

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ:

**Περιβαλλοντική και ενεργειακή διερεύνηση τρόπων
μεταφοράς φορτίου στη Μεσόγειο θάλασσα: ναυτιλία
μικρών αποστάσεων – οδικές μεταφορές – αεροπορικές
μεταφορές.**



ΦΟΙΤΗΤΗΣ:ΧΑΤΖΗΓΩΓΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΠΥΡΟΣ ΠΑΠΑΕΥΘΥΜΙΟΥ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας κ. Παπαευθυμίου Σπυρίδωνα, για την πολύτιμη στήριξη και την άψογη συνεργασία καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας.

Επίσης, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους – συμφοιτητές μου για τη συμπαράστασή τους, όχι μόνο κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας, αλλά και κατά τη διάρκεια όλων των σπουδών.

Περιβαλλοντική και ενεργειακή διερεύνηση τρόπων μεταφοράς φορτίου στη Μεσόγειο θάλασσα: ναυτιλία μικρών αποστάσεων – οδικές μεταφορές – αεροπορικές μεταφορές.

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται ο κλάδος των εμπορευματικών μεταφορών στις χώρες της Μεσογείου. Οι εμπορευματικές μεταφορές παίζουν σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματική διακίνηση των εμπορευμάτων και στην οικονομική ανάπτυξη, ταυτόχρονα όμως επιβαρύνουν το περιβάλλον μέσω των εκπομπών αερίων, που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και άλλων παραγόντων που οδηγούν σε περιβαλλοντική υποβάθμιση.

Στοχεύοντας στην μείωση αυτών των επιπτώσεων, οι σύγχρονες οικονομίες βρίσκονται σε συνεχή έρευνα για καινοτόμες λύσεις. Ανάλογη με το επίπεδο ανάπτυξης της εκάστοτε χώρας είναι και η πορεία που ακολουθεί η εφαρμογή «πράσινων» πολιτικών στις εμπορευματικές μεταφορές. Οι χώρες της Μεσογείου έχουν σημαντικό δρόμο να διανύσουν στο κομμάτι αυτό.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι ο προσδιορισμός των παραγόντων που επηρεάζουν τις περιβαλλοντικές και ενεργειακές επιπτώσεις για μεταφορά φορτίου μέσω θάλασσας, ξηράς ή αέρα. Η ανάλυση βασίζεται στον υπολογισμό για κάθε τρόπο μεταφοράς (πλοίο – αεροπλάνο – τρένο – φορτηγό) και στη σύγκριση της κατανάλωσης ενέργειας και των αερίων εκπομπών στην ατμόσφαιρα (π.χ. διοξείδιο του άνθρακα, οξείδια αζώτου και οξείδια θείου) σε επιλεγμένες διαδρομές στη Μεσόγειο. Το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση της εργασίας είναι το EcotransIT World.

Environmental and energy investigation of cargo transfer in the Mediterranean Sea: short sea shipping - road transport - air transport.

This paper examines the freight sector in the Mediterranean countries. Even though freight transport has a significant role in the efficient movement of goods and economic development, at the same time negative effects are caused to the environment by greenhouse gas emissions and other factors that lead to environmental degradation.

Modern economies are continuously searching for innovative ways to reduce such environmental impacts. Depending on the level of the development of each country, a similar path and implementation of "green" policies on freight transport is followed. The Mediterranean countries have a long way to go towards this result.

The purpose of this dissertation is to identify the factors that affect the environmental and energy repercussions of cargo transport by sea, land or air. The analysis is based on the calculation for each mode of transport (ship - airplane - train – track/lorry) and on the comparison of energy consumption and air emissions to the atmosphere (e.g. carbon dioxide, nitrogen oxides and sulfur oxides) on selected routes in Mediterranean. The study was performed utilizing the EcotransIT World software tool.

Πίνακας περιεχομένων

| | |
|---|-----------|
| 1.Εισαγωγή | 6 |
| 2. Βιβλιογραφική επισκόπηση | 6 |
| 2.1 Εισαγωγή στη Μεθοδολογία | 7 |
| 2.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις | 8 |
| 2.3 Ερευνητικό Έργο – Μετρήσεις | 10 |
| 2.3.1 EcoTransIT World | 10 |
| 2.3.2 Ο κανόνας EN 16258 | 12 |
| 3. Υφιστάμενη κατάσταση | 13 |
| 3.1 Υφιστάμενα μέσα εμπορευματικών μεταφορών | 13 |
| 3.1.1 Θαλάσσιες μεταφορές | 13 |
| 3.1.2 Εναέριες (αεροπορικές) μεταφορές | 14 |
| 3.1.3 Σιδηροδρομικές Μεταφορές | 15 |
| 3.1.4 Οδικές μεταφορές | 15 |
| 3.1.5 Ο συνδυασμός των παραπάνω σε “αλυσίδα” | 16 |
| 3.2 Εμπορευματικές μεταφορές στην Ευρώπη και την Μεσόγειο | 17 |
| 3.2.1 Ευρωπαϊκή πολιτική εμπορευματικών μεταφορών | 18 |
| 3.2.2 Η πολιτική εμπορευματικών μεταφορών στη Μεσόγειο | 19 |
| 4. Μεθοδολογία | 20 |
| 4.1 Οικολογικό Πληροφοριακό Εργαλείο Μεταφορών EcoTransIT | 20 |
| 4.1.1 Γενική Περιγραφή | 20 |
| 4.2 EcoTransIT – Βασικοί κανόνες υπολογισμού | 21 |
| 4.2.1 Άμεσες και έμμεσες εκπομπές | 24 |
| 4.2.2 Προσδιορισμός δυνατότητας φόρτωσης | 24 |
| 4.3 Μεθοδολογία μέσων μεταφοράς | 25 |
| 4.3.1 Υπολογισμός των οδικών εκπομπών | 25 |
| 4.3.2 Υπολογισμός εκπομπών σιδηροδρόμων | 27 |
| 4.3.3 Υπολογισμός εκπομπών θαλάσσιων πλοίων | 30 |
| 4.3.4. Υπολογισμός εκπομπών στον αέρα | 34 |
| 4.4 EcoTransIT – Επιλογή διαδρομών | 37 |
| 4.4.1. Λειτουργίες εφαρμογής | 38 |
| 5. Ανάλυση εφαρμογή σε διαδρομές της μεσογείου | 41 |
| 5.1 Γενικά σημεία | 41 |
| 5.2 Παράμετροι των σεναρίων διαδρομών | 41 |
| 5.3 Σενάριο διαδρομών | 43 |
| 5.3.1 Βαρκελώνη -Βουδαπέστη | 43 |
| 5.3.2 Αθήνα – Αμβούργο | 45 |

| | | |
|-----------|------------------------------------|-----------|
| 5.3.3 | Μπάρι- Άμστερνταμ | 47 |
| 5.3.4 | Μασσαλία- Λίβερπουλ (Αγγλία) | 49 |
| 5.4 | Συμπεράσματα | 54 |
| 6. | Βιβλιογραφία | 56 |
| 7. | Παράρτημα | 58 |

1.Εισαγωγή

Οι εμπορευματικές μεταφορές αποτελούν έναν από τους σημαντικότερους κλάδους της οικονομίας της ΕΕ. Καθώς οι εμπορευματικές μεταφορές βασίζονται κυρίως σε συμβατικούς φορείς ενέργειας όπως ντίζελ, κηροζίνη και βαρύ μαζούτ, συμβάλλουν σημαντικά στις μείζονες προκλήσεις του 21^{ου} αιώνα: τη ρύπανση και τη κλιματική αλλαγή. Σήμερα οι ενεργειακές ανάγκες των μεταφορών καλύπτουν το 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι 31% και τα επόμενα χρόνια αναμένεται αύξηση. Παρόμοιες τάσεις εμφανίζουν και τα επίπεδα εκπομπών των αέριων και σωματιδιακών ρύπων.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι ο προσδιορισμός των παραγόντων που επηρεάζουν τις περιβαλλοντικές και ενεργειακές επιπτώσεις για μεταφορά φορτίου μέσω θάλασσας, ξηράς ή αέρα. Η ανάλυση βασίζεται στον υπολογισμό για κάθε τρόπο μεταφοράς και στη σύγκριση της κατανάλωσης ενέργειας και των αέριων εκπομπών στην ατμόσφαιρα (π.χ. διοξείδιο του άνθρακα, οξείδια αζώτου και οξείδια θείου) σε επιλεγμένες διαδρομές στην Ευρώπη.

2. Βιβλιογραφική επισκόπηση

Ο τομέας των Μεταφορών για την οικονομική ανάπτυξη μιας χώρας αποτελεί την βάση για την ευημερία, συνοχή, και πρόοδο της. Έτσι οι μεταφορές είναι μία από τις πρώτες κοινές πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης διότι έχουν ζωτική σημασία για την ευρωπαϊκή οικονομία.

Ο τομέας των Μεταφορών διέπεται από τον τίτλο VI (άρθρα 90 μέχρι 100 της συνθήκης για τη λειτουργία της ΕΕ). Από τη συνθήκη της Ρώμης το 1958, η πολιτική αυτή επικεντρώθηκε στην εξάλειψη των εμποδίων στα σύνορα μεταξύ των κρατών μελών, και με αυτόν τον τρόπο συνέβαλε στην ελεύθερη κυκλοφορία των επιβατών και των αγαθών. Αρκετές πρωτοβουλίες για τις αστικές μεταφορές ανακοινώθηκαν στη Λευκή Βίβλο {18} «Προς μία Ενιαία Ευρωπαϊκή Περιοχή Μεταφορών». Από τη Λευκή Βίβλο του 2001 (που αναθεωρήθηκε το 2006), η πολιτική αυτή προσανατολίστηκε προς μία αρμονική και συνεπή ανάπτυξη των διαφόρων τρόπων μεταφοράς, ιδίως μέσα από τη συντροπικότητα, δηλαδή τη χρήση κάθε τρόπου μεταφοράς (χερσαίου, θαλάσσιου ή εναέριου) με τον πλέον αποτελεσματικό τρόπο. Επίσης, αρκετές δράσεις έχουν υιοθετηθεί από την ΕΕ για την ενίσχυση των περιβαλλοντικών επιδόσεων των μεταφορών, με την Πράσινη Βίβλο.

Σύμφωνα με τη νέα ευρωπαϊκή πολιτική για τις υποδομές, τριπλασιάζεται η χρηματοδότηση στον τομέα των μεταφορών στα 26 δισεκατομμύρια ευρώ για την περίοδο 2014–2020. Ταυτόχρονα, η νέα αυτή πολιτική εστιάζει τη χρηματοδότηση σε ένα επακριβώς καθορισμένο νέο κεντρικό δίκτυο. Το δίκτυο αυτό θα αποτελεί τον κύριο κορμό των μεταφορών στην ενιαία ευρωπαϊκή αγορά

Τα «μέσα» ή «δράσεις» για επίτευξη των στόχων της Ευρωπαϊκής πολιτικής Μεταφορών διατυπώνονται με μια παράθεση 40 «πρωτοβουλιών» ομαδοποιημένες σε 4 Άξονες. Οι κύριοι άξονες της νέας πολιτικής Μεταφορών της ΕΕ είναι:

1. Ύπαρξη «Βιωσιμότητας» σε όλους τους τομείς των μεταφορών,
2. Μείωση των εκπομπών του θερμοκηπίου από τις μεταφορές κατά 60% το 2050 σε σχέση με το 1990,
3. Διατήρηση της ανταγωνιστικότητας σε όλα τα επίπεδα,
4. Διατήρηση του σημερινού επιπέδου κινητικότητας με κάθε τρόπο.

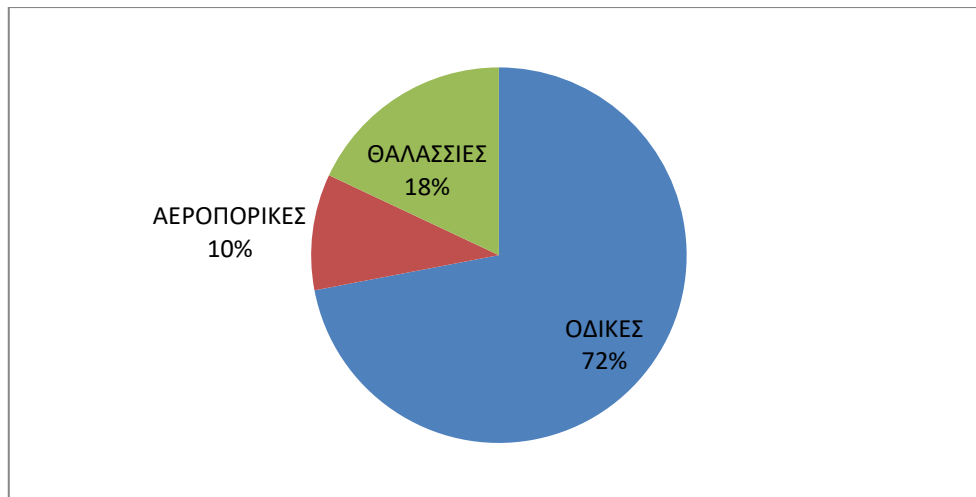
Σε γενικές γραμμές, με ορίζοντα τα 40 επόμενα χρόνια καθίσταται σαφές ότι οι μεταφορές δεν μπορούν να αναπτυχθούν εάν υιοθετείται η προσέγγιση της «διατήρησης της υφιστάμενης κατάστασης». Από τα παραπάνω, συνάγεται η σπουδαιότητα και ανάγκη προώθησης «πράσινων» μεταφορών γενικά.^{5}. Συγκεκριμένα, η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στις εμπορευματικές μεταφορές στη Μεσόγειο και αναλύει τους ρύπους και τη δαπανώμενη ενέργεια από τους βασικούς τύπους των εμπορευματικών μεταφορών.

2.1 Εισαγωγή στη Μεθοδολογία

Σήμερα, οι οδικές μεταφορές αποτελούν το κύριο μέσο στη διακίνηση εμπορευμάτων σε ευρωπαϊκό επίπεδο, κυρίως λόγω της ευελιξίας τους ως μέσων μεταφοράς εμπορευμάτων. Παράλληλα όμως έχουν σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις, όπως η εκπομπή καυσαερίων CO₂, θανατηφόρα ατυχήματα, αυξημένα επίπεδα θορύβου, κυκλοφοριακό κ.ά.

Οι μεταφορές, όπως έχει ήδη ειπωθεί, ευθύνονται για ένα πολύ μεγάλο ποσοστό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, με τη συνεχή αύξηση των μεταφορών, η ανάγκη ποσοτικοποίησης των ρύπων που εκπέμπονται από αυτές, γίνεται όλο και πιο επιτακτική. Τόσο η Ευρωπαϊκή Ένωση, όσο και άλλοι διεθνείς οργανισμοί για την προστασία του περιβάλλοντος, πραγματοποιούν συνεχώς προσπάθειες για τον υπολογισμό του αποτυπώματος των ρύπων των μεταφορών και την εξεύρεση βέλτιστων διαδρομών και λύσεων.

Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία της ΕΕ, οι οδικές μεταφορές είναι υπεύθυνες για την επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου σε ποσοστό μεγαλύτερο του 25%.^{9}. Για τη μείωση των αρνητικών αυτών συνεπειών, θα πρέπει να υπάρξει συνδυασμός των διαφόρων μέσων μεταφοράς και να λειτουργήσουν συμπληρωματικά μεταξύ τους.



Γράφημα 1: Κατανομή εκπομπών ανά μέσο μεταφοράς, 2017 {20}

Μέχρι και σήμερα έχουν πραγματοποιηθεί παρόμοιοι έλεγχοι – μετρήσεις, που κατέληξαν να ελέγξουν την υπάρχουσα κατάσταση μεταφορών, ως προς την κατάσταση του δικτύου, τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και το επίπεδο των παρεχόμενων υπηρεσιών.

2.2 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Η ρύπανση του περιβάλλοντος είναι ένα διεθνές και ιδιαίτερα περίπλοκο πρόβλημα. Τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες περιορισμού του, μέσω υπογραφής πρωτοκόλλων, ευαισθητοποίησης του κοινού, καταγραφής και αντιμετώπισης προβλημάτων και ίδρυσης ευαισθητοποιημένων περιβαλλοντικών οργανώσεων. Σήμερα οι μεταφορές με την ευρύτερη έννοια αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα αίτια ρύπανσης. Οι αέριοι ρύποι που εκπέμπονται έχουν εξαιρετικά αρνητικές συνέπειες στο φυσικό περιβάλλον, στις υποδομές, αλλά και στον άνθρωπο.

Ο αντίκτυπος των μεταφορών στο περιβάλλον έχει αναλυθεί βάσει της ανάλυσης του κύκλου ζωής των μεταφορών, ορίζοντας τις παρακάτω κατηγορίες:

- Κατανάλωση πόρων
- Χρήσεις γης
- Φαινόμενο του θερμοκηπίου
- Καταστροφή της στοιβάδας του όζοντος
- Οξίνιση
- Ευτροφισμός
- Τοξικές επιδράσεις στα οικοσυστήματα
- Τοξικές επιδράσεις στον άνθρωπο,
- Αιθαλομίχλη,
- Θόρυβος.

Η εκτίμηση των επιπτώσεων του θορύβου και της ρύπανσης τόσο από τα συγκοινωνιακά έργα, όσο και από τις ίδιες τις μεταφορές, έχει γίνει μέσα από την πραγματοποίηση ποσοτικών μεθόδων που αναπτύχθηκαν συγκεκριμένα για το σκοπό αυτό. Ένας μεγάλος αριθμός διαφορετικών εκπομπών που προέρχονται από τις

δραστηριότητες μεταφορών θεωρούνται γενικά ως ρύποι. Τα ποσοστά παραγωγής (δηλ. οι συντελεστές εκπομπών) για μερικούς από τους ρύπους έχουν ερευνηθεί λεπτομερώς και είναι επομένως γνωστά, ενώ για άλλους υπάρχουν περιορισμένα στοιχεία, τα οποία είναι συχνά ανεπαρκή για να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικά των σχετικών δραστηριοτήτων. Συνεπώς, είναι πιθανό αυτήν την περίοδο να αναγνωριστούν οι συντελεστές εκπομπών για μερικούς από τους ρύπους και τις κατηγορίες οχημάτων, ενώ για άλλους είναι πιθανόν να γίνουν μόνο εκτιμήσεις μεγέθους των συντελεστών εκπομπών ή και ελάχιστων διαθέσιμων πληροφοριών.

Ο γενικός κατάλογος ρύπων περιλαμβάνει:

| Όρος | Περιγραφή | Επιπτώσεις |
|-------------------|--|--|
| PEC | Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας | Βασικός δείκτης για την κατανάλωση πόρων |
| CO ₂ | Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα | Κύριος δείκτης για φαινόμενο του θερμοκηπίου |
| CO ₂ e | Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ως ισοδύναμων διοξειδίου του άνθρακα | Οξίνιση, ευτροφισμός, τοξικές επιδράσεις στον άνθρωπο και στο περιβάλλον |
| SO ₂ | Εκπομπές διοξειδίου του θείου | Οξίνιση, τοξικές επιδράσεις στον άνθρωπο και στο περιβάλλον |
| NMHC | Υδρογονάνθρακες εκτός μεθανίου | Τοξικές επιδράσεις στον άνθρωπο, αιθαλομίχλη |
| PM ₁₀ | Σωματίδια | Τοξικές επιδράσεις στον άνθρωπο, αιθαλομίχλη |

Πίνακας 1: Περιβαλλοντικές επιπτώσεις. {23}

2.3 Ερευνητικό Έργο – Μετρήσεις

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, εξετάζονται κάποιες διαδρομές μεταξύ πόλεων της Ευρώπης, ως προς τους ρύπους και τις γενικότερες συνθήκες-παραμέτρους μεταφοράς.

Το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Μεταφορών, ερευνώντας λύσεις για αυξημένη κινητικότητα πολιτών με τεχνολογίες χαμηλού αποτυπώματος Άνθρακα, καθαρές τεχνολογίες, έχει θέσει σε εφαρμογή το Πρόγραμμα «HORIZON 2020». Υποστηρίζει μια ενιαία ευρωπαϊκή πολιτική στη βιομηχανία των Μεταφορών και γι' αυτό προσπαθεί να δημιουργήσει μια σχετική πολιτική. Ένας από τους τομείς όπου θα εστιάσει και η παρούσα διπλωματική εργασία είναι η δράση «GreenVehicles», στο πλαίσιο των προτάσεων. {2}

Στη συνέχεια περιγράφεται ένα από τα εργαλεία – βάσεις δεδομένων που χρησιμοποιούνται από την Ευρωπαϊκή Ένωση για να υπολογιστούν οι ζητούμενοι ρύποι.

2.3.1 EcoTransIT World

EcoTransIT World σημαίνει Ecological Transport Information Tool – worldwide (ETW). Είναι μια δωρεάν διαδικτυακή εφαρμογή, η οποία δείχνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εμπορευματικών μεταφορών για οποιαδήποτε διαδρομή στον κόσμο και οποιαδήποτε μέσο μεταφοράς. Όμως δεν δείχνει μόνο το αντίκτυπο μιας μεταφοράς, αλλά αναλύει και συγκρίνει διαφορετικές αλυσίδες μεταφορών μεταξύ τους, καθιστώντας έτσι σαφές ποια λύση έχει το μικρότερο περιβαλλοντικό και ενεργειακό κόστος.

Η μεταφορά αγαθών προκαλεί κατανάλωση ενέργειας, εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και εκπομπές καυσαερίων.. Κατά συνέπεια, το Ινστιτούτο Ενέργειας και Περιβαλλοντικής Έρευνας (ifeu) από τη Χαϊδελβέργη, το Öko-Institut από το Βερολίνο, ο Rail Management Consultants GmbH (RMCon / IVE mbH) από το Αννόβερο ανέπτυξε το εργαλείο EcoTransIT για να ποσοτικοποιήσει τις εκπομπές από τις εμπορευματικές μεταφορές. Αυτό το έργο ξεκίνησε από πέντε ευρωπαϊκές σιδηροδρομικές εταιρείες το 2000 - η DB Schenker Rail, η Schweizerische Bundesbahnen (SBB), η Green Cargo AB, η Trenitalia S.p.A, η εθνική εταιρία σιδηροδρόμων (SNCF). Οι νέοι εταίροι προσχώρησαν στη συνέχεια: το Red Nacional Nacional de los Ferrocarriles Españoles (RENFE) και την Société Nationale des Chemins de fer Belges (SNCB). Όλοι οι εταίροι του έργου παρέχουν πληροφορίες για τη βάση δεδομένων και ενημερώνουν συνεχώς το εργαλείο σύμφωνα με τις εθνικές πολιτικές και τις σύγχρονες πληροφορίες.

Το EcoTransIT προσδιορίζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εμπορευματικών μεταφορών όσον αφορά την άμεση κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές κατά τη λειτουργία των οχημάτων κατά τη μεταφορά των προϊόντων. Το αποτέλεσμα κάθε υπολογισμού παρουσιάζεται με τη μορφή διαγραμμάτων. Συγκρίνουν την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές διαφόρων περιβαλλοντικών ρύπων και

διαφοροποιούν τους επιλεγμένους τρόπους μεταφοράς. Έτσι, ο χρήστης μπορεί εύκολα να επιλέξει τις διαδρομές και τον τρόπο μεταφοράς με τις χαμηλότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Επιπλέον, ο υπολογισμός καλύπτει την έμμεση κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές που σχετίζονται με την παραγωγή, τη μεταφορά και τη διανομή ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία των οχημάτων. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που καθορίζουν το επίπεδο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στις εμπορευματικές μεταφορές. Το εν λόγω εργαλείο πραγματοποιεί υπολογισμούς πρόβλεψης για μια επερχόμενη μεταφορά, έτσι ώστε ο χρήστης να μπορεί να συγκρίνει διάφορα μέσα μεταφοράς από άποψη κατανάλωσης ενέργειας και εκπομπών αέριων ρύπων που εκλύονται κατά τη μεταφορά εμπορευμάτων. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί κανείς να παρακολουθήσει πλήρως και να διαχειριστεί την πορεία των μεταφορών και το αποτύπωμα της συνολικής μεταφοράς.

Τα παρακάτω μέσα μεταφορών και συστημάτων προώθησης καλύπτονται:

| Τύπος Μεταφοράς | Τύπος Οχήματος/ Πλοίου/ Τρένου | Ενέργεια προώθησης |
|-----------------|--|----------------------------------|
| Οδική | Μονό Φορτηγό ή/ και ρυμουλκό/αρθρωτό | Diesel |
| Σιδηροδρομική | Συρμοί με διαφορετικό συνολικό μεικτό βάρος | Ηλεκτρική Ενέργεια και diesel |
| Θαλάσσια | Πλοία ποντοπόρου ναυτιλίας (διάφοροι τύποι) | Μαζούτ, Diesel ναυτιλίας |
| Εναέρια | Αεροσκάφη (διάφοροι τύποι) | Κηροζίνη |

Πίνακας 2: Ενέργεια προώθησης ανά μέσο μεταφοράς {23}

Η χρήση του εργαλείου αυτού χρησιμεύει για να ανακαλυφθούν φιλικότεροι – για το περιβάλλον - τρόποι μεταφοράς αγαθών μεταξύ πόλεων. Ο αναλυτής εισάγει την ποσότητα, τον τύπο του φορτίου, την αφετηρία και τον προορισμό, τον τύπο της περιοχής όπου βρίσκονται και το μέσο με το οποίο θα πραγματοποιηθεί η μεταφορά. Στη συνέχεια, σχεδιάζεται η διαδρομή ανάλογα με το/τα μέσο/α που θα επιλεγούν. Για την επιλογή λαμβάνονται υπόψη κλίσεις των δρόμων ή των σιδηροδρομικών γραμμών, συντομότερα λιμάνια, κ.ά.

Τα αποτελέσματα που θα ληφθούν είναι οι εκπομπές των αερίων CO₂, CO_{2e}, NO_x, NMHC, SO₂ και PM₁₀, καθώς και η κατανάλωση ενέργειας και η διανυθείσα απόσταση. Για την τροφοδοσία καυσίμου, οι συντελεστές εκπομπών WTW για διοξείδιο του άνθρακα, αέρια θερμοκηπίου και ζήτηση ενέργειας λαμβάνονται από το πρότυπο EN 16258. Αυτοί οι παράγοντες συμπληρώνονται με παράγοντες για τα NO_x, SO_x, NMHC και PM από άλλες πηγές δεδομένων.

Οι συντελεστές εκπομπών για την ηλεκτρική ενέργεια εξαρτώνται από τη μέση κατανομή ηλεκτρικής ενέργειας ανά έτος σε κάθε χώρα. Αυτοί οι συντελεστές εκπομπών υπολογίστηκαν από το ifeu (Ινστιτούτο Ενέργειας και Περιβαλλοντικής

Έρευνας) χρησιμοποιώντας δεδομένα σχετικά με τα περιφερειακά μείγματα ηλεκτρικής ενέργειας, τις απώλειες και την αποτελεσματικότητα των εγκαταστάσεων από την Eurostat{ 14}

2.3.2 Ο κανόνας EN 16258

Προκειμένου να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια, διαφάνεια και συνέπεια στον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στον τομέα των logistics, ένα νέο πρότυπο αναπτύχθηκε τα τελευταία χρόνια από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης (CEN - Comité Européen de Normalisation). Στο πρότυπο αυτό περιγράφεται ακριβώς πώς οι μεταφορείς, οι πράκτορες ή οι εταιρείες logistics μπορούν να υπολογίσουν τα προαναφερθέντα.

