World.

Αρχικά γίνεται η κατηγοριοποίηση σε τύπους πλοίων σύμφωνα με τα στοιχεία της Eurostat για το ποσοστό του βάρους των φορτίων που μεταφέρονται σε κάθε θαλάσσια περιοχή της Ευρώπης. Να σημειωθεί ότι τα δεδομένα αυτά αναφέρονται σε μεταφορές εμπορευμάτων με ναυτιλία μικρών αποστάσεων (NMA), δηλαδή μεταξύ των λιμανιών π.χ. της Βαλτικής και δεν αφορούν μεταφορές που γίνονται από λιμάνια που ανήκουν σε άλλες θαλάσσιες περιοχές.



Εικόνα 6: Ποσοστό μεταφερόμενου βάρους ανά τύπο προϊόντος στις θαλάσσιες περιοχές της Ευρώπης με NMA. Πηγή: Eurostat (2013)

Η εικόνα 6 δείχνει το ποσοστό του βάρους των διαφόρων τύπων εμπορευμάτων σε σχέση με το συνολικό βάρος των μεταφερόμενων εμπορευμάτων. Για παράδειγμα το βάρος των εμπορευμάτων υγρού χύδην στη Βαλτική θάλασσα είναι το 40% του συνολικού βάρους των εμπορευμάτων που μεταφέρονται στη Βαλτική. Έτσι προκύπτει

ότι στη Βαλτική το 40% του βάρους των εμπορευμάτων μεταφέρεται με πλοία μεταφοράς φορτίου υγρού χύδην. Θεωρήθηκαν δηλαδή τα εξής:

- Τα εμπορεύματα υγρού χύδην μεταφέρονται με πλοία μεταφοράς υγρού φορτίου.
- Τα εμπορεύματα ξηρού χύδην μεταφέρονται με πλοία μεταφοράς ξηρού φορτίου.
- Τα containers μεταφέρονται με πλοία μεταφοράς container.
- Οι μονάδες roll-on/roll-off μεταφέρονται με πλοία Ro-Ro.
- Τα υπόλοιπα εμπορεύματα μεταφέρονται με πλοία γενικού φορτίου.

Για τα λιμάνια του διαδρόμου που βρίσκονται στη Βόρεια θάλασσα και τη Βαλτική πήραμε τα στοιχεία που αναφέρονται στη Βαλτική. Ο λόγος για τον οποίο έγινε αυτή η επιλογή είναι ότι μόνο δύο από τα λιμάνια αυτά βρίσκονται στη Βόρεια θάλασσα (Βρέμη, Αμβούργο) και άρα η κύρια θαλάσσια δραστηριότητα του διαδρόμου αφορά τη Βαλτική. Για τα λιμάνια της Ιταλίας και της Μάλτας πήραμε τα στοιχεία που αναφέρονται στη Μεσόγειο.

Έτσι καταλήγουμε στον πίνακα 31 που δείχνει το ποσοστό του βάρους των εμπορευμάτων ανά τύπο πλοίου.

ΤΥΠΟΣ ΠΛΟΙΟΥ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΕΠΙ %	
	ΒΑΛΤΙΚΗ	ΜΕΣΟΓΕΙΟΣ
ΥΓΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	40	45
ΞΗΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	24	16
ΠΛΟΙΑ CONTAINER	13	21
RO-RO	15	11
ΓΕΝΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	8	7

Πίνακας 31: Ποσοστό μεταφερόμενου βάρους ανά τύπο πλοίου σε Βαλτική και Μεσόγειο.

Ακολουθώς παρουσιάζονται τα ποσοστά των πλοίων ανά ηλικία. Τα στοιχεία προέρχονται από το Νορβηγικό νηογνώμονα (DNV) και αφορούν τη Βαλτική. Επειδή όπως έχει ήδη αναφερθεί η μεθοδολογία εστιάζει, λόγω των πολύ μεγαλύτερων μεταφερόμενων φορτίων, στις θαλάσσιες μεταφορές στη Βαλτική, τα ίδια στοιχεία θα χρησιμοποιηθούν και για τις μεταφορές φορτίου μεταξύ Ιταλίας-Μάλτας.

ΗΛΙΚΙΑ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΛΟΙΩΝ ΑΝΑ ΗΛΙΚΙΑ
0-10	23
10-20	27
20-30	26
30-40	20
>40	4

Πίνακας 32: Ποσοστό πλοίων ανά ηλικία στη Βαλτική. Πηγή: Det Norske Veritas (2010)

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

Με βάση όλα τα παραπάνω προκύπτουν 5 τύποι πλοίων και 5 ομάδες ηλικιών. Έτσι για παράδειγμα, μεταξύ των λιμανιών του Ελσίνκι και της Στοκχόλμης, όπου το έτος 2015 μεταφέρθηκαν 354562 τόνοι, οι μεταφερόμενοι τόνοι για κάθε κατηγορία από αυτές που αναφέρθηκαν είναι:

ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΟΙ ΤΟΝΟΙ		ΗΛΙΚΙΑ				
		0-10	10-20	20-30	30-40	>40
ΤΥΠΟΣ ΠΛΟΙΟΥ	ΥΓΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	32619.67	38292.65	36874.41	28364.929	5672.986
	ΞΗΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	19571.8	22975.59	22124.64	17018.957	3403.791
	ΠΛΟΙΑ CONTAINER	10601.39	12445.11	11984.18	9218.6019	1843.72
	ΓΕΝΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	12232.38	14359.75	13827.9	10636.848	2127.37
	RO-RO	6523.934	7658.531	7374.881	5672.9858	1134.597

Πίνακας 33: Μεταφερόμενοι τόνοι ανά τύπο και ηλικία πλοίου από το λιμάνι του Ελσίνκι στο λιμάνι της Στοκχόλμης.

Τέλος στον πίνακα 34 παρουσιάζονται τα μεταφερόμενα φορτία και τα τονοχιλιόμετρα ανά κατηγορία πλοίου για όλες τις θαλάσσιες μεταφορές μεταξύ των λιμανιών του διαδρόμου.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

ΤΥΠΟΣ ΠΛΟΙΟΥ	ΗΛΙΚΙΑ	ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΟΙ ΤΟΝΟΙ (Τ)	ΤΟΝΟΧΙΛΙΟΜΕΤΡΑ (Τ*ΚΜ)
ΥΓΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	0-10	3566527.423	2780775684
	10-20	4186793.061	3.31046E+11
	20-30	4031726.652	3.74226E+11
	30-40	3101328.194	2.77205E+11
	>40	620265.6387	42646888405
ΞΗΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	0-10	2118405.735	29299265454
	10-20	2486824.123	1.18357E+11
	20-30	2394719.526	1.33795E+11
	30-40	1842091.943	99107323330
	>40	368418.3886	15247280512
ΠΛΟΙΑ CONTAINER	0-10	1171587.852	9548449009
	10-20	1375342.261	35360366796
	20-30	1324403.658	39972588552
	30-40	1018772.045	29609324853
	>40	203754.409	4555280747
RO-RO	0-10	1325959.104	5973172224
	10-20	1556560.687	46269602227
	20-30	1498910.292	52304767735
	30-40	1153007.917	38744272396
	>40	230601.5833	5960657292
ΓΕΝΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	0-10	709394.4447	3659070529
	10-20	832767.3916	13186402466
	20-30	801924.1549	14906368005
	30-40	616864.7345	11041754078
	>40	123372.9469	1698731397
ΟΛΟΙ	0-10	8891874.558	24441728797
	10-20	10438287.52	2.06444E+12
	20-30	10051684.28	2.33371E+12
	30-40	7732064.833	1.72868E+12
	>40	1546412.967	2.6595E+11
ΥΓΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΟΛΕΣ	15506640.97	12090329062
ΞΗΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ		9210459.716	7.32482E+11
ΠΛΟΙΑ CONTAINER		5093860.224	4.69945E+11
ΓΕΝΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ		5765039.583	5.17841E+11
RO-RO		3084323.673	2.12732E+11

Πίνακας 34: Μεταφερόμενοι τόνοι ανά τύπο και ηλικία πλοίου μεταξύ όλων των λιμανιών του διαδρόμου.

5.2.4. Εισαγωγή δεδομένων στο πρόγραμμα ECOTRANSIT WORLD

Όπως και στην αντίστοιχη ενότητα για τα φορτηγά έτσι σ' αυτή την ενότητα επεξηγείται ο τρόπος με τον οποίο χρησιμοποιήθηκε το διαδικτυακό πρόγραμμα EcotransitWorld. Αρχικά στην ιστοσελίδα του προγράμματος (<http://ecotransit.org/index.en.html>) επιλέγετε η καρτέλα “calculation” και στο πεδίο “input mode” η επιλογή “extended”. Στη συνέχεια στο πεδίο “freight” πληκτρολογείται η ποσότητα του φορτίου που θα μεταφερθεί σε τόνους ή containers. Έτσι αναλόγως, στο πεδίο “unit” επιλέγουμε “Bulk(tons)”, αν έχουμε βάλει το φορτίο σε τόνους, ή “Container(TEU)”, αν έχουμε βάλει το φορτίο σε μονάδες container. Όπως είναι προφανές, η δεύτερη επιλογή προτιμάται στην περίπτωση που ο τύπος πλοίου είναι πλοίο μεταφοράς container ενώ η πρώτη για όλες τις άλλες περιπτώσεις. Ακόμα στο πεδίο “type” επιλέγουμε “average goods” το οποίο αυτόματα όπως υποδεικνύεται από το πρόγραμμα σημαίνει ότι έχουμε 10 τόνους ανά TEU. Στα πεδία “origin” και “destination” επιλέγονται τα λιμάνια, μεταξύ των οποίων, θα μεταφερθεί το φορτίο. Στο πεδίο “transport service” επιλέγεται το μέσο μεταφοράς, στην προκειμένη περίπτωση “sea ship”.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, σχετικά με την μεταφορική ικανότητα των διαφόρων τύπων πλοίων, επιλέχθηκαν μέσα μεγέθη τα οποία από τη μία ικανοποιούν τα στοιχεία τις βιβλιογραφίας και από την άλλη υπάρχουν ως επιλογές στο πρόγραμμα Ecotransit World. Αξίζει να αναφερθεί ότι μόνο στην περίπτωση των πλοίων container έχουμε στοιχεία για τη μεταφορική τους ικανότητα στον τομέα της ναυτιλίας μικρών αποστάσεων ο οποίος και μας ενδιαφέρει. Για όλους τους υπόλοιπους τύπους πλοίων τα στοιχεία μας αφορούν γενικά τα πλοία που ταξιδεύουν στη Βαλτική, αλλά όχι απαραίτητα αποκλειστικά σε αυτή. Έτσι επιλέχθηκαν οι εξής μεταφορικές ικανότητες:

- Για τα πλοία μεταφοράς container επιλέχτηκε ο τύπος “CC Feeder (<1K TEU)” ο οποίος μεταφέρει 1000 TEU. Σύμφωνα με τη μελέτη “Applied Short Sea Container Models in the Baltic Sea Region” (TransBaltic Extension, 2014) το μέσο μέγεθος είναι 1060 TEU άρα η προσέγγιση είναι αρκετά καλή.
- Για τα πλοία RO-RO βρίσκουμε σύμφωνα με τη μελέτη “Northern Europe LNG infrastructure project, Appendices”(Danish Maritime Authority, 2012) ότι ένα τυπικό πλοίο RO-RO έχει μεταφορική ικανότητα 4200 τόνους. Από τη μελέτη “Maritime transportation in the gulf of Finland in 2007 and in 2015” (Kuronen et al,2008) η μέση μεταφορική ικανότητα είναι 8587 τόνοι. Στο Ecotransit World επιλέγουμε τον τύπο GC coastal (<5000 DWT) ο οποίος είναι και ο κοντινότερος στα δεδομένα της βιβλιογραφίας. Ο τύπος αυτός έχει 5000 τόνους μεταφορική ικανότητα επομένως είναι μια καλή σχετικά προσέγγιση.
- Για τα πλοία υγρού, ξηρού και γενικού φορτίου έχουμε από τη μελέτη “Northern Europe LNG infrastructure project, Appendices” ότι το τυπικό μέγεθος γι αυτούς

του τύπου σε περιοχές SECA είναι 10 έως 25 χιλιάδες τόνους. Σύμφωνα με τα στοιχεία της μελέτης “Maritime transportation in the gulf of Finland in 2007 and in 2015” όσον αφορά τα πλοία ξηρού φορτίου το μέσο μέγεθος είναι 33895 τόνοι, για τα υγρού φορτίου από 19190 έως 58739 τόνοι και για τα γενικού φορτίου 4684 τόνοι. Για να συγκεράσουμε όλα αυτά τα στοιχεία αλλά και τις επιλογές που έχουμε από το πρόγραμμα επιλέγουμε και για τους τρεις τύπους τον τύπο πλοίου “GC/BC Handysize (15-30K DWT). Ο τύπος αυτός έχει 30000 τόνους μεταφορική ικανότητα. Άρα η προσέγγιση είναι σχετικά καλή για τα πλοία υγρού και ξηρού φορτίου αλλά ίσως όχι για τα γενικού φορτίου. Το γεγονός αυτό δεν θα επηρεάσει ιδιαίτερα τα αποτελέσματα δεδομένου ότι τα πλοία γενικού φορτίου μεταφέρουν μικρό ποσοστό των εμπορευμάτων (περίπου 7%).

Τέλος ανάλογα με τον τύπο πλοίου επιλεγούμε τα κατάλληλα δεδομένα στα πεδία “ship class”, “speed reduction”, “load factor”. Έτσι έχουμε:

- Για τα πλοία μεταφοράς υγρού φορτίου επιλέγουμε “Liquid” στο πεδίο “ship class”, 61% συντελεστή φόρτωσης και 25% μείωση ταχύτητας. Προκύπτει έτσι ότι κάθε πλοίο θα μεταφέρει $0.61 \cdot 30000 = 18300$ τόνους φορτίου.
- Για τα πλοία μεταφοράς ξηρού φορτίου επιλέγουμε “Dry” στο πεδίο “ship class”, 56% συντελεστή φόρτωσης και 25% μείωση ταχύτητας. Προκύπτει έτσι ότι κάθε πλοίο θα μεταφέρει $0.56 \cdot 30000 = 16800$ τόνους φορτίου.
- Για τα πλοία μεταφοράς container επιλέγουμε “Container” στο πεδίο “ship class”, 65% συντελεστή φόρτωσης και 25% μείωση ταχύτητας. Λόγω του γεγονότος ότι – όπως εξηγήσαμε παραπάνω- έχουμε επιλέξει 10 τόνους/ TEU κάθε πλοίο θα μεταφέρει $1000 \cdot 10 = 10000$ τόνους φορτίου. Επίσης στην κατηγορία αυτή το φορτίο θα μπει σε containers (TEU) άρα θα διαιρέσουμε όλα τα φορτία που υπολογίσαμε με τη μεθοδολογία της ενότητας 5.2.3 για τα πλοία μεταφοράς container με το 10.
- Για τα πλοία RO-RO επιλέγουμε “Dry” στο πεδίο “ship class”, 70% συντελεστή φόρτωσης και 25% μείωση ταχύτητας. Προκύπτει έτσι ότι κάθε πλοίο θα μεταφέρει $0.7 \cdot 5000 = 3500$ τόνους φορτίου.
- Για τα πλοία Γενικού φορτίου επιλέγουμε “Aggregated” στο πεδίο “ship class”, 60% συντελεστή φόρτωσης και 25% μείωση ταχύτητας. Προκύπτει έτσι ότι κάθε πλοίο θα μεταφέρει $0.6 \cdot 30000 = 18000$ τόνους φορτίου.

Οι συντελεστές φόρτωσης επιλέχθηκαν σύμφωνα με τη μεθοδολογία του προγράμματος (EcoTransIT World: Methodology and Data, December 2014-Seum 2010, IMO 2009, CCWG 2014). Το ποσοστό μείωσης της ταχύτητας επιλέχτηκε επίσης σύμφωνα με την ίδια μεθοδολογία και είναι αποτέλεσμα αναλύσεων πληροφοριών από την ιστοσελίδα <http://www.searates.com>.

Πατώντας την επιλογή “calculation” , εμφανίζονται τα αποτελέσματα. Επιλέγεται το πεδίο “WTT-TTW” και τα αποτελέσματα εμφανίζονται για τη διαδρομή από την «πηγή έως το ντεπόζιτο» (WTT), και για τη διαδρομή από το «ντεπόζιτο στον τροχό» (TTW). Τα αποτελέσματα είναι τα εξής: κατανάλωση ενέργειας (Megajoule), διοξείδιο του άνθρακα (τόνοι), αέρια του θερμοκηπίου σε ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα(CO₂, τόνοι), οξείδια του αζώτου (NO_x,κιλά), υδρογονάνθρακες εκτός μεθανίου (NMHC,κιλά), διοξείδιο του θείου(SO₂,κιλά) και αιωρούμενα σωματίδια (PM,κιλά).

Ο πίνακας 35 παρουσιάζει τα αποτελέσματα του Ecotransit World για το παράδειγμα μεταξύ των λιμανιών του Ελσίνκι και της Στοκχόλμης για το φορτίο που μεταφέρεται από πλοία υγρού χύδην. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ηλικία των πλοίων δεν έχει κάποια επίπτωση στις εκπομπές και την κατανάλωση ενέργειας. Για το λόγο αυτό δε θα εκτελέσουμε τη διαδικασία για κάθε κατηγορία ηλικίας, αλλά για το φορτίο υγρού χύδην και για τις 5 κατηγορίες ηλικιών (Πίνακας 33). Έτσι στο πεδίο “freight” πληκτρολογούμε την ποσότητα 141825 (τόνοι) και κάνουμε τις αντίστοιχες επιλογές που αναφέρθηκαν παραπάνω για τα πλοία υγρού φορτίου. Τα αποτελέσματα είναι τα εξής:

Energy consumption (MJ)		CO2 (Tonnes)		GHG as CO2e (Tonnes)		Nox (kg)		NM (kg)		SO2 (kg)		PM (kg)	
WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
534248.476	6010295.742	39.6	462.2	39.62142	467.04813	238.4	11296.9	209	669	567	6470.2	30	959

Πίνακας 35:Παράδειγμα αποτελεσμάτων ecotransit για πλοία.

Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για όλους του τύπους πλοίων και για όλες τις διαδρομές μεταξύ λιμανιών, όπως αυτές έχουν ήδη περιγραφεί σε προηγούμενη ενότητα. Τα αποτελέσματα του προγράμματος, όπως αυτά του πίνακα 35 αναφέρονται σε καύσιμο Heavy Fuel Oil με 2.37% περιεκτικότητα σε θείο καθ’ όλη τη λειτουργία του πλοίου εκτός ενός μικρού ποσοστού, περίπου 1%, όπου υποτίθεται καύσιμο με 1% περιεκτικότητα σε θείο.(Όπως MGO ή MDO για την περίοδο που το πλοίο είναι σε λιμάνι σύμφωνα με τη μεθοδολογία του προγράμματος.) Η κατώτερη θερμογόνος δύναμη του καυσίμου είναι 40.5 MJ/kg HFO.

5.2.5. Υπολογισμός εκπομπών με καύσιμο το MGO

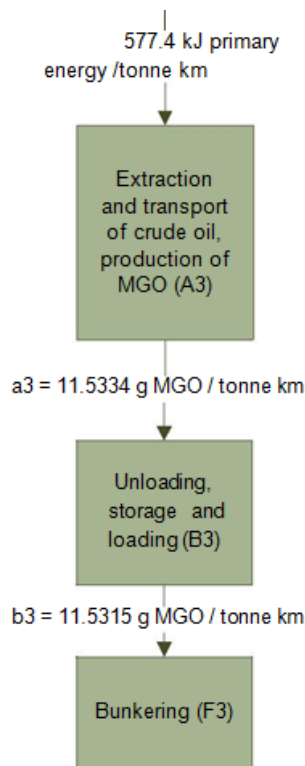
Από την 1^η Ιανουαρίου του 2015 το καύσιμο που χρησιμοποιείται στις περιοχές SECA (Περιοχές ελέγχου εκπομπών θείου), όπως η Βαλτική και η Βόρεια θάλασσα, δεν πρέπει να έχει περιεκτικότητα σε θείο πάνω από 0.1% όπως ορίζεται από το παράρτημα VI της MARPOL. Το γεγονός αυτό οδήγησε - κατά κύριο λόγο - στην εφαρμογή του Marine Gas Oil ως ναυτιλιακό καύσιμο όταν το πλοίο ταξιδεύει σε αυτές τις περιοχές. Οι δύο κύριοι λόγοι είναι ότι πρώτον ικανοποιεί τον κανονισμό του IMO και δεύτερον, απαιτεί το μικρότερο κόστος επένδυσης για τον πλοιοκτήτη σε σχέση με άλλες

εναλλακτικές όπως HFO με καταλύτη ή μετατροπή του πλοίου σε LNG. Παράλληλα η απόδοση της μηχανής του πλοίου παραμένει σχεδόν ίδια, όπως με το HFO.

Στην ενότητα αυτή υπολογίζονται οι εκπομπές και η κατανάλωση ενέργειας που έχει ένα πλοίο χρησιμοποιώντας ως καύσιμο το MGO. Όπως έγινε στην περίπτωση του HFO μέσω του προγράμματος Ecotransit World, έτσι και στην περίπτωση του MGO οι υπολογισμοί θα γίνουν σε επίπεδο «από την πηγή στον τροχό»(WTW). Αρχικά θα γίνει ο υπολογισμός των εκπομπών «από την πηγή στο ντεπόζιτο» (WTT) και στη συνέχεια «από το ντεπόζιτο στον τροχό».

5.2.5.1. Υπολογισμός εκπομπών και κατανάλωσης ενέργειας κατά τη φάση παραγωγής του καυσίμου MGO (WTT)

Στην εικόνα 7 παρουσιάζεται το «μονοπάτι» της παραγωγής του MGO και η κατανάλωση ενέργειας σε κάθε στάδιο σύμφωνα με τη μελέτη των Bengtsson κ.ά.



Εικόνα 7: Στάδια παραγωγής Marine Gas Oil. Πηγή: Bengtsson κ.ά, 2011

Έτσι τα στάδια παραγωγής του MGO είναι τα εξής:

1. Εξόρυξη και μεταφορά του αργού πετρελαίου, παραγωγή του MGO μέσω διύλισης του αργού πετρελαίου.
2. Εκφόρτωση, αποθήκευση και φόρτωση του καυσίμου.
3. Ανεφοδιασμός.

Σε όλους τους υπολογισμούς χρησιμοποιείται η κατώτερη θερμογόνος δύναμη 43 MJ/kg MGO. Τα μεγέθη στους παρακάτω πίνακες είναι σε τόνους ή κιλά ανά τόνο παραγόμενου καυσίμου. Τα αέρια του θερμοκηπίου υπολογίζονται σε ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα ως εξής:

$$\text{GHG as CO}_2\text{e}=\text{CO}_2+25*\text{CH}_4+298*\text{NO}_2$$

Εξόρυξη και μεταφορά του αργού πετρελαίου, παραγωγή του MGO μέσω διύλισης του αργού πετρελαίου

CO2 (τόνοι/ τόνο MGO)	GHG as CO2e (τόνοι/τόνο MGO)	Nox (kg/ τόνο MGO)	NMHC (kg/ τόνο MGO)	SO2 (kg/ τόνο)	PM (kg/ τόνο)	CH4 (τόνοι/ τόνο MGO)	N2O (τόνοι/ τόνο MGO)
0.3013	0.390373484	0.8756	0.2601	1.752	0.01965	0.00348	0.000006958

Πίνακας 36: Εκπομπές κατά την εξόρυξη του αργού πετρελαίου τη μεταφορά και τη διύλιση του σε MGO.

Εκφόρτωση, αποθήκευση και φόρτωση του καυσίμου

Στο στάδιο αυτό έχουμε μόνο εκπομπές υδρογονανθράκων χωρίς μεθάνιο οι οποίες είναι της τάξης 0.0001709 kg/τόνο MGO.

Μεταφορά και ανεφοδιασμός

CO2 (τόνοι/ τόνο MGO)	GHG as CO2e (τόνοι/τόνο MGO)	Nox (kg/ τόνο MGO)	NMHC (kg/ τόνο MGO)	SO2 (kg/ τόνο)	PM (kg/ τόνο)	CH4 (τόνοι/ τόνο MGO)	N2O (τόνοι/ τόνο MGO)
0.0002915	0.00029572	0.005966	0.0002246	0.000184	0.00014	1.808E-09	1.401E-08

Πίνακας 37: Εκπομπές κατά τον ανεφοδιασμό με MGO.

Τα στοιχεία για την κατανάλωση ενέργειας κατά την παραγωγή του καυσίμου προέρχονται από τη μεθοδολογία του προγράμματος EcoTransit World (EcoTransIT World: Methodology and Data, December 2014). Η ενέργεια που απαιτείται είναι 8200 MJ ανά τόνο MGO.

5.2.5.2.Υπολογισμός εκπομπών και κατανάλωσης ενέργειας κατά τη φάση λειτουργίας του πλοίου με MGO (TTW)

Σύμφωνα με την μελέτη των Bengtsson κ.ά. προκύπτει ο πίνακας 38 που δείχνει τις εκπομπές ρύπων και αερίων θερμοκηπίου κατά τη φάση της καύσης του MGO. Η κατανάλωση ενέργειας στο στάδιο αυτό είναι ίδια με την κατανάλωση ενέργειας του εάν για καύσιμο είχαμε το HFO.

CO2 (τόνοι/τόνο MGO)	GHG as CO2e (τόνοι/τόνο MGO)	Nox (kg/τόνο MGO)	NMHC (kg/τόνο MGO)	SO2 (kg/τόνο)	PM (kg/τόνο)	CH4 (τόνοι/τόνο MGO)	N2O (τόνοι/τόνο MGO)
3.17669499	3.714650425	65.007803	2.44754638	1.999306	1.47737	0.019698283	0.000152679

Πίνακας 38: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές κατά την καύση του MGO.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω προκύπτει ο συγκεντρωτικός πίνακας για τις εκπομπές του καυσίμου MGO από την «πηγή στο ντεπόζιτο» (WTT) και από το «ντεπόζιτο στον τροχό»(TTW). Τα μεγέθη όσον αφορά τις εκπομπές και την κατανάλωση ενέργειας (WTT) είναι ανά MJ καυσίμου.

Κατανάλωση ενέργειας (MJ)		CO2 (τόνοι/ MJ MGO)		GHG as CO2e (τόνοι/MJ MGO)		Nox (kg/ MJ MGO)		NMHC (kg/ MJ MGO)		SO2 (kg/ MJ MGO)		PM (kg/ MJ MGO)	
WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
0.1907	1*MJ HFO	7.01E-06	7.4E-05	9.09E-06	8.6387E-05	2E-05	0.0015	6.1E-06	6E-05	4E-05	5E-05	5E-07	3.4E-05

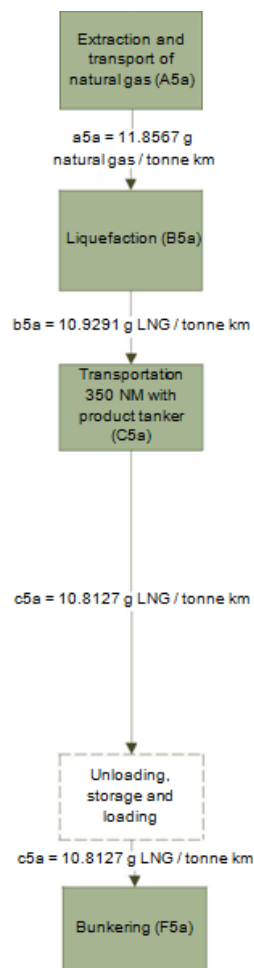
Πίνακας 39: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές από την «πηγή στον τροχό» για MGO.

5.2.6.Υπολογισμός εκπομπών με καύσιμο το LNG

Η εναλλακτική της χρησιμοποίησης του LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο έχει μεγαλύτερο κόστος επένδυσης απ' ότι το MGO. Από την άλλη, τα λειτουργικά και τα έξοδα συντήρησης μειώνονται, ενώ παράλληλα οι εκπομπές «συμμορφώνονται» με τους νέους κανονισμούς της MARPOL σχετικά με τα οξείδια του αζώτου. Ακόμα, μειώνονται και οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Στη συνέχεια, όπως για όλα τα καύσιμα που έχουν εξεταστεί, ανάλυση των εκπομπών και της κατανάλωσης ενέργειας όταν χρησιμοποιείται ως καύσιμο το LNG. Η ανάλυση και εδώ θα γίνει από την «πηγή στον τροχό» βασιζόμενη κυρίως στη μελέτη των Bengtsson κ.ά.

5.2.6.1. Υπολογισμός εκπομπών και κατανάλωσης ενέργειας κατά τη φάση παραγωγής του καυσίμου LNG (WTT)

Τα στάδια μέχρι το LNG να φτάσει στη δεξαμενή του πλοίου είναι περίπου τα ίδια όπως στην αντίστοιχη διαδικασία που έγινε για τα φορτηγά. Η διαφορά εντοπίζεται στα στάδια μετά τη μεταφορά του καυσίμου με πλοίο από τον τόπο παραγωγής (Νορβηγία) στον τόπο αποθήκευσης. Το στάδιο που ακολουθεί, στην περίπτωση της ναυτιλίας είναι ο ανεφοδιασμός του πλοίου ενώ στα φορτηγά έχουμε τη χερσαία μεταφορά του και την περαιτέρω κατεργασία στην περίπτωση του CNG, πριν την τελική διανομή του προϊόντος. Στην εικόνα 8 αναπαριστάται σχηματικά η διαδικασία. Για το λόγο αυτό ο αναγνώστης παραπέμπεται στην αντίστοιχη ενότητα για τα φορτηγά (ενότητα 5.1.5.1) για τις εκπομπές και την κατανάλωση ενέργειας στα τρία πρώτα στάδια.



Εικόνα 8: Στάδια παραγωγής LNG. Πηγή: Bengtsson κ.ά, 2011

Τα στάδια από «την πηγή στον τροχό» είναι:

1. Εξόρυξη και μεταφορά του φυσικού αερίου.

2. Υγροποίηση.
3. Θαλάσσια μεταφορά με δεξαμενόπλοιο.
4. Ανεφοδιασμός

Σε όλους τους υπολογισμούς χρησιμοποιείται η κατώτερη θερμογόνος δύναμη 48 MJ/kg LNG. Από τη μελέτη γίνεται η παραδοχή ότι οι υδρογονάνθρακες που παράγονται είναι μεθάνιο (CH₄) γι αυτό οι υπόλοιποι υδρογονάνθρακες είναι μηδενικοί (NMHC=0). Τα μεγέθη στους παρακάτω πίνακες είναι σε τόνους ή κιλά ανά τόνο παραγόμενου καυσίμου. Τα αέρια του θερμοκηπίου υπολογίζονται σε ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα ως εξής:

$$\text{GHG as CO}_2\text{e} = \text{CO}_2 + 25 * \text{CH}_4 + 298 * \text{NO}_2$$

Ανεφοδιασμός πλοίου με LNG

Κατανάλωση ενέργειας (MJ/τόνο LNG)	CO ₂ (τόνοι/τόνο LNG)	GHG as CO ₂ e (τόνοι/τόνο LNG)	Nox (kg/τόνο LNG)	PM (kg/τόνο LNG)	CH ₄ (τόνοι/τόνο LNG)
7.5312	0.0004293	0.000482325	0.001313	0.0000702	0.000002121

Πίνακας 40: Εκπομπές κατά τον ανεφοδιασμό με LNG.

5.2.6.2. Υπολογισμός εκπομπών και κατανάλωσης ενέργειας κατά τη φάση λειτουργίας του πλοίου με LNG (TTW)

Σύμφωνα με την μελέτη των Bengtsson κ.ά. προκύπτει ο πίνακας 41 που δείχνει τις εκπομπές ρύπων και αερίων θερμοκηπίου κατά τη φάση της καύσης του LNG. Η κατανάλωση ενέργειας στο στάδιο αυτό είναι 5% μεγαλύτερη από την αντίστοιχη ενέργεια που απαιτείται όταν σαν καύσιμο χρησιμοποιείται το HFO ή το MGO (Verbeek et al, 2011). Τα στοιχεία για τις εκπομπές θείου προέρχονται επίσης από τη μελέτη των Verbeek κ.ά.

Κατανάλωση ενέργειας (MJ/τόνο LNG)	CO ₂ (τόνοι/τόνο LNG)	GHG as CO ₂ e (τόνοι/τόνο LNG)	Nox (kg/τόνο LNG)	SO ₂ (kg/τόνο LNG)	PM (kg/τόνο LNG)	CH ₄ (τόνοι/τόνο LNG)
1.05*MJ HFO	2.73625	3.074257353	8.369705883	0.006864	0.450676471	0.01352029

Πίνακας 41: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές κατά την καύση του LNG .

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω προκύπτει ο συγκεντρωτικός πίνακας για τις εκπομπές του καυσίμου LNG από την «πηγή στο ντεπόζιτο» (WTT) και από το «ντεπόζιτο στον

τροχό»(TTW). Τα μεγέθη όσον αφορά τις εκπομπές και την κατανάλωση ενέργειας (WTT) είναι ανά MJ καυσίμου.

Energy consumption (MJ/MJ_LNG)		CO2 (t/MJ_LNG)		GHG as CO2e (t/MJ_LNG)		NOx (kg/MJ_LNG)		NMHC (kg/MJ_LNG)		SO2 (kg/MJ_LNG)		PM (kg/MJ_LNG)	
WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
0.1089	1.0518*MJ_HFO	6.78E-06	5.70E-05	8.89E-06	6.40E-05	1.00E-05	2.00E-05	2.00E-05	0.00E+00	2.00E-05	1E-07	1.00E-07	9.40E-06

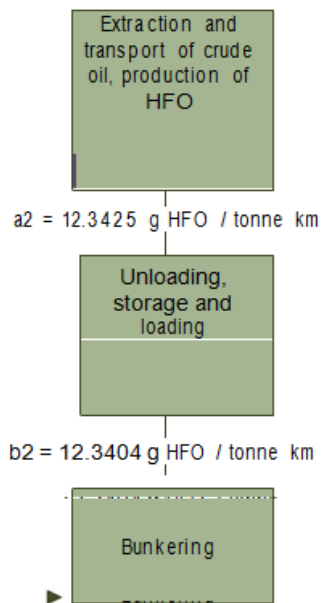
Πίνακας 42: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές από την «πηγή στον τροχό» για LNG.

5.2.7. Υπολογισμός εκπομπών με καύσιμο το HFO και προσθήκη συστήματος καθαρισμού αέρα

Η τελευταία εναλλακτική, προκειμένου οι εκπομπές της μηχανής του πλοίου να ικανοποιούν τους κανονισμούς του IMO, είναι η προσθήκη συστήματος καθαρισμού αέρα. Το καύσιμο HFO στην περίπτωση αυτή δεν μπορεί να έχει περιεχόμενο σε θείο άνω του 1%. Με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε θείο, οι εκπομπές διοξειδίου του θείου θα είναι μεγαλύτερες από τις απαιτούμενες. Έτσι το καύσιμο αυτό είναι απ' ό,τι το καύσιμο που χρησιμοποιείται από το Ecotransit World και το οποίο έχει 2.37% περιεκτικότητα σε θείο. Και στην περίπτωση αυτή, όπως και με το MGO δεν ικανοποιείται η βαθμίδα 3 του κανονισμού 13, παράρτημα VI της MARPOL σχετικά με τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου, που μπαίνει σε ισχύ από 1/1/2016. Για την ικανοποίηση του κανονισμού αυτού χρειάζεται περαιτέρω προσθήκη καταλύτη. Στη συνέχεια γίνεται η ανάλυση από την «πηγή στον τροχό».

5.2.7.1. Υπολογισμός εκπομπών και κατανάλωσης ενέργειας κατά τη φάση παραγωγής του καυσίμου HFO (WTT)

Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται στην ενότητα αυτή προέρχονται από τη μελέτη των Bengtsson κ.ά., όσον αφορά τις εκπομπές ρύπων και αερίων θερμοκηπίου και από τη μεθοδολογία του προγράμματος Ecotransit World όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας. Η διαδικασία στα πρώτα στάδια είναι ίδια με το MGO αφού και τα δύο καύσιμα προέρχονται από το αργό πετρέλαιο. Η κύρια διαφορά που υπάρχει είναι η διαδικασία διύλισης προκειμένου να πάρουμε ως προϊόν το HFO με περιεκτικότητα 1% σε θείο. Στην εικόνα 9 παρουσιάζεται σχηματικά η διαδικασία.



Εικόνα 9: Στάδια παραγωγής HFO 1% S. Πηγή: Bengtsson κ.ά, 2011

Έτσι τα στάδια παραγωγής του HFO είναι τα εξής:

1. Εξόρυξη και μεταφορά του αργού πετρελαίου, παραγωγή του HFO μέσω διύλισης του αργού πετρελαίου.
2. Εκφόρτωση, αποθήκευση και φόρτωση του καυσίμου.
3. Ανεφοδιασμός.

Σε όλους τους υπολογισμούς χρησιμοποιείται η κατώτερη θερμογόνος δύναμη 40.4 MJ/kg HFO. Τα μεγέθη στους παρακάτω πίνακες είναι σε τόνους ή κιλά ανά τόνο παραγόμενου καυσίμου. Τα αέρια του θερμοκηπίου υπολογίζονται σε ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα ως εξής:

$$\text{GHG as CO}_2\text{e} = \text{CO}_2 + 25 * \text{CH}_4 + 298 * \text{NO}_2$$

Εξόρυξη και μεταφορά του αργού πετρελαίου, παραγωγή του HFO μέσω διύλισης του αργού πετρελαίου

CO ₂ (τόνοι/τόνο HFO)	GHG as CO ₂ e (τόνοι/τόνο HFO)	Nox (kg/τόνο HFO)	NMHC (kg/τόνο HFO)	SO ₂ (kg/τόνο HFO)	PM (kg/τόνο HFO)	CH ₄ (τόνοι/τόνο HFO)	N ₂ O (τόνοι/τόνο HFO)
0.2693	0.344754454	0.7739	0.2373	1.56	0.01798	0.002944	6.223E-06

Πίνακας 43: Εκπομπές κατά την εξόρυξη του αργού πετρελαίου τη μεταφορά και τη διύλισή του σε HFO.

Εκφόρτωση, αποθήκευση και φόρτωση του καυσίμου

Στο στάδιο αυτό έχουμε μόνο εκπομπές υδρογονανθράκων χωρίς μεθάνιο οι οποίες είναι της τάξης 0.0001709 kg/τόνο HFO.

Μεταφορά και ανεφοδιασμός

CO2 (τόνοι/τόνο HFO)	GHG as CO2e (τόνοι/τόνο HFO)	Nox (kg/τόνο HFO)	NMHC (kg/τόνο HFO)	SO2 (kg/τόνο HFO)	PM (kg/τόνο HFO)	CH4 (τόνοι/τόνο HFO)	N2O (τόνοι/τόνο HFO)
0.000306	0.00031022	0.006328	0.0002246	0.001926	0.0003616	1.808E-09	1.401E-08

Πίνακας 44: Εκπομπές κατά τον ανεφοδιασμό με HFO.

Τα στοιχεία για την κατανάλωση ενέργειας κατά την παραγωγή του καυσίμου προέρχονται από τη μεθοδολογία του προγράμματος Ecotransit World (EcoTransIT World: Methodology and Data, December 2014). Η ενέργεια που απαιτείται είναι σύμφωνα με τη μεθοδολογία είναι 3.6 MJ για 40.5 MJ καυσίμου άρα 3591 MJ ανά τόνο HFO με θερμογόνο δύναμη 40.4 MJ/kg καυσίμου.

5.2.7.2. Υπολογισμός εκπομπών και κατανάλωσης ενέργειας κατά τη φάση λειτουργίας του πλοίου με HFO (TTW)

Σύμφωνα με την μελέτη των Bengtsson κ.ά. προκύπτει ο πίνακας 45 που δείχνει τις εκπομπές ρύπων και αερίων θερμοκηπίου κατά τη φάση της καύσης του HFO. Η κατανάλωση ενέργειας στο στάδιο αυτό είναι 2 % μεγαλύτερη από την κατανάλωση ενέργειας εάν για καύσιμο είχαμε το HFO χωρίς το σύστημα καθαρισμού. Η επιπλέον αυτή ενέργεια χρησιμοποιείται για τη λειτουργία του συστήματος καθαρισμού.

Κατανάλωση ενέργειας	CO2 (τόνοι/τόνο HFO)	GHG as CO2e (τόνοι/τόνο HFO)	Nox (kg/τόνο HFO)	NMHC (kg/τόνο HFO)	SO2 (kg/τόνο HFO)	PM (kg/τόνο HFO)	CH4 (τόνοι/τόνο HFO)	N2O (τόνοι/τόνο HFO)
1.02* MJ HFO	3.17817899	3.690942595	65.7272	2.3289359	1.9999352	2.816764	0.01877573	0.0001455

Πίνακας 45: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές κατά την καύση του HFO με σύστημα καθαρισμού.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω προκύπτει ο συγκεντρωτικός πίνακας για τις εκπομπές του καυσίμου HFO με σύστημα καθαρισμού από την «πηγή στο ντεπόζιτο» (WTT) και από το «ντεπόζιτο στον τροχό» (TTW). Τα μεγέθη όσον αφορά τις εκπομπές και την κατανάλωση ενέργειας (WTT) είναι ανά MJ καυσίμου.

Κατανάλωση ενέργειας (MJ)		CO2 (τόνοι/ MJ HFO)		GHG as CO2e (τόνοι/MJ HFO)		Nox (kg/ MJ HFO)		NMHC (kg/ MJ HFO)		SO2 (kg/ MJ HFO)		PM (kg/ MJ HFO)	
WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
0.0889	1.02* MJ HFO	6.67E-06	7.9E-05	8.54E-06	9.136E-05	2E-05	0.002	6E-06	0	4E-05	5E-05	5E-07	7E-05

Πίνακας 46: Κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές από την «πηγή στον τροχό» για HFO με σύστημα καθαρισμού.

Κεφάλαιο 6

Αποτελέσματα

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Παρουσιάζονται δηλαδή οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, ρύπων και η κατανάλωση ενέργειας για τα φορτηγά και τα πλοία που δραστηριοποιούνται στο διάδρομο Σκανδιναβίας-Μεσογείου, συνολικά, αλλά και ανά τονοχλιόμετρο. Αυτή η διαδικασία γίνεται και για τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται μέχρι τώρα στο διάδρομο αλλά και για τις υπόλοιπες εναλλακτικές. Τέλος γίνονται κάποια σενάρια αλλαγής/μετατροπής των συμβατικών κινητήρων, με κινητήρες που λειτουργούν με φυσικό αέριο, ενώ αναφέρονται τα πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα των μετατροπών αυτών.

6.1. Αποτελέσματα για τα φορτηγά

Τα αποτελέσματα που αφορούν τα φορτηγά παρουσιάζονται σε τρεις ενότητες. Η πρώτη ενότητα αφορά τις κατηγορίες των φορτηγών που δραστηριοποιούνται στον διάδρομο, όπως επίσης και τα φορτηγά που έχουν ως καύσιμο το φυσικό αέριο. Στη δεύτερη ενότητα παρατίθενται συνολικά στοιχεία για καθεμιά από τις διαδρομές του διαδρόμου Σκανδιναβίας Μεσογείου. Τα στοιχεία αυτά είναι το άθροισμα των αντίστοιχων στοιχείων όλων των κατηγοριών φορτηγών που δραστηριοποιούνται στις διαδρομές αυτές. Τέλος παρουσιάζονται κάποια σενάρια αντικατάστασης ή μετατροπής των φορτηγών diesel με φορτηγά ή κινητήρες φυσικού αερίου EURO VI καθώς και τα πλεονεκτήματα που απορρέουν των αντικαταστάσεων αυτών.

6.1.1. Αποτελέσματα για κάθε κατηγορία φορτηγών

Στον πίνακα 47 αναγράφονται τα αποτελέσματα του προγράμματος Ecotransit World για την κατηγορία φορτηγών EURO II 3.5-7.5T σε όλες τις διαδρομές. Υπενθυμίζεται ότι στη Σουηδία-Νορβηγία τα φορτηγά 3.5 έως 7.5 τόνων μεταφέρουν αμελητέα φορτία γι αυτό και τα αντίστοιχα μεγέθη είναι μηδενικά.

**«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»**

	EURO II 3.5-7.5T													
	Energy consumption (MJ)		CO2 (Tonnes)		GHG as CO2e (Tonnes)		Nox (kg)		NMHC (kg)		SO2 (kg)		PM (kg)	
	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
ΔΙΑΔΡΟΜΗ														
Russian border – Hamina-Kotka	38463.67	163517.8419	2.593	11.39	2.951445	11.573675	7.88	127.9	5.717	3.47	16.19	0.077	0.994	1.8712
Kotka-Hamina - Helsinki	86575.12	368050.5867	5.837	25.63	6.643195	26.050355	17.74	287.8	12.87	7.811	36.43	0.174	2.238	4.2117
Helsinki – Turku/Naantali	134231.2	570647.24	9.05	39.74	10.3	40.39	27.5	446.2	19.95	12.11	56.49	0.27	3.47	6.53
Stockholm – Mjölby	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mjölby – Helsingborg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Helsingborg – Malmö	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oslo – Göteborg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Göteborg – Helsingborg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malmö – Vellinge	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vellinge - Trelleborg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malmö – København	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
København - Ringsted	10378	44119.24317	0.699	3.073	0.795437	3.1232383	2.127	34.45	1.542	0.931	4.368	0.021	0.269	0.4981
Ringsted - Taulov	33023.12	140388.8257	2.224	9.777	2.531107	9.9382428	6.768	109.6	4.906	2.964	13.9	0.065	0.855	1.5851
Taulov - Hamburg	65625.95	278990.9	4.42	19.43	5.03	19.75	13.45	217.9	9.75	5.89	27.62	0.13	1.7	3.15
Lübeck - Hamburg	13351.17	56758.87117	0.901	3.952	1.024767	4.0168941	2.736	44.3	1.983	1.2	5.618	0.026	0.345	0.6461
Hamburg – Hannover	45440.34	193177.2543	3.066	13.45	3.487767	13.671388	9.312	150.8	6.751	4.086	19.12	0.088	1.174	2.199
Bremen – Hannover	17949.21	76306.20123	1.211	5.314	1.377689	5.4002823	3.678	59.55	2.667	1.614	7.553	0.035	0.464	0.8686
Hannover – Würzburg	82861.2	352261.88	5.59	24.53	6.36	24.93	16.98	274.9	12.31	7.45	34.87	0.16	2.14	4.01
Würzburg - Nürnberg	34207.47	145423.7863	2.308	10.13	2.62559	10.291818	7.01	113.5	5.082	3.076	14.4	0.066	0.883	1.6554
Rostock - Berlin	23881.9	101527.4243	1.611	7.07	1.833052	7.1852188	4.894	79.24	3.548	2.147	10.05	0.046	0.617	1.1557
Berlin - Leipzig	38839	165113.4636	2.62	11.5	2.981082	11.68528	7.959	128.9	5.77	3.492	16.34	0.075	1.003	1.8796
Leipzig – Nürnberg	68390.02	290741.5781	4.614	20.25	5.249266	20.576134	14.01	226.9	10.66	6.149	28.78	0.132	1.766	3.3097
Nürnberg - München	46518.4	197760.3203	3.138	13.77	3.570513	13.995737	9.533	154.3	6.911	4.182	19.58	0.09	1.201	2.2512
München – Rosenheim	12187.51	51811.86797	0.822	3.608	0.93545	3.6667887	2.497	40.44	1.811	1.096	5.129	0.024	0.315	0.5898
Rosenheim – Kufstein	6949.655	29544.56829	0.469	2.057	0.53342	2.0909049	1.424	23.06	1.032	0.625	2.925	0.013	0.179	0.3363
Kufstein - Wörgl	8940.186	38006.77267	0.603	2.645	0.686169	2.6906125	1.83	29.67	1.327	0.807	3.762	0.018	0.233	0.4325
Wörgl – Baumkirchen	21498.08	91393.25	1.45	6.36	1.65	6.47	4.4	71.35	3.19	1.94	9.047	0.043	0.56	1.04
Baumkirchen – Innsbruck	6797.285	28896.81184	0.458	2.011	0.521699	2.0456913	1.391	22.56	1.009	0.613	2.86	0.014	0.177	0.3288
Innsbruck - Patsch	3288.92	13981.95119	0.222	0.973	0.252428	0.9898239	0.673	10.92	0.488	0.297	1.384	0.007	0.086	0.1591
Patsch Fortezza (via Brenner)	27075.89	115105.7897	1.826	8.01	2.078103	8.1486812	5.542	89.86	4.018	2.443	11.39	0.054	0.705	1.3098
Fortezza - Verona	189869.2	807177.136	12.8	56.21	14.56925	57.133739	38.9	629.9	28.22	17.08	79.9	0.381	4.91	9.2047
Verona - Bologna	72513.07	308269.6171	4.887	21.47	5.564153	21.819988	14.86	240.6	10.78	6.521	30.51	0.146	1.875	3.5154
Bologna - Ancona	106193.8	451454.234	7.157	31.44	8.148583	31.954904	21.76	352.3	15.78	9.55	44.69	0.213	2.746	5.1482
Bologna - Firenze	54437.42	231425.8927	3.669	16.12	4.177152	16.380824	11.15	180.6	8.09	4.896	22.91	0.109	1.408	2.6391
Firenze - Livorno	21621.52	91918.03398	1.457	6.401	1.659087	6.5061567	4.43	71.73	3.213	1.945	9.098	0.043	0.559	1.0482
Livorno – La Spezia	24245.84	103074.6002	1.634	7.178	1.860459	7.2958425	4.967	80.44	3.603	2.181	10.2	0.049	0.627	1.1754
Firenze - Roma	129539.9	550703.76	8.73	38.35	9.94	38.98	26.54	429.8	19.25	11.65	54.51	0.26	3.35	6.28
Roma - Napoli	107036	455034.3404	7.213	31.69	8.213202	32.208312	21.93	355.1	15.91	9.626	45.04	0.215	2.768	5.189
Napoli – Bari	31617.15	134411.6995	2.131	9.36	2.426082	9.51395	6.478	104.9	4.698	2.843	13.3	0.063	0.818	1.5328
Bari – Taranto	3576.972	15206.52321	0.241	1.059	0.274472	1.0763505	0.733	11.87	0.532	0.322	1.505	0.007	0.093	0.1734
Salerno - Sicignano	6415.243	27272.65986	0.432	1.899	0.492261	1.9304177	1.314	21.28	0.953	0.577	2.7	0.013	0.166	0.311
Firmo - Sicignano	78833.27	335138.2109	5.313	23.34	6.049121	23.721805	16.15	261.5	11.71	7.09	33.17	0.158	2.039	3.8218
Firmo – Sant Eufernia Lamezia	20485.78	87089.73834	1.381	6.065	1.571938	6.1643995	4.197	67.96	3.044	1.842	8.62	0.041	0.53	0.9931
Sant Eufernia Lamezia - Cannitello	33813.71	143749.8	2.279	10.01	2.594631	10.174921	6.928	112.2	5.025	3.041	14.23	0.068	0.874	1.6393
Caltanissetta - Buonfornello	18676.65	79398.70767	1.259	5.529	1.433117	5.6200118	3.826	61.96	2.775	1.68	7.859	0.037	0.483	0.9054
Buonfornello – Palermo Est	19167.76	81486.50983	1.292	5.675	1.470801	5.7677909	3.927	63.59	2.848	1.724	8.066	0.038	0.496	0.9292
Caltanissetta – Catania South	35204.52	149662.4371	2.373	10.42	2.701352	10.59343	7.213	116.8	5.231	3.166	14.81	0.071	0.91	1.7067
Catania South - Catania	7980.82	33928.28867	0.538	2.363	0.612393	2.4015175	1.635	26.48	1.186	0.718	3.358	0.016	0.206	0.3869
ΣΥΝΟΛΟ	1787702	7599928.618	120.5	529.2	137.1762	537.92513	366.3	5933	265.6	160.8	752.3	3.556	46.23	86.618
ΑΝΑ ΤΟΝΟΧΙΛΙΟΜΕΤΡΟ	0.633696	2.693985508	4E-05	2E-04	4.86E-05	0.0001907	1E-04	0.002	9E-05	6E-05	3E-04	1E-06	2E-05	3E-05

Πίνακας 47: Κατανάλωση ενέργειας, εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και ρύπων για την κατηγορία φορτηγών EURO VI 3.5-7.5T σε όλες τις διαδρομές του ScanMed.

