
**ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΟ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ
ΑΠΟ ΤΗΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ
ΤΟΥ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
(MASTER PLAN) ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**

Μελετητής: ΣΑΜΑΡΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ ΑΕ – ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ

**Ειδικός
Επιστημονικός
Σύμβουλος** ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΕΙΦΟΡΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Ομάδα μελέτης:

Καθ. Ν. Μουσιόπουλος
(επιστημονικός υπεύθυνος)
Δρ. Γεώργιος Τσέγας
Δρ. Ελευθέριος Χουρδάκης
Κόττα Ευθυμία, MSc

Θεσσαλονίκη, Φεβρουάριος 2023

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	4
2. Νομοθετικό πλαίσιο	5
3. Αποτύπωση υφιστάμενης κατάστασης ποιότητας της ατμόσφαιρας	7
4. Υπολογισμός Εκπομπών	19
4.1 Γενικά	19
4.2 Μεθοδολογία Υπολογισμού Εκπομπών	22
4.2.1 Εκπομπές από την κυκλοφορία των οχημάτων εντός της περιοχής μελέτης («R»)	22
4.2.2 Εκπομπές από την κυκλοφορία βαρέων οχημάτων στη μη επιστρωμένη περιοχή δύτικα του Σταθμού Εμπορευματοκιβωτίων (Μάντρες – «C»)	23
4.2.3 Εκπομπές Από την Περιοχή Απόθεσης Υλικών («W»)	27
4.2.4 Εκπομπές Από τις Εργασίες Φορτοεκφόρτωσης («D»)	32
4.2.5 Εκπομπές Από Εργοταξιακές Δραστηριότητες	33
4.2.6 Υπολογισμός Εκπομπών Από Πλοία Εντός Λιμένα	34
4.3 Αποτελέσματα Υπολογισμού Εκπομπών Υφιστάμενης Κατάστασης	47
4.4 Αποτελέσματα Υπολογισμών Εκπομπών Σεναρίου Προβολής-Μελλοντικής Κατάστασης	59
5. Συμπεράσματα	70
6. Βιβλιογραφία	76
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	79
7.1 I.1 Δίκτυο Παρακολούθησης της Ποιότητας Αέρα της ΠΚΜ	79
7.2 I.2 Δίκτυο Παρακολούθησης της Ποιότητας Αέρα του Δήμου Θεσσαλονίκης	79
7.3 I.3 Δίκτυο Παρακολούθησης της Ποιότητας Αέρα του Δήμου Δέλτα	80

1. Εισαγωγή

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης αποτελεί η αξιολόγηση επιπτώσεων στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον από την υλοποίηση δράσεων και του σχεδιασμού που προβλέπει το Αναπτυξιακό Πρόγραμμα και Μελέτη Διαχείρισης (Master Plan) του Λιμένα Θεσσαλονίκης, όπως αυτά περιγράφονται στην ΣΜΠΕ, που συνοδεύει η παρούσα ως αυτόνομο παράρτημα.

Ειδικότερα, πραγματοποιείται ποσοτικοποίηση των παραγόμενων εκπομπών ρύπων εντός των περιοχών ευθύνης της Οργανισμός Λιμένα Θεσσαλονίκης Α.Ε. (ΟΛΘ Α.Ε.), τόσο για την υφιστάμενη κατάσταση όσο και υπό μορφή προβολής για ορίζοντα 25 ετίας, σύμφωνα με τις προβλέψεις του Master Plan. Η ποσοτικοποίηση διεξάγεται λαμβάνοντας υπόψη τις δραστηριότητες εντός του χερσαίου τμήματος του λιμένα, συμπεριλαμβανομένων και των εργασιών φόρτωσης/εκφόρτωσης, αποθήκευσης και διαχείρισης φορτίων, καθώς και τις ατμοσφαιρικές εκπομπές των πλοίων εντός της περιοχής ευθύνης.

Παράλληλα, γίνεται εκτίμηση του υφιστάμενου και μελλοντικού ρυπαντικού αποτυπώματος του Λιμένα στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον με τη βοήθεια πιστοποιημένων μεθοδολογιών και εργαλείων καθώς και ποιοτική εκτίμηση της αποτελεσματικότητας προτεινόμενων μέτρων μετριασμού της ρύπανσης.

Συγκεκριμένα, στο πλαίσιο της μελέτης διεξήχθησαν οι ακόλουθες εργασίες:

- I. Εκτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης της ποιότητας του αέρα στην ευρύτερη περιοχή του Λιμένα μέσω
 - του προσδιορισμού της συνεισφοράς της λειτουργίας του Λιμένα, στα επίπεδα συγκεντρώσεων, όπως αυτά μετρούνται στο σταθμό καταγραφής της ποιότητας αέρα της ΟΛΘ Α.Ε., καθώς και σε ένα σύνολο άλλων μετρητικών σταθμών όμορων δήμων, καθώς και της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας.
 - της αναγνώρισης της συνεισφοράς άλλων πηγών, πέραν των ορίων ευθύνης ΟΛΘ Α.Ε., όπως και του αστικού υποβάθρου στα μετρούμενα επίπεδα συγκεντρώσεων από τον σταθμό της ΟΛΘ ΑΕ.
- II. Ποσοτικοποίηση των σωματιδιακών και αέριων εκπομπών από το σύνολο των πηγών εντός της ΟΛΘ Α.Ε. για διάστημα ενός ημερολογιακού έτους αναφοράς (σενάριο βάσης).

III. Εκτίμηση της διαφοροποίησης των σωματιδιακών και αέριων εκπομπών από τη λειτουργία του Λιμένα, σε βάθος χρόνου 25ετίας με βάση τις προβλέψεις του υπό εξέταση Master Plan

2. Νομοθετικό πλαίσιο

Το βασικό θεσμικό πλαίσιο, βάσει του οποίου αξιολογείται η επίδραση των προτεινόμενων προβλέψεων του επικαιροποιημένου Master Plan στην ποιότητα του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος, είναι η Οδηγία 2008/50/ΕΚ για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα στην Ευρώπη, όπως αυτή τροποποιήθηκε με την οδηγία 2015/1480/ΕΕ. Επιπλέον, λαμβάνονται υπόψη οι εθνικές νομοθεσίες που ενσωματώνουν τις ευρωπαϊκές οδηγίες:

- ο ΚΥΑ ΗΠ 14122/549/Ε103/11 (ΦΕΚ 488/Β/2011) για τη βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2008/50/ΕΚ, όπως τροποποιήθηκε με την ΚΥΑ 174505/607/17 (ΦΕΚ 1311/Β/2017)
- ο και η ΚΥΑ 22306/1075/Ε103/07 (ΦΕΚ 920/Β/2007) για τον καθορισμό ορίων εκτίμησης των συγκεντρώσεων αερίων ρύπων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2004/107/ΕΚ, όπως τροποποιήθηκε με την ΚΥΑ 174505/607/17

Οι οριακές τιμές για την προστασία της ανθρώπινης υγείας, όπως καταγράφονται στο Παράρτημα XI της ΚΥΑ ΗΠ 14122/549/Ε.103/11. Παράλληλα, σύμφωνα με την παράγραφο Α.2 του Παραρτήματος III της ΚΥΑ ΗΠ 14122/549/Ε.103/11 δεν γίνεται εκτίμηση της συμμόρφωσης ως προς τις οριακές τιμές που αποσκοπεί στην προστασία της ανθρώπινης υγείας:

- α) σε τοποθεσίες που βρίσκονται εντός περιοχών στις οποίες το κοινό δεν έχει πρόσβαση και δεν υπάρχουν σταθερές κατοικίες
- β) σύμφωνα με το άρθρο 2 παράγραφος 1 της ΚΥΑ ΗΠ 14122/549/Ε.103/11, σε χώρους εργοστασίων ή βιομηχανικές εγκαταστάσεις στις οποίες ισχύουν όλες οι συναφείς διατάξεις που αφορούν την υγεία και την ασφάλεια στην εργασία
- γ) στα οδοστρώματα και στα κεντρικά διαζώματα των οδών, εκτός από τα σημεία από τα οποία οι πεζοί έχουν πρόσβαση στο κεντρικό διάζωμα.

Επιπλέον παρουσιάζεται **εκτίμηση των κρίσιμων επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης για την προστασία της βλάστησης και των οικοσυστημάτων, σύμφωνα με το Παράρτημα XIII**

της ΚΥΑ ΗΠ 14122/549/Ε.103/11. Σημειώνεται, ότι, για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων διασποράς ως προς τη προστασία της βλάστησης και των οικοσυστημάτων, σύμφωνα με το σημείο Β.2 του παραρτήματος ΙΙΙ της ανωτέρω απόφασης, προκύπτει ότι "Τα σημεία δειγματοληψίας που αποσκοπούν στην προστασία της βλάστησης και των φυσικών οικοσυστημάτων τοποθετούνται σε απόσταση τουλάχιστον 20 km από οικισμούς ή τουλάχιστον 5 km από άλλες δομημένες περιοχές, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, αυτοκινητόδρομους ή οδικές αρτηρίες από τις οποίες περνούν περισσότερα από 50 000 οχήματα ημερησίως.....".

Εντός της περιοχής ανάπτυξης των δραστηριοτήτων του Λιμένα Θεσσαλονίκης, ισχύουν οι προβλέψεις του ΠΔ 90/1999, (το οποίο αφορά τον καθορισμό οριακών τιμών έκθεσης και ανώτατων οριακών τιμών έκθεσης των εργαζομένων και την τροποποίηση και συμπλήρωση του ΠΔ 307/86 για την προστασία της υγείας των εργαζομένων που εκτίθενται σε ορισμένους χημικούς παράγοντες κατά την διάρκεια της εργασίας τους).

Συνεπώς, στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται οι οριακές τιμές που ορίζει η κείμενη νομοθεσία στα Παραρτήματα ΧΙ και ΧΙΙΙ της ΚΥΑ ΗΠ 14122/549/Ε.103/11 (ΦΕΚ 488/Β/2011), αλλά και στο ΠΔ 90/1999 όπως ισχύει, προκειμένου να αποφεύγονται και να προλαμβάνονται οι επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, στη βλάστηση και τα οικοσυστήματα.

Πίνακας 1. Οριακές τιμές για την προστασία του ανθρώπου, των οικοσυστημάτων και των εργαζομένων στον χώρο εργασίας

ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ	
Τιμές ορίων για το διοξείδιο του Θείου (SO ₂)	
Μέση ωριαία τιμή, να μην υπερβαίνεται για περισσότερο από 24 φορές το χρόνο	350 µg/m ³
Μέση ημερήσια τιμή, να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 3 φορές το χρόνο	125 µg/m ³
Τιμές ορίων για αιωρούμενα σωματίδια ΑΣ _{2,5}	
Μέση ετήσια τιμή	25 µg/m ³
Τιμές ορίων για αιωρούμενα σωματίδια ΑΣ ₁₀	
Μέση ημερήσια τιμή, να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές το χρόνο	50 µg/m ³
Μέση ετήσια τιμή	40 µg/m ³
Τιμές ορίων για το διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)	
Μέση ωριαία τιμή, να μην υπερβαίνεται περισσότερο από 18 φορές το χρόνο	200 µg/m ³
Μέση ετήσια τιμή	40 µg/m ³
Τιμές ορίων για το μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	
Μέγιστη ημερήσια τιμή – Μέση τιμή 8ωρου	10 mg/m ³
Τιμές ορίων για το Βενζόλιο	
Μέση ετήσια τιμή	5 µg/m ³

Τιμές ορίων για το Μόλυβδος (Pb)	
Μέση ετήσια τιμή	0,5 µg/m ³
Τιμές ορίων για το Όζον	
Μέγιστη ημερήσια τιμή – Μέση τιμή 8ωρου, 25 ημέρες ανά ημερολογιακό έτος κατά μέσο όρο σε 3 χρόνια	120 µg/m ³
Τιμές ορίων για το Αρσενικό	
Μέση ετήσια τιμή	6 ng/m ³
Τιμές ορίων για το Κάδμιο(Cd)	
Μέση ετήσια τιμή	5 ng/m ³
Τιμές ορίων για το Νικέλιο(Ni)	
Μέση ετήσια τιμή	20 ng/m ³
Τιμές ορίων για το Πολυκυκλικοί αρωματικού υδρογονάνθρακες (ως Βενζο(α)πυρένιο)	
Μέση ετήσια τιμή	1 ng/m ³
ΚΡΙΣΙΜΑ ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	
Τιμές ορίων για το διοξείδιο του Θείου (SO ₂)	
Ημερολογιακό έτος (Μέση ετήσια τιμή), ή/και χειμώνας	20 µg/m ³
Τιμές ορίων για τα οξείδια του αζώτου (NO _x)	
Ημερολογιακό έτος (Μέση ετήσια τιμή)	30 µg/m ³
ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΧΩΡΟ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ	
Οριακή τιμή έκθεσης εργαζομένων για το διοξείδιο του Θείου (SO ₂)	
Οριακή τιμή έκθεσης	5 mg/m ³ (5.000 µg/m ³)
Οριακή τιμή έκθεσης εργαζομένων για το διοξείδιο του αζώτου (NO ₂)	
Οριακή τιμή έκθεσης	9mg/m ³ (9.000 µg/m ³)

3. Αποτύπωση υφιστάμενης κατάστασης ποιότητας της ατμόσφαιρας

Στην παρούσα παράγραφο, επιχειρείται η αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης της ποιότητας του αέρα με τη συσχέτιση ανάμεσα σε:

- δεδομένα προερχόμενα από το σταθμό καταγραφής ποιότητας αέρα της ΟΛΘ ΑΕ και
- σε αντίστοιχα δεδομένα προερχόμενα από σταθμούς μέτρησης των όμορων δήμων και της ΠΚΜ με διαφορετικά χαρακτηριστικά.

Η παρούσα αξιολόγηση αφορά ρύπους, που σχετίζονται με τη λειτουργία του Λιμένα Θεσσαλονίκης, ήτοι τα αιωρούμενα σωματίδια-ΑΣ₁₀, τα οξείδια του αζώτου-NO_x, το διοξείδιο του θείου-SO₂, το μονοξείδιο του άνθρακα-CO, την αμμωνία- NH₃ και τις πτητικές οργανικές ενώσεις VOCs. Τα αιωρούμενα σωματίδια (Particulate Matter), είναι μίγμα μικρών στερεών σωματιδίων, διαφόρων ενώσεων όπως οξέων (νιτρικών και θεικών), οργανικών ενώσεων, μετάλλων, χρώματος και σκόνης, και παράγονται τόσο από διεργασίες καύσης, όσο και από διεργασίες επαναιώρησης και διαχείρισης υλικών (π.χ. διαχείριση στερεού χύδην φορτίου).

Τα οξειδία του αζώτου ανήκουν σε μία ομάδα χημικών ενώσεων, οι οποίες περιέχουν άζωτο και οξυγόνο σε διάφορες αναλογίες. Ο εν λόγω ρύπος, καθώς και το μονοξείδιο του άνθρακα, παράγεται κυρίως από τις διεργασίες καύσης (κυκλοφορία οχημάτων, κίνηση πλοίων, λειτουργία μηχανημάτων). Το διοξείδιο του θείου εκπέμπεται κυρίως κατά την καύση ορυκτών καυσίμων (π.χ. μαζούτ) που χρησιμοποιούνται ως ναυτιλιακά καύσιμα, τα οποία περιέχουν θείο. Αναμενόμενα, ο εν λόγω ρύπος παράγεται κυρίως από την κίνηση πλοίων.

Επιπλέον, οι μη μεθανικοί πτητικοί υδρογονάνθρακες (NMVOC) συμπεριλαμβάνουν όλες τις οργανικές ενώσεις ανθρωπογενούς και βιογενούς προέλευσης εκτός από το μεθάνιο, οι οποίες είναι ικανές να παράγουν φωτοχημικά οξειδωτικά μέσω αντιδράσεων με οξειδία του αζώτου παρουσία ηλιακού φωτός. Συγκεκριμένα, αποτελούν μία μεγάλη ομάδα υγρών και αερίων, πολλές από τις οποίες είναι άχρωμες και άοσμες. Δεδομένου ότι είναι πτητικές ουσίες, τα υγρά εξατμίζονται εύκολα σε θερμοκρασία δωματίου. Οι πτητικές οργανικές ενώσεις αποτελούν ρύπους ενδιαφέροντος λόγω της ικανότητάς τους να αντιδρούν με άλλους ρύπους όπως τα οξειδία του αζώτου στα χαμηλά στρώματα της ατμόσφαιρας σχηματίζοντας όζον. Η πλειονότητα των ανθρωπογενών VOC απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα από τις μεταφορές και τις βιομηχανικές δραστηριότητες που χρησιμοποιούν διαλύτες και την πετροχημική βιομηχανία.

Τέλος, η αμμωνία είναι μία ανόργανη δυαδική χημική ένωση που αποτελείται από άζωτο και υδρογόνο και έχει μοριακό τύπο NH_3 . Η καθαρή αμμωνία σε κανονικές συνθήκες, δηλαδή σε ατμοσφαιρική πίεση και σε θερμοκρασία 25°C , είναι ένα άχρωμο αέριο με αποπνικτική οσμή. Πρόκειται για μία διαδεδομένη χημική ένωση του αζώτου την οποία την βρίσκουμε στη φύση σε διάφορες μορφές, ενώ συγχρόνως αποτελεί μια από τις βασικότερες χημικές ουσίες, που παράγεται σε ποσότητες εκατομμυρίων τόνων ετησίως. Η αμμωνία αποτελεί αέριο προϊόν της καύσης ή της αεριοποίησης.

Παρόλα αυτά, η αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης της ποιότητας της ατμόσφαιρας στην παρούσα παράγραφο εστίασε στη παράμετρο των αιωρούμενων σωματιδίων (συγκεκριμένα για το κλάσμα των AS_{10}), καθώς - όπως πρόκειται να αναλυθεί και στις επόμενες παραγράφους - οι εκπομπές των υπόλοιπων ρύπων που προέρχονται από τις υφιστάμενες δραστηριότητες εντός του λιμένα θεωρείται πως έχουν χαμηλή συνεισφορά στα επίπεδα ρύπανσης της ευρύτερης περιοχής. Ειδικότερα, από τις μετρήσεις αέριων ρύπων που λαμβάνουν χώρα στο σταθμό καταγραφής ποιότητας του αέρα της ΟΛΘ ΑΕ προκύπτει πως οι συγκεντρώσεις SO_2 είναι ιδιαίτερα χαμηλές, ενώ οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις των NO_x

είναι ανάλογες αυτών που παρατηρούνται σε κεντρικά σημεία της πόλης, κάτι που αποδίδεται στη γειτνίαση της περιοχής του λιμένα με κεντρικές οδικές αρτηρίες της πόλης και σε πολύ μικρότερο βαθμό με τις δραστηριότητες που σχετίζονται με τη λειτουργία του λιμανιού.

Σε αυτό το πλαίσιο, η ομάδα μελέτης συνέλεξε ένα σύνολο δεδομένων, στο οποίο περιλαμβάνονταν οι χρονοσειρές μετρήσεων συγκεντρώσεων μέσου όρου ημέρας AS_{10} για το σύνολο των σταθμών καταγραφής ατμοσφαιρικής ρύπανσης που υπάρχουν στο πολεοδομικό συγκρότημα της πόλης της Θεσσαλονίκης και των περιχώρων για το έτος 2018. Οι συγκεκριμένες χρονοσειρές συντέθηκαν από ανοιχτά δημόσια δεδομένα που προέρχονται από τα ημερήσια δελτία τόσο της Περιφέρειας όσο και των δήμων Θεσσαλονίκης και Δέλτα, καθώς και από την επίσημη ιστοσελίδα της ΟΛΘ ΑΕ. Αρχικά, στα πρωτογενή δεδομένα έγινε αναγνώριση των ημερών υπέρβασης οριακής τιμής για κάθε σταθμό, με κριτήριο το κατά πόσο η μέση ημερήσια συγκέντρωσή τους είχε τιμή μεγαλύτερη από το σχετικό όριο των $50 \mu g/m^3$ το οποίο θεσπίζεται στην Ευρωπαϊκή και Εθνική Νομοθεσία (2008/50/ΕΚ).

Στη συνέχεια, ακολουθήθηκε μια αρθρωτή προσέγγιση τριών σταδίων, η οποία περιλάμβανε συγκριτικό έλεγχο των διαφορών μεταξύ της μετρούμενης μέσης ημερήσιας συγκέντρωσης AS_{10} στο σταθμό της ΟΛΘ ΑΕ στην περιοχή του λιμένα και των αντίστοιχων μέσων ημερήσιων συγκεντρώσεων:

- i. σε ένα σταθμό καταγραφής περιφερειακού υποβάθρου
- ii. σε ένα σταθμό αστικού υποβάθρου
- iii. καθώς και ο έλεγχος ταυτόχρονης ύπαρξης υπέρβασης στο σταθμό του λιμένα και σε έναν εκτεταμένο αριθμό σταθμών (14 στο σύνολο) εντός και περιμετρικά της πόλης της Θεσσαλονίκης.

Ως έτος αναφοράς για την εφαρμογή της εν λόγω προσέγγισης επιλέχθηκε το 2018, ως το χρονικά εγγύτερο έτος για το οποίο υπήρχαν ταυτόχρονα διαθέσιμα όλα τα απαραίτητα δεδομένα για την εκπόνηση της συγκεκριμένης εφαρμογής, καθώς και για τον υπολογισμό εκπομπών υφιστάμενης κατάστασης. Κατά συνέπεια, το συγκεκριμένο έτος κρίθηκε ως το πιο κατάλληλο για την εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας. Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να αναφερθεί πως λόγω των ιδιαίτερων συνθηκών της περιόδου 2020-2021 εξαιτίας των περιοριστικών μέτρων για την πανδημία COVID-19, κρίθηκε σκόπιμο να αποκλειστούν τα συγκεκριμένα έτη από την παρούσα ανάλυση, καθώς θεωρούνται μη αντιπροσωπευτικά.

Στοχεύοντας σε μία όσο το δυνατόν πιο αναλυτική περιγραφή των βημάτων που ακολουθήθηκαν στο πλαίσιο της συγκεκριμένης προσέγγισης, κρίνεται σκόπιμη μια συνοπτική αναφορά στις διάφορες κατηγορίες σταθμών καταγραφής της ποιότητας του αέρα, καθώς στο πλαίσιο της συγκεκριμένης ανάλυσης απαιτούνταν χρονοσειρές δεδομένων από ένα περιφερειακό σταθμό, καθώς και ένα σταθμό αστικού υποβάθρου. Συγκεκριμένα, διακρίνονται ως εξής:

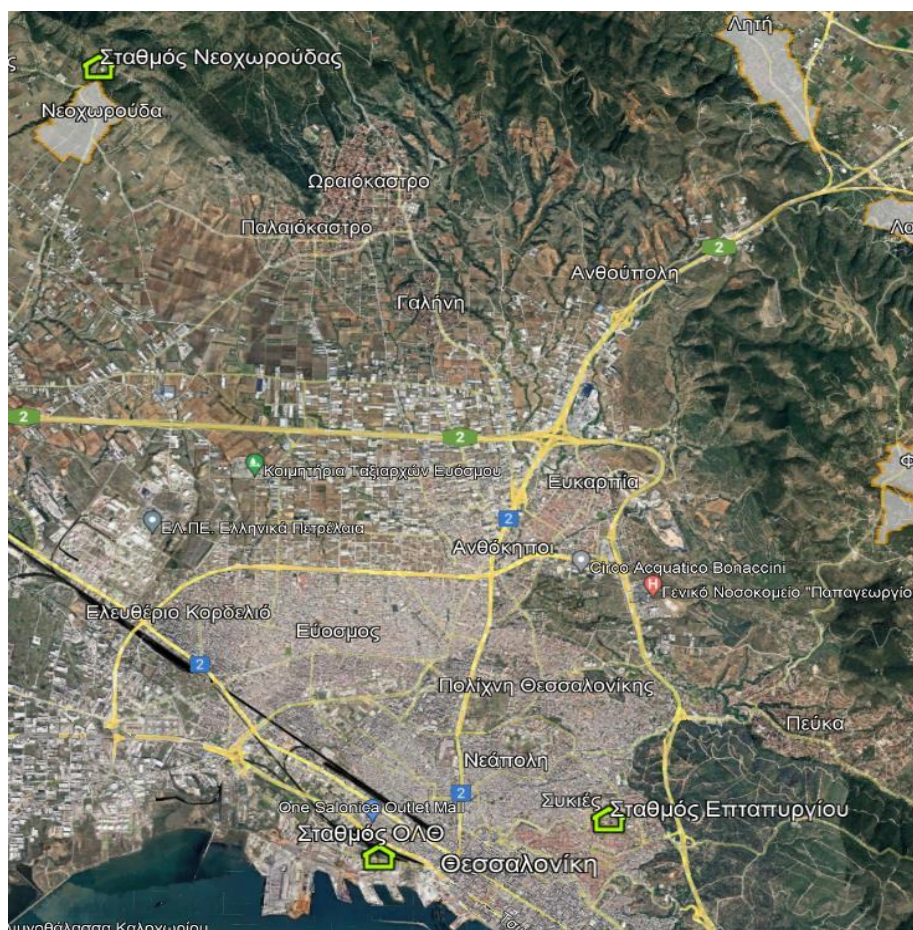
- α. Σταθμοί αστικού υποβάθρου: τοποθετούνται σε αστικές περιοχές που δεν είναι πολυσύχναστες και δεν επηρεάζονται άμεσα από τοπικές πηγές (οδική κυκλοφορία, βιομηχανία). Στις συγκεκριμένες τοποθεσίες δεν αναμένονται καταγραφές των μέγιστων τιμών συγκεντρώσεων, καθώς σε μεγάλο βαθμό είναι αντιπροσωπευτικές των μέσων παρατηρούμενων επιπέδων της ευρύτερης περιοχής
- β. Κυκλοφοριακοί σταθμοί: η χωροθέτησή τους συναντάται σε πολυσύχναστους δρόμους, οι οποίοι επηρεάζονται άμεσα από την οδική κυκλοφορία, ενώ εμφανίζουν συχνά υψηλά επίπεδα συγκεντρώσεων, καθώς τα χαρακτηριστικά των σημείων χωροθέτησης (αυξημένες εκπομπές λόγω κυκλοφορίας, περιορισμένος αερισμός της περιοχής λόγω των ψηλών κτιρίων, κτλ.) ευνοούν κάτι τέτοιο. Η συγκεκριμένη κατηγορία σταθμών είναι αντιπροσωπευτική της επίδρασης της κυκλοφορίας των οχημάτων στις παρατηρούμενες συγκεντρώσεις σε τοπικό επίπεδο (κλίμακα δρόμου).
- γ. Βιομηχανικοί σταθμοί: δίνουν τιμές τοπικών μέγιστων εξαιτίας της λειτουργίας βιομηχανικών μονάδων, με τη χωροθέτηση των σημείων εγκατάστασης να σχετίζονται με την τοποθεσία και τα χαρακτηριστικά των μονάδων, καθώς και τις τοπικές επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες.
- δ. Περιφερειακοί/αγροτικοί σταθμοί υποβάθρου: τοποθετούνται σε περιοχές με μικρή πληθυσμιακή πυκνότητα, απομακρυσμένες από ανθρωπογενείς πηγές εκπομπής. Η εν λόγω κατηγορία σταθμών είναι αντιπροσωπευτική των μέσων επιπέδων συγκέντρωσης σε μεγάλη κλίμακα (περιφερειακό υπόβαθρο).