Ο κανόνας EN 16258 παρέχει ορισμένες βασικές αρχές υπολογισμού, οι οποίες εφαρμόζονται από την EcoTransIT, όπως:

- Η κατανομή του φορτίου και των άδειων ταξιδιών που συγκεντρώνονται κατά τη διάρκεια ολόκληρου του βρόχου του ταξιδιού ενός οχήματος, δηλαδή από την έναρξη της τελικής επανατοποθέτησης του οχήματος, σε κάθε μία αποστολή, ανεξάρτητα από το μερίδιο μεταφοράς αυτής της αποστολής.
- Δεν υπάρχει οριακός υπολογισμός δηλαδή, η κατανάλωση ενέργειας από ένα ταξίδι ενός οχήματος πρέπει να μοιράζεται εξίσου σε όλες τις αποστολές ανάλογα με το μετρικό βάρος (τόνοι) ή άλλες προδιαγραφές (αριθμός αποστολής, παλέτες κλπ.).

Σύμφωνα με το πρότυπο EN 16258 οι τελικές καταναλώσεις ενέργειας, ο συντελεστής φορτίου ή του μεριδίου των κενών ταξιδιών για την υπηρεσία μεταφοράς μπορεί να μετρηθεί ή να υπολογιστεί με τη χρήση προκαθορισμένων τιμών. Σε γενικές γραμμές ETW χρησιμοποιεί μόνο προκαθορισμένες τιμές για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου των εκπομπών, καθώς οι μετρούμενες τιμές μπορούν να παρασχεθούν μόνο από τους ίδιους τους χρήστες. Οι προκαθορισμένες τιμές που χρησιμοποιούνται από ETW βασίζονται σε καθιερωμένες βάσεις δεδομένων, στατιστικών στοιχείων και ανασκοπήσεις βιβλιογραφίας. Εξετάστηκαν οι πηγές δεδομένων για προεπιλεγμένες τιμές προτείνεται από το πρότυπο EN 16258. Ως εκ τούτου ETW χρησιμοποιεί μόνο προκαθορισμένες τιμές είναι σύμφωνα με το νέο ευρωπαϊκό πρότυπο. Τα αποτελέσματα για την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που υπολογίζεται με ETW είναι σε συμμόρφωση με το πρότυπο EN 16258

3. Υφιστάμενη κατάσταση

3.1 Υφιστάμενα μέσα εμπορευματικών μεταφορών

Οι μορφές των μεταφορών, ανάλογα με το υποσύνολο του χώρου στο οποίο πραγματοποιούνται, διακρίνονται κυρίως σε χερσαίες, θαλάσσιες, εναέριες και συνδυασμένες. Γενικά, στο σύστημα των μεταφορών διακρίνουμε:

- Τα μέσα που μεταφέρουν τα εμπορεύματα
- Τα δίκτυα, οδούς ή διαδρόμους, όπου κινούνται τα μεταφορικά μέσα
- Τις τερματικές εγκαταστάσεις (ανεφοδιασμού, φορτοεκφορτώσεως αγαθών) και
- Διάφορα συνεργεία επισκευής και συντηρήσεως κλπ. εγκαταστάσεις που εξυπηρετούν τα μέσα μεταφορών.

Στη συνέχεια γίνεται ανάλυση για κάθε μέσο μεταφοράς.

3.1.1 Θαλάσσιες μεταφορές

Βασικό στοιχείο των θαλάσσιων μεταφορών είναι οι λιμένες, των οποίων ο αριθμός φτάνει τους 7.000 παγκοσμίως, από τους οποίους οι 1.700 είναι διεθνείς. Η μεταφορά δια θαλάσσης, αφορά κυρίως προϊόντα που είναι βαριά, χωρίς συσκευασία, χαμηλής αξίας, που δεν είναι ευαίσθητα σε καταστροφή και η ταχύτητα δεν αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες της μεταφοράς τους.

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση, ως ναυτιλία μικρών αποστάσεων ορίζεται η θαλάσσια μετακίνηση φορτίων και επιβατών μεταξύ λιμένων ευρισκόμενων γεωγραφικά στην Ευρώπη ή μεταξύ αυτών των λιμένων και λιμένων ευρισκόμενων σε μη ευρωπαϊκές χώρες των οποίων η ακτογραμμή βρίσκεται στις έγκλειστες θάλασσες που συνορεύουν με την Ευρώπη. Η NMA περιλαμβάνει τις εσωτερικές και διεθνείς θαλάσσιες μεταφορές οι οποίες πραγματοποιούνται με όλους τους τύπους πλοίων. Η έννοια της NMA επεκτείνεται και στον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών μεταξύ των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Νορβηγίας και Ισλανδίας και άλλων κρατών στη Βαλτική Θάλασσα, τη Μαύρη Θάλασσα και τη Μεσόγειο. Το κύριο πλεονέκτημα των θαλάσσιων μεταφορών είναι το χαμηλό και ανταγωνιστικό τους κόστος, και επιπλέον, η ευρεία χρήση των “container ships” παγκοσμίως, η όποια επιτρέπει τη μείωση του χρόνου μεταφοράς στο μισό. Εκτός από τη μείωση του κόστους, η χρήση των containers προσφέρει πολλά οφέλη, όπως η μείωση της ανάγκης προσωπικού και η ελαχιστοποίηση των απωλειών και των καταστροφών{24}. Τα μειονεκτήματα των θαλάσσιων μεταφορών είναι η μικρότερη ταχύτητα σε σχέση με τις χερσαίες και τις εναέριες μεταφορές. Επίσης, υπάρχει περιορισμός ως προς το είδος και την ελάχιστη ποσότητα του προϊόντος που μεταφέρεται. Σε γενικές γραμμές, οι μεταφορές προϊόντων δια θαλάσσης έχει υπολογιστεί ότι αντιπροσωπεύει το 90% των μεταφορών του παγκοσμίου εμπορίου (ποσοτικά). Υπάρχει μεγάλη ποικιλία πλοίων που χρησιμοποιούνται για μεταφορά

διαφορετικών φορτίων όπως tankers για μεταφορά πετρελαίου, LNG (Liquefied Natural Gas) για τη μεταφορά φυσικού αερίου κτλ. Το LNG ή υγροποιημένο φυσικό αέριο είναι το φυσικό αέριο που έχει μετατραπεί προσωρινά σε υγρό. Η αλματώδης ανάπτυξη των σύγχρονων θαλάσσιων μεταφορών οφείλεται σε μία σειρά πλεονεκτημάτων, όπως είναι {8}:

- Ο εξειδικευμένος εξοπλισμός και υπηρεσίες
- Το χαμηλό και ανταγωνιστικό κόστος
- Το ευρύ φάσμα μεταφερόμενων προϊόντων αφού θεωρητικά οτιδήποτε μπορεί να μεταφερθεί δια θαλάσσης

Οι θαλάσσιες μεταφορές παρουσιάζουν όμως και μειονεκτήματα που, υπό ορισμένες συνθήκες μπορεί να είναι σημαντικά, όπως είναι:

- Η πιο αργή μεταφορά σε σύγκριση με τη χερσαία και την εναέρια μεταφορά
- Η συσκευασία που συχνά επιβάλλει μεγάλες προς μεταφορά ποσότητες.

3.1.2 Εναέριας (αεροπορικές) μεταφορές

Οι αεροπορικές μεταφορές είναι το νεότερο μέσο μεταφορών, με αναμφισβήτητη επιρροή στο διεθνές εμπόριο. Υπολογίζεται ότι διακινούνται περίπου το 2% του φορτίου των μεταφορών σε παγκόσμιο επίπεδο (ποσότητα), το οποίο όμως αντιστοιχεί στο 20% -30% της συνολικής μεταφερόμενης αξίας. Τα πλεονεκτήματα των εναέριων μεταφορών συνοψίζονται στα εξής {8}

- Πολύ γρήγορη μεταφορά
- Μικρότερο κόστος συσκευασίας
- Ελάχιστο ρίσκο για ζημιές, κλοπές κτλ.
- Συνεπής και έγκαιρη παράδοση

Από την άλλη πλευρά, τα μειονεκτήματα που παρατηρούνται είναι:

- Υψηλό κόστος μεταφοράς σε σύγκριση με τις χερσαίες και τις θαλάσσιες μεταφορές
- Περιορισμοί βάρους και όγκου φορτίων
- Δεν μπορεί οτιδήποτε να μεταφερθεί από αέρος

Η αεροπορική τεχνολογία στην εποχή μας, έχει αναβαθμιστεί σε τέτοιο βαθμό, ώστε τα σύγχρονα αεροσκάφη να πραγματοποιούν μεγάλες σε διάρκεια πτήσεις, χωρίς ανεφοδιασμό και στάσεις, που ήταν αδύνατο με τα δεδομένα του παρελθόντος. Έτσι σήμερα υπάρχουν υπερατλαντικές πτήσεις χωρίς καμία ενδιάμεση στάση και αναμένεται οι πτήσεις στο μέλλον να καλύπτουν και ακόμα μεγαλύτερες αποστάσεις.

Έπειτα από αρκετά χρόνια αρνητικών πρόσημων στην ανάπτυξη των εμπορευματικών μεταφορών του αεροδρομίου «Ελ. Βενιζέλος», αυτή σημείωσε αύξηση 3,3% το 2017 (διακινήθηκαν 77,3 χιλιάδες τόνοι) σε σχέση με το 2016. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η θετική εξέλιξη της κίνησης εξωτερικού, η οποία αποτελεί σχεδόν το 90% της συνολικής εμπορευματικής κίνησης του αεροδρομίου.

3.1.3 Σιδηροδρομικές Μεταφορές

Οι σιδηροδρομικές μεταφορές αποτελούν την πλέον κλασική μορφή μεταφοράς. Όσον αφορά τον σιδηροδρομικό τομέα, τα διεθνή εμπορικά τρένα διασχίζουν την Ευρώπη με σχετικά χαμηλές ταχύτητες. Η υποδομή των σιδηροδρόμων καλύπτει ένα μεγάλο μέρος της ΕΕ και είναι εν γένει σε καλή κατάσταση. Για τον λόγο αυτό η ΕΕ έκανε ένα σημαντικό βήμα τον Μάρτιο του 2003 δίνοντας τη δυνατότητα σε ιδιωτικούς φορείς να εκμεταλλευτούν τις υφιστάμενες υποδομές και να ανταγωνιστούν τις κρατικές σιδηροδρομικές εταιρίες στις υπηρεσίες εμπορευματικών μεταφορών. Ειδικότερα, ο σιδηρόδρομος, με την πάροδο του χρόνου μειώνει το μειονέκτημα της ταχύτητας, αλλά όχι και της ανελαστικότητας στις αλλαγές δρομολογίων και προορισμών, αφού διατηρεί σταθερή πορεία. Παρόλα αυτά, χαρακτηρίζεται από ένα βασικό πλεονέκτημα το οποίο ενδιαφέρει ιδιαίτερα τις εταιρίες οι οποίες επιθυμούν να μεταφέρουν τα φορτία τους: το πλεονέκτημα του χαμηλού κόστους μεταφοράς σε σχέση με άλλα μεταφορικά μέσα.

• Άλλα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι σιδηροδρομικές μεταφορές είναι τα εξής:

- Αποτελεσματικές μεταφορές μεγάλου φορτίου σε μεγάλες αποστάσεις
- Αποτελεί τον βασικό συνδετικό κρίκο για το διεθνές σύστημα μεταφορών
- Αποτελεί μια αξιόπιστη λύση για τη μεταφορά φορτηγών, παρακάμπτοντας κάποιους περιορισμούς, κυρίως, νομοθετικού περιεχομένου όσον αφορά τα φορτία, τις ημέρες κυκλοφορίας και άλλα.

- Είναι το φιλικότερο προς το περιβάλλον μέσο μεταφοράς.

Παρόλα αυτά, μέσο αυτό παρουσιάζει και ορισμένα μειονεκτήματα, όπως:

- Υψηλό συνολικό κόστος αφού απαιτούνται επιπλέον και άλλα μεταφορικά μέσα για τη μεταφορά των φορτίων

- Ανελαστικότητα δρομολογίων

Στην Ελλάδα, σύμφωνα με στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής, ο δείκτης του σιδηροδρομικού μεταφορικού μέσου είναι ιδιαίτερα χαμηλός. Το μερίδιο αναμένεται να αυξηθεί τα επόμενα χρόνια με τη σταδιακή αναβάθμιση του εθνικού σιδηροδρομικού δικτύου και τη σύνδεση που έχει πραγματοποιηθεί με το λιμάνι του Πειραιά.

3.1.4 Οδικές μεταφορές

Υπάρχει τάση σημαντικής αύξησης του μεριδίου των οδικών μεταφορών στο σύνολο των χερσαίων μεταφορών, καθότι είναι αναμφισβήτητα πιο ελαστικό μέσο μεταφοράς στον τομέα των δρομολογίων, στον προγραμματισμό και στη διαθεσιμότητα. Σε 44% ανέρχεται το ποσοστό των εμπορευμάτων που μεταφέρονται οδικώς στην ΕΕ. Ο οδικός τομέας δεσπόζει γενικά στο σύνολο των επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στην ΕΕ στον κλάδο των μεταφορών.

Σημειώνεται πως στο διάστημα 1990-2016 ο στόλος των φορτηγών στην ΕΕ υπερτριπλασιάστηκε. Τη μεγαλύτερη αύξηση κατέγραψε η Πορτογαλία (11 φορές)

και ακολούθησε η Ελλάδα (10 φορές) και η Ισπανία (5 φορές). Αυτό σε συνδυασμό με το γεγονός ότι κάθε χρόνο στους δρόμους της ΕΕ προστίθενται αυτοκίνητα, έχει ως αποτέλεσμα καθημερινά, 7.500 km ευρωπαϊκών αυτοκινητόδρομων να μπλοκάρουν από μποτιλιαρίσματα. Επίσης, το 80% των μετακινήσεων των επιβατών πραγματοποιούνται με αυτοκίνητο και ακολουθεί το λεωφορείο (8%), ο σιδηρόδρομος (6%) και το αεροπλάνο (5%). Οι οδικές μεταφορές εμπορευμάτων διεξάγονται με φορτηγά οχήματα όλων των τύπων και μεγεθών. {14}

Τα πλεονεκτήματα που χαρακτηρίζουν τις οδικές μεταφορές συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Ταχύτερη από τις θαλάσσιες μεταφορές
- Φθηνότερη από τις αεροπορικές μεταφορές
- Πιο ελαστική από τις θαλάσσιες και τις εναέριες
- Ικανότητα μεταφοράς από πόρτα σε πόρτα.

Οι οδικές μεταφορές παρουσιάζουν και μειονεκτήματα, όπως:

- Βραδύτερες μεταφορές σε σχέση με τις εναέριες
- Ακριβότερη από τη θαλάσσια μεταφορά
- Έπαρξη περιορισμών στα μεταφερόμενα φορτία
- Περιορισμοί βάρους και όγκου φορτίων

3.1.5 Ο συνδυασμός των παραπάνω σε “αλυσίδα”

Οι εμπορευματικές μεταφορές αποτελούν βασικό συστατικό της εφοδιαστικής αλυσίδας ούτως ώστε να εξασφαλίσουν την αποτελεσματική κυκλοφορία και έγκαιρη διαθεσιμότητα των πρώτων υλών και των τελικών προϊόντων. Μετά την παγκοσμιοποίηση του εμπορίου, η συμβατική λειτουργία των οδικών μεταφορών δεν είναι πάντα η πλέον εφικτή λύση, αλλά απαιτεί και άλλα μέσα μεταφοράς (και τον συνδυασμό τους). Σε αυτό το πλαίσιο, το 2010, περίπου το 45.8% του συνόλου των εμπορευματικών μεταφορών στις χώρες της ΕΕ μεταφέρθηκαν οδικώς, το 36.9% μέσω θαλάσσης, περίπου το 10.2% σιδηροδρομικώς, και το 3.8% μέσω εσωτερικών πλωτών οδών, ενώ το υπόλοιπο αποδίδεται στις εναέριες μεταφορές και στις μεταφορές μέσω αγωγών {8}

Μία αλυσίδα μεταφοράς απαρτίζεται κυρίως από τρία μέρη: pre-haul (ή αλλιώς το κομμάτι που αφορά την παραλαβή), long-haul (η κυρίως μεταφορά), end-haul (το κομμάτι που αφορά την παράδοση). Στις περισσότερες περιπτώσεις τα δύο άκρα της αλυσίδας πραγματοποιούνται οδικώς αφού, όπως αναφέρθηκε, μόνον οι οδικές διαδρομές προσφέρουν υπηρεσίες πόρτα πόρτα. Το ενδιάμεσο κομμάτι όμως, το οποίο συνήθως είναι και το μεγαλύτερο σε απόσταση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν εξίσου αποτελεσματικά και τα υπόλοιπα μέσα, καθώς και ο συνδυασμός τους.

Στη συνέχεια δίνονται οι κυριότεροι ορισμοί για τον συνδυασμό των διαφόρων μέσων σε μια αλυσίδα μεταφοράς, όπως αυτοί δίνονται από τους M. SteadieSeifi et al. {25}:

Πολυτροπικές μεταφορές: (Multimodal transportation) ορίζεται ως η μεταφορά αγαθών μέσω μιας αλληλουχίας τουλάχιστον δύο διαφορετικών τρόπων μεταφοράς. Η μονάδα της μεταφοράς μπορεί να είναι ένα κουτί, ένα δοχείο, ένα αμάξωμα, ένα οδικό/σιδηροδρομικό όχημα, ή ένα σκάφος.

Διατροπικές μεταφορές: (Intermodal transportation) ορίζεται ως ένα συγκεκριμένο είδος των πολυτροπικών μεταφορών, όπου το φορτίο μεταφέρεται από το σημείο προέλευσης στο σημείο προορισμού σε μία μονάδα διατροπικών μεταφορών (για παράδειγμα TEU, παλέτα) χωρίς όμως να γίνεται χειρισμός των ίδιων των αγαθών κατά την αλλαγή των τρόπων μεταφοράς.

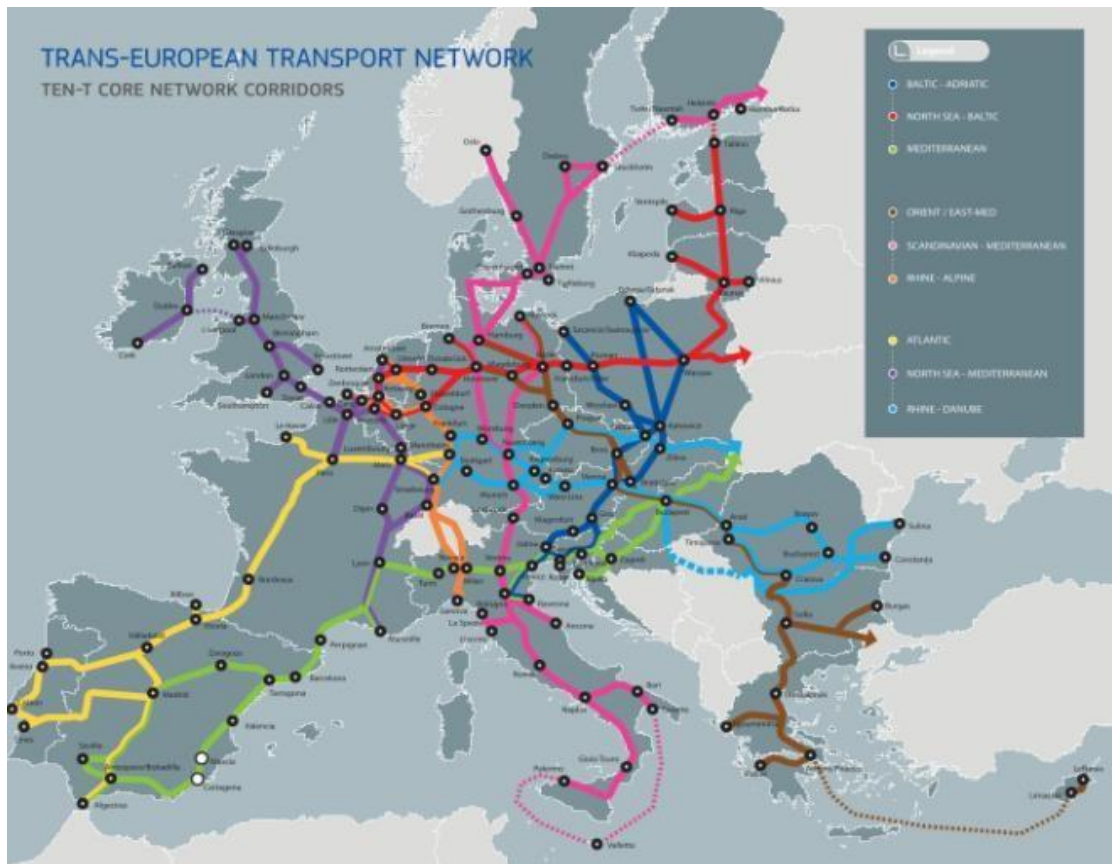
Συν-τροπικές μεταφορές: (Co-modal transportation) αυτό το είδος μεταφοράς επικεντρώνεται στην αποτελεσματική χρήση των διαφόρων τρόπων μεταφοράς, τόσο μεμονωμένα όσο και στον συνδυασμό τους. Η συν-τροπικότητα ορίζεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή ως η χρήση δύο ή περισσότερων τρόπων μεταφοράς, αλλά με δύο ιδιαιτερότητες σε σχέση με τις πολυτροπικές μεταφορές: (α) χρησιμοποιείται από μια ομάδα ή κοινοπραξία φορτωτών μέσα στην αλυσίδα, και (β) τα μέσα μεταφοράς χρησιμοποιούνται κατά τον πιο έξυπνο τρόπο για να μεγιστοποιηθούν τα οφέλη, με όρους συνολικής βιωσιμότητας.

Συγχρονισμένες μεταφορές: (Synchromodal transportation) θεωρείται ως το επόμενο βήμα μετά τις διατροπικές και τις συν-τροπικές μεταφορές, και περιλαμβάνουν ένα δομημένο, αποτελεσματικό και συγχρονισμένο συνδυασμό δύο ή περισσότερων τρόπων μεταφοράς εμπορευμάτων. Οι μεταφορείς ή οι πελάτες επιλέγουν ανά πάσα στιγμή το αποτελεσματικότερο μέσο με βάση τις συνθήκες λειτουργίας ή/και τις απαιτήσεις του πελάτη.

Κοινή πτυχή σε όλους τους ορισμούς είναι η χρησιμοποίηση περισσότερων του ενός μεταφορικών μέσων. Κάθε ορισμός όμως δίνει μεγαλύτερη έμφαση σε κάποια επιμέρους χαρακτηριστικά της μεταφοράς. Στις συγχρονισμένες υπογραμμίζεται το στοιχείο της ευελιξίας (σε πραγματικό χρόνο), στις διατροπικές τονίζεται η χρήση μιας και μόνο μονάδας φόρτωσης, ενώ στις συν-τροπικές δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στη βέλτιστη αξιοποίηση των πόρων. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο βασικός ορισμός των πολυτροπικών μεταφορών δεν αποκλείει κανέναν από τους υπόλοιπους ορισμούς.

3.2 Εμπορευματικές μεταφορές στην Ευρώπη και την Μεσόγειο

Οι μεταφορές εμπορευμάτων στην Ευρώπη διέπονται από συγκεκριμένους κανόνες με στοχευμένη πολιτική. Η ευρωπαϊκή πολιτική εμπορευματικών μεταφορών αποτελεί την καρδιά των προσπαθειών για ισότιμες και όσο το δυνατόν ευκολότερες και ταχύτερες μεταφορές. Αποτελεί το αποτέλεσμα της προσπάθειας ελεύθερης διακίνησης αγαθών και εμπορευμάτων εντός της Ε.Ε. από τον τόπο παραγωγής τους, στον τόπο κατανάλωσης. Ένα αποτελεσματικό, λειτουργικό και οικολογικό σύστημα μεταφορών, δημιουργεί πολλαπλά οφέλη για όλα τα εμπλεκόμενα μέρη.



Εικόνα 5:Ενιαίος Ευρωπαϊκός Χώρος Μεταφορών - Οι εννέα διάδρομοι του κεντρικού δικτύου. {23}

3.2.1 Ευρωπαϊκή πολιτική εμπορευματικών μεταφορών

Υπεύθυνος φορέας εφαρμογής των πολιτικών είναι η Γενική Διεύθυνση Κινητικότητα και Μεταφορών της Ε.Ε. Σκοπός της είναι η ανάπτυξη της πολιτικής μεταφορών καλύπτοντας τις ανάγκες κάθε οικονομίας, ελαχιστοποιώντας όμως τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Αυτό επιτυγχάνεται με τους εξής τρόπους {14}:

- ενώνοντας την ευρωπαϊκή αγορά ώστε να διασφαλίζει ένα ενιαίο ανταγωνιστικό και ασφαλές σύστημα μεταφοράς.
- αναπτύσσοντας την καινοτομία, προωθώντας και αναπτύσσοντας τη νέα γενιά τεχνολογίας μεταφοράς
- χτίζοντας διευρωπαϊκά δίκτυα μεταφοράς
- προβάλλοντας και διασφαλίζοντας αυτούς τους στόχους προς όφελος των ευρωπαϊκών βιομηχανικών συμφερόντων ανά τον κόσμο.

Τον Μάρτιο του 2011, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υιοθέτησε τη Λευκή Βίβλο των Μεταφορών το «Χάρτη Πορείας για έναν Ενιαίο Ευρωπαϊκό Χώρο Μεταφορών –

Για ένα ανταγωνιστικό και ενεργειακά αποδοτικό σύστημα μεταφορών»{14}, ο οποίος περιλαμβάνει 40 στρατηγικής σημασίας στόχους για την επόμενη δεκαετία, σχεδιασμένων να δημιουργήσουν ένα ανταγωνιστικό σύστημα μεταφορών εξαλείφοντας όποια εμπόδια ανάπτυξης. Οι προτάσεις στοχεύουν στο να αποδεσμεύσουν σημαντικά την εξάρτηση της Ευρώπης από το εισαγόμενο πετρέλαιο

και να μειώσουν σημαντικά τις εκπομπές άνθρακα. Οι στόχοι που έχουν τεθεί προς υλοποίηση έως το 2050 περιλαμβάνουν:

- το 40% των χρησιμοποιούμενων καυσίμων στις αερομεταφορές να προέρχονται από καύσιμο χαμηλών εκπομπών άνθρακα,
- τη μείωση κατά 40% των εκπομπών θαλάσσιων μεταφορών,
- τη μετατροπή του 50% των μεταφορών μεσαίες απόστασης από οδικές σε σιδηροδρομικές μεταφορές,

Η εφαρμογή αυτών των κανόνων θα οδηγήσει έως το μέσο του αιώνα, στη μείωση κατά 60% στις συνολικές εκπομπές που προέρχονται από τον κλάδο των μεταφορών.