Στις δύο τελευταίες γραμμές βλέπουμε το άθροισμα κάθε στοιχείου και τα μεγέθη ανά τονοχιλιόμετρο. Τα τελευταία είναι τα αθροίσματα προς τα συνολικά τονοχιλιόμετρα της συγκεκριμένης κατηγορίας σε όλες τις διαδρομές (διαθέσιμα στον πίνακα 16). Στις υπόλοιπες κατηγορίες τα αποτελέσματα δεν θα παρουσιαστούν για κάθε διαδρομή ξεχωριστά, αλλά οι συνολικές εκπομπές κάθε κατηγορίας στο διάδρομο όπως επίσης και τα μεγέθη ανά τονοχιλιόμετρο. Ουσιαστικά δηλαδή τα μεγέθη που βρίσκονται στις δύο τελευταίες γραμμές του πίνακα 47.

Έτσι στους πίνακες που ακολουθούν βλέπουμε τα εξής:

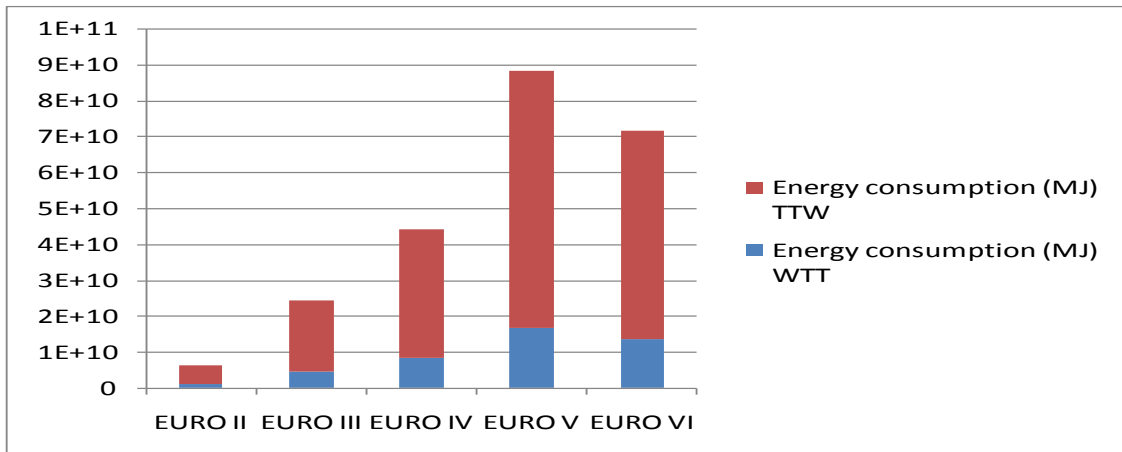
- Στον πίνακα 48 αναγράφονται η συνολική κατανάλωση ενέργειας, οι εκπομπές ρύπων και καυσαερίων για όλες τις κατηγορίες φορτηγών που έχουν ως καύσιμο το diesel σε όλες τις διαδρομές του διαδρόμου Σκανδιναβίας-Μεσογείου.
- Στα γραφήματα 7 έως 13 είναι γραφήματα με τα στοιχεία του πίνακα 48 ανά κατηγορία EURO diesel, ενώ στα γραφήματα 14 έως 20 ανά κατηγορία βάρους.
- Στον πίνακα 49 αναγράφονται η κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές ρύπων και καυσαερίων ανά τονοχιλιόμετρο. Ουσιαστικά είναι τα στοιχεία του πίνακα 48 διαιρεμένα με τα τονοχιλιόμετρα του πίνακα 16.
- Ο πίνακας 50 περιέχει τα ίδια μεγέθη ανά τονοχιλιόμετρο για τις κατηγορίες φορτηγών EURO VI CNG/LNG. Ο πίνακας αυτός παράγεται από τα στοιχεία του πίνακα 49 που αφορούν τα φορτηγά EURO VI με τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στον πίνακα 26 του προηγούμενου κεφαλαίου. Βρίσκουμε αρχικά την κατανάλωση ενέργειας κατά τη λειτουργία (TTW), που είναι 7.5% αυξημένη για τα φορτηγά CNG/LNG, και στη συνέχεια τα υπόλοιπα στοιχεία που στον πίνακα 26 είναι ανά MJ καταναλωμένου καυσίμου
- Τα γραφήματα 21 έως 27 παρουσιάζουν τα στοιχεία των πινάκων 49-50.
- Στον πίνακα 51 αναγράφονται οι επί % διαφορές μεταξύ των στοιχείων του πίνακα 49 με τα στοιχεία του πίνακα 50. Αναγράφονται δηλαδή οι διαφορές κάθε κατηγορίας φορτηγού diesel με την αντίστοιχη κατηγορία βάρους φορτηγού CNG/LNG EURO VI. Όπου οι διαφορές είναι θετικές έχουμε μείωση στη μετάβαση από diesel σε CNG/LNG και όπου αρνητικές, μείωση. Γίνεται διαχωρισμός μεταξύ των διαφορών από την «πηγή στο ντεπόζιτο» και από το ντεπόζιτο στον τροχό.
- Ο πίνακας 52 είναι της ίδιας φιλοσοφίας με τον πίνακα 51 μόνο που σ' αυτήν την περίπτωση οι διαφορές είναι από την «πηγή στον τροχό».

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

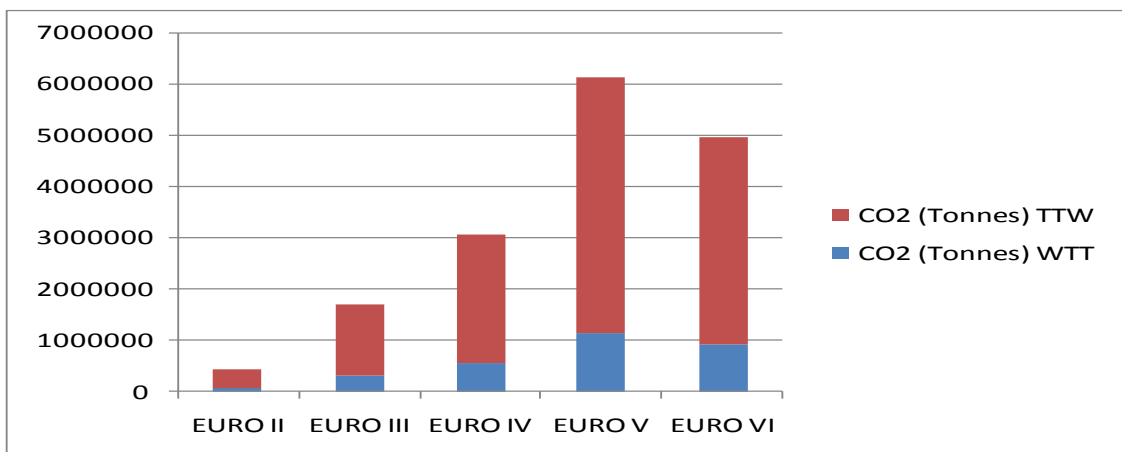
DIESEL															
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	Energy consumption (MJ)		CO2 (Tonnes)		GHG as CO2e (Tonnes)		Nox (kg)		NMHC (kg)		SO2 (kg)		PM (kg)		
	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	
EURO II	3.5-7.5 T	1787701.86	7599928.618	120.511	529.23	137.1762	537.925127	366.27	5932.9	265.63	160.84	752.29	3.5555	46.233	86.618
	7.5-12T	165472396.6	703460908.2	11153.4	48986	12693.98	49787.4798	33905	564160	24592	16820.4	69635	329.15	4279.1	8624
	12-20T	427680275	1818166467	28827	126608	32808.78	128680.732	87631	2E+06	63560	53144.2	179978	850.93	11060	25111
	20-26T	81690859.65	347286485.2	5506.23	24183	6266.825	24579.2093	16738	296901	12141	9720.15	34378	162.5	2112.5	4746.6
	26-40T	327853080.8	1393778321	22098.3	97056	25150.71	98644.644	67177	1E+06	48724	37043.1	137969	652.34	8478.3	18561
	>40T	183746514.7	781148353.9	12385.1	54395	14095.82	55285.7898	37649	654011	27308	18723.8	77325	365.6	4751.7	10198
EURO III	3.5-7.5 T	7091170.499	30146184.9	477.951	2099.3	543.9291	2133.61993	1452.9	15393	1053.9	553.237	2984.1	14.078	183.41	286.61
	7.5-12T	655841535.1	2788132039	44205.8	194152	50311.8	197329.975	134381	1E+06	97468	57222.4	275994	1304.9	16960	28184
	12-20T	1693090491	7197714156	114120	501213	129882.7	509418.234	346912	4E+06	251619	193049	712494	3368.6	43783	97944
	20-26T	318400315.7	1353592414	21461.2	94257	24425.58	95800.5453	65240	809525	47319	33889.2	133991	633.5	8233.8	17583
	26-40T	1273204437	5412682488	85818.1	376912	97671.84	430218.789	260878	3E+06	189218	128080	535796	2533.2	32925	67376
	>40T	709011044	3014167869	47789.6	209892	54390.66	213327.747	145275	2E+06	105370	63825.5	298369	1410.7	18335	35274
EURO IV	3.5-7.5 T	13097222.09	55679282.68	882.747	3877.2	1004.713	3940.70808	2683.6	15741	1946.4	120.531	5511.6	26.083	338.68	145.2
	7.5-12T	1207415561	5132999410	81383.7	357436	92625	363288.056	247398	2E+06	179440	12482.5	508110	2402.3	31224	14680
	12-20T	3036355267	12908240573	204660	898865	232929.2	913580.626	622145	4E+06	451249	33083.2	1E+06	6041.2	78520	43503
	20-26T	564719567.4	2400751903	38063.9	167176	43321.62	169913.24	115710	739956	83926	5686.9	237648	1123.6	14604	8134.2
	26-40T	2289954488	9735119694	154350	677905	175670.2	689003.096	469209	3E+06	340322	22901.7	963669	4556.1	59218	30090
	>40T	1296935960	5513570924	87417.7	383938	99492.41	390222.945	265740	2E+06	192745	12871.8	545782	2580.4	33539	16198
EURO V	3.5-7.5 T	26068405.48	110822742.9	1757.15	7717.1	1999.742	7843.52183	5341.4	19047	3874.2	299.387	10970	51.849	674.14	323.19
	7.5-12T	2437171076	10360970484	164272	721486	186964.1	733298.137	499373	2E+06	362200	31464.9	1E+06	4848.8	63026	33087
	12-20T	6052486275	25730500723	407957	2E+06	464306.9	1821076.14	1E+06	6E+06	899492	94127.8	3E+06	12042	156516	94403
	20-26T	1134382374	4822518277	76461	335816	87022.34	341313.696	232433	967320	168587	16166.4	477376	2257	29335	16810
	26-40T	4584445143	19489521967	309006	1E+06	351688.4	1379370.94	939347	4E+06	681319	64290	2E+06	9121.3	118553	64141
	>40T	2603513334	11068129388	175485	770729	199724.4	783346.902	533456	2E+06	386922	33890.9	1E+06	5180	67326	34912
EURO VI	3.5-7.5 T	20989547.9	89231360.24	1414.73	6213.6	1610.135	6315.35883	4300.7	1820.5	3119.4	156.116	8832.9	41.807	542.83	24.264
	7.5-12T	1943660501	8262944246	131009	575390	149104.8	584809.927	398253	211399	288858	16403.9	817940	3867.1	50263	2502.9
	12-20T	4936125769	20984597395	332711	1E+06	378667.1	1485184.95	1E+06	852620	733584	52461.5	2E+06	9820.9	127647	7544.1
	20-26T	919190220.5	3907687443	61956.3	272112	70514.25	276566.615	188341	95676	136606	8835.3	386818	1828.8	23770	1298.9
	26-40T	3721672962	15821681071	250853	1E+06	285502.3	1119779.49	762566	360109	553098	34655.3	2E+06	7404.7	96242	4965.2
	>40T	2100993966	8931805212	141614	621966	161174.4	632148.494	430491	198912	312240	17651.6	884150	4180.2	54331	2633.6
ΟΛΕΣ ΟΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΒΑΡΟΥΣ	EURO II	1188230829	5051440464	80090.5	351757	91153.3	357515.78	243467	4E+06	176589	135612	500037	2364.1	30728	67327
	EURO III	4669736215	19852114434	314755	1E+06	358231.3	1452169.62	956822	1E+07	693994	476739	2E+06	9291	120759	246793
	EURO IV	8408478066	35746361787	566759	2E+06	645043.1	2529948.67	2E+06	1E+07	1E+06	87146.5	4E+06	16730	217442	112750
	EURO V	16838066607	71582463582	1134939	5E+06	1291706	5066249.33	3E+06	1E+07	3E+06	240239	7E+06	33501	435430	243676
	EURO VI	13642632967	57997946726	919557	4E+06	1046573	4104804.83	3E+06	2E+06	2E+06	130164	6E+06	27144	352796	18969
ΟΛΕΣ ΟΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ EURO	3.5-7.5 T	69034047.83	293479499.3	4653.09	20436	5295.695	20771.1338	14145	57934	10260	1290.11	29051	137.37	1785.3	865.89
	7.5-12T	6409561071	27248507087	432024	2E+06	491699.7	1928513.57	1E+06	6E+06	952558	134394	3E+06	12752	165751	87078
	12-20T	16145738076	68639219314	1088275	5E+06	1238595	4857940.68	3E+06	2E+07	2E+06	425865	7E+06	32124	417526	268506
	20-26T	3018383338	12831836521	203449	893545	231550.6	908173.305	618463	3E+06	448578	74297.9	1E+06	6005.4	78055	48572
	26-40T	12197130110	51852783543	822126	4E+06	935683.5	3717016.95	2E+06	1E+07	2E+06	286970	5E+06	24268	315415	185133
	>40T	6894200819	29308821747	464691	2E+06	528877.7	2074331.88	1E+06	6E+06	1E+06	146964	3E+06	13717	178283	99215

Πίνακας 48: Κατανάλωση ενέργειας, εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και ρύπων για όλες τις κατηγορίες φορτηγών diesel.

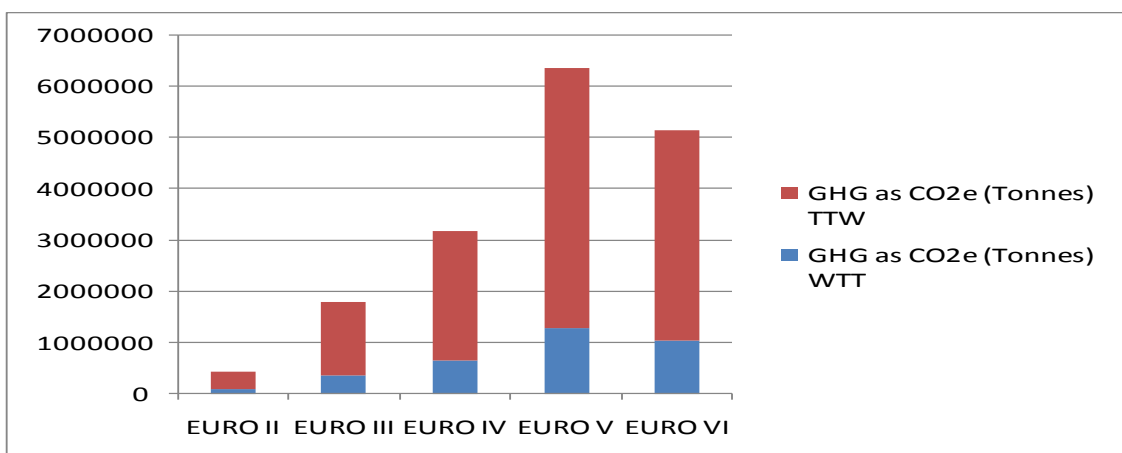
«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»



Γράφημα 7:Συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά κατηγορία EURO diesel.

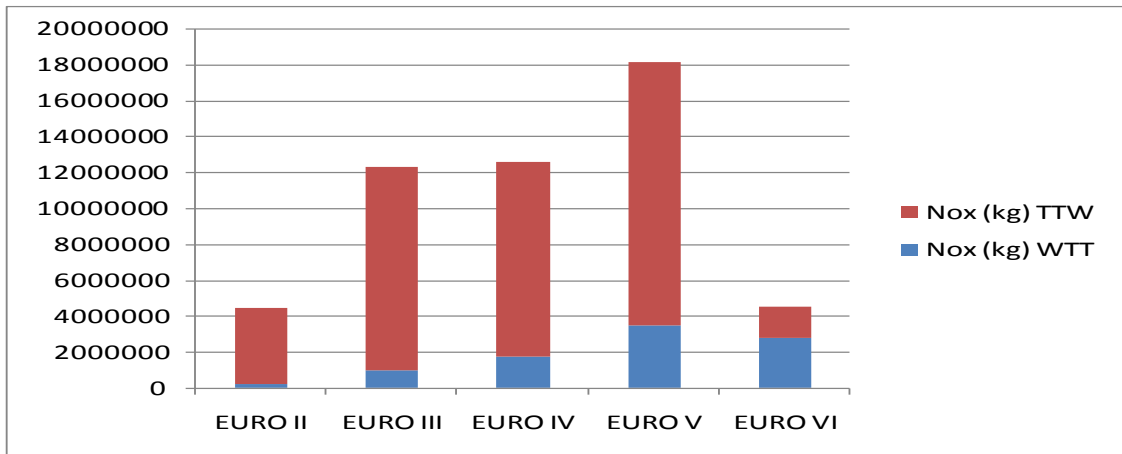


Γράφημα 8:Συνολικές εκπομπές CO2 ανά κατηγορία EURO diesel.

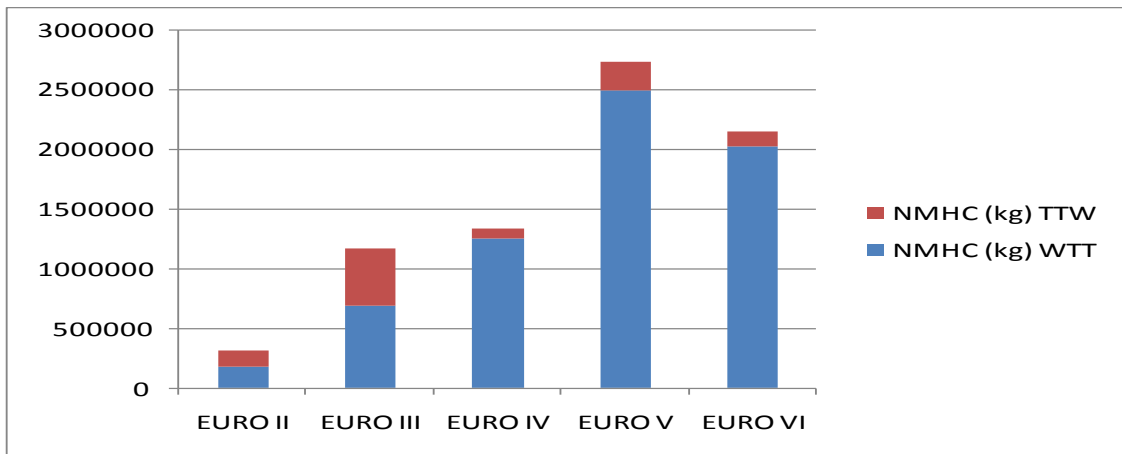


Γράφημα 9:Συνολικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κατηγορία EURO diesel.

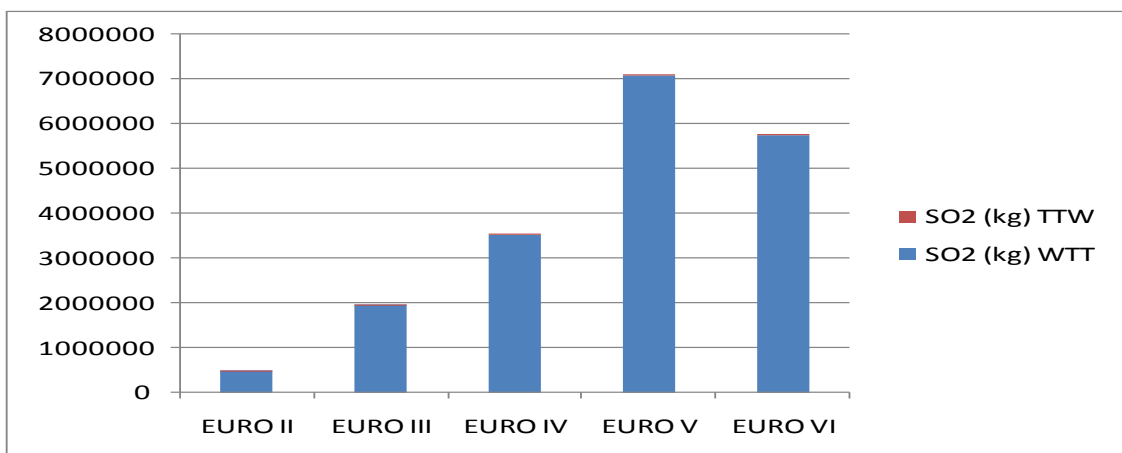
«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»



Γράφημα 10: Συνολικές εκπομπές NOx ανά κατηγορία EURO diesel.

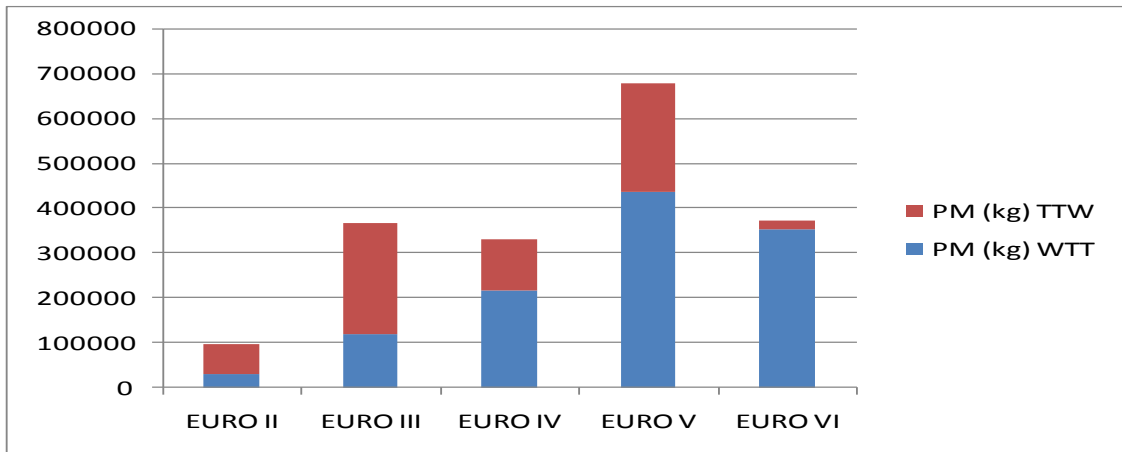


Γράφημα 11: Συνολικές εκπομπές NMHC ανά κατηγορία EURO diesel.



Γράφημα 12: Συνολικές εκπομπές SO2 ανά κατηγορία EURO diesel.

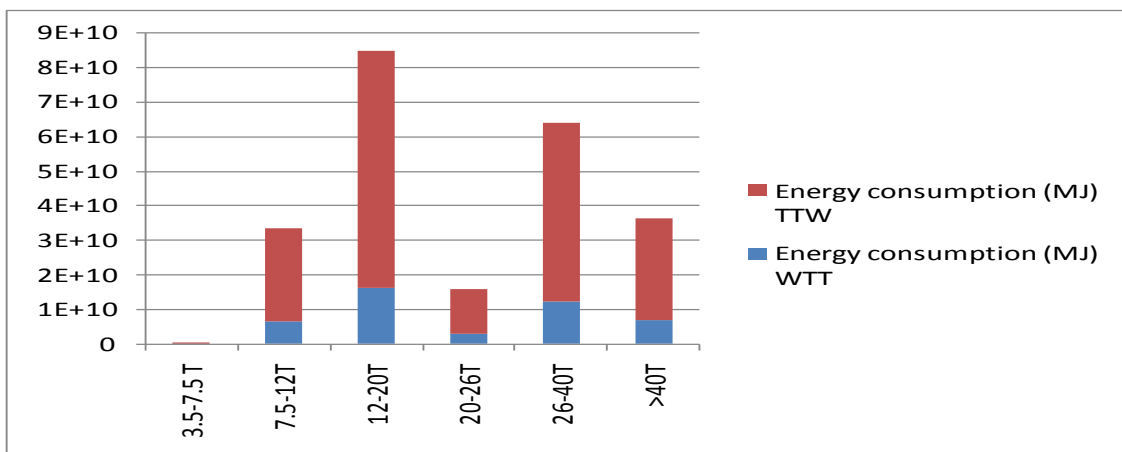
«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»



Γράφημα 13: Συνολικές εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων ανά κατηγορία EURO diesel.

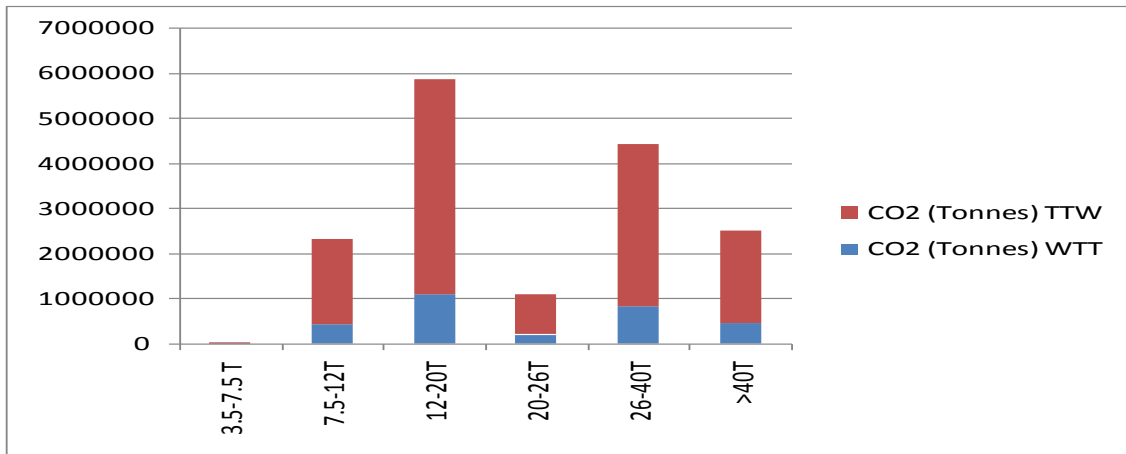
Στα γραφήματα 7-13 παρατηρούμε τα εξής:

- Τα φορτηγά EURO V έχουν τις μεγαλύτερες εκπομπές και κατανάλωση ενέργειας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός είναι η κατηγορία με τα περισσότερα φορτηγά (πίνακας 14).
- Τα στοιχεία που αφορούν την κατανάλωση ενέργειας, τις εκπομπές CO₂ και τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου είναι ανάλογα του πλήθους των φορτηγών.
- Οι εκπομπές NMHC και SO₂ για όλες τις κατηγορίες είναι κυρίως στα στάδια από την πηγή στο νεπόζιτο για όλες τις κατηγορίες.

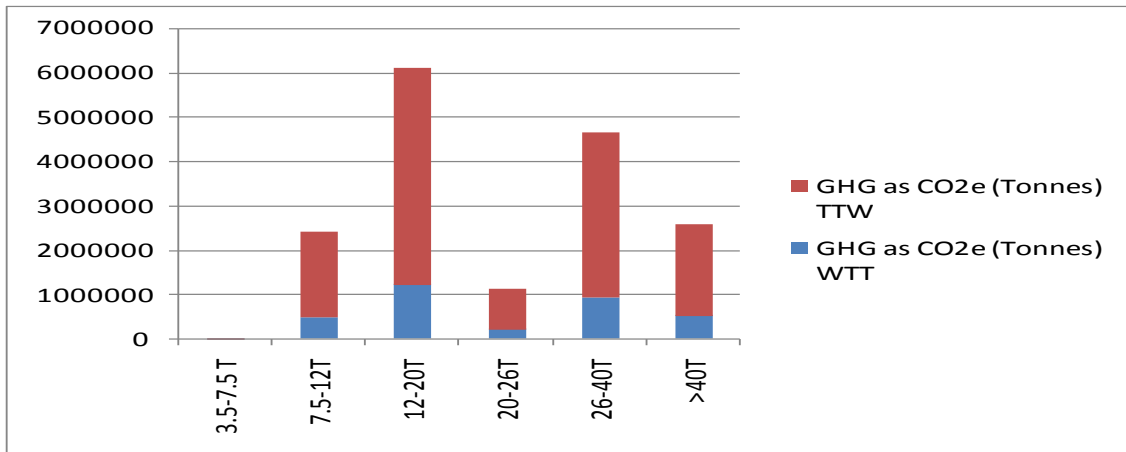


Γράφημα 14: Συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά κατηγορία βάρους diesel.

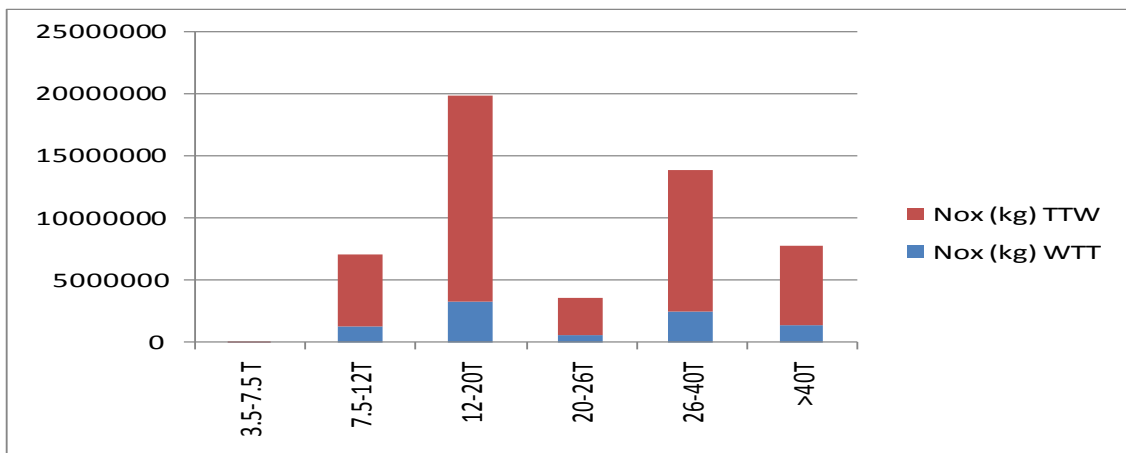
«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»



Γράφημα 15: Συνολικές εκπομπές CO2 ανά κατηγορία βάρους diesel.

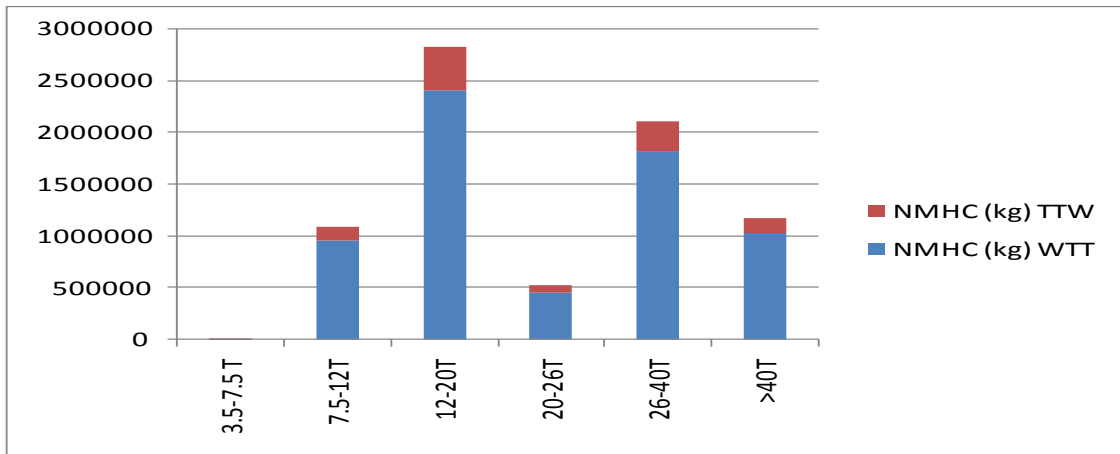


Γράφημα 16: Συνολικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά κατηγορία βάρους diesel.

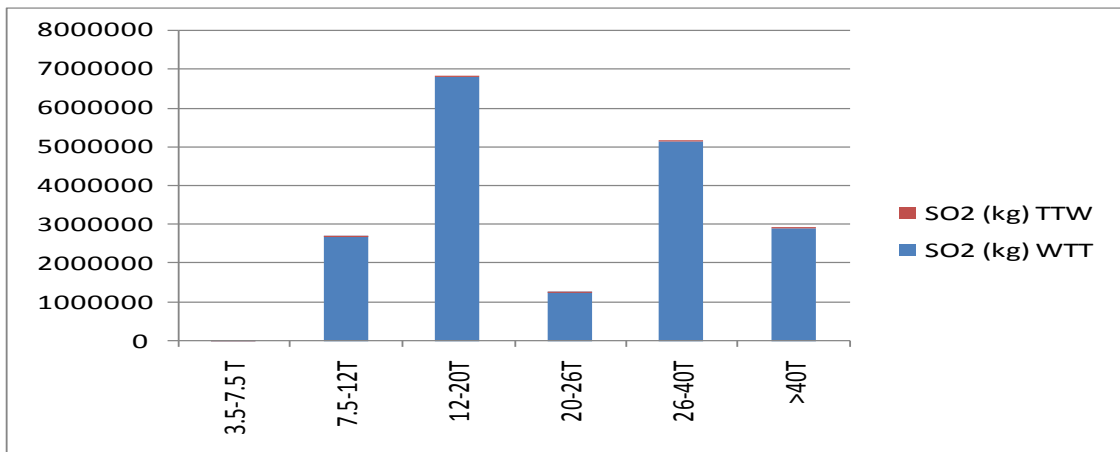


Γράφημα 17: Συνολικές εκπομπές NOx ανά κατηγορία βάρους diesel.

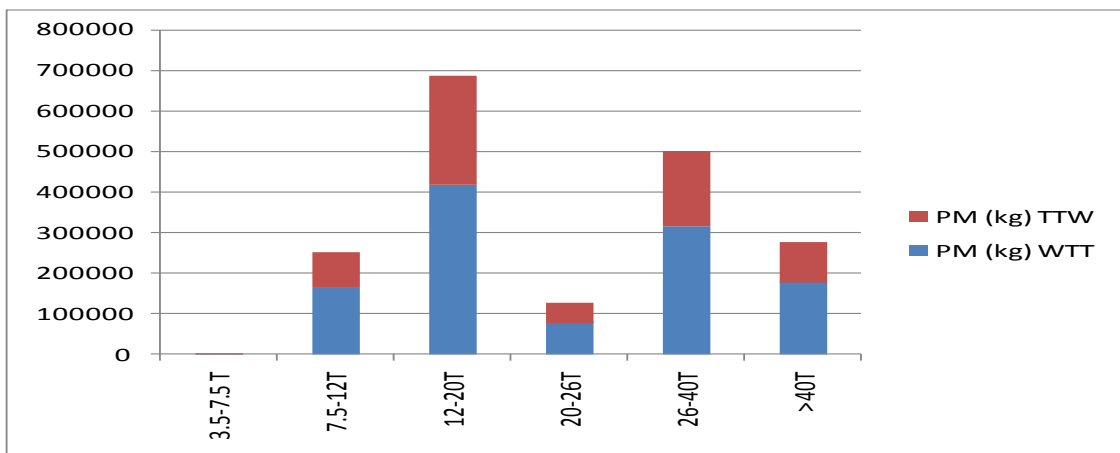
«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»



Γράφημα 18: Συνολικές εκπομπές NMHC ανά κατηγορία βάρους diesel.



Γράφημα 19: Συνολικές εκπομπές SO2 ανά κατηγορία βάρους diesel.



Γράφημα 20: Συνολικές εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων ανά κατηγορία βάρους diesel.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

Στα γραφήματα 14-20 παρατηρούμε τα εξής:

- Τα φορτηγά μεικτού βάρους από 12 έως 20 τόνους έχουν τις μεγαλύτερες εκπομπές. Αυτό οφείλεται στα φορτηγά της Ιταλίας η οποία είναι η μόνη χώρα που κυριαρχούν τα φορτηγά αυτής της κατηγορίας και η οποία είναι η χώρα με τις μεγαλύτερες μεταφορές φορτίων κατά μήκος του διαδρόμου.
- Τα φορτηγά από 3.5 έως 7.5 τόνους έχουν μηδαμινές εκπομπές και κατανάλωση ενέργειας γεγονός που οφείλεται στο μικρό μεταφερόμενο φορτίο σε σχέση με τις άλλες κατηγορίες.

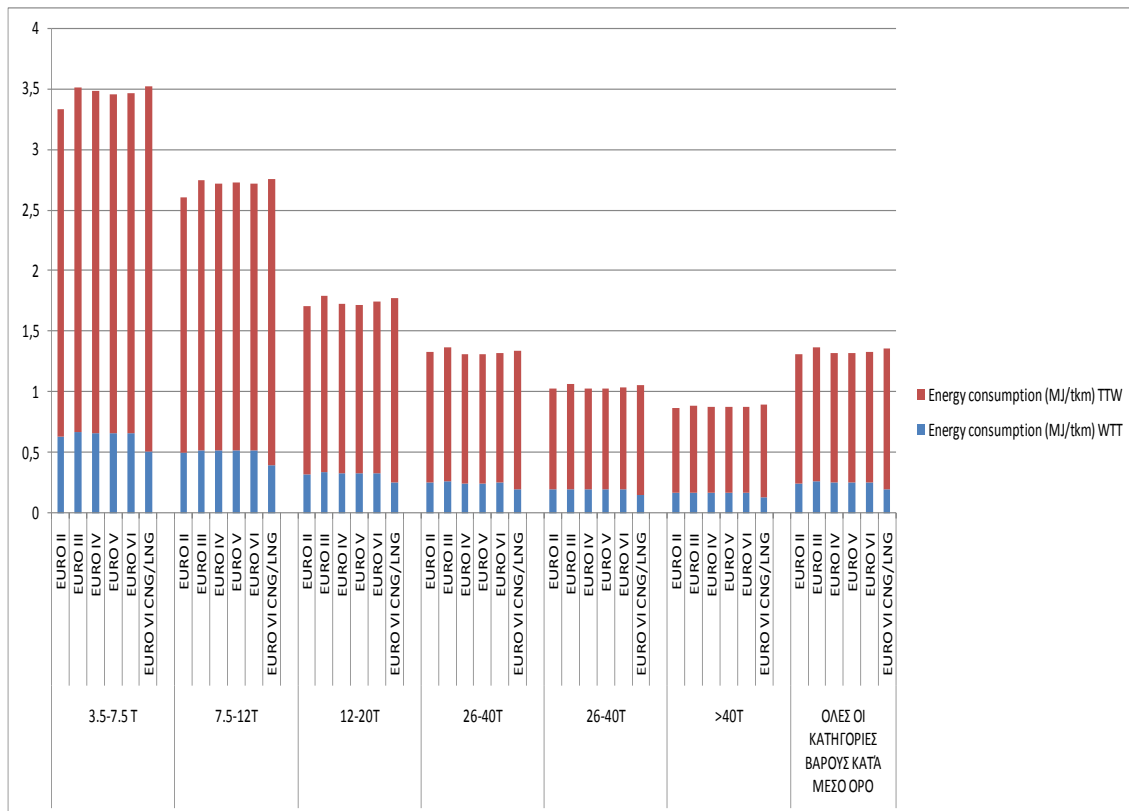
		DIESEL													
		Energy consumption (MJ/tkm)		CO2 (Tonnes/tkm)		GHG as CO2e (Tonnes/tkm)		Nox (kg/tkm)		NMHC (kg/tkm)		SO2 (kg/tkm)		PM (kg/tkm)	
KATHΓΟΡΙΑ		WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
EURO II	3.5-7.5 T	0.633696	2.693985508	4.27E-05	0.00019	4.86256E-05	0.000190681	0.0001	0.002	9E-05	6E-05	3E-04	1E-06	2E-05	3E-05
	7.5-12T	0.496435	2.110458586	3.35E-05	0.00015	3.80833E-05	0.000149368	0.0001	0.002	7E-05	5E-05	2E-04	1E-06	1E-05	3E-05
	12-20T	0.324821	1.380886265	2.19E-05	9.6E-05	2.49181E-05	9.77322E-05	7E-05	0.001	5E-05	4E-05	1E-04	6E-07	8E-06	2E-05
	20-26T	0.252498	1.073428666	1.7E-05	7.5E-05	1.93701E-05	7.59719E-05	5E-05	9E-04	4E-05	3E-05	1E-04	5E-07	7E-06	1E-05
	26-40T	0.196528	0.835487279	1.32E-05	5.8E-05	1.50764E-05	5.91316E-05	4E-05	7E-04	3E-05	2E-05	8E-05	4E-07	5E-06	1E-05
	>40T	0.165493	0.703546842	1.12E-05	4.9E-05	1.26955E-05	4.97935E-05	3E-05	6E-04	2E-05	2E-05	7E-05	3E-07	4E-06	9E-06
EURO III	3.5-7.5 T	0.667636	2.838271016	4.5E-05	0.0002	5.12111E-05	0.000200881	0.0001	0.001	1E-04	5E-05	3E-04	1E-06	2E-05	3E-05
	7.5-12T	0.522603	2.221702812	3.52E-05	0.00015	4.00906E-05	0.000157241	0.0001	0.001	8E-05	5E-05	2E-04	1E-06	1E-05	2E-05
	12-20T	0.341539	1.451959904	2.3E-05	0.0001	2.62006E-05	0.000102762	7E-05	8E-04	5E-05	4E-05	1E-04	7E-07	9E-06	2E-05
	20-26T	0.261393	1.11124285	1.76E-05	7.7E-05	2.00524E-05	7.86482E-05	5E-05	7E-04	4E-05	3E-05	1E-04	5E-07	7E-06	1E-05
	26-40T	0.202712	0.86177611	1.37E-05	6E-05	1.55507E-05	6.8497E-05	4E-05	5E-04	3E-05	2E-05	9E-05	4E-07	5E-06	1E-05
	>40T	0.169609	0.721045538	1.14E-05	5E-05	1.30113E-05	5.1032E-05	3E-05	4E-04	3E-05	2E-05	7E-05	3E-07	4E-06	8E-06
EURO IV	3.5-7.5 T	0.662424	2.816116824	4.46E-05	0.0002	5.08158E-05	0.000199311	0.0001	8E-04	1E-04	6E-06	3E-04	1E-06	2E-05	7E-06
	7.5-12T	0.51685	2.197249498	3.48E-05	0.00015	3.96494E-05	0.00015551	0.0001	6E-04	8E-05	5E-06	2E-04	1E-06	1E-05	6E-06
	12-20T	0.32904	1.398822504	2.22E-05	9.7E-05	2.52418E-05	9.90017E-05	7E-05	5E-04	5E-05	4E-06	1E-04	7E-07	9E-06	5E-06
	20-26T	0.249052	1.058775496	1.68E-05	7.4E-05	1.91056E-05	7.49348E-05	5E-05	3E-04	4E-05	3E-06	1E-04	5E-07	6E-06	4E-06
	26-40T	0.195859	0.83264279	1.32E-05	5.8E-05	1.5025E-05	5.89303E-05	4E-05	2E-04	3E-05	2E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
	>40T	0.166667	0.708538992	1.12E-05	4.9E-05	1.27856E-05	5.01468E-05	3E-05	2E-04	2E-05	2E-06	7E-05	3E-07	4E-06	2E-06
EURO V	3.5-7.5 T	0.657154	2.793712729	4.43E-05	0.00019	5.04112E-05	0.000197726	0.0001	5E-04	1E-04	8E-06	3E-04	1E-06	2E-05	8E-06
	7.5-12T	0.519984	2.210570716	3.5E-05	0.00015	3.98898E-05	0.000156453	0.0001	4E-04	8E-05	7E-06	2E-04	1E-06	1E-05	7E-06
	12-20T	0.326908	1.38975938	2.2E-05	9.7E-05	2.50782E-05	9.83602E-05	7E-05	3E-04	5E-05	5E-06	1E-04	7E-07	8E-06	5E-06
	20-26T	0.249351	1.060049873	1.68E-05	7.4E-05	1.91286E-05	7.5025E-05	5E-05	2E-04	4E-05	4E-06	1E-04	5E-07	6E-06	4E-06
	26-40T	0.195434	0.830834331	1.32E-05	5.8E-05	1.49924E-05	5.88023E-05	4E-05	2E-04	3E-05	3E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
	>40T	0.166758	0.708925884	1.12E-05	4.9E-05	1.27926E-05	5.01742E-05	3E-05	1E-04	2E-05	2E-06	7E-05	3E-07	4E-06	2E-06
EURO VI	3.5-7.5 T	0.659104	2.802002776	4.44E-05	0.0002	5.05607E-05	0.000198312	0.0001	6E-05	1E-04	5E-06	3E-04	1E-06	2E-05	8E-07
	7.5-12T	0.516562	2.196023555	3.48E-05	0.00015	3.96272E-05	0.000155424	0.0001	6E-05	8E-05	4E-06	2E-04	1E-06	1E-05	7E-07
	12-20T	0.332105	1.411855381	2.24E-05	9.8E-05	2.54769E-05	9.99241E-05	7E-05	6E-05	5E-05	4E-06	1E-04	7E-07	9E-06	5E-07
	20-26T	0.251684	1.069967118	1.7E-05	7.5E-05	1.93076E-05	7.57269E-05	5E-05	3E-05	4E-05	2E-06	1E-04	5E-07	7E-06	4E-07
	26-40T	0.197629	0.840164	1.33E-05	5.9E-05	1.51608E-05	5.94626E-05	4E-05	2E-05	3E-05	2E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-07
	>40T	0.167629	0.712629908	1.13E-05	5E-05	1.28594E-05	5.04364E-05	3E-05	2E-05	2E-05	1E-06	7E-05	3E-07	4E-06	2E-07
ΟΛΕΣ ΟΙ ΚΑΤΗΓΟΡ ΙΕΣ ΒΑΡΟΥΣ	EURO II	0.249898	1.06237387	1.68E-05	7.4E-05	1.91705E-05	7.51895E-05	5E-05	9E-04	4E-05	3E-05	1E-04	5E-07	6E-06	1E-05
	EURO III	0.26085	1.10893138	1.76E-05	7.7E-05	2.00107E-05	8.11176E-05	5E-05	6E-04	4E-05	3E-05	1E-04	5E-07	7E-06	1E-05
	EURO IV	0.25232	1.072667893	1.7E-05	7.5E-05	1.93563E-05	7.59181E-05	5E-05	3E-04	4E-05	3E-06	1E-04	5E-07	7E-06	3E-06
	EURO V	0.251838	1.070621332	1.7E-05	7.5E-05	1.93194E-05	7.57732E-05	5E-05	2E-04	4E-05	4E-06	1E-04	5E-07	7E-06	4E-06
	EURO VI	0.254171	1.080538054	1.71E-05	7.5E-05	1.94983E-05	7.64751E-05	5E-05	3E-05	4E-05	2E-06	1E-04	5E-07	7E-06	4E-07
ΟΛΕΣ ΟΙ ΚΑΤΗΓΟΡ ΙΕΣ EURO	3.5-7.5 T	0.659173	2.802295871	4.44E-05	0.0002	5.05661E-05	0.000198334	0.0001	6E-04	1E-04	1E-05	3E-04	1E-06	2E-05	8E-06
	7.5-12T	0.517983	2.202064595	3.49E-05	0.00015	3.97363E-05	0.000155851	0.0001	5E-04	8E-05	1E-05	2E-04	1E-06	1E-05	7E-06
	12-20T	0.330318	1.404258551	2.23E-05	9.8E-05	2.53398E-05	9.93864E-05	7E-05	3E-04	5E-05	9E-06	1E-04	7E-07	9E-06	5E-06
	20-26T	0.25131	1.068377171	1.69E-05	7.4E-05	1.92789E-05	7.56144E-05	5E-05	2E-04	4E-05	6E-06	1E-04	5E-07	6E-06	4E-06
	26-40T	0.196949	0.837276086	1.33E-05	5.8E-05	1.51086E-05	6.00193E-05	4E-05	2E-04	3E-05	5E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
	>40T	0.167261	0.71106341	1.13E-05	5E-05	1.28311E-05	5.03255E-05	3E-05	2E-04	2E-05	4E-06	7E-05	3E-07	4E-06	2E-06

Πίνακας 49: Κατανάλωση ενέργειας, εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και ρύπων για όλες τις κατηγορίες φορτηγών diesel ανά τονοχιλιόμετρο.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

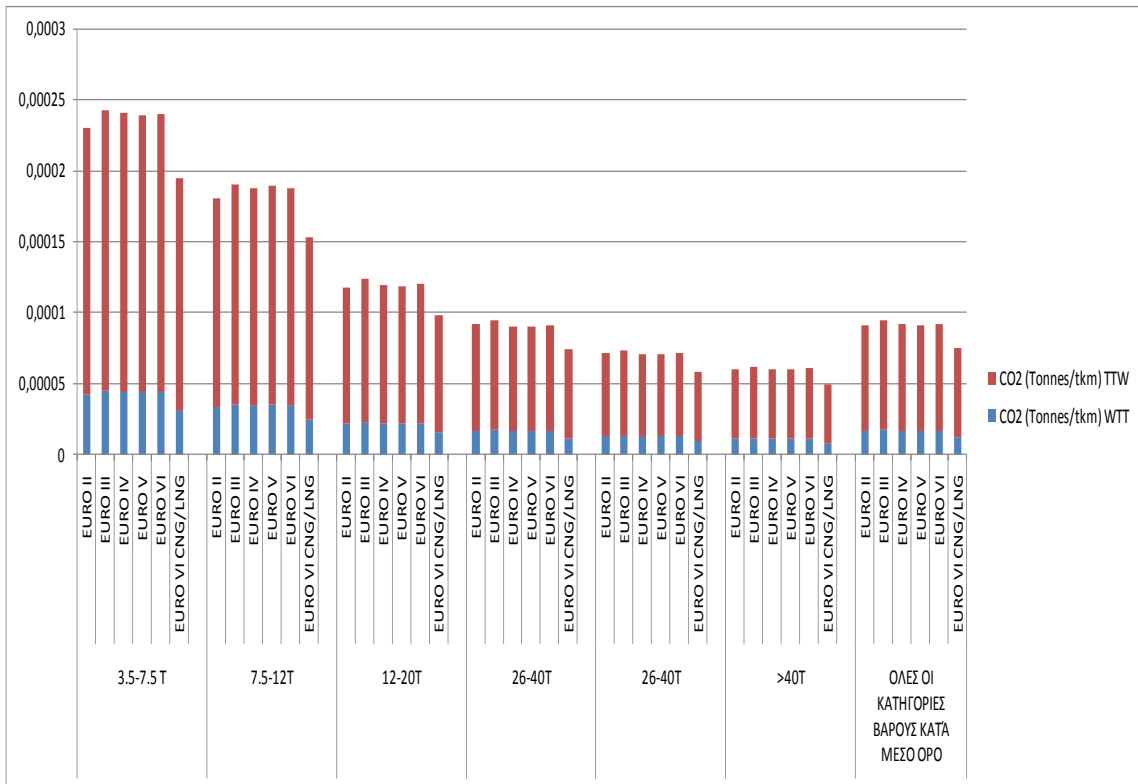
		CNG/LNG													
		Energy consumption (MJ/tkm)		CO2 (Tonnes/tkm)		GHG as CO2e (Tonnes/tkm)		Nox (kg/tkm)		NMHC (kg/tkm)		SO2 (kg/tkm)		PM (kg/tkm)	
KATHΓΟΡΙΑ		WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
EURO VI	3.5-7.5 T	0.508128	3.012152984	3.13E-05	0.00016	3.79491E-05	0.00016597	3E-05	7E-05	7E-06	3E-06	6E-06	0	6E-07	6E-07
	7.5-12T	0.398237	2.360725322	2.45E-05	0.00013	2.9742E-05	0.000130076	2E-05	5E-05	5E-06	3E-06	5E-06	0	4E-07	5E-07
	12-20T	0.256032	1.517744535	1.58E-05	8.3E-05	1.91215E-05	8.36277E-05	2E-05	3E-05	3E-06	2E-06	3E-06	0	3E-07	3E-07
	20-26T	0.194033	1.150214652	1.19E-05	6.3E-05	1.44912E-05	6.33768E-05	1E-05	3E-05	3E-06	1E-06	2E-06	0	2E-07	2E-07
	26-40T	0.152359	0.9031763	9.38E-06	4.9E-05	1.13788E-05	4.9765E-05	9E-06	2E-05	2E-06	1E-06	2E-06	0	2E-07	2E-07
	>40T	0.129232	0.766077152	7.96E-06	4.2E-05	9.65154E-06	4.22109E-05	8E-06	2E-05	2E-06	9E-07	2E-06	0	1E-07	2E-07
ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ	EURO VI	0.19595	1.161578408	1.21E-05	6.3E-05	1.46343E-05	6.4003E-05	1E-05	3E-05	3E-06	1E-06	2E-06	0	2E-07	2E-07

Πίνακας 50: Κατανάλωση ενέργειας, εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και ρύπων για όλες τις κατηγορίες φορτηγών CNG/LNG.

