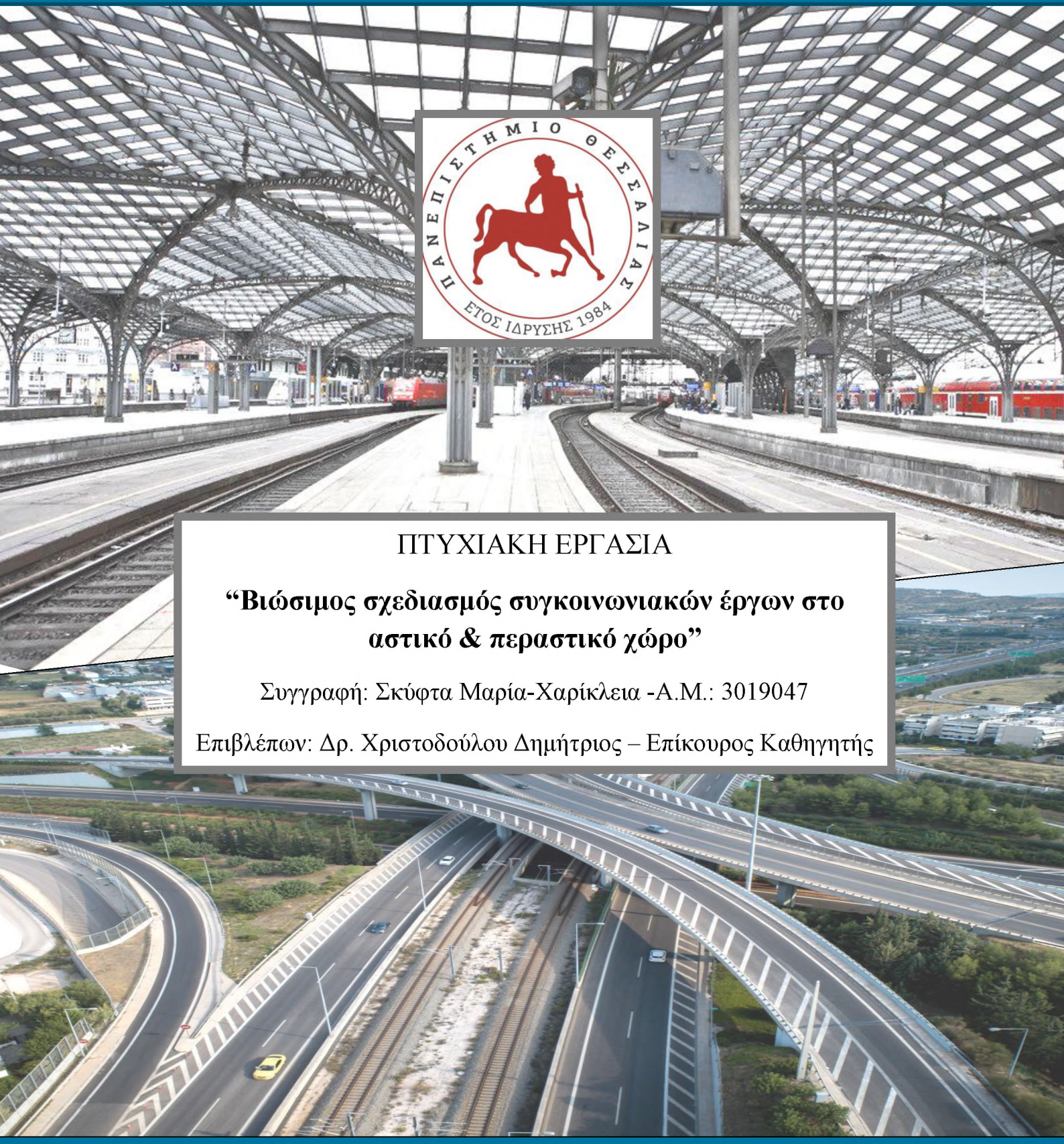
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

"Βιώσιμος σχεδιασμός συγκοινωνιακών έργων στο αστικό & περαστικό χώρο"

Συγγραφή: Σκύφτα Μαρία-Χαρίκλεια -Α.Μ.: 3019047

Επιβλέπων: Δρ. Χριστοδούλου Δημήτριος – Επίκουρος Καθηγητής

ΛΑΡΙΣΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2023

Ενυπόγραφη δήλωση μη λογοκλοπής

Ο/Η παρακάτω υπογράφων/ουσα δηλώνω ότι η παρούσα εργασία είναι δική μου, δεν έχει συγγραφεί από άλλο πρόσωπο με ή χωρίς αμοιβή, δεν έχει αντιγραφεί από δημοσιευμένη ή αδημοσίευτη εργασία άλλου και δεν έχει προηγουμένως υποβληθεί για βαθμολόγηση στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας ή αλλού. Βεβαιώνω ότι είμαι εν γνώσει των κανόνων περί λογοκλοπής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και ότι στο πλαίσιο αυτό έχουν τηρηθεί όλοι οι κανόνες κατά την ακαδημαϊκή δεοντολογία, σχετικά με αναφορές, βιβλιογραφία, κ.λ.π., τόσο από έντυπες όσο και από ηλεκτρονικές πηγές. Σε περίπτωση λογοκλοπής αποδέχομαι όλες ανεξαιρέτως τις ποινές που προβλέπουν οι εκάστοτε Κανονισμοί του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Ημερομηνία: .....

Ονοματεπώνυμο: .....

Υπογραφή:

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Χριστοδούλου Δημήτριος, Επίκουρος Καθηγητής, Επιβλέπων .....

Σπηλιώτης Ξενοφών, Καθηγητής, Μέλος.....

Κασιτεροπούλου Δωροθέα, Επίκουρη Καθηγήτρια, Μέλος.....

Περίληψη

Τα συγκοινωνιακά έργα έχουν αποτελέσει συχνά αντικείμενο έρευνας και μελέτης εδώ και δεκαετίες. Στη σύγχρονη εποχή κάθε μορφή ρύπανσης και ιδιαίτερα η ατμοσφαιρική ρύπανση, η ρύπανση των υδάτων και η ρύπανση του εδάφους έχουν προκαλέσει την ανησυχία της πολιτείας και των ιδιωτών για τις συνέπειες τους. Για τον λόγο αυτό ο σχεδιασμός κάθε τεχνικού έργου είναι απαραίτητο να εντάσσει τον βιώσιμο σχεδιασμό, ο οποίος έχει ως προτεραιότητα την προστασία του περιβάλλοντος, σε κάθε στάδιο για την υλοποίηση του. Στα τεχνικά έργα εντάσσονται τα συγκοινωνιακά έργα, τα οποία εκτείνονται τόσο στον αστικό όσο και στο περιαστικό χώρο. Εξίσου στα δύο αυτά είδη χώρων οι επιπτώσεις από την δημιουργία των συγκοινωνιακών έργων επηρεάζουν άμεσα την καθημερινότητα και τον τρόπο ζωής των πολιτών. Έτσι ο βιώσιμος σχεδιασμός δεν αποβλέπει μόνο τον περιορισμό της ρύπανσης, αλλά και την αναβάθμιση της ποιότητας της ζωής των πολιτών.

Λέξεις κλειδιά: αστικός χώρος, περιαστικός χώρος, συγκοινωνιακό έργο, οδός, σιδηρόδρομος, μητροπολιτική περιοχή

Abstract

Transportation works have often been the subject of research and study for decades. In the modern era, every form of pollution and especially air pollution, water pollution and soil pollution have caused the concern of the state and private individuals about their consequences. For this reason, the design of any technical work is necessary to include sustainable planning, which has as its priority the protection of the environment, at every stage of its implementation. Technical works include the transportation works, which extend both to urban and peri-urban areas. Equally in these two types of places, the effects of the creation of the transportation works directly affect the everyday life and lifestyle of the citizens. Thus, sustainable planning does not only aim to limit pollution, but also to improve the quality of life of citizens.

Keywords: urban area, peri-urban area, transportation work, street, railway, metropolitan area

Περιεχόμενα

Περίληψη 3
Abstract 4
Εισαγωγή 8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΑΣΤΙΚΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ 10
1. Βιώσιμη ανάπτυξη 10
1.2. Αστικός χώρος και σχεδιασμός 10
1.2.1. Υλικά για την δημιουργία ενός αστικού χώρου 11
1.2.2. Επιπτώσεις στον άνθρωπο και το περιβάλλον 12
1.2.3. Διαχείριση αστικών αποβλήτων 13
1.2.4. Νέες τεχνολογίες 14
1.2.5. Κυκλική Οικονομία 15
1.3. Περιαστικός χώρος 16
1.3.1. Υλικά για την δημιουργία ενός περιαστικού χώρου 16
1.3.2. Επιπτώσεις στον άνθρωπο και το περιβάλλον 17
1.3.3. Διαχείριση Αποβλήτων 18
1.3.4. Νέες τεχνολογίες 19
1.3.5. Κυκλική Οικονομία 20
ΜΕΡΟΣ Α : ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΕΡΓΑ 21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΕΡΓΑ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ 21
2.1. Συγκοινωνιακά έργα 21
2.2. Οδοποιία 21
2.3. Κατηγορίες οδικών δικτύων-οδών 22
2.4. Παλαιότερες οδοί και οδικό δίκτυο 23
2.5. Σύγχρονες οδοί και οδικό δίκτυο 24
2.6. Διαδικασία κατασκευής οδικών έργων 25
2.6.1. Επιπτώσεις στον ανθρώπινο πληθυσμό 26
2.6.2. Επιπτώσεις στο περιβάλλον 27
2.7. Λειτουργία οδικών έργων 27
2.7.1. Επιπτώσεις στον ανθρώπινο πληθυσμό 28
2.7.2. Επιπτώσεις στο περιβάλλον 29

2.8. Αναγκαιότητα βιώσιμου σχεδιασμού στα έργα οδοποιίας 29
2.9. Μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης 30
2.10. Νομοθεσία 33
2.10.1. Ελληνική νομοθεσία 33
2.10.2. Διεθνής και ευρωπαϊκή νομοθεσία 36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΑ ΕΡΓΑ 41
3.1.Σιδηρόδρομος 41
3.1.1. Σιδηροδρομική υποδομή 41
3.2. Κατηγορίες σιδηροδρόμων 41
3.2.1. Αστικοί σιδηρόδρομοι 42
3.2.2. Σιδηρόδρομοι που επεκτείνονται στον περιαστικό χώρο 43
3.3. Παλαιότεροι σιδηρόδρομοι 43
3.4. Σύγχρονοι σιδηρόδρομοι 44
3.5. Διαδικασία κατασκευής σιδηροδρομικών έργων 45
3.5.1. Σιδηροδρομική γραμμή 45
3.5.2. Σιδηροδρομική σήραγγα 47
3.5.3. Σιδηροδρομική γέφυρα 48
3.5.4. Σιδηροδρομικός σταθμός 49
3.5.5. Επιπτώσεις στον ανθρώπινο πληθυσμό 50
3.5.6. Επιπτώσεις στο περιβάλλον 51
3.6. Λειτουργία των σιδηροδρομικών έργων 51
3.6.1. Επιπτώσεις στον ανθρώπινο πληθυσμό 52
3.6.2. Επιπτώσεις στο περιβάλλον 53
3.7. Η αναγκαιότητα του βιώσιμου σχεδιασμού στα σιδηροδρομικά έργα 54
3.8. Μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης 55
3.9. Νομοθεσία 60
3.9.1. Ελληνική νομοθεσία 60
3.9.2. Διεθνής και ευρωπαϊκή νομοθεσία 61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΘΗΝΑΣ 64
4.1. Αστικές οδοί 64
4.2. Περιαστικές Οδοί 66

4.3. Αστικοί Σιδηρόδρομοι 66
4.4. Περιαστικοί σιδηρόδρομοι 67
4.5. Εφαρμογή της βιώσιμης ανάπτυξης 68
4.6. Ελλείψεις 69
ΜΕΡΟΣ Β : ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ 71
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΒΕΡΟΛΙΝΟΥ-ΒΡΑΝΔΕΜΒΟΥΡΓΟΥ 71
5.1. Κατηγορίες οδών 72
5.2. Αστικές Οδοί 74
5.4. Περιαστικές οδοί 76
5.5. Αστικοί σιδηρόδρομοι 77
5.6. Περιαστικός σιδηρόδρομος 80
5.7. Εφαρμογή της βιώσιμης ανάπτυξης 82
5.8. Ελλείψεις 83
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 85
ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 88
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 95

Εισαγωγή

Τα τελευταία βιώσιμη ανάπτυξη αποτελεί γνώμονας για την κατασκευή και λειτουργία δεκάδων τεχνικών έργων. Αυτό συμβαίνει διότι τα επακόλουθα των διαφόρων ειδών ρύπανσης, καθώς και η κλιματική αλλαγή έχει θορυβήσει τα άτομα και τις κυβερνήσεις να εκμεταλλεύονται τους φυσικούς πόρους που διαθέτουν με περισσότερη σύνεση. Από τα τεχνικά έργα δεν θα μπορούσε να λείπουν τα συγκοινωνιακά έργα, καθώς η μετακίνηση αποτελεί αναπόσπαστος τομέας κάθε κοινωνίας. Δεδομένων των περιβαλλοντικών συνθηκών αλλά και της αναγκαιότητας για μετακίνηση η πολιτεία και οι ιδιώτες ενσωματώνουν σταδιακά την βιώσιμη ανάπτυξη στα συγκοινωνιακά έργα. Η ενσωμάτωση αυτή επιτυγχάνεται μέσω του βιώσιμου σχεδιασμού, ο οποίος αποβλέπει στην πρόληψη και αντιμετώπιση σε κάθε στάδιο των δυσμενών επιπτώσεων των συγκοινωνιακών έργων και την αναβάθμιση της ποιότητας ζωής των πολιτών. Στόχος αυτής της εργασίας είναι η εφαρμογή, μέσω των κατάλληλων μέτρων και δράσεων, του βιώσιμου σχεδιασμού στα χερσαία συγκοινωνιακά έργα σε έναν αστικό και περιαστικό χώρο.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία χωρίζεται σε δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος αναλύονται διάφορες έννοιες και ορισμοί. Πιο συγκεκριμένα στο πρώτο κεφάλαιο αυτές οι έννοιες και οι ορισμοί σχετίζονται με την βιώσιμη ανάπτυξη, τον αστικό και περιαστικό χώρο καθώς και τα έργα που κατασκευάζονται για την ομαλή λειτουργία αυτών των χώρων. Στον αστικό χώρο δεσπόζουν τα τεχνικά έργα, ορισμένα από τα οποία είναι περιορισμένης έκτασης (όπως ένα κτήριο). Ενώ αλλά τεχνικά έργα είναι έχουν μήκος πολλών χιλιομέτρων (όπως οι κεντρικοί οδικοί άξονες). Από την άλλη πλευρά στον περιαστικό χώρο, οι εντατικές ανθρώπινες δραστηριότητες εκτελούνται σε συγκεκριμένα σημεία και ο υπόλοιπος χώρος διατηρεί την φυσική του κατάσταση. Όμως στη σύγχρονη εποχή με την εντατικοποίηση του ρυθμού παραγωγής των αγαθών και των υπηρεσιών, τόσο ο αστικός όσο και ο περιαστικός χώρος επιβαρύνεται από την αύξηση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων-τεχνικών έργων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο καταγράφονται τα έργα οδοποιίας, τα οποία πέρα από τις οδούς περιλαμβάνουν και άλλα συμπληρωματικά τεχνικά έργα. Επιπλέον σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται καταγραφή των επιπτώσεων που αφορούν τον άνθρωπο και το περιβάλλον, καθώς και τα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης των αρνητικών επακόλουθων. Στη συνέχεια, η παρούσα εργασία εστιάζει στα χερσαία συγκοινωνιακά έργα, με την δεύτερη κατηγορία αυτών των έργων να αποτελούν τα σιδηροδρομικά έργα. Οι σιδηρόδρομοι, τα τελευταία χρόνια, κερδίζουν όλο και περισσότερο έδαφος για την μετακίνηση των αγαθών και των ατόμων, καθώς είναι ταχύτεροι και παράγουν λιγότερους ρύπους συγκριτικά με τα οδικά μηχανοκίνητα οχήματα. Βέβαια, όπως κάθε τεχνικό έργο μεγάλης εμβέλειας, προκαλούν αλλοίωση του φυσικού περιβάλλοντος και δημιουργούν τόσο θετικές όσο και αρνητικές επιπτώσεις στον άνθρωπο και το περιβάλλον. Αυτές

καταγράφονται μαζί με τα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης των ανεπιθύμητων συνεπειών στο τρίτο κεφάλαιο της αυτής εργασίας.

Το δεύτερο μέρος παρούσας διπλωματικής αποτελεί μια συγκριτική μελέτη δύο μητροπολιτικών περιοχών από δυο διαφορετικές χώρες. Αυτές οι περιοχές είναι η Μητροπολιτική περιοχή της Αθήνας, η οποία βρίσκεται στην Ελλάδα και η Μητροπολιτική περιοχή του Βερολίνου-Βρανδεμβούργου, η οποία βρίσκεται στην Γερμανία. Οι δύο αυτές περιοχές διαθέτουν ομοιότητες και διαφορές ως προς την κατηγοριοποίηση των χερσαίων συγκοινωνιακών τους έργων. Για την ακρίβεια στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφονται μερικά από τα σημαντικότερα χερσαία συγκοινωνιακά έργα της Μητροπολιτικής περιοχής της Αθήνας. Ενώ στο πέμπτο κεφάλαιο καταγράφονται ορισμένα από τα πιο πολυσύχναστα και σπουδαιότερα χερσαία συγκοινωνιακά της Μητροπολιτικής περιοχής του Βερολίνου-Βρανδεμβούργου.

Η σύγκριση δεν περιορίζεται στον αριθμό των χερσαίων συγκοινωνιακών έργων που διαθέτει η κάθε περιοχή. Πιο συγκεκριμένα κέντρο αυτής της σύγκρισης αποτελεί η τρόπος ένταξης της βιώσιμης ανάπτυξης σε αυτά τα έργα. Στην κάθε περιοχή πραγματοποιούνται διαφορετικές δράσεις και έργα με στόχο την ενσωμάτωση της βιώσιμης ανάπτυξης στα συγκοινωνιακά έργα. Οι ελλείψεις αυτών των έργων και δράσεων δεν είναι αμελητέες και για τον λόγο αυτό η πολιτεία παίζει καθοριστικό ρόλο για την συρρίκνωση τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΑΣΤΙΚΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ

1. Βιώσιμη ανάπτυξη

Στις σημερινές, ολοένα αναπτυσσόμενες, κοινωνίες η έννοια και η εφαρμογή της βιώσιμης ανάπτυξης είναι πιο επίκαιρη από ποτέ. Δεδομένου ότι πολλά ζητήματα ταλανίζουν τις σύγχρονες κοινωνίες (τόσο στον ανεπτυγμένο όσο και στον αναπτυσσόμενο κόσμο), η βιώσιμη ανάπτυξη λειτουργεί ως αρωγός στην επίλυση τους. Τα ζητήματα αυτά περιλαμβάνουν τους τομείς της ενέργειας, του νερού, του κλίματος, των μεταφορών, της αστικοποίησης ή μετανάστευσης καθώς και πολλών άλλων. Για την επίλυση τους απαιτούνται πόροι, εκ των οποίων είναι απαραίτητο να διατηρηθούν για τις επόμενες γενεές. Αυτή είναι η έννοια της βιώσιμής ανάπτυξης, δηλαδή *«η ικανοποίηση των τωρινών αναγκών χωρίς την εμπόδιση των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν της δικές τους»*.

Η βιώσιμη ανάπτυξη περιλαμβάνει ορισμένες προτεραιότητες, οι οποίες είναι απαραίτητες για την εφαρμογή της. Αυτές αναγράφονται σε ένα κείμενο με τίτλο «Agenda 21». Αυτό το κείμενο αποτελεί οδηγό για την εφαρμογή της βιώσιμης ανάπτυξης στον 21^{ο} αιώνα σε τοπικό και διακρατικό επίπεδο. Μαζί με τις άμεσες προτεραιότητες της βιώσιμης ανάπτυξης συνυπάρχουν και ορισμένες αρχές, εκ των οποίων οι τρεις είναι ιδιαίτερα σημαντικές για την παρούσα εργασία.

Πιο αναλυτικά, στην πρώτη θέση βρίσκεται η αρχή της φέρουσας ικανότητας. Γενικότερα ως φέρουσα ικανότητα (bearing capacity) εννοείται ο μέγιστος πληθυσμός ενός είδους που μπορεί να συντηρήσει ένα συγκεκριμένο περιβάλλον χωρίς μη αναστρέψιμη περιβαλλοντική ζημιά. Ειδικότερα η αρχή της φέρουσας ικανότητας επιβάλλει το σεβασμό της φέρουσας ικανότητας τόσο των ανθρώπινων όσο και των φυσικών συστημάτων. Επόμενη σημαντική αρχή είναι η αρχή της χωρονομίας. Η συγκεκριμένη αρχή απαιτεί τον πλήρη ισορροπημένο σχεδιασμό ανθρωπογενών και οικολογικών συστημάτων, ώστε να εποπτεύεται η ευστάθεια των δύο διαφορετικών ειδών συστημάτων και η ποιοτική βελτίωση των ανθρωπογενών συστημάτων. Τελευταία αρχή είναι εκείνη του βιώσιμου αστικού περιβάλλοντος. Στόχος της είναι η ανατροπή της υποβάθμισης των σύγχρονων κατοικήσιμων περιοχών (σε μικρά ή μεγάλα αστικά κέντρα) και η επαναφορά της ποιότητας ζωής στην πόλη (https://www.ekdd.gr/ekdda/files/ergasies_esdd/13/2/425.pdf).

1.2. Αστικός χώρος και σχεδιασμός

Αρχικά, ο αστικός χώρος είναι ένα σύνθετο μίγμα διαφόρων χώρων. Η πληθώρα αυτών των χώρων ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες. Πιο συγκεκριμένα ο αστικός χώρος απαρτίζεται από τους δομημένους και αδόμητους χώρους. Εκ πρώτης όψεως οι δομημένοι χώροι δεσπόζουν συγκριτικά με τους αδόμητους, όμως αυτή η συνθήκη σε ισχύει πάντα. Στους δομημένους χώρους εντάσσεται οποιαδήποτε κατασκευή, όπως

κτίρια και ιστορικά μνημεία. Από την άλλη πλευρά οι αδόμητοι χώροι περιλαμβάνουν τον συνδυασμό των δομημένων χώρων που επιτρέπουν την επέκταση του αστικού χώρου και την κίνηση του μέσα σε αυτόν (Ανδρουλάκη, 2019).

Στη συνέχεια ο αστικός χώρος εντάσσεται σε ένα συγκεκριμένο τύπο σχεδιασμού, αυτός είναι ο γνωστά επικαλούμενος αστικός σχεδιασμός. Αυτή η κατηγορία σχεδιασμού αποτελεί έναν συνδυασμό επιστήμης και τέχνης που ως κύριο έργο έχει την μορφοποίηση μιας αστικής περιοχής και του δημοσίου υπαίθριου χώρου της. Με αυτόν τον τρόπο, αυτός ο τύπος σχεδιασμού συμπεριλαμβάνει αρκετές χωρικές συνιστώσες για τον σχηματισμό ενός «τόπου» ("place making"). Ανάμεσα σε αυτές τις συνιστώσες ανήκουν οι χρήσεις και οι λειτουργίες των χώρων, η αρχιτεκτονική τοπίου και κτηρίων, η οικονομική βιωσιμότητα των διάφορων επιχειρημάτων, η ίση διαχείριση της τοπικής κοινωνίας, η προστασία του περιβάλλοντος καθώς και η βιώσιμη ανάπτυξη (Γοσποδίνη, 2016).

1.2.1. Υλικά για την δημιουργία ενός αστικού χώρου

Μια άλλη πτυχή του αστικού χώρου είναι η συνύπαρξη πολλών ατόμων που διαμένουν σε έναν συγκεκριμένο μέρος. Η συνύπαρξη αυτή γίνεται εφικτή με την κατάλληλη διαμόρφωση του αστικού χώρου. Εξαιτίας της συγκέντρωσης μεγάλου αριθμού πληθυσμού τα τεχνητά έργα κρίνονται απαραίτητα. Μερικά από αυτά τα έργα είναι κτίρια (κατοικίες, δημόσιες υπηρεσίες ή επιχειρήσεις), οδοί, υπαίθριοι αστικοί χώροι(όπως πάρκα και πλατείες) και χώροι άθλησης και ψυχαγωγίας (Μαντάς, 2009). Για τη δημιουργία αυτών των έργων χρησιμοποιείται πλήθος τεχνητών και φυσικών υλικών. Από τα τεχνητά υλικά γίνεται ευρεία χρήση του σκυροδέματος και έπειτα ακολουθούν υλικά όπως χάλυβας, σίδηρος, κυβόλιθοι, κατεργασμένο ξύλο, πλαστικό (σε διάφορες μορφές του), άσφαλτος και άλλα πολλά (Παπουτσής, 2012).

Παράλληλα για τη δημιουργία και χρήση ενός αστικού χώρου χρησιμοποιούνται φυσικά υλικά. Σε αυτά ανήκουν οι διάφοροι τύποι εδαφών, όπως τα χαλίκια, οι άμμοι και η άργιλος. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι συγχρόνως με τα εδάφη παρατηρείται και η ύπαρξη λίθων (όπως βότσαλα) για την δημιουργία ενός αστικού χώρου. Βέβαια, τα τεχνικά έργα του αστικού χώρου χρησιμοποιούνται από τους κατοίκους καθημερινά, οπότε ένα από τα πιο σημαντικά φυσικά υλικά για την ομαλή διαμονή των ατόμων είναι το νερό (πόσιμο και μη). Επιπρόσθετα, τα τελευταία χρόνια λόγω της ρύπανσης που δεσπόζει στα αστικά κέντρα, αλλά και της επιθυμίας των πολιτών έχουν αυξηθεί οι πράσινοι αστικοί χώροι. Σε αυτούς τους χώρους επικρατούν φυσικά υλικά, όπως παρτέρια, θάμνοι και χορτάρι (Παπουτσής, 2012).

1.2.2. Επιπτώσεις στον άνθρωπο και το περιβάλλον

Η δημιουργία και η χρήση των αστικών χώρων, καθώς και των υλικών τους, έχει τόσο θετικές όσο και αρνητικές επιπτώσεις στους κατοίκους και το περιβάλλον. Αρχικά, οι αστικοί χώροι αποτελούν κέντρο οικονομικών και επιχειρηματικών δραστηριοτήτων (Γκιούφη, 2020), γεγονός που αποτέλεσε την κύρια αιτία της συσσώρευσης χιλιάδων ανθρώπων στα αστικά κέντρα. Έτσι προέκυψε το φαινόμενο της αστικοποίησης, κατά το οποίο άνθρωποι από την επαρχία εγκαθίστανται στους αστικούς χώρους με στόχο μια καλύτερη ποιότητα ζωής. Έως ένα βαθμό αυτός ο στόχος επετεύχθη, καθώς το εισόδημα τους αυξήθηκε και οι πνευματικοί τους ορίζοντες διευρύνθηκαν (τα αστικά κέντρα διαθέτουν πλήθος πολιτιστικών, αθλητικών και ψυχαγωγικών δραστηριοτήτων) (Μαντάς, 2009). Βέβαια το προαναφερθέν επακόλουθο της δημιουργίας και χρήσης των αστικών χώρων δεν αποτελεί την μοναδική πτυχή των επιπτώσεών τους.

Ορισμένοι χώροι των πόλεων έχουν μετατραπεί σε πράσινα σημεία, οι επιδράσεις των οποίων είναι πολύπλευρες. Για την ακρίβεια το αστικό πράσινο επιφέρει οικολογικές, κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις. Από οικολογικής πλευράς, τα πράσινα σημεία συμβάλλουν στον περιορισμό της ρύπανσης της ατμόσφαιρας, του εδάφους και του υδροφόρου ορίζοντα. Στη συνέχεια, η κοινωνική πλευρά αφορά στη διαμόρφωση των δημόσιων χώρων με τέτοιον τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται η κοινωνικοποίηση των πολιτών και την καταπολέμηση των κοινωνικών ανισοτήτων. Τέλος, οι οικονομικές επιπτώσεις επιφέρουν αρκετά οφέλη. Για παράδειγμα, μέσω του αστικού πρασίνου παράγονται προϊόντα όπως ξυλεία, ενώ αναπτύσσεται και η τοπική επιχειρηματικότητα όπως η δημιουργία τουριστικών μονάδων (Αγγέλη, 2017).

Παράλληλα όμως με τις θετικές συμβαδίζουν και οι αρνητικές επιπτώσεις. Αναλυτικότερα, οι δυσμενείς επιπτώσεις είναι ισόβαθμες και σε ορισμένες περιπτώσεις ξεπερνούν τις θετικές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αστική ρύπανση, της οποίας οι μορφές και τα αίτια είναι πολυάριθμα. Στην ρύπανση των αστικών χώρων εντάσσεται η ρύπανση της ατμόσφαιρας και η ηχορύπανση. Οι παραπάνω μορφές επηρεάζουν αρνητικά τόσο τον άνθρωπο όσο και το περιβάλλον Μαντάς, 2009).

Αρχικά, η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι μια επίπτωση που μαστίζει εδώ και πολλά χρόνια τις σύγχρονες πόλεις. Τα αίτια της εντοπίζονται, κυρίως, σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως οι μεταφορές, οι βιομηχανικές διεργασίες, οι ανεγέρσεις και κατεδαφίσεις τεχνητών έργων και η θέρμανση (κατά τους χειμερινούς μήνες). Στην ατμοσφαιρική ρύπανση απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρά βλαβερά αέρια όπως διοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του θείου, οξείδια του αζώτου και αιωρούμενα σωματίδια. Οι παραπάνω ουσίες προκαλούν προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία (καρδιακές και αναπνευστικές ασθένειες) και το φυσικό περιβάλλον (όξινη βροχή και πρόωρη ξήρανση φυτών) (Περπερίδου, 2013).

Συνεχίζοντας, οι δυσμενείς επιπτώσεις των αστικών χώρων αφορούν τον ήχο. Πιο συγκεκριμένα, στους έντονα πυκνοκατοικημένους αστικούς χώρους η πολύωρη χρήση οχημάτων (ιδιωτικών και μη) προκαλεί τη δημιουργία θορύβων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνισης του φαινομένου της ηχορύπανσης (Μαντάς, 2009). Σε ό,τι αφορά στις επιπτώσεις των θορύβων, αυτές διακρίνονται σε βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν οι εμβοές και η προσωρινή απώλεια ακοής, ενώ στην δεύτερη συμπεριλαμβάνονται επιπτώσεις όπως υπέρταση, άγχος ή διαταραχή ύπνου (Αηδόνη, 2019). Επιπρόσθετα, τα αρνητικά επακόλουθα των θορύβων περιλαμβάνουν τη μείωση της εργασιακής αποδοτικότητας των υπαλλήλων, την δυσκολία στην επικοινωνία μεταξύ των πολιτών και την ενόχληση σε ώρες ανάπαυλας των ανθρώπων (Βασιλείου, 2012).

1.2.3. Διαχείριση αστικών αποβλήτων

Τα απόβλητα των αστικών περιοχών αναπτύσσονται και στις τρεις φάσεις της ύλης, δηλαδή χωρίζονται σε υγρά, στερεά και αέρια. Στα αέρια απόβλητα συγκαταλέγονται αέρια του φαινομένου του θερμοκηπίου όπως οξείδια του άνθρακα, οξείδια του αζώτου, οξείδια του θείου, το όζον και το βενζόλιο. Τα παραπάνω αέρια γίνονται αισθητά, κυρίως, στις ώρες κυκλοφοριακής αιχμής. Έτσι, η μείωση της χρήσης ιδιωτικών οχημάτων συμβάλλει στον περιορισμό των εκπομπών των προαναφερθέντων αερίων. Στην συνέχεια, τα υγρά απόβλητα μιας αστικής περιοχής καταλήγουν στο δίκτυο αποχέτευσης ή τους φυσικούς υδάτινους αποδέκτες της περιοχής. Σε περίπτωση που στον αστικό χώρο λαμβάνουν χώρα βιομηχανικές διεργασίες, τα υγρά απόβλητα των συγκεκριμένων διεργασιών είναι απαραίτητο να υφίστανται μια επεξεργασία πριν απορριφθούν από την βιομηχανία (Νιώτης, 2009).

Τέλος τα αστικά στερεά απόβλητα αποτελούν μια πολυεπίπεδη κατηγορία αποβλήτων. Πιο συγκεκριμένα, σε αυτήν εντάσσονται απόβλητα όπως οικιακά, εμπορικά, υγειονομικής περίθαλψης, βιοαποικοδομήσιμα οργανικά απόβλητα (όπως φλούδες από φρούτα και λαχανικά), απόβλητα από εκσκαφές κατεδαφίσεις και κατασκευές (ΑΕΚΚ) και άλλα πολλά. Συνήθως τα παραπάνω απόβλητα καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ), ενώ ορισμένα είναι ανακυκλώσιμα. Έτσι τα ανακυκλώσιμα απόβλητα απομακρύνονται από τα υπόλοιπα για να σταλούν σε μονάδες ανακύκλωσης και τα μη ανακυκλώσιμα οδηγούνται σε χώρους υγειονομικής ταφής υπολειμμάτων (ΧΥΤΥ).

Βέβαια υπάρχουν και άλλες μέθοδοι διαχείρισης των αστικών στερεών αποβλήτων. Σε αυτές ανήκουν η κομποστοποίηση, η καύση (αποτέφρωση) των απορριμμάτων και η μηχανική διαλογή. Όλες οι προαναφερθείσες μέθοδοι είναι αποδεκτές από την άποψη της περιβαλλοντικής προστασίας (Κούγκολος και Εμμανουήλ, 2020). Στους αστικούς χώρους, όμως, παρατηρούνται, επίσης, μέθοδοι μη φιλικές προς το περιβάλλον. Για παράδειγμα, σε φυσικούς υδάτινους αποδέκτες όπως ρέματα έχουν απορριφθεί πλήθος

μη επεξεργασμένων αποβλήτων όπως αδρανή υλικά και αστικά απορρίμματα. Μερίδιο ευθύνης για το συγκεκριμένο είδος απόρριψης έχουν τόσο οι αρχές όσο και οι πολίτες (Νίωτης, 2009).

1.2.4. Νέες τεχνολογίες

Σε πολλές σύγχρονες πόλεις η άναρχη δόμηση είναι ένα συχνά φαινόμενο. Οι πολίτες με στόχο την βραχεία εξυπηρέτηση των αναγκών τους δημιουργούσαν καταλύματα χωρίς σχεδιασμό και μελέτη (Γιουβρούτα και Μπιτζίου, 2019). Όμως με την εξέλιξη της τεχνολογίας έχουν βρεθεί τρόποι για την αντιμετώπιση αυτού του φαινομένου. Πιο συγκεκριμένα, ο κατασκευαστικός τομέας χρησιμοποιεί την τεχνολογία της Μοντελοποίησης της Κατασκευαστικής Πληροφορίας ή BIM (Building Information Modeling), στην οποία εντάσσονται περισσότερες διαστάσεις πέρα από τις τρεις κύριες (μήκος, πλάτος και ύψος). Δύο επιπρόσθετες επικρατείς διαστάσεις είναι εκείνες που αφορούν τον χρονικό προγραμματισμό και τον οικονομικό προγραμματισμό ενός έργου. Έτσι, στην διεθνή ορολογία η τεχνολογία χαρακτηρίζεται ως 5D-BIM (5 Dimensions-Building Information Modeling). Βέβαια στην συγκεκριμένη τεχνολογία υπάρχει η δυνατότητα να προστεθούν περισσότερες διαστάσεις όπως η βιωσιμότητα, η συντήρηση και η ασφάλεια του έργου, όμως οι περαιτέρω διαστάσεις αποτελούν αντικείμενο μελλοντικών ερευνών.

Ουσιαστικά, σκοπός της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι ένα ενιαίο κατασκευαστικό μοντέλο, το οποίο αναφέρεται από την αρχή έως το τέλος του κύκλου ζωής ενός έργου. Για την ακρίβεια αναλύεται η φάση του σχεδιασμού, της κατασκευής, της λειτουργίας και της κατεδάφισης του. Παράλληλα στο BIM υπάρχει η δυνατότητα ενσωμάτωσης λογισμικών προσομοίωσης κατασκευαστικών έργων. Ορισμένα από αυτά είναι το Autodesk Revit 2017 (τρισδιάστατος σχεδιασμός), Autodesk Navisworks 2017 (συνολική εποπτεία έργου) και το COST-BIM (χρονικός και οικονομικός σχεδιασμός). Με λίγα λόγια το BIMπρόκειται για ένα ψηφιακό εργαλείο που προσφέρει αρκετές δυνατότητες σε κάθε χρήστη που εμπλέκεται στο έργο (Γκαλέ, 2019).

Βέβαια πέρα από την παραπάνω τεχνολογία του BIM και των λογισμικών που την συνοδεύουν, υπάρχουν μοντέλα προσομοίωσης που εστιάζουν στην αλληλεπίδραση του αστικού χώρου με το περιβάλλον. Ένα από αυτά τα μοντέλα είναι το ENVI-met.Το συγκεκριμένο μοντέλο επιτρέπει την ανάλυση της επίδρασης παρεμβάσεων όπως οι δενδροφυτεύσεις, ο σχηματισμός πράσινων χώρων και η κατασκευή κτιριακών συγκροτημάτων. Επιπρόσθετα διαθέτει υπολογισμούς με διάφορες φυσικές και χημικές παραμέτρους. Μερικές από αυτές είναι η ροή ακτινοβολίας (μικρού και μεγάλου μήκους κύματος), η ανακλώμενη ακτινοβολία, η διαπνοή και η εξάτμιση των φυτών και η επιφανειακή θερμοκρασία των τοίχων (Παπουτσής, 2012). Συμπερασματικά τα σύγχρονα μοντέλα προσομοίωσης συμβάλλουν τόσο στον αποδοτικό όσο και στον βιώσιμο σχεδιασμό.

1.2.5. Κυκλική Οικονομία

Η ολοένα μεγαλύτερη προσέλευση και διαμονή των ανθρώπων στους αστικούς χώρους έχει προκαλέσει προβληματισμούς στην παραγωγή και χρήση των προϊόντων. Μέχρι πριν λίγα χρόνια το γραμμικό μοντέλο οικονομίας «παράγω, χρησιμοποιώ, πετάω» ήταν το επικρατέστερο. Όμως το συγκεκριμένο μοντέλο παράγει υπεράριθμα απόβλητα, τα οποία οι πυκνοκατοικημένες αστικές κοινωνίες δεν είναι σε θέση να διαχειριστούν. Έτσι έντονη αστικοποίηση οδήγησε τους δημόσιους φορείς και τους ιδιώτες σε μια διαφορετική παραγωγή και χρήση των προϊόντων. Για την ακρίβεια και οι δύο στοχεύουν στην αξιοποίηση των προϊόντων σε όλες τις φάσεις του κύκλου ζωή τους. Αυτό αποτελεί ουσιαστικά το κεντρικό νόημα της κυκλικής οικονομίας (Κοσμόπουλος, 2019).

Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι η ουσία της κυκλικής οικονομίας επιτυγχάνεται μέσω μιας σειράς διαδικασιών. Σε αυτές περιλαμβάνεται η διακοπή της ανάπτυξης από τους μη ανανεώσιμους πόρους κατανάλωση, ο σχεδιασμός αποτελεσματικής διαχείρισης των αποβλήτων και της ρύπανσης, η διατήρηση των προϊόντων, των εξαρτημάτων και των υλικών στην υψηλότερη αξία και χρησιμότητας τους και η αναγέννηση των φυσικών συστημάτων. Οι παραπάνω διαδικασίες δεν αποτελούν μια εύκολη και γρήγορη υπόθεση. Πολλές από αυτές απαιτούν χρονική υπεροχή, (αφού οι πολίτες δεν τίθενται να αλλάξουν άμεσα τις καταναλωτικές τους συνήθειες), ορθολογικό προγραμματισμό, κατάλληλα καταρτισμένο εργατικό δυναμικό και εξοπλισμό νέας τεχνολογίας. Έτσι εξαιτίας των προαναφερθεισών λόγων η μετάβαση προς το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας πραγματοποιείται βαθμιαία.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι ευρωπαϊκές χώρες στις οποίες η πορεία προς την κυκλική οικονομία οδεύει σταδιακά. Πιο συγκεκριμένα, ο κύριος στόχος της ευρωπαϊκής πολιτικής σχετικά με την κυκλική οικονομία αποτελεί η διασφάλιση της ισορροπίας μεταξύ της ποιότητας ζωής και της προστασίας του πλανήτη. Τα επιθυμητά αποτελέσματα αυτής της πολιτικής είναι η επαναχρησιμοποίηση όλων των αντικειμένων (τίποτα δεν πάει χαμένο) και η ελεύθερη μετακίνηση των κατοίκων. Για τα δύο αυτά επακόλουθα ο ρόλος των αστικών χώρων είναι σημαντικός, καθώς εκεί παρατηρείται έντονη αλληλεπίδραση της κοινωνίας, της οικονομίας και του περιβάλλοντος.

Μια πόλη που ενσωματώνει την κυκλική οικονομία χαρακτηρίζεται ως ένα ανανεωτικό, προσβάσιμο και ευέλικτο στην έννοια του απορρίμματος αστικό σύστημα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αναβάθμιση της ποιότητας ζωής των πολιτών στον αστικό χώρο(μέσω της μείωσης της ρύπανσης και των χρονοβόρων μετακινήσεων), μικρότερο κόστος των πρώτων υλών (τα απορρίμματα αξιοποιούνται όσο το δυνατόν περισσότερο), την απασχόληση νέου επιστημονικού ανθρώπινου δυναμικού και την συμμετοχή των επιχειρήσεων μικρής και μεσαίας κλίμακας στην βελτίωση του αστικού χώρου

(Κοσμόπουλος, 2019). Με λίγα λόγια, τα οφέλη της ένταξης της κυκλικής οικονομίας στον αστικό χώρο είναι σημαντικά και κρίσιμα για το μέλλον.

1.3. Περιαστικός χώρος

Παράλληλα με την ανάπτυξη του αστικού χώρου αναπτύσσεται και η ευρύτερη περιοχή του, η οποία αποτελεί τον περιαστικό χώρο. Συνήθως ο περιαστικός χώρος βρίσκεται στις παρυφές μιας πόλης. Εκεί διαμένουν μικρότερες πληθυσμιακές κοινότητες συγκριτικά με τα μεγάλα αστικά κέντρα. Το γεγονός ότι οι περιαστικοί χώροι αποτελούν πιο αραιοκατοικημένες περιοχές δεν αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα για την οικονομία και τις υποδομές τους. Αντίθετα αυτό είναι ένα πλεονέκτημα και μαζί με τη μεγάλη αδόμητη έκταση αποτελούν κατάλληλους χώρους για την κατασκευή και την λειτουργία μεγάλων τεχνητών έργων (Μπέσσα, 2010). Τέτοια έργα είναι βιομηχανίες και συγκοινωνιακά έργα, όπως αυτοκινητόδρομοι και σιδηρόδρομοι. Στην Ελλάδα υπάρχουν ορισμένα παραδείγματα περιαστικών χώρων, τα οποία περιλαμβάνουν τα παραπάνω έργα. Δύο από αυτά ανήκουν στην περιφέρεια Αττικής, δηλαδή η περιοχή της Ελευσίνας και του Λαυρίου (Ζεμπερλίγκου, 2019; Τσούνης, 2009).

1.3.1. Υλικά για την δημιουργία ενός περιαστικού χώρου

Τα υλικά για τη δόμηση και λειτουργία του περιαστικού χώρου δεν απέχουν πολύ από εκείνα από του αστικού καθώς ορισμένοι περιαστικοί χώροι με την πάροδο του χρόνου θα μετατραπούν σε αστικοί. Κάποιοι περιαστικοί χώροι δέχονται έντονες επιρροές από τον τρόπο ζωής στην επαρχία και μετατρέπονται σε αγροτικοί (Μπέσσα, 2010). Και στις δύο περιπτώσεις, όμως, χρησιμοποιούνται τόσο τα τεχνητά όσο και τα φυσικά υλικά. Στα τεχνητά υλικά ανήκουν ο σκυρόδεμα, ο χάλυβας, η άσφαλτος, τα γεωσυνθετικά και ανακυκλώσιμα υλικά. Οι δύο τελευταίες κατηγορίες υλικών αποτελούν πλέον γνωστές μέθοδοι για την κατασκευή μεγάλων έργων, όπως επιχωμάτων και οδικών δικτύων, και στόχος της χρήσης τους αποτελεί η αποτροπή της υποβάθμισης των έργων, η ορθολογική διαχείριση των αποβλήτων (αξιοποίηση αδρανών αποβλήτων)και η προστασία του περιβάλλοντος (διατήρηση των εδαφικών κόκκων και συγκράτηση φερτών υλικών) (Σιδέρης κ.ά., 2015; ΖΟΥΜΠΟΥΛ et al., 2021).

Επιπροσθέτως, τα τεχνικά υλικά λειτουργούν συνδυαστικά με τα φυσικά για την ανάπτυξη ενός περιαστικού χώρου. Πιο συγκεκριμένα, στα πλαίσια της προστασίας του περιβάλλοντος και της αισθητικής ανάδειξης της περιοχής, οι αρχές και οι ιδιώτες προβαίνουν σε φιλοπεριβαλλοντικές δράσεις. Μερικές από αυτές είναι η τοποθέτηση καλλωπιστικών φυτών και δένδρων περιμετρικά τεχνικών έργων όπως κτιρίων και βιομηχανιών (Ζεμπερλίγκου, 2019). Έτσι οι περιαστικοί χώροι επιδιώκουν μια πιο ισορροπημένη σχέση μεταξύ κοινωνίας και περιβάλλοντος.