3.2.2 Η πολιτική εμπορευματικών μεταφορών στη Μεσόγειο

Ο διάδρομος της Μεσογείου συνδέει την Ιβηρική χερσόνησο με τα σύνορα Ουγγαρίας-Ουκρανίας. Ακολουθεί τη μεσογειακή ακτογραμμή της Ισπανίας και της Γαλλίας, διασχίζει τις Άλπεις προς τα ανατολικά μέσω της Βόρειας Ιταλίας, αφήνοντας τις ακτές της Αδριατικής στη Σλοβενία και την Κροατία με κατεύθυνση την Ουγγαρία. Εκτός από τον ποταμό Πάδο και ορισμένα άλλα κανάλια της Βόρειας Ιταλίας, αποτελείται από οδικό και σιδηροδρομικό δίκτυο. Τα κυριότερα σιδηροδρομικά έργα κατά μήκος του διαδρόμου αυτού είναι η σύνδεση Λυών - Τορίνο και το τμήμα Βενετία - Λιουμπλιάνα.

Ο ανατολικός διάδρομος (Ανατολής- Μεσογείου) ενώνει τις θαλάσσιες διασυνδέσεις του Βορρά, της Βαλτικής, της Μαύρης Θάλασσας και της Μεσογείου, γεγονός που βελτιστοποιεί τη χρήση των οικείων λιμένων και των σχετικών θαλάσσιων αρτηριών. Περιλαμβάνοντας τον ποταμό Έλβα στις εσωτερικές πλωτές οδούς, θα βελτιώσει τις πολυτροπικές συνδέσεις μεταξύ Βόρειας Γερμανίας, Τσεχικής Δημοκρατίας, περιοχής της Πανονίας και της νοτιοανατολικής Ευρώπης. Ο διάδρομος αυτός εκτείνεται, δια θαλάσσης, από την Ελλάδα μέχρι την Κύπρο.

Ο διάδρομος Σκανδιναβίας-Μεσογείου είναι ένας άξονας βορρά-νότου ζωτικής σημασίας για την ευρωπαϊκή οικονομία. Διασχίζοντας τη Βαλτική Θάλασσα, από τη Φινλανδία μέχρι τη Σουηδία, και περνώντας μέσα από τη Γερμανία, τις Άλπεις και την Ιταλία, συνδέει τα μεγαλύτερα αστικά κέντρα και τους λιμένες της Σκανδιναβίας και της Βόρειας Γερμανίας, και συνεχίζει μέχρι τα βιομηχανικά κέντρα υψηλής παραγωγής της Νότιας Γερμανίας, της Αυστρίας και της Βόρειας Ιταλίας για να καταλήξει στους λιμένες της Ιταλίας και τη Βαλέτα. Τα σημαντικότερα έργα του διαδρόμου αυτού είναι η μόνιμη ζεύξη των στενών «Fehmarn» και η σήραγγα «Brenner», συμπεριλαμβανομένου του οδικού δικτύου πρόσβασης σ' αυτά. Ο διάδρομος εκτείνεται, δια θαλάσσης, από τη Νότια Ιταλία και τη Σικελία μέχρι τη Μάλτα.

Ο Βόρειος -Μεσογειακός Διάδρομος εκτείνεται από την Ιρλανδία και το βόρειο Ηνωμένο Βασίλειο μέχρι τις Κάτω Χώρες, το Βέλγιο και το Λουξεμβούργο αλλά και τη Μεσόγειο Θάλασσα στα νότια της Γαλλίας.

Αυτός ο πολυτροπικός διάδρομος, που περιλαμβάνει εσωτερικές πλωτές οδούς στο Βέλγιο και τη Γαλλία, έχει ως στόχο όχι μόνο να προσφέρει βελτιωμένες πολυτροπικές μεταφορές μεταξύ των λιμένων της Βόρειας Θάλασσας, των ποταμών, του Ρήνου, του Σηκουάνα, του λιμένα της Μασσαλίας, αλλά και την καλύτερη διασύνδεση των βρετανικών νήσων με την ηπειρωτική Ευρώπη.

4. Μεθοδολογία

4.1 Οικολογικό Πληροφοριακό Εργαλείο Μεταφορών EcoTransIT

Το εργαλείο EcoTransIT χρησιμεύει σε μεταφορείς, εταιρίες logistics και αποτελεί ένα παγκόσμια αναγνωρισμένο εργαλείο μέτρησης του ίχνους του άνθρακα και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στον τομέα των εμπορευματικών μεταφορών. Πρόκειται για εφαρμογή υπολογισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των εμπορευματικών μεταφορών, για οποιαδήποτε διαδρομή στον κόσμο και για κάθε μέσο μεταφοράς.

4.1.1 Γενική Περιγραφή

Οι εμπορευματικές μεταφορές βασίζονται κυρίως σε συμβατικά καύσιμα όπως πετρέλαιο, diesel, μαζούτ, κηροζίνη, καύσιμα τα οποία συμβάλλουν στη ρύπανση του περιβάλλοντος και την κλιματική αλλαγή. Οι εμπορευματικές μεταφορές ευθύνονται για το 1/4 των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Για τους επαγγελματίες του χώρου το εργαλείο EcoTransIT επιτρέπει τον υπολογισμό αυτών των ρύπων σε πλήθος διαδρομών.

Ο κλάδος των μεταφορών έχει διάφορες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως αναφέρθηκαν και σε προηγούμενη ενότητα. Στο εργαλείο υπολογισμού EcoTransIT επιλέχθηκαν κάποιες από αυτές σύμφωνα με τα ακόλουθα κριτήρια {23}:

- την ιδιαίτερη σημασία του αντίκτυπου στο περιβάλλον
- την αναλογική σχέση μεταφερόμενου φορτίου και περιβαλλοντικών επιπτώσεων
- τη διαθεσιμότητα των δεδομένων
- την ύπαρξη κατάλληλων μεθόδων για την ποσοτική σύγκριση των διαφορών μέσων μεταφοράς

Στο εργαλείο EcoTransIT υπολογίζονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνδέονται μόνο με τη λειτουργία των μέσων εμπορευματικών μεταφορών που εξετάζονται. Ως αποτέλεσμα, δεν υπολογίζονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από {23}:

- την παραγωγή και συντήρηση εκάστου μέσου μεταφοράς
- την κατασκευή και συντήρηση των υποδομών μεταφορών
- την πρόσθετη κατανάλωση πόρων, όπως κατανάλωση που σχετίζεται με τη λειτουργία σταθμών, αεροδρομίων, κτιρίων διοίκησης κ.ο.κ.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εμπορευματικών μεταφορών μπορεί να διαφέρουν από χώρα σε χώρα, λόγω των ειδικών ρυθμίσεων που αφορούν την ενέργεια, της υποδομής των μεταφορών, των τυχόν ειδικών όρων που διέπουν τις μεταφορές και της τοπογραφίας.

Πιο συγκεκριμένα για τις οδικές και σιδηροδρομικές μεταφορές, στο εργαλείο EcoTransIT, γίνεται διαφοροποίηση ανάμεσα στην Ευρώπη και τον υπόλοιπο κόσμο. Παγκόσμια έχουν ορισθεί επτά περιοχές. Θα πρέπει ωστόσο να σημειωθεί ότι στις οδικές και σιδηροδρομικές εμπορευματικές μεταφορές, σημαντικός παράγοντας επηρεασμού των αποτελεσμάτων είναι ο τύπος των οχημάτων που χρησιμοποιούνται, καθώς και το είδος της ενέργειας/καυσίμου. Χρησιμοποιείται επίσης συγκεκριμένη βάση δεδομένων που καταγράφει τις εκπομπές ρύπων των εν ενεργεία πλοίων παγκόσμια. Για κάθε διηπειρωτική (π.χ. από Βόρεια Αμερική προς την Ευρώπη) ή διαπεριφερειακή διαδρομή (π.χ. από Βόρεια Ευρώπη προς Νοτιοανατολική Ευρώπη), εξετάζεται το μέσο μέγεθος πλοίου που χρησιμοποιείται.

Η ηλεκτρονική εφαρμογή προσφέρει δύο επίπεδα: μια «τυπική» λειτουργία εισόδου, που επιτρέπει μια πρόχειρη εκτίμηση και μπορεί να τελειοποιηθεί σε μια «παρατεταμένη» λειτουργία εισόδου σύμφωνα με το βαθμό των διαθέσιμων πληροφοριών για τις μεταφορές. Έτσι, όλες οι σχετικές παράμετροι, όπως τα χαρακτηριστικά των δρομολογίων και την απόσταση, συντελεστή φόρτωσης και κενών ταξίδια, το μέγεθος του οχήματος και τον τύπο του κινητήρα είναι λαμβάνονται υπόψη χωριστά και μπορεί να μεταβληθεί από το χρήστη.

4.2 EcoTransIT – Βασικοί κανόνες υπολογισμού

Στην παρούσα ενότητα, παρέχεται μία σύντομη επισκόπηση των βασικών κανόνων υπολογισμού που χρησιμοποιούνται στο εργαλείο EcoTransIT. Η κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές ρύπων των εμπορευματικών μεταφορών εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες. Κάθε τρόπος μεταφοράς έχει ειδικές ιδιότητες και αντιμετωπίζει διαφορετικές συνθήκες. Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τις εκπομπές των εμπορευματικών μεταφορών είναι {23}:

- Ο τύπος οχήματος / σκάφους, το μέγεθος, το βάρος του, το ωφέλιμο φορτίο, η δύναμη του κινητήρα, η απαιτούμενη ενέργεια.
- Το ποσοστό χρησιμοποίησης της παραγωγικής ικανότητας του μέσου.
- Οι προδιαγραφές και τα χαρακτηριστικά του μεταφερόμενου φορτίου (μάζα, όγκος, χρήση παλετών, απαιτούμενος τρόπος συγκράτησης εμπορευμάτων).
- Οι συνθήκες οδήγησης: αριθμός στάσεων, ταχύτητα, επιτάχυνση, η αντίσταση του αέρα / νερού.
- Η μορφολογία της διαδρομής.
- Το συνολικό βάρος του φορτίου.

- Η απόσταση μεταφοράς Στο εργαλείο υπολογισμού EcoTransIT, παράμετροι με υψηλή επίδραση στην κατανάλωση ενέργειας και στις εκπομπές ρύπων, μπορούν να μεταβληθούν από το χρήστη.
- Κάποιες άλλες παράμετροι, όπως η απόσταση μεταφοράς, επιλέγονται μέσω του συστήματος καθορισμού διαδρομών. Άλλες παράμετροι που είναι λιγότερο σημαντικές και δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν, όπως οι καιρικές συνθήκες, η κυκλοφοριακή πυκνότητα και ο αριθμός των στάσεων, περιλαμβάνονται στα μέσα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά του εργαλείου.

Στο EcoTransIT η συνολική κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές κάθε μέσου μεταφοράς υπολογίζονται με τα ακόλουθα βήματα υπολογισμού:

- Συνολική ενεργειακή κατανάλωση ανά τόνο/χιλιόμετρο
- Καύσεις μέσου μεταφοράς ανά τόνο/χιλιόμετρο
- Ενέργεια μέσου μεταφοράς ανά τόνο/χιλιόμετρο
- Ενεργειακή κατανάλωση και εκπομπές ανά τόνο/χιλιόμετρο
- Συνολική ενεργειακή κατανάλωση και συνολικές εκπομπές ανά τόνο/χιλιόμετρο

| Τομέας | Παράμετρος | Δρόμος | Σιδηρόδρομος | πλοιο | Αεροσκάφος |
|--|---|--------|--------------|-------|------------|
| Οχημα,Σκάφος | Τύπος, μέγεθος, χωρητικότητα ωφέλιμου φορτίου | E | E | E | E |
| | Ενέργεια | A | E | A | A |
| | Τεχνικά χαρακτηριστικά και εκπομπές | E | A | A | A |
| Διαδρομή | Κατηγορία δρόμου, θαλάσσια διαδρομή | R | | | |
| | Αντίσταση νερού/αέρα | A | A | A | A |
| Οδικές συνθήκες | Ταχύτητα | A | A | E | A |
| | Αριθμός στάσεων, επιτάχυνση | A | A | A | A |
| | Συντελεστής φορτίου | E | E | E | E |
| Εφοδιαστική αλυσίδα | Διαδρομές χωρίς φορτίο | E | E | E | E |
| | Προδιαγραφές φορτίου | S | S | S | S |
| | Διατροφική μεταφορά | E | E | E | E |
| | Σκάφη ειδικά για εμπορικές λωρίδες | | | R | |
| | Μάζα φορτίου | S | S | S | S |
| Μεταφορά | Απόσταση που διανύθηκε | R | R | R | R |
| | Απόσταση που διανύθηκε | R | R | R | R |
| Όπου: A= περιλαμβάνονται σε πίνακες, S= επιλογή στο standard περιβάλλον, E = επιλογή στο extended περιβάλλον, R= επιλέγεται από τον αλγόριθμο επιλογής της διαδρομής, (κενό)= δεν απαιτείται | | | | | |

Πίνακας 3: Ταξινόμηση και τρόπος λειτουργίας (πρότυπο, εκτεταμένο, δρομολόγησης) των κυριότερων παραγόντων επιρροής στην κατανάλωση ενέργειας και στις εκπομπές σε ETW

4.2.1 Άμεσες και έμμεσες εκπομπές

Οποιαδήποτε εμπορευματική μεταφορά προκαλεί εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου οι οποίες χωρίζονται σε άμεσες και έμμεσες εκπομπές. Οι άμεσες εξαρτώνται από τον τύπο του οχήματος, το φορτίο, την απόσταση, την απόσταση μεταφοράς και την ποσότητα καυσίμου που καταναλώνεται, ενώ οι έμμεσες εκπομπές περιλαμβάνουν αυτές που παράγονται κατά την παραγωγή ενέργειας και καυσίμων, την κατασκευή των οχημάτων και των δρόμων, καθώς και τη συντήρηση του δικτύου. Σύμφωνα με το πρότυπο EN 16258 αναφέρεται σε δύο κατηγορίες εκπομπών σύμφωνα με τον παραπάνω διαχωρισμό:

- **Well-to-tank:** γίνεται η καταγραφή της κατανάλωσης ενέργειας και όλων των έμμεσων εκπομπών από την εξόρυξη, την παραγωγή και την μεταφορά των καυσίμων έως ότου φτάσουν στις δεξαμενές των οχημάτων. Επίσης, περιλαμβάνει τις απώλειες κατά την παραγωγή πηγών ενέργειας, όπως για παράδειγμα στις γραμμές υψηλής τάσης.
- **Tank-to- wheels:** πραγματοποιείται η καταγραφή όλων των άμεσων εκπομπών από τη λειτουργία του οχήματος. Η κατανάλωση εδώ αναφέρεται ως τελική κατανάλωση ενέργειας.
- **Well-to-wheels:** αποτελεί το άθροισμα των άμεσων και έμμεσων εκπομπών, ή αλλιώς των Well-to-tank και Tank-to- wheels. Η κατανάλωση εδώ αναφέρεται ως κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας η οποία, εκτός της τελικής κατανάλωσης ενέργειας, περιλαμβάνει και όλες τις απώλειες στα ανάντη της αλυσίδας.

4.2.2 Προσδιορισμός δυνατότητας φόρτωσης

Στο εργαλείο EconTransIT, η δυνατότητα φόρτωσης αποτυπώνεται ως μία συνδεδεμένη με τη μάζα παράμετρος.

Δυνατότητα φόρτωσης (σε τόνους) = μέγιστη επιτρεπτή μάζα φορτίου

Για τα πλοία, η δυνατότητα φόρτωσης προσδιορίζεται σε μονάδες TEU

Δυνατότητα σε TEU = μέγιστος αριθμός επιτρεπόμενων κοντέινερ σε TEU

όπου TEU = twenty-foot equivalent units.

Το 1 TEU ισοδυναμεί με ένα εμπορευματοκιβώτιο 20 ποδών κατά το σύστημα ISO. Συνήθως, κάθε εμπορευματοκιβώτιο είναι έτσι κατασκευασμένο ώστε να ισοδυναμεί ή να διαιρείται επακριβώς με τα 20 πόδια, για παράδειγμα ένα εμπορευματοκιβώτιο 40 ποδών, ισοδυναμεί με 2 TEU. Δεν αποκλείεται όμως στις εμπορευματικές μεταφορές να χρησιμοποιούνται και εμπορευματοκιβώτια 45, 48 και 53 ποδών. Ο ακόλουθος πίνακας καταδεικνύει τις βασικές διαστάσεις των εμπορευματοκιβωτίων 20 και 40 ποδών, κατά ISO.

| | L*W*H [m] | Χωρητικότητα (m ³) | Απόβαρο | Δυνατότητα φόρτωσης | Συνολικό βάρος |
|-------------|------------------|-----------------------------------|----------|------------------------|-------------------|
| 20' = 1 TEU | 6.058*2.438*2.59 | 33.2 | 2,250 kg | 21,750 kg | 24,000 kg |
| 40' = 2 TEU | 12.192*2.438*2.5 | 67.7 | 3,780 kg | 26,700 kg | 30,480 kg |

Πίνακας 4: Βασικές διαστάσεις εμπορευματοκιβωτίων 20 και 40 ποδών κατά ISO.[23]

Οι παράγοντες προσδιορισμού της δυνατότητας φόρτωσης είναι διαφορετικοί για κάθε τύπο μέσου μεταφοράς. Ο ακόλουθος πίνακας, δείχνει για διαφορετικό τύπο μέσου μεταφοράς, τα μεγέθη στις περιπτώσεις μηδενικού βάρους φορτίου, τη δυνατότητα φόρτωσης και τη δυνατότητα σε μονάδες TEU, ανά μέσο μεταφοράς {23}.

4.3 Μεθοδολογία μέσων μεταφοράς

4.3.1 Υπολογισμός των οδικών εκπομπών.

Το EcoTransIT World συμπεριλαμβάνει όλους τους δρόμους στον κόσμο που χρησιμοποιούνται για τις εμπορευματικές μεταφορές. Σε γενικές γραμμές, όλες οι μεταφορές δρομολογούνται μέσω αυτοκινητοδρόμου, εάν υπάρχει, και φορτηγού 40 τόνων με μέσο συντελεστή φορτίου και πρότυπο εκπομπών (Ευρωπαϊκή κατηγορία).

Όμως, όσον αφορά τους μικρότερους δρόμους υπάρχουν παράγοντες αντίστασης, πράγμα που σημαίνει ότι σε κάποιο βαθμό μια παράκαμψη μέσω της εθνικής οδού γίνεται αποδεκτή για να επιτρέψει την ταχύτερη δυνατή μεταφορά (Πίνακας 5).

| Κατηγορία Δρόμου | Αντίσταση |
|---|-----------|
| Εθνική Οδός/ Αυτοκινητόδρομος (Κατηγορία 0) | 1.0 |
| Μεγάλη Επαρχιακή Οδός (Κατηγορία 1) | 1.3 |
| Μικρή Επαρχιακή Οδός (Κατηγορία 2) | 1.5 |
| Μεγάλος αστικός δρόμος (Κατηγορία 3) | 1.67 |
| Αστικός Δρόμος (Κατηγορία 4) | 2.5 |
| Μικρός αστικός Δρόμος (Κατηγορίες 5,6,7) | 3.33 |

Πίνακας 5: Παράγοντες οδικής αντίστασης. {23}

Παραδείγματος χάρι, η δρομολόγηση μέσω αστικής οδού (Κατηγορία 4) εφαρμόζεται μόνο εάν η παράκαμψη μέσω κλειστού αυτοκινητόδρομου είναι μεγαλύτερη από 2,5 φορές την απόσταση αυτής της μεταφοράς.

4.3.1.1 Παράγοντες εκπομπών

Για τον υπολογισμό των εκπομπών των οδικών μεταφορών, οι παράμετροι που καθορίζονται στον πίνακα 6.

| | Παράμετροι συγκεκριμένης χώρας / περιοχής | Ειδικές παράμετροι φορτηγών |
|--------|---|--|
| Δρόμος | Προδιαγραφές καυσίμου: - Περιεκτικότητα σε θείο - Μοίρασμα στα βιοκαύσιμα Ρύθμιση εκπομπών Τοπογραφία Διαθέσιμα οχήματα Προεπιλεγμένα οχήματα για μεγάλες αποστάσεις / τροφοδότες | Τύποι φορτηγών: - Τελική κατανάλωση ενέργειας - Παράγοντες εκπομπών (TTW): NO _x , NMVOC, PM |

Πίνακας 6. Παράμετροι για τον υπολογισμό των οδικών εκπομπών. {23}

Τα ισχύοντα μεγέθη και βάρη φορτηγών (βάρος οχήματος συν το μέγιστο ωφέλιμο φορτίο και συνολικό βάρος) απαριθμούνται στον πίνακα 7.

| όχημα/ σκάφος | Τύπος οχήματος/ σκάφους | Άδειο βάρος [τόνοι] | Χωρητικότητα ωφέλιμου φορτίου [τόνοι] | Ικανότητα TEU ⁱ | Μέγιστο συνολικό βάρος [τόνοι] |
|------------------|-------------------------------|---------------------------|--|-------------------------------|---|
| φορτηγό | ≤7.5 τόνοι | 4 | 1.5 | - | 7.5 |
| | >7.5-12 τόνοι | 6 | 6 | - | 12 |
| | >-12-20 τόνοι | 9 | 11 | - | 20 |
| | >20-26 τόνοι | 9 | 17 | 1 | 26 |
| | >26-40 τόνοι | 14 | 26 | 2 | 40 |
| | >40-60 τόνοι | 19 | 41 | 2 | 60 |

Πίνακας 7: Μεγέθη και βάρη φορτηγών. {23}}

4.3.1.2 Αξιοποίηση της παραγωγικής ικανότητας

Στη χρήση της παραγωγικής ικανότητας συνδυάζεται ο συντελεστής φορτίου με τον κενό παράγοντα ταξιδιού. Ο συντελεστής φορτίου προκύπτει από το μετρικό φορτίο που έχει σχέση με τη συνολική χωρητικότητα φορτίου του αντίστοιχου οχήματος. Ο άδειος παράγοντας ταξιδιού περιγράφει την πρόσθετη απόσταση για άδειες διαδρομές που σχετίζονται με την απόσταση μεταφοράς μεταξύ δύο κόμβων.

Παράδειγμα: Ένα φορτηγό 26-40 τόνων γεμάτο από 15,6 τόνους φορτίου έχει συντελεστή φορτίου $15,6 \text{ t} / 26 \text{ t} = 60\%$. Ο άδειος παράγοντας ταξιδιού είναι 20%. Οπότε η αξιοποίηση της παραγωγικής ικανότητας είναι $60\% / (100\% + 20\%) = 50\%$.

| | Συντελεστής φορτίου (LF _{NC}) | Κενός παράγοντας ταξιδιού | Αξιοποίηση χωρητικότητας (CU _{NC}) |
|-------------|--|------------------------------|--|
| Κύριο μέρος | 100% | 60% | 63% |
| Μέση τιμή | 60% | 20% | 50% |
| Όγκος | 30% | 10% | 27% |

Πίνακας 8: Παράγοντες φορτίου, άδειοι παράγοντες απογείωσης και χρησιμοποίηση της χωρητικότητας για φορτηγά. {23}

4.3.2 Υπολογισμός εκπομπών σιδηροδρόμων

Το EcoTransIT World περιλαμβάνει όλες τις σιδηροδρομικές γραμμές στον κόσμο με τις οποίες μεταφέρεται φορτίο.

Οι σιδηρόδρομοι έχουν τα χαρακτηριστικά ηλεκτροκίνητης ή πετρελαιοκίνητης γραμμής και ειδικό εμπορευματικό διάδρομο. Αν επιλεγεί ηλεκτροκίνητη αμαξοστοιχία, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και ντίζελ, αλλά έχουν μεγαλύτερη αντίσταση από τις ηλεκτροφόρες γραμμές. Αυτό είναι απαραίτητο εάν δεν υπάρχει διαθέσιμη ηλεκτρική γραμμή ή για την αποφυγή πιθανών σφαλμάτων δεδομένων σχετικά με την ηλεκτροδότηση του σιδηροδρομικού δικτύου. Ο διάδρομος εμπορευματικών χαρακτηριστικών χρησιμοποιείται ως σιδηροδρομική εθνική οδός. Κατά προτίμηση χρησιμοποιούνται, συνήθως, γραμμές με αυτό το χαρακτηριστικό.

| Χαρακτηριστικό | Αντίσταση |
|--|-----------|
| Διάδρομος εμπορευματικών μεταφορών | 1.0 |
| Μη εμπορευματικός διάδρομος | 1.8 |
| Υπολογισμός ηλεκτροκίνησης φορτηγών diesel | 4.0 |

Πίνακας 9: Παράγοντες σιδηροδρομικής αντίστασης. {23}

4.3.2.1 Παράγοντες εκπομπών

Οι παράμετροι που επηρεάζουν τον υπολογισμό των εκπομπών σιδηροδρομικών μεταφορών παρατίθενται στον πίνακα 10.

| | Παράμετρος ανά χώρα / περιοχή | Ειδικές παράμετροι για τις σιδηροτροχιές |
|----------------------|---|---|
| ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ | <p>Προδιαγραφές καυσίμου:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Περιεκτικότητα σε θείο - Μοίρασμα στα βιοκαύσιμα <p>Παράγοντες ενέργειας και εκπομπών των διαδικασιών (καύσιμα και ηλεκτρική ενέργεια)</p> <p>Τοπογραφία</p> <p>Διαθέσιμοι τύποι τρένων</p> <p>Προεπιλεγμένα οχήματα για μεγάλες αποστάσεις / τροφοδότες</p> | <p>Τύπος αμαξοστοιχίας, βάρος και φορέας ενέργειας:</p> <p>Τελική κατανάλωση ενέργειας (λειτουργίες)</p> <p>Παράγοντες εκπομπής για την έλξη ντίζελ (TTW): NOx, NMVOC, PM</p> |

Πίνακας 10: Παράμετροι για τον υπολογισμό των εκπομπών των σιδηροδρόμων. {23}

Στο EcoTransIT World χρησιμοποιούνται διάφορες λειτουργίες για τον υπολογισμό της τελικής κατανάλωσης ενέργειας των αμαξοστοιχιών. Διατίθενται διαφορετικοί τύποι τρένων. Οι προεπιλεγμένες τιμές για τα μεγέθη και τα βάρη των αμαξοστοιχιών (βάρος συρμού συν το μέγιστο ωφέλιμο φορτίο και το συνολικό βάρος) απαριθμούνται στον πίνακα 11.

| Τύπος τραίνου | Μεικτό Βάρος τραίνου σε τόνους | Βάρος κενού βαγονιού | Χωρητικότητα ωφέλιμου φορτίου ανά βαγόνι | Ικανότητα TEU (ανά βαγόνι) | Μέγιστο συνολικό βάρος βαγονιού |
|-------------------------|--------------------------------|----------------------|--|----------------------------|---------------------------------|
| Γενικό φορτίο | | | | | |
| Τυπικό | 1000t | 23t | 61t | - | 84t |
| Ειδικό φορτίο | | | | | |
| Αυτοκίνητα | 700t | 28t | 21t (10 αυτοκίνητα) | - | 59t |
| Χημικά | 1200t | 24t | 55t | - | 79t |
| Κιβώτια | 100t | 21t | 65t | 2,6 TEU | 86t |
| Άνθρακας και χάλυβας | 1700t | 26t | 65t | - | 91t |
| Οικοδομικά υλικά | 1200t | 22t | 54t | - | 76t |
| Κατασκευασμένα προϊόντα | 1200t | 23t | 54t | - | 77t |
| Σιτηρά | 1300t | 20t | 63t | - | 83t |

Πίνακας 11: Προεπιλεγμένες τιμές για μεγέθη και βάρη αμαξοστοιχίας. {23}

4.3.2.2 Αξιοποίηση χωρητικότητας

Στη χρήση της παραγωγικής ικανότητας συνδυάζεται ο συντελεστής φορτίου με τον κενό παράγοντα ταξιδιού. Ο συντελεστής φορτίου προκύπτει από το μετρικό φορτίο που έχει σχέση με τη συνολική χωρητικότητα φορτίου στο αντίστοιχο όχημα. Ο άδειος παράγοντας ταξιδιού περιγράφει την πρόσθετη απόσταση για άδειες διαδρομές που σχετίζονται με την απόσταση μεταφοράς μεταξύ δύο κόμβων.