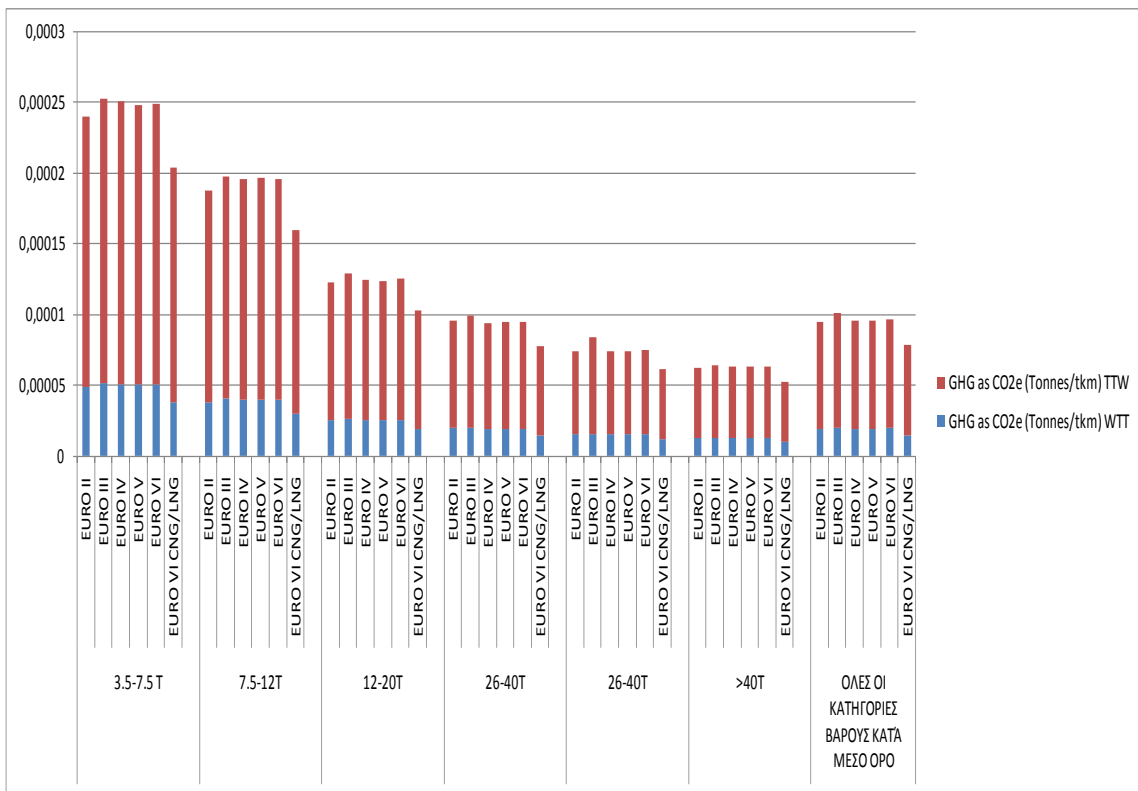


Γράφημα 21: Κατανάλωση ενέργειας ανά τονοχιλιόμετρο για όλες τις κατηγορίες φορτηγών.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

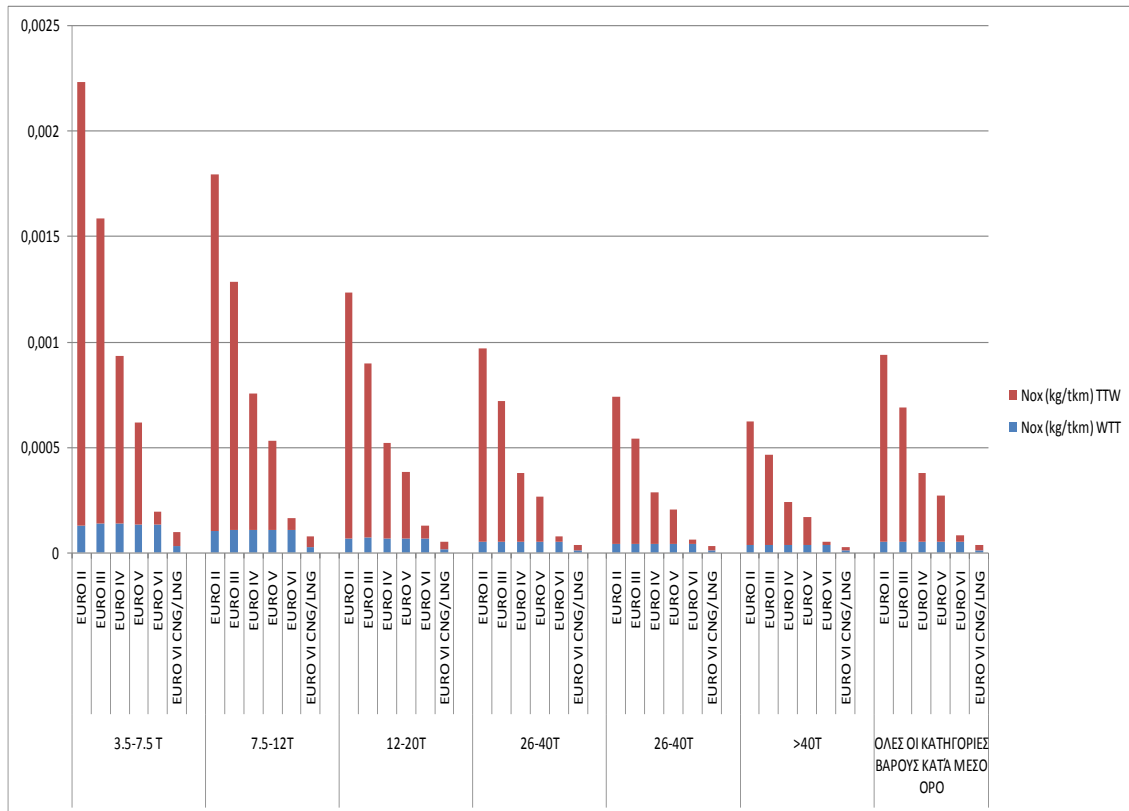


Γράφημα 22: Εκπομπές CO2 ανά τονοχιλιόμετρο για όλες τις κατηγορίες φορτηγών.

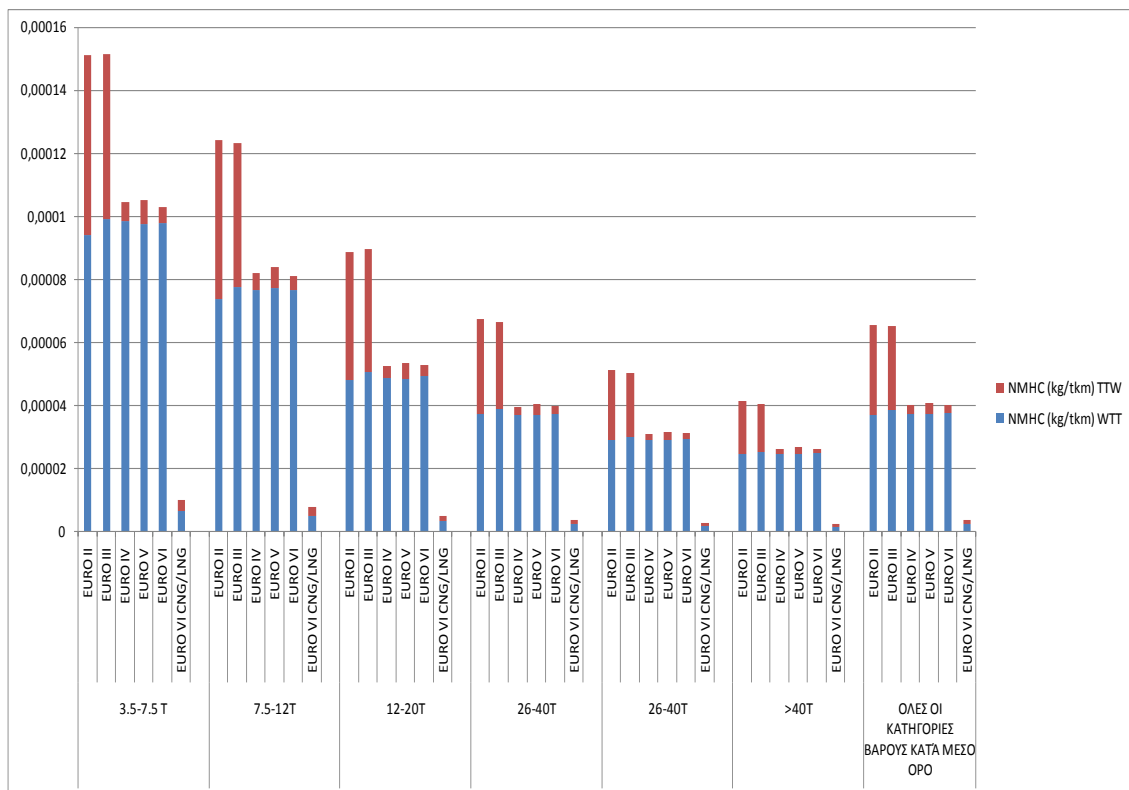


Γράφημα 23: Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά τονοχιλιόμετρο για όλες τις κατηγορίες φορτηγών.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

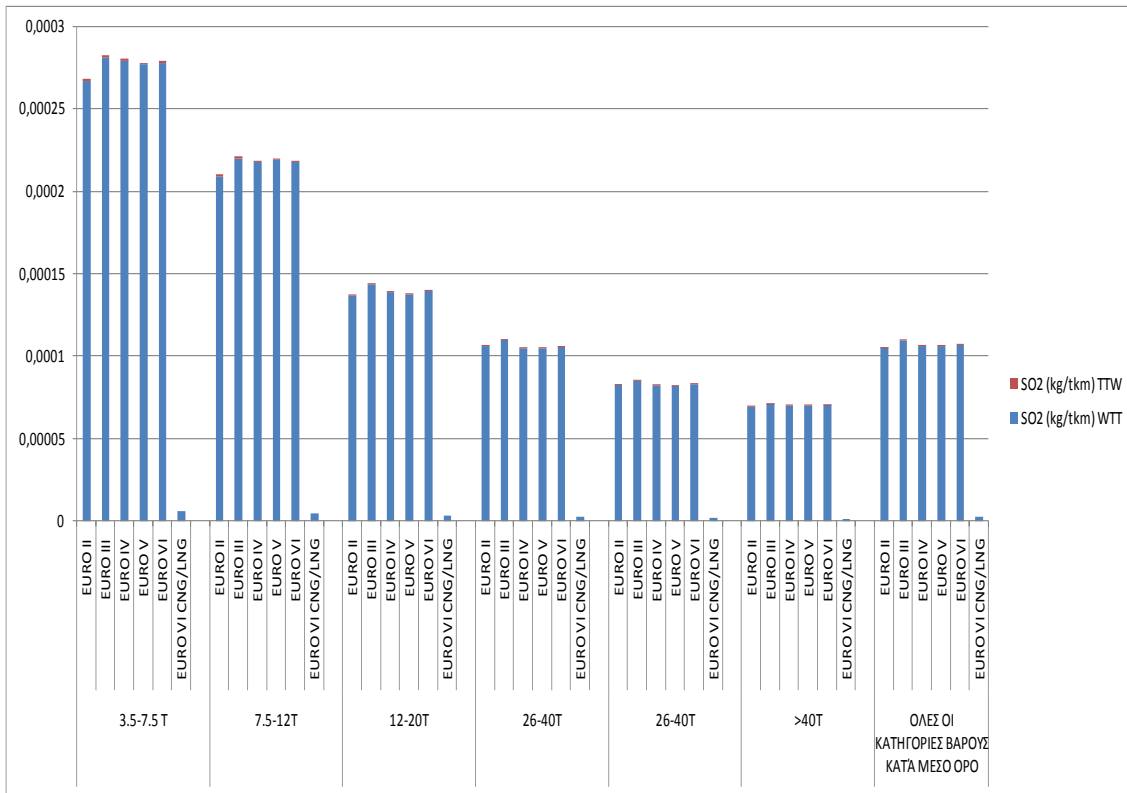


Γράφημα 24: Εκπομπές NOx ανά τονοχιλιόμετρο για όλες τις κατηγορίες φορτηγών.

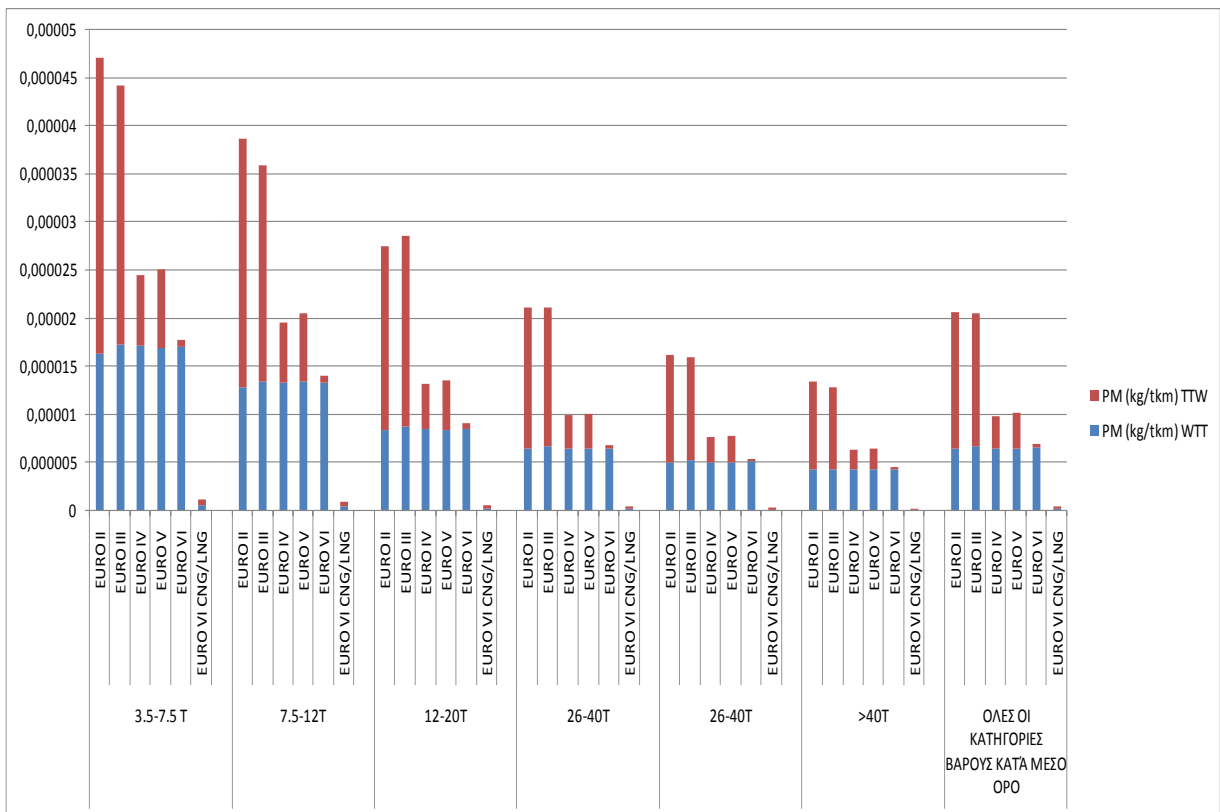


Γράφημα 25: Εκπομπές NMHC ανά τονοχιλιόμετρο για όλες τις κατηγορίες φορτηγών.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»



Γράφημα 26: Εκπομπές SO2 ανά τονοχιλιόμετρο για όλες τις κατηγορίες φορτηγών.



Γράφημα 27: Εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων ανά τονοχιλιόμετρο για όλες τις κατηγορίες φορτηγών.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

		ΕΠΙ % ΔΙΑΦΟΡΑ DIESEL→CNG/LNG (WTT-TTW)													
		Energy consumption (MJ/tkm)		CO2 (Tonnes/tkm)		GHG as CO2e (Tonnes/tkm)		Nox (kg/tkm)		NMHC (kg/tkm)		SO2 (kg/tkm)		PM (kg/tkm)	
KATHΓΟΡΙΑ		WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
EURO II	3.5-7.5 T	19.82	-11.81	26.77	12.69	21.96	12.96	75.64	96.82	92.95	94.13	97.63	100	96.51	98.04
	7.5-12T	19.78	-11.86	26.73	12.65	21.9	12.92	75.63	96.9	92.95	94.8	97.63	100	96.51	98.18
	12-20T	21.18	-9.91	28.01	14.18	23.26	14.43	76.05	97.12	93.08	95.82	97.67	100	96.57	98.41
	20-26T	23.15	-7.15	29.81	16.33	25.19	16.58	76.65	97.21	93.25	95.75	97.73	100	96.66	98.43
	26-40T	22.47	-8.1	29.19	15.59	24.53	15.84	76.44	97.13	93.19	95.48	97.71	100	96.63	98.38
	>40T	21.91	-8.89	28.68	14.97	23.98	15.23	76.27	97.11	93.14	94.95	97.69	100	96.61	98.33
EURO III	3.5-7.5 T	23.89	-6.13	30.48	17.13	25.9	17.38	76.87	95.38	93.31	93.57	97.75	100	96.69	97.77
	7.5-12T	23.8	-6.26	30.4	17.03	25.81	17.28	76.85	95.56	93.31	94.25	97.75	100	96.69	97.9
	12-20T	25.04	-4.53	31.53	18.38	27.02	18.62	77.22	95.93	93.41	95.67	97.79	100	96.74	98.46
	20-26T	25.77	-3.51	32.2	19.18	27.73	19.42	77.45	96.15	93.48	95.41	97.81	100	96.77	98.41
	26-40T	24.84	-4.8	31.35	18.16	26.83	27.35	77.16	95.99	93.4	95.08	97.78	100	96.73	98.32
	>40T	23.81	-6.25	30.41	17.04	25.82	17.29	76.85	96.05	93.31	94.43	97.75	100	96.69	98.18
EURO IV	3.5-7.5 T	23.29	-6.96	29.94	16.48	25.32	16.73	76.69	91.59	93.26	45.1	97.73	100	96.67	91.8
	7.5-12T	22.95	-7.44	29.63	16.1	24.99	16.36	76.59	91.92	93.23	50.91	97.72	100	96.65	92.49
	12-20T	22.19	-8.5	28.93	15.28	24.25	15.53	76.36	92.52	93.16	52.96	97.7	100	96.62	93.56
	20-26T	22.09	-8.64	28.84	15.17	24.15	15.42	76.33	92.17	93.16	49.04	97.7	100	96.61	93.59
	26-40T	22.21	-8.47	28.95	15.3	24.27	15.55	76.36	91.8	93.17	48.77	97.7	100	96.62	92.98
	>40T	22.46	-8.12	29.18	15.57	24.51	15.83	76.44	91.65	93.19	48.54	97.71	100	96.63	92.64
EURO V	3.5-7.5 T	22.68	-7.82	29.38	15.81	24.72	16.06	76.51	86.06	93.21	55.65	97.72	100	96.64	92.61
	7.5-12T	23.41	-6.79	30.05	16.61	25.44	16.86	76.73	87.68	93.27	60.93	97.74	100	96.67	93.31
	12-20T	21.68	-9.21	28.47	14.72	23.75	14.98	76.2	89.32	93.12	66.83	97.69	100	96.6	94.05
	20-26T	22.18	-8.51	28.93	15.27	24.24	15.53	76.36	87.98	93.16	64.04	97.7	100	96.62	93.77
	26-40T	22.04	-8.71	28.8	15.12	24.1	15.37	76.31	87.65	93.15	63.38	97.7	100	96.61	93.39
	>40T	22.5	-8.06	29.22	15.62	24.55	15.87	76.45	87.16	93.19	60.79	97.71	100	96.63	93.15
EURO VI	3.5-7.5 T	22.91	-7.5	29.59	16.06	24.94	16.31	76.58	-17.1	93.23	31.73	97.72	100	96.65	20.93
	7.5-12T	22.91	-7.5	29.59	16.06	24.95	16.31	76.58	6.63	93.23	39.83	97.72	100	96.65	29.02
	12-20T	22.91	-7.5	29.59	16.06	24.95	16.31	76.58	41.2	93.23	52.22	97.72	100	96.65	40.2
	20-26T	22.91	-7.5	29.59	16.06	24.95	16.31	76.58	2.43	93.23	47.17	97.72	100	96.65	35.32
	26-40T	22.91	-7.5	29.59	16.06	24.95	16.31	76.58	-4.96	93.23	45.47	97.72	100	96.65	31.49
	>40T	22.91	-7.5	29.59	16.06	24.95	16.31	76.58	-7.27	93.23	39.56	97.72	100	96.65	27.08
ΟΛΕΣ ΟΙ ΚΑΤΗΓΟΡ ΙΕΣ ΒΑΡΟΥΣ	EURO II	21.59	-9.34	28.38	14.62	23.66	14.88	76.18	97.1	93.11	95.47	97.68	100	96.59	98.36
	EURO III	24.88	-4.75	31.39	18.21	26.87	21.1	77.18	95.94	93.4	95.15	97.78	100	96.73	98.31
	EURO IV	22.34	-8.29	29.07	15.44	24.4	15.69	76.4	92.1	93.18	50.65	97.71	100	96.62	93.13
	EURO V	22.19	-8.5	28.93	15.28	24.25	15.53	76.36	88.27	93.16	64.08	97.7	100	96.62	93.63
	EURO VI	22.91	-7.5	29.59	16.06	24.95	16.31	76.58	19.47	93.23	46.78	97.72	100	96.65	34.26
	>40T	22.91	-7.49	29.59	16.07	24.95	16.32	76.58	87.9	93.23	72.83	97.72	100	96.65	92.71
ΟΛΕΣ ΟΙ ΚΑΤΗΓΟΡ ΙΕΣ EURO	3.5-7.5 T	23.12	-7.21	29.78	16.29	25.15	16.54	76.64	88.75	93.25	75.85	97.73	100	96.66	93.29
	7.5-12T	22.49	-8.08	29.21	15.6	24.54	15.86	76.45	90.01	93.19	80.64	97.71	100	96.63	94.47
	20-26T	22.79	-7.66	29.48	15.93	24.83	16.18	76.54	89.45	93.22	79.34	97.72	100	96.64	94.31
	26-40T	22.64	-7.87	29.34	15.77	24.69	17.09	76.5	89.04	93.2	78.34	97.72	100	96.64	93.96
>40T	22.74	-7.74	29.43	15.87	24.78	16.12	76.52	88.88	93.21	76.13	97.72	100	96.64	93.63	

Πίνακας 51: Επί % διαφορά φορτηγού diesel από την αντίστοιχη κατηγορία EURO VI CNG/LNG φορτηγού. (WTT-TTW)

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

		ΕΠΙ % ΔΙΑΦΟΡΑ DIESEL→CNG/LNG (WTW)								
		Energy consumption (MJ/tkm)	CO2 (Tonnes/tkm)	GHG as CO2e (Tonnes/tkm)	Nox (kg/tkm)	NMHC (kg/tkm)	SO2 (kg/tkm)	PM (kg/tkm)		
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ		WTT	WTT	WTT	WTT	WTT	WTT	WTT	WTT	WTT
EURO II	3.5-7.5 T	-5.79	15.31	14.79	95.59	93.4	97.64	97.51		
	7.5-12T	-5.83	15.27	14.74	95.69	93.7	97.64	97.62		
	12-20T	-3.99	16.74	16.23	95.98	94.33	97.68	97.85		
	20-26T	-1.38	18.83	18.33	96.12	94.36	97.74	97.89		
	26-40T	-2.28	18.11	17.6	96	94.18	97.72	97.83		
	>40T	-3.02	17.52	17.01	95.98	93.88	97.7	97.78		
EURO III	3.5-7.5 T	-0.41	19.61	19.11	93.78	93.4	97.76	97.35		
	7.5-12T	-0.53	19.51	19.01	94	93.65	97.76	97.44		
	12-20T	1.1	20.82	20.33	94.47	94.39	97.8	97.93		
	20-26T	2.07	21.59	21.11	94.76	94.28	97.82	97.89		
	26-40T	0.84	20.61	27.25	94.54	94.08	97.79	97.8		
	>40T	-0.52	19.52	19.02	94.62	93.73	97.76	97.67		
EURO IV	3.5-7.5 T	-1.2	18.97	18.47	89.42	90.45	97.75	95.2		
	7.5-12T	-1.65	18.61	18.11	89.78	90.48	97.74	95.32		
	12-20T	-2.66	17.81	17.3	90.42	90.42	97.71	95.53		
	20-26T	-2.78	17.71	17.2	90.03	90.36	97.71	95.53		
	26-40T	-2.63	17.83	17.32	89.63	90.37	97.71	95.39		
	>40T	-2.3	18.1	17.59	89.47	90.39	97.72	95.33		
EURO V	3.5-7.5 T	-2.01	18.33	17.82	83.97	90.51	97.73	95.33		
	7.5-12T	-1.04	19.1	18.6	85.49	90.69	97.75	95.51		
	12-20T	-3.33	17.27	16.76	87.02	90.63	97.7	95.64		
	20-26T	-2.66	17.81	17.3	85.73	90.62	97.71	95.58		
	26-40T	-2.85	17.65	17.14	85.41	90.58	97.71	95.48		
	>40T	-2.24	18.14	17.64	84.97	90.58	97.72	95.44		
EURO VI	3.5-7.5 T	-1.71	18.57	18.06	48.72	90.3	97.73	93.41		
	7.5-12T	-1.71	18.57	18.06	52.32	90.36	97.73	93.44		
	12-20T	-1.71	18.57	18.06	60.4	90.49	97.73	93.5		
	20-26T	-1.71	18.57	18.06	51.6	90.43	97.73	93.47		
	26-40T	-1.71	18.57	18.06	50.42	90.41	97.73	93.45		
	>40T	-1.71	18.57	18.06	50.08	90.36	97.73	93.43		
ΟΛΕΣ ΟΙ ΚΑΤΗΓΟΡ ΙΕΣ ΒΑΡΟΥΣ	EURO II	-3.45	17.17	16.66	95.96	94.14	97.7	97.81		
	EURO III	0.89	20.65	22.24	94.48	94.11	97.79	97.8		
	EURO IV	-2.46	17.97	17.46	89.95	90.41	97.72	95.43		
	EURO V	-2.65	17.81	17.3	86	90.62	97.71	95.54		
	EURO VI	-1.71	18.57	18.06	54.82	90.43	97.73	93.47		
	3.5-7.5 T	-1.7	18.58	18.07	85.68	90.95	97.73	95.36		
ΟΛΕΣ ΟΙ ΚΑΤΗΓΟΡ ΙΕΣ EURO	7.5-12T	-1.43	18.79	18.29	86.51	91.09	97.74	95.5		
	12-20T	-2.26	18.13	17.62	87.75	91.3	97.72	95.79		
	20-26T	-1.86	18.45	17.94	87.19	91.25	97.73	95.75		
	26-40T	-2.06	18.29	18.61	86.78	91.17	97.73	95.65		
	>40T	-1.93	18.39	17.88	86.62	91.07	97.73	95.57		

Πίνακας 52: Επί % διαφορά φορτηγού diesel από την αντίστοιχη κατηγορία EURO VI CNG/LNG φορτηγού. (WTW).

Στα γραφήματα 21 έως 27 και στους πίνακες 51 και 52 βλέπουμε τα εξής:

- Η κατανάλωση ενέργειας είναι αυξημένη στα φορτηγά φυσικού αερίου εξαιτίας της μειωμένης θερμικής αποδοτικότητας όπως έχουμε εξηγήσει στη μεθοδολογία. Η διαφορά είναι μικρότερη σε επίπεδο από την «πηγή στον τροχό» λόγω της μειωμένης ενέργειας που απαιτείται στα στάδια παραγωγής του φυσικού αερίου.

- Μεταξύ των κατηγοριών diesel η κατηγορία με την μικρότερη κατανάλωση ενέργειας είναι η EURO II ενώ με τη μεγαλύτερη η EURO III πάντα σύμφωνα με τα στοιχεία του Ecotransit World. Αυτή η διακύμανση ίσως οφείλεται στις διάφορες τεχνολογίες μείωσης ρύπων.
- Η μείωση στις εκπομπές CO₂ και αερίων θερμοκηπίου από τα φορτηγά diesel στα φορτηγά φυσικού αερίου σε επίπεδο από το «ντεπόζιτο στον τροχό» είναι περίπου 15% για όλες τις κατηγορίες. Η διαφορά αυτή γίνεται λίγο μεγαλύτερη αν συνυπολογιστούν τα στάδια παραγωγής των καυσίμων.
- Οι εκπομπές NO_x κατά τη λειτουργία των φορτηγών είναι μειωμένες για τα φορτηγά CNG/LNG. Αυτό δεν ισχύει για την κατηγορία EURO VI diesel όπου σε κάποιες κατηγορίες βάρους έχουμε λιγότερες εκπομπές. Σε επίπεδο από την «πηγή στον τροχό» έχουμε σ' όλες τις περιπτώσεις αρκετά μεγάλη μείωση.
- Οι εκπομπές NMHC κατά τη λειτουργία μειώνονται κατά περίπου 90% από τα φορτηγά diesel EURO II έως V στα φορτηγά CNG/LNG και κατά 30-50% από τα φορτηγά diesel EURO VI στα φορτηγά φυσικού αερίου.
- Οι εκπομπές SO₂ θεωρούνται αμελητέες για τα φορτηγά φυσικού αερίου. Έτσι έχουμε 100% μείωση κατά τη λειτουργία από diesel σε CNG/LNG.
- Οι εκπομπές PM κατά τη λειτουργία των φορτηγών είναι μειωμένες κατά πολύ για τα φορτηγά CNG/LNG σε σχέση με τα φορτηγά diesel. Αυτό δεν ισχύει για την κατηγορία EURO VI diesel όπου η διαφορά είναι 20-30%.
- Σε επίπεδο από την «πηγή στον τροχό» η μείωση στις εκπομπές NMHC, SO₂, PM είναι πάνω από 90%.

6.1.2. Αποτελέσματα για όλες τις διαδρομές

Στους πίνακες 53 και 54 φαίνονται τα συνολικά μεγέθη και τα μεγέθη ανά τονοχιλιόμετρο αντίστοιχα για όλες τις διαδρομές του διαδρόμου Σκανδιναβίας-Μεσογείου. Στις δύο τελευταίες γραμμές του πίνακα 53 βλέπουμε τις συνολικές εκπομπές και κατανάλωση ενέργειας για όλο τον διάδρομο όπως επίσης τα ίδια μεγέθη ανά τονοχιλιόμετρο κατά μέσο όρο σε όλες τις διαδρομές. Επίσης, στα γραφήματα 28-34 παρατίθενται τα συνολικά μεγέθη για τις χώρες του διαδρόμου.

**«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»**

	ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ													
	Energy consumption (MJ)		CO2 (Tonnes)		GHG as CO2e (Tonnes)		Nox (kg)		NMHC (kg)		SO2 (kg)		PM (kg)	
	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
ΔΙΑΔΡΟΜΗ														
Russian border – Hamina-Kotka	84767946.53	360367895	5714	25094	6502.835	25505.0412	17369	78546	12598	1860.3	35672	168.66	2192.1	1242.8
Kotka-Hamina - Helsinki	190798093.3	811126257	12860	56483	14636.77	57407.4686	39094	176793	28356	4187.2	80293	379.62	4934	2797.3
Helsinki – Turku/Naantali	295824566.7	1257617774	19940	87574	22693.7	89007.91	60614	274110	43964	6492.1	124490	588.58	7650	4337
Stockholm – Mjölby	744025849.2	3163023761	50150	220257	57076.77	223863.02	152450	689553	110574	16251	313104	1480.3	19240	10909
Mjölby – Helsingborg	1111573532	4725552880	74924	329064	85272.61	334451.025	227760	1E+06	165197	24279	467777	2211.6	28745	16299
Helsingborg – Malmö	384857880	1636118719	25941	113931	29523.77	115796.309	78857	356681	57196	8406	161958	765.72	9952.3	5643
Oslo – Göteborg	691130575.7	2938153867	46584	204598	53019	207947.871	141612	648539	102713	15552	290845	1375.1	17872	10355
Göteborg – Helsingborg	817908904.1	3477117497	55130	242129	62744.59	246093.005	167588	758027	121554	17865	344196	1627.3	21151	11993
Malmö – Vellinge	50026553.21	212674300	3372	14810	3837.708	15052.0245	10250	46364	7434.7	1092.7	21052	99.533	1293.7	733.52
Vellinge - Trelleborg	50400524.27	214264136	3397	14920	3866.397	15164.5451	10327	46711	7490.3	1100.8	21210	100.28	1303.3	739.01
Malmö – København	108545101.9	461450011	7316	32133	8326.867	32659.1265	22241	100598	16131	2370.8	45678	215.96	2807	1591.6
København - Ringsted	150256321.7	638773936	10128	44481	11526.68	45209.2282	30787	139241	22330	3352.8	63232	298.96	3885.6	2210.3
Ringsted - Taulov	477118690.1	2028340506	32159	141243	36601.4	143555.804	97761	439158	70907	10530	200783	949.3	12338	6970.2
Taulov - Hamburg	948165013.4	4030865993	63909	280689	72736.96	285284.55	194278	872727	140912	20926	399011	1886.5	24519	13852
Lübeck – Hamburg	420522492.6	1787737079	28345	124489	32259.71	128138.363	86164	391560	62496	9812	176966	836.67	10875	6355.1
Hamburg – Hannover	1431646179	6086254611	96498	423816	109826.5	436238.583	293342	1E+06	212765	33443	602472	2848.4	37022	21673
Bremen – Hannover	565509028.5	2404107930	38117	167410	43382.13	172316.918	115872	526952	84043	13210	237980	1125.1	14624	8560.8
Hannover – Würzburg	2610690393	1.1099E+10	2E+05	772854	200275	795506.3	534927	2E+06	387989	60990	1E+06	5194.3	67512	39524
Würzburg - Nürnberg	1077742867	4581730872	72643	319049	82677.33	328400.291	220828	1E+06	160169	25176	453541	2144.3	27870	16315
Rostock - Berlin	752424759.4	3198729357	50716	222744	57721.07	229272.229	154171	701123	111822	17577	316639	1497	19458	11390
Berlin - Leipzig	1223692251	5202195010	82481	362255	93873.61	372872.593	250733	1E+06	181859	28588	514960	2434.7	31644	18526
Leipzig – Nürnberg	2154700204	9160122274	1E+05	637865	165294.4	656561.221	441495	2E+06	320221	50334	906751	4287	55720	32618
Nürnberg - München	1465611507	6230648971	98787	433871	112432.1	446588.198	300302	1E+06	217812	34237	616765	2916	37900	22187
München – Rosenheim	383989167.1	1632425577	25882	113674	29457.12	117005.755	78679	357823	57067	8970.6	161592	763.99	9929.9	5813.3
Rosenheim – Kufstein	218956255.7	930833009	14758	64819	16796.88	66718.417	44864	204027	32540	5114.8	92142	435.64	5662.2	3314.6
Kufstein – Wörgl	126639872	538375001	8536	37490	9714.977	38103.493	25948	116746	18821	2763.3	53293	251.96	3274.9	1847.7
Wörgl – Baumkirchen	304525448.2	1294607188	20526	90150	23361.19	91625.8291	62397	280734	45257	6644.8	128152	605.89	7875	4443.1
Baumkirchen – Innsbruck	96285169.62	409330233	6490	28504	7386.364	28970.3489	19729	88763	14309	2101	40519	191.57	2489.9	1404.8
Innsbruck - Patsch	46588341.64	198057674	3140	13792	3573.951	14017.5327	9545.9	42949	6923.7	1016.6	19606	92.693	1204.8	679.73
Patsch Fortezza (via Brenner)	383536445	1630500969	25852	113540	29422.39	115398.713	78586	353572	56999	8368.9	161402	763.09	9918.2	5595.9
Fortezza - Verona	5036424344	2.1411E+10	3E+05	1E+06	386361.6	1515363.22	1E+06	5E+06	748489	124213	2E+06	10020	130242	79257
Verona - Bologna	1912311819	8129674145	1E+05	566110	146700	575377.696	391830	2E+06	284199	47293	804748	3804.8	49452	30114
Bologna - Ancona	2800539591	1.1906E+10	2E+05	829056	214839	842628.279	573827	3E+06	416203	69259	1E+06	5572	72421	44101
Bologna - Firenze	1435621434	6103154488	96766	424993	110131.4	431950.765	294157	1E+06	213355	35504	604145	2856.3	37125	22607
Firenze - Livorno	570201969.3	2424058756	38433	168799	43742.14	171562.761	116834	559737	84741	14101	239955	1134.5	14745	8979.2
Livorno – La Spezia	639410325.7	2718279280	43098	189287	49051.35	192386.219	131014	627675	95026	15813	269080	1272.2	16535	10069
Firenze - Roma	3416221549	1.4523E+10	2E+05	1E+06	262070	1027875.09	699979	3E+06	507703	84485	1E+06	6797	88343	53797
Roma - Napoli	2822748331	1.2E+10	2E+05	835630	216542.7	849310.46	578377	3E+06	419504	69808	1E+06	5616.2	72996	44451
Napoli – Bari	833806081.6	3544700021	56201	246835	63964.11	250876.147	170846	818503	123916	20621	350886	1659	21562	13130
Bari – Taranto	94331755.23	401025829	6358	27925	7236.511	28382.6034	19328	92601	14019	2332.9	39697	187.68	2439.4	1485.5
Salerno - Sicignano	169182517.1	719233507	11403	50084	12978.57	50903.7521	34665	166078	25143	4184	71196	336.61	4375	2664.2
Firmo - Sicignano	2078987763	8838251640	1E+05	615452	159486.3	625527.268	425982	2E+06	308969	51415	874889	4136.4	53762	32739
Firmo – Sant’Eufemia Lamezia	540250244.2	2296727134	36415	159933	41444.44	162550.865	110697	530335	80289	13361	227351	1074.9	13971	8507.6
Sant’Eufemia Lamezia - Cannitello	891733814.3	3790964038	60106	263984	68407.95	268305.484	182715	875368	132525	22053	375263	1774.2	23060	14043
Caltanissetta - Buonfornello	492539902.3	2093899577	33199	145809	37784.42	148195.745	100921	483500	73199	12181	207273	979.97	12737	7756.2
Buonfornello – Palermo Est	505491320.5	2148959014	34072	149643	38777.97	152092.576	103574	496214	75124	12501	212723	1005.7	13072	7960.2
Caltanissetta – Catania South	928412115.2	3946891869	62578	274842	71221.66	279341.276	190230	911373	137976	22960	390699	1847.2	24009	14620
Catania South - Catania	210469873.8	894755486	14186	62306	16145.86	63326.3204	43125	206607	31279	5205.1	88571	418.75	5442.7	3314.4
ΣΥΝΟΛΟ	44747144683	1.9023E+11	3E+06	1E+07	3432707	13510688.2	9E+06	4E+07	7E+06	1E+06	2E+07	89029	1E+06	689516
ANA TKM	0.252955004	1.07536947	2E-05	7E-05	1.94E-05	7.6376E-05	5E-05	0.0002	4E-05	6E-06	0.0001	5E-07	7E-06	4E-06

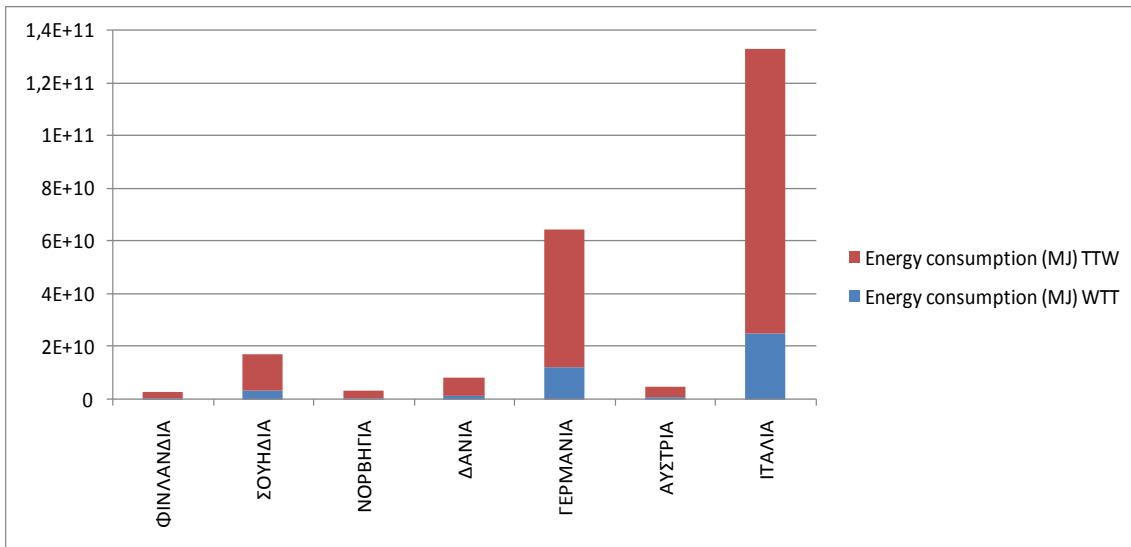
Πίνακας 53: Συνολική κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές σε όλες τις διαδρομές.

**«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»**

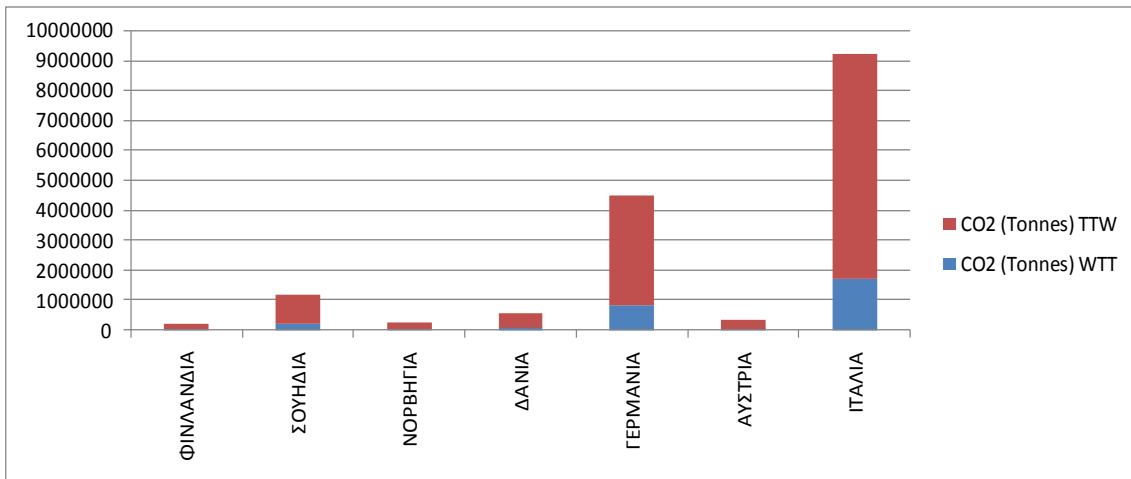
ΔΙΑΔΡΟΜΗ	ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΑΝΑ ΤΟΝΟΧΙΛΙΟΜΕΤΡΟ													
	Energy consumption (MJ/tkm)		CO2 (Tonnes/tkm)		GHG as CO2e (Tonnes/tkm)		Nox (kg/tkm)		NMHC (kg/tkm)		SO2 (kg/tkm)		PM (kg/tkm)	
	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
Russian border – Hamina-Kotka	0.187573507	0.797417806	1.3E-05	5.6E-05	1.43894E-05	5.64373E-05	4E-05	2E-04	3E-05	4E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
Kotka-Hamina - Helsinki	0.187573507	0.797417806	1.3E-05	5.6E-05	1.43894E-05	5.64373E-05	4E-05	2E-04	3E-05	4E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
Helsinki – Turku/Naantali	0.187573507	0.797417806	1.3E-05	5.6E-05	1.43894E-05	5.64373E-05	4E-05	2E-04	3E-05	4E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
Stockholm – Mjölby	0.1722791	0.732397789	1.2E-05	5.1E-05	1.32161E-05	5.18355E-05	4E-05	2E-04	3E-05	4E-06	7E-05	3E-07	4E-06	3E-06
Mjölby – Helsingborg	0.1722791	0.732397789	1.2E-05	5.1E-05	1.32161E-05	5.18355E-05	4E-05	2E-04	3E-05	4E-06	7E-05	3E-07	4E-06	3E-06
Helsingborg – Malmö	0.1722791	0.732397789	1.2E-05	5.1E-05	1.32161E-05	5.18355E-05	4E-05	2E-04	3E-05	4E-06	7E-05	3E-07	4E-06	3E-06
Oslo – Göteborg	0.184874874	0.785945298	1.2E-05	5.5E-05	1.41824E-05	5.56253E-05	4E-05	2E-04	3E-05	4E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
Göteborg – Helsingborg	0.1722791	0.732397789	1.2E-05	5.1E-05	1.32161E-05	5.18355E-05	4E-05	2E-04	3E-05	4E-06	7E-05	3E-07	4E-06	3E-06
Malmö – Vellinge	0.1722791	0.732397789	1.2E-05	5.1E-05	1.32161E-05	5.18355E-05	4E-05	2E-04	3E-05	4E-06	7E-05	3E-07	4E-06	3E-06
Vellinge - Trelleborg	0.1722791	0.732397789	1.2E-05	5.1E-05	1.32161E-05	5.18355E-05	4E-05	2E-04	3E-05	4E-06	7E-05	3E-07	4E-06	3E-06
Malmö – København	0.1722791	0.732397789	1.2E-05	5.1E-05	1.32161E-05	5.18355E-05	4E-05	2E-04	3E-05	4E-06	7E-05	3E-07	4E-06	3E-06
København - Ringsted	0.18117495	0.770216085	1.2E-05	5.4E-05	1.38986E-05	5.4512E-05	4E-05	2E-04	3E-05	4E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
Ringsted - Taulov	0.180795384	0.768602465	1.2E-05	5.4E-05	1.38694E-05	5.43978E-05	4E-05	2E-04	3E-05	4E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
Taulov - Hamburg	0.180795384	0.768602465	1.2E-05	5.4E-05	1.38694E-05	5.43978E-05	4E-05	2E-04	3E-05	4E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
Lübeck – Hamburg	0.199723649	0.849070808	1.3E-05	5.9E-05	1.53215E-05	6.08582E-05	4E-05	2E-04	3E-05	5E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
Hamburg – Hannover	0.199780788	0.849313718	1.3E-05	5.9E-05	1.53259E-05	6.08754E-05	4E-05	2E-04	3E-05	5E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
Bremen – Hannover	0.199780788	0.849313718	1.3E-05	5.9E-05	1.53259E-05	6.08754E-05	4E-05	2E-04	3E-05	5E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
Hannover – Würzburg	0.199785394	0.8493333	1.3E-05	5.9E-05	1.53262E-05	6.08768E-05	4E-05	2E-04	3E-05	5E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
Würzburg - Nürnberg	0.199780788	0.849313718	1.3E-05	5.9E-05	1.53259E-05	6.08754E-05	4E-05	2E-04	3E-05	5E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
Rostock - Berlin	0.199780788	0.849313718	1.3E-05	5.9E-05	1.53259E-05	6.08754E-05	4E-05	2E-04	3E-05	5E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
Berlin - Leipzig	0.199785394	0.8493333	1.3E-05	5.9E-05	1.53262E-05	6.08768E-05	4E-05	2E-04	3E-05	5E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
Leipzig – Nürnberg	0.199780788	0.849313718	1.3E-05	5.9E-05	1.53259E-05	6.08754E-05	4E-05	2E-04	3E-05	5E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
Nürnberg - München	0.199780788	0.849313718	1.3E-05	5.9E-05	1.53259E-05	6.08754E-05	4E-05	2E-04	3E-05	5E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
München – Rosenheim	0.199785394	0.8493333	1.3E-05	5.9E-05	1.53262E-05	6.08768E-05	4E-05	2E-04	3E-05	5E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
Rosenheim – Kufstein	0.199780788	0.849313718	1.3E-05	5.9E-05	1.53259E-05	6.08754E-05	4E-05	2E-04	3E-05	5E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
Kufstein - Wörgl	0.191257735	0.813080286	1.3E-05	5.7E-05	1.4672E-05	5.75458E-05	4E-05	2E-04	3E-05	4E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
Wörgl – Baumkirchen	0.191257735	0.813080286	1.3E-05	5.7E-05	1.4672E-05	5.75458E-05	4E-05	2E-04	3E-05	4E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
Baumkirchen – Innsbruck	0.191257735	0.813080286	1.3E-05	5.7E-05	1.4672E-05	5.75458E-05	4E-05	2E-04	3E-05	4E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
Innsbruck - Patsch	0.191257735	0.813080286	1.3E-05	5.7E-05	1.4672E-05	5.75458E-05	4E-05	2E-04	3E-05	4E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
Patsch Fortezza (via Brenner)	0.191257735	0.813080286	1.3E-05	5.7E-05	1.4672E-05	5.75458E-05	4E-05	2E-04	3E-05	4E-06	8E-05	4E-07	5E-06	3E-06
Fortezza - Verona	0.336229262	1.429387356	2.3E-05	1E-04	2.57933E-05	0.000100578	7E-05	3E-04	5E-05	8E-06	0.0001	7E-07	9E-06	5E-06
Verona - Bologna	0.334279721	1.421099415	2.3E-05	9.9E-05	2.56437E-05	0.000100578	7E-05	3E-04	5E-05	8E-06	0.0001	7E-07	9E-06	5E-06
Bologna - Ancona	0.334279721	1.421099415	2.3E-05	9.9E-05	2.56437E-05	0.000100578	7E-05	3E-04	5E-05	8E-06	0.0001	7E-07	9E-06	5E-06
Bologna - Firenze	0.334279721	1.421099415	2.3E-05	9.9E-05	2.56437E-05	0.000100578	7E-05	3E-04	5E-05	8E-06	0.0001	7E-07	9E-06	5E-06
Firenze - Livorno	0.334279721	1.421099415	2.3E-05	9.9E-05	2.56437E-05	0.000100578	7E-05	3E-04	5E-05	8E-06	0.0001	7E-07	9E-06	5E-06
Livorno – La Spezia	0.334279721	1.421099415	2.3E-05	9.9E-05	2.56437E-05	0.000100578	7E-05	3E-04	5E-05	8E-06	0.0001	7E-07	9E-06	5E-06
Firenze - Roma	0.334279721	1.421099415	2.3E-05	9.9E-05	2.56437E-05	0.000100578	7E-05	3E-04	5E-05	8E-06	0.0001	7E-07	9E-06	5E-06
Roma - Napoli	0.334279721	1.421099415	2.3E-05	9.9E-05	2.56437E-05	0.000100578	7E-05	3E-04	5E-05	8E-06	0.0001	7E-07	9E-06	5E-06
Napoli – Bari	0.334279721	1.421099415	2.3E-05	9.9E-05	2.56437E-05	0.000100578	7E-05	3E-04	5E-05	8E-06	0.0001	7E-07	9E-06	5E-06
Bari – Taranto	0.334279721	1.421099415	2.3E-05	9.9E-05	2.56437E-05	0.000100578	7E-05	3E-04	5E-05	8E-06	0.0001	7E-07	9E-06	5E-06
Salerno - Sicignano	0.334279721	1.421099415	2.3E-05	9.9E-05	2.56437E-05	0.000100578	7E-05	3E-04	5E-05	8E-06	0.0001	7E-07	9E-06	5E-06
Firino - Sicignano	0.334279721	1.421099415	2.3E-05	9.9E-05	2.56437E-05	0.000100578	7E-05	3E-04	5E-05	8E-06	0.0001	7E-07	9E-06	5E-06
Firino – Sant’Eufemia Lamezia	0.334279721	1.421099415	2.3E-05	9.9E-05	2.56437E-05	0.000100578	7E-05	3E-04	5E-05	8E-06	0.0001	7E-07	9E-06	5E-06
Sant’Eufemia Lamezia - Cannitello	0.334279721	1.421099415	2.3E-05	9.9E-05	2.56437E-05	0.000100578	7E-05	3E-04	5E-05	8E-06	0.0001	7E-07	9E-06	5E-06
Caltanissetta - Buonformello	0.334279721	1.421099415	2.3E-05	9.9E-05	2.56437E-05	0.000100578	7E-05	3E-04	5E-05	8E-06	0.0001	7E-07	9E-06	5E-06
Buonformello – Palermo Est	0.334279721	1.421099415	2.3E-05	9.9E-05	2.56437E-05	0.000100578	7E-05	3E-04	5E-05	8E-06	0.0001	7E-07	9E-06	5E-06
Caltanissetta – Catania South	0.334279721	1.421099415	2.3E-05	9.9E-05	2.56437E-05	0.000100578	7E-05	3E-04	5E-05	8E-06	0.0001	7E-07	9E-06	5E-06
Catania South - Catania	0.334279721	1.421099415	2.3E-05	9.9E-05	2.56437E-05	0.000100578	7E-05	3E-04	5E-05	8E-06	0.0001	7E-07	9E-06	5E-06

Πίνακας 54: Συνολική κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές ανά τονοχιλιόμετρο σε όλες τις διαδρομές.