Επιπλέον ένα περιαστικός χώρος ενδέχεται να εντάσσεται στα όρια μιας προστατευόμενης περιοχής, όπως ένας εθνικός δρυμός. Για παράδειγμα, σε έναν εθνικό δρυμό αναπτύσσονται, συνήθως, ιδιαίτερα είδη χλωρίδας, τα οποία είναι ευάλωτα σε

ανθρώπινες δραστηριότητες (Εθνικός Δρυμός Σουνίου, Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων). Για τον λόγο αυτό στον πυρήνα του δεν επιτρέπεται καμία ανθρώπινη παρέμβαση, ενώ περιμετρικά του είναι αποδεκτές μερικές παρεμβάσεις, οι οποίες δεν τροποποιούν τα χαρακτηριστικά του (Νόμος 996/1971 & Νόμος 1650/16-10-86).

Έπειτα, στους περιαστικούς χώρους εντάσσονται εκείνοι που βρίσκονται σε παράκτιες περιοχές. Σε αυτήν την περίπτωση, το νερό ως φυσικό υλικό χρησιμεύει σε διάφορους τομείς. Σε αυτούς συγκαταλέγονται ο τομέας της ψυχαγωγίας, της αναψυχής (παραθέριση), του τουρισμού (ξενοδοχειακές μονάδες), του εμπορίου και της ναυτιλίας. Αυτό αποδεικνύεται από το γεγονός ότι μεγάλες ναυτιλιακές εταιρίες με τα ναυπηγεία τους εδράζονται στα περίχωρα των αστικών κέντρων. Για την υλοποίηση των προαναφερθεισών ανθρώπινων δραστηριοτήτων χρησιμοποιούνται πλήθος τεχνικών υλικών (τσιμέντο, βερνίκια, γυαλιά, κεραμικά, ασβέστης, τούβλα κ.ά.) (Τσούνης, 2009; Ζεμπερλίγκου, 2019). Με αυτόν τον τρόπο η συνύπαρξη των φυσικών και τεχνικών υλικών είναι αναπόφευκτη.

1.3.2. Επιπτώσεις στον άνθρωπο και το περιβάλλον

Η ανάπτυξη των περιαστικών χώρων έχει επιφέρει διττές επιπτώσεις τόσο στις ανθρώπινες κοινωνίες όσο και στον περιβάλλοντα χώρο. Αρχικά, οι περιαστικοί χώροι αποτελούν πόλοι ανάπτυξης, καθώς διαθέτουν αξιοσημείωτες οικονομικές δραστηριότητες και έργα υποδομής (εθνικές οδοί, μεγάλες οδικές αρτηρίες, σιδηρόδρομοι, λιμάνια και αερολιμένες). Το γεγονός αυτό επιδρά θετικά στους τομείς της εργασίας, της επιχειρηματικότητας, των μεταφορών και της αποκεντρωμένης διοίκησης. Πιο αναλυτικά, οι κάτοικοι των περιαστικών χώρων δεν χρειάζεται να μετακινούνται στα αστικά κέντρα για εύρεση εργασίας ή για την ίδρυση μιας επιχείρησης, εφόσον έχουν την δυνατότητα να ιδρύσουν ή να εργαστούν σε τοπικές επιχειρήσεις. Οπότε περιορίζεται το φαινόμενο της αστικοποίησης.

Στη συνέχεια, οι περιαστικοί χώροι διαθέτουν μια ποικιλία μεταφορικών υποδομών. Πέρα από τις κεντρικές οδικές αρτηρίες, οι οποίες εξασφαλίζουν άμεση προσβασιμότητα, έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση σε συγκοινωνιακά έργα όπως μέσα σταθερής τροχιάς, λιμένες και αερολιμένες. Αυτό συμβαίνει διότι τα συγκεκριμένα έργα διευκολύνουν την επισκεψιμότητα από μακρινότερα μέρη, την αύξηση των επενδύσεων και την ανάπτυξη των τουριστικών μονάδων (Κωσταντινίδης, 2009). Με αυτόν τον τρόπο η ανάπτυξη των περιαστικών χώρων εξελίσσεται στοχευμένα.

Παράλληλα με την οικονομική πρόοδο παρατηρούνται ορισμένες επιπτώσεις, οι οποίες δεν είναι θετικές για το περιβάλλον. Αναλυτικότερα, λόγω διαφόρων ανθρώπινων δραστηριοτήτων, όπως βιομηχανικές εγκαταστάσεις, η μη ορθολογική διαχείριση των αποβλήτων και λυμάτων, προϊόντα γεωργίας και κτηνοτροφίας, έχουν παρουσιαστεί φαινόμενα αέριας ρύπανσης. Οι επικρατέστεροι ρύποι είναι τα οξείδια του αζώτου (NO_X), το όζον (O_3), το διοξείδιο του θείου (SO_2) και το διοξείδιο του άνθρακα

(CO_2).Επιπλέον δυσμενείς επιπτώσεις παρατηρούνται στον τομέα των υδάτων. Για την ακρίβεια, σε ορισμένους περιαστικούς χώρους, παρατηρείται μείωση των υδατικών πόρων εξαιτίας έντονων γεωργικών και κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων (Μπασδάρα και Τέλλιου, 2012).

1.3.3. Διαχείριση Αποβλήτων

Παραπάνω αναφέρθηκε επιγραμματικά μια πτυχή της διαχείρισης των αποβλήτων που παρατηρείται στους περιαστικούς χώρους. Αναλυτικότερα ο τρόπος διαχείρισης των αποβλήτων χωρίζεται ανάλογα με το είδος τους. Τα επικρατέστερα είδη είναι τα στερεά και υγρά τα απόβλητα. Το δεύτερο είδος μπορεί να χαρακτηριστεί και με τον όρο λύματα, σε περίπτωση που τα υγρά απόβλητα προέρχονται από κατοικίες. Το συγκεκριμένο είδος αποβλήτων υφίσταται επεξεργασία στις Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) (Μπασδάρα και Τέλλιου, 2012). Σε περίπτωση που η περιαστική περιοχή διαθέτει βιομηχανικές εγκαταστάσεις, τα βιομηχανικά υγρά απόβλητά υφίστανται περαιτέρω επεξεργασία στις Μονάδες Εξεργασίας Υγρών Αποβλήτων (ΜΕΥΑ). Γενικότερα τα υγρά απόβλητα με τις κατάλληλες διεργασίες γίνεται να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ενέργειας (παράγοντας βιοαέριο), ενώ η ελλιπής κατεργασία τους τα καθιστά σημαντική πηγή ρύπανσης (Βαγενάς και Λυμπεράτος, 2019). Έτσι η διαχείριση των υγρών αποβλήτων αποτελεί κομβικό σημείο για την διατήρηση και προστασία του περιβάλλοντος.

Στη συνέχεια όσο αφορά τα στερεά απόβλητα, υπάρχουν ποικίλοι μέθοδοι για την διαχείριση τους. Δύο από τις πιο συνηθισμένες μεθόδους είναι η κατασκευή Χώρων Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) και η δημιουργία Χώρων Ανεξέλικτης Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΑΔΑ) ή με την κοινώς αποκαλούμενη ονομασία «χωματερές». Οι δύο προαναφερθείσες κατηγορίες χώρων παρουσιάζουν αισθητές διαφορές. Πιο αναλυτικά οι ΧΥΤΑ υλοποιούνται ύστερα από μια μελέτη, η οποία περιλαμβάνει τεχνικά, χωροταξικά και περιβαλλοντικά κριτήρια, μαζί με κριτήρια κοινωνικής αποδοχής. Σε αντίθεση με τις χωματερές, οι οποίες πολλές φορές δημιουργούνται αυθαίρετα. Το γεγονός αυτό έχει επιφέρει αρκετά κοινωνικά, οικονομικά και περιβαλλοντικά προβλήματα. Πιο συγκεκριμένα στους ΧΑΔΑ παράγεται βιοαέριο το οποίο ούτε συλλέγεται ούτε αξιοποιείται, με αυτόν τον τρόπο η πρόκληση πυρκαγιάς είναι ένα σοβαρό ενδεχόμενο. Τέλος στην Ελλάδα έχουν επιβληθεί υψηλά χρηματικά πρόστιμα από την Ευρωπαϊκή Ένωση, εξαιτίας της χρήσης και διατήρησης των ΧΑΔΑ (Κούγκολος και Εμμανουήλ, 2020).

Έπειτα οι επιχειρήσεις και οι κάτοικοι ενός περιαστικού χώρου εφαρμόζουν μεθόδους για τον περιορισμό των αέριων ρύπων. Οι επιβλαβείς ουσίες που απελευθερώνονται και παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα στην ατμόσφαιρα προέρχονται κατά κύριο λόγο από τις ασχολίες των ανθρώπων, όπως η κατασκευή και λειτουργία εργοστασίων και οι μεταφορές στο οδικό δίκτυο. Έτσι για τον περιορισμό της

αέριας ρύπανσης χρησιμοποιούνται στις βιομηχανίες οι διεργασίες της προσρόφησης (όπως με την χρήση ενεργού άνθρακα), της απορρόφησης, της συμπύκνωσης και της καύσης (όπως με χρήση απλών ή ειδικών καυστήρων). Από την άλλη πλευρά οι αέριοι ρύποι, που προέρχονται από χρήση ιδιωτικών οδικών οχημάτων, γίνεται να περιοριστούν με την μέθοδο «έλεγχος στην πηγή». Σε αυτήν την περίπτωση οι πολίτες αποφεύγουν την τακτική μετακίνηση με αυτοκίνητο, ενώ χρησιμοποιούν συχνά τα μέσα σταθερής τροχιάς (όπως ο προαστιακός σιδηρόδρομος) και το ποδήλατο (Παπαδοπούλου, 2018 & Καλογεράκι, 2017). Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι οι παραπάνω διεργασίες και μέθοδοί προσφέρουν την δυνατότητα μείωσης εκπομπών των αέριων ρύπων, αλλά δεν τους εξαλείφουν πλήρως (Τριανταφύλλου, 2017).

1.3.4. Νέες τεχνολογίες

Στη σύγχρονη εποχή για το σχεδιασμό των περιαστικών περιοχών χρησιμοποιούνται στατιστικά μοντέλα-κατανομές και ειδικά μηχανήματα. Στόχος της χρήσης αυτών των τεχνολογιών είναι η ομαλή λειτουργία των περιαστικών χώρων. Η χρήση τους γίνεται συχνά στον τομέα της κυκλοφορίας και πιο αραιά στον τομέα του περιβάλλοντος. Πιο αναλυτικά χρησιμοποιούνται τα Συστήματα Ευφυών Μεταφορών (Intelligent Transport System, ITS), τα οποία περιλαμβάνουν τις τηλεπικοινωνίες, διάφορες άλλες τεχνολογίες, την κυκλοφοριακή τεχνική και τον μεταφορικό σχεδιασμό. Οι παραπάνω κλάδοι συνδυάζονται με στόχο τον προγραμματισμό, το σχεδιασμό, τη λειτουργία, τη συντήρηση και τη διαχείριση ολοκληρωμένων μεταφορικών συστημάτων. Τα συστήματα ITSεφαρμόζονται σε αστικούς χώρους, στο οδικό δίκτυο και σε εκτάσεις εθνικής εμβέλειας. Το πεδίο εφαρμογής του οδικού δικτύου περιλαμβάνει μεγάλες οδούς όπως η νέα Εθνική Οδός Αθηνών-Κορίνθου, οι οποίες καταλαμβάνουν συχνά αισθητή έκταση των περιαστικών χώρων (Κωτούλας, 2018; Ζεμπερλίγκου, 2019).

Η υλοποίηση των ITS πραγματοποιείται μέσω διαφόρων μηχανημάτων, τα οποία ταξινομούνται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες. Αυτές είναι οι Πινακίδες Μεταβλητών Μηνυμάτων (Variable Message Signs), οι Κάμερες Κλειστού Κυκλώματος Τηλεόρασης (Close Circuit Television, CCTV) και οι Αισθητήρες Οδού (Roadway Sensors). Στην τελευταία κατηγορία μηχανημάτων ανήκουν και οι περιβαλλοντικοί αισθητήρες. Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες καταγράφουν πληροφορίες για καιρικές συνθήκες, οι οποίες κατά κύριο λόγο είναι δυσμενείς (ισχυρές βροχοπτώσεις ή άνεμοι, ομίχλη και πολλά άλλα). Έτσι οι φορείς εκμετάλλευσης των περιβαλλοντικών αισθητήρων έχουν την δυνατότητα να ενημερωθούν μέσω αυτών των πληροφοριών για τα καιρικά φαινόμενα και στη συνέχεια να ενημερώσουν τους οδηγούς οδικών οχημάτων μέσω μεταβλητών σημάτων μηνυμάτων (Variable Message Signs, VMS). Μαζί με τα παραπάνω, το προσωπικό συντήρησης των οδών έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιεί τους περιβαλλοντικούς αισθητήρες με στόχο την βελτίωση των εργασιών συντήρησης κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών (Κωτούλας, 2018).

Στη συνέχεια ένα άλλο ζήτημα για την ομαλή λειτουργία ενός περιαστικού χώρου είναι τα όρια ταχύτητας των οδηγών οδικών οχημάτων. Πιο συγκεκριμένα κατά την απομάκρυνση των οδηγών από ένα αστικό κέντρο παρατηρείται αύξηση της ταχύτητας, η οποία ορισμένες φορές υπερβαίνει τα όρια με αποτέλεσμα την πρόκληση ατυχημάτων. Με τη χρήση μαθηματικών μοντέλων-κατανομών παρέχονται πληροφορίες για τους παράγοντες, οι οποίοι παίζουν σημαντικό ρόλο στην υπέρβαση των ορίων ταχύτητας. Σε αυτά τα μοντέλα-κατανομές ανήκει η κατανομήPoisson(δείχνει πόσες φορές ένα γεγονός συμβαίνει σε μια καθορισμένη χρονική περίοδο) και το μοντέλο «Κρίσιμοι Παράγοντες Επιρροής της Υπέρβασης των Ορίων Ταχύτητας σε Υπεραστική Οδό». Αναλυτικότερα, το προαναφερθέν μοντέλο αναδεικνύει ως κύριους παράγοντες υπέρβασης των ορίων ταχύτητας την χρήση κινητού τηλεφώνου κατά την διάρκεια της οδήγησης, την αύξηση της μέσης επιτάχυνσης (για παράδειγμα όταν ο φωτεινός σηματοδότης είναι πορτοκαλί), την αύξηση της απότομής επιτάχυνσης, την χρονική αύξηση της διαδρομής, αλλά και το φύλο (συνήθως οι άνδρες οδηγούν με υψηλότερες ταχύτητες από τις γυναίκες). Οι παραπάνω πληροφορίες γίνεται να χρησιμοποιηθούν τόσο από τις αρχές όσο και από τους ιδιώτες, έτσι ώστε να προβλεφθεί η υπέρβαση του ορίου ταχύτητας και κατ' επέκταση των ατυχημάτων (Τζουτζούλης, 2020).

1.3.5. Κυκλική Οικονομία

Η διάσταση της κυκλικής οικονομίας δεν περιορίζεται μόνο στον αστικό, αλλά επεκτείνεται εξίσου στον περιαστικό χώρο και την περιφέρεια. Οι λόγοι για την εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας πέρα από των αστικών κέντρων είναι αρκετοί. Ένας από τους λόγους είναι ότι ο πληθυσμός στις περιαστικές περιοχές στην σύγχρονη εποχή έχει αυξηθεί. Πιο συγκεκριμένα στα προάστια των πόλεων (σε βόρεια, ανατολική και δυτική κατεύθυνση) κατοικούν όλο και περισσότεροι άνθρωποι, με στόχο να αποφύγουν τις δυσμενείς συνθήκες των αστικών κέντρων (όπως την εγκληματικότητα). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα η διαχείριση των πόρων και των αποβλήτων να μην είναι αποτελεσματική με το τετριμμένο μοντέλο της γραμμικής οικονομίας (η παραγωγή των απορριμμάτων είναι ανεξέλεγκτη). Έτσι η εφαρμογή των μεθόδων της επαναχρησιμοποίησης και ανακύκλωσης των προϊόντων-αντικειμένων, που στηρίζει η κυκλική οικονομία, γίνεται όλο και πιο αναγκαία. Επιπλέον, οι περιαστικοί χώροι που διαθέτουν ενεργή βιομηχανία είναι ωφέλιμο να χρησιμοποιούν δευτερογενή υλικά έναντι πρώτων υλών, καθώς με αυτόν τον τρόπο προάγεται μια αειφορική διάσταση στην παραγωγή. Με λίγα λόγια η εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας επιφέρει υπολογίσιμα οφέλη, η εκμετάλλευση των οποίων ευνοεί κάθε κοινωνία (Κοσμόπουλος, 2019).

ΜΕΡΟΣ Α : ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΕΡΓΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΕΡΓΑ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ

2.1. Συγκοινωνιακά έργα

Τα συγκοινωνιακά έργα περιλαμβάνουν όλες τις υποδομές των μεταφορών, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την μετακίνηση ανθρώπων ή προϊόντων. Αναλυτικότερα, οι υποδομές των μεταφορών χωρίζονται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες. Αυτές είναι τα οδικά, τα σιδηροδρομικά, τα λιμενικά και εναέρια δίκτυα μεταφορών. Στα οδικά δίκτυα ανήκουν έργα όπως οι οδικοί άξονες μικρής και μεγάλης εμβέλειας (σε εθνικό, περιφερειακό και αστικό επίπεδο), ενώ τα σιδηροδρομικά δίκτυα περιλαμβάνουν έργα όπως σιδηροδρομικές γραμμές, σταθμοί, γέφυρες και σηματοδότηση κ.ά. Σημαντική θέση στα δίκτυα μεταφορών έχουν τα λιμενικά ή ακτοπλοϊκά δίκτυα, καθώς χρονικά έχουν προηγηθεί από τα οδικά και τα σιδηροδρομικά. Ιδιαίτερα η Ελλάδα, λόγω της γεωγραφικής θέσης της, διαθέτει ένα σημαντικό δίκτυο ακτοπλοϊκών μεταφορών (για εμπόριο και τουρισμό). Τελευταίο μεταφορικό δίκτυο είναι το εναέριο. Το συγκεκριμένο αναπτύχθηκε ραγδαία μετά το τέλος του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου και σήμερα βρίσκεται σε προσιτά μέρη (αερολιμένας Αθηνών), αλλά και απρόσιτα (νησιά ανατολικού Αιγαίου) (Στύλας, 2020). Κάθε μεταφορικό δίκτυο διαθέτει προτερήματα και ελλείψεις, όμως στην παρούσα εργασία θα αναλυθούν τα χερσαία μεταφορικά δίκτυα με τις αντίστοιχες υποδομές τους.

2.2. Οδοποιία

Μια από τις κατηγορίες των τεχνικών έργων είναι τα συγκοινωνιακά. Η συγκεκριμένη κατηγορία περιλαμβάνει την τεχνική του σχεδιασμού και της κατασκευής των οδών, συμπεριλαμβανομένου των εργασιών υλοποίησής τους. Αναλυτικότερα, η οδοποιία ασχολείται με τη μελέτη, κατασκευή και διαχείριση (μέσω συντήρησης και εκμετάλλευσης) της οδού. Η έννοια της οδού αναφέρεται στη σχετικά στενή λωρίδα του εδάφους, η οποία έχει υποστεί διάφορες «κατεργασίες» για να είναι εφικτή η κυκλοφορία ατόμων και οχημάτων.

Παράλληλα, στον τεχνικό τομέα η έννοια της οδού συμπεριλαμβάνει και άλλα τεχνικά έργα, τα οποία αποτελούν το σώμα της οδού. Τέτοια έργα είναι οι τοίχοι αντιστήριξης, οι γέφυρες ή αλλιώς οδογέφυρες, τα επιχώματα κ.ά. (Κωτσόβολου, 1998). Όπως γίνεται αντιληπτό η δημιουργία μίας οδού πρέπει να υλοποιείται μεθοδικά και όχι εσπευσμένα. Για τον λόγο αυτό, κρίνεται απαραίτητη η προσάρτηση της στο δίκτυο των χερσαίων μεταφορών των αστικών ή περιαστικών χώρων. Επομένως, πρωταρχικό βήμα αποτελεί ο σχεδιασμός των δικτύων μεταφοράς στον ευρύτερο χώρο ή η σύνταξη του Γενικού Πολεοδομικού Σχεδίου μίας, μικρής σε έκταση, περιοχής (όπως ένας Δήμος) ή του Πολεοδομικού σχεδίου ενός αστικού κέντρου (Ανδρέου, 2020).

2.3. Κατηγορίες οδικών δικτύων-οδών

Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες οδικών δικτύων με κριτήρια, όπως τον τύπο, την διοικητική εποπτεία και την λειτουργικότητα. Στον ελλαδικό χώρο τα τρία προαναφερθέντα κριτήρια αποτελούν θεμέλιο λίθο για την κατηγοριοποίηση των οδικών δικτύων της χώρας. Για την ακρίβεια, η κατηγορία με βάση τον τύπο αφορά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά μιας οδού. Εδώ σημαντικό ρόλο παίζει το μήκος και το πλάτος (αριθμός λωρίδων) της οδού. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι εθνικές οδοί, οι αυτοκινητόδρομοι, οι ελεύθερες, ταχείες λεωφόροι και οι τοπικές οδοί.

Από την άλλη πλευρά και με βάση την διοικητική εποπτεία, τα οδικά δίκτυα χωρίζονται σε έξι υποκατηγορίες. Ο διαχωρισμός αυτός στηρίζεται στον νόμο Ν.3155/55 και το προεδρικό διάταγμα Π.Δ. 209/98. Οι τρεις πρώτες υποκατηγορίες είναι ιδιαίτερα σημαντικές και σε αυτές ανήκει το βασικό, το δευτερεύον και το τριτεύον εθνικό δίκτυο.

Το βασικό εθνικό οδικό δίκτυο ενώνει τα πιο σημαντικά αστικά κέντρα μίας ή περισσοτέρων χωρών. Το δευτερεύον εθνικό οδικό δίκτυο ενώνει τους κύριες εθνικές οδούς τόσο μεταξύ τους, όσο και με κατοικήσιμες περιοχές ή άλλα συγκοινωνιακά έργα (λιμένες ή αερολιμένες). Το τριτεύον εθνικό οδικό δίκτυο αποτελεί ένα μέρος του εθνικού οδικού δικτύου, στο οποίο έχουν δημιουργηθεί σύγχρονες χαράξεις Εθνικού Οδικού Δικτύου. Μία άλλη περίπτωση που ανήκει στο τριτεύον εθνικό οδικό δίκτυο είναι ένα μέρος του ήδη υπάρχοντος εθνικού οδικού δικτύου να εξυπηρετεί την προσβασιμότητα σε περιοχές αρχαιολογικής σπουδαιότητας και τουριστικών υποδομών.

Συνεχίζοντας την κατάταξη με βάση την διοικητική εποπτεία, βρίσκονται στην σειρά τρεις ακόμη κατηγορίες οδικών δικτύων. Μια από αυτές είναι οι οδοί των νησιών ή αλλιώς το Εθνικό Νήσων. Έπειτα ακολουθεί το πρωτεύον και δευτερεύον επαρχιακό οδικό δίκτυο. Το πρωτεύον ενώνει τις αστικές περιοχές με το γενικότερο εθνικό οδικό δίκτυο. Αντίθετα, το δευτερεύον επαρχιακό οδικό δίκτυο συνδέει μικρότερες περιοχές όπως Δήμους και Κοινότητες εκτός της Πρωτεύουσας του Νόμου μεταξύ τους.

Εξίσου σημαντική κατηγοριοποίηση των οδικών δικτύων είναι εκείνη που αφορά στη λειτουργικότητα (σύνδεση, πρόσβαση και παραμονή). Η συγκεκριμένη κατάταξη υποδιαιρείται σε δύο υποενότητες, τις αστικές και περιαστικές ή υπεραστικές οδούς. Πιο αναλυτικά, οι αστικές οδοί ταξινομούνται σε κύριες αρτηρίες, δευτερεύουσες αρτηρίες, συλλεκτήριες οδούς και τοπικές οδούς. Οι κύριες αρτηρίες έχουν μεγάλο μήκος και οι οδηγοί επιτρέπεται να αναπτύσσουν υψηλές ταχύτητες. Στις κύριες αρτηρίες ανήκουν οι ελεύθερες λεωφόροι, οι ταχείες λεωφόροι και οποιαδήποτε άλλη κύρια αρτηρία. Στις δευτερεύουσες αρτηρίες κατατάσσονται οδοί με μικρότερο μήκος και το όριο ταχύτητας είναι χαμηλότερο από τις κύριες αρτηρίες. Έπειτα, η συλλεκτήρια οδός στοχεύει στην σύνδεση των αρτηριών με τις τοπικές οδούς και αντιστρόφως. Τέλος, μια τοπική οδός παρέχει άμεση πρόσβαση τόσο από και προς το γενικότερο οδικό δίκτυο, όσο από και προς τις παρόδιες χρήσεις γης.

Με την απομάκρυνση από τον αστικό χώρο είναι ευδιάκριτες οι περιαστικές ή υπεραστικές οδοί. Αυτές κατηγοριοποιούνται σε τέσσερις υποενότητες, τις κύριες υπεραστικές αρτηρίες, τις δευτερεύουσες υπεραστικές αρτηρίες, τις υπεραστικές συλλεκτήριες οδούς και τις υπεραστικές τοπικές οδούς. Πιο αναλυτικά, στις κύριες υπεραστικές αρτηρίες ανήκουν οδοί, οι οποίες έχουν μεγάλη σημασία για την κυκλοφορία στον χώρο της επικράτειας. Στη συνέχεια, οι δευτερεύουσες υπεραστικές οδικές αρτηρίες, ενώνουν μεγάλα ή μεσαία αστικά κέντρα, τα οποία βρίσκονται στο ίδιο ή σε διαφορετικό νομοθετικό πλαίσιο. Έπειτα οι υπεραστικές συλλεκτήριες οδοί στοχεύουν στην μετακίνηση μεταξύ κατοικήσιμων περιοχών που έχουν το ίδιο νομοθετικό πλαίσιο (ως επί το πλείστον). Τέλος, οι υπεραστικές τοπικές οδοί στοχεύουν στην εξυπηρέτηση κοντινών μετακινήσεων, τοπικής κλίμακας (Ανδρέου, 2020).

2.4. Παλαιότερες οδοί και ο δικό δίκτυο

Οι πρώτες οδοί που κατασκευάστηκαν σε οργανωμένες κοινωνίες ήταν λιθόστρωτες από κατεργασμένους και μη λίθους. Αυτή η μέθοδος κατασκευής οδικών έργων επικράτησε μέχρι τις αρχές του προηγούμενου αιώνα (Υποθέσιμος, 2019). Την δεκαετία του ’30 σημειώθηκαν σημαντικές αλλαγές στον τομέα της οδοποιίας. Πολλές από τις μεθόδους και τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην σύγχρονη εποχή για την κατασκευή ενός οδικού δικτύου προέρχονται από εκείνη την εποχή. Πιο συγκριμένα, στις αρχές του προηγούμενου αιώνα χρησιμοποιήθηκε άσφαλτος πετρελαίου, η οποία μέσα στις επόμενες δεκαετίες κυριάρχησε ως υλικό οδοστρωσίας.

Παύση των έργων οδοποιίας υπήρξε κατά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, ενώ μετά την λήξη του πολέμου οι εργασίες συνεχίστηκαν. Την δεκαετία του ’50 και ’60 παρατηρήθηκε ακμή στον χώρο της οδοποιίας. Στο γεγονός αυτό συνετέλεσαν διάφοροι παράγοντες όπως η χρήση των ιδιωτικών οχημάτων (το αυτοκίνητο αρχίζει να απομυθοποιείται ως είδος πολυτελείας) και η ευρεία χρήση επαγγελματικών οχημάτων για εμπορικούς λόγους. Σε εκείνη την χρονική περίοδο διαμορφώθηκαν για πρώτη φορά στον ελλαδικό χώρο οι εθνικές οδοί, όπως Αθήνας-Θεσσαλονίκης και Θεσσαλονίκης-Καβάλας. Αργότερα, μεταξύ 1971 και 1980 υπήρξε πτώση των επενδύσεων στα έργα οδοποιίας, αλλά τα επόμενα χρόνια η κατάσταση αυτή βελτιώθηκε.

Αναλυτικότερα, στις αρχές της δεκαετίας ’90 κατασκευάστηκαν τα οδικά έργα παραχώρησης πρώτης γενιάς (υπό την χρηματοδότηση-δανεισμό της Ευρωπαϊκής Τράπεζας Επενδύσεων). Τα συγκεκριμένα έργα αφορούν μεγάλους οδικούς άξονες στην Αττική, όπως η Αττική Οδός, η Δυτική Περιφερειακή Λεωφόρος Υμηττού, η Σήραγγα Υμηττού στην Αργυρούπολη, η επέκταση της Λεωφόρου Κύμης και η Ζεύξη Σαλαμίνας. Στο τέλος της ίδιας δεκαετίας αναπτύχθηκαν (από τον ίδιο με τα προηγούμενα έργα φορέα χρηματοδότησης) τα οδικά έργα παραχώρησης δεύτερης γενιάς, τα οποία πλησιάζουν την σημερινή εποχή. Ανάμεσα σε αυτά τα έργα ανήκει ο αυτοκινητόδρομος

Αιγαίου, η Ολύμπια Οδός, ο αυτοκινητόδρομος Μορέα, η Ιόνια Οδός, η Κεντρική Οδός και η υποθαλάσσια αστική αρτηρία Θεσσαλονίκης (Ζαρκάδα και Ντόκου, 2020).

2.5. Σύγχρονες οδοί και οδικό δίκτυο

Στην σημερινή εποχή έχουν αναπτυχθεί νέα μοντέλα οδικών αξόνων, τα οποία εντάσσουν τις νέες τεχνολογίες στη λειτουργία τους. Ανάμεσα στις νέες τεχνολογίες ανήκουν οι αισθητήρες, οι οποίοι καταγράφουν δεδομένα όπως η θέση, η πίεση, η θερμοκρασία κ.ά. Επίσης, στο σύγχρονο οδικό δίκτυο έχει επικρατήσει ο όρος «έξυπνες οδοί», οι οποίες παρέχουν στον οδηγό πλήθος χρήσιμών πληροφοριών, τόσο πριν όσο και κατά την διάρκεια της διαδρομής. Τα πλεονεκτήματα των έξυπνων οδών παρατηρούνται εξίσου σε αστικές και περιαστικές περιοχές. Στους αστικούς χώρους συμβάλλουν στον αστικό σχεδιασμό και σχεδιασμό εναλλακτικών διαδρομών, στην φωτεινή σηματοδότηση, σε έκτακτες κυκλοφοριακές ανάγκες, στην προτεραιότητα πεζών ή ποδηλάτων και πολλών άλλων (Μυλωνάκης, 2018).

Συνεχίζοντας στις σύγχρονες πόλεις είναι ευδιάκριτοι οι οδοί μεικτών λειτουργιών. Αυτοί οι οδοί περιλαμβάνουν δρόμους διαφόρων χρήσεων, οι οποίοι είναι παράλληλοι μεταξύ τους. Πιο αναλυτικά στο μήκος και το πλάτος τους ανήκει ένας αυτοκινητόδρομος διπλής κατεύθυνσης, ένας ποδηλατόδρομος και ένα πεζοδρόμιο ή ένας πεζόδρομος. Η κάθε οδική κατηγορία που αναφέρθηκε παραπάνω έχει σχεδιαστεί, έτσι ώστε η κάθε οδός να μην είναι «στενή» και οι χρήστες να κυκλοφορούν άνετα. Επιπρόσθετα, στις οδούς μικτών λειτουργιών, η παρουσία της βιώσιμης ανάπτυξης είναι αισθητή, καθώς υπάρχει η δυνατότητα περιμετρικά των οδών να φυτευτούν δέντρα και φυτά. Με αυτόν τον τρόπο εντάσσονται στοιχεία του φυσικού περιβάλλοντος αρμονικά σε μια αστική περιοχή.

Συνήθως με την αναφορά στο οδικό δίκτυο εννοούνται κατά κύριο λόγο οι αυτοκινητόδρομοι. Η επικράτηση αυτή, όμως, δεν είναι ορθή. Στην σύγχρονη εποχή έχουν γίνει σημαντικά βήματα προόδου σε ό,τι αφορά στην ανάπτυξη των πεζόδρομων και των ποδηλατοδρόμων. Πρωταρχικός στόχος ενός πεζοδρόμου είναι η προστασία, η ασφάλεια και η άνετη κίνηση των περιπατητών και αυτός αποτελεί κεντρικός σχεδιασμός για την δημιουργία των δικτύων πεζοδρόμων. Συνολικά έχουν επικρατήσει τέσσερις κατηγορίες πεζοδρόμων, όπου κριτήριο διαχωρισμού τους είναι η άμεση ή έμμεση κίνηση οχημάτων. Σε αυτούς ανήκουν οι αμιγείς πεζόδρομοι (επιτρέπεται η ολιγόωρη στάθμευση οχημάτων), οι πεζόδρομοι με πρόσβαση οχημάτων για λίγες ώρες (για τροφοδοσία καταστημάτων), οι πεζόδρομοι με πρόσβαση για συγκεκριμένα είδη τροχοφόρων (μέσα μαζικής μεταφοράς ή ταξί) και οι πεζόδρομοι με περιορισμένη κυκλοφορία οχημάτων (χαμηλή ταχύτητα οχημάτων).

Συχνά, παράλληλα με τους πεζοδρόμους, διαμορφώνονται είτε σε πυκνοκατοικημένες είτε σε αραιοκατοικημένες περιοχές μια άλλη φιλοπεριβαλλοντική κατηγορία δρόμων. Αυτή δεν είναι άλλη από τους ποδηλατοδρόμους, οι οποίοι αναπτύσσονται με βάση τις δυνατότητες ανάπτυξης μιας περιοχής. Ακριβέστερα, ενδέχεται να είναι ανεπηρέαστοι από το υπόλοιπο οδικό δίκτυο, να είναι ξεχωριστά οριοθετημένοι κατά μήκους του οδικού δικτύου ή να βρίσκονται στο ίδιο οδόστρωμα με τους πεζοδρόμους και τους αυτοκινητοδρόμους. Η τελευταία πιθανότητα συνοδεύεται με κατάλληλες πινακίδες και φωτοσήμανση (Δεληγκάρη, 2011).

2.6. Διαδικασία κατασκευής οδικών έργων

Οι εργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την κατασκευή υποδιαιρούνται σε τέσσερις κατηγορίες. Αυτές είναι οι χωματουργικές εργασίες, τα τεχνικά έργα, η οδοστρωσία-ασφαλτικά και τα έργα που αφορούν στη σήμανση και την ασφάλεια. Οι πρώτες εργασίες που λαμβάνουν χώρα είναι οι χωματουργικές. Σε αυτές ανήκει η εκσκαφή του εδάφους. Από την εκσκαφή παράγονται κατάλληλα και μη κατάλληλα προϊόντα για επαναχρησιμοποίηση. Για παράδειγμα, στην κατασκευή οδικών επιχωμάτων χρησιμοποιούνται προϊόντα εκσκαφών. Επιπλέον, στα τεχνικά έργα περιλαμβάνονται έργα όπως τοίχοι αντιστήριξης, γέφυρες, σήραγγες, διαχωριστικά κ.ά. Από την άλλη πλευρά στην κατηγορία της οδοστρωσίας-ασφαλτικών ανήκουν εργασίες υπόβασης και βάσης από θραυστό συμπυκνωμένο αμμοχάλικο, ασφαλτική βάση και αντιολισθητική στρώση κυκλοφορίας.

Στην τελευταία κατηγορία των οδικών εργασιών τοποθετούνται έργα σήμανσης και ασφάλισης. Σε αυτά ανήκουν τα στηθαία ασφάλειας και τα περιφράγματα προστασίας της κυκλοφορίας. Τα συγκεκριμένα έργα κατασκευάζονται σε περίπτωση που η οδός βρίσκεται μεταξύ απότομων κλίσεων, φέρεται σε υψηλά επιχώματα ή είναι παράλληλη σε ρέματα και χειμάρρους. Παράλληλα με τα παραπάνω στα έργα σήμανσης και ασφάλισης συμπεριλαμβάνεται η τοποθέτηση πινακίδων σήμανσης και η τελική διαμόρφωση τους οδοστρώματος. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι, για την πραγματοποίηση ενός έργου οδοποιίας χρησιμοποιείται πλήθος μηχανημάτων όπως εκσκαφείς, προμηθευτές, διατρητικά μηχανήματα, οδοστρωτήρες, διανομέας ασφάλτου, γερανοί, ισοπεδωτές, ανελκυστήρες σκυροδέματος κ.ά.

Γενικότερα, πριν την ολοκλήρωση ενός έργου οδοποιίας δημιουργείται ένα εργοτάξιο, το οποίο σε περίπτωση που πραγματοποιούνται ταυτόχρονα άλλα τεχνικά έργα όπως σήραγγες ή γέφυρες, επιμερίζεται σε μικρότερα εργοτάξια. Αναλυτικότερα ένα τέτοιου είδους εργοτάξιο διαθέτει ορισμένες σταθερές εγκαταστάσεις και μερικές εγκαταστάσεις που υφίστανται για περιορισμένο χρονικό διάστημα ανάλογα με τη φάση κατασκευής που βρίσκεται το έργο. Οι σταθερές εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν γραφεία, χώρους υγιεινής, πρώτες βοήθειες, πυροσβεστικοί κρουνοί, φυλάκια και

περίφραξη εργοταξίου, μονάδα τηλεπικοινωνιών, εγκατάσταση παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, πρατήριο καυσίμων, το οποίο διαθέτει πλυντήριο οχημάτων και δίκτυο ύδρευσης. Οι εγκαταστάσεις που δημιουργούνται ανάλογα με τη φάση κατασκευής είναι πιο εξειδικευμένες. Ανάμεσα σε αυτές βρίσκεται το συγκρότημα παραγωγής αδρανών υλικών, σκυροδέματος, ασφαλτομίγματος, εργαστήρια ποιοτικού ελέγχου καθώς και διάφορες άλλες εγκαταστάσεις (Αποστολίδης, 2019).

2.6.1. Επιπτώσεις στον ανθρώπινο πληθυσμό

Οι άνθρωποι από τα παλαιότερα χρόνια είχαν την ανάγκη της μετακίνησης τόσο των ίδιων όσο και των υλικών αγαθών τους. Για τον λόγο αυτό προχώρησαν στη δημιουργία των συγκοινωνιακών έργων. Στα χερσαία συγκοινωνιακά έργα ανήκουν τα έργα οδοποιίας, τα οποία όπως και κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα επιφέρουν τόσο θετικές όσο και αρνητικές επιδράσεις. Στα θετικά επακόλουθα της κατασκευής των οδικών έργων συμπεριλαμβάνονται οφέλη στον τομέα της εργασίας. Πιο αναλυτικά, διάφορες ειδικότητες επιστημόνων (όπως τοπογράφοι, πολιτικοί και ηλεκτρολόγοι μηχανικοί) και τεχνικών (χειριστές οδικών μηχανημάτων, σιδεράδες και άλλοι) εργάζονται, έτσι ώστε να αποπερατωθεί ένα έργο οδοποιίας. Με αυτόν τον τρόπο περιορίζεται το ποσοστό ανεργίας.

Συγχρόνως με τις θετικές επιπτώσεις έχουν παρατηρηθεί και αρνητικές κατά την κατασκευή και λειτουργία των οδικών έργων. Μια από τις πιο πολυσυζητημένες αρνητικές επιπτώσεις των οδικών έργων στον ανθρώπινο πληθυσμό είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση. Πιο αναλυτικά, κατά τη διάρκεια των εργασιών κατασκευής των οδικών έργων διακρίνονται αισθητές ποσότητες αέριων ρύπων και σωματιδίων. Αυτές οφείλονται στα οχήματα μεταφοράς καθώς και σε διάφορα συγκροτήματα, όπως παραγωγής σκυροδέματος και ανατινάξεων βράχων. Συνήθως προκαλούν δυσφορία, αδιαθεσία στο προσωπικό που τα χειρίζεται.

Αρνητικές συνέπειες εντοπίζονται, επίσης, στον τομέα του ήχου. Συχνά οι ήχοι που αναπαράγονται κατά την διάρκεια κατασκευής και λειτουργίας ενός οδικού έργου είναι έντονοι και ανεπιθύμητοι, για τον λόγο αυτό ονομάζονται θόρυβοι. Στο στάδιο της κατασκευής ενός οδικού έργου πηγές θορύβων αποτελούν τα μηχανήματα (σκαπτικά, γεννήτριες κ.ά.), τα οχήματα μεταφοράς υλικών και οι διάφορες εγκαταστάσεις που τοποθετούνται στο εργοτάξιο οδοποιίας. Συχνά οι εργαζόμενοι ενοχλούνται από τους θορύβους, οι οποίοι προκαλούν δυσφορία, ενίοτε σωματική κόπωση και περιορισμένη ακουστική ικανότητα (Μπαρπάκης, 2020).

2.6.2. Επιπτώσεις στο περιβάλλον

Οι επιδράσεις των οδικών έργων επηρεάζουν τόσο τους κατοίκους όσο και το περιβάλλον μιας περιοχής. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις εντοπίζονται στην ατμόσφαιρα, τον υδροφόρο ορίζοντα και στο έδαφος. Στο αέρα εκπέμπονται ρύποι όπως τα στερεά σωματίδια (Total Solid Particulars, TSP), μεθάνιο (CH_4) και οξείδια του άνθρακα (CO_x) και σκόνη από τα διάφορα μηχανήματα και εργασίες που λαμβάνουν χώρα στο εργοτάξιο οδοποιίας. Κατά το στάδιο της κατασκευής των οδικών έργων οι παραπάνω ουσίες επιδεινώνουν τα καίρια περιβαλλοντικά προβλήματα όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η λέπτυνση της στοιβάδας του όζοντος στην τροπόσφαιρα. Η σκόνη, ανάλογα με την ταχύτητα και την κατεύθυνση των ανέμων, έχει τη δυνατότητα να μεταφερθεί σε γειτνιάζουσες περιοχές (μεταφερόμενη ρύπανση).

Στο υδάτινο περιβάλλον παρατηρούνται μη θετικές αλλαγές κατά την κατασκευή και λειτουργία των οδικών έργων. Αναλυτικότερα στη φάση κατασκευής ενδέχεται να μετατοπιστεί επιφανειακή ροή των υδάτων. Επιπλέον, τα έλαια των μηχανημάτων και οι αποθέσεις των υλικών ενδέχεται να προκαλέσουν σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα, σε περίπτωση που οι εργασίες πραγματοποιούνται κατά μήκος της υπόγειας υδροφορίας. Μαζί με τα παραπάνω, ο υδροφόρος ορίζοντας διαφοροποιείται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ποσότητας νερού για άρδευση.

Από τις επιπτώσεις δεν θα μπορούσαν να λείψουν οι επιδράσεις των οδικών έργων στο έδαφος. Αναλυτικότερα το έδαφος είναι άμεσος αποδέκτης των ρυπογόνων ουσιών, οι οποίες παράγονται εξίσου στην φάση κατασκευής και λειτουργίας των οδικών έργων. Επιπλέον το έδαφος κατά το στάδιο της κατασκευής υποβαθμίζεται καθώς παύει κάθε βιολογική δραστηριότητα (στην επιφάνεια) και η δομή του αλλοιώνεται, εξαιτίας των διαφόρων εργασιών που λαμβάνουν χώρα σε αυτήν την περίοδο (Ανδρεοπούλου και Μιχαλάτου, 2010).

2.7. Λειτουργία οδικών έργων

Τα οδικά έργα ανέκαθεν χρησιμοποιούνταν για την σύνδεση μιας περιοχής με μια άλλη. Με πάροδο του χρόνου και την εξέλιξη της τεχνολογίας (κυρίως στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας) με τον λέξη «οδός» εννοούνται κατά κύριο λόγο οι αυτοκινητόδρομοι (οποιασδήποτε εμβέλειας). Η ανάπτυξη αυτής της κατηγορίας οδού έχει επηρεάσει την ζωή των ανθρώπων στον τομέα της υγείας, της οικονομίας και του πολιτισμού, καθώς και την κατάσταση του περιβάλλοντος, εντός του οποίου κατασκευάζονται. Παρακάτω θα αναφερθούν οι κυριότερες επιπτώσεις των οδικών έργων κατά το στάδιο λειτουργίας τους, όπου μερικές από τις οποίες είναι μακροπρόθεσμες ενώ άλλες είναι βραχυπρόθεσμες.

2.7.1. Επιπτώσεις στον ανθρώπινο πληθυσμό

Στα θετικά επακόλουθα της ανάπτυξης των οδικών έργων συγκαταλέγονται οικονομικά και κοινωνικά οφέλη. Πιο αναλυτικά, με τις εισαγωγές και εξαγωγές προϊόντων οι επιχειρήσεις αυξάνουν τα κέρδη τους, ενώ γίνονται γνωστά ευρέως προϊόντα διαφορετικών χωρών, συμβάλλοντας έτσι στην πολυπολιτισμικότητα. Επιπρόσθετα, η πολυπολισμικότητα επιτυγχάνεται με την μετακίνηση ανθρώπων διαφορετικών εθνικοτήτων και μέσω του προφορικού ή γραπτού λόγου οι κάτοικοι μιας περιοχής έρχονται σε επαφή με νέες κουλτούρες. Οι παραπάνω επιδράσεις παρατηρούνται από τα παλαιότερα χρόνια μέχρι την σημερινή εποχή.