Ακολούθως, διεξήχθη επισκόπηση των χαρακτηριστικών των σταθμών της Περιφέρειας και των Δήμων Θεσσαλονίκης και Δέλτα με σκοπό να επιλεγθούν δύο σταθμοί μέτρησης περιφερειακού και αστικού υποβάθρου, οι οποίοι θα χρησιμοποιούνταν για την εκπόνηση των προαναφερθέντων βημάτων. Σημειώνεται πως αναλυτική περιγραφή του δικτύου καταγραφής της ποιότητας αέρα της Περιφέρειας, του Δήμου Θεσσαλονίκης και του Δήμου

Δέλτα παρατίθενται σε σχετικό Παράρτημα. Τα βασικά κριτήρια στην αναζήτηση των κατάλληλων σταθμών ήταν:

- η τοποθεσία χωροθέτησής τους και η εγγύτητά τους με το Λιμένα Θεσσαλονίκης
- το είδος τους, καθώς θα πρέπει να αποτελούν σταθμούς καταγραφής περιφερειακού και αστικού υποβάθρου, αντίστοιχα
- η διαθεσιμότητα μετρήσεων συγκεντρώσεων ΑΣ₁₀

Σε αυτό το πλαίσιο, για την αξιολόγηση της ποιότητας ατμόσφαιρας επιλέχθηκε, όσον αφορά στο κομμάτι του περιφερειακού υποβάθρου, ο σταθμός της Νεοχωρούδας, ενώ για την περίπτωση του αστικού υποβάθρου αυτός του Επταπυργίου (καθώς η απόστασή του από αυτόν του λιμανιού ήταν σημαντικά μικρότερη από την αντίστοιχη του σταθμού της Τούμπας, ο οποίος διαθέτει ανάλογα χαρακτηριστικά).



Εικόνα 1: Απόσπασμα ορθοφωτοχάρτη στο οποίο αποτυπώνονται οι δύο σταθμοί μέτρησης περιφερειακού και αστικού υποβάθρου που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης ατμόσφαιρας, καθώς και ο σταθμός μέτρησης της ΟΛΘ ΑΕ.

Σε αυτό το σημείο, θα πρέπει να αναφερθεί πως η εν λόγω προσέγγιση εφαρμόστηκε μόνο για τις ημέρες υπέρβασης στο σταθμό της ΟΛΘ ΑΕ, οι οποίες είναι αυτές που παρουσιάζουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον. Επίσης, σημειώνεται πως χρησιμοποιήθηκε αποκλειστικά το σύνολο των ημερών για τις οποίες υπήρχαν ταυτόχρονα δεδομένα τόσο από το σταθμό του Επταπυργίου όσο και από αυτόν της Νεοχωρούδας.

Στο πλαίσιο αυτό η αξιολόγηση περιέλαβε 43 υπερβάσεις της οριακής τιμής της μέσης ημερήσιας τιμής ($50 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$) που καταγράφηκαν στο σταθμό μέτρησης της ΟΛΘ για το έτος 2018, για τις οποίες υπήρχαν ταυτόχρονα δεδομένα και από τους δύο επιλεγμένους σταθμούς αστικού και περιφερειακού υποβάθρου. Σημειώνεται πως από τις συγκεκριμένες ημέρες υπέρβασης, στις 39 ταυτοποιήθηκε δηλωμένη διαδικασία φορτοεκφόρτωσης, ενώ υπήρξαν 4 ημέρες στις οποίες με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα δεν υπήρξε τέτοιου τύπου δραστηριότητα.

→ **1^ο Στάδιο:** Σύγκριση των συγκεντρώσεων που καταγράφηκαν στο σταθμό του λιμανιού με τις αντίστοιχες που παρατηρήθηκαν στον περιφερειακό σταθμό (Νεοχωρούδας).

Η συγκεκριμένη αρθρωτή προσέγγιση αποσκοπεί στον προσεγγιστικό προσδιορισμό, επί του ετήσιου αριθμού υπερβάσεων που καταγράφηκαν στο σταθμό του λιμανιού, της συνεισφοράς λοιπών παραγόντων που δε σχετίζονται με τις δραστηριότητες εντός του χώρου ευθύνης της ΟΛΘ ΑΕ. Όπως προαναφέρθηκε, τα στάδια αξιολόγησης που ακολουθήθηκαν ήταν τρία:

Το ανωτέρω στάδιο αποσκοπεί στην αναγνώριση πιθανής υψηλής συνεισφοράς των φυσικών πηγών (όπως η μεταφορά σκόνης από τη Σαχάρα) στα παρατηρούμενα επίπεδα AS_{10} σε μέρες υπερβάσεων. Παράλληλα με τις ανθρωπογενείς εκπομπές, η σωματιδιακή ρύπανση οφείλεται σε ένα μεγάλο βαθμό και στη συνεισφορά των φυσικών πηγών, όπως η διασυννοριακή μεταφορά σκόνης και το θαλάσσιο άλας, καθώς και η επαναιώρηση σκόνης από δρόμους, ακάλυπτες περιοχές, καλλιεργήσιμες αγροτικές εκτάσεις, κ.α. λόγω ξηρού κλίματος.

Σε αυτό το πλαίσιο, για κάθε υπό εξέταση ημέρα υπέρβασης υπολογίστηκε η διαφορά ανάμεσα στις μετρούμενες ημερήσιες τιμές στο σταθμό του λιμανιού και σε αυτόν του περιφερειακού υποβάθρου (Νεοχωρούδα). Ακολουθώντας, η εν λόγω διαφορά συγκρίνεται με μία κρίσιμη τιμή η οποία ορίστηκε στα $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Η συγκεκριμένη τιμή κρίθηκε ότι αποτελεί μία επαρκή ένδειξη σημαντικής επίδρασης των φυσικών πηγών στην εκάστοτε υπέρβαση της

ημερήσιας οριακής τιμής. Σε περίπτωση που η διαφορά είναι μικρότερη, τότε η συγκεκριμένη υπέρβαση θεωρείται ότι μπορεί να αποδοθεί στη συνεισφορά των φυσικών πηγών. Σε αντίθετη περίπτωση, εφαρμόζεται το αμέσως επόμενο σκέλος της προσέγγισης. Η επιλογή της κρίσιμης αυτής τιμής προέκυψε με βάση προηγούμενη εμπειρία από στατιστική επεξεργασία χρονοσειρών συγκεντρώσεων σε αστικές περιοχές, στο μεθοδολογικό πλαίσιο που ορίζει η Οδηγία 2008/50/ΕΚ.

→ **2° Στάδιο:** Σύγκριση των συγκεντρώσεων που καταγράφηκαν στο σταθμό του λιμανιού με τις αντίστοιχες που παρατηρήθηκαν στον αστικό σταθμό (Επταπυργίου).

Το ανωτέρω στάδιο σχετίζεται με τον έλεγχο αναφορικά με την πιθανή επίδραση που μπορεί να έχει το σύνολο των δραστηριοτήτων εντός του αστικού ιστού στα μετρούμενα επίπεδα σωματιδιακής ρύπανσης του σταθμού της ΟΛΘ ΑΕ στις ημέρες υπέρβασης. Για τον συγκεκριμένο έλεγχο συσχετίστηκαν καταγραφείσες τιμές από το σταθμό του λιμανιού με τις αντίστοιχες μετρούμενες στο σταθμό αστικού υποβάθρου με τρόπο ανάλογο με το προηγούμενο βήμα, δηλαδή υπολογίζοντας τη διαφορά της μέσης ημερήσιας τιμής του σταθμού στο λιμάνι με τη μέση ημερήσια τιμή του αστικού υποβάθρου, η οποία αποτυπώνεται από τις αντίστοιχες καταγραφές του σταθμού του Επταπυργίου, και μέσω της επακόλουθης σύγκρισης της συγκεκριμένης διαφοράς με την κρίσιμη τιμή των 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

→ **3° Στάδιο:** Σύγκριση των συγκεντρώσεων που καταγράφηκαν στο σταθμό του λιμανιού με τις αντίστοιχες που παρατηρήθηκαν στο ευρύτερο δίκτυο των σταθμών μέτρησης.

Σε περίπτωση που η υπολογισμένη διαφορά είναι μικρότερη από την κρίσιμη τιμή, τότε θεωρείται πως η εν λόγω υπέρβαση μπορεί να σχετιστεί με την ύπαρξη έντονης ρυπογόνου ανθρώπινης δραστηριότητας εντός του ιστού της πόλης, η οποία επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τα καταγραφόμενα επίπεδα σωματιδιακής ρύπανσης συνολικά στην πόλη και άρα και στο σημείο χωροθέτησης του σταθμού της ΟΛΘ ΑΕ. Στην αντίθετη περίπτωση, διεξάγεται ο έλεγχος του τρίτου σκέλους της συγκεκριμένης προσέγγισης.

Η βασική στόχευση του τρίτου σκέλους ήταν η ανάδειξη της πιθανής επίδρασης κάποιου τρίτου παράγοντα, ο οποίος δε σχετίζεται άμεσα με κάποια ρυπογόνα δραστηριότητα φυσικής ή ανθρώπινης προέλευσης, ως κυρίαρχης αιτίας των υψηλών επιπέδων συγκέντρωσης $\text{A}\Sigma_{10}$ τα οποία οδήγησαν στην καταγραφή υπέρβασης της σχετικής ημερήσιας οριακής τιμής στο σταθμό του λιμανιού, όπως η επικράτηση δυσμενών μετεωρολογικών

συνθηκών (άπνοια, θερμοκρασιακή αναστροφή, κ.α.). Ο συγκεκριμένος έλεγχος βασίστηκε στο κατά πόσο παράλληλα με εμφάνιση υπέρβασης στο σταθμό του λιμανιού, υπήρξε ταυτόχρονη καταγραφή υπερβάσεων σε ένα μεγάλο αριθμό σταθμών μέτρησης με διαφορετικά χαρακτηριστικά εντός και περιμετρικά της πόλης, κάτι που ευθέως θα παρέπεμπε στην επίδραση κάποιου τρίτου παράγοντα που δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες για την εμφάνιση αρκετά υψηλών συγκεντρώσεων.

Σε αυτό το πλαίσιο, για κάθε υπό εξέταση ημέρα υπολογίστηκε το ποσοστό καταγραφής υπέρβασης στους υπόλοιπους σταθμούς. Σε περίπτωση που αυτό υπερέβαινε το 50%, τότε θεωρούνταν ότι υπάρχει μια εκτεταμένη κατάσταση επιβαρυμένης ποιότητας αέρα η οποία δε μπορεί να αποδοθεί άμεσα σε κάποιο ρυπογόνο παράγοντα. Σε διαφορετική περίπτωση, βασικό αίτιο της συγκεκριμένης υπέρβασης κρίνεται ότι αποτελεί λειτουργία του Λιμένα.

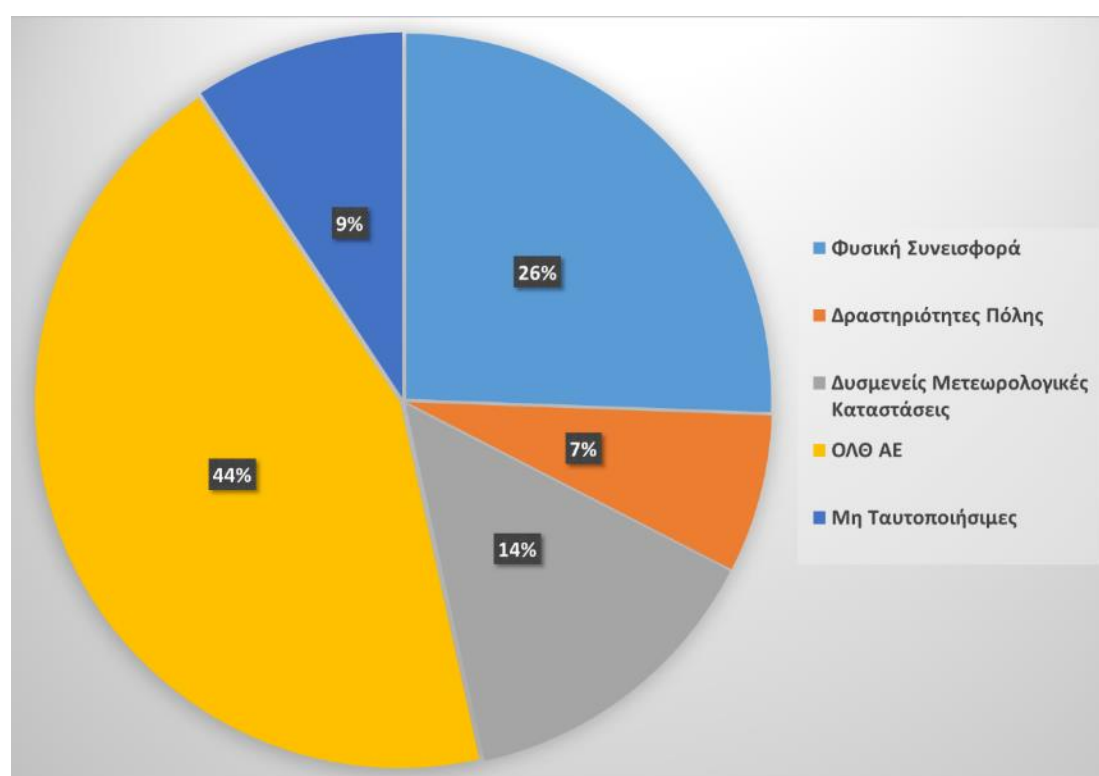
Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί πως παρά τη χαμηλή πληρότητα των δεδομένων στους σταθμούς της Νεοχωρούδας και του Επταπυργίου σε σχέση με αυτόν της ΟΛΘ ΑΕ και της επακόλουθης εξέτασης μόνο ενός δείγματος από το σύνολο των ημερών υπέρβασης, τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούν να θεωρηθούν ενδεικτικά του επιμερισμού της επίδρασης των διάφορων εξωγενών σε σχέση με το χώρο ευθύνης της ΟΛΘ ΑΕ παραγόντων.

Με βάση την παραπάνω ποιοτική αρχικά προσέγγιση, προέκυψε πως από τις 43 ημέρες υπέρβασης της ημερήσιας οριακής τιμής για τα AS_{10} που εξετάστηκαν για το έτος αναφοράς 2018, οι 19 ενδεχομένως να οφείλονται στις δραστηριότητες εντός της περιοχής του λιμανιού, ενώ οι υπόλοιπες 23 μπορούν να αποδοθούν σε άλλους παράγοντες, όπως οι φυσικές πηγές, οι δραστηριότητες εντός του αστικού ιστού και οι μετεωρολογικές παράμετροι, ενώ 4 παραμένουν μη ταυτοποιήσιμες. Τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης ανάλυσης παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 2, καθώς και σε μορφή ποσοστών στο Σχήμα 1.

Από τα αποτελέσματα που παρατίθενται στον Πίνακα 2 και το Σχήμα 1 είναι εμφανές πως η συνεισφορά της λειτουργίας του Λιμένα έχει μικρότερη επίδραση στα μετρούμενα επίπεδα σωματιδιακής ρύπανσης εντός περιοχής ανάπτυξης και λειτουργίας του, σε σχέση με το σύνολο των υπόλοιπων παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητα του αέρα. Εξ αυτού του γεγονότος συνάγεται το συμπέρασμα πως εκτός των χώρων ευθύνης της ΟΛΘ ΑΕ, η επίδραση του Λιμένα στην ποιότητα της ατμόσφαιρας είναι ακόμη πιο περιορισμένη.

Πίνακας 2. Επιμερισμός της συνεισφοράς των διαφόρων κατηγοριών αιτίων στις καταγραφείσες υπερβάσεις της οριακής τιμής των ΑΣ₁₀ στο σταθμό μέτρησης του λιμανιού για το έτος 2018

Φυσική συνεισφορά	Δραστηριότητες πόλης	Δυσμενείς μετεωρολογικές συνθήκες	ΟΛΘ ΑΕ	Μη Ταυτοποιήσιμες
11	3	6	19	4

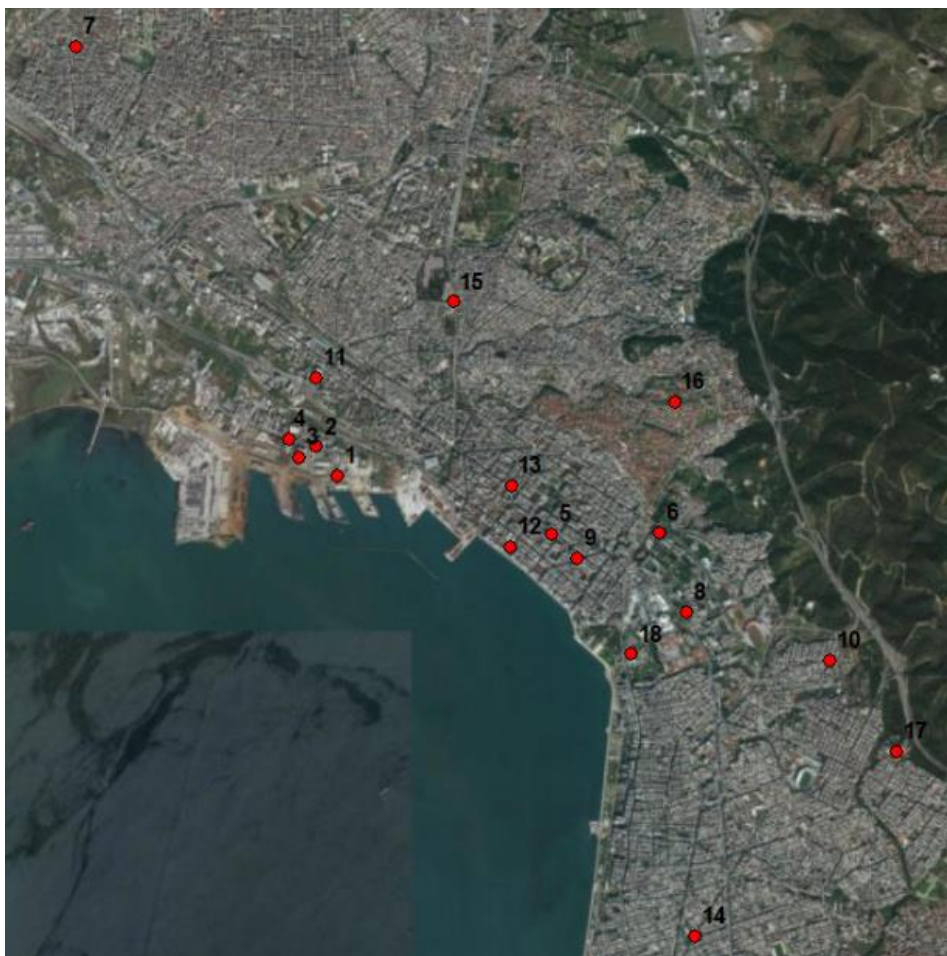


Σχήμα 1: Ποσοστιαίος επιμερισμός της συνεισφοράς των διαφόρων κατηγοριών αιτίων στις καταγραφείσες υπερβάσεις της οριακής τιμής των ΑΣ₁₀ στο σταθμό μέτρησης του λιμανιού για το έτος 2018

Το παραπάνω συμπέρασμα επιβεβαιώνεται από τα αποτελέσματα της μελέτης «ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ (ΑΣ₁₀) ΚΑΙ ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΠΗΓΩΝ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΕΝΤΟΣ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ» που διεξήγαγε το Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου της Θεσσαλονίκης το 2019 για λογαριασμό της ΟΛΘ ΑΕ.

Συγκεκριμένα, από τη μελέτη διασποράς που διεξήχθη στο πλαίσιο της συγκεκριμένης μελέτης γίνεται προφανές ότι η συνεισφορά του Λιμένα Θεσσαλονίκης στην επιβάρυνση της ποιότητας της ατμόσφαιρας, εκτός της περιοχής του λιμανιού, είναι πολύ μικρή.

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι μέσες ετήσιες τιμές επιβάρυνσης από τις δραστηριότητες του λιμανιού για μια σειρά από σημειακούς αποδέκτες εντός και περιμετρικά της περιοχής του λιμανιού, ενώ στο Σχήμα 2 παρουσιάζονται οι τοποθεσίες των σημειακών αποδεκτών.



Σχήμα 2: Τοποθεσίες των σημειακών αποδεκτών.

Πίνακας 3. Μέση ετήσια υπολογισμένη τιμή προσαύξεσης στις συγκεντρώσεις ΑΣ για μια σειρά από σημειακούς αποδέκτες εντός, πλησίον και περιμετρικά της περιοχής του λιμανιού.

Σημεία/Αποδέκτες		Μέση ετήσια προσαύξεση ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	ΟΛΘ ΑΕ	2,6430
2	MET	4,3410
3	Limani Center	6,7440
4	ΠΚΜ	3,3220
5	Αγ. Σοφίας	0,0698
6	ΑΠΘ	0,0207
7	Κορδελιό	0,0461
8	ΑΠΘ/ΕΜΘΠΜ	0,0188
9	Διαγώνιος	0,0553
10	Τριανδρία	0,0106
11	One salonica	0,4528
12	Αριστοτέλους	0,0813
13	Εγνατίας	0,1121
14	Μαρτίου	0,0392
15	Λαγκαδά	0,3184
16	Επταπυργίου	0,0370
17	Τούμπα	0,0191
18	Δημαρχείο	0,0399

Στην περίπτωση των συγκεντρώσεων ΑΣ₁₀ στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον, η Ευρωπαϊκή νομοθεσία για την προστασία της ανθρώπινης υγείας (2008/50/ΕΚ) έχει θεσπίσει ένα μέγιστο επιτρεπόμενο αριθμό 35 υπερβάσεων της μέσης ημερήσιας οριακής τιμής των 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ανά έτος. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, το όριο αυτό ισχύει μόνο για σημεία παρακολούθησης περιβάλλοντος που έχουν χωροθετηθεί σύμφωνα με τις διατάξεις της Οδηγίας, οι οποίες θεωρούνται ότι αντιπροσωπεύουν την κατάσταση της ποιότητας του αέρα σε μια ευρύτερη κατοικημένη περιοχή και περιλαμβάνονται στην επίσημη εθνική αναφορά στην ΕΚ. Συνεπώς, είναι χρήσιμο να εξεταστεί ο ετήσιος αριθμός τέτοιων υπερβάσεων στον συγκεκριμένο

σταθμό, καθώς και οι πηγές συνεισφοράς του, ως μέσο επίτευξης ποσοτικής επισκόπησης σε σχέση με τις οριακές τιμές που έχουν καθοριστεί για την προστασία της ανθρώπινης υγείας.

Σε αυτό το πλαίσιο, για κάθε μία από τις ημέρες υπέρβασης αφαιρέθηκε η συνεισφορά που υπολογίστηκε από το μοντέλο από τη μετρούμενη τιμή και το αποτέλεσμα συγκρίθηκε με την οριακή τιμή των 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ για να εξαχθεί το συμπέρασμα κατά πόσο προκύπτει ευθύνη των πηγών εντός του λιμανιού ή εξωτερικών παραγόντων (ανθρωπογενών ή φυσικών) στην εμφάνιση της εκάστοτε υπέρβασης.

Με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης «ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ (ΑΣ10) ΚΑΙ ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΠΗΓΩΝ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΕΝΤΟΣ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ» που διεξήγαγε το Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου της Θεσσαλονίκης το 2019 οι δραστηριότητες του Λιμένα Θεσσαλονίκης **ευθύνονται για το 5,7% των υπερβάσεων που κατέγραψε ο σταθμός μέτρησης του λιμένα, ενώ το υπόλοιπο 94,3% των υπερβάσεων μπορούν να αποδοθούν σε εξωγενείς παράγοντες, είτε μεμονωμένους είτε σε συνδυαστική επίδραση αυτών.** Οι βασικότεροι από τους συγκεκριμένους παράγοντες είναι οι ακόλουθοι:

- Συνεισφορά σε περιφερειακή κλίμακα, κυρίως λόγω διασυννοριακής μεταφοράς σε μεγάλη εμβέλεια φυσικής σκόνης εκπεμπόμενη από ερημικές περιοχές της Βόρειας Αφρικής και της Μέσης Ανατολής.
- Εμφάνιση υψηλών επιπέδων αστικού υποβάθρου εξαιτίας της συνδυασμένης επίδρασης των παροδικών αυξημένων εκπομπών από ένα εκτεταμένο σύνολο αστικών πηγών. Οι κυριότερες συνεισφορές σε αυτήν την περίπτωση προέρχονται από της ώρες αιχμής στις οδικές μεταφορές (σε κλίμακα έτους) και τα οικιακά συστήματα θέρμανσης (τις απογευματινές και βραδινές ώρες κατά τη χειμερινή περίοδο).
- Επεισόδια εξαιρετικά δυσμενών μετεωρολογικών συνθηκών (π.χ. ατμοσφαιρική στασιμότητα με χαμηλό στρώμα αναστροφής), οι οποίες εντείνουν σε μεγάλο βαθμό την επίδραση των αστικών εκπομπών εκτός περιπτώσεων αιχμής εκπεμπόμενων πέραν των ορίων της περιοχής μελέτης.

Σε συνέχεια των ανωτέρω προκύπτει ότι η κατάσταση της ποιότητας της ατμόσφαιρας στην άμεση περιοχή μελέτης:

- Ως προς το SO₂ είναι καλή.
- Ως προς τα NO_x είναι ανάλογη των υπολοίπων κεντρικών σημείων της πόλης, δηλαδή μέτρια.
- Ως προς τα VOCs δεν είναι δυνατό να γίνει εκτίμηση, καθώς ο σταθμός της ΟΛΘ ΑΕ δεν είχε διαθέσιμες τέτοιες μετρήσεις, ενώ ο κοντινότερος σταθμός καταγραφής ποιότητας αέρα από άλλο φορέα είναι χωροθετημένος σε απόσταση τουλάχιστον ενός χιλιομέτρου από το λιμάνι, γεγονός που τον καθιστά μη αντιπροσωπευτικό για την περιοχή ενδιαφέροντος.
- Ως προς τα αιωρούμενα σωματίδια είναι μέτρια, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις συγκεντρώσεις που παρατηρούνται κατά καιρούς στο δίκτυο των σταθμών παρακολούθησης, με τις δραστηριότητες του Λιμένα να συμβάλλουν αμελητέα στην άμεση περιοχή μελέτης, καθώς το 94,3% των υπερβάσεων που κατέγραψε ο σταθμός μέτρησης του λιμένα αποδίδονται σε φυσικά αίτια, στις οδικές μεταφορές και τα οικιακά συστήματα θέρμανσης.

4. Υπολογισμός Εκπομπών

4.1 Γενικά

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο επιχειρείται μία ποσοτικοποίηση των παραγόμενων εκπομπών ρύπων από τις δραστηριότητες εντός του χώρου ευθύνης του Λιμένα Θεσσαλονίκης, τόσο στην υφιστάμενη κατάσταση όσο και στο πλαίσιο ενός μελλοντικού σεναρίου δυσμενέστερης κατάστασης, το οποίο αναφέρεται σε ορίζοντα 25ετίας σύμφωνα με τις προβλέψεις του Master Plan. Σκοπός της ποσοτικοποίησης των παραγόμενων εκπομπών από τη λειτουργία του Λιμένα σε ορίζοντα 25ετίας είναι η εν συνεχεία αξιολόγηση της ενδεχόμενης επίδρασης του, στην ποιότητα της ατμόσφαιρας της άμεσης περιοχής μελέτης, η οποία περιλαμβάνει τους χώρους ευθύνης της ΟΛΘ ΑΕ και τις παρακείμενες σε αυτούς περιοχές.

Η εν λόγω ποσοτικοποίηση συμπεριλαμβάνει όλες τις δραστηριότητες εντός του χερσαίου τμήματος του λιμένα, όπως οι εργασίες φόρτωσης/εκφόρτωσης, αποθήκευσης και διαχείρισης φορτίων, καθώς και τις ατμοσφαιρικές εκπομπές των πλοίων εντός της περιοχής ευθύνης.

Οι πηγές εκπομπών που προέρχονται από λιμενικές δραστηριότητες μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

1. Εκπομπές καυσαερίων από τους κινητήρες των πλοίων στις θέσεις αγκυροβόλησης (κύριοι/βοηθητικοί κινητήρες)
2. Χερσαίες εκπομπές καυσαερίων προερχόμενες από τη χρήση σταθερών μηχανημάτων και την οδική κυκλοφορία.
3. Διαφεύγουσα σκόνη, εκπεμπόμενη ή επαναιωρούμενη κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων του λιμένα.