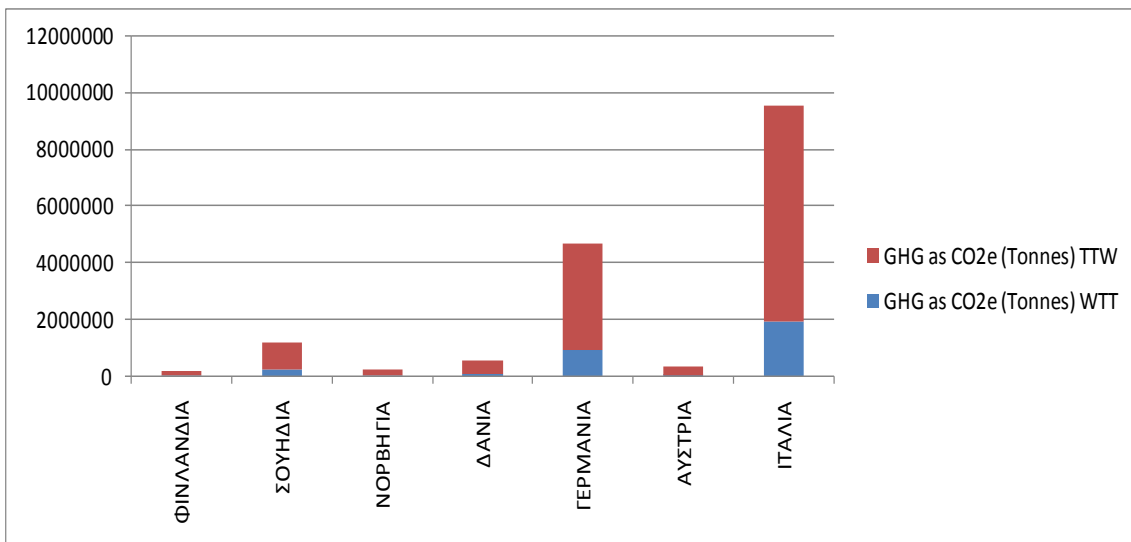
«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»



Γράφημα 28: Συνολική κατανάλωση ενέργειας στις χώρες του διαδρόμου.

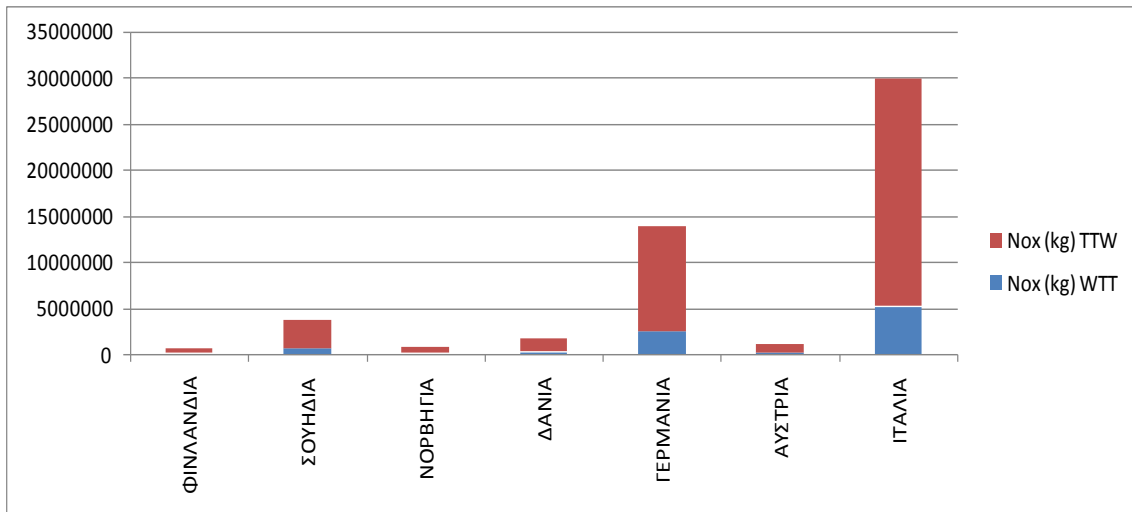


Γράφημα 29: Συνολικές εκπομπές CO2 στις χώρες του διαδρόμου.

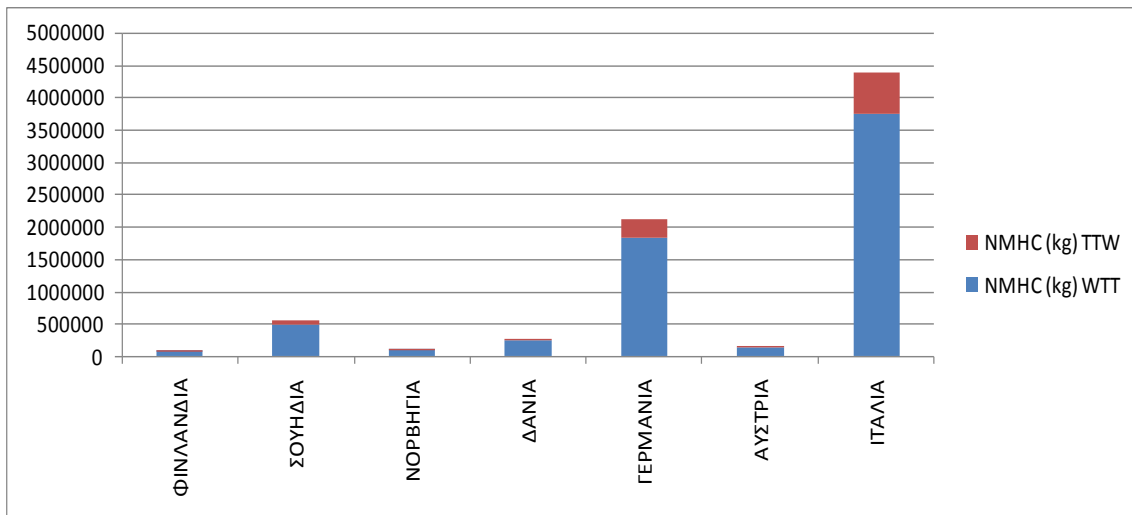


Γράφημα 30: Συνολικές εκπομπές αερίων θερμοκηπίου στις χώρες του διαδρόμου.

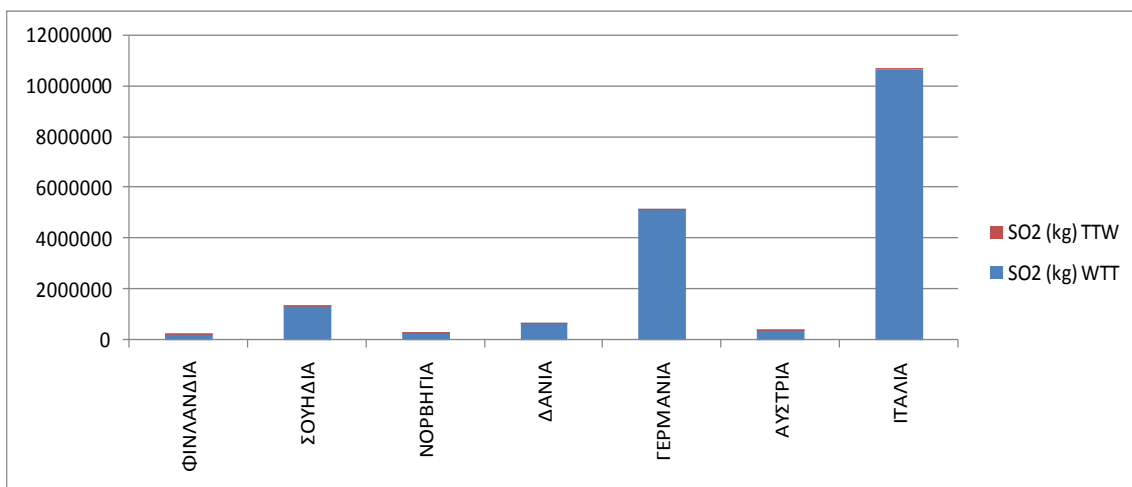
«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»



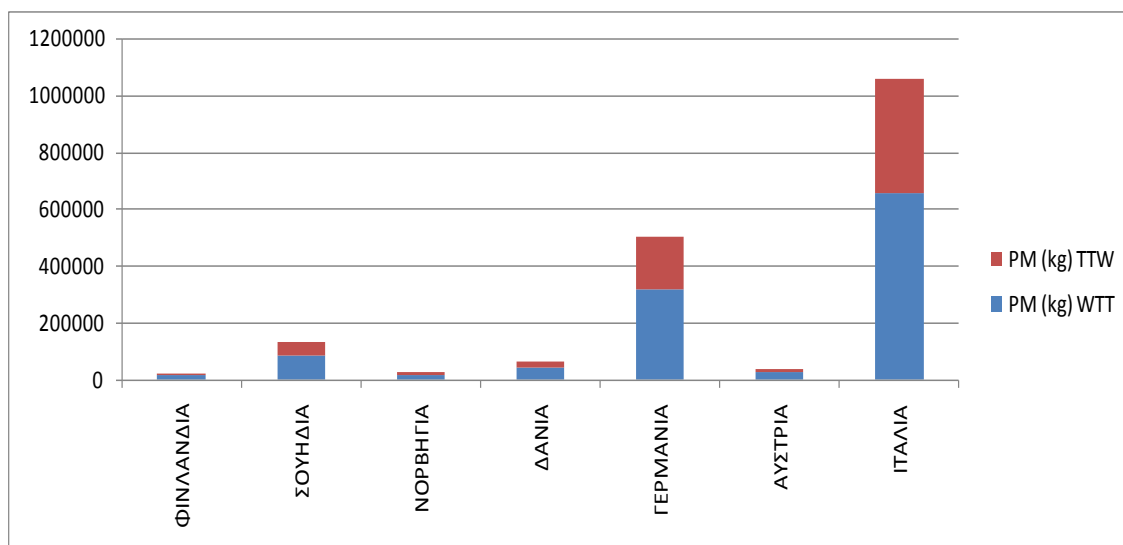
Γράφημα 31: Συνολικές εκπομπές NOx στις χώρες του διαδρόμου.



Γράφημα 32: Συνολικές εκπομπές NMHC στις χώρες του διαδρόμου.



Γράφημα 33: Συνολικές εκπομπές SO2 στις χώρες του διαδρόμου.



Γράφημα 34: Συνολικές εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων στις χώρες του διαδρόμου.

Σχετικά με τους πίνακες 53-54 και τα γραφήματα 28-34 παρατηρούμε τα εξής:

- Η συνολική κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές ρύπων και αερίων θερμοκηπίου είναι σχεδόν ανάλογα προς τη μεταφορική δραστηριότητα σε κάθε χώρα του διαδρόμου. Έτσι, τα μεγαλύτερα μεγέθη συναντώνται στην Ιταλία, ακολούθως σε Γερμανία, Σουηδία κλπ.
- Τα μεγέθη ανά τονοχιλιόμετρο είναι περίπου ίδια για όλες τις διαδρομές. Εξαιρέση αποτελούν οι διαδρομές της Ιταλίας, γεγονός που οφείλεται στη σύνθεση του στόλου των φορτηγών της. Συγκεκριμένα, είναι η μόνη χώρα όπου τα φορτηγά 12-20 τόνων αποτελούν την κύρια κατηγορία μεταφοράς φορτίων.
- Η χώρα με τα μικρότερα μεγέθη ανά τονοχιλιόμετρο είναι η Σουηδία κι αυτό γιατί είναι η χώρα με το μεγαλύτερο ποσοστό φορτηγών άνω των 40 τόνων. Τα φορτηγά δηλαδή με την μικρότερη κατανάλωση ενέργειας ανά τονοχιλιόμετρο.

6.1.3. Σενάρια αλλαγής φορτηγών

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από σενάρια αντικατάστασης ή μετατροπής φορτηγών diesel με φορτηγά CNG/LNG που ικανοποιούν τους κανονισμούς EURO VI. Όπως έχει ειπωθεί η τεχνολογία για τη μετατροπή των κινητήρων diesel σε κινητήρες διπλού καυσίμου δεν έχει φτάσει στα επιθυμητά επίπεδα. Μετά τη μετατροπή δεν ικανοποιούνται, με τις υπάρχουσες τεχνολογίες, οι περιορισμοί EURO VI. Αντίθετα σε κάποιες δοκιμές μετατροπής που έχουν γίνει σε φορτηγά diesel EURO III που μετατράπηκαν σε διπλού καυσίμου οι εκπομπές – εκτός από αυτές των αιωρούμενων σωματιδίων – επηρεάστηκαν αρνητικά

(OLOFSSON κ.ά.,2014). Σε άλλες μελέτες τα αποτελέσματα είναι πιο ενθαρρυντικά (EURO V final technical solutions, 2014). Έτσι τα σενάρια είναι τα εξής:

1. Αντικατάσταση των φορτηγών EURO II και παλαιότερων με φορτηγά EURO VI CNG/LNG.
2. Αντικατάσταση των φορτηγών EURO III και παλαιότερων με φορτηγά EURO VI CNG/LNG.
3. Αντικατάσταση/Μετατροπή των φορτηγών EURO IV και παλαιότερων με φορτηγά ή κινητήρες EURO VI CNG/LNG.
4. Αντικατάσταση/Μετατροπή των φορτηγών EURO V και παλαιότερων με φορτηγά ή κινητήρες EURO VI CNG/LNG.
5. Αντικατάσταση/Μετατροπή των φορτηγών EURO VI και παλαιότερων με φορτηγά ή κινητήρες EURO VI CNG/LNG.

Όπως είναι προφανές, όλα τα παραπάνω σενάρια εμπεριέχουν τα προηγούμενά τους. Στα σενάρια 1 και 2 γίνεται μόνο η υπόθεση της αντικατάστασης, λόγω της παλαιότητας και άρα της μη οικονομικής βιωσιμότητας μιας μετατροπής. Έτσι και στα επόμενα σενάρια υποτίθεται ότι τα φορτηγά EURO II και EURO III αντικαθιστώνται με καινούργια. Στις υπόλοιπες κατηγορίες EURO γίνεται η υπόθεση της μετατροπής (και της αντικατάστασης για κάποια EURO IV), αν και ακόμα δεν είναι εφικτό να φτάσει τα πρότυπα EURO VI. Στις υποθέσεις αυτές θεωρούμε ότι ο κινητήρας που μετατρέπεται σε διπλού καυσίμου έχει τις ίδιες εκπομπές με ένα καινούργιο φορτηγό CNG/LNG EURO VI. Τα τελευταία δύο σενάρια και ιδιαίτερα το τελευταίο, είναι μάλλον αδύνατα, εντούτοις εμπεριέχονται στη μελέτη για να εξάγουμε συνολικά αποτελέσματα για τις εκπομπές, αν τυχόν τα φορτηγά φυσικού αερίου κυριαρχούσαν στην αγορά μετά από χρόνια.

Στους πίνακες 55 έως 59 παρουσιάζονται τα παραπάνω σενάρια. Στην πρώτη γραμμή κάθε πίνακα είναι οι κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές για όλα τα φορτηγά diesel που κινούνται στο διάδρομο και είναι της τεχνολογίας που αναφέρεται στον πίνακα, ή παλαιότερης. Έτσι για παράδειγμα, στον πίνακα 56 στην πρώτη γραμμή βλέπουμε τα συνολικά μεγέθη για όλα τα φορτηγά του διαδρόμου τεχνολογίας diesel EURO II και EURO III. Αντίστοιχα, στη δεύτερη σειρά είναι τα συνολικά μεγέθη στην περίπτωση τα φορτηγά diesel αντικατασταθούν με EURO VI CNG/LNG. Για να βρούμε τα μεγέθη της δεύτερης σειράς (κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές) ακολουθούμε την εξής διαδικασία:

- Για κάθε κατηγορία EURO diesel βρίσκουμε τις συνολικές εκπομπές και κατανάλωση ενέργειας. Τα μεγέθη αυτά βρίσκονται και στον πίνακα 48.
- Βρίσκουμε τις εκπομπές των φορτηγών φυσικού αερίου για κάθε κατηγορία EURO diesel που αντικαθιστούν ξεχωριστά. Αυτό γίνεται πολλαπλασιάζοντας τα μεγέθη

κάθε κατηγορίας EURO diesel, δηλαδή τα μεγέθη του πρώτου βήματος, με τις αντίστοιχες διαφορές με τα φορτηγά φυσικού αερίου (πίνακας 51).

- Προσθέτουμε τις κατηγορίες κάθε σεναρίου. Στον πίνακα 56 για παράδειγμα προσθέτουμε τις εκπομπές των φορτηγών φυσικού αερίου που αντικαθιστούν τα φορτηγά EURO II και EURO III.

Οι επόμενες δύο γραμμές των πινάκων είναι η απόλυτη και η ποσοστιαία διαφορά των δύο πρώτων γραμμών. Όπου η διαφορά είναι θετική έχουμε μείωση από diesel σε φυσικό αέριο, σε αντίθετη περίπτωση αύξηση. Η πέμπτη γραμμή είναι η ποσοστιαία διαφορά των δύο πρώτων σε επίπεδο από την «πηγή στον τροχό». Στη γραμμή «ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ» παρατίθενται οι συνολικές εκπομπές και κατανάλωση ενέργειας μετά την αντικατάσταση/μετατροπή των φορτηγών. Είναι δηλαδή οι συνολικές εκπομπές του διαδρόμου (πίνακας 53) μείον την τρίτη σειρά κάθε πίνακα. Οι δύο τελευταίες σειρές είναι η ποσοστιαίες διαφορές από τα μεγέθη του πίνακα 53 στα μεγέθη της έκτης γραμμής του πίνακα σε επίπεδο WTT-TTW και WTW.

Τέλος μετά τους πίνακες παρατίθενται γραφήματα, τα οποία στηρίζονται στα δεδομένα των πινάκων 55-59 και αποτυπώνουν τη διακύμανση των διαφόρων μεγεθών μετά την αντικατάσταση ή μετατροπή των φορτηγών diesel. Ο οριζόντιος άξονας των γραφημάτων υποδηλώνει την αντικατάσταση των φορτηγών μέχρι και την κατηγορία EURO που αναγράφεται. Το στοιχείο EURO IV για παράδειγμα σημαίνει αντικατάσταση/μετατροπή των φορτηγών τεχνολογίας μέχρι και EURO IV, με φορτηγά EURO VI CNG/LNG.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΦΟΡΤΗΓΩΝ EURO II ΚΑΙ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΩΝ ΜΕ EURO VI CNG/LNG													
	Energy consumption (MJ)		CO2 (Tonnes)		GHG as CO2e (Tonnes)		Nox (kg)		NMHC (kg)		SO2 (kg)		PM (kg)	
	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
DIESEL	1.188E+09	5051440464	80091	4E+05	91153.3	357515.78	2E+05	4E+06	2E+05	1E+05	5E+05	2364	30728	67327
CNG/LNG	931714183	5523144286	57358	3E+05	69584.18	304325.25	58005	1E+05	12164	6137	11580	0	1047.4	1105
ΑΠΟΛΥΤΗ ΔΙΑΦΟΡΑ	256516646	-471703822	22732	51436	21569.12	53190.53	2E+05	4E+06	2E+05	1E+05	5E+05	2364	29680	66222
ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΕΠΙ %	21.59	-9.34	28.38	14.62	23.66	14.88	76.18	97.1	93.11	95.47	97.68	100	96.59	98.36
ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΕΠΙ % (WTW)	-3.45		17.17		16.66		95.96		94.14		97.7		97.81	
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ	4.449E+10	1.907E+11	3E+06	1E+07	3411137	13457498	9E+06	4E+07	6E+06	9E+05	2E+07	86665	1E+06	6E+05
ΣΧΕΤΙΚΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ %	0.57	-0.25	0.75	0.39	0.63	0.39	2.02	9.56	2.47	12.1	2.59	2.66	2.56	9.6
ΣΧΕΤΙΚΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % (WTW)	-0.09		0.46		0.44		8.24		3.81		2.59		5.19	

Πίνακας 55: Σενάριο αντικατάστασης των φορτηγών τεχνολογίας μέχρι και EURO II diesel.

	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΦΟΡΤΗΓΩΝ EURO III ΚΑΙ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΩΝ ΜΕ EURO VI CNG/LNG													
	Energy consumption (MJ)		CO2 (Tonnes)		GHG as CO2e (Tonnes)		Nox (kg)		NMHC (kg)		SO2 (kg)		PM (kg)	
	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
DIESEL	5.858E+09	2.4904E+10	4E+05	2E+06	449384.6	1809685.4	1E+06	2E+07	9E+05	6E+05	2E+06	11655	151486	3E+05
CNG/LNG	4.44E+09	2.6318E+10	3E+05	1E+06	331568.2	1450107.9	3E+05	6E+05	57962	29242	55177	0	4990.8	5264
ΑΠΟΛΥΤΗ ΔΙΑΦΟΡΑ	1.418E+09	-1.414E+09	1E+05	3E+05	117816.4	359577.54	9E+05	2E+07	8E+05	6E+05	2E+06	11655	146495	3E+05
ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΕΠΙ %	24.21	-5.68	30.78	17.48	26.22	19.87	76.97	96.25	93.34	95.22	97.76	100	96.71	98.32
ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΕΠΙ % (WTW)	0.01		19.95		21.13		94.87		94.12		97.77		97.8	
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ	4.333E+10	1.9164E+11	3E+06	1E+07	3314890	13151111	8E+06	3E+07	6E+06	5E+05	2E+07	77374	1E+06	4E+05
ΣΧΕΤΙΚΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ %	3.17	-0.74	4.03	2.29	3.43	2.66	10.08	34.98	12.22	54.5	12.8	13.09	12.66	44.79
ΣΧΕΤΙΚΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % (WTW)	0		2.61		2.82		30.6		18.08		12.8		24.66	

Πίνακας 56: Σενάριο αντικατάστασης των φορτηγών τεχνολογίας μέχρι και EURO III diesel.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΦΟΡΤΗΓΩΝ EURO IV ΚΑΙ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΩΝ ΜΕ EURO VI CNG/LNG													
	Energy consumption (MJ)		CO2 (Tonnes)		GHG as CO2e (Tonnes)		Nox (kg)		NMHC (kg)		SO2 (kg)		PM (kg)	
	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
DIESEL	1.427E+10	6.065E+10	1E+06	4E+06	1094428	4339634.1	3E+06	3E+07	2E+06	7E+05	6E+06	28385	368928	4E+05
CNG/LNG	1.097E+10	6.5027E+10	7E+05	4E+06	819253	3582989.2	7E+05	1E+06	1E+05	72252	1E+05	0	12331	13005
ΑΠΟΛΥΤΗ ΔΙΑΦΟΡΑ	3.297E+09	-4.377E+09	3E+05	7E+05	275174.7	756644.87	2E+06	3E+07	2E+06	6E+05	6E+06	28385	356596	4E+05
ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΕΠΙ %	23.11	-7.22	29.77	16.28	25.14	17.44	76.64	94.54	93.25	89.67	97.73	100	96.66	96.95
ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΕΠΙ % (WTT)	-1.44		18.78		18.99		92.76		92.36		97.74		96.82	
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ	4.145E+10	1.9461E+11	3E+06	1E+07	3157532	12754043	7E+06	2E+07	5E+06	4E+05	1E+07	60645	800557	3E+05
ΣΧΕΤΙΚΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ %	7.37	-2.3	9.49	5.19	8.02	5.6	24.43	58.35	29.73	58.63	31.16	31.88	30.82	60.02
ΣΧΕΤΙΚΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % (WTT)	-0.46		5.99		6.09		52.38		33.73		31.16		41.72	

Πίνακας 57: Σενάριο αντικατάστασης των φορτηγών τεχνολογίας μέχρι και EURO IV diesel.

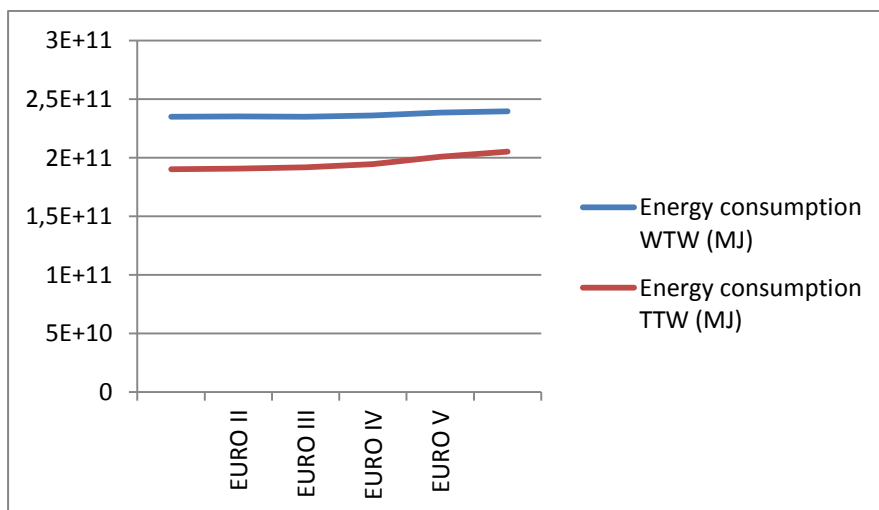
	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ/ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΦΟΡΤΗΓΩΝ EURO V ΚΑΙ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΩΝ ΜΕ EURO VI CNG/LNG													
	Energy consumption (MJ)		CO2 (Tonnes)		GHG as CO2e (Tonnes)		Nox (kg)		NMHC (kg)		SO2 (kg)		PM (kg)	
	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
DIESEL	3.11E+10	1.3223E+11	2E+06	9E+06	2386134	9405883.4	6E+06	4E+07	5E+06	9E+05	1E+07	61886	804357	7E+05
CNG/LNG	2.407E+10	1.4269E+11	1E+06	8E+06	1797714	7862270.9	1E+06	3E+06	3E+05	2E+05	3E+05	0	27059	28538
ΑΠΟΛΥΤΗ ΔΙΑΦΟΡΑ	7.034E+09	-1.046E+10	6E+05	1E+06	588419.9	1543612.5	5E+06	4E+07	4E+06	8E+05	1E+07	61886	777298	6E+05
ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΕΠΙ %	22.61	-7.91	29.32	15.74	24.66	16.41	76.49	92.3	93.2	83.13	97.71	100	96.64	95.74
ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΕΠΙ % (WTT)	-2.1		18.26		18.08		90.18		91.5		97.73		96.23	
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ	3.771E+10	2.0069E+11	2E+06	1E+07	2844287	11967076	4E+06	5E+06	2E+06	3E+05	6E+06	27144	379855	47507
ΣΧΕΤΙΚΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ %	15.72	-5.5	20.38	10.94	17.14	11.43	53.17	88.6	64.79	73.02	67.92	69.51	67.17	93.11
ΣΧΕΤΙΚΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % (WTT)	-1.46		12.69		12.58		82.36		65.93		67.93		76.86	

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

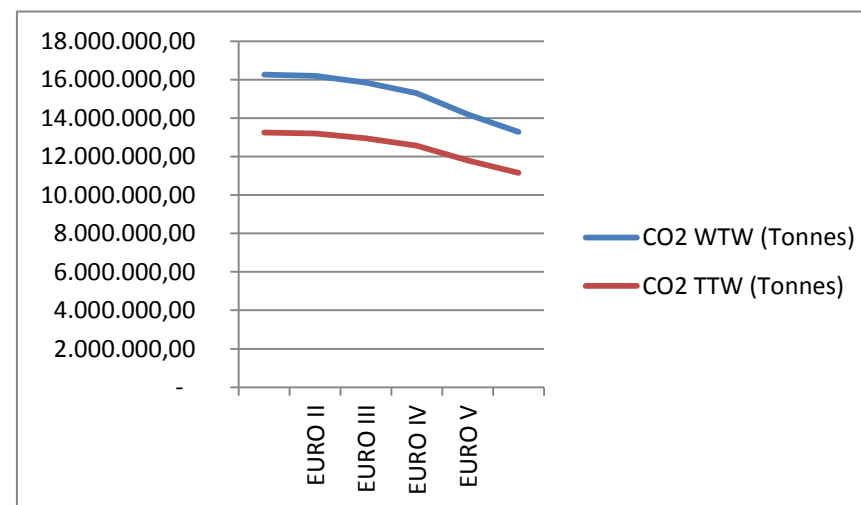
Πίνακας 58: Σενάριο αντικατάστασης των φορτηγών τεχνολογίας μέχρι και EURO V diesel.

	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ/ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΦΟΡΤΗΓΩΝ ΜΕ EURO VI CNG/LNG													
	Energy consumption (MJ)		CO2 (Tonnes)		GHG as CO2e (Tonnes)		Nox (kg)		NMHC (kg)		SO2 (kg)		PM (kg)	
	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
DIESEL	4.475E+10	1.9023E+11	3E+06	1E+07	3432707	13510688	9E+06	4E+07	7E+06	1E+06	2E+07	89029	1E+06	7E+05
CNG/LNG	3.459E+10	2.0504E+11	2E+06	1E+07	2583212	11297634	2E+06	5E+06	5E+05	2E+05	4E+05	0	38882	41008
ΑΠΟΛΥΤΗ ΔΙΑΦΟΡΑ	1.016E+10	-1.481E+10	9E+05	2E+06	849494.6	2213054	7E+06	4E+07	6E+06	8E+05	2E+07	89029	1E+06	6E+05
ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΕΠΙ %	22.7	-7.78	29.4	15.84	24.75	16.38	76.51	89.38	93.21	78.71	97.72	100	96.64	94.05
ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΕΠΙ % (WTW)	-1.98		18.35		18.08		87.12		91.2		97.73		95.67	
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ	3.459E+10	2.0504E+11	2E+06	1E+07	2583212	11297634	2E+06	5E+06	5E+05	2E+05	4E+05	0	38882	41008
ΣΧΕΤΙΚΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ %	22.7	-7.78	29.4	15.84	24.75	16.38	76.51	89.38	93.21	78.71	97.72	100	96.64	94.05
ΣΧΕΤΙΚΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % (WTW)	-1.98		18.35		18.08		87.12		91.2		97.73		95.67	

Πίνακας 59: Σενάριο αντικατάστασης των φορτηγών τεχνολογίας μέχρι και EURO VI diesel.

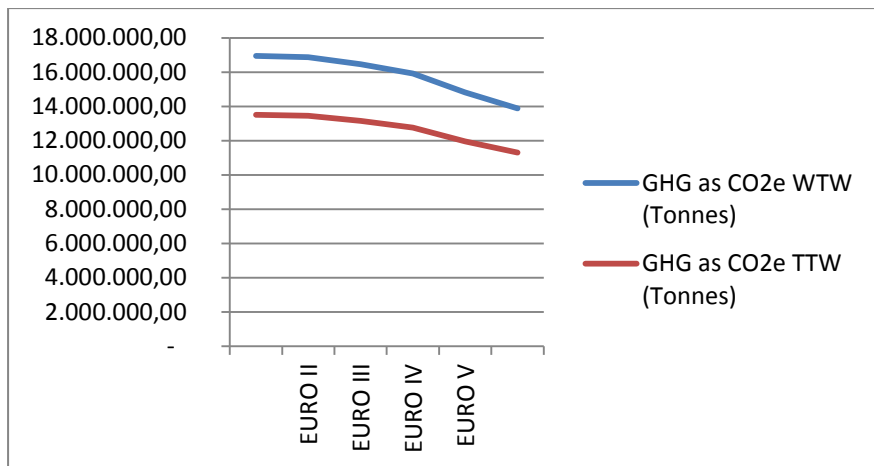


Γράφημα 35: Κατανάλωση ενέργειας μετά από αλλαγή σε φορτηγά ΦΑ.

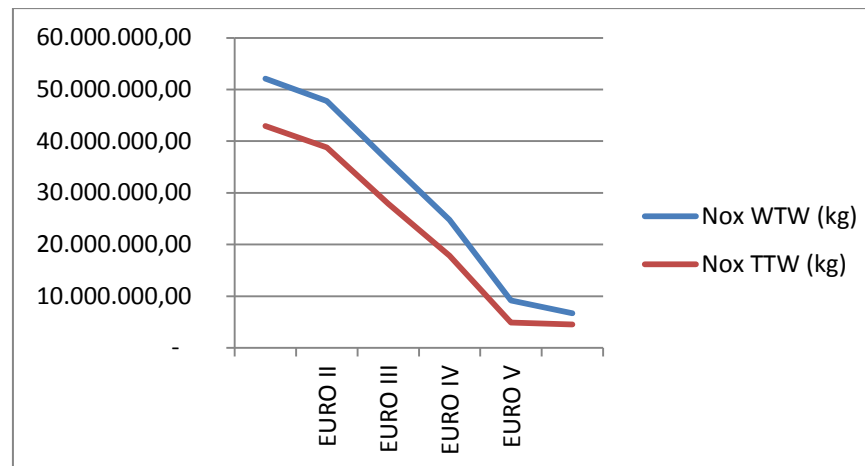


Γράφημα 36: Εκπομπές CO2 μετά από αλλαγή σε φορτηγά ΦΑ.

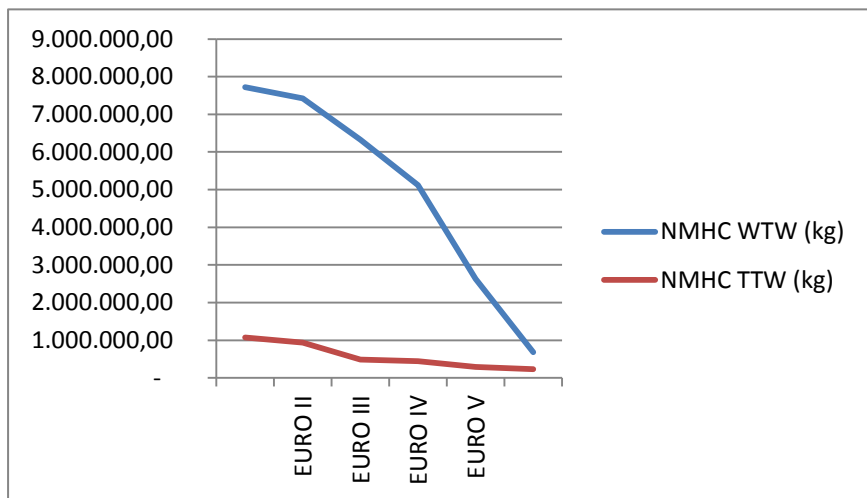
«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»



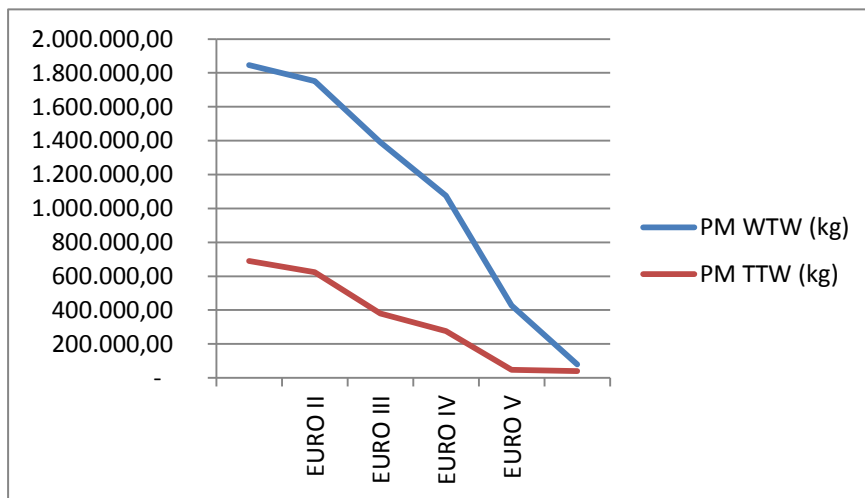
Γράφημα 37: Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου μετά από αλλαγή σε φορτηγά ΦΑ.



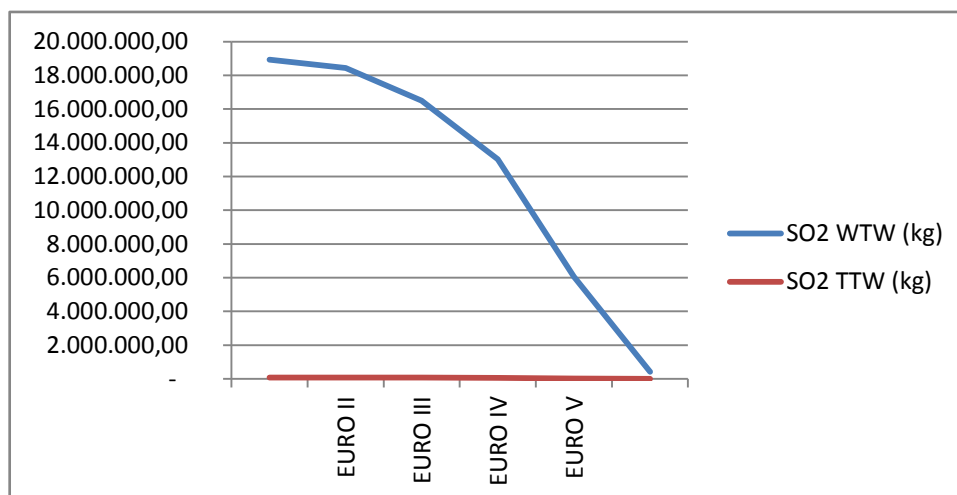
Γράφημα 38: Εκπομπές NOx μετά από αλλαγή σε φορτηγά ΦΑ.



Γράφημα 39: Εκπομπές NMHC μετά από αλλαγή σε φορτηγά ΦΑ.



Γράφημα 40: Εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων μετά από αλλαγή σε φορτηγά ΦΑ.



Γράφημα 41: Εκπομπές SO₂ μετά από αλλαγή σε φορτηγά ΦΑ.

Από τα όλα παραπάνω εξάγουμε τα εξής συμπεράσματα:

- Η κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται μετά την αλλαγή σε φορτηγά φυσικού αερίου κατά ένα μικρό ποσοστό σε επίπεδο TTW. Η διαφορά αυτή είναι ανεπαίσθητη σε επίπεδο WTW.
- Με τις μέχρι τώρα τεχνολογίες δεν είναι εφικτή μια σημαντική μείωση στις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Αυτό οφείλεται από τη μία στο γεγονός ότι η μετατροπή ενός κινητήρα diesel σε διπλού καυσίμου, που θα χρησιμοποιεί κυρίως σαν καύσιμο το φυσικό αέριο, μέχρι στιγμής, δεν μπορεί να φτάσει τα επίπεδα εκπομπών ενός αυθεντικού κινητήρα κατασκευαστή. Από την άλλη όμως οφείλεται και στο γεγονός ότι γενικά η αλλαγή σε φυσικό αέριο δεν υπόσχεται μεγάλες αλλαγές στον τομέα αυτό. Με τα παραπάνω σενάρια βλέπουμε ότι ακόμα κι αν αλλάζαμε όλα τα φορτηγά diesel μέχρι και EURO V τεχνολογίας, δηλαδή περίπου το 70% του στόλου, θα πετυχαίναμε μια μείωση της τάξης 12.69% συνολικά.
- Οι πιο σημαντικές μειώσεις επιτυγχάνονται στα οξείδια του αζώτου. Ακόμα και με την υπάρχουσα τεχνολογία, αν αντικατασταθούν τα φορτηγά diesel μέχρι και EURO III τεχνολογίας επιτυγχάνεται μείωση περίπου 30% σε όλο το διάδρομο. Αν οι αντικαταστάσεις προεκταθούν μέχρι και τα φορτηγά EURO IV τότε η μείωση είναι πάνω από 50%.
- Όσον αφορά του υδρογονάνθρακες εκτός του μεθανίου, το διοξείδιο του θείου και τα αιωρούμενα σωματίδια, οι μειώσεις για όλο το διάδρομο αρχίζουν και γίνονται σημαντικές μετά την αλλαγή και των EURO IV φορτηγών diesel. Αυτό οφείλεται κυρίως στη μείωση που επέρχεται στους ρύπους αυτούς κατά τη φάση της παραγωγής των καυσίμων. Οι μειώσεις σε σωματίδια είναι εφικτές και με τις υπάρχουσες τεχνολογίες διπλού καυσίμου, για τις μετατροπές κινητήρων (Olafsson κ.ά., 2014).

- Τέλος, γενικότερα ακόμα και με τις υπάρχουσες τεχνολογίες, τα φορτηγά φυσικού αερίου προσφέρουν πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα στη μείωση των εκπομπών ρύπων.

6.2.Αποτελέσματα για τα πλοία

Τα αποτελέσματα που αφορούν τα πλοία παρουσιάζονται και αυτά σε τρεις ενότητες. Η πρώτη ενότητα αφορά τους διαφόρους τύπους πλοίων που δραστηριοποιούνται στο διάδρομο, τις εκπομπές και την κατανάλωση ενέργειας που έχουν αναλόγως το καύσιμο που χρησιμοποιούν. Στη δεύτερη ενότητα παρατίθενται συνολικά στοιχεία για καθεμιά από τις διαδρομές μεταξύ των λιμανιών του διαδρόμου Σκανδιναβίας-Μεσογείου με καύσιμο είτε το HFO, είτε το MGO. Τα στοιχεία αυτά είναι το άθροισμα των αντίστοιχων στοιχείων όλων των τύπων πλοίων που δραστηριοποιούνται στις διαδρομές αυτές. Τέλος παρουσιάζονται κάποια σενάρια αλλαγής του καυσίμου των πλοίων από HFO ή MGO σε LNG και οι συνέπειες των αλλαγών αυτών συνολικά για το διάδρομο.

6.2.1. Αποτελέσματα για κάθε τύπο πλοίου

Στον πίνακα 60 παρατίθενται οι συνολικές εκπομπές και καταναλώσεις ενέργειας για κάθε τύπο πλοίου που δραστηριοποιείται στο διάδρομο Σκανδιναβίας-Μεσογείου. Τα στοιχεία αυτά είναι το άθροισμα των εκπομπών και των ενεργειακών καταναλώσεων μεταξύ όλων των θαλασσιών αρτηριών του διαδρόμου, όπως αυτές ορίστηκαν στον πίνακα 27. Με τον όρο θαλάσσιες αρτηρίες εννοούμε όλες τις διασυνδέσεις μεταξύ των λιμανιών. Δεν πρέπει επομένως ο όρος αυτός να συγχέεται με τις θαλάσσιες αρτηρίες που έχουν θεσπιστεί από το πρόγραμμα ΔΕΔ-Μ και οι οποίες εμπεριέχονται στη μελέτη μας, είναι όμως ένα υποσύνολο. Τα αποτελέσματα προέρχονται από το πρόγραμμα EcoTransit World και, όπως έχει ειπωθεί στη μεθοδολογία, αφορούν καύσιμο HFO με περιεκτικότητα 2.37% σε θείο.

ΤΥΠΟΣ ΠΛΟΙΟΥ	Energy consumption (MJ)		CO2 (Tonnes)		GHG as CO2e (Tonnes)		Nox (kg)		NMHC (kg)		SO2 (kg)		PM (kg)	
	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
ΥΓΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	103661253	1166189175	7687.82	89682	7687.819	90622.2419	46265	2E+06	40555	129840	1E+05	1E+06	5824	186068
ΞΗΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	53240280.8	598953145	3965.65	46073	3965.654	46541.355	23766	1E+06	20829	45379	56495	690256	2991	99402
ΠΛΟΙΑ CONTAINER	90692684.1	1020292837	6733.1	78461	6733.1	79277.8027	40485	2E+06	35482	75650	96236	1E+06	5097	164000
RO-RO	102297133	1150842979	7605.44	88510	7605.444	89419.0773	45660	2E+06	40021	84089	1E+05	1E+06	5748	187011
ΓΕΝΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	16595029.9	186693949	1232.23	14357	1232.233	14506.1933	7394.5	375961	6493	14144	17609	215153	932.3	30984

Πίνακας 60: Συνολικές εκπομπές και κατανάλωση ενέργειας για όλο το διάδρομο ανά τύπο πλοίου με καύσιμο HFO.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

Διαιρώντας τα μεγέθη του πίνακα 60 με τα συνολικά τονοχιλιόμετρα κάθε τύπου πλοίου (πίνακας 34) προκύπτουν τα αντίστοιχα μεγέθη ανά τονοχιλιόμετρο.

ΤΥΠΟΣ ΠΛΟΙΟΥ	Energy consumption (MJ)		CO2 (Tonnes)		GHG as CO2e (Tonnes)		Nox (kg)		NMCH (kg)		SO2 (kg)		PM (kg)	
	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
ΥΓΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	0.00858227	0.09655056	6.4E-07	7E-06	6.36E-07	7.5028E-06	4E-06	0.0002	3E-06	1E-05	9E-06	0.0001	5E-07	2E-05
ΞΗΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	0.00737702	0.08299147	5.5E-07	6E-06	5.49E-07	6.4488E-06	3E-06	0.0002	3E-06	6E-06	8E-06	1E-04	4E-07	1E-05
ΠΛΟΙΑ CONTAINER	0.02300121	0.25876362	1.7E-06	2E-05	1.71E-06	2.0106E-05	1E-05	0.0005	9E-06	2E-05	2E-05	0.0003	1E-06	4E-05
RO-RO	0.02266527	0.25498433	1.7E-06	2E-05	1.69E-06	1.9812E-05	1E-05	0.0005	9E-06	2E-05	2E-05	0.0003	1E-06	4E-05
ΓΕΝΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	0.00688522	0.07745871	5.1E-07	6E-06	5.11E-07	6.0186E-06	3E-06	0.0002	3E-06	6E-06	7E-06	9E-05	4E-07	1E-05

Πίνακας 61: Εκπομπές και κατανάλωση ενέργειας ανά τονοχιλιόμετρο για κάθε τύπο πλοίου με καύσιμο HFO.

Χρησιμοποιώντας την κατανάλωση ενέργειας ανά τονοχιλιόμετρο με HFO κατά τη λειτουργία του πλοίου (TTW), προκύπτουν τα αντίστοιχα μεγέθη για τα καύσιμα MGO, LNG και HFO Scrubber δηλαδή HFO με 1% περιεκτικότητα σε θείο και σύστημα καθαρισμού καυσαερίων. Τα μεγέθη για τα καύσιμα αυτά προκύπτουν από τους πίνακες 39,42,46. Σύμφωνα με τους πίνακες αυτούς η κατανάλωση ενέργειας κατά τη λειτουργία του πλοίου σε σχέση με το HFO είναι ίδια για το MGO, αυξημένη κατά 5.18% για το LNG και 2% για το HFO Scrubber. Στη συνέχεια προκύπτουν και τα υπόλοιπα στοιχεία (εκπομπές και κατανάλωση WTT), τα οποία στους πίνακες που αναφέραμε είναι ανά MJ καταναλωμένου καυσίμου.

Έτσι στους πίνακες 62 έως 66 βλέπουμε τις εκπομπές και την κατανάλωση ενέργειας για όλα τα πιθανά καύσιμα και όλους τους τύπους πλοίων. Αναγράφονται επίσης και οι ποσοστιαίες διαφορές των καυσίμων MGO, LNG, HFO Scrubber από το HFO. Οι διαφορές, δηλαδή αν το πλοίο μετατραπεί ή αντικατασταθεί έτσι ώστε να «καίει» ένα από αυτά τα καύσιμα αντί του HFO. Όπου οι διαφορές είναι θετικές έχουμε μείωση και όπου αρνητικές αύξηση από HFO σε άλλο καύσιμο. Ακόμα στα γραφήματα 42 έως 48 παρουσιάζονται σχηματικά τα μεγέθη ανά τονοχιλιόμετρο από την «πηγή στο ντεπόζιτο»(WTT) και από το «ντεπόζιτο στην προπέλα»(TTW).

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ/ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΦΟΡΤΗΓΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΥΓΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ													
	Energy consumption (MJ/tkm)		CO2 (Tonnes/tkm)		GHG as CO2e (Tonnes/tkm)		NOx (kg/tkm)		NMHC (kg/tkm)		SO2 (kg/tkm)		PM (kg/tkm)	
	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
HFO	0.008582272	0.096550563	6.4E-07	7.4E-06	6.36486E-07	7.50275E-06	4E-06	0.0002	3E-06	1E-05	9E-06	0.0001	5E-07	2E-05
MGO	0.018411968	0.096550563	6.8E-07	7.1E-06	8.77194E-07	8.34073E-06	2E-06	0.0001	6E-07	5E-06	4E-06	4E-06	4E-08	3E-06
LNG	0.011054516	0.101553138	6.9E-07	5.8E-06	9.03306E-07	6.50418E-06	1E-06	2E-05	2E-06	0	2E-06	1E-08	1E-08	1E-06
HFO SCRUBBER	0.008753918	0.098481575	6.6E-07	7.7E-06	8.41151E-07	8.99727E-06	2E-06	0.0002	6E-07	6E-06	4E-06	5E-06	4E-08	7E-06
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗFO ΣΕ MGO	-114.53	0	-6.39	3.93	-37.82	-11.17	48.32	19.57	82.58	48.88	56.8	95.68	90.79	78.47
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗFO ΣΕ MGO (WTW)	-9.35			3.12		-13.25		20.16		56.9		92.55		78.84
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗFO ΣΕ LNG	-28.81	-5.18	-8.17	22.03	-41.92	13.31	60.98	90.24	42.37	100	76.99	99.99	97.31	93.81
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗFO ΣΕ LNG (WTW)	-7.11			19.65		8.99		89.64		86.28		98.13		93.92
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗFO ΣΕ ΗFO SCRUBBER	-2	-2	-3.26	-4.34	-32.16	-19.92	50.35	11.71	82.74	47.19	58.19	95.31	90.73	55.43
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗFO ΣΕ ΗFO SCRUBBER (WTW)	-2			-4.26		-20.88		12.51		55.65		92.32		56.5

Πίνακας 62: Έκπομπές και κατανάλωση ενέργειας ανά τονοχιλιόμετρο για πλοία υγρού φορτίου.