Παράλληλα με τα θετικά επακόλουθα υπάρχουν και αρνητικές επιπτώσεις. Για την ακρίβεια η κυκλοφορία των οχημάτων έχει προκαλέσει έντονη ρύπανση στην ατμόσφαιρα εξαιτίας των ουσιών που εκπέμπουν. Οι πιο χαρακτηριστικοί αέριοι ρύποι είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τα οξείδια του αζώτου (NO_x), τα οξείδια του θείου (SOx) και οι υδρογονάνθρακες (HC) και οι πτητικές οργανικές ενώσεις (Volatile Organic Compounds, VOCs). Ενώ σε σωματιδιακή μορφή παρατηρείται ο μόλυβδος (Pb) και τα αιωρούμενα σωματίδια. Όλες οι παραπάνω ουσίες προκαλούν παροδικά ή χρόνια νοσήματα στους ανθρώπους όπως βήχας, άσθμα, καρδιακές και αναπνευστικές διαταραχές.

Οι έντονοι ήχοι που αποκαλούνται θόρυβοι, χωρίζονται –σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο- σε δύο κατηγορίες, τον περιβαλλοντικό και τον κυκλοφοριακό θόρυβο. Ο περιβαλλοντικός θόρυβος εντοπίζεται σε περιφερειακό χώρο και προκαλείται από ανθρώπινες δραστηριότητες (όπως βιομηχανικές εγκαταστάσεις και χώρους αναψυχής) ή από οχήματα μεταφοράς. Αντίθετα, ο κυκλοφοριακός θόρυβος είναι πιο εξειδικευμένος και αφορά μόνο τα οχήματα (ο ήχος του κινητήρα, της γενικότερης κίνησης καθ' όλη διαδρομή και της τριβής των ελαστικών του αυτοκινήτου στο οδόστρωμα).

Η δεύτερη κατηγορία θορύβου έχει επιφέρει πολύ σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στον άνθρωπο. Αναλυτικότερα, ο κυκλοφοριακός θόρυβος προκαλεί διαταραχές στο κυκλοφορικό σύστημα, τη σωματική και πνευματική υγεία. Οι επιπτώσεις διαφέρουν ανάλογα με τη συχνότητα, την ένταση, τη διάρκεια και την περιοδικότητα. Οι πιο συνηθισμένες επιπτώσεις αφορούν στη διαταραχή του ύπνου, την αδυναμία συγκέντρωσης, τα ατυχήματα, βλάβες στην ακοή και την περιορισμένη παραγωγικότητα στον χώρο εργασίας. Συνολικά όλα τα προαναφερθέντα επακόλουθα των οδικών έργων παίζουν κεντρικό ρόλο στην ανάπτυξη μιας περιοχής και στην ποιότητα ζωής των ανθρώπων, ενώ παράλληλα κρίνεται απαραίτητη η αντιμετώπιση των αρνητικών συνεπειών (Υποθέσιμος, 2019).

2.7.2. Επιπτώσεις στο περιβάλλον

Οι άνθρωποι είναι αλληλένδετοι με το περιβάλλον στο οποίο κατοικούν. Για τον λόγο αυτό οι επιπτώσεις ενός έργου οδοποιίας κατά την διάρκεια λειτουργίας του επηρεάζουν και το περιβάλλον. Για την ακρίβεια, σε εκείνη την περίοδο παρατηρούνται μεγάλες ποσότητες αέριων ρύπων κυρίως από τα μηχανοκίνητα οχήματα. Τέτοιοι ρύποι είναι χλωροφθοράνθρακες, το διοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδια του θείου καθώς και άλλοι που υποβαθμίζουν την ποιότητα του αέρα της περιοχής. Συνεχίζοντας στην φάση λειτουργίας, το έδαφος υποβαθμίζεται ανάλογα την εμβέλεια του οδικού έργου. Στις οδούς ταχείας κυκλοφορίας, οι οποίες διαθέτουν μεγάλο κυκλοφοριακό φόρτο, η ρύπανση είναι εντονότερη εξαιτίας του μεγάλου αριθμού οχημάτων. Τα οχήματα ρυπαίνουν το έδαφος από έλαια (όπως βενζίνη και γράσο) και τροχαίο υλικό σε περίπτωση ατυχήματος.

Κατά την περίοδο λειτουργίας των οδικών έργων, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στα ύδατα είναι ιδιαίτερα διακριτές. Στις αιτίες που τις προκαλούν συγκαταλέγονται η φθορά του οδοστρώματος και των ελαστικών των αυτοκινήτων, η οξείδωση μεταλλικών τμημάτων από τα οχήματα και τον οδικό εξοπλισμό (όπως τα στηθαία αντιστήριξης), οι εκπομπές καυσαερίων και οι διαρροές ελαίων των οχημάτων. Κατά την κίνηση των οχημάτων εκπέμπονται υδρογονάνθρακες, φαινόλες και βαρέα μέταλλα, τα οποία με το νερό της βροχής ή τον αέρα μετακινούνται στα επιφανειακά ύδατα και στους υδροφορείς. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι ρύπανση των υδάτων επηρεάζεται από παράγοντες όπως ο τόπος και η εποχή. Για παράδειγμα στις περιοχές με δριμείς χειμώνες χρησιμοποιούνται κατ' εξακολούθηση διαλυτικά προϊόντα και άλατα για την αποσύνθεση του πάγου επί των οδών. Έτσι, ρυπαίνεται τόσο ο τηγμένος πάγος όσο και τα επιφανειακά νερά της περιοχής (Ανδρεοπούλου και Μιχαλάτου, 2010).

2.8. Αναγκαιότητα βιώσιμου σχεδιασμού στα έργα οδοποιίας

Στη σύγχρονη εποχή, σε κάθε τεχνικό έργο, η ένταξη του βιώσιμου σχεδιασμού κρίνεται απαραίτητη. Τα αίτια για αυτήν την μεταβολή ποικίλουν καθώς αφορούν στους τομείς του περιβάλλοντος, της κοινωνίας και της οικονομίας. Ο βιώσιμος σχεδιασμός απευθύνεται σε κάθε είδους οδού με παραδείγματα να έχουν εντοπιστεί σε αστικές περιοχές. Πιο αναλυτικά, στον βιώσιμο σχεδιασμό προωθούνται τα μέτρα ήπιας κυκλοφορίας, τα οποία ασχολούνται με την διαφοροποίηση της ευθυγραμμίας μίας οδού ή με την υψομετρική μεταρρύθμιση της ή την αλλαγή της επιφάνειας της. Οι παραπάνω τροποποιήσεις έχουν απώτερο στόχο τον περιορισμό των ταχυτήτων των οχημάτων ή τη μείωση των μεγάλων κυκλοφοριακών φόρτων. Η μεταβολή της οδικής συμπεριφοράς επιφέρει πλήθος θετικών επακόλουθων όπως η βελτίωση της οδικής ασφάλειας, της ποιότητας του αέρα, του ήχου και ο περιορισμός χρήσης ενέργειας (Παλάσκα και Πατσούρα, 2014).

Επιπλέον στον βιώσιμο σχεδιασμό εντάσσεται η άμεση προσβασιμότητα κάθε πολίτη στους δημόσιους χώρους της αστικής περιοχής. Για τον λόγο αυτό οι οδοί που κατασκευάζονται, κρίνεται απαραίτητο να διαθέτουν ράμπες πρόσβασης για άτομα με ειδικές ανάγκες, οδεύσεις για άτομα με περιορισμένη όραση και εγκατάσταση ηχητικής ειδοποίησης στους σηματοδότες. Στα πλαίσια του βιώσιμου σχεδιασμού των αστικών οδών εντάσσονται και οι δενδροφυτεύσεις (Μητρογιώργος, 2019). Τα πλεονεκτήματα της φύτευσης αφορούν στην εξισορρόπηση του κλίματος στο αστικό περιβάλλον, τον περιορισμό της ρύπανσης και τη βελτίωση της αισθητικής του χώρου (Κορνέλης, 2021).

2.9. Μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης

Στις προηγούμενες παραγράφους αναφέρθηκαν τα επακόλουθα των οδικών έργων στον άνθρωπο και το περιβάλλον. Αρκετά από αυτά ήταν αρνητικά και για τον λόγο αυτό τα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα του σχεδιασμού των οδικών έργων. Αρχικά κατά το στάδιο κατασκευής των οδών, υπάρχουν καθορισμένα μέτρα πρόληψης για την ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων. Πιο αναλυτικά, οι απασχολούμενοι εκτίθενται σε κινδύνους, οι οποίοι προκαλούνται από φυσικούς, χημικούς, ανθρωπογενείς παράγοντες ή παράγοντες που αφορούν στον εργασιακό χώρο και τη χρήση μηχανημάτων. Στους φυσικούς παράγοντες συγκαταλέγεται ο θόρυβος και τα μέτρα για την προστασία των εργαζομένων από τις αρνητικές επιπτώσεις του, περιλαμβάνουν τη σήμανση των χώρων, στους οποίους αναπαράγεται ήχος μεγαλύτερου των 85 dB (decibel, dB). Επιπλέον προληπτικό μέτρο αποτελεί το «σβήσιμο» των μηχανημάτων όταν δεν χρησιμοποιούνται από κανέναν υπάλληλο. Παράλληλα, τα μέσα ατομικής προστασίας δεν πρέπει να παραλείπονται.

Συνεχίζοντας οι χημικοί παράγοντες αφορούν ορισμένα υλικά, τα οποία επιφέρουν σημαντικούς κινδύνους. Τέτοια υλικά είναι η άσφαλτος, τα εύφλεκτα και τα εκρηκτικά υλικά. Για την ακρίβεια η θερμή άσφαλτος προκαλεί ερεθισμό στα μάτια των υπαλλήλων που εκτελούν τις ασφαλτοστρώσεις, ενώ την ίδια χρονική στιγμή εγκυμονούν κίνδυνοι για δερματικά και αναπνευστικά προβλήματα. Για την αποφυγή αυτών των δυσμενών συνεπειών κρίνεται απαραίτητη η σήμανση με κατάλληλες πινακίδες κατά τη διάρκεια της ασφαλτόστρωσης, καθώς και η τήρηση των μέτρων ατομικής προστασίας (προστατευτική φόρμα εργασίας, μάσκα και γυαλιά). Έπειτα, τόσο τα εύφλεκτα όσο και τα εκρηκτικά έχουν την δυνατότητα να αναπτύξουν πυρκαγιά ακόμα και από έναν σπινθήρα. Για τον λόγο αυτό κατά τη χρήση αυτών των υλικών στα εργοτάξια οδοποιίας απαγορεύεται η χρήση γυμνής φλόγας και το κάπνισμα. Σε περίπτωση πυρκαγιάς, οι εργαζόμενοι πρέπει να απομακρυνθούν αμέσως από το εργοτάξιο οδοποιίας και να ενημερωθεί ειδική ομάδα διάσωσης.

Οι ανθρωπογενείς παράγοντες αφορούν στην ηλικία, τη γνώση, τη διανοητική ικανότητα, συνήθειες, την ψυχολογική και σωματική κατάσταση των εργαζομένων. Για

παράδειγμα ένας εργαζόμενος μεγαλύτερης ηλικίας, λόγω της άμεσης κόπωσης που αισθάνεται από μια εργασία που έχει αναλάβει, είναι πιο επιρρεπής στην πρόκληση σφαλμάτων που επιφέρουν κίνδυνους στην υγεία των εργαζομένων ή ατυχήματα. Επιπλέον, σημαντικό ρόλο στην αποφυγή δυσμενών συνεπειών παίζει η επαρκής εκπαίδευση και ενημέρωση των εργαζομένων. Για την ακρίβεια η απασχόληση ανειδίκευτου προσωπικού ή προσωπικού με μικρή επαγγελματική εμπειρία εγκυμονεί μεγαλύτερη πιθανότητα πρόκλησης ατυχημάτων σε σύγκριση με έναν έμπειρο εργαζόμενο.

Σημαντικό ρόλο για την αποφυγή δυσάρεστων συνεπειών παίζει η διανοητική ικανότητα. Πιο συγκεκριμένα, ο κάθε εργαζόμενος έχει διαφορετική διανοητική ικανότητα, αφού αντιλαμβάνεται την κρισιμότητα μιας κατάστασης με διαφορετικό τρόπο. Έπειτα μερίδιο ευθύνης για τις δυσμενείς επιπτώσεις έχουν οι συνήθειες των εργαζομένων. Αναλυτικότερα, η έλλειψη των ατομικών μέσων προστασίας ή το κάπνισμα αποτελούν αιτίες για την πρόκληση αρνητικών επιπτώσεων. Τέλος, τόσο η σωματική όσο και η ψυχολογική κατάσταση των εργαζομένων συντελούν στην δημιουργία ή στην αποφυγή των δυσμενών επιπτώσεων. Για παράδειγμα η αυξημένη πίεση λόγο περιορισμένου χρόνου και η πολύωρη εργασία επιφέρουν άγχος και συγκρούσεις μεταξύ των εργαζομένων. Το γεγονός αυτό αυξάνει την πιθανότητα πρόκλησης ψυχολογικών διαταραχών και ατυχημάτων. Για τον λόγο αυτό οι απασχολούμενοι πρέπει να εργάζονται σε συνθήκες ομόνοιας και μελετημένου προγραμματισμού.

Στη συνέχεια, τα μέτρα για την πρόληψη και αντιμετώπιση των αρνητικών επιπτώσεων των οδικών έργων επεκτείνονται στον χώρο εργασίας, τη χρήση και συντήρηση των μηχανημάτων. Για την ακρίβεια ο εργασιακός χώρος πρέπει να είναι επαρκής και καλά εξοπλισμένος (ιδίως σε κλειστούς χώρους, όπως τα υπόγεια δίκτυα). Από την άλλη πλευρά, σημαντικό μέτρο πρόληψης ενός ατυχήματος αποτελεί η ορθή χρήση των μηχανημάτων. Για τον λόγο αυτό οι χειριστές οφείλουν να έχουν την κατάλληλη εκπαίδευση και εμπειρία πριν αναλάβουν οποιοδήποτε μηχάνημα.

Επιπρόσθετα, στα μέτρα πρόληψης που αφορούν την συντήρηση των μηχανημάτων συγκαταλέγεται ο έλεγχος των ρευστών που χρησιμοποιούνται για την ομαλή λειτουργία των μηχανημάτων. Ένα τέτοιος έλεγχος αφορά στη στάθμη του λαδιού, των καυσίμων, του νερού, των υδραυλικών και ψυκτικών υγρών. Μαζί με τα παραπάνω συμπεριλαμβάνεται ο έλεγχος της καμπίνας του οδηγού και των υλικών που προκαλούν ολίσθηση όπως γράσο και λάδια. Στον τομέα χρήσης μηχανημάτων ανήκει και η κατάλληλη στήριξη τους, έτσι ώστε να αποφευχθεί οποιαδήποτε αποτροπή, η οποία θα προκαλέσει ατύχημα. Για την ακρίβεια αυτό επιτυγχάνεται με τον έλεγχο του εδάφους, στο οποίο εξετάζεται η ευστάθεια και η κλίση του. Εξίσου σημαντικά είναι και τα μέτρα

ατομικής προστασίας (χρήση ζώνης ασφαλείας, κράνους) και η τήρηση των ορίων ταχύτητας εντός του εργοταξίου οδοποιίας (Μπαρπάκης, 2020).

Παραπάνω αναφέρθηκαν τα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης των επιπτώσεων που αφορούν τον ανθρώπινο πληθυσμό. Όμως τόσο ο άνθρωπος όσο και το περιβάλλον επηρεάζονται από ένα έργο οδοποιίας. Με αυτόν τον τρόπο τα μέτρα είναι αναγκαίο να συμπεριλαμβάνουν και το περιβάλλον. Εκτενέστερα ένα άμεσο μέτρο για την αποφυγή αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων αποτελεί η διατήρηση της υπάρχουσας εδαφικής κλίσης. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα τη διατήρηση της επιφανειακής απορροής των υδάτων. Επιπλέον μέτρο για την αντιμετώπιση των δυσμενών εδαφικών επιπτώσεων (όπως η διάβρωση του εδάφους) αποτελεί η επαναφύτευση σε καθορισμένα σημεία με παρόμοια είδη φυτών που υπήρχαν στον χώρο πριν την έναρξη των εργασιών.

Πέρα από το έδαφος, σημαντικές επιπτώσεις έχουν παρατηρηθεί στο ατμοσφαιρικό περιβάλλον. Για την αποφυγή ή τον περιορισμό αυτών των συνεπειών έχουν προταθεί διάφορα μέτρα. Τα μέτρα πρόληψης των ατμοσφαιρικών ρύπων αφορούν περισσότερο το στάδιο κατασκευής του έργου οδοποιίας. Στο στάδιο αυτό είναι ωφέλιμο να χρησιμοποιούνται σακκόφιλτρα στο σιλό τσιμέντου, στις ζυγιάστρες, στον περιστρεφόμενο κλίβανο για την ξήρανση των αδρανών υλικών, στα κόσκινα, στα σιλό προσωρινής παραμονής αδρανών, καθώς επίσης και στα αναβατώρια κατά την διαδικασία παραγωγής ασφαλτομίγματος. Η χρήση των σακκόφιλτρων δεν αποτελεί το μοναδικό μέτρο αποτροπής της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Στο ίδιο βαθμό βρίσκεται το μέτρο που αφορά τη χρήση συστημάτων αντιρρύπανσης σε διάφορα εργαλεία, όπως στους θραυστήρες, τα κόσκινα, στα σιλό κατά τη διαδικασία θραύσης αδρανών υλικών.

Ύστερα υπάρχουν εκτεταμένες επιδράσεις στο ακουστικό περιβάλλον κατά την περίοδο κατασκευής και λειτουργίας των οδικών έργων. Το γεγονός αυτό φέρνει στο προσκήνιο την ανάγκη λήψης μέτρων για την αντιμετώπιση αυτών των συνεπειών. Τα συγκεκριμένα μέτρα περιλαμβάνουν την τήρηση των ορίων του εκπεμπόμενου θορύβου καθώς και την χρήση νέων μηχανημάτων τελευταίας τεχνολογίας, τα οποία εκπέμπουν μειωμένο θόρυβο. Επίσης, η τοποθέτηση αντιθορυβικών πετασμάτων κατά την κατασκευή των τεχνικών έργων συμβάλλει στη μείωση των θορύβων. Στη συνέχεια στα μέτρα περιορισμού των θορύβων συγκαταλέγονται η χρησιμοποίηση μετακινούμενων ηχοπετασμάτων, η οριοθέτηση διαδρομών για την μετακίνηση των βαρέων μηχανημάτων, ακέραιο ωράριο εργασίας, έτσι ώστε να μην αναπτύσσονται θόρυβοι σε ώρες κοινής ησυχίας. Γενικότερα ο ορθός προγραμματισμός και η τήρηση του με βάση τον παράγοντα του χρόνου είναι ένα πολύ σημαντικό μέτρο την πρόληψη των δυσμενών επιπτώσεων.

Τα παραπάνω μέτρα γίνεται να εφαρμοστούν κατά την περίοδο κατασκευής των οδικών έργων, όμως στην φάση λειτουργίας τους εφαρμόζονται διαφορετικά. Για την

ακρίβεια ο κυκλοφορικός θόρυβος ευθύνεται, κατά κύριο λόγο, για την ηχορύπανση που παρατηρείται στις οδούς. Έτσι για τον περιορισμό του είναι απαραίτητο να τηρούνται τα ανώτερα επιτρεπόμενα όρια των δεικτών του κυκλοφοριακού θορύβου (όπως ορίζει η Κοινή Υπουργική Απόφαση 211773/2012). Επιπρόσθετα ωφέλιμα μέτρα αποτελούν η εγκατάσταση μόνιμων ηχοπετασμάτων, η πυκνή δενδροφύτευση, η χρησιμοποίηση ηχοαπορροφητικού ασφαλτοτάπητα και η μείωση του ορίου ταχύτητας σε πιο ευαίσθητες περιοχές (κατοικήσιμες ή περιοχές με προστατευόμενη πανίδα). Η εφαρμογή των προαναφερθέντων μέτρων είναι πιο επιτακτική σε περιοχές με έντονη κυκλοφορία, διότι εκεί παρατηρείται συχνότερα η υπέρβαση των ορίων του κυκλοφοριακού θορύβου (Σταύρου, 2020).

2.10. Νομοθεσία

Η κατασκευή κάθε έργου περιλαμβάνει την τήρηση και εφαρμογή νόμων, διατάξεων, υπουργικών αποφάσεων και διαταγμάτων. Όλη αυτή η διαδικασία αποτελεί την νομοθεσία. Πιο αναλυτικά, η νομοθεσία δεν περιορίζεται μόνο σε εθνικό επίπεδο, αλλά ενσωματώνει νόμους και αποφάσεις, οι οποίες έχουν ευρωπαϊκή και παγκόσμια ισχύ. Στις επόμενες παραγράφους θα αναφερθούν οι προδιαγραφές και οι κανονισμοί που απαιτούνται για τον σχεδιασμό ενός έργου οδοποιίας. Ορισμένες προδιαγραφές και κανονισμοί πέρα από εθνική έχουν ευρωπαϊκή και διεθνή ισχύ.

2.10.1. Ελληνική νομοθεσία

Η περιγραφή των παραδοτέων στοιχείων που είναι απαραίτητα για τον σχεδιασμό των οδικών έργων στον ελλαδικό χώρο γίνεται στην υπουργική απόφαση Υ.Α. ΔΝΣβ/1732/ΦΝ 466/2019 (ΦΕΚ 1047/Β/29-3-2019). Σύμφωνα με το προαναφερθέν Φύλλο Εφημερίδας της Κυβερνήσεως θα αναφερθούν τα κυριότερα παραδοτέα στοιχεία και μελέτες των ελληνικών οδικών έργων της παρούσας εργασίας. Εδώ είναι απαραίτητο να αναφερθεί ότι οι κατηγορίες των μελετών αναγράφονται σύμφωνα με τον νόμο Ν.4412/2016, άρθρο 2 (ΦΕΚ 147/Α/8-8-2016). Τα περισσότερα παραδοτέα στοιχεία και μελέτες συμμορφώνονται σε προδιαγραφές και κανονισμούς, οι οποίοι περιλαμβάνουν πλήθος νόμων και διαταγμάτων. Για την ακρίβεια ένα οδικό έργο απαρτίζεται από πέντε φάσεις, εκ των οποίων στις τέσσερις εντάσσεται η νομοθεσία.

Την πρώτη φάση αποτελεί ο προγραμματισμός και η προετοιμασία του Φακέλου Δημόσιας Σύμβασης (Φ.Δ.Σ.), με στόχο την ενσωμάτωση του έργου στο στρατηγικό σχεδιασμό του Φορέα (εθνικό, περιφερειακό ή δημοτικό), τη δημιουργία Φακέλου Δημόσιας Σύμβασης (Φ.Δ.Σ.) και τη χρηματοδότηση της μελέτης.

Η δεύτερη φάση αφορά στον λειτουργικό σχεδιασμό του έργου (στάδιο προκαταρκτικής μελέτης έργου οδοποιίας). Για την ακρίβεια στον λειτουργικό σχεδιασμό του έργου ανήκουν όλες οι απαραίτητες επιμέρους μελέτες. Αυτές περιλαμβάνουν:

- Το Πρόγραμμα Ποιότητας Μελέτης (Π.Π.Μ.) - καθορίζεται από την Υ.Α. /ΔΙΠΔΑΔ/οικ/501/4-7-2003 (ΦΕΚ 928 Β').
- Ενημέρωση-συμπλήρωση υφιστάμενων τοπογραφικών υποβάθρων (κατ.16). Οι προδιαγραφές εκπόνησης της είναι το Π.Δ.696/74 άρθρα 110-115, 117-118, 119, 125, 126 και το άρθρο ΟΔΟ.3 του Κανονισμού Προεκτιμώμενων Αμοιβών Μελετών και Υπηρεσιών (ΚΠΑΜΥ) και Παροχής Τεχνικών και Λοιπών Συναφών Επιστημονικών Υπηρεσιών.
- Αξιολόγηση των Επιπτώσεων Οδικής Ασφάλειας (κατ.10). Στις προδιαγραφές για την εκπόνηση της συγκεκριμένης αξιολόγησης συγκαταλέγονται το Π.Δ. 104/2011 (ΦΕΚ 237Α'/7-11-2011).
- Γεωτεχνικό Πρόγραμμα Α' Φάσης (κατ.21). Οι κανονισμοί εκπόνησης είναι οι ΟΔΗΓΙΕΣ ΜΕΛΕΤΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ (ΟΜΟΕ), τεύχος 11, Γεωλογικές και Γεωτεχνικές έρευνες και μελέτες.

Η τρίτη φάση του σχεδιασμού ενός οδικού έργου αφορά στον γεωμετρικό σχεδιασμό του έργου (στάδιο προμελέτης). Αναλυτικότερα στον γεωμετρικό σχεδιασμό ανήκουν όλες οι απαραίτητες επιμέρους μελέτες (όπως η εκπόνηση ενός λεπτομερούς τοπογραφικού διαγράμματος). Αυτές οι επιμέρους μελέτες είναι αναγκαίες για διάφορους λόγους όπως την αιτιολόγηση της εφικτότητας (τόσο τεχνικής και οικονομικής άποψης) της χάραξης και των λοιπών τεχνικών έργων της λύσης που έχει επελέγη ως αποτελεσματικότερη κατά το προηγούμενο στάδιο του λειτουργικού σχεδιασμού, για την περιβαλλοντική αδειοδότηση του. Ο γεωμετρικός σχεδιασμός περιλαμβάνει :

- Την Τοπογραφική Αποτύπωση (κατ.16). Στις προδιαγραφές και τους κανονισμούς εκπόνησης ανήκει το Π.Δ.696/74, άρθρα 108 έως 115, 119, 133 και 136 (Επίγεια Αποτύπωση).
- Α' Φάση Γεωτεχνικών Ερευνών (κατ.21). Οι κανονισμοί για την εκπόνηση της είναι οι ΟΔΗΓΙΕΣ ΜΕΛΕΤΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ (ΟΜΟΕ), τεύχος 11, Γεωλογικές και Γεωτεχνικές έρευνες και μελέτες.
- Προμελέτη Οδικών Έργων (οδοί και κόμβοι) (κατ.10). Οι προδιαγραφές εκπόνησης περιλαμβάνουν το Π.Δ.696/74 με τα άρθρα 132, 133, 147 (βελτιώσεις οδών) και 153 (κυκλοφοριακοί κόμβοι) (υπεραστικά οδικά έργα και αστικοί αυτοκινητόδρομοι, οδοί & κόμβοι). Στην προμελέτη των οδικών έργων ανήκει και η Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.) (κατ.27). Οι προδιαγραφές για την εκπόνηση της είναι ο νόμος Ν.4014/ΦΕΚ209Α/21-9-11, οι υπουργικές αποφάσεις Υ.Α.1958/ΦΕΚ21Β/13-1-12, Υ.Α./ΔΙΠΑ/οικ.37674/ΦΕΚ 2471Β/10-8-16 του Υπ. Περιβάλλοντος.
- Έλεγχος Οδικής Ασφάλειας (κατ.10). Ανάμεσα στις προδιαγραφές και τους κανονισμούς εκπόνησης είναι το Π.Δ. 104/2011 (ΦΕΚ 237/Α/7-11-2011).

- Γεωτεχνικό Πρόγραμμα Β' Φάσης (κατ.21). Στους κανονισμούς εκπόνησης ανήκουν οι ΟΔΙΓΙΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΟΔΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ (ΟΜΟΕ), τεύχος 11, Γεωλογικές και Γεωτεχνικές έρευνες και μελέτες.
- Β' Φάση Γεωτεχνικών Ερευνών (κατ.21). Οι κανονισμοί εκπόνησης είναι οι ΟΜΟΕ, το τεύχος 11, Γεωλογικές και Γεωτεχνικές έρευνες και μελέτες.
- Φάκελος Ασφάλειας Υπογείων Έργων (κατ.10). Στις προδιαγραφές και τους κανονισμούς εκπόνησης ανήκει το Π.Δ. 230/2007 (ΦΕΚ 264/Α/23-11-2007) «Προσαρμογή της Ελληνικής Νομοθεσίας στην Οδηγία 2004/54/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 29^{ης} Απριλίου 2004 σχετικά με τις ελάχιστες απαιτήσεις ασφαλείας για τις σήραγγες του διευρωπαϊκού οδικού δικτύου».

Στη συνέχεια, η τέταρτη φάση του σχεδιασμού ενός έργου οδοποιίας περιλαμβάνει την Οριστική Μελέτη Οδοποιίας Οδικών Έργων (οδοί και κόμβοι) (κατ.10). Στην συγκεκριμένη φάση συγκεντρώνονται πλήθος μελετών, μερικές εκ των οποίων είναι :

- Οριστική Μελέτη Υπεραστικών Οδικών Έργων & Αστικών Αυτοκινητοδρόμων (Οδοί και Κόμβοι) (κατ.10). Οι προδιαγραφές εκπόνησης είναι το Π.Δ.696/74, άρθρα 134 έως 136, 148 έως 151 και 154. Ενώ στους κανονισμούς εκπόνησης ανήκουν οι Οδηγίες Μελέτης Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ).
- Οριστική Μελέτη Τεχνικών Έργων (κατ.08) – Β' Στάδιο Μελέτης Υπογείων Έργων (κατ. 08-21). Στις προδιαγραφές εκπόνησης συμπεριλαμβάνεται το Π.Δ. 696/74 (άρθρο 140). Επιπλέον οι Τεχνικές Οδηγίες – Κανονισμοί περιλαμβάνουν τους Ευρωκώδικες, τις ΟΜΟΕ Τεχνικών Έργων. Ενώ στις προδιαγραφές των παραδοτέων εγγράφων ανήκουν το Π.Δ.696/74 (άρθρο 144), οι ΟΜΟΕ Τεχνικών Έργων (κεφ.11).
- Έλεγχος Οδικής Ασφάλειας (κατ.10). Ανάμεσα στις προδιαγραφές και κανονισμούς εκπόνησης του ελέγχου βρίσκεται το Π.Δ. 104/2011 (ΦΕΚ 237Α/7-11-2011).

Η τελευταία φάση για τον σχεδιασμό ενός οδικού έργου αφορά στις μελέτες κατασκευαστικού σχεδιασμού εφαρμογής του έργου (στάδιο μελέτης εφαρμογής). Οι συγκεκριμένες μελέτες αναγράφονται ως επί το πλείστον στα Τεύχη Δημοπράτησης του Έργου και συντάσσονται με ευθύνη του Αναδόχου Κατασκευής. Επίσης, ενδέχεται να ανήκουν στην κύρια μελέτη του οδικού έργου ή να αποτελούν ξεχωριστές μελέτες (αυτό εξαρτάται από τις εκάστοτε συνθήκες δημοπράτησης του έργου). Στις μελέτες ανήκουν:

- Οριστική Μελέτη Η/Μ Εγκαταστάσεων (κατ.09). Ανάμεσα στις προδιαγραφές εκπόνησης της συγκεκριμένης μελέτης ανήκει το Π.Δ.696/74 (άρθρα 154,160 και 161).

- Τεχνικές Περιβαλλοντικές Μελέτες (ΤΕΠΕΜ) (κατ.27) - Φυτοτεχνικές Μελέτες (κατ.25). Οι προδιαγραφές για την εκπόνηση των συγκεκριμένων μελετών είναι ο νόμος Ν.4014/2011 (ΦΕΚ 209Α').
- Μελέτη Φάσεων Κατασκευής και αποκατάστασης των υφιστάμενων λειτουργιών (κατ.10). Στις προδιαγραφές εκπόνησης αυτής της μελέτης ανήκει το Π.Δ.696/74 (άρθρα 148, 154 και 158).
- Μελέτη Κυκλοφοριακών Ρυθμίσεων Εκτάκτων Συνθηκών σε Υπόγεια Έργα (κατ.10). Οι προδιαγραφές εκπόνησης της μελέτης περιλαμβάνουν την οδηγία 2004/54/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 29ης Απριλίου 2004 σχετικά με τις ελάχιστες απαιτήσεις ασφάλειας για τις σήραγγες του Διευρωπαϊκού Οδικού Δικτύου και το Π.Δ. 230/23-11-2007 (ΦΕΚ Β' 264).
- Επικαιροποίηση - Συμπλήρωση Φακέλων Ασφάλειας Υπογείων Έργων (κατ.10). Ορισμένες από τις προδιαγραφές και τις τεχνικές οδηγίες - κανονισμούς εκπόνησης είναι το Π.Δ. 305/1996 (ΦΕΚ Α'212/1996) και η εγκύκλιος Ε27/2012 (ΔΙΠΑΔ/οικ/369/15-10-2012).

Κάθε προδιαγραφή και κανονισμός που αναφέρθηκε παραπάνω περιλαμβάνει τις μελλοντικές αναθεωρήσεις, συμπληρώσεις ή αντικαταστάσεις, όπως εκάστοτε ισχύουν.

2.10.2. Διεθνής και ευρωπαϊκή νομοθεσία

Κάθε χώρα διαθέτει ξεχωριστούς νομούς για την εύρυθμη λειτουργία της κοινωνίας της. Σε πολλές όμως περιπτώσεις οι νόμοι ενός κράτους ή μιας ομάδας κρατών αποκτούν μεγαλύτερη ισχύ. Έτσι εφαρμόζονται σε άλλες χώρες της ίδιας ή διαφορετικής ηπείρου. Οι νόμοι αυτοί αφορούν διάφορους τομείς της κοινωνίας και ένας από αυτούς είναι τα τεχνικά έργα, στα οποία ανήκουν τα έργα οδοποιίας. Αναλυτικότερα, οι ευρωπαϊκές και διεθνείς προδιαγραφές και κανονισμοί για τα οδικά έργα είναι:

- Οι διεθνείς οδηγίες:
  - Εγχειρίδιο Οδικής Ασφάλειας της Μόνιμης Διεθνούς Ένωσης Οδικών Συνεδριών (Permanent International Association of Road Congress Road Safety Manual ή PIARC Road Safety Manual). Το συγκεκριμένο εγχειρίδιο αναφέρεται σε κάθε στάδιο ανάπτυξης των υποδομών, με στόχο την πραγματοποίηση των στόχων της οδικής ασφάλειας (https://roadsafety.piarc.org/en).
  - Κατάλογος Προβλημάτων Ασφάλειας Σχεδιασμού και Πιθανών Αντιμέτρων της Μόνιμης Διεθνής Ένωσης Οδικών Συνεδριών (PIARC Catalogue of Design Safety Problems and Potential Countermeasures). Ο συγκεκριμένος κατάλογος γίνεται να

χρησιμοποιηθεί ως προληπτικό εργαλείο ασφάλειας για να διασφαλιστεί η αποτροπή σφαλμάτων κατά το στάδιο του σχεδιασμού ή ως εργαλείο αντιδραστικής ασφάλειας για να συμβάλει στο σχεδιασμό οικονομικά αποδοτικών αντιμέτρων για την αντιμετώπιση ενός προβλήματος. Περιέχει οκτώ ενότητες την λειτουργία της οδού, την διατομή της οδού, την ευθυγράμμιση της οδού, τις διασταυρώσεις, τις δημόσιες και ιδιωτικές υπηρεσίες, τους ευάλωτους χρήστες, την σήμανση και την σήμανση κυκλοφορίας οδών και τα χαρακτηριστικά στην άκρη της οδού (https://www.piarc.org/en/order-library/6458-en-PIARC%20Catalogue%20of%20design%20safety%20problems%20and%20potential%20countermeasures).

- Οδηγίες Ελέγχου Οδικής Ασφάλειας της Ομοσπονδιακής Διοίκησης Αυτοκινητοδρόμων (FHWA Road Safety Audit Guidelines) των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής. Αρχικά ο Έλεγχος Οδικής Ασφάλειας είναι μια επίσημη εξέταση επιδόσεων ασφαλείας ενός υπάρχοντος ή μελλοντικού δρόμου ή διασταύρωσης από μια ανεξάρτητη ομάδα ελέγχου. Εκτιμά ποιοτικά, αναφέρει πιθανά ζητήματα οδικής ασφάλειας και ανιχνεύει ευκαιρίες για βελτιώσεις στην ασφάλεια για όλους τους χρήστες του δρόμου. Έτσι οι Οδηγίες Ελέγχου Οδικής Ασφάλειας στοχεύουν στην παρουσίαση των θεμελιωδών αρχών του Ελέγχου Οδικής Ασφάλειας, την ενθάρρυνση των δημοσίων φορέων να εφαρμόσουν τον Έλεγχο της Οδικής Ασφάλειας και να εντάσσουν αυτές τις αρχές έμπρακτα στην καθημερινότητα. Τέλος όταν χρησιμοποιούνται οι Οδηγίες Ελέγχου Οδικής Ασφάλειας πρέπει να προσαρμόζονται στις συνθήκες του κάθε τόπου (Ward L., 2006).

- Εγχειρίδιο Χωρητικότητας Αυτοκινητοδρόμου (Highway Capacity Manual, HCM). Το συγκεκριμένο εγχειρίδιο παρέχει στους επαγγελματίες μεταφορών και στους ερευνητές ένα συνεπές σύστημα τεχνικών για την αξιολόγηση της ποιότητας των υπηρεσιών στις εγκαταστάσεις των αυτοκινητόδρομων και γενικότερα των δρόμων (TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 2000).

- Εγχειρίδιο Ασφάλειας Αυτοκινητοδρόμων (AASHTO Highway Safety Manual, HSM) είναι το σημαντικότερο έγγραφο καθοδήγησης για την ενσωμάτωση της ποσοτικής ανάλυσης ασφάλειας στις διαδικασίες σχεδιασμού και ανάπτυξης των αυτοκινητοδρόμων. Το συγκεκριμένο εγχειρίδιο συντάχθηκε από την Αμερικανική Ένωση Υπαλλήλων Μεταφορών Κρατικών Αυτοκινητοδρόμων (των ΗΠΑ). Γενικότερα εκθέτει σύγχρονες επιστημονικές μεθοδολογίες για την εκτίμηση της απόδοσης ασφάλειας των αυτοκινητοδρόμων και των δρόμων, με στόχο την διαδικασία λήψης αποφάσεων για τις μεταφορές των αυτοκινητοδρόμων (https://www.highwaysafetymanual.org/Pages/About.aspx).

- Γερμανικοί Κανονισμοί. Οι συγκεκριμένοι κανονισμοί για το σχεδιασμό και την κατασκευή δρόμων καταρτίζονται στο πλαίσιο της Ερευνητικής Εταιρίας Δρόμων και Κυκλοφορίας (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, FGSV) από ειδικευμένο επιστημονικό και εργατικό δυναμικό. Υπάρχουν τρείς κεντρικοί κανονισμοί για τον σχεδιασμό δρόμων:

  - Οδηγίες για την κατασκευή αυτοκινητοδρόμων (Richtlinien für die Anlage von Autobahnen, RAA).

  - Οδηγίες για την κατασκευή επαρχιακών δρόμων (Richtlinien für die Anlage von Landstraßen, RAL).

  - Οδηγίες σχεδιασμού αστικών δρόμων (Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen, RASt).

  Οι παραπάνω κανονισμοί ασχολούνται με τις αρχές σχεδιασμού, τα σχεδιαστικά στοιχεία και τα χαρακτηριστικά του εξοπλισμού για την νέα κατασκευή, μετατροπή και επέκταση των δρόμων. Κεντρικός στόχος αποτελεί ένας ασφαλής, αποτελεσματικός και φιλικός προς το περιβάλλον δρόμος χαμηλού προϋπολογισμού κατασκευής και λειτουργίας (Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, BauundVerkehr).

- Εγχειρίδιο διαχείρισης πρόσβασης (Access Management Manual). Το συγκεκριμένο εγχειρίδιο της Επιτροπής Έρευνας Μεταφορών των ΗΠΑ παρέχει καθοδήγηση σχετικά με μια συντονισμένη προσέγγιση στη μεταφορά και το σχεδιασμό της κοινότητας που έχει σχεδιαστεί για να συμβάλει στη βελτίωση της κινητικότητας, στην παροχή μεγαλύτερης επιλογής τρόπου λειτουργίας και στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος. Η καθοδήγηση προέρχεται από επιστήμονες διαφόρων κλάδων και απευθύνεται τόσο σε μηχανοκίνητα οχήματα όσο σε πεζούς και ποδηλάτες (Access Management Manual, 2014).

- Ευρωκώδικες. Γενικότερα οι Ευρωκώδικες δημιουργήθηκαν για να συμβάλουν στην εναρμόνιση των μεθόδων σχεδιασμού των τεχνικών έργων. Για την ακρίβεια αφορούν τεχνικά έργα που κατασκευάζονται σε Κράτη-Μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Συνολικά υπάρχουν δέκα Ευρωκώδικες, εκ των οποίων οι Ευρωκώδικες που αφορούν άμεσα τα οδικά έργα είναι οι Ευρωκώδικες 0,1,7 και 8. Ο Ευρωκώδικας 0 (EN 1990) εμπεριέχει τις αρχές και απαιτήσεις για την ασφάλεια των κατασκευών, ενώ ο Ευρωκώδικας 1 (EN 1991) παρέχει ολοκληρωμένες πληροφορίες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τον σχεδιασμό των τεχνικών έργων. Έπειτα ο Ευρωκώδικας 7 (EN 1997) αποτελεί τον Γεωτεχνικό Σχεδιασμό, δηλαδή περιλαμβάνει Γεωτεχνικές Έρευνες και Δοκιμές (πέρα από τους γενικούς κανόνες). Από την άλλη πλευρά ο

Ευρωκώδικας 8 (EN 1998) εφαρμόζεται σε τεχνικά έργα που βρίσκονται σε σεισμικές περιοχές και σκοπός του είναι σε περίπτωση σεισμού η προστασία των ανθρώπινων ζωών, ο περιορισμός των υλικών ζημιών και η διατήρηση της λειτουργικότητας των σημαντικών δομών της πολιτικής προστασίας (Ζαχαράκη Β., European Commission).

- Κανονισμοί της Πολιτικής για τον Γεωμετρικό Σχεδιασμό Αυτοκινητοδρόμων και Οδών (A Policy on Geometric Design of Highways and Streets) ή το κοινώς αποκαλούμενο «Πράσινο Βιβλίο» (Green Book). Το συγκεκριμένο σύγγραμμα συντάχθηκε από την Αμερικανική Ένωση Κρατικών Υπαλλήλων Αυτοκινητοδρόμων και Μεταφορών και χρησιμοποιείται για την κατασκευή οδών και αυτοκινητοδρόμων. Πέρα από τα στάδια της κατασκευής και λειτουργίας διαφόρων οδών και των αυτοκινητοδρόμων (όπως τοπικών οδών, συλλεκτικών οδών, αγροτικών και αστικών αρτηριών και διασταυρώσεων) περιλαμβάνει και την ασφαλή μετακίνηση των πεζών και ποδηλάτων (American Association of State Highway und Transportation Officials, Kumar R. & Vyas T., 2021).

- Οδηγία 2004/54/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 29ης Απριλίου 2004, σχετικά με τις ελάχιστες απαιτήσεις ασφαλείας για τις σήραγγες του Διευρωπαϊκού Οδικού Δικτύου. Σκοπός της είναι η διασφάλιση στοιχειώδους επιπέδου ασφάλειας για τους χρήστες των σηράγγων του Διευρωπαϊκού Οδικού Δικτύου. Η διασφάλιση αυτή επιτυγχάνεται με την πρόληψη των κρίσιμων συμβάντων που πιθανόν να θέσουν σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές, το περιβάλλον και τις εγκαταστάσεις της σήραγγας και με την προστασία στην περίπτωση ατυχήματος. Η συγκεκριμένη οδηγία ισχύει για όλες τις σήραγγες του Διευρωπαϊκού Οδικού Δικτύου που ξεπερνούν τα πεντακόσια μέτρα (άνω των 500 m). Επίσης η ισχύ της επικρατεί κατά το στάδιο μελέτης, κατασκευής και λειτουργίας μια σήραγγας που ανήκει στο Διευρωπαϊκό Οδικό Δίκτυο (Official Journal of the European Union L, 167,2004).

- Έκθεση «Σύσταση της ομάδας εμπειρογνωμόνων για την ασφάλεια στις οδικές σήραγγες. Τελική Αναφορά» ή "Recommendation of the group of experts on safety in road tunnels. Final Report". Η συγκεκριμένη έκθεση συντάχθηκε από την Οικονομική Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη (United Nations Economic Commission for Europe, UNECE) με βοήθεια μιας ομάδας εμπειρογνωμόνων με στόχο την πρόληψη κρίσιμων γεγονότων, τον περιορισμό των επιπτώσεων σε περίπτωση ατυχήματος. Επιπρόσθετος στόχος αποτελεί η θέσπιση μέτρων στους χρήστες των δρόμων, στην υποδομή και λειτουργία των οδικών σηράγγων και στα οχήματα που διέρχονται κατά μήκος των οδικών σηράγγων (UN. ECE. Adhoc Multidisciplinary Group of Experts on Safety in Tunnels, 2001).