Για τον προσδιορισμό των εκπομπών καυσαερίων και διαφυγών, χρησιμοποιήθηκαν τυποποιημένες μεθοδολογίες (USEPA AP-42; EMEP/EEA, 2016), καθώς και η μεθοδολογία COPERT (Computer Programme to Calculate Emissions from Road Traffic - Ntziachristos et al., 2009). Για κάθε κατηγορία πηγών προσδιορίστηκαν οι συντελεστές εκπομπής βάσει των παραπάνω μεθοδολογικών πλαισίων, λαμβανομένων υπόψη των ειδικών υλικών και συνθηκών που σχετίζονται με την εκάστοτε δραστηριότητα. Επιπλέον, λήφθηκε υπ' όψιν ότι οι κύριοι κινητήρες των πλοίων παραμένουν κατά το πλείστον απενεργοποιημένοι κατά την διάρκεια παραμονής τους εντός του λιμένα.

Επιπλέον, ως διακριτές πηγές εκπομπών αερίων ρύπων εξετάζονται κατά τη φάση κατασκευής:

- η επιβάρυνση του κυκλοφοριακού φόρτου από τα βαρέα οχήματα και τα οχήματα των εργαζομένων στα εργοτάξια.
- η λειτουργία των εργοταξίων, που έχει σαν αποτέλεσμα εκπομπές καυσαερίων από τα μηχανήματα-οχήματα και σκόνης από τις χωματουργικές εργασίες.

Αναλυτικότερα οι αναμενόμενες δυνητικές επιπτώσεις στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον κατά τη φάση κατασκευής περιλαμβάνουν αφενός την εκπομπή σκόνης από τις χωματουργικές εργασίες, την κίνηση των οχημάτων και τη διαχείριση των υλικών και χωματουργικών προϊόντων και αφετέρου την εκπομπή καυσαερίων από τις μετακινήσεις των φορτηγών και των μηχανημάτων κατασκευής στο χώρο των έργων και από τα μεταφορικά μέσα που θα μεταφέρουν τα υλικά κατασκευής από και προς τα εργοτάξια.

Για τον υπολογισμό των στατικών εκπομπών καύσης βάσει των δεδομένων δραστηριότητας χρησιμοποιείται η μεθοδολογία EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, και συγκεκριμένα οι ακόλουθες κατηγορίες NFR (Nomenclature For Reporting): 1.A.2.f ii, 1.A.4.[a,b,c] ii, 1.A.4.c iii και 1.A.5.b.

Οι προαναφερόμενες εκπομπές ποσοτικοποιήθηκαν σε ένα σύνολο πηγών πολυγώνου σε ολόκληρη την περιοχή μελέτης, όπως αποτυπώνεται αναλυτικά στο Σχήμα 2.

Συγκεκριμένα:

- οι πηγές με την ένδειξη "D" υποδηλώνουν τις εργασίες φόρτωσης-εκφόρτωσης στα κρηπιδώματα,
- το "R" αποτελείται από τα κύρια οδικά τμήματα κυκλοφορίας,
- ενώ τα "W" και "C" υποδηλώνουν περιοχές εκπομπών επαναιώρησης στις μη επιστρωμένες περιοχές του λιμένα (στην εν λόγω κατηγορία εμπίπτουν και οι εργασίες διαχείρισης στερεού χύδην φορτίου).

Οι ωριαίες τιμές εκπομπής κατά τη διάρκεια του έτους αναφοράς υπολογίστηκαν ως συνάρτηση του σχετικού συντελεστή εκπομπής που επιλέχθηκε για κάθε επιφανειακή πηγή με βάση το αντίστοιχο υλικό και τα δεδομένα δραστηριότητας για την συγκεκριμένη πηγή, όπως αυτά έγιναν διαθέσιμα από την ΟΛΘ Α.Ε.

Επίσης, ελήφθησαν υπόψη οι μετεωρολογικές παράμετροι που επηρεάζουν τις εν λόγω εκπομπές, όπως το ύψος βροχόπτωσης και η ταχύτητα του ανέμου.



Σχήμα 3: Επιφανειακές πηγές εκπομπών που ελήφθησαν υπόψη κατά τη διαδικασία εκτίμησης των εκπομπών (πράσινο).

4.2 Μεθοδολογία Υπολογισμού Εκπομπών

4.2.1 Εκπομπές από την κυκλοφορία των οχημάτων εντός της περιοχής μελέτης («R»)

Τα πρωτογενή δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των εκπομπών οδικής κυκλοφορίας εντός του χώρου ευθύνης της ΟΛΘ ΑΕ παραδόθηκαν στην ομάδα μελέτης από τον Εργοδότη. Συγκεκριμένα, παραδόθηκαν χρονοσειρές σχετικές με τον ημερήσιο αριθμό οχημάτων (χωριστά για ΙΧ και ΔΧ) που εισήλθαν από τις πύλες 10^A και 16 του λιμένα για το ημερολογιακό έτος 2018, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς του σεναρίου βάσης, ενώ για τους αντίστοιχους αναφορικά με τα μελλοντικά σενάρια, έγιναν κατάλληλες τροποποιήσεις βασισμένες στο Master Plan του Έργου.

Οι συγκεκριμένοι υπολογισμοί διεξήχθησαν χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία COPERT (Computer Programme to Calculate Emissions from Road Traffic - Ntziachristos et al., 2009). Το COPERT χρησιμοποιείται ως επίσημο εργαλείο για τον υπολογισμό εκπομπών από τα οχήματα από τις ευρωπαϊκές χώρες, ενώ αποτελεί και μέρος του οδηγού απογραφής των αέριων εκπομπών του EMEP/EEA. Παράλληλα, χρησιμοποιείται και για ερευνητικούς σκοπούς. Σημειώνεται ότι η συγκεκριμένη μεθοδολογία χρησιμοποιείται και στο πλαίσιο δημιουργίας των εθνικών απογραφών ρύπων. Ωστόσο, έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί με αρκετά καλή ακρίβεια και για υψηλότερες αναλύσεις, δηλαδή για τη διενέργεια αστικών απογραφών με χωρικό πλέγμα έως 1x1 km² και χρονική ανάλυση της τάξης της μίας ώρας.

Ο υπολογισμός των συνολικών ετήσιων εκπομπών ρύπων που παράγονται από την οδική κυκλοφορία εξαρτάται από τις ακόλουθες μεταβλητές:

- Τα χαρακτηριστικά του στόλου των οχημάτων,
- Τις συνθήκες οδήγησης,
- Τους συντελεστές εκπομπής,
- Την ολική κατανάλωση καυσίμου.

Οι εκπομπές διακρίνονται σε τρεις πηγές προέλευσης: εκπομπές που παράγονται κατά τη θερμικά σταθεροποιημένη φάση λειτουργίας του κινητήρα, εκπομπές κατά τη φάση ψυχρής εκκίνησης και εκπομπές λόγω εξάτμισης υδρογονανθράκων. Οι ολικές εκπομπές υπολογίζονται ως το γινόμενο των δεδομένων δραστηριότητας που έχει εισάγει ο χειριστής του προγράμματος και παράγοντες εκπομπής που υπολογίζονται από το λογισμικό.

Η μεθοδολογία υπολογισμού κατηγοριοποιεί τα οχήματα με τον ακόλουθο τρόπο (Μέλλιος Γιώργος, 2009):

- Βενζινοκίνητα, πετρελαιοκίνητα (diesel), υγραεριοκίνητα (LPG) και υβριδικά επιβατικά αυτοκίνητα
- Ελαφρά βενζινοκίνητα, πετρελαιοκίνητα και υγραεριοκίνητα φορτηγά
- Βαρέα βενζινοκίνητα οχήματα (φορτηγά και λεωφορεία)
- Πετρελαιοκίνητα βαρέα οχήματα με ή χωρίς ρυμουλκούμενο (φορτηγά και λεωφορεία)
- Δίτροχα κυβισμού μικρότερα από 50 cm³ και μεγαλύτερο από 50 cm³ με δίχρονο ή τετράχρονο κινητήρα

Το COPERT υπολογίζει τις εκπομπές όλων των νομοθετημένων ρύπων (CO, NO_x, VOCs, PM) που εκπέμπονται από διάφορες κατηγορίες οχημάτων (επιβατικά οχήματα, ελαφρά και βαρέα φορτηγά, λεωφορεία, μοτοποδήλατα και μοτοσικλέτες) καθώς και εκπομπών CO₂ προερχόμενο από την καύση καυσίμου. Επιπλέον, υπολογίζονται εκπομπές για ένα μεγάλο αριθμό μη νομοθετημένων ρύπων, μεταξύ των οποίων μεθάνιο (CH₄), διοξείδιο του αζώτου (N₂O), αμμωνία (NH₃), SO₂, βαρέα μέταλλα, πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs) και έμμονοι οργανικοί ρύποι (POPs). Τέλος, το πρόγραμμα υπολογίζει εκπομπές NMVOC, συνολικές και ανά χημική ένωση.

Σημειώνεται πως τα εν λόγω δεδομένα τροποποιήθηκαν κατάλληλα, ώστε από τις πρωτογενείς ημερήσιες χρονοσειρές να δημιουργηθούν αντίστοιχες ωριαίες, ενώ ο υπολογισμός των συγκεκριμένων εκπομπών βασίστηκε στην εφαρμογή της μεθοδολογίας COPERT για το κομμάτι δρόμου που εμφανίζεται στο Σχήμα 2 με την ονομασία «R».

4.2.2 Εκπομπές από την κυκλοφορία βαρέων οχημάτων στη μη επιστρωμένη περιοχή δύτικα του Σταθμού Εμπορευματοκιβωτίων (Μάντρες – «C»)

Οι εκπομπές της συγκεκριμένης κατηγορίας χωρίζονται στις άμεσες εκπομπές από τις εξατμίσεις των οχημάτων (exhaust fumes) λόγω της λειτουργίας του κινητήρα και σε αυτές της επαναιώρησης εξαιτίας της κίνησης των οχημάτων. Σε αυτό το πλαίσιο, ο υπολογισμός των εκπομπών από τις εξατμίσεις των οχημάτων υπολογίστηκε μέσω της εφαρμογής της μεθοδολογίας COPERT.

Παράλληλα, στη συγκεκριμένη περίπτωση εξαιτίας του συνδυασμού της κίνησης βαρέων οχημάτων στο συγκεκριμένο οδόστρωμα, κρίθηκε σκόπιμο να διεξαχθεί ταυτόχρονος υπολογισμός εκπομπών λόγω επαναιώρησης σκόνης. Με τον όρο επαναιώρηση

χαρακτηρίζεται μία νέα αιώρηση αδιάλυτων συνήθως σωματιδίων αφότου αυτά έχουν ήδη εναποτεθεί στην επιφάνεια του οδοστρώματος.

Όταν ένα όχημα κινείται σε δρόμο με αρκετή εναποτεθείσα σκόνη (μη ασφαλοστρωμένο ή αρκετά σκονισμένο δρόμο), οι δυνάμεις που ασκούν οι τροχοί στην επιφάνεια του δρόμου προκαλούν κονιορτοποίηση (μετατροπή στερεού σε λεπτότατους κόκκους) των υλικών της επιφανείας. Τα σωματίδια που αιωρούνται από την κίνηση των τροχών και η επιφάνεια του δρόμου εκτίθενται σε ισχυρά ρεύματα αέρα με ισχυρή τυρβώδη διάτμηση κοντά στην επιφάνεια. Οι δίνες που προκαλούνται πίσω από το όχημα συνεχίζουν να ενεργούν στην επιφάνεια του δρόμου και αφότου το όχημα έχει περάσει.

Η κυκλοφορία σε τέτοιου τύπου οδοστρώματα, παρόλο που αποτελεί ένα μόνο παράγοντα εκπομπής AS_{10} , θεωρείται μία σημαντική πηγή αιωρούμενων σωματιδίων (Moosmuller, 1998). Σχεδόν το 32% του συνόλου των THS_{10} από τις πρωτογενείς πηγές στην Πολιτεία της Καλιφόρνια των ΗΠΑ εκτιμάται σήμερα ότι προέρχεται από μη ασφαλοστρωμένους δρόμους, καθιστώντας την μεγαλύτερη ενιαία πηγή πρωτογενών THS_{10} στην περιοχή (CARB, 2001).

Η ποσότητα επαναιωρούμενης σκόνης από ένα δεδομένο τμήμα μη ασφαλοστρωμένου δρόμου μεταβάλλεται γραμμικά με τον όγκο της κυκλοφορίας και εξαρτάται άμεσα από το κλάσμα της ιλύος (σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 75 μm) των υλικών στην επιφάνεια του δρόμου. Το περιεχόμενο της ιλύος εξαρτάται από την εδαφολογική σύσταση και ποικίλλει ανάλογα με την γεωγραφική περιοχή που εξετάζεται, συνεπώς πρέπει να προκύπτει από εδαφολογικές αναλύσεις.

Ως μια συντηρητική προσέγγιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί βιβλιογραφική τιμή για το περιεχόμενο της ιλύος σαν συνάρτηση της εδαφολογικής κλάσης του εδάφους. Πειραματικές μετρήσεις ωστόσο αποδεικνύουν ότι το περιεχόμενο της ιλύος στην επιφάνεια είναι συνήθως μικρότερο του μητρικού εδάφους, διότι τα πολύ μικρά σωματίδια, λόγω της κίνησης των οχημάτων συνεχώς μετακινούνται αφήνοντας ένα υψηλότερο ποσοστό χονδρόκοκκων σωματιδίων. Οι μεταβλητές οι οποίες είναι σημαντικές είναι το βάρος των οχημάτων καθώς και η περιεκτικότητα σε υγρασία του υλικού της επιφανείας του δρόμου.

Οι τύποι που παρουσιάζονται παρακάτω μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της ποσότητας, σε μονάδες μάζας ανά διανυθείσα απόσταση ανά όχημα (VKT, vehicle kilometers travelled), εκπομπών συγκεκριμένου μεγέθους σωματιδίων.

Για οχήματα που κινούνται σε μη ασφαλτοστρωμένους ή αρκετά σκονισμένους δρόμους βιομηχανικών περιοχών, οι εκπομπές υπολογίζονται από την ακόλουθη εξίσωση (US EPA, 2011b):

$$E = 0.2819 \times k \times \left(\frac{S}{12}\right)^a \times \left(\frac{W}{3}\right)^b \quad (1)$$

ενώ για ελαφρά οχήματα που ταξιδεύουν σε μη ασφαλτοστρωμένους δρόμους, με δημόσια πρόσβαση, οι εκπομπές μπορούν να εκτιμηθούν με βάση τον ακόλουθο τύπο: (US EPA, 2011b)

$$E = \frac{0.2819 \times k \times \left(\frac{S}{12}\right)^a \times \left(\frac{S}{30}\right)^d}{\left(\frac{M}{0.5}\right)^c} - C \quad (2)$$

όπου k , a , b , c και d είναι εμπειρικές σταθερές οι οποίες δίνονται παρακάτω και

E = συντελεστής εκπομπής (kg/VKT)

s = περιεκτικότητα ιλύος της επιφάνειας (%)

W = μέσο βάρος οχήματος (Mg)

M = περιεχόμενο υγρασίας στην επιφάνεια (%)

S = μέση ταχύτητα οχήματος (mph)

C = εκπομπές καυσαερίων, φθοράς φρένων και φθοράς ελαστικών

Τα χαρακτηριστικά της πηγής s , W και M αναφέρονται ως παράμετροι διόρθωσης για την προσαρμογή των εκτιμήσεων εκπομπών στις τοπικές συνθήκες.

Οι σταθερές για τις εξισώσεις 1 και 2 με βάση το καθορισμένο αεροδυναμικό μέγεθος των σωματιδίων παρουσιάζονται στους ακόλουθους Πίνακες. Ο Πίνακας 4 περιέχει την κατηγορία ποιότητας για τα διάφορα μεγέθη σωματιδίων που υπάρχουν στις εξισώσεις 1&2. Η εξίσωση διατηρεί την εκχωρημένη κατηγορία ποιότητας εφόσον τηρούνται τα όρια των συνθηκών πηγής, τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 5, που χρησιμοποιήθηκαν για τη διαμόρφωση της εξίσωσης.

Πίνακας 4. Σταθερές για τις εξισώσεις 1 και 2

Σταθερά	Βιομηχανικοί Δρόμοι (εξίσωση 1)		Δημόσιοι Δρόμοι (εξίσωση 2)	
	AΣ _{2.5}	AΣ ₁₀	AΣ _{2.5}	AΣ ₁₀
k (lb/VMT)	0,15	1,5	0,18	1,8
a	0,9	0,9	1	1
b	0,45	0,45	-	-
c	-	-	0,2	0,2
d	-	-	0,5	0,5
Κατηγορία ποιότητας	B	B	B	B

“-“ = δεν χρησιμοποιείται στην εξίσωση για τον συντελεστή εκπομπής

Οι συντελεστές εκπομπών AP-42 κατατάσσονται σε κατηγορίες ποιότητας από το Α έως το Ε, με το Α να θεωρείται η καλύτερη ποιότητα. Πρόκειται για μια γενική ένδειξη της αξιοπιστίας, ή της στιβαρότητας του κάθε συντελεστή. Η κατάταξη σε κατηγορίες ποιότητας γίνεται με βάση την εκτιμώμενη αξιοπιστία των πειραματικών δοκιμών που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη του συντελεστή, καθώς και με βάση την ποσότητα και κάποια αντιπροσωπευτικά χαρακτηριστικά των δεδομένων αυτών. Σε γενικές γραμμές, οι συντελεστές που βασίζονται σε πολλές παρατηρήσεις ή σε ευρύτερα αποδεκτές διαδικασίες δοκιμών χαρακτηρίζονται ως υψηλότερης ποιότητας. Αντίθετα, χαμηλή κατηγορία ποιότητας εκχωρείται σε συντελεστές που βασίζονται είτε σε μία μόνο παρατήρηση αμφιβόλου ποιότητας, είτε έχουν οριστεί σε συνάρτηση κάποιου άλλου συντελεστή που έχει προκύψει από παρόμοιας ποιότητας διαδικασία.

Η κατηγοριοποίηση της ποιότητας των δεδομένων του AP-42 βοηθά στον εντοπισμό καλών δεδομένων, ακόμη και όταν από αυτά δεν είναι δυνατόν να εξαχθεί ένας ενιαίος αντιπροσωπευτικός συντελεστής μιας τυπικής πηγής. Για παράδειγμα, τα δεδομένα από μια συγκεκριμένη διαδικασία μπορεί να είναι αρκετά καλά για μια κατηγοριοποίηση της ποιότητας των στοιχείων της σε "Α", αλλά μπορεί να αφορούν μια και μοναδική πρώτη ύλη ζωοτροφών, ή οι προδιαγραφές παραγωγής να είναι είτε περισσότερο είτε λιγότερο αυστηρές από ότι στην τυπική πηγή της κατηγορίας.

Πίνακας 5. Όρια των συνθηκών της πηγής που χρησιμοποιήθηκαν για την διαμόρφωση των εξισώσεων 1 και 2

Συντελεστής εκπομπής	Περιεκτικότητα ιλύος στην επιφάνεια, %	Μέσο βάρος οχήματος		Μέση ταχύτητα οχήματος		Μέσος αριθμός τροχών	Περιεκτικότητα υγρασίας στην επιφάνεια, %
		Mg	ton	km/h	mph		
Βιομηχανικοί Δρόμοι (εξίσωση 1)	1,8-25,2	1,8- 260	2-290	8-69	5-43	4-17	0,03-13
Δημόσιοι Δρόμοι (εξίσωση 2)	1,8-35	1,4-2,7	1,5-3	16-88	10-55	4-4,8	0,03-13

Πίνακας 6. Διαθέσιμη χωρητικότητα νερού (%) και περιεκτικότητα ιλύος (%) ανάλογα με την κατηγορία εδάφους (US EPA, 1999; Zomeni et al., 2014)

Κατηγορία εδάφους	Διαθέσιμη χωρητικότητα νερού (%)	Περιεκτικότητα ιλύος της επιφάνειας (%)
Πετρώδες (Rock)	1	2
Χαλικώδης (Gravel)	2	5
Αμμοχαλικώδης (Gravelly sand)	3	7
Αμμώδες (Sand)	5	12
Πηλοαμμώδες (Loamy sand)	7	12
Αμμοπηλώδες (Sandy loam)	10	33
Πηλώδες (Loam)	14	40
Αργιλοπηλώδες (Clay loam)	14	29
Αργιλώδες (Clay)	16	29

4.2.3 Εκπομπές Από την Περιοχή Απόθεσης Υλικών («W»)

Η εν λόγω κατηγορία αφορά τις εργασίες διαχείρισης και απόθεσης στερεού χύδην φορτίου. Για την μεθολογία υπολογισμού των εκπομπών χρησιμοποιήθηκε μεθοδολογία που

αναφέρεται σε ανάλογες εργασίες σχετιζόμενες με κατασκευαστική δραστηριότητα, καθώς η φύση των εργασιών που επιτελούνται προσομοιάζουν με τις εργασίες οικοδομικών έργων.

Οι κατασκευές είναι μία πηγή εκπομπών σκόνης που ενδέχεται να έχει σημαντική προσωρινή επίδραση στην ποιότητα του αέρα σε τοπικό επίπεδο. Συγκεκριμένα, η οικοδόμηση και η κατασκευή δρόμων είναι δύο παραδείγματα κατασκευαστικών δραστηριοτήτων με υψηλές εκπομπές όσον αφορά στα αιωρούμενα σωματίδια. Οι εν λόγω εκπομπές μπορούν να χωριστούν σε διάφορες υποκατηγορίες, όπως αυτές κατά την προετοιμασία του εδάφους, τη διάτρηση, την ανασκαφή, τις διάφορες χωματοургικές εργασίες (εκσκαφή - απόθεση), καθώς και την κατασκευή μίας ξεχωριστής προσωρινής εγκατάστασης. Οι εκπομπές σκόνης συχνά διαφέρουν σημαντικά από μέρα σε μέρα, ανάλογα με το επίπεδο της δραστηριότητας, τις ειδικές διεργασίες και τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες.

Αναφορικά με τον προσδιορισμό των εκπομπών από τη συγκεκριμένη κατηγορία, η μεθοδολογία πρώτης βαθμίδας (Tier 1) της US EPA για την εκτίμηση εκπομπών από κατασκευές, διακρίνει τέσσερις κύριους τύπους κατασκευών (US EPA, 2011b):

- Κατοικίες για μία ή για δύο οικογένειες
- Κατοικίες, διαμερίσματα
- Μη οικιστικές δομικές κατασκευές
- Οδοποιία

Η μέθοδος περιλαμβάνει τον πολλαπλασιασμό ενός συγκεκριμένου συντελεστή εκπομπών για κάθε τύπο κατασκευής με τη συνολική επιφάνεια που επηρεάζεται από τον συγκεκριμένο τύπο κατασκευής (π.χ. την περιοχή του ακάλυπτου εργοταξίου) και τη μέση διάρκεια της κατασκευής. Δεδομένου ότι η έκταση της περιοχής που επηρεάζεται δεν είναι συνήθως άμεσα διαθέσιμη από στατιστικές πηγές, προτείνεται για την εκτίμησή της ένας μέσος όρος ο οποίος έχει προκύψει βάσει άλλων στατιστικών δεδομένων. Η μέθοδος προσφέρει την περαιτέρω επιλογή για τη διόρθωση της περιεκτικότητας σε υγρασία του εδάφους και της κατανομής του μεγέθους των σωματιδίων του εδάφους, που και τα δύο επηρεάζουν το δυναμικό της διαφυγούσας σκόνης.

Σύμφωνα με την πρώτη βαθμίδα μεθοδολογίας, για την εκτίμηση των συνολικών εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων AS_{10} από τις κατασκευαστικές δραστηριότητες χρησιμοποιείται η ακόλουθη σχέση (EEA, 2016):

$$EM_{PM_{10}} = EF_{PM_{10}} \times A_{affected} \times d \times (1 - CE) \times \left(\frac{24}{PE}\right) \times \left(\frac{s}{9\%}\right) \quad (3)$$

όπου:

$EM_{PM_{10}}$ = Εκπομπές ΑΣ₁₀ (kg ΑΣ₁₀)

$EF_{PM_{10}}$ = Συντελεστής εκπομπής (kg ΑΣ₁₀/[m² × έτος])

$A_{affected}$ = Περιοχή που επηρεάζεται από την κατασκευαστική δραστηριότητα (m²)

d = Διάρκεια ολοκλήρωσης της κατασκευής (έτη)

CE = Αποτελεσματικότητα των μέτρων ελέγχου των εκπομπών (-)

PE = Δείκτης καθίζησης-εξάτμισης (-)

s = Περιεκτικότητα ιλύος (%)

Οι προκαθορισμένοι συντελεστές εκπομπής αιωρούμενων σωματιδίων για τις εκπομπές διαφυγόντων σωματιδίων (ΑΣ) που χρησιμοποιήθηκαν στο πλαίσιο της συγκεκριμένης εφαρμογής για τον προσδιορισμό των εκπομπών εξαιτίας των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων γίνονται διαθέσιμοι στον ακόλουθο πίνακα.

Η συγκεκριμένη προσέγγιση απαιτεί τη διεξαγωγή μιας σειράς από προσαρμογές σε παραμέτρους υπολογισμού σύμφωνα με τις ειδικές συνθήκες κάθε χώρας. Αυτές οι παράμετροι είναι η διάρκεια της κατασκευής (d), η αποτελεσματικότητα τυχόν εφαρμοζόμενων μέτρων μείωσης των εκπομπών (CE), ο δείκτης καθίζησης-εξάτμισης (PE), και η περιεκτικότητα ιλύος του εδάφους. Όλες αυτές οι παράμετροι μπορεί να διαφέρουν σημαντικά και να επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την έκβαση της μεθοδολογίας. Σε περιπτώσεις στις οποίες δεν υπάρχουν επαρκείς πρωτογενείς πληροφορίες προτείνεται η χρήση των προεπιλεγμένων τιμών που παρατίθενται στη συνέχεια.

Πίνακας 7. Συντελεστές εκπομπής για το σύνολο των αιωρούμενων σωματιδίων καθώς και για AS_{10} και $AS_{2.5}$ για κατασκευές διαμερισμάτων (όλων των ειδών), σύμφωνα με τη μεθοδολογία πρώτης βαθμίδας (Tier 1)

Κατασκευή μη οικιστικών δομικών κατασκευών (όλες οι κατασκευές εκτός των οικιστικών και των κατασκευών δρόμων)					
Ρύπος	Τιμή	Μονάδα	95% διάστημα εμπιστοσύνης		Αναφορά
			Κατώτερο	Ανώτερο	
TSP	3,3	kg/[m ² × έτος]	0,3	10	WRAP 2006, MRI 2006
AS₁₀	1,0	kg/[m ² × έτος]	0,1	3	WRAP 2006, MRI 2006
AS_{2.5}	0,1	kg/[m ² × έτος]	0,01	0.3	WRAP 2006, MRI 2006

Η διάρκεια της κατασκευής (*d*) ορίζεται ως η συνολική διάρκεια όλων των δραστηριοτήτων από εκκαθάριση του εδάφους ή και κατεδάφιση προϋπαρχουσών κατασκευών, έως την ολοκλήρωση της νέας κατασκευής. Σε γενικές γραμμές, μια πιο σύνθετη κατασκευή απαιτεί μεγαλύτερο χρόνο για να ολοκληρωθεί. Οι μέσες τιμές που παρουσιάζονται στον Πίνακα 5 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως προεπιλογή όταν δεν είναι διαθέσιμες πληροφορίες για συγκεκριμένες χώρες, όπως στη συγκεκριμένη μελέτη.