Για συγκεκριμένο τύπο φορτίου και συναφείς τύπους αμαξοστοιχίας, οι προεπιλεγμένες τιμές για τη χρησιμοποίηση της παραγωγικής ικανότητας παρατίθενται στον πίνακα 12. Ο συντελεστής φόρτωσης και ο κενός συντελεστής απόκλισης μπορούν να αλλάξουν στην εκτεταμένη λειτουργία.

| Τύπος τραίνου | Συντελεστής φορτίου | Κενός παράγοντας ταξιδιού | Αξιοποίηση χωρητικότητας |
|-------------------------|---------------------|---------------------------|--------------------------|
| Γενικό φορτίο | | | |
| Κύριο Μέρος | 100% | 80% | 56% |
| Μέση Τιμή | 60% | 50% | 40% |
| όγκος | 30% | 20% | 25% |
| Ειδικό Φορτίο | | | |
| Αυτοκίνητα | 85% | 50% | 57% |
| Χημικά | 100% | 100% | 50% |
| Κιβώτια | 50% | 20% | 41% |
| Άνθρακας και χάλυβας | 100% | 100% | 50% |
| Οικοδομικά υλικά | 100% | 100% | 50% |
| Κατασκευασμένα προϊόντα | 75% | 60% | 47% |
| Σιτηρά | 100% | 60% | 63% |

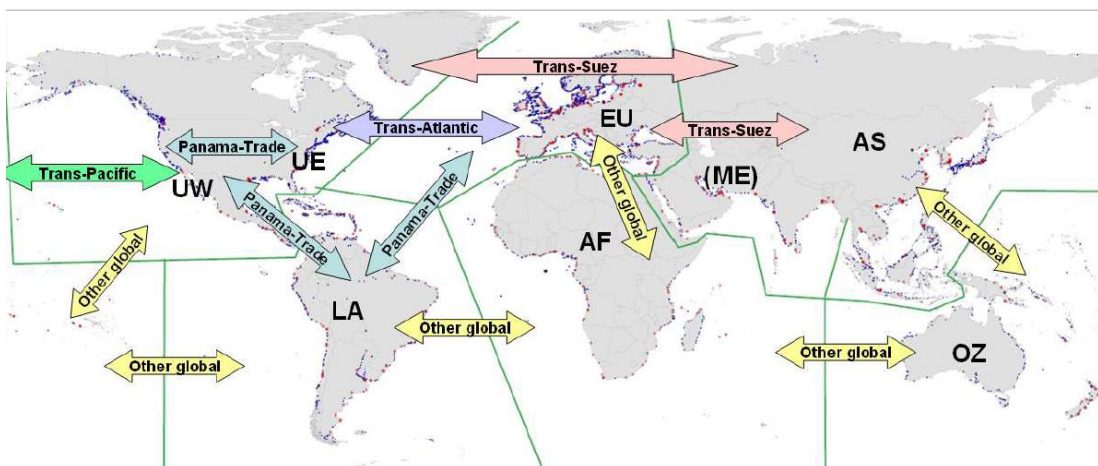
Πίνακας 12: Παράγοντες φορτίου και άδειοι παράγοντες ταξιδιού .{23}

4.3.3 Υπολογισμός εκπομπών θαλάσσιων πλοίων

Το EcoTransIT World υπολογίζει τις άμεσα τις σχέσεις από λιμάνι σε λιμάνι σε πραγματικές θαλάσσιες διαδρομές. Καθώς οι περισσότερες από αυτές τις σχέσεις δεν υπάρχουν στην πραγματικότητα επειδή οι πλοιοκτήτες εφαρμόζουν χρονοδιαγράμματα με περισσότερες κλήσεις σε λιμένες, η ομάδα εργασίας Clean Cargo, στην οποία εκπροσωπείται περίπου το 80% των φορέων εκμετάλλευσης πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, αποφάσισε το 2014 να προσθέσει διόρθωση απόστασης με συντελεστή 15% σε κάθε σύνδεση από λιμάνι σε λιμάνι.

Η EcoTransIT World δεν εφαρμόζει αυτόν τον παράγοντα στην ηλεκτρονική της έκδοση, αλλά την ενσωματώνει στην επιχειρησιακή λύση.

Οι βασικές λωρίδες εμπορίου που παρουσιάζονται στην εικόνα 6 εξετάζονται και συγκεντρώνονται αναφορικά με τις μέσες λειτουργίες μεγέθους πλοίου.



Εικόνα 6: Επιμερισμός των ωκεανών βάσει του εργαλείου EcoTransIT και οι μεγαλύτερες εμπορευματικές διαδρομές. {23}

4.3.3.1 Συντελεστές εκπομπών

Οι συντελεστές εκπομπών που χρησιμοποιούνται για τις θαλάσσιες μεταφορές βασίζονται σε μια προσέγγιση στην οποία οι εκπομπές διαμορφώνονται για μεμονωμένα σκάφη πολλαπλασιάζοντας τη δραστηριότητα (ημέρες στη θάλασσα σε δεδομένη ταχύτητα / ημέρες στο λιμένα) με την εκτίμηση κινητήρα και τον συντελεστή φορτίου (ο τελευταίος εξαρτάται από την ταχύτητα) και τη συναφή κατανάλωση καυσίμου και τους συντελεστές εκπομπών. Οι περισσότερες από αυτές τις εισροές βασίζονται στην τρίτη μελέτη αερίων θερμοκηπίου του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (ΔΝΟ/ IMO) από το 2015.

Από τις μεμονωμένες εκπομπές σκαφών, οι σταθμισμένοι μέσοι όροι βάρους υπολογίστηκαν για να ληφθούν οι τιμές παραμέτρων που απαιτούνται για κάθε λειτουργία εισαγωγής EcoTransIT:

Για τον τυπικό τρόπο εισαγωγής, ο χρήστης επιλέγει μόνο τον αρχικό και τελικό προορισμό και τον τύπο και την ποσότητα των αγαθών: προκαθορισμένες τιμές ανά λωρίδα εμπορικών συναλλαγών (μέσο μέγεθος πλοίου, την προκαθορισμένη ταχύτητα και τους συναφείς συντελεστές εκπομπών. (Βλ. Πίνακα 13).

Για την εκτεταμένη λειτουργία εισαγωγής, ο χρήστης επιλέγει επιπροσθέτως την κλάση και τον τύπο του πλοίου (βλ επίσης πίνακα 13): τιμές ανά κλάση και τύπο πλοίου.

Στην εκτεταμένη λειτουργία εισαγωγής, ο χρήστης μπορεί επίσης να επιλέξει την επιθυμητή μείωση της ταχύτητας και τον συντελεστή χρήσης του φορτίου καθώς επίσης οι συντελεστές εκπομπών τροποποιούνται ανάλογα.

Επιπλέον, οι επονομαζόμενοι χώροι ελέγχου εκπομπών (ECA) και κανονισμοί ή κίνητρα σε ορισμένους λιμένες καθορίζουν την επιλογή μεταξύ του πετρελαίου βαρύ καυσίμου (HFO) και του πετρελαίου ντίζελ πλοίων (MDO). Το MDO έχει χαμηλότερη περιεκτικότητα σε θείο και οδηγεί σε διαφορετικούς παράγοντες εκπομπών.

Οι εκπομπές θαλάσσιων σκαφών υπολογίζονται κατά μέσο όρο σε ολόκληρο το ταξίδι επιστροφής, λαμβάνοντας υπόψη την αξιοποίηση του φορτίου (συμπεριλαμβανομένων των κενών διαδρομών) και τις ημέρες εντός λιμένων. Όλες οι εκπομπές κατανέμονται στο μεταφερόμενο φορτίο.

| | Χωρικές παράμετροι για συγκεκριμένη περιοχή | Ειδικές παράμετροι του σκάφους |
|----------------|--|--|
| Θαλάσσιο Πλοίο | <p>Η προέλευση και ο προορισμός καθορίζουν τη διαδρομή και ως εκ τούτου:</p> <p>Η απόσταση εντός / εκτός της περιοχής ελέγχου εκπομπών (ECA) καθορίζει τον τύπο καυσίμου (HFO / MDO) και αντίστοιχο σύνολο παραγόντων εκπομπών στη θάλασσα</p> <p>Το λιμάνι προέλευσης /προορισμού (εντός ECA, ή υπόκειται σε άλλες ρύθμιση / κίνητρο) καθορίζει τον τύπο καυσίμου (HFO / MDO) και αντίστοιχο σύνολο των συντελεστών εκπομπής στο λιμάνι</p> <p>Στην Τυπική Λειτουργία: Η επιλογή της λωρίδας εμπορίου καθορίζει τους συντελεστές εκπομπών στη θάλασσα (με βάση την κατανομή των μεγεθών των πλοίων στην αντίστοιχη εμπορική λωρίδα)</p> | <p>Στην Εκτεταμένη Λειτουργία: ο επιλεγμένος τύπος δοχείου (υγρός / ξηρός όγκος, εμπορευματοκιβώτιο, γενικό φορτίο, RoRo) και η κατηγορία μεγέθους, καθορίζει τους συντελεστές εκπομπών στη θάλασσα</p> <p>Επιλογή ρύθμισης ταχύτητας</p> <p>Επιλογή προσαρμογής του ποσοστού χρησιμοποίησης φορτίου</p> |

Πίνακας 13: Παράμετροι για τον υπολογισμό των εκπομπών θαλάσσιων πλοίων.{23}

4.3.3.2 Αξιοποίηση της χωρητικότητας

Για όλους τους τύπους και τα μεγέθη των πλοίων, εφαρμόζεται μια προκαθορισμένη μέση χρησιμοποίηση της παραγωγικής ικανότητας στην Τυπική λειτουργία εισαγωγής. Για τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, μια μέση χρησιμοποίηση της παραγωγικής ικανότητας 70% σε όλες τις λωρίδες εμπορίου έχει συμφωνηθεί από την ομάδα εργασίας Clean Cargo. Οι τιμές για όλους τους τύπους πλοίων και τις κατηγορίες μεγεθών συνοψίζονται στον πίνακα 14.

Για τη μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων, εφαρμόζεται ένα βάρος 10 τόνων ανά TEU, το οποίο συμφωνήθηκε επίσης από την Ομάδα Εργασίας Clean Cargo. Εάν ο χρήστης αλλάξει το βάρος ανά TEU στην εφαρμογή, στην πραγματικότητα η ίδια ποσότητα εκπομπών και κατανάλωσης ενέργειας ανά TEU σχετίζεται με την μικρότερη ή μεγαλύτερη ποσότητα βάρους (τόνους ανά TEU) που υποδεικνύεται

| Εισαγωγή | Τύπος φορτίου | Ακτογραμμή και Μέγεθος Πλοίου | Χωριτικότητα | Πληρότητα |
|------------|---------------|-------------------------------|-----------------------|-----------|
| Τυπική | φορτίο | Suez trade | Aframax / Suezmax | 55% |
| | | Transatlantic trade | Handymax / Panamax | 54% |
| | | Transpacific trade | Handymax - Suezmax | 54% |
| | | Panama trade | Handymax / Panamax | 54% |
| | | Other global trade | Handysize - Aframax | 52% |
| | | Intra-continental | Feeder - Handymax | 53% |
| | | Great lakes | < 30,000 DWT | 58% |
| | Container | Suez trade | > 4,700 TEU | 70% |
| | | Transatlantic trade | 2,000 – 4,700 TEU | 70% |
| | | Transpacific trade | > 1,000 TEU | 70% |
| | | Panama trade | 2,000 – 4,700 TEU | 70% |
| | | Other global trade | 1,000 – 3,500 TEU | 70% |
| | | Intra-continental | 500 – 2,000 TEU | 70% |
| | | Intra-continental | 500 – 2,000 TEU | 70% |
| Εκτεταμένη | Γενικό φορτίο | Coastal | < 5,000 DWT | 60% |
| | φορτίο | Feeder | 5,000 – 15,000 DWT | 56% |
| | | Handysize | 15,000 – 35,000 DWT | 55% |
| | Ξηρά φορτία | Handymax | 35,000 – 60,000 DWT | 52% |
| | | Panamax | 60,000 – 80,000 DWT | 52% |
| | | Aframax | 80,000 – 120,000 DWT | 53% |
| | | Suezmax | 120,000 – 200,000 DWT | 56% |
| | Υγρά φορτία | Feeder | 5,000 – 15,000 DWT | 62% |
| | | Handysize | 15,000 – 35,000 DWT | 59% |
| | | Handymax | 35,000 – 60,000 DWT | 62% |
| | | Panamax | 60,000 – 80,000 DWT | 64% |
| | | Aframax | 80,000 – 120,000 DWT | 58% |
| | | Suezmax | 120,000 – 200,000 DWT | 57% |
| | | VLCC (+) | > 200,000 DWT | 50% |
| | Container | Feeder | <1,000 TEU | 70% |
| | | like Handysize | 1,000 – 2,000 TEU | 70% |
| | | EU SECA like | 1,000 – 2,000 TEU | 70% |
| | | like Handymax | 2,000 – 3,500 TEU | 70% |
| | | like Panamax | 3,500 – 4,700 TEU | 70% |
| | | like Aframax | 4,700 – 7,000 TEU | 70% |
| | | like Suezmax | 7,000 – 14,500 TEU | 70% |
| | | ULCV | >14,500 TEU | 70% |
| | | Global average | (all sizes) | 70% |

Πίνακας 14 :Μέγεθος πλοίων / εμπορικές λωρίδες και προκαθορισμένη χρήση φορτίου από τον τρόπο εισαγωγής και τον τύπο φορτίου για τον υπολογισμό των εκπομπών των θαλάσσιων μεταφορών.{23}

4.3.4. Υπολογισμός εκπομπών στον αέρα

Το EcoTransIT υπολογίζει τις αποστάσεις μεταξύ αερολιμένων και αεροδρομίων με βάση την απόσταση μεγάλου κύκλου (GCD) χρησιμοποιώντας τις γεωγραφικές συντεταγμένες των αεροδρομίων και προσθέτοντας ένα συμπλήρωμα 95 km για απογείωση και προσγείωση, όπως προβλέπεται στο EN 16258.

Για τα επιλεγμένα ζεύγη αεροδρομίων πραγματοποιείται επικύρωση κατά πόσον τα επιλεγμένα αεροδρόμια είναι κατάλληλα για την πτήση. Για το σκοπό αυτό, όλοι οι αερολιμένες κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τη μέγιστη εμβέλειά τους (Πίνακας 15).

| Μέγεθος Αερολιμένα | Επιφάνεια |
|--------------------|-------------------------------------|
| Μεγάλο Μέγεθος | Πάνω από 5000 km |
| Μεσαίο Μέγεθος | Πάνω από 5000 km (αλλά όχι απότομα) |
| Μικρό Μέγεθος | μέγιστο 5000 km |
| Πολύ Μικρό Μέγεθος | Μέγιστο 2500 km |

Πίνακας 15: Κατηγορίες μεγέθους αεροδρομίου και σχετικές επιφάνειες. {23}

Μετά την επιλογή των αεροδρομίων, το EcoTransIT υπολογίζει το GCD μεταξύ των δύο αεροδρομίων. Εάν το πλησιέστερο αεροδρόμιο επιτρέπει την απόσταση της πτήσης, θα επιλεγεί. Εάν υπερβεί το όριο, θα προταθεί το επόμενο μεγαλύτερο αεροδρόμιο και ούτω καθεξής.

4.3.4.1 Συντελεστές εκπομπών

Ο υπολογισμός των εκπομπών αεροπορικών μεταφορών επηρεάζεται από τις παραμέτρους που παρουσιάζονται στον πίνακα 16

| Παράμετροι για συγκεκριμένη περιοχή | Ειδικές παράμετροι του αεροσκάφους |
|---|--|
| Δεν ισχύουν παράμετροι για συγκεκριμένη περιοχή | Είδος αεροσκάφους: - Τελική κατανάλωση ενέργειας (TTW) - συντελεστές εκπομπών (TTWNOx, NMVOC, PM |

Πίνακας 16: Παράμετροι που επηρεάζουν τον υπολογισμό εκπομπών αεροπορικών μεταφορών. {23}

Οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και ατμοσφαιρικών ρύπων εξαρτώνται από τον τύπο του αεροσκάφους. Ο επιλεγμένος τύπος αεροσκάφους προσδιορίζει την χωρητικότητα, την ηλικία των στροβίλων και το εάν το φορτίο μεταφέρεται σε ειδικό

αεροσκάφος φορτηγών ή μαζί με επιβάτες . Το EcoTransIT περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα τύπων αεροσκαφών.

Για επιλεγμένους τύπους, τα χαρακτηριστικά (περιοχή σχεδιασμού, μέγιστο ωφέλιμο φορτίο, αριθμός καθίσματος) παρουσιάζονται στον πίνακα 17. Το προεπιλεγμένο αεροσκάφος που εφαρμόζεται στις διαφορετικές κατηγορίες αποστάσεων παρατίθεται στον Πίνακα 17.

| Τύπος | Διάρκεια Πτήσης | Τύπος Αεροσκάφους | ATA Κωδικός Αεροσκάφους | Εύρος σχεδίου (km) | Max. Φορτίο επί πληρωμή /ωφέλιμο φορτίο (t) | Τυπικά καθίσματα (αριθμός) |
|---------------|-----------------|-------------------|-------------------------|--------------------|---|----------------------------|
| Freighter | Μικρή Απόσταση | Boeing 737-300SF | 73Y | 3,030 | 19.7 | |
| Freighter | Μεσαία Απόσταση | Boeing 767-200F | 76X | 5,790 | 45.0 | |
| Freighter | Μεγάλη απόσταση | Boeing 747-400F | 74Y | 8,250 | 113.0 | |
| Belly Freight | Μικρή απόσταση | Embraer 190 | E90 | 3,330 | 1.4 | 98 |
| Belly Freight | Μεσαία Απόσταση | Airbus 320 | 320 | 5,700 | 2.4 | 150 |
| Belly Freight | Μεγάλη απόσταση | Boeing 747-400 | 744 | 13,450 | 16.8 | 416 |

Πίνακας 17:Χαρακτηριστικά Αεροσκαφών{23}

Η κατανάλωση καυσίμων για διαφορετικούς τύπους αεροσκαφών βασίζεται στα δεδομένα του "Εργαλείου μικρών εκπομπών" του EUROCONTROL, το οποίο συλλέγει στατιστικά στοιχεία για την κατανάλωση καυσίμου για ένα ευρύ φάσμα τύπων αεροσκαφών. Ο Πίνακας 18 παρουσιάζει μια επισκόπηση της κατανάλωσης καυσίμου ανά απόσταση που χρησιμοποιείται στο EcoTransIT για επιλεγμένους τύπους αεροσκαφών. Τα CO₂, ισοδύναμα CO₂ και SO_x προέρχονται άμεσα από την κατανάλωση καυσίμου, ενώ τα NO_x, NMHC και PM₁₀ βασίζονται στον οδηγό EMEP / EEA.

Εάν επιλεχθούν, λαμβάνονται υπόψη πρόσθετες κλιματικές επιπτώσεις των πτήσεων που εκτελούν αεροσκάφη σε μεγάλο υψόμετρο. Για τα εμπορεύματα που μεταφέρονται μαζί με τους επιβάτες χρησιμοποιούνται οι αρχές κατανομής σύμφωνα με το EN 16258. Αυτή η κατανομή βασίζεται στο βάρος των εμπορευμάτων και των επιβατών, αντίστοιχα, ενώ για τους επιβάτες θεωρείται το βάρος των 100 kg ανά επιβάτη.

| Απόσταση (km) | Αποκλειστικά για εμπορομεταφορές | | | Επιβατικά Αεροσκάφη | | |
|------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | Boeing 737-300SF (kg) | Boeing 767-200F (kg) | Boeing 747-400F (kg) | Embraer 190 (kg) | Airbus 320 (kg) | Boeing 747-400 (kg) |
| 232 | 1,593 | 2,252 | 4,995 | 1,372 | 1,677 | 4,995 |
| 463 | 2,286 | 3,510 | 7,692 | 1,942 | 2,378 | 7,692 |
| 926 | 3,671 | 6,028 | 13,086 | 3,083 | 3,780 | 13,086 |
| 1,389 | 5,057 | 8,545 | 18,481 | 4,223 | 5,181 | 18,481 |
| 1,852 | 6,443 | 11,062 | 23,875 | 5,364 | 6,583 | 23,875 |
| 2,778 | 9,215 | 16,096 | 34,663 | 7,645 | 9,386 | 34,663 |
| 3,704 | 11,987 | 21,131 | 45,451 | 9,926 | 12,189 | 45,451 |
| 4,630 | | 26,165 | 56,240 | | 14,993 | 56,240 |
| 5,556 | | 31,200 | 67,028 | | 17,796 | 67,028 |
| 6,482 | | 36,234 | 77,816 | | 20,599 | 77,816 |
| 7,408 | | | 88,604 | | | 88,604 |
| 8,334 | | | 99,393 | | | 99,393 |
| 9,260 | | | | | | 110,181 |
| 10,186 | | | | | | 120,969 |
| 11,112 | | | | | | 131,757 |
| 12,038 | | | | | | 142,546 |
| 12,964 | | | | | | 153,334 |
| 13,890 | | | | | | 164,122 |

Πίνακας 18: Κατανάλωση καυσίμου TTW επιλεγμένων αεροσκαφών φορτηγών και επιβατών ανάλογα με την απόσταση πτήσης. {23}

4.3.4.2 Αξιοποίηση της χωρητικότητας

Η χρησιμοποίηση της χωρητικότητας αναφέρεται στην αναλογία της μάζας των μεταφερόμενων εμπορευμάτων και της μέγιστης χωρητικότητας ωφέλιμου φορτίου ενός αεροσκάφους. Στην περίπτωση του EcoTransIT θεωρείται ότι μόνο φθαρτά και μεγάλης ποσότητας προϊόντα μεταφέρονται με αεροπορικές μεταφορές.

Ο Πίνακας 19 παρουσιάζει τους συντελεστές αξιοποίησης της παραγωγικής χωρητικότητας που χρησιμοποιούνται στο EcoTransIT ανά κλάση εξ αποστάσεως και για φορτία και επιβάτες (οι τελευταίοι χρησιμοποιούνται για την κατανομή της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών για τις μεταφορές.

| | Αποκλειστικά εμπορομεταφορές | για Επιβατικά Αεροσκάφη |
|--------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Μικρή απόσταση (up to 1,000 km) | 50% | 65% |
| Μεσαία απόσταση (1,001 – 3,700 km) | 70% | 70% |
| Μεγάλη απόσταση (more than 3,700 km) | 70% | 80% |

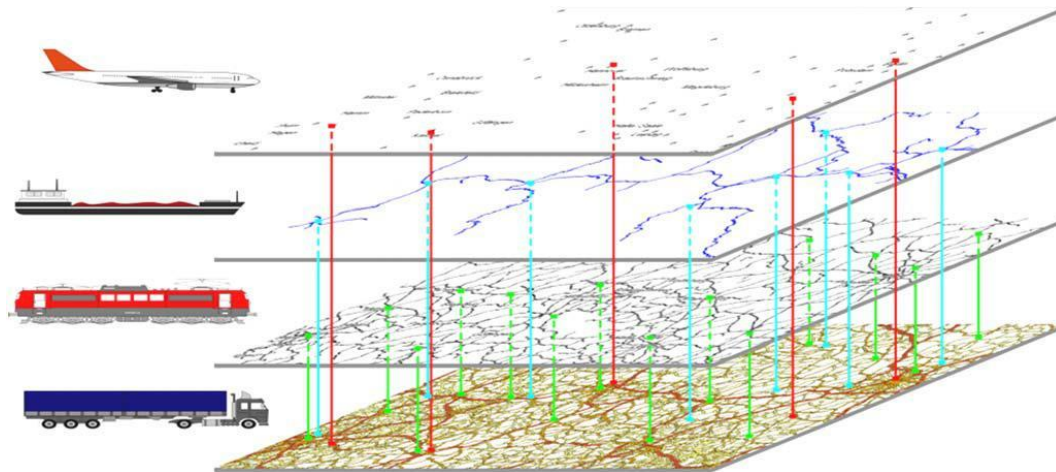
Πίνακας 19: Χρησιμοποίηση της χωρητικότητας των εμπορευματικών και επιβατικών αεροσκαφών. {23}

4.4 EcoTransIT – Επιλογή διαδρομών

Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης ενέργειας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, το εργαλείο EcoTransIT πρέπει να προσδιορίσει τη διαδρομή μεταξύ σημείου εκκίνησης και τελικού προορισμού για κάθε επιλεγμένο μέσο μεταφοράς. Ως εκ τούτου το εργαλείο υπολογισμού EcoTransIT χρησιμοποιεί μία τεράστια βάση γεωδοδεμένων, η οποία περιλαμβάνει στοιχεία όπως το οδικό, το σιδηροδρομικό, το αεροπορικό και το θαλάσσιο δίκτυο μεταφορών. Ανάλογα με το μέσο μεταφοράς και τα επιμέρους δεδομένα που έχουν τεθεί, το EcoTransIT υπολογίζει τη συντομότερη αλλά και την ταχύτερη διαδρομή. Για την ταχύτερη διαδρομή επιμερίζεται το δίκτυο σε διαφορετικά επίπεδα, στο παράδειγμα των οδικών μεταφορών σε δρόμους ταχείας κυκλοφορίας, απλούς δρόμους κοκ. Εάν για παράδειγμα στο δρομολόγιο περιλαμβάνεται η επιλογή χρήσης αυτοκινητόδρομου, το φορτηγό πιθανότατα θα τον χρησιμοποιήσει στη βάση της αρχής ότι «χρησιμοποιείται πάντα η διαδρομή με τη χαμηλότερη αντίσταση». Τεχνικά, ο αυτοκινητόδρομος έχει πολύ χαμηλότερη αντίσταση (συντελεστής 1,0) από ότι ένας απλός δρόμος. Μία διαδρομή σε αυτοκινητόδρομο πρέπει να είναι τουλάχιστον πέντε φορές μεγαλύτερη από τη διαδρομή σε απλό δρόμο, ώστε να μην επιλεγεί {23}.