- «Συστάσεις της ομάδας εμπειρογνωμόνων για την ασφάλεια στις οδικές σήραγγες. Προσθετέο 1» (Recommendations of the group of experts on safety in the road tunnels. Addendum 1). Εδώ η ομάδα των εμπειρογνωμόνων της Οικονομικής Επιτροπής των Ηνωμένων Εθνών για την Ευρώπη (UNCE) συμφώνησε στην προσθήκη δύο νέων συστάσεων της παραπάνω έκθεσης. Η πρώτη αφορά την πρόσβαση στο επάγγελμα του μεταφορέα οδικών μεταφορών με εφαρμογή αυστηρότερων όρων σε πανευρωπαϊκό επίπεδο. Η δεύτερη σύσταση αφορά τα συστήματα πληροφοριών έκτακτης ανάγκης, τα οποία παρέχουν οδηγίες στους οδηγούς ώστε να απομακρυνθούν από τα οχήματα τους και κατευθυνθούν σε εξόδους κινδύνου σε περίπτωση πυρκαγιάς (UN. ECE. Adhoc Multidisciplinary Group of Experts on Safety in Tunnels, 2002).

- Εγχειρίδιο Διαχείρισης Τροχαίων Συμβάντων (Traffic Incident Management Handbook, TIM Handbook) έχει εκδοθεί από το Τμήμα Μεταφορών της Ομοσπονδιακής Διοίκησης Αυτοκινητοδρόμων των ΗΠΑ. Για την ακρίβεια η Διαχείριση Τροχαίων Συμβάντων (Traffic Incident Management Handbook, TIM) εφαρμόζεται μέσα από προγράμματα, στα οποία συμμετέχουν επαγγελματίες των μεταφορών, της δημόσιας ασφάλειας και του ιδιωτικού τομέα με στόχο την ασφαλή και αποτελεσματική απαλλαγή των τροχαίων συμβάντων και των συντριμμιών που σχετίζονται με τέτοια συμβάντα. Έτσι το Εγχειρίδιο Διαχείρισης Τροχαίων Συμβάντων περιέχει τις εξελίξεις στα προγράμματα και τις πρακτικές της Διαχείρισης Τροχαίων Συμβάντων και παρέχει στους επαγγελματίες πληροφορίες για τις καινοτομίες στα εργαλεία και τις τεχνολογίες της Διαχείρισης Τροχαίων Συμβάντων (Owens et al., 2010).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΑ ΕΡΓΑ

3.1.Σιδηρόδρομος

Ο σιδηρόδρομος ανήκει στο σύστημα μεταφορών, του οποίου οι υποδομές κατασκευάζονται επί της γης. Χρονολογικά, ως έργο, έπεται των οδών και πιο συγκεκριμένα οι πρώτοι σιδηρόδρομοι κατασκευάστηκαν τον 17^{ο} αιώνα, ήταν μικρής κλίμακας και χρησιμοποιούνταν για βιομηχανικούς σκοπούς. Αργότερα, η χρήση του για τη μετακίνηση πολιτών και εμπορευμάτων ξεκίνησε τον 19^{ο} αιώνα. Στην εξέλιξη αυτή συνέβαλε ο ατμός, ο οποίος χρησιμοποιούνταν ως καύσιμο κίνησης του σιδηροδρόμου (Στύλας, 2020; Αργυρίου, 2013).

3.1.1. Σιδηροδρομική υποδομή

Εδώ ανήκει το σύνολο των έργων ενός σιδηροδρόμου πλην των συρμών. Αναλυτικότερα το σύνολο αυτό περιλαμβάνει τις σιδηροδρομικές γραμμές, τις σταθερές σημειακές εγκαταστάσεις και λοιπά τεχνικά έργα. Οι σιδηροδρομικές γραμμές είναι απαραίτητο να πληρούν ορισμένες απαιτήσεις, όπως το σημαντικά μεγάλο μήκος γραμμών για την κάλυψη των διαδρομών εκτός του αστικού χώρου. Επιπρόσθετα εντός του αστικού χώρου, σημαντικό μέρος των σιδηροδρομικών γραμμών κατασκευάζεται υπόγεια, γεγονός που αποτελεί ξεχωριστή κατηγορία της αστικής σιδηροδρομικής υποδομής. Στις σταθερές σημειακές εγκαταστάσεις ανήκουν οι σιδηροδρομικοί σταθμοί (επιβατικοί και εμπορικοί) μαζί με την υποδομή στάθμευσης και συντήρησης επισκευών. Η προαναφερθείσα υποδομή αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα των σιδηροδρομικών μέσων μεταφοράς. Τέλος, τα τεχνικά έργα περιλαμβάνουν σήραγγες, γέφυρες, γεωτεχνικά και υδραυλικά έργα (Κακάτση, 2007).

3.2. Κατηγορίες σιδηροδρόμων

Στην παρούσα εργασία θα αναφερθούν οι σιδηρόδρομοι που καλύπτουν διαδρομές εντός μίας μητροπολιτικής περιοχής και σε μικρότερο βαθμό εκείνοι που εξυπηρετούν μεγαλύτερες αποστάσεις. Πιο αναλυτικά, οι σιδηρόδρομοι εντός μίας μητροπολιτικής περιοχής χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τους αστικούς σιδηροδρόμους και τους σιδηροδρόμους που εκτελούν τακτικά δρομολόγια στις περιαστικές περιοχές. Κάθε κατηγορία περιλαμβάνει τις δικές της υποδομές, οι οποίες σε ορισμένα σημεία μοιάζουν ενώ σε άλλα σημεία είναι εντελώς ετερόκλητες. Οι αστικοί σιδηρόδρομοι υποδιαιρούνται στους υπόγειους και επίγειους σιδηροδρόμους, ενώ οι υπεραστικοί σιδηρόδρομοι είναι, κυρίως, επίγειοι.

3.2.1. Αστικοί σιδηρόδρομοι

Στους αστικούς σιδηροδρόμους ανήκει το μέσο σταθερής τροχιάς «μετρό» και στην συνέχεια το λιγότερο χρησιμοποιημένο τραμ. Τόσο το μετρό όσο και το τραμ απαντώνται σε αρκετές ευρωπαϊκές πόλεις, μία εκ των οποίων είναι και η πόλη των Αθηνών (Φωντωτού, 2015; Νικητάκης και Ασβεστάς, 2012). Αναλυτικότερα, το μετρό είναι ένα μέσο μεταφοράς με πολύ μεγάλη χωρητικότητα. Για την ακρίβεια ο αριθμός των επιβατών ξεπερνά τους 100.000 ανά ώρα αιχμής στην κεντρικότερη διαδρομή. Για τον λόγο αυτό μπορεί να χαρακτηριστεί ως βαρύ μέσο σταθερής τροχιάς. Ταυτόχρονα εξαιτίας της καθορισμένης διαδρομής, της κίνησης με ηλεκτρικό ρεύμα και των συστημάτων ελέγχου έχει την δυνατότητα να αναπτύσσει υψηλές ταχύτητες. Εντός του αστικού ιστού οι σιδηροδρομικές γραμμές προτιμάται να είναι υπόγειες, ενώ σε περίπτωση που το μετρό επεκτείνεται σε πιο αποκεντρωμένες περιοχές τότε οι γραμμές προτιμάται να είναι επίγειες (για λόγους εξοικονόμησης χρηματικών κεφαλαίων) (Σπυρόπουλος, 2006; Αλεξάνδρου και Σταυρή, 2011).

Στους αστικούς σιδηροδρόμους ανήκει το τραμ ή τροχιόδρομος (η ελληνική ονομασία). Το συγκεκριμένο μέσο μεταφοράς χαρακτηρίζεται ως ελαφρύς αστικός σιδηρόδρομος καθώς η ζήτηση και η χωρητικότητά του είναι μικρότερες από εκείνες του μετρό. Πιο συγκεκριμένα το τραμ με κριτήριο την λειτουργικότητα του χωρίζεται σε τέσσερις υποκατηγορίες: α) το αστικό τραμ, το οποίο καλύπτει αποστάσεις από 5 έως 20 χιλιόμετρα εντός της πόλης β) το τραμ των μεγάλων αποστάσεων που εκτελεί διαδρομές από 15 έως 50 χιλιόμετρα, γ) τα τουριστικά τραμ ή αλλιώς τραμ πολιτιστικής κληρονομιάς, τα οποία χρησιμοποιούνται για λόγους περιήγησης και αναψυχής περιορισμένων αποστάσεων και δ) τα εμπορικά τραμ, τα οποία εξυπηρετούν την μετακίνηση προϊόντων (Κατκαδίγκας, 2014; Σπυρόπουλος, 2006).

Η χρήση του τραμ γίνεται κατά κύριο λόγο στα αστικά κέντρα. Πολλές ευρωπαϊκές πόλεις έχουν εντάξει το τραμ στο σύστημα μεταφορών τους. Μερικές από αυτές είναι η Νίκαια στη Γαλλία, η Δρέσδη στη Γερμανία, η Νάπολη στην Ιταλία και η Αθήνα. Σε ό,τι αφορά στις σιδηροδρομικές γραμμές, επικρατεί η επίγεια κατασκευή τους και συνυπάρχουν παράλληλα με το υπόλοιπο οδικό δίκτυο. Βέβαια, υπάρχουν περιπτώσεις που οι σιδηροδρομικές γραμμές του τραμ μπορεί να κατασκευαστούν υπόγεια, υπέργεια ή επίγεια χωρίς καμία ανάμιξη με το υπόλοιπο οδικό δίκτυο. Στην σημερινή εποχή το συγκεκριμένο μέσο μεταφοράς κινείται αποκλειστικά με ηλεκτρικό ρεύμα (Κατκαδίγκας, 2014; Ρέντας, 2010).

Επιπρόσθετα ως ελαφρύς αστικός σιδηρόδρομος, χαρακτηρίζεται και ένα ακόμα είδος σιδηροδρόμου. Αυτός είναι ο μονόραβδος ή μονοτρόχιος σιδηρόδρομος (monorail). Καλύπτει μικρές διαδρομές και τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται για την εξυπηρέτηση της μετακίνησης των πολιτών σε αστικές περιοχές. Για την ακρίβεια, τέτοιου είδους σιδηρόδρομοι υπάρχει σε αρκετές πυκνοκατοικημένες πόλεις

παγκοσμίως, όπως στο Σιάτλ των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής, στο Ντουμπάι των Ηνωμένων Αραβικών Εμιράτων, στο Βούπερταλ της Γερμανίας και στο Τόκυο της Ιαπωνίας (ζωολογικός κήπος Ουένο). Επίσης με κριτήριο την τοποθέτηση των βαγονιών επί της οδού μεταφοράς – δοκός καθοδήγησης (για τον μονόραβδο σιδηρόδρομο) τα συστήματα του μονοτρόχιου σιδηρόδρομου διαιρούνται σε τρεις ομάδες. Αυτές είναι τα επικαθήμενα συστήματα (οι συρμοί βρίσκονται πάνω στην δοκό καθοδήγησης), τα κατακόρυφα ανηρτημένα συστήματα (οι συρμοί τοποθετούνται κάτω από την δοκό καθοδήγησης) και τα πλαγίως ανηρτημένα συστήματα (οι συρμοί κινούνται στα πλάγια άκρα της δοκού-καθοδήγησης) (Ευσταθίου, 2018).

3.2.2. Σιδηρόδρομοι που επεκτείνονται στον περιαστικό χώρο

Ένα είδος σιδηροδρόμου που συνδέει άμεσα τους αστικούς με τους περιαστικούς χώρους είναι ο προαστιακός σιδηρόδρομος. Ο συγκεκριμένος τύπος σιδηροδρόμου επιτυγχάνει την σύνδεση των κατοίκων με περιοχές όπως βιομηχανίες, μικρότερες πληθυσμιακές κοινότητες ή άλλα συστήματα μεταφορών (όπως λιμένες, αερολιμένες), τα οποία είναι χρήσιμα για την μετακίνηση ατόμων και εμπορευμάτων (Καλάρας, 2012; Παπανδρέου, 2007). Οι παραπάνω περιοχές βρίσκονται κατά κύριο λόγο στην περιαστική ζώνη και επί της ουσίας στόχος του συγκεκριμένου σιδηροδρόμου είναι η άμεση μετακίνηση των πολιτών στην ευρύτερη μητροπολιτική περιοχή.

Ειδικότερα, ο προαστιακός σιδηρόδρομος υποδιαιρείται σε τρεις κατηγορίες. Αυτές είναι ο συμβατικός βαρύς προαστιακός σιδηρόδρομος, το προαστιακό μετρό και ο ελαφρύς προαστιακός σιδηρόδρομος. Πιο αναλυτικά, ο συμβατικός βαρύς προαστιακός σιδηρόδρομος καλύπτει μεγάλες αποστάσεις μέχρι 100 χιλιόμετρα (όπως το Trains de Banlieue στο Παρίσι), ενώ το προαστιακό μετρό καλύπτει διαδρομές έως 40 χιλιομέτρων από το κέντρο μια πόλης (όπως ο Schnellbahn στη Βιέννη). Έπειτα ο ελαφρύς προαστιακός σιδηρόδρομος είναι ένας συνδυασμός του ελαφρύ μετρό και του προαστιακού σιδηροδρόμου που εξυπηρετεί την μετακίνηση σε περιοχές που είναι απομακρυσμένες από τον κέντρο της ίδιας πόλης (όπως το BHEV στη Βουδαπέστη) (Κακάτση, 2007).

3.3. Παλαιότεροι σιδηρόδρομοι

Η βιομηχανική επανάσταση του 19^{ου} αιώνα επέφερε πολλές εφευρέσεις, οι οποίες συνέβαλαν στην αύξηση της παραγωγής. Μια από αυτές ήταν η ατμομηχανή, η οποία εντάχθηκε στον τομέα τον μεταφορών. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκε η πρώτη ατμάμαξα, η οποία κινούμενη πάνω στις σιδηροδρομικές γραμμές εξυπηρέτησε την μετακίνηση ατόμων και αγαθών. Οι πρώτοι σιδηρόδρομοι εκτελούσαν διαδρομές μεταξύ πόλεων, όπως η διαδρομή Manchester-Liverpool στην Αγγλία. Ενώ στο δεύτερο μισό του

19ου αιώνα δημιουργήθηκαν σιδηρόδρομοι που εκτελούσαν δρομολόγια εντός του αστικού ιστού όπως το μετρό και το τραμ. Σε γενικές γραμμές ο 19ος αιώνας αποτέλεσε εποχή γέννησης και ακμής των σιδηροδρόμων (Μαυρίκου, 2015).

Σε ό,τι αφορά στο υλικό κίνησης, οι πρώτοι σιδηρόδρομοι εντός και εκτός του αστικού ιστού κινούνταν με την καύση ορυκτών καύσιμων για την παραγωγή ατμού. Με την πάροδο των χρόνων οι ατμοκίνητοι σιδηρόδρομοι αντικαταστάθηκαν από ντιζελοκίνητους και ηλεκτροκίνητους σιδηροδρόμους. Κύριοι λόγοι για την μετάβαση αυτή αποτέλεσαν η εξέλιξη της τεχνολογίας και το υψηλό κόστος συντήρησης και λειτουργίας των σιδηροδρομικών ατμαμαξών. Ιδιαίτερης μνείας χρήζει το ηλεκτροκίνητο μετρό του Λονδίνου, το οποίο κατασκευάστηκε το 1890 και αποτελεί οικουμενικά το πρώτο μετρό που κινήθηκε με ηλεκτρισμό (Κυριαζή, 2020).

Κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα επικράτησαν οι ντιζελοκίνητοι και ηλεκτρικοί σιδηρόδρομοι. Για την ακρίβεια η ακμή των ντιζελοκίνητων σιδηρόδρομων ξεκίνησε ύστερα από το τέλος του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου έως την δεκαετία του 1970. Τότε, εξαιτίας των πετρελαϊκών κρίσεων, αυξήθηκε η ζήτηση για τους ηλεκτροκίνητους σιδηροδρόμους που επικρατούν μέχρι σήμερα. Επιπρόσθετα, οι ηλεκτρικοί σιδηρόδρομοι είναι φιλικότεροι προς το περιβάλλον καθώς δεν εκπέμπουν αέριους ρύπους (Παρλάντζας, 2016).

3.4. Σύγχρονοι σιδηρόδρομοι

Στη σημερινή εποχή κυριαρχούν οι ηλεκτροκίνητοι σιδηρόδρομοι, με τις κατηγορίες και τα νέα μοντέλα τους να πληθαίνουν όλο και περισσότερο. Ορισμένες από τις κατηγορίες τους αναλύθηκαν σε προηγούμενες παραγράφους. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, έχουν αναπτυχθεί σιδηρόδρομοι, οι οποίοι αναπτύσσουν σημαντικά μεγαλύτερες ταχύτητες συγκριτικά με τους συμβατικούς ηλεκτροκίνητους σιδηροδρόμους. Αυτοί ονομάζονται σιδηρόδρομοι υψηλής ταχύτητας. Οι συγκεκριμένοι σιδηρόδρομοι κινούνται με τη βοήθεια ηλεκτρομαγνητικών πεδίων και για την ακρίβεια μέσω μαγνητικής αιώρησης. Η διεθνής ονομασία τους είναι Maglev (Magnetic levitation) και η μέση ταχύτητα τους είναι τα 350 χιλιόμετρα ανά ώρα (350 km/h).

Την αρχή στην κατασκευή των σιδηροδρόμων υψηλής ταχύτητας έκανε η Ιαπωνία. Σταδιακά με το πέρασμα των χρόνων αυτοί οι σιδηρόδρομοι εντάχθηκαν στα δίκτυα διαφόρων χωρών παγκοσμίως. Ανάμεσα σε αυτές τις χώρες είναι η Κίνα (Shanghai Maglev), η Ιταλία (Direttissima), η Γαλλία (Train a Grand Vitesse), η Γερμανία (Transrapid και Intercity Express, ICE) και η Ισπανία (Alta Velocidad Espanola). Στις ευρωπαϊκές χώρες, η ταχύτητα του συγκεκριμένου είδους σιδηροδρόμου έχει τη δυνατότητα να ξεπεράσει τα 250 χιλιόμετρα ανά ώρα (250 km/h). Οι συγκεκριμένοι σιδηρόδρομοι

χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για την σύνδεση πόλεων (Παρλάντζας 2016; Παππά 2014; Xiangming 2006; Cascetta & Coppola 2014; Dingetal., 2023).

3.5. Διαδικασία κατασκευής σιδηροδρομικών έργων

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα σιδηροδρομικά έργα εντάσσονται στην σιδηροδρομική υποδομή, η οποία αποτελείται από τρείς ομάδες έργων. Τα άμεσα διακριτά έργα από την πλευρά του χρήστη των σιδηροδρομικών μεταφορών αποτελούν οι σιδηροδρομικές γραμμές, οι σήραγγες, οι γέφυρες και οι σταθμοί.

3.5.1. Σιδηροδρομική γραμμή

Αρχικά μια σιδηροδρομική γραμμή ταξινομείται σε δύο μέρη, την επιδομή και την υποδομή. Τα στοιχεία της επιδομής αποτελούν τμήματα, τα οποία βρίσκονται επιφανειακά του εδάφους. Πιο συγκεκριμένα, τα τμήματα είναι οι σιδηροτροχιές, το σύστημα επίδεσης, οι στρωτήρες και ορισμένοι θεωρούν ότι στην επιδομή ανήκουν τα έρματα (μαζί με το υπόστρωμα έρματος). Αντίθετα, η υποδομή αποτελεί τη θεμελίωση της γραμμής. Για την ακρίβεια η θεμελίωση περιλαμβάνει είτε αυτόχθονα υλικά (κατεργασμένα και μη) είτε τοποθετημένα από τον άνθρωπο υλικά (Μανωλάκος, 2008).

Οι εργασίες που λαμβάνουν χώρα για την κατασκευή της σιδηροδρομικής γραμμής πέρα είναι ποικίλες. Ακριβέστερα αρχίζουν με τη σύνταξη μια σειράς μελετών που είναι απαραίτητες για διεξαγωγή του έργου. Σε αυτές ανήκουν οι προκαταρκτικές και οι μετέπειτα μελέτες. Στις προκαταρκτικές ανήκουν οι συγκοινωνιακές, αναγνωριστικές και τοπογραφικές μελέτες. Ενώ στις μετέπειτα μελέτες πέρα από τις συγκοινωνιακές και τοπογραφικές μελέτες, εντάσσονται οι γεωλογικές, υδραυλικές, στατικές και περιβαλλοντικές μελέτες. Επιπρόσθετα υπάρχουν και άλλες εργασίες οι οποίες πραγματοποιούνται στο πεδίο. Πιο αναλυτικά, σε αυτές συγκαταλέγονται η χάραξη και η αποτύπωση της σιδηροτροχιάς και η στρώση της σιδηροδρομικής γραμμής μαζί με τις αλλαγές της.

Η χάραξη των σιδηροτροχιών αποτελεί μια τοπογραφική εργασία. Ο σκοπός της είναι ο σχεδιασμός, η μέτρηση, η τοποθέτηση και ο τελικός έλεγχος της γεωμετρίας των σιδηροτροχιών. Αντίθετα η αποτύπωση των σιδηροτροχιών είναι προαιρετική και εφαρμόζεται σε περιστάσεις που είναι απαραίτητη η καταγραφή της παρούσας κατάστασης της σιδηροδρομικής γραμμής και του περιβάλλοντα χώρου. Η συγκεκριμένη διαδικασία είναι αναγκαία κατά τη διάρκεια κατασκευής μιας καινούργιας σιδηροδρομικής γραμμής. Συνοψίζοντας η αποτύπωση λαμβάνει χώρα σε μια ήδη κατασκευασμένη σιδηροδρομική γραμμή και οι λόγοι για την διεξαγωγή της ποικίλουν. Μερικοί από αυτούς είναι η ψηφιοποίηση, ο έλεγχος της γεωμετρίας της και η διάρθρωση της σιδηροδρομικής γραμμής (Αϊβαλιώτης, 2018).

Επόμενη σημαντική εργασία για την κατασκευή των σιδηροδρομικών γραμμών είναι η στρώση της σιδηροδρομικής γραμμής μαζί με τις αλλαγές της. Η συγκεκριμένη εργασία υποδιαιρείται σε εννέα μικρότερες εργασίες. Μέσα σε αυτές εντάσσεται η μεταφορά σιδηροτροχιών επί του έργου. Σε αυτήν την διαδικασία οι μικρότερες σε μήκος σιδηροτροχιές συγκολλούνται στο πεδίο του έργου με την αλουμινοθερμική μέθοδο για να σχηματιστούν σιδηροτροχιές των 180 μέτρων. Επακόλουθη εργασία αποτελεί η κατασκευή καναλιού φορέα τηλεδιοίκησης και οπτικής ίνας και στη συνέχεια η προσκυρόστρωση. Στη φάση της προσκυρόστρωσης λαμβάνει χώρα ο έλεγχος του σώματος της υποδομής πριν τοποθετηθεί η αρχική στρώση των χαλικιών και όλες οι προβλεπόμενες τοπογραφικές εργασίες (όπως η χάραξη και η εξασφάλιση των σιδηροδρομικών αξόνων).

Ύστερα έπεται η μεταφορά και η τοποθέτηση των στρωτήρων στην προβλεπόμενη αξονική τους απόσταση. Οι στρωτήρες είναι ολόσωμοι και προεντεταμένοι με το υλικό που συνδέσμων των σιδηροτροχιών και τα ελαστικά πέλματα. Αργότερα ακολουθεί η συναρμολόγηση-σκυρόστρωση-τακτοποίηση της σιδηροδρομικής γραμμής, στην οποία πραγματοποιείται πλήθος εργασιών. Ανάμεσα σε αυτές είναι η τοποθέτηση των συνδέσμων, των ελαστικών πελμάτων, των σιδηροτροχιών επί των στρωτήρων, το γωνίασμα και το δέσιμο. Επίσης περιλαμβάνουν την δεύτερη και την τρίτη (πάχους 10 εκατοστών) σκυρόστρωση.

Έπειτα σειρά παίρνει η τοποθέτηση αντιτροχιών (κόντρα ράγια) και η απελευθέρωση τάσεων γραμμής. Η συγκεκριμένη απελευθέρωση πραγματοποιείται στη φάση που όλες οι εργασίες έχουν τελειώσει και έχει πάρει η γραμμή την οριστική της θέση. Μετά ακολουθεί η παραλαβή γραμμής, κατά την οποία θα γίνει παραλαβή της γραμμής με βάση τα στοιχεία ενός καταγραφικού μηχανήματος (π.χ. του ΟΣΕ ΕΜ-120 στην Ελλάδα), ενώ τελευταία εργασία αποτελεί η τοποθέτηση σιδηροδρομικών σημάτων για την ασφαλή μετακίνηση των συρμών.

Για την πραγματοποίηση των παραπάνω εργασιών χρησιμοποιείται ο αντίστοιχος μηχανολογικός εξοπλισμός. Πιο αναλυτικά, τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται είναι η μπουρέζα, ένα ογκώδες και βαρύ μηχάνημα για την υπογόμωση στρωτήρων, την υψομετρική και οριζοντιογραφική τακτοποίηση της γραμμής και την γόμωση ανά δύο στρωτήρες. Ένα άλλο μηχάνημα είναι η μπουρέζα αλλαγών, η οποία εκτελεί την υπογόμωση στρωτήρων υψομετρικής και οριζοντιογραφικής τακτοποίησης στις αλλαγές της τροχιάς και έχει την δυνατότητα ταυτόχρονης ανύψωσης των δύο κλάδων κατά την αλλαγή τους. Επίσης χρησιμοποιείται η ρεγκαλέζα, ένα μηχάνημα για την συμμόρφωση τους έρματος με εξαρτήματα απομάκρυνσης σκύρων από την σιδηροτροχιά και συνδέσμων, ελευθέρωσης του επάνω τμήματος του στρωτήρα από σκύρα και μόρφωσης της διατομής με βάση την προβλεπόμενη διατομή.

Επόμενο μηχάνημα είναι ο σταμπιλιζάτορας, ο οποίος στοχεύει στην δυναμικής σταθεροποίησης της σιδηροδρομικής γραμμής. Ενώ ένα λιγότερο ενεργό μηχάνημα αποτελούν τα βαγόνια φόρτωσης σκύρων. Έπειτα κατά την κατασκευή των σιδηροδρομικών γραμμών, χρησιμοποιούνται τα οχήματα ρυμούλκησης μικτής κυκλοφορίας καθώς και ένα μηχάνημα ελιγμών, το οποίο προσφέρει την δυνατότητα προώθησης ή/και ρυμούλκησης των τρένων. Τέλος, χρησιμοποιούνται μηχανήματα για ειδικές χρήσεις (όπως για τον γεωφυσικό έλεγχο της γραμμής) (Μανωλάκος, 2008).

3.5.2. Σιδηροδρομική σήραγγα

Επόμενο σημαντικό σιδηροδρομικό έργο αποτελεί η σιδηροδρομική σήραγγα. Το συγκεκριμένο έργο μπορεί να χαρακτηριστεί ως υπόγειο έργο καθώς για την υλοποίηση του, πολλές φορές, πραγματοποιείται εκσκαφή σε μεγάλο βάθος κάτω από την γη (μετρό, υποθαλάσσιες σήραγγες) ή τη διάνοιξη του εδάφους ορεινών και ημιορεινών περιοχών (Παυλίδη, 2017). Αναλυτικότερα, οι σιδηροδρομικές σήραγγες ενδέχεται να είναι είτε μονής γραμμής (διαθέτουν μόνο μια τροχιοσειρά είτε διπλής γραμμής (διαθέτουν δύο τροχιοσειρές) ή δίδυμες (δηλαδή πρόκειται για δύο σήραγγες μονής γραμμής). Επιπλέον, ανάλογα τον τρόπο κατασκευής τους, ταξινομούνται σε διανοιγόμενες σήραγγες με ανοιχτή εκσκαφή και επανεπίχωση τύπου “cut and cover” (εκσκαφή από την επιφάνεια του εδάφους) και κλειστής υπόγειας διάνοιξης σήραγγες (υπόγεια εκσκαφή χωρίς αλλοίωση της επιφάνειας του εδάφους).

Κατά την κατασκευή μιας σιδηροδρομικής σήραγγας λαμβάνουν χώρα μια πληθώρα εργασιών. Σε αυτές ανήκουν η επίχωση ανεστραμμένου τόξου πυθμένα, η τοποθέτηση του υποστρώματος υποδομής, των έρμων, των εσχάρων γραμμής και η διαμόρφωση πεζοδρομίων για το προσωπικό. Έπειτα μια σιδηροδρομική σήραγγα συνοδεύεται από υδραυλικές εργασίες (όπως αποχέτευσης, υδροδότησης και πυρόσβεσης), ηλεκτρολογικές εργασίες (όπως ηλεκτροδότησης και διαύλους διέλευσης καλωδίων) και εφαρμογής συστημάτων ασφαλείας (όπως αερισμού). Οι παραπάνω εργασίες λαμβάνουν χώρα σε αστικές και μη σιδηροδρομικές σήραγγες (Δεληγιάννης, 2014). Παραδείγματα αποτελούν οι σήραγγες του Αττικό μετρό αλλά και η σήραγγα της περιοχής Παναγοπούλας στην Αχαΐα (Μπάτσος, 2011; Γεωργίου, 2015).

Μαζί με τις εργασίες αξίζει να σημειωθούν ορισμένα από τα μηχανήματα και τις μεθόδους για την διάνοιξη μίας σιδηροδρομικής σήραγγας. Πιο αναλυτικά, στα μηχανήματα συγκαταλέγεται το μηχάνημα ολομέτωπης κοπής (Tunnel Boring Machine, TBM), σημειακής κοπής με ανοικτή ασπίδα (Open Face Shield), και εξισορρόπησης εδαφικής πίεσης (Earth Pressure). Έπειτα στις μεθόδους ανήκει η συμβατική μέθοδος εκσκαφής σηράγγων NATM (New Austrian Tunneling Method), η μέθοδος ανοιχτού ορύγματος (Cut and Cover) και η μέθοδος επικάλυψης-εκσκαφής (Cut and Cut) (Μπάτσος, 2011).

Βέβαια μια σιδηροδρομική σήραγγα ανήκει στις συγκοινωνιακές σήραγγές, των οποίων η υποστήριξη (δηλαδή συγκράτηση πετρωμάτων) γίνεται με διάφορες μεθόδους. Ανάμεσα σε αυτές είναι τα χαλύβδινα πλαίσια, το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και τα αγκύρια. Αναλυτικότερα, τα χαλύβδινα πλαίσια είναι δύσκαμπτα υλικά και χρησιμοποιούνται για την προστασία από τις καταπτώσεις πετρωμάτων ή για την καθυστέρηση της παραμόρφωσης και της σύγκλισης των τοιχωμάτων της σήραγγας πριν τοποθετηθεί η οριστική επένδυση. Έπειτα, το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, το οποίο μεταφέρεται μέσα από σωλήνες και εκτοξεύεται υπό την πίεση αέρα με μεγάλη ταχύτητα επάνω σε μια επιφάνεια. Στην προκειμένη περίπτωση η επιφάνεια είναι τα τοιχώματα των υπογείων εκσκαφών των σηράγγων και ο κύριος στόχος του εκτοξευμένου σκυροδέματος είναι η αποφυγή χαλάρωσης των πετρωμάτων. Τα αγκύρια είναι γραμμικοί -κατά κύριο λόγο μεταλλικοί- φορείς, που χρησιμοποιούνται τόσο μετά την εκσκαφή όσο και στην προενίσχυση της σήραγγας (Κουνής, 2015).

3.5.3. Σιδηροδρομική γέφυρα

Σημαντικό σιδηροδρομικό έργο αποτελεί η σιδηροδρομική γέφυρα. Η σπουδαιότητα της έγκειται στο γεγονός ότι επιτυγχάνει διάφορους σκοπούς. Ανάμεσα σε αυτούς είναι η διέλευση της σιδηροδρομικής γραμμής πάνω από υδάτινα οικοσυστήματα (όπως ποτάμια και χειμάρρους). Ύστερα, στοχεύει στη διάβαση των συρμών μέσα από ευαίσθητα περιβαλλοντικά περιοχές (όπως πυκνά αστικές περιοχές). Ένας ακόμη σκοπός της είναι η προσπέλαση σε τόπους με μεγάλες υψομετρικές διαφορές (όπως χαράδρες) (Δεληγιάννης, 2014).

Μια σιδηροδρομική γέφυρα απαρτίζεται από διάφορα μέρη, τα οποία ταξινομούνται σε τρία κύρια τμήματα. Αυτά είναι η υποδομή, η ανωδομή και τα επιπρόσθετα στοιχεία εξυπηρέτησης της σιδηροδρομικής γέφυρας. Πιο αναλυτικά, η υποδομή περιλαμβάνει όλα τα μέρη τα οποία βρίσκονται κάτω από το κατάστρωμα της γέφυρας. Αυτά είναι τα εφέδρανα, τα βάθρα (μεσόβαθρα και ακρόβαθρα), η θεμελίωση, οι πτερυγότοιχοι (και λοιποί τοίχοι αντιστήριξης), τα στηθαία ασφαλείας και τα απαραίτητα έργα για τη μετάβαση από τη γέφυρα στην οδό (όπως οι πλάκες πρόσβασης).

Από την άλλη πλευρά τα δομικά μέρη της ανωδομής ποικίλουν ανάλογα με τη μέθοδο κατασκευής της. Οι μέθοδοι περιλαμβάνουν την προβολοδόμηση, την σταδιακή προώθηση, την μέθοδο προωθούμενων-αυτοφερούμενων δοκών και την μέθοδο προκατασκευασμένων δοκών. Τα επιπρόσθετα στοιχεία εξυπηρέτησης λειτουργίας είναι το οδόστρωμα, οι μονωτικές στρώσεις, τα στηθαία ασφαλείας, τα συστήματα αποχέτευσης του καταστρώματος, ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός, τα στοιχεία διαμόρφωσης των αρμών και στήριξης του φορέα.

Κατά τη διάρκεια κατασκευής της σιδηροδρομικής γέφυρας πραγματοποιούνται πλήθος εργασιών, ορισμένες από τις οποίες θα αναφερθούν παρακάτω. Αρχικά ξεκινούν οι εργασίες εκσκαφής και θεμελίωσης των ακροβάθρων και των μεσοβάθρων και στη συνέχεια ακολουθούν εργασίες συναρμολόγησής τους με το κατάστρωμα. Έπειτα, πραγματοποιείται η σκυροδέτηση, η σύζευξη οπλισμού στους αρμούς (στην οποία γίνεται σφράγιση των αρμών μεταξύ των πλακών), η τοποθέτηση αποσβεστήρων στα ακρόβαθρα και στα μεσόβαθρα. Οι εργασίες ολοκληρώνονται με τη διαμόρφωση της έδρας, των σιδηροτροχιών και τις λοιπές εργασίες τελειωμάτων (Καρβούνη, 2021).

3.5.4. Σιδηροδρομικός σταθμός

Το συγκεκριμένο είδος έργου ανήκει στις πάγιες σημειακές εγκαταστάσεις των σιδηροδρομικών υποδομών. Οι πρώτοι σιδηροδρομικοί σταθμοί κατασκευάστηκαν με την έλευση του σιδηροδρόμου ως μέσο μεταφοράς στις αρχές του 19^{ου} αιώνα. Αρχικά βρίσκονταν έξω από το αστικό ιστό, όμως, με την ολοένα πληθυσμιακή αύξηση των αστικών κέντρων εντάχθηκαν στον αστικό χώρο.

Τα πρώτα χρόνια ήταν ξύλινες κατασκευές και χρησιμοποιούνταν μόνο για εμπορικούς λόγους. Τα επόμενα χρόνια ξεκίνησαν οι κτιριακές υποδομές. Στα μέσα του 20^{ου} αιώνα σημειώθηκε μια συλλογική προσπάθεια για την καλύτερη χρήση, λειτουργία και αισθητική των σταθμών, ενώ στα τέλη του ίδιου αιώνα οι σιδηροδρομικοί σταθμοί είχαν πλέον ενσωματωθεί άμεσα στον πολεοδομικό ιστό (Τύρη, 2015).

Ένας σιδηροδρομικός σταθμός μπορεί να είναι επίγειος (προαστιακός σιδηρόδρομος) αλλά και υπόγειος (μετρό). Στην περίπτωση του υπόγειου σταθμού, αυτός διαμορφώνεται κατά τη διάρκεια διάνοιξης των σηράγγων (οι μέθοδοι και τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται αναφέρονται στην παράγραφο των σιδηροδρομικών σηράγγων) και οι αποβάθρες του διακρίνονται σε εγκάρσιας και διαμήκους τομής (Μπάτσος, 2011).

Ο επίγειος σταθμός αποτελεί ένα οικοδομικό έργο και οι εργασίες που λαμβάνουν χώρα για την κατασκευή του είναι ανάλογες του αντίστοιχου εργοταξίου. Πιο συγκεκριμένα, κατηγοριοποιούνται σε χωματουργικές, εργασίες του φέροντος οργανισμού, αρχιτεκτονικές, αποπεράτωσης και ηλεκτρομηχανολογικές. Στις χωματουργικές εργασίες εντάσσονται οι εκσκαφές και οι επιχώσεις θεμελίων.

Στη συνέχεια ακολουθούν οι εργασίες του φέροντος οργανισμού, στις οποίες ανήκουν εκείνοι που αφορούν στους ξυλότυπους, τους σιδηρούς οπλισμούς και τα σκυροδέματα. Έπειτα βρίσκονται στη σειρά οι αρχιτεκτονικές εργασίες και αργότερα οι εργασίες αποπεράτωσης (περιλαμβάνουν τις οπτοπλινθοδομές, τα επιχρίσματα και τις επενδύσεις των δαπέδων). Στην τελευταία κατηγορία εμπεριέχονται οι εργασίες του ηλεκτρομηχανολογικού τομέα.

Στον εξοπλισμό για την ανέγερση του έργου χρησιμοποιείται μια πληθώρα εργαλείων (όπως φτυάρια και καροτσάκια) και μηχανημάτων (όπως ανυψωτικά μηχανήματα και κομπρεσέρ). Εδώ είναι απαραίτητο να ειπωθεί, ότι κάθε κατηγορία εργασιών αναλαμβάνεται από ειδικευμένο εργατικό δυναμικό (Καρβούνη, 2021).

3.5.5. Επιπτώσεις στον ανθρώπινο πληθυσμό

Κατά τη διαδικασία κατασκευής των σιδηροδρομικών έργων, οι επιπτώσεις που απευθύνονται (άμεσα) στα άτομα αφορούν στους εργαζόμενους του εργοταξίου του αντίστοιχου έργου (γραμμή, σήραγγα, γέφυρα και σταθμός) και τους κατοίκους της γύρω περιοχής (ιδιαίτερα σε αστικό σιδηρόδρομο). Οι κύριες επιπτώσεις εντοπίζονται στον ήχο και την ατμόσφαιρα. Πιο αναλυτικά, στις παλαιότερες σιδηροδρομικές γραμμές χρησιμοποιούνταν έρμα που περιείχαν αμιαντούχα πετρώματα λόγο της αντοχής τους σε υψηλές θερμοκρασίες και δράσης χημικών ουσιών, αντίσταση στο ηλεκτρικό ρεύμα και της μεγάλης θερμομονωτικής τους ικανότητας. Ύστερα από μελέτες, οι ίνες αμιάντου, οι οποίες απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα, αποδείχθηκαν βλαβερές για την ανθρώπινη υγεία διότι προκαλούν ασθένειες όπως πνευμονοκοκκίωση (ή αμιάντωση) μεσοθηλίωμα (στον υπεζωκότα και στον περιτόναιο) και καρκίνο (στον πνεύμονα και στον λάρυγγα) Οι παραπάνω ασθένειες αφορούν, κατά κύριο λόγο, στους εργαζόμενους στις σιδηροδρομικές γραμμές και όχι ιδιαίτερα τους χρήστες των σιδηροδρόμων (Μανωλάκος, 2008).

Έπειτα κατά την πραγματοποίηση των χωματουργικών εργασιών των σιδηροδρομικών έργων, παράγεται μεγάλη ποσότητα σκόνης και αέριων ρύπων. Τόσο η σκόνη όσο και αέριοι ρύποι προκαλούν οφθαλμικές ενοχλήσεις, καθώς και αναπνευστικές ενοχλήσεις και ασθένειες (όπως βήχας, δύσπνοια και άσθμα). Οι αέριοι ρύποι εκπέμπονται από τα διάφορα οχήματα που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση των χωματουργικών εργασιών (τέτοια είναι οι εκσκαφείς, τα φορτηγά, οι φορτωτές και άλλα πολλά). Τα οχήματα αυτά απελευθερώνουν στην ατμόσφαιρα μονοξείδιο του άνθρακα (CO), υδρογονάνθρακες (HC), οξείδια του αζώτου και του θείου (NO_x και SO_x αντίστοιχα) και μόλυβδος (Pb, κατά την καύση μη αμόλυβδης βενζίνης). Επίσης απελευθερώνουν αιωρούμενα σωματίδια (Particulate Matter, PM) διαφόρων διαμέτρων. Τα παραπάνω αέρια και σωματίδια προκαλούν αναπνευστικές και καρδιολογικές διαταραχές.

Έπειτα, κατά την κατασκευή των σιδηροδρομικών έργων παρατηρείται ηχορύπανση. Αυτή η μορφή ρύπανσης οφείλεται στον εργοταξιακό θόρυβο και τις δονήσεις. Για την ακρίβεια, ο εργοταξιακός θόρυβος παράγεται από τα μηχανήματα και τα οχήματα που χρησιμοποιούνται σε κάθε σιδηροδρομικό έργο αντίστοιχα (ορισμένα από αυτά έχουν αναφερθεί σε προηγούμενες παραγράφους). Επιπρόσθετα, οι δονήσεις οφείλονται, τις περισσότερες φορές, στις εργασίες διάνοιξης σιδηροδρομικών σηράγγων ή άλλων

υπόγειων σιδηροδρομικών έργων. Στη συνέχεια μερικές από τις επιπτώσεις της ηχορύπανσης είναι: η μερική ή η πλήρης (αν το άτομο εκτίθεται κατ' εξακολούθηση σε πηγές θορύβων) απώλεια ακοής, οι διαταραχές στον ύπνο (ιδιαίτερα στους αστικούς σιδηροδρόμους), ο περιορισμός της ανθρώπινης επικοινωνίας και αντίληψης άλλων ηχητικών σημάτων, η πρόκληση ή επιδείνωση του άγχους, η μειωμένη παραγωγικότητα στον χώρο εργασίας, πονοκέφαλοι και υπέρταση (Κουτσίδου, 2014; Τριανταφύλλου, 2017).

3.5.6. Επιπτώσεις στο περιβάλλον

Η κατασκευή των σιδηροδρομικών έργων επηρεάζει άμεσα το εδαφικό, υδάτινο, ατμοσφαιρικό και ακουστικό περιβάλλον. Παραπάνω αναφέρθηκαν οι επιπτώσεις στο ατμοσφαιρικό και ακουστικό περιβάλλον, οι οποίες επηρεάζουν άμεσα την ποιότητα ζωής και εργασίας των ανθρώπων. Οι συγκεκριμένες επιπτώσεις είναι σημαντικές τόσο για τα άτομα όσο και για το υπόλοιπο οικοσύστημα. Εκείνες όμως που δεν αναφέρθηκαν και αφορούν πιο άμεσα το περιβάλλον είναι οι επιπτώσεις στο έδαφος και τα ύδατα.

Πιο αναλυτικά, οι επιπτώσεις που δέχεται το εδαφικό περιβάλλον είναι η σφράγιση του εδάφους με «αδιάβροχα» υλικά όπως το σκυρόδεμα, η αλλοίωση ή η καταστροφή των οικοσυστημάτων και οικολογικών ενδιαιτημάτων εξαιτίας της τοποθέτησης των σιδηροδρομικών γραμμών. Επιπλέον, λόγω των χωματουργικών εργασιών, των βαθιών ορυγμάτων και των ψηλών επιχωμάτων αλλοιώνεται το εδαφικό ανάγλυφο. Η συγκεκριμένη αλλαγή ενδέχεται να προκαλέσει κατολισθήσεις πρανών (ορύγματα) και αποκλεισμό περιοχών (επιχώματα).

Συνεχίζοντας, το υδάτινο περιβάλλον προσβάλλεται από τα υγρά απόβλητα των υπολειμμάτων του σκυροδέματος (που βρίσκονται μέσα στις μπετονιέρες σκυροδέτησης). Επίσης, η σκόνη που προκαλείται λόγο των χωματουργικών εργασιών, μεταφέρεται εύκολα μέσω των ομβρίων υδάτων και καταλήγει στα επιφανειακά ύδατα της περιοχής. Μαζί με τα παραπάνω υπάρχει η πιθανότητα διαρροής ελαίων από τα μηχανήματα του εργοταξίου (λόγω κακής διαχείρισής τους). Μέσω της βροχόπτωσης, τα συγκεκριμένα έλαια μεταφέρονται άμεσα στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα της περιοχής με αποτέλεσμα την πρόκληση χημικής ρύπανσης (Κουτσίδου, 2014; Μπεχλιβάνου, 2018).

3.6. Λειτουργία των σιδηροδρομικών έργων

Κάθε συγκοινωνιακό έργο εξυπηρετεί και μια ή περισσότερες λειτουργίες. Αυτό ισχύει και στα έργα που αναλύθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους. Ενδεικτικά οι σιδηροδρομικές γραμμές συμβάλλουν στη λειτουργία των συρμών, καθώς πάνω τους κινούνται οι τροχοί των σιδηροδρομικών οχημάτων. Έπειτα, οι σήραγγες και οι γέφυρες

επιτυγχάνουν τη διέλευση των συρμών εντός δύσβατων ή έντονα πυκνοκατοικημένων περιοχών. Αντίθετα, οι σιδηροδρομικοί σταθμοί στοχεύουν στην επιβίβαση και αποβίβαση των ατόμων και των εμπορευμάτων, ενώ ταυτόχρονα περιλαμβάνουν υπηρεσίες για την εξυπηρέτηση των επιβατών. Όλες οι παραπάνω λειτουργίες επιφέρουν θετικές και αρνητικές επιπτώσεις στον άνθρωπο και το περιβάλλον. Οι κυριότερες από αυτές θα αναφερθούν παρακάτω.