	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ/ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΦΟΡΤΗΓΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΞΗΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ													
	Energy consumption (MJ/tkm)		CO2 (Tonnes/tkm)		GHG as CO2e (Tonnes/tkm)		NOx (kg/tkm)		NMHC (kg/tkm)		SO2 (kg/tkm)		PM (kg/tkm)	
	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
HFO	0.00737702	0.082991468	5.5E-07	6.4E-06	5.49484E-07	6.44881E-06	3E-06	0.0002	3E-06	6E-06	8E-06	1E-04	4E-07	1E-05
MGO	0.01582628	0.082991468	5.8E-07	6.1E-06	7.54005E-07	7.1694E-06	2E-06	0.0001	5E-07	5E-06	3E-06	4E-06	4E-08	3E-06
LNG	0.009502074	0.087291505	5.9E-07	5E-06	7.7645E-07	5.59076E-06	1E-06	2E-05	2E-06	0	2E-06	1E-08	1E-08	8E-07
HFO SCRUBBER	0.009214675	0.084651298	5.6E-07	6.7E-06	7.23024E-07	7.73374E-06	2E-06	0.0001	5E-07	5E-06	3E-06	4E-06	4E-08	6E-06
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗFO ΣΕ MGO	-114.53	0	-5.93	3.96	-37.22	-11.17	48.33	24.93	82.58	24.87	56.8	95.97	90.79	79.3
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗFO ΣΕ MGO (WTW)	-9.35			3.18		-13.22		25.38		43.03		93		79.63
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗFO ΣΕ LNG	-28.81	-5.18	-7.7	22.05	-41.31	13.31	60.99	90.89	42.37	100	76.99	99.99	97.31	94.05
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗFO ΣΕ LNG (WTW)	-7.11			19.69		9.02		90.31		81.87		98.25		94.14
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗFO ΣΕ ΗFO SCRUBBER	-24.91	-2	-2.81	-4.31	-31.58	-19.93	50.36	17.6	82.74	22.39	58.19	95.62	90.73	57.15
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗFO ΣΕ ΗFO SCRUBBER (WTW)	-3.87			-4.19		-20.84		18.23		41.38		92.79		58.13

Πίνακας 63: Έκπομπές και κατανάλωση ενέργειας ανά τονοχιλιόμετρο για πλοία ξηρού φορτίου.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ/ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ CONTAINER													
	Energy consumption (MJ/tkm)		CO2 (Tonnes/tkm)		GHG as CO2e (Tonnes/tkm)		NOx (kg/tkm)		NMHC (kg/tkm)		SO2 (kg/tkm)		PM (kg/tkm)	
	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
HFO	0.023001208	0.258763624	1.7E-06	2E-05	1.70763E-06	2.01062E-05	1E-05	0.0005	9E-06	2E-05	2E-05	0.0003	1E-06	4E-05
MGO	0.049345621	0.258763624	1.8E-06	1.9E-05	2.35095E-06	2.23539E-05	5E-06	0.0004	2E-06	1E-05	1E-05	1E-05	1E-07	9E-06
LNG	0.029627033	0.272170944	1.8E-06	1.6E-05	2.42094E-06	1.74317E-05	4E-06	5E-05	5E-06	0	6E-06	4E-08	3E-08	3E-06
HFO SCRUBBER	0.028730938	0.263938897	1.8E-06	2.1E-05	2.25436E-06	2.41134E-05	5E-06	0.0004	2E-06	2E-05	1E-05	1E-05	1E-07	2E-05
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗΦΟ ΣΕ ΜGO	-114.53	0	-6.28	3.93	-37.67	-11.18	48.33	22.31	82.58	23.23	56.8	95.8	90.79	78.63
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗΦΟ ΣΕ ΜGO (WTW)	-9.35		3.13		-13.25		22.83		42.18		92.74		78.99	
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗΦΟ ΣΕ LNG	-28.81	-5.18	-8.06	22.03	-41.77	13.3	60.99	90.57	42.37	100	76.99	99.99	97.31	93.86
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗΦΟ ΣΕ LNG (WTW)	-7.11		19.65		8.99		89.98		81.6		98.18		93.96	
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗΦΟ ΣΕ ΗΦΟ SCRUBBER	-24.91	-2	-3.15	-4.34	-32.02	-19.93	50.36	14.72	82.74	20.7	58.19	95.44	90.73	55.76
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗΦΟ ΣΕ ΗΦΟ SCRUBBER (WTW)	-3.87		-4.25		-20.88		15.43		40.51		92.52		56.81	

Πίνακας 64: Έκπομπές και κατανάλωση ενέργειας ανά τονοχιλιόμετρο για πλοία μεταφοράς container.

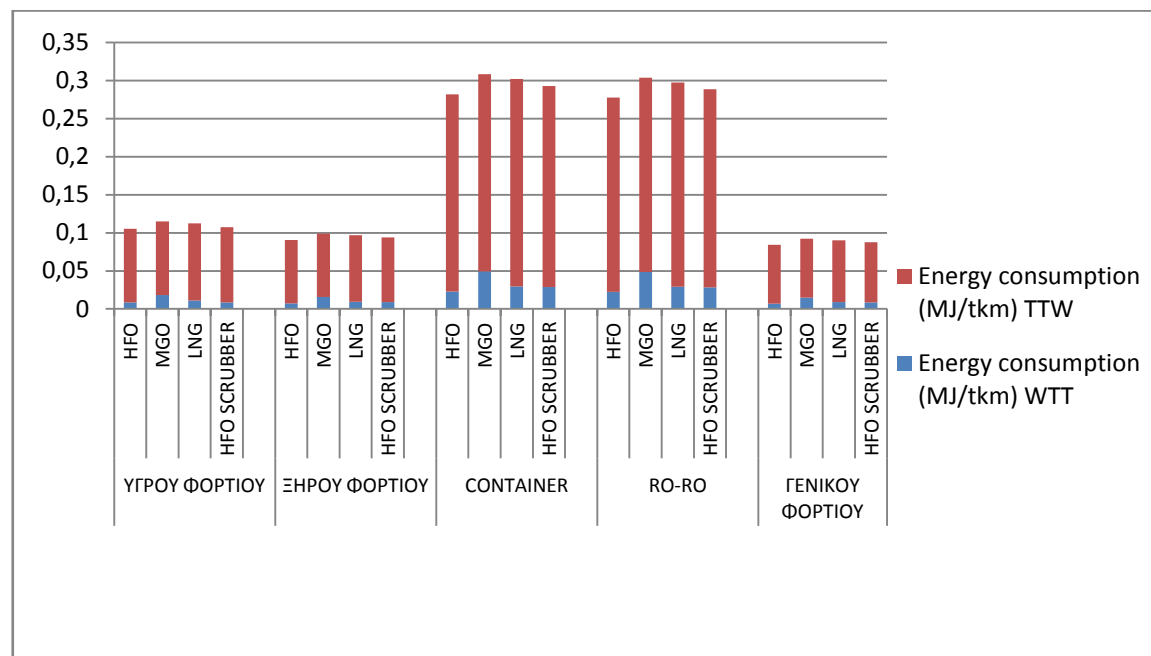
	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ/ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ RO-RO													
	Energy consumption (MJ/tkm)		CO2 (Tonnes/tkm)		GHG as CO2e (Tonnes/tkm)		NOx (kg/tkm)		NMHC (kg/tkm)		SO2 (kg/tkm)		PM (kg/tkm)	
	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
HFO	0.022665269	0.254984328	1.7E-06	2E-05	1.68509E-06	1.9812E-05	1E-05	0.0005	9E-06	2E-05	2E-05	0.0003	1E-06	4E-05
MGO	0.048624918	0.254984328	1.8E-06	1.9E-05	2.31662E-06	2.20274E-05	5E-06	0.0004	2E-06	1E-05	1E-05	1E-05	1E-07	9E-06
LNG	0.029194324	0.268195831	1.8E-06	1.5E-05	2.38558E-06	1.71771E-05	4E-06	5E-05	5E-06	0	6E-06	4E-08	3E-08	3E-06
HFO SCRUBBER	0.028311317	0.260084015	1.7E-06	2E-05	2.22143E-06	2.37613E-05	5E-06	0.0004	2E-06	1E-05	1E-05	1E-05	1E-07	2E-05
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗΦΟ ΣΕ ΜGO	-114.53	0	-6.13	3.94	-37.48	-11.18	48.33	22.37	82.58	22.1	56.8	95.94	90.79	78.86
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗΦΟ ΣΕ ΜGO (WTW)	-9.35		3.15		-13.24		22.89		41.6		92.96		79.21	
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗΦΟ ΣΕ LNG	-28.81	-5.18	-7.91	22.04	-41.57	13.3	60.98	90.58	42.37	100	76.99	99.99	97.31	93.92
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗΦΟ ΣΕ LNG (WTW)	-7.11		19.67		9		89.99		81.42		98.24		94.02	
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗΦΟ ΣΕ ΗΦΟ SCRUBBER	-24.91	-2	-3	-4.33	-31.83	-19.93	50.35	14.79	82.74	19.53	58.19	95.59	90.73	56.24
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗΦΟ ΣΕ ΗΦΟ SCRUBBER (WTW)	-3.87		-4.23		-20.87		15.5		39.91		92.74		57.26	

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

Πίνακας 65: Εκπομπές και κατανάλωση ενέργειας ανά τονοχιλιόμετρο για πλοία RO-RO.

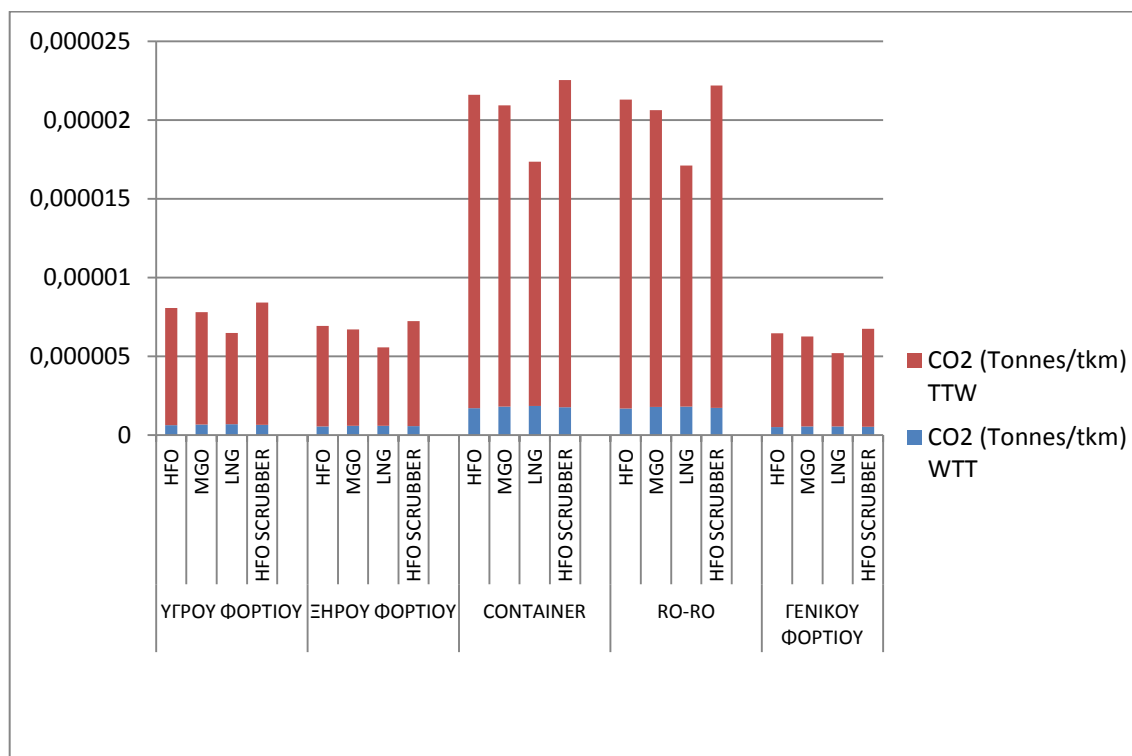
	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ/ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΓΕΝΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ													
	Energy consumption (MJ/tkm)		CO2 (Tonnes/tkm)		GHG as CO2e (Tonnes/tkm)		NOx (kg/tkm)		NMHC (kg/tkm)		SO2 (kg/tkm)		PM (kg/tkm)	
	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
HFO	0.006885223	0.077458705	5.1E-07	6E-06	5.11249E-07	6.01857E-06	3E-06	0.0002	3E-06	6E-06	7E-06	9E-05	4E-07	1E-05
MGO	0.014771195	0.077458705	5.4E-07	5.7E-06	7.03738E-07	6.69144E-06	2E-06	0.0001	5E-07	4E-06	3E-06	4E-06	4E-08	3E-06
LNG	0.008868602	0.081472073	5.5E-07	4.6E-06	7.24686E-07	5.21804E-06	1E-06	1E-05	2E-06	0	2E-06	1E-08	1E-08	8E-07
HFO SCRUBBER	0.008600364	0.07900788	5.3E-07	6.2E-06	6.74822E-07	7.21816E-06	2E-06	0.0001	5E-07	5E-06	3E-06	4E-06	4E-08	6E-06
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗΦΟ ΣΕ ΜGO	-114.53	0	-6.26	3.93	-37.65	-11.18	48.24	24.93	82.58	24.87	56.8	95.97	90.79	79.3
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗΦΟ ΣΕ ΜGO (WTW)	-9.35		3.12		-13.25		25.38		43.03		93		79.63	
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗΦΟ ΣΕ LNG	-28.81	-5.18	-8.04	22.03	-41.75	13.3	60.92	90.89	42.37	100	76.99	99.99	97.31	94.05
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗΦΟ ΣΕ LNG (WTW)	-7.11		19.65		8.99		90.31		81.87		98.25		94.14	
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗΦΟ ΣΕ ΗΦΟ SCRUBBER	-24.91	-2	-3.13	-4.35	-31.99	-19.93	50.27	17.6	82.74	22.39	58.19	95.62	90.73	57.15
ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙ % ΑΠΌ ΗΦΟ ΣΕ ΗΦΟ SCRUBBER (WTW)	-3.87		-4.25		-20.88		18.23		41.38		92.79		58.13	

Πίνακας 66: Εκπομπές και κατανάλωση ενέργειας ανά τονοχιλιόμετρο για πλοία γενικού φορτίου.

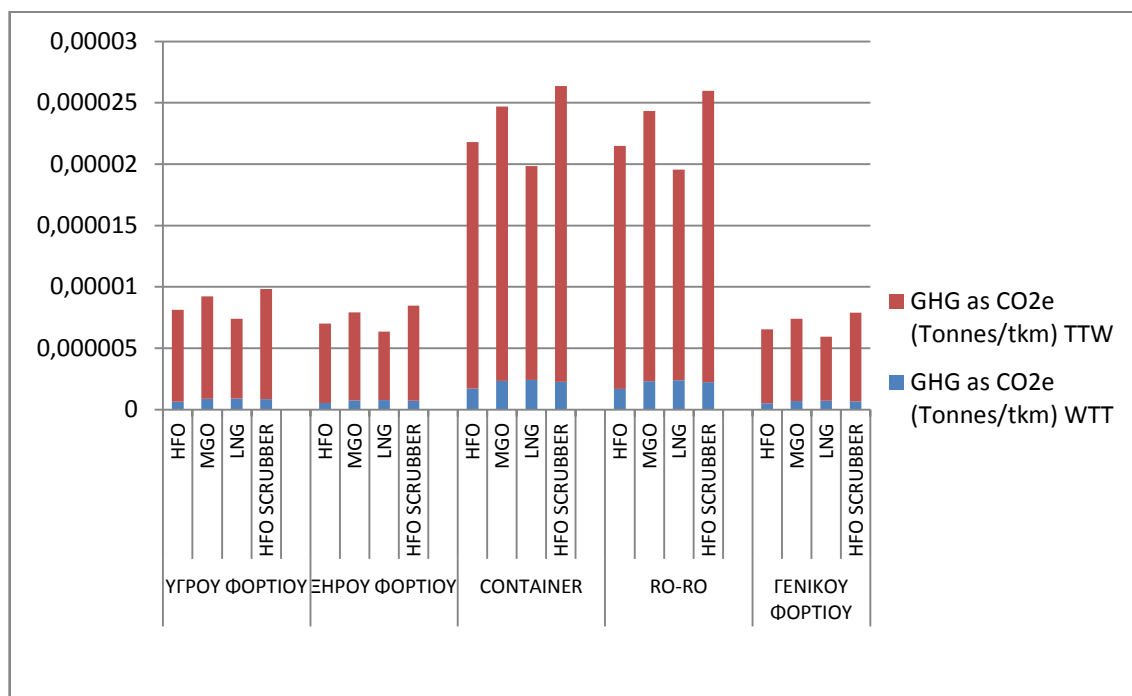


Γράφημα 42: Κατανάλωση ενέργειας ανά τονοχιλιόμετρο για όλους τους τύπους πλοίων.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

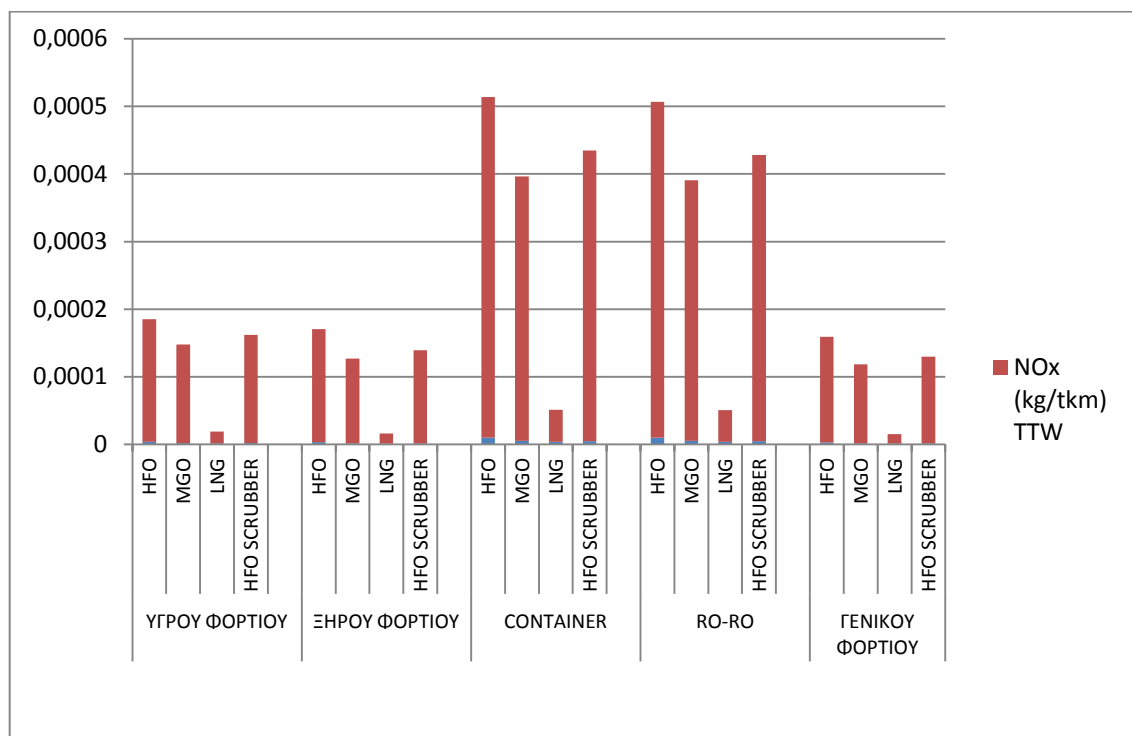


Γράφημα 43: Εκπομπές CO2 ανά τονοχιλιόμετρο για όλους τους τύπους πλοίων.

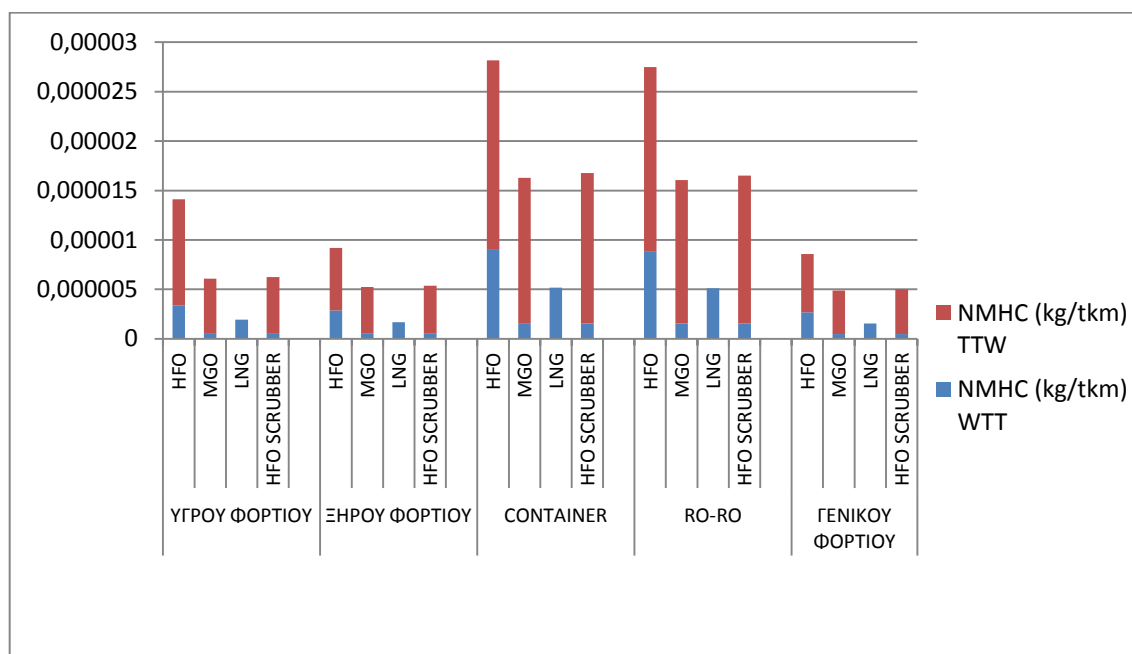


Γράφημα 44: Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά τονοχιλιόμετρο για όλους τους τύπους πλοίων.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

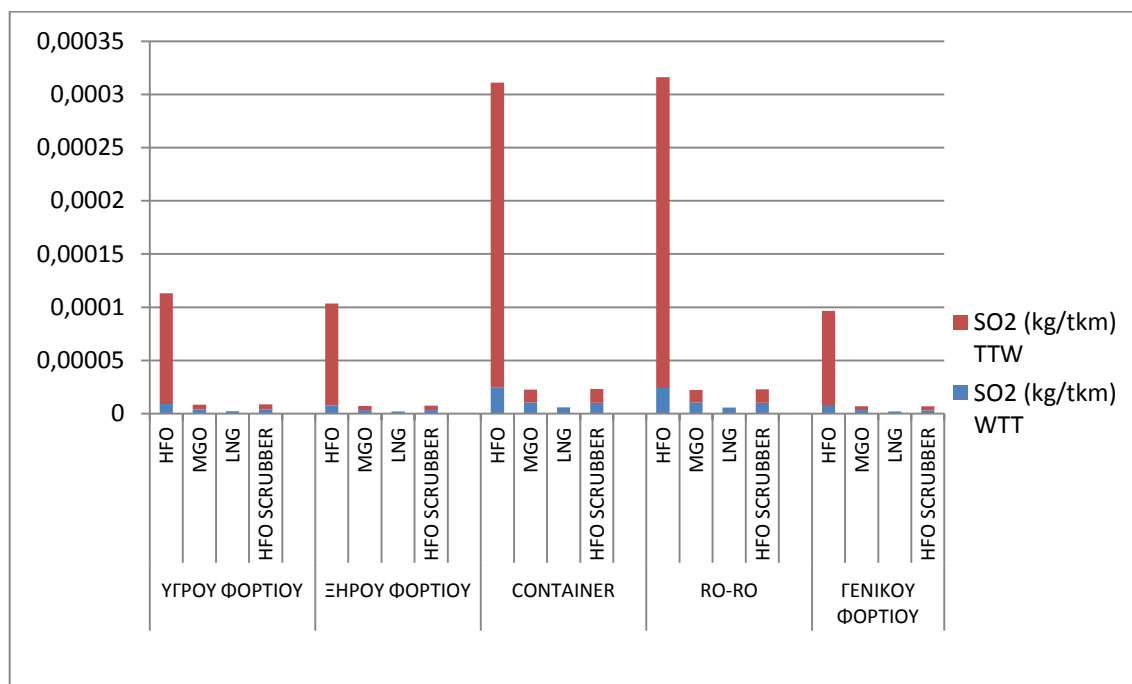


Γράφημα 45: Εκπομπές NOx ανά τονοχιλιόμετρο για όλους τους τύπους πλοίων.

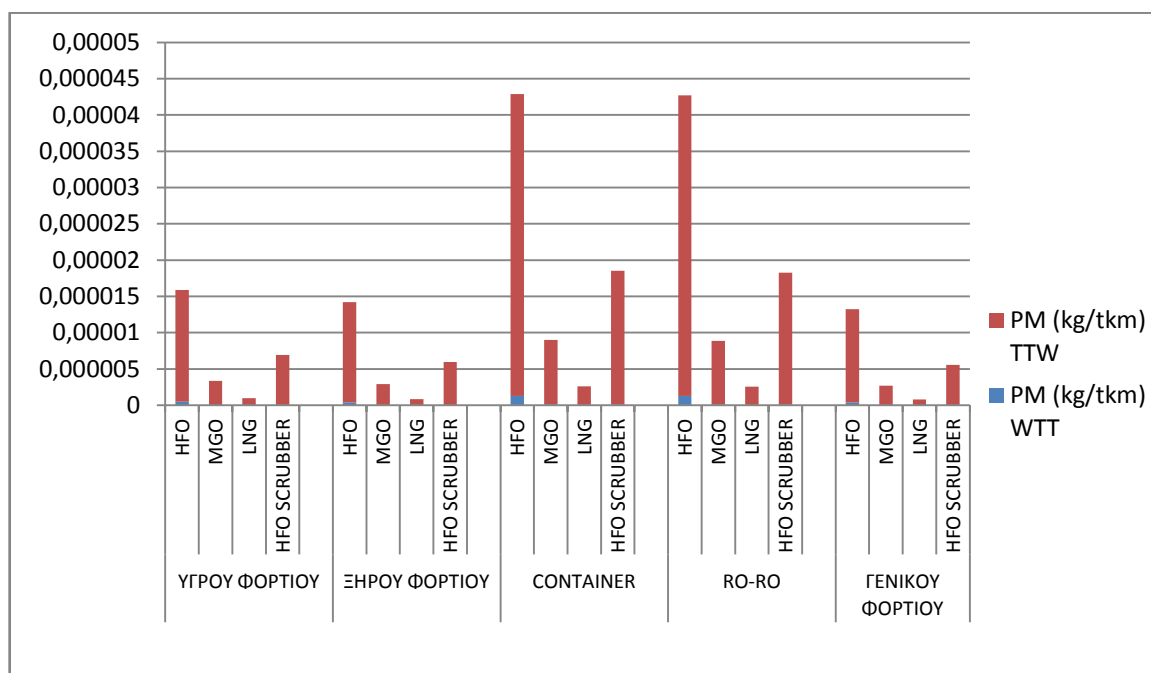


Γράφημα 46: Εκπομπές NMHC ανά τονοχιλιόμετρο για όλους τους τύπους πλοίων.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»



Γράφημα 47: Εκπομπές SO2 ανά τονοχιλιόμετρο για όλους τους τύπους πλοίων.



Γράφημα 48: Εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων ανά τονοχιλιόμετρο για όλους τους τύπους πλοίων.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε τα εξής:

- Τα πλοία RO-RO και μεταφοράς container έχουν τις μεγαλύτερες εκπομπές και καταναλώσεις ανά τονοχιλιόμετρο. Αυτό οφείλεται στο μικρότερο μέγεθος των πλοίων αυτών σε σχέση με τα άλλα.
- Όλες οι εναλλακτικές καυσίμου έχουν μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας WTW. Το MGO έχει την ίδια κατά τη λειτουργία του κινητήρα αλλά πολύ μεγαλύτερη κατά το στάδιο παραγωγής του καυσίμου. Το LNG έχει 5.18% μεγαλύτερη ενώ το HFO Scrubber 2% κατά τη λειτουργία του κινητήρα.
- Το μόνο καύσιμο που προσφέρει πλεονεκτήματα στις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου είναι το LNG. Έχουμε μείωση 13.3% κατά τη λειτουργία του κινητήρα και 9% συνολικά από την «πηγή στην προπέλα». Αντίθετα οι άλλες εναλλακτικές παρουσιάζουν αύξηση.
- Οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου μειώνονται και με τις τρεις εναλλακτικές. Ωστόσο μόνο με το LNG η μείωση αυτή είναι σημαντική και ξεπερνά το 90%. Με το MGO φτάνει το 25% και με το HFO Scrubber περίπου το 18%.
- Οι εκπομπές υδρογονανθράκων εκτός μεθανίου μειώνονται πολύ περισσότερο επίσης με το LNG, περίπου 80%. Κατά τη λειτουργία μάλιστα του κινητήρα η μείωση αγγίζει το 100%. Με τις άλλες εναλλακτικές η συνολική μείωση είναι περίπου 40%.
- Οι εκπομπές διοξειδίου του θείου μειώνονται, όπως είναι αναμενόμενο, σε όλες τις εναλλακτικές σε ποσοστό άνω του 90%. Η μείωση ωστόσο που παρατηρείται με καύσιμο το LNG είναι 99% ακόμα και σε σχέση με τις άλλες δύο εναλλακτικές.
- Τέλος οι εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων μειώνονται κατά περίπου 58% με την εναλλακτική HFO Scrubber, 79% με MGO και 94% με το LNG.

Το LNG επομένως προσφέρει αρκετά καλύτερα αποτελέσματα σε όλες τις εκπομπές ρύπων και αερίων θερμοκηπίου.

6.2.2.Αποτελέσματα για όλες τις διαδρομές μεταξύ των λιμανιών

Στους πίνακες 67 και 68 φαίνονται τα συνολικά μεγέθη για όλες τις διαδρομές μεταξύ των λιμανιών του διαδρόμου Σκανδιναβίας-Μεσογείου. Ο πρώτος πίνακας αφορά τις εκπομπές με καύσιμο το HFO με περιεκτικότητα σε θείο 2.37%, ενώ ο δεύτερος με καύσιμο το MGO. Έτσι έχουμε μια συνολική εικόνα για τα μεγέθη των εκπομπών και της κατανάλωσης ενέργειας που θα είχαμε στον διάδρομο αν χρησιμοποιούνταν σε όλα τα πλοία ένα καύσιμο με μεγάλη περιεκτικότητα σε θείο ή το MGO. Το πρώτο δεν χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια σε περιοχές SECA, ενώ το δεύτερο ουσιαστικά είναι το κύριο καύσιμο μετά την 1/1/2015, όταν και μπήκε σε εφαρμογή ο περιορισμός του παραρτήματος VI της MARPOL για καύσιμα με περιεκτικότητα κάτω από 0.1% σε θείο. Τα μεγέθη αυτά προκύπτουν προσθέτοντας όλες τις εκπομπές και καταναλώσεις για όλους τους τύπους πλοίων που δραστηριοποιούνται στον Scanmed. Στην τελευταία σειρά κάθε πίνακα παρουσιάζονται όλες οι καταναλώσεις και οι εκπομπές, για όλο το διάδρομο χρησιμοποιώντας καθένα καύσιμο.

Στον πίνακα 69 βλέπουμε τα μεγέθη ανά τονοχιλιόμετρο για τα καύσιμα HFO με 2.37% θείο, MGO, LNG, HFO με 1% θείο και Scrubber, κατά μέσο όρο σε όλες τις θαλάσσιες διαδρομές του Scanmed.

Για τα δύο πρώτα καύσιμα τα μεγέθη αυτά βρέθηκαν διαιρώντας τα συνολικά μεγέθη των πινάκων 60 και 61, με τα αντίστοιχα συνολικά τονοχιλιόμετρα του διαδρόμου. Τα συνολικά τονοχιλιόμετρα βρίσκονται από τον πίνακα 30 προσθέτοντας τα τονοχιλιόμετρα. Για τα δύο άλλα καύσιμα χρησιμοποιήσαμε τη μεθοδολογία των πινάκων 42 και 46. Τα βρήκαμε δηλαδή με βάση την κατανάλωση ενέργειας ανά τονοχιλιόμετρο με καύσιμο HFO (TTW).

Τέλος στον πίνακα 70 παρουσιάζονται οι ποσοστιαίες μεταβολές μεταξύ των πιθανών καυσίμων.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

		HFO													
		Energy consumption (MJ)		CO2 (Tonnes)		GHG as CO2e (Tonnes)		NOx (kg)		NMHC (kg)		SO2 (kg)		PM (kg)	
origin	destination	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
HaminaKotka/ Turku-Naantali	Stockholm	2006657.9	22574902.96	149.06	1736	149.064	1754.13421	895.62	43809	785.06	1911.3	2129.3	25238	112.8	3654.7
Helsinki	Stockholm	1889942	21261848.75	140.39	1635	140.3938	1652.10616	843.52	41261	739.4	1800.2	2005.5	23770	106.2	3442.2
HaminaKotka/ Turku-Naantali	Malmö/ Trelleborg	6495676.8	73076369.01	482.53	5620	482.5294	5678.24184	2899.2	1E+05	2541.3	6187.1	6892.7	81696	365	11831
Helsinki	Turku-Naantali	2733619.9	30753226.67	203.07	2365	203.0662	2389.61323	1220.1	59679	1069.5	2603.8	2900.7	34381	153.6	4978.8
HaminaKotka/ Turku-Naantali	Göteborg	11815551	132924952.9	877.71	10223	877.7147	10328.6471	5273.5	3E+05	4622.6	11254	12538	1E+05	663.9	21520
Helsinki	Göteborg	4533767.9	51004892.3	336.79	3923	336.7896	3963.22529	2023.5	98980	1773.7	4318.4	4810.9	57021	254.8	8257.4
Stockholm	HaminaKotka/ Turku-Naantali	2490833.9	28021883.53	185.03	2155	185.0309	2177.3801	1111.7	54379	974.49	2372.5	2643.1	31327	140	4536.6
Stockholm	Helsinki	2222512.7	25003269.19	165.1	1923	165.0987	1942.82517	991.96	48521	869.51	2116.9	2358.4	27952	124.9	4047.9
Malmö/ Trelleborg	HaminaKotka/ Turku-Naantali	6933666.1	78003749.86	515.07	5999	515.0654	6061.11336	3094.6	2E+05	2712.6	6604.3	7357.5	87204	389.6	12628
Malmö/ Trelleborg	Helsinki	2797272.8	31469321.62	207.79	2420	207.7946	2445.25585	1248.5	61069	1094.4	2664.4	2968.3	35181	157.2	5094.7
Göteborg	HaminaKotka/ Turku-Naantali	15432427	173614815	1146.4	13352	1146.393	13490.3652	6887.8	3E+05	6037.6	14699	16376	2E+05	867.2	28107
Göteborg	Helsinki	5819224.1	65466276.27	432.28	5035	432.2794	5086.91598	2597.2	1E+05	2276.6	5542.8	6174.9	73188	327	10599
HaminaKotka/ Turku-Naantali	København	8297608.5	93348102.59	616.39	7179	616.3854	7253.41323	3703.4	2E+05	3246.3	7903.4	8804.8	1E+05	466.2	15112
Helsinki	København	3543932.4	39869242.79	263.26	3066	263.26	3097.95363	1581.7	77370	1386.5	3375.6	3760.6	44572	199.1	6454.6
København	HaminaKotka/ Turku-Naantali	9784421	110074743.9	726.83	8465	726.8328	8553.12086	4367	2E+05	3827.9	9319.6	10383	1E+05	549.8	17820
København	Helsinki	4327899.1	48688868.95	321.5	3744	321.4967	3783.26368	1931.6	94485	1693.2	4122.3	4592.5	54432	243.2	7882.4
HaminaKotka/ Turku-Naantali	Oslo	1611133.7	18125255.98	119.68	1394	119.6826	1408.38397	719.08	35174	630.32	1534.6	1709.6	20263	90.53	2934.4
Helsinki	Oslo	984421.06	11074737.68	73.127	851.7	73.12743	860.538635	439.37	21492	385.13	937.65	1044.6	12381	55.32	1792.9
Oslo	HaminaKotka/ Turku-Naantali	6492453.2	73040104.2	482.29	5617	482.29	5675.42396	2897.7	1E+05	2540	6184	6889.3	81655	364.8	11825
Oslo	Helsinki	2908255	32717871.29	216.04	2516	216.0389	2542.27171	1298	63492	1137.8	2770.1	3086	36577	163.4	5296.8
Helsinki	Lübeck	13260603	149181794.6	985.06	11473	985.06	11591.85	5918.5	3E+05	5187.9	12631	14071	2E+05	745.1	24152
HaminaKotka/ Turku-Naantali	Lübeck	23262822	261706770.1	1728.1	20127	1728.072	20335.3608	10383	5E+05	9101.1	22158	24685	3E+05	1307	42369
Helsinki	Rostock	2144903.4	24130164.97	159.33	1856	159.3335	1874.98249	957.32	46827	839.15	2043	2276	26976	120.5	3906.5
HaminaKotka/ Turku-Naantali	Rostock	5316104	59806174.14	394.91	4599	394.9052	4647.10993	2372.7	1E+05	2079.8	5063.6	5641.1	66860	298.7	9682.2
Helsinki	Hamburg	1371134.1	15425259.23	101.85	1186	101.8543	1198.58654	611.97	29934	536.43	1306	1454.9	17245	77.04	2497.3
HaminaKotka/ Turku-Naantali	Hamburg	1646620.2	18524479	122.32	1425	122.3187	1439.40474	734.92	35948	644.21	1568.4	1747.3	20709	92.52	2999
Helsinki	Bremen	612655.79	6892378.178	45.511	530.1	45.51096	535.5574	273.44	13375	239.69	583.55	650.11	7705	34.43	1115.8
HaminaKotka/ Turku-Naantali	Bremen	892578.98	10041514.29	66.305	772.3	66.30497	780.254237	398.38	19486	349.2	850.18	947.14	11226	50.15	1625.7
Lübeck	Helsinki	10728868	120699768.7	796.99	9283	796.9908	9378.71553	4788.5	2E+05	4197.4	10219	11385	1E+05	602.9	19541
Lübeck	HaminaKotka/ Turku-Naantali	9718322.4	109331135.3	721.92	8408	721.9227	8495.34036	4337.5	2E+05	3802.1	9256.6	10312	1E+05	546.1	17700
Rostock	Helsinki	1214733.4	13665751.28	90.236	1051	90.23611	1061.86777	542.16	26520	475.24	1157	1289	15278	68.26	2212.4
Rostock	HaminaKotka/ Turku-Naantali	1393419.6	15675972.12	103.51	1206	103.5098	1218.06765	621.91	30421	545.15	1327.2	1478.6	17525	78.3	2537.8
Hamburg	Helsinki	2431020.2	27348979.05	180.59	2103	180.5876	2125.0935	1085	53073	951.09	2315.5	2579.6	30575	136.6	4427.6
Hamburg	HaminaKotka/ Turku-Naantali	1597516.5	17972062.22	118.67	1382	118.671	1396.48038	713.01	34876	624.99	1521.6	1695.2	20092	89.77	2909.6
Bremen	Helsinki	631330.4	7102467.472	46.898	546.2	46.89819	551.881936	281.78	13783	246.99	601.34	669.92	7940	35.47	1149.8
Bremen	HaminaKotka/ Turku-Naantali	466503.91	5248169.316	34.654	403.6	34.65411	407.797692	208.21	10185	182.51	444.34	495.02	5867	26.21	849.65
Hamburg	Malmö/ Trelleborg	234492.32	2638038.788	17.419	202.9	17.41919	204.983121	104.66	5119	91.74	223.35	248.83	2949	13.18	427.08
Hamburg	Stockholm	2709872.7	30486069.91	201.3	2345	201.3021	2368.85439	1209.5	59161	1060.2	2581.1	2875.5	34082	152.3	4935.5
Hamburg	Göteborg	788992.72	8876168.739	58.61	682.6	58.61009	689.703572	352.14	17225	308.68	751.51	837.22	9923	44.33	1437
Lübeck	Malmö/ Trelleborg	892589.99	10041638.11	66.306	772.3	66.30579	780.263859	398.38	19487	349.21	850.19	947.15	11226	50.16	1625.7
Lübeck	Stockholm	2229932	25086736.95	165.65	1929	165.6498	1949.31086	995.27	48683	872.41	2124	2366.2	28046	125.3	4061.4
Lübeck	Göteborg	1787713.6	20111779.19	132.8	1547	132.7998	1562.74248	797.9	39029	699.41	1702.8	1897	22484	100.5	3256
Rostock	Malmö/ Trelleborg	310650.05	3494813.298	23.077	268.8	23.07655	271.556939	138.65	6782	121.54	295.89	329.64	3907	17.46	565.79
Rostock	Stockholm	402899.42	4532618.752	29.929	348.6	29.92926	352.197376	179.82	8796	157.63	383.76	427.53	5067	22.64	733.8
Rostock	Göteborg	1110116.1	12488807.56	82.465	960.5	82.46465	970.41589	495.47	24236	434.31	1057.4	1178	13962	62.38	2021.9
Bremen	Malmö/ Trelleborg	1605499.9	18061875.35	119.26	1389	119.2641	1403.45912	716.57	35051	628.12	1529.2	1703.6	20192	90.21	2924.1
Bremen	Stockholm	1790908.4	20147720.76	133.04	1549	133.0371	1565.53524	799.32	39098	700.65	1705.8	1900.4	22524	100.6	3261.8
Bremen	Göteborg	5150367.8	57941642.24	382.59	4456	382.5936	4502.2305	2298.7	1E+05	2015	4905.7	5465.2	64776	289.4	9380.4
Malmö/ Trelleborg	Hamburg	320944.63	3610627.371	23.841	277.7	23.84128	280.556022	143.24	7007	125.56	305.7	340.56	4036	18.03	584.54
Stockholm	Hamburg	3541137.4	39837798.37	263.05	3064	263.0524	3095.51031	1580.5	77309	1385.4	3372.9	3757.6	44537	199	6449.5

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

origin	destination	Energy consumption (MJ)		CO2 (Tonnes)		GHG as CO2e (Tonnes)		NOx (kg)		NMHC (kg)		SO2 (kg)		PM (kg)	
		WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
Göteborg	Hamburg	987919.44	11114094.52	73.387	854.7	73.38731	863.596774	440.93	21568	386.5	940.99	1048.3	12425	55.51	1799.3
Malmö/ Trelleborg	Lübeck	1467914.6	16514040.93	109.04	1270	109.0436	1283.18798	655.16	32047	574.29	1398.2	1557.6	18462	82.48	2673.5
Stockholm	Lübeck	4499491	50619277.72	334.24	3893	334.2434	3933.26194	2008.2	98231	1760.3	4285.7	4774.5	56590	252.8	8194.9
Göteborg	Lübeck	2937288.7	33044500.54	218.2	2541	218.1956	2567.65173	1311	64126	1149.2	2797.7	3116.8	36942	165	5349.7
Malmö/ Trelleborg	Rostock	436109.12	4906227.937	32.396	377.3	32.39624	381.227873	194.65	9521	170.62	415.39	462.77	5485	24.51	794.29
Stockholm	Rostock	1340893.6	15085053.98	99.608	1160	99.60789	1172.15163	598.47	29274	524.6	1277.2	1422.9	16864	75.35	2442.2
Göteborg	Rostock	2260045.4	25425512.18	167.89	1955	167.8868	1975.63466	1008.7	49340	884.19	2152.7	2398.2	28424	127	4116.2
Malmö/ Trelleborg	Bremen	2815353.1	31672724.67	209.14	2436	209.1377	2461.06084	1256.6	61464	1101.4	2681.6	2987.4	35408	158.2	5127.6
Stockholm	Bremen	2909049.4	32726807.68	216.1	2517	216.0979	2542.96609	1298.4	63509	1138.1	2770.9	3086.9	36587	163.5	5298.3
Göteborg	Bremen	9231481	103854168.7	685.76	7987	685.7579	8069.76447	4120.2	2E+05	3611.6	8792.9	9795.8	1E+05	518.7	16813
Hamburg	København	1775836.2	19978158.87	131.92	1536	131.9175	1552.3598	792.59	38769	694.76	1691.5	1884.4	22335	99.79	3234.3
Lübeck	København	762485.78	8577965.641	56.641	659.7	56.64103	666.532343	340.31	16646	298.31	726.26	809.09	9590	42.84	1388.7
Rostock	København	1152529.6	12965959.48	85.615	997.2	85.61533	1007.49195	514.4	25162	450.9	1097.8	1223	14495	64.76	2099.1
Bremen	København	2747676.1	30911358.4	204.11	2377	204.1103	2401.90052	1226.3	59986	1075	2617.1	2915.6	34557	154.4	5004.4
København	Hamburg	2248109.6	25291234.48	167	1945	167.0002	1965.2009	1003.4	49080	879.53	2141.3	2385.5	28274	126.3	4094.5
København	Lübeck	1175222.2	13221250.24	87.301	1017	87.30103	1027.32877	524.53	25657	459.78	1119.4	1247.1	14781	66.04	2140.4
København	Rostock	1294634.4	14564638.43	96.172	1120	96.17154	1131.71386	577.82	28264	506.5	1233.1	1373.8	16283	72.75	2357.9
København	Bremen	3765717.5	42364324.48	279.74	3258	279.7352	3291.82858	1680.7	82212	1473.3	3586.8	3995.9	47361	211.6	6858.5
Hamburg	Oslo	1756858.6	19764660.91	130.51	1520	130.5077	1535.7704	784.12	38355	687.33	1673.4	1864.3	22096	98.72	3199.8
Lübeck	Oslo	398136.75	4479038.744	29.575	344.5	29.57547	348.034057	177.7	8692	155.76	379.22	422.47	5007	22.37	725.13
Rostock	Oslo	938292.07	10555786.61	69.701	811.8	69.70075	820.214661	418.78	20484	367.09	893.72	995.65	11801	52.72	1708.9
Bremen	Oslo	2240671	25207550.19	166.45	1939	166.4476	1958.69839	1000.1	48918	876.62	2134.2	2377.6	28181	125.9	4080.9
Oslo	Hamburg	10753226	120973795.8	798.8	9304	798.8002	9400.00822	4799.4	2E+05	4207	10242	11411	1E+05	604.2	19585
Oslo	Lübeck	11244510	126500748	835.3	9729	835.2951	9829.46813	5018.7	2E+05	4399.2	11070	11932	1E+05	631.8	20480
Oslo	Rostock	9034319	101636095.6	671.11	7816	671.1117	7897.41388	4032.2	2E+05	3534.5	8605.1	9586.6	1E+05	507.6	16454
Oslo	Bremen	20663874	232468601.8	1535	17878	1535.01	18063.4719	9222.7	5E+05	8084.3	19682	21927	3E+05	1161	37635
København	Malmö/ Trelleborg	482557.63	5428773.776	35.847	417.5	35.84665	421.831172	215.38	10535	188.79	459.63	512.05	6069	27.12	878.88
København	Stockholm	13454678	151365134	999.48	11641	999.4768	11761.5017	6005.1	3E+05	5263.9	12815	14277	2E+05	756	24505
København	Göteborg	1160468.5	13055271.83	86.205	1004	86.20506	1014.43178	517.94	25335	454.01	1105.3	1231.4	14595	65.21	2113.6
Malmö/ Trelleborg	København	601063.25	6761962.051	44.65	520	44.64981	525.423695	268.27	13122	235.15	572.51	637.8	7560	33.77	1094.7
Stockholm	København	17202760	193531059.6	1277.9	14884	1277.902	15037.9141	7678	4E+05	6730.2	16386	18254	2E+05	966.6	31331
Göteborg	København	1626338.4	18296308.33	120.81	1407	120.8121	1421.67523	725.87	35506	636.27	1549.1	1725.8	20454	91.38	2962.1
København	Oslo	3146544.5	35398627.87	233.74	2722	233.7401	2750.57413	1404.4	68694	1231	2997.1	3338.9	39574	176.8	5730.8
Oslo	København	13346669	150150036.6	991.45	11547	991.4534	11667.0852	5956.9	3E+05	5221.6	12713	14163	2E+05	750	24308
Malmö/ Trelleborg	Oslo	245947.63	2766911.09	18.27	212.8	18.27015	214.996866	109.77	5369	96.222	234.26	260.98	3093	13.82	447.95
Stockholm	Oslo	2148586.9	24171604.41	159.61	1859	159.6071	1878.20245	958.96	46907	840.59	2046.5	2279.9	27023	120.7	3913.2
Göteborg	Oslo	722081.61	8123418.709	53.64	624.7	53.63962	631.212752	322.28	15764	282.5	687.78	766.22	9082	40.57	1315.1
Oslo	Malmö/ Trelleborg	319025.75	3589039.9	23.699	276	23.69873	278.878614	142.39	6965	124.81	303.87	338.53	4012	17.93	581.04
Oslo	Stockholm	4450270.9	50065551.78	330.59	3850	330.5871	3890.23586	1986.3	97157	1741.1	4238.9	4722.3	55971	250.1	8105.3
Oslo	Göteborg	542521.95	6103372.372	40.301	469.4	40.30108	474.249403	242.14	11844	212.25	516.75	575.68	6823	30.48	988.1
Gioia Tauro	Palermo	1248292.8	14043295.22	92.699	1080	92.69936	1091.20593	557.15	27175	488.37	1198.2	1324.6	15608	70.14	2266.6
Palermo	Gioia Tauro	1636735.7	18413278.3	121.55	1416	121.5455	1430.76666	730.53	35631	640.34	1571.1	1736.8	20465	91.97	2971.9
Augusta	Valletta/ Marsaxlokk	67644.554	761001.298	5.0233	58.52	5.023346	59.1320711	30.192	1473	26.465	64.933	71.779	845.8	3.801	122.82
Valletta/ Marsaxlokk	Augusta	14854.059	167108.1793	1.1031	12.85	1.103076	12.9848041	6.6298	323.4	5.8113	14.259	15.762	185.7	0.835	26.971
Taranto	Valletta/ Marsaxlokk	287766.86	3237377.425	21.37	249	21.36983	251.553884	128.44	6265	112.58	276.23	305.36	3598	16.17	522.51
Valletta/ Marsaxlokk	Taranto	60534.07	681008.3431	4.4953	52.37	4.495315	52.9163799	27.018	1318	23.683	58.107	64.234	756.9	3.402	109.91
Palermo	Valletta/ Marsaxlokk	161409.28	1815854.582	11.986	139.6	11.9864	141.097318	72.042	3514	63.148	154.94	171.28	2018	9.07	293.08
Valletta/ Marsaxlokk	Palermo	35458.044	398903.0323	2.6331	30.68	2.633147	30.9959557	15.826	771.9	13.872	34.036	37.625	443.4	1.992	64.382
			Energy consumption (MJ)		CO2 (Tonnes)		GHG as CO2e (Tonnes)		NOx (kg)		NMHC (kg)		SO2 (kg)		PM (kg)
	ΣΥΝΟΛΟ	366486381	4122972086	27224	3E+05	27224.25	320366.67	163571	8E+06	143380	349102	388889	5E+06	20593	667464

Πίνακας 67: Συνολικές εκπομπές και κατανάλωση ενέργειας σε όλο το διάδρομο με HFO.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