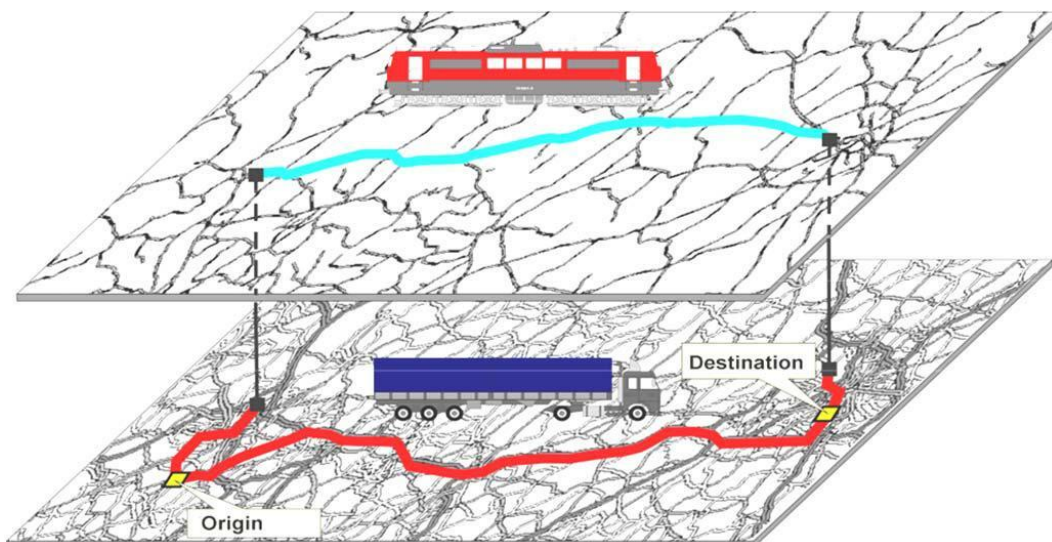
Για τη χάραξη της διαδρομής χρησιμοποιούνται διαφορετικά δίκτυα, το οδικό, το σιδηροδρομικό, το θαλάσσιο, οι αεροδιαδρομές. Ανάλογα με την επιλογή που έχει γίνει, το εργαλείο EcoTransIT, χαράσσει την αντίστοιχη διαδρομή.

Όλα τα δίκτυα συνδέονται με διαμετακομιστικές άκρες. Αυτές επιτρέπουν στον αλγόριθμο δρομολόγησης να μεταβάλλει ένα δίκτυο, εφόσον απαιτείται. Αυτό συμβαίνει εάν ο χρήστης επιθυμεί να χρησιμοποιήσει αεροσκάφος, αλλά επιλέγει ονόματα πόλεων ως σημείο εκκίνησης και προορισμού και όχι τα αντίστοιχα αεροδρόμια. Σε αυτήν την περίπτωση το EcoTransIT πρέπει να προσδιορίσει το κοντινότερο αεροδρόμιο στην πόλη που επιλέχθηκε και αυτόματα προσδιορίζει και το οδικό δρομολόγιο πρόσβασης στα αεροδρόμια αυτά. Η βασική διαδρομή, μεταξύ των δύο αεροδρομίων γίνεται μέσω αεροδιαδρόμου. Οι διαμετακομιστικοί κόμβοι επιτρέπουν τη μεταβολή από ένα δίκτυο σε άλλο.



Εικόνα 7: Κόμβοι διαφορετικών δικτύων μεταφοράς {23}

Εάν απαιτείται μεταβολή δικτύου, το EcoTransIT χρησιμοποιεί πάντα το κοντινότερο γεωγραφικά κόμβο, π.χ. σταθμός, αεροδρόμιο, λιμάνι. Αυτό μπορεί, ορισμένες φορές να δημιουργήσει μη ρεαλιστικές διαδρομές, διότι ο κοντινότερος κόμβος μπορεί να μην αποτελεί την καλύτερη επιλογή. Για παράδειγμα, πιθανόν το πλοίο να πρέπει να πλεύσει γύρω από ένα μεγάλο νησί για να έχει πρόσβαση στο λιμάνι. Για να αποφευχθεί αυτό, συστήνεται να επιλέγεται και ο διαμετακομιστικός κόμβος.



Εικόνα 8: Επιλογή διαδρομής οδικού και σιδηροδρομικού δικτύου από το σημείο αφετηρίας στον τελικό προορισμό. {23}

4.4.1. Λειτουργίες εφαρμογής

Αυτό το κεφάλαιο εισάγει τους 2 τρόπους εισαγωγής του front-end υπολογισμών ETW και τις υποκείμενες παραμέτρους. Επιπλέον, παρουσιάζονται συνοπτικά οι επιχειρηματικές λύσεις.

4.4.1.1 Τυπική λειτουργία εισαγωγής.

Στη λειτουργία τυπικής εισαγωγής, ο χρήστης χρειάζεται μόνο να εισάγει τους τόνους ή TEUs της αποστολής, κάνοντας κλικ στον κύριο τρόπο μεταφοράς και πληκτρολογώντας τα στοιχεία έναρξης και λήξης της αποστολής του (Εικόνα 9)

Εικόνα 9 :EcoTransIT World στη τυπική εισαγωγή{23}

Όπου Freight (ναύλος) Επιλογή της μονάδας (τόνους ή TEU) και του ποσού και Origin Επιλογή του τύπου του σημείου εκκίνησης. Επιλογή τρόπων μεταφοράς: Γίνεται κλικ σε διάφορες λειτουργίες, για σύγκριση διαφορετικών τρόπων λειτουργίας στο ίδιο ταξίδι.

Η προδιαγραφή σημείων έναρξης / λήξης αποφασίζει εάν η δρομολόγηση εφαρμόζεται σε έναν μόνο τρόπο μεταφοράς, δηλ. το επιλεγμένο, ή εάν προστίθενται τα σκέλη προ και επί του φορέα.

Εάν η αρχή και το τέλος ταιριάζει με τον τρόπο μεταφοράς - αερολιμένα για αεροπλάνο, λιμάνι για θαλάσσιο πλοίο, σιδηροδρομικό σταθμό για τρένο κ.λπ. - τότε δεν προστίθενται άλλα σκέλη. Σε περίπτωση μη αντιστοιχίας, το EcoTransIT προσθέτει μια παράδοση φορτηγού στο σημείο αναχώρησης και από τον αντίστοιχο κόμβο τρόπων έως το τελικό σημείο προορισμού.

Στην περίπτωση αυτή το ETW εφαρμόζει φορτηγό 40 τόνων με ειδικό συντελεστή εκπομπών και συντελεστή φορτίου ανά χώρα / περιοχή

4.4.1.2 Εκτεταμένη λειτουργία εισόδου

Για να γίνουν ορατές ποιες παράμετροι έχουν εφαρμοστεί, γίνεται μετάβαση στην "εκτεταμένη" είσοδο όπου όλες οι παράμετροι είναι ορατές (Εικόνα 10).

Εικόνα10: EcoTransIT World στην εκτεταμένη λειτουργία εισαγωγής. {23}

Βήμα 1: Λειτουργία εισαγωγής

Αρχικά πρέπει να επιλεγεί η κατάσταση εισόδου για τον πραγματικό υπολογισμό. Υπάρχουν δύο διαφορετικές λειτουργίες, μια τυπική λειτουργία και μια εκτεταμένη λειτουργία. Η τυπική λειτουργία επιτρέπει έναν "γρήγορο" υπολογισμό, ενώ ο εκτεταμένος τρόπος επιτρέπει μια ακριβέστερη προδιαγραφή της αλυσίδας μεταφοράς.

Βήμα 2: Ορισμός

Τα εμπορεύματα που πρόκειται να μεταφερθούν μπορούν να προσδιοριστούν, προσδιορίζοντας το βάρος ή τον αριθμό των εμπορευματοκιβωτίων και τον τύπο του φορτίου (χύδην, μέσος όρος εμπορευμάτων, ελαφρά εμπορεύματα).

Βήμα 3: Προέλευση

Καθορίζεται η προέλευση εισάγοντας το αντίστοιχο όνομα στο προβλεπόμενο πλαίσιο. Στη συνέχεια, ταξινομείται ο τύπος του τόπου προέλευσης και προορισμού επιλέγοντας μεταξύ της πόλης, του σιδηροδρομικού σταθμού, του λιμανιού και του αεροδρομίου. Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα εισαγωγής ενός ταχυδρομικού κώδικα ή επιλογή μέσω των Χαρτών Google. Είναι επίσης δυνατό να δηλωθεί εάν υπάρχει πλευρική διαδρομή ή / και λιμάνι στο σημείο προέλευσης ή προορισμού.

Βήμα 4: Μεταφορά

Αφού οριστεί η διαδρομή, πρέπει να προσδιοριστεί η αλυσίδα μεταφοράς. Διατίθενται διάφορα μέσα μεταφοράς: φορτηγό, τρένο, αεροπλάνο, θαλάσσιο πλοίο και πλοίο εσωτερικής ναυσιπλοΐας. Ο τρόπος εμπειρογνομόνων επιτρέπει τον προσδιορισμό των τεχνικών και επιχειρησιακών λεπτομερειών. Υπάρχει η επιλογή της τάξης εκπομπών για τις μεταφορές φορτηγών ή το βάρος της αμαξοστοιχίας για τις σιδηροδρομικές μεταφορές. Αυτός ο τρόπος λειτουργίας επιτρέπει επιπλέον την είσοδο σημείων διέλευσης, με ποιο τρόπο μπορεί να επηρεαστεί η οδός μεταφοράς ή τον τύπο μεταφοράς (για συνδυασμένες μεταφορές).

Βήμα 5: Προορισμός

Καθορίζεται ο προορισμός εισάγοντας το αντίστοιχο όνομα στο προβλεπόμενο πλαίσιο. Ο τόπος προέλευσης και προορισμού επιλέγεται μεταξύ της πόλης, του σιδηροδρομικού σταθμού, του λιμανιού και του αεροδρομίου. Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα εισαγωγής ενός ταχυδρομικού κώδικα ή επιλογή μέσω των Χαρτών Google. Είναι επίσης δυνατό να δηλωθεί εάν υπάρχει πλευρική διαδρομή ή / και λιμάνι στο σημείο προέλευσης ή προορισμού.

Μετά την εισαγωγή όλων των σχετικών παραγόντων, ο υπολογισμός γίνεται με κλικ στο κουμπί με την ένδειξη "Υπολογισμός" προκειμένου να ξεκινήσει.

5. Ανάλυση εφαρμογή σε διαδρομές της μεσογείου

5.1 Γενικά σημεία

Για την εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά στην ενεργειακή κατανάλωση και στην εκπομπή ρύπων, θα χρησιμοποιηθεί το υπολογιστικό εργαλείο EcoTransIT εξετάζοντας διαφορετικές διαδρομές. Αυτές που επιλέχθηκαν, ανήκουν σε συνήθεις διαδρομές μεταφοράς εμπορευμάτων που εκτελούνται σήμερα από τις εταιρίες logistics που διαχειρίζονται εμπορευματικές μεταφορές στην Μεσόγειο. Συγκεκριμένα:

1. Βαρκελώνη – Βουδαπέστη
2. Αθήνα - Αμβούργο
3. Μπάρι - Άμστερνταμ
4. Μασσαλία - Λίβερπουλ

5.2 Παράμετροι των σεναρίων διαδρομών

Στόχος των υπολογιζόμενων σεναρίων διαδρομών, είναι ο υπολογισμός της ενέργειας που καταναλώνεται, των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, καθώς των εκπομπών CO₂ και αερίων ρύπων. Αυτό επιτυγχάνεται λαμβάνοντας υπόψη το συνολικά ωφέλιμο φορτίο και την κατηγοριοποίησή του σε ελαφρύ, μεσαίου βάρους και βαρύ φορτίο. Έχοντας αυτή την πληροφόρηση καθώς και τα χαρακτηριστικά εμπορευματοκιβωτίων, υπολογίζεται ο ακριβής αριθμός των εμπορευματοκιβωτίων που θα χρησιμοποιηθούν στο σενάριο μεταφοράς. Με βάση αυτά τα στοιχεία και εισάγοντας τα δεδομένα της διαδρομής, όπως την απόσταση, υπολογίζονται η

ενεργειακή κατανάλωση και οι εκπομπές ρύπων. Τα φορτία που μεταφέρονται κατηγοριοποιούνται σε:

- Επικίνδυνα φορτία (εύφλεκτα υλικά, ραδιενεργά υλικά, οξειδωτικές ουσίες, των οποίων η μεταφορά απαιτεί ειδική μεταχείριση και προσοχή) και υγρά φορτία (παράγωγα διύλισης).

- τα υγρά χημικά φορτία, τα υγροποιημένα αέρια, το αργό πετρέλαιο και τα λοιπά υγρά),

- τα ξηρά φορτία (γενικά φορτία, τα χύδην, τα μοναδοποιημένα και τα φορτία ειδικής μεταχείρισης). Όσον αφορά στα είδη μοναδοποιημένων φορτίων που χρησιμοποιούνται, αυτά είναι τα εμπορευματοκιβώτια (containers), τα κινητά αμαξώματα, τα ημιρυμουλκούμενα και οι παλέτες.

Οι παράμετροι βάσει των οποίων έχουν γίνει οι υπολογισμοί, ανά μέσο μεταφοράς, είναι πραγματικές, συναντώνται σ' αυτές τις μεταφορές και είναι:

Οδικές: Φορτηγό χωρητικότητας 26-40 τόνων, με στάνταρντ εκπομπών Euro6, με φόρτωση περίπου 65% και στάσιμα χιλιόμετρα που διανύονται στο 20%. Όσον αφορά στη χωρητικότητα του φορτηγού, περιορίζεται από το μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος. Αυτό σημαίνει ότι η δυνατότητα φόρτωσης είναι η διαφορά ανάμεσα στο μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος και το βάρος του φορτηγού χωρίς φορτίο (συμπεριλαμβανομένου του εξοπλισμού, του βάρους των καυσίμων, του οδηγού κ.ο.κ.), κάτι που όμως θα εξεταστεί πιο κάτω, αποτελεί έναν παράγοντα περιορισμού της χρήσης του φορτηγού.

Σιδηροδρομικές: Θεωρείται ότι η μεταφορά πραγματοποιείται με ειδικά τρένα μεταφορών, βάρους 1.000 τόνων, με φόρτωση περίπου 65% και στάσιμα χιλιόμετρα περίπου 20%. Για το τρένο, ο περιοριστικός παράγοντας δυνατότητας φόρτωσης, είναι το επιτρεπόμενο βάρος άξονα της σιδηροδρομικής γραμμής. Για τις διεθνείς σιδηροδρομικές γραμμές, αυτό κυμαίνεται κατά τι μεγαλύτερο από 20 τόνους ανά τροχή

Θαλάσσιες μεταφορές: Μέσω θαλάσσης, το σύστημα προσδιορίζει αυτόματα τον τύπο του πλοίου, ανάλογα με το λιμάνι προορισμού.

Αεροπορικές μεταφορές: Το σύστημα προσδιορίζει αυτόματα τον τύπο του διαθέσιμου αεροπλάνου, ανάλογα με τον προορισμό.

Τέλος, για τις ανάγκες των εξεταζόμενων διαδρομών (σενάρια), ώστε να υπάρχει ενιαία αντιμετώπιση στον τρόπο ελέγχου και να μπορούν να εξαχθούν αντικειμενικά αποτελέσματα λαμβάνεται υπόψη η εξής θεώρηση:

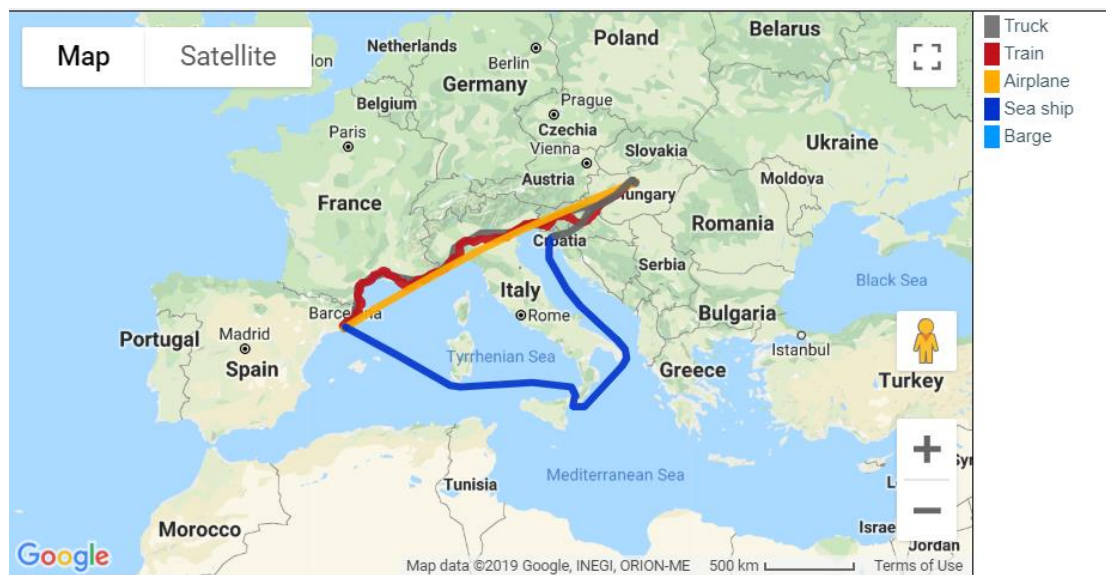
Μεταφορά 100container, με βαρύ φορτίο στο οποίο αναλογούν 14,5 τόνοι ανά TEU. Συνεπώς θεωρείται ότι το προς μεταφορά φορτίο είναι 1450 τόνους. Με αυτό τον τρόπο, γίνεται μια προσπάθεια εξισορρόπησης όλων των παραμέτρων, ώστε η σύγκριση να είναι σωστή και αποδοτική.

Για τις συγκεκριμένες δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν, η ανάλυση επικεντρώθηκε στην τιμή WTW για να αντληθούν συγκεντρωτικά αποτελέσματα της ενεργειακής κατανάλωσης και των εκπεμπόμενων ρύπων, καθώς το WTW εμπεριέχει όλο το αποτύπωμα της ενέργειας ή του ρύπου αντίστοιχα.

5.3 Σενάρια διαδρομών

5.3.1 Βαρκελώνη -Βουδαπέστη

Για την δεδομένη μεταφορά, θεωρείται το φορτίο όπως προαναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, ότι ξεκινά από την Βαρκελώνη και αρχικά οδικά, με φορτηγό μεταφέρεται στην Βουδαπέστη. Η μεταφορά αυτή πραγματοποιείται χωρίς ενδιάμεσες στάσεις. Εναλλακτικά, μετρήθηκαν και τα υπόλοιπα σενάρια, δηλαδή μεταφορά με τρένο, πλοίο (όπου εκεί συνδυαστικά, τις μεταφορές από και προς το πλοίο θα πραγματοποιήσει φορτηγό) και αεροπλάνο. Στα παρακάτω σχήματα, παρατηρεί κανείς τις μεταφορές στον χάρτη.



Εικόνα 11: Χάρτης διαδρομής Βαρκελώνης Βουδαπέστης{23}

Τα διανυθέντα χιλιόμετρα είναι:

| Διαδρομή | Χιλιόμετρα |
|-----------|------------|
| Φορτηγό | 1886.669 |
| Τρένο | 2095.402 |
| Πλοίο | 2975.346 |
| Αεροπλάνο | 1652.997 |

Πίνακας 20: Απόσταση σε χλμ.

Παρακάτω παρατίθενται οι τιμές που αντιστοιχούν στην ενεργειακή κατανάλωση από το κάθε μέσο: Οι τιμές είναι σε μεγατζαουλ:

| Συνδυασμός | Φορτηγό | Τρένο | Αεροπλάνο | Πλοίο |
|---------------------|---------|---------|------------|----------|
| Φορτηγό | 1720432 | 0 | 33624.297 | 457843.6 |
| Τρένο | 0 | 1040397 | 0 | 0 |
| Αεροπλάνο | 0 | 0 | 20415286 | 0 |
| Πλοίο | 0 | 0 | 0 | 455778.2 |
| Σύνολο | 1720432 | 1040397 | 20448910.3 | 913621.8 |
| Διατροφική μεταφορά | 0 | 0 | | |

Πίνακας 21: Βαρκελώνη –Βουδαπέστη ενεργειακή κατανάλωση

Οι τιμές που αντιστοιχούν στα διαμετακομιστικά κέντρα, αφορούν στην ενέργεια που καταναλώνει το κάθε μέσο στα διάφορα κέντρα/ σταθμούς μεταφόρτωσης.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, υπολογισμένες σαν ισοδύναμα CO₂, σε τόνους:

| Συνδυασμός | Φορτηγό | Τρένο | Αεροπλάνο | Πλοίο |
|---------------------|---------|-------|-----------|-------|
| Φορτηγό | 123 | 0 | 2 | 33 |
| Τρένο | 0 | 28 | 0 | 0 |
| Αεροπλάνο | 0 | | 1509 | 0 |
| Πλοίο | 0 | 0 | 0 | 35 |
| Σύνολο | 123 | 28 | 1511 | 68 |
| Διατροφική μεταφορά | 0 | 0 | 2 | 2 |

Πίνακας 22: Βαρκελώνη –Βουδαπέστη εκπομπές αερίων θερμοκηπίου “WelltoWheel

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και οι ατμοσφαιρικοί ρύποι, μετρημένοι σε κιλά (kg):

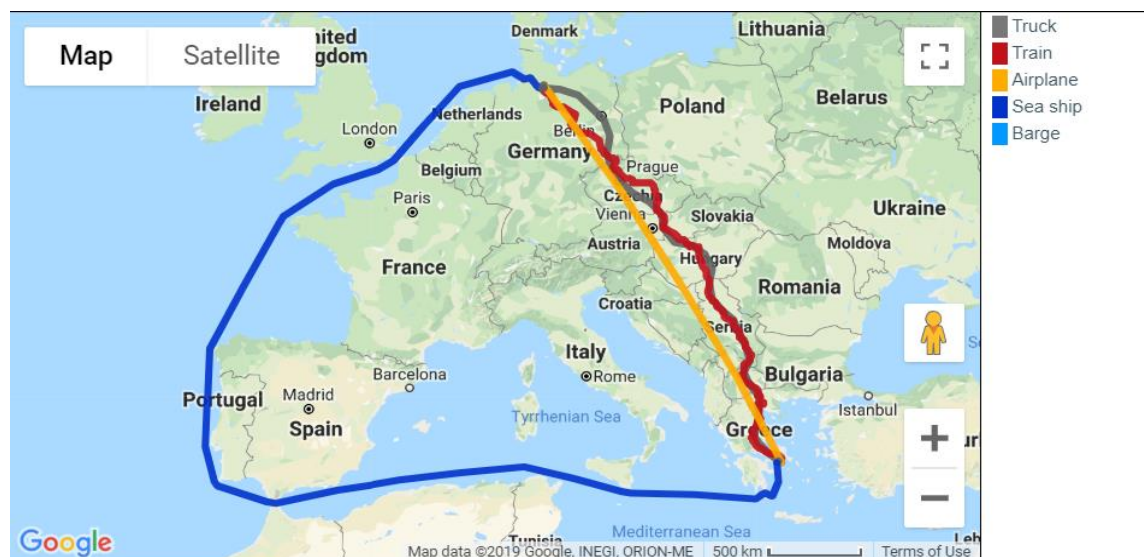
| | Φορτηγό | Τρένο | Πλοίο | Αεροπλάνο |
|--|---------|--------|----------|-----------|
| Διοξείδιο του Άνθρακα | 124 | 28 | 1512 | 67 |
| Διοξείδιο του Θείου (SO ₂) | 43.304 | 53.825 | 856.721 | 555.43 |
| Νιτρικά Οξείδια (NO _x) | 314.619 | 57.337 | 7193.665 | 717.073 |
| Υδρογονάνθρακες (NMHC) | 37.235 | 2.942 | 640.007 | 45.916 |
| Μικροσωματίδια (PM10) | 43.304 | 53.825 | 856.877 | 74.932 |

Πίνακας 23:Βαρκελώνη –Βουδαπέστη εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και οι ατμοσφαιρικοί ρύποι, μετρημένοι σε κιλά “WelltoWheel

Το πλήρες τεύχος με τα αποτελέσματα του σεναρίου επισυνάπτεται στα παραρτήματα της παρούσας εργασίας. Μια σύγκριση μεταξύ του υφιστάμενου τρόπου μεταφοράς με φορτηγό και των εναλλακτικών που εξετάστηκαν δίνει τα παρακάτω συμπεράσματα: Αυξανόμενα τα διανυθέντα χιλιόμετρα παρατηρεί κανείς ότι τα αποτελέσματα διατηρούν την τάση τους, τόσο στον τομέα της ενεργειακής κατανάλωσης, όσο και στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, διοξειδίου του άνθρακα και ατμοσφαιρικών ρύπων. Παρατηρείται μια αναλογική αυξομείωση των μεγεθών, ανάλογα με την συγκριτική διαφορά των αποστάσεων που διανύει το κάθε μέσο, αλλά και αν απαιτείται συνδυαστική μεταφορά ή όχι.

5.3.2 Αθήνα – Αμβούργο

Το σενάριο αυτό εξετάζει την διαδρομή Αθήνα – Αμβούργο στην Γερμανία.



Εικόνα 12: Χάρτες διαδρομής Αθήνα Αμβούργο ανά μέσο μεταφοράς [23]

Στο σενάριο μεταφοράς με τρένο, το φορτίο ξεκινά από Αθήνα και μέσω του Θριασίου εμπορευματικού κέντρου θα μεταφερθεί στον Δομοκό, όπου θα αλλάξει την κινητήρια diesel μηχανή και θα συνδεθεί με ηλεκτράμαξα, καθώς το υπόλοιπο τμήμα του δικτύου είναι υπό τάση (ηλεκτρισμένο). Το πλοίο θα διασχίσει την Μεσόγειο θάλασσα, το Ιβηρικό πέλαγος και διαμέσου των στενών του Γιβραλτάρ και εν συνεχεία τα στενά της Μάγχης και θα φτάσει στο λιμάνι του Αμβούργου. Τα διανυθέντα χιλιόμετρα είναι:

| Διαδρομή | Χιλιόμετρα |
|-----------|------------|
| Φορηγό | 2547.83 |
| Τρένο | 2678.845 |
| Πλοίο | 5843.28 |
| Αεροπλάνο | 2185.639 |

Πίνακας 24: Απόσταση σε χλμ.