3.6.1. Επιπτώσεις στον ανθρώπινο πληθυσμό

Η λειτουργία των σιδηροδρόμων και των σιδηροδρομικών έργων έχει επιφέρει σημαντικές αλλαγές στον τρόπο ζωής των ανθρώπων. Πλέον ο χρόνος διαδρομής μεταξύ δύο περιοχών (είτε εντός είτε εκτός μιας πόλης) έχει συρρικνωθεί και οι άνθρωποι έχουν τη δυνατότητα να μετακινηθούν άμεσα σε διάφορους προορισμούς. Στο γεγονός αυτό έχει συμβάλει ιδιαίτερα η κατασκευή των τεχνικών έργων, όπως οι σήραγγες και οι γέφυρες. Επιπλέον, με τη χρήση των υπόγειων σιδηροδρόμων, έχει επιτευχθεί η εξοικονόμηση χώρου, ο οποίος μπορεί να διαμορφωθεί ως υπαίθριος χώρος για την ψυχαγωγία των πολιτών και έχει μειωθεί η κυκλοφοριακή συμφόρηση στο οδικό δίκτυο στα μεγάλα αστικά κέντρα (Δακτυλά, 2018).

Στον τομέα της οικονομίας, η χρήση των υπογείων σιδηροδρόμων έχει επιφέρει ένα αξιοπρόσεκτο πλεονέκτημα. Αυτό είναι η εξοικονόμηση χρημάτων, καθώς η χρήση των μέσων σταθερής τροχιάς είναι οικονομικότερη από την κατοχή και χρήση του αυτοκινήτου. Επιπλέον οικονομικό όφελος εντοπίζεται στη διαμόρφωση των σιδηροδρομικών σταθμών. Πιο συγκεκριμένα, από τις υπηρεσίες πληροφόρησης και έκδοσης εισιτηρίων εκεί λειτουργούν διάφορες επιχειρήσεις εστίασης και εμπορίας προϊόντων. Με αυτόν τον τρόπο ενισχύεται η οικονομία της περιοχής και ο ταξιδιώτης απολαμβάνει ένα αίσθημα άνεσης. Οι παραπάνω θετικές συνέπειες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο για τη χρήση και τη μελλοντική επέκταση των σιδηροδρομικών έργων (Τύρη, 2015).

Βέβαια, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, κάθε σιδηροδρομικό έργο συνοδεύεται και από αρνητικές πτυχές. Οι άνθρωποι επηρεάζονται άμεσα από τις πτυχές αυτές κυρίως μέσω της ρύπανσης που δημιουργείται στην ατμόσφαιρα και τον ήχο. Αναλυτικότερα, ένας σιδηρόδρομος, συγκριτικά με ένα αυτοκίνητο, παράγει λιγότερους ρύπους, αλλά όχι μηδαμινούς. Ένας χρόνιος χρήστης των σιδηροδρομικών μεταφορών εκτίθεται τακτικά σε αέριους ρύπους, όπως αιωρούμενα σωματίδια και οξείδια του άνθρακα (COκαι CO_2). Αυτό προκαλεί βραχυπρόθεσμες ενοχλήσεις (όπως πονοκέφαλος και ζαλάδα) και μακροπρόθεσμες διαταραχές (όπως θρόμβωση του αίματος και ινωμάτωση) (Σανιδά, 2011; Μπάτσος, 2011).

Ταυτόχρονα με την ατμοσφαιρική ρύπανση, ο άνθρωπος εκτίθεται σε διάφορους θορύβους. Αυτούς αντιλαμβάνονται άμεσα οι κάτοικοι που διαμένουν περιμετρικά των σιδηροδρομικών έργων. Ανάμεσα σε αυτούς τους θορύβους συγκαταλέγεται ο μηχανικός θόρυβος, ο οποίος δημιουργείται από τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό του τρένου και των ελκόντων οχημάτων. Για την ακρίβεια, υπάρχουν διάφορες πηγές μηχανικού θρύβου, όπως οι κινητήρες των ελκόντων οχημάτων, το σύστημα πέδησης, το αμάξωμα του οχήματος, τους αεροσυμπιεστές και άλλα πολλά (παρατηρείται κυρίως στις χαμηλές ταχύτητες κίνησης των συρμών). Επόμενο είδος θορύβου είναι ο θόρυβος κύλισης (rolling noise) που προκαλείται από τους τροχούς και τις σιδηροτροχιές (συνολικά). Μια από τις κύριες αιτίες του συγκεκριμένου θορύβου είναι οι ασυνέχειες της σιδηροδρομικής γραμμής.

Έπειτα ακολουθεί ο αεροδυναμικός θόρυβος, ο οποίος προκαλείται από την αύξηση των αεροδυναμικών αντιστάσεων κατά την κίνηση των τρένων. Εδώ σημαντικό ρόλο παίζουν διάφοροι παράγοντες όπως: η αεροδυναμική μορφή της μύτης και της ουράς του τρένου, η κατάσταση της πλευρικής επιφάνειας, το μήκος και ο αριθμός των οχημάτων του τρένου καθώς και πολλά άλλα. Στους θορύβους που προκαλούνται κατά τη λειτουργία των σιδηροδρόμων συμπεριλαμβάνεται ο θόρυβος του ηλεκτρικού τόξου, που δημιουργείται στην περίπτωση ασυνέχειας μεταξύ των παντογράφων και των εναέριων καλωδίων τροφοδοσίας (μοιάζει με τον θόρυβο των τρόλεϊ).

Κάθε είδος θορύβου που προαναφέρθηκε, έχει τη δυνατότητα πρόκλησης σημαντικών στην ανθρώπινη υγεία. Για την ακρίβεια, η τακτική έκθεση των ατόμων στους θορύβους ελαττώνει την αίσθηση της ακοής και οδηγεί ακόμα σε ασθένειες μη ιάσιμες. Οι παράγοντες εκδήλωσης των παραπάνω επιπτώσεων εξαρτώνται από τη στάθμη, τη συχνότητα, τη συνέχεια ή ασυνέχεια, τους παλμούς (κρουστικοί ή όχι) και τη διάρκεια του ήχου. Αναλυτικότερα, τα άτομα που εκτίθενται για αρκετή ώρα σε υψηλή στάθμη θορύβου αποκτούν ακουστικές βλάβες. Τα πρώτα συμπτώματα των συγκεκριμένων βλαβών είναι η δυσκολία επικοινωνίας με συνομιλητές και ύστερα οι εμβοές (τα κοινώς σφυρίγματα ή κουδουνίσματα). Η εκδήλωση εμβοών σηματοδοτεί την ύπαρξη σοβαρής βλάβης (Μπάτσος, 2011; Κουτσίδου, 2014).

3.6.2. Επιπτώσεις στο περιβάλλον

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά τη λειτουργία των σιδηροδρόμων και σιδηροδρομικών έργων είναι αρκετές και αφορούν κάθε τομέα του οικοσυστήματος. Παραπάνω έγινε μια πρώτη αναφορά στο ατμοσφαιρικό και ηχητικό περιβάλλον. Οι συγκεκριμένες συνέπειες αφορούν ισόβαθμα τόσο των ανθρώπινο πληθυσμό όσο και το περιβάλλον. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι ο ηλεκτρικός σιδηρόδρομος είναι φιλικότερος προς το περιβάλλον καθώς δεν εκπέμπει αέριους ρύπους (όπως ο διοξειδίου του θείου) που απελευθέρωναν οι ντιζελοκίνητοι σιδηρόδρομοι (Παρλάντζας, 2016;

Παπαδοπούλου, 2023). Μια κατηγορία θορύβου, που αφορά άμεσα στο εδαφικό περιβάλλον, είναι ο εδαφομεταφερόμενος ή δυναμικός θόρυβος που προκαλείται από τις δονήσεις μεταξύ των συρμών και των σιδηροδρομικών γραμμών. Αυτές μεταδίδονται μέσω του εδάφους στα κτίρια που βρίσκονται γύρω από τα σιδηροδρομικά έργα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η βάση της κατασκευής των γειτονικών κτιρίων να διεγείρεται.

Έπειτα το εδαφικό περιβάλλον επιβαρύνεται και από άλλες ενέργειες. Ανάμεσα σε αυτές είναι η ρύπανση λόγω ατυχήματος στην περίπτωση μεταφοράς και αποθήκευσης καυσίμων, επικίνδυνων φορτίων και άλλων υλικών. Επιπλέον, εδαφική ρύπανση προκαλεί η χρησιμοποίηση δύσκολα αποικοδομούμενων ζιζανιοκτόνων για τη διάλυση της μικροπανίδας ανάμεσα στις σιδηροδρομικές γραμμές. Επίσης, σημαντική υποβάθμιση του εδάφους μπορεί να εντοπιστεί στις πάγιες σημειακές εγκαταστάσεις, από τις εργασίες συντήρησης και επισκευής των τμημάτων ενός σιδηροδρόμου και των απορριμμάτων των επιβατών. Οι παραπάνω επιπτώσεις πέρα από το έδαφος μπορούν να επηρεάσουν εξίσου και το υδάτινο περιβάλλον.

Επιπρόσθετα, η επιβάρυνση του υδάτινου περιβάλλοντος προκαλείται από την απελευθέρωση ανόργανων και οργανικών ουσιών από τα σιδηροδρομικά οχήματα (αυτό παρατηρείται περισσότερο στους ντιζελοκίνητους συρμούς). Οι συγκεκριμένες ουσίες μεταφέρονται αρχικά στο έρμα των σιδηροδρομικών γραμμών και στη συνέχεια υπάρχει η πιθανότητα να καταλήξουν στους επιφανειακούς και υπόγειους υδάτινους αποδέκτες. Η παραπάνω δράση σε συνδυασμό με τα ακραία ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα αυξάνει την πιθανότητα για την μεταβολή της στάθμης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα και την αλλοίωση του επιφανειακού αποστραγγιστικού δικτύου (Κουτσίδου, 2014).

3.7. Η αναγκαιότητα του βιώσιμου σχεδιασμού στα σιδηροδρομικά έργα

Στη σύγχρονη εποχή ο βιώσιμος σχεδιασμός έχει ενταχθεί σε αρκετά τεχνικά έργα (όπως στα κτίρια και στους υπαίθριους αστικούς χώρους). Δεδομένων των συνθηκών της κλιματικής αλλαγής, μαζί με τις κοινωνικές και περιβαλλοντικές ανησυχίες, κρίνεται απαραίτητη η προσάρτησή του στον τομέα των μεταφορών. Το σιδηροδρομικό σύστημα μεταφορών αποτελεί εύφορο έδαφος για την ανάπτυξη του καθώς παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα συγκριτικά με άλλα συστήματα μεταφορών, όπως την εξοικονόμηση χώρου και χρόνου. Έτσι, η εφαρμογή του στη λειτουργία των σιδηροδρομικών έργων μπορεί να επιφέρει άμεσα θετικές επιδράσεις στο περιβάλλον, την κοινωνία και την οικονομία.

Έμπρακτο παράδειγμα ένταξης του βιώσιμου σχεδιασμού στα σιδηροδρομικά έργα είναι η διαμόρφωση ειδικού χώρου στάθμευσης των ποδηλάτων στο σιδηροδρομικό σταθμό. Το παράδειγμα αυτό έχει εφαρμοστεί σε αρκετές χώρες της Ευρώπης (π.χ.

Ολλανδία, Ηνωμένο Βασίλειο και Βέλγιο) συμβάλλοντας έτσι στην ανάπτυξη της βιώσιμης αστικής κινητικότητας. Οι κάτοικοι με αυτόν τον τρόπο μετακινούνται άμεσα, οικονομικά και οικολογικά (τόσο κατά την είσοδο, όσο και κατά την έξοδό τους από τον σταθμό). Για την διεξαγωγή αυτής της δράσης έχουν συμβάλει ευρωπαϊκά προγράμματα όπως, το «BiTiBi» (Bike Train Bike). Το παράδειγμα των ευρωπαϊκών χωρών επιδιώκει να εφαρμόσει και ο προαστιακός σιδηρόδρομος της Αθήνας (Καλογεράκη, 2017).

Βέβαια υπάρχουν διάφορες δράσεις για την επίτευξη του βιώσιμου σχεδιασμού στους σιδηροδρόμους και τα σιδηροδρομικά έργα. Ανάμεσα σε αυτές τις δράσεις βρίσκεται η εφαρμογή διεθνών προτύπων, όπως το διεθνές πρότυπο ISO 14001:2015. Το συγκεκριμένο πρότυπο αφορά στα Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης και είναι εφαρμόσιμο σε κάθε Οργανισμό ανεξάρτητα από το μέγεθος, το είδος και τη φύση του (ΕΛΟΤ ΕΝ ISO 14001:2015). Για παράδειγμα μπορούν να το εφαρμόσουν οι σιδηροδρομικές εταιρίες, οι κατασκευαστικές εταιρίες που ασχολούνται με έργα υποδομών, ακόμα και οι επιχειρήσεις εστίασης που δραστηριοποιούνται στους σιδηροδρομικούς σταθμούς.

Το πρότυπο ISO 14001:2015 διαθέτει κάποιες γενικές απαιτήσεις. Αυτές είναι οι εξής: α) Περιβαλλοντική προστασία και πρόληψη της ρύπανσης, β) Καθιέρωση περιβαλλοντικής πολιτικής, γ) Αναγνώριση Περιβαλλοντικών πλευρών, δ) Εντοπισμός σημαντικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ε) Συμμόρφωση με νομικές και άλλες απαιτήσεις, στ) Καθορισμός προτεραιοτήτων, σκοπών και στόχων, ζ) Καθιέρωση οργανωτικής δομής και προγραμμάτων για την υλοποίηση της πολιτικής και την επίτευξη σκοπών και στόχων, η) Διασφάλιση συνεχούς καταλληλότητας του Συστήματος Περιβαλλοντικής Διαχείρισης (Σ.Π.Δ.) και θ) Προσαρμοστικότητα στις αλλαγές (Μανάκου, 2021). Εδώ αξίζει να ειπωθεί ότι, μια προηγούμενη έκδοση του παραπάνω προτύπου, το ISO 14001:2004, έχει εφαρμοστεί στον Οργανισμό Σιδηροδρόμων Ελλάδος (Μπεχλιβάνου, 2018).

3.8. Μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης

Στις προηγούμενες παραγράφους αναφέρθηκαν ορισμένες θετικές και αρνητικές συνέπειες κατά την κατασκευή και λειτουργία των σιδηροδρομικών έργων. Για τις αρνητικές συνέπειες υπάρχουν ορισμένα μέτρα για την πρόληψη και ύστερα (εφόσον δεν μπορούν να αποφευχθούν) για την αντιμετώπισή τους. Στο στάδιο κατασκευής των σιδηροδρομικών έργων αρνητικές επιπτώσεις δέχονται τα άτομα και το περιβάλλον. Στα μέτρα της πρόληψης συγκαταλέγονται τα μέτρα ατομικής προστασίας. Πιο συγκεκριμένα, οι εργαζόμενοι πρέπει να φοράνε τα κατάλληλα ρούχα και υποδήματα, καθώς και κράνος, γάντια, γυαλιά, μάσκες και ειδικά προστατευτικά ακουστικά εργασίας. Παράλληλα με τα μέτρα ατομικής προστασίας σημαντική είναι η ύπαρξη κυτίου πρώτων βοηθειών και ιατρείου (για την άμεση αντιμετώπιση ενός ατυχήματος)

(Καρβούνη, 2021). Επιπλέον, οι εργαζόμενοι είναι σημαντικό να είναι εκπαιδευτικά καταρτισμένοι, έτσι ώστε να γνωρίζουν το αντικείμενο εργασίας τους πληρέστερα και να μειωθεί η πιθανότητα πρόκλησης εργατικού ατυχήματος (Ψαθάς, 2018).

Στη συνέχεια, στα μέτρα αντιμετώπισης συγκαταλέγονται μέτρα για τον περιορισμό των ατμοσφαιρικών ρύπων. Για τη μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων συνιστάται η χρήση οχημάτων και μηχανημάτων της κατηγορίας Euro 6 (χρησιμοποιούν ντίζελ αντί για πετρέλαιο), η τακτική διαβροχή του εργοταξιακού χώρου και όλων των ακάλυπτων επιφανειών (όπως διάδρομοι κίνησης των οχημάτων, χώροι συγκέντρωσης και βραχυπρόθεσμης απόθεσης, αποθήκευσης των αδρανών υλικών και χωμάτων) και η συχνή διαβροχή κατά την περίοδο ισχυρών ανέμων. Μαζί με τα παραπάνω σημαντικό μέτρο αποτελεί η εναπόθεση αδρανών και άλλων υλικών σε σωρούς μικρού ύψους. Με αυτόν τον τρόπο αποτρέπεται η δημιουργία, η διάχυση και η διασπορά σκόνης και αιωρούμενων σωματιδίων.

Επίσης, στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης συμβάλει η κάλυψη των μεγάλων σωρών (από προϊόντα εκσκαφών, χωμάτων, αδρανών υλικών και πολλών άλλων) με κατάλληλους μουσαμάδες. Ειδικότερα, κατά την διάνοιξη των σηράγγων είναι απαραίτητη η τοποθέτηση ενός επαρκούς συστήματος εξαερισμού. Έπειτα, χρήσιμο μέτρο για τον περιορισμό της ατμοσφαιρικής είναι η θέσπιση χαμηλού ορίου ταχύτητας σε χωμάτινες οδούς ώστε να μειώνεται η δημιουργία σκόνης και σωματιδίων κατά την έλευση και απομάκρυνση των εργοταξιακών οχημάτων.

Συνεχίζοντας, η ηχορύπανση προκαλεί εκτεταμένες επιπτώσεις, οι οποίες γίνεται να περιοριστούν από μια σειρά μέτρων. Σε αυτά ανήκει η χρήση ειδικών σιγαστήρων και κατασιγασμένων αεροσφύρων, μηχανολογικού εξοπλισμού και μηχανημάτων εργοταξίου. Επιπρόσθετα, η χρήση ηχοπετασμάτων αντιθορυβικής προστασίας, περιφραγμάτων ήχου και οι δενδροφυτεύσεις συμβάλλουν στη μείωση των θορύβων. Βέβαια, αναπόσπαστο τμήμα των αντιθορυβικών μέτρων αποτελεί η παρακολούθηση (με κατάλληλα μοντέλα) των επιπέδων θορύβων.

Εξίσου υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής μέτρων για την αντιμετώπιση της εδαφικής ρύπανσης. Αναλυτικότερα, η υποβάθμιση του εδάφους περιορίζεται με τις εργασίες σταθεροποίησης (των χαλαρών εδαφών), την ενίσχυση των πρανών των επιχωμάτων και των ορυγμάτων, τη διαμόρφωση αναβαθμών και την ορθολογική διαχείριση των όμβριων υδάτων για την προστασία των πρανών. Στα παραπάνω μέτρα συμπεριλαμβάνεται η δενδροφύτευση στα πρανή. Με αυτόν τον τρόπο τα πρανή προσαρμόζονται ομαλότερα στο φυσικό περιβάλλον της περιοχής και αλλοιώνουν λιγότερο το τοπίο της. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, με τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα μεταφέρονται τα υγρά απόβλητα (όπως έλαια και γράσα) των μηχανημάτων στο έδαφος. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαία η λήψη μέτρων για την αποστράγγιση των όμβριων υδάτων, τη συλλογή, διαχείριση και επεξεργασία ελαίων, πετρελαιοειδών, φθαρμένων

ελαστικών, εξαρτημάτων και ανταλλακτικών. Επιπλέον, απόβλητα των κατασκευών (π.χ. του επίγειου σιδηροδρομικού σταθμού) και των εκσκαφών (π.χ. των σηράγγων και των γεφυρών) πρέπει να μεταφέρονται στις κοντινότερες μονάδες επεξεργασίας στερεών αποβλήτων.

Επιπλέον, το υδάτινο οικοσύστημα της περιοχής επηρεάζεται αρνητικά από την κατασκευή ενός σιδηροδρομικού έργου. Στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων συμβάλλουν διάφορα μέτρα. Ανάμεσα σε αυτά είναι η κατασκευή αντιπλημμυρικών έργων πριν την έναρξη των χωματουργικών εργασιών. Οι χώροι απόθεσης των περίσσιων ή ακατάλληλων υλικών εκσκαφών των χωματουργικών εργασιών είναι απαραίτητο να βρίσκονται μακριά από τα επιφανειακά ύδατα. Αργότερα, οι εργασίες εκκαθάρισης και συντήρησης (π.χ. πλύσιμο και αλλαγή λαδιών) των εργοταξιακών οχημάτων πρέπει να γίνονται σε κατάλληλους αδειοδοτημένους χώρους μακριά από τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα, έτσι ώστε τα υγρά απόβλητα να μην ρυπαίνουν τους υδάτινους αποδέκτες.

Στο πλαίσιο αντιμετώπισης της υδάτινης ρύπανσης, περιλαμβάνονται και άλλα μέτρα Ανάμεσα σε αυτά είναι η εκπόνηση προγράμματος παρακολούθησης για την ποιότητα των υδάτων και η κατασκευή ειδικών δεξαμενών για τη μεταφορά του μονωτικού και των ψυκτικών ελαίων. Τα συγκεκριμένα υλικά προέρχονται από τις εγκαταστάσεις των μετασχηματιστών ισχύος στην σιδηροδρομική γραμμή και οι δεξαμενές αυτές διαθέτουν μεγάλο όγκο για την αντιμετώπιση σε περίπτωση διαρροής. Επιπλέον μέτρο αποτελεί η κατασκευή τάφρων στην περίμετρο των έργων με στόχο την αποτροπή της εισροής όμβριων νερών.

Βέβαια στη μείωση της υδάτινης ρύπανσης συμβάλλει η διακοπή των χωματουργικών εργασιών κατά την περίοδο έντονων βροχοπτώσεων, έτσι ώστε να μην μεταφερθούν αιωρούμενα σωματίδια στις απορροές και η διαμόρφωση χώρου απόθεσης προσρροφητικών υλικών (π.χ. άμμος και πριονίδια) για την άμεση χρήση τους σε περίπτωση ατυχήματος και διαρροής καυσίμων. Μαζί με τα παραπάνω συμβάλει και η κατασκευή υδραυλικών έργων των συγκοινωνιακών έργων (π.χ. καταστρώματος), τα οποία καταλήγουν σε μη τεχνητούς αποδέκτες και δεν επιβαρύνουν (όπως με την αύξηση της ταχύτητας ροής) τα υφιστάμενα ύδατα (Σταυρόπουλος, 2018).

Πέρα από τα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης κατά την φάση της κατασκευής των συγκοινωνιών έργων, υπάρχουν και τα ανάλογα μέτρα κατά τη διάρκεια λειτουργίας τους. Όπως είναι εύκολα αντιληπτό τα μέτρα αντιμετώπισης για την λειτουργία αφορούν πέρα από τα έργα και τους σιδηροδρόμους. Ακριβέστερα, ο σιδηροδρομικός θόρυβος γίνεται να μειωθεί με την τοποθέτηση τοίχων ηχοπροστασίας παράλληλα με την σιδηροδρομικές γραμμές. Επιπλέον, η αντικατάσταση των τροχοπέδιλων από χυτοσίδηρο με τροχοπέδιλα σύνθετου υλικού επιφέρει τη μείωση των θορυβωδών αμαξοστοιχιών (κατά κύριο λόγο εμπορικών). Επιπρόσθετα, η τοποθέτηση

αποσβεστήρων θορύβου τροχών (ή πιο απλά ελαστικοί τροχοί), ο αεροδυναμικός σχεδιασμός των παντογράφων και η ηχομόνωση του ελκτικού εξοπλισμού (όπως στις μηχανές) είναι σημαντικά μέτρα για την αντιμετώπιση των θορύβων στις πηγές τους.

Ειδικότερα στις ευαίσθητα περιβαλλοντικά περιοχές (τόποι ιδιαίτερου φυσικού κάλλους ή αστικά κέντρα) ή σημεία που παρατηρείται αύξηση των θορύβων (όπως κατά την διέλευση γεφυρών) λαμβάνονται επιπρόσθετα συμπληρωματικά μέτρα. Ανάμεσα σε αυτά βρίσκονται οι μετατροπείς τριβής, οι αποσβεστήρες κραδασμών σιδηροτροχιών, οι αιωρούμενες πλάκες (floating labs), τα φυσικά ηχοπετάσματα και τα ηχοφράγματα σε διάφορα ύψη. Επίσης, η συντήρηση των σιδηροδρομικών οχημάτων και των τροχιών περιορίζει τους περίσσιους θορύβους.

Συνεχίζοντας παράλληλα με τους θορύβους παρατηρούνται και δονήσεις, οι οποίες προκαλούνται από τον εδαφομεταφερόμενο θόρυβο. Για την ακρίβεια υπάρχουν πολλά μέτρα για την αντιμετώπιση των δονήσεων, όπως τα ελαστικά υποθέματα κάτω από τους στρωτήρες (Under slepper pads) και οι ελαστικοί τάπητες κάτω από το έρμα των σιδηροδρομικών γραμμών (Under ballast mats). Η χρήση των συγκεκριμένων ταπήτων γίνεται στις σιδηροδρομικές σήραγγες. Έπειτα, στη μείωση των δονήσεων συμβάλει η τοποθέτηση πλάκας σκυροδέματος μέσα στο έδαφος (Slab in the ground) ή πλωτής πλάκας (floating slab system) κάτω από το έρμα των γραμμών. Μια παρόμοια μέθοδος αντιμετώπισης των δονήσεων αποτελούν τα «σκάφη» με έρμα (Ballast edtrough), τα οποία προσφέρουν υψηλή σύνθετη αντίσταση εισόδου και αντιστήριξης για το έρμα.

Ύστερα στα μέτρα πρόληψης των δονήσεων σημαντικό ρόλο παίζουν οι στρωτήρες. Για παράδειγμα οι στρωτήρες μεγάλου πλάτους (Wide sleeper track), οι οποίοι έχουν διπλάσιο πλάτος από τους συνηθισμένους στρωτήρες, συμβάλλουν στη μείωση των δονήσεων. Άλλη κατηγορία στρωτήρων είναι οι στρωτήρες ladder (Ladder sleeper), οι οποίοι διαμοιράζουν ισότιμα το φορτίο των συρμών. Έπειτα υπάρχουν οι πλαισιωτοί στρωτήρες (Frame sleeper), όπου βασικός στόχος τους είναι η αύξηση αντοχής του έρματος, αποτελούνται από σκυρόδεμα και έχουν σχήμα «Η». Επόμενη κατηγορία είναι οι στρωτήρες με ελαστικό περίβλημα (Booted sleepers), οι οποίοι είναι από σκυρόδεμα και στην περίμετρο τους έχει τοποθετηθεί ένα ελαστικό υλικό.

Πέρα από τους στρωτήρες, στην πρόληψη των δονήσεων συμβάλλει το αφρώδες έρμα (Foamed ballast). Το συγκεκριμένο έρμα αποτελείται από αφρό πολυουρεθάνης και στόχος του είναι αύξηση της αντοχής του. Επιπρόσθετο μέτρο αποτελούν τα υποστηρικτικά στρώματα (Supported structures), τα οποία διαθέτουν μια πλάκα που επικαλύπτεται από άσφαλτο ή σκυρόδεμα και τοποθετούνται κάτω από τους στρωτήρες. Παράλληλα με τα παραπάνω, οι ελαστικοί τροχοί (διαθέτουν ενσωματωμένους αποσβεστήρες), η συντήρηση των τροχών και της σιδηροτροχιάς συνεισφέρουν στην πρόληψη των δονήσεων.

Βέβαια τα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης δεν περιορίζονται στην ηχητική ρύπανση και την ρύπανση των δονήσεων, αλλά αφορούν και την ατμοσφαιρική ρύπανση. Στα μέτρα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης εντάσσεται η ολοένα περισσότερη χρήση των ηλεκτροκίνητων σιδηροδρόμων. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο ηλεκτρισμός είναι φιλικότερη πηγής ενέργειας από τα ορυκτά καύσιμα, όμως, δεν είναι η μοναδική. Για την ακρίβεια, οι κυψέλες καυσίμου υδρογόνου, το φυσικό αέριο και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (όπως η ηλιακή, η αιολική και η γεωθερμία) είναι αξιοσημείωτες φιλικές ως προς το περιβάλλον πηγές ενέργειας. Οι κυψέλες υδρογόνου παρέχουν αποθήκευση ενέργειας, η οποία χρησιμοποιείται κατά την επιτάχυνση του συρμού.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα εφαρμογής ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι στη Φιλανδία, το Βέλγιο και την Ιαπωνία. Πιο αναλυτικά, στη Φιλανδία η κίνηση των συρμών πραγματοποιείται μόνο από υδροηλεκτρική ενέργεια. Στο Βέλγιο χρησιμοποιούνται ηλιακά πάνελ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας των συρμών ενώ στην Ιαπωνία, που είναι πρωτοπόρος των σιδηροδρομικών μεταφορών, γίνεται χρήση ηλιακών συλλεκτών για την παραγωγής της σιδηροδρομικής ηλεκτρικής ενέργειας και η χρήση της αιολικής ενέργειας βρίσκεται σε ερευνητικό στάδιο.

Ύστερα, η πλήρης διακοπή κίνησης των ντιζελοκίνητων σιδηροδρόμων δεν είναι ακόμα εφικτή. Για τον λόγο αυτό ο περιορισμός των αέριων ρύπων μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση βιοκαυσίμων. Για παράδειγμα, στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής εφαρμόστηκε δοκιμαστικά ένα είδος βιοντίζελ από 20% βόειο λίπος και 80% ντίζελ με μικρή συγκέντρωση θείου στο σιδηρόδρομο “Heartland Flyer” (για την διαδρομή Οκλαχόμα-Τέξας).

Στη συνέχεια, το εδαφικό με το υδάτινο οικοσύστημα στα σιδηροδρομικά έργα είναι αλληλένδετα και για τον λόγο αυτό τα μέτρα πρόληψης και αντιμετώπισης αφορούν και τα δύο οικοσυστήματα ταυτόχρονα. Πρώτο μέτρο πρόληψης αποτελεί η παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων και του εδάφους (monitoring στην αγγλική ορολογία) και μετά ακολουθεί η συντήρηση των μονάδων και των χώρων απόθεσης καυσίμων. Επιπλέον προληπτικό μέτρο αποτελεί η εφαρμογή καλυμμάτων (επιφανειακά) και συστημάτων αποστράγγισης στα σημεία στάθμευσης των συρμών. Τέτοια σημεία είναι πριν τη σηματοδότηση των σταθμών, οι χώροι αποθήκευσης και συντήρησης, και χώροι με αποσυντεθειμένους συρμούς που περιέχουν επικίνδυνα φορτία. Ακολούθως ένα προληπτικό μέτρο για την ρύπανση από την διαρροή πετρελαίου είναι η εφαρμογή κατάλληλων συλλεκτών πετρελαίου στους συρμούς (Κουτσίδου, 2014). Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι για την πρόληψη της ρύπανσης από επικίνδυνα φορτία πρέπει να εφαρμόζεται η αντίστοιχη νομοθεσία μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων (σε εθνικό, ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο) (Φλασκή, 2020).

3.9. Νομοθεσία

Όπως στα οδικά, έτσι και στα σιδηροδρομικά έργα η νομοθεσία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για την υλοποίηση τους. Περιλαμβάνει διεθνείς και ευρωπαϊκές οδηγίες καθώς και εθνικά προεδρικά διατάγματα (ΠΔ) και κοινές υπουργικές αποφάσεις (ΚΥΑ). Οι δύο τελευταίες κατηγορίες νόμων εντάσσονται στην ελληνική νομοθεσία, η οποία ακολουθεί παρακάτω.

3.9.1. Ελληνική νομοθεσία

Στην ελληνική νομοθεσία, πέρα από τους νόμους και τα διατάγματα, περιλαμβάνονται ορισμένες οδηγίες του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και των Ηνωμένων Εθνών. Αυτές όμως θα αναλυθούν στην αντίστοιχή υποενότητα. Αναλυτικότερα, στην ελληνική νομοθεσία των σιδηροδρομικών μεταφορών εντάσσεται ο Νόμος 1650/1986 (αφορά στην προστασία του περιβάλλοντος) και ο Νόμος 3010/2002 (αφορά την εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με τις οδηγίες 97/11 και 96/61 της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με τα υδατορεύματα). Μαζί με τα παραπάνω, συμπεριλαμβάνεται στην ελληνική νομοθεσία το προεδρικό διάταγμα Π.Δ.1180/81 που αφορά στη διασφάλιση του περιβάλλοντος από ίδρυση και λειτουργία κάθε βιομηχανικής, βιοτεχνικής και μηχανολογικής εγκατάστασης και αποθήκευσης.

Ύστερα σε ότι αφορά την προστασία του ηχητικού περιβάλλοντος, εφαρμόζεται η υπουργική απόφαση Υ.Α. 56206/1613. Η συγκεκριμένη απόφαση περιλαμβάνει τον προσδιορισμό της ηχητικής εκπομπής των μηχανημάτων και των συσκευών του εργοταξίου. Έπειτα ακολουθεί η υπουργική απόφαση Υ.Α. 69001/1921, η οποία αφορά την οριακή τιμή της στάθμης θορύβου των μηχανημάτων και συσκευών του εργοταξίου. Επίσης εφαρμόζεται η υπουργική απόφαση Υ.Α. 76591, η οποία εμπεριέχει τον καθορισμό των οριακών τιμών στάθμης θορύβων ορισμένων μηχανημάτων και συσκευών του εργοταξίου. Επιπρόσθετα η προστασία του ηχητικού περιβάλλοντος εντάσσεται στην κοινή υπουργική απόφαση Κ.Υ.Α. 211773/27-4-2012. Αυτή η απόφαση αφορά τον καθορισμό δεικτών αξιολόγησης και ανωτάτων επιτρεπόμενων ορίων δεικτών περιβαλλοντικού θορύβου που προέρχεται από την λειτουργία των συγκοινωνιακών και άλλων έργων (Μπεχλιβάνου, 2018).

Παράλληλα, για την προστασία των πολιτών από τους εργοταξιακούς θορύβους, αποφεύγεται η λειτουργία μηχανημάτων που προκαλούν αρκετό θόρυβο (όπως σφύρες και διατρητικά) τις ώρες κοινής ησυχίας. Τον περιορισμό αυτό θέτει η υπουργική απόφαση Υ.Α. 1023/2/37/96. Η συγκεκριμένη απόφαση θέτει, επίσης, την αποφυγή ταυτόχρονης λειτουργίας μηχανημάτων που δημιουργούν έντονες δονήσεις (Δακτυλά, 2018).

Το εδαφικό και υδάτινο περιβάλλον προστατεύεται με βάση το προεδρικό διάταγμα Π.Δ. 82/2004. Το διάταγμα αυτό αφορά στον καθορισμό μέτρων και όρων για την διαχείριση των χρησιμοποιημένων ελαίων και την εναλλακτική διαχείριση των Αποβλήτων Λιπαντικών Ελαίων. Ειδικότερα, για την προστασία του εδαφικού περιβάλλοντος, εφαρμόζεται η κοινή υπουργική απόφαση και η υπεύθυνη δήλωση εγκατάστασης Υ.Δ.Ε. 1 β/301/64.64, που περιλαμβάνουν την συλλογή, αποκομιδή και διάθεση απορριμμάτων. Επιπλέον, ο Νόμος273/1976 και η απόφαση Υ.Α.Π.5^{η}/Φ/17402/84 διαθέτουν τον «Κανονισμό Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών», σύμφωνα με τον οποίο όλα τα φορτηγά μεταφοράς χαλαρών υλικών πρέπει να είναι καλυμμένα (Μπεχλιβάνου, 2018).

Έπειτα, η ελληνική νομοθεσία έχει εντάξει τις οδηγίες του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου 2016/2370, 2016/797 και 2016/798 στον Νόμο 4632/2019. Ο νόμος αυτός στοχεύει σε πιο ανταγωνιστικές και διαλειτουργικές σιδηροδρομικές μεταφορές (στο επίπεδο της Ευρωπαϊκής Ένωσης) με υψηλό επίπεδο ποιότητας και ασφάλειας για τους επιβάτες (Παπαδοπούλου, 2023). Στη συνέχεια η ελληνική νομοθεσία διαθέτει την υπουργική απόφαση Υ.Α. ΑΣ10/77243/580/2019 και τον νόμο Ν. 3891/2010 για την μεταφορά επικίνδυνων φορτίων μέσω των σιδηροδρόμων.

3.9.2. Διεθνής και ευρωπαϊκή νομοθεσία

Στον τομέα των σιδηροδρομικών μεταφορών, ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών έχει υιοθετήσει ειδικούς κανονισμούς για τη μεταφορά επικίνδυνων φορτίων. Ανάμεσα σε αυτούς είναι ο «Κανονισμός για τις διεθνείς σιδηροδρομικές μεταφορές επικίνδυνων εμπορευμάτων» ή αλλιώς «RID» (έτσι ονομάζεται από τον Διακυβερνητικό Οργανισμό για τη Σιδηροδρομικές Μεταφορές). Η εφαρμογή αυτού του κανονισμού γίνεται διεθνώς και ο κανονισμός αναθεωρείται ανά δύο χρόνια.

Από την άλλη πλευρά στο ευρωπαϊκό χώρο εφαρμόζεται μια πληθώρα κανονισμών και οδηγιών για την ομαλή και βιώσιμη λειτουργία των σιδηροδρόμων-σιδηροδρομικών έργων. Σε αυτούς τους κανονισμούς ανήκει ο Εκτελεστικός Κανονισμός 2019/773 της ευρωπαϊκής επιτροπής που αφορά την τεχνική προδιαγραφή του υποσυστήματος «διεξαγωγή και διαχείριση της κυκλοφορίας» και ο κανονισμός 1272/2008 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου που αφορά την ταξινόμηση, την επισήμανση και την συσκευασία ουσιών και μιγμάτων. Παράλληλα το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο έχει εκδώσει την Οδηγία Seveso-III 2012/18/ΕΕ για την αντιμετώπιση των κινδύνων μεγάλων ατυχημάτων που διαθέτουν επικίνδυνες ουσίες (Φλασκή, 2020).

Ύστερα, σημαντικός κανονισμός αποτελεί ο Κανονισμός 75/130 της Ευρωπαϊκής Οικονομικής Κοινότητας. Αυτός εφαρμόστηκε για πρώτη φορά το 1975, αλλά η ισχύς του διατηρείται έως σήμερα. Αναλυτικότερα, περιλαμβάνει την ελεύθερη πρόσβαση σε κάθε

εθνικό σιδηροδρομικό δίκτυο, το δικαίωμα σε διεθνείς επιχειρήσεις να χρησιμοποιούν το σιδηροδρομικό δίκτυο, την προώθηση της κατασκευής συστημάτων κοινής συμβατότητας στην επικοινωνία γραμμής-αμαξοστοιχίας και την καθιέρωση της μέγιστης ταχύτητας κίνησης αμαξοστοιχίας μεταξύ 200 και 220 χιλιομέτρων την ώρα.

Έπειτα ακολουθεί η Οδηγία 2001/14/ΕΚ (του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου). Στην συγκεκριμένη οδηγία δίνεται ο ορισμός της σιδηροδρομικής επιχείρησης δημοσίου ή ιδιωτικού χαρακτήρα, η οποία επιδιώκει να ασχοληθεί με τη μεταφορά ατόμων και εμπορευμάτων μέσω των σιδηροδρόμων. Βασική προϋπόθεση αποτελεί ότι η συγκεκριμένη επιχείρηση θα διαθέτει υποχρεωτικά και την έλξη του σιδηροδρόμου. Επίσης αυτή η οδηγία εμπεριέχει τις επιχειρήσεις που προσφέρουν μόνο την έλξη (Παπαδοπούλου, 2023).

Στη συνέχεια αξιοσημείωτη οδηγία είναι η Οδηγία 91/440/ΕΟΚ της (Ευρωπαϊκής Οικονομικής Κοινότητας). Κύριο στόχο της αποτελεί η διευκόλυνση της προσαρμογής των κοινοτικών σιδηροδρόμων στις απαιτήσεις της ενιαίας αγοράς στον ευρωπαϊκό χώρο και η ενίσχυση της αποδοτικότητας και της αποτελεσματικότητας των σιδηροδρόμων. Επόμενη οδηγία είναι η Οδηγία 95/18/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου. Αυτή περιλαμβάνει διάφορα κριτήρια για την έκδοση, ανανέωση ή τροποποίηση από το κράτος μέλος των αδειών που αφορούν τις σιδηροδρομικές εταιρίες που βρίσκονται ήδη ή πρόκειται άμεσα να ενταχθούν στην Κοινότητα. Μαζί με τις παραπάνω, αξιοσημείωτη οδηγία είναι η Οδηγία 95/19/ΕΚ, η οποία προσδιορίζει τις προϋποθέσεις για την παροχή του δικαιώματος χρήσης της υποδομής των σιδηροδρόμων και τον τρόπο χρέωσης των τελών υποδομή (Καλαράς, 2012).

Ακολούθως η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει καθιερώσει τρεις κύριες οδηγίες για την προστασία των ανθρώπων από την ατμοσφαιρική ρύπανση. Αυτές είναι η Οδηγία 1996/62/ΕΚ, 1999/30/ΕΚ (συμπληρωματική της 1996/62/ΕΚ) και 2008/50/ΕΚ. Οι δύο πρώτες οδηγίες αφορούν την οριακή τιμή των αιωρούμενων σωματιδίων μεγέθους PM_{10}(δηλαδή αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο από 10 μικρόμετρα και κάτω) και η τελευταία οδηγία αφορά την οριακή τιμή των αιωρούμενων σωματιδίων μεγέθους PM_{10}και $PM_{2,5}$(δηλαδή αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο από 2,5 μικρόμετρα και κάτω). Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι η οδηγία 1999/30/ΕΚ λειτουργεί παράλληλα με το πρόγραμμα «Καθαρός Αέρας για την Ευρώπη» (Clean Air for Europe, CAFE) (Τριανταφύλλου, 2017 και Σανιδά, 2010).

Στην ευρωπαϊκή σιδηροδρομική νομοθεσία βαρυσήμαντη σημασία έχει η Λευκή Βίβλος ή διαφορετικά η «Ευρωπαϊκή πολιτική μεταφορών με ορίζοντα το έτος 2010: η ώρα των επιλογών». Σε αυτό το εγχειρίδιο συγκεντρώνονται προτάσεις βελτίωσης και καλύτερης αξιοποίησης των ευρωπαϊκών σιδηροδρόμων. Ταυτόχρονα σε αυτό αξιολογείται η υφιστάμενη κατάσταση των σιδηροδρόμων και παρουσιάζονται οι κύριοι στόχοι της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Σε αυτούς τους στόχους συγκαταλέγεται η αύξηση

της αποτελεσματικότητας των σιδηροδρομικών μεταφορών, η ενίσχυση της αποδοτικότητας τους με μειωμένες απαιτούμενες δαπάνες, η λειτουργία τους ως υγιείς επιχειρήσεις και η αύξηση του αριθμού των πελατών (Καλαράς, 2012).

Επιπρόσθετα, στη νομοθεσία ορισμένων σιδηροδρομικών έργων (όπως οι σήραγγες) εντάσσονται μερικοί Ευρωκώδικες (ΕΝ). Για την ακρίβεια άμεση σχέση με την κατασκευή των σιδηροδρομικών έργων έχει ο Ευρωκώδικες 0 (ή ΕΝ 1990), ο Ευρωκώδικας 2 (ή ΕΝ 1992) και ο Ευρωκώδικας 3 (ή ΕΝ 1993). Πιο συγκεκριμένα, ο Ευρωκώδικας 0 αφορά στις αρχές και απαιτήσεις για την ασφάλεια, την λειτουργικότητα και την ανθεκτικότητα των κατασκευών (π.χ. σιδηροδρομικών σταθμών, σηράγγων και γεφυρών). Έπειτα, ο Ευρωκώδικας 2 αφορά στις κατασκευές από σκυρόδεμα (άοπλο, οπλισμένο και προεντεταμένο) και περιλαμβάνει μόνο τις απαιτήσεις για την αντοχή, τη λειτουργικότητα και την ανθεκτικότητα στη διάρκεια και πυρασφάλεια αυτών των κατασκευών (π.χ. σιδηροδρομικοί σταθμοί). Ο Ευρωκώδικας 3 αφορά στο σχεδιασμό των κατασκευών από χάλυβα (όπως οι σιδηροδρομικές σήραγγες) και περιλαμβάνει μόνο τις απαιτήσεις για την αντοχή, την λειτουργικότητα, την ανθεκτικότητα και την πυρασφάλεια αυτούς του είδους των κατασκευών (Κουνής, 2015).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΘΗΝΑΣ

Αρχικά, ως μητροπολιτική περιοχή ορίζεται η περιοχή με πολλές μικρότερες ή μεγαλύτερες πόλεις, οι οποίες επηρεάζονται άμεσα οικονομικά και κοινωνικά από μία μεγαλύτερη πόλη (μητρόπολη) (Vosswinkel & Hansen-Cheliotis, 2020). Έπειτα με τον όρο μητρόπολη εννοείται κάθε μεγάλη καπιταλιστική πόλη, που αποτελεί εξέλιξη της βιομηχανικής πόλης και συνδέει τον παραγωγικό δυναμισμό με την πρόοδο του τριτογενή τομέα. Επιπλέον η πολεοδομία της είναι δυναμική και υφίσταται διαρκείς τάσεις πύκνωσης και αραίωσης του ιστού της (Δημόπουλος, 2010).