Πίνακας 8. Εκτιμώμενη διάρκεια ολοκλήρωσης της κατασκευής ανάλογα με την κατηγοριοποίησή της

Τύπος κατασκευής	Εκτιμώμενη διάρκεια (έτη)
Κατασκευή κατοικιών για μία ή για δύο οικογένειες	0,5 (6 μήνες)
Κατασκευή διαμερισμάτων (όλων των ειδών)	0,75 (9 μήνες)
Κατασκευή μη οικιστικών κατασκευών (όλες η κατασκευές εκτός των οικιστικών και τις κατασκευές δρόμων)	0,83 (10 μήνες)
Κατασκευή δρόμων	1 (12 μήνες)

Η διαβροχή των προσωρινών μη ασφαλτοστρωμένων δρόμων είναι ένα απλό και αποτελεσματικό μέτρο ελέγχου των εκπομπών σωματιδίων που χρησιμοποιείται ευρέως στις κατασκευές στην Ευρώπη, ιδιαίτερα σε πολύ ξηρές περιόδους. Η αποτελεσματικότητα της

διαβροχής ως μέτρο ελέγχου είναι η υψηλότερη αμέσως μετά τον ψεκασμό, που βέβαια με την πάροδο του χρόνου μειώνεται και πάλι καθώς η επιφάνεια του δρόμου στεγνώνει. Το WRAP (Western Regional Air Partnership, 2006) αναφέρει μια συνολική απόδοση περίπου 50% κατά μέσο όρο.

Θεωρείται γενικά πως ο καταιωνισμός συνήθως λαμβάνει χώρα σε βαριές κατασκευαστικές δραστηριότητες κατά τη διάρκεια ξηρών περιόδων, με αποτέλεσμα τη συνολική μείωση των εκπομπών κατά 50%. Αυτό μεταφράζεται στην ακόλουθη αποτελεσματικότητα μείωσης των εκπομπών εξαιτίας των μέτρων ελέγχου, ανά τύπο κατασκευής (Πίνακας 6), τιμές οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως προεπιλεγμένες για περιοχές της Ευρώπης, σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες για συγκεκριμένες χώρες.

Πίνακας 9. Συνολική κλασματική απόδοση ελέγχου μείωσης εκπομπών για κάθε τύπο κατασκευής

Τύπος κατασκευής	Συνολική κλασματική απόδοση ελέγχου μείωσης εκπομπών (-)
Κατασκευή κατοικιών για μία ή για δύο οικογένειες	0
Κατασκευή διαμερισμάτων (όλων των ειδών)	0
Κατασκευή μη οικιστικών κατασκευών (όλες η κατασκευές εκτός των οικιστικών και τις κατασκευές δρόμων)	0,5
Κατασκευή δρόμων	0,5

Παράλληλα, η περιεκτικότητα της υγρασίας του εδάφους είναι μία από τις σημαντικότερες παραμέτρους που επηρεάζουν το δυναμικό της διαφυγούσας σκόνης και εξαρτάται άμεσα από το δείκτη κατακρήμνισης-εξάτμισης (ΚΕ). Τιμές ανάλογα με το κλίμα της εξεταζόμενης περιοχής μπορούν να εκτιμηθούν σύμφωνα με τον Πίνακα 7.

Πίνακας 10. Τιμές για τον δείκτη κατακρήμνισης-εξάτμισης ανάλογα με το κλίμα της εξεταζόμενης περιοχής

Κλίμα	Δείκτης ΚΕ
Υγρό	Πάνω από 128
Ημίυγρο	64 – 127
Ύψυγρο	32 – 63
Ημίξηρο	16 – 31
Ξηρό	Λιγότερο από 16

4.2.4 Εκπομπές Από τις Εργασίες Φορτοεκφόρτωσης («D»)

Για τον υπολογισμό των εκπομπών λόγω των εργασιών φορτοεκφόρτωσης στα κρηπιδώματα του λιμένα, αρχικά υπολογίστηκε η δραστηριότητα σε κάθε ένα ξεχωριστά, με δεδομένο πως, όπως έχει ήδη σημειωθεί, κάθε ένα από αυτά θεωρήθηκε ως ξεχωριστή πηγή. Προς αυτήν την κατεύθυνση, χρησιμοποιήθηκαν χρονοσειρές δεδομένων σχετικών με τη διακίνηση φορτίων ανά είδος δραστηριότητας και φορτίου για το σύνολο του έτους 2018, οι οποίες έγιναν διαθέσιμες στην ομάδα μελέτης από τον Εργοδότη και χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των εν λόγω εκπομπών για το σενάριο βάσης. Αναφορικά με τα μελλοντικά σενάρια εκπομπών, έγιναν κατάλληλες τροποποιήσεις στις ποσότητες διακινούμενων φορτίων με βάση τις προβολές που αναφέρονται στο Master Plan του έργου.

Ακολούθως, διεξήχθη εκτενής βιβλιογραφική αναζήτηση των κατάλληλων συντελεστών εκπομπής για κάθε τύπο διακινούμενου φορτίου. Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται οι συγκεκριμένοι συντελεστές εκπομπής, καθώς και η πηγή προέλευσής τους.

Πίνακας 11. Συντελεστές εκπομπής ανά είδος φορτίου και βιβλιογραφικές αναφορές τους

Τύπος Φορτίου	Συντελεστής Εκπομπής (g/t)	Βιβλιογραφική Αναφορά
CLINKER	2,4	URL1
ΝΙΚΕΛΙΟ	0	URL2
ΛΑΤΕΡΙΤΗΣ	1,7	URL2
SCRAP	100	URL3

ΣΙΤΑΡΙ	14,5	URL4
ΡΥΖΙ	14,5	URL4
ΣΟΓΙΑΛΕΥΡΟ	14,5	URL4
ΣΚΥΡΑ	Δυναμικός	US EPA, 2011
ΑΝΘΡΑΚΑΣ	42	URL5
PET COKE	0	-

4.2.5 Εκπομπές Από Εργοταξιακές Δραστηριότητες

Οι επιπτώσεις όσον αφορά στην ποιότητα του αέρα της παρακείμενης περιοχής κατά τη φάση διεξαγωγής των κατασκευαστικών διαδικασιών του υπό μελέτη έργου σχετίζονται κατά κύριο λόγο με τους ακόλουθους παράγοντες:

- Με τη λειτουργία των εργοταξίων, η οποία έχει ως αποτέλεσμα εκπομπές καυσαερίων από τα μηχανήματα-οχήματα του εργοταξίου και σκόνης από τις χωματουργικές εργασίες.
- Με την επιβάρυνση του κυκλοφοριακού φόρτου από την κίνηση βαρέων οχημάτων και των οχημάτων των εργαζομένων-διακινούμενων στο εργοτάξιο.

Πιο συγκεκριμένα, αναμένεται να αυξηθούν οι εκπομπές των αέριων και σωματιδιακών ρύπων NO_x, SO₂, και PM στην περιοχή του έργου εξαιτίας της κίνησης και λειτουργίας των μηχανημάτων. Παράλληλα, αναμένεται να αυξηθούν και οι εκπομπές σκόνης τόσο εξαιτίας της κίνησης των οχημάτων στο χώρο εργασίας, καθώς και λόγω των χωματουργικών εργασιών (εκσκαφές, αποθέσεις).

Για την ποσοτικοποίηση της συνεισφοράς των προαναφερθέντων ρυπογόνων παραγόντων που σχετίζονται με τις δραστηριότητες που θα λάβουν χώρα στην ευρύτερη περιοχή του εργοταξίου, διεξήχθη εκτενής επισκόπηση αναφορικά με αντίστοιχες κατασκευαστικές διαδικασίες, ώστε να υπάρξει μια όσο το δυνατόν πιο ακριβής προσέγγιση. Σε αυτό το πλαίσιο, κρίθηκε σκόπιμο να υπάρξει διαχωρισμός μεταξύ των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τις διεργασίες στον κύριο εργοταξιακό χώρο και αυτών που αναφέρονται στη λειτουργία του εργοταξιακού εξοπλισμού.

Όσον αφορά στις εκπομπές εξαιτίας της λειτουργίας των μηχανημάτων, αυτές προέκυψαν με βάση τη μεθοδολογία EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2016 για μία

εργοταξιακή περιοχή που αποτελεί το άθροισμα των επιφανειών όλων των επιμέρους προτεινόμενων έργων (ανέγερσης κτιριακών εγκαταστάσεων, επέκτασης λιμένα, νέο οδικό δίκτυο, κτλ.). Οι συγκεκριμένοι υπολογισμοί έλαβαν χώρα για κάθε είδος μηχανήματος ξεχωριστά και, ακολούθως, με άθροιση όλων των επιμέρους, προέκυψαν οι συνολικές εκπομπές του εκάστοτε εργοταξίου.

Αναφορικά με τα απαιτούμενα δεδομένα για τη διεξαγωγή των εν λόγω υπολογισμών, οι συντελεστές εκπομπής ελήφθησαν από το προαναφερθέν guidebook με βάση τον κωδικό NFR του εκάστοτε μηχανήματος, ενώ για τον υπολογισμό των καταναλώσεων χρησιμοποιήθηκαν σχετικά στατιστικά δεδομένα από αντίστοιχες μελέτες, στα οποία εφαρμόστηκαν συντελεστές αναγωγής με βάση την ισχύ του κάθε μηχανήματος έναντι της πρότυπης ισχύος. Παράλληλα, για όσα μηχανήματα δε μπορούσε να υπάρξει αντιστοίχιση με τις πρότυπες καταναλώσεις βάσει των σχετικών μελετών, διεξήχθη βιβλιογραφική έρευνα με βάση τα τεχνικά χαρακτηριστικά ανάλογων μηχανημάτων που πωλούνται στην αγορά.

4.2.6 Υπολογισμός Εκπομπών Από Πλοία Εντός Λιμένα

Η εκτίμηση των εκπεμπόμενων ρύπων γίνεται σύμφωνα με το εγχειρίδιο «EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016» (Trozzi & De Lauretis, 2016), το οποίο αποτελεί έναν ολοκληρωμένο τεχνικό οδηγό για την απογραφή και δημιουργία βάσεων δεδομένων εκπεμπόμενων ρύπων από το σύνολο των πιθανών πηγών κάθε χώρας. Το εγχειρίδιο έχει εκδοθεί από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (European Environment Agency) και περιλαμβάνει τις πλέον αναγνωρισμένες και σύγχρονες μεθόδους που χρησιμοποιούνται από την ερευνητική κοινότητα στην Ευρώπη, με στόχο να διασφαλίζεται ότι τα στοιχεία που κατατίθενται από τις ενδιαφερόμενες χώρες για την ποιότητα αέρα είναι συνεπή και συγκρίσιμα, δεδομένου ότι έχουν μια κοινή μεθοδολογική βάση.

Η μέθοδος εκτίμησης που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη βασίζεται στη δραστηριότητα των πλοίων και είναι η πιο αναλυτική από τις τρεις που προτείνονται από την οδηγία EMEP (Trozzi & De Lauretis, 2016). Σύμφωνα με τον τύπο και τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά του κάθε πλοίου, ελήφθησαν κατάλληλοι συντελεστές εκπομπών για τους ρύπους ενδιαφέροντος, ενώ για τον προσδιορισμό της συχνότητας και της διάρκειας των επισκέψεων των πλοίων χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από το αυτόματο σύστημα αναγνώρισης των πλοίων (AIS - Automatic Identification System; βλ. επόμενη ενότητα), το

οποίο υποχρεούνται να φέρουν όλα τα πλοία με ολική χωρητικότητα άνω των τριακοσίων κόρων.

Κατευθυντήριες γραμμές για την εκτίμηση ρύπων από τη ναυτιλία (EMEP)

Στην οδηγία συμπεριλαμβάνονται τρεις βασικές μεθοδολογίες υπολογισμού για τους συνολικούς ρύπους που εκπέμπονται από τη ναυτιλία σε μία χώρα. Οι πρώτες δύο προσεγγίσεις (Tier 1 και Tier 2) είναι πιο γενικές και χρησιμοποιούν στατιστικά στοιχεία, όπως είναι οι πωλήσεις καυσίμων και οι συνολικές αφίξεις σε λιμάνια του εσωτερικού, για να κάνουν τις εκτιμήσεις, ενώ η τρίτη (Tier 3) και πιο λεπτομερής είναι αυτή που υπολογίζει αναλυτικά τις εκπομπές ξεχωριστά για όλες τις φάσεις ενός ταξιδιού χρησιμοποιώντας δεδομένα δραστηριότητας για κάθε πλοίο. Είναι προφανές ότι η τελευταία είναι πιο χρονοβόρα και απαιτεί πολλές πληροφορίες για να πραγματοποιηθούν οι εκτιμήσεις. Τέτοιες είναι, εκτός των δεδομένων κίνησης των πλοίων (χρόνοι ταξιδιού, ελιγμών και ελλιμενισμού), τεχνικές πληροφορίες που αφορούν τον τύπο του κινητήρα, την ισχύ του, το είδος του καυσίμου που χρησιμοποιείται και άλλες που θα παρουσιαστούν αναλυτικά παρακάτω.

Η προσέγγιση επιπέδου 1 (Tier 1)

Στην πρώτη προσέγγιση (Tier 1), ο υπολογισμός των εκπεμπόμενων ρύπων για το σύνολο των ναυτιλιακών δραστηριοτήτων μίας χώρας υπολογίζεται με βάση την ποσότητα και το είδος των καυσίμων που καταναλώνονται. Έτσι, η μέθοδος αυτή προϋποθέτει να υπάρχουν στατιστικά στοιχεία για τις συνολικές πωλήσεις ναυτιλιακών καυσίμων σε μία χώρα. Οι εκτιμήσεις πραγματοποιούνται με χρήση κατάλληλων συντελεστών εκπομπών ρύπων σύμφωνα με την εξίσωση (1).

$$E_i = \sum_m (FC_m \cdot EF_{i,m}) \quad (1)$$

όπου:

- E_i : Εκπομπές του ρύπου i
- FC_m : Συνολική ποσότητα καύσιμου είδους m που καταναλώθηκε - (*tonnes*)
- $EF_{i,m}$: Συντελεστής εκπομπής ρύπου i από κατανάλωση καυσίμου είδους m - (*kg/tonne fuel*)
- m : Είδος καυσίμου (Bunker fuel oil, Marine Gasoil, Marine Diesel Oil)

Τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται συνήθως στη ναυτιλία είναι είτε βαριά υπολείμματα της διύλισης του αργού πετρελαίου (BFO), είτε ελαφρύτερα αποστάγματα (MDO, MGO). Οι

συντελεστές εκπομπών ρύπων για αυτές τις δύο κατηγορίες καυσίμων παρουσιάζονται στον Πίνακα 12.

Πίνακας 12. Συντελεστές εκπομπής για BFO, MDO – MGO (EMEP/EEA)¹

Bunker Fuel Oil			Marine Diesel Oil - Marine Gasoil		
NO _x	79,3	kg/tonne fuel	NO _x	78,5	kg/tonne fuel
CO	7,4	kg/tonne fuel	CO	7,4	kg/tonne fuel
NM _{VOC}	2,7	kg/tonne fuel	NM _{VOC}	2,8	kg/tonne fuel
SO _x	20*S	kg/tonne fuel	SO _x	20*S	kg/tonne fuel
TSP	6,2	kg/tonne fuel	TSP	1,5	kg/tonne fuel
PM ₁₀	6,2	kg/tonne fuel	PM ₁₀	1,5	kg/tonne fuel
PM _{2.5}	5,6	kg/tonne fuel	PM _{2.5}	1,4	kg/tonne fuel
Pb	0,18	g/tonne fuel	Pb	0,13	g/tonne fuel
Cd	0,02	g/tonne fuel	Cd	0,01	g/tonne fuel
Hg	0,02	g/tonne fuel	Hg	0,03	g/tonne fuel
As	0,68	g/tonne fuel	As	0,04	g/tonne fuel
Cr	0,72	g/tonne fuel	Cr	0,05	g/tonne fuel
Cu	1,25	g/tonne fuel	Cu	0,88	g/tonne fuel
Ni	32	g/tonne fuel	Ni	1	g/tonne fuel
Se	0,21	g/tonne fuel	Se	0,1	g/tonne fuel
Zn	1,2	g/tonne fuel	Zn	1,2	g/tonne fuel
PCB	0,57	mg/tonne fuel	PCB	0,038	mg/tonne fuel
PCDD/F	0,47	ug I-TEQ/tonne fuel	PCDD/F	0,13	ug I-TEQ/tonne fuel
HCB	0,14	mg/tonne fuel	HCB	0,08	mg/tonne fuel

Όπως φαίνεται στην ανάλυση της πρώτης προσέγγισης, αυτή δεν λαμβάνει καθόλου υπόψη πληροφορίες όπως είναι οι συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα ή ο τύπος του. Είναι λογικό πως τέτοιες λεπτομέρειες έχουν καθοριστικό ρόλο στο ρυθμό εκπομπής των παραγόμενων ρύπων, αλλά σε κάποιες περιπτώσεις ακολουθείται αυτή η προσέγγιση όταν οι μόνες διαθέσιμες πληροφορίες είναι οι συνολικές πωλήσεις καυσίμων σε επίπεδο χώρας. Είναι μια πρώτη προσέγγιση που παρέχει μια γενική εικόνα για τον όγκο των παραγόμενων ρύπων.

Η προσέγγιση επιπέδου 2 (Tier 2)

Όπως αναφέρθηκε στα παραπάνω, ο τύπος του κινητήρα, καθώς και το είδος του καυσίμου που καταναλώνεται, καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τις ποσότητες των ρύπων που εκπέμπονται. Σε αυτή τη βάση, η προσέγγιση επιπέδου 2 (Tier 2) λαμβάνει υπόψη τέτοιες

¹ Ο συντελεστής εκπομπών SO_x εξαρτάται από το περιεχόμενο του καυσίμου σε θείο ($S = \% m/m$).

πληροφορίες στους υπολογισμούς, οι οποίοι γίνονται σύμφωνα με την εξίσωση (2). Οι συντελεστές εκπομπής για κάθε κατηγορία, καθώς και η ειδική κατανάλωση παρουσιάζονται στον Πίνακα 13. Ο συγκεκριμένος διαχωρισμός γίνεται μόνο για τους ρύπους NO_x , $NMVO$ C και PM (TSP , $PM_{2.5}$, PM_{10}). Οι υπόλοιποι ρύποι υπολογίζονται σύμφωνα με την πρώτη μεθοδολογία (Tier 1).

$$E_i = \sum_m [\sum_j (FC_{m,j} \cdot EF_{i,m,j})] \quad (2)$$

όπου:

- E_i : Εκπομπές του ρύπου i
- $FC_{m,j}$: Συνολική ποσότητα καυσίμου είδους m που καταναλώθηκε – (tonnes)
- $EF_{i,m,j}$: Συντελεστής εκπομπής ρύπου i από κατανάλωση καυσίμου είδους m – (kg/tonne fuel)
- j : Τύπος κινητήρα (slow-, medium-, and high-speed diesel, gas turbine, and steam turbine)
- m : Είδος καυσίμου (Bunker fuel oil, Marine Gasoil, Marine Diesel Oil)

Πίνακας 13. Συντελεστές εκπομπών Επιπέδου 2 για τους ρύπους NO_x , $NMVO$ C, PM για κάθε τύπο κινητήρα και καυσίμου (EMEP/EEA)

Engine type	Fuel type	NO_x (kg/tonne)	$NMVO$ C (kg/tonne)	$TSP - PM_{10}$ (kg/tonne)	$PM_{2.5}$ (kg/tonne)	Specific fuel consumption (g fuel/kWh)
Gas turbine	BFO	18,6	0,3	0,3	0,3	305
	MDO/MGO	18,3	0,3	0,0	0,0	290
High-speed diesel	BFO	55,6	0,9	3,8	3,4	213
	MDO/MGO	55,1	1,0	1,5	1,3	203
Medium-speed diesel	BFO	61,3	2,3	3,8	3,4	213
	MDO/MGO	60,6	2,4	1,5	1,3	203
Slow-speed diesel	BFO	86,5	3,0	8,7	7,8	195
	MDO/MGO	86,5	3,2	1,6	1,5	185
Steam turbine	BFO	6,4	0,3	2,6	2,4	305
	MDO/MGO	6,4	0,3	1,0	0,9	290

Η παραπάνω διαδικασία προϋποθέτει πως υπάρχουν στοιχεία για τις πωλήσεις ναυτιλιακών καυσίμων ξεχωριστά για κάθε τύπο κινητήρα και είδος καυσίμου. Φυσικά, τέτοιου είδους δεδομένα είναι πολύ δύσκολο να βρεθούν και για αυτό το λόγο στην τεχνική οδηγία συμπεριλαμβάνεται βήμα-βήμα η διαδικασία για την εξαγωγή τέτοιου είδους πληροφορίας.

Πιο συγκεκριμένα, στο πρώτο βήμα της διαδικασίας αναφέρεται πως πρέπει να συγκεντρωθούν στατιστικά στοιχεία σχετικά με τις επισκέψεις πλοίων στα λιμάνια μιας χώρας με διάκριση στον τύπο τους και την περιοχή δραστηριότητάς τους (εξωτερικού ή εσωτερικού). Ο διαχωρισμός των πλοίων γίνεται, ανάλογα με το φορτίο τους, στις εξής κατηγορίες: φορτηγά πλοία υγρών φορτίων (liquid bulk ship), φορτηγά πλοία ξηρών φορτίων (dry bulk ship), πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (container ship), πλοία μεταφοράς οχημάτων (Ro-Ro cargo), πλοία μεταφοράς γενικών φορτίων (general cargo), επιβατικά πλοία (passenger ship), αλιευτικά (fishing) και ρυμουλκά (tugs).

Πίνακας 14. Μέση εγκατεστημένη ισχύ ανά τύπο πλοίου (EMEP/EEA)

Κατηγορία πλοίου	Ισχύς κύριας μηχανής (kW)
Liquid bulk ships	6543
Dry bulk carriers	4397
Container	14871
General cargo	2555
Ro Ro Cargo	4194
Passenger	10196
Fishing	734
Others	2469
Tugs	2033

Επιπρόσθετα, λαμβάνονται μέσες τιμές για την εγκατεστημένη ισχύ τους (Πίνακας 14) και υπολογίζεται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανά τύπο πλοίου. Η προσέγγιση βασίζεται στην παραδοχή ότι η κατανάλωση καυσίμου είναι ευθέως ανάλογη της εγκατεστημένης ισχύος. Όμως, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν οι ειδικοί συντελεστές του Πίνακα 13 και να υπολογιστούν τελικά οι εκπομπές, πρέπει να υπάρχει πληροφορία για την τεχνολογική σύσταση του στόλου και το είδος του καυσίμου που καταναλώνεται. Για αυτό το λόγο στην οδηγία EMEP έχει συμπεριληφθεί ένας πίνακας με την ποσοστιαία κατανομή ανά τύπο κινητήρα και καυσίμου των πλοίων που δραστηριοποιούνται στην Ευρώπη (Πίνακας 15).

Η διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω είναι πιο λεπτομερής από την πρώτη, υπό την έννοια ότι λαμβάνει υπόψη περισσότερες τεχνικές πληροφορίες που αποδεδειγμένα επηρεάζουν τον ρυθμό εκπομπής ρύπων. Παρόλα αυτά, και οι δύο μεθοδολογίες (Tier 1 και Tier 2) πραγματοποιούν τις εκτιμήσεις βασισμένες σε εθνικές πωλήσεις καυσίμων, και έτσι δεν υπολογίζουν, για παράδειγμα, εκπομπές από ποντοπόρα πλοία που έχουν ανεφοδιαστεί με καύσιμα σε χώρες του εξωτερικού και επισκέπτονται λιμάνια της υπό μελέτη χώρας. Στην τρίτη, και πιο αναλυτική, προσέγγιση γίνεται υπολογισμός για κάθε πλοίο ξεχωριστά, με

έμφαση στους χρόνους και τις συνθήκες λειτουργίας της κύριας και βοηθητικής (ηλεκτροπαραγωγού) μηχανής για όλες τις φάσεις ενός ταξιδιού.

Πίνακας 15. Ποσοστιαία κατανομή ανά τύπο κινητήρα και καυσίμου στην Ευρωπαϊκή Ένωση² (ΕΜΕΡ/ΕΕΑ)

Κατηγορία πλοίου	SSD MDO/MGO	SSD BFO	MSD MDO/MGO	MSD BFO	HSD MDO/MGO	HSD BFO	GT MDO/MGO	GT BFO	ST MDO/MGO	ST BFO
Liquid bulk ships	0,87%	74,08%	3,17%	20,47%	0,52%	0,75%	0,00%	0,14%	0,00%	0,00%
Dry bulk carriers	0,37%	91,63%	0,63%	7,29%	0,06%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Container	1,23%	92,98%	0,11%	5,56%	0,03%	0,09%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
General cargo	0,36%	44,59%	8,48%	41,71%	4,30%	0,45%	0,00%	0,10%	0,00%	0,00%
Ro Ro Cargo	0,17%	20,09%	9,86%	59,82%	5,57%	2,23%	2,27%	0,00%	0,00%	0,00%
Passenger	0,00%	3,81%	5,68%	76,98%	3,68%	1,76%	4,79%	3,29%	0,00%	0,02%
Fishing	0,00%	0,00%	84,42%	3,82%	11,76%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Others	0,48%	30,14%	29,54%	19,63%	16,67%	2,96%	0,38%	0,20%	0,00%	0,00%
Tugs	0,00%	0,00%	39,99%	6,14%	52,80%	0,78%	0,28%	0,00%	0,00%	0,00%

Η προσέγγιση επιπέδου 3 (Tier 3)

Η τελευταία προσέγγιση, σε αντίθεση με τις δύο προηγούμενες που βασίζονται σε πωλήσεις καυσίμων, πραγματοποιεί τις εκτιμήσεις των παραγόμενων ρύπων για κάθε πλοίο ξεχωριστά με διάκριση όλων των φάσεων της διαδρομής. Πιο συγκεκριμένα, η μεθοδολογία συμπεριλαμβάνει διαφορετικούς συντελεστές για κάθε φάση («εν πλω», φάση ελλιμενισμού, φάση ελιγμών) και για αυτό απαιτεί να υπάρχουν αναλυτικές πληροφορίες δραστηριότητας των πλοίων (χρόνοι ταξιδιού, ελιγμών και ελλιμενισμού), καθώς και τεχνικές λεπτομέρειες για τον εξοπλισμό τους (τύπος κινητήρα, ισχύς, είδος καυσίμου κ.α.). Η διαδικασία είναι πιο χρονοβόρα σε σχέση με τις δύο προηγούμενες υπό την έννοια πως απαιτεί διαχείριση ενός μεγάλου όγκου δεδομένων, που τις περισσότερες φορές είναι δύσκολο να συγκεντρωθούν.

Οι συνολικές εκπομπές κατά τη διάρκεια ενός ταξιδιού προκύπτουν από το άθροισμα των επιμέρους φάσεων αυτού. Έτσι για το σύνολο ενός ταξιδιού προκύπτει:

$$E_{\text{trip}} = E_{\text{Hotteling}} + E_{\text{Manouvering}} + E_{\text{Cruising}} \quad (3)$$

² SSD - Slow Speed Diesel, MSD – Medium Speed Diesel, HSD - High Speed Diesel, GT – Gas Turbine,

ST – Steam Turbine; MDO –Marine Diesel Oil, MGO –Marine Gas Oil, BFO –Bunker Fuel Oil

Αν είναι γνωστή η κατανάλωση καυσίμου για κάθε φάση του ταξιδιού, τότε οι υπολογισμοί των ρύπων γίνεται με παρόμοιο τρόπο με τις προηγούμενες προσεγγίσεις σύμφωνα με την εξίσωση:

$$E_{Trip,i,j,m} = \sum_p (FC_{j,m,p} \cdot EF_{i,j,m,p}) \quad (4)$$

όπου:

- E_{Trip} : Συνολικές εκπομπές ενός ταξιδιού
- $FC_{m,j}$: Συνολική ποσότητα καυσίμου είδους m που καταναλώθηκε - (*tonnes*)
- $EF_{i,m,j,p}$: Συντελεστής εκπομπής του ρύπου i από κατανάλωση καυσίμου είδους m - (*kg/tonne fuel*)
- j : Τύπος κινητήρα (slow-, medium-, and high-speed diesel, gas turbine, and steam turbine)
- m : Είδος καυσίμου (Bunker fuel oil, Marine Gasoil, Marine Diesel Oil)
- i : Είδος ρύπου (NO_x , $NM VOC$, PM)
- p : φάση του ταξιδιού (εν πλω, φάση ελλιμενισμού, φάση ελιγμών)

Η διαφορά βρίσκεται στο γεγονός πως τώρα παρέχονται ειδικοί συντελεστές εκπομπών για τον κύριο κινητήρα ανάλογα με τη φάση («εν πλω», φάση ελλιμενισμού, φάση ελιγμών) που μελετάται, ενώ υπάρχουν και ξεχωριστοί συντελεστές για τις εκπομπές ρύπων από τους βοηθητικούς κινητήρες (**Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.**). Αυτή η διαδικασία αφορά μόνο τους ρύπους NO_x , $NM VOC$, PM . Οι υπόλοιποι ρύποι υπολογίζονται και εδώ σύμφωνα με την προσέγγιση Tier 1.