Παρακάτω τίθενται οι τιμές που αντιστοιχούν στην ενεργειακή κατανάλωση από το κάθε μέσο. Οι τιμές είναι σε μεγατζαουλ:

| Συνδυασμός | Φορηγό | Τρένο | Αεροπλάνο | Πλοίο |
|---------------------|---------|---------|-----------|----------|
| Φορηγό | 4112910 | 0 | 57912.79 | 15225.47 |
| Τρένο | 0 | 1707244 | 0 | 0 |
| Αεροπλάνο | 0 | 0 | 36224232 | 0 |
| Πλοίο | 0 | 0 | 0 | 1124694 |
| Σύνολα | 4112910 | 1707244 | 36282145 | 1139919 |
| Διατροφική μεταφορά | 0 | 0 | 12399.08 | 12399.08 |

Πίνακας 25: Αθήνα Αμβούργο ενεργειακή κατανάλωση “WelltoWheel”

Παρακάτω παρουσιάζονται οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, υπολογισμένες σαν ισοδύναμα CO₂, σε τόνους:

| Συνδυασμός | Φορτηγό | Τρένο | Αεροπλάνο | Πλοίο |
|---------------------|---------|-------|-----------|-------|
| Φορτηγά | 294 | 0 | 4 | 1 |
| Τρένο | 0 | 95 | 0 | 0 |
| Αεροπλάνο | 0 | | 2678 | 0 |
| Πλοίο | 0 | 0 | 0 | 88 |
| Σύνολα | 294 | 95 | 2682 | 89 |
| Διατροφική μεταφορά | 0 | 0 | 0 | 0 |

Πίνακας 26: Αθήνα Αμβούργο εκπομπές αερίων θερμοκηπίου “WelltoWheel”

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και οι ατμοσφαιρικοί ρύποι, μετρημένοι σε κιλά (kg):

| | Φορτηγό | Τρένο | Πλοίο | Αεροπλάνο |
|--|---------|---------|----------|-----------|
| Διοξείδιο του Άνθρακα | 281.999 | 92.252 | 2660.614 | 86.45 |
| Διοξείδιο του Θείου (SO ₂) | 108.227 | 254.097 | 1520.544 | 1023.12 |
| Νιτρικά Οξείδια (NO _x) | 210.286 | 140.442 | 12161.63 | 1381.037 |
| Υδρογονάνθρακες (NMHC) | 86.155 | 7.786 | 1109.966 | 83.591 |
| Μικροσωματίδια (PM ₁₀) | 6.094 | 21434 | 230.227 | 139.347 |

Πίνακας 27: Αθήνα Αμβούργο εκπομπές αερίων “WelltoWheel”

Το πλήρες τεύχος με τα αποτελέσματα του σεναρίου επισυνάπτεται στο παράρτημα της παρούσας εργασίας.

5.3.3 Μπάρι- Άμστερνταμ

Το σενάριο αυτό εξετάζει την διαδρομή Μπάρι- Άμστερνταμ στην Ολλανδία.



Εικόνα 13: Χάρτες διαδρομής Μπάρι – Άμστερνταμ ανά μέσο μεταφοράς {23}

Στο σενάριο μεταφοράς το τρένο και το φορτηγό θα ακολουθήσουν παραπλήσια πορεία διασχίζοντας την Γερμανία και φτάνει στο Άμστερνταμ. Το πλοίο θα διασχίσει την Μεσόγειο θάλασσα, το Ιβηρικό πέλαγος και διαμέσου των στενών του Γιβραλτάρ και εν συνεχεία τα στενά της Μάγχης και θα φτάσει στο λιμάνι του Άμστερνταμ.

Τα διανυθέντα χιλιόμετρα είναι:

| Διαδρομή | Χιλιόμετρα |
|-----------|------------|
| Φορτηγό | 1,914.00 |
| Τρένο | 1,983.70 |
| Πλοίο | 5,196.80 |
| Αεροπλάνο | 1,660.98 |

Πίνακας 28: Απόσταση σε χλμ.

Παρακάτω τίθενται οι τιμές που αντιστοιχούν στην ενεργειακή κατανάλωση από το κάθε μέσο. Οι τιμές είναι σε κιλοβατώρες (kWh):

| Συνδυασμός | Φορτηγό | Τρένο | Αεροπλάνο | Πλοίο |
|---------------------|---------|---------|-----------|----------|
| Φορτηγό | 3066255 | 0 | 34135.44 | 14554.5 |
| Τρένο | 0 | 1009086 | 0 | 0 |
| Αεροπλάνο | 0 | 0 | 28432774 | 0 |
| Πλοίο | 0 | 0 | 0 | 988404.6 |
| Σύνολα | 3066255 | 1009086 | 28466909 | 1002959 |
| Διατροφική μεταφορά | 0 | 0 | 9928.556 | 9929 |

Πίνακας 29: Μπάρι – Άμστερνταμ ενεργειακή κατανάλωση “WelltoWheel”

Παρακάτω παρουσιάζονται οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, υπολογισμένες σαν ισοδύναμα CO₂, σε τόνους:

| Συνδυασμός | Φορτηγό | Τρένο | Αεροπλάνο | Πλοίο |
|---------------------|---------|-------|-----------|-------|
| Φορτηγό | 220 | 0 | 2 | 1 |
| Τρένο | 0 | 43 | 0 | 0 |
| Αεροπλάνο | 0 | | 2102 | 0 |
| Πλοίο | 0 | 0 | 0 | 76 |
| Σύνολα | 220 | 43 | 2104 | 77 |
| Διατροφική μεταφορά | 0 | 0 | 0 | 0 |

Πίνακας 30: Μπάρι – Άμστερνταμ εκπομπές αερίων θερμοκηπίου “WelltoWheel”

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και οι ατμοσφαιρικοί ρύποι, μετρημένοι σε κιλά (kg):

| | Φορτηγό | Τρένο | Πλοίο | Αεροπλάνο |
|--|---------|--------|----------|-----------|
| Διοξείδιου του Άνθρακα | 211.162 | 40951 | 2087.871 | 76.504 |
| Διοξείδιο του Θείου (SO ₂) | 77.377 | 54377 | 1193.458 | 972.209 |
| Νιτρικά Οξείδια (NO _x) | 156.575 | 79.338 | 9998.478 | 1256.5 |
| Υδρογονάνθρακες (NMHC) | 64462 | 4302 | 891.305 | 74.75 |
| Μικροσωματίδια (PM10) | 4548 | 7982 | 179.695 | 131.909 |

Πίνακας 31: Μπάρι – Άμστερνταμ εκπομπές αερίων ρύπων “WelltoWheel”

Το πλήρες τεύχος με τα αποτελέσματα του σεναρίου επισυνάπτεται στα Παραρτήματα της παρούσας εργασίας.

5.3.4 Μασσαλία- Λίβερπουλ (Αγγλία)

Το σενάριο αυτό εξετάζει την διαδρομή Μασσαλία – Λίβερπουλ. Η μεταφορά αυτή πραγματοποιείται χωρίς ενδιάμεσες στάσεις. Εναλλακτικά, μετρήθηκαν και τα υπόλοιπα σενάρια, δηλαδή μεταφορά με τρένο, πλοίο (όπου εκεί συνδυαστικά τις μεταφορές από και προς το πλοίο θα πραγματοποιήσει φορτηγό) και αεροπλάνο. Στα παρακάτω σχήματα, παρατηρεί κανείς τις μεταφορές στον χάρτη (εικόνα 14).



Εικόνα 14: Χάρτες διαδρομής Μασσαλία -Λίβερπουλ ανά μέσο μεταφοράς. {23}

Στο σενάριο μεταφοράς με τρένο η μεταφορά θα γίνει μέσω της σήραγγας της Μάγχης ενώ με φορτηγό η μεταφορά ανάμεσα στην Αγγλία και Γαλλία θα γίνει με Ferry.

Τα διανυθέντα χιλιόμετρα είναι:

| Διαδρομή | Χιλιόμετρα |
|-----------|------------|
| Φορτηγό | 1578.251 |
| Τρένο | 1530.927 |
| Πλοίο | 3703.998 |
| Αεροπλάνο | 1407.059 |

Πίνακας 32: Απόσταση σε χλμ.

Παρακάτω τίθενται οι τιμές που αντιστοιχούν στην ενεργειακή κατανάλωση από το κάθε μέσο. Οι τιμές είναι σε κιλοβατώρες (kWh):

| Συνδυασμός | Φορτηγό | Τρένο | Αεροπλάνο | Πλοίο |
|---------------------|---------|--------|-----------|----------|
| Φορτηγό | 2566629 | 0 | 41633.92 | 15730.52 |
| Τρένο | 0 | 998013 | 0 | 0 |
| Αεροπλάνο | 0 | 0 | 24438906 | 0 |
| Πλοίο | 0 | 0 | 0 | 680961.2 |
| Σύνολα | 2566629 | 998013 | 24480540 | 696691.7 |
| Διατροφική μεταφορά | 0 | 0 | 12769.34 | 12769.34 |

Πίνακας 33: Μασσαλία -Λίβερπουλ ενεργειακή κατανάλωση “WelltoWheel”

Παρακάτω παρουσιάζονται οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, υπολογισμένες σαν ισοδύναμα CO₂, σε τόνους:

| Συνδυασμός | Φορτηγό | Τρένο | Αεροπλάνο | Πλοίο |
|---------------------|---------|-------|-----------|-------|
| Φορτηγό | 182 | 0 | 3 | 1 |
| Τρένο | 0 | 17 | 0 | 0 |
| Αεροπλάνο | 0 | | 1807 | 0 |
| Πλοίο | 0 | 0 | 0 | 53 |
| Σύνολα | 182 | 17 | 1810 | 54 |
| Διατροφική μεταφορά | 0 | 0 | 0 | 0 |

Πίνακας 34: Μασσαλία -Λίβερπουλ εκπομπές αερίων θερμοκηπίου “WelltoWheel”

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και οι ατμοσφαιρικοί ρύποι, μετρημένοι σε κιλά (kg):

| | Φορτηγό | Τρένο | Πλοίο | Αεροπλάνο |
|--|---------|--------|----------|-----------|
| Διοξείδιο του άνθρακα | 173.998 | 15.701 | 1795.284 | 53.516 |
| Διοξείδιο του Θείου (SO ₂) | 159.274 | 25.334 | 1026.054 | 813.369 |
| Νιτρικά Οξείδια (NO _x) | 268.471 | 41.769 | 8904.798 | 949.588 |
| Υδρογονάνθρακες (NMHC) | 58.53 | 1.45 | 780.09 | 54.019 |
| Μικροσωματίδια (PM10) | 17.451 | 5855 | 154.033 | 109.625 |

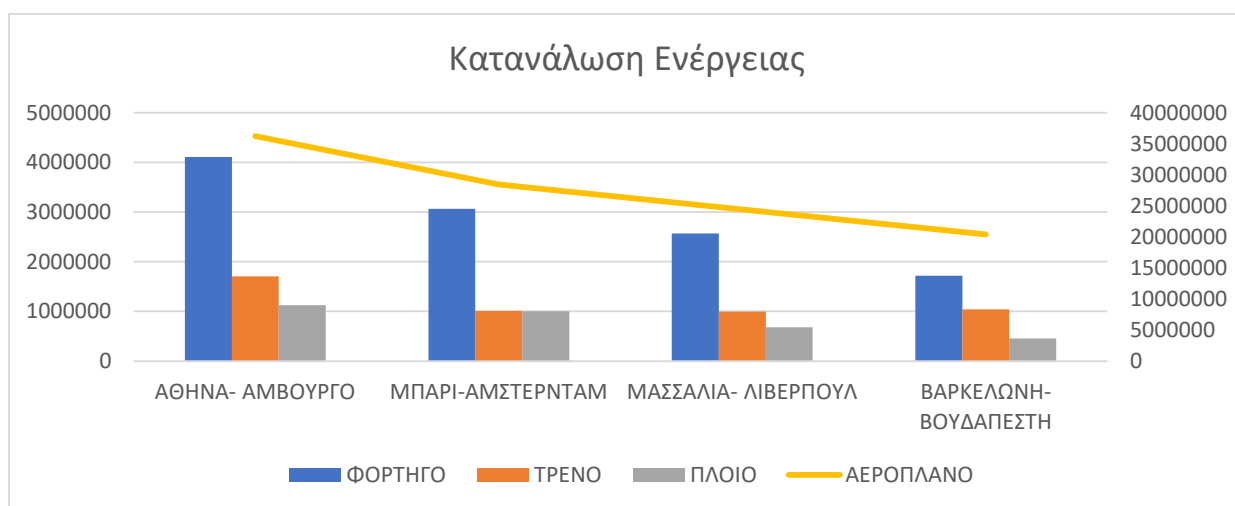
Πίνακας 35: Αθήνα- Μασσαλία -Λίβερπουλ εκπομπές αερίων ρύπων “WelltoWheel”

Το πλήρες τεύχος με τα αποτελέσματα του σεναρίου επισυνάπτεται στα Παραρτήματα της παρούσας εργασίας.

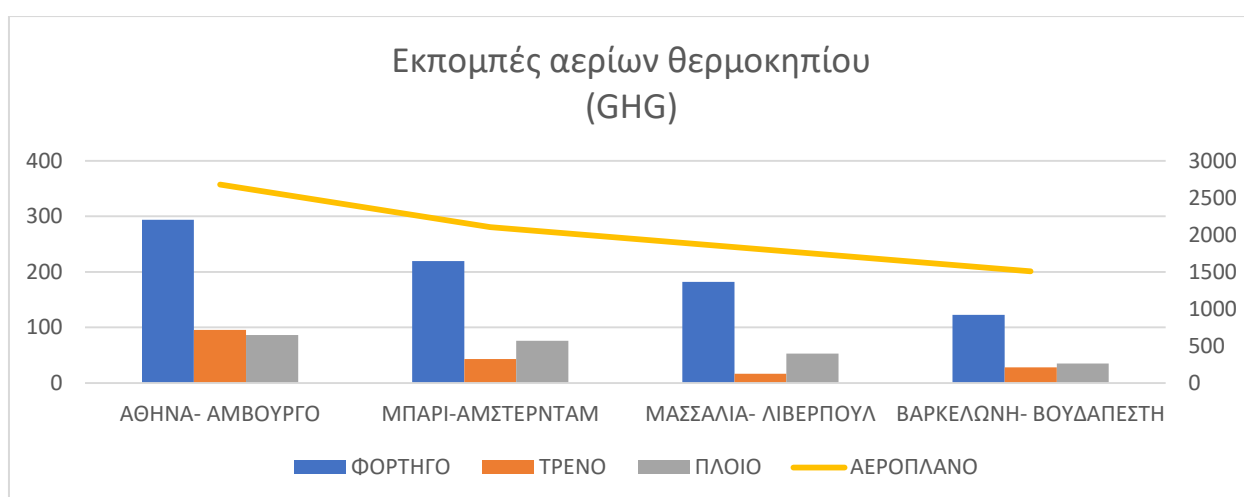
Σε ό,τι αφορά στην εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα, το τρένο είναι το πιο φιλικό μέσο μεταφοράς. Ως προς την εκπομπή ατμοσφαιρικών ρύπων, το τρένο παραμένει το πιο «πράσινο» μέσο, με το φορτηγό να κατέχει την 2^η θέση.

Κάτι που αξίζει να αναφερθεί, αν και δεν εξετάζεται στην παρούσα εργασία είναι παράγοντας του χρόνου. Το τρένο χρειάζεται οκτώ με δέκα λιγότερες ημέρες από τις αντίστοιχες που χρειάζεται το πλοίο για να φτάσει σε διάφορους προορισμούς των Βαλκανίων, κάτι ιδιαίτερα σημαντικό σε περιπτώσεις μεταφορών ξηρών φορτίων ειδικής μεταχείρισης (πχ ευπαθή καταναλωτικά προϊόντα).

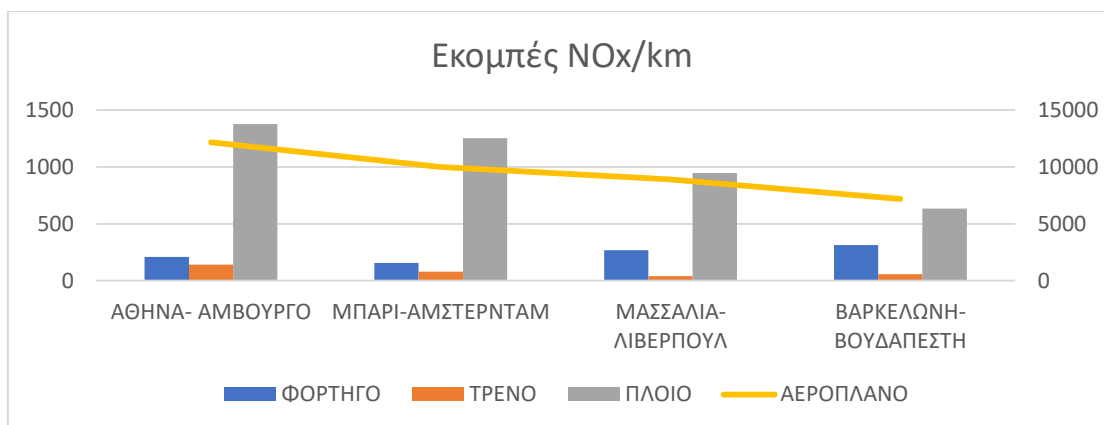
Έχοντας υπολογίσει τους δεδομένους δείκτες, μπορεί κανείς να δημιουργήσει την γραφική απεικόνιση του, ανά διαδρομή και ανά μέσο μεταφοράς. Έτσι δημιουργούνται οι ακόλουθες γραφικές απεικονίσεις για τους κάτωθι δείκτες. Σημειώνεται, ότι καθώς οι τιμές για την μεταφορά με το αεροπλάνο είναι πολύ υψηλές συγκριτικά με αυτές των υπολοίπων μέσων μεταφοράς, έχει δημιουργηθεί ένας δευτερεύοντας άξονας, στη δεξιά πλευρά του κάθε γραφήματος, που αναπαριστά τις τιμές αυτές.



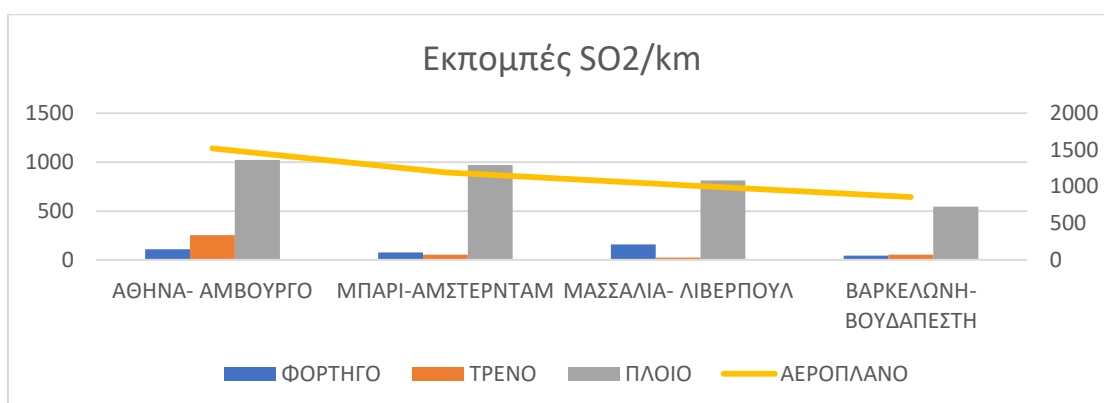
Γράφημα 2: Δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης (WTW)



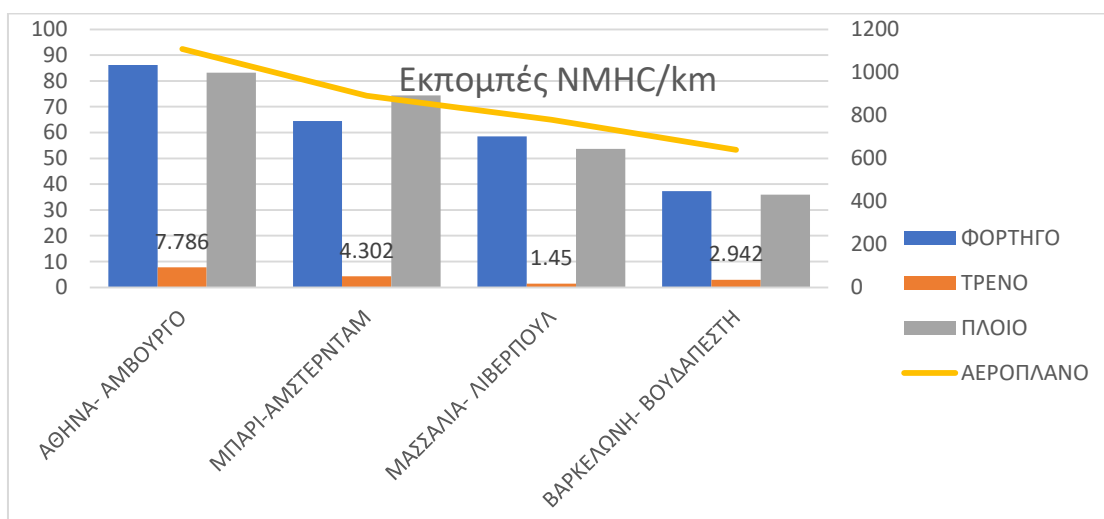
Γράφημα 3: Δείκτης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου



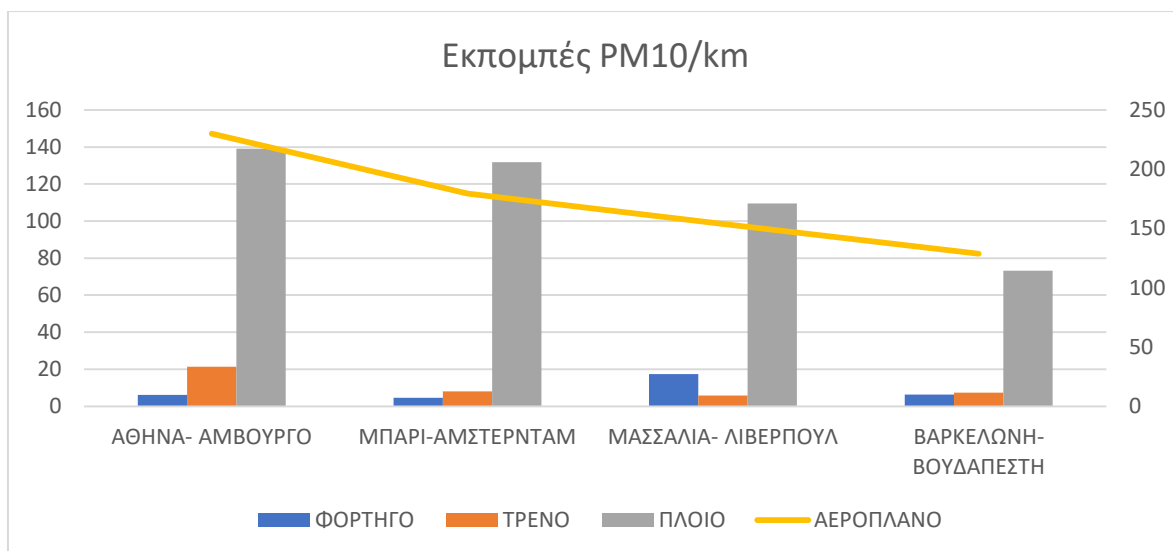
Γράφημα 4: Δείκτης εκπομπών NOx



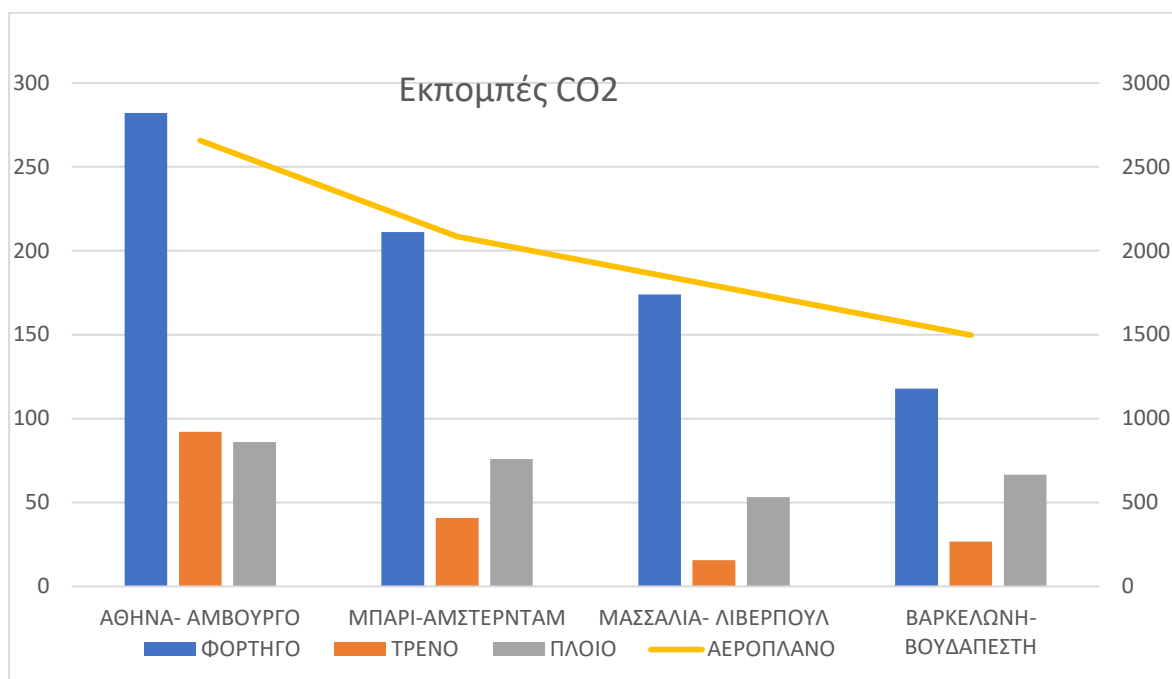
Γράφημα 5: Δείκτης εκπομπών SO2



Γράφημα 6: Δείκτης εκπομπών NMHC



Γράφημα 7: Δείκτης εκπομπών PM10



Γράφημα 8: Δείκτης εκπομπών CO₂

5.4 Συμπεράσματα

Συγκρίνοντας τους τρόπους μεταφοράς, παρατηρεί κανείς ότι οι αποστάσεις με φορτηγό και τρένο έρχονται σχεδόν να εξισωθούν, αυτή με αεροπλάνο είναι λίγο μικρότερη, ενώ η αντίστοιχη με πλοίο, λόγω της γεωγραφίας της Ν. Ευρώπης, σχεδόν διπλασιάζεται.

Ως προς την ενεργειακή κατανάλωση, το πλοίο εξακολουθεί να είναι το πιο πρόσφορο μέσο μεταφοράς και το αεροπλάνο το πιο ενεργοβόρο. Το φορτηγό καταναλώνει τρεις φορές την ενέργεια που απαιτείται για μεταφορά με τρένο και τέσσερις φορές αυτή που απαιτείται για μεταφορά με πλοίο.

Σε ό,τι αφορά στην εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα, το τρένο είναι το πιο φιλικό μέσο μεταφοράς. Ως προς την εκπομπή ατμοσφαιρικών ρύπων, το τρένο παραμένει το πιο «πράσινο» μέσο, με το φορτηγό να κατέχει την 2^η θέση.

Το φορτηγό είναι ενεργοβόρο μέσο. Το αεροπλάνο είναι ασύγκριτα πολύ ενεργοβόρο μέσο για τόσο μικρές διαδρομές. Το τρένο είναι επίσης ενεργοβόρο, υπερδιπλάσια των αντίστοιχων τιμών του πλοίου αλλά με το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας να καταναλώνεται στο WTT τμήμα δηλαδή την παραγωγή της ενέργειας που θα το κινήσει, λόγω της ηλεκτρικής ισχύος που απαιτείται.

Το πλοίο είναι η προσφορότερη λύση, ως μέσο μεταφοράς, εξετάζοντας την ενεργειακή κατανάλωση.