Στον ελλαδικό χώρο υπάρχουν διάφορες μητροπολιτικές περιοχές, αλλά στο παρόν κεφάλαιο θα αναλυθεί η Μητροπολιτική περιοχή της Αθήνας. Η συγκεκριμένη μητροπολιτική περιοχή βρίσκεται στην περιφέρεια Αττικής. Πιο αναλυτικά η περιφέρεια Αττικής έχει μόνιμο πληθυσμό 3.814.064 (απογραφή 2021) και έκταση περίπου 3.800 τετραγωνικά χιλιόμετρα (Τσιγδινός, 2016). Παράλληλα η συγκεκριμένη περιφέρεια είναι η πιο πυκνοκατοικημένη περιφέρεια της Ελλάδας και στο κέντρο βρίσκεται η πόλη της Αθήνας, η οποία αποτελεί την πρωτεύουσα της Ελλάδας (Απόφαση 2846/Β4-461/2023). Στη συνέχεια το κέντρο της Μητροπολιτικής περιοχής της Αθήνας αποτελεί το οικοδομικό συγκρότημα της Αθήνας με μόνιμο πληθυσμό 3.059.764 (απογραφή 2021).

Επίσης το πολεοδομικό συγκρότημα της Αθήνας περιλαμβάνει 40 δήμους, καταλαμβάνει μια επιφάνεια 462 τετραγωνικών χιλιομέτρων και βρίσκεται σε λεκανοπέδιο. Στην νότια ακτογραμμή της πόλης βρίσκεται η θάλασσα του Σαρωνικού κόλπου. Τα βόρεια προάστια συνορεύουν με το όρος της Πάρνηθας (με μέγιστό υψόμετρο 1.413 μέτρα) ενώ τα βορειοανατολικά προάστια συνορεύουν με το όρος της Πεντέλης (με μέγιστο υψόμετρο τα 1.109 μέτρα). Στα ανατολικά προάστια βρίσκεται το όρος του Υμηττού (με μέγιστο υψόμετρο 1.026 μέτρα), ενώ στα δυτικά προάστια βρίσκεται το όρος Αιγάλεω (με μέγιστο υψόμετρο 468 μέτρα) και το όρος Ποικίλο (με μέγιστο υψόμετρο 453 μέτρα). Το κλίμα της πόλης είναι εύκρατο μεσογειακό και η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται από 10,2 έως 27,3^{o}C (Αγγέλη, 2017). Ορισμένοι από τους πιο πυκνοκατοικημένους δήμους της είναι ο Δήμος Αθηναίων (643.452 κάτοικοι), ο Δήμος Αμαρουσίου (71.830 κάτοικοι), ο Δήμος Γλυφάδας (89.597 κάτοικοι), ο Δήμος Καλλιθέας (97.616 κάτοικοι) και ο Δήμος Περιστερίου (133.630 κάτοικοι) (ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ 2023, ΥΝΙΟΝΠΑΙΔΕΙΑ, Greater Athens (Greece): Municipalities – Population Statistics, Charts and Maps).

4.1. Αστικές οδοί

Στην μητροπολιτική περιοχή της Αθήνας έχουν κατασκευαστεί σημαντικά συγκοινωνιακά έργα, εκ των οποίων τα πιο αναγνωρίσιμα είναι τα οδικά έργα εντός του αστικού ιστού. Η συγκεκριμένη μητροπολιτική περιοχή διαθέτει μια πληθώρα μικρών και μεγάλων οδών. Αναλυτικότερα σε όλες τις κατευθύνσεις βρίσκονται σημαντικές οδικές αρτηρίες.

Για παράδειγμα στα βόρεια προάστια εκτείνεται η λεωφόρος Κηφισίας και η λεωφόρος Μεσογείων. Στα νότια προάστια βρίσκεται η λεωφόρος Συγγρού και η λεωφόρος Ποσειδώνος, ενώ στα δυτικά προάστια η Ιερά οδός. Επίσης το κέντρο της Αθήνας περιλαμβάνει την λεωφόρο Αλεξάνδρας, την λεωφόρο Βασιλίσσης Σοφίας, την οδό Σταδίου, την οδό Πανεπιστημίου, την οδό Πειραιώς καθώς και πολλές άλλες. Παραπάνω αναφέρθηκαν ενδεικτικά μερικές από τις μεγαλύτερες οδούς της Μητροπολιτικής περιοχής της Αθήνας, δυο εξ αυτών θα αναλυθούν στις επόμενες παραγράφους.

Πιο αναλυτικά η Λεωφόρος Κηφισίας εκτείνεται από τον Δήμο Αθηναίων και καταλήγει στον Δήμο Κηφισιάς και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή της Νέας Ερυθραίας. Μαζί με τους δύο προαναφερθέντες δήμους η Λεωφόρος Κηφισίας περνά από τον Δήμο Φιλοθέης-Ψυχικού, τον Δήμο Χαλανδρίου και τον Δήμο Αμαρουσίου (Ν.3852/2010-Πρόγραμμα Καλλικράτης). Είναι ένας από τους σπουδαιότερους οδικούς άξονες της Αττικής, καθώς κατά μήκος της Λεωφόρου Κηφισίας εδράζουν σημαντικά επιχειρηματικά κέντρα (όπως πολυεθνικές και ναυτιλιακές εταιρίες) γενικότερα συνδέει τον Δήμο Αθηνών με τα βόρεια προάστια. Το μήκος της Λεωφόρου Κηφισίας είναι πάνω από δώδεκα χιλιόμετρα και σε ορισμένα τμήματα της παρατηρούνται τρείς λωρίδες ανά κυκλοφορία (με διαχωριστική νησίδα), ενώ σε άλλα τμήματα της υπάρχουν δύο λωρίδες ανά κυκλοφορία (χωρίς διαχωριστική νησίδα). Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι ο οδικός άξονας διαμερίζεται σε ισόπεδους και ανισόπεδους κόμβους και ορισμένα σημεία υπογειοποιούνται. Συμπεριλαμβανομένων των παραπάνω, η Λεωφόρος Κηφισίας διαπερνά τον κόμβο «δαχτυλίδι» της Αττικής Οδού. Γενικότερα συνδέει τον Δήμο Αθηνών με τα βόρεια προάστια (Κανελλόπουλος, 2022).

Επόμενη σημαντική οδική αρτηρία αποτελεί η Λεωφόρος Αλεξάνδρας. Η συγκεκριμένη οδός έχει έντονη κυκλοφορία και διαθέτει τρείς λωρίδες σε κάθε κατεύθυνση. Ακολούθως διαθέτει μια λωρίδα για την αποκλειστική χρήση των λεωφορείων. Η λωρίδα αυτή είναι άμεσα διακριτή, καθώς το οδόστρωμά της έχει πράσινο χρώμα, έχει σε σειρά τοποθετημένους ανακλαστήρες και διαθέτει σχετικά κατακόρυφη σήμανση. Η συνολική απόσταση της Λεωφόρου ανέρχεται περίπου στα 3 χιλιόμετρα. Οι συνοικίες που γειτνιάζουν με την Λεωφόρο Αλεξάνδρας είναι αρκετές. Ανάμεσα σε αυτές περιλαμβάνεται η συνοικία των Αμπελοκήπων, του Γκύζη, των Κουντουριώτικων, της Νεάπολης, του Μουσείου και του Πεδίου του Άρεως (Αθανασόπουλος, 2019). Επιπρόσθετα κατά μήκος της Λεωφόρου βρίσκονται κάποια από τα σπουδαιότερα δημόσια κτήρια της Αθήνας όπως το Δικαστήριο του Αρείου Πάγου, η Γενική Αστυνομική Διεύθυνση Αθηνών (ΓΑΔΑ), το Αντικαρκινικό Νοσοκομείο Άγιος Σάββας και η Σχολή Δημόσιας Υγείας του Πανεπιστημίου Δυτική Αττικής (https://php.uniwa.gr/department/istoria-tmimatos/). Ένας άλλος χώρος με έντονη επισκεψιμότητα είναι το Γήπεδο Απόστολος Νικολαΐδης ή αλλιώς το γήπεδο της «Λεωφόρου» του Παναθηναϊκού Αθλητικού Ομίλου (ΠΑΟ) (Παρασκευοπούλου &Μπρέκης, 2010).

4.2. Περιαστικές Οδοί

Η Μητροπολιτική περιοχή της Αθήνας διαθέτει ένα μεγάλο εύρος περιαστικών οδών. Ορισμένες από αυτές βρίσκονται μόνο εκτός των ορίων της πόλης, ενώ άλλες διαθέτουν τμήματα που περνούν εντός του αστικού ιστού. Αυτό συμβαίνει για διάφορους λόγους, ένας εκ των οποίων είναι η άμεση μετακίνηση των ατόμων και των εμπορευμάτων. Ένα από τα πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η Αττική Οδός. Για την ακρίβεια αυτή η οδός έχει μήκος 70 χιλιόμετρα και είναι η ραχοκοκαλιά του συνολικού οδικού δικτύου του νομού Αττικής. Επιπρόσθετα συνδέει διάφορες περιοχές (περνά από την πόλη της Αθήνας) ξεκινώντας από την περιοχή της Ελευσίνας (νοτιοδυτική Αττική) και καταλήγοντας στην περιοχή των Σπάτων (βορειοανατολική Αττική), τρία χιλιόμετρα πριν τον διεθνή αερολιμένα Αθηνών «Ελευθέριος Βενιζέλος». Βέβαια υπάρχουν πολλές διακλαδώσεις της Αττικής Οδού, μερικές από αυτές είναι η Λεωφόρος Μαρκόπουλου-Λαυρίου (ή αλλιώς Α61), η Περιφερειακή του Υμηττού (ή αλλιώς Α62), Λεωφόρος Κορωπίου-Αεροδρομίου (ή αλλιώς Α64) και η Περιφερειακή Αιγάλεω (ή αλλιώς Α65).

Πέρα από την Αττική Οδό υπάρχει μια άλλη σημαντική οδική αρτηρία που βρίσκεται περιαστικά της Αθήνας. Αυτή είναι η Λεωφόρος Μαραθώνος, η οποία εκτείνεται ανατολικά της Μητροπολιτικής περιοχής της Αθήνας. Πρόκειται για έναν μεγάλο αυτοκινητόδρομο μήκους 45,5 χιλιομέτρων, ο οποίος περνά από διάφορες κωμοπόλεις. Σε αυτές συγκαταλέγεται ο Γέρακας, η Παλλήνη, το Πικέρμι, η Ραφήνα, η Νέα Μάκρη, ο Μαραθώνας, ο Άγιος Στέφανος, Άνοιξη και η Δροσιά Αττικής (Αθανασόπουλος, 2019). Με λίγα λόγια αυτή η Λεωφόρος μαζί με την Αττική Οδό συμβάλλουν άμεσα στην προσβασιμότητα των πολιτών στα μικρότερα αστικά κέντρα της ευρύτερής μητροπολιτικής περιοχής.

4.3. Αστικοί Σιδηρόδρομοι

Η Μητροπολιτική περιοχή της Αθήνας ακολουθεί τα χνάρια των υπόλοιπων ευρωπαϊκών μητροπολιτικών περιοχών στον τομέα των αστικών σιδηροδρόμων. Αναλυτικότερα στην περιοχή βρίσκεται υπόγειος, επίγειος και εναέριος σιδηρόδρομος. Στον υπόγειο σιδηρόδρομο εντάσσεται το Μετρό Αθήνας. Συνολικά το Αττικό Μετρό διαθέτει τέσσερις γραμμές. Αρχικά η Γραμμή 1 ξεκίνησε την λειτουργία της το 1869 και εκ τότε χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα. Το μήκος της ανέρχεται στα 25,6 χιλιόμετρα, διαθέτει 24 αστικούς σιδηροδρομικούς σταθμούς και την χρησιμοποιούν 460.000 επιβάτες ημερησίως. Γενικότερα συνδέει την πόλη της Αθήνας με τον Πειραιά.

Στην συνέχεια ακολουθεί η Γραμμή 2, η Γραμμή 3 και η Γραμμή 4. Για την ακρίβεια η Γραμμή 2 και η Γραμμή 3 ξεκίνησαν να λειτουργούν το 2000, έχουν συνολικό μήκος 59,7 χιλιόμετρα και περιλαμβάνουν 40 σύγχρονους αστικούς σιδηροδρομικούς σταθμούς. Σε αυτούς τους σταθμούς επιβιβάζονται και αποβιβάζονται καθημερινά 938.000 άτομα. Η Γραμμή 2 περνά από διάφορες συνοικίες της Αθήνας όπως τα Σεπόλια, η Δάφνη, το

Περιστέρι και η Ανθούπολη. Επίσης σε αρκετές συνοικίες εκτείνεται και η Γραμμή 3 όπως ο Χολαργός, η Αγία Παρασκευή, το Χαλάνδρι και το Αιγάλεω. Αντίθετα η Γραμμή 4 είναι ακόμα υπό το στάδιο της κατασκευής. Αυτή η νέα Γραμμή εκτιμάται να έχει μήκος 33 χιλιόμετρα, 29 αστικούς σιδηροδρομικούς σταθμούς και να εξυπηρετεί περιοχές όπως τον Βύρωνα, το Μαρούσι, την Λυκόβρυση και άλλες (Αλεξάνδρου και Σταυρή, 2011, Γεωργαντόπουλος, 2012, Γκάτσος, Σκαμάγκας, 2017).

Στη συνέχεια στον επίγειο σιδηρόδρομο εμπεριέχεται το τραμ. Για την πόλη της Αθήνας το τραμ έχει μεγάλη ιστορία. Αρχικά το πρώτο τραμ ξεκίνησε την λειτουργία του το 1882 και ήταν ιππήλατο. Τα μηχανοκίνητα τραμ έκαναν την εμφάνιση της τους το 1909, τα οποία τροφοδοτούνταν με ηλεκτρικό ρεύμα. Τις επόμενες δεκαετίες κυριάρχησαν τα ηλεκτροκίνητα τραμ. Στις αρχές του 21^{ου} αιώνα η Αθήνα διαθέτει ένα δίκτυο τραμ 27 χιλιομέτρων (διπλής διαδρομής) με 48 σταθμούς. Το δίκτυο περιλαμβάνει τρείς γραμμές, την γραμμή «ΘΟΥΚΥΔΙΔΗΣ» που καλύπτει την διαδρομή από το Στάδιο Ειρήνης και Φιλίας (Σ.Ε.Φ.) έως το Ασκληπείο της Βούλας, την γραμμή «ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ» που καλύπτει την διαδρομή από το Σύνταγμα έως το Σ.Ε.Φ. και την γραμμή «ΠΛΑΤΩΝΑΣ» που καλύπτει την διαδρομή από το Σύνταγμα έως το Ασκληπιείο Βούλας (Ματιάκη, 2009, Σοχωράκης 2018).

Στη συνέχεια στον εναέριο σιδηρόδρομο ανήκει το τελεφερίκ του Λυκαβηττού ή αλλιώς με την ελληνική ονομασία ο σχοινιοκίνητος σιδηρόδρομος Λυκαβηττού. Ο συγκεκριμένος σιδηρόδρομος ξεκίνησε να λειτουργεί το 1965 και λειτουργεί έως σήμερα. Αποτελεί πόλος έλξης για τουρίστες, οι οποίοι βλέπουν καθ' όλη την διαδρομή την πυκνή βλάστηση του λόφου του Λυκαβηττού πανοραμικά, ενώ στο τέλος της διαδρομής επισκέπτονται το παρεκκλήσι του Αγίου Γεωργίου (στην κορυφή του λόφου). Το τελεφερίκ ξεκινά από τις οδούς Πλούταρχου και Αρίστιππου (στο κέντρο της Αθήνας), διαθέτει δύο βαγόνια και το μήκος της διαδρομής είναι στα 210 μέτρα (Μιχαλόπουλος 2015).

4.4. Περιαστικοί σιδηρόδρομοι

Η Μητροπολιτική περιοχή της Αθήνας διαθέτει περιαστικούς σιδηρόδρομους. Ο περισσότερο χρησιμοποιημένος περιαστικός σιδηρόδρομος είναι ο προαστιακός σιδηρόδρομος Αττικής. Πιο αναλυτικά περνά από διάφορες περιοχές εντός και εκτός Αττικής όπως ο Ασπρόπυργος (Αττικής), η Πεντέλη, η Κόρινθος, και η Χαλκίδα. Παρακάτω θα αναφερθούν ορισμένες από τις πιο δημοφιλής διαδρομές και σταθμοί που εξυπηρετεί αυτός ο προαστιακός. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι, η κατασκευή του συγκεκριμένου προαστιακού άρχισε το 2002 για την γραμμή Σιδηροδρομικό Κέντρο Αχαρνών (ΣΚΑ) - Αεροδρόμιο «Ελευθέριος Βενιζέλος» (32 χιλιομέτρων) και ολοκληρώθηκε το 2004. Κατά το διάστημα των Ολυμπιακών Αγώνων της Αθήνας κατασκευάστηκε η γραμμή ΣΚΑ-Πειραιάς (19 χιλιομέτρων) και το 2005 κατασκευάστηκαν

οι σταθμοί Νέα Πέραμος, Μέγαρα, Κινέττα, Άγιοι Θεόδωροι και ο νέος σταθμός Κορίνθου (απέχει 70 χιλιόμετρα από το ΣΚΑ). Έπειτα το 2006 εντάχθηκαν στο σιδηροδρομικό δίκτυο του προαστιακού σιδηροδρόμου ο σταθμός των Άνω Λιοσίων, του Ασπρόπυργου και της Μαγούλας και το 2007 συμπεριλήφθηκε το σταθμός της Πεντέλης και του Κιάτου (απέχει 105 χιλιόμετρα από το ΣΚΑ) (Κακάτση, 2007 , Καλάρας 2012).

Στην συνέχεια ένας άλλος περιαστικός σιδηρόδρομος που βρίσκεται στην Μητροπολιτική περιοχής της Αθήνας είναι το τελεφερίκ της Πάρνηθας ή αλλιώς Funitel. Το συγκεκριμένο κατασκευάστηκε για πρώτη φορά το 1972, ενώ το 2006 τέθηκε σε λειτουργία η νέα έκδοση του 2006. Το μήκος διαδρομής του είναι στα 1.595 μέτρα και διέρχεται πάνω από το δάσος της Πάρνηθας. Το συγκεκριμένο μέσο αποτελεί πόλος έλξης για επισκέπτες που επιθυμούν να δουν πανοραμικά τον Εθνικό Δρυμό της Πάρνηθας. Από την έναρξη της λειτουργίας του τελεφερίκ και ύστερα, μειώθηκαν κατά πολύ οι αέριοι ρύποι (CO, NO_x, HC και αιωρούμενα σωματίδια) που παράγονταν από τα οδικά οχήματα. Γεγονός που αποτελεί σημαντική θετική περιβαλλοντική επίπτωση του μέσου (Μιχαλόπουλος, 2015 , Παπαδοπούλου 2022).

4.5. Εφαρμογή της βιώσιμης ανάπτυξης

Από τα παλαιότερα χρόνια έως σήμερα, σε αρκετά συγκοινωνιακά έργα έχουν συμπεριληφθεί έμπρακτα η βιώσιμη ανάπτυξη. Πιο αναλυτικά στις σιδηροδρομικές μεταφορές έχει επιτευχθεί σε σημαντικό βαθμό η επικράτηση των ηλεκτροκίνητων σιδηροδρόμων, οι οποίοι εκπέμπουν πολύ λιγότερους ρύπους κατά την λειτουργία τους συγκριτικά με τους ντιζελοκίνητους. Επιπλέον οι υπόγειοι αστικοί σιδηρόδρομοι προσφέρουν αρκετή επίγεια επιφάνεια, ένα μέρος της οποίας αξιοποιείται για την ψυχαγωγία των πολιτών (π.χ. πάρκα με αθλητικές εγκαταστάσεις και ελεύθεροι υπαίθριοι χώροι) (Παρλάτζας, 2016 ,Δακτυλά, 2018).

Βέβαια η υπογειοποίηση συμβάλει τόσο στα σιδηροδρομικά όσο και στα οδικά έργα για την εφαρμογή της βιώσιμης ανάπτυξης. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η υπογειοποίηση ενός τμήματος της λεωφόρου Ποσειδώνος. Το συγκεκριμένο τμήμα υπογειοποιήθηκε με σκοπό την ανάπλαση του πάρκου του Ελληνικού και την ένωση του αστικού χώρου με το παραλιακό μέτωπο. Ταυτόχρονα η υπογειοποίηση συμβάλει στην ορατή μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στην μείωση της αισθητικής και ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Παυλίδη, 2017). Μαζί με τα παραπάνω η αξιοποίηση του υπόγειου χώρου επιφέρει και άλλα πλεονεκτήματα, όπως τον περιορισμό του κυκλοφοριακού θορύβου και την μικρότερη πιθανότητα πρόκλησης οδικών ατυχημάτων (Μπρέκης & Παρασκευοπούλου, 2010).

Στη συνέχεια στο πλαίσιο της βιώσιμης ανάπτυξης εντάσσεται η ενημέρωση και η συμμετοχή του κοινού στην διαμόρφωση και επέκταση των συγκοινωνιακών έργων.

Έμπρακτο παράδειγμα μιας τέτοιας ενημέρωσης αποτέλεσαν οι εκθέσεις (με προβολή βίντεο), τα ενημερωτικά φυλλάδια, οι δημοσιεύσεις στον τύπο και το διαδίκτυο καθώς και η ημερίδα στο κοινό για την επέκταση του τραμ της Αθήνας στην περιοχή του Παλαιού Φαλήρου. Στις παραπάνω δράσεις συμμετείχε τόσο η πολιτεία όσο και η Τραμ ΑΕ, όπου μαζί με μια ομάδα μελετητών και εμπειρογνωμόνων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου έδωσαν απαντήσεις στις ανησυχίες και τους προβληματισμούς των πολιτών. Ειδικότερα στην ημερίδα η συμμετοχή του κοινού ήταν έντονη καθώς υπήρχαν έντονες εντάσεις για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που θα προέκυπταν από την κατασκευή και λειτουργία του τραμ. Εν τέλει, παρά τις αρχικές αντιδράσεις, η επέκταση του τραμ της Αθήνας στην συνοικία του Παλαιού Φαλήρου πραγματοποιήθηκε και εξυπηρετεί την μετακίνηση των κατοίκων από και προς το κέντρο της Αθήνας (Αθανασόπουλος, 2009).

Έπειτα, μερικοί δήμοι εντός της Μητροπολιτικής περιοχής της Αθήνας έχουν προβεί σε δράσεις για την επίτευξη της βιώσιμης κινητικότητας (ισότιμη κινητικότητα όλων των μετακινούμενων ατόμων και οχημάτων). Ανάμεσα σε αυτούς βρίσκεται ο δήμος Ζωγράφου. Πιο συγκεκριμένα στον δήμο Ζωγράφου εγκαταστάθηκαν τρεις σιδηροδρομικοί σταθμοί της καινούργιας Γραμμής 4 του μετρό της Αθήνας. Με αυτόν τον τρόπο προωθείται η χρήση του μετρό και περιορίζεται η κυκλοφοριακή συμφόρηση στο τοπικό οδικό δίκτυο (π.χ. στις οδούς Γρηγόριου Αυξεντίου και Παπάγου). Επιπλέον η χρήση του μετρό εξυπηρετεί τόσο την μετακίνηση των κατοίκων όσο και την μετακίνηση των επισκεπτών του δήμου, οι οποίοι είναι πολυάριθμοι. Αυτό συμβαίνει διότι περιμετρικά του δήμου βρίσκονται νοσοκομεία (π.χ. το Νοσοκομείο Παίδων «Η Αγία Σοφία» και το Νοσοκομείο Παίδων «Παναγιώτης και Αγλαΐα Κυριακού») και κτήρια πανεπιστημιακών ιδρυμάτων όπως του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών) (Θεοδόσης-Κοντός, 2016).

4.6. Ελλείψεις

Παραπάνω έγινε λόγος για ορισμένα έργα και δράσεις που συμβάλουν στην βιώσιμη ανάπτυξη της Μητροπολιτικής περιοχής της Αθήνας. Ορισμένοι δήμοι, όμως, δεν συμμερίζονται αυτά τα έργα και τις προσπάθειες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η κυκλοφορία να αποτελεί για τους πολίτες καθημερινή πρόκληση. Για παράδειγμα στον δήμο Περιστερίου έχουν καταγραφεί δεκάδες κακοκτεχνίες και ανεπαρκής συντήρηση των οδών (ιδίως των συνοικιακών οδών). Αναλυτικότερα φαινόμενα όπως καθιζήσεις ή πιο απλοϊκά «λακκούβες», ανυψώσεις, ρωγμές και ρηγματώσεις εντοπίζονται κατά μήκος αρκετών οδών του δήμου. Μαζί με τα παραπάνω η ελλείπεις συντήρηση των οδών φανερώνεται στα πρόχειρα μπαλώματα (για την αντιμετώπιση των καθιζήσεων), τις αυλακώσεις και τις κυματώσεις του οδοστρώματος.

Η ευθύνη για αυτήν την κατάσταση των οδών καταμερίζεται τόσο στον εργολάβο που ανέλαβε την διεξαγωγή και αποπεράτωση των οδικών έργων, όσο και στην προχειρότητα της πολιτείας σε ότι αφορά τον προγραμματισμό των οδικών έργων. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι οι επιπτώσεις της λανθασμένης κατασκευής, λειτουργίας, συντήρησης και επίβλεψης των οδών είναι εξίσου αρνητικές για τα άτομα και την πολιτεία. Αυτό γίνεται διότι σε περίπτωση ατυχήματος τα άτομα υφίστανται τραυματισμό και ο εκάστοτε Δήμος είναι υποχρεωμένος να αποζημιώσει τον πληγέντα (Γιαβρούτα & Μπίτζιου, 2019).

Ένας άλλος δήμος, στον οποίο δεν εφαρμόζεται ισομερώς η βιώσιμη κινητικότητα, είναι ο δήμος Ιλίου. Πιο συγκεκριμένα στις οδούς του δήμου η συντήρηση του οδοστρώματος είναι μέτρια έως εντελώς ανεπαρκείς. Η κατάσταση αυτή επικρατεί ιδιαίτερα στις συνοικιακές οδούς. Ενώ η κατάσταση βελτιστοποιείται σε λίγα μέρη του δήμου όπως το καινούργιο τμήμα της λεωφόρου Θηβών, οι άξονες γύρω από το κέντρο του δήμου και οι οδοί που βρίσκονται περιμετρικά του ολυμπιακού κέντρου πυγμαχίας. Άλλες ελλείψεις στην οδοποιία παρατηρούνται στον τομέα της σήμανσης. Ακριβέστερα στις μη ιεραρχημένες οδούς είναι ανεπαρκείς η σήμανση. Επιπρόσθετα αρκετοί φωτεινοί σηματοδότες των κύριων οδικών αρτηριών του δήμου είναι εκτός λειτουργίας κατά την διάρκεια της νύχτας και οι διαβάσεις των πεζών περιορισμένες.

Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι τόσο οι αυτοκινητόδρομοι (που αναφέρθηκαν παραπάνω) όσο και οι πεζόδρομοι διαθέτουν έλλειψη σωστού σχεδιασμού. Πιο αναλυτικά στους πεζοδρόμους δεν υπάρχει δίκτυο σύνδεσης που να ενώνει τους πεζοδρόμους του εμπορικού κέντρου με τους συνοικιακούς. Επιπλέον σε ότι αφορά την κίνηση των πεζών, η κατάσταση είναι ιδιαίτερα δυσοίωνη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα πεζοδρόμια είναι στενά και με κακή συντήρηση (εκτός του κέντρου). Ταυτόχρονα οι ράμπες των ΑμεΑ (Άτομα με ειδικές Ανάγκες) στα πεζοδρόμια, που βρίσκονται περιμετρικά του κέντρου, έχουν μικρό πλάτος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην εξυπηρετούν τους χρήστες τους (Νιώτης, 2009).

ΜΕΡΟΣ Β : ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΒΕΡΟΛΙΝΟΥ-ΒΡΑΝΔΕΜΒΟΥΡΓΟΥ

Κάθε ευρωπαϊκή μητροπολιτική περιοχή έχει τα δικά της χαρακτηριστικά και τις δικές τις ιδιαιτερότητες. Παραπάνω αναφέρθηκε η Μητροπολιτική περιοχή της Αθήνας, ενώ παρακάτω θα γίνει λόγος για μια μητροπολιτική περιοχή μίας διαφορετικής χώρας. Αυτή είναι η Μητροπολιτική περιοχή του Βερολίνου-Βρανδεμβούργου (Metropolregion Berlin-Brandenburg) ή αλλιώς Περιοχή της πρωτεύουσας του Βερολίνου-Βρανδεμβούργου (Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg), και οι δύο ονομασίες είναι εξίσου ορθές. Η μητρόπολη της συγκεκριμένης περιοχής είναι το Βερολίνο και μαζί με το Βρανδεμβούργο αποτελούν την περιοχή της πρωτεύουσας της Γερμανίας. Η επιφάνεια που καταλαμβάνει η πόλη του Βερολίνου είναι στα 891 τετραγωνικά χιλιόμετρα (km^2), ενώ η περιφέρεια του Βρανδεμβούργου συνολικά καταλαμβάνει μια επιφάνεια των 29.654 τετραγωνικών χιλιομέτρων (km^2).

Επιπλέον η συγκεκριμένη μητροπολιτική περιοχή είναι κατά κύριο λόγο πεδινή, το κλίμα της είναι εύκρατο με αρκετές βροχοπτώσεις και η μέση ετήσια θερμοκρασία της είναι 10°C (Climate-Data.org). Παράλληλα η περιοχή διαθέτει αρκετούς υδάτινους πόρους, καθώς την διασχίζουν τρείς μεγάλοι ποταμοί, ο Σπρέε (Spree), ο Χάβελ (Havel) και ο Ντάμε (Dahme). Ο Σπρέε έχει συνολικό μήκος περίπου 382 χιλιόμετρα και σχεδόν τα 46 χιλιόμετρα περνούν μέσα στην πόλη του Βερολίνου, πηγάζει κοντά στις περιοχές Ebersbach-Spreedorf, Neugersdorf και Kottmar (της Σαξονίας) κοντά στην Τσεχία και εκβάλει στο τμήμα του ποταμού Χάβελ που βρίσκεται στον δήμο Σπάνταου (δυτικά) του Βερολίνου. Έπειτα ο ποταμός Χάβελ έχει μήκος περίπου 325 χιλιόμετρα, εκ των οποίων περίπου τα 27 χιλιόμετρα περνούν μέσα από την πόλη του Βερολίνου. Ο Χάβελ πηγάζει στην περιοχή Ankershagen του ομοσπονδιακού κρατιδίου Μεκλεμβούργου-Δυτικής Πομερανίας (Mecklenburg-Vorpommern) και εκβάλει στον ποταμό Έλβα κοντά στην περιοχή Gnevsdorf βορειοδυτικά στο Βρανδεμβούργου. Στη συνέχεια ο ποταμός Ντάμε (Dahme) έχει συνολικό μήκος περίπου 95 χιλιόμετρα, εκ των όποιων τα 16 χιλιόμετρα διασχίζουν την πόλη του Βερολίνου. Ο Ντάμε πηγάζει κοντά στη περιοχή Kolpien στο νότιο μέρος του Βρανδεμβούργου και εκβάλει στο τμήμα του ποταμού Σπρέε στην νοτιοανατολική περιοχή Köpenick του Βερολίνου.

Επιπλέον στην Μητροπολιτική περιοχή του Βερολίνου-Βρανδεμβούργου βρίσκονται τέσσερα μικρότερα ποτάμια. Αυτά είναι ο Erpe / Neuhagener Mühlen fließ (μήκους περίπου 31 χιλιομέτρων), ο Panke (μήκους περίπου 27 χιλιομέτρων), ο Tegeler Fließ (μήκους περίπου 27 χιλιομέτρων) και ο Wuhle (μήκους περίπου 16,5 χιλιομέτρων). Επίσης πέρα από τα ποτάμια ύδατα η συγκεκριμένα μητροπολιτική περιοχή διαθέτει και λιμναία ύδατα. Για την ακρίβεια στην περιοχή βρίσκονται τέσσερις λίμνες, η Dämeritzsee, (επιφάνειας 103 εκταρίων), η Großer Müggelsee (επιφάνειας 766

εκταρίων), η Seddinsee (επιφάνειας 262 εκταρίων), και η Zeuthener See (επιφάνειας 233 εκταρίων). Με βάση τα παραπάνω στοιχεία το Βερολίνο μπορεί να χαρακτηριστεί ως «Πόλη του νερού» (Wasseradern unserer Stadt – Berlin. de).

Στη συνέχεια ο συνολικός πληθυσμός της Μητροπολιτικής περιοχής του Βερολίνου-Βρανδεμβούργου ανέρχεται στους 6,2 εκατομμύρια κατοίκους (περίπου), με βάση τα δεδομένα του έτους 2020. Για την ακρίβεια στην πόλη του Βερολίνου διαμένουν μόνιμα σχεδόν 3,7 εκατομμύρια άνθρωποι. Αποτελεί την δεύτερη πιο πυκνοκατοικημένη πόλη της Γερμανίας (στην πρώτη θέση βρίσκεται το Μόναχο) και περιλαμβάνει δώδεκα δήμους. Έπειτα το Βρανδεμβούργο είναι η περιφέρεια που περιβάλει το Βερολίνο και σε αυτό κατοικούν 2,5 εκατομμύρια πολίτες. Αυτή η περιφέρεια διαθέτει τέσσερις αστικές περιοχές(όπως το Πότσνταμ) και 14 επαρχίες. Επιπρόσθετα η συγκεκριμένη περιφέρεια διαθέτει αρκετούς δήμους, ο αριθμός των οποίων ανέρχεται στους 270 (επίσημοι δήμοι). Οι παραπάνω αριθμοί είναι συμβατοί με δεδομένα που συλλέχτηκαν το 2020 (DatenundFakten – Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg.de.).

Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι για 28 χρόνια η πόλη ήταν χωρισμένη σε δύο μέρη, το Δυτικό και το Ανατολικό Βερολίνο. Ο διαχωρισμός επετεύχθη με την ανέγερση του γνωστού «Τείχος του Βερολίνο», το οποίο κατασκευάστηκε το 1961 και κατεδαφίστηκε το 1989. Το Ανατολικό Βερολίνο άνηκε στην Λαϊκή Δημοκρατία της Γερμανίας (υπό το καθεστώς της Ένωσης Σοβιετικών Σοσιαλιστικών Δημοκρατιών, ΕΣΣΔ) και το Δυτικό Βερολίνο άνηκε στην Ομοσπονδιακή Δημοκρατία της Γερμανίας (ΟΔΓ) που ήταν υπό την επιρροή του καπιταλισμού. Με την ανέγερση του τείχους άλλαξε ριζικά ο χάρτης, το οδικό και το σιδηροδρομικό δίκτυο της πόλης (Χατζηπαναγιωτίδης, 2019). Μετά από την κατεδάφιση του πραγματοποιήθηκαν πολλά έργα για την ένωση των δύο πόλεων σε μία. Τα έργα αυτά αφορούσαν διάφορους τομείς, ανάμεσα στους βρίσκεται η πολεοδομία, η οδοποιία και το σιδηροδρομικό δίκτυο.

5.1. Κατηγορίες οδών

Πριν γίνει η αναφορά των αστικών και περιαστικών οδών της μητροπολιτικής περιοχής του Βερολίνου-Βρανδεμβούργου είναι σημαντικό να γίνει λόγος για την κατηγοριοποίηση των οδών στην Ομοσπονδιακή Δημοκρατία της Γερμανίας (Bundesrepublik Deutschland, BRD). Οι γερμανικές οδοί χωρίζονται σε πέντε μεγάλες κατηγορίες. Αρχικά οι μεγαλύτερες οδοί είναι οι ομοσπονδιακοί αυτοκινητόδρομοι, οι οποίοι χωρίζονται στους αυτοκινητοδρόμους μεγάλων αποστάσεων και τοπικής ροής (Bundesfernstraßen: Bundesautobahnen και Bundesstraßen αντίστοιχα). Οι ομοσπονδιακοί αυτοκινητόδρομοι μεγάλων αποστάσεων είναι δημόσιοι δρόμοι που σχηματίζουν ένα συνεκτικό δίκτυο κυκλοφορίας ή προορίζονται να εξυπηρετήσουν την κυκλοφορία μεγάλων αποστάσεων (Bundesautobahnen). Στη συνέχεια οι ομοσπονδιακοί

αυτοκινητόδρομοι τοπικής ροής (Bundesstraßen) περνούν εντός των αστικών περιοχών και υποδιαιρούνται σε τοπικές οδούς (Bundesfernstraßengesetz, BGBl.2023/ Nr.88).

Επόμενη κατηγορία των γερμανικών οδών είναι οι κρατικοί δρόμοι (Landesstraßen). Οι συγκεκριμένοι δρόμοι έχουν τουλάχιστον περιφερειακή κυκλοφοριακή σημασία, που σχηματίζουν ένα μεταφορικό δίκτυο εντός της κρατικής επικράτειας μεταξύ τους ή σε συνδυασμό με ομοσπονδιακούς δρόμους. Οι κρατικοί δρόμοι εξυπηρετούν την κυκλοφορία μεταξύ γειτονικών περιοχών και ανεξάρτητων από την περιφέρεια πόλεων, ιδίως για συνεχείς συγκοινωνιακές συνδέσεις (LANDEKREIS TELTOW-FLÄMING). Μετά τους κρατικούς δρόμους ακολουθεί η κατηγορία των περιφερειακών δρόμων (Kreisstraßen). Αναλυτικότερα οι περιφερειακοί δρόμοι εξυπηρετών κυρίως ή προορίζονται να εξυπηρετήσουν την μετακίνηση μεταξύ γειτονικών περιοχών και ανεξάρτητων πόλεων, την περιφερειακή κυκλοφορία μέσα στα όρια μιας περιφέρειας ή τη σύνδεση κοινοτήτων ή χωροταξικά ξεχωριστών τοποθεσιών με τις περιφερειακές διαδρομές κυκλοφορίας (LANDKREIS OSMANBRÜCK).

Στη συνέχεια βρίσκεται η κατηγορία των δημοτικών δρόμων (Gemeindestraßen). Οι δημοτικοί δρόμοι χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες τους κοινοτικούς και τους τοπικούς δρόμους (Gemeindeverbindungsstraßen και Ortsstraßen αντίστοιχα). Πιο συγκεκριμένα οι κοινοτικοί δρόμοι προσφέρουν την γειτονική κυκλοφορία μεταξύ κοινοτήτων ή τμημάτων κοινοτήτων ή σύνδεση αυτών των περιοχών με άλλες διαδρομές κυκλοφορίας. Αντίθετα οι τοπικοί δρόμοι παρέχουν την κυκλοφορία εντός μίας αστικής περιοχής ή στο χωρικό επίπεδο εφαρμογής ενός σχεδίου ανάπτυξης κατά την έννοια του Οικοδομικού Κώδικα, με εξαίρεση τις τοπικές διαμπερείς οδούς σε ομοσπονδιακούς δρόμους, κρατικούς δρόμους και περιφερειακούς δρόμους (Bayerisches Straßen-und Wegegesetz: Art.46 Einleitung der Gemeindestraßen).

Στην τελευταία κατηγορία των γερμανικών οδών ανήκουν οι άλλοι δημόσιοι δρόμοι (sonstige öffentliche Straßen). Αυτή η κατηγορία υποδιαιρείται σε τρείς υποκατηγορίες, τους χωματόδρομους και τους δασικούς δρόμους, τους δημόσιους δρόμους περιορισμένης χρήσης και τους ιδιωτικούς δρόμους (Öffentlichen Feldwege και Waldwege, beschränkt-öffentlichen Wege και Eigentümerwege, αντίστοιχα). Στην πρώτη υποκατηγορία εντάσσονται οι δρόμοι που χρησιμοποιούνται για την διαχείριση των αγρών και των δασών. Στην δεύτερη υποκατηγορία ανήκουν οι δρόμοι που εξυπηρετούν περιορισμένα μέσα μαζικής μεταφοράς και ενδέχεται να έχουν ειδικό σκοπό. Σε αυτούς τους δρόμους εντάσσονται οι οδοί των κοιμητηρίων, των εκκλησιών και των σχολείων, τα μονοπάτια πεζοπορίας, αλλά και οι πεζόδρομοι και ποδηλατόδρομοι που δεν αποτελούν τμήματα άλλων δρόμων (δηλαδή ανεξάρτητοι πεζόδρομοι και ποδηλατόδρομοι). Στα παραπάνω συμπεριλαμβάνονται οι χώροι των πεζών. Στην τρίτη υποκατηγορία ανήκουν οι ιδιωτικοί δρόμοι, στους οποίους οι ιδιοκτήτες επιτρέπουν την

πλήρη ή την περιορισμένη δημόσια κυκλοφορία (Bayerisches Straßen-und Wegegesetz : Art.53 Einteilung der sonstigen öffentlichen Straßen).

Παρακάτω θα αναφερθούν οι αστικοί και περιαστικοί οδοί της μητροπολιτικής περιοχής του Βερολίνου-Βρανδεμβούργου. Εδώ αξίζει να σημειωθεί, ότι εντός του αστικού ιστού βρίσκονται οι ομοσπονδιακοί δρόμοι τοπικής ροής, οι τοπικές οδοί και ορισμένοι από τους άλλους δημόσιους δρόμους (όπως οι σχολικοί δρόμοι). Ενώ στους περιαστικές οδούς βρίσκονται ομοσπονδιακοί δρόμοι μεγάλων αποστάσεων, κρατικοί δρόμοι, οι περιφερειακοί δρόμοι, οι κοινοτικοί δρόμοι και άλλοι δημόσιοι δρόμοι.

5.2. Αστικές Οδοί

Ύστερα από την επανένωση των δύο πόλεων η αποκατάσταση του οδικού δικτύου ήταν ένα από τα πρώτα ζητήματα. Η πόλη του Βερολίνου διαθέτει μια πληθώρα μεγάλων και μικρών οδικών αρτηριών, μερικές από τις οποίες έχουν μεγάλη ιστορία. Ορισμένες από τις σημαντικότερες οδούς του Βερολίνου είναι η «Warschauer Straße»ή οδός Βαρσοβίας (κέντρο-ανατολικά), το «Innenstadtring» (κέντρο) ή αλλιώς η περιφερειακή οδός του εσωτερικού της πόλης, η «Märkische Allee» ή λεωφόρος Μέρκισε (ανατολικά προάστια), η «Karl-Marx-Allee» ή λεωφόρος Καρλ-Μαρξ (κέντρο), η οδός «Hermsdorfer Damm» ή Χερμσντόρφερ Ντάμ (βόρεια προάστια), «Schirwindter Allee» ή λεωφόρος Σίρβιντερ (δυτικά προάστια), η «Onkel-Tom-Straße» ή αλλιώς η οδός Όνκελ Τομ (νότια προάστια) καθώς και πολλές άλλες. Παρακάτω θα αναφερθούν δύο παραδείγματα αξιοσημείωτων αστικών οδών λόγω της σπουδαιότητας και της λειτουργία τους (Bezirksamt Friedrichshain-Kreuzberg von Berlin, Bezirksamt Reinickendorf-Berlin.de, Bezirksamt Charlottenburg-Wilmersdorf-Berlin.de, Bezirksamt Steglitz-Zehlendorf von Berlin).

Η μία από τις δύο οδούς είναι η οδός Βαρσοβίας. Πιο αναλυτικά αυτή η οδός βρίσκεται στην ανατολική πλευρά του κέντρου του Βερολίνου και περνά από τον δήμο Φριντριχσχάιν-Κρόϊτσμπεργκ (Friedrichshain-Kreuzberg). Επιπλέον αποτελεί τμήμα της περιφερειακής οδού του εσωτερικού της πόλης (Innenstadtring) και ανήκει στο κεντρικό οδικό δίκτυο του Βερολίνου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παρατηρείται έντονη κυκλοφορία. Στην έντονη κινητικότητα συμβάλλει το γεγονός, ότι η συγκεκριμένη οδός αποτελεί ένα από τα πιο εμπορικά σημεία του δήμου. Για την ακρίβεια κατά μήκος της βρίσκονται περίπου 85 καταστήματα και επιχειρήσεις (τόσο παραδοσιακές όσο και νεανικές) (Umbau der Warschauer Straße-Berlin.de, 2014).

Ταυτόχρονα η συγκεκριμένη οδός έχει πρόσβαση σε διάφορα μέσα σταθερής τροχιάς καθώς και σε άλλα συγκοινωνιακά έργα. Στα μέσα σταθερής τροχιάς ανήκει ο υπόγειος σιδηρόδρομος (U-Bahn) μέσω των γραμμών U1 και U12 και ο γρήγορος σιδηρόδρομος (S-Bahn) μέσω των γραμμών S3, S5, S7, S9 και S75. Επιπλέον στα μέσα αυτά

συγκαταλέγεται και το τραμ (Straßenbahn) μέσω των γραμμών M13 και M10. Πέρα από τα μέσα σταθερής τροχιάς η οδός Βαρσοβίας είναι μέρος μιας άλλης μεγαλύτερης οδού, η οποία εκτείνεται σε αρκετά μέρη της πόλης. ΑυτήείναιημομοσπονδιακήοδόςB96a (Bundesstraße 96a). Επιπλέον η κατάληξη της οδού Βαρσοβίας βρίσκεται στην οδογέφυρα «Oberbaumbrücke», η οποία διαθέτει γραμμές για την έλευση του μετρό, του τραμ και του γρήγορου σιδηροδρόμου. Μαζί με τα παραπάνω αυτή η γέφυρα αποτελούσε σύνορο μεταξύ του Ανατολικού και Δυτικού Βερολίνο κατά την περίοδο 1961 έως το 1989 (Warschauer Straße - Berlin.de, Oberbrücke - Berlin.de, Ehemaliger Grenzübergang Oberbaumbrücke - Berlin.de).