		MGO													
		Energy consumption (MJ)		CO2 (Tonnes)		GHG as CO2e (Tonnes)		NOx (kg)		NMHC (kg)		SO2 (kg)		PM (kg)	
origin	destination	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
HaminaKotka/ Turku-Naantali	Stockholm	4304981.5	22574902.96	158.33	1668	205.1005	1950.18309	462.82	34129	136.76	1285	919.89	1050	10.39	775.62
Helsinki	Stockholm	4054585.1	21261848.75	149.13	1571	193.1709	1836.75199	435.9	32144	128.81	1210.2	866.39	988.6	9.783	730.5
HaminaKotka/ Turku-Naantali	Malmö/ Trelleborg	13935494	73076369.01	512.54	5399	663.923	6312.86431	1498.2	1E+05	442.7	4159.5	2977.7	3398	33.62	2510.7
Helsinki	Turku-Naantali	5864568.8	30753226.67	215.7	2272	279.4032	2656.68573	630.49	46493	186.3	1750.5	1253.1	1430	14.15	1056.6
HaminaKotka/ Turku-Naantali	Göteborg	25348479	132924952.9	932.3	9820	1207.667	11483.017	2725.2	2E+05	805.26	7566	5416.5	6180	61.16	4567
Helsinki	Göteborg	9726514.3	51004892.3	357.74	3768	463.3963	4406.17081	1045.7	77110	308.99	2903.2	2078.4	2371	23.47	1752.4
Stockholm	HaminaKotka/ Turku-Naantali	5343708	28021883.53	196.54	2070	254.5881	2420.73259	574.49	42364	169.76	1595	1141.8	1303	12.89	962.76
Stockholm	Helsinki	4768065.3	25003269.19	175.37	1847	227.163	2159.9629	512.61	37800	151.47	1423.2	1018.8	1163	11.5	859.05
Malmö/ Trelleborg	HaminaKotka/ Turku-Naantali	14875134	78003749.86	547.1	5763	708.6898	6738.52704	1599.2	1E+05	472.55	4439.9	3178.5	3627	35.89	2680
Malmö/ Trelleborg	Helsinki	6001126.4	31469321.62	220.72	2325	285.9092	2718.54718	645.17	47576	190.64	1791.2	1282.3	1463	14.48	1081.2
Göteborg	HaminaKotka/ Turku-Naantali	33107941	173614815	1217.7	12826	1577.348	14998.1011	3559.4	3E+05	1051.8	9882.1	7074.5	8072	79.89	5965
Göteborg	Helsinki	12484267	65466276.27	459.16	4836	594.7827	5655.44956	1342.2	98973	396.6	3726.3	2667.6	3044	30.12	2249.3
HaminaKotka/ Turku-Naantali	København	17801266	93348102.59	654.72	6896	848.0983	8064.083	1913.8	1E+05	565.51	5313.3	3803.8	4340	42.95	3207.2
Helsinki	København	7602971.9	39869242.79	279.63	2945	362.2252	3444.19302	817.38	60275	241.53	2269.3	1624.6	1854	18.35	1369.8
København	HaminaKotka/ Turku-Naantali	20990998	110074743.9	772.04	8132	1000.065	9509.05103	2256.7	2E+05	666.84	6265.4	4485.4	5118	50.65	3781.9
København	Helsinki	9284854.1	48688868.95	341.49	3597	442.3545	4206.09599	998.2	73608	294.96	2771.4	1984	2264	22.4	1672.8
HaminaKotka/ Turku-Naantali	Oslo	3456444.2	18125255.98	127.13	1339	164.6739	1565.79046	371.6	27402	109.8	1031.7	738.58	842.7	8.34	622.74
Helsinki	Oslo	2111926.7	11074737.68	77.676	818.2	100.6177	956.715791	227.05	16743	67.091	630.37	451.28	514.9	5.096	380.5
Oslo	HaminaKotka/ Turku-Naantali	13928578	73040104.2	512.29	5396	663.5935	6309.73149	1497.4	1E+05	442.48	4157.4	2976.3	3396	33.61	2509.5
Oslo	Helsinki	6239222	32717871.29	229.48	2417	297.2527	2826.40592	670.77	49463	198.21	1862.3	1333.2	1521	15.05	1124.1
Helsinki	Lübeck	28448621	149181794.6	1046.3	11021	1355.366	12887.4004	3058.5	2E+05	903.75	8491.4	6078.9	6936	68.64	5125.5
HaminaKotka/ Turku-Naantali	Lübeck	49906872	261706770.1	1835.5	19334	2377.692	22608.1201	5365.4	4E+05	1585.4	14896	10664	12168	120.4	8991.6
Helsinki	Rostock	4601566.3	24130164.97	169.24	1783	219.2305	2084.53785	494.71	36480	146.18	1373.5	983.27	1122	11.1	829.05
HaminaKotka/ Turku-Naantali	Rostock	11404898	59806174.14	419.47	4418	543.3588	5166.48907	1226.1	90416	362.31	3404.1	2437	2781	27.52	2054.8
Helsinki	Hamburg	2941561.1	15425259.23	108.19	1140	140.1436	1332.54525	316.24	23320	93.447	878	628.56	717.2	7.098	529.97
HaminaKotka/ Turku-Naantali	Hamburg	3532575.1	18524479	129.93	1369	168.301	1600.27823	379.78	28005	112.22	1054.4	754.84	861.3	8.524	636.45
Helsinki	Bremen	1314360.5	6892378.178	48.341	509.2	62.61953	595.413384	141.3	10420	41.754	392.31	280.85	320.5	3.171	236.8
HaminaKotka/ Turku-Naantali	Bremen	1914893.4	10041514.29	70.429	741.8	91.23047	867.458496	205.87	15181	60.832	571.56	409.18	466.9	4.62	345
Lübeck	Helsinki	23017165	120699768.7	846.56	8917	1096.597	10426.9174	2474.5	2E+05	731.2	6870.2	4918.3	5612	55.54	4146.9
Lübeck	HaminaKotka/ Turku-Naantali	20849193	109331135.3	766.82	8077	993.3095	9444.81275	2241.5	2E+05	662.33	6223.1	4455.1	5083	50.31	3756.3
Rostock	Helsinki	2606027	13665751.28	95.848	1010	124.1579	1180.54625	280.17	20660	82.788	777.85	556.86	635.4	6.288	469.52
Rostock	HaminaKotka/ Turku-Naantali	2989371.4	15675972.12	109.95	1158	142.4214	1354.20364	321.38	23699	94.966	892.27	638.77	728.9	7.213	538.59
Hamburg	Helsinki	5215386.7	27348979.05	191.82	2020	248.4745	2362.60225	560.7	41346	165.68	1556.7	1114.4	1272	12.58	939.64
Hamburg	HaminaKotka/ Turku-Naantali	3427230.5	17972062.22	126.05	1328	163.2821	1552.55648	368.45	27170	108.88	1023	732.33	835.6	8.269	617.47
Bremen	Helsinki	1354424	7102467.472	49.815	524.7	64.52826	613.562414	145.61	10738	43.027	404.27	289.41	330.2	3.268	244.02
Bremen	HaminaKotka/ Turku-Naantali	1000813.7	5248169.316	36.809	387.7	47.68135	453.374753	107.6	7934	31.794	298.72	213.85	244	2.415	180.31
Hamburg	Malmö/ Trelleborg	503067.86	2638038.788	18.503	194.9	23.96745	227.892835	54.084	3988	15.981	150.16	107.5	122.7	1.214	90.636
Hamburg	Stockholm	5813622.6	30486069.91	213.82	2252	276.976	2633.6068	625.01	46089	184.69	1735.3	1242.3	1417	14.03	1047.4
Hamburg	Göteborg	1692664.7	8876168.739	62.255	655.7	80.64293	766.787534	181.98	13419	53.772	505.23	361.69	412.7	4.084	304.96
Lübeck	Malmö/ Trelleborg	1914917	10041638.11	70.43	741.8	91.2316	867.469192	205.87	15181	60.833	571.57	409.18	466.9	4.62	345.01
Lübeck	Stockholm	4783982.4	25086736.95	175.95	1853	227.9213	2167.17344	514.32	37926	151.98	1427.9	1022.2	1166	11.54	861.92
Lübeck	Göteborg	3835269.5	20111779.19	141.06	1486	182.7222	1737.40068	412.32	30405	121.84	1144.8	819.52	935.1	9.254	690.99
Rostock	Malmö/ Trelleborg	666452.77	3494813.298	24.512	258.2	31.75153	301.907202	71.649	5283	21.172	198.92	142.41	162.5	1.608	120.07
Rostock	Stockholm	864359.85	4532618.752	31.791	334.9	41.18034	391.56033	92.926	6852	27.459	258	184.7	210.7	2.086	155.73
Rostock	Göteborg	2381586.6	12488807.56	87.593	922.6	113.4649	1078.87336	256.04	18881	75.658	710.86	508.9	580.7	5.746	429.08
Bremen	Malmö/ Trelleborg	3444357.6	18061875.35	126.68	1334	164.0981	1560.31518	370.3	27306	109.42	1028.1	735.99	839.8	8.311	620.56
Bremen	Stockholm	3842123.5	20147720.76	141.31	1488	183.0487	1740.50557	413.06	30460	122.06	1146.8	820.99	936.8	9.271	692.22
Bremen	Göteborg	11049336	57941642.24	406.39	4281	526.419	5005.41735	1187.9	87597	351.01	3298	2361	2694	26.66	1990.7
Malmö/ Trelleborg	Hamburg	688538.24	3610627.371	25.324	266.7	32.80374	311.912058	74.023	5459	21.873	205.52	147.13	167.9	1.661	124.05
Stockholm	Hamburg	7596975.5	39837798.37	279.41	2943	361.9396	3441.47662	816.74	60227	241.34	2267.6	1623.3	1852	18.33	1368.7

**«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»**

origin	destination	Energy consumption (MJ)		CO2 (Tonnes)		GHG as CO2e (Tonnes)		NOx (kg)		NMHC (kg)		SO2 (kg)		PM (kg)	
		WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
Göteborg	Hamburg	2119432	11114094.52	77.952	821.1	100.9752	960.115719	227.86	16802	67.33	632.61	452.88	516.8	5.114	381.85
Malmö/ Trelleborg	Lübeck	3149189.2	16514040.93	115.83	1220	150.0355	1426.60207	338.56	24966	100.04	939.97	672.92	767.8	7.599	567.38
Stockholm	Lübeck	9652978.5	50619277.72	355.03	3740	459.8929	4372.85864	1037.8	76527	306.65	2881.2	2062.7	2354	23.29	1739.2
Göteborg	Lübeck	6301509.4	33044500.54	231.77	2441	300.2202	2854.62251	677.46	49957	200.18	1880.9	1346.5	1536	15.2	1135.3
Malmö/ Trelleborg	Rostock	935606.26	4906227.937	34.411	362.5	44.5747	423.835388	100.59	7417	29.722	279.26	199.92	228.1	2.258	168.57
Stockholm	Rostock	2876684.7	15085053.98	105.8	1114	137.0527	1303.15586	309.27	22806	91.386	858.64	614.69	701.4	6.941	518.28
Göteborg	Rostock	4848586	25425512.18	178.33	1878	230.9992	2196.43929	521.26	38439	154.03	1447.2	1036.1	1182	11.7	873.56
Malmö/ Trelleborg	Bremen	6039914.9	31672724.67	222.14	2340	287.7572	2736.11861	649.34	47883	191.87	1802.8	1290.6	1473	14.57	1088.2
Stockholm	Bremen	6240926.1	32726807.68	229.54	2418	297.3339	2827.17791	670.95	49477	198.26	1862.8	1333.6	1522	15.06	1124.4
Göteborg	Bremen	19804748	103854168.7	728.41	7672	943.5494	8971.67283	2129.2	2E+05	629.15	5911.3	4231.9	4829	47.79	3568.2
Hamburg	København	3809788.4	19978158.87	140.12	1476	181.5082	1725.85759	409.58	30203	121.03	1137.2	814.08	928.9	9.193	686.4
Lübeck	København	1635798.1	8577965.641	60.164	633.7	77.93365	741.026598	175.86	12968	51.966	488.26	349.54	398.8	3.947	294.72
Rostock	København	2472578.3	12965959.48	90.94	957.9	117.8	1120.09318	265.82	19602	78.548	738.02	528.34	602.9	5.966	445.48
Bremen	København	5894724.2	30911358.4	216.8	2284	280.8399	2670.34629	633.73	46732	187.26	1759.5	1259.6	1437	14.22	1062
København	Hamburg	4822979.6	25291234.48	177.39	1868	229.7792	2184.83942	518.51	38236	153.22	1439.6	1030.6	1176	11.64	868.94
København	Lübeck	2521261.7	13221250.24	92.731	976.7	120.1194	1142.14704	271.06	19988	80.095	752.55	538.75	614.7	6.083	454.25
København	Rostock	2777442.7	14564638.43	102.15	1076	132.3246	1258.19861	298.6	22019	88.233	829.01	593.49	677.2	6.702	500.4
København	Bremen	8078778.2	42364324.48	297.13	3130	384.8939	3659.73618	868.53	64047	256.64	2411.4	1726.3	1970	19.49	1455.5
Hamburg	Oslo	3769074.9	19764660.91	138.62	1460	179.5685	1707.41409	405.21	29880	119.74	1125	805.38	919	9.094	679.06
Lübeck	Oslo	854142.27	4479038.744	31.415	330.9	40.69355	386.931702	91.827	6771	27.134	254.95	182.51	208.3	2.061	153.89
Rostock	Oslo	2012964	10555786.61	74.036	779.8	95.90281	911.885051	216.41	15958	63.947	600.83	430.13	490.8	4.857	362.67
Bremen	Oslo	4807021.2	25207550.19	176.8	1862	229.0189	2177.61016	516.79	38109	152.71	1434.8	1027.2	1172	11.6	866.07
Oslo	Hamburg	23069422	120973795.8	848.48	8937	1099.087	10450.5898	2480.1	2E+05	732.86	6885.8	4929.5	5625	55.66	4156.4
Oslo	Lübeck	24123398	126500748	887.25	9345	1149.301	10928.0478	2593.5	2E+05	766.35	7200.4	5154.7	5882	58.21	4346.2
Oslo	Rostock	19381767	101636095.6	712.85	7509	923.3975	8780.05967	2083.7	2E+05	615.72	5785.1	4141.5	4726	46.77	3492
Oslo	Bremen	44331222	232468601.8	1630.5	17174	2112.054	20082.3161	4766	4E+05	1408.3	13232	9472.7	10809	107	7987
København	Malmö/ Trelleborg	1035254.5	5428773.776	38.076	401.1	49.3222	468.97667	111.3	8207	32.888	309	221.21	252.4	2.498	186.52
København	Stockholm	28864979	151365134	1061.6	11182	1375.202	13076.013	3103.2	2E+05	916.98	8615.7	6167.9	7038	69.65	5200.5
København	Göteborg	2489610	13055271.83	91.566	964.5	118.6115	1127.80863	267.65	19737	79.089	743.1	531.98	607	6.007	448.55
Malmö/ Trelleborg	København	1289490.4	6761962.051	47.427	499.6	61.43466	584.147098	138.63	10223	40.964	384.89	275.54	314.4	3.111	232.32
Stockholm	København	36905923	193531059.6	1357.4	14297	1758.294	16718.6101	3967.7	3E+05	1172.4	11016	7886.1	8998	89.05	6649.2
Göteborg	København	3489063.4	18296308.33	128.33	1352	166.228	1580.5672	375.1	27661	110.84	1041.4	745.55	850.7	8.419	628.61
København	Oslo	6750436	35398627.87	248.28	2615	321.6082	3057.98902	725.73	53516	214.45	2014.9	1442.4	1646	16.29	1216.2
Oslo	København	28633263	150150036.6	1053.1	11093	1364.163	12971.0441	3078.3	2E+05	909.61	8546.5	6118.4	6981	69.09	5158.8
Malmö/ Trelleborg	Oslo	527643.51	2766911.09	19.406	204.4	25.1383	239.025755	56.726	4183	16.762	157.49	112.75	128.6	1.273	95.064
Stockholm	Oslo	4609468.7	24171604.41	169.53	1786	219.607	2088.11769	495.55	36543	146.43	1375.8	984.96	1124	11.12	830.48
Göteborg	Oslo	1549117.1	8123418.709	56.976	600.1	73.80394	701.759553	166.54	12281	49.212	462.38	331.02	377.7	3.738	279.1
Oslo	Malmö/ Trelleborg	684421.56	3589039.9	25.173	265.1	32.60761	310.047177	73.581	5426	21.743	204.29	146.25	166.9	1.651	123.31
Oslo	Stockholm	9547384.3	50065551.78	351.15	3699	454.8621	4325.02379	1026.4	75690	303.3	2849.7	2040.1	2328	23.04	1720.1
Oslo	Göteborg	1163898.9	6103372.372	42.808	450.9	55.45115	527.253367	125.13	9227	36.974	347.4	248.7	283.8	2.808	209.7
Gioia Tauro	Palermo	2678023.7	14043295.22	98.496	1037	127.588	1213.16122	287.91	21231	85.075	799.34	572.24	652.9	6.462	482.49
Palermo	Gioia Tauro	3511369.4	18413278.3	129.15	1360	167.2907	1590.67191	377.5	27837	111.55	1048.1	750.31	856.1	8.473	632.63
Augusta	Valletta/ Marsaxlokk	145121.18	761001.298	5.3375	56.22	6.913948	65.7407859	15.602	1150	4.6102	43.316	31.01	35.38	0.35	26.146
Valletta/ Marsaxlokk	Augusta	31867.141	167108.1793	1.1721	12.35	1.518233	14.4360109	3.426	252.6	1.0123	9.5117	6.8094	7.77	0.077	5.7414
Taranto	Valletta/ Marsaxlokk	617360.35	3237377.425	22.706	239.2	29.41264	279.668033	66.371	4894	19.612	184.27	131.92	150.5	1.49	111.23
Valletta/ Marsaxlokk	Taranto	129866.71	681008.3431	4.7764	50.31	6.187186	58.830417	13.962	1030	4.1256	38.763	27.75	31.66	0.313	23.398
Palermo	Valletta/ Marsaxlokk	346279.25	1815854.582	12.736	134.1	16.49764	156.866628	37.228	2745	11.001	103.36	73.993	84.43	0.836	62.388
Valletta/ Marsaxlokk	Palermo	76069.881	398903.0323	2.7978	29.47	3.624166	34.4601237	8.1781	603.1	2.4166	22.705	16.255	18.55	0.184	13.705
		Energy consumption (MJ)		CO2 (Tonnes)		GHG as CO2e (Tonnes)		NOx (kg)		NMHC (kg)		SO2 (kg)		PM (kg)	
	ΣΥΝΟΛΟ	786241188	4122972086	28918	3E+05	37458.56	356172.093	84527	6E+06	24977	234678	168005	2E+05	1897	141655

Πίνακας 68: Συνολικές εκπομπές και κατανάλωση ενέργειας σε όλο το διάδρομο με MGO.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

	ΜΕΓΕΘΗ ΑΝΑ ΤΟΝΟΧΙΛΙΟΜΕΤΡΟ													
	Energy consumption (MJ/tkm)		CO2 (T/tkm)		GHG as CO2e (T/tkm)		NOx (kg/tkm)		NMHC (kg/tkm)		SO2 (kg/tkm)		PM (kg/tkm)	
	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
HFO	0.012138668	0.136560028	9.02E-07	1E-05	9.02E-07	1.06E-05	5E-06	3E-04	5E-06	1E-05	1E-05	2E-04	7E-07	2E-05
MGO	0.02604168	0.136560028	9.58E-07	1E-05	1.24E-06	1.18E-05	3E-06	2E-04	8E-07	8E-06	6E-06	6E-06	6E-08	5E-06
LNG	0.015635383	0.143635613	9.74E-07	8E-06	1.28E-06	9.2E-06	2E-06	3E-05	3E-06	0	3E-06	2E-08	2E-08	1E-06
HFO Scrubber	0.012381443	0.139291229	9.3E-07	1E-05	1.19E-06	1.27E-05	3E-06	2E-04	8E-07	8E-06	5E-06	7E-06	6E-08	1E-05

Πίνακας 69: Μεγέθη ανά τονοχιλιόμετρο για πιθανά καύσιμα στον Scanmed.

	ΕΠΙ % ΔΙΑΦΟΡΕΣ													
	Energy consumption		CO2		GHG as CO2e		NOx		NMHC		SO2		PM	
	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
HFO→MGO	-114.53	0	-6.22	3.94	-37.6	-11.18	48.32	22.1	82.58	32.78	56.8	95.84	90.79	78.78
HFO→LNG	-28.81	-5.18	-8	22.04	-41.7	13.3	60.98	90.6	42.37	100	76.99	99.99	97.31	93.9
HFO→HFO SCRUBBER	-2	-2	-3.09	-4.34	-31.9	-19.93	50.35	14.5	82.74	30.56	58.19	95.48	90.73	56.07
MGO→LNG	39.96	-5.18	-1.67	18.84	-2.98	22.02	24.49	87.9	-231	100	46.73	99.68	70.76	71.26
HFO SCRUBBER→LNG	-26.28	-3.12	-4.76	25.28	-7.39	27.71	21.41	89	-234	100	44.96	99.7	70.95	86.11
HFO SCRUBBER→MGO	-110.33	1.96	-3.04	7.93	-4.28	7.3	-4.07	8.9	-0.95	3.2	-3.33	7.92	0.64	51.69

Πίνακας 70: Ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ των καυσίμων στον Scanmed.

Από τα παραπάνω απορρέουν τα επόμενα:

- Σύμφωνα με τα δεδομένα του πίνακα 70 βλέπουμε ότι το MGO επιφέρει 22.1% μείωση στις εκπομπές NOx, 32.78% στις εκπομπές NMHC, 96% στις SO₂ και 79% στις εκπομπές PM στον διάδρομο. Ωστόσο, ως αποτέλεσμα της αυξημένης κατανάλωσης ενέργειας στα στάδια παραγωγής του MGO, αυξάνονται συνολικά και οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου κατά 13.2% συνολικά και κατά 11,18% στα στάδια από το «ντεπόζιτο στην προπέλα» (TTW) δηλαδή αποκλειστικά εντός των ορίων του διαδρόμου.
- Το HFO με Scrubber παρέχει τα ίδια περίπου αποτελέσματα με μικρές διαφορές από το MGO. Στους μόνους τομείς που οι διαφορές είναι αισθητές είναι τα αιωρούμενα σωματίδια κατά τη λειτουργία του πλοίου, όπου με MGO έχουμε 51.7% μείωση, όπως επίσης και στην καταναλούμενη ενέργεια κατά τα στάδια WTT. Και με την εναλλακτική αυτή έχουμε αύξηση στις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου λόγω της αυξημένης κατανάλωσης κατά τη λειτουργία των πλοίων.
- Το LNG μειώνει όλες τις εκπομπές ρύπων σε μεγάλο βαθμό σε σχέση και με τα τρία άλλα καύσιμα. Μικρότερες μειώσεις επιφέρει και στα αέρια θερμοκηπίου.

6.2.3.Σενάρια αλλαγής πλοίων

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από σενάρια αντικατάστασης ή μετατροπής πλοίων έτσι ώστε να χρησιμοποιούν ως καύσιμο το LNG. Παρατίθενται δηλαδή όλες οι μεταβολές που έχουμε στην κατανάλωση ενέργειας και στις εκπομπές αλλάζοντας το καύσιμο σε κάποιες ηλικιακές ομάδες πλοίων. Οι μεταβολές αυτές είναι σε σχέση και με το HFO με 2.37% θείο αλλά και σε σχέση με το MGO το οποίο θεωρείται το κύριο καύσιμο στις θαλάσσιες αρτηρίες του διαδρόμου από το 2015.

Τα σενάρια όπως ειπώθηκε αφορούν ηλικιακές ομάδες. Έτσι για τα παλαιότερα πλοία θεωρούμε ότι αντικαθιστώνται με καινούργια ενώ για τα πιο νέα, θεωρούμε ότι μετατρέπονται μηχανικά ώστε να μπορούν να χρησιμοποιούν ως καύσιμο το LNG. Αυτή η παραδοχή δεν είναι απόλυτα ευσταθής λόγω των προβλημάτων που υπάρχουν στις μετατροπές πλοίων που προορίζονται για ναυτιλία μικρών αποστάσεων. Το μεγαλύτερο ίσως πρόβλημα είναι αυτό του χώρου αφού στα πλοία αυτά δεν υπάρχουν κενοί χώροι για την εγκατάσταση των δεξαμενών LNG. Έτσι η μετατροπή μερικές φορές καθίσταται αδύνατη. Υπάρχουν ωστόσο νέες πολλά υποσχόμενες μέθοδοι μετατροπών, όπως αυτή του πλοίου Bit Viking, όπου οι δεξαμενές LNG εγκαθίστανται στο κατάστρωμα και δεν απαιτούν, ούτε επηρεάζουν το χώρο φορτίου. Στην περίπτωση όμως κάποιων τύπων πλοίων όπως τα containerships τέτοιες μέθοδοι δεν μπορούν να βρουν εφαρμογή.

Υπενθυμίζεται επίσης ότι θεωρούμε πως δεν υπάρχουν διαφορές στην κατανάλωση και τις εκπομπές ανάλογα με την ηλικία του πλοίου. Τα διάφορα σενάρια επομένως που γίνονται ουσιαστικά αφορούν το ποσοστό των πλοίων τα οποία αντικαθιστώνται ή μετατρέπονται. Τα σενάρια που γίνονται είναι τα εξής:

1. Αντικατάσταση των πλοίων άνω των 40 ετών με πλοία καυσίμου LNG.
2. Αντικατάσταση των πλοίων άνω των 30 ετών με πλοία καυσίμου LNG.
3. Αντικατάσταση των πλοίων άνω των 20 ετών με πλοία καυσίμου LNG.
4. Αντικατάσταση/Μετατροπή των πλοίων άνω των 10 ετών με πλοία καυσίμου LNG.
5. Αντικατάσταση/Μετατροπή όλων των πλοίων με πλοία καυσίμου LNG.

Όπως είναι προφανές, όλα τα παραπάνω σενάρια εμπεριέχουν τα προηγούμενά τους. Στα σενάρια 1, 2 και γίνεται μόνο η υπόθεση της αντικατάστασης, λόγω της παλαιότητας και άρα της μη οικονομικής βιωσιμότητας μιας μετατροπής. Έτσι και στα επόμενα σενάρια υποτίθεται ότι τα πλοία άνω των 20 ετών αντικαθιστώνται με καινούργια. Στις υπόλοιπες ηλικιακές ομάδες γίνεται η υπόθεση της μετατροπής (και της αντικατάστασης για κάποια άνω των 10 ετών), αν και ακόμα ίσως δεν είναι εφικτή μια τέτοια μετατροπή. Στις υποθέσεις αυτές θεωρούμε ότι ο κινητήρας που μετατρέπεται έχει τις ίδιες εκπομπές με ένα καινούργιο πλοίο LNG. Το τελευταίο σενάριο, είναι μάλλον αδύνατο, εντούτοις εμπεριέχονται στη μελέτη για να εξάγουμε συνολικά αποτελέσματα για τις εκπομπές, αν τυχόν τα πλοία φυσικού αερίου

κυριαρχούσαν στις θαλάσσιες μεταφορές του διαδρόμου μετά από χρόνια. Ακόμα και σε αυτήν την περίπτωση όμως δεν είναι απολύτως αληθείς, αφού και οι τεχνολογία των πλοίων LNG θα έχει βελτιωθεί και θα προσφέρει μεγαλύτερα πλεονεκτήματα.

Στους πίνακες 71 έως 72 παρουσιάζονται τα παραπάνω σενάρια. Στην πρώτη γραμμή κάθε πίνακα είναι οι κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές για όλα τα πλοία που κινούνται στο διάδρομο και είναι της ηλικίας που αναφέρεται στον πίνακα ή παλαιότερης, υποθέτοντας ότι έχουν ως καύσιμο το HFO με 2.37% περιεκτικότητα σε θείο. Έτσι για παράδειγμα, στον πίνακα 72 στην πρώτη γραμμή βλέπουμε τα συνολικά μεγέθη για όλα τα πλοία του διαδρόμου άνω των 30 ετών. Αντίστοιχα, στη δεύτερη και τρίτη σειρά είναι τα συνολικά μεγέθη στην περίπτωση τα πλοία έχουν ως καύσιμο το MGO ή το LNG. Για να βρούμε αυτά (κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές) ακολουθούμε την εξής διαδικασία:

- Για κάθε ηλικιακή ομάδα βρίσκουμε τις συνολικές εκπομπές και κατανάλωση ενέργειας με καύσιμο το HFO. Αυτό γίνεται πολλαπλασιάζοντας τα συνολικά μεγέθη του πίνακα 67 με το αντίστοιχο ποσοστό κάθε ηλικιακής ομάδας (πίνακας 32). Η ίδια διαδικασία γίνεται και στην περίπτωση του MGO.
- Βρίσκουμε τις εκπομπές των πλοίων LNG για κάθε ομάδα που αντικαθιστούν ξεχωριστά. Αυτό γίνεται εφαρμόζοντας τη μεθοδολογία του πίνακα 42 σε κάθε ηλικιακή ομάδα με καύσιμο το HFO.
- Προσθέτουμε τις ηλικιακές ομάδες κάθε σεναρίου για κάθε καύσιμο. Στον πίνακα 72 για παράδειγμα προσθέτουμε τις εκπομπές των πλοίων 30-40 ετών και άνω των 40 ετών για κάθε καύσιμο ξεχωριστά.

Οι επόμενες τέσσερις γραμμές των πινάκων είναι η απόλυτη και η ποσοστιαία διαφορά των αλλαγών από HFO και MGO σε LNG μόνο για τις ηλικιακές ομάδες κάθε σεναρίου. Όπου η διαφορά είναι θετική έχουμε μείωση κατά την αλλαγή σε φυσικό αέριο, σε αντίθετη περίπτωση αύξηση. Στις γραμμές «ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ» παρατίθενται οι συνολικές εκπομπές και κατανάλωση ενέργειας μετά την αντικατάσταση/μετατροπή των φορτηγών από HFO και MGO σε LNG. Είναι δηλαδή οι συνολικές εκπομπές του διαδρόμου (πίνακες 67 και 68) απόλυτη διαφορά από κάθε καύσιμο (6^η και 7^η σειρά) σειρά κάθε πίνακα. Οι δύο τελευταίες σειρές είναι η ποσοστιαίες διαφορές από τα μεγέθη των πινάκων 67 και 68 στα συνολικά μεγέθη μετά την αλλαγή σε LNG δηλαδή στις δύο προηγούμενες γραμμές. Στις παρενθέσεις της πρώτης στήλης βλέπουμε από πιο καύσιμο υποτίθεται η διαφορά.

Τέλος μετά τους πίνακες παρατίθενται γραφήματα, τα οποία στηρίζονται στα δεδομένα των πινάκων 71-75 και αποτυπώνουν τη διακύμανση των διαφόρων μεγεθών μετά την αντικατάσταση ή μετατροπή των πλοίων σε καύσιμο LNG. Ο οριζόντιος άξονας των γραφημάτων υποδηλώνει την αντικατάσταση των φορτηγών μέχρι και την ηλικιακή ομάδα που αναγράφεται. Το στοιχείο 20 για παράδειγμα σημαίνει αντικατάσταση/μετατροπή όλων των πλοίων από 20 ετών και πάνω. Σε κάθε γράφημα φαίνεται η διακύμανση σε επίπεδο από το «ντεπόζιτο στην προπέλα», δηλαδή αποκλειστικά τα μεγέθη που αφορούν το διάδρομο, αλλά και σε επίπεδο από την «πηγή στην προπέλα». Επίσης σε κάθε γράφημα φαίνεται ξεχωριστά η διακύμανση στην

περίπτωση που το αρχικό καύσιμο του διαδρόμου είναι το HFO, αλλά και στην περίπτωση που το αρχικό καύσιμο είναι το MGO.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΑΝΩ ΤΩΝ 40 ΕΤΩΝ ΜΕ LNG													
	Energy consumption (MJ)		CO2 (Tonnes)		GHG as CO2e (Tonnes)		NOx (kg)		NMHC (kg)		SO2 (kg)		PM (kg)	
	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
HFO	14659455.24	164918883	1089	12683.3	1088.97	12814.67	6542.8	320031.1	5735.2	13964	15555.5	184360.6	823.72	26698.5
MGO	31449647.54	164918883	1157	12183.7	1498.34	14246.88	3381.1	249325.9	999.08	9387.1	6720.19	7667.99	75.88	5666.2
LNG	18882318.78	173463826	1176	9888.34	1542.94	11109.84	2553	30246.69	3304.99	0	3579.74	24.81	22.19	1628.67
ΑΠΟΛΥΤΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΑΠΟ ΗFO	-4222863.54	-8544942.1	-87.08	2794.97	-453.97	1704.82	3989.8	289784.4	2430.21	13964	11975.8	184335.8	801.54	25069.9
ΑΠΟΛΥΤΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΑΠΟ ΜGO	12567328.76	-8544942.1	-19.35	2295.31	-44.6	3137.04	828.05	219079.2	-2305.9	9387.1	3140.45	7643.18	53.7	4037.53
ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ % ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΑΠΟ ΗFO	-28.81	-5.18	-8	22.04	-41.69	13.3	60.98	90.55	42.37	100	76.99	99.99	97.31	93.9
ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ % ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΑΠΟ ΜGO	39.96	-5.18	-1.67	18.84	-2.98	22.02	24.49	87.87	-230.8	100	46.73	99.68	70.76	71.26
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ (ΗFO)	370709244.5	4131517028	27311	314288	27678.22	318661.85	159581	7710993	140950	335138	376913	4424678	19792	642394
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ (MGO)	773673859.7	4131517028	28937	302296	37503.17	353035.05	83699	6014069	27283	225291	164864	184056.5	1843.4	137617
ΣΧΕΤΙΚΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ (ΗFO)	-1.15	-0.21	-0.32	0.88	-1.67	0.53	2.44	3.62	1.69	4	3.08	4	3.89	3.76
ΣΧΕΤΙΚΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ (MGO)	1.6	-0.21	-0.07	0.75	-0.12	0.88	0.98	3.51	-9.23	4	1.87	3.99	2.83	2.85

Πίνακας 71: Σενάριο αντικατάστασης των πλοίων άνω των 40 ετών από ΗFO και ΜGO σε LNG.

	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΑΝΩ ΤΩΝ 30 ΕΤΩΝ ΜΕ LNG													
	Energy consumption (MJ)		CO2 (Tonnes)		GHG as CO2e (Tonnes)		NOx (kg)		NMHC (kg)		SO2 (kg)		PM (kg)	
	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
HFO	87956731.43	989513301	6534	76099.9	6533.82	76888	39257	1920187	34411.2	83784	93333.3	1106163	4942.3	160191
MGO	188697885.2	989513301	6940	73101.9	8990.06	85481.3	20287	1495955	5994.51	56323	40321.1	46007.91	455.3	33997.2
LNG	113293912.7	1040782953	7056	59330.1	9257.67	66659.06	15318	181480.2	19830	0	21478.5	148.83	133.12	9772.01
ΑΠΟΛΥΤΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΑΠΟ ΗFO	-25337181.2	-51269653	-522.5	16769.8	-2723.85	10228.95	23939	1738706	14581.3	83784	71854.8	1106015	4809.2	150419
ΑΠΟΛΥΤΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΑΠΟ ΜGO	75403972.56	-51269653	-116.1	13771.9	-267.61	18822.25	4968.3	1314475	-13835	56323	18842.7	45859.08	322.19	24225.2
ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΙΣ % ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΑΠΟ ΗFO	-28.81	-5.18	-8	22.04	-41.69	13.3	60.98	90.55	42.37	100	76.99	99.99	97.31	93.9
ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΙΣ % ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΑΠΟ ΜGO	39.96	-5.18	-1.67	18.84	-2.98	22.02	24.49	87.87	-230.8	100	46.73	99.68	70.76	71.26
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ (ΗFO)	391823562.2	4174241738	27747	300313	29948.1	310137.72	139632	6262071	128799	265317	317034	3503000	15784	517044
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ (MGO)	710837215.9	4174241738	29034	290819	37726.17	337349.85	79559	4918673	38812.6	178355	149162	145840.6	1574.9	117430
ΣΧΕΤΙΚΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ (ΗFO)	-6.91	-1.24	-1.92	5.29	-10.01	3.19	14.64	21.73	10.17	24	18.48	24	23.35	22.54
ΣΧΕΤΙΚΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ (MGO)	9.59	-1.24	-0.4	4.52	-0.71	5.28	5.88	21.09	-55.39	24	11.22	23.92	16.98	17.1

Πίνακας 72: Σενάριο αντικατάστασης των πλοίων άνω των 30 ετών από ΗFO και ΜGO σε LNG.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΑΝΩ ΤΩΝ 20 ΕΤΩΝ ΜΕ LNG													
	Energy consumption (MJ)		CO2 (Tonnes)		GHG as CO2e (Tonnes)		NOx (kg)		NMHC (kg)		SO2 (kg)		PM (kg)	
	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
HFO	183243190.5	2061486043	13612	158541	13612.12	160183.34	81786	4000389	71690	174551	194444	2304507	10297	333732
MGO	393120594.2	2061486043	14459	152296	18729.28	178086.05	42264	3116574	12488.6	117339	84002.4	95849.82	948.55	70827.5
LNG	236028984.7	2168297819	14701	123604	19286.81	138873.03	31913	378083.7	41312.4	0	44746.8	310.07	277.33	20358.4
ΑΠΟΛΥΤΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΑΠΟ ΗΦΟ	-52785794.3	-106811776	-1088	34937.1	-5674.68	21310.3	49873	3622305	30377.6	174551	149698	2304197	10019	313373
ΑΠΟΛΥΤΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΑΠΟ ΜΓΟ	157091609.5	-106811776	-241.8	28691.4	-557.52	39213.02	10351	2738490	-28824	117339	39255.6	95539.75	671.23	50469.1
ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΙΣ % ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΑΠΟ ΗΦΟ	-28.81	-5.18	-8	22.04	-41.69	13.3	60.98	90.55	42.37	100	76.99	99.99	97.31	93.9
ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΙΣ % ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΑΠΟ ΜΓΟ	39.96	-5.18	-1.67	18.84	-2.98	22.02	24.49	87.87	-230.8	100	46.73	99.68	70.76	71.26
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ (ΗΦΟ)	419272175.2	4229783862	28313	282146	32898.93	299056.37	113698	4378472	113002	174551	239191	2304817	10574	354090
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ (ΜΓΟ)	629149579	4229783862	29159	275900	38016.09	316959.08	74177	3494658	53801	117339	128749	96159.89	1225.9	91185.8
ΣΧΕΤΙΚΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ (ΗΦΟ)	-14.4	-2.59	-4	11.02	-20.84	6.65	30.49	45.27	21.19	50	38.49	49.99	48.65	46.95
ΣΧΕΤΙΚΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ (ΜΓΟ)	19.98	-2.59	-0.84	9.42	-1.49	11.01	12.25	43.93	-115.4	50	23.37	49.84	35.38	35.63

Πίνακας 73: Σενάριο αντικατάστασης των πλοίων άνω των 20 ετών από ΗΦΟ και ΜΓΟ σε LNG.

	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ/ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΑΝΩ ΤΩΝ 10 ΕΤΩΝ ΜΕ LNG													
	Energy consumption (MJ)		CO2 (Tonnes)		GHG as CO2e (Tonnes)		NOx (kg)		NMHC (kg)		SO2 (kg)		PM (kg)	
	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
HFO	282194513.3	3174688506	20963	244154	20962.67	246682.34	125950	6160599	110403	268808	299444	3548941	15857	513947
MGO	605405715.1	3174688506	22266	234535	28843.09	274252.51	65086	4799524	19232.4	180702	129364	147608.7	1460.8	109074
LNG	363484636.5	3339178642	22639	190351	29701.68	213864.47	49146	582248.8	63621.1	0	68910.1	477.5	427.08	31351.9
ΑΠΟΛΥΤΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΑΠΟ ΗΦΟ	-81290123.2	-164490136	-1676	53803.1	-8739.01	32817.87	76804	5578350	46781.5	268808	230534	3548463	15430	482595
ΑΠΟΛΥΤΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΑΠΟ ΜΓΟ	241921078.6	-164490136	-372.4	44184.7	-858.59	60388.04	15940	4217275	-44389	180702	60453.6	147131.2	1033.7	77722.4
ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΙΣ % ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΑΠΟ ΗΦΟ	-28.81	-5.18	-8	22.04	-41.69	13.3	60.98	90.55	42.37	100	76.99	99.99	97.31	93.9
ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΙΣ % ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΑΠΟ ΜΓΟ	39.96	-5.18	-1.67	18.84	-2.98	22.02	24.49	87.87	-230.8	100	46.73	99.68	70.76	71.26
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ (ΗΦΟ)	447776504.1	4287462221	28900	263280	35963.26	287548.8	86767	2422428	96598.5	80293	158354	1060551	5163.5	184868
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ (ΜΓΟ)	544320109.8	4287462221	29290	260407	38317.15	295784.05	68587	2015873	69365.8	53976	107551	44568.42	863.41	63932.5
ΣΧΕΤΙΚΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ (ΗΦΟ)	-22.18	-3.99	-6.16	16.97	-32.1	10.24	46.95	69.72	32.63	77	59.28	76.99	74.93	72.3
ΣΧΕΤΙΚΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ (ΜΓΟ)	30.77	-3.99	-1.29	14.51	-2.29	16.95	18.86	67.66	-177.72	77	35.98	76.75	54.49	54.87

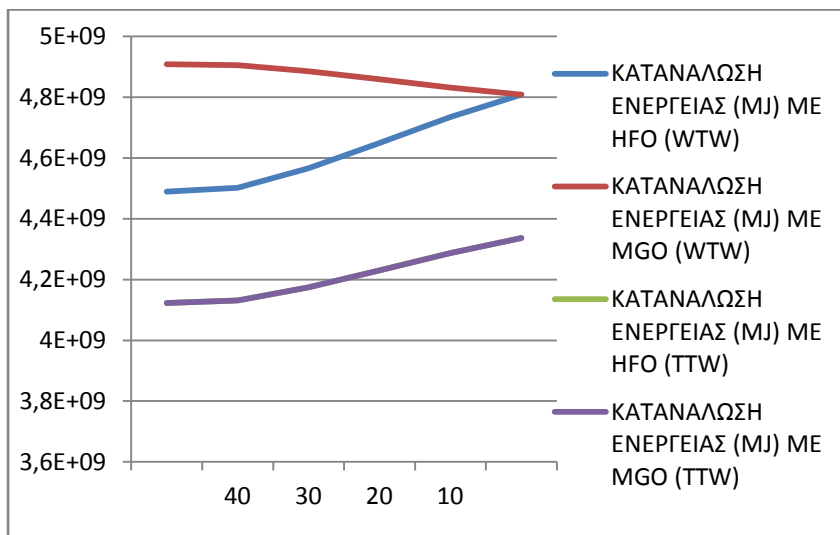
Πίνακας 74: Σενάριο αντικατάστασης των πλοίων άνω των 10 ετών από ΗΦΟ και ΜΓΟ σε LNG.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

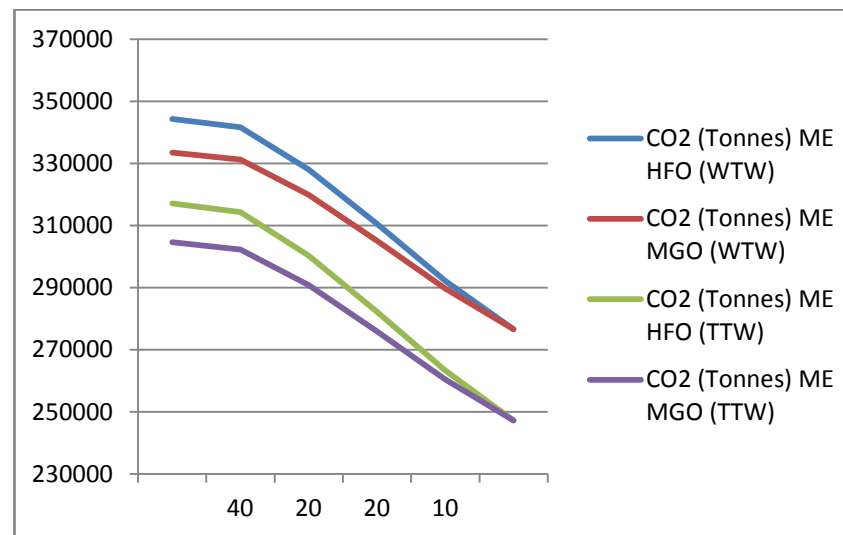
	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ/ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΜΕ LNG													
	Energy consumption (MJ)		CO2 (Tonnes)		GHG as CO2e (Tonnes)		NOx (kg)		NMHC (kg)		SO2 (kg)		PM (kg)	
	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW	WTT	TTW
HFO	366486381	4122972086	27224	317083	27224.25	320366.67	163571	8000777	143380	349102	388889	4609014	20593	667464
MGO	786241188.5	4122972086	28918	304591	37458.56	356172.09	84527	6233148	24977.1	234678	168005	191699.6	1897.1	141655
LNG	472057969.5	4336595639	29401	247209	38573.61	277746.06	63826	756167.3	82624.8	0	89493.6	620.13	554.65	40716.7
ΑΠΟΛΥΤΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΑΠΟ ΗFO	-105571589	-213623553	-2177	69874.2	-11349.36	42620.61	99745	7244610	60755.2	349102	299395	4608394	20038	626747
ΑΠΟΛΥΤΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΑΠΟ MGO	314183219	-213623553	-483.6	57382.7	-1115.05	78426.03	20701	5476981	-57648	234678	78511.1	191079.5	1342.5	100938
ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΙΣ % ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΑΠΟ ΗFO	-28.81	-5.18	-8	22.04	-41.69	13.3	60.98	90.55	42.37	100	76.99	99.99	97.31	93.9
ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΙΣ % ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΑΠΟ MGO	39.96	-5.18	-1.67	18.84	-2.98	22.02	24.49	87.87	-230.8	100	46.73	99.68	70.76	71.26
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ (ΗFO)	472057969.5	4336595639	29401	247209	38573.61	277746.06	63826	756167.3	82624.8	0	89493.6	620.13	554.65	40716.7
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΑΛΛΑΓΗ (MGO)	472057969.5	4336595639	29401	247209	38573.61	277746.06	63826	756167.3	82624.8	0	89493.6	620.13	554.65	40716.7
ΣΧΕΤΙΚΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ (ΗFO)	-28.81	-5.18	-8	22.04	-41.69	13.3	60.98	90.55	42.37	100	76.99	99.99	97.31	93.9
ΣΧΕΤΙΚΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ (MGO)	39.96	-5.18	-1.67	18.84	-2.98	22.02	24.49	87.87	-230.8	100	46.73	99.68	70.76	71.26

Πίνακας 75: Σενάριο αντικατάστασης όλων των πλοίων από ΗFO και MGO σε LNG.

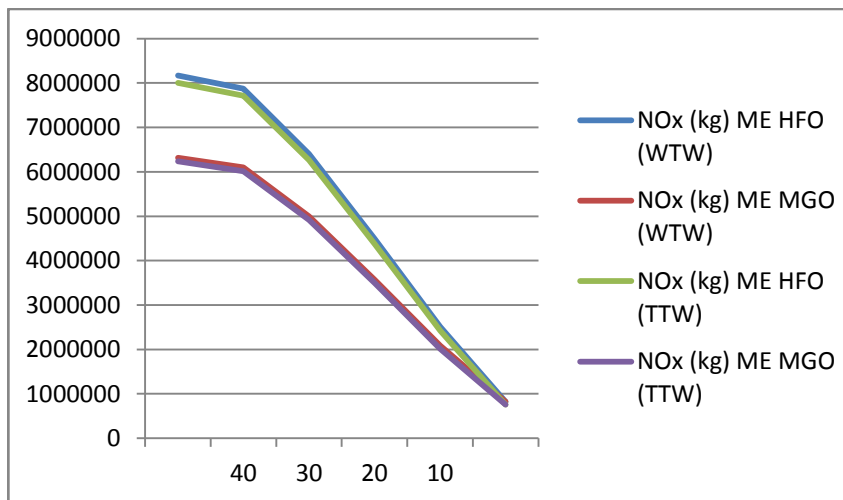
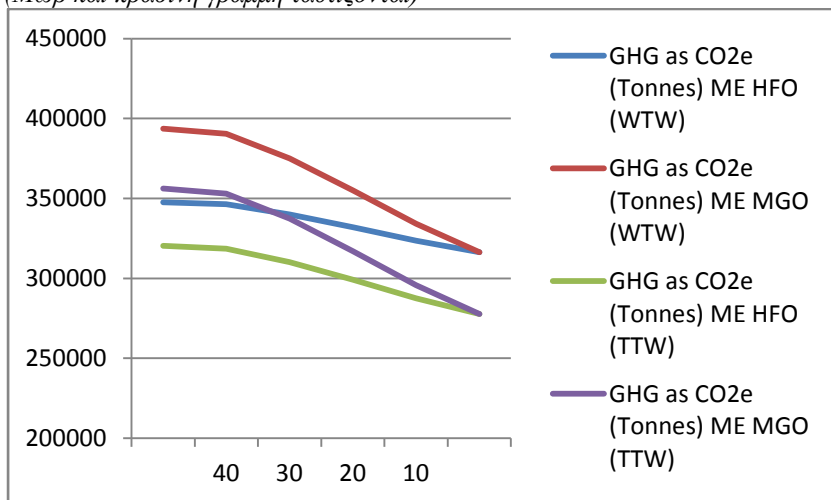
«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»



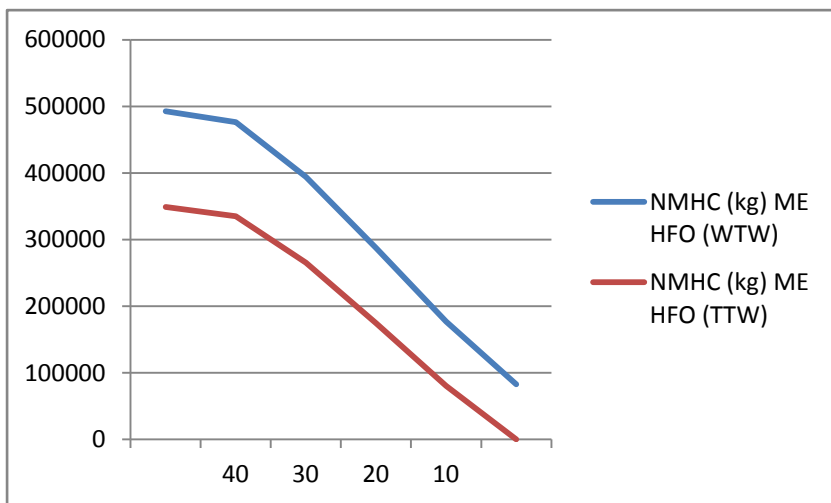
Γράφημα 49 : Κατανάλωση ενέργειας μετά από αλλαγή σε πλοία LNG. (Μωβ και πράσινη γραμμή ταυτίζονται)



Γράφημα 50: Εκπομπές CO2 μετά από αλλαγή σε πλοία LNG.

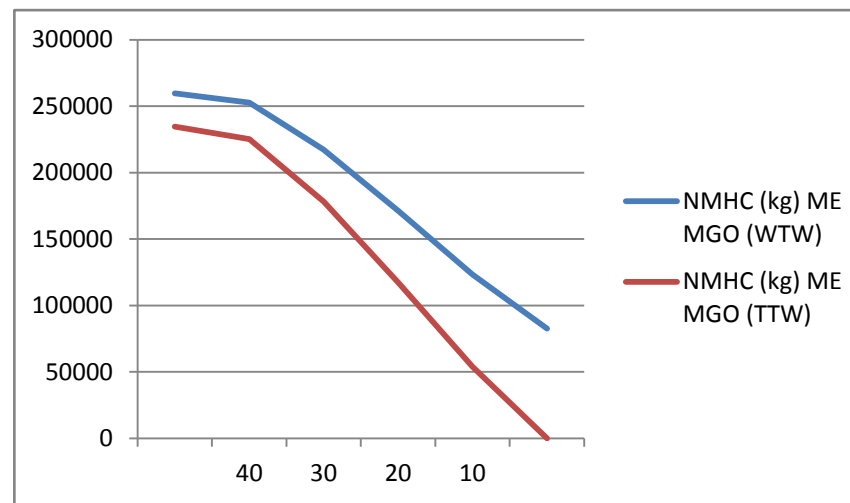


Γράφημα 51: Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου μετά από αλλαγή σε πλοία LNG.



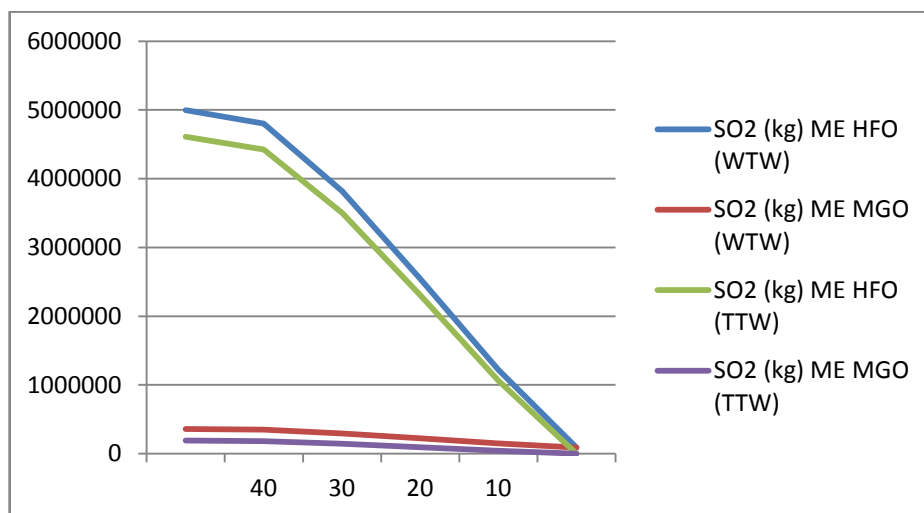
Γράφημα 53: Εκπομπές NMHC μετά από αλλαγή σε πλοία LNG από HFO.

Γράφημα 52: Εκπομπές NOx μετά από αλλαγή σε πλοία LNG.