Το πλοίο δίνει καλές μετρήσεις (κυρίως ως προς το CO₂). Όμως η μοναδική σύνδεση με την Μαύρη θάλασσα από τα στενά του Βοσπόρου, η γεωγραφία της (περιορισμένο πλάτος σε πολλά σημεία) σε συνδυασμό με την γεωπολιτική της θέση, το υπερύψηλο κόστος διέλευσης (τέλη και χρόνος διέλευσης), καθώς και ο κίνδυνος ατυχημάτων (ασφάλεια και περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε περίπτωση ατυχήματος), καθιστούν την επιλογή αυτή ως εναλλακτική.

Οι τιμές του εκπομπών αερίων του αεροπλάνου σε όλες τις μετρήσεις είναι πολύ αυξημένες και εκτός δυνατότητας σύγκρισης.

Ως προς τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, αλλά και CO₂ ισχύει η ίδια αναλογία συγκριτικά με την ενεργειακή κατανάλωση. Στην εκπομπή αερίων ρύπων το τρένο έχει την καλύτερη θέση με τις λιγότερες εκπομπές. Το πλοίο εκπέμπει τους περισσότερους ρύπους, υπερδιπλάσιους απ' αυτούς του τρένου και σχεδόν διπλάσιους απ' αυτούς του φορτηγού με εξαίρεση τους υδρογονάνθρακες πλην του μεθανίου, όπου το φορτηγό κατέχει την πιο δυσμενή θέση από τους τρεις τρόπους μεταφοράς.

Αυξανόμενα τα διανυθέντα χιλιόμετρα παρατηρεί κανείς ότι τα αποτελέσματα διατηρούν την τάση τους, τόσο στον τομέα της ενεργειακής κατανάλωσης, όσο και στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, διοξειδίου του άνθρακα και ατμοσφαιρικών ρύπων. Παρατηρείται μια αναλογική αυξομείωση των μεγεθών, ανάλογα με την συγκριτική διαφορά των αποστάσεων που διανύει το κάθε μέσο, αλλά και αν απαιτείται συνδυαστική μεταφορά ή όχι

Έχοντας υπολογίσει τους δεδομένους δείκτες, μπορεί κανείς να δημιουργήσει την γραφική απεικόνιση του, ανά διαδρομή και ανά μέσο μεταφοράς. Έτσι δημιουργούνται οι ακόλουθες γραφικές απεικονίσεις για τους κάτωθι δείκτες. Σημειώνεται, ότι καθώς οι τιμές για την μεταφορά με το αεροπλάνο είναι πολύ υψηλές συγκριτικά με αυτές των υπολοίπων μέσων μεταφοράς, έχει δημιουργηθεί ένας δευτερεύοντας άξονας, στη δεξιά πλευρά του κάθε γραφήματος, που αναπαριστά τις τιμές αυτές.

Από τα παραπάνω διαγράμματα εξάγει κανείς το συμπέρασμα ότι το φορτηγό κρατά όλους τους δείκτες σύγκρισης σταθερούς και δεν επηρεάζεται από την διανυθείσα απόσταση. Σε συνδυασμό με τα προηγούμενα συμπεράσματα όμως είναι αρκετά ενεργοβόρο και εκπέμπει πολλούς ρύπους, οπότε είναι καλό το φορτηγό να χρησιμοποιείται ως μέσο συνδυαστικής μεταφοράς, μαζί με άλλα, ανάλογα της δυνατότητάς του.

Αντίθετα το αεροπλάνο διπλασιάζοντας την απόσταση, μειώνει όλους τους δείκτες στην μισή τιμή (ενεργειακή κατανάλωση, εκπομπή αερίων θερμοκηπίου και αέριων ρύπων). Έτσι συνάγεται, όπως προαναφέρθηκε ότι η χρήση του αεροπλάνου συνίσταται σε μεγάλες αποστάσεις και όταν δεν γίνεται η μεταφορά να πραγματοποιηθεί με πλοίο ή τρένο. Το τρένο διπλασιάζοντας την απόσταση, μειώνει περίπου κατά 20% την ενεργειακή κατανάλωση.

6.Βιβλιογραφία

1. X. Αραμπαντζή και Δρ. Β. Ζεϊμπέκη, Καταγραφή της υφιστάμενης ΕΕΑ, 2008, Euroean Commission; Mobility and transport, European Environmental Agency, http://ec.europa.eu/transport/strategies/facts-and-figures/putting-sustainability-at-the-heart-of-transport/index_en.htm
2. Γιαλούκατάστασης και αξιολόγηση του Ελληνικού μεταφορικού δικτύου των Πανευρωπαϊκών Διαδρόμων IV και X
3. Γιαλός, 2013, Συνεισφορά στην καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης και στην αξιολόγηση του εμπορευματικού δικτύου μεταφορών της Νοτιοανατολικής Ευρώπης
4. DSConsulting. Ανθρακικό Αποτύπωμα, εμφάνιση 20 Φεβρουαρίου 2015, <http://gr.dsorganic.com>
5. Dulac, 2014, Energy Technology Perspectives: Pathways for low-carbon transport, CODATU Transport Symposium Paris
6. ΕΑΠ, Συγκοινωνιακά. Υδραυλικά, Ενεργειακά Έργα, ΠΣΕ 60/A, Τομος Α
7. ΕΑΠ, Το ανθρωπογενές περιβάλλον, ΠΣΕ 50/B2, Τομος Β
8. ΕΒΕΑ, 2011, «ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ», eea grants
9. European Commission, 2012, EU transport in figures (Statistical pocketbook 2012), Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, εμφάνιση 10 Φεβρουαρίου 2014, <http://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/doc/2012/pocketbook2012.pdf>
10. European Commision, 2014, Horizon 2020, The EU Framework Programme for Research and Innovation, EU
11. European Commission, 2009, Panorama of Transport, Office for Official Publications of the European Communities, εμφάνιση 01 Φεβρουαρίου 2015, <http://ec.europa.eu/eurostat>
12. European Commision, Sustainable Surface Transport Research, 7th Framework Programme 2007-2013
13. European Commission, 2009, White Paper-European transport policy for 2010: time to decide, Office for official publications of the European Communities, COM(2001)
14. Eurostat, 2014, Eurostat regional yearbook, Eurostat Statistsical Books

15. European Environmental Agency (EAE), “Transport and environment: on a way to a new common transport policy”, Report No1/2007, 2007
16. Ευρωπαϊκή Έπιτροπή, Δράση ΕΕ HOPIZON 2020, Transport, εμφάνιση 20 Φεβρουαρίου 2015, <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/area/transport#Article>
17. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2014, Επενδύσεις για θέσεις εργασίας και ανάπτυξη. Προώθηση της ανάπτυξης και της καλής διακυβέρνησης στις περιφέρειες και πόλεις της ΕΕ, Ευρωπαϊκή Επιτροπή
18. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2011, Λευκή βίβλος για τις μεταφορές - Χάρτης πορείας για έναν Ενιαίο Ευρωπαϊκό Χώρο Μεταφορών – Για ένα ανταγωνιστικό και ενεργειακά αποδοτικό σύστημα μεταφορών, COM(2011)
19. Ecofys, 2013. *World GHG Emissions Flow Chart 2010*. [online] Ecofys.
20. Σχεδιασμός μεταφορικών συστημάτων, https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/5398/1/08_chapter07.pdf
21. Major transport routes within the Mediterranean Sea, https://www.researchgate.net/figure/Major-transport-routes-within-the-Mediterranean-Sea_fig1_281632744
22. Το πλαίσιο της νέας ευρωπαϊκής πολιτικής για τις υποδομές στον τομέα των μεταφορών, http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-13-897_el.htm
23. Εργαλείο ecotransit, <https://www.ecotransit.org>
24. Container terminals and terminal operations, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-49550-5_1
25. https://www.ucursos.cl/usuario/52f76ebfeeea31728fbc5f88a61010e5/mi_blog/r/02-ci6306.pdf

7.Παράρτημα



Page 1/13

EcoTransIT World

EcoTransIT World (Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports) calculates the environmental impacts for any freight transport service. EcoTransIT World provides energy consumption and GHG Emissions for trucks, trains, ships and airplanes in accordance with the European standard EN 16258:2012. Additionally carbon dioxide (CO₂) and the most important air pollutants (nitrogen oxide, non-methane hydrocarbons, sulfur dioxide and particulates) can be calculated with EcoTransIT World. Below you will find all information about your transport service selected and data sources used as well as the results of your calculation.

General Information

Creation Date: 21.02.2019
Origin: [City district] [es] Barcelona
Destination: [City district] [hu] Budapest
Cargo weight: 100 teu (tTEU: 10)

Detailed description of the calculated transport services

Transport service Truck - 1,886.67 km

Origin: [City district] [es] Barcelona
Truck (26-40 t,diesel,EURO 5,LF: 95.77%,ETF: 20%) - 1,886.67 km
Destination: [City district] [hu] Budapest

Transport service Train - 2,095.4 km

Origin: [City district] [es] Barcelona
Train (electrified 1000 t,LF: 49.8%,ETF: 20%,Train type: Container train) - 0.25 km
Via: [es] BARCELONA - MALLORCA (UIC: 71984013)
Train (electrified 1000 t,LF: 49.8%,ETF: 20%,Train type: Container train) - 2,095.15 km
Destination: [City district] [hu] Budapest

Transport service Airplane - 1,653 km

Origin: [City district] [es] Barcelona
Truck (26-40 t,diesel,EURO 5,LF: 95.77%,ETF: 20%) - 14.78 km
Via: [es] Barcelona (IATA: BCN)
Airplane (Hybrid medium haul,LF: 70.0%,Belly percentage: 40.0%) - 1,617.62 km
Via: [hu] Budapest Ferihegy (IATA: BUD)
Truck (26-40 t,diesel,EURO 5,LF: 95.77%,ETF: 20%) - 20.6 km
Destination: [City district] [hu] Budapest

Transport service Sea ship - 2,975.35 km

Origin: [City district] [es] Barcelona
 Truck (26-40 t,diesel,EURO 5,LF: 95.77%,ETF: 20%) - 7.87 km
Via: [es] Barcelona (UN/LOCODE: ESBCN)
 Sea ship (CC Intra-continental EU (0,5-2k TEU),LF: 70.0%,SR: 28%,Scac: null#) - 2,470.7 km
Via: [hr] Bakar (UN/LOCODE: HRBAK)
 Truck (26-40 t,diesel,EURO 5,LF: 95.77%,ETF: 20%) - 496.77 km
Destination: [City district] [hu] Budapest

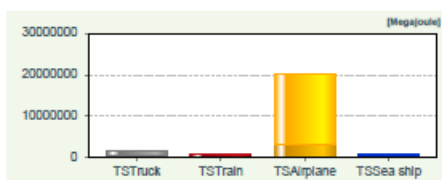
Energy consumption

WTW [MegaJoule]

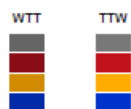
| | TSTruck | TSTrain | TSAirplane | TSSea ship |
|------------|------------------|------------------|-------------------|----------------|
| Truck | 1,720,432 | 0 | 33,624 | 457,844 |
| Train | 0 | 1,040,397 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 20,415,286 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 455,778 |
| Sum | 1,720,432 | 1,040,397 | 20,448,910 | 913,622 |

TTW [MegaJoule]

| | TSTruck | TSTrain | TSAirplane | TSSea ship |
|------------|------------------|----------------|-------------------|----------------|
| Truck | 1,386,274 | 0 | 27,221 | 370,656 |
| Train | 0 | 275,566 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 17,148,840 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 418,572 |
| Sum | 1,386,274 | 275,566 | 17,176,062 | 789,228 |



Truck:
Train:
Airplane:
Sea ship:



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)

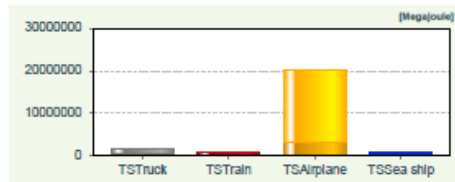
Energy consumption

WTW [MegaJoule]

| | TSTruck | TSTrain | TSAirplane | TSSea ship |
|------------|------------------|------------------|-------------------|----------------|
| Truck | 1,720,432 | 0 | 33,624 | 457,844 |
| Train | 0 | 1,040,397 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 20,415,286 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 455,778 |
| Sum | 1,720,432 | 1,040,397 | 20,448,910 | 913,622 |

TTW [MegaJoule]

| | TSTruck | TSTrain | TSAirplane | TSSea ship |
|------------|------------------|----------------|-------------------|----------------|
| Truck | 1,386,274 | 0 | 27,221 | 370,656 |
| Train | 0 | 275,566 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 17,148,840 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 418,572 |
| Sum | 1,386,274 | 275,566 | 17,176,062 | 789,228 |



Truck:
Train:
Airplane:
Sea ship:



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)

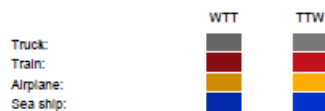
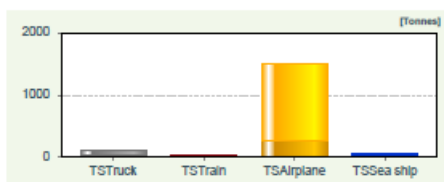
GHG emissions (calculated as CO2 equivalents)

WTW [Tonnes]

| | TSTruck | TSTrain | TSAirplane | TSSea ship |
|------------|------------|-----------|--------------|------------|
| Truck | 123 | 0 | 2 | 33 |
| Train | 0 | 28 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 1,509 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 35 |
| Sum | 123 | 28 | 1,512 | 68 |

TTW [Tonnes]

| | TSTruck | TSTrain | TSAirplane | TSSea ship |
|------------|-----------|----------|--------------|------------|
| Truck | 97 | 0 | 2 | 26 |
| Train | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 1,236 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 33 |
| Sum | 97 | 0 | 1,238 | 59 |



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)

Carbon emissions and air pollutants

The European standard EN 16258 does not contain methodological guidelines for the calculation of CO₂ and air pollutants. For comparability with the results for energy consumption and GHG emissions the calculation of CO₂ and air pollutants is based on the same methodology as the European standard. Further information about the calculation approach used by EcoTransIT World for CO₂ and air pollutants can be found in the scientific methodology report [<http://www.ecotransit.org/basis.en.html>].

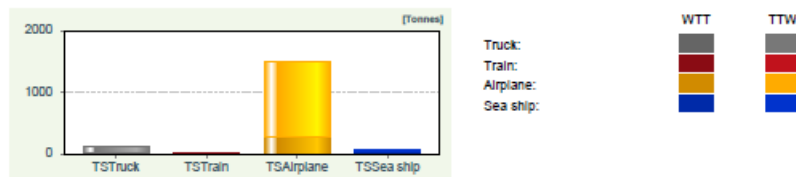
Carbon dioxide (CO₂)

WTW [Tonnes]

| | TSTruck | TSTrain | TSAirplane | TSSea ship |
|------------|------------|-----------|--------------|------------|
| Truck | 118 | 0 | 2 | 32 |
| Train | 0 | 27 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 1,497 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 35 |
| Sum | 118 | 27 | 1,499 | 67 |

TTW [Tonnes]

| | TSTruck | TSTrain | TSAirplane | TSSea ship |
|------------|-----------|----------|--------------|------------|
| Truck | 96 | 0 | 2 | 26 |
| Train | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 1,226 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 32 |
| Sum | 96 | 0 | 1,228 | 58 |



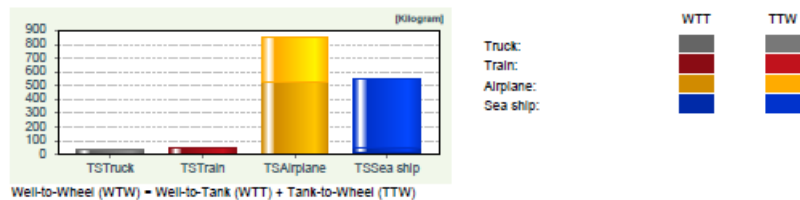
Sulfur dioxide (SO₂)

WTW [Kilogram]

| | TSTruck | TSTrain | TSAirplane | TSSea ship |
|------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| Truck | 43.3 | 0 | 0.9 | 11.6 |
| Train | 0 | 53.8 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 855.9 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 543.8 |
| Sum | 43.3 | 53.8 | 856.7 | 555.4 |

TTW [Kilogram]

| | TSTruck | TSTrain | TSAirplane | TSSea ship |
|------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| Truck | 0.65 | 0 | 0.01 | 0.17 |
| Train | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 326.64 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 507.36 |
| Sum | 0.65 | 0.00 | 326.66 | 507.54 |



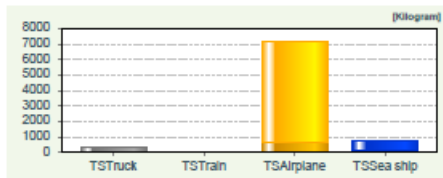
Nitrogen oxides (NOx)

WTW [Kilogram]

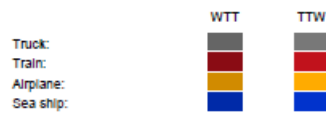
| | TSTruck | TSTrain | TSAirplane | TSSea ship |
|------------|------------|-----------|--------------|------------|
| Truck | 315 | 0 | 6 | 84 |
| Train | 0 | 57 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 7,187 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 633 |
| Sum | 315 | 57 | 7,194 | 717 |

TTW [Kilogram]

| | TSTruck | TSTrain | TSAirplane | TSSea ship |
|------------|------------|----------|--------------|------------|
| Truck | 258 | 0 | 5 | 69 |
| Train | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 6,528 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 617 |
| Sum | 258 | 0 | 6,533 | 686 |



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)



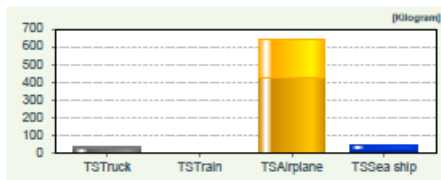
Non-methane hydrocarbon (NMHC)

WTW [Kilogram]

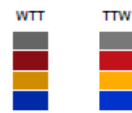
| | TSTruck | TSTrain | TSAirplane | TSSea ship |
|------------|-------------|------------|--------------|-------------|
| Truck | 37.2 | 0 | 0.7 | 10.0 |
| Train | 0 | 2.9 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 640.0 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 35.9 |
| Sum | 37.2 | 2.9 | 640.7 | 45.9 |

TTW [Kilogram]

| | TSTruck | TSTrain | TSAirplane | TSSea ship |
|------------|-------------|-------------|---------------|--------------|
| Truck | 4.23 | 0 | 0.08 | 1.13 |
| Train | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 213.19 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 22.35 |
| Sum | 4.23 | 0.00 | 213.28 | 23.48 |



Truck:
Train:
Airplane:
Sea ship:



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)

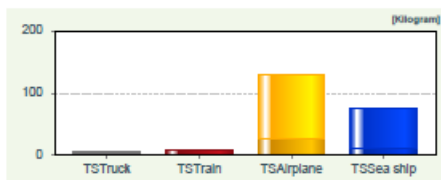
Particulate matter (PM10)

WTW [Kilogram]

| | TSTruck | TSTrain | TSAirplane | TSSea ship |
|------------|------------|------------|--------------|-------------|
| Truck | 6.3 | 0 | 0.1 | 1.7 |
| Train | 0 | 7.3 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 128.8 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 73.3 |
| Sum | 6.3 | 7.3 | 129.0 | 75.0 |

TTW [Kilogram]

| | TSTruck | TSTrain | TSAirplane | TSSea ship |
|------------|-------------|-------------|---------------|--------------|
| Truck | 4.20 | 0 | 0.09 | 1.12 |
| Train | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 103.60 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 64.92 |
| Sum | 4.20 | 0.00 | 103.68 | 66.04 |



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)



EcoTransIT World

EcoTransIT World (Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports) calculates the environmental impacts for any freight transport service. EcoTransIT World provides energy consumption and GHG Emissions for trucks, trains, ships and airplanes in accordance with the European standard EN 16258:2012. Additionally carbon dioxide (CO₂) and the most important air pollutants (nitrogen oxide, non-methane hydrocarbons, sulfur dioxide and particulates) can be calculated with EcoTransIT World. Below you will find all information about your transport service selected and data sources used as well as the results of your calculation.

General Information

Creation Date: 21.02.2019
Origin: [City district] [gr] Athinai
Destination: [City district] [de] Hamburg
Cargo weight: 100 teu (t/TEU: 14.5)

Detailed description of the calculated transport services

Transport service TS 1 - 2,547.83 km

Origin: [City district] [gr] Athinai
 Truck (26-40 t,diesel,EURO 6,LF: 65.0%,ETF: 20%) - 2,547.83 km
Destination: [City district] [de] Hamburg

Transport service TS 2 - 2,678.84 km

Origin: [City district] [gr] Athinai
 Train (electrified 1000 t,LF: 65.8%,ETF: 20%,Train type: Container train) - 1.28 km
Via: [gr] ATHINE (ROUF) (UIC: 73001057)
 Train (electrified 1000 t,LF: 65.8%,ETF: 20%,Train type: Container train) - 2,677.57 km
Destination: [City district] [de] Hamburg

Transport service TS 3 - 2,185.64 km

Origin: [City district] [gr] Athinai
 Truck (26-40 t,diesel,EURO 5,LF: 95.77%,ETF: 20%) - 32.51 km
Via: [gr] Athens Athinai / Athens Eleftherios Venizelos Internation (IATA: ATH)
 Airplane (Hybrid medium haul,LF: 70.0%,Belly percentage: 40.0%) - 2,140.17 km
Via: [de] Hamburg Fuhlsbüttel (IATA: HAM)
 Truck (26-40 t,diesel,EURO 5,LF: 95.77%,ETF: 20%) - 12.95 km
Destination: [City district] [de] Hamburg



Page 2/13

Transport service TS 4 - 5,843.28 km

Origin: [City district] [gr] Athinai
Truck (26-40 t,diesel,EURO 5,LF: 95.77%,ETF: 20%) - 6.95 km

Via: [gr] Athinai (UN/LOCODE: GRATH)
Sea ship (CC Intra-continental EU (0,5-2k TEU),LF: 70.0%,SR: 28%,Seac: null#) - 5,831.31 km

Via: [de] Hamburg (UN/LOCODE: DEHAM)
Truck (26-40 t,diesel,EURO 5,LF: 95.77%,ETF: 20%) - 5.02 km

Destination: [City district] [de] Hamburg

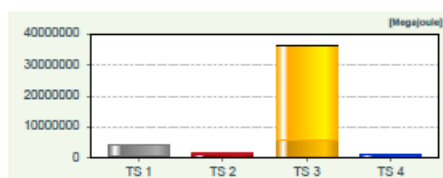
Energy consumption

WTW [MegaJoule]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Truck | 4,112,910 | 0 | 57,913 | 15,225 |
| Train | 0 | 1,707,244 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 36,224,232 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 1,124,694 |
| Sum | 4,112,910 | 1,707,244 | 36,282,144 | 1,139,919 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 12,399 | 12,399 |

TTW [MegaJoule]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|------------------|----------------|-------------------|------------------|
| Truck | 3,315,303 | 0 | 46,263 | 12,182 |
| Train | 0 | 437,979 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 30,428,352 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 1,001,092 |
| Sum | 3,315,303 | 437,979 | 30,474,616 | 1,013,274 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 3,160 | 3,160 |



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)



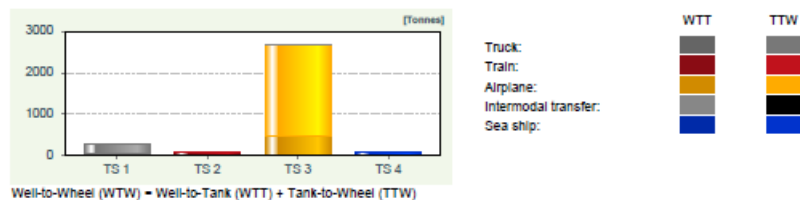
GHG emissions (calculated as CO2 equivalents)

WTT [Tonnes]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|------------|-----------|--------------|-----------|
| Truck | 294 | 0 | 4 | 1 |
| Train | 0 | 95 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 2,678 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 87 |
| Sum | 294 | 95 | 2,682 | 88 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0 | 0 |

TTW [Tonnes]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|--------------|------------|----------------|-------------|
| Truck | 233.2 | 0 | 3.2 | 0.8 |
| Train | 0 | 2.4 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 2,193.9 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 77.3 |
| Sum | 233.2 | 2.4 | 2,197.1 | 78.2 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0 | 0 |



These four results (TTW and WTW energy consumption and TTW and WTW GHG emissions) have been established according to the standard EN 16258:2012. Please consult this standard to get further information about processes not taken into account, guidelines and general principles. If you wish to make comparisons between these results and other results calculated in accordance with this standard, please take particular care to review the detailed methods used, especially allocation methods and data sources.

Your selected parameters for the calculation of energy consumption and greenhouse gas emissions (GHG emissions) in EcoTransIT World are displayed above in the detailed description of the transport services. The energy and GHG conversion factors (e.g. MJ or kg CO₂ equivalent per litre diesel) for the EcoTransIT World calculation are taken from the appendix A of the standard EN 16258 without changes. For European trucks a biofuel share of 5 % is considered for diesel. For train transports the European standard does not contain specific energy and GHG conversion factors. Therefore EcoTransIT World uses own country specific conversion factors which are documented within the methodology report [<http://www.ecotransit.org/basis.en.html>].

For the allocation of energy consumption and GHG emissions to the individual transport services the parameter tonne-kilometre (tkm) is used. But the European standard allows also other allocation parameters if this is common for the transport mode considered. EcoTransIT World uses deviant allocation parameters for container ships (TEU-km) and ferries (number of decks and vehicle length). All data sources used for the calculation are documented at the appendix of this document. A comprehensive documentation of all data sources and default values are used for EcoTransIT World as well a detailed description of the methodology can be found in the scientific methodology report [<http://www.ecotransit.org/basis.en.html>].

Carbon emissions and air pollutants

The European standard EN 16258 does not contain methodological guidelines for the calculation of CO₂ and air pollutants. For comparability with the results for energy consumption and GHG emissions the calculation of CO₂ and air pollutants is based on the same methodology as the European standard. Further information about the calculation approach used by EcoTransIT World for CO₂ and air pollutants can be found in the scientific methodology report [<http://www.ecotransit.org/basis.en.html>].