Προς τα νότια προάστια υπάρχει μια άλλη αξιοσημείωτη οδός. Αυτή είναι η οδός Όνκελ Τομ. Η συγκεκριμένη οδός βρίσκεται στον δήμο Στέγκλιτσ-Τσελεντορφ (Steglitz-Zehlendorf) και εκτείνεται στην συνοικία Τσέλεντορφ. Το μήκος της ανέρχεται στα 3,7 χιλιόμετρα. Πλευρικά της οδού, πέρα από κατοικίες, είναι τοποθετημένες διάφορες αθλητικές εγκαταστάσεις, χώροι αναψυχής και επιχειρήσεις εστίασης. Μαζί με τα παραπάνω κατά μήκος της οδού εδράζουν ορισμένα σημαντικά κτήρια της περιοχής όπως ο πρώην πυροσβεστικός σταθμός, ο οποίος χρησιμοποιείται στην σημερινή εποχή ως εκπαιδευτικός χώρος του λαϊκού πανεπιστημίου Victor Gollancz (Volkshochschule Victor Gollancz). Επιπρόσθετα το συγκεκριμένο κτήριο είναι κατάλληλο για την διεξαγωγή πολιτιστικών εκδηλώσεων όπως συναυλίες, αναγνώσεις και εκθέσεις.

Μετά τον παλιό πυροσβεστικό σταθμό βρίσκεται το κοιμητήριο του Τσέλεντορφ, το οποίο διαθέτει δύο παρεκκλήσια επίσημα χαρακτηρισμένα ως μνημεία. Συνεχίζοντας κατά μήκος της οδού είναι τοποθετημένο το γήπεδο «Ernest-Reuter-Sportfeld» και το στάδιο «Ernest-Reuter-Stadion».Το συγκεκριμένο γήπεδο αποτελεί έδρα του ποδοσφαιρικού συλλόγου F.C. Hertha 03 e.V. Φεύγοντας από τη προαναφερθείσα αθλητική εγκατάσταση βρίσκεται το «Fischtalpark» ή αλλιώς το πάρκο ψαριών. Ο συγκεκριμένος πράσινος χώρος αποτελεί σημείο ψυχαγωγίας των πολιτών. Αυτό συμβαίνει διότι διαθέτει μία παιδική χαρά, μία πλαγιά κατάλληλη για έλκηθρα, χώρους για ηλιοθεραπεία με την δυνατότητα οργάνωσης πικ-νικ και μια μικρή λιμνούλα με ψάρια.

Έπειτα κατά μήκος της οδού Όνκελ Τομ είναι κατασκευασμένο το κτήριο του ποδοσφαιρικού συλλόγου F.C. Hertha 03 e.V. Αυτό το κτίσμα έχει πρόσβαση στο γήπεδο «Ernest-Reuter-Sportfeld». Συνεχίζοντας ευθεία της οδού βρίσκεται η εκκλησία «Ernst Moritz Arndt». Στην απέναντι πλευρά της εκκλησίας και λίγα μέτρα πιο κάτω βρίσκεται ο σταθμός του μετρό «Onkel Toms Hütte», από τον οποίο περνάει η γραμμή U3. Από την είσοδο του σταθμού ξεκινά ο εμπορικός δρόμος (Ladenstraße) με μια πληθώρα καταστημάτων και εστιατορίων. Ενώ πιο μετά βρίσκεται το συγκρότημα κατοικιών «Onkel Toms Hütte». Στη συνέχεια στη οδό Όνκελ Τομ εδράζει η λέσχη ιππασίας «Onkel-Toms-Hütte e.V.», η οποία περιλαμβάνει αίθουσα ιππασίας και υπαίθριο χώρο. Επίσης η

συγκεκριμένη λέσχη αποτελεί σημείο εκκίνησης του πράσινου δάσους. Για την ακρίβεια η οδός Όνκελ Τομ τερματίζει στα πρώτα μέτρα του «Grunewald» ή αλλιώς του πράσινο δάσος (Zehlendorf : Die Onkel-Tom-Straße – Willkommen zu einer interaktiven Entdeckungstour).

5.4. Περιαστικές οδοί

Σε ένα γενικότερο πλαίσιο οι περιαστικές οδοί της μητροπολιτικής περιοχής του Βερολίνου-Βρανδεμβούργου γίνεται να περνούν ή ξεκινούν από τον αστικό ιστό του Βερολίνου και εκτείνονται στον περιαστικό χώρο. Ενώ άλλες περιαστικές οδοί διατρέχουν μόνο τον περιαστικό χώρο. Υπάρχουν διάφορες περιαστικές οδοί μικρής και μεγάλης εμβέλειας. Εδώ αξίζει να αναφερθεί ότι οι οδοί μεγάλης εμβέλειας-όπως οι ομοσπονδιακοί αυτοκινητόδρομοι (Bundesautobahn) - συνδέουν τη μητροπολιτική περιοχή του Βερολίνου-Βρανδεμβούργου με άλλες περιοχές και αστικά κέντρα. Μερικές από τις σημαντικότερες περιαστικές οδούς αυτής της μητροπολιτικής περιοχής είναι ο ομοσπονδιακός αυτοκινητόδρομος A10 (Bundesautobahn 10 ή Autobahn 10, A10), ο ομοσπονδιακός αυτοκινητόδρομος A13 (Bundesautobahn 13ή Autobahn 13, A13), ο κρατικός δρόμος 20 (Landesstraße 20, L20), ο κρατικός δρόμος 172 (Landesstraße 172, L172)καθώς και πολλές άλλες. Παρακάτω θα αναφερθούν δύο από τους προσφερθέντες δρόμους, καθώς αποτελούν δύο πολύ σημαντικοί οδοί της μητροπολιτικής περιοχής.

Ο ένας από τους δύο είναι ο αυτοκινητόδρομος A10 ή αλλιώς ο δακτύλιος της πόλης του Βερολίνου (Stadtring). Το μήκος του είναι περίπου 196 χιλιόμετρα και περιβάλλει ολόκληρη την πόλη του Βερολίνου (A10 - Autobahnatlas), ενώ ένα μικρό μέρος του περνά από τον δήμο Pankow του Βερολίνου που βρίσκεται στα βόρεια προάστια της πόλης (StadtplanBerlin - Berlin.de). Ο συγκεκριμένος δακτύλιος αποτελεί τον μεγαλύτερο οδικό δακτύλιο της Ευρώπης. Επιπλέον οι διέξοδοι του οδηγούν σε άλλους σημαντικούς ομοσπονδιακούς δρόμους. Σε αυτούς συγκαταλέγεται ο ομοσπονδιακός αυτοκινητόδρομος A11 (στην βορειοανατολική πλευρά του δακτυλίου), η κατάληξη του βρίσκεται μεταξύ των συνόρων Γερμανίας και Πολωνίας. Μια ακόμα διέξοδος που οδηγεί στα σύνορα μεταξύ αυτών των δύο χωρών είναι ο ομοσπονδιακός αυτοκινητόδρομος A12 (στην νοτιοανατολική πλευρά του δακτυλίου). Έπειτα άλλη διέξοδος αποτελεί ο ομοσπονδιακός αυτοκινητόδρομος A13 που συνδέει την μητροπολιτική περιοχή του Βερολίνου-Βρανδεμβούργου με την Δρέσδη.

Επιπλέον ένας σημαντικός δρόμος που ενώνεται με τον δακτύλιο είναι ο ομοσπονδιακός αυτοκινητόδρομος A113 (στην νότια πλευρά του δακτυλίου), ο οποίος περνά από το αεροδρόμιο Βερολίνου Βρανδεμβούργου Βίλλυ Μπράντ (Flughafen Berlin Brandenburg BER “Willy Brand”)και καταλήγει στο κέντρο του Βερολίνου. Στο δυτικό μέρος του δακτυλίου βρίσκεται ο ομοσπονδιακός αυτοκινητόδρομος A115, ο οποίος συνεχίζεται προς τους δυτικούς δήμους του Βερολίνου. Το βόρειο τμήμα του

συγκεκριμένου αυτοκινητοδρόμου είναι γνωστό ως AVUS (Automobil-Verkehrs- und Übungsstaße ή Οδός κυκλοφορίας και εκπαίδευσης αυτοκινήτων) και αποτελεί πρώην πίστα αγώνων μηχανοκίνητων οχημάτων. Ύστερα στην νοτιοδυτική πλευρά του δακτυλίου ξεκινά ο ομοσπονδιακός αυτοκινητόδρομος Α9, ο οποίος εκτείνεται μέχρι την νότια Γερμανία και καταλήγει στην κοσμοπολίτικη πόλη του Μονάχου. Στη συνέχεια στο βορειοανατολικό μέρος του δακτυλίου αρχίζει ο ομοσπονδιακός αυτοκινητόδρομος Α24, ο οποίος συνδέει την μητροπολιτική περιοχή του Βερολίνου-Βρανδεμβούργου με το Αμβούργο. Αυτός αποτελεί ο τελευταίος μεγάλος ομοσπονδιακός αυτοκινητόδρομος του συνδέεται με το δακτύλιο του Βερολίνου (Bundesautobahn 10 – Academic Accelerator).

Αξιοσημείωτος ομοσπονδιακός αυτοκινητόδρομος αποτελεί και ο Α13. Ο συγκεκριμένος αυτοκινητόδρομος αποτελεί προέκταση του Α113 μετά το πέρασμα του δακτυλίου του Βερολίνου και καταλήγει στην Δρέσδη. Το συνολικό του μήκος είναι περίπου 151 χιλιόμετρα. Μια από τις διεξόδους του είναι ο ομοσπονδιακός αυτοκινητόδρομος Α15 που βρίσκεται νοτιοανατολικά του Βρανδεμβούργου (Α13 – Autobahnatlas). Ο Α15 έχει μήκος περίπου 64 χιλιόμετρα, περνά από την πόλη Κότμπους (Cottbus) και καταλήγει στα σύνορα μεταξύ Γερμανίας και Πολωνίας (Α15 - Autobahnatlas). Η συγκεκριμένη πόλη κατοικείται από περίπου 100.000 άτομα και αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα αστικά κέντρα του Βρανδεμβούργου μετά το Βερολίνο (Welcome to Cottbus – Stadt Cottbus/Chóśebuz). Αυτό συμβαίνει διότι, εκεί εδράζουν αρκετά εκπαιδευτικά ιδρύματα, όπως το Τεχνικό Πανεπιστήμιο του Κότμπους (Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg) και βιομηχανίες (Economic, science and technology location Cottbus – Stadt Cottbus/Chóśebuz).

5.5. Αστικοί σιδηρόδρομοι

Η μητροπολιτική περιοχή του Βερολίνου-Βρανδεμβούργου διαθέτει δύο είδη αστικού σιδηροδρόμου. Αυτοί είναι, ο υπόγειος σιδηρόδρομος ή μετρό (Untergrundbahn, U-Bahn) και το τραμ (Straßenbahn). Αρχικά το μετρό του Βερολίνου διαθέτει ένα δίκτυο σιδηροδρομικών γραμμών συνολικού μήκους 146 χιλιομέτρων και 173 σταθμούς. Αποτελεί έναν από τους πιο παλιούς υπόγειους σιδηροδρόμους του κόσμου, καθώς η πρώτη γραμμή του ξεκίνησε την λειτουργία της το 1902. Αρχικά τα δρομολόγια του εξυπηρετούσαν ιδιωτική χρήση για την εταιρία Siemens & Halske, ενώ τα επόμενα χρόνια έγινε ευρεία χρήση του σιδηροδρόμου από τους πολίτες. Οι περισσότερες γραμμές βρίσκονται υπόγεια της πόλης, ενώ ένα μικρό μέρος τους βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους. Το δίκτυο του συγκεκριμένου σιδηροδρόμου σε εννιά επιβατικές μεγάλες γραμμές (U-Bahn Berlin - stadtregion.org). Επίσης χαρακτηριστικό γνώρισμα του συγκεκριμένου σιδηροδρόμου είναι το κίτρινο χρώμα των συρμών (Subway (U-Bahn) –Berlin.de).

Η πρώτη γραμμή ή αλλιώς η «U1»του μετρό ονομάζεται Warschauer Straße-Uhlandstraße και έχει συνολικό μήκος 8,9 χιλιόμετρα, εκ των οποίων τα 3,1 χιλιόμετρα βρίσκονται κάτω από την γη. Η συγκεκριμένη γραμμή περνά από τις περιοχές Φριντριχσχάϊν (Friedrichshain), Κρόϊτσμπεργκ (Kreuzberg), Τιεργκάρντεν (Tiergarten), Σόνεμπεργκ (Schöneberg) και Σαρλότενμπουργκ (Charlottenburg) και έχει 13 σταθμούς. Η δεύτερη γραμμή ή αλλιώς η «U2» ονομάζεται Pankow – Ruhlebenκαι έχει συνολικός μήκος 20,7 χιλιόμετρα, εκ των οποίων τα 14,5 χιλιόμετρα βρίσκονται υπόγειος. Αυτή η γραμμή διασχίζει τις περιοχές Πάνκαου (Pankow), Πρεντζλάουερ Μπέργκ (Prenzlauer Berg), το κέντρο της πόλης (Mitte), Κρόϊτσμπεργκ (Kreuzberg), Σόνεμπεργκ (Schöneberg) και Σαρλότενμπουργκ (Charlottenburg) και διαθέτει 29 σταθμούς.

Επόμενη είναι η τρίτη γραμμή ή αλλιώς η «U3», η οποία ονομάζεται Krumme Lanke – Warschauer Straße και έχει συνολικό μήκος 18,7 χιλιόμετρα, εκ των οποίων τα 5,7 χιλιόμετρα βρίσκονται σε υπερυψωμένες σιδηροδρομικές γραμμές πάνω από το έδαφος. Η συγκεκριμένη γραμμή περνά από τις περιοχές Σόνεμπεργκ (Schöneberg), Σαρλότενμπουργκ (Charlottenburg), Βίλμερσντορφ (Wilmersdorf) και Τσέλεντορφ (Zehlendorf) και διαθέτει 24 σταθμούς. Στη συνέχεια ακολουθεί η τέταρτη γραμμή του μετρό ή αλλιώς η «U4», η οποία ονομάζεται Nollendorfplatz – Innsbrucker Platz και το μήκος της είναι 2,9 χιλιόμετρα (όλη η διαδρομή είναι υπόγεια). Αυτή η γραμμή περνά από την περιοχή Σόνεμπεργκ (Schöneberg) και έχει 5 σταθμούς. Έπειτα η πέμπτη γραμμή του υπόγειου σιδηρόδρομου ή αλλιώς η «U5» λέγεται Hauptbahnhof–Hönow, η οποία έχει συνολικό μήκος 22 χιλιόμετρα, εκ των οποίων τα 8,5 είναι στην επίγεια. Για την ακρίβεια η γραμμή αυτή περνά από την περιοχή του κέντρο της πόλης, του Σόνεμπεργκ (Schöneberg), του Λίχτενμπεργκ (Lichtenberg), του Μάρτσαν (Marzahn) και του Χέλερσντορφ (Hellersdorf) και διαθέτει 26 σταθμούς.

Ύστερα στη σειρά βρίσκεται η έκτη γραμμή του μετρό ή αλλιώς η «U6», η οποία ονομάζεται Alt- Tegel – Alt- Mariendorf και έχει συνολικό μήκος 19,9 χιλιόμετρα, εκ των οποίων τα 17 χιλιόμετρα είναι κάτω από το έδαφος. Αυτή η γραμμή διασχίζει τις περιοχές Ράϊνικεντόρφ (Reinickendorf), Βέντιγκ (Wedding), το κέντρο της πόλη (Mitte), Κρόϊτσμπεργκ (Kreuzberg) και Τέμπελχοφ (Tempelhof). Επιπλέον η έκτη γραμμή διαθέτει 29 σταθμούς. Μετά ακολουθεί η έβδομη γραμμή ή αλλιώς «U7», η οποία ονομάζεται RathausSpandau – Rudow, το μήκος της οποίας είναι στα 31,8 χιλιόμετρα (όλη η διαδρομή είναι υπόγεια). Οι περιοχές που διασχίζει είναι το Σπάνταου (Spandau), το Σαρλότενμπουργκ (Charlottenburg), το Βίλμερσντορφ (Wilmersdorf), Σόνεμπεργκ (Schöneberg), Κρόϊτσμπεργκ (Kreuzberg) και το Νόϊκολν (Neukölln). Η συγκεκριμένη γραμμή διαθέτει 40 σταθμούς.

Στη συνέχεια ακολουθεί η όγδοη γραμμή του υπόγειου σιδηροδρόμου ή αλλιώς η «U8», το όνομα της οποίας είναι Wittenau – Hermannstraße και το μήκος της είναι 18,2 χιλιόμετρα (εξ' ολοκλήρου υπόγεια διαδρομή). Αυτή η γραμμή διασχίζει τις περιοχές

Ραϊνικεντόρφ (Reinickendorf), Βέντιγκ (Wedding), Κρόϊτσμπεργκ (Kreuzberg), Νόϊκολν (Neukölln) και κέντρο του Βερολίνου, ενώ διαθέτει 24 σταθμούς. Τελευταία σημαντική γραμμή του μετρό του Βερολίνου είναι η ένατη ή αλλιώς η «U9», η οποία λέγεται Osloer Straße – Rathaus Steglitz. Η διαδρομή της ένατης γραμμής είναι υπόγεια (από την έως το τέλος της) και το μήκος της είναι στα 12,5 χιλιόμετρα. Διασχίζει τις περιοχές Βέντιγκ (Wedding), Σαρλότενμπουργκ (Charlottenburg), Βίλμερσντορφ (Wilmersdorf) Σόνεμπεργκ (Schöneberg) και Στέγκλιτζ (Steglizt) και διαθέτει 18 σταθμούς (UrbanRail.Net > Europe > Germany > Berlin U-Bahn, U-Bahn Berlin – stadtregion.org).

Βέβαια το σιδηροδρομικό δίκτυο της πόλης δεν περιορίζεται στον υπόγειο σιδηρόδρομο. Για την ακρίβεια σημαντικό ρόλο στην μετακίνηση των πολιτών παίζουν και δύο άλλα μέσα σταθερής τροχιάς. Αυτά είναι το Μετρό-Τραμ (Metrotram) και το Τραμ (Tram). Η διαφορά μεταξύ τους εντοπίζεται στο ωράριο λειτουργίας τους. Πιο συγκεκριμένα το Μετρό-Τραμ λειτουργεί 24 ώρες το εικοσιτετράωρο, ενώ το Τραμ έχει περιορισμένο ωράριο (Tram&Metrotram – Berlin.de). Η πρώτη εμφάνιση του τραμ έγινε στο Βερολίνο τον 19^{ο} αιώνα και πιο συγκεκριμένα το 1865, όπου αρχικά μετακινούνταν από άλογα. Η ηλεκτροκίνηση ήρθε κάποια χρόνια αργότερα (1881) από την εταιρία Siemens. Στο διάβα του 20^{ου} αιώνα το σιδηροδρομικό δίκτυο του τραμ επέστησε διάφορες αλλαγές ανάλογα με τα κοινωνικά και πολιτικά γεγονότα της κάθε εποχής (όπως ο Δεύτερος Παγκόσμιος Πόλεμος, η δημιουργία και η κατεδάφιση του τοίχους του Βερολίνου) (Geschichte der Berliner Straßenbahn – verkehrsseiten.de.).

Στην σύγχρονη εποχή το τραμ του Βερολίνου διαθέτει ένα ευρύ δίκτυο γραμμών, των οποίων το μεγαλύτερο μέρος τους βρίσκονται στο ανατολικό τμήμα της πόλης. Το μήκος του σιδηροδρομικού δικτύου είναι περίπου 192 χιλιόμετρα, διαθέτει 382 σταθμούς και ο συνολικός αριθμός των γραμμών του είναι 22 (https://berlinmap360.com/berlin-tram-map). Οι 9 γραμμές χρησιμοποιούνται από το Μετρό-Τραμ, όπου συμβολίζονται με το γράμμα «M» και τον αριθμό της εκάστοτε γραμμής. Οι γραμμές αυτές είναι η M1, M2, M4, M5, M6, M8, M10, M13, και M17. Ενώ οι υπόλοιπες 13 χρησιμοποιούνται από το Τραμ και συμβολίζονται με την λέξη «Tram» και τον αριθμό της εκάστοτε γραμμής. Σε αυτές ανήκουν οι γραμμέςTram 12, Tram 16, Tram 18, Tram 21, Tram 27, Tram 37, Tram 50, Tram 60, Tram 61, Tram 62, Tram 63, Tram 67 καιTram 68 (Berlin's tramlines at a glance / BVG).

Αξιοσημείωτη αποτελεί η γραμμή M10 και η γραμμή M13. Αυτό συμβαίνει διότι εκτείνονται πέρα από το ανατολικό μέρος του Βερολίνου. Για την ακρίβεια η M13 περνά από την οδό Bornholmer Straße, η οποία βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του κέντρου του Βερολίνου και την κλινική «Virchow-Klinikum», η οποία βρίσκεται στα δυτικά προάστια της πόλης. Έπειτα η γραμμή M10 περνά από την οδό Wolliner Straße, η οποία βρίσκεται στο βόρειο μέρος του κέντρου της πόλης. Επιπλέον η γραμμή M10 (μήκους 2,2 χιλιομέτρων) περνά από τον βόρειο σιδηροδρομικό σταθμό (Nordbahnhof), ο οποίος

βρίσκεται βορειοδυτικά του κέντρου και τον κεντρικό σιδηροδρομικό σταθμό (Hauptbahnhof), που βρίσκεται δυτικά του κέντρου. Το μήκος του σιδηροδρομικού δικτύου είναι περίπου 192 χιλιόμετρα και διαθέτει 382 σταθμούς (UrbanRail.Net > Europe > Germany > Berlin Tram/Straßenbahn).

5.6. Περιαστικός σιδηρόδρομος

Πέρα από την αστική περιοχή, σιδηροδρομικό δίκτυο διαθέτει και η περιαστική ζώνη της μητροπολιτικής περιοχής του Βερολίνου-Βρανδεμβούργου. Το συγκεκριμένο δίκτυο εντάσσεται τόσο στον αστικό όσο και στον περιαστικό χώρο της μητροπολιτικής περιοχής, με αποτέλεσμα να συνδέει τις πιο αραιοκατοικημένες περιοχές με την μητρόπολη του Βερολίνου. Το μέσο σταθερής τροχιάς που διατρέχει το δίκτυο αυτό είναι ο προαστιακός σιδηρόδρομος (Schnellbahn, S-Bahn). Το συνολικό μήκος που καλύπτει το δίκτυο του S-Bahneίναι 340 χιλιόμετρα (257 χιλιόμετρα βρίσκονται στο Βερολίνο και τα 83 χιλιόμετρα βρίσκονται στο Βρανδεμβούργο), διαθέτει 16 γραμμές (όπου η αναγραφή τους γίνεται με το γράμμα «S» και τον αριθμό της εκάστοτε γραμμής) και 168 σταθμούς. Ο αριθμός των επιβατών που χρησιμοποιεί τον προαστιακό σιδηρόδρομο σε μια εργάσιμη μέρα είναι 1,3 εκατομμύρια άτομα και κάθε χρόνο υπολογίζεται ότι το χρησιμοποιούν 410 εκατομμύρια επιβάτες (S-Bahn Berlin, Auf einen Blick – Zahlen und Fakten).

Όπως τα προηγούμενα μέσα σταθερής τροχιάς, έτσι και ο προαστικός σιδηρόδρομος έχει μακρά ιστορία. Οι πρώτες σιδηροδρομικές γραμμές για την περιαστική σιδηροδρομική κυκλοφορία τοποθετήθηκαν στα τέλη του 19^{ου} αιώνα, με την επέκταση τους να συνεχίζεται στον 20^{ο} αιώνα. Παύση αυτής της επέκτασης αποτέλεσε ο Δεύτερος Παγκόσμιος Πόλεμος και ο χωρισμός της πόλης στο Ανατολικό και στο Δυτικό Βερολίνο. Η ανέγερση του Τείχους του Βερολίνου επιδείνωσε την χρήση του S-Bahnστο Δυτικό, καθώς οι κύριες εγκαταστάσεις βρισκόντουσαν στο Ανατολικό Βερολίνο. Η επέκταση συνεχίστηκε στην ανατολική περιαστική ζώνη της μητροπολιτικής περιοχής (π.χ. στις περιαστικές περιοχές Strausberg Nord, Schönefeld, Ahrensfeld και Wartenberg). Ύστερα από την επανένωση των δύο πόλεων έως σήμερα το δίκτυο του προαστιακού σιδηροδρόμου χρησιμοποιείται εξ' ολοκλήρου. Με την πάροδο των χρόνων έγιναν νέες επεκτάσεις (π.χ. στην πόλη Teltow και στο αεροδρόμιο Willy Brand) (UrbanRail.Net > Europe > Germany > Berlin S-Bahn).

Οι γραμμές του προαστικού σιδηροδρόμου εξυπηρετούν διάφορες περιοχές. Αρχικά η γραμμή **S1** (μήκους 51,8 χιλιομέτρων) συνδέει την νότια περιοχή Wannsee του Βερολίνου με πόλη Oranienburg (η οποία βρίσκεται βόρεια του Βερολίνου) και περνά 35 σταθμούς (S-Bahn Berlin S1 Wannsee <> Oranienburg). Έπειτα η γραμμή **S2** (μήκους 46,4 χιλιομέτρων) συνδέει την βόρεια περιοχή Blankenfelde του Βερολίνου με την πόλη Bernau(η οποία βρίσκεται στο βόρεια τμήμα μητροπολιτικής περιοχής) και περνά 28 σταθμούς (S-Bahn Berlin S2 Blankenfelde <> Bernau). Στη συνέχεια ακολουθεί η γραμμή

S25 που συνδέει την πόλη Teltow (νότια του Βερολίνου) με το χωριό Hennigsdorf, το οποίο βρίσκεται βόρεια της μητρόπολης του Βερολίνου. Το μήκος της είναι 39,9 χιλιόμετρα και εξυπηρετεί 27 σταθμούς (S-Bahn Berlin S25 Teltow Stadt <> Hennigsdorf). Επόμενη είναι η γραμμή **S26** (μήκους 30,4 χιλιομέτρων) που ενώνει την πόλη Teltowμε τον δήμο Reinickendorf του Βερολίνου (ο οποίος βρίσκεται στα βόρεια προάστια) και περνά από 23 σταθμούς (S-Bahn Berlin S26 Teltow Stadt <> Waidmannslust).

Άλλη γραμμή είναι η **S3** (μήκους 45,6 χιλιομέτρων) που ενώνει την περιαστική περιοχή Erkner (νοτιοανατολικά του Βερολίνου) με τον δυτικό δήμο Spandau του Βερολίνου. Αυτή η γραμμή εξυπηρετεί 30 σταθμούς (S-Bahn Berlin S3 Erkner <> Spandau). Ύστερα ακολουθούν οι γραμμές **S41** και **S42** (μήκους 37 χιλιομέτρων) που διασχίζουν μια κυκλική διαδρομή στο κέντρο της πόλης. Η αφετηρία και η κατάληξη τους είναι στην περιοχή Gesundbrunnen και περνούν από 27 σταθμούς (S-Bahn Berlin S41 Ring im Uhrzeiger sinn & S-Bahn Berlin S42 Ring gegen den Uhrzeigersinn). Έπειτα στη σειρά βρίσκεται η γραμμή **S45** (μήκους 29,7 χιλιομέτρων) που συνδέει το αεροδρόμιο BER (Willy Brand) με τον σταθμό Südkreuz, στο νότιο τμήμα του κέντρου του Βερολίνου. Η γραμμή αυτή περνά από 14 σταθμούς (S-Bahn Berlin S45 Flughafen BER T1-2 <> Südkreuz). Επόμενη είναι η γραμμή **S46** (μήκους 40,6 χιλιομέτρων) που ενώνει την νοτιοανατολική περιαστική περιοχή Königs Wusterhausen του Βερολίνου με την περιοχή Westendπου βρίσκεται στο δυτικό μέρος του Βερολίνου. Η συγκεκριμένη γραμμή εξυπηρετεί 23 σταθμούς (S-Bahn Berlin S46 Königs Wusterhausen <> Westend).

Στη συνέχεια στο δίκτυο του προαστικού σιδηροδρόμου υπάρχει η γραμμή **S47** (μήκους 10,2 χιλιομέτρων), η οποία συνδέει την περιοχή Spindlersfeld (νοτιοανατολικά)με την οδό Hermannstraße (νότια από το κέντρο) του Βερολίνου. Η διαδρομή αυτής της γραμμής περνά από 7 σταθμούς εντός του πολεοδομικού συγκροτήματος του Βερολίνου (S-Bahn Berlin S47 Spindlersfeld <> Hermannstraße). Επίσης στον προαστικό σιδηρόδρομο ανήκει η γραμμή **S5** (μήκους 49,5 χιλιομέτρων), η αφετηρία της οποίας είναι η περιαστική πόλη Strausberg (βορειοανατολικά του Βερολίνου)και καταλήγει στον σταθμό Westkreuz δυτικά του κέντρου του Βερολίνου. Αυτή η γραμμή περνά από 30 σταθμούς (S-Bahn Berlin S5 Strausberg Nord <> Westkreuz). Στο δίκτυο συγκαταλέγεται και η γραμμή **S7** (μήκους 47,3 χιλιομέτρων), η οποία ξεκινά από την βορειοανατολική περιαστική περιοχή Ahrensfelde του Βερολίνου και καταλήγει στην πόλη Potsdam(η οποία βρίσκεται νοτιοδυτικά του Βερολίνου). Αυτή η γραμμή περνά από 29 σταθμούς (S-Bahn Berlin S7 Ahrensfelde <> Potsdam Hbf).

Επιπρόσθετα στο δίκτυο του προαστικού σιδηροδρόμου υπάρχει η γραμμή **S75** (μήκους 13,5 χιλιομέτρων), η οποία αρχίζει από την βορειοανατολική περιοχή Wartenberg του Βερολίνου και καταλήγει στην οδό Warschauer Straße ανατολικά του κέντρου της πόλης. Η γραμμή περνά από 9 σταθμούς (S-Bahn Berlin S75 Wartenberg <> Warschauer Straße). Έπειτα το δίκτυο περιλαμβάνει την γραμμή **S8** (μήκους 58,7

χιλιομέτρων), η οποία αρχίζει από την νότια περιαστική περιοχή Wildaukαι καταλήγει στην βόρεια περιαστική κοινότητα Birkenwerdertou Βερολίνου. Η συγκεκριμένη γραμμή εξυπηρετεί 26 σταθμούς (S-Bahn Berlin S8 Wildau <> Birkenwerder).

Στη συνέχεια ακολουθεί η γραμμή **S85** (μήκους 23,8 χιλιομέτρων), η οποία ξεκινά από την νοτιοανατολική περιοχή Grünau του Βερολίνου και καταλήγει στον δήμο Pankow που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του Βερολίνου. Η γραμμή περνά από 16 σταθμούς (S-Bahn Berlin S85 Grünau <> Pankow). Τελευταία γραμμή του προαστικού σιδηροδρομικού δικτύου αποτελεί η **S9** (μήκους 49,2 χιλιομέτρων) που ξεκινά από την από το αεροδρόμιο Willy Brand και τερματίζει στον δήμο Spandau, ο οποίος βρίσκεται δυτικό μέρος της πόλης του Βερολίνου. Η γραμμή αυτή εξυπηρετεί 30 σταθμούς (S-Bahn Berlin S9 Flughafen BER T1-2 <> Spandau).

5.7. Εφαρμογή της βιώσιμης ανάπτυξης

Από την περίοδο της επανένωσης του Ανατολικού και του Δυτικού Βερολίνου έχει δοθεί ιδιαίτερη σημασία στην βιώσιμη διαμόρφωση και ανάπλαση της μητρόπολης του Βερολίνου. Αρχικά το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής που περιέβαλε το πρώην τοίχος έχει αφιερωθεί σε πράσινους χώρους και χώρους αναψυχής (σε ποσοστό 38%) και έπειτα ακολουθεί η διαμόρφωση των οδών (σε ποσοστό 11%). Στην συνέχεια κατά μήκος της λωρίδας του πρώην τοίχους έχουν διαμορφωθεί πεζόδρομοι και ποδηλατόδρομοι για την άμεση και ελεύθερη μετακίνηση κάθε πολίτη (CANER & BÖLEN, 2016).

Παρά το γεγονός ότι η Γερμανία ως χώρα διαθέτει μια από τις μεγαλύτερες αυτοκινητοβιομηχανίες του κόσμου, η μετακίνηση στη πόλη του Βερολίνου με το αυτοκίνητο δεν έχει την αποκλειστικότητα. Τόσο η πολιτεία, όσο και οι κάτοικοι της πόλης επιλέγουν και προωθούν βιώσιμους τρόπους μετακίνησης (εξοικονομώντας χρήματα και μείωση της αέριας ρύπανσης). Αυτό αποδεικνύεται από το γεγονός ότι μερικές από τις πιο κεντρικές και συνοικιακές οδούς της πόλης διαθέτουν ή βρίσκονται στο στάδιο κατασκευής ενός ευρέως δικτύου ποδηλατοδρόμων και πεζοδρόμων.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα των κεντρικών οδών αποτελεί η λεωφόρος Karl Marx (Karl-Marx-Allee ή Stalinallee κατά την περίοδο διαχωρισμού της πόλης). Η συγκεκριμένη λεωφόρος ανακατασκευάστηκε κατά το χρονικό διάστημα 2018 με 2020, με στόχο την βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων και των χρηστών της λεωφόρου. Με το τέλος της ανακατασκευής δόθηκε στο κοινό ένας ευρύς ποδηλατόδρομος και καλύτερα διαμορφωμένα πεζοδρόμια για άτομα με προβλήματα όρασης (όπως τυφλοί και άτομα με περιορισμένη όραση). Επιπρόσθετα μεταξύ των λωρίδων του αυτοκινητοδρόμου (διπλής κατεύθυνσης) έχει τοποθετηθεί μια ενδιάμεση πράσινη λωρίδα. Έτσι γίνεται άμεσα αντιληπτός ο διαχωρισμός των δύο κατευθύνσεων και βελτιώνεται η αισθητική του τοπίου. Βέβαια για την ανακατασκευή λήφθηκαν τα απαραίτητα μέτρα, τα οποία δεν

υποβαθμίζουν αλλά προστατεύουν τα μνημεία της περιοχής (Karl-Marx-Allee Berlin.de). Άλλες κεντρικές οδοί, οι οποίες εντάσσουν την βιώσιμη ανάπτυξη στην ανακατασκευή τους είναι η Krausenstraße, η Planckstraße, η Torstraße καθώς και πολλές άλλες (Straßenbau – Berlin.de).

Φεύγοντας από το κέντρο της πόλης και προχωρώντας προς τις διάφορες συνοικίες του Βερολίνου η βιώσιμη κινητικότητα δεν περιορίζονται. Για παράδειγμα στην περιοχή του παλιού δήμου Steglitz (Altbezirk Steglitz)του δήμου Steglitz – Zehlendorfto 12% των πολιτών μετακινείται με ποδήλατο (Radverkehr), 26% με τα πόδια (Fußverkehr), το 25% χρησιμοποιεί την δημόσια συγκοινωνία (Öffentliche Personenverkehr, ÖPNV) και το 37% των ατόμων μετακινείται με ιδιωτικά οχήματα (motorisierter Individualverkehr, MIV). Επιπλέον στον ίδιο δήμο και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή του παλιού δήμου Zehlendorf (Altbezirk Zehlendorf) το 13% των κατοίκων χρησιμοποιεί το ποδήλατο για την μετακίνηση του, το 21% των ατόμων μετακινείται με τα πόδια, το 20% κάνει χρήση της δημόσιας συγκοινωνίας και το 46% των κατοίκων της περιοχής μετακινείται με ιδιωτικά οχήματα. Αξιοσημείωτες ποδηλατικές οδοί, στις οποίες οι πολίτες του δήμου απολαμβάνουν την διαδρομή τους είναι ο ευρωπαϊκός ποδηλατόδρομος Europaradweg R1, ο ποδηλατόδρομος Mauerradweg κατά μήκος των συνόρων της πόλης καθώς και άλλοι πολλοί.

Συνολικά οι βιώσιμοι τρόποι μετακίνησης (ποδηλασία, περπάτημα και δημόσια μέσα μεταφοράς) υπερτερούν έναντι των μηχανοκίνητων οχημάτων. Με αυτόν τον τρόπο φανερώνεται η άμεση συμμετοχή των πολιτών στην αντιμετώπιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης του δήμου (ένα τέταρτο της οποίας οφείλεται στην κυκλοφορία των ιδιωτικών οχημάτων) και κατ' επέκταση την προστασία του περιβάλλοντος (Umweltfreundliche Mobilität in Steglitz–Zehlendorf – Berlin.de).

5.8. Ελλείψεις

Σε γενικές γραμμές η μητροπολιτική περιοχή του Βερολίνου-Βρανδεμβούργου έχει εντάξει την βιώσιμη ανάπτυξη σε αρκετούς τομείς της πόλης. Εξάλλου από την περίοδο της επανένωσης των δύο πόλεων έως σήμερα η αναβάθμιση της ποιότητας ζωής των ατόμων αποτέλεσε προτεραιότητα της πολιτείας. Άλλοτε τα καταφέρνει επιτυχώς και άλλοτε παρουσιάζει ελλείψεις, τις οποίες σταδιακά ξεπερνάει. Εστιάζοντας στον τομέα των οδικών και σιδηροδρομικών έργων, αυτά εκτείνονται σε αρκετά μέρη της μητροπολιτικής περιοχής του Βερολίνου-Βρανδεμβούργου και καλύπτουν όλες τις χερσαίες μεταφορές. Παρά την εκτεταμένη παρουσία τους δεν παύουν να έχουν τρωτά σημεία. Ένα από τα σημεία αυτά είναι η ανεπαρκής σιδηροδρομική υποδομή του τραμ στους δυτικούς δήμους του Βερολίνου.

Επιπλέον το εκτεταμένο οδικό δίκτυο, πέρα από την προσβασιμότητα σε διάφορες περιοχές εντός και εκτός της πόλης διαθέτει και αρνητικές πτυχές. Μια από αυτές είναι εμφάνιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης λόγο της κίνησης των μηχανοκίνητων οχημάτων. Το φαινόμενο εντοπίζεται περισσότερο στις κεντρικές οδικές αρτηρίες, επειδή σε περιορισμένο χώρο εκπέμπουν πολλά αυτοκίνητα αέριους ρύπους. Έτσι οι ρύποι μπορούν με τις κατάλληλες καιρικές συνθήκες (όπως έλλειψη ανέμου) να οδηγήσουν σε υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων και διοξειδίου του αζώτου στην περιοχή εκπομπής τους. Για παράδειγμα τέτοιοι ρύποι βρίσκονται στις οδούς Mariendorfer Damm, Silbersteinstraße, Frankfurter Allee (εδώ παρατηρείται και όζον), Leipziger Straße καθώς και άλλες (Aktueller Luftqualitätsindex / Berliner Luftgüte Messnetz (BLUME)).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο πρώτο μέρος της παρούσας εργασίας αναλύθηκαν οι έννοιες της βιώσιμης ανάπτυξης, του αστικού και περιαστικού χώρου. Η κάθε έννοια είχε ξεχωριστά χαρακτηριστικά γνωρίσματα, τα οποία ορισμένες φορές συνδέονταν με μια άλλη έννοια ή ένα άλλο γνώρισμα. Στη συνέχεια επισημάνθηκαν τόσο θετικές όσο και αρνητικές επιδράσεις από τις ανθρώπινες δραστηριότητες στον αστικό και περιαστικό χώρο. Μια από τις δραστηριότητες του ανθρώπου αποτελούν τα συγκοινωνιακά έργα, τα οποία αναπτύσσονται όλο και περισσότερο στις αστικές και περιαστικές περιοχές. Γενικότερα οι συγκοινωνίες παίζουν σημαντικό ρόλο για την εξέλιξη κάθε περιοχής.

Εστιάζοντας στις χερσαίες μεταφορές, έγινε εκτενής λόγος για τα οδικά έργα. Τα συγκεκριμένα έργα πέρα από την κατασκευή και τη λειτουργία των οδικών αξόνων περιλαμβάνουν τεχνικά έργα, όπως τοίχοι αντιστήριξης, επιχώματα και οδικές σήραγγες, τα οποία είναι απαραίτητα για την ομαλή λειτουργία των οδών. Η σπουδαιότητα των οδικών έργων ανάγεται στο γεγονός ότι συμβάλλουν στη μετακίνηση, την προσβασιμότητα, την οικονομική ανάπτυξη και την επικοινωνία. Βέβαια για την διατήρηση των θετικών πτυχών κρίνεται σημαντικό η εφαρμογή ορισμένων δράσεων και προδιαγραφών. Ανάμεσα σε αυτές ανήκει η ορθή οργάνωση και ο προγραμματισμός, λήψη των κατάλληλων μέτρων για την πρόληψη και αντιμετώπιση των δυσμενών επιπτώσεων και συμμόρφωση στην αντίστοιχη εθνική, ευρωπαϊκή και διεθνή νομοθεσία. Οι παραπάνω δράσεις και προδιαγραφές λαμβάνουν χώρα στην φάση της μελέτης, της κατασκευής και της λειτουργίας των οδικών έργων. Παράλληλα με αυτή την κατηγορία υπάρχει και μια ακόμη που ανήκει στα χερσαία συγκοινωνιακά έργα.

Στην δεύτερη κατηγορία των χερσαίων μεταφορών ανήκουν τα σιδηροδρομικά έργα. Από τα παλαιότερα χρόνια έως την σύγχρονη εποχή έχει υπάρξει μεγάλη πρόοδος του συγκεκριμένου συστήματος μεταφορών και η μελλοντική πορεία του αναμένεται αισιόδοξη καθώς εστιάζει στην άμεση πρόσβαση των ατόμων και εμπορευμάτων σε μακρινότερα μέρη με ταυτόχρονη εξοικονόμηση χρημάτων και προστασία του περιβάλλοντος. Ακριβέστερα, το περιβάλλον προφυλάσσεται από τις αρνητικές επιπτώσεις των σιδηροδρόμων και των σιδηροδρομικών έργων με την εφαρμογή μέτρων για την πρόληψη και τον περιορισμό κάθε είδους ρύπανσης και την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Οι ανανεώσιμοι φυσικοί πόροι (όπως ο ήλιος και ο αέρας) αποτελούν επίκαιρο και μελλοντικό αντικείμενο εργασιών, των οποίων ορισμένα αποτελέσματα έχουν αξιοποιηθεί (π.χ. φωτοβολταϊκά) ενώ άλλα θα αξιοποιηθούν στο μέλλον (π.χ. αιολική ενέργεια).

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας παρατέθηκαν ορισμένα από τα σημαντικότερα συγκοινωνιακά έργα δύο έντονα πυκνοκατοικημένων περιοχών: της Μητροπολιτικής περιοχής της Αθήνας και της Μητροπολιτικής περιοχής του Βερολίνου-Βρανδεμβούργου.

Οι δύο περιοχές αποτελούν βαρυσήμαντα πολιτικά, διοικητικά και οικονομικά κέντρα εθνικής σημασίας (η κάθε μια για την χώρα της). Έτσι τα χερσαία συγκοινωνιακά έργα τους είναι αντίστοιχης σημασίας. Στην Μητροπολιτική περιοχή της Αθήνας, τόσο ο αστικός όσο και ο περιαστικός χώρος της διαθέτει πλήθος σημαντικών οδών και σιδηροδρομικών γραμμών, στις οποίες κυκλοφορούν τα αντίστοιχα τροχοφόρα οχήματα. Επιπλέον τα έργα και οι δράσεις για την ένταξη της βιώσιμης ανάπτυξης στο οδικό και σιδηροδρομικό δίκτυο της περιοχής είναι αξιοπρόσεκτα με αρκετές θετικές εκφάνσεις για τους πολίτες και το περιβάλλον. Βέβαια από την περιοχή δεν λείπουν τα μελανά σημεία, όπου καθιστούν την κυκλοφορία των ατόμων και των οχημάτων δύσκολη έως επικίνδυνη. Για τον λόγο αυτό η οργανωμένη συντήρηση των υπαρχόντων έργων είναι επιτακτική.

Η μητροπολιτική περιοχή του Βερολίνου-Βρανδεμβούργου αποτελεί κομβικό συγκοινωνιακό κέντρο της βορειοανατολικής Γερμανίας. Αυτό φανερώνεται από το γεγονός ότι ο κυκλικός οδικός δακτύλιος που περιβάλλει τη μητρόπολη του Βερολίνου συνδέεται με μεγάλες ομοσπονδιακές οδούς, οι οποίες οδηγών είτε σε άλλες γερμανικές πόλεις είτε στα σύνορα μεταξύ των χωρών Γερμανίας και Πολωνίας. Στη συνέχεια εντός της αστικής περιοχής, αλλά και στην περιαστική ζώνη η προσβασιμότητα επιτυγχάνεται τόσο μέσω των αυτοκινητοδρόμων όσο και των σιδηροδρόμων. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι ο προαστικός σιδηρόδρομος εκτελεί διαδρομές πολλών χιλιομέτρων ενώνοντας μέρη, τα οποία είναι αντίθετης κατεύθυνσης. Ενώ στις κοντινές διαδρομές, εντός ενός δήμου, οι πολίτες έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν βιώσιμους τρόπους μετακίνησης λόγω της ύπαρξης αρκετών πεζοδρόμων και ποδηλατοδρόμων. Έτσι επιτυγχάνεται η βιώσιμη κινητικότητα - και η βιώσιμη ανάπτυξη- με τα περιθώρια βελτίωσης τους να παραμένουν ανοιχτά.