Πίνακας 16. Συντελεστές εκπομπών Tier 3 για τους ρύπους NO_x, NMVOC, PM – (kg/tonne fuel)
(ΕΜΕΡ/ΕΕΑ)

Engine	Phase	Engine type	Fuel type	NO _x (kg/tonne)	NMVOC (kg/tonne)	TSP - PM10 (kg/tonne)
Main	Cruise	Gas turbine	BFO	18,6	0,3	0,3
			MDO/MGO	18,3	0,3	0,0
		High-speed diesel	BFO	55,6	0,9	3,8
			MDO/MGO	55,1	1,0	1,5
		Medium-speed diesel	BFO	61,3	2,3	3,8
			MDO/MGO	60,6	2,4	1,5
		Slow-speed diesel	BFO	86,5	3,0	8,7
			MDO/MGO	86,5	3,2	1,6
		Steam turbine	BFO	6,4	0,3	2,6
			MDO/MGO	6,4	0,3	1,0
	Manoeuvring / Hotelling	Gas turbine	BFO	8,6	1,5	4,5
			MDO/MGO	8,5	1,5	1,6
		High-speed diesel	BFO	40,6	2,5	10,3
			MDO/MGO	40,1	2,6	4,0
		Medium-speed diesel	BFO	44,6	6,3	10,3
			MDO/MGO	44,3	6,6	4,0
		Slow-speed diesel	BFO	62,9	8,2	11,2
			MDO/MGO	62,1	8,6	4,4
		Steam turbine	BFO	4,7	0,9	7,1
			MDO/MGO	4,7	0,9	2,8
Auxiliary	Cruise / Manoeuvring / Hotelling	High-speed diesel	BFO	47,6	1,7	3,5
			MDO/MGO	46,8	1,8	1,4
		Medium-speed diesel	BFO	60,4	1,7	3,5
			MDO/MGO	59,7	1,8	1,4

Όταν δεν είναι γνωστές οι μεμονωμένες καταναλώσεις καυσίμων, τότε οι εκτιμήσεις γίνονται μέσω των χρόνων που δαπανήθηκαν σε κάθε φάση του ταξιδιού. Οι ρύποι που εκπέμπονται υπολογίζονται με βάση την συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια σε κιλοβατώρες (kWh). Έτσι στην εξίσωση (5) λαμβάνονται υπόψη στοιχεία που έχουν άμεση σχέση με το ποσό της ενέργειας που καταναλώνεται, όπως είναι η ισχύς και το ποσοστό φόρτισης των μηχανών. Οι χρησιμοποιούμενοι συντελεστές είναι τώρα ανηγμένοι στις κιλοβατώρες που δαπανώνται κατά τη λειτουργία του πλοίου (Πίνακας 17).

$$E_{Trip,i,j,m} = \sum_p \{ T_p \times [\sum_e (P_e \cdot LF_e \cdot EF_{e,i,j,m,p})] \} \quad (5)$$

όπου:

- E_{Trip} : Συνολικές εκπομπές ενός ολοκληρωμένου ταξιδιού - (tonnes)
- T_p : Χρόνοι που δαπανήθηκαν σε κάθε φάση - (hours)
- P_e : Ονομαστικής ισχύς κινητήρων – (kW)
- LF_e : Συντελεστής φόρτισης κύριας και βοηθητικής μηχανής (%)
- $EF_{e,i,j,m,p}$: Συντελεστές εκπομπής κύριας και βοηθητικής μηχανής (g/kWh)
- i : είδος ρύπου (NO_x , NMVOC, TSP)

- j : Τύπος κινητήρα (slow-, medium-, and high-speed diesel, gas turbine, and steam turbine)
- m : Είδος καυσίμου (Bunker fuel oil, Marine Gasoil, Marine Diesel Oil)
- p : φάση του ταξιδιού (εν πλω, φάση ελλιμενισμού, φάση ελιγμών)
- e : κατηγορία μηχανής (main, auxiliary)

Πίνακας 17. Συντελεστές εκπομπών Tier 3 – (g/kWh) (EMEP/EEA)

Engine	Phase	Engine type	Fuel type	NOx (g/kWh)	NM VOC (g/kWh)	TSP - PM10 (g/kWh)	Specific fuel consumption (g fuel/kWh)
Main	Cruise	Gas turbine	BFO	18,6	0,3	0,3	305
			MDO/MGO	18,3	0,3	0,0	290
		High-speed diesel	BFO	55,6	0,9	3,8	213
			MDO/MGO	55,1	1,0	1,5	203
		Medium-speed diesel	BFO	61,3	2,3	3,8	213
			MDO/MGO	60,6	2,4	1,5	203
		Slow-speed diesel	BFO	86,5	3,0	8,7	195
			MDO/MGO	86,5	3,2	1,6	185
		Steam turbine	BFO	6,4	0,3	2,6	305
			MDO/MGO	6,4	0,3	1,0	290
	Manoeuvring / Hotelling	Gas turbine	BFO	8,6	1,5	4,5	336
			MDO/MGO	8,5	1,5	1,6	319
		High-speed diesel	BFO	40,6	2,5	10,3	234
			MDO/MGO	40,1	2,6	4,0	223
		Medium-speed diesel	BFO	44,6	6,3	10,3	234
			MDO/MGO	44,3	6,6	4,0	223
		Slow-speed diesel	BFO	62,9	8,2	11,2	215
			MDO/MGO	62,1	8,6	4,4	204
		Steam turbine	BFO	4,7	0,9	7,1	336
			MDO/MGO	4,7	0,9	2,8	319
Auxiliary	Cruise / Manoeuvring / Hotelling	High-speed diesel	BFO	47,6	1,7	3,5	227
			MDO/MGO	46,8	1,8	1,4	217
		Medium-speed diesel	BFO	60,4	1,7	3,5	227
			MDO/MGO	59,7	1,8	1,4	217

Όπως προαναφέρθηκε, για τον υπολογισμό της ενέργειας που καταναλώνεται κατά τη λειτουργία του πλοίου πρέπει να είναι γνωστή η ισχύς των μηχανών του. Όταν δεν είναι δυνατόν να βρεθούν αυτές οι πληροφορίες, τότε αυτές εκτιμώνται προσεγγιστικά συναρτήσει της συνολικής χωρητικότητας του πλοίου (Πίνακας 18).

Πίνακας 18. Εγκατεστημένη ισχύς ως συνάρτηση της συνολικής χωρητικότητας (ΕΜΕΡ/ΕΕΑ)

Κατηγορία πλοίου	World fleet (2010)	Mediterrainian Sea fleet (2006)
Liquid bulk ships	14,755 * $GT^{0,6082}$	14,602 * $GT^{0,6278}$
Dry bulk carriers	35,912 * $GT^{0,5276}$	47,115 * $GT^{0,504}$
Container	2,9165 * $GT^{0,8719}$	1,0839 * $GT^{0,9617}$
General cargo	5,56482 * $GT^{0,7425}$	1,2763 * $GT^{0,9154}$
Ro Ro Cargo	164,578 * $GT^{0,4350}$	45,7 * $GT^{0,5237}$
Passenger	9,55078 * $GT^{0,7570}$	42,966 * $GT^{0,6035}$
Fishing	9,75891 * $GT^{0,7527}$	24,222 * $GT^{0,5916}$
Others	59,049 * $GT^{0,5485}$	183,18 * $GT^{0,4028}$
Tugs	54,2171 * $GT^{0,6420}$	-

Αντίστοιχα, η ισχύς των βοηθητικών μηχανών (συνήθως ισχύς οδηγούμενων ηλεκτρογεννητριών) υπολογίζεται ως κλάσμα της εγκατεστημένης ισχύς των κύριων μηχανών μέσω των συντελεστών του Πίνακα 19.

Πίνακας 19. Μέση εκτιμώμενη αναλογία μεταξύ κύριων και βοηθητικών μηχανών (ΕΜΕΡ/ΕΕΑ)

Κατηγορία πλοίου	World fleet (2010)	Mediterrainian Sea fleet (2006)
Liquid bulk ships	0,30	0,35
Dry bulk carriers	0,30	0,39
Container	0,25	0,27
General cargo	0,23	0,35
Ro Ro Cargo	0,24	0,39
Passenger	0,16	0,27
Fishing	0,39	0,47
Others	0,35	0,18
Tugs	0,10	

Φυσικά, το φορτίο των μηχανών δεν είναι ίδιο σε όλες τις δραστηριότητες ενός πλοίου. Για παράδειγμα, όταν ένα πλοίο εκτελεί ελιγμούς, κατά την πρόσδεση ή αναχώρηση του, η κύρια

μηχανή δεν λειτουργεί στη μέγιστη ισχύ. Στον Πίνακα 20 δίνονται τα φορτία των κινητήρων ανά φάση, ως ποσοστά της μέγιστης αποδιδόμενης ισχύς (MCR).

Πίνακας 20. Φορτίο μηχανών ως ποσοστό της μέγιστης αποδιδόμενης ισχύς (EMEP/EEA)

Φάση	Φορτίο κύριας μηχανής (% MCR)	Ποσοστό χρόνου λειτουργίας της κύριας μηχανής (%)	Φορτίο βοηθητικών μηχανών (% MCR)
"Εν πλω"	80%	100%	30%
Ελιγμών	20%	100%	50%
Ελλιμενισμού (except tankers)	20%	5%	40%
Ελλιμενισμού (tankers)	20%	100%	60%

Τέλος, στην οδηγία έχει συμπεριληφθεί και το θέμα των χρόνων που δαπανώνται σε κάθε φάση του ταξιδιού ξεχωριστά. Με τη βοήθεια της εξίσωσης (6) μπορεί να υπολογιστεί ο συνολικός χρόνος ενός ταξιδιού, ενώ στον Πίνακα 21 δίνονται τιμές των χρόνων που κάθε πλοίο δαπανεί κατά μέσο όρο σε κάθε φάση ανάλογα με τον τύπο του.

$$T_{cruising} = \frac{\text{Απόσταση που διανύθηκε (km)}}{\text{Μέση ταχύτητα πλεύσης (\frac{km}{h})}} \quad (6)$$

Πίνακας 21. Μέσες τιμές για την ταχύτητα πλεύσης και την διάρκεια των φάσεων ανά τύπο πλοίου. (EMEP/EEA)

Κατηγορία πλοίου	Μέση ταχύτητα πλεύσης (km/h)	Μέση διάρκεια ελιγμών (hours)	Μέση διάρκεια ελλιμενισμού (hours)
Liquid bulk ships	26	1,0	38
Dry bulk carriers	26	1,0	52
Container	36	1,0	14
General cargo	23	1,0	39
Ro Ro Cargo	27	1,0	15
Passenger	39	0,8	14
Fishing	25	0,7	60
Others	20	0,2	27

Όλες οι πληροφορίες που παρατέθηκαν σε αυτό το κεφάλαιο της μελέτης αποτελούν τις κατευθυντήριες γραμμές για τον υπολογισμό των εθνικών εκπομπών ρύπων από την ναυτιλία όπως προτείνεται από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος. Η χρήση ή μη

όλων αυτών των στατιστικών στοιχείων, όπως για παράδειγμα της μέσης εγκατεστημένης ισχύος των κινητήρων ή της μέσης διάρκειας των χειρισμών ενός πλοίου, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την πληρότητα και ποιότητα των δεδομένων που έχει στη διάθεση του ο εκάστοτε ερευνητής. Για αυτό τον λόγο, είναι απαραίτητο να διαθέτει τις γνώσεις, αλλά και την εμπειρία, για να συνδυάσει αυτές τις πληροφορίες και να κάνει τις κατάλληλες παραδοχές ούτως ώστε να οδηγηθεί σε αποτελέσματα που αποτυπώνουν όσο είναι δυνατόν καλύτερα τις πραγματικές συνθήκες.

Μεθοδολογία εκτίμησης εκπεμπόμενων ρύπων εντός λιμένα

Η προσέγγιση που ακολουθήθηκε κατά την ανάπτυξη της μεθοδολογίας των υπολογισμών είναι αυτή που αποτυπώνει κάθε φάση του ταξιδιού ξεχωριστά (Tier 3). Δεδομένου ότι οι υπολογισμοί που πραγματοποιούνται αφορούν μόνο εκπομπές από δραστηριότητες εντός λιμένα, λαμβάνονται υπόψη μόνο οι όροι ελιγμών και ελλιμενισμού της εξίσωσης (3). Έτσι, για κάθε επίσκεψη ενός πλοίου στο λιμάνι, οι εκπομπές για NO_x , $NM VOC$, TSP (*Total Suspended Particles*), που αφορούν τους ελιγμούς και τον ελλιμενισμό αυτού, υπολογίζονται σύμφωνα με την εξίσωση (5), όπως παρουσιάζονται στις εξισώσεις (6) και (7).

$$E_{\text{Manouversing}_i} = T_M \cdot [(P_{ME} \cdot LF_{ME} \cdot EF_{ME_i} \cdot P_{ME}) + (P_{AE} \cdot LF_{AE} \cdot EF_{AE_i} \cdot P_{AE})] \quad (6)$$

$$E_{\text{Hotteling}_i} = T_H \cdot [(P_{ME} \cdot LF_{ME} \cdot EF_{ME_i} \cdot P_{ME}) + (P_{AE} \cdot LF_{AE} \cdot EF_{AE_i} \cdot P_{AE})] \quad (7)$$

όπου:

- $E_{\text{Manouversing}}$ και $E_{\text{Hotteling}}$: Εκπομπές που αφορούν τους ελιγμούς εντός λιμένα και τον ελλιμενισμό του πλοίου αντίστοιχα.
- T_M και T_H : Χρόνοι ελιγμών και ελλιμενισμού αντίστοιχα (hours).
- P_{ME} και P_{AE} : Ισχύς κύριων και βοηθητικών μηχανών (kW).
- EF_{ME_i} και EF_{AE_i} : Συντελεστές εκπομπής κύριας και βοηθητικής μηχανής (g/kWh) (Πίνακας 15).
- LF_{ME} και LF_{AE} : Συντελεστής φόρτισης κύριας και βοηθητικής μηχανής (Πίνακας 18).
- P_{ME} και P_{AE} : Ποσοστό του συνολικού χρόνου της φάσης που λειτουργεί η κύρια και η βοηθητική μηχανή (Πίνακας 14).
- i : είδος ρύπου (NO_x , $NM VOC$, TSP).

Οι υπόλοιποι ρύποι, εκτός δηλαδή των NO_x , $NM VOC$, TSP , υπολογίζονται χρησιμοποιώντας τις ίδιες εξισώσεις, με μόνη διαφορά πως οι συντελεστές εκπομπών πρέπει να υπολογιστούν με βάση τους συντελεστές εκπομπών ρύπων ($kg/tonne_{fuel}$) της

μεθοδολογίας Tier I (Πίνακας 12) και την ειδική κατανάλωση καυσίμου (g_{fuel}/kWh), ανάλογα με τον τύπο κινητήρα και καυσίμου, από την προσέγγιση Tier 3 (Πίνακας 16&17). Έτσι για κάθε ρύπο παράγεται ένας συντελεστής εκπομπών σύμφωνα με την εξίσωση:

$$EF(g/kWh) = SFC_{Tier\ 3}(g_{fuel}/kWh) \cdot EF_{Tier\ 1}(kg/tonne_{fuel}) \cdot 10^{-3} \quad (8)$$

Φυσικά, όπως φαίνεται από τις εξισώσεις (6) και (7), η μεθοδολογία απαιτεί να είναι γνωστοί οι χρόνοι που δαπάνησε το κάθε πλοίο εντός του λιμένα, καθώς και τεχνικές πληροφορίες για την κατάλληλη επιλογή συντελεστών. Η ανάλυση των όρων (τύπος κινητήρα και καυσίμου, ισχύς κινητήρων, συντελεστές εκπομπών και φορτίου) των εξισώσεων (6) και (7) θα γίνει σε επόμενες παραγράφους, παρουσιάζοντας εκτενώς όλες τις παραδοχές που έγιναν κατά τον υπολογισμό τους.

Αυτόματο σύστημα αναγνώρισης πλοίων (AIS)

Βασικό εργαλείο για την εκτίμηση των χρόνων, τους οποίους δαπάνησαν τα πλοία εντός του λιμένα, ήταν το Αυτόματο Σύστημα Αναγνώρισης των πλοίων (Automatic Identification System, AIS). Το σύστημα AIS χρησιμοποιείται ευρέως στην ναυτιλία με στόχο την ανταλλαγή ψηφιακών σημάτων μεταξύ πλοίων και επίγειων τερματικών σταθμών λήψης.

Από το 2004, ο Διεθνής Οργανισμός Ναυτιλίας υποχρέωσε όλα τα πλοία, επιβατηγά και εμπορικά, ολικής χωρητικότητας άνω των τριακοσίων (300) κόρων να φέρουν σύστημα λήψης και εκπομπής σημάτων AIS³.

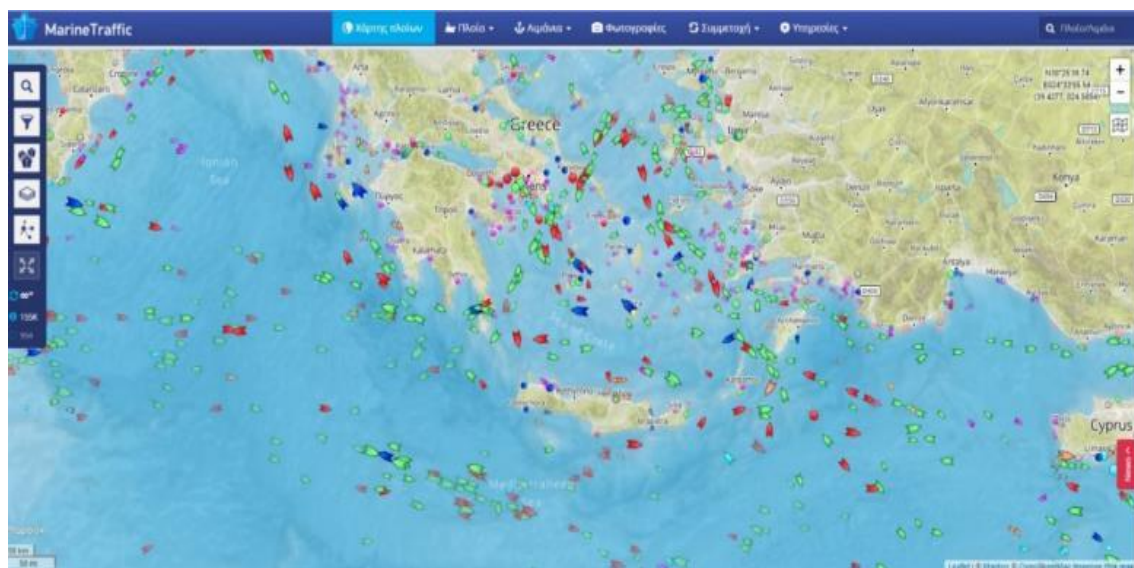
Αρχικά, το σύστημα εφαρμόστηκε με στόχο την αποφυγή συγκρούσεων μεταξύ πλοίων και την αποδοτικότερη διαχείριση της θαλάσσιας κυκλοφορίας, ωστόσο, δεδομένων των δυνατοτήτων του, το σύστημα έχει βρει ευρεία εφαρμογή σε αρκετούς κλάδους που σχετίζονται με τη ναυτιλία και απαιτούν την ταυτοποίηση και τον εντοπισμό των πλοίων (ακτοφυλακή, ομάδες έρευνας και διάσωσης, λιμενικές αρχές, πλοιοκτήτες, ερευνητικοί οργανισμοί κ.α.).

Το σύστημα περιλαμβάνει έναν δέκτη GPS ο οποίος λαμβάνει δορυφορικά στοιχεία για την πλοήγηση των πλοίων, όπως είναι η θέση, η ταχύτητα και η κατάσταση πλεύσης τους. Αυτά

³ Πηγή: IMO - AIS transponders (<http://www.imo.org/en/OurWork/safety/navigation/pages/ais.aspx>)

τα δεδομένα μαζί με κάποιες «σταθερές» πληροφορίες, όπως ο αριθμός αναγνώρισης του πλοίου (IMO number), ο τύπος του, οι διαστάσεις του κ.α., εκπέμπονται αυτόματα και σε σταθερά χρονικά διαστήματα μέσω ραδιοκυμάτων VHF. Έτσι, όσοι διαθέτουν σταθμούς λήψης σημάτων AIS είναι σε θέση να λαμβάνουν αυτές τις πληροφορίες και να τις χρησιμοποιούν αναλόγως. Με κατάλληλη επεξεργασία των δεδομένων μπορεί να γίνει απεικόνιση των στιγμάτων των πλοίων σε πραγματικό χρόνο πάνω σε χάρτες (Σχήμα 4).

Δε θα ήταν υπερβολικός ο ισχυρισμός πως πρόκειται να για ένα σύστημα που έθεσε τις βάσεις για μία ασφαλέστερη και αποδοτικότερη ναυτιλία σε παγκόσμιο επίπεδο.



Σχήμα 4: Απεικόνιση στιγμάτων πλοίων μέσω AIS⁴

4.3 Αποτελέσματα Υπολογισμού Εκπομπών Υφιστάμενης Κατάστασης

→ Κίνηση Οχημάτων

Όσον αφορά στις εκπομπές από την κυκλοφορία των οχημάτων στο ασφαλτοστρωμένο κομμάτι δρόμου εντός του Λιμένα («R»), θεωρήθηκε ότι κυκλοφορία οχημάτων εντός του χώρου ευθύνης της ΟΛΘ ΑΕ υπάρχει κατά το διάστημα 7 πμ – 10 μμ και οι ημερήσιοι φόρτοι

⁴ Πηγή: Ιστοσελίδα MarineTraffic (www.marinetraffic.com)

των οχημάτων ισοκατανεμήθηκαν στις συγκεκριμένες ώρες. Στον Πίνακα 22 παρουσιάζονται συνοπτικές πληροφορίες των δεδομένων που ελήφθησαν.

Παράλληλα, για τον υπολογισμό των εκπομπών από την κυκλοφορία των οχημάτων έγινε παραδοχή ότι τα συγκεκριμένα οχήματα κινούνται κατά μήκος του κυρίως οδικού τμήματος που ενώνει τις δύο προαναφερθείσες πύλες, μήκους περίπου 1700 μέτρων. Η μέση ταχύτητα των οχημάτων στο εν λόγω τμήμα λήφθηκε στα 40 km/h, τιμή η οποία προέκυψε βάσει των όσων ορίζονται στην Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΑΕΠΟ) για τη λειτουργία του λιμένα Θεσσαλονίκης (Α.Π.οικ. 203978/21.12.2012).

Πίνακας 22. Κίνηση εισόδου στον Λιμένα Θεσσαλονίκης το έτος 2018.

	ΠΥΛΗ 16		ΠΥΛΗ 10Α (μέσω της Πύλης 11)	
	Φορτηγά	Ι.Χ.	Φορτηγά	Ι.Χ.
Μέσος Αριθμός	588	33	13	324
Ελάχιστος Αριθμός	0	0	0	17
Μέγιστος Αριθμός	1.668	132	307	622

→ Σταθμός Εμπορευματοκιβωτίων

Όπως και στην περίπτωση της εκτίμησης των εκπομπών εξαιτίας της εν γένει κυκλοφορίας των οχημάτων, αναφορικά με τις εκπομπές από την κίνηση των οχημάτων στη μη επιστρωμένη περιοχή δύτικα του Σταθμού Εμπορευματοκιβωτίων («C»), τα πρωτογενή δεδομένα φόρτου προήλθαν από τις χρονοσειρές ημερήσιου αριθμού οχημάτων που πέρασαν από τις πύλες 10^A και 16 του λιμανιού για το ημερολογιακό έτος 2018.

Από τα συγκεκριμένα δεδομένα, χρησιμοποιήθηκε μόνο ο αριθμός των ΔΧ, ο οποίος επιμερίστηκε ανά ώρα με τρόπο ανάλογο της προηγούμενης κατηγορίας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ως μέση ταχύτητα των οχημάτων επιλέχθηκε η τιμή των 20 km/h, ενώ το μήκος του οδικού τμήματος που διανύει το εκάστοτε όχημα στη συγκεκριμένη περιοχή υπολογίστηκε σε 600 μέτρα.

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, για τον υπολογισμό του συντελεστή εκπομπής εξαιτίας της επαναιώρησης λόγω της κίνησης των οχημάτων χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση 1 της

Παραγράφου 3.2.2, η οποία αναφέρεται κατά βάση σε κίνηση βαρέων οχημάτων. Οι τιμές αναφορικά με τις σταθερές της εξίσωσης (a , b , k) ελήφθησαν από τα δεδομένα του Πίνακα 1, το μέσο βάρος του κάθε οχήματος εκτιμήθηκε στους 20 τόνους, ενώ - όπως ήδη έχει αναφερθεί - ως μέση ταχύτητα των οχημάτων χρησιμοποιήθηκε η τιμή των 20 km/h ή 12,4 mph.

Όσον αφορά στην τιμή της περιεκτικότητας ιλύος της επιφάνειας (s), λόγω έλλειψης πρωτογενούς πληροφορίας λήφθηκε κατ' εκτίμηση από τα δεδομένα που παρέχονται στον Πίνακα 6. Συγκεκριμένα, για την κατηγορία του οδοστρώματος επιλέχθηκε η περίπτωση του αμμωχαλικώδους (Gravelly sand) κυρίως λόγω του μεγέθους και του υλικού των επικαθίσεων στο εν λόγω οδόστρωμα.

→ Περιοχή Απόθεσης Υλικών

Όσον αφορά τις εκπομπές από την περιοχή απόθεσης υλικών, ως περιοχή ανάπτυξης ($A_{affected}$) επελέγη το σύνολο των πολυγώνων που αφορούν την απόθεση στερεού χύδην φορτίου του λιμένα και επίσης περιοχές που δύνανται να επηρεάζονται από την επαναιώρηση υλικών. Για τον υπολογισμό της ποσότητας των συγκεκριμένων εκπομπών, σύμφωνα με την μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στις προγενέστερες παραγράφους, ως διάρκεια ολοκλήρωσης της κατασκευής (d) ελήφθη η τιμή 0,83. Από το σχετικό πίνακα, ως αποτελεσματικότητα των μέτρων ελέγχου των εκπομπών (CE) χρησιμοποιήθηκε η τιμή 0,5, ενώ για το δείκτη καθίζησης-εξάτμισης (PE) επελέγη η τιμή 60. Τέλος, η τιμή της περιεκτικότητας ιλύος της επιφάνειας (s) ελήφθη κατ' εκτίμηση στην τιμή 12% λαμβάνοντας υπόψη τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

→ Εκπομπές Φορτοεκφόρτωσης

Όσον αφορά στην ποσοτικοποίηση της δραστηριότητας που σχετίζεται με εκπομπές επαναιώρηση στις περιοχές φορτοεκφόρτωσης, διεξήχθη επεξεργασία των ληφθέντων δεδομένων με τρόπο κατάλληλο, ώστε να επιμεριστούν στις ημέρες και ώρες λειτουργίας της ΟΛΘ Α.Ε. Ακολούθως, υπολογίστηκαν οι ωριαίοι φόρτοι εργασιών για κάθε κρηπίδωμα και τύπο φορτίου.