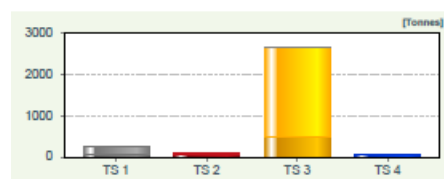
Carbon dioxide (CO₂)

WTW [Tonnes]

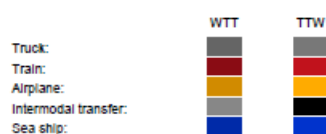
| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|------------|-----------|--------------|-----------|
| Truck | 282 | 0 | 4 | 1 |
| Train | 0 | 92 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 2,656 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 85 |
| Sum | 282 | 92 | 2,660 | 86 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0 | 0 |

TTW [Tonnes]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|--------------|------------|----------------|-------------|
| Truck | 229.4 | 0 | 3.2 | 0.8 |
| Train | 0 | 2.4 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 2,175.6 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 76.4 |
| Sum | 229.4 | 2.4 | 2,178.8 | 77.2 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0 | 0 |



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)



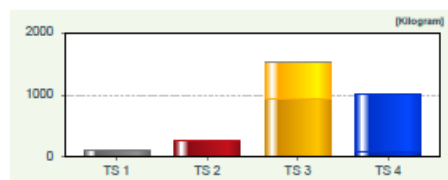
Sulfur dioxide (SO₂)

WTW [Kilogram]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| Truck | 108.2 | 0 | 1.4 | 0.4 |
| Train | 0 | 254.1 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 1,518.6 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 1,022.3 |
| Sum | 108.2 | 254.1 | 1,520.1 | 1,022.7 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 |

TTW [Kilogram]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| Truck | 6.215 | 0 | 0.022 | 0.006 |
| Train | 0 | 0.016 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 579.588 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 947.833 |
| Sum | 6.215 | 0.016 | 579.609 | 947.838 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0 | 0 |



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)

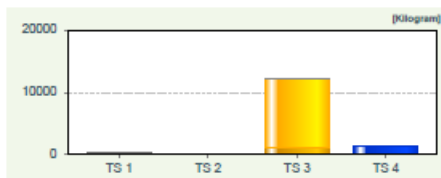
Nitrogen oxides (NOx)

WTW [Kilogram]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|------------|------------|---------------|--------------|
| Truck | 210 | 0 | 11 | 3 |
| Train | 0 | 140 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 12,150 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 1,378 |
| Sum | 210 | 140 | 12,161 | 1,381 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 1 | 1 |

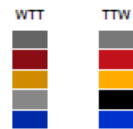
TTW [Kilogram]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|-----------|-----------|---------------|--------------|
| Truck | 75 | 0 | 9 | 2 |
| Train | 0 | 40 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 10,980 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 1,338 |
| Sum | 75 | 40 | 10,989 | 1,341 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0 | 0 |



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)

Truck:
Train:
Airplane:
Intermodal transfer:
Sea ship:



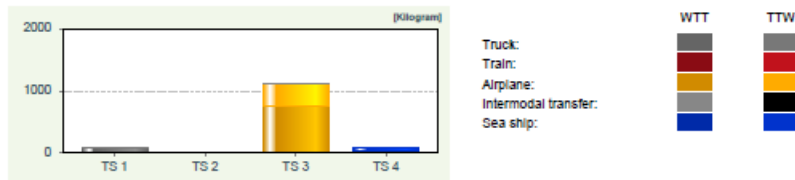
Non-methane hydrocarbon (NMHC)

WTW [Kilogram]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|-------------|------------|----------------|-------------|
| Truck | 86.2 | 0 | 1.2 | 0.3 |
| Train | 0 | 7.8 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 1,108.7 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 83.2 |
| Sum | 86.2 | 7.8 | 1,109.9 | 83.6 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 |

TTW [Kilogram]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|-------------|-------------|---------------|--------------|
| Truck | 7.19 | 0 | 0.14 | 0.04 |
| Train | 0 | 2.80 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 351.38 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 52.75 |
| Sum | 7.19 | 2.80 | 351.52 | 52.79 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0 | 0 |



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)

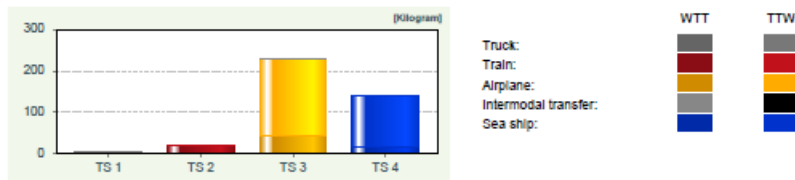
Particulate matter (PM10)

WTW [Kilogram]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|-------------|--------------|---------------|---------------|
| Truck | 6.09 | 0 | 0.22 | 0.06 |
| Train | 0 | 21.43 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 229.94 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 139.12 |
| Sum | 6.09 | 21.43 | 230.16 | 139.18 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0.07 | 0.07 |

TTW [Kilogram]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| Truck | 1.03 | 0 | 0.14 | 0.04 |
| Train | 0 | 1.28 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 185.14 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 123.32 |
| Sum | 1.03 | 1.28 | 185.28 | 123.36 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0 | 0 |



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)

EcoTransIT World

EcoTransIT World (Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports) calculates the environmental impacts for any freight transport service. EcoTransIT World provides energy consumption and GHG Emissions for trucks, trains, ships and airplanes in accordance with the European standard EN 16258:2012. Additionally carbon dioxide (CO₂) and the most important air pollutants (nitrogen oxide, non-methane hydrocarbons, sulfur dioxide and particulates) can be calculated with EcoTransIT World. Below you will find all information about your transport service selected and data sources used as well as the results of your calculation.

General Information

Creation Date: 21.02.2019
Origin: [City district] [it] Bari
Destination: [City district] Amsterdam
Cargo weight: 100 teu (t/TEU: 14.5)

Detailed description of the calculated transport services

Transport service TS 1 - 1,914 km

Origin: [City district] [it] Bari
 Truck (26-40 t,diesel,EURO 6,LF: 65.0%,ETF: 20%) - 1,914 km
Destination: [City district] Amsterdam

Transport service TS 2 - 1,983.7 km

Origin: [City district] [it] Bari
 Train (electrified 1000 t,LF: 65.8%,ETF: 20%,Train type: Container train) - 0.62 km
Via: [it] BARI (UIC: 83002518)
 Train (electrified 1000 t,LF: 65.8%,ETF: 20%,Train type: Container train) - 1,983.08 km
Destination: [City district] Amsterdam

Transport service TS 3 - 1,660.98 km

Origin: [City district] [it] Bari
 Truck (26-40 t,diesel,EURO 5,LF: 95.77%,ETF: 20%) - 11.62 km
Via: [it] Bari (IATA: BRI)
 Airplane (Hybrid medium haul,LF: 70.0%,Belly percentage: 40.0%) - 1,633.25 km
Via: [nl] Amsterdam Schiphol (IATA: AMS)
 Truck (26-40 t,diesel,EURO 5,LF: 95.77%,ETF: 20%) - 16.11 km
Destination: [City district] Amsterdam

Transport service TS 4 - 5,196.8 km

Origin: [City district] [it] Bari
Truck (26-40 t,diesel,EURO 5,LF: 95.77%,ETF: 20%) - 3.19 km

Via: [it] Bari (UN/LOCODE: ITBRI)
Sea ship (CC Intra-continental EU (0,5-2k TEU),LF: 70.0%,SR: 28%,Seac: null#) - 5,185.16 km

Via: [nl] Amsterdam (UN/LOCODE: NLAMS)
Truck (26-40 t,diesel,EURO 5,LF: 95.77%,ETF: 20%) - 8.45 km

Destination: [City district] Amsterdam

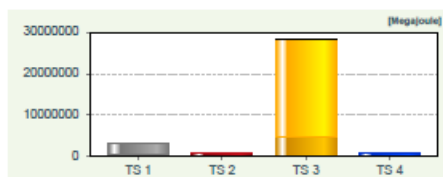
Energy consumption

WTW [MegaJoule]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Truck | 3,066,254 | 0 | 34,135 | 14,555 |
| Train | 0 | 1,009,086 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 28,432,774 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 988,405 |
| Sum | 3,066,254 | 1,009,086 | 28,466,910 | 1,002,959 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 9,929 | 9,929 |

TTW [MegaJoule]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|------------------|----------------|-------------------|----------------|
| Truck | 2,476,637 | 0 | 27,635 | 11,783 |
| Train | 0 | 311,370 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 23,883,530 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 887,024 |
| Sum | 2,476,637 | 311,370 | 23,911,164 | 898,807 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 3,160 | 3,160 |



Truck: [Grey]
Train: [Red]
Airplane: [Yellow]
Intermodal transfer: [Blue]
Sea ship: [Blue]

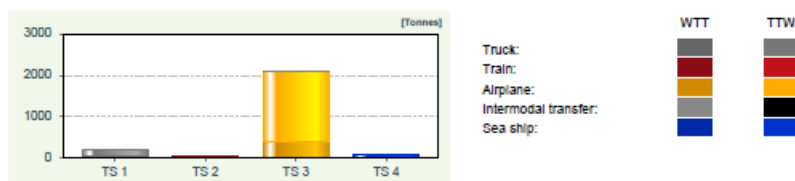
WTW TTW

Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)

GHG emissions (calculated as CO2 equivalents)

| WTW [Tonnes] | | | | |
|---------------------|------------|-----------|--------------|-----------|
| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
| Truck | 220 | 0 | 2 | 1 |
| Train | 0 | 43 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 2,102 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 76 |
| Sum | 220 | 43 | 2,104 | 77 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0 | 0 |

| TTW [Tonnes] | | | | |
|---------------------|--------------|------------|----------------|-------------|
| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
| Truck | 174.7 | 0 | 2.0 | 0.8 |
| Train | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 1,722.0 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 68.6 |
| Sum | 174.7 | 0.0 | 1,724.0 | 69.5 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0 | 0 |



These four results (TTW and WTW energy consumption and TTW and WTW GHG emissions) have been established according to the standard EN 16258:2012. Please consult this standard to get further information about processes not taken into account, guidelines and general principles. If you wish to make comparisons between these results and other results calculated in accordance with this standard, please take particular care to review the detailed methods used, especially allocation methods and data sources.

Your selected parameters for the calculation of energy consumption and greenhouse gas emissions (GHG emissions) in EcoTransIT World are displayed above in the detailed description of the transport services. The energy and GHG conversion factors (e.g. MJ or kg CO2 equivalent per litre diesel) for the EcoTransIT World calculation are taken from the appendix A of the standard EN 16258 without changes. For European trucks a biofuel share of 5 % is considered for diesel. For train transports the European standard does not contain specific energy and GHG conversion factors. Therefore EcoTransIT World uses own country specific conversion factors which are documented within the methodology report [<http://www.ecotransit.org/basis.en.html>].

For the allocation of energy consumption and GHG emissions to the individual transport services the parameter tonne-kilometre (tkm) is used. But the European standard allows also other allocation parameters if this is common for the transport mode considered. EcoTransIT World uses deviant allocation parameters for container ships (TEU-km) and ferries (number of decks and vehicle length). All data sources used for the calculation are documented at the appendix of this document. A comprehensive documentation of all data sources and default values as well as used for EcoTransIT World as well as a detailed description of the methodology can be found in the scientific methodology report [<http://www.ecotransit.org/basis.en.html>].

Carbon emissions and air pollutants

The European standard EN 16258 does not contain methodological guidelines for the calculation of CO₂ and air pollutants. For comparability with the results for energy consumption and GHG emissions the calculation of CO₂ and air pollutants is based on the same methodology as the European standard. Further information about the calculation approach used by EcoTransIT World for CO₂ and air pollutants can be found in the scientific methodology report [<http://www.ecotransit.org/basis.en.html>].

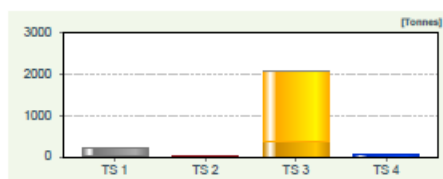
Carbon dioxide (CO₂)

WTW (Tonnes)

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|------------|-----------|--------------|-----------|
| Truck | 211 | 0 | 2 | 1 |
| Train | 0 | 41 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 2,085 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 75 |
| Sum | 211 | 41 | 2,087 | 76 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0 | 0 |

TTW (Tonnes)

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|--------------|------------|----------------|-------------|
| Truck | 171.9 | 0 | 1.9 | 0.8 |
| Train | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 1,707.7 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 67.8 |
| Sum | 171.9 | 0.0 | 1,709.6 | 68.6 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0 | 0 |



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)

| | WTT | TTW |
|----------------------|-----|-----|
| Truck: | | |
| Train: | | |
| Airplane: | | |
| Intermodal transfer: | | |
| Sea ship: | | |

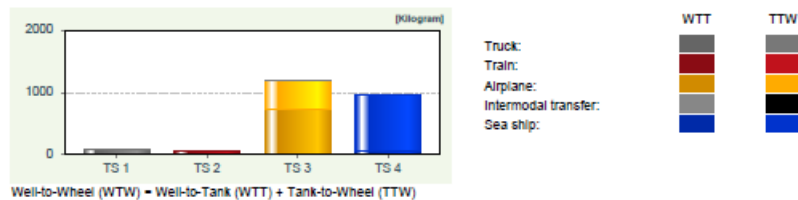
Sulfur dioxide (SO₂)

WTW [Kilogram]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|-------------|-------------|----------------|--------------|
| Truck | 77.4 | 0 | 0.9 | 0.4 |
| Train | 0 | 54.4 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 1,192.0 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 971.2 |
| Sum | 77.4 | 54.4 | 1,192.9 | 971.6 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0.6 | 0.6 |

TTW [Kilogram]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| Truck | 1.160 | 0 | 0.013 | 0.006 |
| Train | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 454.924 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 902.273 |
| Sum | 1.160 | 0.000 | 454.937 | 902.279 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0 | 0 |



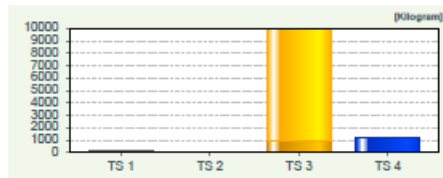
Nitrogen oxides (NOx)

WTW [Kilogram]

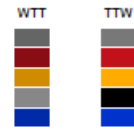
| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|------------|-----------|--------------|--------------|
| Truck | 157 | 0 | 6 | 3 |
| Train | 0 | 79 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 9,991 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 1,253 |
| Sum | 157 | 79 | 9,998 | 1,256 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 1 | 1 |

TTW [Kilogram]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|-----------|----------|--------------|--------------|
| Truck | 56 | 0 | 5 | 2 |
| Train | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 9,073 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 1,218 |
| Sum | 56 | 0 | 9,078 | 1,220 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0 | 0 |



Truck:
Train:
Airplane:
Intermodal transfer:
Sea ship:



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)

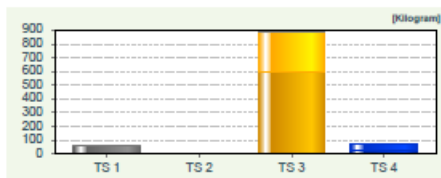
Non-methane hydrocarbon (NMHC)

WTW [Kilogram]

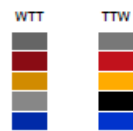
| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|-------------|------------|--------------|-------------|
| Truck | 64.5 | 0 | 0.7 | 0.3 |
| Train | 0 | 4.3 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 890.5 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 74.4 |
| Sum | 64.5 | 4.3 | 891.3 | 74.7 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0.1 | 0.1 |

TTW [Kilogram]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|-------------|-------------|---------------|--------------|
| Truck | 5.34 | 0 | 0.09 | 0.04 |
| Train | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 296.07 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 46.91 |
| Sum | 5.34 | 0.00 | 296.16 | 46.94 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0 | 0 |



Truck:
Train:
Airplane:
Intermodal transfer:
Sea ship:



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)

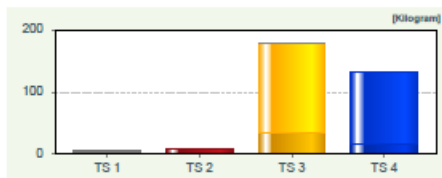
Particulate matter (PM10)

WTW [Kilogram]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| Truck | 4.55 | 0 | 0.13 | 0.05 |
| Train | 0 | 7.98 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 179.47 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 131.76 |
| Sum | 4.55 | 7.98 | 179.60 | 131.81 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0.10 | 0.10 |

TTW [Kilogram]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| Truck | 0.77 | 0 | 0.09 | 0.04 |
| Train | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 144.31 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 116.78 |
| Sum | 0.77 | 0.00 | 144.39 | 116.82 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0 | 0 |



Truck:
Train:
Airplane:
Intermodal transfer:
Sea ship:



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)

EcoTransIT World

EcoTransIT World (Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports) calculates the environmental impacts for any freight transport service. EcoTransIT World provides energy consumption and GHG Emissions for trucks, trains, ships and airplanes in accordance with the European standard EN 16258:2012. Additionally carbon dioxide (CO₂) and the most important air pollutants (nitrogen oxide, non-methane hydrocarbons, sulfur dioxide and particulates) can be calculated with EcoTransIT World. Below you will find all information about your transport service selected and data sources used as well as the results of your calculation.

General Information

Creation Date: 21.02.2019
Origin: [City district] [fr] Marseille
Destination: [City district] [gb] Liverpool
Cargo weight: 100 teu (vTEU: 14.5)

Detailed description of the calculated transport services

Transport service TS 1 - 1,578.25 km

Origin: [City district] [fr] Marseille
Truck (26-40 t,diesel,EURO 6,LF: 65.0%,ETF: 20%) - 1,578.25 km
Destination: [City district] [gb] Liverpool

Transport service TS 2 - 1,530.93 km

Origin: [City district] [fr] Marseille
Train (electrified 1000 t,LF: 65.8%,ETF: 20%,Train type: Container train) - 1.4 km
Via: [fr] MARSEILLE-ST-CHARLES (UIC: 87751008)
Train (electrified 1000 t,LF: 65.8%,ETF: 20%,Train type: Container train) - 1,529.53 km
Destination: [City district] [gb] Liverpool

Transport service TS 3 - 1,407.06 km

Origin: [City district] [fr] Marseille
Truck (26-40 t,diesel,EURO 5,LF: 95.77%,ETF: 20%) - 19.52 km
Via: [FR] Aubagne Agora Hlpd (IATA: JAH)
Airplane (Hybrid medium haul,LF: 70.0%,Belly percentage: 40.0%) - 1,373.37 km
Via: [gb] Liverpool John Lennon International (IATA: LPL)
Truck (26-40 t,diesel,EURO 5,LF: 95.77%,ETF: 20%) - 14.16 km
Destination: [City district] [gb] Liverpool

Transport service TS 4 - 3,704 km

Origin: [City district] [fr] Marseille

Truck (26-40 t,diesel,EURO 5,LF: 96.77%,ETF: 20%) - 9.74 km

Via: [fr] Marseille (UN/LOCODE: FRMRS)

Sea ship (CC Intra-continental EU (0,5-2k TEU),LF: 70.0%,SR: 28%,Scac: null#) - 3,691.38 km

Via: [gb] Birkenhead (UN/LOCODE: GBBRK)

Truck (26-40 t,diesel,EURO 5,LF: 96.77%,ETF: 20%) - 2.88 km

Destination: [City district] [gb] Liverpool

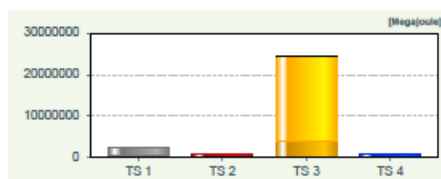
Energy consumption

WTW [MegaJoule]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|------------------|----------------|-------------------|----------------|
| Truck | 2,566,629 | 0 | 41,634 | 15,731 |
| Train | 0 | 998,013 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 24,438,906 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 680,961 |
| Sum | 2,566,629 | 998,013 | 24,480,540 | 696,692 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 12,769 | 12,769 |

TTW [MegaJoule]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|------------------|----------------|-------------------|----------------|
| Truck | 2,063,766 | 0 | 33,388 | 12,573 |
| Train | 0 | 237,936 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 20,528,680 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 625,373 |
| Sum | 2,063,766 | 237,936 | 20,562,068 | 637,946 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 3,160 | 3,160 |



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)

Truck: ■ ■
Train: ■ ■
Airplane: ■ ■
Intermodal transfer: ■ ■
Sea ship: ■ ■

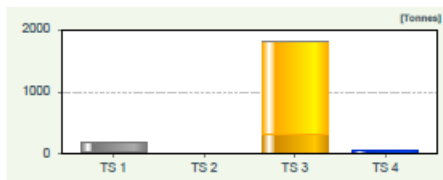
GHG emissions (calculated as CO2 equivalents)

WTW [Tonnes]

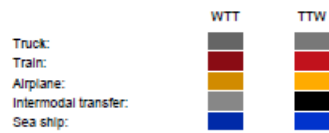
| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|------------|-----------|--------------|-----------|
| Truck | 182 | 0 | 3 | 1 |
| Train | 0 | 17 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 1,807 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 53 |
| Sum | 182 | 17 | 1,809 | 54 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0 | 0 |

TTW [Tonnes]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|--------------|------------|----------------|-------------|
| Truck | 144.2 | 0 | 2.3 | 0.9 |
| Train | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 1,480.1 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 48.6 |
| Sum | 144.2 | 0.0 | 1,482.4 | 49.5 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0 | 0 |



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)



These four results (TTW and WTW energy consumption and TTW and WTW GHG emissions) have been established according to the standard EN 16258:2012. Please consult this standard to get further information about processes not taken into account, guidelines and general principles. If you wish to make comparisons between these results and other results calculated in accordance with this standard, please take particular care to review the detailed methods used, especially allocation methods and data sources.

Your selected parameters for the calculation of energy consumption and greenhouse gas emissions (GHG emissions) in EcoTransIT World are displayed above in the detailed description of the transport services. The energy and GHG conversion factors (e.g. MJ or kg CO₂ equivalent per litre diesel) for the EcoTransIT World calculation are taken from the appendix A of the standard EN 16258 without changes. For European trucks a biofuel share of 5 % is considered for diesel. For train transports the European standard does not contain specific energy and GHG conversion factors. Therefore EcoTransIT World uses own country specific conversion factors which are documented within the methodology report [<http://www.ecotransit.org/basis.en.html>].

For the allocation of energy consumption and GHG emissions to the individual transport services the parameter tonne-kilometre (tkm) is used. But the European standard allows also other allocation parameters if this is common for the transport mode considered. EcoTransIT World uses deviant allocation parameters for container ships (TEU-km) and ferries (number of decks and vehicle length). All data sources used for the calculation are documented at the appendix of this document. A comprehensive documentation of all data sources and default values as well as used for EcoTransIT World as well as a detailed description of the methodology can be found in the scientific methodology report [<http://www.ecotransit.org/basis.en.html>].

Carbon emissions and air pollutants

The European standard EN 16258 does not contain methodological guidelines for the calculation of CO₂ and air pollutants. For comparability with the results for energy consumption and GHG emissions the calculation of CO₂ and air pollutants is based on the same methodology as the European standard. Further information about the calculation approach used by EcoTransIT World for CO₂ and air pollutants can be found in the scientific methodology report [<http://www.ecotransit.org/basis.en.html>].

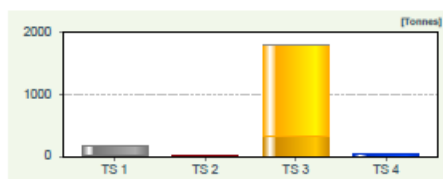
Carbon dioxide (CO₂)

WTW [Tonnes]

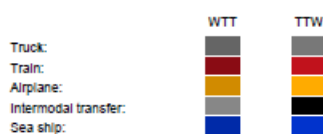
| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|------------|-----------|--------------|-----------|
| Truck | 174 | 0 | 3 | 1 |
| Train | 0 | 16 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 1,792 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 52 |
| Sum | 174 | 16 | 1,795 | 53 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0 | 0 |

TTW [Tonnes]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|--------------|------------|----------------|-------------|
| Truck | 141.9 | 0 | 2.3 | 0.9 |
| Train | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 1,467.8 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 48.0 |
| Sum | 141.9 | 0.0 | 1,470.1 | 48.9 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0 | 0 |



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)



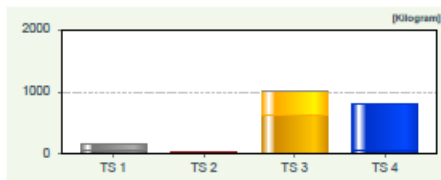
Sulfur dioxide (SO₂)

WTW [Kilogram]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|--------------|-------------|----------------|--------------|
| Truck | 159.3 | 0 | 1.0 | 0.4 |
| Train | 0 | 25.3 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 1,024.6 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 812.5 |
| Sum | 159.3 | 25.3 | 1,025.6 | 812.9 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0.5 | 0.5 |

TTW [Kilogram]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|---------------|--------------|----------------|----------------|
| Truck | 91.588 | 0 | 0.016 | 0.006 |
| Train | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 391.022 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 758.032 |
| Sum | 91.588 | 0.000 | 391.038 | 758.038 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0 | 0 |



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)

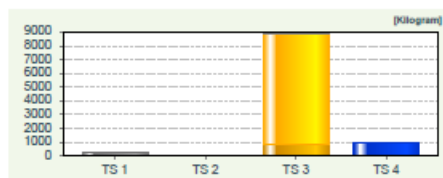
Nitrogen oxides (NOx)

WTW [Kilogram]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|------------|-----------|--------------|------------|
| Truck | 268 | 0 | 8 | 3 |
| Train | 0 | 42 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 8,896 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 946 |
| Sum | 268 | 42 | 8,904 | 949 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 1 | 1 |

TTW [Kilogram]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|------------|----------|--------------|------------|
| Truck | 184 | 0 | 6 | 2 |
| Train | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 6,107 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 922 |
| Sum | 184 | 0 | 6,113 | 924 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0 | 0 |



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)

| | WTT | TTW |
|----------------------|-----|-----|
| Truck: | | |
| Train: | | |
| Airplane: | | |
| Intermodal transfer: | | |
| Sea ship: | | |

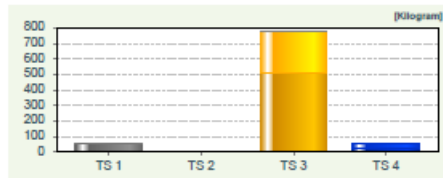
Non-methane hydrocarbon (NMHC)

WTW (Kilogram)

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|-------------|------------|--------------|-------------|
| Truck | 58.5 | 0 | 0.9 | 0.3 |
| Train | 0 | 1.4 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 779.2 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 53.7 |
| Sum | 58.5 | 1.4 | 780.1 | 54.0 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 |

TTW (Kilogram)

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|-------------|-------------|---------------|--------------|
| Truck | 9.11 | 0 | 0.10 | 0.04 |
| Train | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 268.24 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 33.39 |
| Sum | 9.11 | 0.00 | 268.34 | 33.43 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0 | 0 |



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)

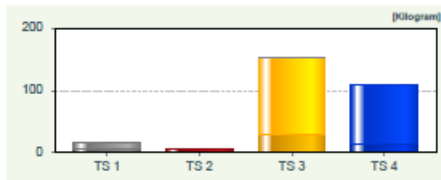
Particulate matter (PM10)

WTW [Kilogram]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|--------------|-------------|---------------|---------------|
| Truck | 17.45 | 0 | 0.15 | 0.06 |
| Train | 0 | 5.85 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 153.78 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 109.47 |
| Sum | 17.45 | 5.85 | 153.94 | 109.53 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0.10 | 0.10 |

TTW [Kilogram]

| | TS 1 | TS 2 | TS 3 | TS 4 |
|---------------------|--------------|-------------|---------------|--------------|
| Truck | 12.90 | 0 | 0.10 | 0.04 |
| Train | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Airplane | 0 | 0 | 123.56 | 0 |
| Sea ship | 0 | 0 | 0 | 96.99 |
| Sum | 12.90 | 0.00 | 123.66 | 97.03 |
| Reporting: | | | | |
| Intermodal transfer | 0 | 0 | 0 | 0 |



Well-to-Wheel (WTW) = Well-to-Tank (WTT) + Tank-to-Wheel (TTW)