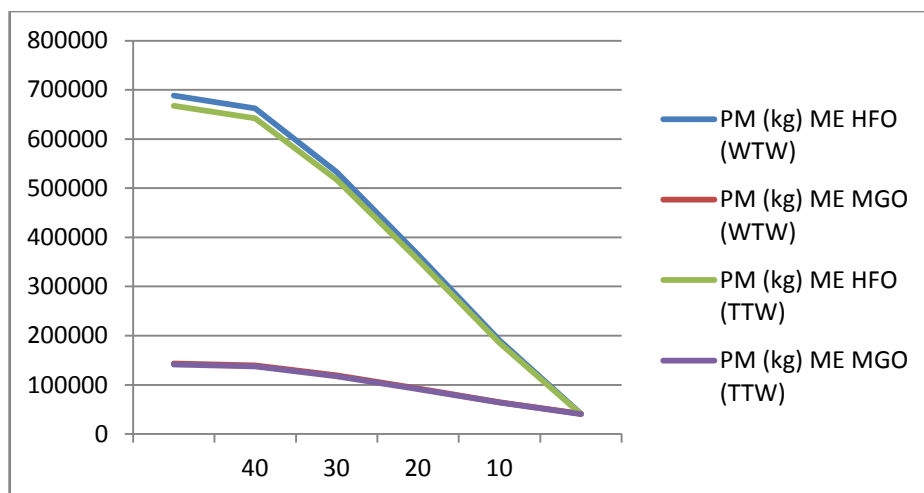


Γράφημα 54: Εκπομπές NMHC μετά από αλλαγή σε πλοία LNG από MGO.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»



Γράφημα 55: Εκπομπές SO₂ μετά από αλλαγή σε πλοία LNG.



Γράφημα 56: Εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων μετά από αλλαγή σε πλοία LNG.

Από τα όλα παραπάνω εξάγουμε τα εξής συμπεράσματα:

- Η κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται μετά την αλλαγή σε πλοία φυσικού αερίου κατά ένα μικρό ποσοστό σε επίπεδο TTW σε σχέση και με τα δύο καύσιμα. Σε επίπεδο WTW αυξάνεται ακόμα περισσότερο σε σχέση με το HFO, μειώνεται όμως σε σχέση με το MGO.
- Με τις μέχρι τώρα τεχνολογίες δεν είναι εφικτή μια σημαντική μείωση στις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου συνολικά στο διάδρομο. Όπως και στα φορτηγά έτσι και στα πλοία το φυσικό αέριο δεν υπόσχεται μεγάλες αλλαγές στον τομέα αυτό. Με τα παραπάνω σενάρια βλέπουμε ότι ακόμα κι αν αλλάζαμε όλα τα πλοία από 10

ετών και πάνω, δηλαδή περίπου το 77% του στόλου, θα πετυχαίναμε μια μείωση της τάξης 10.2% σε σχέση με το HFO και 17% από MGO. Αν συνυπολογιστούν και τα στάδια παραγωγής των καυσίμων τότε το ποσοστό αυτό πέφτει σε σχέση με το HFO, ενώ ανεβαίνει σε σχέση με το MGO.

- Όσον αφορά τις εκπομπές υδρογονανθράκων εκτός μεθανίου παρατηρούμε μια μεγάλη αύξηση κατά τα στάδια παραγωγής του LNG σε σχέση με το MGO σε μεγέθη όμως που δεν είναι σημαντικά σε σχέση με όλο τον κύκλο ζωής του καυσίμου, όπου επέρχεται σημαντική μείωση σε σχέση και με τα δύο άλλα καύσιμα. Αντικαθιστώντας για παράδειγμα τα πλοία άνω των 20 ετών, δηλαδή το 50% του στόλου έχουμε περίπου 50% μείωση.
- Πολύ μεγάλο είναι το πλεονέκτημα του LNG σε σχέση και με τα δύο καύσιμα στις εκπομπές οξειδίων του αζώτου. Αντικαθιστώντας για παράδειγμα τα πλοία άνω των 20 ετών, δηλαδή το 50% του στόλου έχουμε περίπου 50% μείωση.
- Σε σχέση με τους ρύπους του διοξειδίου του θείου και των αιωρούμενων σωματιδίων το LNG ελαχιστοποιεί κατά πολύ τις ήδη μειωμένες, με το MGO, εκπομπές.

Κεφάλαιο 7

Οικονομική ανάλυση

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μια οικονομική μελέτη για το φυσικό αέριο σε σχέση με τα καύσιμα που αντικαθιστά. Έτσι, στα φορτηγά γίνεται μια σύγκριση των τιμών του LNG και του CNG σε σχέση με το diesel στις επτά χώρες του διαδρόμου (η Μάλτα δεν περιλαμβάνεται στη μελέτη των χερσαίων μεταφορών) για κάθε κατηγορία φορτηγού που δραστηριοποιείται σε αυτές. Όσον αφορά τα πλοία γίνεται σύγκριση των πιθανών μελλοντικών τιμών του LNG, του MGO και του HFO και στη συνέχεια, εκτίμηση, ανάλογα με διαφορετικά σενάρια τιμών, του χρόνου απόσβεσης επενδύσεων σε LNG, MGO και HFO.

7.1. Οικονομική μελέτη στα φορτηγά

Αρχικά, στον πίνακα 76, αναγράφονται οι καταναλώσεις ενέργειας (MJ) ανά τονοχιλιόμετρο για όλες τις κατηγορίες φορτηγών diesel σε όλες τις χώρες του διαδρόμου, κατά τη φάση της λειτουργίας των φορτηγών (TTW). Τα στοιχεία αυτά βρέθηκαν χρησιμοποιώντας τα στοιχεία του προγράμματος Ecotransit World για τους συντελεστές φόρτωσης που έχουμε χρησιμοποιήσει σε κάθε χώρα (ενότητα 5.1.3). Επίσης αναγράφονται οι καταναλώσεις ενέργειας (TTW) ανά τονοχιλιόμετρο για όλες τις κατηγορίες φορτηγών CNG/LNG EURO VI σε όλες τις χώρες του διαδρόμου. Τα στοιχεία αυτά προκύπτουν προσανυξάνοντας κατά 7.5% τις καταναλώσεις ενέργειας των φορτηγών diesel EURO VI.

Στη συνέχεια, στον πίνακα 77 παρουσιάζονται τα ίδια στοιχεία αλλά σε λίτρα ή κιλά ανά τονοχιλιόμετρο στην περίπτωση του diesel και του LNG/CNG αντίστοιχα. Για να μετατρέψουμε τα MJ σε λίτρα στην περίπτωση του diesel διαιρούμε αρχικά με τη θερμογόνο δύναμη του diesel η οποία σύμφωνα με τα στοιχεία του Ecotransit World είναι 43.1 MJ/kg. Ακολουθώντας, διαιρούμε εκ νέου με την πυκνότητα του diesel η οποία πάλι σύμφωνα με το Ecotransit World είναι 0.832 kg/l. Για την περίπτωση των CNG/LNG διαιρούμε με τη θερμογόνο δύναμη του φυσικού αερίου η οποία σύμφωνα με τη μελέτη των Bengtsson κ.ά. είναι 48 MJ/kg. Σε όλα τα στοιχεία των πινάκων που υπάρχει παύλα, όπως έχει εξηγηθεί και στη μεθοδολογία, είναι επειδή οι συγκεκριμένες κατηγορίες βάρους φορτηγών, στις συγκεκριμένες χώρες, μεταφέρουν αμελητέο φορτίο.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

		MJ/tkm						
		ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	ΣΟΥΗΔΙΑ	ΝΟΡΒΗΓΙΑ	ΔΑΝΙΑ	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	ΑΥΣΤΡΙΑ	ΙΤΑΛΙΑ
EURO II DIESEL	3.5-7.5 T	2.8279857	-	-	2.633	2.6687542	2.84128	2.6674
	7.5-12T	2.23339879	2.1313898	2.1313898	2.081	2.1104535	2.246771	2.1098
	12-20T	1.4601443	1.3937537	1.3937537	1.361	1.3806917	1.470008	1.3805
	20-26T	1.12977799	1.078498	1.078498	1.056	1.0715976	1.140325	1.0717
	26-40T	0.87546723	0.8357483	0.8357483	0.823	0.8347962	0.887432	0.835
	>40T	0.73081589	0.6976352	0.6976352	0.69	0.6997382	0.743238	-
EURO III DIESEL	3.5-7.5 T	2.98050528	-	-	2.775	2.8115932	2.993363	2.81
	7.5-12T	2.3528634	2.2451793	2.2451793	2.192	2.2224558	2.365963	2.2216
	12-20T	1.53576586	1.4657484	1.4657484	1.431	1.4518961	1.545681	1.4516
	20-26T	1.1705428	1.1173388	1.1173388	1.094	1.1093313	1.180601	1.1093
	26-40T	0.90474546	0.8636056	0.8636056	0.85	0.8619536	0.916365	0.8621
	>40T	0.74925254	0.7151815	0.7151815	0.707	0.7167886	0.761419	-
EURO IV DIESEL	3.5-7.5 T	2.95594733	-	-	2.755	2.7898894	2.969595	2.7881
	7.5-12T	2.32363783	2.2168231	2.2168231	2.17	2.1976805	2.338474	2.1966
	12-20T	1.47832943	1.4107662	1.4107662	1.38	1.3988498	1.48876	1.3985
	20-26T	1.11503148	1.0644782	1.0644782	1.042	1.0568834	1.124895	1.057
	26-40T	0.87267683	0.8330049	0.8330049	0.821	0.8324111	0.884756	0.8326
	>40T	0.73566458	0.7021595	0.7021595	0.696	0.7051253	0.74869	-
EURO V DIESEL	3.5-7.5 T	2.932776	-	-	2.733	2.7676326	2.945971	2.7658
	7.5-12T	2.3099698	2.2038087	2.2038087	2.157	2.1844999	2.32453	2.1834
	12-20T	1.46921927	1.4020933	1.4020933	1.371	1.3897823	1.479227	1.3894
	20-26T	1.11637385	1.0657202	1.0657202	1.043	1.0581813	1.126227	1.0582
	26-40T	0.87090875	0.8313243	0.8313243	0.819	0.8306011	0.882867	0.8308
	>40T	0.73606788	0.7025244	0.7025244	0.696	0.7054548	0.749029	-
EURO VI DIESEL	3.5-7.5 T	2.9415314	-	-	2.741	2.7758358	2.954739	2.774
	7.5-12T	2.32303959	2.2163189	2.2163189	2.168	2.1964229	2.337356	2.1953
	12-20T	1.49555096	1.4271298	1.4271298	1.396	1.4149564	1.505867	1.4145
	20-26T	1.12680864	1.075633	1.075633	1.053	1.0681104	1.136735	1.0681
	26-40T	0.88053464	0.8404468	0.8404468	0.828	0.8399377	0.892684	0.8401
	>40T	0.74005611	0.706361	0.706361	0.7	0.7089218	0.752819	-
EURO VI CNG/LNG	3.5-7.5 T	3.16214625	-	-	2.947	2.9840235	3.176344	2.9821
	7.5-12T	2.49726756	2.3825428	2.3825428	2.331	2.3611546	2.512657	2.36
	12-20T	1.60771729	1.5341645	1.5341645	1.5	1.5210782	1.618807	1.5206
	20-26T	1.21131929	1.1563054	1.1563054	1.132	1.1482187	1.22199	1.1483
	26-40T	0.94657474	0.9034803	0.9034803	0.89	0.902933	0.959635	0.9031
	>40T	0.79556032	0.7593381	0.7593381	0.752	0.7620909	0.809281	-

Πίνακας 76: Κατανάλωση ενέργειας κατά τη λειτουργία των φορτηγών (MJ/tkm).

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

		Litres(kg)/tkm						
		ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	ΣΟΥΗΔΙΑ	ΝΟΡΒΗΓΙΑ	ΔΑΝΙΑ	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	ΑΥΣΤΡΙΑ	ΙΤΑΛΙΑ
EURO II DIESEL	3.5-7.5 T	0.0788636	-	-	0.0734	0.0744231	0.079234	0.07439
	7.5-12T	0.0622824	0.059438	0.059438	0.058	0.0588539	0.062655	0.05884
	12-20T	0.0407188	0.038867	0.038867	0.0379	0.0385031	0.040994	0.0385
	20-26T	0.0315059	0.030076	0.030076	0.0295	0.0298835	0.0318	0.02989
	26-40T	0.024414	0.023306	0.023306	0.0229	0.0232798	0.024748	0.02329
	>40T	0.0203802	0.019455	0.019455	0.0192	0.0195135	0.020727	-
EURO III DIESEL	3.5-7.5 T	0.0831169	-	-	0.0774	0.0784065	0.083475	0.07836
	7.5-12T	0.0656139	0.062611	0.062611	0.0611	0.0619773	0.065979	0.06195
	12-20T	0.0428277	0.040875	0.040875	0.0399	0.0404888	0.043104	0.04048
	20-26T	0.0326427	0.031159	0.031159	0.0305	0.0309358	0.032923	0.03094
	26-40T	0.0252305	0.024083	0.024083	0.0237	0.0240372	0.025555	0.02404
	>40T	0.0208943	0.019944	0.019944	0.0197	0.019989	0.021234	-
EURO IV DIESEL	3.5-7.5 T	0.082432	-	-	0.0768	0.0778012	0.082813	0.07775
	7.5-12T	0.0647989	0.06182	0.06182	0.0605	0.0612864	0.065213	0.06126
	12-20T	0.0412259	0.039342	0.039342	0.0385	0.0390095	0.041517	0.039
	20-26T	0.0310947	0.029685	0.029685	0.0291	0.0294731	0.03137	0.02948
	26-40T	0.0243362	0.02323	0.02323	0.0229	0.0232133	0.024673	0.02322
	>40T	0.0205154	0.019581	0.019581	0.0194	0.0196637	0.020879	-
EURO V DIESEL	3.5-7.5 T	0.0817859	-	-	0.0762	0.0771805	0.082154	0.07713
	7.5-12T	0.0644178	0.061457	0.061457	0.0601	0.0609188	0.064824	0.06089
	12-20T	0.0409719	0.0391	0.0391	0.0382	0.0387566	0.041251	0.03875
	20-26T	0.0311321	0.02972	0.02972	0.0291	0.0295093	0.031407	0.02951
	26-40T	0.0242869	0.023183	0.023183	0.0228	0.0231628	0.02462	0.02317
	>40T	0.0205266	0.019591	0.019591	0.0194	0.0196729	0.020888	-
EURO VI DIESEL	3.5-7.5 T	0.08203	-	-	0.0764	0.0774093	0.082398	0.07736
	7.5-12T	0.0647822	0.061806	0.061806	0.0605	0.0612513	0.065181	0.06122
	12-20T	0.0417062	0.039798	0.039798	0.0389	0.0394587	0.041994	0.03945
	20-26T	0.0314231	0.029996	0.029996	0.0294	0.0297862	0.0317	0.02979
	26-40T	0.0245553	0.023437	0.023437	0.0231	0.0234232	0.024894	0.02343
	>40T	0.0206378	0.019698	0.019698	0.0195	0.0197696	0.020994	-
EURO VI CNG/LNG	3.5-7.5 T	0.065878	-	-	0.0614	0.0621672	0.066174	0.06213
	7.5-12T	0.0520264	0.049636	0.049636	0.0486	0.0491907	0.052347	0.04917
	12-20T	0.0334941	0.031962	0.031962	0.0313	0.0316891	0.033725	0.03168
	20-26T	0.0252358	0.02409	0.02409	0.0236	0.0239212	0.025458	0.02392
	26-40T	0.0197203	0.018823	0.018823	0.0185	0.0188111	0.019992	0.01881
	>40T	0.0165742	0.01582	0.01582	0.0157	0.0158769	0.01686	-

Πίνακας 77: Κατανάλωση ενέργειας κατά τη λειτουργία των φορτηγών (litres(kg)/tkm).

Έπειτα, στον πίνακα 78 παρουσιάζονται οι τιμές των καυσίμων σε όλες τις χώρες του διαδρόμου. Όσον αφορά το diesel τα στοιχεία αντλήθηκαν από το διαδικτυακό ιστότοπο <http://autotraveler.ru/> και αναφέρονται στις αρχές Σεπτεμβρίου του 2015. Για το CNG χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από το διαδικτυακό ιστότοπο <http://cngeurope.com/> και αναφέρονται στον Ιανουάριο του 2015 για όλες τις χώρες πλην της Φινλανδίας όπου η τιμή του CNG είναι του Δεκεμβρίου του 2014.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

Τέλος για τις τιμές λιανικής του LNG χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία που λάβαμε μέσω e-mail από τον Ευρωπαϊκό όμιλο φορτηγών φυσικού και βίο-αερίου (NGVA Europe). Τα στοιχεία αυτά είναι μόνο για τις χώρες όπου υπάρχουν εγκαταστάσεις LNG για φορτηγά και συγκεκριμένα για το διάδρομο, μόνο σε Ιταλία και Σουηδία. Επίσης οι τιμές αυτές αναφέρονται σε θερμότητα δύναμη φυσικού αερίου 50 MJ/kg οπότε γίνεται αναλογικά ο υπολογισμός της τιμής για 48 MJ/kg ενεργειακό περιεχόμενο. Ακόμα, οι τιμές είναι σε σχέση με το CNG. Για τις τιμές του LNG σε Νορβηγία, Δανία υποθέσαμε ίδια τιμή με Σουηδία, αφού έχουν και ίδια τιμή CNG ενώ για Γερμανία, Φινλανδία και Αυστρία χρησιμοποιήθηκε ίδια τιμή με το CNG.

ΚΑΥΣΙΜΟ	ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	ΣΟΥΗΔΙΑ	ΝΟΡΒΗΓΙΑ	ΔΑΝΙΑ	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	ΑΥΣΤΡΙΑ	ΙΤΑΛΙΑ
DIESEL (€/λίτρο)	1.23	1.33	1.45	1.38	1.14	1.07	1.47
CNG (€/kg)	1.34	1.74	1.74	1.74	1.11	1.02	0.99
LNG (€/kg)	1.34	1.52	1.52	1.52	1.11	1.02	0.99

Πίνακας 78: Τιμές καυσίμων στις χώρες του διαδρόμου.

Σύμφωνα με τα δεδομένα αυτά προκύπτουν οι πίνακες 79, 80 και 81. Στον πρώτο αναγράφονται οι τιμές σε ευρώ ανά τονοχιλιόμετρο για όλες τις κατηγορίες φορτηγών και για όλα τα πιθανά καύσιμα. Στον πίνακα 73 παρατίθενται οι ποσοστιαίες διαφορές από diesel σε CNG ενώ στον 81 σε LNG. Ουσιαστικά τα μόνα μεγέθη που διαφέρουν μεταξύ των δύο πινάκων είναι οι διαφορές σε Σουηδία, Δανία και Νορβηγία οι οποίες είναι και οι μόνες χώρες στις οποίες διαφέρει η τιμή του LNG από του CNG.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

		€/tkm						
		ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	ΣΟΥΗΔΙΑ	ΝΟΡΒΗΓΙΑ	ΔΑΝΙΑ	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	ΑΥΣΤΡΙΑ	ΙΤΑΛΙΑ
EURO II DIESEL	3.5-7.5 T	0.09700223	-	-	0.101339	0.0848424	0.084781	0.109346
	7.5-12T	0.07660741	0.079052	0.0861847	0.080095	0.0670934	0.067041	0.086489
	12-20T	0.05008415	0.051694	0.0563577	0.05237	0.0438936	0.043863	0.056593
	20-26T	0.03875231	0.040001	0.0436101	0.040645	0.0340672	0.034026	0.043932
	26-40T	0.03002924	0.030997	0.0337943	0.031661	0.026539	0.02648	0.034231
	>40T	0.02506758	0.025875	0.0282095	0.026545	0.0222454	0.022177	-
EURO III DIESEL	3.5-7.5 T	0.10223378	-	-	0.106788	0.0893834	0.089319	0.115191
	7.5-12T	0.08070515	0.083273	0.0907859	0.084372	0.0706541	0.070598	0.091071
	12-20T	0.05267803	0.054364	0.0592689	0.055089	0.0461572	0.046121	0.059506
	20-26T	0.04015058	0.041442	0.0451806	0.042092	0.0352668	0.035228	0.045475
	26-40T	0.03103351	0.032031	0.0349207	0.032698	0.0274024	0.027343	0.035341
	>40T	0.02569998	0.026526	0.028919	0.027202	0.0227874	0.02272	-
EURO IV DIESEL	3.5-7.5 T	0.10139142	-	-	0.106023	0.0886934	0.08861	0.114294
	7.5-12T	0.07970269	0.082221	0.0896393	0.083498	0.0698665	0.069778	0.090045
	12-20T	0.05070791	0.052325	0.0570456	0.053097	0.0444708	0.044423	0.057328
	20-26T	0.0382465	0.039481	0.0430432	0.040095	0.0335994	0.033566	0.043329
	26-40T	0.02993353	0.030896	0.0336833	0.031587	0.0264632	0.0264	0.034131
	>40T	0.0252339	0.026043	0.0283925	0.026769	0.0224166	0.02234	-
EURO V DIESEL	3.5-7.5 T	0.10059662	-	-	0.105187	0.0879858	0.087905	0.113381
	7.5-12T	0.07923386	0.081738	0.089113	0.082998	0.0694474	0.069361	0.089506
	12-20T	0.05039543	0.052003	0.0566949	0.052754	0.0441826	0.044139	0.056957
	20-26T	0.03829254	0.039527	0.0430934	0.040146	0.0336406	0.033605	0.043381
	26-40T	0.02987288	0.030833	0.0336154	0.031518	0.0264056	0.026344	0.034057
	>40T	0.02524773	0.026056	0.0284072	0.02679	0.0224271	0.02235	-
EURO VI DIESEL	3.5-7.5 T	0.10089694	-	-	0.105494	0.0882466	0.088166	0.113718
	7.5-12T	0.07968217	0.082202	0.0896189	0.083445	0.0698265	0.069744	0.089995
	12-20T	0.05129863	0.052932	0.0577073	0.053715	0.0449829	0.044933	0.057986
	20-26T	0.03865046	0.039895	0.0434942	0.040527	0.0339563	0.033919	0.043787
	26-40T	0.03020306	0.031172	0.0339842	0.031874	0.0267025	0.026637	0.034438
	>40T	0.02538453	0.026199	0.0285624	0.026921	0.0225373	0.022463	-
EURO VI CNG	3.5-7.5 T	0.08827658	-	-	0.106823	0.0690055	0.067497	0.061505
	7.5-12T	0.06971539	0.086367	0.0863672	0.084496	0.0546017	0.053394	0.048675
	12-20T	0.04488211	0.055613	0.0556135	0.054392	0.0351749	0.0344	0.031362
	20-26T	0.033816	0.041916	0.0419161	0.041038	0.0265526	0.025967	0.023683
	26-40T	0.02642521	0.032751	0.0327512	0.032275	0.0208803	0.020392	0.018626
	>40T	0.02220939	0.027526	0.027526	0.02726	0.0176234	0.017197	-
EURO VI LNG	3.5-7.5 T	0.08827658	-	-	0.093584	0.0690055	0.067497	0.061505
	7.5-12T	0.06971539	0.075663	0.0756633	0.074024	0.0546017	0.053394	0.048675
	12-20T	0.04488211	0.048721	0.048721	0.047651	0.0351749	0.0344	0.031362
	20-26T	0.033816	0.036721	0.0367212	0.035952	0.0265526	0.025967	0.023683
	26-40T	0.02642521	0.028692	0.0286922	0.028275	0.0208803	0.020392	0.018626
	>40T	0.02220939	0.024115	0.0241146	0.023881	0.0176234	0.017197	-

Πίνακας 79: Τιμές καυσίμων ανά τονοχιλιόμετρο για όλα τα φορτηγά και τις χώρες του διαδρόμου.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

		επι % διαφορά με CNG EURO VI						
		ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	ΣΟΥΗΔΙΑ	ΝΟΡΒΗΓΙΑ	ΔΑΝΙΑ	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	ΑΥΣΤΡΙΑ	ΙΤΑΛΙΑ
EURO II DIESEL	3.5-7.5 T	9	-	-	-5.41	18.67	20.39	43.75
	7.5-12T	9	-9.25	-0.21	-5.5	18.62	20.36	43.72
	12-20T	10.39	-7.58	1.32	-3.86	19.86	21.58	44.58
	20-26T	12.74	-4.79	3.88	-0.97	22.06	23.68	46.09
	26-40T	12	-5.66	3.09	-1.94	21.32	22.99	45.59
	>40T	11.4	-6.38	2.42	-2.69	20.78	22.46	-
EURO III DIESEL	3.5-7.5 T	13.65	-	-	-0.03	22.8	24.43	46.61
	7.5-12T	13.62	-3.72	4.87	-0.15	22.72	24.37	46.55
	12-20T	14.8	-2.3	6.17	1.27	23.79	25.42	47.3
	20-26T	15.78	-1.15	7.23	2.5	24.71	26.29	47.92
	26-40T	14.85	-2.25	6.21	1.29	23.8	25.42	47.3
	>40T	13.58	-3.77	4.82	-0.21	22.66	24.31	-
EURO IV DIESEL	3.5-7.5 T	12.93	-	-	-0.76	22.2	23.83	46.19
	7.5-12T	12.53	-5.04	3.65	-1.2	21.85	23.48	45.94
	12-20T	11.49	-6.29	2.51	-2.44	20.9	22.56	45.29
	20-26T	11.58	-6.17	2.62	-2.35	20.97	22.64	45.34
	26-40T	11.72	-6.01	2.77	-2.18	21.1	22.76	45.43
	>40T	11.99	-5.7	3.05	-1.84	21.38	23.02	-
EURO V DIESEL	3.5-7.5 T	12.25	-	-	-1.56	21.57	23.22	45.75
	7.5-12T	12.01	-5.66	3.08	-1.8	21.38	23.02	45.62
	12-20T	10.94	-6.94	1.91	-3.1	20.39	22.06	44.94
	20-26T	11.69	-6.04	2.73	-2.22	21.07	22.73	45.41
	26-40T	11.54	-6.22	2.57	-2.4	20.92	22.59	45.31
	>40T	12.03	-5.64	3.1	-1.75	21.42	23.06	-
EURO VI DIESEL	3.5-7.5 T	12.51	-	-	-1.26	21.8	23.44	45.91
	7.5-12T	12.51	-5.07	3.63	-1.26	21.8	23.44	45.91
	12-20T	12.51	-5.07	3.63	-1.26	21.8	23.44	45.91
	20-26T	12.51	-5.07	3.63	-1.26	21.8	23.44	45.91
	26-40T	12.51	-5.07	3.63	-1.26	21.8	23.44	45.91
	>40T	12.51	-5.07	3.63	-1.26	21.8	23.44	-

Πίνακας 80: Επί % διαφορές τιμών diesel και CNG.

		επι % διαφορά με LNG EURO VI						
		ΦΙΝΛΑΝΔΙΑ	ΣΟΥΗΔΙΑ	ΝΟΡΒΗΓΙΑ	ΔΑΝΙΑ	ΓΕΡΜΑΝΙΑ	ΑΥΣΤΡΙΑ	ΙΤΑΛΙΑ
EURO II DIESEL	3.5-7.5 T	9	-	-	7.65	18.67	20.39	43.75
	7.5-12T	9	4.29	12.21	7.58	18.62	20.36	43.72
	12-20T	10.39	5.75	13.55	9.01	19.86	21.58	44.58
	20-26T	12.74	8.2	15.8	11.55	22.06	23.68	46.09
	26-40T	12	7.44	15.1	10.69	21.32	22.99	45.59
	>40T	11.4	6.8	14.52	10.03	20.78	22.46	-
EURO III DIESEL	3.5-7.5 T	13.65	-	-	12.36	22.8	24.43	46.61
	7.5-12T	13.62	9.14	16.66	12.26	22.72	24.37	46.55
	12-20T	14.8	10.38	17.8	13.5	23.79	25.42	47.3
	20-26T	15.78	11.39	18.72	14.59	24.71	26.29	47.92
	26-40T	14.85	10.42	17.84	13.53	23.8	25.42	47.3
	>40T	13.58	9.09	16.61	12.21	22.66	24.31	-
EURO IV DIESEL	3.5-7.5 T	12.93	-	-	11.73	22.2	23.83	46.19
	7.5-12T	12.53	7.98	15.59	11.35	21.85	23.48	45.94
	12-20T	11.49	6.89	14.59	10.26	20.9	22.56	45.29
	20-26T	11.58	6.99	14.69	10.33	20.97	22.64	45.34
	26-40T	11.72	7.13	14.82	10.49	21.1	22.76	45.43
	>40T	11.99	7.4	15.07	10.79	21.38	23.02	-
EURO V DIESEL	3.5-7.5 T	12.25	-	-	11.03	21.57	23.22	45.75
	7.5-12T	12.01	7.43	15.09	10.81	21.38	23.02	45.62
	12-20T	10.94	6.31	14.06	9.67	20.39	22.06	44.94
	20-26T	11.69	7.1	14.79	10.45	21.07	22.73	45.41
	26-40T	11.54	6.94	14.65	10.29	20.92	22.59	45.31
	>40T	12.03	7.45	15.11	10.86	21.42	23.06	-
EURO VI DIESEL	3.5-7.5 T	12.51	-	-	11.29	21.8	23.44	45.91
	7.5-12T	12.51	7.95	15.57	11.29	21.8	23.44	45.91
	12-20T	12.51	7.95	15.57	11.29	21.8	23.44	45.91
	20-26T	12.51	7.95	15.57	11.29	21.8	23.44	45.91
	26-40T	12.51	7.95	15.57	11.29	21.8	23.44	45.91
	>40T	12.51	7.95	15.57	11.29	21.8	23.44	-

Πίνακας 81: Επί % διαφορές τιμών diesel και LNG.

Ως απόρροια των παραπάνω μπορούμε να πούμε ότι η μόνη χώρα στην οποία βλέπουμε ένα καθαρό πλεονέκτημα στο κόστος του φυσικού αερίου σε σχέση με το diesel είναι η Ιταλία όπου παρατηρείται μια μείωση περίπου 45%. Ακολουθούν Γερμανία και Αυστρία με μια μείωση λίγο μεγαλύτερη από 20%. Στις Σκανδιναβικές χώρες η τιμή του CNG δε φαίνεται να είναι οικονομικά βιώσιμη, ενώ καλύτερα είναι τα αποτελέσματα με το LNG όπου στη Νορβηγία η τιμή του είναι κατά 15% περίπου μικρότερη από το diesel. Στη Σουηδία ωστόσο η μείωση δεν ξεπερνά το 10%. Τέλος στη Φινλανδία το κόστος του φυσικού αερίου ανά τονοχιλιόμετρο είναι από 9 έως 16% μικρότερο σε σχέση με το diesel.

7.2.Οικονομική μελέτη στα πλοία

Η οικονομική μελέτη στα πλοία χωρίζεται σε δύο σκέλη. Στο πρώτο σκέλος είναι ουσιαστικά ίδιο με το κομμάτι της ανάλυσης που έγινε για τα φορτηγά. Θα υπολογίσουμε δηλαδή το κόστος των καυσίμων ανά τονοχιλιόμετρο για κάθε τύπο πλοίου. Στη συγκεκριμένη περίπτωση όμως δε θα χρησιμοποιήσουμε τρέχοντες ή λίγο παλαιότερες τιμές λιανικής, όπως έγινε στα φορτηγά αλλά θα χρησιμοποιηθούν κάποια σενάρια τιμών για την περίοδο 2020-2030.

Στο δεύτερο σκέλος θα γίνει εκτίμηση – για τα διάφορα σενάρια τιμών – του χρόνου απόσβεσης της επένδυσης ενός πλοιοκτήτη στις εναλλακτικές που υπάρχουν προκειμένου το πλοίο να ικανοποιεί και τους τελευταίους περιορισμούς της MARPOL σχετικά με τα οξείδια του αζώτου.

7.2.1.Εκτίμηση κόστους ανά τονοχιλιόμετρο

Όπως αναφέρθηκε, στην ενότητα αυτή θα υπολογίσουμε το κόστους ανά τονοχιλιόμετρο για κάθε τύπο πλοίου που έχουμε θεωρήσει στη μεθοδολογία της παρούσας εργασίας. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα πλοία που έχουν χρησιμοποιηθεί υπάρχουν στην ενότητα 5.2.4. Τα καύσιμα που εξετάζονται είναι το MGO, το LNG και το HFO με 1% περιεκτικότητα σε θείο. Τα καύσιμα δηλαδή που συμβαδίζουν με τις απαιτήσεις του Διεθνούς Οργανισμού Ναυτιλίας, με κάποιες προσθήκες συστημάτων καθαρισμού καυσαερίων για τα άλλα καύσιμα εκτός του LNG.

Το κόστος ανά τονοχιλιόμετρο για κάθε πλοίο θα υπολογιστεί με βάση σενάρια τιμών για την περίοδο 2020-2030 τα οποία είναι διαθέσιμα από τη Δανική Ναυτιλιακή Αρχή (Danish Maritime Authority, North European LNG infrastructure project, 2012). Τα σενάρια αυτά φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Η χρονική περίοδος που αναφέρονται οι τιμές αυτές προτιμήθηκε έναντι τρεχόντων τιμών λιανικής παρότι αρκετά μεγαλύτερες από τις πραγματικές. Αυτό έγινε πρώτον επειδή οι τιμές των ναυτιλιακών καυσίμων στις περιοχές ECA αναμένεται να αυξηθούν στο μέλλον, λόγω κυρίως της ζήτησης τους (DMA,2012), αλλά και επειδή μας ενδιαφέρει ένας χρονικός ορίζοντας κάποιων ετών, προκειμένου στην επόμενη ενότητα να γίνει εκτίμηση του χρόνου απόσβεσης του κεφαλαίου.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

Scenario name	MGO price level	MGO price	LNG price level	LNG price
1. LowLNG CentralMGO	Central	885	Low	485
2. CentralLNG CentralMGO	Central	885	Central	610
3. HighLNG CentralMGO	Central	885	High	740
4. LowLNG HighMGO	High	1210	Low	485
5. CentralLNG HighMGO	High	1210	Central	610
6. HighLNG_HighMGO	High	1210	High	740

HFO price is in all scenarios assumed to be 530€/tonne

Πίνακας 82: Σενάρια τιμών λιανικής σε €/τόνο. Πηγή: Danish Maritime Authority.

Τα καύσιμα του πίνακα 82 έχουν, όπως είναι γνωστό, διαφορετικό ενεργειακό περιεχόμενο. Έτσι γίνεται μία αναγωγή της τιμής ανά μονάδα ενέργειας (MJ). Υπενθυμίζεται ότι το MGO έχει θερμογόνο δύναμη 43000 MJ/ τόνο, το LNG 48000 MJ/τόνο και το HFO με 1% περιεκτικότητα σε θείο 40400 MJ/τόνο. Έτσι στον πίνακα 83 φαίνονται οι τιμές των καυσίμων ανά MJ. Οι τιμές δηλαδή του πίνακα 82, διαιρεμένες με τα ενεργειακά περιεχόμενα κάθε καυσίμου.

ΣΕΝΑΡΙΑ ΤΙΜΩΝ ΛΙΑΝΙΚΗΣ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 2020-2030						
Όνομα σεναρίου	Τιμή HFO €/tonne	Τιμή HFO €/MJ	Τιμή MGO €/tonne	Τιμή MGO €/MJ	Τιμή LNG €/tonne	Τιμή LNG €/MJ
1. ΧαμηλόLNG_ΜεσαίοMGO	530	0.0130864	885	0.0205814	485	0.010104
2.ΜεσαίοLNG_ΜεσαίοMGO	530	0.0130864	885	0.0205814	610	0.012708
3.ΥψηλόLNG_ΜεσαίοMGO	530	0.0130864	885	0.0205814	740	0.015417
4. ΧαμηλόLNG_ΥψηλόMGO	530	0.0130864	1210	0.0281395	485	0.010104
5.ΜεσαίοLNG_ΥψηλόMGO	530	0.0130864	1210	0.0281395	610	0.012708
6.ΥψηλόLNG_ΥψηλόMGO	530	0.0130864	1210	0.0281395	740	0.015417

Πίνακας 83: Σενάρια τιμών λιανικής σε €/τόνο και €/MJ καυσίμου.

Τέλος, με βάση τις τιμές του πίνακα 83 και την ειδική κατανάλωση κάθε τύπου πλοίου ανά τονοχιλιόμετρο προκύπτει το κόστος του κάθε καυσίμου ανά τονοχιλιόμετρο για κάθε τύπο πλοίου. Οι ειδικές καταναλώσεις για κάθε καύσιμο και τύπο πλοίου αναγράφονται στους πίνακες 62-66. Για το HFO παίρνουμε τις τιμές για HFO Scrubber (οι οποίες είναι κατά 10% μεγαλύτερες από το HFO χωρίς σύστημα καθαρισμού). Τα στοιχεία αυτά παρατίθενται στον πίνακα 84 μαζί με τις επί % διαφορές μεταξύ του κόστους καυσίμου για κάθε σενάριο και τύπο πλοίου. Όπου οι διαφορές είναι θετικές έχουμε μείωση, σε αντίθετη περίπτωση, αύξηση.

**«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»**

Τύπος Πλοίου	Σενάριο	Ειδική κατανάλωση HFO MJ/tkm	Ειδική κατανάλωση MGO MJ/tkm	Ειδική κατανάλωση LNG MJ/tkm	Κόστος HFO €/tkm	Κόστος MGO €/tkm	Κόστος LNG €/tkm	ΕΠΙ % ΔΙΑΦΟΡΑ ΑΠΟ HFO ΣΕ MGO	ΕΠΙ % ΔΙΑΦΟΡΑ ΑΠΟ HFO ΣΕ LNG	ΕΠΙ % ΔΙΑΦΟΡΑ ΑΠΟ MGO ΣΕ LNG
LIQUID BULK	1	0.09848	0.09655	0.10155	0.00129	0.00199	0.00103	-53.81	20.58	48.36
	2				0.00129	0.00199	0.00129	-53.81	0.11	35.05
	3				0.00129	0.00199	0.00157	-53.81	-21.18	21.21
	4				0.00129	0.00272	0.00103	-110.29	20.58	62.23
	5				0.00129	0.00272	0.00129	-110.29	0.11	52.5
	6				0.00129	0.00272	0.00157	-110.29	-21.18	42.37
DRY BULK	1	0.08465	0.08299	0.08729	0.00111	0.00171	0.00088	-53.81	20.58	48.36
	2				0.00111	0.00171	0.00111	-53.81	0.11	35.05
	3				0.00111	0.00171	0.00135	-53.81	-21.18	21.21
	4				0.00111	0.00234	0.00088	-110.29	20.58	62.23
	5				0.00111	0.00234	0.00111	-110.29	0.11	52.5
	6				0.00111	0.00234	0.00135	-110.29	-21.18	42.37
CONTAINER	1	0.26394	0.25876	0.27217	0.00346	0.00533	0.00275	-53.81	20.58	48.36
	2				0.00346	0.00533	0.00346	-53.81	0.11	35.05
	3				0.00346	0.00533	0.0042	-53.81	-21.18	21.21
	4				0.00346	0.00728	0.00275	-110.29	20.58	62.23
	5				0.00346	0.00728	0.00346	-110.29	0.11	52.5
	6				0.00346	0.00728	0.0042	-110.29	-21.18	42.37
RO-RO	1	0.26008	0.25498	0.2682	0.00341	0.00525	0.00271	-53.81	20.58	48.36
	2				0.00341	0.00525	0.00341	-53.81	0.11	35.05
	3				0.00341	0.00525	0.00413	-53.81	-21.18	21.21
	4				0.00341	0.00718	0.00271	-110.29	20.58	62.23
	5				0.00341	0.00718	0.00341	-110.29	0.11	52.5
	6				0.00341	0.00718	0.00413	-110.29	-21.18	42.37
GENERAL CARGO	1	0.07901	0.07746	0.08147	0.00104	0.00159	0.00082	-53.81	20.58	48.36
	2				0.00104	0.00159	0.00104	-53.81	0.11	35.05
	3				0.00104	0.00159	0.00126	-53.81	-21.18	21.21
	4				0.00104	0.00218	0.00082	-110.29	20.58	62.23
	5				0.00104	0.00218	0.00104	-110.29	0.11	52.5
	6				0.00104	0.00218	0.00126	-110.29	-21.18	42.37

Πίνακας 84: Κόστος καυσίμου ανά τονοχιλιόμετρο για κάθε τύπο πλοίου.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε για την περίοδο 2020-2030 τα εξής:

- Το MGO θα είναι κατά 54% περίπου πιο ακριβό από το HFO αν η τιμή του κυμανθεί σε μεσαία επίπεδα. Αν κυμανθεί σε υψηλά τότε η διαφορά αυτή θα είναι 110%.
- Το κόστος LNG θα είναι 20.5% μικρότερο από αυτό του HFO αν επικρατήσει το σενάριο χαμηλής τιμής του, περίπου το ίδιο στο μεσαίο σενάριο τιμής του και 20% μεγαλύτερο στο σενάριο υψηλής τιμής του LNG.
- Τέλος, η διαφορά κόστους από MGO σε LNG για όλους τους τύπους πλοίων είναι από 21 έως 48% περίπου αν η τιμή του MGO κυμανθεί σε μεσαία επίπεδα και από 42 έως 62% περίπου αν η τιμή του κυμανθεί σε υψηλά επίπεδα.

7.2.2. Εκτίμηση χρόνου απόσβεσης

Στο κομμάτι αυτό του κεφαλαίου θα γίνει μια εκτίμηση του χρόνου απόσβεσης των πιθανών εναλλακτικών που έχει ένας πλοιοκτήτης, προκειμένου το πλοίο του να ικανοποιεί τους κανονισμούς της MARPOL. Συγκεκριμένα θα γίνει εκτίμηση της μεταφορικής δραστηριότητας που πρέπει να πραγματοποιήσουν τα πλοία που θεωρήσαμε στην παρούσα μελέτη προκειμένου να αποσβεστούν οι διάφορες επενδύσεις. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, στις περιοχές ECA όπως η Βαλτική και η Βόρεια θάλασσα, στις οποίες είναι και η θαλάσσια δραστηριότητα του διαδρόμου ScanMed (εκτός από μικρό κομμάτι στη Μεσόγειο) από 1/1/2016 θα ισχύουν περιορισμοί τόσο για τα διοξείδια του θείου (από 1/1/2015), όσο και για τα οξείδια του αζώτου.

Οι τρεις επικρατέστερες εναλλακτικές που υπάρχουν και που θα μελετηθούν στην παρούσα ενότητα είναι το MGO με προσθήκη συστήματος εκλεκτικής καταλυτικής αναγωγής (SCR), το HFO περιεκτικότητας 1% σε θείο με την προσθήκη συστήματος καθαρισμού καυσαερίων (Scrubber) και SCR και τέλος το LNG χωρίς κάποια προσθήκη.

Αρχικά, στον πίνακα 78 παρουσιάζονται τα αρχικά κεφάλαια επένδυσης που χρειάζονται για κάθε μία από της παραπάνω εναλλακτικές είτε μετατρέποντας το πλοίο είτε για μια νέα κατασκευή. Τα στοιχεία προέρχονται από την Δανική Ναυτιλιακή Αρχή (Danish Maritime Authority, North European LNG infrastructure project Appendices, 2012) και αφορούν ελαφρώς διαφορετικά πλοία από αυτά που θεωρήσαμε στην ανάλυσή μας. Ωστόσο επειδή οι μεταφορικές ικανότητες για τους διάφορους τύπους πλοίων είναι παρόμοιες, πήραμε τα ίδια κόστη επένδυσης. Για τα πλοία υγρού, ξηρού και γενικού φορτίου χρησιμοποιούνται οι ίδιες τιμές, όπως και στη μελέτη της ΔΝΑ.

ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ					
ΧΙΛΙΑΔΕΣ €	ΥΓΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΞΗΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	CONTAINER	RO-RO	ΓΕΝΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ
HFO SCRUBBER SCR	3700	3700	3400	2300	3700
MGO SCR	700	700	600	500	700
LNG	5100	5100	4800	3200	5100
ΝΕΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ					
ΧΙΛΙΑΔΕΣ €	ΥΓΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΞΗΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	CONTAINER	RO-RO	ΓΕΝΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ
HFO SCRUBBER SCR	5100	5100	4800	3300	5100
MGO SCR	2500	2500	2400	1600	2500
LNG	6800	6800	6400	4300	6800

Πίνακας 85: Κόστος επενδύσεων σε χιλιάδες €.

Στη συνέχεια γίνεται εκτίμηση των τονοχλιομέτρων που χρειάζονται για την απόσβεση του κεφαλαίου για την επένδυση σε LNG ή σε HFO με Scrubber και SCR σε σχέση με την επένδυση σε MGO και SCR. Η επένδυση σε MGO λαμβάνεται ως βάση λόγω του

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

μικρού κόστους επένδυσης αλλά και λόγω της μεγαλύτερης τιμής του, ώστε η ανάλυση απόσβεσης να έχει νόημα (ΔΝΑ).

Λαμβάνονται επίσης υπόψη τα λειτουργικά κόστη για τα συστήματα Scrubber και SCR. Σύμφωνα πάλι με τη ΔΝΑ τα κόστη αυτά είναι 0.007 €/KWh κύριας μηχανής για το SCR και 0.0025€/KWh για το Scrubber. Με καύσιμο το HFO και Scrubber έχουμε κατανάλωση 0.058 KWh/tkm ενώ με MGO 0.0568 KWh/tkm (NTM, 2008).

Έτσι, προκειμένου να υπολογίσουμε τα τονοχιλιόμετρα (tkm) που πρέπει να πραγματοποιήσει ένα πλοίο για να αποσβεστεί το κεφάλαιο της εναλλακτικής του HFO σε σχέση με το MGO λύνουμε την παρακάτω εξίσωση:

$$(αρχική\ επένδυση\ MGO) + tkm * (κόστος\ MGO/tkm) + 0.007 * 0.0568 * tkm = (αρχική\ επένδυση\ HFO) + tkm * (κόστος\ HFO/tkm) + 0.007 * 0.058 * tkm + 0.0025 * 0.058 * tkm$$

Και για το LNG σχέση με το MGO:

$$(αρχική\ επένδυση\ MGO) + tkm * (κόστος\ MGO/tkm) + 0.007 * 0.0568 * tkm = (αρχική\ επένδυση\ LNG) + tkm * (κόστος\ LNG/tkm)$$

Στον πίνακα 86 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα τονοχιλιόμετρα για την απόσβεση του κεφαλαίου σε LNG και HFO σε σχέση με το MGO για όλους τους τύπους πλοίων και τα σενάρια τιμών του πίνακα 84.

ΕΚΑΤ/ΡΙΑ ΤΟΝΟΧΙΛΙΟΜΕΤΡΑ		ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ				
ΣΕΝΑΡΙΟ	ΚΑΥΣΙΜΟ	ΥΓΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΞΗΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	CONTAINER	RO-RO	ΓΕΝΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ
1	HFO SCRUBBER SCR	5451	6627	1630	1064	7266
	LNG	3239	3596	1413	920	3765
2	HFO SCRUBBER SCR	5451	6627	1630	1064	7266
	LNG	4021	4416	1855	1207	4600
3	HFO SCRUBBER SCR	5451	6627	1630	1064	7266
	LNG	5372	5790	2750	1787	5980
4	HFO SCRUBBER SCR	2344	2778	762	497	3005
	LNG	2107	2377	852	555	2508
5	HFO SCRUBBER SCR	2344	2778	762	497	3005
	LNG	2412	2710	995	648	2854
6	HFO SCRUBBER SCR	2344	2778	762	497	3005
	LNG	2841	3172	1206	785	3330
ΝΕΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ						
ΣΕΝΑΡΙΟ	ΚΑΥΣΙΜΟ	ΥΓΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΞΗΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	CONTAINER	RO-RO	ΓΕΝΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ
1	HFO SCRUBBER SCR	4724	5743	1397	1005	6297
	LNG	3165	3514	1345	920	3680
2	HFO SCRUBBER SCR	4724	5743	1397	1005	6297
	LNG	3930	4316	1766	1207	4496
3	HFO SCRUBBER SCR	4724	5743	1397	1005	6297
	LNG	5249	5658	2619	1787	5844
4	HFO SCRUBBER SCR	2031	2407	653	470	2604
	LNG	2059	2323	812	555	2451
5	HFO SCRUBBER SCR	2031	2407	653	470	2604
	LNG	2358	2648	948	648	2789
6	HFO SCRUBBER SCR	2031	2407	653	470	2604
	LNG	2776	3100	1148	785	3255

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των
Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»

Πίνακας 86: Εκατομμύρια τονοχιλιόμετρα για απόσβεση κεφαλαίου σε σχέση με MGO.

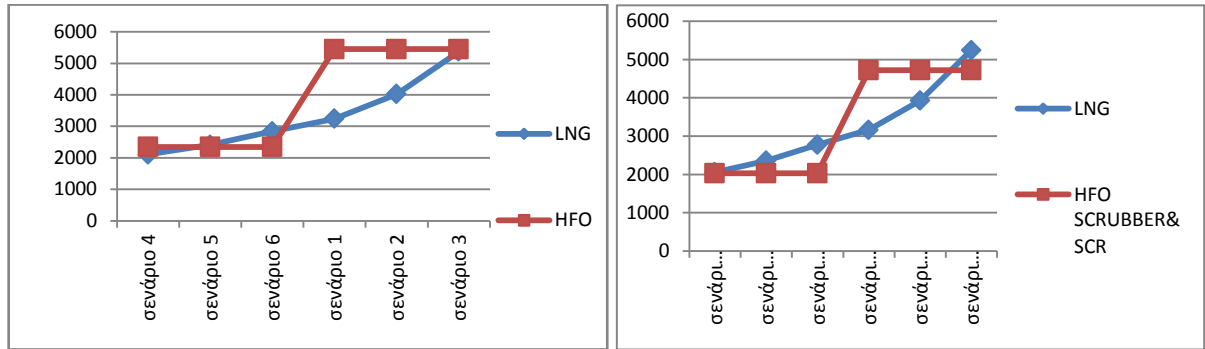
Επίσης, με βάση τις μεταφορικές ικανότητες των πλοίων που έχουμε θεωρήσει προκύπτουν και τα χιλιόμετρα που πρέπει να διανύσει κάθε πλοίο ώστε να αποσβεστεί το κεφάλαιο. Οι μεταφορικές ικανότητες και οι συντελεστές φόρτωσης κάθε τύπου πλοίου βρίσκονται στην ενότητα 5.2.4.

ΧΙΛΙΑΔΕΣ ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΑ		ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ				
ΣΕΝΑΡΙΟ	ΚΑΥΣΙΜΟ	ΥΓΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΞΗΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	CONTAINER	RO-RO	ΓΕΝΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ
1	HFO SCRUBBER SCR	298	394	251	304	404
	LNG	177	214	217	263	209
2	HFO SCRUBBER SCR	298	394	251	304	404
	LNG	220	263	285	345	256
3	HFO SCRUBBER SCR	298	394	251	304	404
	LNG	294	345	423	511	332
4	HFO SCRUBBER SCR	128	165	117	142	167
	LNG	115	141	131	159	139
5	HFO SCRUBBER SCR	128	165	117	142	167
	LNG	132	161	153	185	159
6	HFO SCRUBBER SCR	128	165	117	142	167
	LNG	155	189	186	224	185
		ΝΕΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ				
ΣΕΝΑΡΙΟ	ΚΑΥΣΙΜΟ	ΥΓΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΞΗΡΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	CONTAINER	RO-RO	ΓΕΝΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ
1	HFO SCRUBBER SCR	258	342	215	287	350
	LNG	173	209	207	263	204
2	HFO SCRUBBER SCR	258	342	215	287	350
	LNG	215	257	272	345	250
3	HFO SCRUBBER SCR	258	342	215	287	350
	LNG	287	337	403	511	325
4	HFO SCRUBBER SCR	111	143	100	134	145
	LNG	113	138	125	159	136
5	HFO SCRUBBER SCR	111	143	100	134	145
	LNG	129	158	146	185	155
6	HFO SCRUBBER SCR	111	143	100	134	145
	LNG	152	185	177	224	181

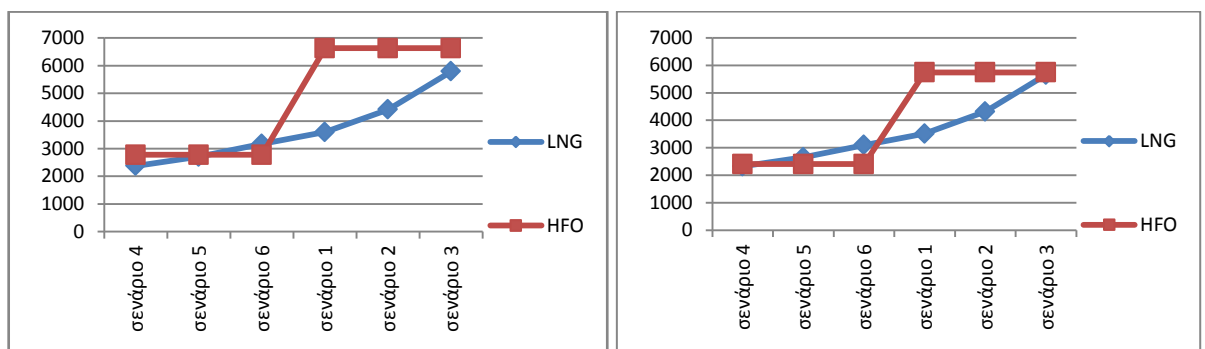
Πίνακας 87: Χιλιάδες χιλιόμετρα για απόσβεση κεφαλαίου σε σχέση με MGO.