Συγκεκριμένα, δεδομένου ότι τα πρωτογενή δεδομένα περιείχαν πληροφορία σχετικά με την ημέρα και ώρα έναρξης και λήξης εργασιών κάθε δραστηριότητας φορτοεκφόρτωσης ξεχωριστά, όχι σε αναλυτική μορφή παρά μόνο αθροιστικά για το σύνολο της περιόδου της εκάστοτε δραστηριότητας, χρησιμοποιήθηκαν οι ώρες λειτουργίας και εργασιών στον λιμένα,

ώστε να γίνει επιμερισμός των δραστηριοτήτων ανά ώρα και ημέρα για το αναφερόμενο διάστημα. Πιο συγκεκριμένα:

- Οι λειτουργικές ώρες για τις ημέρες Δευτέρα έως Παρασκευή βρίσκονται εντός του διαστήματος 8 πμ – 10 μμ, με εξαίρεση τις περιπτώσεις που διαφοροποιήσεις από αυτό το πλαίσιο καθορίζονται ρητά μέσα από τα δεδομένα.
- Οι λειτουργικές ώρες για την ημέρα Σάββατο βρίσκονται εντός του διαστήματος 8 πμ – 3 μμ, με εξαίρεση τις περιπτώσεις που διαφοροποιήσεις από το συγκεκριμένο πλαίσιο προκύπτουν εμφανώς μέσα από τα δεδομένα.
- Την ημέρα Κυριακή θεωρήθηκε πως δε διεξάγονται εργασίες, παρά μόνο στις περιπτώσεις που κατά τη συγκεκριμένη ημέρα με βάση τα πρωτογενή δεδομένα υφίσταται η έναρξη ή το πέρας κάποιας δραστηριότητας.

→ Εκπομπές Πλοίων

Με βάση την παραπάνω προσέγγιση, προέκυψαν οι ωριαίες χρονοσειρές αναφορικά με τη δραστηριότητα σε κάθε κρηπίδωμα, για κάθε έναν από τους τύπους φορτίων που διακινούνται στο λιμάνι.

Τα είδη πλοίων που καταφθάνουν και αναχωρούν από το λιμάνι της Θεσσαλονίκης χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, συγκεκριμένα στα κρουαζιερόπλοια και στα λοιπά που σχετίζονται με την ακτοπλοΐα, καθώς και στα πλοία μεταφοράς (γενικού, χύδην φορτίου και εμπορευματοκιβωτίων). Όσον αφορά στην πρώτη κατηγορία, τα κρουαζιερόπλοια παραβάλουν σήμερα στο κρηπίδωμα 4-8 και στο κρηπίδωμα 9, ενώ τα Ε/Γ-Ο/Γ πλοία της ακτοπλοΐας πλαγιοπρυμνοδετούν στον Προβλήτα 2, κατά μήκος του κρηπιδώματος 9, κάνοντας χρήση του δυτικού τμήματος του κρηπιδώματος 4-8, στο οποίο έχουν διαμορφωθεί ράμπες για την υποδοχή των καταπελτών των πλοίων.

Στον Πίνακα 24 παρουσιάζονται οι κινήσεις των πλοίων και επιβατών κατά την περίοδο 2012-2022, όπως αυτές δόθηκαν από την ΟΛΘ ΑΕ. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ως έτος αναφοράς για τον υπολογισμό των εκπομπών βάσης επιλέχθηκε το 2018, καθώς για εκείνο το ημερολογιακό έτος υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα για το σύνολο των δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα εντός των χώρων ευθύνης της ΟΛΘ ΑΕ. Κατά συνέπεια, στο πλαίσιο των συγκεκριμένων υπολογισμών θα έπρεπε να ληφθούν υπόψη τα δεδομένα του Πίνακα 24 που αναφέρονται στο εν λόγω έτος.

Παρόλα αυτά, εξαιτίας του γεγονότος ότι με βάση τον Πίνακα 24 το έτος 2018 δεν ήταν αντιπροσωπευτικό της κίνησης κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι της Θεσσαλονίκης τόσο όσον αφορά στον αριθμό των πλοίων όσο και σε αυτόν του συνόλου των επιβατών, κρίθηκε σκόπιμο να ληφθεί για τη συγκεκριμένη κατηγορία ένας μέσος όρος δραστηριότητας από τα διαθέσιμα δεδομένα. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφερθεί πως το έτος 2020 εξαιρέθηκε από τη συγκεκριμένη διαδικασία, καθώς λόγω των περιοριστικών μέτρων για την πανδημία COVID-19, δεν υπήρξε κίνηση κρουαζιερόπλοιων στο λιμάνι.

Επιπλέον, στην παρούσα φάση υπάρχει δυνατότητα ταυτόχρονου ελλιμενισμού δύο κρουαζιεροπλοίων. Τα χαρακτηριστικά των μεγαλύτερων κρουαζιεροπλοίων που παραβάλλουν σήμερα στο Λιμένα Θεσσαλονίκης φαίνονται στον ακόλουθο Πίνακα.

Πίνακας 23. Χαρακτηριστικά των μεγαλύτερων κρουαζιερόπλοιων που παραβάλλουν σήμερα στον Λιμένα Θεσσαλονίκης.

Κρηπίδωμα	Όνομα	Μήκος - LoA (m)	Πλάτος – Beam (m)	Βύθισμα – Draft (m)	Εκτόπισμα - Tonnage (GT)	Αριθμός νηολογίου IMO Number
4-8	Costa Pacifica	290,2	36	8,2	114.500	9378498
9	Europa II	225,62	26,70	6,3	42.830	9616230

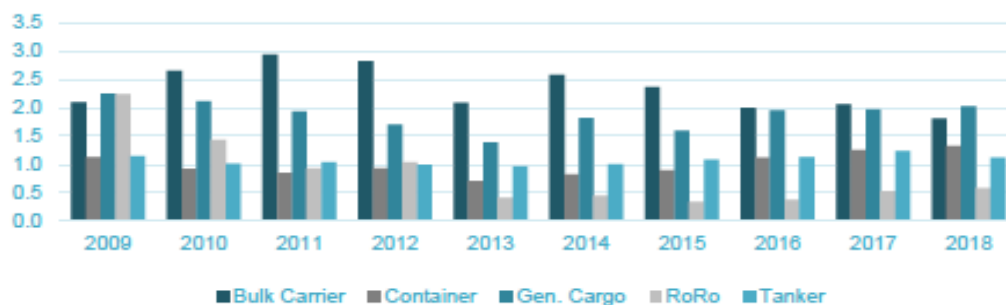
Από την άλλη πλευρά, αναφορικά με τα πλοία μεταφοράς, ο αριθμός αυτών που προσεγγίζουν το λιμάνι της Θεσσαλονίκης είναι σχεδόν ισοκατανεμημένος ανάμεσα στις διάφορες κατηγορίες πλοίων. Τα πλοία χύδην ξηρού φορτίου (bulkers) αντιπροσωπεύουν το 28% του συνόλου των προσεγγίσεων. Τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων αποτελούν το 27% των προσεγγίσεων, ενώ ακολουθούν τα δεξαμενόπλοια με 26% και τα πλοία μεταφοράς γενικού φορτίου με 17%.

Στο Σχήμα 5 παρουσιάζεται η εξέλιξη του αριθμού προσεγγίσεων εμπορικών πλοίων στο λιμάνι της Θεσσαλονίκης την περίοδο 2012-2021. Όπως προκύπτει από το εν λόγω Σχήμα, οι προσεγγίσεις πλοίων παρουσιάζουν αυξητική τάση κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης περιόδου.



Σχήμα 5: Αριθμός προσεγγίσεων εμπορικών πλοίων στο λιμάνι της Θεσσαλονίκης κατά την περίοδο 2012-2021

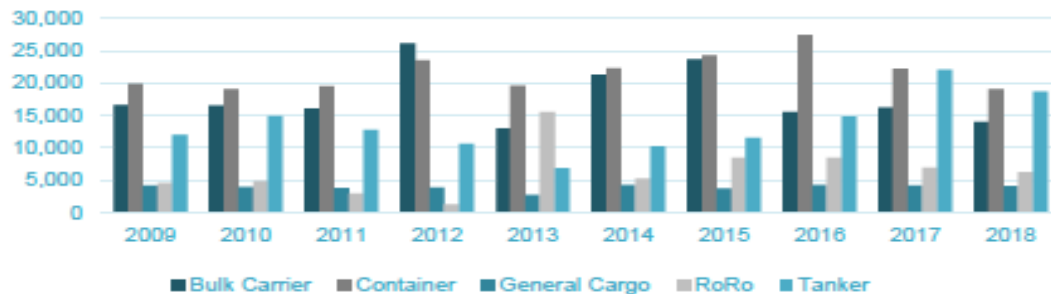
Ο μέσος χρόνος παραμονής των πλοίων στο λιμάνι είναι κάτω από δύο (2) ημέρες για το σύνολο των πλοίων. Από την άλλη πλευρά, όμως, όπως προκύπτει από το Σχήμα 6 στο οποίο παρουσιάζεται ο μέσος χρόνος παραμονής ανά κατηγορία πλοίου, εστιάζοντας στις μεμονωμένες κατηγορίες πλοίων είναι εμφανές ότι τα πλοία χύδην ξηρού φορτίου (bulkers) παραμένουν στο λιμάνι λίγο λιγότερο από τρεις (3) ημέρες κατά μέσο όρο. Όπως είναι αναμενόμενο, τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων και τα πλοία Ro-Ro παρουσιάζουν τον μικρότερο χρόνο παραμονής στο λιμάνι λόγω ταχύτερης διαδικασίας φορτοεκφόρτωσης.



Σχήμα 6: Μέσος χρόνος παραμονής πλοίων στο λιμάνι ανά κατηγορία πλοίων (σε ημέρες)

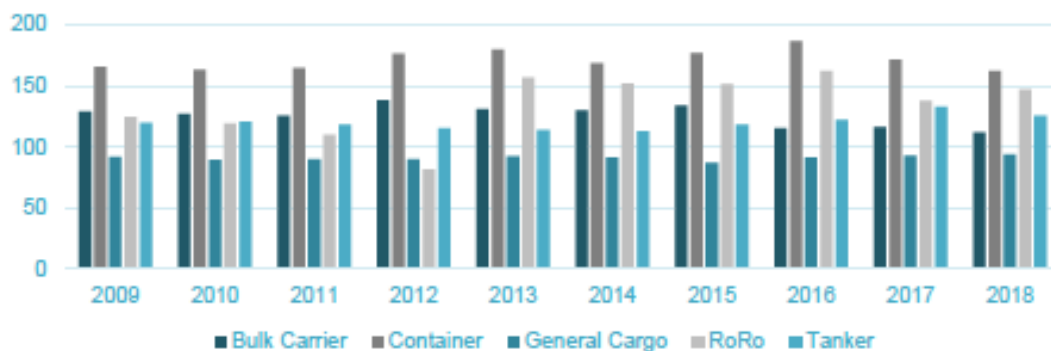
Σε ότι αφορά την χωρητικότητα και τις διαστάσεις των πλοίων που προσεγγίζουν το λιμάνι της Θεσσαλονίκης, η μέση χωρητικότητα παρουσιάζει διακυμάνσεις κάθε έτος. Τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων είναι τα μεγαλύτερα πλοία που προσεγγίζουν το λιμάνι της Θεσσαλονίκης. Ακολουθούν τα δεξαμενόπλοια, των οποίων το μέσο μέγεθος έχει

αυξηθεί σημαντικά από το 2013 και έπειτα. Στον αντίποδα το μέγεθος των πλοίων μεταφοράς χύδην ξηρών φορτίων έχει μειωθεί τα τελευταία χρόνια, προσεγγίζοντας τα αντίστοιχα μεγέθη πλοίων της κατηγορίας, της περιόδου 2009-2011. Στο Σχήμα 7 παρουσιάζεται η μέση ετήσια χωρητικότητα των πλοίων κατά την περίοδο 2009-2018.



Σχήμα 7: Μέση χωρητικότητα ανά κατηγορία πλοίων που προσεγγίζουν το λιμάνι (σε Dwt).

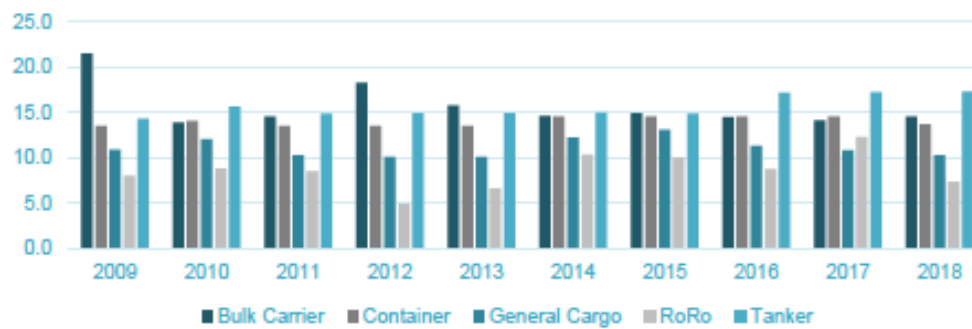
Παράλληλα, σε σχέση με το μήκος των πλοίων, τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων είναι τα μακρύτερα με το μέσο μήκος να φτάνει τα 172 μέτρα, ενώ στην δεύτερη θέση είναι τα Ro-Ro με μέσο μήκος τα 134 μέτρα. Παρά τις κατά καιρούς αυξομειώσεις, το μέσο μήκος παραμένει στα ίδια επίπεδα για τις περισσότερες κατηγορίες πλοίων κατά την εξεταζόμενη χρονική περίοδο. Μία εξαίρεση αποτελούν τα Ro-Ro των οποίων το μέσο μήκος έχει αυξηθεί κατά την διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας. Το μέσο μήκος των πλοίων που προσέγγισαν το λιμάνι της Θεσσαλονίκης ανά κατηγορία παρατίθεται στο Σχήμα 8.



Σχήμα 8: Μέσο μήκος ανά κατηγορία πλοίων που προσεγγίζουν το λιμάνι (m).

Το μέσο βύθισμα επίσης έχει παραμείνει σχετικά σταθερό, ακολουθώντας την τάση στο μέσο μήκος των πλοίων. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τίθενται και περιορισμοί από τις λιμενικές

εγκαταστάσεις. Τα πλοία με το μεγαλύτερο βύθισμα είναι τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, με το μέσο βύθισμα της τελευταίας δεκαετίας να ανέρχεται σε 9,6 μέτρα, ενώ στη δεύτερη θέση βρίσκονται τα πλοία μεταφοράς χύδην ξηρών φορτίων με μέσο βύθισμα 7,8 μέτρα.



Σχήμα 9: Μέσο βύθισμα ανά κατηγορία πλοίων που προσεγγίζουν το λιμάνι (m).

Πίνακας 24. Κινήσεις κρουαζιεροπλοίων και πλοίων ακτοπλοϊας την περίοδο 2012 με 2022 (Πηγή: ΟΛΘ Α.Ε.).

Κατηγορία πλοίου :		ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΟ										
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
ΣΥΝΟΛΟ ΑΦΙΞΕΩΝ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ		11	18	31	35	23	4	5	6	1	17	61
ΣΥΝΟΛΟ ΕΠΙΒΑΤΩΝ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΑΣ		7 235	14 591	19 720	26 356	18 876	2 424	1 502	4 857	28	11 777	36.670
Κατηγορία πλοίου :		ΕΓ/ΟΓ - ΠΛΟΙΟ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΜΕ ΡΑΜΠΕΣ ΦΟΡΤΟΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΓΙΑ ΕΠΙΒΑΤΕΣ										
Γραμμή πλοίου	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ-ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΑΙΓΑΙΟ (ΒΑΘΥ ΣΑΜΟΥ, ΜΥΡΙΝΑ ΛΗΜΝΟΥ, ΜΥΤΙΛΗΝΗ ,ΧΙΟΣ)	62	39	29	0	7	0	0	1	0	0	8
	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ-ΣΠΟΡΑΔΕΣ-ΚΥΚΛΑΔΕΣ- ΚΡΗΤΗ	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0
	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ-ΣΠΟΡΑΔΕΣ (ΣΚΙΑΘΟΣ,ΣΚΟΠΕΛΟΣ,ΑΛΟΝΗΣΟΣ)	0	0	0	0	0	0	4	0	0	56	50
	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ-ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΑΙΓΑΙΟ- ΚΥΚΛΑΔΕΣ (ΣΥΡΟΣ-ΜΥΚΟΝΟΣ-ΙΚΑΡΙΑ- ΣΑΜΟΣ-ΧΙΟΣ-ΛΕΣΒΟΣ-ΛΗΜΝΟΣ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	40
	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ - ΣΜΥΡΝΗ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
	Σύνολο αφίξεων	62	39	29	0	7	0	24	0	0	85	118
Σύνολο επιβατών		42.634	33.221	24.795	0	7.360	0	12.405	1.416	0	65.251	95.003
Κατηγορία πλοίου :		ΥΔΡΟΠΤΕΡΥΓΑ - ΑΛΛΑ ΠΛΟΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΕΝΑ ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΕΠΙΒΑΤΩΝ										
Γραμμή πλοίου	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ-ΣΠΟΡΑΔΕΣ (ΣΚΙΑΘΟΣ,ΣΚΟΠΕΛΟΣ,ΑΛΟΝΗΣΟΣ)	0	0	0	0	81	87	82	0	0	0	0
	Σύνολο αφίξεων	0	0	0	0	81	87	82	0	0	0	0

Σύνολο επιβατών		0	0	0	0	43.273	47.939	30.567	0	0	0	0
Κατηγορία πλοίου :	RO-RO - ΑΛΛΑ ΦΟΡΤΗΓΑ ΠΛΟΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΩΝ ΜΕ ΡΑΜΠΕΣ ΦΟΡΤΟΕΚΦΟΡΤΩΣΗΣ											
Γραμμή πλοίου	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ-ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΑΙΓΑΙΟ (ΒΑΘΥ ΣΑΜΟΥ, ΜΥΡΙΝΑ ΛΗΜΝΟΥ, ΜΥΤΙΛΗΝΗ ,ΧΙΟΣ)	0	0	13	47	37	73	43	38	73	94	39
	Σύνολο αφίξεων	0	0	13	47	37	73	43	38	73	94	39
Σύνολο επιβατών		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	157
ΣΥΝΟΛΟ ΑΦΙΞΕΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑΣ		62	39	42	47	125	160	149	38	73	179	157
ΣΥΝΟΛΟ ΕΠΙΒΑΤΩΝ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑΣ		42.634	33.221	24.795	0	50.633	47.939	42.972	1.416	0	65.251	95.003

Με βάση τα παραπάνω, προκύπτει ως διαχρονική τάση για το λιμάνι της Θεσσαλονίκης η εστίαση σε πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων (containerships) και χύδην ξηρού φορτίου (bulkers), τα οποία αντιπροσωπεύουν το 91% των προσεγγίσεων στο λιμάνι της Θεσσαλονίκης. Η μέση διάρκεια παραμονής ενός πλοίου είναι κάτω από δύο ημέρες. Σε ότι αφορά τις διαστάσεις των πλοίων που προσεγγίζουν το λιμάνι της Θεσσαλονίκης, αυτές έχουν παραμείνει σχεδόν σταθερές την τελευταία δεκαετία. Τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων είναι τα μεγαλύτερα πλοία που προσεγγίζουν το λιμάνι με μέσο μήκος 172 μέτρα και μέσο βύθισμα 9,6 μέτρα.

Ειδικότερα για τον Σταθμό Ε/Κ (κρηπιδώμα 26), στοιχεία σχετικά με την κατάληψη των πλοίων δίνονται στον ακόλουθο Πίνακα.

Πίνακας 25. Στατιστικά στοιχεία δυναμικότητας κρηπιδώματος 26

Δυναμικότητα κρηπιδώματος	Δυναμικότητα με βάση την υφιστάμενη κατάσταση
Μήκος κρηπιδώματος, αριθμός θέσεων ελλιμενισμού	568m, 2 θέσεις
Μέσο μέγεθος Ε/Κ	750 Ε/Κ / πλοίο
Συντελεστής κατάληψης θέσης ελλιμενισμού	80%
Μέσος χρόνος παραμονής πλοίου	1 ημέρα (εκτίμηση)
Μέσος χρόνος πρόσδεσης/ άπαρσης (μετρούμενος από την ώρα ολοκλήρωσης των εργασιών σε ένα πλοίο ώστε να ξεκινήσουν οι εργασίες στο επόμενο, εάν το δεύτερο πλοίο είναι σε αναμονή).	2,5 ώρες
Εκτιμώμενη δυναμικότητα κρηπιδώματος	600.000 TEUs/ έτος

Τέλος, όσον αφορά στα πλοία που προσέγγισαν τον Λιμένα Θεσσαλονίκης κατά τη διάρκεια του έτους αναφοράς (2018), αυτά δόθηκαν στην ομάδα μελέτης. Συγκεκριμένα, τα εν λόγω δεδομένα περιλαμβάνουν στοιχεία αναφορικά με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά του εκάστοτε πλοίου:

- Ονομασία πλοίου
- Ακαθάριστη Εγγεγραμμένη Χωρητικότητα (Gross Registered Tonnage, GRT)

- Μήκος πλοίου
- Τύπος πλοίου
- Ημερομηνία άφιξης
- Ημερομηνία αγκυροβόλησης
- Κριτήριο άφιξης
- Ημερομηνία παύσης αγκυροβόλησης
- Ημερομηνία αναχώρησης

→ Συνολικές Εκπομπές Υφιστάμενης Κατάστασης

Με βάση τους συντελεστές εκπομπής για τις πηγές, τα λεπτομερή στοιχεία δραστηριότητας για τις διάφορες εργασίες που λαμβάνουν χώρα εντός της περιοχής του Λιμένα, αλλά και την μεθοδολογία υπολογισμού εκπομπών, η οποία αναλύθηκε στις προηγούμενες παραγράφους, προκύπτουν οι συνολικές εκπομπές από τη λειτουργία του Λιμένα στην υφιστάμενη κατάσταση (Πίνακας 26).

Πίνακας 26. Συνολικές εκπομπές από όλες τις δραστηριότητες εντός της περιοχής του λιμένα για το έτος βάσης (2018).

	CO	NO _x	VOC	PM	NH ₃	SO ₂
	t/year					
Οδική Κυκλοφορία	0,7	1,7	0,3	0,05	0,01	0,60
ΣΕΜΠΟ	0,8	2,5	0,3	0,21	0,00	0,87
Απόθεση Υλικών	-	-	-	9,2	-	-
Φορτοεκφορτώσεις	-	-	-	36,9	-	-
Πλοία	235,3	1895,9	86,1	126,8	-	890,5
Σύνολο	236,7	1900,1	86,7	173,2	0,01	892,0

Όπως προκύπτει από τα ανωτέρω η σημαντικότερη πηγή παραγωγής αερίων ρύπων του Λιμένα Θεσσαλονίκης αφορά την κίνηση των πλοίων στο λιμένα, ενώ οι υπόλοιπες εργασίες που επιτελούνται στη χερσαία ζώνη του Λιμένα έχουν χαμηλή συνεισφορά στις εκπομπές,

και ανάλογη των εκπομπών οικιακής θέρμανσης 1-2 τυπικών οικοδομικών τετραγώνων (Μπεκιάρης, 2013).

4.4 Αποτελέσματα Υπολογισμών Εκπομπών Σεναρίου Προβολής-Μελλοντικής Κατάστασης

Ο προσδιορισμός του σεναρίου μελλοντικών εκπομπών σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορεί να θεωρηθεί ως ένα σενάριο δυσμενέστερης κατάστασης. Στο πλαίσιο αυτά κατά τη σύνθεση-υπολογισμό των μελλοντικών εκπομπών συμπεριλήφθηκε το σενάριο μέγιστης επιβάρυνσης που θα μπορούσε να προκύψει για την εκάστοτε κατηγορία εκπομπής, ακόμη και αν τα συγκεκριμένα σενάρια δεν προβλέπεται να συμπέσουν χρονικά.

→ Κίνηση Οχημάτων

Ακολουθως, περιγράφονται τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την τροποποίηση των εκπομπών βάσης, καθώς και για τον υπολογισμό των εκπομπών πηγών που δεν υπήρχαν στο σενάριο βάσης, όπως η εργοταξιακή δραστηριότητα.

Η κίνηση των οχημάτων εντός του λιμένα χωρίζεται σε αυτήν που λαμβάνει χώρα στη Ζώνη Α (επιβατικό τμήμα του λιμένα) και σε αυτήν η οποία σχετίζεται με τη Ζώνη Β, δηλαδή το εμπορικό τμήμα του λιμένα. Κατά συνέπεια, για την εκτίμηση της διαφοροποίησης στον κυκλοφοριακό φόρτο και, κατ' επέκταση, στις εκπομπές που σχετίζονται με την κίνηση των οχημάτων, θα πρέπει να εξετάστούν ξεχωριστά αυτές οι δύο κατηγορίες.

Πιο συγκεκριμένα, σχετικά με το Σταθμό Ακτοπλοΐας, ελήφθησαν υπόψη η συχνότητα των προσεγγίσεων των πλοίων ακτοπλοΐας, καθώς και η χωρητικότητά τους σε οχήματα, όπως αυτά αναφέρονται σε προηγούμενη παράγραφο.

Στον Προβλήτα 3, εκτός από τα πλοία Ακτοπλοΐας, θα ελλιμενίζονται κρουαζιερόπλοια και Ε/Γ-Ο/Γ πλοία προς χώρες εκτός Schengen (λ.χ. Τουρκία). Κατά συνέπεια, προκύπτουν οι εξής κινήσεις οχημάτων:

- Ι.Χ. οχήματα, τα οποία θα εξυπηρετούν τις ανάγκες των επιβατών κρουαζιέρας (Port of Call) και Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων
- Βαρέα οχήματα, που περιλαμβάνουν λεωφορεία που μεταφέρουν επιβάτες πλοίων (κρουαζιέρας ή Ε/Γ-Ο/Γ) και φορτηγά που επιβαίνουν σε Ε/Γ-Ο/Γ πλοία

Παράλληλα, λαμβάνεται υπόψη και η real estate ανάπτυξη που προγραμματίζεται στο τμήμα του επιβατικού σταθμού (Ζώνη Α), δεδομένου ότι η περιοχή αυτή θα αποτελέσει πόλο έλξης οχημάτων (κυρίως Ι.Χ.).

Από την άλλη πλευρά, η Πύλη Γ (επί του παρόντος ονομάζεται Πύλη 11) που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του Εμπορικού τμήματος του Λιμένα συνδέει τον Λιμένα Θεσσαλονίκης με το οδικό δίκτυο της πόλης μέσω της οδού 26^{ης} Οκτωβρίου. Η Πύλη Γ θα λειτουργεί ως πύλη για βαρέα οχήματα (φορτηγά) που εισέρχονται/εξέρχονται από τον Λιμένα για εμπορικούς λόγους (πρόσβαση κυρίως σε προβλήτες 3, 4 και 5) και μετακινήσεις που σχετίζονται με εργασιακούς σκοπούς, με τη συμμετοχή του προσωπικού που εργάζεται στον λιμένα κυρίως σε αυτούς τους προβλήτες.

Επιπλέον, η Πύλη Γ θα χρησιμοποιείται και από τα οχήματα που σχετίζονται με την εξυπηρέτηση των αναγκών που προκύπτουν από τον ελλιμενισμό Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων που εκτελούν δρομολόγια προς χώρες εκτός Schengen και κρουαζιερόπλοιων στο δυτικό τμήμα του προβλήτα 3. Τέλος, τη συγκριμένη πύλη θα χρησιμοποιούν και βαρέα οχήματα (φορτηγά) που επιβιβάζονται στα Ε/Γ-Ο/Γ πλοία που ελλιμενίζονται στο ανατολικό τμήμα του Προβλήτα 3.

Οι προβλέψεις κίνησης φορτηγών από την Πύλη του Σταθμού Ε/Κ φαίνονται στον Πίνακα 27. Σημειώνεται ότι οι απαιτήσεις της πύλης δεν αυξάνονται σημαντικά σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Αυτό οφείλεται στο ότι η μεγάλη αύξηση των Ε/Κ στις προβλέψεις οφείλεται στα εξής:

- Μεταφόρτωση (transshipment) Ε/Κ, τα οποία δεν χρησιμοποιούν την πύλη.
- Διαμετακόμιση (transit) Ε/Κ, τα οποία διακινούνται κυρίως μέσω σιδηροδρόμου.