Συγκρίνοντας τις δύο περιοχές γίνεται άμεσα αντιληπτό ότι στην Μητροπολιτική περιοχή του Βερολίνου-Βρανδεμβούργου οι δράσεις και τα έργα για την ένταξη της βιώσιμης ανάπτυξης στα συγκοινωνιακά έργα είναι περισσότερες (και περισσότερα) από ότι στην Μητροπολιτική περιοχή της Αθήνας. Για το γεγονός αυτό ευθύνονται διάφοροι παράγοντες. Αρχικά η πολιτεία στηρίζει έμπρακτα τους φιλοπεριβαλλοντικούς τρόπους μετακίνησης, δημιουργώντας εκτενείς πεζοδρόμους και ποδηλατοδρόμους σε κεντρικές και μη κεντρικές οδικές αρτηρίες της πόλης. Κατά την κατασκευή αυτών των έργων σέβεται την πολιτιστική κληρονομιά και δεν παραγκωνίζει ιστορικά μνημεία. Επιπλέον χιλιάδες πολίτες επιλέγουν το περπάτημα, τη χρήση του ποδηλάτου και των μέσων σταθερής τροχιάς για την μετακίνηση τους.

Τα μέσα σταθερής τροχιάς της συγκεκριμένης περιοχής διαθέτουν ένα ευρύτατο δίκτυο, κάνοντας εφικτή την πρόσβαση των πολιτών από το ένα άκρο της πόλης στο άλλο. Με αυτόν τον τρόπο η διαδρομή μετατρέπεται σε μια ουσιαστική περιήγηση εντός και εκτός της πόλης και οι επιβάτες ενημερώνονται για τα μέρη της περιοχής τους άμεσα και

βιωματικά. Ιδιαίτερα τον προαστιακό σιδηρόδρομο, τον επιλέγουν εκατομμύρια άνθρωποι καθώς εκτελεί καθημερινά δρομολόγια δεκάδων χιλιομέτρων εντός και εκτός της μητρόπολης του Βερολίνου, παρέχοντας άμεση προσβασιμότητα με οικολογικό τρόπο (συγκριτικά με το αυτοκίνητο).

Από την άλλη πλευρά οι δράσεις και τα έργα για την ένταξη της βιώσιμης ανάπτυξης στα συγκοινωνιακά έργα της Μητροπολιτικής περιοχής της Αθήνας δεν είναι αμελητέα. Η υπογειοποίηση πολυσύχναστων οδικών αρτηριών και η επέκταση της γραμμής του μετρό συμβάλλουν θετικά στην διαμόρφωση και εδραίωση του βιώσιμου σχεδιασμού στα συγκοινωνιακά έργα της. Η διαφοροποίηση τους με τα έργα της Μητροπολιτικής περιοχής του Βερολίνου-Βρανδεμβούργου έγκειται στο γεγονός ότι αριθμητικά είναι λιγότερα, η αποδοχή και η συμμετοχή των πολιτών στις νέες δράσεις και έργα είναι μικρότερη σε σχέση με τους κατοίκους της Μητροπολιτικής περιοχής του Βερολίνου-Βρανδεμβούργου.

Έτσι για την αντιμετώπιση αυτής της κατάστασης η πολιτεία της Μητροπολιτική περιοχής της Αθήνας είναι σημαντικό να καλύψει τις ελλείψεις της στα οδικά έργα, δημιουργώντας παράλληλα έργα σε κάθε δήμο με προτεραιότητα την άμεση και ασφαλή μετακίνηση των πεζών, των ποδηλατών και των ατόμων με ειδικές ικανότητες. Πέρα από το ενιαίο και επαρκές σε πλάτος διπλής κατεύθυνσης δίκτυο πεζοδρόμων και ποδηλατοδρόμων, σημαντικά έργα αποτελούν οι ευρύχωροι χώροι στάθμευσης για λεωφορεία που μεταφέρουν άτομα με ειδικές ανάγκες και οργανωμένοι χώροι στάθμευσης ποδηλάτων έξω από κάθε σιδηροδρομικό σταθμό –εξασφαλίζοντας έτσι την πλήρη βιώσιμη κινητικότητα-. Επιπρόσθετα νέοι σταθμοί του υπόγειου σιδηροδρόμου θα συμβάλλει σημαντικά στη μείωσης της κυκλοφορίας των μηχανοκίνητων οχημάτων, δίνοντας έτσι περισσότερο χώρο για την διαμόρφωση πεζοδρόμων και ποδηλατοδρόμων.

Με την επίτευξη των παραπάνω έργων, λοιπόν, θα δημιουργηθεί μια αίσθηση εμπιστοσύνης από τους κατοίκους προς την πολιτεία, καθώς θα αποδειχθεί έμπρακτα το δικαίωμα της ίσης μετακίνησης κάθε ατόμου. Επομένως, η συμμετοχή των πολιτών στον βιώσιμο σχεδιασμό θα είναι άμεση και αυτό το είδος σχεδιασμού θα αποτελέσει γνώμονας για την δημιουργία κάθε συγκοινωνιακού έργου στην Μητροπολιτική περιοχή της Αθήνας, καθώς και κάθε άλλης αστικής και περιαστικής περιοχής.

ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αγγέλη, Ε. Α. (2017). *Οι επιδράσεις του πρασίνου στο δημόσιο χώρο και παράγοντες που επηρεάζουν τη χρήση του στον αστικό χώρο: η περίπτωση της Αθήνας και της Στοκχόλμης* (Master's thesis).
2. Αηδόνη, Ε. (2019). Ήχος και αστικός χώρος. Ο ρόλος του ακουστικού σχεδιασμού στην ανάδειξη της συλλογικής μνήμης.
3. Αθανασόπουλος, Κ. Κ. (2009). Προς μια μέθοδο ένταξης των πολιτών στο σχεδιασμό έργων βιώσιμης αστικής κινητικότητας.
4. Αθανασόπουλος, Δ. (2020). Διερεύνηση επίδρασης απεργιών των μέσων μαζικής μεταφοράς στην κυκλοφορία.
5. Αϊβαλιώτης, Ά. (2018). Αξιολόγηση των μεθόδων χάραξης και αποτύπωσης σιδηροδρομικών γραμμών.
6. Αλεξάνδρου, Δ. Ν., & Σταυρή, Ε. Λ. (2011). *Προσαρμογή χάραξης γραμμής 4 του Μετρό σε κυκλική που να εξυπηρετεί την Πολυτεχνειούπολη* (Bachelor's thesis).
7. Ανδρεοπούλου, Ε., & Μιχαλάτου, Α. (2010). *Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των οδικών συγκοινωνιακών έργων* (Bachelor's thesis).
8. Ανδρέου, Σ. (2020). Εφαρμογή Νευρωνικών Δικτύων στην πρόβλεψη των εκπτώσεων σε έργα οδοποιίας του Δημόσιου Τομέα.
9. Ανδρουλάκη, Μ. Δ. (2019). *Δημόσιοι υπαίθριοι χώροι και αστικό πράσινο, η περίπτωση της Κυψέλης: πρόταση σχεδιασμού πάρκου Κύπρου & Πατησίων* (Bachelor's thesis).
10. Αργυρίου, Α. Α. (2013). *Μελέτη αξιοποίησης αδρανοποιημένου τμήματος της σιδηροδρομικής γραμμής" Τιθορέας-Λειανοκλαδίου" με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών* (Master's thesis).
11. Αποστολίδης, Ν. Β. (2019). *Δυναμική χωροθέτηση εργοταξίου σε έργα οδοποιίας* (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης).
12. Απόφαση 2846/Β4-461/2023-«Αποτελέσματα της Απογραφής Πληθυσμού-Κατοικιών έτους 2021 που αφορούν στο Μόνιμο Πληθυσμό της Χώρας». (ΦΕΚ 2802/Β/26-4-2023).
13. Βαγενάς Δ. , Λυμπεράτος Γ. (2019). *ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ*, Θεσσαλονίκη: ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ.
14. Βασιλείου, Ε. (2012). *Εφαρμογή της ευρωπαϊκής οδηγίας 2002/49/ΕΚ και της γαλλικής μεθόδου πρόβλεψης οδικού κυκλοφοριακού θορύβου" NMPB Routes 96" στο πρόγραμμα παρακολούθησης περιβαλλοντικού θορύβου της αττικής οδού-τμήμα: ΑΚ Κηφισιάς-Αεροδρόμιο* (Master's thesis).
15. Γεωργαντόπουλος, Δ. Γ. (2012). *Διερεύνηση πλήρους υπογειοποίησης σιδηροδρομικού άξονα Αγίων Αναργύρων-ΣΚΑ* (Bachelor's thesis).
16. Γεωργίου, Δ. (2015). Κατασκευή σιδηροδρομικής σήραγγας Παναγοπούλας.
17. Γιαβρούτα, Λ., & Μπίτζιου, Α. (2019). Αστικό παρατηρητήριο Δήμου Περιστερίου και βιώσιμη ανάπτυξη.

18. Γκαλέ, Α. (2019). Εφαρμογή του 5D-BIM σε έργα υποδομής. Μελέτη περίπτωσης σχεδιασμού υδραυλικού έργου υποδομής με μοντελοποίηση κατασκευαστικών πληροφοριών.
19. Γκάτσος, Γ. Χ., & Σκαμάγκας, Κ. Ε. (2017). *Παρακολούθηση ακουστικού περιβάλλοντος στα εργοτάξια κατασκευής της επέκτασης της Γραμμής 3: Τμήμα" Χαϊδάρι-Πειραιάς* (Bachelor's thesis).
20. Γκιουφή, Κ. (2020). Αστικός χώρος και στρατηγικός σχεδιασμός στα Βαλκάνια: Πρίστινα, Σόφια, Βουκουρέστι.
21. Γοσποδίνη, Ά. (2016). Αστικός σχεδιασμός: Προκλήσεις και νέοι ορίζοντες.
22. Δακτυλά, Σ. Β. (2018). *Παρακολούθηση εργοταξιακού θορύβου στους χώρους ανοικτής διάνοιξης της επέκτασης του Μετρό στον Πειραιά: Νίκαια, Δεληγιάννη και Δημοτικό Θέατρο Πειραιά* (Master's thesis).
23. Δεληγιάννης, Λ. Κ. (2014). *Εκτίμηση κόστους κατασκευής σιδηροδρομικών έργων* (Bachelor's thesis).
24. Δεληγκάρη, Ζ. (2011). *Πολεοδομική μελέτη της ΠΕ 4. οικισμού Δρυμού Δήμου Μυγδονίας* (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης).
25. Δημόπουλος, Κ. Η. (2010). Η σύγχρονη δυτική μητρόπολη: επαναπροσέγγιση του πολεοδομικού σχηματισμού, επαναπροσδιορισμός του όρου και η διατύπωση μιας νέας ερευνητικής προοπτικής.
26. Εγκύκλιος 27/2012 (Αρ. πρωτ. ΔΙΠΑΔ/οικ/369/15.10.2012) Ένταξη στα συμβατικά τεύχη (Ε.Σ.Υ.) των δημοπρατούμενων έργων, άρθρο σχετικού με τα «απαιτούμενα μέτρα ασφάλειας και υγείας στο εργοτάξιο».
27. Εθνικός Δρυμός Σουνίου, Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων
28. Διαθέσιμο στο :<URL: http://wwww.minagric.gr/greek/agro_pol/DASIKA/Drymoi/Sounio.htm>
29. ΕΛΛΗΝΙΚΗΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΑΡΧΗ, ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟΓΡΑΦΗΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ-ΚΑΤΟΙΚΩΝ ΕΛΣΤΑΤ 2021. Διαθέσιμο στο :<URL:file:///C:/Users/Chris/Documents/%CE%9C%CE%B1%CF%81%CE%AF%CE%B1%207%CE%BF%20%CE%95%CE%BE%CE%AC%CE%BC%CE%B7%CE%BD%CE%BF/B.Sc/%CE%9A%CE%B5%CE%AF%CE%BC%CE%B5%CE%BD%CE%B1/%CE%9C%CE%B7%CF%84%CF%81%CE%BF_%CE%91%CE%B8%CE%AE%CE%BD%CE%B1/%CE%95%CE%9B%CE%A3%CE%A4%CE%91%CE%A4_Census2022_GR.pdf>
30. ΕΛΟΤ ΕΝ ISO 14001:2015 (2015). *Η ΝΕΑ ΕΚΔΟΣΗ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ*, Εμπορικό και Βιομηχανικό Επιμελητήριο Αθηνών (14-10-2015). Διαθέσιμο στο :<URL: http://193.218.125.20/Parousiasi_ELOT_EN_ISO14001_2015-10-14.pdf>
31. Ευσταθίου, Σ. (2018). *Έλεγχος τεχνικής και λειτουργικής εφικτότητας συστήματος μονοτρόχιου σιδηρόδρομου (monorail)* (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης).
32. Ζαρκάδα, Α., & Ντόκου, Α. (2020). *Διερεύνηση της δυναμικής χωροθέτησης των εργοταξίων σε γραμμικά έργα με σκοπό την εξοικονόμηση κόστους* (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης).

33. Ζαχαράκη, Β. (2017). Ο Ευρωκώδικας 7 και η βραχομηχανική.
34. Ζεμπερλίγκου, Ε. Ι. (2019). *Ελευσίνα: η ανάγνωση της πόλης και η ένωση των πολεοδομικών της χαρακτηριστικών* (Bachelor's thesis).
35. ΖΟΥΜΠΟΥΛ, Χ., ΖΑΡΠΑ, Ε., & ΣΠΥΡΑΤΟΥ, Π. (2021). Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΥΦΑΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥΣ ΣΤΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΟΔΟΠΟΙΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ.
36. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΑΕΙΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ Η ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗΤΗΣ ΣΤΟ ΕΘΝΙΚΌ ΘΕΣΜΙΚΌ ΠΛΑΙΣΙΟ, Εθνικό Κέντρο Δημόσιας Διοίκησης και Αυτοδιοίκησης. Διαθέσιμο στο :<URL:https://www.ekdd.gr/ekdda/files/ergasies_esdd/13/2/425.pdf>
37. Θεοδόσης-Κοντός, Κ. (2016). Βιώσιμη κινητικότητα στο Δήμο Ζωγράφου.
38. Κακάτση, Ν. (2007). *Ο προαστιακός σιδηρόδρομος και οι επιπτώσεις του στο Νομό Κορινθίας* (Bachelor's thesis).
39. Καλαράς, Ι. (2012). *Προαστιακός σιδηρόδρομος Αττικής: διαδικασίες υλοποίησης, εντοπισμός κρίσιμων ζητημάτων και μελλοντική εξέλιξη* (Bachelor's thesis).
40. Καλογεράκη, Ε. (2018). Διερεύνηση της χρήσης του ποδηλάτου ως μέσο μετάβασης στον προαστιακό σιδηρόδρομο.
41. Κανελλόπουλος, Π. (2022). Γραμμικές Χρήσεις Γης και Βιώσιμη Κινητικότητα: Η περίπτωση της Λ. Κηφισίας.
42. Καρβούνη, Κ. Δ. (2021). *Οργάνωση εργοταξίου και μελέτη σιδηροδρομικής γέφυρας* (Master's thesis).
43. Κατκαδίγκας, Ρ. Γ. (2014). *Εναλλακτικά συστήματα τροφοδοσίας τροχιοδρομικών συστημάτων και επιπτώσεις στο κόστος κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος* (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης).
44. Κορνέλης, Α. (2021). Διερεύνηση ικανοποίησης του κοινού από το αστικό πράσινο στον νομό Αττικής.
45. Κοσμόπουλος Π. (2019). *Για ένα βιώσιμο οικιστικό περιβάλλον,* Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις UNIVERSITYSTUDIOPRESS.
46. Κούγκολος Α. , Εμμανουήλ Χ. (2020)*ΔΙΑΧΙΡΙΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ*, Θεσσαλονίκη: ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ.
47. Κουνής, Π. Α. (2015). Σχεδιαμός των Μέτρων Υποστήριξης Συγκοινωνιακών Σηράγγων.
48. Κουτσίδου, Χ. Χ. (2014). *Ο σιδηρόδρομος και οι διεπαφές του με το φυσικό περιβάλλον* (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης).
49. ΚΥΑ οικ. 211773/2012-«Καθορισμός Δεικτών Αξιολόγησης και Ανώτατων Επιτρεπόμενων Ορίων Δεικτών Περιβαλλοντικού Θορύβου που προέρχεται από την λειτουργία συγκοινωνιακών έργων, τεχνικές προδιαγραφές ειδικών ακουστικών μελετών υπολογισμού και εφαρμογής (ΕΑΜΥΕ) αντιθορυβικών πετασμάτων, προδιαγραφές προγραμμάτων παρακολούθησης περιβαλλοντικού θορύβου και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 1367/Β/27-4-2012).
50. Κυριαζή, Π. (2020). Αξιολόγηση Σκίασης Στεγάστρων των Σταθμών Προαστιακού Σιδηροδρόμου.

51. Κωνσταντινίδης, Κ. (2009). *Οι πόλοι ανάπτυξης ως εργαλείο περιφερειακής πολιτικής* (Bachelor's thesis).
52. Κωτούλας, Α. Α. (2018). *Πρόταση υλοποίησης ITS συστημάτων σε ελληνική πόλη μεσαίου μεγέθους* (Master's thesis).
53. ΚΩΤΣΟΒΟΛΟΥ Κ.Χ. (1998). *ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΕΡΓΑ ΟΔΟΠΟΙΪΑ (Τεύχος Α'),* Αθήνα : ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ.
54. Μανάκου Β. (2021). *Διασφάλιση Ποιότητας σε Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης : 5. Το πρότυπο ISO 14001:2015*, Λάρισα : Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
55. Μαντάς, Α. (2009). *Προς ένα συνδυασμένο σχεδιασμό του αστικού χώρου και των αστικών μεταφορών* (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης).
56. Μανωλάκος, Π. Ν. (2008). *Σιδηροδρομικά αδρανή* (Bachelor's thesis).
57. Ματιάκη, Ε. (2009). *Ανάπτυξη ελαφρών μέσων σταθερής τροχιάς σε πόλεις μεσαίου μεγέθους της ελληνικής και ευρωπαϊκής περιφέρειας: περίπτωση μελέτης τράμ στη Λάρισα* (Master's thesis).
58. Μαυρίκου, Α. Ι. (2015). *Η γέννηση του σιδηροδρόμου (α'μισό 19ου αι.): τεχνολογικές, κοινωνικές & ψυχολογικές όψεις* (Master's thesis).
59. ΜΗΤΡΟΓΙΩΡΓΟΣ, Χ. (2019). Ο αστικός σχεδιασμός ως μέσο οικονομικής και κοινωνικής αναζωογόνησης στην πόλη της Πάτρας.
60. Μιχαλόπουλος, Κ. Α. (2015). Μελέτη, σχεδιασμός και υπολογισμός εγκατάστασης τηλεμεταφοράς (τελεφερίκ) ρευματοδοτούμενη από αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα.
61. Μπαρπάκης, Κ. (2020). Παράγοντες πρόκλησης κινδύνων για την ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων σε έργα οδοποιίας.
62. Μπασδάρα, Σ., & Τέλλιου, Α. (2012). *Ενδιάμεση αξιολόγηση του Περιφερειακού Επιχειρησιακού Προγράμματος Θεσσαλίας (2007-2013)* (Bachelor's thesis).
63. Μπάτσος, Δ. Β. (2011). Συμβολή στην έρευνα των παραμέτρων άνεσης και ασφάλειας σε χώρους σταθμών Μετρό (το παράδειγμα της Αθήνας σε παραλληλισμό με επιλεκτική διεθνή εμπειρία).
64. Μπέσσα, Κ. (2010). Εξέλιξη αστικών περιοχών και περιαστικού χώρου: σύστημα παρακολούθησης και αξιολόγησης των αλλαγών των χρήσεων γης με έμφαση στα οδικά αναπτυξιακά έργα.
65. ΜΠΕΧΛΙΒΑΝΟΥ, Ι. (2018). ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ_ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΕΡΓΟ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΝΕΑΣ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ 25kV ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΚΙΑΤΟ-ΡΟΔΟΔΑΦΝΗ.
66. Μυλωνάκης, Ι. (2018). ΕΞΥΠΝΕΣ ΟΔΟΙ (SMART ROADS). ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.
67. Νικητάκης, Γ., & Ασβεστάς, Ι. (2012). Μελέτη τραμ Αθηνών.
68. Νιώτης, Δ. Γ. (2009). *Η πολεοδομική & περιβαλλοντική προοπτική της Δ. Αθήνας: παράδειγμα ο δήμος Ιλίου* (Bachelor's thesis).
69. Ν.3155/1955-«Περί κατασκευής και συντηρήσεως οδών»-(ΦΕΚ 63/Α/14-3-1955).
70. Ν. 996/1971.

71. Διαθέσιμο στο :<URL: file:///C:/Users/Chris/Documents/%CE%9C%CE%B1%CF%81%CE%AF%CE%B1%207%CE%BF%20%CE%95%CE%BE%CE%AC%CE%BC%CE%B7%CE%BD%CE%BF/B.Sc/1%CE%BF%20%CE%9A%CE%B5%CF%86%CE%AC%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%BF/law996scan.pdf
72. N. 1650/16-10-86. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.kodiko.gr/nomologia/download_fek?f=fek/1986/a/fek_a_160_1986.pdf&t=dfc1efb47d8568e1e76451dfa8e4f373>
73. N.3852/2010-«Νέα Αρχιτεκτονική της Αυτοδιοίκησης και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης-Πρόγραμμα Καλλικράτης» (ΦΕΚ 87/Α/7-6-2010).
74. Ν. 4014/2011-«Περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων δραστηριοτήτων, ρύθμιση αυθαιρέτων σε συνάρτηση με δημιουργία περιβαλλοντικού ισοζυγίου και άλλες διατάξεις αρμοδιότητας Υπουργείου Περιβάλλοντος» (ΦΕΚ 209/Α/21-9-2011).
75. Ν.4412/2016-«Δημόσιες Συμβάσεις Έργων, Προμηθειών και Υπηρεσιών (προσαρμογή στις Οδηγίες 2014/24/ΕΕ και 2014/25/ΕΕ)» (ΦΕΚ 147/8-8-2016).
76. Παλάσκα, Μ. Α., & Πατσούρα, Ε. Ε. (2014). *(Eco) 2mmunities* (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης).
77. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ. Τμήμα Πολιτικών Δημοσίας Υγείας. Διαθέσιμο στο :<URL: https://php.uniwa.gr/department/istoria-tmimatos/>
78. Παπαδοπούλου, Α. (2018). Η Δημοτική ενότητα Κερατέας υπό κυκλοφοριακή και πολεοδομική θεώρηση.
79. Παπαδοπούλου, Ί. (2022). Τελεφερίκ (cable cars) ως μέσα αστικών μεταφορών στον 21ο αιώνα. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ως εναλλακτική τμήματος της γραμμής 4 του μετρό της Αθήνας.
80. Παπαδοπούλου, Δ. (2023). Ανάπτυξη μεθόδου εκτίμησης κατανάλωσης καυσίμου φορτηγών οχημάτων.
81. Παπανδρέου, Ι. Α. (2007). *Προσομοίωση της επιβατικής κίνησης πρός και από του Λιμένα Λαυρίου: συνδυασμένες μεταφορές–εννοιολογικό μοντέλο (τεύχος Α)* (Bachelor's thesis).
82. Παπουτσής, Δ. Κ. (2012). *Βιοκλιματικός σχεδιασμός & περιβαλλοντική άνεση στον αστικό χώρο-προσομοίσωση με το λογισμικό ENVI-NET* (Bachelor's thesis).
83. Παππά, Ο. Β. (2014). *Τρένο, σταθμός, πόλη* (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης).
84. Παρασκευοπούλου, Χ. Π., & Μπρέκης, Δ. Π. (2010). *Υπογειοποίηση τμήματος της Λεωφόρου Αλεξάνδρας* (Bachelor's thesis).
85. Παρλάντζας, Α. Β. (2016). *Ελληνικό σιδηροδρομικό δίκτυο και βελτιστοποίηση της χωρητικότητάς του* (Master's thesis).
86. Πουλίδη, Φ. Ν. (2017). Τεχνικοοικονομική διερεύνηση υπογειοποίησης της Λ. Ποσειδώνος στα πλαίσια του έργου αξιοποίησης τους Μητροπολιτικού Πάρκου του Ελληνικού.

87. Περπερίδου, Δ. Γ. Χ. (2013). Ανάπτυξη Μεθοδολογίας Καταγραφής & Ανάλυσης Συστηματικών Δραστηριοτήτων & Μετακινήσεων με Χρήση Γεωστατιστικών Μεθόδων-Συμβολή στην Εκτίμηση της Έκθεσης στην Ατμοσφαιρική Ρύπανση.
88. Π.Δ.696/1974-«Περί αμοιβών μηχανικών δια σύνταξιν μελετών, επίβλεψιν, παραλαβήν κλπ. Συγκοινωνιακών, Υδραυλικών και Κτιριακών Έργων, ως και Τοπογραφικών Κτηματογραφικών και Χαρτογραφικών Εργασιών και σχετικών τεχνικών προδιαγραφών μελετών» (ΦΕΚ 301/Α/8-10-1974).
89. Π.Δ. 305/1996-«Ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας και υγείας που πρέπει να εφαρμόζονται στα προσωρινά ή κινητά εργοτάξια σε συμμόρφωση προς την οδηγία 92/57/ΕΟΚ» (ΦΕΚ 212/Α/29-8-1996).
90. Π.Δ. 209/1998-«Λήψη μέτρων για την ασφάλεια της υπεραστικής συγκοινωνίας»-(ΦΕΚ 169/Α/15-7-1998).
91. Π.Δ. 230/2007-«Προσαρμογή της Ελληνικής Νομοθεσίας στην Οδηγία 2004/54/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 29ης Απριλίου 2004 σχετικά με τις ελάχιστες απαιτήσεις ασφαλείας για τις σήραγγες του διευρωπαϊκού οδικού δικτύου» (ΦΕΚ 264/Α/23-11-2007).
92. Π.Δ. 104/2011-«Προσαρμογή της Ελληνικής Νομοθεσίας στην Οδηγία 2008/96/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 19ης Νοεμβρίου 2008 για τη διαχείριση της ασφάλειας των οδικών υποδομών» (ΦΕΚ 237/Α/7-11-2011).
93. Ρέντας, Μ. Β. (2010). *Το τραμ της Αθήνας και οι πολεοδομικές επιπτώσεις του: η περίπτωση του Δ. Φαλήρου* (Bachelor's thesis).
94. Σανιδά, Α. (2011). *Έκθεση του πληθυσμού της Αθήνας σε αέρια σωματιδιακή ρύπανση κατά τη μετακίνηση του με το μετρό της Αθήνας* (Master's thesis).
95. Σιδέρης, Ε. Μ. Α., Πανταζόπουλος, Ν. Α., & Λόη, Π. Α. (2015). Καινοτόμα υλικά στη δημιουργία και διατήρηση των έργων οδοποιίας.
96. Σοχωράκης, Ε. (2019). Ηλεκτρικά τρένα.
97. Σπυρόπουλος, Ι. (2006). *Τα μέσα σταθερής τροχιάς στην Αθήνα: οργάνωση, λειτουργία και προοπτικές* (Bachelor's thesis).
98. Σταύρου, Ν. Σ. (2020). *Ανάλυση περιβαλλοντικών επιπτώσεων οδικών έργων: η περίπτωση του βόρειου τμήματος του αυτοκινητοδρόμου Κεντρικής Ελλάδας* (Master's thesis).
99. ΣΤΑΥΡΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, Κ. (2018). Οι Περιβαλλοντικές επιπτώσεις της κατασκευής συγκοινωνιακών έργων (οδικές, σιδηροδρομικές κλπ) στον Δήμο Αιγιαλείας.
100. Στύλας, Χ. (2020). Αξιολόγηση Συγκοινωνιακών Έργων: Μεθοδολογική προσέγγιση και μελέτη περίπτωσης.
101. Τζουτζούλης, Δ. Μ. (2020). Κρίσιμοι παράγοντες επιρροής της υπέρβασης των ορίων ταχύτητας με δεδομένα έξυπνων κινητών τηλεφώνων.
102. Τριανταφύλλου Α. Γ. (2017). *Αέρια Ρύπανση*, Κοζάνη: ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΘΑΛΗΣ.
103. Τσιγδινός, Σ. (2016). Φυσικός σχεδιασμός του Υμηττού και ένταξη του στο αστικό περιβάλλον.
104. Τσούνης, Χ. Ε. (2009). Έρευνα του αστικού παρατηρητηρίου για το Δήμο Λαυρίου.

105. Τύρη, Α. Ι. (2015). *Αποκατάσταση και επανάχρηση παλαιών σιδηροδρομικών σταθμών στην Ευρώπη* (Doctoral dissertation, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης).
106. Υ.Α. ΔΙΠΑΔ/οικ/501/2003-«Έγκριση οδηγιών υποχρεωτικής εφαρμογής για το περιεχόμενο, τον έλεγχο και την έγκριση Προγράμματος Ποιότητας Μελέτης» (ΦΕΚ 928/Β/4-7-2003).
107. Υ.Α.1958/2012-«Κατάταξη δημοσίων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες και υποκατηγορίες σύμφωνα με το Άρθρο 1 παράγραφος 4 του Ν. 4014/21.09.2011 (ΦΕΚ Α'2092011)» (ΦΕΚ 21/Β/13-1-2012).
108. Υ.Α. ΔΙΠΑ/οικ 37674/2016-«Τροποποίηση και κωδικοποίηση της υπουργικής απόφασης 1958/2012 – Κατάταξη δημοσίων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες και υποκατηγορίες σύμφωνα με το άρθρο 1 παράγραφος 4 του Ν.4014/21.9.2011 (ΦΕΚ 209/Α/2011) όπως αυτή έχει τροποποιηθεί και ισχύει» (ΦΕΚ 2471/Β/10-8-2016).
109. Υ.Α. ΔΝΣγ/32129/ΦΝ 466/2017-«Έγκριση Κανονισμού Προεκτιμώμενων Αμοιβών μελετών και παροχής τεχνικών και λοιπών συναφών επιστημονικών υπηρεσιών και τη διαδικασία παρ.8 δ του άρθρου 53 του ν.4412/2016 (Α' 147)» (ΦΕΚ 2519/Β/20-7-2017).
110. Υ.Α. ΔΝΣβ/1732/ΦΝ 466/2019-«Εξειδίκευση του είδους των παραδοτέων στοιχείων ανά στάδιο και ανά κατηγορία μελέτης σε ό,τι αφορά τα συγκοινωνιακά (οδικά) έργα, τα υδραυλικά, τα λιμενικά και τα κτιριακά έργα (ΦΕΚ 1047/Β/29-3-2019).
111. ΥΝΙΟΝΠΑΙΔΕΙΑ, Μητροπολιτική περιοχή της Αθήνας Διαθέσιμο στο :<URL: https://el.unionpedia.org/%CE%9C%CE%B7%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BF%CF%87%CE%AE_%CF%84%CE%B7%CF%82_%CE%91%CE%B8%CE%AE%CE%BD%CE%B1%CF%82>
112. ΥΠΟΘΕΣΙΜΟΣ, Κ. (2019). ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΖΕΥΞΗΣ ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ.
113. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ, ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΠΟΔΟΜΩΝ, Νομοθεσία Δημοσίων Έργων, ΟΔΗΓΙΕΣ ΜΕΛΕΤΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ (ΟΜΟΕ), ΤΕΥΧΟΣ 10: ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.ggde.gr/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=52&limitstart=180>
114. ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ, ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΠΟΔΟΜΩΝ, Νομοθεσία Δημοσίων Έργων, ΟΔΗΓΙΕΣ ΜΕΛΕΤΩΝ ΟΔΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ (ΟΜΟΕ), ΤΕΥΧΟΣ 11: ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΕΣ. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.ggde.gr/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=52&limitstart=180>
115. Φλασκή, Ε. Κ. (2020). *Εκτίμηση επικινδυνότητας κατά την μεταφορά επικίνδυνων φορτίων: εφαρμογή στο σιδηροδρομικό δίκτυο* (Master's thesis).

116. Φουντωτού, Γ. (2015). Πολιτικές αναβάθμισης της προσπελασιμότητας των σταθμών Μετρό. Διεθνής εμπειρία και μελέτη εφαρμογής στους σταθμούς «Δάφνη» και «Άλιμος».
117. Χατζηπαναγιωτίδης, Δ. (2019). *Η σύγκρουση δύο κόσμων: Βερολίνο 1949-1990* (Bachelor's thesis).
118. Ψαθάς, Ε. (2018). Διερεύνηση Εκπαιδευτικών Αναγκών των Εκπαιδευτών Σιδηροδρομικών Ειδικοτήτων.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

119. Access Management Manual (2014) by TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.mytrb.org/MyTRB/Store/Product.aspx?ID=7507>
120. Aktueller Luftqualitätsindex / Berliner Luftgüte Messnetz (BLUME). Διαθέσιμο στο :<URL: https://luftdaten.berlin.de/lqi>
121. A10 – Autobahnatlas. Διαθέσιμο στο :<URL: http://www.autobahnatlas-online.de/A10.htm>
122. A13 – Autobahnatlas. Διαθέσιμο στο :<URL: http://www.autobahnatlas-online.de/A13.htm>
123. A15 – Autobahnatlas. Διαθέσιμο στο :<URL: http://www.autobahnatlas-online.de/A15.htm>
124. Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr. Regelwerke für die Planung von Straßen. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.stmb.bayern.de/vum/strasse/planung/regelwerke/index.php>
125. "Bayerisches Straßen- und Wegegesetzt (BayStrWG) in der Bayerischen Rechtssammlung (BayRS 91-1-B) veröffentlichen bereinigten Fassung, das zuletzt durch Art. 13a Abs. 1 des Gesetzes vom 24. Juli 2023 (GVBI. S. 371) geändert worden ist". Διαθέσιμο στο :<URL:https://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayStrWG>
126. Berlin's tram lines at a glance / BVG. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.bvg.de/en/connections/network-maps-and-routes/tram>
127. Bezirksamt Charlottenburg-Wilmersdorf - Berlin.de. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.berlin.de/ba-charlottenburg-wilmersdorf/>
128. Bezirksamt Friedrichshain-Kreuzberg von Berlin. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.berlin.de/ba-friedrichshain-kreuzberg/>
129. Bezirksamt Reinickendorf - Berlin.de. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.berlin.de/ba-reinickendorf/>
130. Bezirksamt Steglitz-Zehlendorf von Berlin. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.berlin.de/ba-steglitz-zehlendorf/>
131. Bundesautobahn 10 - Academic Accelerator. Διαθέσιμο στο :<URL: https://academic-accelerator.com/encyclopedia/bundesautobahn-10>

132. "Bundesfernstraßengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 28. Juni 2007 (BGBl. I S. 1206), das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 22. März 2023 (BGBl. 2023 / Nr. 88) geändert worden ist". Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.gesetze-im-internet.de/fstrg/FStrG.pdf>
133. Caner, G., & Bölen, F. (2016). Urban planning approaches in divided cities. *A| Z ITU Journal of the Faculty of Architecture*, *13*(1), 139-156.
134. Cascetta, E., & Coppola, P. (2014). Competition on fast track: an analysis of the first competitive market for HSR services. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *111*, 176-185.
135. Daten und Fakten – Hauptstadtregion Berlin-Brandenburg.de. Διαθέσιμο στο :<URL:https://www.berlin-brandenburg.de/hauptstadtregion-berlin-brandenburg/daten-und-fakten-zur-hauptstadtregion/>
136. Climate-Data.org. Διαθέσιμο στο :<URL: https://de.climate-data.org/europa/deutschland/berlin/berlin-2138/>
137. Ding, S., Eberhard, P., Schneider, G., Schmid, P., Kargl, A., Cui, Y., ... & Zheng, Q. Development of new electromagnetic suspension–based high-speed Maglev vehicles in China: Historical and recent progress in the field of dynamical simulation. *International Journal of Mechanical System Dynamics*.
138. Directive 2004/54/EC of the European parliament and of the Council of 29 April 2004 on minimum safety requirements for tunnels in the trans-European road network. Official Journal of the European Union L, 167, 2004.
139. Economic, science and technology location Cottbus - Stadt Cottbus/Chóśebuz. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.cottbus.de/en/entrepeneurs/>
140. Ehemaliger Grenzübergang Oberbaumbrücke-Berlin.de. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.berlin.de/mauer/orte/ehemalige-grenzuebergaenge/oberbaumbruecke/>
141. European Commission. EN Eurocodes. Eurocodes Family. Διαθέσιμο στο :<URL: https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/en-eurocodes/eurocodes-family>
142. Geschichte der Berliner Straßenbahn – verkehrsseiten.de. Διαθέσιμο στο :<URL: http://www.berliner-verkehrsseiten.de/strab/Geschichte/geschichte.html>
143. Greater Athens (Greece) : Municipalities – Population Statistics, Charts and Maps. Διαθέσιμο στο :<URL:https://www.citypopulation.de/en/greece/athens/>
144. Highway Capacity Manual 2000. TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, National Research Council, Washington D.C. 2000. Διαθέσιμο στο :<URL: https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/highway_capacital_manual.pdf>
145. Highway Safety Manual (2010) by AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.highwaysafetymanual.org/Pages/About.aspx>
146. Karl-Marx-Allee Berlin.de. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.berlin.de/sehenswuerdigkeiten/3559790-3558930-karl-marx-allee.html>

147. Kumar, R., & Vyas, T. (2021). Comparative Study and Parametric Analysis of IRC and AASHTO Standards for Urban Road Design. *Intelligent Transport Management: Issues and Challenges*, *124*.
148. LANDKREIS OSMANBRÜCK. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.landkreis-osnabrueck.de/fachthemen/ordnung-und-verkehr/kreisstrassen>
149. LANDEKREIS TELTOW-FLÄMING. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.teltow-flaeming.de/was-erledige-ich-wo/dienstleistungen/details/landesstrassen>
150. Oberbrücke-Berlin.de. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.berlin.de/sehenswuerdigkeiten/3559975-3558930-oberbaumbruecke.html>
151. Owens, N., Armstrong, A., Sullivan, P., Mitchell, C., Newton, D., Brewster, R., & Trego, T. (2010). *Traffic incident management handbook* (No. FHWA-HOP-10-013).
152. PIARC Catalogue of Design Safety Problems and Potential Countermeasures. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.piarc.org/en/order-library/6458-en-PIARC%20Catalogue%20of%20design%20safety%20problems%20and%20potential%20countermeasures>
153. PIARC Road Safety Manual. Διαθέσιμο στο :<URL: https://roadsafety.piarc.org/en>
154. S-Bahn Berlin, Auf einen Blick - Zahlen und Fakten. Διαθέσιμο στο :<URL:https://sbahn.berlin/das-unternehmen/unternehmensprofil/auf-einen-blick-zahlen-und-fakten/>
155. S-Bahn Berlin S1 Wannsee <> Oranienburg. Διαθέσιμο στο :<URL: https://sbahn.berlin/fahren/s1/>
156. S-Bahn Berlin S2 Blankenfelde <> Bernau. Διαθέσιμο στο :<URL: https://sbahn.berlin/fahren/s2/>
157. S-Bahn Berlin S3 Erkner <> Spandau. Διαθέσιμο στο :<URL: https://sbahn.berlin/fahren/s3/>
158. S-Bahn Berlin S5 Strausberg Nord <> Westkreuz. Διαθέσιμο στο :<URL: https://sbahn.berlin/fahren/s5/>
159. S-BahnBerlin S7 Ahrensfelde <> Potsdam Hbf. Διαθέσιμο στο :<URL: https://sbahn.berlin/en/plan-a-journey/s7/>
160. S-Bahn Berlin S8 Wildau <> Birkenwerder. Διαθέσιμο στο :<URL: https://sbahn.berlin/en/plan-a-journey/s8/>
161. S-Bahn Berlin S9 Flughafen BER T1-2 <> Spandau. Διαθέσιμο στο :<URL: https://sbahn.berlin/en/plan-a-journey/s9/>
162. Stadtplan Berlin.de. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.berlin.de/stadtplan/>
163. S-Bahn Berlin S25 Teltow Stadt <> Hennigsdorf. Διαθέσιμο στο :<URL: https://sbahn.berlin/fahren/s25/>
164. S-Bahn Berlin S26 Teltow Stadt <> Waidmannslust. Διαθέσιμο στο :<URL: https://sbahn.berlin/fahren/s26/>
165. S-Bahn Berlin S41 Ring im Uhrzeigersinn. Διαθέσιμο στο :<URL: https://sbahn.berlin/fahren/s41/>

166. S-Bahn Berlin S42 Ring gegen den Uhrzeigersinn. Διαθέσιμο στο :<URL: https://sbahn.berlin/fahren/s42/>
167. S-Bahn Berlin S45 Flughafen BER T1-2 <> Südkreuz. Διαθέσιμο στο :<URL: https://sbahn.berlin/en/plan-a-journey/s45/>
168. S-Bahn Berlin S46 Königs Wusterhausen <> Westend. Διαθέσιμο στο :<URL: https://sbahn.berlin/fahren/s46/>
169. S-Bahn Berlin S47 Spindlersfeld <> Hermannstraße. Διαθέσιμο στο :<URL: https://sbahn.berlin/en/plan-a-journey/s47/>
170. S-Bahn Berlin S75 Wartenberg <> Warschauer Straße. Διαθέσιμο στο :<URL: https://sbahn.berlin/fahren/s75/>
171. S-Bahn Berlin S85 Grünau <> Pankow. Διαθέσιμο στο :<URL: https://sbahn.berlin/en/plan-a-journey/s85/>
172. Straßenbau – Berlin.de. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.berlin.de/sen/uvk/mobilitaet-und-verkehr/infrastruktur/strassenbau/#geomapId__1_0>
173. Subway (U-Bahn) – Berlin.de. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.berlin.de/en/public-transportation/1742343-2913840-underground-subway.en.html>
174. Tram & Metrotram – Berlin.de. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.berlin.de/en/public-transportation/1748248-2913840-tram-metrotram.en.html>
175. Transportation Officials. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2011*. AASHTO.
176. U-Bahn Berlin – stadtregion.org. Διαθέσιμο στο :<URL: http://stadtregion.org/bahn/berlin-u.htm#oben>
177. Umbau der Warschauer Straße-Berlin.de. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.berlin.de/ba-friedrichshain-kreuzberg/politik-und-verwaltung/bezirksamt/das-kollegium/artikel.208449.php>
178. Umweltfreundliche Mobilität in Steglitz–Zehlendorf – Berlin.de. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.berlin.de/ba-steglitz-zehlendorf/politik-und-verwaltung/beauftragte/klimaschutz/artikel.471144.php>
179. UN. ECE. Adhoc Multidisciplinary Group of Experts on Safety in Tunnels (2001).*Recommendations of the group of experts on safety in road tunnels: Final report.* United Nations-Economic and Social Council-Economic Commission for Europe-Inland Transport Committee. Διαθέσιμο στο :<URL: https://digitallibrary.un.org/record/456566>
180. UN. ECE. Adhoc Multidisciplinary Group of Experts on Safety in Tunnels (2002). *Recommendations of the group of experts on safety in road tunnels: Addendum 1.*United Nations-Economic and Social Council-Economic Commission for Europe-Inland Transport Committee. Διαθέσιμο στο :<URL: https://digitallibrary.un.org/record/460357>

181. UrbanRail.Net > Europe > Germany > Berlin S-Bahn. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.urbanrail.net/eu/de/b/s-berlin.htm>
182. UrbanRail.Net> Europe > Germany > Berlin Tram / Straßenbahn. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.urbanrail.net/eu/de/b/tram/berlin-tram.htm>
183. UrbanRail.Net > Europe > Germany > Berlin U-Bahn. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.urbanrail.net/eu/de/b/berlin.htm>
184. Vosswinkel A. & Hansen-Cheliotis M. (2020) *SICHER AKTUELL GLOSSAR ZU KURS- UND ARBEITSBUCH LEKTION 7-12,* Athen :Hueber Hellas.
185. Ward, L. (2006). FHWA Road Safety Audit Guidelines. *FHWA Road Safety Audit Guidelines*.
186. Warschauer Straße-Berlin.de. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.berlin.de/ba-friedrichshain-kreuzberg/politik-und-verwaltung/service-und-organisationseinheiten/wirtschaftsfoerderung/wirtschaftsstandort/artikel.114246.php>
187. Wasseradern unserer Stadt – Berlin. de. Διαθέσιμο στο:<URL:https://www.berlin.de/sen/uvk/umwelt/wasser-und-geologie/europaeische-wasserrahmenrichtlinie/berlin/wasseradern/>
188. Welcome to Cottbus – Stadt Cottbus/Chóśebuz. Διαθέσιμο στο :<URL: https://www.cottbus.de/en/>
189. Xiangming, W. (2006). Experience in operation and maintenance of Shanghai Maglev demonstration line and further application of Maglev in China. *Maglev'2006 Germany Proceedings*, *1*, 17-19.
190. Zehlendorf: Die Onkel-Tom-Straße - Willkommen zu einer interaktiven Entdeckungstour – Berlin.de. Διαθέσιμο στο :<URL:https://www.berlin.de/ba-steglitz-zehlendorf/ueber-den-bezirk/sehens-und-wissenswertes/den-bezirk-entdecken/spaziergaenge/artikel.1234007.php>