Τέλος, στα επόμενα γραφήματα απεικονίζονται σχηματικά τα παραπάνω αποτελέσματα για όλους τους τύπους πλοίων της μελέτης και για όλα τα σενάρια τιμών.

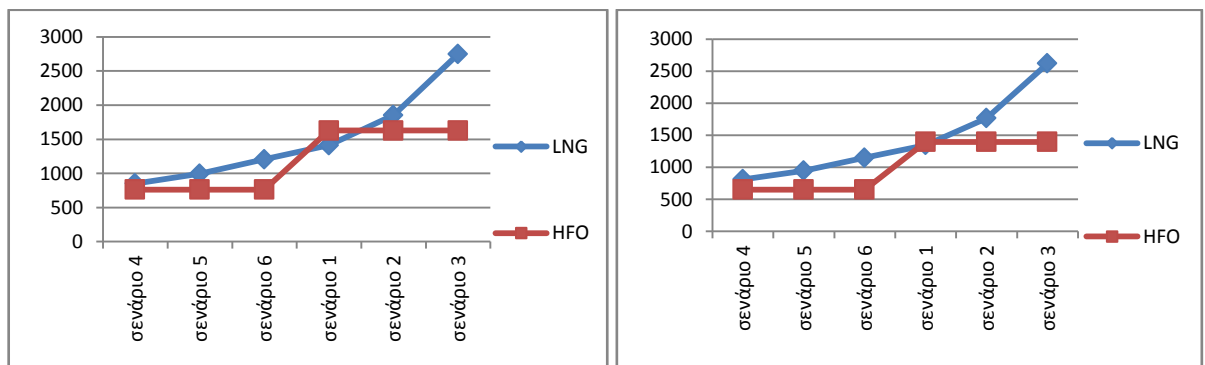
«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»



Γράφημα 57&58: Εκατομμύρια τονοχιλιόμετρα για απόσβεση μετατροπής(57) ή νέας κατασκευής(58) πλοίου υγρού φορτίου.

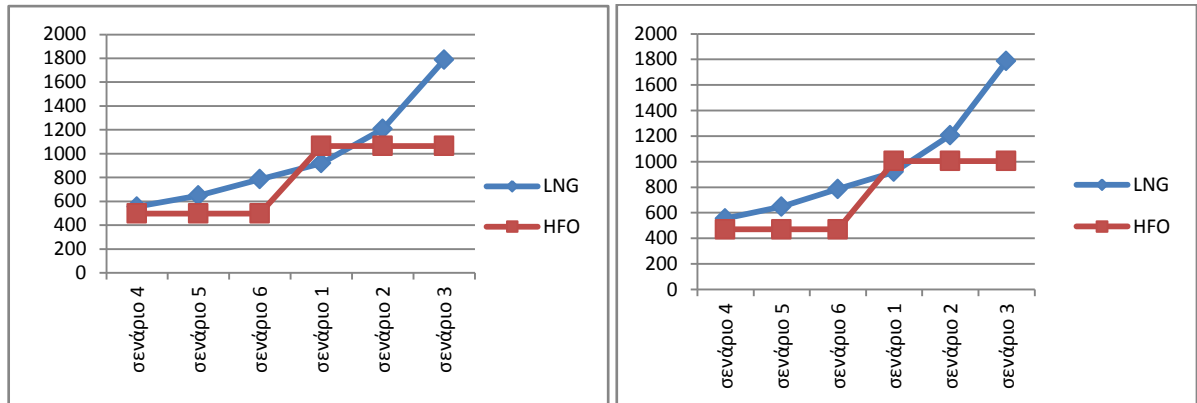


Γράφημα 59&60: Εκατομμύρια τονοχιλιόμετρα για απόσβεση μετατροπής(59) ή νέας κατασκευής(60) πλοίου ξηρού φορτίου.

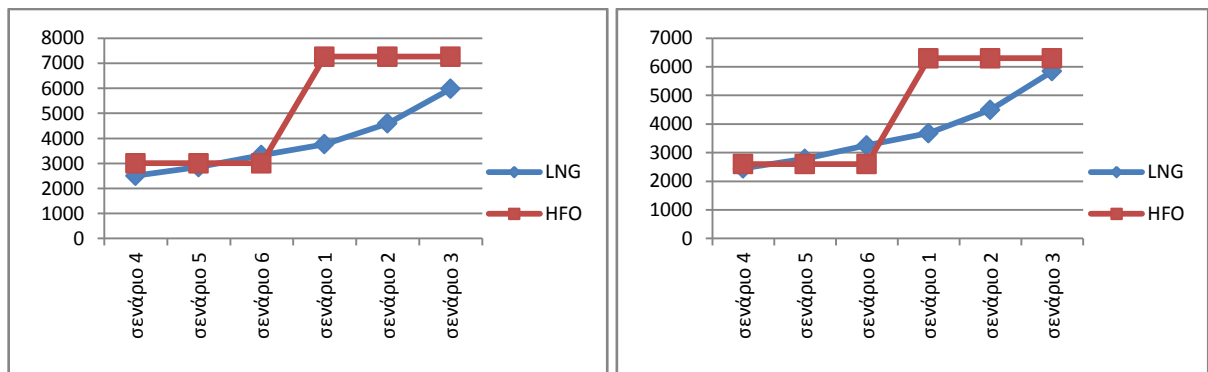


Γράφημα 61&62: Εκατομμύρια τονοχιλιόμετρα για απόσβεση μετατροπής(61) ή νέας κατασκευής(62) πλοίου μεταφοράς container.

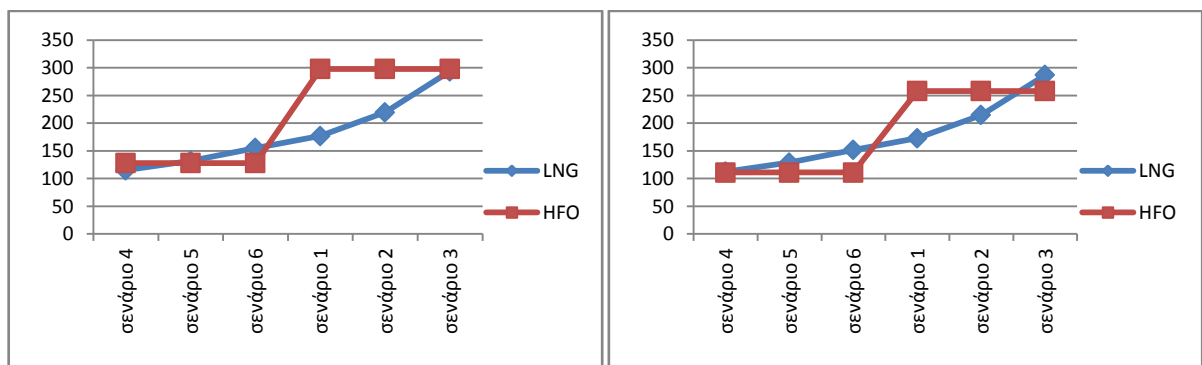
«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»



Γράφημα 63&64: Εκατομμύρια τονοχιλιόμετρα για απόσβεση μετατροπής(63) ή νέας κατασκευής(64) πλοίου RO-RO.

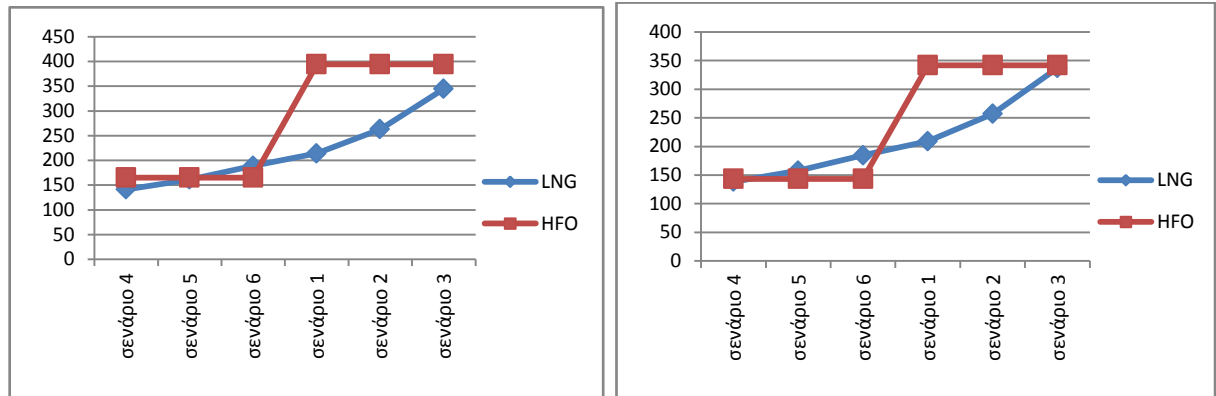


Γράφημα 65&66: Εκατομμύρια τονοχιλιόμετρα για απόσβεση μετατροπής(59) ή νέας κατασκευής(66) πλοίου γενικού φορτίου.

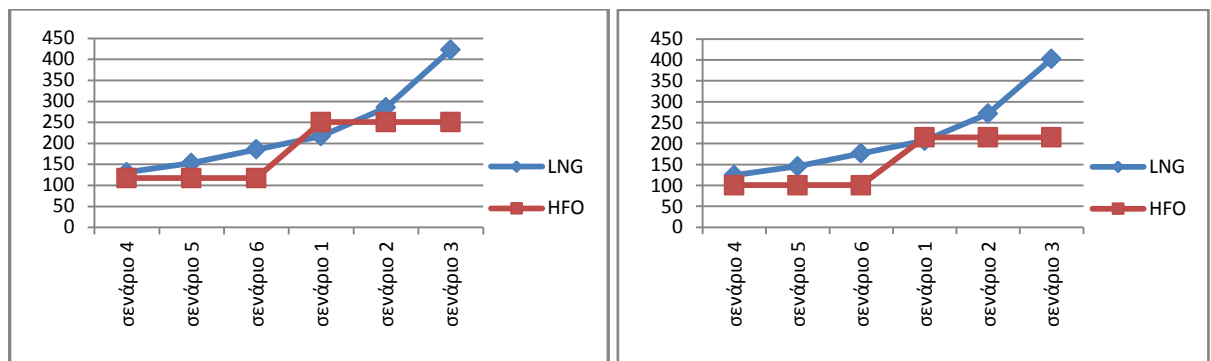


Γράφημα 67&68: Χιλιάδες χιλιόμετρα για απόσβεση μετατροπής(67) ή νέας κατασκευής(68) πλοίου υγρού φορτίου.

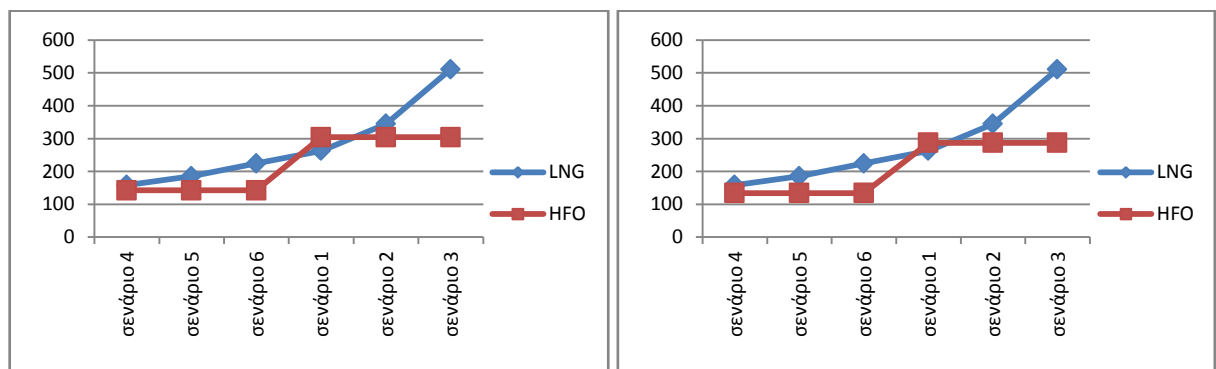
«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»



Γράφημα 69&70: Χιλιάδες χιλιόμετρα για απόσβεση μετατροπής(69) ή νέας κατασκευής(70) πλοίου ξηρού φορτίου.

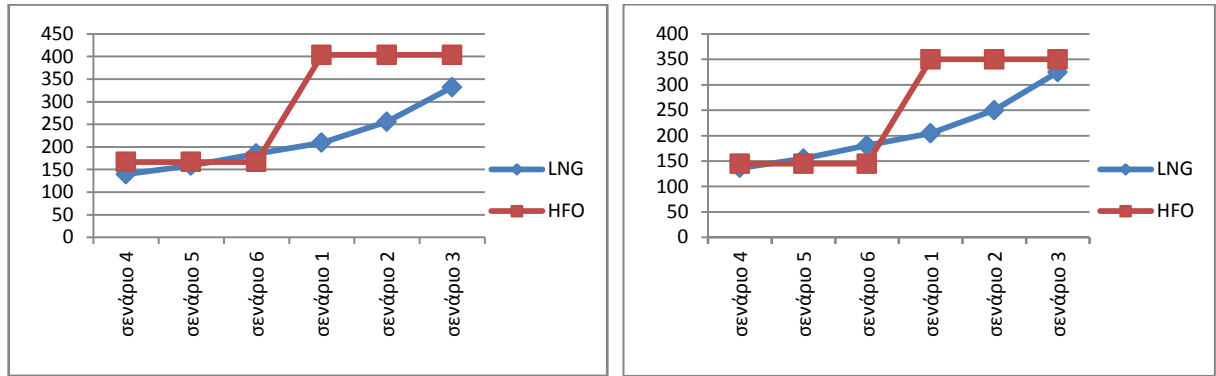


Γράφημα 71&72: Χιλιάδες χιλιόμετρα για απόσβεση μετατροπής(71) ή νέας κατασκευής(72) πλοίου μεταφοράς container.



Γράφημα 73&74: Χιλιάδες χιλιόμετρα για απόσβεση μετατροπής(73) ή νέας κατασκευής(74) πλοίου RO-RO.

«Έρευνα επί της Αλλαγής Καυσίμου σε ΦΑ (LNG/CNG) στη λειτουργία των Ευρωπαϊκών Διαδρόμων Φορτίων»



Γράφημα 75&76: Χιλιάδες χιλιόμετρα για απόσβεση μετατροπής(75) ή νέας κατασκευής(76) πλοίου γενικού φορτίου.

Από τα παραπάνω μπορούμε να συμπεράνουμε τα εξής:

- Μέχρι και το σενάριο τιμών 1, όπου η τιμή του LNG είναι 485€/τόνο και του MGO 885€/τόνο, η απόσβεση της επένδυσης του LNG ακολουθεί γραμμική κατανομή. Από κει και πέρα, δηλαδή για τα σενάρια 2 και 3 βλέπουμε ότι τα τονοχιλιόμετρα ή χιλιόμετρα μέχρι την απόσβεση αυξάνονται με αρκετά πιο γρήγορο ρυθμό. Το στοιχείο αυτό είναι αρκετά πιο έντονο στα πλοία RO-RO και container. Για τα πλοία αυτά ίσως να μην είναι βιώσιμη η εναλλακτική του LNG αν τελικά οι τιμές κυμανθούν στα επίπεδα των σεναρίων 2 και 3. Αν δηλαδή η τιμή του LNG είναι κοντά σε αυτή του MGO.
- Στα πλοία container και RO-RO ο χρόνος απόσβεσης του LNG και του HFO Scrubber, για όλα τα σενάρια εκτός του 3 είναι περίπου ίδιος. Στους υπόλοιπους τύπους πλοίων αυτό ισχύει για όλα τα σενάρια εκτός του 1 και 2 όπου ο χρόνος απόσβεσης για το LNG είναι αρκετά μικρότερος. Γενικότερα για τα πλοία υγρού, ξηρού και γενικού φορτίου το LNG φαίνεται να είναι καλύτερη εναλλακτική από το HFO.
- Η απόσβεση του LNG σε σχέση με το MGO είναι περίπου ίδια είτε για μετατροπές, είτε για νέες κατασκευές. Δεν ισχύει το ίδιο για το HFO, όπου στην περίπτωση των νέων κατασκευών ο χρόνος απόσβεσης είναι μικρότερος.
- Κλείνοντας, μπορούμε να πούμε ότι για όλα τα σενάρια εκτός από το 3, όπου η τιμή του LNG είναι κοντά σε αυτή του MGO, το LNG φαίνεται να είναι μία καλή οικονομικά λύση. Η εναλλακτική του HFO φαίνεται να είναι λίγο καλύτερη στην περίπτωση του σεναρίου 6 ωστόσο πρέπει να συνεκτιμηθούν και τα ανεβασμένα λειτουργικά κόστη λόγω των συστημάτων καθαρισμού και καταλυτικής αναγωγής. Έτσι αν τελικά το LNG τιμολογηθεί σε σχέση τις χερσαίες τιμές του και όχι σε σχέση με τα άλλα ναυτιλιακά καύσιμα είναι πιθανό να είναι η καλύτερη οικονομικά λύση για ένα πλοίο που κινείται εντός του διαδρόμου Σκανδιναβίας - Μεσογείου.

Συμπεράσματα

Όσον αφορά τις οδικές μεταφορές και συγκεκριμένα τα βαρέα οχήματα τα οποία δραστηριοποιούνται εντός του διαδρόμου Σκανδιναβίας Μεσογείου, βάση των στοιχείων της εργασίας, μπορούν να ειπωθούν τα εξής συμπεράσματα:

- Οι μετατροπές συμβατικών φορτηγών σε διπλού καυσίμου αερίου-diesel δεν είναι αυτή τη στιγμή περιβαλλοντικά βιώσιμες. Ωστόσο μπορεί να είναι μια οικονομικά συμφέρουσα λύση σε κάποιες από τις χώρες του διαδρόμου. Νέες τεχνολογίες που αναμένονται ίσως βελτιώσουν και την περιβαλλοντική τους απόδοση.
- Οι εργοστασιακοί κινητήρες φυσικού αερίου φτωχού μίγματος ή στοιχειομετρικής καύσης ικανοποιούν τα τελευταία πρότυπα EURO VI και προσφέρουν μεγάλη μείωση στους ρύπους ακόμα και με τελευταίας τεχνολογίας φορτηγά diesel. Οι εργοστασιακοί κινητήρες διπλού καυσίμου αναμένεται επίσης να φτάσουν τα επίπεδα αυτά εκπομπών με την εισαγωγή των τελευταίων εκδόσεων ψεκασμού υψηλής πίεσης.
- Η μείωση στις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου δε φαίνεται να είναι μεγάλη σε σχέση με τους συμβατικούς κινητήρες. Ωστόσο καταπολέμηση φαινομένων όπως διαρροή ή μη καύση μεθανίου θα βελτιώσει τα υπάρχοντα δεδομένα. Ακόμη περισσότερο, με την εισαγωγή του βιομεθανίου η μείωση των αερίων θερμοκηπίου ίσως φτάνει ακόμα και τους στόχους της Λευκής Βίβλου για το 2050.
- Σχετικά με τη μορφή αποθήκευσης του ΦΑ μπορούμε να πούμε ότι όσο αυξάνεται η χρήση και το μέγεθος, η λύση του CNG δεν φαίνεται βιώσιμη λόγω των μεγάλων χώρων αποθήκευσης που απαιτεί. Απ' την άλλη μεριά το LNG πρέπει να καταναλωθεί εντός ενός χρονικού ορίου διαφορετικά ατμοποιείται και χάνεται.
- Οι υποδομές φυσικού αερίου θα πρέπει να αναπτυχθούν περαιτέρω ιδιαίτερα για την περίπτωση του LNG κάτι που, με τις παρούσες κατευθύνσεις του ΔΕΔ-Μ, φαίνεται πως θα πραγματοποιηθεί τα επόμενα χρόνια τουλάχιστον κατά μήκος των διαδρόμων.
- Η μείωση στο κόστος καυσίμου δε φαίνεται επαρκής σε κάποιες χώρες έτσι ώστε να αποσβέσει, σε ένα εύλογο χρονικό διάστημα μια επένδυση. Σε άλλες, όπως στην Ιταλία τα φορτηγά φυσικού αερίου έχουν ήδη αρχίσει να αποτελούν κομμάτι της αγοράς.

Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε ότι με την εισαγωγή κάποιων οικονομικών κινήτρων, τη βελτίωση της τεχνολογίας μετατροπών και την ανάπτυξη των υποδομών, το φυσικό αέριο θα καταστεί σημαντικό εναλλακτικό καύσιμο στο μέλλον για τις οδικές μεταφορές.

Όσον αφορά τη ναυτιλία και συγκεκριμένα τη ναυτιλία μικρών αποστάσεων σε προστατευόμενες περιοχές εκπομπών όπως η Βαλτική μπορούμε να πούμε τα εξής:

- Με τις τωρινές τιμές του πετρελαίου (αρχές 2016) η πιο συμφέρουσα οικονομικά επιλογή για ένα πλοιοκτήτη, προκειμένου το πλοίο να συμβαδίζει με τους τελευταίους κανονισμούς του IMO, φαίνεται να είναι το MGO. Ωστόσο, στα επόμενα χρόνια, η κατάσταση αναμένεται να αλλάξει προς τη μεριά του LNG. Μια επένδυση δηλαδή σε LNG θα υπόσχεται, αρχικά εύλογο χρόνο απόσβεσης και χαμηλότερα λειτουργικά κόστη.
- Η μετατροπή πλοίων προκειμένου να λειτουργούν με LNG είναι μια τεχνική και οικονομική πρόκληση δεδομένων των περιορισμένων χώρων, ιδιαίτερα στη ναυτιλία μικρών αποστάσεων. Το ίδιο συμβαίνει όμως και με τις άλλες εναλλακτικές, στις οποίες απαιτείται χώρος για την εγκατάσταση συστημάτων καθαρισμού. Η εγκατάσταση δεξαμενών στο κατάστρωμα ή πλησιέστερα στον πυθμένα και τις πλευρές του πλοίου καθώς και οι δεξαμενές μεμβράνης αναμένεται να προκαλέσουν θετικές εξελίξεις και στον τομέα αυτό.
- Τα πλεονεκτήματά του σε σχέση με τις άλλες εναλλακτικές, στον τομέα μείωσης εκπομπών ρύπων είναι αξιοσημείωτες και αναμένεται να αποτελέσουν, βάσει των κανονισμών, εφελκυστικό για την επιλογή του ως ναυτιλιακό καύσιμο. Στα υπέρ και το γεγονός ότι επιτυγχάνει τα επίπεδα αυτά εκπομπών χωρίς τη χρησιμοποίηση επιπλέον συστημάτων καθαρισμού, πράγμα που καθιστά τα πλοία LNG πιο απλά και λειτουργικά, με χαμηλότερα κόστη συντήρησης.
- Όσον αφορά τα αέρια του θερμοκηπίου η συνολική μείωση φαίνεται να κυμαίνεται περίπου στο 10% σε σχέση με παλαιότερα καύσιμα. Το ποσοστό αυτό είναι μεγαλύτερο σε σχέση με καύσιμα όπως το MGO. Η βελτίωση της αποδοτικότητας στα στάδια παραγωγής του καυσίμου (υγροποίηση), και περιορισμός της διαρροής μεθανίου σε όλα τα στάδια αναμένεται να βελτιώσουν ακόμα περισσότερο αυτές τις επιδόσεις.

Κλείνοντας, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το LNG θα αποτελέσει μια εναλλακτική αν όχι άμεσα, τότε στα επόμενα χρόνια. Ο βαθμός στον οποίο θα εισχωρήσει στην αγορά θα εξαρτηθεί εν πολλοίς από την τιμή του σε σχέση με τα υπόλοιπα ναυτιλιακά καύσιμα. Αν δηλαδή στο μέλλον κοστολογηθεί με βάση άλλα ναυτιλιακά καύσιμα ή με βάση τη χερσαία χρήση του. Συγκεκριμένα για τη ΝΜΑ η νέες κατασκευές πλοίων LNG φαίνονται πιο ικανές να διαδραματίσουν κάποιο ρόλο σε σχέση με τις μετατροπές πλοίων.

Στη δεύτερη περίπτωση τιμολόγησης το LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο τα επόμενα χρόνια θα έχει ισχυρά οικονομικά και λειτουργικά πλεονεκτήματα. Αυτά σε συνδυασμό με την ανάπτυξη υποδομών, την εμπειρία χρήσης του και φυσικά, τα περιβαλλοντικά του οφέλη μπορεί να οδηγήσει στην κατοχή ενός σημαντικού μεριδίου της αγοράς τα επόμενα χρόνια.

Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Όπως απορρέει και από τα συμπεράσματα τις παρούσας εργασίας οι κύριοι τομείς στους οποίους προτείνεται να γίνει περαιτέρω έρευνα είναι οι εξής:

- Αρχικά θα πρέπει να γίνουν μελέτες σχετικά με τη διαρροή μεθανίου σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του φυσικού αερίου· σε τι οφείλεται ακριβώς και πως μπορεί να περιοριστεί το φαινόμενο στα στάδια παραγωγής, διανομής και χρησιμοποίησης του καυσίμου.
- Θα πρέπει επίσης να εξεταστούν και διαφορετικά «μονοπάτια» για τη διαδικασία από την «πηγή στο ντεπόζιτο». Για παράδειγμα κατανάλωση ενέργειας και εκπομπές στον κύκλο ζωής του καυσίμου, αν προέρχεται από το Κατάρ.
- Πολύ σημαντικές θα είναι οι μελέτες που θα αφορούν το βιομεθάνιο. Την επάρκεια του τις εκπομπές στον κύκλο ζωής του και τέλος το κόστος του.
- Επίσης οι μετρήσεις σχετικά με τις εκπομπές ρύπων να γίνουν εξειδικευμένα για κάθε τύπο πλοίου ή φορτηγού, ανάλογα με την ιπποδύναμη και την τεχνολογία φυσικού αερίου.
- Όσον αφορά τον τομέα της ναυτιλίας θα πρέπει να γίνει μελέτη σχετικά με τεχνικά θέματα των μετατροπών, τους χώρους αποθήκευσης του φυσικού αερίου, το χωρικό και οικονομικό κόστος τους.
- Τέλος η μελέτη που έγινε στην παρούσα εργασία και αφορούσε κυρίως το διάδρομο Σκανδιναβίας – Μεσογείου θα πρέπει να γίνει εκτενέστερα για όλους τους διαδρόμους φορτίων της ΕΕ. Οι επιπτώσεις και οι προοπτικές σε οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο με τη χρησιμοποίηση του φυσικού αερίου.

Βιβλιογραφία

1. Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2015), Mobility and Transport, Trans European Transport Network, Tentec. <http://ec.europa.eu/transport/infrastructure/tentec/tentec-portal/site/en/abouttent.htm> (τελευταία πρόσβαση ιστότοπου 3/12/2015)
2. Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2015), Mobility and Transport, Infrastructure- TEN-T- Connecting Europe. http://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t-guidelines/index_en.htm (τελευταία πρόσβαση ιστότοπου 3/12/2015)
3. Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2015), Mobility and Transport, Infrastructure- TEN-T- Connecting Europe, TEN-T and Transport Policy. http://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t-guidelines/transport-policy/index_en.htm (τελευταία πρόσβαση ιστότοπου 4/12/2015)
4. Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2015), Mobility and Transport, Infrastructure- TEN-T- Connecting Europe, TEN-T and Transport Policy, Corridors. http://ec.europa.eu/transport/themes/infrastructure/ten-t-guidelines/corridors/index_en.htm (τελευταία πρόσβαση ιστότοπου 4/12/2015)
5. Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2014), Scandinavian – Mediterranean Core Network Study Final Report, Δεκέμβριος 2014
6. Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2014), DG MOVE, State of the Art on Alternative Fuels Transport Systems in the European Union Final Report, Ιούλιος 2015
7. Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2011), Λευκή Βίβλος στις Μεταφορές, Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system. Βρυξέλλες
8. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2012), ΟΔΗΓΙΑ 2012/33/ΕΕ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 21ης Νοεμβρίου 2012 για την τροποποίηση της οδηγίας 1999/32/ΕΚ του Συμβουλίου σχετικά με την περιεκτικότητα των καυσίμων πλοίων σε θείο
9. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2013), ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) αριθ. 1315/2013 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 11ης Δεκεμβρίου 2013 περί των προσανατολισμών της Ένωσης για την ανάπτυξη του διευρωπαϊκού δικτύου μεταφορών και για την κατάργηση της απόφασης αριθ. 661/2010/ΕΕ
10. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2014), ΟΔΗΓΙΑ 2014/94/ΕΕ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 22ας Οκτωβρίου 2014 για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων

11. Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (2014), ΟΔΗΓΙΑ 2014/94/ΕΕ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 22ας Οκτωβρίου 2014 για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων
12. Herrero Pinilla, Iñigo José, (2015), Universidad Pontificia Comillas, Madrid, Performance assessment of the Scandinavian Mediterranean Corridor on the basis of the relevant transport market study
13. TransportPolicy.net (2015), ΕΕ: Βαρέα οχήματα: Εκπομπές <http://transportpolicy.net/index.php?title=EU: Heavy-duty: Emissions> (τελευταία πρόσβαση ιστότοπου 12/12/2015)
14. Road Safety Authority-RSA (2015), Euro IV, Euro V and VI Emissions Regulations for Heavy Duty Vehicle, Information note,
15. IMO (2015), Volatile organic compounds (VOC) – Regulation 15, <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Volatile-organic-compounds-%28VOC%29-%E2%80%93-Regulation-15.aspx> (τελευταία πρόσβαση ιστότοπου 14/12/2015)
16. IMO (2015), Energy Efficiency Measures, <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx> (τελευταία πρόσβαση ιστότοπου 12/12/2015)
17. IMO (2015), Greenhouse Gas Emissions, <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/GHG-Emissions.aspx> (τελευταία πρόσβαση ιστότοπου 12/12/2015)
18. IMO (2015), Ozone-depleting substances (ODS) – Regulation 12, <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Ozone-depleting-substances-%28ODS%29-%E2%80%93-Regulation-12.aspx> (τελευταία πρόσβαση ιστότοπου 12/12/2015)
19. IMO (2015), Sulphur oxides (SO_x) – Regulation 14, <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-%28SOx%29-%E2%80%93-Regulation-14.aspx> (τελευταία πρόσβαση ιστότοπου 12/12/2015)
20. IMO (2015), Prevention of Air Pollution from Ships, <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Air-Pollution.aspx> (τελευταία πρόσβαση ιστότοπου 12/12/2015)
21. IMO (2015), Nitrogen Oxides (NO_x) – Regulation 13, <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/>

Nitrogen-oxides-%28NOx%29-%E2%80%93Regulation-13.aspx(τελευταία πρόσβαση ιστότοπου 12/12/2015)

22.Chris Le Fevre (2014), The Oxford Institute for Energy Studies, University of Oxford, OIES Paper: NG 84, The prospects for natural gas as a transport fuel in Europe

23.Souto et al (2014), European Commission , DG Move, Seventh Network Programme, GC.SST.2012.2-3 GA No. 321592 ,LNG Trucks Euro V technical solutions, Issue Date: 14/03/2014

24.Marcus Olofsson, Lennart Erlandsson, Kristina Willner (2014), AVL MTC Report OMT 1032 , Final Report prepared for International Energy Agency – Advanced Motor Fuels, Enhanced emission performance and fuel efficiency for HD methane engines, AVL MTC AB 2014/05

25.Selma Bengtsson, Karin Andersson, Erik Fridell (2011), Department of Shipping and Marine Technology, Division of Sustainable Ship Propulsion, Chalmers University of Technology, Life cycle assessment of marine fuels. A comparative study of four fossil fuels for marine propulsion, Report No. 11:125
Gothenburg, Sweden, 2011

26. Koers & Vaart B.V.,(2015), LNG Applications for Short Sea Shipping (LNGSSS), Public Report, Project no. TKIG01034, Publication date: 08-09-2015

27.John Howell,Jim Harger(2013),Westport, CNG and LNG: what’s best for your fleet, A Westport and Clean Energy Webinar

28. ETIS plus (2010), ETIS – Netter, <http://netter.etisplus.net/> (τελευταία πρόσβαση ιστότοπου 12/11/2015)

29. Grontmij and the Swiftly Green Project Consortium, Milestone 5 Report:(Sub-Activity 2.1a), Sweden-Italy Freight Transport and Logistics Green Corridor, MS 7 – First Intermediate Results, Finalized from Mapping of Current Status and Projects, Final Report, 2015-01-16

30. Alan McKinnon(2010), ACEA, European Freight Transport Statistics: Limitations, Misinterpretations and Aspirations, Report prepared for the 15th ACEA Scientific Advisory Group Meeting, Brussels, 8th September 2010, Logistics Research Centre, Heriot-Watt University, Edinburgh, UK

31.Eurostat (2015), Road freight transport by vehicle characteristics, http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Road_freight_transport_by_vehicle_characteristics&oldid=145613 (τελευταία πρόσβαση ιστότοπου 11/11/2015)

32.Eurostat (2015), Maritime transport statistics - short sea shipping of goods, http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Maritime_transport_statistics_-_short_sea_shipping_of_goods (τελευταία πρόσβαση ιστότοπου 11/11/2015)

33. EcoTransIT World Tool (2015), <http://www.ecotransit.org/calculation.es.html>.
(τελευταία πρόσβαση ιστότοπου 5/1/2016)
34. EcoTransIT World (2014), Methodology and Data Update, IFEU Heidelberg, INFRAS Berne, IVE Hannover, Berne, Commissioned by EcoTransIT World Initiative (EWI) – Hannover – Heidelberg, 4th December 2014
35. Joint Research Center , Institute for Energy and Transport (2013) ,WTW study version 4a, 2013. (Report EUR 26237 EN – 2014)
36. Zoran Stojanovic(2014) ,SCANIA, Info class Internal, KTPS, Lyon
37. Martin Flack (chair), (2014), Euro VI alternatively fuelled truck supply Session, ATKINS, Department for Transport, Office for Low Emission Vehicles, Technology Strategy Board, CENEX, ATKINS,
38. Patrick E. Meyer , Erin H. Green , James J. Corbett , Carl Mas & James J. Winebrake (2011) Total Fuel-Cycle Analysis of Heavy-Duty Vehicles Using Biofuels and Natural Gas-Based Alternative Fuels, Journal of the Air & Waste Management Association, 61:3,285-294, DOI: 10.3155/1047-3289.61.3.285
39. TRANSTOOLS (2009), JRC, European Commission, freight base matrix v6, Available from:
ftp://ftp.jrc.es/users/transtools/public/WN_od_2005_v6/Freight_Base_Matrix_v6.zip
(τελευταία πρόσβαση ιστότοπου 15/12/2015)
40. Eurostat (2011), Regions in the European Union-Nomenclature of territorial units for statistics NUTS 2010/EU-27
41. Det Norske Veritas (2010), Managing Risk Greener Shipping in the Baltic Sea
42. TransBaltic Extension (2014), Project: Applied Short Sea Container Models in the Baltic Sea Region, European Regional Development Fund, Baltic Sea Region Programme 2007-2013
43. Danish Maritime Authority (2012), Full Report, Northern Europe LNG infrastructure project, a feasibility study for an LNG filling station infrastructure and test of recommendations, TEN-T
44. Danish Maritime Authority (2012), Northern Europe LNG infrastructure project, a feasibility study for an LNG filling station infrastructure and test of recommendations, TEN-T, Appendices
45. Jenni Kuronen, Reima Helminen, Annukka Lehikoinen, Ulla Tapaninen (2008), Maritime transportation in the gulf of Finland in 2007 and in 2015, Publications from the Centre for Maritime Studies, University of Turku
46. Sea Distances / Port Distances - online tool for calculation distances between sea ports, <http://www.sea-distances.org/>, (τελευταία πρόσβαση ιστότοπου 5/1/2016)

47. Verbeek et al (2011), TNO Report, TNO- RPT- 2011- 00166, Environmental and Economic aspects of using LNG as a fuel for shipping in The Netherlands, Project Number: 033.24736, The Netherlands
48. Auto Traveler, (n.d.) <http://autotraveler.ru/>, Fuel price in Europe, (τελευταία πρόσβαση ιστότοπου 5/1/2016)
49. CNG Europe (2014),<http://cngeurope.com/>(τελευταία πρόσβαση ιστότοπου 5/1/2016), Map of Natural Gas Vehicle (NVG) Compressed natural gas (CNG) filling stations in Europe
50. Robert Broman, Per Stalhammar, Lennart Erlandsson, AVL MTC AB 2010/05, Enhanced emission performance and fuel efficiency for HD methane engines, Literature study, A Report for International Energy Agency – Advances Motor Fuels, final report
51. Basdani E.I., Lignou M.N.(2013), The LNG use as a maritime fuel: environmental challenges and perspectives
52. Björn Mårdberg et al, GreCOR, The Interreg IVB North Sea Region Programme (2015), WP7 — Pilot projects -Evaluation of the environmental impact from using liquefied natural gas or biogas to fuel trucks for high capacity transport, European Union, The European Regional Development Fund
53. Eurostat (2015) <http://ec.europa.eu/eurostat/web/nuts/overview> (τελευταία πρόσβαση ιστότοπου 1/1/2016)

Παράρτημα

A Το διαδικτυακό πρόγραμμα Ecotransit World

Στην παρούσα εργασία, όπως έχει αναφερθεί, χρησιμοποιείται το διαδικτυακό πρόγραμμα Ecotransit World. EcoTransIT World σημαίνει Εργαλείο Πληροφοριών Οικολογικών Μεταφορών – σε όλο τον κόσμο (ETW). Είναι μια δωρεάν εφαρμογή στο διαδίκτυο, η οποία παρουσιάζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εμπορευματικών μεταφορών - για οποιαδήποτε διαδρομή στον κόσμο και για οποιοδήποτε μέσο μεταφοράς. Εκτός από το να δείχνει την επίδραση της απλής μεταφοράς, αναλύει και συγκρίνει διαφορετικές αλυσίδες μεταφορών μεταξύ τους, καθιστώντας έτσι σαφές ποια λύση έχει το χαμηλότερο αντίκτυπο.

Για τους επαγγελματίες χρήστες, το ETW προσφέρει ειδικές υπηρεσίες που επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να υπολογίζουν μεγάλο αριθμό αποστολών ταυτόχρονα χωρίς χειροκίνητη προσπάθεια χειρισμού. Παρέχει μια προσαρμοσμένη διεπαφή με βάση τα επιχειρησιακά δεδομένα κάθε πελάτη και ανταποκρίνεται στις ανάγκες και τις απαιτήσεις του. Έτσι, με τα ETW Business Solutions η εταιρική αποθήκη δεδομένων μπορεί να γεμίσει με όλες τις πληροφορίες που απαιτούνται για την υλοποίηση συγκεκριμένων περιβαλλοντικών εκθέσεων, περιφερειακών απογραφών, την καθιέρωση αναφορών για τον άνθρακα ή την αποδοτική διαχείριση συγκρίσιμων ορίων άνθρακα. (EcoTransITWorld, 2014)

Δεδομένου αυτού του σκοπού, το EcoTransITWorld στοχεύει στο να εξυπηρετήσει:

- Προώθηση των εταιρειών που είναι πρόθυμες να μειώσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αποστολών τους.
- Μεταφορείς και φορείς παροχής υλικοτεχνικής στήριξης που βρίσκονται αντιμέτωποι με τις αυξανόμενες απαιτήσεις πελατών, καθώς και την νομοθεσία που δείχνει το αποτύπωμα του άνθρακα και την βελτίωση των εφοδιαστικών αλυσίδων τους από περιβαλλοντική άποψη.
- Φορείς λήψης πολιτικών αποφάσεων, καταναλωτές και μη κυβερνητικές οργανώσεις που ενδιαφέρονται για μια ενδεδειγμένη περιβαλλοντική σύγκριση των υλικοτεχνικών εννοιών, συμπεριλαμβανομένων όλων των τρόπων μεταφοράς (φορτηγό αυτοκίνητο, σιδηρόδρομο, πλοίο, αεροπλάνο και συνδυασμένες μεταφορές). (EcoTransIT World, 2014)

Οι περιβαλλοντικές παράμετροι που καλύπτονται είναι η κατανάλωση ενέργειας, το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το άθροισμα όλων των αερίων του θερμοκηπίου (που μετράται ως ισοδύναμο CO₂) και αέριων ρύπων, όπως τα οξείδια του αζώτου (NO_x), το διοξείδιο του θείου (SO₂), υδρογονάνθρακες πλην μεθανίου (NMHC) και τα αιωρούμενα σωματίδια (PM).

Η ηλεκτρονική εφαρμογή προσφέρεται σε δύο επίπεδα: Σε μια «τυπική» λειτουργία εισόδου επιτρέπει μια πρόχειρη εκτίμηση. Αυτό μπορεί να αναλυθεί ως μια «παρατεταμένη» λειτουργία εισόδου ανάλογα με το βαθμό των διαθέσιμων πληροφοριών για την αποστολή. Έτσι, όλες οι σχετικές παράμετροι, όπως τα χαρακτηριστικά της διαδρομής και η απόσταση συντελεστή φόρτωσης και τα άδεια

ταξίδια, το μέγεθος του οχήματος και ο τύπος του κινητήρα λαμβάνεται υπόψη χωριστά και μπορεί να τροποποιηθεί από το χρήστη. (EcoTransIT World, 2014)

Η αρχική έκδοση του EcoTransIT δημοσιεύθηκε το 2003 με περιφερειακή εμβέλεια που περιορίζεται στην Ευρώπη. Το κείμενο που δημοσιεύθηκε το 2010 επεκτάθηκε σε παγκόσμια εμβέλεια. Για πρώτη φορά, το EcoTransIT World (ETW) επέτρεψε τον υπολογισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των παγκόσμιων αλυσίδων εμπορευματικών μεταφορών. Για το σκοπό αυτό, η δρομολόγηση των υλικοτεχνικών στοιχείων του εργαλείου, καθώς και οι πληροφορίες για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις όλων των μέσων μεταφοράς (κυρίως θαλάσσιες και αεροπορικές μεταφορές) επεκτάθηκαν. Εν τω μεταξύ, η μέθοδος αυτή αναβαθμίζεται λαμβάνοντας υπόψη νέες πηγές, δεδομένα και γνώσεις. Στο πλαίσιο αυτό, οι απαιτήσεις του νέου ευρωπαϊκού προτύπου EN 16258:2012 "Μεθοδολογία για τον υπολογισμό και τη δήλωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου των υπηρεσιών μεταφοράς" λήφθηκαν επίσης υπόψη. (EcoTransIT World, 2014)

Έτσι, το ETW προσφέρει ένα «βέλτιστων πρακτικών» πρότυπο για την εκτύπωση αποτυπώματος του άνθρακα και την πράσινη λογιστική σε ολόκληρο τον τομέα - σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα, όπως το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 16258.

Η διαδικτυακή έκδοση του ETW, καθώς και οενσωματωμένος σχεδιασμός διαδρομών για όλους τους τρόπους μεταφοράς έχει πραγματοποιηθεί από την IVE Ανόβερο. Η μεθοδολογία, τα δεδομένα εισόδου και οι προκαθορισμένες τιμές για τις οικολογικές εκτιμήσεις των αλυσίδων μεταφοράς αναπτύσσονται και παρέχονται από την IFEU Χαϊδελβέργης και INFRAS Βέρνης. Οι IFEU και INFRAS διασφαλίζουν ότι η μεθοδολογία ETW είναι πάντα ενημερωμένη και σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα.

B Ταξινόμηση NUTS

Κατά τη χρησιμοποίηση δεδομένων από το πρόγραμμα TRANSTOOLS για τον υπολογισμό των φορτίων μεταξύ λιμανιών, όπως αναφέρθηκε, η περιοχή ήταν ταξινομημένες με το σύστημα NUTS. Η τρέχουσα ταξινόμηση NUTS 2013 ισχύει από την 1η Ιανουαρίου 2015 και απαριθμεί 98 περιοχές σε επίπεδο NUTS 1, 276 περιφέρειες σε επίπεδο NUTS 2 και 1342 περιφέρειες σε επίπεδο NUTS 3.

Η ταξινόμηση NUTS (ονοματολογία των εδαφικών στατιστικών μονάδων) είναι ένα ιεραρχικό σύστημα για την διαίρεση της οικονομικής επικράτειας της ΕΕ για τους εξής σκοπούς:

- Την συλλογή, επεξεργασία και εναρμόνιση των Ευρωπαϊκών περιφερειακών στατιστικών
- Την Κοινωνικό-οικονομική ανάλυση των περιφερειών:
 - NUTS 1: μεγάλες κοινωνικό-οικονομικές περιφέρειες
 - NUTS 2: τις βασικές περιοχές για την εφαρμογή των περιφερειακών πολιτικών
 - NUTS 3: μικρές περιοχές για συγκεκριμένες διαγνώσεις:

- Περιφερειακές τυπολογίες και τοπικές πληροφορίες που αντιστοιχούν σε NUTS 3
- Χάραξη των περιφερειακών πολιτικών της Ε.Ε.
 - Οι περιφέρειες που είναι επιλέξιμες για στήριξη από την πολιτική συνοχής ορίστηκαν σε επίπεδο NUTS 2.
 - Η έκθεση για τη συνοχή έχει μέχρι στιγμής καταρτιστεί κυρίως σε επίπεδο NUTS 2. (Eurostat, n.d.)

Γ Τεχνικές μείωσης των καυσαερίων

Τα πιθανά μέτρα για τη μείωση εκπομπών του διοξειδίου του θείου είναι ο καθαρισμός ή η αλλαγή των καυσίμων με καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο. Υπάρχει μια σειρά από διαφορετικές επιλογές για τη μείωση των εκπομπών NOx από τη ναυτιλία. Επιλεκτική καταλυτική αναγωγή (SCR) είναι η τεχνολογία με τις μεγαλύτερες δυνατότητες μείωσης και, επιπλέον, χωρίς να αυξάνεται η κατανάλωση καυσίμου. Η τεχνολογία μείωσης των εκπομπών μέσω προσθήκης υδρατμών στα καυσαέρια (humid air motor abatement technology) έχει το δεύτερο υψηλότερο δυναμικό μείωσης στον πίνακα, αλλά δεν αναμένεται να είναι σε θέση να φθάσει τις απαιτήσεις μείωσης του Επιπέδου (Tier) III. Η ανακυκλοφορία καυσαερίων έχει δυναμικό μεταβαλλόμενο ανάλογα με το πόσο φυσικό αέριο ανακυκλώνεται. Η MAN σχεδιάζει να χρησιμοποιήσει ένα σύστημα επανακυκλοφορίας καυσαερίων μαζί με τον κινητήρα ME-GI προκειμένου να συμμορφωθούν με το Επίπεδο(Tier) III.(Bengtsson, Andersson, Fridell, 2011)

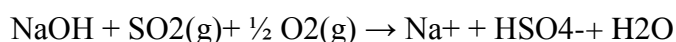
Μόνο δύο διαφορετικές τεχνικές καθαρισμού των καυσαερίων θα μελετηθούν παρακάτω:

Καθαριστής (Scrubber)

Τα Οξείδια του θείου σχηματίζονται όταν το θείο στο καύσιμο αντιδρά με το οξυγόνο. Πάνω από 90% των οξειδίων του θείου που σχηματίζεται σε κινητήρες πλοίων είναι το διοξείδιο του θείου (SO₂). Ο καθαρισμός του αερίου είναι μια τεχνική όπου τα οξείδια του θείου αντιδρούν με το νερό και σχηματίζουν θειικά ιόντα. Υπάρχουν δύο τύποι μονάδων καθαρισμού καυσαερίων επί του σκάφους: ανοικτές (με θαλασσινό νερό) πλυντρίδες και κλειστές (γλυκού νερού) πλυντρίδες. Είναι επίσης δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ένας συνδυασμός των δύο, π.χ. κλειστές στα λιμάνια και σε ευαίσθητες περιοχές όπως η Βαλτική Θάλασσα και ανοικτές σε νερό ανοιχτών ωκεανών. (Bengtsson, Andersson, Fridell, 2011)

Σε ένα ανοικτό σύστημα, το θαλασσινό νερό με φυσική αλκαλικότητα χρησιμοποιείται για να συλλέξει τα οξείδια του θείου. Το ποσό των οξειδίων του θείου που συλλέγεται εξαρτάται από την αλκαλικότητα του νερού. Στη Βαλτική Θάλασσα, όπου η αλκαλικότητα είναι χαμηλή σε σύγκριση με την ανοικτή θάλασσα, είναι απαραίτητο πολύ περισσότερο θαλασσινό νερό για τη συλλογή του ίδιο ποσού οξειδίων του θείου.

Σε ένα κλειστό σύστημα το νερό επανακυκλοφορεί με συνεχή προσθήκη αλκαλίων, συνήθως καυστική σόδα. Η ακόλουθη αντίδραση λαμβάνει χώρα σε ένα κλειστό σύστημα με την προσθήκη καυστικής σόδας:



Ο καθαρισμός θα αφαιρέσει επίσης σωματίδια και NO_x σε κάποιο βαθμό. Στις δοκιμές πλυντριδών για θαλάσσια εφαρμογή η μείωση των σωματιδίων ήταν μεταξύ 0 και 85%. Το θαλασσινό νερό φιλτράρεται πριν επιστραφεί στη θάλασσα αφήνοντας “λάσπη” που θα πρέπει να αντιμετωπίζεται στην ξηρά. (Bengtsson, Andersson, Fridell, 2011)

Επιλεκτική Καταλυτική Αναγωγή (SCR)

Η ΕΚΑ έχει εγκατασταθεί εμπορικά σε περισσότερα από 300 πλοία ανά τον κόσμο και είναι η πιο κοινή μέθοδος για την μείωση των εκπομπών NO_x.

Στην διαδικασία ΕΚΑ, τα NO_x και η ουρία μετατρέπεται σε άζωτο και νερό με την παρουσία ενός στερεού καταλύτη. Ένα διάλυμα νερού με ουρία εγχύεται στο καυσαέριο μετά την καύση. Η απόδοση του ΕΚΑ εξαρτάται από την ποσότητα της εγχυόμενης ουρίας, περίπου 15 g ουρίας ανά kWh ενέργειας από τον κινητήρα είναι απαραίτητη για να επιτευχθεί μείωση 90%.(Bengtsson, Andersson, Fridell, 2011)

Δ Εκτίμηση Κύκλου Ζωής (LCA)

Η Εκτίμηση κύκλου ζωής που χρησιμοποιείται και στην παρούσα εργασία είναι μια τεχνική αξιολόγησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέεται με όλα τα στάδια ζωής ενός προϊόντος από την αρχή έως το τέλος του(δηλαδή από την εξαγωγή πρώτων υλών μέσω των υλικών επεξεργασίας, μεταποίησης, διανομής, χρήσης, επισκευής και συντήρησης, και τη διάθεση ή την ανακύκλωση). Η μέθοδος από την «πηγή στον τροχό» (WTW) είναι η ειδική εκτίμηση του κύκλου ζωής που χρησιμοποιείται για καύσιμα οχημάτων. Στην περίπτωση των πλοίων αναφέρεται πολλές φορές και ως από την «πηγή στην προπέλα» (WTP). Το πρώτο στάδιο, το οποίο περιλαμβάνει την παραγωγή ή εξόρυξη και επεξεργασία καθώς και την μεταφορά ή παράδοση του καυσίμου, ονομάζεται «στάδιο ανόδου» ή στάδιο από την «πηγή στο ντεπόζιτο»(WTT). Από την άλλη, το στάδιο που ασχολείται με τη λειτουργία του οχήματος αποκλειστικά αποκαλείται μερικές φορές «στάδιο καθόδου» ή από το «ντεπόζιτο στον τροχό» (TTW). Το σύνολο της αλυσίδας τότε ονομάζεται από την «πηγή στον τροχό» (WTW). (GreCOR, 2015)