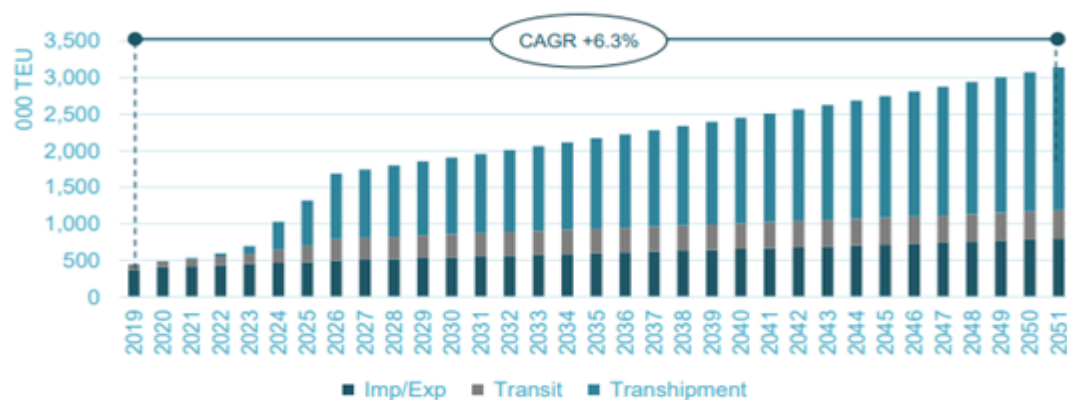
Πίνακας 27. Προβλέψεις κίνησης φορτηγών στο σταθμό Ε/Κ

	Φάση 1	Φάση 2	Σχόλια
Αριθμός φορτηγών ανά ώρα	90	130	Προκύπτει θεωρώντας ότι ένα φορτηγό μεταφέρει ένα Ε/Κ κάθε φορά και ότι το 50% αυτών είναι γεμάτα και κατά την είσοδο και κατά την έξοδο. Επίσης θεωρείται ότι τα φορτηγά/ ώρα είναι το 10% του μέσου συνολικού αριθμού φορτηγών/ ημέρα

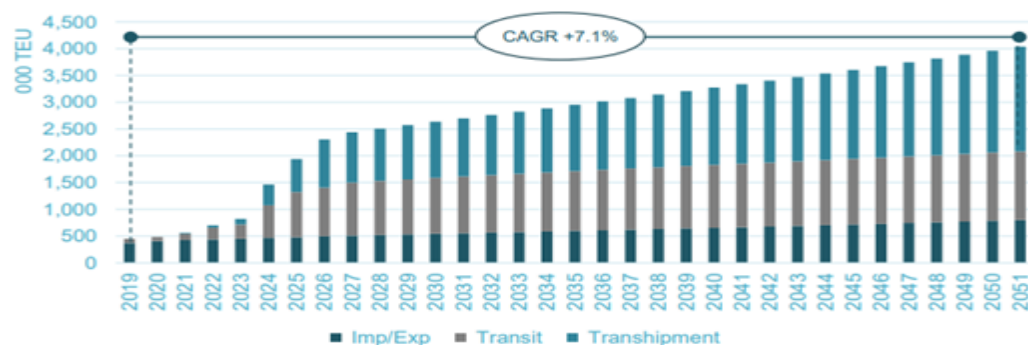
➔ Σταθμός Εμπορευματοκιβωτίων

Για την εκτίμηση της μελλοντικής διαφοροποίησης στην κίνηση των βαρέων οχημάτων εντός της συγκεκριμένης περιοχής με σκοπό τη δημιουργία μία πρόβλεψης για την αντίστοιχη

διαφοροποίηση στις εκπομπές, χρησιμοποιήθηκαν τα δύο σενάρια μέσης κίνησης όσον αφορά στις προβλέψεις διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων του Master Plan του Λιμένος Θεσσαλονίκης. Στα Σχήματα 10 & 11 παρουσιάζονται οι συγκεκριμένες εκτιμήσεις.



Σχήμα 10: Προβλέψεις διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων – Σενάριο Μέσης Κίνησης 1



Σχήμα 11: Προβλέψεις διακίνησης εμπορευματοκιβωτίων – Σενάριο Μέσης Κίνησης 2

Από τα δεδομένα που παρέχονται στα διαγράμματα των Σχήμάτων 10 & 11, προκύπτει πως με βάση τις μετριοπαθείς προσεγγίσεις των σεναρίων μέσης κίνησης ως το έτος 2050 προβλέπεται μία αύξηση στη διακίνηση των εμπορευματοκιβωτίων της τάξης του 650%. Κατά συνέπεια, για τον υπολογισμό των εκπομπών εξαιτίας της κίνησης των οχημάτων στο ΣΕΜΠΟ, ο συνολικός φόρτος που χρησιμοποιήθηκε ήταν αυξημένος κατά ανάλογο ποσοστό σε σχέση με το σενάριο βάσης.

Παράλληλα, να σημειωθεί πως με βάση το Master Plan προβλέπεται ασφαλιτόστρωση της συγκεκριμένης περιοχής, γεγονός που θα περιορίσει σε μεγάλο βαθμό τις εκπομπές επαναιώρησης.

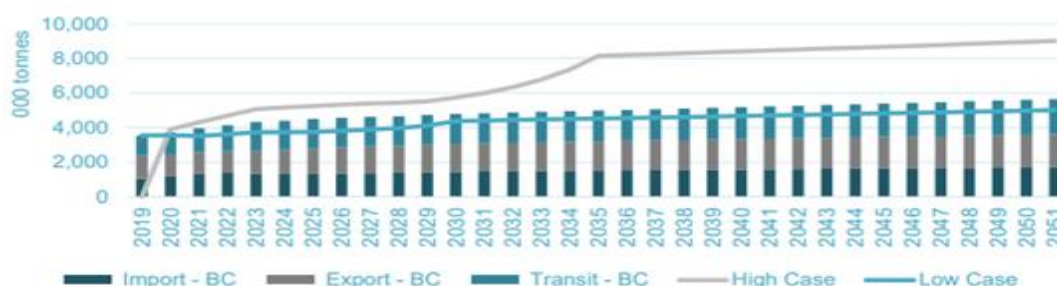
➔ Περιοχή Απόθεσης Υλικών

Όσον αφορά τις εκπομπές από την περιοχή απόθεσης υλικών, θεωρήθηκε στο πλαίσιο του συγκεκριμένου σεναρίου πως η περιοχή παραμένει ίδια, καθώς να μην η περιοχή C του Σχήματος 3 δεν συμπεριλαμβάνεται πλέον στους υπολογισμούς, (λόγω ανάπτυξης νέου Logistics Center - αποθήκες Logistics), αλλά παρόλα αυτά εντοπίζεται επέκταση του τερματικού Σταθμού Στερεού Χύδην Φορτίου.

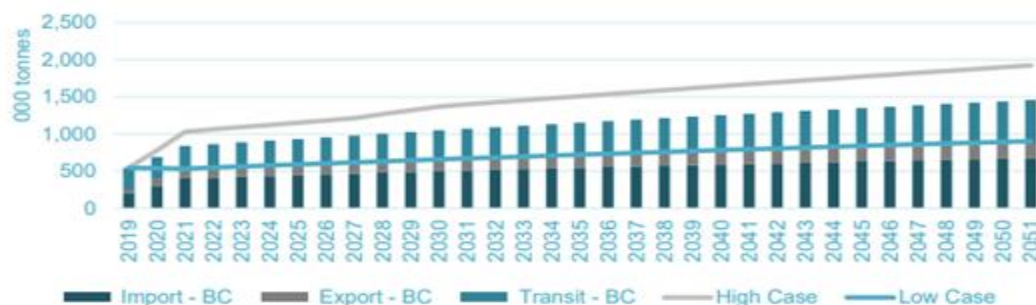
→ Εκπομπές Φορτοεκφόρτωσης

Παρά το γεγονός ότι θεωρείται ότι δεν θα υπάρξει κάποια ουσιαστική διαφοροποίηση στις βασικές παραμέτρους υπολογισμού των εκπομπών επανειώρησης, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις δρασεις περιβαλλοντικής αναβαθμίσης αναμένεται περιορισμός της εν λόγω εκπομπής περίπου στο μισό των αντίστοιχων εκπομπών που υπολογίστηκαν στο σενάριο υφιστάμενης κατάστασης.

Με βάση το Master Plan του Λιμένος Θεσσαλονίκης, ο συνολικός όγκος χύδην ξηρού και γενικού φορτίου προβλέπεται να διαμορφωθεί λίγο παραπάνω από 7,1 εκατομμύρια τόνους έως το 2051 στο Σενάριο Μέσης Κίνησης. Ο κυρίαρχος τύπος φορτίου θα είναι το χύδην ξηρό με εκτίμηση 5,6 εκατομμυρίων τόνων έως το 2051. Οι προβλέψεις κίνησης των εν λόγω φορτίων παρουσιάζονται στα Σχήματα 12&13, αντίστοιχα.



Σχήμα 12: Προβλέψεις διακίνησης χύδην ξηρού φορτίου



Σχήμα 13: Προβλέψεις διακίνησης χύδην γενικού φορτίου

→ Εκπομπές Πλοίων

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα, προβλέπεται ένας διπλασιασμός της ποσότητας διακινούμενου χύδην φορτίου ως το έτος 2050. Κατά συνέπεια, ανάλογη προβλέπεται να είναι και η διαφοροποίηση στις εκπομπές αιώρησης που σχετίζονται με τη συγκεκριμένη δραστηριότητα.

Σύμφωνα με τις προβλέψεις του ΟΛΘ, για το Σταθμό Ακτοπλοΐας αναμένεται η κίνηση των πλοίων ακτοπλοΐας να διαμορφωθεί ως εξής:

- 4 – 5 προσεγγίσεις πλοίων ανά εβδομάδα την περίοδο του καλοκαιριού (Ιούνιος – Σεπτέμβριος)
- 2 προσεγγίσεις πλοίων ανά εβδομάδα τη χειμερινή περίοδο (Οκτώβριος-Μάιος)

Η κίνηση των πλοίων που εκτελούν τη γραμμή Θεσσαλονίκη – Σμύρνη αναμένεται να διαμορφωθεί ως εξής:

- 3 προσεγγίσεις πλοίων την εβδομάδα την περίοδο 2022-2023
- Καθημερινή προσέγγιση ενός πλοίου από το 2024

Σύμφωνα με τις προβλέψεις του ΟΛΘ, για το Σταθμό Κρουαζιέρας αναμένεται η κίνηση των κρουαζιερόπλοιων να διαμορφωθεί ως εξής:

- Το 2022 υπάρχουν 60 επιβεβαιωμένες προσεγγίσεις κρουαζιερόπλοιων (έναντι 17 το 2021)
- Το 2023 αναμένονται περίπου 80 προσεγγίσεις κρουαζιερόπλοιων
- Ο στόχος του ΟΛΘ είναι 100 προσεγγίσεις το έτος σε 5 χρόνια από σήμερα και 200 προσεγγίσεις στο τέλος της περιόδου ισχύος του Master Plan.
- Σε 5 -10 χρόνια από σήμερα, εκτιμάται ότι 20 με 30 φορές το χρόνο θα υπάρχει ταυτόχρονη πρόσδεση δύο κρουαζιερόπλοιων.

Στο πλαίσιο του Master Plan, γίνεται προσπάθεια αναδιοργάνωσης των χρήσεων του λιμένα, και ιδιαίτερα του συγκεκριμένου σταθμού. Συγκεκριμένα, προτείνεται η μετεγκατάσταση του Σταθμού Ακτοπλοΐας στο ανατολικό τμήμα του Προβλήτα 3, κρηπίδωμα 12

Επίσης προτείνεται η αξιοποίηση του κρηπιδώματος 10 του Προβλήτα 2, ως σταθμού επιβίβασης ή/και αποβίβασης επιβατών στα/ από τα κρουαζιερόπλοια (είτε Homeport είτε Port of Call – 1η Θέση).

Ως ενδιάμεσος σταθμός επίσκεψης κρουαζιερόπλοιου (2η Θέση Port of Call), προβλέπεται η αξιοποίηση του κρηπιδώματος 14 του Προβλήτα 3, ενώ για την περίπτωση που ένα τρίτο κρουαζιερόπλοιο προσεγγίζει τον λιμένα ταυτόχρονα, τότε θα χρησιμοποιείται το κρηπίδωμα 12 του Προβλήτα 3 (3η Θέση Port of Call).

Σημειώνεται ότι το κρηπίδωμα αυτό θα εξυπηρετεί παράλληλα και τα πλοία της ακτοπλοΐας. Τα χαρακτηριστικά του κρουαζιερόπλοιου και του πλοίου ακτοπλοΐας που χρησιμοποιούνται ως πλοία σχεδιασμού παρουσιάζονται στον Πίνακα.

Πίνακας 28. Χαρακτηριστικά του κρουαζιερόπλοιου και του πλοίου ακτοπλοΐας που χρησιμοποιούνται ως πλοία σχεδιασμού.

Κρουαζιερόπλοιο					
Όνομα	Μήκος - L _{OA} (m)	Πλάτος – Beam (m)	Βύθισμα – Draft (m)	Εκτόπισμα - Tonnage (GT)	Αριθμός νηολογίου
Voyager of the Seas	311	47,4	8,0	137.276	9161716

Πλοίο ακτοπλοΐας						
Όνομα	Μήκος - L _{OA} (m)	Πλάτος – Beam (m)	Βύθισμα – Draft (m)	Εκτόπισμα - Tonnage (GT)	Ικανότητα μεταφοράς οχημάτων	Αριθμός νηολογίου
Blue Star Delos	146	23,2	6,0	18.498	430 ή 600 γραμμικά μέτρα	9565039

Παράλληλα, αναφορικά με τα πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων, η χωρητικότητά τους έχει αυξηθεί ραγδαία τα τελευταία 50 χρόνια, με τα πλοία να σχεδιάζονται τώρα στα 22.000 TEU, επομένως τα λιμάνια θα πρέπει να συνεχίσουν να προσαρμόζουν την υποδομή τους για να είναι ανταγωνιστικά και φυσικά για να είναι σε θέση να τα εξυπηρετήσουν.

Στην πρώτη φάση των έργων του Master Plan, το μήκος της επέκτασης προτείνεται να έχει μήκος 470 m, ώστε να επιτρέπει τον ταυτόχρονο ελλιμενισμό δύο πολύ μεγάλων πλοίων μεταφοράς Ε/Κ (ULCV). Στη δεύτερη φάση, προτείνεται επίσης ανάπτυξη του Τερματικού Σταθμού Ε/Κ, μέσω της επέκτασης του Προβλήτα 6 (κρηπίδωμα 24). Με την επέκταση του κρηπιδώματος 24, δίνεται η δυνατότητα διαμόρφωσης μίας επιπλέον θέσης ελλιμενισμού για πλοία μεταφοράς χύδην φορτίων, τύπου Panamax και μίας θέσης ελλιμενισμού ενός επιπλέον ULCV.

Στον Πίνακα 29 δίνονται τα χαρακτηριστικά κάποιων συγκεκριμένων πλοίων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για το σχεδιασμό της επέκτασης του κρηπιδώματος 26. Για το σχεδιασμό, θεωρείται ότι μικρότερα πλοία θα συνεχίσουν να προσεγγίζουν τον τερματικό σταθμό, χρησιμοποιώντας το υφιστάμενο κρηπίδωμα, όπου το μικρότερο πλοίο θα έχει χωρητικότητα της τάξης των 70000 DWT.

Πίνακας 29. Χαρακτηριστικά των μεγαλύτερων και μικρότερων πλοίων που χρησιμοποιήθηκαν για το σχεδιασμό της επέκτασης.

DWT	TEU	Μήκος (m)	Πλάτος (m)	Βύθισμα (m)	Σχόλια
172.400	20.954	400	59	14,5 m	CMA CGM Antoine De Saint Exupery
24.487	2.487	195	32,2	9,5 m	CMA CGM Pregolia
22.500	1.500	185	27	9,85 m	TYP Feeder Containership
5.271	523	100	17,9	6,6	Το πιο μικρό πλοίο στον υφιστάμενο τερματικό σταθμό

Με βάση τα παραπάνω και με βάση τις προβλέψεις κίνησης Ε/Κ, επιχειρείται μία εκτίμηση του αριθμού προσεγγίσεων πλοίων μεταφοράς Ε/Κ για το 2030 και το 2050, όπως φαίνεται στον Πίνακα 30. Ο χρόνος παραμονής ενός πλοίου στον Λιμένα, λόγω της αύξησης του μεγέθους των πλοίων μεταφοράς Ε/Κ, θεωρείται ότι θα αυξηθεί σημαντικά και θα προσεγγίζει κατά μέσο όρο τις 2,5 ημέρες.

Πίνακας 30. Αριθμός πλοίων μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων

Έτος	Αριθμός πλοίων μεταφοράς Ε/Κ
2030	320
2050	500

Επιπρόσθετα, σε σχέση με τα πλοία μεταφοράς χύδης φορτίων, στο πλαίσιο του Master Plan προβλέπονται οι εξής θέσεις ελλιμενισμού πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίων:

- Φάση 1: 2 θέσεις ελλιμενισμού για μεταλλεύματα νικελίου, 1 θέση ελλιμενισμού για αδρανή, 7 θέσεις πολλαπλών χρήσεων (κάρβουνο, clinker, σιτάρι, άλλα)

- Φάση 2: 2 θέσεις ελλιμενισμού για μεταλλεύματα νικελίου, 1 θέση ελλιμενισμού για ένα νέο πελάτη, 1 θέση για αδρανή, 9 θέσεις πολλαπλών χρήσεων (κάρβουνο, clinker, σιτάρι, άλλα).

Στον Πίνακα 31 παρατίθενται τα χαρακτηριστικά των πλοίων που χρησιμοποιήθηκαν για το σχεδιασμό.

Πίνακας 31. Χαρακτηριστικά των μεγαλύτερων πλοίων που χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό.

DWT	Μήκος (m)	Πλάτος (m)	Βύθισμα (m)	Εμπορεύματα
10.000	120	18	7,5	Χύδην φορτία που απαιτούν ειδικές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν μικρά πλοία
20.000	150	23	9	Άλλα χύδην φορτία
40.000	190	30	11	Σιτάρι
70.000	230	32,3	13,5	Εξαγωγές μεταλλευμάτων νικελίου, κάρβουνο, clinker

Με βάση τα παραπάνω και με βάση τις προβλέψεις κίνησης συμβατικού φορτίου, γίνεται μία εκτίμηση των προσεγγίσεων πλοίων μεταφοράς Ε/Κ για το 2030 και το 2050, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. Ο χρόνος παραμονής ενός πλοίου μεταφοράς συμβατικού φορτίου στον Λιμένα κατά μέσο όρο, έχει θεωρηθεί δύο ημέρες.

Πίνακας 32. Αριθμός πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου

Έτος	Αριθμός πλοίων μεταφοράς χύδην φορτίου
2030	300
2050	550

➔ Εργοταξιακή Δραστηριότητα

Αναφορικά με τις εκπομπές από την εργοταξιακή δραστηριότητα στο πλαίσιο της κατασκευής των προτεινόμενων έργων, οι επιφάνειες αναφοράς προέκυψαν από τη σύγκριση των σχετικών οριζοντιογραφιών της υφιστάμενης κατάστασης και των προτεινόμενων περιοχών προς δόμηση. Με βάση τις συγκεκριμένες κατόψεις και κατά το δυσμενέστερο σενάριο ανάπτυξης του Λιμένα, κατά το οποίο η συνολική έκταση των προτεινόμενων εργοταξιακών

επιφανειών εκτιμάται σε περίπου 800 στρέμματα. Στο Σχήμα 14 παρουσιάζονται οι σχετικές οριζοντιογραφίες.



Σχήμα 14: Οριζοντιογραφίες υφιστάμενης κατάστασης (αριστερά) και προτεινόμενων έργων (δεξιά). Κάτοψη Προτεινόμενων περιοχών προς Δόμηση (κάτω)

Στο σημείο αυτό να αναφερθεί πως εξαιτίας του γεγονότος ότι κατά την περίοδο εκπόνησης της παρούσας μελέτης δεν υπήρχαν δεδομένα αναφορικά με τον ακριβή αριθμό

μηχανημάτων που θα χρησιμοποιηθούν στις εν λόγω εργοταξιακές δραστηριότητες, τα συγκεκριμένα δεδομένα ελήφθησαν κατ' εκτίμηση, με βάση την έκταση της εργοταξιακής περιοχής, το είδος των εργοταξιακών δραστηριοτήτων και την πρότερη εμπειρία της ομάδας μελέτης σε έργα αντίστοιχης κλίμακας. Τα συγκεκριμένα στοιχεία παρατίθενται στον Πίνακα 33.

Πίνακας 33. Σύνθεση εξοπλισμού εργοταξιακής δραστηριότητας

Μηχάνημα	Είδος μηχανήματος	Ημερήσια Διάρκεια (hr)	Ποσοστό χρήσης εξοπλισμού στο έτος (%)	Αριθμός Μηχανημάτων
Μονάδα Παραγωγής Σκυροδέματος	Σταθερό	6	20%	1
Μονάδα Παραγωγής Ασφαλτομίγματος	Σταθερό	6	20%	1
Αυτομεταφερόμενος Αναμεικτήρας Μεταφοράς Σκυροδέματος (Μπετονιέρα) (Transit Mixer)	Σταθερό	2	15%	6
Αυτομεταφερόμενη Αντλία Σκυροδέματος (Concrete Pump)	Σταθερό	1	10%	2
Στατική Αντλία Σκυροδέματος (Static concrete pump)	Σταθερό	1	10%	1
Φορτωτής μικρού και μεσαίου μεγέθους (Small to Medium Loaders)	Κινητό	6	50%	1
Μεγάλος Φορτωτής (Loader)	Κινητό	4	50%	3
Φορτηγό (Ανατρεπόμενο, Επικαθήμενο, Πλατφόρμα με μικρό γεράνο τύπου Palfinger κ.λπ.)	Κινητό	6	50%	20
Φορτηγό με θερμαινόμενη καρότσα	Κινητό	2	5%	4
Μεγάλο Ανατρεπόμενο Φορτηγό (Dumper)	Κινητό	2	30%	1
Αυτοκινούμενος Ισοπεδωτήρας (Grader)	Κινητό	4	20%	1

Μηχάνημα	Είδος μηχανήματος	Ημερήσια Διάρκεια (hr)	Ποσοστό χρήσης εξοπλισμού στο έτος (%)	Αριθμός Μηχανημάτων
Εκσκαφέας (Backhoe excavator)	Σταθερό	6	20%	6
Οδοστρωτήρας (Compactor roller)	Κινητό	8	20%	2
Εκσκαφέας Τάφρων (Trencher)	Σταθερό	1	20%	3
Εκσκαφέας (excavator)	Σταθερό	6	25%	10
Πρωθητής γαιών (Buldozer)	Κινητό	2	10%	2
Αυτοκινούμενος Γερανός διαφόρων μεγεθών (Crane)	Σταθερό	2	15%	5
Γερανός-Πύργος (Tower Crane)	Σταθερό	2	15%	3
Αυτοκινούμενη Υδροφόρα (Water Truck)	Κινητό	2	15%	4
Βυτιοφόρο με αντλία (Suction Truck)	Κινητό	1	15%	1
Trimmer Ασφάλτου	Σταθερό	2	10%	1
Φρέζα Απόξεσης Ασφάλτου (Milling Machine)	Κινητό	2	20%	1
Φρέζα Απόξεσης σκυροδέματος	Κινητό	2	20%	1
Μηχάνημα Ασφαλτόστρωσης (Finisher)	Κινητό	2	20%	2
Συγκρότημα διάνοιξης φρεατοπασσάλων (piling equipment)	Σταθερό	2	30%	1
Αεροσυμπιεστές (compressor)	Σταθερό	4	30%	7
Αντλία (pump)	Σταθερό	4	30%	2
Κινητό παρασκευαστήριο ψυχρής ασφάλτου και σκυροδέματος	Σταθερό	2	10%	1
Φορτηγίδα	Κινητό	3	20%	1

Μηχάνημα	Είδος μηχανήματος	Ημερήσια Διάρκεια (hr)	Ποσοστό χρήσης εξοπλισμού στο έτος (%)	Αριθμός Μηχανημάτων
Φορτηγίδα μικρή	Κινητό	3	20%	1
Βυθοκόρος	Σταθερό	3	20%	1
Ρυμουλκό	Κινητό	3	20%	1
Πλωτός γερανός	Σταθερό	2	20%	1
Εκσκαφέας λιμενικών έργων	Σταθερό	3	20%	2

→ Συνολικές Εκπομπές Μελλοντικού Σεναρίου

Με βάση τους συντελεστές εκπομπής για τις αντίστοιχες πηγές, τα λεπτομερή στοιχεία λειτουργίας του Λιμένα σύμφωνα με τις προβλέψεις του επικαιροποιημένου Master Plan, αλλά και την μεθοδολογία υπολογισμού εκπομπών, η οποία αναλύθηκε στις προηγούμενες παραγράφους, προκύπτουν οι συνολικές εκπομπές από τη λειτουργία του Λιμένα στη μελλοντική κατάσταση (Πίνακας 34).

Πίνακας 34. Συνολικές εκπομπές από όλες τις δραστηριότητες εντός της περιοχής του λιμένα για το μελλοντικό σενάριο.

	CO	NO _x	VOC	PM	NH ₃	SO ₂
	t/year					
Οδική Κυκλοφορία	2,70	6,96	1,38	0,19	0,03	2,39
ΣΕΜΠΟ	4,88	16,55	1,84	0,59	0,01	5,68
Απόθεση Υλικών				4,60		
Φορτοεκφορτώσεις				73,87		
Εργοτάξια	10,43	37,98	3,32	14,85		2,29
Πλοία	483,9	3865,2	141,8	258,6		1767,5
Σύνολο	501,9	3926,7	148,3	352,7	0,04	1777,9

5. Συμπεράσματα

Μετά από μία ποιοτική αξιολόγηση των επιπτώσεων στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον, από τη λειτουργία του Λιμένα Θεσσαλονίκης, στην υφιστάμενη κατάσταση και υπό μορφή προβολής

για ορίζοντα 25ετίας σύμφωνα με τις προβλέψεις του Master Plan προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Υφιστάμενη Κατάσταση Ποιότητας Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος

- Όσον αφορά τις εκπεμπόμενες ποσότητες ατμοσφαιρικών ρύπων από τη λειτουργία του Λιμένα την υφιστάμενη κατάσταση, οι εκπομπές αέριων ρύπων πλησίον περιοχών ενδιαφέροντος είναι σχετικά χαμηλές και προέρχονται κυρίως από την κίνηση των πλοίων, ενώ η επίδραση της οδικής κυκλοφορίας στους χώρους του λιμανιού είναι ιδιαίτερα περιορισμένη σε σχέση την οδική κυκλοφορία σε κεντρικά σημεία της πόλης.
- Η επίδραση της λειτουργίας του Λιμένα Θεσσαλονίκης, στην ποιότητα της ατμόσφαιρας της άμεσης περιοχής μελέτης είναι μηδαμινή. Συγκεκριμένα, οι εκπομπές από τη λειτουργία του Λιμένα προέρχονται (σε ποσοστό 99%, πέραν των ΑΣ10 που αφορούν το 75% των συνολικών ρύπων του Λιμένα) από την κίνηση των πλοίων. Οι εκπομπές από την κίνηση των πλοίων διαχέονται σε σχετικά μεγάλο ύψος και τυπικά διασπείρονται σε εκτενή θαλάσσια περιοχή, όπου δεν εντοπίζονται περαιτέρω πηγές ρύπανσης και ως εκ τούτου δεν συνεισφέρουν στην επιβάρυνση του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος. Σχετικά με τις εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων του Λιμένα, τα αιωρούμενα σωματίδια - όπως έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο - αποτελούν το σημαντικότερο ρύπο που εκλύεται στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον από τις δραστηριότητες του, λόγω των τιμών υποβάθρου. Συγκεκριμένα, η διαφεύγουσα σκόνη κατά τη διάρκεια εργασιών χύδην φόρτωσης και εκφόρτωσης και η επαναιώρηση της σκόνης από την επιφάνεια του εδάφους εξαιτίας της κυκλοφορίας των οχημάτων στα οδοστρώματα των αποβαθρών του λιμένα, αποτελούν τις βασικότερες πηγές παραγωγής αιωρούμενων σωματιδίων.
- Εστιάζοντας στον ρύπο των ΑΣ₁₀, προκύπτει ότι η επίδραση της λειτουργίας του Λιμένα Θεσσαλονίκης στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον της περιοχής μελέτης, είναι σημαντικά μικρότερη σε σχέση με την αθροιστική επιβάρυνση των υπόλοιπων παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητα του αέρα. Από τα αποτελέσματα της μελέτης διασποράς ρύπων που εκπέπονται εντός των περιοχών ευθύνης, προκύπτει ότι η επίδραση της λειτουργίας του Λιμένα στα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης εκτός της περιοχής ανάπτυξης του, είναι εξαιρετικά χαμηλή καθώς το 94,3% των υπερβάσεων που κατέγραψε ο σταθμός μέτρησης της ΟΛΘ ΑΕ. αποδίδονται σε φυσική συνεισφορά, στις οδικές μεταφορές και τα οικιακά

συστήματα θέρμανσης. Ακόμα μικρότερη αναμένεται να είναι η επίδραση της λειτουργίας του Λιμένα εκτός της περιοχής ανάπτυξης και λειτουργίας του.

- Σε συνέχεια των ανωτέρω, με βάση την εκτίμηση της υφιστάμενης κατάστασης ποιότητας αέρα, όπως αυτή αποτυπώθηκε από τις σχετικές μετρήσεις στο σταθμό της ΟΛΘ ΑΕ εντός της περιοχής του λιμένα, σε συνδυασμό με μετρήσεις από μια σειρά σταθμών μέτρησης των όμορων δήμων και της ΠΚΜ) προέκυψε ότι:
 - Ως προς τους ρύπους NO_x, SO₂, η κατάσταση του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος είναι καλή
 - Ως προς τα αιωρούμενα σωματίδια, η κατάσταση του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος είναι μέτρια, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις συγκεντρώσεις που παρατηρούνται κατά καιρούς στο δίκτυο των σταθμών παρακολούθησης
 - Η συνεισφορά του Λιμένα Θεσσαλονίκης στην επιβάρυνση της ποιότητας της ατμόσφαιρας εντός των ορίων του λιμένα είναι ανάλογη σε σχέση με τους υπόλοιπους παράγοντες που συνεισφέρουν στα επίπεδα ρύπανσης, όπως αστικές δραστηριότητες και δυσμενείς μετεωρολογικοί παράγοντες.
 - Η συνεισφορά του Λιμένα Θεσσαλονίκης στην επιβάρυνση της ποιότητας της ατμόσφαιρας εκτός των ορίων του λιμένα είναι χαμηλή συγκριτικά με αυτή των υπόλοιπων παραγόντων επιβάρυνσης της ποιότητας του αέρα του αστικού περιβάλλοντος.

Αξιολόγηση Επίδρασης της Λειτουργίας του Λιμένα στην Κατάσταση Ποιότητας Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος σε μελλοντικές συνθήκες λειτουργίας λιμένα

- Δεδομένου ότι σύμφωνα με το μελλοντικό σενάριο λειτουργίας του Λιμένα Θεσσαλονίκης, αναμένεται αύξηση της κίνησης, συνεπαγόμενα αναμένεται και αύξηση των εκπομπών που σχετίζονται με τις δραστηριότητες εντός αυτού.

Στο πλαίσιο αυτό, προκύπτει σημαντική αύξηση των εκπομπών των πλοίων, η οποία κατ' αντιστοιχία με την υφιστάμενη κατάσταση, αντιστοιχεί σε ποσοστό >97%, (πέραν των ΑΣ10 που αφορούν το 72% των συνολικών ρύπων του Λιμένα) των συνολικών εκπομπών του λιμένα. Όπως αναφέρθηκε και ανωτέρω, οι παραγόμενοι από την κίνηση των πλοίων ρύποι, διασπείρονται σχεδόν αποκλειστικά στη θαλάσσια περιοχή και, κατά συνέπεια, η αύξησή τους δεν αναμένεται να προκαλέσει σημαντική επίδραση στα παρατηρούμενα επίπεδα ρύπανσης στις χερσαίες – οικιστικές περιοχές ενδιαφέροντος.

→ Πέραν της αύξησης των παραγόμενων εκπομπών αερίων ρύπων από τις λιμενικές δραστηριότητες, σημαντική αύξηση προκύπτει και για τις εκπομπές που σχετίζονται με την οδική κυκλοφορία τόσο εντός του λιμένα, όσο και εκτός του λιμένα (λόγω της προβλεπόμενης αύξησης του επιβατικού φόρτου και του διακινούμενου φορτίου που θα οδηγήσει σε ανάλογες ανάγκες μετακίνησης). Παρόλα αυτά, σε απόλυτους αριθμούς, το ύψος των εκπομπών από την κυκλοφορία των οχημάτων ήταν αρκετά χαμηλό, συνεπώς η επιβάρυνση από την οδική κίνηση ήταν ιδιαίτερα περιορισμένη. Κατά συνέπεια, η προβλεπόμενη αύξηση στις εκπομπές τους δεν αναμένεται να επιφέρει κάποια ουσιαστική διαφοροποίηση στις μετρούμενες τιμές ατμοσφαιρικής ρύπανσης, καθώς αντιστοιχούν σε εκπομπές ισοδύναμες με αυτές ενός τμήματος μίας δευτερεύουσας οδικής αρτηρίας μίας λωρίδας κυκλοφορίας, μήκους της τάξης των 100 μέτρων (Χουρδάκης, 2015).

→ Επιπλέον, η προβλεπόμενη αύξηση του διακινούμενου χύδην φορτίου αναμένεται να οδηγήσει σε αύξηση των εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων εξαιτίας της αιώρησης κατά τη διαδικασία φορτοεκφόρτωσης. Για τον περιορισμό της επίπτωσης των συγκεκριμένων εκπομπών προτείνεται η εφαρμογή μέτρων περιορισμού όπως καθορίζονται στη διεθνή πρακτική, η οποία θα συμβάλει στη μείωση των εκπομπών διαφυγούσας σκόνης κατά τη διάρκεια των εργασιών φόρτωσης/εκφόρτωσης. Πιο συγκεκριμένα, η εφαρμογή τεχνικών περιορισμού των αιωρούμενων σωματιδίων, όπως:

- Χρήση αρθρωτών μεταφορικών κοχλιών για τη φόρτωση των κοκκώδων υλικών προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί το διάστημα που διανύεται κατά τη διάρκεια της πτώσης.
- καθιέρωση αυστηρών πολιτικών εργολαβιών αναφορικά με τη χρήση επιμήκων κεφαλών μεταφοράς τύπου ακροφυσίου για την επιτέλεση των εργασιών φόρτωσης των σιτηρών.
- Εγκατάσταση αυτόματων συστημάτων καταιώνησης στις κεφαλές φόρτωσης (για τα μη ευαίσθητα στην υγρασία υλικά).

αναμένεται να επιδράσουν αντισταθμιστικά στην αύξηση των παραγόμενων εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων, περιορίζοντας το μηχανισμό της επαναιώρησης περίπου στο 50% της δυναμικής που θα είχε σε περίπτωση που δε λαμβάνονταν τα συγκεκριμένα μέτρα. Όσον αφορά στην ποιοτική σημασία της συγκεκριμένης αύξησης, δεν αναμένεται να παρουσιαστεί σημαντική διαφοροποίηση στις προσαυξήσεις των συγκεντρώσεων ΑΣ στην οικιστική περιοχή εκτός του λιμένα, σε επίπεδο μέσων ετήσιων τιμών, καθώς όπως είχε γίνει

εμφανές από τα αποτελέσματα του μοντέλου (στο πλαίσιο της μελέτης «ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ (ΑΣ10) ΚΑΙ ΣΥΝΕΙΣΦΟΡΑ ΠΗΓΩΝ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΕΝΤΟΣ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ»), οι μέσες τιμές των προσαυξήσεων παρουσιάζουν ραγδαία πτώση όσο απομακρυνόμαστε από την πηγή (κρηπιδώματα). Από την άλλη πλευρά, η φύση των υλικών και της δραστηριότητας είναι τέτοια που, υπό δυσμενείς μετεωρολογικές συνθήκες, εντοπίζεται διασπορά των υλικών υψηλής κοκκομετρίας στην όμορη αστική περιοχή, συνεισφέροντας στις ωριαίες και, κατ' επέκταση, ημερήσιες συγκεντρώσεις υποβάθρου. Στις συγκεκριμένες περιπτώσεις, είναι πιθανό να υπάρξει επιπρόσθετη επιβάρυνση σε μία διαμορφωθείσα κατάσταση υψηλών συγκεντρώσεων, η οποία δύναται να αντιμετωπιστεί με την ενίσχυση μέτρων ορθής περιβαλλοντικής διαχείρισης του ξηρού χύδην φορτίου υπό δυσμενείς μετεωρολογικές συνθήκες.

→ Τέλος, κατά τη διάρκεια ανάπτυξης των έργων που προβλέπονται στο Master Plan του έργου θα υλοποιηθεί μία σειρά εργοταξιακών δραστηριοτήτων. Οι συγκεκριμένες δραστηριότητες αναμένεται να συνεισφέρουν στις εκπομπές τόσο των αέριων όσο και των σωματιδιακών ρύπων.

- Αναφορικά με τις αέριους ρύπους, οι εκπομπές προβλέπεται να είναι ανάλογες με αυτές της κυκλοφορίας των οχημάτων, συνεπώς δεν κρίνονται ως ιδιαίτερα επιβαρυντικές για την ποιότητα του αέρα στην περιοχή ενδιαφέροντος.
- Αντίστοιχα, οι εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων που σχετίζονται τις συγκεκριμένες δραστηριότητες προβλέπονται να είναι ανάλογες με αυτές του όγκου φορτοεκφορτώσεων αδρανών υλικών. Παρόλα αυτά, η επίδραση των εν λόγω εκπομπών θα είναι συγκεκριμένη, περιορισμένη και περιοδική, καθώς η ανάπτυξη των έργων θα είναι εξελίσσεται παροδικά κατά την διάρκεια υλοποίησης του σχεδιασμού. Επιπλέον, θα πρέπει να σημειωθεί πως το σημαντικότερο ποσοστό της συνολικής περιοχής στην οποία αναμένεται να λάβουν χώρα οι κατασκευαστικές δραστηριότητες βρίσκεται εντός θαλάσσιου τμήματος, ευρισκόμενου αρκετά μακριά από κατοικημένες περιοχές ή τα υφιστάμενα κρηπιδώματα.

Εν κατακλείδι,

το μεγαλύτερο κομμάτι των ατμοσφαιρικών εκπομπών που αναμένεται να παράγονται κατά τη μελλοντική λειτουργία του Λιμένα, σχετίζεται με αντίστοιχη αύξηση που θα παρουσιάσουν οι εκπομπές από την κίνηση των πλοίων εξαιτίας της διαφοροποίησης στη συνολική δραστηριότητα του λιμένα. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η συνεισφορά της έκλυσης ατμοσφαιρικών ρύπων από τα πλοία έχει χαμηλή συνεισφορά στα επίπεδα ρύπανσης του χερσαίου τμήματος τόσο του λιμένα όσο και της πόλης, καθώς εκτείνονται σε μία μεγάλη θαλάσσια περιοχή και, κατά συνέπεια, είναι εκπομπές χαμηλής πυκνότητας. Το παραπάνω συμπέρασμα ενισχύεται και από τις μετρήσεις SO₂, ενός ρύπου που σχετίζεται με τις εκπομπές των πλοίων, στο σταθμό καταγραφής ποιότητας αέρα της ΟΛΘ ΑΕ, καθώς και στους υπόλοιπους σταθμούς μέτρησης εντός της πόλης. Συγκεκριμένα, οι μετρούμενες τιμές του εν λόγω ρύπου είναι ιδιαίτερα χαμηλές, γεγονός που υποδηλώνει ότι η κίνηση των πλοίων έχει χαμηλή συνεισφορά στα επίπεδα ρύπανσης του ατμοσφαιρικού περιβαλλοντος.

Θεσσαλονίκη, Φεβρουάριος 2023

DocuSigned by:
Elena Manika
FBC9A2B3D666433...

Ο ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ

ΣΑΜΑΡΑΣ & ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ Α.Ε. - ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ
ΣΑΜΑΡΑΣ & ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΜΕΛΕΤΩΝ & ΣΥΜΒΟΥΛΩΝ
26^{ης} ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 43, Τ.Κ. 546 27 ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
ΤΗΛ.: 2310 552110, 2310 552144 / FAX: 2310 552107
Α.Φ.Μ.: 998975567 - Δ.Ο.Υ.: Φ.Α.Ε. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΑΡ. Γ.Ε.ΜΗ.: 117398504000 - Α.Μ. Τ.Ε.Ε.: 7037

6. Βιβλιογραφία

Μέλλιος Γιώργος, Ζήσης Σαμαράς. (2009). Απογραφή εκπομπών.

Μπεκιάρης Χ., 2013. Εκτίμηση Επιβάρυνσης Ποιότητας Αέρα από Εγκαταστάσεις Θέρμανσης Εσωτερικών Χώρων στην Ευρύτερη Περιοχή Θεσσαλονίκης. Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, Επιβλέπων Καθηγητής: Ν. Μουσιόπουλος, Θεσσαλονίκη.

Χουρδάκης Ε., 2015. Ανάπτυξη Μεθοδολογίας για την Αποτίμηση της Έκθεσης του Αστικού Πληθυσμού σε Αιωρούμενα Σωματίδια. Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Εργαστήριο Μετάδοσης Θερμότητας και Περιβαλλοντικής Μηχανικής, Επιβλέπων Καθηγητής: Ν. Μουσιόπουλος, Θεσσαλονίκη.

CARB. (2001). California Air Resources Board. California's 2001 emission inventory, California Environmental Protection Agency, Sacramento, Calif.

Ntziachristos, L., Z. Samaras, C. Kouridis, D. Hassel, I. McCrae, J. Hickman, K.-H. Zierock, M. Keller, M. Andre, N. Gorissen, P. Dilara, P. Boulter, R. Joumard, R. Rijkeboer, S. Geivanidis and S. Hausberger, 2009. COPERT 4, Exhaust Emissions from Road Transport, 1.A.3.b.i, 1.A.3.b.ii, 1.A.3.b.iii, 1.A.3.b.iv, Passenger Cars, Light-duty Trucks, Heavy-duty Vehicles Including, Buses and Motor Cycles.

Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe.

EEA, 2016. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2016, EEA Report No 21/2016, European Environment Agency.

Janicke, L., 2002: Lagrangian dispersion modelling. Particulate Matter in and from Agriculture, 235, 37-41, ISBN 3-933140-58-7.

Janicke, L., and U. Janicke, 2003: (A modelling system for licensing industrial facilities) Entwicklung eines modellgestützten Beurteilungssystems für den an agenbezogenen Immissionsschutz. UFOPLAN 200 43 256, on behalf of the German Federal Environmental Agency (UBA).

Moosmüller, H., Gillies, J. A., Rogers, C. F., DuBois, D. W., Chow, J. C., Watson, J. G., & Langston, R. (1998). Particulate emission rates for unpaved shoulders along a paved road. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 48(5), 398-407.

Moussiopoulos N., Douros I., Tsegas G., Kleanthous S. and Chourdakis E., 2010. An air quality management system for Cyprus, *Global Nest Journal* 12, 92-98.

Moussiopoulos N., Douros I., Tsegas G., Kleanthous S. and Chourdakis E., 2012. An air quality management system for policy support in Cyprus, Hindawi Publishing Corporation, *Advances in Meteorology* 2012, doi:10.1155/2012/959280.

MRI, 2006. Background Document for Revisions to Fine Fraction Ratios Used for AP-42 Fugitive Dust Emission Factors. *Prepared by Midwest Research Institute* (Chatten Cowherd, MRI Project Leader) MRI Project No. 110397.

Ntziachristos, L., Z. Samaras, C. Kouridis, D. Hassel, I. McCrae, J. Hickman, K.-H. Zierock, M. Keller, M. Andre, N. Gorissen, P. Dilara, P. Boulter, R. Joumard, R. Rijkeboer, S. Geivanidis and S. Hausberger, 2009. COPERT 4, Exhaust Emissions from Road Transport, 1.A.3.b.i, 1.A.3.b.ii, 1.A.3.b.iii, 1.A.3.b.iv, Passenger Cars, Light-duty Trucks, Heavy-duty Vehicles Including, Buses and Motor Cycles.

TA Luft, 2002: (German Regulation on Air Quality Control) Erste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft TA-Luft GMBI (2002), 25-29, 511-605).

US EPA. (1999). Estimating particulate matter emissions from construction operations, final Report prepared by the Midwest Research Institute (MRI) for US EPA Missouri, United States Environmental Protection Agency.

US EPA, 2011a. Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-42, Volume 1: Stationary Point and Area Sources, Fifth Edition (with revisions till January 2011), Introduction, United States Environmental Protection Agency, USA.

US EPA, 2011b. Compilation of Air Pollutant Emission Factors AP-42, Volume 1: Stationary Point and Area Sources, Fifth Edition (with revisions till January 2011), Chapter 13: Miscellaneous Sources, United States Environmental Protection Agency.

WRAP. (2006). Fugitive Dust Handbook, Chapter 3. Construction and Demolition, Western Regional Air Partnership (WRAP). *Prepared for: Western Governors' Association, Colorado. Prepared by: Countess Environmental.*

Zomeni, Z., Camera, C., Bruggeman, A., Zissimos, A., Christoforou, I., & Noller, J. (2014). Digital soil map of Cyprus (1: 25,000). AGWATER Scientific Report, 6.

URL1: <https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch11/final/c11s12.pdf>

URL2: <https://www.dcceew.gov.au/environment/protection/npis>

URL3: https://circabc.europa.eu/webdav/CircaBC/env/ippc_rev/Library/gathering_activities/final_report/fact%20sheet%20E11%20scrap%20metal%20preparation.doc

URL4: <https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch09/final/c9s0909-1.pdf>

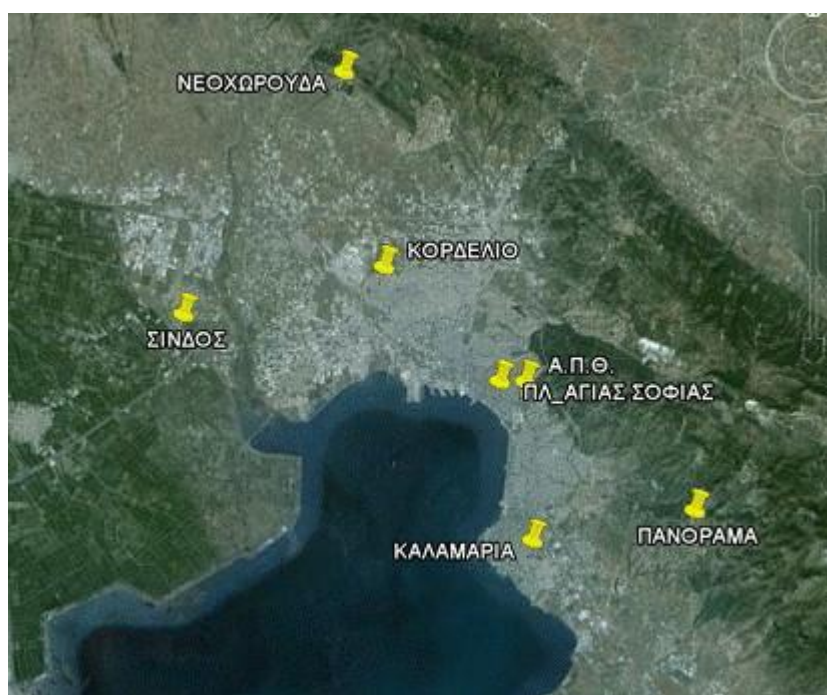
URL5: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-b-fugitives/1-b-1-a-coal-mining-handling/view>

URL6:

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

7.1 1.1 Δίκτυο Παρακολούθησης της Ποιότητας Αέρα της ΠΚΜ

Σύμφωνα με την εθνική και κοινοτική νομοθεσία, αποτελεί υποχρέωση της χώρας η λειτουργία δικτύου σταθμών μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (ΕΔΠΑΡ) που λειτουργεί από το 2000. Την ευθύνη λειτουργίας των σταθμών του ΕΔΠΑΡ που είναι εγκατεστημένοι στο Ν. Θεσσαλονίκης έχει η Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας (ΠΚΜ), αρμοδιότητα που της μεταβιβάστηκε από την Αποκεντρωμένη Διοίκηση Μακεδονίας-Θράκης το Νοέμβριο του 2011, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία (Ν. 3852/10). Το δίκτυο που λειτουργεί στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας αποτελείται από 7 σταθμούς οι οποίοι παρουσιάζονται στο Σχήμα Ι.1.

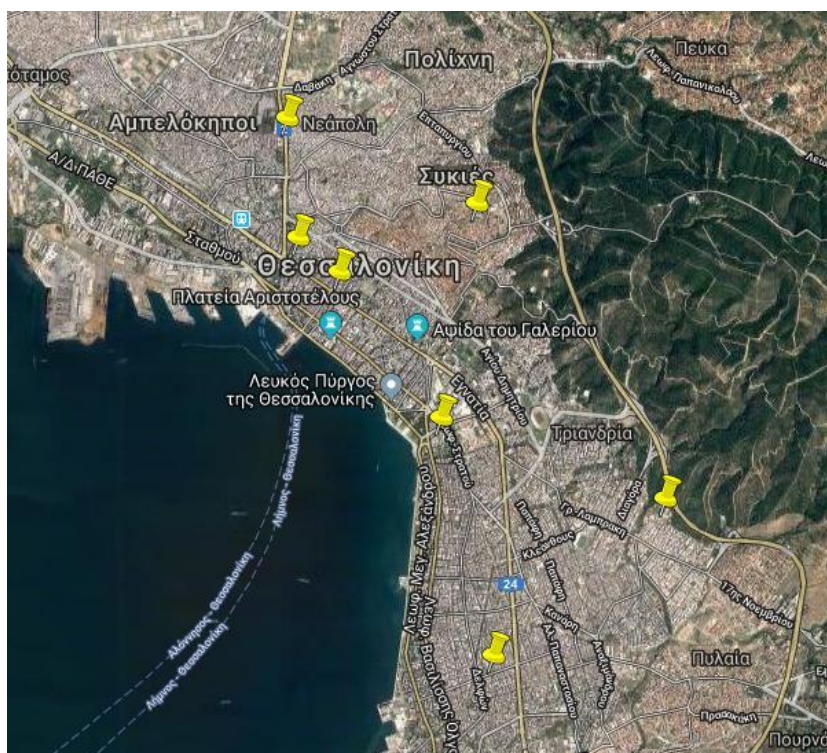


Σχήμα Ι.1: Τοποθεσίες σταθμών που υπάγονται στο δίκτυο καταγραφής ποιότητας αέρα της ΠΚΜ.

7.2 1.2 Δίκτυο Παρακολούθησης της Ποιότητας Αέρα του Δήμου Θεσσαλονίκης

Το Τμήμα Περιβαλλοντικών Δράσεων του Δήμου Θεσσαλονίκης παρακολουθεί με ιδιαίτερη προσοχή την ατμοσφαιρική ρύπανση σε συνδυασμό με τις μετεωρολογικές παραμέτρους και διαθέτει αξιόπιστη υποδομή (Δίκτυο 8 Σταθμών Ελέγχου της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και ισάριθμο Μετεωρολογικών Σταθμών), τεχνογνωσία, καθώς και τις μεγαλύτερες χρονοσειρές

δεδομένων ατμοσφαιρικών ρύπων στην περιοχή της Θεσσαλονίκης. Ο πρώτος Σταθμός του Δικτύου λειτούργησε στην οδό Εγνατίας (εμπορικό κέντρο πόλης) το Νοέμβριο του 1988. Οι τοποθεσίες των σταθμών καταγραφής μετεωρολογικών παραμέτρων και ατμοσφαιρικής ρύπανσης του Δήμου Θεσσαλονίκης παρουσιάζονται στο ακόλουθο σχήμα.



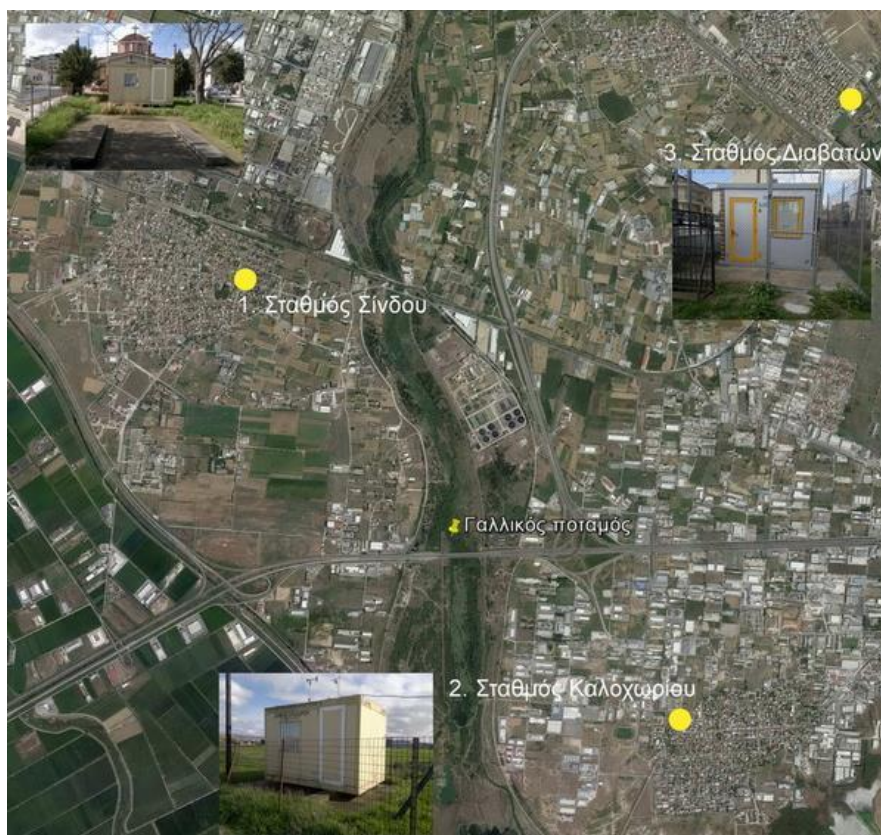
Σχήμα 1.2: Τοποθεσίες σταθμών που υπάγονται στο δίκτυο καταγραφής ποιότητας αέρα του Δήμου Θεσσαλονίκης.

7.3 1.3 Δίκτυο Παρακολούθησης της Ποιότητας Αέρα του Δήμου Δέλτα

Στον Δήμο Δέλτα και στη Δημοτική Ενότητα του Εχεδώρου λειτουργεί Δίκτυο Σταθμών για τον Έλεγχο της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης από το έτος 1991. Το Δίκτυο αποτελείται από τρεις σταθμούς, που είναι εγκατεστημένοι στις Δημοτικές Κοινότητες Σίνδου, Καλοχωρίου, Διαβατών και λειτουργεί με ευθύνη του τμήματος Περιβάλλοντος και Πολιτικής Προστασίας του Δήμου. Σκοπός του είναι:

- ✓ Η μέτρηση και η καταγραφή των ρύπων που επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα
- ✓ Η διαρκής ενημέρωση όσων διαβιούν εντός των διοικητικών ορίων του Δήμου
- ✓ Ο εντοπισμός των ρυπογόνων δραστηριοτήτων και η λήψη μέτρων για τον περιορισμό τους.

-
- ✓ Ο συντονισμός με τους αρμόδιους φορείς της πολιτείας για την από κοινού αντιμετώπιση των προβλημάτων από την υπέρβαση των ορίων των ρύπων όταν προκύπτουν



Σχήμα Ι.3: Τοποθεσίες σταθμών που υπάγονται στο δίκτυο καταγραφής ποιότητας αέρα του Δήμου Δέλτα.